

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4年目となる平成26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。

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が、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28年2月

国立研究開発法人電子航法研究所

理事長 山 本 憲 夫

目 次

第1部	総 説	
1.	沿 革	3
	予算及び定員の推移	5
2.	組 織	6
3.	役職員数	6
4.	所 在	7
5.	建 物	7
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	45
3.	監視通信領域	75
4.	研究所報告	124
5.	受託研究	125
6.	共同研究	127
7.	研究発表	129
8.	知的財産権	149
第3部	現 況	
1.	平成26年度に購入した主要機器	157
2.	主要施設及び機器	158
3.	刊 行 物	160
4.	行 事 等	160
5.	職員表彰	162
付 録		
1.	独立行政法人電子航法研究所法(平成26年度末時点)	165
2.	独立行政法人電子航法研究所に関する省令(平成26年度末時点)	174
3.	独立行政法人電子航法研究所 業務方法書	181
4.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期目標	183
5.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期計画	189
6.	独立行政法人電子航法研究所 平成26年度計画	199
7.	財務諸表	210

第 1 部 説 総



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。

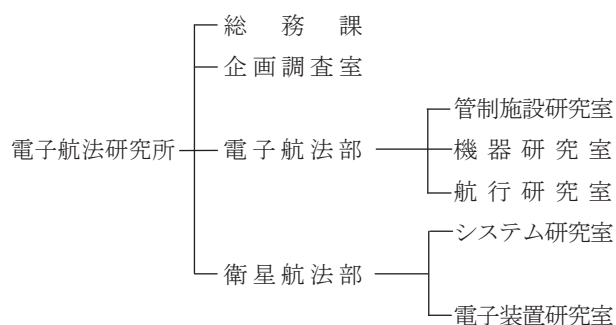
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室 (3名) が新設された。

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。

予算及び定員の推移

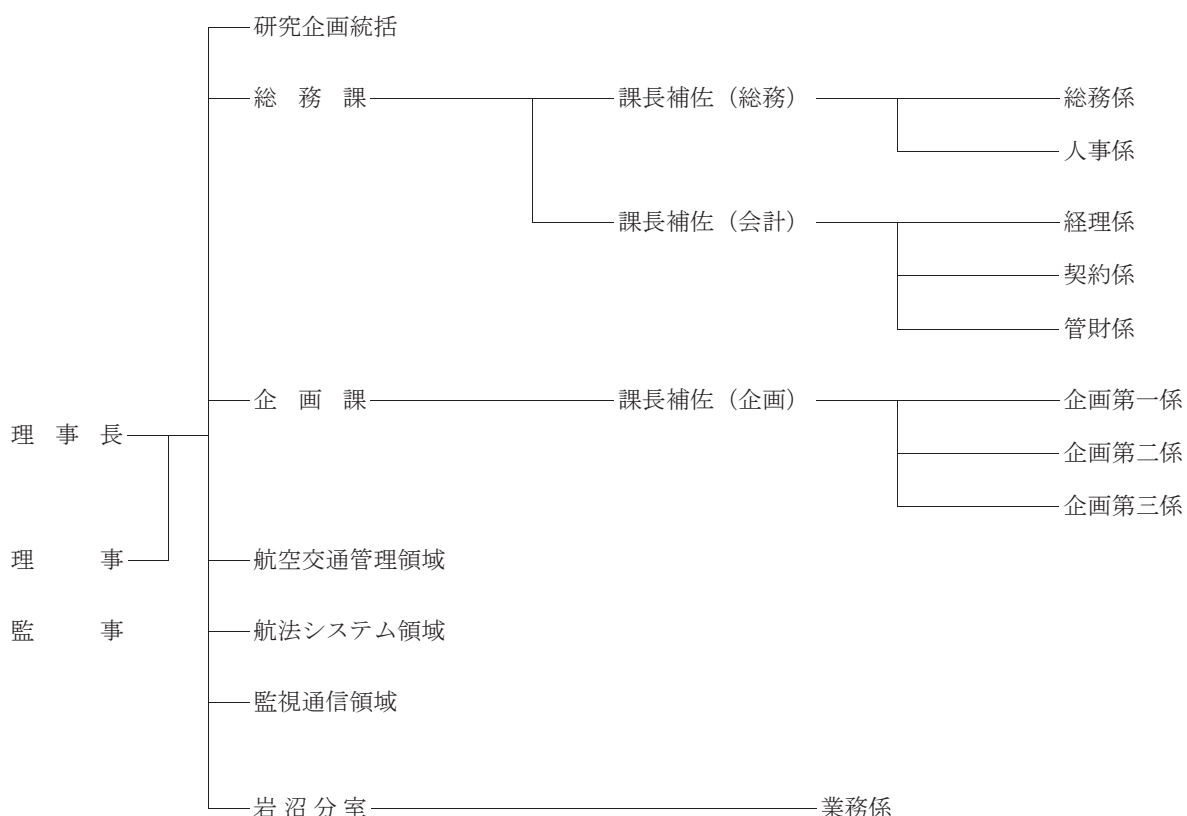
予算額（単位：千円）

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

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27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	44
計	64

(平成27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26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. ATMパフォーマンス評価手法の研究
2. 到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究
3. 「Full 4D」の運用方式に関する研究
4. 空港面の交通状況に応じた交通管理手法に関する研究
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. レジリエンス向上のための管制官訓練支援ツールの開発
8. ダウンリンク情報を用いた軌道予測の高度化に関する研究
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. 人間-機械協調に向けた航空管制官の技能に関する調査
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

1から4は重点研究、5から8は指定研究、9から11は基礎研究、12は調査、13と14は競争的資金による研究である。

1は指標及び運航データなどを使用した解析をベースにして、我が国の航空交通管理のパフォーマンスを適切に評価する方法の確立を目指している。

2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。

3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。

4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。

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は管制処理をワークロードや効率の観点からとらえて、様々な空域を対象とした合理的な管制官の訓練を支援するツールを開発し、その有効性検証を行う。

8は航空機の運航速度や機上で得られた風向風速等の気象情報を地上にダウンリンクして利用することにより軌道予測を高度化する手法を開発する。

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は管制官の技能に関する基盤的な知見を整理するとともに、他分野における技能研究の動向を調査し、それらの知見や研究手法を将来の航空管制分野で活用する可能性について検討する。

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。

II 試験研究の実施状況

1の「ATMパフォーマンス評価手法の研究」では、航空交通管理における効率性の改善検討に適用できる有効な指標である航空機の燃料消費に焦点を当てて検討し、燃料消費量削減量の推定精度を向上させた。また、高速シミュレーションによるATMパフォーマンス推定手法を確立し、ポイント・マージと呼ばれる到着機処理方式導入効果の推定を行った。

2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た羽田空港における継続降下運航（CDO）実施上の課題検討、洋上経路における動的経路変更方式（DARP）の便益算出と運用上の課題抽出のための洋上管制シミュレーションなどを行った。

3の「『Full 4D』運用方式に関する研究」では、シミュレータの検証、TBO運用環境の検討および便益評価、戦略的軌道管理に必要な指標の開発、軌道最適化アルゴリズムの開発を行った。

4の「空港面の交通状況に応じた交通管理手法の研究」では、交通状況の把握及び予測を行うとともに、交通管理手法アルゴリズムの開発に着手した。

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、混在環境管制運用モデル作成、リアルタイムシミュレーション実験、ハザード解析手法の開発および混在環境管制運用モデルの準備的ハザード解析を行った。

6の「タワー業務の遠隔支援に関する研究」では、RAG(Remote Air Ground)業務を調査したうえで、RAG業務用パノラマ表示及び物体追跡のシステムを試作評価した。

7の「レジリエンス向上のための管制官訓練支援ツールの開発」では、これまでに開発してきた管制官訓練試験ツール（COMPASi）について、シミュレーションによるタスクレベルの自動分析・可視化および総合的な妥当性/有効性検証を行った。

8の「ダウンリンク情報を用いた軌道予測の高度化に関する研究」では、航空機運航速度モデルデータベースの評価、気象の不確定性による影響を低減させる手法の開発および軌道調整に伴う課題の抽出を行った。

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、ACARSデータリンクを用いて航空機のFMSからデータを取得する方法を検討するため、B737FMSシミュレータを入手し、そのFMS機能を調査した。

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業務のタスク分析を行い、人間中心設計の概念に基づいたRAG卓のデザイン案を作成した。

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、航空機同士の接近が予想される際の高度方向或いは横方向への間隔維持のためのそれぞれの操作に基づく航空交通流のモデル化を行い、上昇、降下部分も考慮した航空交通流を数値解析により評価した。

12の「人間-機械協調に向けた航空管制官の技能に関する調査」では、管制官のテクニカルスキルに関する文献調

査、ノン・テクニカルスキルをベースとした安全マネジメントに関する調査、他分野における技能研究の動向調査と航空管制分野への応用可能性の検討を行った。

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、地上走行中の離陸機の燃料消費削減と効率的な着陸経路の設定について検討した。

14の「航空機の到着管理システムに関する研究」では、運用コンセプト検討、降下軌道の客観分析、スケジューリング検討、気象現象の解析、滑走路容量の解析および航空交通シミュレータの開発を行った。

本年度は、上記の14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) ジャーナル・データ抽出処理支援作業 その2
- (2) 洋上縦（距離）間隔衝突危険度推定手順に係る支援作業
- (3) 首都圏空域の高速シミュレーションに係る調査支援
- (4) 将来の洋上管制要件調査支援

III 試験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、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)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 藤森 武男)

ATM パフォーマンス評価手法の研究【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 23 年度～平成 26 年度

1. はじめに

航空機の運航における安全や効率性、定時性などの実現を目的として、航空交通管理（ATM）は交通流や空域に対して各種の機能を提供する。航空輸送の役割の向上に、ATMの性能（パフォーマンス）の向上は不可欠である。

さまざまなATMパフォーマンスの向上施策が実施されているが、それらの効果を最大にするためには、運航実績に基づくパフォーマンスの評価が不可欠である。評価により向上施策の効果やボトルネックの現状などが把握される結果として、向上施策の確実な進捗管理やパフォーマンス向上の効果を最大とする施策の立案が可能となる。

管制機関によりATMの運用形態は異なるために、これらの検討は空域毎に各々の事情を反映する必要がある。欧米では、ATMパフォーマンスを評価するための指標が検討されており、定期的に評価結果が公表されている。我が国のATMについても詳細な検討の必要があるが、そのパフォーマンスを指標化し、定量的・定性的に評価解析する手法は、まだ確立していない。将来の航空交通需要に適切に対応し安全性と効率性を向上するためには、有効な指標および指標測定技術の開発・解析評価を実施する必要がある。

また、近年はATMを対象とした高速シミュレーション手法が発達している。この手法の導入により、ATMパフォーマンス向上施策の実施による便益の推定が可能となると考えられる。

2. 研究の概要

本研究では、主として効率や、環境の分野を対象としてATMパフォーマンスの評価手法を検討した。同時に、高速シミュレーション手法を用いたATMパフォーマンス向上施策の便益推定手法を検討した。

3. 研究成果

3.1 燃料消費量削減量推定の精度向上

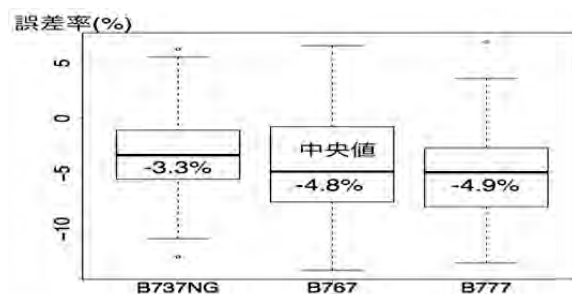


図1 燃料消費の推定精度の検証結果

燃料消費は効率および環境の指標であるが、飛行数の増加により個々の飛行から直接の取得は著しく困難であり、推定手法の確立が必要とされる。ほぼ全ての飛行が記録される管制情報処理システムの記録データを利用した推定手法を考案し、実データとの比較により推定精度を検証した。

図1に推定精度の検証結果の例を示す。図では誤差率（推定誤差の実績値に対する割合）の分布を航空機型式毎に示している。型式毎の分布の比較のために箱ひげ図を用いた。図中の数値は誤差率の中央値である。中央値が0に近いほどに全体の誤差が小さい。型式による違いはあるが、中央値は5%以内である。図中の箱の高さは四分位範囲と呼ばれ、誤差率のばらつきを表す。すべての型式で高さは7%以内の範囲であり、ばらつきも小さい。

この推定手法を用いて、我が国の航空交通管理を評価した。延べ3,600程度の飛行を対象として、離陸から着陸までを上昇・巡航・降下の3つの局面に分割し、飛行距離の延伸や、上昇および降下中の高度維持による燃料消費の増加量を推定した。増加量を比較した結果、目的空港近くの降下の局面において主として飛行距離の延伸により燃料消費が増加する傾向が示された。この傾向は、燃料消費の減少には降下の局面に対する改善が特に重要であること

を意味する。推定手法の活用により、我が国のATMパフォーマンス向上の施策の指針を得ることができた。

3.2 高速シミュレーションによる推定手法の確立

新しい運用方式（ATMパフォーマンスの向上施策）導入の意思決定時には、その影響の推定が不可欠である。高速シミュレーションは推定に有効な手法であるが、モデルの実運用に対する高い再現性が不可欠である。運用ルールを詳細に設定し、モデルを構築した。容量や飛行時間、飛行距離といった項目の実データとの比較によりモデルの再現性を検証した。

高速シミュレーションにより、ポイント・マージと呼ばれる到着機の処理方式の導入効果を推定した。従来の運用方式では、到着機の針路は航空管制官のレーダー誘導により逐次、決定されていたのに対して、ポイント・マージでは円弧上の任意の点と扇形の中心を連結する形状で設定された複数のパターンが到着経路として定められており航空管制官によりいずれかの到着経路が選択される（図2）。到着経路の単純化により航空管制作業負荷の軽減や円滑な降下などの便益が期待される。高速シミュレーションの結果、ポイント・マージ方式の導入あるいは円弧およびマージ点の配置が飛行時間や燃料消費に与える影響が示された。

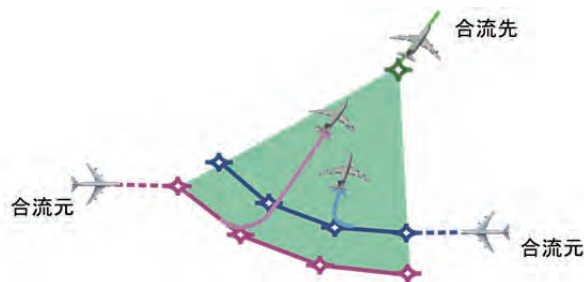


図2 ポイント・マージのイメージ

4. おわりに

高速シミュレーションにおいては航空管制作業負荷のモデル化も重要である。この課題には次年度以降の後続研究で対応予定である。

掲載文献

(1) K. Kageyama, “Updates of ATM Performance Analyses at ENRI,” 10th Meeting of the Future Air Traffic System

Working Group between the JCAB and the FAA and the JPDO, June 2011

- (2) 蔭山, “飛行距離の予測性の評価例”, 航空管制, 2011 No. 6, 2011年
- (3) K. Kageyama, “Examples of ATM Performance Analyses at ENRI,” CANSO Environment W/G Meeting, Sep. 2011
- (4) K. Kageyama, “Primal Study for Estimation Fuel Consumption,” Technical Exchange Meeting for the Future Air Traffic System Working Group between the JCAB and the FAA and the JPDO, Oct. 2011
- (5) 蔭山, 福田, “飛行中の燃料消費量のモデル化に関する一検討”, 第49回飛行機シンポジウム, 2011年10月
- (6) 蔭山, “航空機の運航時間の予測性の解析例”, 日本信頼性学会誌, Vol. 33, No. 8, pp. 371-377, 2011年12月
- (7) K. Kageyama, “Study on ATM Performance Analyses : Examples,” Eurocontrol Experimental Center, March 2012
- (8) 蔭山 : 実運用データの解析による ATM パフォーマンス評価例, 航海学会誌, 平成24年4月
- (9) K. Kageyama, Study on Japanese ATM Performance, 韓国交通研究院 (KOTI), July. 2012
- (10) Y. Miyatsu: Cost Efficiency- A Viewpoint of Aircraft Operator, 韓国交通研究院 (KOTI), July. 2012
- (11) K. Kageyama: A Study on Efficiency in Japanese Airspace, International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS), Sep. 2012
- (12) K. Kageyama: Study on Japanese ATM Performance Assessments, World Wide TAAM Users Group Meeting, Oct. 2012
- (13) 蔭山, 宮津 : 燃料消費に基づく飛行効率の推定手法の検討, 第50回飛行機シンポジウム, 2012年10月
- (14) 蔭山, 青山 : 航空交通管制を支援するシステム, 情報処理学会誌平成24年10月
- (15) 蔭山 : 環境問題と燃料消費量の推定モデル化, 日本航空宇宙学会誌, 平成24年12月
- (16) K. Kageyama, “ATM Performance on Actual Data &

- Simulation”, National Aerospace Laboratory, Apr.2013
- (17) K. Kageyama, “RNP AR Approach in Japan (Based on Airlines’ Report)”, FATS/14, May. 2013
- (18) 蔭山, ”NextGen における RNP-AR パフォーマンス評価の紹介”, CARATS 第 14 回費用対効果分析手法検討分科会, 平成 25 年 7 月
- (19) 蔭山, ”ジャーナルデータを用いた航空機の運航時間の解析”, 電子航法研究所出前講座, 平成 25 年 9 月
- (20) Y. Nakamura, K. Kageyama, “Validation Study of Fuel-Burn Estimation”, Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, Nov. 2013
- (21) K. Kageyama, “An Assessment on Japanese RNP-AR Approaches”, FATS/15, Dec. 2013
- (22) K. Kageyama, “The ATM Data Archive for the Performance Assessment”, Eurocontrol, Feb. 2014
- (23) K. Kageyama, B. Park, “Validation and Simulation Study of the Arrival Merging Procedure Model”, ICAS2014, Sep.2014
- (24) 蔭山, 天井, 「RNP-AR 進入における ATM パフォーマンスの考察と評価例」, CARATS 高規格 RNAV 検討サブグループ, 平成 26 年 10 月
- (25) 蔭山, 天井, 「運航実績データによる RNP-AR 進入のパフォーマンス評価」, 航空保安システム技術委員会・第 1 回航法小委員会, 平成 26 年 8 月
- (26) 蔭山, 「到着機処理の高速シミュレーション・モデル」, 第 52 回飛行機シンポジウム, 平成 26 年 10 月
- (27) Y. Nakamura, K. Kageyama, "Study on Validation and Application of Fuel-Burn Estimation", AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, Jan. 2015.

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,
 ビクラマシンハ ナヴィンダ キトマル, 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。連続降下方式 (CDO; Continuous Descent Operation) による着陸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 26 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
- ・ 到着機管理システムの検討
- ・ 太平洋東行き UPR 制限緩和の検討
- ・ NOPAC 経路再編成の検討
- ・ RNP4 適応率による飛行高度改善の検証
- ・ DARP の便益と課題抽出
- ・ CDP/ITP の便益推定
- ・ 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も含めて、エンルート空域の降下可能な時間帯を解析した。関西空港への移管地点として KARIN と EVERT についての運用時間拡大を検討することとした。次年度以降、フルフライトシミュレータを

使用した実験を実施し、理想的な降下はできないが微少な制限のみで連続的に降下できる場合も含めて解析する。

3.2 羽田空港の CDO の検討

洋上経路から羽田空港への降下パスを解析し、交通量が

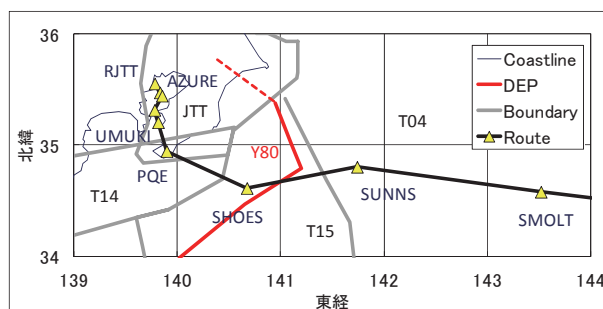


図 1 通過可能時刻の算出例

少ない深夜帯の降下パスとして現行の経路を基本に高度条件を緩和した CDO の経路を仮設定した。図 1 に示す。

図 1 の経路を飛行する航空会社所有のフルフライトシミュレータを用いて降下開始点から最終進入点までの降下を模擬した。図 2 に 5 種類の降下方法を実施したときの消費燃料と飛行時間を示す。

左から、OPD (理想的な降下), ATC_OPT (現行の管制方式で最大限理想的な降下), Vector1 (間隔設定の為に微調整程度のレーダ誘導実施), RTA+2 (他機との管制間隔確保のために降下開始点以前に、ある地点の通過時刻を 2 分遅らせることを指定), Vector2 (間隔設定の為に早めの降下とある程度長めのレーダ誘導実施) である。降下開始点よりも手前の地点から最終進入点までの約 220NM の飛行区間の消費燃料と飛行時間を示す。ATC_OPT と Vector1

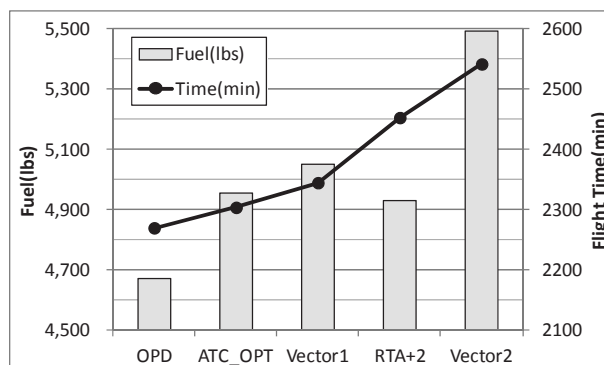


図 2 降下方法の違いによる消費燃料と飛行時間

の差は他機との管制間隔確保のための微調整のための増加分を想定しており、ATC_OPT と Vector2 の差も実際にありえる他機との管制間隔確保のための増加分である。RTA+2 は Vector1 よりも少ない燃料で時間調整を行えたが、指定時刻よりもずれてしまったため、さらなる微調整が必要である。Vector1 や RTA+2 程度の燃料増加分で CDO 実施機の到着時刻を調整できる交通量のときは、CDO の導入による便益が見込まれる。

H27 年度は異なる到着経路や異なる機種についてのシミュレーションを実施し、CDO 運用上の課題を導出する。

3.3 到着機管理システムの検討

特に高密度運航時における CDO を実現するために、他機との安全な飛行間隔を確保しながら、到着機の順序づけと計画到着時刻を早い段階から指定する効率的な到着機管理が求められる。

そこで本研究では、全米の主要空港に導入されている到着機管理システムである TMA(Traffic Management Advisory)のスケジューリング技術と設計原理を解析し、我が国の到着交通流の性質を考慮した到着スケジューリング方法を議論した。具体的には、到着スケジューリングをどの段階で更新するか、遅延時間をどの空域に割り振るか、さらに、ASAS 搭載機や航法精度の高い RNP 対応機を考慮した性能準拠型運航をどのように取り入れるかなど、検討すべき課題を明らかにした。

3.4 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 UPR は交通流の集中を招く。飛行の効率性と経路複雑性による管制官の負荷を考慮し、現在はトラック 1,3 についてはトラック 2 から南北 50NM 以上離れた範囲内で自由な経路が設定出来るが、トラック 2 からの分岐やトラック 2 への合流はできない。より最適な経路の飛行のため、航空会社からは制限緩和が求められている。

H25 年度はトラック 2 から南側への分岐を検討したが、南北両側への分岐を可能とする検討を行った。その結果、北側分岐の便益が大きいこと、トラック 1 との交差も少ないことがわかり、今後も FAA と JCAB は制限緩和に向けて議論を続けることとなった。

3.5 NOPAC 経路再編成の検討

北太平洋 (NOPAC; NOrth PACific) 経路は、横間隔が 50NM 以上確保された 5 本の経路である。最近航法性能要件 RNP4 対応機の割合が 90%を超えてきたため、横間隔 30NM 確保されていれば飛行できる航空機が増えてきた。そのため、交通容量の増加のために、NOPAC 経路の再構

築の検討が開始された。北側 2 本を廃止し、30NM 間隔で 3 本の経路を北側に再設定し、RNP4 非対応機は北側 3 本を飛行できない条件で管制シミュレーションを行った。消費燃料に便益があったが、管制運用上の課題も抽出されたため、今後も検討と続ける予定である。

3.6 RNP4 対応率による飛行高度改善の検証

洋上での管制官とパイロットの通信は HF 音声通信もしくはデータリンクである CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication) で行われている。福岡 FIR の洋上空域内で高度リクエストが承認されなかった割合 (以下、Unable 率) を CPDLC 及び HF の通信ログから解析した。RNP4 対応機の方が RNP4 非対応機に比べて Unable 率が低いこと、また交差経路の多い経路構成の夏場は冬場に比べて、Unable 率が高いことを示した。

3.7 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。気象予報の更新に伴い、より便益のある経路が計算されたときに航空会社が経路変更を要求し問題がなければ管制官は承認する。現在、福岡 FIR ではハワイ行きについてのみ東経 150 度以東での DARP の試行運用を行っている。将来、多くの路線が DARP を実施した場合の便益と運用上の課題を抽出するために、洋上管制シミュレーションを実施した。

東行き交通量が多い時間帯で、サンフランシスコ空港、ロサンゼルス空港、ホノルル空港行きの航空機が東経 150 度もしくは東経 160 度で最適経路を再計算し、便益がどの程度あるか、また新しい経路での交通流の集中について解析した。

再計算の対象となる距離が長い (東経 150 度で DARP) 方が、短い方 (東経 160 度で DARP) に比べて計算結果としての便益は大きい、目的地への距離が長いこと DARP 経路が別方面の経路と交差し、希望高度での飛行ができないことがあった。今後はそのような風の状況や交通量についてさらに解析したい。

3.8 CDP/ITP の便益推定

現在、福岡 FIR では RNP4 適合機間に対しては、縦横 30NM の管制間隔を適用している。管制間隔の更なる短縮として、上昇・降下時の擦過時のみ 30NM よりも短い管制間隔を適用する ADS-C CDP (Climb Descent Procedure) および ASAS (Airborne Surveillance Application Systems) のアプリケーションの 1 つである、ATSA-ITP (Airborne Traffic Situation Awareness - In Trail Procedure) を運用した

場合の便益について洋上管制シミュレーションにより推定した。

シミュレーションではRNP4の適合率を95%、ASASの搭載率を95%で2018年の交通量を想定したシナリオで実施した。その結果、希望高度取得率に改善が見られた。今後はASASの搭載率をもっと低い数値を含めた便益推定を行いたい。

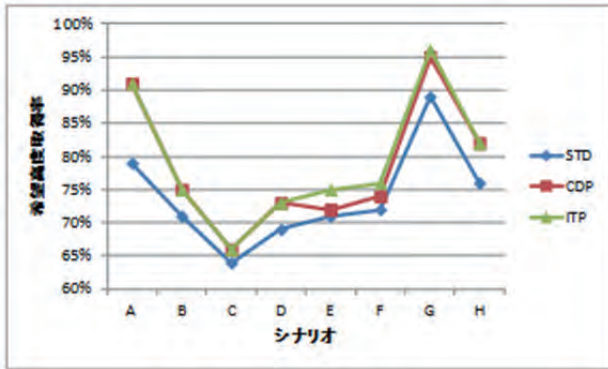


図3 希望高度取得率

3.9 洋上管制シミュレータの性能向上

H25年度に引き続き、洋上管制シミュレータの性能向上を実施した。

H26年度は

- ・FIM実施機の計算結果(外部)のリアルタイムの内部取り込み及び、データの反映
 - ・ITP/CDPの運用の実現
 - ・CFDTの実現
- を実施した。

今後、CFDTで到着機の順番/間隔が決まっている中へのCDO機の割り込みやFIM機の割り込みについてシミュレーション実験を実施する予定である。

3.10 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。H25年度は単機による解析であったが、H26年度は複数の航空機が近くに存在する中での出発機の経路最適化を検討した。H27年度は探索時間の高速化を図る。

また、名古屋大学武市准教授と「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年度から開始した。H26年度はRTA機能を持たない航空機が管制官の指示する速度調整により到着間隔を確保するモデルを開発した。H27年度は国内空港を想定したシミュレーションを実施する。

4. まとめ

到着機の降下について分析し、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。羽田空港についてはRW/34へのB772の進入について解析した。H27年度はRW/22やB788による進入を模擬し、解析する。関西空港についてはKARINとEVERTという2つの地点を通過する経路について運用時間拡大の検討を行った。H27年度は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を行い、ある程度の交通量があるときにCDOを実施するときの課題を抽出する。また、高密度交通量の時にCDOを実施するときの課題も併せて検討を続けていく。

洋上空域での効率性の追求として、RNP4導入による管制間隔の改善に伴う飛行高度の改善や、UPR,DARPによる便益を示した。また、ITP/CDPの運用による便益も併せて示した。

今後、CDO実施に伴う、CDO機の制限や近くを飛行する出発機の制限や制限の実現性を検討することで、関西空港や羽田空港へのCDOの導入について可能な時間帯や交通量を明らかにする予定である。また、将来的な運用としてのFIMについてもFIMを利用できる場合のCDOの拡大について解析を進める予定である。

掲載文献

- (1) 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.
- (2) H. Erzberger and E.Itoh, "Design Principles and Algorithms for Air Traffic Arrival Scheduling", NASA/TP-2014-218302, May 2014.
- (3) 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.
- (4) 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.
- (5) 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.
- (6) ENRI, "Review of the Effectiveness of Branching UPRs from PACOTS Track 2", IPACG/40, September 2014.
- (7) ENRI, “Simulation Result by DARP for KSFO/KLAX”, IPACG/40, September 2014.
- (8) 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.

- (9) 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．
- (10) 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．
- (11) 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．
- (12) 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．

「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, 井上 諭, 平林 博子, ナヴィンダ キトマル ビクラマシンハ, 長岡 栄, 海津 成男

研究期間 平成25年度～平成28年度

1. はじめに

航空交通量が年々増えつつある。現在の航空交通管理（Air Traffic Management : ATM）のシステムでは、予測された航空交通量の増加に対して、安全性や定時性をはじ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（TBO : Trajectory-Based Operations）概念が提案されている。TBOは、ICAO が作成したグローバル航空航法計画（GANP : Global Air Navigation Plan）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、ファストタイムシミュレーションによりFull 4D TBO概念の便益を明確にし、課題を抽出することである。

2. 研究の概要

本研究では、Full 4D TBO実現に向かって、運用方式の開発、課題洗い出しを行い、解決方法を提案する。また、運用最適化のため、最適化アルゴリズムを開発する。

TBOの運用ルール開発、便益評価、課題洗い出しのため、最初に「理想的な空間」（最低の制限）に対する評価をすることにより得られる最大便益を概算し、それから制限と運用ルールを加えながら効果を評価し課題を洗い出しする方式を採用する。平成25年度において、TBO概念と実装計画を調査し、TBO概念を評価するためにファストタイムシミュレータ（FTS）を入手し交通シナリオを作成した。平成26年度では、まずFTSの妥当性を確認し、それから運用環境と便益評価について検討を行った。また、安全性やステークホルダの要件に対する実現度を表す指標（ATMシステムパフォーマンス指標）を検討した。

最適化について、平成26年度にダイナミックプログラミング方式で風の影響を考慮した軌道最適化技術を採用し、最適化プログラムを改善した。

3. 研究成果

3.1 シミュレータの検証

平成25年度に調達したファストタイムシミュレータ（AirTop）のエンルート軌道（飛行の巡行区分）の計算の妥当性を確認した。気象数値予報データと実際の飛行計画データに基づいたAirTop計算軌道と同じ飛行計画に対応したフライトのレーダー航跡を、エンルート区分（レーダー監視空域内、高度10,000フィート以上の部分）において飛行距離と対地速度を比較した。

飛行距離の誤差（計算軌道距離とレーダー航跡距離の差）例の分布を図1に示す。例外処理で除外した距離差の平均値は $\mu=10.5$ NM, 標準偏差は $\sigma=20.1$ NMである。レーダー航跡の平均距離 448.3 NM と比べると、交通流のマクロ評価には許容範囲内であると考えられる。また、対地速度（距離/時間）について、計算軌道とレーダー航跡の差は、25 パーセンタイルと 75 パーセンタイルの間に ± 10 ノットの範囲内であった。

この結果から、ファストタイムシミュレータのエンルート軌道の計算結果の妥当性を確認した。

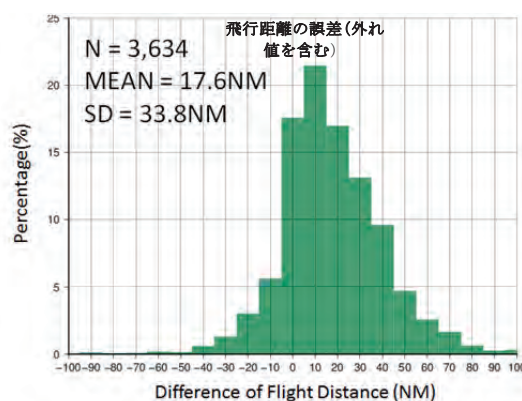
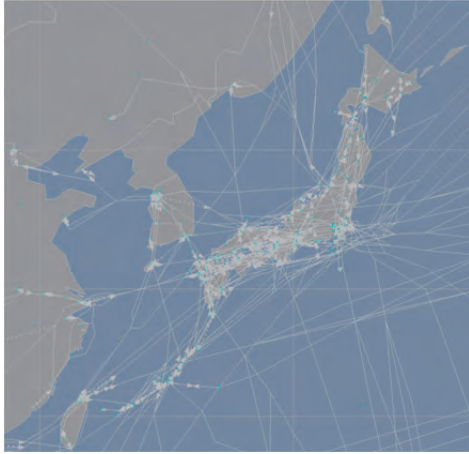


図1 改修した解析ツールのシミュレーション画面例

3.2 運用環境の検討、便益評価

平成26年度は「理想的な空間」における軌道の設計、空域の設計に影響する要素について検討した。旅客機や貨物便の場合はスケジュールを守る最低消費燃料の軌道がもっとも望ましいと考えることから、出発空港と到着



現在のATSルートに基づいた飛行計画



最短経路（大圏経路）に基づいた飛行計画

図2 空域設計の検討

空港の間を結ぶ大圏経路に基づく経路が理想であると想定する。また、向かい風の影響を抑制し、追い風を生かすため、大圏経路に基づいた軌道を風に対して最適化することが望ましい。なお、他に以下の要素の考慮も必要である。

- ANSP のサービス費用（ルートチャージ）
- 防衛や政治的な要素のための制限空域
- ターミナル空域とエンルート空域境界のウェイポイントの位置は特に短時間フライト（国内便）の飛行距離に影響を及ぼす
- 交通密度または交通複雑性が高いエリア（ホットスポット）において、飛行安全を確保するため、飛行経路または交通流の制御を工夫する必要がある。

図2は現在の飛行計画と理想な空域の一つの検討結果を示す。

3.3 指標の開発，調査

戦略的軌道管理を適用するため、運航効率や安全を表す指標が必要である。「ホットスポット」の検出において、空域の安全指標の検討，開発を行っている。平成 26 年度に、航空機のペアについて、指数的に減衰する 3 次元接近状態を反映する指標を開発した。航空機ペア毎の指標を、任意な空域における航空管制の難易度（管制難度）を示す指標として用いる方式を検討している。

図 3 は、四つの航空機の接近状態の簡単な計算例を示し、下の図は各航空機ペアに対する指標値（青線）と空域全体の指標値（管制難度）の計算結果（赤線）の時間による変更を示す。上の図はシナリオ初期状態を表す。四つの航空機 A_1, A_2, A_3, A_4 は同じ高度（FL310）と同じ速度（480 ノット）で飛行し、約 4 分後に交差する。右の図は計算された管制難度(D)の時間による変更を示す。青線は各航空機ペアの管制難度 (D_{ij})，赤線は空域の管制難度 (D_{all}) を示す。

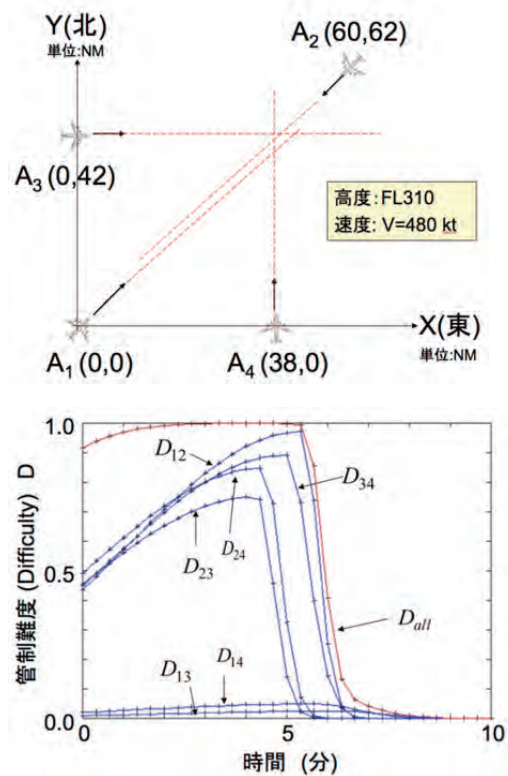


図3 「管制難度」指標の数値計算例

戦略的軌道管理においては、各ステークホルダーが航空交通管理に関する意思決定に参加できるようになる（CDM：Collaborative Decision Making）。従って、ATM システムパフォーマンスを、消費燃料や二酸化炭素排出のような技術的飛行効率指標だけの評価ではなく、乗客を含むステークホルダーの要求の満足度を含むもっと幅

広い指標を考慮して評価する必要がある。これについて、平成26年度にATMシステムパフォーマンスの妥当な指標の調査に着手した。

3.4 軌道最適化アルゴリズムの開発

軌道ベース運用の最大便益を評価するため、航空機の理想経路を生成する必要がある。このため、平成26年度に、九州大学が研究してきたダイナミックプログラミング方式で風の影響を考慮した軌道最適化技術を採用した。九州大学で開発された軌道最適化のコンピュータプログラムを軌道ベース運用の研究に適用するために改善を行い、数千フライトのシナリオを合理的な時間で計算できるため、クラスター計算機に実行する並列処理の枠組みを開発した。その結果、数ヶ月の計算時間を数十時間に短縮できた。

図4は日本と北米西海岸間の飛行の最適化軌道結果例を示す。この例において、航空機の経路は「最小消費燃料」の条件で最適化された結果、カムチャツカ半島とアリューシャン列島の付近を通る最短経路ではなく、最初は強い西寄り追い風のジェット気流に乗ってほぼ東に飛行することにより飛行距離が長くなるものの、気流を生かしたため消費燃料削減を実現した。

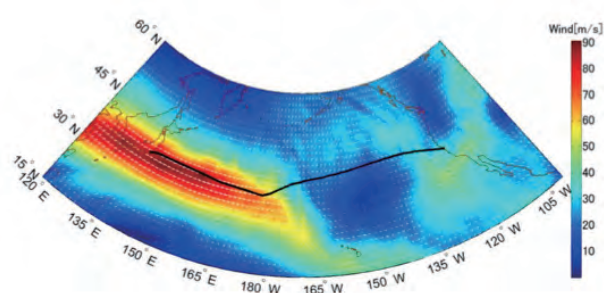


図4 東京からサンフランシスコへのフィラウトの軌道最適化の例

4. おわりに

平成27年度には、TBOの運用環境と軌道設計の要素をさらに調査、検討し、交通の予測需要、密度などに基づいた運用管理ルールを定義して評価する。また、ATSルートに基づいた経路設計を大圏コース、最適軌道に基づいた経路と比較して、TBOの便益評価を継続する。さらに、最適化アルゴリズムをルート制限や運用制限に適用された軌道を最適化するためのアルゴリズムを検討する。

掲載文献

- (1) 長岡, ブラウン, “航空機対の最近接条件に基づくレジリエンス指標”, 電子情報通信学会 技術研究報告 (信学技報) SSS2014-4, 2014年4月
- (2) 長岡, ブラウン, “航空機遭遇の難度指標構築のための軌道情報の近接パラメータへの写像”, 信学技報 SANE2014-44, 2014年7月
- (3) S. Nagaoka, M. Brown, “Pair-wise Resilience Index based on the Miss Distance & Time to Closest Point of Approach”, IFORS 2014-20th Conference, 2014年7月
- (4) A. Harada, T. Kozuka, Y. Miyazawa, N.K. Wickramasinghe, M. Brown, Y. Fukuda, “Analysis of Air Traffic Efficiency Using Dynamic Programming Trajectory Optimization”, ICAS(International Council of the Aeronautical Sciences)2014, 2014年9月
- (5) M. Brown, “AirTop En-Route Simulation Validation”, AirTop User Conference 2014, 2014年9月
- (6) ビクラマシンハ, ブラウン, 福島, 福田, 原田, 宮沢, “軌道最適化による旅客機の飛行計画における飛行時間と燃料消費量との関係 第2報”, 第52回飛行機シンポジウム講演集 (飛シンポ講演集), 2E05, 2014年10月
- (7) 平林, ブラウン, 長岡, ビクラマシンハ, 福田, “SSR モードS 監視データを用いた上層風情報の取得傾向”, 飛シンポ講演集, 1A08, 2014年10月
- (8) 小塚, 宮沢, ビクラマシンハ, ブラウン, 福田, “監視データを用いた航空機の干渉回避方法推定”, 飛シンポ講演集, 2E07, 2014年10月
- (9) 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”, 飛シンポ講演集, 1A06, 2014年10月
- (10) 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最適軌道実現に関する検討”, 飛シンポ講演集, 1A07, 2014年10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”, 飛シンポ講演集, 2E08, 2014年10月
- (12) S. Nagaoka, M. Brown, “A Review of Safety Indices for Trajectory Based Operations in Air Traffic Management”, *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan*, Vol.12, No.APISAT 2013, a43-a49(2014), 2014年10月
- (13) N.K. Wickramasinghe, Y. Miyamoto, A. Harada, T. Kozuka, S. Shigetomi, Y. Miyazawa, M. Brown, Y.

Fukuda, “Flight Trajectory Optimization for Operational Performance Analysis of Jet Passenger Aircraft”, *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan*, Vol.12, No. APISAT 2013, a17-a25(2014), 2014 年 10 月

- (14) 長岡, “航空管制における空域複雑性に関する研究の動向”, 管制協会誌「航空管制」, No.6 , pp.44-53, 2014 年 11 月
- (15) N.K. Wickramasinghe, M. Brown, S. Fukushima, Y. Fukuda, A. Harada, Y. Miyazawa, “Correlation between Flight Time and Fuel Consumption in Airliner Flight Plan with Trajectory”, AIAA SciTech2015 GNC (Guidance, Navigation and Control) Conference, 2015 年 1 月
- (16) 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の 3 次元空域への拡張”, 信学技報 SANE2014-142, 2015 年 1 月
- (17) S. Nagaoka, M. Brown, “Constructing an Index of Difficulty for Air Traffic Control Using Proximity Parameters”, *Procedia Engineering*, 99, pp. 253-258, 2015 年 2 月

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, 狩川 大輔, マーク ブラウン, 海津 成男
研究期間	平成 26 年度から平成 29 年度

1. はじめに

成田空港では、複雑な空港レイアウトと時間帯による交通量の偏りが見られることから、空港特性に応じたより効率的な空港面交通の実現をめざ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の地上走行に関する交通状況を分析し、様々な交通状況に応じた走行時間、離陸時刻などを予測する手法を開発するとともに空港面交通管理手法（走行機数調整、走行経路調整、スポット出発時刻調整）の適用条件および適用効果とをりまとめて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

3. 今年度の成果

本研究対象である成田空港のレイアウトを図 1 に示す。

成田空港は、南北に延びる平行な 2 本の滑走路の間にターミナルビルがあり、その付近に 200 程度のスポットがある。成田空港の特徴は、スポットがあるエプロンエリアの出入り口に設定された約 20 カ所の Gateway と呼ばれる地点を境としてエプロンエリア内は、成田国際空港株式会社、それ以外のエリアは航空局が業務を担当していることである。交通流の特徴としては、A 滑走路（4000m）は B 滑走路（2500m）より長く、出発便の 9 割が使用するのに対して、B 滑走路は主に到着便が使用しており、離発着便の約 8 割を国際線が占めるため、時間帯により交通量が異なる。そのため、交通量が多い時間帯に多くの出発便に離陸待ちが生じ、誘導路あるいはエプロンエリアでの滞留につながっている。

当所では、航空局から提供をうけた空港面地上交通データ（毎秒の各便の航跡データ）に成田国際空港（株）提供のスポット情報を付加して航空機の地上走行に関するデータベースを作成し、以下の分析に利用した。

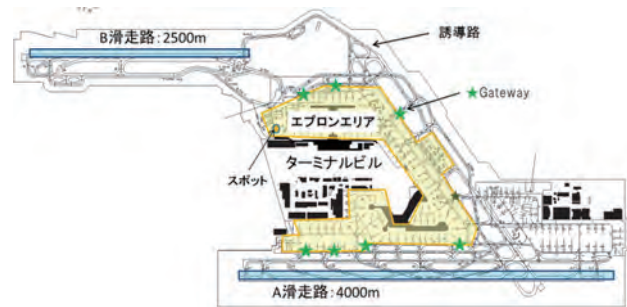


図 1 成田空港の空港レイアウト

3.1 空港面における交通状況の把握・予測

本年度は、詳細な交通状況を把握するために主に出発便の交通流分析を行った。出発便の地上走行について、エプロンエリア（スポットから Gateway まで）と誘導路エリア（Gateway から離陸まで）に分けて、それぞれの走行時間を分析した。

まず、誘導路エリアの走行の特徴として、出発便の多い時間帯に滑走路手前の停止線を先頭に離陸待ちの行列ができることがあげられる。また出発便と同じ滑走路を到着便も使用するため、到着便の着陸待ちをする出発便は停止線を通して滑走路内に進入することができず停止線前で待機することも離陸待ちの行列の原因となっている。

そこで、誘導路エリアの所要時間を、離陸待ち等の交通状況に依存せず地上走行に必要な所要時間（基準時間とする）と離陸待ち等の交通状況に依存する離陸待ち時間の和と考え、各 Gateway—各滑走路の組合せについて基準時間の算出手法を検討した。

また、誘導路エリアの走行経路は、航空路誌で公示された標準経路を走行する 경우가多く、それぞれの組合せにおいて走行距離がほぼ一定であることから、各 Gateway—各滑走路間の誘導路エリアの基準時間は交通状況に依存しない場合の所要時間の平均値とみなせる。

平成 25 年 5, 7, 9, 11 月の各 7 日間、計 28 日間を対象期間として各 Gateway—A 滑走路組合せでの誘導路エリアの基準時間を求めた。この基準時間と平均走行距離との関係を図 3 に示す。誘導路エリアでは、基準時間と

走行距離がほぼ比例していることがわかる。

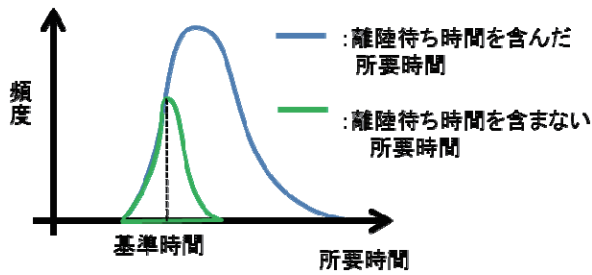


図2 誘導路の所要時間分布の概念図

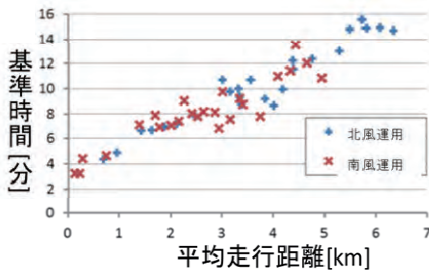


図3 誘導路エリアの基準時間と平均走行距離との関係

次にエプロンエリアの走行の特徴は、スポットと使用する Gateway の位置関係によりプッシュバックする経路や Gateway までの走行経路や所要時間が異なることである。データベースにより各スポット-各 Gateway 間の主な組合せの所要時間の平均値や各スポットの使用状況を把握することができるようになったが、さらなる交通状況と所要時間との関係の分析が必要である。

今後これらの分析結果および基準時間の算出手法を用いて、走行時間の予測をしていく。

3.2 空港面交通管理手法アルゴリズムの開発

3.1.で求めた誘導路エリアの基準時間とデータベースの Gateway 通過時刻を用いて各出発便の離陸時刻を予測し（予測離陸時刻）、データベースの離陸時刻と比較した。図4に15分あたりでそれぞれの離陸便数を比較した一例を示す。15分あたりの予測離陸時刻による離陸便数が、データベースによる離陸便数を上回っている時間帯がある。この時間帯では、同じような時刻に出発便が滑走路へ向かって走行し、15分あたりに離陸可能な便数を超えるため滑走路手前で離陸待ちすることになる。したがって各出発便の予測離陸時刻とデータベースでの離陸時刻との差を滞留時間とすると、各々の滞留時間を推定することが可能となった。

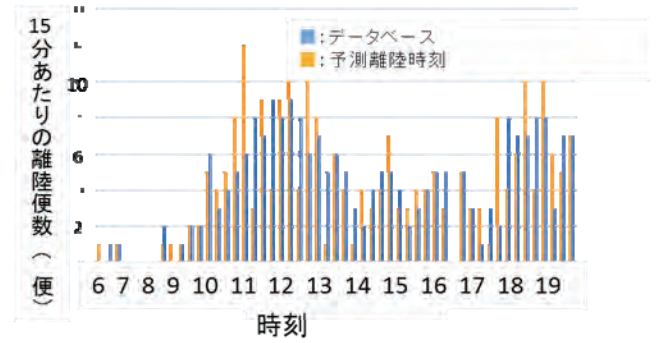


図4 15分あたりの離陸便数

次に交通管理手法を評価するために用いる空港面交通シミュレータの精度検証を行った。出発便、到着便は主に標準経路を走行するので、走行経路探索方法に関して最短時間経路探索から優先的に標準経路を探索するよう通過地点を設定する方法へ変更した。また各分析結果に基づいて走行パラメータ等を調整した。シミュレータの精度検証では、走行時間、単位時間当たりの離陸便数を評価項目として比較した。その結果ほぼ模擬できていることがわかった。さらに精度良く実運用を模擬するには、スポット周辺での交通状況や出発便の離陸時刻制限による離陸順等にも考慮していく必要がある。

4. 今後の見通し

来年度は、データベースを用いて到着便の地上走行に関して、その特徴を把握し、出発便の走行状況との関連性を検討する。特にスポット使用に関する交通状況を把握し、出発便のスポット出発時刻調整の交通管理手法アルゴリズム開発を行う。また、引き続きシミュレータの精度検証を行う。

掲載文献

- (1) 山田, 住谷, ブラウン, 青山, 森: “成田空港出発便の地上走行時間に関する分析”, 平成 26 年度 (第 14 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.51-56, 2014 年 6 月
- (2) 住谷, 山田, 海津, 青山, ブラウン: “成田空港の空港面交通シミュレータの開発－機能の概要と性能検証－”, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2014-45, pp.13-18, 2014 年 7 月
- (3) 青山, 住谷, 山田, ブラウン, 海津: “空港面の交通状況による滞留の傾向分析”, 第 52 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2014-5009, 2014 年 10 月

- (4) I. Yamada, M. Sumiya, M. Brown and H. Aoyama,
"Numerical Analysis of Surface Congestion Factors for
Modeling of Taxi-Out Times", Proceedings of the 33rd
Digital Avionics Systems Conference (DASC),1D4,
October 2014.
- (5) 山田, “成田空港における航空機の地上走行時間に関
する分析とその応用”, 第 4 回首都圏空港 CDM 勉強
会, 資料 5, 2014 年 11 月

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【指定研究 A】

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ける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, 混合運用における課題等を見つけて出す。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
- ② リアルタイムシミュレーション実験の準備および実施
- ③ ハザード解析手法の開発
- ④ 混在環境管制運用モデルの準備的ハザード解析

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, それを元に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 時間当たりの到着機数, 各種進入方式の混合率を変化させた場合等の管制処理能力等を調べる。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。既存のハザード解析手法を調査し, 考察環

境に適した新しいハザード解析手法を開発する。

④について。①で作成した手順案を③にて開発されたハザード解析手法に落とし込むために、手順案からフローチャートを作成する方法を開発する。別途、ハザードの発生頻度の推定手法を開発し、来年度に実施を予定している航空局の協力の下でのハザード同定会議の結果を速やかに反映できるようにする。

3. 研究成果

①について。Safety Case による検証のための GSN (Goal Structuring Notation) チャートの第 1 案を作成した。図 1 にその一部を示す。尚、GSN チャートでは、最初に安全性を保証すべき基となる主張 (Argument : Arg.) (「〇〇は安全と見なせる」等) を示し、それを様々な条件の下でそれぞれ証拠 (Evidence : Evi.) が示せるまで方策 (Strategy : Str.) を考えながら分割していく。妥当と見なせる証拠が全て示せたとき、基となる最初の主張の安全性は保証されると考える。

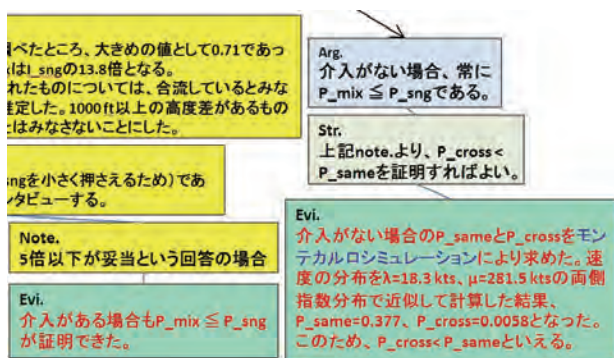


図 1 作成した GSN チャートの一部

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を作成した。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、管制官役用パソコン、パイロット役用パソコンの 3 台でプロセス間通信を行いながら動作する。管制官役の言葉による管制指示をパイロット役がコマンドとしてパソコンに入力することでシミュレータ上の航空機の軌道等が変更される。

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。シナリオに基づいてシミュレータ上に発生させた航空機を 5 人の航空管制経験者に管制してもらい、1 時間当たりの到着機数や混合率を変化させることによる管制官の作業負荷を測定した。図 2 に管制官役用のパソコンの表示画面 (模擬管制卓) を示す。模擬管制卓には管制官役から要望のあった

多くの機能を付けてある。

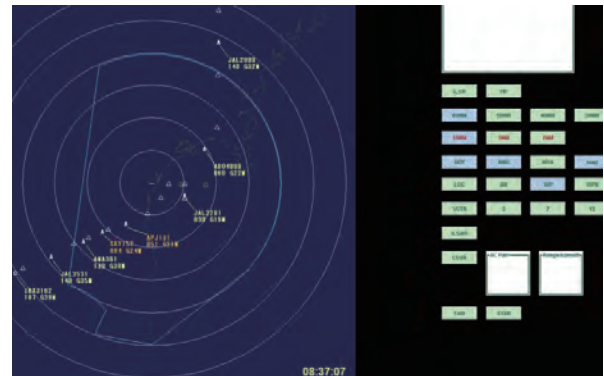


図 2 模擬管制卓の表示例

1 試行は 40~60 分間で行われ、試行後直ち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評価結果をあわせて解析を行った。図 3 に RNP AR 機の割合 (混合率) を 30% と 50% とに違えた場合の結果を示す。横軸は 30% の時の値を、縦軸は 50% の時の値を表し、A, B, C は各被験者の結果を示す。5 つの項目は平均迂回距離 [NM], 同時最大取扱機数, 平均針路指示回数, 平均速度指示回数, 指定間隔未満の回数を表す。

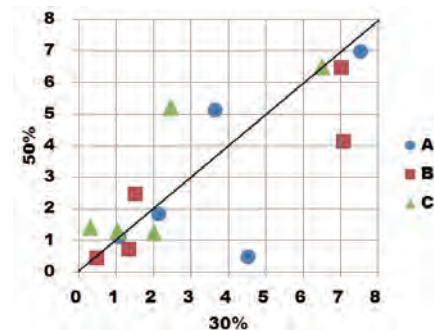


図 3 混合率 30% と 50% の場合の比較

以下に、管制リアルタイムシミュレーション実験により得られた主な結果を示す。

- 1) イメージポジションの表示や入域 FIX での速度指定については現在の方法では効果が薄い。
- 2) RNP AR 機の割合を 30% と 50% とに違えた場合、管制官により管制の難しさは異なり、どちらが難しいとは一概に言えない。
- 3) タワー移管間隔 10 NM の場合や 1 時間当たりの機数が 25 機の場合には、待機経路の設定なしでは管制処理は困難。
- 4) レーダ画面上で RNP AR 便と ILS 便との表示色を

違えることは大変効果的。

- 5) RNP AR 便を優先させるためには、ILS 便の迂回が必要となり、結果的に混合運用での RNP AR 便の優先は First come, first serve の仮定を崩す。

ここで、イメージポジションは、RNP AR 経路上のウェイポイントからの平均飛行時間に相当する位置を ILS のローカライザコース上に投影した固定点である。

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え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 チャートの作成を通じて、混合進入方式における管制手順の要件を開発する。その管制手順のフローチャートを作成し、そのフローチャートに 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。オランダ国立航空宇宙研究所(NLR)の MAREA (Mathematical Approach towards Resilience Engineering in ATM)プロジェクトで整備したリストを基とし、HERA-JANUS (Human Error Reduction in Air traffic management) (欧州 EUROCONTROL : 航空管制に特化) と HFACS (Human Factors Analysis and Classification System) (米国防省:航空機運航に特化)に記載されている内容を補い、更に一般的な人的過誤の分類手法として CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) の情報を取り入れたリストを作成した。これを用いて妥当な人的過誤の原因が導き出せそうであることを確認した。

④について。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 (Computerized Operator Reliability and Error Database) 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。表1に結果の一部を示す。

エラー項目	Generic Task type (デンマーク工科大)	発生率	エラーモード (CORE)			分類 (HFACS)
			心理的エラー 機操	内部エラー モード	外部エラー モード	
画面上で航空機の視認漏れ	7. 認知エラー	2 E-4	注意不足、視認漏れ	無検知 (視覚)	-	認知エラー
ハンドオフ継承 失敗	3. 通信、ルーチンワーク	6 E-3	異常な応答	返答エラー 聞き間違い	通信エラー	認知エラー
14,500ft→10,000ft 不明瞭	3. 通信、ルーチンワーク	6 E-3			不正確な行為	技能に起因するエラー
14,500ft→10,000ft 言い間違え	3. 通信、ルーチンワーク	6 E-3	Misusing (間違え)	-	誤った情報の伝達	技能に起因するエラー
14,500ft→10,000ft 放置	8. 手抜き	1 E-3		無検知 (聴覚)	得られない情報	判断エラー

