

# 電子航法研究所年報

平成 15 年 度



独立行政法人 電子航法研究所

# ま え が き

電子航法研究所は、国の試験研究機関として33年9ヶ月間培われてきた伝統と実績を引き継ぎ、平成13年4月1日に「独立行政法人電子航法研究所」として新たに発足した。

新生電子航法研究所は、電子航法に関する研究を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的としている。国土交通大臣が示した5年間の中期目標に沿って作成した中期計画、さらに当該事業年度に実施すべき事項を定めた年度計画に基づいて研究を行っている。独立行政法人の趣旨を踏まえ、自律的、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挙げることを目指している。

研究所の目的を踏まえ、社会ニーズに沿った研究の重点的推進を図るため、衛星やデータ通信等の新技術を活用した通信・航法・監視と航空交通管制を含む航空交通管理に関する研究に重点的に取り組み、我が国の空港整備事業等への研究成果の反映や国際民間航空機関等への国際的な貢献を行っている。それとともに、基礎的、先導的な研究を実施し、電子航法に関する基盤技術の蓄積にも努めている。

この電子航法研究所年報は、平成15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ある。

第1部は、総説として、沿革、組織、定員等について記載した。

第2部は、試験研究業務について、研究部ごとに概況と研究課題別の実施状況を示した。当研究所の平成15年度の試験研究業務は、重点研究、指定研究、基盤研究等、次のように区分されている。

重点研究は、運営費交付金により実施するもので、中期計画に掲げる重点研究開発領域に係わる研究等である。

指定研究は、運営費交付金により実施するもので、当研究所として今後取り組むべき重要な分野に係わる基礎的、先導的な研究等で、研究計画の評価に基づいて選定されたものである。

基盤研究は、運営費交付金により実施するもので、将来的に電子航法に関する研究に必要となると思われる基礎的、先導的、萌芽的な研究等である。

受託研究は、外部の機関等から電子航法に関する研究等について委託を受けて行う研究等である。

その他、外部の研究機関との共同研究等がある。

第3部に、主要施設と機器等について概要を記載した。

付録に、独立行政法人電子航法研究所法、中期目標、中期計画、平成15年度計画、平成15年度財務諸表等を掲載した。

この年報は、当研究所における研究活動をご紹介します。成果を有効に活用していただくために編集した。研究成果について詳細を知りたい方は、別に刊行している電子航法研究所報告および電子航法研究所研究発表会講演概要を参考にされるか、または直接当研究所にご照会いただきたい。

当研究所は、5年間の中期計画の4年目に入ったところであり、次期中期計画を視野に入れながら、今中期計画の達成に向け研究成果を積み上げていく重要な時期である。この年報を通じて、当研究所の活動についてご意見をいただければ幸いである。

平成16年9月

独立行政法人電子航法研究所

理事長 大 沼 正 彦

# 目 次

## 第1部 総 説

1. 沿 革 .....	3
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. 電子航法開発部 .....	11
2. 航空システム部 .....	43
3. 管制システム部 .....	66
4. 衛星技術部 .....	93
5. 研究所報告 .....	109
6. 受託研究 .....	110
7. 共同研究 .....	110
8. 研修生の受け入れ .....	111
9. 研究発表 .....	112
10. 知的財産権 .....	126

## 第3部 現 況

1. 平成15年度に購入した主要機器 .....	133
2. 主要施設及び機器 .....	134
3. 職 員 .....	137
4. 刊 行 物 .....	143
5. 行 事 等 .....	143

## 付 録

1. 独立行政法人電子航法研究所法 .....	147
2. 独立行政法人電子航法研究所に関する省令 .....	150
3. 独立行政法人電子航法研究所 業務方法書 .....	153
4. 独立行政法人電子航法研究所 中期目標 .....	155
5. 独立行政法人電子航法研究所 中期計画 .....	157
6. 独立行政法人電子航法研究所 平成15年度計画 .....	166
7. 財務諸表 .....	173

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。

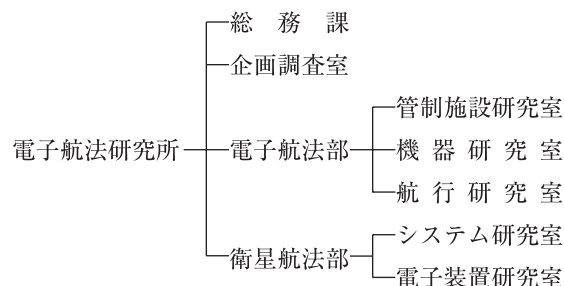
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室（3名）が新設された。

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。

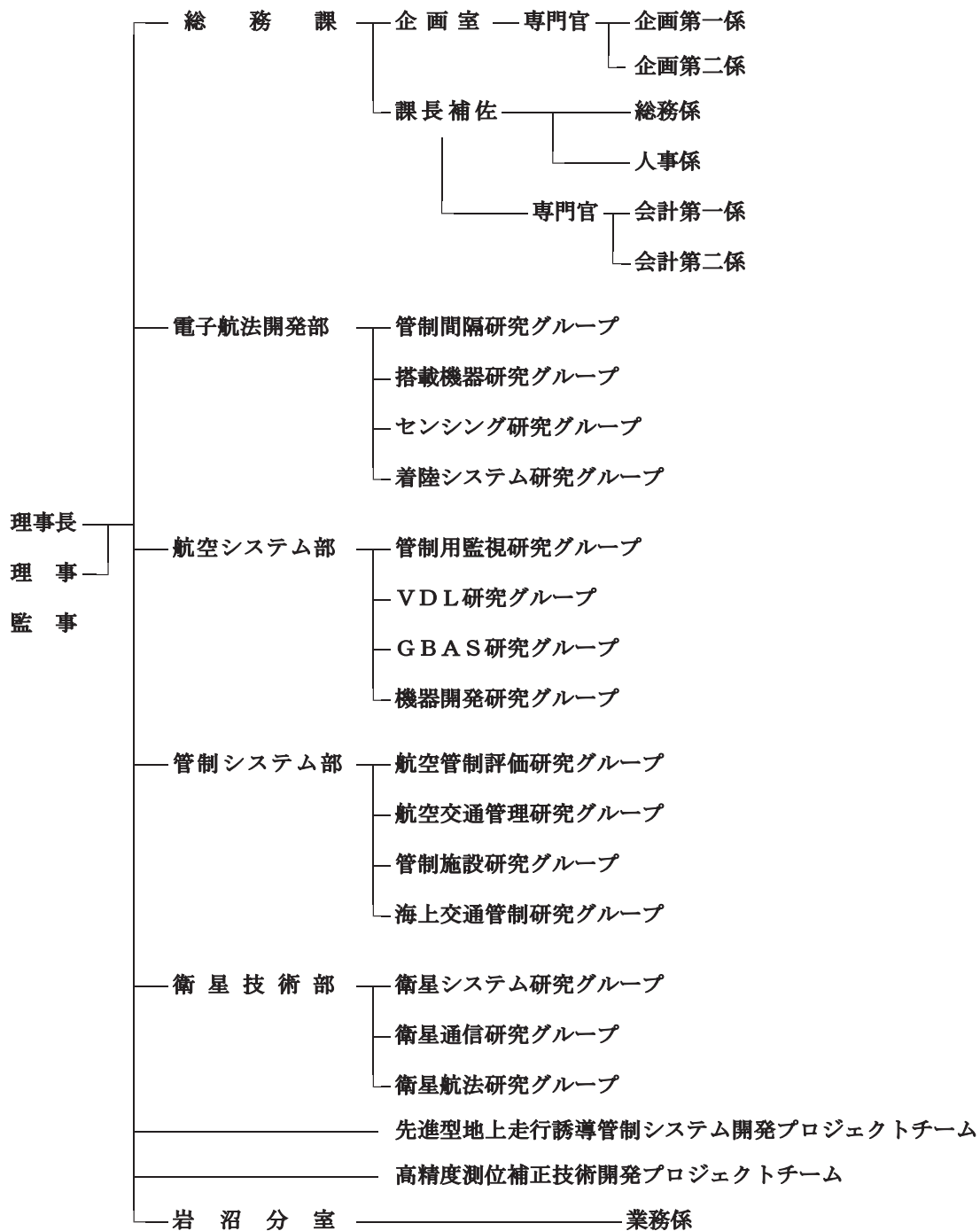
予算及び定員の推移

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 増 減	-	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 増 減	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 増 減	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 増 減	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 増 減	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 増 減	△10%	△24%	△5%	6%	39%	△22%
定 員	65 (28)	65 (28)	65 (28)	64 (28)	64 (28)	64 (28)
年 度	15					
予 算 額	1,681,891 (1,061,803)					
対 前 年 率 増 減	△7%					
定 員	64 (30)					

注1：（ ）内は、空港整備特別会計で内数

## 2 組 織 (平成16年3月31日現在)



## 3 役職員数

	一般勘定	空港整備勘定	計
理事長	1		1
理事	1		1
監事	1		1
非常勤監事	1		1
事務職	8	8	16
研究職	26	22	48
計	38	30	68

(平成16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	0422-41-3168
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
本庁舎（役員室・総務課） 衛星技術部建屋	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
電子航法開発部建屋	鉄筋コンクリート2階建，建面積390㎡，延面積780㎡	昭和47年度
航空システム部建屋	鉄筋コンクリート2階建，建面積490㎡，延面積980㎡	昭和53年度
管制システム部建屋	鉄筋コンクリート3階建，建面積224㎡，延面積791㎡	昭和38年度
ATC 実験棟	鉄筋コンクリート2階建，建面積232㎡，延面積465㎡	昭和43年度
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
岩沼分室格納庫	鉄骨造平屋建，面積825㎡	昭和55年度 所属換
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
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

(平成16年3月31日現在)

# 第 2 部

## 試験研究業務



# 1 電子航法開発部

## I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成15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. ASAS用データリンク方式の電磁環境に関する研究
2. ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システムに関する研究
3. 航空路の安全性評価に関する研究
4. 航空機衝突防止方式に関する研究
5. CAT III ILS 進入コース予測技術に関する研究
6. ACAS 信号を用いた受動型測位方式の研究
7. ルーネベルグレンズを利用した航法機器に関する研究
8. スケールモデルによる CAT III ILS 用新 FFM 方式に関する研究

1～3は重点研究である。1は国際民間航空機関(ICAO)で検討されている航空機間隔維持支援装置(ASAS)のデータリンク方式への応用に関して、無線通信量の増加による混信妨害が課題とされているため、信号環境の予測手法を開発し、実現可能な性能について研究する。2はヘリコプタの前方障害物との衝突防止を防ぐため、前方を複数センサで監視し、障害物を識別し、パイロットに警報を発するシステムの開発に資するものである。本研究は別途、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構の「運輸分野の基礎的研究推進制度」による受託研究と分担して行っている。3は航空路における短縮管制間隔の基準策定に際しての安全性評価に関するもので、ICAOのパネル検討会議と連携した研究である。

4～6は指定研究である。4は航空機衝突防止装置(ACAS)に関するパイロット報告の分析による運用評価、防止方式の改善及び小型機への普及に関する研究である。5は積雪が計器着陸システム(ILS)のグライドパス(GP)に及ぼす影響を予測する技術を確立する研究である。6はACAS信号を利用した新しい受動型測位方式を実証するための研究である。

7と8は基盤研究である。7はルーネベルグレンズの特性を活かした新しい航法機器への応用に関する研究である。8はILSローカライザ(LLZ)のファーフィールドモニタ(FFM)の設置位置を滑走路の延長線上からオフセットした方式の研究である。

## II 試験研究の実施状況

ASAS用データリンク方式の電磁環境に関する研究では、ICAOの技術会議を中心にASASの運用要件を継続的に調べ、現状や将来動向を把握した。ASASで想定される電磁信号環境を知るため、当研究所所有のASAS実験装置の受信機を覆域60NM以上に対応できるようにした。電磁信号環境シミュレータに関しては、これまでの実験で得られた結果をもとに予測誤差を軽減する改造手法をまとめた。飛行実験は西南諸島方面まで主に航空路上の信号環境を測定し、トランスポンダを誤動作させる事象を明らかにした。

ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システムに関する研究では、まずミリ波レーダの探知距離の拡大とヘリコプタ搭載型障害物探知システムの試作を行った。探知距離ではレーダ出力の高電力化とレーダ受信機の感度を向上し、等価的に探知距離を拡大する手法を考案した。試作した搭載型システムについては使用予定の川崎式BK117型に搭載し、地上実験を行い、ほぼ予定通りに動作することを確認した。更に、実用を想定したレーダ送受信機やアンテナの小型化の検討・試作も進めた。本研究と連携する受託研究では次年度の実証実験の準備と本システムで用いる複数センサから得られる画像の融合表示の高速化を試みた。

航空路の安全性評価に関する研究では、安全性評価手法に関して幾つかの衝突危険度モデルを調査した。北太平洋空域の縦方向の間隔短縮に関しては、自動位置情報伝送・監視機能(ADS)を使用したある条件下で衝突危険度を試算し、目標安全度を満たせる見通しを得た。GPS機の高精度化に伴う垂直方向の衝突危険度を軽減する航空路の横方向へのオフセット方式の導入効果を評価した。更に、ADSシステムの予測誤差解析や増加するGPS搭載機の横方向誤差分布を解析した。

航空機衝突防止方式(ACAS)に関する研究では、従来に続いて、ACASの警報に関するパイロット報告を分析した。その結果、改訂版アルゴリズムを持つACASの誤警報や不要警報が昨年度の結果以上にかなり軽減し、パイロットが使用しやすいことを明らかにした。その結果はICAOの技術会議に報告した。ACAS運用の信頼性について、二次監視レーダ・モードSのデータの提供を受け、回避助言(RA)ダウンリンク信号の情報の信頼性を分析し、搭載機器整備上の問題を明らかにした。

CAT III ILS 進入コース予測技術に関する研究では、青森空港で地上実験および独立行政法人宇宙航空研究開発機構との共同研究による飛行実験を行い、飛行実験では積雪時の機上検証データを収集した。地上実験ではGP反射面の測量、青森大学との共同研究により開発している雪の誘

電率測定装置を用いた雪質測定を行った。それらにより積雪時における GP パス予測シミュレーションの予測精度が実用段階に到達していることを確かめた。

ACAS 信号を用いた受動型測位方式の研究は最終年度であり、仙台空港で地上走行による測位実験を行った。測位のための2種類の時間検出方法を検討し、測位精度を明らかにするとともにマルチパスなどに対する有効性を比較・検討した。

ルーネベルグレンズを利用した航法機器に関する研究では、X band における反射体を張り付けたルーネベルグレンズの実験を行い、反射体サイズの特性をおおよそ見積もることができた。ミリ波帯で動作可能なレンズの試作・実験を行い、新しい知見を得た。

スケールモデルによる CAT III ILS 用新 FFM 方式に関する研究では、電波無響室でスケールモデル用ローカライザアンテナの基本的な特性を取得し、FFM 方式スケールモデルの計測システムを確認し、今後に予定するスケールモデル実験を効率的に行う改良点を明らかにした。

今年度は上記の8項目の研究に加えて、以下に示す11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技術を活用したものである。

- (1) ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究に係る報告書作成等
- (2) JTIDS 等国内展開基準の作成委託
- (3) 航空機内の電磁干渉障害に関する調査
- (4) 無線システムの有効性と航法計器等に対する電波干渉調査分析と評価
- (5) CAT III 化に係わる関連施設の電波性能調査
- (6) 青森空港高カテゴリー化積雪調査
- (7) 徳島空港周辺土地造成事業による VORTAC に与える影響の検証
- (8) 臨海道路橋の江東 VOR/DME への影響に係る縮尺モ

デル実験調査

- (9) ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究に係る報告書作成等
- (10) 国内短縮垂直間隔導入にかかる空域安全性基礎評価委託
- (11) 空域安全性管理システムプログラム開発に係る技術支援委託

### 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

ASAS 用データリンク方式の電磁環境に関する研究で明らかになったトランスポンダ誤動作に関しては、ICAO の監視及び異常接近回避パネルの作業部会に報告した。その結果、誤動作の対策が検討されることとなった。同部会では航空機衝突防止方式に関する研究で考案した運用評価手法が高く評価されている。ヘリコプタ関連の研究は産官学の連携で進めており、ヘリコプタ事故の低減に有用であり、製造・運用関係者だけでなく、航空行政でも関心が高い。次年度にシステムを搭載した実証実験を予定している。航空路の安全性評価に関する研究の成果は積極的に ICAO の管制間隔及び空域安全パネルの技術会議に報告された。オフセット方式の導入効果の評価結果は同方式の手引き書を作成することに反映された。

本年度は受託研究が多く、いずれもが国土交通省や他省庁の緊急の技術政策、地方自治体の施策決定に係わるものである。航法計器に対する電波干渉に係る受託研究の成果は航空法の改訂に活用された。JTIDS 関連の成果は国土交通省と防衛庁との協定書協議に活用された。

本年度のこれらの研究成果に関しては、ICAO、当所の研究発表会、関連学会、国際研究集会などで非常に活発に発表した。

(電子航法開発部長 東福寺則保)

## ASAS 用データリンク方式の電磁環境に関する研究【重点研究／一般勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○小瀬木滋 古賀 禎  
研究期間 平成12年度～平成16年度

### 1. はじめに

将来の航法システムでは、レーダによる監視、各種の自動位置情報伝送・監視機能(旧自動従属監視)(ADS : Automatic Dependent Surveillance)、データ通信等、機器相互の情報交換に基づく総合的システムの実現が期待さ

れている。しかし、これによる無線通信量の急激な増加が予想され、システムの性能飽和が懸念されている。

この対策として、電波を有効利用し、監視能力や通信容量の飽和を防止する技術が特に求められており、国際民間航空機関(ICAO)では重要な議題になっている。ICAO



の監視及び異常接近回避システム（SCRS : Surveillance and Conflict Resolution Systems）パネル会議では、航空機衝突防止装置（ACAS : Airborne Collision Avoidance System）や航空機間隔維持支援装置（ASAS: Airborne Separation Assistance System）について、実現可能な性能やチャンネルを共用する二次監視レーダ（SSR: Secondary Surveillance Radar）等への干渉を検討している。このとき、混信妨害の原因になる信号の発生量や電力等の電磁信号環境の将来予測が課題になっている。

## 2. 研究の概要

本研究は5年計画であり、平成15年度は4年度目である。平成15年度の研究の目的は、覆域拡張したASAS受信機により観測される電磁信号環境を予測する手法を調査するとともに、電磁信号環境の予測手法を改良することにある。また、ASAS性能要件の調査を継続する。

平成15年度は、主に下記のことを行った。

- ・ ASAS の要件調査
- ・ ASAS 実験装置受信機の覆域拡張
- ・ 電磁信号環境シミュレータの改造
- ・ 実験および予測精度の検討
- ・ 信号受信解読方式の検討
- ・ 航空局への技術支援

計算や実験のため、ASAS用データリンクの具体例として、ICAOにおける規格討議の進捗状況が著しい周波数1090MHz帯のスキッタ信号に着目した。また、これにより、当研究所の実験装置を有効利用できる。この信号については、米国が第一段階のADS-B国際標準候補として提案することを平成14年7月に発表した。また、平成15年5月には、ICAO SCRS パネルメンバーにより、この方式を最初のICAO標準方式に推奨することが合意された。

## 3. 研究成果

### 3.1 ASAS の要件調査

ASAS用データリンクの性能要件は、ASASの運用要件により求められる監視性能要件から導出される。ASASの要件調査では、主にICAOのSCRSパネル会議にて討議されるASASの情報に着目した。SCRSパネル作業部会AはASAS概念紹介のためのASASサーキュラー案をまとめ、平成15年9月に開催された第11回Air Navigation ConferenceにInformation Paperとして提出した。

欧米各国の研究機関が、実現すべきASAS運用方式やその運用要件の検討を進めている。平成15年度は、米国FAA/EUROCONTROL共同プロジェクトの一環として、ASAS-RFG (Requirement Focus Group) が本格的な活

動を開始した。さらに、ICAO,RTCA,EUROCAEなどの標準化を促進するため、ASAS-RFG会議メンバーを拡張して、オーストラリアや日本にも参加要請があった。また、米国RTCAの特別委員会SC186がASAS MOPSを作成開始するなど、この分野で著しい進展が見られた。

本研究では、これらの調査結果を適宜まとめ、学会や研究会などで発表した。

### 3.2 ASAS 実験装置受信機の覆域拡張

電磁信号環境は、観測する受信機の感度や受信帯域幅によっても変化する。ASASから観測される電磁信号環境を知るためには、ASASに想定される受信性能を持つ受信機を測定に使用する必要がある。

このような実験のため、ASAS実験装置受信機を改造し、ASASに想定される受信性能にした。改造では、受信機全体を設計し直すとともに、将来のASASに想定されるACASまたはDMEアンテナの共用も可能にした。その結果、ASAS実験装置の受信機は、4素子ACASアンテナ対応可能とした。また、覆域性能要件はICAOでも結論が出ていないが、60NM以上の提案にも対応可能になるように受信機雑音特性にも配慮した。

### 3.3 電磁信号環境シミュレータの改造

平成13年度までの実験により、SSR近傍では1030MHzの信号発生量に大きな予測誤差が観測されている。平成14年度実施の飛行実験により、二次レーダの信号環境予測においては、信号検出の欠落のみならず、マルチパス波の重畳による信号誤検出の影響を無視できないことがわかった。平成15年度は、予測誤差を軽減するため、実験結果を考慮して電磁信号環境シミュレータの改造手法をまとめた。また、原理的に問題がないことを検証した。

### 3.4 実験および予測精度の検討

地上実験および飛行実験を行い、信号環境の予測精度を劣化させる要因について検討した。特に、飛行実験では、西南諸島までの、SSRおよびSSRモードSの信号に着目し、主な航空路上の信号環境を測定した。今回は特に、トランスポンダを誤動作させる質問信号について受信波形を観測した。

その結果、質問信号がATCトランスポンダの受信しきい値に近い低電力で受信される場合、応答モード誤りが特に多く観測された。例えば、受信機しきい値の数dB下の電力で受信されるmode A only all call質問信号に対して、抑圧されるべきモードSトランスポンダが高い確率

でモード A 応答する事例が観測されている。また、受信機しきい値以下の電力でも数十%の応答率があるが、このときの応答モード誤りが多いにも関わらず、これを規制する ICAO 国際標準の記載が曖昧であることも判明した。

これらの結果は、SCRS パネル作業部会 B 会議の求めに応じて報告し、同会議の技術サブグループにおいて国際協力のもとに対策が検討されつつある。同作業部会からは、今後の情報提供継続を求められた。

一部の飛行実験は、「データリンクによる航空機等の監視システム高度化の研究」と共同実施した。ASAS 実験装置のモード S 拡張スキッタ信号を用いて簡易な ADS-B を実現し、実験用航空機の位置情報を実験用空港面監視システムに提供した。その結果、航空機位置を他の車両とともに表示し、情報更新率など空港面における ASAS 実験装置の通信性能を測定することができた。

### 3.5 信号受信解読方式の検討

ASAS 用データリンク方式の性能は、その信号受信解読方式の影響を受ける。劣悪な信号環境内でも高い解読性能を発揮できる信号解読方式を探し出すため、試験用の受信信号波形を飛行実験中に記録した。

今後は、これらの受信波形データの解析を行い、実環境に適した信号解読方式の検討を進める予定である。

### 3.6 航空局への技術協力

航空局への技術協力として、ICAO の SCRS パネル会議作業部会に関する調査に協力した。

本研究を通して得られた信号環境に関する知見は、JTIDS 等国内展開基準の作成に関する受託研究において、軍用無線機器が民間航空用無線機器の性能に与える影響の分析にも役立てることができた。

本研究に関連する会議として、航空局無線課による「放送型データリンクに関わる国際動向等基礎調査検討会」、および「SSR モード S データリンクに関わる国際動向基礎調査委員会」に参加した。

## 4. 考察等

ASAS 用データリンクの目標性能を知るためには、

ASAS 運用方式を明らかにし、運用要件から導出される性能要件を知る必要がある。ASAS の装置や運用に関する基本概念は平成15年に ASAS サーキュラーとして ICAO から発表された。最近では、RTCA SC186 や ASAS-RFG など多くの会議でそれぞれの目的に応じて議論されるようになり、研究の進展が著しい。今後とも調査を継続する予定である。

ASAS 用データリンクの性能を予測するためには、運用される時期の電磁信号環境を予測する必要がある。平成15年度の実験により、信号発生量に影響するトランスポンダの誤動作が判明したため、これによる予測誤差を軽減する必要がある。これまでに提案してきた信号環境予測精度を向上させる手法により、原理的にはこのような要因による予測誤差についても軽減できることがわかっている。ただし、トランスポンダ動作モデルを正確にする必要があり、その実現には今後の調査を必要とする。

今後は、信号環境測定を継続するとともに、上記提案手法を用いて、より現実的なシミュレーションができるようソフトウェアを改良する予定である。

### 掲載文献

- (1) 小瀬木他：「二次レーダ信号環境の予測誤差要因」, 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会 SANE2003-42, 平成15年7月
- (2) 小瀬木他：「1030MHz 帯の電磁信号環境の予測手法開発」電子航法研究所研究発表会, 平成15年6月
- (3) 小瀬木他：「搭載用航空機間隔維持支援装置 (ASAS) の概要」, 日本航空宇宙学会第41回飛行機シンポジウム, 平成15年10月
- (4) 小瀬木他：「ASAS とその信号環境の概要」, 電子航法研究所研究発表会, 平成16年6月
- (5) Ozeki, et. al. : “Effect of transponder decoder performance on the 1090 MHz signal environment”, ICAO SCSRP/WG-A5, May, 2003
- (6) Ozeki, et. al. : “Transponder Anomalies Observed with Airborne Waveform Measurement”, ICAO SCSRP/WG-A6, November, 2003

## ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システムに関する研究【重点研究／一般勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○山本憲夫 米本成人 山田公男 古賀 禎  
研究期間 平成13年度～平成17年度

### 1. はじめに

ヘリコプタ等の小型機が有視界飛行するとき、送電線や索道等目視では発見困難な障害物に衝突する事故がしばしば発生している。これら小型機の飛行の安全を確保するため、前方をセンサで監視し、障害物を事前に探知して警報を発する技術の確立が強く望まれている。

本研究では、民間小型機用障害物探知・衝突警報システムの開発に資するため、障害物を探知するセンサ、センサのデータから障害物を識別する技術及び障害物の危険をパイロットに警報すると共にその障害物を強調して表示する技術等の確立を目指している。

本研究を進展させるため、運輸施設整備事業団（現在、独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構）が募集する「平成14年度運輸分野における基礎的研究推進制度（競争的資金）」に「ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究」という題目で応募した結果、課題が採択された。そこで、本研究のうち、主に障害物探知用センサの高度化に関わる部分とヘリコプタ搭載用実験システム試作にかかわる部分については上記研究で実施することとした。なお、本研究は国内の航空宇宙、エレクトロニクス関係三社及びフランス・ニース大学と共同で実施している。また、研究で培われたミリ波帯測定法に関する知見を生かして国立天文台との共同研究も行っている。

### 2. 研究の概要

平成15年度は主に以下の2課題に関して研究を行った。

- (1) ミリ波レーダの探知距離拡大法の研究及びヘリコプタ搭載用ミリ波レーダの開発
- (2) ヘリ搭載型障害物探知システムの検討、試作

(1)については、障害物探知用ミリ波レーダの最大探知距離を本研究の目標である800m程度まで拡大するため、レーダ出力の増強、受信器の感度向上及びレーダアンテナ高性能化等を行った。まず、これまで基礎データの収集に用いてきた実験用ミリ波レーダ（出力10mW）に対し、出力200mW程度の高出力レーダを検討して試作した。次に、レーダ受信信号に含まれる距離情報成分と不要ノイズ成分とを精度良くかつ高速で分離するデータ処理法を開発し、等価的にレーダ受信器の感度を向上させる方法を考案した。また、システムの小型化に欠かせない新しいレーダ

アンテナについて検討した。

(2)については、平成16年度に実施する飛行実験に備え、ヘリコプタ搭載型障害物探知・衝突警報システムを試作し、その調整と動作確認を行った。まず、(1)で述べた高出力ミリ波レーダを含むヘリコプタ搭載型障害物探知システムの全体構成を検討し、試作を行った。次に、飛行実験を担当する川崎重工工業㈱の協力のもと、飛行実験に用いるヘリコプタ（川崎式BK-117）の機内改修、飛行安全性試験の準備等を行った。また、試作したシステムを機材ラックに設置し、その機材ラックをヘリコプタに搭載して、飛行が可能な状態で装置全体の設置状況、機体に与える影響等の確認を行った。

### 3. 研究成果

#### 3.1 ミリ波レーダの探知距離拡大

障害物探知用ミリ波レーダを高出力化する方法を検討した。レーダ出力は200mW程度を目標とし、この出力を発生できる電圧制御信号発生器を新たに採用してレーダの設計・製作を行った。図1にこの高出力ミリ波レーダの外観を示す。現在のレーダ用アンテナは、図中の白いレドーム中に設置されている送受兼用カセグレンアンテナである。このレーダの現在の主な仕様は以下のとおりである。

- ・周波数：94.05GHz
- ・出力：130mW
- ・変調方式：FMCW
- ・占有周波数帯域幅：200MHz



図1 高出力ミリ波レーダ

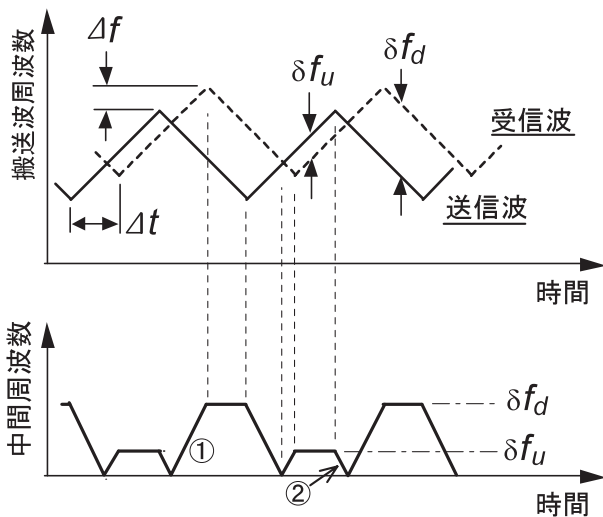


図2 FMCW レーダの送受信周波数と中間周波数信号

- ・アンテナ直径及びゲイン：25.8cm, 44dBi
- ・消費電力：約55W
- ・寸法，重量：280×280×314mm, 10kg

以上の仕様のうち、レーダ出力については設計を下回っているため、レーダ回路の再調整、給電線短縮等の改修を現在行っている。このレーダには、94GHz帯レーダでは我が国初の実験局免許が交付されている。

レーダ受信器の感度を向上させるため、レーダ変調波形（3角波）の特性を利用してレーダ受信回路の信号対雑音比を向上させる方法を検討した。図2に本システムで採用しているFMCW方式レーダ信号の時間と周波数の関係を示す。FMCWレーダでは、送信波と目標で反射された受信波との周波数差から目標までの距離を算出する。すなわち、図2に示す中間周波数信号の中で $\delta f_u$ 、 $\delta f_d$ から目標までの距離と相対速度が計算できる。しかし、周波数が変化する部分（図2の①、②部分等）も含めて計算すると、中間周波数信号の信号対雑音比が劣化するため、ゲート操作等で周波数が安定した部分（ $\delta f_u$ 、 $\delta f_d$ 部分）のみを抽出する手順を考案した。この方法を用いると、レーダ中間周波数信号に含まれるノイズレベルが5～10dB低下し、等価的にレーダ探知距離を拡大できることを示した。

また、ミリ波レーダ用変調信号発生装置と受信信号をパソコンに取り込み高速フーリエ変換処理して中間周波数信号に含まれる距離情報を高速で抽出する装置を開発した。これによりレーダデータ処理装置が小型化できた。図3に新たに開発したレーダデータ処理装置を示す。従来に比べ装置が大幅に小型化していることが分かる。

次いで、アンテナの小型化を検討する目的で、平面スロットアレイアンテナと、開口面効率を向上させたフレネル反射板付きスロットアレイアンテナを開発した。



図3 既存及び新規開発レーダデータ処理装置

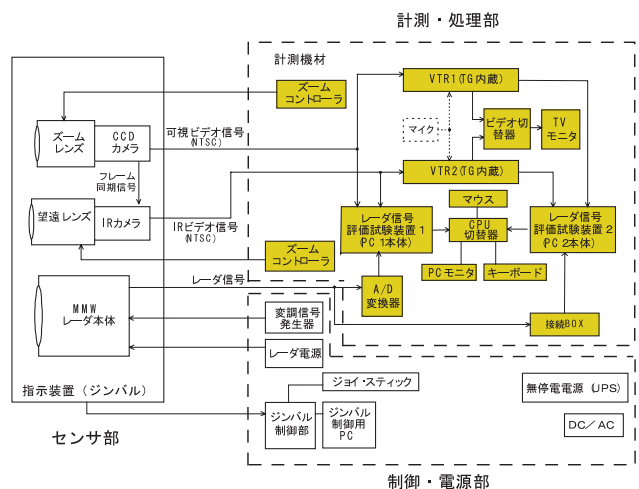


図4 ヘリコプタ搭載型障害物探知システムの全体構成

さらに、ミリ波測定に関する知見を活用して、電波天文用のミリ波アンテナの特性を高精度に測定する手法を検討し、実際にチリ国アタカマ砂漠で使用する電波天文用アンテナの測定に利用した。

### 3.2 ヘリ搭載型障害物探知システムの検討，試作

平成16年度に予定している実証実験に備え、ヘリコプタ搭載型障害物探知・衝突警報システムの全体構成を検討した。この検討結果をもとにヘリ搭載型システムを設計、試作した。図4はこのシステムの全体構成で、センサ部、計測・処理部及び制御・電源部に大別される。このシステムには、本来の障害物探知・衝突警報に必要な装置の他に、データの記録装置やセンサの掃引、センサへの衝撃緩和等に用いるジンバル装置等が加わっているため、全体システムは相当大型化している。

次に、このシステムをヘリコプタに搭載するため必要な準備作業を、飛行実験を担当する川崎重工工業株の協力で実施した。図5は飛行実験に使用予定の川崎式BK117型ヘリコプタで、全長（ローター回転時）13m、全幅（水平尾



翼幅) 2.7m, そして全高(ローター回転時) 3.9mである。まず、ヘリコプタの電源幹線に新たなブレーカーと正弦波インバータを追加する改修を行った。これにより全体システムに必要な交流100V, 1.5kVA 電源が供給できるようになった。次いで、図4に示すシステムをセンサ部、計測・処理部及び制御・電源部に分けて搭載した。図6は、ヘリコプタに搭載したミリ波レーダ、赤外線カメラ、ジンバル装置等からなるセンサ部である。



図5 川崎式 BK117型ヘリコプタ (JA6628)



図6 ヘリコプタに搭載したセンサ部

平成16年3月、岐阜県各務原市の川崎重工業(株)岐阜工場において、試作したヘリコプタ搭載型障害物探知システムをBK117型ヘリコプタに搭載し、機械的な設置状況の確認とシステム全体の動作試験及び飛行安全性検査に備えた試験等を実施した。試験の結果、システムを構成するすべての機器は支障なく機材ラックに収納でき、機材ラック自体はヘリコプタに確実に固定できると共に機体に障害を与えることもないことを確認した。また、すべての機器は支障なく動作すると共にシステムの操作が機体に障害を与え

ることもないことを確認した。次に地上でエンジンを始動し、電磁干渉試験を行った結果、システムの動作がヘリコプタの機上搭載機器に障害を与えることはなかったが、ヘリコプタからの無線通信電波(VHF)がシステム内のミリ波レーダの動作に影響を与える場合があることが判明した。このため、レーダの受信部にフィルタを追加する等の改修が今後の課題である。

#### 4. まとめ

ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システム用ミリ波レーダの探知距離拡大法について検討した。また、ヘリコプタ搭載用ミリ波レーダの開発を行った。このレーダを含むヘリコプタ搭載型障害物探知システムの検討と試作を行った。さらに、このシステムをヘリコプタに搭載して、飛行が可能な状態で装置全体の設置状況、機体に与える影響等の確認を行い、大きな支障がないことを明らかにした。

今後の課題として、

- ・高出力ミリ波レーダの探知距離の測定
  - ・実証実験(地上、飛行)の実施
  - ・実験結果のまとめと報告書作成
- 等を平成16年度に実施する予定である。

#### 掲載文献

- (1) N. Yonemoto, et al., "Obstacle Detection and Warning for Helicopter Flight by Infrared and Millimeter Wave", SPIE Aerosence Symposium 2003
- (2) B. D. Nguyen, et al., "Comparaison des performances d'une antenne Vivaldi et d'un réseau de fentes imprimées à 94GHz", 8 emes Journees Nationales Microondes
- (3) 山本憲夫 他, "障害物探知用赤外線及びミリ波センサの精度", 平成15年度電子航法研究所研究発表会講演概要
- (4) K. Yamamoto, et al., "94GHz FMCW Radar for Obstacle Detection", IRS2003
- (5) B. D. Nguyen, et al., "Millimeter wave antenna for obstacle radar detection working at 94 GHz", PIERS (Progress In Electromagnetic Research Symposium) 2004
- (6) 齋藤正雄 他, "ALMA プロト12m 鏡鏡面測定と電波ホログラフィ法高精度化", 日本天文学会2004年春季年会 V08b

## 航空路の安全性評価に関する研究【重点研究／空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○長岡 栄 天井 治  
研究期間 平成14年度～平成17年度

### 1. はじめに

運輸技術審議会答申（H12年12月）に見るように安全性の定量的評価は今日の社会的検討課題である。また、国際民間航空機関（ICAO）の管制間隔・空域安全パネル（SASP：旧RGCSF）においても、定量的尺度を用いた、航空路や空域の安全性評価方法が浸透しつつある。しかし、この評価手法やその応用方法については当該空域や航空路の実態に沿った評価が必要で、今後の研究を待たねばならない分野が多い。そこで、こうした分野の問題について調査・研究するため本研究を開始した。

### 2. 研究の概要

#### 2.1 研究の目標

本研究は航空交通の安全と円滑化のための研究で、具体的には以下の事項の実現を目的とする。

- (1) 主として航空路における短縮間隔の導入や運輸多目的衛星の導入に伴う航空路の安全性評価手法とその応用方法を確立する。
- (2) 上記の研究の成果により ICAO の SASP 等への技術的支援と国際貢献をする。

#### 2.2 本年度の研究

本年度計画したのは①安全性評価手法の調査／研究、②リスク評価シミュレーションプログラム作成、③ICAO SASP への参加／技術資料の提出、④交通流データの収集／整理／解析、⑤高度監視装置の実験データの収集・解析である。

航空路の安全性を評価するには衝突リスクを求めるのが一般的である。①では衝突リスクを推定する衝突危険度モデルも幾つかあり、これらについて文献調査を行った。この結果は、発表論文等に反映されている。

②では縦方向の衝突危険度をモンテカルロ法で計算するためのプログラムを作成した。NOPAC ルートで、ADS 導入時に航法性能要件（RNP）4 の航空機に対して、位置通報周期16分で30NM の縦間隔を適用した場合の状況を想定し、衝突危険度を試算してみた。その結果、目標安全度  $5 \times 10^{-9}$  [件／飛行時間] を満たせる見通しが得られた。

③では5月と11月と2回のSASPワーキンググループ

会議に参加し、本研究での研究成果の一部を纏めた技術資料を提出し、当該会議での検討作業に貢献した。提出した技術資料は横方向オフセット（図1）の横方向の衝突リスクへの影響、ADS縦方向予測誤差分布、GPS 装備機の航法精度、同時位置通報の仮定の妥当性などに関する研究成果である。

④では、自動従属監視（ADS）のデータに基づく縦方向予測誤差の分布の、レーダ・データに基づくによるGPS機の経路維持誤差分布の解析、こうした分布へのモデルの当てはめなどの研究を行った。

⑤については、データ収集は行ったが、人的資源と作業の優先度等の関係で解析には着手できなかった。

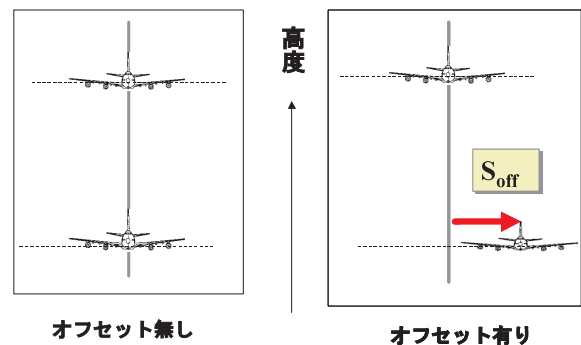


図1 横方向オフセットの概念（一方の航空機の経路を  $S_{off}$  だけ横方向にずらして、隣接FL上の航空機対の垂直方向の衝突リスクと後方乱流の影響の軽減を図る）

### 3. 研究の成果

本年度得られた主な成果を要約すると以下の様になる。

- (1) 北太平洋の洋上空域で自動従属監視（ADS）を使用した場合を仮定し、RNP 4 で30NM の縦間隔基準の適用可能性を示した。位置通報周期16分で、仮定した条件下で、衝突危険度は  $5 \times 10^{-9}$  [件／飛行時間] 以下となった。
- (2) 現状の北太平洋（NOPAC）ルートで、隣接フライトレベルを飛行中の航空機対の一方に2NM のオフセットを導入した場合、横方向衝突危険度がどう変わるかを検討した。その結果、危険度は導入前と同等以下となることが判明した。ICAO の SASP では、この結果を踏まえて、Strategic Offset の手引資料を作成する事になった。
- (3) 昨年に引き続き、現用 ADS システムの位置表示の誤

差源である予測誤差データの収集／解析を行った。約7万の予測誤差データを解析し(図2)特徴を明らかにし、その分布のモデル化を行った。その結果、正規分布と非対称両側指数分布の混合型分布が良い近似を与えることがわかった。

- (4) 釧路 SSR による航跡データから GPS 装備機の経路逸脱量を推定し、その分布(図3)を調べた。約3200個の標本分布は正規分布と両側指数分布の混合形分布で概ね近似できることがわかった。

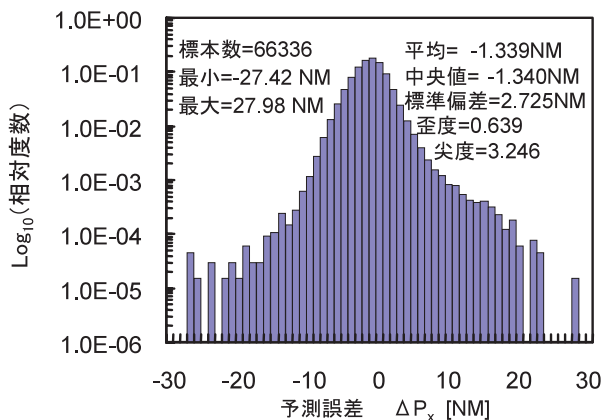


図2 ADSの縦方向予測誤差の度数分布の観測例(使用データ:2000年4月~2003年9月)

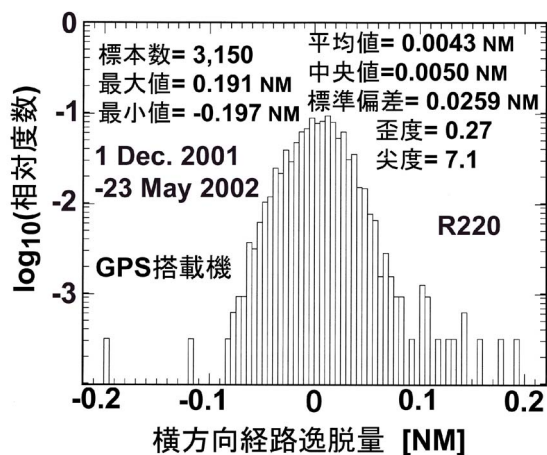


図3 R220を飛行中のGPS装備機の横方向経路逸脱量の観測分布(釧路 ARSR の SSR データを解析した結果)

この他、安全性評価、航法や航空管制システム関連の調査・研究も行った。その成果は学・協会等の会誌や研究会等で発表した。

#### 4. まとめ

本年度の研究の概要を示した。本研究は航空管制システムの安全性と効率の向上を目指すもので、具体的には安全性を科学的議論が可能のように定量化し、空域の安全性評

価が可能となることを狙っている。従って、実測データに基づく数学モデルの作成やリスク評価が中核となっている。

研究の成果は国内外の学会、ICAOの専門家パネル、航空行政当局への報告書などを通じて公表している。

#### 掲載文献

- (1) 長岡：“空の安全とIT”，電子情報通信学会誌，Vo.86, No.5, pp.351-357,2003年5月
- (2) Nagaoka, S. and Amai, O.: “An Analysis on the Effect of Lateral Offsets on the Lateral Collision Risk of the NOPAC Routes”, ICAO SASP-WG-WHL/3-WP/33, London, UK, May, 2003.
- (3) Kodo, T., Nagaoka, S. and Amai, O.: “The Latest Distribution of Along Track ADS Prediction Error Observed in the North Pacific”, ICAO SASP-WG-WHL/3-WP/15, London, UK, May, 2003.
- (4) 長岡：“航空路管制におけるモニタリングの役割と現状”，電子情報通信学会技術研究報告 SANE2003-21,2003年5月
- (5) 河道，長岡，天井，高橋，中村：“自動従属監視による横方向予測誤差に関する一検討”，電子情報通信学会技術研究報告 SANE2003-22,2003年5月
- (6) 天井，長岡：“洋上航空路における近接通過頻度の長期的変化”，第3回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp.77-82,2003年6月
- (7) 長岡：“モンテカルロ法による航空路の衝突危険度推定”，第3回電子航法研究所研究発表会講演概要 pp.83-86,2003年6月
- (8) 長岡：航空における航路安全-安全性の考え方と定量的評価，安全工学協会（講演会），2003年5月
- (9) 長岡：“航空路の安全確保”，内閣府「安全・安心な社会を構築するための科学技術に関する勉強会」，2003年4月
- (10) T. Kodo, S. Nagaoka, O. Amai, S. Takahashi, H. Nakamura：“Analysis of Along Track ADS Prediction Errors”，Proc. of the Asia Navigation Conference 2003, pp.110-114. Kobe, Sep., 2003.
- (11) S. Nagaoka：“Estimating Longitudinal Collision Risk of Succeeding Aircraft Using the Monte Carlo Method”，Asia Navigation Conference 2003, Kobe, Sep., 2003
- (12) T. Kodo, S. Nagaoka, O. Amai, S. Takahashi, H. Nakamura：“Distribution of the Cross Track Component of ADS Prediction Errors”，AIAA Modeling and Simula-

- tion Technologies Conference, Austin, Texas, August, 2003.
- (13) 長岡, 河道, 天井: “航空管制における監視システムの信頼性” 日本信頼性学会誌, Vol. 25, No. 5, pp. 431-439, 2003年10月
- (14) 河道, 長岡, 天井, 高橋, 中村: “ADS縦方向予測誤差分布のモデル”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 新潟大学, 2003年9月
- (15) 長岡: “航空機の衝突リスクの定量的評価について”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 新潟大学, 2003年9月
- (16) T. Kodo, S. Nagaoka, O. Amai, “The Latest Distribution of Along Track ADS Prediction Error”, The 19th Meeting of the Informal Pacific ATC Co-ordination Group, Tokyo, June, 2003
- (17) 河道, 長岡, 天井, 中村: “自動従属監視による縦方向予測誤差のモデル”, 日本航海学会秋季大会講演会, 2003年11月
- (18) 長岡: “最近の航法と航空管制システムの動向”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J87-B No. 1, pp. 1-9, 2004年1月
- (19) 長岡, 天井: “北太平洋航空路における横方向オフセットが及ぼす横方向衝突危険度への影響”, 日本航海学会航法研究会 AUNAR 分科会, 2003年9月
- (20) 長岡, 天井: “北太平洋航空路における横方向オフセットの横方向衝突危険度への影響”, 電子情報通信学会安全性研究会, SSS2003-22, 2003年10月
- (21) S. Nagaoka: “Japanese Ongoing Studies for Reducing Separation Minima in the NOPAC Route under Satellite-based ADS Environments”, JUSTSAP Workshop, Honolulu, Hawaii, Nov., 2003.
- (22) T. Kodo, S. Nagaoka, O. Amai, S. Takahashi, H. Nakamura: “Modeling the Distribution of Along-Track ADS Prediction Error Observed in the North Pacific”, ICAO SASP-WG/WHL/4-WP/24, Honolulu, Hawaii, Nov., 2003.
- (23) S. Nagaoka: “On the Conservative Assumption of the Simultaneous Position Reporting for Collision Risk Modeling”, ICAO SASP-WG/WHL/4-WP/25, Honolulu, Hawaii, November, 2003.
- (24) O. Amai, S. Nagaoka: “Evaluating the Lateral Navigation Accuracy of GPS Equipped Aircraft on a North Pacific Route Using Radar Data”, 2003 International Symposium on GPS/GNSS, Tokyo, November, 2003.
- (25) O. Amai, S. Nagaoka: “Estimating the Well-fit Model for the Distribution of Cross Track Deviations of GPS Equipped Aircraft on a North Pacific Route”, ICAO SASP-WG/WHL/4-WP/23, Honolulu, Hawaii, November, 2003.
- (26) 長岡: “航空における電子航法の現状と今後”, 日本材料学会第105回信頼性工学部門委員会研究討論会, 京大会館, 2003年12月
- (27) 河道, 長岡, 天井, 高橋, 中村: “自動従属監視の縦方向予測誤差”, 日本航海学会誌, No. 159, pp. 76-79, 2004年3月
- (28) 長岡: “モンテカルロ法を用いた航空機の縦方向衝突危険度の推定”, 日本航海学会誌, No. 159, pp. 71-75, 2004年3月
- (29) 河道, 長岡, 天井, 高橋, 中村: “運航者別 ADS縦方向予測誤差分布の裾部形状”, 2004年電子情報通信学会総合大会, 2004年3月
- (30) 長岡: “衝突危険度モデルにおける同時位置通報の仮定の保守性”, 2004年日本電子情報通信学会総合大会, 2004年3月
- (31) 長岡: “航空における安全目標と安全性評価”, 2004年日本電子情報通信学会総合大会, 2004年3月
- (32) 天井治: “GPS搭載機の横方向経路逸脱量の分布のモデル化”, 2004年電子情報通信学会総合大会, 2004年3月
- (33) 河道, 長岡, 天井, 中村: “自動従属監視による縦方向予測誤差のモデル”, 日本航海学会論文集, No. 110, pp. 37-44, 2004年3月
- (34) 長岡: “相対垂直距離の分布による航空機対の垂直重畳確率の推定値への影響”, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J87-A, No. 5, pp. 654-660, 2004年5月
- (35) S. Nagaoka: “Estimating the Lateral Overlap Probability for RNP RNAV Parallel Tracks”, ICAO SASP-WG/WHL/5-WP/29, Tokyo, May, 2004.
- (36) 長岡: “RNP-RNAV経路における航空機の横方向重畳確率”, 日本航海学会春季講演会, 講演アブストラクト, 2004年5月
- (37) 天井: “北太平洋航空路における近接通過頻度の長期的変化”, 日本航海学会春季講演会, 講演アブストラクト, 2004年5月
- (38) S. Nagaoka: “An Application of Monte Carlo Method for Estimating the Longitudinal Collision Risk of NOPAC Route in an ADS Environment”, Probabilistic Safety Assessment and Management 2004, Edited by C. Spizer et al, Vol. 1, pp. 501-506, Springer, June, 2004.



- (39) 天井, 長岡: “GPS 搭載機の横方向経路維持誤差の分布モデル”, 第4回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 27-32, 2004年6月
- (40) 長岡, 天井: “横方向オフセット導入時の横方向の衝突危険度”, 第4回電子航法研究所研究発表会講演概要,

pp. 81-84, 2004年6月

- (41) 河道, 長岡, 天井: “ADS 縦方向予測誤差分布の特徴とモデル化”, 第4回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 85-87, 2004年6月

## 航空機衝突防止方式に関する研究【指定研究／一般勘定】

**担当部** 電子航法開発部  
**担当者** ○小瀬木滋  
住谷泰人 (衛星技術部)  
白川昌之 (管制システム部)  
**研究期間** 平成14年度～平成16年度

### 1. はじめに

1995年に国際民間航空機関 (ICAO) で旅客機を想定した航空機衝突防止装置 (ACAS-II) の国際標準が設定され, 日本ではほとんどの旅客機で使われている。しかし, 初期の装置は, 不要な警報が多く, 北大西洋空域をはじめとして導入が進められている新しい管制間隔基準 RVSM (Reduced Vertical Separation Minima) に未対応であるなどの問題点があったため, その衝突回避アルゴリズム改訂版が1998年より導入された。この改良効果に関する検証作業が ICAO SCRS (Surveillance and Conflict Resolution Systems) パネル会議を中心に国際的な協力のもとに行われており, 日本も参加している。さらに, 平成13年1月には, 日本航空機同士のニアミス事故があり, 引き続き運用状況の監視とニアミスなどの具体的事例の解析などが必要と考えられている。また, 大型機用の ACAS-II を搭載できない小型機についても対策が求められている。

当研究所は1992年に試験評価用規格の ACAS が日本に導入されて以来, 警報発生後にパイロットが記載するコメントシートのデータベースを構築し, ACAS の改良のために活用してきた。本研究では, 次の目標を設定した。

- ・コメントシートの分析作業を継続し, これまでのデータと比較することにより ACAS 改良の効果を検討,
- ・行政当局の依頼に応じ, 実際の運用中に発生した遭遇について, 航空機の動きや ACAS の動作を明らかにすることにより, 安全性の向上を目指す航空行政を支援し, 航空機の運航方法等の改善に資すること,
- ・小型機やヘリコプタの衝突を防止するための衝突防止方式について研究, および,
- ・航空機衝突防止装置を利用した複合的な機能のシステムについて研究

### 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり, 平成15年度は第2年度である。平成15年度は, 主に下記のことを行った。

- ・ACAS-II 運用評価と SCRS パネル会議への報告
- ・衝突防止に関する他システムの運用等に関する調査
- ・ACAS 信号の信頼性に関する調査
- ・航空局への技術支援

平成15年度は, 行政当局から詳細な調査を依頼される事例は発生しなかった。

### 3. 研究成果

#### 3.1 ACAS-II 運用評価と SCRS パネル会議への報告

ACAS の警報に関するパイロットコメントシートの調査を継続した。その結果, 改訂版アルゴリズムを持つ ACAS は, 以前の版より誤警報や不要警報が少なく, パイロットが使用しやすいことを明らかにした。離着陸時に見られる比較的低高度の場合を除き, 警報発生率は半減し, 特に, 不要警報を著しく軽減している。

しかし, 従来の分析手法では発生する警報の性質を統計的に表現することが困難であったため, 平成14年度に主成分分析を使用する手法の導入を試みた。平成15年度は, データの入手法などの改良を試みるとともに, 処理データを追加した。この手法は SCRS パネル会議作業部会のメンバーから高く評価され, 今後の調査継続に関する期待が寄せられた。

#### 3.2 衝突防止に関する他システムの運用等に関する調査

ACAS に関連して, 小型機用トランスポンダ (LAST : Light Aviation SSR Transponder) の状況を調査した。

ACASはATCトランスポンダを搭載している相手機にのみ、衝突防止機能を発揮できるが、パイロット等のトランスポンダ未搭載機に関する対策が課題になっていた。その結果、ドイツではパイロット等に搭載可能なLASTが試作され、認証段階にあることがわかった。

ACAS類似のシステムとして、ACAS-Iをさらに簡易にしたTCADなどの仕様を調査した。

さらに、ACASの表示情報を統合できる可能性があるEVS関連機器について、これまで当研究所で実施した実験結果をまとめ、各方面に発表した。特に、情報表示の視認性などについて、評価システムの例を示した。

### 3.3 ACAS信号の信頼性に関する調査

ACASの運用上の信頼性について、ACAS自身の信頼性の他に、相手機のトランスポンダの信頼性も影響する。また、ACASからSSRモードSへの情報提供についても、ACASに接続されているトランスポンダとの関係動作の状況が影響する。特に、RAをダウンリンクする信号については、これまで検証されていなかった。

そこで、航空局が新たに導入を開始したSSRモードSからRAダウンリンク受信信号の記録の提供を受け、その情報の信頼性を分析した。

その結果、一部のモードSトランスポンダに不要なダウンリンク動作が見られるなど、搭載機器整備上の問題を明らかにすることができた。この件について速報をまとめ、次世代監視アーキテクチャにかかる国際動向調査委員会作業部会の欧州渡航調査団に依頼し、EUROCONTROL Experimental Centerの調査結果との比較を試みた。その結果、欧州でも同様の結果が得られていることが判明した。

### 3.4 航空局への技術支援

航空局への技術支援として、ICAOのSCRSパネル会議作業部会に関する調査に協力した。

また、ACASからSSRモードSへのRAダウンリンク方式の調査に関して、受信データの分析や海外の状況調査などにより協力した。

## 4. 考察等

ACASのように実用化直後の普及期の装置については、開発中には十分検証できなかった実環境における挙動を知る必要がある。ACASは90年代前半の運用評価結果を基に1998年に改良が行われたが、本研究によりその効果を明確にしつつある。

しかし、管制指示との整合性など残された課題もあり、

RAのダウンリンク方式に関する検討が、ICAO第11回ANC会議にて要請されている。このため、ICAOにおいては多様なRAダウンリンク方式の検討状況が報告されるようになった。

このため、ACAS信号の信頼性については、特に、RAダウンリンク情報の品質に着目することとし、同様の調査を進めているEUROCONTROL他と連携を取りながら調査を進める予定である。

ICAOやRTCAにおいてACASアルゴリズムの追加改良が標準化される見込みであり、また、日本空域にもRVSMが導入予定であるなど、ACASの運用性能に影響がある変化が見られる。今後とも、ACASの運用性能に関する調査を継続する必要がある。

## 掲載文献

- (1) Sumiya. et. al. : “The Trend of the Results of ACAS II Operational Monitoring in Japan, First Report of 2003”, ICAO SCRSP/WG-A, 平成15年5月
- (2) Sumiya. et. al. : “The Trend of the Results of ACAS II Operational Monitoring in Japan, Second Report of 2003”, ICAO SCRSP/WG-A, 平成15年11月
- (3) Sumiya. et. al. : “The trend of the RA report based on the principal component analysis in 2003”, ICAO SCRSP/WG-A, 平成15年5月
- (4) Sumiya. et. al. : “The trend of the RA report based on the principal component analysis, second report of 2003”, ICAO SCRSP/WG-A, 平成15年11月
- (5) Ozeki : “RA broadcast with the mode S extended squitter”, ICAO SCRSP/WG-A, 平成15年5月
- (6) Sumiya, et. al. : “A Fusion of Actual Motion Pictures of Scenery and the 3D image Constructed from GPS and Gyro data and Map database”, SPIE 第17回 Annual International Symposium, 平成15年4月
- (7) 住谷 : 「実験用EVSによる画像融合 ～エンハンスト・ビジョン・システムに関する研究～」, 航空無線第38号, 平成15年6月
- (8) 住谷他 : 「エンハンスト・ビジョン・システムに関する調査・基礎研究」, 航空振興財団 全天候航法小委員会, 平成15年10月
- (9) 住谷他 : 「実験用エンハンスト・ビジョン・システムを用いた画像融合とその評価」, 日本航海学会第109回研究会, 平成15年11月
- (10) 住谷他 : 「実験用EVSを用いた融合画像と評価」, 日本航海学会誌第158号, 平成16年3月
- (11) Ozeki, et. al. : “RA downlink anomalies observed

### CAT III ILS 進入コース予測技術に関する研究【指定研究/空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○横山尚志 朝倉道弘 田嶋裕久  
研究期間 平成14年度～平成16年度

#### 1. はじめに

青森空港は、濃霧による就航率の低下を改善するため、従来の地上物標に依存する運航に代わって自動着陸を基本モードとするCAT III化を計画しているが、わが国で最も積雪量の多い空港であるため、CAT III化に際して次の課題が残されている。

- (1) 積雪によるグライドパス (GP) の上下偏位を監視する技術が実用化されていない。
- (2) 厳しいCAT IIIの除雪基準 (10cm) を緩和しなければ冬季のCAT IIIの実施は難しい。
- (3) GP モニタの反射板では融雪時のモニタ変動を最小化する保全対策が要望されている。

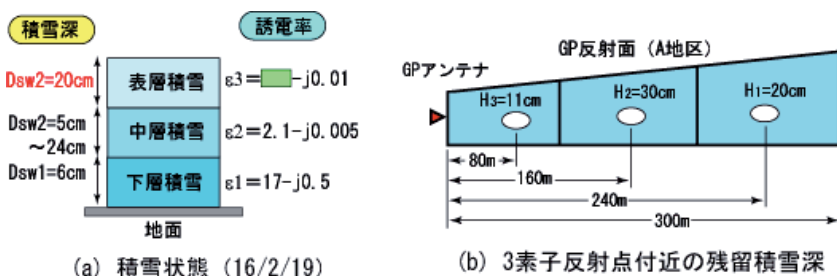
そこで、当研究所では、上記の(1)、(2)および(3)を抜本的に解決するための研究を行っている。特に、本研究では、(1)と(2)の実施のために積雪の誘電率測定装置の開発を青森大学と共同研究を行っている。これにより積雪時の雪質データの収集が可能になった。また、飛行実験に

関するJAXA (宇宙航空研究開発機構) との共同研究により、希少な積雪時のGPパスの実証データを収集した。現在、それらの実験結果をもとにして、GPの進入コース予測システムの精度確認を行っている。

#### 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成15年度はその2年次である。本年度は飛行実験と地上実験を1月末～2月末までに2回実施した。

- (1) 地上実験では、トータルステーションを用いた積雪時のGP反射面の測量と、積雪の縦断面の層構造の観察、雪質及び誘電率の測定を行った。
- (2) 飛行実験では、積雪時の機上実証データを収集した。
- (3) 従来は積雪深のみ用いてGPパスの予測をしていたが、本研究では積雪の層構造と各層の誘電率を入力データとする高精度のGPパス予測技術の開発を行っている。



#### 3. 研究の成果

##### 3.1 地上実験

地上実験では、トータルステーションを用いた積雪面の測量の他に、GP反射面の数カ所で積雪縦断面の雪質測定を行った。各層の誘電率は誘電率測定装置の共振型センサーを雪に刺して測定する。

また、積雪縦断面の雪質測定を行った結果、除雪後に生じる残留積雪は積雪深が一定でないことが確認された。

GP反射面の除雪後に10cm～30cmの残留積雪が生じるのは、反射面に立っている5台の積雪深計が機械圧雪の邪魔になるためである。残留積雪の雪質は、図1(a)に示すように中層以下のしまり雪、ざらめ雪となり、飛行実

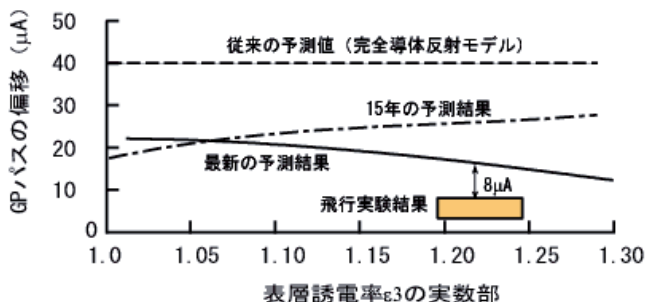


図1 従来から最近までのGPパスの予測結果 (距離=5 Km)

験のときには、その上に新雪が堆積する3層構造になる。

### 3.2 飛行実験

JAXAの実験機 MuPAL- $\alpha$ を用いた飛行実験では、3度のノミナル進入コースの他に、上下・左右1ドット(LLZとGPの機上指示器の目盛で、上下1ドットは $\pm 0.36$ 度、左右1ドットは $\pm 1.25$ 度)に進入コースを設定・飛行し、GPパスの立体的な進入空間特性の測定を行った。表1に過去2年間に5回行った飛行実験の結果を示す。表はパスストラクチャーを数値で表記した。表より次のことが示される。

- (1) 同一進入コースを複数回飛行したときのデータより、実験機 MuPAL- $\alpha$ の収集データの再現性は0.02度以下であった。
- (2) 左右3コースのデータを同一平面とする進入平面は、右下がりの傾向を生じている。これは地面勾配の影響と考えられる。
- (3) 表の平均パス変化を青と赤に色分けをした。即ち、無積雪時の平均パスと比べると、青の積雪時には+側に増加し、赤の積雪時には-側に増加することが確認された。その要因は、外気温によるもので、積雪の誘電率の虚数部 $\epsilon''$ は、気温の低い赤では $\epsilon'' = 0.001 \sim 0.002$ に、暖冬傾向にあった青では $0.003 < \epsilon'' \leq 0.5$ に増加した。これは積雪の水分含有が多いことを示し、降雨の沈降や日照によって融雪したと予想される。しかし、積雪によるGPパスの偏位量は、何れも $10\mu\text{A}$ 以下と比較的少ないことが確認された。

### 3.3 GPパスの予測精度の確認

シミュレーションプログラムでは、GPアンテナ前方の地面構造を平面とし、滑走路横断勾配を1.0%としている。その上に堆積する積雪は、3.1項に述べた層構造の残留積雪とし、かつ表層の融雪を模擬した積雪面の解析を実現している。また、滑走路末端から380m程先の高さ数mの丘によるパスバンドの計算も行うことができる。積雪層構造のモデル化は、図1(a)に示すように、2層～3層構造の粗い近似に相当する。

図1(C)にGPパスの予測計算結果を示す。図は3ケースの計算例と飛行実験結果を示し、飛行実験結果と比較して精度確認を行った。従来の予測計算は、積雪面を完全導体に置き換えて計算したもので、飛行実験値との誤差が大きくなる。15年の予測結果は、図1の(a)と(b)を考慮して計算した。最新の予測値は、図1の(a)と(b)の他に、飛行実験結果より推定したGPアンテナのサイドバンド輻射出力を最適値(SB Amp $\Rightarrow 0.8$ )倍した結果であり、飛行実験との誤差が $8\mu\text{A}$ に減少する。

### 4. まとめ

青森空港で実施した本年度の MuPAL- $\alpha$ を用いた飛行実験結果、GP反射面の雪質測定等の地上試験結果およびGPパス予測システムの予測精度の到達状況について述べた。

- (1) 積雪面の反射波は、多少粗い2層又は3層モデルで近似したが、飛行実験結果より推定したサイドバンド出力の最適値を用いると、飛行実験結果との差が $8\mu\text{A}$ に減少し、予測精度が実用段階に到達していることが確認された。
- (2) 積雪に内挿する誘電率測定装置の共振型センサーは、10cm間隔のスタック構造にすることを考えている。しかし、残留積雪は膨張や収縮を繰り返すため、今後、センサーを金属疲労しない構造に改造する余地があると考えている。
- (3) 本予測システムは、前記(2)項の共振型センサーをGP反射面の積雪に内挿し、GPパスを適宜予測する方式である。これを実現すれば、CAT III下での除雪基準の大幅な緩和とGPシステムの積雪時のインテグリティ低下を保証することが可能である。

### 掲載文献

- (1) 増位他：“多目的実証実験 (MuPAL- $\alpha$ ) の開発と運用”，日本航空宇宙学会，第34期年会講演会，2003.4.8
- (2) 横山他：“CAT・ILS グライドパスの空間誤差予測に関する積雪実験”，航空振興財団全天候小委員会，2003.2.5

表1 積雪時の飛行実験結果

年月日	積雪状態	左側進入	ノミナル進入	右側進入
14/10	無積雪時	$0.02^\circ \sim 0.15^\circ$	$0 \sim 0.02^\circ$	$0^\circ$
15/1	3層、残留あり	$0.04^\circ \sim 0.1^\circ$	$0.025^\circ$	$0^\circ$
15/2	2層、残留なし	$-0.02 \sim -0.05^\circ$	$-0.01 \sim -0.03$	$-0.05^\circ$
16/2/3	2層、残留あり	$0.03 \sim -0.03^\circ$	$-0.01 \sim -0.02^\circ$	$-0.06^\circ$
16/2/19	3層、残留あり	$-0.02 \sim 0.05^\circ$	$0.02 \sim 0.04^\circ$	$0 \sim 0.02^\circ$

