

ま え が き

電子航法研究所は、電子航法（電子技術を利用した航法）に関する試験、調査、研究及び開発等を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的に設立されています。当研究所は平成13年4月1日に「独立行政法人」として改組され、17年度まで第1期中期計画、18年度から22年度まで第2期中期計画、23年度からは第3期中期計画を開始、平成27年4月1日からは、わが国の研究開発成果の最大化を目的とする「国立研究開発法人」となり、また、平成28年4月1日からは、運輸産業の国際競争力の更なる強化などの課題解決を技術面から支えるべく、国立研究開発法人海上技術安全研究所及び国立研究開発法人港湾空港技術研究所と統合し、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所として、新たな一歩を踏み出しております。

当研究所の研究活動は、社会ニーズに沿った研究を重点的に選定し、航空機運航の安全性、効率性及び航空利用者の利便性の向上、航空交通量増大への対応、環境負荷低減などの達成等に関する研究を進め、その成果を国の空港整備事業や国際民間航空機関等の国際標準策定作業に反映させるなど、国内外において多大な貢献を果たしています。またそれとともに、基礎的、先導的な研究も実施し、電子航法に関する基盤技術の蓄積にも努めております。

この電子航法研究所年報は、第3期中期計画の最後の5年目となる平成27年度に当研究所が行った業務について、その概要を収録したもので、研究所の運営に関する事項、各研究領域の研究業務、法人としての中期目標・中期計画・財務諸表等を紹介しています。

前述の通り、国立研究開発法人電子航法研究所単独の年報は、今回の発行が最後であります。次年度からは、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所の電子航法研究所として、引き続き年報をまとめていく所存です。

当研究所としましては、国、産業界、大学等と連携し、国の担う航空交通管理に係る業務を支援する中核的な研究機関として、その使命を果たすべく努力してまいります。皆様には、この年報を通じて、当研究所の活動についてご理解いただき、あわせて忌憚のないご意見をいただけますようお願い申し上げます。なお、別に刊行しております電子航法研究所報告及び電子航法研究所研究発表会講演概要には、より詳細な内容を記載しておりますので、あわせてご参照いただけますと幸いです。

平成29年2月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所

所長 工藤正博

目 次

第1部	総 説	
1.	沿 革	3
	予算及び定員の推移	6
2.	組 織	7
3.	役職員数	7
4.	所 在	8
5.	建 物	8
第2部	試験研究業務	
1.	航空交通管理領域	11
2.	航法システム領域	47
3.	監視通信領域	73
4.	研究所報告	135
5.	受託研究	136
6.	共同研究	138
7.	研究発表	140
8.	知的財産権	158
第3部	現 況	
1.	平成27年度に購入した主要機器	165
2.	主要施設及び機器	166
3.	刊 行 物	168
4.	行 事 等	168
5.	職員表彰	170
付 録		
1.	国立研究開発法人電子航法研究所法(平成27年度末時点)	173
2.	国立研究開発法人電子航法研究所に関する省令(平成27年度末時点)	183
3.	国立研究開発法人電子航法研究所 業務方法書	192
4.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期目標	199
5.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期計画	205
6.	国立研究開発法人電子航法研究所 平成27年度計画	215
7.	財務諸表	226

第 1 部 総 説



1 沿 革

我が国の航空技術研究再開の機運にのって昭和28年4月、運輸技術研究所に航空部が設置された。昭和33年に科学技術庁に長官の諮問機関として電子技術審議会が設けられ昭和34年8月、諮問第2号「電子技術に関する重要研究及びその推進措置について」に対する答申を行い、電子航法評価試験機関(Evaluation Center)の新設が必要なことを指摘した。次いで、同審議会は昭和35年9月に、諮問第1号「電子技術振興長期計画について」に対する答申を行い、それに沿って、昭和36年4月、当時の運輸技術研究所航空部に電子航法研究室(定員5名)が新設された。

電子技術審議会等の諸答申を背景として運輸省は昭和37年5月、運輸関係科学技術試験研究刷新要綱を決定した。これに基づき、船舶技術研究所、電子航法試験所などの新設組織ごとに設立準備室をつくり電子航法試験所設立計画の決定をみたが、最終的には、新設の船舶技術研究所の一つの部として電子航法部(2研究室14名)が設けられた。

昭和39、40両年度の予算において、電子航法評価試験のため試験用航空機の購入が認められ、ビーチクラフトスーパーH-18双発機を購入した。また、昭和40年度は飛行試験要員として、1研究室9名の増員が認められた。一方、昭和41年度には、航空交通管制の自動化に関連する試験研究に必要な電子計算機の借上げが認められた。

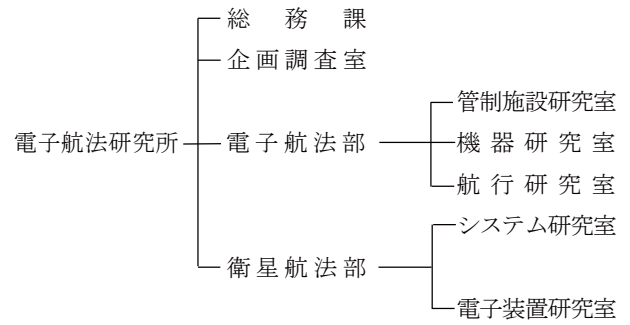
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室(3名)が新設された。

電子技術審議会は昭和39年6月、電子航法評価試験機関の拡充強化を建議し、さらに、昭和41年6月の諮問第5号「電子技術に関する総合的研究開発の具体策について」に対し、研究機能と評価試験機能をもつ電子航法研究所の設置を答申した。また、運輸省の航空審議会においても昭和41年10月、諮問第12号「航空保安体制を整備するため早急にとるべき具体的方策について」に対して同様の答申があった。

昭和41年度予算要求において、運輸省は電子航法研究所の設立を要求したが、認められず、翌42年度予算において再度設立要求を行った結果、昭和42年6月からの10か月分の予算として電子航法研究所の新設が認められた。

しかし、運輸省設置法の一部改正が7月10日になったため、昭和42年7月10日付けで電子航法研究所として設立されることになった。

当時の組織は下記のとおりであった。



43年度には、ATC実験棟を建設するとともに、46年度までにATCシミュレータを整備した。

45、46年度には、電波無響室を整備し、また、研究所発足以来、44年度までは人員、組織とも変化がなかったが、45年度に3名の増員が認められ、電子航法部を廃止し、電子航法開発部(機器研究室)と電子航法評価部(管制施設研究室、航行研究室)を設置し、総務課に総務係をおいた。

46年度には、1名の増員が認められ、電子航法開発部に援助施設研究室を設置するとともに主任研究官3名(ILS、海上交通管制、データ処理)を発令した。

47年度は、3名の増員が認められ、企画調査室を廃止して研究企画官をおき、総務課に人事係をおいた。また、電子航法開発部建屋、衛星航法研究棟を建設した。

48年度には、3名の増員が認められ、電子航法評価部に管制システム研究室を設置し、同部に主任研究官1名(飛行実験)を発令し、総務課に企画係をおいた。

49年度は、3名の増員が認められ、電子航法開発部に航法システム研究室を設置し、電子航法評価部に主任研究官1名(ATCシミュレーション)を発令し、総務課に会計係をおいた。さらに、同年度には、実験用航空機の更新が認められ、50年10月にビーチクラフトB-99が引き渡された。

50年度は、2名の増員が認められ、電子航法開発部に着陸施設研究室を設置した。

51年度は、航空局からの要望研究、技術協力依頼等航空行政に直結する試験研究をさらに促進し、成果の活用をすみやかにするため、空港整備特別会計を導入するとともに所の定員・予算約1/4を特別会計に移管した。これに伴い、電子航法評価部を改組し、航空管制研究室、航空保安施設基準研究室及び海上交通管制研究室を設置した。また、飛行実験センターとして、宮城県岩沼市に岩沼分室を設置し、業務係をおき、飛行実験体制の整備に着手した。さらに、電子航法評価部に信頼性主任研究官をおいた。

52年度は、4名の増員が認められ、電子航法評価部航空保安施設基準研究室を航空施設基準研究室と航空機器標準研究室の2研究室とした。また、アンテナ試験塔を整備した。

53年度には、4名の増員が認められ、10月1日に電子航法

評価部の航空施設基準研究室, 航空機器標準研究室に新たに設置された運用技術研究室を加えて, 航空施設部が発足した。さらに, 54年1月には岩沼分室に分室長をおいた。

54年度には, 東北財務局より土地8,943㎡の所管換を受け, 岩沼分室を新築し, 屋上にレーダー塔を設置した。

55年度には, 海上保安庁より格納庫(建坪825㎡)の所管換を受けた。

この年から, 主任研究官の発令方法が変わり, 従来例えば信頼性主任研究官と呼んでいたのが, 単に主任研究官となった。

56年度は, 1名の増員が認められ, 新システム(MLS)の調査研究体制に着手した。また, 岩沼分室野外実験場の整備を行った。

57年度は, 1名の増員が認められ, 新システム(MLS)の調査研究体制の強化を図った。

58年度は, 1名の増員が認められ, 航空施設部に新着陸施設研究室を設置した。

59年度は, 1名の増員(専門官)が認められ, 岩沼分室での研究支援業務の強化を図った。

60年度は, 1名の増員(研究企画官付専門官)が認められ, 企画調整部門の強化を図った。

61年度は, 1名の増員が認められ, MLS研究体制の強化を図った。

62年度は, 1名の増員が認められ, 衛星航法部に搭載装置研究室を設置した。また, 管理庁舎兼衛星航法実験棟の建設工事に着手した。

63年度は, 管理庁舎兼衛星航法実験棟が竣工した。

平成元年度は, 1名の増員が認められ, 航空管制の研究体制の強化を図った。

平成2年度は, 1名の増員が認められ, 空地データリンクの研究体制の強化を図った。

平成3年度は, 1名の増員が認められ, 衛星データリンクの研究体制の強化を図った。

平成4年度は, 1名の増員が認められ飛行場管制の最適手法の研究体制の強化を図った。

平成6年度は, 1名の増員が認められ空港面航空機識別表示システムの研究体制の強化を図った。

また, 仮想現実実験施設を整備した。

平成7年度は, 1名の増員が認められVHFデジタルリンクの研究体制の強化を図った。

平成12年度は, 国土交通省設置法等関係法令の施行により, 平成13年1月6日をもって「国土交通省電子航法研究所」となった。

また, ATC シミュレーション実験棟が竣工した。

平成13年度は, 中央省庁等改革推進本部決定及び関係諸法

令の施行を受け, 4月1日をもって「独立行政法人電子航法研究所」が成立となった。

所長・研究企画官が廃止され, 役員として理事長・理事・監事が設置され, 総務課に企画室を設置した。また, 電波無響室が改装となった。

平成14年度は航空施設部, 電子航法評価部, 衛星航法部を航空システム部, 管制システム部, 衛星技術部と名称変更し研究室が廃止され研究グループを編成した。

平成15年度は, 研究プロジェクトチーム設置を規定し, 先進型地上走行誘導管制システム開発プロジェクトチーム及び高精度測位補正技術開発プロジェクトチームを設置した。

平成16年度は, 関東空域再編関連研究プロジェクトチームを設置した。

平成18年度は, 本所に研究企画統括を設置。企画室を廃止し, 企画課を設置。4研究部制を廃止, 3領域制(航空交通管理領域, 通信・航法・監視領域, 機上等技術領域)を導入, 関東空域再編関連研究プロジェクトチームを廃止した。

平成19年度は, 総務課に管財係を新設。会計第一係を経理係, 会計第二係を契約係に変更。航空機安全運航支援技術研究プロジェクトチームを設置した。

平成20年度は, 企画課に企画第三係を新設した。

また, 6号棟(旧管制システム部研究棟)の建替工事に着手した。

平成21年度は, 先進型地上走行誘導管制システム開発プロジェクトチームを廃止した。

平成22年度は, 6号棟(旧管制システム部研究棟)の建替工事が完了した。また, 高精度測位補正技術開発プロジェクトチーム及び航空機安全運航支援技術研究プロジェクトチームを廃止した。

平成23年度は, 企画課に主査を新設した。また, 4号棟(旧航空施設部研究実験棟)の改修工事が完了した。

平成24年度は, 通信・航法・監視領域, 機上等技術領域を廃止し, 航法システム領域, 監視通信領域を設置した。

平成25年度は, 東日本大震災で被災したビーチクラフトB-99の後継機として, 平成23年度第3次補正予算により購入したビーチクラフトB300(キングエア350)が, 平成25年5月に引き渡された。

平成26年度は, 平成25年12月24日に閣議決定された「独立行政法人等に関する基本的な方針」において講ずべき措置とされた「海上技術安全研究所」及び「港湾空港技術研究所」との統合について, 平成26年8月29日に開催された行政改革推進本部で実施時期は平成28年4月と決定された。

平成27年度は, 「独立行政法人通則法の一部を改正する法律」等関係諸法令の施行を受け, 国立研究開発法人に移

行し、「国立研究開発法人電子航法研究所」となった。

予算及び定員の推移

予算額（単位：千円）

年 度	42	43	44	45	46	47	48
予 算 額	146,979	199,819	206,041	223,518	276,360	304,646	361,473
対 前 年 増 減 率	—	35%	3%	8%	23%	10%	18%
定 員	31人	31	31	34	35	38	41
年 度	49	50	51	52	53	54	55
予 算 額	426,008	566,444	566,398 (147,938)	624,659 (221,040)	780,222 (374,664)	949,812 (521,262)	962,617 (551,380)
対 前 年 増 減 率	17%	32%	△ 0.008%	10%	2%	21%	1%
定 員	44	46	48 (13)	51 (16)	55 (19)	58 (21)	59 (22)
年 度	56	57	58	59	60	61	62
予 算 額	933,404 (536,456)	1,197,423 (797,831)	1,249,486 (856,061)	1,254,326 (811,413)	1,793,576 (1,158,355)	1,700,338 (1,225,191)	1,746,126 (1,321,124)
対 前 年 増 減 率	△ 3%	28%	4%	0.3%	42%	△ 5%	2%
定 員	59 (22)	59 (23)	60 (24)	61 (25)	62 (26)	63 (27)	64 (27)
年 度	63	元	2	3	4	5	6
予 算 額	1,490,728 (1,058,040)	1,280,080 (834,104)	1,450,731 (989,047)	1,519,380 (1,034,497)	1,614,482 (1,105,035)	1,993,269 (1,480,859)	3,145,664 (2,635,883)
対 前 年 増 減 率	△ 14%	△ 14%	13%	5%	6%	23%	58%
定 員	63 (26)	64 (27)	64 (28)	65 (28)	65 (28)	65 (28)	66 (29)
年 度	7	8	9	10	11	12	13
予 算 額	2,845,843 (2,322,699)	2,385,950 (1,859,062)	2,155,519 (1,627,169)	1,646,097 (1,112,230)	1,565,260 (1,015,415)	1,665,631 (1,037,366)	2,322,080 (1,096,909)
対 前 年 増 減 率	△ 9.5%	△ 16%	△ 10%	△ 24%	△ 5%	6%	39%
定 員	66 (29)	66 (29)	65 (28)	65 (28)	65 (28)	64 (28)	64 (28)
年 度	14	15	16	17	18	19	20
予 算 額	1,813,574 (1,068,770)	1,681,891 (1,061,803)	1,792,287 (1,130,083)	1,669,176 (1,055,686)	1,687,115 (1,061,322)	1,683,558 (1,072,631)	1,640,300
対 前 年 増 減 率	△ 22%	△ 7%	△ 7%	△ 7%	△ 1%	△ 0.2%	△ 2.6%
定 員	64 (28)	64 (30)	63 (29)	60 (27)	60 (27)	60 (27)	60
年 度	21	22	23	24	25	26	27
予 算 額	1,618,083	1,597,527	2,099,326	1,396,629	1,394,739	1,530,174	1,467,288
対 前 年 増 減 率	△ 1.4%	△ 1.3%	31%	△33%	△0.1%	9.7%	△4.1%
定 員	60	60	60	59	59	60	63

注1：（ ）内は、空港整備特別会計で内数。平成20年度以降は区分経理の廃止に伴い、特別会計の予算は一般会計へ移管された。

注2：平成18年度以降は年度末現在の職員数を掲載

2 組織 (平成28年3月31日現在)



3 役職員数

	一般勘定
理事長	1
理事	1
監事	1
監事(非常勤)	1
研究企画統括	1
事務職	15
研究職	47
計	67

(平成28年3月31日現在)

4 所 在

	所 在 地	電 話
電子航法研究所	〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7丁目42番地23	0422-41-3165
岩沼分室	〒989-2421 宮城県岩沼市下野郷字北長沼4	0223-24-3871

5 建 物

建 物	建 ・ 延 面 積	竣工年度
1号棟	鉄筋コンクリート2階建, 建面積390㎡, 延面積780㎡	昭和47年度 平成19年度改装 平成22年度改装
2号棟 (ATCシミュレーション実験棟)	鉄筋コンクリート2階建, 建面積569㎡, 延面積1,092㎡	平成12年度
3号棟	鉄筋コンクリート2階建, 建面積232㎡, 延面積465㎡	昭和43年度 平成22年度改装
4号棟	鉄筋コンクリート2階建, 建面積490㎡, 延面積980㎡	昭和53年度 平成23年度改装
5号棟	鉄筋コンクリート2階建, 建面積630㎡, 延面積1,160㎡	昭和63年度 平成22年度改装
6号棟	鉄筋コンクリート2階建, 建面積355㎡, 延面積653㎡	平成22年度
仮想現実実験棟	鉄筋コンクリート造一部鉄骨造2階建, 建面積480㎡, 延面積703㎡	平成6年度
電波無響室	鉄筋コンクリート2階建, 建面積590㎡, 延面積687㎡ 内装寸法: 奥行32m, 幅7m, 高さ5m	昭和45年度 昭和48年度増築 平成13年度改装
アンテナ試験塔	鉄筋造, カウンタポイズ直径25m, 奥行・幅13m, 高さ19.5m 実験準備室: 鉄筋造一部中2階建, 建面積160㎡, 延面積203㎡	昭和52年度 昭和53年度
岩沼分室建屋	鉄筋コンクリート2階建, 建面積287㎡, 延面積497㎡ 屋上にレーダー塔を設置	昭和54年度 平成24年度改修
岩沼分室格納庫	鉄骨造平屋建, 面積825㎡	昭和55年度所属換 平成24年度改修

(平成27年3月31日現在)

第 2 部 試験研究業務



1 航空交通管理領域

I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成27年度における研究は、行政当局の要望などを考慮して、下記のように計画した。

1. 到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究
2. 「Full 4D」の運用方式に関する研究
3. 空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究
4. 陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究
5. RNP-ARと従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究
6. タワー業務の遠隔業務支援に関する研究
7. データリンクを活用した中期コンフリクト検出技術の研究
8. 予防安全のための状況認識支援に関する研究
9. トラジェクトリ運用のためのACARSデータリンクに関する研究
10. 管制システムのインタフェースデザインの研究
11. フローコリドーによる航空交通流モデルに関する研究
12. プロセス指向型安全マネジメントに関する研究
13. 混雑空港における管制運用を考慮した効率化策に関する研究
14. 航空機の到着管理システムに関する研究
15. 羽田空港への将来の航空交通を評価する航空管制シミュレーション環境の設計

1から4は重点研究、5から8は指定研究、9から12は基礎研究、12は調査、13から15は競争的資金による研究である。

1は最短所要時間や最小燃料消費の観点から、洋上経路～空港への到着経路の間における効率的な飛行の実現を目指した研究である。

2はFull 4D TBO（時間を含めた4次元での軌道ベース運用）の概念を明確にするため、ファストタイムシミュレーション評価によりTBOの課題を洗い出すとともに、軌道干渉を最適に解決するアルゴリズムの開発評価を行うものである。

3は空港面監視データ等から成田空港を地上走行する航空機の交通状況を分析するとともに同空港のレイアウト変更に対応してシミュレータの機能向上を図り、より効率的な空港面の運用を目指した交通管理について検討する。

4は陸域（レーダ空域）へのUPR（User Preferred Route）を前提にした空域編成の可能性および意思決定支援手法をシミュレーションにより明らかにするものである。

5はRNP-AR進入方式（RNP進入方式を含む）単独・従来方式単

独では安全性が確認されていたとしても、混合環境では各々の方式を単独に実施していたのでは顕在化しないハザード（危険因子）が顕在化する可能性があるため、RNP-AR適合機及び非適合機が混在する環境において同一滑走路への進入方式として従来方式とRNP-AR方式が混合で運用される混合運用のハザード解析を実施する。

6は将来の空港（タワー）オペレーションに必要な視覚情報を支援するための映像計支援システムの要素技術及びシステムの構築、有効性の評価を行う研究である。

7は20分程度先までの航空機の軌道を予測して、潜在的なコンフリクトを検出する中期コンフリクト検出技術の、データリンクの活用による高度化の可能性について検討を行うものである。

8はこれまでに開発してきたCOMPASiを利用して、レジリエンス能力の高い航空保安業務従事者にとって必須の「気づき」能力の支援を行うための手法を開発する。

9は既存の空地間通信設備（ACARS、FMS）を利用した時間ベース運用支援のためのデータリンクアプリケーションの実現可能性についての基礎研究である。

10は航空交通管制サービス（航空管制、運行情報）業務の分析と業務の理解をベースにして、ユーザーの役割に合った管制卓や制御卓デザイン手法およびプロトタイプデザインの提案を目指した研究である。

11は自律間隔維持機能を有する航空機のみが飛行可能とする空域として考えられているフローコリドーにおける交通流のモデル化、運用方法等の検討を行う。

12は従来の結果に着目した安全管理から、プロセスに着目した安全管理に必要なプロセスの整理・モデル化とレジリエンスエンジニアリングによる分析・評価可能性について予備的検証を行う。

13は混雑空港において離陸機・到着機が各々滑走路待ちで列をなしている現状をふまえ、離陸・着陸それぞれにおいて効率化を図るための手法の提案を行うことを目的とした研究である。

14は現状の航空交通を分析し、スケジュール準拠による運航効率性の高い降下軌道を実現可能な到着管理方式のアルゴリズム開発を目指した研究である。

15は次世代運航の安全性や効率を検証するためのヒューマンインザループ実験施設による航空管制シミュレーション環境を設計するための検討を行う。

II 研究の実施状況

1の「到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究」では、航空会社所有のフルフライトシミュレータを用いて羽田・関西空港における洋上からの継続降下運航（CDO）のデータを取得した。

また、降下プロファイルの機種による違いを把握し、CDO運用に必要なバッファを把握した。

2の「『Full 4D』運用方式に関する研究」では、軌道パフォーマンス解析の精度を改良し、この結果を飛行データで検証したところ、誤差が7%程度であることを確認した。また、昨年度に提案した難度指標における予測時間を標準化するための手法を提案した。

3の「空港面の交通状況に応じた交通管理手法の研究」では、成田空港を地上走行する航空機の交通状況の分析結果をもとに離陸時刻の予測手法を開発した。また、交通管理手法を検討するために成田空港で試行的に行われているスポット出発時刻調整の有効性について、シミュレーション検証を行った。

4の「陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究」では、高度制限、飛行制限空域を考慮した最適なUPRを算出する機能を実現した。また、空域編成の検討するためのモデルの構築のために、我が国の空域を対象とした空域データを定義した。

5の「RNP-ARと従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究」では、RNP AR機最優先(Best Equipped, Best Served)方式の混合運用が従来運用に比べて困難とはならないことが、リアルタイムシミュレーションにより示された。

6の「タワー業務の遠隔支援に関する研究」では、岩沼分室にテストシステムを製作、設置し性能検証を実施した。このテストシステムには航空機や移動体を検知、追尾するターゲットトラッキング機能があり、映像上の航空機の位置に便名や位置などの情報をタグとして表示することができる。

7の「データリンクを活用した中期コンフリクト検出技術の研究」では、MTCDDの調査を行い、軌道予測の精度向上、予測精度に応じたコンフリクト検出ロジック、管制官への通知や表示等の課題があることが分かった。軌道予測は気象情報の精度に影響を受けることから、早稲田大学との共同研究により、一定時間以内であれば先行機の気象データ利用が有効であることを確認した。

8の「予防安全のための状況認識支援に関する研究」では、航空保安大学校においてCOMPASiの実用性評価を行い、実習の予習や管制処理方法の試行に有効との提案があり、新たな研修内容への対応を検討中である。また、アンケート結果に基づき機能の追加・変更を行った。

9の「トラジェクトリ運用のためのACARSデータリンクに関する研究」では、B737FMSシミュレータを利用した模擬飛行実験により、航空機のFMSと地上ATMシステムのそれぞれの予測軌道計算に利用する風情報の差が重

要な課題であることを確認した。

10の「管制システムのインタフェースデザインの研究」では、RAG用のシステムインタフェースの改善案を検討するために、ユーザー評価を3回実施し、レイアウトの変更、各種スイッチをボタン式からスライド式に変更、PTZカメラ用インタフェースとプリセットマップなどを導入するデザイン案を製作した。

11の「フローコリドーによる航空交通流モデルに関する研究」では、水平および高度方向の2種類の間隔維持を行う交通流を模擬した解析を行い、高度方向の間隔維持では7%程度燃料が増加する航空機がみられた一方で、水平方向の間隔維持では、飛行距離の延伸は最大でも1NM程度で、到着時間の遅れもなく、燃料も0.2%低減可能であることが分かった。

12の「プロセス指向型安全マネジメントに関する研究」では、飛行場管制業務についての中部空港の管制官へのインタビューにより、航空機の挙動に関する時間的・位置的な変動を航空機の目視で把握し、Safety-Criticalな部分については、特に明確かつ客観的な基準を持っている可能性が示唆された。この結果から各管制席の業務プロセスの整理を行った。

13の「混雑空港における管制運用を考慮した効率化策に関する研究」では、昨年度に作成したシミュレーションモデルを使用して、実際のTSATの設定手法を検討した結果、従来手法と同等のタキシング時間削減を維持しながら、遅延が20~80%程度も減少できることが分かった。

14の「航空機の到着管理システムに関する研究」では、運航の不確実性にも対応し易く、軌道運用と協調できる到着管理システムの運用コンセプトを提案した。また、運航評価システムを改修し、生成したスケジュール軌道の運用手順を検証できるようにした。

15の「羽田空港への将来の航空交通を評価する航空管制シミュレーション環境の設計」では、欧米の主要研究機関の航空管制シミュレーション環境を視察すると共に合計6回の国際合同セミナーを開催し、航空管制シミュレーション設備の設計要件および運用や維持管理体制を含めた高度なシステムインテグレーション技術を分析した。

本年度は、上記の15件の研究に加えて、以下に示す4件の受託業務を行った。これらは、上記の研究及びこれまでの研究等で蓄積した知見や技術を活用したものである。

(1) ADS-C環境下における洋上横間隔衝突危険度推定手順策定に係る支援作業

- (2) 同時平行ILS/PAR進入方式の安全性評価・検証に関する調査支援
- (3) 平成27年度将来の航空交通システムに関する長期ビジョン対応のための計画の策定等に関する調査指標分析支援
- (4) 北部九州地域の空域再編に伴う運用要件調査

III 研究の成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果の 所見

当領域が実施している研究の成果は、新たな航空交通システムの導入や技術基準、運用基準の策定等への活用が期待できるものであり、国土交通行政と深く関わっている。特に重点研究の成果は航空行政に直接に反映されるもので、社会的貢献に繋がっている。

これらの成果は、ICAO、日本航空宇宙学会、電子情報通信学会、米国航空宇宙学会(AIAA)などの多くの学会や日米太平洋航空管制調整グループ会議(IPACG)、EUROCAE、RTCAなどの国際会議等においても発表している。

また、日本航空宇宙学会では航空交通管理部門を通じて積極的に研究発表の企画及びATMに関する研究の啓蒙活動を行った。

(航空交通管理領域長 中島 徳頭)

到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域
 担当者 ○福島 幸子, 平林 博子, 岡 恵, 伊藤 恵理,
 ナヴィンダ キトマル ビクラマシンハ, 上島 一彦, 岡田 一美
 研究期間 平成 24 年度～平成 27 年度

1. はじめに

国際的に、利用者設定経路 (UPR; User Preferred Route) や動的経路変更方式 (DARP; Dynamic Airborne Reroute Procedure) といった洋上経路の最適化が検討・導入され消費燃料の節減に寄与している。しかし、到着機は到着順位づけのために時間調整や低高度での水平飛行が必要となる場合は消費燃料が増加することがある。継続降下運航 (CDO; Continuous Descent Operation) は消費燃料が少ない理想的な降下方式であるが、この方式を行っている空港は少なく、さらに交通量の少ない時間帯に限定されている。洋上空域から連続的に降下するテーラード・アライバル (TA; Tailored Arrival) は日本ではまだ導入されていない。本研究の目的は洋上経路とターミナル経路を円滑につなぎ、洋上部分だけでなく、空港までの到着経路も含めた最適化を目指すものである。

2. 研究の概要

本研究は 4 年計画である。平成 27 年度の研究においては、以下を実施した。

- ・ 関西国際空港 (以下、関西空港) の CDO の検討
- ・ 東京国際空港 (以下、羽田空港) の CDO の検討
- ・ 太平洋東行き UPR 制限緩和の検討
- ・ NOPAC 経路再編成の検討
- ・ DARP の便益と課題抽出
- ・ 洋上管制シミュレータ性能向上
- ・ CDO を実施するための出発機との関連の検討及び、到着機列への CDO 機の合流の検討

3. 研究成果

3.1 関西空港の CDO の検討

関西空港では夜間に一部の経路について CDO を運用している。運用時間以外の時間帯への拡大を検討するために、CDO の要求が認められなかった事例や中止となった事例の要因を解析した。それらの要因を踏まえて、エンルート空域での降下や進入管制区への移管条件、出発機との交差条件を示し、運用時間外での拡大可能性を示した。

また、B777-200 (B772) のフルフライトシミュレータを利用して、関西空港へ南西方面から到着する KARIN 経由及び西方面から到着する RANDY 経由の経路について

データを取得した。図 1 に KARIN から RW/24L に到着する経路について、初期進入開始点 (IAF) までの降下パス例を示す。通常運用での理想的な降下 (F04) や通常運用でのレーダー誘導による時間調整 (F18)、CDO (F03)、CDO の中止 (F19, F20) や、時間調整 (減速) 条件付 CDO (F17) の飛行である。これらの結果から各飛行での高度の分布や CDO を実施しつつ時間調整を行ったときの燃料増加などが予測できた。

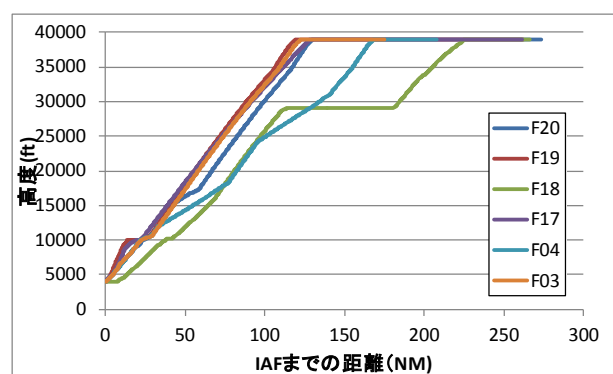


図 1 KARIN 到着プロファイル例

CDO の運用時間帯を拡大する場合には、現在以上に先行機との間隔確保で中止する可能性も拡大する。それを避けるために先行機との間隔を事前に確保するための速度調整 (図 1 では F17) 結果から、実現性や調整精度などでの課題を整理した。

3.2 羽田空港の CDO の検討

太平洋上から羽田空港への降下パスを解析した。北方面からの STONE 経由機と南方面からの ADDUM 経由機の滞

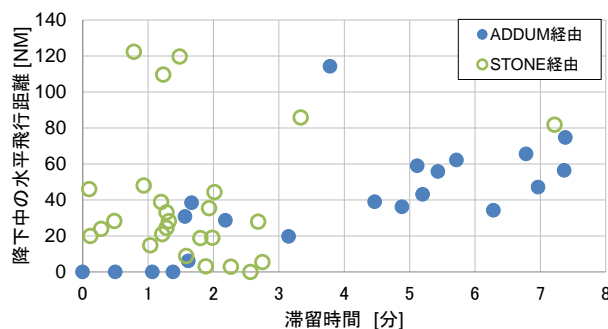


図 2 滞留時間と水平飛行距離

留時間と降下中の水平飛行距離図2に示す。ADDUM 経由機の内、CDO に近いと考えられる、降下中の水平飛行距離が 10NM 未満の航空機は約 3 割であった。また滞留時間が 2 分未満のものもあり、国際線の経路長を考慮すればこれらは速度調整で対応可能である。軌道予測精度が向上すれば、CDO を実施しつつ速度調整で間隔設定が可能な便があることを示した。

また、B772 のフルフライトシミュレータを利用して、羽田空港への 3 種類の到着経路について、それぞれ理想的な CDO や間隔確保を想定した降下、ASAS の利用を想定した降下などのデータを取得した。また、いくつかの降下については B787-8 (B788) のフルフライトシミュレータによる検証も行い機種による降下特性の差を明らかにした。滑走路までの降下で 2 機種の最適プロファイル降下による高度と速度の違いを図3に示す。B772 に比べて B788 の方が浅い角度で降下している。また速度の位置による差が大きいたことが解った。異機種を連続して CDO の運用を行う時の必要なバッファを把握できた。

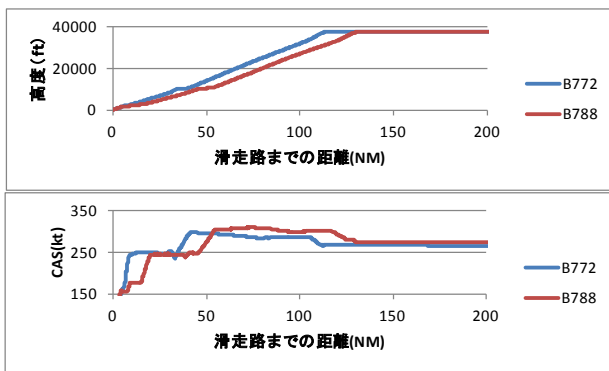


図3 降下の違い

3.3 太平洋東行き UPR 制限緩和の検討

交通量の多い時間帯での制限のない UPR は交通流の集中を招く。しかし上昇性能のよい航空機はまだ少ないことから、ある位置までに一定高度以上に上昇できる航空機にのみ UPR の自由化が運航者から望まれていた。交通量解析により運用上の問題がないことを明らかにした。その結果、太平洋上のある地点以南を飛行する西行き航空機について、東経 180 度までに FL400 以上に上昇可能な場合は、洋上ゲートまで自由な UPR による飛行を認める試行運用が始まった。

3.4 NOPAC 経路再編成の検討

H27 年度に引き続き、北太平洋 (NOPAC; NOOrth PACific) 経路の経路間隔を短縮した場合の管制シミュレーションを実施し、消費燃料の低減を示すとともに、管制運用上の

課題を抽出した。

3.5 DARP の便益と課題抽出

動的経路変更方式 (DARP; Dynamic Airborne Reroute Procedure) とは飛行中に経路を変更することである。

DARP により燃料削減及び飛行時間短縮が期待されるが、到着機数の多い時間帯での DARP は短縮分以上の時間調整を必要とする可能性がある。そこで、DARP 実施時に空港近くの地点の通過時刻を指定したうえでの DARP 実施を検討した。将来、位置予測精度が向上したときには、到着まで含めて DARP の便益が見込めることを示した。

3.6 洋上管制シミュレータの性能向上

H27 年度はシミュレータの操作性の向上のために、

- ・ DARP 実施時のネットワークの改善
- ・ 管制指示入力 GUI の向上
- ・ CDO 降下計算の改善

を実施した。

3.7 大学との連携

公募型研究制度を利用して、大学との連携を進めた。

横浜国立大学上野教授と「継続上昇運航(CCO)に関する研究」を H25 年度から引き続き実施している。単機による解析から複数機の解析を行ってきたが、H27 年度は探索時間の高速化を図った。対向する到着機のトラジェクトリ情報が得られると仮定した場合、それと交差しない最適な出発パスを 1 分程度で計算できることを示した。

また、首都大学東京武市准教授と「CDO における円滑な合流および交通流の形成のための飛行軌道の研究」を H26 年度から行っている。H27 年度は交通量に応じた間隔調整量についてシミュレーションを行い、一定量以下の交通量での有効性を明らかにした。

さらに、長崎県立大学金谷教授と「FIM (機上ベース間隔管理) を利用した CDO (継続降下運航) に関する情報フローの研究」を行った。

4. まとめ

到着機の降下について分析し、関西空港については CDO の運用時間拡大可能性を、羽田空港については CDO 機速度調整による間隔設定の実現可能性を示した。

フルフライトシミュレータによるシミュレーション実験により、実際の運航を模擬した解析を行った。関西空港については前年度に引き続き、B772 により複数経路の CDO やその他の運航についてデータを取得し、各飛行の高度の分布や時間調整を行ったときの燃料増加などを明らかにした。羽田空港については RW/34 や RW/22 への複

数経路について B772 や B788 のデータを取得し、将来 ASAS の利用を想定した CDO 連続到着について必要な間隔を明らかにした。

洋上経路についても NOPAC 経路再編による便益や DARP の便益について解析を行った。

本研究は平成 27 年度で終了したが、今後は関西空港の CDO 運用時間拡大を目指した具体的な検討を行う。また洋上空域での課題についても引き続き検討を行う予定である。

掲載文献

- (1) ENRI: "PACOTS for NOPAC Routes", IPACG/36, IP19, May 2012
- (2) 福島, 岡田, 住谷, 福田: "洋上経路における RNP4 の導入効果について", 電子航法研究所研究発表会, 2012 年 6 月
- (3) Itoh, Uejima, Everdij, Blom: "Analyzing Separation Loss Events in Two-paired Aircraft Trailing Conducting Airborne Time Spacing Based Continuous Descent Arrival." ,ICAS2012, Aug 2012.
- (4) ATMC and ENRI: "Alternative Route Structures and the Introduction of Pacific Organized Track System (PACOTS) into NOPAC", IPACG/37, WP03, Oct 2012.
- (5) 福島, 福田, 岡田: "太平洋上の可変経路の制限緩和について", 第 50 回飛行機シンポジウム, 2012 年 11 月
- (6) ENRI: "Simulation of Track 2 UPR(Divergence from Track 2)", IPACG/38, IP19, Apr. 2013.
- (7) ENRI: "Simulation of Track 2 UPR(Divergence from Track 2)", CPWG/15, PPT/4 IP1, May 2013.
- (8) Itoh: "Applying Flight-deck Interval Management based Continuous Descent Operation for Arrival Air Traffic to Tokyo International Airport", ATM Seminar Jun. 2013.
- (9) 平林: "洋上管制の傾向分析及び PBN 導入効果に関する考察", 電子航法研究所研究発表会, 2013 年 6 月.
- (10) Itoh: "Modeling and Simulation Study on Airborne-based Energy Saving Arrivals to Tokyo International Airport ", AIAA GNC, Aug. 2013.
- (11) 平林: "太平洋上航空管制における高度変更リクエストに関する分析", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2013 年 9 月.
- (12) 福島: "アジア発サンフランシスコ空港行きの経路傾向について", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2013 年 9 月.
- (13) Hirabayashi: "Easing of Restrictions on the North Pacific Ocean User-Preferred Route Operation of East-Bound Flights", APISAT2013, Nov. 2013.
- (14) Fukushima: "Potential Benefits of the ASPIRE Daily Program", APISAT2013, Nov. 2013.
- (15) 平林: "洋上管制における高度変更リクエスト分析及び RNAV10(RNP10)/4 導入効果に関する考察", 航空交通管制協会誌, 2014 年 1 月号.
- (16) ENRI: "Outcome of Analysis of Branching UPRs from PACOTS Track 2", IPACG/39, IP13, Feb. 2014.
- (17) ENRI: "Analyses of ATC Communication Messages Relevant to Altitude Change Requests", IPACG/39, IP15, Feb. 2014.
- (18) 福島, 平林, 岡, "エンルート空域における継続降下運航の可能性についての一検討", 航空宇宙学会第 45 回年会講演会講演概要, 2014 年 4 月.
- (19) H. Erzberger and E.Itoh, "Design Principles and Algorithms for Air Traffic Arrival Scheduling", NASA/TP-2014-218302, May 2014.
- (20) 伊藤, 上島, 福島, 大津山: "航空機監視応用システム (ASAS) の研究開発状況", 電子航法研究所発表会, 2014.6.
- (21) 平林, 福島, 岡田, "太平洋上における航空機間隔維持のための管制の傾向分析", 2014 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 講演論文集, B-2-13, 2014 年 9 月.
- (22) 福島, 平林, "アジア-ハワイ間の動的経路変更方式の利用について", 2014 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 講演論文集, B-2-13, 2014 年 9 月.
- (23) ENRI, "Review of the Effectiveness of Branching UPRs from PACOTS Track 2", IPACG/40, September 2014.
- (24) ENRI, "Simulation Result by DARP for KSFO/KLAX", IPACG/40, September 2014.
- (25) 福島, "関西国際空港に継続降下運航が実施可能な時間帯の予測", 航空交通管制協会誌, 2014 年 9 月号.
- (26) 伊藤: "航空機監視応用システム (ASAS) とトラジェクトリ管理技術の連携", 電子航法研究所講演会, 2014 年 11 月.
- (27) 福島, 平林, 岡, "混雑空港に近接する空港への継続降下運航の課題", 第 52 回飛行機シンポジウム講演概要, 2014 年 10 月.
- (28) 伊藤, "到着機のスケジュール管理手法の設計原理について", 第 52 回飛行機シンポジウム講演概要, 2014 年 10 月.
- (29) 平林, 福島, 岡田, "PACOTS トラック 2 に関する UPR 運用制限緩和の検討", 電子航法研究所報告 研究報告, No.132, 2015 年 1 月.
- H27
- (30) 福島, 平林, 岡田, "洋上空域での上昇・降下時の管制間隔短縮の潜在性と便益", 日本航空宇宙学会第 46 期年

会講演概要, 2015年4月.

(31) Hirabayashi, “A Study of Parallel Routes introducing 30NM Intervals in the NOPAC Airspace”, IPACG PM/15, Jun. 2015.

(32) Fukushima, “Potential and Benefit of ATSA-ITP and ADS-C CDP over North Pacific”, IPACG PM/15, Jun. 2015.

(33) 福島, 平林, 岡, 伊藤, ビクラマシンハ, “フルフライトシミュレータによる継続降下運航の効果の検討”, 電子航法研究所発表会, 2015.6.

(34) 岡, 福島, “洋上到着機の滞留時間と降下プロファイル”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2015年9月.

(35) Fukushima, “Benefits of ATSA-ITP and ADS-C CDP over the North Pacific”, IPACG/41, Sep.2015.

(36) Hirabayashi, “Traffic flow analysis of at or above FL400 flights in North Pacific airspace”, IPACG/41, Sep.2015.

(37) 福島, 平林, 岡, 伊藤, ビクラマシンハ, “関西国際空港への継続降下運航の運用時間拡大の課題”, 第53回飛行機シンポジウム講演概要, 2015年11月.

(38) Hirabayashi, Fukushima, “Discussion about Parallel Routes considering Reduced Lateral Separation Minima in the NOPAC Airspace”, APISAT2015, Nov.2015.

(39) Fukushima, Hirabayashi, “Effects and Issues of DARP in Congestion Airspace”, APISAT2015, Nov.2015.

(40) Itoh, Wickramasinghe, Hirabayashi, Uejima, Fukushima, “Analyzing Feasibility of Continuous Descent Operation Following Fixed-flight Path Angle from Oceanic Route to Tokyo International Airport”, AIAA SciTech 2016 MST, Jan.2016.

(41) 伊藤, 福島, 平林, ビクラマシンハ, “フルフライトシミュレータによる降下角を固定した継続降下運航の評価”, 日本航空宇宙学会論文集 第64巻 第1号 pp. 50-57., 2016.Jan.

「Full 4D」の運用方式に関する研究【重点研究】

担当領域	航空交通管理領域
担当者	○ブラウン マーク, 平林 博子, ナヴィンダ キトマル ビクラマシンハ, 井上 聡, 長岡 栄
研究期間	平成 25 年度～平成 28 年度

1. はじめに

航空交通量が年々が増えつつある。現在の航空交通管理（Air Traffic Management : ATM）システムでは、予測された航空交通量の増加に対して、安全性や定時制を始めとする航空交通の効率を保つことは困難である。その課題を解決するため、軌道ベース運用（Trajectory-Based Operations: TBO）概念が提案されている。TBO は、国際民間航空機関が作成したグローバル航空航法計画の中心技術の一つであり、米国、欧州や日本の ATM システム近代化計画に含まれている。

TBO の最終形態となる「Full 4D TBO」は 2030 年頃に運用可能となると計画されているが、まだ概念レベルである。本研究の目的は、Full 4D TBO 概念の便益を明記し、課題を洗い出すことである。

2. 研究の概要

本研究では、Full 4D TBO の実現に向けて、運用方式の検討、課題洗い出しを行い、解決方法を提案する。

理想をもとに Full 4D TBO 運用環境をモデル化し、ファストタイムシミュレータ（FTS）により評価する。シミュレーションの結果と洗い出した課題の検討に基づいて、より現実的な運用制約を加えてモデルを修正し、またシミュレーションを実行する。この繰り返しにより、TBO の課題を洗い出しながらモデルを詳細化し、便益評価の精度を向上する。平成 27 年度では、理想な TBO 環境と経路を作成し、予備調査として 8 つの便の便益評価を行った。

平成 26 年度に開発した風を考慮した最適軌道を生成する軌道最適化ツールに機能をいくつか追加した。また、最適化モデルと軌道パフォーマンス解析に利用される計算方式の精度を調査した。

Full 4D TBO 運用環境において現在より高い空域密度において、航空機間に安全な間隔を保つために自動化システムの支援が必要となるが、安全に責任のある航空管制官が空域状況を把握できる必要がある。そのため、交通状態の「複雑性」を評価する必要があると考える。平成 27 年度では、平成 26 年度に提案した「管制難易度」指標のアルゴリズムを改良し、計算に利用するパラメータの調整及び指標値と航空管制官の状態認識との相関を調査するために実験を行った。

3. 研究成果

3.1 運用環境の検討、便益調査

平成 26 年度に行った調査の結果に基づいて、将来の TBO 環境の便益を評価し、課題を洗い出すためにシミュレーション実験を設計した。航空機の軌道から計算するパフォーマンス指標（消費燃料、飛行距離、飛行時間、空域密度等）を 4 つの経路パターン、季節の影響を反映するため 4 つの気象状況、及び交通需要を反映した交通シナリオで比較するシミュレーション実験を計画した。経路パターンを図 1 に示す。経路パターンとして、ATSR ルートに基づいた経路（現在の飛行計画：FPL）、レーダ管制空域に実際の運航経路（RD）、最短飛行距離の経路（大圏経路：GC）、及び風最適経路（WO）を設定す

る。交通シナリオとして、2013年の飛行計画情報に基づいた3つのベースラインシナリオと、平成26年度に作成した交通増加モデルに基づいた2030年の交通シナリオを用意する。2030年の交通シナリオは、各2013年ベースラインシナリオを交通増加モデルに従ってランダムに増加することにより作成する。

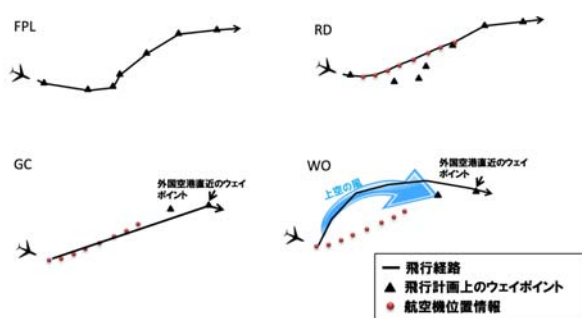


図1 TBOシミュレーションの4つのルートパターン

予備調査として、国内便と国際便を含む8つの便の交通サンプルで4つのルートパターンの軌道をシミュレーションで計算し、消費燃料、飛行時間と飛行距離を比較した。予備調査の結果から、消費燃料算出の精度を上げる必要があることがわかり、シミュレータの軌道計算結果から飛行性能を予測するプログラムを開発した。このプログラムは、監視データ等からの実際の軌道データに対しても適用できる。開発したプログラムにより再計算した8つの便の各パフォーマンス値の比較を図2に示す。

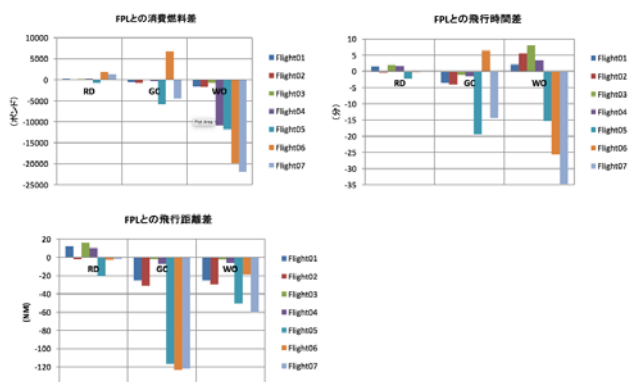


図2 ルートパターンの軌道パフォーマンス指標の比較

すべてのフライトにおいて、風最適ルートは最も消費燃料が少ない。Flight6のGCのケースでは、GCルートはFPLより120nm以上短いのに、FPLルートと比べて消

費燃料は約7,000lbs高く、飛行時間が約7分長い。一方、WOはFPLルートより20nm短い、消費燃料は約20,000lbs少なく、飛行時間が約26分早い。この結果は風最適ルートの便益を表す。

3.2 軌道の性能計算評価

平成27年度は、風を考慮した最適軌道を生成する軌道最適化ツールに機能をいくつか追加した。航空機の水平方向の拘束を加えることにより、4次元最適軌道だけでなく、平面上の二次元経路を指定した場合の高度方向のみを考慮した3次元軌道最適化も行うことができた。このことにより現実的な最適経路を得ることができた。

TBOの便益評価のため、FTSで計算した軌道からパフォーマンスを計算する必要がある。FTSは航空交通のために開発されたが、パフォーマンス計算の精度は本研究に十分でないことが分かった。シミュレーションで計算した軌道や監視データから抽出した軌道情報からパフォーマンスを計算するツールを作成したことにより、パフォーマンス評価の精度を改良した。

軌道最適化及び軌道パフォーマンス解析に使用する気象モデルと機体性能モデルの精度を確認するため、それらを用いて航空機の運航性能を再現し、航空会社提供のデータ記録装置(QAR: Quick Access Recorder)に記録されたデータと比較検討した。図3はBADAモデルの標準重量の精度の評価結果を示す。BADAモデル定義の標準機体重量を使用することにより、実際の離陸重量が0%~40%の範囲で過剰評価になることが分かり、それらの値を用いた軌道最適化による燃料消費量の便益は、実際の値と比べて約7%ばらついていることが分かった。

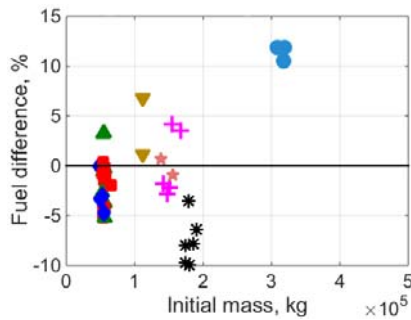


図3 初期質量の差異が燃料消費量推定に及ぼす影響

3.3 空域複雑性指標の開発

将来のTBO環境下では、間隔確保ツールの導入により航空管制官の認知的作業負荷が軽減され交通容量が増加するであろう。管制官のタスクは手動の間隔確保から軌道管理に移行するが、システム故障等により間隔確保機能が低下する場合、航空管制官が直接間隔を管理できるための状態を常に把握する必要があると思われる。そのために、空域容量、作業負荷に影響を与える空域の複雑さを監視する必要がある。

我々は空域の複雑さを表す指標として、航空機対の近接状況に基づく航空管制の難度指標を提案している。平成27年度では、これまで計算方法に関して、3次元への拡張や空域の指標への変換方法の検討を実施してきた。

難度値と近接事象の状況に対応させるため、難度の計算式のパラメータを適切に設定する必要がある。航空機対の距離のパラメータについては管制間隔基準などが参考となるが、予測時間のパラメータは利用可能な基準がない。そこで、専門家の判断に基づく近接状況の認知的調査を実施した。様々な接近状態を含む交通シナリオをレーダ様画面に模擬し、航空管制官に提示した。航空管制官が接近の可能性あることを認知した時刻（認知時刻）と接近状態を防ぐために管制指示を发出すると決めた時刻（意思決定時刻）を調べ、この値とパラメータの関連付けを行った。すなわち、認知時刻と意思決定時刻はそれぞれ難易度の値がある閾値を超えたタイミングと対応すると想定すれば、難度の曲線がそれぞれの時刻に

対応するように計算式のパラメータを調整できる。は一つの交通シナリオ例を示す。エラー！参照元が見つかりません。は λ_t というパラメータを調整し、難易度の時系列を11人から取得した認知時刻と意思決定時刻データと合わせる例を示す。



図4 模擬レーダ画面のイメージ

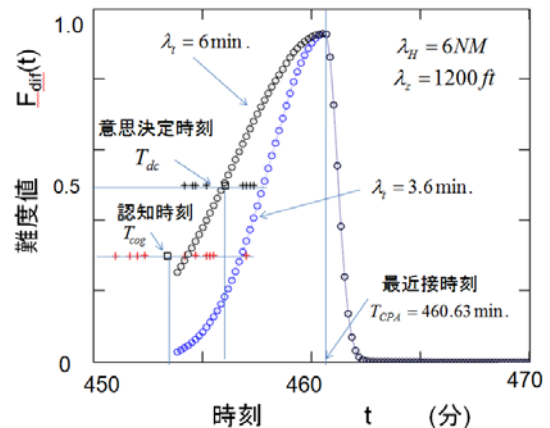


図5 位置決定時刻と難度値 ($\lambda_t = 6$ 分, 3.6 分の場合)の分布

4. おわりに

平成28年度には、シミュレーションによりTBOの便益を評価し、季節、交通量と不確定性の影響を検討する。難度指標に関してはパラメータの適切な設定方法について詳しく検討する予定である。

掲載文献

- (1) 平林, ブラウン, 福田: TBOにおけるエンルートの飛行経路に関する検討。年会演技会, 2015年4月

- (2) 長岡, ブラウン : 近接パラメータによる航空管制の
難度指標 – 空域指標への統合方法 – ” , 電子情報
通信学会 技術研究報告 SSS2015-3 2015 年 5 月
- (3) 長岡, ブラウン : 近接パラメータによる航空管制の
難度指標 – 軌道変更点の情報を用いる計算法 – ,
電子情報通信学会 技術研究報告 SANE2015-33,
2015 年 7 月
- (4) S. Nagaoka, M. Brown : A Difficulty Index for Air
Traffic Control Based on Potential Conflicts, EURO
2015 (27th European Conference on Operational
Research) , 2015 年 7 月
- (5) S. Nagaoka, M. Brown : Integrating Pairwise
Proximity-based Air Traffic Control Difficulty Indices
into an Airspace Index, APISAT 2015, 2015 年 11 月
- (6) 平林, ブラウン, 長岡 : 管制空域における航空管制
難易度指標の可視化, 第 52 飛行機シンポジウム,
2015 年 11 月
- (7) 原田, 小塚, 宮沢, ビクラマシンハ, ブラウン, 福
田 : 国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する
研究, 第 52 飛行機シンポジウム, 2015 年 11 月
- (8) 小塚, 原田, 宮沢, ビクラマシンハ, ブラウン, 福
田 : 旅客機の干渉を考慮した航空機の標準運航速度
の一検討, 第 52 飛行機シンポジウム, 2015 年 11 月
- (9) 平林, ブラウン, 長岡, ビクラマシンハ, 福田, 井
上 : 監視レーダーデータを用いた高速シミュレーシ
ョンの評価, 第 52 飛行機シンポジウム, 2015 年 11
月
- (10) 小塚, 宮沢, ビクラマシンハ, ブラウン : 監視デー
タを用いた航空機の干渉回避方法推定, 第 52 飛行機
シンポジウム, 2015 年 11 月
- (11) 重富, 小塚, 宮沢, ビクラマシンハ, ブラウン, 福
田 : SSR 監視データを用いたターミナル空域周辺の
飛行解析, 第 52 飛行機シンポジウム, 2015 年 11 月
- (12) Wickramasinghe, N., Brown, M., Miyamoto, Y. and
Miyazawa, Y.: Effect of Aircraft Mass and Weather Data

空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○住谷 美登里, 青山 久枝, 山田 泉,
ブラウン マーク, 狩川 大輔, 海津 成男
研究期間 平成 26 年度～平成 29 年度

1. はじめに

年々増加する航空交通量に対応するため、空港面における航空機運航や管制運用の効率化も重要な課題となっている。混雑空港の一つである成田空港でも、複雑な空港レイアウトと時間帯による交通量の偏りによる空港面交通の混雑が見られることから、より効率的な空港面交通の実現を目指した交通管理手法の提案が要望されている。本研究では、成田空港を対象として、地上走行に関する交通状況を分析し、交通状況に応じて適用可能な交通管理手法および適用条件を検討し、シミュレーションによる適用効果について評価し、提案することを目的とする。

2. 研究の概要

本研究は 4 ヶ年計画であり、本年度は主に以下の項目を実施した。

- ・ 空港面における交通状況の把握・予測
- ・ 空港面交通管理手法アルゴリズムの開発
- ・ 適用条件の検討

3. 研究成果

成田空港は、南北に延びる平行な 2 本の滑走路（A、B）と 200 程度のスポット（駐機場）より構成されている。平成 27 年度の成田空港の交通量は 1 日あたり出発便、到着便共に約 320 便であり、その約 8 割を国際線が占めることから、時間帯によって交通量が大きく異なる。また、出発便の 9 割が A 滑走路を使用するのに対して、B 滑走路は主に到着便が使用する。出発便の多い時間帯には、A 滑走路端で出発便の離陸待ちの行列による誘導路上での混雑が生じる。

本研究では、航空局から空港面地上交通データ（毎秒の各便の航跡データ）および運航票情報、成田国際空港株式会社からスポット情報の提供を受け、これらを統合して航空機の地上走行に関するデータベースを作成して交通状況の把握、予測、シミュレーション評価のシナリオ作成等に使用する。

3.1 空港面における交通状況の把握・予測

空港面の交通状況に応じた交通管理手法を提案するために、出発便の地上走行時間（以下、出発走行時間とする）を分析し、出発便のスポットを出発する前から離陸までの任意時刻における位置情報をもとに離陸時刻の予測手法を開発している。概要を図 1 に示す。

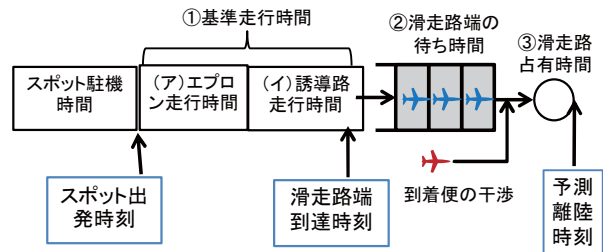


図 1 離陸時刻の予測手法の構成

分析の結果出発走行時間は以下の 3 つに分類される。

- ① 基準走行時間：滑走路端以外の混雑無しを仮定した場合のスポットから滑走路端までの走行時間。
- (ア) エプロンの走行時間：スポットとエプロン出口の組み合わせごとに集計した平均時間。
- (イ) 誘導路の走行時間：エプロン出口から滑走路端までの走行経路長に比例する時間。
- ② 滑走路端の待ち時間：滑走路端の待ち行列に並ぶ出発便数と、待ち行列に並んでいる間に同じ滑走路に着陸する到着便数、それぞれに比例した時間の合計。
- ③ 滑走路占有時間：離陸が連続する場合、到着便の影響を受ける場合、他機の影響を受けない場合、それぞれの場合に応じて集計した平均所要時間。

上記の①においては各出発便の位置情報をもとにした基準走行時間の残り分を算出し、各出発便の滑走路端の到達時刻を予測する。その後予測された滑走路端の到達時刻を用いて滑走路使用順を推定した上で、②および③を用いて離陸時刻を予測する。なお、到着便がある場合には、滑走路使用順に割り込みをうけることを考慮する。

本手法は、平成 27 年度に計算プログラムとして実装したので、航空機位置データ等を用いた性能の検証とプログラムの改修を平成 28 年度にかけて行う。

3.2 空港面交通管理手法アルゴリズムの開発および適用条件の検討

成田空港で試行的に行われている空港面交通管理手法であるスポット出発時刻調整（以下、時刻調整）について、交通流を模擬する空港面交通シミュレータを用いて、現状とその有効性を走行機数という適用条件に着目しシミュレーション検証した。

成田空港では、出発便のピーク時間帯において、誘導路における混雑を緩和する対策として、出発便をスポットで一時的に待機させることによって走行機数の増加を一定値で抑制する時刻調整を行っている。成田空港の管制運用では、通常、出発便からのスポット出発準備完了の通報を受けて、管制承認を発出した後、出発便はスポットを出発する。これに対して、出発便のピーク時間帯などにおいて時刻調整を行った場合には、出発便はスポット出発準備を完了しても、指定された時刻までスポットで待機することになる。

上記の 2 つの場合について、シミュレーション・シナリオを用意した。現状の時刻調整が行われた場合のシナリオ（以下、現状模擬シナリオ）では、データベースのスポット出発時刻（現状）を設定する。これにより、出発時刻調整の対象便は指定の時刻までスポットで待機した後にスポットを出発することとなる。一方、時刻調整が行われなかったと仮定した場合のシナリオ（以下、比較シナリオ）では、現状模擬シナリオで時刻調整対象の便であっても、スポット出発時刻にスポット出発準備完了を通報した時刻を設定することによって、スポットでの待機は行われず、スポットを出発する。従って、比較シナリオにおいては出発便は無制限に増加することが可能となる。

検証対象は、平成 27 年 1 月および 3 月の 8 日間で、時刻調整が行われていた 17:30 から 19:30 までの A 滑走路出発便とした。各日について、現状模擬シナリオと比較シナリオ（延べ 16 シナリオ）を作成した。各日の交通量は、検証対象便は 52~77 便、そのうち時刻調整の対象便は 2~48 便であった。

各日の 2 つのシナリオを空港面交通シミュレータで、シミュレーションを行うことにより、地上走行状況を把握できる。これらの結果を比較し、以下のような項目について検証を行った。

① 走行機数について

スポットを出発済みであり、かつ、離陸をしていない出発便の数を走行機数として、1 分おきに各シナリオについて走行機数求め比較した（図 2）。

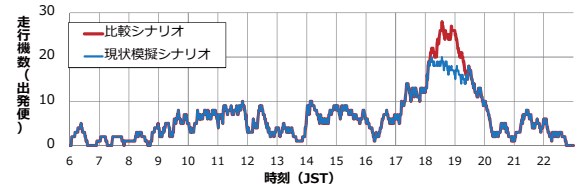


図 2 ある 1 日の出発便の走行機数の比較

現状模擬シナリオでは、検証対象の時間帯における走行機数は 20 機程度に抑制されているのに対し、比較シナリオでは 30 機近くにまで増加していることが示されている。同様の傾向は他の日についても観察されたことから、時刻調整による走行機数の抑制による効果であると判断できる。

② 待ち時間について

本研究において、出発便のスポット出発準備完了から離陸までの所要時間について、以下のように内訳を行い、定義する（図 3）と、所要時間のうちの待ち時間は、スポット待機時間と滑走路端の待ち時間の和となる。

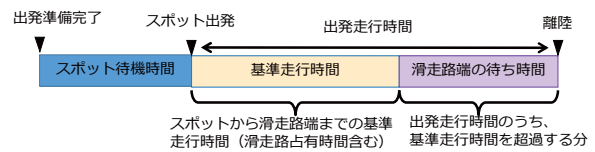


図 3 出発準備完了から離陸までの所要時間

出発便の時刻調整が行われていない場合には、スポット待機時間はゼロとなるため、待ち時間はすべて滑走路端待ち時間となる。従って、比較シナリオにおけるすべての出発便の待ち時間は滑走路端待ち時間となる。

シミュレーション結果から、各日の検証対象の時間帯の待ち時間の平均を求めた（図 4）。

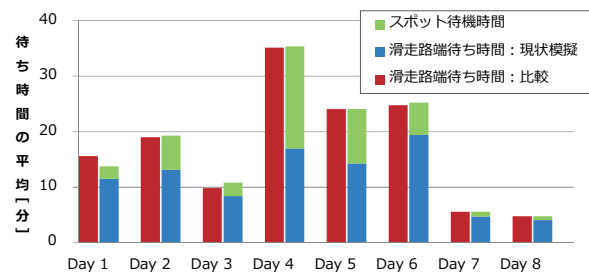


図 4 待ち時間の平均

図 4 より、待ち時間の平均は、各日どちらのシナリオでもほぼ同じであることから、比較シナリオにおける滑走路端の待ち時間の一部が、時刻調整を行うことによって、スポット待機時間にほぼ等価に置き換わっていることが

わかる。

③関連する到着便について

時刻調整によって、出発便がスポットに滞在する時間が長くなることにより、同じスポットを使用する予定の到着便は着陸後、誘導路上でスポットの空き待ちをする可能性が高くなるため、これによる混雑も検討の必要がある。

シミュレーションの結果では、時刻調整の対象便がスポットで待機することにより発生した到着便のスポット空き待ちは1件のみであったことから、この検証対象時間における到着便への影響はほぼないと考えられる。

これらの結果から、現状の成田空港における出発便の時刻調整は、誘導路の混雑緩和に対して有効と見られる。

4. 今後の見通し

離陸時刻の予測手法について、欧州の空港 CDM (Collaborative Decision Making: 協調的意思決定) 導入マニュアルに定められている予測精度の要件 (スポット出発 30 分前以降では±2 分以内) に近い精度を得るべく、性能向上をしていく。この予測手法を用いてスポット出発時刻の調整などの交通管理手法を検討していく。また、現状行われている出発便の時刻調整の有効性検証に基づいて、走行機数の上限や適用時間等の適用条件を検討し、アルゴリズム化していく。さらに、交通状況が変化した場合や到着便によりスポット待機が困難な場合などについても、走行経路調整等他の交通管理手法の適用について検討し、シミュレーション評価を行っていく。

掲載文献

- (1) 住谷他：“成田空港の地上走行時間の特性について”，平成 27 年度（第 15 回）電子航法研究所研究発表会講演概要，pp. 19-24，2015 年 6 月。
- (2) 山田他：“出発時刻調整による空港面交通の滞留軽減効果の推定”，平成 27 年度（第 15 回）電子航法研究所研究発表会講演概要，pp. 25-30，2015 年 6 月。
- (3) 住谷他：“基準時間による空港面交通シミュレータの精度検証”，電子情報通信学会 2015 年ソサイエティ大会講演論文集，2015 年 9 月。
- (4) 住谷他：“成田空港出発便の地上走行時間に関する分析”，航空交通管制協会誌 航空管制，2015-No.5，pp. 26-31，2015 年 9 月。
- (5) 青山：“空港面の交通状況に応じた交通管理手法の開発”，国土交通省航空保安大学校 特別講義，2015 年 12 月。

- (6) I.Yamada：“Simulation Studies on Airport Surface Efficiency Improvement”，CANSO World ATM Congress 2016 (Madrid)，March 2016.

陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○蔭山 康太, 中村 陽一, 岡 恵, 宮津 義廣, 秋永 和夫

研究期間 平成27年度～平成30年度

1. はじめに

航空需要の増加により2025年頃には現行運用の限界が予想される。これに対して、国土交通省では空域の抜本的再編により業務負荷低減などを図り、管制処理能力の向上を計画している。一方、現在使用されている固定経路に替わり、空域ユーザが気象条件などを考慮して飛行経路を決定するUPR (User Preferred Route) の陸域（レーダ空域）への導入により飛行効率の向上が期待される。管制処理能力と飛行効率の向上のために、UPR導入を考慮した我が国の陸域への空域編成手法の確立が必要とされる。

2. 研究の概要

本研究では、UPR やセクタ容量を考慮したシミュレーション・モデルを作成し、経路構成の変化に対する空域編成の対応を検討する。同時に、UPR 導入による便益やセクタ容量による制約を明らかにする。

また、シミュレーションや最適化などの意思決定支援手法の空域編成への適用を調査・研究する。

3. 研究成果

3.1. 運用上の要件調査

文献などに基づき、諸外国におけるUPRの運用状況を調査した。欧州では部分的にUPRのようなユーザ希望に基づく飛行経路の運用が開始されている。同時に、実データを解析することで悪天候や偏西風などの気象条件の変化が飛行経路や飛行高度に与える影響を明らかにした。

3.2. UPR の算出

九州大学との共同研究により、風の影響を考慮して、最も効率の高い経路をUPRとして算出する機能を実現した。動的計画法を適用してUPRは算出される。さらに飛行高度

の制限、訓練空域に代表される飛行制限空域を考慮した経路の算出を可能としている。

3.3. シミュレーション・モデルの構築

UPR導入後には、気象条件により飛行経路の構成が大きく変動することが予想される。空域編成により、この変動への対応が必要である。飛行経路の構成に対応した空域編成の検討を目的としたシミュレーション・モデルの構築に着手した。シミュレーションの実施により、UPRの様々な経路構成における燃料消費や各空域の管制処理能力の検討が可能となる。

我が国の空域を対象として空域データを定義した。また、各々の飛行を対象として、気象条件（風の影響）および航空機型式による機体性能を考慮して燃料消費を最小とする経路に基づく交通流データの生成を実現し、UPRに基づく経路上の飛行のシミュレーションの迅速な実施を可能とした。

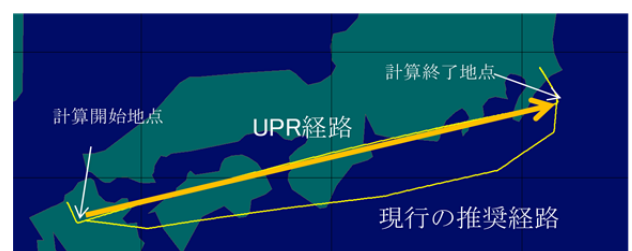


図 UPRの算出例（福岡空港→成田空港）

4. おわりに

UPRに基づく燃料消費を最小とする飛行のシミュレーション実施を可能とした。今後、シミュレーションなどによりUPRの導入時の燃料消費削減を予測する。また、UPR導入時の管制処理能力の検討のため、管制作業量のシミュ

レーション・モデルへの組み込みを予定する。

掲載文献

- (1) K. Kageyama, "ATM Research Topics of ENRI," Aviation Weather Symposium, Singapore, May, 2015.
- (2) H. Hirabayashi, K. Kageyama, "AirTOP Studies at ENRI : Update," AirTOP User Conference, San Francisco, Nov., 2015.
- (3) K. Kageyama, "Fat-time Simulation Studies for the Arrival Merging and Airspace Sectorization," ENRI-ATMRI Joint Seminar, Singapore, Sep., 2015.
- (4) K. Kageyama, "Fast-time Simulation Study Plan for Airspace Sectorization," National Aerospace Laboratory, Amsterdam, Sep., 2015.

RNP-AR と従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究【指定 A 研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○天井 治, 森 亮太, 松岡 猛
研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

1. はじめに

近年, 新しい計器進入方式として, 航空機の優れた性能を生かせる RNP AR (Required Navigation Performance – Authorization Required: 特別許可を要する航法性能要件) 進入方式が開発され, 日本でも効果の見込まれる空港から順次導入されている。山などの地形的な制約から ILS

(Instrument Landing System) 進入方式を設定出来ない場合でも, RNP AR 進入方式では曲線進入を用いて経路を設定できる。また横方向の航法精度が向上するため最低降下高度を引き下げることができ, 今まで有視界気象状態の時しか着陸ができなかった滑走路にも計器気象状態の時でも着陸が可能となって就航率向上に寄与している。RNP AR 進入方式では自由度の高い経路設定が可能となり, 経路短縮による燃料削減や飛行時間の短縮, 騒音を考慮した経路設定等が期待できる。

ターミナル管制官はレーダ画面上で航空機の動きを把握して, 通常, 時間的余裕のある進入の初期～中間段階でレーダ誘導などの方法で順序付けと間隔設定を行い, 滑走路近傍の最終段階では航空機同士の前後間隔のみに注意すれば良いように航空機を実際に線上に並べて管制を行っている。ILS 進入方式では, 原理上滑走路手前で 6 NM (海里) 程の直線飛行を必要とする。一方, RNP AR 進入方式は, 全地球航法衛星システムの高精度測位情報と気圧高度を用い, 横方向の経路誤差 0.3 NM (95%値) 以下の航法精度と RF (Radius to Fix) Leg と呼ばれる円弧旋回を有する航法機能に基づく進入方式で, 航空機の要件, 運用手順, 乗員訓練等の要件について特別な航行許可を要する。RF Leg は ILS 進入方式では実現できない滑走路近傍における曲線進入を可能とする。

従来の ILS 進入方式と RNP AR 進入方式による滑走路近傍での曲線進入とが同一滑走路に対して同時に実施される場合, 管制官は異なる方向から飛来して滑走路の手前で合流する各航空機の到着時刻を予測して順序づけを行い, 管制間隔を確保することになる。これは着陸までに時間的余裕が少ない滑走路近傍においての従来の一直線上ではなく平面に対する思考となり, 飛行時間誤差による予測性の低下もあり, 管制の困難度が増すことが予想される。

本研究では, 単一滑走路に対する, このような幾つかの

進入方式の混合運用の安全性と実現方法を研究する。

2. 研究の概要

2.1 研究の目標

RNP AR 進入方式と従来方式がそれぞれ単独では安全性が確認されていたとしても, 混合環境では各々の方式の単独実施では顕在化しないハザード (危険因子) が顕在化する可能性がある。このため RNP AR 適合機及び非適合機が混在する環境において, 同一滑走路への進入方式として従来方式と RNP AR 方式が混合で運用される混合運用のハザード解析を行う。まずは混在環境における管制運用モデルの粗案を作成する。この粗案をハザード等の見落としの少ないものに練り上げて行く。管制リアルタイムシミュレーション実験も行い, 混合運用の実現可能性の評価と混合運用における課題等を洗い出す。安全性評価手法についても検討し, 当該環境に適した手法の提案を行う。

次の二項目の作成, 提案を目標とする。

1. 混在環境管制運用モデル案の作成
2. 考察環境に適したハザード解析手法の提案

2.2 本年度の研究

本年度は最終年度にあたり, 下記の項目の実施を計画した。

- ① 混在環境管制運用モデルの作成 (とりまとめ)
- ② リアルタイムシミュレーション実験実施
- ③ 混在環境管制運用モデルの準備的ハザード解析
- ④ ICAO 会議等への参画による国際貢献

①について。混在環境における管制運用の安全性を Safety Case (安全性保証のための分析手法) を用いて検討し, それに基づいて混在環境における管制手順案を作成する。また, Safety Case 作成時の安全性の評価に必要な情報を得るためにレーダデータの解析も行う。更に, リアルタイムシミュレーション実験の結果もフィードバックする。

②について。混在環境を模擬したパソコンベースの管制リアルタイムシミュレーション実験を管制経験者の協力の下で行い, 1 時間当たりの IFR 到着機数, 進入方式の混合率を昨年度得られた知見を基に固定して可能な限り多くの試行を行い, 混合運用の場合と従来運用の場合と困難

度を比較する。またそのシミュレーションのためのソフトウェアを作成する。

③について。管制手順案作成のためにハザード解析結果をGSN (Goal Structuring Notation) チャートにフィードバックするための手法を開発する。航空局の協力の下で今年度実施予定のハザード同定会議の結果も管制手順案作成のためにフィードバックする。

④について。ICAO SASP 会議や国際学会に参加してターミナル空域等における安全性評価手法の検討結果について発表し、併せて情報収集を行う。

3. 研究成果

①について。前年度に作成した Safety Case による検証のためのGSNチャートに実験の結果得られた知見を反映して修正案を作成した。前年度の実験の結果、RNP AR 機最優先 (Best Equipped, Best Served. : BEBS) 方式の必要性が判明した。即ち、RNP AR 機に対してレーダ誘導による迂回や空中待機を行うことは折角のRNP AR 進入方式を有効活用出来ない。RNP AR 機最優先方式により、パイロット訓練や機体整備等でコストが掛かるためにRNP AR 運航を躊躇している運航会社に導入の動機付けを与えられる。このBEBS方式にて混合運用を行う場合の管制運用モデル案に盛り込むべき内容を洗い出した。

②について。管制リアルタイムシミュレーション実験に用いるシミュレータプログラムの機能強化等の改修を行った。これは航空機の軌道等を計算するためのサーバーパソコンを含めた3台のパソコンで動作する。これを用いて管制官役とパイロット役を含めたHuman-in-the-loopシミュレーション実験を行った。

RNP AR 進入方式と ILS 進入方式との混合環境におけるシナリオを仙台空港の空域に基づいて作成した。図1に経路構成を示す。

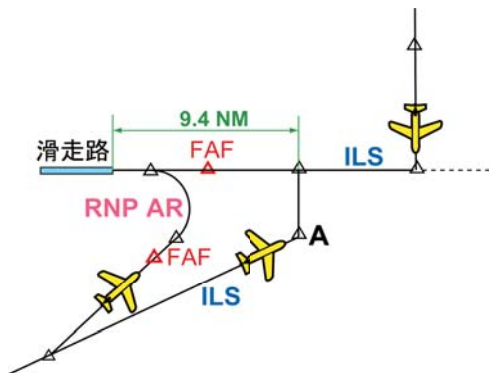


図1 経路構成

シナリオは前年度のシミュレーション実験により得ら

れた知見を反映して以下のようにした。

- ・ IFR 到着機の交通量：20 機/時
 - ・ RNP AR 機の混合率：30%
 - ・ 交通流の割合：南西側 70%，北側 30%
 - ・ タワー移管時の航空機間隔：7 NM（出発機を考慮）
- 更に、滑走路端から RNP AR 経路のウェイポイント (WP) までの距離を ILS ローカライズコース上等に示したイメージポジション (I) の表示の有無や入域 FIX における速度指定 (S) の有無を指定できるようにした。これらは纏めて両方を付けるか (IS) 付けないかとした。航空機の速度のバラツキは管制に与える影響度が高いと考えて、仙台空港の実測データから作成した速度プロファイルに基づいてバラツキを反映させた。また、前年度の実験で RNP AR 機と ILS 機のデータブロックの表示色を違えた方が勘違いを減らすことができると安全という結果が得られたため、今回も色を違えて表示した。

RNP AR 運航の要求は必ず許可、RNP AR 機のレーダ誘導は不可で速度調整のみ可という RNP AR 機最優先の条件にて実験を行った。1 試行は 40~60 分間で行われ、試行後直ぐに管制官役へのアンケートを行った。このアンケートによる主観的 (定性的) 評価とシミュレータに蓄えられた航跡データ等による客観的 (定量的) 評価結果とをあわせて解析を行った。被験者 (管制官役) は 4 名とした。

表1 被験者を一纏めにした定量的評価量の結果

評価項目	A0(従来運用)	A30(混合運用)	A30-IS(混合運用)
最大同時取扱機数	7.1	6.3	6.0
平均同時取扱機数	4.4	4.1	4.0
平均針路指示回数	2.5	1.9	1.6
平均迂回距離 [NM]	8.4	5.7	5.1
平均速度指示回数	1.8	2.2	2.5
平均タワー移管間隔 [NM]	9.0	9.2	9.2

表1に被験者を一纏めにした定量的評価量の結果を示す。平均迂回距離など被験者毎の差異が目立つ項目もある。従来運用 (A0) と混合運用 (A30 および A30-IS) を比較する。同時取扱機数、針路指示回数、平均迂回距離は混合運用の方が少ない。これらは、RNP AR 最優先方式での混合運用が従来運用に比べて困難とならないことを示唆していると考えられる。速度指示回数は混合運用の方が多いが、これは RNP AR 機に対しては迂回ではなく速度指示のみでの対応を求めているため、当然の帰結と考える。尚、RNP AR 機に合わせて ILS 機も速度指示で対応する管制官も多く見られた。平均タワー移管間隔についても混合運用

の方が若干余裕のある値となっている。これらから、控えめに見ても、定量的評価量の結果は混合運用が従来運用に比べて困難であるとは言えないことを示唆していると考える。

③について。GSN チャートの作成後、効果的な運用が期待できると考えられた運用方式に対し、HAZOP (Hazard and Operability Studies) ワークシートを用いてハザード解析を行う。HAZOP は事象からのズレがあった場合を考慮することによりハザード同定を行い易くする手法である。

本研究では、GSN チャートの作成等を通して混合進入方式における管制手順の要件を開発する。その管制手順案の作成に HAZOP を適用することにより GSN チャート作成時に見過ごされたハザードを同定する。本研究ではまた、ハザードの原因・背景要因も考える。

前年度は、欧米の複数の人的過誤のリストの情報を組み合わせた人的過誤要因のリストを作成した。また、人的過誤の発生率について文献調査および整理を行い、HAZOP ワークシート上に取り込んだ。CORE-DATA の情報等に基づいて各種データから得られた人間行動の過誤確率、PSF (Performance Shaping Factors) 値、エラー発生原因のリストをまとめた。今年度はそれを更に練り上げ、また数値的な根拠を与えるために影響の重大性の数値等を明確な根拠に基づいて決定した。更に、各ハザードに対する前提条件 (頻度) を決定した。ハザード同定会議は開催出来なかったが、その代わりとして運航会社等からハザードの影響度等に関する意見収集を行った。

図 2、図 3 にハザード解析に用いる HAZOP ワークシートの記入例を示した。横に長いため 2 つに分割して示した。ハザード同定の結果を図 2 の濃いピンク色で示した「正常状態からのズレ・異常」に記入する。上述した複数の報告結果をまとめた人的過誤のリストを調べて、当該事象の「エラータイプ」と「ヒューマンエラー/故障モード」を決定する。更に背後要因等もリストから選択して記入する。「ズレ・異常の影響」に関して調査・考察し記載する。それを基に図 3 の「影響の重大性」を決定する。「小」などの定性的評価値を記入すると数値が自動的に記入される。この値は英国の HSE (Health and Safety Executive) の保険コスト等を参考にして数値的根拠が妥当と見なせるように決めた。「異常の発生確率」はヒューマンエラーモードを決定した時点で自動的に決定される。「前提条件」はその発生確率等がはっきり決まらない場合には最大値を記載した。PSF も複数の報告をまとめたリストから選択するようにし、「PSF の値」は自動的に記入されるようにした。これらの数値を掛け合わせて「リスク」が自動的に計算さ

れ、事故データ等を精査して決定したリスク許容値と比較され、「許容度」が決定される。これらの成果については詳しい報告を論文にまとめている最中である。

HAZOP解析の開始点

ID 番号	機密/機件 機密	故障原因/ エラーの背後要 因・環境条件	エラー タイプ	ヒューマ ンエラー /故障 モード	正常状態 からのズ レ・異常	ズレ・異常の影響		過誤/不安 全状況検 出方法	回復/ 復旧方 法
						時刻	対周辺シス テム/機 器		
2		5 航路の複雑 さ、認知負 荷の増大を誘 発 13 注意力低 下、疲労 16 過度の感 情的スト レス、不健康 状態	脱落 の発 生	没頭・ 注意散 漫	ILS2機間 の間隔調 整に気を とられ別 方向から のAR機を 見落とす	時刻	ILSとAR機 の2機間に 滑走路手 前での異 常接近発 生の可能 性。必要 な操作や 作業によ るワーク ロードの 増加。	解消処理 が必要と なり、他 機への 遅れ空域 全体へ混 乱が波及	パイロット から管制 への確認 ダブル ウォッチ 他席によ るモニタ 、シーク エンス警 告機能
7		2 不慣れ 、種、ある いは初め の重大な 局面	誤判 断	判断誤 り	RNP、AR 機の到着 時刻の見 積り誤り	時刻	他のILS機 との異常 接近発生 の可能性 。通常と 異なるセ パレーシ ョンへの 警戒によ る負荷増 大	解消処理 が必要と なり、他 機への 遅れ空域 全体へ混 乱が波及 、出発機 の遅れ	パイロット から管制 への確認

図 2 HAZOP ワークシートの記入例 (左側)

極大 = 1
大 = 1.1E-3
中 = 3.6E-5
小 = 7.2E-7
極小 = 1.4E-8
なし = 0

許容可
要リスク軽減策
許容不可

影響の 重大性 (定性的 表現)	影響の 重大性 (数値)	前提条 件 (発生 確率 or 回数)	前提条 件 (発生 理由)	PSF (Perform ance Shaping Factors)	PSF の値	異常の 発生確 率	リスク	軽減策 後のリ スク(混 合運用)	軽減 策後の リスク (その他)	許容度	コメント
小	7.2E-07	6.3E-01	実験の 観察結 果から 50試行 で6回と した。	複雑作 業	2	1.2E-02	1.1E-08	1.5E-12		要リス ク軽減 策	AR機が 独立 経路を 飛行す れば、 ハザ ードは 少な い
小	7.2E-07	9.0E-01	RNP AR機 の機数 の最大 値	困難作 業	2	2.5E-03	3.2E-09	1.5E-12		要リス ク軽減 策	シーク エンス の機数 は、自 分の決 めたシ ークエ ンスに 合わせる 必要が 少ない

図 3 HAZOP ワークシートの記入例 (右側)

④について。ICAO SASP会議、IPACG会議、国際学会 (IAIN (International Association of Institutes of Navigation)) において研究発表・意見交換を行った。

4. まとめ

平成 27 年度の研究の概要を示した。3 ヶ年計画の最終年度で管制リアルタイムシミュレーション実験を前年度に得られた知見を参考にして実施した。シナリオを絞って可能な限り多くの試行を行った。その結果は少なくとも実験環境においては RNP AR 機最優先方式での混合運用は従来運用に比べて困難であるとは言えないことが分かった。また、ハザード解析に於いても、リスク低減策を要するハザードは多数存在するが運用不可となるハザードは見あたらなかった。

掲載文献

- (1) R. Mori, Safety Assessment of the Introduction of 10 Minutes Longitudinal Time Separation in Fukuoka FIR, IPACG/38, Mountain View, CA, USA, Apr. 2013.
- (2) M. Fujita, Estimation of Navigation Performance and Offset by the EM Algorithm and the Variational Bayesian Methods, Advances and applications in statistics, vol.35, no.1, pp.1-27, May 2013.
- (3) 藤田, 天井: “混合進入方式とその安全性解析手法の初期検討”, 電子情報通信学会技術研究報告 SSS, 113(54), pp.1-4, 2013年5月.
- (4) 天井: “RNP-AR 経路を飛行した航空機の飛行時間のバラツキ”, 電子情報通信学会 2013年ソサイエティ大会, A-18-1 (安全性), 2013年9月.
- (5) M. Fujita, Distribution Model Estimation with Credible Intervals When Lateral Offset Is Allowed, SASP-WHL23-IP03, Delhi, India, Nov. 2013.
- (6) R. Mori, Extension of Periodic Report Interval on Oceanic Flight under Longitudinal 30 NM separation Standard in Fukuoka FIR, ICAO RASMAG-MAWG/1-WP_IP1, Honolulu, HI, USA, Dec. 2013.
- (7) 天井: “飛行高度指定点における航空機の飛行高度のバラツキ”, 電子情報通信学会 2014年総合大会, A-18-4, 2014年3月.
- (8) 天井, 藤田, 松岡: “Safety Case の作成による RNP AR (特別許可を要する航法性能要件) 進入方式等と従来方式との混合運用に関する安全性分析について”, 電子情報通信学会技術研究報告 SSS, 114(4), pp.9-12, 2014年4月.
- (9) 天井, 松岡, 藤田: “RNP AR 等の混合運用に関する安全性保証のための分析について”, 平成 26 年度 (第 14 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.57-62, 2014年6月.
- (10) 天井, 松岡, 藤田: “RNP AR 等進入方式と従来方式の混合運用に関する安全性分析手法”, 航空振興財団航空交通管制システム小委員会, 2014年8月.
- (11) R. Mori, Refined Collision Risk Model for Oceanic Flight under Longitudinal Distance-Based Separation in ADS-C Environment, The Journal of Navigation, Vol.67(5), pp.845-868, Sep. 2014.
- (12) 天井: “RNP AR 進入方式の円弧旋回部での航空機の横方向航法精度の推定”, 電子情報通信学会 2014年ソサイエティ大会, A-18-1 (安全性), 2014年9月.
- (13) 天井: “進入経路における航空機の飛行時間分布の推定”, 日本航空宇宙学会 飛行機シンポジウム, 2E04, 2014年10月.
- (14) 天井: “航空交通管制分野における定性的安全性評価例”, 日本航海学会誌「NAVIGATION」, 2014年10月.
- (15) R. Mori: Confusion in Cir 331 (SLOP Circular), ICAO SASP, SASP-WG/WHL/25-WP09, Nov. 2014.
- (16) 天井: “RNP-AR と従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究の概要と進捗状況 その 2 ~ 航空管制リアルタイムシミュレーション実験の詳細 ~”, CARATS 高規格 RNAV 検討 SG 会議, 2015年1月.
- (17) 天井: “平行滑走路における同時離着陸頻度の推定”, 電子情報通信学会 2015年総合大会, A-18-1 (安全性), 2015年3月.
- (18) 松岡, 天井: “航空管制における混合進入方式の安全性評価のためのヒューマンエラー確率の推定法”, 電子情報通信学会 安全性研究会, SSS2015-2, 2015年5月.
- (19) R. Mori, Calculation of Longitudinal Collision Risk under ADS-C Environment Considering Speed Prediction Error Dependency of Consecutive Aircraft, ICAO SASP-WG/26-IP/2, May 2015.
- (20) R. Mori, Extension of ADS-C Periodic Position Report Interval for RNP4 Aircraft in Fukuoka FIR, IPACG/41 PM, June 2015.
- (21) 天井, 松岡: “RNP AR と従来方式の混在環境の管制リアルタイムシミュレーション”, 電子航法研究所第 15 回研究発表会講演概要, 2015年6月.
- (22) 天井, 松岡: “単一滑走路における RNP AR と ILS 進入方式の混合運用の安全性について”, 日本信頼性学会誌, 2015 Vol.37, № 5, 2015年9月.
- (23) O.Amai and T.Matsuoka: Air Traffic Control Real-time Simulation Experiment Regarding the Mixed Operation between RNP AR and ILS Approach Procedures, IEEE Xplore Digital Library, 2015 IAIN World Congress, Prague, Czech Republic, Oct. 2015.
- (24) R. Mori, Lateral Track Keeping Capability on Oceanic Routes in Fukuoka FIR, ICAO SASP-WG/27, Oklahoma City, Nov. 2015.
- (25) R. Mori, 20 NM Longitudinal Separation Minima without Any Constraints Considering Dependent Speed Error, ICAO SASP-WG/27, Oklahoma City, Nov. 2015.
- (26) R. Mori, Mach Restriction Effect to Reduce Separation,

ICAO SASP-WG/27, Oklahoma City, Nov. 2015.