表 1 HAZOP ワークシートへの人的過誤発生率の取込例

4. まとめ

平成 26 年度の研究の概要を示した。3 ヶ年計画の 2 年目で管制リアルタイムシミュレーション実験を曲がりなりにも実施できた。実験では様々な知見と課題が得られた。

来年度は、更に多くの知見を得るための管制リアルタイムシミュレーション実験を行い、またハザード同定会議を開催して、混在環境管制運用モデル案をまとめたい。

掲載文献

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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
- (4) 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.
- (5) 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
- (6) 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
- (7) 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
- (8) R. Mori : Confusion in Cir 331 (SLOP Circular), ICAO SASP, SASP-WG/WHL/25-WP09, Nov. 2014
- (9) 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
- (10) 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

タワー業務の遠隔業務支援に関する研究【指定研究 A】

担当領域	航空交通管理領域
担当者	○井上 諭, マーク ブラウン, 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

近年、空港において遠隔的に離れた施設から管制業務を実施するリモートタワーといわれる運用コンセプトの研究開発が世界的に行われている。一方、日本においても、遠隔の航空サービスは、Remote Air Ground (RAG) Communication Service という形で Aerodrome Flight Information Service (AFIS)が Flight Service Centre (FSC) にいる運航情報官により、30 年以上にわたり業務が行われている。

現在、RAG で行われている業務はタワーにいるオペレーターに代わり、空港に設置されているカメラやセンサー機器から遠隔地の FSC ヘータや情報が送られ、オペレーターは、センターのコントロールルームに設置されたシステムの情報をもとに、無線を使って航空機のパイロットに対しフライトに必要な情報提供や指示の伝達を行っている。今後、最新のセンサーや情報技術を活用したシステムを用いた遠隔オペレーションは、安全性の向上はもちろん、効率化の観点からみても、重要性が増すと考えられる。日本においては将来、RAG 空港の容量拡大への対応や、運航の安全性向上のシステムとして新しいシステムの活用が期待される。また世界的にはリモートタワーのコンセプトは小規模空港の航空管制業務に活用されることを前提に既に実用テストが行われている状況である。

2. システムの概要

現在行われている RAG 業務におけるシステムでは、運航情報官は無線によるコミュニケーションと情報提供を行うための気象情報 (WRU) や、フライトプラン上場 (FIHS) やレーダー (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 モニタにより構成されている。ITV モニタや APDU の情報は参考情報として業務に用いられているが、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。タワー業務を遠隔オペレーションにするにあたり、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、リモートタワーのコンセプトでは、視覚監視情報を拡充するシステムの推奨がされている。図 1 に示すように、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風景 (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、レーダーや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表示する拡張現実 (Augmented Reality : AR) 型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、空港の必要条件に応じて装備できるような構成になる。



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の追跡と連動して、それぞれのターゲット航空機に必要な固有の情報を付加し、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、可視光の視界が効かない場合にも、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の把握が直感的に可能で、夜間や悪天候時等のオペレーションの負荷軽減に寄与できる。また双眼鏡を使うような特定の部分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したり、またさらに位置センサーの情報と連動して特定のターゲット航空機を追跡する機能も持つ。これらの機能により、オペレーターは遠隔地のオペレーションセンターにいながら、航空機を監視し、情報提供やコントロールが可能になると考えられている。3 章では、本研究で仙台空港に隣接する本研究所岩沼分室に作成したプロトタイプシステムをもとに個々の技術について詳しく紹介する。

3. パノラマビューシステム

現在、日本の RAG 業務で使用されている ITV システムでは、可動カメラのみで行っているところがほとんどであるが、今後は固定カメラを持った空港面全体の情報を見られるパノラマビュータイプのシステムになっていくと考えている。本研究で作成したシステムでは、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) 初期のプロトタイプシステ

ムでは、カメラは汎用の USB カメラを使用した。



図2 プロトタイプシステム (ディスプレイ部)

カメラの更新レートは最大 30fps, 映像解像度は 1024×768 に対応したもので、カメラを円周上に設置 4~6 台をシームレスになるように設置 (図 3) し、マルチディスプレイに出力する。



図3 マルチカメラシステムのプロトタイプ

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。平成 27 年度にはネットワーク対応システムへ変更される予定である。フレームレートは欧州で策定中の規格が 30fps を標準とする動きがあるため、それらに合わせて設計している。岩沼分室に設置したシステムで行ったテストでは、解像度を SVGA に設定してテストを実施した。映像データのみ転送においては 30fps によるリアルタイム転送ができるシステムを構築し、性能を確認した。

4. ターゲットトラッキング

オペレーターの視覚を支援するために有効な情報提供の形として、AR タイプのターゲットトラッキング機能がある。映像データを元にした画像認識技術と位置センサーから得た情報を元に、映像上の航空機のいる位置に、ターゲットタグを表示することができる (図 4)。

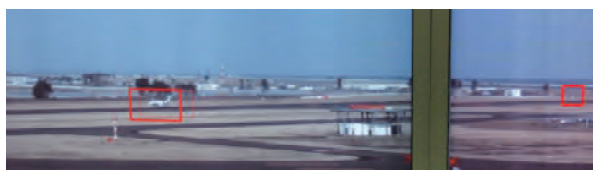


図4 ディスプレイ上のトラッキング表示例

画像認識を元にした認識では、映像データ内の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る仕組みを採用した。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、背景差分法を用いている。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ることを確認しており、映像ベース技術の追跡精度の向上を図っている。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も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。

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。カメラは手動で任意の位置を見ることができ、航空機や車両等見たい対象物を拡大することができる。また、画像認識と位置センサーの情報を元にターゲットを追跡することができる。空港内の移動体だけでなく、高速で移動する離着陸時にも対応し、任意に選択された航空機を自動で追跡しカメラに捉え続けることができる。現在はオペレーターが航空機の状況等を双眼鏡で確認している状況をディスプレイ上で行うことができ、状況認識を助けることに役立つ。

6. まとめ

本研究ではタワーのリモートオペレーションに想定される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、実用環境に近い形でシステムのアップデートを行ったうえでテストを続け、運用に必要な仕様の選択や課題の洗い出しを行う予定である。

参考文献

井上, 塩見, 拡張現実技術を用いた管制業務支援に関する研究, 平成 25 年度 電子航法研究所 年報

レジリエンス向上のための管制官訓練支援ツールの開発【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 24 年度～平成 26 年度

1. はじめに

新たな安全学であるレジリエンスエンジニアリングでは、変動するタスク環境下において安定的にシステムを機能させる上での、人間の役割の必要性・重要性が再認識されている。本研究は、管制タスクの処理プロセスをワークロードや処理効率の観点から可視化・分析可能なツールを開発し、「変動条件下のマルチタスクである管制業務を安全かつ効率的に遂行可能にしているスキルの伝承」という観点からの合理的な管制官養成教育・訓練の支援を目的とする。また、管制官が継承してきたスキルを維持・向上させるために、採用試験や訓練カリキュラムの改善が必要とされている。タスク処理プロセスの違いに起因する処理効率やワークロードの差異の推定・可視化を試みた研究例は、諸外国においてもほとんど見られず、取り組みが必要である。

2. 研究の概要

本研究は 3 ヶ年計画であり、これまでに電子航法研究所、東北大学、東京大学が共同で研究・開発を行ってきた管制処理プロセス可視化ツール COMPASi (COMPAS in interactive mode /COMPAS : Cognitive system Model for simulating Projection-based behaviors of Air traffic controller in dynamic Situations) および管制タスクの困難度に基づく分類指標 (タスクレベル) とその時系列遷移図 CAPS (Chart of ATC task Processing State) をベースに、様々な空域を対象とした管制官訓練支援のためのシミュレーション/可視化ツールを実現することを目的とする。

- ・ 空域・交通流等のシミュレーション実現
- ・ タスクレベルの自動分析・可視化
- ・ 予備的な妥当性検証
- ・ ECSS (航空路管制シミュレータシステム) との比較を通じた妥当性検証
- ・ 総合的な妥当性/有効性評価

3. 3 ヶ年の成果

3.1 空域・交通流等のシミュレーション実現

航空保安大学校岩沼研修センター (以下、岩沼研修センター) 並びに東京航空交通管制部のご協力をいただき、

COMPASi に研修用および訓練用の空域データ、交通流シナリオ、管制処理規程等の情報を実装することにより、両空域のシミュレーションを可能とした。

また、平成 24 年 6 月に東京航空交通管制部において実施された管制官によるシミュレーション実験から取得したデータに基づいて、隣接する 2 つの空域の業務プロセスを COMPASi 上で再現し (図 1)、2 空域が分担しながら管制タスクが処理されていく過程を CAPS として可視化可能とした (図 2)。

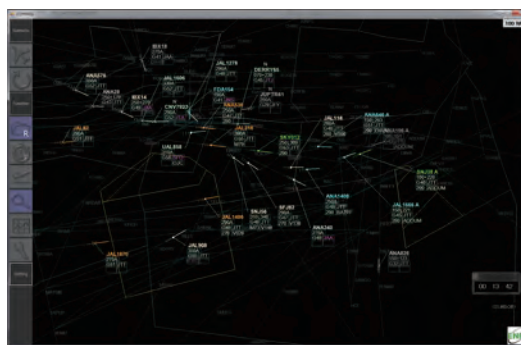


図 1 現用 2 空域に対応した COMPASi の画面例

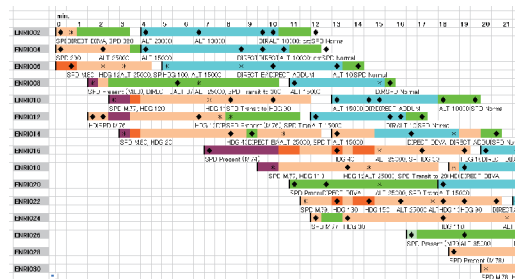


図 2 2 空域のタスク処理プロセスを示した CAPS の例

3.2 タスクレベルの自動分析・可視化

東京航空交通管制部の管制官によるシミュレーション実験のデータ分析結果、並びに岩沼研修センターの教官との意見交換会での要望を踏まえて、出力項目の追加、タスクレベルの改良およびこれに対応した COMPASi の分析ロジックも改良した。教官による再度の評価では、訓練支援としてより有効な可視化ツールとのコメントを得た。

また、COMPASi による管制業務の可視化および評価機能として 3 つの機能を追加した。まず、管制業務が行われるタスク環境の不確実性とそれに伴う状況変動の可

能性を考慮するため、安全マージンの設定を変化させることにより新たに発生する可能性を含む干渉処理タスクの検知機能を実現した。次に、イントレイル・スペーシングのプロセスをよりわかり易く表示できるよう可視化した(図3)。さらに、航空機側の視点に基づく評価として、COMPASiのシミュレーション結果から各航空機の燃料消費量概算の算出機能を追加し、管制官の戦術による燃料消費量の差異を算出可能とした(図4)。

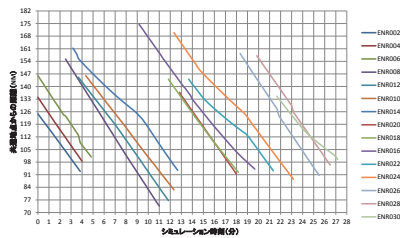


図3 イントレイル・スペーシングのプロセス可視化

コールサイン	型式	燃料消費量 (kg)	時間 (分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
ENR196	B763	152 152 152	152																														
ENR1014	B738	150 150 150	150																														
ENR138	B734	148 148 148	148																														
ENR1046	A320	146 146 146	146																														
ENR1846	B763	144 144 144	144																														
ENR1118	B772	142 142 142	142																														
ENR166	B734	140 140 140	140																														
ENR1012	B738	138 138 138	138																														
ENR182	A320	136 136 136	136																														
ENR186	B738	134 134 134	134																														

図4 戦術による燃料消費量の差異の例

3.3 予備的な妥当性検証

予備的妥当性検証として、COMPASiのデモンストレーションや可視化結果例を提示し、タスクレベルおよびシミュレーション結果の妥当性、訓練支援ツールとしての有効性に関する岩沼研修センターの教官によるアンケート調査を行った結果、高い評価が得られた。これらの評価とともにいただいた意見や要望を基に、機能追加や表示画面のデザイン変更などを行った。

3.4 ECSS との比較を通じたツールの妥当性検証

3.1の東京航空交通管制部におけるECSSを用いた業務シミュレーション実験結果を参考に、COMPASiの航空機挙動モデルおよびタスクレベルを改良した。COMPASiのシミュレーション結果による交通状況の再現性等について妥当性を検証した。

3.5 総合的な妥当性および有効性評価

COMPASiの総合的な妥当性・有効性評価として、岩沼研修センターの教官にCOMPASiを1か月間試用していただき、航空機挙動モデル、操作性、機能性、表示、

実践的な使用方法等について評価を行い、おおむね良好であるとの回答をいただいた。入力操作インターフェースの検討およびシミュレーション結果を示すCAPSを複数同一画面で表示可能とすることに関して改善要望を受けた。

4. 今後の見通し

来年度からCOMPASiは管制官養成機関である航空保安大学校本校において、研修生の自学習用ツールとして実用的な評価に入る。今後も後継研究課題において航空保安大学校本校および岩沼研修センターにご協力いただき、管制官養成のための訓練効率化に向けたツールとしての改善を進めていく。

掲載文献

- (1) 青山ほか：“Research on Process Visualization of Air Traffic Control Tasks”, JICA「航空管制分野における震災セミナー」, 2012年5月.
- (2) 青山ほか：“予防安全のためのレジリエンス強化方策 (4) —航空交通流制御方式の事前評価の試み—”, 日本人間工学会第53回大会, pp. 230-231, 2012年6月.
- (3) 狩川ほか：“予防安全のためのレジリエンス強化方策 (3) —航空管制業務におけるタスク処理プロセスの可視化—”, 日本人間工学会第53回大会, pp. 228-229, 2012年6月.
- (4) 狩川ほか：“Attempt on Visualization of Air Traffic Control Tasks for Supporting Education and Training”pp. 656-660, 計測自動制御学会 Annual Conference 2012, , 2012年8月.
- (5) 狩川ほか：“レジリエンス指向型安全支援研究(3) —航空路管制業務におけるトレードオフの可視化と分析—”, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.47-52, 2012年9月.
- (6) 青山ほか：“レジリエンス指向型安全支援研究(4) —航空交通流制御の評価と改良に向けた検討—”, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.53-58, 2012年9月.
- (7) 狩川ほか：“航空管制タスク可視化ツールを用いた管制官訓練支援の可能性”, 第50回飛行機シンポジウム, 3E02, 2012年11月.
- (8) 狩川ほか：“航空交通流管理の有効性評価に向けた管制処理プロセス分析の試み”, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会, 1A1-3, 2012年11月.

- (9) 狩川 (翻訳分担) : Eric Hollnagel 著, 北村正晴監訳, “レジリエンスエンジニアリング 概念と指針” (第3章, 第7章担当), 日科技連, 2013年11月.
- (10) 狩川ほか: “A Visualization Tool for Analyzing Task Demands in En-route Air Traffic Control”, 第3回EIWAC2013, EN-033, 2013年2月.
- (11) 狩川ほか: “航空管制官の実践知分析を通じた管制処理プロセス可視化インタフェースの評価”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 15 No. 2, pp.177-190, 2013年5月.
- (12) 狩川 (翻訳分担) : Eric Hollnagel 著, 小松原明哲監訳, “社会システムの安全分析 –FRAM ガイドブック–” (第5章担当), 海文堂出版, 2013年5月.
- (13) 狩川ほか: “管制処理プロセス可視化ツールを用いた訓練支援の可能性”, 第13回電子航法研究所研究発表会, pp. 107-112, 2013年6月.
- (14) 青山ほか: “航空交通流制御の高度化に向けた分析手法の検討”, 第13回電子航法研究所研究発表会, pp. 113-116, 2013年6月.
- (15) 狩川ほか: “航空管制分野におけるレジリエンス指向型ヒューマンファクター研究(1) -管制処理戦術の状況変化に対する許容性の可視化-”, 日本人間工学会第54回大会, pp. 118-119, 2013年6月.
- (16) 青山ほか: “航空管制分野におけるレジリエンス指向型ヒューマンファクター研究(2) -管制処理パフォーマンスの変動可視化の可能性-”, 日本人間工学会第54回大会, pp. 120-121, 2013年6月.
- (17) D. Karikawa, et al. : “A Method for Visualizing Trade-offs in En-route Air Traffic Control Tasks, 5th Symposium on Resilience Engineering,” 5th Symposium on Resilience Engineering, pp. 148-153, 2013年6月.
- (18) D. Karikawa, et al. : “A Training Support Tool for Controller Trainees by Visualizing Trade-offs in Air Traffic Control Tasks”, International Conference ISIATM(Interdisciplinary Science for Innovative Air Traffic Management) 2013, 2013年7月.
- (19) D. Karikawa, et al. : “A Study on Human Factors in Air Traffic Control - Development of Process Visualization Tool of ATC Tasks-”, 19th Aviation Safety Human Factors Seminar, Gimpo, International Airport, Korea, 2013年10月.
- (20) 狩川ほか: “航空管制業務における状況変動に対する戦略的余裕の可視化ツール”, 自動計測制御学会 システム情報部門学術講演会 2013, pp. 275-278, 2013年11月.
- (21) D. Karikawa, et al. : “A Visualization Tool for Analyzing Task Demands in En-route Air Traffic Control”, Air Traffic Management and Systems - Selected Papers of the 3rd ENRI international workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)-, pp. 131-146, 2014年3月.
- (22) 狩川ほか: “航空路管制処理戦術の状況変動に対する潜在的な「余裕」の可視化ツール”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 16 No.2, pp.153-165, 2014年5月.
- (23) 狩川 (翻訳分担) : Eric Hollnagel 著, 北村正晴・小松原明哲監訳, “実践レジリエンスエンジニアリング” (第11章担当), 日科技連, 2014年5月.
- (24) 狩川ほか: “航空管制分野におけるレジリエンス指向型ヒューマンファクター研究(3) -管制タスクの協調的処理プロセスの可視化ツール-”, 日本人間工学会第55回大会, pp. 204-205, 2014年6月.
- (25) 青山ほか: “航空管制分野におけるレジリエンス指向型ヒューマンファクター研究(4) -管制官の思考プロセスの特徴分析-”, 日本人間工学会第55回大会, pp. 206-207, 2014年6月.
- (26) 狩川ほか: “管制処理プロセス可視化ツールを用いた訓練支援の可能性”, 航空交通管制協会誌「航空管制」, 2014-No.4, pp.58-67, 2014年7月.
- (27) D. Karikawa, et al. : “Analysis of the performance characteristics of controllers’ strategies in en route air traffic control tasks”, Cognition Technology and Work, DOI 10.1007/s10111-013-0268-5, 2014年8月.
- (28) 狩川ほか: “隣接空域における航空管制タスク処理過程の可視化と分析”, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.1-4, 2014年9月.
- (29) 青山ほか: “プロトコル分析を用いた航空管制官の思考の特徴抽出”, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.5-8, 2014年9月.
- (30) D. Karikawa, et al. : “Visualization Tool of Cooperative Working Process of Air Traffic Controllers in Consecutive Sectors”, European Association on Aviation Psychology Conference, pp. 293-302, 2014年9月.
- (31) D. Karikawa : Safety and Human Factors in Aviation, The Institute of Electronics Information and Communication Engineering (IEICE) Technical Report SANE2014-75, p. 61-66, 2014年10月.

ダウンリンク情報を用いた軌道予測の高度化に関する研究【指定研究 B】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○瀬之口 敦, 平林 博子, 白川 昌之
研究期間 平成 25 年度～平成 26 年度

1. はじめに

将来の航空交通管理方式として世界的に目指している軌道ベース運用（TBO：Trajectory-Based Operation）の実現にあたっては、航空機の出発から到着までの 3 次元位置と時刻で表現される 4 次元軌道を高精度に予測することが鍵となる。本研究では、先行研究を踏まえ、航空機からのダウンリンク情報を用いて軌道予測を高精度化するために、以下の 3 点を実施する。

- ・航空機運航速度モデルのデータベースを作成し、軌道予測精度を評価する。
- ・気象の不確定性による軌道予測への影響を低減させる手法を提案する。
- ・離陸前の予測軌道とダウンリンク情報に基づいて更新した飛行中の軌道を比較する手法について調査し、軌道調整に伴う運用上の課題を抽出する。

2. 研究の概要

本研究は 2 ヶ年計画であり、最終年度となる平成 26 年度は次に示す 3 点を実施し、本研究をとりまとめた。

1. 航空機運航速度モデルデータベースの評価
2. 気象の不確定性による影響を低減させる手法の開発
3. 軌道調整に伴う課題の抽出

3. 研究成果

3.1 航空機運航速度モデルデータベースの評価

地上の管制業務で利用される軌道予測の時刻精度は、主として航空機の運航速度モデルおよび気象予報データに依存する。将来の TBO では、飛行中の運航速度や機上の気象観測値などをダウンリンクして軌道予測の初期値と比較し、閾値を超える場合に軌道を微調整することで、調和のとれた管制運用を実現する。そのベースとなる運航速度モデルに関して、現在一般的に用いられている国際的なデータベース（以下「BADA^[1] DB」とする。）ではなく、我が国の空域を飛行する航空機に適したデータベース（以下「レーダデータ DB」とする。）をレーダデータから推定・作成し、軌道予測に用いた場合の時刻精度を評価した（図 1）。その結果、BADA DB を用いる場合に生じていた実際の飛行時間との二乗平均平方根誤差（RMSE：Root

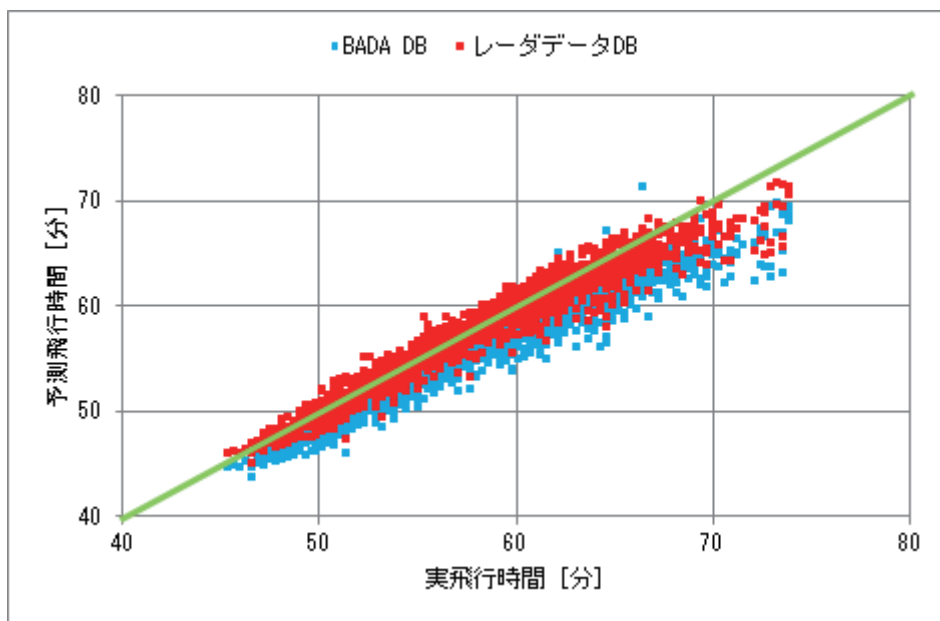


図 1 飛行時間誤差の評価結果（福岡発羽田行 1,857 便分）

解説：横軸の実飛行時間に対して 2 種類の前測飛行時間（青点：BADA DB、赤点：レーダデータ DB）を縦軸にプロットした。レーダデータ DB の方が飛行時間誤差ゼロを意味する直線（緑）に乗っている。

Mean Square Error) がレーダデータ DB を用いることで 4.5% から 2.4% へ低減した。さらなる軌道予測の精度向上を図るためには、ダウンリンク情報をリアルタイムに活用することが必要不可欠である。

3.2 気象の不確定性による影響を低減させる手法の開発 (早稲田大学との共同実施)

航空機の運航においては、受ける風の変化が軌道予測の時刻精度に影響を与える要因の 1 つとなっている。軌道予測に用いる気象予報データは風の変化全てを十分に説明できないため、例えば通過前後で風の強さが大きく異なる前線の付近などでは風の予報値と実際の値の間にズレが生じやすい。そのような風の変化を機上の観測値から検出できれば、変化の傾向やズレの大きさを定量的に把握することによって、軌道予測を補正することが可能となる。そこで、航空機からダウンリンクした風向・風速に関連するデータを用いて、羽田空港 RWY34 アプローチ経路周辺の時間・空間的な風の変化を可視化した(図 2)。その結果、前後で風向・風速が大きく異なるシアラインが経路周辺を通過する現象を検出でき、これによる軌道予測の精度向上が期待できる。

3.3 軌道調整に伴う課題の抽出

TBO を実現するためには、軌道予測の初期値と飛行中の軌道の乖離を検出して各関係者間で調整することが必要となる。そこで、海外の参考文献^{[2][3]}を調査した上で、我が国の空域で軌道調整を行うにあたっての課題を整理した。

- 離陸前に予測した軌道と飛行中における実際の軌道のズレは、巡航から降下へ移行する降下開始点 (TOD : Top of Descent) 等の飛行状態が大きく変化する時点で顕著になる。したがって、航空機の軌道情報の中でも TOD 等のイベントに着目して軌道を調整することが重要と考えられる。
- 軌道の調整を実施する場合には、軌道予測のためのデータ同期やルール明確化が必要である。例えば、機上と地上とでは軌道予測に用いる気象データや航空機の運動モデルが違っているため、他の軌道情報を応用することが困難である。また、離陸前に軌道を調整する管制機関と航空会社のオペレーションセンターの間では軌道予測の前提条件が異なっているため、各関係者の戦略を踏まえることが重要である。

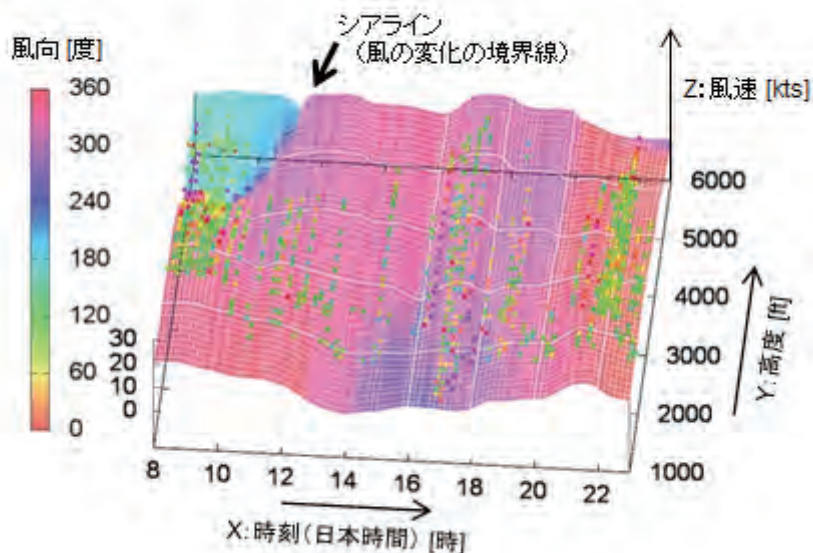


図 2 時間・空間的な風の変化の可視化 (提供 : 早稲田大学)
(羽田空港 RWY34 アプローチ経路周辺, 2013 年 5 月 2 日)

解説 : X 軸に時刻, Y 軸に高度, Z 軸に風速をとった。したがって、面の凹凸は時間・空間方向の風速変化を意味する。また、風向を面の色 (値は左のカラーバーに対応) で表現した。前後で風向・風速が大きく異なるシアライン (青色 : 南風と赤色 : 北風との境界線) が 8~12 時にかけて経路周辺を通過していたことが観測できる。

4. 考察等

レーダデータ DB の使用やダウンリンクした風向・風速関連のデータを用いる補正, 抽出した軌道調整に係る課題を考慮することにより, 後継の研究において, 20 分程度先までの航空機の軌道を予測し, 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高度化を図る。

参考文献

- [1] EUROCONTROL Experimental Centre, “User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA) Revision 3.10”, EEC Technical/Scientific Report No. 12/04/10-45, April 2012.
- [2] EUROCONTROL, “ADAPT - Aircraft Data Aiming at Predicting the Trajectory, Public Deliverable D6: Final Report”, TRS T06 / 22316TC, ADAPT / D6-V1.0, February 2008.
- [3] ICAO, “Sharing Trajectory Predictions in TBO”, ATM/RPP-WG/27WP-637, October 2014.

掲載文献

「平成 25 年度」

- [H25-1] 新井, 瀬之口, “航空気象情報可視化ツールの開発—航空気象の見える化を目指して—”, 航空人間工学部会 第 95 回例会, 2013 年 6 月.
- [H25-2] 瀬之口, “運航乗員訓練用フライトシミュレータを使用した FMS RTA 機能の検証結果について”, 航空管制 2013-No.4, 2013 年 7 月.
- [H25-3] 瀬之口, 福田, ブラウン, 白川, “到着交通流管理の便益推定”, 第 51 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2013-5108, 2013 年 11 月.
- [H25-4] 瀬之口, “速度制御による到着交通流管理の便益推定シミュレーションについて”, 航空振興財団 航空交通管制システム小委員会, 2013 年 12 月.
- [H25-5] 白川, 瀬之口, 平林, 福田, “レーダ測定値による対気速度推定”, 信学技報 113(387), SANE2013-129, pp.97-102, 2014 年 1 月.
- [H25-6] 瀬之口, 宮沢, 手塚, “航空気象に関連する機上の動態情報の活用について”, 第 8 回航空気象研究会, No.11, 2014 年 2 月.

「平成 26 年度」

- [H26-1] 手塚, 瀬之口, “TBO の軌道予測に向けた羽田空港アプローチ軌道の風況モデル化”, 第 14 回電子航法研究所研究発表会講演概要, 2014 年 6 月.
- [H26-2] 瀬之口, “DAPs から推定した風向・風速の評価と

その応用”, CARATS 監視アドホック 1 第 1 回会合, 2014 年 8 月.

- [H26-3] 瀬之口, 白川, 平林, 福田, “ダウンリンク情報を利用した航空機の標準運航速度の一検討”, 第 52 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2014-5004, 2014 年 10 月.
- [H26-4] 白川, 瀬之口, 平林, 福田, “航空機の定点通過時刻についての一考察”, JSASS-2014-5005, 第 52 回飛行機シンポジウム講演集, 2014 年 10 月.
- [H26-5] 平林, 瀬之口, 白川, “SSR モード S 監視データを用いた上層風情報の取得傾向”, 第 52 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2014-5138, 2014 年 10 月.

「平成 27 年度 (予定)」

- [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.

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，井上 諭，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）の初め的一步として「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、航空交通管理システムは航空機の特定期間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。航空交通管理（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、実装するために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る。

2. 研究の概要

現在の航空機に適用できる時間ベース運用を低コストで実現することが期待されている。このため、本研究は、既存のACARSの空対地データ通信網とFMSを採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現実可能性（フィージビリティ）について調査を行っている。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、機能とデータ分析を行った。平成26年度に入手したボーイング737 FMSシミュレータを図1に示す。実際のFMSと同じソフトウェア（OFP：Operational Flight Program）を実行するため、FMSの処理を忠実に再現するが、リアルタイムでしか動作しない。ホストのPCは航空機モデルと環境（大気など）を模擬し、飛行計器と操作パネルを表示する。

航空会社からFMSの基本概念、操作について基礎訓練を受けてから、詳細機能の調査に着手した。



図1 ボーイング737FMSシミュレータ

3. 研究成果

FMSの機能調査から以下のことが分かった。

- 時間ベース運用に適用できるRTA（Required Time of Arrival）機能が実装されている。パイロットはフィックスの通過時刻を指定すれば、航空機がその時刻制限を満足するように航空機の手速を制御する。なお、ボーイング737 FMSのRTA機能は、Honeywell社のFMSと異なって、巡航フェーズだけでなく、降下フェーズにも利用できる。
- FMSから情報をダウンリンクするため、ACARSデータリンクを利用するFANS-1/A基準のADS-C機能とIntent Downlink（IDL）特有機能が実装されている。

4. おわりに

平成27年度は、FMS機能、ダウンリンクデータの特徴を調査し、航空交通管理に適用するための課題を明確化させる。

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.

管制システムのインタフェースデザインの研究【基礎研究】

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

航空交通サービスのシステムにおいては、オペレーションを支える人達が十分に役割を果たすことでシステムの安全や効率的な運航が支えられている。今後ますます交通量が増加する環境下において、安全かつ効率的に業務を行っていくためには、業務に関わるオペレータにとって使い易く、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が重要である。そこで本研究は、航空管制システム等の航空交通サービスに関係するシステムインタフェースのデザイン検討に関しユーザー中心設計の概念を用いた具体的なコンセプト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

使いやすく魅力的な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) とは、ユーザーをデザインプロセスの中心に据えることで、適切で使いやすいシステムや商品、サービスの提供を目指す手法である。UCD を活用すると、設定しやすい、習得しやすい、使いやすい、拡張しやすいなど魅力のあるシステムや商品、サービスを一貫して開発できる。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

今回、デザインを検討するための対象となるシステムは航空交通サービスの中でも、RAG (Remote Air-Ground Communication Service) と呼ばれる、空港において航空機の飛行に必要な情報を、空港から離れた Flight Service Centre から遠隔で航空機へ伝えるためのシステムで、運航情報官が業務に使用するものである。この RAG 業務の将来システムのコンセプトデザインを、現状の業務の発展形として検討するものである。

HCD の実践として、現在までに実施したプロセスは以下のように実施した。

① RAG 業務の予備調査 (RAG 業務の理解と観察方法の検討) ② RAG 業務の調査 (RAG 業務の現場観察調査、インタビュー、ビデオエスノグラフィ) ③ ペルソナ、マイクロシナリオ、タスク分析とヒューリスティック評価 ④ デザイン検討, プロトタイプ作成

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ビデオデータ取得を実施させて頂いた。この調査では、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も取得しており、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。

この業務観察から、システムの仕様状況や業務の状況 (プロトコルを含む) を整理するためのデータ起こしを行い、使用されているシステムの一つ一つの機能やそれらの使用方法を機能毎に分類整理記述するマイクロタスク・マイクロシナリオの作成を行った。

4. デザイン検討, プロトタイプ作成

分析結果や評価を踏まえ、デザイン案の検討を実施した。今回のデザインでは、RAG 業務に使用する ITV モニター機能のパノラマ化を想定し、機能をパノラマディスプレイとして置き換えた場合の RAG システムのユーザーインタフェースの検討としてデザイン案を作成している (図 1)。

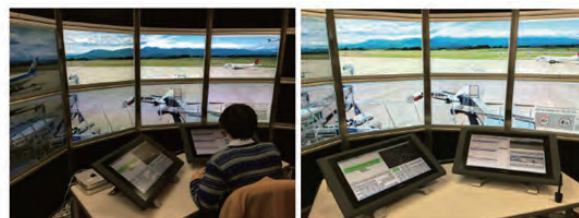


図 1 コンセプトデザインの作成およびテスト

これらのアイデアを元にさらにデザインを精査し、パノラマディスプレイとそれらをコントロールするためのインタフェース機能の作り込みを行い、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た。

5. まとめ

本研究ではユーザー中心設計を用い、将来の航空交通サービスシステムのユーザーインタフェースデザインのモデルを具体的な手法を用いて提案を行った。今後は、ユーザー評価を実施し、デザイン性の向上と実用へ向けブラッシュアップを行う予定である。

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

航空交通需要が増加する中、安全のみならず効率や環境への配慮など多様化する要求に対応することが求められており、新たな航空交通システムへの変革が求められている。取扱い機数は特定の幹線経路へ集中しており、特にこのような高密度空域において安全性を損なうことなく効率的な運航を実現すること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、将来的には対応した装備を持つ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. 研究の概要

本研究は 2 カ年計画であり、本年度の主な実施内容は下記の通りである。

- (1) フローコリドーにおける航空交通流モデルの構築
- (2) 数値シミュレーションの実施

3. 研究成果

3.1 フローコリドーにおける航空交通流モデルの構築

本研究においては図 1 に示すような円盤状の保護領域を想定し、互いの接近が予想される際の間隔維持のための操作をモデル化した。3 次元空間においては高度方向あるいは横方向に間隔を維持することが可能である。操作の違いによる効果を調べるため、それぞれの操作に基づく航空交通流のモデル化を行った。

3.2 数値シミュレーションの実施

上昇、降下部分も考慮した航空交通流を数値解析により

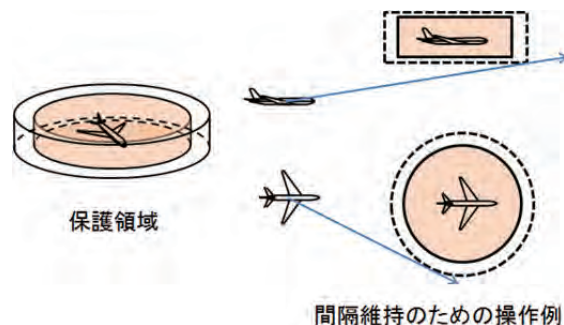


図 1 自律間隔維持アルゴリズムの概念図

評価した。効率的な運航を想定した場合、気象条件に基づき同一の目的地へ向かう航空機の経路は同一となり、また特定の高度帯に集中することが想定される。したがって、高密度な空域においては同一の経路、高度を飛行する航空機同士が接近することが予想され、間隔維持のための操作が必要となる。簡単なシナリオとして、400NM の距離を飛行し、一定の等間隔で到着する高密度な交通流を想定し、一つの高度帯を飛行しつつ旋回による間隔維持を行う交通流と、他機との干渉が想定される場合に 2,000ft 下の高度帯を飛行し、高度方向に間隔を維持する二つの航空交通流を数値解析により比較した。その結果、2,000ft 下を飛行することにより燃料消費量は約 3% 増加するのに対し、旋回による間隔維持における増加量は 0.2% であった。このように、本解析により自律間隔維持に基づき飛行する航空交通流の評価を可能とした。

4. 考察等

今後は各航空機が最適な軌道を飛行することを前提とした交通流モデルを構築する。ここでは、間隔維持操作に伴い発生した時間遅れを取り戻す操作も考慮する。構築したモデルに基づき便益の評価を行う予定である。

掲載文献

- (1) Nakamura, Takeichi, Fukuoka, "A Self-Separation Algorithm using Speed Control for Width-Limited High Density Air Corridor", 29th Congress of International Council of the Aeronautical Sciences, September 2014.

人間 - 機械協調に向けた航空管制官の技能に関する調査【調査】

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 26 年度

1. はじめに

自動化範囲の拡大が想定される次世代航空交通システムにおいては、人間が期待される任務を遂行可能な状況認識やスキルを維持できるよう、その設計・運用に十分に注意を払う必要がある。また、現行システムについても航空交通流管理の機能拡大等が進んでおり、業務環境の変化に応じた管制官訓練の適切な効率化と強化を図っていくことが求められる。このような検討を客観的に行っていく上では、管制官の技能に関する基盤的な知見を整理することが必要である。また近年、業務に直接関係する専門知識やスキル（テクニカルスキル）のみならず、コミュニケーション／適切な状況認識／リーダーシップ等のテクニカルスキルを補完し、安全かつ効率的に業務を行っていく上で必要とされるスキル（ノン・テクニカルスキル）に関する研究が注目されている。さらには、脳機能イメージング装置を用いた熟練技能研究など、新たな着眼点や研究手法が提案されており、それらの成果を将来的に航空管制分野で活用する可能性についても検討を行っておくことが必要である。

2. 調査の概要

管制官の技能に関する研究動向および研究手法、ならびにその成果の現場への導入状況等を把握することを目的として、以下の調査を実施する。

- ① 文献調査を通じて、管制官のテクニカルスキル、ノン・テクニカルスキルを対象とした先行研究に関する情報を幅広く収集・整理する。
- ② ノン・テクニカルスキルをベースとした安全マネジメントについては、①の文献調査に加えて、大阪航空局・中部空港事務所のご協力を得て現地調査を実施し、その運用方法や実態を調査する。得られた知見を整理すると共に、航空管制の実務者との情報交換や提言を行う。
- ③ 他分野における技能研究の動向調査として、脳科学・心理学・レジリエンスエンジニアリングの専門家から各分野における技能研究について情報提供を受け、それらの知見や研究手法の航空管制分野への応用可能性について検討する。

3. 成果

文献調査を通じて、管制官の基本的な技能の一つである関連航空機の検出（Conflict Judgment）やワークロードに応じた適応的な業務処理方法に関する研究事例、および Threat and Error Management (TEM)や Normal Operation Safety Survey (NOSS)等のノン・テクニカルスキルを基盤とした安全マネジメント手法に関する情報を収集した。また、高度な自動化が導入されている航空機における人間-機械協調に関する問題点やその対応に関する各種文献も収集し、それらのポイントを資料集として整理した。

現地調査は、平成 26 年度中に 2 回（計 4 日間）実施し、飛行場管制業務の概要や、テクニカルスキル／ノン・テクニカルスキルに関する訓練、安全マネジメントの実施状況等についてインタビュー調査を行うと共に、のべ 5 時間以上にわたる飛行場管制業務の現場見学を実施した。また、それらを踏まえた実務者との意見交換を行った。

新たな研究手法を用いた熟練技能研究の例としては、現時点では具体的な成果や研究手法としての信頼性に関する知見の公表には至っていないものの、パイロットを対象とした脳機能イメージング装置を用いた認知科学的研究の計画が紹介されており、今後もその動向について継続的な調査を実施していく予定である。

4. 今後の見通し

本調査を通じて、管制官のテクニカルスキル、ノン・テクニカルスキルに関する研究動向や、その知見の訓練プロセスや安全マネジメントへの導入状況を把握した。また、管制現場におけるさらなる安全性向上に関する高い関心とニーズを確認した。これらの実態を踏まえて、平成 27 年度以降、安全マネジメント手法のより効果的な運用の実現に資する方法論に関する基礎研究（プロセス指向型安全マネジメントに関する研究）を実施する。

掲載文献

- (1) 狩川：日本原子力学会 2015 年春の年会 ヒューマン・マシン・システム研究部会セッション「ヒューマンファクタの観点からの安全に向けた新しい取り組み」招待講演、2015 年年 3 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 25~27 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

TSAT の設定にあたり、不確実性を正確に把握することが必要である。実際のデータから、空港内に存在する不確実性の検証を行い、それをシミュレーションモデルに反映したところ、モデルが実際の運航を模擬できていることが確認された。[3] また、そのシミュレーションモデルを用い、TSAT の設定によりどの程度効率化が実現し、また、遅延が発生しうるかの検証を行った。さらには、TSAT の設定手法を強化学習により改善し、遅延の発生のみを減少させる方法の検討を行った。[2]

3.2 効率的な着陸経路の設定

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。経路長を延伸することにより、その負担を軽減できるものと見込めるが、どの程度経路長を延ばせばいいか、また、それにより燃料消費量にどの程度影響があるかについて検討を行った。その結果、経路長が延びた場合に、ある距離までは燃料消費量の増加はわずかであり、パイロットのワークロード軽減に役立つ可能性が示唆された。

掲載文献

- [1] 森「最適な飛行方式設計に関する研究」CARATS 第 19 回高規格 RNAV 検討 SG.
- [2] Mori, R., "OPTIMAL PUSHBACK TIME WITH EXISTING UNCERTAINTIES AT BUSY AIRPORT," ICAS 2014, 2014.
- [3] Mori, R., "Development of Fast-Time Stochastic Airport Ground and Runway Simulation Model and Its Traffic Analysis," Mathematical Problems in Engineering, Hindawi Publishing Corporation, in press.

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 ○福田 豊, 福島 幸子, マーク ブラウン, 瀬之口 敦,
伊藤 恵理, ビクラマシンハ ナヴィンダ キトマル
研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

1. はじめに

現在、首都圏空域などでは混雑空港への交通集中による到着機の滞留が発生している。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。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。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。

通信・航法・監視技術と情報技術の成果を取り入れた新しい航空交通管理システムの実現は、国土交通省の技術基本計画「航空交通の運航高度化に関する研究開発」にも取り上げられているように、交通・輸送システムの安全性・信頼性等向上に貢献すると期待される。本研究は国土交通省の交通運輸技術開発推進制度により、電子航法研究所を研究代表者として、九州大学、名古屋大学、早稲田大学、茨城大学、構造計画研究所が共同で実施している。本研究は、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を開発することを目的とする。また、シミュレーションにより便益（燃料の節約、飛行時間の短縮、交通容量の増大）を明らかにする。

2. 研究の概要

本研究は3ヵ年計画であり、平成26年度は第1年次である。平成26年度は、主に下記の項目を実施した。

- ・運用コンセプト検討
- ・降下軌道の客観解析
- ・スケジュールリングの検討
- ・気象現象の解析
- ・滑走路容量の解析
- ・航空交通シミュレータの開発

3. 研究成果

初年度は現状の航空交通の解析、基礎的なシミュレーションなどを主な目的として、到着管理システムの運用コンセプトの検討、到着機の運航分析とモデル化、スケジュールリング、気象現象の解析、滑走路容量の特性解析、航空交通シミュレータの開発を実施した。

運用コンセプトの検討では、欧米の到着管理システムの標準的な機能を踏まえつつ、CDO（継続降下運航）による消費燃料低減を目指したスケジュールリングと間隔付けの課題を抽出し、コンセプトの全体的な概要を示した。

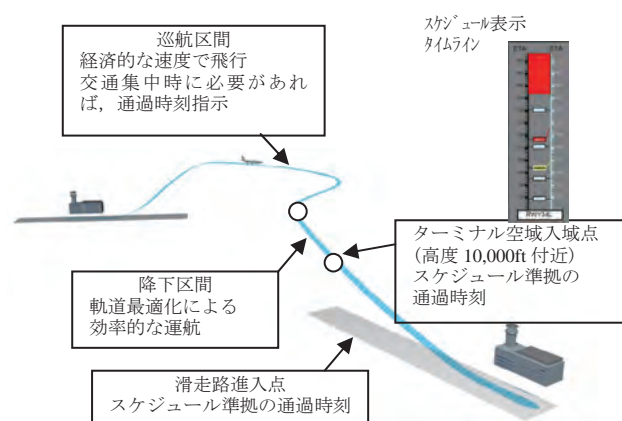


図1 到着管理システムのコンセプト概要

運航分析では、4次元（緯度、経度、高度、時間）自由度を持つ軌道最適化による便益を推定し、時間間隔を確保する不等式拘束条件下の最適化を行っても、燃料消費量の劣化が限定されていることを確認した。また、実際の航空機の運航の特性を把握するため、FMS（飛行管理システム）の機能と性能を確認した。

スケジュールリングでは、CDOの便益を推定し、スケジュールリングの手法を比較検討した。実運航の誤差分散に基づくスケジュールリングと時間管理の方法の有効性を解析により確認した。

気象現象の解析では、気象の影響を分析し、遅延の調査を行った。CDOによる時間調整への気象の影響を分析し、巡航中からの到着機の集中を予測し緩和させる方式を検討した。

滑走路容量に関しては、需要容量バランシングと到着管理の関係を検討し、離着陸順序付けと滑走路容量の実態解析を行った。到着機と出発機の順序を制御することによる容量増加の可能性を示した。

航空交通シミュレータの開発では、コンフリクトフリーの経路生成を開発し、基本的なシナリオで動作を確認した。

これらの研究成果について、国土交通省航空局交通管制部、航空会社、メーカーの実務担当者へ発表し、成果の普及と活用を目指した意見交換を行った。理論的な提案を実際に運用するための課題、国土交通省 CARATS の施策への反映などについて議論した。今後はさらに実態の分析と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たいと考えている。

掲載文献

- (1) 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 回飛行機シンポジウム, 2A08, JSASS-2014-5145, 2014 年 10 月
- (2) A. Harada, T. Kozuka, Y. Miyazawa, N. K. Wickramasinghe, M. Brown, Y. Fukuda, “Analysis of Air Traffic Efficiency Using Dynamic Programming Trajectory Optimization”, 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS2014_0743, 11.7.3, Sept. 2014
- (3) 手塚, 瀬之口, 福田, “アプローチ軌道の平滑化風況モデルを用いた羽田空港到着機の TBO に関する検討” 第 52 回飛行機シンポジウム, 2A01, JSASS-2014-5090, 2014 年 10 月
- (4) 手塚, 瀬之口, “管制空域への流入・流出量に着目した羽田空港到着便の遅延の調査”, 日本機械学会第 23 回交通・物流部門大会(目黒区), 1210, 2014 年 12 月
- (5) 手塚, 瀬之口, “偏西風の影響による羽田空港到着機の到着予定時刻のゆらぎの調査”平成 26 年度航空宇宙空力シンポジウム, 1L9, 2015 年 1 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 26 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ような研究を計画・実施した。

1. カテゴリⅢ着陸に対応した GBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の開発
2. 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
3. GNSS 高度利用のための電離圏データ収集・共有
4. 地上型衛星航法補強システムの設置技術に関する研究
5. 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予備的研究
6. GNSS 広域補強信号サービスのアジア展開に関する研究
7. GBAS を用いた新しい運航に関連した気象の影響に関する調査
8. GNSS 障害時の代替 (APNT) に関する調査
9. 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
10. 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
11. 電離圏リアルタイム 3 次元トモグラフィーへの挑戦
12. 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

1 及び 2 は重点研究、3 から 6 は指定研究、7 及び 8 は調査、9 から 12 は競争的資金による研究である。

1 は、視程の悪い状況下でも滑走路面まで誘導可能なカテゴリⅢ (CAT-Ⅲ) 着陸をサポートする GBAS (地上型補強システム) の実現に必要な安全性設計、解析技術の開発及び認証手法の確立を目指す研究である。

2 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。

3 は、日本に適した GNSS システムを開発していく上で必要な磁気低緯度電離圏擾乱現象の国際的なデータ収集・共有活動を推進し、電離圏脅威モデルを構築するために、国内外で独自観測データを含むデータの収集を行い、データベースを構築する研究である。

4 は、GBAS 装置を空港へ設置するために必要な技術を開発し、周辺環境等からのマルチパス波による影響、PPD (個人用保護デバイス) 等による電波干渉源の影響を定量的に明らかにする研究である。

5 は、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に有効な要素技術の調査や技術的要件の検討を行う研究である。

6 は、日本近傍に限られている準天頂衛星補強信号 (QZSS L1-SAIF) 及び MSAS などの GPS 補強システムのサービスエリアをアジア地域へ広げるために必要となる検討を行う研究である。

7 は、GBAS を活用した後方乱気流の回避とターミナルエリアにおける 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調査研究である。

8 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調査研究である。

9 は、中緯度電離圏における中規模伝搬性電離圏擾乱の生成機構をロケット・地上連携観測により明らかにする研究である。

10 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 発生機構の謎を解く研究である。

11 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。

12 は、QZSS の利用によって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。

II 試験研究の実施状況

4 ヶ年計画の最終年度にあたる「カテゴリⅢ着陸に対応した GBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の開発」では、平成 25 年度に製造を完了し、新石垣空港へ設置した GAST-D 地上プロトタイプについて空港環境下で長期安定性試験を行った。また、GAST-D 機上評価装置を用いて新石垣空港周辺で飛行実験を実施し、電離圏擾乱 (プラズマバブル) 発生下を含む実験データを取得し、地上と機上モニタによる電離圏脅威の軽減策の有効性を実証した。

5ヶ年計画の2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、飛行実験を実施しGLS曲線セグメント(TAP)の課題を抽出した。また、RNP to xLS経路設計の計算ツールを開発し、フライトシミュレータによる検証を行った。さらに、GLS衝突危険度モデル開発のため操縦モデルを検討し、操縦経験者によるシミュレータ操縦実験から操縦モデルの大枠を決定した。

4ヶ年計画の最終年度にあたる「GNSS高度利用のための電離圏データ収集・共有」では、ICAOアジア太平洋事務局と協力して電離圏データの収集・共有を完了した。また、電離圏遅延量リアルタイム解析プロトタイプを開発するとともに、共同研究により、タイとインドネシアの電離圏勾配観測を実施した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「地上型衛星航法補強システムの設置技術に関する研究」では、GBAS基準局に対する周辺物件からのマルチパスによる影響や電波干渉源からの影響を、シミュレーション、実験等を実施し評価を行い、周辺物件や電波干渉源からの離隔距離を検討し、定量的なGBAS基準局の設置条件を示した。

単年度計画の「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予備的研究」では、マルチGNSS環境に対応した補強システムの課題の抽出、宇宙天気情報の利用の効果を検証するためのデータ収集を実施した。

2ヶ年計画の最終年度にあたる「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、改良アルゴリズムのシミュレーション計算によるアベイラビリティの評価および測位精度評価を行った。また、シンガポールでの実観測データによる測位精度評価を行った。

2ヶ年計画の最終年度にあたる「GBASを用いた新しい運航に関連した気象の影響に関する調査」では、豪雨による空港の滑走路切り替え等の交通流に与えた影響を調査して課題抽出を行った。また、ターミナルエリアにおける新しい運航として気象監視予測情報を利用した飛行方式の設計についてその概念を検討した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「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」では、電離圏擾乱のリアルタイムモニタシステムを開発し、ロケット実験の成功に貢献した。また、電離圏擾乱の詳細解析を行い、ロケット観測データと符合する結果が得られた。

3ヶ年計画の2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、インドネシアにおける電離圏勾配の精密解析を実施し、その特性及び解析手法の改良点を明らかにした。

3ヶ年計画の初年度にあたる「電離圏リアルタイム3次元トモグラフィーへの挑戦」では、3次元トモグラフィーのリアルタイム解析システムの設計を実施した。

2ヶ年計画の初年度にあたる「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、タイ・バンコクにおいて車両による実験を実施し、補強を施した場合の測位精度を評価した。

III 試験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

当領域の航法システムに関する研究課題は、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するとともに、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)

カテゴリⅢ着陸に対応したGBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の開発【重点研究】

担当領域	航法システム領域
担当者	○吉原 貴之, 齋藤 享, 毛塚 敦, 星野尾 一明, 福島 荘之介, 齋藤 真二
研究期間	平成23年度～平成26年度

1. はじめに

航空機の出発から到着までの全ての運航フェーズにおいて、GNSSを用いたシームレスな航法サービスの提供が期待されている。その中で、最も高い安全性が要求される視程の悪い状況下でも滑走路面まで誘導可能なカテゴリⅢ (CAT-Ⅲ) 着陸をサポートするGNSS航法システムの開発が必要とされている。GBAS (地上型補強システム) は航空機を安全に着陸誘導するGNSS航法システムであり、空港内のGNSS基準局で受信したGNSS衛星毎に含まれる誤差等の補正情報とともに、衛星故障や伝搬異常といった安全性に関わる異常を監視し、補強情報としてVHFデータ放送 (VDB) で航空機に送信する。航空機ではそのVDB情報と機上のGNSS受信信号とを合わせて測位する。

現在、決心高60mまで誘導可能なCAT-Iが諸外国で導入され、CAT-Ⅲについても国際民間航空機関 (ICAO) で国際標準及び勧告 (SARPs) 案の検討を航法システムパネル (NSP) 作業部会で進めている。平成22年5月にGNSSのL1信号を利用したCAT-Ⅲ GBAS (GAST-D) について、技術検証済みのSARPs原案が策定されて以降、運用面も含めた検証作業に移行した。なお、米国、欧州、日本でプロトタイプ製作まで踏み込んだ検証を行っている。なお、この検証作業も平成26年度末でほぼ完了し、一部の未検証項目も平成27年10月頃までに完了予定である。

GAST-D SARPs原案には、ILS (計器着陸システム) によるCAT-Ⅲと同等な極めて高い安全性要件が規定されており、地上側のインテグリティ要件はCAT-Ⅰ GBAS (GAST-C) が $1\text{-}2\times 10^{-7}$ であるのに対して、 $1\text{-}1\times 10^{-9}$ (ただし、後述の電離圏脅威の軽減に関連した機体側要件を含む) と2桁異なる。また、GBASが使用不可な状態になってから航空機側で警報を発するまでの時間 (TTA; Time-to-Alert) も6秒から3秒と短縮されている。GBASにおいて、GNSS信号の電離圏遅延の空間変化 (空間勾配) は測位性能を劣化させ、システム設計で考慮する通常状態の範囲を超える大きな空間勾配 (電離圏異常) が存在する場合には安全性への脅威となる。このため、GAST-Dではこの電離圏脅威を軽減するため、GAST-Cで地上側のみで検出している電離圏異常について、機上装置でも行って電離圏脅威の軽減を図っている。

2. 研究の概要

本研究は、GAST-DのSARPs原案の妥当性検証とともに日本にGAST-Dを導入する際に必要となる安全性設計、解析及び検証技術と認証手法を確立することを目的として以下の3つの項目を実施した。

- ① GAST-D地上プロトタイプの開発
- ② GAST-D機上装置の開発
- ③ 電離圏脅威モデルの検証と高度化

まず①に関して、システムの安全性評価で設計と検証は表裏一体の関係にあり、プロトタイプを開発しながら安全性評価をする必要がある。その際、SARPs原案の各々の要件について、実証を含めて内容が必要十分であるかの妥当性検証を行とともに、製造後は空港環境下に設置し、長期データ収集による安定性試験を行う。②について、GAST-D地上プロトタイプからの放送メッセージを機上で受信して測位計算を行う機上評価装置を開発し、飛行実験を実施する。これにより、地上及び機上で連携して電離圏異常を検出し、電離圏脅威の軽減を図るというGAST-Dの核心となる概念を実証する。③に関しては、SARPs原案策定時にICAO NSP作業部会に当研究所がボーイング社等と共同提案した全世界に適合する電離圏脅威モデルについて、その妥当性を検証するとともに高度化を図る。すなわち、太陽活動活発期における磁気低緯度地を含めたデータ収集・共有を進め、不足しているGNSS観測点網の成熟期以降の太陽活動度極大期における観測データを用いて電離圏脅威モデルを検証して高度化する。

これらの結果をSARPs原案の検証結果としてICAOに提示することにより、日本が位置する磁気低緯度地域の環境にも対応した国際標準の策定に寄与する。なお、新石垣空港での検証実験は世界で唯一となる磁気低緯度地域でのSARPs原案の検証となる。また、インテグリティモニタ等の設計検証をとおして獲得した安全性設計、解析及び検証技術は、日本にGAST-Dが導入される際に活用する。

