

# ま え が き

電子航法研究所は、電子航法（電子技術を利用した航法）に関する試験、調査、研究及び開発等を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的に設立されています。当研究所は平成13年4月1日に「独立行政法人」として改組され、以後国土交通大臣の示す中期目標にそって作成した5カ年の中期計画及び年度計画に基づき、独立行政法人としての設立の趣旨を踏まえ、自律的かつ効率的で透明性の高い業務運営を図りながら、より質の高い研究成果を上げることを目指しています。

当研究所の研究活動は、社会ニーズに沿った研究を重点的に選定し、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の分野において国の空港整備事業や国際民間航空機関等の国際標準策定作業に研究成果を反映させるなど国内外において多大な貢献を果たしています。またそれとともに、基礎的、先導的な研究も実施し、電子航法に関する基盤技術の蓄積にも努めております。

この電子航法研究所年報は、平成16年度に当研究所が行った業務について、その概要を収録したもので、研究所の運営に関する事項、各研究部の研究業務、独立行政法人としての中期目標・中期計画・財務諸表等を紹介しています。

当研究所としましては、国、産業界、大学等と連携し、国の担う航空管制システム業務を支援する中核的な研究機関としてその使命を果たすべく努力してまいりますが、皆様には、この年報を通じて、当研究所の活動についてご理解いただき、あわせて忌憚のないご意見をいただけますようお願い申し上げます。なお別に刊行している電子航法研究所研究報告及び電子航法研究所研究発表会講演概要には詳細が記載されておりますのであわせてご参照いただけますと幸いです。

平成17年9月

独立行政法人電子航法研究所

理事長 平 澤 愛 祥

# 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	44
3. 管制システム部	77
4. 衛星技術部	115
5. 研究所報告	125
6. 受託研究	125
7. 共同研究	126
8. 研究発表	127
9. 知的財産権	139

## 第3部 現 況

1. 平成16年度に購入した主要機器	147
2. 主要施設及び機器	148
3. 刊 行 物	150
4. 行 事 等	150
5. 職員表彰	151

## 付 録

1. 独立行政法人電子航法研究所法	155
2. 独立行政法人電子航法研究所に関する省令	158
3. 独立行政法人電子航法研究所 業務方法書	161
4. 独立行政法人電子航法研究所 中期目標	163
5. 独立行政法人電子航法研究所 中期計画	165
6. 独立行政法人電子航法研究所 平成16年度計画	174
7. 財務諸表	183

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

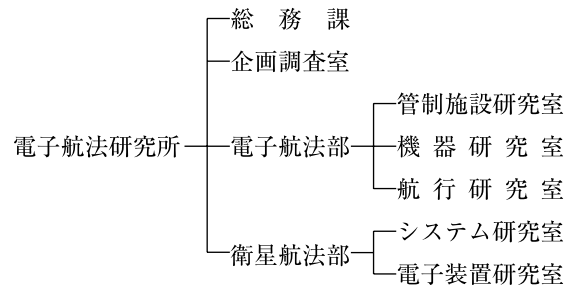
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室（3名）が新設された。

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

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

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

当時の組織は下記のとおりであった。



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

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

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

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

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

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

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

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

52年度は、4名の増員が認められ、電子航法評価部航空保安施設基準研究室を航空施設基準研究室と航空機器標準

研究室の2研究室とした。また、アンテナ試験塔を整備した。

53年度には、4名の増員が認められ、10月1日に電子航法評価部の航空施設基準研究室、航空機器標準研究室に新たに設置された運用技術研究室を加えて、航空施設部が発足した。さらに、54年1月には岩沼分室に分室長をおいた。

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

55年度には、海上保安庁より格納庫（建坪825㎡）の所管換を受けた。

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

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

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

58年度は、1名の増員が認められ、航空施設部に新着陸施設研究室を設置した。

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

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

61年度は、1名の増員が認められ、MLS研究体制の強化を図った。

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

63年度は、管理庁舎兼衛星航法実験棟が竣工した。

平成元年度は、1名の増員が認められ、航空管制の研究

体制の強化を図った。

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

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

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

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

また、仮想現実実験施設を整備した。

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

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

また、ATCシミュレーション実験棟が竣工した。

平成13年度は、中央省庁等改革推進本部決定及び関係諸法令の施行を受け、4月1日をもって「独立行政法人電子航法研究所」が成立となった。

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

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

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

平成16年度は、関東空域再編関連研究プロジェクトチームを設置した。

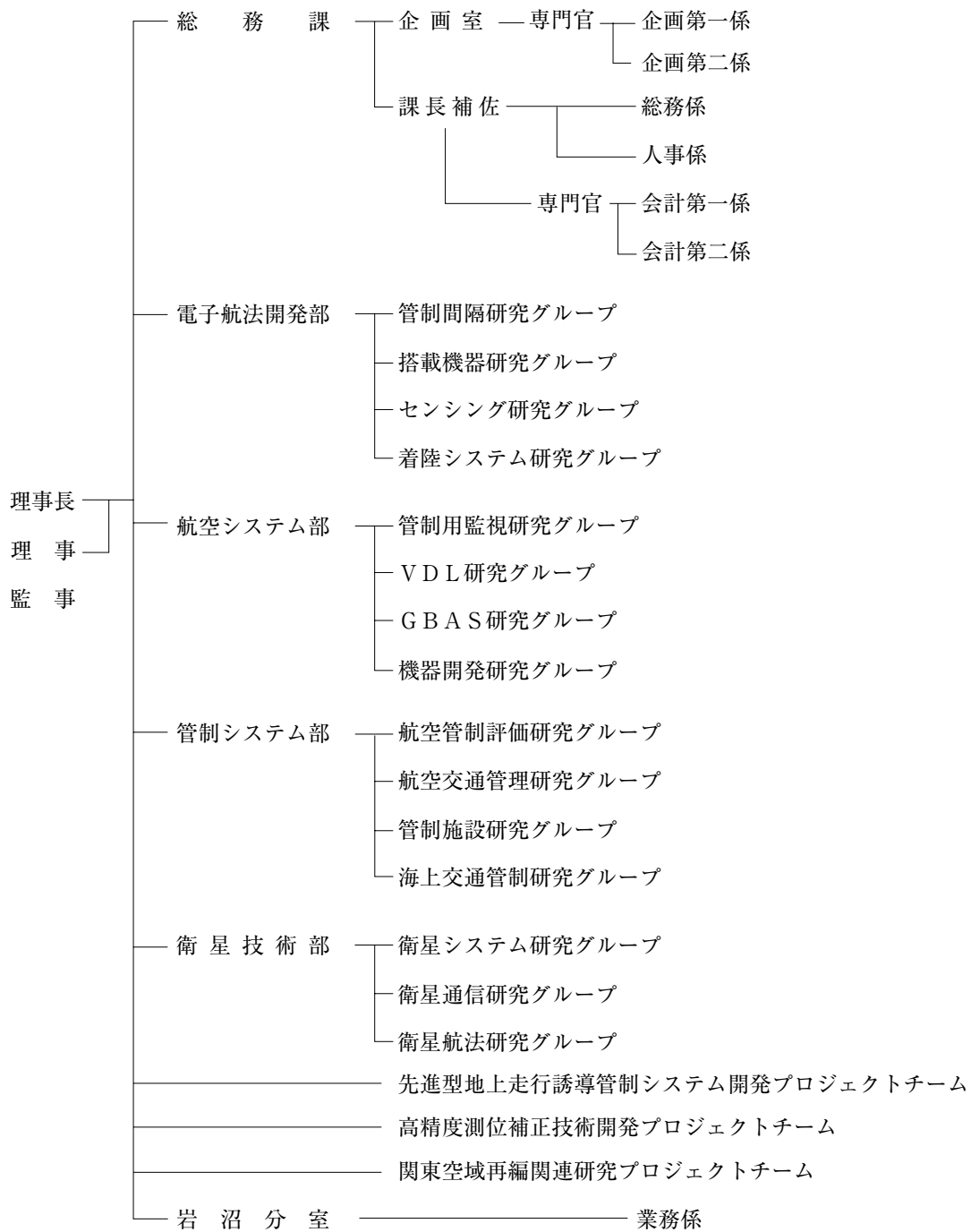
予算及び定員の推移

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	16				
予 算 額	1,681,891 (1,061,803)	1,792,287 (1,130,083)				
対 前 年 率 増 減	△7%	7%				
定 員	64 (30)	63 (29)				

注1：（ ）内は、空港整備特別会計で内数

## 2 組 織 (平成17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	21	47
計	38	29	67

(平成17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17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16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、指定研究及び基礎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. 無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究
4. 航空路の安全性評価に関する研究
5. 航空機衝突防止方式に関する研究
6. ILS高カテゴリ化に関する研究
7. SSRモードSを用いた空港面監視の研究
8. ルーネベルグレンズを利用した航法機器に関する研究
9. ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究

1～4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。

3はACASのような時間検出を基礎とする測位システムにおけるマルチパスの問題への対処技術を開発する研究である。

4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。

5～7は指定研究である。5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。6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認する研究である。7はSSRモードSを空港面の監視に応用するための測位技術の確認を目指した研究である。

8は基礎研究で、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。9は競争的資金による研究で、小型機用障害物探知・衝突警報システムの実用化に必要な技術の確認を目指している。これは2の重点研究と連携して研究を進めている。

## 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、ASAS実験装置を改造し、通信の信頼性を測定するためのインターフェイスを増設した。これにより、長時間連続した信号観測を高い信頼性で実施できるようになり、ASAS用ADS-B信号のための多様な受信処理方式それぞれの通信の信頼性を比較できるようになった。また、飛行実験結果を基に、電磁信号環境予測手法に残る計算誤差要因を分析し、計算精度を向上させるとともに今後の課題をまとめた。ASASの要件を調査し、ASASの技術的課題に関する報告書をまとめ、ICAO/SCSRパネル会議およびその関連会議に報告した。

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、障害物探知・衝突警報システム用データ処理、障害物強調表示プログラムを開発した。ミリ波レーダ用アンテナとして、直径13cmのフレネル反射板とスロットアレイ放射器からなる小型平面反射板アンテナを試作し、その利得は37.5dBiとなった。ヘリコプタ搭載レーダの送電線探知可能距離は1000m以上、距離誤差は2%以下となった。飛行実験の結果、50mm標準レンズ付き赤外線カメラ及び高出力ミリ波レーダによって800m先の送電線検出に成功した。目視発見が困難な悪天候下において、本システムは送電線をリアルタイムで探知し、強調表示できることを示した。

無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究では、光ファイバ信号伝送技術を用いた受動型監視システムの考案、仙台空港滑走路と誘導路上で測位誤差6m以下のマルチパス基礎実験結果、マルチパスシミュレーションによる誤差特性測位、実験装置主局系の開発を行った。

航空路の安全性評価に関する研究では、完全性の要件を有するRNP RNAV機の平行経路間隔の安全性を考察するための経路維持誤差分布のモデルを提案した。これにより衝突リスクの推定に必須の横方向重畳確率を推定できるようになった。また、北太平洋(NOPAC)ルートにおける垂直近接通過頻度を長期にわたり調べ、実態を明らかにした。その結果、短縮垂直間隔の導入前と導入後の安全性の比較が可能となった。これらの技術資料をICAOの管制間隔・空域安全パネル(SASP)に提出した。

航空機衝突防止方式(ACAS)に関する研究では、ACASの運用状況を調査し、その分析結果をICAO/SCRSパネル会議およびその作業部会に報告した。特に、ICAO規格対応のTCAS ver.7導入による不要警報の低減効果を明らかにすることができた。ACAS運用状況の分析のため、多変量解析を応用する手法の開発、改良を行った。ACASからSSRモードSへのダウンリンク情報について実

態調査をし、その分析結果をICAO/SCRSパネル会議およびその作業部に報告した。ICAO ACASマニュアルの作成に参加し、文書や数式の改訂などに寄与した。

ILS高カテゴリ化に関する研究では、青森空港において試作した2種類の誘電率測定センサの実環境試験を行った。その結果、GP反射面の積雪の雪質変化を精度良く計測できること、下層の氷結状態の圧雪を測定する平板センサは重機にも十分耐えられる強化構造を有することが確認された。誘電率の測定値を用いてGPのパスストラクチャーを解析したところ、飛行実験結果とよく一致しており、本装置を用いればCATⅢの除雪基準を緩和できることが確認された。

SSRモードSを用いた空港面監視の研究では、SSRモードSを用いた空港面の車両監視実験を実施した。SSRモードSにより標準偏差10-15m程度にて空港面のターゲットを測位できることを確認した。サンプリングレートおよび時間検出精度の改善により、固定点の距離測定の誤差標準偏差4.2m程度で測位できることを明らかにした。

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、光および電波を集光する誘電体レンズの設計、試作を行った。それに付随する技術を含め特許出願を行った。

ミリ波／赤外線による衝突防止技術に関する研究では、ヘリコプタに搭載できる障害物探知・衝突警報システムを開発した。障害物探知・衝突警報システムの性能評価法を決定し、検証飛行実験を行った。将来の実用化に備え、システムの小型・軽量化法について提案した。

今年度は上記の9項目の研究に加えて、以下に示す10件の受託研究を行った。これらは上記の研究、これまでの研究等で蓄積した知識・技術を活用したものである。

- (1) 平成16年度JTIDS等国内展開基準の作成委託
- (2) 関西空港におけるCRMにかかる業務支援委託
- (3) 航空機内の電磁干渉障害に関する調査業務委託
- (4) 東京国際空港再拡張に係るILS設置条件調査委託（旧LDA）
- (5) 16R - ILS更新に伴う空中線配置等の研究委託

- (6) 青森空港高カテゴリ化積雪調査業務委託
- (7) 国内短縮垂直管制間隔導入に係る空域安全性事前評価委託
- (8) 羽田空港再拡張・ILS評価法の作成及び試計算
- (9) 40ミリ機関砲初速レーダの電波特性解析
- (10) 江東VORの移設予定地における海面反射影響にかかる縮尺モデル実験調査

### 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ASASの技術的課題に関しては、ICAOの監視及び異常接近回避パネル会議に報告した。その結果、この報告をもとに同パネルの作業計画が立案された。同会議では、航空機衝突防止方式に関する研究で実施した運用評価結果がICAO規格ACASの有効性と今後の課題を判断する基礎となった。

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。本年度は検証飛行実験に成功し、主な技術開発目標を達成した。

ILS高カテゴリ化に関する研究における積雪の誘電率測定装置の試作・評価の結果、本装置を用いれば青森空港CATⅢ化の課題である除雪基準の緩和が期待できる。

航空路の安全性評価に関する研究の成果は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。

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参考となる。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る予定である。

本年度は、これらの研究成果をICAO、当所の研究発表会、関連学会、国際研究集会などで活発に発表した。

（電子航法開発部長 東福寺則保（代理長岡））

### 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 住谷 泰人（平成14年度まで）古賀 禎（平成15年度より）  
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16年度は最終年度である。平成12年度より、ASASの要件や性能目標の調査とともに、電磁信号環境の測定記録実験のための機材整備、電磁信号環境の予測シミュレーションソフトウェアの要件開発を進めてきている。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
- ・通信の信頼性測定のための実験装置改造
- ・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
- ・電磁信号環境関連技術資料のまとめ
- ・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。また、ASASサブグループのメンバーとしてASASの技術的課題に関する報告の作成を担当し、平成16年に開催された第1回SCRSパネル会議に提出した。

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：要件検討会議）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。ICAOのSCRSパネル会議でもASAS-RFG等の成果を積極的に取り入れる方針を定めたため、第4回会議からASAS-RFGに参加し、要件検討状況を調査した。ASAS-RFGでは、2006年下旬を目標期日として、多様な応用が提案されているASAS運用方式の定義や、これに基づくASAS性能要件と安全性分析を進める予定である。

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 通信の信頼性測定のための実験装置改造

平成12年度は、電磁信号環境測定装置を製作し、信号環境の測定分析に必要な基本機能を実現した。平成13年度は、これまでに当研究所に整備されてきているモードS拡張スキッタ信号関連の実験装置を改造し、実験に必要なASAS信号の送受信を可能にした。平成14年度は、電磁信号環境記録装置を製作し、ASAS受信機にて観測される受信信号を長時間連続記録できるようにした。平成15年度は、ASAS実験装置の覆域を60NM以上に拡張し、各種のASAS運用に必要とされる覆域に対応できるようにした。

平成16年度は、ASAS実験装置や電磁信号環境記録装置を改造し、ASAS信号による通信の信頼性を測定できるようにした。この改造により、ASAS受信機にて観測される受信信号波形を長時間連続して安定した記録が可能になった。飛行実験では10Mサンプル毎秒の速度で12ビット精度の受信波形測定データを2時間40分以上連続して記録できた。

これまでに、多様な受信信号処理方式がASASのために

提案されており、各方式による通信の信頼性の評価が課題になっている。上記実験により記録されたASAS信号を含む受信信号波形を提案されている方式を用いて処理することにより、通信の信頼性を比較できるようになった。

### 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。

平成16年度は、これまでの飛行実験による信号環境測定データを精査し、レーダ等の覆域端に近い広範囲において、低電力の質問信号がトランスポンダを誤動作させ得ることや、SSRモードS導入による信号環境の変化、抑圧信号を用いない質問装置の影響などを定量的に表現した。

飛行実験等を実施するたびに信号環境予測誤差の要因に関する新たな知見を得ることができ、電磁信号環境シミュレータの要件を改訂するとともにソフトウェアの改造を繰り返してきている。これまでの作業により、シミュレーション計算の誤差よりは、移動式機材による臨時運用の影響が大きいといえるまで精度を改善できた。

### 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、仙台・高知間と仙台・函館間の、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閾値に近い低電力で受信される場合の応答モード誤りについて、モードS質問信号や軍用モード4質問信号にモードA応答する事例が観測されている。

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。

平成14年から平成15年度にかけて、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拡張スキット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

平成15年度は、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。また、平成16年度は、長時間連続記録したASAS実験装置による受信信号を処理できるようにした。

これらの実験およびソフトウェアの整備により、記録されている受信波形データを解析することで、実環境に適した信号解読方式の検討できるようになった。

### 3.6 電磁信号環境関連技術資料のまとめ

飛行実験により測定された信号環境データは、これまでにない貴重なものである。データにみられる多様な現象とその原因を調査した結果をまとめ、電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会に報告した。

また、混信妨害の影響を定量的に評価する手法については、薬効検定の応用を提案し、電子情報通信学会ソサエティ大会に報告した。

### 3.7 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、「次世代監視アーキテクチャにかか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必要が

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。本研究にて実施した各種の実験により、信号発生量に影響する多様な現象を明らかにすることができた。また、これらの現象による信号環境予測誤差を軽減する手法を提案することができた。この手法の実現には、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。本研究により、信号環境予測に関する多くの知見を得ることができた。

#### 掲載文献

- (1) S. Ozeki : "Multipath Effect Observed on the Sendai Airport Surface", MNWG00-1, April, 2000
- (2) 小瀬木 : "混信妨害の判定への薬効検定の応用", 電子情報通信学会ソサエティ大会, 平成12年10月
- (3) 小瀬木 : "ATMと機上装置ASAS", CNS/ATMシンポジウム, 平成13年2月
- (4) S. Ozeki, et. al. : "1030MHz Signal Measurement in Japan", ICAO SCRSP WG-A, April, 2001.
- (5) S. Ozeki, Y. Sumiya, M. Shirakawa : "1030MHz Signal Measurement in Japan", ICAO SCRSP/WG-A/IP-18, 平成13年4月
- (6) 小瀬木, 他 : "Lバンドで測定された人工雑音", 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13年5月
- (7) S. Ozeki: "Technical Issues JTIDS Operation on Airport", MNWG01-2, 平成13年8月
- (8) S. Ozeki: "Incomplete Note on the Interference to SSR", 電磁干渉に関する日米技術交換会議, 平成13年10月
- (9) S. Ozeki, Y. Sumiya, M. Shirakawa: "Measurement of signal generation rate in 1030 MHz channel", 電子情報通信学会総合全国大会, 平成14年3月
- (10) 小瀬木他 : 「1030MHz帯の信号環境測定」, 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会 SANE2002-15, 平成14年5月
- (11) 小瀬木他 : 「航空機で観測される1030MHz信号環境」 電子航法研究所研究発表会, 平成14年6月
- (12) 小瀬木他 : 「航空機遠隔協調監視システム」, 電子情報通信学会ソサエティ大会, 平成14年9月
- (13) Ozeki, et. al. : "An error source of signal environment estimation in 1090 MHz", 電子情報通信学会総合全国大会, 平成15年3月
- (14) 小瀬木他 : 「1030MHz信号環境の予測手法の開発」, 電子航法研究所研究発表会, 平成15年6月
- (15) 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
- (16) 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
- (17) 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
- (18) Ozeki, et. al. : "Effect of transponder decoder performance on the 1090 MHz signal environment", ICAO SCSRP/WG-A5, May, 2003
- (19) Ozeki, et. al. : "Transponder Anomalies Observed with Airborne Waveform Measurement", ICAO SCSRP/WG-A6, November, 2003
- (20) Ozeki, et. al. : "Draft report on ASAS technical issues", ICAO SCSRP/WG-A7, April, 2004
- (21) Ozeki, et. al. : "Functional Diagram on ASAS and Related Systems", ICAO SCSRP/WG-A7, April, 2004
- (22) Ozeki, et. al. : "Draft report on ASAS technical issues, revised", ICAO SCSRP/WG-A/ASASSG, June, 2004
- (23) Ozeki, et. al. : "Revised Functional Diagram on ASAS and Related Systems", ICAO SCSRP/WG-A/ASASSG, February, 2005
- (24) 小瀬木他 : 「ASASとその技術的課題」, 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会 SANE2004-40, 平成15年7月
- (25) 小瀬木 : 「ASASの概要と研究状況」, フリーフライト検討ワーキンググループ, 平成16年10月
- (26) 小瀬木 : 「SSRモードSが発生させる応答信号量の予測誤差」, 電子情報通信学会総合全国大会, 平成17年3月

# 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

輸送、監視、救難・防災等で低空を有視界飛行するヘリコプタが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。このため、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。本研究の目的は、民間ヘリコプタや小型固定翼機で使用できる障害物探知・衝突警報システムの開発に資するため、障害物探知用センサ、センサのデータから障害物を識別する技術及び危険な障害物を強調表示する技術等を確立することである。

本研究を発展させるため、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構(旧 運輸施設整備事業団)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。このため、本研究のうち主にセンサの高度化及びヘリコプタ搭載用システムに係わる部分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。

## 2. 研究の概要

平成16年度は主に以下の4課題について研究を行った。

- (1) データ処理、障害物強調表示プログラム
- (2) 高出力ミリ波レーダ用小型平面反射板アンテナ
- (3) 地上実験による高出力ミリ波レーダの評価
- (4) 検証飛行実験

(1)は、赤外線、カラーカメラ及びレーダデータを収集・処理し、障害物を検出して強調表示する一連の処理をリアルタイムで行うための処理プログラム開発である。

(2)は、ミリ波レーダを小型、高性能化するため開発を進めているスロットアレイとフレネル反射板等からなる小型アンテナの特徴と性能に関するものである。

(3)は、ヘリコプタ搭載用として開発した高出力ミリ波レーダの探知距離、精度等に関する地上実験による評価結果である。

(4)は、開発した障害物探知・衝突警報システムをヘリコプタに搭載し、検証飛行実験を行った結果と考察である。

## 3. 研究成果

### 3.1 データ処理、障害物強調表示プログラム

図1は、本研究で開発したデータ処理、障害物表示プログラムの処理流れである。まず、赤外線画像中の障害物を適応型ゲインコントロール法等によって強調し、次に赤外線とカラー画像との識別を容易にするため赤外線画像に着色する。その後赤外線画像とカラー画像とを融合する。一方、ミリ波レーダ出力はパソコンに高速で取込み、ノイズ抑圧と大小等に関わりなく最も手前の目標を抽出する処理を行う。以上の処理後、レーダデータと画像データとを融合し、高速統合表示アルゴリズムによって障害物の強調表示、レーダからの距離情報表示等を行う。

以上の処理を行うプログラムは1台の小型PCに組み込

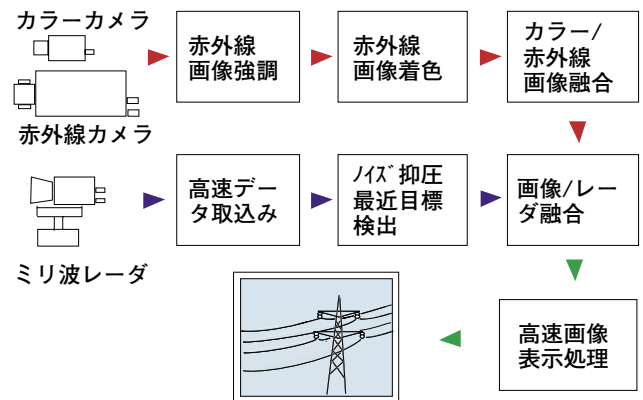


図1 データ処理、障害物表示プログラムの処理流れ



図2 データ処理用パソコンとAD/DA変換器

み、ミリ波レーダ出力のPCへの取込みには、新たに開発した高速AD/DA変換器を用いた。図2は、一つの筐体に組み込まれたPCと高速AD/DA変換器の外観で、大きさは約480×240×427mm、重さは約15kgである。

以上のプログラムと装置により、赤外線画像の強調と赤外線、カラー画像融合は毎秒10枚程度と高速で実施できるようになった。レーダ出力のPCへの取込みは高速化し、レーダ関係の全ての処理は毎秒30枚程度行えるようになった。このため、センサからのデータ取込み、画像/レーダデータ処理・融合そして障害物強調表示まで一連の処理をこのシステムでは毎秒5-8枚程度の速度で実施できると予想できる。この処理装置及び表示手順の評価は後述する飛行実験結果をもとに行う。

### 3.2 高出力ミリ波レーダ用小型平面反射板アンテナ

ヘリコプタ搭載用に開発した高出力ミリ波レーダでは現在カセグレンアンテナが用いられている。このアンテナは利得が高く入手も容易であるが、今後のレーダシステム小型化とアンテナへの掃引機能追加は困難である。そこで、ニース大学が中心となってこれらの課題に対応できる小型平面反射板型アンテナの開発を行っている。

図3は、試作した平面反射板型アンテナの構成である。レーダからの信号は、導波管の先端に誘電体製のスロットアレイを貼り付けた構造の一次放射器から放射され、誘電体円板上同心円状に銅箔を印刷したフレネル反射板で反射・収束されて左方向に放射される。このアンテナは、カセグレンアンテナと異なり反射板が平面であるため、アンテナの容積を小さくするのが容易である。また、一次放射器はほぼ導波管を切り落とした形状で小さいため、電波の遮蔽効果が小さくなってアンテナ効率が高くなる。別の一次放射器として、帯域が広いビバルディアンテナも試作し、性能評価を行っている。また、アンテナの利得はフレネル

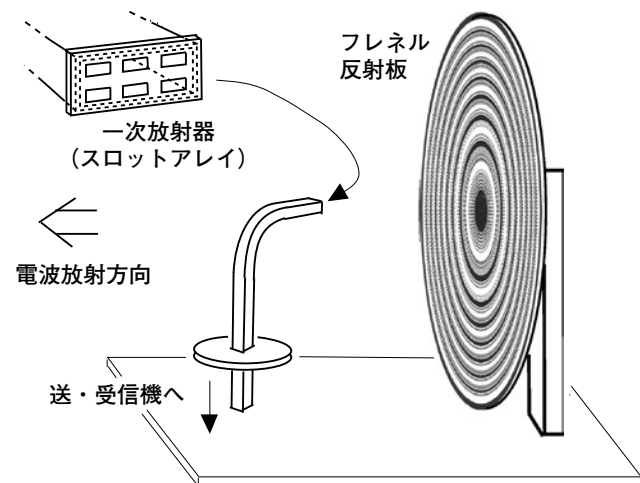


図3 小型平面反射板アンテナの構成

反射板の印刷パターンで変化するため、最適な印刷パターンの検討も行っている。

これまでの実験から、スロットアレイを一次放射器とし、直径13cmのフレネル反射板と組み合わせたアンテナでは、37.5dBiと満足できる利得が得られた。

### 3.3 地上実験による高出力ミリ波レーダの評価

ヘリコプタ搭載高出力ミリ波レーダ（出力100mW）の探知距離、精度を検証するため、平成16年5月（独）交通安全環境研究所・自動車試験場にて測定を行った。図4は実験に用いたセンサと観測目標である。高出力レーダに加え既存の実験用低出力レーダ（出力10mW）も用いた。レーダ前方に直径28.4mmの送電線、送電線とほぼ同じレーダ断面積（10m<sup>2</sup>）のコーナリフレクタ、更に631m<sup>2</sup>のレーダ断面積を持つコーナリフレクタを設置し、それらを移動させつつレーダ出力を観測した。

図5は、高出力レーダと低出力レーダの目標検出特性である。高出力レーダはレーダ断面積631m<sup>2</sup>の反射器を50-1000m、レーダ断面積10m<sup>2</sup>の反射器を500mまで、電線は200mまで検出でき、実験用低出力レーダより好結果を得た。実験で用いた電線は、設置高が1mと低く、長さは2mと短いことから、200mを超える遠方では地上反射板の影響を受けいずれのレーダでも検出が困難となった。

レーダの距離精度については、目標までの距離とピーク周波数の直線性から誤差は2%未満と小さく、本システムの距離誤差要件を十分満足できることが分かった。

上記の実験では地面反射の影響等から高出力レーダによ

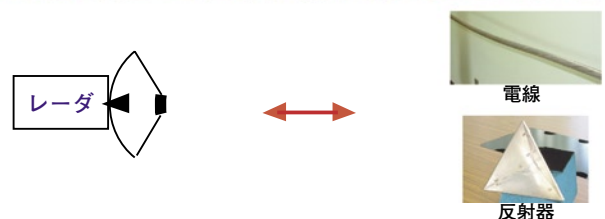


図4 地上実験に用いたセンサと観測目標の配置



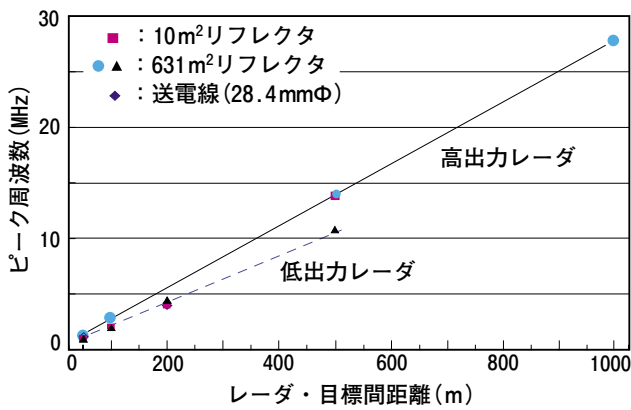


図5 高出力レーダと低出力レーダの目標検出特性

る電線探知距離を十分確認できなかった。そこで、レーダ回路等の改良を行い、次いでヘリコプタの飛行環境に近い山間部において送電線観測実験を再度行った。その結果、高出力ミリ波レーダは約1000m離れた送電線を検出できた。また、レーダ改良の効果でレーダのS/Nは以前に比べ向上した。

### 3.4 検証飛行実験

飛行実験は、平成16年9月と17年2月岐阜県美濃市付近の山間部で行った。16年9月実験では、主にセンサの最大探知距離について評価した。その結果、赤外線カメラは焦点調整、感度調整等を精密に行うことで50mm標準レンズでも800m先の送電線、架空地線が検出できることを示した。高出力ミリ波レーダは、ヘリコプタ上からも800m以上遠方の送電線を探知できることが明らかとなった。