- (27) 天井, 松岡: “RNP AR 進入方式と従来方式の混在環境に対する管制リアルタイムシミュレーション実験について”, 航空管制協会誌「航空管制」, 2016年1月.
- (28) 天井: “RNP-AR と従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究の概要と進捗状況 その3～航空管制リアルタイムシミュレーション実験の結果と混合運用に起因するハザードの解析について～”, CARATS 高規格 RNAV SG 会議, 2016年1月.
- (29) 天井, 松岡: “RNP AR と ILS 進入方式との混合運用における異常接近予測”, 2016年電子情報通信学会総合大会, 2016年3月.

タワー業務の遠隔業務支援に関する研究

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○井上 諭, ブラウン マーク, 米本 成人 (監視通信領域), 塩見 格一 (監視通信領域)
研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度

1. はじめに

航空交通のサービスレベルの向上は、大規模空港だけでなく、中小規模の空港においても重要性が増している。このような中小規模の空港業務を、より安全で、かつ効率的に運用していくための技術的な仕組みとして、近年リモートタワーの研究開発が世界的に行われている。リモートタワーのコンセプトは、空港のタワーで行われている業務を、映像技術やネットワーク技術を用い、遠隔的に離れた施設に集約し管制業務を実施するものである。一方、日本においても、遠隔の空港運用サービスは、Remote Air Ground (RAG) Communication Service という形で Aerodrome Flight Information Service (AFIS)の業務が Flight Service Centre (FSC) にいる運航情報官により小規模空港や離島空港向けに、30 年以上提供されてきている。

空港の交通状況や安全などを監視する業務を離れた場所に設置されたセンターからも実施できるようにするためには、光学カメラや映像を映し出すディスプレイはもちろんのこと、センサーや情報技術を活用したシステムを用いた仕組みにより、安全性の向上はもちろん、現在のタワー業務と比較しても、効率的な運用が可能なシステムとしなければならない。本研究では、これらの仕組みを実現するために必要な技術開発を行っている。

2. システムの概要

現在行われている RAG 業務のシステムでは、運航情報官は気象情報 (WRU) や、フライトプラン (FIHS) や運航状況の情報、レーダー (APDU) 情報等の端末に加え、空港の状況を映像により監視できる ITV モニタ等で構成されるシステム機器を使用し、空港の状況を監視している。ITV モニタや APDU の情報は、航空機の動きや業務の流れのタイミングをコントロールするために活用されており、効率性や安全性の観点から利用価値が高い機器である。

今後、AFIS 業務だけでなく、管制業務等のタワー業務を遠隔オペレーションにしていくにあたり、これまで以上に安全でありながら、より多くの航空機を効率的にコントロールするためには、リモートタワーでは、視覚監視情報を拡充するシステムが推奨されている。図 1 に示すシステムの基本的な構成は、タワーで業務を行う際にみる景色 (Out of The Window view) と同様に、タワーと同様の視点を持った空港面及び、その周辺を監視

できるようにパノラマビューをカメラとディスプレイのシステムにより提供する。また、空港周辺や空港内の航空機の位置は監視センサー情報を基に、パノラマビューに支援情報を合成し拡張現実 (Augmented Reality : AR) 型の表示を行う。これらの機能も安全性の向上と同時に、効率性の向上にも寄与できるものとして、空港の条件に応じて装備できるような仕組みを提供することが想定されている。

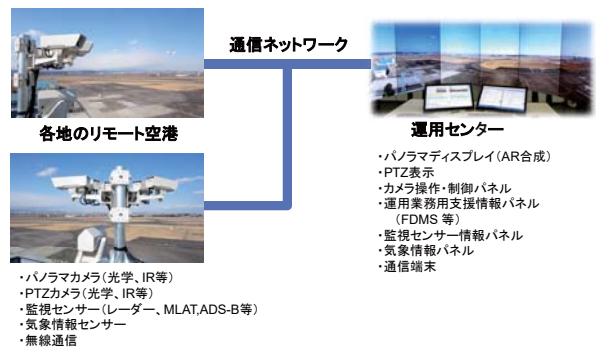


図 1 システム概念構成

AR 情報は、センサーによる位置情報と連動し、航空機に関連付けられた固有の情報をタグとして表示できるようにしている。AR による業務支援情報の表示は、視界が低下するような場合においても、航空機の位置が合成映像情報として表示されることで、オペレーターは航空機の位置を直感的に把握可能で、夜間や悪天候時等のオペレーションでも負荷軽減に寄与できる。また双眼鏡を使うような特定の視界領域を拡大したい場合に対応して、PTZ カメラを装備している。PTZ カメラは特定の場所を拡大、さらに位置センサーの情報と連動して特定の目標を追跡する機能を持つ。これらの機能により、オペレーターは空港から離れたオペレーションセンターからでも航空機を監視し、情報提供や管制業務が可能になる。

3. 実験システム

本研究では仙台空港に隣接する岩沼分室にテストシステムを製作、設置し性能検証を実施した。テストシステムは、タワーから見た映像と同様の映像を複数のマルチディスプレイに映し出す。(図 2) このプロトタイプシステムでは、固定カメラ及び PTZ カメラは汎用のネットワーク HD カメラを使用している。



図2 プロトタイプシステム（ディスプレイ部）

カメラからは30fpsで映像が配信され、シームレスになるように設置されたHDのディスプレイ6台に180°のパノラマが出力される。

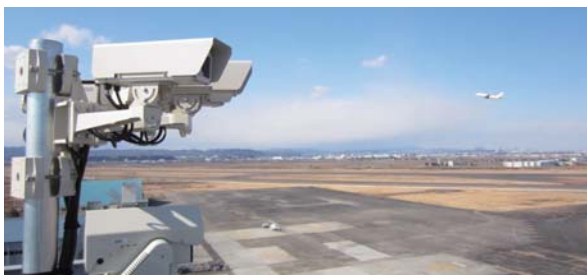


図3 岩沼分室に設置したマルチカメラシステム

カメラとマルチディスプレイ間は、メディアコンバーターを介した光回線で接続している。H27年度に作成したシステムでは、映像フレームレートは運用に時にはデータ転送量がネットワークのコストとして影響があるため、10~30fpsの間で今後は運用に必要な適正なデータ量を見極める試験を実施した。

4. ターゲットトラッキング

リモートタワーの仕組みにおいて、重要な技術の一つが航空機や移動体を検知、追尾することができるターゲットトラッキング機能である。この機能はオペレーターの視覚を支援するために有効な情報として、拡張現実（以下、AR）技術を用いディスプレイの航空機や移動体が存在する位置にマーカーや付加情報を表示することができる。この機能は主に、映像データを元にした画像検知情報と監視センサーから得た位置情報の2つを元に、映像上の航空機のいる位置に、便名や位置、またフライトプランなど、運用に必要な情報をタグとして表示することができる（図4）。映像認識は、データの位置差分を検出することで、映像情報から航空機や空港面を移動する車両を検出でき、重ね合わせやノイズ等の外乱情報を排除するための閾値や補正処理等の開発も実施しており、スムーズな物体追跡機能の性能、精度向上も検討、実施している。



図4 ディスプレイ上のトラッキング表示例

たとえば、ターゲットトラッキングで採用しているアルゴリズムはリアルタイムにターゲットをトラッキング可能であることを第一に、処理速度を重視しており、基本的には背景差分法の考え方を採用している。しかし、背景差分法で生じる分断などの問題は、フィルタ技術等で解決でき、映像ベース技術の追跡精度の向上ができることを確認している。また、ノイズや、気象条件による可視光カメラによる指定の限界などにおいては、画像認識の機能が働かない場合でも、位置情報センサーからの情報を持ちいて航空機のいる位置を推定し、映像上に表示することで、空港内のどの位置に航空機がいるのかを知ることができる。またフライト情報と結びつけることで、位置と個々の航空機の関係がすぐに理解できるため、オペレーターの業務負担の低減につながると期待される。さらに、監視センサーから送られてくる3次元位置情報を固定カメラから送られてくる映像上にマッピングし、たとえ映像データでの追跡が難しいような視界環境でも、航空機の位置を表示し続けることを可能にしており、視程が悪い状況においても、オペレーターの運用を視覚的にサポートできることが期待されている。

5. PTZカメラ

パノラマ映像の中で、特定の場所や移動体を拡大したい場合には、パノラマ映像と連動し、映像の任意の位置を指定することで、その選択した場所を拡大するための仕組みをもつ。映像認識と位置センサーの情報を元に特定のターゲットを追跡することができ、状況認識を助けることに役立つ。

6. まとめ

本研究ではリモートタワーに必要な基本的なシステム構成のプロトタイプを作成した。今後は、後継の研究で実運用を想定したテストを続け、運用に必要な課題の洗い出しと技術構築を行っていく予定である。

データリンクを活用した中期コンフリクト検出技術の研究【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○瀬之口 敦, 平林 博子, 白川 昌之
研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

1. はじめに

CARATS ロードマップでは運行中のリアルタイムな軌道修正に関する施策が挙げられている。航空交通量の増大に対応するため、飛行中における時間管理の導入とともに、中期の航空機のコンフリクト検出・解決支援、およびデータリンクによるリアルタイムな必要最小限の軌道修正を実現することが求められている。

本研究の目的は、20 分程度先までの航空機の 4 次元軌道を予測して潜在的なコンフリクトを検出し、その解決を支援する中期コンフリクト検出 (MTCD: Medium-Term Conflict Detection) 技術について、データリンクを用いた高精度の軌道予測によりコンフリクト検出部を高度化することである。達成目標は下記 2 点のとおり。

- (1) 国内空域を飛行する航空機に対して中期の軌道予測を行い、コンフリクトの発生状況を確率的に空間や時間軸へ表示することによって、軌道予測の精度と中期コンフリクトの検出閾値との関係を明らかにする。
- (2) SSR モード S の DAPs 機能による風向・風速、温度 (推定値) の軌道予測や中期コンフリクト検出への活用方を考案する。

我が国の運用・運航状況やデータリンク環境を考慮することによって、将来的には管制官・パイロットの作業負荷軽減や航空交通量の増大に繋がるものと考えている。

2. 研究の概要

本研究は 3 ヶ年計画であり、第 1 年次となる平成 27 年度は次の 2 点を実施した。

- (1) 軌道予測の精度を考慮した中期コンフリクト検出技術の調査
- (2) DAPs 機能を利用した気象変化の予測性向上の検討

3. 研究成果

3.1 軌道予測の精度を考慮した中期コンフリクト検出技術の調査

欧州 EUROCONTROL の MTCD 機能要件に関する文献^[1]を調査し、MTCD に求められる 3 つの機能: ①航空機間のコンフリクト検出と管制官通知, ②不可侵空域への侵入検出と管制官通知, ③他機運航のブロック状態検出と管制

官への表示、および 2 つの検出段階: ①計画段階, ②飛行中の接近段階 (戦術的段階), を考慮する必要性を確認した。また、将来の日本の空域における MTCD の有効性について認識を深めた。今後計画されている高高度空域の導入やフリールート運用では日変動や季節性、気象状況、空域制限等により経路パターンおよび交差点が増加するため、管制官のワークロードを軽減するよう、潜在的なコンフリクトを検出して表示する管制支援機能が重要になると考えられる。これらより、解決すべき技術的課題および今後の検討の方向性を下記のとおり導いた。

- ・軌道予測の精度向上
→航空機からのダウンリンク情報を活用する。
- ・予測精度に応じたコンフリクト検出ロジック
→今後、具体例を求めて検討する。
- ・管制官への通知や表示等のインターフェース
→次年度に国内調査を計画する。

今後の検出ロジックの検討に先立って、管制官 OB による主観評価を実施した。2013 年 9 月のある 1 日分の交通流を模擬し、羽田到着機のスペーシングを実施するセクタ T09 および羽田出発機同士または出発機と通過機の干渉を監視するセクタ T12 における中期コンフリクト数をカウントした。その結果、T09 では 88 件 (関連機数 292 機) ほど中期コンフリクトが発生した一方、T12 では 16 件 (関連機数 32 機) であった。これより、セクタ毎の地域特性によって検出される中期コンフリクトの件数および傾向には違いがあるとわかった。また、特筆すべき評価者コメントとして、「出発機と通過機による潜在的なコンフリクトが発生するような場合は出発機がレーダ画面上に存在しないため MTCD が有効ではないか (ここでは T12 を担当する管制官にとって)」を得た。

3.2 DAPs 機能を利用した気象変化の予測性向上の検討

DAPs 機能による風向・風速、温度 (推定値) のデータ品質向上に着手した。具体的には、DAPs データの同化による数値天気予報の精度向上および航空機の安全運航に係る気象予測情報の高度な利用法の開発を実施する気象研究所との共同研究 (ENRI 側実施主任者: NAV 領域 吉原主幹) を開始した。また、実験用航空機「よつば」の

ARINC429 データバスへ流れるデータを機上で記録・収集できるように整備し、新たな比較評価の実施が可能になった(図1)。

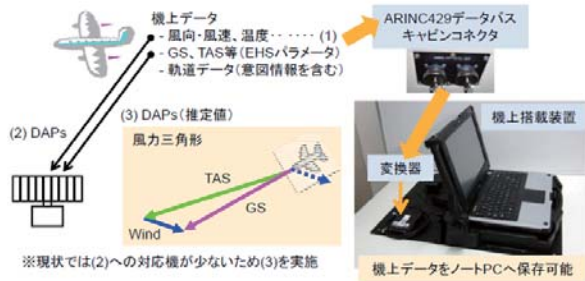


図1 実験用 ARINC429 データ取得装置

早稲田大学との共同研究(公募型,平成26~27年度)により,DAPs機能による風向・風速(推定値)を用いた風速変化の補正について検討した。高頻度(1時間毎)・高解像度(2kmメッシュ)の数値予報データ LFM(Local Forecast Model)から求めた風速と DAPs機能で取得した先行機の風速を比較したところ,先行機との時間間隔が約30分以内であれば先行機の風速を用いた方が実際の風速との差は小さい傾向になることがわかった^[2]。

4. 考察等

次年度(平成28年度)は以下の2点を実施する予定である。

- (1) 軌道予測の精度と中期コンフリクトの検出閾値の分析
中期コンフリクト発生数を具体的に算出することで,実運用にとって有効な検出閾値等の MTCD のシステム詳細を検討する。また, MTCD の統合管制システム対応について調査し,ニーズや研究開発課題を整理する。
- (2) 気象変化の予測性向上に伴う軌道予測の精度評価
DAPs機能による風向・風速,温度(推定値)を評価するために飛行実験を実施し,機上データ等を収集して分析する。また,品質管理の適用について検討する。加えて,風速変化の補正や数値予報の精度向上に伴う軌道予測精度を評価する。

参考文献

[1] “EUROCONTROL Specification for Medium-Term Conflict Detection”, EUROCONTROL-SPEC-0139, Edition 1.0, July 2010.

[2] 手塚, 瀬之口, “気象庁数値予報モデルと先行機のダウンリンクデータの誤差に着目した風況予測精度向上”, 日本航空宇宙学会第47回年会講演会講演集, JSASS-2016-1056, 2016年4月。

掲載文献

[H27-1] 白川, 瀬之口, 平林, “レーダデータによる航空機運航速度パラメータ推定と軌道予測”, 日本航空宇宙学会第46回年会講演会講演集, JSASS-2015-1024, 2015年4月。

[H27-2] 瀬之口, 白川, 平林, “SSRモードSデータを用いた航空機の運航速度の時系列解析”, 日本航空宇宙学会第46回年会講演会講演集, JSASS-2015-1026, 2015年4月。

[H27-3] 瀬之口, 白川, 平林, “運航速度データベースに基づく軌道予測の評価”, 第15回電子航法研究所研究発表会講演概要, No.1, 2015年6月。

[H27-4] A. Senoguchi, “DAPs Potential and an Analysis on Weather Uncertainty for TBO”, ICAO/WMO APAC MET/ATM Seminar 2015, SP/12, June 2015.

[H27-5] 瀬之口, “4D気象DBに係るENRIのATM関連研究について”, CARATS第20回航空気象検討WG, 資料20-5, 2015年8月。

[H27-6] 白川, 大津山, 福田, 瀬之口, “ターミナル空域における航空機軌道とACAS不要RAについての一考察”, 第53回飛行機シンポジウム講演集, 1D09, 2015年11月。

[H27-7] 平林, 瀬之口, 白川, “航空管制における中期コンフリクト検出技術の必要性について”, 2016年電子情報通信学会総合大会講演集, B-2-17, 2016年3月。

[H28-1] 平林, 瀬之口, 白川, “中期コンフリクト検出技術の必要性と課題”, 第16回電子航法研究所研究発表会講演概要, No.4, 2016年6月。

予防安全のための状況認識支援に関する研究【指定研究B】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○青山 久枝, 狩川 大輔, 中村 陽一
研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

1. はじめに

航空交通量の増大に伴い、航空保安業務従事者の業務量も増大する中で、航空交通の安全性向上は最優先の課題とされている。その達成に向けて、業務の自動化範囲の拡大等が検討されているが、航空保安業務の中心は人間であり、航空保安業務従事者である航空管制官（以下、管制官）などは、より安全性の高い業務を行うことが求められる上、業務経験を生かした技能を伝承し、維持・向上させていくことも必要とされている。このような業務において、ヒューマンファクターに関する分析とそれに基づく安全管理に対する支援が今後さらに必要である。

本研究では、予防安全の実現において重要な状況認識に関する技能の向上支援に向けて、二つの観点からアプローチする。一つ目として、これまでに電子航法研究所、東北大学、東京大学が共同で基本的開発を行ってきた管制処理プロセス可視化ツール COMPASi (Cognitive system Model for simulating Projection-based behaviors of Air traffic controller in dynamic Situations in interactive mode) の教育・訓練支援ツールとしての実用性評価および機能向上を、管制官の養成機関の協力を得て行うことにより、限られた期間での効率的な教育・訓練の可能性を模索する。また、現場運用における安全性と効率性を検討するための評価機能の開発を試みる。二つ目としては、様々な分野で重要視されている、変化する状況下における適切な状況認識のきっかけとなる「気づき」に注目し、「気づき」能力に関する基礎的な調査及びその支援について検討し、認知プロセスの分析に基づく状況認識能力向上に向けた教育・訓練支援手法を開発することにより、航空保安業務従事者の安全管理面からもリスク低減に繋がることを目指す。

2. 研究の概要

本研究は 3 ヶ年計画であり、本年度は以下の項目を実施した。

- ・ COMPASi の実用性評価
- ・ COMPASi の評価機能向上
- ・ 状況認識に関する調査及びその支援についての検討

3. 研究成果

3.1 COMPASi の実用性評価

COMPASi に航空路管制業務のレーダー研修用の空域、交通流シナリオ、管制処理規程等の情報を実装し、平成 27 年 6 月より、航空保安大学校のご協力をいただき、実習課程の自学習用副教材として試行および評価、教官および研修生への操作性・不具合など実用に関するアンケート調査を行っている。調査結果では、操作性や機能（距離測定等）において訓練用シミュレータと COMPASi との差や設定されている航空機の性能、管制指示入力による航空機の挙動のタイミングについても異なるとの指摘があった。訓練における COMPASi の使用方法については、実習の予習や様々な管制処理方法を試すことができるなどの提案もいただいた。教官からは、今後、航空保安大学校実習室での使用の要望があったので、COMPASi の外部流出防止のためのセキュリティ対策の検討を行った。また、平成 28 年度末を目標とした新しい研修用の問題への対応を依頼された。

3.2 COMPASi の評価機能向上

上記 3.1 のアンケート調査結果から、以下の改修可能な項目 3 つについて検討を行い、追加、変更を行った。

- ・ 出発機のリスト表示機能（追加）
- ・ 距離測定機能など一部機能の操作方法（変更）
- ・ 航空機の挙動に関する簡易的な調整機能（追加）



図 1 簡易的なスペーシングの状況表示機能

また、指定の地点から各航空機までの距離を一直線上に表示する機能を追加した（図 1）。このような表示をすることにより、混雑空港への複数の到着機のスペーシングを行う際など、指定の地点からの遠さや間隔付けの過程を直感的に理解できることが可能となる。

3.3 状況認識に関する調査およびその支援についての検討

本研究では、航空保安業務従事者など高い安全性が求められる業務の従事者が安全を維持する上で必要な情報に対して、まず「気づける」ようになれることを目的とする。それに関する調査として、電力中央研究所において行われた「気づき」の感度とその理由に関する危険感受性の研究についての意見交換および川崎汽船の訓練所における BTM (Bridge Team Managemet) の見学を実施した。それらを通じて、「気づき」に関する研究や訓練に取り組んできた研究者や実務者が、「気づき」は本人が気づくことであり、教えられてわかるものではないとの見解を持っていることがわかった。

3.4 航空保安業務の協調的作業について (共同研究)

電気通信大学との共同研究において、航空路管制業務における調整席の訓練ガイドラインを提案するために、調整席業務の分析を行うと共に、分析結果に基づくサンプルケースを COMPASi を用いて作成した。さらに、それを用いて、調整席業務の効果について管制官へのインタビュー調査や、業務負荷の違いを調査する実験の実施、実験結果による対空席の業務負荷の比較・分析を行った。この訓練ガイドラインの提案は電気通信大学大学院より修士論文として発表された。

4. 今後の見通し

COMPASi については、航空保安大学校における試行および評価、アンケート調査を継続すると共に、新しい研修用問題への対応を行う。また、昨年度開発した燃料消費量計算機能を組み込むなど改修を行っていく。

状況認識については、「気づき」の支援手法に関する文献等の調査を行うと共に、COMPASi を用いた状況設定なども検討する。

掲載文献

- (1) 青山他：“航空管制官の思考・判断プロセスの分析”，日本人間工学会第 56 回大会，pp. 152-153，2015 年 6 月。
- (2) 狩川他：“航空管制分野におけるヒューマンファクター研究(1) -到着間隔設定プロセスの可視化-”，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015 論文集，pp. 227-230，2015 年 9 月。
- (3) 青山他：“航空管制分野におけるヒューマンファクター研究(2) -管制官チーム協調作業の分析-”，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015 論文集，pp. 231-234，2015 年 9 月。
- (4) 中村他：“航空管制分野におけるヒューマンファク

ター研究(3) -管制官チーム協調作業の効果の可視化-”，ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp. 235-238，2015 年 9 月。

- (5) D. Karikawa, et al. : “Attempts on air traffic flow analysis including human performance aspects using process visualization tool of ATC tasks”, ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC) 2015, EN-I-061, 2015 年 11 月。
- (6) D. Karikawa, et al. : “Process Visualization of In-trail Spacing Tasks in En-route Air Traffic Control”, International Symposium on Socially and Technically Symbiotic System (STSS/ISSNP) 2015, pp.129-134, 2015 年 8 月。
- (7) D. Karikawa, et al. : “Possibility of process-oriented training toward enhancing operators' resilience - preliminary consideration based on a study in air traffic control domain -”, International Electric Journal of Nuclear Safety and Simulation, Vol. 6, Number 4, 2015 年 12 月。
- (8) 青山他：“航空管制官による能動的なエラー予防方策”，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol. 17 No. 11, pp. 33-36, 2015 年 12 月。
- (9) 狩川他：“管制処理プロセス可視化インタフェースを用いた予防安全支援に向けて”，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol. 17 No.3, pp.19-22, 2015 年 6 月。
- (10) D. Karikawa, et al. : “Visualization and Analysis of Controllers' Working Processes in En Route Air Traffic Control”, 17th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2015), pp. 388-398, 2015 年 8 月。
- (11) 狩川他：“航空安全におけるヒューマンインタフェース研究の役割と課題”，ヒューマンインタフェース学会誌，Vol. 17 No.4, pp. 285-288, 2015 年 11 月。
- (12) 狩川：“航空管制分野における Safety-II”，電子情報通信学会 安全性研究会，機械振興会館（東京），2015 年 8 月。
- (13) 狩川：“航空管制における安全の考え方”，日本人間工学会 東北支部研究会，東北大学（仙台），2015 年 9 月。
- (14) 狩川：“新しい安全学を目指して ～最近の安全研究の動向と課題～”平成 27 年度航空無線技術交流会，アルカディア市ヶ谷（東京），2016 年 2 月。

トラジェクトリ運用のためのACARSデータリンクに関する研究【基礎研究】

担当領域 航空交通管理領域
 担当者 ○ブラウン マーク, 長岡 栄
 研究期間 平成24年度～平成27年度

1. はじめに

軌道ベース運用 (TBO : Trajectory-Based Operations) の初めの一步として「時間ベース運用」が現在計画されている。時間ベース運用を実現するため、航空交通管理 (ATM : Air Traffic Management) システムは航空機の特定フィックスの通過時刻や通過時刻調整範囲を予想しなければならない。ATMシステムはレーダー監視データ、気象予報データ、飛空計画と航空機性能モデルから航空機の軌道を予測するが、航空機のFMS (Flight Management System) から重量等の航空機状態情報や軌道予測情報がなければ、高い予想精度を得ることは困難である。従って、TBOと時間ベース運用には空対地データリンクによる情報交換が必要とされている。

TBOを実現するためのデータリンク基準は2014年にEUROCAEとRTCAから公開されたが、そのデータリンクはATN Baseline 2とATN対応VDL Mode 2データ通信網に基づいているため、新しいアビオニクスとデータリンクシステムの導入が必要であり、実現するにはコストと時間が必要である。本研究は、既存のACARSデータリンクとFMS技術を時間ベース運用に活用する可能性について検討する。

2. 研究の概要

平成26年度にFMSの機能と空対地データリンクによりダウンリンク可能なデータを調査するため、ボーイング737 FMSシミュレータを入手し、FMS機能の調査を行い、データリンクできるデータの特性を分析した。平成27年度に、最も詳細な軌道情報を得られるIntent Downlink (IDL) 機能により取得したFMS予測軌道情報を、到着管理に活用する可能性を把握するため解析した。

3. 研究成果

FMSの軌道予測精度は、FMSに設定した風情報と実際の風の差に依存する。風誤差の影響を把握するために、FMSシミュレータを利用した模擬飛行実験により調査を行った。一つの模擬飛行実験の飛行計画の例を図1に示

す。大阪空港 (RJOO) から羽田空港 (RJTT) の飛行計画をFMSに設定し、模擬飛行中にIDL機能でFMSの予測軌道を定期的にダウンリンクした。シミュレーションに設定した巡行高度の風とFMSに設定された巡行高度の風の3パターンで模擬フライトを実施した: Case 1 無風, FMS設定風は風と等しい, Case 2 東風, FMS設定風はゼロ, Case 3 東風, FMS設定風は風と等しい。

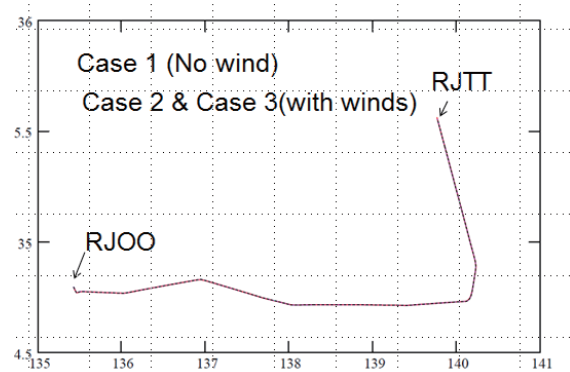


図1 FMS調査実験 飛行計画

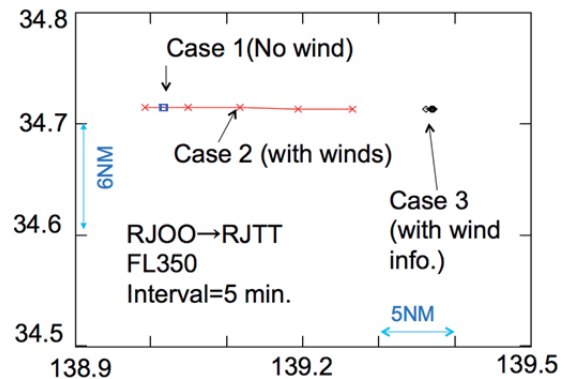


図2 FMSが計算した (TOD) の変更

図2はダウンリンク情報から取得した降下開始地点 (TOD : Top of Descent) の5分毎の変更を示す。Case 1 (□) とCase 3 (○) の場合、FMSに設定された巡行風はシミュレーションに設定された風と等しいため、巡行中にTODの位置がほとんど変わらない。Case 3では、向かい風の影響でTODの位置がCase 1 (無風の場合) のTOD位置より約20NM東にある。Case 2 (×) の場合、FMSに

設定された風の誤差があったため、FMSが計算したTODの位置は徐々に東に移動する。この結果から、航空機のFMSと地上ATMシステムのそれぞれの予測軌道計算に利用する風情報の差は重要な課題であることを確認した。

また、福岡空港から羽田空港の模擬フライトを実施し、RTA機能の特徴と性能を調査した。空港のターミナル空域が混雑した時、空域は到着交通量を吸収するために航空機を飛行中に遅延させる必要がある。模擬フライトで航空機を遅延させるため、ADDUMというフィックスの到着予定時刻（ETA：Estimated Time of Arrival）に100秒を足して、FMSのRTA機能にADDUMの目標到着時刻として設定した。いくつかのFMS設定風誤差の条件でRTAのADDUMの目標到着時刻と実際の到着時刻を比較した。FMSに設定する風情報と実際の風の誤差は30%の場合でも、RTA機能の制御により目標到着時刻と実際の到着時刻の差は数十秒以内であった。この結果から、RTA機能の性能と到着システムへの採用のポテンシャルが分かった。

FMSからダウンリンクした予測軌道情報の内容を調査し、ATMシステムにおける応答について検討した。機体の性能に影響を及ぼす要素（重量、エンジン推力に影響するreduced climbの設定、アイチアイスの使用など）、軌道のturn radiusの詳細情報がダウンリンク情報に含まれていないことが分かった。そのため、ダウンリンク情報とBADAモデルに基づいて正確に軌道を予測することがまだ困難であると考えられる。しかしながら、ダウンリンク項目を増やせば、通信量が増えてしまう。監視データから抽出した情報によりATMシステムの航空機モデルをチューニングすれば、ATMシステムはダウンリンク軌道情報に基づいて計算する予測軌道の精度が向上する可能性があると考えられる。

以上の実験はFMSシミュレータを利用したが、実際の飛行でFMSが出力するデータと航空機のセンサーからの入力データの関係を把握する必要がある。電子航法研究所の実験用航空機から飛行中にFMSデータと飛行データを取得するため、データ取得機能を実現した。図3に飛行中に取得した高度データを示す。今後、引き継ぎの研究で、軌道予測技術の研究に採用する予定である。

4. おわりに

本研究では、既存のACARSデータリンクとFMS技術を利用し、ダウンリンク予測起動情報の活用について調査した。

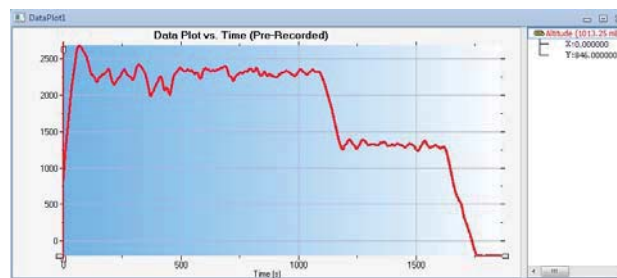


図3 実験用航空機から飛行中に取得した高度情報

FMSの予測軌道の計算は、ATMシステムにダウンリンクされていない情報及び未公開の特有機体性能データやエンジン性能データを利用しているため、ATMシステムの予測軌道より精度が高い。一方、FMSに設定された飛行計画経路に基づいた予測軌道のみをダウンリンクするので、ATMシステムが航空管制のための軌道変更の影響予測などに利用できない。FMSダウンリンクデータを利用する場合、適用方法、必要な精度などを検討する必要がある。

風の誤差は軌道予測の精度に影響するため、FMSに設定する風情報、ATMシステムに設定する風情報を同期することが望ましい。風情報の扱いかの検討が必要である。

FMSのRTA機能の性能が良く、到着管理に飛行中の遅延吸収には利用できると考える。しかしながら、RTA機能を利用した到着管理システムを実現するため、風情報の扱い、軌道と地上の軌道予測の使い方、異なる種類のFMSの特性、運用方式などを検討する必要がある。すべての航空機に対応できるため、データリンクサービスとFMS機能などの標準化が必要である。既存のACARSデータリンクサービスを利用すれば、異なる機種とFMS毎のチューニングが必要であり、合理的ではないと考える。したがって、軌道ベース運用のため、ATN Baseline 2に基づいたデータリンクサービスの利用は既存のACARSデータリンクより合理的であると考えられる。

掲載文献

- (1) M. Brown, S. Nagaoka: ACARS-Based Air-Ground Datalink for Trajectory-Based ATM. 2015年電子情報通信学会総合大会, 2015.3.
- (2) 樋口,小塚,宮沢,ブラウン: FMSを利用した到着時刻制御のために一検討, 第53回飛行機シンポジウム, 松山,2015.

管制システムのインタフェースデザインの研究

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○井上 諭, 青山 久枝
研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度

1. はじめに

ユーザビリティの高いシステムを設計/デザインをすることは、使用する人（ユーザー）の作業効率やミスを防止することにとっても重要である。航空交通サービスにおいても、ユーザーであるオペレータ（管制官や運航情報官）にとって使いやすいインタフェース機器は業務のパフォーマンスに影響を与えるため、システムを構築するうえで、重要な要素の一つといえる。

そこで本研究は、航空交通サービスに関係するシステムのインタフェースデザインに関し、ユーザー中心設計の概念を用いたデザインの検討と提案、また、そのデザイン手法の評価を行うものである。

2. デザインメソッド

ユーザーにとって使いやすいシステムや商品をデザインするためには、ユーザーセンタードデザインの手法を導入する必要がある。ユーザーセンタードデザイン（UCD：ユーザー中心設計）とは、ユーザーをデザインプロセスやシステムの中心に据えることで、適切で使いやすい商品、サービスの提供を目指す手法である。この手法では、デザインプロセスの各段階で、ユーザー情報とユーザーからのフィードバックを収集することが特徴である。

3. デザインケーススタディ

本研究では、小規模空港を対象に実施されている RAG（Remote Air-Ground Communication Service）業務で使用している Flight Service Centre にあるシステムについて、現状のユーザーインタフェースデザインを分析し、改善案の検討を実施することとした。本研究では国土交通省航空局運用課の協力のもと、鹿児島 FSC の RAG 業務の観察調査及びビデオエスノグラフィのためのデータを取得し、RAG 業務で用いられる各インタフェースの詳細な構成および、システム機能についての情報、さらにそれぞれのインタフェース画面などの情報等、各システムの果たす役割や機能を理解しデザインするために、業務分析に情報を活用した。

4. デザイン検討、プロトタイプ作成

本研究では RAG 用のシステムインタフェースの改善案を検討するために、ユーザー評価（図 1）を 3 回実施した。ユーザー評価を繰り返すことで、設計者とユーザー

の間の意識の乖離や、気づきをデザインに反映させることができる。



図 1 デザイン案のユーザー評価実験

RAG 用インタフェースのユーザー評価の分析結果を反映し、図 2 に示すような、レイアウトの変更および、各種スイッチをボタン式からスライド式に変更、また直感的なカメラ操作が可能な PTZ カメラ用インタフェースとプリセットマップなどを導入するデザイン案を製作することができた。



図 2 分析に基づいた RAG 用インタフェースのデザイン案

ユーザー意見を取り入れ、新しい機能のインタフェースデザインおよび、それらの使い方を含めたシナリオの作り込みを各機能まで詳細に実施しモデルを作成した。

5. まとめ

本研究ではユーザー中心設計を用い、RAG 業務用のユーザーインタフェースデザインを具体的に改善案として提案を行った。今後は、プロトタイプシステムに組み込み等を行い、運用を想定した評価を実施しデザインの継続的な評価と改良を行う予定である。

フローコリドーによる航空交通流モデルに関する研究【基礎研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○中村 陽一, 蔭山 康太
研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度

1. はじめに

航空機の取扱い機数は特定の幹線経路へ集中しており、このような高密度空域において安全を損なうことなく効率的な運航の実現が重要な課題である。

これを達成するための将来の運航方法の一つに航空機の自律間隔維持が挙げられる。ATM/CNS 技術の発展に伴い将来的には航空機が機上で周辺状況を認識するとともに自律的に間隔を維持することが可能になるものと期待されており、フローコリドーと呼ばれる専用空域を需要の高い経路に沿って配置し、内部で自律間隔維持を行う運航について研究されている。フローコリドーを航空機の最適な高度および経路に沿って導入し、多数の航空機が内部で自律間隔維持を行うことにより、管制官の作業負荷を増加させることなく効率的に運航でき、処理容量の増加が期待される。

本研究では、フローコリドーにおける航空交通流をモデル化し、数値解析によりその効果や課題を明らかにする。

2. 研究成果

フローコリドーの配置は便益を左右する重要な要素である。本研究では、航空機がその日の気象に応じた燃料最小となる軌道および速度の時刻歴に従い飛行可能とする配置を想定した。図 1 に複数都市間における軌道の算出例を示す。航空機の型式や重量、気象に応じて飛行高度や速度の異なる軌道を算出可能とし、配置の検討を可能とした。

また、同一経路を各々の最適軌道に沿って飛行する航空機に対する安全かつ効率的な間隔維持の提案を目的として、水平および高度方向の 2 種類の間隔維持を行う交通流を模擬した。図 2 に水平方向の間隔維持により飛行する交通流の一例として、各航空機の高度および水平位置を示す。高度方向の間隔維持では、自機下に他機が位置するなど、速やかに降下を開始することが難しい局面があり、最適な

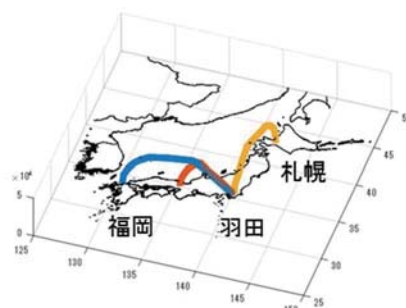


図 1 最適軌道の計算例

飛行と比較して最大で 7%程度燃料が増加する航空機がみられた。一方で、水平方向に間隔維持を試みた場合、飛行距離の延伸は最大でも 1 NM 程度であり、速度調整により到着時間の遅れを取り戻し、燃料増加も 0.2%低減可能である。フローコリドーではすべての航空機が同一方向へ飛行することが大きな特徴であり、水平方向の間隔維持により効率低下を最小限に可能であることを示した。

3. 考察等

解析結果はフローコリドーの実現に向けた検討資料として活用できる。一方で、既存の航空路との干渉や異常発生時の手順など、現実の条件を考慮したさらなる解析が必要不可欠である。

掲載文献

- (1) Y. Nakamura, N. Takeichi, "A Self-Separation Algorithm for Width-limited High Density Air Corridor," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, Vol. 230, No. 9, pp. 1632-1640, 2015.
- (2) Y. Nakamura, N. Takeichi, "A Self-Separation Algorithm for High Density Air Corridor Allocated to Optimal Flight Trajectory," AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 2016.

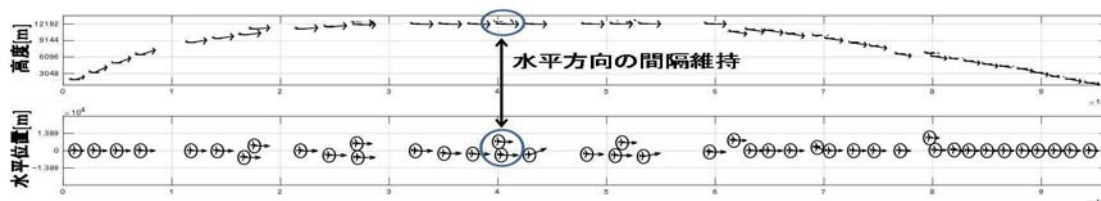


図 2 水平方向の間隔維持を行う交通流の様子

プロセス指向型安全マネジメントに関する研究【基盤研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○狩川 大輔, 青山 久枝
研究期間 平成 27 年度～平成 28 年度

1. はじめに

航空交通の効率性・経済性向上に対する社会的ニーズに応えつつ、高い安全性を維持していくために、航空管制分野では継続的な安全性向上への取り組みが行われてきた。その一方で、近年、航空分野のようなすでに高い安全レベルを達成している産業分野における安全性向上をより効率的に実現していく上で、新たなアプローチの必要性が指摘されている。そのようなアプローチの一つであるレジリエンスエンジニアリングでは、安全を「変動条件下で成功する能力」と定義し、その能力を担保する「プロセス」の有効性に注目することにより、予防的かつ多重の安全マネジメントを開発・実装する取り組みが行われている。

本研究は、プロセス指向型の安全マネジメント実現に向け、飛行場管制業務を起点とし、その安全かつ円滑な業務遂行を支えている個人／チーム／組織のプロセス（管制官による特徴的な業務の進め方や情報共有のための仕組み、教育・訓練等）の整理・モデル化を図ると共に、それらのレジリエンスエンジニアリングの枠組みを用いた分析・評価の可能性について予備的検証を行うことを目的とする。

2. 研究の概要

本研究は 2 ヶ年計画であり、本年度は以下の項目を実施した。

- ・個人／チーム／組織のプロセスの詳細な調査
- ・個人／チーム／組織のプロセスの整理・モデル化

3. 研究成果

3.1 個人／チーム／組織のプロセスの詳細な調査

国土交通省大阪航空局中部空港事務所のご協力をいただき、現地の管制官に対するインタビューを通じて飛行場管制業務の流れとそれを行う管制官の認知プロセスについて詳細な調査を 2 回実施した。今年度の調査では、空港面の標準的な交通流（図 1）や待機場所、各管制席の標準的な業務および監視に関する認知プロセス、航空機の挙動に関する予測の方法などについて回答を得た。また、これらの調査結果から業務の特徴を抽出した。管

制官は航空機の挙動に関する時間的・位置的な基準、その基準から変動する条件などを航空機を目視で監視することにより把握し、予測に反映させていることが理解できた。また、Safety-Critical な部分については、特に明確かつ客観的な基準を持っている可能性が示唆された。マルチタスクにおける注意配分、割り込み業務への対応などについても知見が得られた。

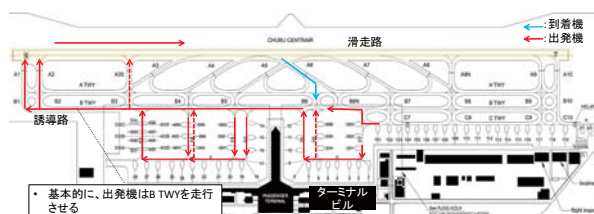


図 1 中部国際空港の標準的な走行経路の例

3.2 個人／チーム／組織のプロセスの整理・モデル化

上記 3.1 の調査結果に基づいて、各管制席の業務、出発機・到着機に対する業務、空港面全体の交通流など業務プロセスの整理を行った。また、レジリエンスエンジニアリングの概念に基づくモデル化についての検討を行っている。

4. 今後の見通し

本調査をベースにして、さらに管制官の実践知に関する調査を行っていく。また、管制官の持つスキルに関して、その獲得方法、訓練環境などについても調査を行い、体系的な整理・モデル化を行っていく予定である。これらにより、飛行場管制業務における「成功に着目した安全マネジメント」の基盤づくり、また、組織のプロセス／マネジメントの課題を洗い出していく。さらに、他の産業分野での知見や応用を検討する。

掲載文献

- (1) 狩川：“Safety-I & Safety-II 安全マネジメントの過去と未来（エリックホルナゲル著、北村正晴／小松原明哲監訳）”，翻訳分担（第 5 章），2015 年 11 月。

混雑空港における管制運用を考慮した効率化策に関する研究【競争的資金】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○森 亮太, 青山 久枝
研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

1. はじめに

世界の航空交通量は、今後も増大が見込まれており、それに伴い空港およびその周辺における混雑が深刻化している。一般に空港におけるボトルネックは滑走路であり、離着陸の際には安全のため最低限必要な離着陸間隔(通常 1 分半～2 分程度)が定められているため、混雑空港においては離陸機・着陸機それぞれが滑走路待ちで列をなしているのが現状である。本研究では、地上走行中の離陸機の燃料消費削減、および、効率的な着陸経路の設定、の 2 点について検討を行う。

2. 研究の概要

2.1 離陸機の燃料消費削減

地上走行時の離陸機の燃料消費削減を行うためには、タキシング時間削減を行うことが有効である。離陸機は通常出発準備ができ次第スポットを出発し、滑走路手前まで地上走行を行う。このことをタキシングと呼ぶが、滑走路が離着陸機で混雑している場合には、滑走路付近に着いても地上で待たされ、タキシング時間が通常より長くなってしまふ。タキシング中は常にエンジンが動いており、必要以上に長いタキシングを行うことは不必要な燃料消費を行うこととなる。これを避けるために、一定時間スポットで待機することでタキシング時間を削減する試みがされている。滑走路付近で待つ時間を減らし、スポット出発から離陸までをスムーズにすることで、タキシング時間を削減することができる。このことは、各離陸機にスポットを出発する時間を割り当てる問題と等価であり、その時間のことを TSAT(Target Start-up Approved Time:スポット出発承認時刻)と呼ぶ。しかしながら、実際には不確実性が存在し、事前に想定したシナリオ通りに事がすべて進むわけではない。そのため、不確実性を考慮した上で TSAT を適切に設定しなければ、タキシング時間を減らすだけでなく、同時に本来離陸できた時間よりも離陸時刻が遅くなってしまふリスクが伴う。そのため、TSAT をどのように設定すればよいかという点を本研究で取り扱うこととする。

2.2 効率的な着陸経路の設定

着陸機に関しては、着陸経路を工夫することにより、現状より効率よく飛行する方法について考察する。近年、日本においては着陸機の燃料消費削減を 1 つの目的として、RNP AR 方式の導入が進められている。本方式は、従来の飛行方式に比べて自由度が高く柔軟な経路設定が可能で

あるため、本研究では既存の RNP AR 経路を対象とし、よりよい方式設計が可能かどうかを検証する。

3. 研究成果

3.1 離陸機の燃料消費削減

昨年度までは、主として空港内の不確実性を考慮するためのシミュレーションモデルの構築を行ってきた。本年度は、そのモデルを使用して、実際に TSAT の設定手法の提案を行った。具体的には、空港運用における 2 つの値を説明変数として、TSAT を動的に切り替える手法である。これを組み合わせ最適化問題に落とし込み、タブーサーチという最適化手法を用いて、最適な TSAT 設定手法の探索を行った。その結果、通常用いられる TSAT 設定手法と比較したところ、従来手法と同等のタキシング時間削減を維持しながら、遅延が 20～80%程度も減少できることがわかった。[2]

3.2 効率的な着陸経路の設定

実際に効率的な経路設定が可能であることを示すために、ケーススタディとして、熊本空港の RNP AR 方式(RNAV(RNP) Y RWY 25)を対象として検討を行った。本方式は、通常の着陸経路により急勾配となっており、パイロットにとっては難しい着陸となる。実際のフライトデータからその飛行実態を検証したところ、パイロットによりさまざまな飛行が行われていることがわかり、入域ウェイポイントにおける速度がその後の飛行の困難さにつながっていることがわかった。そのため、入域ウェイポイントにおいて速度制限を課すことにより、パイロットにとって飛行しやすい方式になるだけでなく、燃料消費としても B737-800 で 10lb 程度の節減が可能であることがわかった。

掲載文献

- [1] Y. Matsuno, R. Mori, T. Tsuchiya, “Aircraft route optimization for RNP AR approach procedure design,” EIWAC 2015, 2015.
- [2] R. Mori, “Improvement of Pushback Time Assignment Algorithm via Stochastic Optimization,” 5th SESAR Innovation Days, 2015.

航空機の到着管理システムに関する研究【競争的資金】

担当領域 航空交通管理領域
 担当者 ○福島 幸子, 瀬之口 敦, マーク ブラウン, 伊藤 恵理,
 ナヴィンダ キトマル ビクラマシンハ, 中島 徳顕
 研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

1. はじめに

現在、首都圏空域は空港への交通集中による滞留が発生している。混雑空港周辺の到着区間は、軌道予測技術、最適化技術などによる軌道ベース運用の導入による運航効率改善の便益が大きい区間である。今後、首都圏空港の交通需要の増加が予測されており、このような交通集中による滞留を低減し、安全で効率的な運航を実現する到着管理手法の構築が求められている。諸外国では現行の運用方式に基づいた到着管理システムが開発され、運用されている。我が国の航空交通は、高い定時性が求められ、偏西風の影響などを受ける。そこで、我が国の航空交通を解析し、新技術に対応する到着管理システムの運用コンセプトとアルゴリズムを開発することが求められている。

本研究の目的は、現状の航空交通などを分析し、スケジュール準拠により運航効率性の高い降下軌道を実現可能な新しい到着管理方式のアルゴリズムの開発を行い、シミュレーションによりその新しい方式がどの程度の便益(燃料の節約、飛行時間の短縮、交通容量の増大)を生み出すかを明らかにすることである。

2. 研究の概要

本研究は国土交通省交通運輸技術開発推進制度による委託研究として、九州大学、首都大学東京、早稲田大学、茨城大学、株式会社構造計画研究所との共同研究として実施された。

本研究は3年計画である。平成27年度の研究においては、以下を実施した。

- ・運用コンセプト開発
- ・降下軌道の最適化の比較
- ・スケジューリングの開発
- ・気象データ活用方法の検討
- ・滑走路運用の検討
- ・新方式の評価

3. 研究成果

東京国際空港に到着する航空交通流の効率的な到着管理を目指して、到着管理システムの運用コンセプトを提案した。このコンセプトは、運航の不確実性にも対応し易く、軌道運用と協調できる。

実用を考慮した、運航効率を改善する軌道最適化を提案し、飛行管理装置(FMS)のRTA(Required Time of Arrival)機能を利用した場合の時刻調整や消費燃料、飛行時間の関係について基礎検討を行った。

スケジューリングおよびスケジューリング軌道生成技術を開発した。運航評価システムを改修し、生成したスケジュール軌道の運用手順を検証できるようにした。

気象データの活用方法を検討した。気象予報データ(LFM)では表現の難しい風速変化の影響を先行機からダウンリンクされた風速データで補正する方法と精度について検討した。

滑走路処理容量の変動要因と容量の予測性について滑走路の使用順(出発・到着)に着目して検討した。成田空港および羽田空港の離着陸順序付けと容量の関係に関して、実績データによる分析を行った。

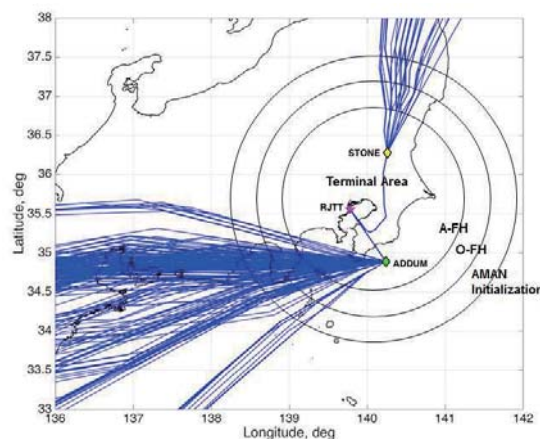


図1 運用コンセプトの概念図

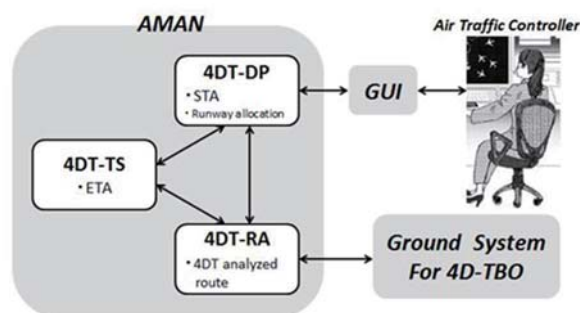


図2 到着管理システムの3要素

提案した運用コンセプトの実現のために航空交通シミュレータの飛行時間調整機能について、計算時間の短縮と結果の妥当性向上のためにアルゴリズムを改良した。

今後は統合的なシミュレーションを進め、到着管理アルゴリズムの開発と評価を進める予定である。

掲載文献

- (1) 原田 明德, 小塚 智之, 宮沢 与和, ナヴィンダ キトマル ビクラマシンハ, マークブラウン, 福田豊, 国内定期旅客便の運航効率の客観分析, 航空宇宙技術, 第 14 巻, pp. 171-178, 2015.12.
- (2) Yoshikazu Miyazawa, Haruki Matsuda, Sadanari Shigetomi, Akinori Harada, Tomoyuki Kozuka, Navinda Kithmal Wickramasinghe, Mark Brown, Yutaka Fukuda, Potential Benefits of Arrival Time Assignment, Dynamic Programming Trajectory Optimization applied to the Tokyo International Airport, 11th USA/EUROPE Air Traffic Management R&D Seminar, Lisbon, 2015.06.
- (3) 石原 潤一, 武市 昇, 佐藤 瑞騎, 軌道ベース継続降下運用による降下航空交通流制御の一手法, 日本航空宇宙学会論文集, Vol.63, No.5, pp.210-216, 2015.10.
- (4) Haruki Matsuda, Akinori Harada, Tomoyuki Kozuka, Yoshikazu Miyazawa, Navinda Kithmal Wickramasinghe, Arrival Time Assignment by Dynamic Programming Optimization, ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2015), 2015.11.
- (5) 松田 治樹, 原田 明德, 小塚 智之, 宮沢 与和, ビクラマシン ハナヴィンダ, 動的計画法を用いた軌道最適化による到着時刻指定, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (6) 宮沢 与和, 劉 信榕, 飛行時間と燃料消費量の最適化に関する一考察, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (7) 金本 貴文, 森 俊介, 宮沢 与和, CARATS Open Data を用いた混雑空港周辺の航空交通流と空港発着容量に関する一検討, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (8) 手塚 亜聖, 瀬之口 敦, 羽田空港到着機のダイヤグラム表示による巡航区間での時間調整の検討, 第 46 期年会講演会, 2015.4.16
- (9) 手塚 亜聖, 瀬之口 敦, 山岳地域上空を飛行する航空機の位置による風の変化の調査, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (10) 手塚 亜聖, 瀬之口 敦, 標準的な飛行・風況モデルから予測した巡航飛行時間と管制レーダの航跡との差異の分析, 第 47 回流体力学講演会/第 33 回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム, 2015.7.
- (11) 手塚 亜聖, 瀬之口 敦, 気象庁数値予報モデルと先行機のダウンリンクデータを用いた風況予測の精度比較,

平成 27 年度 航空宇宙空力シンポジウム, 2016.1.

- (12) Yuichiro Yamamoto, Asei TEZUKA, Correlation of Estimated flight time uncertainty between popup flight and sequenced flight for Haneda airport calculated by JMA meso - scale model, Asia Pacific International Symposium of Aerospace Technology (APISAT 2015), 2015.11.
- (13) Asei Tezuka, Atsushi Senoguchi, Creating severe weather model for arrival manager by analyzing the flight data of weather front passage, AIAA Science and Technology Forum and Exposition (SciTech 2016), 2016.1.
- (14) 平田 輝満, 二見 康友, 混雑空港における離着陸順序付けの実態と容量算定に関する分析, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (15) 二見 康友, 平田 輝満: 混雑空港における離着陸順序付けの実態と容量算定に関する分析, 第 52 回土木計画学研究発表会・講演集, 2015.
- (16) 伊藤 恵理, ブラウン マーク, 瀬之口 敦, ビクラマシンハ ナヴィンダ, 福島 幸子, 四次元軌道運用と協調する航空機の到着管理システム, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (17) E. Itoh, M. Brown, A. Senoguchi, N. Wickramasinghe, S. Fukushima, Future Arrival Management Collaborating with Trajectory-Based Operations, ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2015), 2015.11.
- (18) 石原 潤一, 武市 昇, 鐙 陽介, 運航データを用いた CDO 導入効果の評価とその運航コスト最小化, 第 53 回飛行機シンポジウム, 2015.11.
- (19) Takeichi, N., Ishihara, J. and Abumi, Y., Validation Study on Descent Trajectory Optimization and Scheduling Improvement using Actual Operation Data, AIAA-2016-0423, AIAA Modeling and Simulation Technology Conference, San Diego, CA, 2016.1.
- (20) 樋口 雄紀, 小塚 智之, 宮沢 与和, マーク ブラウン, FMS を利用した到着時刻制御のための一検討, 第 53 回飛行機シンポジウム (松山), 2015.11.13.
- (21) Takeichi, N., Tachibana, M., Abumi, Y., and Bayasgalan, E., Waypoint Optimization for Accurate Pseudo-RTA in Descent Trajectory, IEEE/AIAA 34th Digital Avionics Systems Conference, Prague, Czech, 2015.9.

羽田空港への将来の航空交通を評価する航空管制シミュレーション環境の設計【競争的資金】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○伊藤 恵理
研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

1. はじめに

本研究は、電子航法研究所の担当者が研究代表を務める科学研究費補助金基盤 C 研究に、長崎県立大学・金谷一朗教授と東北大学・狩川大輔准教授が担当者として、航空交通管理領域の蔭山康太上席，マークブラウン主幹，平林博子主任が協力者として参画するものであり，東京大学と NASA エイムズ研究所の研究協力のもと実施している。

ヒューマンインザループシミュレーション（以下，HITL シミュレーション）とは，管制官が操作するレーダー卓やパイロットが操作するコックピットを模擬する環境を研究室に作り上げ，実際に管制官やパイロットに操縦操作してもらって新システムが正常に動作するか，期待通りの性能を発揮できるかなどを検証するシミュレーションである。次世代運航の安全性や効率を検証するために，HITL シミュレーション実験による検証評価が必要不可欠だが，我が国はこのための実験環境を有していない。そこで本研究は，将来の航空管制システムを模擬して評価する実験施設の実現に向けて，学術的な視点から，発着枠の増大が見込まれる羽田空港への到着機を対象とした HITL シミュレーション実験のための航空管制シミュレーション環境を設計する。

2. 研究の概要

本研究は 3 ヶ年計画であり，初年度である平成 27 年度は，米国の NASA エイムズ研究所とラングレー研究所，および EU のドイツ航空宇宙研究所（DLR），オランダ航空宇宙研究所（NLR），フランス航空大学校（ENAC），デルフト工科大学の航空管制シミュレーション環境を視察すると共に合計 6 回の国際合同セミナーを開催し，航空管制シミュレーション設備の設計要件および運用や維持管理体制を含めた高度なシステムインテグレーション技術を分析した。そして，東京航空交通管制部および羽田空港事務所における現場の運用環境も分析し，HITL シミュレーションの日本の文化や環境への応用を検討した。

2.1 欧米における実験環境

米国では，NASA が研究開発した航空管制システムは，NASA で計算機を使った数値シミュレーションおよび HITL シミュレーションを繰り返して検証し，FAA（アメリカ連邦航空局）に技術移転される。その後は，FAA の



(a) 地上設備の模擬（管制卓）



(b) 機上設備の模擬（パイロット卓）

図 1 NASA エイムズ研究所の航空管制シミュレーション環境

技術センターでカスタマイズしてから，現場に導入する。

欧州においては，NLR が開発した NARSIM という HITL シミュレーション環境が構築されており，ユーロコントロールや DLR も実験に利用している。ミドルウェアの設計が工夫されており，新しい航空管制システムを実装した実験に適している。

2.2 アジアにおける実験環境

シンガポールの ATMRI では，NARSIM を実験室に導入し，管制タワーとレーダー卓を統合した HITL シミュレーション環境を仁川国際空港に適用して研究開発に利用している。日本の首都圏空域においては，将来の再編成が進められているため，それに合わせた HITL シミュレーション環境や予算に応じた維持管理体制の規模を検討した。

3. 考察等

平成 27 年度の研究活動の結果，当該研究課題における DLR との国際共同研究に向けた調整が開始した。今年度の分析結果に基づき，次年度以降は羽田空港への航空管制シミュレーション環境の設計について，以下の研究項目に対応する設計に取り組む計画である。

- ・エンルート空域からターミナル空域にかけて到着機を管理する次世代航空管制システムの設計
- ・到着スケジューリングアルゴリズムの研究開発
- ・空対空，空対地，地対地の情報ネットワークの構築

掲載文献

- (1) Itoh, Kanaya, Brown, Wickramasinghe “HITL Simulation and Assessment Targeting High-Density Operation in Tokyo Metropolitan Area”, ASPAG conference, 2016 年 3 月.

2 航法システム領域

I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成 27 年度においては、当所の長期ビジョンを基に行政当局などの要望を考慮しながら下記の研究を計画・実施した。

1. GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究
 2. 次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究
 3. 地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究
 4. GNSS 広域補強サービスのアジア地域における性能向上に関する研究
 5. GNSS 障害時の代替（APNT）に関する研究
 6. 到着進入経路における気象の影響評価に関する研究
 7. 航空機ベースの補強システム（ABAS）に関する調査
 8. 赤道大気レーダーと広域観測網による赤道スプレッド F 現象と電離圏構造の関連の解明
 9. 電離圏リアルタイム 3 次元トモグラフィーへの挑戦
 10. 準天頂衛星システムの機能を用いたアジア・オセアニア地域における精度評価及び高精度測位による利用実証
 11. 新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動解明
 12. 次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発
- 1 及び 2 は重点研究，3 から 5 は指定研究，6 は基礎研究，7 は調査，8 から 12 は競争的資金による研究である。

1 は、曲線精密進入等の GLS（GBAS Landing System）による高度な飛行方式に関する技術開発を実施し、旅客機の PBN・GLS 機能で可能な飛行方式および GLS 曲線進入の実現を目指す研究である。

2 は、次世代 GNSS 環境への対応、補強システム間の連携による性能向上、宇宙天気情報の活用により、GNSS のアベイラビリティ向上を目指す研究である。

3 は、GBAS の運用性能評価手法および運用性予測技術の確立、ならびに大空港での運用に対する技術的課題の抽出と解決策の提示を行うことで、GBAS の円滑な導入への貢献を目指す研究である。

4 は、QZSS の利用による新サービスの創出を図るため、ASEAN 地域における L1-SAIF 補強方式の性能評価を行う研究である。

5 は、GNSS の脆弱性の対策として、代替システム（APNT）を構築する際の性能要件を明らかにし、国内に導入する場合の課題を抽出する研究である。

6 は、GBAS を活用した後方乱気流の回避と GBAS 運航に対する気象の影響について調査し、それらの運航コンセプト構築を含む実現可能性の検討と、実現までの要件や課題を抽出する研究である。

7 は、RAIM 予測の現状を整理し、実運航に即した精度の高い RAIM 予測手法についての調査である。

8 は、ESF（赤道スプレッド現象）と電離圏構造の関係を解明することで、ESF 発生機構を探求する研究である。

9 は、衛星航法における誤差の低減や信頼性の向上のため、電離圏の密度変動のトモグラフィー解析を行い、電離圏 3 次元リアルタイムモニタリングシステムを開発する研究である。

10 は、QZSS の利用について ASEAN 地域における現地調査及び利用実証を行い、実用化・ビジネスモデルの構築を図る研究である。

11 は、衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーを組み合わせて、低緯度電離圏の変動の時間・空間構造を明らかにする研究である。

12 は、社会が必要とする宇宙天気情報と宇宙科学が提供できる情報のギャップを克服し、社会に「役に立つ」宇宙天気情報を提供する双方向システムを開発する研究である。

II 試験研究の実施状況

5 ヶ年計画の 3 年度にあたる「GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究」では、TAP 機上装置の画像生成部を開発し飛行実証した。また、RNP to xLS 方式でレベルセグメントを省略した経路について、気温を変化させたシミュレータ検証の GS キャプチャタイミングから、追加の TF レグの必要性が得られた。さらに、GLS 衝突危険度モデル開発のためにパイロット操舵の特徴を組み込んだ操縦モデルを構築して有用性を検証した。

5 ヶ年計画の初年度にあたる「次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究」では、次世代 SBAS について関係各国による SBAS 相互運用性会合において規格案に対する議論を行い、次世代 GBAS について国際動向を調査するとともにプロトタイプ構築に向けた調整等を行った。また、補強システムの相互利用に

ついて、SBAS 信号を利用して GBAS の性能向上を図る方式について検討した。さらに、宇宙天気情報の利用について ICAO の運用コンセプトの策定作業に対して、NICT 及び気象庁を通じて我が国における観測データの提供等を行った。

4 ヶ年計画の初年度にあたる「地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究」では、VDB 覆域検証評価ツールの開発に着手し、大学と連携して電界強度計算の新しいアルゴリズムを開発した。また、運用性能評価ツールのハードウェア構成についての検討及び運用性予測手法の初期検討を行った。

3 ヶ年計画の初年度にあたる「GNSS 広域補強信号サービスのアジア展開に関する研究」では、南西諸島における既存補強方式の動作状況の課題を把握し、改良方式による東南アジア方面への拡大の見通しを得た。

3 ヶ年計画の初年度にあたる「GNSS 障害時の代替 (APNT) に関する研究」では、DME 測距データ取得のための測定系構築、および大気伝搬遅延に関わる誤差量を定量的に算出するシミュレーション環境を整備した。

2 ヶ年計画の初年度にあたる「到着進入経路における気象の影響評価に関する研究」では、レーダー航跡等から実際の管制間隔(時間間隔及び距離間隔)を算出した。また、管制間隔の短縮に関して、航空管制官等のヒアリングにより時間ベースの管制方式が取り組むべき候補として有望であることが得られた。

単年計画の「航空機ベースの補強システム (ABAS) に関する調査」では、機上 ABAS 及び地上の RAIM 予測のアルゴリズムの差異を整理し、運航者へのヒアリングを実施することで現行 RAIM 予測システムの課題を抽出し、課題を解決するためのシステム構成、及び高精度を実現するためのアルゴリズム改良を提案した。

3 ヶ年計画の最終年度にあたる「赤道大気レーダーと広域観測網による赤道スプレッド F 現象と電離圏構造の関連の解明」では、赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施し、バンコクにおける電離圏勾配解析結果をまとめた。また、赤道大気レーダーを用いたプラズマバブルのモニタリングの GBAS への効果についてシミュレーション検討を行った。

3 ヶ年計画の2年度にあたる「電離圏リアルタイム3次元トモグラフィへの挑戦」では、一般的なワークステーションを使用し総所要時間10分弱で3次元トモグラフィ解析を行うリアルタイム解析システムの構築を行った。

2 ヶ年計画の最終年度にあたる「準天頂衛星システムの機能を用いたアジア・オセアニア地域における精度評価及び高精度測位による利用実証」では、ASEAN 地域における L1-SAIF 補強方式の性能評価を実施した。

4 ヶ年計画の初年度にあたる「新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動解明」では、赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施した。また、バンコク国際空港周辺の電離圏全電子数空間勾配の解析を実施した。

5 ヶ年計画の初年度にあたる「次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発」では、短波伝搬について、3次元レイトレーシング法による電離圏電波伝搬シミュレータの基本設計を実施した。また、航空 CNS システムに対する宇宙天気現象の影響と宇宙天気情報の活用により期待される運用上の利点を取りまとめた文書を作成し、ICAO アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース (ISTF) に提出した。

III 試験研究の成果と国土交通行政、産業界、学会に及ぼす効果の所見

当領域の研究は、航空行政の支援などを通じて、航空交通の安全性、航空利用者の利便性向上、環境負荷の軽減などの達成に向けて行われている。

航空に使われる技術は国際的な調和が必要であるために、国際機関である ICAO、RTCA 及び EUROCAE において基準の作成、改訂のための活動が行われている。航法技術では航法システムパネル (NSP) において新しい GNSS の技術基準及び検証作業の活動が行われている。また、SBAS を整備運用中の関係各国(日、米、欧州、加、印)が参加する SBAS 相互運用性検討ワーキンググループ会議 (IWG)、GBAS における開発や運用を計画している関係国、機関、企業等が参加する IGWG (国際 GBAS ワーキンググループ) 会議などにおいても検討がなされている。当領域では、これらの国際会議に参加し、技術資料を提出して基準作成等の国際的な活動に寄与している。

当所の数多くの研究成果は、今後設置・運用する航空保安システムの技術基準、運用基準の策定等に必要な技術資料として、行政の整備するシステムの性能向上、整備方針策定に貢献し、国土交通行政に直接貢献している。また、米国航法学会、電子情報通信学会、日本航空宇宙学会、日

本航海学会等における講演発表や論文として、広く社会に周知され、航法システムの応用面からみた技術の方向性の提案として活用されている。

(航法システム領域長 福田 豊)

GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究【重点研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○福島 荘之介, 齊藤 真二, 森 亮太, 毛塚 敦, 山 康博, 星野尾 一明

研究期間 平成 25 年度～平成 29 年度

1. はじめに

GNSS による精密進入着陸システムである GBAS (地上型衛星航法補強システム) は、カテゴリーI 運用の実用化フェーズに入り、海外では現在の ILS と同等な直線進入による GLS (GBAS Landing System) 運用が開始された。一方、ICAO (国際民間航空機関) は、ターミナル空域における PBN (性能準拠型航法) の展開を推進し、GLS 進入着陸の導入により運航の最適化を図るとともに、GLS を活用した運航効率の向上、環境負荷の低減、空港容量の拡大を目指している。この実現のため、現在直線に限定されている精密進入経路を曲線化するなど GLS の特徴を生かした高度な飛行方式を実現する技術の開発が強く望まれている。

2. 研究の概要

本研究では、曲線精密進入等の GLS による高度な飛行方式に関する技術開発を実施し、国際標準策定に必要な進入セグメントなどの定義、障害物間隔の課題を解決することを目的とする。

このために、(1) 機上実験装置を開発し、飛行実証を通して GLS 曲線セグメント (TAP) の実現方法に関する課題を解決する。また、(2) フライトシミュレータ実験により、ジェット旅客機の PBN・GLS 機能で可能な飛行方式を実現し、我が国での有効性を検証する。さらに、(3) GLS 誤差モデル、機体モデル、風モデルを組み込んだモンテカルロシミュレーションツール・人間操縦モデルを開発し、障害物との安全間隔を評価して飛行方式を設計する手法を確立する。

3. 研究結果

(1) 機上機器の改修、画面生成部の開発

本年度は、機上機器に機体姿勢情報等を取り込むための改修作業、機上機器の画面生成部の開発を行い、経路処理部の改修し画面生成部と接続して動作できるようにした。仙台空港に実験的に設定した研究用の曲線経路を GBAS 地上装置から放送し、当研究所実験用航空機を用いた RNP AR 経路のオーバーレイによる曲線進入を実施した。実験では、画面生成部、経路処理部の動作確認を行うとともに、



図 1 : TAP 評価飛行実験時の画面出力

表示画面についてパイロットから意見聴取を行い、来年度実施の画面生成部の機能追加の仕様検討に反映させた。飛行実験時の画面表示の例を図 1 に示す。今後、これまでの実験で明らかとなった TAP 方式の RF (円弧旋回) レグと TF (Track to Fix) レグの不整合に対応した偏差算出手法を機上機器での処理に組み込む予定である。

(2) RNP to GLS 方式の設計条件の検討

RNP の RF (円弧) 旋回と GLS の最終進入セグメントを接続して精密進入を行う RNP to GLS 方式の設計手法を検討した。前年度までに、RF レグの終端にレベルセグメントを接続して、最終進入セグメントにインターセプトする方式を設計し、航法データベース (NavDB) プロバイダーによりコーディングし、FMS ベンダーによりパッキングして、FMS にロードして、操縦士訓練で利用される 787 フルフライトシミュレータでの検証を可能としていた。この検討では、地上気温によって RNP の気圧高度において真高度が変化して GS キャプチャのタイミングが変化することに着目し、国際標準大気モデル (ISA) から設計経路上の真高度を求めるツールを開発して、変化量がシミュレータと一致することを確認した。

本年度は、より経路短縮効果が高い飛行方式として、昨年度までの飛行方式からレベルセグメントを省き、RF レグの終端に直接最終進入セグメントを接続する方式の設計を試みた。しかし、この方式は、RF レグの終端が FACF (Final Approach Course Fix : 中間セグメントの開始点) であり、かつ、FAF (Final Approach Fix : 最終セグメントの

開始点) となるため、NavDB のコーディング過程で無効となった。この原因は、ARINC424 仕様では、FAF と FACF を分けてコーディングする必要があるからである。このため、最終降下パス上に仮の FAF を置く方法を採用し方式設計したところ、問題なくコーディングすることができた。この NavDB を用いて 787 フライトシミュレータの FMS と AFDS (Autopilot and Flight Director System) を利用して、設計経路上を模擬飛行した。

この結果、ISA+30°Cでは、RFセグメントの降下角に影響されず LOC キャプチャの直後に GS キャプチャが発生した (GS キャプチャできない場合もある)。この理由は、GS キャプチャ位置が、LOC キャプチャ後の真高度に依存しており、高温時ほど滑走路から遠方で発生するためである。従って、LOC キャプチャと GS キャプチャ位置を隔離する場合は、RF レグの終端と FACF の間に TF レグを挿入する必要があることが判明した。

さらに、本検証ではレベルセグメントの有無による環境負荷への影響を検討し、燃料流量を測定した。この結果、設計したレベルセグメント (1.5 NM) の経路の有無により、燃料流量が大きく変化し、燃料消費の差は 48 ポンドに留まるものの、レベルセグメントを省略した場合は、エンジン騒音が低減すると推察された。

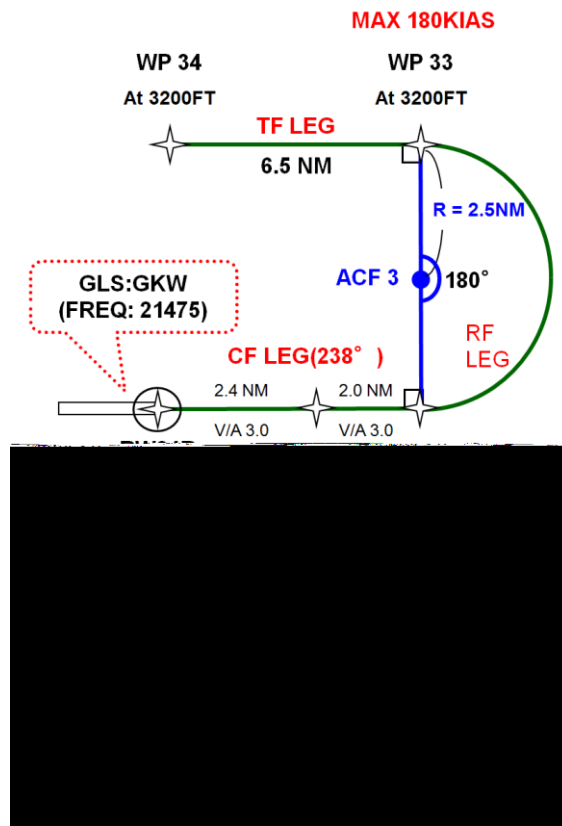


図3 : RNP の RF レグと GLS 最終進入セグメントを接続する経路の例 (レベルセグメントを省略した場合)

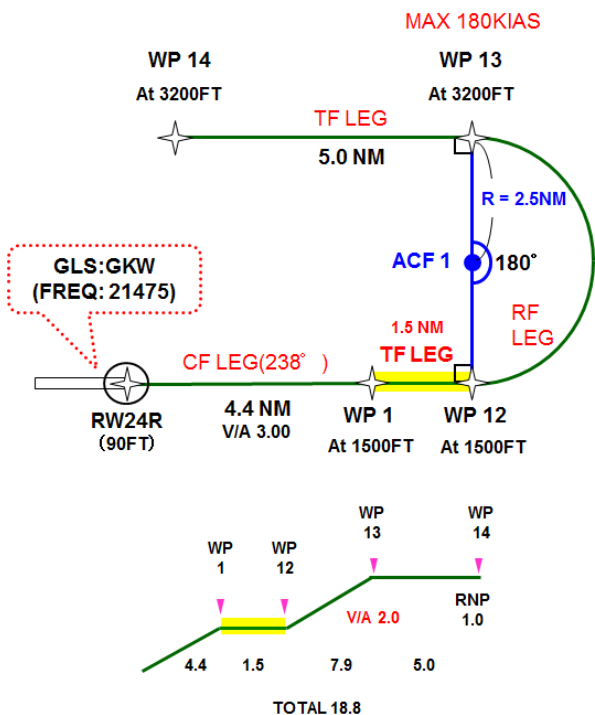


図2 : RNP の RF レグと GLS 最終進入セグメントを接続する経路の例 (レベルセグメントを有する場合)

(3) パイロットの操縦モデル等を含めたシミュレーションツールの構築の開始

GLS の衝突危険度モデルにより障害物との安全間隔を評価する手法を確立するため、昨年度までに操縦モデルの構築に必要な実験データを取得可能な反力付きシミュレータ環境を構築し、データの取得を行った。本年度は、昨年度までに取得したパイロットの操縦データをもとにパイロットモデルの構築を行った。その際、離散的、確率的、周期的な操舵といったパイロット操舵の特徴をモデルに組み込み、その有用性について検証を行った。図4に、パイロットモデルによる操舵したケース(上)および、実際のパイロットが操縦したデータ(下)を示す。定性的にも、パイロットの細かい周期的な操作、ピッチコマンドと実際のピッチ角のずれ具合が両者酷似しており、モデルの構築に成功していると思われる。これらについては、参考文献(5)、(6)で発表を行い、(5)では若手優秀講演賞を受賞した。今後は、より多くのデータを取得し、モデルの一般性を確認すること、および、現在縦方向のみの操縦モデルを横方向

へと拡張することを予定している。

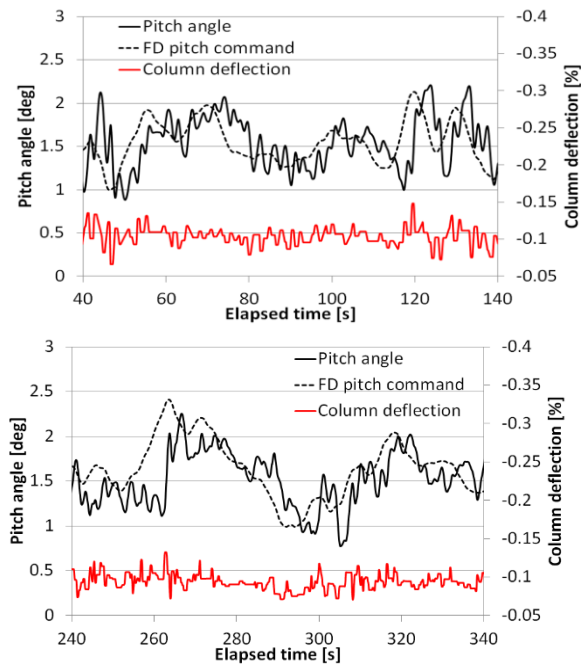


図4：パイロット操縦とパイロットモデルの出力の比較
(上)パイロットモデルによる操縦 (下)パイロット
の実際の操縦

4. おわりに

本年度の主な成果は、(1) TAP 機上装置の画像生成部を開発し、接続動作させ飛行実証したこと、(2) RNP to xLS 方式でレベルセグメントを省略した経路の NavDB をコーディングする方法を検討し、気温を変化させたシミュレータ検証の GS キャプチャタイミングから、追加の TF レグの必要性が判明したこと、(3) GLS 衝突危険度モデル開発のためパイロット操舵の特徴を組み込んだ操縦モデルを構築して有用性を検証したことである。

掲載文献

- (1) S. Fukushima, R. Mori, “Simulator experiments on RF transition to xLS,” 15th International GBAS Working Group, June 2014.
- (2) 福島 荘之介, 齊藤 真二, 森 亮太, 山 康博, “GLS 装備機のパスライン性能に関する検討”, 第 14 回電子航法研究所研究発表会, 2014 年 6 月.
- (3) 福島 荘之介, 齊藤 真二, 森 亮太, 山 康博, “RNP から xLS に接続する進入方式のシミュレータによる検討”, 第 52 回飛行機シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 2014 年 10 月.

- (4) 齊藤 真二, 福島 荘之介, “GLS と ILS の航法システム誤差に関する飛行実験による比較”, 第 52 回飛行機シンポジウム, 日本航空宇宙学会, 2014 年 10 月.
- (5) 森 亮太, “確率的離散のかつ周期的パイロット操舵モデルの提案”, 年会講演会, 日本航空宇宙学会, 2015 年 4 月.
- (6) R. Mori, “Development of Pilot Model with Stochastic Periodical Discrete Movement,” IEEE International Conference of Systems, Man, and Cybernetics, pp. 1532-1538, 2015.
- (7) 福島 荘之介, 齊藤 真二, 森 亮太, 山 康博, “RNP 進入と GLS を接続する進入方式の気圧高度差に関する検討”, 電子航法研究所発表会, 2015 年 6 月.
- (8) S. Fukushima, R. Mori, N. Fukujiwa, “Flight simulation of transition from RNP to xLS final”, 17th I-GWG meeting, Apr. 2016.
- (9) 齊藤 真二, 福島 荘之介, 山 康博, “長期 METAR データの解析と着陸進入システムの有用性,” 総合大会, 電子情報通信学会, 2016 年 3 月.

次世代GNSSに対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究【重点研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○坂井 丈泰, 齋藤 享, 吉原 貴之, 毛塚 敦, 麻生 貴広, 北村 光教, 伊藤 憲, 星野尾一明

研究期間 平成27年度～平成31年度

1. はじめに

衛星航法システムGNSSは一般にインテグリティ（完全性）について十分な保証がなされておらず、そのままでは航空機の航法に利用するには安全上の問題がある。衛星航法システムのインテグリティを保証し、これを航空機の航法に利用可能とするのが補強システムである。航空機ユーザは、衛星航法システムと補強システムを併用することで、所要のインテグリティによる航法を得る。補強システムにはSBAS及びGBASがあり、前者は静止衛星を使用するもの、後者は地上からVHF信号により補強情報を放送するものである。

GNSSにおけるインテグリティ確保のうえで主要な脅威は上空にある電離圏の擾乱現象であるが、我が国を含む磁気低緯度地域ではその影響が大きいことが知られている。このため、従前のシステムでは必ずしも十分なアベイラビリティが得られず、すなわち電離圏擾乱の発生時にGNSSを利用できなくなることがある。

本研究は、このようなGNSSの利用促進上の課題に対応するために実施することとしたものである。平成27年度は、5ヶ年計画の初年度であった。

2. 研究の概要

補強システムを含む衛星航法システムのアベイラビリティ向上を図るため、本研究では次の方策について検討を実施する。

第一の方策は、次世代GNSS環境への対応である。近年は衛星航法システムの変革期であり、既存システム（米国のGPS及びロシアのGLONASS）については信号数の追加などの改良が、また一方では欧州（Galileo）や中国（BeiDou）による独自システムの構築が進められている。2012年に開催されたICAO AN-Conf/12ではこれら次世代のGNSS環境に対応する必要性が確認されており、複数周波数・複数システムの利用による性能向上が期待されている。現行の補強システム（SBAS及びGBAS）は、いずれも単一周波数・GPSのみにしか対応していない。

いま一つの方策は、補強システム間の連携による性能向上である。現在のところSBASやGBASといった補強システムはそれぞれが独立して稼働することとして開発されてきているが、例えばある補強システムが電離圏の異常を検出したならば、その情報は他の補強システムにとっても有用である。すなわち、補強システム同士の相互利用により、互いの性能向上を図ることが考えられる。

第三の方策は、宇宙天気情報の活用である。AN-Conf/12においては、電離圏擾乱を含む宇宙天気諸現象が航法システムに与える影響の適切な評価と回避策の開発についても必要性が指摘されたところである。数時間や数日先の予報を含む宇宙天気情報の利用により、アベイラビリティの高い航法システムを実現することが考えられるし、GNSSの利用ができない場合にあってはその旨を予報することが可能となる。

本研究では、これらの方策について、コンセプト及び技術的要件の検討とともに研究開発を実施する。研究の実施にあたり、GNSS及び航空システムの国際性に十分配慮することとしている。

3. 実施内容と成果

3.1 次世代GNSS対応

次世代GNSS環境（複数システム・複数周波数）に対応した補強システムについて、調査を実施するとともに規格化活動に参画した。

次世代SBASについては、関係各国によるSBAS相互運用性会合において規格案に対する議論を行った。また、次世代SBASが使用する新周波数信号について、重畳されている航法メッセージの品質を評価した結果、既存メッセージより良好な性能を示すことを確認した（図1）。

次世代GBASについては、国際動向を調査するとともに、プロトタイプ構築に向けた調整等を行った。仙台空港のGBASテストベッドを改修し、次世代GBASのプロトタイプシステムに対応可能な構成とした。また、石垣島における飛行実験の結果から、複数システム対応による性能向上の効果を確認した（図2）。

3.2 補強システムの相互利用

補強システムの相互利用について、SBAS信号を利用してGBASの性能向上を図る方式について検討を行った。

利用形態としては、(i) SBAS衛星の距離情報の利用、(ii) SBASが放送している電離圏補強情報の利用、(iii) SBAS監視局の観測データの利用、が考えられる。このうち特に(ii)については、次項の宇宙天気情報の利用とあわせ、GBASの性能向上に有用であるとの見通しを得た。

3.3 宇宙天気情報の利用

宇宙天気情報の利用については、ICAO（国際民間航空機関）において運用コンセプトの策定作業が行われており、NICT及び気象庁を通じて我が国における観測データの提供等を行った。また、特にアジア地域における電離圏擾乱のモデル化等を目的として設置されているISTF（電離圏研究作業部会）には議長として参加しており、ガイダンス文書を作成すべく主導的な立場にてアジア諸国への貢献を図っている。

4. まとめ

本研究ではGNSS補強システムのアベイラビリティ向上を目指しており、平成27年度は、次世代GNSS環境への対応、補強システムの相互利用、宇宙天気情報の利用について研究を実施した。次年度以降はプロトタイプシステムの開発を実施するとともに、研究活動の国際的な展開を図っていききたい。

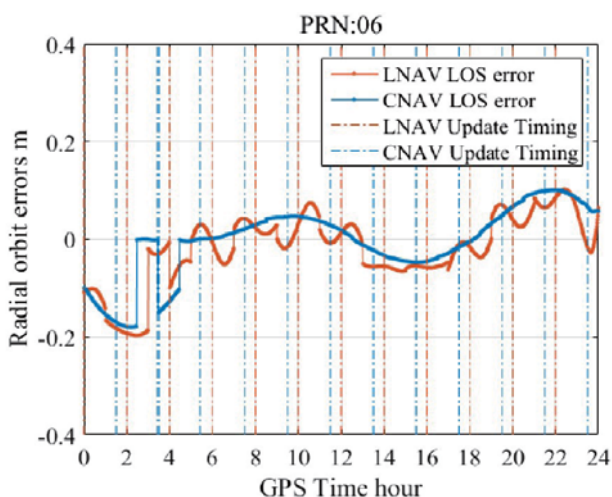
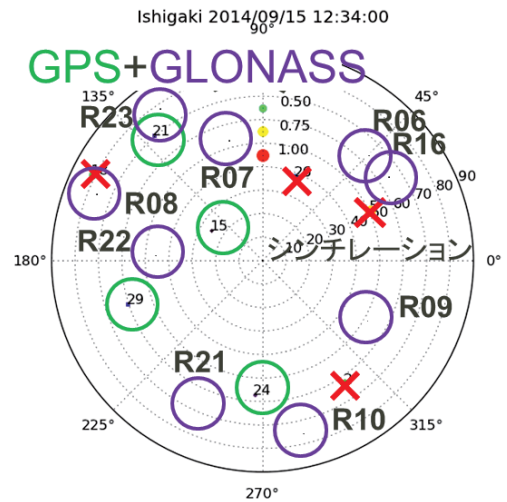
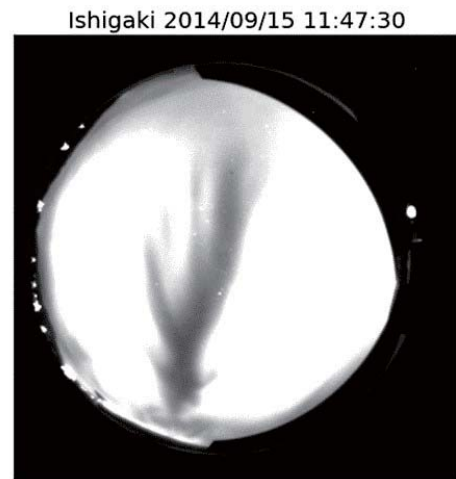


図1 新周波数信号に重畳されるCNAVメッセージの評価例：現行のLNAVメッセージに比べて短周期の変動成分が小さい



(a) 飛行実験中の衛星配置状況



(b) イメージャで観測されたプラズマバブル

図2 複数システム利用による効果の例：
シンチレーションにより減少したGPS衛星を、
GLONASS衛星により補うことができる

掲載文献

- (1) S. Saito: GAST-D flight tests at New Ishigaki Airport, ICAO NSP/1, Montreal, Canada, April 2015.
- (2) S. Saito: Validation of proposed changes to the Table D-8B (GBAS Type-2 and -3 messages example), ICAO NSP/1, Montreal, Canada, April 2015.
- (3) T. Yoshihara, S. Saito, A. Kezuka: Summary of GAST-D operational validation program in Japan, ICAO NSP/1, Montreal, Canada, April 2015.

