

電子航法研究所年報

平成 24 年度

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期中期計画を開始し、独立行政法人としての設立の趣旨を踏まえ、自律的かつ効率的で透明性の高い業務運営を図りながら、より質の高い研究成果をあげることを目指しております。

当研究所は、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、環境負荷低減などに関する研究を進め、その成果は国の航空政策や空港整備事業及び国際民間航空機関等の技術基準に反映されるなど、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2年目となる平成24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、各研究領域の研究と主な成果、独立行政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私どもの研究とその成果が詳細に記載され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25年12月

独立行政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
	予算及び職員数の推移	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	39
3.	監視通信領域	63
4.	研究所報告	112
5.	受託研究	113
6.	共同研究	114
7.	研究発表	115
8.	知的財産権	130
第3部	現 況	
1.	平成24年度に購入した主要機器	139
2.	主要施設及び機器	140
3.	刊 行 物	142
4.	行 事 等	142
5.	職員表彰	152
付 録		
1.	独立行政法人電子航法研究所法	155
2.	独立行政法人電子航法研究所に関する省令	164
3.	独立行政法人電子航法研究所 業務方法書	171
4.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期目標	173
5.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期計画	179
6.	独立行政法人電子航法研究所 平成24年度計画	187
7.	財務諸表	199

第 1 部 総 説

1 沿 革

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

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

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

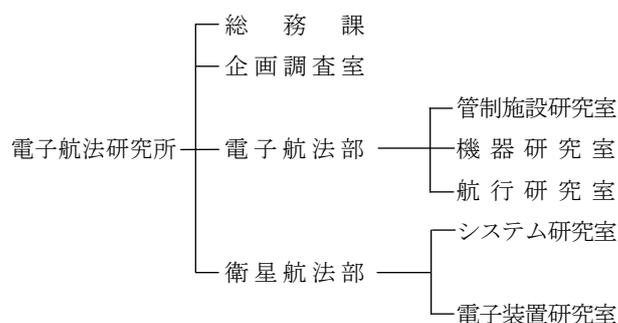
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室 (3名) が新設された。

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

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

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

当時の組織は下記のとおりであった。



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

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

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

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

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

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

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。

予算及び定員の推移

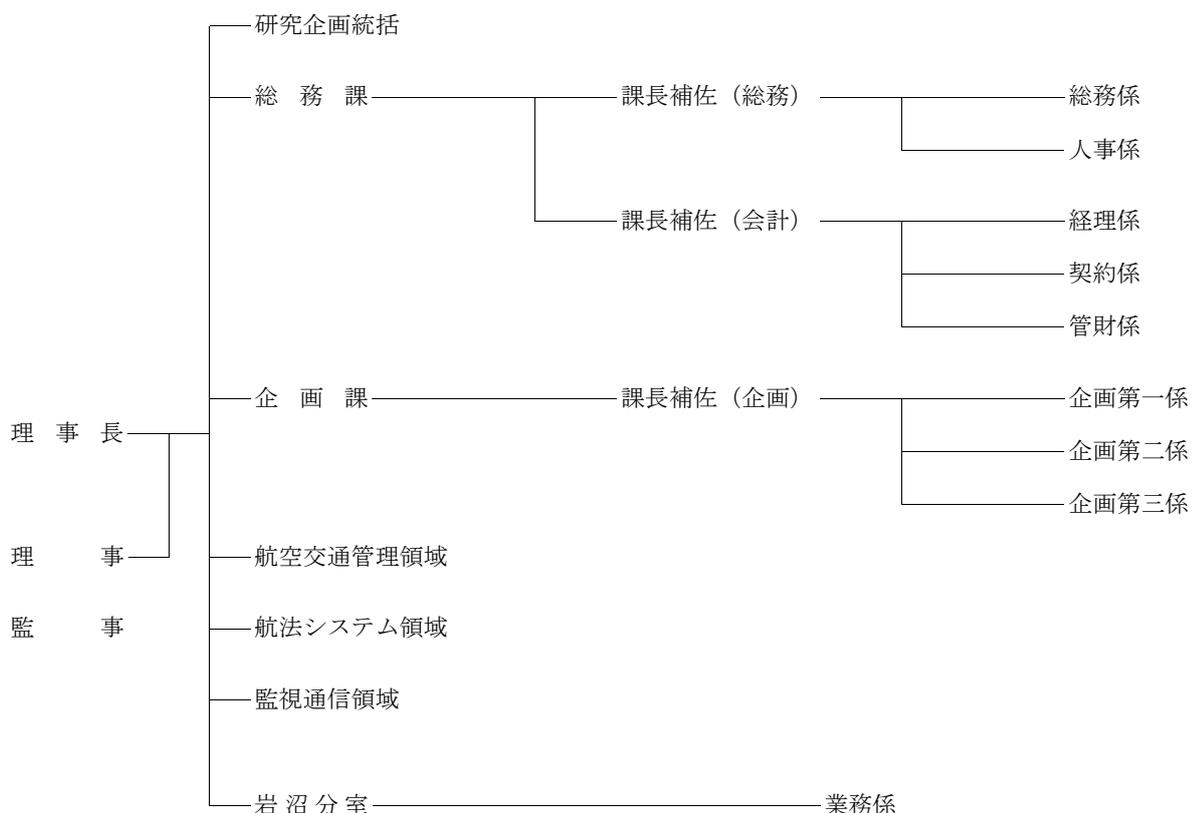
予算額（単位：千円）

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 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 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 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 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 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 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 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		
予 算 額	1,618,083	1,597,527	2,099,326	1,396,629		
対 前 年 率	△ 1.4%	△ 1.3%	31%	△33%		
定 員	60	60	60	59		

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25年3月31日現在)



3 役職員数

	役職員数
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	13
研究職	45
計	63

(平成25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25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 年度当初の研究計画とそのねらい

平成24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. トラジェクトリモデルに関する研究
2. ATMパフォーマンス評価手法の研究
3. 到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究
4. 拡張現実技術を用いた管制業務支援技術に関する研究
5. 空港面トラジェクトリに関する研究
6. トラジェクトリ運用下を見据えた空域の安全性に関する基礎的研究
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. 出発到着フェーズにおける運航効率に関する研究
9. フローコリドの基礎的研究
10. 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
11. 将来の航空交通管理のためのモデリング手法とその評価に関する調査及び研究

1から3は重点研究、4から8は指定研究、9と10は基礎研究、11は在外派遣による研究である。

1は実飛行データ等の解析による航空機トラジェクトリ（軌道）の推定およびモデル化技術、並びにトラジェクトリを管理するためのデータ活用技術の開発を行う研究である。

2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。

3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。

4は飛行場管制業務を支援するための仕組みとして、拡張現実技術を使ったシステム環境を整備し、基本コンセプトと要素技術、その業務環境に効率的にアクセスするためのユーザ・インタフェースの構築に係る要素技術について試作評価を行うものである。

5は羽田空港における航空機の地上走行の分析およびこれに基づく空港面交通の渋滞緩和策の検討を行うとともに、併せて将来の空港面交通におけるトラジェクトリ管理の実現を目指す研究である。

6はトラジェクトリ運用への移行過程において必要となる新た

な空域安全性評価手法を研究するものである。

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養成教育・訓練の支援ツールを開発し、その有効性検証を行う。

8は大都市圏周辺の空域において交通量の増加に伴い渋滞が発生し運航効率の低下が生じている状況をふまえ、実測データに基づき出発・到着経路毎の運航効率を数値化し標準経路から評価値を算出して実測値との比較を行うなど、運航効率低下の要因を推定する研究である。

9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における交通流のモデル化、運用方法等の検討を行う。

10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。

11は当研究所の軌道ベース運用に係る研究に資するため、欧州における軌道ベース運用の考え方とそれに関連したシミュレーション研究の現状と方向性について調査研究するものである。

II 研究の実施状況

1の「トラジェクトリモデルに関する研究」では、トラジェクトリモデル評価システムの機能向上として、トラジェクトリ生成機能の向上、航法データ変換機能の向上、バッチ処理機能とモジュール呼び出し機能の追加、統合ドキュメントの作成などを行い、本評価システムを用いて羽田空港への到着交通流のシミュレーションを実施した。

2の「ATMパフォーマンスの研究」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として燃料消費量の推定手法を構築した。ATMパフォーマンス向上施策の便益推定を行うため、実運航に対する再現性の高いシミュレーションモデルを構築できる見通しが得られた。

3の「到着経路を含めた洋上経路システムの最適の研究」では、NOPAC空域利用方法の改善方策の1つである東行きPACOTSの制限緩和についてのシミュレーション結果に基づく提案、羽田空港及び関西空港における到着機降下パスの現状分析、洋上管制シミュレータ性能向上検討等を行った。

4の「拡張現実技術を用いた管制業務支援技術に関する研究」では、パノラマ映像合成技術、ターゲットトラッキングシステム、コントロールインタフェース等、基礎的な映像による管制業務支援システムを構築した。

5の「空港面トラジェクトリに関する研究」では、空港面における交通滞留の主な原因である出発便の滑走路手前での離陸待ち

時間を一定時間以下に抑えるために出発便のスポット出発時刻を調整してシミュレーションにより検証するなど、空港面運用スケジュール調整手法に関する検討を行った。

6の「トラジェクトリ運用下を見据えた空域の安全性に関する基礎的研究」では、洋上経路におけるマックナンバーテクニクなしでの10分縦間隔に係る安全性評価のための新計算手法の検証、変分ベイズ法を用いた衝突リスクに係るパラメータ推定手法の開発、定性的安全性評価手法を用いた準備的シナリオによるハザード同定・リスク評価等を実施した。

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、空域・交通流等のシミュレーションによるタスクレベルの自動分析・可視化およびシミュレーション結果の予備的な妥当性検証を行った。

8の「出発到着フェーズにおける運航効率に関する研究」では、羽田空港および成田空港到着機を対象に空港周辺での飛行距離を算出し、方角毎に比較を行って飛行距離が大きい箇所や、飛行距離のばらつきが大きい箇所の分析を行った。また、航空機の降下パスの分布や空域内の通過頻度が高いエリアを視覚的に確認するために垂直面交通量分布図を自動生成するプログラムを作成した。

9の「フローコリドールの基礎的研究」では、フローコリドールにおける航空機の自律的間隔維持の基本モデルから周辺航空機との飛行速度差に基づき方向を定めるルールを新たに導入したモデルを構築し、その効果をシミュレーションにより検討した。

10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、航空機の通信システムやFMSからのトラジェクトリに関する情報ダウンリンクの可能性、時間ベース運用のためのデータリンクアプリケーションの要件調査を行った。

11の「将来の航空交通管理のためのモデリング手法とその評価に関する調査及び研究」では、軌道ベース運用を前提とした適切な空域容量の考え方とその評価方法、軌道ベース運用のコンセプト検証のため必要となるファストタイムシミュレータの具備すべき機能要件および拡張性等について調査研究した。

本年度は、上記の11件の研究に加えて、以下に示す3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) ターミナル管制ジャーナル・データ抽出処理の支援作業
- (2) 洋上縦間隔衝突危険度推定のための名目管制間隔分布推定と衝突危険度数値計算手順策定に係る支援作業
- (3) 東京国際空港到着経路に係るTCAS作動状況検証作業

III 研究の成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果の所見

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

これらの成果は、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)

トラジェクトリモデルに関する研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○福田豊，マーク・ブラウン，藤田雅人，瀬之口敦，
井上諭，伊藤恵理，平林博子，狩川大輔，白川昌之，
長岡栄，海津成男

研究期間 平成 21 年度～平成 24 年度

1. はじめに

航空機運航の効率化および容量拡大のため、国際民間航空機関（ICAO：International Civil Aviation Organization）では 2003 年の第 11 回航空会議で、時間管理を含めた航法、管制を将来的な共通のビジョンとして実現していくことを提唱した。これを受けて、運用概念文書や世界的航法計画などの ICAO 公式文書が作成された。また、米国や欧州では NextGen や SESAR などこのコンセプトを実現するプロジェクトが組まれている。このような世界的動向をふまえ、我が国でもこれに関連する調査や研究を進めていく必要がある。

今後の航空交通管理においては、航空機のトラジェクトリ（軌道）計画を事前調整し、精密なトラジェクトリ予測に支援される管制運用コンセプトが有効と考えられている。本研究では、実運航データ等の解析によるトラジェクトリの予測およびモデル化技術を開発する。また、トラジェクトリを管理するためのデータ活用技術を開発する。

2. 研究の概要

本研究は 4 カ年計画であり、平成 24 年度は最終年次である。平成 24 年度の研究の目的は、トラジェクトリモデル評価システムを機能向上して、シミュレーションにより到着機のトラジェクトリ管理運用手法を評価することである。

平成 24 年度は、主に下記のことを行った。

- ・トラジェクトリモデル評価システムの機能向上
- ・トラジェクトリ管理のためのデータ活用技術の検討

3. 研究成果

3.1 トラジェクトリモデル評価システムの機能向上

トラジェクトリモデル評価システムは、航空機の 4 次元トラジェクトリ（緯度、経度、高度、時間）を生成する手法を計算機システムとして構築し、機能等を評価するものである。4 次元トラジェクトリは、航空機の飛行性能データ、航空会社の運航データ、気象予報データ、航法データ

ベース等を使用して、エネルギーモデルに基づいて生成される。飛行性能データはユーロコントロールの BADA (Base of Aircraft Data)、気象予報データは気象庁の MSM (Meso Scale Model) または GSM (Global Spectral Model)、航法データベースは ARINC424 形式のデータを使用した。また、このようにして生成された軌道に対して、通過時刻指定などの制約条件を付加することにより、軌道を変更することができる。

本年度は、本評価システムの機能向上として、トラジェクトリ生成機能の向上、航法データ変換機能の向上、バッチ処理機能とモジュール呼び出し機能の追加、統合ドキュメントの作成などを行った。これらにより、上昇区間での予測精度の向上、複数パターンへの航法データへの対応などが可能となった。また、外部ソフトウェアから本評価システムのトラジェクトリ生成機能などのモジュールを利用することができるようになった。統合ドキュメントの作成では、これまでに機能向上した内容を取りまとめた。設計書をマイクロソフトエクセルで記述することにより、関連する部分へのリンクや類似の説明を集約することにより、利用性と保守性を向上させた。

トラジェクトリ予測モデルにより生成した 4 次元トラジェクトリをレーダデータ及び機上記録データの実運航データと比較した。実運航データの対地速度から、高層風の影響を取り除き、真対気速度と指示対気速度を推定し、その分布を調べた⁽³⁸⁾。その結果、上昇区間では、標準速度より遅い速度で飛行する航空機が多いことがわかった（図 1）。また、巡航区間の実運航の真対気速度は、型式毎の標準速度に比べて、飛行計画の真対気速度情報と相関が高い。これらの結果を予測モデルに反映した結果、飛行時間の予測誤差の平均値が、上昇区間 17 秒と巡航区間 12 秒となり、予測精度を向上させることができた⁽⁵⁴⁾。各区間の誤差の標準偏差はそれぞれ 31 秒、11 秒である。上昇区間はフライト毎の速度情報が取得できず予測に利用できないため、その標準偏差は巡航区間に比べて大きな値となっている。

予測誤差のもうひとつの要因として、高層風の予報と実

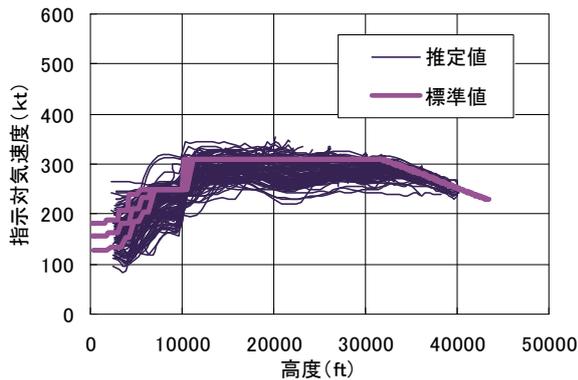


図 1 上昇区間の速度分布

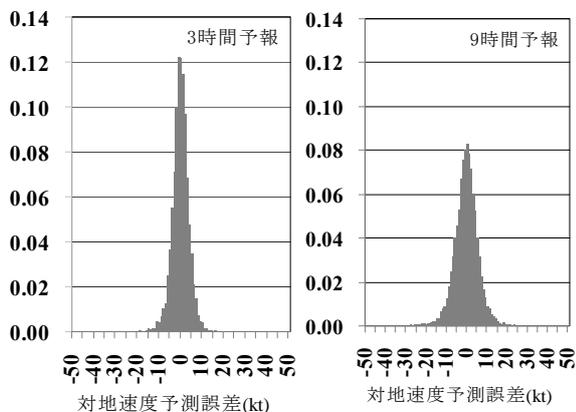


図 2 気象予報の誤差分布

際の気象現象との差が考えられる。この違いを調べるために、気象予報データの予報精度を解析した。気象庁の数値予報 MSM の 3 時間予報値と 9 時間予報値について、解析値 (0 時間予報) を真値として、マッハ 0.84 の等速飛行を想定して対地速度誤差を算出した (図 2) ^{(40), (61)}。予報時間が短いほど誤差が低減し、9 時間予報値の平均 -0.54kt、標準偏差 5.8kt に比較して、3 時間予報値では、平均 -0.21kt、標準偏差 3.9kt であり、96% が ±8kt 以下となる。すなわち、短時間予報値を使用することにより予測誤差を低減できる。予報値と解析値の差が大きい気象現象は、台風、積乱雲を伴う対流雲域、ジェット気流付近の乱気流がある。

3.2 到着交通流のシミュレーション

本評価システムを利用して羽田空港への到着交通流のシミュレーションを実施した。飛行計画情報に基づいて生成したトラジェクトリについて、ウェイポイント通過時刻などの制約条件を指定することによりトラジェクトリを変更した。現状、到着機同士の時間間隔を確保するには、主に経路延伸による時間調整が実施されている。経路延伸

に替わり、巡航区間の速度変更指示により、到着機同士の安全間隔がほぼ確保できることを確認した (図 3)。航空機の単位時間当たりの集中度が高い場合は、巡航区間のみの速度変更指示では限界があり、降下区間の速度変更指示も加える必要がある。燃料消費量の比較の結果、現状の経路延伸による到着時刻調整に比較して、速度変更指示では燃料消費量を低減した効率的な運航ができる。

3.3 トラジェクトリ管理のためのデータ活用技術

トラジェクトリ予測誤差の解析結果から、航空機の重量、推力、指示対気速度、マッハ数などの情報がトラジェクトリ予測に重要であることがわかった。管制機関が航空機のこれらの情報を取得する方法に関して、出発前に航空会社から管制機関に提出する飛行計画の新しい書式である FF-ICE (Flight and Flow Information for a Collaborative Environment : 協調的環境のための飛行と交通流情報) ⁽³⁷⁾、および、FIXM (Flight Information Exchange Model : 飛行情報交換モデル) の標準化動向を調査した。

航空機の性能に関して、飛行中に航空機と管制機関間でトラジェクトリを共有するためのデータ通信の標準化動向を調査した⁽³⁷⁾。また、航法性能として、PBN (Performance Based Navigation : 性能準拠型航法) の 4 次元航法の性能に関する現状を調査した⁽³⁷⁾。さらに、欧米日での到着交通流管理の手法を比較検討した⁽⁶⁰⁾。今後の方向性に関して、ICAO の将来計画のロードマップを調査した⁽⁴¹⁾。

3.4 トラジェクトリ管理の運用方式

本評価システムでは、航空機の軌道変更はマニュアル操作で実施している。将来的に順序・間隔付けとコンフリクトの自動解決機能の実現を目指しており、それに向けて検討を進めた。航空機の飛行軌道が時間に対する区分多項式で表現できる場合に、コンフリクトを検出してその発生予定時刻を算出するアルゴリズムを開発した⁽⁴⁶⁾。また、トラジェクトリ予測誤差の不確定性を考慮した出発段階の制御方法として、離陸時刻の誤差分布を利用した順序付け方法と出発時刻の制御方法を提案した^{(44), (45)}。さらに、トラジェクトリ管理では、新たな空域容量指標と安全性指標が必要と考え、その定義について文献を参考にしながら検討した⁽⁴³⁾。

トラジェクトリ管理の管制官の業務に関する検討を進めた。航空機のウェイポイントの通過時間管理について、航空路管制タスク可視化ツール COMPASi を使用して、管制官のワークロードの低減の確認と時間管理に伴う課題

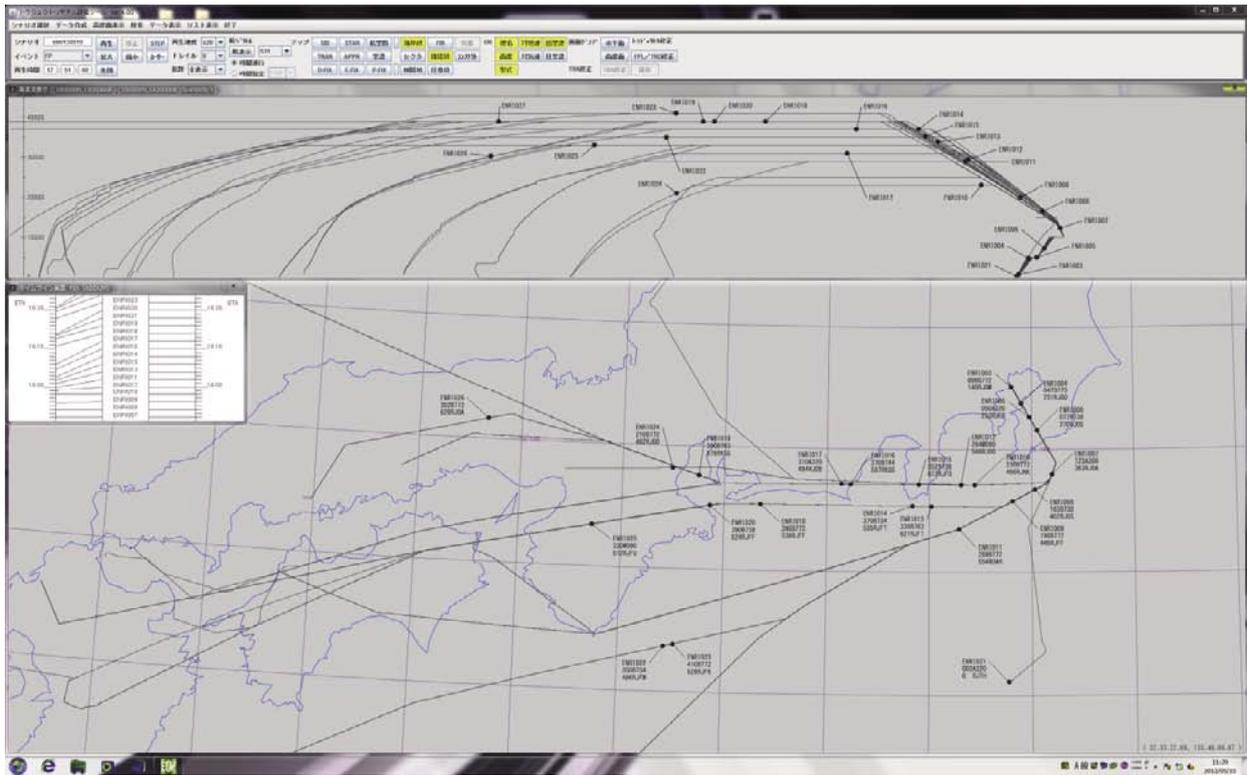


図3 トrajekトリモデル評価システムによる到着交通流のシミュレーション

を示した⁽⁶²⁾。また、千葉工業大学山崎教授と共同研究で進めている管制卓デザインのための航空管制業務のタスク分析について、マイクロシナリオによる分析を発展させ、可視化による分析手法を提案し、シミュレーションデータによる分析を行った⁽⁶⁴⁾。また、分析結果から、管制卓の改善のアイデア出しを行い、系統立てて整理した。

3.5 大学との連携

本年度から開始した公募型研究制度を利用して、大学との連携を進めた。早稲田大学手塚准教授と「気象による軌道予測の不確定性の研究」⁽⁶⁵⁾、九州大学宮沢教授と「国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する研究」⁽⁶⁶⁾を開始した。これらの研究は、引き続き後続研究で内容を発展させる計画である。また、東海大学の新井准教授を客員研究員として招聘し、航空交通に影響を与える気象現象と気象情報の知識を習得するために、航空気象入門講座を開催するとともに、所内の気象関連の研究グループと連携して航空気象研究会を開催し、気象関連の研究課題を整理した。

4. 考察等

航空機の実運航を分析した結果をトラjekトリモデル評価システムの機能向上に反映することにより、予測精度を向上した。上昇区間と巡航区間の飛行時間の平均予測誤差が 15 秒程度の予測精度となった。巡航区間の真対気

速度は飛行計画情報より取得できるが、上昇区間は速度情報を取得できない。そのため、フライト毎の速度のばらつきにより上昇区間の標準偏差が大きくなっている。標準偏差を低減するためには、トラjekトリ情報共有の仕組みを導入し、フライト毎の情報を予測に反映することが必要である。

我が国の実際の航空機の運航をモデル化する技術と気象現象や気象予報に関する知見は、管制官を支援するシステム開発や航空交通シミュレーションの精度の向上に活用でき、将来の航空交通システムを構築する上で必要とされる成果である。

今後は、後続研究の中で、データ通信を利用したトラjekトリ予測機能の高精度化、および、トラjekトリベース運用のファストタイムシミュレーションによる便益推定、課題の抽出を実施する計画である。

掲載文献

平成 21 年度

- (1) 白川，福田，瀬之口，“航空機軌道予測における誤差要因の解析”，電子情報通信学会技術研究報告，Vol.109 No.426，pp.47-52，IEICE-SANE2009-167，2010年2月
- (2) 福田，白川，“RNAV 出発・到着の経路の航跡解析”，第9回電子航法研究所研究発表会，pp.5-10，2009年6月

- (3) 白川, 福田, 瀬之口, “航空機性能データを用いた軌道モデルの誤差推定”, 第9回電子航法研究所研究発表会, pp.47-52, 2009年6月
- (4) 福田, “トラジェクトリ管理って何だろう(2)-トラジェクトリ予測機能-”, 航空管制 2009 No.6, pp.84-88, 2009年11月
- (5) Y. Fukuda, M. Shirakawa, “Analysis of RNAV Departures and Arrivals Using Track Data”, 2009 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, pp.59-64, Nov. 2009
- (6) Y. Fukuda, “Japan’s Trajectory Model”, The seventh Meeting of the Harmonization of Future Air Transportation Systems Working Group, JCAB, FAA and JPDO, Dec. 2009
- (7) Y. Fukuda, “Development of Trajectory Prediction Model”, KARI/ENRI CNS/ATM Joint Conference 2010, March 2010

平成 22 年度

- (8) 福田, 白川, 瀬之口, “トラジェクトリ予測の誤差要因解析”, 第10回電子航法研究所研究発表会, pp.81-86, 2010年6月
- (9) 福田, 白川, 新井, 瀬之口, “トラジェクトリ予測に対する気象の影響”, 日本航空宇宙学会第41期年会講演会, pp.563-567, 2010年4月
- (10) 白川, 福田, 瀬之口, “航空機の垂直軌道についての一考察”, 第48回飛行機シンポジウム, pp.7-14, 2010年11月
- (11) 福田, 白川, 瀬之口, “トラジェクトリ予測モデルの開発”, 第48回飛行機シンポジウム, pp.360-367, 2010年11月
- (12) 福田, “トラジェクトリ・ベース・オペレーション”, 平成22年度TFOS年次シンポジウム, 2010年11月
- (13) Y. Fukuda, M. Shirakawa, A. Senoguchi, “Development and Evaluation of Trajectory Prediction Model”, 27th International Congress of the Aeronautical Sciences, ICAS 2010-5.6.1, Sept. 2010
- (14) Y. Fukuda, M. Shirakawa, A. Senoguchi, “Development of Trajectory Prediction Model”, 2nd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2010), pp.95-100, Nov. 2010

平成 23 年度

- (15) 福田, 白川, 瀬之口, 稲波, 武市, “継続降下運用(CDO)について”, 日本航空宇宙学会第42期年会講演

演会, pp.118-121, 2011年4月

- (16) 福田, “環境に配慮した運航技術”, 第49回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2011-5041, pp.197-202, 2011年10月
- (17) 白川, 福田, 瀬之口, ブラウン, “航空機の軌道生成についての一考察”, 第49回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2011-5068, pp.357-362, 2011年10月
- (18) 瀬之口, 福田, ブラウン, 白川, “到着交通流の時間管理に関する一考察”, 第49回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2011-5071, pp.377-381, 2011年10月
- (19) 長岡, “国際学会にみる航空交通管理(ATM)研究の動向”, 第49回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2011-5116, pp.651-656, 2011年10月
- (20) ブラウン, 瀬之口, 白川, 福田, “軌道ベース運用の研究開発”, 第49回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2011-5189, pp.1081-1088, 2011年10月
- (21) 福田, 白川, 瀬之口, “飛行速度調整による時間管理の検討”, 第11回電子航法研究所研究発表会, pp.63-68, 2011年6月
- (22) 長岡, グウィグナー, 福田, “航空路FIXへの推定到着時刻に基づく出発制御時刻の確率的決定法”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.111 No.407, pp.5-8, IEICE-SANE2011-142, 2012年1月
- (23) 福田, 白川, 瀬之口, “航空交通の時間管理によるCO2削減”, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン No.18, pp.15-21, 2011年
- (24) 長岡, “第9回米国/欧州 ATM 研究開発セミナー(ATM2011)”, 日本航空宇宙学会誌, Vol.59 No.694, pp.36-37, 2012年11月
- (25) 長岡, “航空交通システムの安全性, 信頼性そして安心”, 安全工学シンポジウム, pp.176-177, 2011年7月
- (26) 長岡, “航空交通における複雑さ(Complexity)研究について”, 日本航海学会 AUNAR 研究会, 2011年9月
- (27) 長岡, “航空交通管理(ATM)について”, 電波航法研究会誌「電波航法」, No.53, pp.8-18, 2012年3月
- (28) 長岡, “最近の航空航法と航空交通管理の動向”, 日本航海学会誌「NAVIGATION」, No.179, pp.2-11, 2012年4月
- (29) 福田, “環境に配慮した運航技術”, 平成23年度航空交通管制システム小委員会調査研究報告書, pp.83-88, 2012年3月
- (30) 瀬之口, “フライトシミュレータによるRTA機能の検証”, 航空輸送技術研究センターCDO/TBOに関する

- 調査・研究報告書（平成 23 年度），pp.22-33，2012 年 3 月
- (31) K. Lee, Y. Fukuda, “A Bayesian Approach for Conformance Monitoring”, 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, AIAA2011-6857, Sept. 2011
- 平成 24 年度
- (32) 白川, 福田, 瀬之口, ブラウン, “飛行計画データを用いた軌道生成”, 日本航空宇宙学会第 43 期年会講演会, JSASS-2012-1083, 2012 年 4 月
- (33) 瀬之口, 福田, 白川, ブラウン, “フライトシミュレータを使用した RTA 機能の検証実験”, 日本航空宇宙学会第 43 期年会講演会, JSASS-2012-1084, 2012 年 4 月
- (34) 波多野, 武市, 福田, “継続降下運用における到着時間制御性の解析”, 日本航空宇宙学会第 43 期年会講演会, JSASS-2012-1086, 2012 年 4 月
- (35) 瀬之口, “えあろすぺーす ABC 軌道ベース運用 (TBO)”, 日本航空宇宙学会学会誌 Vol.60 No.4, pp.176, 2012 年 4 月
- (36) 長岡, “国際学会にみる航空交通管理 (ATM) 研究の動向”, 日本航空宇宙学会学会誌, Vol.60 No.9, pp.325-330, 2012 年 9 月
- (37) 福田, “軌道ベース運用の実現に向けた技術動向”, 日本航空宇宙学会学会誌, Vol.60 No.10, pp.371-376, 2012 年 10 月
- (38) 白川, 福田, 瀬之口, ブラウン, “レーダ測定値による対気速度推定”, 第 50 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2012-5028, 2012 年 11 月
- (39) 長岡, “ATM の空域の容量に関する調査”, 第 50 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2012-5031, 2012 年 11 月
- (40) 平林, 福田, “航空機軌道予測に対する高層風予報データの基礎的な分析”, 第 50 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2012-5191, 2012 年 11 月
- (41) 福田, “航空交通管理システムに関する国際民間航空機関の将来計画”, 第 50 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2012-5193, 2012 年 11 月
- (42) 瀬之口, 福田, 白川, ブラウン, “フライトシミュレータによる RTA 機能検証結果”, 第 12 回電子航法研究所研究発表会, pp.25-32, 2012 年 6 月
- (43) 長岡, “航空交通管理における軌道ベース運用のための安全尺度—安全指標と INTEGRA における Propensity and Resilience—”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112 No.52, pp.1-6, IEICE-SSS2012-1, 2012 年 5 月
- (44) 長岡, グウィグナー, 福田, “航空路 FIX への推定到着時刻に基づく出発制御時刻の確率的決定法 II ～不確定性分布の非対称性とバイアスの到着順序への影響～”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112 No.391, pp.97-102, IEICE-SANE2012-144, 2013 年 1 月
- (45) 長岡, 福田, “推定到着時刻の不確定性情報を利用する順序付けの一方法”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112 No.391, pp.103-108, IEICE-SANE2012-143, 2013 年 1 月
- (46) 藤田, “飛行軌道の区分多項式近似とコンフリクト検出に関する一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112 No.391, pp.109-114, IEICE-SANE2012-145, 2013 年 1 月
- (47) 長岡, “コンフリクト確率の計算方法についての調査”, 日本航海学会 AUNAR 研究会, 2012 年 9 月
- (48) 瀬之口, “フライトシミュレータによる RTA 機能検証結果”, 航空無線, 第 73 号 (秋期), pp.25-33, 2012 年 9 月
- (49) 福田, “トラジェクトリについて”, 航空無線, 第 74 号 (冬期), pp.22-27, 2012 年 12 月
- (50) 瀬之口, “「トラジェクトリ」ってなに?”, 航空ふぉーらむ 134 号, 2012 年 8 月
- (51) 福田, “環境に配慮した運航技術”, 航空振興, No.111 夏季号, pp.2-5, 2012 年 8 月
- (52) 平林, 福田, “エンルートにおける航空機軌道予測に対する高層風予報データの基礎的な分析”, 平成 24 年度航空交通管制システム小委員会調査研究報告書, 2013 年 3 月
- (53) 瀬之口, “SESAR に対するエアバス社の取り組みについて”, (財) 航空輸送技術研究センター, CDO/TBO に関する調査研究報告書 (平成 24 年度), 2013 年 3 月
- (54) 福田, 瀬之口, 白川, 平林, ブラウン, “トラジェクトリ予測モデルの開発と評価”, 第 13 回電子航法研究所研究発表会, pp.79-82, 2013 年 6 月
- (55) 手塚, 東山, “気象による軌道予測の不確定性の研究”, 第 13 回電子航法研究所研究発表会, pp.83-86, 2013 年 6 月
- (56) 宮沢, 原田, ナビンダ, 宮本, 小塚, “国内定期旅客便の運航効率の客観分析に関する研究”, 第 13 回電子航法研究所研究発表会, pp.87-90, 2013 年 6 月
- (57) S. Nagaoka, Y. Fukuda, C. Gwiggner, “Sequencing and

- Swapping Probabilities for Traffic Synchronization”, EURO 2012-25th European Conference on Operations Research, TA-04-4, July 2012
- (58) K. Lee, Y. Fukuda, “Conformance Monitoring under Uncertainty in Trajectory”, AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, AIAA2012-4913, Aug. 2012
- (59) N. Takeichi, T. Hatano, Y. Fukuda, “Continuous Descent Trajectory with Optimum Arrival Time Controllability”, 28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS2012-P8.3, Sept. 2012
- (60) M. A. Brown, Y. Fukuda, A. Senoguchi, S. Inoue, M. Shirakawa, Y. Sumiya, “Time-Based Operations: First steps towards Trajectory-Based Control”, Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, APISAT 8.4.2, Nov. 2012
- (61) H. Hirabayashi, Y. Fukuda, “Basic Analysis of Winds Aloft Forecast on Trajectory Prediction”, The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS, EIWAC2013, [EN-029], Feb. 2013
- (62) D. Karikawa, H. Aoyama, M. Takahashi, K. Furuta, M. Kitamura, “A Visualization Tool for Analyzing Task Demands in En-route Air Traffic Control”, The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS, EIWAC2013, [EN-033], Feb. 2013
- (63) A. Senoguchi, Y. Fukuda, M. Shirakawa, M. A. Brown, “Development of Trajectory Predictor for Simulating Future Trajectory-based Operations in Japan”, The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS, EIWAC2013, [EN-043], Feb. 2013
- (64) T Sasaki, H Hirako, K Yamazaki, H Aoyama, S Inoue, Y Fukuda, “Developing Visualisation Techniques of Task Analysis Process in Air Traffic Control Work”, The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS, EIWAC2013, [EN-046], Feb. 2013
- (65) M. Fujita, “Aircraft conflict detection algorithm based on Sturm's real root counting theorem”, Far east journal of applied mathematics Vol.175, pp.59-73, Feb. 2013
- (66) Y. Fukuda, “Trajectory Based Operation”, The 2nd JAPAN-ROK CNS/ATM Seminar, Presentation 1, March 2013

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する。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する。

3. 研究成果

3.1 燃料消費量の推定手法の検討

ATMパフォーマンスの重要分野の一つである効率の指標として, 燃料消費量の推定手法を検討した。航空会社などによる判断基準が燃料消費量である場合, 燃料消費量を効率の指標として用いることが可能である。

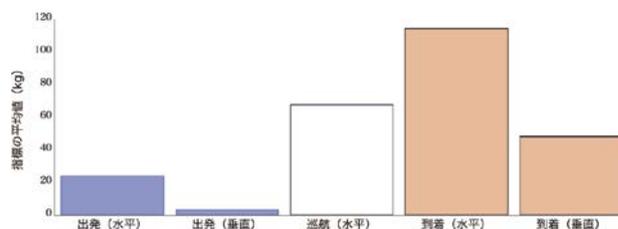


図1 指標値の全体平均の比較

飛行距離が最短で上昇・降下中に水平飛行が発生しない場合, 燃料消費は最小になると考えられる。一方, 現実には安全などへの考慮から飛行距離の延伸や上昇・降下中の水平飛行が発生する結果として燃料消費量は増加する。この燃料消費の増加量を効率の指標とした。

以下のように水平・垂直の2種類の指標を定義した。

- ・水平の指標: 最短値からの飛行距離の延伸により増加した燃料消費量
- ・垂直の指標: 上昇・降下中に発生する水平飛行により増加した燃料消費量

なお, 便数の多さなどから燃料消費量の実績値の記録・収集は非常に困難であるため, 指標値の算出には, 実績値に代えて推定値を用いた。

日本国内の代表的な幹線の一つである福岡空港から東京国際(羽田)空港までの飛行の実績データから指標値を算出した。実績データは2007年2月, 8月, 2009年2月, 2010年10月, 2011年2月, 7月, 9月の各月に記録されたものである。算出の例を図1に示す。算出例においては, 飛行を出発(出発空港から半径40NMの範囲)・到着(目的空港から半径100NMの範囲)・巡航(出発と到着の間の範囲)の3つの局面に分類し, 局面毎に水平・垂直の指標値の平均を算出した。

算出例からは出発の局面での効率は既に高い一方で, 到着の局面では効率の向上の余地が大きい可能性が示された。この効率の指標の継続的な適用により, 今後, 我が国の飛行の効率の推移や重点的な効率の改善が必要とされる箇所を把握できる見通しが得られた。

3.2 ATM パフォーマンス予測手法の検討

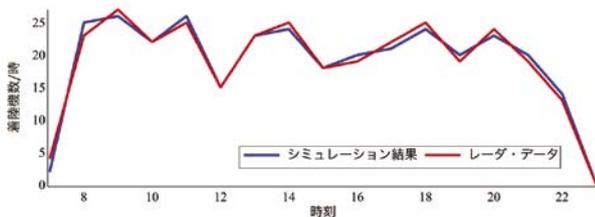


図2 単位時間あたりの着陸機数の比較

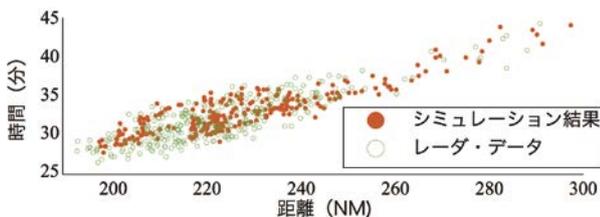


図3 飛行時間と飛行距離の散布図

高速シミュレーションを用いたATMパフォーマンス向上施策の便益推定には、実運航に対する再現性の高いシミュレーション・モデルの構築が重要である。そこで、我が国の国内線の運航において基幹的な役割を果たす羽田空港への到着機の交通流を対象としたモデルを構築し、実データの解析結果を活用して着陸間隔や飛行経路などのパラメータ値を設定した。シミュレーション実施中は設定されたパラメータ値に基づき各飛行が模擬される。このため、パラメータ値の設定はシミュレーション結果に直接の影響を与える。なお、モデルは羽田空港から半径180NMを対象とする。

構築したシミュレーション・モデルの再現性の検証のため、シミュレーション結果と実績値（レーダ・データ）を比較した。図2に単位時間当たりの着陸機数の比較例を示す。横軸は時間帯、縦軸はシミュレーション結果とレーダ・データのそれぞれより得られた各時間帯における1時間当たりの着陸機数を示す。着陸機数はシミュレーション結果とレーダ・データで、ほぼ一致することが図から示される。

飛行時間、飛行距離についても同様に高い再現性が示された。図3に飛行時間と飛行距離の散布図の比較例を示す。各飛行を対象として、横軸に飛行距離、縦軸に飛行時間をプロットした。飛行時間と飛行距離の範囲はシミュレーション結果とレーダ・データで、ほぼ一致すると同時に、飛行時間と飛行距離の相関関係も、ある程度類似していることが示される。

同様の手順で、羽田空港への到着機以外の交通流についても再現性の高いシミュレーション・モデルを構築できる見通しが得られることから、ATM向上施策による便益の事前検討の基盤となる優れた成果が得られたと考えている。

4. おわりに

構築した効率の指標の適用により関東空域再編などの施策が燃料消費面に及ぼした影響を検証すると同時に、重点的な効率の改善が必要とされる箇所を特定を行う。

また、構築したシミュレーション・モデルにより、連続降下方式などの運航方式の導入による便益を高い信頼性で推定する見通しが得られた。今後、ATMパフォーマンス向上施策をモデル化してシミュレーションを実施し、向上施策による便益の予測を行う。

掲載文献

- (1) 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
- (2) K. Kageyama, Study on Japanese ATM Performance, 韓国交通研究院 (KOTI), July. 2012
- (3) Y. Miyatsu: Cost Efficiency- A Viewpoint of Aircraft Operator, 韓国交通研究院 (KOTI), July. 2012
- (4) K. Kageyama: A Study on Efficiency in Japanese Airspace, International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS), Sep. 2012
- (5) K. Kageyama: Study on Japanese ATM Performance Assessments, World Wide TAAM Users Group Meeting, Oct. 2012
- (6) 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
- (7) 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
- (8) 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

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, 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、到着機は着陸待ちのため、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。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 24 年度の研究においては、以下を実施した。

- ・海外動向の調査
- ・東行き PACOTS 制限緩和の提案
- ・太平洋東行き UPR 制限緩和の検討
- ・太平洋上での高度上昇の現状分析及改善予測
- ・到着機の降下パスの現状分析
- ・羽田空港への FIM シミュレーション
- ・洋上管制シミュレータ性能向上仕様の検討

3. 研究成果

3.1 海外動向の調査

本研究を進めるにあたり、洋上空域の運用の現状調査としてオークランド航空路交通管制センターで行われている DARP や TA などの管制運用について調査した。また、サンフランシスコ空港で実施されている TA を調査するために北カリフォルニア TRACON を訪問し、サンフランシスコ空港での TA の実施条件や実施状況、実施上の制約などについて調査した。さらに NASA エイムズ研究所では TA、航空路での最適な降下をアドバイスする EDA (En route Descent Advisor)、地上で行う 4D トラジェクトリ管理と機上で ADS-B 情報を利用して速度制御による機体間隔維持を行う FIM を統合した将来の管制システムについ

て、パイロットと管制官が参加するシミュレーション実験で評価を行う ATD-1 (ATM Technology Demonstration - 1) などの関連する最新研究について調査した。

これらの調査結果は今後の研究に生かされる。

3.2 東行き PACOTS 制限緩和の提案

北太平洋全体の効率性向上のために、国土交通省航空局と米国連邦航空局は NOPAC 空域の利用方法の改善について検討を行っている。PACOTS 経路作成の制限緩和はその 1 つである。

NOPAC 経路は福岡 FIR とアンカレッジ FIR の北限域に位置する 5 本の固定経路である。アジアと北米を結ぶ経路として交通量が多いため、現在、PACOTS 東行き経路が NOPAC 経路と重なるときは、NOPAC 経路からの分岐や NOPAC 経路への合流をしないという制限がある。

NOPAC 経路 (南側 3 本) から南方向への分岐を可能とする制限緩和を検討した。図 1—1 に現行の条件による経路例、図 1—2 に提案条件による経路例を示す。

NOPAC 経路と重なっても途中で南下できることから、PACOTS トラックの開始点が北側に移動し、その結果、トラック 1 (成田発シアトル・バンクーバー行き)、トラック 2 (成田発サンフランシスコ行き) という北側のトラックがより北寄りに設定される。これにより、5 分程度の飛行時間が短縮できる。PACOTS 東行き経路が北側に設定される、年間約 58% の日はこの提案の便益を得る可能性がある。

平成 25 年 3 月から、提案したもの的一部分である R591 (NOPAC 北から 4 本目) の ADGOR からの分岐が、南 2 本が西行き PACOTS に設定されていないことを条件に導入された。今後は、NOPAC 西行き経路 (NOPAC 北から 4、5 本目) 交通量を考慮した A590 (NOPAC 北から 3 本目) の POXED から南側への分岐が検討される。

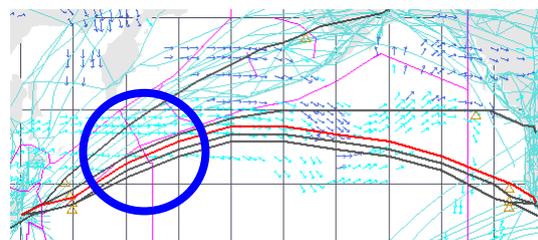


図 1—1 現行の条件による経路例

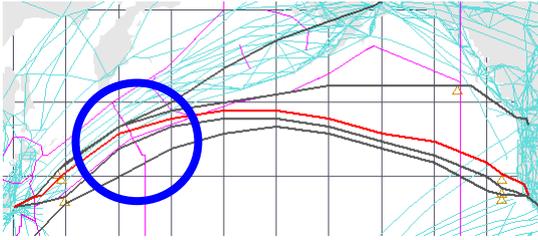


図1—2 制限を緩和した経路例（北側に設定）

3.3 太平洋東行き UPR 制限緩和の検討

交通量の多い時間帯での UPR は交通量の集中を招き、効率の良い高度を飛行できない場合がある。飛行の効率性と経路複雑性による管制官の付加を考慮し、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。しかし、基準となるトラック 2 からの分岐や合流が認められていないため、制限緩和が求められている。

トラック 2 を南北の空域境界線とし、トラック 2 の南側での UPR（トラック 2 からの分岐のみを可能とし、再合流は認めない条件）を想定し、トラック 2 以南をサンフランシスコもしくはロサンゼルス行きが飛行する UPR を計算し、管制シミュレーションを行った。気象条件の異なる 6 日間のシミュレーション結果を図 2 に示す。一機平均で、消費燃料、飛行時間も減少した。特にロサンゼルス行きの便での便益が大きかった。次年度以降も解析を続け、制限緩和を提案する予定である。

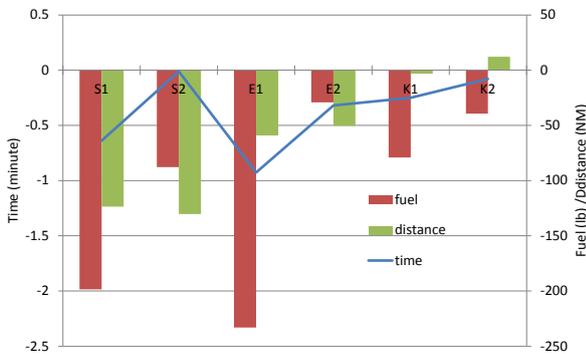


図2 想定 UPR による一機あたりの平均便益

3.4 太平洋上での高度上昇の現状分析と改善予測

洋上での管制官とパイロットの通信は HF 通信もしくは CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication) で行われている。CPDLC の通信ログを解析し、路線毎に高度変更のリクエストが承認されなかった率 (以下、Unable 率) を解析した。

交通量の多い経路は Unable 率が高く 20%~40%程度であった。現在、RNP4 の装備率は平均 40%程度、混雑時間帯でも 50%を下回る。レーダーデータを解析し、全機が RNP4 装備機であった場合は「Unable」と返答された約 1/4

の飛行が高度変更可能となり希望高度で飛行できる潜在的便益がわかった。今後は HF 通信の航空機の情報も併せて解析を行う。

3.5 到着機の降下パスの現状分析

羽田空港及び関西空港の到着機について降下パスの現状分析を行っている。ターミナル空域への進入方向、水平飛行や平均降下率に着目し、CDO に近い降下を行えたか、管制間隔を確保する必要がある他機が近くを飛行していたかなどの解析を行っている。図 3 に羽田空港での解析例を示す。

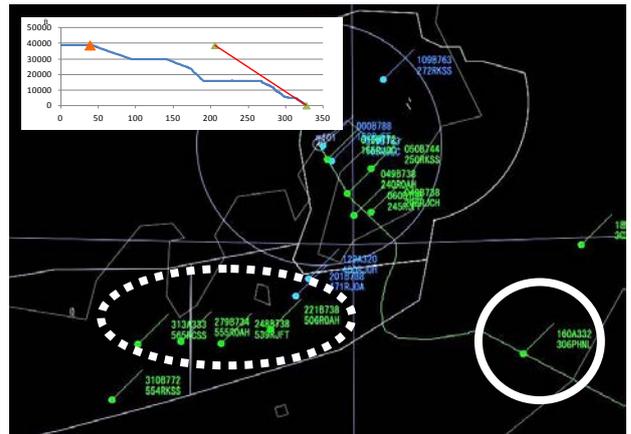


図3 到着機降下プロファイルと周辺機

到着機の航跡と降下プロファイルを示す。白丸で囲んだ到着機は点線で囲んだ到着機との関連で早めに降下し、これら後に続いている。赤線が 3 度の降下パスを示す。このように到着機の列に続くような場合にも CDO ができるような検討が必要である。

この解析を次年度も引き続き行いシミュレーションシナリオを作成する。シミュレータの改修後に洋上空域からの CDO の模擬を行う予定である。

3.6 羽田空港への FIM シミュレーション

現在、混雑空港への到着は間隔確保のために水平飛行やレーダ誘導があり、燃料消費の観点からは理想的な到着とはいえない場合が多い。将来、ADS-B in/out が航空機に搭載されることを仮定し、ASAS 応用方式の一つである FIM (Flight Deck Based Interval Management) を羽田空港の到着機に活用して複数機が CDO を実施する場合のシミュレーションを行った。

FIM は先行機の飛行情報を ADS-B を介して後続機が取得し、滑走路端での到着時間間隔を確保するよう機上で速度を調整するものである。ただし、到着時間間隔や到着機の順序づけは管制官の指示に従う。

条件としては羽田空港に向かう到着機のみ、導入段階を

考慮して FIM を実施可能な ADS-B 搭載機と搭載していない航空機が混在する状況を仮定し、4 機が連続して CDO を実施しながら着陸する状況を模擬し、シミュレーション評価を行った。

その結果、FIM を利用すると、滑走路での時間間隔維持の性能を保障しながら燃料効率の良い降下の実現可能であることが解った。そこで次年度以降もシミュレーション評価を継続し、風の予測誤差や到着機の順序づけの影響等を考慮して FIM の有効性についてさらなる検証を行う。

3.7 洋上管制シミュレータ性能向上仕様の検討

洋上からターミナルまでを含めたシミュレーションを可能とするために、洋上管制シミュレータ性能向上の設計を行い仕様案を作成した。具体的には、詳細な計算範囲を拡げるとともに、空港周辺の経路設定に柔軟性を持たせ CDO の実施や解除、間隔設定ツールの使用をシミュレーション途中で行えるようにする。FMS のもつ気象データと実際の気象が異なる場合の模擬をできるようにする。また、洋上空域で運用が始まっている DARP について経路選択の柔軟性を持たせるとともに、CDP(Climb Descent Procedure)や ITP (In trail Procedure) といった ADS-C や ASAS を利用した管制間隔を短縮した上昇降下方式の実施など管制シミュレーションの操作性を向上させる。H25 年度はこれらの仕様に基づいたシミュレータの改修を開始する。

4. まとめ

PACOTS 設定条件について制限緩和案を提案した。そして、シミュレーションで PACOTS 経路を試算し現行条件での PACOTS 経路と比較した。その結果、夏場は現行の条件よりも消費燃料などに便益のある経路が設定されることを示した。UPR の制限緩和については今後もより現実に近い解析を続ける。

平成 25 年度は、羽田空港及び関西空港への到着パスについての調査を引き続き行いサンプル数を増やし、詳細な検討を行う。そして、シミュレータ性能向上後に連続降下方式を含めたシミュレーションが行えるようなシナリオの準備を行う。また、3.7 で検討したシミュレータの性能向上を実施する。

掲載文献

- (1) ENRI: “PACOTS for NOPAC Routes”, IPACG/36, IP19, May 2012
- (2) 福島, 岡田, 住谷, 福田: “洋上経路における RNP4 の導入効果について”, 平成 24 年電子航法研究所研究発表会, 2012 年 6 月

(3) Itoh, Uejima, Everdij, Blom:” Analyzing Separation Loss Events in Two-paired Aircraft Trailing Conducting Airborne Time Spacing Based Continuous Descent Arrival.” ,ICAS2012, Aug 2012.

(4) ATMC and ENRI: “Alternative Route Structures and the Introduction of Pacific Organized Track System (PACOTS) into NOPAC”, IPACG/37, WP03, Oct 2012.

(5) 福島, 福田, 岡田: “太平洋上の可変経路の制限緩和について”, 第 50 回飛行機シンポジウム, 2012 年 11 月

拡張現実技術を用いた管制業務支援技術に関する研究【指定研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○井上諭, 塩見格一 (監視通信領域)
研究期間 平成 22 年度～平成 25 年度

1. はじめに

空港での管制業務はタワーから管制官の目視によって行われているが、自然条件や環境によって時々刻々と変化するため、常に良い視程が得られるわけではない。視程が悪い条件下では、クリアな視界の時よりも位置確認作業は難しくなるため、業務のワークロードが上がるものと考えられている。

本研究は、タワー管制業務を対象として管制官の監視業務を拡張現実技術(Augmented Reality : AR) を用いることで、管制業務に必要な視覚情報を直接的に支援可能なインタフェース機器の技術開発、及び運用するためのシステムの枠組みについての研究を行うことを目指すものである。

2. コンピュータビジョンを用いた視覚支援技術

コンピュータビジョンを用いた空港管制業務の支援システムの研究は欧米で先行して行われてきた。特に仮想現実 (VR) 技術を応用した研究などが行われてきたが、それらで初期に用いられたシステムインタフェースはヘッドマウントディスプレイ (HMD) であったが、これは管制官による被験者実験で、現在までも装着感の問題が解決していないため、実現まで至っていない。

そこで、普及してきたのが AR ディスプレイ方式で、カメラでの撮影画像とコンピュータビジョンによる視覚支援情報を合成し、ディスプレイ上に表示するという形の技術が出てきた。この場合は全てが映像化されている合成映像を遠隔地に送ることができれば、空港に管制官がいなくても管制業務を提供できる可能性がある。

本研究で提案する基本システムでは、既に、レーダや

マルチラテレーション、ADS-B 等のシステムから航空機の位置情報を取得できる環境を想定し、それらの情報を用いて、航空機の識別および位置等の情報を映像に重ねて表示できるような拡張現実技術の仕組みの開発を目指す。図 1 は、それらシステムの概要イメージ。

3. 遠隔管制業務支援への応用

現在、この拡張現実技術と遠隔コントロール技術を組合わせて検討されているのが、リモートタワー管制業務というコンセプトである^[1]。リモートタワーは通常、比較的飛行便数の少ない地方空港の中・小規模空港などを導入目標とし、航空管制業務を遠隔的に実現することを目的にしている。

リモートタワーが導入可能となると、空港の管制業務を集約化したセンターから遠隔で制御できるようになり、人員の効率的な配置と、現在、管制官の配置されていないような小規模空港の業務をまとめて管制空港として運用することができ、業務が効率的になることを期待できる。また、小規模の非管制空港においてリモートタワーの技術によって管制オペレーションが可能となれば、管制官によるオペレーションを受けられるので安全性が向上するとかんがえられている。また、管制サービスリモートタワーの仕組みは、管制塔のように大きな建造物を建設する必要が無いため、設備投資や設備維持費も管制塔の運用に比べ、抑えることができると考えられている。

リモートタワーの研究は欧州で SESAR^[2]ではにおいて LVF (WP 6.9.3) および DFS-DLR(WP 6.8.4)が開発したシステムを利用して実用化へ向けた検証を進めている。

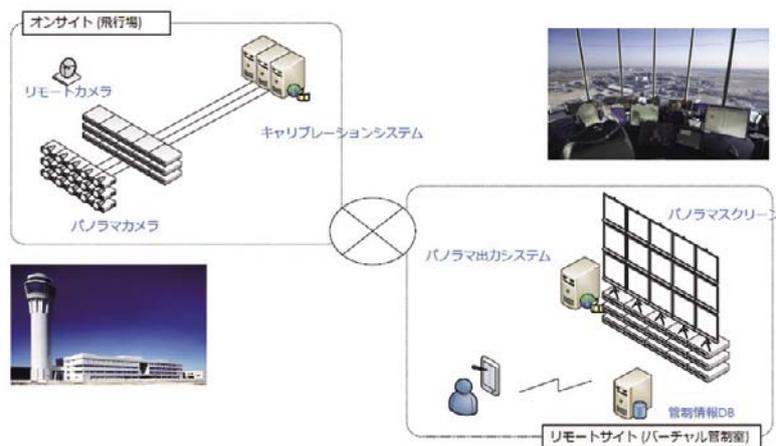


図 1 位置情報と画像を用いた AR 技術のタワー管制業務支援イメージ

LFV, DLR のいずれの機関もリモートタワーオペレーションをセンター化することを想定した設備・施設を作り、実験を開始しているところである。

4. 画像合成技術の開発

本研究ではリモートタワーの基礎となるシステムを構築してきた。現在のシステムはマルチカメラから映像を取得しパノラマ映像を合成するモジュール、ターゲットトラッキングを実行するモジュール、映像をコントロールするインタフェースモジュールからなる。

カメラシステムでは、複数台のカメラからの映像を合成し、パノラマ映像を作るためのシステムである。複数台のカメラで撮影されたそれぞれ異なる角度の空港面のビューを映像合成技術によってシームレスに接合し一枚のパノラマを作成している。カメラはレンズ交換式の産業用小型カメラ（図2、80万画素×30fps）をプロトタイプに使い、シームレスにパノラマ映像が作れることを確認した。この図3のケースではカメラ6台を15度に設定している。

パノラマ映像を作成するに当たり、それぞれのカメラから取得された映像のエッジ部分をシームレスに合成するために、レンズによる映像の歪みを補正するための円柱マッピング補正を入れている。また、航空管制システムはクリティカルシステムで、高い冗長性と信頼性が要求されるシステムであるため、万が一、カメラが故障した場合でも、隣にあるカメラ同士が互いの映像をカバーできるようにセッティングされており、複眼のようなカメラ映像から、1枚のパノラマ映像を生成する仕組みになっている。このとき合成映像に時刻のずれが生じないように時刻同期とキャリブレーションを自動で行えるようにしている。また、巨大な画素の映像を送信するためには画像圧縮が欠かせない。そこで今回はRGB→YCbCr420変換に加え、差分画像をラン・レンクス法で圧縮することでデータサイズを従来よりさらに1/10のサイズに圧縮して転送している。この結果、5600×800のパノラマ映像が作成できることを確認した。



図2 パノラマ合成映像用カメラ

5. ターゲットトラッキングシステム

管制官の視覚をサポートするために、ターゲットの位置にシンボルと視覚支援情報タグを表示することを行う。本研究では映像から航空機や空港面を移動する車両を検出し、追跡する機能を検討しシステムに組込んだ。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トラッキングの処理速度を考慮して、背景差分法を用いている。ただしこの方法でもいくつか課題が発生した。課題の代表的なものは、1) 物体追跡を中断してしまう。2) 前方にある遮蔽物によってターゲットが分断される。3) 複数の物体が重なった場合、別々の物体と認識されない。という3つの問題があった。そこで、1の問題に対処するために、あえて背景を学習することをやめることで、止まっているターゲットでも追跡を可能とした。また、2、3の問題は物体選定アルゴリズムにおいて選定の閾値の調整と共に、カルマンフィルタとターゲット候補中の Hellinger 距離を測定することで追跡精度を改善することができた。例えば、航空機が図3のようにターゲットが分断されたような場合においても、一つのターゲットとして融合したりすることは現在のシステムでは極少に抑えられている。



図3 トラッキングの改善例

6. コントロールインタフェース

カメラ映像から任意のターゲットを拡大したり、別の拡大映像から追跡を設定したりするためのインタフェースを構築した。インタフェースはタッチパネル画面を使い、パノラマ映像の縮小型マップから任意のポイントを選択できるようになっている。タッチパネル式とすることで、任意のポイントを直感的に選択することができる。

7. まとめ

現在までに基礎的な映像による支援システムを構築してきた。今後はこれらシステムの機能検証をするとともに、実用化に向けた課題を抽出し、技術レベルを高めていきたい。

参考文献

- [1] Eier, D. & Huber, H.,(2008) *Advanced Ground Surveillance for Remote Tower*. ICNS Conference, IEEE.
- [2] SESAR magazine, Issue #7 (2012)

空港面トラジェクトリに関する研究【指定研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○青山久枝, 住谷美登里, 山田泉,
森亮太, マーク・ブラウン, 海津成男

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. はじめに

航空交通量の増大による大規模空港の需要増は空港面の混雑をもたらす。空港面の混雑による地上運航の滞留は、地上運航時間の増加や、それに伴う消費燃料の増加といった非効率性を招き、計画的な航空機運航に対する不確定要素となる。

地上運航の滞留に伴う非効率性を軽減するための空港面交通管理として、欧米ではトラジェクトリ管理の概念を空港面地上運航に導入し、関係者（エアライン、管制機関、空港管理機関等）間の情報共有に基づく協調的意志決定（Collaborative Decision Making: CDM）によって運航の非効率性を計画的に抑制する空港 CDM の研究開発と導入が進められている。日本においても、同様の空港面交通管理のコンセプトが検討されている。

2. 研究の概要

本研究は 2 ヶ年計画であり、本年度は主に以下の項目を実施した。

- ・ 空港面の地上交通データ等を用いた運航分析
- ・ 空港面運用スケジュール調整手法に関する検討

3. 今年度の成果

3.1 空港面の地上交通データを用いた運航分析

空港面の交通流データを算出するため、空港面の地上交通データをもとに、当所が補間、平滑化などの処理を行いデータベース化した。この処理後のデータ（以下、地上走行 DB とする）から 5 分間毎の滑走路離着陸数を調査した。

羽田空港の井桁型に配置された 4 本の滑走路は、独立した運用が困難であり、各滑走路の利用便数はその滑走路と飛行経路が干渉する滑走路の利用便数に影響されることがわかった。例として、図 1 に北風運用時の滑走路運用形態を示す。また、図 2 に北風運用時における 1 日分の 05 滑走路出発便とその飛行経路に干渉する 34R 滑走路の到着便（5 分間毎）を示す。

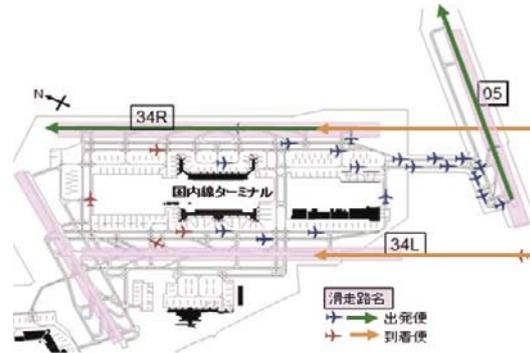


図 1 北風運用時の滑走路運用形態

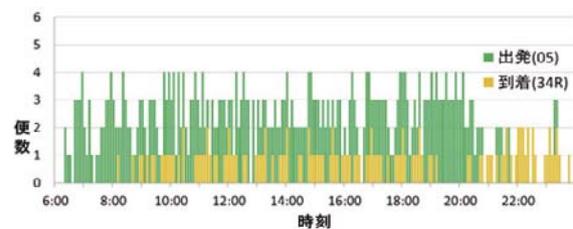


図 2 滑走路の 5 分間あたりの離着陸数

図 2 より滑走路の 5 分間あたりの離着陸数は最大で 4 便、10 分間あたりでは最大 7 便で運用されていることがわかる。

3.2 空港面運用スケジュール調整手法に関する検討

空港面における出発便の運航について、図 3 のようなフェーズ分けをした。



図 3 出発便の運航フェーズ

空港面の交通の滞留原因である出発便の滑走路手前での離陸待ち時間（図 3：赤線）を一定時間以下に抑えるために出発便のスポット出発時刻（図 3：○印）を調整して、シミュレーションにより検証した。各出発便について予測した離陸時刻をもとに、飛行経路が干渉する滑走路間の 5 分間あたりの離着陸数を図 4 に示すアルゴリ

ズムで制御し、一部の出発便についてスポット出発時刻を調整した。図5にシミュレーションの結果を示す。

図5(a)では、時刻調整を行う前に離陸待ち時間を示す赤線が長い便数が多かったが、(b)の調整後では赤線が短くなったことで、離陸待ち時間が軽減されたことがわかる。

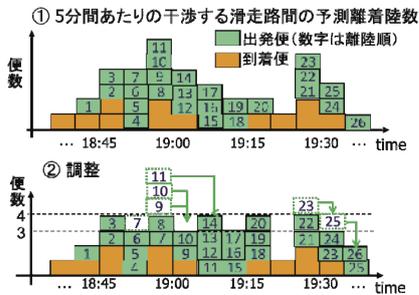


図4 スポット出発時刻調整手法のアルゴリズム

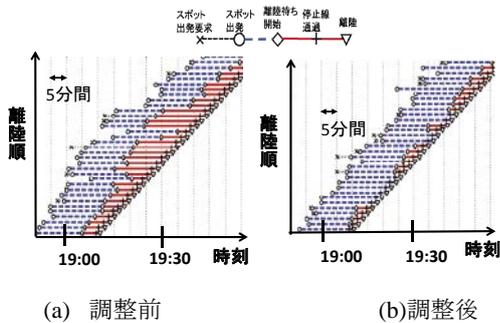


図5 スポット出発時刻調整前後の交通状況

4. 今後の見通し

羽田空港における空港面交通の滞留を軽減する空港面交通管理手法の研究を行ってきたが、今後は成田空港における機数調整等の交通管理手法を用いた効率的な空港面交通に関する研究を行っていく予定である。

掲載文献

- (1) 山田ほか：“羽田空港における航空機地上運航の滞留に関する分析”，第11回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp. 69-76，June 2011.
- (2) 森ほか：“羽田空港の地上走行のシミュレーション評価”，第11回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp. 77-82，June 2011.
- (3) 山田ほか：“マルチラレーション監視データを用いた空港面地上運航時間の分析—大規模空港における滞留時間の特徴に関する一考察—”，電子航法研究所報告，no. 127，Oct.2011.
- (4) R.Mori: “Description of Complex Runway Usage with

Queuing Theory”，Proc. Int'l. Conf. European Aerospace Societies (CEAS2011)，Oct.2011.