図6は17年2月の実験結果で、約400m離れた送電線を障害物探知・衝突警報システムで探知、表示した例である。ここで地上から送電線までの高さは約90mである。図中の左上は画像出力で、赤外線、カラー画像を統合表示すると共に、ミリ波レーダからの出力がある時はその距離情報で障害物の濃度を変える設計としている。図の左下はレーダ

のスペクトル表示窓、右下はレーダによる距離情報窓である。(a)はカラーカメラのみによる表示で、降雪の影響で送電線の発見は困難であった。(b)はこのシステムで障害物を探知した時の表示で、画像出力窓にはカラー画像と送電線を緑色に強調した赤外線画像とが融合・表示されると共に、距離情報窓には障害物までの距離432mが表示された。このシステムでは200mから800mまで同様に障害物を探知して表示できることが明らかとなった。

また、このシステムでは障害物検出から障害物の強調表示までのすべての処理を毎秒5枚以上の速度で実行でき、本研究の目標であるリアルタイムでの障害物の探知と表示が満足できることが分かった。

### 4. まとめ

ヘリコプタ搭載障害物探知・衝突警報システムに組み込むデータ処理、障害物強調表示プログラムを開発した。また、ミリ波レーダデータを高速でPCに取り込めるAD/DA変換器を開発した。高出力ミリ波レーダ用の小型平面反射板アンテナについて検討した。高出力レーダの探知距離、精度等を評価するため地上実験を行った。さらに、障害物探知・衝突警報システムをヘリコプタに搭載し、検証飛行実験を行った。

その結果、以下の成果が得られた。

- ・データ処理、障害物強調表示プログラムはデータ収集から障害物の表示までリアルタイムで実行できる。
- ・直径13cmのフレネル反射板とスロットアレイ一次放射器からなるアンテナで37.5dBiの利得が得られた。
- ・高出力レーダの探知距離は1000m以上、距離誤差は2%以下となった。
- ・飛行実験の結果、50mm標準レンズ付き赤外線カメラは調整を精密に行うことで800m先の送電線を検出した。また、高出力ミリ波レーダは、800m以遠の送電線を検出できた。

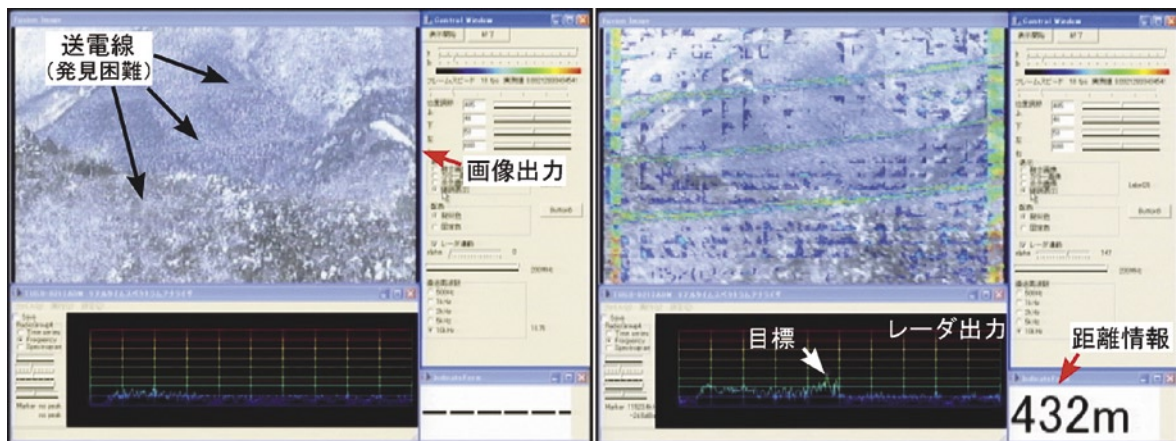


図6 障害物探知システムによる400m離れた送電線の表示例

- ・目視による送電線発見が困難な降雪時、本システムは障害物を探知し、毎秒5枚以上というリアルタイムでの障害物強調表示に成功した。  
今後、以下の課題について検討を進める予定である。
- ・データ処理、障害物強調表示プログラムの高度化
- ・レーダアンテナへの掃引機能追加
- ・システムの更なる小型化

#### 掲載文献

(1) N. Yonemoto, et al., "A New Color, IR and Radar Data Fusion for Obstacle Detection and Collision Warning", Proceedings of SPIE, Vol. 5424, pp.73-80,

April, 2004

- (2) B.D. Nguyen et al., "Printed Reflector Antenna for mm W Detection Radar", Journees Internationales de NICE sur Les Antennes, (JINA2004), Vol.1, 3-30, Nov. 2004.
- (3) 山本憲夫 他：“ミリ波／赤外線によるヘリコプタ用障害物探知システム”，日本航空宇宙学会 第42回飛行機シンポジウム，平成16年10月
- (4) 山本憲夫：“次世代IFRシステム”，日本ヘリコプタ技術協会2004年度会報，第14号，平成16年6月
- (5) 山本憲夫：“ミリ波／赤外線によるヘリコプタ用障害物探知システムの研究”，日本航空技術協会 航空技術誌，平成17年5月号

### 無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究【重点研究／一般勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○田嶋 裕久 古賀 禎 小瀬木 滋  
研究期間 平成16年度～平成19年度

#### 1. はじめに

空港及びその周辺において、各種の測位システムが使われている。ほとんどの測位システムにおいて電波の多重反射（マルチパス）は誤差の要因となっており問題を起こすことがあるが、その対策はまだ十分に研究されていない。また、GPSや準天頂衛星は、航空以外の自動車や歩行者などを対象とした測位の高精度化を目指しているが、空港より遥かにマルチパス環境が悪い都市部でも利用される。SSR（二次監視レーダ）を基にしたモードS、マルチラテレーション、ACAS（航空機衝突防止装置）等はパルスの到達時刻検出を利用する点において共通点がある。これらのシステムは、マルチパス誤差特性も共通するところも多い。これらのシステムで応用可能なマルチパス誤差低減のための研究が望まれている。

#### 2. 研究の概要

ACASのような時間検出を基礎とする測位システムにおけるマルチパスの問題に対処する技術を開発するため、平成16年度から19年度までの4年計画で「無線測位におけるマルチパス低減に関する研究」を開始した。本研究は、以前開発した航空機衝突防止装置の送信機や、1030/1090MHz帯の信号を使用した測位実験システムを一部利用して実験システムを開発し、モードS信号におけるマルチパスの低減手法の研究を中心に進め、空港面上のマルチパスが多い場所においても誤差6m以下の測位手法の

開発を目標としている。さらにGPS等のシステムについても適用可能なマルチパス対策手法の開発を目指している。

#### 3. 研究成果

##### 3.1 マルチパス基礎実験

開始年度の平成16年度は、まず周辺を当研究所の建物に囲まれたグラウンドにおいてACAS送信機の送信信号をデジタルオシロスコープで収集し、周辺の建物のマルチパスがある場合の基礎データを収集した。強いマルチパスにより大きな誤差が発生するが、時間検出方式と相関法と比較して、DAC（Delay Attenuate and Compare）を使用することにより誤差を軽減できることを確認した。

本研究において、マルチパス環境下での高精度測位方式として、光ファイバ信号伝送技術を用いた受動型監視システムOCTPASS（Optically Connected PAssive Surveillance System）を考案し、特許を申請した。

本システムの測位精度を評価するため、仙台空港において1090MHz信号を利用した実験システムを構築し、その評価実験を実施した。この実験においては、後述の測位実験装置がまだ完成していないため、手動で利得制御を行った。実験結果は図1に示すように、駐機している航空機の遮蔽により直接波が大きく減衰し、マルチパス波の方が大きくなるような非常に悪い環境の場所を除けば、誤差6m以下の安定した測位結果が得られた。また、測位確率は99%以上という結果が得られた。

### 3.2 マルチパスシミュレーション

マルチパス誤差の特性を把握するため、実験と同様な条件でマルチパスシミュレーションにより各種のパラメータで測距誤差を計算するため、基礎的なマルチパスシミュレーションプログラムを作成して検討した。これは、送信機の波形を記録したデータを利用し、マルチパスの遅延、減衰、位相差をパラメータとして、直接波と合成し、時間検出を行うことにより、誤差特性を得ることができる。その結果DACにおいては、10nsから20ns程度の遅延において誤差が最大となることが分かった。

### 3.3 測位実験装置主局系の開発

平成15年度に行ったACASによる受動測位実験においてDACを使用した場合、信号の飽和による誤差があった。この問題を解決するため、信号の初期から利得を制御するIAGC (Instantaneous Automatic Gain Control) 機能を持つ1090MHz受信機を主局系と従局系の一部について製作した。これはDME/P (Distance Measuring Equipment/Precise) においても使用された遅延線を利用したフィードフォワード型制御により利得制御を行う方式である。

## 4. 考察等

マルチパス環境においては、測位誤差が発生する以前に信号が正常に検出できず、測位自体ができない場合がある。従って検出確率を向上することが第一に必要である。OCTPASSは従来のマルチラレーションと同様、監視領域内の周囲に地上局を設置し、到達時間差 (TDOA: Time

Difference Of Arrival) をから、その信号の送出位置を求める。OCTPASSの最大の特徴は、地上局において受信したRF信号を、光ファイバ信号伝送技術を用いた装置 (ROF: Radio On Fiber) にて主処理装置に伝送する点にある。ROF装置は、RF信号を光信号に変換し伝送することにより、同軸ケーブルと比べて長距離のRF信号伝送が可能である。ROF装置を利用することにより、従来システムにはない3つの利点が生じる。

#### (1) 時刻同期が不要

TDOAは、各地上局における信号の到達時間 (TOA: Time Of Arrival) を互いに減算することにより求める。OCTPASSでは、TOA導出は主処理装置だけで行う。このため、地上局間の同期は必要がなく、同期に起因する時刻検出の劣化は発生しない。これにより、TOAが精度良く得られるため、測位精度が向上する。

#### (2) 測位確率の向上

マルチラレーション測位において、二次元位置を求めるためには、最低3つの地上局のTOAが必要となる。得られるTOAが2つ以下となると測位ができない。

従来システムは、地上局毎に信号を検出し、TOAを求める。このため、マルチパス等で信号劣化し信号検出できない地上局が発生すると、測位できない。

一方、OCTPASSでは、主処理装置において、複数の地上局のRF信号を観測し、いずれか1つの地上局が信号を検出すると、同時に全ての地上局の信号を捕捉する。このため、ある地上局の受信信号がマルチパスで劣化し信号を検出できない場合でも、他地上局により信号検出できれば

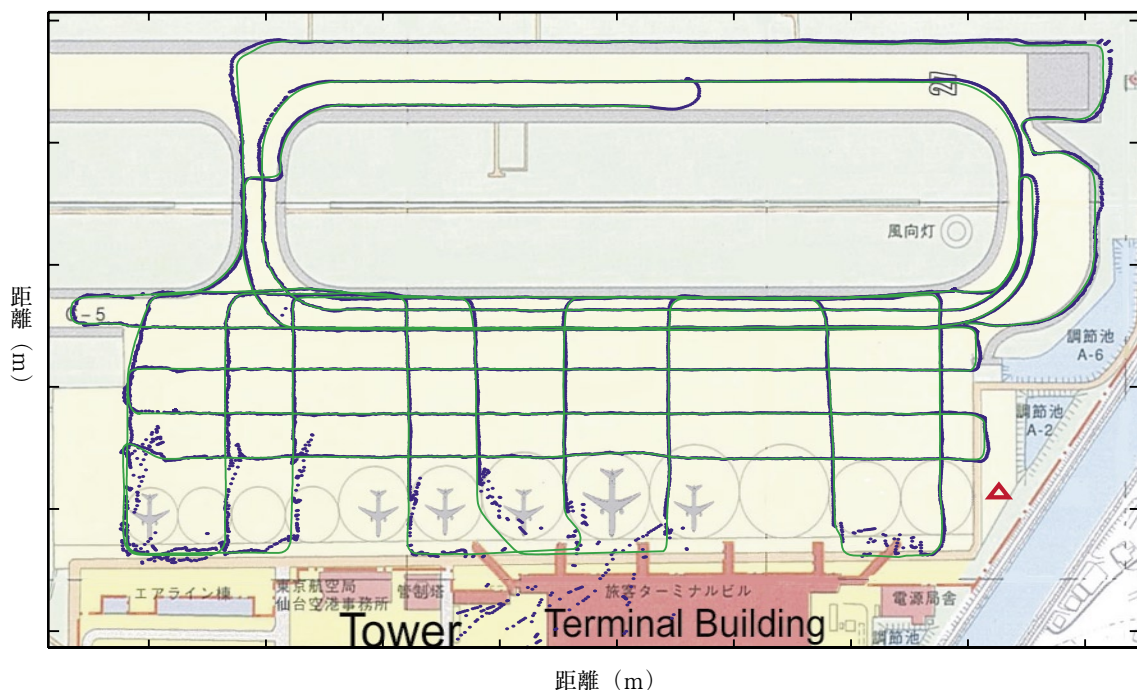


図1 仙台空港における測位結果

信号を捕捉しTOAが導出できる。

### (3) 地上局の小型化

地上局はフィルタ、アンプおよびROF送信装置などから構成され、時刻検出処理、メッセージ検出処理などの複雑な処理装置は含まない。このため、地上局を小型化できる。複雑な処理については、主局の主処理装置にて実施する。

以上のような利点がある一方、OCTPASSは、地上局間に光ファイバ敷設が必要となるという問題点がある。しかしながら、従来システムにおいても、地上局間通信の信頼性を確保するためには有線による通信が使用されており、長距離の有線伝送には、光ファイバが一般的に用いられることが多い。実際、フランクフルト空港におけるマルチラレーション評価システムは、地上局間は光ファイバで接続されている。以上のことから、光ファイバ通信路の確保は大きな問題ではないと考えられる。

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計画である。

### 掲載文献

- (1) 古賀, 田嶋, 小瀬木, “ACAS受動型測位方式の評価実験の結果 – DAC法を用いた時間検出”, 通信学会ソサエティ大会, 平成16年9月
- (2) 田嶋, 古賀, 小瀬木, “デジタルサンプルデータのIQ変換の一検討”, 通信学会ソサエティ大会, 平成16年9月
- (3) 古賀, 田嶋, 小瀬木, “ACAS受動型測位方式の仙台空港における評価実験”, 航空振興財団, 全天候航法方式小委員会, 平成16年9月
- (4) 古賀, 田嶋, 小瀬木, “ACAS受動型測位方式の仙台空港における評価実験”, 通信学会, SANE, 平成16年9月
- (5) 田嶋, 古賀, 小瀬木, “ACAS受動測位実験におけるマルチパス誤差の検討”, 第42回飛行機シンポジウム, 平成15年10月
- (6) Koga, Tajima, Ozeki, "Results of an evaluation test of a multilateration system using ACAS signals", IEEE conference on Intelligent Transporting Systems (ITSC2004), Washington DC, Oct., 2004.
- (7) 田嶋, 古賀, 小瀬木, “光ファイバ信号伝送装置を使用した受動型測位方式の評価実験”, 第5回電子発表表会, 平成17年6月

## 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、国際民間航空条約 第14付属書（Annex14）2.26節では各国にATSの安全管理計画の策定を義務づけている。国際機関（ICAO）の管制間隔・空域安全パネル（SASP：旧RGCSP）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うことが必要で、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) 上記の研究の成果の提出により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衝突危険度の評価手法の検討、②ICAO SASPへの参加/技術資料の提出、③交通流データの収集/整理/解析、④高度監視装置の実験データの収集・

解析である。

①では従来の平行経路に加えて交差路における衝突危険度の評価手法について文献調査を行ない応用可能性を検討した。短縮垂直間隔の安全性評価への応用を意図した解析などを行った。

②はこれまでの研究成果をSASP会議へのワーキングペーパーとして纏めて提出した。SASPの数学者サブグループ (MSG) での検討資料として活用された。

③は衝突危険度の推定に必要なモデル・パラメータを求めるためのデータ収集と解析が中心である。特に、航空機の航法誤差の解析や、航空路における近接通過頻度の計算などが中心的な課題となる。

④は宮城県瀬峰町に設置してある実験用高度監視システムにより取得したデータの解析である。

### 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) 最近、航法性能要件 (RNP) としてRNP値 (95%含有区間幅) に加えてその2倍の値を閾値として、誤差が閾値を超えると警報を出す完全性機能を有するRNP RNAV機が出現している。こうした航空機では大きな経路逸脱の頻度の軽減が期待できる。このRNP RNAV機の平行経路における管制間隔基準を考察するため、横方向経路逸脱量の分布モデルを提案した。幾つかの仮定の下で、これによる横方向重畳確率の値を試算した。その結果、経路間隔と推定値との関係などが明らかになった。
- (2) 安全性評価の方法や尺度について文献調査を行い、現在世界中で使用されている安全目標の設定方法や目標値の例などを整理した。
- (3) 北太平洋の洋上航空路 (NOPACルート) における垂直間隔の安全性評価に必要な近接通過頻度を長期間調べ、その実態を明らかにした。図1はその結果である。

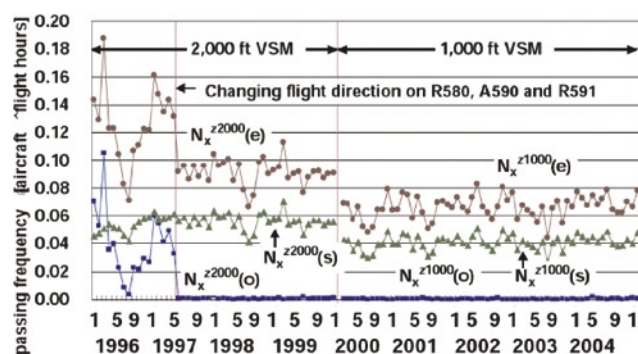


図1 垂直近接通過頻度の月毎の推移。  $N_x^{z1000}(o/s)$  は垂直間隔が1000ftのときの反航/同航についての近接通過頻度。  $N_x^{z2000}(o/s)$  は2000ft間隔のときの値。  $N_x^{z\cdot}(e)$  は同航を反航に換算して総合した等価反航近接通過頻度。

短縮垂直間隔導入後は近接通過頻度が軽減しているのがわかる。

- (4) 縦間隔を検討する衝突危険度モデルでは、管制指示がパイロットに伝達され航空機が起動するまでの時間の遅れが重要な要素となる。ADS監視下にある航空機対にあっては、その位置情報の誤差は取得時刻からの経過時間とともに拡大する。このときの航空機対の位置情報の経過時間の最悪の組み合わせについて理論的に考察した。特に、ADS予測位置誤差にバイアスがある (平均が0でない) 場合は、双方とも経過時間が最大の場合が、必ずしも最悪のケースではないことを示した。また、FDPデータに基づいて占有率を計算した。
- (5) 垂直方向の衝突リスクを推定するモデルで、交差路における水平重畳確率を二次元正規分布モデルで検討した。また、飛行計画データに基づいて占有率を計算した。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。

以上の成果はICAOのSASP会議、学会・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、実測データの解析、数学モデルの作成、リスク評価などが当該研究中核となっている。

研究の成果は国内外の学会、ICAOの専門家パネル (SASPなど)、航空行政当局との会議などを通じて、随時、公表している。

### 掲載文献

- (1) 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。
- (2) S. Nagaoka: "Estimating the Lateral Overlap Probability for RNP RNAV Parallel Tracks", ICAO SASP - WG/WHL/5-WP/29, Tokyo, May, 2004.
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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.
- (6) 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.
- (7) 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.
- (8) 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.
- (9) 長岡: "ILS運用のためのCRM (Collision Risk Model)", 国土交通省航空局, 「関西国際空港における止水工事の実施について」に関する会議, 2004年5月
- (10) 長岡: "信頼性要件を有する航空機の経路維持誤差分布のモデル" 電子情報通信学会技術研究報告 SSS2004-16, pp.5-8, 2004年8月
- (11) 長岡: "航空機対の相対位置予測誤差への通報時間差の影響", 電子情報通信学会技術報告, SANE2004-44, pp.13-16, 2004年8月
- (12) 長岡, 天井: "交差路における垂直衝突危険度の試算", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2004年9月
- (13) 天井: "国内短縮垂直間隔導入の事前評価における近接通過頻度の推定値", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2004年9月
- (14) 長岡: "航空機運航におけるリスクの評価", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 徳島大学, 2004年9月
- (15) 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", 日本航海学会論文集, 第111号, pp.127-134, 2004年9月
- (16) 長岡: "RNP-RNAV経路における航空機の横方向重畳確率", 日本航海学会論文集No.111, pp.135-140, 2004年9月
- (17) S. Nagaoka: "Distribution Models for Estimating the Lateral Overlap Probability of RNP RNAV Aircraft on Parallel Tracks", EUROCONTROL Mathematics Drafting Group (MDG) Meeting, MDG/29-DP/06, Brussels, Sep., 2004.
- (18) 長岡: "ADS通報に基づく航空機の相対位置誤差の考察", 日本航海学会AUNAR (自動航法) 研究会, 東京海洋大学, 2004年9月
- (19) 長岡: "RNPとRNAVの最近の動向", 日本航海学会航空宇宙研究会, 函館市, 2004年10月
- (20) 長岡: "ADS予測位置誤差の縦方向重畳確率への影響", 日本航海学会秋季講演会, 北海道大学水産学部, 2004年10月
- (21) 天井, 長岡: "国内短縮垂直間隔導入のための航空機の衝突危険度の推定", 電子情報通信学会技術研究報告, SSS2004-24, 2004年10月
- (22) S. Nagaoka: "Examples of Estimated Collision Risk for RNP RNAV Parallel Tracks", ICAO SASP-WG-WHL/6-WP/04, Washington D.C., USA, Nov., 2004
- (23) S. Nagaoka: "An Alternative Double Exponential Tail Model for Estimating the Lateral Overlap Probability of Aircraft for RNP RNAV Parallel Tracks", ICAO SASP-WG-WHL/6-WP/05, Washington D.C., USA, Nov., 2004
- (24) 長岡: "電子航法と航空交通管制", 防衛大学校特別講義, 2005年1月
- (25) 長岡: "横方向重畳確率の計算例" 「RNAV 連絡協議会第3回タスクフォース会議」(委員会資料), 航空局保安企画課国際調査官, 2004年12月
- (26) S. Nagaoka and O. Amai: "Preliminary Analysis for Pre-Implementation Safety Assessment for Japanese Domestic RVSM", EUROCONTROL MDG Meeting, MDG/30-DP/10, Brussels, Feb., 2005
- (27) 長岡: "ADS予測位置誤差の縦方向重畳確率への影響", 日本航海学会論文集, 第112号, pp.229-234, 2005年3月
- (28) 長岡: "航空の安全と電子・情報・通信システム", 電子情報通信学会 2005年総合大会講演論文集, AT-4-6, pp.SS45-46, 2005年3月
- (29) 天井, 長岡: "国内短縮垂直間隔導入のための空域安全性評価での近接通過頻度", 電子情報通信学会総合大会, A-18-1, 2005年3月
- (30) 住谷, 長岡, 天井: "北太平洋ルートの交通流調査: 一RVSM導入後一", 電子航法研究所報告, No. 114, pp.15-34, 2005年3月
- (31) 長岡: "独立行政法人 産業安全研究所を訪ねる", 日本信頼性学会誌, Vol.27, No.2, pp.132-133, 2005年4月
- (32) 長岡: "RNP RNAV経路における航空機の横方向重畳確率II:", 日本航海学会春季講演会講演アブストラクト, 2005年5月
- (33) 天井, 長岡: "交差路における航空機の垂直方向衝突危険度の推定", 日本航海学会春季講演会講演アブストラクト, 2005年5月
- (34) 長岡: "航空システムの安全", 電子情報通信学会誌, Vol.88, No.5, pp.342-348, 2005年5月

- (35) 長岡：“第7回確率論的安全性評価・管理に関する国際会議（PSAM7）参加報告”，日本信頼性学会誌，Vol.27，No.3，pp.188-195，2005年5月
- (36) S. Nagaoka and O. Amai: "Report on the Preliminary Analysis of Pre-Implementation Safety Assessment for

Japanese Domestic RVSM", ICAO SASP-WG/WHL/7-WP/14, Montreal, May, 2005.

- (37) 長岡：“空の安全とCNS/ATMシステム”，電子情報通信学会技術研究報告，SSS2005-4，2005年5月

## 航空機衝突防止方式に関する研究【指定研空／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
- ・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16年度は最終年度である。

平成16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
- ・統合シミュレーション環境の改造と試験
- ・ACAS信号の信頼性に関する調査
- ・航空局への技術支援

このほか，平成14年以降の研究期間中に，次のことを行ってきた。

- ・ACASを用いた複合型システムの試作と実験
- ・衝突防止に関する他システムの運用等に関する調査

なお，平成16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，データの入力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。

平成16年度は，これらの研究成果をまとめて第1回SCRSパネル会議報告書作成に寄与するとともに，ICAOが編集集中のACASマニュアル案の作成に参加した。

### 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、グライダー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、ドイツではグライダー等に搭載可能な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連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。また、前述のSCRSパネル会議にも報告している。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 ACASを用いた複合型システムの試作と実験

ACASが送信するモードS質問信号を用いて、マルチラテレーション（逆GPS）方式の測位が可能であることを示した。これを実証するため、実験装置を試作し、電波無響室内での実験により測位の可能性を示した。この成果をもとに、新たな別研究テーマとして「ACAS信号を用いた受動型測位方式の研究」を平成14年度に開始することになった。

### 3.5 統合シミュレーション環境の改造と試験

ACASの遭遇状況について行政当局から詳細な調査を

依頼される事例が発生した場合、ACASの動作状況を詳細にシミュレーションする必要がある。

この目的で使用可能なシミュレーション環境は、これまでにワークステーション上にて開発済みであるが、機器の老朽化などの問題が発生していた。そこで、シミュレーションに関するノウハウの維持・改良と使用する機材の更新のため、シミュレーション環境をPC-UNIX環境に移植し、今後も継続して行政要望に対応できるよう機材を整えた。

### 3.6 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必要がある。

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, Second report of 2002", SCRSP WG-A IP/4/137, 2002.11
- (2) Sumiya et. al. : "The trend of the RA report based on the principal component, SCRSP WG-A IP/4/138, 2002.11
- (3) 住谷他:「主成分分析に基づくパイロットコメントシー



- トの傾向], SANE2002-80, 2003.2
- (4) 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
- (5) 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
- (6) 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
- (7) 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
- (8) Ozeki : "RA broadcast with the mode S extended squitter", ICAO SCRSP/WG-A, 平成15年 5月
- (9) 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
- (10) 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
- (11) 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
- (12) 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
- (13) 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
- (14) Ozeki, et. al. : "RA downlink anomalies observed with SSR mode S in Japan", 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, 平成16年 2月
- (15) 住谷他 : 「EVS実験における景観と3D-CGのHUD融合」, 第 3 回電子研発表会, 平成15年 6月
- (16) Ozeki, et. al. : "SCRSP report on the ACAS monitoring in JAPAN", ICAO SCRSP/WG-A, 平成16年 4月
- (17) Ozeki, et. al. : "SCRSP report on the RA downlink anomalies observed with the SSR mode S in JAPAN", ICAO SCRSP/WG-A, 平成16年 4月
- (18) Ozeki, et. al. : "SCRSP report on the ACAS monitoring in JAPAN", ICAO SCRSP/WG-A, 平成16年 4月
- (19) Ozeki : "Transponder issues found by SSRs and its effect on ACAS", ICAO SCRSP/WG-A/ACAS-SG, 平成16年 4月
- (20) Sumiya, et.al : "The trend of ACAS II operational monitoring results in Japan, the report of 2004", ICAO SCRSP/WG-A, 平成16年 4月
- (21) 住谷 : 「エンハンスト・ビジョン・システムに関する調査と基礎研究」, 日本航空機操縦士協会フライトテスト委員会, 平成16年 8月
- (22) 住谷 : 「パイロットコメントシートに基づく TCAS II の運用モニタリング」, 日本航空機操縦士協会フライトテスト委員会, 平成16年 8月
- (23) 住谷他 : 「RAレポートに基づく TCAS II の運用モニタリング」, 日本航海学会平成16年度秋季研究会, 平成16年10月
- (24) Ozeki : "Proposed part of corrigendum on equations in the draft ACAS manual, issue 0.9", ICAO SCRSP/WG-A/ACAS-SG, 平成17年 2月

### ILS高カテゴリ化に関する研究【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

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CATⅢの運用がわが国の3空港で実施されている。CATⅢ化により濃霧による就航率の低下が大幅に改善された。現在、積雪量の大きい青森空港で、CATⅢ化が実施されているが、次のような積雪の問題を

解決しなくてはならない。

- (1) 現状は、飛行検査以外に適当なグライドパス (GP) の監視方法がない。また、従来の予測計算では、積雪の誘電率を計測する実用的な方法がないので、GP反射面の積雪表面を完全導体に置換えて計算しており、飛行検査結果と一致しなかった。

- (2) 積雪深が増加すると、GPが上下偏位して規格値を逸脱し、ILSのシステムの完全性 (System Integrity) が低下する事象が発生する。このため現行CAT IIIでは10cmの厳しい除雪基準を適用している。
- (3) 本研究は、GP反射面の積雪誘電率の測定値を用いて進入コースを高精度に予測する方法である。このようなGP監視装置を用いることによって、(2)の除雪基準を大幅に緩和し、システムの稼働率の向上を図るのが目的である。

## 2. 研究の概要

本年度は、3年計画の最終年度である。具体的には、

- (イ) 青森大学との共同研究で実用的な積雪の誘電率測定装置の開発を行った。飛行実験に関するJAXA (宇宙航空研究開発機構) との共同研究で、希少な積雪時のGPの実証データを収集した。また、3次元の積雪面反射波解析法を考案し、GP予測精度の向上を図った。
- (ロ) 小型機が誤って低角度で進入すると事故を起こす可能性がある現用FFM (Far Field Monitor; 滑走路中心線設置型) に代わるオフセット (滑走路両端設置型) FFMの有効性を電波無響室のスケールモデルによって確認した。

## 3. 研究の成果

### 3.1 GPパス監視システムの製作と実証試験

共同研究で開発した誘電率測定装置のセンサ方式は、実用性を考慮して共振型の有刺センサを雪に刺して測定する方式を採用している。また、GP反射面は自然積雪でなく、重機によって圧雪・除雪する積雪面である。このため、上層の雪質は新雪であるが、中層はしまり雪やざらめ雪に、下層は氷層の3層構造になる。

以上を考慮して、上層・中層用に10cm間隔の5段スタッ



図1 青森空港に設置した5段スタック雪質センサ



図2 青森空港に設置した重機圧雪用雪質センサ

クセンサ (図1) を、下層用に重機圧雪用の平板センサ (図2) を試作した。積雪の誘電率の自動計測を実施したところ、実験の途中に、システムの一部 (マルチポートスイッチ) が故障して、2週間の連続データしか収集できなかった。実験データを確認したところ、2種類のセンサは実環境の雪質変化を精度よく計測できること、特に、図2の平板センサは重機にも十分耐えられる強化構造を有していることなどが確認された。

### 3.2 GP予測精度の向上

JAXAの実験機MuPAL-*a*を用いた飛行実験結果を図3に示す。2年間に飛行実験を4回行った。図に示すように $\pm 4 \mu A$ の上下偏位を生じている。図4は、地上積雪実験データを用い、積雪の層構造を比較的分割の粗い2層又は3層に分割したときのGPの解析結果である。積雪の誘電率を解析で用いると、飛行実験結果とよく一致するようになる。また、GPの偏位が $-4 \mu A$ 下降するのは、雪質が乾雪になるときであり、 $+4 \mu A$ 上昇するのは雪質が湿雪になるときである。