## ACAS 信号を用いた受動型測位方式の研究【指定研究／空港整備勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○田嶋裕久 古賀 禎 小瀬木滋  
坂井丈泰\* 塩見格一\*\* 白川昌之\*\*  
\*衛星技術部 \*\*管制システム部  
研究期間 平成14年度～平成15年度

### 1. はじめに

空港面等の航空機の監視にはそれぞれの位置の他、個々の航空機の識別が必要となる。一方、空港面監視に現在使用されている ASDE（空港面探知レーダ）単独の機能としては航空機の位置確認の手段である。このため、空港面等の航空機の監視により効果的な方法が期待されている。しかし、新たな装備を航空機に搭載するには多大なコストと時間が必要となる。

1995年に国際民間航空機関（ICAO）で旅客機を想定した航空機衝突防止装置（ACAS-II）の国際標準が設定され、日本ではほとんどの旅客機に搭載されており、新たな装備を航空機にすることなく ACAS の電波が利用可能である。当研究所では、ACAS の信号を利用して精密な時間差を測定する方法を考案した。これを空港面監視等に適用し、個々の航空機の識別を行いつつ高精度な測位の可能性について研究するため、平成14年度から15年の2年計画で「ACAS 信号を用いた受動型測位方式の研究」を行った。

本方式の測位原理は、航空機が平面上にある場合その周辺に3箇所以上の受信アンテナを配置し、電波の相対到着時刻を測定する。これをそれぞれのアンテナと目標の電波発信源との相対距離に変換し、目標の位置を算出できる。測位原理は電波の流れが逆であることを除いて GPS（Global Positioning System）と同様で、測位の計算式においても GPS と同様であるため、逆 GPS と呼ぶこともできる。測位誤差の目安も GPS と同様に測距誤差と、目標と受信アンテナの位置関係で決まる DOP（Dilution OF Precision：精度低下率）の積となる。測距は電波の伝播時間を信号の時間検出で行う。一般に波形の変化が急峻なほど時間検出誤差は小さくなり、時間領域の波形とフーリエ変換の関係にある帯域幅は広がる。従って、帯域幅の広い信号が時間に検出に適している。空港面において航空機が送信する電波としては、ACAS の1030MHz の質問信号が最も帯域が広い。ICAO の規定で比較すると、中心周波数から約20dB 下がる帯域幅は ACAS の1030MHz で20MHz、MODE S の1090MHz の応答は14MHz、DME は1.1MHz 以内となっており、ACAS 信号が最も測距精度を期待できる。本研究では ACAS の MODE S 質問信号の P

6パルスの急峻な同期位相反転の波形を利用して、受信アンテナ間の受信信号の到着時間差を高精度に検出することを目指した。時間検出の方法としては各種の方法が考えられるが、平成14年度は GPS と同様に相互相関関数による方法を用いた。DOP を良くするには、発信源を取り囲むように受信アンテナを配置する必要がある。平面上の測位であれば、3個以上の受信アンテナが必要である。DOP は目標から見て受信アンテナが均等な角度で見える場合が最良となる。

本研究では高精度な測位方法の開発と、高精度化において問題となるマルチパス誤差の基礎検討とその対策技術の開発にも重点を置いた。

### 2. 研究の概要

開始年度の平成14年度は、ACAS 信号を用いた測位方式の基礎的な実験を行い、性能を実験により確認し、問題点等を調べた。また、空港における測位実験に必要なエンジニアリングモデルの同期方式を検討し製作した。平成15年度はエンジニアリングモデルの RF 系の瞬時利得制御回路（IAGC）の追加と仙台空港における測位実験を行い、後処理により測位誤差の解析及び検討を行った。

平成14年度は、主に下記の項目を行った。

- ・実験装置製作
- ・ACAS を想定した実験室における時間測定実験
- ・ACAS 信号による電波無響室における基礎実験
- ・ACAS 信号による電波無響室におけるマルチパス実験
- ・時間測定方式の検討
- ・時間測定プログラム開発
- ・測位演算プログラム開発
- ・羽田空港における予備実験
- ・研究所内地上実験
- ・同期方式の検討
- ・光同期系及び RF 系製作
- ・ACAS 実験局無線局免許取得

平成15年度は、主に下記の項目を行った。

- ・RF 系の IAGC 追加



- ・同期用光ケーブル調査
- ・仙台空港における測位実験（2回）
- ・時間測定方式の検討
- ・時間測定プログラム開発
- ・データ処理
- ・測位誤差の検討

### 3. 研究成果

#### 3.1 測位処理結果

1030MHzのACAS信号を帯域1.5GHzのデジタルオシロスコープにより5GHzサンプルで収集したRF信号データをソフトウェアによって、I-Q (In-phase, Quadrature-phase) 信号に変換することにより、位相反転のある複素数で表したベースバンドの変調信号が得る処理方法を開発した。1個の受信アンテナ信号の共益複素数を基準信号として、他の受信アンテナ信号とこの位相反転部分の信号との相関関数の絶対値のピークを求める方法で時間検出が実現できた。

平面上の目標の2次元位置は3個の受信アンテナによる2組の時間差データで位置は決定できるが、無響室実験では4個の受信アンテナから得られた3組の時間差データを使って、GPSと同様に最小2乗法による処理を行った。その結果、誤差は大きいところでも1m以内の結果が得られた。羽田空港の実験では、実験用ケーブルの制限で受信アンテナは航空機を取り囲むような配置にできなかったため、DOPが滑走路上で60から数百以上と非常に悪い条件であり、測位誤差も数百mあるが実際の航空機の位置を算出できることを実証した。

光ケーブルにより同期を行うエンジニアリングモデルのRF系にIAGCを追加し、仙台空港において測位実験を2回行った。着陸コース試験車に航空機に相当するACAS質問送信機と基準位置を測定するGPS後処理キネマティック受信機(K-GPS)を搭載し図1に示すA滑走路、誘導路、場周道路を走行させると同時に3箇所を受信局で受信データを記録した。滑走路の横に並んでいるハンガー等によるマルチパスの影響が図1に示すエリアにより大きく異なり、相互相関法では測位誤差は2RMS(2乗平均誤差)で6.5m(エリア1)から48m(エリア3)となった。マルチパスの影響を軽減する方法を検討するため、DME/P(精密距離測定装置)で使用されたDAC(Delay Attenuate and Compare)による時間検出による方法でも同じデータを処理した。実験装置の仕様により飽和による誤差があったが補正すると図2に示す測位結果となった。DAC法では、3.6m(エリア1)から11m(エリア2)という結果が得られ、処理方法により誤差が軽減できること

が実証された。

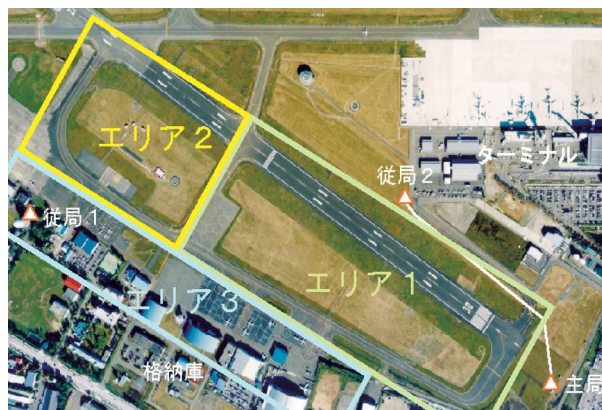


図1 仙台空港における地上局配置およびエリア区分

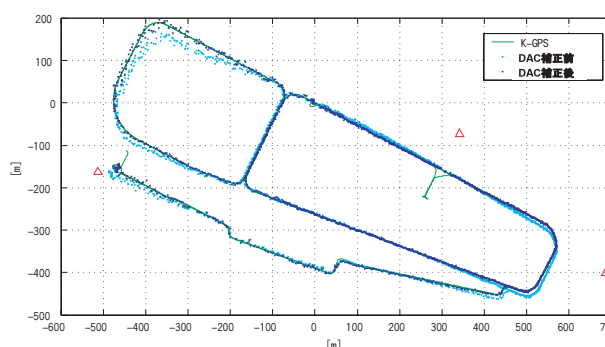


図2 DAC法による測位結果

#### 3.2 遠隔同期システム製作

製作した遠隔同期システムの光ケーブルで伝送されたパルス立ち上がり時間を測定した結果、1ns以下であり同期精度は十分なものが実現できた。光ケーブルにしても温度による伝送時間の変動が僅かにあるが、この影響を補正する方式を開発した。

### 4. 考察等

空港面監視の受動型測位方式として、理論的に精度の点からは帯域の広いACAS信号が適している。測位誤差は、ほぼ測距誤差とDOPの積となるので、両方の誤差が小さい無響室実験で測位誤差は1m未満の結果が得られ、マルチパスの無い環境における装置自体の測位誤差はこの程度まで実現可能である。羽田空港の実験ではDOPが悪かったが、実用化するにはアンテナの配置を適切に選ぶことによりDOPは小さくできる。

仙台空港における実験結果から場所によってマルチパスの影響は大きい所があり、時間検出方式によっても誤差特性は大きく異なる。相互相関法は時間積分を行うため、受信機雑音などの影響はDAC法より小さいが、マルチパスの影響はDAC法の方が小さい。時間検出法についてはま

だ改善の余地があり、さらに研究を進める必要がある。

広帯域の光ケーブルの使用により周辺環境の影響を受けることなく1 ns 程度の誤差で時間同期が可能である。複数受信局間で光ケーブルの利用が可能な場合、電波で同期するよりも周辺構造物や航空機等の移動体によるマルチパスの影響を受けずに安定した同期ができる。

#### 掲載文献

- (1) 田嶋, 古賀, 小瀬木, 坂井, 塩見, 白川, “ACAS 受動型測位方式の実験と検討”, 第3回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成15年6月
- (2) 古賀, 田嶋, 小瀬木, 坂井, 塩見, 白川, “ACAS 信

号を用いた受動型航空機測位方式の検討”, 通信学会 SANE, 平成15年7月

- (3) 古賀, 田嶋, 小瀬木, 坂井, 塩見, 白川, “ACAS 信号を用いた受動型航空機測位方式”, 通信学会ソサエティ大会, 平成15年9月
- (4) 田嶋, 古賀, 小瀬木, 坂井, 塩見, 白川, “ACAS 信号を用いた受動型航空機測位方式”, 第41回飛行機シンポジウム, 平成15年10月
- (5) 古賀, 田嶋, 小瀬木, “ACAS 信号を用いた受動型測位方式による実験”, 通信学会総合大会, 平成16年3月
- (6) 田嶋, 古賀, 小瀬木, “ACAS 受動型測位方式の評価実験”, 第4回電子研発表会, 平成16年6月

### ルーネベルグレンズを利用した航法機器に関する研究【基盤研究／一般勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○米本成人  
研究期間 平成14年度～平成16年度

#### 1. はじめに

ルーネベルグレンズは、単位体積当たりのクロスセクションの大きな誘電体レンズであり、全方向において均一な特性、指向性の得られる構造を有している。従来においては全方向に対して単純に反射する電波反射体としての利用、もしくは単純な電波レンズとしての利用が主であり、船舶用電波標識浮標、K band の Global Broadcast 用のアレイアンテナ等として実用化されている。また、電波の高周波使用の傾向に伴い、国内外において上記レンズの研究への関心が高まっている。

本研究において、上記レンズを利用した新しい航法機器への応用の可能性を検討している。このような機器を開発することで各種識別情報を有した電波標識、もしくは広範囲に均一な指向性を有するアンテナ及びレーダ装置等への応用が期待できる。また、今後需要が増大するミリ波帯における電波機器への応用も期待される。

#### 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成15年度は2年目である。平成15年度の研究の目的は、ルーネベルグレンズの変調特性の向上、ミリ波帯におけるレンズそのものの特性の向上である。

平成15年度は、主に下記のことを行った。

- ・ X band における符号化電波標識の基礎実験
- ・ 高周波レンズの製作、加工を及び各種反射体を用いた

#### 基礎的実験

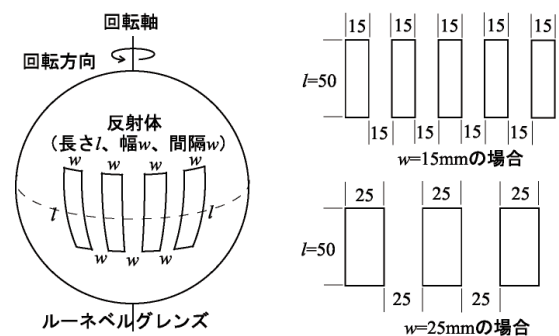
図1(a)は反射体を付加したルーネベルグレンズ、(b)は2種類の反射体構造を示す。

#### 3. 研究成果

レンズの基本特性を把握するため X band における符号化電波標識、偏波特性の基礎的実験を行った。同レンズに付加する金属反射体のサイズに関する基礎試験を行い、図2に示すような符号化された反射パターンを得た。

また、ミリ波帯で動作可能である全方位性電波レンズの試作を行い、一定の成果を得た。それらの周辺技術に関し得られた成果を特許出願予定である。

また、変調反射体の電気制御装置を試作した。



(a) 反射体の付加状態 (b) 反射体構造

図1 ルーネベルグレンズと反射体

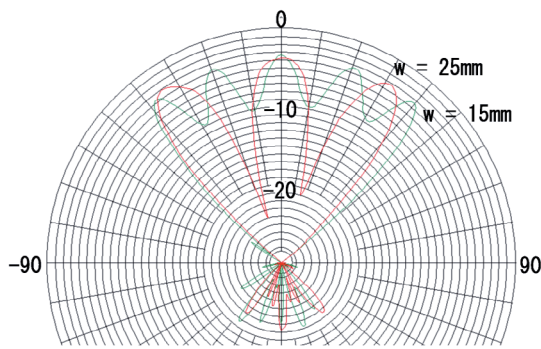


図2 符号化反射体の実験結果

#### 4. 考察等

今年度の X band におけるルーネベルグレンズを用いた実験の成果から波長に対する反射体のサイズの特性をおよそ見積もることができた。

試作したミリ波帯用レンズは X band 用に設計された従来製品に比べて10から15dB の特性向上が可能となり非常に良好な特性を得た。またそれらを試作していく過程で得られた知見が他の分野にも応用可能であることが分かった。

しかしながら、現状はミリ波帯でのレンズの開口面効率は一8 dB 前後である。今後は更なる効率向上に関して検討した試作機を製作する予定である。また、ミリ波レーダに対応可能な変調型電波標識の設計手法を検討する目的で、X band での電子制御変調反射体に関するスケールアップモデル実験を行う予定である。

#### 掲載文献

米本成人, 松崎元治: 「回転するルーネベルグレンズを利用した反射波変調型電波標識」, B-2-19, 信ソ大, 2003

### スケールモデルによる CAT III ILS 用新 FFM 方式に関する研究【基盤研究／一般勘定】

担当部 電子航法開発部  
 担当者 ○朝倉道弘 横山尚志 田嶋裕久  
 研究期間 平成14年～平成16年度

#### 1. はじめに

濃霧や雪などの多発する空港では、就航率の低下が問題になる。その場合、従来の地上物標に依存する運行に代わって、高い信頼性を付与した ILS CAT III による高カテゴリー化を図ると効果的である。

ILS を CAT III 化する場合、ローカライザシステムには完全性を補償するための FFM (ファーフィールドモニタ) が必須となる。現在の FFM は FAA が開発した方式であり、電波高度計用地に10m 間隔で3つのアンテナを設置する。このような FFM 方式では、小型機が誤って底角度で進入すると事故に繋がる危険性があるため、FFM アンテナを滑走路からオフセットする新しいタイプの FFM 方式の開発が要望されている。

#### 2. 研究の概要

本研究の目的は、電波無響室においてスケール比 1/100 倍の模型装置を用いるスケールモデル実験と電波障害シミュレーションを併用することによってオフセット方式の FFM 方式を開発することである。

本研究は、3年計画であり、平成15年度は2年目である。平成15年度の目的は、電波無響室で平成14年度に製作したスケールモデル用ローカライザアンテナを用いたスケール

モデル実験の測定システムを確認すると共に、ローカライザアンテナの基本特性を得ることである。さらに、スケールモデル実験におけるマルチパス波を考慮したプログラムを作成することである。

平成15年度は主に下記のことを行った。

- ・ローカライザアンテナの基本的特性実験
- ・マルチパス波を考慮したプログラム作成

#### 3. 研究の成果

スケールモデル用ローカライザは、周波数9.6GHz 用の導波管ダイポール3素子とその両脇に変形アンテナ2素子を配置した横型空中線列で、電波無響室においてキャリア及びサイドバンドパターン、サイドバンド位相、コース幅などの基本的な特性を取得した。これらの実験で、送信レベル、受信 FFM アンテナ位置及び測定方法などの計測システムの検討も行った。

また、直接波、反射波と空港の構造物や航空機などをモデル化したマルチパス波を独立したサブルーチンによって計算したスケールモデル実験用プログラムを作成した。

#### 4. 考察等

今年度は、電波無響室におけるスケールモデル用ローカ



ライザアンテナの基本的な特性の取得と FFM 方式スケールモデルの計測システムの確認をした。

今後、マルチパス波を伴うスケールモデル実験を効率的に行う予定である。そのためには、FFM アンテナの位置を微調する機能や現用 FFM（進入コース上）アンテナとオフセット FFM アンテナを切り替える切替部分の改良が

必要であることが分かった。また、現在作成中の航空機を模擬した構造物からの反射・回折波のシミュレーションプログラムを完成すると共に、現用方式とオフセット方式における FFM 電波特性の相関性を求め、オフセット FFM 方式の監視性能を評価する予定である。

## ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究【受託研究／一般勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○山本憲夫 米本成人 山田公男  
研究期間 平成14年度～平成16年度

### 1. はじめに

本研究の目的は、ミリ波レーダと赤外線カメラで前方を監視し、障害物を自動的に検出してパイロットに表示できるヘリコプタ用障害物探知・衝突警報システムの実用化に必要な技術を確立すること、及び技術検証のため実験用障害物探知・衝突警報システムを試作して実証実験を行うことである。

本研究は、運輸施設整備事業団（現在、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構）の「運輸分野における基礎的研究推進制度」による支援を受け、(株)IHI エアロスペース、電気通信大学との共同研究として平成14年度から実施している。

### 2. 研究の概要

平成15年度は主に以下の2課題に関して研究を行った。

- (1) センサからのデータ収集、処理及び表示の高性能化
- (2) 実証実験の準備

平成14年度に引き続きセンサからのデータ収集・処理及び表示の高性能化を行うため、赤外線カメラ、カラーカメラからの画像情報とミリ波レーダからの距離情報とを高速で融合し見やすい形式で表示する手順、ミリ波レーダ出力から不要反射物による影響を除去し、レーダ情報の信頼性を上げる方法を開発した。

また、平成16年度に予定しているヘリコプタ搭載型障害物探知・衝突警報システムを用いた実証実験に備え、システムをヘリコプタに搭載するための機材ラックを製作した。次いで、システムに電源を供給するための機体改修、飛行実験に適した地形、空域等実験場所の調査等を行った。

### 3. 研究成果

周辺反射物からの不要反射の影響を除去し、レーダに最

も近い障害物を抽出するためのレーダ信号処理について検討した。障害物までの距離がレーダ信号の周波数に比例することから、レーダ信号のスペクトラムの中から最も低い周波数の極大値を高速に抽出するアルゴリズムを考案した。実験用ミリ波レーダを用いて、建物や車など目標とする反射物の背後に大きな反射物が存在する環境下でのレーダの探知精度、探知可能距離、周辺反射物の影響等に関する性能評価を行った。図1はレーダからの距離情報、赤外線及びカラー画像を融合表示した例を示している。レーダ信号のスペクトラムから、目標物、車、建物などからの反射が確認でき、最も距離が近い目標物を自動判別できることを確認した。これらのシステムはすべての処理を含めて毎秒30枚以上の融合画像の更新レートを得ることができた。

また、平成16年度に実施する実証実験に備え、搭載型障害物探知システム、機材ラックの設計・製作及び実験用ヘリコプタの改修等を行った。実験時のパイロットの操作性、実験システムの扱いやすさ等を考慮してヘリコプタへの搭載方法および搭載用のラックを設計した。図2に製作した搭載用システムラックの概観図を示す。このラックは図3のように機体中ほどに設置し、測定時には右側ドアを開けてデータを取得する方式とした。

さらに実験予定地域を調査した結果、岐阜県武儀郡洞戸村周辺が実験に適した環境であることが判明した。

### 4. まとめ

次年度はこれらの機器を用いて飛行実験にて検証を行う予定である。

### 掲載文献

- (1) N. Yonemoto, et al., "Obstacle Detection and Warning

for Helicopter Flight by Infrared and Millimeter Wave”, SPIE Aeresence Symposium 2003

(4) K. Yamamoto, et al, “94GHz FMCW Radar for Obstacle Detection”, IRS2003

- (3) 山本憲夫 他, “障害物探知用赤外線及びミリ波センサの精度”, 平成15年度電子航法研究所研究発表会講演概要

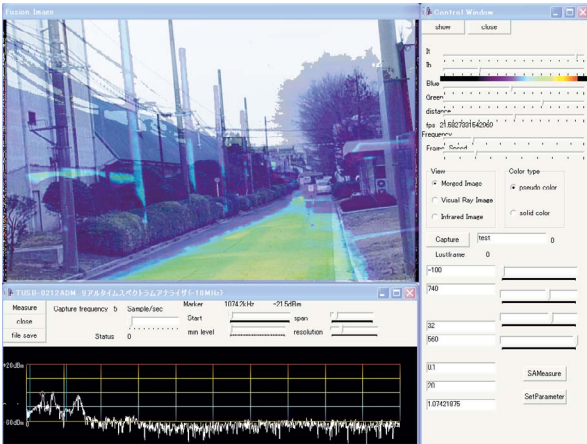


図1 融合画像表示の一例

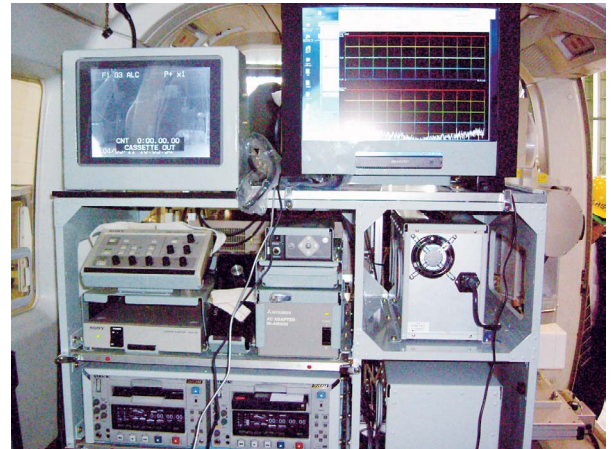


図2 搭載用システムの概観図

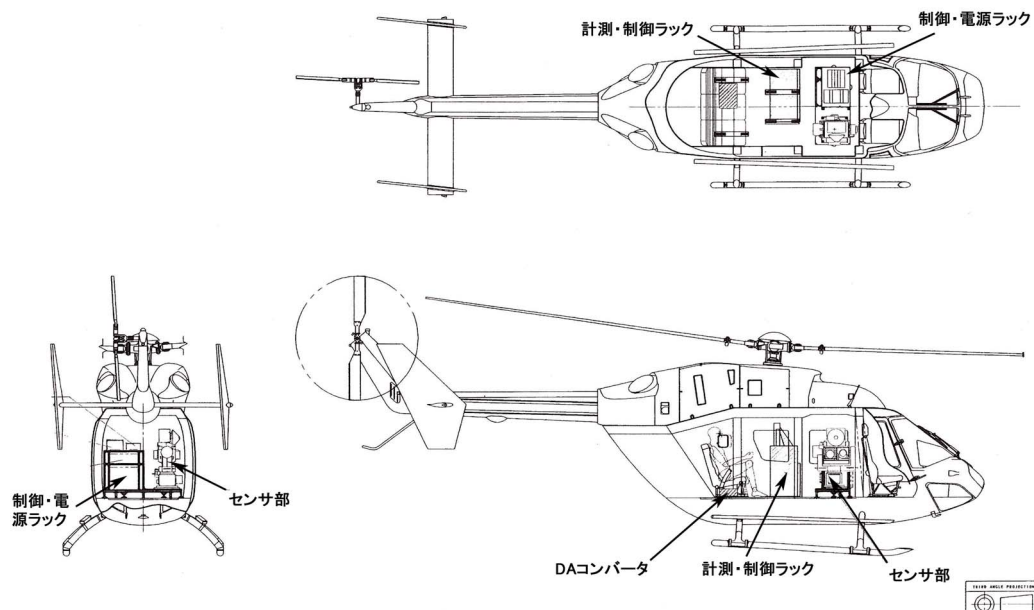


図3 ヘリコプタへの搭載図

**JTIDS 等国内展開基準の作成委託【受託研究／空港整備勘定】**

担当部 電子航法開発部  
 担当者 ○小瀬木滋 田嶋裕久  
 研究期間 平成15年4月25日～平成16年3月19日

1. はじめに

民間航空用無線機器と軍用無線機器との間で無線信号の干渉が発生すると、両者とも安全で円滑な航空機の運用が

困難になる。新たな無線機器の導入や運用方式変更に際して、相互に干渉妨害が発生しない条件を確認する必要がある。

本研究では、JTIDS (Joint Tactical Information Distribution System) や AWACS (Airborne Warning and Control System) レーダ等と民間航空用無線機器との間について、信号干渉が発生しない条件を調査することにより、民間航空の安全を維持しつつこれらの機器の国内展開する際の技術基準を作成することを目的としている。

## 2. 研究の概要

緊急を要する課題として、次の調査を行った。

- ・ AWACS による ASR への干渉調査・検討
- ・ 空港周辺での JTIDS 運用制限
- ・ JTIDS 運用協定の改定案
- ・ チャネルを共有する GNSS への混信予測手法調査
- ・ Lバンド新システムへの JTIDS 干渉予備調査
- ・ JTIDS 干渉シミュレーション手法の調査

特に、現在は AWACS や JTIDS の運用範囲が厳しく制限されているが、防衛庁から要請されている制限緩和事項の技術的条件に関する検討が主な課題となった。

## 3. 研究成果

AWACS については、航空自衛隊から航空局への各種

問い合わせに対応するための技術的支援をした。

JTIDS については、空港内電波伝搬実験を実施し、空港内等の狭い敷地内で DME や SSR と接近しても安全に運用できる条件導出の技術的基礎になる実験データを得ることができた。実験実施に際して、那覇空港事務所の協力を得た。

米国からの専門家が来日して開催された日米技術交流会議に参加し、今後の課題になり得る新しい JTIDS 運用方式について情報を収集した。また、平成15年5月にニュージーランドで開催された MNWG (多国間作業部会) 2003-1 会議に参加し、JTIDS 干渉防止対策に関する国際動向を調査した。

これらについて受託研究報告書を作成した。

## 掲載文献

- (1) 電子航法研究所：「平成15年度受託研究報告書 JTIDS 等国内展開基準の作成」, 平成16年3月
- (2) Ozeki: "GEO range calculations for the Japanese airspace", MNWG2003-1-TI, May, 2003.
- (3) Ozeki: "Draft : Issues on JTIDS frequency clearance in Japan", TI, November, 2003.

## 航空機内の電磁干渉障害に関する調査【受託研究／一般勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○山本憲夫 米本成人  
研究期間 平成15年5月28日～平成16年3月31日

### 1. はじめに

携帯電話、オーディオ、パソコン等の携帯電子機器 (Portable Electronic Devices: PED) が航空機内に持ち込まれたとき、それらから放射される電波が機上航法機器等に干渉して不具合を生じさせる可能性が指摘されている。一方、新たな PED の機内での使用希望や、無線 LAN のような無線通信技術の導入は今後増えると考えられる。

このため、航空の安全と機上での PED 等使用の両立を図るための技術が今後重要になると考えられる。そこで、平成15年度は、PED が原因と疑われる機上機器の不具合事例について、航空会社から提出される「航空機電磁干渉障害報告書」をもとに検討・分析を行った。また、航空機内の電磁干渉に係わる世界での研究状況調査や市販の携帯電話を用いた実機での感受性テストを実施した。

### 2. 調査の概要

航空会社から提出される「電磁干渉障害報告書」をもとに、平成15年に機上装置で発生した PED が原因と疑われる不具合事例の整理、分析を行った。電磁干渉に関する国際会議 (IEEE EMC2003) に出席し、我が国の機内電磁干渉に関する研究の報告と世界での研究状況の調査を行った。また、英国航空局での調査報告を元に、実機と市販の携帯電話を用いて基礎的感受性試験を実施した。

### 3. 調査内容及び成果

#### 3.1 「航空機電磁干渉障害報告書」の分析

平成15年に受領、分析した報告は12件であり、これまでの報告書の合計は102件となった。提出された報告書について、不具合発生機種、装置、内容、不具合発生と PED の関係等に注目して分析、特徴の抽出等を行った。図1は不具合報告があった機上装置の種類である。報告が多いの

は航法装置／通信装置とオートパイロットおよび表示器であることがわかる。また、不具合事象と PED 使用のタイミングを分析した結果、PED の電波が機上装置に干渉した可能性が高い事例は全体の約33%であった。

### 3.2 電磁干渉に関する研究状況調査

2003年5月、IEEE（米国電気・電子学会）主催の「電磁両立性に関する国際シンポジウム」に出席した。この会議で、これまで我が国で実施してきた機上装置への電磁干渉に関する研究成果を発表した（文献参照）。また、エアバス社やユーロコプター社等の研究者と機内における今後の「無線化」の流れと機上航法装置の側での対応について討議し、多くの資料を得た。また、今後は世界的に機内の電波の干渉を受けにくい機体および航法装置の開発に向かうであろうことが結論となった。

### 3.3 携帯電話による機上航法装置の感受性調査

英国航空局は、携帯電話が航法装置から30cm程度の距離で使われるとき、その電波がVOR/ILS,VHF等の主要航法装置に干渉しうることを報告した。そこで、周波数や方式が異なる我が国の携帯電話で類似の障害が発生しうるか調べるため、民間大型機と同様の航法装置を持つ航空機内で携帯電話を使用して感受性試験を行った。その結果、試験中航法機器に異常は発生しなかったが、携帯電話周辺では1V/m近い強い電波が観測されることがわかった。

### 4. 今後の課題

今後の主な課題として以下があげられる。

- ・「電磁干渉障害報告書」等をもとにした機内電磁干渉に関する詳細な分析
- ・ウルトラワイドバンド等新しい通信技術の航法装置への干渉に関する検討
- ・強い電波の検知器に関する調査、研究

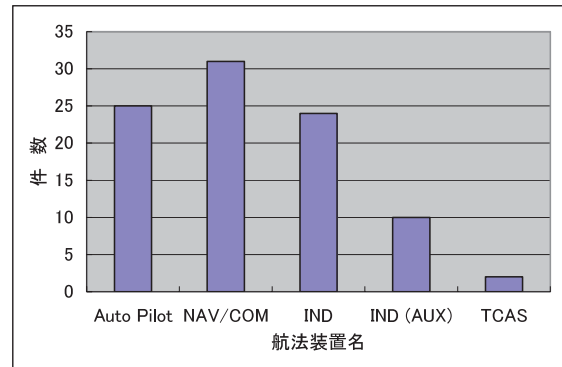


図1 不具合報告があった機上装置の種類

### 掲載文献

- (1) 山本憲夫 “航空機内の電磁干渉障害に関する調査”，電子航法研究所受託研究報告書，平成16年3月
- (2) K. Yamamoto, et al., “Spectrum Measurement in an Aircraft Cabin in Flight”, IEEE EMC 2003, May 2003.

## 無線システムの有効性と航法計器等に対する電波干渉調査分析と評価【受託研究／一般勘定】

**担当部** 電子航法開発部  
**担当者** ○山本憲夫 米本成人 山田公男  
**研究期間** 平成14年12月2日～平成16年3月31日

### 1. はじめに

パーソナルコンピュータや広帯域高速通信の普及に伴い、航空機客室内における無線LAN等によるネットワークサービス実施の要望が高まっている。現在の無線LANは2.4GHz (IEEE802.11b/g) や5.2GHz (IEEE802.11a) の微弱電波を利用するが、航空機内ではこの電波が機内航法機器等の動作に干渉し運航に危険を及ぼす恐れがある。そこで、航空機内に無線LANシステムを構築することの是非を検討するためには、機内で放射された電波が航法機器に与える影響に関し調査検討する必要がある。

本研究では、無線LANが使用されたとき、機内航法機器に干渉を与える可能性の実験的、理論的検討と、機内無

線LANシステムの伝送性能等の測定を行っている。

### 2. 研究の概要

平成15年度は、航空会社、無線LAN機器メーカー等の協力のもと主に以下のことを行った。

- ・複数アクセスポイントと複数端末からなる多チャンネル無線LANシステムの通信性能試験
- ・多チャンネル無線LANシステムの放射電界測定
- ・航空用電子レンジの影響試験
- ・無線LAN電波の機上航法装置への干渉可能性に関する検討



### 3. 研究成果

航空機内に、実際の運用状況に近い複数アクセスポイントと複数端末からなる多チャンネル無線 LAN システムを構築し、その通信速度試験を実機（日本航空 B747-400 及び全日本空輸 B777-200ER）内で行った。図 1 は、B747-400 内における無線 LAN システム、機内電子レンジ等の配置例である。機内にアクセスポイントを 3、4 カ所、端末を最大 40 台設置し、専用ソフトウェアを用いて通信速度の測定を行った。その結果、通信速度は接続される端末数に反比例し、40 台接続の場合 IEEE802.11g と IEEE802.11a 無線 LAN では 1 台当たり 0.6Mbps 程度となることが分かった。

この通信速度試験に並行し、機内での電界強度を測定した。図 2 は無線 LAN 使用時にボーイング 747-400 の機長席、電子機器室他において観測される電界強度の時間変化である。無線 LAN の使用時、機長席では 120dB $\mu$ V/m を超える強い電波が受信されること、電子機器室では機長席等より平均 20dB 程度電界強度が低くなること等が分かった。

我が国の国際線用航空機には乗客サービス用に電子レンジを搭載しているものがある。電子レンジは IEEE 802.11b/g 無線 LAN と同じ 2.4GHz を使用しているため、電子レンジからの漏れ電波が無線 LAN に干渉する恐れがある。そこで、電子レンジによる無線 LAN 通信速度の変化を調べた。その結果、IEEE 802.11b/g 無線 LAN では、使用チャンネルによって電子レンジによる干渉の程度は大きく異なり（2.4GHz 無線 LAN には 13 チャンネルあり、中心周波数は互いに 5 MHz 離れている）、周波数が離れたチャンネルでは 20~30% 程度の通信速度低下、近いチャンネルではほぼ通信不可能となった。一方、5.2GHz 無線 LAN では電子レンジの影響は見られなかった。

無線 LAN 電波の機上航法装置への干渉の可能性を検討するため、機内の代表的な航法機器に無線 LAN と等価な

信号を含む電波を照射し、当該機器の異常動作の有無を確認するイミュニティ（Immunity）試験を実施した。この試験には B747-400 型機を用い、試験した航法機器は ILS、VOR/DME、VHF、TCAS、操縦室内の表示装置他 32 種である。図 3 は、操縦室内表示装置に対する試験の状況で、信号発生器で無線 LAN と等価な信号を発生させ、その電波をホーンアンテナで被試験機器に照射すると共に、電波のレベル、周波数等はモニタアンテナで常に監視、記録した。試験の結果、今回調べた航法機器の中で、2.4GHz、5.2GHz 無線 LAN 電波によって異常の発生したものはなかった。但し、この結果のみで無線 LAN が航法機器に影響を与えないと断言できるわけではなく、無線 LAN チャンネルに対応するすべての周波数での影響検討を行う等課題は残っている。

### 4. まとめ

機内で無線 LAN サービスを始めるときの課題として、無線 LAN の通信速度、放射電界強度等をボーイング 747-400、777-200ER 機内で測定した。その結果、無線 LAN の通信速度はほぼ地上と同程度となるが、機内電子レンジの影響は無視できない、機内で 120dB $\mu$ V/m を超える電波が受信されうること等が分かった。一方イミュニティ試験によって、今回試験した範囲では 2.4GHz、5.2GHz 無線 LAN 電波による被試験航法機器への影響はなかったことを明らかにした。

今後の課題として、無線 LAN 電波による機上航法機器への影響に関するさらに広範囲にわたる調査が上げられる。また、航法機器に障害を引き起こしうる強い電波の探知装置開発についても検討する必要がある。

### 掲載文献

- (1) 社電波産業会、「航法計器等への電波干渉に関する調査検討報告書」平成 16 年 3 月

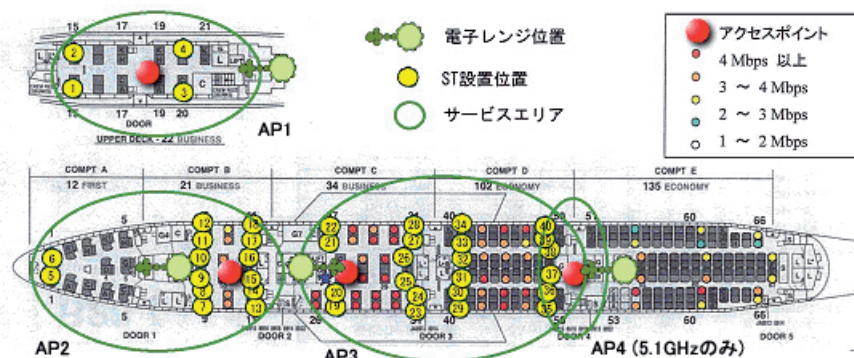


図 1 B747-400 機内における無線 LAN システム、機内電子レンジ等の配置例

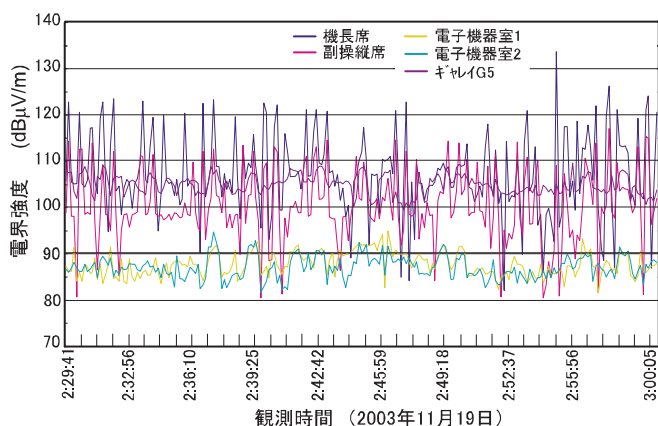


図2 無線LAN使用時の機内電波測定例



図3 機内表示装置に対するイミュニティ試験

### CAT III化に係わる関連施設の電波性能調査【受託研究／空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部  
 担当者 ○朝倉道弘 横山尚志  
 研究期間 平成15年4月7日～平成15年9月10日

#### 1. はじめに

濃霧による就航率の低下を改善するため、広島空港ではCAT III化が予定されている。広島空港高カテゴリー化要件の調査において、当研究所が実施した研究実施項目は、

- (1) 人工構造物を利用した電波高度計 (RA) 用地の電波的特性調査
- (2) LLZ 電波電界に係わる調査

である。(1)に関しては、敷設材料の電波実験と材料を透過して地面から反射する成分を考慮したRA用地の敷設材料による反射特性の解析を、(2)に関しては、実測データを用いて、LLZ電波シミュレーションを実施し、広島空港のターミナルビルディングによるコースバンド軽減の要件を明らかにした。

#### 2. 研究の概要と成果

##### 2.1 人工構造物を利用した電波高度計 (RA) 用地の電波的特性調査

##### 2.1.1 敷設材料と実験概要

RA用地の人工構造物として使用可能とされているコンクリート、エキスパンドメタル及びグレーチングについて、反射、透過特性及び周波数特性など基礎データを測定し、RA用地の電波反射面としての有効性を調査した。

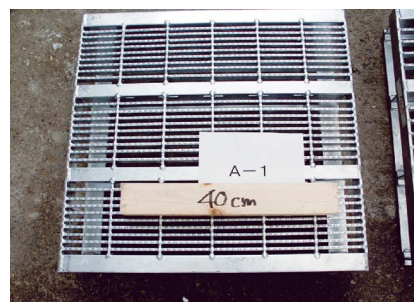
コンクリートは、強度を保つためにコンクリート内に金属棒や金網を内装している6種類を製作した。また、エキスパンドメタルとグレーチングは汎用のものをそれぞれ5

種類 (XG14, XG24, XS33, XS43, XS73) と6種類 (車両走行用: A1, A2, A3, 一般部用: B1, B2, B3) を試料とした。試料の一部を図1に示す。

測定は、RAで使用している周波数を中心に4.0~4.6 GHzの範囲において、RAの偏波面の円偏波面で行った。偏波面の影響を調べるため、エキスパンドメタル及びグレーチングは試料の網目の方向を90°変えて測定した。



エキスパンドメタル



グレーチング

図1 試料の一部

### 2.1.2 反射・透過特性

レベル測定は、試料表面にアルミ板を設置したときの反射電界強度を基準値とし、試料の反射レベル及び透過レベルを求めた。周波数帯域における反射レベルの変化は、コンクリート、エキスパンドメタル及びグレーチングすべての試料で1.5dB以下で、透過レベルの変化は4dB以下であった。また、RA中心周波数(4.3GHz)の反射レベルと透過レベルの差はコンクリートの場合、20dBあったが、エキスパンドメタルやグレーチングは網目の種類により大きな違いがあった。

## 2.2 空港面構造による LLZ 電波環境の調査

CAT IIIでは、LLZシステムの完全性を担保するためにFFMが必須になる。FFMアンテナはLLZアンテナと滑走路を挟んだ対向する位置に設置される。広島空港のCAT III化の問題は、滑走路が凸型形状であるためFFMアンテナに到来する直接波が遮蔽されることである。このため、FFMアンテナをLLZアンテナから見通せるように、滑走路末端から離してLLZアンテナを高くすれば、用地の拡大に伴う用地造成経費が増加するという問題が生じる。

### 2.2.1 LLZ アンテナの設置位置の検討

ケース4は、滑走路末端から325m、アンテナ高が5.45mとなり、昨年度に検討したケース3に比べて30m程設置位置が短縮される。その可能性についての解析をした。

FFMの受信電界強度は、凸面滑走路の頂点で生じる回折波と直接波によって計算される。しかし、現状では、FFMの受信電界強度の計算に必要な送受信アンテナの指向特性等のデータが不足している。そこで、同様のハンプト滑走路を有する熊本空港のFFM受信電界を基準とし、同一条件のプログラムを用いた解析を行った。

解析の結果、LLZアンテナ位置をケース4にした場合、受信レベルは-39.6dBになり、CAT IIIの現用熊本空港のFFMの受信信号レベルに比べて1.4dBの余裕があることが確認された。

### 2.2.2 空港面構造による進入コースバンドの軽減

広島空港のILSは、現在、CAT Iで運用している。飛行検査の結果、LLZ特性は滑走路末端からB点まで6 $\mu$ Aのコースバンドが生じていることが分かった。この状態はCAT IIIの基準(4.8 $\mu$ A)を満足していない。そこで、夜間実験とシミュレーションにより発生要因の解明と軽減対策の検討を行った。

滑走路中心線からからTWY(タクシーウェイ)-4とTWY-6上を低速走行し、LLZの偏移感度を測定した。

実験結果を図2に示す。TWY-4では、偏移感度直線に数 $\mu$ Aの微小変動であるが、TWY-6では、20~30 $\mu$ Aの大きな変動が生じている。TWY-4方向はターミナルビルディングの前方になるが、TWY-6はターミナルビルディングの斜め横方向となる。従って、TWY-6と滑走路末端からB点の進入コースは、幾何光学的にターミナルビルディングのLLZ反射波の反射領域となる可能性がある。

そこで、ターミナルビルディングの電波障害シミュレーションを行った。解析結果を図2(b)に示す。図に示すように実験値と比べて偏移感度直線に重畳するバンドは赤線の5 $\mu$ Aに減少することが確認された。

## 3. 考察等

### 3.1 人工構造物を利用した電波高度計(RA)用地の電波的特性調査

広島空港のRA用地は、地面が傾斜しているため地面より離れる用地が存在する。この場合のRAの受信電波は、RA用地の人工構造物より直接反射するものと、透過した後、下の地面で反射し再び人工構造物を透過後表面に現れる電波がある。この地面からの電波(マルチパス波)がRA用地からの反射波に重畳して誤差を生じる可能性がある。一般に、RAの送信波と受信波との合成ビート波形の零交差数から高度を測定する場合、電力分布の最大値からほぼ-6dBまでが距離出力に寄与すると考えられる。そこで、今回は各試料より透過した成分が地面で反射して戻り誤差成分についてもシミュレーションによって検討した。

この結果、コンクリート、グレーチング(A1, A3)及びエキスパンドメタル(XS33)はRA用地として有効となった。また、不適当なエキスパンドメタル(XS73)以外の他の試料については、地表面からRA用地までの高さによりRA用地として有効な範囲が異なる結果となった。

### 3.2 LLZ 電波電界に係わる調査

(1) 基本解析プログラムを同一条件とし、広島空港と同様の凸型滑走路を有するCAT IIIの現用熊本空港のFFM受信電界強度を基準として同一条件で解析した。その結果、広島空港のFFMの受信電界強度は、現用熊本空港に比べて1.4dBの余裕があり、凸型滑走路でのFFMの使用が可能であることが確認された。

(2) 夜間実験とシミュレーションとにより、TWY-6と進入コース上のコースバンドがターミナルビルディングの影響であることが確認された。また、飛行検査のコースバンドを地上の偏移感度の変動と比べると1/5倍に

減少する。これは機上受信機の時定数の積分効果によるものである。CATⅢにした場合、コースバンドを一層軽減する必要がある。それには現用の1周波LLZアンテナを、ビーム幅の狭い2周波LLZアンテナに変更する必要がある。2周波LLZアンテナにすれば、図2(b)に示すようにTWY-6の変動が30 $\mu$ Aから5 $\mu$ Aに減少し、機上受信機の時定数を考慮すれば、LLZのコースバンドが現行の6 $\mu$ Aから1～2 $\mu$ Aに低減する。

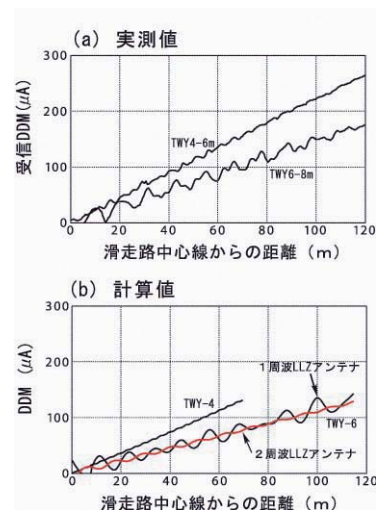


図2 広島空港ターミナルビルの偏位感度特性

参考文献

- (1) 朝倉他：“CATⅢ化に係わる関連施設の電波性能調査”，受託研究報告書，平成15年9月

青森空港高カテゴリー化積雪調査【受託研究／空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部  
 担当者 ○横山尚志 朝倉道弘  
 研究期間 平成15年10月9日～平成16年3月25日

1. はじめに

本調査は、青森空港の高カテゴリー化に不可欠な電波高度計用地、GP反射面及び県道青森浪岡線改良工事区域の電波特性を解明し、除雪の必要性の可否及び除雪の方法を検討・調査するものである。

2. 研究の概要

本研究の研究課題を次に示す。

- (1) 地上実験では、無積雪時と有積雪時の地表面の形状を3Dレーザープロファイラとトータルステーションで計測する。また、誘電率測定装置を用いて積雪面の誘電率の変化を測定する。
- (2) 飛行実験では、電波高度計(RA)とGPデータを取得し、反射面に堆積している積雪の影響を評価する。
- (3) 県道改良工事に伴う滑走路端前方の丘による電波特性を飛行実験により取得し、防雪フェンスのシミュレーションによる解析方法の有効性を確認する。

3. 研究成果

3.1 RA用地とGP反射面の地形調査

3.1.1 RA用地

RA用地は、滑走路端から下がり勾配になっている。この用地に堆積する積雪深は30cmから100cmと用地勾配に反比例しているが、全体に積雪表面が水平になるように吹きだまることが分かった。

3.1.2 GP反射面

無積雪時(11月)に3Dレーザープロファイラとトータルステーションによる地形の計測をした。積雪時(1月, 2月2回)は天候不良のためトータルステーションによる地形の計測のみとなったが、誘電率測定は3回行った。この結果、A地区では10～20cmほど積雪深に凹凸が観測された。また、積雪の層構造は3回の地上実験の結果、2～3層構造になっていることが分かった。図1にGP反射面の雪の誘電率測定状況を示す。



### 3.2 飛行実験

平成15年度は積雪時の2月に2回の飛行実験を行った。

#### 3.2.1 RA に対する積雪の影響



図1 GP 反射面の雪の誘電率測定

平成14年度の無積雪時と今年度の積雪時の飛行実験で取得したRA 指示値の変化を解析したところ、両者に有意な差が生じていないことが分かった。

#### 3.2.2 GP に対する積雪の影響

飛行実験とシミュレーションにより、GP パスにはGP 反射面の地面勾配と積雪の影響が重畳した誤差成分が生じることが分かった。

### 3.3 県道改良区間の電波特性

前方の丘のシミュレーションでは、丘の高さ6mのときのパスバンドの最大振幅は5 $\mu$ A となり、飛行実験結果と計算結果との対照性は概ね良好であった。また、防雪フェンスのGP パスシミュレーションでは、C 地区GP 反射面に積雪があると、パスバンドの振幅が減少することが明らかになった。

### 4. まとめ

RA 用地、GP 反射面及び防雪フェンス等の電波特性について地上実験、飛行実験及びシミュレーションを行った。地上実験4回、飛行実験2回行い、積雪形状と雪質の異なるデータを取得した。

この結果、シミュレーションの有効性が向上すると共に、除雪の方法及び緩和等の提言が可能となった。また、積雪と雪質の長期変化の影響を解明するため、今後、さらにデータの蓄積を図る必要がある。

### 掲載文献

- (1) 横山他：“青森空港高カテゴリー化積雪調査”，受託報告書，平成16年3月

## 徳島空港周辺土地造成事業による VORTAC に与える影響の検証【受託研究／一般勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○山本憲夫  
研究期間 平成15年12月18日～平成16年2月1日

### 1. はじめに

徳島県は、徳島空港臨海部に下水処理施設の建設を計画している。しかし、この施設の周辺にはVOR と TACAN が設置されており、これらからの電波が下水処理施設内の建造物で反射され、VOR 及び TACAN コース情報に誤差が生じる可能性がある。そこで、徳島県はこの施設が徳島VOR 及び TACAN 局のコース情報に与える影響について、予測及び評価を依頼してきた。

電子航法研究所では、20年余りにわたり VOR に関する種々の研究を実施してきた。VOR 局周辺の地物によるコース誤差問題に関しても、電子航法研究所で開発した予測計算法を用いてこれまで多くの事例に対処してきた。

そこで、電子航法開発部では上記の依頼に応じ、下水処理施設内の建造物等が VOR 及び TACAN コースに与える影響について予測計算し、VOR/TACAN の運用規定を

もとにコース誤差が許容範囲内に収まるか否かを評価して、報告することにした。

### 2. 研究内容及び成果

本研究の主な目的は、下水処理施設内の建造物による徳島VOR/TACAN 局のコース誤差予測である。そこで、まずVOR/TACAN 局及び下水処理施設内建造物の設置状況を調べ、電波反射が大きいと予想される建造物の抽出を行った。図1に徳島TACAN 局の外観を示す。次いで、抽出した建造物による電波反射量の計算と、電波反射により引き起こされるVOR/TACAN コース誤差の計算を行った。計算の妥当性を確認するため、類似の配置での実験結果との比較検討を行った。最後に、VOR/TACAN の運用規定と計算されたコース誤差とを比較して、誤差が許容範囲に収まるか否かを判定した。

以上の検討内容を以下の項からなる報告書としてまとめ提出した。

- (1) VOR/TACAN コース情報の発生原理
- (2) 徳島 VOR/TACAN 局及び下水処理施設の配置
  - ・電波障害を引き起こす可能性の高い建造物の抽出
- (3) 建造物による VOR/TACAN 電波の反射量計算
  - ・VOR 局, TACAN 局の垂直面放射特性
  - ・建造物での電波反射
- (4) 反射波による VOR/TACAN コース誤差計算
  - ・局を中心とした周回飛行でのコース誤差
  - ・徳島空港への着陸進入時のコース誤差
- (5) VOR/TACAN 運用規定との比較検討

なお、以上の予測計算には一様幾何光学回折理論及び VOR/TACAN コース計算プログラム等を併用した独自の計算法を利用した。また、実測データとして電波無響室での実験結果等を参照にした。

以上の結果、徳島県が現在計画している下水処理施設内の建造物配置では、一部の範囲で若干のコース変動は発生するが、その変動は VOR/TACAN の運用規定に比べると充分小さいとの結論を得た。

### 3. むすび

徳島空港臨海部で計画されている下水処理施設により徳島 VOR/TACAN 局で発生すると予想されるコース誤差の予測計算を行った。その結果、現在計画されている建造物による VOR/TACAN コース誤差は規定に比べると充分小さいとの結論を得た。

### 掲載文献

- (1) 電子航法研究所 受託研究報告書、「徳島空港周辺土地造成事業による VORTAC に与える影響の検証」平成16年1月



図1 徳島 TACAN 局の外観

## 臨海道路橋の江東 VOR/DME への影響に係る縮尺モデル実験調査【受託研究／一般勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○山本憲夫 米本成人  
研究期間 平成15年12月10日～平成16年3月19日

### 1. はじめに

国土交通省関東地方整備局及び東京都は、東京都大田区城南島と江東区若洲を結ぶ東京港臨海道路の一部として第三航路横断橋（仮称）の建設を計画している。この横断橋の近くには江東 VOR/DME 局があり、横断橋により VOR コースに誤差が生じる恐れがある。

そこで、この横断橋によるコース誤差について電子航法研究所で開発されたシミュレーションプログラムを用いた検討が行われている。しかし、建設が予定される横断橋は、全長約800m、高さ約80mと上記プログラムの適用限界を超えるほど大きいため、同プログラムを用いた計算の精度等を確認する実験を行うこととなった。実験内容は、横断橋による VOR 電波の反射量計測である。横断橋はきわめて大きいため、測定するには縮尺率が大きい模型橋梁が必要である。また、高い周波数での実験に対応できる電波暗

室が必要となる。このため、上記横断橋の縮尺模型を用いた実験及び実験結果の分析支援等の依頼があった。

電子航法研究所では20年余りにわたり VOR に関する種々の研究を実施し、VOR 局周辺の地物による電波反射の測定に関しても多くの実績がある。また、上記の要件を満たす大型電波無響室を有している。そこで、上記依頼に応じることにした。

### 2. 研究内容及び成果

本研究で実施が依頼されている主な項目は以下のとおりである。

- (1) 実験準備
  - ・測定に必要な治具の準備
  - ・測定システム結線、設定
  - ・測定用アンテナ等提供、設置

- ・電波無響室及び付属測定システムの使用法指導
- (2) 電波無響室及び付属測定システムを用いた実験支援
  - ・実験中のトラブル等への対応
  - ・測定パラメータ等の変更
  - ・測定機器の校正等
- (3) 実測データの妥当性評価
- (4) 実験データ分析の支援

図1は、測定で使用した200分の1縮尺模型横断橋の外観である。この横断橋は遠方界測定を行えるよう5分割され、それぞれの部分について電波反射量の測定を行った。測定周波数は23GHz（VORの周波数の200倍）である。測定の結果、橋梁各部分での電波反射は物理光学法による予理論値とほぼ一致し、前述したシミュレーションプログラムによるコース誤差予測は可能であることが分かった。

### 3. むすび

東京港臨海道路の一部として計画されている第三航路横断橋（仮称）により江東VOR/DME局で生じるコース誤差に関する予測計算精度を調べるため、電波無響室で橋梁

の縮尺模型を用いた実験を行った。その結果、従来のシミュレーションプログラムによりコース誤差予測は可能であるとの結論を得た。

なお、この横断橋によるVORコース誤差とその対策に関し討議する「東京港臨海道路電波吸収体検討会」が開催されており（座長 橋本修青山学院大学教授）、電子航法研究所からも委員が参加して検討に協力している。

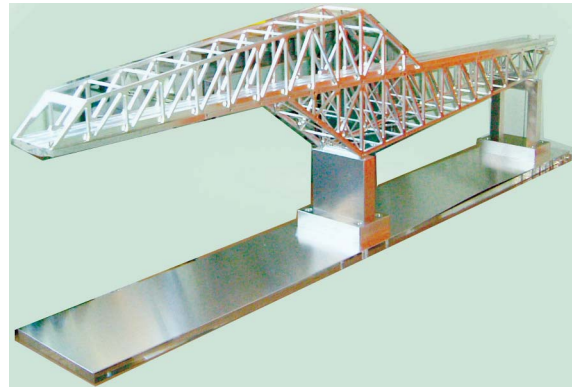


図1 第三航路横断橋の200分の1縮尺模型

## ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究に係る報告書作成等【受託研究／一般勦定】

担 当 部 電子航法開発部  
 担 当 者 ○山本憲夫 米本成人  
 研究期間 平成15年9月5日～平成16年3月31日

### 1. はじめに

防衛技術協会は、防衛庁技術研究本部の委託を受け、一般学術分野の研究の中から先端的な研究分野であり、かつ国内での当該研究の発展が防衛技術を含めた産業界に寄与する領域の技術を抽出してその研究内容の詳細を調査するプログラムを推進している。

防衛技術協会は、電子航法開発部・センシング研究グループで実施している「ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システムに関する研究」及び「ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究」に係わるこれまでの研究発表等から、これらの研究が上記プログラムでの調査対象に相当するとして、これら研究に関する報告書の作成が依頼された。

そこで、上記課題に関するこれまでの研究の経緯、現在の研究内容と成果、今後の計画と残された課題及び諸外国での類似研究の実施状況等について研究内容調査報告書を作成し、防衛技術協会に提出した。また、本研究に関係が深い防衛庁技術研究本部第3研究所を訪問して報告書に基づく講演を行った。

### 2. 研究成果

現在防衛庁技術研究本部で計画している研究プロジェクトの一つに無人機の開発がある。無人機ではその操縦支援のため障害物探知技術の開発は必要不可欠である。防衛技術協会は、この無人機用障害物探知技術の開発及び無人機の操縦支援に当研究所で研究しているヘリコプタ用障害物探知技術に関する知見が活用できる可能性があると評価した。そこで、当研究所で実施してきた研究が活用できる可能性について更に綿密に調査・検討するため、標記報告書の作成が依頼された。

研究内容調査報告書の作成に際して、防衛技術協会から、これまでの研究成果に加え、研究の背景、技術的位置づけ、現在の研究進捗状況、今後の発展性及び諸外国での同種研究の実施状況等を報告するように依頼された。そこで、これらについて詳細に記述した報告書を作成して提出した。

報告書の主な内容は、(1)背景、(2)国内外での研究状況、(3)主要研究項目、(4)実験用障害物探知システムの概要、

(5)赤外線による障害物の探知, (6)ミリ波による障害物探知, (7)ミリ波／赤外線による障害物表示法, (8)結論, 今後の課題, そして(9)文献である。

また, 平成16年2月には無人機の研究, 開発を担当する防衛庁技術研究本部第3研究所を訪問して報告書に基づく講演を行うと共に, 第3研究所の研究者と障害物探知技術に関する討議を行った。さらに, 同研究所内の主要研究施設の見学を行った。

### 3. むすび

防衛技術協会は, 防衛庁技術研究本部で計画中の無人機の操縦支援に活用できる技術の一つとして本研究所で実

施しているヘリコプタ用障害物探知技術を選定し, この研究に関する報告書作成を依頼してきた。

そこで, 研究内容調査報告書を作成し, 防衛技術協会提出した。また, 防衛庁第3研究所を訪問して報告書に基づく講演を行うと共に障害物探知技術に係わる討議等を行った。

### 掲載文献

- (1) 防衛技術協会： 山本憲夫, 「研究内容調査報告書－ミリ波・赤外線による衝突防止技術に関する研究－」平成15年12月

## 国内短縮垂直間隔導入にかかる空域安全性基礎評価委託【受託研究／空港整備勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○長岡 栄 天井 治  
研究期間 平成15年9月3日～平成16年3月19日

### 1. はじめに

短縮垂直間隔 (RVSM) の実施にあたり安全性の事前評価が必要である。通常, RVSM 空域の安全性は数学モデルを用いて推定した衝突危険度で評価される。この衝突危険度 (リスク) は, 高度維持システムの性能に起因する技術的リスクと運用上のエラー等に起因する運用リスクとに大別できる。

わが国でも国内空域に RVSM の導入が計画されている。これに先立ち, 技術的リスクの事前評価を国土交通省航空局 管制保安部より委託を受け以下の調査・研究を行った。

### 2. 研究の概要

本受託研究では, 技術的リスクを評価するため, 先ず飛行計画情報に基づきわが国の国内空域における交通流を調査し, 近接通過頻度を調べた。図1にその計算例を示す。次に SSR のデータを用いて航空機の横方向経路逸脱量の分布を調べた。さらに, これらから推定した近接通過頻度データおよび横方向重畳確率を用い, 他の既存のパラメータ値を参考にして, 衝突危険度のうち技術的リスクの評価を試みた。

これに加えて, 海外の関連機関等に出張し, 衝突危険度の解析手法や RVSM 導入のための安全管理手法等に関する聞き取り調査を行った。この調査のため, ①ユーロコントロール, ②米国 DRVSM セミナー, ③オーストラリ

ア Air Services Australia 社を訪問した。

### 3. 研究の成果

幾つかの仮定の下での, 現在の交通状況下で RVSM を適用した場合の技術的リスクを推定した。その結果, 次のことがわかった。

- (1) 調査対象空域の技術的リスクは  $2.5 \times 10^{-9}$  [件/飛行時間] の目標安全度 (TLS) を満たす。  
(2) 平均値では TLS を満たす ( $1.6 \times 10^{-9}$  [件/飛行時間]) が, 一部に近接通過頻度が TLS を満たさない程度に高い部分がある。  
(3) 交差点についての垂直方向の衝突危険度は全体の 8% 程度である。

上記の(2)項への対策として, 本報告書では①一方通行路, ②飛行方向と FL 割り当ての指定, ③横方向オフセットなどの検討を提案した。また, 今後の課題として以下の勧告をした。

- 1) 上記の(2)項の経路部分について, 報告書中で提案したような方法で TLS を満たす手段を講じることが望ましい。  
2) 今回の解析は飛行計画情報に基づいたが, 今後はレーダ航跡に基づく詳細な調査を行うことが望ましい。  
3) 空域の衝突危険度の評価には運用的リスクの評価が必須である。このための運用エラー等に関するデータ収集をできるだけ早急に開始するべきである。



4) 垂直重畳確率  $P_z(1000)$  の値を推定するために高度維持性能に関するデータを収集することが望ましい。

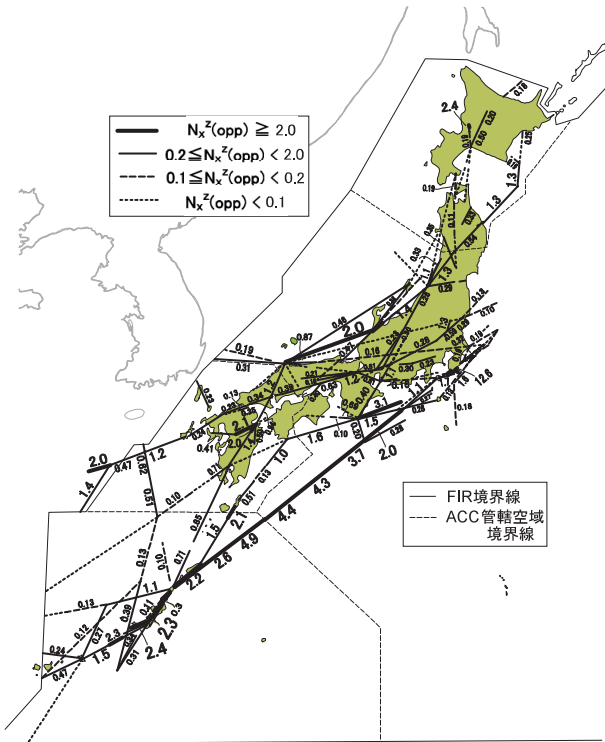


図1 各ルートセグメントの反航近接通過頻度の分布 (近接通過頻度  $N_x^2(opp)$  は衝突危険度の重要なパラメータの一つである。)

海外での調査については、訪問国の関係者からRVSMに関する最新の技術情報を取得できた。これらで得た知見は、今回の解析や問題解決の手法の提示の際に活用した。報告書にはこれらの知見をも纏めてある。

#### 4. まとめ

委託研究の概要を示した。研究の成果は、国土交通省主催のRVSM導入検討会議等における意思決定の参考資料として活用された。

#### 掲載文献

- (1) 長岡, 天井: 国内短縮垂直間隔導入にかかる空域安全性基礎評価委託, 電子航法研究所受託研究報告書, 2004年3月

### 空域安全性管理システムプログラム開発に係る技術支援委託【受託研究/空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部  
 担当者 ○天井 治 長岡 栄  
 研究期間 平成15年12月18日～平成16年3月19日

#### 1. はじめに

2005年6月9日から日本の国内空域において、短縮垂直間隔 (Reduced Vertical Separation Minimum:RVSM) の導入が計画されている。RVSMの実施には、定期的な安全性の評価が必要とされているため、航空局ではこの安全性の評価を行うためのシステムである「空域安全性管理システム」の導入を計画している。

これにあたり、国土交通省 航空局 管制保安部より、空域の安全性を評価するプログラムを開発するための技術的支援の委託を受けた。

#### 2. 研究の概要

通常、RVSM空域の安全性評価は、数学モデルに基づく衝突危険度で評価される。この衝突危険度モデルのパラ

メータのうち、航空機同士の進行方向のすれ違いの頻度を表す近接通過頻度は、航空路や交通流の特性を反映するパラメータである。

今回のシステムでは、近接通過頻度を推定し、他の既存のパラメータ値と併せて衝突危険度を計算することになった。管制間隔研究グループでは、この近接通過頻度を計算するプログラム (8086アセンブリ言語による) を作成してあったため、これを中核にして「空域安全性管理システム」のプログラムを作成することになった。

本研究では、衝突危険度および近接通過頻度、計算システム、プログラムの詳細等の説明を行い、またこれらの関する質問に答える形で技術的支援を行った。

### 3. 研究の成果

以下の技術支援を行った。

- (1) 衝突危険度モデルおよびそのモデル・パラメータの一つである近接通過頻度の概念（図1参照）および計算方法について説明し、質問に答えた。
- (2) 現在、電子航法研究所の管制間隔研究グループにてデータを解析し、空域安全性の評価を行っているシステム（図2参照）について説明し、質問に答えた。
- (3) 近接通過頻度の計算プログラムについて説明し、そのソースコードおよび計算結果の例などを渡し、プログラムの詳しい内容等の質問に答えた。
- (4) 経路の再編による衝突危険度の軽減方法などを説明した。

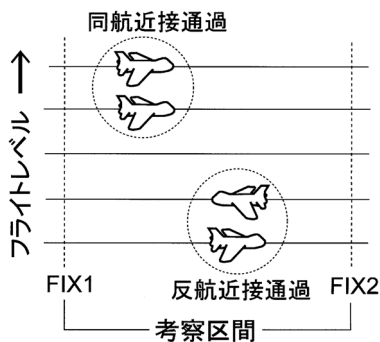


図1 垂直方向の近接通過の概念

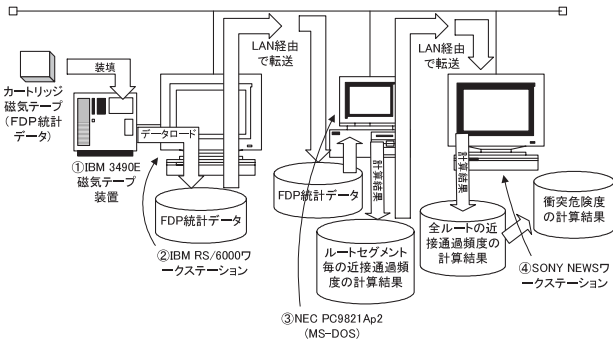


図2 管制間隔研究グループのシステムの構成

### 4. まとめ

委託研究の概要を示した。この成果は「空域安全性管理システム」に反映される予定である。

#### 掲載文献

- (1) 天井, 長岡: 空域安全性管理システムプログラムに係る技術支援委託, 電子航法研究所受託研究報告書, 2004年3月

## 2 航空システム部

### I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成15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. データリンクによる航空機等の監視システム高度化の研究
2. 航空管制用デジタル対空無線システムの研究
3. 統合化データリンク・サービスの研究
4. 高カテゴリー運用が可能な次世代着陸システムの研究
5. 放送型データリンクによる航空機監視の研究
6. 大空港における効率的な運航を確保するための後方乱気流に関する研究
7. 光学的手法を用いた画像処理方式の研究
8. 航空機からのダウンルッキング GPS 掩蔽観測技術の開発研究
9. ASDE デュアルサイト化調査
10. 航空機アドレス監視データ解析調査