- (5) 山田ほか：“羽田空港における空港面交通流の変化に関する分析”，日本航空宇宙学会第49回飛行機シンポジウム講演集，JSASS-2011-5188，Oct.2011.
- (6) 山田：“羽田空港の空港面交通流に関する分析”，航空管制，no. 321，pp. 42-49，Jan.2012.
- (7) ブラウンほか：“空港面交通管理のための羽田空港の駐機スポット情報に関する解析”，信学技報，vol. 111，no. 407，SANE2011-143，pp. 9-14，Jan.2012.
- (8) 山田ほか：“空港面交通管理の評価手法に関する考察”，第12回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp. 5-10，June 2012.
- (9) ブラウンほか：“空港面交通管理のための羽田空港の駐機スポットに関する解析”，第12回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp. 11-16，June 2012
- (10) 住谷ほか：“空港面交通管理手法の一提案”，信学技報，SANE2012-41，pp. 1-6，July 2012.
- (11) R.Mori：“Improvement of Static Runway Assignment Using Queuing Model”，Euro 2012 (25th European Conference on Operational Research)，July.2012.
- (12) 住谷ほか：“空港面交通管理手法のシミュレーションによる検討”，航空振興財団 航空交通管制システム小委員会，Aug.2012.
- (13) 山田：“空港面交通管理の評価手法に関する考察”，航空無線，第73号，pp. 34-39，Sept. 2012.
- (14) R.Mori：“AIRCRAFT TAXIING MODEL AT CONGESTED AIRPORTS”，ICAS 2012 (28th Congress of International Council of the Aeronautical Sciences)，Sept.2012.
- (15) 山田ほか：“空港面の交通流分析と今後の展望”，日本航空宇宙学会誌，第60巻，pp.377-382，Oct. 2012.
- (16) 森：“待ち行列理論を用いた羽田空港における滑走路利用の効率化”，機械学会第21回交通・物流部門大会 講演論文集，No. 12-79，Dec.2012.
- (17) I. Yamada et al.：“A Simulation Study on a Method of Departure Taxi Scheduling at Haneda Airport”，3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)，EN-024，Feb. 2013.
- (18) R. Mori：“Aircraft Ground-Taxiing Model for Congested Airport Using Cellular Automata”，IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems，vol. 14，no. 1，pp. 180-188，March 2013.

トラジェクトリ運用環境下を見据えた空域の安全性に関する基礎的研究【指定研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○天井治, 藤田雅人, 森亮太

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. はじめに

将来予想される更なる高密度運用に対応し、定時性、経済性を高めるため、トラジェクトリベースでの航空機の運用を目指して、各国で研究が行われている。

ICAO の Annex11 では、新たな方式等を導入する際の安全性の事前評価および導入後の継続的な安全性評価の実施を各国に義務づけている。トラジェクトリ運用は航空機毎に最適となる軌道を飛行させるもので、航空機の時間管理の正確さや上昇下降時の飛行高度のバラツキが管制間隔基準を考える上で重要となる。トラジェクトリ運用環境下では現在の管制とは大きく異なる運用が想定される。このため、安全性の事前評価は必須と考える。今後、トラジェクトリ運用への移行を計画的かつ円滑に行うためには、航空機の時間管理能力や上昇下降時の飛行高度のバラツキの把握、トラジェクトリ運用環境下でのヒューマンエラー等を見越したハザードの同定などの安全性評価手法の研究が必要である。

2. 研究の概要

2.1 研究の目標

トラジェクトリ運用は現在まだ具体的な方式自体が定まっていない状況であるが、現在の状況とは大きく異なる運用が予想されるため、航空機の時間管理能力や上昇下降時の飛行高度のバラツキの把握、定性的安全性評価手法を用いた準備的な定性的安全性評価の実践等が早い段階から必要と考える。

具体的には、以下の①・②の達成を目指す。可能であれば得られた知見をトラジェクトリ運用要件に反映することを検討する。

- ① 航空機の時間管理能力や上昇下降時の高度のバラツキの把握
- ② 定性的安全性手法を用いた予備的なハザード同定、リスク評価のためのシナリオの作成および実践

また、ICAO のパネル会議への参加により国際貢献を果たす。

2.2 本年度の研究

本年度は下記の実施を計画した。

- ① 航空機の時間管理能力の把握（継続）
- ② 航空機の飛行高度のバラツキの把握（継続）
- ③ 管制間隔に関する安全性の検討
- ④ 航空機の時間管理能力および飛行高度のバラツキに関して得られた知見のトラジェクトリ運用要件への反映を検討
- ⑤ 定性的安全性評価手法を用いた準備的シナリオによるハザード同定、リスク評価の実践
- ⑥ ICAO のパネル会議等への参加による国際貢献

①について。航空交通管理センターでは、2011年8月からCFDT (Calculated Fix Departure Time) を用いた航空交通流管理方式であるSCAS (Specifying Calculated Fix Departure Time for Arrival Spacing Program) の試行運用が始まっている。これは、管制官が航空機に特定FIXの通過時刻を指定して交通流の管理をする方法である。当該運用に絡み、現在、航空機が指定された時刻にどのくらい対応して飛行できるのかを把握する。

②について。トラジェクトリ運用ではCDO (Continuous Descent Operation : 継続降下運航方式) が一般的になると考える。現在は特定到着経路で一機毎のCDO運用が行われているが、将来は高度を離して同時にCDOが行われることが想定される。この際、どの程度高度間隔を離せば安全を確保できるかが重要になる。このため、その判断資料とするための基礎的なデータ (航空機の高度のバラツキ) を収集し、それを把握する。

③について。トラジェクトリ運用はまだ具体的な方式が定まっていない状態であり、現在ICAOの会議等では、トラジェクトリ運用に至らない現行方式での管制間隔に関する安全性評価が必要となっている。これらに対する安全性評価手法の開発等を行う。

④について。航空機の時間管理能力および飛行高度のバラツキに関して重要な知見が得られた場合、ICAO 会議等での発信を行い、今後のトラジェクトリ運用要件に反映できるようにする。

⑤について。トラジェクトリ運用では、現在とはいろいろと異なった管制運用が行われるものと思われる。これに関し、ハザード (危険因子) の同定、リスク評価が重要になると思われるが、日本では、新しい運用方式の導入の前

にハザード同定等が行われることがようやく行われ始めた印象があるが、まだ一般的になっていないと考える。我々は新たな運用方式の事前安全性評価等に際し、ハザード同定、リスク評価が容易に実現できる環境の整備を目指している。一昨年度に作成したインターネットを利用したハザードのリスク評価システムを活用して、ハザード同定等を行うための基礎システムの確立を目指す。

⑥について。ICAO 会議等の国際会議の場で情報発信を行っていくことは重要である。新しい手法の提案や参加者との議論等により国際貢献を果たす。

3. 研究成果

①の航空機の時間管理能力の把握において、九州等から羽田に向かう飛行便の時間管理能力を解析した。いくつかのセクター境界における管制システムの予測値(最小量子化単位 1 分)とレーダデータの実測値を比較した結果、その差の平均値は 1 分以内、標準偏差は 56 秒～84 秒であった。これにより、現行の管制システムは適切な予測値を出力できていることが確認できた。この結果は、今後のトラジェクトリ運用の研究の基礎資料になると考える。

②の航空機の飛行高度のバラツキの把握では、レーダデータを用いて高度指定 FIX (地理上の固定点) (FIX 名 STONE) における航空機の飛行高度のバラツキを解析した。STONE における通過高度(降下中)は 11,000 ft に指定されているが、レーダデータを用いて STONE 通過便の飛行高度を解析したところ、標準偏差で 428 ft のバラツキがあることが分かった。一方、同様に調べた巡航高度を飛行中の航空機の高度の標準偏差は 35 ft であり、大きな違いがあることが分かった。下降中の航空機同士の垂直間隔基準等を考える場合、この結果を踏まえてじっくり検討する必要があると考える。

③の管制間隔に関する安全性の検討については次の 3 つ成果が得られた。

1) 変分ベイズ法を用いた横方向経路逸脱量データの分布モデル推定法を開発した。横方向経路逸脱量とは航空機の位置の飛行経路からのずれである。横方向経路逸脱量データの分布モデルとして正規分布や両側指数分布の混合分布がよく用いられるが、我々の推定法ではこれらの分布モデルのモデルパラメーターを推定する。

管制間隔に関する安全性を検討するためには、衝突危険度の推定が行なわれることが多い。衝突危険度の推定の際に、どれほど正確に航空機が経路上を飛行するか、また、どれほどの頻度で大きな経路逸脱が発生するかを推定する必要がある。これらの推定のために確率分布モ

デルを使用する。我々の開発した分布モデル推定法は、レーダデータなどから収集された横方向経路逸脱量のデータから分布モデルを推定する際に用いる。ちなみに、今までの研究所における推定では、総当たりによる最尤推定パラメータ推定法が用いられていた。

我々のモデル推定法は以前のものと比較して、計算の高速化を実現した。具体的な例として、横方向経路逸脱量データが 10,000 個で正規分布や両側指数分布の二つの混合分布など推定するパラメータ数が 3 つの場合、総当たりでは 5 時間以上かかっていたが、変分ベイズ法では 1 秒から 2 秒でパラメータ推定が可能になった。

分布推定に用いるデータ数の多寡により、得られるモデルの信頼性は異なる。信頼区間は推定値がある確率(例えば 95%の確率)で含まれる範囲を示す。一般にデータ数が多くなると信頼区間は狭くなる。総当たり法では、横方向重量確率などの衝突危険度パラメータの信頼区間を求めることが出来なかった。しかし、変分ベイズ法では信頼区間を容易に求めることが可能となった。これにより、衝突危険度の信頼区間の計算が可能となる。

図 1 は 2006 年から 2007 年に R220 経路を飛行した航空機の横方向経路逸脱量の実測分布(実線)と 2 つの正規分布と 1 つの両側指数分布の混合分布モデル(分布パラメータ数は 5 つ)における変分ベイズ法による点推定モデル(MAP)・2.5%分位・97.5%分位(破線)を示している。横軸は横方向経路逸脱量の大きさであり、縦軸は 1 から累積相対頻度を引いた値を対数尺度で表している。実測分布が 2.5%分位・97.5%分位に挟まれ、かつ、点推定モデルが実測分布に近い。モデルが実測データによく適合している。

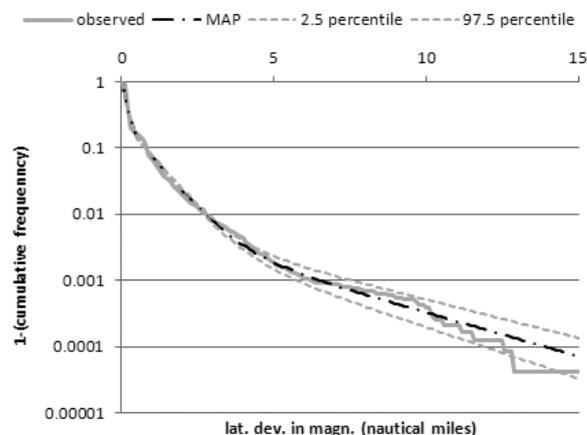


図 1 2006 年から 2007 年に R220 経路を飛行した航空機の横方向経路逸脱量の実測分布(実線)と変分ベイズ法による推定モデル

EMA/RMA の業務に定期的な衝突危険度推定が含まれる。そのため、EMA/RMA では分布モデル推定が必要となる。パラメータ推定の高速度はその業務の効率化に役立つ。正規分布や両側指数分布の混合分布の変分ベイズ法によるパラメータ推定アルゴリズムの開発例は海外にも見当たらず、学術的にも貢献できたと考える。

2) 洋上経路における縦管制間隔基準に係わる安全性解析を実施した。現状では、縦間隔として最小の10分縦間隔を適用するためには、マックナンバテクニックと呼ばれる手法を用いる必要がある。この手法においては、通常の管制に加え航空機を個々に指定する必要がある、管制官およびパイロットのワークロードが増大してしまう。そこで、本解析においては、マックナンバテクニックを使用せずに10分の縦間隔を使用する管制手法(マックなし10分)における安全性解析を実施した。

縦方向衝突リスクの推定には、ゲインロス分布と呼ばれる計算手法が一般に用いられるが、リスクが過大に見積もられる傾向にあるため、航空機の相対速度を考慮して改良した手法を提案した。提案手法では縦方向衝突リスクの推定値が従来の手法より小さくなることを実データの解析により確認した。

3) 現在定期的に行われているRVSM(短縮垂直間隔基準)の安全性解析について、航空機同士のすれ違いの頻度(近接通過頻度)の高い経路に対して、レーダデータにて経路毎に横方向重畳確率を推定したところ、今まで経路毎にほとんど変わらないと仮定してきた横方向重畳確率が経路により19倍もの差がある場合があることが分かった。横方向重畳確率は衝突リスクの推定における重要なパラメータの一つである。このため、経路毎に異なる横方向重畳確率を適用して衝突リスクを推定する手法を提案した。提案手法の活用により、より現実に即した安全性評価が期待できる。

④について、航空機の時間管理能力および飛行高度のパラッキに関して、それぞれ知見は得られたが、まだ調査すべき事項等があり国際会議等での発表は実施されなかった。

⑤の定性的安全性評価手法を用いた準備的シナリオによるハザード同定・リスク評価の実践では、離島GNSS進入に関し、実運航経験のあるパイロットの模擬操縦等に基づいて操作、通信等のフローチャートを作成した。フローチャート作成の目的は、HAZOP(Hazard and Operability Study)手法と組み合わせることによりハザードを同定し易くするためである。このフローチャートに基づいて開発

中のシステムにより各々のハザードに対するリスクを推定する方法で試験的にハザード同定を実施した。その結果、リスクを推定するのは最終的な危害のみで良く、事前確率を考える解析手法(ベイジアン・ネットワーク)への変更が必要との考えに至った。現在、この手法をシステムに組み込み中で、今後の研究に生かす予定である。

パイロットの模擬操縦やインタビューによるフローチャートの作成によりハザード同定の準備をする手法を確立でき、またリスク推定手法の変更の必要性にたどり着いたことは、定性的安全性評価の基盤構築に向けて前進したと考える。新方式導入の際の活用を期待できる。

⑥のICAOのパネル会議等への参加による国際貢献状況は以下の通り。

- ・IPACG/36(2012年5月)およびICAOのSASP/21(2012年11月)の会議において、マックなし10分に係わる計算手法に関して議論を行い、計算手法が妥当であるとの合意を得ることができた。
- ・国際学会ISIATM2012(2012年6月)において、変分ベイズ法を用いたパラメータ推定手法について発表を行った。

4. まとめ

本年度の研究の概要を示した。本研究はトラジェクトリ運用時の空域の安全性評価に対し、管制間隔基準策定等の基礎となる情報を把握する目的で行われた。

2年計画であったが今年度にマンパワーが増えたこともあり、多くの成果が出せたと考える。

掲載文献

- (1) R. Mori, Safety Assessment of the Introduction of 10 Minutes Longitudinal Time Separation on PACOTS Routes, IPACG/36, San Diego, May 2012
- (2) M. Fujita, Bayesian estimation of the navigation performance modeled by the mixture of Gaussian and Laplace distributions, ISIATM2012, Florida, June 2012
- (3) 藤田：“変分ベイズ法を用いた航空機の横方向経路逸脱量分布モデル推定法”，電子情報通信学会技術研究報告，SANE2012-42，2012年7月
- (4) 藤田：“ターミナル空域でも適用可能な衝突危険度推定手法の研究”，航空振興財団 航法小委員会，2012年8月
- (5) 藤田：“ターミナル空域の衝突危険度推定のためのソフトウェア開発に向けて”，「航空管制」，2012-No.5，2012年8月

- (6) 天井：“日本の国内空域における垂直方向近接通過頻度の変化”，電子情報通信学会 2012 年ソサイエティ大会，A-18-1，2012 年 10 月
- (7) R. Mori, Improved Calculation Method for Risk Analysis of Longitudinal Time Separation, ICAO SASP/WG/WHL/21, Seattle, Oct. 2012
- (8) 天井：“航空交通管制分野における定性的安全性評価について”，日本航海学会航空宇宙研究会講演会，2012 年 11 月
- (9) 天井：“経路毎に横方向重畳確率を推定した短縮垂直間隔運用の安全性評価”，電子情報通信学会技術研究報告，SANE2012-146，2013 年 1 月
- (10) 天井：“飛行高度指定点における航空機の飛行高度のバラツキ”，電子情報通信学会 2013 年総合大会，A-18-1，2013 年 3 月
- (11) M. Fujita, Iterative Bayesian estimation of navigation performance modeled by the mixture of Gaussian and Laplace distributions for the application of collision risk modeling, Transaction of JSASS, To appear

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】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○青山久枝, 狩川大輔

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（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。本年度は以下の項目を実施した。

- ・ 空域・交通流等のシミュレーション実現
- ・ 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
- ・ シミュレーション結果の予備的な妥当性検証

3. 今年度の成果

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。研修用シミュレーションは研修担当教官に試用してもらい、基本的な妥当性を確認した。

また、平成 24 年 6 月に東京航空交通管制部において、管制官によるシミュレーション実験を行い、管制指示のログデータ等を取得して、これを COMPASi に入力することにより業務シミュレーション実験の再現も可能となった。

図 1 に COMPASi の画面例を示す。

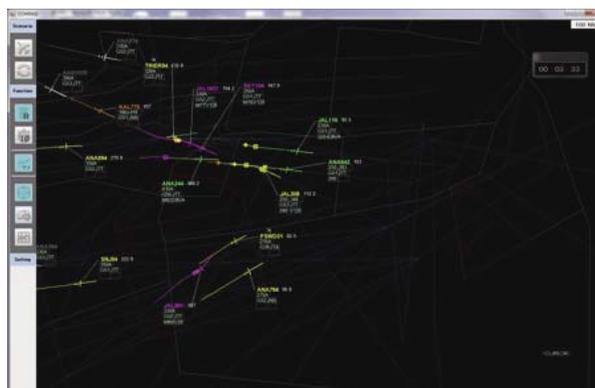


図 1 COMPASi の画面例

3.2 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

東京航空交通管制部の管制官による業務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。改良後に再度教官による評価の結果、訓練支援としてより有効な可視化ツールとなったとのコメントを得た。表 1 に改良後のタスクレベルの定義を示す。図中の網掛け行が、変更あるいは追加した部分である。

また、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。

表1 改良後のタスクレベルの定義

タスクレベル	色表示	必要な処理
1		パイロットからの要求への対応以外に必要な指示なし
1*		タスクレベル1の中で、速度調整中
2		定型的な高度処理
3		定型的な高度処理+干渉する航空機1機に対する処理
3*		定型的な高度処理+干渉する航空機2機に対する処理
3**		定型的な高度処理+干渉する航空機3機以上に対する処理
4		タスクレベル3~3**の中で、時間的な制約を多く受ける

3.3 シミュレーション結果の予備的な妥当性検証

COMPASi の予備的妥当性評価として、岩沼研修センターの教官にご協力いただき、以下の項目について回答を得た。

① COMPASi によるシミュレーション結果の妥当性評価

② タスクレベルおよび COMPASi の妥当性と訓練支援ツールとしての有効性に関するアンケート調査

③ 意見交換会（複数回）

その結果、タスクレベルおよび COMPASi の妥当性と訓練支援ツールとしての有効性について高い評価が得られた。また、タスクレベルの分類、出力項目の追加など改善要望も示され、3.2 節で述べた改良に至った。

東京航空交通管制部の業務シミュレーション実験結果に基づいた COMPASi のシミュレーション妥当性評価については、現地で取得した録画映像と COMPASi で再現された交通状況との比較、および各状況におけるタスクレベルの妥当性確認を通じて、予備的な妥当性評価を行った。

4. 今後の見通し

COMPASi の訓練支援ツールとしての評価について、岩沼研修センターの教官に今後ご協力いただき、継続して実施する予定である。これにより、訓練進捗状況の可視化等の実践的な使用方法を想定した評価を進めていく。また、航空保安大学校への紹介も予定しており、管制官養成課程における訓練支援ツールとして実用化を目指す。

訓練支援用途以外にも、現運用における交通流や管制官のワークロード分析ツールとしての適用に向けて、様々な空域での交通流シナリオへの対応、交通流の特徴が異なる複数の空域への適用などが簡易に可能となるよう評価・改良を継続していく。さらに、将来的な交通流制御等の有用性などについての基礎的評価資料として利

用を目指した開発を進めていく。

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。

出発到着フェーズにおける運航効率に関する研究【指定研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○岡恵, 蔭山康太, 中村陽一, 宮津義廣, 秋永和夫

研究期間 平成 24 年度～平成 25 年度

1. はじめに

空港周辺では経路が輻輳しており、滑走路や飛行経路上の地点での航空機間隔を確保するために、管制処理による時間調整が行われている。過度の航空機の集中は時間調整量の増加を招き、遅延や燃料消費量の増加につながる。また出発／到着フェーズにおいて航空機間隔を確保するため上昇／降下を一時中断することがあるが、上昇／降下中の水平飛行は燃料消費量を増大させる。また一方で、空港近傍に特化して時間調整を行う事は、管制負荷のバランスの欠如につながる。そのため、出発前を含めた早い段階から処理を分散する形で時間調整を行う事が、運航者・管制者双方にとって理想的であると考えられている。

効率の良い運航、管制運用のためには、以下を循環的に先行い空域や運用方式等を改善することが重要である。

- ・ 正確な現状把握による改善箇所の特定
- ・ 効率低下要因の推定および改善案の作成
- ・ 複数の改善案の評価および採用案の決定
- ・ 実施後の改善箇所の評価

そこで当研究では、改善箇所の特定のための現状把握の一つとして、空港周辺の飛行時間、飛行距離、上昇／降下中の水平飛行の距離の分析を行っている。レーダーデータを使用し、これらの分析を行う事で、運航効率低下が起る状況を推定する。

2. 研究の概要

本研究では、到着機の空港周辺における飛行距離を算出し、方角毎に比較を行う事で、飛行距離が大きい箇所や、飛行距離のばらつきが大きい箇所を調べた。

更に、航空機の降下パスや空域内の通過頻度が高いエリアを視覚的に確認するための補助的なツールとして、垂直面交通量分布図を自動的に生成するプログラムを作成した。

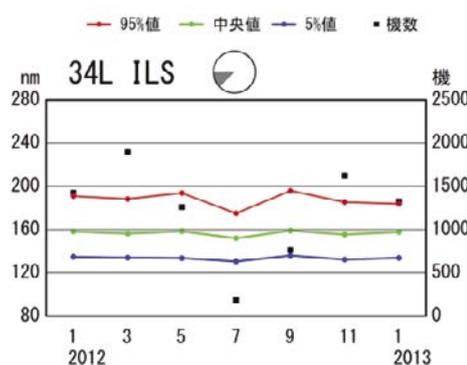
3. 研究成果

3.1 飛行距離

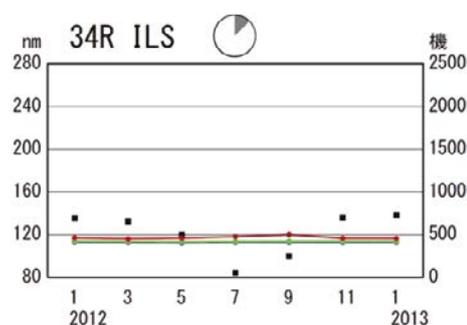
羽田空港および成田空港到着機を対象に、空港周辺での飛行距離を調べた。飛行距離は飛行計画経路や滑走路の運用によって変化するため、着陸滑走路・進入方式・飛行し

てくる方角（空港中心）毎に分類し、グループ毎に空港中心 150NM 円から 40NM 円までの飛行距離と 40NM 円内の飛行距離を集計した。150NM と 40NM を採用したのは、巡航高度から降下を開始するのが概ね 150NM 辺りであること、ターミナル空域に進入するのが概ね 40NM 辺りであることが理由である。また、空域境界線で分ける方法も検討したが、空域は円とは異なる形状であり、入域方角による飛行距離の比較ができないため、空港中心の円を採用した。

平成 24 年 1 月～平成 25 年 1 月の期間で、2 ヶ月に一度 1 週間、計 49 日分の到着機データを使用し、飛行距離を調べた。滑走路、進入方式、150NM・40NM 円入域時の方角によって分類し、それぞれに 5 パーセントイル値、中央値、95 パーセントイル値を算出した。結果の一例を図 1 に示す。



(a) A 滑走路着陸機（入域方角 225° ~ 270°）



(b) C 滑走路着陸機（入域方角 0° ~ 45°）

図 1. 羽田空港北風運用（ILS 進入）時の飛行距離
（区間 150NM～40NM）

羽田、成田空港到着機を対象に解析を行ったが、羽田空港の場合は、着陸滑走路（4通り）、進入方式（4通り）、入域方角（8通り）、区間（150NM,40NMの2通り）の組合せ256通りのうち、実際に航空機が飛行した100通りの組合せでグラフを作成した。その中で150NM～40NMの区間において機数の多かった2グループのグラフを一例として選び、図1に示した。

図1から、入域方角や着陸滑走路の違いにより飛行距離が異なることが読み取れる。(b)のグラフは(a)のグラフに比べ5%値と95%値の差が少なく3本とも最適値である110NM（150NMと40NMの差）に近い値であることがわかる。つまり、(a)のグラフに示すグループでは、短くても130NM程度飛行し、渋滞等により190NM程度まで飛行距離が増加する。(b)のグラフに示すグループでは、概ね最適値である110NMに近い飛行距離である、ということがわかる。

3.2 垂直面交通量分布図

航空機の降下パスの分布や空域内の通過頻度が高いエリアを確認することは、より効率のよい空域・経路構成や運用方法の検討をする際に有用である。そこで、本研究では垂直面交通量分布図を自動的に生成するプログラムを作成した。分布図の例を図2に示す。この図は1日分の到着機データを使用し、まず対象空域を飛行した航空機を抽出、次に経度・高度のメッシュで区切り通過した航空機数を算出、最後に機数ごとに色分けをして描画を行った。西から巡航してきた航空機が降下し着陸する様子が表れており、通過機数が多いエリア程、赤に近い色で表されている。

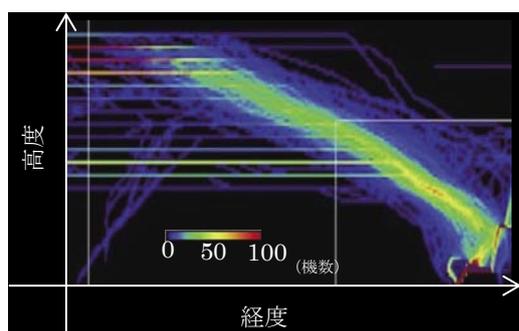


図2. 垂直面交通量分布図の例

4. まとめ

羽田および成田空港到着機を対象に空港周辺での飛行距離を調べた。着陸滑走路、進入方式、飛行してくる方角（空港中心）でグループ分けし集計することにより、飛行

距離が大きい箇所やばらつきが大きい箇所を調べた。

また、航空機の降下パスの分布や空域内の通過頻度が高いエリアを視覚的に確認するために垂直面交通量分布図を自動生成するプログラムを作成した。

今後は、出発機についても解析を行う事で、出発・到着経路全体での課題箇所の抽出、改善可能性の模索を行いたい。

フローコリドの基礎的研究【基礎研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○蔭山康太, 中村陽一
研究期間 平成 24 年度～平成 25 年度

1. はじめに

通信・航法・監視システムの発展に伴い、機上において周辺航空機の動態情報を取得し、各航空機が自律的な間隔維持を行うことが可能になるものと考えられている。これに伴い、高密度空域においてより安全かつ効率的な運航を行うためにフローコリドと呼ばれる空域における新しい運用概念が検討されている。

フローコリドとは、航空管制官の指示により航空機が飛行する従来の空域とは分離された、自律間隔維持の機能を有する航空機のみが飛行可能な空域であり、細長い筒状あるいは帯状の空域が想定されている。フローコリド内では各航空機は同一方向へ飛行し、自律的な間隔維持が行われるため、航空管制官の負荷を低減することが期待される。また、フローコリド内に高密度な交通流を形成することにより、フローコリド外の航空機が利用可能な空域を拡大し、全体として処理容量が増加するものと考えられている。

これまでにフローコリドの形状や配置、運用手順等の概念は検討されているが、実現までの課題は多く残されている。機上装置により得られる周辺の航空機の動態情報を利用し、適切な手順に基づき、フローコリド内における間隔維持、合流および離脱を安全かつ効率的に行う運用方法の検討が不可欠である。

2. 研究の概要

本研究ではフローコリドの導入時に安全かつ効率的な運航を実現する自律的な間隔維持手法について検討する。簡易的な交通流モデルを構築し、シミュレーションにより効果的な運用方法を考案することを目標とする。なお、本研究はその一部を名古屋大学へ委託して行った。

3. 研究成果

高密度な交通流において航空機が自律的に間隔を維持しつつ飛行することは新しい概念であるため、自律的な間隔維持モデルを構築することが必要となる。本研究では2つの間隔維持モデルを構築した。まず、図1に示すように幾何学的条件より針路を定める基本的なモデル(モデル1)を構築し、これを基に周辺航空機との飛行速度差に基づき

方向を定めるルールを新たに導入したモデル(モデル2)を構築し、その効果を調べた。

図2に示すように、単純化したフローコリドにおける最大の交通量を想定したシミュレーションによる評価を行った。モデル1においてはフローコリド内の航空機の飛行速度にばらつきが大きいほど、また平均より離れた速度で飛行するほどより大きな操作が求められる傾向が見られた。一方で、モデル2では速度差に基づく方向へ回避を行うことにより、速度に応じた流れが形成され、各航空機と回避すべき対象との速度差を低減した。これにより速度のばらつきによる影響を抑えるとともに、間隔の維持に要する操作量を大きく低減できることが示された。

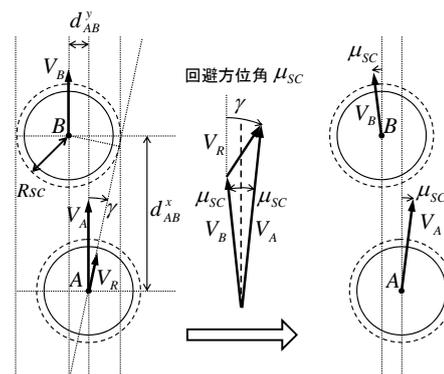


図1 基本的なモデル

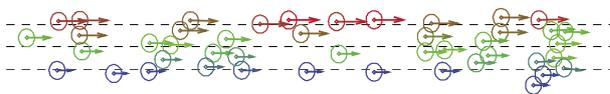


図2 交通流シミュレーション例

4. 考察等

本解析より、フローコリドを利用した交通流のモデル化を行う見通しを得ることができた。今後は合流、離脱を含む、より現実的な条件における解析を行う予定である。

掲載文献

- (1) 中村, 武市, 蔭山, ”飛行速度差を利用した高密度航空交通流の形成”, 第 50 回飛行機シンポジウム, 2012 年 11 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 ○マーク・ブラウン、井上諭、瀬之口敦、住谷泰人（監視通信領域）

研究期間 平成24年度～平成26年度

1. はじめに

「時間ベース運用」は、次世代の航空交通管理（ATM）システムの中核となるトラジェクトリベース運用（TBO）の初めの一歩とされ、トライアル運用が実施されている。TBOと時間ベース運用を実現するため、ATMシステムは航空機が特定フィックスを通過する時刻と通過時刻の可能な調整範囲を予想しなければならないが、機上システム（FMS）から情報を得なければ、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空地間の情報交換が必要とされている。現在、TBOと時間ベース運用のためのデータリンクの標準化作業が進められているが、新しい機上システムが必要であるため、導入コストが発生する。

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、既存の設備（ACARS空対地データリンク、現在の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実現可能性について調査することを目的とする。平成24年度では、以下の課題について調査を行った。

- ① 航空機の通信、誘導／航法システムからのデータ取得に関する調査
- ② 時間ベース運用の概念、実験（トライアル）の実績による時間ベース運用のためのデータリンクアプリケーションの要件調査
- ③ B737 FMSから取得可能なトラジェクトリ情報（ARINC-702A Intent Downlink (IDL) Message）調査

3. 研究成果

以上の調査項目に対する調査結果を以下にまとめる。

① 福岡FIRにおける時間ベース運用の対象となる便はほとんどFMSとACARS装備ということを確認した。旅客機用FMSからトラジェクトリに関する情報のダウンリンクは可能だが、ダウンリンク方法、ダウンリンク情報等はFMSの種類に依存する。

② 時間ベース管理の課題、トラジェクトリ予測誤差等を把握した。例えば、時間ベース運用の信頼性を向上するためFMSとATMシステムで計算された予測トラジェクトリの同期は必要であるが、データリンクによる同期方法は標準化されていない。また、フィックスの指定通過時刻を達成するためには、航空機による速度制御とATCの速度指示の二つの方法があり、最適な方法は運用状況によると考える。

③ 航空会社に協力を依頼したが、航空会社はIDL機能を利用していないため、その詳細な調査は不可能であった。

4. 考察等

平成24年度の調査により、既存設備の利用により時間ベース運用の支援は技術的に可能であると考えられる。現実性を調べるため、平成25年度以降、以下の作業を行う予定である。

- ① 一般の旅客機FMSに適用できるパラメータダウンリンクの方法を調査する。
- ② B737 FMS訓練装置を利用して、調査を行う。

なお、別の研究テーマで、航空機からのダウンリンク情報に基づいて地上トラジェクトリ予測精度の向上を図ることとしている。

掲載文献

Brown, M., *et al.*: Time-Based Operations: First Steps towards Trajectory-Based Control. In Proc. APISAT 2012, Nov. 13–15 2012, Jeju, Korea.

将来の航空交通管理のためのモデリング手法とその評価に関する調査及び研究【在外派遣研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○井上諭

研究期間 平成 24 年度

1. はじめに

平成 24 年 3 月末より約 1 年間、英国 Imperial College London (以下 ICL) の交通学研究センターに拠点を置き、欧州の将来の ATM 研究 (特に シミュレーションによるモデリングや評価に関する研究) や現状の調査を行ってきたので報告する。

2. ICL 交通学研究センター (CTS)

今回、Imperial College では、交通工学センターのディレクターである Ochieng Washington 教授と空域容量の研究大変有名な Arnab Majumdar 先生のお世話になった。CTS は ATM 研究だけでなく、陸海空の全ての交通に関する分野についての研究テーマを扱っている。また工学だけでなく、経済や環境といった分野の専門家も集まって交通の問題を研究している総合的な研究センターである。その中でも Majumdar 先生は CTS における ATM 研究の取り纏めで、研究の専門領域は、ATM の空域容量だけでなく、最近 Imperial College の Lloyds Register Educational Trust (LEAT) 寄付講座の責任者も務め、鉄道の領域も含めた交通に関するリスクマネジメントの研究までやられている。

私は、この CTS の ATM 研究グループにおいて、主に SESAR に関連している空域容量の研究グループで研究・調査の活動を行った。

3. 空域容量 (Airspace Capacity) に関する研究

CTS では EUROCONTROL の協力のもと、将来の空域容量に関する研究を行っている。特に将来、Trajectory Based Operation (以下、TBO) が導入される場合には、自動化システムが用いられ、現在の運用とは異なるシステムになると想定されるため、空域容量を構成する要素も変化すると考えられている。これらの構成要素はどのようなものか検証するためには、モデルを構築し、ファストタイムシミュレーション (FTS) を用いて解析的に検証する方法が重要であると考えられている。シミュレーションを行うにあたっては、評価するための空域容量を構成している要素が何であるのかを明確にしなければならない。そこで、まずは最初のアプローチとして現状の空域容量を構成する要素を分析し、分類することから始めている。概念的だが、特徴的な要素は、各空域の固有な特徴を形作る Spatial-Geometrical Factors に分類される要素、また現在の空域容量で主に

用いられている Controllability に分類される要素、そしてオーバーロードから守ると同時に想定される最大限の空域容量を保障していくための Capacity Resilience に分類される大きく 3 つに分類すると提案している。また同時に、空域容量における自動化の影響 (Impact) についても検討がされており、SESAR では以下、Conflict detection, Conflict resolution, Situational awareness enhancement, Panning, Separation provision, Complexity management, Communication & information transmission, Trajectory management support, Monitoring, Prediction enhancement 等、が自動化導入として検討されているカテゴリーであり、それぞれについて容量に与える影響を検討していかなければならない。

さらに、将来の容量に関する考え方は、局所的な最適化だけでは空域容量の拡大には限界があると考えられており、より大きな効果を得るためには、ACC 同士の関係を最適にするためのネットワーク容量という考え方を検討している。欧州空域では、空域が国ごとにある ANSP によって細分化されており、欧州全体の ATM 運用コストの高さが問題とされているが、ネットワーク容量という考え方をを用いて最適化することで、運用効率を上げていきたいと考えている。

また、これらの将来のコンセプトを検証するためのプラットフォームとして FTS を使用することが想定されているが、将来コンセプトを検証するためには柔軟な機能追加などが可能な拡張性の高いプラットフォームが必要になることが分かっている。COT シミュレータはほとんどこれら拡張性能がないが、欧州の ANSP や研究機関を調査した結果から、2 つの可能性のあるシミュレータを選定し、機能について検証していくこととなった。

4. まとめ

IC での 1 年間は研究に取り組むだけでなく、チームでの研究やマネジメントの仕方について考える良い機会になった。また、研究生活や調査を通して築くことができた仲間や友人、人的な繋がり、今後の活動においても非常に貴重なものである。今後も、得た経験を活かしていきたい。また最後に、このような機会を提供してくれた Majumdar 先生をはじめとした Imperial College の学生、スタッフのメンバー、また ENRI の ATM 領域メンバーにも感謝したい。

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24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高度利用のための電離圏データ収集・共有
3. 地上型衛星航法補強システムの設置技術に関する研究
4. GNSSを利用した曲線経路による精密進入着陸方式に関する研究
5. マルチGNSS環境に対応したインテグリティ補強方式に関する研究
6. GPS補強信号広域サービス化のための基礎研究
7. 能動的観測手法による電離圏異常検出とSBAS/GBASへの応用
8. 曲線進入コースに対応したGBAS機上データ処理に関する基礎的研究
9. GNSS受信機における自律型異常信号検出手法に関する研究 (中止)
10. GNSSを用いた飛行方式の評価方法に関する調査
11. 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
12. 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
13. 障害に強い (ロバストな) 位置情報のための地域的測位衛星の高度利用

1は重点研究であり、2から6は指定研究、7から9までは基礎研究、10は調査、11から13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、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。

3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安全性への影響の定量的検討、PPD (個人用保護デバイス) 等によ

る電波干渉源に関する研究である。

4は、曲線精密進入方式等高度な飛行方式の技術的課題やニーズの体系的整理を行い、今後の重点研究の方向性を明らかにする基礎資料となす研究である。

5は、GNSSを航空機の航法に利用するためには補強システムが必要となるが、既存の補強方式は必ずしもそのままではマルチGNSSに対応できないために、マルチGNSS環境下における航空用補強システムについて、新しい補強方式を検討する研究である。

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広域化するために必要となる基礎的検討を行う研究である。

7は、後方散乱レーダーや非干渉散乱 (IS) レーダーなどの能動的手法を用いて広範囲効率的に電離圏異常を監視する手法について検討し、その実現可能性を判断する研究である。

8は、GBASの特長を活かした進入着陸方式である曲線進入 (TAP機能) に対応した実験用のGBAS機上装置の開発を目指す研究である。

9は、GNSS測位における測位精度の信頼性を劣化させる異常信号を自律的に適切に検出・除去する手法を開発し、様々な受信環境で性能評価を実施する研究である。

10は、GBAS, SBAS等を利用した新しい飛行方式についてFAA等で実施されている評価方法を、調査し知見を蓄積するとともに、評価の基本となるGNSSによる航空機位置誤差および表示方式の調査、GNSSを用いたRNPアプローチ等の安全性評価の計画案を検討する調査研究である。

11は、競争的資金である日本学術振興会の科学研究費補助金 (科研費) の挑戦的萌芽研究に研究分担者として参画した研究で、高精度デジタル受信機を用いた低軌道衛星ビーコン電波観測による電離圏全電子数観測と、GPS衛星の2周波信号を用いた電離圏全電子数観測を組み合わせ、電離圏複合トモグラフィを開発し、衛星航法システムに影響を与える電離圏電子密度の3次元常時モニタシステムの基礎を拓く研究である。

12は、同じく競争的資金である日本学術振興会の科学研究費補助金 (科研費) の基盤研究 (B) に研究分担者として参画した研究で、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。

13は、同じく競争的資金である文部科学省の宇宙利用促進調整委託費による研究で、地域的測位衛星を利用したGPSバックアップシステムの検討のため、さまざまな位置情報利用者について、国として保障すべき最低限のバック

アップ体制の検討、バックアップシステムの性能解析の実施及びGPSと併用した場合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2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、CAT-III進入を日本に導入する際に必要な安全性設計及び解析技術の開発と認証手法を確立するため、機器開発における安全性設計とリスク解析を進め、GAST-D地上プロトタイプofインテグリティモニタ・アルゴリズム開発の詳細設計を完了した。

4ヶ年計画の2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・共有手法の合意と様式を策定し、日本国内においては電離圏遅延及び勾配観測データを収集し、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ヶ年計画の初年度にあたる「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、マルチパス顕在化ツールを開発し組み込むとともに、PPDの電波特性測定や影響調査を実施した。

1年計画である「GNSSを利用した曲線経路による精密進入着陸方式に関する研究」では、関西空港における曲線進入飛行実験による基本性能確認や他方式の比較と課題抽出、GLS機能を有するフライトシミュレータ開発に向けたGLS信号生成ツールを検討した。

3ヶ年計画の2年度にあたる「マルチGNSS環境に対応したインテグリティ補強方式に関する研究」では、マルチGNSS環境に対応したSBASシミュレータを試作し、動作試験を行うとともに大まかな性能を確認した。

2ヶ年計画の最終年度にあたる「GPS補強信号広域サービス化のための基礎研究」では、GPS補強信号のサービスエリアをアジア・オセアニア地域へ広域化する地上モニタ局配置案をシミュレーションにより提案し、準天頂衛星の補完機能の効果を、実験車両を用いて実証できた。

2ヶ年計画の最終年度にあたる「能動的観測手法による電離圏異常検出とSBAS/GBASへの応用」では、シミュレーションとインドネシアの赤道大気レーダー及び短基線電離圏勾配観測装置による実験を行い、衛星航法における後方散乱レーダーを用いたプラズマバブルの検出手法の有効性が示された。

2ヶ年計画の最終年度にあたる「曲線進入コースに対応

したGBAS機上データ処理に関する基礎的研究」では、開発中の機上装置をJAXA機に搭載しTAP飛行実験の実データ取得を行い、偏位算出の問題点を明らかにし、処理方式に反映させるとともに、新実験機への実験用機上装置構成の検討し、表示部の初期案を完成させた。

2ヶ年計画の初年度にあたる「GNSS受信機における自律型異常信号検出手法に関する研究」では、既存手法の調査、GNSS新信号のGPS L5信号の受信実験、信号特性調査を実施した。当初の計画通りの進捗であったが、実施主任者の退職のため、他研究に反映し当研究を中止した。

2ヶ年計画の最終年度にあたる「GNSSを用いた飛行方式の評価方法に関する調査」では、飛行方式基準作成のために重要と考えられる、飛行シミュレータと飛行シミュレータによる評価方法についての調査を実施し、TSEとCRMを把握し、様々な条件における安全性について障害物との衝突確率をモンテカルロシミュレーションにより確認するとともに、基本的な飛行シミュレーションが可能なオープンソースツールを準備した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「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」では、当所に整備した観測システムで定常的に観測運用を行い、全国的な観測網も完成し、海外でも東南アジア～東アフリカにかけて観測網を拡張するとともに、京都大学と3次元複合トモグラフィ解析で初期結果を得た。

3カ年計画の初年度にあたる「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、電離圏全電子数変動成分のリアルタイム解析に適した新手法を開発し、リアルタイム監視システムを開発した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「障害に強い（ロバストな）位置情報のための地域的測位衛星の高度利用」では、GPSに対するバックアップシステムの性能評価及び実証実験を行うとともに、GPS・準天頂衛星の複数周波数信号に対応したマルチGNSS対応受信機で車両・船舶・航空機等によるマルチシグナル実証実験を実施した。

III 試験研究の成果と国土交通行政、産業界、学会に及ぼす効果の所見

当領域の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、アジア太平洋経済会議GNSS設置チーム(APEC GIT)会議、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。さらに、RTCAにおいても、事実上の国際標準(デファクトスタンダード)にあたるMOPS (Minimum Operational Performance Specification) やMASPS (Minimum Aviation System Performance Standards) の検討のために、数多くの特別委員会(SC: Special Committee)の会議が設置され検討が行われている。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、NAV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 松永 博英)

カテゴリーIII着陸が可能なGBAS (GAST-D) 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, 齋藤亨, 星野尾一明, 福島荘之介, 齋藤真二, 藤田征吾

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。その実現のためには、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ーIII (CAT-III) 着陸をサポートするGBASの実用化が望まれる。国際民間航空機関 (ICAO) におけるGBASの標準及び勧告案 (SARPs) の検討は、航法システムパネル (NSP) 作業部会で実施されており、平成22年5月にGPSのL1信号を利用してCAT-III精密進入を実現するGBAS (GAST-D) の技術的検証が完了し、SARPs原案 (Baseline SARPs) が策定された。現在、このGAST-D SARPs原案について、運用面も含めた最終的な検証作業に移行し、実施されている。

2. 研究の概要

本研究ではGAST-D SARPs原案の妥当性検証とともに日本においてGAST-D導入の際に必要な安全性検証と認証手法を確立することを目的としている。そのため、「GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発 (重点研究：平成20年～平成24年)」において製作したCAT-I GBASプロトタイプで得た知見をもとに極めて高い安全性が要求されるCAT-III精密進入を実現するためのGAST-Dの安全性設計に必要な地上実証モデル (GAST-Dプロトタイプ) を開発する。なお、GAST-D地上サブシステムに関してはプロトタイプ製作まで含めた検証を実施しているのは米国、欧州及び日本のみである。また、GAST-D SARPs原案策定に先立ち、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関して、太陽活動活発期に向けた磁気低緯度地域のデータを含めた評価により、その妥当性を検証する。

3. 研究成果

3.1 GAST-D地上実証モデルの安全性設計とインテグリティモニタ開発

GAST-D安全性設計及び検証を実施するために開発する地上実証モデルに関して、予備的安全性解析 (PSSA) を

実施して基本設計を完了した。併せて、平成23年度の要求仕様で明確化した、重点開発すべき7つのインテグリティモニタを含む、全てのインテグリティモニタのアルゴリズム開発設計を実施して詳細設計を完了した。詳細設計の進め方として、①独自の視点に基づいて実施 (電離圏勾配モニタ、複数受信機故障モニタ、積雪・着雪リスク解析)、②CAT-Iプロトタイプのアルゴリズムを応用・拡張して実施 (信号歪モニタ、CCDモニタ、過加速度モニタ)、③既存アルゴリズムの組合せを採用 (電波干渉モニタ、エフェメリスモニタ) の3つのグループに分類して実施した。

独自の視点に基づいて実施したものとして、まずは電離圏勾配モニタのアルゴリズム設計開発が挙げられる。これはCAT-I GBASプロトタイプで開発した電離圏フィールドモニタ (IFM) を拡張した手法であり、米国の研究グループで開発された手法とは異なる。この米国とは異なる独自アルゴリズムをGAST-D地上実証モデルに実装することにより、GAST-D SARPs原案に規定している電離圏勾配モニタに対する厳しい性能要件の実現性を米国、欧州における検証グループとともに相互検証し、より信頼性を高めた妥当性検証が可能となる。このアルゴリズムは、IFMで開発した基線解析による電離圏遅延差の推定手法を複数基線解析に発展させたもので、それら複数基線における推定結果間の整合性検証を追加して信頼性の向上を図っている。また、その複数基線解析により電離圏空間勾配の大きさとその向きを推定を可能とし、東西及び南北方向など任意の水平方向成分の推定も可能となった (掲載文献7)。

独自の視点に基づいて実施したものとしては、積雪・着雪リスク解析が挙げられる。これは日本の環境下で検討すべきリスクとして積雪・着雪リスクに着目し、平成23年度から開始した独立行政法人防災科学技術研究所との共同研究「GNSS信号に対する積雪、着雪の影響評価及びモデル化に関する研究」において、リスク評価のために積雪・着雪に関わる連続気象観測システムの近傍にGNSS受信機器を設置して取得した実験データで評価した。具体的には、GPSアンテナに付着した雪が落下した際のGPS観測データを解析し、着雪による信号遅延に相当する変動分を抽出して調査した。この結果、GPSアンテナへの着雪が落下したことにより、着雪の成長している方向を通過するGPS衛

星信号ほど、落下したことによるステップ状の大きな遅延変動が現れていることが確認された(観測期間を通した最大値は5cm程度)。このような着雪による遅延量は、電離圏空間勾配モニタに要求される検出性能と比較して無視できない程度の大きさであり、多雪地帯でのGAST-D地上装置の設置、運用において基準局間で着雪状況が異なる場合には誤検出の原因になり得ることが明らかになった。また、積雪表面によるマルチパス影響評価についても、積雪増加局面と縮退局面でその影響が定性的に異なることが示された。これは積雪表面が新雪とその後の状態変化で変質することと関連すると思われるが、平成23年度実験では1ヶ月程度のデータ欠損期間があったこともあり、前述の着雪リスク軽減対策として撥水塗料を塗布した追加実験を平成24年度も実施することとした(掲載文献8)。この他にも、CAT-Iプロトタイプ独自のアルゴリズムを応用・拡張して実施した②の信号歪モニタのように、GAST-D要件に満足するよう高い難易度を克服して拡張したインテグリティモニタもあった。

3.2 評価実験用GAST-D機上搭載装置のアルゴリズム開発

平成26年度にGAST-D地上実証モデル及び実験用航空機を用いた評価実験を実施するため、評価実験用のGAST-D機上搭載装置を開発することとしている。この目的としては、①空港に設置したGAST-D地上装置による滑走路を含む覆域とGAST-Dメッセージの運用性検証、②電離圏脅威の軽減策としての地上と機上の連携により安全性を確保するコンセプトの有効性、精度検証を実施し、ICAO NSP作業部会におけるGAST-D SARPs原案の検証活動にフィードバックすることを主な目的としている。平成24年度は、地上実証モデルによる放送信号を受信するためのVDB受信機、覆域に関わる調査として受信強度及び状態を解析するためのスペクトラム・アナライザ、機上GPS受信機、データ処理のためのPCなどを選定した。また、GAST-Dの主要な機上モニタについてアルゴリズムの概要設計を実施し、これらハードウェア機器の計測データを組み合わせてリアルタイムにGAST-D測位を行い、処理結果の表示、記録等を可能とする処理ソフトウェア製作に着手した。

4. まとめ

このように、GAST-D安全性設計及び検証を実施するための地上実証モデル開発について、基本設計及び詳細設計を完了するとともに、その過程では独自の視点に基づく電離圏勾配モニタをはじめとしたアルゴリズム開発設計、積雪・着雪リスク評価などを通して新たな知見が得られている。平成25年度は、GAST-D地上実証モデルの製作を完了

し、平成26年度に予定している実験用航空機を用いた評価実験のため新石垣空港へ設置する予定である。また、平成24年度に着手した機上搭載装置開発の開発を完了し、実験用航空機への搭載を実施する予定である。これにより地上及び機上モニタアルゴリズムを統合するとともに、電離圏脅威モデル及び低緯度電離圏観測データを用いたシミュレーションを実施し、電離圏脅威に対して地上と機上の連携により安全性を確保するコンセプトの有効性検証を実施することが可能となる。

掲載文献

- (1) T. Yoshihara, S. Saito and T. Sato, “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, May 2012.
- (2) T. Yoshihara, S. Saito and T. Sato, “ENRI’s GAST-D Validation Program”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, May 2012.
- (3) S. Saito and T. Yoshihara, “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, APANPIRG CNS/MET Subgroup/16, Bangkok, Thailand, July 2012.
- (4) T. Yoshihara, S. Saito et al., “GAST-D validation program of ENRI”, 13th International GBAS Working Group (I-GWG), Langen, Germany, August 2012.
- (5) 吉原, 本吉, 佐藤, 山口, 齋藤, “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
- (6) M. Steen et al., “GBAS Curved Approach Procedures: Advantages, Challenges and Applicability”, 28th ICAS Congress, ICAS 2012-4.9.2, Brisbane, Australia, Sept. 2012.
- (7) S. Saito, T. Yoshihara and S. Fujita, “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.
- (8) T. Yoshihara, H. Motoyoshi, T. Sato, S. Yamaguchi and S. Saito, “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.
- (9) S. Saito, T. Yoshihara and K. Suzuki, “Area Covered by an Ephemeris Monitor”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, March 2013.
- (10) T. Yoshihara, S. Saito and T. Sato, “Japanese GAST-D operational validation program in an ionospheric active region”, ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, March 2013.