- (4) T. Yoshihara, H. Nakahara: Performance of GAST-D ionospheric gradient monitor studied with low latitude ionospheric disturbance data obtained in a real airport environment, ION Pacific PNT, Honolulu, HI, April 2015.
- (5) 齋藤 享・吉原 貴之: Characteristics of extreme spatial gradient of the ionospheric TEC associated with plasma bubbles and its impact on GNSS、日本地球惑星科学連合大会、幕張市、2015 年 5 月
- (6) S. Saito, T. Yoshihara, S. Fukushima, S. Saito, A. Kezuka: GAST-D validation with flight trials in Ishigaki, Japan, IGWG/16, Atlantic City, NJ, June 2015.
- (7) S. Saito, T. Yoshihara: Ionospheric/tropospheric gradient studies for GAST-D, IGWG/16, Atlantic City, NJ, June 2015.
- (8) T. Yoshihara, S. Saito, A. Kezuka, K. Hoshino, S. Saito, S. Fukushima: GAST-D validation with a ground subsystem prototype in Ishigaki, Japan, IGWG/16, Atlantic City, NJ, June 2015.
- (9) S. Saito: Ionospheric threat and its mitigation for GNSS implementation in the APAC region, ICAO APANPIRG PBN Symposium, Bangkok, Thailand, June 2015.
- (10) S. Saito: Publication and intellectual properties of ionospheric threat models, ICAO APANPIRG CNS-SG/19, Bangkok, Thailand, July 2015.
- (11) S. Saito: Current status of ISTF activities and working plan for delivery of its final outcomes, ICAO APANPIRG CNS-SG/19, Bangkok, Thailand, July 2015.
- (12) S. Saito, T. Yoshihara, A. Kezuka: Category-III GBAS (GAST-D) validation status in Japan, ICAO APANPIRG CNS-SG/19, Bangkok, Thailand, July 2015.
- (13) S. Saito, T. Yoshihara, A. Kezuka, S. Saito, S. Fukushima, Y. Otsuka: GAST-D flight experiment results with disturbed and quiet ionospheric conditions, ION GNSS+, Tampa, FL, Sept. 2015.
- (14) 吉原 貴之・本吉 弘岐 (防災科学技術研究所)・山口 悟 (防災科学技術研究所)・毛塚 敦・齋藤 享: GNSS 受信信号を用いた積雪関連パラメータ計測の検討, 雪氷研究大会, 松本市, 平成 27 年 9 月
- (15) 北村 光教・麻生 貴広・坂井 丈泰・星野尾 一明: 次世代 SBAS 規格の検討状況, 第 59 回宇宙科学技術連合講演会, 鹿児島市, 平成 27 年 10 月
- (16) S. Rungraengwajiake, P. Supnithi, S. Saito, N. Siansawasdi, A. Saekow: Ionospheric delay gradient monitoring for ground-based augmentation system (GBAS) by GPS stations near Suvarnabhumi airport, Thailand, Radio Science, Oct. 2015.
- (17) 麻生 貴広・坂井 丈泰: アジアにおける SBAS の現状, 第 53 回飛行機シンポジウム, 松山市, 平成 27 年 11 月
- (18) 吉原 貴之・齋藤 享・毛塚 敦・星野尾 一明・福島 荘之介・齋藤 真二: CAT - III GBAS (地上型補強システム) プロトタイプの開発と磁気低緯度地域における検証, 第 53 回飛行機シンポジウム, 松山市, 平成 27 年 11 月
- (19) S. Saito, T. Yoshihara, Y. Otsuka: Effects of plasma bubbles on GNSS ground-based augmentation system (GBAS), 第 138 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 東京都, 平成 27 年 11 月
- (20) A. Kezuka, T. Yoshihara, S. Saito, S. Saito, S. Fukushima, K. Hoshino: GAST-D (Category-III GBAS) Validation in Japan, DISHA, Chennai, India, Nov. 2015.
- (21) S. Saito: Incoherent Scatter Radar, COSPAR Capacity Building Workshop / IRI workshop, Thailand, Nov. 2015.
- (22) T. Yoshihara, S. Saito: GBAS research and development status in Japan, ICAO NSP/2, Montreal, Canada, Dec. 2015.
- (23) S. Saito: GAST-D flight test results at Ishigaki, Japan, ICAO NSP/2, Montreal, Canada, Dec. 2015.
- (24) T. Sakai: Ionosphere Threat Model for SBAS, ICAO ISTF/6, Bangkok, Thailand, Jan. 2016.
- (25) S. Saito: Current Status of Data Analysis by KAIST and ENRI, ICAO ISTF/6, Bangkok, Thailand, Jan. 2016.
- (26) S. Saito: ISTF Workplan for Final Report to CNS-SG and APANPIRG, ICAO ISTF/6, Bangkok, Thailand, Jan. 2016.

- (27) S. Saito: Outcome of the NSP/2 Meeting, ICAO ISTF/6, Bangkok, Thailand, Jan. 2016.
- (28) T. Yoshihara, S. Saito: Ionosphere Threat Model for GBAS, ICAO ISTF/6, Bangkok, Thailand, Jan. 2016.
- (29) T. Yoshihara, S. Saito, A. Kezuka, H. Motoyoshi, S. Yamaguchi: A study on snow reflection signals using two GNSS antennas with different gain patterns and new application to monitor snow surface conditions, ION ITM, Monterey, CA, Jan. 2016.
- (30) 北村 光教・麻生 貴広・坂井 丈泰・星野尾 一明：次世代 SBAS 規格のための広域補正方式の検討，電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会，長崎市，平成 28 年 1 月
- (31) 齋藤 享：衛星航法に対する電離圏の影響とその軽減策—衛星観測への期待，第 3 回超低高度衛星の利用に向けたワークショップ，東京都，平成 28 年 2 月
- (32) T. Sakai: Status of the Japanese QZSS Program, Munich Satellite Navigation Summit, Munich, Germany, March 2016.
- (33) 吉原 貴之・齋藤 享・毛塚 敦：空港内 GNSS 基準局間における対流圏遅延変動の長期解析，電子情報通信学会総合大会，福岡市，平成 28 年 3 月
- (34) 北村 光教・麻生 貴広・坂井 丈泰・星野尾 一明：次世代 SBAS 規格のための衛星軌道情報の評価，電子情報通信学会総合大会，福岡市，平成 28 年 3 月

地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究【指定研究 A】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齊藤 真二, 福島 荘之介, 毛塚 敦, 吉原 貴之, 齋藤 享
研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度

1. はじめに

地上型衛星航法補強システム (GBAS) の CAT-I 地上装置は複数の国々で導入が開始され, 我が国においても導入に向けた検討が行われており, 近い将来に運用評価を経て, 運用が開始される見込みである。GBAS の導入が進む米国では, GBAS 地上装置と独立して到着空港の GBAS 利用可能性を予測し運航者に提供するツールの開発・評価が行われている。我が国においても, GBAS の運用時には, 利用可能性を予測し運航者に提供することが必要になる。さらに, 地上装置, 機上装置, GPS 等の各構成要素や外的要因を考慮した上で, 運航者にとって運用に必要な性能が保たれているかの評価も必要である。このように GBAS の導入に向けて, 運用性能評価手法の確立, 運用性予測技術の確立が急務となっている。また, 導入が見込まれる大空港での運用に対する技術的課題を明確化し解決方法を示す必要がある。

運用性能評価手法および運用性予測技術の確立, ならびに大空港での運用に対する技術的課題の明確化と解決策の提示を行うことで, 運用評価への寄与および実運用機材の円滑な導入への貢献を目指し, 本研究を開始した。

2. 研究の目的と実施項目

本研究の目的は CAT-I GBAS の実用化に向け, 運用に必要な性能を評価する手法を確立することおよび運用時に必要となる運用性予測技術を確立すること, ならびに複数滑走路を有する大空港での運用に対する技術的課題を明らかとし解決策を示すことで, 我が国における CAT-I GBAS の円滑な導入に貢献することである。

具体的には, 次の項目を実施する。

- (1) 複数滑走路を有する大空港における GBAS の導入・運用に向けた技術的課題を明らかとし, 解決策の検討を行う。(VDB 覆域, IFM アルゴリズム等)
- (2) 運用性能評価: 地上装置と独立した評価が可能な運用性能評価の評価指標, 評価手法を検討し, 運用性能評価ツールの開発を行い, 評価手法の検証を行う。
- (3) 運用性予測: 運用性予測技術を検討し, 予測ツールを開発し, 予測技術の評価を行う。

3. 実施概要

(1) 大空港における技術的課題について

平成 27 年度は, VDB 覆域検証評価ツールの開発に着手し, 青山学院大学と連携して研究を実施し, 電界強度計算の新しいアルゴリズムを開発した。これは, 送信アンテナ近傍の建物エリア付近のみをフルウェーブ解析し, NF 変換による滑走路面電界に地面による減衰を乗じる手法である。この手法により, 計算時間の短縮が期待できる。また, 提案手法の検証・評価のためのデータ取得を平成 28 年 3 月 23 日～25 日の仙台空港運用終了後に実施した。

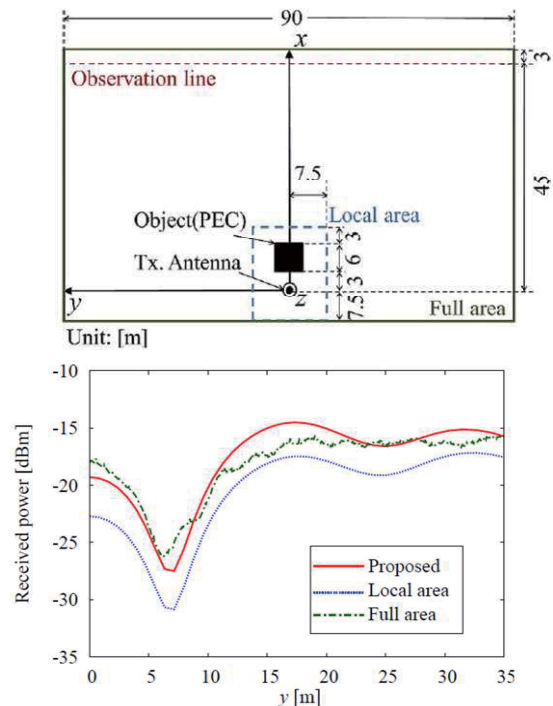


図1 従来手法と提案手法の比較(シミュレーション)

(上) 送信アンテナ, 建物, 観測点の位置関係

(下) 赤線: 提案手法, 緑点線: 従来手法

(2) 運用性能評価について

平成 27 年度は運用性能評価ツールのハードウェア構成について検討を行った。様々な使用形態を想定し, 可搬型ラックに, 小型 PC・VDB 受信機・スペアナ・GPS 受信機を収納した形とした。また, 評価ツールソフトウェアは, これまで開発を行ってきた GAST-D 機上ソフトウェア



図2：開発中の運用性能評価ツール

アのモジュールを転用する形とし、共通部分の開発を省略することで効率化を図ることとした。

(3) 運用性予測技術について

平成27年度は運用性予測手法の初期検討を行った。予測の条件として、「地上装置と独立して動作すること」「24時間後まで予測」とし、過去数日間のデータ利用したプロテクションレベル推定方法を評価した。利用する過去データはGPS受信機から取得できる衛星配置とVDB受信機から取得できるVDBメッセージとし、プロテクションレベル変化の1恒星日周期性を利用した手法である。仙台空港で取得したデータによる評価を行った。

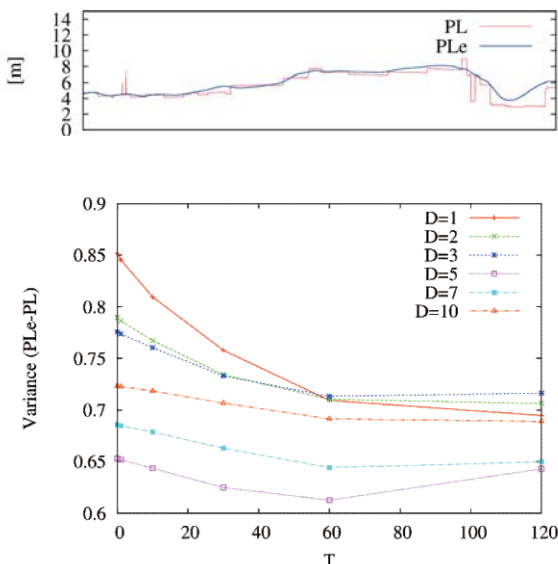


図3：プロテクションレベルと推定値の比較

(上) 赤線：プロテクションレベル、青線：推定値

(下) 推定値と実際の値の差の分散

横軸Tは平均化時間

Dは使用したデータの日数

4. おわりに

大空港における技術的課題に対しては、共同研究等により効率の良い実施ができた。今後、複数VDB送信アンテナ等の課題について取り組む予定である。また、運用性能評価ツールについては、ハードウェアの調達完了していないため、残りのハードウェアを調達し、ソフトウェア開発を進展させ、開発したツールによる評価を実施する予定である。GBAS導入に向けた動きが活発となっているので、これに間に合うように、成果をとりまとめたい。

所外発表等

- [1] 毛塚 敦, 齋藤 享, 吉原 貴之, “新石垣空港におけるVDBの覆域評価,” 第15回電子航法研究所発表会講演概要, pp.103-106, 2015年6月
- [2] 毛塚 敦, 齋藤 享, 吉原 貴之, “石垣空港におけるGBAS VDBの滑走面上覆域シミュレーション,” 信学技報 115(213), pp.17-21, 2015年9月
- [3] 加藤 涼, 須賀 良介, 毛塚 敦, 橋本 修, “VHF帯における空港面電磁界解析手法の提案,” 信学ソ大, B-1-59, 2015年9月
- [4] [招待講演]毛塚 敦, 齋藤 享, 吉原 貴之, “石垣空港におけるGBAS VDBの滑走路面上覆域評価,” 第四回電気通信大学宇宙・電磁環境研究センター研究集会, pp.24-26, 2015年12月
- [5] 齋藤 真二, “地上型衛星航法補強システムの運用性予測手法の検討,” 信学技報 SANE2015-104, pp.129-132, 2016年1月
- [6] 加藤 涼, 須賀 良介, 毛塚 敦, 橋本 修, “VHF帯空港面電磁界解析手法の滑走路周辺地形を考慮した有効性検討,” 信学総大, B-1-113, 2016年3月
- [7] A. Kezuka, S. Saito, T. Yoshihara, “Analysis of VDB Signal Strength above Runway Surface at Ishigaki Airport,” 16th International GBAS Working Group, Atlantic City, 2016
- [8] R. Kato, R. Suga, A. Kezuka, O. Hashimoto, “A Proposal of Electromagnetic Field Analysis Method for Airport Surface in VHF Band,” Proceedings of FEM2016, Firenze, 2016
- [9] A. Kezuka, “GBAS Development for Low Latitude Region,” World ATM Congress 2016 ENRI Seminar, Mar. 2016

共同研究

- [1] 日本電気株式会社「GBASの実用性能検証のための方法確立に向けた共同研究」
- [2] 東京海洋大学「擬似距離マルチパス誤差の移動体速度との関係に関する研究」

GNSS広域補強サービスのアジア地域における性能向上に関する研究【指定研究】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○坂井 丈泰, 吉原 貴之, 麻生 貴広, 北村 光教, 伊藤 憲
研究期間 平成27年度～平成29年度

1. はじめに

GNSSの測位精度を向上させる広域補強サービスについては我が国ならびにアジア諸国における関心が高いが、アジア地域を中心とする磁気低緯度地域では電離圏伝搬遅延による影響が大きく、ディファレンシャル補正を行っても高い測位精度は期待できない。こうした理由から、例えば内閣府が整備中の準天頂衛星システムではディファレンシャル補正サービスのサービスエリアを当面は我が国の周辺に限る方向である。次の段階の課題として経済的成長の著しいアジア地域に対するサービス拡大が模索されており、当該地域におけるディファレンシャル補正の精度向上を図ることが求められている。

電離圏に関する環境が欧米と異なる我が国は、磁気低緯度地域で導入可能な広域補強技術の開発を行い、我が国におけるGNSSの普及に資するのみならず、同じく磁気低緯度地域に属するアジア諸国におけるGNSSの導入促進に貢献すべきである。以上の課題を踏まえ、平成27年度より3ヶ年計画にて本研究を実施することとした。

2. 研究の概要

磁気低緯度地域における衛星航法システムの性能向上を図るため、本研究では次の方策について検討を実施する。

第一の方策は、磁気低緯度地域向けの電離圏伝搬遅延推定・補強方式の開発である。既存システムの電離圏伝搬遅延補強方式は米国において開発されたものであり、我が国の電離圏環境には適合していないことが明らかになっている。我が国を含む磁気低緯度地域に適合した補強方式を開発することで、アジア地域におけるディファレンシャル補正の精度向上が図られる。

いま一つの方策は、複数コアシステムの利用である。GPSに加えてGLONASSやGalileoといった別のコアシステムを使用することで、補強情報を生成するための観測データを増加することができる。データが多いほど推定精度を向上させ、広域補強サービスが提供する性能を改善することができる。

本研究においては、こうした方策を中心としてGNSS広域補強サービスの性能向上を図る。いずれの方策も、サービスプロバイダ側の性能向上方策であって、ユーザ側の既存機器の改修を必要としないことが特徴である。

3. 実施内容と成果

3.1 磁気低緯度地域向け補強方式

磁気低緯度地域向けの電離圏伝搬遅延推定・補強方式の開発に向けて、南西諸島における既存補強方式の動作状況を調査した。この結果、電離圏活動擾乱時には電離圏遅延量とその補正量が乖離している状況があることを確認した(図1)。このような状況下では、電離圏伝搬遅延を正確に補正することができず、大きな測位誤差を生じることとなる。

こうした状況を生じるのは、磁気低緯度地域における電離圏伝搬遅延の分布に対して現状の遅延モデルでは対応しきれていないことが原因である。特に、電離圏の厚み方向のモデル化が現実に即していないことが大きな問題であることが明らかになったことから、これを考慮することによる性能向上が考えられることがわかった。

一方、改良方式について一定の想定のもとで、これ導入した場合の性能改善効果について計算機シミュレーションを行った。良好な測位精度を得られる地域が現状では我が国の一部に限定されるが、改良方式により東南アジア方面に拡大できるとの見通しを得た(図2)。

3.2 複数コアシステムの利用

複数コアシステムの利用による性能向上について検討するため、各コアシステムの開発状況の把握に努めている。観測データの増加のためには、複数コアシステムの利用以外にも地上監視局の増設が考えられるが、我が国においては地理的な制約が大きく、監視局数の増加よりも、個々の監視局の機能追加により複数コアシステムを利用するほうが有利であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、磁気低緯度地域における広域補強サービスの性能向上を目的としており、本年度は現行システムにおける問題点の把握に努めた。次年度以降は具体的な補強方式の開発を行うとともに、特にアジア地域各国に対する研究成果の普及に配慮することとしたい。

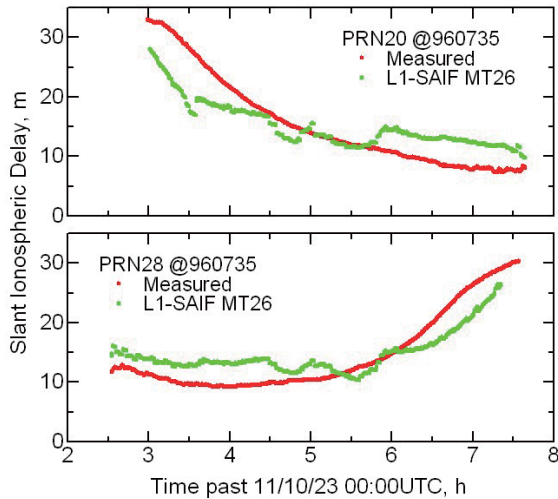


図1 南西諸島における電離圏伝搬遅延の観測量（赤）と補正量（緑）の比較：現行システムではこのような乖離がみられることがある。

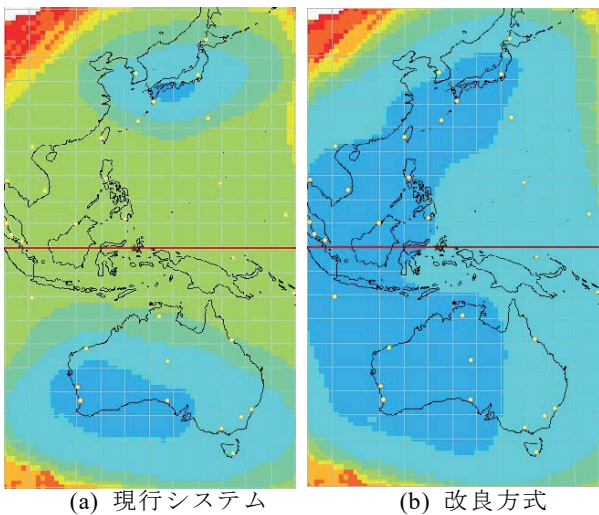


図2 改良方式による精度改善の試算例：水平位置精度を比較したところ、5m以下をあらわす青い領域が拡大している。

掲載文献

- (1) T. Sakai, S. Kogure, K. Ito: Generation of the QZSS L1-SAIF Message from the MADOCA

Realtime Products, ION Pacific PNT Conference, Honolulu, HI, April 2015.

- (2) 麻生 貴広・坂井 丈泰・北村 光教：日本におけるインド SBAS の性能評価，電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会，東京都，平成 27 年 7 月
- (3) 麻生 貴広：インド SBAS (GAGAN) の受信状況及び性能について，航空保安システム技術委員会航法小委員会，東京都，平成 27 年 8 月
- (4) 伊藤 憲・坂井 丈泰：オーストラリアにおける QZSS を用いた GNSS 補強サービス，電子情報通信学会ソサイエティ大会，仙台市，平成 27 年 9 月
- (5) 伊藤 憲・坂井 丈泰：QZSS による GNSS 補強サービスのオーストラリアでの利用，第 59 回宇宙科学技術連合講演会，鹿児島市，平成 27 年 10 月
- (6) 坂井 丈泰・北村 光教・伊藤 憲：L1-SAIF 信号における電離圏補強情報の調整，第 59 回宇宙科学技術連合講演会，鹿児島市，平成 27 年 10 月
- (7) T. Sakai, T. Aso, M. Kitamura, K. Hoshino, K. Ito: Expanding the Coverage of Local Area Differential Correction, ION ITM, Monterey, CA, Jan. 2016.

GNSS 障害時の代替(APNT)に関する研究【指定研究】

担当部署 航法システム領域
担当者 ○毛塚 敦, 齊藤 真二, 福島 荘之介, 吉原 貴之, 齋藤 享
研究期間 平成 27 年度

1. はじめに

航空航法では GNSS の利用が広がっており、RNP-AR など GNSS の装備が必須である広域航法が急速に普及している。また、その認証を持つ機体数も増加し、実際の運航において数多く実施されている。しかし、GNSS には脆弱性があり、衛星の故障、航法メッセージのエラー、電離圏擾乱、電波バースト、ジャミング、干渉などによって使用不可能となる事例が多数報告されている。その一方で、GNSS が使用できない場合に利用される地上航法設備では、GNSS が実現する航法性能要件を満足できないとされている。そこで、GNSS が使用不可能になった場合においても安全と効率が確保されるよう、代替測位(APNT: Alternate Positioning, Navigation, and Timing)の構築が必要である。

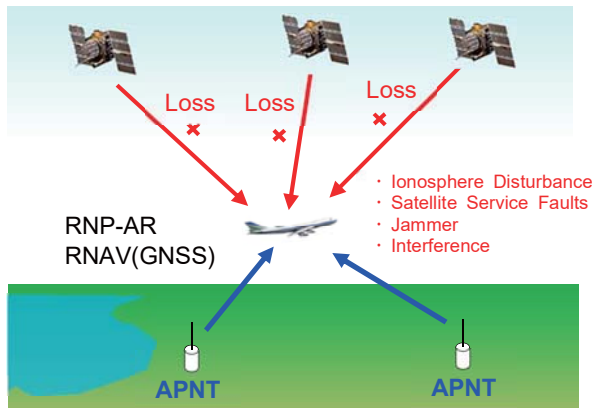


図 1 GNSS 障害要因と代替航法

2. 研究の概要

本研究の目的は、まず、現状の地上航法設備が持つ測位精度の実力値を調査することで GNSS 障害時における広域航法への影響を明らかにする。そして、それら調査データを元に、マルチパス対策や大気遅延補正などの要素技術を開発し、国内 APNT 方式の選定およびシステム構築に役立てる。APNT では、既存の DME を拡張した方式が有力候補の一つとなっているため、地上航法設備として DME に着目し、誤差要因の切り分けと高精度化のための要素技術を開発する。本研究は 3 年計画であり、平成 27 年度は初年度である。

3. 研究成果

3.1 DME の測距誤差測定系構築

DME の誤差データの取得にあたっては、飛行検査機の検査データを活用する。協力依頼に基づき、オービット飛行による検査データを入手し、解析環境を整理した。また、飛行検査機のデータはルートが限定され、柔軟に選択できないことと、機上装置に関わる誤差量が商用機でないことから、実験用航空機(よつば)による誤差データの取得も行う。実験用航空機では、キャビンに取り付けられた Arinc429 バスから運航で使用されている DME の測距データを取得することができる。本年度は、実験用航空機による DME データ取得のための測定系の構築と搭載改修を行った。測定系を図 2 に示す。キネマティック測位による真位置との比較を高精度に行うため、時刻同期モジュールを追加している。

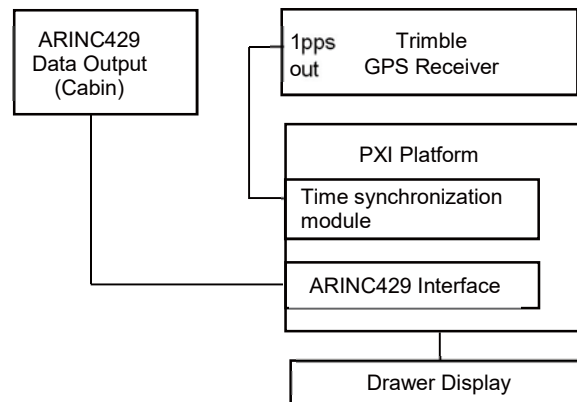


図 2 測定系

3.2 地上航法設備の性能評価

DME の測距誤差は、主に質問機に関わる部分、応答機に関わる部分、マルチパスと大気伝搬遅延に起因する部分に分けられる。飛行検査データおよび実験航空機により取得する測距誤差を各要因に切り分けるため、まずは大気伝搬遅延による測距誤差量をシミュレーションにより定量的に算出するツールを作成した。シミュレーションには層状大気を用いたレイトレーシング法を用い、各層の屈折率はラジオゾンデデータより与える。年間を通じた大気伝搬遅延に起因する DME の測距誤差およびその変動の一例を図

3に示す。本シミュレーションツールにより、気温や気圧、湿度を考慮した測距誤差が算出可能となる。

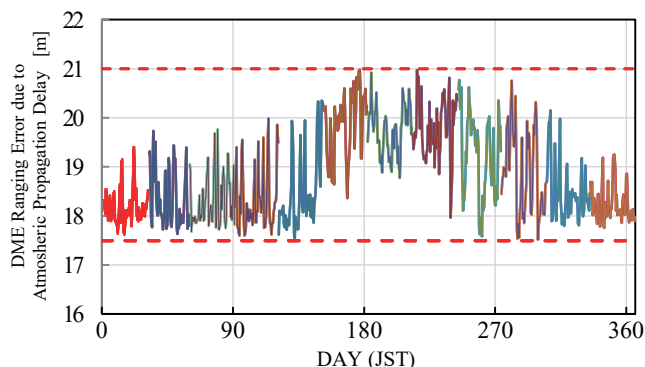


図3 大気伝搬遅延に起因する測距誤差変動の一例
(2012年鹿児島, DME-航空機間100km, 飛行高度10,000mの場合)

4. まとめ

初年度である平成27年度はDME測距データ取得のための測定系構築, および大気伝搬遅延に関わる誤差量を定量的に算出するシミュレーション環境を整備した。平成28年度は, これらを用い, DMEの測距誤差を定量的に把握し, GNSS障害時のRNAV運航への影響を明らかにする。また, 取得したDMEの測距誤差量を各要因に切り分け, それらを補正するような拡張方式の提案する予定である。

掲載文献

A. Kezuka, T. Yoshihara, S. Saitoh, and N. Fujii, "Atmospheric Propagation Delay Correction Based on Ground-based Observations for DME Ranging," Proceedings of ICSANE2015, pp.45-48, Bangkok, Nov. 2015

到着進入経路における気象の影響評価に関する研究【基礎研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○吉原 貴之, 森 亮太 (航空交通管理領域), 福島 荘之介

研究期間 平成27年度～平成28年度

1. はじめに

羽田空港, 成田空港などの混雑空港においては, 安全を確保しつつ離着陸容量の拡大や燃料消費の削減等の効率化が望まれている。滑走路の増設によらずにこれらを実現するためには離着陸機の管制間隔(航空機の前後の縦方向間隔)の短縮や, ターミナル空域での効率的な出発及び到着経路の設計が必要となる。前者の管制間隔短縮について, 将来のGBASによるCAT-III運航の導入によりILS着陸機に存在する制約の解消や, 離着陸時の空港面, 経路上の風の状況に応じて管制間隔を変える新しい後方乱気流管制方式が期待されている。実際の管制間隔は, 安全間隔を確保する必要があるため, 向かい風の強さ等の気象条件に対応した余剰間隔が存在すると考えられるが, レーダー航跡等の運航データを用いた定量的な解析と評価は, 今後の新たな管制方式導入の検討のために重要である。また, 後者の効率的な経路設計については, GNSS利用による安全かつ効率的な経路の設定が期待される。しかしながら, 航法システム誤差(NSE)の大幅な低減がなされる一方, 経路設計において飛行技術誤差(FTE)の寄与分を低減しないとトータルシステム誤差(TSE)が小さくならず, GNSS運航の利点を活用した経路設計に反映されにくいといったことが挙げられる。

2. 研究の概要

本研究では, 気象条件(視程, 風況, 乱流)を考慮した着陸機の交通流調査を行い, GBAS CAT-IIIの導入効果や新たな管制方式導入に関わる評価検討に資する基礎資料とすることを主目的として実施する。具体的には, 監視レーダーの航跡データ等を用いて現状の管制間隔の統計的分布と, 規定されている管制間隔に対する余剰間隔の定量化, 並びにその余剰間隔が増大する気象条件を特定する。また, 混雑空港周辺の気象状況に対応した新たな管制方式, 飛行方式については, ①時間ベースの管制方式, ②ドップラーライダー等を用いた横風監視による新たな後方乱気流管制方式, 並びに③ドップラーライダー等を用いたターミナル空域の風況監視によりFTEが小さくなる気象状況下のみで運航可能な飛行方式について, 課題抽出と実現可能性について明らかにすることを目的としている。

3. 研究成果

進入経路上の管制間隔の統計調査, 余剰間隔の定量化については, レーダー航跡等から羽田空港について使用滑走路毎の実際の管制間隔(時間間隔及び距離間隔)を導出した。さらに, 向い風の強さ等の気象条件とともに, 航空機型式等の運航情報を考慮した管制間隔の統計解析(頻度分布等)の調査に着手した。また, 顕著な気象擾乱が存在する日における余剰間隔について気象現象と照合した詳細な調査を実施するため, レーダー航跡等の運航データの解析に用いることができる期間の制約を考慮して擾乱日を特定し, 解析に着手した。新たな管制方式, 飛行方式の検討については, 関係者のご協力のもと, 航空管制官, 航空予報室予報官とそれぞれ意見交換を行った。その結果, 管制間隔の短縮に関して, 時間ベースの管制方式はニーズや実現性の面から取り組むべき候補として有望であることがわかった。また, 気象及び航空交通流について, 実況及び予測情報の検証に関する関係図を作成して今後, 所内外関係者と協力して取り組むべき課題を明確にした。

4. まとめ

今後は, 管制間隔における統計解析を進めるとともに, 気象条件と余剰間隔の相関の評価を実施する予定である。また, 効率的な経路設計について, 気象条件を限定した飛行方式の実現可能性の検討を進めていきたい。

掲載文献

- (1) T. Yoshihara, "Space and Extreme Weather", Aviation Weather Symposium, Singapore, April 2015
- (2) T. Yoshihara, "ENRI's R&D Topics on Space Weather, Extreme Weather and Evaluation Study of Weather Impacts on ATM near Airport", ICAO/WMO APAC MET/ATM Seminar 2015, Tokyo Japan, June 2015
- (3) 吉原, "首都圏混雑空港周辺の航空交通流に対する気象の影響調査", 信学技報, vol.115, no.155, pp. 39-40, 2015年7月
- (4) 吉原, "空港近辺における航空交通流への気象の影響評価について", 第20回気象懇話会(仙台航空測候所), 2016年3月

航空機ベースの補強システム(ABAS)に関する調査【調査】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○麻生 貴広, 坂井 丈泰, 毛塚 敦, 北村 光教
研究期間 平成 27 年度

1. はじめに

航空機の航法において、エンルートから非精密進入で広く利用されているABAS（機上型衛星航法補強システム）では、RAIM（受信機による完全性の自律的監視）機能が多く用いられている。RAIMはGPSを冗長で観測することでGPS自身の故障等を検出するものであるが、その性能はGPSの数や配置に大きく依存するため、航空機は予め飛行しようとする時間及び場所におけるGPSの状況を考慮しておく必要がある。航空局は、この予測情報としてNOTAM及びRAIM予測サービス（Web）を提供してきた。一方、GPSは補助的な航法装置としての使用に限定されていたが、2016年1月より計器飛行方式における主航法装置としての使用が認められた。このようにGPSを航法に使用する環境が変化してきたことから、運航者から更に精度のよいRAIM 予測の提供が期待されている。

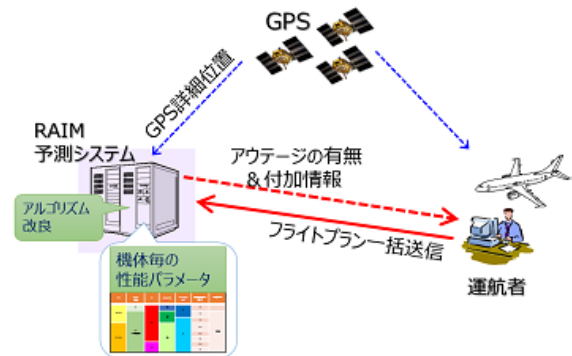
2. 研究の概要

本研究では、①RAIM 予測の現状を整理し、②実運航に即した精度の高い RAIM 予測手法について検討した。前者に関しては、機上ABAS 及び地上の RAIM 予測のアルゴリズムの差異を整理し、運航者へのヒアリングを実施することで現行 RAIM 予測システムの課題を抽出した。後者に関しては、課題を解決するためのシステム構成、及び高精度を実現するためのアルゴリズム改良の提案を目指した。

3. 研究成果

運航者へのヒアリングの結果、大型機の運航者については、1 日の便数が多く、人手を介す必要があることから NOTAM のみを用いて全機の飛行計画を作成しており、機体毎の航法性能を十分に生かし切れていないことが明らかに

高精度なRAIM予測システムの構成



なった。また、小型機の運航者については、RAIM 予測サービス(Web)を用い、機体に応じた予測を実施しており不都合はないものの、ドクターヘリなど ABAS や SBAS 無しでは運航が成り立たず、高精度な RAIM 予測の必要性が再認識された。これらの実現には、人手を介さず、高精度な RAIM 予測の構築が重要であるため、新たなシステム構成を提案した。

4. まとめ

本調査による高精度な RAIM 予測システムの提案により、利便性の高い、高精度な RAIM 予測システムの実現が可能となる。今後、短時間予測を追加していくことで、機体毎の GNSS 航法性能を十分に生かした、更なる効率的な経路の利用可能性に貢献できると考える。

掲載文献

- (1) 国土交通省航空局, GPS RAIM Prediction JAPAN, <http://raim-japan.mlit.go.jp/>
- (2) 国土交通省航空局, “GPSを計器飛行方式に使用する運航の実施基準,” サークュラー, No.5-005, 平成9年11月25日制定, 平成27年6月17日一部改正.
- (3) 麻生, 北村, 毛塚, 坂井, “RAIM 予測の効率化,” 電子情報通信学会総合大会, Mar 2016.

赤道大気レーダーと広域観測網による赤道スプレッドF現象と電離圏構造の関連の解明【競争的資金】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤 享
研究期間 平成25年度～平成28年度

1. はじめに

本研究は、京大生圏研究所山本衛教授が代表者の科学研究費補助金基盤B研究に、研究分担者として参画して行うものである。

電離圏には様々な時間・空間スケールを持つ波動・擾乱現象が存在する。それらは電離圏プラズマを通過する電波伝搬に大きく影響する。例えばGPS測位は、航空管制に活用されるなど社会インフラとしての重要性が高まっているが、電離圏擾乱に起因する精度低下が深刻な問題である。また高度400km以上の電離圏は、国際宇宙ステーションを含む諸衛星が飛翔する領域である。電離圏は、衛星の周辺環境さらには新たな人類生存環境としても重要性が高まっている。

赤道スプレッドF現象(ESF)はプラズマバブルに対応し、赤道大気レーダー(EAR)のようなVHFレーダーによって観測できる。ESFは電離圏擾乱の中で最も活発な現象として赤道低緯度電離圏研究のホットトピックであり続けてきた。しかしながらESFを誘発する「種」が未解明であり、日々変動の予測を難しくしている。逆にこの点が解決されれば、ESFの発生予測が可能となり、衛星航法の高度な利用や高度な衛星通信の安定運用等、社会に貢献するところ極めて大きい。

これまでに、EARを中心として様々な電離圏観測装置が集積されており、衛星ビーコンを利用した広域観測網、国際宇宙ステーション搭載の電離圏観測装置(ISS-IMAP)などの整備も進んでおり、研究の準備は整っている。

2. 研究の概要

本研究は、ESFと電離圏構造の関連を解明することで、ESF発生機構の謎を解くことを目的とする。

ESF発生機構の有効な仮説として、赤道低緯度電離圏の南北半球対称性、電離圏東西大規模構

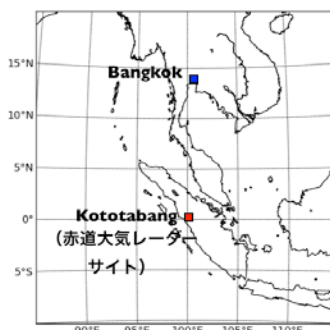


図1. タイ、インドネシアの電離圏全電子数勾配観測装置の位置。インドネシアのものは赤道大気レーダーサイト周辺に設置されている。

造、中性大気波動の3つを取り上げる。(1)赤道大気レーダー長期連続観測によるESFの時間・空間構造の解明、(2)東南アジアを中心とするESFと電離圏構造の関連の解明、(3)地上広域観測と衛星によるESF発生状況と電離圏構造の関連の統計解析の3つの課題を実行することにより、これらの仮説の有効性を検証する。

電子航法研究所では、これまでにタイ・モンクット王工科大学ラカバン(KMITL)、名古屋大学、京都大学と協力して、タイ、インドネシアにおいて電子電離圏全電子数勾配観測を行ってきている(図1)。本研究では、これらの観測装置から得られる電離圏全電子数の観測・解析と、赤道大気レーダーを中心とした他の観測装置との協同観測により、ESFと電離圏構造の関連の解明に寄与する。さらに、赤道大気レーダーをGNSSのためのプラズマバブル広域監視装置として用いる実験も行う。

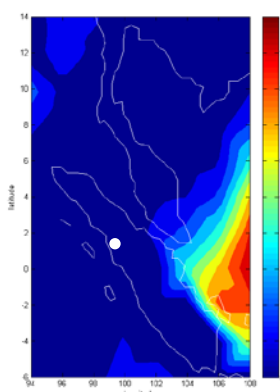


図2. インドネシア赤道大気レーダーサイト(図中白丸)にVHFレーダーを設置した場合の、プラズマバブルに伴う最大垂直直線分布(シミュレーション結果)。レーダーの位置する経度範囲において誤差が極めて低く抑えられていることがわかる。

3. 研究成果

平成27年度は、本年度から新たに開始された科研費基盤A研究「新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動の解明」と連携しつつ、以下の成果を得た。

赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施し、バンコクにおける電離圏勾配解析結果をまとめ、Radio Science誌に発表した[1]。

また、インドネシア航空宇宙庁Slamet Supliadi氏と協力し、赤道大気レーダーを用いたプラズマバブルのモニタリングのGBASへの効果についてシミュレーション検討を行った(図2)[2,3]。この結果は、国際査読論文誌に投稿する予定である。

4. 考察等

本研究で得られた知見に基づき、平成 27 年度科研費基盤 A 研究「新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動の解明」に引き継ぎ、継続的に赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測、解析と、VHF レーダーを活用した衛星航法の性能向上に関する研究開発を行っていく予定である。

掲載文献

- [1] S. Rungaengwajiake 他, Ionospheric delay gradient monitoring for ground-based augmentation system (GBAS) by GPS stations near Suvarnabhumi airport, Thailand, Radio Sci., 1076–1085, doi:10.1002/2015RS005738, 2015.
- [2] S. Slamet and S. Saito, Simulation Study of Plasma Bubble Detection by VHF Radar for GBAS, EIWAC 2015, 東京, 2015 年 11 月.
- [3] S. Saito and S. Supriadi, VHF レーダーを用いたプラズマバブル検出の GBAS に対する効果について, 科学研究費補助金「新・衛星=ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動の解明」研究会, 京都大学生存圏研究所, 2016 年 3 月

電離圏リアルタイム3次元トモグラフィーへの挑戦【競争的資金】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤 享
研究期間 平成26年度～平成28年度

1. はじめに

本研究は、京都大学生存圏研究所山本衛教授が代表者の科学研究費補助金挑戦的萌芽研究に、研究分担者として参画して行うものである。

電離圏は人工衛星が飛ぶ領域であり、衛星通信にとっては電波の通過域である。高度化した衛星システムの維持管理にとって電離圏の状態計測は非常に重要であり、「宇宙天気予報」が必要とされている。特にGPS測位を利用した次世代の航空管制システムにおいては、電離圏の急激な変動による測位精度の低下が致命的な問題となりうるため、その検知が必要不可欠である。電離圏の3次元密度変動をリアルタイムで検知することにより、衛星航法の誤差の低減や信頼性の向上が期待できる。

電離圏の3次元構造を観測するために、これまでに2つのアプローチを行ってきた。1つは低軌道衛星を用いたトモグラフィーであり、科研費「衛星ビーコン観測とGPS-TECによる電離圏3次元トモグラフィの研究開発」として平成24年度まで当所も参加して研究を行った。もう1つはGEONETの高密度GPS受信機網から得られる全電子数(GPS-TEC)を用いた3次元トモグラフィーであり、拘束付き最小二乗法を改良した手法を開発し、より安定的なトモグラフィ解を得られるように改良を行っている。また、科研費「ロケット・地上連携観測による中緯度電離圏波動の生成機構の解明」で、電離圏変動の2次元リアルタイムモニタを開発してきている。

2. 研究の概要

本研究では、GEONETから得られるGPS-TECに基づく3次元トモグラフィ解析を実用化する。過去の全データに基づく電離圏3次元構造のデータベースを構築し、さらにリアルタイムモニタリングを実現する。そのために、具体的に以下の3つの課題について取り組む。

- (1) 3次元トモグラフィ解析法として、これまでに開発してきた拘束付最小二乗法の改良と計算の効率化を行う。
- (2) 過去10年以上にわたって蓄積されたGPS-TECデータを用いてトモグラフィ解析を行い、3次元電離圏構造のデータベース化を行う。
- (3) トモグラフィ解析をGEONETリアルタイムデータ取得システムと組み合わせ、電離圏3次元リアルタイムモニタリングシステムを開発する。時間遅れは15分程度を目標とする。

当所では主に課題3を、また課題2も一部担当する。

3. 研究成果

平成27年度は、平成26年度に行ったシステム設計に基づき、電子航法研究所における3次元トモグラフィのリアルタイム解析システムの構築を行った。京都大学で改良したソフトウェアを京都大学修士二回生の鈴木翔大氏が当所の技術研修生として当所の技術指導のもとリアルタイム解析システムに実装した。

その結果、一般的なワークステーション(Intel 4-core Xeon 3.5GHz, 16GB RAM)において、総所要時間10分弱で3次元トモグラフィ解析を行うリアルタイム解析システムの開発に成功した。本システムは2016年3月より稼働を開始し、15分ごとに日本上空の電離圏3次元密度分布を導出している(図1)。

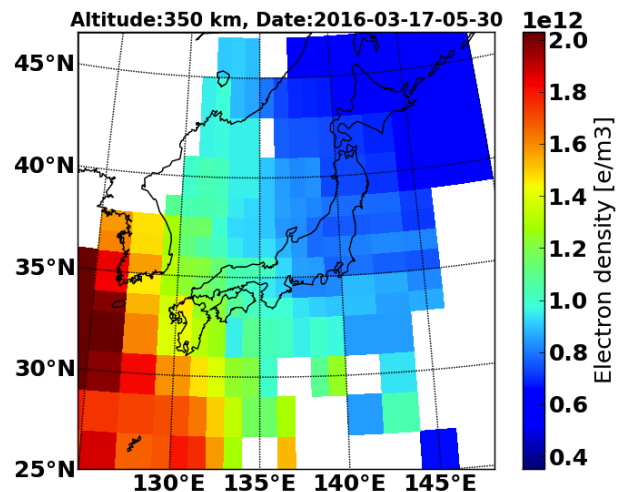


図1. 日本上空の電離圏電子密度分布の例。2016年3月17日05:30 UTの高度350kmの電離圏電子密度水平分布。

4. 考察等

課題(3)の目標である15分程度の時間遅れでのリアルタイムトモグラフィシステムの開発は達成された。平成28年度は、リアルタイムシステムの連続運用を行いシステムの改良を行うとともに、解析結果の検証を行う。また、リアルタイムトモグラフィシステムの応用方法についても検討を行う。

掲載文献

[1] S. Suzuki et al., Development of real-time GPS-TEC monitoring system incorporating ionospheric 3D tomography over Japan, International Reference Ionosphere 2015 Workshop, Bangkok, November 2015.

準天頂衛星システムの機能を用いたアジア・オセアニア地域における精度評価及び高精度測位による利用実証
【競争的資金】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○坂井 丈泰, 伊藤 憲
研究期間 平成26年度～平成27年度

1. はじめに

現在、米国により運用されているGPSは、我々の生活から社会経済活動に至るまであらゆる場面で利用されている。しかし、山間部や都市部においては山やビル陰などによってGPS衛星を十分に捕捉できない場合がある。我が国が開発中の準天頂衛星システム（QZSS）は、GPSの測位可能エリアの改善や、測位精度及び信頼性の向上を図るものであり、位置測位のインフラとして様々な社会・経済活動への影響が大きく、その重要性はますます高まっていくと推測される。

QZSSは、そのコンセプトから日本における測位機能の高度化を目的に構築されたものであるが、実際にはアジア・オセアニア地域もサービスエリアとしてカバーする。この地域は、世界人口の40%以上が活動し、社会インフラの整備を含め経済的発展が見込まれているところであり、QZSSの当該地域における利用拡大が期待されている。

以上の背景のもとで新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が実施した公募課題「環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／準天頂衛星情報利用システム」に対して本田技研工業株式会社及び株式会社ゼンリンが本研究課題を提案し、当所はその一部の研究課題を分担することとなったものである。

2. 研究の概要

本研究課題では、QZSSの利用によってサービスの高度化・新サービスの創出を図ることができるものと期待されるテーマについて、ASEAN地域における現地調査及び利用実証を行い、利用促進及び普及啓蒙を図るとともに、実用化・ビジネスモデルの構築に向けた課題の抽出を図ることを目的として、以下①②③の研究・実証項目を実施する。

①ASEAN地域における基礎データ収集および補強信号の精度評価

②QZSS利活用によるASEAN基盤地図整備の有効性評価

③QZSSの高精度ナビゲーションへの利活用と高精

度プローブ情報収集の利用実証

当所は、このうち①の実験について、L1-SAIF補強信号を用いた補強方式の性能評価を担当している。タイ国における実験については本田技研工業（株）が実施し、当所は実験データの提供を受けて後処理（平成26年度）及びリアルタイム処理（平成27年度）による評価を実施する。

3. 実施内容と成果

3.1 平成26年度

平成26年度は、タイ・バンコク市街地において車両（ワゴン車）による実験を実施し、後処理方式による性能評価を実施した。図1が処理結果の例であり、補強のないGPSのみの場合に比べて、L1-SAIFによる補強を施した場合は真位置に近い位置情報が得られていることがわかる。

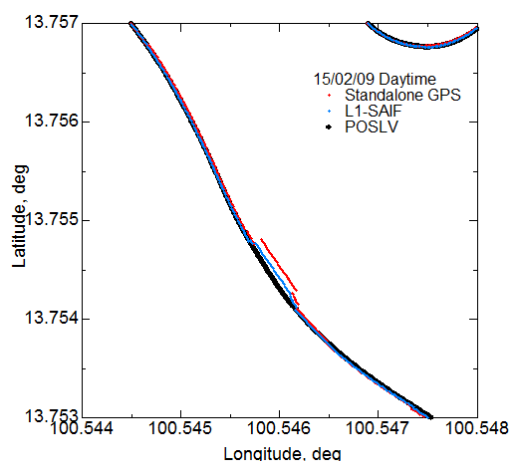


図1 バンコクにおける実験結果の例
(赤) 補強なし、(青) L1-SAIF 補強あり、
(黒) 真の位置

3.2 平成27年度

平成27年度は、タイ・バンコク市街地においてリアルタイム方式による性能評価を実施した。移動体としては車両（ワゴン車）を使用し、ダッシュボード上にL1-SAIF信号対応の小型受信機（QZPOD）を

設置した。図2に、走行実験時の実験車両の軌跡を示す。図3が実験結果の例（測位誤差のヒストグラム）であり、L1-SAIF信号の利用により水平方向のRMS誤差について8.5~10.6mを4.6~7.2mに低減する効果が得られた。

4. まとめ

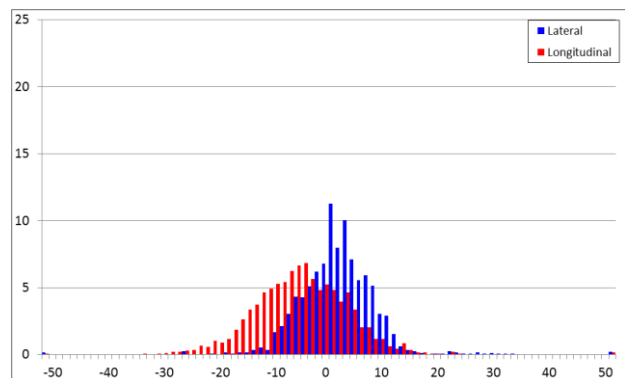
本研究課題では、当所としてはASEAN地域におけるL1-SAIF補強方式の性能評価を実施した。平成26年度から平成27年度にかけてタイ・バンコクにおいて車両による実験を実施し、後処理方式及びリアルタイム方式による測位精度の評価を行ったところ、測位精度の改善効果がみられることを確認した。

掲載文献

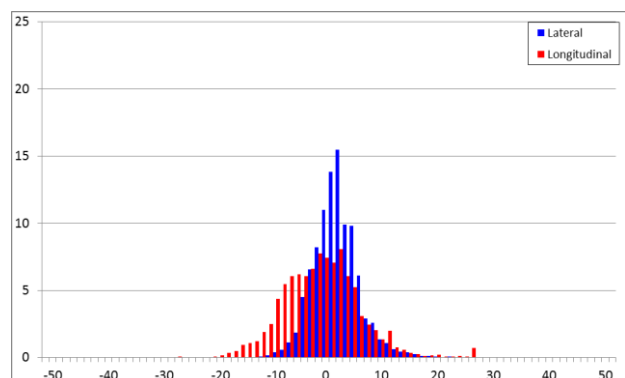
- (1) T. Sakai: QZSS L1-SAIF Augmentation Trial in Thailand, QZSS Utilization Workshop, Bangkok, Thailand, Jan. 2016.



図2 バンコクにおける走行軌跡
（赤～青）位置誤差の大きさを表し、赤は誤差が大きく、青色は誤差が小さい



(a) 補強なし



(b) L1-SAIF 補強あり

図3 バンコクにおける実験結果の例
（赤）進行方向誤差、（青）横方向誤差

新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動の解明【競争的資金】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤 享
研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度

1. はじめに

本研究は、京都大学生存圏研究所山本衛教授が代表者の科学研究費補助金基盤 A 研究に、研究分担者として参加して行うものである。

これまでに赤道大気レーダー(Equatorial Atmosphere Radar; EAR)を中心として 2001 年以来低緯度電離圏の研究が継続的に行われてきている。EAR を用いた観測研究では、プラズマバブルに対応する赤道スプレッド F 現象(Equatorial Spread-F; ESF)の空間・時間変動を明らかにするとともに、数 100km 間隔で東西に並ぶ性質があることが示されている(関連研究「赤道大気レーダーと広域観測網による赤道スプレッド F 現象と電離圏構造の関連の解明」)。

一方で、デジタル受信機技術を活用した衛星ビーコン受信機網の観測により、ESF に関連した電離圏の東西・南北構造、赤道異常の発達特性が明らかになってきている。(関連研究「衛星ビーコン観測と GPS-TEC による電離圏 3 次元トモグラフィの研究開発」) 今後 1~2 年の間に米国により複数のビーコン衛星が打ち上げられる予定であり、デジタルビーコン受信機網による高頻度観測が可能になる見込みである。

また、情報通信研究機構等を中心に開発されてきた全球大気モデルである GAIA シミュレーションモデルにより、観測とシミュレーションの比較研究による電離圏変動の発生機構の検討が可能になってきている。

2. 研究の概要

本研究はこれまでの実績に立脚した上で、EAR による長期間の多ビーム観測と、今後数年間に集中的に打ち上げられる新しい衛星を用いた衛星=地上ビーコン観測を組み合わせ、低緯度電離圏の変動の時間・空間構造を明らかにすることを目的とする。この目的を達成するために、本研究では以下の 4 項目に関する研究を実施する。

(1) 今後 2 年以内に、合計 11 機のビーコン衛星の打ち上げが計画されており、これまでよく用いられてきた 150, 400MHz の他に 965, 1067, 2340MHz が用いられる予定であり、これらに対応したアンテナ、デジタル受信機を開発する。

(2) ビーコン衛星と EAR を用いて東西方向空間スケー

ル数百 m~数千 km の電離圏構造の特性を解明する。

(3) EAR の長期データを用いて太陽活動度変動に対する電離圏構造の変動解析を行う。

(4) 観測データに基づき ESF に関連する電離圏構造の特性を明らかにし、GAIA シミュレーションモデルとの比較研究により、ESF の発生機構の検討を行う。

当所では(2), (3)を担当する。

3. 研究成果

平成 27 年度は、平成 25 年度から本年度までの 3 ヶ年において実施されてきた科学研究費補助金基盤 B 研究「赤道大気レーダーと広域観測網による赤道スプレッド F 現象と電離圏構造の関連の解明」と連携し、赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施した。

また、タイ・AEROTHAI から来所した研修生(Limpanamvadee 氏、Pocathikorn 氏)と協力し、バンコク国際空港周辺の電離圏全電子数空間勾配の解析を行った。

なお、京都大学及び愛媛大学においては、本研究の中心となる 3 周波対応ビーコン受信機的设计とシミュレーション解析による特性評価を行うとともに、ソフトウェア受信機に基づく衛星ビーコンデジタル受信機開発を行っている。

4. 考察等

平成 28 年度は赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施するとともに、これまでに得られたデータを用いた電離圏東西構造の解析を行う予定である。また、赤道大気レーダー長期データを用いて東西構造との関連の解析を行う。

研究全体としては、平成 28 年度中に衛星ビーコン観測用アンテナ、受信機を開発する予定である。

掲載文献

[1] 齋藤, プラズマバブルに伴う極めて大きな電離圏 TEC 勾配とその衛星航法に対する影響, 第 9 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 京都大学生存圏研究所, 2015 年 9 月

次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発【競争的資金】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤 享
研究期間 平成 27 年度～平成 31 年度

1. はじめに

本研究は、名古屋大学宇宙地球環境研究所草野完也教授が領域代表の科学研究費補助金新学術領域研究の一部として、情報通信研究機構石井守室長が代表者の計画研究(A01)に、研究分担者として参画して行うものである。

太陽活動を主な源とする「宇宙天気」は通信・放送・測位等の使用や人工衛星の運用に対する影響、電力網への被害、航空機乗務員や宇宙飛行士への宇宙線被曝など、我々の生活に深く関わっている。近年、ICAO で宇宙天気情報の利用に向けた運用コンセプトと宇宙天気情報の提供に関わる国際標準案が検討されるなど、宇宙天気情報の現業利用に向けた国際的な活動が活発化しており、そのニーズは確実に増大している。一方で、我が国の宇宙天気の議論は学術的議論が主であり社会ニーズに必ずしも応えられていない。

名古屋大学・草野教授を領域代表とした科学研究費補助金新学術領域研究「太陽地球圏環境予測」においては、我々が生きる宇宙環境を正確に理解すると共に、その変動に社会が正しく対応するための信頼性の高い予測技術を獲得することを目的としており、本研究はその計画研究の一つとして社会とのインターフェースに重点をおいた研究を担当する。

当所では、宇宙天気情報の利用を衛星航法ベースの航法システムのアベイラビリティ向上のための有用な手段として捉えており、重点研究「次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究」において、宇宙天気情報の利用をサブテーマの一つとして実施している。

2. 研究の概要

本研究では、社会が必要とする宇宙天気情報と宇宙科学が提供できる情報のギャップを克服し、社会的ニーズを宇宙天気研究にフィードバックするとともに、社会に「役に立つ」宇宙天気情報を適切に提供するための双方向システム開発を行うことを目的とする。具体的には

- (1) 短波～マイクロ波に至る電波伝搬
- (2) 衛星帯電
- (3) 人体被曝
- (4) 地磁気誘導電流

に対する影響を評価するとともに予測ツールを開発する。さらに以下の項目を実施する。

(5) 宇宙天気現象から各利用までのいくつかのフェーズに分かれて存在するモデルの結合

(6) 宇宙天気ハザードマップの作成

当所では、上記目的(1)を主に担当する他、(2)～(6)について特に航空航法、通信等に関連する事項について助言を行う。

(1)については、観測に基づく電波伝搬の現況のユーザーフレンドリーな可視化を行うとともに、電離圏擾乱による長波・短波・マイクロ波を中心とした電波障害の予測推定のための電波伝搬シミュレータを開発する。観測に基づき、電波伝搬シミュレータの実際の利用方法に即した検証を行う。

3. 研究成果

短波伝搬について、3次元レイトレーシング法による電離圏電波伝搬シミュレータの基礎設計を実施した。本件は、情報通信研究機構(NICT)の Watthanasangmechai 博士が開発を直接担当し、当所ではこれまでの短波赤道横断伝播観測などの経験に基づいて設計支援を行った。

また、航空通信・航法・監視(CNS)システムに対する宇宙天気現象の影響と宇宙天気情報の活用により期待される運用上のメリットを取りまとめた文書を作成し、ICAO アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース(ISTF)に提出した[1]。本文書は、ISTF の上位会合である CNS サブグループ会議に報告される他、ICAO 気象パネルの気象情報サービス開発ワーキンググループ(WG-MISD)に報告される予定である。

4. 考察等

本年度は、本研究の初年度として電波伝播シミュレータの基礎設計及び航空 CNS システムに対する宇宙天気現象の影響の調査を行った。平成 28 年度は、短波伝搬について、3次元レイトレーシング法による電離圏電波伝搬シミュレータの開発を NICT と協力して行うとともに、シンチレーション予測手法の開発を行う。また、航空 CNS システムに対する宇宙天気現象の影響について、運用面での影響と宇宙天気情報の活用による改善について、

NICT 及び電気通信大学等と協力して詳しく調査する予定である。

掲載文献

[1] WP4, Potential operational improvements through space weather services to help mitigate the effects of space weather on the regional cns systems and operations, 5th meetings of Ionospheric Studies Task Force, Bangkok, January 2016.

[2] 齋藤, Multi-constellation/Multi-frequency GNSS 時代に必要な電離圏・宇宙天気情報, 第 59 回宇宙科学技術連合講演会, 鹿児島, 2015 年 10 月

3 監視通信領域

I 27年度研究計画と概要

平成27年度の研究は、社会・行政ニーズや技術分野の将来動向等を考慮し、重点研究、指定研究、基盤研究および調査として下記テーマについて計画した。

【重点研究】

1. ハイブリッド監視技術の研究(M-11-01, 5/5)
2. WiMAX 技術を用いた C バンド空港空地通信網に関する研究(M-12-01, 4/4)
3. 航空路監視技術高度化の研究(M-13-03, 3/4)
4. マルチスタティックレーダによる航空機監視と性能評価に関する研究 (M-14-02, 2/4)
5. 空港面異物監視システムの研究(M-14-03, 2/3)

【指定研究】

6. 新方式マルチラレーションの実用化評価研究 (A-13-03, 3/3)
7. 監視システムの信号環境と将来予測に関する研究 (A-14-01, 2/4)
8. SWIM による航空交通情報システム基本技術の研究 (A-14-03, 2/2)
9. 空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究(A-15-02, 1/2)
10. ADS-B 方式高度維持性能監視の研究(A-15-03, 1/2)
11. 様々な電子機器と航空機搭載機器との電磁両立性に関する研究(B-13-01, 3/3)
12. 低高度における状況認識技術に関する研究(B-13-02, 3/3)
13. 航空用データリンクにおける伝送路特性補償の研究 (B-13-03, 3/3)
14. 走査型親局を想定する受動型レーダの覆域拡張技術の研究(B-15-05, 1/2)
15. カオス論的な発話音声評価アルゴリズムの信頼性向上のための研究(B-15-06, 1/2)

【基礎研究】

16. UAS のための GPS に代わる位置推定法に関する研究 (K-13-01, 3/4)

【調査課題】

17. 次世代航空通信の基盤技術の調査(S-13-02, 3/3)
18. 管制方式等の規則の構造化と運用手法の機械学習に関する調査(S-15-01, 1/2)

【競争的資金による研究】

19. 90GHz リニアセルを用いた高精度イメージングシステムの研究開発(C-12-02, 4/4)

20. 反射波遮蔽フェンスによるローカライズ積雪障害の抑制に関する研究(C-13-03, 3/3)
21. 航空監視システムにおける電波伝搬解析のための超高速広域計算アルゴリズムの開発(C-13-04, 3/3)
22. ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発(C-14-01, 2/5)
23. 無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発(C-14-05, 2/2)
24. 新世代ネットワーク実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証(C-14-06, 2/4)
25. 樹脂系複合材料を用いた次世代航空機における電磁環境両立性解析技術の研究 (C-15-02, 1/3)
26. 次世代航空通信向けマルチユーザ MIMO 信号処理技術の開発及び航空機縮尺モデルを用いた評価 (C-15-03, 1/4)
27. 携帯端末の電波直接探知による海上衝突予防に関する基礎研究(C-15-05, 1/4)

【重点研究 5 件の概要】

1 は、航空機監視システムとして、現行 SSR モード S と、WAM (Wide Area Multilateration) や ADS-B などの新監視システムを連携させることにより、高性能・高信頼性を有する監視システムの開発に関する研究である。

2 は、WiMAX 技術を航空移動通信分野に応用し、空港周辺向け運用の C バンド空地通信網のプロトタイプを開発し、関連の国際標準策定に寄与するとともに、実用的アプリケーションを想定した性能評価を行う研究である。

3 は、WAM の覆域を空港周辺から航空路に拡張する技術開発を目指しており、特に、近海上空の航空路など受信局の設置が困難な場合や将来の航空管制運用に対応可能せしめる技術開発に関する研究である。

4 は、現在の ASR と同等以上の分解能や捕捉率等の性能を有する新型 PSR の性能要件の検討および実装に必要な要素技術の開発に関する研究である。

5 は、複数のミリ波レーダから構成されるセンサネットワークと ITV カメラネットワークを用いるハイブリッドセンサネットワークを開発し、空港面上の異物に関する高度な監視情報を得ることができる監視システムの開発に関する研究である。

【指定研究 10 件の研究概要】

6は、先行研究を通して開発してきた OCTPASS（光ファイバ接続方式の Multilateration）のプロトタイプを試作して基本性能や耐干渉性の改善効果などの評価を実施し、空港面航空機監視システムの開発に関する研究である。

7は、航空機監視システムに使用される周波数帯域において地上及び上空での信号量を測定し解析することにより、周波数利用の観点から、監視システム全体の性能評価を行う研究である。

8は、航空交通システムの全体運用・管理に資すると期待されている情報共有基盤 SWIM（System Wide Information Management）について、欧米等と状況が異なる日本やアジア地域に適用できる構成要素や性能要件を確立し、各種情報交換・配信等サービスのモデル構築や検証プラットフォームの開発に関する研究である。

9は、6の研究の拡張として、これまで開発してきた OCTPASS では対応できなかった、Mode A/C 自動応答装置搭載機についても対応し、空港面から空港近傍までのシームレスな監視が可能な航空機監視システムを開発する研究である。

10は、航空機の垂直方向管制間隔短縮(RVSM: Reduced Vertical Separation Minima) 運用に不可欠な航空機の高度維持性能監視について、海外の一部で運用されている方式(ADS-B 利用方式)における実高度との誤差要因の分析と高度監視性能への影響の評価を行い、ADS-B 利用方式による高度維持性能監視ツールを開発する研究である。

11は、航空機内で使用される電子機器が搭載無線設備に与える影響について、評価基準、試験手順書の作成など航空機の電波防護指針作成に関する研究である。

12は、ミリ波レーダを用い、ヘリコプタなどが低高度を飛行する際に機体周辺の障害物を検出することで安全運航を支援する機上の監視システムの開発に関する研究である。

13は、航空機が高速移動することに起因する受信障害を解決するため、航空用データリンクに適した伝送路特性推定方式やその補償方式の開発に関する研究である。

14は、現在の空港監視レーダ整備・運用の今後の合理化を念頭に、2次監視レーダの質問信号の反射による航空機測位技術を開発する研究である。

15は、発話音声进行分析することにより覚醒水準を評価するための尺度を定めるため、適切な発声課題の選定や評価尺度に発生する分析誤差の軽減技術に関する研究である。

【基礎研究 1 件の研究概要】

16は、GPS に代わる位置情報源を提供することで、無人航空機 UAS 運用信頼性を向上させる研究である。

【調査課題 2 件の調査概要】

17は、現用および開発中の様々な通信技術を航空通信に適用する長所と短所を調査、比較分析し、今後の技術課題についてまとめる調査課題である。

18は、個々の航空機の最適経路の設定から、全ての航空機の最適経路の設定へのパラダイムシフトを行うことを想定し、量子コンピュータによる人工知能や機械学習を適用した技術方策について、技術課題、課題解決策、実現可能性等について、包括的に調査、検討しとりまとめる調査課題である。

【競争的資金による研究 9 件の研究概要】

19は、滑走路の障害物検知を目的とした高速・高精度イメージングのための基盤技術の開発に関する研究であり、当研究所は電子制御アンテナや滑走路監視システムを担当している。

20は、計器着陸装置(ILS)の電波伝搬特性に対する積雪影響を軽減するために有効な電波遮蔽フェンスの設計手法に関する研究である。

21は、航空機監視システムに関する電波障害解析などにおいて必要とされる、電波伝搬解析技術の精度向上及び高速化に関する研究である。

22は、ミリ波と光無線通信の技術を活用して、200km/h 以上で走行する高速列車等との間で Gbps 級の通信を実現する技術開発に関する研究であり、当研究所は光通信による通信技術の開発を分担している。

23は、通信中継プラットフォームとしての無人航空機(UAS)用に検討されている通信システムについて、特に 5GHz 帯域における周波数共用技術等に関する研究である。

24は、欧州と欧州外諸国との間での共同研究促進枠組みである“Horizon2020”の下、航空通信分野での将来のネットワーク基盤構築のための基礎技術として期待されるミリ波帯通信と光ファイバ通信の連携技術に関する研究であり、当研究所は実証実験の支援を分担している。

25は、炭素繊維強化プラスチックを主要構造材とする次世代航空機等への電磁干渉影響の数値解析推定技術を開発する研究である。

26は、マルチユーザ MIMO(Multiple Inputs and Multiple Outputs)システムの航空通信への適用を検討するため、信号処理技術、空地でのアンテナ配置の検討、全体性能評価に関する研究を行う。

27は、主に小型船舶を対象に、船舶乗船者の携帯端末から発信される電波を活用し、船舶の位置特定技術の開発、

船舶衝突予防への適用評価に関する研究であり、当研究所は、主に、携帯電波探知装置の製作を分担している。

II 27年度実施結果概要

【重点研究5件の実施結果概要】

「1. ハイブリッド監視技術の研究」では、5年計画の最終年度を迎え、当該監視技術の総合実験として、監視性能向上の検証と監視性能評価分析ツールの構築、時刻同期に関する評価等を行い、ハイブリッド監視システムによる監視性能や監視データの信頼性の向上に関する知見が得られた。

「2. WiMAX技術を用いたCバンド空港空地通信網に関する研究」では、4年計画の最終年度を迎え、アンテナ配置の最適化、移動中航空機への電波伝搬影響、及びアンテナ特性に関する評価を実施した。また、その結果については、前年度に引き続き、ICAO通信パネルCP会議での技術標準策定活動に寄与した。

「3. 航空路監視技術高度化の研究」では、4年計画中3年目を迎え、空港周辺を中心に開発してきたWAMの覆域を近海上空などの航空路に拡張するため、前年度に試作した高利得セクタ型アンテナを用いて信号受信性能評価試験を実施し、その結果を踏まえて、WAM/ADS-B実験システムに改修を加え、次年度に予定の覆域拡張実験の準備作業を行った。

「4. マルチスタティックレーダによる航空機監視と性能評価に関する研究」では、4年計画中2年目を迎え、実験用送受信システムを設置し、基礎実験を実施した。また、反射波とノイズの信号分離技術に係る課題の抽出、及び放送波利用による監視性能に係る評価基礎実験を実施した。

「5. 空港面異物監視システムの研究」では、3年計画中2年目を迎え、26年度に構築したハイブリッド型監視システムによる、異物探知性能の評価及び表示手法の検討を実施した。また、アナログ・デジタル混在型光ファイバシステムの一部構築を実施した。

【指定研究10件の実施結果概要】

「6. 新方式マルチラテレーションの実用化評価研究」では、3年計画の最終年度を迎え、監視覆域拡大を目的とした実験機器の改修、及び運用者による評価試験を実施した。

「7. 監視システムの信号環境と将来予測に関する研究」では、4年計画中2年目を迎え、初年度に開発した信号環境測定装置自身の性能評価を行い、信号環境データの取得と評価を開始した。

「8. SWIMによる航空交通情報システム基本技術の研究」では、2年計画の最終年度を迎え、欧州システムとの接続実

験及び米中心の接続実験 Mini-Global Demonstration II の準備作業を実施した。また、これら接続実験を通じて、検証プラットフォームの構築とその性能評価、及び情報管理システムアーキテクチャについて検討を行った。

「9. 空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究」は、4年計画として開始し、既設のOCTPASSを活用し、Mode A/C自動応答装置搭載機対応すべく、Mode A/C質問機能の追加と実環境での基礎評価を実施した。また、ADS-Bデータの位置検証機能を開発した。

「10. ADS-B方式高度維持性能監視の研究」は、2年計画として開始し、ADS-B利用方式における実高度との誤差要因分析と高度監視性能への影響の評価を行うため、実データ収集システム構築と設置、誤差評価ツールの作成と影響評価、及び高度維持性能監視ツールを開発した。

「11. 様々な電子機器と航空機搭載機器との電磁両立性に関する研究」では、3年計画の最終年度を迎え、航空機電磁両立性評価データベースの構築と電磁両立性評価手法の検討を実施した。

「12. 低高度における状況認識技術に関する研究」では、4年計画中3年目を迎え、レーダシステムとビーム走査機構を組み合わせた実機搭載用レーダの設計・試作、及び実機への搭載を実施した。

「13. 航空用データリンクにおける伝送路特性補償の研究」では、3年計画の最終年度を迎え、ソフトウェア無線技術を用いた受信性能評価システムを開発し、検討した伝送路特性推定方法及び信号歪保証方式の検証実験を実施した。

「14. 走査型親局を想定する受動型レーダの覆域拡張技術の研究」は、2年計画として開始し、Mode A/C/S対応SSR質問信号受信機を製作し、SSR質問の反射信号の受信による測位実験、及び受信信号処理に係る基礎的な実験を行った。

「15. カオス論的な発話音声評価アルゴリズムの信頼性向上のための研究」は、2年計画として開始し、これまでの研究成果の向上を図るため、過去に収録したデータの再処理とアルゴリズム(SiCECA)の検証、及び演算処理高速化技術の検討を実施した。

【基礎研究1件の実施結果概要】

「16. UASのためのGPSに代わる位置推定法に関する研究」では、4年計画の3年目を迎え、位置推定技術に係る調査、位置推定に係る技術課題の机上検討、及びUASに係る技術課題の国際動向調査を実施した。

【調査課題2件の実施結果概要】

「17. 次世代航空通信の基盤技術の調査」では、4年計画中3年目を迎え、航空通信技術開発や技術課題に係る内外の動向調査を行った。

「18. 管制方式等の規則の構造化と運用手法の機械学習に関する調査」は、2年計画として開始し、人工知能と機械学習に係る文献調査を中心に基礎調査を実施した。

【競争的資金による研究9件の実施結果概要】

「19. 90GHz リニアセルを用いた高精度イメージングシステムの研究開発」では、4年計画の最終年度を迎え、高利得電子走査式アンテナを開発し、光ファイバ接続型ミリ波レーダシステムを構築し、システム全体としての実空港環境での性能評価試験を実施した。

「20. 反射波遮蔽フェンスによるローカライザ積雪障害の抑制に関する研究」では、3年計画の最終年度を迎え、遮蔽フェンスの金属ワイヤの位置や太さを最適化し、電波無響室内のスケールモデル実験により、遮蔽効果の改善に係る検証を実施し、結果と技術課題について考察した。

「21. 航空監視システムにおける電波伝搬解析のための超高速広域計算アルゴリズムの開発」では、3年計画の最終年度を迎え、前年度に開発した、航空分野に応用可能な広域高速な電磁界解析用の数値計算アルゴリズムのエラー解決を行うとともに、3次元対応のアルゴリズムを開発した。また、開発アルゴリズムを計器着陸装置(ILS)関連の電磁界問題解析にも応用し、検証した。

「22. ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発」では、5年計画中2年目を迎え、初年度に引き続き、高速移動体との間でGbps級のミリ波通信を実現する、中継局と基地局の接続のため必要となるバックホール通信網に係る技術開発を行った。特に、基地局から光ファイバを用いて配信される送信信号の周波数を送受信局において整数倍に変換(通倍)する際に基地局側で必要となる変調方式の実現性を確認した。

「23. 無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携および共用技術の研究開発」は、2年計画の最終年度を迎え、東北大学他3研究機関との共同研究の下、電波無響室での5GHz帯における干渉閾値の測定、実験用航空機との通信試験、及び5GHz帯における共用可能条件の検討を行った。

「24. 新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証」では、4年計画中2年目を迎え、欧州と欧州外諸国との間での共同研究促進枠組み“Horizon2020”の下、光ファイバ無線受信機の製作、端末位置推定シミュレーション、60GHz信号による到来時間差

測定を実施した。

「25. 樹脂系複合材料を用いた次世代航空機における電磁環境両立性解析技術の研究」は、3年計画として開始し、CFRP(炭素繊維補強型プラスチック)構造体内部における電磁界分布及び構造体Q値の測定評価、実機を用いた電磁界分布及び経路干渉損失の測定、及びCFRP構造体の数値解析モデルの構築を実施した。

「26. 次世代航空通信向けマルチユーザMIMO信号処理技術の開発及び航空機縮尺モデルを用いた評価」は、4年計画として開始し、マルチユーザMIMO(Multiple Inputs and Multiple Outputs)システムの航空通信への適用を検討するため、汎用端末を用いた基礎実験、及び信号処理方式の検討を実施した。

「27. 携帯端末の電波直接探知による海上衝突予防に関する基礎研究」は、3年計画として開始し、各種携帯電話端末に関する調査、電波測定システムの設計、及び海上実験に関する周波数バンドの検討を実施した。

本年度は、上記27件の研究・調査に加えて、以下に示す延べ17件の受託研究を行った。これらは上記研究や従前の研究にて蓄積した知識・技術を活用して実施している。

1. Bell 204B他2型式の搭載機器の経路損失試験 計3件
2. PED耐性の適合証明方法調査 計2件
3. HIRF電波環境調査 計2件
4. 電子機器から発射される電波に対する飛行検査機の耐性確認調査
5. 航空機電波高度計の不要発射強度についての調査
6. 電磁波シールド特性試験
7. アンテナ開発支援 計3件
8. レーダシステムの基礎データ収録の支援
9. 県営名古屋空港 ILS 影響調査業務委託
10. 受動型 SSR 装置による空域監視情報の利便化・高信頼化に係る調査
11. 広域マルチラテレーション調査支援

Ⅲ 研究成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果に関する所見(注:27年度終了研究のうち、重点研究を中心に主なものについて記述)

「1. ハイブリッド監視技術の研究」では、従来の Mode S SSRにWAMやADS-B等を加えた統合型航空機監視システムを的確に構築することにより、監視システムの性能向上が図られる可能性について検証された。本研究成果を的確に応用することにより、航空機監視性能向上の観点から、我が国における将来の航空交通システムの

高度化等に資することが期待される。

「2. WiMAX 技術を用いた C バンド空港空地通信網に関する研究」では、ICAO における国際標準策定作業に参画しつつ、AeroMACS プロトタイプを開発し、基本性能の評価、アプリケーションを想定した性能評価などを行い、国際標準に準拠した、高速・大容量の通信システムの開発に成功した。本研究成果を的確に応用することにより、航空機通信性能向上の観点から、我が国における将来の航空交通システムの高度化等に資することが期待される。

「6. 新方式マルチラテレーションの実用化評価研究」では、追加の性能向上及び運用評価実験の結果、覆域拡大(30NM まで)と運用者からの高評価を得ることができた。また、無線機メーカーとの特許使用許諾の契約の締結により、製品化されるに至った。今後、運用者ニーズを踏まえた改良を加えつつ、安価で高性能な空港面監視システムとしての実用化が期待される。

「8. SWIM による航空交通情報システム基本技術の研究」では、米国連邦航空局(FAA)が主導の SWIM Mini-Global Demonstration(MGD)に我が国航空局とともに参画すると共に、欧州 SWIM web Service との接続試験を実施するなど、国際調和に配慮した SWIM の展開活動において重要な役目を果たしてきた。引き続き、欧米を始め、アジア諸国との連携・調和を図り、研究開発を進めることで、国際的に調和した SWIM の構築に寄与できることが期待される。

各研究課題の研究成果は、ICAO, RTCA, 当研究所の研究発表会、関連学会、国際研究集会等に積極的に発表している。また、ICAO 等国際会議にて、研究開発機関の立場から、航空局に対する技術アドバイザなどとして協力を続けている。

(監視通信領域長 仲田 貴文)

ハイブリッド監視の研究【重点研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○古賀 禎, 宮崎 裕己, 松永 圭左, 角張 泰之, 呂 曉東
研究期間 平成 23 年度～平成 27 年度.