1から6の研究は航空局からの要望に基づく重点研究であり、7は基盤研究、8～10は受託研究である。また、経費については、1～7及び9と10は空港整備勘定、8は一般勘定によるものである。

1は全地球的測位システム（GPS）などによる精密測位とデータリンクを利用して空港面および空港周辺における航空機・車両等の移動体を正確かつ効率的に監視するシステムの開発に関する研究である。

2は将来の管制通信量の増加に対処するため、空地間の音声通信をデジタル化し、併せて、データ通信を可能にする次世代のVHF対空通信システム（VDLモード3）の開発に関する研究である。

3は国際民間航空機関（ICAO）で提唱されているセキュリティ等を強化した航空通信ネットワーク（ATN）の実験システムの開発及びそれを用いた通信評価に関する研究である。

4は全地球的航法衛星システム（GNSS）を利用した、高カテゴリー精密進入着陸に適する地上型衛星補強システム（GBAS）の開発に関する研究である。

5は地上ベースの監視、航空交通情報のコックピット表示、空港面監視、レーダ監視の補完およびフリーフライト等の広範な分野で利用される可能性がある新しい監視技術である放送型自動位置情報伝送・監視機能（ADS-B）の開発に関する研究である。

6は大型航空機の主翼から生じる後方乱気流を検出することにより、大型航空機に引き続いて離陸する小型航空機

の安全で効率的な運航を確保することを目的とした研究である。

7は全方位画像情報を取得できる光学センサを用いた移動体監視のための画像処理方式に関する研究である。

8は外部競争的資金の獲得により、平成14年度から3年計画でスタートした研究であり、科学技術振興調整費・先導的研究等の推進において実施される「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の一環として実施している。本研究は、GPS 掩蔽時（GPS が地球に隠れること）に GPS から発射される電波の大気（電離層）伝搬遅延と屈折を計測することによって大気温湿度等を求める手法である GPS 掩蔽法を、航空機から行うためのダウンルッキング GPS 掩蔽観測技術の開発を行い、気象数値予報モデルに同化する観測結果を得ることを目的としている。その波及効果として、新しく開発される電離圏モデルを衛星航法システムに組み込むことにより、航法の精度および信頼性の向上を図ることとしている。

9は東京国際空港の再拡張事業により新設される予定の滑走路を含む全滑走路をカバーするのに必要となる二つの ASDE を同一周波数で運用できるようにする干渉除去技術を開発するための調査を行ったものである。

10は航空機衝突防止装置（ACAS）および二次監視レーダー（SSR）モードSシステムの機能の安全性を維持していくために、航空機アドレス監視装置により収集されたデータを解析することにより、我が国の上空を飛行する航空機のアドレスが適切に設定されているか否かを調査したものである。

### II 試験研究の実施状況

データリンクによる航空機等の監視システム高度化の研究では、マルチチャネル化空港面 ADS 実験システムの効率的基地局運用方式に関する検証実験と、マルチチャネル化空港面 ADS 実験システムに航空機の位置・識別情報等を取り込み航空機と車両を同一の画面上で監視できる統合化システムの性能評価を行った。

航空管制用デジタル対空無線システムの研究では、前年度に引き続き VDL モード3 実験システムの開発を行うとともに、実験システムを用いた空地通信実験、電波干渉実験、音声品質の客観評価実験を実施した。また、次年度の VDL モード3 と ATN ルータの接続実験に備えて、接続用ソフトウェアの開発を行った。

統合型データリンク・サービスの研究では、航空通信網（ATN）を VDL モード3 と接続するため境界型中間システム（BIS）の改修を行うとともに、デジタル・フライト情報業務（DFIS）用の定時気象情報（METAR）データ

ベースを試作した。また、前年度までに試作し ATN 実験システムに実装した ATN セキュリティ機能の動作確認を行った。

高カテゴリー運用が可能な次世代着陸システムの研究では、前年度に引き続き GPS 衛星からの信号の異常を検出する SQM の開発、異機種受信機間の航法精度と有効性などに対する飛行試験、仙台空港内に設置してある GBAS を用いて長期間データを採取し、GBAS の完全性の監視方法の評価および電離層・対流圏遅延などの誤差要因が完全性に及ぼす影響の評価を行った。さらに、誘導誤差を小さくするための GBAS 基準局の GPS アンテナを試作するとともに、GBAS 補強データ生成時間を短縮する改修を行った。

放送型データリンクによる航空機監視の研究では、ADS-B 受信局と送受信局を製作して評価システムを完成させた。その後、これらの評価システムを仙台空港に設置してマルチラテレーションおよび ADS-B の評価試験を実施した。

大空港における効率的な運航を確保するための後方乱気流に関する研究では、前年度に実施した各種調査を基に仕様を定めて後方乱気流検出装置を製作した。製作後、本装置により風速の空間分布を測定できることを確認した。また、仙台空港の滑走路全体が見通せる当所岩沼分室屋上に後方乱気流検出装置を設置することにした。

光学的手法を用いた画像処理方式の研究では、複数のセンサから得られた画像情報より三次元座標系としての物体座標の計算を行わせるプログラムの製作および野外実験等を行った。

航空機からのダウンロード GPS 掩蔽観測技術の開発研究では、前年度に開発した航空機用ダウンロード GPS 受信機と位置速度計測システムを航空機に搭載する

ために、航空機の修理・改造を行うとともに、航空機用ダウンロード GPS 受信機を評価するために、富士山頂からの静止点での GPS 掩蔽観測実験を行い、性能を確認した。その後、飛行実験を実施した。また、航空機高精度位置速度計測システムのソフトウェア開発に着手するとともに、電離層モデルの開発については、プラズマ圏の寄与分などについての研究を行った。

ASDE デュアルサイト化調査では、仙台空港において、当所所有の実験用 ASDE から電波を放射し航空局が設置した実験用 ASDE で受信することにより、同一周波数で二つの ASDE を運用した場合の干渉の影響を調査した。

航空機アドレス監視データ解析調査では、新東京国際空港および関西国際空港に設置された航空機アドレス監視装置により収集されたデータと東京航空交通管制部の飛行情報処理システム (FDP) のジャーナルデータを用いてアドレス等の分析作業を実施し、ICAO 標準に適合しないアドレスの航空機の特定を行った。

### 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

当部が実施している研究の成果は、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、国土交通行政に直接寄与している。

また、次世代航空保安システムに係わる研究では我が国独特の問題もあり、積極的に国際民間航空機関 (ICAO) において評価試験データを公表するなど、国際的な技術基準の検討と策定に貢献している。また、これらの研究成果は電子情報通信学会、日本航海学会及び日本航空宇宙学会等で発表している。

(航空システム部長 藤森武男)

## データリンクによる航空機等の監視システム高度化の研究【重点研究／空港整備勘定】

担当部	航空システム部			
担当者	〇二瓶子朗 加来信之	小松原健史	小瀬木滋★	★電子航法開発部
研究期間	平成11年度～平成15年度			

### 1. はじめに

将来の航空機監視には、レーダに代わって全地球的航法衛星システム (GNSS) などによる精密測位とデータリンクを利用した自動位置情報伝送・監視機能 (ADS) システムを導入することが提案されており、ICAO では、洋上や航空路上で衛星や VHF 帯電波によるデータリンクを利

用した ADS が検討されている。

また、空港周辺と空港面においても、安全性向上と空港の運用効率改善を図るために航空機や車両の監視に ADS の導入が検討されており、二次監視レーダ (SSR) のモード S 拡張スキッタや VHF 帯電波によるデータリンクを利用する方法などが提案されている。



我が国においても、航空交通量の増加と空港の大規模化に対応して、空港周辺および空港面における航空機・車両等の監視機能の改善が望まれているが、これを実現するために導入が検討されている ADS システムについて、データリンク方式や移動体の精密測位システムに関する技術的検討が必要である。また、将来の空港における管制用システムあるいは先進型地上走行誘導管制 (A-SMGC) システムの運用要件、技術要件等を策定するのに必要な技術資料を収集することが要望されている。

本研究は、GNSS による精密測位とデータリンクを使った空港面 ADS システムの開発を行うものであり、大空港で交通量が多い場合や夜間・霧等で視界が悪い時においても空港内を走行する航空機や車両の的確な監視を可能とするシステム開発を目的としている。

## 2. 研究の概要及び成果

研究の第 1 段階として平成 7 年度から 10 年度までの 4 ヶ年計画で実施した「データリンクによる航空機等の監視システムの研究」では、主として車両を監視対象とした空港面 ADS 実験システムの試作と実験を行い、空港内の移動体監視が効果的に行えることを確認した。ここで開発したシステムは、無線データリンクにポーリング方式の 2.4GHz 帯小電力スペクトラム拡散 (SS) 無線を活用した拡散帯域幅が 26MHz 以下の 1 チャンネル対応のものであり、移動体の位置更新レートが 1 回/秒の場合で約 300 台の処理能力を有する。

本研究では、これまでに得られた研究成果をもとに、通信の処理容量の大幅な拡大とメッセージ伝送機能等の充実、航空機の位置・識別情報等を取り込むための航空機用データリンクや管制機器との接続・統合化を図ってより実用性の高い空港面 ADS システムを開発する。

このうち、通信容量の拡大については、平成 11 年 10 月から在来の ISM 無線帯域幅が約 3 倍に拡大されたことを受けて、従来の時分割によるセル型データリンクと周波数分割した通信セルを併用してデータリンクのマルチチャンネル化を図った実験システムを開発する。

また、航空機の位置・識別情報等の取り込みについては、デジタル ASDE との接続、SSR モード S 拡張スキッタや VDL モード 4 などの ADS-B との接続を実現してデータの共有化を図り、航空機と車両が同一の画面上で監視できる統合化された ADS システムの開発を目指す。

本研究は、平成 11 年度から 15 年度までの 5 ヶ年計画で実施しているものであり、平成 15 年度に実施した具体的な研究内容は以下の通りである。

### 2.1 マルチチャンネル対応型データリンク方式の効率的な基地局運用方式に関する検証試験

平成 14 年までに開発した基地局運用方式は、時間と周波数の 2 つの要素の組み合わせによる方式であり、同一チャンネル内は同期方式 (複数の基地局に対して順番にサービス権を与える順次切替え方式)、異なるチャンネル間は非同期方式 (複数の基地局が同時に連続稼働する切替え方式) で運用していた。

平成 15 年度は、平成 14 年度に確認した時間と周波数の 2 つの要素に空間を加えた 3 つの要素によるサービスエリアの設計と、その特徴を生かした制御系の動作確認に主眼を置いて新千歳空港で性能試験を実施した。

実験では、使用する基地局数を 6 局とし、試作装置の基本性能を確認するため、各基地局を単独で運用したときの電波の覆域調査、設置した全基地局 6 局を同時に運用してマルチチャンネル構成 (中心周波数 Ch 1 : 2414MHz, Ch 2 : 2442MHz, Ch 3 : 2470MHz 又は Ch 0 : 2484MHz (旧 ISM バンド)) とした時のシステム性能調査を中心に実施した。さらに、新千歳空港における各基地局の最適なチャンネル割り当てについて実験的検証を行った。

基地局サービスエリアの空間分離特性については、2 つの基地局を同時に連続サービスを行った場合でもサービスエリア間で干渉が発生しない距離を確保することが設定にあたっての必要条件になる。検証試験の結果では、基地局のサービスエリアを空間的に分離するには、基地局の設置距離間隔を 5 km 以上確保することが望ましいが、間に異なるチャンネルの基地局を設定した場合、3 km 程度まで近づけても運用できるケースがあることを確認した。

空間分離特性の結果を踏まえて検証した開始同期方式は、任意の複数の基地局をセットにして同時にサービスを開始する方式であり、セットされた基地局全てのサービスが終了した時点で、次の基地局セットのサービスを開始する。セットする基地局は、周波数の制約が無いため、非常に柔軟な基地局サービスの組合せが可能となり、多数の基地局を制御する場合の効率的な基地局運用が期待できる。

表 1 は、実験で確認した開始同期方式における各基地局のチャンネル設定と開始同期する基地局グループの組合せを示す。最初のグループ (グループ 1) は、チャンネルの異なる 3 つの基地局 1, 2, 5 を選定して、さらに基地局 1 とは空間 (距離) で分離された基地局 6 を加えて、同時に 4 つの基地局をセットにした。次のグループ (グループ 2) では、残った 2 つの基地局 3 と 4 をセットにした。

表1 開始同期方式の基地局チャネル設定と  
基地局グループの組合せ

	グループ1	グループ2
基地局1	Ch1	
基地局2	Ch2	
基地局3		Ch0
基地局4		Ch1
基地局5	Ch0	
基地局6	Ch1	

図1は、航空機の運航が終了した夜の10時半以降に実施された消防車両の夜間走行訓練の航跡記録例を示す。この時の車両台数は、指揮・監督車1台、超大型化学消防車2台、給水車1台、高速化学消防車1台、医療作業車1台、そして実験車両1台の計7台である。

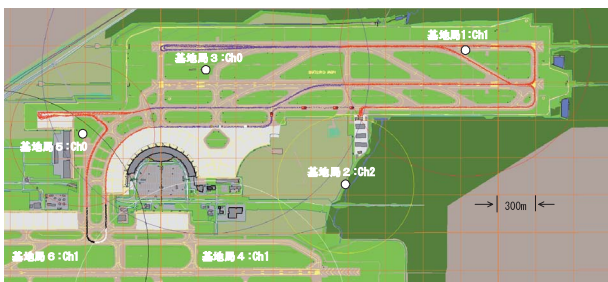


図1 消防車両夜間走行訓練航跡記録例（開始同期方式）

航跡記録例を見て分かるように、データ欠落も無く、各セルの切換えポイントで離脱・加入操作がスムーズに行われていることを確認した。

## 2.2 統合化システムの性能試験

主に車両を監視対象として試作したマルチチャネル化空港面 ADS 実験システムに航空機の位置・識別情報等を取り込んでデータの共有化を図り、航空機と車両が同一の画面上で監視できる統合化システムについて、平成14年度の接続試験結果を踏まえて、接続時の位置精度、表示機能を中心としたユーザインターフェイス等の動作確認を中心に性能評価を行った。

図2は、統合化システムの概略系統図を示す。他のシステムからの航空機位置データは、AUX ゲートウェイを設けて本実験システムに取り込む。

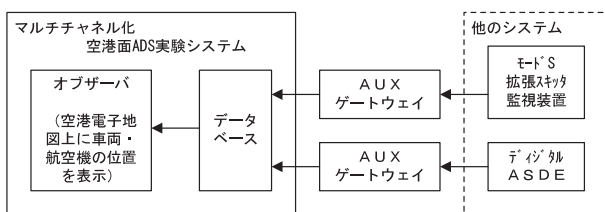


図2 統合化システム概略系統図

図3は、本実験システムとデジタル ASDE 実験装置を接続した統合化システムの航跡記録例を示す。

仙台空港の滑走路及び誘導路の航跡は、当研究所の実験用航空機 B-99 の航跡であり、デジタル ASDE で捕捉した航跡を示す。なお、デジタル ASDE で捕捉した航空機の位置データは、ASDE のアンテナ設置位置を中心とする X-Y 座標のデータであるため、本実験システムの WGS-84 の座標系に座標変換している。この場合、座標系の違い等による位置の合わせ込みが必要となる。

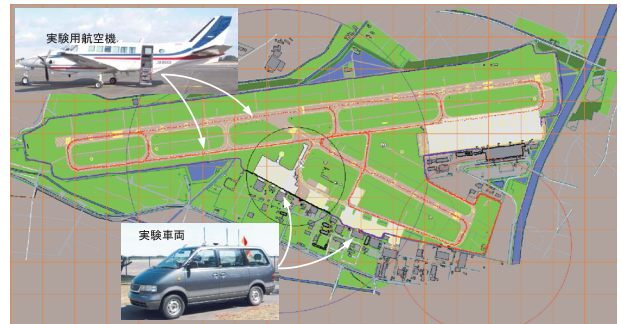


図3 統合化システム航跡記録例

一方、仙台空港内の場周道路の航跡は、マルチチャネル化空港面 ADS 実験システムで取得した実験車両の航跡であり、D-GPS 測位による航跡を示す。移動局車両とデータを交信する基地局数は3局とし、A 滑走路南東側の MLS /AZ シェルタに基地局 M1 (Ch1 : 2414MHz)、電子研エプロン側フェンスに基地局 M2 (Ch2 : 2442MHz)、ASDE 鉄塔に基地局 M3 (Ch3 : 2470MHz)、を仮設した。

また、モード S 拡張スキット監視用実験装置との接続試験も同時に実施し、GPS 受信機で測位した実験用航空機の位置・識別情報等を取り込んで同一の画面上でリアルタイムに監視できることを確認した。

## 3. おわりに

開発したマルチチャネル化空港面 ADS 実験システムの基地局運用方式について、複数の基地局をセットにして同時にサービス開始できる開始同期方式は柔軟な基地局サービスの組合せが可能となり、従来のチャネル間非同期方式に比べて干渉の発生確率も改善され、多数の基地局を制御する場合の効率的な運用を可能とする有効な方式であることを確認した。

また、マルチチャネル化空港面 ADS システムに航空機の位置・識別情報等を取り込む統合化システムについては、デジタル ASDE 実験装置とモード S 拡張スキット監視用実験装置を接続して仙台空港で実験を行い、航空機と車両が同一の画面上でリアルタイムに監視できることを

確認した。

今後の課題として航空機と車両それぞれの監視に適した複数の監視センサーを統合化して相互に補完できる統合型空港面 ADS システムの開発が引き続き必要と考えられる。

また、平成11年度から平成13年度までは、航空局の技術協力の一環として空港内の移動体管理とデータ通信ができる「空港内車両位置情報システム」を試作して新千歳空港に設置し、運用評価を実施して現場の各種業務に対する支援ツールとして有効に活用できる見通しを得ることができた。

#### 掲載文献

- (1) 二瓶, 田中: “空港面自動従属監視システムについて” 日本航海学会 1999年春季研究会 航空宇宙研究会 平成11年 5月
- (2) 二瓶, 田中: “空港面自動従属監視システムの性能評価実験” 第31回電子航法研究所発表会概要, 平成11年 6月
- (3) 二瓶, 田中: “空港面自動従属監視システムについて” 日本航海学会誌, NAVIGATION 第142号 平成11年12月
- (4) 二瓶, 田中: “空港内車両位置情報システムについて” 第32回電子航法研究所発表会概要, 平成12年 6月
- (5) 二瓶, 田中: “空港内車両位置情報システムについて” 日本航海学会 GPS 研究会 GPS シンポジウム2000 平成12年11月
- (6) 二瓶, 田中: “空港内車両位置情報システム” 情報処理学会高度交通システム研究会 高度交通システム (ITS) 2001シンポジウム 平成13年 1月
- (7) 河合, 田中, 二瓶, 藤井: “Introduction of Airport Vehicle Positioning System” ICAO GNSSP-WG/B, Banff, Canada, March, 2001
- (8) 二瓶, 田中: “空港内車両位置情報システムの性能評

価実験” 第 1 回電子航法研究所発表会概要, 平成13年 6月

- (9) 増田, 田中, 二瓶: “Airport Vehicle Positioning System” ICAO AMCP WG/C 3 - WP, Anchorage, USA, October 2001
- (10) 増田, 田中, 二瓶: “Airport Vehicle Positioning System” ICAO AMCP WG/C 7 - WP, Bangkok, Thailand, November 2001
- (11) 二瓶, 田中: “空港内車両位置情報システム” 電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会 SANE 2001-115, pp17-24 2002.1
- (12) 二瓶, 田中: “マルチチャネル化空港面 ADS システムの開発” 第 2 回電子航法研究所発表会講演概要, pp. 71-76, 平成14年 6月
- (13) 二瓶: “空港内車両位置情報システム” 日本工業出版 (株)「検査技術」2002.10 VOL.7 NO.10
- (14) 高橋, 二瓶: “Airport Vehicle Positioning System (Development of Multi-Channel Airport Surface ADS System)” ICAO AMCPWG-C 5 /IP-WP25, Kobe, Japan, October 2002
- (15) 二瓶: “マルチチャネル化空港面 ADS システムの開発” 電子情報通信学会 2003電子情報通信学会総合大会 B-2-37 (p. 296), 2003.3.20
- (16) 二瓶, 加来, 小瀬木: “統合型空港面 ADS システムの開発” 電子情報通信学会 2003電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-2-10, 2003.9.23
- (17) 二瓶: “マルチチャネル化空港面 ADS システムの開発” 電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会 SANE2003-104, pp65-70 2004.1
- (18) 二瓶: “空港面 ADS システムの基地局運用方式について” 第 4 回電子航法研究所発表会概要, 平成16年 6月
- (19) 小松原, 二瓶, 加来, 小瀬木: “統合型空港面 ADS システムの開発” 第 4 回電子航法研究所発表会概要, 平成16年 6月

## 航空管制用デジタル対空無線システムの研究【重点研究／空港整備勘定】

**担当部** 航空システム部  
**担当者** ○加藤 敏 北折 潤 中谷泰欣 塩地 誠★ ★管制システム部  
**研究期間** 平成12年度～平成16年度

### 1. はじめに

陸域を対象とした次世代の航空管制用デジタル対空無線通信システムとして、VDL (VHF デジタルリンク) の開発、実用化が進められている。VDL は、洋上や低密度空域で利用される衛星データリンクとともに、ICAO の CNS /ATM 構想の実現に重要な役割を果たすものである。

VDL としては、現在、モード2、3 及び4 の3方式が ICAO 国際標準として承認済みである。モード2 はデータ通信専用のシステムであり、リアルタイム性や優先処理の点で ATS (航空交通業務) 用としての性能は劣るが、現行 ACARS (空地データリンクシステム) の後継として、航空会社の AOC (運航管理通信) への利用が拡大しつつある。また、欧米の一部地域では、管制通信移管など定型的管制通信へのモード2 の利用が開始されている。モード3 は、音声・データ共用のシステムであり、モード2 に続く将来の ATS 用通信システムとして開発が進められている。モード3 は、世界的に見て、プロトタイプ・モデルでの基本性能の評価、実証をほぼ終了しているが、今後、地上、機上を含む運用機器の開発、運用面での評価が必要とされている。モード4 はモード2 と同様データ通信専用であるが、前二者と異なり、現段階においては ADS-B 等航空機監視用のみに承認されたシステムである。ICAO では、現在、その機能を一般の対空通信にも拡張するための検討が行われている。

### 2. 研究の概要

本研究では、平成12～16年度までの5ヵ年計画で、我が国の航空管制業務に適した VDL の開発を目指し、モード3 を中心とした実験システムの開発、評価等を行う。

VDL モード3 は、現在管制通信に用いられている RCAG (遠隔対空通信施設)、A/G (対空通信施設) 等の音声通信をデジタル化し、また、リアルタイムのデータ通信を可能とする音声・データ通信共用の高性能な航空管制用デジタル通信システムである。本研究においては、ICAO の SARPs に準拠したモード3 実験システム (図1) を製作し、実用化に向けた評価・検証を行う。併せて、システム導入時の電波干渉、通信処理容量、管制通信への適合性など運用面の課題について、室内実験、シミュレーション、管制官評価等を通じて解析、評価する。また、VDL は、

航空通信ネットワーク (ATN) の空地サブネットワークとして機能する必要があるため、VDL モード3 と「統合化データリンク・サービスの研究」で開発中の ATN ルータ (BIS) とを接続し、通信性能を評価する。研究の成果は、我が国における将来の VDL システムの整備、運用に向けた技術データとして活用するとともに、随時 ICAO に提供し、SARPs や技術マニュアルの改善に反映させるなど、国際的貢献を図っていく。

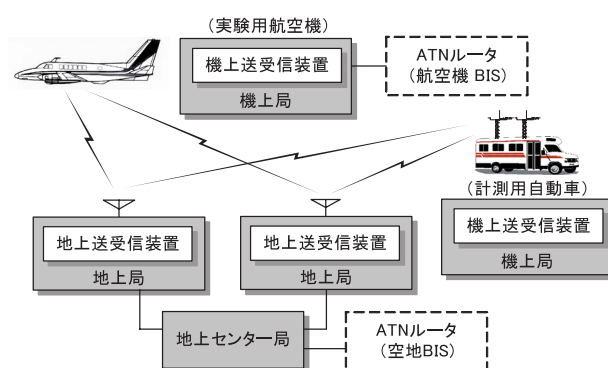


図1 VDL モード3 実験システム構成図

### 3. 研究成果

平成15年度は、全体研究計画に従って、引き続きモード3 実験システムの開発を行うとともに、実験システムを用いた室内及び実験用航空機での空地通信実験、電波干渉実験及び音声通信品質の客観評価試験を行った。また、16年度に予定しているモード3 と ATN ルータの接続実験に備えて、接続用ソフトウェアの開発を行った。

#### 3.1 VDL モード3 実験システムの開発

VDL 実験システムは、図1のように地上・機上各2局（地上1局・機上3局の構成も可能）及びこれらを統括する地上センター局で構成される。図2に実験システムの送受信装置系統図を示す。15年度は、①地上センター局との間でデータ及び制御信号の送受信を行う地上局通信処理部の通信機能、②空地間通信のリンク管理、通信ログ収集等のジャーナル管理、オフラインでのジャーナル収集・変換を行う地上センター局の空地通信機能を開発、製作した。写真1に機上・地上送受信装置、写真2に地上センター局の外観を示す。



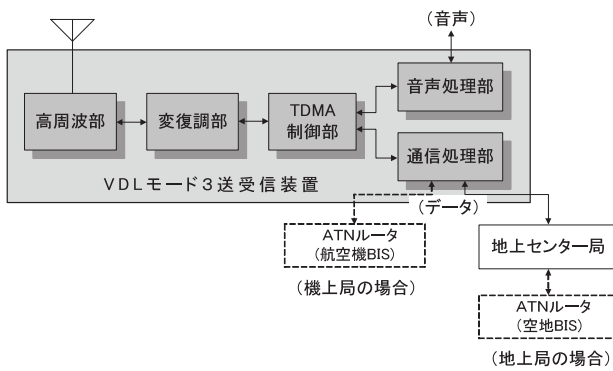


図2 VDLモード3実験システム送受信装置系統図

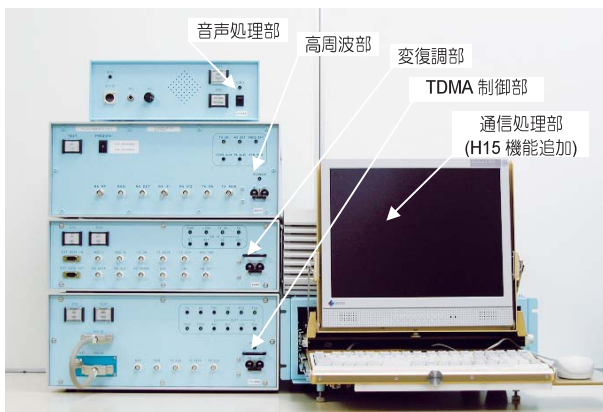


写真1 VDLモード3送受信装置外観



写真2 VDLモード3地上センター局外観

### 3.2 空地通信実験

14年度までに開発した実験システム(写真1)を用いて、システムの電波覆域及びデータ・音声伝送性能についての飛行実験を行った。今回、岩沼分室庁舎屋上に新たに設置した空中線を使用して測定を行った結果、電波覆域 ( $BER \leq 10^{-3}$ を満たす空域)は電波の見通し域のほぼ90%以上となることが確認された。また、1セグメント(62バイト)のメッセージをアップリンク、ダウンリンク双方向で連続的に送信した場合のデータ伝送遅延は、上記電波覆域内に

において、アップリンクで0.4秒程度(95%累計値)、ダウンリンクで1.4秒程度(同)となった。音声伝送実験では、PESQ  $LQ \geq 3.0$ (3.3項参照)となる空域を有効覆域とすると、通常の場合、本空域は上記電波覆域よりも広く、電波の見通し域とほぼ同程度となることが観測された。その他室内実験により、複数機環境における網加入遅延時間や負荷率と遅延量の関係などについて評価した。また、15年度に開発したセンター局(サブネットワーク層に対応)を用いて、種々の通信負荷率でのパケット伝送特性(パケット分割数、送信/確認ウィンドウサイズをパラメータとした)、地上局ハンドオフ時の伝送特性等について、室内、飛行実験による評価を行った。

### 3.3 音声品質の客観評価実験

モード3用ボコーダの評価等において用いた音声品質の主観評価手法は、防音室などの大規模な評価設備を要し、また、十分な評価結果を得るには多数の評価者による統計データが必要となる。近年、当該主観評価値(MOS)を比較的簡単な試験装置で客観的に得ることが可能な音声品質評価手法がいくつか開発されている。今回は、これらの中で、各評価法の長所を取り入れた最良の評価アルゴリズムとされるPESQ(音声品質の知覚的評価-ITU-T勧告P.862)を用いて、モード3デジタル音声の客観的評価を行った。その結果、モード3音声の品質スコアとして、約3.1(スコアは1~4.5の範囲となり、3.0は“Fair”に相当)という値が得られた。同時に行った他システムの評価値との比較では、現行アナログ対空無線が最も優れ、以下、第3世代携帯電話(W-CDMA方式)、モード3、第2世代携帯電話(PDC)の順となった(図3)。また、PESQ試験装置を用いた音声伝送の遅延量の計測では、モード3の遅延量はデジタル携帯電話に比較して25~33%少ない207ms程度となり、モード3の規定値(215ms)を満足した。

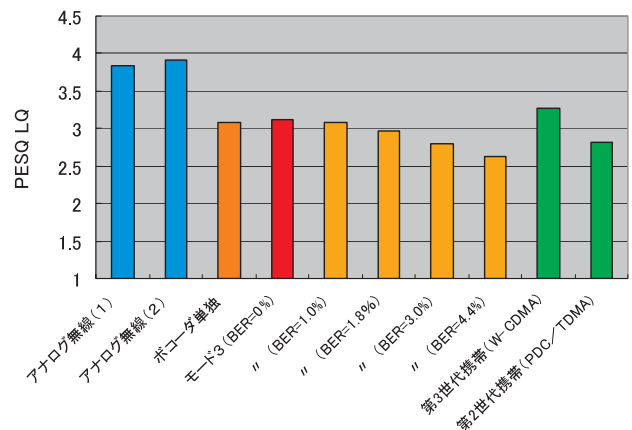


図3 音声品質の客観評価結果

### 3.4 コサイト電波干渉実験

ICAO 等において、同一機内での VDL と現用アナログ無線間の電波干渉（コサイト干渉）が国際的な課題として顕在化してきたことから、これに関して当所実験機を用いた評価実験を行った。コサイト干渉は、妨害波により受信機感度が低下する感度抑圧効果（desensitization）が原因で発生するものである。実験結果は次のとおりとなった。

- ① モード3 からアナログ無線へのコサイト干渉を規定値以下（ $S/P \geq 18\text{dB}$ ）に抑えるためには、両システムのアンテナを機体上・下面で分離使用し、かつ、アナログ無線受信機への希望波入力レベルとして最低  $-75\text{dBm}$  程度が必要である。
- ② モード3 への干渉について規定値（ $BER \leq 10^{-3}$ ）を満足するためには、両システムの周波数を最低  $12\text{MHz}$  程度離隔する必要がある。

上記は、駐機状態など一定の制約下での実験結果であるが、当所実験機クラスの小型航空機では、コサイト干渉がシステム運用に相当程度の影響を及ぼすことが分かる。システム間の電波アイソレーションを比較的大きく取れる大型機では、干渉レベルはより低下するものと考えられるが、完全に回避することは困難であり、今後何らかの運用上の対策が必要となる可能性も考えられる。

### 3.5 シミュレーションによる通信性能評価実験

モード3 導入に際して、システムが対応可能な交通密度、運用上の限界などを明らかにするため、実際に想定される航空交通環境下での伝送遅延、伝送誤り、伝送効率（スループット）などの性能指標を予め明らかにしておく必要がある。これには、通信性能を種々の通信環境下で模擬可能なシミュレーションによる解析、評価が有効である。本年度は、前年度までに開発したモード3 用シミュレーションソフトウェアを用いて、空地単一局間など比較的簡単なシステム構成におけるシミュレーションを行い、実験システムによる評価結果との整合性などについて解析を行った。

### 3.6 ATN ルータとの接続用インターフェイスの開発

16年度に予定している ATN ルータとの接続試験のための接続用ソフトウェアの開発を行った。具体的には、モード3 実験システムが ATN ルータ（航空機 BIS 及び空地 BIS）と接続し、データの送受信や航空機の網加入・網離脱通知を行う機能、ATN ルータが接続された状態で、モード3 のシステム制御、プロトコル制御、ジャーナル管理等を行う機能を開発した。なお今回は、ATN ルータとモード3 間のサブネットワークインターフェイスとしては、定

義された複数のモードのうち比較的簡単な ATN フレームモードを用いた。

## 4. 考察等

本年度は5カ年計画の4年次にあたり、前年度までに開発したモード3 実験システムを用いた通信実験、及び本年度に新たに開発したサブネットワーク層レベルでのパケット通信の実験を行った。実験結果として、電波覆域、伝送遅延も含め、ほぼ関連 ICAO 規定等を満足できる機能、性能が確認できたと言える。音声品質の客観評価では、モード3 は、現用アナログ無線との比較では若干劣るが、伝送速度でモード3 に勝る第2世代携帯電話を上回り、管制業務用に供しうる性能レベルを有することが確認された。コサイト干渉については当所実験機での干渉発生状況の解析及び ICAO への報告を行ったが、国際的には、今後、さらに汎用性の高い干渉解析、対応策の検討などが必要になるものと考えられる。サブネットワーク層でのパケット通信実験では、ハンドオフ時などにパケット転送の滞留が見られ、今後、通信フロー制御の改善が必要と考えられる。

16年度は、研究の最終年度に当たる。本年度の評価を踏まえた実験システムの改良と最終フェーズの飛行実験、管制官による運用評価実験等を計画している。また、15年度に開発した ATN 接続機能を用いたエンド・ツー・エンドでの通信性能実験を行う予定である。さらに、米連邦航空局（FAA）のモード3 システムとの間で、インターオペラビリティ実験を行い、システムの国際的な相互運用性について確認することとしている。ICAO に対しては、15年度にも一部通信プロトコルの不具合とその解決策を提案し、今後これに沿った国際基準の改正が予定されているが、今後とも、研究の成果を積極的に発信し、国際基準改定などに貢献していくこととしたい。

## 掲載文献

- (1) 北折, 中谷, 加藤, 塩地, 津田: 「VDL モード3 の電波干渉実験」, 電子航法研究所研究発表会, 平成15年6月
- (2) 中谷, 北折, 加藤, 塩地, 津田: 「VDL モード3 実験システムの開発」, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 平成15年9月
- (3) Y. Nakatani: “Research and Development of VDL Mode 3 System”, FAA テクニカルセンター発表, 平成15年11月
- (4) S. Kato: “Development and Evaluation of VDL Mode 3 in Japan”, ICAO AMCP WG-M8/WP-16, 平成15年11月



- (5) Y. Nakatani: “Co-site Radio Interference between DSB-AM and VDL Mode 3”, ICAO AMCP WG-B 16/WP-12, 平成16年1月
- (6) 北折, 中谷, 加藤, 塩地, 津田: 「VHF デジタルリンクモード3システムの基礎実験」, 電子航法研究所報

- 告, 平成16年1月
- (7) 加藤: 「電子航法研究所における VDL モード3の開発・評価について」, 航空振興財団情報処理方式小委員会, 平成16年2月

## 統合化データリンク・サービスの研究【重点研究/空港整備勘定】

担当部 航空システム部  
 担当者 ○板野 賢 塩見格一★ ★管制システム部  
 研究期間 平成13年度～平成16年度

### 1. はじめに

ATN (航空通信網) は, 従来個別に行われていた航空におけるデータ通信をビット指向型のデータ通信に統一し, 航空通信用のインターネットを構築して行くものである。

ATN の SARP s (標準化及び勧告方式) は, コアパート (第10付属書の改定部分) と Doc. 9705 と呼ばれる技術書で構成されている。当所では1996年版の Doc. 9705 に沿って実験システムを構築し海外の試験機関との接続実験などによって, ATN 用のアプリケーション, プロトコルおよび IS (中間システム) 等の開発ならびに評価・検証を行ってきた<sup>[1,2]</sup>。

本研究では, 2000年の SARP s 改訂に対応し, 「ATN セキュリティ」の開発と空対地アプリケーションの一つである DFIS (デジタル・フライト情報業務) の開発を行うと共に, 当所で試作・開発されている VDL モード3実験システムを用いた ATN の実証的な通信実験を行う予定である。本年度は VDL モード3実験システムと ATN 実験システムを接続するため BIS (境界型中間システム) の改修を行うと共に DFIS 用の METAR データベースを試作した。

### 2. 研究の概要

本研究では, 2000年の ATN-SARP s 改訂に対応し, 「ATN セキュリティ」の開発と空対地アプリケーションの一つである DFIS (デジタル・フライト情報業務) の開発を行うと共に, 当所で試作・開発されている VDL モード3実験システムを用いた ATN の実証的な通信実験を行う。

「ATN セキュリティ」は, 楕円関数暗号に基づく公開鍵基盤を用いて, エンド-エンドでの通信およびドメイン間での経路情報の交換の安全性を確保するもので, 平成14

年度までに試作し ATN 実験システム (通称 EAST) に実装した<sup>[3]</sup>。本年度はこの動作確認を行った。

「VDL モード3実験システムを用いた ATN の実証的な通信実験」では, 試作中の VDL モード3実験システムを用いて, エンド-エンド間での CPDLC (管制官・パイロット間データリンク通信) などの ATN アプリケーションの通信性能評価を行う。その際, 先に述べた「ATN セキュリティ」の有無に応じた評価も行う。この通信実験は平成16年度に行う。本年度は, VDL モード3実験システムと EAST を接続するため, BIS の改修を行った。

VDL モード3は VHF 帯の無線を用いて通信を行う。一方, 空対地 BIS は X.25 というプロトコルを用いて VDL など空対地サブネットワークと接続する。X.25 は本来公衆回線などで用いるプロトコルであるので, そのままでは空対地 BIS はいつ航空機と通信を始めたり (接続), 航空機が無線の圏外に出たので通信を終えて (切断) いいのかが分からない。VDL 側からの通報が必要になる。VDL との接続では, ジョイン (航空機が VDL サブネットワークに参加した) とリープ (航空機が VDL サブネットワークから離脱した) というイベント情報を VDL から BIS が受け取ることでこの制御を行う。本年度はこの改修を行い, 動作確認のため試験を行った。試験結果は概ね良好であった。

「DFIS」は ATIS (空港情報) や METAR (定時気象情報) などを航空機がデータ通信で入手するための空対地アプリケーションである。DFIS アプリケーションと ATIS データベースの試作は昨年度終えた。本年度は METAR データベースを試作し, 全体の動作確認を行った。

### 3. 研究の成果

図1に VDL モード3サブネットワークの地上システムの構成を示す。VDL は無線の部分を除くと, RIU (Radio

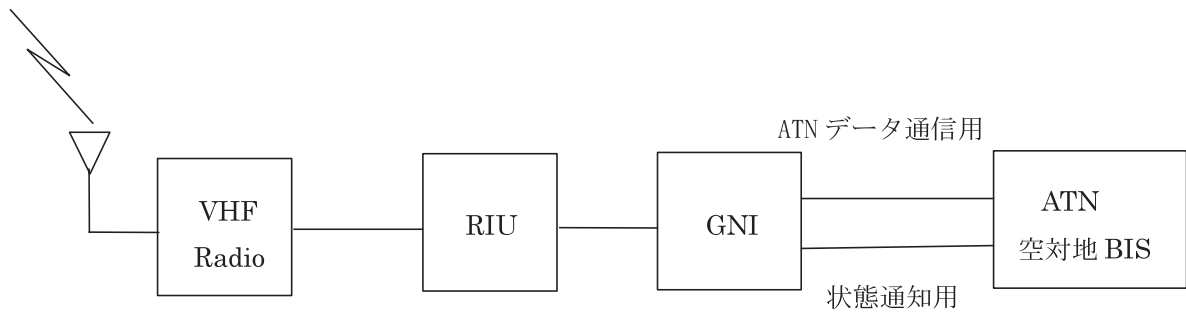


図1 VDLサブネットワーク地上システム構成

interface unit) と GNI (Ground network interface) で構成される。ATN の空対地 BIS は GNI に接続される。BIS から GNI に送受される ATN のデータ (CPDLC などの通信メッセージや BIS 間の経路情報など) は図1の ATN データ通信用の回線で送受信される。ジョインおよびリープの状態通知も、この回線を通して BIS と GNI 間で ATN の情報として送受信することは可能であるが、GNI 側に ATN-OSI プロトコル・スタックが必要になるなど問題が多い。

状態通知の実現方法については、ATN SARP や VDL SARP では特に規定されていないため、VDL GNI や空対地 BIS のベンダ毎にその実現方法は異なってくる。そこで、現実的で実現性の高い方法として、状態通知用の回線を新設し Ethernet を介した TCP/IP プロトコルを使ったソケット通信を用いて状態通知を行う。

図2は VDL を用いた ATN の評価実験システムの構成図である。来年度行う予定の実際の評価実験では、AP サーバと機上シミュレータ間で VDL Mode 3 評価実験装置を介して CPDLC などの通信性能評価を行う。本年度は、BIS の改修を行ったので VDL Mode 3 評価実験装置を介して BIS 間のリンク確立が正常に行えるかどうか確認した。試験結果は概ね良好であった。しかし、ベンダ間の解釈の相違で、X.25 に一部不具合が見られたが、これについては本実験までに改修する。

また、リープとジョイン・イベントが連続して発生する（電波の受信状態が悪い時などに起こる可能性が高い）場合には、BIS 間の再接続がうまく行われない不具合が見られた。これは、BIS がリープ・イベントを受け、切断処理中に同じ相手のジョイン・イベントを受けても処理できないことによる。この対策には、VDL 側または BIS 側でイベント情報をバッファリングする必要がある。現状では BIS の切断応答に対するホールディング・タイマを短く設定する以外に方法がない。なお、VDL または BIS の再改修を行うにしても、この現象の解決には実際の航空機実験による検証が必要であり、試作機を地上環境で試験する本

研究環境では再現性がなく対応できない。

「ATN セキュリティ」の試作・実装の概要は、昨年度の業務報告で述べた。本年度は、所内での動作確認を引き続き行い結果は良好であった。本件の国際実験などは平成16年度を予定している。

「DFIS」の試作・開発は本年度までにはほぼ終了した。DFIS は分散型のデータベースの作成・検索を伴うアプリケーションであるが、航空機との通信アプリケーションとしては ADS などと同等な最も単純な通信手順を持つアプリケーションである。また、CPDLC ほどの通報の緊急性は求められないので、導入も CPDLC に比べて容易と予想される。

#### 4. まとめ

本年度は、平成16年度に行う「VDL モード3 実験システムを用いた ATN の実証的な通信実験」のため、BIS の改修を行い動作試験を行った。試験結果は概ね良好であり、一部不具合も見られたが本実験までに改修可能である。本実験では、この研究で試作開発した DFIS や CM などのアプリケーションの通信性能評価をセキュリティの有無に応じて行いたい。また、すでに実施している擬似 AMSS を用いた通信実験<sup>[4]</sup>との比較を行いたい。

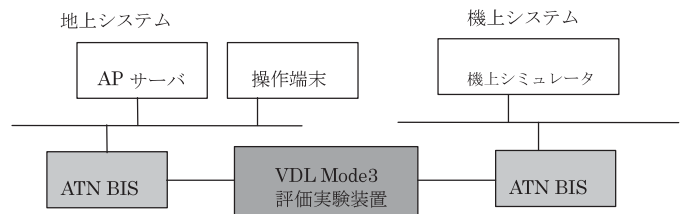


図2 ATN の評価実験システム構成図

また、平成16年度には FAA との国際実験が予定されている。この実験は VDL モード3 の互換性・相互接続性を検証することが主目的であるが、VDL モード3 を介した ATN の接続実験も行う予定である。

## 参考文献

- [1] 板野賢, 塩見格一: “ATNの国際接続実験について”, 第31回電子航法研究所発表会概要, 平成11年6月
- [2] 板野賢, 塩見格一: “ATNの国際接続実験について(その2)”, 第32回電子航法研究所発表会概要, 平成12年6月

- [3] 板野賢, 塩見格一: “ATNのセキュリティ”, 第35回電子航法研究所発表会概要, 平成15年6月
- [4] 板野賢, 塩見格一, 藤田光鉦: “擬似衛星サブネットワークを用いたATN実験”, 第33回電子航法研究所発表会概要, 平成13年6月

## 高カテゴリー運用が可能な次世代着陸システムの研究【重点研究/空港整備勘定】

担 当 部 航空システム部  
担 当 者 ○藤井直樹 福島荘之介 齊藤真二 吉原貴之  
研究期間 平成13年度～16年度

### 1. はじめに

次世代の航法システムである全地球的航法衛星システム(GNSS)を航空機の航法に導入するため, ICAO(国際民間航空機関)は, SARPs(国際標準および勧告方式)を策定するための全地球的航法衛星システムパネル(GNSSP)を設置し, 技術的な問題を検討している。GNSSを航空機の高カテゴリー進入着陸システムに使用するためには, 高い精度(Accuracy), 高い完全性(Integrity)及び十分なサービスの継続性(Continuity)と有用性(Availability)が要求され, それを満たすためには地上からGNSSを補強する信号を放送するシステムであるGBAS(Ground Based Augmentation System)の構築が必要とされている。そのための検討がICAOのGNSSP作業部会B(WG-B)において, 運用要件の策定を検討する作業部会Aとともに行われている。1999年(平成11年)4月に開かれた第3回パネル会議で, 航空路, ターミナル空域からカテゴリーI進入着陸までに対するSARPs案が採択され, 検証作業の中で内容に一部変更があったものの2001年(平成13年)11月1日に発効した。ICAOでは引き続き, 2007年(平成19年)のカテゴリーII, IIIに対するSARPs案の策定を目指して検討を行っている。

当所では, 我が国の国土条件に合致する高精度の精密進入着陸システムの導入に向けた開発・評価を早急に進める必要があるため, 国際標準案に準じたシステムの要素の研究開発と評価・検証を行い, ICAOにおける国際標準策定および検証作業への寄与, 並びに我が国における実用化システムへの問題点の整理を行うため, この研究に着手した。

### 2. 研究の概要

カテゴリーII, III運用に対応する高カテゴリーGBASは, カテゴリーIのGBASより高い精度と完全性と有効性が要求される。完全性とは, 事故につながる重大な間違った情報(HMI: Hazardously Misleading Information)を送らないシステムの信頼性を示している。GBASは, 地上からの補強信号と衛星からの信号を機上で受信して測位処理を行っているために, 機上の誘導誤差を地上では監視できない。同様に, 機上は自分の正確な位置が判らないために誘導誤差を監視できない。そのために, この完全性を高く保つためには, 少しでも間違った誘導情報がでる可能性が高くなったとき, 機上でシステムを使わないという決定を行う。この場合, いつでも使えるというシステムの有効性が, 完全性のために犠牲になる。このように完全性と有効性は表裏一体の関係にある。そこで, 高カテゴリーのGBASを開発するためには, システムの誘導精度と信頼性を上げるとともに, 誘導誤差を生じる要因を明らかにし, その影響の度合いを把握し, その兆候を素早く検知する必要がある。

本研究は, 平成8年から12年まで行った「ハイインテグリティ・ディファレンシャル方式の研究」の成果を踏まえ, 高カテゴリーのGBASを開発するため, 誘導信号の精度を向上させるとともに誘導誤差を生じる要因を分類し, その予測方法と兆候を検知する方法を確立することを目的としている。GBASの誘導信号の精度を向上させるために, 基準局のGNSSアンテナの改良と補強データ処理ソフトウェアの機能向上を行う。誘導誤差要素の分析検知方法を確立する研究としては, 誘導誤差要素として知られているGNSS電波の電離層および大気圏遅延特性のGBASに及ぼす影響の分析とGNSS衛星からの信号の異常を検出するGPS信号品質監視装置(SQM: Signal Qual-

ity Monitor) の開発を行うこととしている。

平成15年度は、14年に引き続き GPS 衛星からの信号の異常を検出する SQM の開発、異機種受信機間の航法精度と有効性などに対する飛行試験、仙台空港内に設置してある GBAS を用いて長期間データを採取し、GBAS の完全性の監視方法の評価および電離層・対流圏遅延などの誤差要因が完全性に及ぼす影響の評価を行った。さらに、誘導誤差を小さくするための GBAS 基準局の GPS アンテナを試作するとともに、GBAS 補強データ生成時間を短縮する改修を行った。

SQM の開発においては、歪んだ信号を検出するアルゴリズムを開発するために、擬似的な GPS 衛星からの歪んだ信号波形を SQM で受信するために、任意波形発生装置とベクトルジェネレータを用い信号を発生させ、SQM に GPS データを受信しなくても信号追尾を行うような改修を行った。ICAO で決められた典型的な脅威モデルの信号を受信した相関器出力波形を図1に示す。また、電気通信大学との共同研究による電気通信大学菅平宇宙電波観測所において、純粋な GPS 信号のパラボラアンテナによる観測、および東京海洋大学との共同研究などでマルチパスの影響による GPS 信号の観測も行った。これらのデータを基に、GPS 衛星が故障を検知するアルゴリズムの開発を行っていく。

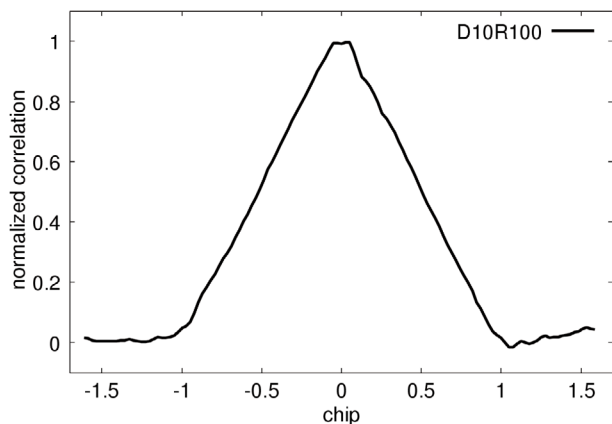


図1：脅威モデルの信号による受信相関器出力波形の例

飛行実験については、10月に2週間と2月に1週間の2回行った。異機種受信機間の航法精度と有効性などに対する、地上 GPS 受信機と機上 GPS 受信機の相関器タイプが異なる機種による互換性に関する飛行実験結果は、航法精度においては、垂直精度 ( $2\sigma$  値) で0.85mと1.3mになり、約50%の劣化がみられたが、有効性に対しては大きな差は無かった。また、警告時間に対する評価では、今までの伝送時間が1.7秒程度かかっていたものが、GBAS データ処理装置を改修した結果、0.8秒程度に大幅に短縮され

た。

GBAS の完全性の監視方法に関する研究では、仙台空港内に設置した GBAS 基準局および監視局を使い、GPS 受信データを常時収録しており、監視局では測位結果、プロテクションレベルなどの記録を行っている。また、このデータを用いて、条件を変えてのシミュレーション計算も可能であり、誤差分布とプロテクションレベルの関係などの解析を行い、擬似距離補正值の誤差分布、誤差分布を手法、モニターアルゴリズムなどの検討を行っていく。

電離層・対流圏遅延が GBAS の完全性に及ぼす影響の評価については、電離層遅延の空間変動を調査するため、京都大学から国土地理院電子基準点 (GEONET) を用いた GPS 衛星視線方向の電離層遅延解析データ (TEC データ・ベース) の提供を受け、GBAS に与える日本上空の電離層遅延変動、とりわけ数10km 以内の局所的な空間遅延変動を2001年の1年分について統計解析した。その結果、日本上空の電離層電子密度分布を反映する季節変動と変動特性が見られた。今後は、経年変化、地域性を考慮した解析への展開を行い、GBAS に対するリスク評価手法を検討する。さらに影響の大きい、プラズマ・バブルによる電離層遅延の急激な時間変化の影響を調査するため、平成16年3月に沖縄で観測実験を行なった。取得したデータは今後解析を行なう予定である。

新たに試作した基準局用 GPS アンテナは、地上反射を押さえるために21素子のアレイアンテナを採用し、シャープカットオフ特性 2.0dB/deg. を持っている。今後、仙台空港における実験を通じデータを計測し、改良を加えていく予定である。

### 3. まとめ

本研究において、次世代の航法システムである GNSS を用いて、航空機の進入着陸時に使用される高カテゴリー対応の GBAS の要素技術の確立に向けての技術的な検討、評価、開発を行っているが、高カテゴリー GBAS に要求されている高い有効性、高い完全性及び十分なサービスの連続性の要件を満たすには、今後とも、さまざまな観点からの検討が必要である。

当所としても ICAO の動向を注視しつつ、我が国独自の問題を考慮し、最適な GBAS の構築のために研究を進めていく予定である。

### 掲載文献

- (1) N. Fujii, J. Imamura : "Status of GBAS Development Activity in Japan", ICAO NSP WG-1, Canberra, Nov. 2003 電子航法研究所報告1件

- (2) 齊藤真二, 福島荘之介, 藤井直樹: “地上補強型衛星航法システムのVHF補強情報伝送試験”, 電子航法研究所報告 No.109, 平成16年1月
- (3) 齊藤真二, 福島荘之介, 吉原貴之, 藤井直樹: “GPS信号品質監視装置における以上信号検出”, 電子航法研究所発表会(第4回), 平成16年6月
- (4) 福島荘之介, 齊藤真二, 藤井直樹, 須賀秀一, 角田寛人: “広帯域パルス擬似衛星の測位性能評価”, 電子情報通信学会論文誌(B), Vol. J87-B, No. 2, pp. 265-273, 平成16年1月
- (5) 齊藤真二, 福島荘之介, 吉原貴之, 藤井直樹: “地上補強型衛星航法システムの飛行実験による性能評価” 電子情報通信学会論文誌(B) Vol. J87-B, No. 4, 平成16年3月
- (6) 齊藤真二, 福島荘之介, 吉原貴之, 藤井直樹, 冨澤一郎: “衛星追尾システムを用いたGPS信号品質試験観測”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 平成15年9月
- (7) 福島荘之介, 吉原貴之, 須賀秀一, 角田寛人: “空港擬似衛星の対流圏遅延モデル評価”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 平成15年9月
- (8) 藤井直樹, 齊藤真二, 河合雅人, 橋本豊雄, 中尾宏幸: “A Real-Time GPS/SBAS Time-divided-Multi-Signal Quality Monitoring Receiver,” ION-GNSS, Portland, OR, September 2003
- (9) 吉原貴之, 藤井直樹, 齊藤昭則: “A Study of the Ionospheric Effect on GBAS (Ground-Based Augmentation System) Using Nation-Wide GPS Network in Japan”, ION-NTM, San Diego CA., January 2004

## 放送型データリンクによる航空機監視の研究【重点研究/空港整備勘定】

担 当 部 航空システム部  
 担 当 者 ○三吉 襄 宮崎裕己  
 研究期間 平成13年度～平成17年度

### 1. はじめに

安全性確保のもとに航空需要の増大に対処するには、従来の地上からの監視を空地間の協調的監視に発展させることが有効であり、空地間の情報共有を可能とする監視方式の開発が要望されている。ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) は、航空機や車両が衛星航法システム (GNSS) を利用して取得した位置や速度、識別符号、および意図する進路等の情報を放送型データリンクにより送信するもので、地上の管制システムに加え、周囲を飛行する航空機にも正確な監視情報を提供できる。このため、管制官とパイロットによる情報共有が可能となることから、ADS-Bは協調型の航空交通管理 (ATM) を促進する将来の監視システムとして導入が要望されている。一方、空港面監視は、悪天候下で安全性の低下と遅延の増大を引き起こして交通容量拡大を制約しており、早期の改善が望まれている。これら両者の要望を解決できるシステムとして、補完設備にマルチラテレーション機能を有したADS-Bが提案されており、米欧を中心としてマルチラテレーションとADS-B等の検証実験が進められている。

### 2. 研究の概要

本研究では、平成13年度からの5カ年計画でADS-B評価システムを整備し、監視機能および性能の評価試験を行い、我が国の環境に適したADS-Bを開発してADS-B技術の確立を目指す。また、本研究の成果は国際航空民間機構 (ICAO) や学会等に随時提出して、研究成果の活用を図っていく。

#### 2.1 データリンクメディア

ADS-Bのデータリンクメディアには、モードS拡張スキッタ、VDLモード4、UATの3方式が提案されている。モードS拡張スキッタは、二次監視レーダ (SSR) モードSと同じ周波数、信号形式が用いられており、上記3方式のなかで唯一国際的に周波数が割り当てられている。加えて、すでにモードSトランスポンダの搭載が進んでいることもあり、ADS-Bのデータリンクメディアとして有望視されている。これらを考慮して、本研究ではモードS拡張スキッタ方式によるADS-Bを評価することとした。この拡張スキッタ方式は、ICAOにおいて初期のADS-Bデータリンクメディアとして勧告された。



## 2.2 補完設備

ADS-Bは、航空機監視に機上の航法データを使用するため、機上装置やGNSSの障害対策が指摘されている。これに加えて、全ての航空機がADS-B化されるまでの遷移期の対応も必要である。このため、ADS-Bはマルチラレーションなど他の補完設備と組み合わせたシステムが提案されている。図1にマルチラレーションの測位原理を示す。マルチラレーションは、航空機からの信号を3局以上の受信局で受信し、受信時刻差からターゲットの位置を測定する監視方式である。悪天候下での性能劣化等の問題が少なく、空港面でレーダがカバーできない領域の監視に有効である。現在、空港面探知レーダ(ASDE)と組み合わせた空港面監視システムが諸外国で導入もしくは評価されている。本研究では補完設備としてマルチラレーション機能を有するADS-Bシステムを開発する。

## 2.3 評価システム

評価システムは、5局(受信局3局、送受信局2局)のリモート局、処理サイト(ターゲット処理装置、モニタ装置)、基準送信局、および実験用移動局から構成される。リモート局と処理サイト間のデータ転送は無線LANを利用する。表1に評価システムの主要仕様を示す。

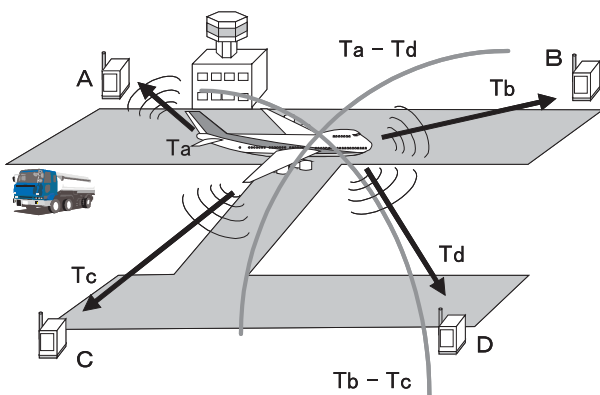


図1 マルチラレーションの測位原理

## 2.4 評価試験

空港面とターミナルエリアでADS-Bおよびマルチラレーションの評価試験を行い、測位精度、検出率とレポート更新レート、覆域、処理容量等について、我が国の運用環境において、航空無線技術委員会(RTCA)やヨーロッパ民間航空用装置製造者機構(EUROCAE)の最小性能要件(MOPS)等への適合性を確認する。また試験結果から、リモート局の配置や処理パラメータ設定の最適化、マルチパスやブラインドスポット対策の検討を進める。

## 3. 研究成果

平成15年度は、ADS-B受信局と送受信局を各一局製作して評価システムを完成させ、評価システムを仙台空港に設置した。設置調整完了後、マルチラレーションおよびADS-Bの評価試験を実施した。評価試験の結果等については、ICAO SCRSP WG会議、電子情報通信学会等において報告した。具体的な研究内容は以下のとおりである。

表1 評価システムの主要仕様

処理容量	300機(平均応答率1Hz時)
覆域	20NM(アンテナ平均利得6dBi時)
送信	周波数:1030MHz、出力:250W
受信	周波数:1090MHz、MTL:-74dBm
移動局送信	周波数:1090MHz、出力:400W

### 3.1 ADS-B受信局と送受信局の製作

空港面の評価対象エリアに対して安定したマルチラレーション監視を提供するために、昨年度に引き続きADS-B受信局と送受信局を各一局製作して、評価システムのリモート局を5局構成とした。受信局および送受信局の仕様は昨年度製作と同様である。

### 3.2 地上評価システムの設置調整

図2に仙台空港における評価システムの配置および設置状況を示す。リモート局数の制限から、監視エリアはB滑走路とその誘導路を対象として、各リモート局はB滑走路を囲む形に配置した。設置調整完了後、東北総合通信局による無線局検査を受験して、これに合格した。

### 3.3 ADS-Bとマルチラレーションの評価試験

評価試験は、マルチラレーションについては基礎試験、空港面試験、および空港近傍での試験を実施した。基礎試験では、評価システムのマルチラレーション機能が正常に動作することを確認した。空港面試験では、試験を効率的に実施するために実験用移動局を車両に搭載して実施した。図3にマルチラレーションによる追尾処理後の航跡例を示す。試験の結果、対象エリア全域に対して監視が行われていることを確認した。データの解析結果として、図4に誤差分布、表2にEUROCAEマルチラレーションMOPSとの比較を示す。同MOPSへの適合性を検証した結果、99%確率の測位精度を除き満足することを確認した。99%測位精度は大きい誤差1%分を除くことで8.3mに改善されることから、最大誤差を減らすことにより規格を満たすことが可能である。



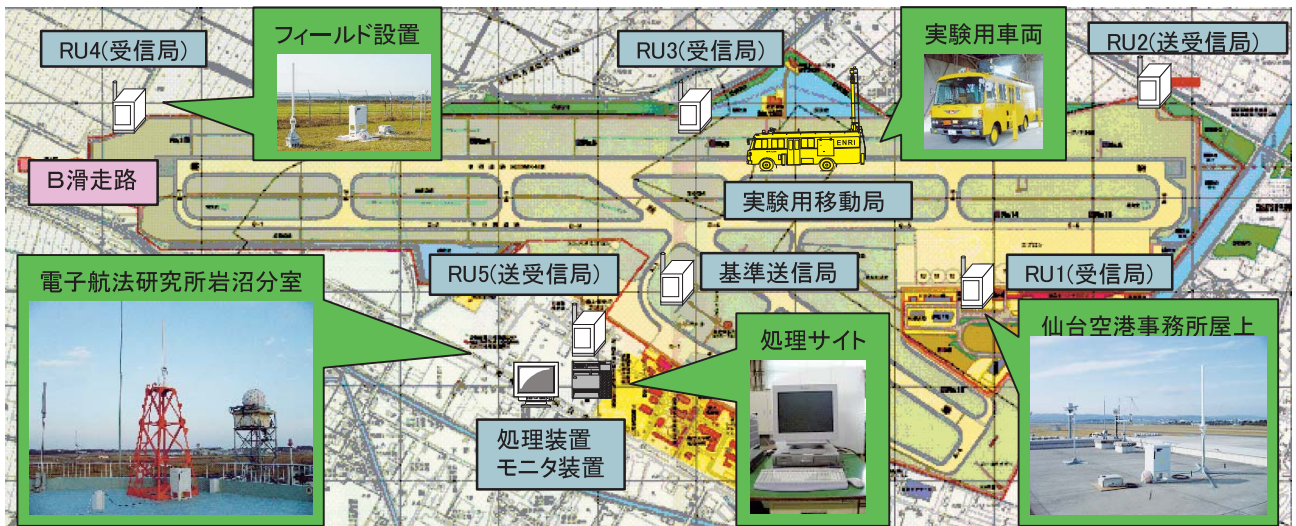


図2 仙台空港における評価システムの配置と設置状況

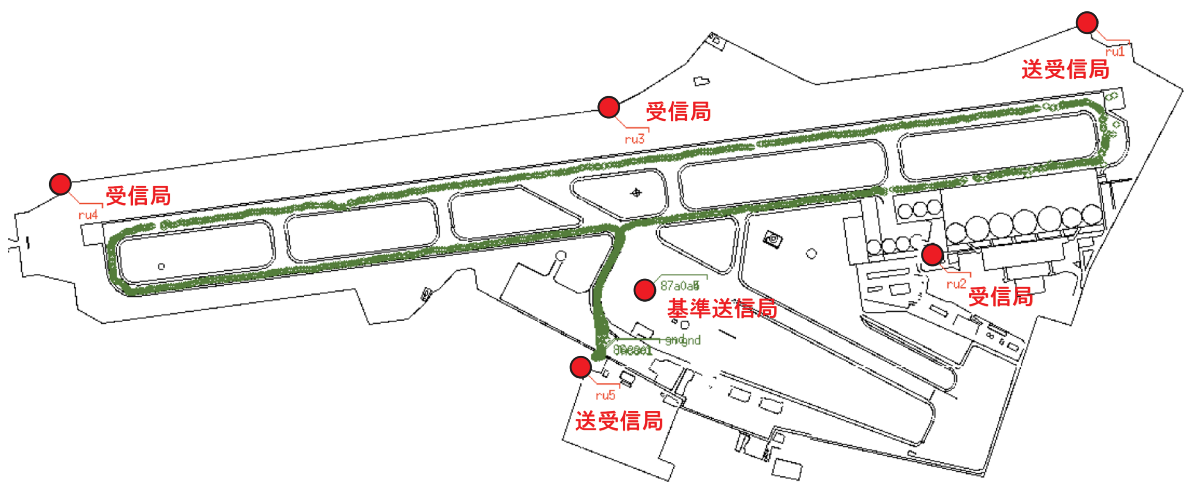


図3 マルチラレーションによる航跡例

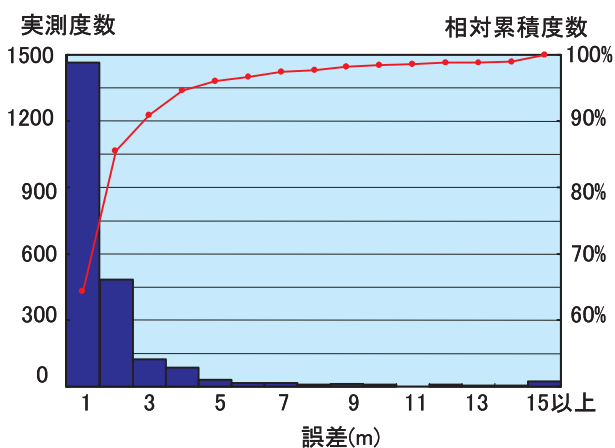


図4 誤差の度数分布

表2 EUROCAE MOPS との比較

	測位精度		1秒更新率	2秒検出率
	95%確率	99%確率		
実験結果	4.2m	15(8.3*)m	99.4%	100%
EUROCAE	7.5m	12m	95%以上	99.9%以上

\*大きい誤差1%を除いた場合

空港近傍での試験では、次年度の評価試験に向けた基礎データを得た。ADS-Bについては、空港面とターミナルエリアでの試験を実施した。試験の結果、遠距離において航空機姿勢に依存するターゲット欠落が観測された以外は、満足できる結果が得られた。

#### 4. 考察等

試験の結果から、マルチラレーションについては、建造物等による反射や遮蔽の影響が大きいエプロン領域など

で安定的な監視が行われないこと、MOPSを満足するためには最大誤差を減らす必要があることが判明した。これらの改善策として、リモート局の追加が有効であり、来年度に受信局一局を製作することとした。そして、追加受信局も含めてリモート局の配置、処理パラメータ設定の最適化を図るため、実験による継続的な検証が必要である。ADS-Bについては、遠距離における受信レベルの低下を補うために、受信局の設置場所や使用アンテナの適正化を図る必要がある。来年度は、本年度の実験結果を踏まえた改善を行い、ADS-Bおよびマルチラテレーションの評価試験を継続して実施する。