3. 研究成果

3.1 GAST-D地上プロトタイプの長期安定性試験

平成25年9月に製造を完了し、平成26年2月新石垣空港に設置したGAST-D地上プロトタイプについて空港環境下で

長期安定性試験を行った。具体的には、測位精度（信頼区間95%）等の基本性能の評価に加えて、製造時に建物屋上等の空港とは異なる環境で取得したデータを基に設計検証した項目について安全性評価の一連の手順として再検証した。測位精度は、GAST-D要件が横方向16m、垂直方向4mであるのに対し、異なる季節（3月と8月）の1週間程度の静止点連続データを用いた解析では横方向0.2m、垂直方向0.5mとなり、十分満たしていることが確認された。

空港環境下での取得したデータを使用して再検証した項目に電離圏空間勾配モニタが挙げられる。これは、複数基線を用いた解析により、電離圏遅延の空間勾配の大きさと方向を推定するとともに、それら推定解の整合性検証が可能である。新石垣空港の実測データを用いた解析により、当初は想定していなかった対流圏遅延の空間勾配が、電離圏異常検出の誤警報要因となることが明らかとなった。これは欧米でも報告されており、現象の水平スケールを判定基準に導入する等の誤警報対策が必要であるため、ICAO NSP作業部会においても平成27年10月頃まで完了すべき継続課題となっている。この対流圏遅延の影響を除けば、本研究で開発した電離圏空間勾配モニタは、誤警報確率が 2×10^{-7} 以下、未検出確率 10^{-9} 以下の検出性能を達成可能であり、GAST-D要件を満たすことを確認した。なお、信号歪モニタに関しても空港環境下で取得したデータで再検証し、低仰角衛星（5度～10度）については現在使用しているチョークリングアンテナでは要件を満たすことが困難であるが、低仰角マルチパスの低減効果の高いアンテナ（MLA）を採用することにより達成の見通しを得た。

3.2 滑走路上の電界強度測定のための地上実験

GAST-Dでは自動着陸に加えて滑走路離脱まで支援する必要があり、滑走路上のVDB覆域要件も重要な検証項目となる。そのため、実験車両を用いて滑走路上の電界強度を測定する地上実験を実施し、その実測データとレイトレーションによるシミュレーション結果を比較検証した。その結果、滑走路上で実測された電界強度の低下がVDB送信アンテナと滑走路間の建物による影響であることが対応付けられた。国際的にも大規模空港では複雑な建物群の影響を評価しつつ最適なVDBアンテナの設置場所を検討（サイティング）する必要性が指摘されていることから本手法は1つの有用な解決手法であることが示された。

3.3 機上評価装置を用いた飛行実験

機上評価装置は平成25年度に製作及び航空機へ搭載し、平成26年3月に1回目の飛行実験を前倒し実施したが、平成

26年度もプラズマバブルと呼ばれる電離圏擾乱の発生頻度が高い秋季（9月）に2回目の飛行実験を実施した。なお、平成25年度に開発した評価関数で機上側の測位計算に用いるGNSS衛星の組み合わせに順位づけをするアルゴリズムを機上評価装置の計算処理ソフトウェアに実装した。

飛行実験では昼間3回、夜間4回の合計7フライトを実施し、夜間2回のフライトにおいてプラズマバブル発生下で実験データの取得に成功した。なお、飛行実験の実施にあたっては石垣市内に設置運用している電離圏シンチレーション稠密観測装置及び大気光イメージャによるプラズマバブル観測と統合した総合的な評価を実施した。このうち、平成26年9月23日夜間のフライトについて、大気光イメージャ等から確認できるプラズマバブル発生下の飛行実験データの解析から、機上の電離圏異常検出モニタの水平及び垂直方向の出力値がこの電離圏擾乱の影響で特に垂直方向で明瞭に増大することが確認された。これはGAST-Dの機上電離圏異常モニタが設計どおりに電離圏擾乱に反応していることを示すものであり、電離圏脅威を地上と機上で連携して安全性を担保するというGAST-Dの核心となる概念の有効性を世界で初めて実証するものである。

3.4 電離圏脅威モデルの検証と高度化

前年度までに、日本付近における電離圏空間勾配の大きさ、発生頻度について仰角及び方位角特性の調査を行い、南側の低仰角に大きな空間勾配、発生頻度とも集中していることが明らかとなった。平成26年度は電離圏観測データ解析を推進し、日本付近の電離圏空間勾配の特性を調査してSARPs原案策定時の想定範囲（500mm/km）を超える空間勾配（518mm/km）を発見した。これはプラズマバブルによるものである。

3.5 SARPs原案の検証結果のICAOへの提示

これらの結果は逐次ICAO NSP作業部会にフィードバックした。具体的には、電離圏空間勾配モニタの検証で日本においても対流圏遅延による誤警報の影響が存在することを示した。また、電離圏脅威モデルの検証と滑走路上のVDB覆域をシミュレーションの検証結果を提示し、それぞれGAST-D国際標準案のガイダンスマテリアルに追記された。なお、3.3節で述べた電離圏擾乱下で地上と機上の連携による電離圏脅威の軽減策の有効性を実証した結果を世界で初めて提示したのは当研究所の大きな成果と言える。これらに加え、ICAO NSP作業部会におけるSARPs原案の実質的な最終とりまとめた会議を国土交通省航空局と協力し、平成27年2月に石垣市へ招致した。

3.6 超小型基準信号発信器 (CSAC) の活用

CSAC (Chip Scale Atomic Clock) は安定した基準信号を供給し、地上プロトタイプのGNSS基準局への入力信号として選択的に使用できる。CSACを用いるとGNSS受信機内部の時計誤差変動が小さくなるため、電離圏空間勾配モニタのカルマンフィルタの時計誤差モデルの簡素化や、受信データの信頼性向上により、複数受信機故障モニタにおける2局同時のマルチパス検出の性能向上が期待される。ENACインターン生がCSACをGNSS受信機への基準信号とした場合について特性調査を担当し、その後、空港内で取得した3ヶ月程度の実測データを使用して基本的な特性を評価した結果、時計ドリフトの傾きが0.3m/s程度で分散が0.03m/sと安定していることが確認された。今後、上記モニタの性能向上について数値評価を行う予定である。

3.7 GNSS基準局への積雪、着雪の影響調査

GAST-Dプロトタイプ設計検証の一環として積雪、着雪リスク評価を実施している。前年度までの成果からGNSS基準局アンテナへの着雪は電離圏空間勾配モニタ等への誤警報要因となりうることから適切な対策が必要であることがわかっている。平成26年度は、積雪面からの反射についてマルチパス低減アンテナ (MLA) 2式を用いた冬季実験を実施した。

4. まとめ

ICAO NSP作業部会で継続実施される電離圏空間勾配モニタに関連した対流圏勾配による誤警報対策等の一部検証作業は平成27年10月までに完了を目指しており、当研究所もこの活動に継続参加する予定である。GAST-D地上プロトタイプの長期安定性試験について、主要なリスク、インテグリティモニタ以外についての長期データによる評価や磁気低緯度地域でのGBAS運用の視点から引き続き危険な事象が発生しないかHMI (Hazardous Misleading Information) 解析を継続することとしたい。本研究で得られた成果は、今後、日本にGAST-Dを導入する際に必要な認証活動への参画する等の成果の活用が期待される。また、機上評価装置の開発で得た知見を今後の新機能追加に向けた国際標準化活動 (ICAO, RTCA等) への積極的な参画に活用していくことが期待できる。

掲載文献

- (1) J. Burns, S. Saito et al., “Ionospheric effects on GBAS and mitigation technique”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, May 2011.
- (2) T. Yoshihara and S. Saito, “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, May 2011.
- (3) S. Saito, “Validation of ionospheric threat model with observed ionospheric gradients associated with plasma bubble”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, Dec. 2011.
- (4) T. Yoshihara, et al., “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, Dec. 2011.
- (5) T. Yoshihara, et al., “GBAS Glide Path Angle lower than 3.0”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, Dec. 2011.
- (6) T. Yoshihara, et al., “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, May 2012.
- (7) T. Yoshihara, et al., “ENRI’s GAST-D Validation Program”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, May 2012.
- (8) S. Saito and T. Yoshihara, “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, APANPIRG CNS/MET Subgroup/16, Bangkok, Thailand, July 2012.
- (9) T. Yoshihara, et al., “GAST-D validation program of ENRI”, 13th International GBAS Working Group (I-GWG/13), Langen, Germany, August 2012.
- (10) 吉原ほか, “GBAS に対する積雪、着雪リスク評価実験の初期結果”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-2-33, 富山市, 2012年9月
- (11) M. Steen et al., “GBAS Curved Approach Procedures: Advantages, Challenges and Applicability”, 28th ICAS Congress, ICAS 2012-4.9.2, Brisbane, Australia, Sept. 2012.
- (12) S. Saito, et al., “Absolute gradient monitoring for GAST-D with a single-frequency carrier-phase based and code-aided technique”, Proc. of ION GNSS 2012, pp.2184-2190, Nashville, TN, Sept. 2012.
- (13) T. Yoshihara, et al., “GAST-D Integrity Risks of Snow Accumulation on GBAS Reference Antennas and Multipath Effects Due to Snow-surface Reflection”, Proc. of ION ITM 2013, pp.112-120, San Diego, CA, Jan. 2013.
- (14) S. Saito, et al., “Area Covered by an Ephemeris Monitor”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, March 2013.
- (15) T. Yoshihara, et al., “Japanese GAST-D operational validation program in an ionospheric active region”, ICAO NSP WG, Montreal, Canada, March 2013.
- (16) 吉原ほか, “カテゴリ III GBAS (GAST-D) の日本におけるリスク検討”, 第13回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.9-12, 2013年6月

- (17) 星野尾ほか, “航空用 GPS 補強システム(SBAS/GBAS)における安全性”, 信頼性, vol.35, pp.307-314, 2013 年 8 月
- (18) S. Saito et al., “ENRI GAST-D Program Update”, I-GWG/14, Everett, WA, June 2013
- (19) 毛塚ほか, “航空機の GNSS 航法の代替システムとしての DME/DME 測位における大気伝搬遅延誤差の評価方法に関する一検討”, 信学技報, SANE, Vol.113, No.165, pp.17-21, 2013 年 7 月
- (20) 吉原ほか, “積雪面上及び埋雪アンテナによる GNSS 受信信号に対する積雪の影響評価のための冬季実験”, 信学技報, SANE, Vol.113, No.184, pp.5-9, 2013 年 8 月
- (21) 毛塚ほか, “測距信号の低仰角方向への伝搬における大気伝搬遅延誤差のレイトレーシング解析”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-2, 福岡市, 2013 年 9 月
- (22) 吉原ほか, “超小型量子発振器の GPS 受信機における利用”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, AS-2-2, 福岡市, 2013 年 9 月
- (23) T. Yoshihara et al., “A Program of GAST-D Operational Validation in an Ionospheric Active Region of Japan”, International Symposium on Precision Approach and Performance Based Navigation 2013 (ISPA 2013), Session 3-4, Berlin, Germany, October 2013
- (24) T. Yoshihara and S. Saito, “Status of GAST-D operational validation program in a low latitude region”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, November 2013
- (25) T. Yoshihara et al., “A Study on Practical Use of CSAC (Chip Scale Atomic Clock) for GBAS ground subsystem”, Proc. of ION ITM 2014, pp.657-661, San Diego, CA, January 2014
- (26) 毛塚ほか, “梅雨期における測距誤差変動の球状成層大気モデルを用いた解析”, 電子情報通信学会総合大会, B-1-4, 新潟市, 2014 年 3 月
- (27) 吉原ほか, “冬季実験データを用いた GNSS アンテナへの着雪による測位誤差評価”, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SGD21-08, 千葉市, 2014 年 4 月
- (28) T. Yoshihara and S. Saito, “Status report of GAST-D operational validation in Japan”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, May 2014
- (29) 吉原ほか, “カテゴリ III GBAS(GAST-D)研究用地上装置の開発と新石垣空港への設置”, 航空無線, No.80, pp.43-47, 2014 年 6 月
- (30) 吉原ほか, “カテゴリ III GBAS 地上装置のプロトタイプ開発”, 第 14 回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.93-98, 2014 年 6 月
- (31) 齋藤ほか, “GAST-D 機上実験装置の開発と評価”, 平成第 14 回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.99-104, 2014 年 6 月
- (32) S. Saito, “GBAS Activities of ENRI”, I-GWG/15, EUROCONTROL Experimental Centre, France, June 2014
- (33) S. Saito, et al., “GAST-D ground/air experimental systems and flight experiment”, I-GWG/15, June 2014
- (34) S. Saito, et al., “Effects of snow on GBAS reference stations”, I-GWG/15, June 2014
- (35) 吉原ほか, “GNSS 受信データに対する積雪、着雪の影響評価に関する研究”, 信学技報, vol.114, no.194, pp.89-92, 2014 年 8 月
- (36) S. Saito, et al., “Performance improvement of GAST-D airborne monitor algorithms under disturbed ionospheric conditions”, Proc. of ION GNSS+ 2014, pp.815-821, Tampa, FL, Sept. 2014
- (37) T. Yoshihara, et al., “Status report of GAST-D operational validation in Japan”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, Sept. 2014
- (38) A. Kezuka, et al., “VDB coverage measurement at New Ishigaki Airport”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, Sept. 2014
- (39) T. Yoshihara, “GNSS Landing System in the Low Magnetic Latitude Region”, 信学技報, vol.114, no.264, pp.51-54, 2014 年 10 月
- (40) 吉原ほか, “高カテゴリーGBAS の開発状況”, 平成 26 年度電子航法研究所講演会, 2014 年 11 月
- (41) T. Yoshihara, et al., “A Study on Integrity Improvement of GBAS Ground Subsystem Using CSAC (Chip Scale Atomic Clock)”, Proc. of ION ITM 2015, pp.593-599, Dana Point, CA, Jan. 2015
- (42) A. Kezuka, et al., “Analysis of VDB signal strength above runway surface at New Ishigaki Airport”, ICAO NSP CSG, Ishigaki, Japan, Feb. 2015
- (43) S. Saito, et al., “Tropospheric gradient observed in Ishigaki, Japan and the response of the Ionospheric Spatial Gradient Monitor”, ICAO NSP CSG, Ishigaki, Japan, Feb. 2015

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 (航空交通管理領域), 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) GBAS 基本性能と GLS TAP の飛行評価実験

仙台空港において, 震災後復旧した GBAS 地上装置を利用して, 飛行実験を当所実験用航空機(よつば)により, H26 年 12 月と H27 年 3 月の 2 回, 各 1 週間の飛行実験を実施した。実験は, 主に GBAS 基本性能を把握するため, GLS 進入コースの形成, 所要 VDB (VHF Data Broadcast) 覆域の計測を行い, 地上 GBAS 装置が予定した性能を持つことを飛行により確認した。図 1 に VDB 覆域確認のた



図 1 : 仙台空港における GLS 飛行実験経路

めのオービット飛行, 海上でのレベル飛行, GLS 経路での進入とタッチアンドゴーの飛行経路を示す。また, 仙台空港に設定された RNAV AR APCH 経路をオーバーレイし, RNAV 経路をシミュレートする飛行を実施して GLS データを計測した。さらに, 12 月の実験は, JAXA ドルニエ機との共同実験とし, 当所の GBAS 地上装置から放送する複数の TAP 経路上をオートパイロットで飛行する実証を実施した。これらの実験は, TAP 曲線経路の設計に対する課題を抽出することを 1 つの目的としているが, これまでの実験によって, TAP 方式の RF (円弧旋回) レグと TF (Track to Fix) レグの不整合がみつかり, 今後, 経路設計と偏差の算出方法について検討を進める予定である。

(2) ジェット旅客機を模擬したフライトシミュレータによる RNP to GLS 方式の検証

全日本空輸 (株) の所有する操縦訓練などを目的とする B787 フライトシミュレータを利用した検証実験を実施した。本シミュレータは, FMS に航法データベースを設定し, RNP の RF 旋回を飛行する機能に加え, 関西空港の GBAS 地上装置により, GLS による最終進入経路を飛行することが模擬可能である。このため, RNP の RF レグと GLS の最終進入セグメントを接続する標準的な経路をコーディングして FMS にロードし, 実機と同様の動作が保証された AFDS (Autopilot and Flight Director System) を利用して, 設計経路上を模擬飛行した。

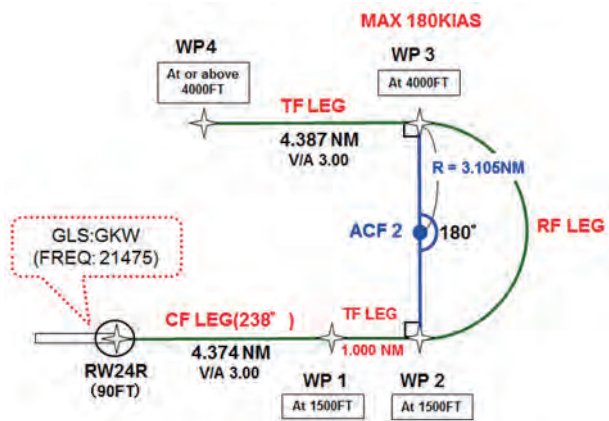


図2：RNPのRFレグとGLS最終進入セグメントを接続する経路の例

設計経路の一例を図2に示す。この他、実験当初はRFレグを直接最終進入に接続する経路を設計したが、パイロットとの意見交換により本検証では、RFレグの終わりに一定高度のTFレグを挿入し、GLSのグライドスロープ(GS)に下から会合する経路を設計した。従来、FAAの諮問機関であるPARC(Performance based Operation Aviation Rulemaking Committee)の検討では、海面気温による気圧高度の変化がGSへの会合に与える影響が大きく、我々の検討でもGLSのローカライザ(LOC)とGSのキャプチャがほぼ同時に起こることが課題であった。ILSのGSにはLOCコース外で保証がなく、先にGSにキャプチャすることは認められていない。GLSにおいては保証があるが、現状ではILSと同様の運航が望まれる。そこで、本経路の設計では、海面気温を変化させた場合に設計経路の高度プロファイルを計算可能なツールを作成した。ツールは大地を球面と扱い、国際標準大気モデル(ISA)で高度を計算する。この結果、海面気温が国内の最高気温以上(45℃)でも、GS偏移指示(ポインタ)が中央より上側に表示される(すなわち、機体が3°のGS面よりも下側に入る)ことを条件とし、RFレグの降下角を2.4度とした。この条件は、パイロットとの意見交換により得られた。

図3に基準気温をISA-45(-30℃)~ISA+30(+45℃)まで変化させた試行の飛行高度(青実線)を示す。検証結果の高度と計算値(マゼンタ実線)は、よく一致した。また、AFDSのLOCキャプチャは全ての試行でWP2へ1.0NM位置で発生し、GSキャプチャは気温に依存するが、ISA(+15℃)~ISA+30(+45℃)ではWP1とWP2間(TFレグ上)で生じた。ISA-30(-15℃)、ISA-45(-30℃)ではWP1の先でGSキャプチャした。

この結果、RFレグの降下角を決定してGSに会合可能

な経路の設計が可能となった。また、ARINC424コーディングとバンダーの品質チェックに関する制約を検討する必要があり、特にRNP to ILSについてはRNP to GLSより制約が強いため、今後の課題となる。

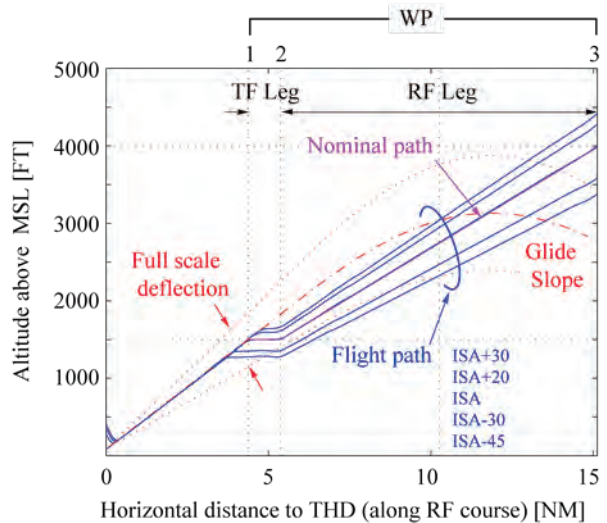


図3：海面気温を可変した場合の飛行高度(海面高)とGLSグライドスロープの関係

(3) モンテカルロ・シミュレーションツールと人間操縦モデルの基本設計

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、昨年度は東京大学・JAXAとの共同研究を締結し、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た。本年度は、本シミュレータによりJAXAおよび航空会社のB747・B767操縦経験者による評価実験を実施し、実験データから操縦モデルの大枠を決定した。また、反力付きシミュレータにインターセプトおよびオートパイロットの機能を追加した(図4)。



図4：反力付きシミュレータの表示画面
(左)プライマリーフライトディスプレイ、(右)ナビゲーションディスプレイ

4. おわりに

本年度の主な成果は、(1) 飛行実験により GLS 曲線セグメント (TAP) のレグ接合に関する課題を抽出し、(2) 計算ツールとフライトシミュレータによる検証により、気温変動に依存されるキャプチャ可能な RNP to xLS 経路の設計を可能とし、(3) GLS 衝突危険度モデル開発のため操縦モデルを検討し、操縦経験者によるシミュレータ操縦実験から操縦モデルの大枠を決定したことである。

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, “確率的離散的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.

GNSS 高度利用のための電離圏データ収集・共有【指定研究 A】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤 享, 吉原 貴之, 毛塚 敦, 星野尾 一明
研究期間 平成 23 年度～平成 26 年度

1. はじめに

プラズマバブルに代表される低緯度電離圏擾乱現象の衛星航法に対する影響の重要性の認識は広がってきており、ICAO、IGWG 等の場においても観測によるデータ収集と解析データの共有を推進することが共通認識となっている。特に ICAO アジア太平洋地域においては、低緯度電離圏擾乱に関するデータ収集・共有活動が具体化しており、現在の太陽活動極大期において観測・研究の経験が豊富な日本が技術的なリーダーシップをとるよう要請されている。また、ICAO 本部においても、地域間の協調した電離圏データ収集・共有の必要性が認識されており、これらの中で日本は主導的な役割を果たしていく必要がある。

同時に、日本に適した GBAS、SBAS などのシステムを開発していく上で、日本に影響する電離圏異常を電離圏脅威モデルに組み入れるため、日本付近の電離圏データを収集し蓄積していくことは重要である。このようなデータ収集は、複数の研究テーマが共同で利用する、研究所の基盤的な設備として整備される必要がある。

2. 研究の概要

本研究の目的は、低緯度電離圏擾乱現象の国際的なデータ収集・共有活動を推進し低緯度電離圏の特性を取り入れた電離圏脅威モデルを構築するとともに、国内外で独自観測データを含むデータの収集を行い、電子航法研究所の研究基盤となる、複数の研究テーマによる有効利用が可能なデータベースを構築することである。

国際的に協調してデータ収集・共有を行うことにより、単独でデータ収集を行うことに比べてはるかに多くのデータを蓄積し、低緯度電離圏擾乱現象をよりの確に反映した電離圏脅威モデルの開発を行う。

また、国際的な電離圏データ収集・共有活動を主導的に進めることにより、国際会議等の場での日本のプレゼンスを強化し、電子航法研究所の理念である世界に通じる中核的研究機関として社会に貢献する。

3. 研究の方法

本研究は、以下の 5 つの項目からなる。

- (1) 磁気低緯度（タイ）において電離圏勾配観測を行い、データを蓄積する。
- (2) 電離圏観測装置の集積地（インドネシア）において電離圏勾配観測を行い、データを蓄積する。
- (3) 日本国内の電離圏遅延及び勾配観測データを収集し、研究基盤となるデータベースを構築する。
- (4) ICAO アジア太平洋事務局と協力して電離圏データの収集・共有の体制を整える。
- (5) 上記(1)～(4)項目をふまえ、低緯度地域の特性を反映した電離圏脅威モデルを構築する

3. 研究の成果

3.1 タイにおける電離圏勾配観測

タイにおいては、同国モンクット王工科大学ラカバン (KMITL) と電離圏全電子数(GNSS における電離圏遅延量に対応)に関する共同研究に基づき、平成 23 年 7 月以降バンコク国際空港近傍の KMITL 周辺における短基線電離圏勾配観測を行っている。平成 26 年度は、引き続き短基線電離圏勾配観測を継続するとともに、KMITL と協力して観測データの解析を進めている。平成 25 年度にまとめられた初期結果を元に、さらに解析を進めた結果を KMITL の研究者を主著として論文にまとめ、国際査読論文誌に投稿を準備しているところである。

3.2 インドネシアにおける電離圏勾配観測

世界的な低緯度電離圏観測装置の集積地であるインドネシア・スマトラ島の京都大学赤道大気観測所において、名古屋大学、京都大学等と協力し、短基線電離圏勾配観測を平成 24 年 10 月から継続して行っている。

また本研究に関して、インドネシア科学技術省の研修プログラムによる研修生を平成 24～26 年度にインドネシア航空宇宙庁(LAPAN)から 1 名ずつ受け入れている。平成 26 年度は、プラズマバブルの構造と電離圏シンチレーションの発生の関係（平成 25 年度研修研究の発展）の解析を論文にまとめた[31]他、平成 26 年度の研修研究として、プラズマバブルの VHF レーダー検出を GBAS の外部モニタとして活用する手法をインドネシアに適用する研究を進めている。

3.3 日本国内におけるデータ収集

平成 26 年 4 月に、平成 25 年 5 月まで与那国島に設置されていた大気光全天イメージャを石垣市立崎枝小中学校に移設し、観測を開始した。

平成 27 年 9 月に行われた新石垣空港における GAST-D 飛行実験においては、石垣市内の観測点による電離圏シンチレーション観測と大気光全天イメージャ観測のデータをリアルタイムで監視できるシステムを構築し、飛行実験中の電離圏擾乱の発生を監視し、プラズマバブルの発生の有無を確認したうえで GAST-D 飛行実験を可能にした(図 1)。

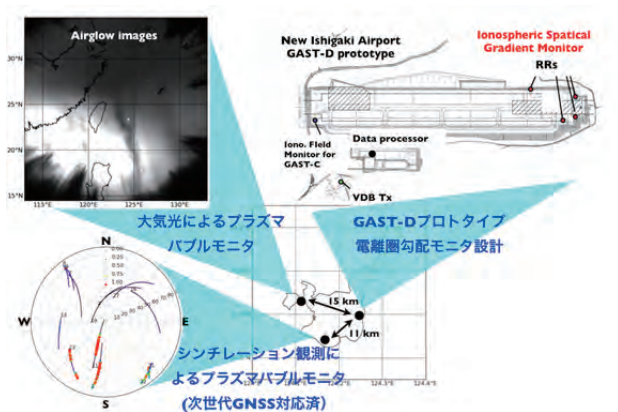


図 1 GAST-D 飛行実験のための石垣島における観測体制

さらに、名古屋大学と協力して与那国島において大気光全天イメージャにより観測された中緯度中規模電離圏擾乱の特性について解析を行い、電離圏擾乱の伝播の低緯度側の限界に関する知見を得、国際査読論文誌に発表した[32]。

GEONET1 秒値は、競争的資金による研究「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」において、電離圏全電子数変動成分のリアルタイム監視のために活用するとともに(図 2)、平成 26 年度から開始した競争的資金による研究「電離圏リアルタイム 3 次元トモグラフィーへの挑戦」においても活用する。

また、所内研究基盤としてのデータベース整備を進めた。所内ネットワーク向けのデータポータル web ページを作成し、電離圏全電子数の擾乱成分、電離圏シンチレーション、大気光全天イメージャデータ(名古屋大学において整備)を、日時を指定して検索を可能とした。今後、海外の観測点のデータの取り込み、インターフェースの改良等を行っていく予定である。

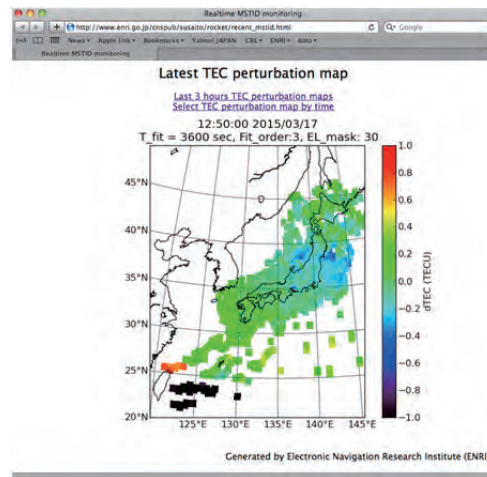


図 2 GEONET 1 秒値を用いた電離圏擾乱リアルタイム監視及び過去データ参照システム

3.4 国際的な電離圏データ収集・共有

これまでに ICAO アジア太平洋地域本部と協力して国際的に協調してデータ収集・共有に向けた活動を進めている。平成 23 年以来、電離圏データ収集・解析・共有を進めるタスクフォース(Ionospheric Study Task Force: ISTF)の議長を継続的に務めている。

ICAO アジア太平洋地域事務所と協力し、3 回の電話会議を重ねるとともに第 5 回 ISTF 会議を石垣島において開催した(図 3)。アジア太平洋地域のデータ収集・共有を進め、当所に設置したデータサーバに 5 ヶ国・地域及び APEC GIT テストベッドのデータの集積ができた。さらに、データフォーマットの共通化、解析ツールの共通化を行い、脅威モデルの構築に必要なデータ解析の準備を完了した。さらに、データ解析を進め、低緯度地域の電離圏環境に対応した電離圏脅威モデルの必要性が確認できた。

最終的な目的としていた電離圏脅威モデルの構築については、データ共有、解析における各国間の調整に予想以上に時間がかかり、本研究の期間中に完了することはできなかった。解析の準備は整ったところであり、平成 27 年度も活動を進め、同年度中に完了できる見込みである。

4. 考察等

研究を通して、タイ、インドネシアとの研究協力を進め、両国における電離圏勾配観測を開始し、そのデータ解析を進めることで磁気低緯度域における電離圏勾配の特徴を明らかにするための重要な結果が得られた。



図3 ISTF/5会議(石垣, 平成27年2月16~18日)

国内においては、石垣島に設置した当所の観測点によるデータ収集と、GEONET 1秒値のデータ収集を中心として観測を進めた。特筆すべき結果として、石垣島の観測データを用いて GAST-D プロトタイプ的设计に必要なパラメータを決定したこと、電離圏擾乱のリアルタイムモニタにより電離圏擾乱発生中の GAST-D 飛行実験を可能にしたことが挙げられる。さらに、所内でのデータの有効活用のためのデータベースを構築し、改良を進めている。

国際的な電離圏データ収集・共有においては、ICAO アジア太平洋地域事務所と協力して、ISTF を議長として主導してきた。データ収集、共有については完了し、解析については手法の確立、初期解析までを完了した。最終的な目的としていた電離圏脅威モデルの構築については、各国間の調整に予想以上に時間がかかり予定より遅れたが、平成27年度中には完了する見込みである。

掲載論文(平成23~26年度)

- [1] 齋藤他, プラズマバブルに伴う電離圏不規則構造の衛星航法に対する影響とその発生の日々変動に関する研究, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2011年5月
- [2] 齋藤(京大)他, Acoustic resonance and plasma depletion detected by GPS total electron content observation after the 2011 Tohoku Earthquake (2011年東北地震後にGPS電離圏全電子数観測においてみられた音波共鳴とプラズマ密度減少について), Earth Planets Space, 63, 863-867, 2011
- [3] 齋藤, Ionospheric data collection, analysis, and sharing to facilitate GNSS implementation in the Asia-Pacific region (アジア太平洋地域におけるGNSS導入推進のための電離圏データ収集・解析・共有について), WP39, APANPIRG CNS/MET SG-15, タイ・バンコク, 2011年7月
- [4] 齋藤他, GNSS高度利用のための電離圏全電子数局所変動の観測, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 神戸, 2011年11月

[5] 齋藤他, Precise measurements of ionospheric delay gradient at short baselines associated with low latitude ionospheric disturbances (低緯度電離圏擾乱に伴う電離圏遅延量勾配の短基線精密測定), ION ITM 2012, 米国・ニューポートビーチ, 2012年2月

[6] 齋藤他, Small-scale irregularities in the ionosphere studied by precise ionospheric TEC difference measurements (電離圏全電子数差精密測定による電離圏微細構造の研究), 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2012年5月

[7] 齋藤他, Absolute gradient monitoring for GAST-D with a single-frequency carrier-phase based and code-aided technique (搬送波位相を主にコード擬似距離を補助的に用いるGAST-D用電離圏絶対勾配モニタ), ION GNSS 2012, 米国・ナッシュビル, 2012年9月

[8] 齋藤, Data server for ionospheric data collection, analysis, and sharing (電離圏データ収集・解析・収集用データサーバについて), WP5, ISTF/2, タイ・バンコク, 2012年10月

[9] 齋藤, Summary of ionosphere data sources identified through a data collection template (データ収集テンプレートを通じて集められた電離圏データ源情報), WP6 ISTF/2, タイ・バンコク, 2012年10月

[10] 齋藤・津川(NICT), Data format for sharing ionospheric delay measurements (電離圏遅延量データ共有用データフォーマットの提案), WP7, ISTF/2, タイ・バンコク, 2012年10月

[11] 齋藤・津川(NICT), Data format for sharing ionospheric scintillation measurements (電離圏シンチレーションデータ共有用データフォーマットの提案), WP8, ISTF/2, タイ・バンコク, 2012年10月

[12] 齋藤, 衛星航法に対する電離圏の影響, 宇宙・電磁環境研究集会, 調布・電気通信大学, 2012年12月

[13] 藤田他, Cycle Slip Detection and Correction Methods with Time-Differenced Model for Single Frequency GNSS Applications(1周波GNSSにおける時間差分を用いたサイクルスリップ検出・修正法), システム制御情報学会論文誌, Vol. 26, 2013年1月

[14] Supnithi (KMITL) 他, Statistical characteristic of background ionospheric total electron content (TEC) in Bangkok, Thailand (バンコクにおける全電子数背景変動の統計解析), EIWAC2013, 東京, 2013年2月

[15] Rungraengwajiake (KMITL)他, Analytical results of ionospheric delay gradient based on GPS monitoring stations near Suvarnabhumi airport in Thailand (タイ・バンコク空港

周辺における電離圏遅延量勾配解析), EIWAC2013, 東京, 2013年2月

[16] 齋藤他, Ionosphere characterization program of ENRI in support of air navigation (電子航法研究所における航空航法のための電離圏研究), Space Weather Workshop 2013, 米国・ボルダー, 2013年4月

[17] 齋藤他, Relationship between plasma bubbles and spatial gradient in ionospheric TEC (プラズマバブルと電離圏全電子数空間勾配の関係に関する研究), 日本地球惑星科学連合2013年大会, 幕張, 2013年5月

[18] Rungraengwajiake (KMITL)他, Analytical results of ionospheric delay gradient based on GPS monitoring stations near Suvarnabhumi airport in Thailand (タイ・バンコク空港周辺における電離圏遅延量勾配解析), Air Traffic and Management (Selected Papers from EIWAC2013), 2014年

[19] 齋藤他, Small-scale ionospheric delay variation associated with plasma bubbles studied with GNSS and optical measurements and its impact on GBAS (GNSS及び光学観測によるプラズマバブルに伴う電離圏小規模不規則構造とGBASに対する影響の研究), ION GNSS+ 2013, 米国・ナッシュビル, 2013年9月

[20] 齋藤, Notification Scheme of Data Policy for Sharing (データ共有ポリシーの周知メカニズムについて), WP6, ISTF/3, 韓国・ソウル, 2013年10月

[21] 齋藤, Data Server for Data Sharing and Possible Means of Data Transfer for Data Exchange (データ共有サーバ及びデータ転送方法について), WP7, ISTF/3, 韓国・ソウル, 2013年10月

[22] 齋藤, Guidance Material on Scintillation Measurements (シンチレーション観測のための手引書), WP9, ISTF/3, 韓国・ソウル, 2013年10月

[23] 齋藤, Categorization of Data Sources (電離圏データ収集データソースの分類について), WP10, ISTF/3, 韓国・ソウル, 2013年10月

[24] 齋藤, 地上型衛星航法補強システム (GBAS) のための電離圏擾乱観測, 宇宙・電磁環境研究集会, 電気通信大学, 2013年12月

[25] Abadi (インドネシア航空宇宙庁)他, Study of low-latitude scintillation occurrences around the equatorial anomaly crest over Indonesia (インドネシアにおける赤道異常帯周辺の低緯度シンチレーションに関する研究), Annales Geophysicase, 32, 7-17, 2014.

[26] 齋藤, Update on the data server and its usage (データサーバの使用方法について), WP5, ISTF/4, インド・ニュー

ーデリー, 2014年2月

[27] 齋藤, Methodology of scintillation data analysis (ISTFにおけるシンチレーション解析手法の提案), WP6, ISTF/4, インド・ニューデリー, 2014年2月

[28] 齋藤, Considerations on space weather for GNSS implementation in the low magnetic latitude region (磁気低緯度地域における衛星航法のための宇宙天気利用に関する検討), WP7, ISTF/4, インド・ニューデリー, 2014年2月

[29] 大松, GPSを用いた赤道域電離圏擾乱及びその航空航法支援システムへの影響に関する研究, 名古屋大学太陽地球環境研究所修士論文, 2014年3月

[30] Rungraengwajiake 他, Study of ionospheric delay gradient based on GPS monitoring stations near Suvarnabhumi Airport in Thailand, Air Traffic Management and Systems, 193-204, Springer, 2014.

[31] Ednofri 他(齋藤, 大塚共著), "Study on seasonal variation of plasma bubble occurrences observed by GPS scintillation and airglow measurements over Kototabang", Jurnal Sains Dirgantara, 11, 49-60, 2014.

[32] Narayanan 他, Airglow observations of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances from Yonaguni: Statistical characteristics and low-latitude limit, J. Geophys. Res., 119, 9268-9282, DOI:10.1002/2014JA020368, 2014年

[33] 齋藤他, Small-scale Ionospheric Delay Variation Associated with Plasma Bubbles Studied with GNSS and Optical Measurements, AOGS2014, 札幌, 2014年7月

[34] 齋藤他, Extreme ionospheric delay gradient associated with plasma bubble, WP8, ICAO Navigation Systems Panel Working Group 1&2 Meeting, 2014年10月

[35] 齋藤, "Extreme Ionospheric Delay Gradient Associated with Plasma Bubble", Working Paper 4, The 5th Meeting of the Ionospheric Studies Task Force, 2015年2月

[36] 道木, "GPSを用いた赤道域電離圏の空間勾配が航空航法支援システムに与える影響に関する研究", 名古屋大学工学部電気電子・情報工学科卒業論文, 2015年.

地上型衛星航法補強システムの設置技術に関する研究【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
研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

1. はじめに

国際民間航空機関（ICAO）は、拡大する航空需要に対処し安全性・定時性を向上するため、全ての運航フェーズに測位衛星による航法システムの構築を進めている。地上型衛星航法補強システム（GBAS）は、全運航フェーズで最も安全性要求が厳しい精密進入を実現する将来の衛星航法補強システムである。主要国は GBAS 実現のための開発研究を進めており、米国・欧州・豪州は GBAS（カテゴリ I）装置を空港に設置し性能評価を行っている。GBAS は空港内に 100 m 以上の間隔を持った 4 カ所の基準局機器を設置する必要があるとされているが、諸外国の空港に設置された例では滑走周囲の用地が十分ではない場合があり、将来国内の空港においても同様の設置環境に対処するため設置条件を明かにする必要がある。

また、米連邦航空局は 2012 年 9 月にニューアーク空港で GBAS（カテゴリ I）運用を始めたが、その運用前の検証期間に電波干渉による装置の停止が数回発生し、運用が延期された経緯がある。調査の結果、近接する道路を走行する車両からの PPD（個人用保護デバイス）による電波干渉の存在が明らかとなった。現在、装置に干渉対策が施され運用が開始されているが、さらに困難な脅威に備え基準局間隔の拡張など設置位置の変更が検討されている。

2. 研究の概要

本研究は 3 カ年計画で以下の内容を実施した。

・ 平成 24 年度

(1) PPD の海外動向調査

GBAS 国際ワーキンググループに出席し、ニューアーク空港における PPD の影響を調査、GPS リピータの GBAS への影響を調査した。

(2) マルチパス顕在化ツールの開発

意図的に擬似ユーザ処理で使用する衛星を排除し、通常の衛星受信状態では表面化しない基準局周辺のマルチパスによって生じる現象を顕在化するツールを開発し、全衛星セットの測位解、保護レベルを求められるようにした。



図 1 入手した PPD と評価実験の様子

(3) PPD の電波特性・影響調査

複数の PPD を入手し、基本的な RF 特性を電波無響室内で測定した。また、GBAS 基準局用受信機（CMA-4048）に GPS シミュレータの信号を入力した状態で、PPD 信号を重畳し GPS 受信機出力の生データ取得を行った（図 1）。

・ 平成 25 年度

(1) 空港内でのマルチパス源・離隔距離の検討

マルチパス源となる物件の反射面の大きさと距離、GPS 受信機での測距誤差の関係について検討を行った。

(2) GBAS 基準局 GPS 受信機への PPD の影響評価

衛星の信号強度 C/N0 と擬似距離誤差の指標となるコード・マイナス・キャリアの標準偏差を用い評価し、基準局アンテナと電波干渉源となる PPD の離隔距離について分析した。

(3) フィールド調査実験のための実験用装置構築

マルチパス源・電波干渉源フィールド実験用の装置構成を検討し、耐環境ポータブル・スペアナ、耐環境ノート PC を調達し、実験用装置の構築に着手した。



図2 フィールド調査実験の様子

・平成26年度

(1) マルチパス顕在化ツールへの機能追加

マルチパス顕在化ツールに基準局 GPS データにマルチパス誤差を加える機能を追加し、基準局周辺物件からのマルチパスの影響の評価を可能とした。

(2) 空港内でのマルチパス源・離隔距離の検討

GPS 受信機の相関器の特性から、反射物件からの離隔距離について解析した。また、電波伝搬特性から反射物・障害物の許容高を解析した。

(3) マルチパス源・電波干渉源フィールド調査実験

空港内のマルチパス源からのマルチパスを評価するために、成田空港株式会社の協力の下、成田空港内でフィールド実験を実施した。また、電波干渉源フィールド調査を成田空港周辺の幹線道路沿いで実施した(図2)。

3. 研究成果

(1) マルチパス顕在化ツールの開発とアルゴリズム評価

マルチパス顕在化ツールによって関西国際空港で収集した約1日分のデータを対象としてスタンフォードチャート(垂直成分)を描画した結果を図3に示す。図の横軸は垂直誤差(VPE)、縦軸は垂直保護レベル(VPL)を示す。ユーザ側で故意に衛星数を減じて図中の衛星数となる衛星セットのVPEとVPLを全て描画した結果であり、衛星数の減少とともにVPEとVPLが増大することが分かる。

また、基準局の近傍に反射物を設置した場合を模擬し、マルチパス誤差を加えたときのスタンフォードチャートを図4に示す。マルチパスによる測距誤差が大きい場合は、VPLが警報限界を超えアベイラビリティが低下するものの、VPEがVPLを超えるような危険な状態とならないことが確認できた。このときのVPLの増大はモニタにより

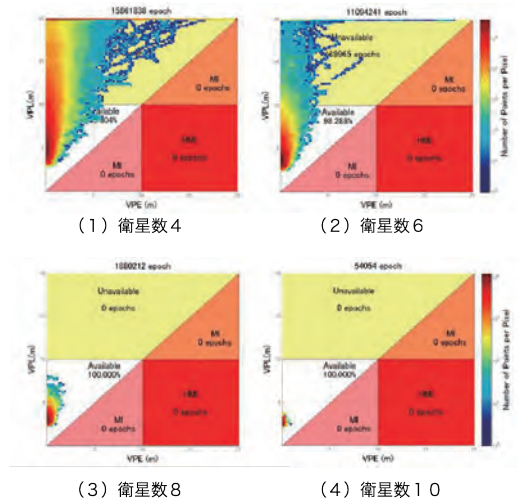


図3 衛星数を減じたときの測位誤差と保護レベル

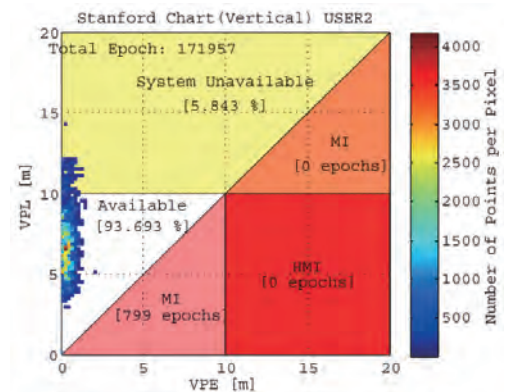


図4 意図的にマルチパス誤差を加えたときの測位誤差と保護レベル

マルチパス誤差が大きい衛星が排除されたためである。

(2) 周辺物件との離隔距離の検討

GBAS プロトタイプ装置の基準局に採用した相関器幅0.1chipのGPS受信機(CMA-4048)の特性(図5)を考慮し、周辺物件からの離隔距離について検討を行い、仰角5度の衛星において、約155m以上離れた物件からの反射波は測距誤差に影響しないことを示した(図6)。

また、電波伝搬特性より障害物件の許容高について検討を行い、障害物件が衛星からの電波の第1フレネル帯を遮らない最大高を許容高とし図7のような区分を行った。直接波と反射波の行路差が308m以上となる測距誤差が生じない領域は、B1, B2, B3に対応する。赤線(許容高)より下の領域となる領域A1, B1に存在する物件は障害物、反射物にならない。また、赤線と緑線(視線)の間の領域A2, B2に突出する物件は第1フレネル帯を遮るため、信号強度の減衰の原因となり、領域A2では測位誤差に影響を与える反射源ともなる。さらに緑線より上の領域

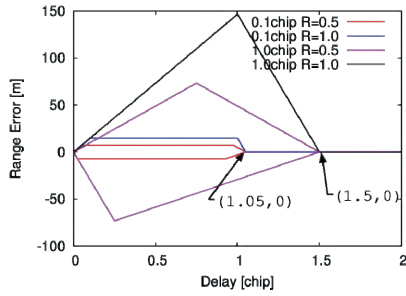


図5 反射波の遅延と測距誤差

GBAS で用いる GPS 受信機 (相関器幅 0.1chip) では 1.05chip (約 308m) に相当) 以上遅延した反射波による測距誤差は発生しない

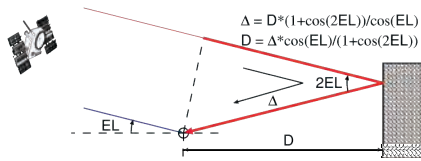


図6 直接波と反射波の行路差と反射物までの距離

衛星仰角 (EL) が 5 度のとき、行路差 (Δ) が 308m の場合、反射物までの距離 (D) はおよそ 155m となる

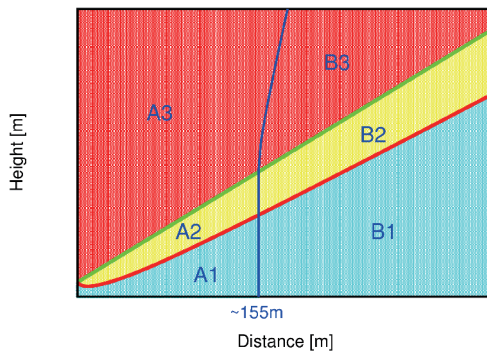


図7 障害物からの離隔距離と許容高による区分

A3, B3 に突出する物件については、衛星の視線を遮るため、信号強度減衰だけでなく信号捕捉に影響を及ぼし、領域 A3 では測位誤差に影響を与える反射源となる。

(3) GBAS 基準局 GPS 受信機への PPD の影響評価

GPS シミュレータを用い、GPS 信号強度を一定とし、PPD の信号強度を可変アッテネータにより変化させ、受信機出力を記録し、PPD の影響評価を行った。可変アッテネータによる減衰量は、PPD と受信アンテナとの間の空間伝搬損失に対応し、減衰量と距離の関係は、図 8 に示す関係となる。

図 9 に代表的な 5 機種種の PPD による測定結果を示す。衛星の信号強度を示す C/N0 (上段) と擬似距離誤差の指標となるコード・マイナス・キャリアの標準偏差値 (下

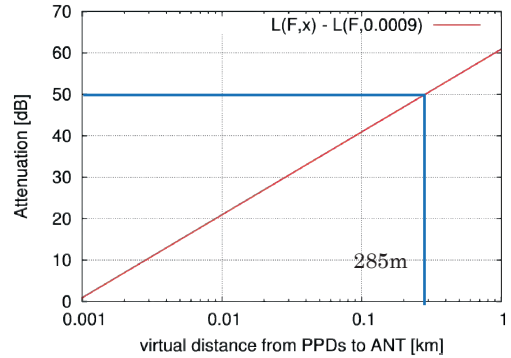


図8 可変アッテネータによる減衰量と距離の関係

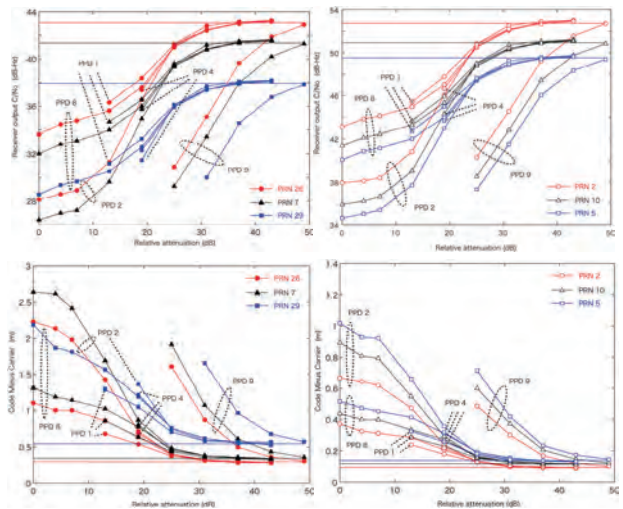


図9 PPD 信号強度に対する C/N0 と擬似距離誤差の変化例
上段: C/N0 値, 下段: コード・マイナス・キャリアの σ 値
左: 低仰角衛星, 右: 高仰角衛星

段) を用い評価した。図では、高仰角衛星 (右) と低仰角衛星 (左) を別々に図示してある。最も出力が大きいタイプの PPD9 では、アッテネータ減衰量が 50dB の場合に PPD 無の場合と一致し、距離に換算すると 285m に相当する。

(4) マルチパス源・電波干渉源フィールド調査実験

成田空港内において実施したマルチパスフィールド調査実験では、航空機およびハンガー周辺で GPS 信号を取得した。ハンガーからは大きなマルチパスが発生することが確認された。

成田空港周辺で実施した電波干渉源フィールド調査で取得したスペクトラムの例を図 10 に示す。今回の調査では、電波干渉源の存在は確認されなかった。

4. 共同研究

「地上型衛星航法補強システムに用いる VHF データ放送に対するスプラディック E の影響評価」について電気通信大学と共同研究を実施した。この中では、電気通信大

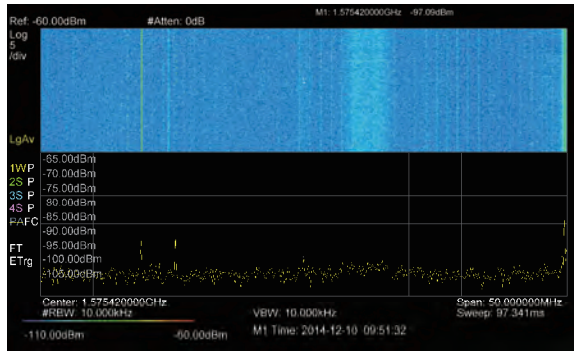


図 10 電波干渉源フィールド調査で取得したスペクトラム
中心周波数 1575.42MHz, スパン 50MHz

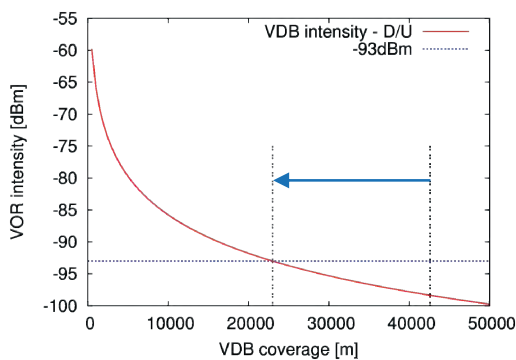


図 11 VDB 送信点～受信点距離と許容 VOR 強度

D/U=26dB のとき-93dBm の遠距離伝搬波が存在した場合、要求される D/U を満足するエリアが 43km から 23km に縮小される

学と海上保安大学校による HF～UHF 帯統合電波観測システムで取得したスプラディック E による VOR 電波の遠距離伝搬波の観測結果から、GBAS の VDB (VHF データ放送) に VOR 遠距離伝搬が及ぼす影響について検討し、VDB と同一周波数での強い VOR 遠距離伝搬が存在する場合、VDB のサービス提供可能なエリアの縮小(図 11)や GBAS のアベイラビリティの低下が懸念されること等を示した。

5. おわりに

本研究では GBAS の基準局の GPS 受信機に対する周辺物件からのマルチパスによる影響や電波干渉源からの影響を、実データによるシミュレーション、実験等を実施し評価を行い、周辺物件や電波干渉源からの離隔距離を検討し、定量的な GBAS 基準局の設置条件を示した。この検討結果は、GBAS 導入時の基準局設置場所の選定に寄与できると考えている。

発表・掲載文献

- (1) 齊藤, 福島, “PPD の基本特性の測定について”, 電子情報通信学会 総合大会, 岐阜, 2013 年 3 月
- (2) 福島, 齊藤, “衛星航法による航空機着陸システムと PPD (個人用保護デバイス) による干渉の影響”, 測位航法学会 全国大会, 東京, 2013 年 4 月
- (3) 齊藤, “PPD による GNSS を用いた着陸システムへの干渉とその特性”, 日本航海学会 航空宇宙研究会, 東京, 2013 年 5 月
- (4) 齊藤, 福島, “PPD の特性と GNSS を用いた着陸システムへの影響”, 日本航空宇宙学会 飛行機シンポジウム, 高松, 2013 年 11 月
- (5) 福島, 齊藤, “衛星航法による航空機着陸システムと PPD (個人用保護デバイス) の干渉実験”, 測位航法学会 全国大会, 東京, 2014 年 4 月
- (6) S. Fukushima, S. Saitoh, “Some PPD characteristics and effects for GBAS reference receivers”, 15th international GBAS Working Group, June, 2014.
- (7) 齊藤, 福島, “GBAS 基準局に対する個人用保護デバイスの影響”, 第 14 回電子航法研究所研究発表会, 東京, 2014 年 6 月
- (8) 福島, “PPD (個人用保護デバイス) による GPS への干渉”, 電波航法研究会, 東京, 2014 年 9 月
- (9) 福島, 齊藤, “PPD (個人用保護デバイス) の地上型衛星航法補強システムへの影響”, 測位航法学会論文誌, Vol.6, No.1, pp.1-6, 2015.
- (10) 齊藤, 福島, “地上型衛星航法補強システムの基準局設置条件の検討”, 第 15 回電子航法研究所研究発表会, 東京, 2015 年 6 月
- (11) 富澤, 齊藤, 山本, “HF～UHF 帯電波観測による中緯度電離圏の研究”, 電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター研究集会, 東京, 2012 年 12 月
- (12) 富澤, 横山, 山幡, 大谷, 奥埜, 山本他, “HF～UHF 帯電波観測から求めた Es の構造と移動特性”, 電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター研究集会, 東京, 2013 年 12 月
- (13) 齊藤, 富澤, 山本, “GBAS-VDB に対する Es による VOR 遠距離伝搬の影響”, 電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター研究集会, 東京, 2014 年 12 月
- (14) 齊藤, 富澤, 山本, “GBAS-VDB に対するスプラディック E による VOR 遠距離伝搬の影響”, 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, 2015 年 1 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予備的研究【指定研究A】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○坂井 丈泰, 福島 荘之介, 齊藤 真二, 齋藤 享, 吉原 貴之, 毛塚 敦, 麻生 貴広
研究期間 平成26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点が、GNSSの利用促進上の課題となっている。

こうした課題に対応するため、当所では平成27年度より重点研究「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」を実施することとした。本研究課題は、当該重点研究を円滑に実施するため、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に有効な要素技術の予備調査や技術的要件の検討を行うものである。

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こととした。

第一は次世代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、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。

これらの方策について、技術的要件の検討を行うとともに、重点研究の実施における研究課題の抽出を図った。

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、予備調査を行うとともに、現行システムからの拡張の際の問題点について整理検討した。

次世代SBASの検討のため、既存のSBASシミュレータを改修し、複数システム・複数周波数対応のそれぞれについて初期的評価を実施した。この結果、現行システムをベースとする構成では複数システムに対応するには通信容量が不足することや、システム間・衛星間に存在するオフセット誤差が大きな誤差要因となることなどがわかった。また、ユーザ受信機側における衛星選択の問題を検討し、特に現行SBAS規格ではSBAS衛星の選択に課題がある点を明らかにした(図1)。

次世代GBASについては、国際動向を調査するとともに、現行規格における通信容量の検討等を行った。また、GBASプロトタイプ構築に向けた調整等を行い、具体案としては仙台空港のGBASテストベッドを活用することとした。

3.2 宇宙天気情報の利用

宇宙天気情報の利用にあたり、効果を検証するため

に必要な情報として、電離圏擾乱のサンプル抽出を行った(図2)。また、プラズマバブルの実測データについて、収集・カタログ化の作業を実施した。

また、宇宙天気情報を利用する研究について、外部機関の動向を調査した。宇宙天気情報を利用する場合にはその運用コンセプトが必要となることから、現在はICAOにおいてコンセプト作成に向けた検討が進められているところである。当所はNICT及び気象庁を通じてICAOに情報を提供している。

4. まとめ

本研究課題では、次年度に開始する重点研究を円滑に実施するため、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に有効な要素技術の予備調査や技術的要件の検討を行った。この結果、重点研究の立上げに必要な情報を整理するとともに、国際的動向も十分に把握することができた。次年度においては、遅滞なく当該重点研究を開始し、有効な研究成果を得ることとしたい。