1. はじめに

近年、放送型自動従属監視システム(ADS-B)やワイドエリアマルチラテレーションシステム(WAM)などの新しい航空機監視システムが出現し、その導入を目指した研究開発が各国において進められている。新システムはSSRモードSなどの現用システムと比べて監視性能が向上しており、その導入により航空交通の一層の安全性と効率性の向上が期待できる。このため、現用システムから新システムへの移行は段階的に進み、各システムの特徴を生かした複合型(ハイブリッド)の監視システムが構築、運用されることが想定される。

本研究では、複合型監視システム下において、現用システムと新システムの協調により信頼性の高い監視性能を実現する技術を開発する。また、実システムを用いた実験により開発技術の有効性を実証する。

2. 研究の概要

ハイブリッド監視技術の研究では、2つの技術(監視情報の統合技術と信号環境の改善技術)について検討を行う。

2.1 監視情報の統合技術

SSR,WAM,ADS-Bによる監視システムは、異なる測位方式を用いており、測位精度・頻度・誤差などの特性がそれぞれ異なる。SSRは、質問応答の往復時間から距離、アンテナの方位から角度を求めるとpθ測位を行なっている。WAMは航空機から発射された電波が地上の受信局に到達する時間の差(TDOA: Time Difference Of Arrival)をもとに複数の双曲線を求め、その交点から位置を求める。ADS-Bは、航空機に搭載された航法装置が測位した位置情報を、拡張スキッタと呼ばれる信号により、航空機から放送する。

それぞれのシステムの監視覆域も異なる。SSRは、レーダを中心とした逆円錐形の領域が監視覆域となる。WAMは、地上局に囲まれた範囲が最も精度よく監視できる領域であり、この範囲の外側に行くにつれて測位精度が劣化する。このため、多くの場合、地上局に囲まれた範囲を監視覆域とする。

ADS-Bは、航空機からの信号が到達する範囲が監視覆域となる。航空機を中心とした円筒内が、その覆域となる。

覆域以外についても、それぞれのシステムは異なる特性をもっており、長所と短所がある。監視情報の統合技術は、それぞれのセンサの長所を活かしながら補完することにより、航空機の監視情報の高頻度化・高精度化・高信頼性化を実現するものである。

2.2 信号環境の改善技術

SSR,WAM,ADS-Bによる監視システムは、同一信号(1090MHzのモードS信号)を測位に使用する。

初期の複合環境においては、それぞれのシステムは独立して運用され、非同期に信号の送受信を行う。

SSRは、地上局から質問信号を送信し、これを受信した機上のトランスポンダが1090MHzの応答信号を送信する。ADS-Bは、トランスポンダがほぼ一定周期で自律的に信号を発信する。WAMは、主として、SSRやADS-Bなどによりトランスポンダが発信した信号を用いるが、WAM自身が地上より質問送信を行い、機上から応答信号を引き出す技術なども検討されている。このように、それぞれのシステムが独立して信号の送受信を行う。

航空機数や地上局が増加した場合、応答信号の増加による信号環境の悪化が懸念されている。信号環境の悪化は、信号干渉を引き起こし、監視システムの性能低下の要因となる。中でも、ADS-Bは、信号環境悪化の影響を最も受けやすい。ADS-Bは、高精度・高頻度の監視が可能で、空対空監視にも利用可能などの他の監視システムにない特徴から、その利用が期待されている。よって、ADS-Bの運用には、信号環境の改善が不可欠である。

信号環境の改善技術では、互いに独立して運用されているシステムを地上ネットワークで接続する。それぞれのシステムは、他のシステムからの情報を用いて、協動的に運用を行うことなどして、応答信号を削減し、信号環境を改善する。

3. 研究成果

3.1 ハイブリッド監視技術の総合実験の実施

平成 27 年度は、ハイブリッド監視システムにより、ハイブリッド監視技術の総合実験を実施した。ハイブリッド監視システムは、複数の監視センサから監視情報を入力し、信頼性の高い監視情報を出力する。図 1 にハイブリッド監視システムの構成を示す。ハイブリッド監視システムでの処理フローは、監視センサ、センサ処理、統合処理の 3 つに大別できる。

監視センサは、SSR モード S, WAM, ADS-B を使用した。監視センサは、EUROCONTROL が標準化した ASTERIX 形式に準拠した監視情報（航空機 ID, 緯度, 経度, 高度等）を出力する。SSR モード S は、ASTERIX48 形式の情報を 4 秒または 10 秒毎に出力する。WAM および ADS-B は ASTERIX10 形式の情報を出力する。

センサ処理では、各監視センサからの監視情報を入力して、追尾などの処理を行う。これにより、センサ処理は各監視センサ毎に処理を行う。3 つのセンサ処理は同じ処理を行うが、センサ毎に監視精度・監視頻度・監視誤差等の性質が異なるため、センサ毎に異なるパラメータを設定する。センサ処理では、異常値の検出や排除を行った上、平滑位置や測位位置を算出して目標の追尾を行い、将来予測位置などの算出を行う。出力レポート作成処理では、現在位置、予測位置、測位精度などの情報を含む ASTERIX48 形式のメッセージを作成し、1 秒毎に出力する。

統合処理では、複数のセンサ処理からの監視情報を入力し、これらを統合した位置情報を出力する。統合処理は、4 つの機能（入力機能、多数決判定機能、統合位置計算処理、出力レポート作成機能）から構成される。入力機能では、各センサ処理（SSR 処理, WAM 処理, ADS-B 処理）から 1 秒毎の出力される ASTERIX48 メッセージを入力し、解読する。次に、同時刻・同航空機の各監視センサの監視情報をまとめ、1 組の監視情報を作成する。

多数決判定機能では、バイアス誤差の検出を行う。監視センサによる誤差には、ランダム誤差とバイアス誤差の 2 種類がある。ランダム誤差は、各センサ処理により検出・除去できるが、バイアス誤差をセンサ処理で検出除去することは難しい。3 つのセンサから監視情報が得られる場合には、これらを相互に比較することで、バイアス誤差の検出が可能となる。

統合位置計算処理では、各監視センサの監視情報に重

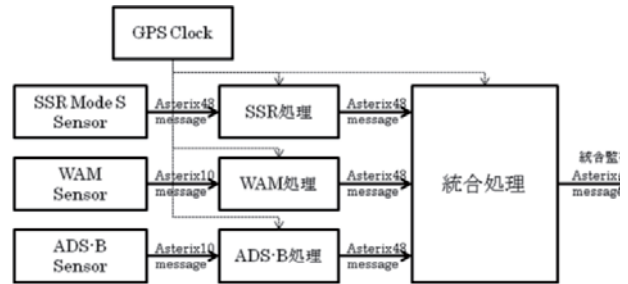


図 1. ハイブリッド監視システムの構成

解説：監視センサ（SSR モード S, WAM, ADS-B）からの各出力は、「センサ処理部」に入力され、異常値の検出・排除や精度の検証などが行われる。その後、「統合処理部」に対して、各「センサ処理部」からの出力結果が入力される。「統合処理部」では、センサの航空機監視精度や検出率などに基づいて統合位置を算出し、統合監視情報を出力する

みを与え、これに位置を乗じることで統合位置を計算する。重みの値は、監視精度、検出率、バイアス誤差検出結果などの複数の情報を組み合わせて、時刻毎に決定する。監視精度や信頼性が高い監視情報には高い重みが付与され、の位置計算処理において優先される。また、監視精度や信頼性が低い監視情報には、低い重みが付与され、位置計算における影響度を低減する。出力レポート作成機能では、統合計算位置機能で算出した位置を含む ASTERIX48 形式のメッセージを作成し、一定時間毎に出力する。

なお、当研究所が開発したハイブリッド監視技術は、将

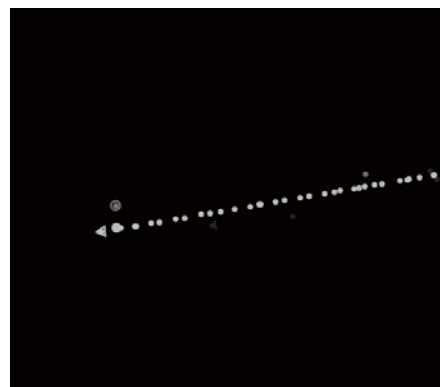


図 2 統合航跡位置とセンサ航跡による位置

解説：統合航跡は、センサ航跡と比べて誤差の小さい航跡が得られていることが分かる。統合処理により、従来の監視性能の倍以上（更新頻度間隔 2 秒以下、ジッタ精度 50m 程度）で監視できることを確認した。

来の運用方式に適合できる独自開発した新技術である。

3.2 ハイブリッド監視システムの評価

ハイブリッド監視システムの性能評価を実施した。この結果、ハイブリッド監視システムは、従来以上の監視性能を有することを確認した。また、評価により、研究開始前には議論されていなかった時刻同期が重要であることを明らかになった。ハイブリッド監視システムの監視性能評価のため、航空機監視実験を実施した。図2にその結果の一例であるが、航跡を示す白色の点が統合航跡、灰色の点がSSR航跡、WAM航跡、ADS-B航跡である。統合航跡は、センサ航跡に比べて、誤差の小さいことが分かる。

3.3 評価分析ツールの構築

従来SSRなどでは、1つのセンサで広い領域を監視していたため、比較的簡単に監視領域を把握することができた。ハイブリッド監視システムでは、ADS-BやWAMなどの監視センサが分散されて配置されるため、領域が複雑な形状となり、監視領域を把握することが難しい。平成27年度は監視性能評価のため、監視分析ツールを構築した。(図3参照)本ツールにより、大量のデータを処理することが可能になり、監視センサの性能を領域別に詳細に分析できるようになった。システムの配備や運用の際には、領域別の詳細な監視性能を把握することが重要であり、本ツールは、このような状況下での活用が期待できる。

4. まとめ

SSRモードS,WAM, ADS-Bの複数の監視センサからの監視情報を統合するハイブリッド監視システムを構築した。また、ハイブリッド監視システムの総合試験を行い、統合監視技術により従来の監視システム以上の性能を有することを確認した。

信号改善技術については、平成26年までに開発した技術により、信号数の削減を確認している。

以上の研究を通して、多様な監視システムが併用される将来の統合された監視システムに活用でき、移行期においても、現行の監視システム相当もしくは以上の監視性能を維持できるハイブリッド監視技術を確立した。

今後は、継続してハイブリッド監視システムを稼働し、長期的な評価を行う。また、ADS-B情報の信頼性検証、航空路WAMへの対応、ADS-Bの新たなパラメータへの対応などについて検討する予定である。

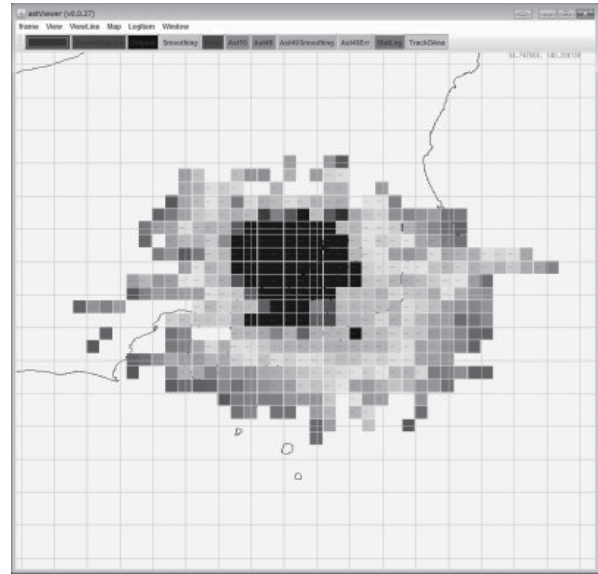


図3 評価分析ツール

解説：WAMの検出率を分析した結果を示す。濃灰色が検出率が高い領域で、薄灰色が検出率が低い領域となる。複数の受信機が図の中心付近に配置されるため、中心付近の検出率が高く、外側に行くほど検出率が低下していることがわかる。システムの配備や運用の際には領域別の詳細な性能を把握することが必要となるが、本分析ツールによりこれらを迅速に確認できる。

掲載文献

- (1) 小菅, 古賀, 宮崎他, 位置・速度を観測値とした過渡応答用の等加速度運動モデル非干渉形フィルタ, 電子情報通信学会論文誌 B vol.J98-B No.2,2015/5
- (2)小菅, 古賀, 宮崎他, 距離とドップラーを観測値とするテイラー級数推定法を用いた三次元の位置及び速度推定の解析 電子情報通信学会論文誌 B vol.J99-B No.3,2015/8
- (3)位置と速度を観測値とする位置のn階微分値を一定とする追尾フィルタの過渡応答,電子情報通信学会論文誌 B vol.J98-B No.11,2015/
- (4)小菅, 古賀, 宮崎他, ドップラー観測値を併用するTDOAの位置・速度推定,1 電子情報通信学会論文誌 B vol.J99-B No.3,2016/3
- (5)X.Lu,T.Koga,Real-time detection for high-assurance aircraft tracking system using Downlink Aircraft Parameters,Simulation Modeling Practice and Theory, Volume 65, June 2016,

WiMAX技術を用いたCバンド空港空地通信網に関する研究【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○住谷 泰人, 金田 直樹, 森岡 和行, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 長縄 潤一

研究期間 平成24年度～平成27年度(4カ年)

1. はじめに

現在、空地データ通信には最高30kbps程度の低速な通信システムが使われている。このシステムでは将来の航空交通量増加に伴い、特に航空機密度の高い空港周辺を中心に、航空通信量の増加が懸念される。このため、空港全域をカバーし、高速で、航空管制用通信にも適用可能な将来の航空通信システムが求められている。こうした背景の中、ICAOやRTCA等によりAeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communications System) と呼ばれる規格が検討され、参画する各国の研究機関等により研究開発が行われている。

AeroMACSは、移動体通信に利用される2.5GHz帯高速通信のWiMAX (IEEE 802.16) 技術をCバンド (5GHz帯) に転用したシステムである。AeroMACSの導入に際しては、既存技術であるWiMAXを活用した経済的な開発が求められている。また、覆域の改善及び通信の高速化を図るため、従来航空通信で利用してきた単一アンテナとは異なり、複数アンテナを利用している。このため、空港域における基地局配置の最適化検討に加え、移動中の航空機に対する電波伝搬の影響を評価する必要がある。

2. 研究の概要

本研究では、WiMAX技術を航空分野に適用することで、空港域のCバンド次世代空地通信網のプロトタイプを開発し、実際に利用するアプリケーションを想定した評価を行う。また、プロトタイプ開発に基づく解析結果をもとに、国際標準規格の策定作業に参画する。本年度は4カ年計画の最終年であり、以下のことを行った。

- ・ 次世代航空通信システムのアンテナ配置に関する実験結果の検証
- ・ ICAOの国際標準規格案における次世代航空通信システムのアンテナ特性の検証

3. 研究成果

3.1 次世代航空通信システムのアンテナ配置に関する実験結果の検証

平成26年度までの実験結果により、空港ターミナル付近や基地局アンテナ直下の電波が直接届かないエリアで、著しく伝送速度が低下して通信を継続できず、アンテナ配置を最適化する必要があることがわかった。平成27年度はこの課題を解決するため、適切な位置にアンテナを設置し、性能評価できるよう、AeroMACS基地局を実験用車両に搭載し、移動基地局化を図った。別の実験車両にAeroMACS端末を搭載して、仙台空港内を走行しながら、端末と移動基地局の間で通信することで、アンテナ配置を最適化した環境下で性能評価できる。図1に性能評価結果を示す。図1下図の上中央(仙台空港北側)が、新しく配置したAeroMACS移動基地局の設置箇所であり、下中央(仙台空港南側)が、従来のAeroMACS基地局の設置箇所である。図1の赤、黄、緑、青の各色の●はその地点において通信した伝送速度(Throughput)を示している。赤は5Mbps以上、黄は3～5Mbps、緑は1～3Mbps、青は0.1～1Mbpsである。この結果、空港ターミナルビル南側の基地局から見て影となるエリアで伝送速度が低下したが、空港全域における通信断の発生は解消できた。また、空港の約8割のエリアで既存空地データ通信の約100倍にあたる3Mbps以上の通信速度が得られ、最大6Mbpsの通信速度を記録した。今回の検証は、事前に計算機シミュレーションにより求めたアンテナの設置候補箇所に基づき、最適環境下での実験により性能評価した。



図1 仙台空港におけるアンテナ配置最適環境下でのAeroMACSプロトタイプの性能評価実験結果

このようなアンテナ配置の適切な決定手法については、他の空港にも適用できると考えられる。

3.2 ICAOの国際標準規格案における次世代航空通信システムのアンテナ特性の検証

次世代航空通信システムのアンテナ配置の最適化についてICAOの国際標準規格策定会議に報告すると共に、AeroMACS専用のアンテナについても、電波無響室を用い、アンテナパターンの取得実験を行った。図2に電波無響室で実施したAeroMACS基地局用セクタアンテナについての実験の様相とその実験結果を示す。

弊所プロトタイプにも接続可能なAeroMACS基地局専用のセクタアンテナのアンテナパターンを、弊所電波無響室において測定した。AeroMACSの国際標準規格では、他のシステムへの電波干渉を避けるため、等価等方輻射電力（EIRP）の制限値が定められている。今回測定したAeroMACS用セクタアンテナはこの値を満足し、実用に供するアンテナであることを明らかにした。また、この測定結果について、平成27年6月に行われたICAOの国際標準規格策定会議に測定結果と共に文書案を提出し、技術文書におけるアンテナ項目の文書案に採用され、国際標準策定の検証作業の役割を担った。

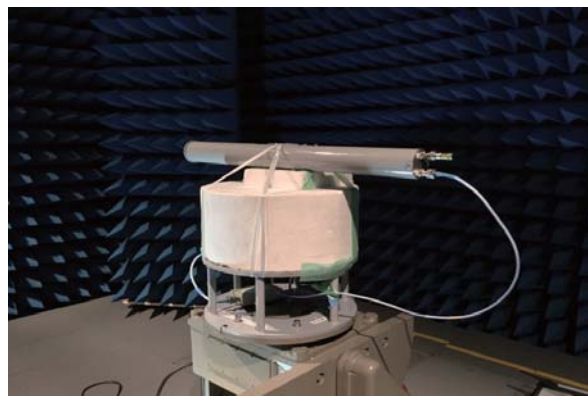
4. おわりに

平成27年度は、AeroMACS基地局を実験用車両に搭載し、空港内の適切な位置にアンテナを設置して性能評価した。この結果、空港全域における通信断の発生を解消でき、空港の約8割のエリアで既存空地データ通信の約100倍にあたる3Mbps以上の通信速度を得ることができた。また、ICAOの国際標準規格策定会議の検証作業の一環として、AeroMACS専用のアンテナ測定を行った。

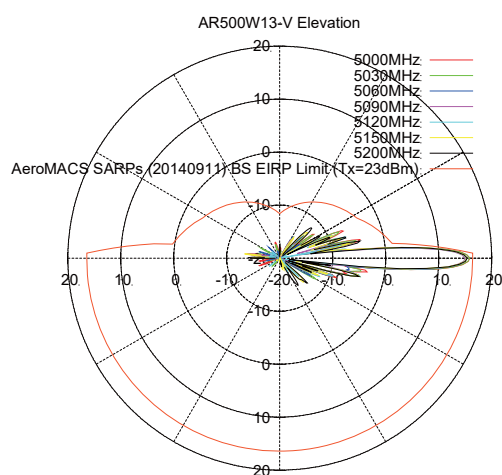
4年間の本研究によって、AeroMACSのプロトタイプ開発及び性能評価を行い、ICAOにおける国際標準規格及び技術文書の策定作業に参画し、国際貢献を果たせた。また、開発したAeroMACSの実験用プロトタイプは、今後、ICAOにおける国際標準規格に係る課題検討に利用したり、情報共有基盤に活用可能な次世代高速データリンクとしても用いることができる。今後は、このプロトタイプを用い、AeroMACS技術の活用範囲拡大の可能性や利用技術の研究開発、共同研究の連携などを予定している。

掲載文献

(1) N.Kanada, Y. Sumiya, N.Yonemoto, S.Futatsumori,



アンテナパターン取得実験の様相



実験結果例（エレベーション）

図2 AeroMACS基地局用セクタアンテナのアンテナパターン測定実験の様相と実験結果例

- E.Isozaki: MIMO Effect Evaluation for Aeronautical WiMAX in Airport at 5.1G, ICNS 2012, Apr. 2012
- (2) N.Kanada, Y. Sumiya, N.Yonemoto, S.Futatsumori, E.Isozaki: Evaluation of antenna configuration for aeronautical WiMAX at 5.1GHz, RTCA SC223 meeting, Apr. 2012
- (3) Y. Sumiya, N.Kanada, N.Yonemoto, A.Kohmura, S.Futatsumori, Kunio Okada, Makoto Shioji: Status of AeroMACS Test System in ENRI / Japan, ICAO ACP WGS2 WP04, Oct. 2012
- (4) 金田 直樹, 住谷 泰人, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 本田 純一, 岡田 国雄: 空港環境における航空用WiMAXの伝播特性, 電子情報通信学会総合大会, Mar. 2013
- (5) 住谷 泰人: 将来の空港面用航空通信システム

- (AeroMACS)の動向, (財)航空保安無線システム協会 航空無線技術交流会講演会, Feb. 2013
- (6) N.Kanada, Y. Sumiya, N.Yonemoto, S.Futatsumori, E.Isozaki: Channel capacity improvement dependency of number of receiving antennas for aeromautical MIMO systems, PIERS 2013, Mar. 2013
- (7) 住谷 泰人: 新しい空港面用航空通信システム (AeroMACS)について, 日本航空宇宙学会第44回年会講演会A10, 2013.4
- (8) N.Kanada, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, J.Honda and K.Okada: Signal Evaluation on Airport Surface in 5.1GHz Band, ICNS 2013, Apr. 2013
- (9) 住谷 泰人: 将来の空港面用航空移動通信システム (AeroMACS)の技術動向, データリンクフォーラム 東京2013, 2013.5
- (10) 金田 直樹, 住谷 泰人, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 本田 純一, 岡田 国雄: 空港面における AeroMACS信号品質の評価, 平成25年度(第13回)電子航法研究所発表会講演概要, 2013.6
- (11) Y.Sumiya, N.Kanada, N.Yonemoto, A.Kohmura, S.Futatsumori, J.Honda, K.Morioka, K.Okada and M.Shioji: Signal Evaluation of AeroMACS Test System in ENRI, ICAO ACP WGS3 WP09, Jul. 2013
- (12) 住谷 泰人, 金田 直樹, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 本田 純一, 森岡 和行: 将来の空港面用航空移動通信システム (AeroMACS)の技術動向, CARATS航空気象検討WG, 2013.7
- (13) N.Kanada, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, J.Honda, M.Shioji and K.Okada: Signal Strength Evaluation in 5.1GHz Band, WiMAX Aviation 2013, Sep. 2013
- (14) 森岡 和行, ニッ森 俊一, 金田 直樹, 河村 暁子, 米本 成人, 住谷 泰人: 次世代航空無線技術の実現に向けた高速移動通信実験, 2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2013.9
- (15) 金田 直樹, 住谷 泰人, 米本 成人, 塩地 誠, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行: 縮尺模型実験による 5.1GHz帯の伝播損失測定, 2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2013.9
- (16) 住谷 泰人: 次世代航空通信システムの動向, 東京国際航空宇宙産業展2013, 2013.10
- (17) N.Kanada, N.Yonemoto, M.Shioji, A. Kohmura, S.Futatsumori, K.Morioka and Y.Sumiya: Environments and Antennas of AeroMACS Signal Evaluation, ICAO ACP WGS4 WP05, Oct. 2013
- (18) 住谷 泰人: 次世代航空通信システムの動向, 国土交通省, 総務省技術資料, 2013.10
- (19) 森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 本田 純一, 河村 暁子, 米本 成人, 住谷 泰人: 次世代空港面通信規格 AeroMACSの仙台空港における事前評価, 電子情報通信学会技術報告RCS, 2013.11
- (20) N.Kanada, K.Morioka, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori and M.Shioji: Scale Model Evaluation for Aeronautical MIMO System, 2013 Thailand-Japan Microwave Workshop, Dec. 2013
- (21) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatsumori, A. Kohmura, N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano: Performance Evaluatin of AeroMACS using existing WiMAX System in Japanese High Speed Train, 2013 Thailand-Japan Microwave Workshop, Dec. 2013
- (22) N.Kanada, K.Morioka, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori and M.Shioji: Effectiveness of Scale Model Experiments for Aeronautical MIMO Systems, 2014 International Workshop on Antenna Technology, Mar. 2014
- (23) K.Morioka, N.Kanada, J.Honda, S.Futatsumori, A. Kohmura, N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano: EVM and BER Evaluation of C-band New Airport Surface Communication Systems, 2014 International Workshop on Antenna Technology, Mar. 2014
- (24) 住谷 泰人: AeroMACSに関する研究開発動向, 航空無線79号, 2014.3
- (25) 金田 直樹, 森岡 和行, 住谷 泰人, 米本 成人, 塩地 誠, 河村 暁子, ニッ森 俊一: スケールモデルによる空港用5.1GHzMIMOシステムの評価, 2014年電子情報通信学会総合大会, 2014.3
- (26) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatsumori, A. Kohmura, N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano: Experiments of VoIP using WiMAX System and Fading Simulator with Two-path Models for Aeronautical Scenarios, ICNS 2014, Apr.2014
- (27) K.Morioka, N.Kanada, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, M.Shioji and T.Tomita: Preliminary Evaluation for AeroMACS Prototype Mobile Station, 17th EUROCAE WG82, May 2014
- (28) N.Kanada, K.Morioka, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, M.Shioji and T.Tomita:

- Preliminary RF Characteristics Evaluation for AeroMACS Prototype Mobile Station, WiMAX Aviation 2014 Brussels, May 2014
- (29) 森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 住谷 泰人: 実環境下におけるAeroMACS試験信号解析, 平成26年度(第14回)電子航法研究所研究発表会講演概要, 2014.6
- (30) K.Inoue and Y.Sumiya: Airport Radio LAN System in Japan, ICAO ACP WGS5 IP02, Jul. 2014
- (31) Y.Sumiya, N.Kanada, K.Morioka, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, M.Shioji and T.Tomita: Modification in the session of Emission in AeroMACS draft SARPs, ICAO ACP WGS5 IP02, Jul. 2014
- (32) 森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 住谷 泰人: AeroMACSプロトタイプ端末の2波モデルによるスループット評価, 2014年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2014.9
- (33) N.Kanada, K.Morioka, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, M.Shioji and T.Tomita: Spectrum Mask Measurement Methods and Results for AeroMACS, ICAO ACP WGS Webmeeting6, Sep. 2014
- (34) N.Kanada, K.Morioka, Y.Sumiya, N.Yonemoto, A. Kohmura, S.Futatsumori, M.Shioji and T.Tomita: AeroMACS Prototype Preliminary evaluation report, ICAO ACP WGS Webmeeting6, Sep. 2014
- (35) Y.Sumiya: ENRI's AeroMACS Project, WiMAX Aviation 2014 Sendai, Nov. 2014
- (36) N.Kanada, K.Morioka, Y.Sumiya, N.Yonemoto, T.Tomita, A. Kohmura and S.Futatsumori: Throughput Evaluation of ENRI Prototype AeroMACS in Sendai Airport, ICAO ACP WGS6, Nov. 2014
- (37) 住谷 泰人: 新しい空港面移動通信システム(AeroMACS)の開発動向, 平成26年度電子航法研究所講演会, 2014.11
- (38) ICAO ACP WGS (included Y.Sumiya, N.Kanada, K.Morioka, N.Yonemoto, A. Kohmura and S.Futatsumori of ENRI): AeroMACS SARPs Validation Report, ICAO CP1 WP03.1 Appendix D, Dec. 2014
- (39) 森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 住谷 泰人: 空港面における送信ダイバーシチ効果についての考察, 2015年電子情報通信学会総合大会, 2015.3
- (40) Y.Sumiya, N.Kanada, K.Morioka, N.Yonemoto, A. Kohmura and S.Futatsumori: SARPs Validation using AeroMACS Prototype in ENRI, IEEE Service Assurance in System Wide Information Management (SASWIM) , Mar. 2015
- (41) 住谷 泰人: 航空通信システムの現状と将来動向, 一般財団法人日本ITU協会第41回情報通信研究会, 2015.4
- (42) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatsumori, A.Kohmura, T.Tomita, N.Yonemoto and Y.Sumiya: Basic Characteristic Evaluation of AeroMACS Prototype System in Sendai Airport, ICNS 2015, April 2015
- (43) 森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 富田 武, 米本 成人, 住谷 泰人: AeroMACSプロトタイプシステムの基本性能評価, 平成27年度(第15回)電子航法研究所研究発表会講演概要, 2015.6
- (44) N.Kanada, K.Morioka, N.Yonemoto and Y.Sumiya: Draft Material for Antennas/MIMO Sections for AeroMACS Technical Manual, ICAO CP WGS, Jun. 2015
- (45) 住谷 泰人, 北折 潤: VDL Mode2プロトコルシミュレータを用いた航空用データリンク伝送遅延の解析, 電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 2015.7
- (46) 住谷 泰人: 航空通信システムの現状と将来動向, 一般財団法人日本ITU協会 ITUジャーナル8月号, 2015.8
- (47) N.Yonemoto, K.Morioka, N.Kanada and Y.Sumiya: Intermediate Report on Investigation of 5GHz Interference Analysis, ICAO FSMP WG, Aug. 2015
- (48) 住谷 泰人: AeroMACS詳解(その1, その2, その5), データリンクフォーラム東京 データリンク講習会概要, 2016.3
- (49) N.Kanada, K.Morioka, J.Honda, J.Naganawa, N.Yonemoto and Y.Sumiya: ENRI's Current Status AeroMACS Coverage Improvement Simulation and Experimental Results, Mar. 2016
- (50) K.Morioka, J.Naganawa, J. Honda, N.Kanada, S.Futatsumori, A.Kohmura, T.Tomita, N.Yonemoto and Y.Sumiya: Experimental Evaluation on Quality of VoIP over AeroMACS, 30th IEEE ICAINA2016, Mar. 2016

航空路監視技術高度化の研究【重点研究】

担当領域	監視通信領域
担当者	○宮崎 裕己, 古賀 禎, 松永 圭左, 角張 泰之, 本田 純一, 長縄 潤一, 田嶋 裕久
研究期間	平成 25 年度～平成 28 年度

1. はじめに

将来の航空交通管理の運用概念として軌道ベース運用 (TBO) が位置づけられており、TBOの実現においてはシームレス (継ぎ目のない) かつ高性能 (高頻度・高精度) な航空機監視が要求されている。このため航空機監視システムは、現用の二次監視レーダー (SSR) から、高性能な広域マルチラテレーション (WAM) への移行が進められており、更には衛星航法システム (GNSS) をベースとした高機能な放送型自動位置情報伝送・監視機能 (ADS-B) の導入も計画されている。しかしながら、これらの監視技術 (WAM/ADS-B) を航空路監視に適用する場合、海岸線沖合の覆域をSSR並に確保しなければならないと言った課題がある。

一方、TBOにおいては機上・地上間での軌道情報の共有を可能とするデータリンクが必要不可欠であり、WAM/ADS-Bによる即時性の高いモードSデータリンクの活用も期待される。しかしながら、無指向性アンテナによる高頻度なデータの送受信は信号環境の悪化を招くとの問題があり、実用化には、地上からの送信を所要の方向に限定するセクタ型アンテナの開発が必要である。

このような背景を踏まえ、本研究は、WAM/ADS-Bの課題である海岸線沖合エリアの監視覆域を拡張するとともに、即時性の高いモードSデータリンクを実行可能とする高利得セクタ型アンテナを開発することを目的としている。さらに、WAM/ADS-Bの性能は、航空機と受信局との位置関係に依存することから、適切な受信局配置を予め把握するための性能予測手法の確立も目指す。

2. 研究の概要

2.1 WAMとADS-Bの測位原理

図1にWAMとADS-Bの測位原理の概略図を示す。WAMは、航空機に搭載されたトランスポンダが送信する信号を、地上に配置された複数の受信局で検出して到達時刻を測定する。次に測定した到達時刻から受信局間の到達時刻差を求めて、航空機と各受信局との距離差に変換する。そして、距離差が一定との条件からなる双曲線同士の交点を求めることで航空機の位置を算出する。

一方ADS-Bは、航空機が自機の位置情報を、GNSSをベースに算出して、放送型データリンクを利用して送信する。送信された位置情報は、地上に設置されたADS-B受信局などで受信され、この情報を基に監視が行われる。WAMとADS-Bは、トランスポンダが送信する同じ形式の信号を利用するため、共用 (同時運用) が可能となる。

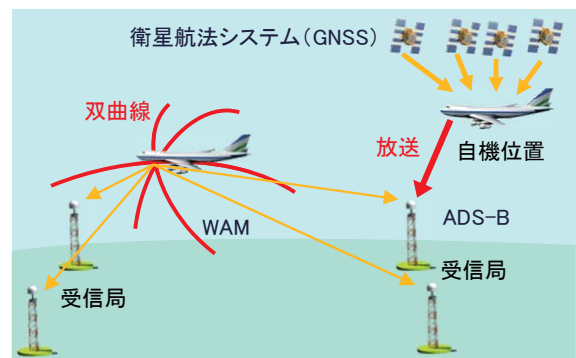


図1 WAMとADS-Bの測位原理の概略図

2.2 海岸線沖合へのWAM/ADS-Bの覆域拡張

WAMは受信局配置の外側では、図2に示すように、双曲線がほぼ平行に交わるため測位誤差が増大する。加えて、計算解が得られない検出率の低下も発生する。この状況に対して、SSRのように質問信号を地上から送信して航空機トランスポンダに应答させると、質問から应答までの時間から得られる真円は双曲線とほぼ直角に交わる。このため、この真円をWAM測位に活用することで、測位精度と更新頻度の改善が可能となる。この測位方式はRangingと呼ばれ、本研究ではRangingに適した高利得アンテナを開発する。

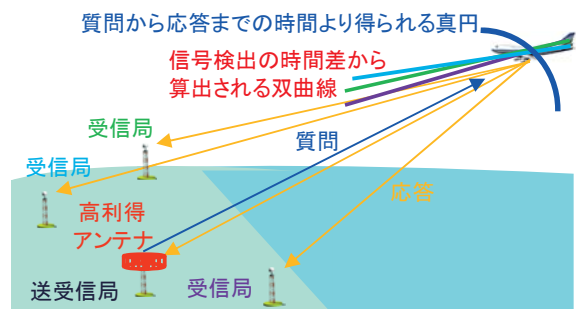


図2 Rangingによる測位精度の改善

2.3 WAM/ADS-BによるモードSデータリンク

モードSデータリンクは、SSRモードSの監視用信号フォーマットに56ビットのデータフィールドを加えてデータの送受が行われる。利点としては、既存の航空機監視インフラであるモードS地上局と機上モードSトランスポンダを活用して、航空機監視と同時にデータ通信が行えることである。一方、課題としては、地上局アンテナの向きに依存してデータ通信のタイミングが制限されることである。この課題に対して、WAM/ADS-Bは固定アンテナを用いるため、タイミングの制限がなく、即時性が高いモードSデータリンクが実行可能となる。しかしながら、通常の無指向性アンテナで高出力かつ高頻度なデータ送受を行うと、質問・応答数が増加することに加えて、トランスポンダの占有時間も増大してしまう。この信号・運用環境の悪化を避けるために、信号の送信方向を限定するセクタ型アンテナの開発が必要となる。

3. 研究成果

4ヵ年計画の3年目を迎えた平成27年度は、前年度までに整備した実験システムに対して機能・性能の評価試験を実施した。また、評価試験の結果を踏まえた、高利得セクタ型アンテナの改修を行った。

3.1 実験システムの機能・性能評価試験

WAM/ADS-Bでは、一般的に、受信局用のアンテナに（全方向からの信号を検出する）無指向型が利用される。航空路監視にWAM/ADS-Bを適用する場合、遠方の航空機から送信される微弱な信号を検出することが必要のため、通常の無指向型ではアンテナ利得が不足する。加えて、監視覆域の拡大は、検出される信号数が増大するため、信号干渉（混信）が多発することから、システム性能の低下を招く。これらの課題に対処するには、アンテナの信号検出方向を分割すると同時に利得が向上する、受信局アンテナのセクタ化が有効である。このような背景から本研究では、高利得セクタ型アンテナの開発・評価を進めている。

平成27年度は、前年度に当研究所のアンテナ試験塔に設置した高利得セクタ型アンテナの機能・性能試験を実施した。試験の評価項目は信号検出率である。評価方法として、航空路（TANZA-KOGEN）を通過する在空機の信号検出率を24時間測定した。そして、高利得セクタ型アンテナを接続した受信局の近傍に、通常の無指向型アンテナを接続した受信局を設置して、両方の受信局を同時に運用させて、信号検出率の改善状況を確認した。

図3に両アンテナの設置状況と、対象航空路と受信局の位置関係を示す。また、図4に両アンテナの信号検出率（実測値）の比較を、性能予測手法による信号検出率（予測値）とともに示す。図4から、信号検出率は高利得セクタ型アンテナのほうが高い値が得られていることが分かる。また、予測値は、両アンテナともに実測値と概ね一致していることも分かる。本試験結果から、受信局アンテナのセクタ化による信号検出率の改善効果、ならびに性能予測手法の有効性が確認できた。



図3 アンテナ設置状況と受信局の位置関係

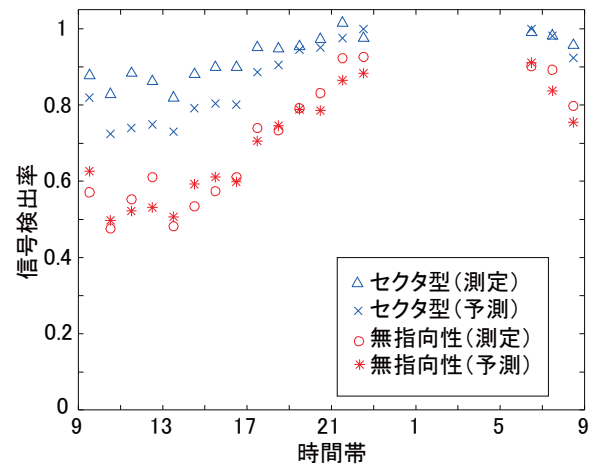


図4 両アンテナの信号検出率（実測値）の比較

3.2 高利得セクタ型アンテナの改修

セクタ型アンテナを利用する場合、一般的にセクタを複数個設置して所要のビーム方向を得る。しかしながら、セクタ端では利得が低下することから、所要のビーム方向内において信号検出率の変動（低下）が発生してしまう。この状況を改善するために、中央セクタのアンテナに対して、ビーム幅を広げる改修を加えた。図5に改修方法の概要と改修したアンテナの設置状況を示す。改修したセクタでは、セクタ端の利得低下を改善するために反射板の角度を広げて、水平ビーム幅を45度から60度

にした。一方、ビーム幅を広げると最大利得値が低下するため、垂直開口長と素子数を増やすことで、利得低下を改善させている。

図6に、改修前後のセクタアンテナの方位角に対する利得を示す。アンテナ利得は、受信局で実測した信号強度から逆算して算出した値である。図6から、改修したセクタアンテナは、最大利得値を維持しつつ、ビーム幅（方位角）が広がっていることが分かる。

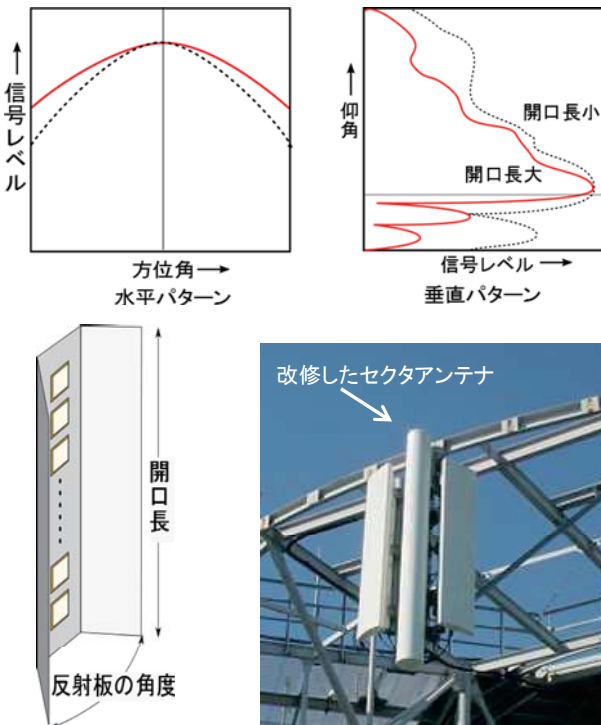


図5 改修方法の概要と改修アンテナの設置状況

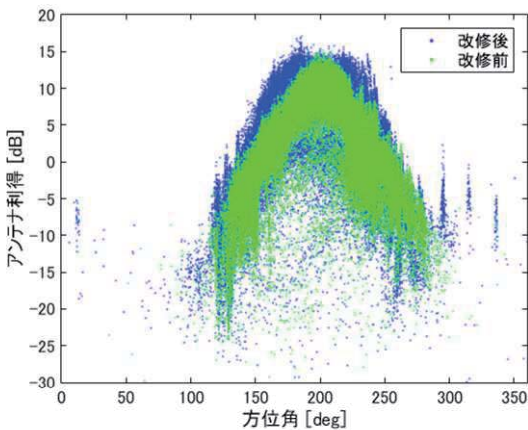


図6 方位角に対する利得の改修前後での比較

4. 考察等

平成27年度は、前年度までに整備した実験システムに対して機能・性能の評価試験を実施するとともに、評価試験の結果を踏まえた、高利得セクタ型アンテナの改修

を行った。最終年である平成28年度には、整備した実験システムを用いて、WAM/ADS-Bの覆域拡張とモードSデータリンクの評価試験を行い、本研究の目的に挙げた技術確立を目指す。

謝辞

実験システムの設置および評価試験の実施にご協力をお願いしている国土交通省の関係各位に感謝の意を表します。

掲載文献

- (1) Miyazaki, Kakubari: “Test Results of Passive Acquisition Using a Short Baseline MLAT System in ENRI”, SP-ASWG1-WP23, ICAO SP ASWG 1st meeting, April 2015.
- (2) 宮崎, 小菅, 田中: “高度情報の適用による TDOA 測位の改善手法”, 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-2-16, 2015 年 9 月
- (3) Miyazaki: “Need for Revision of Passive Acquisition Guidance Material on Doc 9924”, SP-ASWG2-WP21, ICAO SP ASWG 2nd meeting, September 2015.
- (4) 宮崎, 長縄: “広域マルチラテレーションの概要について”, 日本航海学会第133回講演会 2015年度秋季航空宇宙研究会, 平成27年11月
- (5) Naganawa, Miyazaki, Tajima: “Evaluation Results for Impact of Signal Interference and Strength on Detection Probability”, 電子情報通信学会技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス, SANE2015-53, ICSANE 2015, November 2015.
- (6) Miyazaki, Kosuge, Tanaka: “Improvement Measures for 3D TDOA Localization by Using Height Information”, 電子情報通信学会技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス, SANE2015-56, ICSANE 2015, November 2015.
- (7) Miyazaki: “Development of Wide Area Multilateration Technologies in ENRI”, DISH 2015, Chennai, November 2015.
- (8) 長縄, 宮崎, 田嶋: “航空路監視用広域マルチラテレーションにおける検出率概算法の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス, SANE2015-100, 2016 年 1 月
- (9) 宮崎, 小菅, 田中: “平滑化高度情報の適用による TDOA 測位の改善手法”, 電子情報通信学会技術研究報告, 宇宙・航行エレクトロニクス, SANE2015-101, 2016 年 1 月

- (10) Miyazaki, Naganawa: “Revision to Doc 9924 Guidance Material on Passive Acquisition”, ASWG TSG WP2-20, ICAO SP ASWG TSG 2nd meeting, January 2015.
- (11) 宮崎, 長縄: “広域マルチラテレーションの概要”, 航空振興財団第3回航法小委員会, 平成28年2月
- (12) 長縄, 宮崎, 田嶋: “航空機監視における伝搬モデル評価に向けた拡張スキッタの測定”, 2016年電子情報通信学会総合大会, B-1-8, 2016年3月
- (13) 宮崎, 小菅, 田中: “平滑化高度情報の適用によるTDOA測位の評価結果”, 2016年電子情報通信学会総合大会, B-2-22, 2016年3月
- (14) Miyazaki: “Development of Wide Area Multilateration System Using Sector Antenna”, World ATM Congress 2016, Madrid, March 2016.

マルチスタティックレーダによる航空機監視と性能評価に関する研究 【重点研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○大津山 卓哉, 本田 純一, 塩見 格一, 小瀬木 滋
研究期間 平成 26 年度～平成 29 年度

1. はじめに

航空機の管制用監視には、一次監視レーダ (PSR: Primary Surveillance Radar) 及び二次監視レーダ (SSR: Secondary Surveillance Radar) が使用されている。これまでに、SSR の監視性能 (精度・分解能・更新レート等) を向上するために ADS-B やマルチラテレーション等の新しい監視技術の研究が進み実用化されている。一方、通常の航空管制では PSR の使用頻度は低いものの、非常時等の安全性を確保するため PSR は欠かすことのできない装置である。PSR は航空機搭載のトランスポンダに依存しない監視手段であるため、トランスポンダの故障や意図的に停止させた場合でも監視が可能となる。しかしながら、現在の PSR は維持管理コストが嵩むと言った課題を抱えるため、低コストで同等以上の性能を有する次世代 PSR が求められている。

次世代 PSR については欧米では研究開発が行われているものの未だに決定的なものはない。有力候補である複数の受信局を持つマルチスタティックレーダ (MSPSR: Multi Static Primary Surveillance Radar) の検討が一部で始まっているが、MSPSR を使用した監視ではどのような要件が必要であるかも判っていない。さらに、MSPSR のような受動型レーダはその地域での電波信号環境が監視性能に影響を与えるため、諸外国等で行われた検討結果が我が国においてそのまま利用できる保証はない。そのため、MSPSR の導入を判断できる技術基準や性能要件の作成が求められている。

本研究の目的は、現行の空港監視に使われている PSR と同等以上の分解能、捕捉率等の性能を有する新型 PSR の性能要件の検討及び実装に必要な要素技術の開発を行うことである。特に MSPSR に注目して受動型レーダによる監視システム構築に必要な信号処理方法やアンテナ等の要素技術の開発を行い、評価手法を確立するとともに、現在の PSR を拡張して低高度や山影などのブラインドエリアでの監視能力向上を目指す。

2. 研究の概要

本研究は 4 カ年計画であり、2 年目の平成 27 年度は次のことを行った。

- ① MSPSR の要件・動向調査
- ② MSPSR 実験システムの整備
- ③ パッシブレーダによる測位実験
- ④ 信号分離等処理方式の検討

3. 研究成果

平成 27 年度は ICAO 監視パネル等に提出された、MSPSR 関係の文献を調査するとともに、電子研での実験結果を取りまとめ同パネルの ASWG (Aeronautical Surveillance Working Group) に報告した。これらの調査と並行して MSPSR 実験システムの整備および汎用測定器を使用した測位システムの検証を行った。

3.1 MSPSR 実験システムの整備

既存の PSR 送信情報を使用する MSPSR 実験用システムを仙台空港内に設置した。この実験システムは、送信情報として航空保安大学校岩沼研修センターの研修用レーダから送信信号のモニタ波形を分配し、それを電気信号から光信号に変換して送受信する光ファイバ無線技術を使うパッシブレーダとなっている。送信機から離れた受信機側でも実際の送信信号を使ったレーダ処理が行えるため、これまで同様のレーダ処理及び測位結果が得られることが期待できる。

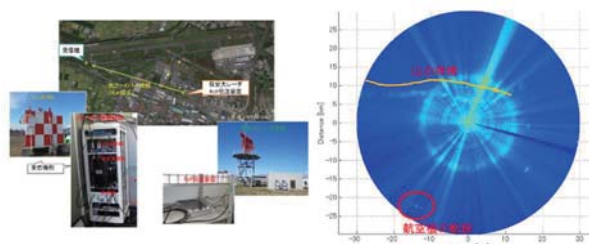


図 1: 仙台空港内に設置した MSPSR 実験システム (左図) と実験システムによる航空機測位結果 (右図)

3.2 パッシブレーダによる測位実験

昨年度開発した、地デジ信号の遅延プロファイルを使った方式では、ほぼリアルタイムで、また高い更新頻度でレーダ画像を得ることができ、また同時に着陸する複数の航空機を分離して表示可能であることが明らかになった。取得した航空機位置の測位精度について検証するために、正確な位置が計測可能となる実験用航空機を用いた実験および安定した着陸経路における航空機測位実験を行い、現在使用している実験システムの受信覆域検討と測位位置検証を行った。東京湾周辺の実験結果から、着陸直前の5000ft付近から測位可能であることがわかった。また、仙台空港での飛行実験の結果からは実験機のようなレーダ断面積の小さな小型航空機でも測位可能であることが明らかとなり、地上デジタル放送波の覆域内において本手法による航空機監視は高い検出率が期待できることが明らかとなった。

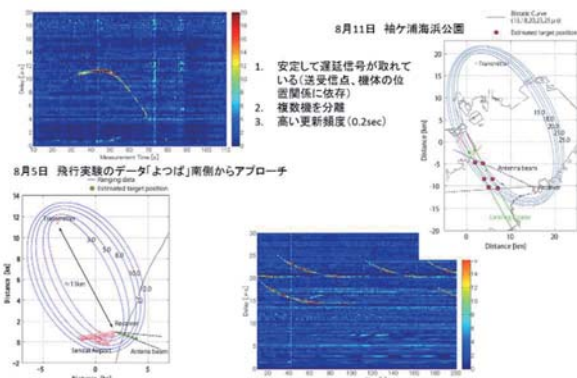


図2： 実験用航空機による実験結果(左図)と羽田空港に着陸する航空機の実験結果(右図)

3.3 信号分離等処理方式の検討

航空機によって反射される電波は非常に弱いため、通常のレーダでは指向性の鋭い大型のアンテナ等を使用して、ノイズと同レベルの微弱信号でも受信できるように工夫している。しかしながら MSPSR の場合は、システムの性格上無指向性アンテナを使用してあらゆる方向から到来する電波を受信する必要があるため、微弱信号とノイズを分離する技術が必須となる。受信信号処理について複数の手法を検討し、シミュレーションもしくは実際にそれらの信号分離手法を実装して技術課題の抽出を行った。ノイズを均一とみなして平均等の処理によって目的となる信号を取り出す手法では、信号処理が単純であるため実時間で十分な処理が可能となるが、周辺からのノイズに埋もれてしまう遠方からなどの微弱信号については十分な分離ができない場合がある。また、複数アンテナの受信信号を用

いて受信した信号空間の独立性からノイズと信号を分離する手法では微弱信号をノイズから分離することが可能であるが、計算コストが非常に高く実時間処理に問題があることが明らかとなった。

4. まとめ

今後、仙台空港内に設置した実験システムを使用して、飛行実験や現行 PSR との比較等により光ファイバ接続型パッシブレーダの性能評価を行う。また、複数受信機による信号分離手法の実装や捕捉性能の向上について検証を行う。このシステムでは既存のレーダシステムに対して受信局を追加することによって、捕捉性能の向上やブラインドエリアの解消が期待される。

光ファイバ接続型パッシブレーダや地上デジタル放送波等既存電波によるレーダ等、複数の無線周波数を使ったパッシブレーダを検討することによって、既存のレーダより安価で測位精度や更新頻度が向上した高性能なレーダシステムの構築検討に資すると期待される。

1. 所外発表

- (1) J. Honda and T. Otsuyama, "Preliminary Experimental Result of Aircraft Positioning by Using ISDB-T Delay Signal," Proc. of IEEE AP-S/URSI, July 2015.
- (2) T. Otsuyama, Y. Hamanaka, J. Honda, K. Shiomi, M. Minorikawa, "Performance Evaluation of Passive Secondary Surveillance Radar for Small Aircraft Surveillance," Proc. The 12th European Radar Conference, Sep. 2015.
- (3) T. Otsuyama and J. Honda, "A Study of Passive Aircraft Surveillance Using Signal Delay Profile," Proc. on ISAP2015, Nov. 2015.
- (4) 本田純一, 大津山卓哉, "ISDB-T パッシブ測位における固定物体抑圧の実験結果", 映像情報メディア学会技術報告
- (5) J. Honda and T. Otsuyama, "Aircraft Surveillance System using Signal Delay of Digital Terrestrial Television Broadcasting," ICAO SP-TSG/2 WP
- (6) J. Honda and T. Otsuyama, "Position Estimation of Obstacles and Aircraft by Using ISDB-T Signal Delay," Proc. of the 30th IEEE-AINA, Mar. 2016.
- (7) J. Honda and T. Otsuyama, "Feasibility Study on Aircraft Positioning by Using ISDB-T Signal Delay," IEEE AWPL, Mar. 2016.

空港面異物監視システムの研究【重点研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一
研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

1. はじめに

2000 年の仏国シャルルドゴール空港で発生した、直前に離陸した航空機から脱落した金属片を原因とするコンコルドの事故以来、滑走路等上の異物（FOD）は非常に重要な空港安全の課題の一つとして認識が高まっている。また、バードストライクなどの突発的な事象は、異物の除去や滑走路の安全確認までに多大な手間と点検時間を発生させることになる。こうした事態は、航空機の離着陸を制限することから、空港の処理能力や運用効率を低下させる重大な要因となっている。このような背景の下、異物等空港面の状態を監視するシステムへの要望が高くなってきている。これらのシステムは滑走路の安全性と利用率に関わる重要な設備であるため、公的機関による評価への要望が高い。

当研究では、運用者のニーズを踏まえ、単に異物の有無による警報を発出するだけでなく、その外形や特徴が認識可能な空港面異物監視システムに関する研究を行う。複数のミリ波レーダーから構成されるレーダーネットワークと ITV カメラネットワークを用いたハイブリッドセンサーネットワークの開発とともに、異物検出だけでなく、センサー情報からより確度の高い警報を生成するための技術について研究を行い、総合的に実験システムを用いて、空港での実証試験を行うことで、将来の整備に必要となる技術要件を抽出することを目的とする。また、EUROCAE 等による国際技術基準策定に係る専門会合への参加を通じて、空港面異物監視システムに係るシステム仕様、運用方針等の策定に貢献する。

2. 研究の概要

本研究は 3 年計画であり、当該研究期間の主たる実施事項は以下のとおりである。

平成 26 年度 ハイブリッド型 FOD センサーの構築

平成 27 年度 状態変化・異物探知機能の評価

平成 28 年度 FOD 特徴抽出アルゴリズムの構築

なお、2 年目に当たる平成 27 年度は、特に下記の事項について実施した。

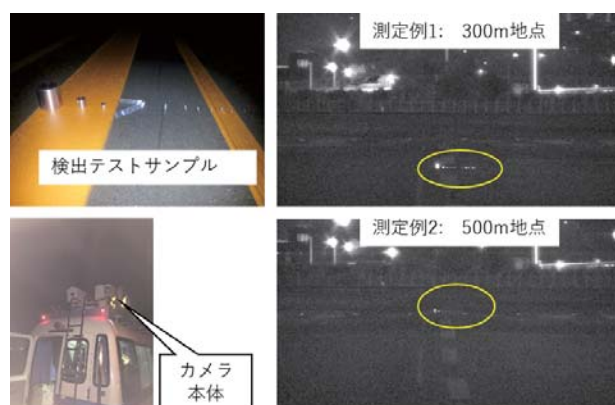
- ・夜間における異物探知機能の評価
- ・状態変化探知、異物情報表示機能の検討
- ・アナログ・デジタル混在型光ファイバー無線システム

の開発

3. 研究成果

3.1 夜間における異物探知機能の評価

滑走路上の異物の外観を認識できるよう高感度 ITV カメラを用いた異物検出性能評価を行った。夜間の灯火が照射されない場所に配置された、異物を模擬した金属片や標準物標などの検出テストサンプルを用いて、測定車上に設置した高感度 ITV カメラで得られた画像を分析した。その結果、M4 ボルトは約 300m、直径 1 インチ、高さ 1 インチの金属円柱より大きなテストサンプルであれば 500m 離れていても検出可能であることが示された。また、レーダーで取得された位置座標から、その座標へカメラを自動的に向けて撮影するソフトウェアを開発した。



カメラの夜間撮像能力評価の一例

3.2 状態変化探知、異物情報表示機能の検討

また、新たに発生した異物を撮影した画像から抽出するアルゴリズムを開発した。ITV カメラを水平方向に動かしながら撮像した映像を用いて、標準状態と異なる状態変化を探知する機能の検討を行った。Full HD (1920x1080 pixel) 画質で約 130 度の角度でカメラを 30 秒かけて水平方向に回転させながら動画を取得した。動画から得られる撮影角度の異なる画像を抜き出し、一致する特徴点を基にパノラマ画像を生成した。異物のない標準状態のパノラマ画像と、異なる時刻に取得された動画から生成したパノラマ画像を比較して標準状態と異なる部分を抽出する画像を作成できるアルゴリズムを開発した。テストサンプルを配置した付

近の約 40 度の画像を解析すると、異物を模擬したテストサンプルが抽出されていることを確認した。



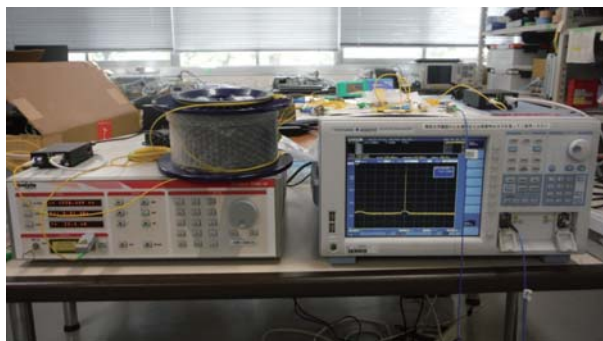
標準状態のパノラマ画像



テストサンプルを置いた場合の標準状態から
変化した部分の抽出画像の例

3.3 アナログ・デジタル混在型光ファイバー無線システム

通常の光ネットワークとして使用されている 1 本の光ファイバーを共用できるアナログ・デジタル混在型光ファイバー無線システムを開発した。使用する波長をデジタル通信、アナログ通信で分けて、それらを合成して送信し、受信側では異なる波長に分離して受信する光回路を構成した。また、光回路のフィルタリングにより、デジタル伝送光のアナログ伝送光への回り込みを抑制し、光領域で 70dB 以上の信号光対雑音光比を達成した。これにより、1 本の光ファイバーでデジタル伝送（双方向）とアナログ伝送（片方向、両方向へ拡張も可能）が高品質のまま伝送可能となった。



アナログ・デジタル混在型光ファイバー無線システム

4. まとめ

今後は、構築したカメラ制御システムを用いてレーダーと連動させ、状態変化があった場所の映像を自動的に撮影する機能についてフィールドテストを行う。また、カメラで得られた画像の特徴から航空機や場内車両にセンサーが反応した事象を自動的に判別して、誤警報を除去するためのアルゴリズムを開発する。

本研究はミリ波レーダー技術及び、画像処理技術を基盤とする研究であり、競争的資金研究と連携し、また、研究機関、国内外の大学、およびメーカーとの共同研究として実施している。

掲載文献

- (1) Akiko Kohmura, Katsumi Fujii, Shunichi Futatsumori, and Naruto Yonemoto, “New Connecting Structure for Waveguides with Special Connectors”, IEICE Electronics Express, Vol. 12 (2015) No. 17 pp. 20150559, 2015.

新方式マルチラレーションの実用化評価研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○角張 泰之, 古賀 禎, 宮崎 裕己, 松永 圭左, 本田 純一, 田嶋 裕久
 研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

1. はじめに

我が国の増大する航空交通量に的確に対応するためには、空港の処理能力を拡大させることが課題であり、安全性の確保を前提とした運航効率の向上が求められている。その対応の一端として、空港面における高精度な航空機位置情報により、空港面交通の安全性及び運航効率の向上に資する「空港面監視システム(マルチラレーション)」の導入が我が国空港において進められている。

マルチラレーションは、航空機から送信される電波(モード S スキッタ信号という)を利用して測位を行う監視システムである。送信されたスキッタ信号を、空港内に配置した複数の受信局で検出し、その受信時刻差を用いて航空機の位置を計算する(図 1)。正確な測位と機体の識別を行うためには、精密な時刻の測定やスキッタ信号に含まれるデータビットを正確に解釈する技術が、マルチラレーションでは必要とされる。

従前のマルチラレーションでは、空港のターミナルビル近傍のエプロンエリアや大きな格納庫が建ち並ぶ誘導路エリア等で、マルチパス信号干渉による性能低下の事象が指摘されていた。これは建造物等で多重反射した電波がマルチパス干渉することにより、スキッタ信号の波形が歪み、結果として時刻測定精度の低下や信号自体の検出率の低下、データビットの解釈エラーなどが起こるためと考えられている。

当研究所では、このようなマルチパス干渉の影響を受けにくく、且つ整備・維持コストの低廉化が期待できる新方式マルチラレーションとして「光ファイバ接続型受動監視システム(OCTPASS)」を提案し、その実用化に向けた開

発を進めてきた。

本研究では仙台空港を OCTPASS の評価試験空港とし、評価試験データを基に、実用化に不可欠な技術要素及び運用者視点での信頼性の確立を図ることを目的としている。

2. 研究の概要

OCTPASS の開発は、先行した重点研究「空港面監視技術高度化の研究」(平成 21～24 年度)にて進められてきた。製作した装置の構成を図 2 に示す。受信信号を RF レベルで直接光伝送する方式や、マルチパス干渉による信号歪みの影響を受けにくい時刻検出手法を取り入れた信号処理方式など、従来型のマルチラレーション装置にない特徴的な構成を取り入れることにより、同研究において仙台空港で行った評価試験では、その耐干渉性の有効性及び性能ポテンシャルの高さが実証された。

しかしながら、それまでの評価では必要最小限の受信局数及び受信局配置での検証であり、このような限定的な評価では、実用化に向けた、運用装置としての信頼性を推し量ることが難しいと考えた。そのため本研究では、先の研究状況下から評価環境の拡張を行い、航空機の実運用データを幅広く取得・解析し、管制運用に対応可能な監視装置としての実用化・信頼性評価を行った。

3. 研究成果

本研究では、仙台空港の評価環境において、空港全面を監視対象とするよう拡張するため、受信局を 8 局まで追加した。設置した受信局は従来型マルチラレーションに比べて大幅に簡素化され、設置及び維持コストの低廉化に

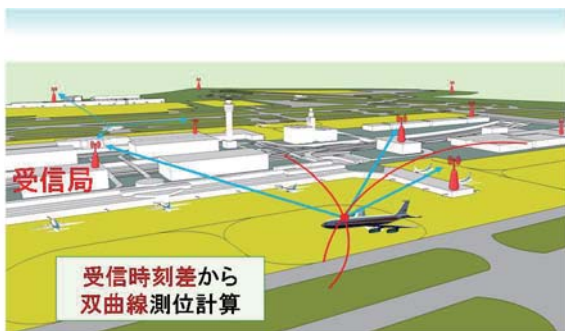


図 1 マルチラレーションの測位原理

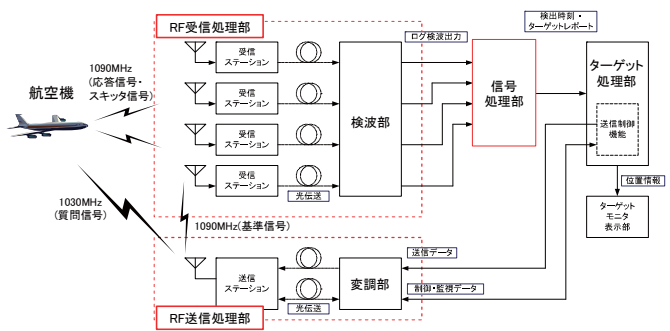


図 2 OCTPASS 装置の構成概要

寄与できるものと期待される。更にこれらの受信局部の消費電力が極めて低いことを利用し、一部の局ではソーラーパネルとバッテリーによる駆動を、一部の局では光ファイバの予備の空き心線を活用した光給電方式による駆動を実現し、その稼働状況を確認した。受信局の追加を行った以降の概ね2年半の間、受信局部の動作が故障により停止したことは一切なく、メンテナンスフリーであることを利点に有することが確認された。

装置の測位性能の向上、監視範囲拡大に関する検討も本研究の中で行った。航空機の位置に応じて適宜、測位計算方法を切り替える手法を開発し、これにより空港面のみならず、空港周辺 30NM 程度までの飛行中の航空機も OCTPASS で検出できるようになった(図3)。例えば、近傍飛行や最終進入から着陸までを途切れなく監視することが出来、本来のマルチラレーションの枠を超えた利用方法の検討も大いに期待される。

併せて、本研究では、評価装置による航空機位置情報(測位結果)を、仙台空港事務所の運用担当官らに試供し、空港面の表示画面を日常的にモニタしてもらい、その挙動について運用者視点での評価をお願いした。運用者評価の一環として実施したアンケート調査では、装置の実用性、信頼性といった視点から、97%を超える方々から”とても良い”、または”良い”との評価を得た。

4. 今後の見通し

実用化評価を通してシステムの実用性や有用性は十分に実証できたと考えられる。本研究の成果は当研究所の知財も活用しており、無線機メーカーと特許使用許諾契約の締結を経て、既に OCTPASS は製品化されている。今後、本成果の国内外での活用が期待できる。

掲載文献

- (1) 角張: "光ファイバ無線技術を利用した航空機受動監視システム", IEEE Microwave Theory and Techniques Society Kansai Chapter 光ファイバ無線技術の応用システムワークショップ, 2013年4月
- (2) 本田, 角張, 古賀 他: "空港面監視システムへの RoF の応用", 電子情報通信学会技術研究報告, vol.113, no.144, MWP2013-33, pp.155-160, 2013年7月
- (3) Honda, Kakubari, Koga et. al.: "Analysis of Propagation Characteristics on Airport Surface," Proceedings of 2013 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe), pp.727-732, September, 2013
- (4) 角張, 古賀, 宮崎 他: "光ファイバ無線を利用したマルチラレーション", 2013年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会講演概要集, B-2-45, p.273, 2013年9月
- (5) 角張: "空港面監視システム(MLAT)OCTPASS の概要と評価状況", CARATS ATM-WG 監視アドホック2会議, 2014年11月
- (6) 本田, 角張: "見通し内外を考慮した精度劣化指数から見る空港内測位環境の評価", 電子情報通信学会2015年総合大会通信講演論文集, B-2-9, p.232, 2015年3月
- (7) 角張, 古賀, 本田, 松永, 宮崎: "光ファイバ無線を用いた航空機監視システムの実用化評価", 平成27年電気学会全国大会講演論文集第3分冊, 3-014, p.15, 2015年3月
- (8) 角張, 古賀, 本田 他: "光ファイバ接続型受動監視システムの実用化評価", 平成27年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.75-78, 2015年6月

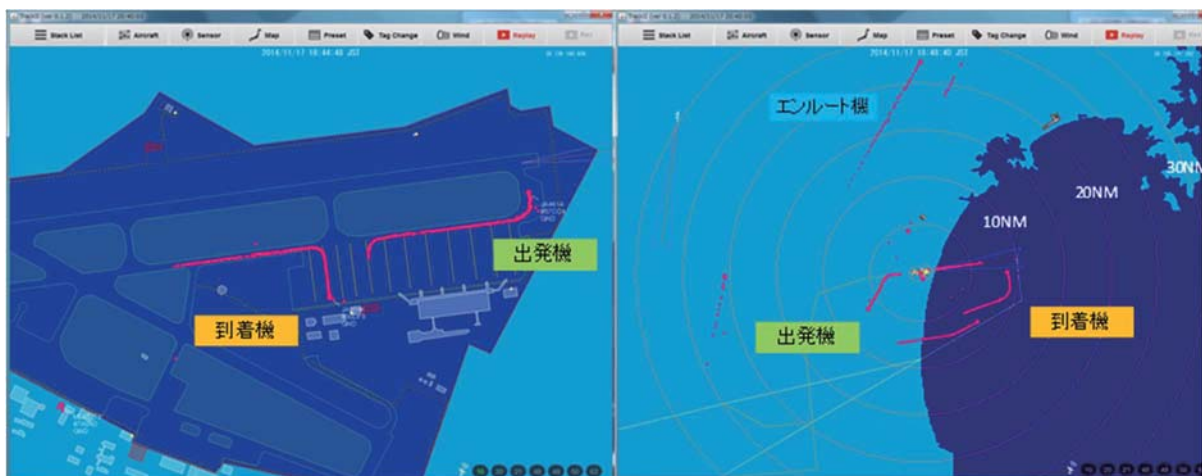


図3 航空機の120秒航跡の例(左: 空港面, 右: 空港近傍)

監視システムの信号環境と将来予測に関する研究 【指定研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○大津山 卓哉, 本田 純一, 小瀬木 滋
研究期間 平成 26 年度～平成 29 年度

1. はじめに

現在の航空機監視システムでは周波数帯域を共有するためにランダムアクセス方式のパルス通信を使っている。ランダムアクセス方式のシステム性能は帯域内信号量に依存している。そのため監視性能を正確に見積もるためには、帯域内の信号量を正しく評価することが重要となる。一方、現在の信号量や運用環境から将来の信号環境を予測することによって新規に導入される監視システムの性能も推定可能となる。これらの信号量測定・信号量推定については ICAO 監視パネル等でも注目されている。

本研究では航空機監視システムに使用される帯域の地上および上空での信号量を測定しその評価を行う。これによって交通量の変化による信号量変化が得られ、また、新たに導入された監視システムの信号環境の観点からの性能評価が可能となる。

2. 研究の概要

本研究は 4 カ年計画であり、2 年目である平成 27 年は昨年に引き続き次のことを行った。

- ① 信号環境評価手法の開発
- ② 信号環境測定装置の開発
- ③ 測定実験による信号環境取得・評価

3. 研究成果

平成 27 年度はこれまでに ICAO の監視パネル等に提出された、1030/1090MHz 信号環境関係の文献を調査するとともに、これまでに電子研で行ってきた実験データ等の整理を行った。これらの調査と既存の信号環境測定装置等の調整・改良や新たな手法の検討を行うとともに、実験結果に基づく信号環境の現状を ICAO 監視パネルに報告した。

3.1 信号環境評価手法の開発

信号量を推定するための手段として、(1) 対象とする帯域内に含まれる信号の種類とそれぞれの信号毎の発生数を求める方法、(2) 発生した信号の種類とは無関係にある単位時間内に任意の信号強度レベルを超える占有時間を求める方法の 2 通りが考えられる。どちらにもそれぞれ長所、短所があり、希望する測定対象によって必要な手

法をとる必要がある。(1) では、信号種類毎の具体的な統計を得る事ができる反面、統計量が受信機の特性に依存してしまうことや、未知の信号は統計から漏れてしまう可能性がある。(2) では帯域内の信号量を正確に見積もれる代わりに、どんな種類の信号が多いのかなどの具体的な信号数を得る事が難しい。これら 2 つの処理方法の関係を理解するために、飛行実験にて得られた 1030/1090MHz 帯域信号に信号処理を行い、信号量推定手法についての比較検討を行った。既存の受信機を使用した(1)による解析結果では、マルチパスや未知信号が発生数から漏れてしまい、また計算処理によって取得可能な(2)では測定時間の 5～10 倍程度の処理時間が必要である。そのため、ソフトウェア無線機を使用して、マルチパスを含む信号環境においても解析が可能となる受信機の開発および取得信号から帯域内信号量を計算可能な受信機を開発することとした。

3.2 信号環境測定装置の開発

信号環境を直接的に測定するのではなく、一度帯域内のすべてを記録し、それらの記録信号を再生することによって、信号環境測定を行っている。昨年度、信号環境記録装置を 1ch 記録から 2ch 同時記録が出来るように変更したため、1030/1090MHz を同時に測定して、質問/応答の関係も含めた信号環境測定が可能となった。

また、取得したデータは計算処理による統計解析や既存受信機をつかった統計処理のほかに、機上トランスポンダや地上受信機と同等の動作をする受信機をソフトウェア無線機によって構築し信号環境測定が容易にできるよう準備を進めている。

3.3 測定実験による信号環境取得・評価

航空機に信号環境記録装置を搭載し信号環境記録実験を行った。国内のほぼすべての空域を飛行するルートを検討し、多くのデータを取得することが出来た。国内でも信号量の比較的多い地域である東京周辺を通過する経路での信号環境測定解析結果を図 1, 2 に示す。図 1 は単位時間内の信号占有率を求めたものであり、1 秒あたりの占有

率は最も高い場合でも5%程度であった。欧米における混
信号占有率の測定

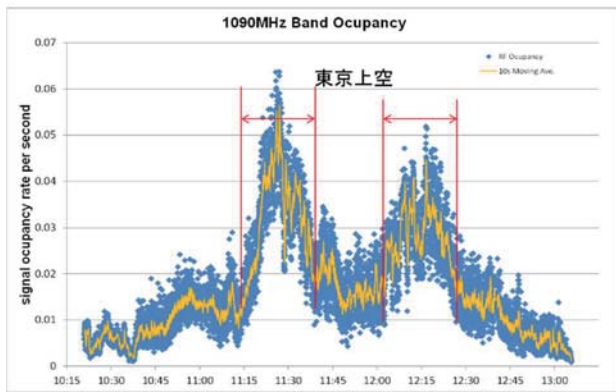


図1：飛行実験によって取得した1090MHz信号占有率。縦軸は1秒あたりの占有率、横軸は測定時刻。

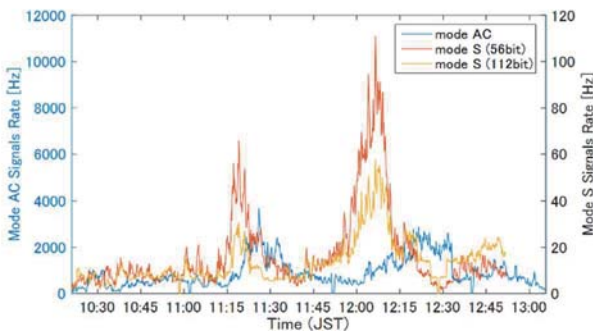


図2：図1と同一データによる信号種別信号量。横軸が測定時刻、左縦軸がModeA/C信号量、右縦軸はModeS信号量。

雑エリアの占有率は10%程度まで達していることから、日本国内での信号数は十分少ないといえる。また図2は図1と同一経路における1090MHz応答信号の信号数を計測したものである。5%の占有率の場合ModeA/Cで約5000個、ModeS-Longで約400個の信号があると期待されるが、実際には半分から10分の1程度にしかならない。これはすでに述べたように、占有率にはマルチパス信号や未知信号が含まれて計測されているためであり、これらの解決のためにより詳細な解析が必要となる。

今年度は飛行実験に加えて、測定車に信号環境記録装置を搭載し、仙台空港内および空港周辺で地上における信号環境測定を実施した。地上のマルチパス信号を含む信号環境測定はICAO等でも注目されており、受信機のマルチパス干渉対策を含めた、より詳細な解析結果が求められている。

4. まとめ

本年度は信号環境測定装置の開発および実際に計測し

た結果を過去の測定データと比較して、信号測定手法の有効性を確認した。現在おこなっている測定手法は、信号占有量と信号毎の発生数との間の関係を求め検証する必要があるものの、得られた結果は地上のレーダサイト数や付近の航空機数から推測される結果と比較して妥当であると考えられる。測定結果の精度を上げるために、今後推定方法や計測方法についてより詳細な検討が必要である。

所外発表

- (1) T. Otsuyama, H. Miyazaki, J. Honda and S. Ozeki, "Report on Preliminary Analysis of 1030/1090 RF Measurement in Japan," ICAO SP-ASWG/1, Apr. 2015.
- (2) T. Otsuyama, J. Kitaori and S. Ozeki, "Evaluation of New Radio Equipment using SDR," LINK16-MNWX, May 2015.
- (3) T. Otsuyama, H. Miyazaki and J. Naganawa, "Updates on Preliminary Analysis of 1030/1090 RF Measurement in Japan report in SP1-ASWG1-WP/31," ICAO SP-TSG, July 2015.
- (4) T. Otsuyama, H. Miyazaki and J. Naganawa, "Updates on Preliminary Analysis of 1030/1090 RF Measurement in Japan reported in SP1-ASWG1-WP/31," ICAO SP-ASWG/2, Oct. 2015.
- (5) 大津山 卓哉, 長縄 潤一, 宮崎 裕己, "飛行実験による監視信号環境の測定", 電子情報通信学会技術報告
- (6) 大津山 卓哉, 長縄 潤一, 本田 純一, 宮崎 裕己, "航空機監視信号環境に関する一検討", 電子情報通信学会 2016 総合大会

SWIMによる航空交通情報システム基本技術の研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○呂 暁東, 古賀 禎, 住谷 泰人, 塩見 格一
 研究期間 平成26年度～平成27年度

1. はじめに

今日、航空機の運航の安全性と効率性を向上するため、飛行情報、航空情報、気象情報などの情報について、効率的な情報管理と関連システム間の協調運用が求められている。これを実現するため、ICAO（International Civil Aviation Organization）では、SWIM（System Wide Information Management）という次世代の航空交通システムの情報基盤の構築を目指している。

現在、欧米を中心として、SWIM実証システムの研究開発が進められており、我が国においてもCARATS（Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems）のロードマップにおいて、SWIMが必要不可欠な通信インフラとして挙げられている。しかし、日本の航空交通システムを取り巻く環境は欧米の状況と異なり、欧米の仕組みは必ずしも我が国に適用可能とは言えない。このような背景から、我が国に対するSWIMの構築に向けて、要素技術等の研究開発が求められている。

2. 研究概要

本研究では、SWIMに関して必要最小限の機能を有するテストシステムの構築を行い、国際実証実験に参画し、SWIM実現に必要な解決すべき技術課題を抽出する。これにより、我が国に適した次世代航空交通情報システムの構築に必要な運用、技術面等の課題を整理し、今後のSWIM実験システムの構築に必要な要素技術を開発する。本年度は2カ年計画の2年目であり、主に以下の研究開発を行った。

- ・ SWIMに関する国際実証実験であるMini Global Demonstration II（MGD-II）の実施
- ・ SWIMによる航空交通情報共有基盤に関する性能要件の分析と構築技術の評価

3. 研究成果

3.1 国際実証実験

Mini Global Demonstration（MGD）は、ICAOに協力する形で、米国連邦航空局（FAA）が主導するプロジェク

トであり、航空交通の状況を常に共有し、様々な状況に柔軟に対応できるようになることを視覚的に示す実証実験を行った。平成26年9月にMGD-Iが成功裏に終わり、平成27年からは、複数のサービス提供者によるGlobal Enterprise Messaging Service（GEMS）というグローバルな接続環境と情報交換プラットフォームを構築するための国際実証実験として、MGDの第2フェーズ（MGD-II）を開始した。

当研究所は、航空局の要請により、引き続き、MGD-IIテストシステムを開発し、実証実験に参画している。MGD-IIでは、地域の要件を満たす地域ごとに開発したSWIMテストシステムを相互に連携し、全世界的なサービスが提供できることを実証することを目指している。このため、様々なニーズを満たすシステムアーキテクチャを構築するなど、当研究所と国内企業が連携して国内向けと国外向けの多層構造（マルチレイヤー）を有する日本側の実験システムを作り上げた。

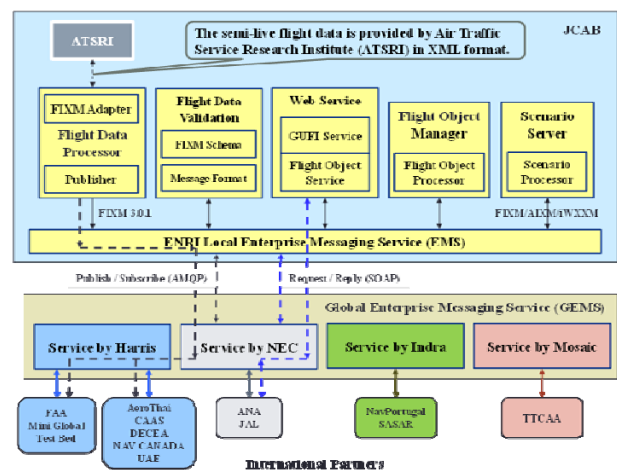


図1 MGD-IIテストシステムの構成

図1は、開発したMGD-IIのテストシステムアーキテクチャを示している。四つのGEMSサービス提供者（Harris, NEC, Indra, Mosaic）があって、当研究所側のLocal EMSとNEC側のGlobal EMSにより、日本側の実験環境が構成されている。データの性質や利用者の要請に応じて様々な通信方式を適切に選択できるようになっている。例え

表 1 性能要件の分析結果

Technologies Requirements	Network Infrastructure		Messaging Infrastructure					
	WS + Internet	EMS + VPN	Publish / Subscribe			Request / Reply		
			AMQP	JMS	DDS	SOAP	REST	WFS
Performance	1	2	2	2	3	2	2	2
Interoperability	3	2	3	1	3	3	3	3
Fault Tolerance	3	2	2	2	3	2	3	2
Maintainability	2	3	3	3	2	3	3	2
Security	2	3	3	2	1	2	1	2

ば、多数の利用者に同報できるPublish / Subscribeの通信方式にはAMQP (Advanced Messaging Queuing Protocol) を使っている。また、利用者が適宜情報を求め、それに対して応答のあるRequest / Replyの通信方式にはWeb Service (WS) のSOAP (Simple Object Access Protocol) を使用している。

また、性能要件の分析を行うため、準リアルタイムの飛行情報の送受信をはじめ、FIXM (Flight Information Exchange Model) による飛行情報の検証機能やGUFU (Global Unique Flight Identifier) による航空機オブジェクトの管理機能など複数のアプリケーションを開発した。海外との飛行情報 (FIXM)、航空情報 (AIXM: Aeronautical Information Exchange Model)、気象情報 (iWXXM: ICAO Weather Information Exchange Model) の交換テストにより、多層構造の有効性を示した。一方、実証実験を通じて、ローカル、リージョナルとグローバルの情報管理に関して幾つかの課題が明らかになったため、今後検討を進めて行く予定である。

3.2 性能要件の分析と構築技術の評価

実証実験により、SWIMの構成要素であるネットワークインフラとメッセージングインフラの性能要件を分析し、いくつかの構築技術の評価した。表1には、性能要件である通信性能 (Performance)、相互運用性 (Interoperability)、耐障害性 (Fault Tolerance)、保全性 (Maintainability)、安全性 (Security) の分析結果を示している。ネットワークインフラに関しては、Web Service over Internet (欧州) とEMS over VPN (Virtual Private

Network) (米国) を比較した。メッセージングインフラに関して、Publish / Subscribeの通信方式について、AMQP とJMS (Java Messaging Service) とDDS (Data Distribution Service) を分析した。また、Request / Replyの通信方式について、SOAPとREST (Representational State Transfer) とWFS (Web Feature Service) を分析した。

表1の評価指標の数値について、3は十分な性能を持つ機能を提供している；2は使用目的によっては制限がある；1は性能の保証が考慮されていないことを表している。

4. まとめ

引き続き、欧米を始め、アジアの国々と連携した新しい国際実証実験が計画されている。本研究及び後継研究においても、航空局と連携しつつ、研究成果をICAO等に報告・提案し、世界的なSWIMの構築に貢献していく予定である。

掲載文献

- (1) X.D. Lu and K. Shiomi, "Report of JCAB / Mini Global Demonstration," FATS / 16 WG, San Jose, USA, May 2014.
- (2) H. Shirasaki and X.D. Lu, "Research and Development of SWIM," Information Paper, Air Traffic Management Requirements and Performance Panel (ATMRPP) 26th Working Group Meeting, Tokyo, Japan, July 2014.
- (3) 呂 曉東, "ミニグローバルデモンストラーションの報告 (電子航法研究所)," CARATS第15回情報管理検討WG, 2014年10月。

- (4) X.D. Lu and T. Koga, "Real-time Oriented System Wide Information Management for Service Assurance," IEEE Proc. of International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, Taichung, Taiwan, Mar. 2015.
- (5) X.D. Lu, "Development Plan for Mini Global II," FATS / 18 WG, San Diego, USA, May 2015.
- (6) X.D. Lu, "Report of JCAB/ENRI," Mini Global II – Asia/Pacific TIM, Bangkok, Thailand, June, 2015.
- (7) 呂 曉東, "MINI GLOBAL IIの進捗状況 (電子航法研究所), " CARATS第19回情報管理検討WG, 2015年8月。
- (8) X.D. Lu, "The Research and Development of Global SWIM," ATMRI-ENRI Joint Seminar, Singapore, Sep. 2015.
- (9) X.D. Lu and T. Koga, "Service Oriented Architecture for Global System Wide Information Management," IEEE Proc. of GCCE2015, Osaka, Japan, Oct. 2015.
- (10) X.D. Lu, "Progress of MG-II and Data Validation in SWIM," FATS / 19 WG, Tokyo, Japan, Nov. 2015.