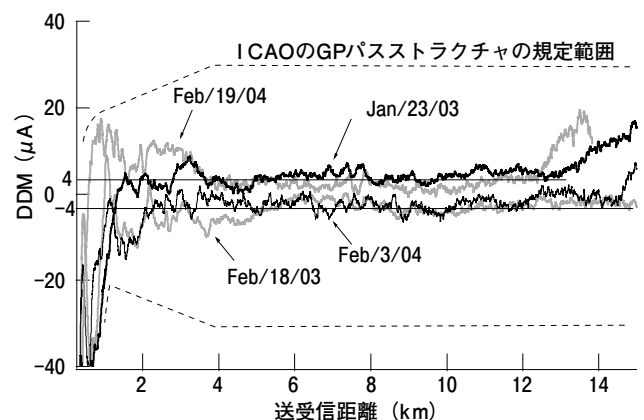


図3 積雪時のGPの飛行実験結果

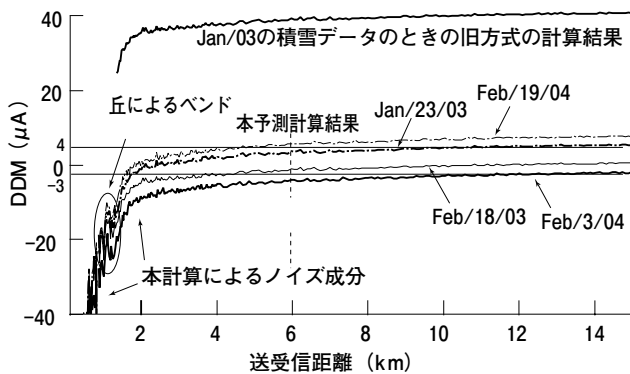


図4 地上積雪データを用いたときのGPの予測計算結果

### 3.3 オフセットFFM方式の実験結果

現用FFMは、滑走路中心線10m間隔に3本のモニタアンテナを立て、それらの受信信号を多数決で監視する方式である。オフセットFFMは、滑走路の両脇に立てた2本の受信アンテナのRF信号の合成によりコース信号を生成する方式である。

電波無響室において、アンテナ昇降装置に現用FFMアンテナとオフセットFFMの受信アンテナを取り付けて、昇降装置を移動しながら、滑走路上に置いた航空機の尾翼模擬アルミ平板によるコース変動を測定した。実験の結果、オフセットFFMのコース変動の方が現用に比べてやや大きめに現れること、概ね周期が一致すること等が確認された。

## 4. まとめ

青森空港で実施したGP監視装置の実験の概要、飛行実

験と地上実験の実験結果の妥当性及び新しいFFM方式の性能等について検討した。

- (1) GP監視装置の総合試験を行い、システム全体の動作確認を行った。本年度は、システムの一部（マルチポートスイッチ）の故障により、2週間のみデータ収集をした。しかし、2種類のセンサは、GP反射面の積雪の雪質変化を精度良く計測できること、平板センサは重機にも十分耐えられる強化構造を有することが確認された。
- (2) 積雪面の層構造を比較的分割の粗い2層又は3層モデルに近似してGPのパスストラクチャーを解析したところ、飛行実験結果とよく一致することが確認された。今後は、GP反射面の除雪基準の緩和とパス幅の規定を逸脱しない除雪方法についても検討する必要がある。
- (3) オフセットFFM方式のモニタ特性について、実験的手法によって確認した。オフセットFFM方式と現用FFM方式の航空機の尾翼模擬アルミ平板によるコース変動を比較した結果、概ね相関があることが確認された。本方式の特徴は、費用対効果が現用の2/3に軽減され、滑走路中心線にアンテナを設置しない等のメリットがある。将来的には、交通量の比較的少ない空港に設置して実用化試験を行いたいと考えている。

## 参考文献

- (1) 増位他：“多目的実証実験 (MuPAL-*a*) 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：“青森空港の積雪によるグライドパス空間誤差特性”，日本航海学会論文集 第112号，2005.3

## SSRモードSを用いた空港面航空機監視の研究【指定研究／空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部

担当者 ○古賀 禎，田嶋 裕久，加来 信之，小松原 健史，瀬之口 敦

研究期間 平成16年度～平成17年度

### 1. はじめに

近年における空港面における交通量の増大に伴い、安全で効率的な運航を可能とするA-SMGCSシステムの早期の実現が期待されている。A-SMGCSシステムは、監視、経路設定、誘導、管制の4つの基本機能から構成されている。監視機能は、後者の3機能で必須の航空位置を提供することから、最も重要な役割を担う。このため、A-SMGCSシステムでは、ASDE、マルチラテレーションなど複数の監視センサを使用し相互に補完することで、高い信頼性を持つ監視機能を実現する。監視センサには長所短所があるた

め、様々な種類の空港面監視センサの研究が進められている。

SSRモードSはターミナル・航空路の航空機を監視するシステムであるが、空港面監視に利用した場合、ASDEやマルチラテレーションにはない特徴（1. 航空機の識別が容易 2. 地上局1局で測位可能 3. マルチパスの影響を軽減 4. 航空機—地上施設間のデータ通信を実現）を持ち、A-SMGCSシステムの監視センサとして可能性を持つ。しかしながら、モードSは元来ターミナル・航空路の監視用に開発されたため、空港面における監視性能は明

らかではない。そこで本研究では、A-SMGCSにおける監視センサとして利用するためには、SSRモードSの監視性能について検証をするとともに、測位精度の改善方法（空港内において方位精度0.06度以内、距離精度6 m以内で測位する手法）および、監視レートを改善する方法（1秒に1回の測位を実現する手法）の確立を目指す。

## 2. 研究の概要

本研究は2年計画であり、平成16年は第1年目である。平成16年は、基礎実験を行い距離測定方式の改良について検討を行った。

## 3. 研究の成果

### 3.1 基礎実験

SSRモードSシステムの研究において整備されたシステムを利用して、空港面上を走行する車両にトランスポンダを搭載し、測位実験を行った。この結果、SSRモードSを利用しても空港内におけるターゲットを10から15m程度の

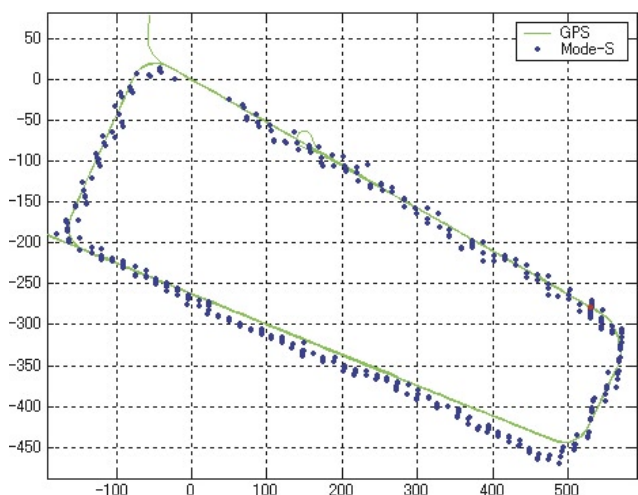


図1 モードSとGPS航跡の比較（バイアス補正後）

誤差で測位でき、図1に示すように、概略の位置を把握することができた。解析の結果、距離誤差に比べて、角度誤差が大きくなることが明らかになった。

### 3.2 距離測定方式の改良

距離測定精度を改善するため、信号波形のサンプリングを周波数16MHzから625MHzに上げて測位を行った。また、到達時間検出方式として、マルチパスに強いDelay and Attenuate Compare (DAC) 法を適用した。固定点を測位した結果を図2に示す。距離測定誤差の標準偏差は4.2mとなり、目標距離誤差以下となるバラツキの小さい結果が得られた。一方、バイアス誤差が存在し、これが誤差の大きな要因となっていた。固定目標による補正を行うなどして、バイアス誤差を補正する必要がある。

## 4. 今後の予定

H17年度は、角度測定および監視レートの改良手法について検討を進める予定である。

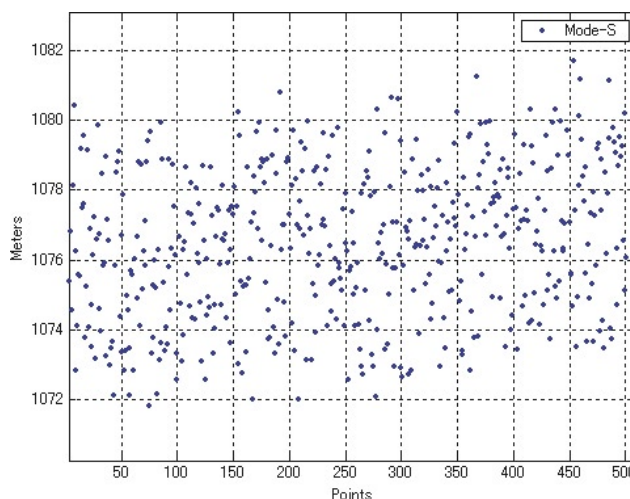


図2 固定点における距離測定結果

## ルーネベルグレンズを利用した航法機器に関する研究【基礎研究／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17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

本研究は当初3年計画を担当者の在外研究により，それと並行して実施するため4年計画に変更した。平成16年度は3年目である。平成16年度の研究の目的は，ミリ波と可視光領域で動作可能な誘電体レンズの開発，ミリ波用レドームの開発を行った。

## 3. 研究成果

昨年度までに実施した基礎実験より，球形誘電体レンズのミリ波領域における基本特性を取得していた。今年度は更なる特性向上を図るため，テフロン球から他の誘電体材質の球に変更して測定を行った。そこでレクソライトと呼ばれるスチロール系樹脂の特性が突出していたことが判明した。また，その透明度を生かして，ミリ波と光を両方集光するレンズ，および反射する反射器について検討を行い，一定の成果を得た。図1に試作した光・ミリ波共用レンズを示す。更には国産スチロール樹脂による比較評価を行った結果，製法上の問題を克服すれば，レクソライトと同等の結果が得られることが判明した。それらの周辺技術に関して得られた成果を国内2件の特許出願にまとめた。

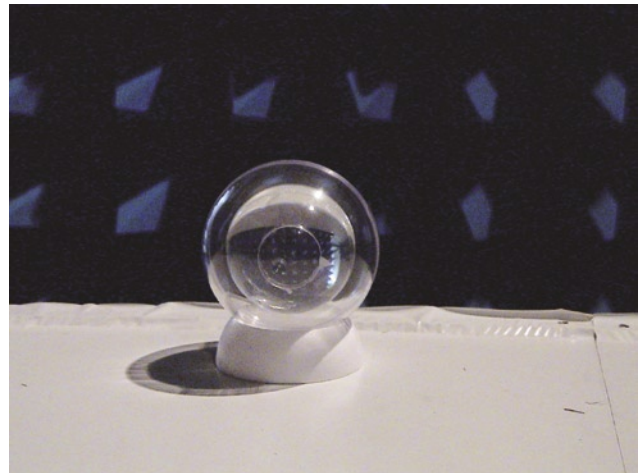


図1 光・ミリ波共用レンズ

さらには，検討の過程において，発泡スチロール上に塗布する高硬度ウレタン樹脂の特性を測定したところ，ミリ波帯において良好な透過特性を示すことが判明した。これらの周辺技術に関して，国内外の特許出願としてまとめた。

## 4. 考察等

今年度のミリ波帯における誘電体レンズを用いた実験の成果からミリ波波長に対応するレンズの光学的，電波的特性をおおよそ見積もることができた。

次年度以降はこれらの成果を元に各種反射器の製作を行う予定である。

## 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開発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，独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構（旧 運輸施設整備事業団）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16年度は主に以下の2課題に関して研究した。

- (1) 障害物探知システムのヘリコプタ搭載
- (2) 実機飛行実験，考察

まず，平成15年度に開発したヘリコプタ搭載障害物探知・衝突警報システムの構成等について検討すると共にシステム小型化の可能性について考察した。このシステムを用いた飛行実験方法について検討した。また，飛行実験結果からシステムの性能を評価している。

### 3. 研究成果

#### 3.1 障害物探知システムのヘリコプタ搭載

図1は今回開発したヘリコプタ搭載障害物探知・衝突警報システムの構成概要である。このシステムは、ミリ波レーダ、赤外線カメラ、制御装置等からなる基本システムと、ヘリコプタに搭載して確実にデータを収集するためのビデオ記録器、センサ安定化用ジンバル、無停電電源等から構成される。

図2はヘリコプタに搭載されたこのシステムである。全システムは2台の機器ラック及び外形寸法約620×900×600mmのジンバル装置上に取り付けられ、重さは約210kgとなった。このため、システム小型化は今後の実用化を考えると重要となる。図1の「基本システム」は、障害物探知、データ処理及び障害物強調表示という必要不可欠な機能を果たす部分であるが、黄色の付加装置部分は、データ記録と実験の信頼性向上を主な目的とするもので、実用装置では不要か大幅に簡略化できる。「基本システム」の重量は现阶段では50kg程度あるが、構成機器を専用機として設計・開発することで、最終的には現在の半分程度まで小型・軽量化が可能と考えられる。

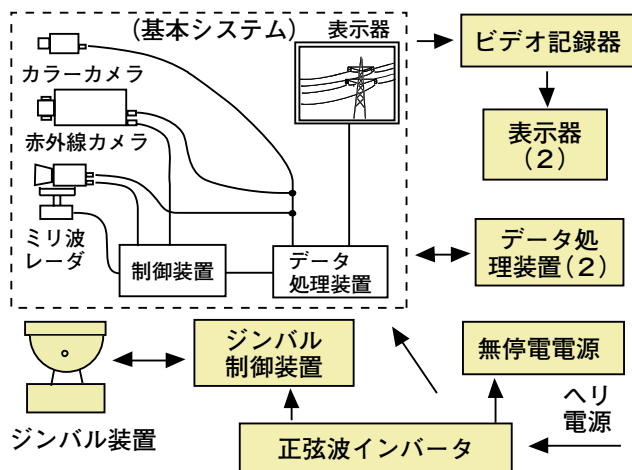


図1 ヘリコプタ搭載障害物探知システム

#### 3.2 実証飛行実験

図3は飛行実験方法である。まず、送電線が架設された山間地の適切な場所に観測基準点 (H1, H2等) を設定し、そこからの垂直距離 ( $d_1, d_2$ 等) を変化させつつ送電線を観測した。実験は岐阜県美濃市付近の山間部で行った。図4は、平成17年2月降雪状態で約400m離れた直径38.4mmの送電線を障害物探知・衝突警報システムで探知、表示した例である。この図の左上の窓は画像出力で、レーダからの距離情報により障害物の濃度をええつつ赤外線、カラー融合画像の表示を行う。左下の窓はレーダ出力、右下の窓はレーダによる距離情報である。図(a)はカラーカメラのみによる表示で、降雪の影響で送電線を識別するのは困難であった。図(b)は障害物を探知したときで、レーダ出力窓には目標 (送電線) に対応するピーク信号が現れ、画像出力窓にはカラー画像と送電線を緑色に強調した赤外線画像とが融合・表示されると共に、距離情報も表示された。飛行実験から、このシステムは800m先の送電線を探知、表示できると共に、障害物探知から表示までの処理を毎秒5枚以上の画像更新速度で行えることが分かった。但し、レーダによる送電線探知率は遠方になるほど低下する傾向があったため、この探知率向上は本システムに残された課題である。また、実用化のためにはシステムの小型・軽量化のための更なる検討が必要である。

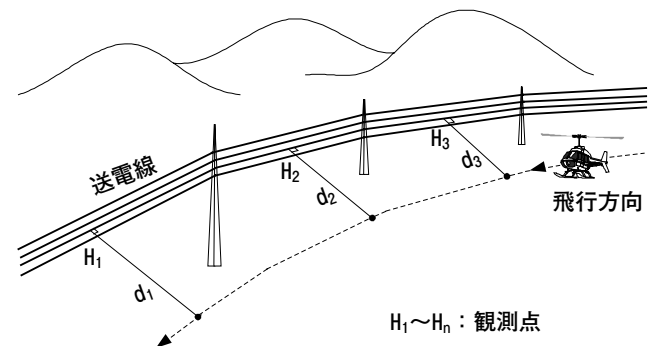
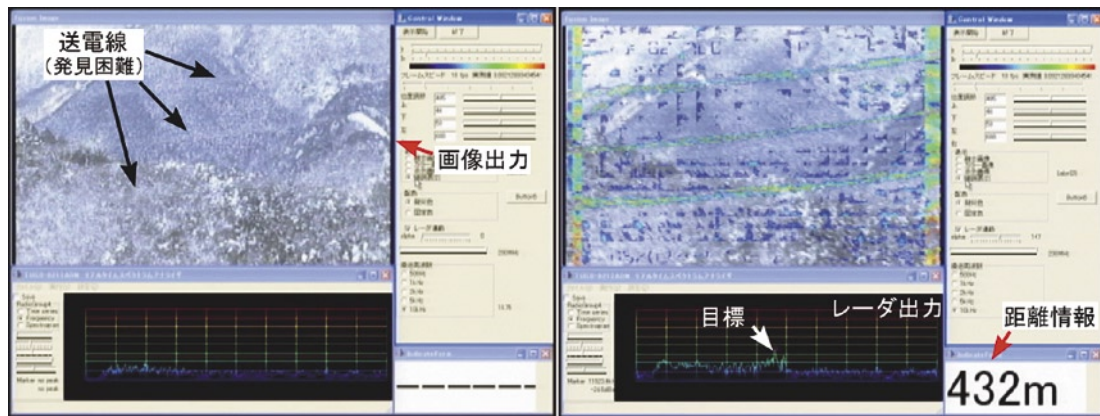


図3 飛行実験方法



図2 ヘリコプタへの搭載図



(a) カラーカメラのみによる表示

(b) 送電線を探知したときの表示

図4 障害物探知システムによる400m離れた送電線の表示例

#### 4. まとめ

新たに開発した障害物探知・衝突警報システムをヘリコプタに搭載し、検証飛行実験を行った。その結果、このシステムは800m先の障害物探知とリアルタイムでのデータ処理・表示という本研究の目標を達成できた。

#### 掲載文献

(1) N. Yonemoto, et al., "A New Color, IR and Radar

Data Fusion for Obstacle Detection and Collision Warning", Proceedings of SPIE, Vol. 5424, pp.73-80, April, 2004

(2) 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16年度運輸分野における基礎的研究推進制度研究成果報告書

### 平成16年度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16年度

#### 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。

- ・空港周辺でのJTIDS運用制限の再検討

- ・JTIDS運用協定の改定案

- ・チャンネルを共有する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、GNSSへの混信予測のために必要な基礎データを取得するためのベンチ試験手法の開発、今後の運用方式への追加候補であるコンテンツンアクセス方式に関する検討が主な課題となった。

#### 3. 研究成果

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た。また、平成16年5月に米国サンディエゴ市で開催されたMNWG (多国間作業部会) 2004-1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。これらの調査結果をもとに、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整理し、干渉分析手法の開

発を開始した。さらに、GNSSの構成要素になるGPS-L5信号への干渉を分析するデータを得るため、航空自衛隊およびJSC（米軍統合周波数センター）と共同でベンチ試験方式を開発した。当研究所は、航空局無線課の協力を得てベンチ試験に必要なDME/TACAN信号環境を調査し、試験用信号環境の開発に必要なデータを提供した。その他、今後の信号環境測定実験に必要な測定方式の確認等の準備調査を進めた。

平成17年3月に米国アナポリス市にて開催されたMNWG-TI会議においては、開発したGNSSベンチ試験方式の検証実験を共同で実施し、基本動作を確認するとともに今後の課題を討議した。また、新しいJTIDS運用方式に関する干渉分析手法について、米国のものと比較検証し、相互に課題を確認した。

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16年度受託研究報告書JTIDS等国内展開基準の作成」，平成17年3月
- (2) Ozeki："DME/TACAN signal environment estimation in the Nagoya Airspace", US-Japan TI meeting, October, 2004.
- (3) Ozeki："DME/TACAN signal environment estimation for the Japanese Airspace", US-Japan TI meeting, January, 2005.
- (4) Ozeki："Probability of interference to DME/TACAN by JTIDS/MIDS contention access", MNWG-TI meeting, March, 2005.

### 関西空港におけるCRMにかかる業務支援委託【受託研究／空港整備勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○長岡 栄  
研究期間 平成16年7月2日～平成17年3月18日

#### 1. はじめに

関西国際空港では、着陸帯内において止水壁工事が検討されており、当該工事中における航空機の運航の安全性について、ICAOで開発されたCRM（Collision Risk Model: 衝突危険度モデル）を用いた調査が㈱日本空港コンサルタンツにより実施されている。

当所は関西空港株式会社および国土交通省航空局より当該問題に関して相談を受けICAOのCRMについて調査し、それを航空局内の会議で解説・紹介した。また、㈱日本空港コンサルタンツからの委託研究として以下のことを請け負った。

- (a) CRMおよび衝突危険度シミュレーションの諸外国における現状を調査し、一般の理解に寄与するための整理・解説をする。
- (b) 同社が受注した調査に関するコメント
- (c) 当該検討調査の妥当性およびICAOのCRMの内容についての確認

#### 2. 研究の概要

(a)のためには、文献調査と関係機関に出張し、研究者の聞き取り調査を行った。また、Internet等で入手できる文献を基にして衝突危険度モデル関連の研究開発状況を調べた。(b)と(c)のために、CRMソフトのマニュアル（ICAO

Doc 9274）を精査し、このモデルの概説を試みた。(b)については、精査結果と委託先が作成した調査報告書の内容を検討しコメント文を作成した。

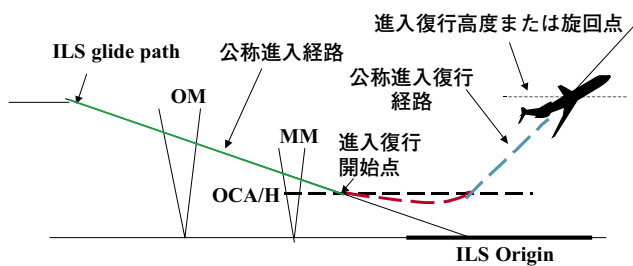
聞き取り調査では、まず、海外の関連機関等に出張し、衝突リスクモデルや安全管理手法等に関する聞き取り調査を行った。この調査のため、①オランダ航空研究所（NLR）、②英航空交通業務会社（NATS）、③フランス航空航法研究センター（CENA）および民間航空大学（ENAC）を訪問し、関連研究者から聞き取り調査を行った。

#### 3. 調査結果

ICAOのILS運用のための衝突危険度モデル（CRM）の使用状況と衝突リスク推定にかかる諸手法に関する調査を行った。その結果、以下のことがわかった。

- (1) ICAOのCRMはオランダとフランスでは実務者によく使用されている。
- (2) 20年以上前に作られたCRMによる計算結果は、現行機に対しては、概ねリスクを大きめに推定する。
- (3) CRMソフトはFORTRANで作成したものを他言語に翻訳したものが幾つか使用されている。
- (4) 現CRM文書（Doc9274 AN/904）は、障害物間隔パネル（OCP）で、2005年に改訂される予定である。
- (5) フランスではPANS-OPSの方式作成支援ソフトが





\*OCH以下のVisual Descent関連リスクは考慮していない

図1 CRMが対象としている精密進入部分

ENACで開発されている。

- (6) 英国とオランダでは個人リスクに基づき第三者集団リスクのコンターを算出し、空港周辺の開発の規制基準として用いている。
- (7) NLRでは人間系をも考慮した実地的な（複雑な）衝

突危険度を推定するソフトウェアを開発している。

- (8) フランスのENAC/CENAでは数学や統計学を応用した解析が行われている。

#### 4. まとめ

本委託研究の概要を示した。本委託に伴う調査では、CRMの概要を航空当局の関係者に説明する機会があった。

#### 掲載文献

- (1) 長岡 栄：“ILS運用のためのCRM（Collision Risk Model）”，国土交通省航空局，「関西国際空港における止水工事の実施について」に関する会議，2004年5月
- (2) 長岡 栄：“関西空港におけるCRMにかかる業務支援受託報告書”，電子航法研究所委託研究報告書，2005年3月

### 航空機内の電磁干渉障害に関する調査業務委託【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16年7月30日～平成17年3月31日

#### 1. はじめに

携帯ゲーム機，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，それらの電波が機上装置に干渉し障害を引き起こす可能性がある。最近，携帯電話等意図的に電波を放射する機器（T-PED）の機内での使用希望が増えているが，T-PEDはPEDより一般に電波が強く，機上装置に干渉する可能性が高いため，その使用可否に関する検討は重要である。本研究の目的は，機内に持ち込まれるPEDが機上装置に及ぼす影響について，航空会社から提出される「電磁干渉障害報告書」やRTCA（米国航空無線技術協会）の討議等をもとに調査，検討することである。

#### 2. 調査の概要

「航空機電磁干渉障害報告書」をもとに，平成16年に機上装置で発生したPED（T-PEDを含む）が原因と疑われる機上装置の不具合事例の調査，検討を行っている。また，T-PEDの機内使用に係わる指針作成を目的としたRTCA（米国航空無線技術協会）のSC-202（携帯電子機器に関する202特別委員会）会議に参加し，その討議内容について調査すると共に，電子航法研究所からSC-202に提供した報告の概要について述べる。

#### 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16年に受領，分析した報告書はこれまでで最多の32件であり，報告総件数は134件となった。報告書から，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。本年度は，乗客のPED使用と障害発生のタイミングや，発生場所等分析項目の追加を行った。図1は，2004年の報告から障害発生場所をプロットした例である。障害発生場所は何カ所かに集中する傾向が見られ，かつ便数が多い空港の周辺とは限らないことから，障害に地上電波が関係している可能性もあり，今後更に検討を進めることとなった。また，障害とPED使用のタイミングを分析した結果，PED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 RTCA SC-202会議報告

2004年7月及び2005年1月，RTCA主催のSC-202会議に出席した。この会議の主な目的は，航空の安全を確保しつつT-PEDの機内使用を可能とするための技術基準策定である。SC-202では，現在4つの作業グループに分かれて調査・討議を行っており，これまでに無線LANの機内使用を想定した第一段階報告（DO-294）を刊行した。最近

の主な議題は、携帯電話がILSに干渉した事象の調査、携帯電話電波の機内伝搬特性等である。

電子航法研究所では平成14、15年度総務省の委託を受けて実施した無線LAN電波の機内での電波伝搬特性等に関して下記の題目で報告した。報告したデータは、RTCAの基準作りに活用されると期待される。

#### 4. 今後の課題

- ・「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
- ・T-PEDの機上装置への干渉に関する検討
- ・RTCA SC-202会議への参加、報告の実施

#### 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17年3月
- (2) K. Yamamoto et al, "Some Aspects of Wireless LAN System in Aircraft - From View Point of LAN and Electromagnetic Compatibility", RTCA SC-202, July 2004.

- (3) K. Yamamoto et al, "Electromagnetic Propagation characteristics in Aircraft in Wireless LAN Frequencies", RTCA SC-202, Jan. 2005.