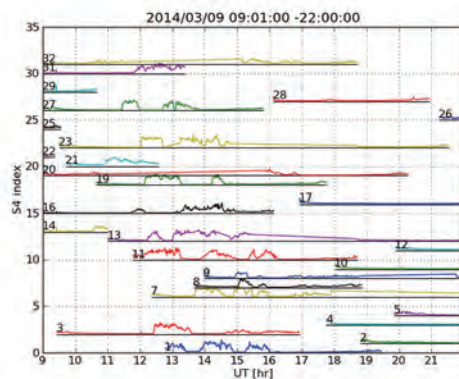
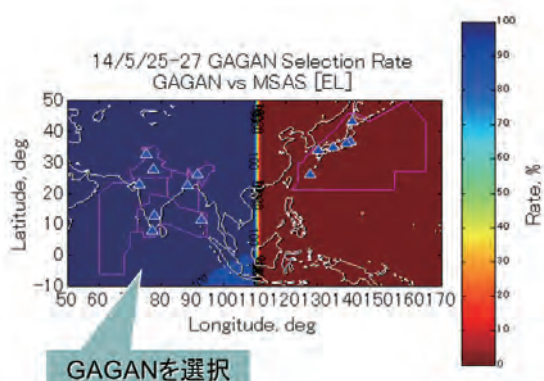


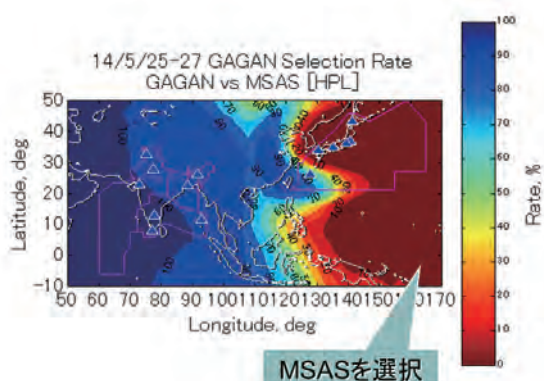
図2 電離圏擾乱の観測例：各GPS衛星について電離圏擾乱の程度を可視化したもの

掲載文献

- (1) T. Sakai, K. Hoshinoo, K. Ito: SBAS Satellite Selection and Performance Monitoring at the Region Where Multiple SBAS are Available, ION GNSS+ 2014, Tampa, TX, Sept. 2014.
- (2) T. Sakai: The First Multi-Constellation SBAS Trial: GPS/GLONASS Multi-Constellation, ION GNSS+ 2014, Tampa, TX, Sept. 2014.
- (3) T. Sakai: The First Dual Frequency SBAS Trial, ION GNSS+ 2014, Tampa, TX, Sept. 2014.
- (4) T. Sakai: Introduction of Japanese SBAS Implementation Called MSAS, International Symposium on GNSS, Jeju, South Korea, Oct. 2014.
- (5) T. Sakai: East Asia – The Region with the Densest SBAS Augmentation, International Committee on GNSS APP-SG, Jeju, South Korea, Oct. 2014.
- (6) 齋藤 享：航空航法に対する宇宙天気の影響と宇宙天気情報の利用について，第58回宇宙科学技術連合講演会，平成26年11月
- (7) T. Sakai: NPA Availability for Users Receiving Both GAGAN and MSAS, AAI/ISRO-JCAB Meeting, New Dehli, India, Dec. 2014.
- (8) 坂井 丈泰：マルチ GNSS と補強システム，第16回準天頂衛星利活用検討会，ITS-Japan，平成27年2月
- (9) 坂井 丈泰，麻生 貴広：SBAS メッセージの短縮プリアンブルの評価，測位航法学会誌，平成27年3月



(a) SBAS衛星の仰角による選択



(b) 水平保護レベル (HPL) による選択

図1 現行規格におけるSBAS衛星の選択：南西諸島にてインドのGAGANが選択される可能性がある

GNSS 広域補強信号サービスのアジア展開に関する研究【指定研究B】

担当領域	航法システム領域
担当者	○伊藤 憲, 坂井 丈泰
研究期間	平成 25 年度～平成 26 年度

1. はじめに

MSAS (運輸多目的衛星用衛星航法補強システム) などの GPS 補強システムのサービスエリアは、現在、日本周辺に限られている。内閣府宇宙戦略室は、そのサービスエリアがアジア・オセアニア地域に展開可能であり、展開することによりアジア・オセアニア地域への貢献が期待されるとしている。このような背景のもと、本研究の目的は、日本周辺に限られている GNSS 補強システムのサービスエリアをアジア地域に広域化するときの問題点について検討を行うことである。

2. 研究の概要

この研究では、GNSS 広域補強サービスエリアをアジア地域に広域化する可能性に関して下記の内容を実施した。

(1) GNSS 広域補強メッセージ生成アルゴリズムのうちの電離圏遅延量推定方式について、MSAS で用いられている方式とその方式を改良したものの性能をシミュレーション計算により評価する。

(2) MSAS で用いられている電離圏遅延量推定方式の低緯度地域での性能を向上させるために、新規推定方式を提案し、その性能評価を行う。

3. 研究成果

3.1 電離圏遅延量推定方式

電離圏とはプラズマ(太陽からの紫外線により大気中の原子が電離したもの)状態の大気が濃くなった領域である。電離圏の「静穏」状態は電子密度の場所的・時間的変動が小さい場合であり、「擾乱」状態は電子密度の位置的・時間的変動が大きい場合である。電離圏を GNSS 衛星から送信される信号が通過するとき信号に遅れ(電離圏遅延)が生ずる。GNSS 衛星と利用者との間の距離を信号の伝搬時間から求める場合、この電離圏遅延により、真の距離より長く測定される。このため電離圏遅延は GNSS による測位の誤差の原因となる。通常の GPS では Klobuchar モデルと呼ばれるものを用いて電離圏遅延量を推定することで、電離圏が静穏状態のときには測位誤差 5m rms となるが、電離圏が擾乱状態ではその誤差は 10m rms になる場合があるとされる。

MSAS では「平面フィット方式」と呼ばれる方式により電離圏遅延量を推定し、電離圏静穏時に測位誤差 1-2m rms が達成可能であるとされている。ただ、電離圏が擾乱時には電離圏遅延量の推定精度は劣化し測位精度は 5m rms 程度になってしまう。ここで平面フィット方式では、電離圏を地表面からの高度 350km のところにある薄膜と見なし、この薄膜上に仮想的な格子点網(緯度・経度間隔 5 度)があると考えられる。地上モニタ局における電離圏遅延量の観測値を平面モデルに当てはめ、最小二乗法により求めた平面モデルのパラメータから各格子点における垂直方向の電離圏遅延量を推定する。こうして推定された電離圏垂直遅延量を補強メッセージとして利用者に送る。

平面フィット方式は米国における GPS 補強システムである WAAS(広域補強システム)のために考案された方式であり、磁気緯度があまり低くなく、電離圏が静穏状態であることが多い米国で有効であるとされている。

平面フィット方式を改良し電離圏が擾乱時に電離圏遅延量を良好に推定できるようにしたのが「0次フィット方式」である。0次フィット方式では、格子点における電離圏垂直遅延量の推定値として、地上モニタ局から得られる電離圏遅延量観測値の平均値を用いる。

これらの方式の性能評価では電離圏擾乱状態として「赤道異常」を想定した。「赤道異常」とは磁気赤道の南北に対称的に毎日発生する擾乱のことである。赤道異常での電子密度分布を推測することは困難であり、このことが測位精度の劣化につながると考えられている。

3.2 アジア地域でのアベイラビリティ評価

アジア地域に配置した地上モニタ局での観測値により生成した補強メッセージを GPS に適用したときのアベイラビリティ(一定の測位精度を達成することができる時間率)を計算機シミュレーションにより評価した。この評価では、SBAS について地上モニタ局の数・配置、衛星の数・配置等を変更したときのアベイラビリティ、測位精度等を評価するためのシミュレーション用ソフトウェアである SVM(Service Volume Model)を用いた。

このシミュレーションでは衛星として 3 機(準天頂衛星軌道) + 1 機(静止軌道、静止位置は東経 120 度)を用い

た。GPS 信号の地上モニタ局としては、MSAS 用 8 局を含め 25 局の配置を採用した。MSAS 用 8 局以外の仮想的に設置した地上モニタ局の具体的な場所は図 1(a)の黄色の点で示されるとおりであり、韓国、ベトナム、タイ、シンガポール、フィリピン、インドネシアなど 12 ヶ国に 17 局設置するものとした。運用モードとしては APV-I (垂直誘導付き進入) を想定し、水平方向 95%精度 16m, 垂直方向 95%精度 20m を達成できる時間率をアベイラビリティとした。電離圏は「静穏」と「擾乱」(赤道異常)の状態を対象とした。

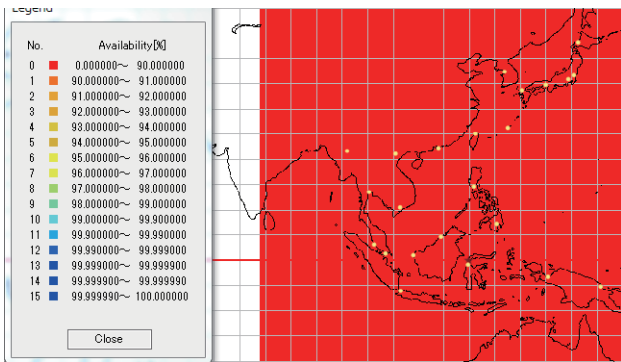


図 1(a) 平面フィット方式

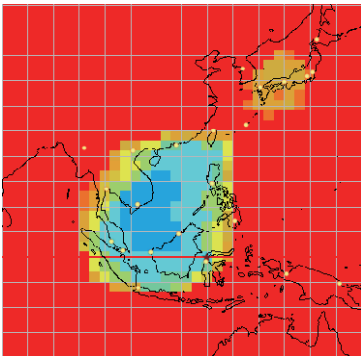


図 1(b) 0 次フィット方式

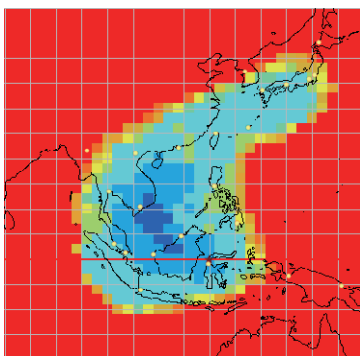


図 1(c) 適応 0 次フィット方式

図 1 アジア地域でのアベイラビリティ分布
: 電離圏擾乱状態

電離圏が静穏状態の時の結果から、0 次フィット方式より平面フィット方式を用いたときの方がアベイラビリティは良いことが分かった。

電離圏が擾乱状態(具体的には赤道異常)にあるときで、図 1(a)は平面フィット方式、図 1(b)は 0 次フィット方式を用いた場合の結果である。この図 1 では、「赤色」で示された地域はアベイラビリティが 90%以下、「うすい青色」で示された地域はアベイラビリティ 99.0%~99.9%、「濃い青色」はアベイラビリティが 99.9%以上に相当し、この「濃い青色」は APV-I が達成できている地域に対応している。この図 1(a), (b)の結果から、電離圏が擾乱状態にあるときは 0 次フィット方式を用いた場合の方が良好なアベイラビリティが得られることが分かる。電離圏が静穏状態の時は「平面フィット方式」、擾乱状態の時は「0 次フィット方式」を用いる適応 0 次フィット方式の結果が図 1(c)である。図 1 では図 1(c)が最も良いアベイラビリティを与えるが、アジア地域全体で APV-I を満足する結果ではない。

3.3 新しい電離圏遅延量推定方式

前節の結果から、アジア地域でのアベイラビリティ向上のためには、電離圏遅延量推定方式をさらに改良する必要があることが分かる。そこで、補強メッセージとして放送される垂直方向電離圏遅延量が、どの方向に見える衛星に対する観測量に基づいて推定されたかという情報も補強メッセージの中にも含めることにした。これは電離圏において電子密度は一樣ではないということを考慮したことに相当する。この新しい電離圏遅延量推定方式を、沖永良部島にいと仮定した利用者に対して評価したところ図 2 のような結果となり、3.2 項で用いた方式よりも電離圏遅延量推定性能が向上し、水平方向測位精度は 40%程度改善されることが分かった。

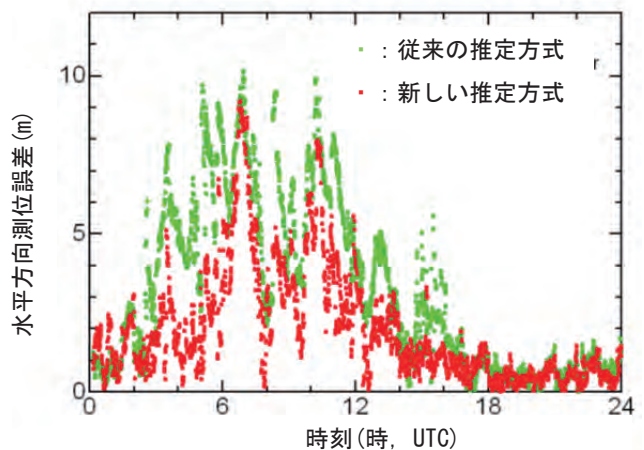


図 2 水平方向測位誤差：沖永良部島
：2011/12/23

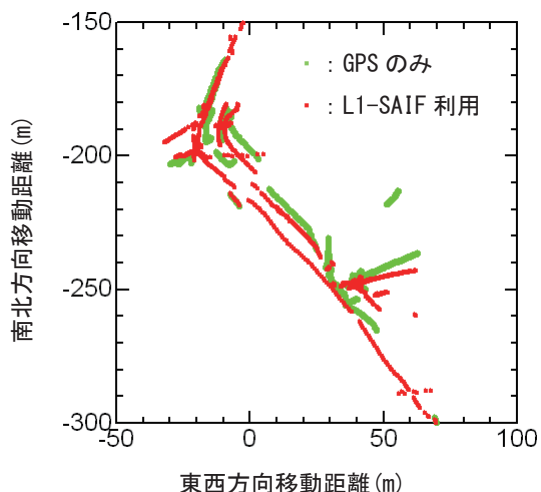


図3 シンガポールでの測位結果

また、この方式の評価を JAXA(宇宙航空研究開発機構)と共同でシンガポールにて実施した。具体的には、車輦に、GPS・準天頂衛星対応の受信機を搭載し、シンガポール市街地で走行時にデータを取得した。実験データ評価において、GPS 単独測位結果と、L1-SAIF 信号の GPS 補強メッセージを適用した場合の測位結果を比較し、GPS 補強メッセージの効果を確認できた(図 3)。この図 3 で、黄緑色のプロットは GPS 単独測位結果、赤いプロットは L1-SAIF 信号利用時の測位結果であり、座標軸は車両の出発地点からの移動距離を示している。

図 3 で黄緑色のプロットと赤いプロットがずれているということが、L1-SAIF 信号の補完・補強機能の効果を示す。また、東西方向+20m、南北方向-230m 付近は実験車輦が往復した場所に相当し、この付近で黄緑色のプロットは1本の線であるが赤いプロットは2本の線に分かれているということは、L1-SAIF 信号利用時には往復時の異なる車線の通過を認識できたことを示す。

3.4 オーストラリアでの L1-SAIF 信号受信実験

公募型研究制度を利用して、オーストラリア・ニューサウスウェールズ大学 Rizos 教授とともに、オーストラリアのシドニーとメルボルンにて、平成 26 年 9 月～11 月の 3 ヶ月間、連続して L1-SAIF 信号を受信し、信号強度、受信状況、信号遅延量の変化を観測した。図 4 は信号強度および準天頂衛星の衛星仰角の時間変化の観測例である。この図で時刻 9:00 頃のデータ欠落は低衛星仰角が原因であり、時刻 6:00 や 14:30 頃のデータ欠落は受信アンテナ近くの樹木による信号遮蔽が原因である。この受信実験により L1-SAIF 信号がオーストラリアでも利用可能であることが確認できた。

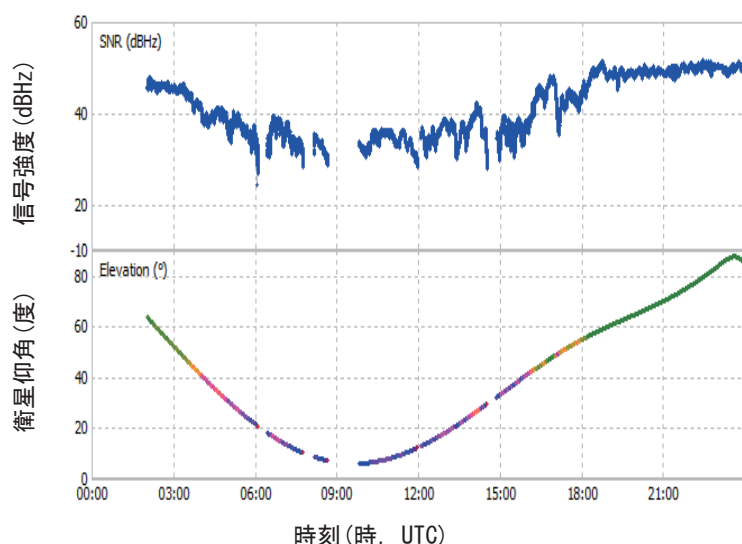


図4 オーストラリア受信実験結果(シドニー, 2014/9/1)

4. おわりに

この研究で実施したのは、(1)平面フィット方式および0次フィット方式を適用したときのアジア地域でのアベイラビリティの評価、(2)電離圏遅延量推定方式の新規提案とその方式を用いたときの日本近辺での測位精度評価、(3)新規提案方式について、シンガポールで車輦にて取得した実観測データによる測位精度評価、である。

今後は、アジア地域での評価を継続する計画である。

謝辞 シンガポールでの評価にあたり、JAXA との共同研究で三菱重工(株)が取得したデータを利用させていただいたことに感謝いたします。

掲載文献

- 1) 伊藤他：“QZSS L1-SAIF 信号補完機能確認実験”，第 57 回宇宙科学技術連合講演会 2009(平 25.10)
- 2) 坂井他：“準天頂衛星 L1-SAIF 補強信号の 2 周波数対応の試み”，第 57 回宇宙科学技術連合講演会 2010(平 25.10)
- 3) 坂井他：“Ionospheric Correction at the Southwestern Islands for the QZSS L1-SAIF” ,B2-4, ION ITM, January 2014
- 4) 伊藤他：“QZSS を用いた GNSS 補強サービスのアジアでの利用”，第 58 回宇宙科学技術連合講演会 1C13(平 26.11)
- 5) 坂井他：“準天頂衛星 L1-SAIF 信号の低緯度地域対応の試み”，第 58 回宇宙科学技術連合講演会 1C08(平 26.11)
- 6) Li, Y 他：“Study on Expansion of GNSS Wide Area Augmentation Service to the Asia Region” (2015.3)

GBASを用いた新しい運航に関連した気象の影響に関する調査【調査】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○吉原 貴之
研究期間 平成25年度～平成26年度

1. はじめに

GPS衛星信号と地上からの補強信号を利用して航空機を空港に安全に誘導するGBAS（地上型補強システム）の導入と普及にあたっては、従来のILS（計器着陸装置）にはない新しい運航方式の実現等、活用策が求められている。GBASにおける複数進入経路の放送機能を活用することで、後方乱気流回避や気象の影響を軽減する等、空港容量を増大する新たな運航方式の実現が期待される。具体的には、着陸時に先行機が進入経路上で生成した後方乱気流の影響を後続機が受けないような進入経路を同時に放送し、航空機側で選択して着陸することで安全性を確保しつつ、管制間隔の短縮が期待される。また、GNSS航法システムの利点を活かしたより柔軟な飛行経路の提供によって気象の影響を軽減する新たな運航方式の実現が期待される。

2. 研究の概要

本研究では、GBASが提供可能な機能を活用した新たな運航方式の開発に向けて①GBASを活用した後方乱気流の回避策の実現可能性と要件を明らかにし、②ターミナルエリアにおける気象の影響を調査し、それを軽減するGBASを活用した新しい運航コンセプトの構築と要件抽出を目的としている。前者に関しては、国際動向の調査、ドップラーライダーのデータ収集及び解析と過去データを含めた評価を行い、実現可能性と要件を明らかにする。また、後者については、風向風速の変化等、航空交通流を乱す気象擾乱の影響軽減に必要となる気象予測情報の特定とGBASを活用した新たな運航方式を構築する。

3. 研究成果

GBASを活用した後方乱気流回避策について、国際動向を調査した結果、第一段階としては後方乱気流が風に流される効果を利用する方策（米国における横風条件下での近接平行滑走路の管制間隔短縮、英国における向かい風条件下での時間に基づく管制間隔の導入等）や、航空機の型式ごとに先行機と後続機の組み合わせを細分化して新たな管制間隔を設定する RECAT2等から取組む必要性が示唆された。なお、前者について日本では横風存在時の出発機の管制間隔短縮や、向かい風条件下で GBAS による複数

経路の放送により大型機と小型機で着陸地点を変える方式（Displaced Threshold）等が考えられる。なお、これらの実現のためには安全性評価とともに、空港設置ドップラーライダーによる気象条件のリアルタイム監視、着陸機に応じて適切な管制間隔をレーダー画面に表示する管制官支援ツール等が必須となる。また、安全性評価にはドップラーライダーによる気象条件と後方乱気流の残存率の関係等のデータベースの構築が重要である。

ターミナルエリアで気象の影響を軽減する新しい運航コンセプトの構築に関しては、羽田空港近辺を通過した激しい豪雨の事例について気象擾乱と航空交通流の照合により、予測情報の提供に要求される時間、空港容量等の定量的検討を行った。また、GBASによる航法システム誤差低減効果を活かす新たな運航コンセプトの構築として、ドップラーライダー等の監視装置により強風が存在せず飛行技術誤差（FTE）が増大しない気象条件下で旋回半径の小さな飛行経路を提供する気象条件を限定した飛行方式の設定を検討した。

4. まとめ

今後は、新しい後方乱気流管制方式の導入に関して横風存在時の出発機の管制間隔短縮や RECAT2等、実現可能性の検討を段階的に進めることとしたい。また、本研究で得られたターミナルエリアにおける気象予測情報の要件について、その利用効果をターミナルエリアに隣接する領域を含めて定量的に評価していきたい。最後に、気象条件を限定した飛行方式の設定については提案事例を作成し、その実現可能性と便益を定量的に検証していきたい。

掲載文献

- (1) T. Yoshihara et al., “Collaborative research activities on time-variable approach procedures for wake vortex encounter avoidance”, WakeNet-Europe Workshop, Bonneuil-sur-Marne, France, May 15 2013
- (2) 吉原, “首都圏混雑空港周辺での突発的かつ局所的豪雨発生時の航空交通流の影響調査”, 信学技報, vol.114, no.397, pp. 119-121, 2015年1月

GNSS 障害時の代替 (APNT) に関する調査【調査】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○毛塚 敦, 吉原 貴之, 坂井 丈泰
研究期間 平成 26 年度

1. はじめに

航空機の航法において GNSS の導入が進められているが、GNSS 信号は高度約 2 万 km から到来するため、微弱であり、電波干渉を受けやすいという脆弱性がある。LAAS の運用を開始した米国では、電磁干渉による各種システム障害が実際に発生している。このため、ICAO では代替システム(APNT)を構築する必要性が唱えられ、NSP でのジョブカードの一つとなっている。各国で APNT 構築の検討が開始され、FAA では APNT 白書が公開された。国内においても、先行する他国と歩調をそろえ、APNT 構築の必要性を検討する必要がある。そこで、平成 26 年度において、調査研究を実施した。

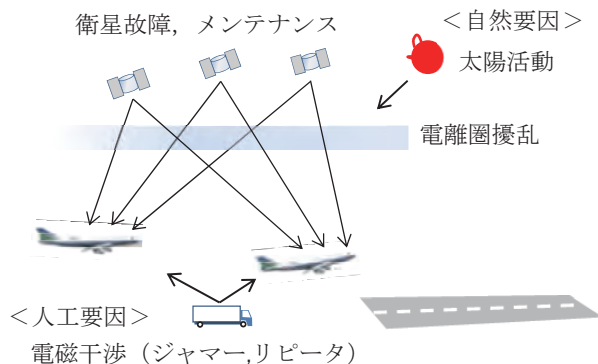


図 1 GNSS 障害の要因

2. 研究の概要

FAA では、GNSS に大きく依存した航法・監視を行っているため、APNT に必要な測位精度を 92.6m とし、その構築の検討が行われている。我が国でも、航法・監視において GNSS 航法の利用が拡大しつつあるため、まずは国内において、APNT を構築する際の性能要件(精度・空域等)を明らかにした。そして、諸外国の APNT の最新動向を調査し、国内に導入した場合のインパクトを調査するとともに、課題抽出を行った。

3. 研究成果

監視の点では、国内においてターミナル空域で高精度な測位精度が求められているものの、GNSS への依存度は米国ほどではない。また、航法の点では、エンルートにおいては GNSS の装備が必須ではない(RNP5)。しかし、ター

ミナル空域においては、0.3NMi の航法性能要件が必要な RNP-AR などをはじめ、GNSS の装備が必須となるルートが急増している。さらに、その認証を持つ機体も増加し、運航実績も増えていることが分かった。これより、0.3NMi の航法性能要件を満足する国内 APNT を構築するためには、FTE を 0.25NMi とした場合、307m(95%)の測位精度が必要であることを明らかにした。

諸外国において検討されている APNT 方式は、監視情報を航空機に伝達する方法、e-DME, DME 等を用いた複合的なパッシブ測位、L-DACS による測位などが検討されていることが分かった。これらの方式に関して、米国における APNT の専門家との意見交換会を行い、国内に導入する際の課題点を抽出した。その結果、監視情報を使用する場合には航空機への伝達手段を検討する必要があることや、アビオニクスインパクトが大きいことなどが明らかになった。

4. まとめ

平成 26 年度の調査研究により、我が国における APNT の性能要件を明らかにした。これらの成果を平成 27 年度から開始する研究に役立てる。

掲載文献

- (1) 毛塚 敦, 吉原 貴之, 齋藤 享, “GNSS 障害時の代替システムの動向,” 第 14 回電子航法研究所研究発表会講演資料, 平成 26 年 6 月
- (2) 毛塚 敦, 吉原 貴之, 齋藤 享, “梅雨前線の移動に伴う測距誤差変動のレイトレーシングによる評価,” 信学技報, 114(76), pp.1-5, 2014 年 6 月
- (3) 毛塚 敦, “GNSS 運航の代替システムとしての DME/DME 測位精度に関する一検討,” 航空振興 48(2), pp.12-16, 2014
- (4) A. Kezuka, T. Yoshihara, S. Saitoh, T. Sakai and N. Fujii, “Analysis of DME Ranging Error Fluctuation Caused by Atmospheric Delay to Clarify Ranging Accuracy for APNT,” Proceedings of ION GNSS+2014, pp.3048-3054, 2014
- (5) 毛塚 敦, 吉原 貴之, 齋藤 享, 藤井 直樹, “地上観測データを用いた伝搬遅延変動補正の効果”, 信学総大 B-1-1, 2015 年 3 月

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【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 24 年度～平成 26 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 B 研究に、研究分担者として参画して行うものである。

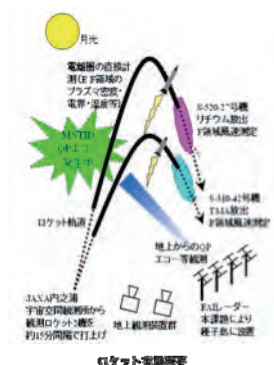
超高層大気は地球の大気と宇宙の電離大気とが混在する遷移領域である。超高層大気環境は「宇宙天気」として盛んに研究されている。「宇宙天気」では太陽面の爆発現象などが地球にもたらす「上からの」影響の研究が進められてきたが、近年、大気波動による「下からの」影響が非常に大きいことが明らかにされてきた。しかし下層から超高層大気に向かって伝搬する大気波動の経路と超高層大気への影響についての理解は未だ不十分である。

中緯度域特有の現象として電離圏 F 領域において波長 100～300 km、周期 1 時間程度で変動する中規模伝搬性電離圏擾乱(MSTID)があり、日本においては京都大学 MU レーダー、大気光イメージャ、GEONET 全電子数観測などを用いた研究が行われてきている。また、スプラディック E (Es)層の不規則構造の発生(これは下層大気からの影響が大きいと考えられている)と MSTID が強く関係していることが分かってきており、MSTID の発生機構の解明には、E、F 領域の総合的な研究が不可欠である。宇宙航空研究開発機構では、E、F 領域に連続して観測ロケットを打ち上げることを決定し、これが 2013 年に実施された。

2. 研究の概要

本研究の主目的は、MSTID の発生機構を明らかにすることである。さらに MSTID が磁力線に沿って南北両半球に出現する広域特性についても解明を進める。

2013 年に宇宙航空研究開発機構によって打ち上



げられる E、F 領域観測ロケットでは、それぞれトリメチルアルミニウム(TMA)及びリチウムを放出する。これを地上及び航空機から観測することにより、E、F 領域の中性風速を測定する。ロケット打ち上げのタイミングは、

GEONET 観測データをリアルタイムで解析し、MSTID を検出して決定する(図 1)。

ロケット実験に加え、国際宇宙ステーション搭載の大気光撮像装置(ISS-IMAP)によるグローバル観測を行う。これらの結果を、計算機シミュレーションを用いて定量的に評価し、MSTID 発生機構の解明を行う。

これらのうち、当所では MSTID のリアルタイム解析と、GEONET データを中心とした地上観測データの解析を担当する。

平成 25 年度までに、GEONET の 200 観測点のリアルタイムデータを解析し、電離圏全電子数の変動マップを自動的に生成する、電離圏擾乱リアルタイムモニタシステムを開発した。これにより電離圏擾乱の発生を確認した上で、2013 年 7 月 20 日にロケット実験が成功裏に実施された。

3. 研究成果

平成 26 年度は、平成 25 年度に実施されたロケット実験時の電離圏擾乱の詳細解析を中心として行った。電離圏全電子数の擾乱成分を導出するためのフィルタアルゴリズムを比較検討し、ある時点の前後 30 分のデータに対して 3 次多項式を用いて推定したトレンドからの差分を擾乱成分とする方法が最適であることを見いだした。これは、ある時点の 30 分後までのデータを必要とし、リアルタイム処理には適さず、事後詳細解析に適した方法である。

本フィルタアルゴリズムを用いてロケット実験時の電離圏擾乱を再解析した。さらに、衛星間・受信機間の電離圏擾乱成分の整合性を検討することにより、電離圏全電子数変動に最も寄与する高度を 300km と決定した。これにより、ロケット実験時の電離圏擾乱の空間構造を明らかにすることができた(図 2)。ロケットは電離圏全電子数増大領域から減少領域に向かって飛翔したと推定され、ロケット搭載の電場測定装置によっても対応する変動が見られたと報告されている。これは、電離圏擾乱の生成機構の仮説と符合する結果である。

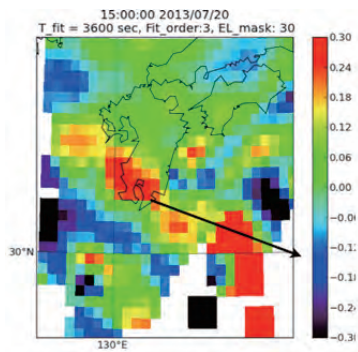


図2 ロケット実験時の電離圏全電子数変動成分を高度300kmに投影したもの。矢印はロケットの大まかな飛翔方向を示す。

4. 考察等

本研究では、研究期間を通して電離圏擾乱のリアルタイムモニタシステムを開発し、電離圏擾乱時のロケット実験実施の成功に大きく貢献した。さらに、ロケット実験時の電離圏擾乱の詳細解析を行い、ロケット搭載観測器による観測データとの比較が可能となり、電離圏擾乱の生成機構の仮説と符合する結果が得られている。電離圏擾乱の生成機構の詳細については、今後京都大学、宇宙科学研究所を中心に解析が進められる予定である。

本研究で開発した電離圏擾乱のリアルタイムモニタシステムは、本年度から開始した科学研究費補助金挑戦的萌芽研究「電離圏リアルタイム3次元トモグラフィーへの挑戦」において活用して行く予定である。

掲載文献（平成24～26年度）

- [1] 齋藤, Realtile TEC/dTEC mapping (リアルタイム全電子数/全電子数変動成分マッピング), Scientific meeting on rocket experiment of the ionosphere, 札幌, 2012年7月
- [2] 齋藤他, Realtime ionospheric disturbance analysis and monitoring with GEONET realtime data (GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱リアルタイムモニタについて), 第134回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 高知大学, 2013年11月
- [3] 齋藤他, GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱リアルタイムモニタ, S-520-27・S-310-42号機検討会, 宇宙科学研究所, 2013年12月
- [4] 齋藤他, Real time ionospheric disturbance analysis and monitoring with GEONET real time data (GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱リアルタイム解析), ION ITM 2014, 米国・サンディエゴ, 2014年1月
- [5] 齋藤他, Realtime ionospheric disturbance analysis and monitoring with GEONET realtime data (GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱リアルタイムモニタについて), 第134回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 高

知大学, 2013年11月

[6] 齋藤他, GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱リアルタイムモニタ, S-520-27・S-310-42号機検討会, 宇宙科学研究所, 2013年12月

[7] 齋藤他, Real time ionospheric disturbance analysis and monitoring with GEONET real time data (GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱リアルタイム解析), ION ITM 2014, 米国・サンディエゴ, 2014年1月

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、航空管制に用いら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 400 km 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 発生機構の有力な仮説として、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。

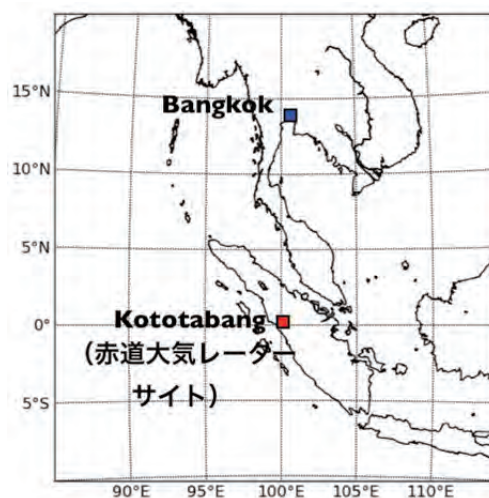


図1 タイ、インドネシアの電離圏全電子数勾配観測装置の位置。インドネシアのものは赤道大気レーダーサイト周辺に設置されている。

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。

3. 研究成果

平成 26 年度はインドネシア・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ている。落雷により故障した観測装置を復旧し観測を再開するとともに名古屋大学と協力して解析を進めた。インドネシアにおける電離圏勾配の精密解析を実施し(図2)、電離圏勾配の特性を明らかにするとともに、電離圏擾乱時の解析における手法の改良点を明らかにした。

4. 考察等

電子航法研究所がタイ、インドネシアで運用する電離圏全電子数勾配観測装置のデータ解析と赤道大気レーダー

等の観測装置との協同観測を行っている。平成 27 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、さらに解析を進める。

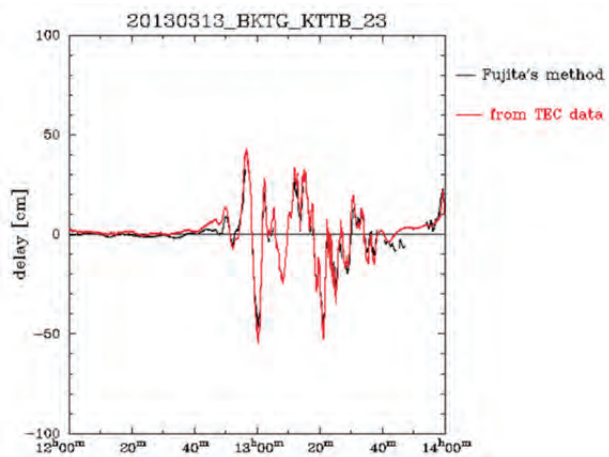


図 2 インドネシアにおいて観測されたプラズマバブルに伴う電離圏勾配を異なる手法で比較したもの[2]。(黒)当所で開発した 1 周波電離圏勾配精密導出法, (赤) 2 周波観測による遅延量勾配(プラズマバブルの発生前の電離圏勾配を 0 と仮定)

掲載文献

[1] Ednofri 他, Study on seasonal variation of plasma bubble occurrences observed by GPS scintillation and airglow measurements over Kototabang, Jurnal Sains Dirgantara (インドネシア航空宇宙学論文誌), 11, 49-60, 2014.

[2] 道木, GPS を用いた赤道域電離圏の空間勾配が航空航法支援システムに与える影響に関する研究, 名古屋大学工学部電気電子・情報工学科卒業論文, 2015 年

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。電離圏変動の検知のためには、電離圏の密度変動をリアルタイムで知ることが重要であり、その3次元分布を求めることにより、衛星航法における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手法として、これまでに開発してきた拘束付き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を担当し、課題2についても一部担当する。

3. 研究成果

平成26年度は、競争的資金による研究「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」において開発した電離圏擾乱リアルタイムモニタシステムを元に、3次元トモグラフィのリアルタイム解析システムを設計した(図1)。さらに、京都大学修士一回生の鈴木翔大氏に対し、リアルタイム解析に必要なGPS周波数間バイアス推定法の実装に関する研究指導を行い、商用ソフトに依存せず、移植性が高く、高速で動作するソフトウェアの開発の目処を立てた。

4. 考察等

京都大学では別途3次元トモグラフィソフトウェアの改良を行っており、平成27年度にはこれらを統合し、リアルタイムで動作する3次元トモグラフィシステムを、電子航法研究所に設置する予定である。

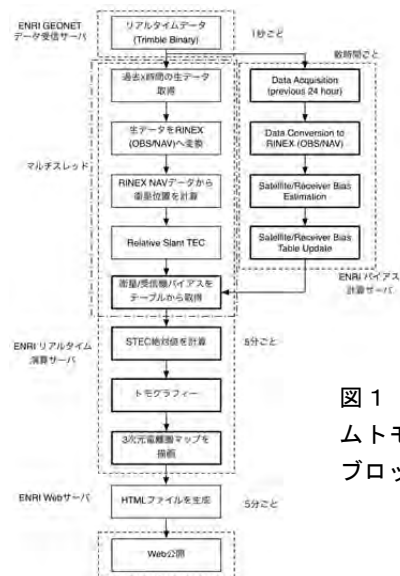


図1 リアルタイムトモグラフィブロック図

掲載文献

- [1] 鈴木他, GPS-TEC 3次元トモグラフィのリアルタイム化, 大気圏シンポジウム, 宇宙科学研究所, 2014年12月

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26～27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

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。

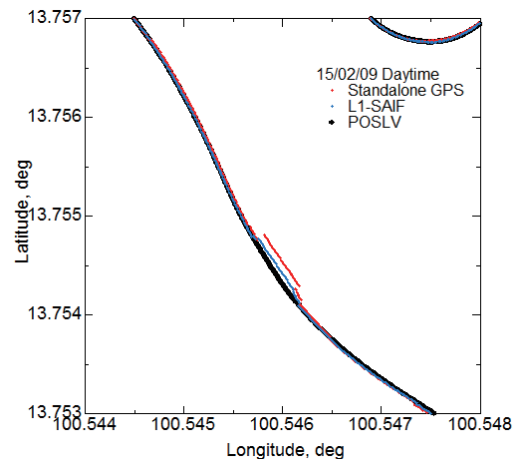


図1 バンコクにおける実験結果の例
（赤）補強なし，（青）L1-SAIF 補強あり，
（黒）真の位置

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することとしており、平成26年度はタイ・バンコクにおいて車両による実験を実施した。平成27年度は、リアルタイム処理による実験を行う計画である。

3 監視通信領域

I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成 26 年度の研究は、社会・行政ニーズや技術分野の将来動向を考慮し、重点研究、指定研究、基盤研究および調査として承認された下記の項目を計画した。

1. ハイブリッド監視技術の研究
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
3. 航空路監視技術高度化の研究
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
5. 空港面異物監視システムの研究
6. 航空システムのデータリンク性能に関する研究
7. 新方式マルチラテレーションの実用化評価研究
8. 監視システムの信号環境と将来予測に関する研究
9. SWIM による航空交通情報システム基本技術の研究
10. 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
11. 低高度における状況認識技術に関する研究
12. 航空用データリンクにおける伝送路特性補償の研究
13. 発話音声による覚醒度低下の評価尺度の開発
14. UAS のための GPS に代わる位置推定法に関する研究
15. 次世代航空通信の基盤技術の調査
16. ADS-B 方式高度監視の誤差要因調査
17. 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
18. 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
19. 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
20. 次世代航空通信向け CPM-OFDM システムの実環境評価に関する研究
21. 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
22. 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
23. 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
24. 航空機の動態情報応用および監視センサネットワークの研究

1～5 は重点研究である。

1 は、航空機監視システムとして現用の SSR モード S と、WAM (Wide Area Multilateration) や ADS-B などの新システムを連携させることにより、高性能・高信頼の監視システムを実現することを目指す研究である。

2 は、WiMAX 技術を航空分野に適用して空港周辺の C バンド空地通信網のプロトタイプを開発し、国際規格策定に参画するとともに、実用的な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展開が困難な場合や将来の航空管制方式に対応できる技術開発を目指している。

4 は、新規の重点研究であり、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を行うことを行っている。

5 は、新規の重点研究であり、複数のミリ波センサ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たハイブリッドセンサネットワークを開発し、高度な監視情報を得ることができる空港面異物監視システムに関する研究を行う。

6～13 は指定研究である。

6 は、航空用データリンクのアプリケーションについて、現在の運用状況の調査結果や将来動向を考慮し、通信性能の数値解析シミュレーションツールを構築して今後の実現可能性を明らかにすることを目指す研究である。

7 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、空港面監視用として実用化を目的とする研究である。

8 は、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評価することにより、監視システム全体の性能を評価することを目指している。

9 は、航空機の運用改善に資すると期待される情報共有基盤 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、情報サービスの構築モデルや検証プラットフォームの開発を目指している。

10 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、試験手順書を作成など、航空機の電波防護指針を作成することを目指す研究である。

11 は、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行を支援することをめざし、ミリ波レーダを改良する研究である。

12 は、航空機が高速移動するために発生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を目指す研究である。

13 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を目指す研究である。

14 は基礎研究である。

14 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 の運用信頼性を向上させる研究である。

15～16 は調査課題である。

15 は、現用および開発中の通信技術を航空通信に適用するメリットやデメリットを比較調査し、今後の検討課題をまとめることを目指している。

16 は、航空機の高度間隔を短縮する RVSM (Reduced Vertical Separation Minima) 方式を用いて航空路の効率的運用を実現するための条件である航空機の高度維持性能の監視について、安全性向上とコスト低減が期待されている新方式の課題を明らかにすることを目指す研究である。

17～23 は競争的資金による研究である。

17 は、滑走路の障害物検知を想定した高速高精度イメージングのための基盤技術の開発を目指し、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する。

18 は、計器着陸装置 ILS に見られる積雪障害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。

19 は、監視システムの電波障害解析などで必要とされる広範囲の電波伝搬解析について、必要十分な精度を保ちつつ高速化する手法に関する研究である。

20 は、次世代航空通信のための新しい変調方式の候補として、信号品質劣化への耐性に優れた連続位相変調方式 CPM をマルチパス耐性に優れ移動通信用として実績がある直行周波数変調方式 OFDM と組み合わせた CPM-OFDM 方式について、有効性を明らかにすることを目指す研究である。

21 は、ミリ波と光無線通信の技術を活用して、200km/h 以上の高速列車等との間で Gbps 級の通信を実現する技術の研究開発を他機関との連携により目指しており、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。

22 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条件を明確にすることを目

指す研究である。

23 は、欧州と欧州外諸国との間で共同研究を実施するために準備された制度 Horizon2020 に基づく日欧共同研究である。航空分野への応用も期待される将来のネットワーク基盤を構築するための基礎技術として、ミリ波帯と光ファイバ通信を連係させるための研究開発や実証支援を当研究所が分担している。

24 は在外派遣による研究課題である。

24 は、SSR モード S を用いる航空機動態情報の取得と活用の他、監視センサのネットワーク接続による信頼性や効率の向上を目指す研究である。

II 試験研究の実施状況

「ハイブリッド監視技術の研究」では、将来にわたって監視システムの性能劣化を防止するため、ハイブリッド技術を用いて信号環境を改善する研究を進めた。多様な監視システムを連係動作させることにより、遠方から覆域に進入する航空機の初期捕捉に必要な信号を減少させるなど、無線機器運用の効率化と信号環境改善に成功している。

「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 標準案を検証するため実験用プロトタイプを用いる無線局を開設し、基地局と端末局の間で空港面における通信性能を測定した。また、ICAO/CP/WG-S 会議が 10 月に仙台にて開催された際には、当研究所岩沼分室にてデモ実験を実施した。さらに、同会議および 12 月に開催された通信パネル CP 会議では実験結果を提供し SARP の勧告案作成に寄与した。

「航空路監視技術高度化の研究」では、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高利得セクタ型の実験用アンテナを試作設置した。これを使用した実験により信号受信性能を確認するとともに、既存の WAM/ADS-B 実験システムに改修を加え、次年度に予定する覆域拡張実験を準備した。

「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、実験用送受信システムを設計し実験システムの構築を開始した。また、物標からの散乱電波をシミュレーション計算し、受信局位置における散乱電波の受信電力の予測値を用いて受信局配置が検出性能に与える影響を予測した。

「空港面異物監視システムの研究」では、先行研究で確立した技術を用いて、光ネットワーク接続された多数のアンテナ局を制御するレーダシステムの構築を進めた。また、異物を識別するためのカメラとの連動機能を導入するため

の準備を進めた。

「航空システムのデータリンク性能に関する研究」では、将来利用する VDLM2 の通信性能解析ツールに、ATC 通信の優先処理機能や地上局別統計機能等に関する改修を行い、将来の状況を想定して通信性能を予測した。この結果、今後の導入前検討が必要な通信種別の詳細な予測検討についても、今回改修した ATC 通信の優先処理機能を用いて可能であることを明らかにした。

「新方式マルチラテレーションの実用化評価研究」では、監視覆域を仙台空港全面およびその周辺に拡張した実験装置から仙台空港事務所にデモ用の監視情報の提供と評価試験を開始した。

「監視システムの信号環境と将来予測に関する研究」では、信号環境測定装置を開発改良し、飛行実験により実際に計測した結果を過去の測定データと比較してその有効性を確認した。

「SWIM による航空交通情報システム基本技術の研究」では、SWIM 的な情報交換のデモ実験のために FAA を中心に計画された Mini-Global Demonstration への航空局の参画を支援しながら SWIM 関連の技術を研究調査した。デモ実験においては、アジア太平洋地域の関係諸国とともに実験シナリオ等を準備した。さらに、航空局から ATSRI 経由で提供される情報をデモシステムと接続する実験装置を構築してデモを成功させた。

「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、干渉信号の伝搬減衰量 (IPL) 測定手法の有効性を確認するとともに、乗客が持ち込む電子機器の使用制限緩和に資する実験を実施し、航空局による法制化を支援し平成 26 年 9 月の緩和実現に寄与した。

「低高度における状況認識技術に関する研究」では、低高度における周辺状況認識に適した性能を有するミリ波レーダシステムを構築するため、これまでに得られた成果を踏まえた試作測定および実証試験に向けた送電線探知試験を実施した。特に、送受信回路を改良することにより大幅な性能向上が見られた。

「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、次世代の航空用 L バンドデータリンク候補である LDACS を試験対象とし、等化アルゴリズムやパイロット信号配置について幾つかのバリエーションを実装して比較検証を進めている。

「発話音声による覚醒度低下の評価尺度の開発」では、覚醒度を評価するために適切な発声課題の選定や、これまでの音声処理方式による処理結果に見られた異常値の軽減手法などの成果をまとめた。

「UAS のための GPS に代わる位置推定法に関する研究」では、GPS に依存しない UAS の位置推定の基礎となる受信システム同期手法について研究を進めた。また、無人機運用に関する ICAO 会議を支援するため、行政機関との情報交換に努めている。

「次世代航空通信の基盤技術の調査」では、小型機パイロットへのインタビューを実施し、サンプル数は限られたものの、イリジウム衛星通信システムを用いる空地データリンクの利用者から次世代通信に期待する事項などを直接聴取できた。

「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、光ファイバを用いて基地局と送受信局の間でミリ波送受信信号を伝送し、送受信局を滑走路横に一直線に並べて覆域を接続すること (リニアセル化) に成功した。仙台空港にてデモ実験を実施した。

「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、遮蔽フェンスの金属ワイヤの間隔を最適化する手法を実装した。実績がある電磁界計算手法 NEC2 に最急降下法を組み合わせ最適化する手法を準備している。また、電波無響室内のスケールモデル実験により、比較検証用のデータを得た。

「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、航空分野に応用できる広域高速な電磁界解析用の数値計算アルゴリズムの開発を進めた。提案する数値計算アルゴリズムを用いて、航空機からの散乱電力推定と空港面伝搬特性の数値解析について、計算速度や精度の改良を進めている。

「次世代航空通信向け CPM-OFDM システムの実環境評価に関する研究」では、初年度に構築した次世代航空通信向け CPM-OFDM システムの評価システムを改良し、複数の送受信アンテナを用いる通信 (MIMO) を想定した評価試験を進めている。

「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、高速移動体との間で G bps 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のための技術開発を進めた。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) するとき基地局側で必要となる変調方式の実現性を確認した。

「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、東北大学他と共同で実施している研究であり、分担課題である 5GHz 帯域の電波に関する共用性の調査を進めた。特に、当研究所の実験用航空機に測定機器を搭載し、仙台空港空

域等における電波の使用状況を測定して共用性の検討を進めた。

「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、今後の研究の基礎的な想定事項となる 60GHz 帯域通信システムの運用シナリオを調査し、基礎的な送信源検出特性を確認した。

「航空機の動態情報応用および監視センサネットワークの研究」では、在外研究の実施先として ENAC（仏国民間航空学院）と FOKUS（フラウンホーファー研究機構オープン通信研究所）に滞在し、それぞれ、動態情報の応用手法や監視センサネットワークについて研究状況を調査しながら研究交流を深めている。

本年度は、以上の 24 件の研究・調査に加えて、以下に示す 14 件の受託研究を行った。これらは上記の研究やこれまでの研究で蓄積した知識・技術を活用している。

1. Bell 206B 搭載機器の経路損失試験
2. Mini Global Demonstration 接続に関する支援作業
3. DCH8-100 搭載機器の経路損失試験
4. SAAB340 搭載機器の経路損失試験
5. E170 他 2 搭載機器の経路損失試験
6. A330 搭載機器の経路損失試験
7. 合成開口レーダーの空中線測定支援
8. B777 搭載機器の経路損失試験
9. B737-800 搭載機器の経路損失試験
10. 機体・飛行時の HIRF 電波環境調査作業（その 3）
11. Bell 412 搭載機器の経路損失試験
12. X バンド干渉用アンテナのベースライン長測定作業
13. 受動型 SSR 装置による空域監視情報の離弁花・高信頼化に係る調査
14. 岡山空港広域マルチラレーション整備基本設計に係わる調査支援

III 試験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

「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」の成果は、携帯電子機器の機内使用に関する要件の標準化やその確認のための測定を実施できる段階になった。この成果を用いて、各航空機の客室から搭載無線機器への伝搬経路損失を測定（IPL 測定）し、その結果を用いて携帯電子機器を機内で使用してよいか判断できるようになった。平成 25 年度末には、経路損失測定に関する受託試験に対応し始め、平成 26 年度は国内航空各社の航空機について必要な測定を受託研究として実施した。その結果、

航空局による法制化を支援し平成 26 年 9 月の緩和実現に寄与した。

「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、研究成果を ICAO/CP/WG-S 会議等国際標準化を進める会議に実験結果を提供し SARP 勧告案作成に寄与した。特に、ICAO 標準案を元に作成した実験装置を用いる実験は他国に例が見られない先進的なものであった。今後は、他国の検証実験等追試結果と比較しながら、さらに詳細な技術マニュアル等の作成に寄与する予定である。

「航空システムのデータリンク性能に関する研究」の成果は、日本の運用環境における POA (Plain Old ACARS) と VDL の通信容量の限界を予測計算し CARATS における通信関連の将来計画の実施時期判断等に寄与するとともに、航空局交通管制部技術管理センターへの技術移転の準備が進められた。

「SWIM による航空交通情報システム基本技術の研究」の成果は、航空局が参画する MDG: Mini-Global Demonstration の実施を支援する基礎固めになっており、アジアと北米の間に位置する我が国空域を飛行する航空機を用いるデモンストレーションの作成や通信試験など、当研究所はアジア地域からの参加者として重要な役目を果たした。9 月に実施された国際デモ実験では、当研究所の実験システムを米国の SWIM テストベッドに接続し、日本からのデータ配信や各国とのデータ交換を成功させて高い評価を得ている。

「ハイブリッド監視技術の研究」や「監視システムの信号環境と将来予測に関する研究」は、今後の航空機増加に伴う信号環境の悪化やその中の監視システムの性能劣化を予測し、信号環境を悪化させない監視システムの構築をするための基礎となると見込まれる。

「新方式マルチラレーションの実用化評価研究」では、空港面の航空機監視手法として仙台空港における運用評価を開始した。これまでの運用状況は好評であり、管制技術官他からよりよいシステムとするための提案事項等が寄せられている。今後の改良により、安価で高性能な監視システムとして実用化され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、航空局への技術アドバイザなどとして協力を続けている。これらのなかで、平成 26 年度は学会からの受賞も見られ、IEEE ICNS 2014 における論文賞 3 位などがあった。

（監視通信領域長 小瀬木 滋）

ハイブリッド監視技術の研究【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 暁東
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)の監視体制が構築、運用されることが想定される。

本研究では、複合型監視体制下において、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 $\rho\theta$ 測位を行っている。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、高頻度・高精度・高信頼性を持つ航空機の監視情報を管制官に提供する。

2.2 信号環境の改善技術

SSR,WAM,ADS-Bは、測位に同じ信号(1090MHzのモードS信号)を使用する。

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、地上局の質問信号を送信し、これを受信したトランスポンダが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自身が質問送信を行い、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の低下の要因となる。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・高頻度の監視が出来る上、空対空監視にも利用できる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。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 信号環境改善技術の開発

平成 26 年度は、SSR モード S、ADS-B からの監視情報を用いて、SSR モード S に対して遠距離航空機の初期捕捉を支援する機能（新機能）の実装を行った。この機能は、多様な監視システムが航空機の位置など監視情報を共有するハイブリッド技術をさらに拡張し、監視結果の情報共有のみならず、初期捕捉など監視準備段階の情報まで共有できるように進化したものである。航空機の監視開始位置を定める初期捕捉は、監視システムが航空機を検出できるかどうかぎりぎりの状態で行われ、高い信頼性の監視情報を得るためには多量の信号送受信が必要である。図に示すように、当研究所の実験システムにおいては、SSR モード S の覆域外の航空機が覆域に進入時に ADS-B などの監視システムから航空機位置情報を提供し、そこから監視を開始することで初期捕捉に必要な大量の信号送受信を省略できることを確認した。

3.2 統合技術の改善

実験データをもとにして、統合処理の課題抽出と改善を行った。平成 25 年度までに製作した統合監視処理装置の実験システムを用いて、在空航空機の監視測位性能についての評価実験を行った。

3.3 監視情報の信頼性分析処理

将来の監視システムにおいては、DAPs や ADS-B など航空機から提供されるデータに依存する方式が多く見られ、特に航空機動態情報の質が将来のトラジェクトリ運用の導入効果や安全性に影響するといわれている。航空機動態情報（航空機から配信される速度、方位、高度などの情報）の信頼性を検証する手法についても前年度に引き続き検討を行った。また、大量監視データを高速に処理できるツールを構築し、多数の航空機の分析が可能となった。今後、ADS-B など航空機側の情報に依存するシステムが提供する監視情報の利用法を検討する上で重要なデータとなる。

4. まとめ

平成 26 年は、主として信号環境改善技術の開発を進めた。この他に、統合技術の改善や監視情報の信頼性情報の検証などを行った。

今後は、更に信号環境を改善する技術について検討を進める。

以上の研究を通して、多様な監視方式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、移行期においても監視性能を維持できるハイブリッド技術の確立を目指す。

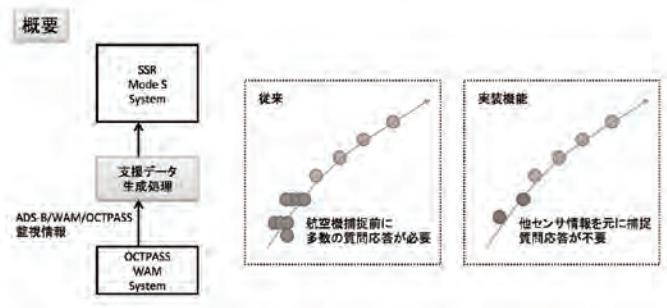


図 Y1. 信号環境改善のシステム構成と動作概要

従来は、一括質問（図中濃い●）により初期捕捉した後、個別質問（図中薄い●）に移行する。実装した信号環境改善機能により、支援データを用いて個別質問（図中薄い●）を行うことで、一括質問なしで捕捉を開始する。



図 Y2. 信号環境改善技術（遠距離機の捕捉技術）

遠距離機の捕捉技術ソフトウェアは、SSR モード S と ADS-B の航空機の位置や捕捉状況を管理する。さらに、レーダ境界付近の非捕捉航空機を抽出する。図の四角で囲まれた航空機が捕捉候補機である。

掲載文献

- (1) Lu 他：“DAPS based adaptive tracking system for high-assurance air traffic surveillance”, IEEE ICNS2014, Apr. 2014
- (2) Koga: “Classification of Mode S transponders by datalink capability”, IEEE ICNS2014, Apr. 2014

- (3) 古賀:”モードSパッシブ捕捉技術による信号環境改善”,電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会,平成27年1月
- (4) Matthiue,他: "Comparison of wind vectors from weather forecast and downlink aircraft parameters",電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会,平成27年1月

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
研究期間	平成24年度～平成27年度

1. はじめに

現在、航空機と地上管制機関を結ぶ空地通信網の性能は最高30kbps程度であり、地上で利用される汎用通信システムと比較し、低速な通信システムが利用されている。こうした中、今後、航空交通量の増加に伴い、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、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、ICAOやRTCA等で航空用標準規格の仕様検討と研究開発が始められている。このシステムはAeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communications System)と呼ばれ、WiMAX技術(IEEE 802.16-2009規格準拠)の汎用高速通信規格で検討が進められた移動体通信システムである。このシステムはMLS(Microwave Landing System)と同じCバンドの周波数を利用することが予定されている。