空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○角張 泰之, 古賀 禎, 宮崎 裕己, 松永 圭左, 本田 純一, 田嶋 裕久
 研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度

1. はじめに

空港面における航空機監視情報の高精度化により、空港面交通の安全性及び運航効率の向上に資する空港面監視システムである「マルチラテレーション(MLAT)」について、当研究所は、従前の MLAT の課題であった空港内エプロン近傍等におけるマルチパス信号干渉の改善と整備・維持管理コストの低廉化を図るべく「光ファイバ接続型受動監視システム(OCTPASS)」の提案・開発を行ってきた。平成 25 年度から 3 ヶ年で実施した実用化評価研究においては、実験システムを仙台空港に設置し、運用者による信頼性評価も行い、空港周辺をも監視範囲とする MLAT として、その有用性を実証した。

OCTPASS の空港周辺監視機能では、空港用広域マルチラテレーション(WAM)に相当する監視性能を提供できる。特に OCTPASS の場合、受信局の設置箇所は空港内を基本とすることから、設置に係る制約等を受けにくく、整備・維持費の低減が期待出来る。

一方、空港周辺を飛行する航空機には、未だモード S トランスポンダを装備していないもの(以下、「モード A/C 機」と称する)も存在するため、空港用監視システムとしてはモード A/C 機への対応が不可欠である。OCTPASS は、光ファイバ無線技術(Radio over Fiber)を応用しているので信号干渉に強く、また、受信信号のグループ化機能に優位性がある。このため、空港用 WAM で特に課題とされている、モード A ファミリービーコンコード(FBC)の送信元識別を比較的正確に実現可能であると考えられる。本研究ではこれを実現するモード A/C 機対応マルチラテレーションの開発・評価を中心に、空港面から近傍空域までを一元的に

カバーする監視システムの実現を図る。

本研究では、前述の先行研究において開発・整備した実験システムを活用することとした。

2. シームレスな全機監視

マルチラテレーションは、通常、航空機のモード S トランスポンダから送信される電波(モード S スキッタ信号やモード S 応答信号)を利用して測位を行う受動監視システムである。即ち、原理上は、航空機への質問送信を必要としない。しかしながら、実運用を視野に入れた場合、周辺を飛行する航空機のビーコンコード情報や気圧高度情報の取得を行う能動的な質問信号の送出が不可欠であり、システムの構成要素として送信処理部が必要である。

マルチラテレーションの高度化として開発を進めてきた OCTPASS もまた、送信処理部を備え、航空機のトランスポンダに向けた質問送信が可能である。装置の構成を図 1 に示す。OCTPASS 送信処理部は、機器室内に設置する「変調部」と空港内の送信サイトに設置する「送信ステーション」から構成され、両者の間は RF 光伝送技術(RoF: Radio over Fiber)を使用しており、複雑な処理は全て機器室側の変調部で行っている。これにより、マルチラテレーション測位に必須である時刻測定を行う「信号処理部」と、送信電波を生成する「変調部」とが、クロックを共有することが出来る。OCTPASS の場合、送信局の設置位置と受信局の設置位置が異なるが、上記のクロックの共有により、質問信号の送信から応答信号の受信までの時間を極めて正確に計測することが可能である。このようなレンジング(測距)を行うと、送信局・受信局と航空機との間に楕円を

作図でき、これらを複数描くことにより、交点部分に航空機位置を算出することができる(図 2)。レンジングによる楕円測位を行うと、複数の受信局に囲まれた内側に限らず、その外側においても航空機位置の算出が安定的に可能となる。先行研究で整備した OCTPASS 実験システムにおいては、モード S トランスポンダを搭載した航空機に対するレンジングにより、空港周辺を対象とした航空機監視性能が確認されており、この

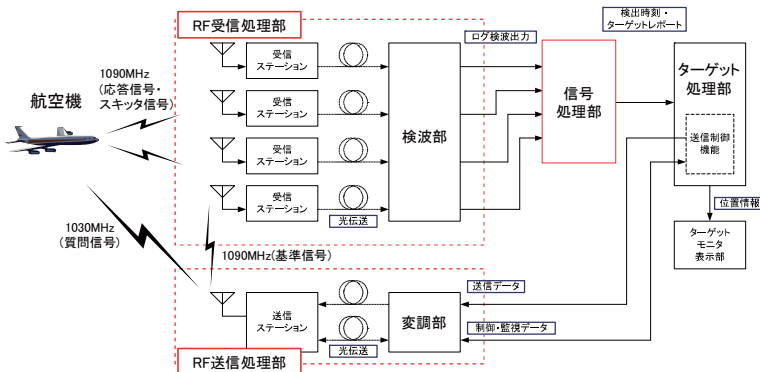


図 1 OCTPASS 装置の構成概要

技術を利用することで、空港からその周辺までをシームレスに監視することが可能である。モード A/C トランスポンダは、質問信号による誘発によってのみ応答信号を送出する。モード A/C 機の監視においても、同様の方式により、空港周辺を対象とした監視が可能となる(図 3)。

3. 研究の概要

マルチラテレーションをモード A/C 機対応とするためには、送信機及び受信機の両者をモード A/C 信号に対応させなくてはならない。モード A/C 信号は、モード S の信号形式に比べてシンプルであるが、それ故、信号数が輻輳する環境において、一般的には信号の検出や信号毎の識別が困難になる。受信信号を RF レベルで直接光伝送する方式を採用した OCTPASS の場合、複数の受信局で得られる同一送信元の信号をグループ化する処理に優れており、このような状況でも比較的容易にモード A/C 信号に対応できる。

本研究では、OCTPASS 装置のモード A/C 信号対応化を実施し、その性能を評価する。具体的には、受信側の信号処理部におけるモード A/C 応答信号の処理機能の追加、送信側の変調部における SSR 質問信号の生成機能の追加を行う。その上で、仙台空港周辺におけるモード A/C 機監視

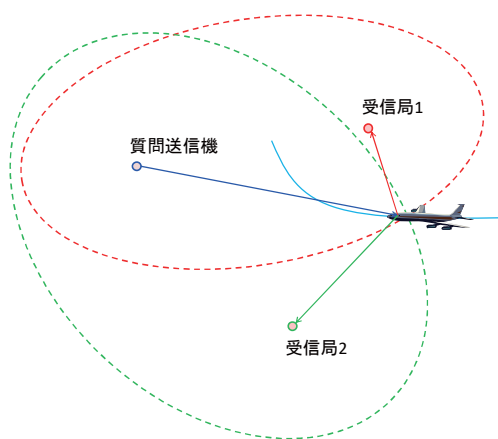


図 2 送信局と受信局の位置が異なる場合のレンジング(測距)による楕円測位の原理

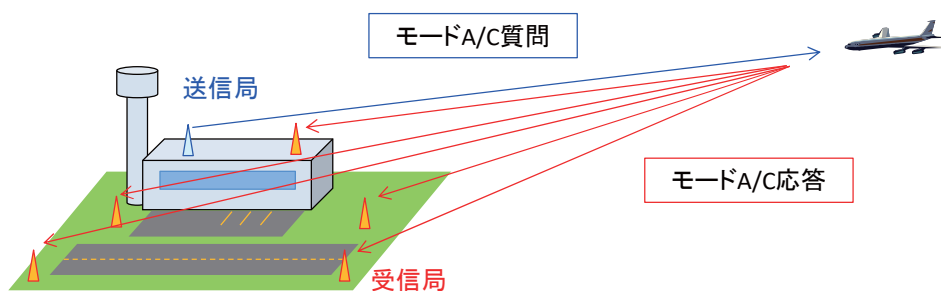


図 3 OCTPASS 装置によるモード A/C 機監視

の実証を行う。併せて、レンジングによる楕円測位に適した SSR 質問信号の送信方法について、検討を実施する。

4. 研究成果

4 年計画の初年度である本年度は、既存の OCTPASS 装置に対するモード A/C 信号対応化改修を行った。信号処理部におけるモード A/C 応答の処理では、実際に仙台空港周辺で送信されているトランスポンダのモード A/C 応答信号を受信し、それらの検出処理及びグループ化処理が正常に行われることを確認し、他の監視システムからの SSR 質問信号が存在すれば、受動測位も可能であることを確認した。

また、送信側においては、モード A/C 質問(SSR 質問)の送信機能の追加の他、ウィスパーシャウト送信に対応するための動的な電力制御機能なども実装を行った。これらの機能については、現在、動作検証を進めている。

5. 今後の見通し

初年度の装置の改修等が終わり、本格的な実環境での評価の開始を予定している。引き続き、モード A/C による楕円測位の評価に進む予定である。

掲載文献

- (1) 角張, 本田, 古賀 他: "航空管制用監視システムと RoF 応用", 電子情報通信学会技術研究報告, vol.115, no.336, MWP2015-52, pp.1-4, 2015 年 11 月
- (2) J. Honda, Y. Kakubari and T. Koga: "DOP Simulation Considering LOS/NLOS for Aircraft Positioning on Airport Surface," Proc. the 2015 IEEE 5th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR), pp.773-776, Singapore, September 2015
- (3) 角張: "光ファイバ接続型受動監視システムについて", 一般財団法人航空振興財団 航空保安システム技術員会 平成 27 年度調査研究報告書, pp.170-185, 2016 年 3 月

ADS-B方式高度維持性能監視の研究【指定研究A】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○松永 圭左, 宮崎 裕己
研究期間 平成27年度～平成28年度

1. はじめに

国際民間航空機関（ICAO）の国際技術基準において、高度29,000から41,000フィートの空域にて、航空機の垂直方向の管制間隔を従来の2,000フィートから1,000フィートに短縮する短縮垂直間隔（RVSM; Reduced Vertical Separation Minimum）方式が制定されており、日本の管制空域では平成17年から運用が始まっている。RVSM運用の導入による効果として、空域容量の増加、消費燃料・飛行時間の節減、航空路交差点での高度変更クリアランスの減少等がある。

RVSM運用においては、地域監視機関（RMA; Regional Monitoring Agency）が、担当する空域を飛行する航空機の高度維持性能の監視を含む継続的な安全性評価を行うこととなっている。日本においては、地域監視機関として国土交通省航空局（以下、航空局）が地上設置型高度監視装置（HMU; Height Monitoring Unit）を高松、仙台、新潟の3箇所に整備し、高度維持性能監視を実施している。

航空機の高度維持および航空管制は、気圧高度情報に基づいているため、航空機の高度維持性能監視では気圧高度計の誤差を測定する必要がある。誤差の測定には、別途計測された幾何高度を用いる。現在、航空局が整備しているHMUでは、航空機のレーダ応答装置からの信号を地上に複数配置された受信局で受信し、各受信局間の受信時刻差から幾何高度を計測している（マルチラレーション方式）。一方、航空機からのADS-B（Automatic Dependent Surveillance- Broadcast; 放送型自動位置情報伝送・監視機能）データに含まれるGNSS幾何高度情報を用いる高度監視（ADS-B方式）が、豪州等により開発・運用されている。ADS-B方式高度監視システム（HMS; Height Monitoring System）は、マルチラレーション方式に比べて広い空域を飛行する航空機のデータを収集でき、また、整備・運用コストの低減が見込まれる。

上記の状況を踏まえ、当研究所において、平成26年度にADS-B方式HMSの誤差要因調査を実施した。本調査の結果、主要な誤差要因として、高度維持性能監視に必要な幾何高度の基準面（ジオイド高または楕円体高）の判別の誤り、気象データ誤差、および高度情報の量子化誤

差があることが判明した。特に幾何高度の基準面判別および気象データは地域的な特性があるため、我が国においてADS-Bを用いた高度監視を実施するには、日本においてADS-B方式高度監視システムを導入した場合の性能評価を行う必要がある。

本研究では、これらの誤差の評価および高度監視に必要なデータの誤差分布特性に応じた対応策の導出を行うことを目的としている。

2. 研究の概要

2.1 ADS-B方式HMSの処理概要

航空機から周期的に放送されるADS-Bデータには、航空機の緯度・経度、気圧高度、およびGNSS幾何高度等が含まれている。

図1に、ASE算出処理説明図を示す。航空機の気圧高度は、ICAOの標準大気モデルを用いて、気圧値に変換される。この気圧値を幾何高度に変換するために気象データを用いる。気象データは、観測値に基づき3次元モデルで生成されており、緯度経度格子点における気圧と幾何高度の対応を示すものである。変換された高度は、地球のジオイド面からの高度（ジオイド高; Geoid Height）である。これを、GNSSの座標系で使用されている回転楕円体からの高度（楕円体高; Ellipsoid Height）に変換するために、ジオイド高データを用いる。



図1. ASE算出処理説明図

上記の処理により得られた幾何高度値と、GNSS幾何高度値の差が、気圧高度計の誤差 (ASE; Altimetry System Error) として算出される。

高度維持性能監視では、ICAOの基準にもとづき、ASEが245フィートを超える航空機をRVSM非適合機として判定する。

2.2 ADS-B方式HMSの主要な誤差要因

平成26年度に実施したADS-B方式HMSの誤差要因調査において判明した主要な誤差要因を以下に示す。

(1) GNSS幾何高度基準面

ADS-Bデータに含まれるGNSS幾何高度は、航空機の種別等に依り、ジオイド高または楕円体高のいずれかの値が放送されている。しかしながら、ADS-Bデータにはどちらの高度基準面からの幾何高度かを示す情報は含まれていない。このため、高度基準面の判別手法を検討する必要がある。基本的には、分析に用いるADS-Bデータの収集期間はASEの値は一定であるとし、地理的にジオイド高が異なる場所を飛行している時のデータを収集・分析することにより、ASEが一定値を示す高度基準面からの高度であると判定する手法を用いる。

(2) 気象データ誤差

前項で記したように、気圧高度を幾何高度に変換するために、実際の気象観測値とモデルにより算出された気象データを用いる。観測点の配置や、気象モデルの特性等により、誤差が生じる可能性がある。このため、場所、気象データの生成・予報時刻からの劣化、および気象条件等による誤差の影響を分析する必要がある。

2.3 誤差要因の影響評価システムの開発

前節に示した誤差要因は地域性があるため、実データを用いた影響評価が必要である。このために、評価システムを開発する。

3. 研究成果

平成27年度は、当研究所の調布本所、および、航空局のHMUの覆域を飛行する航空機からのデータを



図2. ADS-B受信システム (高松空港事務所)

収集するため、当研究所の岩沼分室、および高松空港事務所に、ADS-B受信システムを設置し (図2)、受信システムからのデータを収集するシステムおよび誤差評価ツールの開発に着手した。

図3に、高松空港事務所に設置したADS-B受信システムで収集されたデータ例として、ある航空機の航跡およびADS-Bデータに含まれる気圧高度値、気圧高度と幾何高度の差の値を示す。

4. まとめ

平成28年度は、評価ツールを用いた実データ解析による影響評価を行い、高度監視システムの性能要件を満たす条件および対応策の導出を行う。さらに、対応策を適用し、ADS-B方式HMSの測定結果から、RVSM非適合機を判定する高度維持性能監視ツールの作成を行う。

本研究の成果は、ADS-B方式HMSの我が国での導入を検討する際の判断資料、および導入時の技術移転材料に資することを目的としている。

掲載文献

- (1) 松永、宮崎：“ADS-B データを用いた航空機の高度維持性能監視”，JSASS-2015-1025，日本航空宇宙学会第46期年会講演会講演集，2015年4月
- (2) 松永、宮崎：“ADS-B データを用いた航空機高度維持性能監視の試験システム”，B-2-24，2016年電子情報通信学会総合大会講演論文集，2016年3月

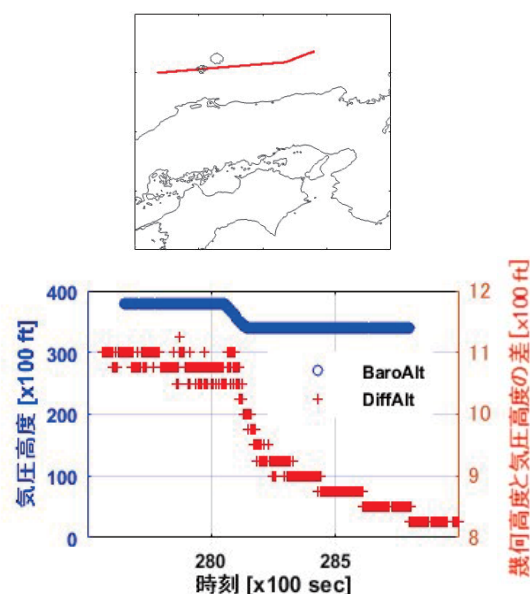


図3. 1機体の航跡 (上図)，およびADS-Bデータ中の気圧高度 (○印) と気圧高度と幾何高度の差 (+印) (下図)

様々な電子機器と航空機搭載機器との電磁両立性に関する研究【指定研究B】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行
研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

1. はじめに

欧米のみならず、我が国でも乗客が航空機内に持ち込むスマートフォン等の電波を発する電子機器や乗員が航空機内で使用する業務用タブレット等の電子機器について、航空機内利用に対する要望が高まっている。これら要望に応えるため、機内における電子機器の使用を許容するための国際基準に準拠しつつ、電子機器と航空機搭載電子機器との電磁両立性評価方法を策定されてきたところである。このような評価を行う場合、航空機固有の電波伝搬特性が重要な要素となっており、航空機の機種毎に実測値を用いて安全性を評価している。

本研究の目的は、乗客、乗員等の機内での電子機器利用にあたって、航空機の安全運航が担保されるよう航空機搭載機器と乗客が持ち込む電子機器との電磁両立性を明らかにすることである。この両立性を評価するためには、航空機の機種毎に機内で発生した電波の航空機搭載機器への侵入度合いの評価が必要であり、将来的な評価・認証手続きを正確かつ簡便にするために必要なデータベース化、評価手続きを確立することが必要である。

加えて、新しい航空機に対しては航空機設計過程の段階で様々な外来電波に対する電磁干渉の可能性について事前検討やリスク評価が求められている。それを受けて、本研究では、既存の、あるいは新しい無線設備等の開設に際し、外来電波からの航空機搭載機器を防護する指針を確立することも目的とする。特に、大電力の無線設備、あるいは隣接した周波数を使用する無線設備に対する防護指針をまとめる。更には、航空機の飛行許可申請の際に必要な外来の電波による電磁干渉のリスク評価手法について検討を行う。

2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

平成 25 年度 各種航空機データの収集・整理
平成 26 年度 航空機の諸電波特性の解析手法の検討
平成 27 年度 航空機認証等にかかる電磁両立性評価手法の検討

3. 研究内容

昨年度までの研究成果から、航空機内からの放射電波による航空機搭載機器への影響評価手法を確立した。平成 27 年度は、外来電波の航空機搭載機器への影響を見積もるため、文献等による大出力無線設備の影響評価と、実測と無線局データベースを用いて、飛行経路および空港環境で発生しうる過酷な電波環境の範囲の評価を行った。

まず、文献や総務省から提供される無線局データに基づき、代表的な高出力無線設備の等方輻射電力値を算出した。強電界を発生する無線設備は、無線局の出力電力が高い設備、アンテナ利得が高い設備が該当する。また、航空機への外来電波に対する耐性を確認するため、米国連邦航空局などでは強電界試験環境基準を定めている。固定翼機が耐えるべき過酷な強電界環境値として規定された値を超過する範囲を算定した。比較的の影響の範囲が広い無線設備として、FM 放送 (109m)、MM 放送 (218m)、ARSR (335m)、5 GHz 気象レーダー (230m)、PAR (100m)、9 GHz レーダー (112m)、ASDE (289m) が挙げられ、送信電力とアンテナ利得ともに高いレーダー設備が広い範囲で影響があることが示された。

飛行経路を基に、無線局のデータから該当する無線設備を抽出し分析を行ったところ、実際の飛行中においては上記の無線設備より近接することはなかった。しかし、駐機場所や誘導路などの空港面で、地上の空港監視レーダー等に接近する可能性が高いことが示された。

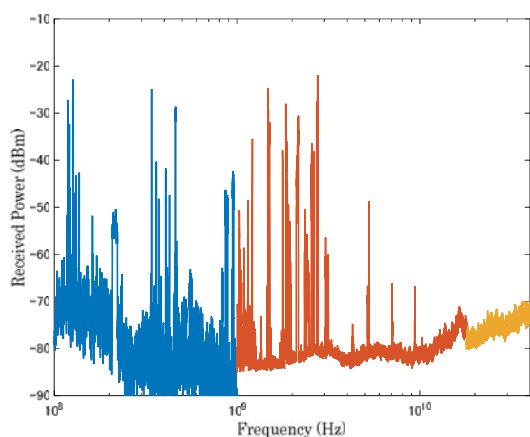
そこで、実環境における電波の利用状況を調査するため、複数の空港において、空港内で発生している電波の調査を行った。比較的強いレベルで観測された周波数から利用されている機器を推定したところ、航空無線設備、携帯電話設備、業務用無線設備等が観測された。中部空港を例に図示すると、気象レーダー、ASDE、ASR の影響範囲が広く、他の無線設備の影響は小さいことが分かる。空港の無線設備設置情報として ASDE を設置している空港で3度測定を行っているが、ASDE の電波を観測することはなかった。また、PAR は県営名古屋空港等ごく少数の空港で現存するのみである。このことから駐機場所やタキシングのルートを選定すれば、通常の運航形態で過酷な強電界環境に曝される可能性は低いことが分かった。

これらの結果から、外来電波による過酷な電波環境に対するリスク評価手法が確立された。

なお、本研究は電磁界解析については北海道大学との、ステルス技術については金沢工業大学との共同研究として実施された。また、外来電波の影響評価については三菱航空機株式会社と連携して実施された。



測定車両外観



中部国際空港周辺で観測された周波数と受信電界強度



中部国際空港における過酷な電波環境となる範囲

掲載文献

(1) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 岡田 国雄, 「外

来電波による干渉を受けた GPS 受信機の挙動解析」, 平成 25 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, 2013 年 6 月

- (2) Takashi Hikage, Masami Shirafune, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, “Numerical Estimation of Propagation Characteristics of Wireless Communications in Crowded Aircraft Cabin”, Proceedings of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting (AP-S/USNC-URSI), 305.9, July 7-13, 2013
- (3) 白船 雅巳, 日景 隆, 野島 俊雄, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 「主翼からの反射波を考慮した航空機内部の無線 LAN 電波伝搬特性評価」, 信学技報, vol. 113, no. 143, EST2013-18, pp. 51-54, 2013 年 7 月
- (4) Takashi Hikage, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura and Naruto Yonemoto, “Large-scale FDTD Analysis to Obtain Precise Propagation Characteristics of In-flight Wireless Access Service”, 2013 AFRICON, September, 2013
- (5) 河村 暁子, ニッ森 俊一, 岡田 国雄, 米本 成人, 「航空機内における 13.56MHz 波の伝播損失モデルの検討」, 2013 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-4-28, 2013 年 9 月
- (6) Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, “Evaluation of Electromagnetic Field Characteristics Inside Carbon Fiber Reinforced Plastic Structure Using Reverberation Chamber Method”, European Microwave Conference, EuMC Poster01-36, October, 2013
- (7) 電子航法研究所, 「電子機器から発射される電波に対する航空機の耐性評価方法」, 航空機内における電子機器使用に関する意見交換会, 国土交通省航空局, 2014 年 3 月
- (8) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 米本 成人, 白船 雅巳, 日景 隆, 野島 俊雄, 「航空機内構造物が内部電磁界伝搬特性に及ぼす影響—フェノール内壁を付加した電波反射箱の構造体 Q 値測定評価—」, 2014 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-4-4, 2014 年 3 月
- (9) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, Masami Shirafune, Takashi Hikage, and Toshio Nojima, “Propagation Characteristics of Boeing 777 Class Large Passenger Aircraft -Numerical Estimation and Measurement Results at 2 GHz Band”, Proc. of ACES2014, Jacksonbill, Florida, USA, March, 2013

- (10) Masami Shirafune, T. Hikage, T. Nojima, S. Futatsumori, A. Kohmura, and N. Yonemoto, “ Estimation of the Electromagnetic Fields Excited by a Cellular Phone in a Typical Aircraft Cabin”, Proc. of 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp.178-181, May 2014.
- (11) 白船 雅巳, 日景 隆, 野島 俊雄, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 「大規模 FDTD 解析による航空機内無線 LAN 端末の経路損失推定」, 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J97-C No. 5 pp. 197-200, May 2014.
- (12) Takashi Hikage, M. Shirafune, T. Nojima, S. Futatsumori, A. Kohmura, and N. Yonemoto, “Estimations on Aircraft Interference Path Loss due to Personal Electric Device Using a Large-scaled Parallel FDTD Analysis”, Proc. of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting, 114.6, Jul. 2014.
- (13) Takashi Hikage, Masami Shirafune, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, “Numerical Estimations of Propagation Characteristics and Interference Path Loss due to Personal Electric Device in a Commercial Aircraft Cabin”, 2014 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition , pp.243-244, Aug. 2014.
- (14) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, Masami Shirafune, Takashi Hikage, and Toshio Nojima, “Evaluation of Effects on Electromagnetic Field Characteristics Inside Aircraft Due to Phenol Internal Structures Using a Reverberation Chamber”, Proc. of the 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC Europe 2014), pp.313-317, Sep. 2014.
- (15) 白船 雅巳, 日景 隆, 野島 俊雄, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 「FDTD 解析を用いた航空機客室-機上アンテナ間の経路損失評価」, 2014 年電気・情報関係学会北海道支部連合大会 札幌市, 2014 年 10 月
- (16) 米本 成人, 「客室内での電子機器利用制限緩和のための航空機評価」, 航空振興財団 平成 26 年度第 2 回航法小委員会, 2014 年 12 月
- (17) 矢萩 幹人, 白船 雅巳, 日景 隆, 山本 学, 野島 俊雄, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 「大規模 FDTD 解析を用いた航空機内 4.4GHz 帯電波伝搬特性の推定」, 信学技報, vol. 115, no. 286, AP2015-124, pp. 83-86, 2015 年 11 月.
- (18) 米本 成人, 「航空機内における電子機器の使用制限緩和の動向」, EMC シンポジウム IIDA2015
- (19) 矢萩 幹人, 白船 雅巳, 日景 隆, 山本 学, 野島 俊雄, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, 「Numerical Estimation of 4.4GHz-band Propagation Characteristics in Aircraft Cabin Using Large-Scale FDTD analysis」, 電子情報通信学会アンテナ伝搬 2 種研究会, 2016 年 3 月

低高度における状況認識技術に関する研究【指定研究B】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○ニッ森 俊一，米本 成人，河村 暁子，森岡 和行

研究期間 平成25年度～平成28年度(4カ年)

1. はじめに

航空機の中でも比較的低高度を有視界飛行するヘリコプタの場合、気象や周囲構造物の影響で障害物等の発見に支障が生じ、事故等が発生するリスクがある。これらの障害物等を事前察知し、周囲を監視するために操縦者を支援するシステムとして、可視・赤外カメラやレーダ等の様々なセンサを組み合わせたシステム等の研究がこれまで行われている。さらに、送電線鉄塔等の障害物データベースと自機位置のGPS情報に基づき接近警報を発生するシステムも検討されている。レーダ走査については、進行方向を中心とした方位角走査がこれまでに用いられているが、状況認識支援システムの実用化のためには走査範囲の拡大が求められている。

また、ミリ波センサデバイス等を用いたヘリコプタの着陸支援技術について、基礎研究「ミリ波等を用いたヘリコプタの着陸支援装置に関する基礎的研究」（平成22年4月～平成25年3月）を実施しており、開発した76 GHz帯ミリ波レーダシステムを実機ヘリコプタへ搭載し、実機による飛行試験において送電線の検出に成功している。図1および図2に、それぞれ実機ヘリコプタ搭載状況および送電線検出試験例を示す。これらの研究で得られた成果に基づいた関連研究課題について、ヘリコプタを運用している機関・企業等との共同研究を行っており、実用化への要望が多く寄せられている。

2. 研究の概要

本研究の目的は、これまでの研究で得られたミリ波レーダ技術を中心とした監視システムに関する成果を活用し、運用者側のニーズに沿った性能および機能を有する周辺状況監視システムを検討することである。24年度までの基礎研究成果からの課題抽出を踏まえ、機体周辺に障害物等が存在し、接触・衝突事故等の危険性が高い低高度飛行時においてパイロットの状況認識を補助できる機能を有する監視システムの開発を目指す。本研究は4カ年計画であり、平成25年度から平成28年度まで、次の3項目について並行して研究を進める。



図1. 実機ヘリコプタ搭載状況

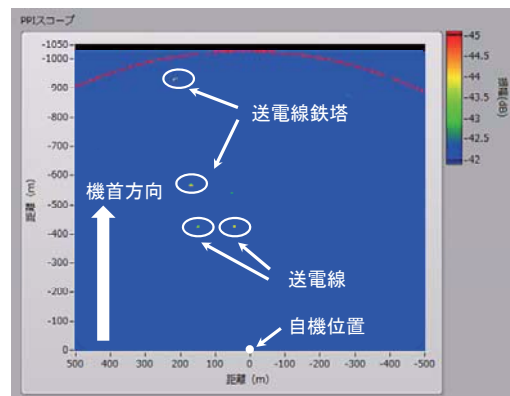


図2. 実機ヘリコプタを用いた送電線検出試験例

(1) 76 GHzミリ波レーダシステムについて、基礎研究にて抽出した技術課題から探知性能向上のため検討を行う。ミリ波レーダの無線回路、信号処理回路等の要素技術を検討し、低コストかつ高性能なミリ波レーダシステムを開発する。

(2) 従来のミリ波レーダでは、レーダ感度を確保するためアンテナ指向性を鋭くする必要があったが、ビーム照射範囲が限られるため機体のわずかの動揺で受信信号強度が大幅に変化する課題があった。現状の2次元走査以上の情報量が得られるようにビーム走査方式を改善する。

(3) 地上試験、無人ヘリコプタを用いた試験、ヘリコプタ実機試験等を行い、性能向上を施したミリ波レーダシステムの実証実験を行う。

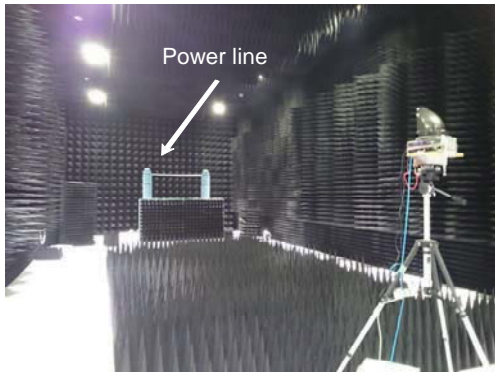


図 3. 円偏波アンテナを用いた送電線レーダ断面積測定状況

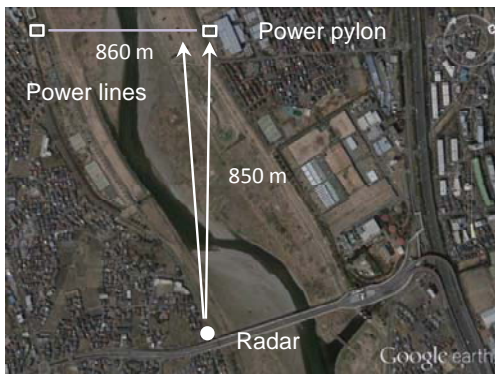


図 4. 送電線探知試験におけるレーダと送電線位置関係

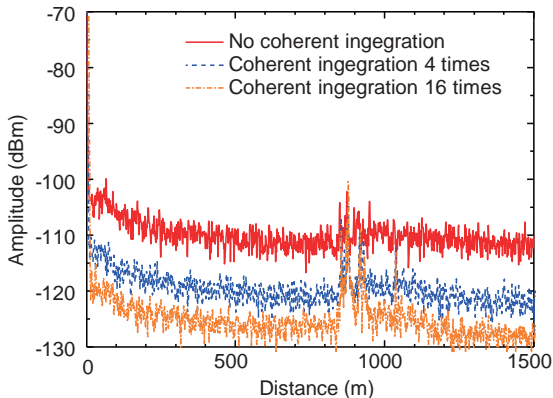


図 5. 送電線探知結果例 (超高压 275 kV, ACSR410 mm²)

3. 研究成果

3年目の平成27年度においては、主として下記の3項目について検討を行った。

(1) ミリ波レーダのアンテナ偏波の円偏波化検討

高压送電線のレーダ反射断面積の評価を実施し、送電線探知性能向上のために、アンテナ円偏波化が有効であることを明らかにした。円偏波化に必要な、76 GHz帯ミリ波レーダに適した性能を有する円偏波器を設計・試作し、アイソレーション35 dB以上、軸比1.1 dBの特性を実現した。本項目については、フランスの国立民間航空大学校(ENAC)からのインターンシップ生とともに研究を行い、所望性能を有する円偏波器の試作開発に成功した。

(2) 76 GHz帯ミリ波レーダシステムを用いた地上探知試験の実施

ミリ波帯フロントエンドおよびアンテナ指向特性制御等の要素回路の改良を行った、76 GHz帯ミリ波レーダを用いた地上探知試験を実施した。地上送電線探知試験を実施し、従来から2倍以上(2,000 m以上)の探知距離見込みを確認した。また、実機ヘリコプタ搭載試験に向けたミリ波レーダPPIスコープの測定評価試験を実施した。

(3) 76 GHz帯ミリ波レーダシステムのヘリコプタ実機搭載試験準備

上記項目の検討を踏まえ、円偏波アンテナを有する76 GHz帯ミリ波レーダの設計を行い、ヘリコプタ実機搭載試験の準備作業を実施した。

4. まとめ

平成27年度は、低高度における周辺状況認識に適したミリ波レーダ性能を実現するため、アンテナ偏波の円偏波化等の要素技術の検討を継続した。また、ヘリコプタ実機搭載試験に向けて地上探知試験を実施した。平成28年度は、構築したミリ波レーダシステムを用いヘリコプタ実機搭載試験を実施する予定である。

掲載文献

- (1) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 塩地 誠, 米本 成人, “ヘリコプタ障害物探知用76GHz帯小電力ミリ波レーダを用いた探知性能評価 -高圧送電線および送電線鉄塔の長距離特性測定-”, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2015-24, pp. 7-12, Jul. 2015.
- (2) S. Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, M. Shioji and N. Yonemoto, “Evaluation of polarization characteristics of power-line RCS at 76 GHz for helicopter obstacle detection,” IET Electronics Letters, vol. 51, no. 14, pp.1110-1111, Jul. 2015.
- (3) S. Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, M. Shioji and N. Yonemoto, “Helicopter obstacle detection based on small transmitting power 76 GHz millimeter-wave radar system -research progress and performance evaluation for flight experiments-,” Proceedings of ICSANE2015, SANE2015-60, pp. 61-64, Nov. 2015.
- (4) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 塩地 誠, “76 GHz帯ミリ波レーダシステムを用いた送電線探知実験”, 第53回飛行機シンポジウム講演集, 1B07, JSASS-2015-5150, Nov. 2015.

他2件

航空用データリンクにおける伝送路特性補償の研究【指定研究B】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○北折 潤, 塩見 格一
研究期間 平成25年度～平成27年度

1. はじめに

近年、軌道ベース運用の実現のために航空用データリンクの高速伝送化が期待されている。しかし、移動局（航空機）の移動速度が携帯電話等に比べて格段に大きいことから、ドップラシフトが大きく、また遅延の大きいマルチパスフェージングが発生する。さらに他システムからの干渉波も考えられ、これらの要因によって航空用データリンクの受信性能は劣化する。受信性能の改善は高速伝送・高信頼度のデータリンクの実現に必要不可欠であり、そのためには伝送路特性を推定し信号歪みを補償することが有効である。

一方で、アナログ通信からデジタル通信への移行は無線通信技術の高度化を加速させ、多種多様な方式の組み合わせにより検証対象が爆発的に増加することとなった。これらを全てハードウェアで製作・実験するためには相当のコストが必要となる。しかし近年のソフトウェア無線技術の発達により安価に高度なデータリンク受信機を作成することが可能になってきた。今後、急激な無線通信技術の高度化に対応してゆくにはソフトウェア無線技術が必要不可欠である。伝送路特性推定方法や信号歪みに対する種々の補償方法に関する検証も、ソフトウェアを書き換えることにより短時間かつ安価に行うことができる。

本研究では、当所にて開発したLバンドデジタル航空通信システム（LDACS）物理層実験システムを改良して、マルチパス環境下等で受信したデータリンク信号の劣化度を解析する。また伝送路特性推定方法や信号歪み補償方法について調査研究し、Lバンド伝搬特性測定値より電波伝搬モデルを推定して実伝搬環境に近い環境での受信性能を評価する。これにより、将来の航空通信需要増を支え、安全で円滑な航空機運航が行えるよう、航空用データリンク受信性能の向上を目指す。

なお、LDACSは直交周波数分割多重方式（OFDM）をもとにしたLDACS1と最小偏移変調（GMSK）をもとにしたLDACS2の2種類が提案されている。本研究では高速伝送に適したLDACS1を対象とする。

2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成27年度は最終年度である。平成27年度は、主として以下の各項目について実施した。

○実験による補償方法等の検証

3. 研究成果

3.1 実験による補償方法等の検証

OFDM方式では一般的に伝送フレーム中にパイロット信号を配置しこれを利用して周波数特性の推定を行う。LDACS1はフォワードリンクとリバースリンクのパイロット信号配置パターンが異なり、この差異がビット誤り率（BER）特性や周波数シフト耐性の違いを生じさせると考えられる。伝送路の周波数特性を推定し補正する技術を等化と呼ぶ。昨年度から今年度にかけて、リバースリンクの等化アルゴリズムに判定帰還型の他、内挿補間型を実装してきた。またリバースリンクのフレームサイズは変更せずに、パイロット信号の配置のみを変更する実装も行ってきた。リバースリンクのBER劣化改善のため、最終的に等化とビット変換を行うデマッパを8種類作成した。

これらのデマッパを用いて代表的なマルチパスフェージング環境下でのビット誤り率特性に関する比較計測実験を行い、適切な等化法や信号歪み補償法について検証した。その結果、判定帰還型及び最小平均二乗誤差を用いた上で、各OFDMシンボルにほぼ均等にパイロットシンボルを配置するデマッパがリバースリンクでのBER劣化に対して最も改善効果があった。図1にBER特性改善結果の一例を示す。

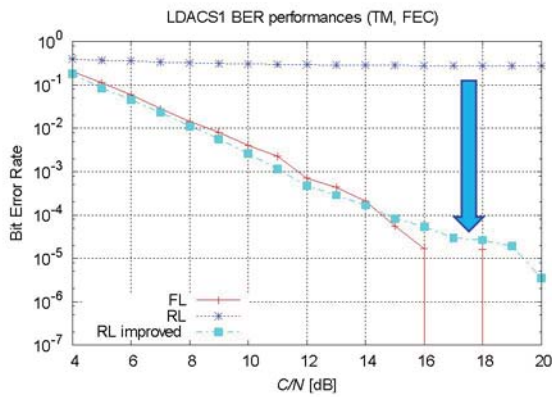


図 1 リバースリンク BER 特性改善例

4. まとめ

本研究では、代表的なマルチパスフェージング環境下での LDACS1 の BER 特性について、LDACS 物理層実験システムを用いて検証してきた。同システムはソフトウェアプログラミングにより安価に受信特性を取得・比較できる。これを利用して、LDACS1 の BER 特性を改善する等化法や信号歪み補償法を求めることができた。

掲載文献

- (1) 北折, “航空用高速データリンク LDACS”, 電子航法研究所出前講座, 2013 年 11 月.
- (2) 北折, 塩見, 住谷, 石出, “データリンク LDACS1 のビット誤り率特性”, 電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.41-44, 2014 年 6 月.
- (3) J. KITAORI, “Updated LDACS1 BER performances with LPES”, 電子航法研究所出前講座, 2014 年 7 月.
- (4) 北折, “航空データリンクとソフトウェア無線技術”, 航空振興財団 航空交通管制システム小委員会, 2014 年 11 月.
- (5) 北折, 塩見, “フェージング環境下における LDACS1 ビット誤り率特性”, 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, SANE2014-122, 2015 年 1 月.
- (6) 北折, 住谷, 石出, “将来の航空用高速データリンクに関する研究”, 電子航法研究所報告 技術資料, No. 132, pp.51-60, 2015 年 1 月.
- (7) 北折, “技術開発と評価試験”, 航空保安大学校岩沼研修センタ 第 65 回総合特別研修, 2015 年 11 月.
- (8) 北折, 塩見, “LDACS1 のビット誤り率特性の改善”, 電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.108-111,

走査型親局を想定する受動型レーダーの覆域拡張技術の研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○塩見 格一, 北折 潤
研究期間 平成 27 年度～平成 28 年度

1. はじめに

2016 年の今日、二次監視レーダー（SSR: Secondary Surveillance Radar）は ADS-B（Automatic Dependent Surveillance - Broadcast）や WAM（Wide Area Multi-lateration）に、将来的には置き換えられる、と考えられているが、必ずしも近い将来ということではなさそうに思われる。

一次レーダーについても航空路における監視には利用されなくなって久しいが、現実には、空港周辺においては、その偶然の飛行姿勢に依るのか、SSR 応答をしない航空機は時々存在し、一次レーダーに対する需要も存在する。

技術開発が急激に進んでいる状況においては、様々なシステムが相補的に多数存在しており、このような状況においては、往々にして現用機器の有効利用は多くの場合投資効率に優れたものとなる。筆者は、現用の ASR/ARSR（Airport Surveillance Radar / Air-Route Surveillance Radar）を親局として想定する受動型レーダーが、航空交通監視情報を提供する機器・システムとして、今日、最も投資効率の高いものの一つと考えている。

今日、電子航法研究所方式として認知されている受動型二次監視レーダー（PSSR: Passive SSR）は 1980 年代に、SSR を運用している親空港のサテライト空港において、親局 SSR と同等の空域監視情報を提供することを目的として開発を開始したものである。⁽¹⁾ 当初の PSSR は、mode-A/C 監視情報の取得を目的として検討されたものであり、構想から 20 年以上を経て 2008 年にプロトタイプを実現し、また 2010 年に実用機の製造を果たした。

2010 年に実用機として製造した PSSR は、空港設置環境の騒音計測等において航空機の航跡を取得するために使用することを目的としたものであり、その任には十分に対応するものであった。以降、PSSR については、そのユーザビリティの向上等、その完成度の向上を目的とした研究開発を進めたが、研究開発を進める立場においては、「SSR だけではなく、PSR（Primary Surveillance Radar）や ASDE（Airport Surface Detection Equipment）、等々を親局としても同様な受動型レーダーを実現できるのではないか？」とも考えた。そこで 2010 年、PSSR と同様の測位原理による PPSR（Passive PSR）の開発を開始し、親局 ASR を構成する PSR として、空港近傍を航行する航空機による 2.8GHz の走査信号の反射を観測した。同年 10 月、小牧空港に設置された ASR/PSR を親局とした観測実験にお

いて、機影の観測に成功し、当所方式による PPSR が実現可能であることを確認した。^(2,3,4)

2. 受動型レーダーの高性能化

一般的に受動型レーダーと云えば、航空機の反射する電波（あるいは SSR Mode-A/C 応答や Mode-S スキッターのように発出する電波）を複数箇所で受信し、2ヶ所で受信した1組の電波から計算される相互相関係数から受信時刻の差による測位双曲線を生成し、これを多数組み合わせ、偽像を除去しながら、目的とする航空機の位置を算出するシステムであり、航空機の反射する電波源を限定するものではない。

2.1. 電子航法研究所方式による受動型レーダー

一般的な受動型レーダーに対して、電子航法研究所方式の受動型レーダーでは、監視空域を走査する電波源の運用プロファイルの取得を前提として、電波源から走査信号が発出された時刻と受動型レーダー受信機において反射信号（あるいは SSR Mode-A/C/S 応答信号）が受信された時刻から測位楕円を生成し、これに走査信号の発出半直線を組み合わせ、あるいは複数の受信位置から生成される複数の測位楕円を組み合わせ航空機の位置を算出する。

特に、親局の運用プロファイルから走査信号の発出半直線が特定されている場合、当所方式の受動型レーダーでは1ヶ所に単独に設置された受信局により空域監視情報を生成することが可能である。この特徴により、当所方式の受動型レーダーは、MLAT（Multilateration System）等のシステムがシステム全体の時刻同期を実現するために必須とする、構成要素としてのデータリンクが不要となり、導入時に要する初期的経費、また運用状態における経費において圧倒的に安価なシステムの実現が可能となる。

2.2. 受動型 SSR/PSR

PSSR については、2010 年の実用化以降、様々な型式の親局 SSR に対応可能とするためにプロファイリング・アルゴリズムの高度化を行い、我が国に設置される SSR の殆ど全てのシステムに対応できるようにし、監視覆域も水平線までを実現した。

PPSR については、PSSR に比較して、処理すべき航空機からの電波が微弱であるため、覆域の拡大は容易なこと

ではない。観測可能な空域についても、航空路の方位によっては航空機の反射断面積が小さくなって観測不能となる場合もあり、親局と受信局と航空路方位との相対的な位置関係に依存して、受信局の設置位置において全周が同じように観測可能な訳ではない。以上のように PPSR の実用化は容易ではなかったが、一先ず高感度低雑音な 2.8GHz 帯の受信機を製作し、これにより小牧空港の PSR を親局として中部国際空港を離発着する航空機を観測した。

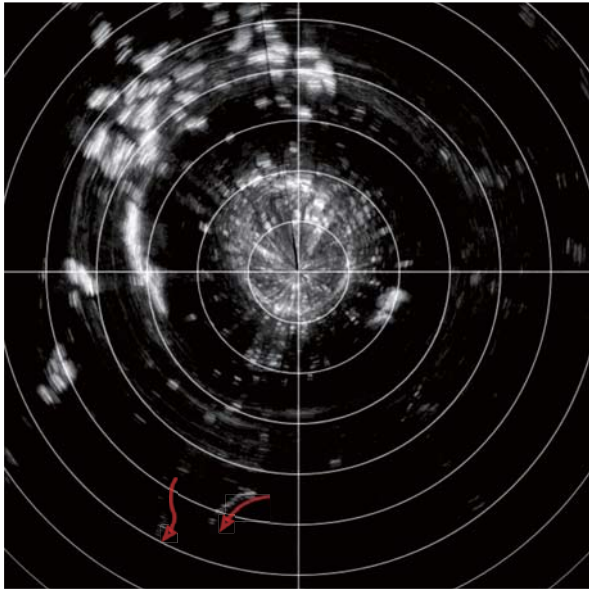


図1 PPSR 観測イメージ

PPSRにより観測した中部国際空港を離発着する航空機の機影（赤色の曲線をオフセットさせて描画している）。中央が小牧空港であり、小牧空港の北北西約8kmの位置に受信アンテナを設置した。レンジマーク間隔は10kmである。

3. 将来への展望

装置としての受動型レーダー・システムは、ホスト・コンピュータを伴う受信機であり、受信機は基本的にはソフトウェア・ラジオである。従って、ホスト・コンピュータやソフトウェア・ラジオのハードウェアである PLD/DFPGA（Programmable Logic Device / Field Programmable Gate Array）を適時バージョンアップしていけば、小型化や省電力化、信号処理の高速化、処理容量の拡大、等々の情報処理機器に一般的な機能については、特に苦勞しなくとも高性能化は実現されることが期待される。

ユーザビリティの向上については、それぞれの利用者の用途に対応させて個別に対応することが必要であるから、個々の利用者の声を聞きながら対応する他はない。

レーダーとしての性能向上こそが、我々の目指す方向であることは明らかであって、当所方式による受動型レーダ

一であっても他のレーダーと同様に、ブラインド・エリアの解消と覆域の拡大こそが、最も基本的な目指す方向である。

3.1. 受動型 SSR の性能向上の方向

PPSR においては、覆域としては既に水平線までの上限が実現されており、残された課題は、複数の親局 SSR による情報を適正に合成してブラインド・エリアを解消することである。複数の親局による監視情報を合成する場合、それぞれの親局の質問信号発出時間間隔が異なるため、共通なシステム時刻を設定して算出される航空機位置にタイム・スタンプを施すことが必要となる。ASR/SSR の走査周期は約4秒であるから、それぞれの親局 SSR から算出された位置情報をサンプリング周期1ミリ秒程度までオーバー・サンプリングすれば、相対的な航跡間の差異を十分な精度で保存する最尤航跡を算出できると期待される。4,000倍のオーバー・サンプリングには、その2⁸倍程度の次数のデジタル・フィルターが必要であり、現在、その係数の算出をそのための手法の開発を含めて進めている。

3.2. 受動型 PSR の性能向上の方向

PPSR については、未だ十分な覆域を実現していないので、覆域拡張を実現する手法を、実験的に様々な手法を試みながら模索している。単純に考えれば、覆域の拡張は微弱信号の検出感度の向上と同義であるから、受信機の低雑音化を進めることになるが、現在、冷却装置等を導入しない通常の半導体集積回路を利用する条件下では、既に限界に近い低雑音水準を実現している。更なる覆域の拡張を実現するためには FM チャープ波やデジタル・チャープ技術を用いて、時間分解能を犠牲にして覆域の拡張を目指すのではなく、現在、この方向での試行錯誤を繰り返している。

ASR を構成する PSR を親局とした場合、FM チャープ波をデチャープ処理することにより 30NM 以上の覆域が実現可能であることは確認しているので、現在は、SSR 質問信号の内長い時間幅を有している Mode-S 質問信号をデジタル・デチャープした場合に、どの程度の覆域が実現可能となるのか？ 実験的な調査を進めている。なお、SSR Mode-A/C 質問信号の2つの質問パルスを重ね合わせて利用した場合には、2016年時点において、10~15NM の覆域が実現可能なことは確認されている。

掲載文献

- (1) 塩見, 植田“受動型 SSR による空域監視網の提案”日本航海学会論文集, 2000年3月.
- (2) 塩見, 青山“受動型レーダの開発”日本航空宇宙

学会 第 43 期年会講演会, 2012 年 4 月.

- (3) K. Shiomi, A. Seniguchi and S. Aoyama “Development of Mobile Passive Secondary Surveillance Radar” ICAS 2012: 28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Australia, Sep. 2012.
- (4) K. Shiomi and S. Aoyama “Passive Secondary Surveillance Radar” 2nd. International Conference on Applied and Theoretical Information Systems Research, Taiwan, Dec. 2012.

カオス論的な発話音声評価アルゴリズムの信頼性向上のための研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○塩見 格一
研究期間 平成 27 年度

1. はじめに —— 従来の音声分析手法

発話音声から喜怒哀楽を評価したり、疲労度や緊張度を評価したりする研究は、未だ十分な成果が出ているとは言えない状況に止まっているように見えるが、古くから、コンピュータにより音声分析が可能となって以来であるから、少なくとも 1960 年代には開始されていた。

その手法は、人間の聴感を基準としたもので、判定者が喜怒哀楽等のラベル付けした音声から、喜怒哀楽等を示す特徴量を発見し、これによって発話者の心理状態や心身状態を評価しようとするものであった。この従来手法による状況は、2016 年の今日においても、判定者の主観を排除できない等の問題点はその尽であり、判定者を増やすこと等により、統計的に特定の文化圏における信頼性の向上は図られているようにも見えるが、筆者は、その有効性には強い疑念を持っている。そもそも、ラベルとしての喜怒哀楽等は適正なものであるのだろうか？ 発話者の発話における演技を識別することは、演技が自覚的なものであろうと、或いは無自覚になされる結果的な演技であろうとも、原理的に不可能である。

当所の音声分析技術は、人間の聴感を基準としたものではなく、このことに依って画期的な技術である。

2. 電子航法研究所の音声分析手法

音声から声紋が生成されることから、従来型の音声分析手法においては、音声のスペクトラムの強度を色表示したソノグラム上の 3 次元的特徴量（「語尾が上がっている。」とか、「アクセントが前にある。」とか、「音韻の変化に対してピッチが階段状に変化している。」とか、等々のソノグラムを目で見れば理解できる特徴量）の発見が起点とされた。

当所の音声分析手法では、この手法の発見の経緯から、カオス論的な時系列信号分析手法により、高次元位相空間に再構成された数学的アトラクタにおいて、経験的に定義した特徴量を評価することを特徴としている。

時系列信号としての音声信号から再構成されるストレンジ・アトラクタは「発話に係る筋肉の制御を埋込点の軌跡として表現している。」と、筆者は考えているが、それ以上のことは良く分かっていない。ストレンジ・アトラクタに対しては、埋め込み遅延時間等の再構成パラメータを適正に設定することで、リアプノフ・スペクトルや KS エ

ントロピー等の特徴量を計算することが可能である。

音声信号のカオス論的な分析は、パーソナル・コンピュータの処理性能が向上し、これにより時系列信号からそのストレンジ・アトラクタを再構成し最大リアプノフ指数の算出が可能となった 1980 年代から盛んになり、「あ〜。」といった数秒程度以上の継続時間を有する単母音の音声から再構成されるストレンジ・アトラクタの分析から、各母音がそれぞれカオス性を有すること等が発見・報告された。この発見は、合成音声にカオス論的な揺らぎを与えることによる、そのリアリティーの向上をもたらした。

1980 年代以降、単母音のカオス論的分析は様々に行われたが、それぞれダイナミックスの異なる複数の母音が短時間に目紛しく交代する一般発話についての分析結果等の報告は、筆者等による報告「音声から眠気や疲労を検出する試みについて」以前には見当たらない。¹⁾

筆者等は、当初、一般的な発話音声の分析においては、連続的な発話音声を 1 秒間の処理単位に切断し、それぞれの最大リアプノフ指数を計算していた。数十分以上の連続的な朗読音声に対して、毎秒の最大リアプノフ指数を計算し、5 分間程度の移動平均値をプロットした場合に、発話者の疲労等の自覚に先行して最大リアプノフ指数の移動平均値に変化が認められた。2000 年当時の当所の発話音声分析技術によっては、数分以上の音声データを数分から時に数時間の計算により分析して、発話者に蓄積されている過労の有無が評価できる程度であって、リアルタイムな被験者の心身状態の評価等は全く不可能であった。

2002 年、筆者は、最大リアプノフ指数の移動平均値が疲労等心身状態を評価する特徴量として適当ではないことに気づき、また音声信号の処理単位としての 1 秒間も全く不適當であることに気づき、時系列信号の時間局所的なカオス性の評価を目的とする特徴量として CE (Cerebral Exponent ; 人間の脳新皮質の活性度に相関する特徴を有することから名付けた。) を定義し、これを高速に算出するアルゴリズムとして SiCECA (Shiomi's Cerebral Exponent Calculation Algorithm) を開発した。²⁾

CE 値、また CEm/M (C.E. micro/Macro ; CEm はサンプリングされた個々の音声データに対して算出され、CEM はフレーズ等の一纏まりの発話に対して算出される。) 値の疲労等心身状態評価値としての有効性については、仮説検証型の実験を実施して検証することとして、従

来の音声分析手法における問題点である「音声評価者による主観の混入」を完全に排除した。³⁾

「ストレンジ・アトラクタの再構成パラメータを一定の値に固定し CEM/M 値を算出することとして、再構成パラメータの設定が適正であった場合には、算出される CEM 値が発話者の覚醒度（大脳新皮質の活性度）に相関すると考えられる（認められる）挙動を示す。」との仮説を立て、被験者を健常状態から強度の疲労状態に追い込んで、仮説を肯定的に検証した。この実験は（財）鉄道総研及び東北大学との共同研究として、同大学の倫理委員会の承認を得て実施したものである。従来の疲労指標としての CFF（Critical Flicker/Fusion Frequency）値と CME 値の相関係数が 10 人の被験者において平均的に 0.7 以上となる結果を得た。³⁾

3. 実用化への課題と展望

2005 年、当所音声分析技術により発話者の過労状態の検出が十分に可能であることは示されたが、残念ながら 2016 年の今日においても、未だ実用化されているとは言い難い状況にある。⁴⁾

2005 年当時の実用化に向けての最大の課題は、演算処理時間の短縮と有効な CEM 値の算出に要する発話音声データサイズの低減であった。当初は数十秒以上の発話継続時間を想定していたが、再構成パラメータの設定を適正化することにより 5 秒程度の発話からも十分に安定な CEM 値の計算が可能となり、演算処理時間についても、アルゴリズムの実装を工夫すること等により短縮し、2007 年には、5 秒間の発話音声を 5 秒以内に処理することが可能となり、リアルタイムな応用にも十分に適用可能な発話音声分析装置を実現した。

次の課題は、日常的に発話音声分析装置を利用した場合に、十分に主観と整合することの確認、またその信頼性に疑念を抱かせるような現象の有無を確認することであった。実際に発話音声分析装置の経常的な運用を行うと、一定の確率で不思議な（正しいとはとても思えないような）CEM 値が算出されることが明らかになった。

当初、時々算出される平均値から大幅に外れた CEM 値は、人間の個々人の意識は様々な要因により変化するので、「何らかの刺激により CEM 値が変化したのであろう。」と考え、特に問題とは考えていなかったが、再生音声から算出される CEM 値においても同様な現象が発生していることが明らかになり、この現象が本質的に深刻な問題であることが理解された。従来の周波数分析を基礎に置く、ソノグラム上に定義される特徴量を評価する手法においては、再生音声は何回再生しても殆ど同じソノグラムを生成し、結果的に分析結果に生じるバラツキは僅かなものと

なるが、カオス論的な手法を採用した場合、音声データに依っては CEM 値の分布が双峰分布となり、正しい CEM 値が決定できない状況も発生する。この問題は、本研究において、発見から理解、理解から解決が最も難しかった問題であり、2016 年時点において、一先ずの持続的な解決手法は実現しているが、未だに完全な問題解消には至っていない。

血圧等の従来の生理指標であれば、時間を空けずに 10 回計測すれば殆どの場合 10 回の計測値は（日常的な感覚で）似たような値になるであろうが、CEM 値においては、連続した 60 秒の音声データを 6 秒ずつに 10 分割して、それぞれの CEM 値を計算した場合、健常状態の CEM 値の標準偏差を σ_{CEM} として、CEM 値相互に $\pm 3\sigma_{CEM}$ 以上の差異が生じることは珍しくない。この現象を放置した俛で CEM 値に対する信頼感を築くことは不可能と思われたので、音響無響室において再生音声を繰り返し収録し、「一体何が起きているのか？」を確認する実験を行い、異常値に係る問題を解消する検討を行った。この検討の成果が上記の持続的な解決手法の構築である。

発話音声におけるカオス論的な現象の発見から約 20 年間に掛けて、一般的な発話音声の分析により、発話者の昼食前の音声（起床後 3～5 時間の時点における音声／覚醒度）と、昼食後の音声（昼食後 1～2 時間の時点における音声／覚醒度）とを有意水準 1% で識別する特徴量としての CEM 値とこれを算出する発話音声分析ソフトウェアを実現した。⁴⁾

現在、スマートフォンをプラットフォームとし利用可能とするために、再生音声を利用してスマートフォンによる音声収録実験を進めている。スマートフォンには、騒音環境における明瞭度を向上させる特別なマイクロフォンを採用されているため、現時点においてはスマートフォン単体をプラットフォームとして有効な CEM 値を算出することは難しいが、外部マイクロフォンを付加すれば、その選定にも依存するが、筆者は、スマートフォンにプラットフォームとしての可能性は十分にあると考えている。

掲載文献

- (1) 塩見，廣瀬，“音声から眠気や疲労を検出する試みについて”，第 37 回飛行機シンポジウム，1999.
- (2) 塩見，“発話分析から考える脳機能モデル”，感性工学研究論文集，Vol.4, No.1, Feb.2004.
- (3) 塩見，“過労防止のための音声分析技術開発の経緯と現状”，日本航海学会誌「NAVIGATION」2010 年 9 月号.
- (4) 塩見，“カオス論的な音声分析による心身状態の評価”，日本航海学会誌「NAVIGATION」2014 年 10 月号.

UASのためのGPSに代わる位置推定法に関する研究【萌芽的研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○河村 暁子, ニッ森 俊一, 米本 成人, 山 康博, 宮津 義廣

研究期間 平成25年度～平成28年度

1. はじめに

パイロットが搭乗していない航空機を、一般の有人航空機と区別しUAS(Unmanned Aircraft Systems: 無人航空機)と呼ぶ。近年、農薬散布、災害監視、測量、空撮など多岐に亘る用途でUASの民生利用が拡大している。将来、有人機と無人機が飛行空域を共有する時代が訪れる可能性は十分に考えられる。多くのUASは位置制御にGPS情報を用いており、システムのGPSへの依存度が有人機よりはるかに高い。しかし、飛行中に何らかのトラブルでGPS信号が途絶えた場合、パイロットが機上にいないためUASが制御不能になる危険性が指摘されている。ペイロードが少なく機上装備の追加が困難な小型無人機では自機位置を知る手段はGPS信号以外にないのが現状である。よって、非常時の代替手段として、GPS信号に頼らず地上から機体の位置を推定できるシステムが求められている。

2. 研究の概要

本研究の目的は、UASの位置をGPS(GNSS)信号以外で推定する方法を検討することである。検討・提案する位置推定法は、小型無人機の機体ペイロードを増やさないため、既存の地上一機体間の通信リンクを用いた伝搬減衰および遅延の測定を基に行う。なお、小型UASは飛行方法や運用形態が有人機とは全く異なる性格のものであり、本研究では基礎検討として、およそどの空域に機体が存在(もしくは、位置)するかを把握するためのものである。

また、この研究課題と並行し、UASの国内外の運用に関する動向調査と課題抽出およびICAO RPASP (Remotely Piloted Aircraft System Panel)へアドバイザーとして出席し、国際規格検討動向の分析を行う。また、機体の大きさに関わらず無人機の情報収集・分析に努める。

本研究は4ヵ年計画であり、平成27年度は3年目である。平成26年度に引き続き、

(1) 機上-地上間の通信リンクを用いたUASの位置推定法の同期信号に関する検討

(2) UASに関する情報分析

の2課題を実施した。平成27年度は無人航空機の定義や飛行ルール等、UASに対する社会情勢の変化を多く受けた年であったため、特に情報収集と動向分析も重点的に実施す

ることとした。

3. 研究成果

(1) UASの位置推定法の同期信号に関する検討

初年度より、機体-地上間の機体情報のダウンリンク信号を、地上の複数点で受信し飛行位置を推定する実験を実施している。この実験で重要となる、同期信号の候補に電波時計信号やTV地上デジタル放送のプリアンプル信号などを挙げ、検討を行った。この結果、いずれの信号もmsecオーダーの誤差を許容しており、位置誤差が数十km単位かそれ以上となることがわかり、同期信号として適さないと結論付けた。

(2) UASに関する情報収集・分析

6月、12月に航空局安全部安全企画課の要請を受けICAO RPASPへ参加し、特に制御用通信に関わるワーキンググループにおいてICAO Annex類の改訂作業に参画した。

今年度は社会一般におけるUASの認知が非常に進んだ一方で、4月には小型無人機の首相官邸落下事件が契機となり12月に無人航空機の定義や飛行ルールを定めた改正航空法が施行された。このような社会情勢の変化を受け、行政が主催する委員会(小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会、小型無人機のさらなる安全確保のための制度設計に関する分科会、ロボット用電波利用システム調査研究会)への参加、UASに関する講演依頼を実施した。

4. まとめ

本研究はUASのGPS(GNSS)に代わる位置推定法の開発を目的とし、4ヶ年計画として実施している。今年度は同期信号について検討した結果、課題があることがわかった。

さらに、UASの国内外における情報収集や動向分析も広く行い、特に国内産業界、国外の法整備を担当する行政機関との情報交換に努めた。

外部発表等

(1)河村「5年度のドローンの未来 ドローンの交通管理」JAPAN DRONE2016 国際コンファレンス特別講演、2016年3月。

管制方式等規則の構造化と運用手法の機械学習に関する調査【調査研究】

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○塩見 格一, 北折 潤
 研究期間 平成 27 年度～平成 28 年度

1. はじめに

航空交通管理の高度化を目的とした、知識処理技術を利用した管制業務支援システムの研究開発等は、1960 年代後半に初期的な人工知能のプロトタイプが実用化されて以来、様々に行われて来た。しかしながら、半世紀を経た今日においても、未だ実用化されたもの等は存在しないが、またしかし、弛まざる情報処理技術の発展は、21 世紀になって遂に、ディープ・ラーニング等の新しい情報処理コンセプトの確立により、また量子コンピューター等の新たなデバイスの実用化により、幾つかの分野では人間よりも遙かに高速に驚く程に高度で正確な判断を可能とする人工知能システムが実用化される状況となった。

2. 新たな情報処理コンセプトと情報処理デバイス

従来の知識処理システムにおいては、利用者である人間が知識構造を設定し、目的に対するための知識を与え、そのシステムにおいて矛盾等が生じないように慎重に手間を掛けて知識を構造化することが必要であったが、今日の

人工知能システムは、機械学習により自ら知識を構造化することが可能となっており、自律的に運用状況を観測させることで、利用者としての人間は特に何もしなくとも、自動的に幾らでも高度化することができる様になっている。

人間が人工知能システムの自律的な知識の獲得と構造化に介入すれば、時には知識の構造化を加速することが可能であり、また時には人間の犯すミスについての知識を人工知能に与えることもできる、と考えられる。

チェス等のボードゲームにおいて人間がコンピューターに勝利することは、今日殆ど不可能であり、高度な人工知能のプラットフォームを利用して航空管制業務知識を構造化させることができれば、人間と同じように航空管制業務を行う人工知能を実現することは、最早、不可能とは思われない。

しかしながら、高度な学習機能を実装された人工知能プラットフォームであっても、人間の有する知識や人間の行う判断を学習するだけでは、そもそも人間が出来ていないことは、やはり出来るようにはならないのであって、人間

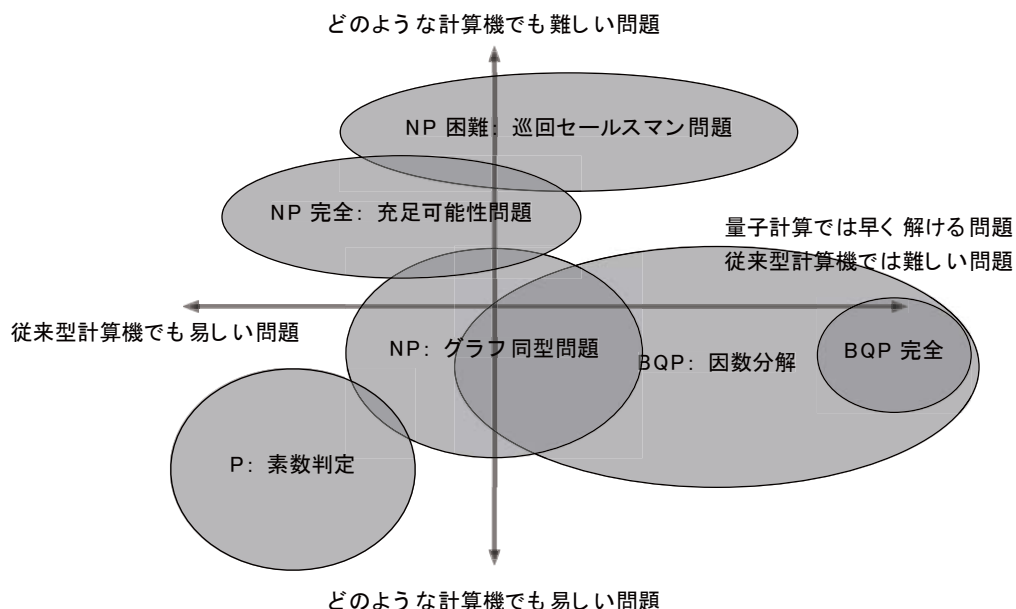


図 1. 従来型コンピューターと量子コンピューターの適用性と適応性

量子コンピューターには幾つかの種類があるが、いずれの型式においても、従来型のコンピューターに比較して驚く程の高速化が期待される分野は、かなり限定的である。D-Wave システムに代表される量子アニーリング・マシンは、適正に運用すれば BQP 問題を解くことができると考えられるが、NP 完全や NP 困難問題は、どの型式の量子コンピューターであっても多項式時間で解くことは難しそうである。

が出来なかったことを出来る様にするためには、その不足を補う何物かを必要とする。

新たな情報処理デバイスとしての量子コンピューターは、従来、その処理に数百年以上の時間がかかりそうだと云った時間的な制限により解くことができなかった問題に、必ずしも厳密解とはならなくとも十分に有効な近似解を与えることが期待されるシステムである。

21世紀になって実用化された D-Wave システムは、例えば 2014 年には、平面地図上の 4 色問題を従来手法の数分の一以下の時間で解決する等の成果を出し、P=NP 問題への新たな対応方策を提示した。現在は、米国の NASA AMES 研究所等において、交通整理の自動化や、車両の自動走行に係る機械学習の分野への適用研究が進められている。

先の図 1 は、D-Wave システム等の量子コンピューターにより解ける様になるかもしれない問題を示したものである。

なお、NP 問題とは、問題のサイズ N が大きくなった時に、その処理に要する時間が N の多項式では与えられない様な問題 (処理時間が a^N で与えられる様な問題) である。巡回セールスマン問題は、**地図上の N 箇所を一筆書きする場合の最短の経路を求めようとする問題**であり、 $N < 20$ 程度 ($20! = 2, 432, 902, 008, 176, 640, 000$) であれば、従来型のコンピューターでも解けなくもないかもしれないが、 $N > 100$ ($100! \approx 1.0 \times 10^{158}$) となれば、2016 年時点での世界最高速のスーパー・コンピューターを使用して 100 年では解けない。このような従来状況において、量子コンピューターの実用化により、2016 年時点では未だ完全な解決には至っていないが、我々は、巡回セールスマン問題に帰着される P=NP 問題の解決、等々が期待される状況に到達した。

高度な人工知能プラットフォームと量子論的な高速性を実現したデバイスとしての量子コンピューターを組み合わせれば、例えば、**航空交通システムの将来における個々の航空機の最適経路の設定から、全ての航空機にとつ**

ての最適経路の設定へのパラダイム・シフトの実現に要すると考えられる、幾つかの最適化問題の解を得ることも十分に可能となることが期待される。

3. 今後の展望

最新の情報処理技術について包括的な理解を得ると共に、P=NP 問題等の解決困難な問題に係る知見を得るためには、当所においても、今後も中長期的に、機械学習や人工知能のようなソフトウェア指向な調査研究と、量子コンピューター等に係るハードウェア指向な調査研究を並行して進めることが必要である。

目的を設定しデータを分析し、データから目的に対する知見を得たり、データを与えた状況への対応を判断したりする技術開発として、「知見の発見」を目的とする場合、機械学習とデータマイニングはほとんど同意である。

管制業務支援のように人間の判断を支援する場合には、人工知能には人間の知識構造と同様な知識構造が要求されるが、自動車やドローンの自動運転が目的であれば、必ずしも状況認識が人間と一致している必要はなく、組織化される知識の構造が人間と同じである必要はない。人間の知識構造とは異なる構造を有する人工知能の判断を人間が観測すれば「何をやっているのか分からない。」状況が、また、後から「なるほど、そういうことだったのか！」と思うような状況が頻発する可能性がある。

機械学習技術の確立と高度化や量子コンピューターの導入の効果は、振り返って見た時にその“途方も無さ”を実感できると思われるが、それ以前のパラダイムにおいては想像することも難しい。従って、今日、“途方も無い可能性”で将来を描くことよりも、堅実に、現状の航空管制業務の支援を目的とした状況認識の補強に係る分野への導入研究、個々人の管制官に蓄積されている個人的な知識の言語化による知識の共通化・普遍化に係る研究、等々の研究を以って、将来へのブレークスルーを目指すべきだと思われる。

90GHz 帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発【競争的資金】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行
研究期間 平成 24 年度～平成 27 年度

1. はじめに

昨今では、交通システムにおける異物検知や、電力、水道などの重要インフラ施設の侵入者検知や安全確保が課題となっており、広い敷地内をカバーしつつ、対象物を高精度に検知するセンシングシステムの重要性が増している。広い周波数帯域を用いたミリ波レーダーは高精度測定が可能であるが、従来方式では監視範囲が限定されてしまう。本研究の目的は、アンテナを光ファイバー無線で連結することにより、より広域の監視を可能とするレーダーシステムを開発する。また、この光ファイバー接続型ミリ波レーダーシステムを多数連結して直線状の領域を監視可能とするリニアセルイメージングシステムを構築することである。

2. 研究の概要

本研究は総務省の「電波資源拡大のための研究開発」の一環として実施され、4 年計画であった。年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

- 平成 24 年度 アンテナ素子設計手法の確立、
ミリ波レーダーシステムの原理確認
- 平成 25 年度 小規模リフレクトアレイの構築
1GHz 掃引レーダーシステムの屋外試験
- 平成 26 年度 リフレクトアレイの高利得化
空港面異物システム的设计
- 平成 27 年度 リフレクトアレイアンテナの構築
実運用中の空港における実証試験

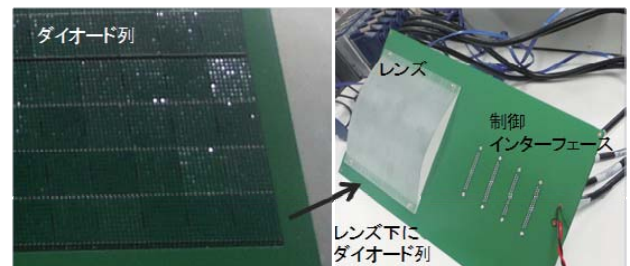
3. 研究成果

反射板に電子制御部を設け、反射波の位相を反転することで電波の放射を制御するリフレクトアレイアンテナを開発した。96GHz 付近に位相反転部を持つ特性のダイオードアレイを設計し、120 × 80 個配置したリフレクトアレイアンテナを製作した。緑の回路基板の右側にアレイアンテナ、左側にダイオード素子列に電圧を加えるための制御回路へのインターフェースがある。アレイアンテナは水平方向 1 次元にビームを形成・走査し、垂直方向は誘電体レンズでビームを形成する。試作したアンテナの放射パターン測定結果から、設計通りダイオードのスイッチングパターンによるビーム形成が行えることが判った。

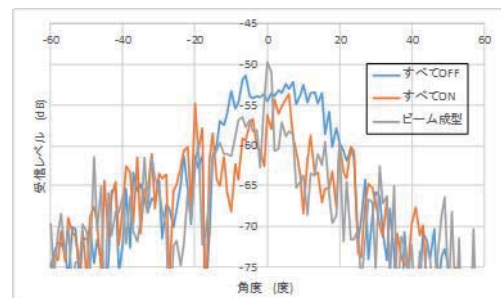
また、成田国際空港株式会社の協力を得て、B 滑走路北側の着陸帯を囲むように 4 つのアンテナユニットを配置して、性能評価を行った。センサ設置位置と表示例を図に示す。センサの改善により、検出感度が向上したため、埋め込み型の灯火等、従来では検出できなかった物標も検出可能であることが確認された。

また、米国連邦航空局のアドバイザーサーキュラーに規定された基準反射器（高さ 1 インチ、直径 1 インチの金属円柱）を用いた時、最大 480m の探知距離となることが示された。これにより、4000m 級の滑走路を 10 台未満のレーダーで監視可能な性能を有することが示された。これらにより、世界初の光ファイバーを用いたミリ波レーダーシステムの実運用空港での実証試験に成功した。

本研究は株式会社日立製作所、国立研究開発独立行政法人情報通信研究機構及び、公益財団法人鉄道総合技術研究所との共同研究として実施された。



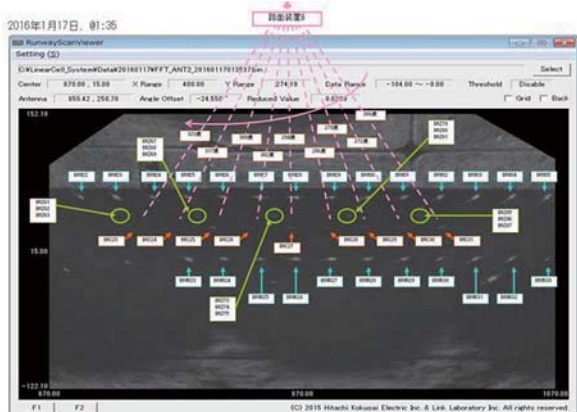
試作したリフレクトアレイアンテナ



リフレクトアレイによるビーム成形



成田空港のアンテナ局設置位置



滑走路灯火等の検知結果

掲載文献

(1) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 岡田 国雄, 「光ファイバー接続型広帯域ミリ波レーダーの開発」, 信学技報, vol. 112, no. 280, MWP2012-48, pp. 11-15, 2012年11月.

(2) Atsushi Kanno Phan Tien Dat, Tetsuya Kawanishi, Naruto Yonemoto, Nobuhiko Shibagaki, “90 GHz Radio-on-Radio-over-Fiber System for Linearly Located Distributed Antenna Systems”, Photonic Global Conference 2012, 3-4B-3, Singapore, 2012

(3) Toshimasa Umezawa, Atsushi Kanno, Tetsuya Kawanishi, Nobuhiko Shibagaki, Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, “EO-OE converting technologies for 90GHz radio over fiber systems”, EIWAC 2013, EN-006, 2013

(4) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 岡田 国雄, 「光ファイバー接続型広帯域ミリ波レーダーのための共通信号源の品質評価」, 2013年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-2-35, 2013年3月

(5) 日立製作所, 情報通信研究機構, 電子航法研究所, 鉄道総合技術研究所, 「90Ghz帯リニアセルによる高精度

イメージング技術の研究開発」, 平成24年度研究成果報告書, 平成25年3月

(6) Nobuhiko Shibagaki, N. Yonemoto, K. Kawasaki, T. Kawanishi, “Photonic based radar system for FOD detection using 90 GHz-band”, 2013 Asia-Pacific Radio Science Conference, APRASC, DCb-1

(7) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「スイッチングダイオードによるW帯反射波の位相制御」, 2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, C-14-17

(8) Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, and Naruto Yonemoto, “Optical Fiber Connected Millimeter-Wave Radar for FOD Detection on Runway”, European Radar Conference, EuRAD04-2

(9) Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, and Shunichi Futatsumori, “W-band Phase Measurement of Reflected Wave from Diode Grid for Reflectarrays”, Proceedings of the 2013 international conference on advanced technologies for communications (ATC2013), pp. 461-464, Ho Chi Minh, Vietnam,

(10) 米本 成人, 「滑走路上の異物探知システムの研究開発」, 平成25年度電子航法研究所講演会

(11) 柴垣 信彦, 川崎 邦弘, 米本 成人, 川西 哲也, 「RoF伝送を利用した90GHz帯センシングシステム」, 信学技報, MWP2013-51

(12) 中村 一城, 川崎 邦弘, 竹内 恵一, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「鉄道環境における90GHz帯ミリ波の電波伝搬特性」, 信学技報, MWP2013-53

(13) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, “Performance Evaluation of Offset Parabolic Reflector Antennas Based on Carbon Fiber Reinforced Plastics for W-band Millimeter Wave Radar System”, Proc of TJMW. WE5-2

(14) 河村 暁子, 岡田 国雄, 森岡 和行, ニッ森 俊一, 米本 成人, 「滑走路障害物検知用光ファイバー接続ミリ波レーダー」, 電子情報通信学会 PEM 研究会

(15) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, “Design and Measurement of W-band Offset Stepped Parabolic Reflector Antennas for Airport Surface Foreign Object Debris Detection Radar Systems”, Proc. of iWAT2014, pp.247-250, Sydney, Australia, 2014

(16) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 「シリコン基板のミリ波透過係数特性」, 2014年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-1-23

- (17) 中村 一城, 川崎 邦弘, 竹内 恵一, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「90GHz 帯ミリ波の伝送特性と線路内監視システムへの適用検討」, 鉄道総研報告, 2014 年 4 月
- (18) 中村 一城, 川崎 邦弘, 竹内 恵一, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「90GHz 帯ミリ波の伝送特性と線路内監視システムへの適用検討」, RRR,2014 年 4 月号 (第 71 巻, 第 4 号), 2014 年 4 月
- (19) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「光ファイバ接続型滑走路監視用ミリ波レーダの基本評価試験」, 平成 26 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.27-30, 2014 年 6 月
- (20) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「光ファイバ接続型滑走路異物監視用 96 GHz 帯ミリ波レーダの基本特性評価試験」, 2014 年電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集, CI-2-2, 2014 年 7 月
- (21) Naruto Yonemoto, “High performance wireless technologies for airport applications”, 1st Workshop on Convergence of Radio and Optical Technologies, Bangkok, Thailand, Aug. 2014
- (22) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, Naruto Yonemoto, “Experiments on High-Speed FMCW Signal Generation For Optically-Connected Airport Surface Foreign Object Debris Detection 96 GHz Millimeter-Wave Radar Systems”, 2014 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition , Aug. 2014.
- (23) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, Naruto Yonemoto, “Evaluation of Radio-over-Fiber Characteristics at Airport for Optically-connected Runway Surface Foreign Object Debris Detection Millimeter-Wave Radar”, Proc. of IRMMW-THz, P1-9 M5-P2.1, Sep. 2014
- (24) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 「電子制御反射板モジュールのミリ波反射位相特性」, 2014 年電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集, B-1-54, 2014 年 9 月
- (25) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, Naruto Yonemoto, “Experimental Feasibility Study of 96 GHz FMCW Millimeter-Wave Radar Based upon Radio-over-Fiber Technology -Fundamental radar reflector detection test on the Sendai airport surface”, MWP/APMP2014, TuEF-9, Oct. 2014
- (26) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 岡田 国雄, 「RoF で接続された 96GHz ミリ波レーダ」, 信学技報, vol. 112, no. 287, MWP2014-45, pp. 19-23, 2014 年 11 月
- (27) 中村 一城, 川崎 邦弘, 米本 成人, 柴垣 信彦, 川西 哲也, 「90GHz を用いた線路内監視手法の検討」, 鉄道サイバネ・シンポジウム, 2014 年 11 月
- (28) Shunichi Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, M. Shioji, N. Yonemoto, “Evaluation of Fan Beam Carbon Fiber Reinforce Plastics Offset Parabolic Reflector Antenna for W-band Millimeter-Wave Radar Systems”, ISAP2014, TH3C-05, Nov. 2014
- (29) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「光ファイバ接続型 96 GHz 帯ミリ波レーダシステムの基本構成技術 -空港面 RoF 伝送特性評価-」, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-3-35, 2015 年 3 月
- (30) 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 「電子制御反射板の W 帯反射位相特性の解析」, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-1-94, 2015 年 3 月
- (31) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「光ファイバ接続型ミリ波レーダによる異物探知技術」, 平成 27 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.61-64, 2015 年 6 月
- (32) Tetsuya Kawanishi, Atsushi Kanno, Nobuhiko Shibagaki, Naruto Yonemoto, Tuptim Angkaew, “Field trial of radio-over-fiber based high-resolution radar”, Thailand-Japan Microwave (TJMW2015), FR4-03, Bangkok, Thailand, August 5-7, 2015
- (33) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, Naruto Yonemoto, “Fundamental Field Evaluations Of Radio-over-Fiber Connected 96 GHz Millimeter-Wave Radar For Airport Surface Foreign Object Debris Detection”, 2015 40th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz waves (IRMMW-THz), Hong Kong, August 23-28, 2015
- (34) 米本 成人, 柴垣 信彦, 加島 謙一, 原本 亮喜, 佐藤 洋介, 稲垣 恵三, 川西 哲也, 「空港面異物検知レーダによる鳥の検出の試み」, 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-2-17, 2015 年 9 月
- (35) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「光 2 逓倍器を用いた光ファイバ接続型滑走路異物監視用 96GHz 帯ミリ波レーダの基本構成検討」,

2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-2-18, 2015 年 9 月

- (36) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada, and Naruto Yonemoto, “Design and Construction Methodology of 96 GHz FMCW Millimeter-Wave Radar Based on Radio-over-Fiber and Optical Frequency Doubler”, International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP2015) , Paphos, Cyprus, October 26-29, 2015
- (37) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Kunio Okada and Naruto Yonemoto, Evaluation of High-Speed FMCW Signal Generation and Processing for Optically-Connected Distributed-Type Millimeter-Wave Radar, International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2015), Hobart, Tasmania, Australia, November 9-12, 2015
- (38) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「光ファイバ接続型広帯域 96 GHz 帯ミリ波レーダの基本構成法及び距離分解能特性評価」, 電子情報通信学会論文誌 C Vol. J98- C No. 12 pp. 459 - 467, 2015 年 11 月
- (39) Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, “Phase Measurement by Open-ended Wave Guide for Reflective Surface of Diode Grids in W-band”, 2015 IEEE Conference on Antenna Measurement & Applications (CAMA2015), Chiang Mai, Nov. 30- Dec. 2, 2015
- (40) 米本 成人, 「光・ミリ波融合技術を活用したレーダー, 通信システムの開発」, NICT 先端 ICT デバイスラボ研究交流会, 2016 年 1 月
- (41) Naruto Yonemoto, “Millimeter-wave Radar System on Optical Fiber Networks”, The 4 th international workshop on convergence of radio and optical technologies (WCRO), Jakarta, Indonesia, March 8, 2016
- (42) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 岡田 国雄, 米本 成人, 「8 GHz 帯域幅 FMCW 信号を用いた光ファイバ接続型 96 GHz 帯ミリ波レーダの距離分解能特性評価」, 2016 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-2-27, 2016 年 3 月

反射波遮蔽フェンスによるローカライザ積雪障害の抑制に関する研究【競争的資金】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○田嶋 裕久, ニッ森 俊一
研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

1. はじめに

航空機を安全に着陸誘導する ILS (計器着陸システム) では、方位方向の誘導をローカライザ (以下 LOC) と呼ばれる送信システムで行っており、その送信特性の左右の対称性が LOC の誘導精度を保つのに重要である。積雪地域空港の LOC においては、左右非対称な積雪の融雪、降雨、除雪等の原因でコース誤差が発生するので、その対策として青森空港で遮蔽フェンスを設置する実験を行った例があるが、明確な効果が確認されていない。

2. 研究の概要

本研究は、科学研究補助金基盤研究(C)25420380 により実施しており、代表者は青森大学・中田和一教授で、当研究所は研究分担者として参画している。平成 25 年度から 3 年計画で LOC アンテナ前方の地面の積雪状態によるコース誤差への影響と遮蔽フェンスの効果について解明するため、計算機シミュレーション及び電波無響室におけるスケールモデル実験を行った。また、遮蔽フェンスの効果を改善するため、形状や設置位置・高さ等について検討した。

3. 研究成果

3.1 フェンスの形状に関する検討

ILS LOC は水平偏波の電波を使用していることから、以前行われた実験において、波長に比べ密な間隔で水平に金属ワイヤを等間隔張った構造のフェンスを使用していた。これはナイフエッジによる遮蔽と見なされ、検討した結果、回折波により遮蔽の効果が不十分の可能性があったことが分かった。そこで、遮蔽特性を改善する目的でフェンスの各金属ワイヤの高さを不等間隔とした場合において、遮蔽に最適となる形状を求めるため、既存のモーメント法による電磁界計算ソフトウェア (NEC2) に最急降下法による最適化機能を付加して計算を行った。この検討においては、電波の向きを可逆性により逆に仮定し、遠方から来た電波が LOC アンテナ前のフェンスで回折した後、地面で反射して LOC アンテナに入るとした。これは地面下のイメージに入るのと等価である。また、計算の妥当性を検証するため電波無響室において 1/87 のスケールモデル実験も行った。

図 1 に示す電界の垂直分布の結果は、計算規模の制約

により LOC アンテナの高さを 2.5m として、-2.5m のイメージの電界との比が最大となるように各ワイヤの配置を最適化したものである。図中の等間隔のフェンス上端は高さ 2m としたが、イメージの位置にかなりの回折があり、遮蔽が不十分である。これを改善した最適 1 はフェンス上端の高さを制限しない場合で 10m 近くになった。最適 2 は上端の高さを 3.5m 程度に抑えた場合である。これらの結果はフェンスの形状の最適化で遮蔽特性を改善できることを示している。スケールモデル実験では測定位置誤差などもあり計算値と差があるが、傾向は一致しており計算結果は妥当と考えられる。

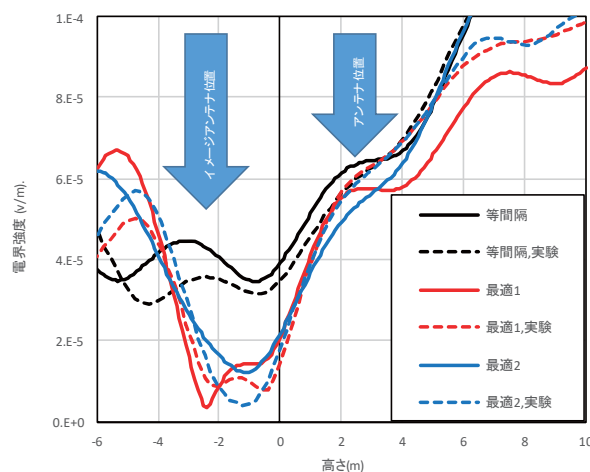


図 1 遮蔽特性最適化結果

4. まとめ

地面反射の影響を抑える遮蔽フェンスでは回折により遮蔽特性が低下する問題がある。フェンスの形状の最適化による遮蔽特性改善の計算とスケールモデル実験を行い、垂直方向の回折特性を改善できることが分かった。しかし、当初無視できると考えていた横方向の回折も大きいことが分かり今後の課題となった。

掲載文献

- (1) 田嶋, “ILS GP 近傍モニタの積雪特性の改善”, 日本航海学会航空宇宙研究会, 2014 年 5 月.
- (2) 田嶋, ニッ森, 中田, “ILS LOC 積雪障害の遮蔽フェンスによる改善”, 電子情報通信学会 SANE 研究会, 2015 年 7 月.

航空監視システムにおける電波伝搬解析のための超高速広域計算アルゴリズムの開発【競争的資金】

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○本田 純一
 研究期間 平成 25 年度～平成 27 年度

1. はじめに

電磁波散乱を含めた電波伝搬特性の解析は、無線システムの構成や機器性能要件等の算出のみに関わらず、すでに構築されたシステムで発生する検出率低下等の原因を突き止め、その解決方法を提示する上でも重要な研究となる。

本研究は、航空分野で利用される、もしくは利用を期待される無線システムについて、2つの観点から研究を進めた。一つは物体からの散乱波に関する研究、もう一つは空港内の建物等からの電波干渉に関連した研究である。

前者は、パッシブレーダのような反射波を利用した測位技術において受信機配置等に活用できる。後者は、電波干渉によって発生する検出率低下の原因を究明し、受信機移設や増設といった問題解決策への提案ができる。また、最適なシステム構成の提案にも活用が期待できる。本研究では、電磁界解析手法の一つであるレイトレーシング法を用いて、航空分野に応用するための広域かつ高速の計算を可能とした数値計算アルゴリズムの開発を行った。

2. 研究の概要

本研究は三カ年計画であり、これまでに下記を実施した。

- ① 電磁界解析用の基本計算アルゴリズム (2D,3D) の開発
- ② 開発アルゴリズムの各種航空無線問題への応用 (マルチラレーション, レーダ断面積など)
- ③ 航空機散乱電力および空港面伝搬特性の測定実験と数値計算結果の比較

3. 研究成果

最終年度となる平成 27 年度は、前年度までに作成した基本となるアルゴリズムのエラー解決に取り組み、三次元問題に対応する計算アルゴリズムを開発した。また、開発したアルゴリズムを、前年度までの数値解析に加えて、計器着陸装置で発生する電磁界問題の解析に応用した。

3.1. 計器着陸システムへの応用

最終年度では、開発した計算アルゴリズムについて、新たに、計器着陸システムの1周波ローカライザ (LOC) で発生するマルチパス問題に応用した。図1は、簡易航空機

モデルと問題構成 (LOC と滑走路および機体との位置関係) を示す。図2は滑走路延長上で受信したときのキャリアとサイドバンドの受信電力を示す。通常、滑走路上でサイドバンドはゼロとなるが、機体からの散乱波の漏れ込が発生していることが示されている。図3は、LOC の性能を示す DDM 値となる。CAT I,II の ICAO 規定値を満足していることが示されている。

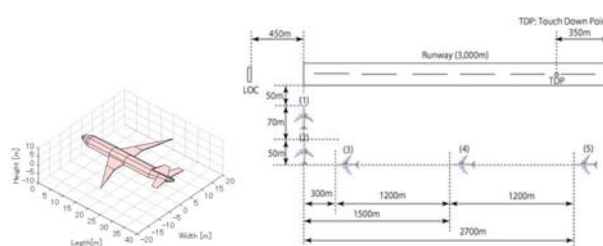


図1 簡易航空機モデルと問題構成。

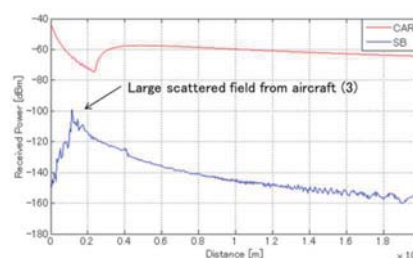


図2 受信電力 (直接波+散乱波)。

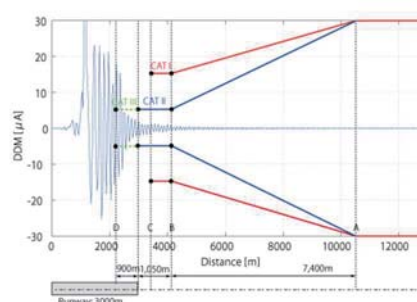


図3 DDM 値。

4. まとめ

航空分野に応用するための高速広域な電磁界解析アルゴリズムの開発を行った。提案手法を三次元問題に拡張し、各種航空無線分野へ応用した。計算時間削減と計算精度は、後継の研究で更に検証を進める予定である。

この研究は、日本学術振興会における科学研究費助成事業若手(B)(25820017)の資金助成を受けて実施された。

所外発表

- (1) 本田, “三次元構造物の ILS ローライザーに及ぼす影響について,” 2016 年信学全大, 通信講演論文集, B-2-7, p.243, March 2016.
- (2) J. Honda, “Influences of Scattered Field Caused by Buildings to ILS Localizer in Airport,” Proc. Int’l Symp. Antenna and Propagation (ISAP), pp.667-670, Hobart, Australia, Nov. 2015.
- (3) J. Honda, “Application of DRTM to Aircraft Landing System,” Proc. Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2015), pp. 2120, Prague, Czech Republic, July 2015.
- (4) J. Honda and T. Otsuyama, “Estimation of Target Detection Rate in Aircraft Surveillance System,” Proc. the 17th Int’l Conf. on Network-Based Info. Sys., pp.561-565, Salerno, Italy, Sept. 2014.
- (5) J. Honda and T. Otsuyama, “Rapid Ray Tracing Analysis of Scattered Field from an Aircraft Model in Super Wide Area,” Proc. 2013 Eighth Int’l Conf. on Broadband and Wireless Comput., Commun. and Applications (BWCCA), pp.173-183, Compiègne, France, Oct. 2013.

ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発【競争的資金】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○米本 成人, 金田 直樹, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行
研究期間 平成 26 年度～平成 30 年度

1. はじめに

現行の新幹線や、近い将来導入が予定されているリニアモーターカーは移動速度が大きく、1000 人程度の乗客が一列車に集中することから、公衆網を利用した既存の移動体通信システムでは、乗客が満足する回線速度を実現することは困難である。今後、スマートフォンやクラウドコンピューティングが社会基盤として益々重要性を増してくるため、高速鉄道の車中でも安定したブロードバンド環境の需要は非常に高い。

そのためには車内の通信をまとめて、高速鉄道と地上を接続するためのバックホール回線が重要となる。この回線として、Gbps (bit per sec)級の高速通信を実現するためには、マイクロ波帯に比較して広帯域な周波数割り当てが行われているミリ波帯の利用が検討されている。一方で周波数が高い分、伝搬減衰が大きくなるため、それらを補償する技術が求められている。

本研究ではミリ波と光無線の技術を活用して、200km/h以上の高速鉄道に対して Gbps 級の通信を実現する技術を複数の研究機関で分担して研究開発する。その中で、電子航法研究所では光通倍による通信技術の開発を担当している。

2. 研究の概要

本研究は総務省の「電波資源拡大のための研究開発の一環として実施され、平成 26 年度から平成 30 年度までの 5 年計画である。年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

- 平成 26 年度 通倍に適したミリ波帯位相変調信号生成の技術開発
- 平成 27 年度 通倍に適したミリ波帯多値変調信号生成の技術開発
- 平成 28 年度 光通倍を用いた通信方式の検証
- 平成 29 年度 光通倍器によるミリ波通信システムの構築試験
- 平成 30 年度 光通倍ミリ波通信システムの実証試験

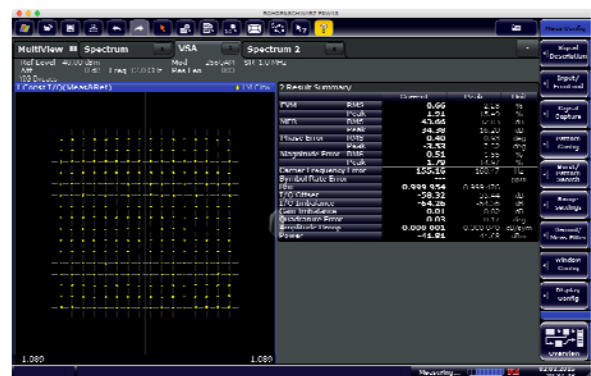
3. 研究成果

平成 27 年度の実施事項は、26 年度に引き続き、光通倍技

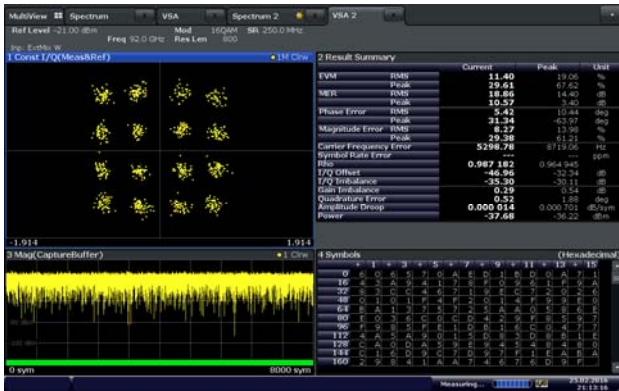
術を活用して、90GHz 帯で Gbps 級の通信速度が得られる多値ベクトル信号を生成することである。IQ (In-Phase Quadrature) 平面上で表現される多値ベクトル信号のシンボルは原点からの距離 (振幅) と角度 (位相) で表される。これを電気―光―電気と変換する過程で周波数が 2 通倍する時、シンボルの振幅は 2 乗、位相は 2 倍シフトする。これをあらかじめ補正して、光 2 通倍後に所望の無線信号を得られる技術を確認した。12GHz で 1Msps (symbol per second)の変調時には、ベクトル変調信号として 256QAM (Quadrature Amplitude Modulation)の信号が生成できることを確認した。

これらの信号生成技術を用いて、光 2 通倍で 92GHz、250Msps、16QAM 信号を生成した。ミリ波などの高い周波数帯、かつ広帯域な信号であるため、帯域両端の周波数特性のばらつきが影響しているが、EVM (Error Vector Magnitude)は約 11%となり、16QAM 信号を復調できる精度であった。これによりミリ波帯で 1Gbps 相当の信号を光通倍で生成できることを示した。

本研究は株式会社日立製作所、国立研究開発独立行政法人情報通信研究機構、公益財団法人鉄道総合技術研究所及び株式会社 KDDI 研究所との共同研究として実施された。



光 2 通倍による 12GHz、1Mbps、256QAM 信号生成



光 2 通倍による 92GHz, 250Mps, 16QAM 信号の変調精度

掲載文献

- (1) 米本 成人, 金田 直樹, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 「光 4 通倍で生成した 8PSK 信号の品質評価」, 信学技報, vol. 115, no. 145, MWP2015-36, pp. 143-148, 2015 年 7 月
- (2) 金田 直樹, 森岡 和行, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「2 通倍により生成された 16QAM 信号の変調精度評価」, 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, C-14-16, 2015 年 9 月
- (3) 志田 雅昭, 柴垣 信彦, 川西 哲也, 川崎 邦弘, 米本 成人, 鈴木 信雄, 「RoF を用いたミリ波帯高速鉄道用無線バックホール」, 信学技報, vol. 115, no. 336, MWP2015-53, pp. 5-10, 2015 年 11 月
- (4) 米本 成人, 「光・ミリ波融合技術を活用したレーダー・通信システムの開発」, NICT 先端 ICT デバイスラボ研究交流会, 2016 年 1 月
- (5) 金田 直樹, 米本 成人, 川西 哲也, 「4 通倍により生成された QAM 信号の変調精度について」, 信学技報, vol. 115, no. 435, MWP2015-94, pp. 211-215, 2016 年 1 月
- (6) 金田 直樹, 米本 成人, 川西 哲也, 「2 通倍により生成された 256QAM 信号の変調精度評価」, 2016 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-14-5, 2016 年 3 月

無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの 連携及び共用技術の研究開発【競争的資金】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 金田 直樹, 住谷 泰人

研究期間 平成 26 年度～平成 27 年度

1. はじめに

大規模災害時において通信インフラや道路インフラ等が壊滅的な被害を受けた場合の孤立地域との迅速なネットワークの確立や、火山、火事、高放射線などの危険地域等でのデータ収集や通信確保が必要とされている。この時、パイロットが搭乗する必要がなく、プログラム通りに自律飛行することが可能な無人航空機システム (UAS) の利用が期待されている。国際的にも、欧米を中心に活発な研究開発が行われ、2012 年の世界無線通信会議 (WRC-12) において UAS で用いる周波数として 5GHz 帯 (5030MHz～5091MHz) の非ペイロード用通信としての使用が合意され、2015 年の会議 (WRC-15) では UAS と衛星を結ぶ周波数を決定するための研究を続けることで合意した。

しかしながら、5GHz 帯や衛星通信用周波数帯 (Ku/Ka 帯) は既に逼迫しており、地上の無線アクセスシステムや航空無線航行システムとの共用が必要となっている他、衛星とのリンクについても他の衛星回線との干渉を回避する必要がある。これらの課題を解決するため、5GHz 帯における他の地上用無線業務との周波数共用技術及び他の衛星通信との周波数共用技術を開発し、周波数の共同利用を促進することを目的としている。

2. 研究の概要

本研究は総務省の「電波資源拡大のための研究開発」の一環として実施され、平成 24 年度補正予算にて着手し、さらに、平成 26 年度から 2 カ年計画にて実施した。電子航法研究所の担当は 5GHz 帯の共用技術に関する検討である。

3. 研究成果

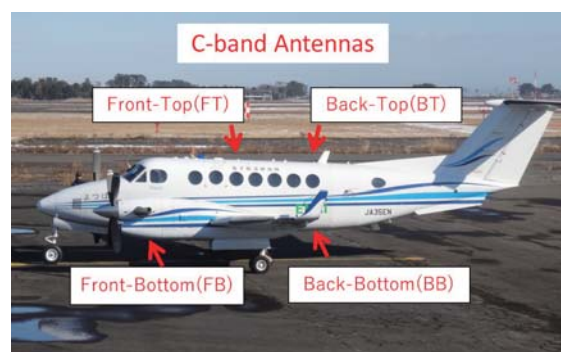
本年度は WiMAX 規格で通信可能な通信基地局を製作し、実験用航空機による飛行試験にて通信性能を評価した。通常の基地局アンテナでは送信信号レベルが低く、2km 程度で受信不能となる。そこで、26 dBi の高利得パラボラアンテナとアンテナ走査システムを用い、飛行機の位置情報を基に航空機を追尾しながら通信するシステムを構築した。各機上アンテナの組み合わせで飛行試験を行った結果、仙台空港から約 9 km まで通信可能であった。なお、アンテナ

設置高が約 3.5m と低いため、低高度を飛行する航空機では大地の湾曲の影響により、急激に受信電力が低下することが示された。

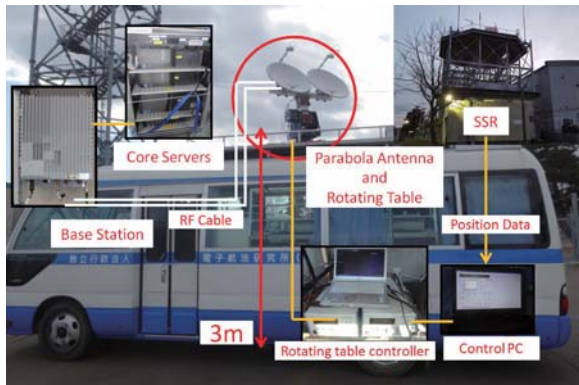
また、昨年度の干渉試験に加え、連続波による同チャネル干渉試験、および隣接チャネルによる帯域外干渉試験を行った。WiMAX 規格では、連続波や On/Off のサイクルが kHz オーダーの比較的ゆっくりとしたパルス波の場合には、エラー訂正機能の効果により干渉に強いことが示された。狭帯域の干渉信号の場合、所望波に対して 20dB 以上高い電力の場合でも有害な干渉が発生しなかった。

また、隣接チャネルに発生する干渉波の場合、所望波に対して 25dB 以上、次々隣接チャネルの場合は 50dB 以上高い電力の場合でも有害な干渉は発生しないことが示された。さらに離調周波数を増加しても、耐える干渉波電力は増加しないことも示された。これにより、適切なチャネル管理によって 5GHz 帯での各種無線業務が共用できることが示された。また、高利得アンテナを利用する基地局を複数台近接して配置する場合には、帯域外を減衰させるフィルタなど、基地局アンテナに適切な防護策を講じる必要性が示された。

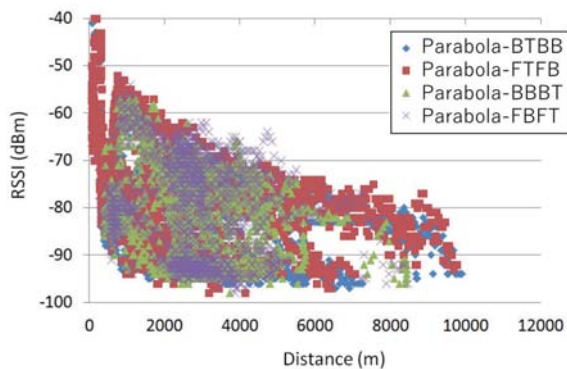
本研究は、国立研究開発法人情報通信研究機構、国立大学法人東北大学、株式会社 KDDI 研究所及び日本電気株式会社との連携により実施された。



航空機搭載アンテナ



航空機追尾型基地局



仙台空港周辺における受信信号強度 (RSSI)

掲載文献

- (1) 金田 直樹, 森岡 和行, 米本 成人, 住谷 泰人, 塩地 誠, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「遠隔操作型航空機の機上アンテナ間結合特性の評価」, 2014 年電子情報通信学会ソサイエティ大会論文集, B-2-11, 2014 年 9 月
- (2) Naruto Yonemoto, Naoki Kanada, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, and Yasuto Sumiya, “Interference evaluation from adjacent channel in 5 GHz band”, ICAO ACP-WGF31/WP19, Oct. 2014.
- (3) 河村 暁子, 金田 直樹, 森岡 和行, ニッ森 俊一, 米本 成人, 「無人航空機の制御通信における共用検討」, 第 52 回飛行機シンポジウム, 3B13, 2014 年 10 月
- (4) 河村 暁子, 金田 直樹, 森岡 和行, ニッ森 俊一, 米本 成人, 住谷 泰人, 「無人航空機の 5 GHz 通信と隣接航空通信との周波数共用検討」, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-5-122, 2015 年 3 月
- (5) Naruto Yonemoto, Naoki Kanada, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, and Yasuto Sumiya, “Degradation of communication performance caused by electromagnetic interference in 5 GHz band”, ICAO FSMP-WGF32/WP03, Feb. 2015.
- (6) Naruto Yonemoto, Naoki Kanada, Kazuyuki Morioka, and

Yasuto Sumiya, “Intermediate report on investigation of 5 GHz interference analysis”, ICAO FSMP, WG-FSMP1/IP11, August, 2015

- (7) Naruto Yonemoto, Naoki Kanada, Kazuyuki Morioka, and Yasuto Sumiya, “Intermediate report on investigation of interference analysis in case of co-channel use scenario in 5 GHz Band”, ICAO FSMP, WG-FSMP2/IP07, February, 2016
- (8) 小野 文枝, 滝沢 賢一, 米本 成人, 富田 武, 三浦 龍, 「高度周波数利用のための小型無人航空機を用いたスペクトルセンシングに関する一検討」, 信学技報, vol. 115, no. 473, SR2015-110, pp. 129-132, 2016 年 3 月
- (9) 森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 富田 武, 米本 成人, 住谷 泰人, 「無人航空機用アンテナ追尾システムの事前評価」, 2016 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-2-19, 2016 年 3 月

新世代ネットワーク実現に向けた欧州との連携による共同研究開発および実証【競争的資金】

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○米本 成人, 角張 泰之, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行
 研究期間 平成 26 年度～平成 29 年度

1. はじめに

次世代 (5G) 無線通信においては, Gbps (bit per second) を超える伝送速度が要求されることから, 無線信号のキャリア周波数をミリ波帯とすることが有望な候補となっている。高密度ユーザー集中環境では, 多数の端末への無線信号の競合・干渉や不要反射の影響が生じ, 現在のマイクロ波 800MHz~2GHz を用いた無線通信では, これらの影響を抑えることが難しい。しかし, 5G 無線の本命であるミリ波帯では, 自由空間伝搬減衰が大きいものの, 回折が少なく直進性が高いため, 高利得アンテナ等で電波を集中させることが比較的容易となる。しかしながら, このような通信システムを構築するとき, 従来のマイクロ波無線通信システムにはない新しい空間的な電波管理機能が必要とされている。

本研究ではミリ波と光無線の技術を活用して, スタジアム等の高密度に多数の通信ユーザーが集中している環境で Gbps 級の通信を実現する技術を日本と欧州の 13 機関が連携して研究開発する。その中で, 電子航法研究所はミリ波端末の位置を推定し, 高利得アンテナで端末にピンポイントに電波を送信するための 60GHz 帯 RoF トランシーバーの開発と端末位置推定技術の開発を担当している。

2. 研究の概要

本研究は欧州連合の共同研究開発プロジェクト (Horizon 2020) の日欧共同研究の 1 課題であり, 平成 26 年 10 月から平成 29 年 9 月までの 36 カ月計画である。年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

- 平成 26 年度 利用シナリオの検討
- 平成 27 年度 60GHz RoF レシーバーの技術検討
- 平成 28 年度 60GHz 端末の位置推定
- 平成 29 年度 通信評価試験

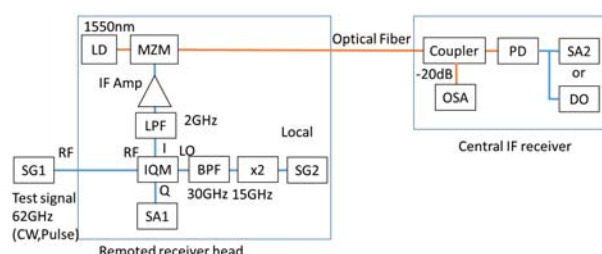
3. 研究成果

平成 27 年度の実施事項は, 60GHz 帯で通信を行っている端末の位置推定のための光ファイバーで接続された RoF レシーバーを実現するための技術検討である。ミリ波帯の電波は自由空間伝搬減衰, 大気等による吸収により, 空間を放射すると著しく減衰してしまう。その微弱な電波を複

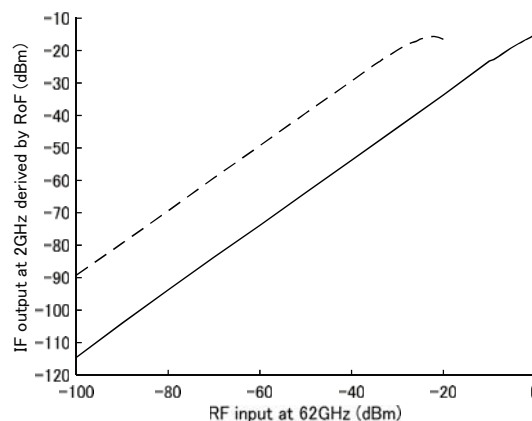
数個所で検出し, 離れた場所の 1 か所に集めるための高感度な 60GHz RoF レシーバーの技術検討を行った。前年度試作した 60GHz のミキサを用いて, 周波数変換後に光ファイバーで伝送する方式を検討した。通信信号の中心周波数と同じ周波数を利用する場合, 各種回路を駆動させる電源からのノイズが増幅され, 低周波域で最低受信感度が高くなる傾向が示された。そこで, このノイズを回避できるよう 2GHz の周波数差を設けて, 中間周波数に変換して伝送する方式を採用した。これにより, 62GHz で-100dBm の微弱な信号を伝送できることが示された。

今後は電源ノイズの改善と RoF レシーバーシステム全体の低損失化を図り, 端末位置推定試験を行う。

本研究は情報通信研究機構からの委託研究の一環として, 国立大学法人大阪大学, 学校法人同志社, 一般財団法人電力中央研究所, 株式会社日立製作所, 株式会社コーデンテックノインフォ及び当所の我が国 6 機関と欧州 5 機関との共同研究として実施された。



測定システムブロック図



リモートレシーバーの受信電力特性

掲載文献

- (1) 池田 研介, 角張 泰之, 戸田 裕之, 米本 成人, 井上 敏之, 塩見 英久, 村田 博司, 柴垣 信彦, 眞野 浩, 「マイクロ波・ミリ波融合通信のためのフォトニックベース無線リンクの基礎検討」, 信学技報, vol. 115, no. 145, MWP2015-39, pp. 159-164, 2015年7月
- (2) 村田 博司, 井上 敏之, 塩見 英久, 池田 研介, 角張 泰之, 戸田 裕之, 米本 成人, 柴垣 信彦, 眞野 浩, 「高密度ユーザ集中環境下における次世代無線通信のためのフォトニックベースミリ波リンクの基礎検討」, 2015年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, C-14-7, 2015年9月
- (3) 角張 泰之, 米本 成人, 「60GHz信号によるTDOA測位の検討(2)」, 2015年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, C-14-12, 2015年9月
- (4) 米本 成人, 角張 泰之, 「60GHz 端末位置推定のためのRoF受信システムの構築」, 信学技報, vol. 115, no. 336, MWP2015-54, pp. 11-14, 2015年11月

樹脂系複合材料を用いた次世代航空機における電磁環境両立性解析技術の研究【競争的資金】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○ニッ森 俊一
研究期間 平成27年度～平成29年度

1. はじめに

樹脂系複合材は、アルミニウム合金と比較して比強度が高く、高性能かつ機体の軽量化による運用コスト低減が達成できるため、民間航空機分野においてもその応用が進んでいる。航空機の内外における電磁環境特性について、アルミニウム合金を主要構造材として用いた従来の航空機では、これまでの膨大な測定実験結果に基づき、携帯電話およびスマートフォン等の機内持ち込み携帯電子機器（PED）の影響評価手法および機内使用ガイドライン等が確立されている。しかし、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）積層板等の樹脂系複合材を主要構造として用いた航空機における電磁環境特性は、詳細な電磁界伝搬特性等が明らかとなっていないため、詳細な調査検討が必要である。また将来、樹脂系複合材およびPED等の無線機器の使用は航空宇宙分野のみならず、自動車、鉄道など多くの分野での応用が期待されている。このため、これまでに樹脂系複合材の電磁界遮蔽・減衰特性および構造体内部における電磁界特性の測定評価を行っているが、さらに、CFRP積層板で構成された構造体の電磁環境の高精度推定法と電磁環境両立性（EMC）評価手法が必要となっている。

2. 研究の概要

本研究の目的は、CFRP積層板等の樹脂系複合材を主要構造として用いた構造体において、航空機等を具体例として、電磁干渉（EMI）影響を定量的に評価するための数値解析基礎技術と、将来の樹脂系複合材の広範な利用に向けたEMC技術を確立することである。本研究は3カ年計画であり、平成27年度から平成29年度まで、次の3項目について研究を進める。

(1) 統計的均一電磁界評価系を用いたCFRP積層板電磁界特性の詳細評価・定量化技術：CFRP構造体内部で、統計的均一電磁界環境を実現可能なリバブレーションチャンバを用い、内部電磁界分布評価および構造体Q値等、その詳細特性の定量化を行う。

(2) 小型航空機の干渉経路損失測定および数値モデル化

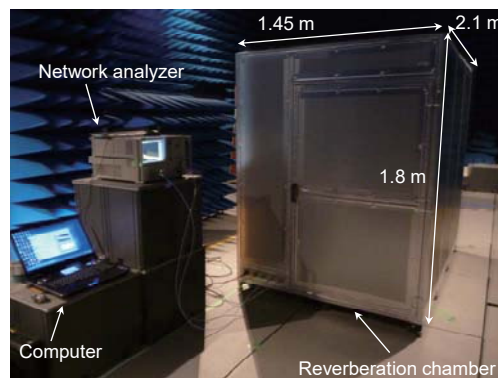


図1. リバブレーションチャンバを用いた測定系

：電子航法研究所の小型双発航空機ビーチクラフトB300型機を用いた干渉経路損失測定から、実航空機の機内外電磁界特性およびEMI特性を取得する。

(3) CFRP積層板を主要構造とした航空機の電磁環境および干渉経路損失の数値解析推定技術：CFRP積層板を主要構造材として用いた小型航空機を数値モデル化し、FDTD法に基づく数値解析を行う。機内外における電磁界強度および干渉経路損失（IPL）の解析評価を行い、EMI定量化に向けた解析技術の確立を目指す。

3. 研究成果

今年度は、前述の3項目についてそれぞれ検討を行い、リバブレーションチャンバを用いたCFRP構造体内部の電磁界分布および構造体Q値の測定評価、ビーチクラフトB300型機を用いた電磁界特性評価およびIPL測定評価を完了した。さらに、B300型機の数値モデル化を実施した。

4. まとめ

樹脂系複合材を用いた次世代航空機における電磁界特性を明らかにするための基礎検討を行った。平成28年度はさらに実験と数値解析の両面から検討を進め、CFRP構造体の詳細な電磁界特性測定および小型航空機数値モデルを用いた電磁界解析を実施する予定である。

次世代航空通信向けマルチユーザMIMO信号処理技術の開発及び航空機縮尺モデルを用いた評価
【競争的資金研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○森岡 和行
研究期間 平成27年度～平成30年度

1. はじめに

マルチユーザMIMO(Multiple Input and Multiple Output)システムは、複数の端末と基地局の間で同時にMIMO伝送を行うことにより、システム全体の周波数利用効率を向上させる技術であり、近年盛んに研究が行われている。商用システムではIEEE802.11acやLTE-Advanced, WiMAX2等において本技術の導入が行われている。航空通信分野においても、WiMAX規格に基づく次世代航空通信技術 AeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communications System)の検討が行われており、将来的にマルチユーザMIMO技術の導入も期待される。

2. 研究の概要

本研究の目的は、多数のユーザが効率よく通信を行えるマルチユーザMIMOシステムの航空通信システムへの適用に関して、空港面環境におけるマルチユーザMIMO信号処理技術の開発、地上および航空機上のアンテナ配置の検討を行うことである。本研究は4ヵ年計画であり、初年度の平成27年度は以下の2項目を実施した。

- ・マルチユーザMIMOに対応した汎用の無線端末を用いた基礎的な評価
- ・シミュレーションによる航空通信向け信号処理方式及び変調方式の基礎検討

3. 研究成果

図1にマルチユーザMIMOに対応した汎用の無線端末と基地局から構築した評価システムを、図2に基本評価結果を示す。図2の縦軸は基地局と無線端末間の通信速度(Mbps)を、横軸は経過時間(秒)を示し、複数ユーザでの同時通信が確認できた。また、シミュレーションによる航空通信向け信号処理方式及び変調方式の基礎検討結果は、学会等で掲載文献のとおり報告した。

4. おわりに

次世代航空通信向けマルチユーザMIMOシステムの基

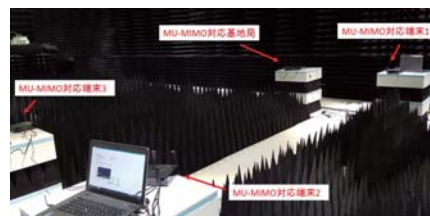


図1. 構築した評価システム

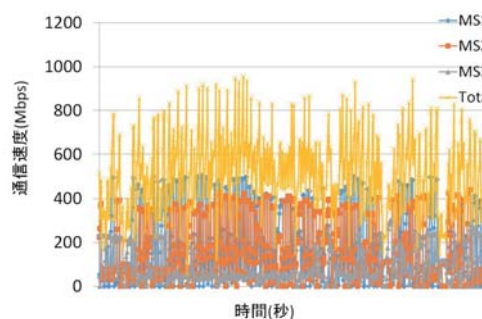


図2. 基本評価結果

本評価を行った。次年度は、ソフトウェア無線を用いた評価システムの構築、本評価結果との比較、信号処理方式の改善等に取り組む予定である。

本研究はJSPS科研費 15K18073の助成で行われた。

掲載文献

- (1) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, アサノ, “連続位相変調方式を用いた時空間ブロック符号に関する一検討 ~変調パラメータと占有帯域幅に関する考察~, ” 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, A-5-8, 2015-09-10.
- (2) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, アサノ, “BBOST-CPM方式のパラメータ最適化に関する基礎検討,” 信学技報 115(288), 1-6, 2015-11-04.
- (3) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatsumori, A.Kohmura, N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano, “Occupied Bandwidth Comparison of BBOST-CPM with Two Transmit Antennas,” Proc. of The 2015 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2015), Tasmania, Australia, Nov 9-12, 2015.

携帯端末の電波直接探知による海上衝突予防に関する基礎的研究【競争的研究，科研費 C】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○古賀 禎，疋田 賢次郎（海上技術安全研究所），福戸 淳司（海上技術安全研究所），
丹羽 康之（海上技術安全研究所）

研究期間 平成 27 年度～平成 29 年度

1. はじめに

近年，これまでの海上における航行安全に関する施策や，レーダ・AIS (Automatic Identification System)・ECDIS (Electronic Chart Display and Information System : 電子海図情報表示装置)・BNWAS (Bridge Navigational Watch Alarm System : 船橋航海当直警報装置)等の航海支援機器の義務化，登録船舶数及び輻輳海域交通量の減少もあり，船舶の事故は漸減の傾向である。ただ，衝突事故に関しては下げ止まりの傾向であり，平成 25 年度の事故隻数は前年より増加に転じた。衝突事故を起こしている船種としては，大半が 20 総トン未満の小型船舶である漁船とプレジャーボートで約 6 割弱を占めている。

AIS の搭載が義務化されているのは，例えば内航船では 500 総トン以上の船舶（外航船 300 総トン以上，旅客船は全て）のみであり，約 6,000 隻の内航船に占める割合は 2 割以下に過ぎない。また，約 36 万隻にのぼる小型船舶は AIS 搭載義務の対象外である。小型船舶は電波を透過しやすい FRP (Fiberglass Reinforced Plastics) 製であることが多く，荒天時等の海面反射や雨雪反射によって，船体からのレーダエコーが埋没してしまうことがある。

2. 研究の概要

本研究では，広く普及している携帯端末に着目した。小型船舶では，より大きな商船等に装備される国際 VHF 無線電話は一般的では無いが故に，唯一の通信手段として操船者自身が携帯端末を所持することが非常に多い。携帯端末での交信中の発信電波や，移動中に複数の基地局セルから構成される位置エリアを越えた際，及び一定時間毎，また電波が弱まったときに発信される「位置登録」電波を受信し，電波な到来方位を探知する。電波の強度や，複数位置からの方位等から，電波発信源の位置範囲を特定，PC の地図上にマッピングし，航行中の見張り支援に資する。

また，探知した携帯端末の位置範囲を周辺の船舶と共有して目標の位置精度を上げることや，仮想の AIS ターゲットとして，レーダや ECDIS 上に重畳して表示し，

航海機器が増えることによる船員の方々の見張りの負担を減らすことについても，検討を行う。

3. 研究成果

3.1 電波無響室における調査

3G 移動体通信システムに関する規格等を調査するとともに，携帯端末を電波無響室において，800MHz 帯 3G(W-CDMA)端末を対象として，待受時，呼出から通話時，発信から通話時，圏外を含む基地局電波の強度変化等における，端末からの発信電波の簡易計測実験を行った。これにより対象とする端末の発する電波の周波数帯と電界強度の変化等について計測した。

3.2 実験用携帯電波源探知装置の基本設計

電波無響室における実験に基づき，実験に用いる携帯電波源探知装置について検討し，その装置の基本設計を行った。図 1 に，電波源探知装置の構成を示す。また，一部の構成を調達して，基本的な試験を行った。

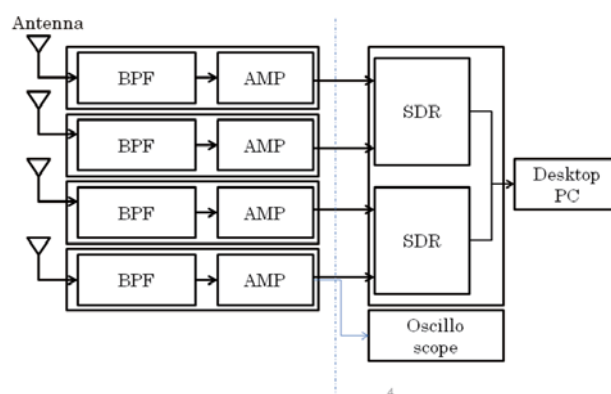


図 1. 実験用携帯電波源探知装置の構成

4. まとめ

平成 27 年度は，電波無響室における調査と実験用携帯電波源探知装置の基本設計を実施した。平成 28 年度は，電波源探知装置の構築および屋内およびフィールドにおける実験等を予定している。

4 研究所報告

当研究所の平成27年度における研究所報告は、発行されなかった。

No	発行年月	論 文 名	領 域 名	著 者
		発行なし		

5 受託研究

当研究所の平成27年度における受託研究は下記のとおりである。

件名	委託元	実施主任者
Bell204B搭載機器の経路損失試験	株式会社ウェザーニューズ	ニッ森 俊一
機体・飛行時のHIRF電波環境調査（その4）	三菱航空機株式会社	米本 成人
PED耐性の適合性証明方法調査（その1） D0-307 3項玄関結合（IPL）への適合性証明方法の検討作業	三菱航空機株式会社	米本 成人
PED耐性の適合性証明方法調査（その2） D0-307 4項裏口結合（T-PED耐性）への適合性証明方法の検討作業	三菱航空機株式会社	米本 成人
V-LOWマルチメディア放送のILSに対する干渉計測追加試験（その2）	株式会社VIP	福島 荘之介
衛星航法システムにおける補強システム（GBAS関連等）の動向調査に関する技術支援	一般財団法人航空保安無線システム協会	福島 荘之介
ADS-C環境下における洋上横間隔衝突危険度推定手順策定に係る支援作業	一般財団法人航空交通管制協会	森 亮太
電磁波シールド特性試験	日東電工株式会社	米本 成人
受動型SSR装置による空域監視情報の利便化・高信頼化に係る調査（その2）	リオン株式会社・一般財団法人空港環境整備協会空港環境研究センター	塩見 格一
航空機電波高度計の不要発射強度についての調査	株式会社NTTドコモ	米本 成人
県営名古屋空港ILS影響調査業務委託	愛知県振興部航空対策課	本田 純一
準天頂システムを利用したSBAS整備に係る要件調査の技術支援	一般財団法人航空保安無線システム協会	坂井 丈泰
GBAS装置整備に関する調査の技術支援	一般財団法人航空保安無線システム協会	福島 荘之介
同時平行ILS/PAR進入方式の安全性評価・検証に関する調査支援	一般財団法人航空保安研究センター	天井 治
電子機器から発射される電波に対する飛行検査機の耐性確認調査	航空局運用課	ニッ森 俊一
平成27年度将来の航空交通システムに関する長期ビジョン対応のための計画の策定等に関する調査指標分析支援	株式会社三菱総合研究所	岡 恵
RAIM予測サービスの最適化に関する調査の技術支援	一般財団法人航空保安無線システム協会	麻生 貴広
DBFアンテナ測定支援	アルウェットテクノロジー株式会社	ニッ森 俊一
DHCS-400搭載機器の経路損失試験	琉球エアークommunicuter株式会社	米本 成人
航空システムとデジタルコミュニティ放送の共用条件についての調査支援	株式会社NHKアイテック	福島 荘之介

件名	委託元	実施主任者
広域マルチラテレーション（WAM）の調査支援	株式会社三菱総合研究所	宮崎 裕己
平成27年度RNSS信号に係るTLEからアルマナック情報への変換プログラム作成	一般財団法人航空保安無線システム協会	北村 光教
24GHzアンテナの開発支援	上田日本無線株式会社	米本 成人
BK117C-1搭載機器の経路損失試験	株式会社ウェザーニューズ	米本 成人
平成27年度戦略的イノベーション創造プログラム（衛星測位強うに向けた基礎評価に関する調査）	アイサンテクノロジー株式会社	坂井 丈泰
機体・飛行時のHIRF電波環境調査（その5）	三菱航空機株式会社	米本 成人
北部九州地域の空域再編に伴う運用要件調査	株式会社レイメイ	蔭山 康太
24GHzアンテナの開発支援（その2）	上田日本無線株式会社	米本 成人
レーダシステムの基礎データ収録の支援	日本無線株式会社	米本 成人

6 共同研究

当研究所の平成27年度における共同研究は下記のとおりである。

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
航法システム領域	三菱電機株式会社	後方乱気流検出装置による観測データ収集に関する研究	H23.9.27 ~ H29.3.31
監視通信領域	日本電気株式会社	WAMにおけるモードA/C機測位に関する共同研究	H24.2.24 ~ H29.3.31
監視通信領域	(国研) 情報通信研究機構	導波管の特性の精密測定に関する研究	H25.5.1 ~ H28.3.31
航法システム領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構 東京大学	GBASを用いた着陸方式基準に関する研究	H25.7.10 ~ H28.3.31
監視通信領域	株式会社日立国際電気	RoFを利用したレーダー・通信システムの研究開発	H25.10.8 ~ H28.3.31
航法システム領域	(国研) 防災科学技術研究所	GNSS受信信号に対する積雪、着雪の影響低減に関する研究	H25.11.20 ~ H27.6.30
航法システム領域	日本電気株式会社	マルチパス低減GPSアンテナの積雪、着雪の影響評価のためのデータ収集に関する研究	H25.12.24 ~ H27.5.31
監視通信領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構 北海道放送株式会社	ヘリコプタの障害物警報システムに関する共同研究 (その2)	H26.4.1 ~ H29.3.31
監視通信領域	北海道大学	航空機における電磁干渉影響評価に関する研究	H26.5.9 ~ H29.3.31
監視通信領域	金沢工業大学	ステルス技術の研究	H26.6.10 ~ H29.3.31
監視通信領域	福井医療短期大学 三菱スペース・ソフトウェア株式会社	高次脳機能障害等の患者、学生、医療従事者に関する発話音声解析システムの適用の研究	H26.8.1 ~ H29.3.31
監視通信領域	(国研) 情報通信研究機構 公益財団法人鉄道総合技術研究所 株式会社KDD I 研究所 株式会社日立製作所	ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発	H26.8.22 ~ H31.3.31
監視通信領域	株式会社高田 R F 技術研究所	広帯域ミリ波回路の研究	H26.9.11 ~ H29.3.31
監視通信領域	大阪大学 学校法人同志社 一般財団法人電力中央研究所 株式会社日立製作所 コーデンテクノインフォ株式会社	高密度ユーザ集中環境下におけるフォトニックネットワーク技術を用いた次世代無線技術の研究	H26.10.1 ~ H29.9.30
航空交通管理領域	早稲田大学	機上データを用いた気象要因による軌道の予実差の低減に関する研究	H26.10.16 ~ H28.3.31
航法システム領域	電気通信大学	プラズマバブルの衛星航法への影響に関する共同研究	H26.11.12 ~ H30.3.31
監視通信領域	法政大学	小型航空機における周辺状況監視のための交通情報配信に関する研究	H26.11.21 ~ H28.3.31
航法システム領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構	アジア太平洋地域における準天頂衛星初号機を用いた補強効果に関する共同研究	H26.11.28 ~ H29.3.31
監視通信領域	青森大学	降雪・積雪の1090MHz信号伝搬に与える影響についての研究	H26.12.15 ~ H29.3.31
航空交通管理領域	電気通信大学	航空管制官のヒューマンファクターに関する研究	H26.12.17 ~ H28.3.31
監視通信領域	九州大学	監視情報を用いた飛行状態のオンライン推定技術の研究	H27.2.24 ~ H29.3.31
航法システム領域	(国研) 情報通信研究機構 京都大学	宇宙天気現象が衛星航法に与える影響に関する共同研究	H27.4.1 ~ H28.3.31
航法システム領域	タイ王国モンクット王工科大学ラカバン	Ionospheric TEC Characterization Program 2015	H27.3.31 ~ H32.3.31
監視通信領域	(国研) 情報通信研究機構	無人航空機の通信および共用条件に関する研究	H27.4.13 ~ H28.3.31
監視通信領域	琉球大学	低緯度域におけるADS-B信号伝搬に関する研究	H27.5.1 ~ H30.3.31
航法システム領域	日本電気株式会社	GBASの実用性能検証のための方法確立に向けた研究	H27.5.20 ~ H28.3.31
航空交通管理領域	首都大学東京	フローコリドーによる航空交通流の最適化の研究	H27.6.6 ~ H28.3.31

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
監視通信領域	名古屋大学	ADS-Bを用いた航空交通管理に関する研究及び電離圏擾乱がADS-B放送位置に与える影響の研究	H27.7.1 ~ H30.3.31
航空交通管理領域	九州大学	効率の高い経路算出手法の研究	H27.7.1 ~ H29.3.31
航法システム領域	東京海洋大学	擬似距離マルチパス誤差の移動体速度との関係に関する研究	H27.7.1 ~ H28.3.31
監視通信領域	釧路工業高等専門学校	ADS-B信号の高性能受信技術の研究	H27.7.29 ~ H30.3.31
航空交通管理領域	東北大学	予防安全のための状況認識支援に関する研究	H27.8.20 ~ H30.3.31
監視通信領域	室蘭工業大学	高速無人航空機監視システムの研究	H27.8.4 ~ H30.3.31
監視通信領域	新潟大学	バイスタティック測位方式による航空機監視技術の基礎的研究	H27.9.16 ~ H30.3.31
監視通信領域	北海道大学	アレーアンテナを用いた航空機発信情報の整合性検証技術の研究	H27.10.19 ~ H30.3.31
監視通信領域	首都大学東京	ADS-B情報を用いた航空機における軌道予測精度の向上技術の研究	H27.10.26 ~ H31.3.31
航空交通管理領域	東京大学	目立ちやすさの定量化とユーザーインターフェース評価への応用	H27.10.8 ~ H30.3.31
監視通信領域	金沢工業大学	航空機監視情報を用いた飛行特性の抽出分析技術の研究	H27.10.28 ~ H30.3.31
監視通信領域	海上保安大学校	海上保安業務に資する航空機監視データ利用法に関する研究	H27.11.5 ~ H31.3.31
監視通信領域	鹿児島大学	火山噴火が航空機監視システムに与える影響についての研究	H27.11.17 ~ H31.3.31
監視通信領域	早稲田大学	光通信による無線通信の高速化に関する研究	H27.12.8 ~ H31.3.31
航法システム領域	(国研) 防災科学技術研究所	GNSS受信信号から得られる積雪観測量の長期評価と利用に関する研究	H27.11.27 ~ H29.6.30
航法システム領域	京都大学	航空機の安全運航に資する次世代気象センサーに関する研究	H27.12.18 ~ H30.3.31
航法システム領域	気象研究所	SSRモードS気象データによる数値予報の精度向上と航空機の安全運航に関わる気象予測情報の高度利用に関わる研究	H27.12.24 ~ H31.3.31
航法システム領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構	環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト/準天頂衛星情報利用システム	H27.10.21 ~ H28.3.31
	本田技研工業株式会社		
	株式会社ゼンリン		
監視通信領域	日本電気株式会社	Mini Global II Demonstration に関する実験システムの開発	H28.3.1 ~ H28.5.31

7 研究発表

(1) 第15回研究発表会（平成27年6月4日, 5日）

ー ENRIの新しい研究長期ビジョンについて

研究企画統括 藤井 直樹

1. 運航速度データベースに基づく軌道予測の評価

航空交通管理領域 瀬之口 敦
白川 昌之
平林 博子

2. 国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する研究

九州大学 宮沢 与和
原田 明德
小塚 智之

航空交通管理領域 ビクラマシンハ ナヴィンダ
マーク ブラウン
福田 豊

3. 高速シミュレーションによる到着機処理の比較

航空交通管理領域 蔭山 康太
秋永 和夫
宮津 義廣

4. 成田空港の地上走行時間の特性について

航空交通管理領域 住谷 美登里
山田 泉
青山 久枝
マーク ブラウン

5. 出発時刻調整による空港面交通の滞留軽減効果の推定

航空交通管理領域 山田 泉
住谷 美登里
青山 久枝
マーク ブラウン

6. RNP ARと従来方式の混在環境の管制リアルタイムシミュレーション

航空交通管理領域 天井 治
松岡 猛

7. フルフライトシミュレータによる継続降下運航の効果の検討

航空交通管理領域 福島 幸子
平林 博子
岡 恵
伊藤 恵理

ビクラマシンハ ナヴィンダ

8. 電子航法研究所の発話音声分析技術

監視通信領域 塩見 格一

9. SWIM構築技術の分析と実証実験

監視通信領域 呂 暁東
古賀 禎
塩見 格一
住谷 泰人

10. ADS-B方式高度維持性能監視の誤差要因

監視通信領域 松永 圭左
宮崎 裕己

11. 光ファイバ接続型ミリ波レーダによる異物探知試験

監視通信領域 ニッ森 俊一
森岡 和行
河村 暁子
岡田 国雄
米本 成人

12. AeroMACSプロトタイプシステムの基本性能評価
監視通信領域 森岡 和行
金田 直樹
二ツ森 俊一
河村 暁子
富田 武
米本 成人
住谷 泰人
13. 航空路監視用WAM技術の評価について
監視通信領域 宮崎 裕己
古賀 禎
松永 圭左
角張 泰之
本田 純一
田嶋 裕久
14. 光ファイバ接続型受動監視システムの実用化評価
監視通信領域 角張 泰之
古賀 禎
本田 純一
松永 圭左
田嶋 裕久
宮崎 則彦
15. 航空監視情報ネットワークへのサービス品質保証技術の実装
早稲田大学 中里 秀則
Kiratipong Ongkasae
監視通信領域 古賀 禎
呂 曉東
16. 日本FIRにおけるインドGAGANの性能評価
航法システム領域 麻生 貴広
坂井 丈泰
17. LI-SAIF信号オーストラリア受信実験
ニューサウスウェルズ大学 Yong Li
Mazher Choudhury
Chris Rizos
18. GAST-D地上装置のプロトタイプ評価
航法システム領域 吉原 貴之
齋藤 享
毛塚 敦
星野尾 一郎
福島 莊之介
齊藤 真二
19. GAST-D機上実験装置による飛行実験評価
航法システム領域 齋藤 享
吉原 貴之
毛塚 敦
齊藤 真二
福島 莊之介
星野尾 一郎
20. 新石垣空港におけるVDBの覆域評価
航法システム領域 毛塚 敦
齋藤 享
吉原 貴之
21. 地上型衛星航法補強システムの基準局設置条件の検討
航法システム領域 齊藤 真二
福島 莊之介
22. RNP進入とGLSを接続する進入方式の気圧高度差に関する検討
航法システム領域 福島 莊之介
齊藤 真二
山康 博
航空交通管理領域 森 亮太

(2) 所外発表

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
ATM Research Topics of ENRI (ENRIのATM研究のトピック)	蔭山康太	平成27年4月	Aviation Weather Symposium
Space and Extreme Weather (宇宙天気と極端気象)	吉原貴之	平成27年4月	Aviation Weather Symposium
Opening Statement for Session3 Panel, EUROCAE Symposium (EUROCAEシンポジウム セッション3, パネリストの開始の言葉)	山本憲夫	平成27年4月	EUROCAE Symposium and General Assembly
Test Results of Passive Acquisition Using Short Baseline MLAT in ENRI (電子航法研究所におけるMLAT方式による受動捕捉の試験結果)	宮崎裕己 角張泰之	平成27年4月	ICAO Surveillance Panel 1st ASWG
Report on Preliminary Analysis of 1030/1090 RF Measurement in Japan (日本における1030/1090信号環境解析結果の報告)	大津山卓哉 宮崎裕己 本田純一 小瀬木滋	平成27年4月	ICAO Surveillance Panel Aeronautical Surveillance Working Group
GAST-D flight tests at New Ishigaki Airport (新石垣空港におけるGAST-D飛行実験結果)	齋藤享	平成27年4月	ICAO第1回航法システムパネル会議
Validation of proposed changes to the Table D-8B (GBAS Type-2 and -3 messages example) (ICAO Annex 10第3章アタッチメントD 表D-8B (GBASタイプ2及び3メッセージ例) の変更案の検証)	齋藤享	平成27年4月	ICAO第1回航法システムパネル会議
Summary of GAST-D operational validation program in Japan (日本におけるGAST-D検証結果の概要)	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦	平成27年4月	ICAO第1回航法システムパネル会議
BASIC CHARACTERISTIC EVALUATION OF AEROMACS PROTOTYPE SYSTEM IN SENDAI AIRPORT (仙台空港におけるAeroMACSプロトタイプシステムの基本性能評価)	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 富田武 米本成人 住谷泰人	平成27年4月	IEEE Integrated Communications Navigation and Surveillance
Generation of the QZSS L1-SAIF Message from the MADOCA Realtime Products (MADOCAリアルタイム推定値からのL1-SAIFメッセージの生成)	坂井丈泰 (JAXA) 小暮聡 (JAXA) 伊藤憲	平成27年4月	ION Pacific PNT Conference (米国航法学会太平洋PNT会議)
航空通信システムの現状と将来動向	住谷泰人	平成27年4月	一般財団法人 日本ITU協会
近接パラメータによる航空交通管制の難度指標-空域指標への統合方法-	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年4月	電子情報通信学会 安全性研究会
レーダデータによる航空機運航速度パラメータ推定と軌道予測	白川昌之 瀬之口敦 平林博子	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
確率的離散的かつ周期的パイロット操舵モデルの提案	森亮太	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
TBOにおけるエンルート飛行経路に関する検討	平林博子 ブラウン マーク 福田豊	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
空港周辺の滞留時間の分布と傾向	岡恵 蔭山康太	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
ADS-Bデータを用いた航空機の高度維持性能監視	松永圭左 宮崎裕己	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
洋上空域での上昇・降下時の管制間隔短縮の潜在性と便益	福島幸子 平林博子 岡田一美	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
羽田空港到着機のダイヤグラム表示による巡航区間での時間調整の検討	手塚亜聖 (早稲田大学) 瀬之口敦	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
SSRモードSデータを用いた航空機の運航速度の時系列解析	瀬之口敦 白川昌之 平林博子	平成27年4月	日本航空宇宙学会 第46期年会講演会
第29回 国際航空科学会議 Санктペテルブルク大会 (ICAS2014) 報告	伊藤恵理	平成27年4月	日本航空宇宙学会誌
Role of ATM Research & Development (ATM研究開発の役割)	山本憲夫	平成27年5月	CANSO Seamless ATM Workshop
Development Plan for Mini Global II (Mini Global II の開発計画)	呂曉東	平成27年5月	FATS/18 WG
Calculation of Longitudinal Collision Risk Under ADS-C Environment Considering Speed Prediction Error Dependency of Consecutive Aircraft (2機の航空機の速度予測誤差依存を考慮したADS-C環境下の衝突危険度推定)	森亮太	平成27年5月	ICAO SASP/26
SAFETY ASSESSMENT OF SIMULTANEOUS PARALLEL INDEPENDENT DEPARTURE PROCEDURES FOR NARITA INTERNATIONAL AIRPORT (成田国際空港における同時平行独立出発方式の安全性評価)	天井治 井無田貴 (国土交通省航空局)	平成27年5月	ICAO SASP-WG/WHL/26-IP/XX
Evaluation of New Radio Equipment using SDR (ソフトウェア無線を使った新しい無線装置の評価)	大津山卓哉 北折潤 小瀬木滋	平成27年5月	LINK16 MNWG
Basic study of mobile terminal localization using 802.11ad signals (802.11ad信号を用いた移動端末位置推定に関する基礎検討)	米本成人 角張泰之	平成27年5月	RAPID-5G 2nd Project Meeting in Tokyo 2015

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
航空機の飛行経路予測における気象情報の要件導出	吉原貴之	平成27年5月	気象研究ノート
気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革 事後評価「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」	岡田義光 (防災科学技術研究所) 吉原貴之 (研究成果報告書の一部を担当)	平成27年5月	国立研究開発法人 科学技術振興機構
カオス論的発話音声評価技術	塩見格一	平成27年5月	第69回日本交通医学会
航空管制における混合進入方式の安全性評価のためのヒューマンエラー確率の推定法	松岡猛 天井治	平成27年5月	電子情報通信学会 安全性研究会
位置・速度を観測値とした過渡応答用の等加速度運動モデル非干渉形フィルタ	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 稲葉敬之 (電通大) 秋田学 (電通大)	平成27年5月	電子情報通信学会 論文誌B
航空管制と航空交通管理	平林博子	平成27年5月	日本航海学会 第132回 春季講演会
Characteristics of extreme spatial gradient of the ionospheric TEC associated with plasma bubbles and its impact on GNSS (プラズマバブルに伴う極めて大きな全電子数空間勾配の特性とGNSSに対する影響)	齋藤享 吉原貴之	平成27年5月	日本地球惑星科学連合 連合大会 2015年大会
VOR遠距離伝搬およびイオノゾンドの観測に基づくITU-RのEs伝搬モデルの検討	新田琢也 (電気通信大学) 富澤一郎 (電気通信大学) 山本淳 (海上保安大学校) 齊藤真二	平成27年5月	日本地球惑星科学連合 連合大会 2015年大会
On the Development of and Outlook for the ATN (ATNの開発と将来展望について)	ブラウン マーク 井上浩樹 (国土交通省航空局)	平成27年6月	ICAO ACP WG-I/18
Draft material for Antennas/MIMO sections for AeroMACS Technical Manual (AeroMACS技術マニュアル アンテナ/MIMO節原稿 (案))	金田直樹 森岡和行 米本成人 住谷泰人	平成27年6月	ICAO CP WG-S
Updates on Preliminary Analysis of 1030/1090 RF Measurement in Japan reported in SPL-ASEGL-WP/31 (日本における1030/1090信号環境解析結果の報告の更新)	大津山卓哉 宮崎裕己 長縄潤一	平成27年6月	ICAO SP ASWG TSG
An issue of initial acquisition delay of Boeing 787 (ボーイング787航空機のレーダー初期捕捉遅延問題)	岸信隆 (国土交通省航空局) 宮崎裕己	平成27年6月	ICAO Surveillance Panel 1st Technical Sub Group
DAPs Potential and an Analysis on Weather Uncertainty for TBO (DAPsの可能性と軌道ベース運用のための気象の不確実性の解析)	瀬之口敦	平成27年6月	ICAO/WMO APAC MET/ATM Seminar 2015
ENRI's R&D Topics on Space Weather, Extreme Weather and Evaluation Study of Weather Impacts on ATM near Airport (宇宙天気、極端気象、空港周辺でのATMへの気象の影響調査に関する電子航法研究所のR&D紹介)	吉原貴之	平成27年6月	ICAO/WMO APAC MET/ATM Seminar 2015
Ionospheric threat and its mitigation for GNSS implementation in the APAC region (アジア太平洋地域のGNSS導入における電離圏問題と回避策について)	齋藤享	平成27年6月	ICAOアジア太平洋地域PBNシンポジウム
A Study of Parallel Routes introducing 30NM Intervals in the NOPAC Airspace (NOPACにおける30NM間隔平行経路の検討)	平林博子	平成27年6月	IPACG PM/15
Extension of ADS-C Periodic Position Report Interval for RNP4 Aircraft in Fukuoka FIR (福岡FIRにおけるRNP4機のADS-C位置通報間隔の延長について)	森亮太	平成27年6月	IPACG PM/15
Potential and Benefit of ATSA-ITP and ADS-C CDP over North Pacific (北太平洋上のITPとCDPの潜在性と便益)	福島幸子 平林博子	平成27年6月	IPACG PM/15
Report of JCAB/ENRI (JCAB/ENRIからの報告)	呂曉東	平成27年6月	Mini Global II-Asia/Pacific TIM
タイ実走テスト結果 L1-SAIF補強測位	坂井丈泰	平成27年6月	QBIC海外展開W/G
Role of ENRI for the Implementation of new ATM/CNS in Japan (日本における新たなATM/CNS実施のためのENRIの役割)	高木育男	平成27年6月	RTCA 2015 Global Aviation Symposium
ICI低減を実現する次世代航空通信向けCPM-OFDMシステムの実環境評価	森岡和行	平成27年6月	科研費助成事業 研究成果報告書
精測進入レーダPARの概要	小瀬木滋	平成27年6月	総務省 9GHz帯SAR作業班
GAST-D validation with a ground subsystem prototype in Ishigaki, Japan (GAST-D地上サブシステムプロトタイプの石垣における検証)	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 星野尾一明 齊藤真二 福島荘之介	平成27年6月	第16回GBAS国際ワーキンググループ会議 (IGWG-16)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Analysis of VDB signal strength above runway surface at Ishigaki airport (石垣空港におけるVDBの信号強度解析)	毛塚敦 齋藤享 吉原貴之	平成27年6月	第16回国際GBASワーキンググループ会議 (IGWG-16)
GAST-D validation with flight trials in Ishigaki, Japan (GAST-D検証のための石垣における飛行実験)	齋藤享 吉原貴之 福島荘之介 齋藤真二 毛塚敦	平成27年6月	第16回国際GBASワーキンググループ会議 (IGWG-16)
Ionospheric/tropospheric gradient studies for GAST-D (GAST-Dのための電離圏・対流圏勾配に関する研究)	齋藤享 吉原貴之	平成27年6月	第16回国際GBASワーキンググループ会議 (IGWG-16)
Simulator experiments of RNP to GLS with B787 full flight simulator (B787飛行シミュレータによるRNP to GLSの検証実験)	福島荘之介 森亮太	平成27年6月	第16回GBAS国際ワーキンググループ会議 (IGWG-16)
ENRI Status Report (電子航法研究所進捗報告 (GBAS研究))	福島荘之介	平成27年6月	第16回GBAS国際ワーキンググループ会議 (IGWG-16)
若手エンジニアに勧める本 (「レーダの歴史」、「孫子」)	小瀬木滋	平成27年6月	電子情報通信学会 情報ソサエティマガジン
航空交通管制における管制間隔基準短縮のための衝突リスクモデルのパラメータ値の推定に関する研究	天井治	平成27年6月	東京海洋大学
ミリ波レーダの基礎と実現方法および応用	二ツ森俊一	平成27年6月	日本テクノセンター技術セミナー
航空管制官の思考・判断プロセスの分析	青山久枝 高橋信 (東北大学大学院工学研究科) 飯田裕康 ((財)労働科学研究所) 狩川大輔	平成27年6月	日本人間工学会 第56回大会
カオス論的音声評価技術	塩見格一	平成27年6月	日本人間工学会 第56回大会
管制処理プロセス可視化インタフェースを用いた予防安全支援に向けて	狩川大輔 青山久枝 中村陽一	平成27年6月	ヒューマンインタフェース学会安全管理支援技術専門委員会
Performance of GAST-D ionospheric gradient monitor studied with low latitude ionospheric disturbance data obtained in a real airport environment (実空港環境におけるGAST-D電離圏勾配モニタの性能評価)	齋藤享 吉原貴之 中原宏章 (電気通信大学)	平成27年6月	米国航法学会Pacific PNT 2015
A Difficulty Index for Air Traffic Control Based on Potential Conflicts (潜在的コンフリクトに基づく航空管制のための難度指標)	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年7月	EURO 2015 (27th European Conference on Operational Research)
Swapping and Re-Sequencing Aircraft under Arrival Uncertainty (到着の不確実性の下での順序の入れ替えと再設定)	グワイグナー・クラウス (ハンブルク大学) 長岡栄	平成27年7月	EURO 2015 (27th European Conference on Operational Research)
PROBLEM SUMMARY FOR RNP TO XLS PROCEDURE DESIGN (RNP to XLSの方式設計に関する問題点の要約+H125:H127)	森亮太 福島荘之介	平成27年7月	ICAO IFPP PBN WG virtual meeting 2015/7/29-30
Preliminary Experimental Result of Aircraft Positioning by Using ISDB-T Delay Signal (ISDB-T遅延信号を用いた航空機測位の予備実験結果)	本田純一 大津山卓哉	平成27年7月	IEEE International Symposium on Antenna and Propagation and North American Radio Science
Application of DRTM to Aircraft Landing System (航空機着陸システムへのDRTMの応用)	本田純一	平成27年7月	Progress In Electromagnetics Research Symposium
GNSS Positioning Program (GNSS測位プログラム)	坂井丈泰	平成27年7月	Summer School on GNSS
Evaluation of polarization characteristics of power-line radar cross section at 76 GHz for helicopter obstacle detection (ヘリコプタ障害物探知のための76GHzにおける送電線レーダ断面積偏波特性評価)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 塩地誠 米本成人	平成27年7月	The Institution of Engineering and Technology
Answers for featured article of Electronic Letters Vol 51, issue 14 (Electronics Letters Vol 51, issue 14の注目論文に対する返答)	二ツ森俊一	平成27年7月	The Institution of Engineering and Technology
第16回国際GBASワーキンググループ会議 (I-GWG16)のトピック	福島荘之介	平成27年7月	新進入・出発方式に関する調査研究H27年度第1回WG会議
Publication and intellectual properties of ionospheric threat models (電離圏脅威モデルの公表と知的財産権について)	齋藤享	平成27年7月	第19回APANPIRG CNSサブグループ会議
Current status of ISTF activities and working plan for delivery of its final outcomes (電離圏問題検討タスクフォースの活動状況と最終報告に向けた活動計画)	齋藤享	平成27年7月	第19回APANPIRG CNSサブグループ会議
Category-III GBAS (GAST-D) validation status in Japan (日本におけるカテゴリーIII GBAS (GAST-D) 検証状況)	齋藤享 吉原貴之 毛塚敦	平成27年7月	第19回APANPIRG CNSサブグループ会議
標準的な飛行・風況モデルから予測した巡航飛行時間と管制レーダの航跡との差異の分析	手塚亜聖 (早稲田大学) 瀬之口敦	平成27年7月	第47回流体力学講演会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
光4通倍による8PSK信号の品質評価	米本成人 金田直樹 森岡和行 河村暁子 二ツ森俊一	平成27年7月	電子情報通信学会 MWP研究会
マイクロ波・ミリ波融合通信のためのフォトニックベース無線リンクの基礎研検討	池田研介(電力中央研究所) 角張泰之 戸田裕之(同志社大学) 米本成人 井上敏之(大阪大学) 塩見英久(大阪大学) 村田博司(大阪大学) 柴垣信彦((株)日立製作所) 眞野浩(コデックインフォ(株))	平成27年7月	電子情報通信学会 MWP研究会
近接パラメータによる航空交通管制の難度指標 -軌道変更点の情報をを用いる計算法-	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年7月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
VDL Mode 2プロトコルシミュレータを用いた航空用データリンク伝送遅延の解析	住谷泰人 北折潤	平成27年7月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
ILS LOC積雪障害の遮蔽フェンスによる改善	田嶋裕久 二ツ森俊一 中田和一(青森大学)	平成27年7月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
ヘリコプタ障害物探知用76 GHz帯小電力ミリ波レーダを用いた探知性能評価 -高圧送電線および送電線鉄塔の長距離特性測定-	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 塩地誠 米本成人	平成27年7月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
日本におけるインドSBASの性能評価	麻生貴広 坂井丈泰 北村光教	平成27年7月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
首都圏混雑空港周辺の航空交通流に対する気象の影響調査	吉原貴之	平成27年7月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
電子航法の現状と将来展望	山本憲夫	平成27年7月	名古屋大学工学部航空学科創立75周年 記念講演会
Visualization and Analysis of Controllers' Working Processes in En Route Air Traffic Control (航空路管制業務における管制官のタスク処理プロセスの可視化と分析)	狩川大輔 青山久枝	平成27年8月	17th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2015)
Fundamental Field Evaluations of Radio-over-Fiber Connected 96 GHz Millimeter-Wave Radar for Airport Surface Foreign Object Debris Detection (Radio-over-Fiber接続型96GHz空港面FOD探知用ミリ波レーダのフィールド基礎試験)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成27年8月	40th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz
4D気象DBに係るENRIのATM関連研究について	瀬之口敦	平成27年8月	CARATS第20回航空気象検討WG
Applying Human Centered Design Process for Designing Air Traffic Control Interfaces (航空管制インタフェース設計への人間中心設計の適用)	井上諭 山崎和彦(千葉工業大学) 平子元(千葉工業大学) 佐々木俊弥(千葉工業大学)	平成27年8月	HCI International 2015
Intermediate report on investigation of 5GHz interference analysis (5GHz干渉調査の中間報告)	米本成人 森岡和行 金田直樹 住谷泰人	平成27年8月	ICAO FSMP/WG-FSMP
Process Visualization of In-trail Spacing Tasks in En-route Air Traffic Control (航空路管制業務における到着間隔設定タスクの可視化)	狩川大輔 青山久枝	平成27年8月	International Symposium on Socially and Technically Symbiotic Systems(STSS) 2015
QZSSウェブサイト インタビュー	坂井丈泰	平成27年8月	QZSSウェブサイト
航空通信システムの現状と将来動向	住谷泰人	平成27年8月	一般財団法人 日本ITU協会
平成27年度航空局と電子航法研究所との連絡会	企画課	平成27年8月	国土交通省航空局
Mini Global IIの進捗状況	呂曉東	平成27年8月	第19回情報管理検討WG
インドSBAS (GAGAN) の受信状況及び性能について	麻生貴広	平成27年8月	第1回 航法小委員会
航空管制におけるSafety-II	狩川大輔	平成27年8月	電子情報通信学会 安全性研究会
ACARSとその軌道ベース運用への応用可能性	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年8月	日本航海学会 AUNAR研究会
距離とドップラーを観測地とするテイラー級数展開法を用いた三次元の位置及び速度推定の解析	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 秋田学(電通大) 稲葉敬之(電通大)	平成27年8月	電子情報通信学会 論文誌B
CARATSオープンデータの概要説明	岡恵	平成27年9月	CARATSオープンデータ活用促進フォーラム

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
UPDATE OF PROBLEM SUMMARY FOR RNP TO XLS PROCEDURE DESIGN (RNP to XLSの方式設計に関する問題点の要約のアップデート)	森亮太 福島荘之介	平成27年9月	ICAO IFPP 13-2
Need for Revision of Passive Acquisition Guidance Material on Doc 9924 (ICAO航空監視マニュアルにおける受動捕捉の技術説明改定の必要性)	宮崎裕己	平成27年9月	ICAO Surveillance Panel 2nd ASWG
Updates on Preliminary Analysis of 1030/1090 RF Measurement in Japan reported in SP1-ASWG1-WP/31 (SP1-ASWG1-WP/31にて報告した「日本における1030/1090信号環境解析結果の報告」)	大津山卓哉 宮崎裕己 長縄潤一	平成27年9月	ICAO Surveillance Panel Aeronautical Surveillance Working Group
Report on ISADS 2015 (第12回自律分散システム国際会議の報告)	呂曉東	平成27年9月	IEICE Communications Society GLOBAL NEWSLETTER
New Connecting Structure for Waveguides with Special Connectors (導波管のための特殊コネクタ付き接続機構)	河村暁子 藤井勝巳 (情報通信研究機構) 二ツ森俊一 米本成人	平成27年9月	IEICE Electronics Express
Benefits of ATSA-ITP and ADS-C CDP over the North Pacific (北太平洋上のITPとCDPの便益)	福島幸子 平林博子 岡田一美	平成27年9月	IPACG/41
Traffic flow analysis of at or above FL400 flights in North Pacific airspace (北太平洋上空におけるFL400以上の飛行に関する交通流分析)	平林博子 福島幸子	平成27年9月	IPACG/41
Basic study of mobile terminal localization using 802.11ad signals(2) (802.11ad信号を用いた移動端末位置推定に関する基礎検討(2))	米本成人 角張泰之	平成27年9月	RAPID-5G 3rd Project Meeting in Europe 2015
Performance Evaluation of Passive Secondary Surveillance Rader for Small Aircraft Surveillance (パッシブSSRによる小型航空機監視の性能評価)	大津山卓哉 本田純一 塩見格一 御法川学 (法政大学) 濱中勇介 (法政大学)	平成27年9月	The 12th European Radar Conference
DOP Simulation Considering LOS/NLOS for Aircraft Positioning on Airport Surface (空港面航空機測位のためのLOS/NLOSを考慮したDOPシミュレーション)	本田純一 角張泰之 古賀禎	平成27年9月	The 5th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar
特集 電子航法研究所研究発表会 研究発表会概要	藤井直樹	平成27年9月	航空無線第85号
特集 電子航法研究所研究発表会 高速シミュレーションによる到着機処理の比較	蔭山康太 秋永和夫 宮津義廣	平成27年9月	航空無線第85号
特集 電子航法研究所研究発表会 GAST-D機上実験装置による飛行実験評価	齋藤享 吉原貴之 毛塚敦 齋藤真二 福島荘之介 星野尾一明	平成27年9月	航空無線第85号
特集 電子航法研究所研究発表会 ADS-B方式高度維持特性性能監視の誤差要因	松永圭左 宮崎裕己	平成27年9月	航空無線第85号
光ファイバ接続型受動監視システムについて	角張泰之	平成27年9月	一般財団法人航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
Fast-time Simulation Study Plan for Airspace Sectorization (空域編成のための高速シミュレーションの研究)	蔭山康太	平成27年9月	オランダ国立航空宇宙研究所及び国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
プラズマバブルに伴う極めて大きな電離圏TEC勾配とその衛星航法に対する影響	齋藤享	平成27年9月	第9回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
石垣空港におけるGBAS VDBの滑走面上覆域シミュレーション	毛塚敦 齋藤享 吉原貴之	平成27年9月	電子情報通信学会 エレクトロニクスシミュレーション研究会
ドップラー観測の場合のTDOA測位性能	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 秋田学 (電気通信大学) 稲葉敬之 (電気通信大学)	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
洋上到着機の滞留時間と降下プロファイル	岡恵 福島幸子	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
連続位相変調方式を用いた時空間ブロック符号に関する一検討	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人 アサノ・デービット (信州大学)	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
オーストラリアにおけるQZSSを用いたGNSS補強サービス	伊藤憲 坂井丈泰	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
VHF帯における空港面電磁界解析手法の提案	加藤涼(青山学院大) 毛塚敦 須賀良介(青山学院大) 橋本修(青山学院大)	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
高度情報の適用によるTDOA測位の改善手法	宮崎裕己 小菅義夫 田中俊幸(長崎大学)	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
光2通倍器を用いた光ファイバ接続型滑走路異物監視用96 GHz帯ミリ波レーダの基本構成検討	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
基準時間による空港面交通シミュレータの精度検証	住谷美登里 青山久枝	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
空港面異物検知レーダーによる鳥の検出の試み	米本成人 柴垣信彦(日立製作所) 加島謙一(日立国際電気) 原本亮喜(日立国際電気) 佐藤洋介(日立国際電気) 稲垣恵三(情報通信研究機構) 川西哲也(早稲田大学)	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
高密度ユーザ集中環境下における次世代無線通信のためのフォトニックベースミリ波リンクの基礎検討	村田博司(大阪大学) 井上敏之(大阪大学) 塩見英久(大阪大学) 池田研介(電力中央研究所) 角張泰之 戸田裕之(同志社大学理工学部) 米本成人 柴垣信彦((株)日立製作所) 眞野浩(コデック/インフォ(株))	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
60GHz信号によるTDOA測位の検討(2)	角張泰之 米本成人	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
2通倍により生成された16QAM信号の変調精度評価	金田直樹 森岡和行 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成27年9月	電子情報通信学会 2015年ソサイエティ大会
単一滑走路におけるRNP ARとILS進入方式の混合運用の安全性について	天井治 松岡猛	平成27年9月	日本信頼性学会誌
航空管制における安全の考え方	狩川大輔	平成27年9月	日本人間工学会 東北支部研究会
航空管制分野におけるヒューマンファクター研究(1) -到着間隔設定プロセスの可視化-	狩川大輔 青山久枝	平成27年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2015
航空管制分野におけるヒューマンファクター研究(2) -管制官チーム協調作業の分析-	青山久枝 狩川大輔 飯田裕康((財)労働科学研究)	平成27年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2015
航空管制分野におけるヒューマンファクター研究(3) -管制官チーム協調作業の効果の可視化-	中村麻見(電気通信大学大学院) 青山久枝 田中健次(電気通信大学大学院)	平成27年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2015
リモート空港のための対空援助業務用制御卓のデザイン検討	井上諭 長塩真也(千葉工業大学) 福地悠人(千葉工業大学) 山崎和彦(千葉工業大学)	平成27年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2015
日本における航空管制と交通ネットワークの現状と展望について	古賀禎	平成27年9月	室蘭工業大学 大学院博士前期課程 航空宇宙総合コース集中講義「生産システム工学概論」の1
GNSS受信信号を用いた積雪関連パラメータ計測の検討	吉原貴之 本吉弘岐(防災科学技術研究所) 山口悟(防災科学技術研究所) 毛塚敦 齋藤享	平成27年9月	雪氷研究大会
成田空港出発便の地上走行時間に関する分析	住谷美登里 青山久枝 山田泉	平成27年9月	一般財団法人 航空交通管制協会
Design and Construction Methodology of 96GHz FMCW Millimeter-Wave Radar Based on Radio-over-Fiber and Optical Frequency Doubler (Radio-over-Fiber技術および光周波数2通倍器に基づく96GHzFMCWミリ波レーダの設計および構成法)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成27年10月	2015 IEEE International Meeting on Microwave Photonics

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Ionospheric delay gradient monitoring for ground-based augmentation system (GBAS) by GPS stations near Suvarnabhumi airport, Thailand (タイ・バンコク国際空港周辺におけるGBASのための電離圏遅延量勾配観測)	Sarawoot Rungraengwajaike (KMITL) Pornchai Supnithi (KMITL) 齋藤享 Nattapong Siansawasdi (AEROTHAI) Apitap Saekow (Stamford大)	平成27年10月	American Geophysical Union
HITL Simulation and Assessment Targeting High-Density Operation in Tokyo Metropolitan Area (首都圏空港周辺の高密度運航に関するヒューマンインザループシミュレーション評価)	伊藤恵理 金谷一朗 (長崎県立大学) ブラウン マーク ビクランジハ ナグインダ キトマル	平成27年10月	DLR-ENRI セミナー
HITL Simulation and Assessment Targeting High-Density Operation in Tokyo Metropolitan Area (首都圏空港周辺の高密度運航に関するヒューマンインザループシミュレーション評価)	伊藤恵理 金谷一朗 (長崎県立大学) ブラウン マーク ビクランジハ ナグインダ キトマル	平成27年10月	ENAC/DSNA-ENRI セミナー
HITL Simulation and Assessment Targeting High-Density Operation in Tokyo Metropolitan Area (首都圏空港周辺の高密度運航に関するヒューマンインザループシミュレーション評価)	伊藤恵理 金谷一朗 (長崎県立大学) ブラウン マーク ビクランジハ ナグインダ キトマル	平成27年10月	NLR-ENRI セミナー
HITL Simulation and Assessment Targeting High-Density Operation in Tokyo Metropolitan Area (首都圏空港周辺の高密度運航に関するヒューマンインザループシミュレーション評価)	伊藤恵理 金谷一朗 (長崎県立大学) ブラウン マーク ビクランジハ ナグインダ キトマル	平成27年10月	TU DELFT-ENRI セミナー
GBAS FASデータにおけるPATH計算	福島荘之介	平成27年10月	GBAS勉強会(千歳FAS設計)
Service Oriented Architecture for Global System Wide Information Management (SOAに基づいたグローバルSWIMの構築)	呂曉東 古賀禎	平成27年10月	IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2015)
Development of Pilot Model with Stochastic Periodical Discrete Movement (確率的周期的離散的操作のパイロットモデルの構築)	森亮太	平成27年10月	IEEE Systems, Man, and Cybernetics 2015
Air traffic control real-time simulation experiment regarding the mixed operation between RNP AR and ILS approach procedures (RNP AR進入方式とILS進入方式の混合運用に関する航空管制リアルタイムシミュレーション実験)	天井治 松岡猛	平成27年10月	International Association of Institutes of Navigation (国際航法学会)
HITL Simulation and Assessment Targeting High-Density Operation in Tokyo Metropolitan Area (首都圏空港周辺の高密度運航に関するヒューマンインザループシミュレーション評価)	伊藤恵理 金谷一朗 (長崎県立大学) ブラウン マーク ビクランジハ ナグインダ キトマル	平成27年10月	第2回 Airside Simulation and Performance Assessment Group (ASPAG会議)
地方ブロック向け放送と航空無線 (ILS) との共用検討の概要	福島荘之介	平成27年10月	デジタルコミュニティ調査検討会 隣接無線システム共用検討タスクグループ
航空機からのSSRモードSダウンリンクデータの同化実験 (その1)	瀬古弘 (気象庁気象研究所) 吉原貴之 瀬之口敦	平成27年10月	日本気象学会 秋季大会
航空機の動態情報を用いた上空の風向風速の取得について	古賀禎 吉原貴之 瀬之口敦	平成27年10月	日本気象学会 秋季大会
QZSSによるGNSS補強サービスのオーストラリアでの利用	伊藤憲 坂井丈泰	平成27年10月	日本航空宇宙学会 第59回宇宙科学技術連合講演会
次世代SBAS規格の検討状況	北村光教 麻生貴広 坂井丈泰 星野尾一明	平成27年10月	日本航空宇宙学会 第59回宇宙科学技術連合講演会
L1-SAIF信号における電離圏補強情報の調整	坂井丈泰 北村光教 伊藤憲	平成27年10月	日本航空宇宙学会 第59回宇宙科学技術連合講演会
Multi-constellation/Multi-frequency GNSS時代に必要な電離圏・宇宙天気情報	齋藤享 吉原貴之	平成27年10月	日本航空宇宙学会 第59回宇宙科学技術連合講演会
Integrating Pairwise Proximity-based Air Traffic Control Difficulty Indices into an Airspace Index (近接航空機対に基づく航空管制の難度指標の空域指標への統合)	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年11月	2015 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT)
Discussion about Parallel Routes considering Reduced Lateral Separation Minima in the NOPAC Airspace (北太平洋上空域での短縮管制間隔を考慮した平行経路運用の考察)	平林博子 福島幸子	平成27年11月	2015 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT)
Effects and Issues of DARP in Congestion Airspace (混雑空域でのDARPの効果と課題)	福島幸子 平林博子	平成27年11月	2015 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT)
Air traffic open data and its improvement (航空交通の一般公開データとその改良)	福田豊 岡恵 ビクランジハ ナグインダ キトマル 上島一彦	平成27年11月	2015 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Evaluation of High-Speed FMCW Signal Generation and Processing for Optically-Connected Distributed-Type Millimeter-Wave Radar (光ファイバ接続型ミリ波レーダに適用する高速FMCW信号生成および高速信号処理評価)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成27年11月	2015 International Symposium on Antennas and Propagation
AirTop Studies at ENRI:Updates (ENRIにおけるAirTopを使用した研究の近況)	平林博子 蔭山康太	平成27年11月	AirTopユーザ・カンファレンス
Access to Incoherent Scatter Data (非干渉散乱レーダーデータについて)	齋藤享	平成27年11月	COSPAR Capacity Building Workshop / IRI workshop
Incoherent Scatter Radar (非干渉散乱レーダーについて)	齋藤享	平成27年11月	COSPAR Capacity Building Workshop / IRI workshop
GAST-D (Category-III GBAS) Validation in Japan (日本におけるGAST-D (Category-III GBAS) の検証)	毛塚敦 吉原貴之 齋藤享 齋藤真二 福島荘之介 星野尾一明	平成27年11月	DISHA2015会議
Development of Wide Area Multilateration Technologies in ENRI (電子航法研究所における広域マルチラテレーション技術の研究)	宮崎裕己	平成27年11月	DISHA2015会議
High-assurance Tracking System for Air Traffic Surveillance (航空交通監視のための高信頼追尾システム)	呂曉東 古賀禎 小菅義夫	平成27年11月	ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2015)
Aircraft Route Optimization for RNP AR Approach Procedure Design (RNP AR方式設計のためのルート最適化)	松野賀宣 (東京大学) 森亮太 土屋武司 (東京大学)	平成27年11月	ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2015)
Future Arrival Management Collaborating with Trajectory-Based Operations (トラジェクトリ管理と協調する次世代の到着管理システム)	伊藤恵理 ブラウン マーク 瀬之口敦 ビクランソハ ナヴィンダ キトマル 福島幸子	平成27年11月	ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2015)
ENRI's R&D Activities for Globally Harmonized ATM Environment (全世界的な調和のとれたATM環境のためのENRIの研究開発)	山本憲夫	平成27年11月	ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2015)
Attempts of air traffic flow analysis considering human performance aspects using process visualization tool of ATC tasks (管制処理プロセス可視化ツールを用いた人間のパフォーマンス面を考慮した航空交通流分析の試み)	狩川大輔 青山久枝 中村陽一	平成27年11月	ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2015)
Optimization-Based Performance Assessment on 4D-Trajectory Based Operations with Track Data (トラックデータを用いた最適化による4次元軌道ベース運用性能評価)	ビクランソハ ナヴィンダ キトマル ブラウン マーク 福島幸子 福田豊	平成27年11月	ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2015)
Progress of MG II (Mini Global II の進捗報告)	呂曉東	平成27年11月	FATS/19 WG
Data Validation in SWIM (SWIMに関するデータ検証)	呂曉東	平成27年11月	FATS/19 WG
Lateral Track Keeping Capability on Oceanic Routes in Fukuoka FIR (福岡FIRにおける洋上の横方向経路誤差)	森亮太	平成27年11月	ICAO SASP-WG/27
20 NM Longitudinal Separation Minima without Any Constraints Considering Dependent Speed Error (速度予測誤差を考慮した制限のない20NM縦間隔)	森亮太	平成27年11月	ICAO SASP-WG/27
Mach Restriction Effect to Reduce Separation (管制間隔短縮にあたってのマックナンバ指定の効果)	森亮太	平成27年11月	ICAO SASP-WG/27
Phase Measurement by Open-ended Wave Guide for Reflective Surface of Diode Grids in W-band (W帯のダイオードグリッドの反射面の開放導波管による位相測定)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成27年11月	IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications(IEEE CAMA)
Occupied Bandwidth Comparison of BBOST-CPM with Two Transmit Antennas (BBOST-CPM方式の2送信アンテナ時における占有帯域幅に関する検討)	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人 アサノデービッド (信州大学)	平成27年11月	IEEE The 2015 International Symposium on Antenna and Propagation
A Study of Passive Aircraft Surveillance Using Signal Delay Profile (遅延プロファイルを用いた受動航空機監視の一検討)	大津山卓哉 本田純一	平成27年11月	IEEE The 2015 International Symposium on Antenna and Propagation

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Study on User Interface Design for Remote Air Flight Information Service Operation (遠隔型航空情報サービスのためのユーザーインタフェースデザインに関する研究)	長塩真也 (千葉工業大学) 井上諭 山崎和彦 (千葉工業大学)	平成27年11月	International Association of Societies of Design Research Conference
Helicopter Obstacle Detection Based on Small Transmitting Power 76 GHz Millimeter-Wave Radar System -Research Progress and Performance Evaluation for Flight Experiments- (ヘリコプタ衝突防止用小電力76GHzミリ波レーダシステム -研究進捗と飛行実験に向けた性能評価-)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 塩地誠 米本成人	平成27年11月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2015(ICSANE 2015)
Improvement Measures for 3D TDOA Localization by Using Height Information (高度情報を利用した3次元TDOA測位方式の改善手法)	宮崎裕己 小菅義夫	平成27年11月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2015(ICSANE 2015)
Evaluation Results for Impact of Signal Interference and Strength on Detection Probability of Extended Squitter (信号干渉と受信電力が拡張スキッタ検出確率に与える影響の評価結果)	長縄潤一 宮崎裕己 田嶋裕久	平成27年11月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2015(ICSANE 2015)
Correction Effect of DME Ranging Error Due to Atmospheric Propagation Delay using Observation on the Ground Surface (DMEの大气遅延による測距誤差の地上の観測を用いた補正の効果)	毛塚敦 吉原貴之 齋藤享 藤井直樹	平成27年11月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2015(ICSANE 2015)
Influences of Scattered Field Caused by Buildings to ILS Localizer in Airport (空港内におけるILSローライザーに及ぼす建物からの散乱波の影響)	本田純一	平成27年11月	International Symposium on Antenna and Propagation
Performance Evaluation of Kinematic Positioning Using Multi-GNSS in Urban Area (都市部におけるマルチGNSSを用いた移動体測位の性能評価)	加藤尚大 (早稲田大学) 北村光教 鈴木太郎 (早稲田大学) 天野嘉春 (早稲田大学)	平成27年11月	International Symposium on GNSS
GAST-D flight experiment results with disturbed and quiet ionospheric conditions (電離圏擾乱時及び静穏時のGAST-D飛行実験結果について)	齋藤享 吉原貴之 毛塚敦 齋藤真二 福島荘之介 大塚雄一 (名古屋大学)	平成27年11月	ION GNSS+2015
Development of real-time GPS-TEC monitoring system incorporating ionospheric 3D tomography over Japan (日本上空における3次元トモグラフィを用いたリアルタイムGPS-TECモニタシステムの開発)	鈴木翔太 (京都大学) 山本衛 (京都大学) 齋藤享 Chia-Hung Chen(台湾成功大) Gopi Seemala(インド地磁気研究所) 齋藤昭則 (京都大学)	平成27年11月	IRI workshop
管制・通信インフラの将来動向について	藤森武男	平成27年11月	アドバンスト・コックピット研究会
技術開発と評価試験	北折潤	平成27年11月	航空保安大学校岩沼研修センター第65回総合特別研修
航空交通システムの開発と今後の展望	藤井直樹	平成27年11月	船舶交通管理のあり方に関する検討会
Effects of plasma bubbles on GNSS ground-based augmentation system (GBAS) (プラズマバブルが地上型衛星航法補強装置に与える影響について)	齋藤享 吉原貴之 大塚雄一(名古屋大学)	平成27年11月	第138回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
ターミナル空域における航空機軌道とACAS不要RAについての考察	白川昌之 大津山卓哉 福田豊 瀬之口敦	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
管制空域における航空管制難度指標の可視化	平林博子 ブラウン マーク 長岡栄	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
四次元軌道運用と協調する航空機の到着管理システム	伊藤恵理 ブラウン マーク 瀬之口敦 ビクランシンハ ナヴィンダ キトマル 福島幸子	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
航空交通の運用データの一般公開と活用 (その2) --データの座標変換方法等の改善--	岡恵 福田豊 ビクランシンハ ナヴィンダ キトマル 上島一彦	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
国内主要路線における航空交通管理の効率評価	中村陽一 蔭山康太	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
関西国際空港への継続降下運航の運用時間拡大の課題	福島幸子 平林博子 岡恵 伊藤恵理 ビクランシンハ ナヴィンダ キトマル	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
山岳地域上空を飛行する航空機の位置による風の変化の調査	手塚亜聖 (早稲田大学) 瀬之口敦	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
CAT - III GBAS(地上型補強システム)プロトタイプの開発と磁気低緯度地域における検証	吉原貴之 齋藤亨 毛塚敦 星野尾一明 福島荘之介 齊藤真二	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
76 GHz小電力ミリ波レーダを用いた送電線探知実験	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 塩地誠 米本成人	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
アジアにおけるSBASの現状	麻生貴広 坂井丈泰	平成27年11月	第53回飛行機シンポジウム
[招待講演]航空管制用監視システムとRoF応用	角張泰之 本田純一 古賀禎 松永圭左 宮崎裕己	平成27年11月	電子情報通信学会 マイクロ波・ミリ波フォトンクス研究会
60GHz端末位置推定のためのRoF接続型リモートレーザ	米本成人 角張泰之	平成27年11月	電子情報通信学会 マイクロ波・ミリ波フォトンクス研究会研究会
RoFを用いたミリ波帯高速鉄道用無線バックホール	志田雅昭(日立製作所) 柴垣信彦(日立製作所) 川西哲也(情報通信研究機構) 川崎邦弘(鉄道総合技術研究所) 米本成人 鈴木信雄(KDDI研究所)	平成27年11月	電子情報通信学会 マイクロ波・ミリ波フォトンクス研究会研究会
BBOST-CPM方式のパラメータ最適化に関する基礎検討	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人 アサノデービッド(信州大学)	平成27年11月	電子情報通信学会 無線通信システム研究会
位置と速度を観測値とする位置のn階微分値を一定とする追従フィルタの過渡応答	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 秋田学(電気通信大学) 稲葉敬之(電気通信大学)	平成27年11月	電子情報通信学会 論文誌B
広域マルチラテレーションの概要について	宮崎裕己 長縄潤一	平成27年11月	日本航海学会 第133回講演会 2015年度秋季
フルフライトシミュレータによる降下角を固定した継続降下運航の評価	伊藤恵理 福島幸子 平林博子 ビクランシンハ ナヴィンダ キトマル	平成27年11月	日本航空宇宙学会論文集 第64巻 第1号 P50~P57
航空安全におけるヒューマンインタフェース 研究の役割と課題	狩川大輔 青山久枝 石橋明(㈱安全マネジメント研究所)	平成27年11月	ヒューマンインタフェース学会学会誌
LabVIEWとNI FlexRIOを用いた滑走路異物探知用ミリ波レーダの研究開発	二ツ森俊一	平成27年11月	日本ナショナルインスツルメンツ
Safety- I & Safety-II 安全マネジメントの過去と未来	監訳：北村正晴(㈱テムス研究所) 監訳：小松原明哲(早稲田大学) 翻訳分担：狩川大輔 翻訳分担：菅野太郎(東京大学) 翻訳分担：高橋信(東北大学) 翻訳分担：鳥居塚崇(日本大学) 翻訳分担：中西美和(慶応義塾大学) 翻訳分担：松井裕子(㈱原子力安全システム研究所)	平成27年11月	
Improvement of Pushback Time Assignment Algorithm via Stochastic Optimization (確率的最適化によるプッシュバック時刻確定アルゴリズムの改良)	森亮太	平成27年12月	5th SESAR Innovation Days
航空機の到着管理システムに関する研究～研究の概要と本日の報告～	福島幸子	平成27年12月	CARATS ATM検討WG TBO Ad-hoc会合
2030年のAMAN運用コンセプト	伊藤恵理	平成27年12月	CARATS ATM検討WG TBO Ad-hoc会合

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
GBAS research and development status in Japan (日本におけるGBASの研究開発の状況)	吉原貴之 齋藤享	平成27年12月	ICAO 第2回航法システムパネル会議 (NSP/2)
GAST-D flight test results at Ishigaki, Japan (石垣島におけるGBAS飛行実験結果について)	齋藤享	平成27年12月	ICAO 第2回航法システムパネル会議 (NSP/2)
A Self-Separation Algorithm for Width-Limited High Density Air Corridor (带状空域内の高密度航空交通流のための自律間隔維持アルゴリズム)	中村陽一 武市昇 (首都大学東京)	平成27年12月	Institution of Mechanical Engineers
Possibility of Process-Oriented Training toward Enhancing Operators' Resilience --Preliminary Consideration based on A Study in Air Traffic Control Domain-- (レジリエンス向上に向けたプロセス指向型オペレータ訓練の可能性 --航空管制分野の研究に基づく予備的考察--)	狩川大輔 青山久枝	平成27年12月	International Editorial Committee of Nuclear Safety and Simulation (IECNSS)
石垣空港におけるGBAS VDBの滑走路面上覆域評価	毛塚敦 齋藤享 吉原貴之	平成27年12月	宇宙・電磁環境研究センター研究集会
A TM/CNSとは	藤井直樹	平成27年12月	航空技術・政策・産業特論
将来の首都圏航空交通を模擬した高密度運航時の管制方式に関する研究	伊藤恵理	平成27年12月	国土交通省航空局
航空管制官による能動的なエラー予防方策	青山久枝 狩川大輔	平成27年12月	第128回ヒューマンインタフェース学会研究会 「産業安全のヒューマンファクターおよび一般 (SIG-MAS-02)」
航空機の到着管理のための飛行経路による数値気象予報データの精度分析	手塚亜聖 (早稲田大学) 瀬之口敦	平成27年12月	第24回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2015)
大規模FDTD解析を用いた航空機内4.4GHz帯電波伝播特性の推定	矢萩幹人 (北海道大学) 白船雅巳 (北海道大学) 日景隆 (北海道大学) 山本学 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成27年12月	電子情報通信学会 アンテナ・伝搬研究会
光ファイバ接続型広帯域96GHz帯ミリ波レーダの基本構成法および距離分解能特性評価	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成27年12月	電子情報通信学会 和文論文誌C
ミリ波レーダの基礎と実現方法および応用	二ツ森俊一	平成27年12月	日本テクノセンター技術セミナー
大規模FDTD解析を用いた航空機内WAIC周波数帯電波伝搬特性の推定	矢萩幹人 (北海道大学) 日景隆 (北海道大学) 山本学 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成27年12月	平成27年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
Analyzing Feasibility of Continuous Descent Operation Following Fixed-flight Path Angle from Oceanic Route to Tokyo International Airport (洋上経路からの経路角を固定した継続降下運用に対する実現可能性の分析)	伊藤恵理 ビクランソハ ナウンダ キトマル 平林博子 上島一彦 福島幸子	平成28年1月	AIAA SciTech 2016 MST (Modeling and Simulation Technologies) Conference
Effects of Aircraft Mass and Weather Data Errors on Trajectory Optimization and Benefits Estimation (航空機の質量及び気象データの推定誤差が軌道最適化による便益評価に及ぼす影響)	ビクランソハ ナウンダ キトマル ブラウン マーク 宮本侑斗 (九州大学) 宮沢与和 (九州大学)	平成28年1月	AIAA SciTech 2016 MST (Modeling and Simulation Technologies) Conference
A Self-Separation Algorithm for High Density Air Corridor Allocated to Optimal Flight Trajectory (最適軌道を飛行する航空交通流に適した自律間隔維持アルゴリズム)	中村陽一 武市昇 (首都大学東京)	平成28年1月	AIAA SciTech 2016 MST (Modeling and Simulation Technologies) Conference
Creating severe weather model for arrival manager by analyzing the flight data of weather front passage (前線通過時の飛行データ解析による到着管理のためのシビアな気象モデルの作成)	手塚亜聖 (早稲田大学) 瀬之口敦	平成28年1月	AIAA SciTech 2016 MST (Modeling and Simulation Technologies) Conference
RNP-ARと従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究の概要と進捗状況 その3 ～航空管制リアルタイムシミュレーション実験の結果と混合運用に起因するハザードの解析について～	天井治	平成28年1月	CARATS 高規格RNAV SG会議
光・ミリ波融合技術を活用したレーダー、通信システムの開発	米本成人	平成28年1月	IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications (IEEE CAMA)
QZSS L1-SAIF Augmentation Trial in Thailand (準天頂衛星L1-SAIF補強信号のタイにおける利用の試み)	坂井丈泰	平成28年1月	QZSS Utilization Workshop (準天頂衛星利用ワークショップ)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
RNP AR進入方式と従来方式の混在環境に対する管制リアルタイムシミュレーション実験について	天井治 松岡猛	平成28年1月	航空交通管制協会
航空機の到着管理システムに関する研究 ～中間レビュー～	福島幸子 ブライアン マーク 瀬之口敦 伊藤恵理 ビクramシンハ ナグインダ キトマル 中島徳顕 宮沢与和 (九州大学) 武市昇 (首都大学東京) 手塚亜聖 (早稲田大学) 平田輝満 (茨城大学) 矢野夏子 (構造計画研究所)	平成28年1月	交通運輸技術開発推進制度 中間レビュー
FMSシミュレータを用いたACARS IDLメッセージの解析	長岡栄 ブライアン マーク	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
地上型衛星航法補強システムの運用性予測手法の検討	齊藤真二	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
平滑化高度情報の適用によるTDOA測位の改善手法	宮崎裕己 小菅義夫 田中俊幸 (長崎大学)	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
次世代SBAS規格のための広域補正方式の検討	北村光教 麻生貴広 坂井丈泰 星野尾一明	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
距離とドップラーを観測値とする位置及び速度推定	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 秋田学 (電気通信大学) 稲葉敬之 (電気通信大学)	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
航空路監視用広域マルチラテレーションにおける検出率概算法の検討	長縄潤一 宮崎裕己 田嶋裕久	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
飛行実験による監視信号環境の測定	大津山卓哉 長縄潤一 宮崎裕己	平成28年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
気象庁数値予報モデルと先行機のダウンリンクデータを用いた風況予測の精度比較	手塚亜聖 (早稲田大学) 瀬之口敦	平成28年1月	平成27年度航空宇宙空力シンポジウム
ISDB-Tパッシブ測位における固定物体抑圧の実験結果	本田純一 大津山卓哉	平成28年1月	放送技術研究会
国立研究開発法人 電子航法研究所	天井治	平成28年1月	日本航海学会誌 NAVIGATION
Aircraft Surveillance System using Signal Delays of Digital Terrestrial Television Broadcasting (地上デジタル放送波の信号遅延を利用した航空監視システム)	本田純一 大津山卓哉	平成28年1月	ICAO SP ASWG
Revision to Doc 9924 Guidance Material on Passive Acquisition (受動捕捉に関する航空監視マニュアルのガイダンス改定)	宮崎裕己 長縄潤一	平成28年1月	ICAO Surveillance Panel 2nd Technical Sub Group
Expanding the Coverage of Local Area Differential Correction (狭域ディファレンシャル補正の覆域の拡大)	坂井丈泰 麻生貴広 北村光教 星野尾一明 伊藤憲	平成28年1月	ION ITM 2016 (2016年米国航法学会国際技術会議)
A study on snow reflection signals using two GNSS antennas with different gain patterns and new application to monitor snow surface conditions (ゲインパターンが異なる2つのGNSSアンテナを用いた積雪面反射波と積雪面をモニタする新たな応用)	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 本吉弘岐 (防災科学技術研究所) 山口悟 (防災科学技術研究所)	平成28年1月	ION ITM 2016 (2016年米国航法学会国際技術会議)
Ionosphere Threat Model for SBAS (SBASのための電離圏脅威モデル)	坂井丈泰	平成28年1月	ICAO ISTF/6 (ICAO第6回電離圏タスクフォース会合)
CURRENT STATUS OF DATA ANALYSIS BY KAIST AND ENRI (韓国KAISTと電子航法研究所によるISTFデータ解析の現状について)	齋藤享	平成28年1月	第6回アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議 (ISTF/6)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
ISTF WORKPLAN FOR FINAL REPORT TO CNS-SG AND APANPIRG (APANPIRG通信・航法・監視サブグループ及びAPANPIRGへの報告に向けたISTFの活動計画)	齋藤享	平成28年1月	第6回アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議 (ISTF/6)
OUTCOME OF THE NSP/2 MEETING (第2回ICAO NSP会議の関連する主な成果)	齋藤享	平成28年1月	第6回アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議 (ISTF/6)
Ionosphere Threat Model for GBAS (GBASのための電離圏脅威モデル)	吉原貴之 齋藤享	平成28年1月	第6回アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議 (ISTF/6)
4通倍により生成されたQAM信号の変調精度について	金田直樹 米本成人 川西哲也 (早稲田大学)	平成28年1月	電子情報通信学会 マイクロ波・ミリ波フォトンクス研究会
MWP2015報告	菅野敦央 (情報通信研究機構) 梅沢俊匡 (") 久利敏明 (") 二ツ森俊一 久武信太郎 (大阪大学大学院) 黒川悟 (産業技術総合研究所) 戸田裕之 (同志社大学)	平成28年1月	電子情報通信学会 マイクロ波・フォトンクス研究会
Intermediate report on investigation of interference in case of cochannel use scenario in 5GHz Band (5GHz帯での同一チャンネル利用の場合の干渉調査についての中間報告)	米本成人 森岡和行 金田直樹 住谷泰人	平成28年2月	ICAO FSMP/WG
NLOS Satellite Detection Using a Fish-Eye Camera for Improving GNSS Positioning Accuracy in Urban Area (都市部におけるGNSS測位精度向上のための魚眼カメラを用いたNLOS衛星判別手法の開発)	加藤尚大 (早稲田大学) 北村光教 鈴木太郎 (早稲田大学) 天野嘉春 (早稲田大学)	平成28年2月	Journal of Robotics and Mechatronics
航空交通流の複雑性について	長岡栄	平成28年2月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
広域マルチラテレーションの概要	宮崎裕己 長縄潤一	平成28年2月	航空振興財団 第3回航法小委員会
GBASの研究開発	福島荘之介	平成28年2月	第12回CARATS PBN検討WG会議 (航空局)
電子航法研究所における航空機騒音技術等に係る当面の課題と取組み-環境関連研究の紹介-	福田豊	平成28年2月	第2回航空機騒音技術勉強会
千歳飛行場PAR 新千歳空港ILS進入精度解析結果	天井治	平成28年2月	第3回新千歳空港・千歳飛行場同時平行ILS-PAR進入安全性評価会
衛星航法に対する電離圏の影響とその軽減策-衛星観測への期待	齋藤享	平成28年2月	第3回超低高度衛星の利用に向けたワークショップ
スポット出発時刻調整の有効性に関するシミュレーション評価	青山久枝 山田泉	平成28年2月	成田国際空港株式会社および成田空港事務所への研究成果報告会
新しい安全学を目指して ～最近の安全研究の動向と課題～	狩川大輔	平成28年2月	平成27年度航空無線技術交流会
Numerical Estimation of 4.4GHz-band Propagation Characteristics in Aircraft Cabin Using Large-Scale FDTD Analysis (大規模FDTD数値解析を用いた4.4GHz帯電波伝搬推定)	矢萩幹人(北海道大学大学院情報科学研究科) 白船雅巳(北海道大学大学院情報科学研究科) 日影隆(北海道大学大学院情報科学研究科) 山本学(北海道大学大学院情報科学研究科) 檜橋祥一(北海道大学大学院情報科学研究科) 野島俊雄(北海道大学大学院情報科学研究科) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成28年3月	2016 Vietnam-Japan International Symposium on Antennas and Propagation (VJISAP2016)
ENRI's current status:AeroMACS coverage improvement simulation and experimental results (ENRIの現状:AeroMACSの覆域改善シミュレーションおよび実験結果)	金田直樹 森岡和行 本田純一 長縄潤一 米本成人 住谷泰人	平成28年3月	ICAO CP WG-S
Future Oceanic Air Traffic Flow Prediction (将来の洋上交通流予測)	平林博子	平成28年3月	IPACG PM17
5年後のドローンの未来 ドローンの交通管理	河村暁子	平成28年3月	JAPAN DRONE2016 国際コンファレンス 特別講演 (パネルセッション)
Recent works on Surveillance and Communications in ENRI (電子航法研究所における監視通信関連の最近の成果)	小瀬木滋	平成28年3月	JCAB-DGAC