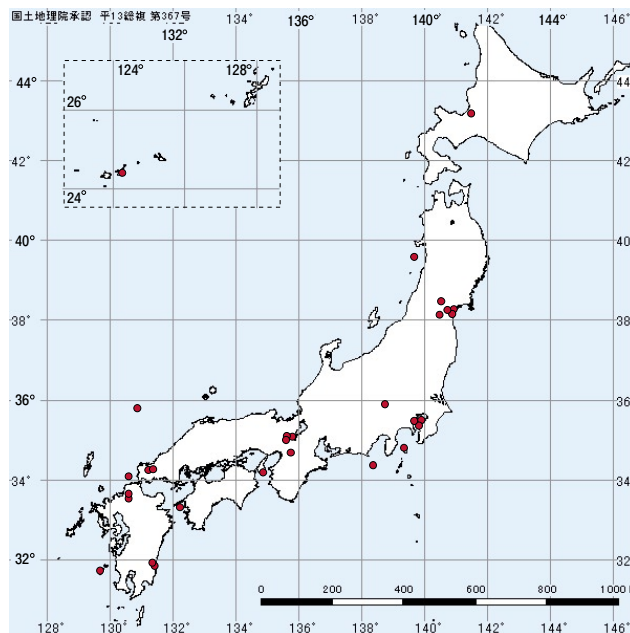


図1 電磁干渉障害発生場所（2004年報告）

### 東京国際空港の再拡張に係る ILS 設置条件調査委託【受託研究／空港整備勘定】

担当部 電子航法開発部  
担当者 ○横山尚志, 朝倉道弘  
研究期間 平成16年10月9日～平成17年3月25日

#### 1. はじめに

本調査は、東京国際空港の再拡張に伴いD滑走路が新設された後に、B滑走路及びD滑走路へ平行進入を可能とする方位精度の高いLDA（Localizer Type Directional Aids）進入方式を導入することが予定されているが、その際に確保すべきILS設置用地の要件などについての委託調査である。

#### 2. 研究の概要

- (1) LDA 進入方式におけるLLZアンテナ設置位置及び確保すべき用地の要件等の調査

仮設用地にローカライザアンテナを設置して飛行検査を実施し、ローカライザの進入コース特性を満足するアンテナ前方用地面積の確認をする。

シミュレーションでは、飛行検査結果をもとにして、LLZアンテナ用地の前方斜面と海面反射の影響、側方建造物の配置による影響及び後方建造物の電波障害防止策を検

討課題とし、LDA 進入覆域のコース特性を解析する。また、LLZアンテナ設置用地については、費用対効果の点から最小面積を検討する。

- (2) GP 反射板の積雪対策についての調査

D滑走路のGP反射板の積雪対策に係る要件については、現用GP反射板の横に舗装厚19cmの実験用反射板を併設し、両反射板の積雪比較実験データを収集し、当所が考案した実験用反射板の有効性を確認する。

- (3) ローカライザ着雪防止技術に関する調査

24素子LLZ空中線への着雪及び融雪時のコース変動を低減し、LLZ空中線の安定性を向上させるための調査である。空中線エレメントをポリウレタンホームや硬質ビニール電線管等で覆うなどした方策により、着雪・融雪による放射特性変化の改善などを実験的手法により確認する。

#### 3. 研究成果

- 3.1 LDA 進入方式におけるLLZアンテナ設置位置及び確

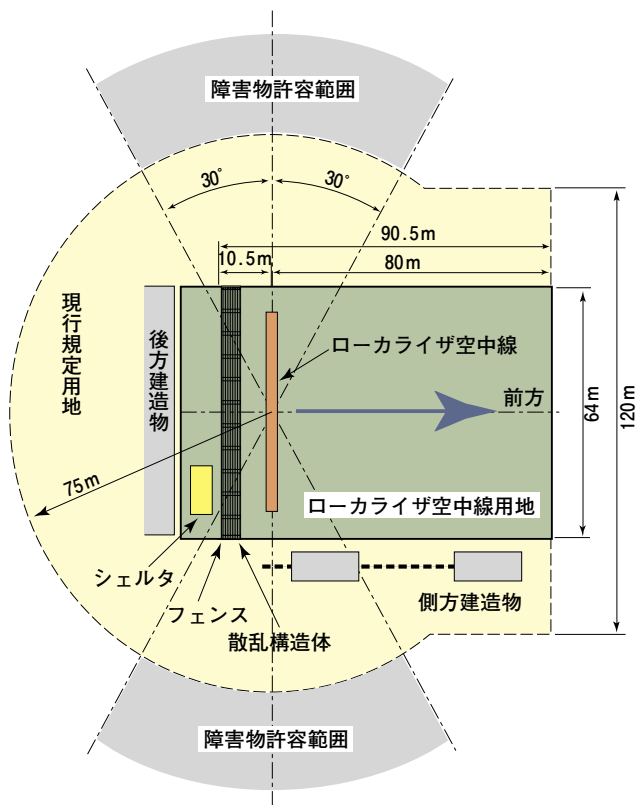


図1 LLZ空中線設置位置と周辺構造物

保すべき用地の要件等の調査

海拔26mの東京湾江東埋立地にLLZアンテナを設置し、LLZアンテナ前方用地の平坦部分の距離を $X_0=30\text{m}$ 、 $80\text{m}$ として飛行検査を行った。その結果、 $X_0=80\text{m}$ にすれば、進入コース特性はCAT Iの規格値を満足することが確認された。

また、シミュレーションでは、飛行試験で明らかになったコースバンドの発生要因や、LLZアンテナを設置するにあたり確保すべき用地の面積について検討した。

(イ) LLZアンテナ用地前方斜面の向きとLLZアンテナとの平行度がコースバンドを発生する原因であることが分かった。

(ロ) 将来、側方用地が公園緑地になるか建造物が立つのか、現状では未定である。そこで、GTD (Geometrical Theory of Diffraction) を用いて、影響が大きいと思われる建造物に対するLDA方式の進入覆域の基本コース特性についての解析を行った。その結果、側方建造物の配置によっては、 $\pm 35$ 度のクリアランス特性の一部に規格を逸脱する場合が生じることが分かった。

(ハ) 後方には、LLZ装置のシェルタと、将来的には建造物も建てられる可能性がある。そこで、後方用地の面積を最小化して建造物の影響を除去する方法について検討した。その結果、LLZアンテナの10m後方に45度の角度のワイヤープレーンを張る電波散乱構造体を設置し、LLZアンテナの後方輻射波を上方に散乱させれば後方用地の最小化を図れることが分かった。

### 3.2 GP反射板の積雪対策についての調査

青森空港において、GP反射板の積雪対策のための比較実験を行った。実験用反射板は舗装厚を融雪変動最小化条件である $Das=19\text{cm}$ にしている。これに対して現用反射板は $Das=6\text{cm}$ である。

比較実験は、11月後半から3月まで、(1)反射板内外の積雪深によるモニタ指示値の変動、(2)降雨・融雪時のモニタ指示値の変動等のデータを収集した。実験の結果、実験用反射板はモニタアンテナに垂直面指向特性がブロードな2素子の八木アンテナを使用したこと、実験反射板の位置がGPアンテナ側にやや偏っていたこと等から、反射板周辺の積雪の影響を過大に受けていたことが分かった。しかし、図2に示すように実験用反射板の融雪変動は現用と比べて無視できるレベルになり、また、反射板内外の積雪に対してはモニタ指示値が安定して積雪深が20cmから30cmまで除雪が不要であることが確認された。

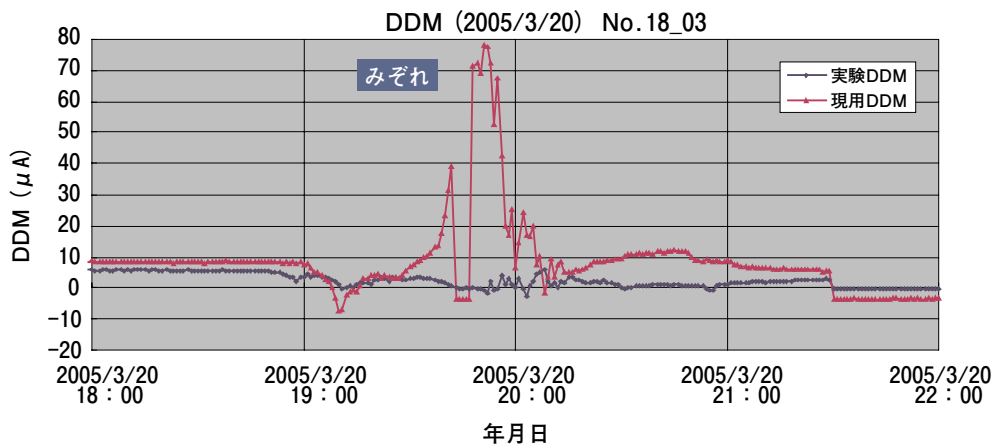


図2 実験用と現用反射板の融雪変動の実例

### 3.3 ローカライザ着雪防止技術に関する調査

LLZ空中線のエレメントをポリウレタンホームや硬質ビニール電線管等で覆うなどした方策により、着雪・融雪による放射特性の改善策などを実験的手法により確認した。(1)硬質ビニール電線管の場合、着雪時にビニール管の回転がスムーズでなく着雪をうまく除去することができなかった。(2)ポリウレタンホームで覆う方策は、着雪変動が改善されるものの、エレメントの径が大きくなると着雪が生じ易くなり、風圧加重が増加する等のメリットとデメリットを有することが確認された。

### 4. まとめ

LDA進入方式を導入するにあたって確保すべきLDA覆域の進入コース特性とILS設置用地の最小面積の要件等について検討した。

(1) 空港のILS設置用地とは異なり、将来、LDA用地は、周辺に公園緑地や建造物が建つ環境にある。そこで、影響の大きい建造物を側方・後方に想定した場合のLDA進入覆域の基本コース特性について解析し、後方に電波

散乱構造体を置く対策を施すと、LLZ設置用地の面積が現行LLZ周辺構造物の制限区域規定(Citing Criteria)のほぼ1/3に縮小できることを明らかにした。今後の課題としては、LDA用地の周辺構造物、前方航路を航行する船舶の影響及び海面高を考慮して、わが国におけるLDA方式のための明確な設置基準を作成することが必要になると思われる。

(2) D滑走路のGP反射板の積雪対策に関する比較実験では、実験用反射板にすると融雪変動が発生しなくなり、融雪時の除雪が不要になること、また、積雪時の反射板の除雪は、20cmから30cmになるまで不要であることが確認された。

(3) ローカライザ着雪防止技術に関する方策については、メリット・デメリットがあることから、今後、更に検討を加える必要がある。

### 参考文献

(1) 横山, 朝倉: “東京国際空港再拡張に係るILS設置条件調査委託”, 受託報告書, 平成17年3月

## 16R - ILS更新に伴う空中線配置等の研究委託【受託研究／空港整備勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○朝倉道弘 横山尚志  
研究期間 平成16年10月9日～平成17年2月25日

### 1. はじめに

成田国際空港の16R - ILSはCATⅢで運用中の装置である。今度、システムを更新するにあたり、サービスレベルを低下させないようカテゴリⅢ運用を継続させることが求められている。このため、新旧のLLZアンテナを併設させ、更新時の運用の中断を避けることが要望されている。

本研究は、CATⅢ用のローカライザ空中線について、新旧ローカライザ空中線が相互に電波干渉しない最適な空中線配置を検討して、その研究結果を当該施設の更新工事の実施設計に反映させるものである。

### 2. 研究の概要

本研究では、新旧ローカライザ空中線の位相中心を滑走路中心線に厳密に合わせ、後方に設置する新ローカライザ空中線を30mの整数倍の配置とし、相互に電波干渉を生じない空中線配置を検討する。図1に示すように新旧ローカライザ空中線を配置すると、30m後方の新ローカライザ空

中線高は1/50の進入表面を考慮して、60cm高く設置される。このため、後方からの前方LPDA型ローカライザ空中線の入射角は、89度になり、電波的に一枚平板として作用すると考えられる。そこで、次のような解析と実験を行った。

- (1) 前方ローカライザ空中線列を、一枚板の平板モデルとし、近傍に置かれた一枚平板モデルの影響をシミュレーションによって解析する。
- (2) 電波無響室内のスケールモデル実験によりシミュレーションによる解析手法の妥当性を確認する。

### 3. 研究の成果

#### 3.1 LLZ進入コース特性の解析結果

一枚平板を配置したときの垂直面指向特性は、低仰角で数dB信号レベルが減少する。

進入コース特性は、一枚平板がないときに比べてコース変化がDDM $<2\mu A$ となり、規定値の $\pm 5\mu A$ となり、一枚平板の影響が小さくなる。

### 3.2 スケールモデルによる実験結果

一枚平板を配置したときの垂直面指向特性は、低仰角で受信信号レベルが減少する。

進入コース特性は、一枚平板がないときに比べてコース変化が $DDM \leq 2\mu A$ となり、実周波のシミュレーション結果とほぼ同等になる。また、 $\pm 35$ 度のクリアランス特性も一枚平板の影響は無視できる。

### 4. 考察等

新旧ローライザ空中線が相互に電波干渉しない最適な

空中線配置について、実周波のシミュレーションと電波無響室におけるスケールモデル実験により検討した。

その結果、実周波のシミュレーションでは、前方ローライザ空中線の影響がICAOの規定値に収まること、また、電波無響室におけるスケールモデル実験では、実周波のシミュレーションとほぼ同等の変化であることが確認された。従って、併設時の電波的变化は軽微であり、更新時の運用の中断が避けられるものと予想される。

## 青森空港高カテゴリー化積雪調査業務委託【受託研究／空港整備勘定】

担 当 部 電子航法開発部  
担 当 者 ○横山尚志 朝倉道弘  
研究期間 平成16年10月9日～平成17年3月25日

### 1. はじめに

本調査は青森県土木整備事務所からの委託調査であり、本年度は3年計画の最終年度である。前年度までに地上実験及び飛行実験を実施した。本年度は青森空港の高カテゴリー化に不可欠な冬季積雪による除雪の必要性の可否及び除雪の方法について、シミュレーションと総合的な検討を行った。

### 2. 研究の概要

#### (1) 電波高度計（RA）用地の積雪時の電波特性

RA用地の除雪の必要性について実験的に検討するため、無積雪時と有積雪時の飛行実験、RA用地に堆積する積雪深及び雪質等のデータを収集した。

#### (2) GP反射面の電波特性

地上実験によりGP反射面に堆積している積雪データを、飛行実験ではGPストラクチャー及びパス幅を測定した。一方、シミュレーションでは、GP反射面の積雪の3次元表面形状、積雪深及び雪質を考慮して反射面の反射特性を計算し、実際の天候を模擬した積雪時のGP特性を解析した。

#### (3) 県道青森浪岡線改良工事区域のフェンスによる電波特性

図2に示すように2次曲線状の県道浪岡線に沿って防雪フェンスが設置される。その電波特性を解析し、必要があれば、フェンスの上部を電波透過材料に置換える軽減対策を講ずることとする。



図1 RA用地の積雪深測定



図2 RA用地の積雪状態

### 3. 研究成果

#### 3.1 電波高度計（RA）用地の積雪の影響

RA用地は、滑走路端から下がり勾配になっているが、その上に堆積する積雪は滑走路端からの距離に比例して積もり、積雪表面がフラットに堆積するようになる。また、RA用地に隣接する県道浪岡線の道路は除雪をするので、RA用地と1 m～3 mの段差が生じることがある。

積雪時と無積雪時の飛行実験データから、RA用地の電波的高度の誤差は少なく、フライト毎に地形変化をよく再現し、RA出力データには積雪による影響が認められなかった。また、浪岡線と電波高度計用地隣接部の段差についても、RA出力に差異が生じていなかった。このことから電波高度計に対する用地の除雪は不要であるという結論を得た。

#### 3.2 GP反射面の電波特性

(イ) 積雪時の予測計算結果は、飛行実験結果とよく一致しており、精度良く実際のGPを再現できることが確認された。

(ロ) GP反射面の積雪誘電率の測定データを用いて、実環境を模擬したGPの予測計算を行ったところ、雪質によってはICAOの規格値を逸脱する可能性があるが、現行10cmの除雪基準を30cm程度まで緩和できることが確認さ

れた。しかし、それにはGP監視装置を用いて、反射面の除雪・積雪監視体制の効率化を図る必要がある。具体的には、積雪を等積雪深になるように除雪をすること、積雪誘電率の自動計測を行って天候変化に対して柔軟なGPの監視を行う。GP監視装置の除雪対策用プリアラームなどの機能を活用する必要がある。また、GPパス幅の解析によって、飛行検査時のパス幅の逸脱要因は、GPアンテナの上素子反射点付近の吹き溜まりによるものであることが分かった。A地区の除雪範囲を300mとして上素子反射点付近を重点的に除雪することがパス幅を維持するために不可欠である。

#### 3.3 県道青森浪岡線改良工事区域のフェンスによる電波特性

防雪フェンスの先150mに高さ6 mほどの丘がある。シミュレーションでは、丘と防雪フェンスを考慮した実環境モデルで解析した。その結果、5 mの防雪フェンスを建てると、パスバンドの最大値（7～9  $\mu$ A）がCATⅢの最終進入経路（1NM付近）に発生することが分かった。他の誤差要因を考慮すると、パスバンドの最大振幅を5  $\mu$ A以下に抑える必要があるので、防雪フェンスの下部3.5mを鋼鉄製に、上部1.5mをポリカーボネイトにする防止対策を施した。

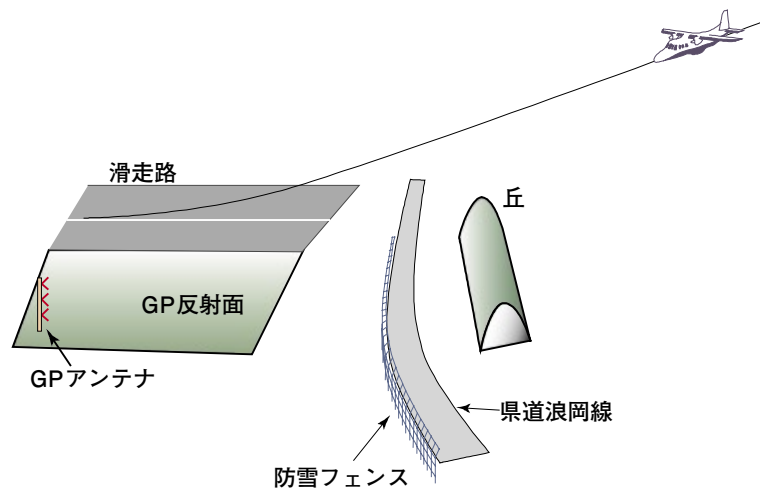


図3 県道青森浪岡線改良工事区域

#### 4. まとめ

地上実験、飛行実験及びシミュレーションにより、冬季積雪における除雪の必要性の可否及び除雪の方法について、総合的な検討を行い、次の結論を得た。

- (1) 電波高度計に対する用地の除雪は不要となる。
- (2) 現行10cmの除雪基準を30cm程度まで緩和できる。但し、パス幅に関してはA地区のGPアンテナの上素子反射点の除雪を入念に行う必要がある。
- (3) CATⅢの最終進入区間に、防雪フェンスによるパス

バンドが発生することから、5 mの防雪フェンスにするには、上部1.5mをポリカーボネイトとする防止対策を施す必要がある。

#### 参考文献

- (1) 横山，朝倉：“青森空港高カテゴリー化積雪調査”，受託報告書，平成17年3月

# 国内短縮垂直間隔導入にかかる空域安全性事前評価委託【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16年9月3日～平成17年3月31日

## 1. はじめに

短縮垂直間隔（RVSM）は1997年に北大西洋の洋上空域に、2000年には太平洋空域にも導入され、2005年9月にはわが国の国内空域への導入が計画されている。

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。

国内空域への導入に先立ち、平成15年度に国土交通省航空局 管制保安部より委託を受け、技術的リスク評価手法の調査・研究及び技術的リスクの推定を行った。その結果、全体として技術的リスクは $2.5 \times 10^{-9}$  [件/飛行時間]の技術的目標安全レベル（TLS）未満であった。ただし、G581の幾つかの経路区間では局所的にリスクがTLSを超える部分が存在することを指摘し、航空局に改善策を勧告した。

この提案に従い、航空局は一方通行の平行経路を設けるなどの経路改編を行った。今年度は、経路改編後の技術的リスクの推定を中心とする調査・研究を委託された。

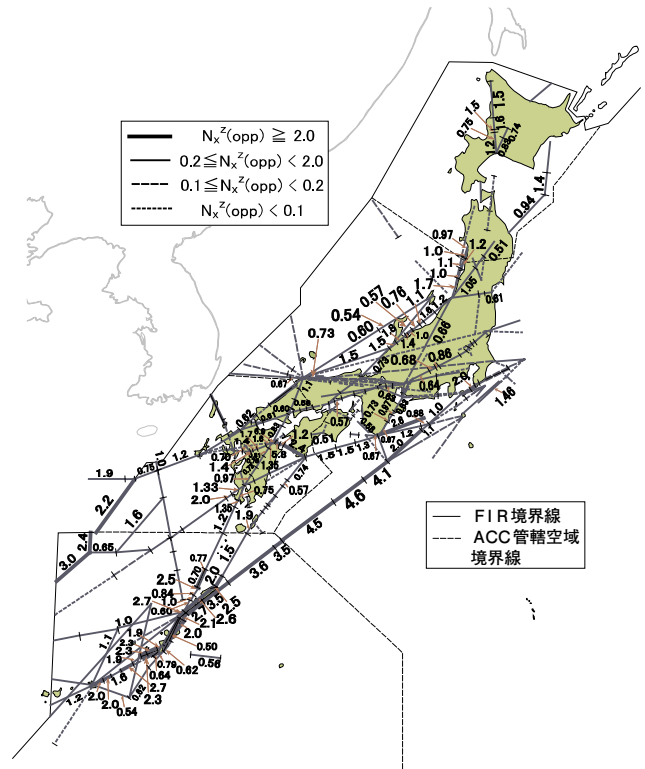


図1 各経路の反航近接通過頻度  $N_x^z(opp)$  の分布。  
(2004年9月のデータ)

## 2. 研究の概要

技術的リスクの評価には交通流のパラメータである近接通過頻度などの推定が必要である。運用リスクの評価には高度逸脱記録が要る。今回は以下の推定を行った。

- (1) 最近のFDPデータに基づき、近接通過頻度を算出し、衝突危険度を推定した。図1にその計算例を示す。
- (2) レーダデータを用いて近接通過頻度の高い空域における近接通過頻度を調べた。
- (3) 航空局で調べた高度逸脱記録に基づき、運用的危険度を試算した。

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導入のための安全性管理手法等に関する聞き取り調査を行った。訪問したのは①ユーロコントロール、②米国CSSI社とFAA技術センターである。

①では、主に3次元衝突危険度モデルや高度計システム誤差の解析状況などを調査した。②では米国の国内RVSMの実施状況、安全性評価の現状などについて聞き取り調査を行った。

## 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) 前回の報告書で指摘した近接通過頻度の高いG581ルートの改変後（2005年2月17日～28日）の技術的リスクを推定した。その結果、近接通過頻度の値が許容値以下になっていることを確認した。

## 4. まとめ

委託研究の概要を示した。研究の成果は、国土交通省における意思決定の参考資料として活用されるものと思われる。

## 掲載文献

- (1) 長岡栄, 天井治：国内短縮垂直間隔導入にかかる空域安全性事前評価委託, 電子航法研究所受託研究報告書, 2005年3月

# 羽田空港再拡張・ILS評価法の作成及び試計算【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16年9月27日～平成16年10月31日

## 1. はじめに

本受託研究は、羽田再拡張事業浮体工法における空港評価機能として、波浪による三次元的な浮体弾性変形や浮体表面形状及び舗装材料特性を考慮したときのGS反射面のGS特性を解析し、メガフロート空港の空港機能を確認するものである。

## 2. 研究の概要

本研究の研究課題を次に示す。

- (1) メガフロート技術研究組合の共同研究で開発した詳細設計用弾性応答解析プログラムを用いて規則波による弾性応答を解析する。実際の波浪は周期の異なる波による不規則波となるので、エネルギースペクトル法を用いて不規則波による3次元弾性変形の時系列を計算する。
- (2) GP反射面には滑走路からの横断勾配・縦断勾配が付いており、その上に不規則波による3次元弾性変形が重畳する。GPのシミュレーションでは、当研究所が開発した3次元積雪表面形状の反射波解析法を用いている。GPの解析では、弾性応答が最大値になるときのGP反射面の3次元の変形を用いて、航空機が速度60m/secで着陸したときのGP特性を解析する。

## 3. 研究成果

### 3.1 不規則波による弾性変形

図1にメガフロート空港のGP側空港面構造の概念図を示す。ここで、GPアンテナから回折波の発生する前端までの距離を $X_0=710\text{m}$ 、 $Y_0=120\text{m}$ とし、GP反射面の海面からの高さを $D_{hh}=13.9\text{m}$ にする。

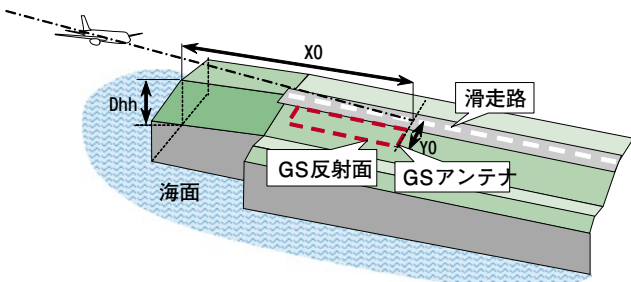


図1 メガフロート空港GP進入方式の概念図

図2に波浪不規則波による弾性変形の一例を示す。

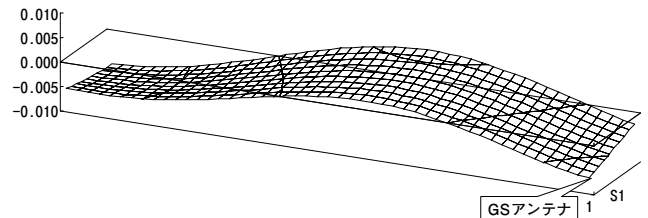


図2 GP反射面の波浪による最大変位量 (t=88sec)

### 3.2 GPシミュレーション

図3にシミュレーション結果を示す。図の表面形状はGP反射面の横断勾配・縦断勾配による反射特性、 $X_0=710\text{m}$ 先端で発生する回折波等、厚さ20cmアスファルトコンクリート舗装特性を考慮した場合である。また、弾性変位とは、図2の弾性変形を考慮した場合である。図3に示すようにパストラクチャーの上下変化は $15\mu\text{A}$ 以下となり、ICAOの規定値を十分満足している。

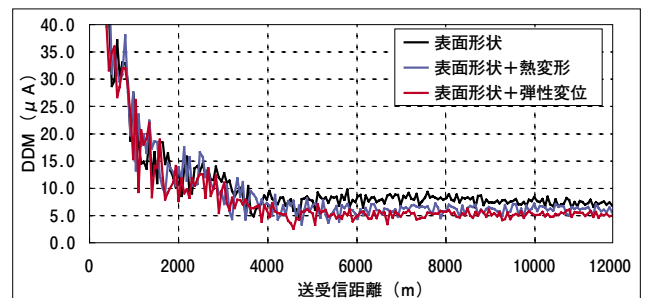


図3 GPに対する浮体空港の弾性応答の影響

## 4. まとめ

本受託試験により、メガフロート空港は空港機能上問題ないことが確認された。

### 参考文献

横山他：“メガフロート空港における計器着陸装置の評価手法について” 第18回海洋工学シンポジウム 2005.1.27



## 40ミリ機関砲初速レーダの電波特性解析【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16年11月22日～平成17年 2月28日

### 1. はじめに

住友重機械工業株式会社では、海上保安庁の巡視船搭載用40ミリ機関砲の整備を進めている。この機関砲に付属する初速測定レーダは、国内導入のため電波特性の検証、解析等を行い無線局として承認を受ける必要がある。

本受託研究の目的は、このレーダの無線局落成検査に対応するため、レーダ装置の電波特性に関するデータを電子航法研究所、電波無響室内で収集し、必要な解析を行うことである。

### 2. 研究内容及び成果

本研究では、無線局落成検査のため、40ミリ機関砲用砲弾初速測定レーダの電波特性に関するデータを収集し必要な解析を行う。図1は、機関砲とそのレーダの一例で(Bofors社ホームページより引用)、砲弾の初速を測ることで射撃精度が向上する。

受託内容は以下のとおりである。

- (1) 測定準備（レーダ取付け用治具整備、レーダ、電波特性測定用アンテナ等の無響室内設置、測定器の結線、設定等）
- (2) 初速測定レーダの電波特性測定
  - ・周波数
  - ・帯域幅
  - ・スプリアス
  - ・電力

- ・隣接漏洩電力
  - ・その他（アンテナ偏波特性等）
- (3) 測定結果の分析
    - ・レーダ放射電力の計算等

測定の結果、このレーダはすべての項目で所期の性能を有していることが明らかとなり、その電波特性を報告することにより無線局として免許が交付された。

### 3. むすび

海上保安庁の巡視船搭載用40ミリ機関砲の初速測定レーダについて周波数、電力等の電波特性を電波無響室で測定した。その結果、このレーダは所期の性能を有していることが分かり、無線局免許が交付された。

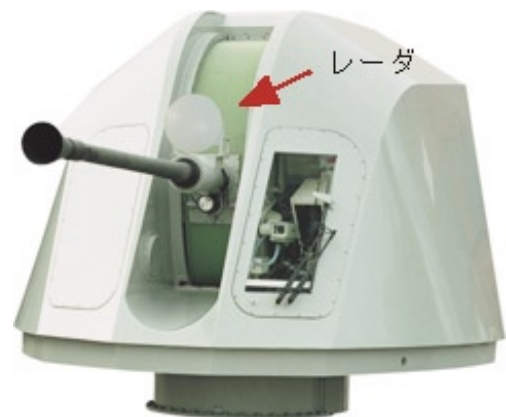


図1 機関砲用初速測定レーダの例

## 江東 VOR の移設予定地における海面反射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, 山田公男, 米本成人  
研究期間 平成16年11月22日～平成17年 1月20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。しかし、その近くには江東 VOR/DME 局があり、横断橋が VOR コースに与える影響について検討した結果、無視できない誤差

が生じることが判明した。このため、同施設を移設することとなった。

しかし、移設予定地は海岸に近い台地上であり、海面反射によって VOR 信号レベル及びコースの変動が生じる恐れがあるため、VOR/DME 施設の設置位置評価を精度良く行う必要がある。そこで、移設予定地のモデルを作成し、

当研究所の電波無響室で検証データを収集することとなり、実験及び結果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に関する研究を実施し、VORの海面反射測定に関しても多くの実績がある。また、上記の実験が可能な大型電波無響室を有しているため上記依頼に応じることにした。

## 2. 研究内容及び成果

図1は、海面反射によるVOR信号の変動を示す模式図である。海上の航空機が海岸近くのVOR局に向かって飛行するとき、航空機はVOR局からの直接波と海面反射波とを受信する。航空機の移動に伴い直接波と海面反射波が干渉して受信信号レベルが変動し、方位情報も変動することが多い。この変動を低減するにはVOR局を海岸から離して設置し、海面への入射波を減らす方法が考えられる。そこで、適切なVOR局—海岸間の距離を調べるため実験を行うこととなった。

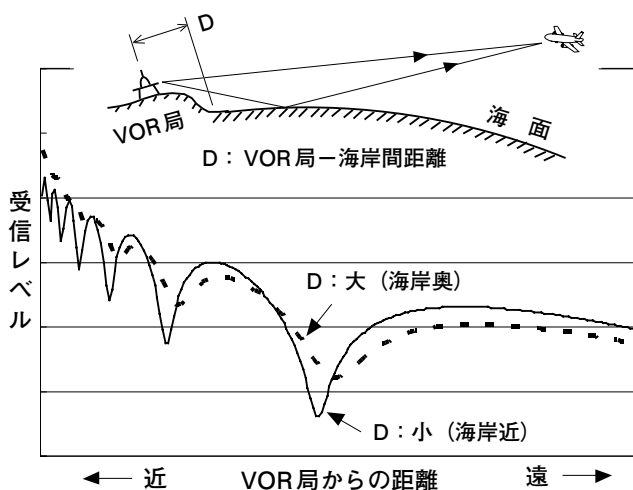


図1 海面反射によるVOR信号変動模式図

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
  - ・測定機器の校正等
- (3) 実測データの妥当性評価
  - ・実測結果と予測計算結果との比較
- (4) 実験データ分析の支援

実験の結果、VOR局を海岸から一定距離離すと、地面による電波遮蔽効果で海面への入射電波が減少し、海面反射によるレベル変動幅は大幅に小さくなって、VOR局として支障なく使用できることが明らかとなった。また、この実験結果とシミュレーションプログラムによる予測計算結果との比較により、海面反射の予測は精度良く行えていることも分かった。

## 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）による江東VOR/DME局への影響を避けるため、同VOR局の移設を行うこととなった。しかし、移設予定地は海岸の台地上であるため、海面反射の影響を予測する必要性が生じ、移設地を模擬するモデルを作成して、電波無響室で海面反射による信号レベル変動を測定した。その結果、VOR局を一定距離海岸から奥へ引き込むことで海面反射の影響は大幅に低減でき、VOR局として支障なく運用できるとの結論を得た。

## 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16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. 航空管制用デジタル対空無線システムの研究
2. 統合化データリンク・サービスの研究
3. 高カテゴリー運用が可能な次世代着陸システムの研究
4. 放送型データリンクによる航空機監視の研究
5. 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
6. A-SMGCシステムの研究
7. 航空無線通信におけるCDMA方式の要素技術の研究
8. 精密衛星測位による地球環境監視技術の開発
9. 精密測位衛星電波の海面反射を利用した海面高度モニタリング手法の開発
10. ASDEデュアルサイト化調査
11. 航空機アドレス監視データ解析調査委託
12. 航空管制用デジタル音声品質研究評価委託
13. 平成16年度マルチラテレーション導入調査委託

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と9は外部競争資金による研究、10から13は受託研究である。

1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）の開発及び評価に関する研究である。2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。3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。4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。5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。6は幹線空港等の大規模化に伴う空港面レイアウトの複雑化および航空需要増大に伴う高密度運航に対応するため、また、夜間や霧などのために視程が低い状況下でも航空機等

の安全で円滑な地上走行を確保すると共に管制官の負荷を軽減するため、これを可能とする先進型地上走行誘導管制（A-SMGC）システムを開発する研究である。7は管制通信にCDMA方式を適用するための要素技術の検討を行う研究である。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ている研究である。当所ではそのサブテーマの一つである「航空機からのダウンルッキング（DL）-GPS掩蔽観測技術の開発研究」を担当し実施している。本研究は、GPS衛星が地球に掩蔽される（GPSが地球に隠れること）時に、GPSから発射される電波の大気伝搬遅延を計測することによって大気圏の高度プロファイルを求める手法であるGPS掩蔽法を、航空機から行うための観測技術の開発を目的としている。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は低仰角の精密測位衛星（GPS）信号に与える海面反射の干渉特性を明らかにしモデル化することにより、海面高度をモニタリングする手法を開発する研究である。10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。11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。12は航空管制用対空無線の地上伝送区間及び航空管制用DA（Direct Access）電話並びにIA（Indirect Access）電話に、圧縮したデジタル音声を利用した場合の受話音声品質について評価を行ったものである。13は東京国際空港へのマルチラテレーションの最適な導入形態を提案することを目的とした研究である。

### II 試験研究の実施状況

航空管制用デジタル対空無線システムの研究では、前年度までの研究成果を反映させてVDLモード3実験システムの改良を行うとともに、米国FAAが開発したVDLモード3システムとの相互運用性評価実験、航空管制官による運用評価及びパケット伝送の最適化に関する評価実験等を実施した。