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、従来の単一アンテナに限らず、複数のアンテナを利用することが検討されている。このため、空港域における基地局配置の最適化検討と共に、移動中の航空機や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、AeroMACSの実験用プロトタイプを開発し、性能評価する。また開発にあたってWiMAX技術やAeroMACS信号を解析し、その結果をもとにAeroMACS用国際標準の規格策定作業に参画し、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。本年度は4ヵ年計画の3年目であり、以下のことを行った。

- ・ AeroMACSプロトタイプの開発・性能評価
- ・ AeroMACS信号実験システムの調整及びWiMAX技術の検討
- ・ AeroMACSの動向調査及び技術提案

3. 研究成果

3.1 AeroMACSプロトタイプの開発・性能評価

平成25年度より2年計画で開発中のAeroMACSの実験用プロトタイプについて、平成26年度にAeroMACS基地局、及びAeroMACSサーバ類が完成した。図1に完成したAeroMACS基地局とAeroMACSサーバ類を示す。AeroMACSサーバ類はHome Agentサーバ、Authentication, Authorization and Accountingサーバ、Access Service Network Gatewayサーバ、基地局管理サーバから構成されている。これらは、AeroMACS端末の移動に基づく基地局の切り替えや他のネットワークとの接続、AeroMACS端末の認証等の機能を持っている。これらと平成25年度末に納品されたAeroMACS端末を用いて接続実験を行い、AeroMACSプロトタイプの性能評価を実施した。

この結果、周波数など電波に関する要件や移動通信等に対応するAeroMACS用国際標準を満足するプロトタイプを開発したことを確認した。また、このプロトタイプを利用した実験により、昨年度にAeroMACS信号実験システムで得られた推定通信速度相当の通信速度で伝送可能である結果が得られた。図2に、当研究所岩沼分室内の実験塔に基地局を設置し、端末を搭載した実験車両にて



図1 開発したAeroMACSプロトタイプ基地局(左)とAeroMACSプロトタイプサーバ類(右)

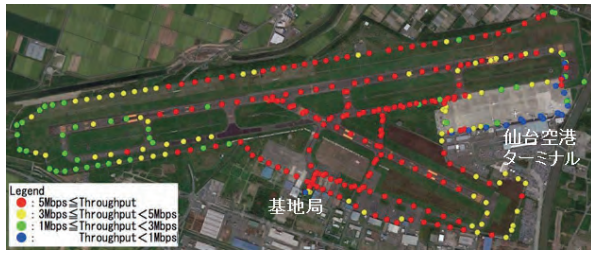


図2 伝送速度の性能評価結果

分室に隣接する仙台空港内を走行した性能評価実験の結果例を示す。図2内の中央下に基地局が位置し、赤、黄、緑、青の各色はその地点において通信した伝送速度(Throughput)を示している。伝送速度を表す色として、赤は5Mbps以上、黄は3～5Mbps、緑は1～3Mbps、青は1Mbps未満を示している。これは既存の最高30kbps程度の航空通信システムと比較し、最高約200倍の伝送速度を得られたことを示している。最高伝送速度は、文字伝送だけではなく画像伝送が可能な速度である。図2に示すとおり、空港ターミナルビル付近や基地局アンテナ直下の電波が直接届かない場所を除き、空港内のほぼすべての場所で通信できると考える。

3.2 AeroMACS信号実験システムの調整及びWiMAX技術の検討

平成24年度に構築したAeroMACS信号の送受信実験システムについて、複数アンテナを用いた多入出力の構成に変更し、送信機を新設の上、新たに移動可能な実験局免許を取得した。この実験システムは平成24年度に構築した送受信実験システム同様、一方向の通信システムではあるが、仙台空港に隣接する当研究所岩沼分室内近傍に設置可能であり、空港内の必要な個所に基地局を設置し、端末を搭載した実験車両が空港内を移動することで、空港近傍におけるAeroMACS信号の電波伝搬状況が詳細に解析できる。

また、これと並行しWiMAXの無線通信技術に関する予備的検討として、計測器を用いた評価システムを構築し、高速移動時のドップラを考慮した性能評価を行った。これにより、変調方式の違いによるデータパケットの誤り率(Packet Error Rate)や伝送速度(Throughput)に対する移動速度との関係を明らかにした。これらの解析結果は、AeroMACSプロトタイプを用いたフィールドでの基本性能評価結果と比較の上、国際学会に投稿した。

3.3 AeroMACSの動向調査及び技術提案

ICAOにおけるAeroMACS用国際標準の規格策定作業

は、7月及び11月の作業部会(WG-S)及び複数回のweb会議を経て、12月の通信パネル会議で最終案が承認された。現在、この最終案は平成28年秋の国際標準発効に向け、ICAO内で事務手続中であり、この次のステップとして実用に対応するためのAeroMACSマニュアルを策定する作業に着手したところである。当研究所はAeroMACS用国際標準の規格策定作業において、AeroMACSプロトタイプを用いた実験結果を継続的に報告し、最終的にAeroMACS SARPs案の検証作業を担った。現在はAeroMACSマニュアルの策定作業に参画し、AeroMACSプロトタイプを用いた性能評価を引き続き実施している。

11月のWG-Sは、関連するWiMAX Forumのシンポジウム(WiMAX Aviation 2014 Sendai)と連続日程で日本(仙台)において開催した。当研究所で開発したAeroMACSプロトタイプは、このシンポジウムや同時期に開催された国際学会において、実験デモンストレーションとして公開し、通信関連の研究者や国際標準策定作業メンバにもその実験システムや性能等を認められた。図3に実験デモンストレーションの様態を示す。

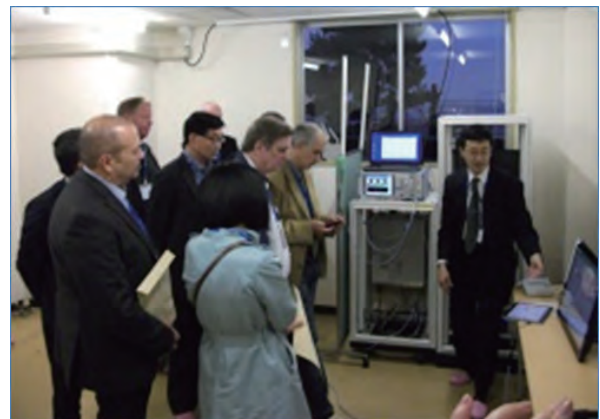


図3 実験デモンストレーションの様態
(WiMAX Aviation Field Technical Tourより)

4. おわりに

平成26年度はAeroMACS信号実験システムを複数入出力に対応できるよう改良し、実験局免許を取得の上、性能を確認した。また、AeroMACSプロトタイプを開発し、性能評価の上、ICAOのAeroMACS用国際標準の規格策定における検証作業を実施した。このAeroMACSプロトタイプは、国際学会や関連するWiMAX関連シンポジウムにおいて、実験デモンストレーションとして公開し、国際標準策定規格メンバ等とも意見交換している。AeroMACSプロトタイプを用いた性能評価やWiMAX技術の検討結果は、ICAOにおけるAeroMACS用国際標準の

規格策定会議や国内外の学会等を中心に報告した。平成27年度は開発したAeroMACSプロトタイプを用い、ICAOにおけるAeroMACSマニュアルの策定作業を中心に性能評価を行い、結果をまとめていく予定である。

掲載文献

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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
- (4) 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
- (5) K.Inoue and Y.Sumiya: Airport Radio LAN System in Japan, ICAO ACP WGS5 IP02, Jul. 2014
- (6) 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
- (7) 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
- (8) 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
- (9) 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
- (10) Y.Sumiya: ENRI's AeroMACS Project, WiMAX Aviation 2014 Sendai, Nov. 2014
- (11) 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
- (12) 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
- (13) 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
- (14) 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ティ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
- (15) 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

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, 田嶋 裕久

研究期間 平成 25 年度～平成 28 年度

1. はじめに

今後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自動位置情報伝送監視 (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) を航空路に適用する場合、海岸線沖合の覆域をSSR並に確保できる、高利得アンテナの開発が必要との課題がある。

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データリンクの実現が期待される。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、必要な方向に送信を限定するセクタ型アンテナの開発が必要である。

このような背景から、本研究の目的は、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ものである。我が国の将来の航空交通システムに関する長期ビジョン (CARATS) では、航空路へのWAM/ADS-Bの導入およびTBOの実現が示されており、本研究の意義は高い。

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から取得して、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受信局などで検出され、この情報を基に監視が行われる。WAMとADS-Bは、トランスポンダから送信される同じ形式の信号を利用するため、共用 (同時運用) が可能である。

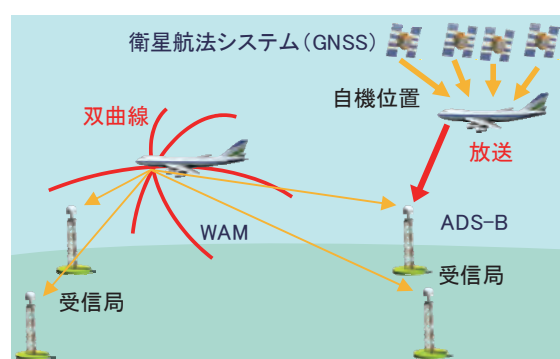


図1 WAMとADS-Bの測位原理の概略図

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。

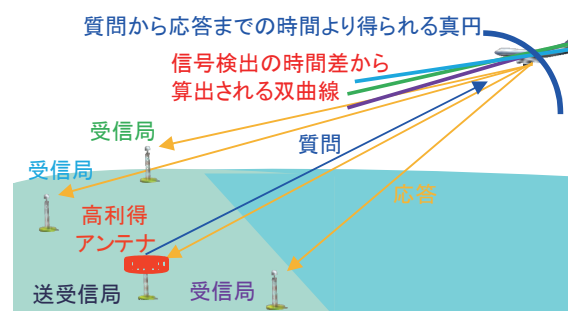


図2 Rangingによる測位精度の改善

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加するため、信号・運用環境が悪化する。このため、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

平成26年度は、前年度に製作した高利得セクタ型アンテナを設置して基礎試験を実施した。また、現在整備を進めているWAM/ADS-B実験システムに、高利得セクタ型アンテナから質問信号を送信させる機能を付加した。

3.1 高利得セクタ型アンテナの設置と基礎試験

本研究の中核となる高利得セクタ型アンテナを当研究所内のアンテナ試験塔に設置した。図3に高利得セクタ型アンテナの設置状況を示す。本アンテナのビーム幅は、信号環境への影響とシステム複雑化のバランスを考慮して1セクタ：45°とした。利得値は、本研究の達成目標であるWAM覆域：200NM以上、ADS-B覆域：250NM以上を踏まえて17dBiとした。また、実運用においてはアンテナ設置場所に制約が生じるため、可能な限り小型・軽量化を図っている。

基礎試験は、最大覆域（ADS-B）と信号検出率を評価項目として実施した。最大覆域の評価は、海岸線沖合を飛行するADS-B在空機を利用して行った。図4にADS-B在空機の航跡図（1時間分）を示す。最大覆域は、目標値250NM以上に対して、約220NMが得られた。目標値が達成できていない理由の一つとして、現在の設置位置では、地理的な電波見通し上の制限を受けていることが挙げられる。このため、次年度に本アンテナの設置高を調整して、最大覆域の改善を図る計画である。

一方、信号検出率の評価は、当研究所の実験用航空機

を利用して行った。評価方法としては、高利得セクタ型アンテナを接続した受信局の隣に、通常利用する無指向性アンテナ（利得：9dBi）を接続した受信局を設置して、同時に運用させて、両受信局の信号検出率を比較した。図5に両アンテナの設置状況、ならびに信号検出率の比較を示す。本試験の結果、アンテナのセクタ化による信号検出率の改善効果が確認できた。



図3 高利得セクタ型アンテナの設置状況

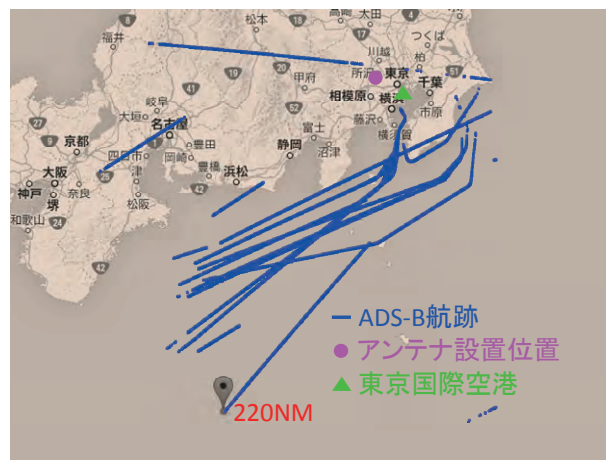


図4 ADS-B在空機の航跡図（1時間分）



図5 両アンテナの設置状況と信号検出率の比較

3.2 WAM/ADS-B 実験システムの機能付加

図6に、当研究所のWAM/ADS-B実験システムの構成を示す。前年度に製作したセクタ型アンテナ用送受信局（受信装置のみ実装）に対して、送信装置を付加して、WAM/ADS-B実験システムの整備を完了させた。図7にセクタ型アンテナ用送受信局の外観を示す。送信装置の送信電力は、質問到達距離200NM以上を踏まえて、1500Wに設定した。また、アンテナ切換による損失の排除を図るために、セクタ毎に送受信装置を接続する構成を取っている。

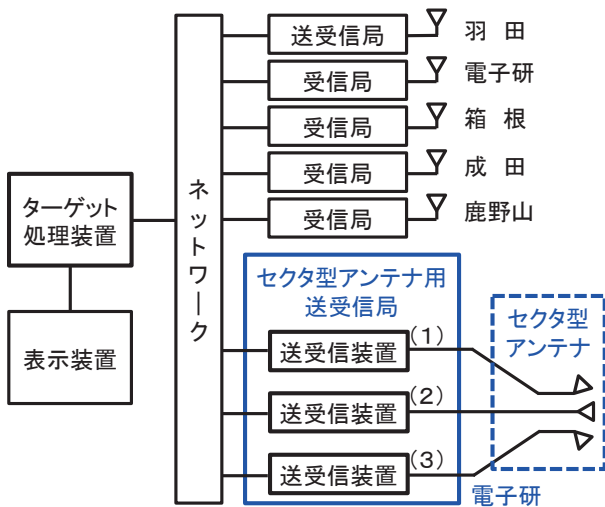


図6 WAM/ADS-B実験システムの構成



図7 セクタ型アンテナ用送受信局の外観

4. 考察等

平成26年度は、高利得セクタ型アンテナを設置するとともに、本アンテナ用の送信機能をWAM/ADS-B実験システムに付加して、実験システムの整備を完了させた。今後は、整備した実験システムを利用して、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、試験結果を踏まえた実験システムの改修を進める計画である。そして、最終年度までに、本研究の目的に挙げた技術の確立を目指す。

謝辞

実験システムの設置ならびに評価試験の実施に多大なご協力を頂いている国土交通省の関係各位に感謝の意を表します。引き続きよろしくお願い申し上げます。

掲載文献

- (1) 島田, 宮崎他: “WAMにおける性能改善方式の評価”, 平成26年度(第14回)電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成26年6月
- (2) Miyazaki: “Measured DF0 transmission around Tokyo international airport”, ASP TSG WP17-25, ICAO ASP 17th TSG meeting, June 2014.
- (3) Miyazaki, Shimada, et al.: “Performance Evaluation of a WAM System using Measured Range”, ESAV2014, September 2014.
- (4) Miyazaki: “Measured DF0 transmission around Tokyo international airport”, WP ACSG01-02, ICAO ASP 1st ACSG meeting, September 2014.
- (5) Miyazaki, Kakubari: “Status of the Passive Acquisition Testing at ENRI Using a Short Baseline MLAT System”, WP ASP 17-19, ICAO ASP 17th WG meeting, September 2014.
- (6) 宮崎: “DAPs導入に伴う信号環境影響の検討”, 航空局CARATS第4回監視アドホック1会合, 2014年11月
- (7) 宮崎, 小菅他: “TDOA測位における基準局選択と測位結果の関連”, 電子情報通信学会論文誌B, Vol. J97-B No.12, 2014年12月
- (8) 宮崎, 小菅他: “バイアス誤差が存在する場合の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, SANE2014-120, 2015年1月
- (9) 宮崎: “航空路監視技術の高度化について”, 航空管制2015 No.1, 2015年1月
- (10) Miyazaki, Kakubari: “Status of the Passive Acquisition Testing at ENRI Using a Short Baseline MLAT System”, ASP TSG WP18-17, ICAO ASP 18th TSG meeting, January 2015.

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

航空機の地上監視には、1次および2次レーダが使用されている。これまで、SSR(2次レーダ)の精度・分解能などの監視性能を向上するADS-BもしくはMultilateration等といった新しい監視技術の研究が進み実用化されている。また、通常の航空管制ではPSR(1次レーダ)の使用頻度は低いものの、航空機搭載のトランスポンダに頼らない監視手段として1次レーダも欠かすことのできない装置である。1次レーダの性能向上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。有力候補としてMSPSR(Multi Static Primary Surveillance Radar)の検討が一部で始まっているが運用装置として使用できる物はなく、また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わかっていない。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そのまま導入できる保証はない。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ASRと同等以上の分解能、捕捉率等の性能を有する新型PSRの性能要件の検討およ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ASR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、初年度の平成26年は次のことを行った。

- ① MSPSRの要件・動向調査
- ② MSPSR実験システムの検討と基本設計
- ③ パッシブレーダによる測位実験
- ④ 追尾処理等信号処理方式の検討

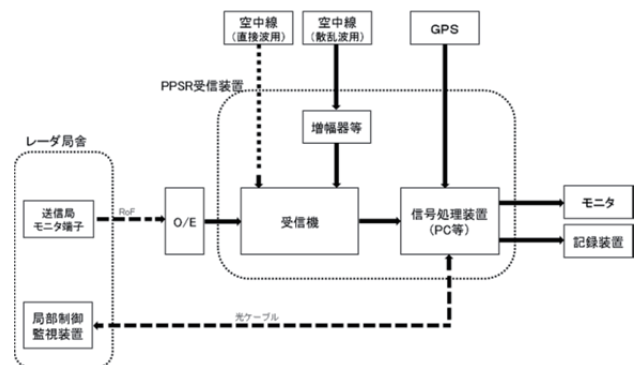
3. 研究成果

平成26年度はICAO ASP等に提出された、MSPSR関係の文献を調査するとともに、レーダシステムの基礎となるバイスタティックレーダについて調査を行った。これらの

調査と並行してMSPSR実験システムの検討と汎用測定器を使用した測位システムのための検証を行った。

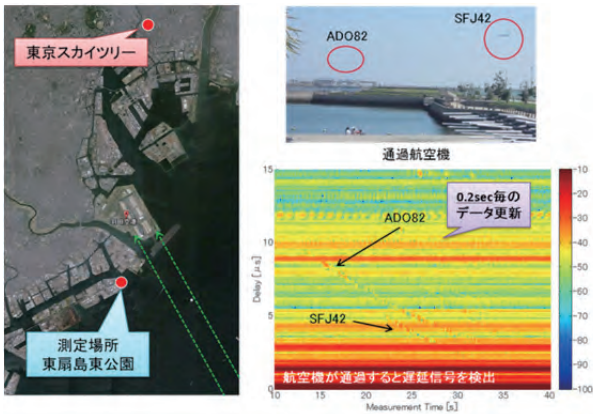
3.1 MSPSR実験システムの検討と基本設計

MSPSR実験システムとして、新たに送信機を設計・製作するのではなく、既存の空港監視レーダから必要情報入手して送信源とする実験用送受信システムの設計を行った。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、それを光ファイバ無線(RoF)を使って受信局舎に引き込み、レーダ処理をおこなうパッシブレーダシステムとして構築した。送信機から離れた受信機側でも実際の送信信号をつかっただけのレーダ処理が行えるため、これまで同様のレーダ処理および測位結果が得られることが期待される。



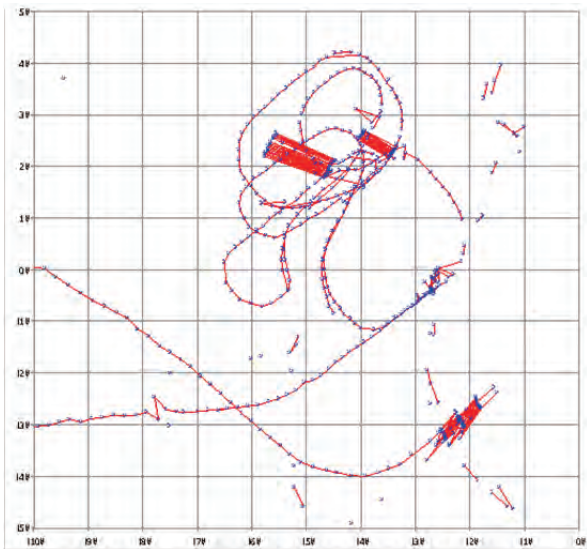
3.2 パッシブレーダによる測位実験

地上デジタル放送波を使った航空機の測位実験を実施した。航空用のマルチスタティックレーダでは前述のような自らが管理する送信局を利用したレーダの他に、既存の様々な周波数の無線局電波をつかっただけのレーダを使うことが検討されている。その中でも信号強度が十分大きく、広範囲への放送である地上デジタル放送波を用いたパッシブレーダの実用性について検討を行った。これまでの検討されてきた方式では、レーダ画像を得るために反射信号を複数回積分するなど数多くの信号処理をする必要があったが、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に、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。



3.3 追尾処理等信号処理方式の検討

パッシブレーダで得られた航空機の推定位置に対する追尾処理方法を検討するために、受動型 SSR を利用して収録した航空機からの応答データを処理して、観測された航空機の最尤航跡を算出した。航跡の平滑化は航跡の抽出と密接に関係があり、精度の良い平滑化が可能であった場合には、観測域内において航跡の消失時間が数回の走査時間以上に及んだ場合であっても、連結すべきセグメントの推定が容易になる。追尾精度の向上や、「空域の混雑度等を与える新たな指標値の開発」等を目的とする場合、レーダの走査周期はとしての現状の 4 秒、また 10 秒は、余りにも長く全く不十分と思われるので、航跡の平滑化においては、レーダによる観測点間を百倍(可能であれば1千倍)程度にオーバー・サンプリングするデジタル・フィルタにより追尾処理が可能であることが明らかとなった。



4. まとめ

今年度設計した実験用送受信システムを基に実際の実験システムを構築し、それによる測位実験と実際のレーダシステムとの比較等を使ってシステム性能の検証を行う。本方式では既存のレーダシステムに対して受信機を追加

することによって、補足性能の向上やブラインドエリアの解消が期待される。また、地上デジタル放送波以外の無線信号にも注目し、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、既存のレーダより高性能なレーダシステムが構築可能であると期待される。

所外発表

- (1) K. Shiomi and H. Miyazaki, "Status Update on ENRI MSPSR Development," ICAO/ASP/WG, April 2014.
- (2) J. Honda and T. Otsuyama, "Rapid Computation Algorithm for Radio Propagation Characteristics on Airport Surface," Proc. of the 8th Intr. Conf. on Complex Intelligent and Software Intensive System, July 2014.
- (3) K. Shiomi and S. Aoyama, "Development of Passive Surveillance Radar," ICAS2014, September 2014.
- (4) J. Honda and T. Otsuyama, "Experimental result of aircraft positioning based on passive primary surveillance radar," Proc. Inter. Sym. on Enhanced Surveillance of Aircraft and Vehicles (ESAV 2014), September 2014.
- (5) 塩見 格一, 青山 秀次, "受動型レーダーの開発の現状と展望," 日本航海学会
- (6) K. Shiomi, S. Aoyama, A. Noda and Y. Matsui, "Development and Functional Evaluation of Passive Surveillance Radar System," Proc. of ICSANE 2014, October 2014.
- (7) T. Otsuyama and J. Honda, "A Study of Direction Finding Method for Passive Airport Surveillance Radar," Proc. on ISAP 2014, December 2014.
- (8) 大津山 卓哉, 本田 純一, "マルチスタティックレーダによる航空機監視の可能性," 電子情報通信学会技術報告
- (9) 本田 純一, 大津山 卓哉, "地上デジタル放送波による航空機測位の一検討," 映像情報メディア学会技術報告
- (10) 塩見 格一, "受動型レーダーの開発の経緯と展望," 航空環境研究

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 年のコンコルドの事故以来、空港面の安全確保のため、滑走路等の異物（FOD）検知システムのニーズは非常に高くなっている。その他にも、現状の作業員による定時目視点検に加えて、バードストライクなどの突発的な事象に対して、年間 100 回を超える臨時点検を行っており、異物の除去や滑走路の安全確認までに時間を要している。この間、滑走路の離発着を制限することから、空港の実際の処理能力を低下させる要因となっている。このような背景の下、空港面の状態監視のための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、公的機関での評価の要望が高い。

当研究では、運用者のニーズに伴い、高度な監視上を得ることのできる空港面異物監視システムに関する研究を行う。複数のミリ波センサーから構成されるセンサーネットワークと ITV カメラネットワーク用いたハイブリッドセンサーネットワークを開発する。また、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する。これらのシステムを構築し、実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 等の国際機関を通じて、空港面異物監視システムのシステム仕様、運用方針のルール化について貢献する。

2. 研究の概要

本研究は 3 年計画であり、平成 26 年度は初年度である。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

特に、平成 26 年度は下記の事項について実施した。

- ・国際規格等を考慮したシステム仕様の策定
- ・ハイブリッド型 FOD センサーの構築
- ・波長可変型光ファイバー無線システムの開発

3. 研究成果

本計画に先立ち、弊所では FOD 検出システムの国際規

格を定める会議である欧州航空電子機器機関（EUROCAE）の作業班 83 に参画し、最小航空システム性能基準（MASPS）の策定作業を行っている。本会議はカメラ型、レーダー型、ハイブリッド型のシステムを開発しているメーカー、空港運用者、管制機関から出席があり、最低限度必要となる機能を絞る作業を行った。よって、本 MASPS では、検出システムの方式を規定せず、かつ将来的に利用可能となる技術を排除することが無いよう、検出すべき物体や、システムが果たすべき機能、および一般的な試験手順を定めることとした。この MASPS は 2015 年に EUROCAE Document 235（ED-235）として発行される予定である。

それを受けて、従来開発してきた光ファイバー接続型ミリ波レーダーに MASPS で要求されている FOD の映像記録機能を付すためのハイブリッド型 FOD センサーを構築することとした。まず、各種カメラにも長所・短所があるため、各種カメラで同じ画像を取得し、各画像センサーセンサーが検出できる性能を評価するための画像取得試験装置を構築した。図に画像取得、映像評価装置を示す。

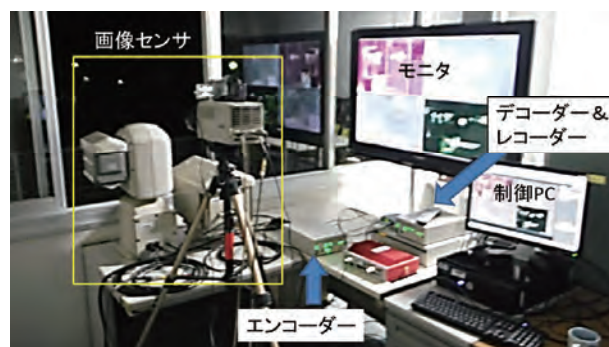


図 4つの画像センサーの映像を送受信する画像取得試験装置

カメラは夜間でも撮像可能な高感度カメラ、市販のビデオカメラの近赤外線モード、3~5 μ mの中赤外線センサー、および8-14 μ mの遠赤外線センサーである。これら4つの画像をエンコーダーでまとめてパケットを生成し、ネットワーク経由で送信する。これにより、離れた場所から画像を集めることが可能となる。また、パケット受信し、映像を再構成するデコーダー、および画像レコーダー、モニタ

一と制御 PC から構成される。

取得した画像の一例を図に示す。



図 検出画像の一例

各種センサーで夜間に同じ画角で約 100m離れた建造物を撮像した画像である。市販の金赤外線カメラは赤外線 LED にて近赤外線を照射するエリア、および対象が光や近赤外線を放出している場合には撮像可能であるが、本目的のように長距離となると赤外線 LED の光が届かず、撮像能力が低いことが示された。他のセンサーにおいては、センサーの画像分解能によって、映像の細かさは異なるが、今回の条件であれば夜間でも十分な撮像能力であることが示された。今後は、これらのセンサーを用いて数百 m 離れた位置に落下している数cmの物体の撮像能力を評価する予定である。

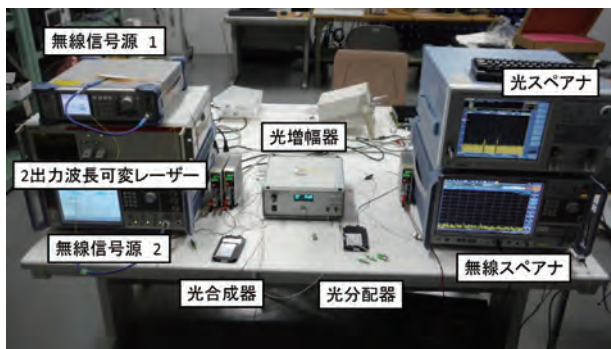


図 波長可変 RoF のクロストーク評価

また、光信号を配信するための波長多重配信と無線信号のクロストーク評価を行った。2 波長のレーザーに異なる無線信号を重畳し配信した。光合成器で合成した信号を光増幅器で増幅し、光分配器で波長毎に異なる行先に分配できるような構造とした。光分配器の分別度が約-30dB であるため、無線スベアナには-60dB の分別度で無線信号が現れることを確認した。通常のデジタル通信では問題は生じないが、高分解能レーダーと使用するためには分別度が不足しているため、追加の光フィルタ等で光分配器で取り除けなかった光クロストークを抑制する必要性が示された。

次年度はこれらのシステムを構築し、多波長をクロストークなしで利用でき、かつ映像データを配信する通常の光デジタル通信とレーダー用の信号を配信するアナログ信号配信を共存可能とするシステムを構築する。

4. まとめ

本研究では、国際規格を基にしたシステム仕様の策定、ハイブリッド型 FOD センサーのための画像取得システムの構築、波長可変型光ファイバー無線システムを構築した。

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

掲載文献

- (1) Kien T. Pham, B. D. Nguyen, Van-Su Tran, Lan-Phuong P. Linh Mai, Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, "Electrically Tunable Reflectarray Element Based on Aperture - Coupled C - Patch", Proc. of EuCAP2014, WED 1.7, Hague, Netherlands, April, 2014.
- (2) B. D. Nguyen, K. T. Pham, V. S. Tran, L. Mai, N. Yonemoto, A. Kohmura, S. Futatsumori, "Electronically tunable reflectarray element based on C-patch coupled to delay line", Electronic Letters, 31st July, 2014, Vol. 50, No. 16, pp. 1114-1116.
- (3) Naruto Yonemoto, "Technical Tour in Sendai Airport", Opening address of MWP/APMP2014 Technical tour, Oct. 2014.
- (4) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Makoto Shioji, Naruto Yonemoto, "Fundamental applicability evaluation of carbon fiber reinforced plastic materials utilized in millimeter-wave antennas", 2014 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA), Nov. 2014.
- (5) B. D. Nguyen, K. T. Pham, V. S. Tran, L. Mai, N. Yonemoto, "Reflectarray Element Using Cut-Ring Patch Coupled to Delay Line", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Issue 99, Nov 20, 2014.

航空システムのデータリンク性能に関する研究【指定研究A】

担当領域	監視通信領域
担当者	○住谷 泰人, 北折 潤, 金田 直樹, 森岡 和行, 古賀 禎, ブラウン マーク (航空交通管理領域), 石出 明, 山 康博 (航法システム領域)
研究期間	平成25年度～平成26年度

1. はじめに

軌道ベース運用(TBO:Trajectory Based Operation)による円滑な運航を目指し、日本では国土交通省航空局を中心にまとめられた「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」のロードマップに基づく航空システムが構築される予定である。今後の様々な航空システムを円滑に導入するために策定される航空局の整備ロードマップでは、航空無線通信システムの要となる航空用データリンクに基づいた施策が予想される。このため、施策の実現可能性を判断できるよう、伝送遅延及び通信頻度等に基づき、データリンク性能を解析し、評価する必要がある。

2. 研究の概要

本研究では、TBOで重要なデータリンクについて、平成25年度に明らかにしたCARATSの施策実現性をもとに、通信性能数値解析ツールの改修を行う。また、既存の通信トラフィックの現状を解析し、改修したツールに基づく通信性能の解析を実施する。本年度は2ヵ年計画の2年目であり、主に以下のことを行った。

- ・ 航空通信システムの動向調査及び報告
- ・ 通信性能数値解析ツールの改修及び解析

3. 研究成果

3.1 航空通信システムの動向調査

CARATS通信勉強会、データリンクフォーラム東京、データリンク運用評価検討会等への参加や、航空用技術基準を策定している米国RTCA SC214及び欧州EUROCAE WG78や、データリンクユーズフォーラムなどの国際会議等を中心にデータリンクの動向を調査し、航空会社、データリンクサービスプロバイダ(DSP)、行政当局等のデータリンク関係者と意見交換した。また本研究の通信性能数値解析ツールを用いた研究成果について、米国で実施された国際学会及びICAO 航空通信パネル(ACP)の作業部会で報告し、意見交換した。この結果、VHF帯通信システムにおける最大31.5kbpsの低速環

境下での航空通信システムの進展や通信量の増加に対応できるよう、複数周波数化や、データ通信を併用した航空機内のパイロットと地上の管制官との確実な情報共有を進める準備を行っていることがわかった。これらの調査結果の他、国内学会においても航空通信動向を講演している。

3.2 通信性能数値解析ツールの改修及び解析

当所の通信性能数値解析ツールによる平成25年度の検証作業に基づき、将来の航空交通システムに関する推進協議会は、航空管制向けのデータ通信(ATC通信)としてVHF Digital Link Mode 2(VDLM2)を利用の上、一定の遅延が許容される状況下において、複数の施策(周波数移管、STAR(Standard Terminal Arrival Route)/CDO(Continuous Descent Operations)発出、合流地点におけるメタリング、経路変更指示、高度変更指示、FIX通過時刻指定等)を行う方針を決めた。

これを受け、平成25年度まで利用してきた通信性能数値解析ツールのうち、VDLM2の解析ツールについて、データリンク関係者との意見交換等をもとに改修した。改修箇所は、ATC通信と航空機運航者が行うAOC(運航管理通信)が混在した通信環境下でもこれらを分けて統計処理し、ATC通信に優先処理を追加する機能のほか、優先度の異なる通信別の統計機能、地上局の航空機別設定機能、設定パラメータの複数組合せ機能、地上局別統計機

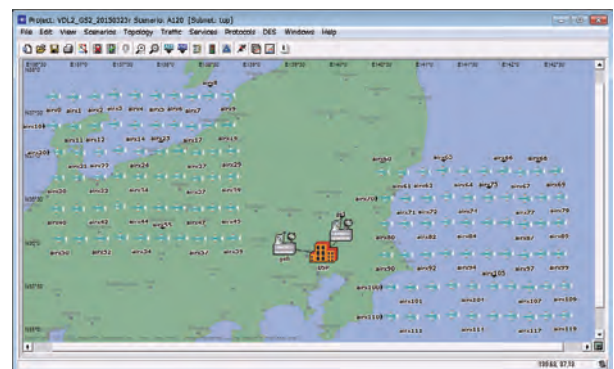


図1 改修した解析ツールのシミュレーション画面例

能等である。図1に改修したツールのシミュレーション画面例を示す。図1は、VDLM2搭載機が120機で2つの地上局を用い、シミュレーションする場合のモデルである。図の中ほどに地上局2基(灰色建物)とサーバ(橙色建物)、その周囲に合計120機の航空機があり、航空機と地上局が通信しているシミュレーションのモデル例を示している。地上局は、航空機毎に別々に設定できる。

図2に改修後のシミュレータを用い、ATC通信を優先実施した環境下で、ATC通信とAOCを通信別に統計解析した結果を示す。取得可能な最新の航空通信システム実績値として、ATC通信の今年度実績値とAOCの昨年度実績値に基づき解析パラメータ値を決定し、平成25年度同様に日本で最も混雑している羽田近辺の上空において地上局1機で対応可能なVDLM2搭載機の性能評価を行った。陸域CPDLC(Controller Pilot Data Link Communications)に関する欧米RTCA DO-290/EUROCAE ED-120の規定である「DSP内の往復伝送遅延時間が95%値で10秒以内」を準用した平成25年度の性能要件では、ATC通信の解析結果は航空機170機程度である。この時、AOCでは150機程度まで対応可能であることがわかった。ATC通信とAOCを分けて統計分析できない平成25年度の結果と比較し、この改修により、目的とする通信種別の解析を詳細に行えることができた。

4. おわりに

航空局がとりまとめたCARATSの活動の一環として、本研究では現状のVHF帯航空データ通信の調査と統計解析を行い、この結果VDLM2を利用して新たなATC通信施策を将来航空通信システムに追加する方針となった。このため、将来利用するVDLM2の通信性能解析ツールに、ATC通信の優先処理機能や地上局別統計機能等に関する改修を行い、性能予測した。この結果、ATC通信の優先処理機能により、目的とする通信種別の詳細な予測検討が可能であることを明らかにした。今後は、航空通信システム調査の一環としてこの解析ツールを有効に活用すると共に、将来の航空通信性能予測のための解析ツールとして、行政当局などへの技術移転のための準備を進める予定である。

掲載文献

- (1) 住谷 泰人, 北折 潤, 石出 明: 周波数変更指示の導入に関する通信シミュレーション, CARATS通信 Adhoc会合及び関連会議, 2013.9
- (2) 住谷 泰人, 北折 潤, 石出 明: TBOのためのデータ

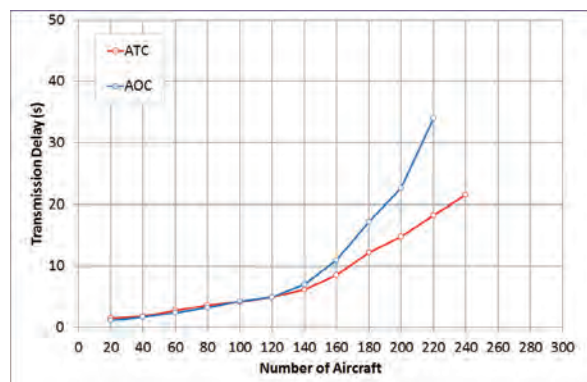


図2 VDLM2の伝送遅延時間95%値と航空機数の関係

リンク伝送遅延の解析, 第51回飛行機シンポジウム 2D02, 2013.11

- (3) 住谷 泰人, 北折 潤, 石出 明, 金田 直樹, 森岡 和行: VHF帯航空通信システムの伝送遅延時間予測に関する解析, 2014年電子情報通信学会総合大会, 2014.3
- (4) Y.Sumiya, J.Kitaori and A.Ishide: Analysis of Transmission Delay using Communication Protocol Simulator in VHF Datalink, ICNS 2014, Apr. 2014
- (5) 住谷 泰人, 北折 潤, 石出 明: 航空用VHFデータリンクの伝送遅延解析と予測, 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
- (6) K.Inoue and Y.Sumiya: VHF Datalink Analysis based on CARATS in Japan, ICAO ACP WGM21 IP01, Jul. 2014
- (7) 住谷 泰人: ICAOにおける航空通信システムの動向, 第52回飛行機シンポジウム1B10, 2014.10

新方式マルチラレーションの実用化評価研究【指定研究 A】

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
 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を管制官に提供することにより、空港面運用の効率向上に資する「空港面監視技術(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読する技術が、マルチラレーションでは必要とされる。

これまで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、データビットの解読エラーなどが起こるためと考えられている。

このようなマルチパス干渉問題に対し、当研究所ではその影響を受けにくい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。

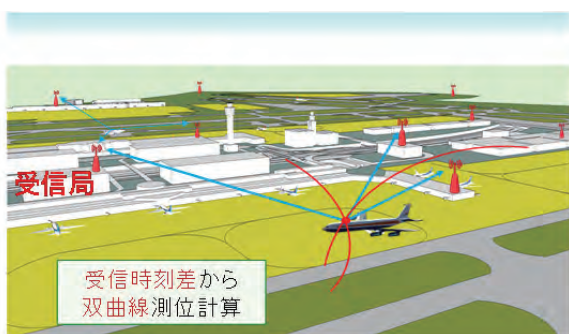


図 1 マルチラレーションの測位原理

本研究では仙台空港を OCTPASS の評価試験空港として位置付け、そこで得られるデータを基に、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

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)では、マルチパス耐干渉性の向上と整備・維持コストの低廉化が期待できるマルチラレーションとして OCTPASS の開発を進めてきた。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、こ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、運用に耐えうる監視装置としての実用化・信頼性評価を行うこととした。

3. 研究成果

これまで主に 4 局の受信局で基礎評価を行ってきた仙台空港の評価環境を、空港全面を監視対象とするよう拡張し、

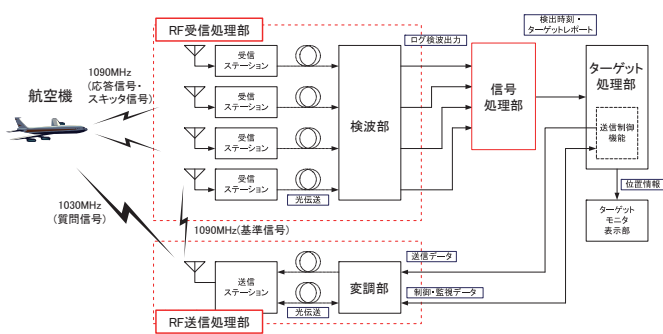


図 2 OCTPASS 装置の構成概要

信号処理部1台の入力チャンネル上限である8チャンネル(8受信局)化を図った。受信局の配置を図3に示す。これにより、これまで監視対象外であったB滑走路の西側エリア、A滑走路の南側エリアを含む空港全面において、航空機の位置情報が得られるようになった。

モードSトランスポンダを搭載した実験用車両による地上走行実験の際に得られた航跡を図4に示す。赤のプロットが評価装置による測位計算結果である。空港の端部等の一部エリアで測位結果に乱れが生じているが、空港全面において抜けなく車両位置の監視が出来ている。

現在仙台空港においては、継続的に航空機の実運用データを取得できるよう、空港面におけるトランスポンダの運用方法の変更を実施している。併せて、評価装置が生成している航空機位置情報(測位結果)を、仙台空港事務所の運用担当官らに提供する試みを行っており、空港面の表示画面の日常的なモニタにより、その挙動について運用者の視点でのチェックをお願いしている。

4. 今後の見通し

実用化評価の実施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ものと考えているが、現在評価は継続中であり、特に運用者からのフィードバック等を基に装置の改良に結びつける予定である。

掲載文献

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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



図3 仙台空港 OCTPASS 送受信局の配置状況

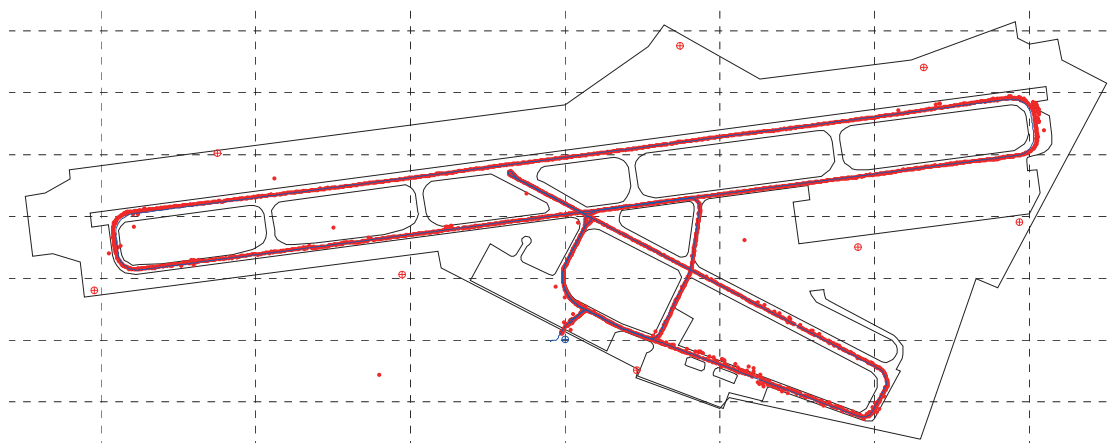


図4 実験用車両による地上走行航跡の例

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 A】

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 でも報告が求められている。

本研究では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。これによって交通需要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、初年度の平成 26 年は次のことを行った。

- 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

3. 研究成果

平成 26 年度はこれまでに ICAO の監視関係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った。

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と、(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手法が考えられる。どちらの手法にもそれぞれ得手、不得手があり、希望する測定量によって必要な手法をとる必要がある。(1) の手法では、信号種類毎の具体的な統計を得る事ができる反面、受信機の特性に統計量が依存してしまうことや、未知の信号があった場合には統

計から漏れてしまう可能性がある。(2) の手法では帯域内の信号量を正確に見積もれる代わりに、どんな信号種類が多いのかなどの具体的な信号量を得る事が難しい。これら両者の関係性を求めることは未実施であり、今後の課題として挙げられる。

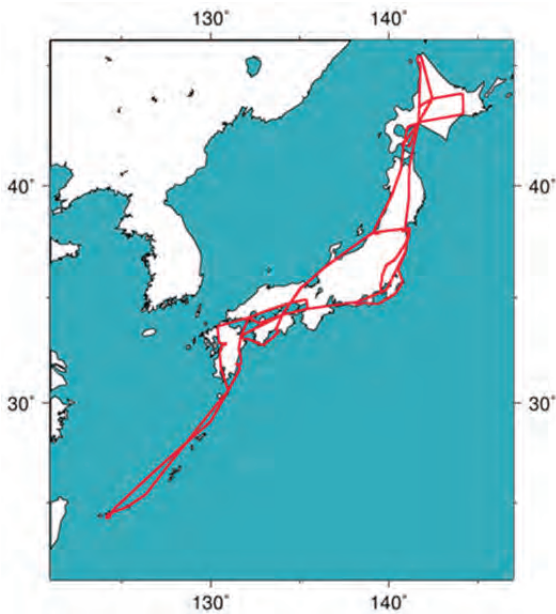
3.2 信号環境測定装置の開発

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、信号環境測定をすることとした。そのため、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、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を行うための準備を行った。

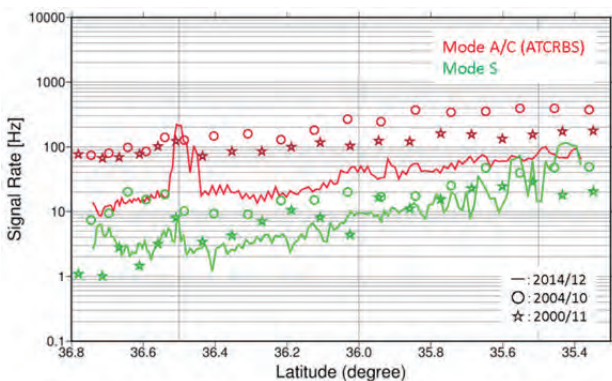
また、過去に実施した信号環境計測結果との比較を行うために、過去に信号環境計測に使ったモード S トランスポンダ試作機を使用して再生信号による信号環境計測を試みた。しかしながら、機器の老朽化に伴い受信機や信号処理部に多くの不具合があり、動作の正確性が期待できない。そのためトランスポンダと同様の動作をするように設計した TIS-B システム干渉防止装置の信号処理部を一部改造して、信号環境の計測が可能となるようにした(図 1)。この装置は新しい設計に基づいて作られているため、古い機材と信号の認識方法に違いがあり、過去のデータとの完全な比較をすることは難しい。

3.3 測定実験による信号環境取得

航空機に搭載した信号環境記録装置による信号環境記録実験を行った。過去のデータと比較するために、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。実施した飛行経路は図の通り。



飛行実験によって得られたデータおよび過去に行った信号環境測定飛行実験にて得られた信号環境の比較を行った。比較結果を図に示す。



すでに述べているとおり、信号を区分するための受信機特性が異なるため、完全な比較はできないが図から明らかのように、過去のデータと比較しておおまかな傾向は変化していないことがわかる。今回記録したデータで特徴的な点として36.5度付近のModeA/Cデータが10倍程度他と比較して大きくなっている。ここでは宇都宮北駐屯地の付近を通過しているところであり、そこに設置されたIFF(敵味方識別装置)の影響を受けていると推測される。

過去のデータと同一経路、同一高度を飛行しているのがあまり多くないため、他の地域での比較は困難であるが、航空路に限らず同一の空域などで比較を行っていることが今後求められている。

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によってその有効性を確認した。今後、信号占有量計測と信号毎の発生数計測と

の関係性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) S. Ozeki, Amendments to 3.4.2.8.c) on draft Doc. 9994, ICAO ASTAF, April 2014.
- (2) S. Ozeki, draft Doc. 9994, ICAO ASTAF
- (3) T. Otsuyama and S. Ozeki, "A Study of Evaluation Method for Aeronautical L-band Signal Environment during Flight Experiments," Proc. EMC Europe 2014, Gothenburg, Sweden, September 2014.

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 A】

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

1. はじめに

運航の安全性と効率性を向上するため、効率的な情報管理と協調的な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、監視・気象・フロー管理・空港・フライト管理など様々な情報を管理できるSWIM (System Wide Information Management) という仕組みにより次世代の航空交通システムの情報基盤を構築することとしている。欧米を中心として、SWIMに関する研究開発が進められている。

日本のCARATS (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems) のロードマップにおいても情報共有基盤の導入は重要なミッションとしてあげられているが、実際の研究開発が遅れている。また、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適切とは言えない。このような背景から、日本に適用できるSWIMの構築技術が求められている。

2. 研究概要

本研究では、SWIM技術インフラの構成要素と性能要件を明らかにする上で、適切なシステムアーキテクチャと情報管理技術を検討し、情報サービスの構築モデルと検証プラットフォームを開発する。本年度は2カ年計画の1年目であり、主に以下の研究開発を行った。

- ・米国のMini Global Demonstration (MGD) というSWIMの実証実験と連携し、飛行情報 (FIXM)、航空情報 (AIXM) と気象情報 (WXXM) の共有実験環境を構築した。

- ・SWIMの構成要素に対して、ネットワーク・インフラ技術とメッセージング・インフラ技術を調査し、対応技術の機能分析を行った。

3. 研究成果

3.1 Mini Global Demonstration

Mini Global Demonstration (MGD) は、世界航空交通計画において重要となる「次世代の情報共有基盤」について、ICAO加盟国の具体的な理解を促進するため、米国連邦航空局 (FAA) が中心となってICAOに協力し、航空交

通の状況を常に共有することで、様々な変化に円滑かつ柔軟に対応できることを示すための実証実験である。

航空局 (JCAB) と電子航法研究所 (ENRI) を中核として日本が分担する実験システムを開発し、実証実験を実施した。図1に示す実験システムはVPN (Virtual Private Network) を通してFAAのMini Global EMS (Enterprise Messaging Service) と接続している。ATFM (Air Traffic Flow Management System) は航空局が運用調整に使用しているシステムであり、リアルタイムの飛行計画と位置情報を提供している。MGDではこの情報を利用して、実時間に近い情報共有実験を行った。実運用システムの信頼性や安全性に悪影響を与えないため、Data Processorの処理により新しい国際標準フォーマットに変換して、5分遅れのSemi-liveデータを送信している。また、GUFI (Globally Unique Flight Identifier) の生成機能を開発し、各航空機に対して唯一の識別子で管理することを実現した。

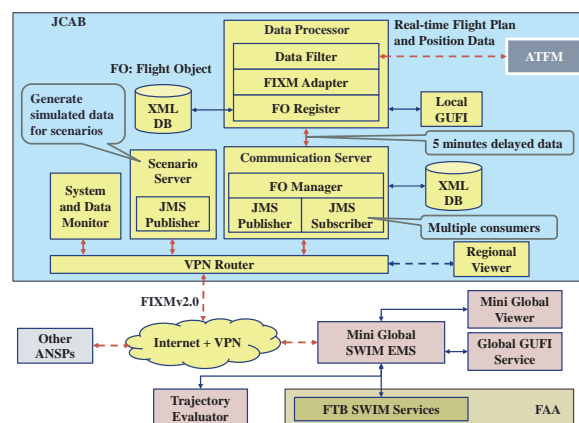


図1 実験システムの構成

図2に、抽出された日本からの出発便の飛行情報を示している。また、今回の実証実験では、Semi-liveデータの共有実験だけではなく、模擬データを用いた様々な状況の想定シナリオへの対応処理について、情報共有の有効性を実証した。11件のシナリオの内、アジア太平洋地域に係るものが6件、その内4件に日本が協力した。

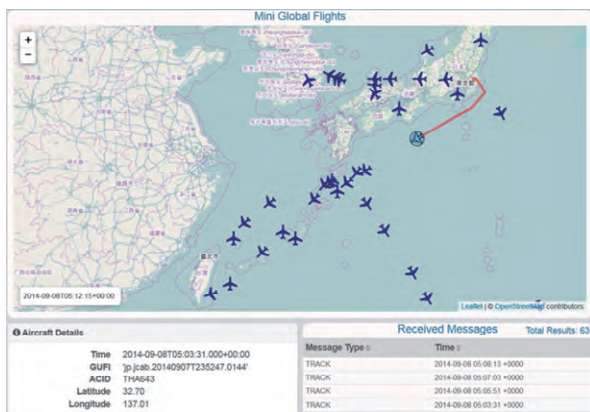


図2 Semi-live飛行情報

図3に、日本がメインに担当したシナリオを示す。このシナリオでは、飛行前に、東京～ロスアンゼルス間の飛行経路上で、火山噴火により突発的に制限エリアが生じたことを想定した。送信された気象情報を使って、地図上に制限エリアを表示し、システム解析により影響度を判定することで、速やかに飛行経路を変更し、運航を実施することができることなどを実証した。

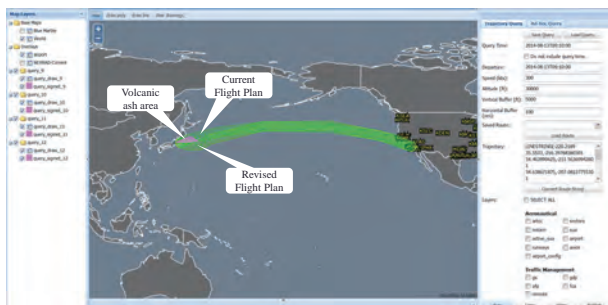


図3 シナリオ：東京～ロスアンゼルス

3.2 構築技術の分析

今回の実証実験から、次のことがわかった。汎用ネットワーク、または実験システムで使用されたVPN over Internetは多国間の飛行情報の交換においてリアルタイム性の保証が困難である。現状では、リアルタイム性を保証するため、専用ネットワークがよく使われている。しかし、設置コストや維持費用が高く、適応性と安全性の面で問題も指摘されており、専用ネットワークの新規構築で課題を全て解決できるわけではない。今後、Cloud技術の進展により、ネットワーク仮想化などの技術を利用して、性能要件を満たせるようにすることも一つの解決方法である。

メッセージを交換する方法は、二つある。一つはRequest / Reply、もう一つはPublish / Subscribeである。それぞれを実現するいくつかの技術が知られている。今回の実験では、JMS (Java Messaging Service) のPublish / Subscribeを使って、飛行情報を交換した。しかし、ネットワークの遅延で、パッケージの量が多くなると、損失率も高くなる。従来のCORBA (Common Object Request Broker Architecture) とDDS (Data Distribution Service) 技術は良い性能を持っている。しかし、一方のメッセージ交換方式しかサポートしていない。J2EEとNotificationというWeb Service技術は情報システムによく使われているが、リアルタイム通信を保証することは困難である。ESB (Enterprise Service Bus) はIntranetに対して高性能、かつ効率性を実現できる。しかし、大規模の分散システムに対して、いくつかの難しい課題がある。このように、航空交通情報共有基盤への要請を満たすメッセージ交換方法はまだ実現されていない。このため、今後、ネットワーク技術と合わせて、ESBとWeb Service技術を融合できる航空交通情報共有基盤を構築する必要がある。

4. まとめ

SWIMが普及すれば、情報交換はLocalからGlobalになる。また、ネットワーク通信はPoint-to-PointからMany-to-Manyになる。さらに、システム管理はCloseからOpen化にされる。このような環境では、データ中心情報環境の構築、異種システム間での情報交換、情報品質のライフサイクル管理などに関する技術が必要になり、今後の研究課題である。

掲載文献

- (1) H. Shirasaki and X.D. Lu, "Research and Development of SWIM," Information Paper, Air Traffic Management Requirements Ana Performance Panel (ATMRPP) 26th Working Group Meeting, Tokyo, Japan, July 2014.
- (2) 呂 曉東, "ミニグローバルデモンストレーションの報告 (電子航法研究所)," CARATS第15回情報管理検討WG, 2014年10月21日。
- (3) 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.

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、乗客が持ち込むスマートフォン等の電波を発する電子機器や航空機内での業務遂行のためにタブレット等の電子機器の航空機内での利用に対するニーズが高くなっている。これらのニーズに応えるべく我が国においても、国際基準に準拠しつつ、電子機器の使用や電子機器を用いたサービスに対する安全性の評価方法を策定し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ファクタとなっており、個別の航空機毎に実測値を用いて安全性を評価している。また、新しい航空機に対しては航空機設計プロセスの過程で様々な電波に対する電磁干渉の可能性について事前検討、あるいは実機による評価が求められている。

本研究の目的は、乗客、乗員等が持ち込む電子機器を航空機で安全に使用するための電磁両立性を明らかにすることである。航空機の干渉評価には航空機個別の評価が必要であるが、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を目的とする。

加えて、既存の、あるいは新しい無線設備等の解説に際し、外来の電波から航空機搭載機器を防護する指針を確立することを目的とする。特に大電力の無線機器、あるいは隣接した周波数を使用する無線機器に対する防護指針をまとめる。更には、将来的な航空機開発の飛行認証に必要な電磁干渉の可能性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、平成26年度は2年目である。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

平成26年度は、昨年度の分類した航空機の電磁干渉に対する耐性のタイプに分類するべく、7機種の評価を行った。裏口結合については、機体が有する強電界（HIRF; High

Intensity Radiated Field）耐性の証明の有無で評価した。玄関結合については、各航空会社の協力の元、定期運航便に使用されている機種について測定を行った。評価した13機種については、干渉経路損失が国際規格で定められた最小値を下回ることが無いことが示された。これにより、HIRF耐性の有無により、航空機はタイプI、タイプIIに分類されることとなった。

この評価結果を受けて、平成26年9月より、告示の改正が行われ、航空機のタイプ別に乗客が持ち込む携帯電子機器使用の制限緩和が実施された。



図 評価した航空機

尚、本研究は電磁界解析については北海道大学、ストレ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。

掲載文献

- (1) 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.

- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) 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.
- (5) 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.
- (6) 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
- (7) 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

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27年度

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、事故等の危険な状況が発生するおそれがある。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。レーダセンサについては、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、これら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用いた実機ヘリコプタへの搭載を行い、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として、実際に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。これまでの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3カ年計画であり、平成25年度から平成27年度まで、次の3項目について平行して研究を進める。



図1 実機ヘリコプタ搭載状況

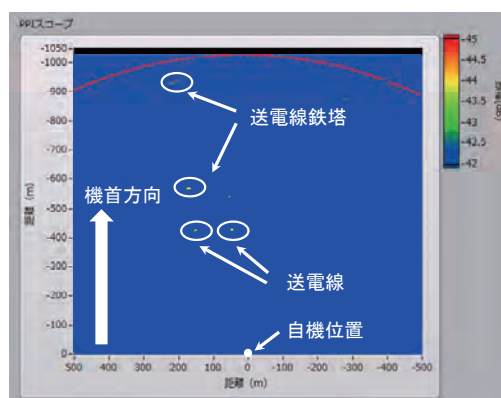


図2 実機ヘリコプタを用いた送電線検出試験例

(1) これまでに検討を行った76 GHzミリ波レーダシステムについて、抽出した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、検討を行ったミリ波レーダシステムの実証実験を行う。

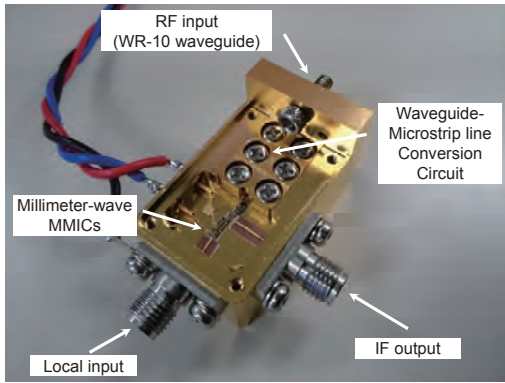


図3 試作した76 GHz ミリ波受信回路概観

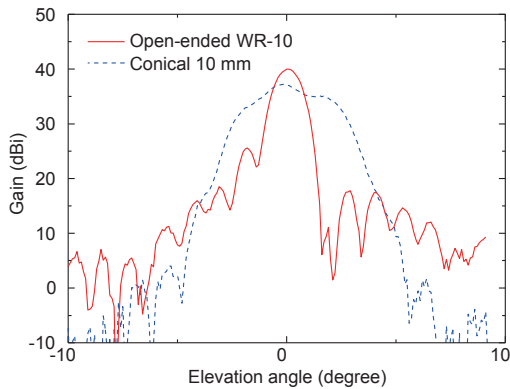


図4 パラボラ反射板アンテナの仰角放射指向特性の測定結果

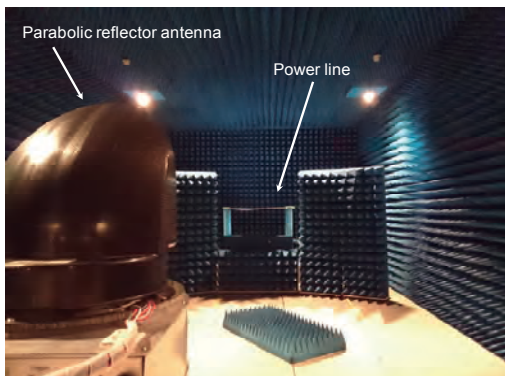


図5 送電線レーダ反射断面積測定状況

3. 研究成果

2年目の平成26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) 76 GHz帯ミリ波レーダシステムの探知性能向上要素技術の検討

レーダシステム探知性能向上のため、前年度に実施したミリ波送受信回路方式の回路構成の見直しを踏まえ、新たに送受信回路を試作した。具体的には、図3に概観を示す受信部は、導波管-マイクロストリップ (WG-MSL) 変換回路、MMICミリ波低雑音増幅器、MMICミキサを新たに用い、変換効率向上 (10 dB以上)、雑音指数向上 (10 dB程度) および試作歩留まりを改善した。さらに、

送信部は、上記WG-MSL変換回路を用いることで送信電力上限の10 dBm出力を実現した。

(2) 前年度のミリ波レーダビーム走査方式の検討を踏まえた走査機構の設計試作

これまでに実施した数値解析を用いたミリ波アンテナの検討を踏まえ、試作測定を実施した。測定においてパラボラ反射型アンテナの指向性制御を確認し、試作レーダシステムへ適用した。図4に、仰角指向特性を拡大したパラボラアンテナの仰角放射特性を示す。

(3) ミリ波レーダシステムおよびレンズ反射器を用いた周辺状況認識基本試験

76 GHz帯ミリ波レーダを用い、送電線レーダ反射断面積の測定評価試験を実施した。図5に、測定状況を示す。ここでは、レーダの送受信偏波を変化させ送電線検出に適したレーダ動作条件を明らかにした。

4. まとめ

平成26年度は、低高度における周辺状況認識に適した性能を有するミリ波レーダシステムを構築するため、これまでに得られた成果を踏まえた試作測定および実証試験に向けた送電線探知試験を実施した。平成27年度はそれぞれの項目について研究を進め、これまでの成果を踏まえた実機ヘリコプタ搭載用ミリ波レーダシステムの試作および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76 GHz帯小電力ミリ波レーダにおける送電線探知性能向上のためのアンテナ偏波特性検討 -送電線レーダ反射断面積の偏波特性の測定評価-”, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2014-47, pp. 27-31, Jul. 2014
- (2) 河村 暁子, 藤井 勝巳, ニッ森 俊一, 米本 成人, “コネクタ接続型方形導波管の減衰量の評価手法と評価結果”, 2014年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-36, p. 59, Sept. 2014.
- (3) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 米本 成人, “ヘリコプタ周辺状況認識用76GHz帯ミリ波レーダシステムの探知性能改善検討”, 第52回飛行機シンポジウム講演集, 1B07, JSASS-2014-5020, Oct. 2014.
- (4) ニッ森 俊一, “電子航法研究所におけるヘリコプタ衝突防止用ミリ波レーダ技術の研究開発”, CARATS 小型機用RNAV検討SG, Oct. 2014.

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。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。

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。

2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成26年度は2年目である。平成26年度は、主として以下の各項目について実施した。

- 伝送路等化の調査研究
- 等化アルゴリズムの実装と実験

3. 研究成果

3.1 伝送路等化の調査研究

LDACS1はOFDM方式の通信システムであり、伝送路等化の良否が受信性能に関わってくる。等化とは受信信号から伝送路の周波数特性を推定し補正する技術である。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。昨年度LDACS1の周波数シフト耐性について実験したところ、基地局→航空機局方向（フォワードリンク）と航空機局→基地局方向（リバースリンク）とではフォワードリンクの方が周波数シフトに高い耐性を持つ結果が得られた。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、この差異が周波数シフト耐性の違いとなったと考えられる。例え同じ等化アルゴリズムであってもパイロット信号配置の違いによってビット誤り率特性等の受信性能が異なることから、等化アルゴリズムの違いの他、パイロット信号配置の違いについても調査研究を行った。

3.2 等化アルゴリズムの実装と実験

リバースリンクの判定帰還型等化アルゴリズムによる周波数シフト耐性が高々±300Hz程度という結果が昨年度得られたことから、この他に内挿補間型等化アルゴリズムを実装し、比較検証した。図1に判定帰還型と内挿補間型の特性比較結果を示す。判定帰還型（緑色、白抜き、破線）は、周波数シフトが±300Hzよりずれると誤り訂正を施していてもビット誤り率が 10^{-1} を超えてしまっている。一方、内挿補間型（青色、実線）は周波数シフトが±900Hz程度になってビット誤り率が 10^{-1} を超えることから、周波数シフト耐性が改善していることがわかる。

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た。

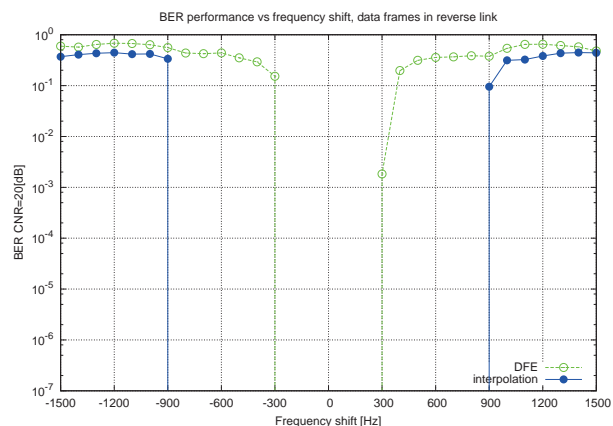


図 1 リバースリンク周波数シフト耐性の改善

4. まとめ

OFDM ベースの通信システムは比較的広帯域なチャネルを使用するために、伝送路の周波数等化が受信性能に大きく影響する。本年度は等化アルゴリズムやパイロット信号配置について幾つかのバリエーションを実装し、比較検証を行ってきた。航空機局が空間を移動すると、局周囲や地形等の環境に応じて様々なフェージングが生じる。今後は、本実験結果をもとに代表的なパラメータを設定したフェージング環境下での LDACS1 のビット誤り率特性について実験を実施する等、航空用高速データリンクにおける課題解決を行っていく予定である。

掲載文献

- (1) J. KITAORI, “Updated LDACS1 BER performances with LPES”, ICAO ACP WG-M #21, 2014 年 7 月.
- (2) 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.
- (3) 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, 2015 年 1 月.
- (4) 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.

発話音声による覚醒度低下の評価尺度の開発【指定研究 B】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○塩見 格一
研究期間 平成 26 年度

1. はじめに

「音声进行分析して、その発話者が居眠りを起こす可能性の増大を検出し警告する。」このような機能を有する居眠り防止装置の実現を目指して、筆者は、1998 年以来、カオス論的な手法による音声分析技術の研究開発を進めてきた。この研究開発は、1998 年における、当時の(株)オービス総研に在籍されていた広瀬氏による「発話音声信号をサンプリングした時系列信号から再構成されるストレンジ・アトラクタに対して計算される最大リアプノフ指数 (LLE) の移動時間平均値が、発話者の心身状態に応じて変化する。」現象の発見に始まる。¹⁾以降、2003 年までの第 1 期の研究期間において心身状態の相関する特徴量としての CEM を定義し、これを計算するアルゴリズム (SiCECA: Shiomi's Cerebral Exponent Calculation Algorithm) を開発した。2008 年までの第 2 期において CEM が覚醒度に相関することを確認し、最初の発話音声分析装置“CENTE”を実現した。その後の 2012 年までは CEM の性質を再確認する試行錯誤が続いた。

転機は 2013 年に訪れ、それ以降を技術的には第 3 期と位置づけている。早稲田大学の菊池先生からのコメントを契機に、我が国の音声資源コンソーシアムが管理する音声データを分析し、CEM の一般的な性質や性格を明らかにする試みを開始した。2014 年は、本研究課題の開始と共に第 3 期における研究成果が出始めた年であり、本年年次報告においては、その概要を報告する。

2. 第 3 期の発話音声分析技術の研究開発

筆者は、2008 年には既に、「音声分析型居眠り防止装置」の実現に要する信号処理技術を確立しており、肯定的な機能検証結果を得て、学会報告等も行っていた。2008 年は米国 NTSB が、パイロット等の健全性を実証的な技術により管理することを求める安全勧告を発し、これに対して当所が発話音声分析装置を以って、米国 FAA が主宰する航空安全フォーラムに初参加・初出品した年であった。

第 3 期の研究は、上記の肯定的な成果を積み上げながらも、一向に認知されない当所の発話音声分析技術について、これが「興味を持たれない理由」、少しだけ試して放棄されてしまう「信頼されるに至らない理由」の検討から始めた。また、基礎に立ち帰って「1998 年に筆者らは何を発見したのか?」「1998 年の発見の内容を第三者に誤解のな

いように説明するためには、何をどのように示すことが必要なのか?」検討・考察した。

2.1 CEM とは何か?

「1998 年に筆者らは何を発見したのか?」との問いの発展型が「CEM とは何か?」との問いであるが、2014 年以前は「時間局所性を考慮して LLE を変形させたものであって、声の揺らぎを定量化した指数値です。」と言った以上の回答を提示していない。

個人差は不可避であろうが、誰にでも「具体的に過ぎて理解できないこと」と「抽象的に過ぎて理解できないこと」がある。1998 年、筆者らは、「音声信号から再構成されるストレンジ・アトラクタの LLE (2005 年以降は CEM) が、発話者の心身状態に応じて変化する。」と仮説を設定し、その肯定的な検証を目指した。現時点でこの命題を検討すれば、2014 年以前は、ストレンジ・アトラクタと、形式的に計算される LLE に対する無理解があったことは間違いない。これらの無理解はストレンジ・アトラクタと LLE の 2 つを具体的なものとして理解していたことにあり、また心身状態については抽象的な概念として取扱っていたことが問題であった。

心身状態を抽象的な概念としてしか理解していない状態で、音声により発話者の心身状態を評価しようとしたために、人間の脳機能と生理的なメカニズムの関係等、およそ定説もない未知の事柄だらけの領域で、定義さえ曖昧な疲労度に係る議論に関わり、結論の出せない実験等を行ってきた。我々が問題とすべきは、多くの専門家の合意する定量化尺度の存在する「覚醒度」等の心身状態であり、多くの医療関係者が合意する診断尺度の存在する「鬱と非鬱」、「アルツハイマー型認知症と血管性認知症」、等々を識別する技術としての研究開発を進めることが本来的に必要なことであり、現在、共同研究者と検証予備実験等を進めている。また、形式的な LLE が発話者の覚醒度等の評価に適していなかったために、筆者は CEM を新たに定義したにもかかわらず、ストレンジ・アトラクタの物理的・数理的な意味に関する理解が不十分であったため、2014 年までは CEM の有効性を明確に論ずることができなかった。このために、幾つかの大学や企業において当所技術を追試・再試するような研究がなされ、それらの学会報告等も見られるが、当所の研究成果を踏まえながらも LLE

の有効性が主張される等、明確な成果を示しているものは皆無であり、逆に、これらは、当所技術の普及や発展を妨げる一因になっていた。³⁾

このような状況に対して、2014年、筆者は共同研究者の了解を得て、従来非公開としていた SiCEA パラメータの設定等、適正な覚醒度評価に必要な情報を開示した。⁵⁾

当所の発話音声分析技術を理解することは、発話音声から生成（カオス論的には、「再構成」と言う。）されるストレンジ・アトラクタに対して定義される特徴量としての CEM を計算する SiCECA アルゴリズムを理解することであり、その信頼性向上等の高性能化や高機能化は SiCECA パラメータの調整により実現される。アルゴリズムは手続きの記述であって、CEM は SiCECA アルゴリズムにより算出される「時系列信号として離散化された音声信号に対して定義された特徴量」であるから、理解のための努力が払われるのであれば、誰でも、複雑ではあっても曖昧なものではないことは理解できる筈である。^{2,5)}

2.2 CEM の信頼性は十分か？

血圧等の従来の生理指標については、10 回計測を行えば殆どの場合 10 個の計測値はその平均値に対して $\pm\sigma$ （標準偏差）の範囲に含まれるであろうが、2013 年までの SiCECA の実装において CEM は全く異なる挙動を示していた。これは SiCECA の実装に対する CEM の分布に依存するものであって、本来 SiCECA や CEM の信頼性とは別次元の話であるが、この事情を知らない限りは、以下の様な CEM の分布の有する性質のために、CEM そのものに対する信頼性に疑問が生ずる状況は理解できる。

ある時にある人が 10 の短文を朗読してその音声から 10 の CEM を計算した場合、あるいは何等かのテキストを 60 秒間朗読し、その音声を 10 分割して、各々の分割音声から 10 の CEM を計算した場合、このような場合の多くにおいて、8, 9 の CEM は平均値に対して $\pm\sigma$ の範囲に含まれるが、1, 2 の CEM は平均値 $\pm 3\sigma$ の外側の値を取っている。これは、従来の SiCECA の実装においては CEM が、正規分布に比較して尖度が高く且つ裾のレベルが $\pm 3\sigma$ の外側においても高い分布を示すことに依る。

2014 年度においては、CEM の分布が上記のような形態を取る理由を調べるために、様々に SiCECA パラメータを調整し、また SiCECA の実装に対して数値シミュレーション等を実施した。その結果、全く同じ音声を同じマイクロフォンと同じデータレコーダで収録しても、音声データをデジタル化するサンプリングのタイミングが 1 マイクロ秒ずれただけでも、CEM が大きく変化する場面があることを発見した。この現象は、その朗読テキストの音韻構成等には依存しないように見え、真に音声信号がカオス論的

な性質を有していることの結果と思われる。

上記の CEM の異常値に係る現象は、音声をデジタル化するサンプリング周波数が 48.0kHz の場合には、10 ~20% の割合で発生し、192.0kHz の場合には ~5% の割合で発生することが実験的に明らかになった。異常値の発生は事前に予見することはできないので、現時点においては、CEM の信頼性を改善するためには、サンプリング周波数を 768.0kHz 以上、可能な限り高くして発生確率を低減させるか、あるいは異常値の発生を検出して SiCECA パラメータを調整し正常値を得るまで再計算を繰り返す以外に、有効な手立てはないが、いずれも大幅な演算量の増大を招き、発話音声分析技術の実用性を低下させてしまい、今一步の工夫が必要である。

3. おわりに

2013 年以前、発話音声分析技術の研究開発は、主に仮説検証型の実験を軸に進めてきたが、被験者を人間とする実験は不安定・不確定要素が多く、なかなか有効な実験結果を得ることができなかった。2014 年以降、「声から発話者の何を評価したいのか？」と言う問いが明確であれば、まず音声資源コンソーシアムのデータを利用して、数値シミュレーションにより CEM の信頼性の向上を図ることが可能となり、SiCECA そのものについても、構造や実装の改修の効果をシミュレーションにより確認することができるようになった。音声資源コンソーシアムに全ての必要なデータが存在するわけではなく、CEM 値の性質については実験的な確認も常に必要とは思われるが、研究の効率は大幅に改善できると期待される。

2014 年、当所発話音声分析技術による覚醒度の評価において、普通に健常な人間については、起床後 3~5 時間の時点における覚醒度と昼食後 1~2 時間の時点における覚醒度の違いが識別できる感度が実現されている。過労時における強い眠気を事前に検出する可能性も大幅に改善されていることが期待され、その検証が今後の課題である。

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) 宝神、白石、古瀬：音声解析から見たリアプノフ指数計算手法の比較，信学技報 CAS2003-3.
- (4) 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.
- (5) 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【基礎研究】

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 (航法システム領域), 宮津 義廣 (航空交通管理領域)
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: 無人機)と呼ぶ。近年、農薬散布、災害監視など多岐にわたる用途で、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 は自律位置制御に GPS 信号を用いており、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や意図的電波妨害によって 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 信号に頼らない位置推定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。検討の条件として、小型無人機と可搬型の地上局からなるシステムを対象とし、機体の飛行範囲は数 km 程度、GPS 信号の受信を除く機体の機能はすべて正常で、通信リンクは切れないと仮定する。実験的検討においては、平成 22-24 年度に基礎研究「トラジェクトリ管理が可能な実験用 UAV に関する基礎研究」で製作した小型 UAS を用いる予定である。

検討・提案する位置推定法は、機体ペイロードを増やさないために、既存の地上-機体間の通信リンクを用いた伝搬遅延の測定を元に行う。さらに、慣性航法のように姿勢センサ情報を用いる位置推定法と結果を比較する。本検討の過程で、この種の小型 UAS の制御に必要な位置情報の精度およびその出力頻度等の要件も明らかにする。

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、およそどの領域に機体があ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 そのものが非常に新しいコンセプトの飛行体で近年急速に普及する可能性があ

ることから、国内外の運用ルール（特に通信関係）の動向調査と課題抽出および ICAO UAS Study group へのアドバイザとしての出席を通じた国際規格動向の分析も行う。

初年度は本研究の根幹となる位置推定法の検討、および目標位置精度を定めるための比較対象となる慣性航法の UAS における誤差の割り出しを行なった。検討する位置推定法は、機体 - 地上間の機体情報のダウンリンク信号を利用する。2 年目は、1 年目に検討した位置推定法の決定および、実証実験用装置の開発を行う。1 年目の予備実験において、ダウンリンク信号を受信する複数点をどのように同期するかが課題となったことから、同期信号の取得を中心に検討を行った。3, 4 年目は、実証実験及び、位置推定の確かさの検証を行う。また、4 年間を通して、大きさに関わらず無人機全般の情報収集に努める。

3. 研究成果

平成 26 年度は、

- (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 に関する情報分析を実施した。

- (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

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手法を考え、2.4GHz WiFi 信号の振幅 (RSSI) を利用して模擬機体局を 2 次元移動させ位置を推定する簡易実験を実施している。この実験では、複数の受信点を同期させるためのトリガを暫定的に GPS の時刻情報から得ていた。しかし、本研究は GPS(GNSS)遮断時に生きる UAS の位置推定手法を目指していることから、同期信号も GPS に依存しないことが望ましい。よって、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トリガ信号などを挙げ、電波時計信号の受信を試みる実験を行った。

- (2) UAS に関する情報分析

本年度は、7 月、11 月に航空局安全部安全企画課の要請

を受け ICAO UAS Study Group（11 月からは会議が Remotely Piloted Aircraft Panel へ昇格）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ガイダンスマニュアルの製作および ICAO Annex 類の改訂作業に参画した。ガイダンスマニュアルは、Doc 10019 として 2015 年 2 月に発行された。

さらに、UAS の運用実績が多く且つ事故報告が公開されている、米国空軍のグローバルホークとプレデターの 2 機種の UAS について、過去 5 年分の事故情報計 45 件を精査し分析を行った。この結果、墜落原因として設計ミスが疑われる故障、ヒューマンエラー、通信の遮断による制御喪失が多いことがわかった。このような知見は、上記 ICAO ガイダンスマニュアル作成にも生かされた。

さらに、今年度は社会一般における UAS の認知が非常に進んだ年であり、これに伴って UAS に関する講演依頼、行政が主催する委員会への参加、報道機関の取材を多数受けた。

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 年の計画で実施している。初年度となる昨年度は、機体から地上へのダウンリンク信号を利用して UAS の位置推定を行うことを考え、この手法の妥当性を簡易実験により明らかにした。これより、環境に依存する信号伝搬パラメータや同期信号について課題があることがわかり、本年度はその同期信号について掘り下げた。

さらに、UAV の国内外における情報収集も広く行い、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。

掲載文献等

- (1)河村、「UAS の通信に関する課題と動向」日本産業用無人航空機協会講演会
- (2)河村ほか、「無人航空機の制御通信における共用検討」、飛行機シンポジウム 3B13
- (3)河村、「無人航空機の飛行に関するルールと動向」、総務省 無人航空機システムの利用技術関係機関連絡会 依頼講演
- (4)河村、「無人航空機の現状と将来への展望」、電子情報通信学会情報伝送と信号処理ワークショップ 依頼講演
- (5)河村ほか、「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」電子情報通信学会総合大会 B-5-122

次世代航空通信の基盤技術の調査【調査】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○新美 賢治
研究期間 平成 25～27 年度

1. はじめに

航空の分野における電波利用の一つに航空通信があり、航空管制や航空機運行管理などの分野で安全性と経済性の向上に大きく貢献している。今後のよりよい航空通信を実現するための研究方針を考える上で、航空通信の利用者の意見を収集分析する必要がある。本調査では、特に、当研究所に資料の蓄積が見られないパイロットの意見に着目した。調査では、今後の航空通信により適した航空通信技術を検討する基礎として、ICAO や航空局の動向をふまえて、現状の空対地の航空通信技術に関する意見を収集することとした。特に、現行及び開発中の通信技術を航空通信の場で利用するメリット・デメリットを精査し、将来の最適な航空通信の要件抽出に資する調査を行う。

次世代航空通信の基盤技術の調査の概念

航空の分野

- ・各種の航空通信。
例)



航空通信

通信技術

- ・携帯電話等で利用される新たな通信技術の出現 (以下



携帯電話

Internet

衛星通信

各種の航空通信のニーズに適した、現在あるいは将来
(開発中を含む)の各種の通信技術の候補を精査する。

2. 調査の概要

日本の CARATS 構想は、定期便として就航している飛行機(中・大型航空機)を対象とした航空通信・データリンクについて、官民で積極的に検討が行われているが、小型航空機(中・大型航空機より小さな飛行機(固定翼)及びヘリコプター)への搭載、利用等の面で費用対効果の高

いと思われるイリジウム衛星を利用した FANS 通信については、日本では十分な検討がされていないようである。一方、現状、小型航空機は主に VFR 運航をしているが、IFR 運航についても複数のニーズがある。また、日本の CARATS 構想と米国の NextGEN, 欧州の SESAR の差異の調査も実施することとした。

3. 調査成果

平成 26 年度はヘリコプターの運航に用いられているデータリンクシステムの現状として、東京消防庁航空隊等で利用されているイリジウム衛星を利用した航空機動態管理システムの調査および同システムの利用経験者のヘリコプターのパイロットに聞き取り調査を行った。なお、イリジウムの次世代衛星通信基盤に対応するための通信・データリンクの機器のプロトタイプを開発している企業があるとのことである。また、米国では、イリジウム衛星を利用した FANS 通信 (FOI/FANS 1/A OVER Iridium) による航空管制を検討あるいは検証しているとの報告がある。

4. まとめ

平成 26 年度は、現状の空地のデータリンクのうち、
・小型航空機のうち、ヘリコプター用空地データリンクの調査
・日米欧の各将来計画にみられる差異の調査
を実施した。その結果、主に VFR 運航する小型航空機の IFR 運航拡充にニーズがあり、欧米にも関連する活動が見られた。

平成 27 年度は小型航空機の運航の実態調査とともに、その IFR 運航拡充のための空地データリンクの改善点を明らかにする予定である。また、引き続き、携帯電話等、航空以外の分野で開発されている通信技術についても調査し、航空通信の観点からこれらを精査して、今後の航空通信に適する技術をさらに広く調査する糸口としたい。

ADS-B 方式高度監視の誤差要因調査【調査】

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 26 年度

1. はじめに

日本の管制空域では短縮垂直間隔 (RVSM; Reduced Vertical Separation Minimum) 方式が制定され、2005年から運用が始まっている。RVSM空域の航空機の安全性評価・監視体制を強化するため、地域監視機関として航空局が地上設置型高度監視装置 (HMU; Height Monitoring Unit) を整備し、高度維持性能監視を実施している。

現在、航空局が整備しているHMUでは、高度維持性能監視に必要な幾何高度の計測に、マルチラテレーション方式が用いられている。一方、異なる方式の高度監視システム (HMS; Height Monitoring System) として、ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast; 放送型自動位置情報伝送・監視機能) データを用いることにより高度維持性能監視を行うシステム (ADS-B方式HMS) が、豪州等により開発・運用されている。ADS-B方式HMSは、マルチラテレーション方式に比べて広範囲の空域を飛行する航空機のデータを収集できる利点があり、また整備・運用コストが低くなることが見込まれる。

HMSの運用にあたっては、ICAOで規定された測定性能要件を満たす必要がある。しかしながら、これまでのICAOの作業部会等の報告によると、ADS-Bデータの高度情報の問題等の誤差要因が指摘されている。本調査の目的は、日本においてADS-B方式HMSを導入する場合の誤差要因を明確化することである。

2. ADS-B方式HMSの処理内容

航空機高度維持性能監視では、気圧高度計が示す値と真の気圧高度の差 (気圧高度計誤差; ASE; Altimetry System Error) を測定する必要がある。気圧高度計が示す気圧高度は、気象データおよびジオイドデータを用いて幾何高度に変換される。ADS-B方式HMSでは、ADS-Bデータに含まれる機上のGNSS受信機で計測された幾何高度を用いてASEが算出される。

3. 誤差要因調査結果

これまでにICAOの管制間隔・空域安全パネル (SASP; Separation and Airspace Safety Panel) の作業部会等で報告

された評価結果を調査した結果、以下に示す主要な誤差要因が判明した。

(1) GNSS幾何高度基準の誤り

ADS-Bデータに含まれるGNSS幾何高度は、航空機の装置によ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を用いているかを示す情報は含まれていない。このため、高度基準の判別誤りが誤差要因となる。

(2) 気象データ誤差

ASEの算出に用いられる気象データは、実際の気象観測値とモデルにより生成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。

4. 考察等

本調査により、ADS-B方式HMSの誤差要因が明らかになった。調査により主要な誤差要因として判明した幾何高度の基準判別誤りおよび気象データによる誤差は、地域的な特性が影響する。このため、我が国においてADS-B方式HMSを導入するには、実データを用いた評価を行い、これらの誤差の評価および誤差要因の特性に応じた対応策の導出を行う必要がある。

掲載文献

- (1) Matsunaga: "RESEARCH PLAN FOR AIRCRAFT HEIGHT KEEPING PERFORMANCE MONITORING WITH ADS-B DATA IN JAPAN", IP11, ICAO APANPIRG ADS-B SITF/13, April 2014
- (2) Matsunaga: "RESEARCH PLAN FOR HEIGHT MONITORING WITH ADS-B DATA IN JAPAN", RMACG/9-IP/8, ICAO RMACG/9, May 2014
- (3) 松永: "自動送信データを用いた航空機の高度維持性能監視", 日本航海学会第 131 回講演会, 2014 年 11 月
- (4) 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誤差要因調査", B-2-8, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2015 年 3 月

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【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、電力、水道などの重要インフラ施設の安全確保が課題となっており、高精度で広範囲をカバーするセンシングシステムが重要とされている。90GHz 帯レーダを直線状に並べてセルを構成したリニアセルセンシングシステムは、広い周波数帯域を用いた高精度測定が可能であり、複数のセンサを用いて、光ファイバ無線技術を応用することで、広範囲の監視範囲を構築することが可能である。各種センサは開発されているが、このような総合的なシステムは世界的に見ても本研究を除いて実現された例はない。本研究の目的は光ファイバ接続型ミリ波レーダシステムを多数連結して直線状の監視範囲を有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 4 年計画であり、平成 25 年度は 2 年目である。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 24 年度 アンテナ素子設計手法の確立、
ミリ波レーダ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の設計
- 平成 27 年度 接続試験

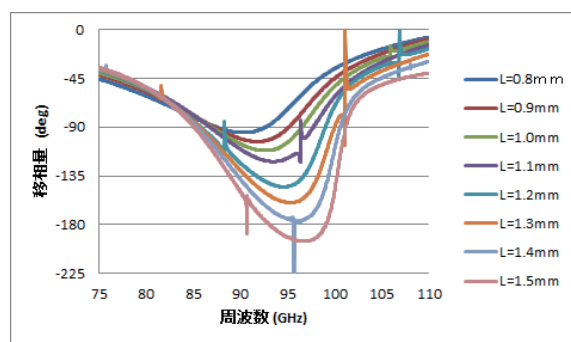
3. 研究成果

平成 26 年度の実施事項は小規模のリフレクトアレイの構築、1GHz 帯域幅のミリ波レーダシステムによる屋外試験である。

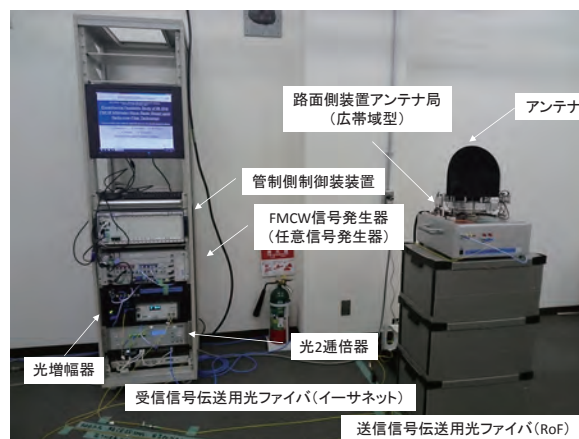
リフレクトアレイについては、周期構造からなるダイオードアレイ部のシミュレーションを行い、92~100GHz の周波数帯域で 180 度±15 度の位相変化となる構造を設計した。

ミリ波レーダシステムについては、一つの制御システムで広帯域・低出力型、狭帯域・高出力型の 2 種の異なるアンテナ局を制御してデータを取得する分散アンテナ型レーダシステムを構築した。また、ノイズなどのクラッタを抑圧し、ターゲットのみを自動で抽出するアルゴリズムを FPGA に実装し、実時間で処理したレーダ画像が生成でき

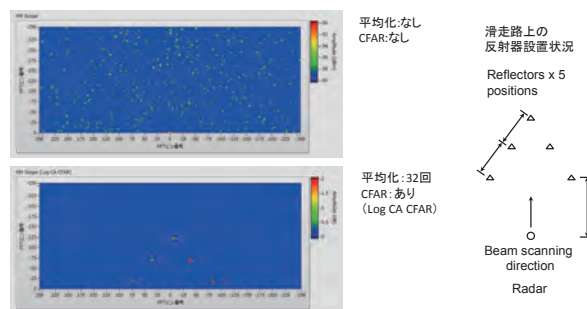
るシステムを構築した。



リフレクトアレイ素子の最適化設計の例



構築した制御システムとアンテナ局



リフレクタのみを抽出する信号処理結果

本研究は総務省から委託された電波資源拡大のための研究開発の一環として実施され、株式会社日立製作所、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との共同研究として実施された。

掲載文献

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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
- (4) 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
- (5) Naruto Yonemoto, “High performance wireless technologies for airport applications”, 1st Workshop on Convergence of Radio and Optical Technologies, Bangkok, Thailand, Aug. 2014
- (6) 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.
- (7) 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
- (8) 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
- (9) 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
- (10) 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
- (11) 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
- (12) 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
- (13) 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
- (14) 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

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、その対策として遮蔽フェンスを設置する実験を行った例がある。LOC 前方地面の左右非対称な掘削工事においては遮蔽フェンスの誤差軽減効果は確認されており、積雪でも同様の効果が期待されているが、青森空港において実験した結果では明確な効果が確認されておらず、その原因もはっきりしていない。

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により解明する。また、遮蔽フェンスの効果に関して、形状や設置位置・高さ等について検討し最も効果的な対策を提案する。

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ることが分かった。そこで、遮蔽特性を改善するためフェンスの各金属ワイヤの高さが遮蔽に最適となる形状を求めため、平成 26 年度は既存の電磁界シミュレーションソフトウェア (NEC2) に最急降下法による最適化機能を付加するための検討を行った。

3.2 スケールモデル実験

スケールモデルにより、ILS LOC 前方の積雪を模擬した誘電体を非対称に置いた場合の影響と遮蔽フェンスの効果を実測するため、青森大学で製作したスケールモデルアンテナ等を使用して当研究所の電波無響室において共同実験を行った。

図 1 の左側の LOC 送信アンテナの CAR (キャリア) と SB (サイドバンド) のパターンを右側の移動架台上的受信系のスペクトラムアナライザで測定した。非対称な積雪を模擬した誘電体の敷設により、SB の水平パターンのナルにシフトが発生し、ILS LOC にコース誤差が生ずることが確認できた。さらに、積雪を遮蔽する金属フェンスを設置すると、このシフト量が軽減することから、遮蔽フェンスの効果が確認できた。

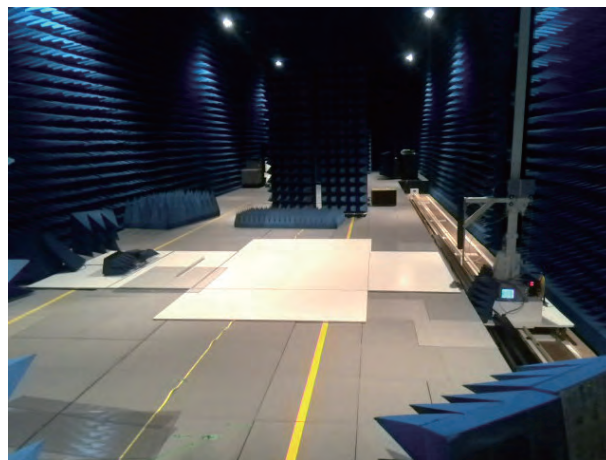


図 1 ILS LOC 基礎実験全景

4. まとめ

平成 27 年度は最終年度となり、フェンスの形状の最適化による遮蔽特性の改善のシミュレーションとスケールモデルによる確認実験を行い、研究成果をまとめる計画である。

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.

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

電磁波散乱および電波伝搬特性の解析は、システム構成や機器性能等の算出のみに関わらず、構築されたシステムで発生する信号検出の障害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に位置づけられる。

本研究では、航空分野で利用される、もしくは利用を期待される電波について、2つの観点から研究を進めている。一つは物体からの散乱波に関する研究、もう一つは空港面など建物等からの電波干渉に関連した研究である。

前者は、パッシブレーダ等の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劣化の原因を究明し、受信機移設や増設といった問題解決策の提案に役立つ。また、両者ともに求められる最適なシステム構成の提案にも応用が期待できる。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応用して、航空分野に应用するため通常より広域の計算を高速に行うことのできるアルゴリズムの開発を進めている。

2. 研究の概要

本研究は三カ年計画であり、二年間で次のことを行った。

- ① 電磁界解析用の基本計算アルゴリズムの開発
- ② 航空機散乱電力および空港面伝搬特性の測定実験

3. 研究成果

平成 26 年度は初年度に開発した電磁界計算用の基本アルゴリズムの見直しと三次元問題への拡張に取り組んだ。提案する高速計算アルゴリズム応用として、航空機散乱電力推定と空港面電波伝搬の数値解析を行った。

3.1 航空機散乱電力推定

関東圏の既存送信局からの放射電波を利用したときに、東京湾周辺の航空路を移動する航空機からの反射/散乱波を推定し、受信機での航空機検出率を算出した。図 1 にその結果を示す。

3.2 空港面伝搬特性の数値解析

羽田空港をモデルとした電波伝搬解析を実施した。図 2

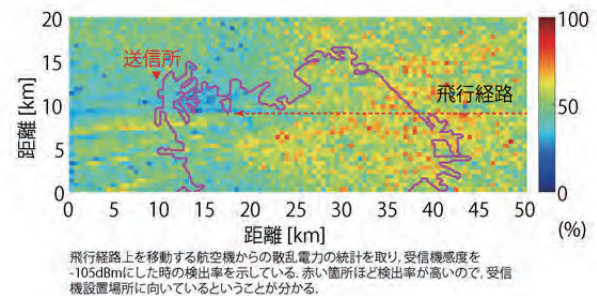


図 1 検出率推定の一例(受信機感度-105dBm).

はその結果である。放出された信号が周囲の建物によって反射/回折を起こしていることが示されている。

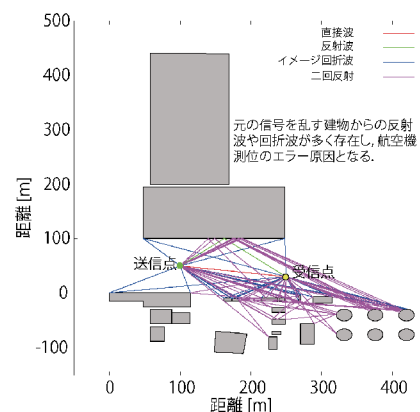


図 2 電波航跡の一例

4. まとめ

航空分野に应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進めた。提案手法に基づき、航空機検出率と空港面伝搬特性の数値解析を行った。今後は三次元解析用のアルゴリズム開発を進め、計算時間削減と計算精度について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ている。

所外発表

- (1) 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.

次世代航空通信向けCPM-OFDMシステムの実環境評価に関する研究【競争的資金】

担当領域	監視通信領域
担当者	○森岡 和行
研究期間	平成25年度～平成26年度

1. はじめに

本研究では将来の航空無線通信方式の候補として、離着陸時等の高速移動環境下においても安定した通信を実現するための基礎技術の開発を目指している。

2. 研究の概要

本研究では、航空機等の超高速移動体への適用を想定し、OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)の1次変調方式として誤り率特性の優れたCPM(Continuous Phase Modulation)を用いたCPM-OFDM方式について検討している。特に、ソフトウェア無線を用いてプロトタイプシステムを製作し、CPM-OFDMシステムを航空通信に適用した場合の、有効性、および問題点を明らかにした。

3. 研究成果

平成25年度のSISO (Single Input and Single Output)環境での評価に続き、平成26年度は、送受信器にそれぞれ2本ずつのアンテナを用いるMIMO (Multiple Input and Multiple Output)での評価環境を構築し、基本的な評価を実施した。図1に今回構築したCPM-OFDMシステムの評価環境を示す。また、図2に基本評価結果を示す。縦軸は誤り率、横軸は最大ドップラー周波数を示している。図2より、CPMを用いることにより、従来のBPSK、QAM方式と比べて、ドップラーシフトに対する耐性が向上していることが確認できた。

4. おわりに

本研究では、次世代航空通信向けCPM-OFDMシステムの評価システムを構築し、基本的な評価試験を行った。今後は、空間的なビームを形成することで同時に複数の端末との間でMIMOを構成するマルチユーザMIMOへの拡張に向けて本研究の成果を活用する予定である。

謝辞

本研究はJSPS科研費 25889076の助成で行われた。



図1 構築した評価システム

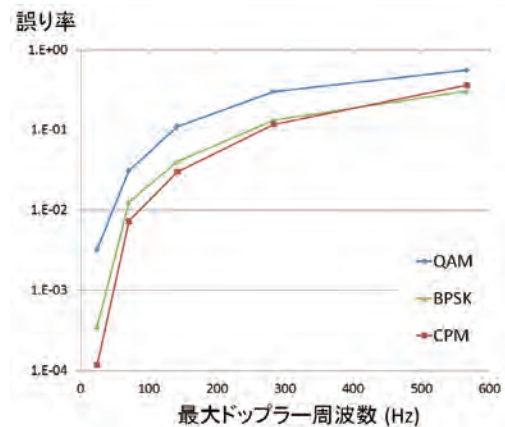


図2 基本評価結果

掲載文献

- (1) 森岡, ニッ森, 金田, 河村, 米本, 住谷, アサノ, “ソフトウェア無線による5GHz帯CPM-OFDMシステム～USRPを用いた基本評価環境の構築～,” 2014年電子情報通信学会総合大会, B-5-137, 2014年3月.
- (2) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatsumori, A.Kohmura, N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano, “An Implementation of CPFASK-OFDM Systems by using Software Defined Radio,” Proc. of The 15th IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON 2014), Tampa, Florida, June 6, 2014.
- (3) 森岡, アサノ, “初期位相のランダム化によるCPM-OFDMシステムのPAPR低減効果の評価,” 電気学会論文誌(C), 134巻8号, pp1010-1015, 2014.

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, 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

現行の新幹線や、建設が予定され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事は困難な状態にある。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、高速鉄道の中でも安定したブロードバンド環境の供給は必須である。

また、高速鉄道上で Gbps 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を検討するべきであるが、一方で周波数が高い分、伝搬減衰が大きくなるためミリ波帯の活用が求められている。

本研究ではミリ波と光無線の技術を活用して、200km/h以上の超高速に移動する列車に対して Gbps 級の通信を実現する技術を研究開発する。その内、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

本研究は総務省の平成 26 年度電波資源拡大のための研究開発課題であり、5 年計画の初年度である。

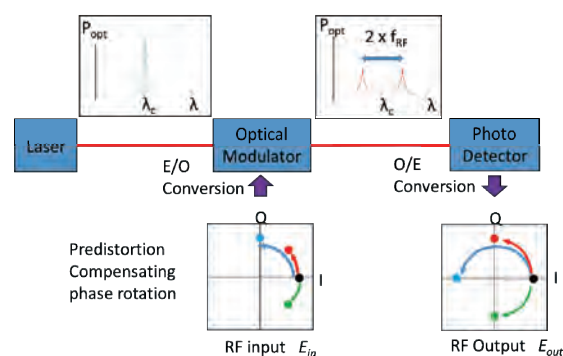
当該研究期間の主たる実施事項は以下のとおりである。

- 平成 26 年度 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容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

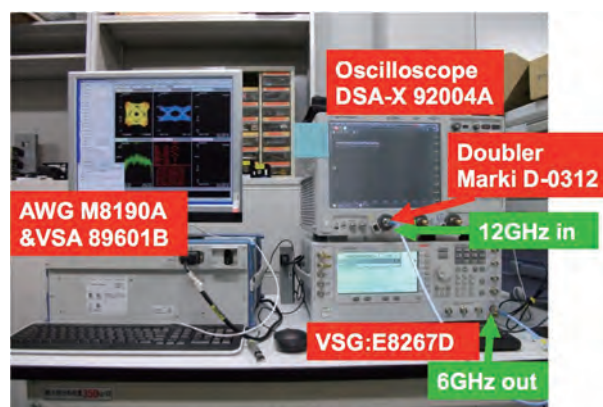
3. 研究成果

平成 26 年度の実施事項は本技術の根幹をなす通倍後に無線ベクトル信号が得られることを検証することである。図に示すように周波数を 2 通倍する場合、ベクトル解析時の IQ 信号平面で表現される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 2 通倍することで

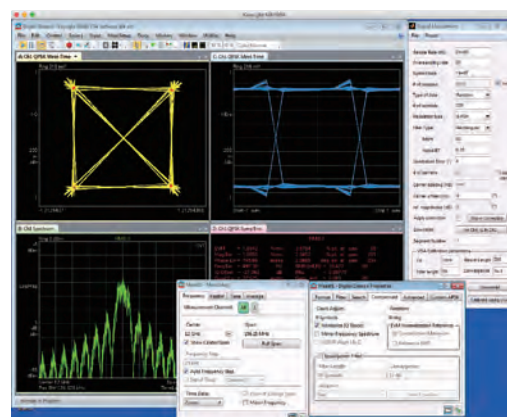
シンボルが有する位相が 2 倍シフトすることから、あらかじめ補正した信号を用いることで通倍後に所望の無線信号を得られることを評価する。実験の結果、通倍後に得られる QPSK 信号の EVM は 4 通倍 24GHz で 1%以下とできることを示した。



通倍による信号生成の原理



評価システム



通倍後に得られた QPSK 信号の変調精度

掲載文献

- (1) 米本 成人, 金田 直樹, 森岡 和行, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「光 2 トーン伝送で得られた BPSK 信号の EVM 評価」, 信学技報, vol. 114, no. 434, MWP2014-85, pp.233-236, 2015 年 1 月
- (2) 金田 直樹, 森岡 和行, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 「2 通倍後の QPSK 信号の EVM 測定」, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-14-24, 2015 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を行う手段として、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、欧米を中心に活発的な研究開発が行われているだけでなく、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、次回会議 (WRC-15) では UAS と衛星を結ぶ周波数を決定するための議題が設定されている。

しかしながら、5GHz 帯や衛星通信用周波数帯 (Ku/Ka 帯) は既にひっ迫しており、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ほか、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

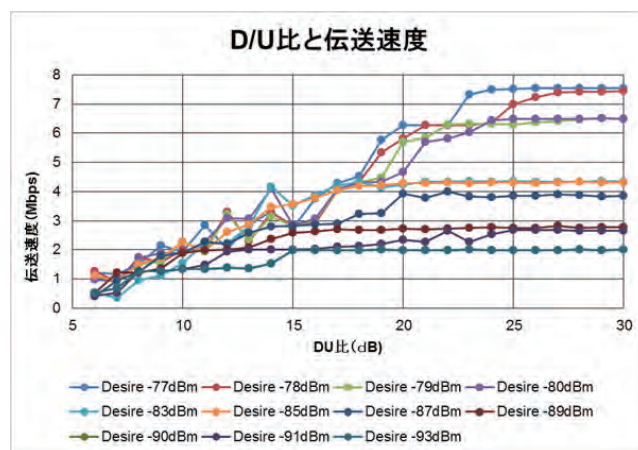
本研究は総務省の平成 24 年度補正予算、平成 26 年度から 2 年計画の電波資源拡大のための研究開発課題であり、通算 2 年目である。電子航法研究所の担当は 5GHz 帯の共用検討である。

3. 研究成果

5GHz 帯では航空用に国際規格化が進められている WiMAX 規格、および旧式の GMSK 方式が検討されている。今年度は、実験室で各種無線機信号を比率を変えながら混ぜた信号を受信した時の障害の有無を調査した。図に示すように、所望波に対して干渉波の割合が強くなると、伝送速度が低下することが示された。これらを最小の受信感度で受信しているときの所望波から 15dB 低ければ、干渉波が混入しても有害な干渉が発生しないことを示した。この

手順を用いて、各種無線機器、無線技術間の最大許容干渉波レベルを求めていく。

また、次年度の通信試験に先立ち、航空機にスペクトラムアナライザを搭載し、基地局から放射される信号の受信強度を観測した。試験の結果、自由空間伝搬と比較して 10dB 程度強い最大値が観測された。次年度の飛行通信評価試験にて詳細に解析を行う予定である。



WiMAX 無線機間の干渉時の伝送速度測定値



仙台空港周辺の WiMAX 基地局の信号強度

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.

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, Gb/s 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効である。特に, 60GHz 帯は, 世界主要各国において小信号免許不要バンドとして 7~9GHz ものバンド幅が割り当てられており, 5G 無線の最有力候補となっている。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干渉・競合や不要反射の影響が生じる。このような状況は, あらゆる無線通信において生じる得ることであり, 現在のマイクロ波 800MHz~2GHz を用いた無線通信では, 反射体からの信号によるマルチパス干渉の影響を抑えるための技術が用いられている。しかし, 5G 無線の本命であるミリ波帯では, 自由空間伝搬における直進性が高く, また, 伝搬損失が大きい。したがって, 従来のマイクロ波帯における高密度ユーザー集中環境の技術をそのまま適用することは難しい。特に, ミリ波の直進性が高いことを利用した空間多重通信を行う場合, マルチパスの存在は, 通信チャネルの確保が困難であることを意味する。ミリ波帯では, 従来のマイクロ波無線通信にはない新しい高密度通信技術が必要と考えられる。

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ユーザーが密集している環境で Gbps 級の通信を実現する技術を研究開発する。特にミリ波通信は端末の位置を推定し, 60GHz の機能を有する端末にピンポイントに電波を送信する技術が必要とされている。このうち当所の担当部分は 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である。

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 か月計画である。平成 25 年度は 2 年目である。

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 利用シナリオの検討
平成 27 年度 60GHz RoF レシーバーの検討
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 26 年度の実施事項は, 利用シナリオの検討, およびシナリオに合わせた 60GHz 信号源推定の基礎検討である。現在規格化がなされている, IEEE 802.11ad の信号を元に波源位置推定技術の基礎検討を行った。本年は, 14GHz の中間周波数にダウンコンバートした信号を取り扱い手法を検討した。実際のパケットのバースト信号を用いてパルス形状の捕捉を行った。また, 30m 間隔で設置された基地局での測位精度を評価した。更に, 目標とする 60GHz 帯を信号の IQ 信号を取り出すため, 広帯域の IQ ミキサを構築した。

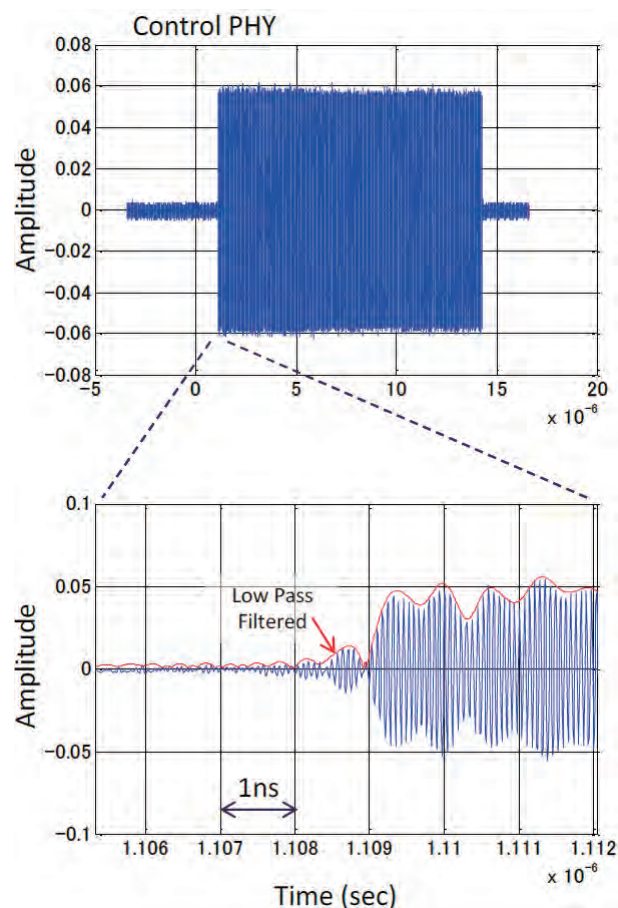
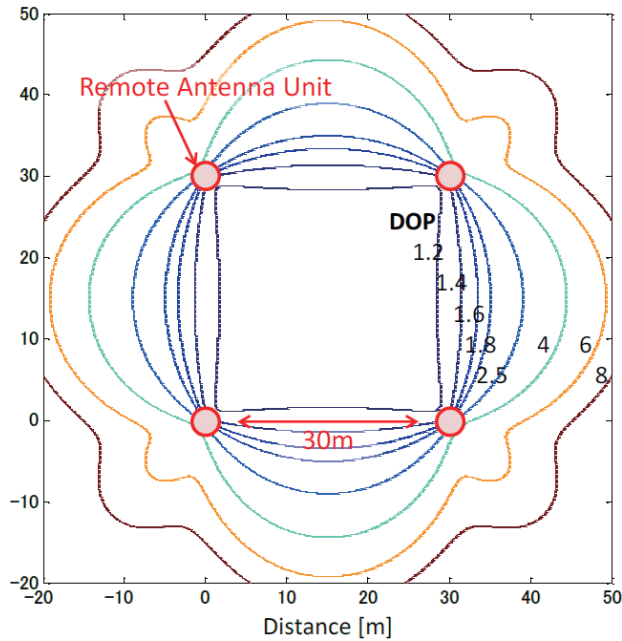


図 IEEE802.11ad 中間周波信号のバースト信号解析

pp.229-232, 2015 年 1 月

- (4) 角張 泰之, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 「60GHz 信号による TDOA 測位の検討」, 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-14-18, 2015 年 3 月



30m 間隔で配置されて基地局ネットワークで想定される位置推定誤差 (DOP)



試作した 60GHz 広帯域(5GHz) IQ ミキサー

本研究は情報通信研究機構から委託された研究の一環として実施され、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、各日株式会社コーデンテクノインフォとの共同研究として実施された。

掲載文献

- (1) Naruto Yonemoto, “ENRI’s contribution in RAPID”, RAPID kick-off and 1st project meeting, Brussels, Belgium, Oct. 2014.
- (2) Naruto Yonemoto, “RAPID 5G”, MWP/APMP2014 brochure, Oct. 2014.
- (3) 角張 泰之, 米本 成人, 河村 暁子, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 「60GHz 信号を用いた移動端末位置推定の基礎検討」, 信学技報, vol. 114, no. 434, MWP2014-84,

航空機の動態情報応用および監視センサネットワークの研究【在外派遣】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○古賀 禎
研究期間 平成 26 年度

1. はじめに

本在外研究では、航空交通管理分野で今後重要となる技術（動態情報利用技術および監視センサネットワーク技術）を、海外研究者と連携協力の元、研究および調査を行った。

2. 研究の概要

2.1 動態情報利用技術

動態情報利用技術についての検討をフランス・航空大学院(ENAC)にて実施した。動態情報（DAPs）は、SSRモードSを用いて航空機から動態情報をダウンリンクする技術である。DAPsにより、航空機からリアルタイム性の高い機上情報の取得が可能となる。

ENACでは、飛行中の航空機間で風向風速情報を相互交換し、軌道予測精度を向上する技術（Wind-network）について研究を予定している。DAPs取得情報は、Wind-networkで使用する風向風速情報とほぼ同じ精度の情報であることから、Wind-networkによる軌道予測の精度評価等への利用が期待できる。評価のための準備作業として、DAPs風向風速情報の利用法についての検討が必要である。

2.2 監視センサネットワーク

センサネットワーク技術についてドイツ・フランフォーフア研究機構オープン通信システム研究所（FOKUS）において調査した。FOKUSでは、ESPRI（Electronic Safety and Security Systems for the Public and Industries）と呼ばれるセンサネットワークの研究プロジェクトを進めている。ESPRIは、災害やテロなどを検知し、最適な解決手段を判断し、ユーザに警報などの情報を伝達するネットワークシステムである。ESPRIは、多種のセンサからなるセンサネットワークと情報処理システムから構成されており、ESPRIで利用されているアーキテクチャ・プロトコル・アプリケーションは、航空機監視センサネットワークにも応用できる可能性がある。

3. 研究成果

3.1 動態情報利用技術

本研究では、電子航法研究所にて取得したDAPsデータをから風向風速情報を抽出するソフトウェアを構築した。また、これを可視化するとともに、動画で表示できる分析ツールを作成した。これらの分析ツールにより、一部のデータにエラーが含まれることなど今後の課題が明らかになった。

3.2 監視センサネットワーク

ESPRIにおけるセンサネットワーク技術について調査を行った。調査の結果、ESPRIにおいては、集中型アーキテクチャやオープンソースのミドルウェアを利用したシステム開発を行っていること。また、オープンソースに存在しない機能については、研究所職員が独自に実装するなど、当所とは異なるアプローチで開発を進めていることが明らかになった。

この他に、ESPRIを参考に空港面用の監視情報共有ツールの試作などを行った。



図1 空港面監視情報共有ツール

4. まとめ

本在外研究では、航空交通管理分野で今後重要となる技術（動態情報利用技術および監視センサネットワーク技術）について海外研究者との連携協力の元、研究および調査を行った。平成26年度後半には、ENAC研修生と共に動態情報利用技術の研究を行うなど、本研究終了後も在外機関との連携研究を継続している。

掲載文献

Matthiue,他: "Comparison of wind vectors from weather forecast and downlink aircraft parameters",電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会,平成27年1月