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Millimeter-wave Radar System on Optical Fiber Networks (光ファイバーネットワーク上のミリ波レーダー)	米本成人	平成28年3月	Joint Workshop for photonics and radio technologies
Status of the Japanese QZSS Program (日本による準天頂衛星システムの状況)	坂井丈泰	平成28年3月	Munich Satellite Navigation Summit (ミュンヘン衛星航法サミット)
①ATM challenges in Japan & ENRI R&D Overviews ②Air-ground Harmonization in ATM targeting Tokyo Metropolitan Area (①日本のATMとENRIでの研究開発について ②首都圏空域を対象にした航空交通管理における空地連携に関する研究)	伊藤恵理	平成28年3月	NASA Ames and ENRI seminar
Positional Estimation of Obstacles and Aircraft by Using ISDB-T Signal Delay (ISDB-T信号遅延を利用した障害物および航空機の位置推定)	本田純一 大津山卓哉	平成28年3月	The 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Application 2016
Experimental Evaluation on Quality of VoIP over AeroMACS (AeroMACSのVoIP音声品質評価)	森岡和行 長縄潤一 本田純一 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 富田武 米本成人 住谷泰人	平成28年3月	The 30th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Application 2016
Introduction to Electronic Navigation Research Institute (電子航法研究所紹介)	福田豊	平成28年3月	World ATM Congress ENRIブース内ミニセミナー
Development of Wide Area Multilateration System Using Sector Antenna (セクタアンテナを利用した広域マルチラテレーションシステムの開発)	宮崎裕己	平成28年3月	World ATM Congress ENRIブース内ミニセミナー
Simulation Studies on Airport Surface Efficiency Improvement (空港面交通の効率向上に関するシミュレーション調査)	山田泉 青山久枝	平成28年3月	World ATM Congress ENRIブース内ミニセミナー
Supporting ATM by Improving RAIM Prediction Efficiency SBAS Satellite Selection Issue in Asia (①RAIM予測効率化によるATMの支援②アジアにおけるSBAS選択の問題)	麻生貴広	平成28年3月	World ATM Congress ENRIブース内ミニセミナー
GBAS Development for Low Latitude Region (低緯度地域のためのGBAS開発)	毛塚敦	平成28年3月	World ATM Congress ENRIブース内ミニセミナー
同時平行ILS/PAR進入方式の安全性評価・検証に関する調査支援	天井治	平成28年3月	一般財団法人 航空保安研究センター
VHFレーダーを用いたプラズマバブル検出のGBASに対する効果について	Slamet Supriadi(インドネシア航空宇宙庁) 齋藤享	平成28年3月	科学研究費補助金「新・衛星=ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動の解明」研究会
「航空機の到着管理システムに関する研究」(成果報告書)	福島幸子 フロン マーク 瀬之口敦 伊藤恵理 ビクランシンハ ナグインダ キトマル 中島徳顕 宮沢与和(九州大学) 武市昇(首都大学東京) 手塚亜聖(早稲田大学) 平田輝満(茨城大学) 矢野夏子(構造計画研究所)	平成28年3月	交通運輸技術開発推進制度研究成果報告書
「航空機の到着管理システムに関する研究」(ダイジェスト版)	福島幸子 フロン マーク 瀬之口敦 伊藤恵理 ビクランシンハ ナグインダ キトマル 中島徳顕 宮沢与和(九州大学) 武市昇(首都大学東京) 手塚亜聖(早稲田大学) 平田輝満(茨城大学) 矢野夏子(構造計画研究所)	平成28年3月	交通運輸技術開発推進制度研究成果報告書
国際調和-EIWAC2015を開催して	毛塚敦	平成28年3月	航空無線
国際ワークショップEIWAC2015の開催報告	毛塚敦	平成28年3月	国土交通省 航空局
無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発 平成27年度成果報告(分担執筆)	米本成人 森岡和行 河村暁子 金田直樹 住谷泰人	平成28年3月	総務省総合通信基盤局電波部移動通信課
ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発 平成27年度成果報告	米本成人 金田直樹 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成28年3月	総務省総合通信基盤局電波部移動通信課

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
90GHzリニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発 平成27年度成果報告書(分担執筆)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成28年3月	総務省総合通信基盤局電波部移動通信課
空港近辺における航空交通流への気象の影響評価について	吉原貴之	平成28年3月	第20回気象懇話会
ENRI Planned Research on Trajectory-Based Operations in Free-Routeing Airspace (ENRIのフリールーティング空域における軌道ベース運用の研究計画について)	ブライアン マーク	平成28年3月	第2回日仏作業部会
AeroMACS詳解その1、その2、その5	住谷泰人	平成28年3月	データリンク・フォーラム東京
EIWAC2015-Global Harmonization for Future Sky (EIWAC2015-将来の空に向けた全世界的な調和)	小瀬木滋 二ツ森俊一	平成28年3月	IEICE Communications Society GLOBAL NEWSLETTER
航空機監視信号環境に関する一検討	大津山卓哉 長縄潤一 本田純一 宮崎裕己	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
航空交通のオープンデータ(CARATSオープンデータ)	岡恵 福田豊 ビ・クラマシハ ナヴ・イング・キトマル	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
CARATSオープンデータ：航空機の運航性能解析について	ビ・クラマシハ ナヴ・イング・キトマル 岡恵 福田豊	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
航空管制における中期コンフリクト検出技術の必要性について	平林博子 瀬之口敦 白川昌之	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
ADS-Bデータを用いた航空機高度維持性能監視の試験システム	松永圭左 宮崎裕己	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
平滑化高度情報の適用によるTDOA測位の評価結果	宮崎裕己 小菅義夫 田中俊幸(長崎大学)	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
RNP ARとILS進入方式との混合運用における異常接近予測	天井治 松岡猛	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
航空機監視における伝搬モデル評価に向けた拡張スキッタの測定	長縄潤一 宮崎裕己 田嶋裕久	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
三次元構造物のILSローカーライザーに及ぼす影響について	本田純一	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
空港内GNSS基準局間における対流圏遅延変動の長期解析	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
8GHz帯域幅FMCW信号を用いた光ファイバ接続型96GHz帯ミリ波レーダの距離分解能特性評価	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
集束型誘電体レンズアンテナにおける凸部装荷によるH面位相特性の改善	加藤涼(青山学院大) 石橋直樹(青山学院大) 須賀良介(青山学院大) 毛塚敦 橋本修(青山学院大)	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
無人航空機用アンテナ追尾システムの事前評価	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 富田武 米本成人 住谷泰人	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
VHF帯空港面電磁界解析手法の滑走路周辺地形を考慮した有効性検討	加藤涼(青山学院大) 須賀良介(青山学院大) 毛塚敦 橋本修(青山学院大)	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
次世代SBAS規格のための衛星軌道情報の評価	北村光教 麻生貴広 坂井丈泰 星野尾一明	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
長期METARデータの解析と着陸進入システムの有用性	齊藤真二 福島荘之介 山康博	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
2 通倍により生成された256QAM信号の変調精度評価	金田直樹 米本成人 川西哲也(早稲田大学)	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
スマートフォンにより収録される発話音声のカオス論的特徴量	塩見格一	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
RAIM予測の効率化	麻生貴広 北村光教 毛塚敦 坂井丈泰	平成28年3月	電子情報通信学会 2016年総合大会
ドップラー観測値を併用するTDOAの位置・速度推定	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 秋田学(電気通信大学) 稲葉敬之(電気通信大学)	平成28年3月	電子情報通信学会 論文誌B
電波航法とオメガをめぐる随想	長岡栄	平成28年3月	電波航法研究会

8 知的財産権

当研究所の平成27年度末(H28.3.31)において有効な知的財産権は下記のとおりである。

(1) 登録済

①日本国内

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
ターミナル管制用管制卓の航空機位置表示装置	塩見格一	H8. 6. 13	2763521	H10. 3. 27
ターミナル管制用管制卓の航空機位置表示方法	塩見格一	H8. 6. 13	2907328	H11. 4. 2
ターミナル管制用管制卓における管制指示値入力方法	塩見格一	H8. 6. 13	2763522	H10. 3. 27
ターミナル管制用管制卓における航空機順序付けのためのユーザインタフェース装置	塩見格一	H8. 10. 24	3013985	H11. 12. 17
フェイズドアレイアンテナの移相器の故障箇所の検出方法及びフェイズドアレイアンテナの給電系の位相誤差の検出方法	田嶋裕久	H7. 12. 19	3060002	H12. 4. 28
熱交換器	田嶋裕久	H7. 12. 19	2852412	H10. 11. 20
空港面監視装置	加来信之 北館勝彦	H8. 12. 12	3226812	H13. 8. 31
航空機管制支援システム	塩見格一	H8. 3. 29	2801883	H10. 7. 10
誤目標の抑圧方法およびその装置	加来信之 北館勝彦	H8. 11. 11	2884071	H11. 2. 12
飛行場管制支援システム	塩見格一	H9. 3. 26	3017956	H11. 12. 24
マルチバンドレーダ装置並びにこれに適する方法及び回路	水城南海男	H8. 12. 5	3781218	H18. 3. 17
地形表示機能を備えた搭載用航法装置	田中修一 二瓶子朗	H9. 6. 5	3054685	H12. 4. 14
滑走路予約システム	塩見格一	H9. 6. 9	2892336	H11. 2. 26
航空交通シミュレータ	塩見格一	H9. 12. 22	3899391	H19. 1. 12
管制用通信システム	塩見格一	H10. 12. 18	3041284	H12. 3. 3
無線通信ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H10. 6. 4	3474107	H15. 9. 19
音声による疲労・居眠り検知装置及び記録媒体	塩見格一	H10. 10. 5	3151489	H13. 1. 26
飛行場管制支援システム	塩見格一	H11. 12. 17	3086828	H12. 7. 14
受動型SSR装置	塩見格一	H10. 10. 30	3041278	H12. 3. 3
SSR装置及び航空機二次監視網	塩見格一	H10. 10. 30	2991710	H11. 10. 15
空港管制用操作卓 意匠登録	塩見格一	H10. 7. 31	1075354	H12. 4. 7
空港管制用操作卓 類似意匠登録	塩見格一	H10. 7. 31	1075354(1)	H12. 6. 16
レーダ受信画像信号のクラッタ抑圧方法及び装置	加来信之	H11. 4. 8	3091880	H12. 7. 28
管制通信発出システム	塩見格一	H11. 3. 19	3300681	H14. 4. 19
航空機等の進入コースの変動を防止する積層構造体	横山尚志	H11. 9. 17	3588627	H16. 8. 27
管制装置システム	塩見格一	H11. 12. 8	3783761	H18. 3. 24
受動型SSR装置	塩見格一	H11. 11. 10	3277194	H14. 2. 15
航空管制用ヒューマン・マシン・インターフェース装置	塩見格一	H11. 12. 7	3646860	H17. 2. 18
CPDLCメッセージ作成システム	塩見格一	H12. 3. 30	4210772	H20. 11. 7
航空路管制用航空機順序・間隔付けヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192252	H20. 10. 3
CPDLC/AIDC共用管制卓及び同ヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192253	H20. 10. 3
航空管制用管制指示入力装置	塩見格一	H12. 3. 30	4390118	H21. 10. 16
ターゲット選択操作装置	塩見格一	H12. 3. 24	3743949	H17. 12. 2
無線ネットワーク測位システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3453547	H15. 7. 18
無線ネットワーク制御システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3428945	H15. 5. 16
GPS及びその補強システムを用いた航法システムにおけるアベイラビリティ取得方法及びその装置	福島荘之介	H12. 7. 26	3412011	H15. 3. 28
複数チャンネルを利用した無線ネットワークシステム及びその制御装置	田中修一 二瓶子朗	H12. 11. 13	3462172	H15. 8. 15
心身診断システム	塩見格一	H13. 9. 14	3764663	H18. 1. 27
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716472	H23. 4. 8
無線通信ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716473	H23. 4. 8
無線ネットワークを利用した移動局測位システム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640720	H22. 12. 10
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640721	H22. 12. 10
音声処理装置	塩見格一	H13. 9. 25	3512398	H16. 1. 16
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法	塩見格一	H13. 10. 24	3579685	H16. 7. 30
目標検出システム	加来信之	H13. 12. 10	3613521	H16. 11. 5
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置	横山尚志	H13. 9. 6	3680113	H17. 5. 27
ILSのグライドパスのGP進入コース予測方法及び	横山尚志	H13. 9. 6	3752169	H17. 12. 16

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
移動体測位方法及び移動体誘導方法	岡田和男 白川昌之 塩見格一 小瀬木滋 田嶋裕久 住谷泰人 米本成人 米本成人	H14. 3. 29	3826191	H18. 7. 14
電波反射体を用いた測定装置	塩見格一	H14. 6. 28	3623211	H16. 12. 3
操作卓 意匠	塩見格一	H14. 10. 15	1189989	H15. 9. 26
画面情報表示方法、システム及びコンピュータプログラム	塩見格一	H15. 1. 24	4412701	H21. 11. 27
無線ネットワークシステム、移動局および移動局の制御方法	二瓶子朗	H14. 11. 19	4097254	H20. 3. 21
無線通信ネットワークシステム	二瓶子朗	H15. 3. 28	4141876	H20. 6. 20
無線通信ネットワークシステムおよび無線ネットワークシステムの制御方法	二瓶子朗	H14. 11. 19	4097133	H20. 3. 21
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム	金田直樹 塩見格一	H15. 6. 3	3746773	H17. 12. 2
就寝中の身体反応情報検出システム	塩見格一	H15. 8. 25	3780273	H18. 3. 10
操作卓 意匠	塩見格一	H15. 11. 18	1226782	H16. 11. 19
脇机 意匠	塩見格一	H15. 11. 18	1221366	H16. 9. 17
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H15. 12. 26	4317898	H21. 6. 5
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内分割)	塩見格一	H15. 12. 26	4989618	H24. 5. 11
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局通信制御方法及び通信システム	金田直樹 塩見格一	H16. 3. 3	4107432	H20. 4. 11
電波装置	米本成人	H16. 5. 18	3845426	H18. 8. 25
航空管制用インタフェース装置、その表示制御方法およびコンピュータプログラム	塩見格一	H16. 3. 29	3888688	H18. 12. 8
大脳評価装置 PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 4. 28	4500955	H22. 4. 30
航空管制業務支援システム、航空機の位置を予測する方法及びコンピュータプログラム	塩見格一 金田直樹	H18. 10. 13	4355833	H21. 8. 14
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置 (分割出願)	横山尚志	H13. 9. 6	3988828	H19. 7. 27
心身状態判定システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 2. 23	4505619	H22. 5. 14
電波反射体を用いた測定装置 (分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3772191	H18. 2. 24
電波反射体を用いた移動体の航法方法 (分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3840520	H18. 8. 18
航空管制卓 (意匠)	塩見格一	H16. 5. 20	1242705	H17. 4. 28
全方向性を有する誘電体レンズ装置。	米本成人	H16. 8. 19	3822619	H18. 6. 30
高周波信号のデジタル I Q 検波方法	田嶋裕久 古賀禎 小瀬木滋	H16. 9. 15	3874295	H18. 11. 2
移動体の識別監視装置	米本成人 古賀禎	H16. 10. 8	3956025	H19. 5. 18
航空管制支援システム	塩見格一	H17. 2. 4	4148420	H20. 7. 4
ILSのグライドパス装置のGPパス予測方法	横山尚志 朝倉道弘	H16. 10. 6	3956024	H19. 5. 18
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地	金田直樹 塩見格一	H15. 6. 3	3997549	H19. 8. 17
誘電体レンズを用いた電磁波の反射器、発生器及び信号機	米本成人	H17. 1. 18	3995687	H19. 8. 10
ドライバーの発話音声収集システム	塩見格一	H16. 12. 13	4296300	H21. 4. 24
移動体の測位方法及びその測位装置	古賀禎 田嶋裕久	H17. 2. 21	4736083	H23. 5. 13
航空管制システム及び航空管制システムで用いられる携帯情報端末	塩見格一 金田直樹	H17. 6. 21	4625954	H22. 11. 19
航空路管制用管制卓における順序・間隔付けヒューマンインタフェース装置	塩見格一 金田直樹	H17. 6. 21	4590559	H22. 9. 24
移動局監視システムのための監視連携装置およびその方法	二瓶子朗	H17. 12. 15	4703390	H23. 3. 18
飛行計画表示装置	三垣充彦	H18. 2. 9	4193195	H20. 10. 3
飛行計画表示装置 (分割出願)	三垣充彦	H18. 2. 9	4736103	H23. 5. 13
音声の中非発話音声の判別処理方法	塩見格一	H18. 3. 30	4752028	H23. 6. 3
無線航法システムにおける信頼性指示装置	坂井丈泰	H18. 12. 11	4348453	H21. 7. 31
衛星航法システムにおける衛星軌道情報の伝送方法及びそれらの装置	坂井丈泰	H18. 12. 13	4613334	H22. 10. 29
リフレクトアレイ及びミリメートル波レーダー (アレイ型反射板とミリ派レーダ) PCT出願(日本国内)	山本憲夫 米本成人 山田公男	H20. 10. 27	5023277	H24. 6. 29
外部雑音改善型発話音声分析システム	塩見格一	H19. 3. 30	5050180	H24. 8. 3

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
天頂対流圏遅延量の推定値の算出方法	武市昇 坂井丈泰 福島荘之介 伊藤憲	H20. 7. 9	5419031	H25. 11. 29
ミリ波レーダ組み込み型ヘッドランプ	米本成人 河村暁子	H22. 5. 11	4919179	H24. 2. 10
衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法及びその装置	坂井丈泰	H19. 9. 25	4644792	H22. 12. 17
全方向性を有する誘電体レンズ装置を用いた電磁波の反射器を有するアンテナ	米本成人 河村暁子	H20. 10. 28	4812824	H23. 9. 2
作業適正判定システム	塩見格一	H20. 10. 31	5035567	H24. 7. 13
作業監視システム	塩見格一	H20. 10. 31	4936147	H24. 3. 2
G P S衛星信号の品質監視機能を有するG P S衛星信号品質監視方法及びG P S衛星信号の品質監視機能を備えたG P S衛星信号品質監視装置	齊藤真二	H21. 6. 4	5305395	H25. 7. 5
衛星航法システムにおける測位誤差の補正方法及びその装置	坂井丈泰	H22. 3. 25	5305413	H25. 7. 5
衛星航法システムにおける電離圏異常を検出する方法及びその装置	藤田征吾	H22. 8. 20	5305416	H25. 7. 5
直線偏波の制御方法及びその装置	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H23. 4. 26	5376470	H25. 10. 4
直線偏波の制御方法及びその装置 (分割出願)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H23. 4. 26	5376470	H26. 8. 22
RTK測位計算に利用する衛星の選択方法及びその装置	山田英輝	H23. 10. 18	5013385	H24. 6. 15
自律神経の状態評価システム	塩見格一	H23. 7. 20	5812265	H27. 10. 2
衛星航法システムにおける測位誤差の補正方法及びその装置	坂井丈泰	H26. 1. 25	5818178	H27. 10. 9

②海外

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願:カナダ	塩見格一	H7. 5. 18	2167516	H15. 5. 13
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願:イギリス	塩見格一	H7. 5. 18	2295472	H10. 7. 22
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願:オーストラリア	塩見格一	H7. 5. 18	680365	H9. 11. 13
航空機管制支援システム(アメリカ国内)	塩見格一	H8. 3. 29	5, 941, 929	H11. 8. 24
航空機管制支援システム(カナダ国内)	塩見格一	H8. 3. 29	2, 201, 256	H13. 2. 6
飛行場管制支援システム:アメリカ	塩見格一	H10. 3. 25	6, 144, 915	H12. 11. 7
自動従属監視環境下における進入管制区航空機個別誘導システム:アメリカ	塩見格一	H10. 2. 24	6, 064, 939	H12. 5. 16
自動従属監視環境下における進入管制区航空機個別誘導システム:韓国	塩見格一	H10. 2. 26	538960	H17. 12. 20
滑走路予約システム:アメリカ	塩見格一	H9. 6. 9	US 6, 282, 487 B1	H13. 8. 28
受動型SSR装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 344, 820 B1	H14. 2. 5
SSR装置及び航空機二次監視網 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 337, 652 B1	H14. 1. 8
管制装置システム:アメリカ	塩見格一	H12. 12. 7	US 6, 573, 888 B2	H15. 6. 3
音声による疲労・居眠り検知装置及び記録媒体:アメリカ	塩見格一	H12. 10. 19	US 6, 876, 964 B1	H17. 4. 5
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(韓国)	塩見格一	H14. 4. 10	10-722457	H19. 5. 21
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H14. 4. 10	158325	H24. 3. 30
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法(EP国内)	塩見格一	H14. 10. 23	1450331	H17. 12. 28
心身診断システム PCT出願(韓国)	塩見格一	H14. 11. 11	10-0596099	H18. 6. 26
心身診断システム PCT出願(インド国内)	塩見格一	H14. 11. 11	249868	H23. 11. 17
心身診断システム PCT出願(シンガポール国内)	塩見格一	H14. 11. 11	104430	H19. 7. 31
心身診断システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	US 7, 363, 226 B2	H20. 4. 22
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(韓国)	塩見格一	H16. 5. 10	10-0699042	H19. 3. 16
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(シンガポール)	塩見格一	H14. 11. 12	104553	H18. 11. 12
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H14. 11. 12	202992	H18. 11. 6
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H14. 11. 12	US 7, 678, 047 B2	H22. 3. 16
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(インド国)	塩見格一	H16. 9. 20	209578	H19. 12. 14

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H15. 2. 26	US 7, 392, 178 B2	H20. 6. 24
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(シンガポール国内)	塩見格一	H15. 2. 26	106483	H18. 10. 31
カオス論的指標値計算システム PCT出願(オーストラリア国内)	塩見格一	H15. 12. 26	2003292683	H22. 6. 3
カオス論的指標値計算システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H15. 12. 26	US 7, 321, 842 B2	H20. 1. 22
カオス論的指標値計算システム PCT出願(カナダ国内)	塩見格一	H15. 12. 26	2516982	H25. 4. 2
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EP(英国国内))	塩見格一	H15. 12. 26	1598749	H21. 3. 11
大脳評価装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	US 7, 988, 629 B2	H23. 8. 2
大脳評価装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H16. 4. 28	178316	H22. 9. 1
大脳評価装置 PCT出願(オーストラリア国内)	塩見格一	H16. 4. 28	AU 2004318986 B2	H23. 6. 30
大脳評価装置 PCT出願(カナダ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	2, 560, 529	H24. 6. 26
心身状態判定システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 2. 23	US 7, 737, 859 B2	H22. 6. 15
心身状態判定システム PCT出願(EP国内)	塩見格一	H16. 2. 23	1607043	H24. 9. 26
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び装置通信システム PCT出願(EP国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 8. 17	1722587	H23. 5. 11
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び装置通信システム PCT出願(アメリカ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 8. 17	US 7, 974, 600 B2	H23. 7. 5
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(アメリカ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	US 7, 640, 014 B2	H21. 12. 29
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(カナダ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	2, 526, 734	H21. 12. 29
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(インド国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	224596	H20. 10. 21
画面情報表示方法、システム及びコンピュータプログラム (アメリカ国内)	塩見格一	H16. 1. 26	US 7, 091, 994 B2	H18. 8. 15
電波装置 アメリカ	米本成人	H17. 3. 9	US 7, 446, 730 B2	H20. 11. 4
誘電体レンズを用いた装置 PCT出願(アメリカ国内)	米本成人	H17. 7. 27	US 8, 471, 757 B2	H25. 6. 25
アレイ型反射板とミリ波レーダ PCT出願(アメリカ国内)	山本憲夫 米本成人 山田公男	H18. 10. 27	US 7, 719, 463 B2	H22. 5. 18
ミリ波レーダ組み込み型ヘッドランプ	米本成人 河村暁子 武市昇	H22. 5. 11	US 8, 803, 728	H26. 8. 12
天頂対流圏遅延量の算出方法及び衛星測位信号の対流圏遅延量の補正方法 PCT出願(アメリカ国内)	坂井丈泰 福島荘之介 伊藤憲	H19. 12. 28	US 8, 665, 146 B2	H26. 3. 4

(2) 出願中

①日本国内

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
複合材及びその製造方法とこの複合材を用いた装置	米本成人 河村暁子 ニッ森俊一	H23. 3. 30	2011-127301

②海外

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(EP国内)	塩見格一	H14. 4. 10	020717089. 3
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H15. 10. 15	1634/CHENP/2003
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H16. 5. 20	161892
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(EP国内)	塩見格一	H16. 5. 20	020780070
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H15. 2. 26	164174
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(EP国内)	塩見格一	H16. 10. 20	03744980. 8
大脳評価装置 PCT出願 (EP国内)	塩見格一	H16. 4. 28	040729983. 9
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び装置通信システム PCT出願(カナダ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 8. 17	2557810
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御 方法及び通信システム PCT出願(イスラエル国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	171970
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御 方法及び通信システム PCT出願(EPC加盟国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	040745474. 9
RTK測位計算に利用する衛星の選択方法及びその装置(米国)	山田英輝	H24. 4. 9	13/442486

第 3 部 現 況



1 平成27年度に購入した主要機器

パワースペクトル測位システム 1式
SSR応答高周波信号受信部 1式
ネットワークアナライザ 1式
光ファイバ接続型受信監視システムSSR質問信号送信処理部 1式
OFDM通信試験システム地上設備 1式

2 主要施設及び機器

1 電波無響室

電子航法の分野では、電波を送受信するアンテナの性能や空間中の電波伝搬特性が機器の性能に大きく影響する。このため、アンテナおよび電波伝搬に関する試験研究が重要になっている。当研究所では、これらの試験研究のための実験施設として、電波無響室を整備した。

電波無響室はシールド壁内部を電波吸収材で被覆した構造を持っている。シールド壁により電波が遮蔽されるため、外来電波の影響を受けず研究所周辺への干渉を防止することができる。さらに、電波吸収材により電波の反射を抑制できるため、電波無響室内は広大な自由空間と同様な伝搬特性を実現できる。

電波無響室内では、アンテナの送受信特性測定や空港モデルを用いた着陸進入コースの電波伝搬特性測定などが行われてきている。また、各種の干渉妨害に関する測定実験も行われている。

〔要目概要〕

内装寸法： 32.0 m×6.2 m×4.2 m

周波数範囲： 1～110 GHz

無反射範囲： 23m 以上

反射減衰量： 50dB 以上

遮蔽減衰量： 90dB 以上

付属設備： 計測室，空調設備，空中線特性試験装置，
アンテナ回転台移動装置，計測機器ピット，各種無線計測機器，非常照明

2 アンテナ試験塔

アンテナ試験塔は、昭和52年に建設され、VORの研究などで使用されてきた。

平成17年度には、二次監視レーダー（SSR）モードSの高度運用技術の研究で使用するため、レーダー設置台を設置するなどの改修を行った。平成19年度には、回転式アンテナを含むSSR装置が設置された。

このほかに、屋上には、実験などに利用するためのスペースが確保されており、GPSアンテナなどが設置されている。

〔要目概要〕

高さ： 19.15 m

3 ネットワークシステム

当研究所のネットワークシステムは、共用電子計算機システムの一部として昭和50年台に所内LANが整備されたものに端を発するが、当初は外部組織とのネットワーク接続はなかった。平成5年、研究を効率的に進める上での電子メールの必要性が研究所内で認識され、日本のインターネットの草分けであるJUNET(Japan University Network)に接続し、電子メール及びネットニュースの利用を開始した。その後、平成7年に当時の科学技術庁の管理下にあった省際研究情報ネットワーク(IMnet: Inter-Ministry Research Information Network)に光ケーブル専用線で接続し、電子メールとネットニュースの他、www や ftp, telnet 等の現在のインターネットの基礎となるサービスを楽しむようになった。当時の光ケーブル専用線のデータ転送帯域は、192kbps であった。現在は、国立情報学研究所が提供する学術情報ネットワーク(SINET: Science Information Network)を利用して、1Gbpsの帯域で外部とのネットワーク接続を行っている。

一方、所内LANの構成に目を向けると、IMnetに接続を始めた頃に所内の各建屋毎にサブネットを割り振る形態を採用した。現在はVLANという形で研究グループ毎にサブネットを分けているが、当時の形態が現在の所内LAN構成の基礎となっている。

現在の所内回線は、平成20年に実施した構内光ケーブル布設(増設)により、計算機室～各建屋間において10GBASE-LRのイーサネット通信を実現している(調布本所～岩沼分室間を除く)。また、各建屋内においては、各端末(パソコン)は主に1000BASE-Tのイーサネットにより所内LANに接続されている。

現在、ネットワークシステムを構成するサーバ群は、電子メール、www、ファイル共有、グループウェア、VPN、無線LAN等のサービスを提供し、研究及び事務に不可欠なシステムとして運用されている。

4 実験用航空機

電子航法の実験や試験のために航空機をもつことは、当研究所の特色である。

昭和40年7月より、米国のビーチクラフトスーパーH-18型機を使用した。その後、使用10年を経過し、部品入手が困難になったため当機の更新を計画し、昭和49、50年度に米国のビーチクラフトB-99を購入し、昭和50年10月に当研究所に引き渡された。昭和51年1月から運用を開始したが、調布における運用制限のため、同年10月当研究所岩沼分室が宮城県岩沼市に設置されたことにより仙台空港を定置場とした。

ビーチクラフトB-99は、平成23年3月11日に発生した東日本大震災による津波にて被災、全損となったため、平成24、25年度にビーチクラフトB300を購入した。同機は平成25年5月に引き渡され、同年7月から運用を開始した。

[更新機の諸元・性能]

登録番号：JA35EN

型式：Beechcraft B300 (KingAir350)

全長：14.23 m

全幅：17.65 m

全高：4.36 m

全備重量：6.8 t

最大巡航速度：263 kt

最大航続距離：3,268 km

離陸滑走路長：1,006 m

着陸滑走路長：821 m

発動機：Pratt & Whitney Canada PT6A-60A

プロペラ：Hartzell HC-B4MP-3C

アビオニクス：Collins Pro Line 21

5 仮想現実実験施設

航空管制業務には、レーダーにより航空機を監視して行う航空路管制業務及びターミナル管制業務と、管制官が肉眼で航空機を監視しながら行う飛行場管制業務とが存在する。

今日の航空管制業務は、多数の管制官と多数の管制機器及び管制援助機器が複雑に関連するシステムで行われており、その効率化を実現するための研究等には、業務環境を模擬した環境におけるシミュレーションが不可欠と考えられている。

本施設は、管制塔における管制官の業務環境を視聴覚的な仮想現実感を用いて模擬する機能を有するものであり、本施設により飛行場管制業務に係るシミュレーションを、レーダーを使用した航空路管制業務或はターミナル管制

業務シミュレーションと同様に、実施することが可能となった。

また、本施設は操縦シミュレータを有し、固定翼機及び回転翼機について、管制指示を受けながらの航行の模擬が可能となっている。

飛行場管制業務を含む航空管制業務環境を模擬する航空管制シミュレータと操縦シミュレータは接続されており、管制官とパイロットが同時に参加するシミュレーションを可能としている。

[諸元・性能]

プラットフォーム：MS Windows NT 4/2000

描画性能：200 Mpoligons / s

管制業務シミュレータ画像出力部：

360°/8面，15.0 mΦ

操縦シミュレータ画像出力部：150°/3面，5.6 mΦ

3 刊行物

当研究所の発行する刊行物は、下記のとおりである。

電子航法研究所報告（不定期刊行）
電子航法研究所 研究長期ビジョン報告書（不定期刊行）
電子航法研究所研究発表会講演概要（年刊）
電子航法研究所年報（年刊）
電子航法研究所要覧〈案内〉（年刊）

4 行事等

当研究所の平成27年度における行事等は、下記のとおりである。

第66回出前講座〔平成27年4月8日（水）〕航空大学校 本校

1. 電子航法研究所の概要
(理事 高木 育男)
2. GPSの概要
(航法システム領域 坂井 丈泰)
3. 航空機監視システムの概要
(監視通信領域 宮崎 裕己)

研究施設一般公開〔平成27年4月19日（日）〕

平成27年度科学技術週間に基づき、当研究所の各施設を公開した。（来場者数延べ6,117名）

第15回研究所設立記念式典〔平成27年4月20日（月）〕

第1回研究交流会『EIWAC2015 Technical Program Committee会議開催に伴う研究交流会』

〔平成27年5月12日（火）〕

EIWAC2015 Technical Program Committee 国外委員であるベトナム国家大学、フランスDSNA/DGAC、米国NASAラングレー研究所に講演頂き、新しい航空交通管理システムの構築やそれを支える新たな技術開発に関する討議を行った。

第2回研究交流会 『日欧共同研究メンバーとの研究交流会』〔平成27年5月29日（金）〕

ENRIを含め日欧共同研究を実施しているデュイスブルグエッセン大学、ケント大学、コーニング社、エクサテル社、シクル社、大阪大学、同志社大学、電力中央研究所、日立製作所、コーデンテクノが現在抱えている問題や取り組んでいるプロジェクトについて、それぞれが実施している研究の観点から討議を行った。

研究発表会〔平成27年6月4日（木）～5日（金）〕

平成27年度（第15回）電子航法研究所研究発表会を海上技術安全研究所講堂において開催した。
(2日間来場者数延べ393名)

第67回出前講座〔平成27年7月23日（木）〕日本航空（株）運航技術部

1. GPSと補強システム
(航法システム領域 福島 荘之介)

第3回研究交流会 『長崎大学 中西准教授との研究交流会』〔平成27年7月27日（月）〕

飛行方式の専門家である長崎大学の中西准教授にNav DBのARINC仕様の概要について講演をして頂き、RNPとGLSの接続に関する飛行方式検討の技術課題や関連する話題についての討議を行った。

第4回研究交流会 『公募型研究発表会』〔平成27年8月28日（金）〕

公募型研究の契約先である首都大学東京、横浜国立大学、千葉工業大学の研究発表を通して、航空交通管制サービス環境における現状の運用状況の調査、継続上昇運航の複数機の最適経路の4次元機動運用の将来に向けた研究について、継続降下運用における現行システム等をできるだけ利用した経路構造の検討について討議を行った。

ATMRI ENRIセミナー〔平成27年9月10日（木）〕南洋理工大学（シンガポール）

1. Fast-time Simulation Studies for the Arrival Merging and Airspace Sectorization
(航空交通管理領域 蔭山 康太)
2. Air-Ground Harmonisation in the Future Arrival Operation
(航空交通管理領域 伊藤 恵理)
3. Research into Future Trajectory-Based Operation (TBO) Concepts
(航空交通管理領域 平林 博子)
4. The Research and Development of SWIMfor Global ATM
(監視通信領域 呂 曉東)

国別研修（ネパール）「補給管理センター及び航空監視技術研修」〔平成27年10月6日（火）〕

1. Technical Performance Requirement of Surveillance Systems
(監視通信領域 小瀬木 滋)
2. DAPs Based Tracking Systems to Achieve High Accuracy for Air Traffic Surveillance
(監視通信領域 呂 曉東)
3. Development of WAM and ADS-B System for En-route Surveillance
(監視通信領域 宮崎 裕己)

第68回出前講座〔平成27年12月22日（火）〕国土交通省 航空保安大学校

1. 電子航法研究所の概要
(企画課 伊藤 正宏)
2. 航空路監視技術高度化の研究
(監視通信領域 宮崎 裕己)
3. 空港面の交通状況に応じた交通管理手法の研究
(航空交通管理領域 青山 久枝)

第5回研究交流会 『北陸先端科学技術大学との研究交流会』〔平成28年1月15日（金）〕

システム科学及び理論計算機科学で、システムのモデル化、検証、シミュレーション、最適化、意思決定などに関する研究を行っている北陸先端科学技術大学の平石教授に講演をして頂き、ENRIで実施している航空交通管理システムに関する研究において連携の可能性について討議を行った。

第6回研究交流会『韓国航空大学との研究交流会』〔平成27年1月20日（水）〕

韓国の航空交通システムを安全で効率的に変革させる研究に積極的に参加している韓国航空大学に航空交通管理の研究に関する講演をして頂き、ENRIとの連携の可能性について討議を行った。

平成27年度評議員会〔平成28年3月28日（月）〕

評議員会において下記課題に関する評価を実施した。

- 事後評価課題 「ハイブリッド監視技術の研究」
「WiMAX技術を用いたCバンド空港空地通信網に関する研究」
「到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究」
- 中間評価課題 「GNSSを利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究」
- 事前評価課題 「大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究」
「SWIMのコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究」
「空地通信技術の高度化に関する研究」

5 職員表彰

◎ 理事長表彰（平成27年4月1日）

永年勤続（20年）

住谷 美登里（航空交通管理領域）

古賀 禎（監視通信領域）

特 別

森岡 和行（監視通信領域）

住谷 泰人（監視通信領域）

米本 成人（監視通信領域）

河村 暁子（監視通信領域）

金田 直樹（監視通信領域）

二ッ森俊一（監視通信領域）

「ICNS2014において『2波モデルを用いた空港面通信におけるVoIP音声品質評価』を発表し“最優秀論文第三位”を受賞」

付 録



1 国立研究開発法人電子航法研究所法

(平成十一年十二月二十二日法律第二百十号)

最終改正：平成二六年六月一三日法律第六七号

第一章 総則（第一条—第五条）

第二章 役員及び職員（第六条—第十条）

第三章 業務等（第十一条—第十三条）

第四章 雑則（第十四条）

第五章 罰則（第十五条・第十六条）

附則

第一章 総則

(目的)

第一条 この法律は、国立研究開発法人電子航法研究所の名称、目的、業務の範囲等に関する事項を定めることを目的とする。

(名称)

第二条 この法律及び独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号。以下「通則法」という。）の定めるところにより設立される通則法第二条第一項に規定する独立行政法人の名称は、国立研究開発法人電子航法研究所とする。

(研究所の目的)

第三条 国立研究開発法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）は、電子航法（電子技術を利用した航法をいう。以下同じ。）に関する試験、調査、研究及び開発等を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的とする。

(研究所の目的)

第三条の二 研究所は、通則法第二条第三項に規定する国立研究開発法人とする。

(事務所)

第四条 研究所は、主たる事務所を東京都に置く。

(資本金)

第五条 研究所の資本金は、附則第五条第二項の規定により政府から出資があったものとされた金額とする。

2 政府は、必要があると認めるときは、予算で定める金額の範囲内において、研究所に追加して出資することができる。

3 研究所は、前項の規定による政府の出資があったときは、その出資額により資本金を増加するものとする。

第二章 役員及び職員

(役員)

第六条 研究所に、役員として、その長である理事長及び監事二人を置く。

2 研究所に、役員として、理事一人を置くことができる。

(理事の職務及び権限等)

第七条 理事は、理事長の定めるところにより、理事長を補佐して研究所の業務を掌理する。

2 通則法第十九条第二項 の個別法で定める役員は、理事とする。ただし、理事が置かれていないときは、監事とする。

3 前項ただし書の場合において、通則法第十九条第二項 の規定により理事長の職務を代理し又はその職務を行う監事は、その間、監事の職務を行ってはならない。

(役員の任期)

第八条 役員任期は、二年とする。

(役員及び職員の秘密保持義務)

第九条 研究所の役員及び職員は、職務上知ることのできた秘密を漏らし、又は盗用してはならない。その職を退いた後も、同様とする。

(役員及び職員の地位)

第十条 研究所の役員及び職員は、刑法（明治四十年法律第四十五号）その他の罰則の適用については、法令により公務に従事する職員とみなす。

第三章 業務等

(業務の範囲)

第十一条 研究所は、第三条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- 一 電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うこと。
- 二 前号に掲げる業務に係る成果を普及すること。
- 三 電子航法に関する情報を収集し、整理し、及び提供すること。
- 四 前三号に掲げる業務に附帯する業務を行うこと。

第十二条 削除

(積立金の処分)

第十三条 研究所は、通則法第三十五条の四第二項第一号 に規定する中長期目標の期間（以下この項において「中長期目標の期間」という。）の最後の事業年度に係る通則法第四十四条第一項又は第二項の規定による整理を行った後、同条第一項の規定による積立金があるときは、その額に相当する金額のうち国土交通大臣の承認を受けた金額を、当該中長期目標

の期間の次の中長期目標の期間に係る通則法第三十五条の五第一項の認可を受けた中長期計画（同項後段の規定による変更の認可を受けたときは、その変更後のもの）の定めるところにより、当該次の中長期目標の期間における第十一条に規定する業務の財源に充てることができる。

- 2 国土交通大臣は、前項の規定による承認をしようとするときは、財務大臣に協議しなければならない。
- 3 研究所は、第一項に規定する積立金の額に相当する金額から同項の規定による承認を受けた金額を控除してなお残余があるときは、その残余の額を国庫に納付しなければならない。
- 4 前三項に定めるもののほか、納付金の納付の手續その他積立金の処分に関し必要な事項は、政令で定める。

第四章 雑則

（主務大臣等）

第十四条 研究所に係る通則法における主務大臣、主務省及び主務省令は、それぞれ国土交通大臣、国土交通省及び国土交通省令とする。

第五章 罰則

第十五条 第九条の規定に違反して秘密を漏らし、又は盗用した者は、一年以下の懲役又は五十万円以下の罰金に処する。

第十六条 次の各号のいずれかに該当する場合には、その違反行為をした研究所の役員は、二十万円以下の過料に処する。

- 一 第十一条に規定する業務以外の業務を行ったとき。
- 二 第十三条第一項の規定により国土交通大臣の承認を受けなければならない場合において、その承認を受けなかったとき。

附 則

（施行期日）

第一条 この法律は、平成十三年一月六日から施行する。

（職員の引継ぎ等）

第二条 研究所の成立の際現に国土交通省の部局又は機関で政令で定めるものの職員である者は、別に辞令を発せられない限り、研究所の成立の日において、研究所の相当の職員となるものとする。

第三条 研究所の成立の際現に前条に規定する政令で定める部局又は機関の職員である者のうち、研究所の成立の日において引き続き研究所の職員となったもの（次条において「引継職員」という。）であつて、研究所の成立の日の前日において国土交通大臣又はその委任を受けた者から児童手当法（昭和四十六年法律第七十三号）第七条第一項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。以下この条において同じ。）の規定による認定を受けているものが、研究所の成立の日において児童手当又は同法附則第六条第一項、第七条第一項若しくは第八条第一項の給付（以下この条において「特例給付等」という。）の支給要件に該当するときは、その者に対する児童手当又は特例給付等の支給に関しては、研究所の成立の日において同法第七条第一項の規定による市町村長（特別区の区長を含む。）

の認定があったものとみなす。この場合において、その認定があったものとみなされた児童手当又は特例給付等の支給は、同法第八条第二項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。）の規定にかかわらず、研究所の成立の日の前日の属する月の翌月から始める。

（研究所の職員となる者の職員団体についての経過措置）

第四条 研究所の成立の際現に存する国家公務員法（昭和二十二年法律第二十号）第百八条の二第一項に規定する職員団体であつて、その構成員の過半数が引継職員であるものは、研究所の成立の際国営企業及び特定独立行政法人の労働関係に関する法律（昭和二十三年法律第二百五十七号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、当該職員団体が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法（昭和二十四年法律第七十四号）第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。

3 第一項の規定により労働組合となったものについては、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までは、労働組合法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

（権利義務の承継等）

第五条 研究所の成立の際、第十条に規定する業務に関し、現に国が有する権利及び義務のうち政令で定めるものは、研究所の成立の時ににおいて研究所が承継する。

2 前項の規定により研究所が国の有する権利及び義務を承継したときは、その承継の際、承継される権利に係る土地、建物その他の財産で政令で定めるものの価額の合計額に相当する金額は、政府から研究所に対し出資されたものとする。

3 前項の規定により政府から出資があったものとされる同項の財産の価額は、研究所の成立の日現在における時価を基準として評価委員が評価した価額とする。

4 前項の評価委員その他評価に関し必要な事項は、政令で定める。

（国有財産の無償使用）

第六条 国土交通大臣は、研究所の成立の際現に国土交通省に置かれる試験研究機関であつて電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うものに使用されている国有財産で政令で定めるものを、政令で定めるところにより、研究所の用に供するため、研究所に無償で使用させることができる。

（政令への委任）

第七条 附則第二条から前条までに定めるもののほか、研究所の設立に伴い必要な経過措置その他この法律の施行に関し必要な経過措置は、政令で定める。

附 則 （平成一二年五月二六日法律第八四号） 抄

（施行期日）

第一条 この法律は、平成十二年六月一日から施行する。

附 則 （平成一八年三月三十一日法律第二八号） 抄

（施行期日）

第一条 この法律は、平成十八年四月一日から施行する。ただし、附則第九条第二項及び第三項並びに第十五条の規定は、公布の日から施行する。

（職員の引継ぎ等）

第二条 この法律の施行の際現に独立行政法人北海道開発土木研究所及び独立行政法人海技大学校（以下「北海道開発土木研究所等」という。）の職員である者は、別に辞令を発せられない限り、この法律の施行の日（以下「施行日」という。）において、それぞれ、独立行政法人北海道開発土木研究所の職員にあつては独立行政法人土木研究所の、独立行政法人海技大学校の職員にあつては独立行政法人海技教育機構の職員となるものとする。

2 この法律の施行の際現に独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海員学校及び独立行政法人航空大学校の職員である者は、別に辞令を発せられない限り、施行日において、引き続きそれぞれの独立行政法人（独立行政法人海員学校にあつては、独立行政法人海技教育機構）の職員となるものとする。

第三条 前条の規定により独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海技教育機構及び独立行政法人航空大学校（以下「施行日後の土木研究所等」という。）の職員となった者に対する国家公務員法（昭和二十二年法律第百二十号）第八十二条第二項の規定の適用については、当該施行日後の土木研究所等の職員を同項に規定する特別職国家公務員等と、前条の規定により国家公務員としての身分を失ったことを任命権者の要請に応じ同項に規定する特別職国家公務員等となるため退職したこととみなす。

第四条 附則第二条の規定により施行日後の土木研究所等の職員となる者に対しては、国家公務員退職手当法（昭和二十八年法律第百八十二号）に基づく退職手当は、支給しない。

2 施行日後の土木研究所等は、前項の規定の適用を受けた当該施行日後の土木研究所等の職員の退職に際し、退職手当を支給しようとするときは、その者の国家公務員退職手当法第二条第一項に規定する職員（同条第二項の規定により職員とみなされる者を含む。）としての引き続きいた在職期間を当該施行日後の土木研究所等の職員としての在職期間とみなして取り扱うべきものとする。

3 施行日の前日に独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人北海道開発土木研究所、独立行政法人海技大学校、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海員学校及び独立行政法人航空大学校（以下「施行日前の土木研究所等」という。）の職員として在職する者が、附則第二条の規定により引き続き施行日後の土木研究所等の職員となり、かつ、引き続き当該施行日後の土木研究所等の職員として在職した後引き続き国家公務員退職手当法第二条第一項に規定する職員となった場合におけるその者の同法に基づいて支給する退職手当の算定の基礎となる勤続

期間の計算については、その者の当該施行日後の土木研究所等の職員としての在職期間を同項に規定する職員としての引き続きいた在職期間とみなす。ただし、その者が当該施行日後の土木研究所等を退職したことにより退職手当（これに相当する給付を含む。）の支給を受けているときは、この限りでない。

- 4 施行日後の土木研究所等は、施行日の前日に施行日前の土木研究所等の職員として在職し、附則第二条の規定により引き続き施行日後の土木研究所等の職員となった者のうち施行日から雇用保険法（昭和四十九年法律第十六号）による失業等給付の受給資格を取得するまでの間に当該施行日後の土木研究所等を退職したものであって、その退職した日まで当該施行日前の土木研究所等の職員として在職したものとしたならば国家公務員退職手当法第十条の規定による退職手当の支給を受けることができるものに対しては、同条の規定の例により算定した退職手当の額に相当する額を退職手当として支給するものとする。

（国家公務員退職手当法の適用に関する経過措置）

第五条 施行日前に施行日前の土木研究所等を退職した者に関する国家公務員退職手当法第十二条の二及び第十二条の三の規定の適用については、独立行政法人土木研究所及び独立行政法人北海道開発土木研究所を退職した者にあつては独立行政法人土木研究所の、独立行政法人建築研究所を退職した者にあつては独立行政法人建築研究所の、独立行政法人交通安全環境研究所を退職した者にあつては独立行政法人交通安全環境研究所の、独立行政法人海上技術安全研究所を退職した者にあつては独立行政法人海上技術安全研究所の、独立行政法人港湾空港技術研究所を退職した者にあつては独立行政法人港湾空港技術研究所の、独立行政法人電子航法研究所を退職した者にあつては独立行政法人電子航法研究所の、独立行政法人海技大学校及び独立行政法人海員学校を退職した者にあつては独立行政法人海技教育機構の、独立行政法人航海訓練所を退職した者にあつては独立行政法人航海訓練所の、独立行政法人航空大学校を退職した者にあつては独立行政法人航空大学校の理事長は、同法第十二条の二第一項に規定する各省各庁の長等とみなす。

（労働組合についての経過措置）

第六条 この法律の施行の際現に存する特定独立行政法人等の労働関係に関する法律（昭和二十三年法律第二百五十七号。次条において「特労法」という。）第四条第二項に規定する労働組合であつて、その構成員の過半数が附則第二条の規定により施行日後の土木研究所等の職員となる者であるもの（以下この項において「旧労働組合」という。）は、この法律の施行の際労働組合法（昭和二十四年法律第七十四号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、旧労働組合が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

- 2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、施行日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。
- 3 第一項の規定により労働組合法の適用を受ける労働組合となったものについては、施行日から起算して六十日を経過する日までは、同法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

（不当労働行為の申立て等についての経過措置）

第七条 施行日前に特労法第十八条の規定に基づき施行日前の土木研究所等がした解雇に係る中央労働委員会に対する申立て及び中央労働委員会による命令の期間については、なお従前の例による。

- 2 この法律の施行の際現に中央労働委員会に係属している施行日前の土木研究所等とその職員に係る特労法の適用を受ける労働組合とを当事者とするあつせん、調停又は仲裁に係る事件に関する特労法第三章（第十二条及び第十六条の規定を除く。）及び第六章に規定する事項については、なお従前の例による。

（北海道開発土木研究所等の解散等）

第八条 北海道開発土木研究所等は、この法律の施行の時ににおいて解散するものとし、次項の規定により国が承継する資産を除き、その一切の権利及び義務は、その時ににおいて、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ承継する。

- 2 この法律の施行の際現に北海道開発土木研究所等有する権利のうち、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれその業務を確実に実施するために必要な資産以外の資産は、この法律の施行の時ににおいて国が承継する。
- 3 前項の規定により国が承継する資産の範囲その他当該資産の国への承継に関し必要な事項は、政令で定める。
- 4 北海道開発土木研究所等の平成十七年四月一日に始まる事業年度に係る独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号。以下この条において「通則法」という。）第三十八条の規定による財務諸表、事業報告書及び決算報告書の作成等については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ行うものとする。
- 5 北海道開発土木研究所等の平成十七年四月一日に始まる事業年度における業務の実績については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ評価を受けるものとする。この場合において、通則法第三十二条第三項の規定による通知及び勧告は、それぞれ独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構に対してなされるものとする。
- 6 北海道開発土木研究所等の平成十七年四月一日に始まる事業年度における利益及び損失の処理については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ行うものとする。
- 7 北海道開発土木研究所等の平成十三年四月一日に始まる通則法第二十九条第二項第一号に規定する中期目標の期間（以下この条において「中期目標の期間」という。）に係る通則法第三十三条の規定による事業報告書の提出及び公表については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ行うものとする。
- 8 北海道開発土木研究所等の平成十三年四月一日に始まる中期目標の期間における業務の実績については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ評価を受けるものとする。この場合において、通則法第三十四条第三項において準用する通則法第三十二条第三項の規定による通知及び勧告は、それぞれ独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構に対してなされるものとする。
- 9 北海道開発土木研究所等の平成十三年四月一日に始まる中期目標の期間における積立金の処分は、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ従前の例により行うものとする。この場合において、附則第十二条第一号の規定による廃止前の独立行政法人北海道開発土木研究所法（平成十一年法律第二百十一号。次条第一項において「旧北海道開発土木

研究所法」という。)第十二条第一項中「当該中期目標の期間の次の」とあるのは「独立行政法人土木研究所の平成十八年四月一日に始まる」と、「次の中期目標の期間における前条」とあるのは「中期目標の期間における独立行政法人土木研究所法(平成十一年法律第二百五号)第十二条」と、附則第十二条第二号の規定による廃止前の独立行政法人海技大学校法(平成十一年法律第二百十二号。次条第一項及び附則第十一条において「旧海技大学校法」という。)第十一条第一項中「当該中期目標の期間の次の」とあるのは「独立行政法人海技教育機構の平成十八年四月一日に始まる」と、「次の中期目標の期間における前条」とあるのは「中期目標の期間における独立行政法人海技教育機構法(平成十一年法律第二百十四号)第十一条」とする。

10 第一項の規定により北海道開発土木研究所等が解散した場合における解散の登記については、政令で定める。

(独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構への出資)

第九条 前条第一項の規定により独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構が北海道開発土木研究所等の権利及び義務を承継したときは、それぞれその承継に際し、独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構が承継する資産の価額(同条第九項の規定により読み替えられた旧北海道開発土木研究所法第十二条第一項又は旧海技大学校法第十一条第一項の規定による承認を受けた金額があるときは、当該金額に相当する金額を除く。)から負債の金額を差し引いた額は、政府から独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構に出資されたものとする。

2 前項に規定する資産の価額は、施行日現在における時価を基準として評価委員が評価した価額とする。

3 前項の評価委員その他評価に関し必要な事項は、政令で定める。

(独立行政法人土木研究所に係る国有財産の無償使用)

第十条 国土交通大臣は、この法律の施行の際現に独立行政法人北海道開発土木研究所に使用されている国有財産であって政令で定めるものを、政令で定めるところにより、独立行政法人土木研究所の用に供するため、独立行政法人土木研究所に無償で使用させることができる。

(独立行政法人海技教育機構に係る財産の無償使用)

第十一条 国は、この法律の施行の際現に旧海技大学校法附則第六条の規定に基づき独立行政法人海技大学校に無償で使用させている財産を、独立行政法人海技教育機構の用に供するため、独立行政法人海技教育機構に無償で使用させることができる。

(独立行政法人北海道開発土木研究所法の廃止に伴う経過措置)

第十三条 施行日前に前条第一号の規定による廃止前の独立行政法人北海道開発土木研究所法第十三条の規定により国土交通大臣が独立行政法人北海道開発土木研究所に対してした指示は、第一条の規定による改正後の独立行政法人土木研究所法第十五条の規定により国土交通大臣が独立行政法人土木研究所にした指示とみなす。

(罰則に関する経過措置)

第十四条 施行日前にした行為及び附則第八条第九項の規定によりなお従前の例によることとされる場合における施行日以後にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

(政令への委任)

第十五条 附則第二条から第十一条まで及び前二条に定めるもののほか、この法律の施行に関し必要な経過措置は、政令で定める。

附 則 (平成一九年三月三十一日法律第二三号) 抄

(施行期日)

第一条 この法律は、平成十九年四月一日から施行し、平成十九年度の予算から適用する。ただし、次の各号に掲げる規定は、当該各号に定める日から施行し、第二条第一項第四号、第十六号及び第十七号、第二章第四節、第十六節及び第十七節並びに附則第四十九条から第六十五条までの規定は、平成二十年度の予算から適用する。

一 附則第二百六十六条、第二百六十八条、第二百七十三条、第二百七十六条、第二百七十九条、第二百八十四条、第二百八十六条、第二百八十八条、第二百八十九条、第二百九十一条、第二百九十二条、第二百九十五条、第二百九十八条、第二百九十九条、第三百二条、第三百七条、第三百二十二条、第三百二十四条、第三百二十八条、第三百四十三条、第三百四十五条、第三百四十七条、第三百四十九条、第三百五十二条、第三百五十三条、第三百五十九条、第三百六十条、第三百六十二条、第三百六十五条、第三百六十八条、第三百六十九条、第三百八十条、第三百八十三条及び第三百八十六条の規定 平成二十年四月一日

(罰則に関する経過措置)

第三百九十一条 この法律の施行前にした行為及びこの附則の規定によりなお従前の例によることとされる場合におけるこの法律の施行後にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

(その他の経過措置の政令への委任)

第三百九十二条 附則第二条から第六十五条まで、第六十七条から第二百五十九条まで及び第三百八十二条から前条までに定めるもののほか、この法律の施行に関し必要となる経過措置は、政令で定める。

附 則 (平成二〇年一二月二六日法律第九五号) 抄

(施行期日)

第一条 この法律は、公布の日から起算して六月を超えない範囲内において政令で定める日から施行する。

附 則 (平成二六年六月一三日法律第六七号) 抄

(施行期日)

第一条 この法律は、独立行政法人通則法の一部を改正する法律(平成二十六年法律第六十六号。以下「通則法改正法」という。)の施行の日から施行する。ただし、次の各号に掲げる規定は、当該各号に定める日から施行する。

一 附則第十四条第二項、第十八条及び第三十条の規定 公布の日

(処分等の効力)

第二十八条 この法律の施行前にこの法律による改正前のそれぞれの法律（これに基づく命令を含む。）の規定によってした又はすべき処分、手続その他の行為であつてこの法律による改正後のそれぞれの法律（これに基づく命令を含む。以下この条において「新法令」という。）に相当の規定があるものは、法律（これに基づく政令を含む。）に別段の定めのあるものを除き、新法令の相当の規定によってした又はすべき処分、手続その他の行為とみなす。

（罰則に関する経過措置）

第二十九条 この法律の施行前にした行為及びこの附則の規定によりなおその効力を有することとされる場合におけるこの法律の施行後にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

（その他の経過措置の政令等への委任）

第三十条 附則第三条から前条までに定めるもののほか、この法律の施行に関し必要な経過措置（罰則に関する経過措置を含む。）は、政令（人事院の所掌する事項については、人事院規則）で定める。

2 国立研究開発法人電子航法研究所に関する省令

(平成十三年三月二十七日国土交通省令第四十九号)

最終改正：平成二七年三月三十一日国土交通省令第一九号

独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号）及び独立行政法人の組織、運営及び管理に係る共通的な事項に関する政令（平成十二年政令第三百十六号）第五条第二項に基づき、独立行政法人電子航法研究所に関する省令を次のように定める。

(通則法第八条第三項に規定する主務省令で定める重要な財産)

第一条 国立研究開発法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）に係る独立行政法人通則法（以下「通則法」という。）第八条第三項に規定する主務省令で定める重要な財産は、その保有する財産であって、その通則法第四十六条の二第一項又は第二項の認可に係る申請の日（各項ただし書の場合にあっては、当該財産の処分に関する計画を定めた通則法第三十五条の五第一項の中長期計画の認可に係る申請の日）における帳簿価額（現金及び預金にあっては、申請の日におけるその額）が五十万円以上のもの（その性質上通則法第四十六条の二の規定により処分することが不適当なものを除く。）その他国土交通大臣が定める財産とする。

(監査報告の作成)

第二条 研究所に係る通則法第十九条第四項の規定により主務省令で定める事項については、この条の定めるところによる。

- 2 監事は、その職務を適切に遂行するため、次に掲げる者との意思疎通を図り、情報の収集及び監査の環境の整備に努めなければならない。この場合において、役員（監事を除く。第一号及び第五項において同じ。）は、監事の職務の執行のための必要な体制の整備に留意しなければならない。
 - 一 研究所の役員及び職員
 - 二 その他監事が適切に職務を遂行するに当たり意思疎通を図るべき者
- 3 前項の規定は、監事が公正不偏の態度及び独立の立場を保持することができなくなるおそれのある関係の創設及び維持を認めるものと解してはならない。
- 4 監事は、その職務の遂行に当たり、必要に応じ、研究所の他の監事との意思疎通及び情報の交換を図るよう努めなければならない。
- 5 監査報告には、次に掲げる事項を記載しなければならない。
 - 一 監事の監査の方法及びその内容
 - 二 研究所の業務が、法令等に従って適正に実施されているかどうか及び中長期目標の着実な達成に向け効果的かつ効率的に実施されているかどうかについての意見
 - 三 研究所の役員の職務の執行が法令等に適合することを確保するための体制その他研究所の業務の適正を確保するための体制の整備及び運用についての意見
 - 四 研究所の役員の職務の遂行に関し、不正の行為又は法令等に違反する重大な事実があったときは、その事実
 - 五 監査のため必要な調査ができなかったときは、その旨及びその理由
 - 六 監査報告を作成した日

(監事の調査の対象となる書類)

第三条 研究所に係る通則法第十九条第六項第二号に規定する主務省令で定める書類は、国立研究開発法人電子航法研究所法（平成十一年法律第二百十号。以下「研究所法」という。）の規定に基づき国土交通大臣に提出する書類とする。

(業務方法書の記載事項)

第四条 研究所に係る通則法第二十八条第二項の主務省令で定める事項は、次のとおりとする。

- 一 研究所法第十一条第一号に規定する試験、調査、研究及び開発に関する事項
- 二 研究所法第十一条第二号に規定する成果の普及に関する事項
- 三 研究所法第十一条第三号に規定する情報の収集、整理及び提供に関する事項
- 四 研究所法第十一条第四号に規定する附帯業務に関する事項
- 五 業務の委託に関する基準
- 六 競争入札その他の契約に関する事項
- 七 その他業務の執行に関して必要な事項

(中長期計画の認可申請等)

第五条 研究所は、通則法第三十五条の五第一項前段の規定により中長期計画の認可を受けようとするときは、当該中長期計画を記載した申請書を、中長期計画の最初の事業年度開始の日の三十日前までに、国土交通大臣に提出しなければならない。

2 研究所は、通則法第三十五条の五第一項後段の規定により中長期計画の変更の認可を受けようとするときは、変更しようとする事項及びその理由を記載した申請書を国土交通大臣に提出しなければならない。

(通則法第三十条第二項第七号の主務省令で定める事項)

第六条 研究所に係る通則法第三十五条の五第二項第八号に規定する主務省令で定める業務運営に関する事項は、次に掲げるものとする。

- 一 施設及び設備に関する計画
- 二 人事に関する計画
- 三 研究所法第十三条第一項に規定する積立金の使途
- 四 その他当該中長期目標を達成するために必要な事項

(年度計画の記載事項等)

第七条 研究所に係る通則法第三十五条の八において読み替えて準用する通則法第三十一条第一項の年度計画には、中長期計画に定めた事項に関し、当該事業年度において実施すべき事項を記載しなければならない。

2 研究所は、通則法第三十五条の八において読み替えて準用する通則法第三十一条第一項後段の規定により年度計画の変更をしたときは、変更した事項及びその理由を記載した届出書を国土交通大臣に提出しなければならない。

(業務実績等報告書)

第八条 研究所に係る通則法第三十五条の六第三項の報告書には、当該報告書が次の表の上欄に掲げる報告書のいずれに該当するかに応じ、同表の中欄に掲げる項目ごとに同表の下欄に掲げる事項を記載しなければならない。

事業年度における業務の実績及	当該事業	一 当該事業年度における業務の実績（当該項目が通則法第三十五条の四第二項第
----------------	------	---------------------------------------

<p>び当該実績について自ら評価を行った結果を明らかにした報告書</p>	<p>年度に係る年度計画に定めた項目</p>	<p>二号に掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからニまでに掲げる事項を明らかにしたものに、同項第三号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからハまでに掲げる事項を明らかにしたものに限る。)</p> <p>イ 中長期計画及び年度計画の実施状況</p> <p>ロ 当該事業年度における業務運営の状況</p> <p>ハ 当該項目に係る指標及び当該事業年度の属する中長期目標の期間における当該事業年度以前の毎年度の当該指標の数値(当該項目に係る指標が設定されている場合に限る。)</p> <p>ニ 当該事業年度の属する中長期目標の期間における当該事業年度以前の毎年度の当該項目に係る財務情報及び人員に関する情報</p> <p>二 次のイからハまでに掲げる事項を明らかにした前号に掲げる業務の実績についての評価の結果(当該項目が通則法第三十五条の四第二項第二号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合に限る。)</p> <p>イ 評定及び当該評定を付した理由</p> <p>ロ 業務運営上の課題が検出された場合には、当該課題及び当該課題に対する改善方策</p> <p>ハ 過去の報告書に記載された改善方策のうちその実施が完了した旨の記載がないものがある場合には、その実施状況</p>
<p>中長期目標の期間の終了時に見込まれる中長期目標の期間における業務の実績及び当該実績について自ら評価を行った結果を明らかにした報告書</p>	<p>中長期計画に定めた項目</p>	<p>一 中長期目標の期間の終了時に見込まれる中長期目標の期間における業務の実績(当該項目が通則法第三十五条の四第二項第二号に掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからニまでに掲げる事項を明らかにしたものに、同項第三号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからハまでに掲げる事項を明らかにしたものに限る。)</p> <p>イ 中長期目標及び中長期計画の実施状況</p> <p>ロ 当該期間における業務運営の状況</p> <p>ハ 当該項目に係る指標及び当該期間における毎年度の当該指標の数値(当該項目に係る指標が設定されている場合に限る。)</p> <p>ニ 当該期間における毎年度の当該項目に係る財務情報及び人員に関する情報</p> <p>二 次のイからハまでに掲げる事項を明らかにした前号に掲げる業務の実績についての評価の結果(当該項目が通則法第三十五条の四第二項第二号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合に限る。)</p> <p>イ 評定及び当該評定を付した理由</p> <p>ロ 業務運営上の課題が検出された場合には、当該課題及び当該課題に対する改善方策</p> <p>ハ 過去の報告書に記載された改善方策のうちその実施が完了した旨の記載がないものがある場合には、その実施状況</p>
<p>中長期目標の期間における業務</p>	<p>中長期計</p>	<p>一 中長期目標の期間における業務の実績(当該項目が通則法第三十五条の四第二</p>

<p>の実績及び当該実績について自ら評価を行った結果を明らかにした報告書</p>	<p>画に定めた項目</p>	<p>項第二号に掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからニまでに掲げる事項を明らかにしたものに、同項第三号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからハまでに掲げる事項を明らかにしたものに限る。)</p> <p>イ 中長期目標及び中長期計画の実施状況</p> <p>ロ 当該期間における業務運営の状況</p> <p>ハ 当該項目に係る指標及び当該期間における毎年度の当該指標の数値(当該項目に係る指標が設定されている場合に限る。)</p> <p>ニ 当該期間における毎年度の当該項目に係る財務情報及び人員に関する情報</p> <p>二 次のイからハまでに掲げる事項を明らかにした前号に掲げる業務の実績についての評価の結果(当該項目が通則法第三十五条の四第二項第二号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合に限る。)</p> <p>イ 評定及び当該評定を付した理由</p> <p>ロ 業務運営上の課題が検出された場合には、当該課題及び当該課題に対する改善方策</p> <p>ハ 過去の報告書に記載された改善方策のうちその実施が完了した旨の記載がないものがある場合には、その実施状況</p>
--	----------------	--

2 研究所は、前項に規定する報告書を国土交通大臣に提出したときは、速やかに、当該報告書をインターネットの利用その他の適切な方法により公表するものとする。

(最初の国立研究開発法人の長の任期の終了時における業務実績等報告書)

第九条 研究所に係る通則法第三十五条の六第四項の報告書には、同条第二項に規定する最初の国立研究開発法人の長の任命の日を含む事業年度から当該長の任期の末日を含む事業年度の事業年度末までの期間(以下この条において単に「期間」という。)に係る年度計画に定めた項目のうち当該項目が通則法第三十五条の四第二項第二号から第五号までに掲げる事項に係るものごとに次に掲げる事項を記載しなければならない。

一 期間における業務の実績(当該項目が通則法第三十五条の四第二項第二号に掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからニまでに掲げる事項を明らかにしたものに、同項第三号から第五号までに掲げる事項に係るものである場合にあっては次のイからハまでに掲げる事項を明らかにしたものに限る。)

イ 期間における中長期計画及び年度計画の実施状況

ロ 期間における業務運営の状況

ハ 当該項目に係る指標及び期間における毎年度の当該指標の数値(当該項目に係る指標が設定されている場合に限る。)

ニ 期間における毎年度の当該項目に係る財務情報及び人員に関する情報

二 次のイからハまでに掲げる事項を明らかにした前号に掲げる業務の実績についての評価の結果

イ 評定及び当該評定を付した理由

ロ 業務運営上の課題が検出された場合には、当該課題及び当該課題に対する改善方策

ハ 過去の報告書に記載された改善方策のうちその実施が完了した旨の記載がないものがある場合には、その実施状況

2 研究所は、前項に規定する報告書を国土交通大臣に提出したときは、速やかに、当該報告書をインターネットの利用その他の適切な方法により公表するものとする。

(会計の原則)

第十条 研究所の会計については、この省令の定めるところによるものとし、この省令に定めのないものについては、一般に公正妥当と認められる企業会計の基準に従うものとする。

2 金融庁組織令（平成十年政令第三百九十二号）第二十四条第一項に規定する企業会計審議会により公表された企業会計の基準は、前項に規定する一般に公正妥当と認められる企業会計の基準に該当するものとする。

3 平成十一年四月二十七日の中央省庁等改革推進本部決定に基づき行われた独立行政法人の会計に関する研究の成果として公表された基準（以下「独立行政法人会計基準」という。）は、この省令の規定に準ずるものとして、第一項に規定する一般に公正妥当と認められる企業会計の基準に優先して適用されるものとする。

(収益の獲得が予定されない償却資産)

第十一条 国土交通大臣は、研究所が業務のため取得しようとしている償却資産についてその減価に対応すべき収益の獲得が予定されないと認められる場合には、その取得までの間に限り、当該償却資産を指定することができる。

2 前項の指定を受けた資産の減価償却については、減価償却費は計上せず、資産の減価額と同額を資本剰余金に対する控除として計上するものとする。

(対応する収益の獲得が予定されない資産除去債務に係る除去費用等)

第十二条 国土交通大臣は、研究所が業務のため保有し又は取得しようとしている有形固定資産に係る資産除去債務に対応する除去費用に係る費用配分額及び時の経過による資産除去債務の調整額（以下この条において「除去費用等」という。）についてその除去費用等に対応すべき収益の獲得が予定されていないと認められる場合には、当該除去費用等を指定することができる。

(譲渡差額を損益計算上の損益に計上しない譲渡取引)

第十三条 国土交通大臣は、研究所が通則法第四十六条の二第二項の規定に基づいて行う不要財産の譲渡取引についてその譲渡差額を損益計算上の損益に計上しないことが必要と認められる場合には、当該譲渡取引を指定することができる。

(財務諸表)

第十四条 研究所に係る通則法第三十八条第一項に規定する主務省令で定める書類は、独立行政法人会計基準に掲げるキャッシュ・フロー計算書及び行政サービス実施コスト計算書とする。

(事業報告書の作成)

第十五条 研究所に係る通則法第三十八条第二項の規定により主務省令で定める事項については、この条の定めるところによる。

2 事業報告書は、次に掲げる事項を記載しなければならない。

一 研究所に関する基礎的な情報

イ 目的、業務内容、沿革、設立に係る根拠法、主務大臣、組織図その他の研究所の概要

ロ 事務所（従たる事務所を含む。）の所在地

ハ 資本金の額及び出資者ごとの出資額（前事業年度末からのそれぞれの増減を含む。）

ニ 役員の名、役職、任期、担当及び経歴

ホ 常勤職員の数（前事業年度末からの増減を含む。）及び平均年齢並びに研究所への出向者の数

二 財務諸表の要約

三 財務情報

イ 財務諸表に記載された事項の概要

ロ 重要な施設等の整備等の状況

ハ 予算及び決算の概要

ニ 経費の削減及び効率化に関する目標並びにその達成状況

四 事業に関する説明

イ 財源の内訳

ロ 財務情報及び業務の実績に基づく説明

3 事業報告書には、通則法第三十五条の八において読み替えて準用する通則法第三十一条第一項の年度計画に記載されたセグメント（研究所を構成する一定の単位をいう。）ごとの予算に関する見積り及び当該予算の執行実績を明らかにした資料を添付するものとする。

（財務諸表の閲覧期間）

第十六条 研究所に係る通則法第三十八条第三項に規定する主務省令で定める期間は、五年とする。

（短期借入金の認可の申請）

第十七条 研究所は、通則法第四十五条第一項ただし書の規定により短期借入金を受けようとするとき、又は同条第二項ただし書の規定により短期借入金の借換えの認可を受けようとするときは、次に掲げる事項を記載した申請書を国土交通大臣に提出しなければならない。

一 借入れを必要とする理由

二 借入金の額

三 借入先

四 借入金の利率

五 借入金の償還の方法及び期限

六 利息の支払いの方法及び期限

七 その他必要な事項

（通則法第四十八条に規定する主務省令で定める重要な財産）

第十八条 研究所に係る通則法第四十八条に規定する主務省令で定める重要な財産とは、土地、建物及び航空機とする。

（重要な財産の処分等の認可の申請）

第十九条 研究所は、通則法第四十八条の規定により重要な財産を譲渡し、又は担保に供すること（以下この条において「処分等」という。）について認可を受けようとするときは、次に掲げる事項を記載した申請書を国土交通大臣に提出しなければならない。

一 処分等に係る財産の内容及び評価額

二 処分等の条件

三 処分等の方法

四 研究所の業務運営上支障がない旨及びその理由

(内部組織)

第二十条 研究所に係る通則法第五十条の十一において準用する通則法第五十条の六第一号に規定する離職前五年間に在職していた研究所の内部組織として主務省令で定めるものは、現に存する理事長の直近下位の内部組織として国土交通大臣が定めるもの(次項において「現内部組織」という。)であって再就職者(離職後二年を経過した者を除く。同項において同じ。)が離職前五年間に在職していたものとする。

2 直近七年間に存し、又は存していた理事長の直近下位の内部組織(独立行政法人通則法の一部を改正する法律(平成二十六年法律第六十六号)の施行の日以後のものに限る。)として国土交通大臣が定めるものであって再就職者が離職前五年間に在職していたものが行っていた業務を現内部組織(当該内部組織が現内部組織である場合にあっては他の現内部組織)が行っている場合における前項の規定の適用については、当該再就職者が離職前五年間に当該現内部組織に在職していたものとみなす。

(管理又は監督の地位)

第二十一条 研究所に係る通則法第五十条の十一において準用する通則法第五十条の六第二号に規定する管理又は監督の地位として主務省令で定めるものは、職員の退職管理に関する政令(平成二十年政令第三百八十九号)第二十七条第六号に規定する職員が就いている官職に相当するものとして国土交通大臣が定めるものとする。

(積立金の処分に係る申請の添付書類)

第二十二条 独立行政法人の組織、運営及び管理に係る共通的な事項に関する政令(以下「令」という。)第二十一条第三項において読み替えて準用する同条第二項に規定する添付書類は、次に掲げるものとする。

- 一 令第二十一条第三項において読み替えて準用する同条第一項の期間最後の事業年度(以下単に「期間最後の事業年度」という。)の事業年度末の貸借対照表
- 二 期間最後の事業年度の損益計算書
- 三 期間最後の事業年度の事業年度末の利益の処分に係る書類
- 四 承認を受けようとする金額の計算の基礎を明らかにした書類

附 則

この省令は、公布の日から施行する。

附 則 (平成一六年三月三〇日国土交通省令第三〇号)

この省令は、公布の日から施行する。

附 則 (平成一八年三月三十一日国土交通省令第四九号) 抄

(施行期日)

第一条 この省令は、独立行政法人に係る改革を推進するための国土交通省関係法律の整備に関する法律の施行の日(平成十八年四月一日)から施行する。

(中期計画の認可申請に係る経過措置)

第三条 次の表の上欄に掲げる独立行政法人は、独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号）第三十条第一項の規定により平成十八年四月一日に始まる中期計画の認可を受けようとするときは、同表の下欄に掲げる規定にかかわらず、中期計画を記載した申請書を、同日に始まる中期目標に係る同法第二十九条第一項の指示を受けた後遅滞なく、国土交通大臣に提出しなければならない。

独立行政法人建築研究所	独立行政法人建築研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人交通安全環境研究所	独立行政法人交通安全環境研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人海上技術安全研究所	独立行政法人海上技術安全研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人港湾空港技術研究所	独立行政法人港湾空港技術研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人電子航法研究所	独立行政法人電子航法研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人航海訓練所	独立行政法人航海訓練所に関する省令第二条第一項
独立行政法人海技教育機構	独立行政法人海技教育機構に関する省令第二条第一項
独立行政法人航空大学校	独立行政法人航空大学校に関する省令第二条第一項

附 則（平成二〇年三月三十一日国土交通省令第一二号）

この省令は、平成二十年四月一日から施行する。

附 則（平成二二年一月二六日国土交通省令第五五号） 抄

(施行期日)

第一条 この省令は、独立行政法人通則法の一部を改正する法律の施行の日（平成二十二年十一月二十七日）から施行する。

附 則（平成二七年三月三十一日国土交通省令第一九号） 抄

(施行期日)

第一条 この省令は、独立行政法人通則法の一部を改正する法律（以下「改正法」という。）の施行の日（平成二十七年四月一日）から施行する。

(国立研究開発法人となる独立行政法人の業務実績等報告書に係る経過措置)

第三条 改正法附則第八条第一項の規定により改正法による改正前の独立行政法人通則法第二十九条第一項の中期目標が改正法による改正後の独立行政法人通則法第三十五条の四第一項の中長期目標とみなされる場合におけるこの省令による改正後の次に掲げる省令の規定の適用については、これらの規定中「当該事業年度における業務の実績（当該項目が通則法）」とあるのは「当該事業年度における業務の実績（当該項目が独立行政法人通則法の一部を改正する法律（平成二十六年法律第六十六号）による改正前の通則法（以下「旧通則法」という。））」と、「第三十五条の四第二項第二号に」とあるのは「第二十九条第二項第三号に」と、「同項第三号から第五号まで」とあるのは「同項第二号、第四号及び第五号」と、「通則法第三十五条の四第二項第二号から」とあるのは「旧通則法第二十九条第二項第二号から」と、「期間における業務の実績（当該項目が通則法）」とあるのは「期間における業務の実績（当該項目が旧通則法）」とする。

一 国立研究開発法人建築研究所に関する省令（平成十三年国土交通省令第四十五号）第八条第一項

二 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所に関する省令（平成十三年国土交通省令第四十七号）第八条第一項

(事業報告書の作成に係る経過措置)

第四条 この省令による改正後の次に掲げる省令の規定は、改正法の施行の日以後に開始する事業年度に係る事業報告書から適用する。

- 一 国立研究開発法人土木研究所の財務及び会計等に関する省令（平成十三年国土交通省令第四十四号）第九条第三項
- 二 国立研究開発法人建築研究所に関する省令第十五条第三項
- 三 独立行政法人交通安全環境研究所に関する省令第十五条第三項
- 四 国立研究開発法人海上技術安全研究所に関する省令第十五条第三項
- 五 国立研究開発法人港湾空港技術研究所に関する省令第十五条第三項
- 六 国立研究開発法人電子航法研究所に関する省令第十五条第三項
- 七 独立行政法人航海訓練所に関する省令第十四条第三項
- 八 独立行政法人海技教育機構に関する省令第十四条第三項
- 九 独立行政法人航空大学校に関する省令第十四条第三項
- 十 自動車検査独立行政法人に関する省令第十四条第三項
- 十一 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構に関する省令第十三条の二第三項
- 十二 独立行政法人国際観光振興機構に関する省令第十四条第三項
- 十三 独立行政法人水資源機構の財務及び会計等に関する省令（平成十五年国土交通省令第百四号）第十一条第三項
- 十四 独立行政法人自動車事故対策機構に関する省令第十四条第三項
- 十五 独立行政法人空港周辺整備機構に関する省令第十四条第三項
- 十六 独立行政法人都市再生機構に関する省令第十二条の二第三項
- 十七 独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構に関する省令第十二条の二第三項

3 国立研究開発法人電子航法研究所業務方法書

目次

第1章 総則（第1条－第2条）

第2章 研究所の業務（第3条－第6条）

第3章 業務の適正を確保するための体制の整備に関する事項（第7条－第22条）

第4章 雑則（第23条－第25条）

附則

第1章 総則

（目的）

第1条 この業務方法書は、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号。以下「通則法」という。）第28条第1項の規定に基づき、国立研究開発法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）の業務の方法について、基本的事項を定め、もってその業務の適正な運営に資することを目的とする。

（業務運営の基本方針）

第2条 研究所は、国立研究開発法人電子航法研究所法（平成11年法律第210号。以下「研究所法」という。）第3条の目的を達成するため、関係機関と緊密な連携を図り、もってその業務の能率的かつ効果的な運営を期するものとする。

第2章 研究所の業務

（試験、調査、研究及び開発の実施）

第3条 研究所は、研究所法第11条第1号に規定する業務を、国土交通大臣の認可を受けた中長期計画に従い、運営費交付金を用いて実施するほか、国、地方自治体、企業等から委託を受けて実施するものとする。

2 研究所は、研究所以外の者と共同して行うことが、研究所単独で行う場合と比較して、効率的であり、かつ、優れた成果が得られることについて十分な見通しがある場合に共同で研究を行うものとする。

（成果の普及）

第4条 研究所は、研究所法第11条第2号の規定に基づき、次に掲げる方法により、前条の業務の成果（この条において「研究成果」という。）の普及を行うものとする。

- （1）研究成果を国土交通行政に反映させること
- （2）研究成果として取得した特許権、実用新案権その他これに類する権利（第6条において「産業財産権等」という。）を実施させること
- （3）研究成果に関する報告書を作成し、頒布すること
- （4）研究成果に関する発表会を開催すること
- （5）その他事例に応じて最も適当と認められる方法

(情報の収集、整理及び提供)

第5条 研究所は、研究所法第11条第3号の規定に基づき、次に掲げる方法により、電子航法に関する情報の収集、整理及び提供を行うものとする。

- (1) 電子航法に関する書籍、報告書、データ等を収集すること
- (2) 書籍等を整理し、管理すること
- (3) データベースを作成し、管理すること
- (4) 図書等を公開すること

(附帯業務)

第6条 研究所法第11条第4号により行う業務は、次に掲げるものとする。

- (1) 産業財産権等の取得に関すること
- (2) その他研究所の業務の運営及び管理に関すること

第3章 業務の適正を確保するための体制の整備に関する事項

(内部統制に関する基本方針)

第7条 研究所は、役員（監事を除く。）の職務の執行が通則法、研究所法又は他の法令に適合することを確保するための体制その他業務の適正を確保するための体制（以下「内部統制」という。）を整備するとともに、継続的にその見直しを図るものとする。

(法人運営に関する基本的事項)

第8条 研究所は、法人の運営基本理念及び運営方針を策定するものとする。

2 研究所は、役員及び職員（以下「役職員」という。）の倫理指針及び行動指針を定めるものとする。

(理事会の設置に関する事項)

第9条 研究所は、理事会の設置に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 理事長を頂点とした意思決定ルールの明確化
- (2) 理事長の意思決定を補佐する理事会の設置
- (3) 幹部会の開催

(中長期計画等の策定及び評価に関する事項)

第10条 研究所は、中長期計画等の策定及び評価に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 中長期計画等の策定過程の整備
- (2) 中長期計画等の進捗管理体制の整備
- (3) 中長期計画等に基づき実施する業務の評価体制の整備

- (4) 中長期計画等の進捗状況のモニタリング
- (5) 業務手順の作成
- (6) 評価活動の適切な運営に関する以下の事項
 - イ 業務手順に沿った運營業務の確保
 - ロ 業務手順に沿わない業務執行の把握
 - ハ 恣意的とならない業務実績評価
- (7) (4) のモニタリング及び自己評価を基にした適切な業務実績等報告の作成

(内部統制の推進に関する事項)

第11条 研究所は、内部統制の推進に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 役員を構成員とする内部統制委員会等の設置
- (2) 内部統制を担当する役員の決定
- (3) 内部統制推進部門の指定及び推進責任者の指定
- (4) 内部統制を担当する役員、内部統制推進部門及び推進責任者間における報告会の実施
- (5) 内部統制を担当する役員から内部統制委員会への報告及び改善策の検討
- (6) 内部統制を担当する役員と職員との面談の実施
- (7) 内部統制を担当する役員によるモニタリング体制の運用
- (8) 内部統制推進部門におけるモニタリング体制の運用
- (9) 研修会の実施
- (10) コンプライアンス違反等の事実発生時における対応方針等
- (11) 反社会的勢力への対応方針等

(リスク評価と対応に関する事項)