#### 掲載文献

- (1) Miyazaki: "Proposed SARPs Change for Updating of the Data Link Capability Report", ICAO SCRSP WG-B, WP/B/5-14, May 2003
- (2) 宮崎, 三吉: "拡張スキッタ ADS-B 受信局の基本特性", 第3回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成15年6月

- (3) 三吉, 宮崎, 古賀: "SSR モード S ネットワークの開発と評価試験", 電子航法研究所報告 No. 105, 2003年11月
- (4) Miyazaki, Miyoshi: "Evaluation of ADS-B Using Mode-S Extended Squitter at ENRI", ICAO SCRSP WP/B/6-31, November 2003
- (5) Miyazaki, Horikoshi: "Ghost target phenomenon observed in Japan", ICAO SCRSP WG-B TSG WP/TSG/7-09, February 2004
- (6) 三吉, 宮崎: "マルチラテレーションによる空港面監視実験" 電子情報通信学会2004年総合大会講演論文集 B-2-43, 2004年3月
- (7) 宮崎, 三吉: "マルチラテレーション対応 ADS-B の信号処理特性" 電子情報通信学会2004年総合大会講演論文集 B-2-42, 2004年3月

### 大空港における効率的な運航を確保するための後方乱気流に関する研究【重点研究/空港整備勘定】

担 当 部 航空システム部  
 担 当 者 ○加来信之 小松原健史  
 研究期間 平成14年度～平成17年度

#### 1. はじめに

最近のジェネラルアビエーション需要の高まりにより、我が国の大空港においても、小型航空機の乗入れ要望が高まりつつある。小型航空機の運航は、大型航空機が中心となっている大空港では、大型航空機の運航の隙間を利用している。しかし、大型航空機に引き続いて航空機を離陸させる場合、航空機の主翼から生じる後方乱気流による影響を回避するため、後続機の大きさにより離陸間隔時間を区別する後方乱気流管制方式が採用されている。特にジェネラルアビエーション等の小型航空機が大型航空機に後続する場合は、後方乱気流による影響が大きいことから3分以上の十分な間隔が必要とされており、空港の効率的な運航を阻害する一因となっている。

航空機の運航を制限する後方乱気流の存在を検出することが可能ならば、後続機の待機時間を短くし、混雑空港においても効率的で安全な運航を確保することが可能となる。このことから当研究所では航空局の要望により、レーザを用いた後方乱気流検出装置の開発を進めている。

#### 2. 研究の概要

本研究は4年計画であり、平成15年度は第2年度である。平成15年度の研究の目的は、主に後方乱気流検出装置の製作である。

平成15年度は下記のことを行った。

- ・後方乱気流検出装置の製作
- ・評価実験方法の検討

#### 3. 研究成果

##### 3.1 後方乱気流検出装置の製作

平成14年度に実施した設置要件調査およびシステム設計で求めた種々の情報を用いて後方乱気流検出装置の仕様を定めた。

検出装置はコヒーレント方式のライダー(レーザレーダ)とし、人体に安全で大気透過率が良好な波長1.5μm帯のレーザを用いた。離陸後の航空機の飛行経路は各機ごとに左右上下にばらつきがあるため、検出装置はかなり広範囲な空域を監視する必要がある。そこで次のようなシステム機能を満たす仕様とした。

- ・風速の空間分布を測定可能

- ・観測空域を任意のパターンでスキャン可能
- ・後方乱気流の位置，風速等の測定可能
- ・ASDE 情報により自動測定可能

このようなシステム機能を満たす仕様として表1に示す性能を要求仕様値とした。

表1 後方乱気流検出装置の要求仕様値

項目	性能	
ライダ方式	コヒーレント方式	
レーザ波長	1.54μm	
パルス幅	0.2μs 以下	
レーザ PRF	4 KHz	
出力開口径	100mm	
測定処理範囲	4.2km	
最小測定距離	500m 以下	
距離分解能	30m	
風速測定範囲	±30m/s 以上	
スキャン 走査範囲	水 平	0～360度
	垂 直	-5～+185度
走査速度	20度/秒	
角度分解能	0.01度	
最大積分回数	16,000回	

この要求仕様値を基に，平成15年に後方乱気流を製作した。図1に製作した概観図を，図2にレーザを空間に送信するスキャナーの部分を示す。



図1 後方乱気流検出装置概観図



図2 スキャナー概観図

### 3.2 評価実験方法の検討

製作した後方乱気流検出装置を設置する候補地として，図3に示す当所岩沼分室屋上を検討した。屋上は高さが約12mで，仙台空港の滑走路全体が見通せる。昨年度調査した仙台空港の離陸コースのデータでは，設置予定場所の正面付近で滑走路から離れる場合が多数で，その後上昇しながら左旋回をおこなっている。離陸開始点から旋回途中まで，設置予定場所から見通せるため，この分室屋上に後方乱気流検出装置を設置することにした。

後方乱気流検出装置を稼働させるため，屋上に所要電力を供給する電気配線とASDE情報による自動測定を可能にするためのLANケーブルを敷設した。

後方乱気流を検出するには，航空機の航跡をレーザでゆっくり垂直にスキャンする必要があるが，後続機の待機時間を短くするには短時間でスキャンする必要がある。この矛盾した要求を満足させるには，航跡を予測してその部分だけを測定する方法が考えられる。この垂直方向のスキャンをコースに沿っていきなりおこなえば後方乱気流の全体像を把握することが可能と考えられる。今後，実測データを基に，具体的なスキャン方法を検討する必要がある。

### 4. 考察等

昨年度実施した各種の調査を基に，後方乱気流検出装置の仕様を定め，今年度実機を製作した。その結果，風速の空間分布を測定できることを確認した。

今後，本検出装置を仙台空港に設置し，後方乱気流の発生と消滅に関するデータを収集する予定である。



図3 後方乱気流検出装置設置予定場所

### 掲載文献

- (1) 酒巻，若山，岡村，柳沢，浅香，平野，大鋸，加来： “光波レーダを用いた航空機後方乱気流の観測”，電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会



- (2) 酒巻, 若山, 岡村, 柳沢, 浅香, 平野, 大鋸, 加来:  
“光波レーダを用いた航空機後方乱気流の観測”, 電子

### 光学的手法を用いた画像処理方式の研究【基盤研究／空港整備勘定】

担 当 部 航空システム部  
担 当 者 ○北折 潤  
研究期間 平成13年度～平成15年度

#### 1. はじめに

現在, 空港面内における離着陸機のタキシングや地上走行車等に対する地上交通管制は管制官, パイロットの大きな負担になっている。ICAO (国際民間航空機関) の A-SMGCS (先進型地上走行誘導管制システム) 構想は, コンピュータ支援によって監視, 経路設定, 誘導, 管制機能を提供し, 空港面交通の安全性, 効率性の向上およびこれらの作業負荷の軽減を目的としている。A-SMGCS の実現には, シームレスかつ実時間で位置監視能力のあるセンサの開発およびセンサから得られる情報の統括処理システムが不可欠である。

A-SMGCS 構想の移動体監視システムとして, 空港面監視レーダを利用したシステム等幾つか提案されているが, これらはブラインドエリアの存在や他の電波施設との電波干渉等の欠点がある。一方, 光学的センサを利用した場合, 個々のセンサの監視範囲は狭いが複数センサの近傍の情報を組み合わせることにより三次元的な位置関係を把握でき局所における監視に適していると考えられる。また現在飛躍的にコンピュータ処理能力が上がり, 実時間画像処理に対する技術的敷居が低くなってきている。

本研究は ICAO の A-SMGCS 構想に対する一つのアプローチとして, 光学情報を利用した画像処理によって空港面監視レーダ等の役割を補完するような安価な実時間監視システム等の技術を開発するものである。

#### 2. 研究の概要と成果

ある監視対象の領域に360度全方位の画像情報が得られる光学センサを複数個設置し, 各センサからの画像情報を処理することにより複数の物体の挙動を追跡するシステムを考案した。

平成13年度は, 全方位光学センサから得られた歪みを含む画像情報から直角座標系への変換, および物体の画像上の座標から物体の位置を推定する基本式の導出等を行った。

平成14年度は, 机上での検討結果を確認するべく全方位光学センサを試作しその精度や監視範囲を調査した。さらに, センサから得た画像をパノラマ展開するプログラムを製作し, 取得画像を展開した場合の測定角度誤差および解像度の検証等を行った。

平成15年度は, 複数のセンサから得られた画像情報より三次元座標系としての物体座標の計算を行わせるプログラムの製作および野外実験等を行った (図1)。

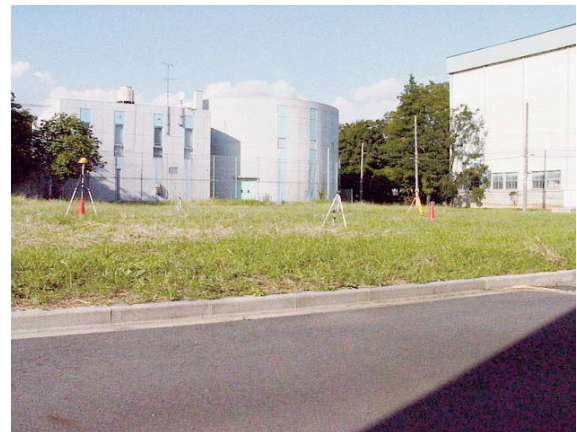


図1 野外実験風景

今回, 野外実験からは試作システムは100m 四方程度の広さで人間程度の大きさの物体を検知し測位可能であるという結果が得られた。この精度のままでは, より広範囲での測位は難しい。しかし測位精度誤差は主に光学センサそのものの加工精度に依存しており, 加工技術の向上により精度向上が期待できる。

#### 3. まとめ

本年度は野外実験を通して, 試作した全方位センサおよびシステム全体の測位精度等を調査し, 測位可能な範囲および対象物体の大きさ等の測位能力を把握することができた。本研究で得られた知見は, 今後全方位センサを利用する際の設計の基礎資料として活用することができる。

## 掲載文献

- (1) 北折：「全方位光学センサを用いた区域内監視方式の提案」, 2002年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-2-29, 平成14年9月

## 航空機からのダウンロード観測技術の開発研究【受託研究／一般勘定】

担 当 部 航空システム部・衛星技術部  
担 当 者 ○藤井直樹 吉原貴之 齊藤真二 松永圭左 星野尾一明  
研究期間 平成14年度～16年度

### 1. はじめに

科学技術振興調整費による先導的研究等の推進において実施される, 地球環境を長期的に監視するキャリブレーション・フリーの地球観測を目指した「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」に参加して, 地球大気圏(電離層, 対流圏)が全地球的測位衛星システム(GPS: Global Positioning System)に及ぼす影響を把握するとともに, GPS航法精度の向上を目指す研究である「航空機からのダウンロード(DL)観測技術の開発研究」(以下, 本研究と略す)を行っている。

本研究は, 「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」におけるサブテーマの「GPS掩蔽法を用いた地球大気圏モニタ技術開発」の一部であり, GPS掩蔽法はGPSから発射される電波の大気伝播遅延と屈折から大気温湿度等を求める手法である。本研究は, 航空機によるGPS掩蔽観測技術開発を目指し, 気象数値予報モデルに同化する観測結果を得ることを目的としている。その波及効果として, 新しく開発される電離圏モデルを衛星航法システムに組み込むことにより精度および信頼性の向上が期待できる。

「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の研究は, 現在, 社会的課題となっている地球温暖化, 水循環ならびに宇宙天気に関連したグローバルな地球環境を長期的に監視する衛星観測システムに必要な要素技術の開発を推進し, 地球表層から上空に広がるグローバルな地球環境を, 地球大気・電離圏と, 地表付近の陸水・雪氷・海洋圏の二つの領域に大別し, それぞれの領域について精密衛星測位を応用した新しい発想に基づく衛星観測法の技術開発を目指した研究である。すなわち, 前者についてはGPS等の衛星測位電波が地球大気中を伝搬する際の遅延・屈折現象を利用する「GPS掩蔽」を, 後者については衛星軌道, 特に複数の衛星間の相対速度変動を超精密に測定し, 地球重力場による衛星軌道の微細変動を検出する「衛星重

力ミッション」に関する技術開発を行う。「GPS掩蔽」に関しては, ①航空機によるGPS掩蔽観測手法の確立, ②GPS掩蔽データの解析・配送システムの実用化, ③気象数値モデルへのリアルタイムデータ同化システムの構築のための技術開発, また, 「衛星重力ミッション」に関しては, ①精密衛星軌道決定ソフトウェアの実用化, ②光・電波による精密衛星間測位法の開発及び地上実験, ③衛星搭載型3軸加速度計の開発を実施する。

### 2. ダウンロード観測受信システムの開発

航空機を利用したダウンロードGPS掩蔽観測用実験を世界に先駆けて成功させるためには, GPS掩蔽観測専用の受信アンテナに対応した2フロントエンドの高感度GPS受信機である航空機用ダウンロードGPS受信機と, 航空機の速度を4 mm/s以下の精度で計測できるGPSとIMU(Inertial Measurement Unit)を組み合わせた位置速度計測システムを開発するとともに, 掩蔽観測に対する電離層による影響を3 mm/s以下の精度で推定できる電離層モデルの開発を行い, GPS掩蔽観測において電離層の遅延効果と大気温湿度の遅延効果が分離する必要がある。このことによって気象数値予報モデルに同化するデータの導出が可能となり, 位置速度計測システムの位置決定精度の向上及び覆域の拡大が図られる。この電離層モデルの開発においては, 京都大学および通信総合研究所とともに行う。

H15年度は, H14年度に開発した航空機用ダウンロードGPS受信機と位置速度計測システムを航空機に搭載するために, 航空機の修理・改造を行った。また, 航空機用ダウンロードGPS受信機を評価するために, 富士山頂からの静止点でのGPS掩蔽観測実験を行い, 性能を確認するとともに, 飛行実験を10月と2月に実施した。航空機高精度位置速度計測システムの開発では, ソフトウェアの開発に着手した。電離層モデルの開発では, プラズマ

圏の寄与分などについての研究を行った。

実験システムを航空機に搭載するために必要な航空機の修理・改造検査においては、航空機位置速度計測装置、航空機用ダウンルッキング GPS 受信機とダウンルッキング観測用 GPS 受信アンテナを実験用航空機に取り付ける改修を7月から9月にかけて行い、耐空性能を証明する検査を9月中旬に行った。検査では、搭載装置の作動試験、干渉試験などに対する検査を行った。航空機搭載した航空機用ダウンルッキング GPS 受信機の概要を図1に示す。

地上実験においては、実験機による GPS 掩蔽観測実験に先立ち、9月に航空機用ダウンルッキング GPS 受信機の性能を評価する富士山頂からの静止点による GPS 掩蔽データを取得するための実験を、気象庁気象研究所、京都大学宙空電波科学研究センターと共同で行った。この実験では、受信機性能の評価、受信信号特性の評価を目的としている。従来の型の GPS 受信機では、大気屈折率の高度分布にして富士山頂高度 (3.7km) から 2 km 程度までしかデータを取得できなかったが、その下限高度を 1.3km まで引き下げることができ、試作した受信機の性能の良さが確認できた。



図1：航空機用ダウンルッキング GPS 受信機の航空機搭載図

飛行実験においては、10月と2月に、飛行ルートを陸上に設定し、海側の掩蔽 GPS 衛星を観測できるよう飛行計画を作成し、屈折率高度分布にして合計7データセットを取得できた。実験データでは、実験機の飛行高度約 6 km

に対して、掩蔽 GPS 衛星信号を仰角  $-3.1^\circ$  程度まで連続的に追尾しており、良好な実験データが得られている。

GPS/IMU 複合システムである航空機高精度位置速度計測システムの開発を行うため、GPS/IMU 複合システムの最新の研究動向について、ION/NTM2004において調査した。本研究では、GPS ドップラから航空機速度を推定することとしているが、その際のサイクルスリップ検出などへ、これらの研究で用いられている要素技術を組み込むための調査を行うとともに、本観測技術の準リアルタイム化に対する将来のプロポーザル等の調査の観点から GPS と簡易型 IMU を複合させたリアルタイムに根ざした GPS/IMU システムを開発中であるスタンフォード大学を訪問し、本研究テーマについて意見交換を行った。航空機高精度位置速度計測システムのソフトウェアの開発では、IMU における機能特性調査、キネマティック測位処理部に関する調査および後処理ソフトウェアなどの基本設計を行い、コーディング契約を行った。10月の飛行実験データを用いて航空機概算速度を推定し、これを入力値とした詳細な速度算出を行うため、GPS および INS についてデータ比較などの検証を行いながら、航空機高精度位置速度計測システムソフトウェアの開発を続けている。

電離層モデルの開発においては、京都大学および通信総合研究所とともに、評価に必要な実測データで問題となる周波数間バイアス推定法の改善を行うと共に、IRI モデルにプラズマ圏の寄与を考慮した電離層モデルを構築し、高度方向及び水平方向の電離層構造の影響を評価するため、GEONET データ、アイオノゾンデデータとの比較を行った。モデルと観測データの併用により TEC 推定精度が向上することが確かめられている。

### 3. まとめ

競争的資金である科学技術振興調整費による、地球温暖化、水循環ならびに宇宙天気に関連したグローバルな地球環境を長期的に監視する衛星観測システムのための要素技術の開発を行う「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の一環として、GPS 航法精度の向上を目指した「航空機からのダウンルッキング掩蔽観測技術の開発研究」を、平成16までの3年で行うことにより、今まで当所ではなかなかできなかった電離層を含む大気圏が GPS に及ぼす影響、GPS/IMU ハイブリッドシステム、高感度 GPS 受信機などの研究を多くの大学および研究所と交流しながら行うことにより、新しい観点からの GPS 航法に対する成果およびポテンシャルが上がることを期待される。



## 掲載文献

(1) 吉原貴之, 藤井直樹, 星野尾一明, 松永圭左, 齊藤真二, 津田敏隆, 青山雄一: “Simulation on requirements and observational plan for aircraft GPS down-looking experiments in 2003” IUGG 2003, 札幌, 平成15年

7月

(2) 藤井直樹, 齊藤真二, 吉原貴之, 星野尾一明, 松永圭左: “航空機ダウンルッキング用掩蔽観測システム”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 平成15年9月

## ASDE デュアルサイト化調査委託【受託研究/空港整備勘定】

担当部 航空システム部  
担当者 ○加来信之 小松原健史  
研究期間 平成15年度～平成16年度

### 1. はじめに

東京国際空港の再拡張事業により新設される予定の滑走路は、現在運用中の ASDE の覆域外に整備されることになっているため、その滑走路をカバーする第2 ASDE を設置する必要が生じた。

しかし第2 ASDE のための新たな電波取得は、昨今の逼迫した電波事情を考えると、相当に困難であり、同一周波数で二つの ASDE の運用を可能とする干渉除去技術の開発が必要になった。いくつかの干渉除去方法を検討したが、複雑なフィールド環境で発生する電波伝搬に関する事象については机上検討では限界があるため、実際に実験用レーダーを設置し、実環境に近い状態で評価・検証する必要が生じた。そこで、仙台空港に実験用 ASDE (CAB-ASDE) を設置し、電子航法研究所の ASDE (ENRI-ASDE) との間の干渉実験を実施することとなった。平成15年度においては、CAB-ASDE は受信機能のみとし、ENRI-ASDE による干渉波の影響を調査した。

### 2. 研究の概要

複数のレーダーを近接した状況で運用するためには、許容された周波数帯域内で、それぞれのレーダーの周波数を変えて電波干渉が生じないようにする手法が一般的な解決方法である。しかし ASDE は、マグネトロンを使用しているため、狭い許容周波数帯域内で周波数を分離することが困難であり、同一周波数を使用する手段で干渉問題を解決しなければならない。

同一周波数で二つの ASDE を運用する場合に、干渉抑圧技術としての効果が見込まれる方法は、(1)偏波面の旋回方向変更、(2)送信/受信タイミング処理、(3)スタガ機能/デフルータ機能などが考えられる。

### 3. 研究成果

#### 3.1 偏波面の旋回方向の変更

受信側の CAB-ASDE の旋回方向を、逆方向に変更したときの受信電力のレベル差は17.5[dB]で、直接波への抑圧効果が期待される。

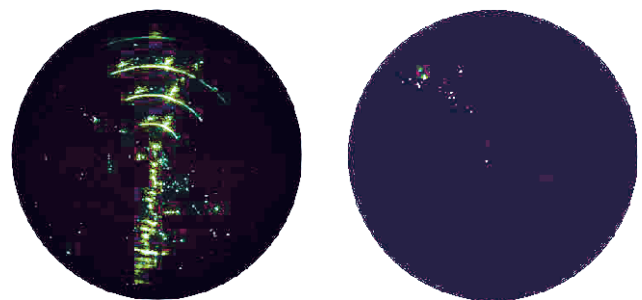
反射物に対する旋回方向の効果は空港内の建造物の対象に実施したが、アンテナを微妙に動かすだけで受信電力が大きく変動し、反射物体を特定することが不可能であった。

#### 3.2 送信/受信タイミング処理

現在運用している ASDE は71.4[μs]の繰返し時間で送信しており、その後半約1/2の時間に受ける信号は ASDE の覆域である3[NM]以遠である。したがって、この後半の時間に受信マスクをかけて、他の ASDE 局が送信すれば、干渉波の大部分は抑圧される。

CAB-ASDE の受信タイミングを ENRI-ASDE に同期させ、さらに半周期だけ遅らせたところ、干渉波はほとんど抑圧された。

図1の(a)は両局を非同期のタイミングで動作させたときの干渉波で、8スキャン分の干渉波の累積を表している。(b)は CAB-ASDE の受信タイミングを ENRI-ASDE のトリガより半周期遅らせたときの干渉波で左上に少し現れている。この干渉波は約1分間に一度だけ現れるもので、ほとんどの時間では干渉波は現れない。



(a) 非同期 (b) 半周期遅れたタイミング

図1 送信/受信タイミング処理による干渉波抑圧

### 3.3 スタガ／デフルータ機能

ASDEの覆域外の反射物体からの干渉波は、受信マスクでは抑圧不可能である。このような遠方からの干渉波を抑圧するため、送信タイミングをスイープ毎にずらして干渉波を抑圧するスタガ／デフルータ機能の組み合わせによる干渉波抑圧実験を実施した。

図2にデフルータする前と、デフルータ後の干渉信号を示す。(a)がデフルータする前で、(b)がデフルータ後の干渉信号である。干渉信号がほとんど消去されている。

### 4. 考察等

偏波面の旋回方向を変更した効果は、直接波には有効であることを確認した。しかし、反射波に対しては測定不可能で判断できなかったが、実験中の感覚的な判断ではその効果は認められなかった。

送信／受信タイミング処理により、受信トリガを半周期遅らせた場合、ほとんど干渉信号が抑圧された。しかし遠距離の反射物体からの干渉信号が多少現れた。

この遠方からの干渉信号を抑圧するため、スタガ／デフルータ機能を試みたところ、距離方向にスタガ時間より小さい干渉信号ならば消去できることを確認した。

これらの方法を用いれば、デュアルASDEの干渉問題は解決可能である。16年度は双方の装置から電波を放射し、実環境に近い状態での評価・検証を実施する予定である。

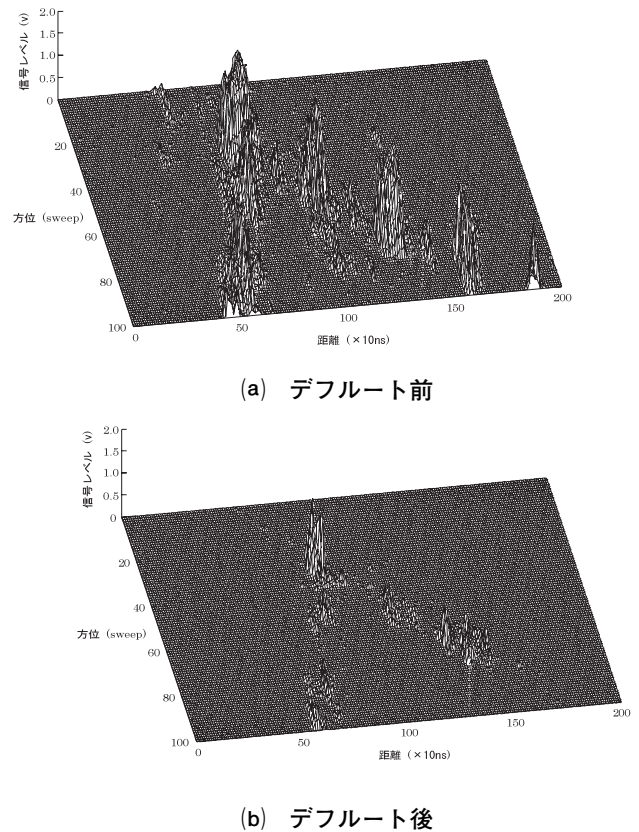


図2 スタガ／デフルータ機能の効果

### 掲載文献

- (1) 加来, 小松原: “ASDE デュアルサイト化調査委託”, 受託研究報告書, 平成16年3月

## 航空機アドレス監視データ解析調査【受託研究／空港整備勘定】

担当部 航空システム部  
担当者 ○藤井直樹  
研究期間 平成15年度

### 1. はじめに

航空機アドレスは、航空機登録国が国際民間航空機関(ICA O: International Civil Aviation Organization)の標準に基づき責任をもって航空機ごとに異なるアドレスを割り当てるものであり、航空機衝突防止装置(ACAS: Airborne Collision Avoidance System)や二次監視レーダー(SSR: Secondary Surveillance Radar)モードSのデータリンクに使われている。この航空機アドレスの割り付けが適切に行われていない場合にはACASやSSRモードSのデータリンク機能が不能となり、安全性が損なわれる可能性がある。このような不適切なアドレス(Unauthorized Aircraft Address)を持つ航空機が我が国の上空を飛行し

ている可能性があるため、我が国においても国内空域を飛行する航空機を実際に監視し、それらの航空機アドレスが適切に設定されているか否かを調査する必要性が生じた。

本解析調査は、新東京国際空港と関西国際空港に設置された航空機アドレス監視装置が平成14年(2002年)に収集した航空機アドレスに関するデータを、東京航空交通管制部における飛行計画情報処理(FDP: Flight Data Processing)システムのジャーナルデータを用い、ICA O標準に適合しない航空機を特定するために行ったものである。

### 2. 解析方法

航空機アドレス監視装置は、モードSアドレス割り当

て国籍とFDPオンライン・データに運航航空機会社の国籍が一致しないもの、モードSアドレスのうち、国籍コード、個別コードまたは全てが0であるものを、不適切なアドレス航空機候補として検出する。さらに、東京航空交通管制部より入手したFDPジャーナルデータから機体登録番号などを導出する。このとき、運航航空機会社の国籍がモードSアドレス国籍と異なるとして、不適切なアドレス機候補として扱ってきた航空機の内、モードSアドレス割り当て国籍と機体登録番号の国籍が一致した場合はレンタル機と見なし候補から外す。残った不適切なアドレス航空機の航跡から、航空機アドレス解析装置で再現した航跡データにより相関が正常であることを人間が確認する。最後に、通常は離発着時に2回検出されるはずなので、解析期間中1回しか検出されなかった航空機については原則として排除する。ただし、過去の解析において不適切なアドレス判定されたことのあるものについては、不適切なアドレス航空機とする。

### 3. 解析結果

今回の解析の結果、平成15年1月1日から平成15年12月31日まで解析対象期間に、6機の不適切なアドレスを持つ航空機が見つかった。その運航している国は、日本、韓国、中国、アメリカであった。長年にわたる我が国の監視活動の結果、これらの不適切なアドレスを持つ航空機の数は、2001年、2002年、少し増加したものの、減少してきてい

る。特に、アジアの国の減少が著しい。今回の結果は特定の機体、運航会社に固定化してきている。

### 4. まとめ

なお、航空局はこの解析の報告に基づき、不適切なアドレス設定が検出された事例に対して、ICAOを通じて航空機登録国に通知しており、航空機アドレスに係るICAOの活動に対して協力を行っている。また、国内の航空機において不適切なアドレスを持つ航空機が見つかった場合には、直接整備担当者に通知され原因が調査され改善がなされている。

このような監視活動は継続的に行われてこそ意味があるものであり、引き続き不適切なアドレスの監視を続ける必要がある。

### 掲載文献

- (1) N. Fujii, F. Horikoshi, T. Nakamura : “Analytical Results of Unauthorized Aircraft Address Measured by Aircraft Address Monitoring System”, CNS/MET/SG / 7 & CNS/ATM IC SG / 10, Bangkok, July 2003
- (2) N. Fujii, F. Horikoshi, T. Nakamura : “Analytical Results of Unauthorized Aircraft Address Measured by Aircraft Address Monitoring System”, ICAO SCRSP/WG-B/WP-6-32, Frankfurt, November 2003

### 3 管制システム部

#### I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成15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. データ通信対応管制情報入出力システムの研究
2. ATM 環境下における洋上空域効率的運用手法に関する研究
3. カオス理論によるヒューマン・ファクタの計測に関する基礎研究
4. 航空交通流管理に対応した次世代飛行場管制卓の研究
5. 航空管制シミュレーションの効率化に関する研究
6. 航空交通管理における容量値に関する研究
7. 新 CNS に対応した管制方式に関する研究
8. 航空管制シミュレーションによる作業負担計測手法の研究
9. 赤外線センサ等による船舶の検知追跡技術に関する研究
10. AIS 情報の VTS への活用に関する研究
11. 航空機の FMS データを利用したコンフリクト検出の研究
12. CDMA 方式データ通信インフラの構築に係る研究

1 および 2 の研究は航空局からの要望を受けて重点研究として実施している研究であり、運営費交付金の空港整備特別会計から支出している。3 から 8 は指定研究で所内評価委員会での審査により研究を行う必要があると判断された研究である。9 から 12 は基盤研究で、長期的、基礎的な視点で実施している研究である。

1 は将来のデータ通信の導入に対し、音声とデータ通信の混在する場面における管制業務形態の構築とその業務の遂行に必要な情報機器の開発を行う研究である。

2 は洋上の航空機の効率的運用を目的として気象予報を考慮した経路の決定法についてのシミュレーション解析である。

3 は航空管制の現場における新たな情報機器の導入による業務環境の変化の良否の判定に用いることのできる非接触形の疲労計測法の研究である。発話音声のカオス理論により分析する手法で実現しようとしている。

4 は将来の航空交通流管理システムの高度化を目指すもので、空港における航空機の運行状況をシステムに入力するため、これに必要な次世代飛行場管制卓の開発を行う研究である。

5 は航空管制シミュレーション装置を用いた実時間シミュレーション及び高速シミュレーションを用いて空域容

量評価手法を確立して大都市圏空域の航空路の空域設計評価手法を確立することを目的とした研究である。

6 は航空交通流管理を実施するときに考慮される各セクタの容量値を求める方法についての研究で、シミュレーションにより容量値の計算を行っている。

7 は 4 次元航法など新しい通信、航法、監視技術が可能にする新しい航法を管制方式に反映させる方法を検討するものである。

8 は当初所有の航空管制シミュレータを用いて、管制の処理容量を決定するために重要な管制官の作業負担を計測する手法の研究である。

9 は小型船舶との衝突を回避する方法として赤外線センサを用いる方式を研究するもので、大型や中型の船舶を対象として実施されている AIS (船舶自動識別装置) の義務化の対象にならない船舶との衝突の防止を課題としている。

10 は一定以上の大きさの船舶に装備が義務付けられた AIS を海上管制的 VTS と接続することを目指した研究である。受託研究とも関連している。

11 は、航空機に搭載されている FMS (飛行管理システム) の動態情報をコンフリクトの検出に反映させる方法で、レーダのみによるコンフリクトの検出遅れを補償する方式である。

12 は通信方式として最近使われ始めている CDMA 方式を航空通信に利用する方式である。これにより飛躍的に通信量を増やすことを目指している。

#### II 試験研究の実施状況

○「データ通信対応管制情報入出力システムの研究」では、データ通信と音声通信が併用される状況における管制業務に対応する CPDLC/AIDC 機能評価用のモックアップを製作した。

○「ATM (航空交通管理) 環境下における洋上空域効率的運用手法に関する研究」では、昨年に引き続き動的経路計画シミュレータによるシミュレーションで、日本と北米を結ぶ経路と気象条件との関係を求めた。特にコンフリクトの発生状況についてシミュレーションで求めた。

○「カオス理論によるヒューマン・ファクタの計測に関する基礎研究」では、疲労計測の高精度化を測るとともに、幅広い状況で他の研究との照合を試みた。また、この研究は多くの報道機関の注目するところとなり、テレビやラジオ、新聞からの多数の取材があった。

○「航空交通流管理に対応した次世代飛行場管制卓の研究」では、飛行場管制卓の機能評価に要する飛行場管制

シミュレーション環境を調布空港をモデルに、当所仮想現実実験施設に実現した。なお、本研究は、当所が航空宇宙技術研究所（現 JAXA）との共同研究として進める「GPS 及びトンネル表示を用いた曲線進入方式の研究」における当所受け持ち部分を担当するものであり、上記作業は共同研究に要する管制側システムの開発として行っているものである。

- 「航空管制シミュレーションの効率化に関する研究」では、ダイナミックシミュレーションの評価を推進することで、新たな課題を明確にした。
- 「航空交通管理における容量値に関する研究」では、遅延便交換に関する航空会社の希望を調査しシミュレーションによりその可能性を明らかにした。また、RVSM について導入効果を推定した。
- 「新 CNS に対応した管制方式に関する研究」では、軌道予測誤差に関するシミュレーションについて、関連する要素を分析し、明らかにした。
- 「航空管制シミュレーションによる作業負担計測手法の研究」では、航空管制官の作業負担に関連する種々のパラメータと作業負担との関係を実験的に求めた。また、回帰方程式により、各要素の寄与を解析した。
- 「赤外線センサ等による船舶の検知追跡技術に関する研究」では、昨年に引き続き観音崎に観測点を設置し、通過する大型、小型船舶を赤外線センサで検知し、トラッキング機能を向上させた。
- 「航空機の FMS データを利用したコンフリクト検出の研究」では、レーダデータを用いることにより、レーダのコンフリクト検出に比較して FMS データなどから取得できる針路情報を利用することが有効であることを示した。
- 「CDMA 方式データ通信インフラの構築に係る研究」では、CDMA 通信方式に関する調査を行い、緊急通信への対応策を合理的に実現する方式を改善した。
- 「AIS 情報の VTS への活用に関する研究」では、これら当初計画にある研究に加え、受託研究契約により受託研究を実施した。主なものとして 1 件は「羽田空港再拡張に係るシミュレーション調査」で、国土交通省航空局保安企画課からの委託で実施した調査である。また、2

件目は「高度船舶交通管制システムに関する研究」で、国土交通省総合政策局技術安全課からの委託で、大阪大学及び沖電気株式会社と共同で実施したものである。3 件目が「福岡空港基本施設検討手法整備業務における TAAM シミュレーション」であり、民間会社と共同で実施した。

- 「羽田空港再拡張に係るシミュレーション調査」では、平成15年度に引き続き当研究所所有の ATC シミュレーション施設を用い、羽田空港の再拡張を想定したシミュレーションを実施した。この実験では、平成14年度と異なる条件を設定して、シミュレーションを実施し、この実験に参加した管制官の意見を検討し、抽出された課題等を分類した。また、処理機数の評価、管制官の意見との比較評価を行った。これらの結果を調査報告書にまとめ、航空局に提出した。
- 「高度船舶交通管制システムに関する研究」では、AIS 情報の導入による海上交通管理システムの高度化を目的として VTS レーダーと AIS との画像合成およびターゲットの自動 ID 付与を試みた。また、輻輳海域シミュレータによる東京湾の海上交通シミュレーションを行った。
- 「福岡空港基本施設検討手法整備業務における TAAM シミュレーション」では、福岡空港の空港面におけるスポットの配置や誘導路の配置、それらの運用ルールなどを想定し、いくつかの案についてシミュレーションを実施しそのボトルネックを明らかにした。

### Ⅲ 試験研究の成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果の所見

当部が実施している研究の成果は、今後設置・運用する施設に対する技術基準、設置基準の策定など国土交通行政に直接関与している。特に受託研究の成果は実際の航空行政に直接に反映するもので、社会的にも貴重な貢献をしているものである。これらの成果は日本航海学会、電子情報通信学会、日本航空宇宙学会など多くの学会や会議などでも発表している。

（管制システム部 白川昌之）



## データ通信対応管制情報入出力システムの研究【重点研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 ○塩見格一 福田 豊 金田直樹 板野 賢（航空システム部）  
研究期間 平成12年度～平成16年度

### 1. はじめに

本研究では、将来の管制官の業務環境を構成する航空管制用ワークステーション（ATCW）の実現に係る研究を進めている。高度に情報化された業務環境においては、現状に比較して遥かに多くの業務情報を管制官に提供することが可能になるが、人間である管制官の能力が、情報処理技術の高度化と同様に高度なものに進化発展するとは考えられず、逆に、人間としての能力は現状と何ら変わらないものであることは想像に難くない。即ち、将来においても航空管制業務の目的が航空交通の安全性の確保と航空機の運航効率の向上にあることは何ら変わるものではない筈であるから、将来においても管制官が現状と同じ様に業務を行うのであれば何ら現状の業務環境を変える必要はない。しかし、将来的な航空管制業務環境は今日とは明らかに異なるものになり、管制官の業務形態や業務内容もこれに対応するものに変わらなければならない。

本研究は、様々に将来の航空管制業務環境を想定し、その業務環境において、人間としての管制官が、人間であることにおいて期待される能力を発揮できる様に、その結果として効率的に航空管制業務が行える様に、その業務環境を構成する、情報処理システムや機器の在り方を、ATCWのヒューマン・インタフェースのデザインから、航空管制情報処理システムのアーキテクチャ・デザインまで、様々に検討することを目的としている。特に、ATCWのデザインについては、幾つもの試作を行い、管制官評価により、その研究成果を将来の業務環境整備において役立つものとして考えている。

### 2. 研究の概要と成果

本研究においては、現在、以下の4つの項目の研究を平行して進めている。

- (1) CPDLC/AIDC に対応したレーダ管制卓のユーザ・インタフェースの高度化を目的とする研究
- (2) ATCW の構築を効率的に進めるためのプラットフォームの開発に

### 関する研究

- (3) 将来的な航空管制情報処理システムの在り方とその実現に要するソフトウェア技術に関する研究
- (4) 効率的に業務支援機能を構築するためのソフトウェア技術に関する研究

当初、以上の4つの研究項目は、本研究期間中に1つの次世代航空管制業務環境のコンセプトモデルとして統合する予定であったが、各研究項目の難易の差異もあり進捗状況を合わせることができず、結果的に、現状では、各研究項目においては、それぞれに相互の関連性を維持しながらも、4つの要素技術のコンセプトモデルの実現として、その技術成果の取り纏めを目指している。

(1)においては、次世代のATCWにおける採用が決まっている28.3”の液晶ディスプレイを主情報表示部に採用し、CPDLC/AIDCに要する通信メッセージを効率的に生成する入力デバイスを実現したレーダ管制卓を試作した(図1、及び図2)。また、この試作ATCWにおいては、現状のシステムにおいて多用されている管制卓筐体に組込まれたタッチパネルに代わるデバイスとしてPDAを利用した入出力環境を実現した(図3)。

(2)においては、利用者開放型コンセプトにより作成してきたATCWの構成に要する機能コンポーネントについて、これをレーダ管制用ATCWに取り纏めることが可能



図1 試作した3種類の“高度・速度・方位”入力用デバイス

であることを確認すると共に、運用状況においても、柔軟にその機能構成等の変更が可能であることを検証した。レーダ管制用 ATCW のモックアップにおいては、ハードウェア構成においても将来的な拡張性を実現することが、将来的な機能的な機能向上等への対応性の実現においては重要と考え、空間的にゆとりのあるデザインを採用して取り纏めた(図4, 及び図5)。

(3)においては、(2)で検証を進めている利用者開放型コンセプトの拡張としての実現を考えている、プラットフォームのプロトコルについての検討を行った。

内容が(1, 2)に比較して抽象的であるため、具体的な試作や実装等には至っていないが、旧型のアーキテクチャからの移行が必要不可欠と考えられながらも容易には実現し得ない現状の FDP/RDP の様なシステムを、将来的に機能的な機能向上を可能とする様な発展的なアーキテクチャへの移行を合理的に実現するためには必要不可欠な研究と考え、検討を進めている。

(3)の研究における、重要な考え方は、個別に開発されたり、或は改修されたりするシステムの整備において、開発者が個別に、また相互に特別な調整等を行わなくとも、出来上がったシステムが自動的に任意の接続性を有するシステムとなることである。

例えば、自然界において原子が電子を仲立ちとして分子を構成し、更には分子も電気的な力で高分子となっている様に、本研究項目の目的は、様々なソフトウェア・アプリケーションの仲立ちをするソフトウェアの電子、名付けて selectron (software-electron) を実現することにある。

(4)においては、ニューラルネットワークを利用して航空交通流の変化を予測する知識処理システムの実現を目指した

研究を進めている。

ファストタイム・シミュレータにより生成した航空機運航情報によりニューラルネットワークをトレーニングすることにより、特に航空機運航プロファイルに関する詳細な情報を与えなくとも、「ある状況が通常の変化を示しているのか?」、「或は異常事態が起こりつつあるのか?」識別できるように開発を進めている。

この様な手法により業務支援機能が実現可能であることが明らかになれば、継続的に運用することで自ら知識を獲得する、自動的な機能向上が可能な業務支援システムの実現への道が開ける。

従来技術による業務支援システムは、予め設定される知識に基づいて将来の空域状況等を推論するものであるから、設定できる知識情報を必ずしも十分なものとすることができなかつたり、また知識の適用範囲等において設定される知識の前提に関する記述が不十分であったりして、「旨く予測できる場合もあれば、全く予測が外れる場合もある。」と言った様に不安定なものとならざるを得ないが、業務知識を自動的に獲得する機能を有する知識処理プラットフォームが実現されれば、初期的には、ある状況の航空機の密度が多いか少ないか程度の判断しかできないものではあっても、将来的には、従来技術によるシステムを遥かに凌ぐ高度な知識処理システムに発展させることが可能であるかも知れない。

### 3. 今後の計画等

平成15年度には、試作 ATCW 等に対して、管制官参加の評価シミュレーション等の実施を計画したが、開発スケジュールの遅れや、シミュレーション日程等の調整が旨く



図2 ダイヤルによる入力操作



図3 PDAによる入力操作



行かなかったこともあり、十分な評価を行うことができなかったため、「2. (1)の CPDLC/AIDC 対応 ATCW」については、約20分間の機能評価用ビデオを作成した。

従来、管制官参加によるシミュレーションにおいては、数人から十人前後の管制官に、当所までご足労いただき、2時間程度の ATCW 操作をお願いし、その後に意見を伺う形態を取っていたが、今回は、網羅的ではあるが殆ど全ての機能を紹介したビデオを作成することができたので、



図4 ATC ワークステーション・モックアップー1

きる限り多くの管制官にこれを配布し、広くご意見等を求めたいと考えている。

このビデオについては、一部の管制官、また航空局関係者から好評をいただいたので、現在「2. (2)の ATCW」についても同様なビデオの作成を計画している。

今後、ビデオ等を利用して、機能評価に先立つ予備的な意見調査等については、これを効率的に進める手法を確立して行きたいと考えている。



図5 ATC ワークステーション・モックアップー2

## ATM 環境下における洋上空域効率的運用手法に関する研究【重点研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 ○福田 豊 福島幸子 瀬之口敦  
研究期間 平成14年度～平成16年度

### 1. はじめに

現在、洋上空域における航空機の効率的運航確保の観点から、気象条件を考慮し「日」単位に経路が設定される PACOTS (Pacific Organized Track System) が運用されている。PACOTS の設定では、運用時間帯の約24時間前の観測値に基づいた気象予報を使用している。最新の気象予報を使用して、経路設定を動的に実現する「動的経路計画システム (DARPS; Dynamic Aircraft Route Planning System)」の導入が検討されている。システムの運用においては、経路の設定、運用、管制間隔の確保について運航者を含めた地上システム間および機上システムとの連携が必要となる。洋上空域の効率的な運用確保のための航空交

通管理プロバイダと運航者間の調整方法、システム連携手法、情報の共有化手法について総合的な研究が望まれている。

動的経路計画システムを構築するためには、気象条件に基づいて航空機毎に出発地と目的地間の最適経路を算出する機能、航空機間に管制間隔を確保する機能、運航者との情報交換を模擬する機能等が必要である。本研究では、これらの機能を開発し、体系的な実現性を評価するための動的経路計画シミュレータを製作する。動的経路計画シミュレータによるシミュレーションを実施して、中部太平洋空域に適合する動的経路計画システムを構築するための、技術資料を得ることを目的とする。

## 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成15年度は第二年次である。平成15年度の研究の目的は、動的経路計画シミュレータのコンフリクト予測検出部および運航者部を製作し、コンフリクト検出、解決方法等を調査することにある。

平成15年度は、主に下記の内容を実施した。

- ・動的経路計画シミュレータコンフリクト予測検出部および運航者部の製作
- ・コンフリクト検出のシミュレーション

## 3. 研究成果

### 3.1 コンフリクト予測検出部・運航者部の製作

東京から北米西海岸のシアトル、サンフランシスコ、ロサンゼルスへの最適経路を算出した場合、東京付近で経路が重なることが多い。経路が重なる区間では、航空機が集中し、航空機は管制間隔の確保のために、非経済的な高度を飛行しなければならない。その結果、燃料消費量が増加する。そこで、動的経路計画システムでは経路の重なりを避けるためPACOTSと同様に東京から北米西海岸へ3本、東京からハワイへ2本の間隔付経路を設定する。経路の横間隔はRNP10の50NMとし、日本側ゲートから北米側ゲートまでの区間に確保する。

動的経路計画システムで気象条件の変化に対応して経路を変更する場合でも、変更前の経路と変更後の経路を飛行する航空機間に管制間隔を確保する必要がある。そのため、変更前の経路と変更後の経路を飛行する航空機間のコ

ンフリクトを検出するための機能を製作した。本機能は各航空機のフライトプロファイルからコンフリクトを検出する。また、検出したコンフリクトを解決する方法の選択には、運航者の意思を含めることが重要である。そこで、コンフリクト解決案を算出し、それに基づいてフライトプロファイルを変更する運航者機能を製作した。

コンフリクト予測検出機能では、各航空機のフライトプロファイルから、一定時間間隔の飛行位置を求め、その位置を基準とするセパレーションボックスを定義して、そのボックス内に他の航空機が入る場合をコンフリクトとして検出する。現在の管制間隔を模擬するセパレーションボックスは、縦間隔15分、横間隔50NM、垂直間隔1,000ftの直方体とする。

コンフリクト検出結果はコンフリクトリストとして表示される。コンフリクトリストは、便名、コンフリクト開始時間、継続時間、開始位置などを表示する。検出したコンフリクトの状況を認識するために、シミュレーション機能により、水平面表示画面、経路断面表示画面に橙色でコンフリクト状態の航空機を表示する。図1にコンフリクト状態の航空機が表示されている水平面表示画面を示す。

運航者機能では、解決したいコンフリクトを選択して、解決案を算出する。その結果、コンフリクト解決案リストが表示され、高度変更、出発時刻変更などの解決案がそれを実行した場合の飛行時間、燃料消費量と共に表示される。その解決案を選択して、実行すると、フライトプロファイルが変更される。

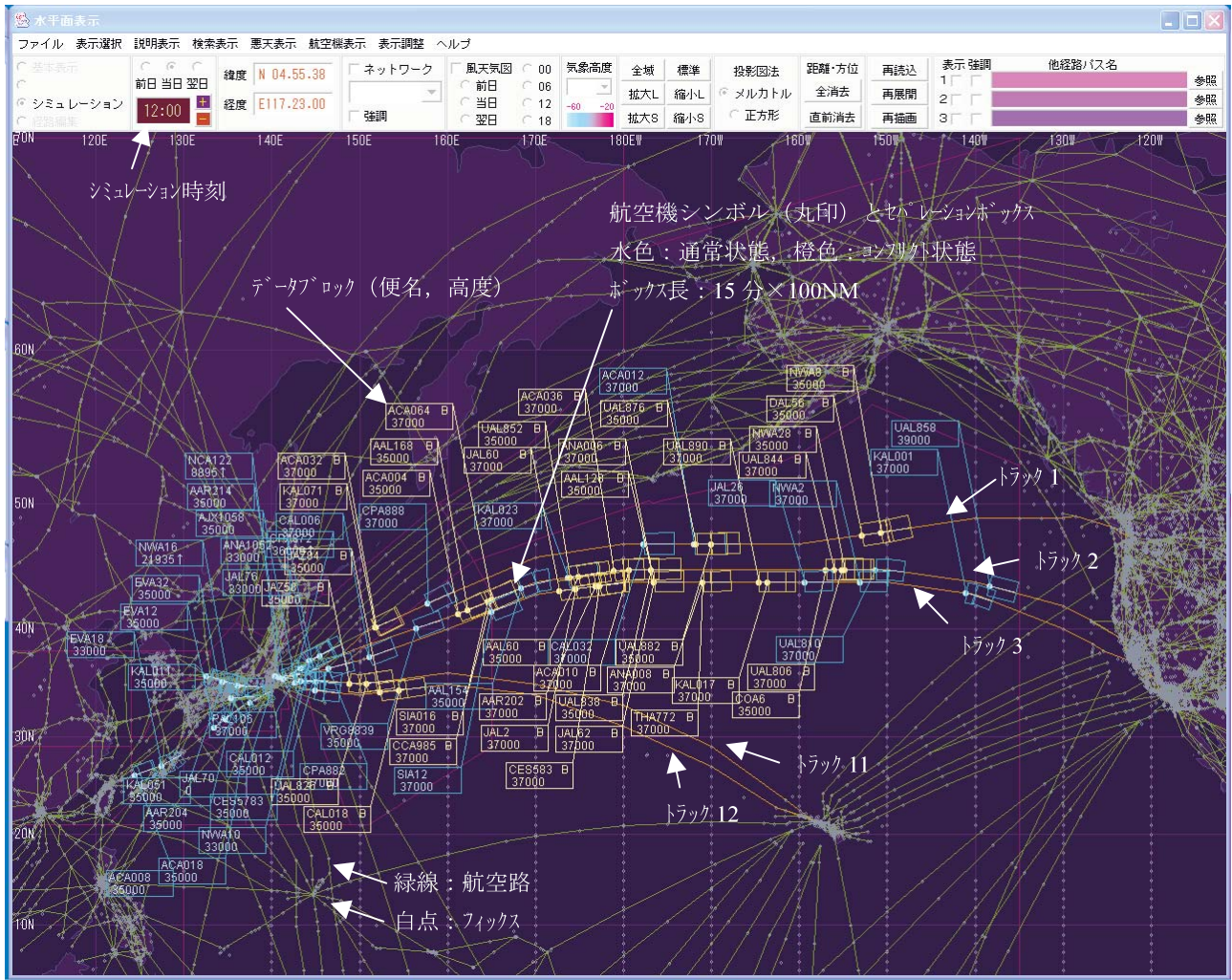


図1 動的経路計画シミュレータ水平面表示画面 (コンフリクト検出シミュレーション)

### 3.2 コンフリクト検出のシミュレーション

運航スケジュール情報に基づいて、フライトプロファイルを作成し、コンフリクト解決機能を実行した。複数の経路間に横間隔は確保されているため、同一経路上の航空機のコンフリクトが検出された。航空機の高度は特定の高度に集中しており、航空機が集中している時間帯では、複数のコンフリクトが検出された。

### 3.3 コンフリクト解決のシミュレーション

コンフリクトの解決のために高度を変更した場合の消費燃料の増加量を求めた。全区間で巡航高度を2,000ft低下すると約1%, 4,000ft低下すると約3.5%の燃料消費量が増加する。

### 4. 考察等

動的経路計画シミュレータのコンフリクト予測検出部および運航者部を製作した。シミュレーションを実施し、コンフリクトの発生状況等を調査した。

航空機の巡航高度は特定の高度に集中しているため、航

空機が集中している時間帯ではコンフリクトが発生する。コンフリクトを解決するために、高度を低下すると燃料消費量は2,000ftの低下で約1%増加する。間隔付経路は間隔なし経路に比較して、燃料消費量が約0.5%増加する。航空機が集中する時間帯では経路の本数を増加させるなど、交通量に適応させて時間帯毎に経路を動的に設定する方法も有効と考える。

今後は、気象条件の変化や交通量に対応して経路設定を変更する方法等について検討する予定である。

### 掲載文献

- (1) 福田, 福島:「洋上空域の航空機の最適経路の傾向」, 平成15年度(第3回)電子航法研究所 研究発表会, 平成15年6月
- (2) 福田:「洋上空域の効率的な運用手法-最適経路と経路および高度変更の経済性の検討-洋上空域の航空交通量と航空機間隔の関係」, 第41回飛行機シンポジウム, 平成15年10月



## カオス理論によるヒューマン・ファクタの計測に関する基礎研究【指定研究／空港整備勘定】

担当部 管制システム部  
担当者 ○塩見格一 板野 賢（航空システム部）  
研究期間 平成12年度～平成15年度

### 1. はじめに

本研究は、管制官やパイロットのヒューマン・ファクタを管理することにより航空交通システム全体の安全性の向上を図ることの可能性を検証することを目的として進めてきた。

本研究の開始に先立つ、発話音声のカオス論的な手法により分析することでその発話者のその都度の心身状態が評価可能であることを示唆する実験結果は、従来の殆ど全ての安全技術と相補的に組み合わせて使用可能な、より高度な安全性技術として画期的なシステムの実現可能性を示していた。

実用化に向けて解決すべき第一の課題は、信号処理アルゴリズムの高速化であり、本研究の実施においては、信号処理アルゴリズムの開発に平行し、従来技術による疲労指標等との比較を行い、この技術が十分に信頼に足るものであることを明らかにすることを目的とした。

ストレスや疲労に対する一般的な尺度そのものが、国内外の各種学会等においても未整備な状況もあり、必ずしも、当所で開発した技術の信頼性を世に問う処までには至らなかったが、この研究期間において、医学・心理学・生理学等の関係者から共同研究の提案を受ける程度までには世間的な認知を得ることはできた。

以下、最終年度の業務報告として、4カ年間の研究の経緯と成果を述べる。

### 2. ヒューマン・ファクタの管理による航空安全の実現

航空交通システムの安全性向上を実現する手段として、現在最も期待されているものの一つがヒューマン・ファクタの管理に基礎をおくものであるが、本研究によりその管理を目的としたヒューマン・ファクタは、従来技術において検討されてきたヒューマン・ファクタとは本質的に異なるものである。

人間が過ちを犯し難いコックピット・デザインの採用等は数十年以上の歴史を有するが、これらの従来手法は全て平均的なヒューマン・ファクタに対する検討に基づくものである。ヒューマン・ファクタがダイナミックに変化するものであるということへの認識を有しながらも、従来技術においては個人差を含めた多様性を管理することが不可能であったために、結果的に、どの個人にも理想的には対応

し得ない、また、対応し得ない以上に誰にとっても大かれ少なかれ不満の残る、抽象化され平均的に想定されたヒューマン・ファクタの管理が指向されてきたに過ぎない。この様な従来手法においては、原理的に、パイロットが常に操縦資格試験に合格する状態において航空機の操縦を行うことを前提としており、このことは、航空管制官についても、彼等或は彼女等が常に、その業務資格試験に合格する心身状態において業務が遂行されることを前提としている。現実的には、十分な自己管理により、殆どの場合には、それらの前提は満足されるものであっても、怪我や病気・事故等の例外的な事態は常に発生するものであり、航空事故の様な深刻な例外は、まさにその様な例外の重なり合いによって発生している。

従来技術により、その管理が目指されてきたヒューマン・ファクタは、例えば、マクロスコピックなヒューマン・ファクタと呼ぶことのできるものであり、従来技術によるヒューマン・ファクタ管理技術は、“決して管理できない人間の行動の多様性を、敢えて管理できるものとして扱わなければならない”ものであり、自己矛盾を含んだ技術に過ぎないものである。

本研究により明らかにし、また実現することを目指すヒューマン・ファクタとヒューマン・ファクタ管理技術は、上記のマクロスコピックなヒューマン・ファクタに関するものではなく、それに対してミクロスコピックなヒューマン・ファクタと呼ぶことが適当なヒューマン・ファクタに関するものである。

上述の様に、ある資格を有する者であっても、必ずしも、常にその資格試験に合格する心身状態で操縦業務等を行える程の十分な自己管理が可能である訳ではなく、ヒューマン・ファクタの管理による更なる安全性の向上が実現されるためには、上記資格試験の様なマクロスコピックなヒューマン・ファクタの管理手法に加えて、パイロットや管制官等のその時々ヒューマン・パフォーマンスをミクロスコピックに管理する手法の導入が必要不可欠であり、本研究がその実現を目的とするヒューマン・ファクタ評価管理技術は、まさに個人毎のその時々ヒューマン・パフォーマンスの評価を可能とすることにより実現される技術である。

本研究により実現を目指すヒューマン・ファクタ評価管

理システムは、パイロットや管制官の時々の発話音声のカオス論的な手法により処理することにより、その都度その発話者の心身状態を評価し、過労・過負荷状態等によるヒューマン・パフォーマンスの低下を事前に予測し、これを防ぐことにより、予防的な手法により航空システム全体の安全性の向上を実現することを可能とする、ヒューマン・ファクタ評価管理システムである。

### 3. 研究の成果

本研究においては、発話音声によるヒューマン・ファクタ評価原理をモデル化し、脳機能モデルをこれに対応するものとして提案した。

また、発話音声分析に要する信号処理アルゴリズムを考案し、その高速化を実現した。

#### 3.1. 発話音声と脳機能モデル

発話音声によるヒューマン・ファクタの評価は、実験的な事実により本質的にカオスを有すると考えられている発話音声において、これに含まれる、そのカオス性を擾乱させるノイズレベルを定量化することにより行われる。[発話音声評価原理]

これはまた、実験的な事実として、実際の発話音声が数学的な手法により生成される理想的なカオス性を有する信号とは異なり、カオス性に併せて、常にそのカオス性を擾乱させるランダム性（ノイズ）を有していると考えられることによる。[仮定]

今日の脳科学においては、人間の発話は、大脳ウェルニッケ野において認識・生成される発話内容が、角回・縁上回を介して、ブローカ野に伝えられ、ブローカ野が発話器官を制御することにより行われると考えられており、また、人間の脳には無数のプロセス処理が並列的に行われており、無数の信号が様々な部位の間を行き交っていると考えられている。

従って、本研究において提案する脳機能モデルにおいては、大脳内部において、個々の信号が完全にシールドされた伝送路を伝わっている筈もないであろうから、相互にクロストークを発生させていると考えており、ウェルニッケ野からブローカ野に伝えられる信号についても、脳が活発に活動している状態においては、多くのクロストークが重畳され、これにより発話音声に含まれるノイズレベルは高くなり、逆に脳の活動レベルが低い場合には、発話音声に含まれるノイズレベルは低くなると考えている。

上記により、発話音声に含まれる、そのカオス性を擾乱させるノイズの強度を定量化することにより、その発話者の脳の活性度を評価することができる。

人間の脳は有限なシステムであるから、活性度が高い状態が比較的長時間（30分～1時間程度以上）に亘って継続すれば、そのリソースが失われ、疲労や眠気を自覚する様になる。当然に、発話者は、疲労や眠気の自覚以前に、ヒューマン・エラーを起し易い心身状態になっているであろうから、例えば、脳活性度が高い状態が数十分以上継続している様な場合には、何等かの手法や規定により休息等を取ることにすれば、予防的にヒューマン・パフォーマンスの低下による事故を防ぐことができる筈である。

#### 3.2. 信号処理アルゴリズムの開発

一般的な時系列信号のカオス性の評価は、その時系列信号を、そのフラクタル次元程度の整数次元位相空間に埋め込み、そこに構成されるストレンジ・アトラクタの最大リアプノフ指数、或はKS エントロピー等を計算することにより行われる。

発話音声のカオス性の評価についても、連続的な単母音であれば、近似的にそのような分析手法が適用可能であり、現実には、一般的には、他のカオス的な時系列信号と同様に解析・評価が行われてきた。

上述の従来手法は、そのカオス的な時系列信号を生成しているシステムがマイナス無限大時間からプラス無限大時間まで安定であることを前提としているため、一般的な連続発話音声の評価することは不可能であり、従来のカオス理論に枠組みにおいては、一般連続発話音声の評価は不可能、或は無意味と考えられてきた。

しかしながら実験的な事実は、一般的な発話音声を適当な処理単位（実験では1秒の長さのデータに分割した。）に分割し、それぞれの処理単位において計算される最大リアプノフ指数を移動時間平均すれば、疲労の蓄積に対応して増大すると考えられる結果を与えた。

そこで、本研究においては、従来のカオス理論を拡張し、時間局所的なりアプノフ指数を計算する手法を考案した。これにより、現時点でのアルゴリズムによる時間分解能は数秒程度であり全ての用途に十分なものではないかもしれないが、疲労の蓄積を評価する目的には十分に対応すると思われる信頼性を実現した。

現状のアルゴリズムにより発話音声进行分析すれば、数秒（3～5秒）程度以上の発話音声から、その発話者のその時のストレス状態を再現性よく評価できる時間分解能を実現することが可能であり、ストレス・レベルの分解能についても、通常に発話した場合と、指で耳を塞いだ場合の差異を識別できる程の感度を実現可能である。

また、従来のカオス理論における最大リアプノフ指数の計算が、時系列信号のカオス性の有無の判定のみを目的と

したものであり、カオス性を擾乱させるノイズレベルの評価を目的としたものではなかったため、一般的に最大リアブノフ指数を計算する場合に使用される佐野澤田のアルゴリズムによっては信号処理に膨大な時間を要する（44.1 kHzでサンプルされた1秒の音声の処理に2GHzのクロックを有するCPUを用いて数時間以上を要する。）ことが明らかになったため、本研究においては、発話音声の有する強い周期性を利用した信号処理アルゴリズムSiCECA（Shiomi's Cerebral Exponent Calculation Algorithm）を開発し、必要な演算時間を2～3桁程度短縮した。

発話音声の時間局所的な最大リアブノフ指数により、その発話者の大脳の活性状態が評価可能であると考えられるため、本研究においては、SiCECAにより計算される時間局所的な最大リアブノフ指数を脳活性度指数（Cerebral Exponent）と呼ぶこととした。

現時点におけるアルゴリズムの実装において、2GHzのクロックを有するCPUを利用すれば、44.1kHz/16bitsでサンプルされた1秒間の音声を約10秒で処理することが可能となっている。当所で使用している米国CRAY社によるMTA-2システムを利用すれば、同様な1秒の音声を0.7～0.8秒で処理することが可能であり、本研究の開始時点において懸案であった、リアルタイムな発話音声の分析はほぼ現実のものとなった。

### 3.3. 残された課題等

発話音声によるヒューマン・ファクタ評価管理システムの実現には、従来の疲労度等の指標との整合性の評価が必要不可欠と考えられるが、唾液成分による疲労度の評価手法等が未だに確立されていないため、本研究においては、発話実験において被験者から採取した唾液のアミラーゼ活性度の計測等を行ったが、現時点までには明確な結論を得るには至っていない。

今後、フリッカテスト等の手法による疲労度の評価と併せた評価実験を実施しなければならないと考えられる。

また、発話音声を収集するマイクロフォンの差異が診断値に与える影響等についても、信頼性評価実験により明らかにして行かなければならないと考えている。

### 4. おわりに

本研究成果は、平成16年に開始する、科学技術振興調整費による「状況・意図理解によるリスクの発見と回避」の研究と、運賃費による「陸・海・空の事故防止技術の開発」の研究に、また当所において実施する「知的労働におけるヒューマン・ファクタの評価分析手法の研究」に発展的に移行することが決まっております、これらの研究において、実用化システムの実現を目指したいと考えている。

車両等の運転手に装着するウェアラブル・ユニットの開発の様な具体的なハードウェアの試作等を、本研究において主に取り組んできた信号処理アルゴリズムの開発と平行して実施することにより、車載装置等としての実用システムの実現に向けて解決すべき課題等が、より具体的に明らかになることで、将来的な展望を開けることを期待している。

また平成16年7月からは、本研究において開発した発話音声評価システムを、当所共用計算機を利用したサービスとして広く一般的に利用できるものとして、より効率的に評価・開発を進めて行ける見込みである。

### 掲載文献

- (1) 塩見格一，廣瀬尚三，“音声から眠気や疲労を検出する試みについて，”第37回飛行機シンポジウム予稿集，Oct. 1999.
- (2) 高岡美智子，塩見格一，他，“発話音声による心身状態の診断可能性について，”総合健診，vol. 29，no. 3，pp. 14-20，May 2002.
- (3) 塩見格一，他，“カオス論的疲労解析手法と脳機能モデル，”情報処理学会第64回全国大会予稿集，Mar，2002.
- (4) 塩見格一，“発話分析から考える脳機能モデル，”感性工学研究論文集，第4巻，1号，pp. 3-1，Feb. 2004.
- (5) 塩見格一，他，“連続発話音声の時間局所的なカオス論的指標値の変化について，”電子情報通信学会2004年総合大会予稿集，Mar，2004.
- (6) 塩見格一 “発話音声による大脳活性度評価技術の現状と可能性，”信学技報安全性研究会，May，2004.
- (7) <http://www.siceca.org>

## 航空交通流管理に対応した次世代飛行場管制卓の研究【指定研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 ○塩見格一 福田 豊 金田直樹  
研究期間 平成12年度～平成16年度

### 1. はじめに —研究の背景—

本研究は、航空機運航の起点である空港における飛行場管制業務の高度情報化に資することを目的として進めているものである。

飛行場管制においては、管制官が航空機を視認することが業務の基本におかれているため、また、現状まで管制官の目に代わる装置等が実現されなかったこともあり、業務情報のコンピュータ管理がその業務の効率化に有効とは余り考えられてはいなかった。確かに、当所で飛行場管制用に試作した運航情報管理システム等も、管制官の目に代わる装置の実用化を前提としたものであったし、一時期羽田空港において評価された所謂電子ストリップも多数の入力操作を必要とし、業務を効率化するものではあり得なかった。

しかしながら、今日、空域の有効利用と航空機の効率的な運航の実現に対して最も重要な課題と考えられている航空交通流の管理において、その信頼性の向上には、航空機運航の起点である空港における航空機運航情報のコンピュータ管理は必要不可欠である。航空交通流管理の高信頼化には、気象情報等に基づき離陸した航空機の運航を正確に予測するソフトウェアの開発等も重要ではあると考えられるが、今日のソフトウェア技術においては、このような高度なソフトウェアについては、「それが何時十分な信頼性を有するものとして実現されるか？」と言ったことを予測することさえ容易ではない。それに引き換え、飛行場管制業務における航空機運航情報のコンピュータ管理は、一部の業務形態の変更等を伴い、更には幾らかの業務作業の増大を伴うものであっても、今日の情報処理技術により十分に実現可能なものである。

本研究では、宇宙航空研究開発機構との共同研究により、飛行場管制業務用ワークステーションの試作開発を進めている。

### 2. 研究の成果と今後の展望

本研究においては、具体的な飛行場管制業務用ワークステーションの形態や業務機能要件を明らかにするための試作開発を進めており、併せて、管制官参加による評価シミュレーションを実施するための環境として、仮想現実感を利用した飛行場管制シミュレータの整備を進めている。

具体的には、裸眼での立体視を可能とする直視3次元ディスプレイを用いた曲線進入プロファイルの表示装置の開発や、VFRで運航する多数の航空機を飛行場管制シミュレータにおいて表現するために、複数のマイクロソフト社製のMSフライト・シミュレータを接続するためのソフトウェア開発を行った。

航空機の位置情報の鳥瞰表示については、ディスプレイの解像度の問題もあり表示可能な空域が比較的に狭く制限されてしまうため、また必ずしも誰もが疲労感なく表示を見ることができないため、現時点においては、今後の継続的な研究開発の意義は定かではない。

航空管制シミュレータにおいて表現しなければならない多数の航空機をMSフライト・シミュレータにより模擬することを可能としたソフトウェア開発は、飛行場管制シミュレータ等、将来的な整備が検討されているVFRで運航する航空機の模擬を要するシミュレータの実現において、その要する経費の大幅な削減を可能とする技術開発であったと考えている。