4 研究所報告

当研究所の平成26年度における研究所報告は、下記のとおりである。

No	発行年月	論 文 名	領 域 名	著 者
132	平成27年1月	GBAS（地上型衛星航法補強システム）の安全性要求に関する設計と検証	航法システム領域	福島 荘之介 齊藤 真二 齋藤 享 吉原 貴之 星野尾 一明
			航空交通管理領域	平林 博子 福島 幸子 岡田 一美
		トラジェクトリモデルに関する研究	航法システム領域	福田 豊
			航空交通管理領域	瀬之口 敦 ブラウン マーク
			海上保安大学校	藤田 雅人
			航空交通管理領域	井上 諭 伊藤 恵理 平林 博子 狩川 大輔 白川 昌之 長岡 栄
			韓国航空大学校	李 金珍
		ハンブルク大学	グワイグナー クラウス	
将来の航空用高速データリンクに関する研究	監視通信領域	北折 潤 住谷 泰人 石出 明		

5 受託研究

当研究所の平成26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
Bell206B搭載機器の経路損失試験	株式会社ウェザーニューズ	河村 暁子
ジャーナル・データ抽出処理支援作業 その2	一般財団法人航空交通管制協会	マーク・ブラウン
Mini Global Demonstration接続に関する支援作業	一般財団法人航空保安研究センター	古賀 禎
洋上縦(距離)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
衛星航法システムにおける補強システム(SBAS関連等)の検証作業に関する技術支援	一般財団法人航空保安無線システム協会	坂井 丈泰
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
平成26年度RNSS信号に係るSSC計算プログラム作成	一般財団法人航空保安無線システム協会	坂井 丈泰
DHCS-100搭載機器の経路損失試験	オリエンタルエアブリッジ株式会社 琉球エアコミューター株式会社	米本 成人
SAAB340搭載機器の経路損失試験	日本エアコミューター株式会社	米本 成人
E170他2搭載機器の経路損失試験	アイベックスエアラインズ株式会社 株式会社ジェイエア	米本 成人
A330搭載機器の経路損失試験	スカイマーク株式会社	米本 成人
V-LOWマルチメディア放送のILSへの干渉解析試験	株式会社エフエム東京	福島 荘之介
合成開口レーダーの空中線測定支援	アルウェットテクノロジー株式会社	二ッ森 俊一
B777搭載機器の経路損失試験	日本航空株式会社	米本 成人
B737-800搭載機器の経路損失試験	全日本空輸株式会社	米本 成人
機体・飛行時のHIRF電波環境調査(その3)	三菱航空機株式会社	米本 成人
Bell1412搭載機器の経路損失試験	株式会社ウェザーニューズ	河村 暁子
福岡FIRにおけるGAGAN性能解析作業業務委託	一般財団法人航空保安無線システム協会	坂井 丈泰
「S I P (戦略的イノベーション創造プログラム)・自動走行システム」 測位方式L1-SAIFに係る解析作業	アイサンテクノロジー株式会社	坂井 丈泰
Xバンド干渉用アンテナのベースライン長測定作業	アルウェットテクノロジー株式会社	二ッ森 俊一

件名	委託元	実施主任者
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	リオン株式会社 一般財団法人空港環境整備協会航空環境 研究センター	塩見 格一
V-Lowマルチメディア放送のILSへの干渉解析追加試験	株式会社VIP	福島 荘之介
首都圏空域の高速シミュレーションに係る調査支援	一般財団法人航空交通管制協会	蔭山 康太
岡山空港広域マルチラレーション整備基本設計に係わる調査支援	株式会社三菱総合研究所	宮崎 裕己
将来の洋上管制要件調査支援	株式会社三菱総合研究所	福島 幸子
Bell204B搭載機器の経路損失試験	株式会社ウエザーニューズ	ニッ森 俊一

6 共同研究

当研究所の平成26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
監視通信領域	フランス国立科学研究センター	Etudes de radars en bande W (W帯レーダに関する研究)	H21.3.30 ~ H27.3.31
	ニース・ソフィアアンティボリス大学		
航法システム領域	モンクット王工科大学ラカバン	電離圏全電子数の振舞いの特徴付けに関する研究 (Ionospheric TEC Characterization Program)	H23.4.1 ~ H27.3.31
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 ~ H27.3.31
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 ~ H27.3.31
航法システム領域	(独) 情報通信研究機構	測位衛星を用いた航法に係わる電離圏擾乱に関する共同研究	H24.4.1 ~ H27.3.31
	京都大学大学院理学研究科		
	名古屋大学太陽地球環境研究所		
航空交通管理領域	東北大学	レジリエンス向上のための管制官訓練支援ツールの開発	H24.6.22 ~ H27.3.31
監視通信領域	株式会社レンスター	ミリ波システム用電波機器に関する研究	H24.7.9 ~ H27.3.31
監視通信領域	(独) 情報通信研究機構	90GHz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の共同開発	H24.8.31 ~ H27.3.31
	公益財団法人鉄道総合技術研究所		
	株式会社日立製作所		
航空交通管理領域	九州大学	国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する研究	H24.10.1 ~ H27.3.31
監視通信領域	三菱スペース・ソフトウェア株式会社	過労による居眠り防止に係わる音声分析サービス提供技術としてのネットワーク・アプリケーション技術の研究	H24.10.10 ~ H27.3.31
監視通信領域	ベトナム国家大学ホーチミン市校国際大学	電子走査アンテナ技術の研究	H24.10.31 ~ H27.3.31
監視通信領域	R F t e s t L a b 有限会社	ミリ波無線回路に関する共同研究・開発	H24.11.21 ~ H27.3.31
監視通信領域	株式会社パル技研	24GHz反射率可変リフレクタに関する共同研究・開発	H24.11.21 ~ H27.3.31
監視通信領域	アルウェットテクノロジー株式会社	ミリ波小型レーダに関する共同研究・開発	H24.11.21 ~ H27.3.31
航法システム領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	GBASの利用性向上に係わる研究開発 (その2)	H25.4.25 ~ H27.3.31
監視通信領域	(独) 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	電気通信大学	地上型衛星航法補強システムに用いるVHF データ放送に対するスポラディックEの影響評価	H25.4.24 ~ H27.3.31
航法システム領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	GBASを用いた着陸方式基準に関する研究	H25.7.10 ~ H28.3.31
	東京大学		
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	(独) 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	準天頂衛星システムサービス株式会社	準天頂衛星システムにおけるサブメートル補強サービスに関する研究	H25.10.30 ~ H27.3.31
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	(独) 宇宙航空研究開発機構	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
	北海道放送株式会社		
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	東京薬科大学	発話音声による覚醒水準評価指標を確立するための研究	H26.8.1 ~ H27.3.31
監視通信領域	福井医療短期大学	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 ~ H27.3.31
	三菱スペース・ソフトウェア株式会社		

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
監視通信領域	(独) 情報通信研究機構	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
	公益財団法人鉄道総合技術研究所		
	株式会社KDDI 研究所		
	株式会社日立製作所		
監視通信領域	株式会社高田RF 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	有限会社IRT	受動型二次監視レーダーの高機能化の研究	H26. 9. 17 ~ H27. 3. 31
監視通信領域	大阪大学	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
	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		
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 ~ H28. 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	(独) 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	名古屋大学	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	H26. 12. 15 ~ H27. 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

7 研究発表

* 現 国土交通省航空局

** 現 海上保安庁海上保安大学校

(1) 第14回研究発表会（平成26年6月5日, 6日）

ー 新しいグローバル航空計画と電子航法研究所の研究の方向性について

研究企画統括 藤井 直樹

1. 監視システムの技術性能要件の研究

監視通信領域 小瀬木 滋
古賀 禎
大津山 卓哉
本田 純一
住谷 泰人

2. WAMにおける性能改善方式の評価

監視通信領域 島田 浩樹 *
宮崎 裕己
古賀 禎
松永 圭左
角張 泰之
本田 純一
二瓶 子朗

3. DAPsを用いた高精度追尾技術に関する研究

監視通信領域 呂 暁東
古賀 禎

4. 飛行実験による航空機監視応用システム(ASAS)の一検討

監視通信領域 大津山 卓哉
小瀬木 滋
航空交通管理領域 伊藤 恵理

5. 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

監視通信領域 二ッ森 俊一
森岡 和行
河村 暁子
岡田 国雄
米本 成人

6. 実環境下におけるAeroMACS試験信号解析

監視通信領域 森岡 和行
金田 直樹
二ッ森 俊一
本田 純一
河村 暁子
米本 成人
住谷 泰人

7. 航空用VHFデータリンクの伝送遅延解析と予測

監視通信領域 住谷 泰人
北折 潤
石出 明

8. データリンクLDACS1のビット誤り率特性

監視通信領域 北折 潤
塩見 格一
住谷 泰人
石出 明

9. 消費燃料の推定モデルに関する一検討

航空交通管理領域 中村 陽一
蔭山 康太

10. 成田空港出発便の地上走行時間に関する分析

航空交通管理領域 山田 泉
住谷 美登里
マーク ブラウン
青山 久枝
森 亮太

11. 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

航空交通管理領域 天井 治
松岡 猛
藤田 雅人 **

- | | |
|--|--|
| <p>12. TBOの軌道予測に向けた羽田空港アプローチ軌道の風況モデル化</p> <p style="padding-left: 100px;">早稲田大学</p> <p style="padding-left: 150px;">手塚 亜聖</p> | <p>19. GLS 装備機のパスアライン性能に関する検討</p> <p style="padding-left: 100px;">航法システム領域</p> <p style="padding-left: 150px;">福島 荘之介
齊藤 真二
山 康博</p> <p style="padding-left: 100px;">航空交通管理領域</p> <p style="padding-left: 150px;">森 亮太</p> |
| <p>13. 継続降下運航が実施可能な時間帯の予測</p> <p style="padding-left: 100px;">航空交通管理領域</p> <p style="padding-left: 150px;">福島 幸子
平林 博子
岡 恵
上島 一彦</p> | <p>20. 準天頂衛星L1-SAIF補強信号のGLONASS対応</p> <p style="padding-left: 100px;">航法システム領域</p> <p style="padding-left: 150px;">坂井 丈泰
星野尾 一明
伊藤 憲</p> |
| <p>14. 航空機監視応用システム（ASAS）の研究開発状況</p> <p style="padding-left: 100px;">航空交通管理領域</p> <p style="padding-left: 150px;">伊藤 恵理
上島 一彦
福島 幸子</p> <p style="padding-left: 100px;">監視通信領域</p> <p style="padding-left: 150px;">大津山 卓哉</p> | <p>21. GNSS障害時の代替システムの動向</p> <p style="padding-left: 100px;">航法システム領域</p> <p style="padding-left: 150px;">毛塚 敦
吉原 貴之
齋藤 享</p> |
| <p>15. フローコリドの運用方式の研究（その2）</p> <p style="padding-left: 100px;">名古屋大学</p> <p style="padding-left: 150px;">武市 昇 ***</p> <p style="padding-left: 100px;">航空交通管理領域</p> <p style="padding-left: 150px;">福岡 敬介
中村 陽一
蔭山 康太</p> | |
| <p>16. カテゴリ III GBAS地上装置のプロトタイプ開発</p> <p style="padding-left: 100px;">航法システム領域</p> <p style="padding-left: 150px;">吉原 貴之
齋藤 享
星野尾 一明
福島 荘之介
齊藤 真二
毛塚 敦</p> | |
| <p>17. GAST-D機上実験装置の開発と評価</p> <p style="padding-left: 100px;">航法システム領域</p> <p style="padding-left: 150px;">齋藤 享
吉原 貴之
毛塚 敦
齊藤 真二
福島 荘之介
星野尾 一明</p> | |
| <p>18. GBAS基準局に対する個人用保護デバイスの影響</p> <p style="padding-left: 100px;">航法システム領域</p> <p style="padding-left: 150px;">齊藤 真二
福島 荘之介</p> | |

(2) 所外発表

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
RESEARCH PLAN FOR AIRCRAFT HEIGHT KEEPING PERFORMANCE MONITORING WITH ADS-B DATA IN JAPAN (日本におけるADS-Bを用いた航空機高度維持性能監視の研究計画)	松永圭左	平成26年4月	ICAO アジア太平洋地域航空航法計画調整作業部会 (APANPIRG/13)-SITP (研究実施特別作業班) 会議
最適な飛行方式設計に関する研究	森亮太	平成26年4月	CARATS 第19回高規格RNAV検討SG会議
Electrically tunable reflectarray element based on aperture-coupled C-patch (開口結合Cパッチによる電子可変リフレクタアレイ素子)	K. T. Pham (VNU-IU) 米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 B. D. Nguyen (VNU-IU) V. S. Tran (〃) L. P. P. Bui (〃)	平成26年4月	Proceedings of the 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP2014)
Status Update on ENRI MSPSRs Development (電子航法研究所におけるマルチスタティックレーダの開発状況)	塩見格一 宮崎裕己	平成26年4月	ICAO ASP (航空監視パネル) 第16回ワーキング・グループ(WG)会議
ANALYSIS OF TRANSMISSION DELAY USING COMMUNICATION PROTOCOL SIMULATOR IN VHF DATALINK (VHF帯航空通信システムの伝送遅延時間予測に関する解析)	住谷泰人 北折潤 石出明	平成26年4月	Proceedings of Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2014
Classification of Mode S Transponder by Datalink Capability (データリンク能力を用いたモードSトランスポンダの分類について)	古賀禎	平成26年4月	Proceedings of Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2014
DAPs Based Adaptive Tracking System for High-Assurance Air Traffic Surveillance (高信頼航空交通監視のためのDAPsを用いた適応型追尾システム)	呂曉東 古賀禎	平成26年4月	Proceedings of Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2014
EXPERIMENTS OF VOIP USING WIMAX SYSTEM AND FADING SIMULATOR WITH TWO-PATH MODELS FOR AERONAUTICAL SCENARIOS (WiMAXシステムとフェージングシミュレータを用いた2波モデル空港面環境におけるVoIP品質評価実験)	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 アサノ テーベツト (信州大学)	平成26年4月	Proceedings of Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2014
90GHz ミリ波伝送特性と線路内監視システムへの適用検討	中村一城 (鉄道総合研究所) 米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 川崎邦弘 (鉄道総合研究所) 竹内恵一 (〃)	平成26年4月	鉄道総合技術研究所機関紙 RRR
RNP-AR進入のパフォーマンス評価	蔭山康太	平成26年4月	日本航空宇宙学会 第45期年会講演会
帯状空域内の高密度航空交通における自律間隔維持	中村陽一 武市昇 (名古屋大学) 福岡敏介 (〃) 末福久義 (〃)	平成26年4月	日本航空宇宙学会 第45期年会講演会
高密度運航を目指した技術開発動向	福田豊 岡恵 ブラウン マーク	平成26年4月	日本航空宇宙学会 第45期年会講演会
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	福島幸子 平林博子 岡恵	平成26年4月	日本航空宇宙学会 第45期年会講演会
GNSS測位のプログラミング	坂井丈泰	平成26年4月	測位航法学会全国大会 セミナー
GNSS計算処理ライブラリEGL ユーザーズマニュアル	坂井丈泰	平成26年4月	測位航法学会全国大会 セミナー
準天頂衛星L1-SAIF信号によるGNSS補強 -最近の成果-	伊藤憲 坂井丈泰	平成26年4月	第8回QZSSユーザーミーティング
90GHz ミリ波伝送特性と線路内監視システムへの適用検討	中村一城 (鉄道総合研究所) 米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 川崎邦弘 (鉄道総合研究所) 竹内恵一 (〃)	平成26年4月	鉄道総合技術研究所報告

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
航空管制技術の変遷	長岡栄	平成26年4月	電気学会誌 Vol. 134
1090MHz非同期干渉試験のための信号源設計手法	小瀬木滋 古賀禎 大津山卓哉 本田純一 住谷泰人	平成26年4月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
Safety Caseの作成によるRNP(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	天井治 藤田雅人 松岡猛	平成26年4月	電子情報通信学会技術研究報告(SSS, 安全性)
航空機対の最近接条件に基づくレジリエンス指標	長岡栄 ブライアン マーク	平成26年4月	電子情報通信学会技術研究報告(SSS, 安全性)
ENRI技術実証の概要と成果	坂井丈泰 福島荘之介 伊藤憲	平成26年4月	日本航空宇宙学会誌 第62巻 第4号
衛星航法による航空機進入着陸システムとPPD(個人用保護デバイス)の干渉実験	福島荘之介 齊藤真二	平成26年4月	平成26年度 測位航法学会全国大会
衛星航法の航空利用に対するプラズマバブルの影響評価とその軽減策に関する研究	齋藤亨 吉原貴之 坂井丈泰 星野尾一明 大塚雄一(名古屋大学)	平成26年4月	名古屋大学太陽地球環境研究所地上ネットワーク大型共同研究報告書
冬季実験データを用いたGNSSアンテナへの着雪による測位誤差評価	吉原貴之 齋藤亨 本吉弘岐(防災科学技術研究所) 佐藤威(〃) 山口悟(〃)	平成26年4月	日本地球惑星科学連合 2014年大会
Performance evaluation of plasma bubble monitoring by VHF radars for GNSS augmentation systems (GNSS補強システムのためのVHFレーダーによるプラズマバブル監視法の性能検証)	齋藤亨 吉原貴之 山本衛(京都大学生存圏研究所) 大塚雄一(名古屋大学太陽地球環境研究所)	平成26年5月	日本地球惑星科学連合 2014年大会
航空路管制処理戦術の状況変動に対する潜在的な「余裕」の可視化ツール	狩川大輔 青山久枝 高橋信(東北大学) 古田一雄(東京大学) 石橋明(安全マネジメント研究所) 北村正晴(テムス研究所)	平成26年5月	ヒューマンインタフェース学会論文誌
Evaluation Analysis of Seasonal GPV Meteorological Data with SSR Mode S Surveillance Data (SSRモードS監視データを用いた気象予報データの評価解析)	重富貞成(九州大学大学院) ブライアン マーク 福田豊 小塚智之(九州大学大学院) 十時寛典(〃) 宮沢与和(〃)	平成26年5月	Proceedings of the 6th International Conference on Research in Air Transportation(ICRAT)
Preliminary Evaluation for AeroMACS Prototype Mobile Station (AeroMACSプロトタイプシステムの予備評価)	森岡和行 金田直樹 住谷泰人 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 塩地誠 富田武	平成26年5月	17th meeting of EUROCAE Working Group 82(WG82)
Study on the Fuel-Burn Estimation from Radar Data (レーダ・データによる燃料消費推定の検討)	中村陽一 蔭山康太	平成26年5月	FATS/16 (日米将来航空交通システム会議)
Report of JCAB/Mini Global Demonstration (当所におけるMini Global Demonstrationへの対応状況等)	呂曉東 塩見格一	平成26年5月	FATS/16 (日米将来航空交通システム会議)W/G
Improvement of Static Runway Assignment at Busy Airports Using Queueing Model. (待ち行列理論を用いた混雑空港における静的滑走路割り当ての改善)	森亮太 青山久枝	平成26年5月	Journal of Aircraft(AIAA)
Status report of GAST-D operational validation in Japan (日本におけるGAST-Dの運用面からの検証についての状況報告)	吉原貴之 齋藤亨 佐藤琢(国土交通省航空局)	平成26年5月	ICAO NSP(航法システムパネル) WG(総括ワーキンググループ)
Report on the activities of Ionospheric Studies Task Force under the CNS-SG of APANPIRG (APANPIRG CNS-SG 電離圏問題検討タスクフォース活動報告)	齋藤亨	平成26年5月	ICAO NSP(航法システムパネル) 全体作業部会・CAT-IIIサブグループ会議

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Design Principles and Algorithms for Arrival Scheduling Management (到着機のスケジューリング管理のための設計原理とアルゴリズム)	Heinz Erzberger(NASA Ames Research Center) 伊藤恵理	平成26年5月	NASA Technical Paper 2014-218302
Estimation of the Electromagnetic Fields Excited by a Cellular Phone in a Typical Aircraft Cabin (代表的な航空機内における携帯電話から発せられた電磁界分布推定法)	白船雅巳(北海道大学大学院) 日影隆(〃) 野島俊雄(〃) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成26年5月	Proceedings of the 2014 International Symposium on Electromagnetic Compatibility
RESEARCH PLAN FOR HEIGHT MONITORING WITH ADS-B DATA IN JAPAN (日本におけるADS-Bを用いた高度監視の研究計画)	松永圭左	平成26年5月	RMACG/9 (第9回地域監視機関調整グループ会議)
Preliminary RF Characteristics Evaluation for AeroMACS Prototype Mobile station (AeroMACS端末のRF特性初期評価)	金田直樹 森岡和行 住谷泰人 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 塩地誠 富田武	平成26年5月	WiMAX Aviation 2014 Brussels
Overview of ENRI and its Research and Development Activities (電子航法研究所の概観と研究活動) A Research prototype of GAST-D ground subsystem and experimental onboard equipment (GAST-Dの地上サブシステムと実験的搭載機器の研究基本)	古賀禎	平成26年5月	トルコ共和国研究所への見学及び意見交換ミーティング
GPSとハッキング	坂井丈泰	平成26年5月	月刊I/O 6月号
ILS GP近傍モニタの積雪特性の改善	田嶋裕久	平成26年5月	日本航海学会 航空宇宙研究会
フローコリドーにおける飛行速度に基づく高密度交通流の形成	中村陽一 蔭山康太 武市昇(名古屋大学)	平成26年5月	航空管制 5月号
福岡FIRの面積の推定	天井治	平成26年5月	国土交通省航空局
Ionospheric characterization activities by the Ionospheric Studies Task Force (ISTF) of ICAO Asia-Pacific Region (ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォースの活動について)	齋藤享	平成26年5月	第21回SBAS-Iono会議
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	白船雅巳(北海道大学大学院) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 日景隆(北海道大学大学院) 野島俊雄(〃)	平成26年5月	電子情報通信学会和文論文誌C
実践レジリエンスエンジニアリング	(監訳者) 北村正晴(テムス研究所) 小松原明哲(早稲田大学) (翻訳者) 狩川大輔 氏田博士(キャノンコーポレーション) 菅野太郎(東京大学) 清川和宏(エヌエスシステムズ) 工藤直志(原子力安全システム研究所) 後藤学(〃) 作田博(〃) 佐相邦英(電力中央研究所) 鳥居塚崇(日本大学) 中西美和(慶応大学) 彦野賢(原子力安全システム研究所) 弘津祐子(電力中央研究所) 増田浩道(多摩大学) 松井裕子(原子力安全システム研究所)	平成26年5月	日科技連(翻訳分担: 第11章担当)
Simulator experiments on RF transition for xLS (RF旋回からxLSに接する飛行方式のシミュレータ実験)	福島荘之介 齊藤真二	平成26年6月	第15回IGWG会議 (International GBAS Working Group Meeting)
Some PPD characteristics and effects for GBAS reference receivers (PPD(個人用保護デバイス)の特性とGBAS基準局受信機への影響)	福島荘之介 齊藤真二	平成26年6月	第15回IGWG会議 (International GBAS Working Group Meeting)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
GBAS Activities of ENRI (電子航法研究所のGBAS研究について)	齋藤享	平成26年6月	第15回IGWG会議 (International GBAS Working Group Meeting)
GAST-D ground/air experimental systems and flight experiment (GAST-D地上・機上実験装置の開発と飛行実験)	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26年6月	第15回IGWG会議 (International GBAS Working Group Meeting)
Ionospheric gradient and scintillation characterization in the low latitude region (低磁気緯度地域における電離圏勾配及びシンチレーションの特性解析)	齋藤享 S. Rungraengwajiake (KMITL) P. Supnithi (＃) 大塚雄一(名古屋大学) 大松直樹(＃) P. Abadi (LAPAN) Ednofri (＃)	平成26年6月	第15回IGWG会議 (International GBAS Working Group Meeting)
Effects of snow on GBAS reference stations (GBAS基準局への雪の影響)	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 星野尾一明	平成26年6月	第15回IGWG会議 (International GBAS Working Group Meeting)
Spectrum Mask Measurement Methods and Results for AeroMACS (AeroMACSのスペクトルマスク測定方法及び結果)	金田直樹 森岡和行 住谷泰人 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 塩地誠 富田武	平成26年6月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-S Web会議(第6回事前配布)
Amendments to 3.4.2.8.c) of draft Doc.9994 (Doc.9994草案の3.4.2.8.c)への追記事項)	小瀬木滋	平成26年6月	ICAO ASTAF(機上監視タスクフォース) Review group meeting
Measured DFO transmission around Tokyo international airport (東京国際空港周辺において計測されたSSRモードS DFO信号の送信)	宮崎裕己	平成26年6月	ICAO ASP(航空監視パネル) 第17回技術作業部会(TSG)会議
An Implementation of CPFSK-OFDM Systems by using Software Defined Radio (ソフトウェア無線を用いたCPFSK-OFDMシステムの実装評価)	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 アサノテビット(信州大学)	平成26年6月	Proceedings of IEEE Wireless and Microwave Technology Conference
Air Traffic Controllers' Workload on the Period of ATC Paradigm Shift (パラダム転換期における航空管制官の業務負荷)	塩見格一	平成26年6月	Proceedings of the 12th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (PSAM12)
Supporting Tool for Cooperative Work Analysis Based on Distributed Cognition (分散認知分析に基づいた協調作業分析のための支援ツール)	井上諭 中田圭一(University of Reading) Moran, Stuart(Nottingham University)	平成26年6月	Proceedings of the 12th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (PSAM12)
カテゴリIII GBAS(GAST-D)研究用地上装置の開発と新石垣空港への設置	吉原貴之 齋藤享 星野尾一明 福島荘之介 齋藤真二 毛塚敦	平成26年6月	航空無線 第80号
安全性設計	長岡栄	平成26年6月	新版 信頼性ハンドブック III-8章
航空管制の信頼性の概観	長岡栄	平成26年6月	新版 信頼性ハンドブック III-8章
～航空管制システムのHCDの事例～ デザインのためのユーザー分析と分析支援ツール	井上諭	平成26年6月	第44回HCD-Netサロン(人間中心設計機)
航空管制分野におけるレジリエンス指向型ヒューマンファクター研究 --管制官の思考プロセスの特徴分析--	青山久枝 狩川大輔 飯田裕康(労働科学研究所) 高橋信(東北大学大学院工学研究科)	平成26年6月	日本人間工学会 第55回大会
航空管制分野におけるレジリエンス指向型ヒューマンファクター研究(3) --管制官の思考プロセスの特徴分析--	狩川大輔 青山久枝 高橋信(東北大学大学院工学研究科) 石橋明(安全マネジメント研究所) 北村正晴(テラス研究所)	平成26年6月	日本人間工学会 第55回大会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
実験的昼夜転倒が心身機能に及ぼす影響(1) 生理的データの場合	佐藤清 及川太 及川健太郎 塩見格一 阿部仁(阿部産業) 立川英一(東京薬科大学) 多田三男(埼玉県総合リハビリセンター)	平成26年6月	日本人間工学会 第55回大会
実験的昼夜転倒が心身機能に及ぼす影響(3) パフォーマンスデータの場合	及川太 塩見格一 佐藤清 及川健太郎 阿部仁(阿部産業) 立川英一(東京薬科大学) 多田三男(埼玉県総合リハビリセンター)	平成26年6月	日本人間工学会 第55回大会
実験的昼夜転倒が心身機能に及ぼす影響(4) 音声データの場合	塩見格一 佐藤清 及川太 及川健太郎 阿部仁(阿部産業) 立川英一(東京薬科大学) 多田三男(埼玉県総合リハビリセンター)	平成26年6月	日本人間工学会 第55回大会
心身状態に対する実験的昼夜転倒の影響(1) 生理的指標からみた実験方法の妥当性評価	佐藤清 塩見格一 及川太 阿部仁(阿部産業) 立川英一(東京薬科大学) 多田三男(埼玉県総合リハビリセンター)	平成26年6月	第68回日本交通医学会総会
心身状態に対する実験的昼夜転倒の影響(3) パフォーマンス的指標に対する影響	及川太 佐藤清 塩見格一 阿部仁(阿部産業) 立川英一(東京薬科大学) 多田三男(埼玉県総合リハビリセンター)	平成26年6月	第68回日本交通医学会総会
心身状態に対する実験的昼夜転倒の影響(4) 音声から算出する指数値に対する影響	塩見格一 佐藤清 及川太 阿部仁(阿部産業) 立川英一(東京薬科大学) 多田三男(埼玉県総合リハビリセンター)	平成26年6月	第68回日本交通医学会総会
梅雨前線の移動に伴う測距誤差変動のレイトレーシングによる評価	毛塚敦 吉原貴之 齋藤享 藤井直樹	平成26年6月	電子情報通信学会 アンテナ伝播研究会
継続降下運用におけるスケジュール準拠の到着時刻指定	武市昇(名古屋大学大学院) 福田豊 波多野高斗(トヨタ自動車)	平成26年6月	日本航空宇宙学会論文誌
第15回国際GBASワーキンググループ会議(I-GWG15)の概要	福島荘之介 齋藤享	平成26年7月	H26年度新たな進入・出発方式導入に関する調査研究 第1回WG会議
Airport Radio LAN System in Japan (日本における空港無線LANシステムの現状)	井上浩樹(国土交通省航空局) 住谷泰人	平成26年7月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-S 第5回会議
Modification in the session of Emission in AeroMACS draft SARP's (AeroMACS SARP's案の周波数放射マスクの節に関する改定提案)	住谷泰人 金田直樹 森岡和行 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 塩地誠 富田武	平成26年7月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-S 第5回会議
VHF Datalink Analysis based on CARATS in Japan (日本のCARATS活動に基づくVHFデータリンクの解析)	井上浩樹(国土交通省航空局) 住谷泰人	平成26年7月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-M 第21回会議
Updated LDACS1 BER performances with LPES (LPESを用いたLDACS1 BER特性の更新結果)	北折潤	平成26年7月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-M 第21回会議
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SWIM (SWIMに関する研究開発)	呂曉東 白崎裕康(国土交通省航空局)	平成26年7月	ICAO ATMPP(ATMパフォーマンス要件パネル) WG
Electrically tunable reflectarray element based on C-Patch coupled to delay line (遅延線と結合したCパッチによる電子可変リフレクタアレイ素子)	B. D. Nguyen(VNU-IU) 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 K. T. Pham(VNU-IU) V. S. Tran(＃) LinhMai(＃)	平成26年7月	IEEE Electronic Letters

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Pair-wise Resilience Index based on the Miss Distance and Time to the Closest Point of Approach (最近接時間と最近接距離による航空機対のレジリエンス指標)	長岡栄 ブライアン マーク	平成26年7月	Proceedings of the 20th Conference of the International Federation of Operational Research Societies
Expanding QZSS L1-SAIF Service Area Toward Australia (準天頂衛星L1-SAIF信号のサービスエリアのオーストラリアへの拡大)	坂井丈泰	平成26年7月	Japan-Australia Workshop on Joint QZSS Projects
Estimations on Aircraft Interference Path Loss due to Personal Electric Device Using a Large-scaled Parallel (大規模並列FDID数値解析法を用いた旅客機内における携帯電子機器から発せられた電磁波の干渉経路損失推定法)	日景隆(北海道大学大学院情報科学研究科) 白船雅巳(〃) 野島俊雄(〃) ニツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成26年7月	Proceedings of the 2014 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI National Radio Science Meeting
Rapid Computation Algorithm for Radio Propagation Characteristics on Airport Surface (空港面電波伝搬特性のための高速計算アルゴリズム)	本田純一 大津山卓哉	平成26年7月	Proceedings of the 8th International Conference on Complex Intelligent and Software Intensive System
Small-scale Ionospheric Delay Variation Associated with Plasma Bubbles Studied with GNSS and Optical Measurements (GNSS及び光学機器によるプラズマバブルに伴う小スケール電離圏遅延変動の研究)	齋藤享 吉原貴之 大塚雄一(名古屋大学太陽地球環境研究所) 山本衛(京都大学生存研究所)	平成26年7月	アジアオセアニア地球物理学会
発話音声による心身状態の評価	塩見格一	平成26年7月	ヒューマンストレス産業技術研究会 第27回講演会
民間航空分野におけるミリ波レーダの技術の研究開発	ニツ森俊一	平成26年7月	応用科学学会 公開技術講演会資料集
管制処理プロセス可視化ツールを用いた訓練支援の可能性	狩川大輔 青山久枝 高橋信(東北大学大学院工学研究科) 古田一雄(東京大学大学院工学系研究科) 石橋明(安全マネジメント研究所) 北村正晴(テラス研究所)	平成26年7月	航空管制 7月号
Current status and working plan of the Ionospheric Studies Task Force (電離圏問題検討タスクフォース(ISTF)の現状と活動計画)	齋藤享	平成26年7月	第18回APANPIRG CNSサブグループ会議
重み付き平均法による羽田空港アプローチ軌道の風況モデル化	手塚亜聖(早稲田大学) 瀬之口敦	平成26年7月	第46回流体力学講演会
航空機遭遇の難度指標構築のための軌道情報の近接パラメータへの写像	長岡栄 ブライアン マーク	平成26年7月	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研究会)
ヘリコプタ障害物探知用76GHz帯小電力ミリ波レーダにおける送電線探知性能向上のためのアンテナ偏波特性検討ー送電線レーダ反射断面積の偏波特性の測定評価ー	ニツ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人 塩地誠	平成26年7月	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研究会)
成田空港の空港面交通シミュレータの開発ー機能の概要と性能検証ー	住谷美登里 山田泉 海津成男 青山久枝 ブライアン マーク	平成26年7月	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研究会)
監視システムの性能比較に必要な測定回数	小瀬木滋	平成26年7月	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研究会)
位置及び速度を観測値とする九次元カルマンフィルタの過渡応答	小菅義夫	平成26年7月	電子情報通信学会論文誌B
富山におけるQZSS L1-SAIF DGPS測位の精度	川崎雄飛(富山高等専門学校) 坂井丈泰 河合雅司(富山高等専門学校) 中谷俊彦(〃)	平成26年7月	日本航海学会論文集
High performance wireless technologies for airport applications (空港応用のための高性能無線技術)	米本成人	平成26年8月	1st Workshop on Convergence of Radio and Optical Technologies
DAPsから推定した風向・風速の評価とその応用	瀬之口敦	平成26年8月	CARATS ATM検討WG 第1回監視アドホック会合
DAPsデータの信頼性評価	松永圭左	平成26年8月	CARATS ATM検討WG 第1回監視アドホック会合
DAPsによる追尾性能の向上	呂曉東	平成26年8月	CARATS ATM検討WG 第1回監視アドホック会合
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	天井治	平成26年8月	航空振興財団 航空保安システム技術委員会 第1回航空交通管制システム小委員会
運航実績データによるRNP-AR進入のパフォーマンス評価	蔭山康太	平成26年8月	航空振興財団 航空保安システム技術委員会 第1回航空交通管制システム小委員会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Numerical Estimations of Propagation Characteristics and Interference Path Loss due to Personal Electric Device in a Commercial Aircraft cabin (民間旅客機において小型電子機器から発せられた電磁波の伝搬特性および干渉経路損失の計算測定)	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 日景隆(北海道大学大学院情報科学研究科) 白船雅巳(〃) 野島俊雄(〃)	平成26年8月	Proceeding of the 2014 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition(iWEM2014)
Experiments on High-speed FMCW Signal Generation For Optically-Connected Airport Surface Foreign Object Debris Detection 96 GHz Millimeter-Wave Radar Systems (光ファイバ接続型滑走路面FOD探知用96GHz帯ミリ波レーダに適用する高速FMCW信号発生に関する実験)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人 岡田国雄	平成26年8月	Proceeding of the 2014 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition(iWEM2014)
A320搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
A330搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
B737-800搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
B747搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
B767型機の干渉経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
CRJ700搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
CRJ200搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
B777搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
B787搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
DHCS-100搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
DHC-8-400機器搭載の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
E170搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
SAAB340搭載機器の経路損失試験報告書	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年8月	定期航空協会
A PAPR Reduction Method for CPM-OFDM Systems using Initial Phase Randomization (初期位相のランダム化によるCPM-OFDMシステムのPAPR低減効果の評価)	森岡和行 7th テービット(信州大学)	平成26年8月	電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)
TDOA測位における基準局選択と測位結果の関連	宮崎裕己 島田浩樹 小菅義夫(長崎大学) 田中俊幸(長崎大学)	平成26年8月	電子情報通信学会論文誌B
GNSS受信データに対する積雪、着雪の影響評価に関する研究	吉原貴之 毛塚敦 齋藤享 本吉弘岐(防災科学技術研究所) 山口悟(〃)	平成26年8月	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研究会)
航空管制の難度を表す指標の構築について	長岡栄 アラウン マーク	平成26年8月	日本航海学会 航法研究部会 AUNAR研究会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
A Self-Separation Algorithm using Relative Speed for a High-Density Air Corridor (飛行速度差を用いた高密度航空交通における自律間隔維持アルゴリズム)	中村陽一 蔭山康太 武市昇(名古屋大学)	平成26年8月	Transaction of JSASS (日本航空宇宙学会 国際論文集)
AirTop En-Route Simulation Validation (エアトップのエンルートシミュレーションの検証について)	ブライアン マーク	平成26年9月	AirTop User Conference 2014
A study of Evaluation Method for Aeronautical L-band Signal Environment during Flight Experiments (飛行実験で得られたL帯信号環境評価手法の一検討)	大津山卓哉 小瀬木滋	平成26年9月	Proceeding of EMC Europe 2014
Evaluation of Effects on Electromagnetic Field Characteristics Inside Aircrafts Due to Phenol Internal Structures Using Reverberation Chamber (リバーブレーションチャンバを用いた航空機内部におけるフェノール構造物の航空機電磁界特性に与える影響評価)	ニッ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人 白船雅巳(北海道大学大学院情報科学研究科) 日景隆(〃) 野島俊雄(〃)	平成26年9月	Proceeding of EMC Europe 2014
Visualization Tool of Cooperative Working Process of Air Traffic Controllers in Consecutive Sectors (接続運用空域における管制官の協調的な業務プロセスの可視化ツール)	狩川大輔 青山久枝 高橋信(東北大学大学院工学研究科) 古田一雄(東京大学大学院工学系研究科) 北村正晴(テラス 研究所)	平成26年9月	31st European Association for Aviation Psychology (EAAP) Conference
Long-Term Vision of Future Air Traffic Systems in Japan (日本の将来航空交通システムの長期ビジョン)	福田豊	平成26年9月	The 2014 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (アジア太平洋航空宇宙技術国際シンポジウム)
マルチコア・マルチ周波数対応GNSS(MCMF GNSS)	坂井丈泰	平成26年9月	CARATS PBN検討WG GNSSアドホック会合
「Experimental results of aircraft positioning based on passive primary surveillance radar」 (パッシブ一次レーダに基づいた航空機測位の実験結果)	本田純一 大津山卓哉	平成26年9月	Proceedings of the Enhanced Surveillance of Aircraft and Vehicles 2014
Performance Evaluation of a WAM System using Measured Range (測定距離を活用した広域マルチラレーションの評価結果)	宮崎裕己 古賀禎 角張泰之 二瓶子朗 島田浩樹(国土交通省航空局)	平成26年9月	Proceedings of the Enhanced Surveillance of Aircraft and Vehicles 2014
Expanded use of PEDs in Japan (日本における電子機器使用の拡大)	米本成人	平成26年9月	EUROCAE WG-99
AeroMACS Prototype Preliminary evaluation report (AeroMACS試作機評価結果速報)	金田直樹 森岡和行 住谷泰人 米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 富田武	平成26年9月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-S Web会議(第6回)
Extreme ionospheric delay gradient associated with plasma bubble (プラズマバブルに伴う極めて大きな電離圏遅延量勾配について)	齋藤享	平成26年9月	ICAO NSP(航法システムパネル) WG1及びWG2会議
Utilization of expected outcome of Ionospheric Studies Task Force in Asia-Pacific Region (アジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース(ISTF)の結果の活用について)	齋藤享	平成26年9月	ICAO NSP(航法システムパネル) WG1及びWG2会議
VDB coverage measurement at New Ishigaki Airport (新石垣空港におけるVDBの覆域測定)	毛塚敦 齋藤享 吉原貴之 佐藤琢(国土交通省航空局)	平成26年9月	ICAO NSP(航法システムパネル) WG1
Status report of GAST-D operational validation in Japan (日本におけるGAST-D運用検証プログラムのステータス報告)	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 佐藤琢(国土交通省航空局)	平成26年9月	ICAO NSP(航法システムパネル) WG1/CSG(高カテゴリーサブグループ)
Status of the Passive Acquisition Testing at ENRI Using a Short Baseline MLAT System (MLATシステムを利用した電子航法研究所での受動補足試験の状況報告)	宮崎裕己	平成26年9月	ICAO ASP(航空監視パネル) 第17回ワーキング・グループ(WG)会議
Measured DFO transmission around Tokyo international airport (東京国際空港周辺において計測されたSSRモードS DFO信号の送信)	宮崎裕己	平成26年9月	ICAO ASP(航空監視パネル) 第1回ACASサブグループ(ACSG)会議
Development of Passive Surveillance Radar (受動型レーダの開発)	塩見格一 青山秀次(IRT)	平成26年9月	Proceedings of the 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences(ICAS2014)
OPTIMAL PUSHBACK TIME WITH EXISTING UNCERTAINTIES AT BUSY AIRPORT (混雑空港における不確実性が存在する場合の最適なプッシュバック時刻)	森亮太	平成26年9月	Proceedings of the 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences(ICAS2014)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Validation and Simulation Study of the Arrival Merging Procedure Model (到着機の順序間隔付モデルの妥当性の検証とシミュレーション)	蔭山康太 Bomi Park (韓国交通研究院)	平成26年9月	Proceedings of the 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2014)
A Self-Separation Algorithm using Speed Control for Width-Limited High Density Air Corridor (速度情報を用いた帯状空域内の高密度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(名古屋大学) 福岡敬介(〃)	平成26年9月	Proceedings of the 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2014)
Analysis of Air Traffic Efficiency Using Dynamic Programming Trajectory Optimization (動的計画法の軌道最適化を用いた航空交通の効率性の解析)	原田明德(九州大学大学院) ビ・クワン・ナ・クワン・キマル ブ・アム・マク 福田豊 小塚智之(九州大学大学院) 宮沢与和(〃)	平成26年9月	Proceedings of the 29th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2014)
The First Multi-Constellation SBAS Trial: GPS/GLONASS Multi-Constellation (複数コピシステム対応SBASの最初の試作: GPS/GLONASSによる複数コピ対応)	坂井丈泰	平成26年9月	ION GNSS+ 2014 (2014年 米国航法学会GNSS+会議)
The First Dual Frequency SBAS Trial (二周波数対応SBASの最初の試作)	坂井丈泰	平成26年9月	ION GNSS+ 2014 (2014年 米国航法学会GNSS+会議)
Analysis of DME Ranging Error Fluctuation Caused by Atmospheric Delay to Clarify Ranging Accuracy for APNT (APNT構築に向けた大気伝搬遅延変動に起因するDMEの測距精度解析)	毛塚敦 吉原貴之 齋藤享 坂井丈泰 藤井直樹	平成26年9月	Proceedings of the 27th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2014)
SBAS Satellite Selection and Performance Monitoring at the Region Where Multiple SBAS are Available (複数のSBASが利用できる地域におけるSBAS衛星の選択と性能監視)	坂井丈泰 星野尾一明 伊藤憲	平成26年9月	Proceedings of the 27th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2014)
Performance improvement of GAST-D airborne monitor algorithms under disturbed ionospheric conditions (電離圏擾乱時のGAST-D機上装置アルゴリズムの性能改善)	齋藤享 吉原貴之 毛塚敦 Kevin Vernez (ENAC)	平成26年9月	Proceedings of the 27th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2014)
Review of the Effectiveness of Branching UPRs from PACOTS Track 2 (トラック2から分岐するUPRの効果に関する検討)	平林博子	平成26年9月	第40回日米航空管制調整グループ会議 (IPACG/40)
Simulation Result by DARP for KSFO/KLAX (KSFO/KLAXへのDARPシミュレーション結果)	福島幸子 平林博子 岡田一美	平成26年9月	第40回日米航空管制調整グループ会議 (IPACG/40)
Study on seasonal variation of plasma bubble occurrences observed by GPS scintillation and airglow measurements over Kototabang (GPSシンチレーションと大気光観測によるKototabang上空におけるプラズマバブル発生の季節変動)	Ednofri (インドネシア航空宇宙庁) 齋藤享 大塚雄一(名古屋大学)	平成26年9月	Journal of Aerospace Science
Evaluation of Radio-over-Fiber Characteristics at Airport for Optically-Connected Runway Surface Foreign Object Debris Detection Millimeter-wave Radar (光ファイバ接続型滑走路面FOD探知用ミリ波レーダに適用する空港面RoF伝送特性評価)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人 岡田国雄	平成26年9月	Proceeding of the 39th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves
Estimation of Target Detection Rate in Aircraft Surveillance System (航空機監視システムにおけるターゲット検出率の推定)	本田純一 大津山卓哉	平成26年9月	Proceedings of the 17th International Conference on Network-Based Information System
Input to Draft SBAS L5 ICD from Japan (ドラフト版SBAS L5 ICDに対する日本からの意見)	坂井丈泰 落合進一(航空保安無線システム協会)	平成26年9月	SBAS IWG/27 (第27回SBAS相互運用性会議)
デジタル解禁はこうして実現した! (航空局、エアライン業界、技術実証の担当者に聞く)	河村暁子	平成26年9月	月刊エアライン No.425 11月号
プロトコル分析を用いた航空管制官の思考の特徴抽出	青山久枝 狩川大輔 飯田裕康(労働科学研究所) 高橋信(東北大学大学院工学研究科)	平成26年9月	ヒューマンインターフェースシンポジウム 2014
隣接空域における航空管制タスク処理過程の可視化と分析	狩川大輔 青山久枝 高橋信(東北大学大学院工学研究科) 飯田裕康(労働科学研究所)	平成26年9月	ヒューマンインターフェースシンポジウム 2014
関西空港に継続降下運航が実施可能な時間帯の予測	福島幸子	平成26年9月	航空管制 9月号

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
GNSS運航の代替システムとしてのDME/DME測位精度に関する一検討	毛塚敦 吉原貴之 齋藤亨 福島荘之介 藤井直樹	平成26年9月	航空振興 No. 115 2014年秋季号
平成26年度(第14回)電子航法研究所研究発表会の概要について	藤井直樹	平成26年9月	航空無線 第81号
継続降下運航が実施可能な時間帯の予測	福島幸子	平成26年9月	航空無線 第81号
GBAS基準局に対する個人用保護デバイスの影響	齊藤真二 福島荘之介	平成26年9月	航空無線 第81号
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	ニッ森俊一	平成26年9月	航空無線 第81号
UASの通信に関する課題と動向	河村暁子	平成26年9月	第4回産業用無人航空機の現状と利用に関する研究会
運動誘発性急性疲労評価における発話音声解析による新指標値CEMの有用性	藤枝賢晴(福井医療短期大学) 塩見格一 安部久貴(東京工科大学)	平成26年9月	第69回日本体力医学会大会
GPS等におけるTOA測位とTDOA測位の同一性	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
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	平林博子 福島幸子 岡田一美	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
アジア地域におけるQZSSを用いたGNSS補強サービス	伊藤憲 坂井丈泰	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
アジア-ハワイ間の動的経路変更方式の利用について	福島幸子 平林博子	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
Attenuation Measurements of Rectangular Waveguides with Special Connectors (コネクタ接続型方形導波管の減衰量の測定)	河村暁子 ニッ森俊一 米本成人 藤井勝巳(NICT)	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
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	天井治	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
衛星航法による航空機着陸システムの安全要求に関する信号歪みモニタの設計検証	福島荘之介 齊藤真二	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
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特性評価試験	ニッ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
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	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	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
遠隔操作型航空機の機上アンテナ間結合特性の評価	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	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
電子制御反射板モジュールのミリ波反射位相特性	米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 森岡和行	平成26年9月	電子情報通信学会 2014年ソサエティ大会 講演論文集
PPD(個人用保護デバイス)によるGPSへの干渉	福島荘之介 齊藤真二	平成26年9月	電波航法研究会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
無人航空機の運航技術における課題と展望(前編)	久保大輔(JAXA) 張替正敏(〃) 河野敬(〃) 中館正顯(〃) 宮津義廣 福田豊 小瀬木滋 坂口晃敏(富士重工)	平成26年9月	日本航空宇宙学会誌 第62巻 第9号
無人航空機の運航技術における課題と展望(後編)	久保大輔(JAXA) 張替正敏(〃) 河野敬(〃) 中館正顯(〃) 宮津義廣 福田豊 小瀬木滋 坂口晃敏(富士重工)	平成26年10月	日本航空宇宙学会誌 第62巻 第10号
Numerical Analysis of Surface Congestion Factors for Modeling of Taxi-Out Times (出発走行時間モデル化のための空港混雑要因の数値分析)	山田泉 住谷美登里 ブライアン マーク 青山久枝	平成26年10月	Proceedings of the 33rd Digital Avionics Systems Conference
RNP-AR進入におけるATMパフォーマンスの考察と評価例	蔭山康太	平成26年10月	CARATS 第21回高規格RNAV検討SG会議
GNSSを利用した曲線経路による精密進入方式について	福島荘之介 齊藤真二 森亮太 山康博	平成26年10月	CARATS 第21回高規格RNAV検討SG会議
電子航法研究所におけるヘリコプタ衝突防止用ミリ波レーダ技術の研究開発	二ツ森俊一	平成26年10月	CARATS 小型機用RNAV検討SG会議
L1-SAIF補強信号の測位精度とその改善策	坂井丈泰	平成26年10月	第19回GPS/GNSSシンポジウム2014
Interference evaluation from adjacent channel in 5 GHz band (5GHz帯の隣接チャンネルによる干渉評価)	米本成人 金田直樹 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 住谷泰人	平成26年10月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-F
East Asia - The Region with the Densest SBAS Augmentation (東アジア-もっとも高密度なSBAS補強が得られる地域)	坂井丈泰	平成26年10月	ICG (International Committee on GNSS) APP-SG
Outline and Future Research Vision of ENRI (電子航法研究所の概略と長期ビジョン)	藤井直樹	平成26年10月	電子情報通信学会 国際カンファレンス 宇宙・航行エレクトロニクス研究会 (ICSANE 2014)
Safety and Human Factors in Aviation (航空分野における安全とヒューマンファクター)	狩川大輔	平成26年10月	電子情報通信学会 国際カンファレンス 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(ICSANE 2014)
Future Aeronautical communication and Information Technologies (将来の航空通信と情報技術)	小瀬木滋	平成26年10月	電子情報通信学会 国際カンファレンス 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(ICSANE 2014)
A Measure of Estimated Accuracy Using Singular Values for TOA Location System (TOA測位における特異値を使用した推定精度の指標)	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 稲葉敬之(電気通信大学) 秋田学(〃)	平成26年10月	電子情報通信学会 国際カンファレンス 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(ICSANE 2014)
Development and Functional Evaluation of Passive Surveillance Rader System (受動型レーダの開発と機能評価)	塩見格一 青山秀次(IRT) 野田晃彦(MSS) 松井祐希(〃)	平成26年10月	電子情報通信学会 国際カンファレンス 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(ICSANE 2014)
Next Generation Aeronautical Surveillance Syatems (次世代航空機監視システムについて)	古賀禎	平成26年10月	電子情報通信学会 国際カンファレンス 宇宙・航行エレクトロニクス研究会(ICSANE 2014)
MSAS Status (MSASの状況)	坂井丈泰	平成26年10月	International Symposium on GNSS 2014 (SBAS招待講演セッション)
Introduction of Japanese SBAS Implementation Called MSAS (日本が開発したSBASであるMSASの紹介)	坂井丈泰	平成26年10月	Proceedings of the International Symposium on GNSS 2014
Development of Fast-Time Stochastic Airport Ground and Runway Simulation Model and Its Traffic Analysis (空港の地上面および滑走路の高速確率的シミュレーションモデルの構築とその解析)	森亮太	平成26年10月	Mathematical Problems in Engineering
RAPID5G (高密度ユーザ集中環境下におけるフォトニクスネットワーク技術を用いた次世代無線技術)	米本成人	平成26年10月	2014 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics/The 9th Asia-Pacific Microwave Photonics Conference (MWP/APMP2014)
TechnicalTour in Sendai Airport (仙台空港におけるテクニカルツアー)	米本成人	平成26年10月	2014 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics/The 9th Asia-Pacific Microwave Photonics Conference (MWP/APMP2014 テクニカルツアー)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
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- (Radio-over-fiber技術に基づく96 GHz帯FMCWミリ波レーダの実現可能性実証実験 -仙台空港におけるレーダ反射器検出基礎試験-)	ニッ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成26年10月	Proceedings of the 2014 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics/The 9th Asia-Pacific Microwave Photonics Conference (MWP/APMP2014)
LabVIEWとNI組込開発プラットフォームで実現した効率的かつ低コストなミリ波レーダシステムの研究開発	ニッ森俊一	平成26年10月	NIDays 2014
ENRI'S contribution in RAPID (RAPIDにおけるENRIの貢献)	米本成人	平成26年10月	RAPID Kick-off and 1st project meeting
A Review of Safety Indices for Trajectory Based Operations in Air Traffic Management (航空交通管理における軌道ベース運用のための安全指標の一検討)	長岡栄 ブライアン マーク	平成26年10月	Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan (APISAT 2013)
Mini Global Demonstrationの報告	呂曉東	平成26年10月	第15回情報管理検討会議
GBASの信号歪みモニタの設計と検証	福島荘之介 齊藤真二	平成26年10月	第19回GPS/GNSSシンポジウム2014
無人航空機の飛行に関するルールの動向	河村暁子	平成26年10月	第1回無人航空機システムの利用技術関係機関連絡会
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	平林博子 ブライアン マーク 長岡栄 ビクランシンハ ナウディング キトマル 福田豊 井上諭	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
SSRモード監視データを用いた上層風情報の取得傾向	平林博子 瀬之口敦 白川昌之	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
航空機の定点通過時刻についての一考察	白川昌之 瀬之口敦 平林博子 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
ICAOにおける航空通信システム動向	住谷泰人	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
航空交通の運用データの一般公開と活用	岡恵 福田豊 上島一彦	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
到着機処理の高速シミュレーション・モデル	蔭山康太	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
軌道最適化による旅客機の飛行計画における飛行時間と燃料消費量との関係 第2報	ビクランシンハ ナウディング キトマル ブライアン マーク 福島幸子 福田豊 原田明徳(九州大学) 宮沢与和(II)	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
無人航空機の制御通信における共用検討	河村暁子 金田直樹 森岡和行 ニッ森俊一 米本成人	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
ヘリコプタ周辺状況認識用76GHz帯ミリ波レーダシステムの探知性能改善検討	ニッ森俊一 森岡和行 河村暁子 塩地誠 米本成人	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
進入経路における航空機の飛行時間分布の推定	天井治	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
空港面の交通状況による滞留の傾向分析	青山久枝 住谷美登里 山田泉 ブライアン マーク 海津成男	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
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	齊藤真二 福島荘之介	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
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	福島荘之介 齊藤真二 森亮太 山康博	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
電子航法研究所の新しい研究長期ビジョン	藤井直樹	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
監視データを用いた航空機の干渉回避方法推定	小塚智之(九州大学) 宮沢与和(II) ビクランシンハ ナウディング キトマル ブライアン マーク 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する研究	原田明徳(九州大学) 小塚智之(〃) 宮沢与和(〃) ビ・グラマンハ ナウ・インダ* キトマル ブ・ラウン マーク 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
混雑空港に近接する空港への継続降下運航の課題	福島幸子 平林博子 岡恵	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
旅客機の干渉を考慮した最適軌道実現に関する検討	小塚智之(九州大学) 原田明徳(〃) 宮沢与和(〃) ビ・グラマンハ ナウ・インダ* キトマル ブ・ラウン マーク 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
SSR監視データを用いたターミナル空域周辺の飛行解析	重富貞成(九州大学) 小塚智之(〃) 宮沢与和(〃) ビ・グラマンハ ナウ・インダ* キトマル ブ・ラウン マーク 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
ダウンリンク情報を利用した航空機の標準運航速度の一検討	瀬之口敦 白川昌之 平林博子 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
アプローチ軌道の平滑化風況モデルを用いた羽田空港到着機のTBOに関する検討	手塚亜聖(早稲田大学) 瀬之口敦 福田豊	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
到着機のスケジュール管理手法の設計原理について	伊藤恵理	平成26年10月	日本航空宇宙学会 第52回飛行機シンポジウム講演集
CRJ700搭載機器の経路損失試験報告書(Rev. 2)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成26年10月	定期航空協会
GNSS Landing System in the Low Magnetic Latitude Region (磁気低緯度地域におけるGNSS着陸システム)	吉原貴之	平成26年10月	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研究会)
受動型レーダーの開発の現状と展望	青山秀次(IRT) 塩見格一	平成26年10月	日本航海学会誌 NAVIGATION 10月号
カオス論的な音声分析による心身状態の評価	塩見格一	平成26年10月	日本航海学会誌 NAVIGATION 10月号
航空交通管制分野における定性的安全性評価例	天井治	平成26年10月	日本航海学会誌 NAVIGATION 10月号
衛星航法システムGNSS	坂井丈泰	平成26年11月	GNSSに関する勉強会(セコム IS研究所)
ASASの導入効果の検証 ～ITPの運用効果～	福島幸子	平成26年11月	CARATS ATM検討WG 第2回監視アドホック2会議
空港面監視システム(MLAT)OCTPASSの概要と評価状況	角張泰之	平成26年11月	CARATS ATM検討WG 第2回監視アドホック2会議
DAPS導入に伴う信号環境影響の検討	宮崎裕己 岸信隆(国土交通省航空局)	平成26年11月	CARATS 第4回監視アドホック1会合
成田同時平行離陸に対する横方向衝突リスク等の推定	天井治	平成26年11月	航空局への報告文書
Throughput Evaluation of ENRI Prototype AeroMACS in Sendai Airport (仙台空港における電子研AeroMACS試作機の通信速度評価)	金田直樹 森岡和行 住谷泰人 米本成人 富田武 河村暁子 二ツ森俊一	平成26年11月	ICAO ACP(航空通信パネル) WG-S 第6回会議
Confusion in Cir 331 (サーキュラー331における不明瞭点)	森亮太	平成26年11月	ICAO 管制間隔・空域安全パネル(SASP)/25
Reflectarray Element Using Cut-Ring Patch Coupled to Delay Line (遅延線に結合したカットリングパッチを使ったリフレクト素子)	B. D. Nguyen(VNU-IU) K. T. Pham(〃) V. S. Tran(〃) L. Mai(〃) 米本成人	平成26年11月	IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters
Fundamental Applicability Evaluation of Carbon Fiber Reinforced Plastic Materials Utilized in Millimeter-Wave (炭素繊維強化プラスチックのミリ波アンテナへの基本適用性検討)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人 塩地誠	平成26年11月	Proceeding of the 2014 IEEE International Conference on Antenna Measurements & Applications
ENRI'S AeroMACS Project (ENRIにおけるAeroMACS研究開発について)	住谷泰人	平成26年11月	WiMAX Aviation 2014 Sendai
Invitation to the Technical Tour at ENRI Iwanuma Branch (電子航法研究所岩沼分室見学会のご案内)	小瀬木滋	平成26年11月	WiMAX Forum Aviation
将来型着陸誘導システムと実験航空機“よつば”	吉原貴之	平成26年11月	電波受験界 12月号