統合化データリンク・サービスの研究では、米国FAAとの間で相互接続試験を行うとともに、仏国STNAとの間で、セキュリティ機能を中心とした相互接続試験を行っ

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基準局の高性能アンテナの試作と評価を行った。

放送型データリンクによる航空機監視の研究では、監視対象エリア全域に対して安定した監視を得るために受信局を1局追加製作するとともに、これまでの評価結果に基づき、アンテナ設置方法を修正して評価試験を実施した。その結果、測位の乱れや追尾処理停止の問題が改善されたことを確認した。

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、前年度に製作した後方乱気流検出装置を当所岩沼分室屋上に設置し、仙台空港を離陸する航空機の後方乱気流を観測した。その結果、B767に代表される中型旅客機以上の航空機の後方乱気流を検出できその挙動を把握することが可能であることを確認した。

A-SMGCシステムの研究ではA-SMGC全体システムの検討と基本設計を行って仕様案を作成し、主要機能を模擬するテストツールを製作して机上での検証を行った。また、システムの信頼性と性能の相互補完等の観点から、航空機と車両それぞれの監視に適した複数のセンサを組み合わせた統合型監視センサ用インターフェイス装置を製作して仙台空港で接続試験を行い、統合型監視センサ開発に必要な基礎データを収集した。

航空無線通信におけるCDMA方式の要素技術の研究では、CDMA方式をCバンドで行う場合の基礎となる電波的特性の取得およびCDMA方式の特性を利用した緊急通信の手法について研究を行った。

精密衛星測位による地球環境監視技術の開発では、航空機用DL-GPS受信機と位置速度計測システムを航空機に搭載し、100時間以上の航空機からのDL-GPS掩蔽実験を実施した。開発した航空機高精度位置速度計測システムと航空機用DL-GPS掩蔽観測用受信機の評価を行い、速度計測システムでは数mm/sの速度精度を計測する能力を持つことを、掩蔽観測用受信機では従来俯角1.5度までしか観測できなかったのが俯角4.5度まで観測できる能力を持つことを確認するとともに、京都大学と情報通信研究機構の協力の基に、世界で初めての航空機からのDL-GPS掩蔽観測

技術の実証実験に成功した。

精密測位衛星電波の海面反射を利用した海面高度モニタリング手法の開発では、海面反射による干渉特性のモデル化及び正確な海面高度の決定に必要な大気遅延モデルを構築した。また、それらを検証するために、六甲山の標高約800m地点において屋外実験を実施した。

ASDEデュアルサイト化調査委託では、仙台空港において、当所所有の実験用ASDE及び航空局が設置した実験用ASDEの双方から同一周波数の電波を放射して、2局間相互の干渉実験を実施した。その結果、送受信タイミング処理及びスタガ・デフルータ機能を用いることにより、干渉を抑えることができ、ASDEを2サイト設置し再拡張後の羽田空港全域を監視することが可能であることが実証された。

航空機アドレス監視データ解析調査委託では、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制を行った。

航空管制用デジタル音声品質研究評価委託では、4種類の圧縮デジタル音声について、音声評価ツールを使用した客観的音声品質評価、及び航空管制官40名による主観的音声品質評価を実施し、得られた結果に基づいて、管制業務に使用するうえで問題のない圧縮デジタル音声方式を決定し、提案を行った。

平成16年度マルチラレーション導入調査委託では、次年度に実施する評価実験の評価方法を検討するとともに、欧州におけるマルチラレーション導入の調査および東京国際空港の現地調査を行い、評価システムの配置案および設置方法等を決定して必要機材を調達した。

### Ⅲ 試験研究の成果と国土交通行政、産業界、学会に及ぼす効果の所見

当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 菅沼 誠)

## 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, 松久保裕二, 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の開発を目指して、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、「統合化データリンク・サービスの研究」で開発したATNルータ (BIS) とモード3実験システムとを接続し、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、国際的貢献を図る。

平成16年度は、ICAO技術規定の改正および前年度までの実験評価結果を踏まえてモード3実験システムの改良、性能向上を図った。また、ATNルータと本実験システムの接続実験、および米国FAA (連邦航空局) の開発したVDLモード3システムと本実験システムとの相互運用性評価試験、さらには総合的な空地間通信評価実験を行った。他方、本実験システムでは実施できない多数機環境下での通信性能の評価を行う目的で計算機シミュレーションを実施した。

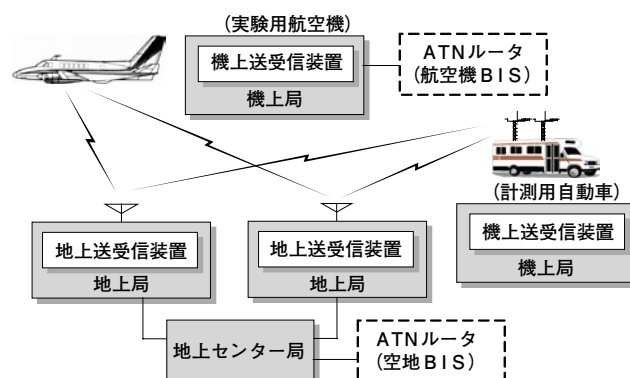


図1 VDLモード3実験システム構成図

### 3. 研究成果

#### 3.1 VDLモード3実験システムの改良

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。16年度は、地上局、機上局および地上センター局に対して、パケットフロー制御および網終了メッセージ処理機能等の追加を行った。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。

本改良によって、ハンドオフやパケット消失時にどのような制御を行うと復帰時間を最短とできるか等の評価が可

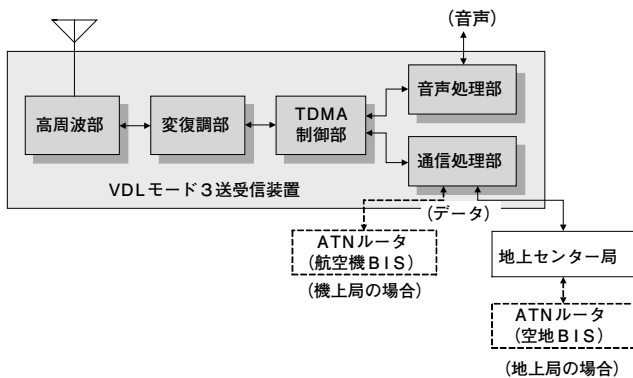


図2 VDLモード3実験システム送受信装置系統図

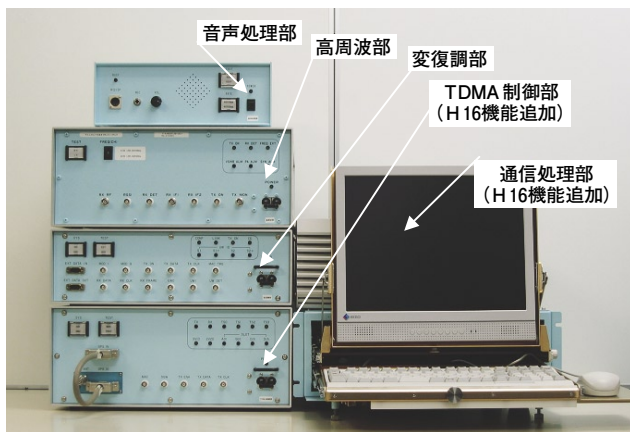


写真1 VDLモード3送受信装置外観



写真2 VDLモード3地上センター局外観

能となった。

### 3.2 ATN接続実験

「統合化データリンク・サービスの研究」で開発中のATNルータは当初、モード3地上局間のハンドオフ処理に対応していなかった。このため、ハンドオフ処理に対応するようATNルータのソフトウェアを改修の上、VDL実験システムと接続実験を行った。ここではVDL実験システムをATNルータ (BIS) 間のリンクとして使用し、両BIS間のエンドツーエンド通信性能を測定した。ADS (自動従属監視) レスポンス時間に着目すると、過去行われた

AMSS (衛星データリンク) での測定は11.0秒であったのに対し、測定条件に若干の違いがあるものの、モード3では6.3秒とレスポンスが早くなっていた。また、モード3ハンドオフ時にATNのコネクション (BISコネクション) が確立されたままであることを確認した。

### 3.3 FAAシステムとの相互運用性評価試験

当所で開発したモード3実験システムとFAAのVDLモード3システムを接続した相互運用性評価試験は、両システムの機能実装の違いを明らかにするとともに、ICAO規定の不明点を明確化する目的で行われた。

主な評価項目は、モード3デジタル音声通信およびATNデータ通信を行ったときの各種機能の動作確認であった。デジタル音声に関しては各種機能は問題なく動作することを確認した。一方ATNデータ通信においては、規定の解釈の違いや不明確な点に起因したルータの動作の相違が検出された。



写真3 相互運用性評価試験の様子

### 3.4 総合的空地間通信評価実験

本研究課題最終年度のまとめとして、これまで開発及び改良を行ってきた実験システムの総合的な性能評価を行った。主な実施項目は、i) ボコーダ音声の客観的評価、ii) 航空管制官によるモード3システムの各種評価、iii) 飛行実験によるハンドオフ再評価、である。

ボコーダ音声の客観的評価については15年度に実施した評価と同様にPESQ (音声品質の知覚的評価: ITU-T勧告P.862) 測定ツールを用いたが、今回は縮退モードもサポートするボコーダFAA20へ変更して行った。ボコーダの変更による影響の有無、縮退音声時の音声品質低下、システム相互運用時における音声品質性能等について評価した。その結果、通常音声ではPESQ LQ値の値はいずれも良い (Fair) とされる3.0を上回っていたことから、相互運用に

おける音声品質低下は問題ないと考えられる。一方で縮退音声では特に女性の声における音声品質劣化が顕著であり、話者による音声品質差が激しい結果となった。

管制官による各種評価では延べ40人の現役管制官に協力を仰いだ。管制官に室内での模擬通信を体験してもらい、デジタル音声通信、データ通信、モード3特有の各種機能について、各項目ごとに「良い」から「悪い」までの5段階評価で採点してもらった。また、評価終了時に各管制官にモード3の導入可否に関してアンケートを取った。特にモード3導入に関しては半数が「早急に導入すべき」と回答し、概ね好評であった。

飛行実験では、当所調布本所および岩沼分室に実験システムの地上局を配置し、機上局を搭載した実験用航空機を飛行させハンドオフ試験等を行った。3.1節での改良によってハンドオフ時のパケットフロー制御の改善がなされたため、ハンドオフ後の復旧およびスループットの改善が確認された。

### 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に改良を加え、多数機環境下における伝送遅延特性や網加入遅延特性等について計算機シミュレーションを行った。図3に網加入遅延特性のシミュレーション結果を示す。図3のシミュレーション実施条件下では1ユーザグループの機上局収容限界まで網加入しても、網加入に要する遅延は95%値で4秒程度となり運用上問題ない程度の遅延で網加入できることが確認できた。

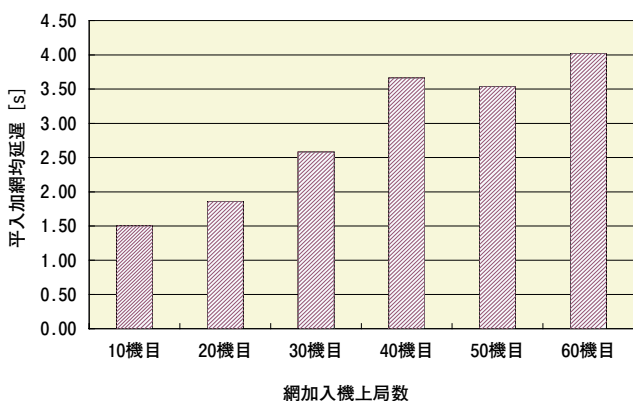


図3 網加入遅延特性

## 4. 考察等

本年度は、まず前年度までの成果を踏まえた実験システムの改良を行い、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およびFAAが開発したモード3システムとの間での国際的な相互運用性の検証を行った。これらの実験結果によって各システム間の不整合やICAO SARPsの不明確な点を明らかにすることができた。特にSARPsの改定案については当所およびFAAよりICAOへフィードバックされた。また、本年度は5ヵ年計画の最終年度である。このため、計画の最終段階として総合的な通信評価実験を行い、特に運用面における実用的観点での評価を行った。一方、実験システムでは対応できない多数機環境下における通信特性を、開発した計算機シミュレーションプログラムを用いて求めた。

VDLモード3を実際に運用する際に残された問題の1つとして、サイトダイバシティ問題が挙げられる。これは複数に分散配置された地上サイトを同一チャネルで運用することによって航空機との通信エリアを拡大する技術である。本年度はサイトダイバシティに関する基本的検討を行ったが、実機等における検証は今後の課題としたい。

### 掲載文献

- (1) 藤森, 松下, 塩地:「VHFデジタルリンク・モード3の実験計画」, 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
- (2) 藤森:「VHFデジタルリンクについて」, 日本航海学会誌, 第145号, 平成12年9月
- (3) 藤森, 松下, 塩地:「VHFデジタルリンクの開発と評価」, 第38回飛行機シンポジウム講演集, 平成12年10月
- (4) 藤森, 松下, 塩地:「VHFデジタルリンクの開発動向」, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2000-120, 平成12年12月
- (5) T.Fujimori: "ENRI's VDL study and related activities", ICAO AMCP WG-C2/WP-11, 平成13年5月
- (6) J.Kitaori: "VDL Mode3 to DSB-AM Interference Test", ICAO AMCP WG-B14/WP-8, 平成14年3月
- (7) S.Kato: "VDL Mode2 Physical Layer Validation Test", ICAO AMCP WG-C4/IP-3, 平成14年5月
- (8) 松下, 北折, 加藤, 津田:「VDLモード2の通信評価実験」, 第2回電子航法研究所研究発表会, 平成14年6月
- (9) 加藤, 北折, 松下, 塩地ほか:「VHFデジタルリンクの研究」, 要望研究報告, 平成14年9月
- (10) S.Kato: "VDL Mode2 Subnetwork Layer Validation Test", ICAO AMCP WG-C5/IP-2, 平成14年10月

- (11) 津田, 宋, 嶋本, 松下, 北折, 加藤:「洋上航空路アドホックネットワークの提案」, 電子情報通信学会論文誌B, 平成14年12月
- (12) Y.Nakatani, J.Kitaori: "Impacts on Radio Interference on VDL Mode 3", ICAO AMCP WG-B14/WP-5, 平成15年1月
- (13) 北折, 津田, 松下, 加藤, 嶋本:「VDLモード2の電波伝搬特性」, 電子情報通信学会SANE, 平成15年1月
- (14) 北折, 中谷, 加藤, 塩地, 津田:「VDLモード3の電波干渉実験」, 第3回電子航法研究所研究発表会, 平成15年6月
- (15) 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
- (16) 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
- (17) S.Kato: "Development and Evaluation of VDL Mode 3 in Japan", ICAO AMCP WG-M8/WP-16, 平成15年11月
- (18) Y.Nakatani: "Co-site Radio Interference between DSB-AM and VDL Mode 3", ICAO AMCP WG-B16/WP-12, 平成16年1月
- (19) 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No.108, 平成16年1月
- (20) 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
- (21) Y.Nakatani: "Research and Development of VDL Mode 3 System", FAA (米国連邦航空局) 本部, 平成16年4月
- (22) 中谷:「VDLモード3の音声・データ通信性能評価実験」, 第4回電子航法研究所研究発表会, 平成16年6月
- (23) 中谷:「VDLモード3の音声及びデータ通信性能評価実験」, 航空無線, 平成16年9月
- (24) S.Kato, Y.Nakatani: "Report of FAA-JCAB VDL Mode3 Interoperability Testing", ICAO ACP WG-C8, 平成16年9月
- (25) 中谷:「FAA NEXCOMの動向とVDLモード3インターオペラビリティ評価結果」, 航空振興財団情報処理方式小委員会, 平成16年10月
- (26) Y.Nakatani: "Report of FAA-JCAB VDL Mode3 Interoperability Testing", ICAO ACP WG-B&M, 平成16年10月
- (27) Y.Nakatani: "Research and Development of VDL Mode 3 System", IFATSEA (国際管制技術官連盟) 東京総会, 平成16年11月
- (28) 中谷:「日米間でのVDLモード3システム及びATNのインターオペラビリティ評価実験について」, 保企ニュース, 平成16年11月
- (29) P.Muraca, Y.Nakatani: " Packet Data Flow Optimization for VDL Mode 3", RTCA SC-172, 平成17年1月
- (30) Y.Nakatani: "Report of VDL Mode 3 Voice Quality Tests with Radio Interference", ICAO ACP WG-B&F, 平成17年2月
- (31) 中谷:「航空管制官によるVDLモード3システムの評価結果について」, 保企ニュース, 平成17年3月
- (32) Y.Nakatani, Y.Matsukubo: "Report of Air Traffic Controller Evaluations for VDL Mode 3", FAAテクニカルセンター発表, 平成17年4月
- (33) P.Muraca, Y.Nakatani, Y.Matsukubo: "Report of Air Traffic Controller Evaluations for VDL Mode 3", RTCA SC-172, 平成17年4月
- (34) Y.Nakatani: " Data Packet Flow Optimization for VDL Mode 3", ICAO ACP WG-M/10, 平成17年5月
- (35) Y.Nakatani, Y.Matsukubo: "Report of Air Traffic Controller Evaluations for VDL Mode 3", ICAO ACP WG-M/10, 平成17年5月
- (36) Y.Nakatani: "Report of VDL Mode 3 Voice Quality Tests with Radio Interference", ICAO ACP WG-B/19, 平成17年5月
- (37) 北折, 津田:「VHF帯航空通信におけるフェージング特性」, 電子情報通信学会論文誌B, 平成17年6月
- (38) 松久保, 中谷, 北折, 塩地, 津田:「VDLモード3相互運用性及び管制官評価実験」, 第5回電子航法研究所研究発表会, 平成17年6月



## 航空管制用デジタル対空無線システムの研究（短期在外研究）

担 当 部 航空システム部  
担 当 者 ○中谷泰欣  
研究期間 平成16年3月～平成16年5月（8週間）

### 1. はじめに

新しい対空通信システムとしてICAOで標準化済みのVDLモード3システム（VDL3）は、1つの周波数で音声及びデータを最大4チャンネルまで収容することができる航空管制専用の通信システムである。

当所では国土交通省航空局の要望を受け、平成12年度より「航空管制用デジタル対空無線システムの研究」としてVDL3実験システムの開発及び評価を行っている。一方、米国FAAにおいてもNEXCOMと呼ばれるVDL3を中核とした航空管制用通信システム更新プログラムを進めている。これまでにVDL3対応機上アビオニクスやプロトタイプ地上システムを開発し、これらを用いた評価実験等を行っている。

両者はICAO SARPs等の国際標準に基づいてそれぞれがVDL3システムの開発を進めているが、相互に運用可能な国際的に協調した通信システムとする必要がある。

### 2. 研究の概要

#### 2.1 目的

本研究では、米国が開発中のVDL3システムを調査し、当所の実験システムと比較考量するとともに、日米システムを接続した相互運用性評価実験を行うために必要な事前検討及び調整を行う。相互運用性評価実験で得られる結果は、当所や米国システムの改善及び世界的な共通化、並びにSARPs等の規定の明確化を図ることを可能とする。

#### 2.2 主な訪問地

本研究目的のため訪問した主な機関・企業は次のとおりである。いずれもFAAが進めているNEXCOMプログラムに密接に関係している。FAA本部では、当所におけるVDL3の研究状況について詳細な説明を行った。

- ・FAAテクニカルセンター（NEXCOM担当）
- ・BCI社（VDL3用プロトタイプ地上システム開発）
- ・FAA本部
- ・CIE社（VDL3用ボコーダ等開発）
- ・FAA航空管制システム指令センター（ATCSCC）
- ・FAA運用管理センター（NOCC）
- ・Harris社（VDL3地上システム開発）
- ・Rockwell Collins社（VDL3機上アビオニクス開発）

上記のほか、短期在外研究の最後の行程では、アラスカ州アンカレッジを訪問し、VDL3以外の新しい空地データリンク通信システムに関する知見を幅広く吸収するため、ADS-Bシステムの技術者が一堂に会する国際次世代航空技術会議（IAATC2004）に出席した。

#### 2.3 相互運用性評価実験の事前調整

日米のVDL3システムを接続して行う相互運用性評価実験のシステム構成、評価項目及び実験手順等について、米国側技術者と詳細な事前調整を行った。

#### 2.4 FAAシステムの情報収集

FAAが開発した、または開発中のVDL3システムについて可能な限り詳細な技術資料を入手し、また、実際に動作させその運用に関する情報を入手した。

### 3. 成果の活用

#### 3.1 相互運用性評価実験の実施

本在外研究終了後の平成16年7月には、米国からVDL3機材1式及び7名の技術者を迎え、当所において相互運用性評価実験を実施し成功裏に終わっている。

この評価実験ではいくつかの日米システムの相違点が明らかになったが、その原因について究明した結果をICAO航空通信パネルに報告し、ICAOのVDL3規定を改正する提案を米国と共同で行うなど大きな成果があった。

#### 3.2 技術資料の取りまとめ

入手した技術資料は、我が国におけるVDL3の最適なシステム構成、運用方法等の検討の際の貴重な資料となる。

#### 3.3 米国側との研究協力体制の構築

VDL3の開発及び評価を先導するFAA側との連携により、相互に情報交換するなど、今後の研究のより一層の推進を図る。また、米国と協力しICAO SARPsやRTCA等のVDL3関連規定の明確化に貢献していく。

### 4. おわりに

わずか8週間の在外研究であったが、この短期在外研究以降、FAAテクニカルセンターとは非常に良好な研究協

力関係を保持しており、この関係を絶やすことがないよう 今後とも努力していく必要がある。

## 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

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SARPs（標準及び勧告方式）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、2002年のSARPs改訂に対応し、「ATNセキュリティ」機能の開発<sup>[3]</sup>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（以下VDL-M3と略す）実験システムを用いたATNの通信実験をおこなった。また、ATNの互換性・相互運用性を検証するため、FAA（連邦航空局）とVDL-M3を用いた接続実験を行った。また、「ATNセキュリティ」を検証するためフランスのSTNA（Service Technique de la Navigation Aérienne）との間で接続実験を行った。

### 2. 研究の概要

#### 2.1 FAAとの国際実験

当所では、これまでにユーロコントロール等の海外の試験機関とATNの接続実験を行ってきた<sup>[1,2]</sup>。FAAはNEXCOMと呼ばれる次世代空対地通信基盤プログラムのなかでA/G BIS（空/地境界型中間システム）とVDL-M3等の開発を行なっている。

FAAとは今回が初の試験であり、空対地のシステム構成で、FAAのBISと当所所有のBISを接続し、下位層（3層まで）の接続性を評価することを目的とした。

実験はステージ1とステージ2の2段階に分けて行なった。また、実験の前にPICS（プロトコル実装適合標準）などの比較を行い接続性に重大な支障はないことを確認し

た。

#### 1) ステージ1の接続実験

FAAのテクニカルセンターと当初の間で、BISの接続実験を行った。この実験は、X.25（ISO8208パケット層プロトコル）パケットトンネリングを利用し、インターネットを介したものである。

実験ではISO8208 mobile SNDCF（以下mobile SNDCFと略す）を用いた。mobile SNDCFは空/地間で送受信されるデータ量を減らすために用いられ、CLNP（コネクションレス・ネットワーク・プロトコル）-PDU（プロトコル・データ・ユニット）ヘッダの圧縮・解凍を行なう機能（LREFと呼ばれる）などがある。実験ではLREF機能を用いた。

#### 2) ステージ2の接続実験

ステージ2では、FAAのクルーが来日し、当所に米国機材を設置して日本側の機材とVDL-M3を介して接続して実験を行った。実験の内容はステージ1と同様の内容を、ENRIとFAAで空/地の立場を入れ替えて実施した。

### 2.2 VDL-M3を用いた通信実験

当所で試作したVDL-M3実験装置を用いてATNアプリケーションの通信性能を評価することを目的とした実験を行った。VDL-M3実験装置にATN実験システムを接続して空対地の構成で実験を行なった。評価用のアプリケーションにはADS（自動従属監視）、CPDLC（管制官-パイロット間データリンク通信）、DFIS（デジタル航空情報業務）、CM（コンテキスト・マネジメント）を用いて、各アプリケーションの通信性能を測定した。また、CMアプリケーションは本研究で試作・開発した「ATNセキュリティ」機能<sup>[3]</sup>に対応しており、セキュリティの有無による性能評価も行なった。

### 2.3 STNAとの国際実験

本件は当初研究計画にも予定されていなかったが、本年度、STNAからの申し入れがあり、急遽実現した。STNAも「ATNセキュリティ」機能の開発を行なっており、CMアプリケーションに「ATNセキュリティ」機能を実装し

たとの報告があり、当所で試作したCMアプリケーションとの互換性・相互接続性を検証するために実験を行った。

実験は公衆パケット網（日本側：NTT，KDDI フランス側：TRANS-PAC）を用いて、当所とSTNA間で実験を行った。この実験もステージ1と2の2段階に分けて行なった。また、実験の前にPICSなどの比較を行い接続性に重大な支障はないことを確認した。

ステージ1の実験では、セキュリティ機能を用いず、CMアプリケーション自体の互換性を検証した。

ステージ2の実験では、CMアプリケーション自体の互換性・相互接続性はステージ1の実験から確認できたので、セキュリティ機能を用いた実験を行った。

### 3. 研究の成果

#### 3.1 FAAとの国際実験

日米間では同じSARPsを基に試作された機材であるにもかかわらず、プロトコル実装などでは差異が見られた。この差異などにより、一部互換性に問題が生じた。正常状態でのBIS間の接続、切断および再接続については、日米間で処理上の違いは見られたが、互換性に問題はなかった。しかし、回線障害などの異常状態でBISが切断された後に再接続することはできなかった。この原因は日米間でのイベント処理の違いに起因し、FAA側がイベント処理の修正を行わない限り問題は解決しない。また、互換性上の問題は発生しないが、日本側で改善の必要がある不適切な処理も発見できた。

また、mobile SNDCFは当所にとっては今回が初の実験であったが、FAAとの互換性に問題は見られなかった。

#### 3.2 VDL-M3を用いた通信実験

この実験では、当所で試作したVDL-M3実験装置を用いて、エンド-エンドでのATNアプリケーションのレスポンスタイムなどを測定した。セキュリティの有無によるCMアプリケーションの差は、CMログオンのレスポンスタイムでは、4.59秒（セキュリティ有り）と3.66秒（セキュリティ無し）であった。セキュリティの有無によるESの処理時間の差は30ms程度であるので、これらはほとんど通信量（セキュリティ有り：659バイトとセキュリティ無し：375バイト）によるデータ伝送時間の違いと考えられる。

また、mobile SNDCFのLREF機能によるCLNPヘッダの圧縮効果は大きく、LAN上で78バイトのCLNPヘッダがBISからVDL-M3に送信される時には72バイト圧縮され6バイトになる。VDL-M3の1チャンネルあたりのデータ伝送速度は4.8kbpsであるが、ADSレポート100回のレスポンスタイムは平均1.32秒（ビット誤り率0の場合）であっ

た。平成12年度に実施した擬似AMSSを用いた実験<sup>[4]</sup>では、ADSレポートのレスポンスタイムは5秒程度（データ伝送速度10500bps，ビット誤り率0，mobile SNDCF無し）であった。今回の実験結果のほうがデータ伝送速度が遅いにもかかわらずレスポンスタイムは速い。これは、AMSSでは複雑な信号処理を伴うため信号処理に時間がかかるのことも要因の一つではあるが、mobile SNDCFによるデータ圧縮効果の有無の差も大きい。

#### 3.3 STNAとの国際実験

STNAとの実験結果については、ステージ1の実験（セキュリティなし）の場合、実験中に双方で何度かソフトウェアのバグの修正や、パラメタの再設定が必要であったが、最終的には全ての実験項目をクリアした。STNAとのCMアプリケーションの互換性・接続性に問題がないことが確認できた。

ステージ2の実験（セキュリティ有り）の場合、実験開始直後からトラブルが発生した。この実験では全部で38の実験項目を行なう予定であったが、全体で19件の問題が発生しその一部しか実施できなかった。成功した実験項目は、当所が地上側でSTNAが航空機側でのCMログオンからCMエンドまでの一連のシーケンスなど9項目であった。

また、発生した問題点の多くはセキュリティ・アイテムの作成方法やエンコーディング方に起因するものであり、SARPs以外にガイダンスマテリアルのサンプルと比較検証を行えば確認が可能であったと思われる。従って、ガイダンスマテリアルのサンプルと比較検証を行うことが重要であると考えられ、ENRIのソフトウェアの開発では、これらを実施済みであった為、ENRI側での不具合は発生しなかった。19件の不具合のうち16件はSTNA側に起因し、3件はENRI側による。この実験結果からはSARPsの不具合は見つからなかったが、1件SARPsの記述が不十分なため発生したと思われるものがあつた。

### 4. まとめ

本年度は研究の最終年度でもあり、FAAとの国際実験をはじめ各種の実験を行なった。VDL-M3を用いたFAAとの互換性の検証については、正常な処理ではFAAのBISと当所のBISでは一部処理上の差は見られたが互換性についての問題はなく、回線障害などの異常な処理では、イベント処理の実装上の違いから互換性・接続性に問題があることが判明した。

また、STNAとの実験からはCMアプリケーションに関しては互換性に問題はなく、セキュリティ機能に関しては

正常処理のみ一部の互換性を確認できた。

また、当所のVDL-M3を用いた実験では、各種のATNアプリケーションの通信性能を測定し、mobile SNDCFの有効性を確認できた。

平成17年度から新しい研究を開始するが、FAAなどとの国際間での互換性の検証は今後とも続けていく予定である。

#### 参考文献

[1] 板野賢，塩見格一：“ATNの国際接続実験について”

- 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のセキュリティ対策”，第3回電子航法研究所研究発表会概要，平成15年6月。  
[4] 板野賢，塩見格一，藤田光敏：“擬似衛星サブネットワークを用いたATN実験”，第1回電子航法研究所研究発表会概要，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，齊藤 真二，吉原 貴之，福島 荘之介

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とともに行われた。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Ⅱ、Ⅲに対するSARPs案の策定を目指して、航法全体を検討するためにGNSSPを改組した航法システムパネル（NSP）におい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構築に必要な要素技術の研究開発と評価・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の研究を行った。

### 2. 研究計画の概要

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、高カテゴリのGBASを開発するため、誘導信号の精度、完全性（インテグリティ）の監視方法と有用性（アベイラビリティ）の向上を目指すとともに、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。そのため、(1)GBASの航法システム精度に関する飛行実験による評価、(2)有用性の向上を目指した空港疑似衛星システム（APL：Airport Pseudolite）の開発評価、(3)カテゴリⅡ／Ⅲのためのインテグリティ・モニタ方式の確立、(4)GBASの誘導信号の精度を向上させる基準局アンテナの開発、(5)誘導誤差要素として知られている電離層および大気圏遅延がGBASに及ぼす影響の分析、(6)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 Quality Monitor）の開発、の6項目を行った。

### 3. 航法システム精度に関する飛行実験による評価

GBASの航法システム精度（NSE）、アベイラビリティ（有用性）などの評価に加え、GBAS機上GPS受信機の互換性の調査を主に行い、飛行実験の結果より以下のことが明らかとなった。表-1に飛行実験におけるNSEに関する実験結果を示す。NSEで問題となる垂直方向は、ICAOの

SARPsではカテゴリⅢの要求値が決まっていないものの、カテゴリⅠのNSEの4.0mとRTCAのDO-245で書かれているカテゴリⅢの暫定精度の2.0mを満足し、EUROCAEが現在検討しているカテゴリⅡの1.4m（カテゴリⅢは未定）も満足した。