現状の航空管制シミュレータにおいては、パイロット役要員による航空機運航情報の処理が、最も人手を要する問題であり、その省力化が管制シミュレーションの精度の向上とその運用経費の削減に最も有効と考えられているが、未だ決定的な手法等は明らかになってはいない。MSフライト・シミュレータ等の安価な市販ソフトウェアの利用を可能とすることで、またこれらをインターネット等を介して利用することで、次世代の航空管制シミュレーション環境を経費的にも合理的に実現できる様になるのではなかろうか。

また、本研究では、宇宙航空研究開発機構との共同研究として、サテライト空港の効率的な運用を目的とする研究を進めており、その一環として平成15年度には、調布空港をモデルとした飛行場管制シミュレーション環境を整備した。調布空港近郊上空を飛ぶ航空機からの視点を想定して作成した景観を図として示す。

これを利用して計画する、宇宙航空研究開発機構と共同開発した飛行場管制卓の評価実験についても、一部の予備実験を実施し、平成16年度において、管制官参加の評価実験が可能であることを確認した。

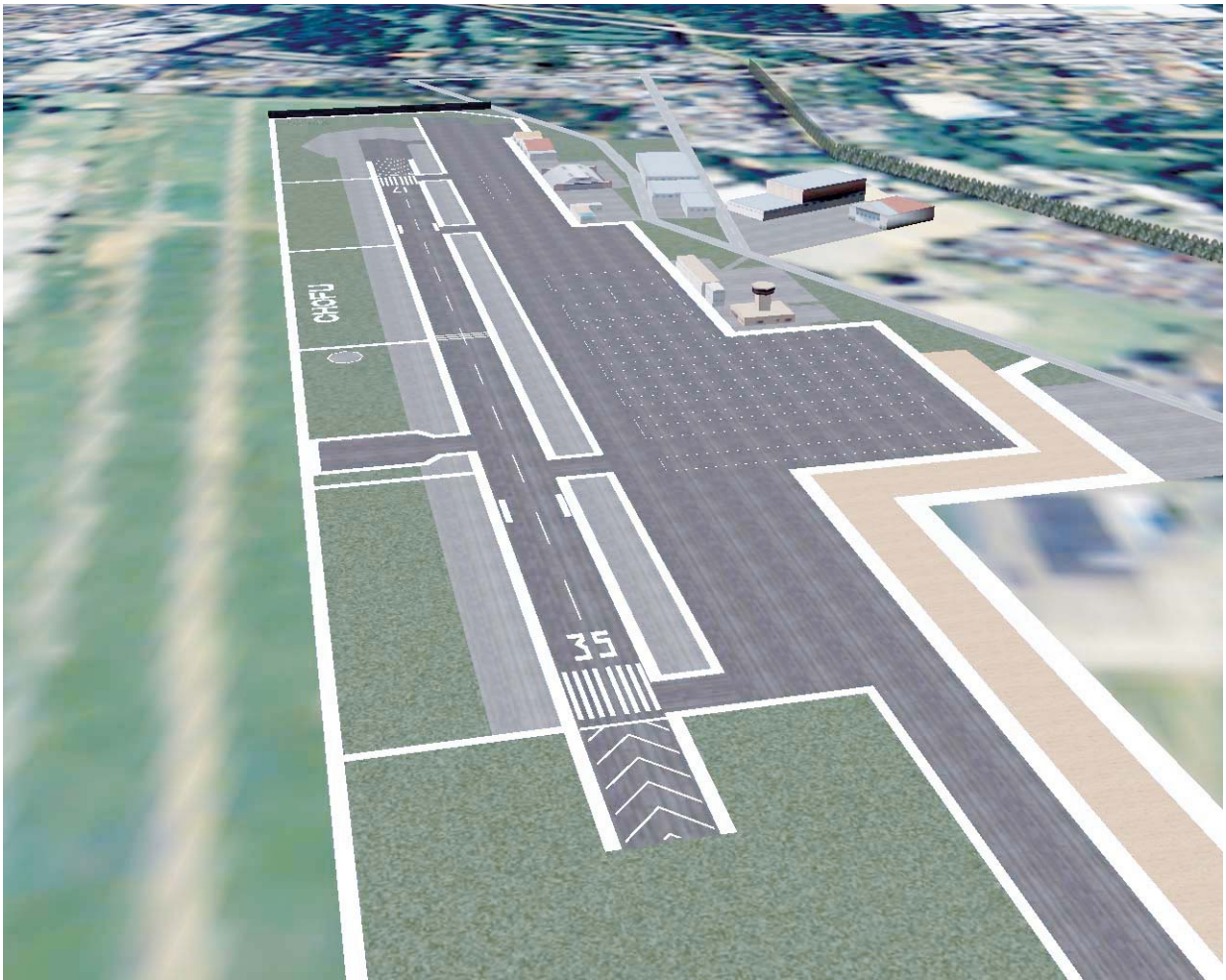


図 調布空港へのアプローチにおける景観

### 航空管制シミュレーションの効率化に関する研究【指定研究／空港整備勘定】

**担当部** 管制システム部  
**担当者** ○三垣充彦 青山久枝 蔭山康太  
**研究期間** 平成14年度～平成17年度

#### 1. はじめに

空港の拡張・新設や新管制機器の導入においては、航空の安全の確保、効率の維持・向上のために、空域の設計、管制処理方式の変更、管制処理容量の見積等の課題がある。これらの課題に対する評価として、航空管制シミュレータによるダイナミック・シミュレーションは有力な手法である。しかし、このダイナミック・シミュレーションは、個々の空域環境、検討課題毎に独立に行われ、その評価要素、評価基準は定性的なもので、統一のとれたものではなく、さらに、シミュレーションの実施には多数の人員と準備期間を要し、経費と時間のかかるものとなっている。航空交通の進展にともないシミュレーション評価の要求も増

加しており、上記の問題点を早急に解決し、定量的な評価と安価で行政当局の要求に迅速に対応できるシミュレーションシステムの構築が急務である。

このため、本研究においては、シミュレーションシステムの省力化のための方策を検討するとともに、統一的な評価を可能とする評価要素、評価基準設定のためのデータの整備を行い、効率的なシミュレーションの評価の実現をめざす。

一方、国土交通省航空局より東京国際空港の再拡張に係るシミュレーション調査の委託を受け、上記の研究と並行してダイナミック・シミュレーションによる評価実験を実施した。



## 2. 研究の概要

ダイナミック・シミュレーションを容易に実施できるように、シミュレーションシステムの省力化のための方策のひとつとして管制指示自動応答機能の実現可能性の調査、検討を行う。このために、シミュレータの航空機模擬部における復唱機能の開発、管制指示認識機能の開発をめざす。

また、管制官の作業負荷の定量的な評価手法を確立するために、管制官の作業内容の分析、管制処理に影響する要因の調査を行う。

さらに、実験で取得したデータの整備を行い、統一的な評価を可能とする評価要素、評価基準設定のための検討を行う。

第2年次の平成15年度には以下の項目について研究を行った。

1. 管制指示復唱機能の設計
2. 管制指示認識技術の調査
3. 実験データの解析

さらに、東京国際空港の再拡張に係るダイナミック・シミュレーションを実施し、滑走路の増設に伴う新しい管制運用方式における所要の管制処理機数等の課題を評価した。

## 3. 研究成果

### 3.1 管制指示復唱機能の設計

管制指示復唱機能に関して、昨年度に引き続き管制指示音声に関する調査を、これまでにシミュレーション実験で取得した音声通信データを対象に実施した。基本的な音声指示語句のサンプルを作成し、これらを利用する復唱機能の基本的な構成を検討した。

### 3.2 管制指示認識技術の調査

管制指示認識手法に関しては、音声認識技術の応用によるものとし、既存の音声認識ソフトウェアについて調査を行い、話者を限定するものと限定しないソフトウェアを調達して試験的に認識率を調査し、その適合性について検討を行った。

### 3.3 実験データの解析

ダイナミック・シミュレーションで取得した航跡データ等、及び管制通信データを処理、分析した。

データの特徴、相関性等を調べるために種々のパラメータに対して統計処理、グラフ化処理を行った。1管制卓で同時に取り扱われる機数の多さ・変動、管制指示回数、およびそれらの相関性等の貴重なデータが得られた。今後これらのデータ間の実験条件による相違、特徴等について詳しく調査、検討する予定である。

### 3.4 ダイナミック・シミュレーション

東京国際空港の再拡張に係るシミュレーション評価は、羽田ターミナル空域を対象として、ダイナミック・シミュレーション実験を実施した。

本シミュレーションでは、新たに提案された南風時の進入方式の運用手順や北風時の騒音軽減方式について、シミュレーションによる評価を中心に、のべ4日間にわたり9試行実施した。この実験の結果は、取得したデータを詳細に解析し、航空局に報告書を提出した。

## 4. 考察等

管制指示の認識については、引き続き調達したソフトウェアを使用して、管制指示音声に特化した認識技術を検討する予定である。

ダイナミック・シミュレーションにより取得される種々のデータの分析をさらに多くの場合について実施し、評価のための一般性を見いだす方法等の検討を行う予定である。

ダイナミック・シミュレーション評価では、かなり詳細な条件を設定し実験を実施した。これにより新たな課題が抽出された。今後さらに検討が進められ、再度の評価の可能性も考えられる。シミュレーションの実施条件が複雑になるほど、準備、実行にはさらに多くの時間を要するが、作業の分担を適切に行うことにより、準備時間の短縮、他の作業との並行実施が可能である。このために、作業要員を外部に求めることも必要である。

## 航空交通管理における容量値に関する研究【一般研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム  
担 当 者 ○福島幸子 瀬之口敦  
研究期間 平成14年度～平成15年度

### 1. はじめに

航空交通流管理（ATFM; Air Traffic Flow Management）は航空交通量が空域の容量を越えることが予測された場合に、事前に出発時刻を調節し、過度な集中を避け円滑な航空交通流を維持するものである。空域ごとに定められた容量値以下の交通量になるように、出発制御時刻（EDCT; Expected Departure Clearance Time）が割当てられることがある。混雑空域では定常的に遅延が発生しており、今後も遅延の増加が予想される。そこで、より円滑で遅延の少ない航空交通流制御及び混雑時間帯の出発遅延値の予測が求められている。

また、現在航空路セクタの容量は、レーダー管制官の実測作業量から算出されている。作業量は、航空路セクタ毎に飛行種別毎に作業時間を計測し、作業毎の困難度指数や考慮時間をもとに算出される。

運用条件が変わったときに、全セクタの計測を行わずに新しい容量値を暫定的に算出することが求められている。

### 2. 研究の概要

研究の目的は、航空会社や航空交通流管理センター（ATFMC）で現状の調査と要望を調査すること、また次年度以降行うリアルタイムシミュレーション実験に備えて、航空路管制シミュレータを改修すること、ATFMを検討するためのシミュレーションアルゴリズムを構築し、ATFMの運用を模擬することである。

### 3. 研究成果

#### 3.1 ATFM の調査

ATFM に対する要望を調査し、以下のことがわかった。

航空会社は機材を1日に数回使用しており、現状のATFMでは各便について空港運用時間を考慮しているが、次回以降の飛行については考慮していない。次の次の便が運用時間に間に合わない時は機材交換を行っているが、機材交換ではなく同社便同士で遅延を交換したいという要望があることがわかった。

ATFMCでは、航空会社から遅延交換の要望があること、また航空路セクタ再編の折は、実測データに基づく容量値が計算されるまでは、暫定的案値でATFMを行っていることがわかった。

東京管制部では、次年度にシミュレーション実験を行う空域を検討するために、上越、及び関東西セクタについて地域の特徴を調査した。

#### 3.2 航空路管制シミュレータの改修

航空路管制シミュレータを使用してATFMの方式を検討できるように、航空路管制シミュレータを改修した。単位時間あたりのフィックス通過予定機数を随時表示できるようにした。

#### 3.3 遅延便交換の検討

単一空域のATFMについてEDCTの計算や解除が模擬できる。このアルゴリズムを用いて、近畿東セクタ及び羽田空港がATFMの対象となったときに、遅延便の交換を検討した。その結果、飛行時間の長い便はEDCTの算出後に遅延を他の便に割当てることが可能であるが、近距離便は難しいことが分かった。しかし、遅延交換は需要が高い東京一大阪便や東京一福岡便で求められており、羽田空港がATFMの対象とした時、特定便を事前に調整対象外として、他の便への影響を調べた。

その結果、東京一大阪便については影響が少ないが、東京一福岡便の場合は影響が大きく非現実的であることが示された。

#### 3.4 RVSM 導入効果の検討

RVSMが導入された場合に、適合機と非適合機の割合によっては、RVSM導入の効果がない場合も想定される。そこでRVSM適合機の割合による効果を、ある交差点1点を通過する航空機の時間・高度分布に着目し計算した。その結果、80%以上が適合機であれば、管制間隔を確保する為の管制官の作業回数が減少することが示された。今後、1点だけでなくセクタを構成する数点を含めて考慮し、現実的な値を検討したい。

### 4. 考察等

ATFMでは1分単位の制御をおこなっているが、空港からの出発は秒単位である。また、移動開始予定時刻（EOBT; Estimated Off Block Time）やEDCTから実際に離陸するまでの時間はスポットの位置だけでなく整備

状況、乗客の集合にも依存する。

H16年度から開始する、重点研究「航空交通管理における新管制運用方式に係る容量値に関する研究」では引き続きRVSM導入効果の検討を行う。

#### 掲載文献

(1) 福島，“空港の航空交通流管理による遅延便交換の検

討，”信学技報 SANE2003-22, 2003年5月

(2) 福島，“航空交通流管理における遅延便交換の検討—航空路セクター，”第3回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp.93-96, 2003年6月

(3) 瀬之口，福島，福田“RVSM適合機の増加によるコンフリクトの軽減に関する一検討”，信学技報 SANE 2004-19, 2004年5月

## 新 CNS に関する管制方式の研究 【指定研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 矢田士郎  
研究期間 平成14年度～平成17年度

### 1. はじめに

航空交通の安全性の向上，空域や空港の交通容量の増加，遅延の減少，航空交通の自由度を増すことなどが大きな課題となっている。また近年データリンク，衛星航法，自動従属監視（ADS），航空通信ネットワーク（ATN）などの新しい技術の導入により従来とは大幅に異なった通信，航法，監視およびそれに伴った管制方式の導入への要求が強くなっている。他方では航空機の経済性や利便性の向上，空域や空港の効率的な利用，管制官のワークロードの減少なども強く叫ばれている。データリンクにより機上の高精度の航法データをほぼリアルタイムに地上と共有することが可能となる。また地上のデータもパイロットの負荷を増やすことなく伝送が可能となる。これらの新しい技術の導入により地上と機上の緊密な連携，情報の共有化および関係機関の協調化が容易となる。これにより天候，事故，故障などに対する経路変更などに対する柔軟性が向上し，Gate-to-Gateのすべての運航段階における遅延の減少，定時制の確保に役立てることができる。よって将来的に管制の役割や仕事内容の変化が生じることが予想され，航空交通管理を考慮した航空管制が必要になる。そこで4次元航法の要素について調査し，軌道推定誤差に関するシミュレーションについて検討を行った。また4次元航法の導入とともに管制システムの新しい方向について検討した。以下に本年度行った研究の概要について述べる。

### 2. 4次元航法について

地上だけでなく洋上をも全世界的にカバーされる衛星航法が重要な地位をしめつつあり，従来の地上援助施設を併用することでより信頼性の高い航法システムとなっている。データ通信が従来の音声通信にかわって重要な役割を

果たすようになり，信頼性の高い大容量のデータのやりとりが可能となる。これにより，航空機の状態（重量，位置，速度など），気象状況がすみやかにやりとりできるようになり，より高精度の航法や，周辺航空交通状況の機上での容易な把握が可能となる。特に放送型のデータリンクであるADS-Bはより精密な安全間隔の設定や，柔軟で効率的な航空管制には不可欠なものになるであろう。ただし放送内容（位置，速度，針路，上昇率など）により必要なビット数が変わり，また通信頻度によりトータルの必要とされる通信のバンド幅が変わってくる。これは使用される空域や飛行段階に応じて変化すると考えられる。また，この通信内容や通信頻度により軌道予測の精度にも関わってくる。また，通信内容に意図する経路を含むインテント情報も送ることにより，将来の軌道推定の精度が格段に高まる。

インテントについては各種のレベルがあり，TCP (trajectory Change Point) としては針路変節点，高度変更点，速度変更点と同時刻とともに示される。つまり4次元すなわち位置，高度，時間のプロファイルで目的地までの経路を示したものである。複雑な経路の場合には効率的に伝送するためにセグメントをシンボル化し，フライバイやフライオーバーなどの定点通過形式も含む形にする。

4次元航法において重要な役割をになうFMSはメーカーによって様々なレベルのものがあり，機能，表示，出力データも異なっている。特にRTA (Required Time of Arrival) の能力のあるものが4次元航法に適している。

### 3. 軌道予測誤差に関するシミュレーションについて

シミュレーションに関わる各要素について述べる。

#### (1) 航空機の運動特性

これにはユーロコントロールなどで使用されているエネルギーモデルに基づくBADA (Base of Aircraft Data: Aircraft Performance Database) やFAAなどの資料を参考にした。航空機の運動方程式, 空力特性, エンジン特性などについて機種別に述べられている。これによりおおまかな機体の大きさや, エンジン種別 (ジェット, ターボプロップ) によるモデル化に使用できる。基本的には質点モデルに剛体モデルの効果を取り入れて修正を加えたもので, 水平あるいは垂直の加速度により飛行状態が変化する。運動方程式はルンゲクッタ法により時間ステップで計算される。

飛行経路は直線と円弧の結合したものに単純化し, 複数の要素を組み合わせで構成する。

#### (2) 通信のモデル化について

情報内容や通信頻度, 通信遅れを設定してデータリンクが予測精度に及ぼす影響を調べる。

#### (3) 気象特性 (大気の状態, 風, 気温)

タービュランスや悪天候のためにスピードやルートを変更する必要が生じる。軌道予測誤差には気象の影響が大きい。気象予測モデルの代表的なものとしては米国のRUC (Rapid Update Cycle) や気象庁の全球モデルなどがある。最新のものでは3次元のグリッドの中で与える4D Gridded RUC-2 Data (20km resolutions, 50 vertical levels) があるが, ここでは単純化したモデルにおきかえて使用する。風の誤差は速度の推定に影響を与える。また, 風の高度方向の勾配は上昇率や下降率に影響する。よって風向, 風速のモデルにおいて, その予測誤差が軌道推定誤差に及ぼす影響について検討する。

#### (4) 空域モデル

エンルート, ターミナルおよびその遷移領域

特に最近導入が進んでいるRNAVルートの接合点での誤差も重要である。

#### (5) シナリオ

時間あたりの航空機数, 設定経路, 航空機の種別

搭載航法機器の種別による航法能力やFMSの4次元航法対応レベル

軌道は4次元空間のチューブを形成する。4次元の軌道推定誤差はcross-track error, along-track error, altitude error, time errorがある。またプロファイルとしてはcross-track profile, along-track profile, speed profile, time profileなどがある。軌道推定誤差の概念図を図2に示す。

現在これらのパラメータを検討しながら, シミュレーションの準備を進めている。

#### 4. 今後の研究について

新しいCNSの導入により, 4次元航法に基づいた管制システムはより安全で効率的な運用が可能となる。Gate-to-Gate 4D flight planningの実現性が増す。データリンクの導入により飛行機の位置, 速度, 針路がほぼリアルタイムに地上の管制機関のみでなく, 周囲の航空機にもわかるので安全で効率的な運航に役立つ。また針路変更点や高度変更点などを予定時刻とともに伝達することにより, コンフリクトの検出が容易になり, あらかじめ安全な経路に変更することが可能となる。将来的には機上側の意志に基づく柔軟なルート設定が可能となり, 管制官の負荷をへらして, より重要な業務に専念できる。機上と地上との間でリアルタイム的に情報を共有できれば, 戦術的のみでなく, 戦略的に航空交通管理を行うことができる。また時間を含めた4次元で航空機の制御が可能となり, それと同時に管制側も時間を指定した管制が容易となる。つまり時間基準で間隔を設定することができるようになるので, より空域容量の増加をめざした運用が可能となる。安全で効率的な経路設定, 空域の有効利用, 遅延の減少に役立てることができる。どのような時間指定の管制を行ったらいかを考えるために, 4次元航法による軌道推定誤差において, その要因や大きさ, 感度解析を行う。

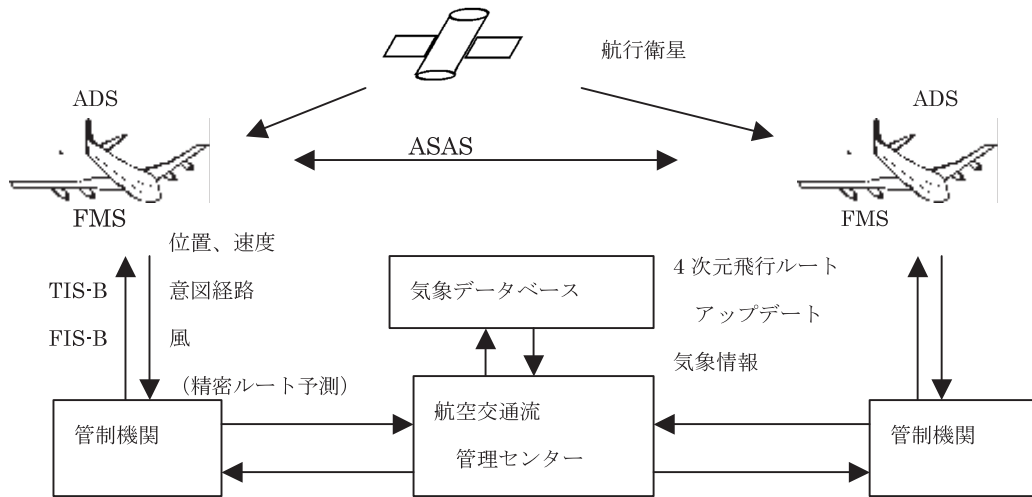


図1 4次元航法の概念図

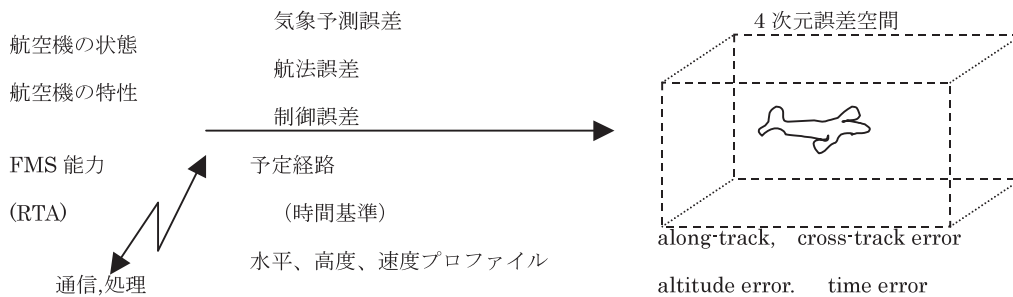


図2 軌道推定誤差

### 航空管制シミュレーションによる作業負担計測手法の研究【指定研究／空港整備勘定】

**担当部** 管制システム部  
**担当者** ○蔭山康太 青山久枝 三垣充彦  
**研究期間** 平成15年度～平成17年度

#### 1. はじめに

レーダ機器や計算機などから構成される複雑で大規模な人間機械系である航空交通管制システムにおいて、航空管制官（以下、管制官）は航空交通の監視や判断、および管制指示のパイロットへの発出など主要な機能を担っている。

空域容量の推定には、管制官が系に含まれる実時間シミュレーションの実施が必要とされるが、この理由は管制官の作業負担を考慮しない数学モデルなどでは正確な容量値を得ることが困難なためである。このように、管制官の作業負担は航空管制システムにおいて非常に重要な要素である。

作業負担に影響を与える要素としては、空域条件や管制

機器のデザインなどが考えられる。管制業務における作業負担増大の要因の検討は、空域設計や将来の管制機器の設計などにおいて有益である。当研究所では、これまで実時間シミュレーションによる空域容量の推定などを行ってきたが、シミュレーションにおける管制官役の作業負担について、さらなる検討を行うことで、空域容量に関して、より詳細な検討が可能となる。

本研究では実時間シミュレーションにおける作業負担の評価手法を検討し、特に空域条件や交通流などのシミュレーション条件に重点を置いて作業負担増大の要因を検討する。



## 2. 研究の概要

本研究では、実時間航空管制シミュレーションにおいて航空管制官の作業負担を評価し、シミュレーションの実施により取得されるデータを解析することで、空域条件や交通量などのシミュレーション条件の各項目が作業負担へ与える影響を検討する。

ここで、作業負担はシミュレーションにおいて「管制官役の生理的・心理的状态を乱すように作用する空域条件や交通流などによる要求の総量」、作業負担は「作業負担が管制官役の特性や能力と関連して管制官役へ与える影響」と定義される。

## 3. 研究成果

### 3.1 実時間シミュレーションの実施

ターミナル空域を対象とした実時間シミュレーションを実施し、主観評価による作業負担値を取得した。実時間シミュレーションにおいては、昨年度に指定研究「航空管制シミュレーションの効率化に関する研究」で製作した作業負担記録装置（以下、記録装置）を使用した。

米国連邦航空局技術センタなどで使用されているATWIT（Air Traffic Workload Input Technique）装置に基づいて製作された記録装置は、ターミナル管制を対象として、作業負担の主観評価値を実時間で取得し、記録する機能を有し、入力指示用ランプと評価値の入力装置から構成される。

シミュレーション実施中に、管制官役はランプの点滅を合図として各時刻における作業負担値を10段階で評価し、評価値に該当する数値ボタンを入力装置から選択した。

記録装置は、当研究所の航空管制シミュレータと接続されており、サーバよりシミュレーション時刻を取得する。シミュレーションの実施中には、各回のランプ点滅開始時刻や選択された数値が記録される。図1に記録装置の外観を示す。

実時間シミュレーションにおける主観評価による作業負担値の取得方法には、シミュレーション終了後の調査票の記入などによる手法も存在する。この場合、評価の対象は全体的な交通流となるために、交通流の一時的なピークなど印象に残りやすい事項が全体の評価に与える影響が大きくなる可能性が存在する。記録装置の使用により、シミュレーション実施中にリアルタイムに作業負担値を取得することで、シミュレーションにおける負担値の変動の検討が可能となる。

シミュレーションの実施により取得された作業負担値のデータと、管制対象機の航跡データを解析することで、

- ・同時管制機数

- ・過去の一定の範囲で管制権を受領した機数
  - ・管制権の受領待ちの状態にある機数
- などの項目について作業負担値との関連を検討した。

また、シミュレーション実施中には、航空管制業務による精神的ストレスの定量的な評価の試みとして管制官役の唾液アミラーゼの活性変化を計測した。唾液アミラーゼの活性変化はストレスに対する生体反応計測の手法の一つであり、被験者に苦痛を与えずに随時に採取が可能であるという特徴を有する。

### 3.2 作業負担記録装置の増設

作業負担記録装置を増設し、従来のターミナル管制に加えて、航空路管制を対象とした実時間シミュレーションによる作業負担検討の環境を構築した。また、入力指示用ランプの表示色の変更を可能とするなどの記録装置の機能向上を行った。

### 3.3 航空管制業務における個人差の検討

航空管制官の作業負担の検討に際しては、シミュレーション条件に加えて、管制官の判断内容や管制指示内容などの航空管制業務についても検討が必要とされる。そこで、航空管制業務のモデル化の一検討として、ターミナル空域における到着機処理を対象として指示内容などについて個人差の検討を行った。

到着機処理の個人差は、順序・間隔付け、および到着機の流れの組み立て方に特に明確に反映されると考えられる。そこで順序・間隔付けの比較に加えて、飛行時間や管制指示数を指標として、流れの組み立て方を比較することで、到着機処理を解析した。

同一の交通流シナリオに対して別個の管制官役の参加を得て実施した2つのシミュレーション結果を比較することで、個人差を定量的に検討した。

## 4. 考察等

記録装置により取得された作業負担値と各項目の関連を検討した結果からは、同時管制機数については作業負担値との相関が比較的強いことが認められる一方で、管制権の受領済み機数および受領待ち機数についての相関は全般的にほとんど現れなかった。これは、管制官役の作業の重点が現在の管制機の処理に集中し、新たな管制権の受領に対する割合が小さかったことを表すと考える。

また、空港からの距離に基づいて同時管制機数を区分し、回帰方程式へあてはめることで、作業負担値の変動へ同時管制機数が与える影響を検討した。シミュレーションより得られた回帰方程式は作業負担値の変動の説明に十分

ではないと考えられるが、回帰方程式からは全般的に空港の近くに位置する同時管制機数の作業負担値への空港からの距離で区分した場合、空港近くに位置する同時管制機数の作業負担への影響が大きい可能性が示された。

唾液アマラーゼの活性変化による精神的ストレスの計測結果からは、記録装置において高い作業負担値が取得された時間帯の前後で活性が大きく変化する傾向が一部の管制官役からは示される一方で、個人差や午前・午後の計測時刻により、活性変化の傾向の違いが大きく現れた。

2つのシミュレーション結果の比較による個人差の検討結果からは、到着機の順序・間隔付けには大きな違いは認められなかったが、ターミナル空域内の飛行時間には違いが認められた。また、到着機の進入方向で分類して比較すると、1つの進入方向では針路指示による到着機の流れの組み立て方について違いが認められ、管制処理手法の個人差の定量的な表現について目安を得ることができた。

平成16年度は、航空路管制を対象とした実時間シミュレーションを実施し、作業負荷増大の要因について同様の検討を進める予定である。

掲載文献

蔭山：「実時間シミュレーションによる到着機処理の一解析」, 第41回飛行機シンポジウムアブストラクト集, 平成15年10月



図1：作業負担記録装置の外観

## 赤外線センサ等による船舶の検知追跡技術に関する研究【基盤研究／一般勘定】

担当部	管制システム部
担当者	矢田士郎
研究期間	平成14年度～平成17年度

### 1. はじめに

従来から海上交通の安全性が強く叫ばれているが、海難審判庁による統計からも海難による事故としては衝突事故が大きな割合を占めている。最近ではレーダーを搭載した船も多く、またGPSと電子海図などにより航行の安全性を高める機器の導入も行われている。特に大型船ではレーダーとコンピュータを融合した衝突予防装置（ARPA）の搭載も義務付けられていて安全性の向上に役立っている。海上交通の輻輳海域では船の種類や大きさ、運動性能が様々に異なるものが混在しており、またプレジャーボートや漂泊中の遊漁船も多く、それだけ事故の危険性も高くなっている。見張りが不十分であることが衝突事故の原因としてはもっとも大きい。また最近ではAISの導入により衝突予防、海上管制に大いに役立つことが期待されている。しかし依然として見張り業務は重要であることには変わらない。見張りは死角が生じたり、疲労などによりおろそかになったりすることが少なからずある。そこで可視光カメラ、赤外線カメラなどを用いて船舶の検知、トラッキ

ングを自動的に行わせ、見張り業務の支援を行う方法についての検討を行った。

### 2. 研究の概要

画像センサとしては赤外カメラのほか低照度カメラ、暗視カメラについても検討を行った。中赤外領域に対応した量子型センサ（冷却型）、非冷却型赤外センサ、低照度カメラを用いて夕方から夜間にかけて観測実験を実施した。船舶画像の取得は東京湾の入り口で浦賀水道航路を見渡せる東京湾海上交通センタのそばで行った。解析には移動体の抽出、個別船舶の識別、トラッキングについてフレーム間差分、背景差分などの画像処理のアルゴリズムを適用した。また船舶の輝度情報だけでなく、その運動に関する特徴量を利用して個別の船舶の識別、トラッキングを試みた。

### 3. 研究の成果

低照度カメラによる撮影画像もある程度利用可能なこと

がわかった。冷却型センサによる船舶画像の例を図1に示す。



図1 船舶画像の例

画像処理の手法としてここではフレーム間差分と背景差分を融合した方法を用い、膨張、収縮などにより領域分割を行った。トラッキングにおいては船舶の個別識別としてそれぞれの船の運動特性、すなわち位置や速度の情報を利用した。船舶が画像に出現した時ターゲットリストに登録し、画像から消滅した時にターゲットリストから削除する。船舶の位置、速度を観測し、予測フィルタにより予想位置を求め、マッチングにより個別の船舶の識別を行う。

2つの船が重なった状態で出現し、途中で分離した場合はその時点で新たな識別番号を割り当てる。船の重なりが少ない場合は個別の船舶のトラッキングが有効に行えることを確かめた。

#### 4. 考察

ほぼ停止または漂流しているような動きの小さな遊漁船はトラッキングがうまくいかないことがあった。途中で重なり合う場合も片方が特に小さくなければ概ね個別の船舶のトラッキングを行うことができた。難しい場合の例としては、2つの船が重なった状態で画面に出現し、その後分かれていく場合であった。分離が行われるのに時間遅れが生じてしまったので、この点においてアルゴリズム改良が必要である。個々のセンサの特徴を生かし、また複数のセンサの情報を融合してより確実性の高い結果を引き出すセンサフュージョンについても研究を行っていきたい。

#### 掲載文献

- ・電子航法研究所研究発表会講演概要 (H15.4)
- ・電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-2-18 (H15.9)

## AIS 情報の VTS (船舶通航業務) への活用に関する研究【基盤研究/一般勘定】

担当部 管制システム部  
担当者 ○塩地 誠 水城 南海男  
研究期間 平成15年度～平成16年度

### 1. はじめに

船舶自動識別装置 (AIS) は、放送型自動従属監視 (ADS-B) の一種で、船舶の位置、速度、針路等の動的情報および仕向港、積荷等の静的情報を交換できるので、船舶の衝突防止はもとより、船舶通航業務 (VTS) に AIS 情報を活用することできめの細かい航行管制業務および航行援助業務を実現でき、航海の安全と効率に寄与すると期待されている。IMO (国際海事機関) により2002年7月から2004年12月までに、対象船舶への順次搭載が義務化されたため、AIS の急速な普及が見込まれる現状である。

本研究は、AIS が本格的に普及した状態での AIS 情報を含む VTS の運用上発生する問題点を明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究の概要

本研究は2年計画であり、平成15年度は初年度である。平成15年度は、AIS と AIS を活用した VTS 業務 (船舶通航業務) に関して、IMO 等での検討の状況を調査するとともに、関連システムの開発動向について調査した。

また、海上保安庁東京湾海上交通センターに導入中の AIS 陸上局と AIS/VTS 統合システムの調整・試験の状況について調査した。

### 3. 研究成果

#### 3.1 IMO 等での検討の状況および開発動向の調査

AIS は、当初、ヨーロッパ北部の輻輳海域や運河地帯で航行の安全を図るため、船舶の情報を他の船舶や港湾・運河の管理者 (VTS) に通知する応答装置 (トランスポンダ: 当時は DSC 方式) として開発され、運用が試みられ

ていた。そして、1988年に、IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities : 国際航路標識協会) が、VTS 委員会内に、AIS の国際規約制定と活用推進を検討するための専門組織を立ち上げた。IALA での提案はIMO でも検討され、経緯を経て、1997年にIMO は、スウェーデンで考案されたSOTDMA (Self Organized TDMA ; 自己管理型時分割多元接続) によるBroadcast 方式を取り入れたAIS の周波数割り当てと無線技術上の検討を依頼した。その後、1998年にIMO 決議MSC74 (69) にてAIS の性能要件を定め、2000年にSOLAS (Safety of Life at Sea ; 海上人命安全) 条約を改正してAIS 搭載義務船舶と搭載期限を定めた。また、ITU は検討結果をAIS の(無線通信設備としての) 技術基準、ITU-R M.1371-1 にまとめ、IEC (International Electrotechnical Commission ; 国際電気標準会議) は、AIS の検査規格として、IEC61993-2 を定めた。また、IALA はAIS の運用基準としてAIS Guideline を定めた。これらを受けて、IMO は2001年に現在のSOTDMA 方式のAIS を国際標準として制定した。

2002年7月のAIS 搭載開始の後、IMO は、国際航海船舶の搭載期限を2004年12月までに早める決定を行った。また、SOLAS 条約の対象とならない船舶にもAIS の搭載を推進するため、より簡易なAIS クラスB が提案された。小型貨物船、漁船からプレジャーボートまでが対象と考えられ、いくつかの方式が提案されている。(SOLAS 条約対象船舶に登載中のAIS はクラスA と呼ばれる。)

IALA ではAIS クラスB の運用基準 (AIS Guideline Ed.1.1) を、IEC では技術検査基準 (IEC62287) を現在検討中である。このほかにも、AIS 陸上局の運用方式、AIS を用いた航法援助の方式、AIS のSAR (Search and Rescue) 応用などが現在も検討されている。また、AIS を統合表示するため、船舶レーダー等の技術基準の変更も検討されている。

### 3.2 AIS 陸上局の運用状況

国土交通省のプロジェクトの一環として当所が行ったAIS/VTS 統合表示とID 自動付与の研究成果を踏まえ、海上保安庁は東京湾海上交通センターにAIS を導入した。運用開始は16年7月の予定である。AIS 陸上局(無線送受信部とアンテナ) を数局、VTS レーダーカバーレージの内外に配置してデジタル回線で海上交通センターのAIS 情報処理システムに接続している。同システムは、LAN で既存のVTS システムと接続され、VTS レーダー画面上に、AIS ターゲットも合成表示される。レーダー卓には、AIS 表示装置も併設され、電子海図上にAIS ターゲットが表示される。これまで把握できなかったレーダー覆域外についても、AIS 表示装置による運用卓が設置され、船舶動静の把握やメッセージ送受信が行えるようになった。

運用開始前で電波の発射ができず、実運用データの収集は行えなかったため、調整中の受信データの状況を調査した。1日に30隻程度のAIS 搭載船舶が通航し、増加傾向にあり、船舶からの受信は問題なかった。

## 航空機のFMS データを利用したコンフリクト検出の研究【基盤研究/空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 ○福田 豊 瀬之口敦 塩見格一  
研究期間 平成14年度～平成15年度

### 1. はじめに

航空機は飛行管理システム(FMS : Flight Management System) により将来通過するウェイポイント等の運航情報が管理されている。地上の管制情報処理システムが空地データ通信により、FMS が保持している運航情報を取得する方式が検討されている。管制情報処理システムが最新の機上側の運航情報を利用することにより、航空機の将来的な飛行軌道をより正確に予測でき、航空機間隔が安全間隔未満になる状態(コンフリクト)を検出する機能の向上が期待できる。

### 2. 研究の概要

本研究では、航空機のFMS データをSSR モードS で取得し、精度の高いフライトプロファイルを予測し、コンフリクトを検出する手法の基礎的な開発および検証をした。具体的には、下記の内容を実施した。

- (1) FMS データの利用によるコンフリクト検出手法を開発し、航空機の針路変更時の不要警報の発生率および警報の遅れ時間を現状の直線予測と比較する。
- (2) FMS データおよびSSR モードS 高度データの利用による高度プロファイルの推定手法を開発し、その精度向上に関して、現状の直線予測を比較する。

(3) 国際民間航空機関および諸外国での機上装置、地上装置、通信方式等の標準化、開発、整備計画の動向を調査する。

本研究は2年計画であり、項目(1)は平成14年度、項目(2)は平成15年度、項目(3)は両年度で実施した。

### 3. 研究成果

#### 3.1 水平面のコンフリクト検出手法の開発と検証

航空機が針路変更する時の飛行軌道をFMSから取得したデータを使用し円弧と線分で近似するモデル(旋回通信モデル)を開発し、シミュレーションにより、レーダの観測位置から直線飛行を想定する直線予測モデルと比較した。その結果、旋回通信モデルは、航空機の不要警報と警報の検出遅れの発生について、旋回時間程度の低減ができることがわかった。

#### 3.2 高度面のコンフリクト検出手法の開発と検証

航空機のFMSデータおよびSSRモードS高度データの利用による高度プロファイルの推定精度の向上に関して、現在の直線予測と比較した。25ft単位の高度とそれに適応した追尾フィルタの利用により、高度変化率の推定遅れが改善できる。さらなる改善には、FMSの選択高度の利用が有効である。ここで、選択高度はパイロットが機器に入力した高度変更後の高度である。

#### 3.3 SSRモードSによる監視機能の調査

国際民間航空機関は、2002年11月に発効したAnnex10のAmendment77によりSSRモードSのGICB(Grand Initi-

ated Comm-B)プロトコルのBDS(Comm-B data selector)コードが追加された。SSRモードSによる機上データの利用のため、欧州の多くの国では2003年から2005年の移行期間でSSRモードS基本監視、仏国、独国、英国では2005年から2007年の移行期間で拡張監視が計画され、これらに対応する機上装置の搭載が義務化される。この義務化に対応したモードSトランスポンダの標準仕様が米国航空電子技術委員会(AEEC: Airline Electronics Engineering Committee)で作成され、製品が開発されている。

### 4. 考察等

航空機のFMSデータを利用したコンフリクト検出は、レーダの観測位置からの直線予測によるコンフリクト検出に比較して、航空機の針路変更および高度変更時に、より正確に航空機の飛行軌道を予測でき、コンフリクト検出の不要警報および警報の検出遅れの発生を低減できる。

今後は、実際のレーダ観測値やFMSデータに基づいて、より現実的な環境を想定したコンフリクト検出手法の開発と検証が重要である。

### 掲載文献

- (1) 福田:「航空機の動態情報を利用する近接検出手法」、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15年2月
- (2) 瀬之口, 福田:「航空機の将来高度の予測に関する解析-25ft高度の利用とFMS選択高度の利用についての効果-」, 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16年1月

## 高度船舶交通管制システムに関する研究【受託研究/一般勘定】

担当部 管制システム部  
担当者 ○塩地 誠 矢田士郎 水城 南海男 白川昌之  
研究期間 平成12年度～平成16年度

### 1. はじめに

船舶自動識別装置(AIS)は、放送型自動従属監視(ADS-B)の一種で、船舶の位置、速度、針路等の動的情報および仕向港、積荷等の静的情報を交換できるので、船舶の衝突防止はもとより、船舶通航業務(VTS)にAIS情報を活用することできめの細かい航行管制業務および航行援助業務を実現でき、航海の安全と効率に寄与すると期待されている。IMO(国際海事機関)により国際航海につい

ては2002年7月から2004年12月までに、対象船舶への順次搭載が義務化されたため、AISの急速な普及が見込まれる現状である。

このような背景から国土交通省は平成12年度から5か年計画でプロジェクト「ITを利用した次世代海上交通システムの技術開発」を開始した。本受託研究は、このプロジェクトの一環として行うものである。

本研究は、主としてAIS情報の導入による海上交通管



理（VTS）システム及び輻輳海域における海上交通流制御技術の高度化を図ることを目的とする。

このうち VTS システムの高度化では、輻輳海域を通航する船舶の AIS 情報を AIS 陸上局でどのように収集処理し、VTS に統合すべきかという観点から、平成12～14年度に、自動 ID 付与方式と AIS/VTS 表示方式の開発試作（図1参照）を行い、AIS 実験局を搭載した船舶を東京湾を航行させて、評価実験を実施した。

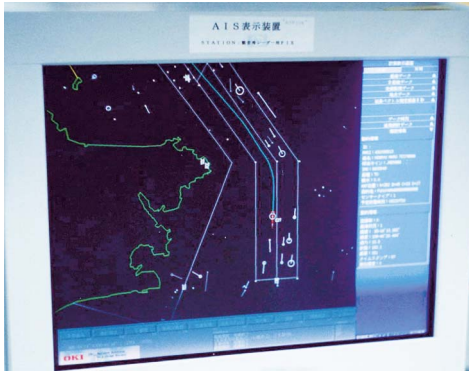


図1 AIS/VTS 統合表示方式の試作評価

なお、危機管理問題（テロ対策）の国際的な高まりの中、AIS の船舶搭載期限が早められ、海上保安庁の導入計画も前倒しされ、AIS 陸上局の設計に必要な技術（自動 ID 付与と画像合成）の確立が最優先で求められた。このため、研究途中で計画を変更し、同技術の研究を集中的に行って、平成14年中に結果を提案方式を纏めて対応した。この提案方式は運賃費による成果として、海上保安庁の海上交通センターへの AIS の導入の設計資料として参照、活用された。平成15年度末には、AIS 陸上システム第1号機が、東京湾海上交通センターに設置され、慣熟期間を経て平成16年7月に運用に供される予定である。

## 2. 研究の概要

本研究は5年計画であり、平成15年度は4年度目である。平成15年度は2つのサブテーマについて実施した。

### (1) AIS システムの性能評価

（受託小項目：AIS 情報の導入による海上交通管理システムの高度化）

今後 AIS が多数の船舶に搭載された場合に AIS 船舶一陸上局間の情報伝達・通信が問題なく行えるかを評価するため、計算機シミュレーションなどによる検討を行う。

### (2) 交通流制御技術の検討

（受託小項目：輻輳海域における海上交通流制御技術の高度化、大阪大学との共同研究）

平成12年度から14年度にかけて、輻輳海域交通流シミュ

レータの製作と改良を行い、平成15年度は、次の改良を行った。

#### ① 計算部分の高速化

a. 東京湾や大阪湾の現在の交通容量を統計的に増加させたシミュレーションを行い、輻輳海域での海上交通の将来予測を行う応用が期待できる。

b. 瀬戸内海全域に AIS 陸上局の配備を想定して広範囲の海域での交通流シミュレーションを実施し、AIS 陸上局の位置や数に関する検討を行う応用が期待できる。

#### ② シミュレーション実施・分析機能の改良

## 3. 研究成果

### 3.1 AIS 情報の導入による海上交通管理システムの高度化

・多数 AIS 船舶運用時の AIS（船舶局－陸上局）システムの性能評価

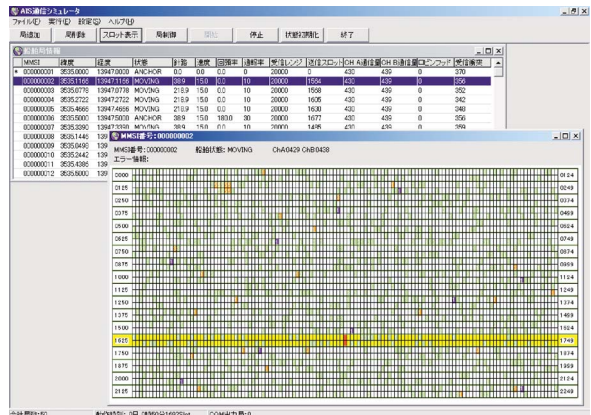


図2 「擬似 AIS 通信トラフィック発生ソフトウェア」（AIS 通信シミュレータ）表示画面の例

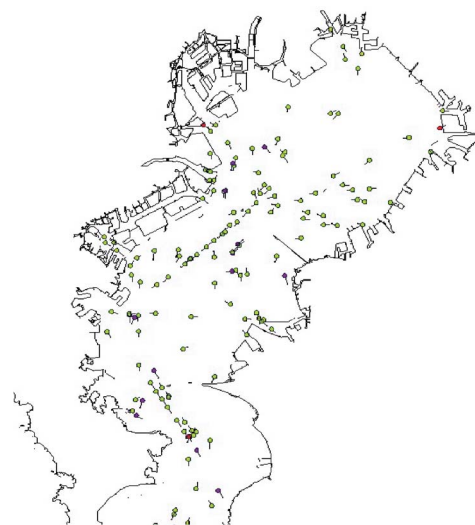


図3 交通流シミュレーション画面例（東京湾）

現在、輻輳海域においても実データとして収集できるのは、実験用の1～3隻程度のAIS搭載船のみで船種も限られている状態ある。従って、多数の船舶が本格的に運用した場合のAISシステムの動作については、実際には確かめられていない。

多数のAIS船舶が存在した場合でもAIS船舶同士では、近くの船舶の信号さえ確実に受信できれば、衝突防止、航行の安全にさしあたって影響は無いとされる。

しかし、広い海域を管理する海上交通管理システムがAIS情報を活用する際には、管轄海域内の全てのAIS船舶の情報をAIS陸上局で受信できることが必要で、また、AIS陸上局からどのAIS船舶局に対しても、メッセージの送信が随時可能であることが必要である。

これを確かめるため、AIS通信スロットの予約管理の様子を計算機シミュレーションで再現して、どの様な状況でスロット予約の重複や通信の衝突が起るか、どの程度AIS局（船舶数）ならスムーズに行えるかを検討する。

本年度は、シミュレーションソフトウェア「擬似AIS通信トラフィック発生ソフトウェア」を製作するとともに、以下の事項について計算機によるシミュレーション含めた検討を行った。図2にその表示画面の例（12隻のAIS船舶が動作しているところ）を示す。

### 3.2 輻輳海域における海上交通流制御技術の高度化

・輻輳海域シミュレータの高速化とシミュレーション実施・分析機能の改良を行い、シミュレーションを実施した。

・輻輳海域シミュレータによる海上交通流シミュレーションの実施

改良してきた輻輳海域シミュレータを用いて、シミュレーションを行ったので、その概要を報告する。

このシミュレータは、人工知能を適用した自動航行システムの概要と機能を持つ。大阪湾・伊勢湾・東京湾の船舶

交通流を予測したシミュレーションを実施した。結果の一例を図3に示す。

航行状態に応じて緑色、青色、赤色で色分けされており、それぞれ通常、追い越し、避航を表している。また、○印から延びる矢印は、その方向と長さがそれぞれ針路と船速を表している。

東京湾は世界有数の過密海域であり、浦賀水道付近では多数の船舶が集中する輻輳海域となっていることがわかる。

### 4. 考察等

#### (1) AIS情報の導入による海上交通管理システムの高度化

シミュレーションソフトウェア「擬似AIS通信トラフィック発生ソフトウェア」を製作した。これより、例えば、東京湾内に多数のAIS船舶が存在する場合を設定し、AIS陸上局で、各船舶の送信がうまく受信できるか、「ロビンフッド」現象（通信スロットが不足したとき、近くの船舶とのAIS通信を確保するため、遠くの船舶が予約した通信スロットを重複して使用すること）は起らないかなどを調べることができる。

#### (2) 輻輳海域における海上交通流制御技術の高度化

人工知能により変針・減速等の操船判断を行うことができる自動航行システムを備えた輻輳海域交通流シミュレータの機能を改良した。このシミュレータを大阪湾、伊勢湾、東京湾に適用して、船舶交通のシミュレーションを行った。また、AIS陸上局の配備に関するシミュレーションも行った。AIS陸上局を経済的・合理的に配置するためには、海域ごとに発信頻度を知る必要がある。本シミュレータを適用すれば、周辺海域の複数船舶の避航を考慮した船舶航行をシミュレーションできるので、AIS交信数をその交信位置とともに正確に把握することができる。特に、避航措置が多いと考えられる輻輳海域に対する予測には有効な手段である。

## 福岡空港基本施設検討手法整備業務における TAAM シミュレーション【受託研究／空港整備勘定】

担当部 管制システム部  
担当者 ○蔭山康太  
研究期間 平成16年1月15日～平成16年3月26日

### 1. はじめに

単一滑走路の空港としては全国で最も過密な空港である福岡国際空港の処理能力は、特に空港面では、ほぼ限界に達している。今後も増加を続ける航空需要への対応のために、同空港においては空港面の拡張が必要とされている。

本受託研究では、上記の拡張に関わる検討手法の整備のために、当所で所有する高速シミュレーション・ソフトウェアである TAAM (Total Airspace and Airport Modeller) による現況の再現性を検討した上で、同ソフトウェア上で、福岡空港の拡張案に関わる代替案を試行的に実施した。

### 2. 研究の概要

高速シミュレーションでは、計算機上で航空機の動きをモデル化する。空港面上の滑走路や誘導路の配置、運航上の制約条件などの具体的なモデルに基づいた結果の取得が高速シミュレーションでは可能である。近年では計算機の性能の発展により、パーソナル・コンピュータなどの汎用的な計算機上での高速シミュレーションの実施が可能となった。

本受託研究で用いた TAAM は、航空管制において代表的な高速シミュレーション・ソフトウェアの一つであり、空港面をはじめとして、航空路・ターミナル空域を対象とした詳細なモデル化、シミュレーション実施を可能としている。また、ルールベースの設定によりシミュレーション中の航空機の属性などに基づいた使用スポットや誘導路などの指定が可能であるとともに、運航状況を計算機上でビジュアルに表現できるため、ボトルネックの状況についてシミュレーション実行画面からの確認を可能としている。

一般に高速シミュレーションでは、複数の代替案間で遅延時間の増減に基づいた相対評価により、各拡張案の評価を行うが、シミュレーション・モデルにおいては、ある程度、現実の運航を反映させる必要がある。そこで、基本モデルとして構築した TAAM 上での現行の空港面の構成上でシミュレーションを実施した結果を離着陸機数や地上走行時間について実運用の観測データと比較することで基本

モデルの実運用に対する再現性を検証した。

また、基本モデルに基づいて、交通量の増大時や誘導路の増設時などを TAAM 上でモデル化し、遅延時間を基本モデルと比較することで、評価を行った。

### 3. 研究成果

#### 3.1 基本モデルの構築

現在の実運用に基づいてシミュレーション用の運航ダイヤ(交通流シナリオ)を作成し、単位時間あたりの離着陸機数や地上走行時間を指標として、基本モデル上でのシミュレーション結果と観測データを比較した。比較によりシミュレーション結果と観測データの強い相関性が確認された。

#### 3.2 拡張案の検討

交通流シナリオにおける交通量を現在の実運用の値より増便し、基本モデル上で増便の遅延時間への影響を検討し、ボトルネックの発見や遅延原因の検討を行った。

また、基本モデルに基づいて、誘導路の増設や滑走路の増設時のモデル化を行い、増便時の遅延時間が減少することを確認するとともに、遅延原因などについて検討を行った。

### 4. 考察等

シミュレーション結果に基づいた検討では、基本モデルの実運用に対する再現性を示した。また、TAAM に備えられた運航状況の表現機能により得られたボトルネックの状況などを発注者側に容易に提供することができた。

また、本受託研究による検討結果は、受託研究報告書として発注者側に提出された。

### 掲載文献

蔭山：「福岡空港基本施設検討手法整備業務における TAAM シミュレーション」, 受託研究報告書, 平成16年3月



図1 TAAM 実行画面の例

### 羽田空港再拡張に係るシミュレーション調査【受託研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
 担 当 者 ○三垣充彦 青山久枝 蔭山康太 森永智文  
 研究期間 平成15年6月～平成15年8月

#### 1. はじめに

東京国際空港（以下、羽田空港と記す）の再拡張は、首都圏第3空港調査検討会において、首都圏第3空港の候補地を含めて検討が行われてきたが、B滑走路と平行に新滑走路を整備することとなった。

電子航法研究所では、従来より航空管制シミュレーションにより、国土交通省の設計・策定業務を技術的に支援してきた。本年度も、羽田空港再拡張に係るシミュレーション調査の委託を受け、平成15年7月にシミュレーションによる評価実験を実施した。その目的は、新滑走路設置に伴う交通量の増大に対応するための経路、進入方式の変更について、シミュレーションによる管制処理方法の検討、空域・管制運用上の問題点の抽出である。シミュレーションの対象は羽田空港ターミナル空域であり、当所の実時間シミュレーション施設を使用してターミナル管制シミュレーションを実施した。

#### 2. 研究の概要

羽田空港から派遣された航空管制官の参加を得て、羽田

空港ターミナル空域を対象としてターミナル管制シミュレーションを実施した（9試行）。

各風向きによる進入方式、滑走路の割り当てを表1に示すようにした。

表1 滑走路の割り当て

風向き	進入方式	到着機用	出発機用
北風	ILS 視認進入	RW34L／34R	RW04R／34R
南風	LDA	RW22L／22R	RW16L／16R

平成14年度受託のシミュレーション調査において作成し、使用した交通流シナリオと同一のシナリオを使用した。羽田空港到着・出発機数が1時間あたり各40機程度となる。ターミナル空域の形状などについても、平成14年度受託研究と同様とした。

標準出発経路は、平成14年度受託研究と同じとした。ただ、北風時のSNE方面への標準出発経路は従来通りとした。



到着機の進入方式として、南風運用時は非精密進入方式（LDA 進入方式）を、北風運用時は騒音軽減方式（CVFP 方式）を中心として検討を行った。南風運用では、進入開始高度を変更してシミュレーションを行った。

すべての試行で飛行場卓を使用し、羽田空港出発機の離陸時刻を航空管制官が判断するものとした。

### 3. 研究成果

進入方式の条件別に実施した試行ごとに、到着機数、出発機数を計数し、処理機数に関する評価を行った。到着機の待機旋回回数や管制間隔等について解析した。

LDA 進入方式における最終進入経路に対する設定基準の保持について評価を行った。最終進入経路への会合点、会合角度について分析を行った。また、それぞれの方式ご

とに間隔の分布やレーダ間隔、航跡図等を求め、分析を行った。

さらに、管制官の意見聴取を行い、問題点を抽出した。

### 4. おわりに

羽田空港新滑走路設置に伴う交通量の増大、経路の変更について管制処理の検討、空域・管制運用上の問題点の抽出を目的として実時間シミュレーションを実施した。

本受託研究では、南風時の新たな進入方式の運用についての評価を中心に、南風時・北風時の場合について、シミュレーション実験をのべ9試行実施した。

実時間シミュレーション評価では、実験により新たな課題が見つかり、今後さらに検討する必要がある、再度のシミュレーション評価実施の可能性も考えられる。



ターミナル管制卓室



パイロット卓室

図1 航空管制シミュレーション実験風景



## 4 衛星技術部

### I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成15年度における研究は、重点研究として承認された項目および行政当局の要望等を考慮して下記のように計画した。

1. 次世代衛星航法システムに関する研究
2. 静止衛星型衛星航法補強システムの性能向上に関する研究
3. GNSS 高度計の研究
4. 高性能な航空衛星通信システムに関する基礎研究
5. 航空用 GNSS の性能向上技術の開発
6. 高精度測位補正技術に関する研究

以上のうち、1, 2 は航空局の要望によるものである。1 は重点研究であり、将来の衛星航法システムに関する検討を行うものである。2 は、平成15年度より新たに特別重点研究として整理されたテーマである。現在の GPS や GLONASS を GNSS として使用するには、インテグリティ（完全性）の確保、測位精度およびアベイラビリティ（利用性）の保証のため補強システムを構築する必要がある。そこで、静止衛星を介して補強情報を配信する方式である静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）の整備が進められている。我が国では、運輸多目的衛星（MTSAT）による衛星航法補強システム（MSAS）の整備が、米国、欧州等ではそれぞれ WAAS/EGNOS の整備が進められている。これら SBAS による相互運用性の向上、サービス空域の拡大、位置決定精度の性能向上、および GPS の近代化に対応するための検討と方式の開発を行う。なお、経費は空港整備特別会計によるものである。3, 4 は指定研究である。3 は、現在の気圧高度計に替わって将来的には GPS 等による高度計の利用が考えられるので、この特性を明らかにし、必要な精度等の確保を検討するための研究である。4 は、次世代の高速衛星データ通信方式に関する調査研究である。5 は、米国スタンフォード大学への1年間の留学で実施した研究である。6 は、平成15年度より6年計画で開始された、国家的プロジェクトである準天頂衛星を利用する高精度測位補正技術開発に関する、国土交通省・総合政策局・技術安全課からの受託研究である。

### II 試験研究の実施状況

- 次世代衛星航法システムに関する研究は平成12年度から15年度まで4年計画で実施した。この研究では、全地球的システムを対象として、既存衛星航法システムの調査および次世代衛星航法システムの性能要件および次世代衛星航法システム概念を検討した。これらの検討を

もとにして、日本近辺をサービスエリアとする、地域的システムとしての準天頂衛星システムの調査および準天頂衛星による GPS 補強システムの有効性の検討を行った。さらに、準天頂衛星を用いる高精度測位システムの検討を行った。本研究で得られた成果は、「高精度測位補正技術に関する研究」において活用されている。

- 静止衛星型衛星航法補強システムの性能向上に関する研究は平成11年度から平成15年度まで5年計画で実施した。本研究では、電離層活動の GPS/SBAS への影響、GPS への電波干渉の影響、MSAS サービスレベル解析、MSAS 精密進入性能予測等の研究を行った。なお、この研究において、GPS 信号による電離層シンチレーションに関する研究及び MSAS における時刻管理とその応用について通信総合研究所と共同研究、SBAS 信号解析・評価共同研究で古野電気株式会社と共同研究をそれぞれ実施した。また、MSAS/GAIA 共同飛行実験を航空宇宙技術研究所と共同で北海道大樹町の飛行場で行った。
- GNSS 高度計研究では、気圧高度の補正方式として気象庁による気圧等の数値予報データの利用方法を検討するとともに、飛行実験データを用いた評価により開発した方式の有効性を確認した。
- 航空衛星データ通信方式の研究では、符号分割多重接続（CDMA）方式による自動位置情報伝送・監視機能（ADS）の概念検討、狭帯域方式 ADS の検討、国際民間航空機関（ICAO）方式 ADS のシミュレーション評価及び次世代航空衛星データ通信システムの調査を行った。また、欧州とユーロコントロールが検討中の次世代航空衛星通信システム（NexSAT）会議に参加し、本研究での検討結果を報告している。
- 航空用 GNSS の性能向上技術の開発では、スタンフォード大学 GNSS 研究チームと共に、電離層遅延の推定技術の確立、電離層モデリング方式の検討、低緯度地方における電離層遅延補正方法の検討、およびスタンフォード大学の地上型補強システム（GBAS）グループと連携し、電離層関連の検討作業に参画した。
- 高精度測位補正技術に関する研究では今年度から所内に高精度測位補正技術開発プロジェクトチームを発足させ国土交通省における、準天頂衛星を利用した高精度測位補正技術および移動体への利用技術に関する研究開発の一環として、高速移動体に適用可能で、かつ、高い信頼性を確保できる高精度測位実験システムの開発を開始した。今年度は初年度でもあり、完全性監視方式および測位誤差補正方式を計算機シミュレーションにより評価するときに使用するテストシステムの試作を開始し、高

精度測位補正システムに必要な完全性監視方式および誤差補正方式の基本的検討を行った。

また、年度当初の研究計画に基づいた項目のほかに、以下の受託研究を実施した。

○ RVSM 適合機の高度維持特性監視にかかる要件技術支援

この技術支援は航空保安無線システム協会から受託したものであり、国内に短縮垂直間隔 (DRVSM) を導入するとき、飛行高度のモニタを GPS 計測装置 (GMU) で行う際の課題等について検討を行い報告したものである。

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

現在、ICAO においては航法システムパネル (NSP)、航空通信パネル (ACP) 等が組織され、将来航空航法システム (FANS) 構想の実現に向けて国際的な技術基準作成および検証の作業が行われている。また、アジア太平洋経済協力機構 (APEC) 内にも FANS 構想の実現に向けて、技術的な情報交換会議、SBAS を整備中の関係各国

(日、米、欧州、加、印) が参加する静止衛星型衛星航法補強システム (SBAS) 相互運用性検討ワーキンググループ会議 (IWG) や SBAS 関連技術の国際ワークショップ (SBAS 電離層解析会議等) が行なわれている。当部ではこれらの会議に代表を出席させ技術資料を提出して国際的な活動に寄与している。また、国際 GPS 事業 (IGS) に GNSS 試験システムの監視局を観測点としての参画を継続して行い、GPS 等のデータをインターネットを通じて提供している。

また、我が国においては、FANS 構想に沿って、運輸多目的衛星 (MTSAT) を中心とした航空衛星システムの整備が行われており、この整備にこれら研究成果が活用される。更に、GNSS 試験システムを用いた研究により MSAS の独立検証等を可能としている。

本年度の研究成果は、当研究所研究報告および研究発表会、米国航法学会、電子情報通信学会、日本機械学会、日本航空宇宙学会、日本航海学会、日本測地学会等で発表している。

(衛星技術部長 惟村 和宣)

次世代衛星航法システムに関する研究【重点研究／一般勘定】

担 当 部 衛星技術部  
担 当 者 ○伊藤 憲 新美賢治 坂井丈泰  
研究期間 平成12年度～平成15年度

1. はじめに

現在、衛星航法システムを民間航空の航法装置として利用するための検討が進められている。この衛星航法システムとして、米国の GPS やロシアの GLONASS の利用が考えられている。これらのシステムを民間航空で利用する場合、測位精度や完全性などの性能要件の面において不十分な点がある。このため、飛行局面ごとに異なった GPS 補強システムの開発が日本、米国および欧州等で進められている。また、米国では、測位精度改善を目的として、民間用周波数追加などによる GPS の改良 (GPS 近代化) のための検討が進められている。一方、国際民間航空機関では、衛星航法システムを民間航空で利用する場合に要求される性能要件を検討し、民間用次世代衛星航法システム導入のための指針の作成を開始している。さらに、欧州では、Galileo と呼ばれる次世代衛星航法システムの検討が進められている。そして、我が国では準天頂衛星による高精度な測位技術の開発が開始されている。

このような背景から、当研究所は、次世代衛星航法シ

テムに関する検討を、平成12年度より15年度にかけて実施した。

2. 研究の概要

本研究においては、まず、全地球的システムを対象として、既存衛星航法システムの調査および次世代衛星航法システムの性能要件検討を実施し、また、次世代衛星航法システムの概念検討を実施した。これらの検討をもとにして、日本近辺をサービスエリアとする、地域的システムとしての準天頂衛星システムの調査および準天頂衛星による GPS 補強システムの有効性の検討を行った。さらに、準天頂衛星を用いる高精度測位システムの検討を行った。

3. 主な研究成果

3.1 次世代衛星航法システムの概念

GPS は陸海空のすべての移動体で使用できる航法システムを目指して開発されてきた。結果としては応用範囲の広いすぐれたシステムが完成し、軍事用途のみならず民生

分野でも各方面で積極的に利用が進められていることから、当初の目的は十分に達したといえる。しかしながらGPSの開発開始からすでに30年が経過しており、さまざまな分野で応用されるにつれて欠点や改良の余地のある点が次第に明らかになってきた。たとえば、現在のGPSについては、(1)測位精度の改善、(2)耐干渉性の向上、(3)信頼性の確保、(4)適用範囲の拡大、(5)通信機能の付加、といった改良が考えられる。

次世代の衛星航法システムは、既存衛星航法システムに比べてこれらの点を含めた改善を図り、通信回線を追加することなくさまざまなアプリケーションに対応できるものであることが望ましい。すなわち、今後開発される民生用衛星航法システムは、既存システムと比べて次のような性質を備えているべきである。

- (1) 測位精度および信頼性が十分な水準にあり、利用者に使いやすいシステムであること。
  - (2) 完全性情報を伝送する機能を持ち、安全性が重視される用途でも利用可能であること。
  - (3) 信号環境の厳しい都市部での利用が十分に考慮されていること。
  - (4) 通信機能を持ち、適切な航法関連情報を提供すること。
  - (5) 高精度な時刻情報の配信が行えること。
  - (6) 既存の衛星航法システムと互換性および相互運用性を有すること。
  - (7) 軍用システムではなく、民生主導で開発されること。
- さらには国際的な運用体制であることが望ましい。

### 3.2 衛星配置の測位精度に対する影響の検討

次世代衛星航法システムの衛星配置に関する検討を行った。計算機シミュレーションにより、衛星配置と測位精度の関係を評価するために、種々の衛星配置に対して、地球上全域の測位精度分布を計算した。

検討の対象とした具体的な配置は、GPS衛星、中高度軌道衛星（GPS衛星より高度が高いもの）、準天頂衛星について、それぞれ、総衛星数が24個（静止衛星を6個追加する場合を含む）の場合および30個の場合である。

次世代衛星航法システムとして、2周波の信号の利用および衛星軌道決定精度向上、伝搬遅延推定制度の改善、受信機技術の向上を仮定して、計算機シミュレーションを実施した。その結果、水平・垂直方向のいずれでも、5m以内の測位精度が得られた。

また、この計算機シミュレーションの結果、次のことがわかった。全地球的サービスを提供することを前提とするなら、中高度軌道衛星を中心とするシステムが打ち上げコ

ストの面から有利になる。また、準天頂衛星を用いると、サービスカバレッジを柔軟に設定でき、サービス地域を限定することもできる。静止衛星の追加は測位精度の改善への寄与は小さいが、通信回線の確保に有利である。次世代衛星航法システムの設計にあたっては、各軌道の特徴を考慮した上で、定量的な条件を満足する配置を選択する必要がある。