GNSS 高度利用のための電離圏データ収集・共有 【指定研究】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤享, 吉原貴之, 藤田征吾, 星野尾一明, 伊藤実
担当期間 平成 23 年度～平成 26 年度

1. 研究の背景

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 APANPIRG においては、アジア太平洋地域における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、来るべき太陽活動極大期に向けて観測・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 NSP CSG においても、同様に全世界的にデータの収集・共有の体制を整える活動が行われつつある。これらの動向に対し、低緯度地域の電離圏擾乱現象についての観測・研究の経験が豊富な日本は、主導的な役割を果たしていくことが求められる。同時に、これらの活動を通して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ていくことが必要である。

一方で、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。これまで、これらのデータは重点研究の一部として収集されてきたが、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. 研究の目的

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

4. 研究の成果とまとめ

4.1 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 24 年度は、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。図 1 は、KMITL とその西方約 12 km に位置する Stamford 国際大学との間で、プラズマバブルに伴い観測された電離圏遅延量勾配の例である。このような解析データの蓄積が始まっており、低緯度電離圏の特性を取り入れた電離圏脅威モデルの構築に大きく貢献できると期待できる。

4.2 インドネシアにおける電離圏勾配観測

インドネシア・スマトラ島の京都大学赤道大気観測所

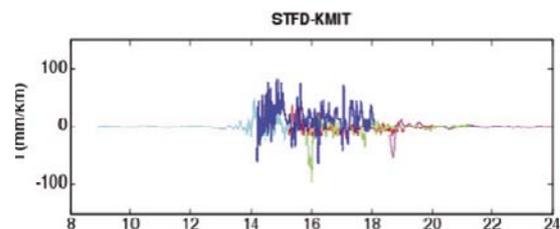


図 1. タイ・バンコクにおいて観測された電離圏遅延量勾配の例。縦軸は勾配[mm/km]、横軸は世界標準時(UT, 地方時は UT+7 時間)である。

は、世界的な低緯度電離圏観測装置の集積地である。衛星航法に係わる電離圏の影響に関する共同研究に基づき、名古屋大学と協力して短基線電離圏勾配観測装置を設置することとし、平成 24 年 2 月に行った現地調査の結果に基づき、平成 24 年 10 月に観測装置の設置を行った。

赤道大気観測所内で名古屋大学が北海道大学と協力して行っている GNSS 観測に加え、同観測所内の西方約 300 m の情報通信研究機構が電離圏観測装置(イオノゾンデ)を運用する小屋及び同観測所から南東に約 9 km 離れた Bukittinggi 市内の、京都大学と協力して赤道大気観測所を運用するインドネシア航空宇宙庁(LAPAN)ゲストハウスの鉄塔に設置し短基線電離圏遅延量勾配観測を開始した。観測は順調に継続されており、名古屋大学と協力して解析中である。

4.3 日本国内におけるデータ収集

電子航法研究所で開発した電離圏勾配精密測定手法を元に開発した GAST-D 用の電離圏絶対勾配モニタについては、石垣において得られた観測データを用いた評価が行われ [7], GAST-D プロトタイプにおけるモニタとして採用されることとなった。

平成 25 年 9 月及び 3 月には宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同してプラズマバブル発生時の GBAS 模擬を目的とした飛行実験を行い、プラズマバブル中の地上・機上観測データを得ることができた。このデータは、GAST-D 機上実験装置の開発に活用される予定である。

与那国島の観測点は、設置場所の情報通信研究機構与

那国海洋観測施設が平成 25 年度末で閉鎖となる予定であるため、石垣島に移設する方向で検討を進めている。石垣島に移設することで、これまでに石垣島に設置されている観測システムとの同時・同視野観測が可能となる。さらに、新石垣空港に設置の方向で調整している GAST-D プロトタイプによる実験の支援にも有効である。

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」においても活用され、平成 25 年夏に予定されているロケット実験においてロケット発射のタイミングを決めるため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される予定である。

4.4 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 年に APANPIRG CNS/MET サブグループにおいて設立された電離圏データ収集・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。

平成 24 年 10 月には第 2 回 ISTF 会議を ICAO アジア太平洋地域本部と協力してタイ・バンコクにおいて開催した。会議には 7 カ国・地域から 18 名の参加があり活発な議論が行われた。この中で、電離圏データ収集・共有のための共通データフォーマットを日本から提案し承認されるなどの成果を得た。平成 25 年度はさらにこの活動を進め、具体的なデータの解析と結果の共有を行っていく予定である。

5. 発表論文

[1] 齋藤, Report on the 1st Meeting of Ionospheric Studies Task Force under the CNS/MET-SG of APANPIRG (第 1 回電離圏問題検討タスクフォース会議報告), IP24, ICAO NSP WGW, カナダ・モントリオール, 2012 年 5 月

[2] 齋藤, Report on the IGWG-Iono Subgroup Activities for Ionospheric Data Collection Harmonization (電離圏データ収集のための国際 GBAS ワーキンググループ電離圏サブグループ活動報告), IP25, ICAO NSP WGW, カナダ・モントリオール, 2012 年 5 月

[3] 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

[4] 齋藤他, Study of ionospheric effects on GNSS by modeling and observation (モデリングと観測による衛星航法に対する電離圏の影響に関する研究), KARI-ENRI ワークショップ, 2012 年 6 月

[5] 齋藤, Summary of ionosphere data sources identified through a data collection template (電離圏データ収集・共有テンプレートによるデータソース集計結果), IP27, APANPIRG CNS/MET SG-16, タイ・バンコク, 2012 年 7 月

[6] 齋藤他, Ionospheric gradient observation and analysis for GBAS (GBAS のための電離圏勾配観測・解析), 第 13 回国際 GBAS ワーキンググループ, ドイツ・ランゲン, 2012 年 8 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] 齋藤, 航空航法と宇宙天気, 宇宙天気ユーザーズフォーラム (招待講演), 小金井・情報通信研究機構, 2013 年 2 月

[15] 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

[16] 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

[17] 辻井 (JAXA)他, Flight Trials to collect GPS data under Equatorial Ionospheric Plasma Bubbles (プラズマバブル発生時の飛行実験について), EIWAC2013, 東京, 2013 年 2 月

[18] 齋藤, Report on the 2nd Meeting of Ionospheric Studies Task Force under the CNS/MET-SG of APANPIRG (第 2 回電離圏問題検討タスクフォース会議報告), IP20, ICAO NSP WGW, カナダ・モントリオール, 2013 年 3 月

[19] 齋藤, Report on the IGWG-Iono Subgroup Activities for Ionospheric Data Collection Harmonization (国際 GBAS ワーキンググループ電離圏サブグループ活動報告), IP21, ICAO NSP WGW, カナダ・モントリオール, 2013 年 3 月

6. 関連共同研究

[1] 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, 情報通信研究機構・京都大学・名古屋大学

[2] Ionospheric TEC Characterization Program (電離圏全電子数の特徴付けに関する共同研究), タイ・モンクット王工科大学ラカバン (KMITL)

[3] GBAS の利用性向上に係わる共同研究, JAXA

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】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○福島荘之介, 齊藤真二
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。

PPD による GBAS への電波干渉は将来我が国においても顕在化する可能性があり、GBAS プロトタイプを開発した当所においても、その影響を調査し十分な安全対策を検討する必要がある。

2. 研究の概要

(1) PPD の海外動向調査

H24 年度は、GBAS 国際ワーキンググループ会議に出席して、関係者からニューアーク空港の PPD の影響を調査し、また 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開発

通常の衛星受信状態では表面化しないが、意図的に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た。具体的には、通常 8～12 衛星が受信されている状況において、ユーザ側で故意に衛星数を減じ、受信衛星が 4 衛星以上となる全ての衛星セットの組み合わせ

を計算し、全ての衛星セットについて、測位解、保護レベルを求める。関西国際空港で収集した 24 時間分の raw データにこのツールを適用し、衛星数毎のスタンフォードチャートを描画し、B 値、 σ 値の分布を把握した。

(3) PPD の電波特性・影響調査

PPD による GBAS への電波干渉については、PPD の仕様が不明であることから、複数の PPD を入手して、当所電波無響室内でその基本 RF 特性を測定した。また、GBAS 基準局用受信機（CMA-4048）に、GPS 信号シミュレータの L1 周波数の信号を入力した状態で、コンバイナーにより PPD 信号を重畳して、GPS 基準局用受信機の raw データを記録して、PPD によって生じる C/No の劣化、擬似距離誤差などを観測した。

3. 研究結果

(1) マルチパス顕在化ツール開発

図 1 は、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 2011 年 12 月 28 日の約 23 時間の raw データを対象としてスタンフォードチャート（垂直成分）を描画した結果である。図の横軸は垂直誤差（VPE）、縦軸は垂直保護レベル（VPL）を示す。

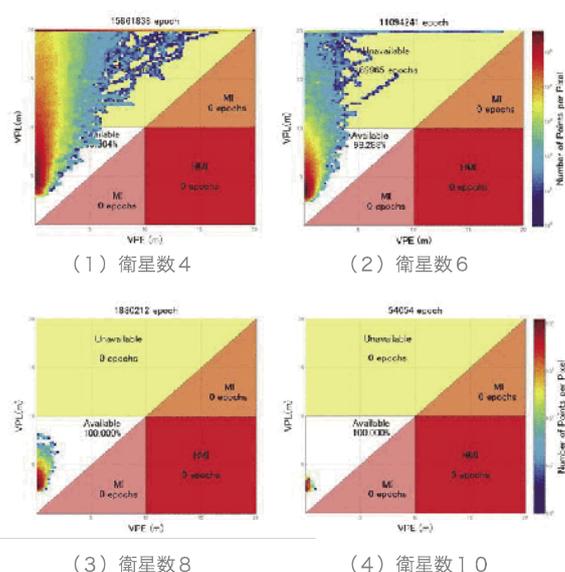


図 1：衛星数を減じたスタンフォードチャートによるマルチパスの顕在化

掲載文献

(1) 齊藤, 福島, “PPDの基本特性の測定について”, 信学総大, 岐阜, 2013年3月

図は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, 図中の(1)衛星数4は, 例えばあるエポックで受信衛星数が9だったとした場合, 衛星数が4となる全ての衛星セットの組み合わせの126通り(9C_4)をプロットした結果である。

顕在化ツールは, 衛星数を減じるためDOP(精度劣化度)を増加させ, VPEとVPLを増加させるが, これ以外に1基準局へのマルチパス誤差からH1仮定(1受信機がフォルト観測値を含む状態), または, VPE>VPLとなる危険なHMI(Hazardous Misleading Information)を生じ安くする効果があると考えられ, 今回の1日では発生していないが, 今後複数日の解析を実施する計画である。

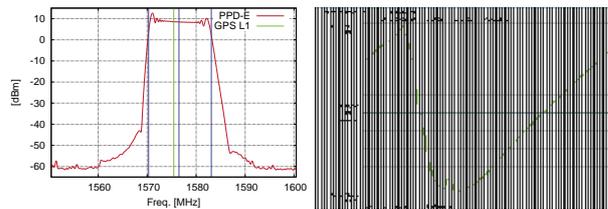
(2) PPDの電波特性・影響調査

一例として, 図2に入手したPPDの外観を示す。まず, 変調解析機能を有したスペクトラムアナライザを用いて, これらPPDの基本特性の測定を行った。測定結果の例を図3に示す。この例では, スペクトラムの中心周波数は1576.5 MHz, 帯域幅(99%出力)は12.8 MHz, 帯域内の出力は23.8dBmであった。また, 変調解析の結果, 周波数のスイープ幅は約12.2 MHz, 周期は約8.6 usであった。入手した全てのPPDは, 送信周波数を厳密にGPSキャリア周波数と一致させなくとも, スイープ幅にその周波数が含まれるようにすることで妨害できる方式をとっており, 周波数の安定性を必要としない安価な製品の製造を可能としていると考えられる。

次に, PPDのGBAS基準局受信機(CMA-4048)への影響を評価した。GPSシミュレータ信号を一定強度で基準局受信機に入力し, 同時にPPD信号を減衰器で可変し, 結合器を用いて受信機に入力して, 受信機出力データを記録する。図4に実験の結果としてPPDの減衰量とC/N₀(上), 擬似距離誤差(CMC: Code Minus Carrier)(下)の変化を示す。橙線はPPD無し, 他の線はPPDの種類による違いを示している。最も影響が大きいPPD(青線)では, 減衰量45dBよりC/N₀の低下が見られ, C/N₀の低下とともに擬似距離誤差の増加も確認された。さらに, 25dB以下で衛星捕不能となった。表1に減衰量とアンテナからの距離の関係を自由空間伝搬損失として換算すれば, 影響を受け始める距離はおよそ200mに相当する。今後は, 離隔距離の検討に加え, 実環境での干渉源の調査等を実施する予定である。



図2: 入手したPPDの外観(4種類)



(左) スペクトラム (右) 周波数の時間変移

図3: PPDの周波数特性の一例

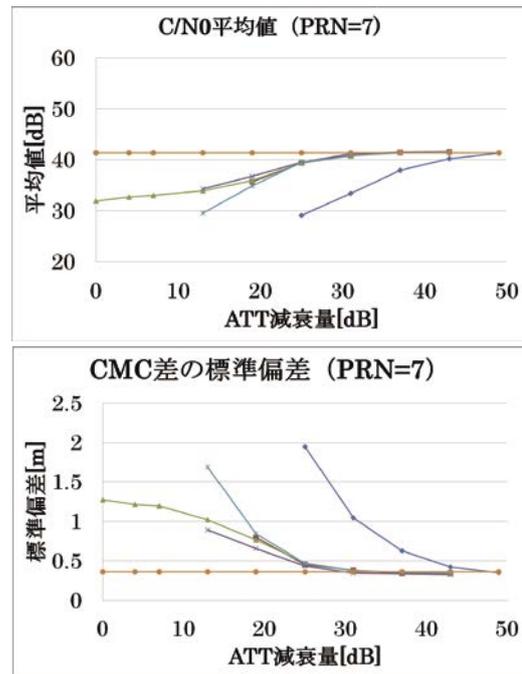


図4: PPD信号強度に対するC/N₀と擬似距離誤差の変化 (上) C/N₀, (下) 擬似距離誤差(CMC)

表1: 減衰量と距離の関係(自由空間損失)

減衰量[dB]	0	4	7	13	19	25	31	37	43	49
距離 [m]	0.9	1.5	2	4	8	16	32	64	128	256

設置位置より, アンテナとPPD間の距離は90cmのため, 90cmからの相対的な減衰量を示す。

GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸に関する研究【指定研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○福島荘之介, 齊藤真二, 山康博, 星野尾一明, 森亮太 (航空交通管理領域), 武市昇 (客員研究員)

研究期間 平成 24 年度

1. はじめに

ICAO が国際標準として定義する GBAS (Ground-Based Augmentation System) は、現在の ILS と同様にカテゴリ I ~ III の直線進入を実現する以外に曲線、高角度、オフセットなど柔軟な経路を設定できる能力を持つ特徴がある。このため、運航者の GLS (GBAS Landing System) への期待は ILS と同様の直線進入に留まらず、柔軟な経路の活用が国際的なニーズとなりつつある。

現在、航空機の GNSS 航法の進展は、RNP-AR 進入が国内へ導入が開始されたところであるが、非精密進入であるため精密進入に比較して運航ミナマが高く制限がある。このため、将来 RNP から GLS 直線進入へ接続する手法 (RNP to GLS)、または、GLS のパスを曲線化する手法 (TAP: Terminal Area Path) など曲線精密進入を実現すれば、運航ミナマを低減できて、悪天候の視程不良時にも利用できる可能性がある。現在、ICAO は RNP と GLS の利用により、より効率的で安全な進入着陸システムを実現する計画を発表しており、今後飛行方式策定などに向けた活動が開始される予定であり、本活動への寄与が望まれる。

本研究の主な内容は、(1) 飛行実験およびフライトシミュレータにより GLS 曲線進入の課題を明確にすること。(2) 国内の空港で必要とされる曲線等高度な飛行方式のニーズを調査する。(3) GLS の高度運用の定量的な安全性評価が可能なフライトシミュレータの開発を検討することである。

本研究では、GLS 曲線精密進入方式など高度な飛行方式の技術的課題やニーズの体系的整理を行い、今後重点的に行う研究の方向性を明らかにする基礎資料とし、GLS を適用したフライトシミュレータ開発を検討し、FTE (飛行技術誤差) など安全性の定量評価を可能とする調査結果を次の重点研究で予定している GLS 飛行基準の検討に活用することを目的としている。

2. 研究の概要

本研究は大きく 5 つの項目に分類される。①関西国際空港において曲線進入などを飛行実験し課題を抽出する。② 787 フライトシミュレータおよび運航前の 787 を利用して関西国際空港で GLS 進入を実施して、商用大型機の機上

システムを含めた GLS 運航を検証すると共にパス偏差などの定量値を収集する。③GLS 機能を持った飛行シミュレータ開発を検討する。④国内の主要空港で必要とされる曲線進入等高度な飛行方式のニーズを調査する。⑤GBAS を活用した後方乱気流回避と GBAS 運航における気象の影響を調査する。

3. 研究結果

①関西国際空港における曲線進入などの飛行実験

関西国際空港には当所が開発した GBAS プロトタイプ装置が設置されており、従来 2 本の滑走路の 4 進入方位に対して ILS と同様な直線精密進入経路が設定されていた。本研究では、この経路に加え昨年度経路設計した TAP (6 方式)、4.0 度の高仰角 (1 方式)、滑走路の中心付近に着陸するようにパスをオフセットするディスプレイスド・スレシホールド進入 (1 方式) を地上 GBAS から放送し、JAXA 飛行実験機 (DO-228) に搭載した研究用 GBAS 機上受信機 (GNLU-930) を用いた飛行実験を実施した。この結果、TAP 経路、高仰角、ディスプレイスド・スレシホールドの何れに置いても GBAS 受信機はコース偏差を出力して、航空機はこれに追従した飛行を行った。ただし、TAP 旋回中の垂直偏位のみは受信機出力がなかった。また、旋回経路から直線経路に接続する部分の経路に軽微であるが不整合の発生がみつかっており、経路の設計方法・伝送フォーマットの適切さに課題が残った。今後課題解決に向けた検討を進める予定である。



図 1 : 関西国際空港での曲線進入等の飛行実験

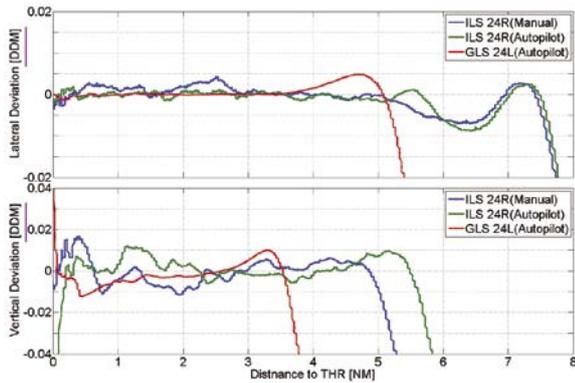


図2：787によるGLSとILSの会合時の偏位

上図はLOC(横), 下図はGS(縦)である。LOCにおいてILS(青・緑)に比較してGLS(赤)はスムーズに会合している様子がわかる。

②787フライトシミュレータおよび787による飛行実証

検証飛行期間の787実機により関西空港で9回のGLS進入を実施し、航跡、パス偏差など様々なデータをAIMS(航空情報管理システム)により収集し、解析した。この結果、最終進入経路に会合後の安定区間では、パス偏差(距離)が±5ftと極端に小さいことが分かった。ただし、実験時は好天であり、強風ではない。このため、同時期の同型機による、同空港での高カテゴリILSのデータを入手し、比較したところ、数回のデータではあるが横方向(LOC)については、ILSに比較してGLSの会合が明らかにスムーズと認識できる(図2)。このため、実機と同様のAFDS(オートパイロット・フライトディレクター)を持つ787フライトシミュレータにより会合角、追い風、ラフエアなど様々なパラメータを可変してILSとGLSの会合動作を比較実験しGLSのパスアライアンス性能が高いことを確認した。

③GLS機能を持った飛行シミュレータ開発を検討

次の重点研究で開発する予定のフライトシミュレーションツールに組み込む、ILSとGLS誤差モデルなどコンポーネントを調査し、機体モデル、操縦モデル(オートパイロット)などコンポーネントを整理した。

④国内主要空港の曲線飛行方式ニーズ調査

パイロットや国内航空会社の運航部門、行政担当部署、国内主要空港の管制官と意見交換し、GBAS直線進入および高度運用など曲線飛行方式についてのニーズを調査した。主要な意見はRNP-ARとの関連やミニマ引き下げに

関するものが多く、期待が大きいことが伺われた。ただし、曲線進入は空港の特徴によって必要性が異なる。また移行期に対応機と非対応機の混在問題が指摘された。

⑤後方乱気流回避とGBAS運航の気象影響調査

岩沼分室に設置したライダー機器により、離陸機の後方乱気流を観測し、データ解析を実施した。国内主要空港にて意見交換を行い、ビジュアルキューなどの課題は存在するものの高仰角進入やディスプレイスド・スレシホールドについて潜在的ニーズがあることがわかった。また、運航データを用いて悪天候時の交通流を調査し、管制官と意見交換して滑走路チェンジに伴う天候予測の課題を抽出した。

4. まとめ

本研究では上記の5項目を実施した。抽出された課題、787実機およびシミュレータ実験、ニーズ調査の結果はH25年度より実施する「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」の研究において活用する予定である。

掲載文献

- (1)S.Fukushima, “ENRI GBAS Activities Update”, 13th International GBAS Working Group, Aug.21-24, 2012.
- (2)S.Fukushima,S.Fujita, “Study of Collision Risk Model Suitable for GBAS”, 13th International GBAS Working Group, Aug.21-24, 2012.
- (3)S.Fujita, “Study on Advanced Procedure Using GBAS”, KARI-ENRI Work Shop on GNSS, June. 2012.
- (4)齊藤真二他, “実験用GBAS曲線進入経路の設計”, 日本航空宇宙学会 飛行機シンポジウム, 2012年11月.
- (5)福島荘之介, “衛星航法による精密進入着陸システム(GBAS)の開発”, 第50回飛行機シンポジウム, 2012年11月.
- (6)藤田征吾他, “B787によるGLS飛行評価”, 第50回飛行機シンポジウム, 2012年11月.
- (7)齊藤真二他, “関西国際空港におけるボーイング787型機によるGLS飛行評価”, 電子情報通信学会SANE研究会, 2013年1月.
- (8)R.Mori, S.Fukushima “Development of Plan of Collision Risk Model for GLS Operations”, ICAO IFPP/12, Mar. 2013.

マルチGNSS環境に対応したインテグリティ補強方式に関する研究【指定研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○坂井丈泰, 福島荘之介, 齊藤真二, 星野尾一明

研究期間 平成23～25年度

1. はじめに

移動体の航法に利用可能な衛星航法システムとしては米国のGPS及びロシアによるGLONASSが運用されているが、近年はその他の諸外国も独自の衛星航法システムの開発を進めている。これらはGNSSと総称され、複数のGNSSを受信・処理する受信機あるいは方式はマルチGNSSとの呼称が付されて研究開発が行われている。

GPSの場合と同様に、GNSSを航空機の航法に利用するためにはインテグリティ要件を満たす必要がある。これには補強システムが必要となるが、既存の補強方式は必ずしもそのままではマルチGNSSに対応できず、補強情報の容量が不足したり、あるいは対応が不可能な場合もある。本研究は、マルチGNSS環境下における航空用補強システムについて、既存システムによる対応の可否を明らかにするとともに、新しい補強方式を検討するものである。

2. 研究の概要

マルチGNSS環境においては、ユーザが利用可能な測位衛星が飛躍的に増加することから、衛星航法装置の性能が向上することが期待される。また、本質的な変化としてコアシステム間ダイバーシティを確保できることとなり、コアシステムの主統制局に障害がある場合にも航法を維持できる。単一のコアシステムプロバイダに依存しなくて済むことには、安全保障上の意義もある。

ただし、インテグリティの観点においては、マルチGNSS環境は単純にメリットをもたらすだけとはいえない。測位衛星の増加はリスクの増大を意味するし、複数のコアシステムがあることは受信機の内部処理を複雑化する。また、既存の補強システムについては規格制定から時間が経っており、必ずしも近い将来のマルチGNSS環境を想定して設計されたものではない。このため、マルチGNSS環境下で利用可能な測位衛星のすべてに対応するには送信可能な補強情報の容量が不足したり、あるいはそもそもGPS以外の衛星航法システムに対応できない場合もある。

本研究は、特に航空用補強システムについてマルチGNSS環境に対する適応性を検討するものである。すなわち、既存補強システムによるマルチGNSS対応の可否を明らかにするとともに、必要に応じて新しい補強方式を検討する。検討に際しては、補強容量の観点からの検討を実施するとともに、実際にマルチGNSS対応補強システムのシミュレータを実装し、実際に補強情報を生成して性能を検証する。

3. 平成24年度の実施内容

平成24年度は、以下の作業を実施した。

3.1 マルチGNSS環境への適用性の検討

既存補強システムの補強アルゴリズムについて、マルチGNSS環境への適用性を検討した。この結果、ICAO規格にある補強システムであるSBAS・GBAS・ABASのいずれも現行規格にもとづいてマルチGNSS環境に対応することは可能であるが、伝送容量にはそれほど余裕がなく、また一部の仕様が規格外となる可能性があることがわかった。補強情報の内容は現行システムとは大きく異なり、搭載受信機側の対応にも課題がある。

3.2 補強アルゴリズムのソフトウェアによる実装

マルチGNSS環境に対応した補強システムの動作を検証し、また性能を確認することを目的として、補強システムをソフトウェアにより試作した。GPS以外のコアシステムとしてはすでに利用可能なGLONASSを用いることとして、SBASの補強メッセージを生成するアルゴリズムを実装した。

実際に試作ソフトウェアに補強情報を生成させて性能を評価したところ、特に低仰角の測位衛星を利用できない条件下ではGLONASSの利用により高い効果が期待できることがわかった(図1～2)。SBASでは同時に補強可能な測位衛星数に制約があるが、ダイナミックPRNマスク方式により、この制約のもとでもGPSとGLONASSの両システムに対する補強が可能であることを検証した。

3.3 インテグリティ性能評価用実験データの収集

マルチGNSS環境下における性能評価をするための、各種GNSSシステムの実験データを継続的に収集している。GPSに加えて、GLONASS/Galileoのデータ収集を引き続き行った。収集データを標準フォーマットに変換するソフトウェアを作成し、webによる所外へのデータ公開も行っている。

4. まとめ

衛星航法補強システムのマルチGNSS対応に関する検討を行うとともに、対応補強システムをソフトウェアにより試作し、その性能評価を実施した。あわせて実験データの収集を行い、また諸外国における動向調査も実施した。平成25年度は、さらに複数周波数対応補強システムのシミュレータによる実装を試みる予定である。

掲載文献

- (1) T. Sakai, H. Yamada, and K. Hoshinoo: GPS/GLONASS Multi-Constellation SBAS Trial and Preliminary Results for East-Asia Region, ION GNSS, Nashville, TN, Sept. 2012
- (2) T. Sakai, K. Hoshinoo, and K. Ito: Expanding SBAS Service Area Toward the Southern Hemisphere, ION GNSS, Nashville, TN, Sept. 2012
- (3) 坂井丈泰, 山田英輝, 伊藤憲: 準天頂衛星 L1-SAIF 信号による GLONASS 補強, 第 56 回 宇宙科学技術連合講演会, 平成 24 年 11 月
- (4) 坂井丈泰: 準天頂衛星システム L1-SAIF 信号における GLONASS エフェメリスの更新制御, GPS/GNSS シンポジウム, 平成 24 年 11 月
- (5) 坂井丈泰: 準天頂衛星 L1-SAIF 補強信号の GLOASS 対応予備実験, GPS/GNSS シンポジウム, 平成 24 年 11 月
- (6) 坂井丈泰: SBAS における規格外メッセージの送信, 測位航法学会論文誌, 平成 24 年 11 月
- (7) T. Sakai: Multi-GNSS Augmentation by L1-SAIF Signal: Preliminary Results, Asia-Oceania Regional GNSS Workshop, Malaysia, Dec. 2012
- (8) T. Sakai, H. Yamada, K. Hoshinoo, and K. Ito: QZSS L1-SAIF Supporting GPS/GLONASS Multi-Constellation Augmentation, ION ITM, San Diego, CA, Jan. 2013

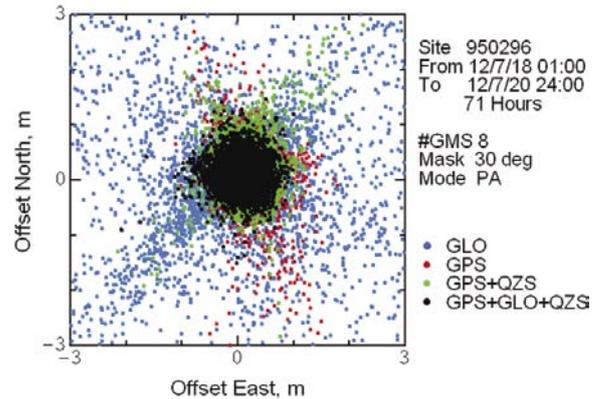
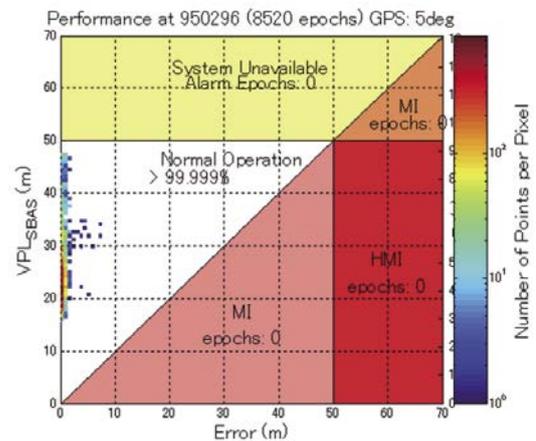
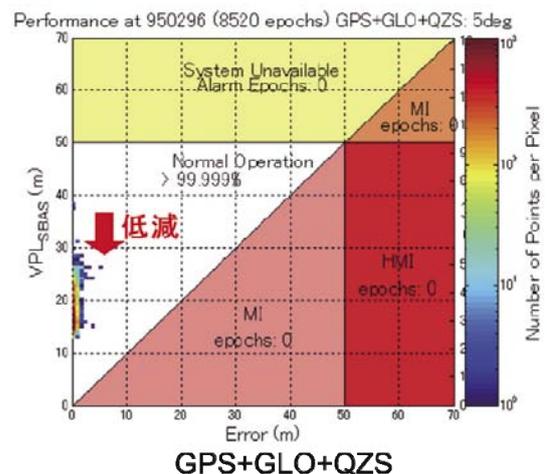


図1 マルチGNSS対応SBASと非対応SBASの性能比較例(仰角マスク30度における測位誤差)
(黒) マルチGNSS対応: GPS+GLONASS+準天頂衛星, (赤) マルチGNSS非対応: GPSのみ



(a) マルチGNSS非対応: GPSのみ



(b) マルチGNSS対応: GPS+GLONASS
+準天頂衛星

図2 保護レベルの比較

GPS 補強信号広域サービス化のための基礎研究【指定研究】

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 23 年度～平成 24 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 GPS 補強システムのサービスエリアの広域化に関する基礎的検討を行うことである。

2. 研究の概要

この研究では、GPS 補強信号サービスエリア広域化に関する検討として下記の内容を実施した。

- (1)QZSS (準天頂衛星システム) による補強と MSAS による補強の測位精度改善状況を評価した。
- (2)アジア地域に配置したモニタ局のデータにより生成した補強情報を GPS に適用したときのアベイラビリティを計算機シミュレーションにより評価した。
- (3)QZSS の GPS 補完機能の評価実験を行った。

3. 研究成果

3.1 QZSS/MSAS 補強情報性能比較

電子航法研究所内に設置した受信機 (GPS 信号, QZSS および MSAS 補強信号を受信可能) により測定したデータを用いて、QZSS および MSAS の補強情報の性能を比較した。

取得したデータの解析では、マスク角を変更することで、建物などにより低仰角の衛星からの信号がさえぎられる状況を模擬し、QZSS および MSAS の補強情報の性能を調べた。表 1 に QZSS/MSAS 補強情報を GPS に適用したときの水平方向測位誤差を示す。この結果から、(1)QZSS および MSAS の GPS 補強情報の性能 (水平方向測位誤差) には大きな差はない、(2)マスク角が大きくなると水平方向測位誤差は大きくなるが 1m 程度である、ということがわかる。表 1 に示したものは別の期間 (2011/7/19) の測定結果では、表 1 とは逆に、QZSS による GPS 補強の場合の水平方向誤差が MSAS による GPS 補強の場合より大きくなっていた。

このように、QZSS および MSAS の GPS 補強情報について、水平方向測位誤差の観点からは両者の補強性能はほぼ同じであるという結論が得られた。

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モニタ局のデータにより生成した補強情報を GPS に適用したときのアベイラビリティを計算機シミュレーションにより評価した。利用したソフトウェアは SVM(Service Volume Model)である。SVMは SBAS のモニタ局の数・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。

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については、複数の局数・配置に対してシミュレーションを行った結果から 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(b) の黄色の点で示されるとおりであり、韓国, 台湾, ホンコン, ベトナム, タイ, ミャンマー, マレーシア, シンガポール, フィリピン, ブルネイ, インドネシア, パプアニューギニア, インドネシアの各国に 1-2 カ所ずつ設置するものとした。GPS 補強メッセージ生成アルゴリズムは、現在 MSAS で用いられているものと同等のものを用いた。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。

これらの条件でシミュレーションを行った結果を図 1 に示す。図 1 の濃い青色の地域が APV-I が達成できているところに対応している。図 1 には MSAS 用地上モニタ局 (8 局) のみを用いた場合と MSAS 用地上モニタ局 (8 局) に仮想地上モニタ局 (17 局) を追加した場合の結果を示してある。地上モニタ局を追加することによりアベイラビリティが大幅に改善されることがわかる。

3.3 QZSS 補完機能の評価

ここでは、準天頂衛星から送信される GPS 補強信号である L1-SAIF (Submeter-class Augmentation with Integrity Function, 完全性機能を持つサブメータ級補強) 信号の GPS 補完機能の効果を実証するために実施した実験について

述べる。

L1-SAIF 信号を受信できる受信機を車載して兵庫県西宮市および沖縄県那覇市において実験を実施した。図2に西宮市で得られた結果を示す。この図で、赤いプロットが測位できた場所を示す。図2(a)はL1-SAIF信号の補完機能を利用しなかった場合の結果、図2(b)はGPS補完機能を利用した場合の結果を示す。この図から、GPS補完機能を利用することにより測位できた地点(赤いプロット)が増えることがわかる。なお、GPS補完機能の利用により測位が可能となったのは、道路の両側に約10階建てのマンションが建ち並んでいた場所である。那覇市で実施した実験でも同様の結果が得られた。この実験によりL1-SAIF信号のGPS補完機能の有効性が示された。

4. おわりに

この研究ではGPS補強システムのサービスエリアの広域化に関する基礎的検討を行い、(1)QZSSおよびMSASのGPS補強情報の性能に大きな違いがないことを実証した、(2)衛星としてQZSS3機と静止衛星1機を用い、地上モニタ局25局の構成のときのアジア地域でのアベイラビリティを評価した、(3)QZSSから放送されるL1-SAIF信号のGPS補完機能の効果を、車載を用いた実験により実証した、という成果が得られた。

(掲載文献)

- 1) 伊藤他：“準天頂衛星による高精度測位補正実験(その4)”，電子情報通信学会2011年ソサイエティ大会 B-2-31 (平 23.9)
- 2) 伊藤他：“L1-SAIF 補強信号による技術実証実験”，第55回宇宙科学技術連合講演会 2H02 (平 23.11)
- 3) 伊藤他：“QZSS/MSAS 補強情報性能比較”，電子情報通信学会2012年ソサイエティ大会 B-2-27 (平 24.9)
- 4) 伊藤他：“QZSS/MSAS 補強情報性能比較について”，第56回宇宙科学技術連合講演会 2L12 (平 24.11)

表1 水平方向測位誤差:2011/8/15 08:30-16:30(UTC)取得

(度)	QZSS (m)		MSAS (m)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
5	0.38	0.23	0.58	0.30
25	0.42	0.30	0.72	0.44
45	0.51	0.39	0.65	0.42

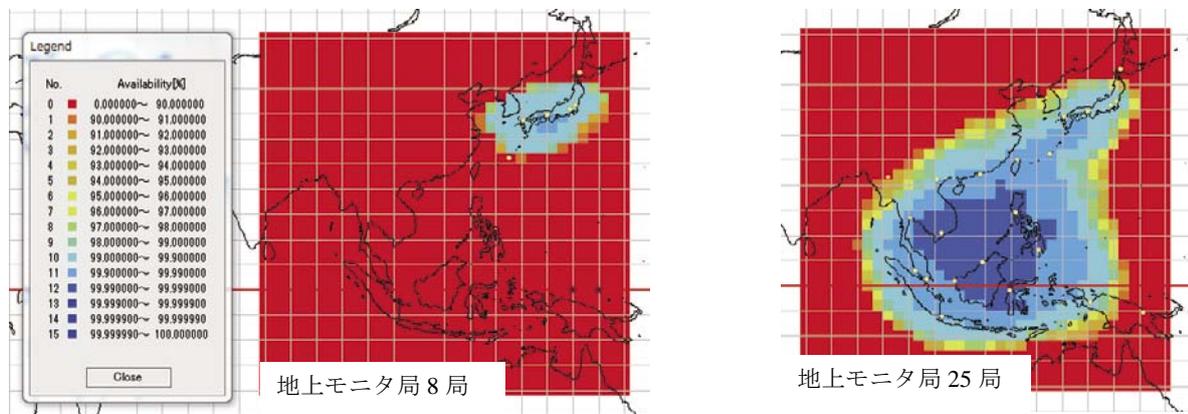


図1 アジア地域におけるアベイラビリティ分布



(a) 補完機能を利用しない場合の測位結果

(b) 補完機能を利用した場合の測位結果

図2 L1-SAIF信号補完機能の実証実験(赤いプロットが測位できた場所)

能動的観測手法による電離圏異常検出と SBAS/GBAS への応用 【基礎研究】

担当領域 航法システム領域
担当者 齋藤 享
担当期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. 研究の背景

MSAS, GBAS 等の衛星航法の航空利用において電離圏異常の検知は重要な問題である。これまでは、電離圏異常の監視をシステム内で完結させることが重視されてきたが、衛星航法の高度利用のため外部の監視機構を取り入れることも検討すべき時期に来ている。

一方で、過去の長期間にわたる電離圏研究の中で確立された様々な観測手法を衛星航法のための電離圏異常監視に活用することにより、広範囲を効率的に監視し、電離圏異常の未検出確率を大きく低減できる可能性がある。

例えば、VHF 帯の後方散乱レーダーはプラズマバブルを立体的に検出することができる。また、VHF-UHF の非干渉散乱(IS)レーダーは電離圏電子密度分布を直接検出することができる非常に強力なツールである。

現在航空路監視レーダー(ARSR)が縮退されつつあるが、ARSR の周波数、出力は IS レーダーに近いものであり、ARSR の IS レーダーへの転用が可能であれば、日本の衛星航法の高度利用において非常に有益である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、能動的手法を用いて広範囲効率的に電離圏異常を監視する手法について検討し、その実現可能性を判断することである。

3. 研究の方法

本研究は、以下の 3 つの項目からなる。

(1) 3 次元電離圏モデルを用いた GBAS, SBAS のシミュレーションによる後方散乱レーダー、IS レーダーの効果の評価、(2) 既存の後方散乱レーダーの観測データと、GPS 観測データを用いた電離圏異常の検出効果の検証、(3) ARSR の IS レーダー転用の実現可能性の技術的検証

4. 研究の成果 (平成 23～24 年度)

(1) に関して、3 次元電離圏モデルと後方散乱レーダー観測モデルの結合の精緻化、IS レーダー観測モデルの設計、レーダー観測モデルの SBAS への適用検討を行った。後方散乱レーダーの効果についてシミュレーションにより検討を行った結果、適切にレーダーを配置すれば GBAS におけるプラズマバブルに伴う電離圏誤差を大幅に小さくすることができることが分かった。

(2) に関しては、名古屋大学及び京都大学と共同で磁気低緯度に位置するインドネシア・スマトラ島に設置された赤道大気レーダー(京都大学生存圏研究所)と、同レーダー周辺及び同磁気子午面内のタイ・バンコクにおいて短基線電離圏勾配観測データを用いる計画(図 1)を立案した。本研究は京大赤道大気観測所共同利用課題として採択された。これに基づき、2012 年 10 月に赤道大気観測所内(図 2 右)及び同観測所から南東に約 9 km 離れた Bukittinggi 市内のインドネシア航空宇宙庁(LAPAN)ゲストハウス(図 2 左)に GPS 受信機を設置し、赤道大気レーダーとの同時観測実験を行った。データは順調に取得されており、名古屋大学と共同で解析を進めているところである。今後は、指定研究 A「GNSS 高度利用のための電離圏データ収集・共有」の一環として、名古屋大学

と共同で解析を進めていく。

(3) に関しては、ARSR の諸元調査、各国 IS レーダーの諸元調査、国内 ARSR の縮退状況の調査を行った。ARSR の周波数(1.3 GHz)は IS レーダーとしては比較的高いものの、他国では実際に IS レーダーとして使用されている周波数であることが分かった。

5. まとめ



図 2. インドネシアに設置した GNSS 受信アンテナ (左: LAPAN ゲストハウス, 右: 赤道大気観測所)

本研究を通して、航法散乱レーダーを用いたプラズマバブルの検出については有効性が示された。今後は名古屋大学と共同で実験データの解析を進めていく。ARSR の IS レーダー転用については、一定の技術評価を行い、今後の検討材料となる情報を得た。

6. 発表論文

- [1] 齋藤他, Monitoring plasma bubbles by a VHF radar for advanced use of GNSS (GNSS 高度利用のための VHF レーダーによるプラズマバブル監視について), 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 千葉, 2012 年 5 月
- [2] 齋藤, 赤道大気レーダーによる衛星航法支援のためのプラズマバブル監視実験, 第 6 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 宇治, 2012 年 8 月
- [3] 齋藤他, Study of spatial gradient in TEC and plasma bubble monitoring for GNSS (GNSS のための電離圏空間勾配観測とプラズマバブル監視について), 地球電磁気・地球惑星圏学会, 札幌, 2012 年 10 月
- [4] 齋藤他, MUR/EAR による電離圏不規則構造の研究とその衛星航法支援への応用, 京都大学生存圏研究所ミッションシンポジウム (招待講演), 宇治, 2013 年 3 月

6. 関連共同研究等

- [1] 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, 情報通信研究機構・京都大学・名古屋大学
- [2] Ionospheric TEC Characterization Program (電離圏全電子数の特徴付けに関する共同研究), タイ・モンクット王工科大学ラカバン

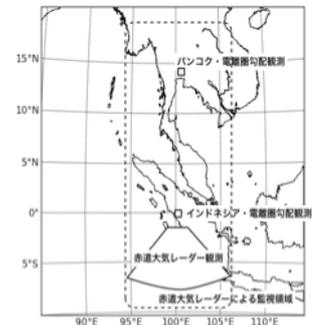


図 1. 赤道大気レーダーによる観測実験計画

曲線進入コースに対応した GBAS 機上データ処理に関する基礎的研究【基礎研究】

担当領域 航法システム領域
 担当者 齊藤真二
 研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. はじめに

電子航法研究所において研究・開発を続けている GBAS (Ground-Based Augmentation System: 地上型衛星航法補強システム) の特長を活用した進入着陸方式の一つとして、TAP (Terminal Area Path) 機能を用いた曲線進入がある。曲線進入を含む GBAS を用いた新しい運航方式の検討を進めるために、将来、曲線進入方式の実験用航空機による評価の実施が必要になることが予想される。しかしながら、既存の GBAS 受信機は曲線進入には対応しておらず、この評価を実施するためには、曲線コースに対応した機上装置が必要となる。そこで、機上装置でのデータ処理方法を検討するため本研究を実施した。

2. 研究の概要

これまでに、MMR (Multi-Mode Receiver) を用いた実験用 GBAS 機上装置の開発を行ってきた⁽¹⁾。本研究では、GBAS の TAP 機能に関する調査・検討と曲線コースに対するコース偏位の算出方法の検討等を基に、機上装置における受信データ処理方法の開発・確立を目指す。この処理方法を機上装置制御・データ処理プログラムに適用し、曲線部分を含む進入コース情報のデコード、コース偏位の算出を可能とし、曲線進入コースに対応可能な実験用 GBAS 機上装置を開発する。さらに、パイロットに対するコース偏位の提供の方法を検討する。

3. 研究成果

実験用 GBAS 機上装置を曲線コースにも対応させるため、MMR を VDB (VHF Data Broadcast) 受信機と GPS 受信機とみなし、MMR から出力される GBAS 補強情報で補正された DGPS 測位値と VDB の生データを外部の PC で取得し、PC 上で GLS (GNSS Landing System) 処理を行う装置構成とし、まず、直線進入飛行時の取得データを用いて、この構成における動作を確認した⁽²⁾。

次に、曲線コースでのコース偏位の算出方法を検討し、機上装置のデータ処理部に反映させた⁽³⁾。検討には JAXA との共同研究で実施した曲線進入飛行のデータを用いた。図 1 に TAP による曲線進入経路と算出したコース偏位を示す。装置構成は、新実験用航空機のcockpitディスプレイへの出

力を考慮し、MMR の制御・ステータス表示及びデータ記録の処理とコース偏位算出および画面生成の処理を別の PC で処理する図 2 に示す構成とした。また、コース偏位と曲線経路等の表示例を図 3 に示す。

4. おわりに

既存の GBAS 機上装置を利用しつつ、経路情報に関するデータ処理を受信機の外で行う構成とすることで、曲線経路等に柔軟に対応可能な実験用機上装置の基礎部分が完成した。今後、実験用航空機への搭載・飛行評価試験を実施し、機上データ処理や経路指示方法の最適化・高度化を図りたい。

掲載文献

- (1) 齊藤, “実験用 GBAS 機上装置の開発”, 日本航空宇宙学会第 42 期年会講演会, 東京, 2011 年 4 月
- (2) 齊藤, “曲線進入コースに対応した実験用 GBAS 機上装置の構築”, 信学ソ大, 北海道, 2011 年 9 月
- (3) 齊藤, “実験用 GBAS 機上装置における曲線進入コース偏位算出について”, 信学ソ大, 富山, 2012 年 9 月

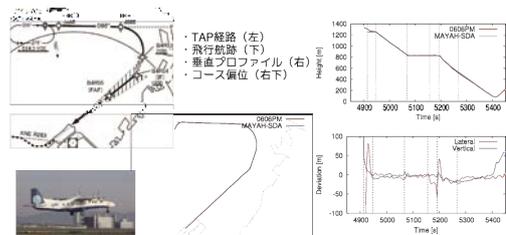


図 1 曲線進入経路と算出したコース偏位

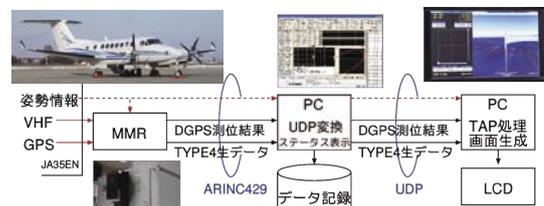


図 2 実験用装置の構成と処理の流れ

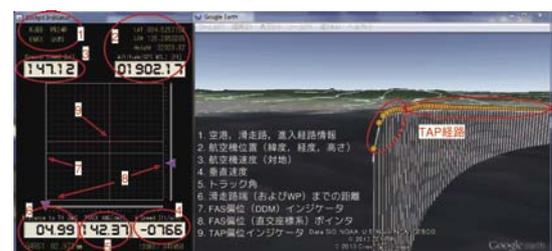


図 3 実験用装置の表示画面例 (コース偏位と経路指示)

GNSS を用いた飛行方式の評価方法に関する調査【調査】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○星野尾一明, 新美賢治 (監視通信領域)

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. はじめに

エンルートから初期進入まで GPS, SBAS, GBAS 等 GNSS を利用した飛行方式が実現され、精密進入における飛行方式を実現するべく研究、開発が続けられている。GNSS の特性を生かした飛行方式を開発、実現するためには、新しい飛行方式設定基準と飛行方式が安全であるかどうかを評価する必要がある。このため FAA 等で実施されている GNSS を用いた飛行方式設定の基本となる飛行方式設定基準作成に関連するデータ取得、解析方法、評価方法の調査、GNSS を用いた飛行方式の評価方法について調査し、効率の良い安全な飛行方式開発のための基礎資料とする。

2. 研究の概要

飛行方式設定基準および飛行方式設定における FAA の役割について、ICAO, FAA, RTCA 文書を中心に調査を行った。また飛行方式基準作成のために重要と考えられる飛行シミュレータと飛行シミュレータによる安全性評価方法についての調査を実施した。飛行方式基準については、ICAO PANS-OPS, FAA TERPS を中心に調査。飛行方式設定基準作成については、FAA Order 8900.1, FAA FS 1100.1B CHG 8, FAA NAV Lean を中心に調査した。飛行シミュレータの基本的機能に関しては、デルフト大学 FDC (A Simulink environment for Flight Dynamics and Control analysis – application to the DHC-2 Beaver)およびオープンソースフライトシミュレータ JSBSim を調査。飛行試験、シミュレーション評価、安全性評価に関し FAA: "LPV-200 Localizer Performance with Vertical Guidance (LPV) 200' Decision Altitude System Safety Analysis", Version 1.1 等を中心に調査した。

3. 研究成果

現在の飛行方式基準 (PANS-OPS, TERPS, 飛行方式設定基準等) は基本的には通常の運航のみを考えており、異常事態および非常事態への対応は運航者の責任とされている。また、飛行方式設定基準は航空機、アビオニクス、地上航法機器の性能によって変化している。ハードウェアの進歩に応じたパイロットの訓練、資格も重要

な要素となっている。さらに、基準の根拠が人間の感覚に基づく経験によるものもある。飛行方式設定基準作成については、近年になって ILS のように飛行試験データに基づく確率的な誤差評価による安全性評価とシミュレーションによる評価を基に新しい飛行方式が提案されており、CRM (衝突リスクモデル) の更新と飛行シミュレーションが新しい飛行方式設定基準策定、提案の重要なツールとなっている。

3.1 FAA における飛行方式設定の流れ

航空機の性能、機能は航空宇宙に関する連邦規則(CFR Title 14 : Code of Federal Regulation Title 14: Aeronautics and Space)で規定され、航法、通信、監視の性能は ICAO, FAA 文書 (SARPs, TSO, NOPS, MASP 等) によって規定され。これらにより規定されている航空機および航法、通信、監視の機能・性能に基づき飛行方式設定基準 (PANS-OPS, TERPS, PBN Manual, RNP AR Manual 等) が制定される。実際の計器飛行方式 (IFP) は航空当局、運用者、ATC 機関の要求により、空域、空港、環境、地形、騒音、ATC、通信、監視、NAV、パイロット能力等の条件を考慮して、飛行方式設定基準に基づき設計、開発される。設計開発された飛行方式は運用承認を得て、実際に使用される。また、飛行方式の設計、開発、承認、実施に関連して安全管理、運用承認と認可、環境評価に関する活動がある。さらに、新しい飛行コンセプト、航法、通信、監視、技術、機体に応じた機能・性能基準、飛行方式設定基準の見直しが継続され、新しい飛行方式設計、開発の基盤が形づくられる。また、FAA では PBN に対応した効率的な IFP 開発のためのプロセス (NAV Lean) を開発しており、これについても注目しておく必要があるであろう。

4. おわりに

新しい能力を持った航空機の出現あるいは新しい航法装置の出現により、それらの能力を十分に発揮するためには、安全性を確保しつつ飛行方式設定基準を新しい能力に適応していく必要がある。また、これらの広範な安全性評価のために飛行シミュレーションが重要である。

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 【競争的資金研究】

担当領域 航法システム領域
 担当者 齋藤享
 担当期間 平成 22 年度～平成 24 年度

1. 本研究について

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

2. 研究の背景

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機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。電離圏は通信や交通の安全にかかわる重要性をもち、人類の生存環境としても重要である。

3. 研究の目的

本研究の目的は、高精度デジタル受信機による低軌道衛星ビーコン電波観測を用いたディファレンシャル・ドップラー法による電離圏全電子数観測と、GPS 衛星の 2 周波信号の遅延量差を用いた電離圏全電子数観測を組み合わせて、新世代の電離圏複合トモグラフィを研究開発し、電離圏電子密度の 3 次元常時モニタシステムの基礎を拓くことである。さらに、本研究を衛星航法の航空利用のための支援システムとして利用できる可能性について検討し、提言をまとめる。

4. 研究の方法

本研究は、以下の 3 つの項目からなる。

- (1)衛星ビーコン全国観測網の構築
 - (2)衛星ビーコン観測網と GPS-TEC を組み合わせた 3 次元複合トモグラフィの開発
 - (3)電離圏監視システムを活用した衛星航法の航空利用の支援に関する提言。
- 当所では上記のうち、1 及び 3 の達成を担当する。

5. 研究の成果とまとめ

本研究により、図 1 に示すように日本の東、中央、西部に 3 つの南北観測チェーンが完成した。電子航法研究所では平成 22 年度に受信システムを設置し、継続的に観測とデータ提供を行っている。

電子航法研究所では、平成 22 年度に電子航法研究所に設置した受信システムを用い、連続観測を開始した。

トモグラフィ手法については京都大学を中心に開発が進められており、初期結果が得られている [1]。図 2 は 3 次元トモグラフィによって得られた電子密度分布の緯度高度断面図の例である。高度 300 km 付近に F 領域電子密度ピークが見られ、低緯度の赤道異常帯に向かって電子密度が増加している様子が見られる。

項目(3)に関し、米国航法学会などの国際学会、ICAO 等の国際会議の場を通じて衛星航法のための電離圏監視に関する需要と研究動向に関する情報収集を継続的に行ってきた。この後、科学研究費補助金の報告書の取りまとめに向けて、提言をまとめる予定である。

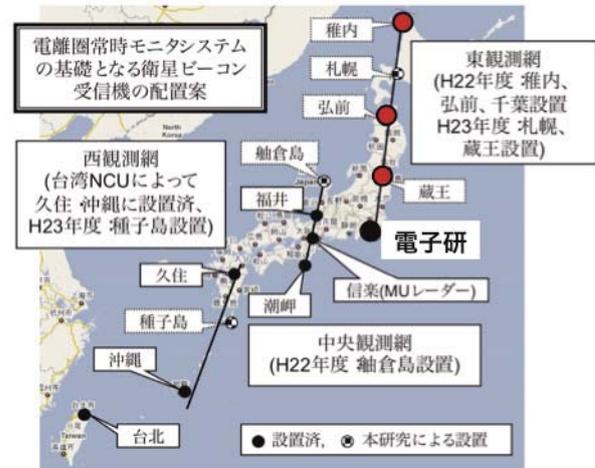


図 1. ビーコン観測網

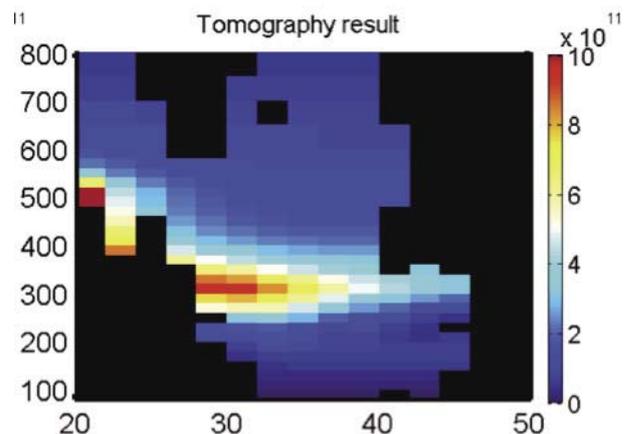


図 2. トモグラフィによる電離圏電子密度分布導出例。横軸は地理緯度(°)、縦軸は高度(km)である。

本研究で用いられている衛星ビーコン観測機を用いた観測ネットワークは、日本に限らず海外の磁気低緯度地域にも展開されつつある。現在、東南アジアから東アフリカにかけて観測点が設置されており広域観測網が形成されてきている。本研究の成果は、プラズマバブルなどの低緯度電離圏擾乱の広域監視に対して有効活用が期待できる。

6. 発表論文

[1]Gopi (京大) 他, Three dimensional tomography of ionosphere by combining observations from GPS-TEC and radio beacon TEC data (GPS-TEC 及びビーコン電波 TEC 複合観測による電離圏 3 次元トモグラフィ), 地球電磁気・地球惑星圏学会, 札幌, 2012 年 10 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【競争的資金研究】

担当領域 航法システム領域
 担当者 齋藤亨
 担当期間 平成 24 年度～平成 26 年度

1. 本研究について

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加して行うものである。

2. 研究の背景

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 年に実施される予定である。

3. 研究の目的と方法

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て MSTID を検出することにより決定する(図 1)。

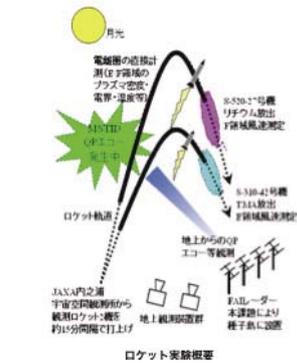


図 1. ロケット実験の概要

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。

4. 平成 24 年度の研究概要

平成 24 年度においては、電離圏全電子数変動成分のリアルタイム解析に適した新手法を開発し、リアルタイム監視システムのプロトタイプを開発した。

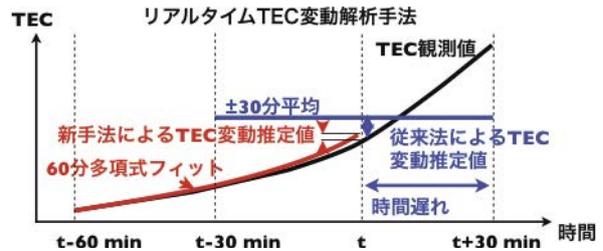


図 2. 電離圏全電子数変動成分導出法

MSTID の時間周期は数 10 分程度であるため、時定数 1 時間として電離圏全電子数の変動成分を導出することが一般的である。これまでに京大、名大、NICT などを中心に開発され利用されてきた手法では、ある時間を中心に前後 30 分の平均値か

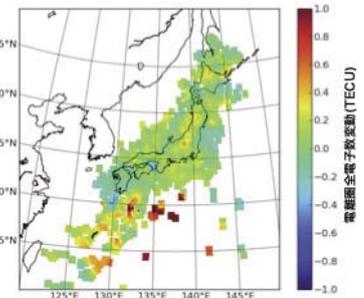


図 3. 電離圏全電子数変動成分 2 次元分布の例

らの差分を電離圏全電子数変動成分として算出する(図 2 青)。そのため、最低 30 分の時間遅れが生じることとなる。この時間遅れをできる限り短くするため、過去 1 時間の観測値のトレンドから現在の全電子数を予測し、予測値と観測値の差として全電子数変動成分を導出する方法を開発した(図 2 赤)。

図 3 は、新手法により導出した電離圏全電子数変動成分を地図上に投影したものである。GEONET の 200 観測点のデータに本手法を用いる場合このような図が約 1.5 分で生成できることが確認された。平成 25 年度は、本手法をリアルタイムで連続的に稼働させる予定である。

5. まとめ

電離圏全電子数変動成分のリアルタイム解析に適した新手法を開発し、リアルタイム監視システムのプロトタイプを開発した。平成 25 年夏に予定されているロケット実験に向け、本手法をリアルタイムで連続的に稼働させる予定である。

6. 発表論文

[1]齋藤, Reatile 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

障害に強い（ロバストな）位置情報のための地域的測位衛星の高度利用【競争的資金研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○坂井丈泰, 伊藤憲, 齊藤真二, 山田英輝, 大津山卓哉 (監視通信領域)

研究期間 平成22～24年度

1. はじめに

米国のGPSに代表される測位衛星は、我が国の国民生活になくはならないものとなっている。ところが、現状の衛星測位システムは米国のGPSに全面的に依存しており、万が一GPSが停止した場合のバックアップシステムがない。安全・安心な暮らしを支えるインフラ基盤として衛星測位システムは重要な機能を担っており、GPSの停止時においても最低限の機能を維持することが求められる。

このような背景のもと、GPSの一部または全部が停止した場合を想定し、我が国が保有する測位衛星によるバックアップシステムを検討することとして、本課題を文部科学省宇宙利用促進調整委託費に応募し、採択された。本課題の研究期間は平成22年12月から平成25年3月までである。

2. 研究の概要

本課題においては、GPSの一部または全部が停止した場合を想定して、我が国が保有する衛星測位システムであるQZSS（準天頂衛星システム）及びMSASにより位置の測定を行う方式について検討する。QZSSは3機程度の準天頂軌道（いわゆる8の字軌道）衛星により地域的な測位サービスを実現するもので、その初号機は「みちびき」と名付けられて平成22年9月に打ち上げられた。航空局が運用するMSAS（運輸多目的衛星型航法補強システム）は現用の測位衛星であり、平成19年9月の運用開始以来、2機の静止衛星を使用して安定した運用を継続している。

一方、平常時においては、これらの両システムとGPSを併用することにより、高精度かつ高い信頼性をもつ地域的測位サービスを実現できる。こうした測位衛星の高度利用についても、さまざまな利用者を想定して、利用可能な測位サービスの水準を明らかにする。

位置情報についてもっとも信頼性を必要とする利用者として船舶及び航空機が考えられることから、これらについて検討した方式を実証するための実験を実施する。

3. 研究成果

平成22年度は、地域的衛星測位サービスの検討にあたり、さまざまな利用者の測位システムに対する要求を整理・把握することを目的として、利用者要件調査を実施した。また、ロバスト測位システムの基本検討を行い、GPS障害時にあっても衛星測位サービスを継続するために必要な測位衛星の配置について、準天頂衛星システムに静止衛星を加えた構成を基本として検討を行った。この結果、保守作業や故障により一部の衛星が使用できない状況も想定すると、準天頂衛星は4機以上、静止衛星は3機以上があることが望ましいとの結論を得た。

平成23年度は、ロバスト測位システムの性能解析を行うとともに、マルチシステム測位実証実験を実施した。性能解析の結果、GPS停止時におけるバックアップシステムによる測位精度は、合計で5機の衛星を配置する場合は、静止衛星2機+準天頂衛星3機の構成とすれば平均水平精度は10m前後にできることがわかった（図1）。また、GPSとバックアップシステムの併用時については、最低仰角の検討結果からは静止衛星の導入が効果的といえる（図2）。

バックアップシステムのみによる測位が可能であることを実証するためのマルチシステム測位実証実験では、実験実施時点で利用可能であった2機のMSAS衛星（静止衛星）と1機の準天頂衛星による測定データを収集して、測位実験を行った。航空機による上空における実験では、移動速度が大きいことから衛星の方位角が大きく変化することとなったが、測定は正常に行われた。高度については既知として測位計算を行い、3衛星でも問題なく測位を実行可能であることを確認した。実験用船舶を用いた洋上における実験では、固定点における結果と同様の傾向であり、やはり問題なく測位を実行できることを確認した。

平成24年度は、ロバスト測位システムの性能評価及びマルチシグナル測位実証実験を実施した。前者においては、静止衛星及び準天頂衛星によるバックアップシステムについて、実際に得られる性能を明らかにするためにGNSS信号シミュレータと市販受信機による

性能評価実験を行った。GNSSシミュレータにより静止衛星3機と準天頂衛星3機によるGNSS信号を模擬し、静止衛星及び準天頂衛星システムに対応した市販受信機に入力して、実際に測位動作が可能であることを確認した。水平方向の測位精度は東京で7m（95%）程度となったが、この結果は前年度までの性能解析による知見に一致している（図3）。

さらに、精密測位の手法であり応用が進んでいるRTK測位方式についても、静止衛星3機と準天頂衛星3機によるバックアップシステムで実行可能であることを確認した。また、準天頂衛星システムの運用における問題を検討し、特に準天頂衛星の故障時に隣接する衛星を移動することでシステム性能を維持する手法を提示した。

マルチシグナル測位実証実験では、新しいL5信号により測位システムのロバスト性を向上させる手法について実験を実施した。準天頂衛星及び最近のGPS衛星が放送しているL5信号は既存のL1信号と周波数が異なり、電波干渉や電離圏擾乱に対するロバスト性を高められる可能性がある。

実験を実施した時点においては1機の準天頂衛星と2機のGPS衛星がL5信号を放送していたが、GPS衛星は利用できる時間帯が限られることから、あわせて2機の衛星による測定データを、他の衛星とともに収集した。また、これと同時に信号環境測定装置を使用して、L5周波数における干渉電波の密度を調査した。

図4に、実験結果の一例を示す。同図（a）はL1信号のみを利用した場合、（b）はL5信号を併用した場合の測位誤差である。L5信号の利用により測位に使用可能な衛星数が増加していることから、測位精度が改善されている様子がわかる。また、信号環境測定装置によるL5周波数帯域の観測の結果、実験中に多数の干渉波を観測したが、それらの電力レベルは小さくGNSS受信機には大きな影響を与えない程度であることを確認した（図5）。

4. まとめ

本課題においては、GPSの一部または全部が停止した場合を想定して、我が国が保有する測位衛星によるバックアップシステムを検討し、実証実験を実施した。具体的なバックアップシステムは静止衛星及び準天頂衛星により構成することとして、性能解析によりこれらの衛星の軌道上における配置と得られる性能の関係を明らかにした。また、静止衛星及び準天頂衛星

から構成されるバックアップシステムによる測位が可能であることを実験により実証するとともに、その測位精度を示すことができた。

掲載文献

- (1) T. Sakai, H. Yamada, S. Fukushima, and K. Ito: Generation and Evaluation of QZSS L1-SAIF Ephemeris Information, ION GNSS, Portland, OR, Sept. 2011.
- (2) H. Yamada, T. Sakai, and K. Ito: Regional Satellite Navigation by Using MSAS and QZSS, ION ITM, Newport Beach, CA, Jan. 2012.
- (3) 坂井丈泰：準天頂衛星「みちびき」のL1-SAIF信号，電波航法研究会，平成24年2月
- (4) 山田英輝，坂井丈泰，伊藤憲：MSAS及びQZSSによる地域的衛星測位，測位航法学会全国大会，平成24年4月
- (5) 坂井丈泰：準天頂衛星システムにおける衛星故障時の隣接衛星再配置，航空宇宙学会論文集，vol.60, No.6, 平成24年12月
- (6) H. Yamada, S. Fujita, S. Saitoh, T. Sakai, and K. Ito: Real-time Simulation of QZSS Regional Satellite Navigation, ION GNSS, Nashville, TN, Sept. 2012
- (7) 山田英輝，坂井丈泰，伊藤憲：準天頂衛星及び静止衛星による測位実証実験，第56回宇宙科学技術連合講演会，平成24年11月
- (8) 山田英輝，坂井丈泰，伊藤憲：QZS/GEO信号シミュレーションによる地域的測位実験，GPS/GNSSシンポジウム，平成24年11月
- (9) H. Yamada, T. Sakai, and K. Ito: First Evaluation of the Performance of RTK-QZSS Positioning, ION ITM, San Diego, CA, Jan. 2013
- (10) 山田英輝，坂井丈泰，伊藤憲：ロバストな位置情報のためのGNSS新周波数信号の活用，電子情報通信学会総合大会，平成25年3月

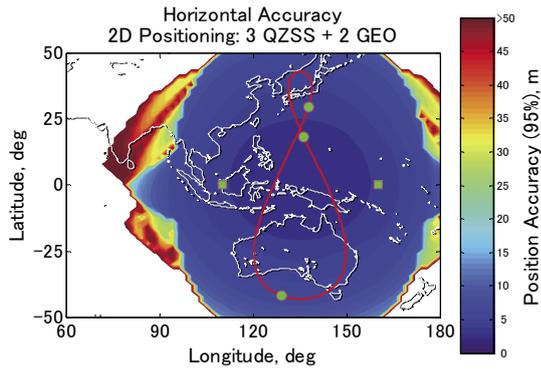


図1 準天頂衛星3機+静止衛星2機による水平測位精度(95%)