ICAOのカテゴリⅠのVAL10mに対しては99.9%以上の有効性が得られたが、RTCAのDO-245のカテゴリⅢ暫定VALである5.3mに対しては98.3%であり、高カテゴリ運用に十分な有効性が確保できていないことが分かった。地上GPS受信機と機上GPS受信機を相関器タイプの異なる機種とした場合、精度劣化がみられたが、測位誤差の95%値は上記のNSEの各要求値および要求値案を満足し、飛行実験で使用した2機種間では互換性があった。GBAS地上装置（データ計測システム・VHF送信装置）の改修を行い補正情報生成・伝送の高速化を図り、新・旧システムの比較などを行い、その結果、地上実験および飛行実験において、伝送遅延（AGE）の改善がみられ、アプローチ中において平均AGEが1.47sから0.56sとなり、警告時間（TTA）のカテゴリⅢの要件である2秒を満足した。

表1 測位誤差（186アプローチ，24993点，仙台空港B27，地上および機上GPS受信機:OEM3）

	進入方向	横方向	高さ方向
平均[m]	0.123	0.217	0.063
標準偏差[m]	0.150	0.177	0.362
95%値[m]	0.422	0.570	0.786

#### 4. APLの評価実験

高カテゴリGBASの性能要件を満足するためには、既存のGPS衛星からの測距信号のみでは有用性が不足であり、GBAS覆域内に新たな測距源を追加しなければ性能要件が満足できない可能性が高いという検討結果があり、APLの検討のため、航空振興財団が東芝に試作させたAPLに対して飛行実験による性能評価をH13~14にかけて行った。航空振興財団が開発したAPLはRTCAの仕様に基づいており、パルス型、Pコード、L1周波数、周波数オフセットなし方式である。飛行評価の結果、DGPSの場合において、APL信号の追加により垂直誤差が低減したが、本質的なAPLの遠近問題が十分解決できず、また、国際動向もAPLの開発が下火になったことから、研究開始時にあった当所による本格的な開発は見送られた。

#### 5. インテグリティ・モニタ方式の研究

GBASに要求されるインテグリティ（完全性）は、カテゴリⅢにおいて、どの1アプローチ当たり $1-1 \times 10^{-9}$ と規定されている。この極めて高確率のシステム動作の信頼度を実現する、カテゴリⅢGBASのアーキテクチャは現

在検討中であるが、カテゴリⅠGBASでは地上装置から航空機に送信するDGPSの補正值に、インテグリティ関連情報を付加し、航空機側での測位値の信頼性限界を計算して、警報を発出するプロテクション・レベル方式を採用している。このGBASの補正值とインテグリティ情報を正しく送信するためのモニタ手法を検討するため、オフラインによる解析ソフトウェアを試作し、フィールドデータの長期収集と解析を実施した。解析において、FAA仕様書、RTCA文書に基づきGBASの補正值、インテグリティ情報を計算し、最終的にはユーザ側の観測値からGBASの測位値とプロテクション・レベルを計算する。解析の結果、インテグリティが破綻している疑いのある事例が6回（数秒から数十秒）存在することが明らかになったので、どこにその原因があるのかを究明中である。

今後の課題は、発見された事例を元にモニタの動作を詳しく分析し、それらに対応したモニタアルゴリズムを再検討する必要がある。

#### 6. 基準局アンテナの開発

従来のチョークリングのアンテナでは仰角5~15度における地表面からのマルチパスにより、性能が劣化する問題があった。GBASの精度および優勝性を向上させるために、中將からのマルチパスを押さえたアンテナを開発する必要があった。今回、図1に示す試作したアンテナはダイポールアンテナを組み合わせた、全体素子数が84素子で、そのうち有給電素子は水平面に4素子のアレイアンテナを11段組み合わせたアンテナである。垂直面パターンとして、仰角5度付近で-3~-5dBの利得、仰角0度方向に-2.1dB/deg.以上のカットオフ特性と+5度から90度までは6dB以内のフラットな利得特性を持ち、水平面パターンとしてはリップルを3.5dB以下に押さえた指向性を持つ。さらに、右旋円偏波と左旋円偏波の利得差も仰角20~90度にかけては6dB以上確保している。しかし、今回試作したGPSアレイアンテナ4式をGBASの地上基準局アンテナに採用し、誘導誤差特性などの基本特性評価を行った結果、従来のシステムに比べて低仰角は非常に良くなっているものの、20度から高い領域においては誤差が増える傾向がある。これは-20度以下における地面反射の影響によるものと考えられる。次回の研究などで、さらに改良を加えていく必要がある。

#### 7. 電離層および大気圏遅延がGBASに及ぼす影響の分析

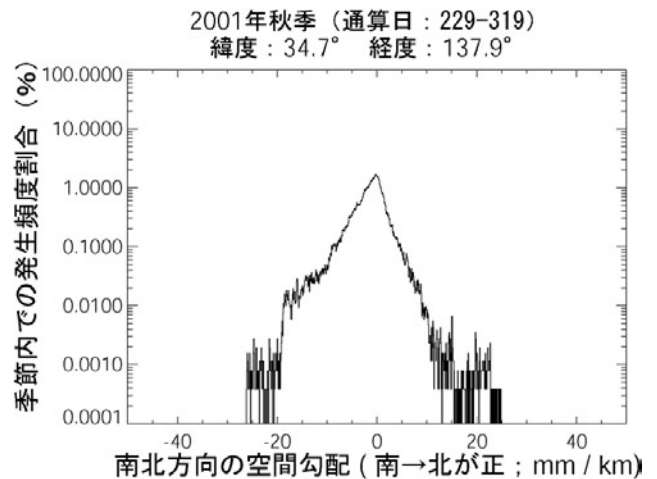
GBASにおける電離層および大気圏遅延の影響は地上GPS基準局と航空機側で受信した擬似距離データにはほぼ等しく含まれていることから、従来は補正可能と考えられ



図－１：試作したGPS基準局用アンテナ外観図

てきた。しかし、局所的な大きな空間勾配が存在した場合にGBASのインテグリティに対する脅威になり得ること報告されている。電離層遅延について国土地理院GPS連続観測システム（GEONET）の電子基準点データにより得られた電離層遅延情報より、局所的な垂直遅延量の空間勾配（以下、空間勾配）の調査を行った。京都大学の研究グループによるGEONET30秒データから電離層遅延量のデータセットをデータベース化し、インターネットで頒布しているデータセットを用いて数10km内で東西・南北方向にほぼ直線状に並ぶ4つの観測点で、東西および南北方向の空間勾配を算出、その大きさについて発生頻度分布を調査した。今回の解析から、南北勾配には日本上空で見られる赤道異常が、東西勾配には日変化が主に影響することが分かった。一例として図－2に東海地方における2001年の秋期の南北勾配についての頻度分布を示す。分布形状はガウス分布ではなく、ダブル・デルタ分布に近いことが明らかとなった。2001年から2003年までの経年変化を調査したところ、分布幅は活動度が弱まるにつれて小さくなるものの空間勾配の最大値は30～50mm/km程度と、活動度との明確な対応は見られなかった。さらに、北海道から四国までの緯度依存性の調査から南方ほど空間勾配の最大値が大きくなることが示された。

また、急激な電離層遅延量の時間変化をもたらすことが知られるプラズマ・バブルによる影響を調査するために平成16年3月に沖縄で行った静止観測実験では、1分程度の間に4 m近くも垂直遅延量に変化した事例が観測された。このような急激な遅延変動は数100mm/km程度の大きな空間勾配をもたらす。今後、電離層擾乱の移動速度などを加味した空間変動の見積りを行う必要がある。



図－２：電離層垂直勾配の頻度分布の1例  
(2001年秋季、東海地方における南北方向勾配)

## 8. SQMの開発

GPS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）の開発を行った。この装置は16ch（うち3chはSBAS衛星用）の1周波GPS受信機をベースとし、任意の2chの相関出力を40MHzでサンプリングする機能を有している。まず、信号品質監視装置のハードウェア部の製作を行い、次年度にソフトウェア部の開発、データ入出力部の改修を行った。これにより、GPS信号の相関波形の可視化が可能となり、相関波形形状からのGPS信号の歪みなどの検出が可能となった。さらに、擬似異常信号によるハードウェアシミュレーションを行うため、信号品質監視装置のファームウェア部の改修を行い、任意波形発生装置とベクトルジェネレータにより発生させた、航法メッセージの含まれていない擬似GPS信号を捕捉できるようにした。この改修によりGPS衛星故障を模擬した擬似劣化GPS信号の相関波形の観測が可能となった。擬似GPS信号の生成は任意波形発生装置に対し時系列の波形数値データを直接入力することで実現した。また、15年3月に電気通信大学との共同研究により電気通信大学菅平宇宙電波観測所において、衛星追尾型受信システムとSQM受信機を用いたGPS衛星固有の信号特性の測定を行った。より純粋な信号の特性を取得するため、基本的に仰角60度以上となる衛星について信号測定を行い、低仰角での取得も含め25個のGPS衛星についての測定を行った。相関波形において3つないし4つのパターンがみられることがわかった。今後、SQMの判定プログラムに開発を行うとともに、マルチパス環境下における評価を行う。

## 9. まとめ

カテゴリⅡ、Ⅲ運用に対応する高カテゴリGBASは、カテゴリ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システムである。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。

しかし、高カテゴリGBASに対する性能要件について、米国のRTCAの考え方とヨーロッパのEUROCAEの考え方に差ができ、ICAOの議論も収束していない。我が国においても、我が国の風土に適した航法システムに対する考え方が不可欠であり、そのためにも、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, et al. : "Results of GBAS Flight Experiment in Japan", ICAO GNSSP WG A/B, Rio de Janeiro, Oct. 2001
- (2) S. Suga, et al. : "Preliminary Flight Experiment Results of Airport Psedolite System in Japan", ICAO GNSSP WG B, Brussels, April. 2002
- (3) N. Fujii, et al. : "Flight Experiment Results about GBAS", ICAO GNSSP WG W, San Antonio, Oct. 2002
- (4) N. Fujii, et al. : "Status of GBAS Development Activity in Japan", ICAO NSP WG-1, Canberra, Nov. 2003
- (5) N. Fujii, et al. : "Analytical results of spatial gradient of ionospheric delay", ICAO NSP WG-1, Montreal, Oct. 2004
- (6) 齊藤真二, 他: "Japanese GBAS Status", GBAS FAA/Europe coordination meeting, Apr. 2004
- (7) 齊藤真二, 他: "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2月

- (8) 齊藤真二, 他: "GBAS補強情報による航空機の測位実験" 第1回電子航法研究所研究発表会 平成13年6月
- (9) 福島荘之介, 他: "空港シェードライトの開発と飛行実験", 第2回電子航法研究所発表会, 平成14年6月.
- (10) 齊藤真二, 他: "GBASによる航空機の実時間測位", 第2回電子航法研究所研究発表会 平成14年6月
- (11) 福島荘之介, 他: "空港シェードライトの対流圏誤差の検討", 第3回電子航法研究所発表会, 平成15年6月.
- (12) 齊藤真二, 他: "GPS信号品質監視装置における以上信号検出", 第4回電子航法研究所発表会, 平成16年6月
- (13) 吉原貴之, 他: "電離層遅延空間勾配のGBASへの影響", 第5回電子航法研究所発表会, 平成17年6月
- (14) 福島荘之介, 他: "多基準による狭域DGPSの測位性能評価", 電子情報通信学会論文誌 (B), Vol. J84-B, No. 12, 平成13年12月.
- (15) 福島荘之介, 他: "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, 平成16年1月
- (16) 齊藤真二, 他: "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
- (17) 福島荘之介, 他: "空港シェードライトの性能評価", 電子情報通信学会技術報告, SANE 2001-40, 平成13年7月.
- (18) 齊藤真二, 他: "GBAS補強情報による航空機の測位実験" 電子情報通信学会技術報告. SANE2001-\*\* 平成13年8月
- (19) 齊藤真二, 他: "アプローチ時におけるGBASの測位精度と有効性 電子情報通信学会" 電子情報通信学会技術報告 SANE2002-62 平成14年12月
- (20) 吉原貴之, 他: 「GBAS (Ground-Based Argument System) における電離層遅延に起因する残留誤差の評価について」, 電子情報通信学会総合大会
- (21) 福島荘之介, 他: "空港シェードライトの飛行実験", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 平成14年9月
- (22) 齊藤真二, 他: "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
- (23) 福島荘之介, 他: "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.
- (24) 齊藤真二, 他: GPS信号品質監視装置による相関波形取得 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 平成16年9月
- (25) 福島荘之介, 他: "空港シェードライトの研究動向と飛行実験", 日本航海学会誌, No.156, 2003年6月.

- (26) T. Yoshihara, et al. : "A Study of the Ionospheric Effect on GBAS Using Nation-Wide GPS Network in Japan", ION-NTM, San Diego CA., January 2004
- (27) T. Yoshihara, et al. : "An Investigation of Local-Scale Spatial Gradient of Ionospheric Delay Using the Nation-Wide GPS Network Data in Japan ", ION-NTM, San Diego CA., January 2005
- (28) S Saitoh, et al. : "Flight Experiment of GBAS in Japan 米国航法学会 ION GPS 2001" Salt-lake, Sep. 2001
- (29) S Saitoh, et al. : "The Institute of Navigation National Technical Meeting 2003 Experimental GBAS Performance at the Approach Phase" 平成15年 2月 7日
- (30) 齊藤真二, 他: Detection of Anomaly Signal by Signal Quality Monitoring Receiver ION-GPS-2004, Long Beach, Sep. 2004
- (31) S. Fukushima, et al : "Evaluation of a Tropospheric Model for Airport Pseudolite," ION-GPS-2004, Long Beach, Sept. 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。放送型自動位置情報伝送・監視機能(ADS-B)は、航空機が衛星航法システム(GNSS)を利用して取得した位置や速度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て、周囲を飛行する航空機にも同様の情報を提供できる。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期待されている。

このADS-Bは、監視の情報源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化されるまでの移行期対策も求められている。このためADS-Bは、他の監視システムと組み合わせた運用が必要であり、その候補にマルチラレーションが挙げられている。マルチラレーションとは、航空機からの信号を3局以上の受信局で受信して、受信時刻差から航空機の位置を算出する監視システムである。このマルチラレーションは、航空機側に追加装備を必要としないこと、航空機の識別表示を可能とすること、空港面探知レーダ(ASDE)のブラインドエリアの監視に有効であること、悪天候下でも性能劣化が少ないことなどの特徴を持つ。このため、現在の空港面監視が抱える問題の早急な解決に役立つことが期待されており、ADS-Bとマルチラレーションを組み合わせたシステムの評価または導入が諸外国において進められている。そし

て、我が国においてもADS-Bおよびマルチラレーションの導入が要望されている。

このような背景から当所では、国土交通省航空局からの要望を受け、我が国における導入に備えて、本研究によりADS-Bならびにマルチラレーションの開発評価を進めている。

### 2. 研究の概要

本研究では、平成13年度からの5カ年計画により、マルチラレーションに対応した拡張スキッタ方式によるADS-B評価システムを整備して、機能および性能の評価試験を実施し、ADS-Bおよびマルチラレーション技術の確立を目指す。また、研究の成果は、航空局、国際民間航空機関(ICAO)、学会などに提出して、成果の活用を図る。

平成13年度から平成15年度までは、評価システムを整備し仙台空港において評価試験を行った。

ADS-Bでは、空港面とターミナルエリアを対象に評価試験を行い、遠距離において航空機の姿勢に依存するターゲットの欠落が観測された以外は満足できる結果を得た。

マルチラレーションについては空港面で実験を行い、滑走路端やターミナルビル近辺の一部エリアにおいて測位の乱れや追尾処理の停止が発生するが、その他のエリアでは安定な監視が行えることを確認した。

これら不具合の原因として、受信局数の不足、建造物による遮蔽や反射、ローピングが考えられ、受信局の追加、配置の変更、およびアンテナ高の改善が必要であることが判明した。



このため本年度は、評価システムに受信局1局を追加し、送受信局の再配置とアンテナ設置の改善等を行って、ADS-Bとマルチラレーションの評価試験を実施した。

### 3. 研究成果

#### 3.1 ADS-B受信局の製作

マルチラレーションでは、良好な位置精度を得るためには、3局以上の受信局がターゲットを取り囲むように配置する必要がある。これまでの評価では、受信局数の不足から滑走路の両端において十分な受信局の配置が得られなかったため、受信局1局を製作した。受信局の仕様はこれまでと同様である。



図1 受信局を設置した車両の外観

#### 3.2 地上評価システムの設置調整

本年度製作したADS-B受信局を評価システムに組み込むための設置調整を行った。追加受信局1局を滑走路両端に配置させるために、試験エリアを東西に分割して、エリアに合わせて受信局を移動させて対応することとした。このため、容易に移動できるように受信局を車両に設置した。図1に受信局を設置した車両の外観を示す。

#### 3.3 ADS-Bとマルチラレーションの評価試験

受信局の追加と設置方法の改善を行い、空港面およびターミナルエリアでのADS-Bとマルチラレーションの評価試験を実施した。特に導入が急がれているマルチラレーションの空港面評価を積極的に実施した。図2に評価システムの構成と仙台空港における配置を示す。評価システムは、スキッタ信号やSSR応答を受信処理する受信局4局、受信処理に加えてSSR質問を送信する送受信局2局、各局の時刻同期を取るためにスキッタ信号を送信する

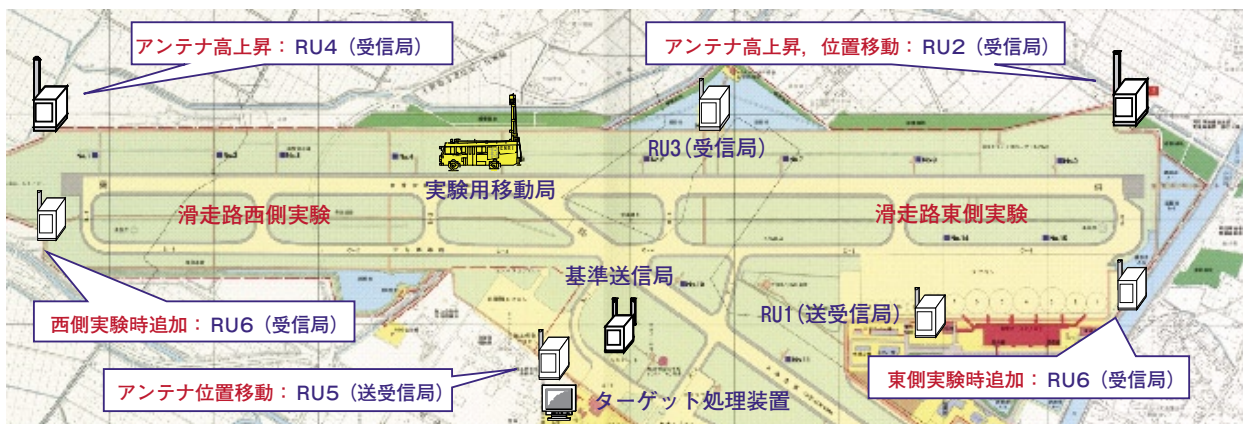


図2 評価システムの構成と仙台空港における配置

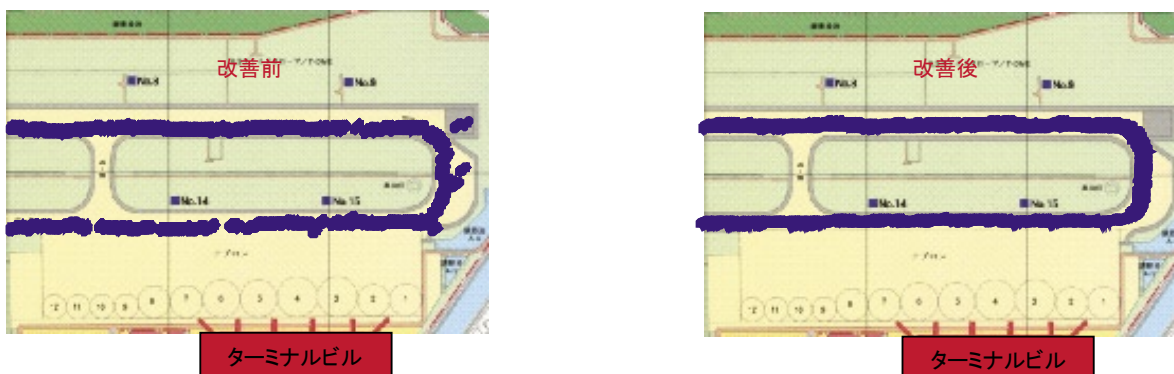


図3 ターミナルビル付近の追尾処理航跡の比較

基準送信局、マルチラテレーション測位や相関処理等を行うターゲット処理装置、および実験用移動局から構成される。追加した受信局（RU6）は、滑走路東側の実験ではエプロン脇に、西側の実験では滑走路西端に設置した。アンテナ設置方法の改善内容としては、岩沼分室屋上に設置していたRU5のアンテナは、分室脇の建造物により遮蔽や反射の影響を受けていたのでASDE鉄塔に移設した。RU2とRU4のアンテナは低く設置されていたため設置高を上昇させた。またRU2のアンテナは、信号受信に適さない滑走路脇の後方に設置されていたため、前方に移動させた。試験の結果、これまで問題があったエリアに対して良好な航跡が得られた。図3にターミナルビル付近の追尾処理航跡の比較を示す。収集データを解析した結果、測位の乱れは大きく軽減され、追尾処理の停止もほとんど発生していないことが確認できた。

#### 4. 考察等

本年度は、前年度までの試験結果を踏まえて受信局の追加と設置方法の改善を行った。そして、空港面とターミナルエリアの評価試験を実施した結果、ADS-Bおよびマルチラテレーションの性能向上が確認できた。マルチラテレーションは受信局の配置が位置精度に大きく影響し、空港面では建造物による遮蔽や反射により性能劣化を受けやすいこと、このため高い監視性能を得るには、相応数の受信局の適切な配置、アンテナ設置位置の選定、さらにはアンテナ設置高の確保が重要であること、そして受信局の追

加は位置精度の改善に加えて、マルチパス対策にも有効であることが試験結果から明らかになった。最終年度である来年度は総合評価試験を実施する。

#### 掲載文献

- (1) Miyoshi, Miyazaki: "Results of 1090MHz Multilateration Experiments on Airport Surface in Japan", ICAO SCRSP WG-B, WP/B/7-47-I, April 2004
- (2) 宮崎, 三吉: "マルチラテレーション対応 ADS-Bの空港面評価", 第4回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成16年6月
- (3) 宮崎, 三吉: "マルチラテレーション対応 ADS-Bの空港面評価", 航空振興財団全天候方式小委員会, 平成16年12月
- (4) Horikoshi, Miyazaki: "Modification of Mode S Interrogation Pattern", ICAO SCRSP WG-B TSG WP/TSG/8-06, February 2005
- (5) Miyazaki: "Evaluation Status of Multilateration and ADS-B at ENRI", ICAO SCRSP WG-B TSG WP/TSG/8-07, February 2005
- (6) 宮崎, 三吉: "東京国際空港におけるマルチラテレーション監視システムの評価計画", 放送型データリンクに係る国際動向等基礎調査第3回検討会, 平成17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2" 電子情報通信学会2005年総合大会講演論文集B-2-25, 2005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16年度は第3年度である。平成16年度の研究目的は、平成15年度に製作した後方乱気

表1 後方乱気流検出装置の性能仕様

波長	1.54 $\mu$ m
パルスエネルギー	0.25mJ/pulse
繰り返し周波数	4kHz
パルス幅	0.2 $\mu$ s
ビーム径	100 mm
走査範囲 水平 垂直	0~360度 -5~185度
走査速度	最大 20deg/s
角度分解能	0.01度

流検出装置を仙台空港に設置し、後方乱気流の検出実験を実施することである。

### 3. 研究成果

#### 3.1 後方乱気流検出装置

後方乱気流検出装置は、レーザを航空機に照射するため、人体に安全でなければならない。JIS-C6802-1997によると、裸眼に対する安全な最大許容露光量は、波長1.5~1.8  $\mu$  mが他の波長に比べて10倍以上大きい。さらに、この1.5  $\mu$  m帯は、光通信用の光学部品・デバイスが利用可能なため、信頼性が高く、比較的廉価な装置が製作可能であるため、波長1.5  $\mu$  m帯のレーザを用いた。主な性能仕様は表1に示すとおりである。

この後方乱気流検出装置を図1に示すような当所・岩沼分室屋上に設置した。設置場所は高さが約12mで、仙台空港の滑走路全体が見通せ、設置場所の正面付近で滑走路から離陸する機会が多いので、後方乱気流を検出するのに都合の良い設置場所である。



図1 後方乱気流検出装置の概観

#### 3.2 後方乱気流の検出実験

仙台空港を離陸する航空機による後方乱気流の検出実験を平成16年度後半から開始した。

後方乱気流検出装置で風速を測定する場合、得られる

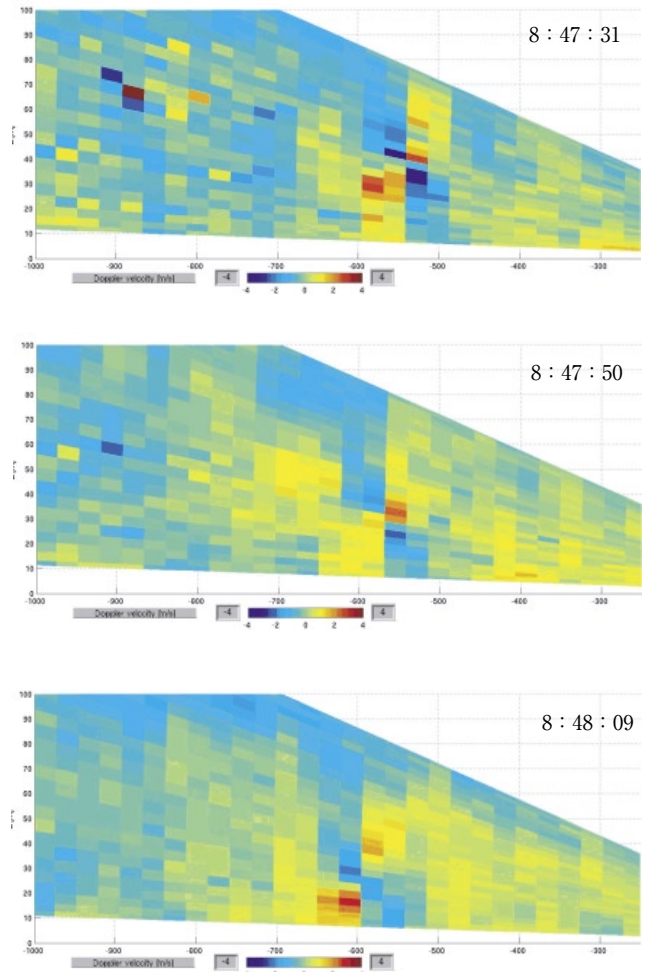


図2 後方乱気流検出例 (B767)

データは視線方向の風速（検出装置から見た向かい風、追い風）のみである。したがって、後方乱気流のような二つの渦のペアの場合、計測された水平方向の風速分布は正負のデータのペアとなる。

図2に、B767により発生した後方乱気流の20秒間隔の測定例を示す。寒色系が向かい風を、暖色系が追い風を表しており、通過直後のデータである上段では滑走路に渦のペアが生じている。20秒後の中段は、追い風の背景風があるため滑走路から流され、さらに地面方向に落下している。40秒後の下段は、さらに滑走路より離れながら、地面に近づいている。

### 4. 考察等

昨年度製作した後方乱気流検出装置を岩沼分室に設置し、仙台空港を離陸する航空機の後方乱気流を測定した。その結果、後方乱気流の発生とその遷移状況を観測できることを確認した。

今後、多くの後方乱気流を測定し、後方乱気流の発生と消滅に関する統計的なデータ解析をおこなう予定である。

## 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 SANE2002-84, 平成15年2月

(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", 電子情報通信学会総合大会, 平成15年3月  
(3) 小松原, 加来: "出発航空機から発する後方乱気流の検出", 電子情報通信学会総合大会, 平成17年3月

## A-SMGCシステムの研究【重点研究／空港整備勘定】

担当部 A-SMGC\_PT

担当者 ○二瓶 子朗, 宮崎 裕己, 蔭山 康太, 古賀 禎, 青山 久枝, 小松原 健史

研究期間 平成16年度～平成20年度

### 1. はじめに

空港面における航空機や車両等移動体の監視と走行経路の指示などは、現在は主として管制官による目視と音声通信によって行われているが、大きな空港などで交通量が多く、滑走路や誘導路が複雑に入り組んでいる場合や、夜間や霧などのため視程が低い状態では、的確な監視と適切な管制・指示を行う事が難しく、管制官の負荷も非常に大きい。

そこで、低視程・大交通量・輻輳経路の状況下でも空港における誤進入防止、経路誘導、間隔確保、衝突防止等を図って、安全で円滑な航空機の地上走行を確保すると共に管制官の負荷を軽減するため、これを可能とする先進型地上走行誘導管制（A-SMGC：Advanced-Surface Movement Guidance and Control）システムの早期研究、開発、導入が社会的にも求められている。

### 2. 研究の概要

A-SMGCシステムは、ICAOで検討が進められている空港面における航空機等の地上走行誘導管制システムであり、監視、経路設定、誘導、管制の4つの基本機能が要求される。このような機能を実現するには多くの装置を有機的・効果的に結合して適切なシステムを構築することが必要となる。

本研究は、国土交通省航空局の要望に基づいて、平成16年度から5ヶ年計画で実施するものであり、A-SMGCシステムに求められている全ての機能を本研究期間で達成することは困難と考えている。そこで、東京国際空港再拡張計画への部分的な活用、低視程状態発生頻度の高い空港への活用など空港整備計画とのリンクを視野に入れて、近い将来実現可能な技術水準を前提としたシステム開発を目指す。このため、出発機、到着機それぞれに対して、その時々状況に応じた最適経路の設定と誘導などシステムの高機

能化については、本研究機関終了後もフェーズⅡとして研究を継続する必要がある。

本研究期間における各機能の達成目標を以下のように設定する。

システムの中核をなす監視機能については、システムの信頼性確保と性能の相互補完の観点から、航空機と車両のそれぞれの移動体監視に適した複数の監視センサの組み合わせとデータの統合化によりA-SMGCシステムの監視機能（空港面を走行する航空機と車両全てに対する識別とラベル付け）に適した統合型監視センサを開発する。

経路設定／誘導機能については、統合型監視センサで得られた移動体の位置・識別・進行方向・速度等のデータを使用して主要誘導経路または管制官が入力した（選定した）経路の誘導路中心線灯を停止線灯と組み合わせて自動点灯点滅制御できるシステムを構築する。また、効果的な経路設定と誘導機能実現に必要な処理アルゴリズムの開発を行う。

管制機能については、管制官に対して監視情報を提供する管制表示装置を構築すると共に管制官による経路指示入力を容易にするヒューマン・マシン・インターフェイス（HMI）を開発する。

本研究は、複数の専門分野にまたがる総合的なシステム開発が要求される研究であることから、所内の他の研究グループや外部機関との連携・共同研究が不可欠である。そこで、無線技術、情報処理技術、航空管制業務等に精通した研究者を結集し、目的志向・目標管理意識をもったプロジェクトチームを結成して一元的な組織体制のもとで研究を推進する。また、本研究は、灯火制御による誘導機能の研究を実施している（独）交通安全環境研究所等との共同研究或いは研究協力の枠組みを作って進めていく。

### 3. 研究の成果

平成16年度は、A-SMGC全体システムの検討と基本設計を行い、主要機能を模擬するテストツールを製作した。また、監視機能については、統合型監視センサ用インターフェイス装置を製作して複数の監視センサを使った接続試験を実施した。平成16年度に実施した具体的な研究内容は以下の通りである。