### 3.3 準天頂衛星システムに関する調査

準天頂衛星とは、ある一定の時間、天頂付近に見える衛星のことである。この準天頂衛星の軌道要素は、静止衛星と比べると、軌道傾斜角と離心率が異なる。たとえば、非対称8の字形の地上軌跡となるように軌道要素（たとえば軌道傾斜角を45度とし離心率を0.1とする）を選び、異なる軌道に3機の準天頂衛星を投入すると、各準天頂衛星が8時間ずつ日本上空に見えるように配置できる。

この準天頂衛星を複数個組み合わせ、特定の地域の天頂付近に常に1個以上存在するように軌道配置したものを準天頂衛星システムと呼ぶ。準天頂衛星システムの利用例としては、列車の運行管理、自動車・歩行者のナビゲーション、捜索救難システムなどが想定されている。

衛星仰角が高い準天頂衛星を構成要素とする準天頂衛星システムは、移動体通信への応用では、(1)通信の高速化が容易である、(2)衛星が常時天頂付近にあるので、追尾範囲が限られ、追尾機構の簡素化が容易である、(3)天頂方向に指向性を持つ無追尾アンテナを利用できる、(4)ビルや山影の影響を受けない、(5)降雨による電波の減衰が少ない、などの利点があると考えられている。さらに、測位への応用では、準天頂衛星でGPSの補完と補強を行い、利用者がビル影や山影のある、天空が開けていない場所などでも、高い測位精度を保つことができると考えられている。

### 3.4 準天頂衛星によるGPS補強システムの検討

準天頂衛星によるGPS補強システムの有効性を検討するために、GPS衛星のみを使用した場合と、GPSに準天頂衛星を追加した場合の測位精度（水平方向）およびアベイラビリティを評価した。この評価は(1)準天頂衛星の軌道要素：軌道長半径42164km、離心率0.1、軌道傾斜角45度、近地点引数270度、昇交点赤経20度間隔、(2)マスク角：20度、という条件のもとに実施した。また、具体的な衛星配置としては、(1)GPS衛星24機のみ（GPSII-F程度を想定、2周波、ディファレンシャル補正なし）、(2)GPS衛星24機+準天頂衛星3機（2周波、ディファレンシャル補正あり）の2つの場合について検討した。

これら2つの衛星配置に対して測位精度（水平方向）を

評価したところ、準天頂衛星の付加により、日本近辺で、測位精度の平均値が4.9m から1.6m となり、約3倍の精度向上となることがわかった（図1参照）。次にアベイラビリティを評価したところ、GPS のみの時は、日本付近でのアベイラビリティは0.9であるが、準天頂衛星を追加することで、0.998まで向上することがわかった（図2参照）。

### 3.5 準天頂衛星を用いる高精度測位システムの検討

高精度かつ高信頼性を持つ、準天頂衛星による高精度測位システムを開発する場合、(1)短期間で、高精度かつ高信頼性の衛星測位システムを開発するには、既存システムをベースにするのが効率的である、(2)ベースにするシステムとしては、高精度および高信頼性の測位機能を持ち、さらに、そのシステムを機能向上することで高精度測位システム開発が可能となる見込みがあることが必要である、(3)SBAS は、移動体航法で必要とされる「完全性監視」機能を補強情報として提供できる、(4)日本には米国の技術をベースにしたSBAS の開発実績があり、SBAS の誤差補正情報生成機能を改善することにより、メートル以下の測位精度が達成できる可能性が高いと考えられる、という理由によりSBAS 方式に準拠することが望ましい。

### 4. おわりに

電子航法研究所は平成15年度から「高精度測位補正技術に関する研究」を開始している。この研究においては、準天頂衛星を用いて1メートル未満の測位精度を実現する高精度測位補正技術の開発を目標としている。

本研究で得られた成果は、この「高精度測位補正技術に

関する研究」において活用されている。

### 掲載文献

- (1) 坂井丈泰：「欧州における次世代衛星航法システム」, 電子情報通信学会, 信学技報, SANE2000-122, pp17-24 (平12.12)
- (2) 「既存衛星航法システム調査報告書」, 電子航法研究所 (平12.12)
- (3) 坂井丈泰他3名：「GPSと新衛星航法システム Galileo の併用による効果」, 電子情報通信学会, 2001年総合大会講演論文集, 通信1, p235 (平13.3)
- (4) 伊藤憲他2名：「次世代衛星航法システム性能要件」, 平成13年度(第1回)電子航法研究所研究発表会講演概要, pp43-46 (平13.6)
- (5) 坂井丈泰ほか3名「GPS補強システムの現状」, 電子情報通信学会, 信学技報, SANE2001-39, pp51-58(平13.7)
- (6) 伊藤憲ほか3名：「電子航法研究所における次世代衛星航法システムの検討について」, 第45回宇宙科学技術連合講演会, pp1163-1166 (13.10)
- (7) 坂井丈泰ほか1名：「時間経過を考慮したGPSコンティニューイティの計算法」, 電子情報通信学会論文誌B, VOLJ84-B,NO.12, pp2140-2148 (平13.12)
- (8) 坂井丈泰他3名：「次世代衛星航法システムの衛星配置について」, 平成14年度(第2回)電子航法研究所研究発表会講演概要, pp47-52 (平14.6)
- (9) 坂井丈泰ほか3名「日本付近における電離層のGPSへの影響」, 日本航海学会, 投稿中

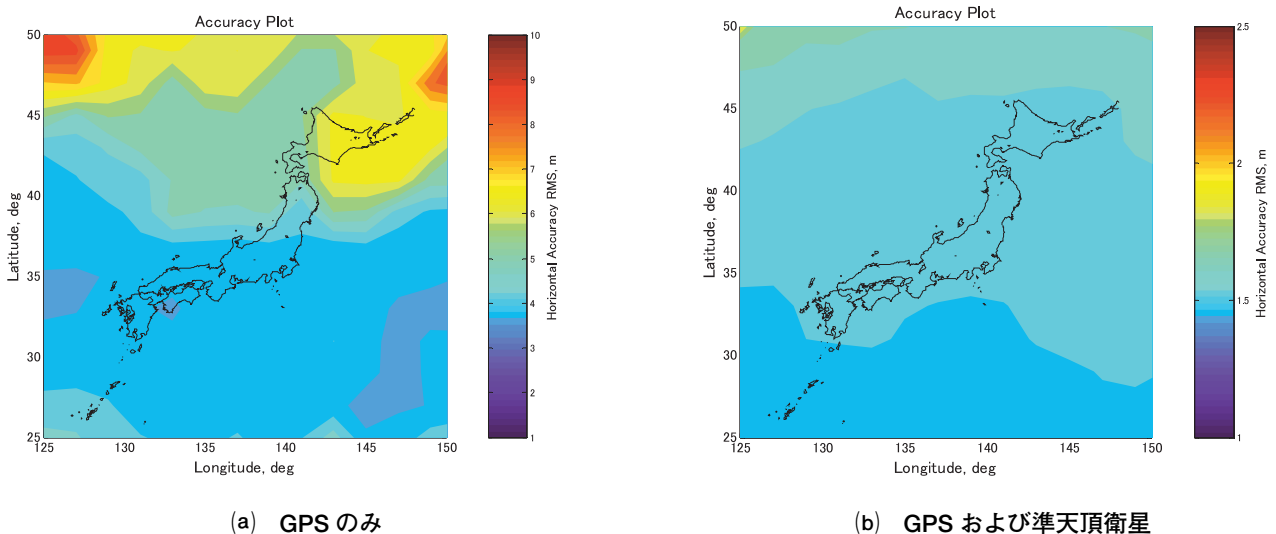
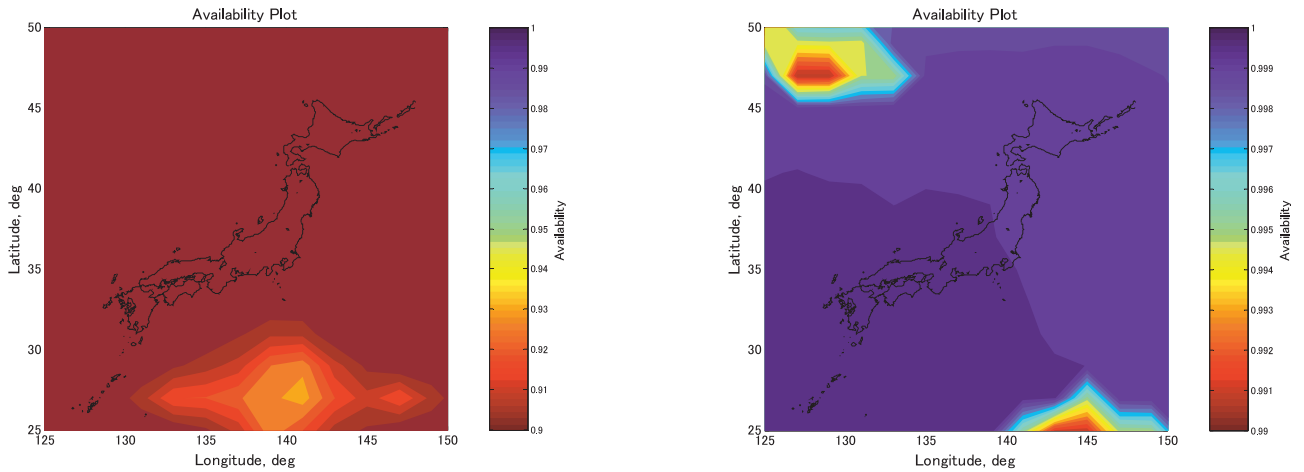


図1 測位精度（水平方向）



(a) GPS のみ

(b) GPS および準天頂衛星

図2 アベイラビリティ

### 静止衛星型衛星航法補強システムの性能向上に関する研究【重点研究／空港整備勘定】

担 当 部 衛星技術部  
 担 当 者 星野尾一明 伊藤 実 新井直樹 松永圭左 新美賢治 坂井丈泰  
 研究期間 平成11年度～平成15年度

#### 1. はじめに

GPS等を航空航法に使用するための補強システムの一つとして、インテグリティ、ディファレンシャル情報および測距信号を静止衛星を利用して放送する静止衛星型衛星航法補強システム(SBAS)がある。SBASの性能は地上監視局の配置位置、局数により大きな影響を受ける。我が国においては、地形上、地上監視局の配置位置に制約が課せられ、SBASのサービス空域、利用性、精度等が制限を受けている。一方、現在SBASは独立に運用されることになっているが、地上監視局の共同利用等相互接続により、サービス空域の拡大、利用性、精度等の性能向上を図ることができる。このため、国際的な相互接続の研究が必要である。また、補強対象となるGPSについては、近代化と電波干渉が米国で検討されており、我が国独自の問題の観点から、これらのSBASへの影響を研究し、運輸多目的衛星(MTSAT)の機能、性能検討のための研究が必要である。また、電離層活動においても日本及び東南アジアは、米国、欧州と状況が異なることが明らかになりつつあり、SBAS性能への影響を十分考慮する必要がある。

#### 2. 研究の概要

本研究においては、SBASにおける軌道標定技術やGPSの近代化および電離層補正等の基本要素技術について、性能向上の可能性とその方策について、評価ツールの作成およびデータ解析・実験を行うことにより研究するとともに、米国、カナダ、欧州と連携を図り、国際民間航空機関(ICAO)における国際標準策定作業に寄与することを目的とする。本研究の具体的目標は以下のとおりである。

- (1) 日本周辺における、電離層活動のSBAS利用性および測位精度への影響が明らかにする。
- (2) 電波干渉のSBAS利用性および測位精度に与える程度・範囲が明らかにする。
- (3) MSASの性能限界が明らかにする。
- (4) SBASの相互接続による、サービス空域、利用性、精度向上の程度・範囲が明らかにする。
- (5) GPS近代化によるMSAS利用性および測位精度向上の程度・範囲を明らかにする。

年次計画としては、平成11年度は、海外テストベッドとの接続、解析ソフトウェアの製作を行った、平成12年度は、海外テストベッドとのデータ交換によるSBAS性能向上及び解析ソフトウェアであるサービスボリュームモデル



(SVM), 評価機材の製作を行った。平成13年度は, データ交換によるSBASアベイラビリティ向上に関する解析, 評価, SA解除/2周波数化時の精度, SVM機能向上, 干渉評価機材の製作を行った。平成14年度は, MSASの性能評価, SA解除/2周波数化によるSBAS機能, 精度, 利用性の解析, 評価のためのSVM機能付加および解析, 評価を行った。平成14年度は, MSAS評価のため, MSASデータ解析ツールの作成, 電離層遅延量リアルタイム予測に関する調査・検討, 電波干渉測定実験, GPSの精密軌道推定の研究を実施した。また, GNSS試験システムの収集データサーバー装置においては, サポート状況, 容量の増加と今後の保守の容易さを考慮して, 新収集データサーバー装置に更新すると共にデータ管理用ソフトウェアを更新した。

平成15年度は, SBASメッセージの取り込み機能, RAIM計算機能付加を行い, サービスレベルを評価する機能と, その結果を表示する機能を追加した。また, 日本上空の電離層特性を把握するため, ピアースポイントでの電離層遅延量を時系列に追跡できる機能の追加を行った。電離層解析については, 電離層モデル, リアルタイム実測データ, 変動要因データを使用したTEC予測の精度向上の検討を行った。

電離層観測に関しては, 東京, 福岡, 那覇航空交通管制部および調布でのGPSデータならびに稚内, 宮古島, 調布, 那覇とともに4ヶ所での電離層シンチレーションデータの収集・解析を実施しており, これらのデータの一部は, MSAS認証, 電離層解析のため, 航空局で利用されている。

共同研究にて, 通信総合研究所(CRL)と電離層遅延・シンチレーション評価, MSAS利用評価のため航空宇宙技術研究所(NAL)と「MSAS-GAIA評価飛行試験」, 古野電気と「SBAS信号解析・評価共同研究」を実施した。

また, 平成14年度に「MSASフライトデモ」を受託研究として実施し, MSASの有用性を示した。さらにMSAS開発の支援として, MSAS設計審査会, 技術レビューチーム四半期会議へ参加し, MSASの安全性を確保するための活動の支援を行っている。

### 3. 成果概要

#### 3.1 電離層活動のGPS/SBASへの影響

電離層活動によるGPS信号ロックはずれ頻度, 影響を受ける衛星数等の統計量, 伝搬遅延推定精度を明らかにした。

電離層シンチレーションは地磁気赤道に近い日本南部地域での発生頻度が高く, 春秋分の日を中心に前後約1ヶ月

の午後7時-午前3時において発生頻度が高く, 時間当たり20%に達する。図1に電離層シンチレーションの月別・時間別の発生頻度を示す。

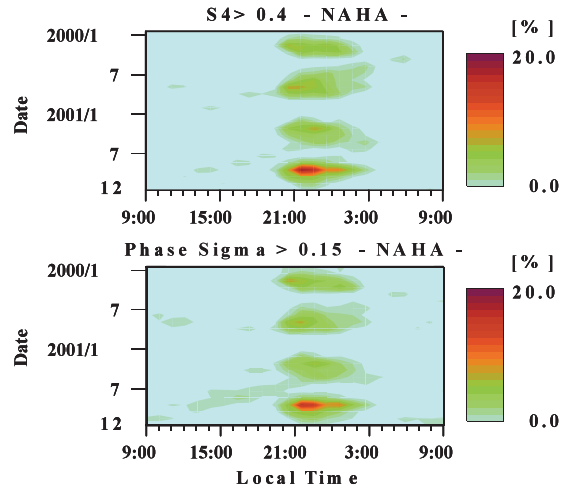


図1. 月, 時間別電離層シンチレーション発生状況

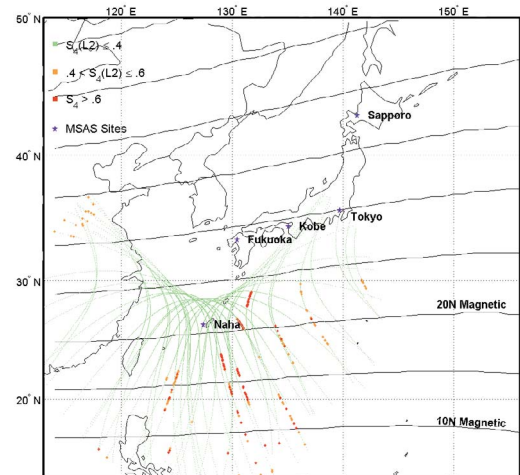


図2. 日本付近で電離層シンチレーションの発生する地域の例を示す。

また, 図2に日本付近で電離層シンチレーションの起きる場所の例を示す。衛星からの電波が図中赤くで示される場所付近で電離層を貫通したとき, 電離層シンチレーションが起こる確率が高い。

那覇における, L1信号の1分以上のロックはずれ発生回数は最大18回/日である。また, 同時に電離層シンチレーションの影響を受ける衛星数は6個以上になる場合がある。

4個以上がロックはずれを起こす1日当たりの延べ時間は40分に達する。電離層シンチレーションによるL2のロックはずれは最大8%程度である。これらは, 特にGPS及びSBAS等の利用性に対する影響が考えられ, これらを考慮した, 利用性予測および, これらの影響を軽減す

る方策の検討がなされている。

日本付近の電離層活動がSBAS電離層補正へ与える影響を評価した。SBASで使用される、垂直電離層遅延量の平面近似からの残差分布の95%値は、約2m（データ使用領域半径=1,000[km]）、4-7m（データ使用領域半径=1,000[km]）、これは米国本土での値が約70cmであるのに対して、2-10倍である。電離層格子点垂直誤差（GIVE）は、北緯40度付近で3-6m、北緯30度付近では6-9mであった。また、電離層遅延量の南北方向の変化率が東西方向より大きく、特に北緯30度付近では、100kmあたり1mに達する場合がある。また、平面近似が有効でない割合が30-70%あることがわかった。

### 3.2 GPSへの電波干渉の影響

GPS信号への無変調波信号が与える影響をレベル差、周波数差について定量的に評価した。また、飛行実験により干渉波測定を実施した。

GPSの信号周波数帯域内においては、信号より25dBまで高いレベルの無変調電波干渉が1波存在してもGPS受信機は正常に動作し、信号周波数帯域外では約40dB高い干渉においても正常動作することが確かめられている。図3に周波数差に対する測位可能最大L/S（干渉波対信号電力比）を示す。また、稚内-那覇間で1回の飛行であるが、北関東において、GPS信号よりスペクトラムアナライザ画面上で15dB以上高い帯域内干渉波が観測されたが、GPS

測位に影響を与えることはなかった。

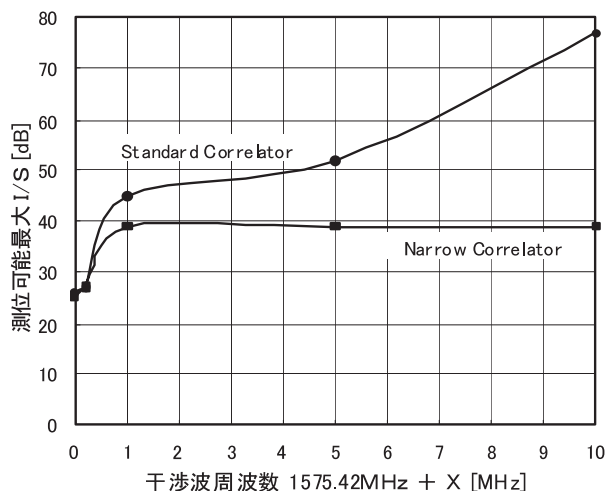


図3. 周波数オフセット測位可能L/S

### 3.3 MSASサービスレベル解析

衛星位置、時刻誤差の評価を行うと共に、サービスボリュームモデル（SVM）を開発しMSASのサービス可能レベル、範囲を明らかにした。

図4にSVMで計算したMSAS非精密進入（NPA）の利用性の例を示す。日本の飛行情報区（FIR）及びその周辺約2000kmにわたって99.95%以上の利用率があるものと考えられる。GNSS試験システムで収集したデータをESA（欧州宇宙機関）に送ることにより、EGNOS（欧州

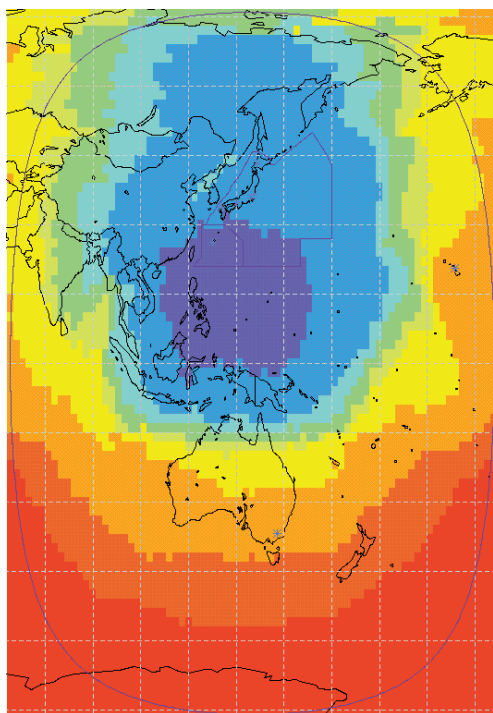


図4. 非精密進入（NPA）利用性計算例

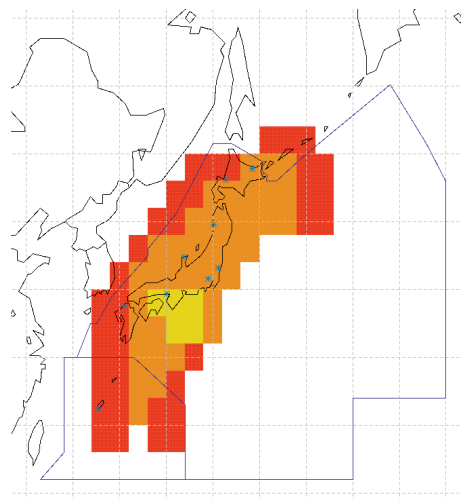
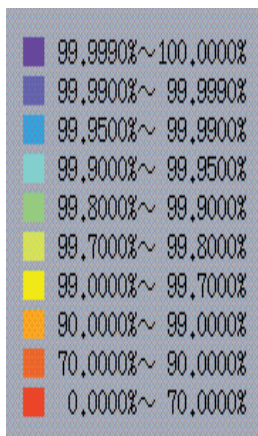


図5. 精密進入（APV-I）利用性計算例

（網走、秋田、輪島に監視局追加＋  
クロック・エフェメリス性能／  
電離層補正性能向上）

GPS オーバレイ航法サービス)との接続による、非精密進入利用性について検討を行うと共に、東南アジア、オーストラリア、アラスカ等日本周辺に監視局を設置した場合の非精密進入利用性の検討を行い、日本以外に監視局を設置した場合のサービスレベル、範囲を明らかにし、MSAS 海外展開および他 SBAS との接続可能性についての検討を行った。また、これらの検討は SBAS 設置者の開発方針、相互調整を行う IWG (相互運用性作業) 会議等へも報告し、新メッセージ (MT28) 開発の基礎になった。

### 3.4 MSAS 精密進入性能予測

測距性能、電離層遅延推定精度の向上を仮定し、精密進入サービス範囲、利用性を検討した。図5は日本付近の APV-I の利用率を計算したもので、網走、秋田、輪島に監視局を追加し、衛星クロック・エフェメリス誤差 (UDRE) を 1.75m 及び電離層遅延推定誤差 (GIVE) を 0.9m とした場合の利用率を示す。利用率 90% 以上ではほぼカバーできるが、周辺領域ではアベイラビリティの向上が必要である。

### 4. 成果の活用

本研究において、SVM 等多くの評価ツールを開発した。また、特に日本付近では、GPS あるいは SBAS に対する電離層活動の影響がクローズアップされ、これに対する対応の検討が必要となった。このため研究後半では、電離層活動の影響の測定、解析に重点をおき、電離層活動の影響に関する貴重なデータを得ることができた。今後の SBAS 発展に寄与できるものと考えられる。

成果の活用は、まとめると以下のようになると考えている。

- (1) 電離層活動を考慮した、SBAS 利用性および精度向上方法の検討が可能となる。
  - (2) 干渉の SBAS への影響が定量的に明らかになることにより、干渉除去、軽減対策の検討が可能となる。
  - (3) MSAS の性能限界に基づき、MSAS 運用方法を明確にできる。
  - (4) GPS 近代化による MSAS 性能向上の程度・範囲を明らかにすることにより、MTSAT 3 号機以降および精密進入用 MSAS の機能・性能要件の検討が可能となる。
- 今後の課題としては、
- (a) 電離層活動は 11 年周期を持つとされており、GPS への影響の正確な把握は長期観測を必要とする。
  - (b) 電波干渉については、広範囲、常設の観測システム及び干渉報告制度を考慮する必要がある。

(c) サービスボリュームモデルを GPS 近代化および SBAS 2 周波化に対応させる必要がある。

### 5. おわりに

本研究のまとめとして、SBAS の利用性向上、サービス範囲の拡大、精密進入への利用等の性能向上のためには、電離層活動の影響を軽減あるいは除去すると共に地上監視局配置が重要な課題であると考えられる。これらを実施するには、2 周波数システムの導入、電離層補正アルゴリズムの性能向上、受信機信号追尾能力の向上、信号レベルの増強、地上監視局数・範囲の増強あるいは現在、それぞれ独自に運用されている SBAS 間の接続あるいは情報交換等が必要であると考えられる。

また、作成した解析ツールは、今後の GPS、SBAS 関連のデータ解析、SVM 解析に利用できるものと考えている。

### 参考文献

1. 新井：“GPS 時刻と GLONASS 時刻の差”，日本航海学会講演会，平成 11 年 5 月
2. 星野尾，伊藤，新井：“GNSS 試験システムにおける UDRE について”，平成 11 年度（第 31 回）電子航法研究所研究発表会講演概要，平成 11 年 6 月
3. 新井，伊藤，星野尾：“IGEX-98 国際 GLONASS 実験について”，平成 11 年度（第 31 回）電子航法研究所研究発表会講演概要，平成 11 年 6 月
4. 新井：“GPS 時刻と GLONASS 時刻の差”，日本航海学会論文集第 101 号，平成 11 年 9 月
5. 星野尾：“ICAO GNSS SARPs の概要”，日本航海学会 GPS 研究会，平成 11 年 5 月
6. Hoshino：“ENRI Research and Development Activities”，IWG/6 Meeting，平成 11 年 7 月
7. Nieto, Neo, Cosmen, Ventura-Traveset, Hoshino：“Inter-operability Test Analysis between EGNOS and MSAS SBAS Systems”，ION GPS-99，September 1999
8. Arai, Hoshino, Ito：“Static Positioning with GPS/GLONASS”，IGEX-98 Workshop，September 12-13, 1999
9. 新井：“国際 GLONASS 実験 (IGEX) の現状と成果”，日本航海学会 GPS 研究会 GLONASS 研究会，平成 11 年 9 月
10. Nieto, Cosmen, Garcia, Ventura-Traveset, Neto, Timemeyer, Bondarenko, Hoshino：“Interoperability test Analysis between EGNOS and MSAS SBAS Systems”，GNSS-99，October, 1999

11. 星野尾：“最近のGPSの動向-CGSICとGPS'99-”，日本航海学会第101会講演会及び研究会（GPS研究会），平成11年10月
12. Suga, Van Diredonck, Hoshinoo, Ito, Arai：“Ionospheric Scintillation Observation”，International Symposium on GPS(GPS 99 in Tsukuba), October 21, 1999
13. 星野尾：“CGSIC,ION GPS99とGPSの動向”，日本航海学会GPSシンポジウム99，平成11年11月
14. 新井, 星野尾, 伊藤：“うるう秒調整時におけるGPS/GLONASS受信機の挙動”，2000年電子情報通信学会総合大会，平成12年3月
15. 星野尾：“SBASシステム”，2000年電子情報通信学会総合大会宇宙航行エレクトロニクスソサイエティチュートリアル講演「航空宇宙におけるGPSシステム」，平成12年3月
16. Hoshinoo：“ENRI Research and Development Activities on SBAS”，IWG/8，平成12年5月
17. 星野尾, 伊藤, 新井：“GPS信号による電離層シンチレーションの観測”，平成12年度（第32回）電子航法研究所研究発表会講演概要，平成12年6月
18. 新井：“GLONASSの現状”，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12年7月
19. Hoshinoo：“ENRI Research and Development Activities on SBAS”，IWG/9 Meeting，平成12年9月
20. Kawai, Nakano, Wakasa, Hashimoto, Arai, Hoshinoo, Ito：“GPS/SBAS Receiver Flight Test in Japan”，ION GPS-2000，平成12年9月
21. 松永, 星野尾, 伊藤, 新井, 関：“GPS信号による電離層シンチレーションの観測”，2000年電子情報通信学会ソサイエティ大会，平成12年9月
22. 松永：“GPS信号による電離層シンチレーションの観測”，日本航海学会GPS研究会2000年度秋季研究会，平成12年10月
23. 関：“神戸衛星センターについて”，日本航海学会GPS研究会2000年度秋季研究会，平成12年10月
24. Hoshinoo：“ENRI Research and Development Activities on SBAS”，平成12年度JICA一般特設コース（FANSセミナー），平成12年11月
25. 橋本, 荒井, 星野尾, 伊藤：“GPS補強システム用受信機概要とWAAS試験放送による実験結果”，日本航海学会誌NAVIGATION第146号，平成12年12月
26. 星野尾, 伊藤, 新井：“GPS信号による電離層シンチレーションの観測”，航空保安無線システム協会航空無線2000年秋季号，平成12年9月
27. Kondo, Kubo, Ishita, Hoshinoo, Kawai：“MSAS Status and Preliminary Performance Evaluation”，EUGIN GNSS-2001，平成13年5月
28. Hoshinoo：“ENRI Research and Development Activities Update”，IWG/10 Meeting，平成13年4月
29. Hoshinoo, Ishita, Kawai, Hoshinoo：“SVM Simulations”，IWG/10 Meeting，平成13年4月
30. Hoshinoo：“Ionospheric Scintillation Measurements in Japan”，第4回SBAS IONO-Meeting，平成13年5月
31. Igarashi, Maruyama, Yamazaki, Iwamoto, Minakoshi, Hoshinoo, Matsunaga, Hemmakorn, Makaratat, Decharat：“Ionospheric scintillation observation using GPS/GLONASS receivers and 1.694 GHz beacon signals of Japan Meteorological Satellite (GMS) in the low and mid latitude in Asian-Pacific region”，International Workshop on Space Weather Effects on Communication and Navigation Signals，平成13年6月
32. 松永, 星野尾, 伊藤, 新井：“GPSにおける電離層シンチレーションの観測”，平成13年度（第1回）電子航法研究所研究発表会講演概要，平成13年6月
33. 松永：“GPS信号による電離層シンチレーションの観測”，航空振興財団衛星利用方式小委員会，平成13年6月
34. 新井, 星野尾, 安田：“航法ユーザ向けGPS衛星精密軌道上情報の作成”，電子情報通信学会ソサイエティ大会，平成13年9月
35. 新井, 星野尾, 安田：“GPS衛星の予測暦の作成”，日本測地学会講演会，平成13年10月
36. Ueno, Hoshinoo, Matsunaga, Kawai, Nakao, Langley, Bisnath：“Assessment of Atmospheric Delay Correction Models for the Japanese MSAS”，ION GPS 2001，平成13年9月
37. Kawai, Nakao, Hashimoto, Hoshinoo, Matsunaga, Ueno：“Analysis of Flight Test Results with SA-ON/OFF for POR Position Solution in Japan”，ION GPS 2001，平成13年9月
38. 新井：“GPS衛星軌道情報の作成と利用”，日本航海学会GPS研究会GPSシンポジウム基礎講座，平成13年11月
39. 荒井, 橋本, 星野尾, 伊藤：“MSAS対応受信機の概要と評価結果”，日本航海学会105回講演会・研究会航空宇宙研究会，平成13年10月
40. 新井, 星野尾, 安田：“航法ユーザ向けGPS衛星精密軌道情報（予測暦）の作成と評価”，電子情報通信学会和文論文誌B [GPS特集号]，平成13年12月

41. 松永：“GPS信号による電離層シンチレーションの観測”，航保安無線システム協会 航空無線30号，平成13年12月
42. 星野尾，河合，近藤：“MSASの開発・設置状況及び予備性能評価”，航保安無線システム協会 航空無線30号，平成13年12月
43. Matsunaga, Hoshinoo, Igarashi：“Observation of Ionospheric Scintillation on GPS signals in Japan”，ION National Technical Meeting 2002，平成14年1月
44. 星野尾：“MSAS運輸多目的衛星用衛星航法補強システム 飛行試験システム”，“MSAS飛行試験—MSAS飛行試験の方法”，MSAS飛行試験公開用説明資料，平成14年1月
45. 星野尾：“MSAS飛行試験結果の中間報告”，平成13年度第2回MSAS技術評価検討委員会，平成14年2月
46. Hoshinoo：“Quick Report on MSAS Flight Test”，APEC GNSS Implementation Team (GIT) Meeting，平成14年2月
47. 星野尾：“MSASフライトデモデータ報告書”，受託研究報告書，平成14年3月
48. Hoshinoo：“Preliminary report on MSAS Flight Test”，ICAO GNSSP Working Group A and B Meeting, Brussel，平成14年4月
49. 星野尾：“MSAS飛行試験について”，航保安無線システム協会 航空無線32号，平成14年6月
50. 星野尾：“MSAS飛行試験”，日本航海学会2002年春季GPS研究会，平成14年5月
51. 星野尾：“日本におけるGPS信号による電離層シンチレーションの観測”，第3回MSAS技術評価検討委員会，平成14年6月
52. Hoshinoo：“MSAS Flight Test”，IWG/11，平成14年6月
53. Hoshinoo：“Effect of Ionospheric Scintillation on GPS Signal in Japan”，IWG/11，平成14年6月
54. Conker, El-Arini, Matsunaga, Hoshinoo：“Preliminary Analysis of the Effects of Ionospheric Scintillation on the MTSAT Satellite-based Augmentation system (MSAS)”，The International Union of Radio Science (URSI) 2002，平成14年8月
55. 新井：“SBAS比較用GPS衛星精密軌道情報の作成”，航保安無線システム協会 航空無線33号，平成14年9月
56. 星野尾：“静止衛星型衛星航法補強システムMSAS飛行実験”，日本機械学会 交通・物流部門 ニュースレター No.42，平成14年9月
57. Hoshinoo：“Ionospheric Scintillation on GPS Signal in Japan”，第2回APEC GIT会議，平成14年9月
58. Matsunaga, Hoshinoo, Ito, Arai, Imamura, Hashimoto, Kawai, Ikegami, Hiroe：“MSAS Flight Test and Its Progress”，ION GPS2002，平成14年9月
59. 松永，星野尾，五十嵐：“Ionospheric Scintillation Effect on GPS signals in Japan”，航空宇宙学会 第46回宇宙化学技術連合講演会，平成14年10月
60. 伊藤，星野尾：“GPS受信機の干渉波による影響”，2003年電子情報通信学会総合大会，平成15年3月
61. 張替，富田，星野尾：“次世代型後方システムの研究開発を開始—MSAS-GAIA統合システムを飛行評価—”，航保安無線システム協会 航空無線35号，平成15年3月
62. Harigae, Hoshinoo：“Flight evaluation of the next-generation navigation system MSAS-GAIA-Interim report-”，第3回APEC GIT会議，平成15年3月
63. 星野尾，張替：“Flight evaluation on of the next-generation navigation system MSAS-GAIA”，第12回衛星航法補強システム相互運用性ワーキンググループ会議 (IWG/12)，平成15年4月
64. 星野尾，松永：“Preliminary Analysis of Ionospheric Delay and Residuals of Planer Fit Around Japan”，第12回衛星航法補強システム相互運用性ワーキンググループ会議 (IWG/12)，平成15年4月
65. 松永，星野尾：“Ionospheric Delay Analysis with Planar Fit in Japan”，SBAS IONO #7 (第7回SBAS電離層会議)，平成15年4月
66. 松永，星野尾，五十嵐：“Observation of Ionospheric Scintillation on GPS signals in Japan”，ION NAVI-GATION The Journal of the Institute of Navigation，平成15年4月
67. 星野尾，松永，El-Arini, Conker, Ericsson, Bean, Niles：“Analysis of the Effects of Ionospheric Scintillation on the MTSAT Satellite-based Augmentation System (MSAS)”，SBAS IONO #7 (第7回SBAS電離層会議)，平成15年4月
68. 松永：“日本付近のGPS信号電離層伝搬遅延”第6回(平成15年度)MSAS技術評価検討委員会，平成15年6月
69. 星野尾，張替，富田：“Flight Evaluation of the Next-Generation Navigation System MSAS-GAIA”，航空宇宙技術研究所 Research Progress 2002，平成15年9月
70. 星野尾，富田，張替：“次世代航法システムMSAS



- GAIA の飛行評価実験” 第41回飛行機シンポジウム，平成15年10月
71. 星野尾，松永，El-Arini, Conker, Ericsson, Bean, Niles: Analysis of the Effects of Ionospheric Scintillation on the MTSAT Satellite-based Augmentation System (MSAS)”, ION GPS 2003 (米国航法学会2003年 GPS 会議)，平成15年9月
72. 星野尾，富田，張替: “Flight Evaluation of GPS Aided Inertial Navigation Avionics with MSAS Augmentation (MSAS-GAIA)”, ION GPS/GNSSA 2003, 平成15年9月
73. 松永: “Report of ionospheric scintillation observation with multiple types of GPS receivers”, SBAS IONO # 8 (第8回SBAS電離層会議)，平成15年9月
74. 坂井，Walter: “日本付近の電離層によるGPSへの影響”，第47回宇宙科学技術連合講演会，日本航空宇宙学会，15年11月
75. 星野尾: “SBAS電離層会議について”，第7回MSAS技術評価検討委員会，平成15年10月
76. 星野尾，富田，張替: “Flight Evaluation of the Next-Generation Navigation System MSAS-GAIA”，日本航海学会GPS研究会「2003 International Symposium on GPS/GNSS」，平成15年11月
77. 星野尾: “電子航法研究所の概要（電子航法研究所の概要，衛星通信，衛星航法の研究，VDLの研究，準天頂衛星システムの概要の5件）”，航空保安大学校第48回総合特別研修，平成15年11月
78. 坂井，Walter: “GPSによる電離層総電子数の観測”，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15年12月
79. 星野尾，松永: “電離層活動のSBASへの影響”，国際電波科学連合（URSI）電波科学研究連絡会G分科会第2回電離層の利用と影響に関するシンポジウム，平成15年12月
80. 松永，星野尾，五十嵐: “日本周辺におけるGPS信号の電離層シンチレーションの観測と解析”，電子航法研究所報告 No.111，平成16年1月
81. 坂井，松永，星野尾，Walter: “低磁気緯度地方における電離層活動のSBASへの影響”，電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会，平成16年1月
82. 坂井: “低磁気緯度地方における電離層活動のSBASへの影響”，第8回MSAS技術評価検討委員会，平成16年2月
83. 大島，齋藤，津川，松永: “2003年11月4日の地磁気擾乱時に観測された日本上空における電離層擾乱について”，第18回大気圏シンポジウム，平成16年2月
84. 坂井，松永，星野尾，Walter: “SBAS電離層遅延補正の日本付近における効果”，2004年電子情報通信学会総合大会，平成16年3月
85. 坂井: “電離層遅延の薄膜平面モデルによる近似精度”，科学振興調整費「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」第3回全体分科会，平成16年3月
86. 坂井: “GPSネットワークによる電離層の観測手法”，地球惑星科学関連学会2004年合同大会，平成16年4月
87. 坂井: “衛星航法システムGPS/WAASの現状”，電波航法（電波航法研究会誌）45号，平成16年5月

### GNSS 高度計の研究【指定研究／一般勘定】

**担当部** 衛星技術部  
**担当者** ○新美賢治 坂井丈泰 惟村和宣  
**研究期間** 平成14年度～平成16年度

#### 1. はじめに

現在航空機の高度センサとして使用されている気圧高度計は，気象条件による時々刻々の補正が必要であり，パイロットの作業負担になるとともにヒューマンエラーの要因となり得るものである。一方，ICAOはFANS構想に基づいて衛星航法システムGNSSの導入を進めており，数年以内にはSBASが実用化される段階にある。現在のところSBASは航空路上では水平方向の航法のみを利用さ

れることとされているが，潜在的には高度を測定する機能も備えていることから，実用化が進むにつれてGNSSによる高度計が必要となる可能性がある。

GNSS高度計には，(1)気圧高度計の場合に必要な補正操作が不要，(2)気象条件によらず正確な高度を測定する，(3)気圧高度計を使用する場合においても信頼性の補完ができるといった利点がある。本研究の目的は，GNSSおよび気圧高度計により測定される高度の特性について検討を行

い、もって気象条件に左右されずに正確な高度を測定するGNSS高度計の実用化のための基礎資料を提供し、安全な交通の確保に資することである。特に、日本付近の気象条件を踏まえて検討を進めることとしている。

## 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成15年度は2年度目である。平成15年度は、主に下記の項目を実施した。

- (1) 飛行実験によるデータ収集
- (2) 気圧高度の補正方式の検討
- (3) 実験データによる補正方式の評価

飛行実験にあたっては、平成13年度までの研究で製作したGPSデータ収集装置を使用した。

## 3. 主な研究成果

### 3.1 飛行実験によるデータ収集

気圧高度計とGNSSによる高度それぞれの特性を把握し、また相互の変換方式の開発に利用することを目的として、平成14年度に引き続き実験機による飛行実験を実施してデータを収集した。実験は平成16年1月に仙台-高知-那覇間で実施した。

### 3.2 気圧高度の補正方式の検討

GNSS高度計は気圧高度計とは異なる原理で高度を測定することから、気象条件によっては両者の指示に大きな差が生じることとなる。実用上はこれら両者により測定された高度を相互に変換できる必要があることから、気圧高度計により測定された高度情報を気象条件にあわせて補正する方式を開発した。この技術により、逆に気圧高度情報を用いてGNSSの信頼性を補強することも可能となる。

飛行中の航空機においても利用可能な補正方式とするためには、地上から航空機高度に至るまでの気象条件、すなわち気圧や気温の鉛直分布が必要となる。こうした用途に

利用可能な情報として、気象庁による数値予報データが考えられる。こうした数値予報データを用いる具体的な補正方式を検討し、計算手順をまとめた。

### 3.3 実験データによる補正方式の評価

開発した補正方式による気圧高度の補正効果を調べるために、飛行実験で得られたデータを用いて試算を行った。その結果、通常の気圧高度計では測定誤差が130m以上に達するが、数値予報データの利用によりこれを20m以下に抑えられることがわかった。予報時間と補正残差の関係については、予報時間が長くなると補正残差が大きくなる傾向があるが、相関は弱く、他の要因（陸地/海上の区別など）による影響のほうが大きいものと思われる。

## 4. おわりに

今年度は気圧高度の補正方式として数値予報データの利用方法を検討するとともに、実験データを用いた評価により開発した方式の有効性を確認した。来年度はさらに実験データを蓄積するとともに、気圧高度情報によるGNSSの信頼性の補強について、具体的な方式を検討することが課題である。

## 掲載文献

- (1) 坂井, 惟村, 新美: “気圧高度とGPS高度の比較実験”, 電子情報信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会技術研究報告, 平成13年12月
- (2) 坂井, 惟村, 新美: “GPS補強のための気圧高度計の補正”, 電子情報信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会技術研究報告, 平成14年7月
- (3) 坂井, 惟村, 新美: “気象庁数値予報データによる気圧高度計の補正”, 電子情報信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会技術研究報告, 平成16年5月

## 高性能な航空衛星通信システムに関する基礎研究【指定研究/一般勘定】

担 当 部 衛星技術部  
担 当 者 ○石出 明 藤田光紘 住谷泰人  
研究期間 平成15年度～平成16年度

### 1. はじめに

現在、ICAOの航空衛星通信技術基準に基づく衛星データ通信が国際的に導入されつつある。この衛星データ通信では600bit/s～10.5kbit/sの伝送速度でCPDLC、ADSを

洋上管制に利用しようというものである。本研究では前年度までの「航空衛星データ通信方式の研究」に引き続き、ADS及びCPDLCをさらに高速化するとともに、新たなアプリケーションを導入するために次世代衛星通信システ

ムに関する調査・研究を行う。

## 2. 研究の概要

今年度は、CDMA方式ADSの概念検討、狭帯域方式ADSの検討、ICAO方式ADSのシミュレーション評価及び次世代航空衛星データ通信システムの調査を行った。

CDMA方式ADSに関しては、その概念について検討するとともに、狭帯域方式ADSとの比較を行った。

狭帯域方式ADSに関しては、ビーム・ハンドオーバーの方法等について検討を行った。また、前年度までの研究で提案したポーリング方式ADSをさらに性能向上した自己同期方式ADSを考案し、提案した。

ICAO方式ADSに関しては、従来のシミュレーション・ソフトを多数機の環境が可能なように改造して、その伝送性能を評価した。

次世代航空衛星通信システム会議(NexSAT)に出席して、次世代航空衛星データ通信システム(SDLS等)についての調査や新方式の提案を行うとともに、次世代航空衛星通信システム関連技術について文献調査を行った。

## 3. 研究成果

CDMAでADSを行う方式としては、狭帯域方式の場合と同様に2つの方式が考えられる。ひとつはICAO方式ADSと同様に通常のデータ通信と同一のチャンネルで、共通の伝送制御を行うものである。この方式では、CDMAの特徴を利用してガードタイムを省くことができる。しかし、ICAO方式ADSと同様に、回線の輻輳により伝送遅延時間が増加する。また伝送ロスとなったADSレポートの再送を省けば、伝送遅延時間をほぼ一定にできる可能性はあるが、回線の輻輳によっては伝送ロスが多くなる。もうひとつの方式は、ADS専用のチャンネルを用いたポーリング方式または自己同期方式である。この方式では、ガードタイムが必要であるが、伝送遅延時間は短く、かつ一定にできる。また伝送ロスは回線条件によりほぼ一定以下に保たれる。いずれの方式が適しているかは、今後シミュレーション等により検討する必要がある。

ICAO方式、ポーリング方式及び自己同期方式ADSについて、スポットビーム間ハンドオーバーの方法について検討した。ICAO方式ADSにおけるスポットビーム間のハンドオーバーでは、ログオン・リニューアル(ログオン更新)によってハンドオーバーを行う。この方法では、ログオン・リニューアルが完了するまで従来のスポットビームを介してADSレポートの伝送が可能で、ログオン・リニューアルが完了した段階で次のスポットビームに切り替える。したがって、ADSレポートのロスはほとんどない。ポーリ

ング方式及び自己同期方式ADSでも同様な方法が可能と考えられる。ただし、各スポットビーム毎にADSレポート送信スロットの使用テーブルの追加・削除が必要になる。

ポーリング方式ADSの性能をさらに向上する自己同期方式ADSを考案し、学会の研究会及びNexSAT会議に提案した。図1にこの方式の概念図を示す。従来航空機からADSレポートを送信するタイミングはGESからの信号のフレームに同期して設定していたが、この方式では各航空機はGPSにより世界時(UTC)に同期して送信タイミングを設定する。この方法により、ガードタイムをポーリング方式の半分にすることができ、伝送効率を改善できる。また、送信スロットの構成(図2)と送信スロットの割り当て方法を変えることにより、ADSレポート送信要求に必要なチャンネルを少なくできる。

ICAO方式ADSのシミュレーション・ソフトウェアを300機程度まで扱えるように改造した。このソフトウェアを用いて、種々の伝送速度(0.6, 1.2, 2.4, 4.8, 10.5 kbit/s)、伝送データ長及び航空機数についてシミュレーションを行い、伝送遅延時間がどのようになるかを定量的に解析した。

ユーロコントロール及び欧州宇宙機関(ESA)が主催するNexSAT会議は春と秋の2回行われ、次世代航空衛星通信システムの要件、技術及び候補システム等の議論が行われた。候補システムとしては、ESAが研究を進めているSDLS、インマルサットが開発中のAero-BGAN、ボーイングが商用として一部導入を始めているコネクション・バイ・ボーイング(CBB)などがある。当所では両会議に出席して討議に参加するとともに、自己同期方式ADSを提案した。

## 4. おわりに

自己同期方式ADSの研究成果については、NexSAT会議に報告し、ICAOの航空通信パネルのワーキンググループCに提案するように要請された。次世代航空衛星通信システムについてはNexSAT会議で検討されるとともに、ICAOでも他の通信と合わせて次世代システムが検討されている。これらの会議での議論等が次世代の航空衛星通信システムの実現に結びつくと考えられるので、我が国としてもその動向について今後も十分調査し、適切に対応する必要がある。

掲載文献

- (1) 石出：“衛星を用いた自己同期型 ADS の概念について”，信学技報，SANE2003-40，2003.7
- (2) Sumiya, Ishide：“Concept of Self-synchronized ADS using Satellite”，3<sup>rd</sup> NexSAT Steering Group Meeting, 2003.10
- (3) 石出，藤田，新美：“飛行実験による航空衛星データ通信の伝送誤り特性測定”，研究所報告 No.104，2003，8
- (4) 石出，藤田，新美：“飛行環境における航空衛星データ通信の伝送遅延時間特性”，研究所報告 No.104，2003，8
- (5) 石出，藤田，北折：“航空衛星データ通信における通信輻輳と伝送遅延時間特性”，研究所報告 No.106，2003，11
- (6) 石出，藤田，北折：“周期的レポートプロトコルによる ADS 伝送遅延時間の短縮”，研究所報告 No.106，2003，11

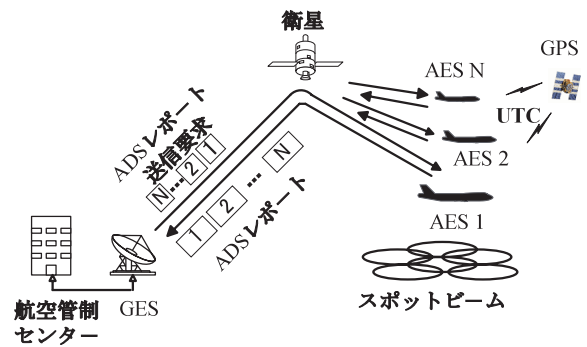


図1 自己同期方式 ADS の概念図

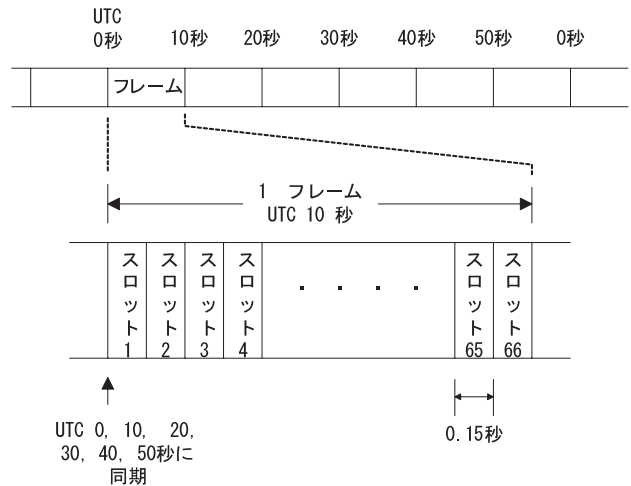


図2 自己同期方式 ADS の送信フレーム構成例

航空用 GNSS の性能向上技術の開発【在外研究／一般勘定】

担当部 衛星技術部  
 担当者 ○坂井丈泰  
 研究期間 平成14年10月～平成15年10月

1. はじめに

ICAO は FANS 構想に基づいて衛星航法システムの導入を進めており，民間航空航法用途に必要な性能を有するシステムを GNSS と呼んで開発を行ってきた。現在，GNSS 国際標準方式の発効にともない SBAS が実用化されつつあり，我が国はそのひとつとして MSAS を整備中である。現在の GNSS は米国の運用する GPS をベースとして構築されることとなっているが，すでに GPS 自体の性能向上が発表されていることから，これを利用する GNSS としても性能向上を目指した研究を行う必要がある。

2. 研究の概要

本研究では，実用化に向けて開発が進められている GNSS について，航法精度およびインテグリティの改善をはじめとする性能向上の可能性とそのための方策について研究を行う。研究を有効に進めるため，GNSS に関連する研究を米国 FAA より委託されている米国スタンフォード大学に研究者を派遣し，先導的な技術開発を目指すこととした。GNSS における最大の誤差要因は高度100～1000km に分布する電離層による遅延であり，特に電離層活動が活発な我が国では大きな問題であることから，本研究は電離層遅延の補正方法を中心に実施した。

本研究における主な研究内容は以下のとおり。

- (1) 電離層遅延の推定技術の確立
- (2) 電離層モデリング方式の検討
- (3) 低緯度地方における電離層遅延補正方法の検討
- (4) GBAS グループとの連携

### 3. 研究成果

#### 3.1 電離層遅延の推定技術の確立

電離層誤差の測定には2周波受信機の使用が有効であるが、受信機固有のバイアス誤差が存在することが知られている。電離層観測において障害となるこのバイアス誤差について、複数受信機のネットワークにより測定、除去する方式について検討した。検討した方法に基づいてバイアス誤差を推定・除去する計算機プログラムを作成し、日本国内における測定データを利用して電離層の状態を推定した。この結果、日本付近では米上空よりも電離層活動が活発であり、電離層遅延の補正が困難と予測されることが判明した。

#### 3.2 電離層モデリング方式の検討

日本は低磁気緯度地域に位置するため電離層が活発に活動しており、電離層に起因する測位誤差が大きくかつ不規則である。現状のSBASが用いている平面モデルではこの補正は困難となるため、電離層の三次元的な分布をモデル化する方式を検討した。この結果、三次元モデルにより、平面モデルと比べて有効な補正が行える見通しを得た。

#### 3.3 低緯度地方における電離層遅延補正方法の検討

本研究の実施中にオーストリアで開催された第7回SBAS電離層ミーティング（4月）にて赤道地方での電離層活動が特に問題であると認識されたことから、この問題について集中的に解析を行った。この問題のための研究グループが米国の研究者により構成されたため、本研究担当者もスタンフォード大学からのメンバとしてグループに参加した。解析の結果、赤道地方の電離層遅延には大きな空間的・時間的不規則性があり、現在SBASで規定されている補正方法では対応しきれない場合があることが判明した。高次のフィッティングやトモグラフィ的手法などについても試みたが、現在までのところクリッキング法による補間が有望である。

#### 3.4 GBAS グループとの連携

電離層遅延によるユーザ測位誤差はSBASのみならずGBASでも問題視されており、特に航空機の着陸進入中に大きな脅威となり得るものと考えられている。本研究で作成した解析ツールはこうした問題の検討作業にも有用なことから、スタンフォード大学のGBASグループとも連携することとしてプログラムおよび必要な資料を提供し、検討作業に加わった。この結果、日本付近における電離層遅延分布が解析され、電離層遅延空間傾度などの有用な情報が得られた。

#### 4. おわりに

本研究では、GNSSの性能向上を目的として、現在もっとも大きな影響があると考えられている電離層遅延誤差の観測およびモデル化、補正技術の開発を中心に研究を実施した。米国スタンフォード大学に研究者を派遣することにより、相互に有効な連携のもとに研究を進めることができた。低磁気緯度地方で有効な電離層遅延補正方式はまだ確立されておらず、今後も継続して検討する必要がある。

#### 掲載文献

- (1) S. Rajagopal, T. Sakai 他, Correlation Structure of Equatorial Ionosphere, 8th SBAS Iono-meeting, Portland, OR, 2003年9月
- (2) 坂井, T. Walter, 日本付近の電離層によるGPSへの影響, 宇宙科学技術連合講演会, 2003年11月
- (3) 坂井 他, GPSによる電離層総電子数の観測, 電子情報通信学会SANE研究会, SANE2003-87, 2003年12月
- (4) S. Rajagopal, T. Sakai 他, Spatial Correlation of Equatorial Ionosphere, ION National Technical Meeting, 2004年1月
- (5) 坂井 他, 低磁気緯度地方における電離層活動のSBASへの影響, 電子情報通信学会SANE研究会, SANE2003-97, 2004年1月
- (6) 坂井 他, MSAS電離層遅延補正の効果, MSAS技術評価委員会, 2004年2月
- (7) 坂井 他, SBAS電離層遅延補正の日本付近における効果, 2004年電子情報通信学会総合大会, 2004年3月
- (8) 坂井, GPSネットワークによる電離層の観測手法, 地球惑星科学関連学会2004年合同大会, 2004年5月



## 高精度測位補正技術に関する研究【受託研究／一般勘定】

担 当 部 高精度測位補正技術開発プロジェクトチーム  
担 当 者 ○伊藤 憲 福島莊之介 新井直樹 坂井丈泰  
研究期間 平成15年度～平成20年度

### 1. はじめに

国土交通省における、準天頂衛星（平成20年度打ち上げ予定）を利用した高精度測位補正技術および移動体への利用技術に関する研究開発の一環として、電子航法研究所は平成15年度から、高速移動体に適用可能で、かつ、信頼性を確保できる高精度測位実験システムの開発を開始した。

### 2. 研究の概要

高精度測位実験システムは、準天頂衛星、テストシステム、モニタ局（国土地理院電子基準点）、プロトタイプ受信機から構成される。この実験システムでは、モニタ局で取得されたデータをテストシステムに送り、テストシステムで、高精度・高信頼性を実現するための補正情報を生成する。生成された補正情報は地上局に送られ、準天頂衛星を経由して利用者に放送される。利用者側では、この補正情報により、高精度・高信頼性の測位が可能となる。

年次計画は次のとおりである。平成15年度に、高精度・高信頼性を実現するための高精度測位補正方式を、SBAS（静止衛星型 GPS 補強システム）をベースにして検討し、平成16年度に、モニタ局のデータをオフラインで用いて、検討した高精度測位補正方式の評価を行う。平成17, 18, 19年度にモニタ局データをリアルタイムで用いて補正情報を生成するシステムを開発する。平成20年度には、モニタ局データをリアルタイムで利用して実験システムの機能・性能を確認するための実証試験を行う。

### 3. 研究成果

#### 3.1 完全性監視方式の検討

人命に関わる用途など安全性の確保が重要な利用者に対して測位情報を提供する場合、その測位情報を用いることの安全性に関しては、航空機を対象としたSBASにおいてのみ、「完全性」として厳密な定義がなされ、また、その監視方式が検討されている。高精度測位実験システムでは、測位の信頼性を実現するために、SBASで用いられている完全性監視方式を用いることとした。

#### 3.2 測位誤差補正方式の検討

##### 3.2.1 電離層遅延推定

SBASでは、高度350kmの単一の薄い層としてモデル

化された電離層中に仮想的に2次元的な格子点を設け、その格子点における垂直方向の電離層遅延量を、モニタ局で収集した観測量から決定する。利用者は、静止衛星経由で放送される各格子点の垂直遅延量を用いて電離層遅延量を推定し、誤差補正を行う。1m未満という目標精度を実現するために、SBASでの電離層遅延量推定方式に、電離層格子点間隔の細分化および電離層モデルの多層化という改良を適用することとした。

##### 3.2.2 対流圏遅延推定

日本付近では、季節、場所で水蒸気分布が大陸地域よりも不均質であるため、1m未満の測位精度を目標とするシステムにおいては、対流圏遅延誤差も考慮しなければならない。高精度測位実験システムの開発では複数の対流圏遅延量推定方式を対象に検討を進めている。

#### 3.3 テストシステムの開発

完全性監視方式および測位誤差補正方式を計算機シミュレーションにより評価するときに使用するテストシステムの一部を開発した。

### 4. おわりに

平成15年度においては高精度測位補正システムで必要な完全性監視方式および誤差補正方式の基本的検討を行った。平成16年度においては、計算機シミュレーションを実施し、平成15年度に開発した方式を定量的に評価する予定である。

#### 掲載文献

1. 新井直樹ほか：“準天頂衛星による高精度測位補正実験”，電子情報通信学会ソサイエティ大会（2003.9）
2. 福島莊之介ほか：“準天頂衛星によるGPSの補強”，電子情報通信学会総合大会（2004.3）
3. 伊藤憲ほか：“準天頂衛星を用いる高精度測位実験システム”，第4回電子航法研究所研究発表会（2004.6）

## 5 研究所報告

No	発行年月	論文名	部名	著者
103	平成15年5月	GPS 信号の信頼度	衛星技術部 〃	坂井 丈泰 惟村 和宣
104	平成15年8月	飛行実験による航空衛星データ通信の伝送誤り特性測定	衛星技術部 〃 〃	石出 明 藤田 光紘 新美 賢治
		飛行環境における航空衛星データ通信の伝送遅延時間特性	衛星技術部 〃 〃	石出 明 藤田 光紘 新美 賢治
105	平成15年11月	SSR モード S ネットワークの開発と評価試験	航空システム部 〃 電子航法開発部	三吉 襄 宮崎 裕己 古賀 禎
106	平成15年11月	航空衛星データ通信における通信輻輳と伝送遅延時間特性	衛星技術部 〃 航空システム部	石出 明 藤田 光紘 北折 潤
		周期的レポートプロトコルによる ADS 伝送遅延時間の短縮	衛星技術部 〃 航空システム部	石出 明 藤田 光紘 北折 潤
107	平成16年1月	1030MHz 帯の信号環境測定	電子航法開発部 衛星技術部 管制システム部	小瀬木 滋 住谷 泰人 白川 昌之
108	平成16年1月	洋上入域機の管制承認支援システムの設計と評価	管制システム部 〃 元 管制システム部 〃	福田 豊 福島 幸子 井無田 貴恵 岡 恵一 塩見 格一
		VHF デジタルリンクモード 3 システムの基礎実験	航空システム部 〃 〃 管制システム部 早稲田大学大学院	北折 潤 中谷 泰欣 加藤 敏 塩地 誠 津田 良雄
109	平成16年1月	地上補強型衛星航法システムの VHF 補強情報伝送試験	航空システム部 〃 〃	齋藤 真二 福島 莊之介 藤井 直樹
110	平成16年1月	航空路管制における電子運航票プロトタイプの開発と評価	管制システム部	福島 幸子 岡 恵彦 三垣 充彦 東福寺 則保
111	平成16年1月	日本周辺における GPS 信号の電離層シンチレーションの観測と解析	衛星技術部 〃 独情報通信研究機構	松永 圭左 星野尾 一明 五十嵐 善良
112	平成16年2月	500MHz から100GHz に対応した新電波無響室の性能測定	電子航法開発部 〃 〃 元	米本 成人 小瀬木 滋 山本 憲夫 山田 公男

## 6 受託研究

件名	委託元	実施主任者
平成15年度ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究 (センサ高度化に関する研究)	(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構	山本 憲夫
CAT III化に係わる関連施設の電波性能調査	(株)日本空港コンサルタンツ	朝倉 道弘 横山 尚志
平成15年度高度船舶交通管制システム及び高精度補正技術に関する研究	国土交通省総合政策局技術安全課	塩地 誠 伊藤 憲
平成15年度 JTIDS 等国内展開基準の作成委託	国土交通省航空局無線課	小瀬木 滋
CNS/ATM に関する研究についての講義等	(財)航空交通管制協会	講師各部より
平成15年度航空機からのダウンルッキング GPS 掩蔽観測技術の開発研究	国土交通省航空局無線課	藤井 直樹
航空機内の電磁干渉障害に関する調査	国土交通省航空局航空機安全課	山本 憲夫
マレーシア東方政策産業技術研修	(財)日本国際協力センター	講師各部より
羽田空港再拡張に係るシミュレーション調査	国土交通省航空局保安企画課	三垣 充彦
RVSM 適合機の高度維持性能監視にかかる要件技術支援	(財)航空保安無線システム協会	坂井 丈泰
ARTS ジャーナルデータ変換作業	国土交通省航空局管理課	白川 昌之
ASDE デュアルサイト化に関する調査	国土交通省東京航空局無線課	加来 信之
無線システムの有効性と航法計器等に対する電波干渉調査分析と評価	(社)電波産業会	山本 憲夫
国内短縮垂直管制間隔導入に係る空域安全性基礎評価	国土交通省航空局管制課	長岡 栄
ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究に係る報告書作成等	(財)防衛技術協会	山本 憲夫
平成15年度航空機アドレス監視データ解析調査	国土交通省東京航空局無線課	藤井 直樹
青森空港高カテゴリー化積雪調査	青森県青森県土整備事務所	横山 尚志 朝倉 道弘
空域安全性管理システムプログラム開発に係る技術支援	国土交通省航空局管制情報処理システム室	天井 治
徳島空港周辺土地造成事業による VORTAC に与える影響の検証	(株)日本空港コンサルタンツ	山本 憲夫
臨海道路の江東 VOR/DME への影響に係る縮尺モデル実験調査	(株)航空システムコンサルタンツ	山本 憲夫
福岡空港基本施設検討手法整備業務における TAAM シミュレーション	(株)日本工営	蔭山 康太

## 7 共同研究

担当部	相手方	研究課題	実施期間
管制システム部	大阪大学	輻輳海域における海上交通流の予測／制御に関する研究	12.8.10～17.3.31
管制システム部	(独)宇宙航空研究開発機構	GPS およびトンネル表示を用いた曲線進入運航方式の評価	12.9.1～18.3.31
衛星技術部	古野電気(株)	SBAS 信号解析・評価共同研究	12.11.27～16.3.31
衛星技術部	(独)情報通信研究機構	GPS 信号による電離層シンチレーションに関する研究	13.2.1～16.3.31
管制システム部	三菱スペース・ソフトウェア(株)	音声による疲労度計測システムの実用化研究	13.2.16～16.3.31

担当部	相手方	研究課題	実施期間
電子航法開発部	(株)アイ・エイチ・アイ・エアロスペース 日立エンジニアリング(株) (株)アンブレット	ヘリコプタの障害物探知及び衝突警報システムに関する研究	13.7.18～17.3.31
管制システム部	(有)メディカルパレット	カオス論的心身診断手法の開発に係る研究	13.9.19～17.3.31
管制システム部	(株)リアルビズ	航空管制用表示装置における航空機の位置表示方法に関する研究	13.8.23～17.3.31
管制システム部	(株)ジップス	音声認識技術のデータ通信システム等への応用研究	13.8.23～17.3.31
電子航法開発部	フランス国立ニース大学 ソフィア・アンティポリ校 フランス国立科学技術研究センター	ヘリコプタの障害物探知及び衝突警報システムに関する研究	13.12.5～17.3.31
電子航法開発部	(株)レンスター	ルーネベルグレンズを利用した航法機器の開発に関する研究	14.4.8～17.3.31
衛星技術部	東京海洋大学	GPSに関するマルチパス特性と電離層・大気圏遅延の評価に関する共同研究	14.6.3～17.3.31
衛星技術部	(独)宇宙航空研究開発機構	MSAS-GAIAによる次世代航法システムの研究	14.6.3～16.3.31
電子航法開発部	(独)宇宙航空研究開発機構	飛行実験による ILS 進入に対する積雪の影響評価に関する共同研究	14.9.11～16.3.31
衛星技術部	(独)情報通信研究機構	MSASにおける時刻管理とその応用に関する研究	14.11.1～17.3.31
電子航法開発部	青森大学	積雪による CAT III ILS 進入コースの予測技術の研究に関する研究	14.9.11～16.3.31
航空システム部	電気通信大学	菅平衛星追尾システムによる GPS 信号品質監視基本データ取得に関する研究	15.3.12～16.3.31
電子航法開発部	国立天文台	ミリ波アンテナの高精度測定	15.4.1～16.3.31
航空システム部	早稲田大学	VDL モード 3 に関する研究	15.4.1～17.3.31
衛星技術部	(独)宇宙航空研究開発機構	準天頂衛星を利用した高精度測位実験システムの研究	15.10.29～17.3.31
管制システム部	(株)システムアンサー	カオス論的手法によるヒューマン・ファクター計測技術の実用化に向けての研究	16.3.9～18.3.31
管制システム部	(株)シムテクノ総研	知識処理技術を利用した航空管制業務支援機能の実現に関する研究	16.3.9～18.3.31

## 8 研修生の受け入れ

担当部	受入研究生	研究課題	実施期間
衛星技術部	WonJonghoon (韓国亜州大学)	微弱 GPS 信号の補足・追尾方法の研究 【日韓産業技術協力財団ウィンター・インスティテュート・プログラム】	16.1.13～16.2.20

## 9 研究発表

(1) 第3回研究発表会 (平成15年6月5日, 6日)