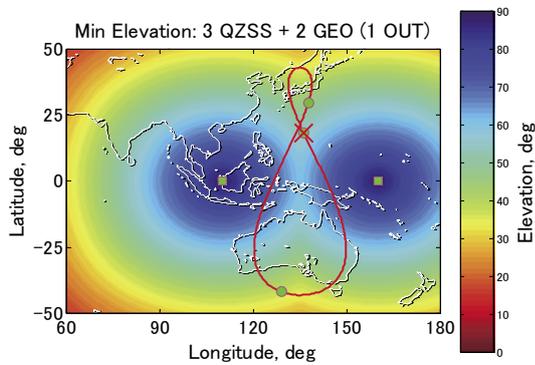


図2 準天頂衛星3機+静止衛星2機による最低仰角(1機故障時)

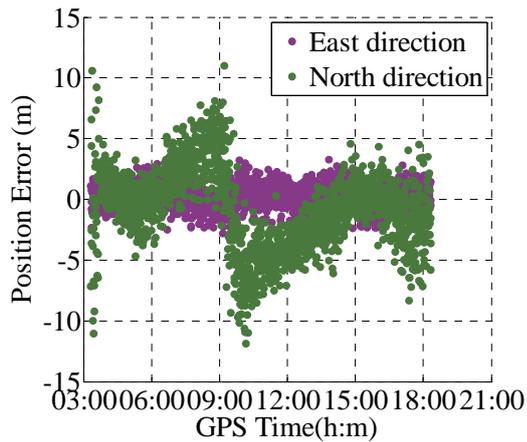
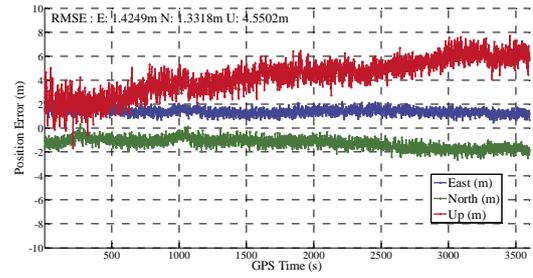
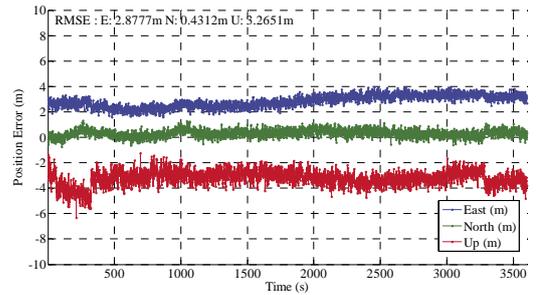


図3 静止衛星3機+準天頂衛星3機による水平測位誤差(東京, シミュレータを使用)



(a) L1信号のみを利用



(b) L5信号を併用

図4 マルチシグナル測位実証実験

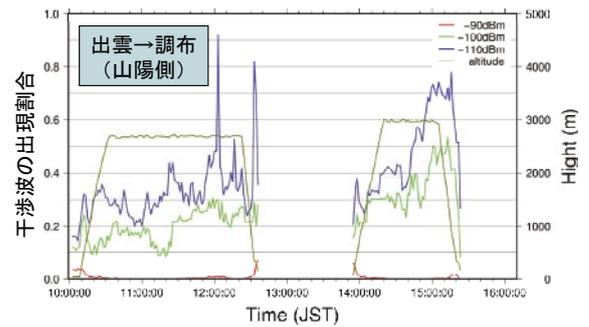
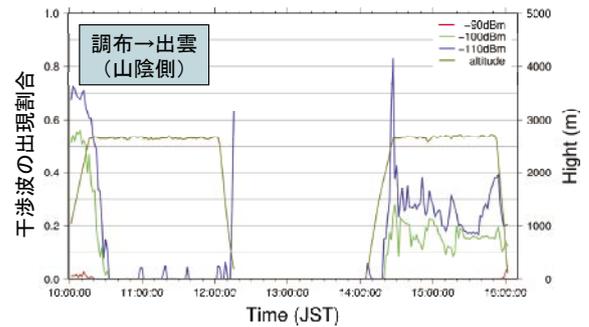


図5 L5周波数帯域における干渉信号の測定例

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 24 年度における研究は社会・行政ニーズや技術分野の将来動向を考慮して、重点研究、指定研究及び基盤研究として承認された下記の項目を計画した。

1. 将来の航空用高速データリンクに関する研究
2. 空港面監視技術高度化の研究
3. 携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究
4. 監視システムの技術性能要件の研究
5. 航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発
6. ハイブリッド監視技術の研究
7. WiMAX 技術を用いた C バンド空港空地通信網に関する研究
8. 走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究
9. センサネットワークによる空港面異物監視システムの研究
10. 高度化 CPDLC を用いた航空路管制シミュレーション
11. トラジェクトリベース運航のための CNS 基盤技術に関する研究
12. 航空用放送型サービスの応用方式に関する研究
13. マルチスタティックレーダの信号環境に関する研究
14. 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
15. 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
16. 空/地アプリケーションのプロテクト化についての調査研究
17. SWIM 指向な情報処理システム構築技術の調査
18. 樹脂系複合材料を一次構造材として用いた次世代航空機における電磁干渉解析技術の研究
19. 90GHz リニアセルを用いた高精度イメージングシステムの研究開発

1～7 は重点研究である。

1 は、将来の航空通信需要の増大に対応するために、現行の VHF 帯対空通信に代わる L バンドデジタル航空通信システム (LDACS) の国際標準案作成のために、実験用機材を試作し、高速通信技術および周波数有効利用技術等の開発評価を行う研究である。

2 は、空港の処理能力を拡張するため、空港周辺を飛行

する航空機に関する高信頼性の正確な情報を管制官に提供する監視技術を開発する研究で、広域マルチラテレーション (WAM) 方式の実験装置を開発・評価し、我が国における課題の解決を目指す研究である。

3 は、客室内に持ち込まれた電子機器が放射する電波の航空機搭載無線機器への耐電磁干渉性能の評価と、許容できる電磁放射基準について検討し、その結果を RTCA 等に提供し国際的な基準策定に反映する研究である。

4 は、想定する運用方式のための運用性能要件を基に、使用される監視システムの測定精度や信頼性指標など技術性能要件を求め、空域運用改善を支援する研究である。

5 は、先行する研究において発話音声から算出される指数値は発話者の大脳新皮質機能の活性化と相関するとの仮説をたて、これを検証する実験を行ってきた。この発話音声分析技術を、航空管制業務の様々な評価に適用できる様に発展させる事を目指すものである。

6 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 等の新システムを協調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技術を開発するものである。

7 は、WiMAX 技術を航空分野に適用した空港域の 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、実際に利用するアプリケーションを想定した評価を行う研究である。

8～13 は指定研究である。

8 は、当所で研究開発を続けて来た受動型 SSR の性能向上と、SSR 親局からの質問信号の反射波による航空機位置の計測技術の実現を行う研究である。

9 は、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を用いて滑走路等の地表面に落下している異物の検出と、様々な移動する物体の動きを検出し監視する機能等の付加価値の高いシステムを開発する研究である。

10 は、昨年度まで行った CPDLC (航空管制官・パイロット間データリンク通信) 卓を用いた航空路管制シミュレーションの研究の成果を生かし、実験システムを改修してより高度なシミュレーションを行う。

11 は、将来の航空交通管理で実現するトラジェクトリベース運航に対して、将来の航空管制業務の姿を提案するとともに、CNS 基盤技術との関連について調査検討する研究である。

12 は、FIS-B (放送型飛行情報サービス) のような放送型サービスによって実現可能となる、交通・飛行情報の配信

を利用した航空機運航の評価・検証を行う研究である。

13は、ASR（空港監視レーダ）の代替えとなる受動監視システムを構築するために必要な周波数毎の監視性能と現在の信号環境の状況を明らかにするための研究である。

14～16は基礎研究である。

14は、UAV(Unmanned Aerial Vehicle: 無人機)を、ATM（航空交通管理）およびCNS（通信航法監視）研究の初期実験ツールとして用いるための基礎的研究である。

15は、災害時等において空港以外の場外着陸場を含めた場所への着陸のための簡易なシステムの開発を行う基礎研究である。

16は、現在の空/地通信アプリケーションにおけるノイズなどの影響によるデータの誤配の仕組みと、この対策としてプロテクト化について検討する調査研究である。

17は調査で、総合的な情報管理ネットワークであるSWIM(System Wide Information Management)を目指して、航空交通情報処理の技術、セキュリティ、経済性について調査する。

18～19は競争的資金による研究である。

18は、樹脂系複合材料を主要構造として用いた航空機内において、従来金属製航空機との電磁環境基本特性の違いの解明と、携帯電子機器が航法装置および無線機器に及ぼす電磁干渉を定量的に評価するための基礎技術を確立する研究である。

19は、光ファイバー接続型ミリ波レーダシステムを多数連結して直線状の範囲を監視できるシステムを開発する研究であり、他の機関と共同で総務省より受託した。

II 試験研究の実施状況

「将来の航空用高速データリンクに関する研究」では4ヶ年計画の最終年度にあたり、LDACS及びデータリンク技術の国内外動向調査、ソフトウェア無線ライブラリ開発、実験装置調整及び通信特性評価実験、LDPC誤り訂正符号BER特性評価、技術指針の取りまとめを行った。BER特性等の実験結果の他、誤り訂正符号パラメータの修正に関する件についてまとめ、ICAO航空通信パネル作業部会へ報告し、周波数利用効率やBER特性の点においてLDACS1の方が優位であることを明らかにした。この報告は欧州のLDACS開発チームへフィードバックされ、LDACS規格の補強・修正に寄与することができた。

「空港面監視技術高度化の研究」では4ヶ年計画の最終年度にあたり、WAMおよびOCTPASSの両実験装置ともに実

運用で必要と想定される機能の付加を行うとともに、これらの検証も含めた総合的な評価を実施した。WAM実験装置については、現用の監視センサ（SSR）よりも2倍以上高頻度な監視が実現可能となる評価結果が得られた。なお、本結果は、成田国際空港に導入される空港近傍用WAMの性能要件に反映されている。一方、OCTPASS実験装置については、現用のMLAT装置よりも少ない受信局数でも我が国の性能要件を満たし、且つ良好な性能値となる評価結果が得られた。

「携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究」では4ヶ年計画の最終年度にあたり、当所の電波無響室内において強い電波を照射した場合にケーブルに侵入する電波の量を測定するシステムを構築し、航空機で使用されている代表的な同軸ケーブルを測定した結果、乗客が持ち込む電子機器によって放射された電波が航空機内配線に侵入した場合、航空機搭載機器が耐える電波の強さを超える可能性は無いことが判明した。更に、当所で開発した簡便に測定することを可能とする各種電波環境記録装置等により、各種電波法上の規定のT-PED（携帯電子機器）を調査した結果、航空機が通常の運航形態であれば、T-PEDの規格上最高の出力で電波を放射したとしても、電磁干渉を起こす可能性は低いことが判明した。T-PED個別の評価は必要とはなるものの、簡便に安全性を評価することが可能となったことは、今後航空機内での電子機器使用制限の緩和に進展することが期待され、利便性の向上へと繋がる。

「監視システムの技術性能要件の研究」では、次世代監視方式の動向等の調査のためICAOの機上監視タスクフォース会議に参加し、マニュアルの作成に寄与した。航空監視パネルASPの作業班会議では、将来の航空機衝突防止装置ACAS-X用に検討されている監視方式や監視情報処理方式について情報を収集した。技術性能要件案を基にした性能測定手法の開発に関しては、比較的容易に測定可能な目標検出率と誤検出率を用いて、監視情報のインテグリティ、有用性、継続性などに換算する手法が有効であることを確認し、学会に報告した。

「航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発」では、服薬及び体内時計とCEM値の関係の調査のため実施した実験結果から、覚醒度の低下する状況、即ち「居眠りをする可能性の増大」、発話音声分析により十分に予測・予防可能であることが確認された。

「ハイブリッド監視技術の研究」では、統合監視処理装

置の開発を行い、主要技術となる追尾技術については、複数の追尾処理を並列して行えるソフトウェアを実装した。更に、実装ソフトウェアを用いた監視性能評価実験を開始し、初期評価結果では、追尾処理による航空機航跡補充により、監視性能（更新頻度）を約2倍にできることを確認した。この他に、監視情報の信頼性情報の検証方法として、新たな手法を提案した。

「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、WiMAX 技術を航空分野に適用した空港域のCバンド空地通信網について、無線通信技術の予備的検討を行い知見を得るとともに、計測器を組み合わせる AeroMACS 信号の送受信実験システムを構築し、空港内における電波の信号強度等を測定する実験を行った。この結果、空港内のブラインドエリアや電波伝搬状況等の実験結果が取得できた。

「走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究」では、受動型 SSR の親局 SSR 質問信号を受信できない場所でも使えるようにするため、親局 SSR 質問信号受信部を分離したプロファイラを昨年度に開発した。SSR 親局として関西空港の SSR 及び伊丹空港の SSR を設定して、親局が一つしか設定されない場合に PSSR に原理的に発生するブラインドエリアに係る問題が、PSSR の相互補完機能により解消できることを確認した。

「センサネットワークによる空港面異物監視システムの研究」では、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の構築に必要な各種空港の既存システムの活用も含めた状況調査を行った。また、電波無響室における原理確認試験とファイバー無線システムの評価を行った。

「高度化 CPDLC を用いた航空路管制シミュレーション」では、CPDLC 対応の航空路管制シミュレータを改修し、航空管制経験者を招いて難易度の高いシナリオも含む航空路管制シミュレーション実験を行った。CPDLC により管制官の通話時間は減少し、CPDLC 対応機の割合が大きいほど減少時間も大きくなり、特に周波数変更指示での効果は大きいことが分かった。

「トラジェクトリベース運航のための CNS 基盤技術に関する研究」は、3年計画の最終年度にあたり、地上の管制と上空の航空機との間の情報共有で重要となる通信システムについて、航空衛星通信システムの現状を統計的に傾向分析し、航空局向け技術資料や航空関連の学会講演会や機関誌等で報告した。

「航空用放送型サービスの応用方式に関する研究」では、

大震災によって実験用航空機が被災し、新たな実験用航空機による交通情報配信の実験を25年度に行うため、被災した航空機搭載実験機材の代わりに、これまで地上局用として使用してきた受信機を整備・改良し、航空機搭載が出来るような改良を行った。

「マルチスタティックレーダの信号環境に関する研究」では、マルチスタティックレーダを構築する為に必要な、散乱波の伝搬状況を中心に調査を行った。測定実験では航空機からの散乱波を取得し、開発した計算アルゴリズムの精度がおおよそ保障されていることも検証した。

「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」では、UAV の ATM・CNS 実験ツールとしての有用性を明らかにするため、3次元トラジェクトリを自律管理できる機体を完成させた。さらにこの機体を用いて、地上の2局間通信がどのように変化するか実験を実施し、実験の新しい形として非常に有用であることが分かった。

「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研究」では、試作した送電線監視システムを宇宙航空研究開発機構の MH2000 式ヘリコプタの前面に搭載し、飛行試験を行った結果、鉄塔 1km 以上、電線 500m で検知できた。

「空/地アプリケーションのプロテクト化についての調査研究」では、空/地アプリケーションのプロテクトモードについて調査し、空/地リンクで誤配信が発生する確率が增大する仕組みを解明した。プロテクトモードは誤配信を防ぐことが可能なので、この問題に対して有効であることを明らかにした。

「SWIM指向な情報処理システム構築技術の調査」では、米国のSWIMプラットフォームと相互接続性の高いESB (Enterprise Service Bus)について、その導入事例に係る調査を行った。

「樹脂系複合材料を一次構造材として用いた次世代航空機における電磁干渉解析技術の研究」では、直交繊維配交材を用いた CFRP (炭素繊維強化プラスチック積層板) および擬似等方性構造を持つ CFRP 積層板の 100 MHz~6 GHz における電磁界特性評価を実施し、特性を明らかにした。

「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、電子的にビームを走査できるアンテナの素子を試作し、アクティブに位相を変化させることができることを確認した。また、90GHz 帯で 1GHz 変調幅のレーダを構築した。

今年度は上記の 19 件の研究・調査に加えて、以下に示す 12 件の受託研究を行った。これらは上記の研究、これまでの研究等で蓄積した知識・技術を活用したものである。

- (1) AS350B 搭載機器の経路損失試験
- (2) サイテーション 560 搭載機器の経路損失試験
- (3) 船舶における航法用途空中線パターン測定支援
- (4) 非公開受託
- (5) 非公開受託
- (6) 航法用途空中線製品検査測定支援
- (7) 広帯域試作空中線測定支援
- (8) 合成開口レーダー空中線測定支援
- (9) セスナ 172 他 4 機種搭載機器の経路損失試験
- (10) 戦術データ交換システム(JTIDS) の運用に係る技術支援委託
- (11) 広帯域試作空中線製品検査に係る測定支援
- (12) MD902 他 1 機種搭載機器の経路損失試験

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

「空港面監視技術高度化の研究」の成果は、WAM の整備機材の仕様に反映された。

「監視システムの技術性能要件の研究」では、ICAO の機上監視タスクフォース会議に参加し、ICAO Doc. 9994 (Manual on Airborne Surveillance Application) の文書案や図面案を作成に寄与した。この PDF 版は ICAO AN-Conf/12 会議資料として配布された。国際会議等の動向調査結果については、CARATS 監視アドホック会議や総務省情報通信政策研究所研修部など関連省庁からの要請に応じて情報提供した。

「走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究」で開発した受動型レーダは航空保安研究センターが 8 大空港で導入することになった。

「SWIM 指向な情報処理システム構築技術の調査」では、航空関係者による SWIM の勉強会を開催した。

また、これらの研究成果を ICAO, RTCA, 当所の研究発表会、関連学会、国際研究集会などで活発に発表した。また国際会議関連で航空局への技術協力を行った。

(監視通信領域長 田嶋 裕久)

将来の航空用高速データリンクに関する研究【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○北折潤, 住谷泰人, 石出明

研究期間 平成21年度～平成24年度

1. はじめに

ICAO（国際民間航空機関）では、将来の航空通信需要の増大に備えるため、高速データリンクシステムの技術的検討を欧米共同作業 FCS（将来の航空通信システムに関する調査研究）に委ねた。FCS の最終報告によると、洋上通信、対空通信、空港面通信と、通信用途に応じて適切な航空通信システムを選択することが推奨された。

しかし対空通信においては、VDL（VHF デジタルリンク）に代わる候補システムは統一化されなかった。新たな対空通信システムの候補は LDACS（L バンドデジタル航空通信システム）と総称され、今後は LDACS の絞り込み、標準化が進められていく見込みである。しかし航空用 L バンドには他の航空無線システムが幾つか既に割当てられており、LDACS との電波共用性の検証が必須と考えられる。

さらに将来的には、航空用の高速データリンクに OFDM（直交周波数多重分割）技術をはじめとして、各種の変調方式を通信環境に応じて自動的に選択する適応変調技術、製作コストに優れたソフトウェア無線技術等が導入されていくものと考えられている。

航空用データリンクを考える上で、広域・高速移動体の特性に起因する課題はいまだ多い。このため本研究を実施することで実装技術から通信性能に至るまでの様々な知見が得られ、将来の航空通信技術の発展に欠かすことのできない技術を蓄積できる。また、将来の航空用データリンク技術を確立し、他の航空無線システムと LDACS との電波共用性の解決案等を国際標準に反映させることができる。また、日本の空域に適した将来の航空通信システムや運用方法の構築の検討にも役立つ。

2. 研究の概要

本研究は4年計画であり、平成24年度は最終年度である。本研究は、ソフトウェア無線実装技術を用いて様々な変調方式や符号化方式の評価に柔軟に対応できる LDACS 物理層実験システム及び計算機シミュレーションを用いて、LDACS の通信特性等について研究した。

平成24年度は、主として以下の各項目について実施した。

- LDACS 及びデータリンク技術の国内外動向調査
- ソフトウェア無線ライブラリ開発
- 実験装置調整及び通信特性評価実験
- LDPC 誤り訂正符号 BER 特性評価
- 技術指針の取りまとめ

3. 研究の成果

3.1 LDACS 及びデータリンク技術の国内外動向調査

前年に引き続き LDACS 及びデータリンク技術に関する技術調査を行うとともに、LDACS 物理層の誤り訂正符号に関する解析を行った。その結果、訂正符号のパラメータの一部に誤りを発見した。

3.2 ソフトウェア無線ライブラリ開発

前年に引き続き LDACS 物理層実験システムの実装として、入出力・信号処理を容易にするためのソフトウェア無線ライブラリにランダムマイザ等の追加機能・LDACS 規定の改訂部分を追加した。

3.3 実験装置調整及び通信特性評価実験

LDACS 物理層実験システムを用いて LDACS 実信号における BER（ビット誤り率）等の通信特性評価実験を行った。図1に、静的チャンネルにおける LDACS1 フォワードリンク及びリバースリンク、LDACS2 の各データフレームにおける誤り訂正能力の比較結果を示す。図の横軸は各データフレームの誤り訂正前 BER の平均値、縦軸は

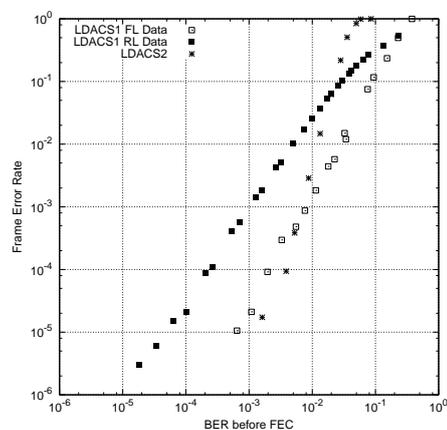


図1 誤り訂正能力比較結果

フレームとしての誤りが含まれる割合を表す。この図から、LDACS1 リバースリンクデータフレームは、他の種類のデータフレームに比べてわずかな誤り訂正前 BER でもフレーム誤りが発生していることなどがわかる。また、エンルート航行中のフェージング環境をフェージングシミュレータで模擬し静的チャネル環境と BER 特性を比較したところ、エンルート環境の BER 特性が劣化することを確認した。

3.4 LDPC 誤り訂正符号 BER 特性評価

LDACS1 の規定では、誤り訂正符号としてリードソロモン符号と畳み込み符号からなる接続符号を用いる。これに対して、一般的に誤り訂正能力が高いことで知られている LDPC (低密度パリティ検査) 符号の適用が欧州から提案された。しかし LDPC 符号は同じ大きさのパリティ行列であっても行列の内容の違いにより訂正能力が大きく異なるため、LDACS1 に最適なパリティ行列を直接求めることは非常に困難である。このため、当所は日本無線 (株) と共同で他の通信規格で定義されている LDPC 符号のうち LDACS1 のフレーム構成に近いサイズのものを選定し、それらと従来規定の接続符号の誤り訂正能力について計算機シミュレーションで検証を行った。図 2 に IEEE 802.11n で使われている LDPC 符号と LDACS の接続符号との BER 性能比較結果を示す。これによると、LDPC 符号の方が接続符号より誤り訂正能力が高いこと

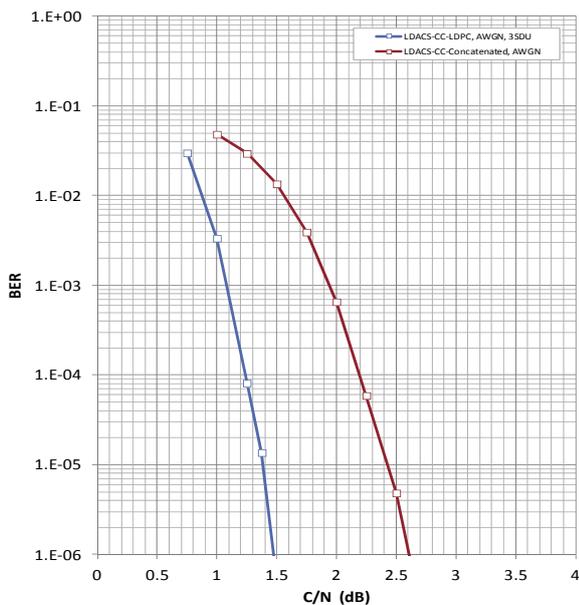


図 2 LDPC 符号と接続符号の性能比較

がわかった。また、符号長においても LDPC 符号の方が

接続符号より約 10% 短くて済み、LDPC 符号の優位性が確認できた。

3.5 技術指針の取りまとめ

BER 特性等の実験結果の他、誤り訂正符号パラメータの修正に関する件についてまとめ、ICAO 航空通信パネル作業部会へ報告した。報告では、周波数利用効率や BER 特性の点において LDACS1 の方が優位であることを明らかにした。この結果は欧州の LDACS 開発チームへフィードバックされ、LDACS 規格の補強・修正に寄与することができた。

4. まとめ

本研究では、LDACS 物理層実験システム及び計算機シミュレーションを用いて LDACS 物理層での各種特性を検証してきた。検証結果は LDACS 規格の根拠として活用でき、また規格の補強・修正に寄与することができた。

掲載文献

- (1) 北折, “VDL モード 2 と VHF ACARS の通信性能比較”, 第 9 回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 21 年 6 月.
- (2) 北折, “空地データリンク技術”, 日本航空宇宙学会誌 Vol.57 No.666, 平成 21 年 7 月.
- (3) 角田, 北折, 小園, “航空移動無線のデジタル伝送特性の評価”, 電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 平成 21 年 8 月.
- (4) J. KITAORI, “A Performance Comparison between VDL Mode 2 and VHF ACARS by Protocol Simulator”, 28th Digital Avionics Systems Conference, Oct. 2009.
- (5) D. T. HO, J. PARK, S. SHIMAMOTO, J. KITAORI, “Oceanic Air Traffic Control based on Space - Time Division Multiple Access”, 28th Digital Avionics Systems Conference, Oct. 2009.
- (6) 住谷, “航空衛星通信システムの現状と将来動向”, 第 47 回飛行機シンポジウム講演集, 平成 21 年 11 月.
- (7) Y. SUMIYA, J. KITAORI, N. KANADA, “Status of Air-Ground Datalink Study in ENRI/Japan”, ICAO ACP WG3, Jan. 2010.
- (8) 北折, “VDL モード 2 と VHF ACARS の通信性能比較”, 航空無線 第 63 号, 平成 22 年 3 月.

- (9) D. T. HO, J. PARK, S. SHIMAMOTO, J. KITAORI,
“Performance Evaluation of Communication
System Proposed for Oceanic Air Traffic Control”,
IEEE Wireless Communications and Networking
Conference 2010, Apr. 2010.
- (10) 北折, “航空用データ通信の研究と GNU Radio”,
GNU Radio ワークショップ, 平成 22 年 7 月.
- (11) D. T. HO, J. PARK, S. SHIMAMOTO, J. KITAORI,
“Performance Evaluation of Multi Hop Relay
Network for Oceanic Air Traffic Control
Communication”, 電子情報通信学会論文誌 英
文誌 B, 平成 23 年 1 月.
- (12) 住谷, 北折, 石出, “OFDM-QAM 方式の航空へ
の適用に関する伝送特性の予備的検討”, 2011
年電子情報通信学会総合大会, 平成 23 年 3 月.
- (13) 北折, 住谷, 石出, “対空データリンク LDACS
物理層の実装”, 第 11 回電子航法研究所研究発
表会, 平成 23 年 6 月.
- (14) 北折, “将来の航空用高速データリンク”, 電子
航法研究所出前講座, 平成 23 年 11 月.
- (15) 北折, 角田, 禮助, 小園, “航空移動通信ディ
ジタル狭帯域伝送路の評価”, 電子情報通信学
会論文誌 和文誌 B, 平成 24 年 8 月.
- (16) 北折, 住谷, 石出, “航空用高速データリンク
LDACS の BER 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, 平成 24 年
12 月.
- (17) J. KITAORI, “Results of LDACS PHY BER
performances with GNU Radio”, ICAO ACP
WGM20, Jan. 2013.

空港面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, 島田浩樹, 角張泰之, 本田純一,
二瓶子朗

研究期間 平成 21 年度～平成 24 年度

1. はじめに

航空需要の増大に伴い首都圏空港の容量拡張が進められており、滑走路・誘導路の増設やエプロンの拡張が行われている。これら空港設備の増設は、空港レイアウトの複雑化をもたらしており、空港面を走行する航空機を安全かつ円滑に誘導することが課題となる。このため、信頼性が高く正確な航空機の位置情報を管制官に提供できるマルチラテレーション (MLAT) 監視装置が導入されている。MLATとは、航空機が送信する信号を複数の受信局で検出して、図1に示すように信号検出の時間差から航空機の位置を測定する監視装置である。

空港容量の拡張に伴い、成田国際空港や羽田国際空港では平行滑走路の同時離着陸などの高度な運用方式の導入が進められている。この方式では、空港周辺の空域も正確に監視することが必要なため、MLATの覆域拡大が求められている。加えてMLATでは、エプロン付近における性能低下が指摘されており、耐干渉性の強化も要望されている。一方、安全性と効率性を更に向上させるには、パイロットが周囲の交通状況を把握することが有効であり、これを実現する将来の監視技術 (ADS-B) の確立も求められている。

このような背景から本研究では、上述した要望に基づいてMLAT技術の高度化を図る。MLATの覆域拡大では、空港周辺を対象覆域とする広域マルチラテレーション (WAM) 実験装置を、耐干渉性の強化では、干渉に強い技術を適用した光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) 実験装置を試作する。また、長期的な監視

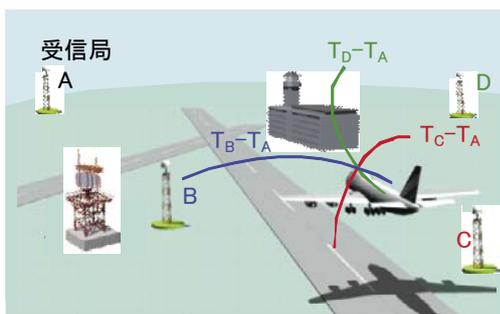


図 1 MLAT 測位の概要

技術の移行を踏まえて、両実験装置にADS-B機能を持たせて、ADS-B諸機能の評価試験も実施する。

2. 研究の概要

2. 1 WAM 実験装置

WAM は、遠方の航空機が送信する微弱な信号を受信することが要求される。このため、受信局の最低受信感度は鋭敏に設定されるが、これに伴い、他機からの多数の信号やノイズも受信してしまう。特に、微弱な信号に近傍航空機からの強力な信号が重畳 (干渉) した場合、微弱な信号を正常に検出することは非常に困難となる。信号干渉の対策として「受信局配置に冗長性を持たせる」ことが一般的である。しかしながら受信局数の増加は、整備・維持費用の増大などの弊害が生じる。現実的に、冗長性が十分に確保された理想的な受信局配置を形成することは、コスト的な制約から困難が想定される。このため WAM 実験装置では「少ない受信局数での高性能化」を重点目標に設定して開発を進めた。

2. 2 OCTPASS 実験装置

空港面監視では、ターミナルビルやハンガー等の建造物が狭い範囲に密集しており、信号が建造物に反射して発生するマルチパス波が頻発する。マルチパス波の重畳により信号検出時刻を誤測定した場合は測位誤差が増大する。一方、データビットを誤解読した場合は識別不能となり検出率が低下する。このため OCTPASS 実験装置では、特にマルチパスに対する耐干渉性の強化を重点目標に設定して、上述した性能低下に対処できる技術の開発を進めた。測位誤差の増大に対しては、マルチパス波が影響しない信号の立ち上がり部分を利用して検出時刻を測定する遅延・減衰比較 (DAC) 方式を採用している。一方、検出率の低下に対しては、各受信局で検出された信号を RF レベルで直接に処理装置側に伝送する特徴を活かして、信号の誤解読が発生して識別できない場合、他の受信局が検出した信号との時間的な相関関係から同一の信号と判別して、測位を実行する機能を持たせた。

3. 研究成果

最終年度である本年度は、WAM および OCTPASS の両実験装置ともに実運用で必要と想定される機能の付加を行うとともに、これらの検証も含めた総合的な評価を実施した。

3.1 WAM 実験装置

図2にWAM実験装置の構成を示す。前年度に実施した評価の結果、遠方(40NM以遠)における測位誤差の低減が課題となった。このため、受信局8を追加するとともに、処理装置に改良方式の測位機能を付加した。また、WAMによる平行滑走路の同時離着陸運用を想定した総合的な評価試験を実施した。

(1) 改良方式の測位機能付加

WAMは原理的に、受信局を広く多数配置することにより測位誤差の低減が可能であるが、前述したとおりコストの増大を招く。そこで、測位方式の改良に着目して目標「少ない受信局数での高性能化」の達成を図った。改良型の測位機能として、以下の2方式を採用した。

一つは2次元測位機能である。WAMは3次元による測位を行うが、各受信局のアンテナ設置高はほぼ同じ高さになるため、高さ方向の測位誤差は一般的に増大する。更に、この高さ方向の誤差増大は平面方向の誤差にも悪影響を及ぼす。2次元測位機能は、航空機から得た高度情報を利用して高さ方向誤差を軽減することで、平面方向誤差の低減を図る測位方式である。

もう一つは、前年度に実装したレンジング機能である。航空機が受信局配置の遠方に存在する場合は、双曲面がほぼ平行に交わるため測位誤差は増大する。レンジング機能は、質問・応答から得られる距離情報(真円)が双曲面と直角に交わる特性を活用することで、平面方向誤差の低減を図る測位方式である。

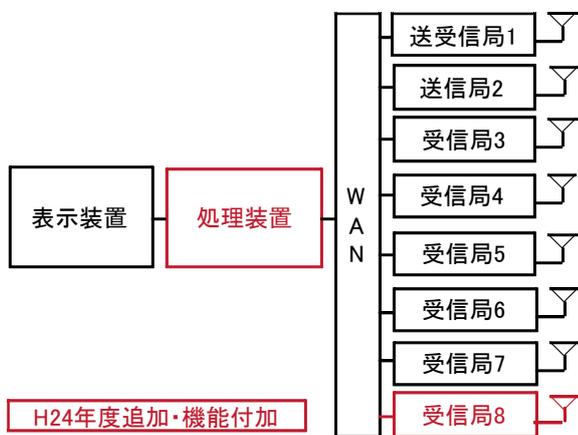


図2 WAM 実験装置の構成

これら2つの改良型測位機能に対して検証試験を実施した。受信局は羽田空港を中心に配置している。評価対象の航空機としてエアライン機を利用した。図3に受信局配置と評価対象機の航跡を示す。また、表1と表2に2次元測位およびレンジング測位の両測位方式による誤差と、通常の測位方式による誤差との比較を示す。本結果から、両測位方式ともに遠方(40NM以遠)における測位誤差が低減していることがわかる。しかしながら、欧州の性能要件(150m)は満足していない状況であり、パラメータの調整を含めた更なる測位方式の改善が必要である。

(2) 総合的な評価試験

平行滑走路の同時離着陸運用を想定した検証試験は、想定覆域を20NMに設定して実施した。受信局配置と評価対象航空機の航跡は図3に示すとおりである。表3に測位誤差、表4に97%検出率の性能値を羽田空港からの距離毎に示す。試験の結果、測位誤差は約30m、97%検

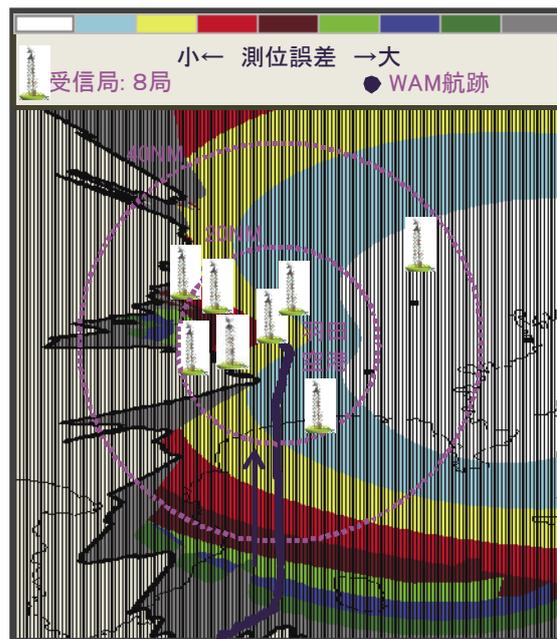


図3 受信局配置と対象機航跡

表1 2次元測位による誤差(欧州要件:150m以下)

距離	20-30NM	30-40NM	40-50NM	50-60NM
2次元	43.1m	137m	293m	461m
3次元	67.2m	133m	369m	578m

表2 レンジング(質問・応答)による測位誤差

距離	20-30NM	30-40NM	40-50NM	50-60NM
質問有	94.0m	109m	344m	---
質問無	95.8m	111m	381m	---

出率を満たす検出間隔は1秒との性能値が得られた。本結果から、WAMは空港近傍を飛行する航空機に対して、現用の監視センサ（SSR）より2倍以上高頻度な監視が実現可能であることを確認できた。また、図4に1時間分の取得データによるADS-BとWAMによる全航跡を示す。本図のとおり、ADS-Bの諸機能は正常に動作していることを確認した。

表3 測位誤差(対象覆域 20NM)

距離	2-10NM	10-20NM	20-30NM	30-40NM
RMS	38.5m	32.4m	67.2m	133m

表4 検出率(対象覆域 20NM)

距離	2-10NM	10-20NM	20-30NM	30-40NM
4秒間隔	100%	100%	100%	93.5%
2秒間隔	100%	100%	98.7%	79.3%
1秒間隔	99.5%	98.9%	85.4%	55.9%

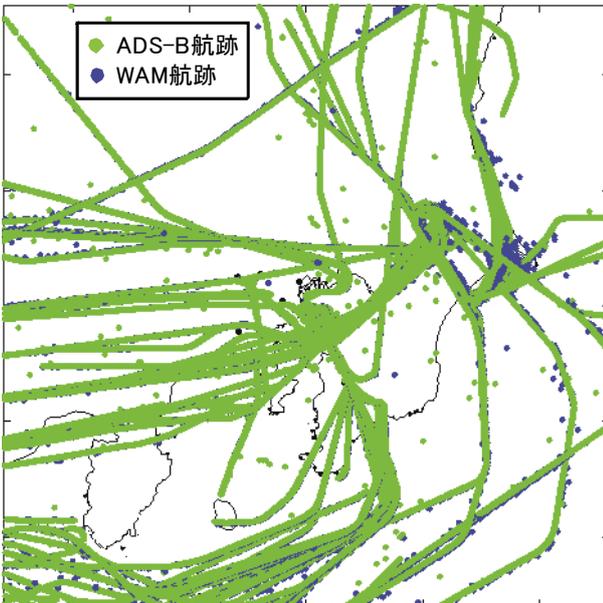


図4 ADS-BとWAMの全航跡(1時間分)

3.2 OCTPASS 実験装置

図5にOCTPASS実験装置の構成を示す。実運用で必要と想定される機能として、光給電機能を実装した受信部を製作・設置した。また、東日本大震災により被災した仙台空港における実験装置の評価環境を前年度に復旧させたので、これを活用してOCTPASSの総合的な評価試験を実施した。

(1) 光給電機能の実装

光給電とは、受信ステーションを駆動させる電力を光ケーブルにより供給する機能である。本機能を活用することで、受信ステーションの設置サイトで電源線が不要になり、MLAT受信局の設置条件緩和や整備・維持コスト削減が可能となる。OCTPASSは受信波形を直接に信号処理部に光伝送する。このため、受信ステーションの消費電力は僅かとなり、光給電方式が実現可能となる。図6に光給電機能を実装した受信ステーションの外観を示す。本機能により駆動させた受信ステーションを用いて検証試験を行った結果、実験装置が正常に動作することを確認した。



図6 光給電を実装した受信ステーションの外観

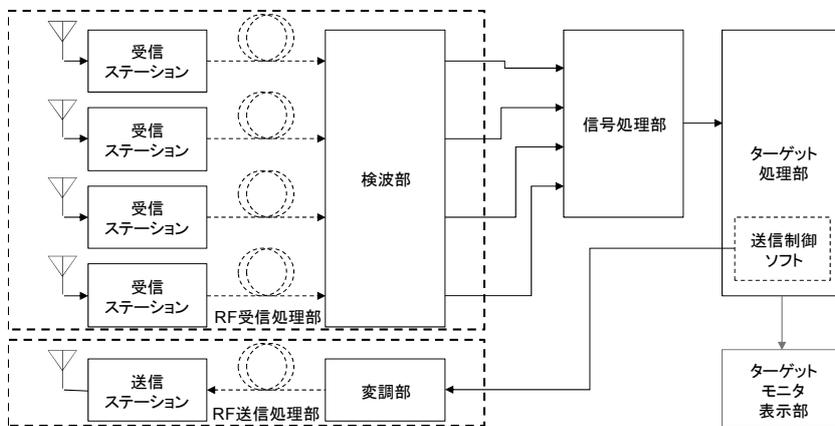


図5 OCTPASS 実験装置の構成



(RF受信部外観)

(2) 総合評価試験

OCTPASS 試作・評価の達成目標は、我が国の MLAT 性能要件を現用の MLAT 装置よりも少ない受信局数で満足することである。このため、総合評価の試験方法として、仙台空港の評価環境で取得した OCTPASS の性能値を、平成 17 年度の MLAT の研究において同空港で取得した MLAT の性能値と比較して評価した。監視データは航空機トランスポンダを搭載した実験用車両を走行させて取得した。図7に OCTPASS と MLAT の受信局配置、図 8 に各試験航跡を示す。また、表 5 にエリア毎に解析した測位誤差の比較を示す。試験の結果、MLAT (5 局) に対して、OCTPASS は 4 局で性能要件を満たし、且つ



図 7 OCTPASS・MLAT の受信局配置

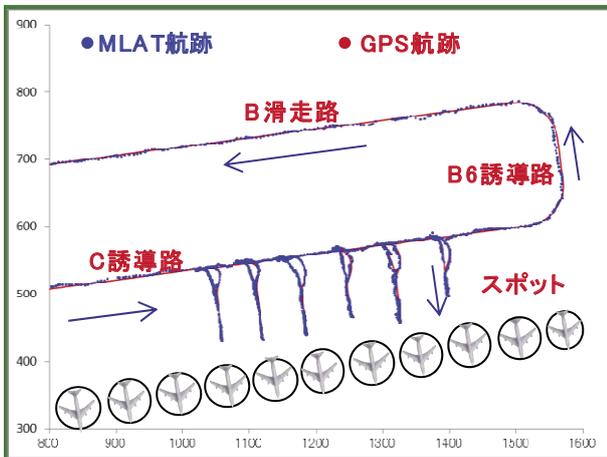
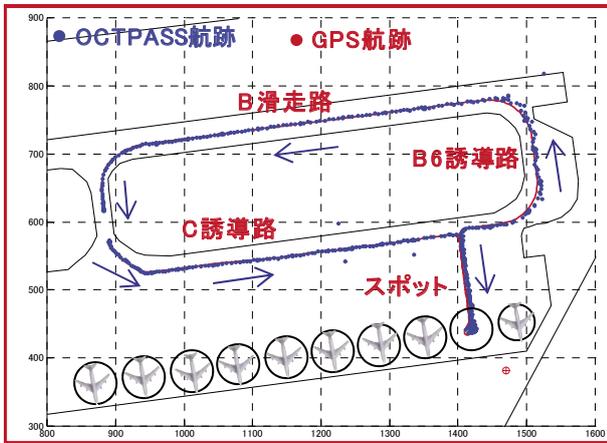


図 7 OCTPASS と MLAT の試験航跡

表 5 OCTPASS と MLAT における測位誤差の比較

測位誤差	OCTPASS	MLAT	性能要件
B滑走路	4.0m	5.0m	7.5m
C誘導路	3.2m	7.1m	
B6誘導路	12m	5.8m	20m
スポット	8.9m	16m	

MLAT よりも (B6 誘導路を除いて) 良好な性能値となる結果が得られた。B6 誘導路において OCTPASS の誤差が増大している理由は、当該エリアが受信局配置の外側に位置するためであり、配置の変更等により誤差を低減できる。本結果から、OCTPASS の達成目標が実現可能であることが確認できた。

4. 考察等

WAM 実験装置については、現用の監視センサ (SSR) よりも 2 倍以上高頻度な監視が実現可能となる評価結果が得られた。なお、本結果は、成田国際空港に導入される空港近傍用 WAM の性能要件に反映されている。一方、OCTPASS 実験装置については、現用の MLAT 装置よりも少ない受信局数でも我が国の性能要件を満たし、且つ良好な性能値となる評価結果が得られた。

今後の課題として、WAM 実験装置では、受信局配置の外側における測位誤差の軽減が挙げられる。本課題への改善策として、測位に利用する受信局組み合わせの最適化や追尾処理方式の高度化が有効と考えられる。これらの改善策は、WAM の覆域を航空路に拡張する次期重点研究において評価する計画である。

一方、OCTPASS 実験装置では、実導入を踏まえた検証試験の実施が挙げられる。主な内容として、4 局以上の受信信号に対する位置検出手法の評価や長期的な連続運転による信頼性の検証が必要である。これらの評価・検証は、OCTPASS の実導入を促進するために策定した次期指定研究において実施する計画である。

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きました国土交通省の関係各位に感謝の意を表します。ありがとうございました。

掲載文献

- (1) Miyazaki: "Evaluation Results of Multilateration at Narita international Airport", IP/ ASP06-01, ICAO ASP 6th WG meeting, April 2009

- (2) Miyazaki: "Evaluation Plan for Wide Area Multilateration at ENRI", TSG WP07-08, ICAO ASP 7th TSG meeting, June 2009
- (3) 角張, 古賀他: "空港面受動監視におけるモード S 信号のプリアンプル検出手法", 2009 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-2-21, p.231, 2009 年 9 月
- (4) Miyazaki: "Evaluation Plan for Wide Area Multilateration at ENRI", IP/ ASP07-04, ICAO ASP 7th WG meeting, September 2009
- (5) Miyazaki et al.: "Evaluation Results of Multilateration at Narita International Airport", 13th IAIN World Congress, October 2009
- (6) Miyazaki: "Evaluation Results of Multilateration at Kansai International Airport", TSG WP08-25, ICAO ASP 8th TSG meeting, January 2010
- (7) Miyazaki et al.: "Evaluation Results of Multilateration for Airport Surface Surveillance", ESAVS2010, March 2010
- (8) 宮崎, 上田他: "広域マルチラレーションの基礎実験結果", 平成 22 年度 (第 10 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 22 年 6 月
- (9) 角張, 二瓶他: "光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) 信号処理装置の試作・評価", 平成 22 年度 (第 10 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 22 年 6 月
- (10) 宮崎, 古賀他: "空港面マルチラレーションの導入評価結果", 電子航法研究所報告, No.125, 2010 年 4 月
- (11) Miyazaki: "Test Results of Wide Area Multilateration at Tokyo International Airport", IP/ ASP08-13, ICAO ASP 8th WG meeting, April 2010
- (12) Miyazaki et al.: "Comments for Potential SARPs Changes to Limit Unnecessary Interference", TSG WP09-24, ICAO ASP 9th TSG meeting, June 2010
- (13) Miyazaki et al.: "Information to Discuss the Anomalous Behavior of Transponder Replies", TSG WP09-25, ICAO ASP 9th TSG meeting, June 2009
- (14) 宮崎, 上田他: "成田国際空港におけるマルチラレーションの評価結果", 日本航海学会誌, 第 173 号, 平成 22 年 6 月
- (15) 角張, 二瓶他: "空港面受動監視システム信号処理部の試作", 2010 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-2-24, p.260, 2010 年 9 月
- (16) Miyazaki et al.: "Excessive All-Call Replies Confirmed at Narita International Airport", IP/ ASP09-03, ICAO ASP 9th WG meeting, September 2010
- (17) Miyazaki et al.: "Irregular Transponder Operation Confirmed at Narita International Airport", IP/ ASP09-05, ICAO ASP 9th WG meeting, September 2010
- (18) Miyazaki et al.: "Investigation of the Irregular Transponder Operation Problem", TSG WP10-25, ICAO ASP 10th TSG meeting, January 2011
- (19) Miyazaki et al.: "Effective Means to Distinguish Register Swaps for the Ground Based Solution", TSG WP10-34, ICAO ASP 10th TSG meeting, January 2011
- (20) 上田他: "空港面監視用マルチラレーションシステムについて", 平成 23 年度 (第 11 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 23 年 6 月
- (21) 宮崎他: "広域マルチラレーションの評価試験", 平成 23 年度 (第 11 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 23 年 6 月
- (22) 角張他: "光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) の試作と動作検証試験, 平成 23 年度 (第 11 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 23 年 6 月
- (23) Miyazaki, Koga et al.: "Test Result of Passive Acquisition Technique to Eliminate Excessive All-Call Replies", IP/ASP10-8, ICAO ASP 10th WG meeting, April 2011
- (24) Miyazaki, Usui: "Investigation of the Irregular Transponder Operation Problem", WP/ASP10-15, ICAO ASP 10th WG meeting, April 2011
- (25) Miyazaki et al.: "Comments to SARPs revision for Limit Number of All Call Interrogations", ASP TSG WP11-24, ICAO ASP 11th TSG meeting, June 2011
- (26) 角張, 二瓶他: "空港面受動監視システム (MLAT) の高性能化について—周辺建造物に対するマルチパス干渉対策の検証実験—", 電子情報通信学会, 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報 SANE2011-55, 2011 年 7 月
- (27) 角張, 二瓶他: "空港面用航空機受動監視システムの高性能化", 平成 23 年度電気学会電子・情報・システム部門大会, GS8-3, 平成 23 年 9 月
- (28) Miyazaki, Ueda et al.: "Development of High Performance WAM System", ESAV '11, Proceeding of the ESAV, pp. 237-240, September 2011
- (29) Usui, Miyazaki, Koga: "ICAO Material Revision for SSR All Call Replies Limitation", WP/ ASP11-24, ICAO

ASP 11th WG meeting, September 2011

- (30) 角張： “マルチラテレーション航空機監視システムの高度化”，平成 23 年度電子航法研究所講演会，平成 23 年 11 月
- (31) Miyazaki, Koga, Usui: “Investigation of Reply Rate Issues and Proposed Revisions to Clarify Definitions”, ASP TSG WP12-04, ICAO ASP 12th TSG meeting, January 2012
- (32) 宮崎： “マルチラテレーションからハイブリッド監視に向けて”，航空無線技術交流会技術講演会，(財)航空保安無線システム協会，平成 24 年 2 月
- (33) 宮崎，島田： “成田国際空港マルチラテレーション整備基本設計に係わる調査支援”，電子航法研究所受託研究報告書，平成 24 年 3 月
- (34) Miyazaki, Koga, Usui: “Investigation of Reply Rate Issues and Proposed Revisions to Clarify Definitions”，WP/ASP12-06, ICAO ASP 12th WG meeting, January 2012
- (35) 宮崎： “広域マルチラテレーションの評価試験”，航空管制 2012 年第 3 号，航空交通管制協会，2012 年 5 月
- (36) 宮崎： “広域マルチラテレーションの概要と評価”，日本航海学会第 126 回航空宇宙研究会，2012 年 5 月
- (37) 宮崎： “広域マルチラテレーションの試作・評価”，測位航法学会ニュースレター第Ⅲ巻第 2 号，2012 年 6 月
- (38) Miyazaki, Koga, Usui: “Update on the Investigation of All Call Reply Rate Issues”, ASP TSG WP13-09, ICAO ASP 13th TSG meeting, June 2012
- (39) 角張，古賀他： “RoF を適用した空港面航空機監視システムの開発・評価”，電子情報通信学会，マイクロ波・ミリ波フォトンクス研究会，信学技報 MW2012-35, 2012 年 7 月
- (40) 角張，古賀： “空港面用航空機受動監視システムの高性能化”，電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌)，Vol.132 No.7 pp1088-1093, 平成 24 年 7 月
- (41) 宮崎，島田他： “広域マルチラテレーションの試作・評価”，NAVIGATION 第 182 号，日本航海学会，平成 24 年 10 月
- (42) Miyazaki, Koga, Shimada, Usui: “Update on the Investigation of All Call Reply Rate Issues”, WP/ASP 13-08, ICAO ASP 13th WG meeting, September 2012
- (43) 角張： “光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) の開発・評価”，航空管制 2012 年第 6 号，航空交通管制協会，2012 年 11 月
- (44) 角張，二瓶他： “航空機受動監視システムの開発と評価”，レーザー学会学術講演会第 33 回年次大会，2013 年 1 月
- (45) Miyazaki, Usui: “Draft Doc9924 Guidance Material for the measurement of All-Call Reply Rates”, ASP TSG WP14-15, ICAO ASP 14th TSG meeting, January 2013
- (46) 島田，宮崎他： “広域マルチラテレーションシステムの評価試験”，2013 年電子情報通信学会総合大会，2013 年 3 月
- (47) Miyazaki, Shimada et al.: “Performance Verification Results of a WAM Experiment System”, ESVAS 2013, March 2013

携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究【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, 朝倉道弘, 磯崎栄寿

研究期間 平成 21 年度～平成 24 年度

1. はじめに

携帯電話や通信機能付きパソコン等, 意図的に電波を放射する携帯電子機器 (T-PED: Transmitting Portable Electronic Device) は, 従来の機器より一般に放射電波レベルが高く, 航法装置, 通信装置, 操縦装置等の機上装置に電磁干渉 (EMI) を与える可能性が高いといわれている。当研究所では米国航空無線技術委員会 (RTCA) を通じて, T-PED を安全に使用するための検証手順が示す国際的な基準策定に関わってきた。これにより, 全面的に禁止されている T-PED の航空機内での使用が欧米を中心として進められており, わが国でも T-PED の機内使用基準等に関する研究が望まれている。

本研究では T-PED の電波が航空機上の装置に干渉する可能性について, 航空機そのものの電波に対する耐性を基に評価するための技術を検討する。これにより航空機内から放射される電波によって起こりうる障害を明らかにし, その事象が許容される発生頻度より総合的に安全性を評価することが期待されている。なお, EMI の可能性評価には RTCA 基準を参照すると共に, 世界で唯一我が国にのみ存在する携帯電子機器 (PED) が原因と疑われる機上装置不具合に関する EMI 事例報告を活用する。また, 我が国の最新 T-PED について検証するとともに, 安全にさまざまな PED を使用できる航空機側の性能要件を明らかにする。

2. 研究の概要

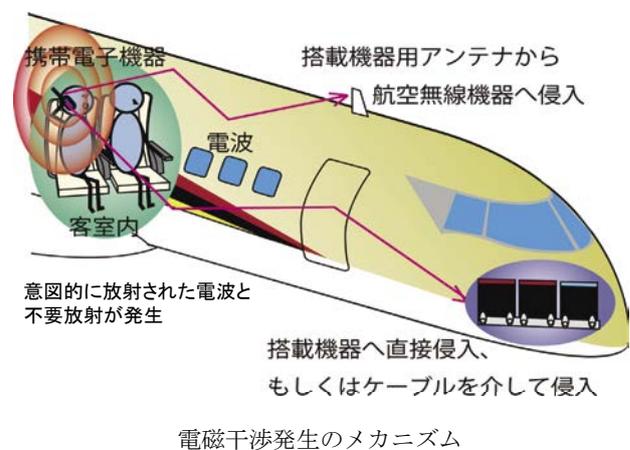
平成 24 年度は本研究の最終年度である。前年度までの成果で明らかになった, 電磁干渉波レベルに対して, 比較的電磁干渉に弱い傾向にある航空機搭載無線機器に発生する不具合の検証を行う。また, 航空機内で発せられた強い電波の影響をコンピュータシミュレーションで解析し, 実機における測定結果と比較した。これにより, 電磁干渉によって引き起こされる障害の定量的な評価が可能となる。将来的には, これらは成果が航空機内で安全に電子機器を使用するための技術指針となる。

以降, 全研究期間で実施した概要について述べる。

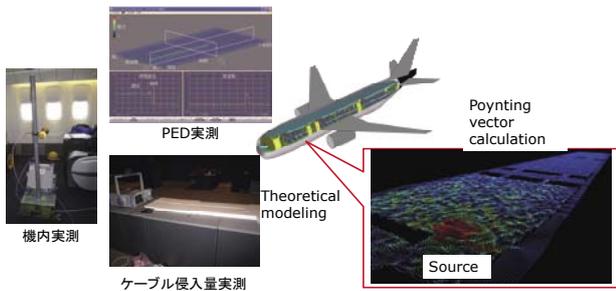
3. 研究内容

・電磁干渉確率推定手法の検討

電磁干渉を起こす可能性のある電波としては, 意図的に放射される強い電波と, 意図せず航空用無線帯域に漏れこんでくる微弱な電波の 2 つの形態に分けて解析する必要がある。

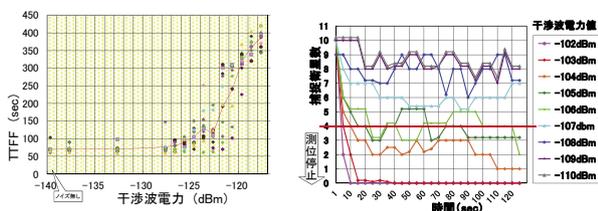


強い電波の解析手法として, 電線等を通じて侵入する可能性を評価するため, 電波無響室内で強い電波を照射した場合にケーブルに侵入する電波の量を評価した。また, 通信等の用途で意図的に航空機内に放射される電波の影響を, 携帯電話の周波数帯を用いてコンピュータシミュレーションで解析してきた。これらの計算結果と航空機内での伝搬試験実測値を比較した結果, 航空機内壁に電波を吸収する機能があることが示された。そこで, 実際の航空機で使用されている部材と同じ素材を用いて試験片を製作し, 物性を測定した。難燃性を向上するために内装品のプラスチックに含有されるフェノール樹脂が電波を吸収する特性があることが示された。これらの結果より, 通常の運航形態下で乗客が持ち込む機器の通信用の電波が電磁干渉を起こすほど強くなる可能性はないことを示した。



強い電波に対する影響解析

また、航空用無線帯域に侵入するスプリアスについては、航空機内の伝わり方を実測して統計的に評価した。その減衰の度合いを経路損失と呼び、電波の発生する場所や周波数、該当するアンテナの設置場所等によって異なる値となる。そこで、公表されている航空機を経路損失値を調査した。航空機の大きさによって最悪となる損失の値はおおむね大きくなる傾向であるが、その絶対値はあまり変わらない傾向があることが判明した。各航空会社の協力の下、大小 20 機種以上の航空機について経路損失データの蓄積を行った。これらの測定値をデータベースとして活用することで、乗客が持ち込む様々な電子機器の影響評価が可能となった。また、非常に低い確率ではあるが、干渉波の影響が比較的大きいと想定される GPS への影響を検討した。GPS は所望波に対して高い干渉波についても耐えられることが分かっており、干渉波をどの程度許容できるのかを評価した。これらの試験結果から、干渉波の増大に伴って GPS の起動時、連続測位時で 4 種類の障害がおこることを明らかにした。



GPS 受信機の影響評価

・航空機内電波環境記録装置の開発

航空機内で乗客が PED を使用するには様々な電波が発生する可能性がある。これらの電波が有害な周波数や強さでないことを監視するため、航空機内に持ち込みが可

能な電波環境記録装置の開発を行った。携帯用スペクトラムアナライザとノートパソコンを用いたシステムを構築し、1 秒間に数回で電波の発生状況を記録できることを確認した。また、従来 2 週間必要であった経路損失分布測定を 565 席の大型航空機であっても 1 日で測定できるシステムを構築した。

・EMI 事例報告の分析

機内に持ち込まれる携帯電子機器が原因と疑われる機上装置の不具合が発生したとき、航空会社から EMI 事例報告が提出される。2009 年の報告件数は 6 件、2010 年の報告件数は 11 件、2011 年の報告件数は 3 件、2012 年の報告件数は 3 件であった。これにより総件数は 287 件となった。平成 22 年度に解析した地上停止中の電磁干渉可能性の評価結果により、航空機内での携帯電話等の使用制限が緩和されて報告が増えることを想定していたが、逆に報告件数が激減する結果となっている。これらの、EMI 事例報告及び電子航法研究所における追跡調査は、世界的に見ても他に例が無いため、国際的に貴重なデータとなっている。また、過去に発生した EMI 事象の追跡調査を行った。その結果過去に発生した事例のうち約 40 件程度は機上システムの不具合に起因するものと判断できた。

・地上における携帯電子機器の使用時の影響評価

上記の経路損失データベースを利用した電磁干渉確率推定手法、及び EMI 事例報告の分析を活用して、国土交通省航空局航空安全推進課の要請を受け、地上における携帯電子機器使用時の影響について調査した。調査の結果通常の運用形態においては電磁干渉の影響は 0 に近いことが示した。また、電磁干渉が起こる可能性の高い事例として 3 類型を明示して、今後も注視していく必要があることを示した。この結果、告示が改正され、携帯電話の使用制限が緩和された。

・電磁干渉に強い航空機の評価

既存の航空機の電磁波干渉を低減するため、三菱重工業株式会社および株式会社フジワラとの共同研究で実験用航空機を用いた遮蔽窓の特性評価試験を行った。本年は遮蔽窓の有無による遮蔽効果の確認、および遮蔽効果が及ぼす経路損失への影響を調査した。DME における経路損失測定値を比較すると、標準偏差値はほぼ同等の値で、平均値が 20dB 程度遮蔽効果によって損失が増えることが示された。ほとんどの搭載受信機で遮蔽効果が確認できたが、VHF 受信機では遮蔽による影響が見られなかった。後日調査した

ところ、VHF 受信機の接地がなされていなかった。今後受信機の接地状況の影響を調査することとした。また、遮蔽によって閉じ込められた電磁波による影響も測定した。機内に設置したアンテナで受信される電界は遮蔽効果の有無による顕著な違いを見せなかった。これは実際の客室内が電磁波に対して無損失の空間ではないためと考えられる。

昨年度までに航空機の窓をアクリル板から電磁遮蔽構造に置き換えることで、電磁干渉に対して堅牢な構造となることを示してきた。これらの評価手法を用いて、新型航空機用の複数の窓材、窓取り付け構造について評価を行った。

4. まとめ

今年度は、航空機内で発せられる強い電波がケーブル等に侵入する量を定量的に求めるための測定システムを構築した。また、電波の伝わり方をコンピュータシミュレーションで解析し、内装に使用される材質の測定を行った。加えて航空無線周波数帯域に発生するスプリアスによってGPS 受信機が影響を受ける度合いを評価するシステムを構築した。

今後は実際の航空機で使用されている様々なケーブルを用いて、様々な接続方式の場合に強い電波を印加した場合の電波の侵入度合いを評価する。また、GPS 受信機への影響として、様々な変調がかけられた干渉波に対する影響レベルの評価を行う。これらのデータをまとめることで、航空機と共存できる電子機器の電磁放射要件について検討する。