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
パネルディスカッション「空の産業革命を拓く」(分担)	河村暁子	平成26年11月	日本UAS産業振興協議会 (JUJIDA) 設立シンポジウム
ASASの導入効果の検証 ～ITPの運用効果～	福島幸子	平成26年11月	CARATS ATM検討WG
2013年7月20日観測ロケット打ち上げ前後の全電子数変動について	齋藤享 山本衛(京大大学生存圏研究所)	平成26年11月	観測ロケットワークショップ(電話会議参加)
炭素繊維強化プラスチックと電磁環境両立性 -航空分野応用を想定した実験評価から得られたマイクロ波帯電磁界特性-	ニッ森俊一	平成26年11月	月刊EMC No. 319 11月号
航空管制における空域複雑性に関する研究の動向	長岡栄	平成26年11月	航空管制 11月号
R&D Activities in Japan for Improved Air Traffic System 他 (航空管制システム変革のための我が国における研究開発) 他	山本憲夫 小瀬木滋 宮崎裕己 呂曉東 ニッ森俊一	平成26年11月	JICA 2014年度(国別研修)「新CNS/ATMシステム訓練(SUR専門コース)教官養成」
航空データリンクとソフトウェア無線技術	北折潤	平成26年11月	航空振興財団 航空保安システム技術委員会 第2回航空交通管制システム小委員会
R&D Activities in Japan for Improved Air Traffic System (航空管制システム変革のための我が国における研究開発)	山本憲夫	平成26年11月	ボーイング/東京大学航空イノベーション寄付講座「航空と環境ワークショップ」
音声のカオス論的指数値と人間の特性との関係に関する研究 -小学校高学年女子児童の結果-	佐藤清 塩見格一 及川太 阿倍仁(阿倍産業) 杉山哲司(日本女子大)	平成26年11月	交通医学 68巻 5/6号
Technical Performance Requirement of Surveillance Systems 他 (監視システムの技術性能要件) 他	小瀬木滋 宮崎裕己 呂曉東	平成26年11月	JICA 2014年度(国別研修)「予備品管理研修」
無人航空機の現状と将来への展望	河村暁子	平成26年11月	第27回情報伝送と信号処理ワークショップ
成田空港における航空機の地上走行時間に関する分析とその応用	山田泉	平成26年11月	第4回首都圏空港CDM導入に関する勉強会
QZSSを用いたGNSS補強サービスのアジアでの利用	伊藤憲 坂井丈泰	平成26年11月	日本航空宇宙学会 第58回宇宙科学技術連合講演会
航空航法に対する宇宙天気の影響と宇宙天気情報の利用について	齋藤享	平成26年11月	日本航空宇宙学会 第58回宇宙科学技術連合講演会
準天頂衛星L1-SAIF信号の低緯度地域対応の試み	坂井丈泰 伊藤憲	平成26年11月	日本航空宇宙学会 第58回宇宙科学技術連合講演会
航空航法における宇宙天気情報の利用について	齋藤享	平成26年11月	地球電磁気・地球惑星圏学会 第136回総会・講演会
90GHzを用いた線路内監視手法の検討	中村一城(鉄道総研) 米本成人 川崎邦弘(鉄道総研) 柴垣信彦(日立製作所) 川西哲也(情報通信研究機構)	平成26年11月	鉄道サイバネシンポジウム
RoFで接続された96GHzミリ波レーダー	米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 森岡和行 岡田国男	平成26年11月	電子情報通信学会 マイクロウェーブ・フォトリクス研究会
準天頂衛星L1-SAIF信号の低緯度地域における測位精度改善	坂井丈泰	平成26年11月	日本航海学会 GPS/GNSS研究会
自動送信データを用いた航空機の高度維持性能監視	松永圭左	平成26年11月	日本航海学会第131回講演会 航空宇宙研究会セッション
GBASの研究開発と安全設計	福島荘之介	平成26年11月	日本大学理工学部航空宇宙学科(講義)
NPA Availability for Users Receiving Both GAGAN and MSAS (GAGANとMSASの両方を受信する利用者NPAのアベイラビリティ)	坂井丈泰	平成26年12月	AAI/ISRO-JCAB Meeting
A Study of Direction Finding Method for Passive Airport Surveillance Radar (パッシブレーダに用いる方位測定手法の一検討)	大津山卓哉 本田純一	平成26年12月	Proceedings of the International symposium on Antennas and Propagation (ISAP2014)
Evaluation of Fan Beam Carbon Fiber Reinforce Plastics Offset Parabolic Reflector Antenna for W-band Millimeter-Wave Radar Systems (W帯ミリ波レーダシステムに適用する炭素繊維強化プラスチック製ファンビームオフセットパラボラアンテナの測定評価)	ニッ森俊一 森岡和行 河村暁子 岡田国雄 米本成人	平成26年12月	Proceedings of the International symposium on Antennas and Propagation (ISAP2014)
RNP to XLSのPARC勧告(2014. 8. 28)	福島荘之介	平成26年12月	平成26年度 第4回ATEC 新たな進入・出発方式導入に関する調査研究 第2回WG会議
PER-AIRFRAME ASE COMPARISON BETWEEN JASMA'S HMUS AND MAAR'S AHMS (JASMA-HMUとMAAR-AHMSとの航空機毎のASEの比較)	Saifon(アプタイ) 松永圭左 井無田貴(国土交通省航空局)	平成26年12月	ICAO アジア太平洋地域空域安全監視諮問グループ(RASMAG)監視機関ワーキンググループ(MAWG/2)
客室内での電子機器利用制限緩和のための航空機評価	米本成人	平成26年12月	航空振興財団 航空保安システム技術委員会 第2回航法小委員会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Draft Doc. 9994 (Doc. 9994草案)	Jean-Marc Loscos (DSNA) Eric Vallauri (＃) Anne Cloerec (＃) Doug Arbuckle (FAA) Nilo Azevedo (ブラジル空軍) Washington Santos (＃) Bogdan Petricel (EUROCONTROL) Carole Couchman (IFALPA HQ) Christoph Gilgen (IFATCA ASP member) Ruth Stilwell (IFATCA HQ) Thierry Tin-Hin (ICCAIA) Vaughn Maiolla (ICAO Secretary, ASTAF) Mie Utsunomiya (＃)	平成26年12月	ICAO HQ (ASTAF)
AeroMACS SARP's Validation Report (Appendix D to WP03.1) (AeroMACS SARP's 検証報告書(付属書D, WP03.1))	住谷泰人 (ICAO ACP WG/Sメンバーとして共同執筆) 金田直樹 森岡和行 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成26年12月	ICAO CP (旧ACP) 第1回会議
航空機の到着管理システムに関する研究 中間レビュー資料	福田豊 宮沢与和(九州大学) 武市昇(名古屋大学) 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26年12月	交通運輸技術開発推進制度 中間レビュー
ENRIの研究開発における企業との連携について	藤井直樹	平成26年12月	航空管制システム等海外展開推進会 第5回セミナー
ENRIアジアセミナー/ENRIアジアセミナーinハノイ	藤井直樹 狩川大輔	平成26年12月	航空無線 第82号
GPS/GNSSシンポジウム セッション報告(第二セッション、QZSSと補強システム)	福島荘之介	平成26年12月	測位航法学会ニューズレター 第v巻 第4号
管制空域への流入・流出量に着目した羽田空港到着便の遅延の調査	手塚亜聖(早稲田大学) 瀬之口敦	平成26年12月	第23回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2014)
GPS-TEC 3次元電離圏トモグラフィのリアルタイム化	齋藤享 鈴木翔大(京大大学生存圏研究所) 山本衛(＃) 齋藤昭則(京都大学大学院理学研究科) Cia-Hung Chen (台湾・国立成功大学)	平成26年12月	第28回大気圏シンポジウム
GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏擾乱のリアルタイムモニタリング	齋藤享 吉原貴之 山本衛(京大大学生存圏研究所)	平成26年12月	第28回大気圏シンポジウム
「成田空港における航空機の地上走行時間に関する分析とその応用」補足資料	山田泉	平成26年12月	第5回首都圏空港CDM導入に関する勉強会
GBAS-VDBに対するEsによるVOR遠距離伝搬の影響の検討	齋藤真二 富澤一郎(電気通信大学) 山本淳(海上保安大学校)	平成26年12月	電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター研究集会
石垣島で観測されたプラズマバブルに伴う極めて大きな電離圏全電子数勾配の特性とGBASに対する影響	齋藤享	平成26年12月	電気通信大学 宇宙・電磁環境研究センター研究集会
電子航法研究所での研究(ATM/CNSとは)	藤井直樹	平成26年12月	東京大学 航空技術・政策・産業特論
航空交通サービスにおける遠隔タワー業務システムに関する研究	井上諭 米本成人 ブライアン マーク	平成26年12月	日本機械学会 交通・物流部門大会2014
Study on Validation and Application of Fuel-Burn Estimation (消費燃料の推定手法の検証および応用に関する一検討)	中村陽一 蔭山康太	平成27年1月	Proceedings of the AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference
Correlation between Flight Time and Fuel Consumption in Airliner Flight Plan with Trajectory Optimization (軌道最適化による旅客機の飛行計画における飛行時間と燃料消費量との関係)	ビクramシンハ ナウ・インダ・キトマル ブライアン マーク 福島幸子 福田豊 原田明徳(九州大学) 宮沢与和(＃)	平成27年1月	AIAA SciTech2015 GNC (Guidance, Navigation and Control) Conference
到着管理システムの研究	福田豊 福島幸子	平成27年1月	CARATS 第18回ATM検討WG

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Status of the Passive Acquisition Testing at ENRI Using a Short Baseline MLAT System (電子航法研究所におけるMLAT方式による受動捕捉技術の評価試験)	宮崎裕己 角張泰之	平成27年1月	ICAO ASP(航空監視パネル) 第18回技術作業部会(TSG)会議
電子航法における宇宙天気の影響	齋藤享	平成27年1月	シンポジウム「太陽地球環境予測」
地上デジタル放送波による航空機測位の一検討	本田純一 大津山卓哉	平成27年1月	映像情報メディア学会技術報告
航空路監視技術の高度化について	宮崎裕己	平成27年1月	航空管制 1月号
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～	天井治	平成27年1月	CARATS 第22回高規格RNAV検討SG会議
モードSパッシブ捕捉技術による信号環境改善	古賀禎	平成27年1月	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研究会)
Comparison of Aircraft Trajectories Predicted From Weather Forecast and from Downlinked Aircraft Parameters (気象予報値とダウンリンクパラメータによるトラジェクトリの比較)	Matthieu Papi 古賀禎	平成27年1月	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研究会)
TOA測位とTDOA測位の関連	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 秋田学(電気通信大学) 稲葉敬之(〃)	平成27年1月	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研究会)
近接パラメータによる航空管制の難度指標の3次元空域への拡張	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年1月	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研究会)
フェージング環境下におけるLDACS1ビット誤り率特性	北折潤 塩見格一	平成27年1月	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研究会)
マルチスタティックレーダによる航空機監視の可能性	大津山卓哉 本田純一	平成27年1月	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研究会)
バイアス誤差が存在する場合の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1月	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研究会)
首都圏混雑空港周辺で突発的かつ局所的豪雨発生時の航空交通流の影響調査	吉原貴之	平成27年1月	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研究会)
GBAS-VDBに対するスポラディックEによるVOR遠距離伝搬の影響の検討	齋藤真二 富澤一郎(電気通信大学) 山本淳(海上保安大学校)	平成27年1月	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研究会)
光2トーン信号で得られたBPSK信号のEVM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1月	電子情報通信学会 マイクロウェーブ・フォトリニクス研究会
60GHz信号を用いた移動端末位置推定の基礎検討	角張泰之 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成27年1月	電子情報通信学会 マイクロウェーブ・フォトリニクス研究会
偏西風の影響による羽田空港到着機の到着予定時刻のゆらぎの調査	手塚亜聖(早稲田大学) 瀬之口敦	平成27年1月	平成26年度 航空宇宙空力シンポジウム
A Study on Integrity Improvement of GBAS Ground Subsystem Using CSAC (Chip Scale Atomic Clock) (CSACを使用したGBAS地上装置のインテグリティ改善に関する研究)	吉原貴之 齋藤享 星野尾一明 Francois Murashi(Rwanda Civil Aviation Authority)	平成27年1月	米国航法学会(ION) 国際技術会議(ITM) 2015
電子航法研究所岩沼分室のご案内	小瀬木滋	平成27年2月	「90GHz帯リニアセルによる高精度イメージングシステムの研究開発」研究運営委員会
Constructing an Index of Difficulty for Air Traffic Control Using Proximity Parameters (近接パラメータを用いた航空管制の難度指標の構築)	長岡栄 ブラウン マーク	平成27年2月	Proceedings of the 2014 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2014) (およびProcedia Engineering, 99.)
到着管理システムの研究の概要	福田豊 福島幸子 ブラウン マーク 瀬之口敦 伊藤恵理 ビクランシンハ ナガ'インタ' キトマル	平成27年2月	ATM研究会
Degradation of communication performance cause by EMI in 5GHz band (5GHz帯における電磁干渉で引き起こされる通信性能の劣化)	米本成人 金田直樹 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 住谷泰人	平成27年2月	ICAO FSMP WG-F(旧ACP WG-F)
研究所紹介: Drafting Future Sky(将来の空を考えよう)	狩川大輔	平成27年2月	ヒューマンインタフェース学会 学会誌 Vol. 17 No. 1

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 New Ishigaki Airport (新石垣空港の滑走路面上におけるVDBの信号強度の解析)	毛塚敦 齋藤享 吉原貴之 佐藤琢(国土交通省航空局)	平成27年2月	ICAO NSP(航法システムパネル) CSG
Ionosphere Threat Model for SBAS (SBASのための電離圏脅威モデル)	坂井丈泰	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
Extreme Ionospheric Delay Gradient Associated with Plasma Bubble (プラズマバブルに伴う極めて大きな電離圏勾配について)	齋藤享	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
Ionospheric delay gradient analysis with the single-frequency carrier-based and code aided method (搬送波位相とコード疑似距離を用いた電離圏勾配導出法)	齋藤享 中原宏章(電気通信大学)	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
Review of activities since the last meeting(ISTF/4) (ISTF4会議以降のISTF活動状況について)	齋藤享	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
AATR analysis tools and current status of analysis of ISTF data (AATR解析ツールの紹介及びデータ解析の現状)	齋藤享	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
Tropospheric gradient observed in Ishigaki, Japan and the response of the Ionospheric Spatial Gradient Monitor (石垣で観測された対流圏勾配とそれに対する電離圏空間勾配モニタの動作)	齋藤享 吉原貴之 中原宏章(電気通信大学)	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
Ionosphere threat Model for GBAS (GBASの電離圏脅威モデル)	吉原貴之 齋藤享	平成27年2月	ICAO ISTF/5 (第5回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議)
V-Lowマルチメディア放送とILSとの共用条件の検討状況	福島荘之介	平成27年2月	航空振興財団 航空保安システム技術委員会 第3回航法小委員会
PPD(個人用保護デバイス)の地上型衛星航法補強システムへの影響	福島荘之介 齋藤真二	平成27年2月	測位航法学会論文誌
マルチGNSSと補強システム	坂井丈泰	平成27年2月	第16回準天頂衛星利活用検討会
TOAとTDOA測位の同一性	小菅義夫(客員) 古賀禎 宮崎裕己	平成27年2月	電子情報通信学会論文誌B
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2月	東京海洋大学 学位論文公開発表会
ICAO-GANP4に対応したENRIの新たな研究について	藤井直樹	平成27年2月	平成26年度 航空無線技術交流会
2 通信後のQPSK信号のEVM測定	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3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
空港面における光ファイバ接続型96GHz帯ミリ波レーダシステムの基本構成	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3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
地上観測データを用いた伝搬遅延変動補正の効果	毛塚敦 吉原貴之 齋藤享 藤井直樹	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
平行滑走路における同時離着陸頻度の推定	天井治	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
ADS-Bデータを用いた航空機高度維持性能監視の誤差要因調査	松永圭左 宮崎裕己	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
発話音声のゆらぎの定量化における誤差について-3	塩見格一	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
見通し内外を考慮した精度劣化指数から見る空港内実験環境の評価	本田純一 角張泰之	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
ドップラー観測の場合のTOA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(//)	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
空港面における送信ダイバーシティ効果についての考察	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	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
無人航空機の5GHz通信と隣接航空通信との周波数共用検討	河村暁子 金田直樹 森岡和行 二ツ森俊一 米本成人 住谷泰人	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
60GHz信号によるTDOA測定の検討	角張泰之 米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 森岡和行	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
電子制御反射板のW帯反射位相特性の解析	米本成人 河村暁子 ニッ森俊一 森岡和行	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
ACARS-Based Air-Ground Datalink for Trajectory-Based ATM (起動ベースATMのためのACARSベース空対地データリンクについて)	ブライアン マーク 長岡栄	平成27年3月	2015年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集
787 SimulatorによるTouch Down Pointの測定 (787シミュレータによるタッチダウンポイントの測定)	山康博	平成27年3月	平成26年度 新たな進入方式に関する調査・研究 第3回Working Group会議
Real-time Oriented System Wide Information Management for Service Assurance (サービスアシュアランスのためのリアルタイム指向SWIM)	呂曉東 古賀禎	平成27年3月	Proceedings of the IEEE 12th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems
SARPs Validation using AeroMACS Prototype in ENRI (ENRIのAeroMACSプロトタイプを用いた国際標準規格検証)	住谷泰人 森岡和行 金田直樹 米本成人 ニッ森俊一 河村暁子	平成27年3月	Proceedings of the First International Workshop on Service Assurance in SWIM 2015
受動型レーダの開発の経緯と展望	塩見格一	平成27年3月	航空環境研究
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	天井治	平成27年3月	航空保安システム技術委員会 平成26年度調査研究報告 小委員会作業報告集
航空機の到着管理システムに関する研究	福田豊 福島幸子 ブライアン マーク 瀬之口敦 伊藤恵理 ビークラッシュハ ナウイング キトマル 宮沢与和(九州大学) 武市昇(名古屋大学) 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27年3月	国土交通省総合政策局技術政策課 交通運輸技術開発推進制度 平成26年度研究成果報告書ダイジェスト版
航空機の到着システムに関する研究	福田豊 福島幸子 ブライアン マーク 瀬之口敦 伊藤恵理 ビークラッシュハ ナウイング キトマル 宮沢与和(九州大学) 武市昇(名古屋大学) 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27年3月	国土交通省大臣官房会計課長 交通運輸技術開発推進制度 平成26年度研究成果報告書
SBASメッセージの短縮プリアンブルの評価	坂井丈泰 麻生貴広	平成27年3月	測位航法学会論文誌
Space weather effects on air navigation and utilization of space weather information (航空航法に対する宇宙天気の影響と宇宙天気情報の有効活用)	齋藤享	平成27年3月	第3回アジアオセアニア宇宙天気連合会議
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	角張泰之 古賀禎 本田純一 松永圭左 宮崎裕己	平成27年3月	電気学会 全国大会
日本におけるRNP AR進入方式の展開について	天井治	平成27年3月	日本技術士会 講演会
航空管制分野における「動的な」安全とその向上への取り組み	狩川大輔	平成27年3月	日本原子力学会 春の年会
衛星航法の航空利用に対するプラズマバブルの影響評価とその軽減策に関する研究	齋藤享 吉原貴之 坂井丈泰 星野尾一明 大塚雄一(名古屋大学太陽地球環境研究所)	平成27年3月	名古屋大学太陽地球環境研究所地上ネットワーク大型共同研究報告書
運航実績データによるRNP-AR進入のパフォーマンス評価	蔭山康太	平成27年3月	航空振興 No.116 2015年 春季号

8 知的財産権

当研究所の平成26年度末(H27. 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
航空管制情報統合表示装置	佐藤裕喜	H7. 4. 3	3030329	H12. 2. 10
空港面における航空機識別方法およびその識別装置	加来信之 北館勝彦	H7. 6. 23	2666891	H9. 6. 27
航空機搭載レーダによる着陸方法及びその装置	長谷川英雄 田嶋裕久	H7. 12. 11	2979133	H11. 9. 17
移動体の自動従属監視方法およびその装置	田中修一 二瓶子朗	H7. 9. 28	3081883	H12. 6. 30
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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
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 ILSのグライドパスのGP進入コース予測装置	横山尚志	H13. 9. 6	3752169	H17. 12. 16
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	H14. 3. 29	3826191	H18. 7. 14
電波反射体を用いた測定装置	米本成人 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IQ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局側通信制御方法及び通信システム (分割出願)	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
音声中の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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
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
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

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S S R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
S S R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(インド国内)	塩見格一	H16. 9. 20	209578	H19. 12. 14
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

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(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 福島莊之介 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
自律神経の状態評価システム	塩見格一 原田あすか	H23. 7. 20	2011-158788
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
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	2014-011910

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26年度に購入した主要機器

信号解析拡張キット 1式
大気光全天イメージ観測コンテナ 2式
クラスター処理ノートマザーボード 3式
洋上管制シミュレータ性能向上ハードウェア 1式
光変調器 1式
SBAS対応GNSS受信機 1式
フォトディテクタ 1式
クラスター処理ノート 1式
光スペクトラムアナライザ 1式
AeroMACS7プロトタイプシステム 1式
広域マルチラテレーション実験装置セクタ型空中線 1式
光フィルタ装置 1式
路面測装置用・電力増幅器 1式
2軸スタビライザ付アンテナ回転装置 2式
L1-SAIF対応GNSS受信機 1式
リ波電力増幅器 2式
ファイバー無線回路（光通倍装置） 1式
4ポートGNSS受信機 1式
ARINC429インタフェース 1式
UAS通信用端末製造 1式
アナログデジタル光ファイバーリンク 2式
100GHz光検出器 1式
波長可変光源セット 1式
マルチラテレーション用ROF対応検波部及び空中線 1式
35G光変調器 1式
SSR応答の高性能信号処理部 1式
セクタ型空中線送受信局 2式
屋外設置型物体追跡用可動カメラシステム 1式
滑走路監視システム実験用カメラ 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： 32×7×5 m
周波数範囲： 0.5～100GHz以上
反射減衰量： 30dB 以上
遮蔽減衰量： 80dB 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：14.23m
全幅：17.65m
全高：4.36m
全備重量：6.8t
最大巡航速度：263kt
最大航続距離：3,268km
離陸滑走路長：1,006m
着陸滑走路長：821m
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：200Mpoligons / s

管制業務シミュレータ画像出力部：

360° / 8面, 15.0mΦ

操縦シミュレータ画像出力部：150° / 3面, 5.6mΦ

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26年度における行事等は、下記のとおりである。

第14回研究所設立記念式典〔平成26年4月15日（火）〕

研究施設一般公開〔平成26年4月20日（日）〕

平成26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4,462名）

第1回研究交流会 『公募型研究発表会』〔平成26年5月20日（火）〕

公募型研究の契約先である九州大学，横浜国立大学，早稲田大学の研究発表を通して，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。

研究発表会〔平成26年6月5日（木）～6日（金）〕

平成26年度（第14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395名）

第2回研究交流会 『AeroTHAIとの研究交流会』〔平成25年6月13日（金）〕

タイの航空サービスプロバイダー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，当研究所が実施している研究の観点から討議を行った。

第3回研究交流会 『GNSS研究者との研究交流会』〔平成26年7月1日（火）〕

韓国におけるSBAS開発のキーパーソンであるソウル大学のChang-Don Kee教授にKorean-SBAS計画の概要について講演をして頂き，SBAS整備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 『住友精密工業技術者との研究交流会』〔平成26年9月18日（木）〕

自動タキシング技術と航空機降着装置の設計・製造の技術動向について討議を行った。

第5回研究交流会 『日本航空機操縦士協会との研究交流会』〔平成26年10月17日（金）〕

機上監視とその応用についての研究事例を紹介し，無人機の安全性や運用ルール，有人機との共存等について討議を行った。

講演会〔平成26年11月27日（木）〕

平成26年度電子航法研究所講演会を羽田空港第1旅客ターミナルビルにおいて開催した。

テーマ：「次世代運航を切り開くENRIの技術」（来場者数延べ177名）

1. 電子航法研究所の最近の活動
(研究企画統括 藤井 直樹)
2. フェーズドアレイ気象レーダと航空への利用
(大阪大学大学院工学研究科 准教授 牛尾 知雄)
2. 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
(航空交通管理領域 伊藤 恵理)
3. 高カテゴリーGBASの開発状況
(航法システム領域 吉原 貴之)
4. 新しい空港面移動システム (AeroMACS) の開発動向
(監視通信領域 住谷 泰人)

第63回出前講座〔平成26年12月3日（水）〕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 森井 智一)
2. リモートタワーに関連した研究について
(航空交通管理領域 井上 諭)
3. GBASと安全性
(航法システム領域 福島 荘之介)

第6回研究交流会『FAA管制官との研究交流会』〔平成26年12月4日（木）〕

当研究所の研究事例を紹介し、航空交通管理の課題や将来の展望について討議を行った。

第64回出前講座〔平成27年1月16日（金）〕国土交通省東京航空局 成田空港事務所

1. 電子航法研究所の概要
(企画課 伊藤 正宏)
2. マルチラテレーション装置開発研究の現状について
(監視通信領域 角張 泰之)
3. 空港面異物探知の技術と標準化動向
(監視通信領域 二ツ森 俊一)
4. レジリエンス・エンジニアリングの概要と
実務におけるレジリエンスを考える
(航空交通管理領域 青山 久枝・狩川 大輔)

第65回出前講座〔平成27年3月5日（木）〕国土交通省 東京航空交通管制部

1. 電子航法研究所の概要
(企画課 伊藤 正宏)
2. カテゴリーⅢGBASの概要と研究動向
(航法システム領域 毛塚 敦)
3. ATMパフォーマンスについて
(航空交通管理領域 蔭山 康太)
4. 航空路監視用WAM技術の評価状況
(監視通信領域 宮崎 裕己)
5. 「Full 4D」運用方式に関する研究
(航空交通管理領域 平林 博子)

平成26年度評議員会〔平成27年3月16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 「ATMパフォーマンス評価手法の研究」
「カテゴリーⅢ着陸に対応したGBAS（GAST-D）の安全性設計及び検証技術の開発」

事前評価課題 「陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究」
「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」

5 職員表彰

◎ 理事長表彰（平成26年4月1日）

永年勤続（20年）

蔭山 康太（航空交通管理領域）

特 別

藤井 直樹（研究企画統括）

福島 荘之介（航法システム領域）

齋藤 享（航法システム領域）

齊藤 真二（航法システム領域）

吉原 貴之（航法システム領域）

「GBAS（地上型衛星航法補強システム）の開発に我が国の独自技術をもって携わり、将来の運用を目指した国際標準策定に貢献したとともに、『中低磁気緯度の電離圏環境に対応したGBASの開発』として”日本航空宇宙学会技術賞”を受賞」

青山 久枝（航空交通管理領域）

狩川 大輔（航空交通管理領域）

「ヒューマンインタフェース学会において『航空管制官の実践知分析を通じた管制処理プロセス可視化インタフェースの評価』を発表し、“論文賞”を受賞」

小瀬木 滋（監視通信領域）

「EIWAC2013において技術プログラム委員長として研究所の活動に貢献。またICAOのASTAF会議に当初からメンバーとして参画し、マニュアル執筆チームの一員としてICAOに貢献」

角張 泰之（監視通信領域）

「電気学会において『空港面用航空機受動監視システムの高性能化』を発表し、“論文奨励賞”を受賞」

住谷 泰人（監視通信領域）

米本 成人（監視通信領域）

金田 直樹（監視通信領域）

河村 暁子（監視通信領域）

二ツ森 俊一（監視通信領域）

本田 純一（監視通信領域）

「ICNSにおいてAeroMACSに関する研究成果を『Signal Evaluation on Airport Surface in 5.1GHz Band（空港面における5.1GHz帯の信号評価）』と題して発表し、“Best of Session B Paper Award”を受賞」

付 録



1 独立行政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：平成二〇年一月二六日法律第九五号

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、独立行政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、独立行政法人電子航法研究所とする。

(研究所の目的)

第三条 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（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。

(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（以下この項において「中期目標の期間」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、当該中期目標の期間の次の中期目標の期間に係る通則法第三十条第一項 の認可を受けた中期計画（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、あらかじめ、国土交通省の独立行政法人評価委員会の意見を聴くとともに、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、別に辞令を發せられない限り、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。）の認定があつたものとみなす。この場合において、その認定があつ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）第八十二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（昭和三十二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（昭和三十四年法律第七十四号）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つ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いて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いて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

き続いて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百十六号）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於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、その時に於いて、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於いて国が承継する。
- 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つ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。

2 独立行政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：平成二二年一月二六日国土交通省令第五五号

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 独立行政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つて、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つては、当該財産の処分に関する計画を定めた通則法第三十条第一項の中期計画の認可に係る申請の日）における帳簿価額（現金及び預金にあつては、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。

(業務方法書に記載すべき事項)

第二条 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業務方法書に記載すべき事項は、次のとおりとする。

- 一 独立行政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。）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

(中期計画の認可申請等)

第三条 研究所は、通則法第三十条第一項の規定により中期計画の認可を受けようとするときは、当該中期計画を記載した申請書を、中期計画の最初の事業年度開始の日の三十日前までに（研究所の成立後最初の中期計画については、研究所の成立後遅滞なく）、国土交通大臣に提出しなければならない。

2 研究所は、通則法第三十条第一項 後段の規定により中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)

第四条 研究所に係る通則法第三十条第二項第七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。ただし、研究所の成立後最初の中期計画に係る当該事項については、第一号、第二号及び第四号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)

第五条 研究所に係る通則法第三十一条第一項の年度計画には、中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。

(各事業年度に係る業務の実績に関する評価の手続)

第六条 研究所は、通則法第三十二条第一項の規定により各事業年度における業務の実績について独立行政法人評価委員会の評価を受けようとするときは、当該事業年度の年度計画に定めた項目ごとにその実績を明らかにした報告書を、当該事業年度の終了後三月以内に、国土交通省の独立行政法人評価委員会に提出しなければならない。

(中期目標の期間の終了後の業務実績報告)

第七条 研究所に係る通則法第三十三条の事業報告書には、当該中期目標に定めた項目ごとにその実績を明らかにしなければならない。

(中期目標に係る業務の実績に関する評価の手続)

第八条 研究所は、通則法第三十四条第一項の規定により各中期目標の期間における業務の実績について独立行政法人評価委員会の評価を受けようとするときは、当該中期目標に定めた項目ごとにその実績を明らかにした報告書を、当該中期目標の期間の終了後三月以内に、国土交通省の独立行政法人評価委員会に提出しなければならない。

(会計の原則)

第九条 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（第十三条において「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)

第十一条 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)

第十二条 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)

第十三条 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。

(財務諸表の閲覧期間)

第十四条 研究所に係る通則法第三十八条第四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)

第十五条 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

(通則法第四十八条第一項 に規定する主務省令で定める重要な財産)

第十六条 研究所に係る通則法第四十八条第一項 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)

第十七条 研究所は、通則法第四十八条第一項 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

(積立金の処分に係る申請の添付書類)

第十八条 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。）第五条第二項 に規定する添付書類は、次に掲げるものとする。

- 一 令第五条第一項 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関する書類
- 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。

3 独立行政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 雑則（第7条－第9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、独立行政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、独立行政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号に規定される業務を、国土交通大臣の認可を受けた中期計画に従い、運営費交付金を用いて実施する他、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、次の各号に掲げる方法により、第3条に規定する試験、調査、研究及び開発の成果（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、次の各号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) 電子航法に関連する書籍、報告書、データ等を収集すること
- (2) 書籍等を整列、管理すること
- (2) 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、次の各号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、管理に関すること

第3章 雑則

(業務の委託に関する基準)

第7条 研究所は、業務上必要な試験、調査、研究及び開発、工事の施行、施設の維持及び補修その他自ら行うことが困難な業務または、研究所業務の遂行上他のもの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。

(競争入札その他の契約に関する事項)

第8条 契約は、すべて競争に付すものとする。ただし、次の各号の一に該当するときは、随意契約によることができるものとする。

- (1) 契約の性質又は目的が競争を許さないとき
- (2) 緊急の必要により競争に付することができないとき
- (3) 競争に付することが不利と認められるとき
- (4) 契約に係る予定価格が少額であるとき
- (5) その他業務の運営上特に必要があるとき

(その他業務の執行に関して必要な事項)

第9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1日から施行する。

附則 この業務方法書は、平成18年4月1日から施行する。

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		(単位:百万円)	
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		(単位:百万円)	
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	

資金計画		(単位:百万円)	
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。

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。

[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った人件費の不足額

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)＋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 独立行政法人電子航法研究所 平成26年度計画

独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）の中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31条に基づき、研究所に係る平成26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、及び中期目標で示された技術課題の解決に向けて、中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26年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. ATMパフォーマンス評価手法の研究（平成23年度～26年度）

（年度目標）

本研究は、新たな管制運用方式の導入など ATM の改善による燃料消費量削減等の効果の推定手法の確立を目的とするものである。推定手法の確立により、燃料節減を実現できる各種の施策、運航方式、管制方式について、事前に燃料消費面での効果、経路延伸や時間面などでの影響を把握できる。平成 26 年度は、前年度に引き続き燃料消費削減量推定の精度向上を行い、誤差 5%以内の推定精度の実現を目指す。また、新たな管制方式の導入が容量や効率に与える影響について、高速シミュレーションによる推定手法を確立する。

イ. 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の最適化を検討する。平成26年度は、洋上空域において多くの航空機がDARP（気象予報の変化に応じてより最適な飛行経路に変更する方式）を実施するときの周辺他機への影響を含めた便益を管制シミュレーションにより明らかにする。また、洋上空域から東京国際空港へのCDO（継続降下運航）経路を仮定してシミュレーションを実施し、CDO実施機他機との管制間隔設定のための要件を抽出する。

ウ. 「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26年度は、出発前の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Full 4D TBOの課題を抽出・分析する。また、異常接近がないようにするための軌道最適化アルゴリズムを開発する。これにより、TBOの戦略的な交通流シミュレーションが可能となる。

エ. 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26年度は、製作した高利得セクタ型アンテナを設置して基礎試験を行うとともに、WAM/ADS-B実験装置に送信機能を付加する。これにより、製作したアンテナの基本特性が把握でき、評価試験の実施準備が完了する。

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26年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. カテゴリⅢ着陸に対応したGBAS（GAST-D）の安全性設計および検証技術の開発（平成23年度～26年度）

（年度目標）

本研究は、GAST-Dを日本へ導入する際に必要な電離圏脅威モデルを含む国際標準案の検証を行うとともに安全性設計および解析技術を確立することを目的として実施する。平成26年度は、新石垣空港に設置した地上実証モデル及び機上搭載装置を用いた飛行実験を含む評価試験を実施し、高度化した電離圏脅威モデルとともにGAST-Dにおける電離圏脅威の軽減策の有効性を実証する。これにより、国際標準案の検証結果をICAOへ提示するとともに、高い安全性（インテグリティ $1-1\times 10^{-9}$ ）が要求されるGAST-Dの日本への導入時に必要な課題について解決策を示すことが可能となる。

イ. 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26年度は、レーダの遠方に存在する航空機をより少ない質問で監視する機能（モードS支援機能）の実装を行い、遠方航空機との間の信号を抑圧する。これにより、平成25年度までに実装した近傍の信号環境改善機能と合わせて、従来より8%程度信号環境を改善することを目指す。

ウ. 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）

本研究は、衛星航法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26年度は、曲線経路の機上表示系を開発するとともに、フライトシミュレータにより航空機の航法性能要件に基づき設定された RNP 進入と GLS（GBAS 着陸システム）を接続する飛行方式の検討に着手する。また、最終進入時の操縦データを取得し、それに基づきパイロットの操縦モデルなどを含めたシミュレーションツールの一部構築を開始する。

エ. 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ことを目的としている。平成26年度は、空港面交通データの分析を行うとともに、交通管理手法のアルゴリズム開発に着手する。これにより空港面交通のシミュレーションが可能となる。

3) 空気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26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等の国際標準規格策定作

業に反映させることを目的としている。平成26年度は、完成したCバンド次世代航空通信システムの実験用プロトタイプを用いた実験を行う。これにより、WiMAX技術を用いた空港域のCバンド次世代航空通信システムの性能について課題を明らかにする。

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、要素技術開発を行うことを目的としている。平成26年度は、マルチスタティックレーダの基本となる空港監視レーダを利用したパッシブレーダの実験用受信機を作成し、基本性能評価を行う。この成果を用いてマルチスタティックレーダ実験用送受信システムの設計に着手する。また、放送波など航空用途以外の電波を利用したパッシブレーダについても技術課題の整理を行う。

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、事故を引き起こす恐れのある滑走路上の異物を検知し、路面状態を監視するシステムを研究開発するとともに、得られた成果をEUROCAE等の国際標準規格策定作業に反映させることを目的としている。平成26年度は、EUROCAEの最低性能基準に適合するシステム仕様の策定を行い、カメラとレーダによるハイブリッド型異物センサを構築する。また、既設の光ファイバーケーブル内にレーダ信号など複数の無線信号等を重畳することにより、光通信コストを低減する技術を開発する。

4) 研究開発の実施過程における措置

平成26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、以下の評議員会を実施し評価結果を公表する。

- ・平成27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26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27年度に開始予定の研究課題の事前評価
- ・平成26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26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、「GNSS高度利用のための電離圏データ収集・共有」、「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」等の研究課題に関する基盤的研究を実施する。

また、斬新な発想に基づく萌芽的な研究として、「管制システムのインタフェースデザインの研究」等の基盤的研究を実施する。

(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。

平成26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（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。

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26年度は以下を実施する。

- ・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26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、研究発表会及び講演会をそれぞれ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。
 - ・英語ページの強化など、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。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、監事による監査を継続して活用しつつ、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26年度は、以下を実施する。

- ・行政が推進している「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」について、航空行政を技術的側面から支援する。
- ・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。
- ・内部監査については、引き続き評価検証を行うとともに、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26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26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26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事項

平成26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	74	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、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。

(3) 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とともに、その検証結果や取組状況を公表する。

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26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り組みを踏まえ、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、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針(平成25年12月24日閣議決定)」に基づき、適切に対応する。

別紙

独立行政法人電子航法研究所 26年度計画(H26.4.1現在)

予算	区 分	金額
収入		
運営費交付金		1,530
施設整備費補助金		74
受託等収入		151
計		1,755
支出		
業務経費		811
うち研究経費		811
施設整備費		74
受託等経費		128
一般管理費		43
人件費		699
計		1,755

収支計画	区 分	金額
費用の部		
経常費用		1,886
研究業務費		1,886
受託等業務費		1,312
一般管理費		128
減価償却費		232
財務費用		214
臨時損失		0
0		0
収益の部		
運営費交付金収益		1,886
手数料収入		1,530
受託等収入		0
資産戻戻負債戻戻		151
臨時利益		205
0		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、その金額について、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		1,755
投資活動による支出		1,672
財務活動による支出		74
次期中期目標の期間への繰越金		9
0		0
資金収入		
業務活動による収入		1,755
運営費交付金による収入		1,681
受託収入		1,530
その他の収入		148
3		3
投資活動による収入		74
施設整備費補助金による収入		74
財務活動による収入		0
繰越金		0

【人件費の見積り】
 期間中総額 548百万円を支出する。
 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、564百万円である。(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。

7 財務諸表

平成26年度

財 務 諸 表

(添付書類)

平成26年度 決算報告書

国立研究開発法人 電子航法研究所

貸借対照表
(平成27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		625,613,474
未収金		59,670,223
たな卸資産		10,800,775
前払費用		750,233
流動資産合計		696,834,705
II 固定資産		
1 有形固定資産		
建物	1,653,490,188	
建物減価償却累計額	△ 743,054,860	910,435,328
構築物	155,046,753	
構築物減価償却累計額	△ 112,209,646	42,837,107
航空機	598,605,000	
航空機減価償却累計額	△ 143,415,764	455,189,236
車両運搬具	34,384,792	
車両運搬具減価償却累計額	△ 20,562,017	13,822,775
工具器具備品	2,855,998,743	
工具器具備品減価償却累計額	△ 2,209,168,920	
工具器具備品減損失累計額	△ 1,227,462	645,602,361
土地	3,082,544,000	
土地減損失累計額	△ 180,844,000	2,901,700,000
建設仮勘定		73,858,036
有形固定資産合計		5,043,444,843
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		52,648
投資その他資産合計		52,648
固定資産合計		5,043,538,091
資産合計		5,740,372,796
【負債の部】		
I 流動負債		
運営費交付金債務		469,694,624
短期リース債務		9,312,232
未払金		207,297,018
未払消費税等		2,759,500
未払費用		1,435,588
前受金		396,204
預り金		3,535,473
流動負債合計		694,430,639
II 固定負債		
資産見返負債		
資産見返運営費交付金	681,315,669	
資産見返物品受贈額	5,378	
資産見返寄附金	880,220	
建設仮勘定見返施設費	71,791,336	753,992,603
長期リース債務		9,433,880
固定負債合計		763,426,483
負債合計		1,457,857,122
【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		1,209,543,908
損益外減価償却累計額(△)		△ 1,017,777,830
損益外減損失累計額(△)		△ 181,258,400
資本剰余金合計		10,507,678
III 利益剰余金		
積立金		12,614,528
当期末処分利益		980,916
(うち当期総利益)		(980,916)
利益剰余金合計		13,595,444
純資産合計		4,282,515,674
負債・純資産合計		5,740,372,796

【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 289,012,468 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 37,983,621 円

損益計算書
(平成26年4月1日～平成27年3月31日)

(単位:円)

科 目	金 額		
【経常費用】			
業務費			
給与手当	474,313,284		
退職手当	27,545,941		
福利厚生費	61,497,607		
諸謝金	547,700		
研究委託費	71,247,180		
消耗品費	171,317,298		
備品費	29,918,370		
通信費	4,588,733		
水道光熱費	21,753,774		
支払リース料	12,366,024		
保守修繕費	110,788,994		
旅費交通費	53,169,200		
支払手数料	6,524,285		
減価償却費	328,097,631		
その他の業務費	54,409,501	1,428,085,522	
一般管理費			
役員給与手当	47,470,610		
給与手当	110,758,321		
福利厚生費	25,135,161		
諸謝金	72,900		
消耗品費	3,754,089		
備品費	147,960		
通信費	1,788,682		
水道光熱費	2,286,267		
支払リース料	308,232		
保守修繕費	8,868,151		
旅費交通費	2,204,525		
支払手数料	3,119,951		
減価償却費	1,197,399		
その他の一般管理費	3,569,010	210,681,258	
財務費用			
支払利息	308,275	308,275	
経常費用合計			1,639,075,055
【経常収益】			
運営費交付金収益		1,220,594,327	
資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	288,491,524		
資産見返物品受贈額戻入	29,989		
資産見返寄附金戻入	346,692	288,868,205	
受託収入			
政府受託収入	93,112,704		
その他受託収入	34,259,815	127,372,519	
特許権等収入		2,660,770	
雑 益		560,150	
経常収益合計			1,640,055,971
経常利益			980,916
【臨時損失】			
固定資産除却損		931,191	
臨時損失合計			931,191
【臨時利益】			
固定資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	931,177		
資産見返物品受贈額戻入	14	931,191	
臨時利益合計			931,191
【当期純利益】			980,916
【当期総利益】			980,916

【注記】ファイナンス・リース取引が損益に与える影響額は、
△60,824円であり、当該影響額を除いた当期総利益は 1,041,740円であります。

キャッシュ・フロー計算書
(平成26年4月1日～平成27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	△ 222,465,749
人件費支出	△ 779,618,787
その他業務支出	△ 308,301,858
運営費交付金収入	1,530,174,000
受託収入	103,936,310
特許権等収入	14,701,792
その他業務収入	326,422
小計	338,752,130
利息の支払額	△ 338,059
業務活動によるキャッシュ・フロー	338,414,071
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	△ 270,629,419
施設費による収入	21,891,336
投資活動によるキャッシュ・フロー	△ 248,738,083
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	△ 9,162,341
財務活動によるキャッシュ・フロー	△ 9,162,341
IV 資金に係る換算差額	-
V 資金増加額	80,513,647
VI 資金期首残高	545,099,827
VII 資金期末残高	625,613,474

【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>625,613,474円</u>
現金及び預金勘定	<u>625,613,474円</u>

利益の処分に關する書類

(単位:円)

I 当期未処分利益		980,916
当期総利益	980,916	
II 利益処分類		980,916
積立金	980,916	

行政サービス実施コスト計算書
(平成26年4月1日～平成27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	1,428,085,522		
一般管理費	210,681,258		
財務費用	308,275		
固定資産除却損	931,191		1,640,006,246

(2)(控除)自己収入等

受託収入	△ 126,607,983		
特許権等収入	△ 2,660,770		
雑益	△ 560,150		
資産見返寄附金戻入	△ 346,692		△ 130,175,595

業務費用合計 1,509,830,651

II 損益外減価償却相当額 141,909,094

III 損益外除売却差額相当額 1,414,646

IV 引当外賞与見積額 3,521,216

V 引当外退職給付増加見積額 △ 5,535,200

VI 機会費用

政府出資等の機会費用 17,605,710

VII 行政サービス実施コスト 1,668,746,117

【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、3,295,693円であります。

注記事項

【重要な会計方針】

1. 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。

2. 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。

3. 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、当事業年度末の退職給付見積額から前事業年度末の退職給付見積額を控除した額から、退職者に係る前事業年度末の退職給付見積額を控除して計算しております。

4. 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、事業年度末に在職する役職員について、当期末の支給見積額から前期末の支給見積額を控除して計算しております。

5. 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。

6. 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

10年利付国債の平成27年3月末利回りを参考に0.400%で計算しております。

7. 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。

8. 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	625,613,474	625,613,474	—
(2) 未収金	59,670,223	59,670,223	—
(3) 未払金	(207,297,018)	(207,297,018)	(—)

(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】

当事業年度までに契約締結を完了させましたが、実際の支出が翌期以降になる債務負担行為のうち、重要なものは以下の通りです。

1. 電子航法研究所電波無響室高度化改修工事 61,480,664 円
2. 空港監視レーダを利用したパッシブ測位システムの製作 35,640,000 円
3. ATM/CNS 国際ワークショップ（EIWAG2015）運営支援業務 10,247,040 円

【重要な後発事象】

該当事項はありません。

【その他独立行政法人の状況を適切に開示するために必要な会計情報】

国立研究開発法人電子航法研究所の解散について

平成 27 年 3 月 13 日に、「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等に関する法律案」が第 189 回国会に提出され、同法律案の成立を条件として、法律の施行の時（平成 28 年 4 月 1 日）に、当法人は解散し、国が承継する資産を除き、当法人の一切の権利及び義務は国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所に承継される予定です。

そのため、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。

【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	前期償却額	当期減損損失	前期減損損失		
有形固定資産 (償却費損益内)	建物	75,252,825	394,200	-	75,647,025	31,754,034	5,390,147	-	43,892,991	注1
	構築物	5,140,537	9,203,230	-	14,343,767	6,035,115	920,605	-	8,308,652	注1
	車両運搬具	31,272,552	3,112,240	-	34,384,792	20,562,017	3,321,018	-	13,822,775	注1
	工具器具備品	2,735,525,436	269,103,852	216,436,856	2,788,192,432	2,152,282,211	319,663,260	1,227,462	634,682,759	注1
	計	2,847,191,350	281,813,522	216,436,856	2,912,568,016	2,210,633,377	329,295,030	1,227,462	700,707,177	
有形固定資産 (償却費損益外)	建物	1,577,843,163	-	-	1,577,843,163	711,300,826	59,538,297	-	866,542,337	
	構築物	140,702,986	-	-	140,702,986	106,174,531	6,357,509	-	34,528,455	
	航空機	598,605,000	-	-	598,605,000	143,415,764	74,825,616	-	455,189,236	
	工具器具備品	103,172,411	-	35,366,100	67,806,311	56,886,709	1,187,672	-	10,919,602	注2
	計	2,420,323,560	-	35,366,100	2,384,957,460	1,017,777,830	141,909,094	-	1,367,179,630	
非償却資産	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建設仮勘定	93,193,000	22,960,536	42,295,500	73,858,036	-	-	-	73,858,036	
	計	3,175,737,000	22,960,536	42,295,500	3,156,402,036	-	-	180,844,000	2,975,558,036	
	建物	1,653,085,988	394,200	-	1,653,480,188	743,054,860	64,928,444	-	910,435,328	
	構築物	145,843,523	9,203,230	-	155,046,753	112,209,646	7,278,114	-	42,837,107	
有形固定資産合計	航空機	598,605,000	-	-	598,605,000	143,415,764	74,825,616	-	455,189,236	
	車両運搬具	31,272,552	3,112,240	-	34,384,792	20,562,017	3,321,018	-	13,822,775	
	工具器具備品	2,838,697,847	269,103,852	251,802,956	2,855,998,743	2,209,168,920	320,850,932	1,227,462	645,602,361	
	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建設仮勘定	93,193,000	22,960,536	42,295,500	73,858,036	-	-	-	73,858,036	
計	8,443,251,910	304,774,058	294,098,456	8,453,927,512	3,228,411,207	471,204,124	182,071,462	5,043,444,843		
無形固定資産	電話加入権	455,000	-	-	455,000	-	-	414,400	40,600	
	ソフトウェア	-	-	-	-	-	-	-	-	
投資その他の資産	計	455,000	-	-	455,000	-	-	414,400	40,600	
	長期前払費用	695,295	66,568	709,215	52,648	-	-	-	52,648	
計	695,295	66,568	709,215	52,648	-	-	-	52,648		

(注1) 有形固定資産(償却費損益内)の構築物の増加は、ASRレーダ-鉄塔(岩沼分室)改修(8,488,134)、工具器具備品の増加はセグ型空中線送受信局(主局・従局)の製作(99,360,000)、AeroMACS7ロタイプシステム製作及び設置(21,380,100)、広域マルチレーン実験装置セグ型空中線の製作(16,740,000)等によるものであり、減少はGNSS試験システムシミュレーション部(72,033,282)、動的陸路関連機器一式(62,269,515)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)の工具器具備品の減少は空中線特性試験装置関連機器一式(34,840,575)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	-	-	-	35,687	
未成受託研究支出金	-	64,595,987	-	64,330,899	-	265,088	
仕掛品	10,500,000	-	-	-	-	10,500,000	
計	10,500,000	64,631,674	-	64,330,899	-	10,800,775	

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	-	-	835,829,732	
	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	△ 189,979,724	△ 35,366,100	-	△ 225,345,824	注1
	計	1,244,910,008	△ 35,366,100	-	1,209,543,908	
	損益外減価償却累計額	△ 909,820,190	△ 141,909,094	△ 33,951,454	△ 1,017,777,830	注1
	損益外減損損失累計額	△ 181,258,400	-	-	△ 181,258,400	
	差引計	153,831,418	△ 177,275,194	△ 33,951,454	10,507,678	

(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、計測コンピュータ及び空中線特性試験装置受信部等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	294,487	12,320,041	-	12,614,528	当期増加額は、前期未処分利益により積み立てられたものであります。
計	294,487	12,320,041	-	12,614,528	

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	94,677,258	-	18,867	-	-	-	18,867	94,658,391
平成24年度	103,788,105	-	712,020	-	-	-	712,020	103,076,085
平成25年度	170,518,734	-	54,891,903	113,190,264	-	-	168,082,167	2,436,567
平成26年度	-	1,530,174,000	1,164,971,537	95,678,882	-	-	1,260,650,419	269,523,581
合計	368,984,097	1,530,174,000	1,220,594,327	208,869,146	-	-	1,429,463,473	469,694,624

(2)運営費交付金債務の当期振替額の明細

(単位:円)

23年度交付分		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	18,867	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 18,867
	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	18,867	
会計基準第81第3項による振替額		-	
合計		18,867	

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	712,020	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 712,020
	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	712,020	
会計基準第81第3項による振替額	-		
合 計	712,020		

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	54,891,903	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 54,891,903 イ)固定資産の取得額:業務用器具備品等 113,190,264
	資産見返運営費交付金	113,190,264	
	建設仮勘定見返運営費交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	168,082,167	
会計基準第81第3項による振替額	-		
合 計	168,082,167		

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	1,164,971,537	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:1,187,946,537 (役員人件費:729,285,740 その他の経費:458,660,797) イ)年度計画による自己収入からの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 95,678,882 ③運営費交付金の振替額の積算根拠 費用 1,187,946,537 - 自己収入からの充当額 22,975,000 = 1,164,971,537
	資産見返運営費交付金	95,678,882	
	建設仮勘定見返運営費交付金	-	
	資本剰余金	-	
	計	1,260,650,419	
会計基準第81第3項による振替額	-		
合 計	1,260,650,419		

(3)運営費交付金債務残高の明細

(単位:円)

交付年度	運営費交付金債務残高		残高の発生理由及び収益化等の計画
平成23年度	業務達成基準を採用した業務に係る分	-	- (業務達成基準を採用した業務は無い)
	期間進行基準を採用した業務に係る分	-	- (期間進行基準を採用した業務は無い)
	費用進行基準を採用した業務に係る分	94,658,391	○費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ○運営費交付金債務残高の発生理由は、入札差額が生じたことによる経費の減少及び期を跨いだ物品等の契約済繰越等に伴い、運営費交付金の収益化額が計画を下回り、翌事業年度に繰り越したものである。なお、中期計画で予定した、本事業年度に実施すべき業務については、計画どおりに実施済みであり、業務の未達成による運営費交付金債務の翌事業年度への繰越額はない。 ○翌事業年度に繰り越した運営費交付金債務残高については、想定されない人件費等の支出が発生した場合に翌事業年度以降において収益化する予定である。
平成24年度	業務達成基準を採用した業務に係る分	-	- (業務達成基準を採用した業務は無い)
	期間進行基準を採用した業務に係る分	-	- (期間進行基準を採用した業務は無い)
	費用進行基準を採用した業務に係る分	103,076,085	○費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ○運営費交付金債務残高の発生理由は、入札差額が生じたことによる経費の減少及び期を跨いだ物品等の契約済繰越等に伴い、運営費交付金の収益化額が計画を下回り、翌事業年度に繰り越したものである。なお、中期計画で予定した、本事業年度に実施すべき業務については、計画どおりに実施済みであり、業務の未達成による運営費交付金債務の翌事業年度への繰越額はない。 ○翌事業年度に繰り越した運営費交付金債務残高については、想定されない人件費等の支出が発生した場合に翌事業年度以降において収益化する予定である。
平成25年度	業務達成基準を採用した業務に係る分	-	- (業務達成基準を採用した業務は無い)
	期間進行基準を採用した業務に係る分	-	- (期間進行基準を採用した業務は無い)
	費用進行基準を採用した業務に係る分	2,436,567	○費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ○運営費交付金債務残高の発生理由は、入札差額が生じたことによる経費の減少及び期を跨いだ物品等の契約済繰越等に伴い、運営費交付金の収益化額が計画を下回り、翌事業年度に繰り越したものである。なお、中期計画で予定した、本事業年度に実施すべき業務については、計画どおりに実施済みであり、業務の未達成による運営費交付金債務の翌事業年度への繰越額はない。 ○翌事業年度に繰り越した運営費交付金債務残高については、想定されない人件費等の支出が発生した場合に翌事業年度以降において収益化する予定である。
平成26年度	業務達成基準を採用した業務に係る分	-	- (業務達成基準を採用した業務は無い)
	期間進行基準を採用した業務に係る分	-	- (期間進行基準を採用した業務は無い)
	費用進行基準を採用した業務に係る分	269,523,581	○費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ○運営費交付金債務残高の発生理由は、入札差額が生じたことによる経費の減少及び期を跨いだ物品等の契約済繰越等に伴い、運営費交付金の収益化額が計画を下回り、翌事業年度に繰り越したものである。なお、中期計画で予定した、本事業年度に実施すべき業務については、計画どおりに実施済みであり、業務の未達成による運営費交付金債務の翌事業年度への繰越額はない。 ○翌事業年度に繰り越した運営費交付金債務残高については、想定されない人件費等の支出が発生した場合に翌事業年度以降において収益化する予定である。

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	21,891,336	21,891,336	-	-	
合 計	21,891,336	21,891,336	-	-	

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	(2,928)	(1)	(0)	(0)
	44,543	3	0	0
職 員	(105,632)	(49)	(0)	(0)
	479,440	60	27,546	1
合 計	(108,560)	(50)	(0)	(0)
	523,983	63	27,546	1

(注1)役員報酬基準の概要は、理事長912,000円、理事776,000円、監事720,000円、非常勤監事244,000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、「独立行政法人電子航法研究所役員給与規程」及び「独立行政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、「独立行政法人電子航法研究所職員給与規程」及び「独立行政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。

添 付 書 類

平成26年度 決算報告書

独立行政法人 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				
運営費交付金	1,530,174,000	1,530,174,000	0	
施設整備費補助金	74,057,000	21,891,336	△ 52,165,664	予定価格と入札額に差額が生じたため
受託収入	151,166,000	127,687,983	△ 23,478,017	年度計画策定時に予定していた政府受託等が少なかったため
その他の収入	0	3,220,920	3,220,920	特許権等収入等があったため
計	1,755,397,000	1,682,974,239	△ 72,422,761	
支出				
業務経費	810,701,000	819,055,565	8,354,565	複数年契約による支出等のため
施設整備費	74,057,000	21,891,336	△ 52,165,664	予定価格と入札額に差額が生じたため
受託経費	128,191,000	106,291,568	△ 21,899,432	年度計画策定時に予定していた政府受託等が少なかったため
一般管理費	43,388,000	43,371,611	△ 16,389	業務効率化による削減額
人件費	699,060,000	627,200,297	△ 71,859,703	
計	1,755,397,000	1,617,810,377	△ 137,586,623	

平成26年度 電子航法研究所年報
平成28年2月 発行
編集兼発行人 国立研究開発法人 電子航法研究所
発 行 所 国立研究開発法人 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 0422-41-3165
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。