### 1 日目

1. 1030/1090MHz 信号の復号方式の改善  
電子航法開発部 古賀 禎
2. VDL モード3の電波干渉実験  
航空システム部 北折 潤  
中谷 泰欣  
加藤 敏  
管制システム部 塩地 誠  
早稲田大学大学院 津田 良雄
3. ATN のセキュリティ対策  
航空システム部 板野 賢  
管制システム部 塩見 格一
4. CDMA による効率的な緊急通信方式  
管制システム部 金田 直樹  
塩見 格一
5. ミリ波対応電波無響室の特性  
電子航法開発部 米本 成人  
小瀬木 滋  
山本 憲夫  
元電子航法開発部 山田 公男
6. 積雪による GP パスの空間誤差評価のための飛行実験  
電子航法開発部 横山 尚志  
朝倉 道弘  
田嶋 裕久  
宇宙航空研究開発機構 増位 和也  
石川 和敏  
富田 博史
7. EVS 実験における景観と 3D-CG の HUD 融合  
衛星技術部 住谷 泰人  
電子航法開発部 小瀬木 滋  
管制システム部 白川 昌之

8. 空港シェードライトの対流圏遅延誤差の検討

航空システム部 福島荘之介  
吉原 貴之  
齋藤 真二  
藤井 直樹  
東芝社会ネットワークインフラ社 須賀 秀一  
角田 寛人

9. 日本付近の GPS 信号電離層伝搬遅延

衛星技術部 松永 圭左  
星野尾一明

10. 干渉波の GPS 受信機への影響

衛星技術部 伊藤 実  
星野尾一明

11. 準天頂衛星による GPS 補強システムの有効性の検討

衛星技術部 伊藤 憲  
坂井 丈泰

### 2 日目

12. 障害物探知用赤外線及びミリ波センサの精度

電子航法開発部 山本 憲夫  
米本 成人  
元電子航法開発部 山田 公男  
電気通信大学 Shanker Man Shrestha  
IHI エアロスペース 安井 英己  
日立エンジニアリング 那須 清二  
アンプレット 根日屋英之  
ニース大学 Binh Duong Nguyen  
Claire Migliaccio Christian Pichot

13. 1030MHz 帯の電磁信号環境予測手法の開発

電子航法開発部 小瀬木 滋  
衛星技術部 住谷 泰人

14. ACAS 受動型測位方式の実験と検討

電子航法開発部 田嶋 裕久  
古賀 禎  
小瀬木 滋  
衛星技術部 坂井 丈泰  
管制システム部 塩見 格一  
白川 昌之



- |                           |         |               |                             |                      |                                |
|---------------------------|---------|---------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|
| 15. 拡張スキッタ ADS-B 受信局の基本特性 | 航空システム部 | 宮崎 裕己<br>三吉 襄 | 20. 航空交通流管理における遅延便交換の検討     | - 航空路セクター<br>管制システム部 | 福島 幸子                          |
| 16. 赤外線センサ等による船舶の検知追跡     | 管制システム部 | 矢田 士郎         | 21. 利用者開放型コンセプトによる航空管制卓デザイン | 管制システム部              | 塩見 格一                          |
| 17. 洋上航空路における近接通過頻度の長期的変化 | 電子航法開発部 | 天井 治<br>長岡 栄  | 22. リアルタイム疲労度評価システム         | 管制システム部<br>航空システム部   | 塩見 格一<br>板野 賢                  |
| 18. モンテカルロ法による航空路の衝突危険度推定 | 電子航法開発部 | 長岡 栄          | 23. AIS 情報による海上交通管理システム高度化  | 管制システム部              | 塩地 誠<br>水城南海男                  |
| 19. 洋上空域の航空機の最適経路の傾向      | 管制システム部 | 福田 豊<br>福島 幸子 |                             | 沖電気工業                | 矢内 崇雅<br>中島 敏和<br>小林 健<br>大塚 賢 |

## (2) 所外発表

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
Ionospheric Delay Analysis with Planar Fit in Japan	松永 圭左 星野尾一明	2003.4	SBAS IONO # 7 (第7回 SBAS 電離層会議)
Observation of Ionospheric Scintillation on GPS signals in Japan	松永 圭左 星野尾一明 五十嵐善良 (通信総合研究所)	2003.4	NAVIGATION, The Journal of the Institute of Navigation, vol.50, No.1 Spring 2003
Analysis of the Effects of Ionospheric Scintillation on the MTSAT Satellite-based Augmentation System (MSAS)	星野尾一明 松永 圭左 M.B.El-Arini (MITRE Corporation, Mclean,VA,USA) R.S.Conker (同上) S.Ericsion (同上) K.Bean (同上) R.Niles (同上)	2003.4	SBAS IONO # 7 (第7回 SBAS 電離層会議)
航空路の安全確保	長岡 栄	2003.4	内閣府 「安心・安全な社会を構築するための科学技術に関する勉強会」
「ミリ波/赤外線による衝突防止技術に関する研究」平成14年度報告書	山本 憲夫 米本 成人 山田 公男 安井 英己 (IHI エアロスペース) 荒井 郁男 (電気通信大学)	2003.4	運輸分野における基礎的研究推進制度 研究成果報告書
Obstacle detection and warning for helicopter flight by infrared and millimeter wave	米本 成人 山本 憲夫 山田 公男 安井 英己 (IHI エアロスペース) 那須 清二 (日立エンジニアリング) 根日屋英之 (アンプレット) Claire Migliaccio, Chlistian Pichot (ニース大学電子アンテナ通信研究所)	2003.4	SPIE (The International for Optical Engineering) 第17回 Annual International Symposium AeroSense
A Fusion of Actual Motion Pictures of Scenery and the 3D image Constructed from GPS and Gyro data and Map database	住谷 泰人 白川 昌之 小瀬木 滋	2003.4	SPIE (The International for Optical Engineering) 第17回 Annual International Symposium AeroSense
Flight evaluation on of the next-generation navigation system MSAS-GAIA	星野尾一明 張替 正敏 (宇宙航空研究開発機構)	2003.4	第12回衛星航法補強システム相互運用性ワーキンググループ会議 (IWG/12)
Preliminary Analysis of Ionospheric Delay and Residuals of Planer Fit Around Japan	星野尾一明 松永 圭左	2003.4	第12回衛星航法補強システム相互運用性ワーキンググループ会議 (IWG/12)
航空における航路安全 —安全性の考え方と定量的評価—	長岡 栄	2003.5	安全工学協会「安全工学のつどい」

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
GEO range calculation for the Japanese Airspace	小瀬木 滋	2003.5	JTIDS/MIDS Multi National Working Group 2003-1 会議
自動従属監視による横方向予測誤差に関する一検討	河道 貴宏 (研修生(日本大学)) 長岡 栄 天井 治 高橋 聖 (日本大学) 中村 英夫 (同上)	2003.5	電子情報通信学会宇宙航行 エレクトロニクス研究会
Analytical Results of Unauthorized Aircraft Address Measured by Aircraft Address Monitoring System	藤井 直樹 堀越 文樹 (航空局) 中村 寿男 (日本電気)	2003.5	ICAO SCRSP/WG-B 第5回会議
RA broadcast with the mode S extended squitter	小瀬木 滋	2003.5	ICAO SCRSP/WG-A 第5回会議
Effect of transponder decoder performance on the 1090 MHz signal environment	小瀬木 滋 住谷 泰人	2003.5	ICAO SCRSP/WG-A 第5回会議
The Latest Distribution of Along Track ADS Prediction Error Observed in the North Pacific	河道 貴宏 (研修生(日本大学)) 長岡 栄 天井 治	2003.5	ICAO SASP/WG 第3回会議
An Analysis on the Effect of Lateral Offset on the Lateral Collision Risk of the NOPAC Routes	長岡 栄 天井 治	2003.5	ICAO SASP/WG 第3回会議
航空路管制におけるモニタリングの役割と現状	長岡 栄	2003.5	電子情報通信学会宇宙航行 エレクトロニクス研究会
The Trend of the Results of ACAS II Operational Monitoring in Japan, First Report of 2003	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之 白井 範和 (航空局)	2003.5	ICAO SCRSP/WG-A 第5回会議
The trend of the RA report based on the principal component analysis in 2003	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之 白井 範和 (航空局)	2003.5	ICAO SCRSP/WG-A 第5回会議
空港の航空交通流管理による遅延便交換の検討	福島 幸子	2003.5	電子情報通信学会宇宙航行 エレクトロニクス研究会
Proposed SARPs Change for Updating the Data Link Capability Report	宮崎 裕己	2003.5	ICAO SCRSP 第5回 WG-B 会議
空の安全と IT	長岡 栄	2003.5	電子情報通信学会誌
空の AIS—航空における通信・監視システム	長岡 栄	2003.5	電波航法研究会誌「電波航法」
洋上空域の近接解決のための制御手法	福田 豊 福島 幸子	2003.5	日本航海学会 第108回講演会・研究会
Spectrum Measurement in an Aircraft Cabin in Flight	山本 憲夫 平田 俊清 (RA エンジニアリングハウス) 磯崎 栄寿 (日本航空) 水町 守之 (芝浦工業大)	2003.5	IEEE 電磁両立性に関する国際会議 (EMC2003)

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
COMPARAISON DES PERFORMANCES D'UNE ANTENNE VIVALDI ET D'UN RESEAU DE FENTES A 94GHZ	B.D.NGUYEN (ニース大学) C.MIGLIACCIO (ニース大学電子アンテナ通信研究所) C.PICHOT (同上) N.ROLLAND (フランス北部電子・マイクロ電子研究所) C.VANOVERSCHLDE (同上) 山本 憲夫 米本 成人 山田 公男	2003.5	第13回フランス・マイクロ波会議 (JMN2003)
東京国際空港(羽田)沖合展開について	長岡 栄	2003.6	日本航海学会誌
理解するためのGPS測位計算プログラム入門(その3)測位計算のはなし	福島荘之介	2003.6	航空無線 第36号
日本付近のGPS信号電離層伝搬遅延	松永 圭左	2003.6	第6回(平成15年度)MSAS技術評価検討委員会
平成15年度電子航法研究発表会について	河合 良則	2003.6	CAB レター567号
エンハンスド・ビジョン・システムに関する調査・基礎研究	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之	2003.6	航空振興財団 全天候航法小委員会資料
航空機内の電磁干渉の調査結果	山本 憲夫	2003.6	航空振興財団 第94回全天候航法小委員会
空港シュードライトの研究動向と飛行実験	福島荘之介 須賀 秀一 (東芝社会ネットワークインフラ社) 角田 寛人 (同上)	2003.6	日本航海学会誌「NAVIGATION」
Simulation on requirements and observational plan for aircraft GPS down-looking experiments in 2003	吉原 貴之 藤井 直樹 星野尾一明 松永 圭左 齊藤 真二 津田 敏隆(京都大学) 青山 雄一(同上)	2003.7	IUGG2003
Concept of Self-synchronized ADS Using Satellite	石出 明	2003.7	宇宙航行エレクトロニクス研究会
二次レーダ信号環境の予測誤差要因	小瀬木 滋 住谷 泰人	2003.7	電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会
洋上出域機の管制承認支援システムの試作	福田 豊	2003.7	航空振興財団情報処理方式小委員会
ACAS信号を用いた受動型測位方式の検討	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬木 滋 坂井 丈泰 塩見 格一 白川 昌之	2003.7	電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会
The Latest Distribution of Along Track ADS Prediction Error Observed in the North Pacific	河道 貴宏 (研修生(日本大学)) 長岡 栄 天井 治	2003.7	The 19th Meeting of the Informal Pacific ATC Coordinating Group

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
Analytical Results of Unauthorized Aircraft Address Measured by Aircraft Address Monitoring System in 2002	藤井 直樹 堀越 文樹 (航空局) 中村 寿男 (日本電気)	2003.7	CNS / MET / SG / 7 and CNS/ATM IC SG/10 of APANPIRG
Distribution of the Cross Track Component of ADS Prediction Errors	河道 貴宏 (研修生 (日本大学)) 長岡 栄 天井 治 高橋 聖 (日本大学) 中村 英夫 (同上)	2003.8	AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference
航空管制における監視システムの信頼性	長岡 栄 天井 治 河道 貴宏 (研修生 (日本大学))	2003.8	日本信頼性学会誌
受託研究報告書「羽田空港再拡張に係るシミュレーション調査 (その2)」	三垣 充彦 蔭山 康太 青山 久枝 森永 智文	2003.8	受託研究報告書
これからの管制システムのあり方	塩見 格一 岡田 和男 (元航空局)	2003.9	航空無線 第37号
Analysis of Along Track ADS Prediction Errors	河道 貴宏 (研修生 (日本大学)) 長岡 栄 天井 治 高橋 聖 (日本大学) 中村 英夫 (同上)	2003.9	Asia Navigation Conference 2003
Estimating Longitudinal Collision Risk of Succeeding Aircraft Using the Monte Carlo Method	長岡 栄	2003.9	Asia Navigation Conference 2003
統合型空港面 ADS システムの開発	二瓶 子朗 加来 信之 小瀬木 滋	2003.9	2003年電子情報通信学会ソサイエティ大会
準天頂衛星による高精度測位補正実験	新井 直樹 福島 荘之介 伊藤 憲 小暮 聡 (宇宙航空研究開発機構) 河野 功 (同上)	2003.9	2003年電子情報通信学会ソサイエティ大会
航空交通流管理における遅延便交換の検討 - 航空路セクター	福島 幸子	2003.9	航空無線 第37号
航空機ダウンルッキング用 GPS 掩蔽観測システム	藤井 直樹 吉原 貴之 齊藤 真二 松永 圭左 星野尾一明	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
回転するルーネベルグレンズを利用した反射波変調型電波標識	米本 成人 松崎 元治 (レンスター)	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
衛星追尾システムを用いた GPS 信号品質試験観測	齊藤 真二 福島 荘之介 吉原 貴之 藤井 直樹 富澤 一郎 (電気通信大学)	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会



発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
空港擬似衛星の対流圏遅延モデル評価	福島 荘之介 吉原 貴之 須賀 秀一 (東芝社会ネットワークインフラ社) 角田 寛人 (同上)	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
NOPAC ルートにおける横方向オフセットの衝突危険度への影響	長岡 栄 天井 治	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
ADS 縦方向予測誤差分布のモデル	河道 貴宏 (研修生 (日本大学)) 長岡 栄 天井 治 高橋 聖 (日本大学) 中村 英夫 (同上)	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
VDL モード 3 実験システムの開発	中谷 泰欣 北折 潤 加藤 敏 塩地 誠 津田 良雄 (早稲田大学大学院)	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
ACAS 信号を用いた受動型測位方式	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬木 滋 坂井 丈泰 塩見 格一 白川 昌之	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
赤外線センサーによる浦賀水道を航行する船舶のトラッキング	矢田 士郎	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
航空機の衝突リスクの定量的評価について	長岡 栄	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会 チュートリアル講演
AIS 情報による海上交通管理システムの高度化	塩地 誠 水城南海男 (元電子研) 矢田 士郎 矢内 崇雅 (沖電気工業) 中島 敏和 (同上) 小林 健 (同上) 大塚 賢 (沖ソフトウェア)	2003.9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
CDMA による効率的な緊急通信方式	金田 直樹 塩見 格一	2003.9	航空無線 第37号
音声チェックでわかる疲労度—安全管理に生かす—	塩見 格一	2003.9	「電気協会報」9月号
Analysis of the Effects of Ionospheric Scintillation on the MTSAT Satellite-based Augmentation System (MSAS)	星野尾一明 松永 圭左 M.B.El-Arini (MITRE Corporation , McLean,VA,USA) R.S.Conker (同上) S.Ericsion (同上) K.Bean (同上) R.Niles (同上)	2003.9	ION GPS/GNSS 2003

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
Flight Evaluation of GPS Aided Inertial Navigation Avionics with MSAS Augmentation (MSAS-GAIA)	星野尾一明 富田 博史 (宇宙航空研究開発機構) 張替 正敏 (同上)	2003.9	ION GPS/GNSS 2003
A Real-Time GPS/SBAS Time-divided-Multi-Signal Quality Monitoring	藤井 直樹 齊藤 真二 河合 正人 (古野電気) 橋本 豊雄 (同上) 中尾 宏幸 (同上)	2003.9	ION GPS/GNSS 2003
Report of ionospheric scintillation observation with multiple types of GPS receivers	松永 圭左	2003.9	SBAS IONO #8 (第8回SBAS電離層会議)
ION-GPS/GNSS2003でのGBAS/APL関連の発表の概要	福島荘之介	2003.9	第2回全天候航法方式小委員会 (航空振興財団)
北太平洋航空路における横方向オフセットが及ぼす横方向衝突危険度への影響	長岡 栄	2003.9	日本航海学会航法研究会 AUNAR (自動航法研究) 分科会
Recherche Institute de Navigation Electronique, Specialement, apres le recherche institute independent et administratif	東福寺則保	2003.9	共同研究討議資料 (ニース大学)
Flight Evaluation of the Next-Generation Navigation System MSAS-GAIA	星野尾一明 富田 博史 (宇宙航空研究開発機構) 張替 正敏 (同上)	2003.9	宇宙航空研究開発機構 Research Progress 2002
94GHz FMCW Rader for Obstacle Detection	山本 憲夫 山田 公男 米本 成人 安井 英己 (IHI エアロスペース) 那須 清二 (日立エンジニアリング) 根日屋英之 (アンプレット) C.Migliaccio (ニース大学) B.D.Nguyen (同上) C.Pichot (同上)	2003.10	ドイツ航法学会・国際レー ダシンポジウム (IRS 2003)
洋上空域の効率的な運用方法 -最適経路と経路および高度変更の経済性の検討-	福田 豊	2003.10	第41回飛行機シンポジウム
搭載用航空機間隔維持支援装置 (ASAS) の概要	小瀬木 滋 東福寺則保	2003.10	第41回飛行機シンポジウム
実時間シミュレーションによる到着機処理の一解析	蔭山 康太	2003.10	第41回飛行機シンポジウム
ACAS 信号を用いた受動型航空機測位方式	田嶋 裕久 古賀 禎 小瀬木 滋 坂井丈 泰 塩見 格一 白川 昌之	2003.10	第41回飛行機シンポジウム
地面構造による GP パスの空間誤差特性	横山 尚志 朝倉 道弘 田嶋 裕久 増位 和也 (宇宙航空研究開発機構) 石川 和敏 (同上) 富田 博史 (同上)	2003.10	第41回飛行機シンポジウム

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
次世代航法システム MSAS-GAIA の飛行評価実験	星野尾一明 富田 博史 (宇宙航空研究開発機構) 張替 正敏 (同上)	2003.10	第41回飛行機シンポジウム
CAT III化に係わる関連施設の電波性能調査	朝倉 道弘 横山 尚志	2003.10	受託研究報告書
北太平洋航空路における横方向オフセットの横方向衝突危険度への影響	長岡 栄 天井 治	2003.10	電子情報通信学会安全性研究会
SBAS 電離層会議について	星野尾一明	2003.10	第7回 MSAS 技術評価検討委員会
Concept of Self-synchronized ADS Using Satellite	住谷 泰人 石出 明	2003.10	第3回 NexSAT (Next Generation Satellite Steering Group) 会議
Efficient Preemption Method on CDMA systems	金田 直樹 塩見 格一	2003.10	第3回 NexSAT (Next Generation Satellite Steering Group) 会議
衛星航法システム GPS/WAAS の現状	坂井 丈泰	2003.10	電波航法研究会
GPS の課題と将来	星野尾一明	2003.11	日本光学学会「光学」32巻11号
発話音声のカオス論的ノイズ量によるストレスの定量化	塩見 格一	2003.11	第19回日本ストレス学会学術総会
自動従属監視による縦方向予測誤差のモデル	河道 貴宏 (研修生(日本大学)) 長岡 栄 天井 治 中村 英夫(日本大学)	2003.11	日本航海学会秋季講演会
日本付近の電離層による GPS への影響	坂井 丈泰 Todd Walter (スタンフォード大学)	2003.11	第47回宇宙科学技術連合講演会 (主催=日本航空宇宙学会)
航空交通流管理による遅延便と運航率	福島 幸子	2003.11	信頼性学会機関誌「信頼性」 Vol. 25 No. 8 2003年11月号
Estimating the Lateral Navigation Accuracy of GPS Equipped Aircraft on a North Pacific Route Using Radar Data	天井 治 長岡 栄	2003.11	GPS/GNSS 国際シンポジウム2003
High-accuracy Positioning Experiment System using a Quasi-Zenith Satellite System at ENRI	伊藤 憲 福島荘之介 新井 直樹	2003.11	GPS/GNSS 国際シンポジウム2003
Flight Evaluation of the Next-Generation Navigation System MSAS-GAIA	星野尾一明 富田 博史 (宇宙航空研究開発機構) 張替 正敏 (同上)	2003.11	日本航海学会 GPS 研究会 「2003 International Symposium on GPS/GNSS」
R&D OF ATN EQUIPMENT FOR IMPLEMENTATION IN JAPAN	板野 賢	2003.11	ICAO ACP WG-N 第2回会議
Japanese Ongoing Studies for Reducing Separation Minima in the NOPAC Route under Satellite-based Automatic Dependent Surveillance Environments	長岡 栄	2003.11	Japan-US Science Technology and Space Application Program (JUSTSAP) Workshop
The Trend of the Results of ACAS II Operational Monitoring in Japan, Second Report of 2003	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之 白井 範和(航空局)	2003.11	ICAO SCRS Panel WG-A 第6回会議

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
The trend of the RA report based on the principal component analysis in Japan, Second report of 2003	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之 白井 範和 (航空局)	2003.11	ICAO SCRS Panel WG-A 第6回会議
Analytical Results of Unauthorized Aircraft Address Measured by Aircraft Address Monitoring System	藤井 直樹 堀越 文樹 (航空局) 中村 寿男 (日本電気)	2003.11	ICAO SCRS Panel WG-B 第6回会議
Research and Development of VDL Mode 3 System	中谷 泰欣	2003.11	VDL モード3 システムに関する会議 (米国連邦航空局 テクニカルセンター)
GPS/GNSS の基礎	坂井 丈泰	2003.11	GPS シンポジウム チュー トリアルアルセッション (主 催 = 日本航海学会)
DRAFT Issues on JTIDS Frequency Clearance in Japan	小瀬木 滋	2003.11	JTIDS に関する日米技術交 換会議
Transponder Anomalies Observed with Airborne Waveform Measurement	小瀬木 滋	2003.11	ICAO SCRSP 第6回 WG-A 会議
Modeling the Distribution of Along-Track ADS Prediction Error Observed in the North Pacific	河道 貴宏 (研修生 (日本大学)) 長岡 栄 天井 治	2003.11	ICAO SASP-WG/WHL/4 会議
実験用エンハンスト・ビジョン・システムを用いた画像融合とその評価	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之	2003.11	日本航海学会第109回研究会
Status of GBAS Development Activity in Japan	藤井 直樹 今村 純 (航空局)	2003.11	ICAO NSP/WG 第1回会議
Development and Evaluation of VDL Mode 3 System in Japan	加藤 敏	2003.11	ICAO ACP WG-M 第8回会議
Evaluation of ADS-B Using Mode-S Extended Squitter at ENRI	宮崎 裕己 三吉 襄	2003.11	ICAO SCRSP 第6回 WG-B 会議
Estimating the well-fit model for the distribution of cross track deviations of GPS equipped aircraft on a North Pacific route	天井 治 長岡 栄	2003.11	ICAO SASP-WG/WHL/4 会議
交通安全について考える	塩見 格一	2003.11	熊本大学 総合科目講義「安 全運転偏」
最近の ILS の高カテゴリー化に関する研究動向について	横山 尚志 朝倉 道弘 田嶋 裕久	2003.11	日本航海学会 第109回講演会・研究会
On the Conservative Assumption of the Simultaneous Position Reporting for Collision Risk Modeling	長岡 栄	2003.11	ICAO SASP WG/WHL/4 会議
実験用 EVS による画像融合 ～エンハンスト・ビジョン・システムに関する研究～	住谷 泰人	2003.12	航空無線 第38号
電子航法研究所における GBAS の研究概要	齊藤 真二	2003.12	航空無線 第38号
電子航法研究所の概要 (電子航法研究所の概要、衛星通信、衛星航法の研究、VDL の研究、準天頂衛星システムの概要の5件)	星野尾一明	2003.12	航空保安大学校第48回総合 特別研修
GPS による電離層総電子数の観測	坂井 丈泰 Todd Walter (スタンフォード大学)	2003.12	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニク ス研究会
航空における電子航法の現状と今後	長岡 栄	2003.12	日本材料学会第105回信頼性 工学部門委員会研究討論会

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
電離層活動の SBAS への影響	星野尾一明 松永 圭左	2003.12	国際電波科学連合 (URSI) 電波科学研究連絡会 G 分科 会 第 2 回電離圏の利用と影響 に関するシンポジウム
青森空港高カテゴリー化積雪調査 受託報告書 (中間報告書)	朝倉 道弘 横山 尚志 田嶋 裕久	2003.12	受託研究報告書
発話音声のカオス論的分析による脳活性化定量化手法	塩見 格一 高岡美智子 (東京医科歯科大学/メ ディカル・パレット)	2004.1	第13回脳神経外科コン ピュータ研究会
マルチチャネル化空港面 ADS システムの開発	二瓶 子朗	2004.1	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニク ス研究会 (SANE)
航空機の将来高度の予測に関する解析	瀬之口 敦 福田 豊	2004.1	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニク ス研究会
マルチラテレーションを用いた航空機監視システムの 測位精度	藤井 直樹	2004.1	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16年「新年挨拶文」	大沼 正彦	2004.1	第 3 空港建設ニュース (1月7日号)
低磁気緯度地方における電離層活動の SBAS への 影響	坂井 丈泰 松永 圭左 星野尾一明 Todd Walter (スタンフォード大学)	2004.1	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニク ス研究会
準天頂衛星による高精度測位実験	伊藤 憲 新井 直樹 福島荘之介 河野 功 (宇宙航空研究開発機構) 小暮 聡 (同上) 李野 正明 (同上) 梶井 誠 (同上) 松坂 茂 (国土地理院) 江洲 秀人 (国土技術政策総合研究所) 浜 真一 (通信総合研究所) 岩田 敏彰 (産業総合研究所)	2004.1	電子情報通信学会 宇宙・ 航行エレクトロニクス研究 会
Co-site radio interference between DSB-AM and VDL Mode 3	中谷 泰欣	2004.1	ICAO ACP/WG-B 第16 回会議
A Study of the Ionospheric Effect on GBAS (Ground-Based Augmentation System) Using Nation-Wide GPS Network in Japan	吉原 貴之 藤井 直樹 齊藤 昭則 (京都大学)	2004.1	ION NTM 2004
次世代航空交通情報処理における機械と人間の役割 分担	塩見 格一	2004.1	航空人間工学会第83回例 会



発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
AIS 情報による VTS システムの高度化	塩地 誠 水城南海男 (元電子研) 矢田 士郎 矢内 崇雄 (沖電気工業) 中島 敏和 (同上) 小林 健 (同上) 大塚 賢 (同上)	2004.1	AIS セミナー
発話分析から考える脳機能モデル	塩見 格一	2004.2	日本感性工学会和文論文誌 感性ダイナミックスシンポジウム特集号
受託研究報告書「ミリ波・赤外線による衝突防止技術に関する研究」	山本 憲夫	2004.2	受託研究報告書
広島空港 CAT Ⅲ化に伴う電波高度計用地人工構造物の電気的特性調査	朝倉 道弘 横山 尚志 田嶋 裕久	2004.2	航空振興財団「全天候航空方式小委員会」
Ghost target phenomenon observed in Japan	宮崎 裕己 堀越 文樹 (航空局)	2004.2	ICAO SCRSP 第7回技術作業部会 (TSG) 会議
電子航法研究所における VDL モード3 の開発・評価について	加藤 敏	2004.2	航空振興財団・情報処理方式小委員会
RA downlink anomalies observed with SSR mode S in Japan	小瀬木 滋 住谷 泰人	2004.2	次世代監視アーキテクチャにかかる国際動向調査委員会作業部会
受託研究報告書「徳島空港周辺土地造成事業による VORTAC に与える影響の検証」	山本 憲夫	2004.2	受託研究報告書
低磁気緯度地方における電離層活動の SBAS への影響	坂井 丈泰	2004.2	第8回 MSAS 技術評価検討委員会
2003年11月4日の地磁気擾乱時に観測された日本上空における電離圏擾乱について	大島 浩嗣 (京都大学) 齊藤 昭則 (同上) 津川 卓也 (同上) 松永 圭左	2004.2	第18回大気圏シンポジウム・プログラム
広帯域パルス擬似衛星の測位性能評価	福島 荘之介 齊藤 真二 藤井 直樹 須賀 秀一 (東芝社会ネットワークインフラ社) 角田 寛人 (同上)	2004.2	電子情報通信学会論文誌 (B)
最近の航法と航空交通管制システムの動向	長岡 栄	2004.3	電子情報通信学会論文誌 (B)
自動従属監視の縦方向予測誤差の解析	河道 貴宏 (研修生 (日本大学)) 長岡 栄 天井 治 高橋 聖 (日本大学) 中村 英夫 (同上)	2004.3	日本航海学会誌 「Navigation」159号
モンテカルロ法を用いた航空機の縦方向衝突危険度の推定	長岡 栄	2004.3	日本航海学会誌 「Navigation」159号
実験用 EVS を用いた融合画像と評価	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之	2004.3	日本航海学会誌158号
運航者別 ADS 縦方向予測誤差分布の裾部形状	河道 貴宏 (研修生 (日本大学)) 長岡 栄 天井 治 高橋 聖 (日本大学) 中村 英夫 (同上)	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
GPS 搭載機の横方向経路逸脱量の分布のモデル化	天井 治	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
SBAS 電離層遅延補正の日本付近における効果	坂井 丈泰 松永 圭左 星野尾一明 Todd Walter (スタンフォード大学)	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
準天頂衛星による GPS の補強	福島 荘之介 新井 直樹 伊藤 憲 河野 功 (宇宙航空研究開発機構) 小暮 聡 (同上)	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
衝突危険度モデルにおける同時位置通報の仮定の保守性	長岡 栄	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
CDMA システム上の優先制御方式	金田 直樹 塩見 格一	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
ACAS 信号を用いた受動型測位方式による実験	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬木 滋	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
連続発話音声の時間局所的なカオス論的指標値の変化について	塩見 格一 高岡美智子 (東京医科歯科大学/メ ディカル・パレット)	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
マルチラテレーションによる航空面監視実験	三吉 襄 宮崎 裕己	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
マルチラテレーション対応 ADS-B の信号処理特性	宮崎 裕己 三吉 襄	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
航空における安全目標と安全性評価	長岡 栄	2004.3	電子情報通信学会 2004年総合大会
相対垂直距離の分布による航空機対の垂直重畳確立の推定値への影響	長岡 栄	2004.3	電子情報通信学会論文誌 A
電離層遅延の薄膜平面モデルによる近似精度	坂井 丈泰	2004.3	科学振興調整費「精密衛星 測位による地球環境監視技 術の開発」第3回全体分科 会
DL 掩蔽観測用受信システムの開発	松永 圭左 吉原 貴之 齊藤 真二 藤井 直樹 星野尾一明	2004.3	科学振興調整費「精密衛星 測位による地球環境監視技 術の開発」第3回全体分科 会
青森空港高カテゴリー化積雪調査 受託報告書	横山 尚志 朝倉 道弘	2004.3	受託研究報告書
Ionospheric Activities and Results of Observation in Japan	松永 圭左 星野尾一明	2004.3	MSAS および GRAS に関す る日豪調整会議
受託研究報告書 JTIDS 等国内展開基準の作成	小瀬木 滋 田嶋 裕久	2004.3	受託研究報告書
Ionospheric Effects on SBAS in Low Magnetic Latitude Region	坂井 丈泰	2004.3	13th SBAS Interoperability Working Group (IWG/ 13)
作業者を疲れさせない情報処理業務の支援形態につ いて -コンピュータを使った小さな親切とコンピュータ による大きなお世話-	塩見 格一	2004.3	クリティカル ソフトウエ ア ワークショップ 2004

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
「航空機内の電磁干渉障害に関する調査」平成15年度報告書	山本 憲夫	2004.3	受託研究報告書
ALMA プロト12m 鏡面測定と電波ホログラフィ法の高精度化	古賀 禎 山本 憲夫 米本 成人 齋藤 正雄 (国立天文台) 浮田 信治 (同上) 江澤 元 (同上) 池之上文吾 (同上) 川辺 良平 (同上) 山口 伸行 (同上)	2004.3	日本天文学会2004年春季大会
高精度測位補正技術に関する研究報告書	伊藤 憲 福島 莊之介 新井 直樹 坂井 丈泰	2004.3	受託研究報告書
航法計器等への電波干渉に関する調査検討報告書	山本 憲夫 米本 成人	2004.3	受託研究報告書
RVSM 適合機の高高度維持性能監視にかかる要件技術支援 報告書	坂井 丈泰	2004.3	受託研究報告書
ASDE デュアルサイト化調査委託 報告書	加来 信之 小松原健史	2004.3	受託研究報告書
国内短縮垂直間隔導入に係る空域安全性基礎評価報告書	長岡 栄 天井 治	2004.3	受託研究報告書
航空機アドレス監視データ解析調査委託 報告書	藤井 直樹	2004.3	受託研究報告書
空域安全性管理システムプログラム開発に係る技術支援委託 報告書	天井 治 長岡 栄	2004.3	受託研究報告書
平成15年度航空機からのダウンルッキング GPS 掩蔽観測技術の開発研究委託 報告書	藤井 直樹 吉原 貴之 齋藤 真二 星野尾一明 松永 圭左	2004.3	受託研究報告書
高度船舶交通管制システムに関する研究 (平成15年度報告書)	塩地 誠 白川 昌之 矢田 士郎 長谷川和彦 (大阪大学)	2004.3	受託研究報告書
福岡空港基本施設検討手法整備業務におけるTAAM シミュレーション 報告書	蔭山 康太	2004.3	受託研究報告書
電子航法研究所における A-SMGCS の研究	二瓶 子朗	2004.3	平成15年度先進型地上走行誘導管制 (A-SMGC) システムに関する調査委員会報告書

# 10 知的財産権

## (1) 登録済

発 明 の 名 称	発 表 者	出願年月日	登録番号	登録年月日
一方向測距装置	田中 修一	57.5.17	1540108	2.1.31
全方向式無線方位方式	田中 修一 二瓶 子朗 山本 憲夫	57.5.17	1487245	元.3.23
一方向測距装置	田中 修一 二瓶 子朗 山本 憲夫	57.11.12	1500115	元.6.28
レーダの偽像抑制装置	水城南海男	58.4.6	1917847	7.4.7
VOR 受信装置	田中 修一 二瓶 子朗	58.12.20	1599149	3.1.31
SSR 方式による航空機識別装置	石橋 寅雄	60.5.9	1613239	3.8.15
対数周期ダイポールアンテナを用いた ILS ローカライザーのモニター装置	石橋 寅雄	61.4.9	1828295	6.3.15
電子ゴニオメータ	田中 修一	61.10.23	1791791	5.10.14
併設用空中線装置	横山 尚志 田嶋 裕久 藤井 直樹 長谷川英雄	62.5.12	1778682	5.8.13
DSB 方式ドップラー VOR モニタ方法	田中 修一 二瓶 子朗	62.10.29	1731867	5.2.17
アンテナ故障検知装置	田中 修一 長岡 政四	63.1.13	1739963	5.3.15
レーダ信号伝送方法とその送受信装置	加来 信之	63.12.6	1778723	5.8.13
移動目標信号伝送方式とその送受信装置	加来 信之	元.2.9	1838414	6.4.25
電子走査アンテナ故障検出装置	横山 尚志 田嶋 裕久 藤井 直樹 長谷川英雄	元.2.9	1875585	6.10.7
二次レーダの応答信号識別方法	塩見 格一 石橋 寅雄	元.3.29	2053799	8.5.23
二次レーダによる航空機の識別方法およびその装置	石橋 寅雄	元.11.20	2517848	8.5.17
信号発生器	田中 修一 二瓶 子朗	元.12.11	1813658	6.1.18
ドップラー VOR のアンテナ切換給電方法	二瓶 子朗 田中 修一	2.3.16	1928084	7.5.12
航空機、車両の応答信号識別方法およびその装置	石橋 寅雄 塩見 格一	4.2.3	2600093	9.1.29
魚眼レンズを用いた測位方法およびその装置	塩見 格一	4.6.11	2611173	9.2.27
空港面における航空機識別方法およびその航空機自動識別装置	加来 信之 塩見 格一	4.12.4	2600098	9.1.29
シークラッタ抑圧方法	渡辺 泰夫 水城南海男	5.5.27	2653747	9.5.23
マルチバンドレーダの信号処理方法	水城南海男	5.5.27	3002738	11.11.19
GPS 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	6.3.4	2681029	9.8.1
被管制対象監視システム	塩見 格一	6.3.11	2854799	10.11.20
被管制対象監視システム	塩見 格一	6.3.11	2777328	10.5.1
被管制対象監視システム	塩見 格一	6.3.11	2619217	9.3.11
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	6.5.18	2675752	9.7.18
被管制対象監視システム	塩見 格一	7.2.23	2763272	10.3.27
被管制対象監視システム：欧州特許庁 (イギリス・ドイツ・フランス)	塩見 格一	7.3.8	671634	14.10.2
被管制対象監視システム：アメリカ	塩見 格一	7.3.9	5677841	9.10.14
被管制対象監視システム：カナダ	塩見 格一	7.3.9	2144291	10.5.26
航空管制情報統合表示装置	佐藤 裕喜	7.4.3	3030329	12.2.10
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 PCT 出願：オーストラリア	塩見 格一	7.5.18	680365	9.11.13

発 明 の 名 称	発 表 者	出願年月日	登録番号	登録年月日
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT 出願：イギリス	塩見 格一	7.5.18	2295472	10.7.22
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：カナダ	塩見 格一	7.5.18	2167516	15.5.13
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	7.6.23	2666891	9.6.27
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	7.9.28	3081883	12.6.30
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	7.12.11	2979133	11.9.17
フェイズドアレイアンテナの位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移相誤差の検出方法	田嶋 裕久	7.12.19	3060002	12.4.28
熱交換器	田嶋 裕久	7.12.19	2852412	10.11.20
航空機管制支援システム	塩見 格一	8.3.29	2801883	10.7.10
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	8.6.13	2763522	10.3.27
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	8.6.13	2907328	11.4.2
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	8.6.13	2763521	10.3.27
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	8.10.24	3013985	11.12.17
誤目標の抑圧方法およびその装置	加来 信之 北館 勝彦	8.11.11	2884071	11.2.12
空港面監視装置	加来 信之 北館 勝彦	8.12.12	3226812	13.8.31
飛行場管制支援システム	塩見 格一	9.3.26	3017956	11.12.24
航空機管制支援システム：カナダ	塩見 格一	9.3.27	2201256	13.2.6
航空機管制支援システム：アメリカ	塩見 格一	9.3.28	5941929	11.8.24
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	9.6.5	3054685	12.4.14
滑走路予約システム	塩見 格一	9.6.9	2892336	11.2.26
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	10.2.24	6064939	12.5.16
飛行場管制支援システム：アメリカ	塩見 格一	10.3.25	6144915	12.11.7
無線通信ネットワークシステム（無線ネットワークを使用した移動体測位システム）	田中 修一 二瓶 子朗	10.6.4	3474107	15.9.19
滑走路予約システム：オーストラリア	塩見 格一	10.6.5	713823	12.3.23
滑走路予約システム：イギリス	塩見 格一	10.6.5	2327517	11.7.28
滑走路予約システム：カナダ	塩見 格一	10.6.8	2239967	14.7.30
滑走路予約システム：アメリカ	塩見 格一	10.6.9	6282487	13.8.28
空港管制用操作卓 意匠登録	塩見 格一	10.7.31	1075354	12.4.7
空港管制用操作卓 類似意匠登録	塩見 格一	10.7.31	1	12.6.16
音声による疲労・居眠り検知装置及び記録媒体	塩見 格一	10.10.5	3151489	13.1.26
受動型 SSR 装置	塩見 格一	10.10.30	3041278	12.3.3
SSR 装置及び航空機二次監視網	塩見 格一	10.10.30	2991710	11.10.15
管制用通信システム	塩見 格一	10.12.18	3041284	12.3.3
管制通信発出システム	塩見 格一	11.3.19	3300681	14.4.19
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	11.4.8	3091880	12.7.28
SSR 装置及び航空機二次監視網：PCT 出願 アメリカ	塩見 格一	11.10.29	6337652	14.1.8
受動型 SSR 装置：PCT 出願 アメリカ	塩見 格一	11.10.29	6344820	14.2.5
受動型 SSR 装置	塩見 格一	11.11.10	3277194	14.2.15
飛行場管制支援システム	塩見 格一	11.12.17	3086828	12.7.14
無線ネットワーク測位システム	田中 修一 二瓶 子朗	12.6.6	3453547	15.7.18
無線ネットワーク制御システム	二瓶 子朗 田中 修一	12.6.6	3428945	15.5.16

発 明 の 名 称	発 表 者	出願年月日	登録番号	登録年月日
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	12.7.26	3412011	15.3.28
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	12.11.13	3462172	15.8.15
管制装置システム：アメリカ	塩見 格一	12.12.7	6573888	15.6.3
音声処理装置	塩見 格一	13.9.25	3512398	16.1.16
操作卓 意匠	塩見 格一	14.10.15	1189989	15.9.26

※ は平成15年度に実施されたものである

(2) 出願中

発 明 の 名 称	発 表 者	出願年月日	出 願 番 号
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	8.12.5	8-325628
航空交通シミュレータ	塩見 格一	9.12.22	9-353463
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	10.2.26	6160/1998
無線通信ネットワークシステム	田中 修一 二瓶 子朗	10.6.4	10-172173
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：アメリカ	塩見 格一	11.6.10	09/329,293
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	11.9.17	11-262815
SSR 装置及び航空機二次監視網 PCT 出願 欧州特許 庁 EPC	塩見 格一	11.10.29	99951157.9
受動型 SSR 装置 欧州特許庁 EPC	塩見 格一	11.10.29	99951156.1
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	11.12.7	11-347123
管制装置システム	塩見 格一	11.12.8	11-348349
ターゲット選択操作装置	塩見 格一	12.3.24	2000-083786
CDPLC メッセージ作成方式	塩見 格一	12.3.30	2000-095320
CDPLC/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	12.3.30	2000-095323
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	12.3.30	2000-095322
CDPLC メッセージ作成システム	塩見 格一	12.3.30	2000-095321
航空管制用管制指示入力装置	塩見 格一	12.3.30	2000-092584
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	12.10.19	09/691,126
周辺移動局監視装置、及び周辺移動局監視装置を備えた無 線ネットワークシステム	二瓶 子朗 田中 修一	12.11.13	2000-344734
カオス論的ヒューマン・ファクタ評価装置	塩見 格一	13.4.16	2001-116408
無線ネットワークシステム (CL15411)	田中 修一 二瓶 子朗	13.8.8	2001-240909
無線ネットワークシステム (CL15406)	田中 修一 二瓶 子朗	13.8.8	2001-240906
無線ネットワークを利用した移動体測位システム (CL15408)	田中 修一 二瓶 子朗	13.8.8	2001-240908
無線通信ネットワークシステム (CL15407)	田中 修一 二瓶 子朗	13.8.8	2001-240907
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置	横山 尚志	13.9.6	2001-270985
積雪による ILS のグライドパス進入コース予測方法及びそ の装置	横山 尚志	13.9.6	2001-271091
心身診断システム	塩見 格一	13.9.14	2001-280105
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	13.10.24	2001-325991
カオス論的脳機能診断装置	塩見 格一	13.11.13	2001-348108
目標検出システムおよび目標検出方法	加来 信之	13.12.10	2001-375923



発 明 の 名 称	発 表 者	出願年月日	出 願 番 号
表示画面上への航空機表示方法及びその装置	塩見 格一	14.3.5	2002-58392
カオス論的診断感度増感装置	塩見 格一	14.3.25	2002-82734
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	14.3.29	2002-93402
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置：PCT 出願	塩見 格一	14.4.10	PCT/JP02/ 03561
電波反射体を用いた測定装置及びこの測定装置を用いた移動体の航法方法	米本 成人	14.6.28	2002-191295
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法 PCT 出願	塩見 格一	14.10.2	PCT/JP02/ 11001
心身診断システム PCT 出願	塩見 格一	14.11.11	PCT/JP02/ 11738
カオス論的能機能診断装置 PCT 出願	塩見 格一	14.11.12	PCT/JP02/ 11764
電子地図情報の補正方法及び移動局位置監視システム	二瓶 子朗	14.11.19	2002-335700
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	14.11.19	2002-335698
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	14.11.19	2002-335699
心身状態判定システム	塩見 格一	15.2.24	2003-46428
カオス論的指標値計算プログラム	塩見 格一	15.2.24	2003-045386
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	15.2.24	2003-15661
カオス論的診断感度増感装置 PCT 出願	塩見 格一	15.2.26	PCT/JP03/ 02159
無線通信ネットワークシステム (CL15550)	二瓶 子朗	15.3.28	2003-090443
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	15.6.3	2003-157645
就寝中の身体反応情報検出システム	塩見 格一	15.8.25	2003-300090
操作卓 (意匠)	塩見 格一	15.11.18	2003-034420
脇机 (意匠)	塩見 格一	15.11.18	2003-034421
カオス論的指標値計算システム PCT 出願	塩見 格一	15.12.26	PCT/JP03/ 16954
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	16.1.26	2004-16855
心身状態判定システム PCT 出願	塩見 格一	16.2.23	PCT/JP04/ 002054
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び通信システム	金田 直樹 塩見 格一	16.3.3	2004-58856
電子地図情報の補正方法及び移動局位置監視システム	二瓶 子朗	16.3.22	2004-081848
無線ネットワーク監視システム、無線ネットワークシステム及び無線ネットワーク監視システムの制御方法	二瓶 子朗	16.3.22	2004-081846
無線ネットワークシステム、無線ネットワークシステムの制御方法、制御プログラム及び記録媒体	二瓶 子朗	16.3.22	2004-081847
通電表示器	惟村 和宣	16.3.23	2004-085641
電波反射体を用いた測定装置 (分割出願)	米本 成人	16.3.25	2004-90328
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	16.3.25	2004-090372
航空管制用インターフェース装置、その制御方法およびコンピュータプログラム	塩見 格一	16.3.29	2004-096684

※  は平成15年度に実施されたものである

第 3 部  
現 況



# 1 平成15年度に購入した主要機器

- ・測定車排気ガス中の粒子状物質低減装置
- ・ATC トランスポンダー
- ・小型乗用自動車
- ・ミリ波レーダ用小型、高利得アンテナ
- ・FAX コピー複合機
- ・デジタルオシロスコープ
- ・GPS 受信機
- ・アンテナ測定用ステージ
- ・ベクトル信号発生器
- ・信号増幅器
- ・マルチラテレーション対応 ADS-B 受信局と送受信局
- ・遠隔同期システム
- ・バッテリー型電源供給装置
- ・マルチラテレーション対応 ADS-B 受信局と送受信局  
(マルチラテレーション対応 ADS-B 評価システムの  
設置調整)
- ・利用者開放型航空路管制用ワークステーション
- ・スペクトラムアナライザ
- ・統合化システム
- ・CPDLC/AIDC 対応管制卓
- ・航空管制用デジタル対空無線システム実験設備
- ・METAR サーバ及びデータベース
- ・時刻差測定装置拡張部
- ・心電計
- ・データレコーダ
- ・SSR モード S 用アンテナベダスタルの製作
- ・後方乱気流検出装置
- ・SSR モード S 用アンテナ設置台座
- ・岩沼分室フェンス

## 2 主要施設及び機器

### 1 電波無響室

電子航法分野では、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： 32×7×5m  
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

電子航法の研究でアンテナの放射特性及びシステムのコース特性、コース誤差特性等の測定が必要である。

このうち、縮尺模型装置や比較的小型のシステムは電波無響室を使って実験できる。しかし大型のアンテナでは送・受信間距離が大きくなると本来の特性測定ができない場合もあり、研究所構内における航法施設の試験で、実際に近い設置状態で飛行試験を実施したい等の要求も生じる。

アンテナ試験塔はこれらの目的にあうように、高さ19.5メートルでその頂部には直径25メートルのカウンターポイズをもつ鉄塔で、カウンターポイズ上に試験用航法システムのアンテナが設置される。

この試験塔の大きな特徴は、カウンターポイズ中心部の回転機構をもつことで、その下の送信機室と一体構造で回転する。

#### 〔要目概要〕

高さ： 19.5m  
カウンターポイズ径： 25m（回転部径：13m）  
回転速度： 毎時1, 2, 4回転の3段階

### 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 と呼んだ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性の高まりと、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接続したシステムに移行した。

以来今日迄、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としての運用を行っている。

平成13年度以降、現在の供用計算機システムは、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サーバから構成されるサーバ群を1G-Base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を有している。

現在当所供用計算機システムは、研究における利用のみならず、WWWサーバによる研究情報の発信やPCサーバによる所内事務の電子化等、より日々の職務に密接したシステムとして運用されている。

#### 〔構成〕

演算サーバ： Cray MTA 2  
ファイル・サーバ： COMPAQ AlphaServer DS20E×2  
アプリケーション・サーバ： FUJITSU GP400S#60  
PCサーバ： COMPAQ ProLiant ML370  
WWWサーバ： AlphaStation XP1000  
ローカル・クライアント： AlphaStation XP1000  
ネットワーク・スイッチ： Extreme Summit 5i +  
16/48

### 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。

引続き実験用アンテナ増設などの改装を行い、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。

搭乗人員は乗員を含め17名のところ実験用機器搭載のスペースを取り、最大9名とし、その他写真撮影用のカメラ孔及びラック等を備えている。

〔諸元・性能〕

登録番号： JA8801  
型 式： ビーチクラフト B-99エアライナー  
全 長： 13.58m  
全 幅： 13.98m  
全 高： 4.38m  
最大離陸重量： 4,944kg  
発 動 機： PT 6 A-28/680馬力×2基  
巡行速度： 360km/h  
航続距離： 1,750km  
離陸滑走路長： 570m  
着陸滑走路長： 820m

## 5 仮想現実実験施設

航空管制業務には、レーダーにより航空機を監視して行う航空路管制業務及びターミナル管制業務と、管制官が肉眼で航空機を監視しながら行う飛行場管制業務とが存在する。

今日の航空管制業務は、多数の管制官と多数の管制機器及び管制援助機器が複雑に関連するシステムで行われており、その効率化を実現するための研究等には、業務環境を模擬した環境におけるシミュレーションが不可欠と考えられている。

本施設は、管制塔における管制官の業務環境を視聴覚的な仮想現実感を用いて模擬する機能を有するものであり、本施設により飛行場管制業務に係るシミュレーションを、レーダーを使用した航空路管制業務或はターミナル管制業務シミュレーションと同様に、実施することが可能となった。

また、本施設は操縦シミュレーターを有し、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ーと操縦シミュレーターは接続されており、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, 15.0m φ  
操縦シミュレータ画像出力部： 150° / 3面, 5.6m φ

## 6 ATC シミュレーション実験棟

航空管制シミュレータを設置し、管制官参加によるダイナミックシミュレーションを実施するためのもので、レーダ表示装置の使用環境を考慮して管制卓室とパイロット卓室には、調光式照明、高性能ブラインドを備えている。以下に要目を示す。

- ・階 数 2階建て
- ・床面積 約530㎡ (38m×14m)
- ・主要室 管制卓室；2室、各13m×14m  
パイロット卓室；2室、各22m×7m  
データ解析室、モニタ室、会議室

## 7 航空管制シミュレータ

航空管制シミュレータは、平成12年度に、それまでに開発したターミナル管制シミュレータを拡張整備したものであり、下記のようにターミナル管制卓、航空路管制卓を中心に多数の管制卓等で構成し、任意の空域を設定して評価でき、かつ、ターミナル管制、航空路管制を統一して模擬できるように一つのシナリオを両空域にスムーズに動作させることができる。

以下に本シミュレータの構成、主要性能を示す。

(1) 構 成

- ・ターミナル管制卓 8卓
- ・エンルート管制卓 4卓
- ・飛行場管制卓 5卓
- ・パイロット卓 12卓
- ・全域模擬卓 2卓
- ・シナリオ処理装置
- ・データベース装置
- ・音声通信処理装置
- ・モニタ装置
- ・監視装置

(2) 主要機能

- ・航空機同時処理機数 最大512機
- ・航空機同時表示機数 最大128機 / 1管制卓
- ・同時管制機数 最大64機 / 1管制卓

- ・ターミナル領域定義数 最大8ターミナル/  
1シミュレーション
- ・エンルート領域定義数 最大100セクタ
- ・同時シミュレーション数 最大2シミュレーション
- ・シミュレーション実行速度 1/10倍速～8倍速  
(再生時含む)
- ・空港定義数 最大128空港



### 3 職 員

(1) 職員表 (平成16年 3月31日現在)

理事長	大 沼 正 彦	主任研究員	北 折 潤
理事	安 部 憲 治	主任研究員	中 谷 泰 欣
監事	曾 和 恵 三	GBAS 研究グループ	
監事 (非常勤)	鈴 木 清	上席研究員	藤 井 直 樹
総務課長	加 藤 英 典	上席研究員付研究員	福 島 荘之介
企画室長	河 合 良 則	上席研究員付研究員	齋 藤 真 二
課長補佐	與曾井 孝 夫	(任期付)	吉 原 貴 之
専門官 (会計)	小 川 靖 雄	機器開発研究グループ	
専門官 (企画)	伊地知 章	上席研究員	板 野 賢
総務係長	高 橋 健 一	主幹研究員	加 来 信 之
人事係長	上 山 俊 樹	主幹研究員	二 瓶 子 朗
係員	新 沼 重 蔵	上席研究員付研究員	小松原 健 史
会計第一係長	梅 澤 紀 昭	管制システム部長	白 川 昌 之
会計第二係長	小 山 貴 司	航空管制評価研究グループ	
係員	長谷川 三 和	上席研究員	三 垣 充 彦
企画室企画第一係長	奈 良 秀次郎	主任研究員	蔭 山 康 太
係員	森 川 賢 一	上席研究員付研究員	青 山 久 枝
係員	新 井 祐 司	航空交通管理研究グループ	
企画室企画第二係長	森 永 智 文	上席研究員	矢 田 士 郎
岩沼分室長	越 智 晶 英	主幹研究員	福 田 豊
業務係長	小 田 浩 幸	主任研究員	福 島 幸 子
電子航法開発部長	東福寺 則 保	上席研究員付研究員	岡 恵
管制間隔研究グループ		上席研究員付研究員	瀬之口 敦
上席研究員	長 岡 栄	管制施設研究グループ	
主任研究員	天 井 治	上席研究員	塩 見 格 一
上席研究員付研究員	住 谷 美登里	上席研究員付研究員	金 田 直 樹
搭載機器研究グループ		海上交通管制研究グループ	
上席研究員	小瀬木 滋	上席研究員	塩 地 誠
センシング研究グループ		衛星技術部長	惟 村 和 宣
上席研究員	山 本 憲 夫	衛星システム研究グループ	
上席研究員付研究員	米 本 成 人	上席研究員	伊 藤 憲
着陸システム研究グループ		主任研究員	新 美 賢 治
上席研究員	田 嶋 裕 久	上席研究員付研究員	坂 井 丈 泰
主幹研究員	横 山 尚 志	衛星通信研究グループ	
主任研究員	朝 倉 道 弘	上席研究員	石 出 明
上席研究員付研究員	古 賀 禎	上席研究員付研究員	住 谷 泰 人
航空システム部長	藤 森 武 男	衛星航法研究グループ	
管制用監視研究グループ		上席研究員	星野尾 一 明
上席研究員	三 吉 襄	主任研究員	伊 藤 実
主任研究員	宮 崎 裕 己	主任研究員	新 井 直 樹
VDL 研究グループ		上席研究員付研究員	松 永 圭 左
上席研究員	加 藤 敏		

## (2) 発令一覧（平成15年4月1日～平成16年3月31日）

氏名	発令年月日	発令事項	任命権者
菅 沼 誠	15. 4. 1	国土交通省に出向させる	理 事 長
明 石 修 一	〃	独立行政法人港湾空港技術研究所に出向させる	〃
正 木 博 幸	〃	東京航空局に出向させる	〃
加 藤 英 典	〃	総務課長に昇任させる	〃
越 智 晶 英	〃	岩沼分室長に昇任させる	〃
古 賀 禎	〃	電子航法開発部主任研究員（着陸システム研究グループ）に昇任させる	〃
住 谷 泰 人	〃	衛星技術部主任研究員（衛星通信研究グループ）に昇任させる	〃
青 山 久 枝	〃	管制システム部上席研究員付研究員（航空管制評価研究グループ）に転任させる	〃
瀬之口 敦	〃	管制システム部上席研究員付研究員（航空交通管理研究グループ）に採用する	〃
水 城 南海男	〃	管制システム部上席研究員付研究員（海上交通管制研究グループ）に再任用する 任期は平成15年5月31日までとする	〃
藤 田 光 紘	〃	衛星技術部上席研究員付研究員（衛星通信研究グループ）（週21時間勤務）に再任用する 任期は平成15年12月31日までとする 航空交通管理研究グループリーダーを免ずる	〃
三 垣 充 彦	〃	航空管制評価研究グループリーダーを命ずる 管制施設研究グループリーダーを免ずる	〃
矢 田 士 郎	〃	航空交通管理研究グループリーダーを命ずる	〃
塩 路 誠	〃	航行研究グループリーダーを免ずる 海上交通管制研究グループリーダーを命ずる	〃
安 部 憲 治	〃	理事に任命する	〃
新 美 賢 治	〃	衛星技術部主幹研究員を命ずる	〃
藤 森 武 男	15. 5. 1	航空システム部長に転任させる	〃
水 城 南海男	15. 5. 31	再任用の任期の満了により平成15年5月31日限り退職	〃
中 谷 泰 欣	15. 7. 1	航空システム部主任研究員（VDL 研究グループ）に昇任させる	〃
伊地知 隆	15. 8. 1	国土交通省に出向させる	〃
奈 良 秀次郎	〃	総務課企画室企画係長に昇任させる	〃
奈 良 秀次郎	15. 9. 16	総務課企画室企画第一係長に配置換する	〃
森 永 智 文	〃	総務課企画室企画第二係長に併任する	〃
宅 見 哲	15.10. 1	国土交通省に出向させる	〃
小 山 貴 司	〃	総務課会計第二係長に転任させる	〃
小松原 健 史	15.12. 1	航空システム部上席研究員付研究員（機器開発研究グループ）に転任させる	〃
新 井 祐 司	〃	総務課企画室に配置換する	〃
藤 田 光 紘	15.12.31	再任用の任期の満了により平成15年12月31日限り退職	〃
藤 森 武 男	16. 3. 26	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本部長に併任する	〃
二 瓶 子 朗	〃	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に併任する	〃
宮 崎 裕 己	〃	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に併任する	〃
蔭 山 康 太	〃	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に併任する	〃
古 賀 禎	〃	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に併任する	〃
青 山 久 枝	〃	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に併任する	〃

氏名	発令年月日	発令事項	任命権者
小松原 健 史	16. 3. 26	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に併任する	理 事 長
惟 村 和 宣	〃	高精度測位補正技術開発プロジェクトチーム本部長に併任する	〃
伊 藤 憲	〃	高精度測位補正技術開発プロジェクトチームに併任する	〃
新 井 直 樹	〃	高精度測位補正技術開発プロジェクトチームに併任する	〃
福 島 莊之介	〃	高精度測位補正技術開発プロジェクトチームに併任する	〃
坂 井 丈 泰	〃	高精度測位補正技術開発プロジェクトチームに併任する	〃

(3) 職員表彰

◎理事長表彰（平成15年4月1日）

永年勤続（30年）

東福寺 則保（電子航法開発部）

矢田 士郎（管制システム部）

永年勤続（20年）

小瀬木 滋（電子航法開発部）

福島 莊之介（航空システム部）

功 績

なし

◎理事長感謝状（平成16年3月31日）

退 職

なし

## (4) 海外出張

氏名	所属	期間	渡航先	用務
米本成人	電子航法開発部	H15.4.2～H15.4.27	アメリカ合衆国	国際光工学会 (SPIE) 第17回エアロセンス国際シンポジウム
住谷泰人	衛星技術部	H15.4.20～H15.4.27	アメリカ合衆国	国際光工学会 (SPIE) 第17回エアロセンス国際シンポジウム
藤井直樹	航空システム部	H15.4.22～H15.5.4	カナダ	国際民間航空機関 (ICAO) 全地球的航法衛星システムパネル (GNSSP) 会議
松永圭左	衛星技術部	H15.4.27～H15.5.1	オーストリア	電離層会議 (SBAS)
小瀬木 滋	電子航法開発部	H15.5.2～H15.5.11	ニュージーランド	戦術データ交換システム (JTIDS/MIDS) Multi National Working Group 2003年第1回会議
山本憲夫	電子航法開発部	H15.5.10～H15.5.18	トルコ	米国電気電子学会 (IEEE) 電磁両立性に関する国際シンポジウム (EMC 2003)
宮崎裕己	航空システム部	H15.5.11～H15.5.18	スウェーデン	国際民間航空機関 (ICAO) 監視及び異常接近回避システムパネル (SCRSP) 作業部会 B 会議
中谷泰欣	航空システム部	H15.5.11～H15.5.18	スウェーデン	航空移動通信パネル (AMCP) ワーキンググループ B 会議 (WG-B)
長岡 栄	電子航法開発部	H15.5.11～H15.5.25	英国	国際民間航空機関 (ICAO) 管制間隔・空域安全パネル (SASP) 第3回ワーキンググループ全体会議
小瀬木 滋	電子航法開発部	H15.5.15～H15.5.25	スウェーデン	国際民間航空機関 (ICAO) 監視及び異常接近回避システムパネル会議作業部会 A (SCRSP WG-A) 及び同会議全体会議
石出明樹 金田直樹	衛星技術部 管制システム部	H15.5.18～H15.5.23	ベルギー	次世代航空衛星通信システムステアリング会議及びユーロコントロール・ESA との技術協力等打ち合わせ
伊藤憲樹 新井直樹	衛星技術部	H15.5.27～H15.5.31	アメリカ合衆国	日本 GPS/準天頂衛星技術ワーキンググループ会合 (第2回)
宮崎裕己	航空システム部	H15.7.27～H15.8.3	フランス	国際民間航空機関 (ICAO) 監視及び異常接近回避システムパネル (SCRSP) 技術作業部会 (TSG) 会議
松永圭左	衛星技術部	H15.9.7～H15.9.14	アメリカ合衆国	SBAS 電離層会議及び2003年米国航法学会 GPS 会議 (ION GPS 2003)
福島 荘之介	航空システム部	H15.9.8～H15.9.14	アメリカ合衆国	2003年米国航法学会 GPS/GNSS 会議 (ION GPS/GNSS 2003)
白川昌之	管制システム部	H15.9.21～H15.10.3	カナダ	国際民間航空機関 (ICAO) 第11回航空会議
惟村和宣	衛星技術部	H15.9.24～H15.9.28	アメリカ合衆国	CSSL, Inc での高度維持性能測定・評価システムの調査
長岡 栄	電子航法開発部	H15.9.9～H15.9.17	ベルギー	ユーロコントロール本部における短縮垂直間隔 (RVSM) 事前評価のための評価技術の調査
東福寺則保 山本憲夫	電子航法開発部	H15.9.28～H15.10.4	フランス、ドイツ	ニース大学電子アンテナ通信研究所での共同研究の討議及びドイツ航法学会国際レーダシンポジウム (IRS 2003)
新井直樹	衛星技術部	H15.10.20～H15.10.26	ドイツ	第11回国際航法学会連合会世界会議
住谷泰人	衛星技術部	H15.10.29～H15.11.2	ベルギー	第3回次世代航空衛星通信システムステアリング (NexSAT) 会議及びユーロ ESA/JCAB 会議
宮崎裕己	航空システム部	H15.11.2～H15.11.9	アメリカ合衆国	国際民間航空機関 (ICAO) 監視及び異常接近回避システムパネル (SCRSP) WG-B 会議

氏名	所属	期間	渡航先	用務
中谷泰欣	航空システム部	H15.11.4 ~ H15.11.9	アメリカ合衆国	米国連邦航空局 (FAA) テクニカルセンターにおける VDL モード3 システムデモンストレーション
小瀬木 滋	電子航法開発部	H15.11.6 ~ H15.11.16	アメリカ合衆国	国際民間航空機関 (ICAO) 監視及び異常接近回避システムパネル会議第6回作業部会 A (SCRSP WG-A) 及び同関係会議
星野尾 一明	衛星技術部	H15.11.8 ~ H15.11.15	オーストラリア	国際民間航空機関 (ICAO) 航法システムパネル (NSP) ワーキンググループ第1回会議 (WG/1)
藤井直樹	航空システム部	H15.11.8 ~ H15.11.22	オーストラリア	国際民間航空機関 (ICAO) 航法システムパネル (NSP) 会議作業部会 1 (WG-1)
板野 賢	航空システム部	H15.11.13 ~ H15.11.22	タイ	国際民間航空機関 (ICAO) 航空移動通信パネルワーキンググループ N 第2回会議
加藤 敏	航空システム部	H15.11.16 ~ H15.11.29	タイ	国際民間航空機関 (ICAO) 航空移動通信パネルワーキンググループ M 第8回会議及び航空通信システム導入セミナー
長岡 栄	電子航法開発部	H15.11.9 ~ H15.11.22	アメリカ合衆国	国際民間航空機関 (ICAO) 管制間隔空域安全パネル (SASP) 第4回ワーキンググループ全体会議
松永圭左	衛星技術部	H15.12.1 ~ H15.12.7	アメリカ合衆国	MSAS に関する技術審査会
米本成人	電子航法開発部	H16.1.17 ~ H16.1.24	アメリカ合衆国	電子画像科学技術国際会議 (Electronic Imaging 2004)
吉原貴之	航空システム部	H16.1.25 ~ H16.2.1	アメリカ合衆国	米国航法学会技術会議 (ION NTM 2004) 及びスタンフォード大学 GPS グループとの意見交換
三垣充彦	管制システム部	H16.1.26 ~ H16.1.31	アメリカ合衆国	米国連邦航空局マイク・モンロネイ航空アカデミーにおける航空管制シミュレーション施設の調査
宮崎裕己	航空システム部	H16.2.1 ~ H16.2.8	アメリカ合衆国	国際民間航空機関 (ICAO) 監視及び異常接近回避システムパネル (SCRSP) 第7回技術作業部会 (TSG) 会議
長岡 栄	電子航法開発部	H16.2.2 ~ H16.2.6	アメリカ合衆国	米国連邦航空局 (FAA) 第6回短縮垂直間隔 (RVSM) セミナー
星野尾 一明	衛星技術部	H16.2.23 ~ H16.2.29	アメリカ合衆国	レイセオン社における MSAS に関する技術審査会
長岡 栄	電子航法開発部	H16.2.29 ~ H16.3.5	オーストラリア	エアサービス オーストラリア本社及び同社ブリスベンセンターにおける短縮垂直間隔 (RVSM) 事前評価のための評価技術の調査
藤井直樹	航空システム部	H16.3.2 ~ H16.3.7	フランス	国際民間航空機関 (ICAO) 航空システムパネル (NSP) のカテゴリー II/III サブグループ (CSG) 会議
坂井丈泰	衛星技術部	H16.3.8 ~ H16.3.13	アメリカ合衆国	衛星航法補強システム相互運用性ワーキンググループ会議 (IWG/13)
松永圭左	衛星技術部	H16.3.20 ~ H16.3.26	オーストラリア	MSAS 及び GRAS に関する日豪調整会議並びに GRAS デモフライト等調査
中谷泰欣	航空システム部	H16.3.28 ~ H16.5.23	アメリカ合衆国	米国連邦航空局 (FAA) テクニカルセンター等における航空管制用デジタル対空無線システムに関する短期在外研究