掲載文献

- (1) 米本成人他, 「航空機窓用シールド材の性能評価」, 第 47 回 飛行機シンポジウム講演集, 2F1, 2009 年
- (2) A. Kohmura et. al., “Measurement of EM Field inside a Cruising Aircraft –Potential Problems for the Use of Mobile Phones on Board–”, *Ultra-Wideband Short Pulse Electromagnetics 9*, pp. 335-342, Springer, May 2010
- (3) ニッ森俊一他, 「大規模電磁界数値解析を用いた航空機電磁環境推定」, 平成 22 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.39-42, 2010 年
- (4) 米本成人, 「イミュニティ技術で変わる航空機内無線通信」, 月間 EMC, 2010 年 8 月号, 2010.0805, No. 258, pp. 103-111
- (5) 平岩慎也他, 「FDTD 法を用いた航空機内における偏波特製の解析」, 2010 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-1-23, 2010 年 9 月
- (6) 平岩慎也他, 「大規模 FDTD 解析を用いた B777 機内電磁環境推定 - 携帯電話周波数帯における解析及び測定比較-」, 信学技報, vol.110, EMCJ2010-42, pp.7-10, 2010 年 10 月
- (7) S. Hiraiwa et. al., “Estimation of the Electromagnetic Fields Distribution due to Mobile Radio in a Typical Aircraft Cabin Using Large Scale FDTD Analysis”, *Proc. Of International Symposium on Antennas and Propagation in 2010*, pp. 547-550, Macao, China, Nov. 2010
- (8) ニッ森俊一他, 「大型計算機を用いた B777 機内電磁環境推定-携帯電話周波数帯における解析及び測定比較-」, 第 48 回飛行機シンポジウム講演集, 3D7, 2010 年 11 月
- (9) 電子航法研究所, 「地上停止中の航空機における携帯電子機器の使用に関する調査報告書」, 調査研究報告書, 平成 23 年 2 月 25 日
- (10) 米本成人, 「客室内で使用される携帯電話と航空機間の電磁干渉可能性の評価」, 航空無線, 第 68 号, (夏期), pp.32-41, 2011 年 4 月
- (11) 電子航法研究所, 「平成 21, 22 年度航空機内の電磁干渉障害報告の統計分析及び該当事象の事後追跡調査報告書」, 調査研究報告書, 2011 年 5 月
- (12) 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 磯崎栄寿, 山田公男, 朝倉道弘, 「代表的な航空機を用いた携帯電話電波の影響評価」, 平成 23 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 83-88, 2011 年 6 月
- (13) 米本成人, 「乗客が使用する携帯電話と航空機との間で起こる電磁干渉の可能性評価」, 航空管制, 2011-No.4, pp.80-89, 2011 年 7 月
- (14) 木下真樹, 日景隆, 野島俊雄, ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 「FDTD 法を用いた航空機内における携帯電話周波数帯電波の伝搬特性評価」, 2011 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集,, B-1-22, 2011 年 9 月
- (15) Takashi Hikage, Shinya Hiraiwa, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, “Numerical Estimation of the Electric Field Distributions due to Mobile Radio in an Aircraft Cabin Based on Large Scale FDTD Analysis”, *Proc. 10th International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, pp.523-526, York, UK, Sep. 2011
- (16) 米本成人, 「航空機に対する携帯電話からの電波の影響評価」, EMC シンポジウム IIDA2011, pp.2-17, 2010 年 10 月
- (17) 米本成人, 「携帯電話の電波が航空機に与える影響の

- 評価」, 平成 23 年度電子航法研究所講演会資料, pp.36-43, 2011 年 11 月
- (18) Masaki Kinoshita, Takashi Hikage, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, “Numerical Estimation of RF Propagation Characteristics of Cellular Radio in an Aircraft Cabin”, Proceedings of the Asia-Pacific Microwave Conference 2011, pp.82-85, Melbourne, Australia, Dec. 2011
- (19) 木下真樹, 日景隆, 野島俊雄, ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 「大規模 FDTD 解析を用いた航空機における無線 LAN 電波の伝搬特性評価」, 信学技報, vol. 112, no. 157, EST2012-32, pp. 149-152, 2012 年 7 月
- (20) ニッ森俊一, 河村暁子, 磯崎栄寿, 米本成人, 日景隆, 野島俊雄, 「大型旅客航空機における胴体側壁内装材の電気的特性 -フェノール樹脂を用いた FRP の材料定数測定評価-」, 2012 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-1-22, 2012 年 9 月
- (21) 河村暁子, 米本成人, 山本憲夫, 「統計的手法による携帯電子機器の電磁放射評価」, 電子航法研究所報告, No.129, pp.1-9, 2012 年
- (22) Shunichi Futatsumori, Takashi Hikage, Masami Shirafune, Toshio Nojima, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, “Numerical Estimation of Propagation Characteristics of Wireless Communications in Crowded Aircraft Cabin”, ACES2013, pp.82-85, Monterey, USA, March 2013

監視システムの技術性能要件の研究 【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○小瀬木滋, 大津山卓哉, 古賀禎, 住谷泰人, 本田純一

研究期間 平成 22 年度～平成 25 年度

1. はじめに

空域の航空交通状況の現状確認には、レーダ等の監視システムが使用されている。レーダ等の監視システムを用いて空域全体の状況認識能力を持つ管制官と目視による局所的監視のみが可能なパイロットを前提に、監視システムを用いる航空管制方式が定められてきている。

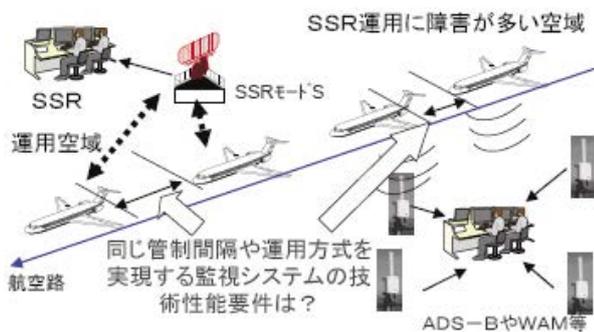
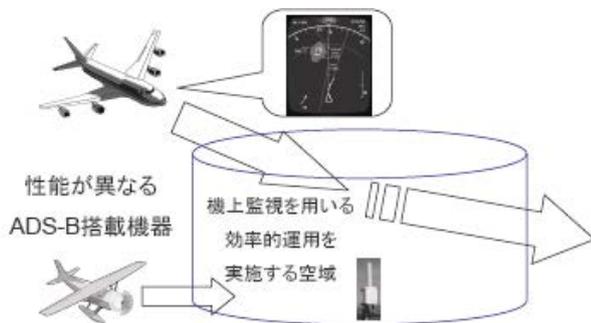


図 1. 新しい監視システムの導入

監視システムが新たに開発または改良された場合、航空管制への使用可能性の評価が必要になる。従来と同じ航空管制方式を想定する場合、すべての性能指標において新しい監視システムが従来の監視システムと同等以上の性能を示すならば、新しい監視システムを使用できる。しかし、一部の性能指標が従来のシステムより低いと他の性能指標が非常に良好でこれを補える可能性がある場合も、航空管制の可能性を判断する必要がある。



搭載機器の技術性能により空域に入れるかどうかを判断

図 2. 新しい運用方式の導入

また、航空機トラジェクトリの精密な管理やパイロットによる航空機位置の相互監視を活用するなど、新しい運用方式の導入前に、使用する監視システムに求められる性能を知る必要がある。

以上のように、想定する運用方式のための運用性能要件をもとに、使用される監視システムの測定精度や信頼性指標など技術性能要件を求める必要がある。この技術性能要件は、測定により実現を確認できる必要がある。

2. 研究の概要

本研究では、これまでにまとめられている運用方式をもとに監視システムの技術性能要件 TPRS (Technical Performance Requirements for Surveillance systems) を確立し、空域運用改善を支援することを目的とする。

このため、次の事項を研究目標としている。

- ・ 次世代監視システムの技術性能を測定する機材および手法の開発
- ・ 航空機動態情報の信頼性に関する評価
- ・ 次世代監視システムで使用される 1030/1090MHz 信号環境の測定と監視性能予測
- ・ 空対空監視システムの技術性能要件の作成

3. 研究成果

3.1 次世代監視方式の動向等の調査

次世代監視方式動向、機上監視要件、ACAS/ATM 整合性を会議参加や文献により調査した。

ICAO の機上監視タスクフォース (ASTAF: Airborne Surveillance Task-Force) 会議に参加し、監視システムの技術性能要件を調査するとともに、ICAO Doc. 9994 (Manual on Airborne Surveillance Application) の文書案や図面案を作成した。機上監視関連システム構成、軍民監視システムのゲートウェイ、ADS-B 搭載率に関する考察などが採用され、機器の搭載義務化状況が欧州等と異なる日本の国情を反映できた。Doc. 9994 の PDF 版は、ICAO AN-Conf/12 会議資料として配布された。

ICAO 航空監視パネル ASP 衝突防止作業班 (ACAC: Airborne Collision Avoidance Cell) 会議では、将来の航空機衝突防止装置 ACAS-X 用に検討されている監視方式や監視情報処理方式について情報を収集した。

運用方式標準化の技術的根拠を記載した資料を得るため、RTCA/EUROCAE RFG (Requirement Focus Group: 要件検討会議) が作成した SPIR (Safety, Performance and Interoperability Requirements) 文書を調査継続した。

今後の ICAO 会議でも SPIR が活用される見込みである。

本研究と類似の活動を調査し、平成 24 年 3 月に出版された” EUROCONTROL Specification for ATM Surveillance System Performance” を入手した。この資料の記載事項と本研究課題でまとめつつある監視システムの技術性能要件や測定手法の比較を進めた。

以上の動向調査結果については、CARATS 監視アドホック会議や総務省情報通信政策研究所研修部など関連省庁からの要請に応じて情報提供に活用した。

3.2 技術性能要件案を基にした性能測定手法の開発

監視性能を定義しても、測定が困難である場合はその実現の確認ができないため、製作された監視システムの性能を評価できない。特に、低い確率を持つ項目は測定やシミュレーションなどに非常に長時間を必要とするため、性能の実現確認が技術的課題となっていた。

そこで、監視システムの技術性能要件に含まれる信頼性関連の項目など、非常に低い確率を測定する手法を調査した。平成 23 年度までの調査の結果、監視センサの測定データから検出判定をする処理過程が明確に定義されている場合は、ベイズの定理を用いて監視情報の信頼性をモデル計算できることがわかっている。平成 24 年度は、比較的容易に測定可能な目標検出率と誤検出率を用いて、監視情報のインテグリティ、有用性、継続性などに換算する手法が有効であることを過去の測定データ等を用いて確認し、手法を学会に報告した。ただし、誤検出率については ATC トランスポンダが低電力の質問信号に対して誤動作する現象の発生率調査が必要であるため、必要な実験装置を試作した。

3.3 信号環境測定と将来予測

監視システムが使用する 1030/1090MHz 帯域の受信信号波形を記録分析するため、飛行実験用測定機器を航空機外の多様な場所でも活用できるように改造を進めた。

信号環境予測については、マルチパスの影響を正確に反映するため、仙台空港を例に伝搬路分析を実施した。

航空局が AN-Conf/12 への WP を作成する際に、信号環境管理が将来の航空無線機器の性能維持に重要であることを示し ICAO の作業を提案するための情報を提供した。

3.4 監視情報信頼性の実態と補強手法を調査

当研究所の実験用 SSR モード S を用いて航空機からダウンリンクされる信号の記録分析している研究グループと連携し、その成果を活用して調査を継続した。

また、ADS-B 監視情報源となる GNSS の有用性などに影響する信号環境の測定結果について学会等に報告した。

4. 考察等

将来の経済的で円滑な監視システム導入と運用に資するような成果活用をめざし、状況の変化に対応しつつ研究を進めたい。

主な掲載文献

- (1) Ozeki, Miyazaki, Uzui: “Consideration on the compatibility between UAS and ACAS”, ICAO ASP/WG, April, 2012
- (2) Ozeki, Loscos: “Revised Description on ADS-B”, ICAO ASTAF, June, 2012
- (3) Ozeki, Loscos: “Revisions for Unequipped Aircraft Considerations”, ICAO ASTAF, June, 2012
- (4) Ozeki, Vallauri: “Revised Section for AS Functional Architecture”, ICAO ASTAF, June, 2012
- (5) Ozeki: “ASTAF Comments on Draft V2”, ICAO ASTAF, June, 2012
- (6) Japan: “Proper Management of Radio Spectrum Environment”, ICAO AN-Conf/12, WP, November, 2012
- (7) ICAO/ASTAF: “Manual on Airborne Surveillance Applications”, ICAO AN-Conf/12, IP, November, 2012
- (8) 小瀬木:「会議参加報告書 ACP/WG-F27」, 国土交通省航空局, 平成 24 年 10 月
- (9) Ozeki: “Integrity of ATCRBS reply data under interference environment”, ICSANE2012, Oct., 2012
- (10) Otsuyama, Ozeki: “A Study of Evaluation Method for GPS-L5 Signal Environment during Flight Experiments”, ICSANE2012, Oct., 2012
- (11) 大津山, 小瀬木:「GPS-L5 帯域信号環境評価手法の一考察」, 電子情報通信学会ソサエティ大会, 平成 24 年 9 月
- (12) 大津山, 小瀬木:「飛行実験による GPS-L5 帯域の信号環境評価」, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J95-B No. 11 平成 24 年 11 月
- (13) 小瀬木:「ATSA 等導入のメリット/デメリット」, CARATS 監視アドホック会議, 平成 24 年 11 月
- (14) 小瀬木:「ATSA 等研究成果—SPIR に見る効果的導入の条件」, CARATS 監視アドホック会議, 平成 24 年 11 月
- (15) 小瀬木:「机上監視実現のために必要な搭載品と地上設備」, CARATS 監視アドホック会議, 平成 24 年 11 月
- (16) 小瀬木:「空港及び航空機における無線利用システムの概要」, 総務省情報通信政策研究所, 平成 24 年 4 月

航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○塩見格一, 佐藤清, 青山久枝 (航空交通管理領域), 井上諭 (航空交通管理領域)

研究期間 平成 22 年度～平成 25 年度

1. はじめに ——研究開発の経緯・現状と背景——

1998 年, (株) オージス総研との共同研究における「発話音声による発話者の心身状態の評価可能性」の発見以来, 当所では多くの共同研究者と発話音声分析技術の実用化を目指して研究開発を進めてきた。2004～06 年には(財) 鉄道総研との共同研究による疲労計測実験において, 「発話音声から算出する指数値 (CEM 値) が発話者の“眠気度”に良く相関する。」事を確認した。

2008 年の米国 NTSB による安全勧告において, パイロットの健全性を実証的な技術により管理することが求められ, 当所は, 我が国の米国大使館において当所発話音声分析技術の紹介を行い, 同年ワシントン D.C. において開催された第 5 回連邦航空局航空安全フォーラムに招かれ, ブースを設営し試作した発話音声分析装置を展示した。これを契機に, 米国陸海軍共同の医学研究センター睡眠研究所に同装置を提供し, 睡眠不足に対する健全性の管理に有効と認められる成果を上げた。

発話音声の評価は, 当所開発による信号処理アルゴリズム SiCECA (Shiomi's Cerebral Exponent Calculation Algorithm) によりデジタルデータ化した発話音声から CEM (Cerebral Exponent Macro) 値を算出し, その値, またその値の変化パターンから, 発話者の心身状態やその変化を推定するものである。適正な信号処理には信号処理パラメータ (SiCECA パラメータ: 埋込次元, 遅延時間, 等々) が適正な範囲に設定されていることが必要不可欠であり, 現状においては上

記鉄道総研での疲労計測実験において, 覚醒度評価装置としてのフリッカテスターによる臨界周波数 (CFF) と CEM 値の相関係数が 0.8 程度になる様に設定している。カオス理論を基礎に置く信号処理技術は, 数学的な原理の理解が難

解なこともあり, それ以前に音声信号を含む生体信号全般が極めて複雑なものであることから, 統計的な手法による「試行錯誤から好ましい結果を与えるパラメータを探索する。」以上の技術的なレベルには未だ達していない。CEM の性質に対する理解も, 残念ながら実験結果以上のものは存在しない。しかしながら, 実験的に確認されている事柄については, 近年, 大学等の共同研究先において, 先の結果を補強する様な結果が幾つも得られる状況に至っており, ゆっくりではあっても技術の普及が進んでいる状況が理解される。

本研究の目的は, 航空管制官等のシフト勤務の形態で社会的に重要な業務を果たす方々の健全性を監視し, 「居眠りをする可能性の増大」等をリアルタイムに警告する技術の開発であり, 特に当所においては, これまでの研究の経緯からも, 業務作業者の発話音声の分析により, その目的を達成することを目指している。発話音声の集録は心拍数の計測や重心の揺動等の他の生体信号の観測, また唾液や血液成分分析等の生体データの採取に比較して遥かに容易であり, 作業者への負担も小さく, うまく実現されれば画期的なものとなることは間違いないと思われる。

2. 服薬及び体内時計と CEM 値の関係の調査

発話音声による覚醒度の評価可能性検証のために, 抗ヒスタミン剤の服用により眠気を誘発した実験を実施した。図 1 及び図 2 は, 4 人の被験者が第一世代の抗ヒスタミン

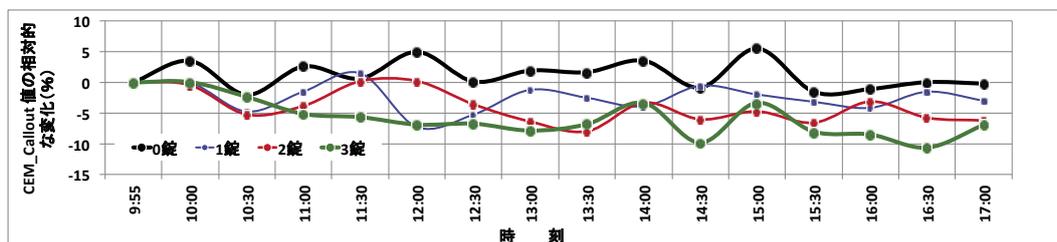


図 1 簡単な発話を伴う作業を実施し集録した音声から計算した CEM 値の平均的な変化

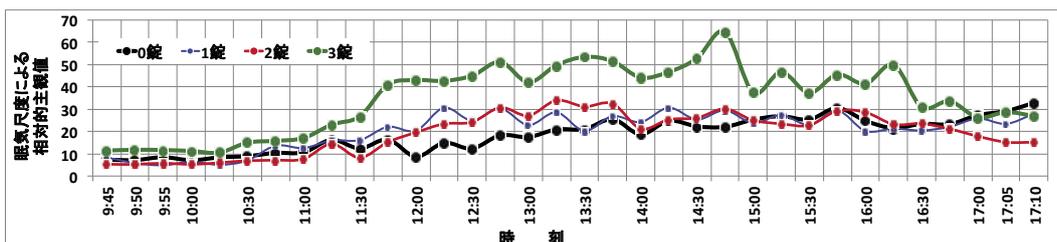


図 2 自覚的な眠気の強さの平均的な変化

剤を午前10時に服用し午後5時まで、30分毎に簡単な暗算課題を3分間行い集録した作業音声による CEM 値の変化と、併せて記録した主観的な眠気の強さの変化を示している。服用から眠気を感じるまでの時間や、薬の効果が継続している時間に個人差は有ったと考えられるが、11時（服用後1時間）から14時頃までの間、一般的な服用上限の3錠の服用により、被験者は平均的に強い眠気を感じていたと考えられる。この実験結果から、作業中の発話音声から発話者の覚醒度の低下を検出ことができそうだ。

航空管制業務等のシフト勤務の業務作業負担を音声から算出する CEM 値で評価しようとするれば、予め CEM 値が体内時計から受ける影響（サーカディアンリズムとの相関関係）を明らかにしておく必要がある。そこで、平成24年度には CEM 値にサーカディアンリズムが反映されるか否かを確認するために、1日を21時間とした生活（14時間起きて7時間の睡眠を取ることを繰り返す生活）を8日間継続する実験を行った。

実験は斑尾所在のロッジを借りて全ての窓を塞いで遮光し、テレビや時計等の時刻の分かるものも全て撤去して、外界と遮断した環境を作り、被験者4人が実験者8人と閉じ籠って行った。起きている14時間の間には1時間毎に航空管制業務の作業要素（ディスプレイの監視、音声による問題の提示に対する音声での応答、ディスプレイ上の目標の探索）を取入れた作業（E.A.P.: Easy Arithmetic Performance）を行い作業中の発話を収録した。他の音声収録実験と同様に、作業の前後には朗読音声を集録し、また臨界フリッカー周波数、心拍数、血圧等を計測し、質問紙による調査を行い、主観的な眠気と疲労感を VAS

（Visual Analog Scale）により記録した。なお、朗読音声は「いろは歌」48文字を12文字ずつに4分割して、これをランダムな順番で表示し読んで集録した。

図3及び図4は実験結果を示したもので、E.A.P.の変化のパターンは明け方とお昼過ぎに、また深夜に向かって低下しておりサーカディアンリズムと良く似た変化を示しており、朗読 CEM 値の変化と作業発話 CEM 値の変化も E.A.P. と同様にサーカディアンリズム（体内時計）の影響を受けていると考えられる変化を示している。

3. おわりに

今日までの実験結果から、CEM 値は、発話者の大脳新皮質の活性度に相関する指数値であり、心拍数の様な大脳旧皮質自律神経系の状態を示すものではなく、また CEM 値単独では脳資源配分に関する性質から覚醒度が高い状況での心身状態の変化を捉えることは難しい⁽¹⁾と考えられているが、平成24年度に実施した実験結果から、覚醒度の低下する状況については、即ち「居眠りをする可能性の増大」については、発話音声分析により十分に予測・予防可能であることが確認された。

掲載文献

- (1) Kakuichi Shiomi, Ken Itano and Ayako Suzuki, "Development and Evaluation of Fatigue and Drowsiness Predictor", ICAS 2012: 28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Sep. 2011, Australia.

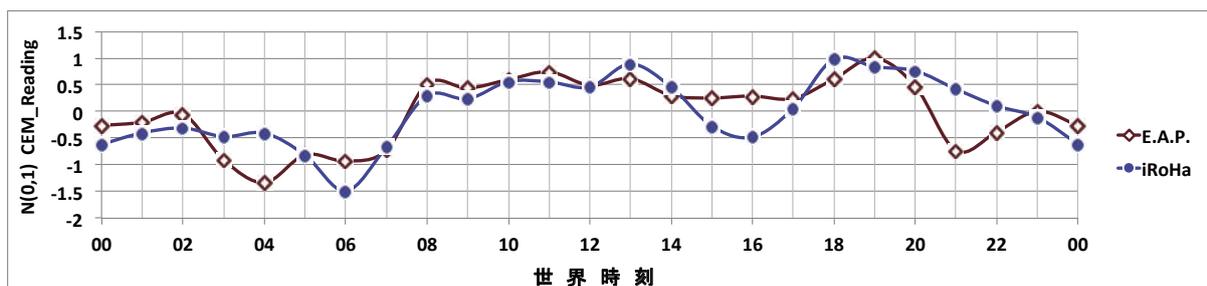


図3 パフォーマンス評価作業の実施量の変化と朗読音声から計算した CEM 値の平均的（4名）な変化

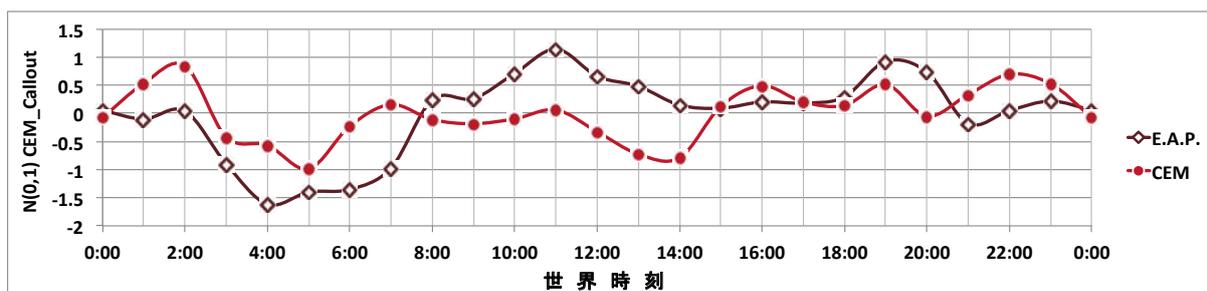


図4 パフォーマンス評価作業の実施量の変化と作業中の発話音声から計算した CEM 値の平均的（3名）な変化

ハイブリッド監視の研究【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○古賀禎, 宮崎裕己, 松永圭左, 角張泰之, 呂曉東

研究期間 平成 23 年度～平成 27 年度

1. はじめに

近年、放送型自動従属監視システム (ADS-B) やワイドエリアマルチラ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・誤差などの特性がシステムによって異なる。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 ρ θ 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) により、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 GPS 受信機によって測位した位置を、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領域も異なる。SSR は、レーダを中心とした逆円錐形の領域が監視領域となる。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領域とする。

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

このように、それぞれのシステムは異なる特性をもち、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掛け合わせるにより、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る。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 監視情報の統合技術

(1) 統合監視処理装置の開発

平成24年度は、統合監視処理装置の開発を行った。統合監視処理装置の主要技術となる追尾技術については、 α β 追尾方式、カルマンフィルタ追尾方式、IMM (Interactive Multiple Model)追尾方式など複数の追尾処理を並列して行えるソフトウェアを実装した。(図 1)

更に、実装ソフトウェアを用いた監視性能評価実験を開始した。評価実験では、SSR/WAM/ADS-B実験システムからの実航空機の監視情報を入力し、性能評価などを行っている。

ADS-B航跡を α β 方式およびIMM方式により追尾した結果(図 2)に示す。濃灰色が α β 方式による誤差、薄灰色がIMM方式による誤差である。両者は、ほぼ同等の誤差となっている。ADS-Bは、高精度の位置が地上で取得できる上、航空機の飛行位置によっては高頻度でデータが更新できる。このため、両方式ともに同程度の性能となっている。

上記のようにして、複合環境下での最適な追尾方式の選定を進めている。また、初期評価結果では、追尾処理による航空機航跡補完により、監視性能(更新頻度)を約2倍にできることを確認した。(図 3)

(2) 航空機情報の信頼性の検証

ADS-Bでは、機上システムで生成された情報を監視情報として使用する。機上システムに故障や不具合が発生した場合には、誤った情報を元に航空機の監視を行うことになり、航空機の運航の安全性が低下する。このため、ADS-Bでは、機上システムが信頼性の確認が重要となる。航空機情報の信頼性の検証では、平成24年に、従来のMIT信頼性検証方式に加えて、当所で考案した新たな試験項目を実装した。さらに、これらのSSR地上局で取得した航空機情報に適用し、その有効性を検証した。

その結果、提案方式により、不正な情報の出力を検出できることを明らかにした。ADS-Bなど航空機出力に依存するシステムにおける監視情報の信頼性の確認に活用できる。

4. まとめ

平成24年は、統合監視装置の開発・主として追尾機能の開発を進めた。さらに、実航空機の監視データにより、追尾性能の評価を行った。この他に、監視情報の信頼性情報の検証方法として、新たな手法を提案した。

平成25年度には、実験システムを用いた在空航空機の監視実験及び実験用航空機を用いた飛行実験を行う。こ

れにより、測位性能の高精度評価・検出性能の長期間評

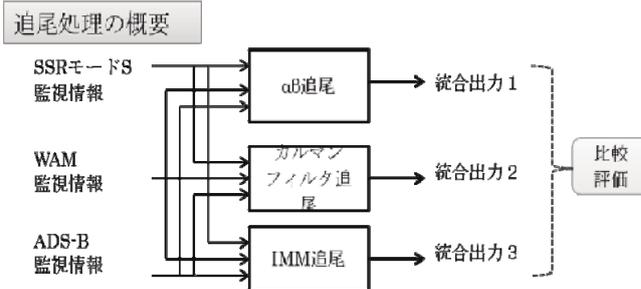


図 1. 統合型監視処理装置の機能ブロック図

価などの監視性能を多角的に評価する。また、これらの評価結果に基づいて、統合監視処理装置を改修し、更なる監視性能の向上を図る。

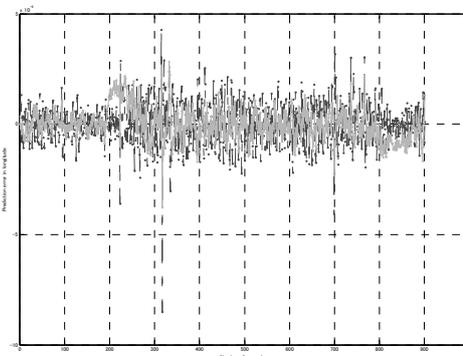


図 2. ADS-B の追尾結果 (α β 方式と IMM方式)

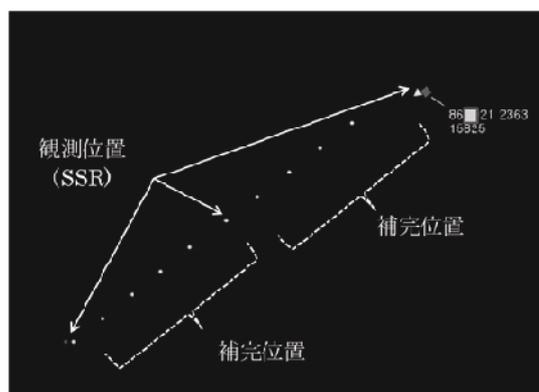


図 3. 航空機の追尾航跡と観測航跡

更に、信号環境の改善技術の検討を開始する。WAM/ADS-Bからの監視情報を用いてSSR補完を機能する機能を実装し、1030/1090MHzの信号数を低減する。これにより、1030/1090MHz信号環境の改善を図り、航空機監視の信頼性の向上を目指す。

掲載文献

- (1) 松永他: “航空機動態情報の品質解析”, 平成 24 年度電子航法研究所研究発表会, 平成 24 年 6 月
- (2) 古賀他: “SSR モード S のネットワーク技術について”, 平成 24 年度電子航法研究所研究発表会, 平成 24 年 6 月
- (3) Matunaga et al: "Validation Test of Downlink Aircraft Parameters via SSR Mode S Experimental System", 2012 13th International Radar Symposium (IRS), May. 2013, Warsaw, Poland
- (4) Matunaga et al: "Validation of Downlink Aircraft Parameters (DAPs) via SSR Mode S Experimental System", ICSANE2013, Oct. 2013, Incheon, Korea
- (5) 呂他: "航空機ハイブリッド監視における追尾技術の基礎的検討", 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会, H24.1
- (6) Koga et al: "Autonomous continuous target tracking technology for safety in air traffic radar systems network," 11th IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2013), Mar. 2013

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，米本成人，河村暁子，ニッ森俊一，山康博（航法システム領域）

研究期間 平成24年度～平成27年度

1. はじめに

航空機と地上管制機関を結ぶ空地通信網は、現在、最高30kbps程度の低速な通信システムである。将来、航空交通量の増加に伴って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として、ICAOやRTCA等によりAeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communication System)と呼ばれる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。AeroMACSは、汎用高速通信のモバイルWiMAX(IEEE 802.16e)技術に基づくCバンドの移動体通信システムである。AeroMACSの導入に際しては、民間技術であるWiMAXを活用した経済的な開発が求められている。また、このシステムでは従来の単一アンテナと異なり、複数のアンテナから構成されるMIMO(Multiple-Input Multiple-Output)アンテナを用いる予定であるため、空港域の基地局配置と共に、移動中の航空機や電波伝搬の効果及び影響を評価する必要がある。

2. 研究の概要

本研究では、WiMAX技術を航空分野に適用した空港域のCバンド空地通信網のプロトタイプを開発する。またプロトタイプ開発に基づく解析結果をもとに、国際規格策定に参画するとともに、実際に使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1年目であり、以下のことを行った。

- ・ 無線通信技術の予備的検討
- ・ 基本機能システムの設計開発，調整
- ・ AeroMACSの動向調査及び技術提案

3. 研究成果

3.1 無線通信技術の予備的検討

WiMAXの無線通信技術に関する予備的検討として、WiMAXテストと市販のWiMAX端末を用いてWiMAXの基本機能に関する性能を調査し、技術検討を行うとともに、MIMOアンテナの構成に基づく航空機モデルの簡易

化に関して、電波無響室で実験し、簡易モデルに関する知見を得た。図1に電波無響室内の簡易モデルを示す。



図1 航空機胴体の円柱状簡易モデル

簡易モデルは弊所の旧実験用航空機B99の胴体部分を1/2スケール化した直径85cm、長さ250cmの発泡スチロール製の半円柱2個と尾翼部分を模擬した幅45cm、長さ95cm、奥行8.5cmの発泡スチロール製直方体を組み合わせている。これら直方体や半円柱の表面にアルミ箔を張り、2つの半円柱を組み合わせた円柱上にアンテナを挟んで設置することで、航空機胴体の簡易モデルを製作し、実験した。実験の結果、航空機と地上局を模擬したアンテナとの位置関係で垂直尾翼の影響が異なることが確認され、以前実施した1/10スケールモデルの航空機模型とほぼ同様の結果が確認された。

3.2 基本機能システムの設計開発，調整

基本機能システムの設計開発として、WiMAX機能を追加した計測器を用い、AeroMACS信号の送受信実験システムを構築した。構築したAeroMACS信号実験システムを図2に示す。この実験システムでは、空港傍の弊所岩沼分室内の実験塔に固定送信局を、弊所の計測車に移動受信局を設置した。計測車が空港内を走行し、送信局から発射されるAeroMACS信号を受信することで、空港内の見通しエリアやブラインドエリア等、空港内の

AeroMACS信号の電波伝搬状況について解析できる。実験結果の一例として、仙台空港における送信局からの送信信号の受信強度に関する結果を図3に示す。図3の●は計測車が走行し、信号を受信した位置である。●の色は信号の強度を示しており、赤、黄、緑、青の順に弱くなり、青の場合にはほとんどの信号が復調できていなかった。特にターミナル付近や滑走路西端に複数の青の箇所がみられており、ターミナル及び格納庫等建物によるブラインドエリアであると考えられる。



図2 AeroMACS信号実験システム



図3 AeroMACS信号実験システムの実験結果例
(電波の信号強度)

3.3 AeroMACSの動向調査及び技術提案

AeroMACSの動向に関し、ICAOの作業部会においては国際標準規格の検討作業に、また航空用技術基準会議(RTCA)においては国際標準規格のもととなる航空用技術基準の検討作業に参画した。ICAOの作業部会では、先に述べたAeroMACS信号実験システムを用いて取得した空港内の電波伝搬実験結果を提案し、今後作成する国際技術マニュアルの技術資料への利用に関するコメントを得た。また、今回の種々の実験で取得した検討結果を国内外の学会等にも投稿し、システム構築に際しての情報取得と意見交換を行っている。

4. おわりに

WiMAX技術を航空分野に適用した空港域のCバンド空地通信網について、WiMAXの性能調査や電波無響室における航空機の簡易モデル化等の無線通信技術の予備的検討を行い、知見を得るとともに、WiMAX機能を追加して計測器を組み合わせてAeroMACS信号の送受信実験システムを構築し、空港内における電波の信号強度等を測定する実験を行った。この結果、空港内のブラインドエリアや電波伝搬状況等の実験結果が取得できた。この結果をICAOやRTCA等の航空通信規格策定の国際会議や学会等で報告し、将来的な技術資料利用に有効に役立つ旨のコメントを得るとともに、国際会議等において通信関連の研究者や技術者等と意見交換する機会を得た。弊所のAeroMACS信号の送受信実験システムは、今後、移動可能な送信局を開発すると共に、測定器の改良等により実験システムの精度を向上させ、ブラインドエリアの解消や基地局の配置検討を進めていく予定である。さらに、AeroMACSプロトタイプについても、設計開発に着手する予定である。

掲載文献

- (1) N.Kanada, Y. Sumiya, N.Yonemoto, S.Futatsumori, E.Isozaki: MIMO Effect Evaluation for Aeronautical WiMAX in Airport at 5.1G, ICNS 2012, Apr. 2012
- (2) N.Kanada, Y. Sumiya, N.Yonemoto, S.Futatsumori, E.Isozaki: Evaluation of antenna configuration for aeronautical WiMAX at 5.1GHz, RTCA SC223 meeting, Apr. 2012
- (3) Y. Sumiya, N.Kanada, N.Yonemoto, A.Kohmura, S.Futatsumori, Kunio Okada, Makoto Shioji: Status of AeroMACS Test System in ENRI / Japan, ICAO ACP WGS2 WP04, Oct. 2012
- (4) 金田直樹, 住谷泰人, 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 本田純一, 岡田国雄: 空港環境における航空用WiMAXの伝播特性, 電子情報通信学会総合大会, Mar. 2013
- (5) 住谷泰人: 将来の空港面用航空通信システム(AeroMACS)の動向, (財)航空保安無線システム協会航空無線技術交流会講演会, Feb. 2013
- (6) N.Kanada, Y. Sumiya, N.Yonemoto, S.Futatsumori, E.Isozaki: Channel capacity improvement dependency of number of receiving antennas for aeronautical MIMO systems, PIERS 2013, Mar. 2013

走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域
 担当者 塩見格一
 研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. はじめに

受動型二次監視レーダ（PSSR）は 1980 年代に植田知雄氏により開発が開始された。⁽¹⁾ PSSR は、大規模な空港で運用されている SSR を親局として、その覆域に存在するサテライト空港において、通常の SSR と同じ mode-A/C 監視情報を、自らは電波を出すことなく取得することを目的としたシステムである。1998 年、当所本職が研究開発に参加し、植田氏と 1990 年に初号機を実現した。その後は長く進展の無かった PSSR だが、1998 年に米国で開催された ATCA でのデモンストレーションの後、米国においてこの原理による装置が実現され、幾つかの米国系の航空会社により自社機の運航状況の監視に利用される様になった。我が国においては 2008 年に、空港環境評価への有用性と必要性から開発を再開し、2012 年遂に、最新のハードウェア及びソフトウェア技術を投入し、一般に市販可能な製品として、小型軽量で消費電力も少なく耐久性に優れた極めて高性能な PSSR が、IRT 社の青山秀次氏により実現された。^(2,3,4)

本研究は、PSSR の装置としての完成度の向上を目指しその実用化を進めると共に、併せて上記走査型の探査アンテナを有する親局を想定した PSSR の原理を発展させ、各種の受動型レーダの実現可能性を検証することを目的として進めてきた。両者は同時並行的に進めてきた研究開発であるが、先ず、平成 23 年度には、SSR 親局からの質問信号（1,030MHz）の反射波により、空港近辺を航行する航空機が観測可能であることを、そのレーダ・エコー画像と共に示した。本年年次報告書では、特に製品化にまで至った、PSSR の完成度の向上を目的として行った研究の成果を報告致す。

2. 受動型 SSR の展望

製品化した PSSR の仕様は以下の通りである。

- 1) SSR からの距離： 50km 程度，質問信号強度 -70dBm
- 2) 監視覆域： 200km 程度，応答信号強度 -85dBm
- 3) 提供情報： mode-A 航空機 ID，mode-C 飛行気圧高度
USB にてパソコンに接続し pssr. dll で通信が可能
- 4) 装置サイズ： 65H x 250W x 170D mm（本体）
- 5) 消費電力： 3W 以下

図 1 は、見本市等で配布するために作成した、実物大の写真を使用したリーフレットの表紙である。

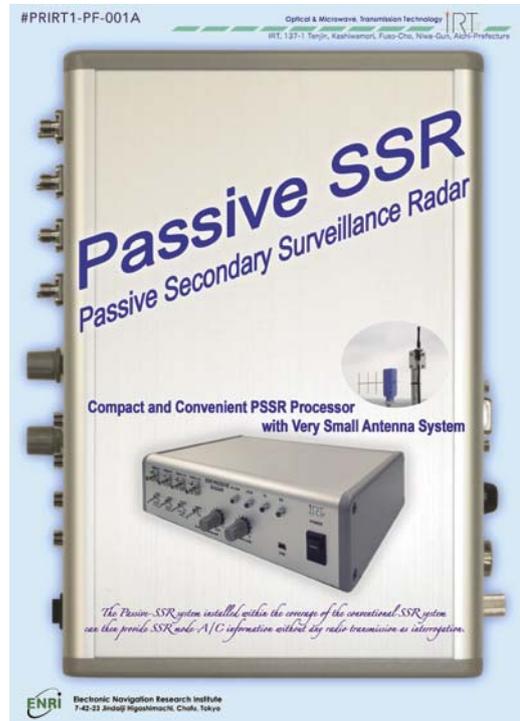


図 1 製品化した PSSR の製品紹介資料の表紙

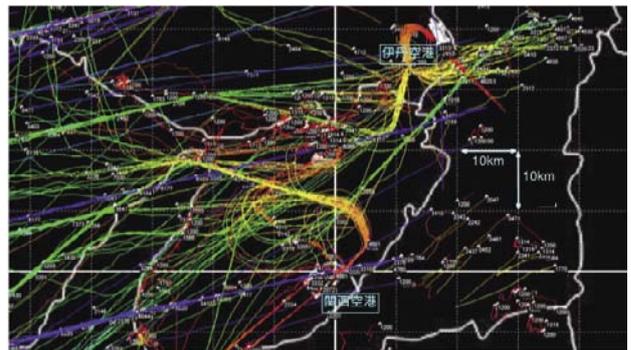


図 2 近畿府県合同防災訓練航跡監視データ

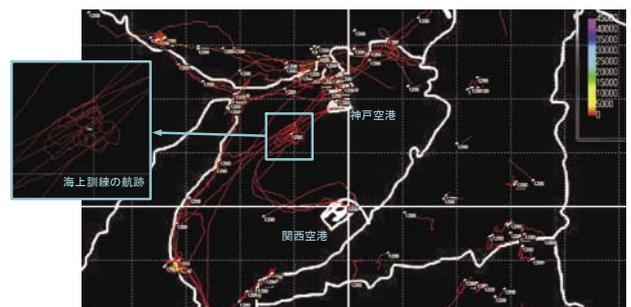


図 3 低高度を運航するヘリコプターの航跡監視例

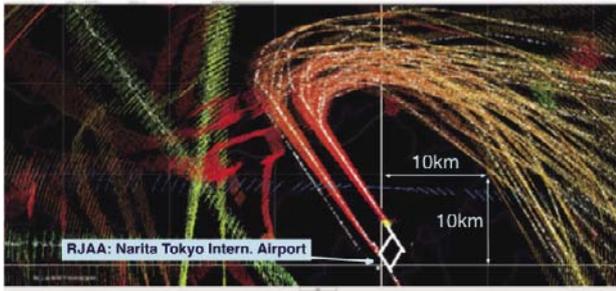


図4 成田空港に着陸する航空機の航跡監視例

図2及び図3は、2012年10月28日に実施された近畿府県合同防災訓練における航空機及びヘリコプターの挙動を、製品化したPSSRを使用して関西空港対岸から監視して得た、それらの航跡を示したものである。関西空港及び伊丹空港からの通常の離発着機の航跡に加えて、神戸空港から離陸するヘリコプター、自衛艦「ひゅうが」に着艦するヘリコプター等の航跡が明瞭に観測されている。

上記防災訓練の監視においては、SSR親局として関西空港のSSR及び伊丹空港のSSRを設定して、親局が一つしか設定されない場合にPSSRに原理的に発生するブラインド・エリアに係る問題が、PSSRの相互補完機能により解消できることを確認した。

図4はPSSRの測位精度の評価を目的として成田空港周辺空域を監視した結果であり、2本の滑走裏に着陸する航跡が観測されている。GPS位置通報情報も白色で（PSSR測位楕円弧に重畳し）マークしておりPSSRの測位性能がADS-Bと比較して遜色がない事が確認された。また、成田空港周辺においても、2012年時点において、ADS-B非対応の航空機が3割程度は存在することが確認され、空域監視がADS-Bのみでは全く不十分であることが理解された。

3. おわりに

本職の奉職以来の研究課題であったPSSRは約25年を要して、製品化と言う形で一応の解決を得ることができた。未だ、幾つもの改善の余地があることは明らかであって、複数の装置を接続して運用する機能等、今後の解決が求められている課題も理解しており、今後も引き続き研究開発を継続したいと考えている。

本PSSRは当所として始めて参加したATC Global（アムステルダム、2013年3月）に出品し、ERA等のマルチラレーション関連の企業関係者にも興味を持ってもらうことができた。本装置は、2013年には、(財)航空保安研究センター殿により計画されている航空機位置情報システムの構築において、主要コンポーネントとして採用されることとなった。



図5 ATC-Global（アムステルダム）での展示状況

ADS-Bにより全ての航空機の運航状況が監視可能となる状況の実現には未だかなりの年月が必要と考えられ、またマルチラレーション・システム（MLAT）での広域監視も未だに完成されたシステムと言い得るレベルにはなく、我国の全空域を覆域とするものではない。当所型のPSSRには走査型の親局SSRの存在が不可欠であるが、現状のSSR整備状況が維持されている限り、当面はこの整備状況が継続されれば、MLATと比較しても二桁以上も安価に利用できるPSSRには様々な使い道があると思える。

2012年には遂に、mode-A/C機を運用されている方々は、私達の提供するPSSRにより、簡単に彼方の航空機の位置をリアルタイムに知る事ができるようになったのです。

掲載文献

- (1) 塩見, 植田 “受動型SSRによる空域監視網の提案” 日本航海学会論文集, 2000年3月.
- (2) 塩見, 青山 “受動型レーダの開発” 日本航空宇宙学会 第43期年会講演会, 2012年4月.
- (3) K. Shiomi, A. Seniguchi and S. Aoyama “Development of Mobile Passive Secondary Surveillance Radar” ICAS 2012: 28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Australia, Sep. 2012.
- (4) K. Shiomi and S. Aoyama “Passive Secondary Surveillance Radar” 2nd. International Conference on Applied and Theoretical Information Systems Research, Taiwan, Dec. 2012.

センサーネットワークを用いた空港面異物監視システムに関する研究【指定研究】

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 24 年度～平成 25 年度

1. はじめに

空港面の安全確保のため、滑走路等の異物は取り除かなければならないが、現状では作業員の滑走路点検により目視確認を実施しており、異物の発見、確認及び除去するまでに時間を要し、この間、滑走路の離発着を制限することから、空港の処理能力を低下させている。その他にも、様々な移動する物体の侵入に対して空港内の安全を阻害する状況が発生した場合には航空機の運航を制限し、滑走路等を閉鎖している。このような背景の下、空港面の安全確保のためのセンサー技術に関するニーズが非常に高まっており、非常に分解能の高いミリ波センサーは候補として有望視されている。これらミリ波センサーは、近年小型化、高出力化など電子回路の開発により、センサーとしての有用性、実用性が高まってきたところである。

当研究では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を用いて滑走路等の地表面に落下している異物を検出するシステム研究を行う。また、異物検出だけでなく、マルチラテレーションシステム等で捕捉できない様々な移動する物体の動きを検出し、監視する機能等の付加価値の高いシステムについて研究する。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。また空港実環境においてはネットワークを構築する上で必要となる通信線路が新規に敷設しにくい場合や工事が不可能な場合もある。このような環境下で有効となるネットワーク構築手法について研究する。

2. 研究の概要

本研究は2年計画であり、平成23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24年度 光接続型ミリ波レーダーの構築

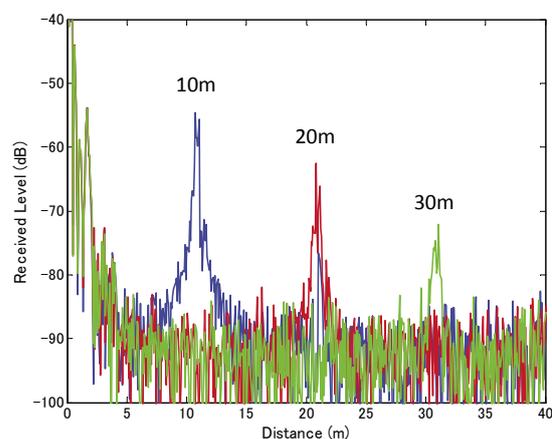
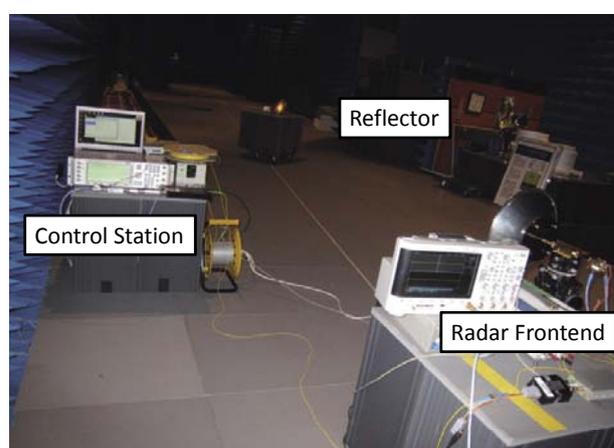
平成25年度 センサーネットワークの構築

3. 研究成果

平成24年度は光ファイバーに無線信号をレーザーに載せて送受信することでミリ波レーダーの覆域を向上させる手法について検討した。過去に開発した76GHz帯レーダーモジュールに対して、変調信号を離れたところで生成し、これを光ファイバーで配信することで距離を延伸するシス

テム試験を行った。これにより、50m程度の覆域であったミリ波レーダーの覆域を大幅に延長できることを実験的に確認した。

本研究はミリ波レーダー技術を基盤とする研究であり、研究機関中には様々な競争的資金研究と連携して実施された。その中で、各種研究機関、大学、メーカーとの共同研究として実施された。



掲載文献

- (1) Karim Mazouni, J. Lanteri, Ch. Pichot, J-Y. Dauvignac, C. Migliaccio, N. Yonemoto, A. Kohmura, S. Futatsumori, "76.5 GHz millimeter-wave radar for Foreign Object Debris detection on airport runways", International Journal of Microwave and Wireless Technologies, Vol. 4, Special Issue 03, pp. 317-326, June. 2012

高度化 CPDLC を用いた航空路管制シミュレーション【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○板野賢, 塩見格一

研究期間 平成 24 年度

1.はじめに

航空管制業務の安全性、効率性の向上、周波数の有効活用等の観点から、今後、国内航空管制業務において空地デジタル通信の広範な導入が必要となっている。この分野では、欧米等を中心に関連の研究、評価が進められているが、なお開発途上の段階にあり、また、我国の管制業務への適用のためには、我国の航空環境に適したシステムとする必要がある。

CPDLC(Controller-Pilot Data Link Communication : 航空管制官-パイロット間データリンク通信)は航空管制用に用いる空/地間のデータリンク通信の一つである。CPDLC は管制間隔が大きく時間的余裕がある洋上空域の航空管制には我が国等でも用いているが、管制間隔が小さい航空路管制に用いているのは現在では欧州の一部空域に限られている。しかし、我が国でも航空交通の安全性・利便性の向上ならびに航空保安業務の効率化等のため、航空局の CARATS (将来の航空交通システムに関する長期ビジョン)でも使用を検討している。

先の「CPDLC 卓を用いた航空路管制シミュレーションの研究」では航空路管制用のシミュレーション CPDLC 卓を試作して、管制官によるリアルタイム・シミュレーション実験により、データ通信による管制官の管制業務の効率の改善ならびに業務負荷の低減を定量的に評価した。その結果 CPDLC を用いることで管制官の通話時間は減少し、特に周波数変更指示の効果は大きいこと等が明

らかになった。

本研究では、平成 23 年度の実験で管制官に特に不評であったシミュレータの機能を一部改修し、時間あたりの取扱い機数を増やしたより難易度の高いシナリオで、データリンクの伝送遅延を変え、それがどのような影響を及ぼすかを調べた。

2.研究の概要

図 1 にシミュレーション実験システムを示す。改修したシミュレータの機能は以下のものである。

(1) ハンド・アクセプト時に当該航空機をブリンクさせるようにした

(2) ハンド・オフした航空機等のデータブロックを消去できるように変えた

(3) パイロット卓で CPDLC メッセージに肯定応答した場合、メッセージの内容が航空機の動作に自動的に反映されるように変更した (例えば降下指示が出ている場合は自動的に降下するなど) の三つである。

難易度の高いシナリオとして、前年度使用したシナリオ A,B,C をもとに修正して新たにシナリオ D (30 分), E (30 分), F (40 分) を作成した。何れのシナリオも時間あたりの取扱い機数は 60 機とした。実験を行う旧関東北セクターの限界容量 (5 チームの管制官が実験を行った時、航空機を処理しきれないチームがでる容量) は



図 1 シミュレーション実験システム

55機時と推定されているので、これはかなり難易度の高いシナリオになる。

空/地データリンクは VDL-M2 とより高速のデータリンクを想定し、実験で VDL-M2 を使用した場合を long、高速のデータリンクを使用した場合を short と表記する。高速のデータリンクの性能は、平均の伝送遅延を 2 秒、最大で 3 秒、最少 1 秒に設定し、また、遅延の分布は一様分布を仮定した。

実験は、昨年と同様に管制経験者 10 名により、CPDLC 対応機の割合と、空/地データリンクを変えて、各シナリオでのシミュレーション実験を行った。また、管制官に慣れが生じないように、同じシナリオを連続して行うことは避けた。

3. 研究の成果

3.1 シミュレーション実験結果

データリンクによる遅延の影響を調べるため、管制官が指示を送信してからパイロットからの応答が返ってくるまでの時間(いわゆるレスポンス・タイム)を測定した。従って、この応答の遅れには空/地データリンクの遅延の他に、パイロットの操作時間、空/地データリンク以外のネットワークの遅延なども含まれる。

図2に空/地データリンクがVDL-M2の場合での応答遅れの相対頻度を示す。図3は空/地データリンクに高速データリンクを用いた場合の応答遅れを示す。データの総数はどちらも994件で、平均の応答遅延はVDL-M2の場合が16.23秒、高速データリンクの場合は10.63秒であった。

空/地データリンクの伝送遅延については、高速データリンクの場合には「ほとんど気にならない」、「問題はない」、「遅延が少なくやりやすい」、「トラフィックを見る余裕があった」と肯定的な意見が多く見られ否定的な意見はなかったのに対して、VDL-M2 の場合は「混雑時に反応が遅いのは困る」、「データリンクのレスポンスが悪いと管制官の入力ミスになりかねない」、「混雑時に入力と交信に追われる。反応時間が遅いと他機への影響が大きくなる」など否定的な意見が多く見られた。これらの結果から、応答遅れについては平均で10秒程度以下になるのが望ましいと考えられる。

図8は被験者10人中8人のシナリオ毎の管制官の平均通話時間を比較したものである。空/地データリンクによる違いはほとんど見られなかった。何れのシナリオでも、CPDLC 対応機が 80%では、0%の場合と比べて平均通話時間は1/3以下になった。

3.2 アンケート調査結果および考察

アンケートの調査結果ではCPDLC全般に対して、「パイロットと話す時間が少なくなり、画面全体を余裕をもってみることができ、非常にやりやすく、安全の面でも向上すると思われる。余裕をもって仕事ができ、ぜひ、早く導入してもらいたいと思う。」、「(音声では)HND終了後の周波数移管を何機か忘れた。(CPDLCでは)周

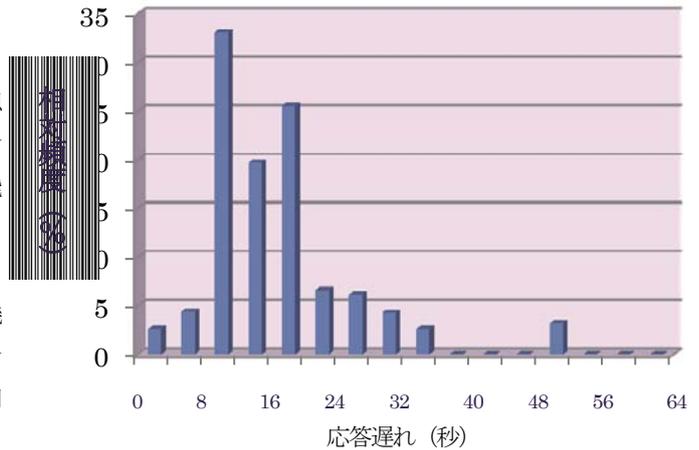


図2 VDL-M2 での応答の遅れ

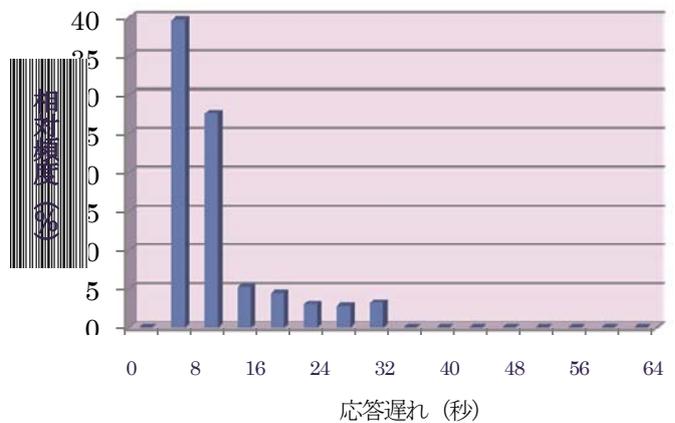


図3 高速データリンクでの応答の遅れ

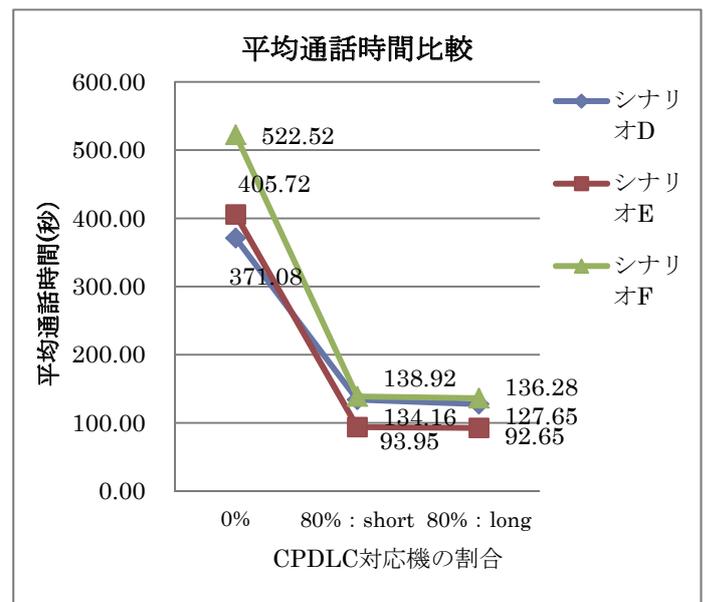


図4 管制官の平均通話時間

波数の言い間違え、言い忘れがない。」、周波数の移管はかなりの負担である。CPDLCだとかなり負担が減り、画面に集中できると思う。」等の肯定的な意見が見られた。特に周波数変更指示についての有効性を認める方が多い。

一方、「機数が多くなると、パラメータメニューの表示が他機と重なり、入力に手間取ります。」、CPDLCとNON-CPの混在は国内の場合、かなり混乱するのではないのでしょうか。CPの割合がいきなり70~80%まで持っていければよいかもしれないが、30~40%では難しいのではないのでしょうか。」「応答の確認がしづらい」等の否定的な意見はなお残った。

特に、「応答の確認のしづらさ」を訴える方は多く、また、これが原因でコンフリクトが発生したケースもあった。すなわち

- ①管制官はある航空機に対して高度変更指示を出した
 - ②パイロットはこれに対して「unable」を返した
 - ③管制官はこれを見逃し、そのまま処理を続けた
 - ④このため、後に他機とのコンフリクトが発生した
- などである。

本実験では、CPDLCの通信はCPDLCの履歴欄で確認する。応答を確認するためには、このCPDLCの履歴欄に応答が表示されるまで待たなければならない。ところが、VDL-M2の場合では応答が表示されるまで平均で16.23秒、長い場合は30秒以上待たなければならない。このため、管制官は応答を待ちきれず別の処理を行う場合が多く、航空機から否定的な応答が返ってきた場合、それを見逃すケースが見られた。そこで、航空機から否定的な応答が返ってきた場合、当該航空機をブリンクさせるなど、管制官に早く気付かせる工夫が必要である。

4.まとめ

CPDLC対応の航空路管制シミュレータを改修し、航空管制経験者を招いて航空路管制シミュレーション実験を行った。

実験の結果、CPDLCにより管制官の通話時間は減少し、CPDLC対応機の割合が大きいくほど減少時間も大きくなる。特に周波数変更指示での効果は大きかった。しかし、CPDLC対応機の割合が少ない30%の場合、「難しい」、「混乱する」等の否定的な意見が多く、一方CPDLC対応機の割合が80%の場合は、「考える時間がとれた」、「静かだ」、「集中できる」等肯定的な意見が増えた。このため、航空路管制へのCPDLCの導入の際には、例えば高々度セクターではCPDLC非対応機は航行させないなど、CPDLC対応機を集中させる工夫が必要かもしれない。

また、データリンクの遅延については、VDL-M2の場合では不満な意見が多かった。一方、応答の遅れ(レスポンスタイム)を平均で10秒以下に抑えることができれば、遅延についての不満はほぼなくなることも分かった。しかし、VDL-M2から次世代の高速空/地データリンクに代わるのには25年程度はかかるかと予想され

る。

また、「応答の確認のしづらさ」を訴える方は多く、これが原因でコンフリクトが発生したケースも見られた。そこで、航空機から否定的な応答が返ってきた場合、当該航空機をブリンクさせるなど、管制官に早く気付かせる工夫が必要である。

掲載文献

1. Kakuichi Shiomi, Ken Itano; “Development and Evaluation of The Fatigue and Drowsiness Predictor “, ICAS 2012.
2. 板野賢; “CPDLCを用いた航空路管制シミュレーション実験について”, 航空管制小委員会, 2012年11月.