#### 3.1 主要機能を模擬するテストツールの製作

##### (1) 経路設定機能模擬テストツール

航空（管制対象）機の推奨経路を生成するアルゴリズムの検討を目的として同機能のテストツールを製作した。本テストツールは、将来的には管制機能模擬テストツールと接続し、同テストツールより経路計算に必要とされる各種情報を受け取るとともに、同テストツールに対して推奨経路の情報提供を行う予定である。

現時点では、テストツールでは推奨経路計算機能に加えて、シミュレーション実施機能を有し、テストツール単独での動作を可能としており、推奨経路の計算結果の検討を可能としている。

推奨経路計算機能では、空港面の各誘導路をエッジ、誘導路の交差点などをノードとしてモデル化し、スポットから滑走路進入点（出発機）、および滑走路離脱点からスポット（到着機）までの経路計算を行う。現時点では、単純な最短経路に基づいて推奨経路の計算が行われる。

本テストツールでは、各エッジへの異なる重み付けの付与や、交差点での方向転換への仮想的な距離の付与を可能としたデータ構造を用いることで、空間的な経路長以外の通過困難度などの要素を考慮した経路計算を可能としている。また、同データ構造では、次の移動を禁止する交差点の指定なども可能であり、通過困難度や、次の移動が禁止された交差点の指定などは、経路計算時に考慮される。

シミュレーション実施機能においては、推奨経路計算機能により計算された経路に基づいて航空機の運航を模擬する機能を実現した。シミュレーション実施中、出発機は予め定められた定義ファイルに記述された移動開始予定時刻に基づいて空港面内の移動を開始する。同様に、到着機は、着陸予定時刻に基づいて滑走路に到達し、滑走路離脱後に空港面内の移動を開始する。なお、連続する到着機の着陸予定時刻が定められた時間間隔値を満たしていない場合にはシミュレーション実施時の着陸時刻は間隔値を満たすように変更される。

シミュレーション実施中の航空機の近接を回避するため、エッジのグループとしての登録を可能とするデータ構造を用いた。また、シミュレーション実施中、任意の航空

機が通過予定であるエッジ・グループを他の航空機が通過中には、当該航空機はエッジ・グループの入り口で待機を行う機能を実装した。この結果として、シミュレーション実施中の航空機の接近回避を可能とした。

また、シミュレーション結果として、各航空機の使用経路、出発機の移動開始、滑走路到達時刻、到着機の滑走路離脱時刻、スポット到達時刻を記録する機能を実装したため、空港面内の移動時間に基づいたアルゴリズムの効率性などの検討が可能である。

実運用における空港面での経路決定においては、空間的な経路長に加えて、他の航空機との兼ね合いによる誘導路の割り当てや、出発機の予定飛行経路、機種性能などの各種条件を勘案する必要があると考える。

今後、実運用における使用経路決定手法などについて調査を進めるとともに、テストツールの拡張により、実運用における各種の条件を考慮した推奨経路生成の実現を目指す。

##### (2) 管制機能模擬テストツール

A-SMGC Sの一つの機能として管制業務に有効な情報を提供することを目的とする管制機能について、今年度は管制現場の業務実態調査をはじめとし、管制機能を検証できるA-SMGCS管制機能模擬テストツールの製作を行った。

本テストツールは、空港を離着陸する航空機及び滑走路内に進入する可能性のある移動体（車両等）に関して、空港面におけるその挙動を模擬し、A-SMGCSの動作と共に管制官に対して表示等出力画面のイメージにより情報提供する方法、並びに管制官による入力等操作方法を検討する目的で製作した実験装置である。

まず管制機能の本質的な要素、つまり管制官の管制業務支援に必要な情報を検討するため、管制現場においての調査を行った。A-SMGCSを活用できる場所として東京空港事務所での飛行場管制業務、当該官署の飛行場レイアウトによる特性、通常時における管制運用状況について等の調査をして必要とされる情報の抽出・検討を行った。

管制機能模擬テストツールは、A-SMGCSの模擬機能と移動体等の模擬部分であるシナリオ作成機能を有している。A-SMGCSの模擬機能としては、A-SMGCSの主要機能とされる空港面の移動体（航空機、車両等）の表示と共に、滑走路等誤進入、異常接近予測などの警告機能も表示対象とした。また、将来的には、航空機に対するスポットと滑走路間の推奨誘導経路についてもA-SMGCSの機能の一つとして表示対象とした。

シナリオ作成機能では、各シナリオにおいて使用滑走路、灯火、A-SMGCSの運用状況が設定できると共に、航空機

においてはタグ付け及びスポットから離陸・着陸直前の特定地点間の模擬を可能とした。車両においてもタグ付けを可能としている。

本テストツールは、表示することだけを目的とせず、その出力方法を画面のイメージにより検討可能としている。管制塔（VFR室）に設置する想定で、画面や出力情報のレイアウト、配色、文字サイズなどが主とした検討項目となっている。特に移動体自体の表示方法や警告表示については、管制官が事故を回避するためにも瞬時に該当場所と対象移動体に気付けることを大前提に評価を行う。

また、管制官による入力等に対しての操作性についても検討の対象としている。これは飛行場管制業務が管制塔から空港面を見渡す目視の業務であること、つまり画面ばかり注視していることができないので、操作のために手惑うようでは実用価値が低いと判断される。

入力に対するレスポンスについても表示と共に時間的な面が重要視される。従って、見るために操作を必要とする情報と常時画面上に表示出力されていてほとんど操作を必要としないで見ることができる情報との切り分けも大事な観点と思われる。

今後は、画面表示における評価、操作性における評価を十分行うと共に、推奨経路生成機能との接続、統合型監視センサーとの接続に伴う情報表示を実運用に近い形で行っていきたい。

### 3.2 統合型監視センサ用インターフェイス装置

統合型監視センサは、複数の監視センサのデータを融合し、信頼性の高い監視データを出力する装置である。ある監視センサからのデータが欠落した場合でも、他のセンサによりデータの補完を行い、信頼性の高い監視を継続する。

平成16年度は、統合型監視センサのうち、ASDE、SSRモードS、車両監視システムの3つのセンサ用インターフェイス部を中心に製作した。図1は、統合型監視センサの構成図を示す。統合型監視センサは、ローカル処理部と統合処理部に大別され、今年度は図1の太線で囲まれた部分を製作した。

ローカル処理部では、センサ毎に各種処理を行う。基準時刻追加処理では、入力データに対して基準時刻を付与する。基準時刻は、NTP(Network Time Protocol)を用いて、GPS時計によるタイムサーバから取得する。これにより高精度な時刻をデータに付与する。続いて、座標変換処理では、ASDE、モードSの極座標( $\rho-\theta$ )をWGS84座標系

に変換する。これにより、システムで共通の座標系が利用できる。データ変換処理では、全ての監視センサに共通のフォーマットにデータを変換する。共通フォーマットとしては、EUROCONTROLで提案されたASTERIX10と互換性を持つフォーマットを採用した。このような共通フォーマット化により、新たなセンサの追加が容易にできる。

データ変換後は、統合処理部での相関・追尾処理に移る。相関処理では、センサ間データの相関の有無を判定する。さらに、相関があると判定されると複数のデータを1つのデータとして追尾し、最適な位置を出力する。

今年度は、センサ間のデータ相関処理の検証をするため、相関処理のみを製作した。

平成17年には、追尾処理・最適出力処理を追加する。

相関処理後は、出力メッセージ処理に移る。本処理では、相関・追尾処理からデータをASTERIX11と互換性のあるフォーマットに変換し、上位装置に出力する。

平成17年3月には、試作した統合型監視センサ用インターフェイス装置を使用した実験を行った。AVPS、ASDE、SSRの各センサの出力に対して、基準時刻追加処理、座標変換処理、データ変換処理が正常に動作することを確認した。

図2は、3つの監視センサ間のデータ相関処理の検証例を示す。

また、図3は、3つの監視データについて、AVPSを主センサ、ASDEをサブ1、SSRをサブ2としてオフラインで選択処理した場合の補完処理出力例を示す。同図は、AVPSが欠落した場合でも、他のセンサで補完されることを示す。

## 4. 考察等

今年度実施したA-SMGC全体システムの検討と基本設計を基に、次年度から近い将来実現可能な技術水準を前提とした具体的なシステム開発に着手する。

このうち、特に監視機能については、これまでの技術の蓄積を生かして統合型監視センサ用インターフェイス装置を試作し基礎実験を行った。その結果、各センサの出力データに対する基準時刻追加処理、座標変換処理、データ変換処理が正常に行われることを確認するなど、統合型監視センサの開発に向けた基礎データを収集することができた。今後はマルチラテレーションとの接続、複数のセンサ追尾機能の追加等を行って統合型監視センサの早期開発を目指す。

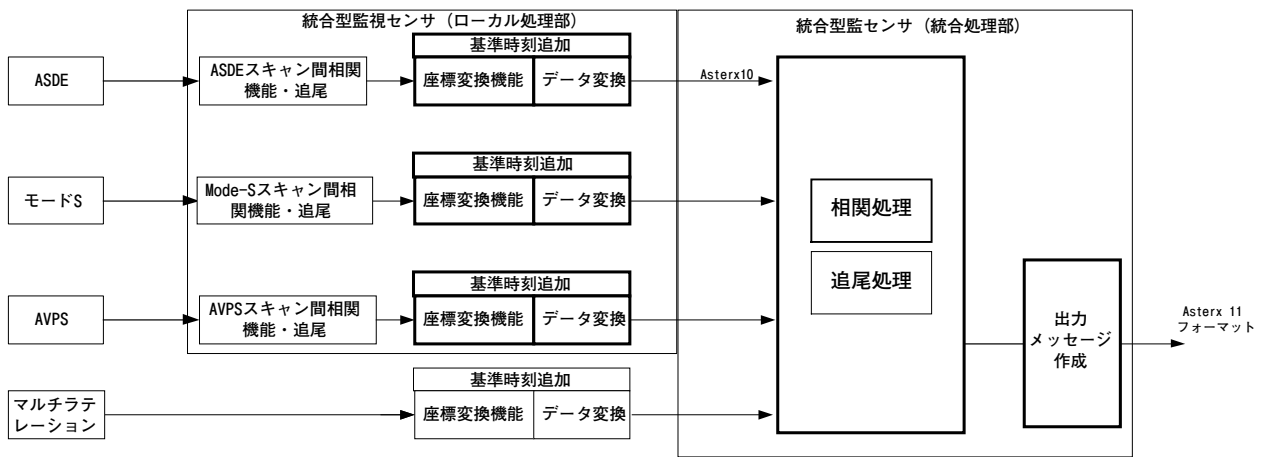


図1 統合型監視センサ構成図

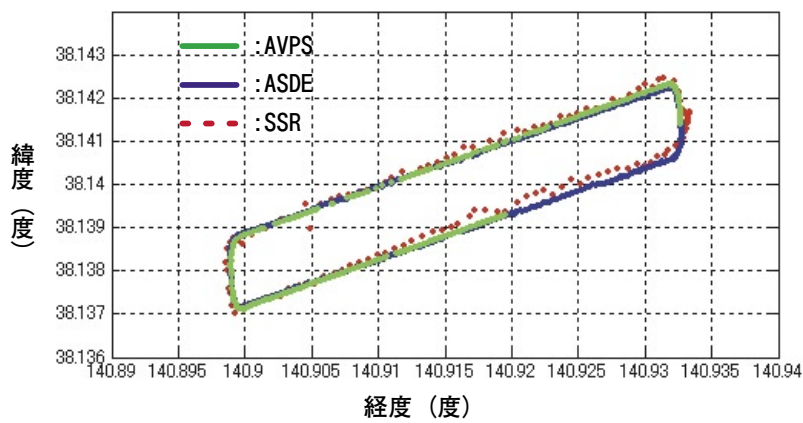


図2 監視データ間相関処理検証例

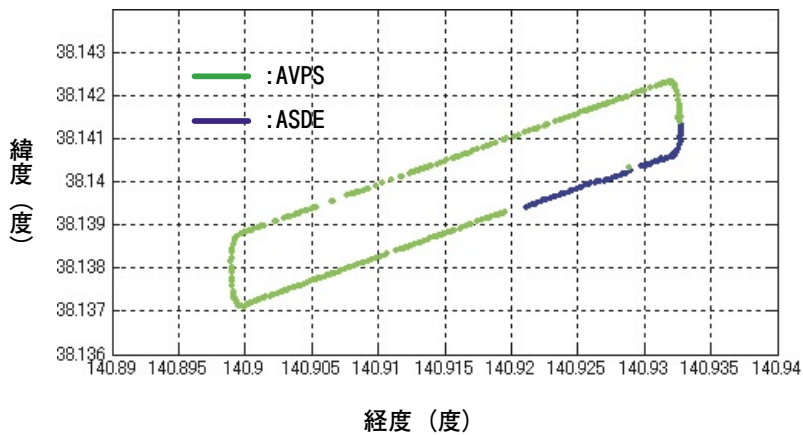


図3 オフラインによる補完処理出力例

## 航空無線通信におけるCDMA方式の要素技術の研究【指定研究／空港整備勘定】

担当部 航空システム部

担当者 ○北折 潤 加藤 敏 中谷泰欣 松久保裕二

塩見格一（管制システム部） 金田直樹（管制システム部）

研究期間 平成16年度～平成17年度

### 1. はじめに

現在の航空管制用対空通信は音声によるVHF帯無線電話が主である。無線電話ではアナログ振幅変調方式を採用しているために電波干渉やフェージングに弱い。また近年の通信量の増加に伴い、割り当て可能なVHFチャンネル数の不足が特に欧米において大きな問題となってきている。データ通信についてはVHF-ACARSやVDLモード2が使用されているが、これらは伝送速度が低く、将来予想される高速大容量回線を必要とする通信アプリケーションの需要に応えることは困難である。電波干渉に強く高速大容量の通信チャンネルを十分な数だけ確保するためには、現在の対空通信システムとは異なる原理に基づいたシステムについて研究する必要がある。

近年になり欧米では、Cバンドのような広帯域を確保可能な周波数帯でCDMA（符号分割多重アクセス）方式を用いたワイドバンド無線等の高速かつ高機能な通信ネットワークの検討が始まっている。CDMAは従来広く使われていたFDMA（周波数分割多重アクセス）やTDMA（時分割多重アクセス）に比べて多くの利点があり、第三代携帯電話システムにも採用されている。しかし携帯電話システムと航空通信とでは、移動体の速度、通信の信頼性、セキュリティの確保や優先度の有無等、必要とされる要件が異なる点が多い。また航空通信は全世界的な統一規格を策定する必要がある。日本と諸外国との間でも地理的要因、制度の相違等があることを考慮すると、日本で必要とされるシステム要件を研究し、研究成果を統一規格に反映させることも必要である。

### 2. 研究の概要

本研究では航空無線の中でも管制用対空通信を対象とする。管制通信にCDMA方式を適用する場合に以下のような問題が考えられる。例えば、デジタル化した音声通信での即時性の確保、複数ユーザ間で通話モニタが可能なパーティラインの構築、複数の優先度を持ったデータ通信の混在等といった航空管制通信固有の要件が問題となりうる。すなわちCDMA方式適用の第一条件として、現状の管制業務の枠組みを大幅に変更しないという制約が課される。このために、現在の管制通信トラフィックや管制セクタ配

置の調査を経て管制通信の基本特性を知っておくことが肝要である。

さらに、無線局配置や電波干渉といった物理的影響も要因となる。これらに関しては実地での実験には多大なコストを要するために、単純化したモデルを用いた理論計算ないしは計算機シミュレーションを主体としたアプローチとする。その他、電波伝搬、通信セキュリティ等対象となる基盤技術が多岐にわたるために、大学との共同研究や客員研究員制度により外部の人材を活用することとする。

### 3. 研究成果

#### 3.1 Cバンドでのアンテナ利得補償

CバンドはVHF帯に比べて空間伝搬損が大きい。対空通信をCバンドで行うためには、水平方向の利得の大きいアンテナを使用して地上局の送信出力を補い、遠方の機上局との通信を行うことになる。一方で、管制通信では垂直偏波を使用するために地上局直上付近のアンテナ利得が低く、直上付近での通信に不利である。本研究では、図1にあるような水平方向に利得の大きいアンテナを地上局に使用した場合に、直上付近での利得を得る方法としてアンテナ付近に反射板を設置する手法について実験を行った。

実験結果を図2に示す。反射板を設置しない場合に比べて反射板を設置した方が直上付近の利得が上昇しているこ

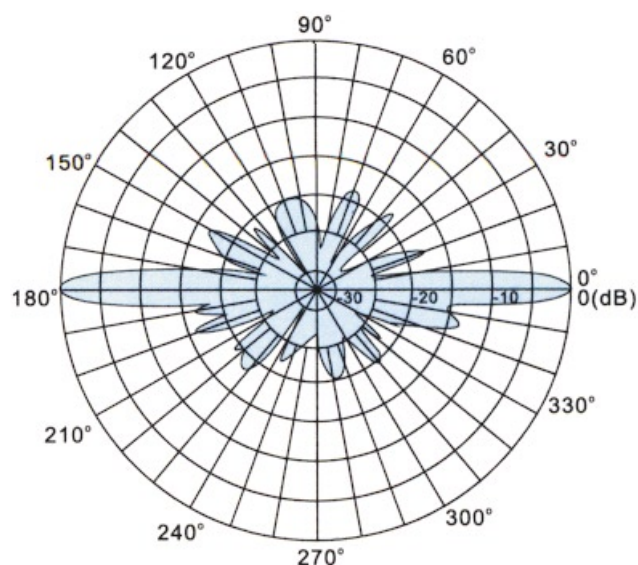


図1 高利得アンテナパターン



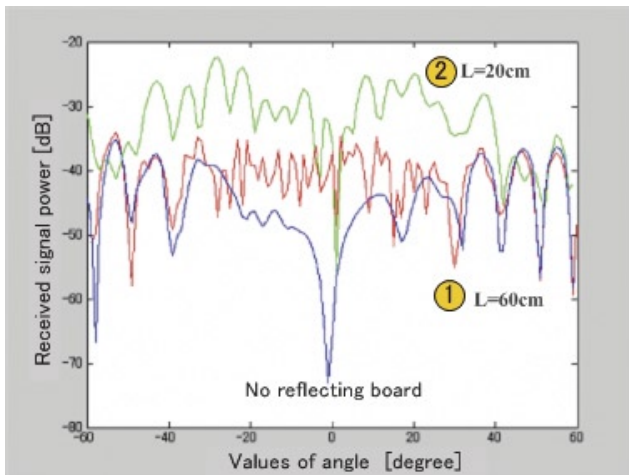


図2 反射板による効果

とがわかる。

### 3.2 CDMAの特性を利用した緊急通信

直接拡散CDMA方式には、移動局の位置関係により基地局での受信電力に差が生じ、受信に悪影響を及ぼすいわゆる遠近問題が存在する。遠近問題は移動局からの送信電力を細かく制御することにより解決されるが、遠近問題の性質を逆に利用して航空通信における緊急通信を行う手法について研究した。

本方法の原理は、緊急通信を行いたい移動局（機上局）が一時的に出力する電界強度を上昇させ、基地局（地上局）における他局信号を抑圧することにより通信の優先権を獲得するというものである。しかし単純に電界強度を上げることはシステムの制約上好ましくないと考えられる。そこで、CDMAにおける送信時の拡散変調を取りやめ一次変

調のみの狭帯域変調とする手法を考案した。これにより、全体としての送信電力を変更することなく搬送波周波数近傍での電力スペクトル密度を上昇させることができ、緊急通信として応用することができる。

### 4. まとめ

本年度は主として、CDMA方式をCバンドで行う場合の基礎となる電波的特性の取得およびCDMA方式の特性を利用した緊急通信の手法について研究を行った。なお、緊急通信の手法に関しては特許出願中である。

### 掲載文献

- (1) 関, HO, 津田, 嶋本, 北折, 中谷, 加藤:「5GHz帯を用いた航空機用デジタルデータ通信に関する研究」, 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7月
- (2) 金田: "Preemption Methods in CDMA Systems", ICAO ACP WG-C/8, 平成16年9月
- (3) HO, 津田, 嶋本, 北折, 加藤: "The Next Generation Air to Ground Communication for Air Traffic Control", 日本シミュレーション学会多次元移動情報通信網自動設計技術研究会, 平成16年11月
- (4) 金田, 塩見:「CDMAにおける制御チャンネルのない発信方式」, 平成16年度電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成16年6月
- (5) 金田, 塩見:「CDMAの特性を利用した優先通信の発信」, 電子情報通信学会2005年総合大会, 平成17年3月

## 精密衛星測位による地球環境監視技術の開発【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, 坂井丈泰, 星野尾一明

研究期間 平成14年度～16年度

### 1. はじめに

「精密衛星測位による地球環境監視技術の開発」の研究は、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。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。

サブテーマ1である「GPS掩蔽法を用いた地球大気圏モニタ技術開発」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を行う。当所の担当した、①の「航空機からのダウンリンク(DL)-GPS掩蔽観測技術の開発」に関する研究(以下、本研究という)は洋上の水蒸気垂直プロファイルの観測を行うために、航空機からのDL-GPS掩蔽観測技術を世界に先駆けて開発することを目指した研究である。GPS掩蔽法とは、GPS衛星から発射される電波の大気伝搬遅延量を計測することにより大気の大気湿度等を求める手法である。当所では、本研究に不可欠な、航空機用DL-GPS受信機と航空機高精度位置速度計測システムの開発を行うとともに、飛行実験を実施し、開発したDL掩蔽観測用受信システムの評価を行うとともに、収集したデータを京都大学生存圏研究所と気象研究所に提供することによって、水蒸気垂直プロファイルの導出技術の開発に寄与し、「航空機からのDL-GPS掩蔽観測技術」に対する実証を行う。

将来における研究成果としては、民間航空機によるGPS掩蔽観測により得られたデータを気象数値予報モデルに配信し、予報精度の向上を目指している。航法部門への波及効果としては、航空機の高精度の位置と速度の計測技術の確立、アベイラビリティ向上に必要な低仰角における電離圏・対流圏の伝搬現象の把握、さらに、GPSのL5信号などに対応した我が国における高感度・高精度2周波受信機の開発などが期待できる。

## 2. DL-GPS掩蔽観測用受信システムの開発

本研究の課題は3点あり、各項目に分けて説明する。

### 2.1 航空機用DL-GPS受信機の開発

航空機用DL-GPS受信機(以下、この章では掩蔽受信機という)は、受信機本体(掩蔽観測用高サンプリング1周波GPS受信部、位置決定及び電離層補正用2周波GPS受信部)、コンソール部及び基準周波数発生部から構成される。基準周波数発生部はルビジウム発振器を使用し、掩蔽受信機の本体と別途開発の航空機高精度位置速度計測システムに精密な10MHzの基準信号を供給する。掩蔽受信機本体部の外観図を図-1に示す。本研究で開発した掩蔽受信機は、実証実験のために航空機搭載が可能なGPS受信機であり、掩蔽観測に必要な低仰角(俯角を含む)から到来する微弱なGPS衛星信号を可能な限り追尾するのが主要機能である。このため、掩蔽観測用および位置・時刻決定用の2系統の受信アンテナに対応した2つのRF回路のフロントエンドを持つ受信機を主装置とし、電離層遅延量を補正するための2周波受信機2台と組み合わせた構成である。掩蔽受信機は微弱な電波を受けるために、アナロ

グ部とデジタル部を完全に分離してアナログ部に対するデジタル部からの干渉を排除する構造を持ち、突発性の雑音などで追尾ロックが外れた場合に引き続き追尾すべき信号を予測したうえで再捕捉する機能を有している。さらに、電離層シンチレーションなどの電離層・大気の変動による受信強度変動を測定するために、中間周波数回路による直交検波信号(IチャンネルおよびQチャンネル)を出力する機能も有する。

GPS信号シミュレータを使用して、工場内で掩蔽受信機の測定精度および感度の試験を行った。擬似距離測定に関する標準偏差は1.46mであった。搬送波位相については2.5mmであった。これらは、いずれもGPS掩蔽観測実験にあたり十分な性能を有している。同時に行った受信感度に関する試験では、一般的な受信機の最低受信感度の規格である-130dBmに比べ、13dBも良好な-143dBmを記録した。

掩蔽受信機を評価するため、富士山頂からのDL-GPS掩蔽観測実験を、気象庁気象研究所および京都大学生存圏研究所と共同で2003年9月17日~20日に行った。富士山での直線見通し可能仰角は-2°程度であるが、通常のアンテナを利用して最低仰角が-5°付近に達するものが多数あり、低仰角信号の捕捉・追尾能力が大きく向上していることが分かった。良好な観測条件下では、推定される大気屈折率の高度分布推定の最低高度を、従来型のGPS受信機では2,000m程度から、掩蔽受信機では1,300m程度まで下げることができた。



図-1 航空機用DL-GPS受信機本体部の外観図

### 2.2 航空機高精度位置速度計測システムの開発

航空機高精度位置速度計測システム(以下、速度計測システムという)は、航空機の位置および速度を高精度に計測するための航空機搭載装置であり、慣性運動計測センサ(IMU)による航空機運動の計測とGPSと同期させ、GPS出力およびIMU出力をハイブリッド処理することにより、

航空機の位置および速度を高精度に得るものである。速度計測システムの本体である慣性運動計測部の外観を図-2に示す。慣性運動計測部は日本航空電子工業製のRLG運動計測装置 (JIMS-250R) を基本に開発され、運動体等 (車両、船舶、航空機等) の姿勢角、方位角、3軸角速度、3軸加速度等を高精度で計測することができる。センサとしてはリングレーザジャイロ (RLG) とサーボ型加速度計 (各3組) を使用しており、高精度で運動体の姿勢・方位角等のIMUデータを出力する。

速度計測システムの計測原理は、GPSのキャリア信号を使った測位は他の測位システムに比べて位置精度が良いものの、数cmのランダムな誤差を有し、速度に変換しても数cm/sの誤差を生むことになる。一方、IMUは長時間経った場合においてセンサのドリフトやバイアスによって数km/h (1 m/s) の大きな誤差を生じるが、短時間であれば移動体の運動を正確に計測することができることを利用している。この2つのセンサの特徴を活かし、キネマティックGPS測位によって得られた位置と、IMUが測定する加速度および角速度を結合することによって、高精度な速度情報を得ることを目指している。

実験機のエンジンの比較的大きな振動がある機体静止時におけるIMUデータの南北・東西速度、キネマティックGPS測位結果から算出した南北・東西速度を用いて両者を結合することにより推定した南北・東西速度を比較した。キネマティックGPS測位により求めた航空機速度の標準偏差は20mm/s程度である、一方IMUにより得た速度は時間とともにドリフトしていた。このときの推定値は0 mm/s近辺で安定しており、標準偏差は4 mm/s以下である。推定値は、短期的にはIMUデータに連動しているものの、長期的にはIMUデータのドリフトの影響は排除されていて、当初の設計通りの動作となった。図-3に、2004年10月20日午前中の実験における水平飛行中の東西方

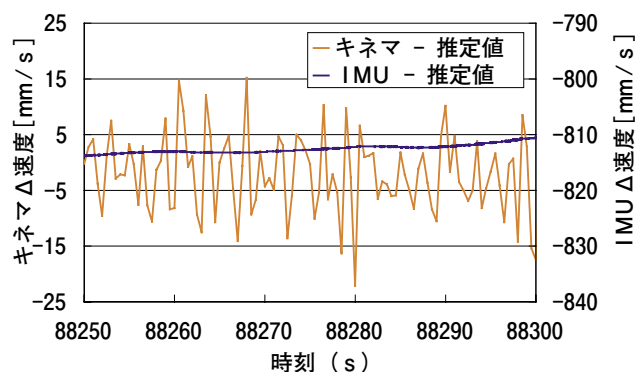


図-3 飛行中の50秒における、IMUデータと推定値の差 (青) およびキネマティックGPSによる算出値と推定値の差 (橙)

向のIMUおよびキネマティックGPSにより算出した速度と推定値の差を50秒間だけを拡大して表示した。これらのデータでは、短期的には推定値はIMUデータに連動しているものの、長期的にはIMUデータのドリフトの影響は排除されていて、当初の設計通りの動作となった静止時と同様な振舞いを確認できる。

### 2.3 航空機からのDL-GPS掩蔽観測実証実験

飛行実験実施のため、DL掩蔽観測用受信システムの搭載改修を行った。「航空機高精度位置速度計測装置」、「航空機用DL-GPS受信機」並びに掩蔽観測用GPS受信アンテナから構成されるDL掩蔽観測用受信システムを、当所の実験用航空機Beechcraft社製 B99 Airliner (JA8801) に搭載した。掩蔽観測用のGPSアンテナについては、本機のノーズレドーム内に左右1式ずつ横向きに取り付けた (図-4参照)。これらのアンテナは基本的には着脱は行わないが、他の飛行実験への影響を考慮し、整備士により着脱が可能な取り付け方法とした。また、時刻・位置決定用アン



図-3 航空機高精度位置速度計測装置の外観図

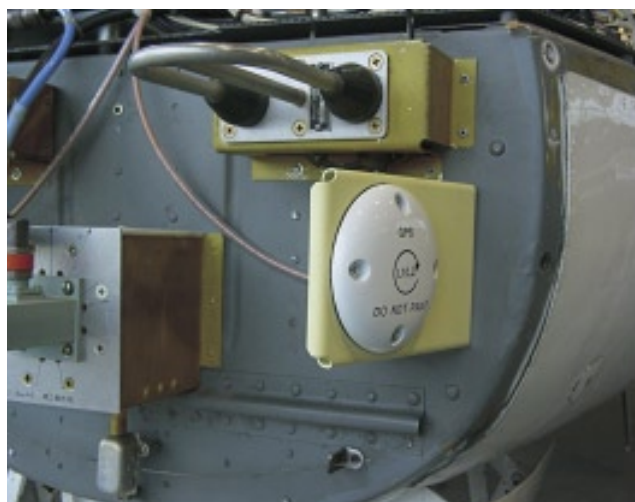


図-4 掩蔽観測用GPSアンテナ取り付け様子 (左側アンテナ)

テナについては、本機にすでに装備されていたアンテナをそのまま利用した。

実験システムの航空機への搭載改修後、2003年10月より飛行実験を開始し、2005年2月までに計46フライト、およそ130時間の実験を行った。山岳等による電波散乱の悪影響を避けるために飛行実験では主に海側を観測し、水平線に沈む掩蔽GPS衛星を観測すべく、1回のフライトで1~3プロファイルを取得した。飛行実験時には、ベースとなる空港および飛行経路上に高精度測位用の10Hzサンプリング基準点を数点設置した。

### 3. DL-GPS掩蔽観測実証実験結果

図-5に観測したドップラシフト量と仰角の関係を示す。夏期の2004年7月1日午前由高知空港をベースにした宮崎沖への飛行実験観測結果である。掩蔽GPS衛星信号の搬送波ドップラシフト量から、掩蔽GPS衛星および実験機の移動による影響を除いた結果を示している。この実験は梅雨期に実施されたものであり、GPS信号の伝搬経路上に弱い梅雨前線が停滞していたことから信号伝搬経路は大きく曲げられていたものと思われ、大きなドップラシフト量が観測されるとともに、 $-4.5^\circ$  という低仰角までGPS信号が追尾されている。