## 4 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）
--

## 5 行 事 等

当研究所の平成15年度における行事等は、下記のとおりである。

### 所内一般公開 [平成15年 4月20日（日）]

平成15年度科学技術週間の趣旨に基づき、当研究所の各施設を一般公開した。（来場者数809名）

### 研究発表会 [平成15年 6月 5日（木）・6日（金）]

平成15年度（第3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日間延べ来場者数362名）

### 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15年 7月25日（金）]

「交通管制・航法」をテーマとして開催され、当所職員を含む講演7件が行われた。併せて電波無響室の見学会を行った。（参加者数32名）

### 第3回研究所設立記念式典 [平成15年 4月22日（火）]

当所設立記念式典を開催した。

### 第1回研究交流会 [平成15年11月20日（木）]

講演「信頼される鉄道信号システムの構築」及び意見交換を行った。  
講演者：(財)鉄道総合技術研究所信号通信技術研究部長 平尾裕司

### 第2回研究交流会 [平成15年12月16日（火）]

講演「長期在外研究報告」及び意見交換を行った。  
講演者：独立行政法人電子航法研究所衛星技術部坂井丈泰  
講演「航空交通管理についての展望」及び意見交換を行った。  
講演者：独立行政法人電子航法研究所管制システム部 白川昌之

### 第3回研究交流会 [平成16年 1月27日（火）]

講演「無線通信システム・搭載電子機の研究開発について」及び意見交換を行った。  
講演者：RA エンジニアリングハウス代表者兼アビオシステムズ主席 平田俊清

### 第4回研究交流会 [平成16年 2月27日（金）]

講演「将来の航空輸送～技術への期待」及び意見交換を行った。  
講演者：株式会社日本航空システム上席執行役員 遠藤怜

**平成15年度第1回評議員会 [平成15年5月13日(火)]**

評議員会において下記課題に関する評価を実施した。

事後評価課題「エンハスト・ビジョン・システムに関する基礎研究」

中間評価課題「ASAS用データリンク方式の電磁環境に関する研究」

「航空管制用デジタル対空無線システムの研究」

「データ通信対応管制情報入出力システムの研究」

**平成15年度第2回評議員会 [平成15年7月18日(金)]**

評議員会において下記課題に関する評価を実施した。平成15年度重点開発課題の確認を行った。

事前評価課題「航空機の動態情報を利用するコンフリクト検出手法の研究」

「航空交通管理における新管制運用方式に係る容量地に関する研究」

「静止衛星型衛星航法補強システムの2周波対応に関する研究」

「A-SMGCシステムの研究」

「無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究」

# 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)

第百四十六回臨時国会

小淵内閣

改正 平成一二年 五月二六日法律第八四号

独立行政法人電子航法研究所法をここに公布する。

独立行政法人電子航法研究所法

目次

- 第一章 総則（第一条—第六条）
- 第二章 役員（第七条—第九条）
- 第三章 業務等（第十条—第十二条）
- 第四章 雑則（第十三条）
- 第五章 罰則（第十四条）

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。

（特定独立行政法人）

**第四条** 研究所は、通則法第二条第二項に規定する特定独立行政法人とする。

（事務所）

**第五条** 研究所は、主たる事務所を東京都に置く。

（資本金）

**第六条** 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

（役員）

**第七条** 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）

**第八条** 理事は、理事長の定めるところにより、理事長を補佐して研究所の業務を掌理する。

2 通則法第十九条第二項の個別法で定める役員は、理事とする。ただし、理事が置かれていないときは、監事とする。

3 前項ただし書の場合において、通則法第十九条第二項の規定により理事長の職務を代理し又はその職務を行う監事は、その間、監事の職務を行ってはならない。

(役員の任期)

**第九条** 役員の任期は、二年とする。

### 第三章 業務等

(業務の範囲)

**第十条** 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。

(区分経理)

**第十一条** 研究所は、前条に規定する業務のうち空港整備特別会計法（昭和四十五年法律第二十五号）第一条第一項に規定する空港整備事業に関するものに係る経理とその他の業務に係る経理とを区分して整理しなければならない。

(積立金の処分)

**第十二条** 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、納付金の納付の手続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)

**第十三条** 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

**第十四条** 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 第十条に規定する業務以外の業務を行ったとき。
- 二 第十二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。）であって、研究所の成立の日の前日において国土交通大臣又はその委任を受けた者から児童手当法（昭和四十六年法律第七十三号）第七条第一項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。以下この条において同じ。）の規定による認定を受けているものが、研究所の成立の日において児童手当又は同法附則第六条第一項、第七条第一項若しくは第八条第一項の給付（以下この条において「特例給付等」という。）の支給要件に該当するときは、その者に対する児童手当又は特例

給付等の支給に関しては、研究所の成立の日において同法第七条第一項の規定による市町村長（特別区の区長を含む。）の認定があったものとみなす。この場合において、その認定があったものとみなされた児童手当又は特例給付等の支給は、同法第八条第二項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。）の規定にかかわらず、研究所の成立の日の前日の属する月の翌月から始める。

（平一二法八四・一部改正）

（研究所の職員となる者の職員団体についての経過措置）

**第四条** 研究所の成立の際現に存する国家公務員法（昭和二十二年法律第二十号）第百八条の二第一項に規定する職員団体であって、その構成員の過半数が引継職員であるものは、研究所の成立の際国営企業及び特定独立行政法人の労働関係に関する法律（昭和三十二年法律第二百五十七号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、当該職員団体が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法（昭和三十四年法律第七十四号）第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。

3 第一項の規定により労働組合となったものについては、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までは、労働組合法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

（権利義務の承継等）

**第五条** 研究所の成立の際、第十条に規定する業務に関し、現に国が有する権利及び義務のうち政令で定めるものは、研究所の成立の時にいて研究所が承継する。

2 前項の規定により研究所が国の有する権利及び義務を承継したときは、その承継の際、承継される権利に係る土地、建物その他の財産で政令で定めるものの価額の合計額に相当する金額は、政府から研究所に対し出資されたものとする。

3 前項の規定により政府から出資があったものとされる同項の財産の価額は、研究所の成立の日現在における時価を基準として評価委員が評価した価額とする。

4 前項の評価委員その他評価に関し必要な事項は、政令で定める。

（国有財産の無償使用）

**第六条** 国土交通大臣は、研究所の成立の際現に国土交通省に置かれる試験研究機関であっ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**（平成十二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。



## 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)

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。

独立行政法人電子航法研究所に関する省令

（業務方法書に記載すべき事項）

**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）

**第二条** 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）

**第三条** 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 研究所法第十二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）

**第四条** 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）

**第五条** 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）

**第六条** 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)

**第七条** 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)

**第八条** 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)

**第九条** 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。

(財務諸表)

**第十条** 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)

**第十一条** 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)

**第十二条** 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

(重要な財産の範囲)

**第十三条** 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)

**第十四条** 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)

**第十五条** 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。

# 3 独立行政法人電子航法研究所 業務方法書

平成13年4月1日  
研究所規程第1号

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10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10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「工業所有権等」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10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
- (3) データベースを作成し、管理すること
- (4) 図書等を公開すること

（附帯業務）

**第6条** 研究所法第10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) 工業所有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。

## 4 独立行政法人電子航法研究所 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、わが国唯一の試験研究機関であるが、その運営に当たっては、自律性、自発性及び透明性を備え、業務をより効率的かつ効果的に行うという独立行政法人化の趣旨を十分に踏まえつつ、本中期目標に従って、質の高いサービスを提供すること等により、わが国の交通の安全と円滑化に貢献する等国土交通政策に係るその任務を的確に遂行するものとする。

### 1. 中期目標の期間

平成13年4月1日から平成18年3月31日までの5年間とする。

### 2. 業務運営の効率化に関する事項

#### (1) 組織運営

高度化、多様化する社会ニーズに迅速かつ効果的に対応できるよう、責任の所在を明確にした研究企画・総合調整機能の充実等の措置により、弾力的な組織運営を確保すること。

#### (2) 人材活用

職員の評価について、公正で透明性の高い評価のためのルールを確立し、責任を持って実施する。職員の業績評価は、研究の特性等に配慮した多様な評価基準によって行い、職員の個性と創造性を伸ばすようにすること。

また、若手研究者について、柔軟かつ競争的な研究開発環境を構築するため、任期付任用の普及と資質・能力に応じた活躍の場の確保に努めること。

#### (3) 業務運営

研究者が本来の業務に専念できる環境を整備するため、研究に付随する諸作業、補助、管理業務などの間接的な業務負荷の外部委託の活用等による低減及び管理・間接業務経費の縮減等の措置により、業務運営の効率化を図ること。

特に、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を除く）について、本中期目標の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%程度抑制すること。

### 3. 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) 社会ニーズに沿った研究の重点的推進

##### （基本方針）

電子航法に関する試験、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という研究所の目的を踏まえ、以下の基本方針を定める。

- ① 重点研究開発領域を設定し、より質の高い研究成果を上げることを目指すこと。
- ② 競争的資金獲得、研究評価、研究者の資質向上等の措置により、研究成果の質の向上を目指すこと。
- ③ その他社会的に重要と判断される研究についても、適切に対応すること。

##### （具体的措置）

- ① 衛星・データ通信などの新技術を導入した次世代の通信・航法・監視システムの開発・整備に必要な研究を行い、技術課題の抽出及びその解決を図ること。
- ② 増大する航空交通量に対応するためのより高度な航空交通管理手法の開発に必要な研究を行い、技術課題の抽出及びその解決を図ること。
- ③ 電子航法に関する基盤的・先導的な研究を実施し、基盤技術の蓄積に努めること。

なお、重点研究開発領域の設定にあたっては、社会ニーズの適切な把握、将来的な発展性、基礎研究の重要性等を考慮することとし、中期目標期間中の重点研究開発領域に配分される研究費の全研究費に対する配分比率を90%以上とすること。



(2) 他機関との有機的連携

関連する分野について研究を行っている国内外の研究機関等との共同研究・受託試験を過去5カ年実績から10%程度増加させる，また国際協調の下での最新技術動向の把握及び研究成果の発信のための国際交流・貢献及び研究の実施に必要な職員を確保するための人材交流をそれぞれ過去5カ年実績から10%程度増加させること等により，他機関との有機的連携を図り，より高度な研究の実現に努めること。

(3) 成果の普及，活用促進

独立行政法人の業務に係る啓発を行うとともに，国民の利便を増加する観点から，研究成果の広報，行政への研究成果の反映，国際会議への積極的な寄与，利用可能なメディアを通じた研究成果の公表件数及び，特許の出願件数を過去5カ年実績から10%程度増加させる等の措置により，業務成果の普及・活用を図ること。

4. 財務内容の改善に関する事項

運営費交付金を充当して行う事業については，「2. 業務運営の効率化に関する事項」で定めた事項について配慮した中期計画の予算を作成し，当該予算による運営を行うこと。

5. その他業務運営に関する重要事項

(1) 施設設備に関する事項

研究所の施設・設備については，研究遂行上必要不可欠な基盤的設備の計画的整備を進めるとともに，陳腐化によって研究効率が低下しないよう計画的な更新を進めること。

(2) 人事に関する事項

人事に関する計画を策定することにより，適切な法人運営を図ること。

## 5 独立行政法人電子航法研究所 中期計画

国土交通大臣が定めた、独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）の、平成13年度から平成17年度までの中期目標を達成するため、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）第30条に基づき、研究所の中期計画を以下のとおり策定する。

### 1. 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) 研究実施体制の効率化

社会の要請に応じた研究業務運営を効率的に行うため、責任の所在を明確にした研究企画・総合調整機能の充実を図り、当初計画との整合性を常に把握し、研究の進展および社会情勢の変化に柔軟に対応する。

#### (2) 人材活用に関する計画

職員の業績評価に当たっては評価制度を設けて、透明性を確保して適切に実施する。評価基準としては、

- ・客観性の高い基準として研究成果の国内外での活用度合い等研究成果の質に係る評価基準。
- ・産学官連携、学会等活動、競争的資金の獲得等研究機関外部との研究開発活動に係る評価基準。
- ・企画、管理・調整業務及び、評価活動等機関内での評価基準。

を組み合わせる。

また、若手研究者について任期付任用制度を活用するとともに、積極的に横断的研究グループへ参画させる。

#### (3) 業務運営の効率化

研究所における業務の役割分担を明確にし、研究に付随する諸作業、補助業務などの外部委託や事務管理業務などの電子化を推進することにより、研究業務の間接的な業務に係る負担を軽減し、研究者が研究業務に専念できるような環境を整備するとともに、管理・間接業務に係る経費の縮減等に努め、業務運営の効率化を図る。

特に、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を除く）について、本中期目標の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%程度抑制する。

#### (4) 研究所施設・設備利用の効率化

研究所の施設・設備について、性能向上の実施等適切な措置を講ずることにより、施設・設備の占有時間の短縮を図る等、効率的な利用に努めるとともに、業務に支障の生じない範囲で施設・設備を貸与する等により外部による活用にも努める。

### 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目標を達成するため取るべき措置

#### (1) 重点研究開発領域の設定

研究所の目的を踏まえ、特別研究費により実施する研究及び空港整備事業の一過程として実施する研究を以下に掲げる重点研究開発領域として設定し、大規模かつ重点的に実施する。

##### ①新しい通信技術に関する研究開発

- ・航空通信の信頼性、効率性等の向上を目的とした新しい通信方式に関する研究開発を行い、わが国の航空環境に適合した通信方式の実用化に貢献し、併せて国際標準の策定等に資する。
- ・航空通信のネットワーク化を図るための研究開発を行い、実用化に貢献し、併せて国際標準の策定等に資する。

##### ②新しい航法システムに関する研究開発

- ・測位衛星を利用した航法の信頼性、精度等の向上を目的とした衛星航法補強システム及び新しい民間航空用衛星システムに関する研究開発を行い、わが国の航空環境に適合した航法システムの実用化に貢献し、併せて国際標準の策定等に資する。
- ・航空機の衝突防止等を目的としたパイロット支援システムに関する研究開発を行い、航空機の安全運航の確保、国際標準の策定等に資する。

##### ③新しい監視システムに関する研究開発

- ・航空機の監視機能等の向上を目的とした新しい監視方式に関する研究開発を行い、わが国の航空環境に適合した監視

システムの実用化に貢献し、併せて国際標準の策定等に資する。

・航空機、車両等の空港内移動体の監視システムに関する研究開発を行い、空港内移動体の衝突防止等に資する。

#### ④新しい航空交通管理に関する研究開発

・航空機が安全かつ効率的に航行するための管制および空域の管理に関する研究開発を行い、効率的な空域の設定・評価手法の確立及び管制方式の改善等に貢献する。

・航空機の一時的かつ過度の集中を防止するための国内及び国際交通流管理に関する調査研究や航空交通状況の変化予測技術に関する研究開発を行い、航空交通流管理の効率化等に貢献する。

また、重点研究開発領域の研究課題に対しては、人的結集と資金の集中投入を行うこととし、中期目標期間中の重点研究開発領域に配分される研究費の全研究費に対する配分比率を90%以上とする。

なお、個別の研究課題の選定、実施に当たっては課題評価制度を設けて、事前及び事後の評価を適切に実施する事により、研究成果の質の向上を図り、交通の安全の確保とその円滑化に資する。

#### (2) 基盤的研究

電波工学、通信工学、情報処理工学、ネットワーク工学、計測工学等の分野において基盤的・先導的研究を実施し、電子航法の基盤技術の蓄積に努める。

研究を実施するに当たっては、諸情勢の変化を考慮しつつ研究の方向性や具体的な方策を随時見直す等柔軟に対応する。

#### (3) 国の推進するプロジェクト等への参画

国家的プロジェクト等、社会的に重要と判断される課題について、研究グループ制度等を活用し、研究資源の集中的利用や機動的な研究実施体制構築を図り、積極的に参画する。

#### (4) 競争的資金

社会ニーズに沿った研究分野のポテンシャルを向上させること等を目的として、科学技術振興調整費、運輸分野における基礎的研究推進制度等の外部からの競争的研究費の獲得に努める。

また、研究所内部においても競争的研究費を確保し、競争的研究環境を構築する。

#### (5) 研究者の資質向上

より良い研究成果を引き出すため、国内外研修、留学等を通じて研究者の資質を向上させる。

・研究者の研修参加、留学を5名程度実施する。

#### (6) 共同研究・受託試験等

研究所で行う研究開発については、無線技術、情報通信技術、航空宇宙技術等の多様な分野の知見を要することから、これらの技術知識を有する大学、民間企業等との共同研究・受託試験等を積極的に推進する。

・共同研究・受託試験等件数を22件程度実施する。

#### (7) 国際交流・貢献

研究所で行う研究開発は、諸外国と協調して行う必要があることから、これらと積極的に交流を進めることにより、情報交換による研究の効率化を図り、国際的な研究開発に貢献する。

また、国際民間航空機関の会議への出席等により、国際標準策定等にも積極的に貢献していく。

・国際交流・貢献を70件程度実施する。

#### (8) 人材交流

空港整備事業に関する社会ニーズを的確に捉えるため、研究実施のために必要な航空保安業務に関する専門知識を有する航空管制官及び航空管制技術官等との人材交流を積極的に行う。

・人材の交流を12件程度実施する。

#### (9) 研究成果の普及、成果の活用促進等

##### ①広報・普及

研究所の活動・成果を定期的な研究発表会、印刷物の発行、研究成果のデータベース化及びインターネット利用等を通じて広報するとともに、国際会議、学会、シンポジウム等に積極的に参加し、講演、発表等により研究成果等の普及に努める。

・研究発表会を年1回開催する

・所外発表件数を550件程度とする。

また、研究所を公開し、国民各層の見学等を受け入れることにより、研究所の活動に関する広報活動を推進する。

・研究所公開を年1回実施する。

②成果の活用

行政当局への技術移転等を通じ、研究成果の活用を図る。

また、我が国における次世代航空保安システムを世界的に調和させるため、国際標準の作成に係る技術資料の作成等で貢献する。

・国際標準の作成に係る技術資料を90件程度作成する。

③知的所有権

研究者の意欲向上を図るため特許権、著作権等の知的所有権の取扱に係るルールの見直しを行うとともに、その管理のあり方についても見直しを行い、その活用を促進する。

・特許の出願件数を48件程度とする。

3. 予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画

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1のとおり

(2) 収支計画

別紙2のとおり

(3) 資金計画

別紙3のとおり

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。

（但し、一般勘定100（百万円）、空港整備勘定200（百万円）とする。）

5. 重要な財産を譲渡し、又は担保に供する計画

6. 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）

7. 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

施設・設備の内容	予定額（百万円）	財源
①電磁環境研究施設整備 電波無響室高度化整備	387	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管理施設整備 構内給水設備更新	89	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
③電子航法評価研究施設整備 電子航法評価部研究棟 建替工事	480	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



表1. 予算 (総括) (単位: 百万円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	8,891
施設整備費補助金	956
受託業務収入	106
計	9,953
支出	
業務経費	4,679
うち研究経費	4,679
施設整備費	956
受託経費	106
一般管理費	258
人件費	3,954
計	9,953

[人件費の見積り]

期間中総額3,221百万円を支出する。

但し、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

[運営費交付金の算定ルール]

別紙4のとおり (一般勘定)

別紙5のとおり (空港整備勘定)

表2. 予算 (一般勘定) (単位: 百万円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	3,430
施設整備費補助金	956
受託業務収入	97
計	4,483
支出	
業務経費	779
うち研究経費	779
施設整備費	956
受託経費	97
一般管理費	210
人件費	2,441
計	4,483

[人件費の見積り]

期間中総額2,003百万円を支出する。

但し、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

[運営費交付金の算定ルール]

別紙4のとおり

表3. 予算 (空港整備勘定) (単位: 百万円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	5,461
施設整備費補助金	0
受託業務収入	9
計	5,470
支出	
業務経費	3,900
うち研究経費	3,900
施設整備費	0
受託経費	9
一般管理費	48
人件費	1,513
計	5,470

[人件費の見積り]

期間中総額1,218百万円を支出する。

但し、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

[運営費交付金の算定ルール]

別紙5のとおり



表1. 収支計画 (総括) (単位: 百万円)

区 分	金 額
費用の部	12,800
経常費用	12,800
研究業務費	7,662
受託業務費	106
一般管理費	1,229
減価償却費	3,803
財務費用	0
臨時損失	0
収益の部	12,800
運営費交付金収益	8,891
手数料収入	0
受託収入	106
資産見返物品受贈額戻入	3,803
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役員退職手当支給基準及び国家公務員退職手当法に基づいて支給することとなるが、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。

表2. 収支計画 (一般勘定) (単位: 百万円)

区 分	金 額
費用の部	3,574
経常費用	3,574
研究業務費	2,534
受託業務費	97
一般管理費	896
減価償却費	47
財務費用	0
臨時損失	0
収益の部	3,574
運営費交付金収益	3,430
手数料収入	0
受託収入	97
資産見返物品受贈額戻入	47
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役員退職手当支給基準及び国家公務員退職手当法に基づいて支給することとなるが、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。

表3. 収支計画 (空港整備勘定) (単位: 百万円)

区 分	金 額
費用の部	9,226
経常費用	9,226
研究業務費	5,128
受託業務費	9
一般管理費	333
減価償却費	3,756
財務費用	0
臨時損失	0
収益の部	9,226
運営費交付金収益	5,461
手数料収入	0
受託収入	9
資産見返物品受贈額戻入	3,756
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役員退職手当支給基準及び国家公務員退職手当法に基づいて支給することとなるが、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。

表1. 資金計画 (総括) (単位: 百万円)

区 分	金 額
資金支出	9,953
業務活動による支出	8,997
投資活動による支出	956
財務活動による支出	0
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	9,953
業務活動による収入	8,997
運営費交付金による収入	8,891
受託収入	106
その他の収入	0
投資活動による収入	956
施設整備費補助金による収入	956
その他の収入	0
財務活動による収入	0

表2. 資金計画 (一般勘定) (単位: 百万円)

区 分	金 額
資金支出	4,483
業務活動による支出	3,527
投資活動による支出	956
財務活動による支出	0
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	4,483
業務活動による収入	3,527
運営費交付金による収入	3,430
受託収入	97
その他の収入	0
投資活動による収入	956
施設整備費補助金による収入	956
その他の収入	0
財務活動による収入	0

表3. 資金計画 (空港整備勘定) (単位: 百万円)

区 分	金 額
資金支出	5,470
業務活動による支出	5,470
投資活動による支出	0
財務活動による支出	0
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	5,470
業務活動による収入	5,470
運営費交付金による収入	5,461
受託収入	9
その他の収入	0
投資活動による収入	0
施設整備費補助金による収入	0
その他の収入	0
財務活動による収入	0

## 中期計画予算のルール（一般勘定）

## 1. 人件費

## ○人件費

= ①基準給与総額 + ②退職手当所要額 ± ③新陳代謝所要額 + ④前年度給与改定分等

## ①基準給与総額

13年度においては、国の職員であった場合に支給される基本給，諸手当，共済組合負担金等の所要額

14年度以降においては，積算上の前年度人件費相当額 - 前年度退職手当所要額

## ②退職手当所要額

当年度に退職が想定される人員ごとに積算

## ③新陳代謝所要額

新規採用給与総額（予定）の当年度分 + 前年度新規採用者給与総額のうち平年度化額 - 前年度退職者の給与総額のうち平年度化額 - 当年度退職者の給与総額のうち当年度分

## ④前年度給与改定分等（14年度以降適用）

昇給原資額，給与改定額，退職手当，公務災害補償費等当初見込み得なかった人件費の不足額

なお，昇給原資額及び給与改定額は，運営状況等を勘案して措置することとする。運営状況等によっては，措置を行わないことも排除されない。

## 2. 物件費

## ○一般管理費（人件費を除く）

①13年度は，積み上げ方式による

②14年度以降

= 前年度一般管理費相当額（所要額計上経費を除く）×消費者物価指数×効率化係数（ $\alpha$ ）+ 当年度の所要額計上経費

## ○業務経費（人件費を除く）

## (1) 経常研究費

①13年度は，積み上げ方式による

②14年度以降

= 前年度人当研究費（研究員当積算庁費相当）×政策係数（A）×効率化係数（ $\beta$ ）+ 前年度のその他の経費（所要額計上経費を除く）×消費者物価指数×効率化係数（ $\alpha$ ）+ 当年度の所要額計上経費

## (2) 特別研究費

①13年度は，積み上げ方式による

②14年度以降

= 前年度特別研究費相当額×政策係数（B）×効率化係数（ $\beta$ ）

- ・政策係数（A）（B）：毎年度の予算編成過程において決定
- ・消費者物価指数：毎年度の予算編成過程において決定
- ・効率化係数（ $\alpha$ ）（ $\beta$ ）：毎年度の予算編成過程において決定
- ・所要額計上経費：公租公課，機体特別整備費等の所要額計上を必要とする経費

## [注記] 前提条件

- ・政策係数（A）  
期間中は1.021として推計
- ・政策係数（B）  
期間中は1.104として推計
- ・消費者物価指数  
期間中は1.00として推計
- ・効率化係数（ $\alpha$ ）（ $\beta$ ）  
期間中は $\alpha$ 、 $\beta$ とも0.99として推計
- ・人件費 ④前年度給与改定分等は0として推計

## 中期計画予算のルール（空港整備勘定）

## 1. 人件費

## ○人件費

= ①基準給与総額 + ②退職手当所要額 ± ③新陳代謝所要額 + ④前年度給与改定分等

## ①基準給与総額

13年度においては、国の職員であった場合に支給される基本給，諸手当，共済組合負担金等の所要額

14年度以降においては，積算上の前年度人件費相当額 - 前年度退職手当所要額

## ②退職手当所要額

当年度に退職が想定される人員ごとに積算

## ③新陳代謝所要額

新規採用給与総額（予定）の当年度分 + 前年度新規採用者給与総額のうち平年度化額 - 前年度退職者の給与総額のうち平年度化額 - 当年度退職者の給与総額のうち当年度分

## ④前年度給与改定分等（14年度以降適用）

昇給原資額，給与改定額，退職手当，公務災害補償費等当初見込み得なかった人件費の不足額

なお，昇給原資額及び給与改定額は，運営状況等を勘案して措置することとする。運営状況等によっては，措置を行わないことも排除されない。

## 2. 物件費

## ○一般管理費（人件費を除く）

①13年度は，積み上げ方式による

②14年度以降

= 前年度一般管理費相当額（所要額計上経費を除く）×消費者物価指数×効率化係数（ $\alpha$ ）+ 当年度の所要額計上経費

## ○業務経費（人件費を除く）

## (1) 経常研究費

①13年度は，積み上げ方式による

②14年度以降

= 前年度人当研究費（研究員当積算庁費相当）×政策係数（A）×効率化係数（ $\beta$ ）+ 前年度のその他の経費（所要額計上経費を除く）×消費者物価指数×効率化係数（ $\alpha$ ）+ 当年度の所要額計上経費

## (2) 特別研究費

①13年度は，積み上げ方式による

②14年度以降

原則13年度同額とする

- ・政策係数（A）：毎年度の予算編成過程において決定
- ・消費者物価指数：毎年度の予算編成過程において決定
- ・効率化係数（ $\alpha$ ）（ $\beta$ ）：毎年度の予算編成過程において決定
- ・所要額計上経費：公租公課，機体特別整備費等の所要額計上を必要とする経費

## [注記] 前提条件

- ・政策係数（A）  
期間中は1.021として推計
- ・消費者物価指数  
期間中は1.00として推計
- ・効率化係数（ $\alpha$ ）（ $\beta$ ）  
期間中は $\alpha$ ,  $\beta$ とも0.98として推計
- ・人件費 ④前年度給与改定分等は0として推計

## 6 独立行政法人電子航法研究所 平成15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15年度の年度計画を以下のとおり策定する。

### 1. 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) 研究実施体制の効率化

社会の要請に応じた研究業務運営を効率的に行うため、研究所の活動の方向性を議論する企画会議において、当初計画との整合性の確保について自己評価を行う。具体的には、年度計画のアクション・アイテムリスト及び計画線表を活用し、年度計画記載事項の進捗状況の管理及び研究活動の円滑化を図るとともに、当初計画との整合性を常に把握し、研究の進展および社会情勢の変化に柔軟に対応する。

理事長が指名する研究部長がコーディネーターとなる、GPS研究会、データリンク研究会、監視技術研究会、航空交通管理（ATM）研究会

（平成13年度設置）を活用し、資源、情報の共有化による研究の更なる活性化を図り、研究部間の有機的な連携を図る。

また、必要に応じ、研究部の枠を超えたプロジェクトチームを機動的に編成し、研究業務の効率的な実施に努める。なお、業務遂行の更なる円滑化、充実化に資するため、効率的な組織のあり方について継続的に検討する。

#### (2) 人材活用に関する計画

職員の個性と創造性を伸ばすための、公正で透明性の高い職員業務評価制度の構築に向け、前年度に引き続き、職員の業績評価のための評価基準（案）検討作業を精力的に進め、年度内の試行運用開始を目指す。

評価基準は、あらかじめ職員に公表することにより透明性を確保する。

若手研究者について、任期付任用制度で受け入れた任期付研究員の活用を推進するとともに、引き続き横断的研究グループである研究会への積極的な参画を推進する。

また、必要に応じ、外部の人材を活用するなど、限られた人員の中で効率的かつ効果的に研究開発が推進出来るように努める。

#### (3) 業務運営の効率化

所内ネットワーク、グループウェアソフトの活用により、事務管理業務の電子化、ペーパーレス化を継続的に推進し、情報伝達の迅速化、簡素化を図る。

また、ネットワーク管理等、所内研究施設・設備の管理、研究に付随する間接的業務の外部委託を推進し、間接的な業務に係る負担の軽減を図り、研究者が研究業務に専念できるような環境整備を推進する。

一般管理費（公租公課等の所要額計上を必要とする経費を除く）の抑制に関しては、14年度に設置したコストダウン委員会において継続的に改善計画を策定し、進捗状況を評価する。

#### (4) 研究所施設・設備利用の効率化

航空機使用ワーキンググループ、電波無響室ワーキンググループを活用し、それぞれの実験設備利用の効率化及び利用促進方策について継続的に検討・調整を図る。

研究所の施設・設備の外部利用による有効活用については、共用計算機の外部利用の推進を図る他、その他の施設・設備についても業務に支障の生じない範囲での外部利用について引き続き検討する。

### 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目標を達成するため取るべき措置

#### (1) 重点研究開発課題の設定

中期計画において設定した重点研究開発領域のうち、以下の課題を重点研究課題と位置づけ、大規模かつ重点的に実施する。

##### ①新しい通信技術に関する研究開発

- ・データ通信対応管制情報入出力システムの研究

- ・航空管制用デジタル対空無線システムの研究
- ・統合化データリンクサービスの研究
- ②新しい航法システムに関する研究開発
  - ・次世代衛星航法システムに関する研究
  - ・静止衛星型衛星航法補強システムの性能向上に関する研究
  - ・高カテゴリー運用が可能な次世代着陸システムの研究
- ③新しい監視システムに関する研究開発
  - ・ASAS用データリンク方式の電磁環境に関する研究
  - ・ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システムに関する研究
  - ・データリンクによる航空機等の監視システム高度化の研究
  - ・放送型データリンクによる航空機監視システムの研究
- ④新しい航空交通管理に関する研究開発
  - ・航空路の安全性評価に関する研究
  - ・ATM環境下における洋上空域効率的運用手法に関する研究
  - ・大空港における効率的な運航を確保するための後方乱気流に関する研究

また、上述の研究課題に関しては、人的結集と資金の集中投入を行うこととし、重点研究開発領域に配分される研究費の全研究費に対する配分比率を90%以上とする。

注) 全研究費とは人件費を除く、重点研究課題と基盤的研究課題に係る直接経費を指す。

なお、個別の研究課題の選定、実施にあたっては、研究者の自己点検を活用した事前、中間及び事後評価を適切に実施する事により、研究成果の質の向上を図り、交通の安全の確保とその円滑化に資する。

当該年度においては、「データ通信対応管制情報入出力システムの研究」、「航空管制用デジタル対空無線システムの研究」及び「ASAS用データリンク方式の電磁環境に関する研究」に係る中間評価、前年度終了の「エンハンスド・ビジョン・システムに関する基礎研究」に係る事後評価、平成16年度開始予定の研究課題に関する事前評価を行う。

評価結果はホームページ上で公表するとともに、予算、人材等の資源配分等に適切に反映させる。

## (2) 基盤的研究

将来的に重点研究課題に結びつく電子航法の研究に必要となると見込まれる、以下に示す基盤的・先導的な研究を実施する。

- ・航空機衝突防止方式に関する研究
- ・GNSS 高度計の研究
- ・高性能な航空衛星通信システムに関する基礎研究
- ・CAT III ILS 進入コース予測技術に関する研究
- ・カオス理論によるヒューマン・ファクタの計測に関する基礎研究
- ・航空交通流管理に対応した次世代飛行場管制卓の研究
- ・航空交通管理における容量値に関する研究
- ・航空管制シミュレーションの効率化に関する研究
- ・航空管制シミュレーションによる作業負荷計測手法の研究
- ・新 CNS に対応した管制方式に関する研究
- ・ACAS 信号を用いた受動型測位方式の研究

等

また、研究者同士の議論、討論に加え、幅広い分野から有識者等を招き意見交換を行う研究交流会を定期的に行うことにより、社会ニーズを的確に把握するとともに、研究開発に係るアイデア創出の醸成を図る。

なお、個別の課題の実施にあたっては、研究評価委員会による研究評価を行い、社会情勢等の変化を考慮しつつ研究の方向性や具体的な方策を随時見直す等柔軟に対応する。

(3) 国の推進するプロジェクト等への参画

国家的プロジェクト等，社会的に重要と判断される課題に関し，機動的な研究実施体制を構築し，迅速かつ積極的に参画する。

特に，国土交通省からの受託が予定される準天頂衛星による高精度測位補正に関する技術開発については，プロジェクトチームを編成し，研究実施体制の強化を図るとともに，関係研究機関との連携を強化し，効率的かつ効果的な研究の推進を図る。

(4) 競争的資金

科学技術振興調整費，運輸分野における基礎的研究推進制度，日本学術振興会等の外部競争的研究費に積極的に応募し，社会ニーズに沿った研究テーマの効果的な推進を図るとともに，当該研究分野のポテンシャルの向上を図る。

また，研究所内部においても競争的研究経費を確保し，競争的研究環境を強化することにより，研究者のインセンティブの向上を図る。

(5) 研究者の資質向上

より良い研究成果を引き出すために長期の国内外研修，留学等を通じて研究者の資質を向上させる。

また，国際会議等における発表や討論に係る資質を向上させるための研究者の自己啓発努力を奨励するとともに，資質向上に係る研修等を実施する。

- ・研究者1名の長期研修への参加もしくは留学を実施する。

(6) 共同研究・受託研究等

研究所で行う研究開発については，無線技術，情報通信技術，航空宇宙技術等の多様な分野の知見を要することから，これらの技術知識を有する大学，民間企業等との共同研究を積極的に推進する。

また，外部機関からの研究の委託要請を積極的に受け入れ，研究成果の活用及び所有する技術の実用化，移転を促進する。

- ・共同研究・受託研究等を10件程度実施する。

(7) 国際交流・貢献

研究所で行う研究開発は，特に航空航法に関し諸外国と協調して行う必要があることから，国際民間航空機関の会議，国際学会等への出席等により，国際標準の策定および国際的な技術情報の発信に貢献していく。

また，諸外国の研究者を研究所に招聘し，セミナー等を通じて情報の交換，国際交流をはかるとともに，開発途上国等からの研修生も積極的に受け入れる。

- ・ICAO会議への出席及び発表ならびに国際学会への参加等により，国際交流・貢献として14件程度を実施する。

(8) 人材交流

重点研究開発領域である新しい通信・航法・監視／航空交通管理に関する研究を実施する上で必要となる航空保安業務に関する専門知識を有する航空管制官及び航空管制技術官等との人材交流を積極的に行い，研究の効率的かつ効果的な推進を図る。

また，国内外の研究機関との間でも研究者の人材交流を推進する。

- ・人材の交流を3件実施する。

(9) 研究成果の普及，成果の活用促進等

① 広報・普及

研究所の業務に係る啓発を行うとともに，国民の利便を増加する観点から，研究所の活動・成果について広報・普及に努める。

また，研究所報告，要覧，年報の発行，国際会議，学会，シンポジウム等に積極的に参加し，講演，発表等により研究成果等の普及に努める。

- ・研究所の活動・成果を公表する研究発表会を1回開催する。
- ・日本航海学会の春期講演会及び研究会を海上技術安全研究所と共同で開催する。
- ・所外発表を110件程度実施する。

また，ホームページ内容の改善及び一層の充実を図り，研究開発の成果等について電子情報として広く提供する。

その他，研究所の一般公開日の設定，国民各層の所内見学の受け入れ等により，研究所の活動に関する広報活動を推進する。



## ②成果の活用

我が国における次世代航空保安システムを世界的に調和させるため、国際標準の作成に係る技術資料の作成等で貢献する。

・国際標準の作成に係る技術資料を18件程度作成する。

また、行政当局への報告等により、整備計画への盛り込み等の研究成果の活用を図る。

## ③知的所有権

研究の実施に当たっては、知的財産権の取得・活用に積極的に取り組むよう、職員の意識向上に努め、知的財産権の取得を奨励する。

保有する特許について、ホームページへの掲載等による公表の推進や特許流通データベースの活用等を図ることにより、その活用促進に努める。知的財産権の取り扱いに係るルール、管理のあり方については、継続的に検討を行い、適宜、見直しを図るものとする。

・特許出願を10件程度実施する。

## 3. 予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画

平成15年度における財務計画は次のとおりとする。

### (1) 予算

別紙1のとおり

### (2) 収支計画

別紙2のとおり

### (3) 資金計画

別紙3のとおり

## 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。

（但し、一般勘定100（百万円）、空港整備勘定200（百万円）とする。）

## 5. 重要な財産を譲渡し、又は担保に供する計画

なし

## 6. 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）

## 7. 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

なし

### (2) 人事に関する計画

#### ①方針

業務処理を工夫することにより人員を適正に配置する。

#### ②人員に関する指標

年度末の常勤職員数を年度当初と同数とする。

表1. 予算 (総括)

平成15年度予算 (単位:千円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	1,681,891
施設整備費補助金	0
受託収入	180,000
計	1,861,891
支出	
業務経費	927,864
うち研究経費	927,864
施設整備費	0
受託経費	180,000
一般管理費	49,920
人件費	704,107
計	1,861,891

[人件費の見積り]

期間中総額642百万円を支出する。

但し、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退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。

表2. 予算 (一般勘定)

平成15年度予算 (単位:千円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	620,088
施設整備費補助金	0
受託収入	178,000
計	798,088
支出	
業務経費	153,403
うち研究経費	153,403
施設整備費	0
受託経費	178,000
一般管理費	41,104
人件費	425,581
計	798,088

[人件費の見積り]

期間中総額389百万円を支出する。

但し、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退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。

表3. 予算 (空港整備勘定)

平成15年度予算 (単位:千円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	1,061,803
施設整備費補助金	0
受託収入	2,000
計	1,063,803
支出	
業務経費	774,461
うち研究経費	774,461
施設整備費	0
受託経費	2,000
一般管理費	8,816
人件費	278,526
計	1,063,803

[人件費の見積り]

期間中総額253百万円を支出する。

但し、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退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。

表1. 収支計画 (総括)

平成15年度収支計画 (単位:千円)

区 分	金 額
費用の部	2,535,351
経常費用	2,535,351
研究業務費	1,384,817
受託業務費	180,000
一般管理費	241,202
減価償却費	724,986
財務費用	4,346
臨時損失	0
収益の部	2,535,381
運営費交付金収益	1,681,891
手数料収入	0
受託収入	180,000
資産見返運営費交付金戻入	154,357
資産見返物品受贈額戻入	519,103
臨時収益	0
その他の収入	30
純利益	30
目的積立金取崩額	0
純利益	30

注) 当法人における退職手当については役員退職手当支給基準及び国家公務員退職手当法に基づいて支給することとなるが、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。

表2. 収支計画 (一般勘定)

平成15年度収支計画 (単位:千円)

区 分	金 額
費用の部	852,002
経常費用	852,002
研究業務費	421,874
受託業務費	178,000
一般管理費	169,551
減価償却費	80,374
財務費用	2,203
臨時損失	0
収益の部	852,015
運営費交付金収益	620,088
手数料収入	0
受託収入	178,000
資産見返運営費交付金戻入	26,405
資産見返物品受贈額戻入	27,509
臨時収益	0
その他の収入	13
純利益	13
目的積立金取崩額	0
純利益	13

注) 当法人における退職手当については役員退職手当支給基準及び国家公務員退職手当法に基づいて支給することとなるが、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。

表3. 収支計画 (空港整備勘定)

平成15年度収支計画 (単位:千円)

区 分	金 額
費用の部	1,683,349
経常費用	1,683,349
研究業務費	962,943
受託業務費	2,000
一般管理費	71,651
減価償却費	644,612
財務費用	2,143
臨時損失	0
収益の部	1,683,366
運営費交付金収益	1,061,803
手数料収入	0
受託収入	2,000
資産見返運営費交付金戻入	127,952
資産見返物品受贈額戻入	491,594
臨時収益	0
その他の収入	17
純利益	17
目的積立金取崩額	0
純利益	17

注) 当法人における退職手当については役員退職手当支給基準及び国家公務員退職手当法に基づいて支給することとなるが、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。

表1. 資金計画 (総括)

平成15年度資金計画 (単位:千円)

区 分	金 額
資金支出	1,861,891
業務活動による支出	1,808,511
投資活動による支出	0
財務活動による支出	53,380
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	1,861,921
業務活動による収入	1,861,921
運営費交付金による収入	1,681,891
受託収入	180,000
その他の収入	30
投資活動による収入	0
施設整備費補助金による収入	0
その他の収入	0
財務活動による収入	0

別紙3 (表2)

表2. 資金計画 (一般勘定)

平成15年度資金計画 (単位:千円)

区 分	金 額
資金支出	798,088
業務活動による支出	770,690
投資活動による支出	0
財務活動による支出	27,398
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	798,101
業務活動による収入	798,101
運営費交付金による収入	620,088
受託収入	178,000
その他の収入	13
投資活動による収入	0
施設整備費補助金による収入	0
その他の収入	0
財務活動による収入	0

別紙3 (表3)

表3. 資金計画 (空港整備勘定)

平成15年度資金計画 (単位:千円)

区 分	金 額
資金支出	1,063,803
業務活動による支出	1,037,821
投資活動による支出	0
財務活動による支出	25,982
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	1,063,820
業務活動による収入	1,063,820
運営費交付金による収入	1,061,803
受託収入	2,000
その他の収入	17
投資活動による収入	0
施設整備費補助金による収入	0
その他の収入	0
財務活動による収入	0

## 7 財務諸表

平成15年度

# 財 務 諸 表

(添付書類)

平成15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16年3月31日)

(単位：円)

科 目	金 額	
<b>【資産の部】</b>		
<b>I 流動資産</b>		
現金及び預金		194,858,136
未収金		300,428,425
棚卸資産		1,526,610
前渡金		106,942
前払費用		12,732
未収収益		612
仮払金		1,409,122
流動資産合計		498,342,579
<b>II 固定資産</b>		
1 有形固定資産		
建物	1,149,410,361	
建物減価償却累計額	△188,756,694	960,653,667
構築物	133,292,309	
構築物減価償却累計額	△61,941,639	71,350,670
航空機	101,800,000	
航空機減価償却累計額	△54,972,000	46,828,000
車両運搬具	8,821,500	
車両運搬具減価償却累計額	△5,449,267	3,372,233
工具器具備品	4,604,186,707	
工具器具備品減価償却累計額	△2,870,941,774	1,733,244,933
土地		3,082,544,000
有形固定資産合計		5,897,993,503
2 無形固定資産		
電話加入権		559,000
無形固定資産合計		559,000
3 投資その他の資産		
長期前払費用		25,467
預託金		732,000
投資その他資産合計		757,467
固定資産合計		5,899,309,970
資産合計		6,397,652,549
<b>【負債の部】</b>		
<b>I 流動負債</b>		
運営費交付金債務		192,810,598
短期リース債務		42,789,073
未払金		255,608,133
未払消費税等		664,400
未払費用		1,471,021
預り金		2,214,674
流動負債合計		495,557,899
<b>II 固定負債</b>		
資産見返負債		
資産見返運営費交付金	955,340,251	
資産見返物品受贈額	679,484,019	1,634,824,270
長期リース債務		339,955
固定負債合計		1,635,164,225
負債合計		2,130,722,124
<b>【資本の部】</b>		
<b>I 資本金</b>		
政府出資金		4,258,412,552
資本金合計		4,258,412,552
<b>II 資本剰余金</b>		
資本剰余金		283,282,761
損益外減価償却累計額 (△)		△319,893,102
資本剰余金合計		△36,610,341
<b>III 利益剰余金</b>		
資本合計		4,266,930,425
負債・資本合計		6,397,652,549

【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 699,166,070円

損 益 計 算 書  
(平成15年4月1日～平成16年3月31日)

(単位：円)

科 目	金 額		
<b>【経常費用】</b>			
<b>業務費</b>			
給与手当	449,248,931		
福利厚生費	45,471,676		
研究委託費	163,929,932		
消耗品費	115,811,928		
備品費	28,410,606		
通信費	10,882,492		
水道光熱費	15,426,504		
支払リース料	21,961,835		
保守修繕費	82,694,787		
旅費交通費	30,275,977		
支払手数料	16,862,337		
減価償却費	927,169,539		
その他の業務費	35,485,301	1,943,631,845	
<b>一般管理費</b>			
役員給与手当	50,368,233		
給与手当	113,155,894		
福利厚生費	17,887,406		
消耗品費	1,804,425		
備品費	1,553,995		
通信費	1,764,995		
水道光熱費	3,046,666		
支払リース料	436,968		
保守修繕費	9,359,642		
旅費交通費	2,945,131		
支払手数料	18,312,534		
減価償却費	3,242,440		
その他の一般管理費	1,751,265	225,629,594	
<b>財務費用</b>			
支払利息	4,322,237	4,322,237	
経常費用合計			2,173,583,676
<b>【経常収益】</b>			
運営費交付金収益		1,118,681,900	
固定資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	187,588,285		
資産見返物品受贈額戻入	577,278,796	764,867,081	
受託収入		312,613,530	
特許権等収入		327,466	
その他事業収入		165,257	
財務収益			
受取利息	5,325	5,325	
雑 益		2,370,590	
経常収益合計			2,199,031,149
<b>【臨時損失】</b>			
固定資産除却損		9,598,493	
臨時損失合計			9,598,493
<b>【当期純利益】</b>			
当期純利益			15,848,980
当期総利益			15,848,980



# キャッシュフロー計算書

(平成15年4月1日～平成16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	△146,596,376
人件費支出	△754,110,383
その他業務支出	△387,282,238
運営費交付金収入	1,681,891,000
受託収入	187,534,691
特許権等収入	327,466
その他業務収入	2,330,660
小計	584,094,820
利息の受取額	5,372
利息の支払額	△4,589,080

業務活動によるキャッシュフロー 579,511,112

## 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	△537,417,446
その他資産の取得による支出	△198,000

投資活動によるキャッシュフロー △537,615,446

## III 財務活動によるキャッシュフロー

リース債務減少に伴う支出	△53,161,103
--------------	-------------

財務活動によるキャッシュフロー △53,161,103

## IV 資金に係る換算差額

—

## V 資金増加額

△11,265,437

## VI 資金期首残高

206,123,573

## VII 資金期末残高

194,858,136

【注記】 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	194,858,136円
現金及び預金勘定	194,858,136円

# 行政サービス実施コスト計算書

(平成15年4月1日～平成16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	1,943,631,845	
一般管理費	225,629,594	
財務費用	4,322,237	
固定資産除却損	9,598,493	2,183,182,169

### (2) (控除) 自己収入等

受託収入	△312,613,530	
特許権等収入	△327,466	
その他事業収入	△165,257	
財務収益	△5,325	
雑益	△2,370,590	△315,482,168

業務費用合計 1,867,700,001

## II 損益外減価償却等相当額

損益外減価償却相当額	99,403,861	
損益外固定資産除却相当額	33,706	99,437,567

## III 引当外退職給付増加見積額

△13,754,745

## IV 機会費用

国有財産の無償による貸借取引の機会費用	2,644,553	
政府出資等の機会費用	61,296,327	63,940,880

## V 行政サービス実施コスト

2,017,323,703

## 【重要な会計方針】

### 1. 運営費交付金収益の計上基準

費用進行基準を採用しております。

### 2. 減価償却の会計処理方法

有形固定資産の減価償却方法は、定額法を採用しております。主な固定資産の耐用年数については、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86）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、当期から残存価額10%まで償却を終了した資産についても減価の実態を適正に反映させるため、取得価額の5%に至るまで償却することとしております。

### 3. 退職給付に係る引当金及び見積額の計上基準

退職一時金については運営費交付金により財源措置がなされるため、退職給付に係る引当金は計上しておりません。

なお、行政サービス実施コスト計算書における引当外退職給付増加見積額は、独立行政法人会計基準第38に基づき計算された退職一時金に係る退職給付引当金の当期増加（減少）額を計上しております。

### 4. たな卸資産の評価基準及び評価方法

最終仕入原価法を採用しております。

### 5. 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

#### (1) 国有財産の無償による貸借取引の機会費用の計算方法

当研究所では土地・工作物の内、一部を無償で使用しており、機会費用の算出にあたっては国有財産の一時使用料単価を参考にして、使用面積に応じた負担額を算出しております。

#### (2) 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16年3月末利回りを参考に1.435%で計算しております。

### 6. 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。

### 7. 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。

## 【重要な債務負担行為】

該当事項はありません。

## 【重要な後発事象】

該当事項はありません。

附属明細書

固定資産の取得及び処分並びに減価償却費（「第86特定の償却資産の減価に係る会計処理」による損益外減価償却相当額も含む。）の明細

（単位：円）

資産の種類	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	減価償却累計額		差引当期末残高	摘要	
					当期償却額				
有形固定資産（償却費損益内）	建物	20,053,200	-	-	20,053,200	2,504,583	1,334,745	17,548,617	
	構築物	14,380,537	-	-	14,380,537	3,621,009	1,703,748	10,759,528	
	車輜運搬具	6,710,790	2,110,710	-	8,821,500	5,449,267	1,010,002	3,372,233	
	工具器具備品	4,144,583,999	618,384,479	267,305,151	4,495,663,327	2,850,593,413	926,363,484	1,645,069,914	
	計	4,185,728,526	620,495,189	267,305,151	4,538,918,564	2,862,168,272	930,411,979	1,676,750,292	
有形固定資産（償却費損益外）	建物	1,129,357,161	-	-	1,129,357,161	186,252,111	58,965,545	943,105,050	
	構築物	119,248,835	-	337,063	118,911,772	58,320,630	12,347,096	60,591,142	
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	54,972,000	18,324,000	46,828,000	
	工具器具備品	108,523,380	-	-	108,523,380	20,348,361	9,767,220	88,175,019	
	建設仮勘定	-	-	-	-	-	-	-	
計	1,458,929,376	-	337,063	1,458,592,313	319,893,102	99,403,861	1,138,699,211		
非償却資産	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	
有形固定資産合計	建物	1,149,410,361	-	-	1,149,410,361	188,756,694	60,300,290	960,653,667	
	構築物	133,629,372	-	337,063	133,292,309	61,941,639	14,050,844	71,350,670	
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	54,972,000	18,324,000	46,828,000	
	車輜運搬具	6,710,790	2,110,710	-	8,821,500	5,449,267	1,010,002	3,372,233	
	工具器具備品	4,253,107,379	618,384,479	267,305,151	4,604,186,707	2,870,941,774	936,130,704	1,733,244,933	
	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	
	建設仮勘定	-	-	-	-	-	-	-	
計	8,727,201,902	620,495,189	267,642,214	9,080,054,877	3,182,061,374	1,029,815,840	5,897,993,503		
無形固定資産	電話加入権	559,000	-	-	559,000	-	-	559,000	
	計	559,000	-	-	559,000	-	-	559,000	
投資その他の資産	預託金	534,000	198,000	-	732,000	-	-	732,000	
	長期前払費用	-	25,467	-	25,467	-	-	25,467	
	計	534,000	223,467	-	757,467	-	-	757,467	

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	700,080	1,526,610	-	700,080	-	1,526,610	
計	700,080	1,526,610	-	700,080	-	1,526,610	

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	559,000	-	-	559,000	
	施設費	294,312,733	-	-	294,312,733	
	損益外除却額	△11,251,909	-	337,063	△11,588,972	注1)
	計	283,619,824	-	337,063	283,282,761	
	損益外減価償却累計額	220,792,598	99,403,861	303,357	319,893,102	注1)
	差引計	62,827,226	△99,403,861	33,706	△36,610,341	

注1) 当期減少額は、現物出資財産の除却によるものであります。

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
積立金	20,474,982	6,624,942	-	27,099,924	注1)
研究開発及び研究基盤整備積立金	-	2,179,310	-	2,179,310	注2)
計	20,474,982	8,804,252	-	29,279,234	

注1) 当期増加額は、独立行政法人通則法第44条第1項に基づき整理したものであります。

注2) 当期増加額は、平成16年3月22日付けで国土交通大臣の承認を受けたものであります。

運営費交付金債務及び運営費交付金収益の明細

(1) 運営費交付金債務

(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	資本剰余金	小 計	
平成13年度	61,224,256	-	-	-	-	-	61,224,256
平成14年度	62,393,013	-	-	-	-	-	62,393,013
平成15年度	-	1,681,891,000	1,118,681,900	494,015,771	-	1,612,697,671	69,193,329
合 計	123,617,269	1,681,891,000	1,118,681,900	494,015,771	-	1,612,697,671	192,810,598

(2) 運営費交付金収益

業務等の区分を行っていないため、記載を省略しております。

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	(3,225)	(1)	(0)	(0)
	47,143	3	0	0
職 員	(18,607)	(10)	(0)	(0)
	543,798	64	0	0
合 計	(21,832)	(11)	(0)	(0)
	590,941	67	0	0

注1) 役員報酬基準の概要は、理事長1,003,000円（役員給与改正により平成15年11月1日以降991,000円）、理事854,000円（役員給与改正により平成15年11月1日以降843,000円）、監事793,000円（役員給与改正により平成15年11月1日以降783,000円）、非常勤監事270,200円（役員給与改正により平成15年11月1日以降266,800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非常勤職員に関する達」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。

### セグメント情報

(単位：円)

区 分	一般勘定	空港整備勘定	計	法人共通	合 計
事業費用	839,148,235	1,344,033,934	2,183,182,169	－	2,183,182,169
事業収益	849,817,837	1,349,213,312	2,199,031,149	－	2,199,031,149
事業損益	10,669,602	5,179,378	15,848,980	－	15,848,980
総 資 産	3,721,855,381	2,729,241,064	6,451,096,445	－	6,397,652,549

#### 各勘定の経理の対象と勘定相互間の関係を明らかにする書類

当研究所は、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条の研究所の目的を達成するために、研究所法第10条に規定された業務を行っており、空港整備勘定の経理は、当該業務のうち空港整備特別会計法（昭和45年法律第25号。）

第1条第1項に規定する空港整備事業に関するものについて行っております。

なお、交付金の受入勘定と実際に使用する勘定は一致しております。

※業務の範囲（研究所法第10条）

- 1号 電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うこと。
- 2号 前号に掲げる業務に係る成果を普及すること。
- 3号 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。
- 4号 前三号に掲げる業務に附帯する業務を行うこと。

法人単位財務諸表と勘定別財務諸表との関係を明らかにする書類

(1) 貸借対照表 (平成16年3月31日)

(単位：円)

科 目	一 般 勘 定	空 港 整 備 勘 定	調 整 借 方 (貸 方)	法 人 単 位
<b>【資産の部】</b>				
<b>I 流動資産</b>				
現金及び預金	1,066,995	193,791,141		194,858,136
未収金	250,120,852	50,307,573		300,428,425
棚卸資産	1,493,610	33,000		1,526,610
前渡金		106,942		106,942
前払費用	12,732	0		12,732
未収消費税等	0	608,707	(608,707)	0
未収収益	107	505		612
仮払金	0	1,409,122		1,409,122
その他流動資産	3,414,519	49,420,670	(52,835,189)	0
流動資産合計	256,108,815	295,677,660		498,342,579
<b>II 固定資産</b>				
1 有形固定資産				
建物	768,119,999	381,290,362		1,149,410,361
建物減価償却累計額	△137,775,042	△50,981,652		△188,756,694
構築物	49,751,769	83,540,540		133,292,309
構築物減価償却累計額	△24,818,023	△37,123,616		△61,941,639
航空機	101,800,000	0		101,800,000
航空機減価償却累計額	△54,972,000	0		△54,972,000
車両運搬具	7,745,150	1,076,350		8,821,500
車両運搬具減価償却累計額	△4,426,734	△1,022,533		△5,449,267
工具器具備品	446,419,712	4,157,766,995		4,604,186,707
工具器具備品減価償却累計額	△237,501,732	△2,633,440,042		△2,870,941,774
土地	2,550,767,000	531,777,000		3,082,544,000
有形固定資産合計	3,465,110,099	2,432,883,404		5,897,993,503
2 無形固定資産				
電話加入権	182,000	377,000		559,000
無形固定資産合計	182,000	377,000		559,000
3 投資その他の資産				
長期前払費用	25,467	0		25,467
預託金	429,000	303,000		732,000
投資その他資産合計	454,467	303,000		757,467
固定資産合計	3,465,746,566	2,433,563,404		5,899,309,970
資産合計	3,721,855,381	2,729,241,064		6,397,652,549
<b>【負債の部】</b>				
<b>I 流動負債</b>				
運営費交付金債務	133,236,556	59,574,042		192,810,598
短期リース債務	18,618,509	24,170,564		42,789,073
未払金	56,312,270	199,295,863		255,608,133
未払消費税等	1,273,107	0	608,707	664,400
未払費用	62,878	1,408,143		1,471,021
預り金	1,329,968	884,706		2,214,674
その他流動負債	49,420,670	3,414,519	52,835,189	0
流動負債合計	260,253,958	288,747,837		495,557,899
<b>II 固定負債</b>				
資産見返負債				
資産見返運営費交付金	74,044,718	881,295,533		955,340,251
資産見返物品受贈額	40,721,658	638,762,361		679,484,019
長期リース債務	339,955	0		339,955
固定負債合計	115,106,331	1,520,057,894		1,635,164,225
負債合計	375,360,289	1,808,805,731		2,130,722,124
<b>【資本の部】</b>				
<b>I 資本金</b>				
政府出資金	3,282,822,581	975,589,971		4,258,412,552
資本金合計	3,282,822,581	975,589,971		4,258,412,552
<b>II 資本剰余金</b>				
資本剰余金	284,461,498	△1,178,737		283,282,761
損益外減価償却累計額 (△)	△236,869,711	△83,023,391		△319,893,102
資本剰余金合計	47,591,787	△84,202,128		△36,610,341
<b>III 利益剰余金</b>				
研究開発及び研究基盤整備積立金	466,163	1,713,147		2,179,310
積立金	4,944,959	22,154,965		27,099,924
当期末処分利益	10,669,602	5,179,378		15,848,980
(うち当期総利益)	(10,669,602)	(5,179,378)		(15,848,980)
利益剰余金合計	16,080,724	29,047,490		45,128,214
資本合計	3,346,495,092	920,435,333		4,266,930,425
負債・資本合計	3,721,855,381	2,729,241,064		6,397,652,549

法人単位貸借対照表において相殺消去された勘定相互間の債権・債務の内訳

事 項	一 般 勘 定	空 港 整 備 勘 定	調 整 借 方 (貸 方)
資金不足回避のための資金移動未精算残高	△48,000,000	48,000,000	48,000,000
一般勘定から空整備勘定への共通経費の配賦	3,414,519	△3,414,519	3,414,519
空整備勘定から一般勘定への共通経費の配賦	△1,420,670	1,420,670	1,420,670
小 計			52,835,189
空港整備勘定の未収消費税残高	△608,707	608,707	608,707



## (2) 損益計算書 (平成15年4月1日～平成16年3月31日)

(単位：円)

科 目	一 般 勘 定	空 港 整 備 勘 定	調 整	法 人 単 位
<b>【経常費用】</b>				
<b>業務費</b>				
給与手当	260,346,800	188,902,131		449,248,931
福利厚生費	26,364,938	19,106,738		45,471,676
研究委託費	43,545,640	120,384,292		163,929,932
消耗品費	54,551,970	61,259,958		115,811,928
備品費	16,514,446	11,896,160		28,410,606
通信費	3,223,669	7,658,823		10,882,492
水道光熱費	7,465,209	7,961,295		15,426,504
支払リース料	21,866,215	95,620		21,961,835
保守修繕費	36,276,595	46,418,192		82,694,787
旅費交通費	12,125,808	18,150,169		30,275,977
支払手数料	9,626,855	7,235,482		16,862,337
減価償却費	172,702,805	754,466,734		927,169,539
その他の業務費	15,084,791	20,400,510		35,485,301
<b>一般管理費</b>				
役員給与手当	50,368,233	0		50,368,233
給与手当	56,559,921	56,595,973		113,155,894
福利厚生費	11,325,378	6,562,028		17,887,406
消耗品費	1,788,465	15,960		1,804,425
備品費	1,265,195	288,800		1,553,995
通信費	1,097,542	667,453		1,764,995
水道光熱費	1,937,811	1,108,855		3,046,666
支払リース料	436,968	0		436,968
保守修繕費	7,518,716	1,840,926		9,359,642
旅費交通費	2,279,613	665,518		2,945,131
支払手数料	17,707,497	605,037		18,312,534
減価償却費	3,022,446	219,994		3,242,440
その他の一般管理費	1,626,258	125,007		1,751,265
<b>財務費用</b>				
支払利息	2,518,451	1,803,786		4,322,237
経常費用合計	839,148,235	1,334,435,441		2,173,583,676
<b>【経常収益】</b>				
運営費交付金収益	547,925,835	570,756,065		1,118,681,900
固定資産見返負債戻入				
資産見返運営費交付金戻入	12,861,789	174,726,496		187,588,285
資産見返物品受贈額戻入	29,907,982	547,370,814		577,278,796
受託収入	258,557,508	54,056,022		312,613,530
特許権等収入	0	327,466		327,466
その他事業収入	89,239	76,018		165,257
財務収益				
受取利息	1,966	3,359		5,325
雑    益	473,518	1,897,072		2,370,590
経常収益合計	849,817,837	1,349,213,312		2,199,031,149
<b>【臨時損失】</b>				
固定資産除却損	0	9,598,493		9,598,493
臨時損失合計	0	9,598,493		9,598,493
<b>【当期純利益】</b>				
当期純利益	10,669,602	5,179,378		15,848,980
当期総利益	10,669,602	5,179,378		15,848,980

## (3) キャッシュフロー計算書 (平成15年4月1日～平成16年3月31日)

(単位：円)

科 目	一 般 勘 定	空 港 整 備 勘 定	調 整	法 人 単 位
<b>I 業務活動によるキャッシュフロー</b>				
原材料、商品又はサービスの購入による支出	△75,908,029	△70,688,347		△146,596,376
人件費支出	△482,227,344	△271,883,039		△754,110,383
その他業務支出	△172,172,426	△220,588,995	5,479,183	△387,282,238
運営費交付金収入	620,088,000	1,061,803,000		1,681,891,000
受託収入	137,909,728	49,624,963		187,534,691
特許権等収入	0	327,466		327,466
その他業務収入	2,462,440	5,347,403	△5,479,183	2,330,660
小 計	30,152,369	553,942,451		584,094,820
利息の受取額	2,086	3,286		5,372
利息の支払額	△3,007,758	△1,581,322		△4,589,080
業務活動によるキャッシュフロー	27,146,697	552,364,415		579,511,112
<b>II 投資活動によるキャッシュフロー</b>				
有形固定資産の取得による支出	△130,209,093	△407,208,353		△537,417,446
その他資産の取得による支出	△114,000	△84,000		△198,000
投資活動によるキャッシュフロー	△130,323,093	△407,292,353		△537,615,446
<b>III 財務活動によるキャッシュフロー</b>				
リース債務減少に伴う支出	△26,532,495	△26,628,608		△53,161,103
他勘定への支払額	0	△48,000,000	48,000,000	0
他勘定からの受取額	48,000,000	0	△48,000,000	0
財務活動によるキャッシュフロー	21,467,505	△74,628,608		△53,161,103
<b>IV 資金に係る換算差額</b>	0	0		0
<b>V 資金増加額</b>	△81,708,891	70,443,454		△11,265,437
<b>VI 資金期首残高</b>	82,775,886	123,347,687		206,123,573
<b>VII 資金期末残高</b>	1,066,995	193,791,141		194,858,136

## 法人単位キャッシュフロー計算書において相殺消去された勘定相互間のキャッシュフローの内訳

事 項	一 般 勘 定	空 港 整 備 勘 定	調 整
<b>I 業務活動によるキャッシュフロー</b>			
共通経費の配賦による勘定間の精算			
一般勘定から空整勘定への航空機整備委託料の配賦	△2,855,202	2,855,202	
一般勘定から空整勘定への維持管理費等の配賦	△594,604	594,604	
空整勘定から一般勘定への電気代の配賦	925,142	△925,142	
空整勘定から一般勘定への通信費等の配賦	1,104,235	△1,104,235	
その他業務支出	△3,449,806	△2,029,377	5,479,183
その他業務収入	2,029,377	3,449,806	△5,479,183
<b>III 財務活動によるキャッシュフロー</b>			
一時的な資金不足回避のための資金移動	48,000,000	△48,000,000	
他勘定への支払額	0	△48,000,000	48,000,000
他勘定からの受取額	48,000,000	0	△48,000,000

## (4) 行政サービス実施コスト計算書 (平成15年4月1日～平成16年3月31日)

(単位：円)

科 目	一 般 勘 定	空港整備勘定	調 整	法 人 単 位
<b>I 業務費用</b>				
(1) 損益計算書上の費用				
業務費	679,695,741	1,263,936,104		1,943,631,845
一般管理費	156,934,043	68,695,551		225,629,594
財務費用	2,518,451	1,803,786		4,322,237
固定資産除却損	0	9,598,493		9,598,493
(2) (控除) 自己収入等				
受託収入	△258,557,508	△54,056,022		△312,613,530
特許権等収入	0	△327,466		△327,466
その他事業収入	△89,239	△76,018		△165,257
財務収益	△1,966	△3,359		△5,325
雑 益	△473,518	△1,897,072		△2,370,590
業務費用合計	580,026,004	1,287,673,997		1,867,700,001
<b>II 損益外減価償却等相当額</b>				
損益外減価償却相当額	76,032,846	23,371,015		99,403,861
損益外固定資産除却相当額	33,706	0		33,706
<b>III 引当外退職給付増加見積額</b>	△46,338,330	32,583,585		△13,754,745
<b>IV 機会費用</b>				
国有財産の無償による貸借取引の機会費用	2,236,892	407,661		2,644,553
政府出資等の機会費用	48,337,224	12,959,103		61,296,327
<b>V 行政サービス実施コスト</b>	660,328,342	1,356,995,361		2,017,323,703

## 利益の処分にに関する書類

(単位：円)

科 目	一 般 勘 定	空港整備勘定	法 人 単 位
<b>I 当期末処分利益</b>			
当期総利益	10,669,602	5,179,378	15,848,980
<b>II 利益処分別</b>			
積立金	10,669,602	5,179,378	15,848,980

添 付 書 類

# 平成15年度 決算報告書

独立行政法人 電子航法研究所

# 収 入 支 出 決 算 書

## 収 入

法人単位

単位：円

区 分	予算額 (A)	決算額 (B)	差 額 (B - A)	備 考
運営費交付金	1,681,891,000	1,681,891,000	0	
施設整備費補助金	0	0	0	
受託収入	180,000,000	312,613,530	132,613,530	政府受託等が増加したため
その他の収入	0	2,868,638	2,868,638	損害保険料収入等があったため
計	1,861,891,000	1,997,373,168	135,482,168	

# 支 出

法人単位

単位：円

区 分	予算額 (A)	決算額 (B)	差 額	備 考
			(A - B)	
業務経費	927,864,000	912,230,455	15,633,545	航空機飛行計画変更などのため
施設整備費	0	0	0	
受託経費	180,000,000	302,423,370	△122,423,370	政府受託等が増加したため
一般管理費	49,920,000	49,121,602	798,398	
人件費	704,107,000	654,285,222	49,821,778	給与引き下げ等によるため
計	1,861,891,000	1,918,060,649	△56,169,649	

---

平成15年度 電子航法研究所年報

平成16年11月1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

e-mail [webmaster@enri.go.jp](mailto:webmaster@enri.go.jp)

---