トラジェクトリベース運航のためのCNS基盤技術に関する研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○住谷泰人，大津山卓哉，金田直樹，蔭山康太（航空交通管理領域），
坂井丈泰，齊藤真二，山康博（航法システム領域）

研究期間 平成22年度～平成24年度

1. はじめに

航空機の現在から将来にわたる軌跡を予測することで効率的な航空管制を行おうとするトラジェクトリベース運航の基礎研究が進められ，国土交通省航空局の長期計画CARATSにおいても航空交通容量拡大のための中核技術として位置付けられている。これにより，出発から到着までの経路全体を見渡した効率的な運航の実現が期待される。現実の航空管制業務は，航空管制の基盤ツールであるCNS(通信・航法・監視)技術を利用する。こうしたことからトラジェクトリ技術を航空管制業務に適用するためには，基盤となるCNS技術についても所要の技術革新が要請されている。

本研究では，トラジェクトリベース運航の実現にあたり，現実の航空管制業務における具体的な姿や，CNS技術との関連を検討する。また，トラジェクトリベース運航に対する関係者の理解を促進させる方法も検討する。

2. 研究の概要

本研究は3年計画であり，平成24年度は，最終年度である。平成24年度は，主に下記のことを行った。

- ・ 効率的運航の具体的検討とトラジェクトリベース運航のシナリオ検討
- ・ 出発から到着までの4次元トラジェクトリ検討と現状通信システム分析

3. 研究成果

3.1 効率的運航の具体的検討とトラジェクトリベース運航のシナリオ検討

効率的な運航に必要なCNS技術について調査し，トラジェクトリベース運航のシナリオに基づく検討を行い，関係者の理解促進の一つとして，図1に図示化した。図1に示すとおり，将来の航法システムは，航空機に搭載されたFMS機能の高性能化により，航空機同士の間隔を短縮し，航空交通システムの容量が拡大すると考えられる。航空交通システムの容量拡大に伴う通信量の増加や通信

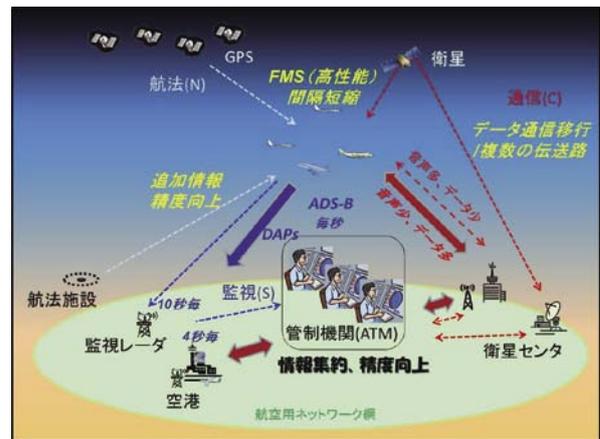


図1 将来の効率的な運航の実現イメージ

の効率化への対応として，通信システムは，通信の種類や重要度に応じて音声通信とデータ通信の利用法を変化させ，現在以上にデータ通信の割合を多くし，複数のシステムと伝送路を使い分ける通信へと移行するものと考えられる。監視システムでは，ADS-BやDAPsといった現在以上の頻度での位置情報伝送機能を持つ航空機が増加することで，管制時における航空機の位置精度が向上する。しかし，監視や通信システムの情報量の増大により，管制機関の持つ情報量が増大し，情報の集約化と分類の必要性や，運用上の限界を考慮する必要が考えられる。

3.2 出発から到着までの4次元トラジェクトリ検討と現状通信システム分析

出発から到着までの4次元トラジェクトリは各飛行フェーズ別に利用するシステムの利用や通信データリンクが要件となる可能性が高い結論となった。このため，現状の通信データリンクの性能や情報に基づく必要があり，航空通信システムの通信量や通信頻度等に関して現状分析を行った。特に，TBOで重要となる状況認識の向上に関する影響や効果を見るため，定期的に位置情報等を送信している航空衛星データ通信システムのデータを用いて，通信頻度等を統計的に求めた。結果の一例として，航空機1機あたりのメッセージ数とメッセージ長の分布

を航空機種別に分類した2011年4月～9月の統計分析結果を図2に示す。機種によりメッセージ長の分布の特徴が異なり、搭載機材によって、データリンク性能が異なることがあらわされている。統計分析をさらにすすめた結果、この他に、メッセージの数の月変動が曜日変動よりも大きいことや航空機の位置情報の頻度が指数分布関数に従っていること、航空機の気象情報の頻度は位置情報の頻度よりも少なく、特定の伝送間隔を除き、ほぼ一定であること等を明らかにした。さらに、CARATSの各種作業部会等への参画により、現状の航空通信システムの動向等についても調査を行った。

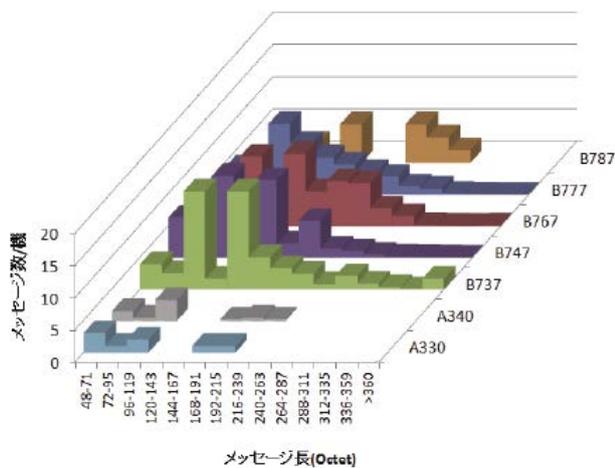


図2 航空機1機あたりのメッセージ数と
メッセージ長分布（航空機種別）

4. おわりに

国土交通省航空局の長期計画CARATSにおいて航空交通容量拡大のための中核技術として位置付けられているトラジェクトリベース運航を実現するため、運航と密接に関連するCNS技術との関連性を研究した。出発から到着までのトラジェクトリについて検討し、運航手順を整理した上で、CNS技術において効率的な運航に必要なシステムの現状と将来の姿をまとめ、関係者の理解促進のために図示化した。さらに、地上の管制と上空の航空機との間の情報共有で重要となる通信システムについて、航空衛星通信システムの現状を統計的に傾向分析した。この結果、利用航空機数やデータ長、データ頻度等が増加傾向にあり、機種によるメッセージ長分布や、気象情報と位置情報の伝送頻度の相違等を明らかにした。これら本研究における調査検討活動の結果は、航空局向け技術資料や航空関連の学会講演会や機関誌等で報告した。

掲載文献

- (1) 住谷泰人：空港面における航空用高速移動通信システムの動向，(社)日本航海学会航空宇宙研究会講演，2010.10
- (2) Y. Sumiya：ENRI's Datalink Study and R&D Roadmap, Meeting in NASA Glenn Research Center, Nov. 2010
- (3) 住谷泰人：日本航海学会航空宇宙研究会の活動状況紹介，信学ソ大, Sep. 2011
- (4) 住谷泰人：航空用移動通信システムの動向，第49回飛行機シンポジウム 企画講演 2E12 . Oct. 2011
- (5) 住谷泰人：日本における航空衛星通信トラフィックの比較分析例(2011年/2008年)，国土交通省航空局向け技術資料, Feb. 2012
- (6) 住谷泰人：日本における航空衛星通信トラフィックの一検討，日本航空宇宙学会第43期年会講演会, Apr. 2012
- (7) 齋藤真二：性能準拠型の運用(PBO)，日本航空宇宙学会 学会誌 6月号, Jun. 2012
- (8) 山康博：AEEC Datalink User's Forum概要，データリンクフォーラム東京, May. 2012
- (9) 住谷泰人，大津山卓哉，坂井丈泰，齋藤真二，山康博，福田豊，蔭山康太：日本における航空衛星通信トラフィックの現状，第12回電子航法研究所研究発表会講演概要, Jun. 2012
- (10) 住谷泰人：TBOに有用な航空衛星通信メッセージの分析，第50回飛行機シンポジウム 企画講演 2B04, Nov. 2012
- (11) 住谷泰人：航空通信の現状と課題，日本航空宇宙学会 学会誌 11月号, Nov. 2012
- (12) 住谷泰人：日本における航空衛星通信トラフィックの現状，航空交通管制協会 航空管制 2013-No.2 , Mar. 2013
- (13) 住谷泰人:DLCSデータに基づく気象及び位置関連メッセージの分析例（2012年上半期），国土交通省航空局向け技術資料, Mar. 2013

航空用放送型サービスの応用方式に関する研究 【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○大津山卓哉, 小瀬木滋, 伊藤恵理 (航空交通管理領域)

研究期間 平成 23 年度～平成 25 年度

1. はじめに

航空機がその周辺の各種情報を得るために、ADS-B(放送型自動従属監視)やTIS-B(放送型交通情報サービス)といった放送型のシステムを使用する事が提案され、それらを利用した様々な応用方式の検討が行われている。これらの応用方式を実現するために必要な装置は近年ようやく実用化の目途が立ち、今後これらの装置の評価や実現可能となった応用方式の評価・検証が行われようとしているところである。

本研究は、放送型サービスによって実現可能となる、交通・飛行情報の配信を利用した航空機運航の評価・検証を行う。特に現在利用可能な通信システムを使い、それによって実現出来る応用方式に必要な情報量や品質について要件を明らかにすることで、将来導入が検討されている新しい運航方式に必要な性能基準の実現性とその根拠となる性能基準を示すことを目指す。さらに、障害物や刻々と変化する気象情報等を自動的に送信するFIS-B(放送型飛行情報サービス)の実現に必要なシステムを検討する。

2. 研究の概要

本研究は当初2カ年計画であったが、震災影響による実験用航空機の被災により研究計画を変更した。新たな実験用航空機が平成25年度中に使用可能となるので、飛行実験を実施するため、平成25年度までの3カ年計画とした。2年目である平成24年は次のことを行った。

- ① 機上監視応用および放送型サービスの要件調査
- ② 機上監視応用実験モデルによる交通情報配信の検証・評価
- ③ 放送型飛行情報サービスの検証・評価

3. 研究成果

3.1 機上監視応用および放送型サービスの要件調査

RTCA/EUROCAE 合同で行っているASA MOPS(機上監視応用システムの技術性能要件)を改定するための会議等に出席し、欧米の技術動向を調査した。今年度より更に高度な機上監視応用方式の技術性能要件を取りまとめる会議が開始されたが、安全性検討や運用方式検討が当初の予定よりも作業が遅れ気味となっており、とりまとめにはも

うしばらくの時間がかかる予定である。監視信号環境など研究所の得意とする分野での貢献可能性もあり、引き続き動向調査を行っていく。

3.2 機上監視応用実験モデルによる交通情報配信の検証

平成23年3月に発生した大震災による津波によって実験用航空機が被災したため、研究計画の変更を行った。その後、新たな実験用航空機が平成25年度中に使用可能となることが解り、交通情報配信の実験を25年度に行えるよう調整を行った。

今年度は被災した航空機搭載実験機材の代わりに、これまで地上局用として使用してきた受信機を整備・改良し、航空機搭載が出来るような改良を行った。図に搭載用受信機を示す。新しい実験用航空機ではパイロット席のモニタに後部実験席でのPCモニタ出力を表示することが可能であるため、受信機にもモニタ出力およびパイロット用出力を設け、機上監視応用実験が実環境に近い状況で行えるようになった。



3.3 放送型飛行情報サービスの検証・評価

拡張スキッタを使用したFIS-Bについて検討を進めた。1090MHzの拡張スキッタだけを使用する場合、1回の送信で最大80ビットの情報が送信可能となる。FIS-Bとして有効な情報を考えた場合には、少なくとも数キロバイトの情報を数分間隔で送信する必要があると考えられる。そのため、FIS-B情報の送信を行うとTIS-Bのサービスエリア内で航空機数が数10機増えたのと同じになり、空域によってはスキッタですべて埋まってしまう可能性がある。これ

らのことから、1090MHz の拡張スキッタのみを使用したシステムにて FIS-B を実施するのではなく、SSR Mode N のような複数周波数を使用して情報送信するシステムのほうがより実現性が高いことが明らかとなった。

4. まとめ

機上監視応用方式は新たな方式の技術性能要件策定が開始されるなど、現在状況が大きく変化し始めているところである。平成 25 年度は、基本的な機上監視応用方式について、これまで実際に確認できなかった諸要件を確認するとともに、将来機上監視応用方式を含めた運航が開始される時に円滑なシステム導入と運用に資する成果活用をめざし、状況の変化に対応しつつ研究を進めたい。

5. 所外発表

- (1) 大津山, 小瀬木: 交通情報配信による機上監視の一検討, 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会, 2013 年 1 月

マルチスタティックレーダの信号環境に関する研究 【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○大津山卓哉, 本田純一, 小瀬木滋

研究期間 平成 24 年度～平成 25 年度

1. はじめに

航空機の地上監視には、1次(PSR)および2次レーダ(SSR)が使用されている。これまで、SSR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等の新しい監視技術の研究が進み実用化されてきた。一方、通常の航空管制ではPSRの必要性は低いものの、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PSRも欠かすことのできない装置である。PSR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監視装置として使用できるものはなく、またそのために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。

受動監視システムに使用する周波数には様々な候補が考えられるが、それぞれの周波数で得られる性能は異なり、そのため使用する周波数と監視目的により構成するシステム規模が大きく異なる。本研究では空港監視レーダ(ASR)の代替となる受動監視システムを構築するために必要な情報である周波数毎の監視性能および現在の状況を明らかにする。

2. 研究の概要

本研究は2カ年計画であり、初年度の平成24年は次のことを行った。

- ① 受動監視システムの要件調査
- ② 信号環境評価手法の検討

3. 研究成果

平成24年度はICAO ASP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信号環境測定や航空機によって散乱された電波がどのように伝搬するのかについて、実測およびシミュレーションを用いて検討を行った。

3.1. 高速数値計算アルゴリズムの開発

航空機からの散乱(反射)電力を解析できる数値計算アルゴリズムを開発した。一般的にはレーダ断面積が使用されるが、航空機の形状・姿勢、速度などを含めて総合的に解析することは難しいが、それらを考慮した数値計算法を採用することによって散乱電力の推定を高速に計算できる。

図1は開発した計算アルゴリズムによる数値解析結果である。縦20km、横50kmの広大な領域を数値解析可能で、しかもその計算時間は10分以内と高速である。東京湾上空を飛んでいる航空機が図の中心付近にあるとき、送信点から出た電波が、航空機により散乱して届く電波の強さを示している。赤い場所は散乱波が強く、青い場所ほど弱い。この結果より、青い地域に受信機を展開しても図中の航空機の位置検出は難しいということが分かる。

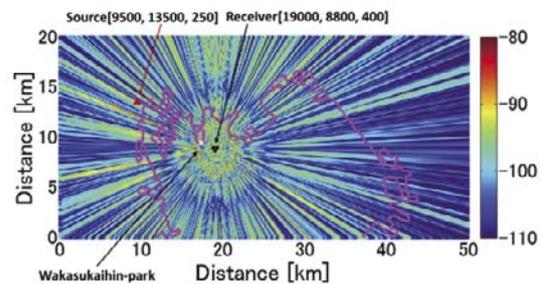


図1：開発したアルゴリズムによる航空機散乱電力の計算結果。色の変化で信号強度を、また赤紫線は海岸線を示す。

3.2. 散乱電力の測定

航空機からの散乱波を取得することが可能か実験によって検証作業を実施した。使用周波数と周囲の環境に大きくその特性は変化するが、平成24年度は地上デジタル放送波を対象に実験を行った。図2は航空機通過時の信号変化を示したものである。本実験では、東京タワーから放出される電波を用いており、航空機が通過する時に受信電力が大きく変化することが分かった。また、航空機は移動しているため、周波数遷移が起きていることも確認することができた。

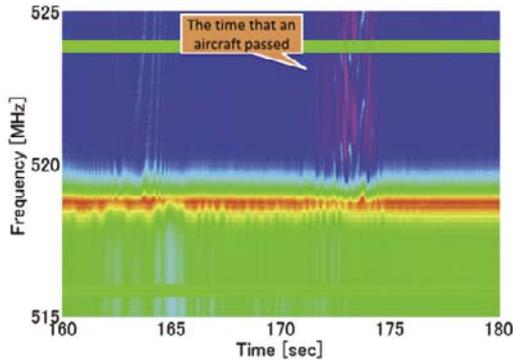


図 2：航空機散乱波の測定実験結果

4. まとめ

本年度はマルチスタティックレーダを構築する為に必要な、散乱波の伝搬状況を中心に調査を行った。測定実験では航空機からの散乱波を取得することが可能であることを確認することができたと共に、開発した計算アルゴリズムの精度がおおよそ保障されていることも検証することができた。レーダを構築するためには、これらの取得した信号環境から目的となる反射波を取り出す必要があり、そのための信号処理方法などを検討しなければならない。平成 25 年度は、地上デジタルテレビ放送だけでなく、他の周波数についても引き続き信号環境調査を行うとともに、レーダとして構成する為に必要な信号処理方法についても検討を実施する計画である。

5. 所外発表

- (1) J. Honda and T. Otsuyama, "An Estimation Algorithm of Scattered Powers from a Moving Target for MSPSR System," Proc. Inter. Sym. on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications, Berlin, Germany, March 2013.
- (2) 本田純一, 大津山卓哉, "飛行する三次元物体からの散乱電力推定法の検討," 映像情報メディア学会技術報告, vol.37, no.4, BCT2013-29, pp.115-118, Jan. 2013.
- (3) J. Honda and T. Otsuyama, "An Algorithm for Analysis of Reflected and Diffracted Fields from a Polyhedron Type of Target above a Plane-Ground," Proc. The 2012 International Conference on Network-Based Information Systems, pp. 567-571, Sep. 2012.
- (4) 本田純一, 大津山卓哉, "飛行物体からの散乱電力計算手法の検討," 2012 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-1-26, p.26, Sept. 2012.

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【基礎研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○河村暁子, 米本成人, ニッ森俊一, 山康博 (航法システム領域)

研究期間 平成 22 年度～平成 24 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 UAV(Unmanned Aerial Vehicle: 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、UAV 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。

2. 研究の概要

本研究では UAV を、ATM (航空交通管理) および CNS (通信航法監視) 研究の初期実験ツールとして用いるための基礎的研究を行う。UAV による実験はコンピュータシミュレーションと実 (有人) 航空機試験の間に位置し、比較的簡易でありながら現実に即した条件で検討を行える。

本テーマでは具体的検討課題として、ATM 領域にて研究が進められている航空機の 4 次元トラジェクトリ管理を扱い、指定した 4 次元位置 (緯度・経度・高度・時刻) を自律的に管理し通過できる UAV を制作し、UAV の実験用ツールとしての有用性を評価することをゴールとする。初年度は機体と制御装置の構築からウェイポイント飛行の検討まで行った。2 年目は、研究主担当が在外派遣研究のため主に UAV に係る情報収集及を実施した。3 年目は、自律制御する位置の精度が低い問題の解決から、機体 4 次元位置の管理、他の実験への応用までを行う。また、大きさに関わらず無人機全般の情報収集に努める。

本年度は、初年度の位置を管理できる UAV の開発を継続し、完成した機体の実験への応用について検討した。また、世界的な UAV の運用ルール作りの機運がより高まっていることを受けて、RTCA や ICAO の UAV に関する会議への参加を通して運用ルールの制定に向けた情報収集にも力を入れた。

3. 研究成果

平成 24 年度は、

- ・位置を管理できる実験用 UAV の検討
- ・UAV を用いた実験の実施
- ・UAV の運用ルール作りを中心とした情報収集を実施した。

ATM・CNS の実験ツールとなる UAV について、初年度

より機体や制御装置を組み上げて検討を行っていたが、機体の飛行位置が安定しない問題があった。これについて、機体が軽くエルロンを持たずラダーで代用するシステムだったために、風などの外乱に非常に弱く自律制御が不能になっているものと推定し、機体をより大きく安定したものへ変更した。その結果、巡航時にあらかじめ指定した 3 次元 (緯度・経度・高度) 位置を飛行し、その姿勢や位置データをダウンリンクするシステムが完成した。また、このシステムは、ウェイポイント飛行や或る空中の 1 点を中心として円を描く旋回飛行も自律的に行うことができる。さらにこのような指示を離陸後に与えることも可能である。

はじめに述べた、制御が不安定になる問題の原因解明に時間がかかり、時刻情報を付加した 4 次元位置の管理には届かなかったが、完成した機体システムを用いて実験を行った。次世代航空通信 AeroMACS や UAV と制御ステーション間の見通し通信に関わる 5GHz 帯の地対空通信の模擬実験として、地上に設置した移動局 1 つと固定局 1 つの間の通信をその上空で自律旋回飛行する UAV に搭載した移動局が中継する構成で、その通信速度などを記録した。図に各局の位置関係と通信速度 (色) を示す。これより、機体の姿勢によって通信速度が著しく変化することなどがわかった。実験用実航空機を用いれば、機体に搭載できる実験機材のペイロードは増えるものの、実験の実施調整に時間や費用が多くかかるが、本試験ではこういった手間をかけず簡易に実験データを得ることができた。さらに、自律制御飛行を取り入れることで、UAV オペレータにかかる負担を大幅に軽減でき、さらに多くの実験を繰り返せることもわかった。

2012 年 2 月に米国議会が公的無人機を現在有人機が飛行している一般空域へ統合し管制していく方針を示したことで、世界的な UAV 運用ルールをまとめる機運がさらに高まった。本年度は、9 月に RTCA SC-203 へ、1 月に航空局安全部安全企画課の要請を受け ICAO UAS Study Group11 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等の素案作りに参画した。

4. まとめ

本研究では UAV の ATM・CNS 実験ツールとしての有用

性を明らかにするため、3次元トラジェクトリを自律管理できる機体を完成させた。さらにこの機体を用いて、UAVに中継局を搭載して自律旋回飛行させ、地上の2局間通信がどのように変化するか実験を実施した。結果として、UAVを実験ツールとして利用することは、搭載できるペイロード重量が小さいという点に留意すれば、費用・時間面だけでなく、オペレータへの負荷も小さいことから複数回の実験を繰り返し、データ取得を行える点において大いにメリットがあり、実験の新しい形として非常に有用であることが分った。

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。

本研究の成果である実験用UAVシステムは、平成25年度より基礎研究「UASのためのGPSに代わる位置推定法に関する研究」で引き続き用いられる予定である。また、この後継テーマの中でも、UAVの国際的な情報収集活動を継続して行っていく。

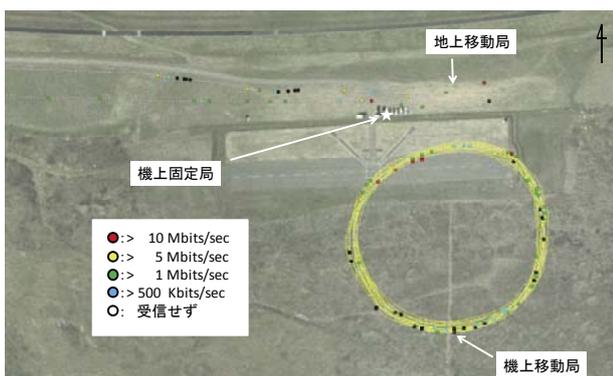
(2) A. Kohmura, J. Lanteri, F. Ferrero, C. Migliaccio, S. Futatsumori, N. Yonemoto, "La-band Beam switchable reflectarray," ISAP2012, Sep. 2012.

(3) 河村, 山, ニッ森, 米本, 金田, 住谷, "実験ツールとしての無人機," 電子情報通信学会 2013 年総合大会 企画セッション, BI-2-10, 2013 年 3 月

(4) 河村, "UAS—無人航空機—," 航空無線第 75 号, pp.36-41, 2013 年 3 月



実験用 UAV



UAV を中継局とした実験の各局軌跡 (線) と通信速度 (色)

掲載文献

(1) A. Kohmura, J. Lanteri, F. Ferrero, C. Migliaccio, P. Ratajczak, S. Futatsumori, and N. Yonemoto, "Ka-band dual frequency switchable reflectarray," EuCAP2012, pp.3230-3233, Mar. 2012

ミリ波等を用いたヘリコプタ等の着陸支援装置に関する基礎研究【基礎研究】

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 22 年度～平成 24 年度

1. はじめに

ヘリコプタは、どこでも離着陸が可能で、空中での停止（ホバリング）ができることから、災害救助・救急医療などに活躍している。2007年に通称ドクターヘリ法が成立し、近年特に救急医療現場でのヘリコプタ出動件数導入が増えている。しかし、一部の装備が十分な機体を除けば、ほとんどの機体は安全性の面から飛行は好天時の日没前までに限られており、特に夜間に着陸ができないことが課題となっている。

本研究は、空港以外の場外着陸場を含めた場所への着陸に特化して簡易なシステムの開発のための基礎研究を行う。特に災害時の夜間や悪条件時にヘリコプタが着陸する場合に、機上装置を用いて安全に着陸する安価で簡易なシステムを検討する。

具体的には、機上側のミリ波レーダやカラーカメラ、赤外線カメラと地上側に給電を必要としないレンズ反射器を設置することで誘導を行う方式を開発・評価する。

2. 研究の概要

本研究は2か年計画であったが、共同研究相手である宇宙航空研究開発機構(JAXA)と新たなパートナーとして北海道放送株式会社を含めて共同研究を実施することとなったため、3か年計画へ変更した。平成24年度は最終年度である。実施内容の概要は以下のとおりである。

平成 22 年度 レーダと反射器を用いた着陸支援方式の検討

平成 23 年度 ヘリコプタを用いた送電線検出飛行試験

平成 24 年度 誘導アルゴリズムの検討、実証試験

以降、本研究期間中に実施した事項について述べる。

3. 研究成果

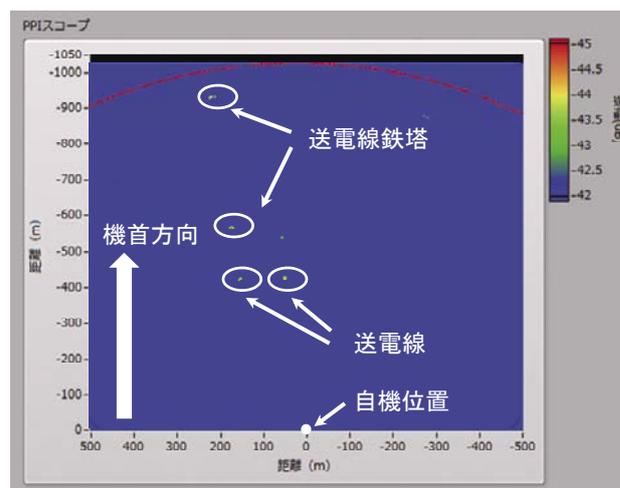
平成 22 年度は無線操縦式ヘリコプタにミリ波レーダ、カラーカメラ、赤外線カメラを搭載し、前方の状況を取得できるシステムを構築した。また、宇宙航空研究開発機構との共同研究として、ミリ波レーダを用いて送電線等の障害物を検出する実証飛行試験を機構部分・レドームを製作した。

平成 23 年度は昨年度まで実施した計測用ヘリコプタを

用いた飛行試験を弊所敷地内で繰り返し実施して、送電線監視システムの処理速度向上改修を行った。加えて、実機飛行試験に向けて電磁干渉試験を行い問題がないことを確認し、上空機能試験を実施した。

平成 24 年度は関東地区での送電線検出試験、および大樹町航空公園にて誘導のための地上設備の検出試験を実施した。送電線検出試験については、調布飛行場発着で、山梨県の笹子トンネル付近の送電線を目標として実施した。実験の結果、鉄塔のような建造物は1km以上離れていても検出可能であり、送電線は500m程度で検出可能であることが示された。

また、北海道の大樹町航空公園で実施されたJAXAの状況認識援助システムの評価試験に同行し、レーダ情報の提示手法、および地上側視覚援助施設の評価試験を行った。レンズ反射器を用いた場合、夜間で光に対しては500m以上で視認可能であったが、レーダについてはビーム幅が細いことから、通常の飛行形態ではビームを反射器に当てるのが難しいこと判明した。今後縦方向ビーム幅の広角度化、あるいは2次元走査などを導入することで、レーダのデータ取得範囲を広げる検討を行っていく。



送電線検出試験結果の一例



滑走路模擬反射器の設置状況



JAXA ソフトウェアとの接続試験

掲載文献

- (1) A. Kohmura, "W-band Antenna -Reflector Combined in a Lens", Proceedings of EuRAD 2010, 20-5, Paris, France, Sep.30-Oct.1, 2010
- (2) Claire Migliaccio, K. Mazouni, A. Breard, A. Zitler, J. Lanteri, J-Y. Dauvignac, Ch. Pichot, N. Yonemoto, A. Kohmura, S. Futatsumori, "Reflectarrays for mm-Wave radar Applications", APSURSI2011, pp. 105-108, Spokane, Washington, USA, July3-8, 2011
- (3) ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 「自律飛行ヘリコプタ搭載用 76GHz 帯ミリ波レーダシステムの探知性能評価実験」, 信学技報, SANE2011-53, pp.49-54, 2011
- (4) Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, and Shunichi Futatsumori, "76 GHz Millimeter-Wave Radar System for Helicopter Obstacle Detection", Proceedings of IRS2011, pp.161-166, Leipzig, Germany, Sep. 7-9, 2011
- (5) Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, "Compact and High-Performance 76 GHz Millimeter-Wave Radar Front-End Module for Autonomous Unmanned Helicopters", Proceedings of the 8th European Radar Conference EuRAD2011, pp.21-24, Manchester, UK, Oct. 12-14, 2011
- (6) 米本成人, 「送電線検知技術によるヘリコプタの安全運航」, 電気評論 2012年5月号, pp.47-51, 2012
- (7) ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 小林啓二, 奥野善則, 桂信生, 「ミリ波レーダを用いたヘリコプタ障害物探知試験」, 平成24年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 89-92, 2012
- (8) ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 小林啓二, 奥野善則, 桂信生, 「76 GHz 帯小電力ミリ波レーダシステムを用いた有人ヘリコプタの前方障害物探知試験」, 信学技報, vol. 112, no. 162, SANE2012-45, pp. 25-30, 2012年
- (9) 米本成人, 「送電線など障害物探知技術の開発状況ーミリ波レーダ等を利用した衝突防止システムについて」, 小型機と安全運航, 67, 2012年秋季号, pp.10-16, 2012
- (10) Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, Keiji Kobayashi, Yoshinori Okuno, "Small Transmitting Power and High Sensitivity 76 GHz Millimeter-Wave Radar for Obstacle Detection and Collision Avoidance of Civil Helicopters", Proceedings of the 9th European Radar Conference EuRAD2012, RuRAD11-1, Amsterdam, Netherland, 2012

空地アプリケーションのプロテクト化についての調査研究【基礎研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 板野賢

研究期間 平成24年度

1.はじめに

欧米では将来の航空通信についての運用要件等を検討するため、共同で COCR (Communication Operating Concepts and Requirements : 将来の無線通信の運用概念と要件) を検討している。COCR は運用要件以外に、通信システムの性能や信頼性、安全性 (通信の不具合によって引き起こされる危険性) の検討も行っている。その結果、ユーロコントロールにより CPDLC (管制官-パイロット間データリンク通信) など現在の ICAO (国際民間航空機関) の空地アプリケーションでは、ノイズなどの影響により引き起こされるデータの誤配信による安全性の低下が指摘された。この対策として、空地アプリケーションのプロテクトモードが検討され、将来的には全ての空地アプリケーションはプロテクト化される予定である。

しかし、航空通信の空地間の通信でなぜ危険なレベルまで誤配信が発生するかなどは一般には知られていないし、文献・報告の例もない。本研究では、プロテクトモードの仕組みと、誤配信の発生メカニズムについて解明した。

2.研究の概要

図1に通信パケットの構造を示す。一般に OSI (開放型システム間相互接続) の第4層までを用いた通信では、データ部は CRC (サイクリック・リダンダンシ・チェック) により保護されている。すなわち、ノイズなどの影響でデータが壊れた場合、CRC のチェックサムによりデータが壊れたことが検出され、データは再送される。

一方、アドレスは第3層の N-ヘッダ部に書かれているが、上述のような仕組みはないので、ノイズなどの影響で宛先アドレスが変更されると誤配信が起こる可能性が原理的に発生する。プロテクトモードとは、このような誤配信を防ぐため、宛先アドレスの代わりになるもの、航空機では例えばフライト ID や ICAO の 24 ビットアドレス (ICAO により定められた各航空機に固有なアドレス) をユーザデータと共に送信し、各空地アプリケーションがこれを検証することで誤配信を防ぐ仕組みである。

つまり、ノイズ等の影響で誤配信が発生しても、フライト ID や ICAO アドレスが異なるので、アプリケーションが誤配信によって送られたデータであることに気付く。

本研究では、誤配信が起こるメカニズムを解明し、発生頻度を定量的に求めた。

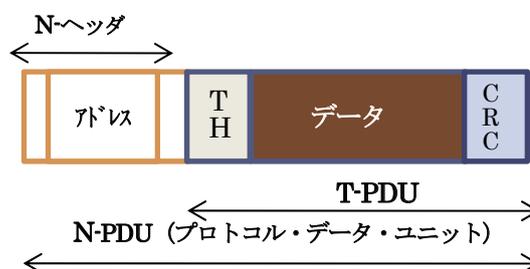


図1 通信パケットの構造

3.研究の成果

3.1 誤配信が起こる理由

前にも述べたように、現在の通信では多かれ少なかれデータの誤配信は原理的に発生する。しかし、宛先アドレスのアドレス長が長ければ長いほど、このような誤配信が起こる確率は減ってくる。ICAO の航空通信で使用されるアドレスは、OSI の NSAP (ネットワーク・サービス・アクセス・ポイント) アドレスが用いられている。NSAP アドレスは 20oct (オクテット: 1 オクテットは現在では1 バイト) 長で、現在インターネット等で使用されている IPv4 アドレス (4oct 長) と比べても十分長く、常識的に考えれば誤配信の問題は生じにくい。

NSAP アドレスの総数は 1.46×10^{48} 以上になる。一方、航空通信に必要な ATN アドレス (航空通信用の NSAP アドレス) はせいぜい百万個もあればよい。よって、ランダムなノイズ等により ATN アドレスが変わり他の ATN アドレスに変化して誤配信が起こる確率は 6.84×10^{43} 程度になる。これは、全ての航空機が特定の空域に集中した場合であるので、実際はこれよりもはるかに低い確率になる。どちらにしても天文学的に低い確率なので問題にならない。

誤配信が起こる理由は実は、空地の通信では圧縮型の通信が行われることに起因し、圧縮型の通信を用いることでアドレス部も圧縮されることが原因である。

図2に空地の通信の概念図を示す。空地の通信は、航空機および地上の空地アプリケーション間で行われるが、この間には必ず VDL-M2等の空地サブネットワークを挟んで2つのBIS (境界型中間システム: ATNルータの別名) が介在する。また、この2つのBIS間は空地リンクと呼ばれる。

図3はネットワーク層の内部構造を示す。航空通信ではコネクション型およびコネクションレス型の様々なサブネットワークを用いるため、ネットワーク層の内部構造は複雑でネットワーク層

では複数のプロトコル・スタックが用いられている。空/地リンクでは図 3 (c) のプロトコル・スタックを用いる。ここでは ISO8208MobileSND CF (サブネットワーク依存収束機能) が用いられる。SND CF はサービス品質などが異なる各サブネットワークの品質の差を吸収するための機能で、各サブネットワークによりその機能は異なる。ISO8208MobileSND CF は伝送速度などの問題がある空/地サブネットで用いられ、CLNP (コネクションレス・ネットワーク・プロトコル) のヘッダ部を圧縮し、空/地間での伝送データ量を減らす役目がある。空/地リンクではパケットを圧縮して伝送し、他のリンクに送る時には無圧縮に戻して伝送する。CLNP ヘッダは無圧縮では 70oct を超えるが、ISO8208mobileSND CF により 6oct まで圧縮される。この時宛先アドレスも圧縮され 20oct から 1oct になる。

空/地間の通信で誤配信が増大する理由は、アドレス長の圧縮が

起こり、宛先アドレスが極端に短くなるのが原因である。なお、図2でA/G BISからATS-ESまでの接続にパケット網を用いる場合は図3(a)のプロトコル・スタックを、Ethernetの場合は図3(b)のプロトコル・スタックが用いられる。

3.2 VDL-M2 での計算例

空/地リンクでどの程度の誤配信が発生するかを推定するため、VDL-M2 サブネットワークでの誤配信の発生確率を計算した。VDL-M2 サブネットワークにログインしている航空機の数 20 機 (最大 256 機) とし、BER (ビット誤り率) を 10^{-4} と仮定すると、約 16000 回に 1 回の割合で誤配信が発生する。

COCR では安全性要件として、誤配信の発生確率 10^{-5} 以下を求めている、これを下回った。BER が 10^{-5} の場合でも、ログインしている航空機が 40 機になると、約 80000 回に 1 回の割合で誤

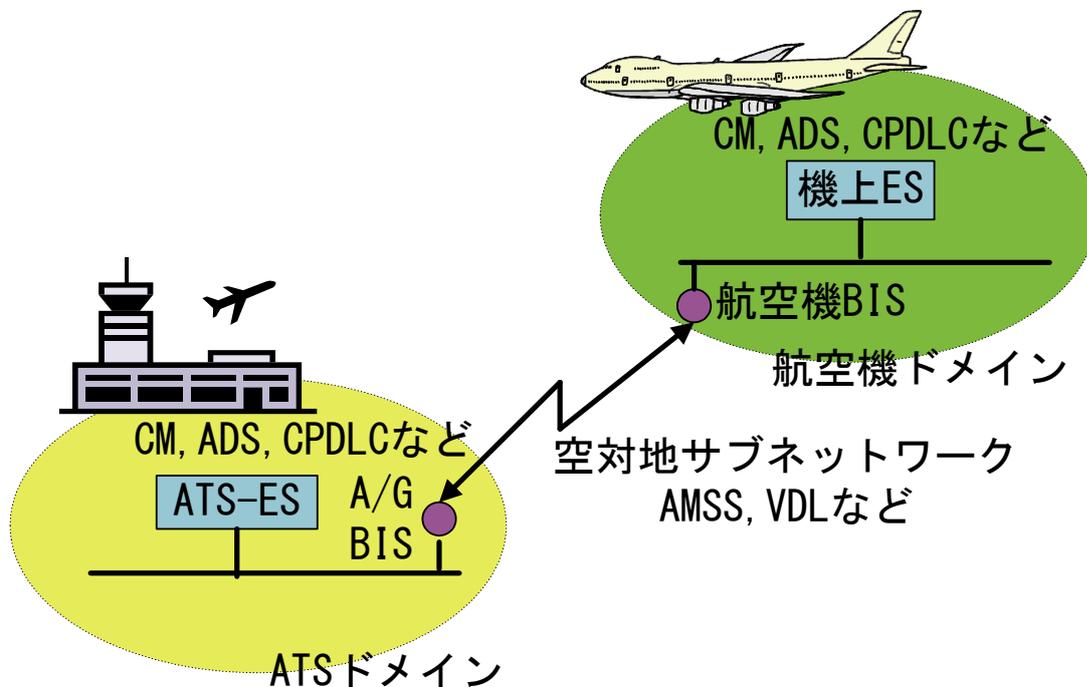


図 2 空/地の通信の概念図

Network Layer	Subnetwork Independent	IDRP CLNP, ES-IS			
	Subnetwork Dependent Convergence	ISO8208 SND CF	ISO8802-2 SND CF	ISO8208 Mobile SND CF	IP/SND CF
	Subnetwork Access	ISO8208 PLP (X.25)	---	ISO8208 PLP (X.25)	IP (v4, v6)
Datalink Layer		LAPB	LLC MAC	LAPB	---
		(a) Packet Subnetwork	(b) Ethernet	(c) A/G Subnetwork	(d) Ethernet IP Subnetwork

図 3 ネットワーク層の内部構造

配信が発生する。また、最大機数がログインしている場合、BERが 10^{-5} の場合でも、一万数千回に1回の割合で誤配信が発生する。

VDLの場合、BERが 10^{-5} は電波の状態が良好な場合に限りされると推定されるので、誤配信を防ぐ方策が必要である。

プロテクトモードは、ハードウェアおよび通信プロトコルの変更を伴わず、あくまでアプリケーションのみの改修で誤配信を防ぐことが可能なので、この問題に有効と考えられる。

4.まとめ

空/地アプリケーションのプロテクトモードについて調査し、空/地リンクで誤配信が発生する確率が增大する仕組みを解明した。空/地リンクで誤配信が増大するのは、圧縮型で通信を行っているた

め、宛先アドレス等も極端に圧縮されて短くなるのが原因である。このため、COCRの安全性要件を満たすには何らかの対応が必要になる。

プロテクトモードはハードウェアや通信プロトコルの変更を伴わず、あくまでアプリケーションのみの改修で、誤配信を防ぐことが可能なので、この問題に対して有効と考えられる。

掲載文献

1. 板野賢 “航空通信アプリケーションのプロテクトモードについて”，電子情報通信学会2013年全国大会, 2013. 3.

SWIM 指向な情報処理システム構築技術の調査【調査】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○塩見格一, 板野賢

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

1. はじめに

SWIM(System Wide Information Management)の意味する処の理解については、その者の SWIM への係り方に強く依存する。SWIM を検討する場合、単なる利用者としての係り方には意味はなく、管理者か、或いはシステムの開発提供者としての立場の少なくとも一方に立たなければならない。例えば、現状においてシステムの提供サービスについて、SWIM 化は、そのサービスを実現するソフトウェア的な構造等を変更するが、各種機能の実現の仕方は全く異なるものとなっても、原理的にサービスの内容から GUI 等のユーザ・インタフェースまで、何等の変更も利用者には意識させないソフトウェア・アプリケーションとしての世代交代を実現可能である。SWIM 化により、時間や経費の全てを含めたライフタイム・コストの観点から、将来的な機能の追加・改善が容易になるが、単なる現状に実現されている機能の利用者であっては、そのメリットを意識することも理解することも出来ない。

具体的に SWIM を考えることは、旧来型の情報処理システムの SWIM 化を考えることであって、既に SWIM 的なシステムを旧来型のシステムに移行する様な逆行を考えること等は有り得ない。SWIM は情報処理システムのプラットフォームの抽象化レベルのキーワード、或いはスケールの様なものであって、かつてのオブジェクト指向であり、これを受け継いだ CORBA(Common Object Request Broker Architecture)であり、今日的には SOA(Service Oriented Architecture)/ESB(Enterprise Service Bus)である。

2. 管理者の立場からの SWIM

現状の利用者の不満を解消し、機能の拡大により利用者を増やしたり、より高度な利用形態を実現したりすることを指向する管理者の立場において、SWIM 化はその目的の実現、目的への対応に掛る経費の圧縮を可能とする。SWIM 化は、例えば従来アーキテクチャにおいては、個々にアダプターを開発して対応しなければ実現し得なかった、本来的には出自の異なるシステム間の接続を、標準化した XML メッセージの採用等によるインタフェースの標準化により、任意に可能にしようとするものである。将来的な機能の拡張等が全く考えられない様なシステムにおいて SWIM 化は単なる無駄な投資に過ぎないが、多くの情報処理システムは多数の潜在的な可能性を有するものであって、SWIM 化により将来的な発展を求めるのであれば、出来るだけ基

本的な機能構成の段階での SWIM 化が好ましい。システムが成長過程にあるのであれば、一日も早い SWIM 化への着手こそが経費負担者の受けるメリットを最大化する。

今日米国において進められている SWIM 指向なシステム再構築や欧州における対応は、様々な部分要素から並列的に、即ち現状の技術により対応可能な部分については一気に SWIM 化を押し進めようとするものと理解される。

SWIM 化は未知の将来を開拓しようとするものであるから、当然に予想を裏切る状況に陥ることもあれば、やり直しも発生するが、SWIM 化においてもこれを進めようとする者に経験値を与えることは必要であって、その観点からも傍観者の立場は不適當であり、システム管理社においては、一日も早い当事者としての、更にはガバナンス構築の主体としての意識の獲得が望まれる。

3. 開発者の立場からの SWIM

システムの開発提供者の立場において、今日 SWIM 化は SOA 化と同義と考えて何等問題ないと思われる。過去からの経緯の相違により、現時点で異なる用語が使われているだけであって、2000 年時点であれば CORBA/IDL (Interface Definition Language) の導入が SWIM 化と同義であった筈である。システム開発者には、かつての多くの問題が既に解決されたり、新たな問題に置き換えられたりしている現実を冷静に合理的に分析する技術的なセンスが求められる。

4. おわりに

本稿の多くの読者は管理者の立場に立つべき方々であると思われるが、我が国の現状が切羽詰まった解決課題が明確には存在しない様な状況では、“個別な業務システムが多数並存する欧州”や“維持運営経費の圧縮が不可欠な米国”程の必要性に比較して、SWIM 化の必要性や、これを指向する動機はどうしても弱くなってしまふ。しかしながら、国際社会の一員として先進国との自負を維持するためには、果たすべき義務として、SWIM 化された欧米の業務システムからの情報提供の要求に効率的に対応する必要はある。我国において、かつて情報の独占により利益が得られる状況が存在し、今日その状況の維持が図られ、これが果たされるのであれば、大変残念ではあるが、情報の共有化により結ばれる世界において、我国のガラパゴス化を避けることはできそうも無い。

樹脂系複合材料を一次構造材として用いた次世代航空機における電磁干渉解析技術の研究【競争的資金研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ニッ森俊一
研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

1. はじめに

樹脂系複合材料は、アルミニウム合金と比較して比強度が高く、高性能かつ機体の軽量化による運用コスト低減が達成できるため、民間航空機分野においてもその応用が進んでいる。航空機内外における電磁環境特性について、従来の航空機では、携帯電子機器（PED）の影響評価手法および機内使用ガイドライン等が確立されているが、樹脂系複合材料を主要構造材料として用いた航空機内外における電磁環境特性は、機内電波伝搬特性および遮蔽・減衰特性が明らかとなっていないため、詳細な調査検討が必要である。また将来、樹脂系複合材料や PED 等の無線局の使用は、自動車、鉄道など多くの分野での応用が期待されている。このことから幅広い分野において、電磁環境の高精度推定法と電磁環境両立性（EMC）の評価手法が必要である。

2. 研究の概要

本研究の目的は、樹脂系複合材料を主要構造として用いた航空機内において、従来金属製航空機との電磁環境基本特性の違いの解明および PED が航法装置および無線機器に及ぼす電磁干渉（EMI）を定量的に評価するため基礎技術を確認し、樹脂系複合材料の広範な利用に向けた EMC 技術を確認することである。具体的には、樹脂系複合材料について (1) 遮蔽および伝搬特性の測定・定量化技術、(2) 数値モデル化および妥当性検討、(3) 一次構造材として適用した場合の航空機における機内外電磁環境および干渉経路損失の数値解析技術、について研究を実施する。

3. 研究成果

UD プリプレグ材料を用いた炭素繊維強化プラスチック（CFRP）積層板に引き続き、直交繊維配向材を用いた CFRP 積層板および擬似等方性構造を持つ CFRP 積層板の 100 MHz～6 GHz における電磁界特性評価を実施した。擬似等方性積層板は航空機外板等として用いられる構造であり、従来は報告されていなかった電磁界特性を学会および原著論文等で明らかにした。一例として、4 層の UD プリプレグ材料を、45 度ずつ向きを変えて積層した CFRP 板（厚み 0.35 mm）の遮蔽量測定結果を図に示す。図から非常に薄い CFRP 積層板でもアルミニウム板（厚み 0.35 mm）と

同等の遮蔽量を有することが明らかである。さらに、CFRP 積層板で構成された立方体の内部電界値および外部漏洩電界値の測定評価を行うために、航空機材料の調査を実施し、CFRP 構造体および CFRP 積層板を試作した。

4. まとめ

様々な種類の CFRP 積層板の電磁界特性について評価を行い、従来複合材料とは全く異なる特性を明らかにした。

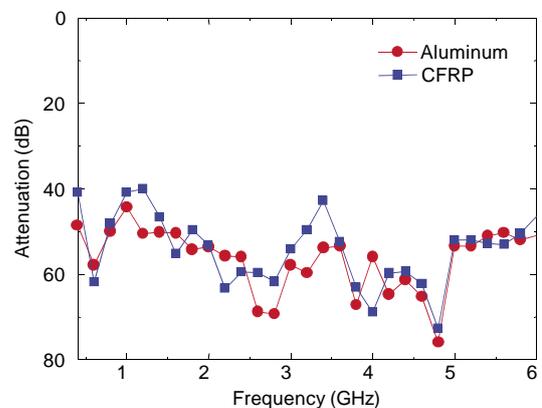


図 1. CFRP 積層板の遮蔽量測定結果例

掲載文献

- (1) ニッ森, 河村, 米本, “直交繊維配向材を用いた炭素繊維強化プラスチック積層板のマイクロ波帯電磁界遮蔽量の特性評価測定”, 2011 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-4-55, p. 368, 2011 年 9 月
- (2) ニッ森, 河村, 米本, “複合材料の電氣的特性 -炭素繊維強化プラスチック積層板の電磁界遮蔽特性-”, 第 49 回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2011-5149, pp. 827-831, 2011 年 10 月
- (3) ニッ森, 河村, 米本, “炭素繊維強化プラスチック擬似等方性積層板のマイクロ波帯電磁界遮蔽量の特性評価測定”, 2012 年電子情報通信学会総合大会, B-4-47, p. 377, 2012 年 3 月
- (4) S.Futatsumori, A. Kohmura and N. Yonemoto, “Microwave shielding and polarization characteristics of carbon fiber reinforced plastic laminates with unidirectional materials”, IEICE Electronics Express, vol. 9, no. 6, pp.531-537, Mar. 2012.

90GHz 帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発【競争的資金研究】

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 24 年度～平成 25 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 帯レーダー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かかるものであり、複数のセンサを用いて、光ファイバー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当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ー接続型ミリ波レーダーシステムを多数連結して直線状の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 24 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 21 年度 アンテナ素子設計手法の確立,
ミリ波レーダーシステムの原理確認
- 平成 22 年度 小規模リフレクトアレイの構築
1GHz 掃引レーダーシステムの屋外試験
- 平成 23 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 24 年度 接続試験

3. 研究成果

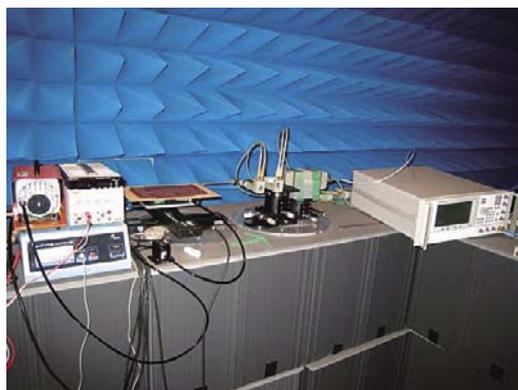
平成 24 年度の実施事項はスイッチングダイオードを用いた場合の反射波位相可変機能の確認とリフレクトアレイアンテナ設計手法の確立である。また、90GHz 帯で動作可能なミリ波レーダーシステムの構築とである。

アンテナ素子設計としては、各種低損失基板を用いて、シミュレーションでの計算結果と、実測値との精度評価、およびそれらを用いたスイッチングダイオードの基礎測定を行った。電波無響室に設置されているミリ波アンテナ測定システムを活用し、基板からの反射波を精密に測定することのできるシステムを構築した。これを用いて、各種評価基板を測定し評価したところ、内部定在波の影響で測定誤差が残存するが、比較的理論値に沿った値となることが

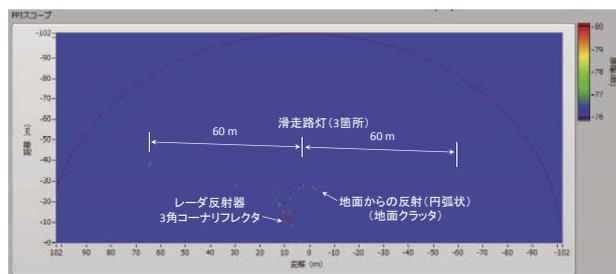
示された。

ミリ波レーダーシステムの原理確認については、まず 90GHz 帯での電波伝搬測定を実施した。仙台空港滑走路を用いて、クラッター測定を行い、グルーピングからの反射が-30dBsm 程度の反射強度で俯角約 2.5 度おきに発生することを確認した。また、鉄道総合技術研究所の降雨実験施設を用いて降雨減衰を測定した。降雨量に比例して減衰がほぼ比例関係で増加することを確認した。また任意のチャンネルにおいて 1GHz 変調帯域幅で送信できるレーダーシステムを構築した。管制側のシステムと路面側のシステムを分離して、送信・受信ともにファイバー無線化を実現した。現在は受信回路、および受信用ファイバー無線機の信号対雑音比がよくないため、十分な検知感度が取れていない。今後、送信回路の高出力化、受信回路の低雑音化を図り、検出感度の向上を目指す。

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。



位相測定時の安定度を高めた計測システム



滑走路のグルーピング測定例

掲載文献

- (1) 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 岡田国雄, 「光ファイバー接続型広帯域ミリ波レーダーの開発」, 信学技報, vol. 112, no. 280, MWP2012-48, pp. 11-15, 2012年11月.
- (2) Atsushi Kanno, Phan Tien Dat, Tetsuya Kawanishi, Naruto Yonemoto, Nobuhiko Shibagaki, “90 GHz Radio-on-Radio-over-Fiber System for Linearly Located Distributed Antenna Systems”, Photonic Global Conference 2012, 3-4B-3, Singapore, 2012
- (3) Toshimasa Umezawa, Atsushi Kanno, Tetsuya Kawanishi, Nobuhiko Shibagaki, Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, “EO-OE converting technologies for 90GHz radio over fiber systems”, EIWAC 2013, EN-006, 2013
- (4) 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 岡田国雄, 「光ファイバー接続型広帯域ミリ波レーダーのための共通信号源の品質評価」, 2013年電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-2-35, 2013年3月
- (5) 日立製作所, 情報通信研究機構, 電子航法研究所, 鉄道総合技術研究所, 「90Ghz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発」, 平成24年度研究成果報告書, 平成25年3月

4 研究所報告

当研究所の平成24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
128	平成24年10月	ATMパフォーマンス評価システムの開発と評価例	航空交通管理領域	蔭山 康太
			航空交通管理領域	福田 豊
			航空交通管理領域	宮津 義廣
			航空交通管理領域	秋永 和夫
129	平成24年12月	統計的手法による携帯電子機器の電磁放射評価	監視通信領域	河村 暁子
			監視通信領域	米本 成人
			研究企画統括	山本 憲夫

5 受託研究

当研究所の平成24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
AS350B搭載機器の経路損失試験 ※1	株式会社ウェザーニューズ	米本 成人
サイテーション560搭載機器の経路損失試験	株式会社ウェザーニューズ	米本 成人
ターミナル管制ジャーナル・データ抽出処理の支援作業	一般財団法人航空交通管制協会	マーク・ブラウン
船舶における航法用途空中線パターン測定支援	株式会社ネットコムセック	米本 成人
(委託元からの指示により非公開)	(委託元からの指示により非公開)	米本 成人
「準天頂衛星を利用した高精度位置実用化システム」に係る広域補強情報生成プログラムにおける高精度化の説明	一般財団法人衛星測位利用推進センター	坂井 丈泰
洋上距離縦間隔衝突危険度推定のための名目管制間隔分布推定と衝突危険度数値計算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	藤田 雅人
(委託元からの指示により非公開) ※2	(委託元からの指示により非公開)	米本 成人
航法用途空中線製品検査測定支援	株式会社ネットコムセック	米本 成人
広帯域試作空中線測定支援	株式会社ネットコムセック	米本 成人
合成開口レーダー空中線測定支援	アルウェットテクノロジー株式会社	米本 成人
戦術データ交換システム（JTIDS）の運用に係る技術支援委託	国土交通省航空局	大津山 卓哉
セスナ172他4機種搭載機器の経路損失試験	株式会社ウェザーニューズ	米本 成人
広帯域試作空中線製品検査に係る測定支援	株式会社ネットコムセック	米本 成人
東京国際空港到着改善経路に係るTCAS作動状況検証作業	一般財団法人航空交通管制協会	福田 豊
MD902他1機種搭載機器の経路損失試験 ※2	株式会社ウェザーニューズ	米本 成人
GPS補助的使用基準緩和に関する調査	株式会社三菱総合研究所	坂井 丈泰
広帯域試作空中線完成検査に係る測定支援	株式会社ネットコムセック	米本 成人

※1は前年度からの継続。※2は次年度までの案件

6 共同研究

当研究所の平成24年度における共同研究は下記のとおりである。

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
航空交通管理領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	後方乱気流の航空機におよぼす影響の研究	H18.08.04 ~ H25.03.31
	東北大学		
航空交通管理領域	東京大学	飛行経路最適化に関する研究	H20.02.01 ~ H25.03.30
監視通信領域	九州大学	自律飛行ヘリコプタの衝突防止システムに関する研究	H20.07.16 ~ H24.03.31
航法システム領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	G B A S の利用性向上に係わる研究開発	H21.03.02 ~ H25.03.31
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)	H21.03.30 ~ H27.03.31
	ニース・ソフィアンティボリス大学		
航空交通管理領域	レディング大学	Distributed Cognition Analysis of ATC Tasks for Expertise and Skills Transfer - 「分散認知による管制業務の技術伝承に関する研究」	H21.04.08 ~ H25.03.31
監視通信領域	(独) 情報通信研究機構	ミリ波レーダ用デバイスに関する研究	H22.07.22 ~ H25.03.31
監視通信領域	北海道大学	携帯電子機器の航法機器への影響に関する研究	H22.07.15 ~ H25.03.31
監視通信領域	武蔵野大学	発話音声分析装置の機能検証のための実験的研究	H22.09.10 ~ H24.12.31
航空交通管理領域	オランダ航空宇宙研究所	Research on the modelling and Monte Carlo simulation of an advanced ASAS Interval Management Concept of Operation in an extended TMA	H22.10.29 ~ H25.03.31
航空交通管理領域	東京大学	航空管制業務のモデル化	H23.04.01 ~ H25.03.31
航法システム領域	モンク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)	H23.04.01 ~ H27.03.31
監視通信領域	新田塚学園福井医療短期大学	発話音声の指数値の変動原因解明のための実験的研究	H23.6.15 ~ H26.3.31
監視通信領域	B E A (Bureau d'Enquete et d'Analyses pour la securite de l'aviation civile)	発話音声分析ソフトウェアの機能検証に係る研究	H23.6.16 ~ H26.3.31
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 ~ H26.3.31
航空交通管理領域	東京大学	次世代航空管制システムにおけるストリングスタビリティの評価	H23.10.1 ~ H24.9.30
航法システム領域	(独) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター	GNSS 信号に対する積雪、着雪の影響評価及びモデル化に関する研究	H23.11.8 ~ H25.3.31
監視通信領域	埼玉県リハビリテーションセンター	音声の指数値による単調状態評価可能性検討のための実験的研究	H23.12.1 ~ H25.3.31
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 ~ H26.3.31
航空交通管理領域	千葉工業大学	航空管制システムのインタフェースデザインに関する検討	H24.3.13 ~ H26.3.31
監視通信領域	日本無線株式会社	光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) 用空中線の開発に関する共同研究	H24.3.5 ~ H25.3.31
航法システム領域	富山高専専門学校	マルチGNSSシステムにおけるクロック・軌道情報の統一処理に関する共同研究	H24.4.1 ~ H26.3.31
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 ~ H25.3.31
	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		
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	H24.4.1 ~ H26.3.31
	北海道放送株式会社		
監視通信領域	日本無線株式会社	航空機用次世代デジタル無線システムの基盤技術に関する共同研究	H24.5.7 ~ H25.3.31
監視通信領域	東京薬科大学	薬剤の中核への影響の音声による評価手法の研究	H24.5.7 ~ H26.3.31
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) 産業技術総合研究所	ミリ波レーダの性能指標となる散乱断面積(RCS)標準の開発および正確な散乱断面積測定法の開発	H24.7.1 ~ H26.3.31
監視通信領域	北海道大学	携帯電子機器の航法機器への影響に関する研究	H24.8.1 ~ H25.3.31
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 ~ H25.3.31
	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 ~ H26.3.31
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	株式会社バル技研	2.4GHz反射率可変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
監視通信領域	武蔵野大学	発話音声分析装置の機能検証のための実験的研究	H25.1.30 ~ H26.3.31

7 研究発表

(1) 第12回研究発表会（平成24年6月7日, 8日）

一 航空局のCARATSと電子航法研究所の研究

- | | | | | | |
|------------------------------------|----------|----------|--------------------------------------|---------------|--------|
| | 研究企画統括 | 山本 憲夫 | | 航法システム領域 | 伊藤 正宏 |
| 1. 空港面交通管理の評価手法に関する考察 | 航空交通管理領域 | 山田 泉 | | | 福島 荘之介 |
| | | 青山 久枝 | | | 山 康博 |
| | | 住谷 美登里 | | | 齊藤 真二 |
| | マーク ブラウン | | | 全日本空輸株式会社 | 藤田 征吾 |
| | | 森 亮太 | | 日本航空株式会社 | 長井 丈宣 |
| 2. 空港面交通管理のための羽田空港の駐機スポットに関する解析 | | | | | 赤木 宣道 |
| | 航空交通管理領域 | マーク ブラウン | 9. ICAO CRMにおける高さ損失モデルの評価 | 航法システム領域 | 藤田 征吾 |
| | | 青山 久枝 | | | 伊藤 正宏 |
| | | 山田 泉 | | | 福島 荘之介 |
| | | 住谷 美登里 | | | 山 康博 |
| 3. ターミナル空域での衝突危険度推定ソフトウェア | | | | 名古屋大学工学研究科 | 武市 昇 |
| | 航空交通管理領域 | 藤田 雅人 | | 全日本空輸株式会社 | 長井 丈宣 |
| 4. 時間管理運用における入域時間の調整幅について | | | | 株式会社NTTデータ・アイ | 中西 善信 |
| | 航空交通管理領域 | 岡 恵 | 10. 低緯度電離圏擾乱に伴う電離圏勾配の特性 | 航法システム領域 | 齋藤 享 |
| | | 福田 豊 | | | 藤田 征吾 |
| | | 蔭山 康太 | | | 吉原 貴之 |
| | | 宮津 義廣 | | | 星野尾 一明 |
| 5. フライトシミュレータによるRTA機能検証結果 | | | 11. 準天頂衛星L1-SAIF補強信号のレンジング機能 | | |
| | 航空交通管理領域 | 瀬之口 敦 | | 航法システム領域 | 坂井 丈泰 |
| | | 福田 豊 | | | 山田 英輝 |
| | | 白川 昌之 | | | 伊藤 憲 |
| | マーク ブラウン | | 12. 広域マルチラテレーションの評価試験結果 | | |
| 6. 洋上経路におけるRNP4の導入効果について | | | | 監視通信領域 | 島田 浩樹 |
| | 航空交通管理領域 | 福島 幸子 | | | 宮崎 裕己 |
| | | 岡田 一美 | | | 角張 泰之 |
| | | 住谷 美登里 | | | 二瓶 子朗 |
| | | 福田 豊 | | | 古賀 禎 |
| 7. 地上型衛星航法補強システム（GBAS）の開発と安全性要求の保証 | | | 13. 光ファイバ接続型受動監視システム（OCTPASS）の性能評価結果 | | |
| | 航法システム領域 | 福島 荘之介 | | 監視通信領域 | 角張 泰之 |
| | | 齊藤 真二 | | | 宮崎 裕己 |
| | | 吉原 貴之 | | | 古賀 禎 |
| | | 齋藤 享 | | | 島田 浩樹 |
| | | 藤田 征吾 | | | 二瓶 子朗 |

14. SSRモードSのネットワーク技術について
- | | |
|--------|-------|
| 監視通信領域 | 古賀 禎 |
| | 松永 圭左 |
| | 宮崎 裕己 |
15. 航空機動態情報の品質解析
- | | |
|----------|-------|
| 監視通信領域 | 松永 圭左 |
| | 古賀 禎 |
| 航空交通管理領域 | 瀬之口 敦 |
16. ミリ波レーダを用いたヘリコプタ障害物探知試験
- | | |
|------------|--------|
| 監視通信領域 | 二ツ森 俊一 |
| | 河村 暁子 |
| | 米本 成人 |
| 宇宙航空研究開発機構 | 小林 啓二 |
| 宇宙航空研究開発機構 | 奥野 善則 |
| 北海道放送株式会社 | 桂 信生 |
17. ネットワーク指向な受動型SSRシステムの開発
- | | |
|--------|-------|
| 監視通信領域 | 塩見 格一 |
|--------|-------|
18. 情報処理システムにおけるSWIM指向の検討
- | | |
|--------|-------|
| 監視通信領域 | 塩見 格一 |
|--------|-------|
19. 日本における航空衛星通信トラフィックの現状
- | | |
|----------|--------|
| 監視通信領域 | 住谷 泰人 |
| | 大津山 卓哉 |
| | 坂井 丈泰 |
| 航法システム領域 | 齊藤 真二 |
| | 山 康博 |
| 航空交通管理領域 | 福田 豊 |
| | 蔭山 康太 |
20. CPDLCを用いた航空路管制シミュレーション実験
- | | |
|--------|-------|
| 監視通信領域 | 板野 賢 |
| | 塩見 格一 |
21. 5GHz帯のMIMOアンテナ配置と通信路容量
- | | |
|--------|--------|
| 監視通信領域 | 金田 直樹 |
| | 住谷 泰人 |
| | 米本 成人 |
| | 河村 暁子 |
| | 二ツ森 俊一 |
| | 磯崎 栄寿 |
22. 音声のカオス論的指数値を用いた人間の特性評価
- | | |
|--------|--------|
| 監視通信領域 | 佐藤 清 |
| | 及川 太 |
| | 及川 健太郎 |
| | 塩見 格一 |