第12条 研究所は、業務実施の障害となる要因を事前にリスクとして識別し、分析し、及び評価し、当該リスクへの適切な対応を可能とする規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) リスク管理委員会の設置
- (2) 業務部門ごとの業務フローの作成
- (3) 業務フローごとに内在するリスク因子の把握及びリスク発生要因の分析
- (4) 把握したリスクに関する評価
- (5) リスク顕在時における対応方針、広報方針及び体制（研究内容等の専門的知見を要する場合の広報を含む。）
- (6) 保有施設の点検及び必要な補修等
- (7) 事故、災害等の緊急時に関する事項
 - イ 防災業務計画の策定及び計画に基づく訓練等の実施
 - ロ 緊急時の対策本部の設置及び構成員の決定
 - ハ 緊急時の初動体制の構築及び情報収集の迅速な実施

(情報システムの整備及び利用に関する事項)

第13条 研究所は、情報システムの整備及び利用に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。なお、業務変更に伴う情報システムの改変は適宜速やかに行うものとする。

(1) 情報システムの整備に関する事項

- イ 業務遂行に係る意思決定プロセス及び経費支出の承認プロセスに係るチェックシステムの構築
- ロ 理事長の指示及び法人のミッションが確実に役職員に伝達される仕組み
- ハ 職員から役員に必要な情報が伝達される仕組み

(2) 情報システムの利用に関する事項

- イ 業務システムを活用した効率的な業務運営
- ロ 情報を利用可能な形式に整えて活用するための次に掲げる事項
 - (a) 法人が保有するデータの所在情報の明示
 - (b) データへのアクセス権の設定
 - (c) データを汎用アプリケーションで利用可能とするツールの構築
 - (d) 機種依存形式で作成されたデータ等に関するAPI（アプリケーション・プログラミング・インターフェイス）の策定

(情報セキュリティの確保及び個人情報保護に関する事項)

第14条 研究所は、情報セキュリティの確保及び個人情報保護に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

(1) 情報セキュリティの確保に関する事項

- イ 情報セキュリティの脆弱性対策、アクセスログの定期的点検、情報リテラシーの向上その他情報システムにまつわるリスクに対するコントロールが適切に整備・運用されていることを担保するための有効な手段の確保
- ロ 情報漏えいの防止

(2) 個人情報保護に関する事項

- イ 個人情報保護に係る点検活動の実施
- ロ 「独立行政法人等の保有する個人情報の適切な管理のための措置に関する指針」の遵守

(監事及び監事監査に関する事項)

第15条 研究所は、監事及び監事監査に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

(1) 監事に関する事項

- イ 監事監査規程の整備に対する監事の関与
- ロ 理事長と常時意思疎通を確保する体制
- ハ 補助者の独立性に関すること
- ニ 組織規程における権限の明確化

ホ 理事長との会合の定期的な実施

(2) 監事監査に関する事項

- イ 監事監査規程に基づく監査への協力
- ロ 補助者への協力
- ハ 監査結果に対する改善状況の報告
- ニ 監査報告の国土交通大臣及び理事長への報告

(3) 監事によるモニタリングに必要な事項

- イ 監事の理事会その他重要な会議への出席
- ロ 業務執行の意思決定に係る文書を監事が閲覧・調査できる仕組み
- ハ 研究所の財産の状況を調査できる仕組み
- ニ 監事と内部監査担当責任者との連携
- ホ 役職員の不正、違法事実又は著しい不当事実の監事への報告義務
- ヘ 監事から文書提出又は説明を求められた場合の役職員の応答義務

(内部監査に関する事項)

第16条 研究所は、内部監査担当責任者を任命し内部監査を実施するとともに、内部監査の結果に対する改善措置状況を理事長に報告するものとする。

(内部通報及び外部通報に関する事項)

第17条 研究所は、内部通報及び外部通報に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 内部通報窓口及び外部通報窓口の設置
- (2) 内部通報者及び外部通報者の保護
- (3) 内部通報及び外部通報が、内部統制を担当する理事又は監事に確実にかつ内密に報告される仕組みの整備

(競争入札その他契約に関する事項)

第18条 研究所は、入札及び契約に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 外部有識者（学識経験者を含む。）からなる契約監視委員会の設置
- (2) 入札不調等により中長期計画等の達成が困難となる場合の対応方針
- (3) 談合情報がある場合の緊急対応
- (4) 契約事務の適切な実施及び相互けん制の確立
- (5) 随意契約とすることが必要な場合の明確化

(予算の適正な配分に関する事項)

第19条 研究所は、運営費交付金を原資とする予算の配分が適正に実施されることを確保するための体制整備及び評価結果

を法人内部の予算配分に活用する仕組みの構築を行うものとする。

(情報の適切な管理及び公開に関する事項)

第20条 研究所は、情報の適切な管理及び公開に関し、文書管理規程を整備し、法人の意思決定に係る文書が適切に管理されていることを担保するとともに、財務情報を含む法人情報のインターネット等での公開に関する規程を整備するものとする。

(職員の人事及び懲戒に関する事項)

第21条 研究所は、職員の人事管理方針に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 業務の適正を確保するための定期的な人事ローテーション
- (2) 職員の懲戒基準
- (3) 長期在籍者の存在把握

(研究開発業務に関する事項)

第22条 研究所は、研究開発業務の評価及び研究開発業務における不正防止に関する規程を整備するものとする。同規程には、次に掲げる事項を定めなければならない。

- (1) 研究開発業務の評価に関する事項
 - イ 研究統括部門における研究評価体制の確立
 - ロ 研究予算の配分基準の明確化
- (2) 研究開発業務における不正防止に関する事項
 - イ 厳格なルールを要する研究におけるリスク要因の認識及び明確化
 - ロ 研究費の適正経理
 - ハ 経費執行の内部けん制
 - ニ 論文ねつ造その他研究不正の防止
 - ホ 研究内容の漏えい防止
 - ヘ 研究開発資金の管理状況把握

第4章 雑則

(業務の委託に関する基準)

第23条 研究所は、業務上必要な試験、調査、研究及び開発、工事の施工、施設の維持及び補修その他自ら行うことが困難な業務又は研究所業務の遂行上他の者に行わせることが適当な業務については、これらの業務を行うに適当な能力を有する者に委託することができるものとする。

2 研究所は、前項の業務を委託しようとするときは、受託者との間に委託契約を締結するものとする。

3 研究所は、前項の業務の委託をした場合には、その業務に要する費用を負担するものとする。

(役員 責任の一部免除又は限定)

第24条 研究所は、役員 通則法第25条の2第1項に規定する賠償責任について、法令に定める要件に該当する場合には、国土交通大臣の承認によって、賠償の責任を負う額から総務大臣が定める額を控除して得た額を限度として、免除することができる。

(その他業務の執行に関して必要な事項)

第25条 研究所は、この業務方法書に定めるもののほか、その業務の執行に関し必要な事項について細則を定めることができるものとする。

附則 この業務方法書は、平成13年4月から施行する

附則 この業務方法書は、平成18年4月から施行する

附則 この業務方法書は、平成27年4月から施行する

4 独立行政法人電子航法研究所 第3期中期目標

独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）は、電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的とした研究開発機関である。電子航法は、航空交通システム（航空機の安全かつ円滑な交通流を形成するための航空交通管理及びその実施に必要な航空機の通信・航法・監視を掌る地上・機上・衛星システム等をいう。以下同じ。）に不可欠な技術であり、航空輸送における役割と重要性は、他の交通手段と比べて極めて高い。

また、世界の航空輸送は、特にアジア太平洋地域を中心として需要の増加が見込まれているところであるが、我が国周辺を含めた将来の航空需要に的確に対応するためには、航空輸送の基盤である航空交通システムの能力増強が不可欠であり、その基礎となる技術開発の重要性が高まっている。

我が国における航空交通システムに係る研究開発は、国土交通省航空局が担当する航空管制等の航空保安業務に対する技術支援を含め、研究所が中枢機関として機能しているところであり、このような機能は他の主体においては有していない。

以上のことから、研究所は、航空交通量の増大、航空交通の安全性向上等の社会的要請に的確に応えるため、航空交通システムの高度化に関する研究開発を実施するとともに、これら研究成果が航空行政等において有益に活用されるよう取り組むことで、社会貢献を果たすこととする。また、研究開発等を通じて、国際的にも重要な役割を担うように努めることとする。

研究開発の実施にあたっては、我が国の航空交通システムに係る基準策定、整備、運用等を実施している国土交通省航空局と密接に連携して、首都圏空港の更なる容量拡大及び機能強化、航空交通の安全性の確保等の極めて重要性の高い課題を重点的かつ戦略的に実施することとする。

また、業務運営は、自律性、自発性及び透明性を備え、より効率的かつ効果的に実施するとともに、関係機関との連携強化等により、研究成果の質を高めることとする。

1. 中期目標の期間

中期目標の期間は、平成23年4月1日から平成28年3月31日までの5年間とする。

2. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

(1) 社会的要請に応える研究開発の重点的かつ戦略的な実施

① 研究開発の基本方針

社会的要請に的確に応えるため、航空利用者、航空機運航者、航空行政等のニーズ（以下「社会・行政ニーズ」という。）を適時的確に把握し、その実現に必要な技術課題の解決に向けて、迅速かつ機動的に取り組むこと。その際、研究開発課題は、必要性及び重要性の高いものを適切に選定するとともに、成果の活用が円滑に進められるようにする方策を計画段階から検討するなど、重点的かつ戦略的に実施すること。また、研究開発の実施途中においても社会情勢や社会・行政ニーズの状況変化を適時的確に察知し、これらに機敏に適応できる先見性と柔軟性を確保すること。

②研究開発目標

研究所が実施する研究開発の目標は、航空交通システムの高度化によって、航空機運航の安全性及び効率性を向上させること、今後の航空交通量の増大に対応できるようにすること、航空利用者の利便性を向上させること、環境負荷（CO₂、騒音）を低減させることを基本とし、これらの達成に向けて実施する研究開発分野を中期計画に定めること。

また、研究開発には一定の成果を得るまでに長期間を要するものがあることから、国際動向等を踏まえて将来の航空交通システムの姿を想定し、その実現に向けた研究開発の長期的な見通しを考慮して中期計画を立てること。

③技術課題

現在の航空交通システムには、増大する交通量への対応を困難とする様々な課題や限界が存在するが、航空交通システムの高度化によってこれらを解決するためには、基盤技術の大胆な変革が必要である。このため、以下に示す変革の方向性に沿った技術開発を行うこととする。

- 全ての航空機の出発から到着までを一体的に管理し、時間管理を導入した4次元軌道に沿った航空交通管理を全飛行フェーズで行う運用（軌道ベース運用）へ移行することにより、運航者の希望を満たす飛行の実現、混雑空港及び混雑空域における航空交通容量の拡大、CO₂排出量の削減等に対応することが可能となる。そのため、軌道ベース運用の実現に必要な軌道の予測手法、管理技術の開発等に取り組む。
- 軌道ベース運用を実現するためには、出発から到着までの航空交通流や管制処理容量に関する予見能力を高める必要がある。また、航空交通は気象の影響を強く受けることから、予見能力の向上には気象情報の高度な活用が必要である。このため、航空交通流予測手法や気象情報を活用した軌道予測手法の高度化等に取り組む。
- 航空機の能力を最大限活用し、曲線進入や通過時刻の厳密な指定が可能となる高精度な航法等を円滑に導入するため、航空機に求められる運航上の性能要件を規定して実施する性能準拠型の運用に資する技術開発等に取り組む。
- 離陸から着陸までの全飛行フェーズでの衛星航法を実現することにより、航空機が常に正確な位置と時刻で飛行できるようにするため、衛星航法システムの高度化等に取り組む。
- 軌道ベース運用においては、航空機の位置、交通状況等の情報共有により、地上・機上での状況認識能力の向上を図る必要がある。そのため、地対空の高速通信技術の開発、航空機の飛行状況等を精密に監視するシステムの高度化等に取り組む。
- 定型的な作業については自動化を図り、人の能力をより付加価値の高い業務に集中させるとともに、機械の信頼性を高めること等により、人と機械の能力の最大活用を図る必要がある。そのため、管制官のワークロード分析等、ヒューマンエラー防止に関する技術開発等に取り組む。
- 高度な航空交通管理においては、全ての関係者の間で情報共有と協調的意思決定の徹底を図る必要がある。そのため、運航に係る情報を関係者が共有できる環境の構築に資する技術開発等に取り組む。
- ボトルネックを解消してより効果的な軌道ベース運用への進展を図り、混雑空港及び混雑空

域における高密度運航の実現に資するため、航空交通管理のパフォーマンス評価手法の開発等に取り組む。

④研究開発の実施過程における措置

社会的要請に応えるための研究開発課題の選定にあたっては、社会・行政ニーズ及びこれらに対応するための技術課題を明らかにした上で、その中から、研究所でなければ実施できない課題であって、国の施策と密接に関係する（国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等）航空管制に関する研究開発等、真に必要なものに重点化すること。その際、他の研究開発機関が実施している研究内容等を可能な限り把握し、知見・技術の活用等について事前に検討し、研究内容の重複を排除すること。

研究計画を策定する際は、ニーズの発信元となった行政や運航者等の関係者と十分調整して研究の具体的な内容を検討するとともに、可能な限り定量的な目標を設定して、実用化が可能な成果を目指すこと。また、実用化における優位性と容易性を高めるため、新技術の利点や効果に着目するだけでなく、導入コスト等、実用化のため考慮が必要となる外部要因にも対処するなど、研究開発の戦略を検討すること。

研究開発の実施にあたっては、第三者委員会などによる事前、中間及び事後の研究開発評価を行い、評価結果を研究開発課題の選定・実施に適切に反映させることにより、研究開発の重点化及び透明性の確保に努めること。

(2) 基礎的な研究の実施による基盤技術の蓄積

電子航法に関連する国際的な技術動向を見据え、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究、将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究、斬新な発想に基づく萌芽的な研究等を実施することにより、研究所として長期的な視点から必要となる基盤技術を蓄積し、研究開発能力の向上を図ること。

(3) 関係機関との連携強化

限りある人的資源の中で、効率的に研究開発を実施すると同時に、研究開発の機能の充実と高質化を図りつつ、成果の社会還元を円滑に進めるためには、産学官の幅広い連携を強化することが不可欠である。このため、国を問わず、航空管制機関や、研究所の業務に関連する研究開発を実施している独立行政法人、大学、民間企業等の研究開発機関との間で技術交流を継続的に行い、その活動を共同研究、包括的な研究協力等のより強固な協力関係に進展させて連携強化を図ることにより、研究所単独ではなし得なかった優れた研究開発成果の創出とその活用拡大に努めること。具体的には、中期目標期間中に、共同研究を40件以上、関係機関の研究者・技術者との交流会等を30件以上、それぞれ実施すること。

また、特に研究所が専門とする分野以外の基盤的技術を活用する研究開発にあたっては、客員研究員の招聘、任期付研究員の採用、人事交流等により、当該専門知識を有する外部人材を積極的に活用すること。具体的には、中期目標期間中に、客員研究員及び任期付研究員により、外部人材を30名以上活用すること。

(4) 国際活動への参画

国際民間航空機関（ICAO）や欧米の標準化機関においては、航空交通システムに関する将来構想の策定や新技術の国際標準化作業が進められているところであるが、我が国も当該活動に積極的に参画して、世界的な航空の発展に資するとともに、我が国の国益を確保することが必要である。このため、ICAO等の専門家会合に我が国のメンバーとして参加している国土交通省航空局に対して必要な技術支援を行うとともに、欧米の標準化機関における活動にも参画し、研究成果が国際標準へ採用されることを目指して積極的に技術提案を行うこと。他国の提案については、我が国への影響と適合性について技術的な検討を行い、国際標準化によって我が国が不利益を被ることがないように、研究所としての必要な対応を行うこと。具体的には、中期目標期間中に、ICAO及び欧米の標準化機関による会議等での発表を120件以上行うこと。

また、我が国の管轄空域に隣接する空域との間で航空管制サービスの連続性及び均質性を確保し、航空交通容量の拡大と安全性の向上を図ることは非常に重要な課題であり、航空交通システムの高度化を効果的かつ円滑に進められるよう、我が国がアジア諸国に対する技術支援を行うことが必要である。このため、研究所は、特にアジア太平洋地域における航空管制機関や、研究開発機関等との技術交流や共同研究等による連携を強化し、双方にとって有益な成果の創出を目指すこと。

(5) 研究開発成果の普及及び活用促進

研究所は、投入した経費に見合う研究成果を挙げているかについて、国民に対する十分な説明責任を果たすことが必要である。このため、研究所の業務を広く国民に知らせる機会を増やして開発した技術に関する知識を深められるようにするとともに、研究開発成果の活用を円滑に進めるための活動を積極的に行うこと。具体的には、各研究開発課題について、年1回以上、学会、専門誌等において発表すること。また、研究所の活動及び研究開発成果について、研究発表会、講演会等の開催、学会や各種メディアを通じた発表や広報等を効果的に行うこと。

研究開発成果の発表方法としては、特に査読付論文への投稿を積極的に行い、中期目標期間中に80件程度の採択を目指すこと。

知的財産に関する取組については、保有する特許の活用を推進するための活動を実施するとともに、特許出願にあたっては、有用性、保有の必要性等について検討すること。

3. 業務運営の効率化に関する事項

(1) 組織運営

①機動性、柔軟性の確保

社会・行政ニーズに迅速かつ的確に対応し、時機を逸することなく有益な研究成果を得られるよう、組織運営の機動性、柔軟性を確保し、必要に応じて随時組織体制を見直すこと。また、研究員が研究開発の中核業務に専念することにより研究成果の水準を高められるよう、研究業務を支援する職員を適時的確に配置するなど、研究資源を最大限有効活用するよう努めること。

②内部統制の充実・強化等

理事長が戦略的にマネジメントを実施し、リーダーシップを発揮することにより、研究所がその任務を有効かつ効率的に果たすことができるよう、リスクマネジメントの活用及び情報セキュリティ対策を含めた内部統制のしくみを見直して、その充実・強化を図ること。

中期計画及び年度計画に定めた事項については、その実行に必要となる個別業務を明確化し、その各々について実施計画と達成目標を具体的に定めるとともに、それらの進捗状況や課題を定期的に把握して、着実に業務を遂行すること。

(2) 業務の効率化

①効率化目標の設定等

管理部門の簡素化、効率的な運営体制の確保、アウトソーシングの活用等により業務運営コストを縮減することとし、一般管理費及び業務経費の効率化目標を次の通り設定する。なお、一般管理費については、経費節減の余地がないか自己評価を厳格に行った上で、適切な見直しを行うこと。

a) 一般管理費の縮減

一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額）を6%程度縮減すること。

b) 業務経費の縮減

業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額）を2%程度縮減すること。

②契約の点検・見直し

契約については、「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づく取組を着実に実施することにより、契約の適正化を推進し、業務運営の効率化を図ること。調達については、他の独立行政法人の事例等をも参考に、透明性が高く効果的な契約を行うように努めること。

③保有資産の見直し

保有資産については、引き続き、資産の利用度のほか、本来業務に支障のない範囲での有効利用可能性の多寡等の観点に沿って、その保有の必要性について不断に見直しを行うとともに、見直し結果を踏まえて、研究所が保有し続ける必要がないものについては、支障のない限り、国への返納を行うこと。

また、特許権については、特許権を保有する目的を明確にした上で、当該目的を踏まえつつ、登録・保有コストの削減を図ること。

4. 財務内容の改善に関する事項

(1) 中期計画予算の作成

中期目標期間における予算、収支計画及び資金計画を適正に作成し、健全な財務体質の維持を図ること。運営費交付金を充当して行う業務については、本中期目標に定めた事項に配慮した予算を計画し、当該予算に基づいて運営を行うこと。

(2) 自己収入の拡大

民間企業等における技術ニーズを把握し、研究や試験評価に関する提案を積極的に行うことにより、受託研究の増加を図ること。受託研究に加え、共同研究及び競争的資金による研究開発の実施、知的財産権の活用推進、寄附金の受入等、運営費交付金以外の外部資金を積極的に獲得することにより、自己収入の拡大を図ること。具体的には、中期目標期間中に、受託研究、外部資金受入型共同研究及び競争的資金による研究開発を100件以上実施すること。

5. その他業務運営に関する重要事項

(1) 施設及び設備に関する事項

研究開発の業務効率を低下させず、質の高い研究成果が得られるようにするため、研究施設及び設備の整備を計画的に進めること。また、研究施設及び設備を長期間使用できるようにするため、維持保全を適切に実施すること。

(2) 人事に関する事項

研究員の人事は、研究所が蓄積した技術と経験を若手研究員へ確実に継承し、高度な専門性を活かした研究開発を継続できるよう、人材活用等に関する方針に基づいて戦略的に実施すること。また、国内外を問わず、他の研究開発機関、行政、民間企業と連携、交流する機会の提供、種々の研修の実施等により、幅広い視野と見識を有する研究員の育成を推進すること。

給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、目標水準・目標期限を設定してその適正化に計画的に取り組むとともに、その検証結果や取組状況を公表すること。

また、総人件費についても、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」(平成18年法律第47号)に基づく平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の人件費に係る取組を平成23年度においても引き続き着実に実施するとともに、政府における総人件費削減の取組を踏まえ、厳しく見直すこと。

(3) その他

国土交通省所管の独立行政法人及び関連する研究機関の業務の在り方の検討については、今後の独立行政法人全体の見直しの議論等を通じ、適切に対応すること。

5 独立行政法人電子航法研究所 第3期中期計画

独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）は、航空交通量の増大、航空交通の安全性向上、地球環境の保全等の社会的要請に的確に応えるため、航空交通システムの高度化に関する研究開発に取り組むことが求められている。

特に、研究開発を通じて技術的側面から航空行政を支援する独立行政法人として、これらの研究成果が航空行政等において有益に活用されるよう取り組むとともに、航空行政が抱える重要性の高い課題に対して重点的かつ戦略的に取り組むことにより、研究成果の創出を通じて社会に貢献することが重要である。

また、研究業務を通じて得られた情報を積極的に発信するなど、自律性、自発性及び透明性を備えた効率的かつ効果的な業務運営に取り組むことも重要である。

さらに、航空交通システムに係る研究開発において国際的に重要な役割を担うため、当該研究開発に関してアジア地域における中核機関を目指す必要がある。

以上を踏まえ、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）第30条第1項の規定に基づき、国土交通大臣が定めた研究所の平成23年度から始まる期間における中期目標を達成するための計画を次のとおり定める。

1. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

(1) 社会的要請に応える研究開発の重点的かつ戦略的な実施

1) 研究開発の基本方針

社会的要請に的確に応えるため、研究所は「社会・行政ニーズ」を適時的確に把握し、その実現に必要な技術課題の解決に向けて、迅速かつ機動的に取り組む。なお、必要性及び重要性の高い研究開発課題を適切に選定するとともに、成果の活用が円滑に進められるよう計画段階から検討するなど、重点的かつ戦略的に研究開発に取り組む。また、常に社会情勢や「社会・行政ニーズ」の状況変化を適時的確に察知し、これらに機敏に適応できる先見性と柔軟性の確保に努める。

2) 研究開発目標

中期目標において研究開発目標の基本として示された、航空機運航の安全性及び効率性の向上、航空交通量増大への対応、航空利用者の利便性向上、環境負荷（CO₂、騒音）低減などの達成に向けて、以下の研究開発分野を設定して重点的かつ戦略的に実施する。

- ①飛行中の運航高度化に関する研究開発
- ②空港付近の運航高度化に関する研究開発
- ③空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発

3) 研究課題

具体的には、中期目標で示された技術課題の解決に向けて、以下の研究課題に重点的に取り組む。

①飛行中の運航高度化に関する研究開発（航空路の容量拡大）

本研究開発分野では、混雑する空域での航空交通容量拡大と運航の効率性向上及び消費燃料節減による環境保全への貢献などを目指して、「トラジェクトリ予測手法の開発」、「ATMのパフォーマンス」、「飛行経路の効率向上」等の研究課題に取り組む。これにより、軌道ベース運用の実現に必要な軌道の予測手法や管理技術の開発、航空交通流予測手法や気象情報を活用した軌道予測手法の高度化、航空交通管理のパフォーマンス評価手法の開発等に貢献する。

具体的には、本中期目標期間中に以下を達成すべく取り組む。

「トラジェクトリ予測手法の開発」の研究課題では、航空機が出発してから到着するまでに通過するポイントの時刻と位置を算出する4次元軌道予測モデルを開発する。これにより、出発から到着までの飛行時間の誤差が3%以下となる軌道予測を実現する。

「ATMのパフォーマンス」の研究課題では、航空交通流のシミュレーションモデルを開発し、新たな管制運用方式の導入等による燃料消費量削減等の効果の、定量的な事前検証を実現する。

「飛行経路の効率向上」の研究課題では、洋上空域から滑走路まで、最も燃料効率の良い飛行経路を計算し、管制運用の模擬が可能なシミュレーターを開発する。これにより、管制運用における安全性を確保しつつ、運航効率を向上させることが可能な（例えば羽田への国際線の到着便で1000ポンド程度の燃料削減及び3分程度の飛行時間短縮）飛行経路の設定を実現する。

②空港付近の運航高度化に関する研究開発（混雑空港の処理容量拡大）

本研究開発分野では、混雑空港の容量拡大及び処理能力向上、空港面における交通渋滞解消、定時性及び利便性向上などを目指して、「GNSSによる高カテゴリー運航」、「空港面トラジェクトリ予測手法開発」、「監視技術の高度化」、「GNSSを利用した曲線経路による進入方式」等の研究課題に取り組む。これにより、衛星航法システムの高度化、航空機の飛行状況等を精密に監視するシステムの高度化、航空機に求められる運航上の性能要件を規定して実施する性能準拠型の運用に資する技術開発等に貢献する。

具体的には、本中期目標期間中に以下を達成すべく取り組む。

「GNSSによる高カテゴリー運航」の研究課題では、高カテゴリー精密進入に要求される高い安全性（インテグリティ $1-1 \times 10^{-9}$ ）を実証するGBASを開発する。これにより、カテゴリーⅢ相当の気象条件下（視程100m程度）におけるGNSSを使用した安全な着陸誘導を実現する。

「空港面トラジェクトリ予測手法開発」の研究課題では、空港面の交通流分析に基づき、航空機の空港面走行時間の予測モデルを開発する。これを活用して航空機の空港面走行スケジュールを工夫することにより、航空交通量の増大に伴う空港面の渋滞の抑制を実現する。

「監視技術の高度化」の研究課題では、広域マルチラレーションやSSRモードSなど複数の監視システムを統合することにより、従来型の監視システム（SSR）の2倍以上の頻度で空港付近の航空機を監視できる技術を開発し、平行滑走路の独立運用等の新しい運航方式を実現する。

「GNSS を利用した曲線経路による進入方式」の研究課題では、GBAS を利用した曲線経路による着陸進入の実現を目指して、機上装置を開発するなど、航空機の能力を活用した効率的な曲線経路による着陸進入の研究開発に着手する。

③空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発（安全で効率的な運航の実現）

本研究開発分野では、安全かつ効率的な運航の実現、航空通信のボトルネック解消及び航空用データリンクの導入、ヒューマンエラーの低減やシステムの信頼性向上などを目指して、「航空用データリンクの評価」、「汎用高速通信技術の次世代航空通信への適用」、「管制官ワークロード分析」、「ヒューマンエラー低減技術」等の研究課題に取り組む。これにより、地対空の高速通信技術の開発、運航に係る情報を関係者が共有できる環境の構築に資する技術開発、ヒューマンエラー防止に関する技術開発等に貢献する。

具体的には、本中期目標期間中に以下を達成すべく取り組む。

「航空用データリンクの評価」の研究課題では、従来型のデータリンク（VDL2）より伝送速度が10倍程度向上し、かつ伝送誤り率を低減（従来の 10^{-4} を 10^{-7} 程度へ）できるLバンド空地データリンクを実現する。

「汎用高速通信技術の次世代航空通信への適用」の研究課題では、高いセキュリティ性が要求される航空管制用通信システムとして、汎用高速通信技術を適用したテストベッドを開発し、空港面全域をカバーする高速通信を実現する。

「管制官ワークロード分析」の研究課題では、管制業務のタスク分析を基に知識構造化システムを開発し、管制官の経験や知識を整理してモデル化・可視化することで、ヒューマンエラーを低減するための施策への活用を実現する。

「ヒューマンエラー低減技術」の研究課題では、発話音声分析装置により収集したデータと脳波など他の生理指標との相関関係を評価検証し、管制官などの疲労による覚醒度低下の評価を実現する。

4) 研究開発の実施過程における措置

研究開発課題の選定にあたっては、「社会・行政ニーズ」及びこれらに対応するための技術課題を明らかにした上で、研究所でなければ実施できない課題であり、かつ国の施策と密接に関係する（国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等）航空管制に関する研究開発等、真に必要なものに重点化する。なお、重点化にあたっては他の研究開発機関が実施している研究内容等を可能な限り把握し、知見・技術の活用等について事前に検討し、研究内容の重複を排除する。

研究計画の策定にあたっては、ニーズの発信元である行政や運航者等の関係者と十分調整して研究の具体的な内容を検討するとともに、可能な限り定量的な目標を設定して、実用化が可能な成果を目指す。なお、策定にあたっては、導入コスト等、実用化のため考慮が必要となる外部要因にも対処するなど、研究開発の戦略についても検討する。

研究開発の実施にあたっては、研究成果の社会への還元及び研究所の国際的な地位の向上につながるよう、研究開始前の評価、研究進捗管理及び中間評価、研究終了時の評価を適切に実施するとともに、研究内容の見直し、中止等、所要の措置を講じ、評価結果をその後の研究計

画に適切に反映させる。なお、重点的に実施する研究開発課題については外部有識者による評価を行い、その結果を公表して透明性の確保に努める。

(2) 基礎的な研究の実施による基盤技術の蓄積

研究員のポテンシャル及び専門性が向上することにより、行政等の技術課題への適切な対応が容易となるとともに、革新的な研究成果が生まれることが期待できる。このため、電子航法に関連する国際的な技術動向を踏まえつつ、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究、将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究、斬新な発想に基づく萌芽的な研究等を実施することにより、研究所として長期的な視点から必要となる基盤技術を蓄積し、研究開発能力の向上を図る。

(3) 関係機関との連携強化

限りある人的資源の中で、効果的・効率的な研究開発を行うとともに、その質を高めて研究所のポテンシャル及びプレゼンス向上を図るため、国内外の航空管制機関や、研究所の業務に関連する研究開発を実施している独立行政法人、大学、民間企業等と積極的な連携を進め、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出とその活用拡大に努める。そのため、共同研究を中期目標期間中に40件以上実施する。また、関係機関との密接な連携と交流を円滑に推進するため、研究者・技術者との交流会等を中期目標期間中に30件以上実施する。さらに、研究所が専門としない分野の知見や技術を活用する研究開発にあたっては、客員研究員の招聘、任期付研究員の採用、人事交流等により、当該専門知識を有する外部人材を積極的に活用する。具体的には、任期付研究員、客員研究員を中期目標期間中に30名以上活用する。また、研修生や留学生の受入等を通じて若手研究者の育成などの分野での貢献にも努める。

(4) 国際活動への参画

航空に係わる多くの技術や運航方式等は、世界での共用性を考慮する必要があることから、各国の航空関係当局や研究機関及び企業等と積極的に技術交流及び連携を進め、国際的な研究開発への貢献に努める。特に、本中期目標期間においてはICAO（国際民間航空機関）、RTCA（米国航空無線技術協会）、EUROCAE（欧州民間航空用装置製造業者機構）等の基準策定機関における活動での国際貢献に努める。

具体的には、ICAO等が主催する会議への積極的な参画により、国に対して必要な技術支援を行うとともに、基準策定機関による会議等での発表を中期目標期間中に120件以上行い、基準策定作業に貢献する。また、国際標準化によって我が国が不利益を被ることがないように、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、他国の提案についても必要な対応を行う。

アジア太平洋地域の関係機関との技術交流や共同研究等による連携を強化し、双方にとって有益な成果の創出を目指す。また、アジア地域における中核機関を目指して国際交流・貢献を図るため、国際ワークショップを中期目標期間中に2回程度主催する。さらに、アジア地域への技術セミナー等を中期目標期間中に3回程度実施する。

(5) 研究開発成果の普及及び活用促進

研究所の活動・成果について、研究所一般公開、研究発表会、研究所報告や広報誌等の印刷物等様々な手段を活用し、効率的かつ効果的に広報を展開する。また、国際会議、学会、シンポジウム等に積極的に参加し、講演、発表等を通じて研究開発成果の普及、活用に努めるとともに、研究業務を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な情報などを積極的に発信する。さらに、研究所がこれまで技術開発してきた成果を社会に還元するため、講習の開催や技術マニュアルの作成等を通じて、行政当局や企業等への技術移転に積極的に取り組む。

具体的には、各研究開発課題について年1回以上、学会や専門誌等において発表する。また、研究所一般公開、研究発表会を年1回開催するとともに、講演会を中期目標期間中に3回程度開催する。研究所の理解と研究成果の広範な普及及びそれによる将来の技術交流等につなげるため、企業等で出前講座を開催する。また、中期目標期間中に80件程度の査読付論文の採択を目指す。

知的財産権による保護が必要な研究開発成果については、有用性、保有の必要性等について十分検討しつつ、必要な権利化を図る。また、登録された権利の活用を図るため、研究成果に関心を寄せる企業等へ積極的に技術紹介を行うとともに、広報誌、パンフレット、パテント展示等を活用して積極的に広報・普及を行う。

2. 業務運営の効率化に関する事項

(1) 組織運営

①機動性、柔軟性の確保

「社会・行政ニーズ」に迅速かつ的確に対応し、時機を逸することなく有益な研究成果を得られるよう、組織運営の機動性、柔軟性を確保し、必要に応じて随時組織体制を見直す。また、研究員が研究開発の中核業務に専念することで研究成果の水準を高められるよう、研究業務を支援する職員を適時的確に配置するなど、研究資源を最大限有効活用するよう努める。

②内部統制の充実・強化等

理事長が戦略的にマネジメントを実施し、リーダーシップを発揮することにより、研究所がその任務を有効かつ効率的に果たすことが可能となる。このため、リスクマネジメントの活用及び情報セキュリティ対策を含めた内部統制のしくみを随時見直し、その充実・強化を図る。また、中期計画及び年度計画に定めた事項については実施計画と達成目標を具体的に定め、進捗状況や課題を定期的に把握しつつ、着実に業務を遂行する。

(2) 業務の効率化

①効率化目標の設定等

管理部門の簡素化、効率的な運営体制の確保、アウトソーシングの活用等により業務運営コストを縮減し、一般管理費及び業務経費の効率化目標を次の通り設定する。なお、一般管理費

については、経費節減の余地がないか自己評価を厳格に行った上で、適切な見直しを行う。

a) 一般管理費の縮減

一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）について、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を6%程度縮減する。

b) 業務経費の縮減

業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）について、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を2%程度縮減する。

②契約の点検・見直し

契約については、「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づく取り組みを着実に実施し、契約の適正化の推進及び業務運営の効率化を図る。また、研究開発に伴う調達に関しては、他の独立行政法人の事例等をも参考に、透明性が高く効果的な契約を行うように努める。

③保有資産の見直し

保有資産については、引き続き、資産の利用度のほか、本来業務に支障のない範囲での有効利用可能性の多寡等の観点に沿って、その保有の必要性について不断に見直しを行うとともに、見直し結果を踏まえて、研究所が保有し続ける必要がないものについては、支障のない限り、国への返納を行う。また、特許権については保有する目的を明確にした上で、登録・保有コストの削減に努める。

3. 予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画

(1) 中期目標期間における財務計画は次のとおりとする。

- ①予算 別紙のとおり
- ②収支計画 別紙のとおり
- ③資金計画 別紙のとおり

(2) 自己収入の拡大

民間企業等における技術ニーズを把握し、研究や試験評価に関する提案を積極的に行い、受託研究の増加に努める。また、受託研究や共同研究及び競争的資金による研究開発の実施、知的財産権の活用推進、寄附金の受入等、運営費交付金以外の外部資金を積極的に獲得することにより、自己収入の拡大に努める。そのため、受託研究や外部資金受入型の共同研究及び競争的資金による研究開発を中期目標期間中に100件以上実施する。

4. 短期借入金の限度額

予見し難い事故等の事由に限り、資金不足となる場合における短期借入金の限度額は、300（百万円）とする。

5. 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画
特になし。

6. 重要な財産を譲渡し、又は担保に供する計画
特になし。

7. 剰余金の使途

①研究費

②施設・設備の整備

③国際交流事業の実施（招聘、セミナー、国際会議等の開催）

8. その他主務省令に定める業務運営に関する事項

(1) 施設及び設備に関する事項

中期目標期間中に以下の施設を整備する。また、既存施設の維持・補修、機能向上に努める。

施設・設備の内容	予定額 (百万円)	財 源
・研究開発の実施に必要な業務管理施設、 実験設備の整備 ・その他管理施設の整備	547	一般会計 独立行政法人電子航法研究所 施設整備費補助金

(2) 施設・設備利用の効率化

業務の確実な遂行のため、研究所の施設・設備については、性能維持・向上等適切な処置を講じるとともに、効率的な利用に努める。特に老朽化している実験用航空機については、今後の研究業務に支障が生じないように、維持管理も含め経済性・合理性を勘案し、更新を含めた適切な措置を講じる。

(3) 人事に関する事項

①方針

業務処理を工夫するとともに、業務内容及び業務量に応じて適正に人員を配置する。研究員の人事は、研究所が蓄積した技術と経験を若手研究員へ確実に継承し、高度な専門性を活かした研究開発を継続できるよう、「人材活用等に関する方針」に基づき戦略的に実施するとともに、人事交流や研修の実施等により、幅広い視野と見識を有する研究員の育成を推進する。

②人件費

給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、給与改定に当たっては、引き続き、国家公務員に準拠した給与規程の改正を行い、その適正化に取り組むとともに、その検証結果や取組状況を公表する。

特に事務・技術職員の給与水準については、平成21年度の対国家公務員指数が年齢勘案で103.6となっていることを踏まえ、平成27年度までにその指数を100.0以下に引き下げるよう、給与水準を厳しく見直す。

総人件費^{※注}については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（平成18年法律第47号）に基づく平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の人件費に係る取組を平成23年度においても引き続き着実に実施するとともに、政府における総人件費削減の取組を踏まえ、厳しく見直す。

ただし、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分及び以下に該当する者（「総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者」という。）に係る人件費については削減対象から除くこととする。

- ・競争的資金又は受託研究若しくは共同研究のための民間からの外部資金により雇用される任期付職員
- ・国からの委託費及び補助金により雇用される任期付研究者
- ・運営費交付金により雇用される任期付研究者のうち、若手研究者（平成17年度末において37歳以下の研究者をいう。）

※注) 対象となる「人件費」の範囲は、常勤役員及び常勤職員に支給する報酬（給与）、賞与、その他の手当の合計額とし、退職手当、福利厚生費（法定福利費及び法定外福利費）、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分は除く。

(4) 独立行政法人電子航法研究所法（平成11年法律第210号）第13条第1項に規定する積立金の使途

第2期中期目標期間中からの繰越積立金は、第2期中期目標期間以前に自己収入財源で取得し、第三期中期目標期間へ繰り越した有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。

(5) その他

国土交通省所管の独立行政法人及び関連する研究機関の業務の在り方の検討については、今後の独立行政法人全体の見直しの議論等を通じ、適切に対応する。

別紙

予算	区 分	金額
収入		
	運営費交付金	7,946
	施設整備費補助金	547
	受託等収入	841
計		9,335
支出		
	業務経費	4,528
	うち研究経費	4,528
	施設整備費	547
	受託等経費	713
	一般管理費	218
	人件費	3,329
計		9,335

収支計画	区 分	金額
費用の部		
	経常費用	10,166
	研究業務費	10,166
	受託等業務費	6,909
	一般管理費	713
	減価償却費	1,152
	財務費用	1,392
	臨時損失	0
		0
収益の部		
	運営費交付金収益	10,166
	手数料収入	7,946
	受託等収入	0
	資産見返負債戻入	841
	臨時利益	1,378
		0
純利益		0
目的積立金取崩額		0
総利益		0

注)当法人における退職手当については、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

資金計画	区 分	金額
資金支出		
	業務活動による支出	9,335
	投資活動による支出	8,774
	財務活動による支出	547
	次期中期目標の期間への繰越金	14
		0
資金収入		
	業務活動による収入	9,335
	運営費交付金による収入	8,788
	受託収入	7,946
	その他の収入	826
	投資活動による収入	15
	施設整備費補助金による収入	547
	財務活動による収入	547
	繰越金	0
		0

〔人件費の見積り〕
 期間中総額2,759百万円を支出する。
 但し、上記の額は、総人件費改革において削減対象とされた人件費から総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者等に係る人件費を除いた額である。なお、上記の額と総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者等に係る人件費を合わせた額は、2,838百万円である。(国からの委託費、補助金、競争的資金及び民間資金の獲得状況等により増減があり得る。)また、上記の額は、役員報酬(非常勤役員を除く。)並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

〔運営費交付金の算定方法〕

運営費交付金＝人件費＋一般管理費＋業務経費－自己収入

〔運営費交付金の算定ルール〕

1. 人件費＝当年度人件費相当額＋前年度給与改定分等

(1) 当年度人件費相当額＝基準給与総額±新陳代謝所要額＋退職手当所要額

(イ) 基準給与総額

23年度…所要額を積み上げ積算

24年度以降…前年度人件費相当額－前年度退職手当所要額

(ロ) 新陳代謝所要額

新規採用給与総額(予定)の当年度分＋前年度新規採用者給与総額のうち平年度化額－前年度退職者の給与総額のうち平年度化額－当年度退職者の給与総額のうち当年度分

(ハ) 退職手当所要額
当年度に退職が想定される人員ごとに積算

(2) 前年度給与改定分等(24年度以降適用)

昇給原資額、給与改定額、退職手当等当初見込み得なかつた人件費の不足額

なお、昇給原資額及び給与改定額は、運営状況等を勘案して措置することとする。運営状況等によっては、措置を行わないことも排除されない。

2. 一般管理費

前年度一般管理費相当額(所要額計上経費及び特殊要因を除く)×一般管理費の効率化係数(α)×消費者物価指数(γ)＋当年度の所要額計上経費±特殊要因

3. 業務経費

(1) 研究経費

前年度研究経費相当額(所要額計上経費及び特殊要因を除く)×業務経費の効率化係数(β)×消費者物価指数(γ)×政策係数(δ)＋当年度の所要額計上経費±特殊要因

4. 自己収入

過去実績等を勘案し、当年度に想定される自己収入の利益見込額を計上

一般管理費の効率化係数(α)：毎年度の予算編成過程において決定

業務経費の効率化係数(β)：毎年度の予算編成過程において決定

消費者物価指数(γ)：毎年度の予算編成過程において決定

政策係数(δ)：法人の研究進捗状況や財務状況、新たな政策ニーズへの対応の必要性、独立行政法人評価委員会による評価等を総合的に勘案し、毎年度の予算編成過程において決定

所要額計上経費：公租公課、航空機燃料税等の所要額計上を必要とする経費

特殊要因：法令改正等に伴い必要となる措置、現時点で予測不可能な事由により、特定の年度に一時的に発生する資金需要に応じ計上

〔中期計画予算の見積りに際し使用した具体的係数及びその設定根拠等〕

一般管理費の効率化係数(α)：中期計画期間中は0.97として推計

業務経費の効率化係数(β)：中期計画期間中は0.99として推計

消費者物価指数(γ)：中期計画期間中は1.00として推計

政策係数(δ)：中期計画期間中は1.00として推計

人件費(2)前年度給与改定分等：中期計画期間中は0として推計

特殊要因：中期計画期間中は航空機更新に必要な経費を推計

6 国立研究開発法人電子航法研究所 平成27年度計画

国立研究開発法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）の中長期計画を実行するため独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）第35条において読み替えて準用する同法第31条の規定に基づき、研究所に係る平成27年度の年度計画を以下のとおり策定する。

1. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

(1) 社会的要請に応える研究開発の重点的かつ戦略的な実施

航空機運航の安全性及び効率性の向上、航空交通量増大への対応、航空利用者の利便性向上、環境負荷（CO₂、騒音）低減などの達成、及び中長期目標で示された技術課題の解決に向けて、中長期計画で設定した以下の研究開発分野に関する研究開発を重点的かつ戦略的に実施する。

1) 飛行中の運航高度化に関する研究開発（航空路の容量拡大）

本研究開発分野では、混雑する空域での航空交通容量拡大と運航の効率性向上及び消費燃料節減による環境保全への貢献などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成27年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. 到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究（平成24年度～27年度）

（年度目標）

本研究では、飛行経路の短縮や燃料消費及び飛行時間の低減を図るため、洋上空域から空港への到着までの経路における最適な管制運用方法を提案する。平成27年度は、関西空港 CDO（継続降下運航）の運用時間拡大を提案し、羽田空港では CDO 可能な洋上経路からターミナル進入空域までの経路条件を提案する。また、ASAS（航空機監視応用システム）を利用した複数機 CDO の条件を明らかにする。これにより、洋上経路から空港到着までの経路におけるより効率的な飛行が可能になる。

イ. 「Full 4D」の運用方式に関する研究（平成25年度～28年度）

（年度目標）

本研究では、将来の4次元軌道ベース運用 (Full 4D TBO) 実現に向けて、運用方式の開発、課題抽出を行い、解決方法を提案する。平成27年度は、運用ルールを開発し、ファストタイムシミュレーションを行うことにより TBO の便益を評価する。また、空域安全指標の開発に着手するとともに軌道最適化アルゴリズムの改良・評価を行う。

ウ. 航空路監視技術高度化の研究（平成 25 年度～28 年度）

（年度目標）

本研究では、我が国に今後導入される高度な管制運用方式において必要となる監視技術の確立を図るため、WAM（広域マルチラレーション）や ADS-B（放送型自動位置情報伝送・監視機能）等の新しい監視技術を航空路監視に導入する際に課題となる洋上空域への覆域拡張や、電波環境を配慮した空地データリンクを実現する技術を開発する。平成 27 年度は、WAM 実験装置を利用して、航空路監視に適用する WAM/ADS-B の機能および性能に関する評価試験を実施する。また、試験結果を踏まえた実験装置の改修を行う。これにより、航空路 WAM/ADS-B 技術の達成度と課題を把握できるようにする。

エ. 陸域における UPR に対応した空域編成の研究（平成 27 年度～30 年度）

（年度目標）

本研究では、運航者が効率の良い飛行経路を選択できる UPR（利用者選択経路）を陸域へ導入する場合、航空管制機関が安全で円滑な空域編成を実施するための課題を抽出し、円滑かつ効率の高い交通流の実現手法を提案する。平成 27 年度は、運用上の要件及び空域編成手法を調査し、シミュレーションモデルの構築に着手する。

2) 空港付近の運航高度化に関する研究開発（混雑空港の処理容量拡大）

本研究開発分野では、混雑空港の容量拡大及び処理能力向上、空港面における交通渋滞解消、定時性及び利便性向上などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成27年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. ハイブリッド監視技術の研究（平成23年度～27年度）

（年度目標）

本研究では、次世代監視システム（WAMやADS-B等）と従来監視システム（SSRモードS等）の長所を組み合わせることにより、より信頼性の高い監視情報を提供する技術を開発する。また、両監視システムにおいては信号環境の劣化が問題となっており、これを改善する技術を開発する。これにより、我が国における次世代監視システムの迅速かつスムーズな導入に貢献する。平成27年度は、総合実験を行い、開発したハイブリッド監視技術の効果を確認し、研究をまとめる。

イ. GNSSを利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究（平成25年度～29年度）

（年度目標）

本研究では、衛星航法（GNSS）による精密進入着陸システムである GBAS を用いた曲線進入等の高度運用方式を実現するために、機上実験装

置の開発と飛行実証実験により曲線進入経路に関する基準案の策定に貢献する。また、シミュレーションツールの開発を行い、GBAS 進入時の障害物との安全間隔を評価する手法を確立して計器飛行方式設計基準の策定に貢献する。平成 27 年度は、曲線経路の機上計算部を開発するとともに RNP（航法性能要件）方式と GBAS 進入経路を接合する方式の設計に必要な制約を明確化する。また、昨年度に引き続き人間モデル操縦データを取得してシミュレーションツールに組み込み、経路逸脱量の計算を可能とする。

ウ. 空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究

(平成 26 年度～29 年度)

(年度目標)

本研究では、成田空港においてより効率的な空港面交通を実現するために、空港レイアウト、経路、滑走路使用状況等を踏まえた地上走行に関する交通状況を分析し、走行機数調整、走行経路調整、スポット出発時刻調整などの交通管理手法を開発する。平成 27 年度は、引き続き空港面交通データの分析を行うとともに、分析・予測に基づく交通管理手法の適用条件および評価指標について検討を進める。また、空港面交通管理手法のアルゴリズムを適用したシナリオを作成し、シミュレーション評価を行う。

3) 空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発（安全で効率的な運航の実現）

本研究開発分野では、安全かつ効率的な運航の実現、航空通信のボトルネック解消及び航空用データリンクの導入、ヒューマンエラーの低減やシステムの信頼性向上などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成27年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. WiMAX技術を用いたCバンド空港空地通信網に関する研究

(平成24年度～27年度)

(年度目標)

本研究は、汎用高速通信技術の一つであるWiMAX技術を用いた空港域のCバンド（5GHz帯）次世代航空通信システムのプロトタイプを開発し、高速通信を実現するとともに、得られた結果をICAO（国際民間航空機関）等の国際標準規格策定作業に反映させることを目的とする。平成27年度は、これまでに試作した実験用プロトタイプを用いて、次世代航空通信システムのアンテナについて実験結果を検証する。これにより、ICAOの国際標準規格案に検証結果を反映させる。

イ. マルチスタティックレーダによる航空機監視と性能評価に関する研究

(平成26年度～29年度)

(年度目標)

本研究では、マルチスタティックレーダによる航空機の監視を行うため

に必要な、レーダシステム性能要件を求め、要素技術を開発する。平成27年度は、設計製作した実験用レーダシステムの設置と基礎試験を行うとともに、測位精度向上のための信号分離手法の技術課題を抽出する。また放送波などを利用したレーダの監視性能について評価手法の開発に着手する。

ウ．空港面異物監視システムの研究（平成26年度～28年度）
（年度目標）

本研究は、滑走路等の航空機が高速で移動するエリアにおいて、事故を引き起こす恐れのある異物の有無を検知し、滑走路状態を監視するシステムを開発するとともに、得られた成果によりEUROCAE（欧州民間航空用装置製造業者機構）等の国際標準規格策定作業に貢献する。平成27年度は、滑走路面に落下した物体をこれまでに開発されたミリ波レーダに加えカメラでも発見し、その物体が危険物であるか判断するためのアルゴリズムを開発する。

エ．次世代GNSSに対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究（平成27年度～平成31年度）
（年度目標）

本研究は、安全で効率的な運航を実現するGNSSベース航法の実用に不可欠なGNSS補強システムのアベイラビリティ（利用可能な時間割合）改善を図るものである。このための方策として次世代GNSSの利用や宇宙天気情報の活用による効果について評価すると共にこれらの利用に必要な技術開発を行い、国際標準規格案に反映する。平成27年度は、次世代GNSSを利用する場合の技術要件の明確化及び期待できる性能の解析を行うとともに、宇宙天気情報の利用方法を検討する。

4）研究開発の実施過程における措置

平成27年度は、以下を実施する。

- ① 研究開発課題の選定にあたっては、航空行政、運航者等の航空関係者のニーズを踏まえた「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」（CARATS）やICAOで提唱されている”Global Air Navigation Plan”（GANP）などに示されている課題を随時把握し、国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等に関係する重点研究課題を企画・提案する。特に、航空行政が抱える技術課題について連絡会などを通じて関係者間で情報共有を図り、重点研究の今後の方向性を確認しながら研究を立案する。なお、重点化にあたっては他の研究開発機関が実施している研究内容等を可能な限り把握し、研究内容の重複を排除する。
- ② 研究計画の策定にあたっては、航空関係者との間で随時、情報交換を行い、研究開発の戦略についても検討した上で、可能な限り定量的な達成目標を設定する。また、重点的に実施する研究開発課題については航

空局へ報告するとともに、出前講座等を活用して航空会社等の意見も研究計画に反映させる。

- ③ 各研究開発課題について、社会ニーズの状況変化や外部の有識者で構成する評議員会及び研究所内の研究評価委員会による事前評価結果に基づき、行政等の関係者と十分調整の上、研究内容の見直し、中止等、所要の措置を講じる。また、評議員会及び研究評価委員会による事後評価結果については、成果のフォローアップに努めながら、行政等の関係者と十分調整の上、その後の研究開発計画に連続してつなげていく。

具体的には、以下の評議員会による評価を実施し評価結果を公表する。

- ・平成28年度に開始予定の重点的に実施する研究開発課題の事前評価
 - ・平成27年度に終了予定の重点的に実施する研究開発課題の事後評価
- また内部評価として、以下の研究評価委員会を実施する。
- ・平成28年度に開始予定の研究課題の事前評価
 - ・平成27年度に終了予定の研究課題の事後評価

(2) 基礎的な研究の実施による基盤技術の蓄積

研究員のポテンシャル及び専門性が向上することにより、行政等の技術課題への適切な対応が容易となるとともに、革新的な研究成果が生まれることが期待できる。このため、電子航法に関連する国際的な技術動向を踏まえつつ、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究、将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究、斬新な発想に基づく萌芽的な研究等を実施することにより、研究所として長期的な視点から必要となる基盤技術を蓄積し、研究開発能力の向上を図る。

平成27年度は、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究や将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究として、「RNP-ARと従来方式が混在する運用方式の実現可能性に関する研究」、「タワー業務の遠隔支援に関する研究」等の基盤的研究及び斬新な発想に基づく萌芽的な研究として「プロセス指向型安全マネジメントに関する研究」等の人間が行う業務の安全性向上に資する研究を実施する。

また、獲得した競争的資金による「90GHzリニアセルを用いた高精度イメージングシステムの研究開発」等を実施する。

(3) 関係機関との連携強化

限りある人的資源の中で、効果的・効率的な研究開発を行うとともに、その質を高めて研究所のポテンシャル及びプレゼンス向上を図るため、国内外の航空管制機関や、研究所の業務に関連する研究開発を実施している

国立研究開発法人、大学、民間企業等と積極的な連携を進め、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出とその活用拡大に努める。

平成27年度は以下を実施する。

- ・継続して実施する共同研究に加えて新たに5件以上の共同研究を開始する。
- ・関係機関との密接な連携と交流を円滑に推進するため、研究者・技術者との交流会等を6件以上実施する。
- ・研究所が専門としない分野の知見や技術を有する任期付研究員、客員研究員を6名以上活用する。
- ・若手研究者の育成などの分野で貢献するため、研修生や留学生の受入等を積極的に行う。

(4) 国際活動への参画

航空に係わる多くの技術や運航方式等は、世界での共用性を考慮する必要があることから、各国の航空関係当局や研究機関及び企業等と積極的に技術交流及び連携を進め、国際的な研究開発への貢献に努める。特に、ICAO、RTCA（米国航空無線技術協会）、EUROCAE等の基準策定機関における活動での国際貢献に努める。

また、アジア太平洋地域の関係機関との技術交流や共同研究等による連携を強化し、双方にとって有益な成果の創出を目指す。

平成27年度は以下を実施する。

- ・「ATMとCNSに関する国際ワークショップ（EIWAC2015）」を開催する。
- ・共同研究、委員会活動などを通し海外の研究機関等との連携強化を図る。
- ・ICAO、RTCA、EUROCAE等の基準策定機関が主催する会議等に積極的に参画し、24件以上発表する。
- ・他国の提案については、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、必要な対応を行う。
- ・アジア地域における中核機関を目指して国際交流・貢献を図るため、アジア地域への技術セミナー等を開催する。

(5) 研究開発成果の普及及び活用促進

研究所の活動・成果について、研究所一般公開、研究発表会、研究所報告や広報誌等の印刷物等様々な手段を活用し、効率的かつ効果的に広報を展開する。また、国際会議、学会、シンポジウム等に積極的に参加し、講演、発表等を通じて研究開発成果の普及、活用を努めるとともに、研究業務を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な情報などを積極的に発信する。さらに、研究所がこれまで技術開発してきた成果を社会に還元するため、講習の開催や技術マニュアルの作成等を通じて、行政当局や企業等への技術移転に積極的に取り組む。

知的財産権による保護が必要な研究開発成果については、有用性、保有の必要性等について十分検討しつつ、必要な権利化を図る。また、登録された権利の活用を図るため、研究成果に関心を寄せる企業等へ積極的に技術紹介を行うとともに、広報誌、パンフレット、パテント展示等を活用して積極的に広報・普及を行う。

平成27年度は以下を実施する。

- ・各研究開発課題について年1回以上、学会や専門誌等において発表する。
- ・研究所一般公開及び研究発表会をそれぞれ1回開催する。
- ・企業及び航空関係者への公開講座として、出前講座を継続企画し開催する。
- ・16件程度の査読付論文の採択を目指す。
- ・ホームページで提供する情報の内容を工夫、充実させる。
- ・これまで研究開発してきた成果の技術移転が円滑に進むよう、行政等に対してフォローアップを行う。

その他、研究所の活動及び成果の普及・活用促進に必要な広報活動を行う。

2. 業務運営の効率化に関する事項

(1) 組織運営

業務の一層の効率化及び研究の連携強化を図るため、航空交通管理領域、航法システム領域及び監視通信領域の3領域の組織構成により、有益な研究成果を得られるよう、必要に応じて機動性、柔軟性のある組織運営を行う。

独立行政法人通則法改正の趣旨に則り、研究所が最大限の研究開発の成果を確保するため、理事長が戦略的にマネジメントを実施しリーダーシップを発揮できるよう、内部統制の充実・強化を図る。また、リスクマネジメントについては、リスクの洗い出し、評価、優先順位付け、対策実施といった対応を行う。

平成27年度は、内部統制の確立を図ることに加えて以下を実施する。

- ・組織運営に関する計画の実施状況と目標達成状況について、年度計画線表等を活用した定期的な自己点検・評価を継続する。
- ・幹部会等を通じて運営全般にわたる意思決定機構の充実を図るとともに、研究企画統括会議等を通じて研究員からのボトムアップ機能を活性化することにより、業務運営機能の強化を図る。
- ・監事監査について監事機能の強化により、監査の質の向上を図るとともに、監査の結果明らかになった課題については改善に向けて取り組む。
- ・研究所の業務運営全般について、評議員会を活用した外部有識者による評価及びレビューを行う。

(2) 業務の効率化

① 効率的な業務運営が行えるよう、業務の効率化を進めるとともに、業

務運営コストの縮減を図る。

平成27年度は、以下のとおり経費を抑制する。

- ・ 一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中長期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を6%程度縮減するため、引き続き省エネの徹底等により、経費の抑制に努める。
 - ・ 業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中長期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を2%程度縮減するため、引き続き調達方式の見直し等により、経費の抑制に努める。
- ② 物品等の調達に関しては、一者応札是正に向けた取り組みを含め、他の独立行政法人の事例等をも参考に、透明性が高く効果的な契約を行うように努める。
 - ③ 保有資産については、保有の必要性について引き続き見直しを行うとともに、見直し結果を踏まえて、支障のない限り、国への返納を行う。また、特許権については経費の支出に際し、保有する目的を精査する。

3. 予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画

（1）平成27年度における財務計画は次のとおりとする。

- ① 予算 別紙のとおり
- ② 収支計画 別紙のとおり
- ③ 資金計画 別紙のとおり

（2）自己収入の拡大

受託収入、競争的資金、特許権収入等、運営費交付金以外の外部資金を獲得するための活動を積極的に推進する。

なお、平成27年度においては、研究所の自己収入が過去最大となった平成19年度のような特別な政府受託が見込まれないことから、出前講座などを通じて企業等への研究成果の紹介や普及活動を積極的に行うとともに、競争的資金へも積極的に応募する。

具体的には、受託研究や外部資金受入型の共同研究及び競争的資金による研究開発を20件以上実施する。

4. 短期借入金の限度額

予見し難い事故等の事由に限り、資金不足となる場合における短期借入金

の限度額は、300百万円とする。

5. 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画
特になし。

6. 重要な財産を譲渡し、又は担保に供する計画
特になし。

7. 剰余金の使途

- ① 研究費
- ② 施設・設備の整備
- ③ 国際交流事業の実施（招聘、セミナー、国際会議等の開催）

8. その他主務省令に定める業務運営に関する事項

(1) 施設及び設備に関する計画

①平成27年度に以下の施設を整備する。

施設・設備の内訳	予定額 (百万円)	財 源
電波無響室電波吸収体交換 工事	61	一般会計 国立研究開発法人電子航法研 究所

②施設・設備利用の効率化

業務の確実な遂行のため、研究所の施設・設備について、性能維持・向上等適切な措置を講じるとともに、航空機使用ワーキンググループ、電波無響室ワーキンググループ等を活用し、その効率的な利用に努める。特に岩沼分室の更なる活用を図るため、航空関係者を含めた複合的な観点を取り込む工夫など、適切な措置を講じる。

(2) 人事に関する事項

① 業務処理を工夫するとともに、業務内容及び業務量に応じて適正に人員を配置する。

「人材活用等に関する方針」を基本に、研究者の長期的な育成を目指す。また、行政ニーズおよび社会ニーズを的確に把握し、これらに対応した研究を企画できる人材を育成するため、研究部門以外に研究員を配置する。さらに、国際感覚を養うとともに、海外研究機関との連携を強化するため、国内外における研究機会の拡大に努める。

② 給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、給与改定に当たっ

ては、引き続き、国家公務員に準拠した給与規程の改正を行い、その適正化に取り組む。

- ③ 総人件費^{※注}については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（平成18年法律第47号）に基づく平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の人件費に係る取り組みを平成27年度においても引き続き着実に実施する。

ただし、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分及び以下に該当する者（「総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者」という。）に係る人件費については削減対象から除くこととする。

- ・競争的資金又は受託研究若しくは共同研究のための民間からの外部資金により雇用される任期付職員
- ・国からの委託費及び補助金により雇用される任期付研究者
- ・運営費交付金により雇用される任期付研究者のうち、若手研究者（平成17年度末において37歳以下の研究者をいう。）

※注）対象となる「人件費」の範囲は、常勤役員及び常勤職員に支給する報酬（給与）、賞与、その他の手当の合計額とし、退職手当、福利厚生費（法定福利費及び法定外福利費）、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分は除く。

- (3) 国立研究開発法人電子航法研究所法（平成11年法律第210号）第13条第1項に規定する積立金の用途

平成27年3月31日以前に存在した独立行政法人電子航法研究所（以下「旧研究所」という。）の第2期中期目標期間中からの繰越積立金は、旧研究所が第2期中期目標期間以前に自己収入財源で取得し、第3期中期目標期間へ繰り越し、研究所に引き継がれた有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。

- (4) その他

「独立行政法人に係る改革を推進するための国土交通省関係法律の整備に関する法律」が平成27年3月13日閣議決定されたことから、海上技術安全研究所及び港湾空港技術研究所と平成28年4月に統合することを前提として、所要の準備を進める。

国立研究開発法人電子航法研究所 平成27年度計画(H27.4.1現在)

予算	区分	(単位:百万円) 金額
収入	運営費交付金	1,467
	施設整備費補助金	61
	受託等収入	151
	計	1,679
支出	業務経費	802
	うち研究経費	802
	施設整備費	61
	受託等経費	128
	一般管理費	42
	人件費	646
	計	1,679

[人件費の見積り]

期間中総額 532百万円を支出する。
 但し、上記の額は、総人件費改革において削減対象とされた人件費から総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者等に係る人件費を除いた額である。なお、上記の額と総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者等に係る人件費を合わせた額は、548百万円である。(国からの委託費、補助金、競争的資金及び民間資金の獲得状況等により増減があり得る。)また、上記の額は、役員報酬(非常勤役員を除く。)並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

収支計画	区分	(単位:百万円) 金額
費用の部	経常費用	1,849
	研究業務費	1,849
	受託等業務費	1,256
	一般管理費	128
	減価償却費	225
	財務費用	240
	臨時損失	0
	収益の部	0
	運営費交付金収益	1,849
	手数料収入	1,467
受託等収入	資産見返負債戻入	151
	臨時利益	231
	純利益	0
	目的積立金取崩額	0
総利益	0	

注)当法人における退職手当については、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

資金計画	区分	(単位:百万円) 金額
資金支出	業務活動による支出	1,679
	投資活動による支出	1,609
	財務活動による支出	61
	次期中期目標の期間への繰越金	9
	繰越金	0
資金収入	業務活動による収入	1,679
	運営費交付金による収入	1,618
	受託収入	1,467
	その他の収入	148
	投資活動による収入	3
	施設整備費補助金による収入	61
	財務活動による収入	61
	繰越金	0

7 財務諸表

平成27年度

財 務 諸 表

(添付書類)

平成27年度 決算報告書

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所

貸借対照表
(平成28年3月31日)

(単位:円)

科 目	金 額		
【資産の部】			
I 流動資産			
現金及び預金		475,847,280	
未収金		121,020,569	
未収還付消費税等		668,700	
たな卸資産		180,760	
前渡金		179,010	
前払費用		69,590	
立替金		1,223,294	
流動資産合計			599,189,203
II 固定資産			
1 有形固定資産			
建物	1,770,766,942		
建物減価償却累計額	△ 815,394,128	955,372,814	
構築物	156,234,753		
構築物減価償却累計額	△ 119,905,053	36,329,700	
航空機	612,971,682		
航空機減価償却累計額	△ 218,941,184	394,030,498	
車両運搬具	42,352,753		
車両運搬具減価償却累計額	△ 25,575,836	16,776,917	
工具器具備品	3,079,503,803		
工具器具備品減価償却累計額	△ 2,459,521,165		
工具器具備品減損失累計額	△ 1,227,462	618,755,176	
土地	3,082,544,000		
土地減損失累計額	△ 180,844,000	2,901,700,000	
有形固定資産合計		4,922,965,105	
2 無形固定資産			
電話加入権		40,600	
無形固定資産合計		40,600	
3 投資その他の資産			
長期前払費用		24,494	
投資その他資産合計		24,494	
固定資産合計			4,923,030,199
資産合計			5,522,219,402
【負債の部】			
I 流動負債			
短期リース債務		9,433,880	
未払金		224,366,030	
未払費用		1,219,343	
前受金		755,439	
預り金		6,113,987	
流動負債合計			241,888,679
II 固定負債			
資産見返負債			
資産見返運営費交付金	694,609,527		
資産見返物品受贈額	35		
資産見返寄附金	533,528	695,143,090	
固定負債合計			695,143,090
負債合計			937,031,769
【純資産の部】			
I 資本金			
政府出資金		4,258,412,552	
資本金合計			4,258,412,552
II 資本剰余金			
資本剰余金		1,308,188,439	
損益外減価償却累計額(△)		△ 1,166,732,938	
損益外減損失累計額(△)		△ 181,258,400	
資本剰余金合計			△ 39,802,899
III 利益剰余金			
積立金		13,595,444	
当期末処分利益		352,982,536	
(うち当期総利益)		(352,982,536)	
利益剰余金合計			366,577,980
純資産合計			4,585,187,633
負債・純資産合計			5,522,219,402

【注記】運営費交付金から充当されるべき退職手当の見積額 323,329,745 円
 運営費交付金から充当されるべき引当外賞与の見積額 36,241,683 円

損益計算書
(平成27年4月1日～平成28年3月31日)

(単位:円)

科 目	金 額		
【経常費用】			
業務費			
給与手当	506,948,977		
退職手当	995,546		
法定福利費・福利厚生費	66,459,444		
諸謝金	601,400		
研究委託費	74,065,387		
消耗品費	187,810,289		
備品費	41,572,773		
通信費	4,916,581		
水道光熱費	17,554,827		
支払リース料	14,979,012		
保守修繕費	141,246,695		
旅費交通費	65,202,021		
支払手数料	16,022,798		
減価償却費	320,580,138		
その他の業務費	65,342,378	1,524,298,266	
一般管理費			
役員給与手当	47,840,055		
役員退職手当	6,268,000		
給与手当	107,715,006		
法定福利費・福利厚生費	25,478,194		
諸謝金	142,200		
消耗品費	5,033,342		
備品費	1,212,424		
通信費	1,677,611		
水道光熱費	2,354,520		
支払リース料	198,288		
保守修繕費	12,629,791		
旅費交通費	1,643,635		
支払手数料	2,257,874		
減価償却費	1,759,057		
その他の一般管理費	2,908,519	219,118,516	
財務費用			
支払利息	188,168	188,168	
経常費用合計			1,743,604,950
【経常収益】			
運営費交付金収益		1,303,228,628	
資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	284,967,848		
資産見返物品受贈額戻入	5,339		
資産見返寄附金戻入	346,692	285,319,879	
受託収入			
政府受託収入	90,631,267		
その他受託収入	48,171,829	138,803,096	
特許権等収入		6,313,323	
施設費収益		25,231,474	
雑 益		2,897,826	
経常収益合計			1,761,794,226
経常利益			18,189,276
【臨時損失】			
固定資産除却損		699,034	
臨時損失合計			699,034
【臨時利益】			
運営費交付金精算収益		334,793,260	
固定資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	699,030		
資産見返物品受贈額戻入	4	699,034	
臨時利益合計			335,492,294
臨時利益			334,793,260
【当期純利益】			352,982,536
【当期総利益】			352,982,536

【注記】ファイナンス・リース取引が損益に与える影響額は、59,284円であり、当該影響額を除いた当期総利益は 352,923,252円であります。

キャッシュ・フロー計算書
(平成27年4月1日～平成28年3月31日)

(単位:円)

I 業務活動によるキャッシュ・フロー	
原材料、商品又はサービスの購入による支出	△ 233,670,627
人件費支出	△ 780,932,479
その他業務支出	△ 405,687,443
運営費交付金収入	1,467,288,000
受託収入	76,295,034
特許権等収入	7,417,570
その他業務収入	3,310,530
小 計	134,020,585
利息の支払額	△ 218,340
業務活動によるキャッシュ・フロー	133,802,245
II 投資活動によるキャッシュ・フロー	
有形固定資産の取得による支出	△ 335,767,043
施設費による収入	61,480,664
投資活動によるキャッシュ・フロー	△ 274,286,379
III 財務活動によるキャッシュ・フロー	
リース債務返済に伴う支出	△ 9,282,060
財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 9,282,060
IV 資金に係る換算差額	-
V 資金増加額	△ 149,766,194
VI 資金期首残高	625,613,474
VII 資金期末残高	475,847,280

【注記】

1. 資金期末残高と貸借対照表に掲記されている科目の金額との関係

資金期末残高	<u>475,847,280円</u>
現金及び預金勘定	<u>475,847,280円</u>

利益の処分にに関する書類

(単位:円)

I 当期末処分利益		352,982,536
当期総利益	352,982,536	
II 利益処分類		352,982,536
積立金	352,982,536	

行政サービス実施コスト計算書
(平成27年4月1日～平成28年3月31日)

(単位:円)

I 業務費用

(1)損益計算書上の費用

業務費	1,524,298,266		
一般管理費	219,118,516		
財務費用	188,168		
固定資産除却損	699,034	1,744,303,984	

(2)(控除)自己収入等

受託収入	△ 138,803,096		
特許権等収入	△ 6,313,323		
雑益	△ 287,061		
資産見返寄附金戻入	△ 346,692	△ 145,750,172	

業務費用合計 1,598,553,812

II 損益外減価償却相当額 158,261,642

III 損益外除売却差額相当額 89,461

IV 引当外賞与見積額 △ 1,741,938

V 引当外退職給付増加見積額 53,125,908

VI 機会費用 0

VII 行政サービス実施コスト 1,808,288,885

【注記】

引当外退職給付増加見積額のうち国からの出向職員に係る金額は、18,808,631円であります。

注記事項

当事業年度より、改訂後の「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」（平成27年1月27日改訂）並びに「独立行政法人会計基準及び独立行政法人会計基準注解に関するQ&A」（平成28年2月改訂）を適用して、財務諸表等を作成しております。

ただし、「独立行政法人会計基準」第81（注解60、注解61）の規定については、経過措置を適用していることから、改訂前の第81（注解60）を適用しております。

【重要な会計方針】

1. 国立研究開発法人電子航法研究所の解散について

当法人は「独立行政法人に係る改革を推進するための国土交通省関係法律の整備に関する法律（平成27年度法律第48号）」（以下、法律という。）附則第2条1項及び第2項の規定に基づき、法律の施行の時（平成28年4月1日）に解散し、国が承継する資産を除き、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所（以下、「海上・港湾・航空技術研究所」という。）がその一切の権利及び義務を承継しました。

また法律附則第2条6項の規定に基づき、海上・港湾・航空技術研究所が当法人の平成27年4月1日に始まる事業年度に係る独立行政法人通則法第38条の規定による財務諸表、事業報告書及び決算報告書の作成を行っております。

財務諸表は、継続企業を前提として作成しており、解散による影響を財務諸表には反映しておりません。

2. 運営費交付金収益の計上基準

費用進行基準を採用しております。

研究の長期化により単年度における達成度や進捗度を客観的に測定することが困難であることから、業務達成基準及び期間進行基準を採用することが難しいため、費用進行基準を採用しております。

3. 減価償却の会計処理方法

(1) 有形固定資産

定額法を採用しております。

主な耐用年数は、以下のとおりです。

建物	2～50年
構築物	2～29年
航空機	8年
車両運搬具	2～4年
工具器具備品	2～10年

また、特定の償却資産（独立行政法人会計基準第87）の減価償却相当額については、損益外減価償却累計額として資本剰余金から控除して表示しております。

なお、リース資産については、リース期間を耐用年数とし、残存価額を0とする定額法を採用しております。

(2) 無形固定資産

定額法を採用しております。

4. 退職給付に係る引当金及び見積額の計上基準

退職一時金については運営費交付金により財源措置がなされるため、退職給付に係る引当金は計上しておりません。

なお、行政サービス実施コスト計算書における引当外退職給付増加見積額は、当事業年度末に在職する役職員について、当期末の退職給付見積額から前期末の退職給付見積額を控除した額から、退職者に係る前期末退職給付見積相当額を控除して計算しております。

5. 賞与引当金及び見積額の計上基準

賞与については財源措置がなされるため、賞与引当金は計上しておりません。

また、行政サービス実施コスト計算書における引当外賞与見積額は、当事業年度末に在職する役職員について、当事業年度末の支給見積額から前事業年度末の支給見積額を控除して計算しております。

6. たな卸資産の評価基準及び評価方法

個別法による低価法を採用しております。

7. 行政サービス実施コスト計算書における機会費用の計上方法

政府出資等の機会費用の計算に使用した利率

平成28年4月1日付け事務連絡「「マイナス金利付き量的・質的金融緩和」の導入を受けた平成27事業年度財務諸表における行政サービス実施コスト計算書の機会費用算定の取扱いについて（留意事項）」（総務省行政管理局、財務省主計局法規課公会計室）に基づき、0%で計算しております。

8. リース取引の処理方法

リース料総額が300万円以上のファイナンス・リース取引については、通常の売買取引に係る方法に準じた会計処理によっております。

リース料総額が300万円未満のファイナンス・リース取引については、通常の賃貸借取引に係る方法に準じた会計処理によっております。

9. 消費税等の会計処理方法

消費税等の会計処理は、税込方式によっております。

【金融商品の時価等に関する事項】

1. 金融商品の状況に関する事項

当法人の資金運用については短期的な預金に限定しており、主に運営費交付金により資金を調達しております。

未収債権等は、会計規程等に沿って適正に管理しております。

2. 金融商品の時価等に関する事項

期末日における貸借対照表計上額、時価及びこれらの差額については、次のとおりであります。

(単位：円)

	貸借対照表 計上額	時価	差額
(1) 現金及び預金	475,847,280	475,847,280	—
(2) 未収金	121,020,569	121,020,569	—
(3) 未払金	(224,366,030)	(224,366,030)	(—)

(注1) 負債に計上されているものは、()で示しております。

(注2) 金融商品の時価の算定方法並びに有価証券等に関する事項

(1) 現金及び預金、(2) 未収金

これらは短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

(3) 未払金

未払金は短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

【資産除去債務関係】

当法人は空港等に研究用の実験設備等を設置しており、国及び地方公共団体からは国有財産使用許可書等に基づき、空港会社からは賃貸借契約に基づいて退去時における原状回復に係る債務を有しておりますが、当該債務に関連する資産の使用期間が明確でなく、将来、移転する予定もないことから、資産除去債務を合理的に見積もることができません。そのため、当該債務に見合う資産除去債務を計上しておりません。

【重要な債務負担行為】

該当事項はありません。

【重要な後発事象】

該当事項はありません。

【減損関係】

該当事項はありません。

附属明細書

1. 固定資産の取得、処分、減価償却費（「第87特定の償却資産の減価に係る会計処理」及び「第91資産除去債務に係る特定の除却費用等の会計処理」による損益外減価償却相当額も含む。）及び減損損失累計額の明細

(単位:円)

資産の種類	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	減価償却累計額		減損損失累計額		差引当期末残高	摘要
					当期償却額	当期減損損失				
有形固定資産 (償却費損益内)	建物	75,647,025	18,632,223	-	94,279,248	37,458,594	5,704,560	-	56,820,654	注1
	構築物	14,343,767	1,188,000	-	15,531,767	7,423,410	1,388,295	-	8,108,357	
	航空機	-	14,366,682	-	14,366,682	699,804	699,804	-	13,666,878	注1
	車両運搬具	34,384,792	7,967,961	-	42,352,753	25,575,836	5,013,819	-	16,776,917	注1
	工具器具備品	2,788,192,432	284,572,238	61,067,178	3,011,697,492	2,401,446,784	309,532,717	1,227,462	609,023,246	注1
計	2,912,568,016	326,727,104	61,067,178	3,178,227,942	2,472,604,428	322,339,195	1,227,462	704,396,052		
有形固定資産 (償却費損益外)	建物	1,577,843,163	108,040,526	9,395,995	1,676,487,694	777,935,534	75,941,242	-	898,552,160	注2
	構築物	140,702,986	-	-	140,702,986	112,481,643	6,307,112	-	28,221,343	
	航空機	598,605,000	-	-	598,605,000	218,241,380	74,825,616	-	380,363,620	
	工具器具備品	67,806,311	-	-	67,806,311	58,074,381	1,187,672	-	9,731,930	
	計	2,384,957,460	108,040,526	9,395,995	2,483,601,991	1,166,732,938	158,261,642	-	1,316,869,053	
非償却資産	建設仮勘定	73,858,036	-	73,858,036	-	-	-	-	-	
	計	3,156,402,036	-	73,858,036	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建物	1,653,490,188	126,672,749	9,395,995	1,770,766,942	815,394,128	81,645,802	-	955,372,814	
	構築物	155,046,753	1,188,000	-	156,234,753	119,905,053	7,695,407	-	36,329,700	
	航空機	598,605,000	14,366,682	-	612,971,682	218,941,184	75,525,420	-	394,030,498	
有形固定資産合計	車両運搬具	34,384,792	7,967,961	-	42,352,753	25,575,836	5,013,819	-	16,776,917	
	工具器具備品	2,855,998,743	284,572,238	61,067,178	3,079,503,803	2,459,521,165	310,720,389	1,227,462	618,755,176	
	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建設仮勘定	73,858,036	-	73,858,036	-	-	-	-	-	
	計	8,453,927,512	434,767,630	144,321,209	8,744,373,933	3,639,337,366	480,600,837	182,071,462	4,922,965,105	
無形固定資産	電話加入権	455,000	-	-	455,000	-	-	414,400	40,600	
	計	455,000	-	-	455,000	-	-	414,400	40,600	
投資その他の資産	長期前払費用	52,648	37,342	65,496	24,494	-	-	-	24,494	
	計	52,648	37,342	65,496	24,494	-	-	-	24,494	

(注1) 有形固定資産(償却費損益内)の建物の増加は、電子航法研究所岩沼分室改修工事(9,326,296)、航空機の増加は、航空機への機器搭載のための改造作業(9,612,000)、車両運搬具の増加は、測定車の改修(7,967,961)、工具器具備品の増加はハットリ測位システムの開発(35,640,000)、ネットワーク・アラカイザ(15,984,000)等によるものであり、減少は英語音声分析用ワークステーション(6,489,908)、精密インピダンス・アナライザ(4,384,905)等の除却によるものであります。

(注2) 有形固定資産(償却費損益外)の建物の増加は、電波無響室高度化改修工事(108,040,526)によるものであり、建物の減少は冷暖房設備(8,945,855)等の除却によるものであります。

2. たな卸資産の明細

(単位:円)

種 類	期首残高	当期増加額		当期減少額		期末残高	摘 要
		当期購入・ 製造・振替	その他	払出・振替	その他		
貯蔵品	35,687	115,510	-	35,687	-	115,510	
未成受託研究支出金	265,088	67,888,736	-	68,088,574	-	65,250	
仕掛品	10,500,000	-	-	10,500,000	-	-	
計	10,800,775	68,004,246	-	78,624,261	-	180,760	

3. 資本金及び資本剰余金の明細

(単位:円)

区 分		期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	摘 要
資本金	政府出資金	4,258,412,552	-	-	4,258,412,552	
	計	4,258,412,552	-	-	4,258,412,552	
資本剰余金	資本剰余金					
	無償譲与	455,000	-	-	455,000	
	施設費	835,829,732	108,040,526	-	943,870,258	
	運営費交付金	531,605,000	-	-	531,605,000	
	その他	67,000,000	-	-	67,000,000	
	損益外除売却差額相当額	△ 225,345,824	△ 9,395,995	-	△ 234,741,819	注1
	計	1,209,543,908	98,644,531	-	1,308,188,439	
	損益外減価償却累計額	△ 1,017,777,830	△ 158,261,642	△ 9,306,534	△ 1,166,732,938	注1
	損益外減損損失累計額	△ 181,258,400	-	-	△ 181,258,400	
	差引計	10,507,678	△ 59,617,111	△ 9,306,534	△ 39,802,899	

(注1) 損益外除売却差額相当額の当期増加額及び損益外減価償却累計額の当期減少額は、換気設備他1点の除却によるものであります。

4. 積立金の明細

(単位:円)

区 分	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	摘 要
通則法44条1項 積立金	12,614,528	980,916	-	13,595,444	当期増加額は、平成27年7月14日付けで国土交通省より通則法第44条第1項積立金として、980,916円の承認を受けたものであります。
計	12,614,528	980,916	-	13,595,444	

5. 運営費交付金債務及び当期振替額等の明細

(1)運営費交付金債務の増減の明細

(単位:円)

交付年度	期首残高	交付金当期交付額	当期振替額					期末残高
			運営費交付金収益	資産見返運営費交付金	建設仮勘定見返運営費交付金	資本剰余金	小計	
平成23年度	94,658,391	-	94,658,391	-	-	-	94,658,391	-
平成24年度	103,076,085	-	103,076,085	-	-	-	103,076,085	-
平成25年度	2,436,567	-	1,439,067	997,500	-	-	2,436,567	-
平成26年度	269,523,581	-	208,859,180	60,664,401	-	-	269,523,581	-
平成27年度		1,467,288,000	1,229,989,165	237,298,835			1,467,288,000	-
合計	469,694,624	1,467,288,000	1,638,021,888	298,960,736	-	-	1,936,982,624	-

(2)運営費交付金債務の当期振替額の明細

23年度交付分

(単位:円)

区分		金額	内訳
業務達成基準による振替額	運営費交付金収益	-	-(業務達成基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
期間進行基準による振替額	運営費交付金収益	-	-(期間進行基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
費用進行基準による振替額	運営費交付金収益	-	-(費用進行基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
旧会計基準第81第3項による振替額		94,658,391	
合計		94,658,391	

24年度交付分

(単位:円)

区分		金額	内訳
業務達成基準による振替額	運営費交付金収益	-	-(業務達成基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	

期間進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	-(期間進行基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
費用進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	695,295	①費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ②当該業務に係る損益等 ア)損益計算書に計上した費用の額:その他経費 695,295
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	695,295	
旧会計基準第81第3項による振替額	102,380,790		
合 計	103,076,085		

25年度交付分

(単位:円)

区 分	金 額	内 訳	
業務達成 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	-(業務達成基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
期間進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	-(期間進行基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
費用進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	①費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ②当該業務に係る損益等 イ)固定資産の取得額:業務用器具備品等 997,500
	資産見返運営費交付金	997,500	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	997,500	
旧会計基準第81第3項による振替額	1,439,067		
合 計	2,436,567		

26年度交付分

(単位:円)

区 分	金 額	内 訳	
業務達成 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	-(業務達成基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	

期間進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	—(期間進行基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
費用進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	72,544,168	①費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ②当該業務に係る損益等 ア)損益計算書に計上した費用の額:その他経費 72,544,168 イ)固定資産の取得額:業務用器具備品等 60,664,401
	資産見返運営費交付金	60,664,401	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	133,208,569	
旧会計基準第81第3項による振替額	136,315,012		
合 計	269,523,581		

27年度交付分

(単位:円)

区 分	金 額	内 訳	
業務達成 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	—(業務達成基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
期間進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	-	—(期間進行基準を採用した業務は無い)
	資産見返運営費交付金	-	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	-	
費用進行 基準による 振替額	運営費交付金収益	1,229,989,165	①費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ②当該業務に係る損益等 ア)損益計算書に計上した費用の額:1,252,964,165 (役職員人件費:742,478,488 その他の経費:510,485,677) イ)年度計画による自己収入から運営費交付金債務への充当額 22,975,000 ウ)固定資産の取得額:業務用器具備品等 237,298,835 ③運営費交付金の積算根拠 費用 1,252,964,165-22,975,000=1,229,989,165
	資産見返運営費交付金	237,298,835	
	建設仮勘定見返運営費 交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	1,467,288,000	
旧会計基準第81第3項による振替額	-		
合 計	1,467,288,000		

6. 運営費交付金以外の国等からの財源措置の明細

(単位:円)

区 分	当 期 交 付 額	左の会計処理内訳			摘 要
		建 設 仮 勘 定 見 返 施 設 費	資 本 剰 余 金	そ の 他	
施設整備費補助金	61,480,664	0	61,480,664	0	
合 計	61,480,664	0	61,480,664	0	

7. 役員及び職員の給与の明細

(単位:千円、人)

区 分	報 酬 又 は 給 与		退 職 手 当	
	支 給 額	支給人員	支 給 額	支給人員
役 員	(2,880)	(1)	(0)	(0)
	44,960	3	6,268	2
職 員	(106,619)	(44)	(0)	(0)
	508,045	63	996	1
合 計	(109,499)	(45)	(0)	(0)
	553,005	66	7,264	3

(注1)役員報酬基準の概要は、理事長895,000円、理事761,000円、監事706,000円、非常勤監事240,000円を月額として支給しております。その他諸手当及び退職手当については、「国立研究開発法人電子航法研究所役員給与規程」及び「国立研究開発法人電子航法研究所役員退職手当支給規程」に基づき支給しております。

(注2)職員に対する給与は、「国立研究開発法人電子航法研究所職員給与規程」及び「国立研究開発法人電子航法研究所契約職員等就業規則」に基づき支給しております。

(注3)支給人員は、年間平均支給人員数によっております。

(注4)非常勤役員及び非常勤職員については、外数として()で記載しております。

(注5)中期計画においては、法定福利費を含めて予算上の人件費としておりますが、上記明細には、法定福利費は含まれておりません。

8. 科学研究費補助金の明細

(単位:円)

種 目	当期受入	件 数	摘 要
科学研究費補助金及び 学術研究助成基金助成金			
新学術領域研究(研究領域提案型)	(300,000) 90,000	(1) 1	
基盤研究(A)	(150,000) 45,000	(1) 1	
基盤研究(B)	(150,000) 45,000	(1) 1	
基盤研究(C)	(4,500,000) 1,350,000	(2) 2	
若手研究(B)	(4,300,000) 1,290,000	(4) 4	
挑戦的萌芽研究	(600,000) 180,000	(1) 1	
合 計	(10,000,000) 3,000,000	(10) 10	

(注) 当期受入は間接経費相当額を記載し、直接経費相当額については外数として()で記載してい

添 付 書 類

平成27年度 決算報告書

国立研究開発法人 電子航法研究所

決 算 報 告 書

単 位 : 円

区分	予算額(A)	決算額(B)	差額	備考
収入			(B)-(A)	
運営費交付金	1,467,288,000	1,467,288,000	0	
施設整備費補助金	61,481,000	61,481,000	0	
受託等収入	151,166,000	148,403,480	△ 2,762,520	
計	1,679,935,000	1,677,172,480	△ 2,762,520	
支出			(A)-(B)	
業務経費	802,577,000	930,662,233	△ 128,085,233	前年度から繰り越して支出したものがあつたため
施設整備費	61,481,000	61,480,664	336	
受託等経費	128,191,000	106,644,165	21,546,835	予定していた政府受託等が少なかったため
一般管理費	41,890,000	41,400,381	489,619	
人件費	645,796,000	641,192,870	4,603,130	
計	1,679,935,000	1,781,380,313	△ 101,445,313	

平成27年度 電子航法研究所年報

平成29年3月27日 発行

編集兼発行人・発行所

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

電子航法研究所

〒 182-0012

東京都調布市深大寺東町7丁目42番地23

電話 0422-41-3168

ホームページアドレス <http://www.enri.go.jp/>

※電子版は上記ホームページより入手することが可能です。

○本冊子は、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

○リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[Aランク]のみを用いて作製しています。