(2) 所外発表

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Investigation of Reply Rate Issues and Proposed Revisions to Clarify Definitions (SSR一括質問応答率の調査および定義を明確化するための改定案の提案)	宮崎裕己 古賀禎 臼井範和 (国土交通省航空局)	平成24年4月	ICAO ASP/WG第12回会議
Consideration on the compatibility between UAS and ACAS (UASとACASの共用性に関する考察)	小瀬木滋 宮崎裕己 臼井範和 (国土交通省航空局)	平成24年4月	ICAO ASP/WG第12回会議
Evaluation of antenna configuration for aeronautical WiMAX at 5.1GHz (5.1GHz帯航空用WiMAXにおけるアンテナ配置)	金田直樹 住谷泰人 米本成人 二ッ森俊一 磯崎榮寿 (JRANS)	平成24年4月	RTCA SC-223/EUROCAE WG-82
Digital Satellite Navigation and Geophysics : A Practical Guide with GNSS Signal Simulator and Receiver Laboratory (デジタル衛星航法および地球物理 : GNSS信号シミュレータ及び受信機実習の実用ガイド)	松永圭左 辻井利昭 (JAXA) Ivan G. Petrovski (iP Solutions社)	平成24年4月	Cambridge University Press
MIMO Effect Evaluation for Aeronautical WiMAX in Airport at 5.1G (5.1GHz帯航空用WiMAXにおけるMIMO公開の評価)	金田直樹 住谷泰人 米本成人 二ッ森俊一 磯崎榮寿	平成24年4月	Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS 2012) Proceedings
Evaluation of antenna configuration for aeronautical WiMAX at 5.1GHz (5.1GHz帯航空用WiMAXにおけるアンテナ配置)	金田直樹 住谷泰人 米本成人 二ッ森俊一 磯崎榮寿	平成24年4月	Proceedings of the 13th Annual IEEE Wireless and Microwave Technology Conference (WAMICON 2012)
飛行計画データを用いた軌道生成	白川昌之 福田豊 瀬之口敦 マーク・ブラウン	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
受動型レーダの開発	塩見格一 青山秀次 (IRT)	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
日本における航空衛星通信トラフィックの一検討	住谷泰人	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
B737-700フライトシミュレータを用いた衝突危険度モデルにおける進入復行中の高さ損失の評価	藤田征吾 (三菱電機) 伊藤正宏 (文部科学省) 福島荘之介 山康博 武市昇 (名古屋大学) 長井丈宣 (ANA) 中西善信 (NTTデータ・アイ)	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
交通情報配信を用いた航空監視の予備的研究	大津山卓哉 小瀬木滋 伊藤惠理	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
関西国際空港におけるGBASプロトタイプのB787飛行実験による評価	伊藤正宏 (文部科学省) 福島荘之介 山康博 齊藤真二 藤田征吾 (三菱電機) 樋上一誠 (ANA) 森岡日出男 (〃) 長井丈宣 (〃) 袴田健一 (〃)	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
フライトシミュレータを使用したRTA機能の検証実験	瀬之口敦 福田豊 白川昌之 マーク・ブラウン	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
到着機の滞留時間算出方法について	岡恵 福田豊	平成24年4月	日本航空宇宙学会 第43期年会講演会
えあろすペーすABC 入門編 軌道ベース運用 (TBO)	瀬之口敦	平成24年4月	日本航空宇宙学会誌 4月号
MSAS及びQZSSによる地域的衛星測位	山田英輝 (東京海洋大学) 坂井丈泰 伊藤憲	平成24年4月	測位航法学会 全国大会
GNSSディファレンシャル補正技術	坂井丈泰	平成24年4月	測位航法学会 GNSS受信機セミナー
空港及び航空機における無線利用システムの概要について	小瀬木滋	平成24年4月	総務省ICT研修(無線通信技術基礎コース)
Report on the IGWG-Iono Subgroup Activities for Ionospheric Data Collection Harmonization (電離圏データ収集のための国際GBASワーキンググループ電離圏サブグループ活動報告)	齋藤享	平成24年5月	ICAO NSP/CSG
Report on the 1st Meeting of Ionospheric Studies Task Force under the CNS/MET-SG of APANPIRG (第1回電離圏問題検討タスクフォース会議報告)	齋藤享	平成24年5月	ICAO NSP/CSG
Japanese Research and Development Status Concerning GBAS (日本のGBASに関する研究開発ステータス)	吉原貴之 齋藤享 佐藤琢 (国土交通省航空局)	平成24年5月	ICAO NSP/CSG
ENRI's GAST-D Validation Program (電子航法研究所のGAST-D検証プログラム)	吉原貴之 齋藤享 佐藤琢 (国土交通省航空局)	平成24年5月	ICAO NSP/CSG

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
PACOTS for NOPAC Route (NOPAC経路へのPACOTS設定)	福島幸子 岡田一美	平成24年5月	IPACG/36
Safety Assessment of the Introduction of 10 Minutes Longitudinal Time Separation on PACOTS Routes. (PACOTS経路への10分縦時間間隔導入の安全性評価)	森亮太	平成24年5月	IPACG/36
Update of "Excess Pulse Duty Ratio at Close to Airport" (空港付近の超過パルスデューティ比について 改 定)	大津山卓哉 小瀬木滋	平成24年5月	MNWG2012
CARATS & ENRI Long term Reserch Vision (CARATSと電子広報研究所の長期ビジョンについて)	大津山卓哉	平成24年5月	MNWG2012
Validation Test of Downlink Aircraft Parameters via SSR Mode S Experimental System (SSRモードS実験局を用いたダウンリンク動態情報 の検証試験)	松永圭左	平成24年5月	Proceedings of 2012 13th International Radar Symposium (IRS-2012)
An Overview of Airborne Time-Spacing Research in the JADE program. (JADEプログラムにおける機体の時間間隔づけに関 する研究概要)	伊藤恵理 上島一彦 千田秀典 (東京大学) 西成活裕 (〃) Meriken Everdij (オランダ航空 宇宙研究所) G. J. (Bert) Bakker (〃) Henk Blom (〃)	平成24年5月	Conference Proceedings of 2nd International Conference on Application and Theory of Automation in Command and Control Systems (ATACCS' 2012)
Research on Process Visualization of Air Traffic Control Tasks. (航空管制業務の可視化に関する研究)	青山久枝 狩川大輔	平成24年5月	JICA「航空管制分野における震災セミナー」
ENRI kansai GBAS Update (電子航法研究所の関西GBASに関する最新情報)	山本憲夫	平成24年5月	韓国GBAS関係者会議
Monitoring plasma bubbles by a VHF radar for advanced use of GNSS (GNSS高度利用のためのVHFレーダーによるプラズマ バブル監視について)	齋藤享 藤田征吾 (三菱電機) 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24年5月	日本地球惑星科学連合2012年度連合大会
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)	齋藤享 藤田征吾 吉原貴之 大塚雄一 (名古屋大学太陽地球環 境研究所)	平成24年5月	日本地球惑星科学連合2012年度連合大会
航空交通管理における軌道ベース運用のための安全 尺度 --安全指標とINTEGRAにおける PropensityとResilience--	長岡栄	平成24年5月	電子情報通信学会安全性研究会 信学技報SSS2012-01
広域マルチラテレーションの概要と評価	宮崎裕己	平成24年5月	日本航海学会 航空宇宙研究会
送電線検知技術によるヘリコプタの安全運航	米本成人	平成24年5月	電気評論 5月号
広域マルチラテレーションの評価試験	宮崎裕己	平成24年5月	航空管制 5月号
Revised Section for AS Functional Architecture (機上監視の機能構成のための章改訂版)	小瀬木滋 Eric Vallauri (DSNA)	平成24年6月	ICAO ASTAF第7回会議
Revised Description on ADS-B (ADS-B関連掲載事項改訂版)	小瀬木滋 Jean-Marc Loscos (DSNA)	平成24年6月	ICAO ASTAF第7回会議
Revisions for Unequipped Aircraft Considerations (非搭載機に関する考察への改訂)	小瀬木滋 Jean-Marc Loscos (DSNA)	平成24年6月	ICAO ASTAF第7回会議
ASTAF Comments on Draft V2 (機上監視応用マニュアル案V2へのASTAFコメント シート)	小瀬木滋	平成24年6月	ICAO ASTAF第7回会議
Update on the Investigation of All Call Reply Rate Issues (SSR一括質問応答率の調査に関する最新情報)	宮崎裕己 古賀禎 臼井範和 (国土交通省航空局)	平成24年6月	ICAO ASP/TSG 第13回会議
A Distributed Cognition-based Cognitive Analysis Tool for Knowledge Management (知識管理のための分散認知に基づく認知分析ツ ル)	井上諭 Stuart Moran (レディング大学) Keiichi Nakata (〃)	平成24年6月	11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 & ESREL 2012)
The Development of a Fatigue and Drowsiness Predictor (疲労と居眠りの予防装置の開発)	塩見格一	平成24年6月	11th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference and the Annual European Safety and Reliability Conference 2012 (PSAM11 & ESREL 2012)
Bayesian estimation of the navigation performance modeled by the mixture of Gaussian and Laplace distributions (ガウス・ラプラス混合分布でモデル化された航法 精度のベイズ推定)	藤田雅人	平成24年6月	Proceedings of 1st International Conference on Interdisciplinary Science for Innovative Air Traffic Management (ISIATM 2012)
Overview of ENRI Research & Development and Collaboration (電子研の研究開発概要および共同研究)	大津山卓哉	平成24年6月	KARI-ENRI Workshop on GNSS

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Study of ionospheric effects on GNSS by modeling and observation (モデリングと観測による衛星航法に対する電離圏の影響に関する研究)	齋藤享	平成24年6月	KARI-ENRI Workshop on GNSS
R&D Activities on GNSS Augmentation Systems and Status of QZSS (GNSS補強システムの研究開発と準天頂衛星システムの状況)	坂井丈泰	平成24年6月	KARI-ENRI Workshop on GNSS
音声のカオス論的指数値と人間特性に関する実験結果	佐藤清 及川太 及川健太郎 塩見格一 阿部仁 (阿部産業)	平成24年6月	日本人間工学会 第53回大会
居眠り事後防止のための発話音声分析装置の試作開発	塩見格一	平成24年6月	日本人間工学会 第53回大会
予防安全のためのレジリエンス強化方策(3) ー航空管制業務におけるタスク処理プロセスの可視化ー	青山久枝 狩川大輔 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 (東北大学未来科学技術共同研究センター)	平成24年6月	日本人間工学会 第53回大会
予防安全のためのレジリエンス強化方策(4) ー航空交通流制御方式の事前評価の試みー	青山久枝 狩川大輔 飯田裕康 ((財) 労働科学研究所)	平成24年6月	日本人間工学会 第53回大会
覚醒度を評価する発話音声分析技術	塩見格一	平成24年6月	第66回日本交通医学会総会
列車運転士の換呼音声のカオス論的指数の特性に関する調査結果	佐藤清 塩見格一 及川太 阿部仁 (阿部産業)	平成24年6月	第66回日本交通医学会総会
性能準拠型の運用 (PBO)	齋藤真二	平成24年6月	日本航空宇宙学会誌 6月号
準天頂衛星実機によるL1-SAIF補強信号の実証実験	坂井丈泰	平成24年6月	航空無線 第72号
広域マルチラテレーションの施策・評価	宮崎裕己	平成24年6月	測位航法学会ニューズレター第三巻第2号
GBAS入門 (その1)	福島荘之介	平成24年6月	第1回GBAS導入に関する勉強会
EMC研究	河村暁子	平成24年6月	空と技術の会 2012年最前線セミナー
Summary of ionosphere data sources identified through a data collection template (電離圏データ収集・共有テンプレートによるデータソース集計結果)	齋藤享	平成24年7月	APANPIRG CNS/MET/SG/16
Japanese Research and Development Status Concerning GBAS (日本におけるGBASの研究開発状況)	齋藤享 吉原貴之	平成24年7月	APANPIRG CNS/MET/SG/16
Sequencing and Swapping Probabilities for Traffic Synchronization (交通同期のための順序と順序入れ換えの確率)	長岡榮 福田豊 Claus GWIGNER (ベルリン自由大学)	平成24年7月	EURO2012 - 25th European Conference on Operational Research
Improvement of Static Runway Assignment Using Queueing Model (待ち行列理論を用いた静的な滑走路割り振りの改善)	森亮太	平成24年7月	EURO2012 - 25th European Conference on Operational Research
Channel capacity improvement dependency of antenna distances for aeronautical 2x2 MIMO system (航空用 2x2 MIMOシステムにおけるアンテナ間距離とチャンネル容量改善)	金田直樹 住谷泰人 米本成人 二ツ森俊一 磯崎榮寿 (JRANS)	平成24年7月	Proceedings of 2012 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting (AP-S/URSI 2012)
Numerical Estimation of RF Propagation Characteristics of Cellular Radio in a Crowded Aircraft Cabin (乗客搭載時における携帯電話端末による航空機内電波伝搬の数値解析推定)	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 日景隆 (北海道大学) 白船雅巳 (〃) 野島俊雄 (〃)	平成24年7月	Proceedings of 2012 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting (AP-S/URSI 2012)
Realtime TEC/dTEC mapping (リアルタイム全電子数/全電子数変動マッピング)	齋藤享 吉原貴之 津川卓也 (NICT) 西岡未知 (〃) 大塚雄一 (名古屋大学) 齋藤昭則 (京都大学)	平成24年7月	Scientific meeting on rocket experiment of the ionosphere
GBAS高度運用の飛行実験	福島荘之介 藤田征吾 (三菱電機) 齋藤真二	平成24年7月	第1回ATEC新たな進入方式に関する調査・研究ワーキンググループ
JAL787によるGLS飛行検証 (AIMSデータ処理結果)	福島荘之介 藤田征吾 (三菱電機) 齋藤真二	平成24年7月	第1回ATEC新たな進入方式に関する調査・研究ワーキンググループ

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Cost Efficiency - A Viewpoint of Aircraft Operator (オペレータの視点からの費用効率)	宮津義廣	平成24年7月	韓国交通研究院 (KOTI)
Study on Japanese ATM Performance (日本のATMパフォーマンスの研究)	藤山康太	平成24年7月	韓国交通研究院 (KOTI)
空港面交通管理手法の一提案	住谷美登里 青山久枝 マーク・ブラウン 山田泉	平成24年7月	電子情報通信学会SANE研究会 信学技報SANE2012-41
変分ベイズ法を用いた航空機の横方向経路逸脱量分布モデル推定法	藤田雅人	平成24年7月	電子情報通信学会SANE研究会 信学技報SANE2012-42
76 GHz帯省電力ミリ波レーダシステムを用いた有人ヘリコプタの前方障害物探知試験	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 小林啓二 (JAXA) 奥野義則 (〃) 桂信生 (北海道放送)	平成24年7月	電子情報通信学会SANE研究会 信学技報SANE2012-45
RoFを適用した空港面航空機監視システムの開発・評価	角張泰之 古賀禎 宮崎裕己 島田浩樹 本田純一 二瓶子朗	平成24年7月	電子情報通信学会MWP研究会 信学技報MWP212-16
大規模FDTD解析を用いた航空機における無線LAN電波の伝搬特性評価	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 木下真樹 (北海道大学) 日景隆 (〃) 野島俊雄 (〃)	平成24年7月	電子情報通信学会EST研究会 信学技法EST2012-32
Ionospheric Effects on GNSS (衛星航法に対する電離圏の影響)	齋藤享	平成24年7月	KMITLセミナー
ENRI GBAS Activities Update	福島荘之介	平成24年8月	IGWG/13
Study of Collision Risk Model suitable for GBAS	福島荘之介 藤田征吾 (三菱電機)	平成24年8月	IGWG/13
1 year date evaluation (example) results	福島荘之介 鈴木和史 (NEC)	平成24年8月	IGWG/13
Ionospheric gradient observation and analysis for GBAS (GBASのための電離圏勾配観測・解析)	齋藤享 藤田征吾 (三菱電機) 吉原貴之	平成24年8月	IGWG/13
JAL 787 GLS Flight Evaluation in KIX (関西国際空港におけるJAL B787型機のGLS飛行評価)	福島荘之介 赤木宣道 (JAL)	平成24年8月	IGWG/13
GAST-D validation program of ENRI (ENRIにおけるGAST-D検証プログラム)	吉原貴之 齋藤享 藤田征吾 (三菱電機) 星野尾一明 福島荘之介 齋藤真二	平成24年8月	IGWG/13
Conformance Monitoring under Uncertainty in Trajectory (軌道の不確定性下におけるコンフォーマンスモニタ)	李金珍 (KAU) 福田豊	平成24年8月	Collection of Technical Papers, AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference
Attempt on Visualization of Air Traffic Control Tasks for Supporting Education and Training. (教育・訓練支援のための航空管制タスク可視化の試み)	狩川大輔 青山久枝 高橋信 (東北大学) 古田一雄 (東京大学) 北村正晴 (東北大学未来科学技術共同研究センター)	平成24年8月	2012 Proceedings of SICE Annual Conference (SICE2012)
航空移動通信デジタル狭帯域伝送路の評価	北折潤 角田岳志 (千葉工業大学) 禮助安亨 (〃) 小園茂 (〃)	平成24年8月	電子情報通信学会論文誌B
赤道大気レーダーによる衛星航法支援のためのプラズマバブル監視実験	齋藤享 藤田征吾 (三菱電機) 吉原貴之 大塚雄一 (名古屋大学) 山本衛 (京都大学)	平成24年8月	第6回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム
質問力向上講座	伊藤恵理	平成24年8月	日本工学アカデミー
ターミナル空域でも適用可能な衝突危険度推定手法の研究	藤田雅人	平成24年8月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
空港面交通管理手法のシミュレーションによる検討	住谷美登里 青山久枝 マーク・ブラウン 山田泉	平成24年8月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
環境に配慮した運航技術	福田豊	平成24年8月	航空振興財団 航空振興 No. 111
ヘリコプタの安全運航支援技術	米本成人	平成24年8月	小型機と安全運航 2012年夏季号
Update on the Investigation of All Call Reply Rate Issues (SSR一括質問応答率に関する調査 (更新))	宮崎裕己 島田浩樹 古賀禎 白井範和 (国土交通省航空局)	平成24年9月	ICAO ASP/WG第13回会議

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
A Basic Study of Efficiency in Japanese Airspace (日本の空域における効率の基本的な検討)	藤山康太 宮津義廣	平成24年9月	28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2012) Proceedings
Analyzing Separation Loss Events in Two-paired Aircraft Trailing Conducting Airborne Time Spacing Based Continuous Descent Arrival. (二組の航空機ペアが機上での時間間隔維持によるCDAを実施した場合の安全性解析)	伊藤恵理 上島一彦 Mariken Everdij (オランダ航空宇宙研究所) G. J. (Bert) Bakker (〃) Henk Blom (〃)	平成24年9月	28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2012) Proceedings
AIRCRAFT TAXIING MODEL AT CONGESTED AIRPORTS (混雑空港における航空機タキシングモデル)	森亮太	平成24年9月	28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2012) Proceedings
GBAS CURVED APPROACH PROCEDURES:ADVANTAGES, CHALLENGES AND APPLICABILITY (GBAS曲線進入方式:その利点、課題と応用)	吉原貴之 Meiko Steen (ブランシュヴァイク工科大学飛行誘導研究所) Mirko Stanisak (〃) Peter Hecker (〃)	平成24年9月	28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2012) Proceedings
Development of Mobile Passive Secondary Surveillance Radar (可搬型受動型SSRの開発)	塩見格一 瀬之口敦 青山秀次 (IRT)	平成24年9月	28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2012) Proceedings
Development and Evaluation of Fatigue and Drowsiness Predictor (疲労と眠気予防装置の開発と評価)	塩見格一 坂野賢 鈴木綾子 (RTRI)	平成24年9月	28th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2012) Proceedings
GPS/GLONASS Multi-Constellation SBAS Trial and Preliminary Results for East-Asia Region (GPS/GLONASSマルチコア対応SBASの試作と東アジアにおける予備的結果)	坂井丈泰 山田英輝 (東京海洋大学) 星野尾一明	平成24年9月	Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2012)
Real-time Simulation of QZSS Regional Satellite Navigation (QZSSにおける地域的衛星航法のリアルタイムシミュレーション)	山田英輝 (東京海洋大学) 藤田征吾 (三菱電機) 齊藤真二 坂井丈泰 伊藤憲	平成24年9月	Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2012)
Expanding SBAS Service Area Toward the Southern Hemisphere (SBASサービスエリアの南半球への拡大)	坂井丈泰 星野尾一明 伊藤憲	平成24年9月	Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2012)
Absolute gradient monitoring for GAST-D with a single-frequency carrier-phase based and code-aided technique (運送波位相を主にコード疑似距離を補助的に用いるGAST-D用電離圏絶対勾配モニタについて)	齋藤享 吉原貴之 藤田征吾 (三菱電機)	平成24年9月	Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2012)
The LI-SAIF Signal: How was it designed to be used? (LI-SAIF信号:どのように使われるためにどのように設計されてか?)	坂井丈泰	平成24年9月	Proceedings of the 25th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2012)
An Algorithm for Analsysis of Reflected and Diffracted Fields from a Polyhedron Type above a Plane-Ground (平面上の多面体ターゲットからの反射・回折界の解析のためのアルゴリズム)	本田純一 大津山卓哉	平成24年9月	Proceedings of the 2012 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS 2012)
実験用GBAS機上装置における曲線進入コース偏位算出について	齊藤真二	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
QZSS/MSAS補強情報性能比較	伊藤憲 坂井丈泰	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
日本の国内空域における垂直方向近接通過頻度の変化	天井治	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
飛行物体からの散乱電力計算手法の検討	本田純一 大津山卓哉	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
大型旅客航空機における胴体側壁内装材の電気的特性-フェノール樹脂を用いたFRPの材料定数測定評価-	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 磯崎榮寿 (JRANSA) 日景隆 (北海道大学) 野島俊雄 (〃)	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
GPS-L5帯域信号環境評価手法の一考察	大津山卓哉 小瀬木滋	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
GBASに対する積雪、着雪リスク評価実験の初期結果	吉原貴之 齋藤享 本吉弘岐 (防災科学技術研究所) 佐藤威 (〃) 山口悟 (〃)	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
超小型原子時計を用いたGPS垂直測位精度向上に関する一検討	坂井丈泰 西田亮 (横浜国立大学) 足立武彦 (〃)	平成24年9月	2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会
レジリエンスエンジニアリングに基づく原子力安全の再構築 (4)CRM訓練へのレジリエンスエンジニアリングの視点の導入	狩川大輔 石橋明 (安全マシナリ研究所) 山崎悟 (日本原燃(株)) 高橋信 (東北大学) 北村正晴 (テムス研究所)	平成24年9月	日本原子力学会 2012年秋の大会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
レジリエンスエンジニアリングに基づく原子力安全の再構築 (5)組織レジリエンス特性の被評価者参加型評価法	狩川大輔 北村正晴 (テムス研究所) 高橋信 (東北大学) 石橋明 (安全マネジメント研究所)	平成24年9月	日本原子力学会 2012年秋の大会
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—	狩川大輔 青山久枝 高橋信 (東北大学) 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24年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2012
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	青山久枝 狩川大輔 飯田裕康 (労働科学研究所)	平成24年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2012
航空交通管制を支援するシステム	蔭山康太	平成24年9月	情報処理学会誌 Vol. 53 No. 10
航空管制における現在の課題と将来展望 —ICTの観点から—	山本憲夫	平成24年9月	情報処理学会誌 Vol. 53 No. 10
いろいろな航法 (いろいろな運用)	福島幸子	平成24年9月	情報処理学会誌 Vol. 53 No. 10
航空交通管制特集の「編集に当たって」	白川昌之	平成24年9月	情報処理学会誌 Vol. 53 No. 10
国際学会にみる航空交通管理(ATM)研究の動向	長岡栄	平成24年9月	日本航空宇宙学会学会誌 9月号
電子航法研究所の研究長期ビジョン見直し	山本憲夫	平成24年9月	日本航空宇宙学会学会誌 9月号
飛行軌道情報に基づくコンフリクト確率の推定方法について	長岡栄	平成24年9月	日本航海学会 AUNAR研究会
ターミナル空域の衝突危険度推定のためのソフトウェア開発に向けて	藤田雅人	平成24年9月	航空管制 9月号
「トラジェクトリ」ってなに？	瀬之口敦	平成24年9月	航空ふぉーらむ134号
平成24年度電子航法研究所研究発表会について	植木隆央 古賀禎 山田泉 瀬之口敦	平成24年9月	航空無線 第73号
未来の航空交通管理手法ASASと安全性について	伊藤恵理	平成24年9月	TEDxKyoto
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)	齋藤享	平成24年10月	ICAO ISTF/2
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)	齋藤享 津川卓也 (NICT)	平成24年10月	ICAO ISTF/2
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)	齋藤享 津川卓也 (NICT)	平成24年10月	ICAO ISTF/2
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のまとめ)	齋藤享	平成24年10月	ICAO ISTF/2
Status of AeroMACS Test System in ENRI / Japan (電子航法研のAeroMACSテストシステムについて)	住谷泰人 金田直樹 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 岡田国雄 塩地誠	平成24年10月	ICAO ACP/WG-S/2
Improved Calculation Method for Risk Analysis of Longitudinal Time Separation. (縦時間間隔のリスク解析における改善した計算手法)	森亮太 藤田雅人	平成24年10月	ICAO SASP/WG/WHL/21
Validation of Downlink Aircraft Parameter (DAPs) using Radar-derived Data (レーダ測位値を用いたDAPs評価)	松永圭左 瀬之口敦 古賀禎	平成24年10月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2012 (ICSANE 2012) Proceedings
A Study of Evaluation Method for GPS-L5 Signal Environment during Flight Experiments (飛行実験によって得られたGPSL5信号環境評価手法の一検討)	大津山卓也 小瀬木滋	平成24年10月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2012 (ICSANE 2012) Proceedings
Integrity of ATCRBS reply data under interference environment (干渉環境におけるATCRBS応答データのインテグリティ)	小瀬木滋	平成24年10月	International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2012 (ICSANE 2012) Proceedings
Ka-band beam switchable Fresnel reflector (Ka帯ビーム方向切り替え可能なリフレクトアレイ)	河村 暁子 二ツ森俊一 米本成人 J. Lanteri (LEAT) F. Ferrero (＃) C. Migliaccio (＃)	平成24年10月	Conference Proceedings of 2012 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2012)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Connectivity Evaluation for Unmanned Aircraft System using 5GHz WLAN (5GHz帯無線LANを用いた航空機のための接続性評価)	金田直樹 住谷泰人 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 山康博 磯崎榮寿 (JRANSA)	平成24年10月	Conference Proceedings of 2012 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2012)
Small Transmitting Power and High Sensitivity 76GHz Millimeter-Wave Radar for Obstacle Detection and Collision Avoidance of Civil Helicopters (民間ヘリコプタの障害物検知および衝突回避のための低送信電力・高感度76GHz帯ミリ波レーダ)	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 小林啓二 (JAXA) 奥野善則 (〃)	平成24年10月	9th European Radar Conference (EuRAD 2012) Conference Proceedings
Ionospheric Effects on GNSS (GNSSに対する電離圏の影響)	齋藤享	平成24年10月	Workshop on Ionospheric Scintillation Monitoring using GPS
Development Fast time Simulation Framework for Evaluating the Future ATM Concept. (将来のATMコンセプト評価のための高速シミュレーションのフレームワーク検討)	井上諭 マーク・ブラウン Arnab Majumdar (Imperial College)	平成24年10月	LEAT/TMC Annual Lecture
Study on Japanese ATM Performance Assessments (日本のATMパフォーマンス評価の研究)	藤山康太	平成24年10月	World Wide TAAM Users Group Meeting
Alternative Route Structures and the Introduction of Pacific Organized Track System (PACOTS) into NOPAC. (NOPAC経路へのPACOTS設定に関する経路設定の提案)	福島幸子 櫻井晃充 (国土交通省航空交通管理センター)	平成24年10月	IPACG/37
航空機着陸システムへのGNSSの応用	福島荘之介	平成24年10月	GPS/GNSSシンポジウム2012
Experiment of Regional Navigation by Using QZS/GEO Signal Simulator (QZS/GEO信号シミュレーションによる地域的測位実験)	山田英輝 (東京海洋大学) 坂井丈泰 伊藤憲	平成24年10月	GPS/GNSSシンポジウム2012
準天頂衛星システムL1-SAIF信号におけるGLONASSエフェメリスの更新制御	坂井丈泰	平成24年10月	GPS/GNSSシンポジウム2012
準天頂衛星L1-SAIF補強信号のGLOASS対応予備実験	坂井丈泰	平成24年10月	GPS/GNSSシンポジウム2012
Study of spatial gradient in TEC and plasma bubble monitoring for GNSS (GNSSのための電離圏空間勾配観測とプラズマバブル監視について)	齋藤享 藤田征吾 (三菱電機) 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 (京大大学生存圏研究所)	平成24年10月	第132回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
Three dimensional tomography of ionosphere by combining observations from GPS-TEC and radio beacon TEC data (GPS-TEC及びビーコン電波TEC複合観測による電離圏3次元トモグラフィ)	齋藤享 Gopi Seemala (京大大学生存圏研究所) 山本衛 (〃) 齋藤昭則 (京大大学院理学研究科) Chia-Hung Chen (〃)	平成24年10月	第132回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
航空産業入門 第4章 航空交通システム	山本憲夫	平成24年10月	航空イノベーション研究会「航空産業入門」
FDTD法を用いた航空機内における無線LANの伝搬モデル推定	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 木下真樹 (北海道大学) 日景隆 (〃) 野島俊雄 (〃)	平成24年10月	2012年電気・情報関係学会北海道支部連合大会
空港面の交通流分析と今後の展望	山田泉 青山久枝 森亮太 マーク・ブラウン 住谷美登里	平成24年10月	日本航空宇宙学会学会誌 10月号
軌道ベース運用の実現に向けた技術動向	福田豊	平成24年10月	日本航空宇宙学会学会誌 10月号
広域マルチラテレーションの試作・評価	宮崎裕己 島田浩樹 角張泰之 二瓶子朗	平成24年10月	日本航海学会誌 NAVIGATION
複雑系のモデル化と大規模シミュレーションによる次世代航空管制システムの安全性評価法	伊藤恵理	平成24年10月	電気学会「光・量子ビームによるナノダイナミクス応用技術調査専門委員会」
第13回国際GBASワーキンググループ会議(IGWG13)報告	福島荘之介	平成24年10月	第2回ATEC新たな進入方式に関する調査・研究ワーキンググループ
電子航法研究所の研究開発と航空局のCARATS	山本憲夫	平成24年10月	japan aerospace 2012 セミナー・シホジウム
GBASへの電離圏の影響について	福島荘之介	平成24年10月	第2回GBAS導入に関する勉強会
Manual on Airborne Surveillance Applications (機上監視応用に関するマニュアル)	小瀬木滋	平成24年11月	ICAO Doc. 9994
Proper Management of Radio Spectrum Environment (無線スペクトラム環境の適切な管理運営)	小瀬木滋 仲田貴文 (国土交通省航空局)	平成24年11月	ICAO AN Conf/12

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Time-Based Operations: First steps towards Trajectory-Based Control (時間ベース運用：軌道ベース運用へのはじめの一步)	マーク・ブラウン 福田豊 瀬之口敦 白川昌之 井上諭 住谷泰人	平成24年11月	Proceedings of 2012 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT2012)
飛行実験によるGPS-L5帯域の信号環境評価	大津山卓哉 小瀬木滋	平成24年11月	電子情報通信学会論文誌B
レーダ測定値による対気速度推定	白川昌之 福田豊 瀬之口敦 マーク・ブラウン	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
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	狩川大輔 青山久枝 高橋信 (東北大学) 古田一雄 (東京大学) 北村正晴 (テムス研究所)	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
TBOに有用な航空衛星通信メッセージの分析	住谷泰人	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
ATMにおける空域容量の推定方法の変遷	長岡栄	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
WiMAX技術を用いたCバンド空港空地通信網に関する研究	住谷泰人 二ツ森俊一 金田直樹 米本成人 河村暁子 山康博	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
受動型2次レーダ/受動型レーダの展望	塩見格一 青山秀次 (IRT)	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
電子航法研究所の発話音声分析技術	塩見格一	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
燃料消費に基づく飛行効率の推定手法の検討	蔭山康太 宮津義廣	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
飛行速度差を利用した高密度航空交通流の形成	中村陽一 蔭山康太 武市昇 (名古屋大学)	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
太平洋上の可変経路の制限緩和について	福島幸子 福田豊 岡田一美	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
衛星航法による精密進入システム (GBAS) の開発	福島荘之介	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
ヘリコプタ衝突防止用ミリ波レーダに関する研究	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
90GHz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
B787によるGLS飛行評価	藤田征吾 (三菱電機) 齊藤真二 福島荘之介 山康博 長井丈宣 (ANA) 赤木宣道 (JAL) 高濱裕久 (J)	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
実験用GBAS曲線進入経路の設計	齊藤真二 藤田征吾 (三菱電機) 福島荘之介 山康博 甲田直美 (NTTデータアイ) 中西善信 (J)	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
複合材料の電気的特性-炭素繊維強化プラスチック積層板の電磁界特性-	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
GBAS安全性設計と評価～安全性のつくりこみ～	福島荘之介 齊藤真二 吉原貴之 齋藤享 藤田征吾 (三菱電機) 鈴木和史 (NEC) 岩崎隆一郎 (〃) 野崎豊 (〃) 飯嶋希望 (〃)	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
航空機軌道予測に対する高層風予報データの基礎的な分析	平林博子 福田豊	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
航空交通管理システムに関する国際民間航空機関の将来計画	福田豊	平成24年11月	日本航空宇宙学会 第50回飛行機シンポジウム
QZSS/MSAS補強情報性能比較について	伊藤憲 坂井丈泰	平成24年11月	第56回宇宙科学技術連合講演会
準天頂衛星L1-SAIF信号によるGLONASS補強	坂井丈泰 山田英輝 (東京海洋大学) 伊藤憲	平成24年11月	第56回宇宙科学技術連合講演会
準天頂衛星及び静止衛星による測位実証実験	山田英輝 (東京海洋大学) 坂井丈泰 伊藤憲	平成24年11月	第56回宇宙科学技術連合講演会
90GHz帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発	二ツ森俊一 米本成人 河村暁子	平成24年11月	マイクロウェーブ展2012
ATSA等導入のメリット/デメリット	小瀬木滋	平成24年11月	CARATS監視アドホック会議 (国土交通省航空局主催)
ATSA等研究成果-SPIRに見る効果的導入の条件	小瀬木滋	平成24年11月	CARATS監視アドホック会議 (国土交通省航空局主催)
光ファイバ接続型広帯域ミリ波レーダの開発	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 岡田国雄	平成24年11月	電子情報通信学会MWP研究会 信学技報MWP2012-48
レジリエンスエンジニアリング 概念と指針 (一部翻訳分担: 第3章、第7章)	狩川大輔 高橋信 (東北大学) 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24年11月	レジリエンスエンジニアリング 概念と指針
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	狩川大輔 青山久枝 高橋信 (東北大学) 古田一雄 (東京大学) 北村正晴 (テムス研究所)	平成24年11月	計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 SSI2012
光ファイバ接続型受動監視システム(OCTPASS)の開発・評価	角張 泰之	平成24年11月	航空管制 第6号
SBASにおける規格外メッセージの送信	坂井丈泰	平成24年11月	測位航法学会論文誌 2012 Vol.3 No.2
航空通信の現状と課題	住谷泰人	平成24年11月	日本航空宇宙学会誌 11月号
航空交通管制分野における定性的安全性評価について	天井治	平成24年11月	日本航海学会 航空宇宙研究会講演会
機上監視実現のために必要な搭載品と地上設備	小瀬木滋	平成24年11月	CARATS第4回監視アドホック会合
RTCA/EUROCAE最近の状況(ASAS関係)	大津山卓哉	平成24年11月	CARATS第4回監視アドホック会合
R220の交通量の分布例	福島幸子	平成24年11月	CARATS第4回監視アドホック会合
Evaluation of Microwave Shielding Characteristics of Quasi-Isotropic Carbon Fiber Reinforced Plastic Laminates Based on Unidirectional Materials (UD材を用いた擬似等方性CFRP積層板のマイクロ波電磁界遮蔽特性評価)	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成24年12月	2012 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC2012) Proceedings
90-GHz Radio-on-Radio-over-Fiber System for Linearly Located Distributed Antenna Systems (線状分散アンテナシステムのための90GHzファイバ無線システム)	米本成人 菅野敦史 (NICT) Phan Tien Dat (〃) 川西哲也 (〃) 柴垣信彦 (日立中央研究所)	平成24年12月	Proceedings of Photonics Global Conference (PGC) 2012
Passive Secondary Surveillance Radar (受動SSR)	塩見格一 青山秀次 (IRT)	平成24年12月	Proceedings of 2nd International Conference on Applied and Theoretical Information Systems Research (ATISR2012)
The Introduction of ENRI's Research-Developing Remote Tower Operation System-Developing a support tool for the analysis in the wild based on distributed cognitive perspective - a case of Air Traffic Controllers work. (ENRIにおける研究トピックの紹介)	井上諭	平成24年12月	CTS Seminar, Imperial College London and University, College of London
Multi-GNSS Augmentation by L1-SAIF Signal: Preliminary Results (L1-SAIF信号によるマルチGNSSの補強: 初期的結果)	坂井丈泰	平成24年12月	第4回アジア・オセアニアGNSS地域ワークショップ

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
787 GLS Flight Evaluation in KIX (関西国際空港におけるB787型機によるGLS飛行評価)	福島荘之介 赤木宣道 (JAL)	平成24年12月	ATA CNS タスクフォース会議
準天頂衛星システムにおける衛星故障時の隣接衛星再配置	坂井丈泰	平成24年12月	日本航空宇宙学会論文集 vol.60 No.6
HF~UHF帯電波観測による中緯度電離圏の研究	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24年12月	2012年 宇宙・電磁環境研究集会
衛星航法に対する電離圏の影響	齋藤享	平成24年12月	2012年 宇宙・電磁環境研究集会
待ち行列理論を用いた羽田空港における滑走路利用の効率化	森亮太	平成24年12月	第21回交通・物流部門大会(Translog 2012)
UAS運航に係わる世界の基準、技術課題	山本憲夫	平成24年12月	グローバル・オブザベーションシステム研究会
航空用高速データリンクLDACSのBER特性	北折潤 住谷泰人 石出明	平成24年12月	電子情報通信学会SANE研究会 信学技報SANE2012-126
トラジェクトリについて	福田豊	平成24年12月	航空無線 第74号
MUレーダーによる日食時Es層エコーのイメージング観測	齋藤享 山本衛 (京都大学生存圏研究所) H. Liu (九州大学理学研究院) S. V. Thampi (インド物理学研究所) 丸山隆 (NICT)	平成24年12月	南極大型大気レーダー研究集会
Results of LDACS PHY BER performances with GNU Radio (GNU Radioを用いたLDACS物理層BER特性の結果)	北折潤	平成25年1月	ICAO ACP WG-M第20回会議
Draft Doc9924 Guidance Material for the measurement of All-Call Reply Rates (SSR一括質問応答率の測定に関するICAO航空監視マニュアル案)	宮崎裕己 臼井範和 (国土交通省航空局)	平成25年1月	ICAO ASP/TSG 第14回会議
FOD sensing system development in Japan (わが国における空港面異物監視システムの開発)	米本成人 河村暁子 二ッ森俊一 岡田国雄	平成25年1月	EuroCAE WG83
GPS/GLONASS Multi-Constellation SBAS Trial and Preliminary Results (GPS/GLONASS対応SBASの試みと初期の結果)	坂井丈泰	平成25年1月	SBAS IWG/24
QZSS L1-SAIF Supporting GPS/GLONASS Multi-Constellation Augmentation (準天頂衛星L1-SAIF信号によるGPS/GLONASS補強)	坂井丈泰 山田英輝 (東京海洋大学) 星野尾一明 伊藤憲	平成25年1月	Proceedings of the 2013 International Technical Meeting of The Institute of Navigation (ION ITM 2013)
GAST-D Integrity Risks of Snow Accumulation on GBAS Reference Antennas and Multipath Effects Due to Snow-surface Reflection (GBAS基準局への着雪と積雪面からのマルチパス効果のGAST-Dに対するインテグリティリスク)	吉原貴之 齋藤享 本吉弘岐 (防災科学技術研究所) 佐藤威 (〃) 山口悟 (〃)	平成25年1月	Proceedings of the 2013 International Technical Meeting of The Institute of Navigation (ION ITM 2013)
First Evaluation of the Performance of RTK-QZSS Positioning (Expected Benefit of Using Only QZSS Constellation for RTK positioning First Evaluation of the Performance of RTK-QZSS Positioning) (RTK-QZSS測位の初期性能評価)	山田英輝 (東京海洋大学) 坂井丈泰 伊藤憲	平成25年1月	Proceedings of the 2013 International Technical Meeting of The Institute of Navigation (ION ITM 2013)
Study of plasma bubble impact on GNSS and its mitigation (衛星航法に対するプラズマバブルの影響とその対策)	齋藤享 吉原貴之 Prayitno Abadi (インドネシア航空宇宙庁) 大塚雄一 (名大太陽地球環境研究所) 山本衛 (京大生存圏研究所)	平成25年1月	Research Enhancement and System Establishment for Space Weather in Indonesia
Iterative Bayesian estimation of navigation performance modeled by the mixture of Gaussian and Laplace distributions for the application of collision risk modeling. (衝突危険度モデル適用のためにガウス-ラプラス混合分布でモデル化された航法精度の逐次的ベイズ推定法)	藤田雅人	平成25年1月	TRANSACTION OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES
ビックデータ価値化への挑戦 -薬剤副作用分析と航空機着陸システムの安全性設計から-	福島荘之介 森永聡 (NEC) 青木健児 (〃) 鈴木和史 (〃) 藤巻遼平 (〃)	平成25年1月	情報処理学会論文誌「デジタルプラクティス」
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)	藤田征吾 (三菱電機) 齋藤享 吉原貴之	平成25年1月	システム制御情報学会論文誌 第26巻第1号

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Preliminary Study on Tracking Technologies for Hybrid Aircraft Surveillance (航空機ハイブリッド監視における追尾技術の基礎的検討)	呂曉東 古賀禎	平成25年1月	電子通信情報学会 SANE研究会 信学技報SANE2012-142
航空路FIXへの推定到着時刻に基づく出発制御時刻の確率的決定法Ⅱ--不確定性分布の非対称性とパイアスの到着順序への影響--	長岡栄 福田豊 Claus GWIGGNER (ハンブルグ大学)	平成25年1月	電子情報通信学会 SANE研究会 信学技報SANE2012-143
推定到着時刻の不確定性情報を利用する順序付けの一方法	長岡栄 福田豊	平成25年1月	電子情報通信学会 SANE研究会 信学技報SANE2012-144
飛行軌道の区分多項式近似とコンフリクト検出における一検討	藤田雅人	平成25年1月	電子情報通信学会 SANE研究会 信学技報SANE2012-145
経路毎に横方向重畳確率を推定した短縮垂直間隔運用の安全性評価	天井治	平成25年1月	電子情報通信学会 SANE研究会 信学技報SANE2012-146
交通情報配信による機上監視の一検討	大津山卓哉 小瀬木滋	平成25年1月	電子情報通信学会SANE研究会 信学技報SANE2012-147
関西国際空港におけるボーイング787型機によるGLS飛行評価	齊藤真二 福島荘之介 山康博 藤田征吾 (三菱電機) 長井文宣 (ANA) 藤原直樹 (〃) 赤木宣道 (JAL) 高濱裕久 (〃)	平成25年1月	電子情報通信学会SANE研究会 信学技報SANE2012-148
将来の航空交通システムの実現に向けて	山本憲夫	平成25年1月	自動車技術会関東支部
高カテゴリーGBASの開発動向について	吉原貴之	平成25年1月	第3回GBAS導入に関する勉強会
航空機受動監視システムの開発と評価	角張泰之 古賀禎 宮崎裕己 島田浩樹 本田純一 二瓶子朗	平成25年1月	レーザー学会学術講演会第33回年次大会
飛行する三次元物体からの散乱電力推定法の検討	本田純一 大津山卓哉	平成25年1月	映像情報メディア学会 放送技術研究会
電子航法研究所の発話音声分析技術の現状	塩見格一	平成25年1月	航空管制 1月号
JCAB CARATS and ENRI's R&D Activities (航空局のCARATSと電子航法研究所の研究開発活動)	山本憲夫	平成25年2月	The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)
A Simulation Study on a Method of Departure Taxi Scheduling at Haneda Airport. (羽田空港の出発便走行スケジュール調整に関するシミュレーション検討)	山田泉 青山久枝 マーク・ブラウン 住谷美登里 森亮太	平成25年2月	The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)
Basic Analysis of Winds Aloft Forecast used for En-Route Trajectory Prediction (エンルートにおける航空機軌道予測に対する高層風予報データの基礎的な分析)	平林博子 福田豊	平成25年2月	The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)
A Visualization Tool for Analyzing Task Demands in En-route Air Traffic Control (航空路管制におけるタスク要求分系のための可視化ツール)	狩川大輔 青山久枝 高橋信 (東北大学) 古田一雄 (東京大学) 北村正晴 (テムス研究所)	平成25年2月	The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)
Developing Visualisation Techniques of Tasks in Air Traffic Control Work. (航空管制業務のタスク可視化技術の開発)	青山久枝 井上諭 福田豊 佐々木俊弥 (千葉工業大学) 平子元 (〃) 山崎和彦 (〃)	平成25年2月	The 3rd ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2013)
Aircraft conflict detection algorithm based on Strum's real root counting theorem. (Strumの実根の数に関する定理に基づく航空機のコンフリクト検出アルゴリズム)	藤田雅人	平成25年2月	Far East Journal of Applied Mathematics Vol. 75, Issue 1
パネルディスカッション「産業界が大学に期待すること」第2部 運航の話題	福田豊 /他	平成25年2月	日本航空宇宙学会誌 2月号
将来の空港面用航空通信システム(AeroMACS)の動向	住谷泰人	平成25年2月	(財)航空保安無線システム協会 航空無線技術交流会
エンルートにおける航空機軌道予測に対する高層風予報データの基礎的な分析	平林博子	平成25年2月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
L1-SAIF補強信号の技術実証実験	坂井丈泰	平成25年2月	第7回QZSSユースミーティング
GNSS Deployment and GBAS R&D in Japan (日本におけるGNSS展開とGBAS開発の取組)	福島荘之介 仲田貴文 (国土交通省航空局)	平成25年2月	Ms. Nansy Graham, Director, Air Navigation Bureau訪日対応
電子航法研究所におけるGNSS電離圏観測と国際民間航空機関(ICAO)における電離圏データの収集・共有活動について	齋藤享 吉原貴之 星野尾一明	平成25年2月	測位衛星データの有効活用に関する検討ワークショップ
技術開発と評価試験	福島幸子	平成25年2月	航空保安大学校 第62回総合特別研修

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
航空航法と宇宙天気	齋藤享	平成25年2月	2012年度宇宙天気ユーザーズフォーラム
日本における航空衛星通信トラフィックの現状	住谷泰人	平成25年2月	航空管制 3月号
DLCSデータに基づく気象及び位置関連メッセージの分析例(2012年上半年期)	住谷泰人	平成25年2月	航空局 交通管制部 管制技術課 航行支援技術高度化企画課室
Report on the 2nd Meeting of Ionospheric Studies Task Force under the CNS/MET-SG of APANPIRG (第2回電離圏問題検討タスクフォース会議報告)	齋藤享	平成25年3月	ICAO NSP/CSG
Report on the IGWG-Iono Subgroup Activities for Ionospheric Data Collection Harmonization (電離圏データ収集のための国際GBASワーキンググループ電離圏サブグループ活動報告)	齋藤享	平成25年3月	ICAO NSP/CSG
Area Covered by an Ephemeris Monitor (衛星軌道モニタの想定覆域について)	齋藤享 吉原貴之 鈴木和史 (NEC)	平成25年3月	ICAO NSP/CSG
Japanese GAST-D operational validation program in an ionospheric active region (日本の電離圏擾乱の発生頻度が高い地域でのGAST-Dの運用検証プログラム)	吉原貴之 齋藤享 佐藤琢 (国土交通省航空局)	平成25年3月	ICAO NSP/CSG
DEVELOPMENT PLAN OF COLLISION RISK MODEL FOR GLS OPERATIONS (GLS運用のための衝突危険度モデルの構築プラン)	森亮太 福島荘之介	平成25年3月	ICAO IFPP/12
An Estimation Algorithm of Scattered Powers from a Moving Target for MSPSR System (MSPSRシステムのための移動するターゲットからの散乱電力推定アルゴリズムについて)	本田純一 大津山卓哉	平成25年3月	Proceedings of International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications (ESAVS 2013)
Performance Verification Results of a WAM Experiment System (広域マルチラテレーション実験システムの性能検証結果)	宮崎裕己 島田浩樹 古賀禎 角張泰之 二瓶子朗	平成25年3月	Proceedings of International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications (ESAVS 2013)
Autonomous Decentralized Surveillance System and Continuous Target Tracking Technology for Air Traffic Control Applications (自律分散監視システムと航空管制における連続監視技術)	古賀禎 呂曉東	平成25年3月	2013 IEEE 11th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2013) Proceedings
Aircraft Ground-Taxiing Model for Congested Airport Using Cellular Automata (セル・オートマトンを用いた混雑空港における地上タキシングモデル)	森亮太	平成25年3月	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems
Numerical Estimation of Propagation Characteristics of Wireless Communications in Crowded Aircraft Cabin (航空機内に乗客が存在する場合の無線通信の伝搬特性数値解析)	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 日景隆 (北海道大学) 白船雅巳 (〃) 野島俊雄 (〃)	平成25年3月	Proceedings of The 29th International Review of Progress in Applied Computational Electromagnetics (ACES 2013)
Channel capacity improvement dependency of number of receiving antennas for aeronautical MIMO systems (航空用MIMOシステムに対するチャンネル容量改善率の受診アンテナ数依存性)	金田直樹 住谷泰人 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 磯崎榮寿 (JRANSA)	平成25年3月	Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2013) Proceedings
Trajectory Based Operation (軌道ベース運用)	福田豊	平成25年3月	日韓CNS/ATMセミナー
ENRI Category-I and III Ground Based Augmentation System Research Program Status and Activity Summary Updates (地上型衛星補強システム (GBAS CAT-1, 3) プロトタイプ開発状況)	福島荘之介	平成25年3月	日韓CNS/ATMセミナー
Atmospheric studies by GNSS measurements and their applications to air navigation (衛星航法観測データによる大気観測とその航空航法への応用)	齋藤享 吉原貴之	平成25年3月	シンガポール国立大熱帯海洋科学研究所研究会
航空通信アプリケーションのプロテクトモードについて	板野賢	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
広域マルチラテレーションシステムの評価試験	島田浩樹 宮崎裕己 古賀禎 角張泰之 二瓶子朗	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
光ファイバー接続型ミリ波レーダーのための共通信号源の品質評価	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 岡田国雄	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
実験ツールとしての無人機	河村暁子 山康博 二ツ森俊一 米本成人 金田直樹 住谷泰人	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Application of the New Frequency GNSS Signal for Robust Location Information (ロバストな位置情報のためのGNSS新周波数信号の活用)	山田英輝 (東京海洋大学) 坂井文泰 伊藤憲	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
飛行高度指定点における航空機の飛行高度のバラツキ	天井治	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
炭素繊維強化プラスチック積層板を用いた直方反射箱内における構造体Q値の特性評価測定	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
受動型二次監視レーダの開発	塩見格一 青山秀次 (IRT)	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
PPDの基本特性の測定について	齋藤真二 福島荘之介	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
空港環境における航空用WiMAXの伝播特性	金田直樹 住谷泰人 米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 本田純一 岡田国雄	平成25年3月	電子情報通信学会 2013年総合大会
抗ヒスタミン薬服用が音声カオス論的指数値に及ぼす影響	佐藤清 塩見格一 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)	平成25年3月	日本薬学会 第133年会
年間展望2012 航空交通管理関連	福田豊	平成25年3月	日本航空宇宙学会誌 3月号
4-5 SESARに対するエアバス社の取り組みについて	瀬之口敦	平成25年3月	(財)航空輸送技術研究センター CDO/TBOに関する調査・研究報告書(平成24年度)
GLSによる高度な飛行方式の研究計画	福島荘之介	平成25年3月	第4回ATEC新たな進入方式に関する調査・研究ワーキンググループ
MUR/EARによる電離圏不規則構造の研究とその衛星航法支援への応用	齋藤享	平成25年3月	京都大学生存圏研究所ミッションシンポジウム
CPDLCを用いた航空路管制シュミレーション実験について	板野賢	平成25年3月	国土交通省航空局
準天頂衛星「みちびき」のL1-SAIF信号	坂井文泰	平成25年3月	電波航法研究会 電波航法
UAS -無人航空機-	河村暁子	平成25年3月	航空無線 第75号

8 知的財産権

当研究所の平成24年度末(H25. 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
マルチバンドレーダの信号処理方法	水城南海男	H5. 5. 27	3002738	H11. 11. 19
シークラッタ抑圧方法	渡辺泰夫 水城南海男	H5. 5. 27	2653747	H9. 5. 23
G P S 信号による位置決定方法およびその装置	惟村和宣 松本千秋 朝倉道弘	H6. 3. 4	2681029	H9. 8. 1
被管制対象監視システム	塩見格一	H6. 3. 11	2854799	H10. 11. 20
被管制対象監視システム	塩見格一	H6. 3. 11	2777328	H10. 5. 1
被管制対象監視システム	塩見格一	H6. 3. 11	2619217	H9. 3. 11
飛行場運航票管理システムのユーザインターフェース装置	塩見格一	H6. 5. 18	2675752	H9. 7. 18
被管制対象監視システム	塩見格一	H7. 2. 23	2763272	H10. 3. 27
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S S R装置	塩見格一	H10. 10. 30	3041278	H12. 3. 3
S S R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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
空港管制用操作卓 類似意匠登録	塩見格一	H10. 7. 31	1075354(1)	H12. 6. 16
レーダ受信画像信号のクラッタ抑圧方法及び装置	加来信之	H11. 4. 8	3091880	H12. 7. 28
管制通信発出システム	塩見格一	H11. 3. 19	3300681	H14. 4. 19
航空機等の進入コースの変動を防止する積層構造体	横山尚志	H11. 9. 17	3588627	H16. 8. 27
管制装置システム	塩見格一	H11. 12. 8	3783761	H18. 3. 24
受動型SSR装置	塩見格一	H11. 11. 10	3277194	H14. 2. 15
航空管制用ヒューマン・マシン・インターフェース装置	塩見格一	H11. 12. 7	3646860	H17. 2. 18
CPDLCメッセージ作成システム	塩見格一	H12. 3. 30	4210772	H20. 11. 7
航空路管制用航空機順序・間隔付けヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192252	H20. 10. 3
CPDLC/AIDC共用管制卓及び同ヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192253	H20. 10. 3
航空管制用管制指示入力装置	塩見格一	H12. 3. 30	4390118	H21. 10. 16
ターゲット選択操作装置	塩見格一	H12. 3. 24	3743949	H17. 12. 2
無線ネットワーク測位システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3453547	H15. 7. 18
無線ネットワーク制御システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3428945	H15. 5. 16
GPS及びその補強システムを用いた航法システムにおけるアベイラビリティ取得方法及びその装置	福島荘之介	H12. 7. 26	3412011	H15. 3. 28
複数チャンネルを利用した無線ネットワークシステム及びその制御装置	田中修一 二瓶子朗	H12. 11. 13	3462172	H15. 8. 15
心身診断システム	塩見格一	H13. 9. 14	3764663	H18. 1. 27
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716472	H23. 4. 8
無線通信ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716473	H23. 4. 8
無線ネットワークを利用した移動局測位システム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640720	H22. 12. 10
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640721	H22. 12. 10
音声処理装置	塩見格一	H13. 9. 25	3512398	H16. 1. 16
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法	塩見格一	H13. 10. 24	3579685	H16. 7. 30
目標検出システム	加来信之	H13. 12. 10	3613521	H16. 11. 5
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置	横山尚志	H13. 9. 6	3680113	H17. 5. 27
ILSのグライドパスのGP進入コース予測方法及び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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
操作卓 意匠	塩見格一	H15. 11. 18	1226782	H16. 11. 19
脇机 意匠	塩見格一	H15. 11. 18	1221366	H16. 9. 17
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H15. 12. 26	4317898	H21. 6. 5
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内分割)	塩見格一	H15. 12. 26	4989618	H24. 5. 11
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局通信制御方法及び通信システム	金田直樹 塩見格一	H16. 3. 3	4107432	H20. 4. 11
電波装置	米本成人	H16. 5. 18	3845426	H18. 8. 25
航空管制用インタフェース装置、その表示制御方法およびコンピュータプログラム	塩見格一	H16. 3. 29	3888688	H18. 12. 8
大脳評価装置 PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 4. 28	4500955	H22. 4. 30
航空管制業務支援システム、航空機の位置を予測する方法及びコンピュータプログラム	塩見格一 金田直樹	H18. 10. 13	4355833	H21. 8. 14
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置 (分割出願)	横山尚志	H13. 9. 6	3988828	H19. 7. 27
心身状態判定システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 2. 23	4505619	H22. 5. 14
電波反射体を用いた測定装置 (分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3772191	H18. 2. 24
電波反射体を用いた移動体の航法方法 (分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3840520	H18. 8. 18
航空管制卓 (意匠)	塩見格一	H16. 5. 20	1242705	H17. 4. 28
全方向性を有する誘電体レンズ装置。	米本成人	H16. 8. 19	3822619	H18. 6. 30
高周波信号のデジタル I Q 検波方法	田嶋裕久 古賀禎 小瀬木滋	H16. 9. 15	3874295	H18. 11. 2
移動体の識別監視装置	米本成人 古賀禎	H16. 10. 8	3956025	H19. 5. 18
航空管制支援システム	塩見格一	H17. 2. 4	4148420	H20. 7. 4
ILSのグライドパス装置のGPパス予測方法	横山尚志 朝倉道弘	H16. 10. 6	3956024	H19. 5. 18
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム (No. 116 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
ドライバーの発話音声収集システム	塩見格一	H16. 12. 13	4296300	H21. 4. 24
移動体の測位方法及びその測位装置	古賀禎 田嶋裕久	H17. 2. 21	4736083	H23. 5. 13
航空管制システム及び航空管制システムで用いられる携帯情報端末	塩見格一 金田直樹	H17. 6. 21	4625954	H22. 11. 19
航空路管制用管制卓における順序・間隔付けヒューマンインタフェース装置	塩見格一 金田直樹	H17. 6. 21	4590559	H22. 9. 24
移動局監視システムのための監視連携装置およびその方法	二瓶子朗	H17. 12. 15	4703390	H23. 3. 18
飛行計画表示装置	三垣充彦	H18. 2. 9	4193195	H20. 10. 3
飛行計画表示装置 (分割出願)	三垣充彦	H18. 2. 9	4736103	H23. 5. 13
音声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
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
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

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

※ [] は平成24年度に実施されたものである。

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
被管制対象監視システム (アメリカ)	塩見格一	H6. 3. 11	5, 677, 841	H9. 10. 14
被管制対象監視システム (カナダ)	塩見格一	H6. 3. 11	2144291	H10. 5. 26
被管制対象監視システム (イギリス)	塩見格一	H6. 3. 11	671634	H14. 10. 2
被管制対象監視システム (ドイツ)	塩見格一	H6. 3. 11	69528403. 7	H14. 10. 2
被管制対象監視システム (フランス)	塩見格一	H6. 3. 11	671634	H14. 10. 2
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願：カナダ	塩見格一	H7. 5. 18	2167516	H15. 5. 13
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願：イギリス	塩見格一	H7. 5. 18	2295472	H10. 7. 22
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願：オーストラリア	塩見格一	H7. 5. 18	680365	H9. 11. 13
航空機管制支援システム(アメリカ国内)	塩見格一	H8. 3. 29	5, 941, 929	H11. 8. 24
航空機管制支援システム(カナダ国内)	塩見格一	H8. 3. 29	2, 201, 256	H13. 2. 6
飛行場管制支援システム：アメリカ	塩見格一	H10. 3. 25	6, 144, 915	H12. 11. 7
自動従属監視環境下における進入管制区航空機個別誘導システム：アメリカ	塩見格一	H10. 2. 24	6, 064, 939	H12. 5. 16
自動従属監視環境下における進入管制区航空機個別誘導システム：韓国	塩見格一	H10. 2. 26	538960	H17. 12. 20
滑走路予約システム：アメリカ	塩見格一	H9. 6. 9	US 6, 282, 487 B1	H13. 8. 28
受動型SSR装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 344, 820 B1	H14. 2. 5
SSR装置及び航空機二次監視網 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 337, 652 B1	H14. 1. 8
管制装置システム：アメリカ	塩見格一	H12. 12. 7	US 6, 573, 888 B2	H15. 6. 3
音声による疲労・居眠り検知装置及び記録媒体：アメリカ	塩見格一	H12. 10. 19	US 6, 876, 964 B1	H17. 4. 5
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(韓国)	塩見格一	H14. 4. 10	10-722457	H19. 5. 21
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H14. 4. 10	158325	H24. 3. 30
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法(EP国内)	塩見格一	H14. 10. 23	1450331	H17. 12. 28
心身診断システム PCT出願(韓国)	塩見格一	H14. 11. 11	10-0596099	H18. 6. 26
心身診断システム PCT出願(インド国内)	塩見格一	H14. 11. 11	249868	H23. 11. 17
心身診断システム PCT出願(シンガポール国内)	塩見格一	H14. 11. 11	104430	H19. 7. 31
心身診断システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	US 7, 363, 226 B2	H20. 4. 22
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(韓国)	塩見格一	H16. 5. 10	10-0699042	H19. 3. 16
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(シンガポール)	塩見格一	H14. 11. 12	104553	H18. 11. 12
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H14. 11. 12	202992	H18. 11. 6
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H14. 11. 12	US 7, 678, 047 B2	H22. 3. 16

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(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
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(イスラエル国内)	塩見格一	H15. 12. 26	170304	H23. 3. 31
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EPC(独国内))	塩見格一	H15. 12. 26	603 26 652. 5-08	H21. 3. 11
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
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EP(仏国内))	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	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(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
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

(2) 出願中

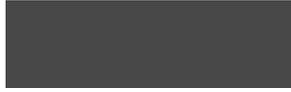
①日本国内

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
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	2008-281299
導波管の接続機構 PCT(日本国内)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H21. 9. 17	2011-531713
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	2010-070313
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	2010-184690
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	2011-098137
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 二ツ森 俊一	H23. 3. 30	2011-127301

②海外

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
受動型S S R装置 EP国内	塩見格一	H11. 10. 29	99951156. 1
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
心身診断システム PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H14. 11. 11	161562
心身診断システム PCT出願(EP国内)	塩見格一	H14. 11. 11	02808120. 6
心身診断システム PCT出願(EP国内分割)	塩見格一	H14. 11. 11	10165213. 9
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
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
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EP分割)	塩見格一	H15. 12. 26	08 009 363. 6
カオス論的指標値計算システム PCT出願(インド国内)	塩見格一	H15. 12. 26	3624/DELNP/2005
大脳評価装置 PCT出願 (EP国内)	塩見格一	H16. 4. 28	040729 983. 9
大脳評価装置 PCT出願 (インド国内)	塩見格一	H18. 9. 19	5443/DELNP/2006
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(カナダ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	2, 526, 734
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
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	11/574, 012
ミリ波レーダー組み込み型ヘッドランプ (アメリカ)	米本成人 河村暁子	H23. 5. 11	13/105, 350
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)	武市昇, 坂井丈泰, 福島荘之介, 伊藤憲	H19. 12. 28	12/668, 355
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24年度に購入した主要機器

Mti-G 1式	ハイブリッド監視モニタ 1式
電子黒板 1式	マイクロ波信号発生器 1式
MOBILE WIMAX テストセット 1式	調光照明器 1式
SSRモードS トランスポンダ・ランプテストセット 1式	GAST-D研究用機上GNSS受信装置 2式
光送信機 1式	GAST-D研究用GNSSシミュレーション4受信装置 5式
信号発生器 1式	
プリアンプオプション 1式	
信号発生器オプション 1式	
GPS受信機 1式	
基準局受信機 1式	
測定車 (トヨタコスタービックバンLX) 1台	
高周波電力増幅機 1式	
受動型SSR用対空監視装置 1式	
光ファイバ接続型受動監視システム機能追加・改修 1式	
回転アンテナ 1式	
高周波電力増幅器 1式	
ネットワークファイバアップグレードオプション 1式	
フェージングシミュレータ 1式	
信号分析装置 1式	
MIMO信号発生器 1式	
電離圏データ収集・共有用データベース 1式	
電子航法研究所官用車 (アクア) 1台	
図書室書棚 1式	
LN変調器 1式	
アンテナ (Double Ridged Horn Antena Model No. 3115 1-18GHz) 1式	
2号棟サーバラック 1式	
GBAS機上受信機用信号計測装置 1式	
マイクロ波システム増幅器 1式	
ミリ波レーダモジュール 1式	
LO/IF分配器 1式	
超広帯域高速スペクトラムアナライザ 1式	
MIMO対応信号分析装置 1式	
監視データ管理システム 1式	
GAST-D評価ツール用解析装置 1式	
FileMaker Server用サーバ 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 電子計算機システム及びネットワーク

当研究所の電子計算機システムは、昭和41年度に航空管制自動化推進に供するATC シミュレータ整備の一環として導入したNEAC2200#400に始まる。

以降、MELCOM、FACOM、ACOS と呼ばれたメインフレームを

中心としたシステムを運用してきたが、平成7年12月にネットワーク環境の整備の必要の高まりと、併せて研究内容の変化に対応させるために、ワークステーションをネットワークに接続したシステムに移行し、複数のサーバ・システムと各研究部に設置するローカル・クライアントからなるシステムの運用となった。

平成13年度より、電子計算機システムは、演算サーバ、ファイルサーバ、アプリケーションサーバ、PCサーバ、WWWサーバ等から構成されるサーバ群を1GBaseのデータ転送レートを有する基幹と100Baseの支線を有するネットワークにより接続した構成となった。

さらに、平成17年度には支線部についても1GBaseのデータ転送レートに対応し、現在の構成となった。

現在、当所のネットワーク及び電子計算機システムは、メールサーバによる通信、WWWサーバによる情報発信、アプリケーションサーバやファイルサーバによる所内事務の支援等、日々の職務に密接したシステムとして運用されている。

〔ネットワークの現状〕

・基幹ネットワークシステム：サーバ8台、スイッチ3台、テープドライブ1台、UPS3台で構成

・基幹ネットワーク網：10GBase-LR通信が可能（調布本所－岩沼分室間を除く）

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。

しかし、同機は平成23年3月11日に発生した東日本震災による津波にて被災、全損となった。

平成24年度においては、更新機（ビーチクラフトB300）の調達が進められており、納入は平成25年5月となっている。

〔更新機の諸元・性能〕

登録番号：JA35EN

型式：Beechcraft B300(KingAir350)

全長：14.3m

全幅：17.8m

全 高：4.4m
全 備 重 量：6.8t
最大巡航速度：578km/h
最大航続距離：3,270km
離陸滑走路長：1,006km
着陸滑走路長：821km
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）
電子航法研究所広報誌「e-なび」（季刊）

4 行事等

当研究所の平成24年度における行事等は、下記のとおりである。

第50回出前講座〔平成24年4月12日（木）〕大阪航空局中部空港事務所

1. 電子航法研究所の活動紹介
(企画課 長谷川 努)
2. マルチラテレーション監視システムの概要と開発動向
(監視通信領域 宮崎 裕己)
3. 効率的な空港面運用のための運航データ分析について
(航空交通管理領域 山田 泉)
4. 関西空港におけるB787によるGBASプロトタイプの実験
(航法システム領域 山 康博、福島 荘之介)

第12回研究所設立記念式典〔平成24年4月17日（火）〕

研究施設一般公開〔平成24年4月22日（日）〕

平成24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（来場者数約3,200名）。

第51回出前講座〔平成24年4月27日（金）〕日本航空(株)

1. 電子航法研究所の活動について
(研究企画統括 山本 憲夫)
2. ADS-Bの概要 - ITPなど効率的運用のために
(監視通信領域 小瀬木 滋)
3. 機上監視装置の標準化動向
(監視通信領域 大津山 卓哉)
4. SSRモードSによる動態情報の取得技術について
(監視通信領域 松永 圭左)

研究発表会〔平成24年6月7日（木）～8日（金）〕

平成24年度（第12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日間来場者数述べ約400名)

特別出前講座〔平成24年7月6日（金）〕ANAウイングス(株)

1. 電子航法研究所の活動について
(研究企画統括 山本 憲夫)
2. GPS/GNSSの基礎知識
(航法システム領域 坂井 丈泰)
3. SBAS及び準天頂衛星L1-SAIFの概要
(航法システム領域 坂井 丈泰)
4. GBASの概要と最近の動向
(航法システム領域 福島 荘之介)

第1回研究交流会 『SWIM勉強会』〔平成24年8月7日/8月27日〕

第52回出前講座〔平成24年8月8日（水）〕全日本空輸(株)

1. 電子航法研究所の活動について
(研究企画統括 山本 憲夫)
2. GBASの概要と最近の動向
(航法システム領域 福島 荘之介)
3. SBAS及び準天頂衛星L1-SAIFの概要
(航法システム領域 坂井 丈泰)
4. マルチラテレーション (MLAT/WAM) とADS-Bの概要
(監視通信領域 宮崎 裕己)

第2回研究交流会 『ENRI R&D information exchange meeting』〔平成24年8月27日〕

第53回出前講座〔平成24年10月4日（木）〕航空保安大学校岩沼研修センター

1. 電子航法研究所の活動紹介について
(企画課 植木 隆央)

- 2. GBASの最近の動向とB787による飛行実験 (航法システム領域 福島 荘之介)
- 3. 電子航法研究所におけるマルチラテレーション技術の開発・評価 (監視通信領域 宮崎 裕己)
- 4. 洋上経路におけるRNP4の導入効果について (航空交通管理領域 福島 幸子)
- 5. 空港面の新しい航空用高速通信システム規格 (AeroMACS) の動向 (監視通信領域 住谷 泰人)
- 6. 受動型レーダ開発の現状と展望 (監視通信領域 塩見 格一)

第54回出前講座〔平成24年11月14日(水)〕日本電気(株)

- 1. 電子航法研究所の活動について (航空交通管理領域 藤森 武男)
- 2. トラジェクトリモデルに関する研究 (航空交通管理領域 福田 豊)
- 3. 洋上経路の最適化の研究 (航空交通管理領域 福島 幸子)
- 4. 空港面トラジェクトリに関する研究 (航空交通管理領域 青山 久枝)

特別出前講座〔平成24年11月15日(木)〕航空保安大学校
空港面トラジェクトリに関する研究

(航空交通管理領域 青山 久枝)

特別出前講座〔平成24年11月16日(金)〕航空保安大学校
GBASの安全性評価に関する研究

(航法システム領域 福島 荘之介)

第55回出前講座〔平成24年12月6日(木)〕東京航空局
高性能型マルチラテレーションの開発状況について

(監視通信領域 角張 泰之)

第56回出前講座〔平成25年1月10日(木)〕国土交通省航空局運航安全課

- 1. 電子航法研究所の概要 (企画課 植木 隆央)
- 2. GPS/GNSSの基礎知識 (航法システム領域 坂井 丈泰)
- 3. SBAS及び準天頂衛星L1-SAIFの概要 (航法システム領域 坂井 丈泰)
- 4. GBASの概要と最近の動向 (航法システム領域 福島 荘之介)

第3回研究交流会 『海外展開に関する勉強会』〔平成25年1月16日〕

第4回研究交流会 『航空管制官の訓練に関する研究交流会』〔平成25年2月5日〕

第3回ATM/CNSに関する国際ワークショップ(EIWAC2013)〔平成25年2月19日～21日〕
日本科学未来館にて開催し、3日間で述べ約540名が来場した(講演内容は別頁に記載)。

第5回研究交流会 『NASA研究者との研究討議』〔平成25年2月22日〕

第6回研究交流会 『マンسفールドフェロウシップ交流会』〔平成25年3月27日〕

平成24年度評議員会〔平成25年3月28日(木)〕

評議員会において下記課題に関する評価を実施した。

- 事前評価課題 「航空路監視技術高度化の研究」
「Full 4D」の運用方式に関する研究
「GNSSを利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究」
- 事後評価課題 「将来の航空用高速データリンクに関する研究」
「携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究」
「空港面監視技術高度化の研究」
「トラジェクトリモデルに関する研究」

The Third ENRI International Workshop on

ATM/CNS

(EIWAC2013)

- Drafting future sky-

Program

[Venue]

Miraikan, Tokyo, JAPAN

[Schedule]

2/19 Plenary Session	10:00~17:30
2/20 Technical Session	10:00~17:30
2/21 Invited Session	10:00~17:00

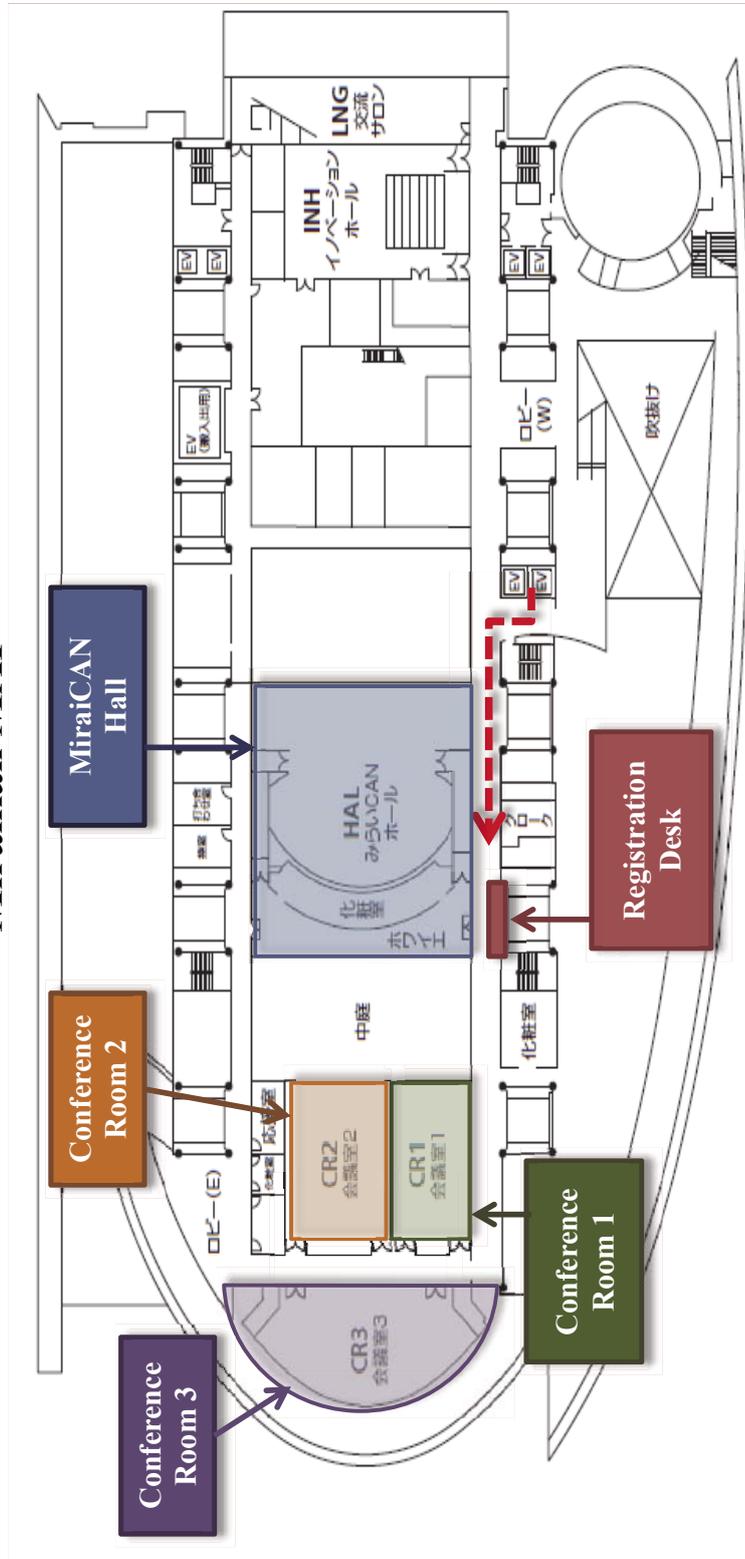
Technical, Poster & Tutorial Sessions



EIWAC2013

February 19-21 2013
Miraikan, Tokyo, JAPAN

Miraikan MAP



Tuesday, 19th February

MiraiCAN Hall

Opening Session -Chair K. Yamamoto, ENRI

10:00 Opening Address
Greetings

Plenary Session 1 -Chair K. Yamamoto, ENRI

10:30 [ENS-001] **The ICAO Approach to Global Air Navigation Plan**

International Civil Aviation Organization

[†]N. Graham,

11:10 [ENS-002] **Update of the NextGen project**

US Federal Aviation Administration, US

[†]M. Reeves,

11:50 [ENS-003] **From SESAR to standardization**

Direction des Services de la Navigation Aérienne, France

[†]P. Souchu,

12:30 **Lunch break**

Plenary Session 2 -Chair K. Daiki, ENRI

13:50 [ENS-004] **JCAB CARATS and ENRI's R&D activities**

Electronic Navigation Research Institute, Japan

[†]K. Yamamoto,

14:20 [ENS-005] **Future ATM – from Asian operator's point of view**

Association of Asia Pacific Airlines, Singapore

[†]M. Eran-Tasker,

15:00 [ENS-006] **MRJ Features and Navigation Perspective**

[†]Y. Nakamura,

Mitsubishi Aircraft Co.

15:30 **Break**

16:00 Panel Discussion -Chair S. Ozeki, ENRI

Future ATM: Centralized, decentralized or best mixed?

Panelists: S. Suzuki, *The University of Tokyo, Japan*

B. Cowles, *IATA*

P. Souchu, *Direction des Services de la Navigation Aérienne, France*

T. Lauderdale, *NASA Ames Research Center, US*

17:40 **Closing Remarks**

[†]K. Yamamoto,

Electronic Navigation Research Institute, Japan

Conference Room 3

15:00 Exhibition

Multilateration (MLAT): Optically Connected Multilateration System (Optimus)

Japan Radio Co., Ltd.

NEC Corporation

NEC Corporation

Radio Propagation & Network Simulation, Operations Research

Kozo Keikaku Engineering Inc.

Photonics-based Millimeter-wave Signal Generation and Its Distribution Technology

National Institute of Information and Communication Technology

Hitachi, Ltd.

Aeronautical Safety College

Itochu Aviation Co.

Mitsubishi Aircraft Co.

Tohoku University

Japan Civil Aviation Bureau

Japan Civil Aviation Bureau

Japan Society for Aeronautical and Space Sciences

Electronic Navigation Research Institute

Wednesday, 20th February

Conference Room 1

Technical Session CNS Projects –Chair: M. Harigae, JAXA

10:00 [EN-001] U. S. Progress in ADS-B Systems Development and Implementation

[†]D. Arbuckle,
US Federal Aviation Administration, US
presented by M. Reeves

10:30 [EN-027] Space for safe skies: ESA's Iris Programme of Satellite Communication for Air Traffic Management

[†]N. Ricard, C. Morlet,
European Space Agency, Netherlands

11:00 [EN-005] EU-Japan partnerships under GNSS:Asia with FP7 and Horizon 2020: opportunities in the aviation sector

[†]F. Mura, T. Ichioka,
EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, Japan
K. Yajima,
Lighthouse Technology & Consulting Co.,Ltd., Japan

11:30 Lunch break

Conference Room 2

Technical Session Issues and Resolutions for Future ATM
–Chair: S. Fukushima, ENRI

10:00 [EN-008] A STUDY ON OPERATION CONCEPT FOR NEXT GENERATION AIR VEHICLES IN KOREA

[†]J.-H. Han, Y.-C. Hwang,
The Korea Transport Institute, South Korea

10:30 [EN-021] Automated Separation Assurance with Weather and Uncertainty

[†]T. A. Lauderdale, H. Erzberger,
NASA Ames Research Center, US

11:00 [EN-038] Transitioning Resolution Responsibility between the Controller and Automation Team in Simulated NextGen Separation Assurance

[†]C. Cabral, A. Gomez, J. Homola, S. Hunt, L. Martin, J. Mercer,
San Jose State University, NASA Ames Research Center, US
T. Prevot,
NASA Ames Research Center, US

11:30 Lunch break

Conference Room 3

10:00 Exhibition

MLAT: Optimus
JRC
Aviation Solutions
NEC

Radio Propagation & Network Simulation, Operations Research

Kozo Keikaku Engineering Inc.

Photonics-based Millimeter-wave Signal Generation and Its Distribution Technology

NICT

Introduction to Airport Security Technologies (R&D)

Hitachi, Ltd.

Guidelines for Applicants

Aeronautical Safety College

Products (MRJ)

Itochu Aviation Co.

Ultra-small NIRS Device for Brain Activity Measurement

Tohoku University

Introduction to CARATS (Long-term Vision)

JCAB

Notification of APISAT2013 Conference

JSASS

Introduction to Long-term R&D Vision

ENRI

ENRI

ENRI

ENRI

ENRI

ENRI

ENRI

ENRI

ENRI

Wednesday, 20th February

Conference Room 1

Student Session - CNS Research -Chair: S. Ozeki, ENRI
13:30 [EN-004] **Joint target tracking and systematic error correction for Wide Area Multilateration**

[†]J. Abbud, G. De Miguel,
Universidad Politécnica de Madrid, Spain

14:00 [EN-037] **Applying Bayesian Inference to Ephemeris Monitor for GBAS**

[†]R. Yasunaga, T. Yam,
The University of Tokyo, Japan
K. Suzuki, K. Iijima,
NEC Corporation, Japan

14:30 [EN-049] **Assessing the availability of a single-frequency satellite based augmentation system in the Korean region**

[†]E. Bang, Jinsil Lee, Jinyun Lee,
Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea

15:00 Break

Organized Session - GNSS and Ionosphere -Chair: S. Saito, ENRI

15:30 [EN-048] **High-resolution ionospheric total electron content observation using dense GNSS receiver networks**

[†]T. Tsugawa, M. Nishioka, T. Maniyama, T. Nagatsuma, K. T. Murata, M. Ishii,
National Institute of Information and Communications Technology, Japan
A. Saito,
Kyoto University, Japan
Y. Otsuka,
Nagoya University, Japan
S. Saito,
Nagoya University, Japan

16:00 [EN-019] **Analytical results of ionospheric delay gradient based on GPS monitoring stations near Suvarnabhumi airport in Thailand**

[†]S. Rungraengwajjake, P. Supnithi,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
S. Saito,
Electronic Navigation Research Institute, Japan
N. Siansawasdi,
Aeronautical Radio of Thailand, Thailand
A. Saekow,
Stamford International University, Thailand

16:30 [EN-018] **Statistical characteristics of background ionospheric total electron content (TEC) in Bangkok, Thailand**

[†]P. Supnithi, S. Rungraengwajjake,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand
[†]S. Saito,
Electronic Navigation Research Institute, Japan
[†]N. Siansawasdi,
Aeronautical Radio of Thailand, Thailand
A. Saekow,
Stamford International University, Thailand

17:00 [EN-042] **Fight Trails to collect GPS data under Equatorial Ionospheric Plasma Bubbles**

[†]T. Tsujii, T. Fujiwara, T. Kubota,
Japan Aerospace Exploration Agency, Japan
S. Saito, T. Yoshihara,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

17:30 Close of Session

Conference Room 2

Technical Session - Safety -Chair: M. Fujita, ENRI
13:00 [EN-003] **New issues raised on collision avoidance by the introduction of remotely piloted aircraft (RPA) in the ATM system**

[†]J.-M. Loscos,
Direction des Services de la Navigation Aérienne, France
13:30 [EN-012] **Managing Separation of Unmanned Aerial Vehicles Using High-Integrity GNSS Navigation**

[†]S. Pullen,
Stanford University, US

14:00 [EN-028] **Aviation Infrastructure Risk Assessment: Effect of Communication and Surveillance Facility Service Outages on Traffic Separations**

[†]S. S. Borener,
US Federal Aviation Administration, US
V. S. Guzhva,
MCR, LLC, US

14:30 [EN-050] **Toward independent segmented parallel approaches - an initial assessment of collision risks**

[†]C. Hanses,
German Aerospace Center DLR, Germany

15:00 Break

Technical Session - Airport Management -Chair: K. Kageyama, ENRI

15:30 [EN-024] **A Simulation Study on a Method of Departure Taxi Scheduling at Haneda Airport**

[†]I. Yamada, H. Aoyama, M. Brown, M. Sumiya, R. Mori,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

16:00 [EN-035] **Evaluation of an automated taxi concept in a distributed simulation environment**

[†]S. Kocks, T. Rad, T. Feuerle,
Technische Universität Braunschweig, Germany
A. Oehme,
HFC Human-Factors-Consult GmbH, Germany
B. Budweg,
Diehl Aerospace GmbH, Germany

16:30 [EN-026] **Developing key performance indicators for airports**

[†]T. A. Granberg, A. O. Munoz,
Linköping University, Sweden

17:00 Close of Session

Conference Room 3

Exhibition

MLAT: Optimus Aviation Solutions -JRC
-MEC
Radio Propagation & Network Simulation, Operations Research
Kozo Keikaku Engineering Inc.

Photonics-based Millimeter-wave Signal Generation and Its Distribution Technology

Introduction to Airport Security Technologies (R&D) -NICT
Hitachi, Ltd.

Guidelines for Applicants -Aeronautical Safety College
Itochu Aviation Co.

Products -Mitsubishi Aircraft Corp.

Products (MRJ) -Mitsubishi Aircraft Corp.

Ultra-small NIRS Device for Brain Activity Measurement -Tohoku University

Introduction to CARATS (Long-term Vision) -JCAB

Notification of APISAT2013 conference -JSASS

Introduction to Long-term R&D Vision -ENRI
-ENRI

Mode S Technologies -ENRI

A Visualization Tool of ATC Tasks: COMPASI -ENRI

Advanced Radar Technologies -ENRI

Passive Secondary Surveillance Radar -ENRI

Fatigue and Drowsiness Predictor -ENRI

17:00 Close of Session

Thursday, 21st February

Conference Room 1

Tutorial:

Mathematic Model for Aircraft Trajectory Design

10:00 [EN-023] **Mathematical Models for Aircraft Trajectory Design : A Survey.**

[†]D. Delahaye, S. Puechmorel,
École Nationale de l'Aviation Civile, France
E. Feron, P. Tsiotras,
Georgia Institute of Technology, US

Conference Room 2

Invited Session: Perspectives on ATM

-Chair K. Yamamoto, *ENRI*

10:00 [ENS-007] **Aircraft Operator's ATM Overview**

[†]B. Cowles,
International Air Transport Association, Singapore

10:30 [ENS-008] **Certification & Oversight of Air Navigation Service in EU system**

[†]F. Giraud,
Direction Générale de l'Aviation Civile, France

11:00 [ENS-009] **NASA NextGen Operations Research**

[†]A. Sultan,
NASA Headquarters, US

11:30 Lunch break

Conference Room 3

10:00 Exhibition

11:30 Lunch & Poster Session

[EN-023] **Mathematical Models of Aircraft Trajectory Design: A Survey.**

[†]D. Delahaye, S. Puechmorel,
École Nationale de l'Aviation Civile, France
E. Feron, P. Tsiotras,
Georgia Institute of Technology, US

[EN-014] **Simulated and Calculated Trajectories Generation**

[†]J. Garcia Sáez,
INECO, Spain

[EN-010] **Layered Air Traffic Management Model**

E. Garcia,
CRIDA/Universidad Politécnica de Madrid, Spain
F. Sáez, R. Arnaldo,
Universidad Politécnica de Madrid, Spain

[EN-046] **Developing Visualisation Techniques of Tasks in Air Traffic Control Work**

^{††}T. Sasaki, H. Hirako, K. Yamazaki,
Chiba Institute of Technology, Japan
H. Aoyama, S. Inoue, Y. Fukuda,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

[EN-039] **A Study on Flight Trajectory Estimation by Using GPS Data Measured in Airliner Cabin**

[†]H. Totoki, N. K. Wickramasinghe,
Kyushu University, Japan

[EN-043] **Development of Trajectory Predictor for Simulating Future Trajectory-Based Operation in Japan**

[†]A. Senoguchi, Y. Fukuda, M. Shirakawa, M. Brown,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

[EN-015] **Voice over IP for Air Traffic Management ready for development in Europe**

[†]L. Popescu,
EUROCONTROL, Belgium

[EN-013] **Assessing the safety of airport surface operations: A 4D process model**

[†]S. Wilke, A. Majumdar, W. Y. Ochieng,
Imperial College London, UK

[EN-022] **Assessing the Ability of Current Fast Time Simulation Tools to Model Future Trajectory Based Operations**

[†]G. Tobaruela, A. Majumdar,
Imperial College London, UK

Electronic Navigation Research Institute, Japan

Advanced Multilateration System "OCTPASS"

[†]Y. Kakubari,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

76GHz millimeter wave radar connected by radio over fiber

[†]N. Yonemoto,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

Thursday, 21st February

Conference Room 1

Technical Session: **Simulation / ATM Tools** -Chair J-M. Loscos, DSNV

13:00 [EN-047] **Shared Virtual Sky Concept: the interoperability tool for ATM world**

[†]J. Silva,
Airbus ProSky, France

13:30 [EN-033] **A Visualization Tool for Analyzing Task Demands in En-route Air Traffic Control**

[†]D. Karikawa, H. Aoyama,
Electronic Navigation Research Institute, Japan
M. Takahashi,
Tohoku University, Japan
K. Furuta,
The University of Tokyo, Japan

14:00 [EN-016] **Preliminary Design of Procedure/Airspace Efficiency Assessment Tool (PEAT)**

[†]Y. Eun, D. Jeon, E-M. Oh,
Korea Aerospace Research Institute, Korea

14:30 [EN-040] **Flight Trajectory Optimization Tool with Dynamic Programming Developed for Future Air Transportation Systems**

[†]A. Harada, Y. Miyamoto, N. K. Wickramasinghe,
Kyushu University, Japan

15:00 Break

Organized Session: **Innovative Technology** -Chair N. Yonemoto, ENRI

15:30 [EN-032] **Linear frequency converter and calibration technique for wideband millimeter-wave communication system such as IEEE802.15.3c and/or IEEE802.11ad**

[†]N. Shibagaki, H. Hanyu,
Hitachi Ltd., Japan

16:00 [EN-006] **EO-OE converting technologies for 90GHz radio over fiber systems**

[†]T. Umezawa, A. Kanno, K. Inagaki, T. Kawamishi,
National Institute of Information and Communications Technology, Japan
A. Kohmura, S. Futatsumori, N. Yonemoto,
Electronic Navigation Research Institute, Japan
N. Shibagaki,
Hitachi Ltd., Japan

16:30 [EN-044] **Advanced Microwave Photonic Technologies for Millimeter-Wave Radio-over-Fiber Applications in Wireless Communications and Sensing**

[†]A. Stöhr,
University Duisburg-Essen, Germany
presented by S. Babel

17:00 Close of Conference

Conference Room 2

Technical Session: **Information Management** -Chair M. Brown, ENRI

13:00 [EN-030] **Development of Standardized Flight Data in support of Global ATM Harmonization – Flight Information Exchange Model (FIXM)**

[†]M. Taino, P. Losec,
US Federal Aviation Administration, US

13:30 [EN-034] **An integrated operations solution for Gate-to-Gate airline operations**

[†]N. Zimmer, T. Wiesemann, A. Sindlinger, J. Schiefele,
Jeppesen, Germany
J. Clark,
Jeppesen, US

[†]F. Morales,
Jeppesen, Canada
presented by N. Barracl

14:00 [EN-045] **Real-time Wind Uplinks for Prediction of the Arrival Time and Optimization of the Descent Profile**

[†]N. Bienert, H. Fricke,
Technische Universität Dresden, Germany

14:30 [EN-052] **Reduced wake vortex separation using weather information**

[†]N. Matayoshi,
Japan Aerospace Exploration Agency, Japan

15:00 Break

Technical Session: **Trajectory Modeling and Optimization**

-Chair C. Gwiggner, U. Hamburg

15:30 [EN-029] **Basic Analysis of Winds Aloft Forecast used for En Route Trajectory Prediction**

[†]H. Hirabayashi, Y. Fukuda,
Electronic Navigation Research Institute, Japan

16:00 [EN-011] **Probabilistic Conflict Detection in the Presence of Uncertainty**

[†]Y. Matsuno, T. Tsuchiya,
The University of Tokyo, Japan

16:30 [EN-041] **A Study on Benefits Gained by Flight Trajectory Optimization for Modern Jet Passenger Aircraft**

[†]N. K. Wickramasinghe, H. Totoki, A. Harada, Y. Miyamoto,
Kyushu University, Japan

17:00 Close of Conference

Conference Room 3

13:00 **Exhibition**

MLAT: Optimus
JRC
NEC

Aviation Solutions
Radio Propagation & Network Simulation, Operations Research
Kozo Keikaku Engineering Inc.

Photonics-based Millimeter-wave Signal Generation and Its Distribution Technology
NICT

Introduction to Airport Security Technologies (R&D)
Hitachi, Ltd.

Guidelines for Applicants
Aeronautical Safety College
Itochu Aviation Co.

Products
Mitsubishi Aircraft Corp.

Introduction to CARATS (Long-term Vision)
JCAB
JSASS

Notification of APISAT2013 Conference

Introduction to Long-term R&D Vision

Mode S Technologies
ENRI

Advanced Radar Technologies
ENRI

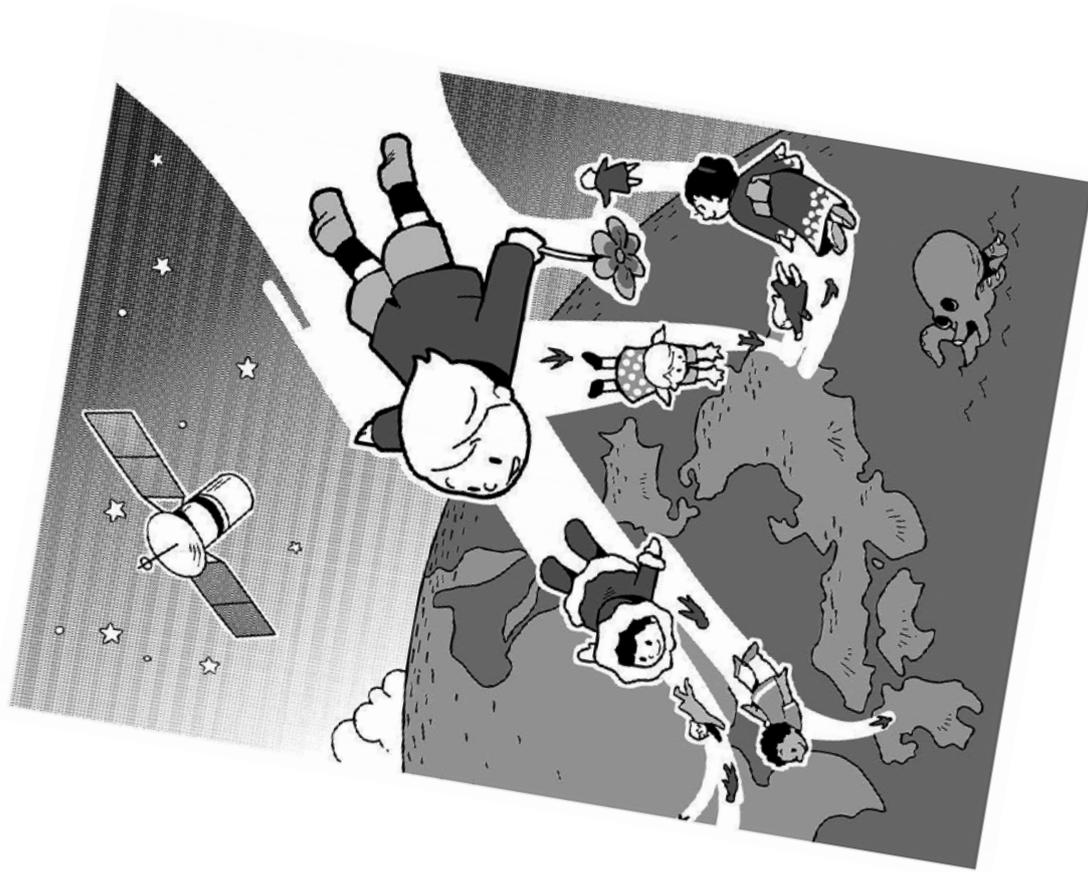
Passive Secondary Surveillance Radar
ENRI

Fatigue and Drowsiness Predictor
ENRI

15:30 Close of Exhibition

***The Third ENRI
International Workshop on
ATM/CNS***

February 19-21, 2013



5 職員表彰

◎ 一般財団法人航空交通管制協会協会賞

福島 幸子（航空交通管理領域）

「長年にわたり航空交通管制に関する研究をと
おして航空交通管制システムの開発の分野にお
いて多大な功績を取めたことにより受賞」

◎ Best Presentation Paper Award, ISADS 2013

古賀 禎、呂 曉東（監視通信領域）

「ISADS 2013(International Symposium on
Autonomous Decentralized Systems)におい
て、『Autonomous Decentralized Surveillance
System and Continuous Target Tracking
Technology for Air Traffic Control
Applications(自律分散監視システムと航空管
制における連続監視技術)』を発表し受賞」

◎ 理事長表彰（平成24年4月1日）

永年勤続（30年）

伊藤 憲（航法システム領域）

永年勤続（20年）

北折 潤（監視通信領域）

特 別

藤井 直樹、齋藤 享（航法システム領域）

「電子情報通信学会の通信ソサイエティ論文誌
において、論文「SBAS信号を使用するGBASの開
発について」を発表し“ソサイエティ優秀論文
賞”を受賞」

坂井 丈泰（航法システム領域）

「準天頂衛星L1-SAIF補強信号に関する研究・
開発において中心的な役割を果たしL1-SAIF信
号に係る技術立証実験を成功に導いた。また民
間利用を積極的に促進し測位利用推進セ
ンターによるL1-SAIF信号の利用実証実験の成
功に大きく貢献」

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）第八十二条第一項に規定する職員団体であつて、その構成員の過半数が引継職員であるものは、研究所の成立の際国営企業及び特定独立行政法人の労働関係に関する法律（昭和二十三年法律第二百五十七号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、当該職員団体が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法（昭和二十四年法律第七十四号）第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。

3 第一項の規定により労働組合となったものについては、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までは、労働組合法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

(権利義務の承継等)

第五条 研究所の成立の際、第十条に規定する業務に関し、現に国が有する権利及び義務のうち政令で定めるものは、研究所の成立の時ににおいて研究所が承継する。

2 前項の規定により研究所が国の有する権利及び義務を承継したときは、その承継の際、承継される権利に係る土地、建物その他の財産で政令で定めるものの価額の合計額に相当する金額は、政府から研究所に対し出資されたものとする。

3 前項の規定により政府から出資があ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百八十二号）に基づく退職手当は、支給しない。

2 施行日後の土木研究所等は、前項の規定の適用を受けた当該施行日後の土木研究所等の職員の退職に際し、退職手当を支給しようとするときは、その者の国家公務員退職手当法第二条第一項に規定する職員（同条第二項の規定により職員とみなされる者を含む。）としての引き続きいた在職期間を当該施行日後の土木研究所等の職員としての在職期間とみなして取り扱うべきものとする。

3 施行日の前日に独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人北海道開発土木研究所、独立行政法人海技大学校、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海員学校及び独立行政法人航空大学校（以下「施行日前の土木研究所等」という。）の職員として在職する者が、附則第二条の規定により引き続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き国家公務員退職手当法第二条第一項に規定する職員となった場合におけるその者の同法に基づいて支給する退職手当の算定の基礎となる勤続期間の計算については、その者の当該施行日後の土木研究所等の職員としての在職期間を同項に規定する職員としての引き続きいた在職期間とみなす。ただし、その者が当該施行日後の土木研究所等を退職したことにより退職手当（これに相当する給付を含む。）の支給を受けているときは、この限りでない。

4 施行日後の土木研究所等は、施行日の前日に施行日前の土木研究所等の職員として在職し、附則第二条の規定により引

き続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。

独立行政法人電子航法研究所 平成24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24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業務運営の効率化に関する目標を達成するためにとるべき措置

（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24年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. トラジェクトリモデルに関する研究（平成21年度～24年度）

（年度目標）

本研究は、将来の効率的な管制運用を実現する手法として、航空機のトラジェクトリ（軌道）計画を事前管理し、精密なトラジェクトリ予測を可能とするためのモデルを開発するものである。平成24年度は、トラジェクトリ予測モデル評価システムを機能向上して、シミュレーションにより到着機のトラジェクトリ管理運用手法を評価する。

イ. 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24年度は、燃料消費を指標とした航空機運航の効率性及び高速シミュレーションを用いたATMパフォーマンス値の推定手法を検討する。これによりATMパフォーマンス向上施策の実施が航空機の運航時間や燃料消費に及ぼす効果の事前推定が行えるため、ATMパフォーマンス向上施策の実施による便益の事前検討が可能となる。

ウ．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24年度は、洋上管制シミュレータに航空路管制及びターミナル管制部分を追加したシミュレータの設計を行うとともに、海外の空港及び関西国際空港への到着経路で部分的に導入されている連続降下方式について調査し到着経路改善のための課題を整理する。

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24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の日本へ導入する際に必要な電離圏脅威モデル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目的として実施する。平成24年度は、平成23年度に明確化した電離圏のインテグリティ・リスク等を軽減するアルゴリズムの開発及び評価実験用の機上搭載装置のアルゴリズム開発に着手する。これらにより、地上実証モデルの詳細設計を完了し、製造に着手することが可能となる。

イ．空港面監視技術高度化の研究（平成21年度～24年度）

（年度目標）

本研究では、マルチラレーション監視技術の耐干渉性を強化したOCTPASS 実験装置と、空港周辺空域を高性能で監視可能とするWAM（広域マルチラレーション）実験装置の開発を進めている。平成24年度は、OCTPASS およびWAM 両実験装置ともに実運用で必要と想定される機能付加・改修を行うとともに、これらの検証も含めた総合的な評価を実施する。これにより、空港近傍の航空機に対して現用の監視センサ（SSR）より2倍以上高頻度な監視が実現し、現用の監視の補完ができるようになる。これをモニタとして使用することにより、悪天候時においても平行滑走路での同時離着陸が可能となる。

ウ．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24年度は、SSRモードS、WAM、ADS-Bからの監視情報を統合する統合型監視装置の開発を行い、これを実環境下で実験するとともに、複数システムの監視領域において、現状の2倍程度以上の監視性能とすることを目指す。これにより、統合処理に関する実用性の高い技術指針を得ることが可能になる。

エ. 監視システムの技術性能要件の研究（平成22年度～25年度）

（年度目標）

本研究は、次世代監視システムの技術性能要件 TPRS（Technical Performance Requirements for Surveillance systems）を確立することを目的とし、従来および将来の運用方式を想定して監視性能の技術基準をまとめるものである。平成24年度は、次世代監視方式の動向等について調査を継続する。また、平成22年度に作成した技術性能要件案を最新の調査結果にもとづいて改訂し、性能測定手法および性能予測評価手法を検証する。これに応じて実験機器を改良し、これまで困難であった監視情報の信頼性に関する測定のうち、少なくとも3種類の性能パラメータの測定可能性の確認を目指す。

3) 空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発（安全で効率的な運航の実現）

本研究開発分野では、安全かつ効率的な運航の実現、航空通信のボトルネック解消及び航空用データリンクの導入、ヒューマンエラーの低減やシステムの信頼性向上などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成24年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. 将来の航空用高速データリンクに関する研究（平成21年度～24年度）

（年度目標）

本研究は、現行のVDLモード2よりも高速高性能な地対空データリンクシステムを選定する際に、我が国の電波環境においてどの程度の通信特性が得られるか評価し、ICAO（国際民間航空機関）等の標準化作業に反映させるためのものである。平成24年度は、L-DACS（Lバンドデジタル航空通信システム）実験装置に対して、情報ビット列のランダム化などの追加機能を実装する。その後、フェージング環境下等におけるシミュレーション評価実験を行う。これにより、伝送誤り率 10^{-7} を達成するためのL-DACS物理層の性能に関する技術指針を得ることが可能になる。

イ. 航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発（平成22年度～25年度）

（年度目標）

本研究では、当所開発による発話音声分析技術を発展させ、管制官を始めとする航空機の運航に携わる者の心身の健全性を確保向上させ、航空交通システム全体の安全性の向上に資する事を目指している。管制官の業務内容の構造的な理解によるワークロードの分析と共にヒューマンエラー低減技術として、また各種業務負荷状態の軽重を評価し、適正作業量の策定に資する。平成24年度は、発話音声から算出する指数値の信頼性を向上させるために生理データの収集等を継続するとともに、更に指数値のサーカ

ディアンリズムとの関係を確認し、音声分析技術によるシフト勤務の負担度の評価への適用可能性を明らかにする。

ウ. 携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究
(平成21年度～24年度)

(年度目標)

本研究は、ニーズが高くなっている航空機内での電子機器の使用について、航空の安全を担保しつつ、さまざまな電子機器を使用するために必要となる性能要件を明らかにするものである。平成24年度は、航空機内で発せられた強い電波に対する機内配線への影響を統計的に分析する。また、これまでの成果をまとめ、意図的に放射される強い電波の影響と副次的に発せられる航空無線帯域のノイズが引き起す電磁干渉の定量的評価を行う。将来的にはこれらの成果は、乗客が航空機内で安全に電子機器を使用するための技術指針となる。

エ. 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24年度は、WiMAX技術の予備的検討を行うとともに、実験用システムの基本機能の設計開発に着手する。これによりWiMAX技術を利用した航空用無線通信システムの技術的な課題を明らかにする。

4) 研究開発の実施過程における措置

平成24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25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24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25年度に開始予定の研究課題の事前評価
 - ・平成24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24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、「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」、「GNSSを利用した曲線経路による精密進入着陸方式に関する研究」、「ミリ波センサネットワークによる空港面異物探知・移動体検出システムの研究」等の研究課題に関する基盤的研究を実施し、今後、重点的に実施する研究開発課題へとつなげる。

また、斬新な発想に基づく萌芽的な研究として、「フローコリドーの基盤的研究」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24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24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的研究機関を目指して国際交流・貢献を図るため、第3回国際ワークショップを開催する。

(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24年度は以下を実施する。

- ・各研究開発課題について年1回以上、学会や専門誌等において発表する。
- ・研究所一般公開及び研究発表会をそれぞれ1回開催する。

- ・企業及び航空関係者への公開講座として、出前講座を継続企画し開催する。
- ・16件程度の査読付論文の採択を目指す。
- ・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、通信・航法・監視領域及び機上等技術領域の3領域から航空交通管理領域、航法システム領域及び監視通信領域の3領域に領域を再編し、有益な研究成果を得られるよう、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、内部統制のしくみを随時見直し、その充実・強化を図る。

平成24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、業務フローを適宜見直すことにより業務の効率化を進めるとともに、管理会計の充実等により業務運営コストの縮減を図る。

平成24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、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、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24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24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24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
構内道路舗装改修工事	39	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、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。平成23年に発生した「東日本大震災」で被害を受けた実験用航空機を含む実験施設については、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24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、平成24年1月20日閣議決定「独立行政法人の制度及び組織の見直しの基本方針」に基づき、適切に対応する。

独立行政法人電子航法研究所 24年度計画(H24.04.01現在)

予算	区分	金額
収入	運営費交付金	1,451
	施設整備費補助金	39
	受託等収入	147
	計	1,637
支出	業務経費	789
	うち研究経費	789
	施設整備費	39
	受託等経費	125
	一般管理費	45
	人件費	639
計		1,637

[人件費の見積り]

期間中総額 549百万円を支出する。
 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、565百万円である。(国からの委託費、補助金、競争的資金及び民間資金の獲得状況等により増減があり得る。)また、上記の額は、役員報酬(非常勤役員を除く。)並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

収支計画	区分	金額
費用の部	経常費用	1,874
	研究業務費	1,874
	受託等業務費	1,233
	一般管理費	125
	減価償却費	234
	財務費用	282
	臨時損失	0
		0
	収益の部	1,874
	運営費交付金収益	1,451
収益の部	手数料収入	0
	受託等収入	147
	資産見返負債戻入	276
	臨時利益	0
	純利益	0
目的積立金取崩額	0	
総利益	0	

注)当法人における退職手当については、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

資金計画	区分	金額
資金支出	業務活動による支出	1,637
	投資活動による支出	1,591
	財務活動による支出	39
	次期中期目標の期間への繰越金	7
		0
資金収入	業務活動による収入	1,637
	運営費交付金による収入	1,598
	受託収入	1,451
	その他の収入	144
	投資活動による収入	3
	施設整備費補助金による収入	39
	財務活動による収入	39
	繰越金	0
		0

7 財務諸表

平成24年度

財 務 諸 表

(添付書類)

平成24年度 決算報告書

独立行政法人 電子航法研究所

貸借対照表
(平成25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		1,162,743,059
未収金		52,237,687
たな卸資産		29,111,434
前払費用		2,545,162
仮払金		5,618,300
立替金		30,972
流動資産合計		1,252,286,614
II 固定資産		
1 有形固定資産		
建物	1,653,095,988	
建物減価償却累計額	△ 613,138,668	1,039,957,320
構築物	145,843,523	
構築物減価償却累計額	△ 98,501,390	47,342,133
航空機	101,800,000	
航空機減価償却累計額	△ 99,763,997	
航空機減損失累計額	△ 2,036,003	0
車両運搬具	31,272,552	
車両運搬具減価償却累計額	△ 13,942,096	17,330,456
工具器具備品	2,642,500,893	
工具器具備品減価償却累計額	△ 2,153,069,302	
工具器具備品減損失累計額	△ 3,928,709	485,502,882
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		103,100,000
有形固定資産合計		4,594,932,791
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		1,426,182
投資その他資産合計		1,426,182
固定資産合計		4,596,399,573
資産合計		5,848,686,187
【負債の部】		
I 流動負債		
運営費交付金債務		945,713,983
未払金		220,754,064
未払費用		1,436,186
前受金		15,235,795
預り金		3,278,281
仮受金		67,000,000
流動負債合計		1,253,418,309
II 固定負債		
資産見返負債		
資産見返運営費交付金	541,213,705	
資産見返物品受贈額	73,508	
建設仮勘定見返運営費交付金	103,100,000	644,387,213
固定負債合計		644,387,213
負債合計		1,897,805,522
【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		764,590,008
損益外減価償却累計額(△)		△ 889,121,979
損益外減損失累計額(△)		△ 183,294,403
資本剰余金合計		△ 307,826,374
III 利益剰余金		
積立金		81,353
当期未処分利益		213,134
(うち当期総利益)		(213,134)
利益剰余金合計		294,487
純資産合計		3,950,880,665
負債・純資産合計		5,848,686,187

【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
運営費交付金から充当されるべき引当外賞与の見積額

355,762,841 円
31,898,525 円

損益計算書
(平成24年4月1日～平成25年3月31日)

(単位:円)

科 目	金 額	
【経常費用】		
業務費		
給与手当	439,058,078	
退職手当	31,052,501	
福利厚生費	56,126,097	
諸謝金	743,900	
研究委託費	74,287,169	
消耗品費	165,018,817	
備品費	24,828,545	
通信費	4,048,055	
水道光熱費	12,277,478	
支払リース料	1,469,375	
保守修繕費	44,581,751	
旅費交通費	50,803,011	
支払手数料	9,426,173	
減価償却費	234,704,209	
その他の業務費	28,366,095	1,176,791,254
一般管理費		
役員給与手当	42,785,644	
役員退職手当	12,841,920	
給与手当	99,236,488	
福利厚生費	21,178,730	
諸謝金	216,000	
消耗品費	2,448,135	
通信費	1,831,778	
水道光熱費	2,912,650	
支払リース料	694,890	
保守修繕費	6,800,952	
旅費交通費	2,196,484	
支払手数料	2,171,988	
減価償却費	1,129,827	
その他の一般管理費	3,547,395	199,992,881
財務費用		
支払利息	77,046	77,046
経常費用合計		1,376,861,181
【経常収益】		
運営費交付金収益		1,124,622,799
固定資産見返負債戻入		
資産見返運営費交付金戻入	208,589,779	
資産見返物品受贈額戻入	2,649,939	211,239,718
受託収入		
政府受託収入	24,916,467	
その他受託収入	11,142,799	36,059,266
特許権等収入		1,666,442
施設費収益		1,736,200
雑 益		1,738,460
経常収益合計		1,377,062,885
経常利益		201,704
【臨時損失】		
固定資産除却損		20,324,703
臨時損失合計		20,324,703
【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	4,079,931	
資産見返物品受贈額戻入	16,244,772	20,324,703
臨時利益合計		20,324,703
【当期純利益】		201,704
【前中期目標期間繰越積立金取崩額】		11,430
【当期総利益】		213,134

【注記】ファイナンス・リース取引が損益に与える影響額は、
213,134円であり、当該影響額を除いた当期総利益は 0円であります。

キャッシュフロー計算書
(平成24年4月1日～平成25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	△ 177,601,899
人件費支出	△ 672,674,316
その他業務支出	△ 300,805,952
運営費交付金収入	1,396,629,000
受託収入	29,184,052
特許権等収入	2,604,521
その他業務収入	66,815,779
小 計	344,151,185
利息の支払額	△ 112,096
業務活動によるキャッシュフロー	344,039,089
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	△ 370,761,542
施設費による収入	223,454,479
投資活動によるキャッシュフロー	△ 147,307,063
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	△ 6,601,733
財務活動によるキャッシュフロー	△ 6,601,733
IV 資金に係る換算差額	-
V 資金増加額	190,130,293
VI 資金期首残高	972,612,766
VII 資金期末残高	1,162,743,059

【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>1,162,743,059円</u>
現金及び預金勘定	<u>1,162,743,059円</u>

利益の処分に關する書類

(単位:円)

I 当期未処分利益		213,134
当期総利益	213,134	
II 利益処分類		213,134
積立金	213,134	

行政サービス実施コスト計算書
(平成24年4月1日～平成25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	1,176,791,254		
一般管理費	199,992,881		
財務費用	77,046		
固定資産除却損	20,324,703		1,397,185,884

(2)(控除)自己収入等

受託収入	△ 35,744,266		
特許権等収入	△ 1,666,442		
雑益	△ 1,738,460		△ 39,149,168

業務費用合計 1,358,036,716

II 損益外減価償却相当額 71,619,455

III 損益外除売却差額相当額 884,501

IV 引当外賞与見積額 1,124,162

V 引当外退職給付増加見積額 △ 4,698,656

VI 機会費用

政府出資等の機会費用 22,043,495

VII 行政サービス実施コスト 1,449,009,673

【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、7,732,340円であります。

注記事項

【重要な会計方針】

「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」（独立行政法人会計基準研究会 財政制度等審議会 財政制度分科会 法制・公会計部会 平成23年6月28日改訂）」並びに「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」に関するQ&A」（総務省行政管理局 財務省主計局 日本公認会計士協会 平成24年3月最終改訂）」を適用しております。

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	5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。

なお、法人内利用のソフトウェアについては、法人内における利用可能期間（5年以内）に基づいております。

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

資産の種別に応じて、以下のとおりとしております。

貯蔵品	最終仕入原価法
未成受託研究支出金	個別法

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25年3月末利回りを参考に0.560%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50万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50万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	1,162,743,059	1,162,743,059	—
(2) 未収金	52,237,687	52,237,687	—
(3) 未払金	(220,754,064)	(220,754,064)	(—)

(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

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。

【リース取引関係】

1. ファイナンス・リース取引

有形固定資産

主に研究業務等に使用する電子計算機（工具器具備品）であります。

2. オペレーティング・リース取引

該当事項はありません。

【資産除去債務関係】

当該事項はありません。

【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. G N S S 実験装置の製造及び調整 103,425,000 円
2. G A S T - D 研究用機上装置のソフトウェア製作 12,411,000 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】

組織統合について

当法人が、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人海上技術安全研究所及び独立行政法人港湾空港技術研究所と統合されることが決定されていた「独立行政法人の制度及び組織の見直しの基本方針」（平成24年1月20日閣議決定）については、「平成25年度予算編成の基本方針」（平成25年1月24日閣議決定）において、当面凍結となりました。

【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」による増益外減価償却相当額も含む。)及び減損損失累計額の明細

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
					当期増加額	期末残高	当期償却額	当期減損損失		
有形固定資産 (償却費損益内)	建物	58,017,781	17,235,044	-	75,252,825	20,963,504	4,620,708	-	54,289,321	注1
	構築物	5,140,537	-	-	5,140,537	5,088,483	57,919	-	52,054	
	車両運搬具	17,336,757	16,627,992	2,692,197	31,272,552	13,942,096	2,681,336	-	17,330,456	注1
	工具器具備品	4,194,993,687	161,221,109	1,833,371,314	2,522,843,482	2,049,299,391	222,063,655	-	469,615,382	注1
	計	4,275,488,762	195,084,145	1,836,063,511	2,634,509,396	2,089,293,474	229,423,618	-	541,287,213	
有形固定資産 (償却費損益外)	建物	1,494,767,313	83,075,850	-	1,577,843,163	592,175,164	60,166,922	-	985,667,999	注2
	構築物	137,148,322	17,923,500	14,368,836	140,702,986	93,412,907	5,405,411	-	47,290,079	注2
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	99,763,997	-	2,036,003	-	
	工具器具備品	119,657,411	-	-	119,657,411	103,769,911	6,047,122	-	15,887,500	
	計	1,853,373,046	100,999,350	14,368,836	1,940,003,560	889,121,979	71,619,455	-	1,048,845,578	
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	102,467,780	38,000,000	37,367,780	103,100,000	-	-	-	103,100,000	
	計	3,185,011,780	38,000,000	37,367,780	3,185,644,000	-	-	180,844,000	3,004,800,000	
	建物	1,552,785,094	100,310,894	-	1,653,095,988	613,138,668	64,787,630	-	1,039,957,320	
	構築物	142,288,859	17,923,500	14,368,836	145,843,523	98,501,390	5,463,330	-	47,342,133	
有形固定資産合計	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	99,763,997	-	2,036,003	-	
	車両運搬具	17,336,757	16,627,992	2,692,197	31,272,552	13,942,096	2,681,336	-	17,330,456	
	工具器具備品	4,314,651,098	161,221,109	1,833,371,314	2,642,500,893	2,153,069,302	228,110,777	-	485,502,882	
	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建設仮勘定	102,467,780	38,000,000	37,367,780	103,100,000	-	-	-	103,100,000	
無形固定資産	計	9,313,873,588	334,083,495	1,887,800,127	7,760,156,956	2,978,415,453	301,043,073	-	4,594,932,791	
	電話加入権	455,000	-	-	455,000	-	-	414,400	40,600	
	ソフトウェア	15,645,000	-	15,645,000	-	-	-	-	-	注3
	計	16,100,000	-	15,645,000	455,000	-	-	414,400	40,600	
	長期前払費用	21,992	1,416,190	12,000	1,426,182	-	-	-	1,426,182	
投資その他の資産	計	21,992	1,416,190	12,000	1,426,182	-	-	-	1,426,182	

(注1) 有形固定資産(償却費損益内)の建物の増加は、岩沼分室実験棟改修工事(10,714,544)、車両運搬具の増加は測定車(14,866,952)、工具器具備品の増加は光ファイバ接続型変動監視システム機能追加・改修(35,994,000)、超広帯域高速スペクトラムライザ(11,718,000)、滑走路監視システム変調部(11,760,000)等の取得によるものであり、減少はタミナル管制システム装置(1,148,798,438)、MSAS7マルチシステム試験システム(138,731,250)、GNSS試験システム向け収集解析部(80,069,063)等の除却によるものであります。

(注2) 有形固定資産(償却費損益外)の建物の増加は、岩沼分室改修他工事(83,075,850)、構築物の増加は敷地内舗装補修工事(17,923,500)の取得によるものであり、構築物の減少は400m水糟積前舗装(7,617,210)等の除却によるものであります。

(注3) 無形固定資産のソフトウェアの減少は、航空管制システム(15,645,000)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	217,660	230,550	-	217,660	-	230,550	
未成受託研究支出金	281,604	21,180,555	-	5,987,675	-	15,474,484	
仕掛品	2,906,400	10,500,000	-	-	-	13,406,400	
計	3,405,664	31,911,105	-	6,205,335	-	29,111,434	

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	734,830,382	100,999,350	-	835,829,732	注1
	損益外除売却差額相当額	△ 57,325,888	△ 14,368,836	-	△ 71,694,724	注2
	計	677,959,494	86,630,514	-	764,590,008	
	損益外減価償却累計額	830,986,859	71,619,455	13,484,335	889,121,979	注2
	損益外減損損失累計額	183,294,403	-	-	183,294,403	
	差引計	△ 336,321,768	15,011,059	△ 13,484,335	△ 307,826,374	

(注1)施設費の当期増加額の主なものは、岩沼分室他改修工事、敷地内舗装工事の取得によるものであります。

(注2)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、敷地内舗装工事の撤去部分に係る除却によるものであります。

4. 積立金の明細及び前中期目標期間繰越積立金の取崩しの明細

(1)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	-	81,353	-	81,353	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。
前中期目標期 間繰越積立金	11,430	-	11,430	-	当期減少額は、(2)参照。
計	11,430	81,353	11,430	81,353	

(2)前中期目標期間繰越積立金取崩しの明細

(単位:円)

区 分	金 額	摘 要
前中期目標期間繰越積立金取崩額	11,430	前中期目標期間中計上前払費用の費用化相 当額の取崩し
計	11,430	

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	888,574,427	-	28,949,559	18,825,452	38,000,000	-	85,775,011	802,799,416
平成24年度	-	1,396,629,000	1,095,673,240	158,041,193	-	-	1,253,714,433	142,914,567
合計	888,574,427	1,396,629,000	1,124,622,799	176,866,645	38,000,000	-	1,339,489,444	945,713,983

(2)運営費交付金債務の当期振替額の明細

23年度交付分

(単位:円)

区分	金額	内訳
費用進行基準による振替額	運営費交付金収益	28,949,559
	資産見返運営費交付金	18,825,452
	建設仮勘定見返運営費交付金	38,000,000
	資本剰余金	-
	計	85,775,011
会計基準第81第3項による振替額	-	
合計	85,775,011	

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28,949,559
 イ)複数年度契約による固定資産の取得額:業務用器具備品等:18,825,452
 ウ)複数年度契約による固定資産取得に係る前払金額:38,000,000

24年度交付分

(単位:円)

区分	金額	内訳
費用進行基準による振替額	運営費交付金収益	1,095,673,240
	資産見返運営費交付金	158,041,193
	建設仮勘定見返運営費交付金	-
	資本剰余金	-
	計	1,253,714,433
会計基準第81第3項による振替額	-	
合計	1,253,714,433	

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:1,108,049,733
 (役職員人件費:696,856,190,その他の経費:411,193,543)
 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:12,376,533
 ウ)固定資産の取得額:業務用器具備品等158,041,193
 ③運営費交付金の振替額の積算根拠
 費用1,108,049,733-自己収入からの充当額12,376,533=1,095,673,240

(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	費用進行基準を採用した業務に係る分	802,799,416	<p>○費用進行基準を採用した業務:全ての業務</p> <p>○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。</p> <p>○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。</p>

(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24年度	費用進行基準を採用した業務に係る分	142,914,567	<p>○費用進行基準を採用した業務:全ての業務</p> <p>○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。</p> <p>○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。</p>

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	102,735,550	-	100,999,350	1,736,200	
合 計	102,735,550	-	100,999,350	1,736,200	

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)
	39,858	3	12,841	2
職 員	(102,129)	(48)	(0)	(0)
	435,424	59	31,053	1
合 計	(105,057)	(49)	(0)	(0)
	475,282	62	43,894	3

(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24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	1,396,629,000	1,396,629,000	0	
施設整備費補助金	39,200,000	102,735,550	63,535,550	前年度からの繰越による
受託収入	146,967,000	51,295,061	△ 95,671,939	年度計画策定時に予定していた政府受託等が減少したため
その他の収入	0	3,404,902	3,404,902	特許権収入等があったため
計	1,582,796,000	1,554,064,513	△ 28,731,487	
支出				
業務経費	789,419,000	789,711,287	292,287	前年度の複数年契約による支出等のため
施設整備費	39,200,000	65,367,770	26,167,770	前年度からの繰越による
受託経費	124,630,000	42,280,515	△ 82,349,485	年度計画策定時に予定していた政府受託等が減少したため
一般管理費	44,528,000	43,952,658	△ 575,342	業務効率化による削減額
人件費	585,019,000	585,992,378	973,378	予算手当のない退職手当の支出によるため
計	1,582,796,000	1,527,304,608	△ 55,491,392	

平成24年度 電子航法研究所年報

平成25年12月20日 発行

編集兼発行人 独立行政法人 電子航法研究所

発 行 所 独立行政法人 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 0422-41-3168

ホームページアドレス <http://www.enri.go.jp/>

※電子版は上記ホームページより入手することが可能です。

○本冊子は、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に基づく

○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。