GPS掩蔽観測飛行実験で得た仰角と電離圏による遅延量の関係を図-6に示す。この例も2004年7月1日午前の高知から宮崎沖に向かう飛行実験において得られたものである。これらのデータは電離圏の影響に関する解析のため京都大学理学部および情報通信研究機構に送られ、掩蔽データに対する電離圏の影響が調査された。また同時に、航空機の速度および姿勢で補正され、電離圏の影響を除去されたGPSのドップラシフト周波数のデータは航空機の位置データとともに京都大学生存圏研究所により水蒸気屈

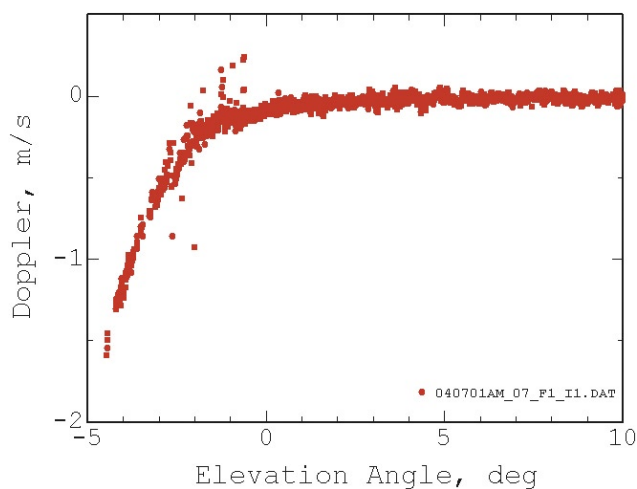


図-5 H16年7月1日の四国沖における飛行実験におけるGPSドップラ周波数と仰角の関係

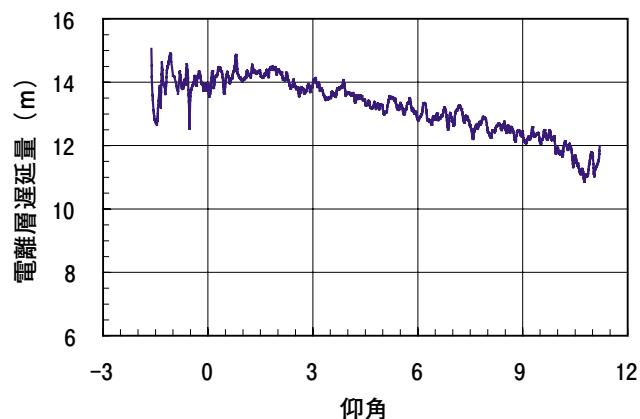


図-6 H15年10月23日のGPS掩蔽観測飛行実験で得た仰角と電離層遅延量の関係

折率高度プロファイルが推定され、気象研究所によりメソ数値気象モデル出力結果から同一時刻・場所における水蒸気屈折率分布が計算された。このように京都大学で解析された例を図-7に示す。今回の水蒸気屈折率高度プロファイルを青線で示す。また、この時の同一時刻かつタンジェントポイントと同一場所のメソ数値気象モデルから気象研究所が求められた水蒸気屈折率高度プロファイルも赤線で示している。両者の全体的な分布傾向はよく一致しており、

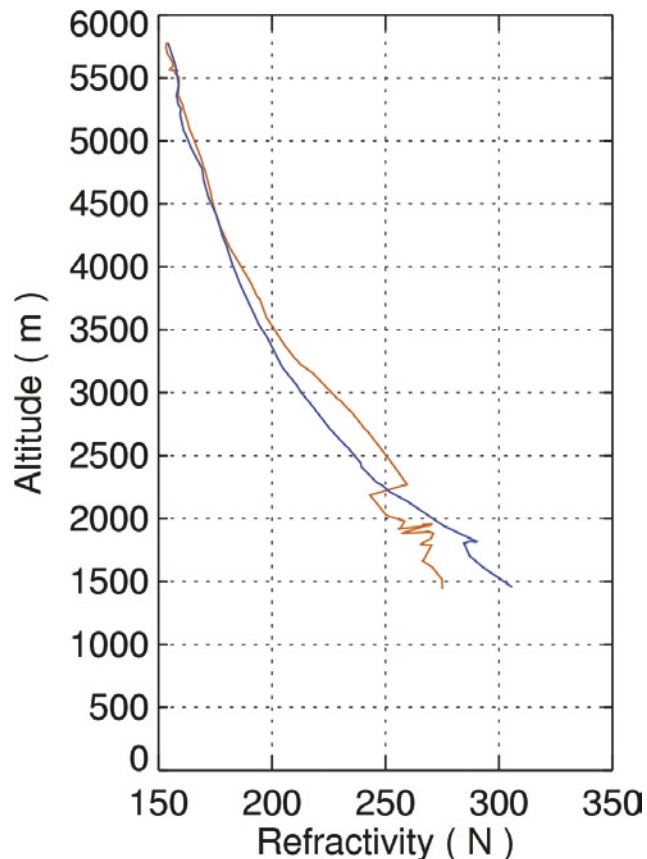


図-7 2004年7月1日のDL-GPS掩蔽観測飛行実験から推定された水蒸気屈折率高度プロファイル(青)とメソ数値気象モデルから算出された結果(赤)

推定が成功したと言える。ただし、高度3,000m以下の高度における不一致はDL-GPS掩蔽観測に使用した水平方向一様分布の仮定の適用ができないためと考えられる。この高度以下は水蒸気屈折率分布の水平勾配の大きい領域であり、得られた高度プロファイルの厳密な検証を行うなど、本手法を発展させた今後のさらなる進展が期待される。

#### 4. まとめ

本研究では、当初の目的どおり、航空機からのダウンルッキングGPS掩蔽観測に必要な航空機搭載システムの技術開発を行うとともに、実際の航空機を使用して実証実験を成功させた。低仰角（俯角も含む）から到来する微弱なGPS信号を受信可能な航空機用DL-GPS受信機は、2系統同時処理可能な受信機として開発されており、航空機に横向きに取付けられた掩蔽観測用アンテナとの組合せにより、飛行高度約6kmにおいて仰角 $-45^\circ$ という負仰角までGPS信号を追尾可能となった。また、同時に掩蔽観測に必要な航空機速度を数mm/s以下の精度で計測できる航空機高精度位置速度計測システムを開発した。さらに、延べ130時間にわたる飛行実験を実施し、さまざまな地域と季節に対応した実験データを収集することにより、実証実験を成功させた。解析の結果によればGPS信号伝搬経路の湾曲に起因するドップラシフト量がはっきりと観測されており、良好な実験データを取得できた。今後さらにこれらに対する解析などを行い、さらなる収穫を目指したい。

#### 参考文献

1. 吉原貴之, 他: "航空機からのGPS掩蔽観測技術の開発", 航空無線, Vol.41, 21-25, 2004年9月
2. T. Yoshihara, et al.: "Airborne GPS Down-Looking Occultation Experiments", Proceedings of the ION

GNSS 2004, Long Beach, Sep. 2004

3. 吉原貴之: "航空機を用いたGPS掩蔽法による大気構造の観測", GPS/GNSSシンポジウム, 2004年11月
4. 吉原貴之, 他: "航空機搭載型GPSダウンルッキング観測計画の概要", 地球惑星科学関連学会2002年合同大会, 2002年5月
5. T. Yoshihara, et al.: "Details of down-looking observation plan from aircraft", International workshop on GPS meteorology, Tsukuba, 2003年, 1月
6. 吉原貴之, 他: "航空機からのダウンルッキングGPS掩蔽観測の飛行実験計画", 電子通信情報学会2003年総合大会, 2003年6月
7. T. Yoshihara, et al.: "Simulation on requirements and observational plan for aircraft GPS down-looking experiments in 2003", IUGG2003, Sapporo, July, 2003
8. 藤井直樹, 他: "航空機ダウンルッキング用GPS掩蔽観測システム", 電子情報通信学会2003年ソサイエティ大会, 2003年9月
9. 吉原貴之, 他: "航空機からのダウンルッキングGPS掩蔽観測技術の開発", 地球惑星科学関連学会2004年合同大会, 2004年5月
10. 吉原貴之, 他: "航空機からのGPS掩蔽観測技術の開発", 第4回電子航法研究所研究発表会, 2004年6月
11. T. Yoshihara, et al.: "Airborne GPS down-looking occultation experiments in Japan", AOGS 2nd APHW Conference, Singapore, July, 2004
12. 齊藤真二, 他: "GPS搬送波位相による航空機の速度推定", 電子情報通信学会2005年総合大会, 2005年3月
13. 藤井直樹, 他: "航空機からのGPS掩蔽観測技術の開発", 第5回電子航法研究所研究発表会, 2005年6月

#### 精密測位衛星電波の海面反射を利用した海面高度モニタリング手法の開発【競争的資金による研究／その他（科研費）】

担 当 部 航空システム部  
担 当 者 ○吉原貴之  
研究期間 平成16年度～平成17年度

#### 1. はじめに

GPSをはじめとした精密測位衛星（GNSS: Global Navigation Satellite System）からの電波信号は、受信点に到達するまでに伝搬経路上の大気屈折あるいは地表・海面での反射などの影響を受ける。前者は伝搬遅延、後者は複数経路からの信号の干渉（マルチパス効果）を引き起こ

し、測位誤差の要因となっている。これらの効果は低仰角衛星信号ほど大きな影響を受けると考えられ、GNSS航法分野ではその利用が敬遠されてきた。

しかし、受信データに含まれるこれらの効果を詳細に切り分けて補正することで、低仰角でも利用可能な測位衛星数を増加させ、測位精度の向上と航法システムの有効性・

連続性を飛躍的に向上させることが期待できる。

本研究では、低仰角の精密測位衛星信号に及ぼすマルチパスとして、モデル化が比較的容易な海面反射の影響に着目し、これを利用した海面高度モニタリング手法の開発を行う。すなわち、海岸付近の高台の定点で低仰角の精密測位衛星信号を連続受信し、その受信データについて大気伝搬遅延効果を解析する。一方、測距信号に与える海面反射の干渉特性を数値モデルで明らかにし、パターン化する。このように得られた予測モデルを実際の受信信号特性と比較し、直達波・反射波の幾何学的伝搬経路解析による反射領域の特定（マルチパス波の特定・分離）を行う。こうして、海面高度の変化のみを抽出する手法を開発することを目的とする。これらの成果は、津波などの海面高度異常の早期検出に貢献できるリアルタイムかつ連続監視可能な海面高度モニタリングだけでなく、空港面などにおける受信データに適用し、より複雑なマルチパス成分の特定とそのモニタリングに応用して航法における測位精度向上を図ることができる。

## 2. 研究の概要と成果

本研究は2年計画であり、平成16年度は第一年次である。平成16年度は、主に海面反射による干渉特性のパターン化、正確な海面高度の決定に必要な大気遅延モデルの構築、及び実験データ収集のための屋外実験を行った。

海面反射による干渉特性のパターン化については、海面高度決定手法として、GPS衛星の移動に伴う光路差の時間変化率に対応した受信強度および干渉波の位相の変動周期に着目することとした。最も簡単な事例として海面からの高度が約25mの地点における実測データに適用したところ、海面高度を数10cm程度の誤差幅で決定できた。同時に、大気による湾曲効果補正の重要性が認識され、また広範囲を監視可能な高々度からの観測の方がより変動周期が短い

ため決定精度の向上が望めることが示唆された。さらに、直達波と反射波で伝搬経路が異なるから、上空における電離層遅延量の違いが干渉波の測定に影響を与えることが考えられる。国土地理院電子基準点データを用いた電離層遅延量の局所的な空間勾配の調査結果から、電離層擾乱時には海面高度決定に対して無視できない程度の影響があることが明らかとなり、空間勾配を未知数として海面高度と同時推定するなどの手法を開発することが検証段階での課題として残された。以上の干渉パターン・大気モデル検証に必要な実測値を得るため、2005年3月に兵庫県六甲山の標高約800m地点において屋外実験を実施し、検証作業に着手した。

## 3. 今後の計画等

2005年3月に行った屋外実験での観測データを用いて、実測値と干渉パターン・大気モデルにより構築される理論値の事後残差解析を行ない、その誤差特性から受信データのフィルタリング、積分時間などの最適化を行う。その結果、海面反射波に適用した場合の干渉波の受信強度、最適な受信点高度と衛星仰角など最適な観測パラメータを導出し、本手法の確立と最終的な海面高度決定精度を検証する。また、本研究により得られるマルチパス波の特定・分離手法をより複雑なマルチパス成分が含まれる受信データに適用し、その特定と分離が可能なモニタリング手法への応用について提案を行う予定である。

## 参考文献

T. Yoshihara, et al : "An Investigation of Local-Scale Spatial Gradient of Ionospheric Delay Using the Nationwide GPS Network Data in Japan ", ION-NTM, San Diego CA., January 2005

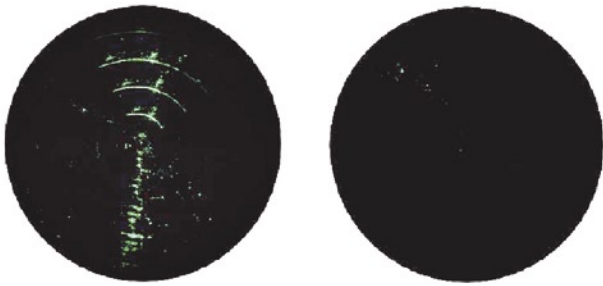
## ASDEデュアルサイト化調査委託【受託研究／空港整備勘定】

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2ASDEを設置する必要が生じた。

しかし第2ASDE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



(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

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。

## 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。

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。平成16年度は、CAB-ASDEから送信し、ENRI-ASDEに対する干渉波の抑圧技術の効果について調査した

## 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 [ $\mu$ s] の繰り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。直接波がスパイラル曲線のように円弧を描きながら内側に向かって移動している。(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、CAB-ASDEの北東側に設置されているASR/SSR鉄塔の方向、画面上の左上に少し現れている。この現象は、ENRI-ASDEの送信波がこの鉄塔で反射し、さらに遠方の反射物で反射して戻ってきたものと考えられる。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。

### 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、図2に示すような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3にENRI-ASDEで受信した受信信号を示す。これは、CAB-ASDEの直接波が滑走路上に現れるようにタイミングを調整し、その近くに車両を停車させて、スタガ／デフルータ機能の効果を調査したものである。

(a)がデフルータ処理する前で、車両による反射波と、干渉波とが認められる。(b)がデフルータ処理後の信号で、干渉波はデフルータにより、わずかに消え残りが認められる程度まで抑圧されているが、車両の反射波はそのまま維持されている。

## 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

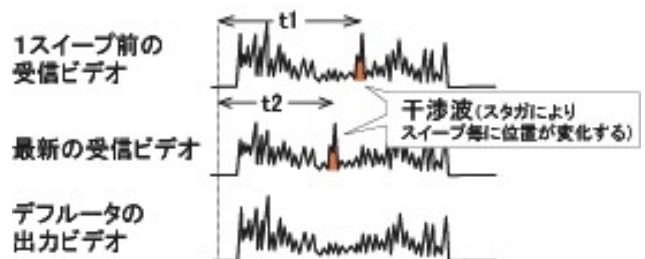


図2 デフルータ機能の概念図

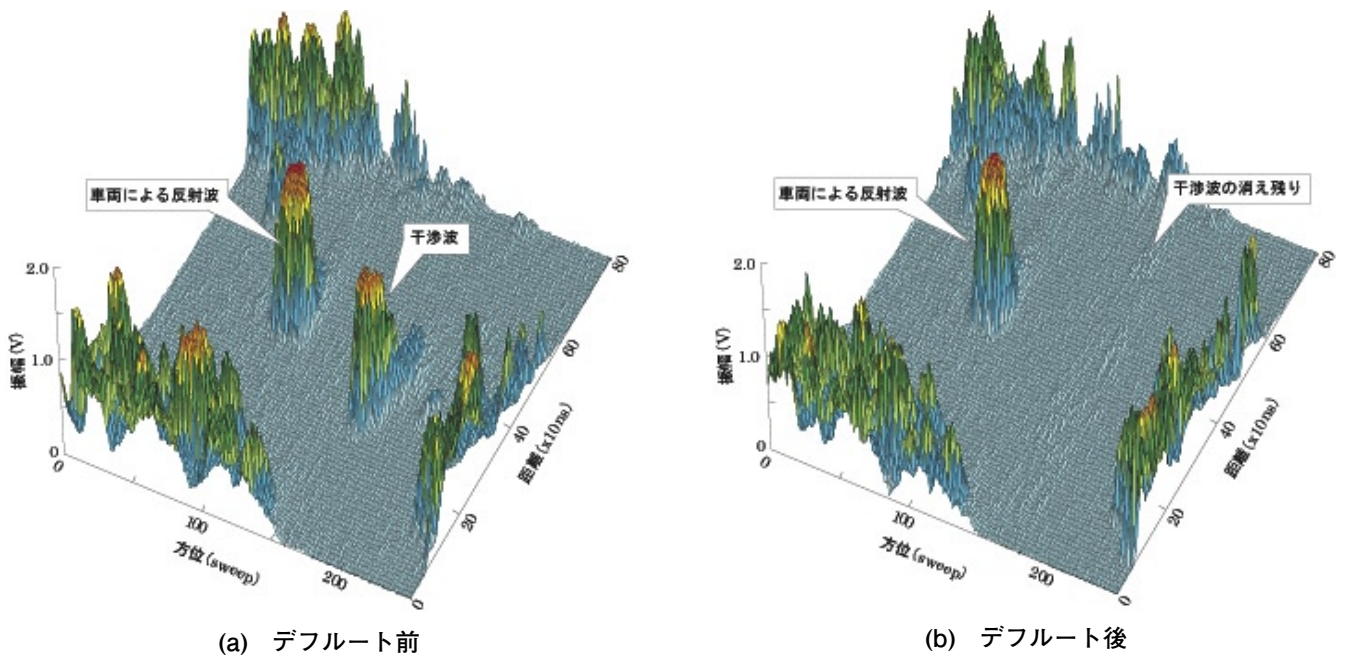


図3 スタガ／デフュータ機能の効果

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／デフュータ機能を試みたところ、距離方向にスタガの幅より小さい干渉波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、同一空港内でASDEをデュアルサイト化することが可能である。

掲載文献

- (1) 加来, 小松原: "ASDEデュアル化の干渉実験", 電子情報通信学会ソサエティ大会, 平成16年9月
- (2) 加来, 小松原: "デフュータ機能によるASDE干渉波の抑圧", 電子情報通信学会総合大会, 平成17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。このような非正規アドレス(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16年(2004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・データの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であるものを非正規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を導出し、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ために、非正規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機から外す。さらに、残った非正規アドレス航空機の候補機の航跡を調べ、航空機アドレス解析装置で再現した航跡を使い、モードA/CとモードSの相関が正常であることを目視により確認する。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非正規アドレス判定されたことのあるものについては、非正規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16年1月1日から平成16年12月31日まで解析対象期間（ただし、関西空港の平成16年9月7日以降については、FDP入力回線トラブルのため、欠測期間となった。）に、6機の非正規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、中国が2機、韓

国、タイ、フィリピン、マレーシアの5カ国であった。長年にわたる我が国の監視活動の結果、これらの非正規アドレスを持つ航空機の数、2001年、2002年、少し増加したものの、確実に減少してきている。特に、アジアの国の減少が著しい。今回の結果でも、非正規アドレスを持つ航空機はアジアの航空会社が運航しており、これらに対しては今後も航空機アドレスに関する啓蒙活動を広く行う必要があると考えられる。

## 4. まとめ

なお、航空局はこの解析の報告に基づき、非正規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非正規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、引き続き非正規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", ICAO SCRSP/WG -B/WP-7-45, Montreal, April 2004
- (2) N. Fujii, F. Horikoshi, T. Nakamura : "Analytical Results of Unauthorized Aircraft Address Measured by Aircraft Address Monitoring System", ICAO SCRSP-1-IP-4, Montreal, November 2004

## 航空管制用デジタル音声品質研究評価委託【受託研究／空港整備勘定】

担 当 部 航空システム部  
担 当 者 ○北折 潤, 中谷泰欣, 松久保裕二  
研究期間 平成16年9月～平成17年3月

## 1. はじめに

本研究は、国土交通省航空局から委託を受け、航空管制用対空無線の地上伝送区間及び航空管制用DA（Direct Access）電話（以下、管制電話（DA）という）並びにIA（Indirect Access）電話（以下、管制電話（IA）という）に、圧縮したデジタル音声を利用した場合の受話音声品質について評価を行ったものである。

## 2. 研究の概要

### 2.1 評価対象

本研究評価では、評価区分毎に表1に示す圧縮デジタル音声について、音声品質評価ツールを用いたVQT評価及び航空管制官によるオピニオン評価を行い、航空管制用途への適用の可否について判定を行った。

なお、対空無線音声については、VHF無線機及びUHF無線機のそれぞれについて、送信音声を圧縮した場合と受

信音声を圧縮した場合の音声品質を評価した。また、管制電話(IA)の評価では、IAネットワークの負荷を3段階(高・中・低)に設定し受話音声品質を評価した。

評価した音声符号化方式の概要を表2に示す。

表1 評価実施状況

評価区分	評価した圧縮デジタル音声 (bps)	
	VQT評価	オピニオン評価
対空無線音声	64k / 32k / 16k	32k / 16k
管制電話 (DA)	32k / 16k	32k / 16k
管制電話 (IA)	VoIP 64k / 8k	VoIP 64k / 8k

表2 評価対象音声符号化方式

速度	CODEC	ITU勧告	符号化方式
64kbps	PCM	G.711	波形符号化
32kbps	AD-PCM	G.726	波形符号化
16kbps	LD-CELP	G.728	ハイブリッド符号化
8kbps	CS-ACELP	G.729a	ハイブリッド符号化

## 2.2 評価方法

### (1) VQT評価

VQTと呼ばれる客観的音声品質評価ツールを用いて、音声品質スコア(PESQ)及び伝送遅延時間を測定した。使用した基準音源は、ツール付属の日本人及びアメリカ人男女2人ずつによる日本語及び英語のフレーズ計8種類とした。

### (2) オピニオン評価

航空管制官40名の協力を得て、航空管制用語を録音したDATテープを音源とする受聴型MOS評価と、航空管制官同士が相互に通話し音声品質及び遅延を評価した相互通話型MOS評価の2つを行った。

## 2.3 評価結果

### (1) VQT評価

VQT評価により得られた音声品質スコアに基づいてクラス分類した結果を表3に示す。

表3 VQT評価結果

評価区分	評価結果 (クラス分類)			
	64k	32k	16k	8k
UHF無線機	A	A	A	-
VHF無線機	A	A	B	-
DA電話	-	A	A	-
IA・低負荷	A	-	-	B
IA・中負荷	C	-	-	C
IA・高負荷	C	-	-	C

### (2) オピニオン評価

オピニオン評価の結果は、表3のVQT評価結果のクラスAがクラスBになったものと同等であった。

## 3. 考察等

クラスB以上の音声品質があれば通話には支障がないことが分っており、本評価結果より採用可能な音声符号化方式を判断すると表4のとおりとなる。これにより、現行の伝送回線を圧縮もしくは複数信号で共有することが可能となり、回線コスト縮減を図ることができる。

表4 採用可能な音声符号化方式

用途	採用可能な音声符号化
対空無線※	16k LD-CELP
管制電話 (DA)	16k LD-CELP
管制電話 (IA)	VoIP 64k PCM

※印：PTT信号を含めた再評価が必要

## 掲載文献

北折・中谷・松久保：「航空管制用デジタル音声品質研究評価委託・受託研究報告書」, 平成17年3月

## 平成16年度マルチラレーション導入調査委託【受託研究／空港整備勘定】

担当部 航空システム部  
 担当者 ○宮崎裕己 三吉 襄  
 研究期間 平成16年度～平成17年度

### 1. はじめに

東京国際空港は、再拡張事業として新たに4本目の滑走路等を整備して、年間の発着能力が40.7万回に拡充される計画である。そして、発着能力の拡充により交通量が増大した場合においても航空機が安全かつ円滑に運航できるように、再拡張後に対応した管制業務を支援するシステムの

検討が進められている。このうち空港面監視の支援システムとして、マルチラレーションの導入が検討されている。

マルチラレーションとは、航空機からの信号を3局以上の受信局で受信して、受信時刻差から航空機の位置を算出する監視システムである。マルチラレーションの導入では、位置精度や検出率など高い性能を得るためには、そ

の空港の適切な位置に適切な数の受信局を配置することが極めて重要であり、特にエプロン周辺等の複雑に建造物が存在するエリアにおいては、事前に十分な評価を実施することが必要である。

このような背景から当所では、国土交通省航空局からの委託により東京国際空港へのマルチラレーションの導入調査を2年計画で実施する。本研究は、評価実験による事前検証を行い、マルチラレーションの最適な導入形態を提案することを目的とする。

## 2. 研究の概要

本年度は、評価実験に先立ち欧州におけるマルチラレーション導入の調査および東京国際空港の現地調査を行い、これらの結果を踏まえて、評価エリア、システム配置、実験手順等の評価方法を検討して、必要機材を調達した。来年度は、本年度の調査結果に基づいて評価実験を進めて、最適な導入形態を検討する。

## 3. 研究成果

### 3.1 欧州におけるマルチラレーション導入の調査

ヒースロー空港、バラハス空港、スキポール空港、およびシャルルドゴール空港にてマルチラレーションの導入状況を調査した。これらの空港におけるシステム配置、アンテナ設置形態、検証結果、および運用状況等を確認して、評価方法の検討に役立てた。

### 3.2 東京国際空港の現地調査

東京国際空港において、機材設置場所、電波の見通し状況、電源および伝送線の取得方法等を調査して、システム配置、アンテナ位置、機材設置方法等の決定に役立てた。空港に配置されている警備システムの光ケーブルに空き線があることから、受信局からのデータ伝送線に流用するこ

ととした。

### 3.3 評価方法の検討

欧州および現地調査の結果を踏まえて、評価エリア、システム配置、実験手順、およびスケジュール等を検討した。評価実験は当所の評価システムに必要な機材を追加して実施するが、空港全域を監視するには機材準備や評価期間に制約があることから、評価エリアを選定して実験を行うこととした。評価エリアとしては、滑走路から駐機スポットまで実際に航空機が誘導される経路を選定した。この他、空港面探知レーダ(ASDE)のブラインドエリア、偽ターゲット頻発エリアなどを選定した。実験内容としては、トランスポンダを搭載した実験用車両による評価、飛行検査機または特定のエアライン機を利用した実際の航空機による評価、そして多数のエアライン機を利用した長時間の連続運用評価と段階を分けて実施することとした。

### 3.4 評価機材の調達

評価方法の検討結果に基づく必要追加機材として、受信局2局、送受信局1局、基準送信局1局、およびアンテナ等を調達した。

## 4. 考察等

本年度は、欧州調査ならびに現地調査結果を踏まえて評価方法を検討するとともに、必要追加機材を調達した。来年度は、本年度の調査結果に基づき、東京国際空港において評価実験を実施する。

## 掲載文献

- (1) 宮崎, 三吉: “平成16年度マルチラレーション導入調査委託”, 受託研究報告書, 平成17年3月

### 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16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. 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
4. 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
5. 航空交通流管理に対応した次世代飛行場管制卓の研究
6. 航空管制シミュレーションの効率化に関する研究
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. 航空管制業務におけるヒューマン・ファクタの評価分析手法の研究
10. 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
11. AIS情報のVTSへの活用に関する研究

1から4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。5から10は指定研究で研究所に設置された評価委員会で内容の審査を経て研究を行い妥当性があると判断された研究である。このうち5から8は空港整備特別会計で実施され、9から10は一般会計で実施されている。11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行っている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。

4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遅れを補償する方式である。

5は将来の航空交通流管理システムの高度化を実現す

るために必要な次世代飛行場管制卓の開発を行う研究である。

6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。

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を、発話音声のカオス理論や人体の揺動などにより分析する手法により実現しようとしている。

10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にしている。

11は一定以上の大きさの船舶に装備が義務付けられたAISを海上管制の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。

#### 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、管制卓を完成し管制官への聞き取り調査などを実施した。これについては、成果をデータ通信の研究などと統合するため、継続する研究の一部として実施している。

○「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について経済効果を求めた。

○「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、航空交通流シミュレータを製作し、シミュレーションを実施した。また、国内のRVSMについて代表的な2セクタへの導入効果を検討した。

○「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」では、レーダの観測位置に基づいた直線予測を用いるコンフリクト検出手法について検討した。また、高度変化率の変動を平滑化する手法の実現により、航空機の将来的な高度をより精度良く予測できた。

○「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、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、これまでに行われたダイナミックシミュレーションの結果について解析を加えた。

○「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を実施し、4次元航法の可能性について検討した。

○「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、リアルタイムシミュレーションを実施することにより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。

○「航空管制業務におけるヒューマン・ファクタの評価分析手法の研究」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。

○「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、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。

○「AIS情報のVTSへの活用に関する研究」では、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、AIS/VTS通信シミュレーションを実施した。

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。主なものとしては「状況・意図理解

によるリスクの発見と回避」があり、これは文部科学省の科学技術振興調整費で実施されたものである。これは、筑波大学や海上技術安全研究所、交通安全環境研究所、産業技術総合研究所、鉄道技術総合研究所など、大学、独立行政法人、民間の研究所などと共同で行っている国家プロジェクトである。「高度船舶交通管制システムに関する研究」は、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。

○「状況意図理解によるリスクの発見と回避」では、トラック運転手を対象に音声のカオス性を計測することによる疲労計測の可能性を実験によって調査した。

○「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、通信シミュレータによる東京湾を例に取った覆域の検証シミュレーションなどを行った。

### 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。

執筆者名 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

将来の高度に情報化された航空管制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と予想される。しかしながら、人間である管制官の情報処理能力が、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。

人間の情報処理能力を認識と判断の様に分けて考えることは必ずしも常に正しいことではないが、例えば、管制官に求められる情報処理能力は、現状に対する認識の構築と、認識結果に対する判断であって、その判断はその判断を下す管制官が好ましいと考える将来的な状況を実現するために行われる。個々人の人間の情報処理能力が大幅に改善されることがあり得ないにも拘らず、管制官がより多くの航空機をより効率的に運航させる職務の遂行を期待される場

合、現状の情報処理技術によって可能なことは、上記判断以降の比較的単純な作業行為を支援するツールを提供することを除けば、唯一、管制官が現状に対して何等かの認識に至る迄の時間を短縮する様な情報処理及び提供を行うシステムを構築することである。

管制官に対して管制業務情報機器を提供する開発者や製造者において或は我々を含めて、現状の役割分担の環境下において、直接に管制官の高いレベルの判断の支援を目的とする様なシステムを実現しようとするべきではないし、現実問題として不可能である。

本研究においては、上記認識を前提として、将来の航空管制業務環境において管制情報処理システムに対する航空管制官側インタフェースとしての機能を果たす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きた。

## 2. 研究の概要と成果

本研究は、上記認識からも我々が管制官と同等な視点を持ち得ることが不可能であることはあきらかであるが、可能な限り利用者としての航空管制官の視点に近づいた視点（第1の視点）から、また管制官からの視線を意識しながらも、将来的に管制情報処理システムを構築し航空管制官にATCWを提供する技術者の側の視点（第2の視点）から、の両方からの視点で並行的に行った。

更に、第3の視点の視点として、管制官の背後に廻り、管制官が自らは意識することのない言語化される以前の経験的に蓄積される知識の構造を明らかにすることにより、今日まで様々な提案されながらも決して好評を得ることが出来なかった知的な業務支援機能の実現に関する研究も行った。

### 2.1 第1の視点から

第1の視点における研究開発は、単純には、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して行ったものであり、本研究以前からも当所では継続的にヒューマン・インタフェースの高機能化を目的とする研究として行ってきた。

具体的には、次世代のATCWにおける採用が想定されている28.3"の液晶ディスプレイを主情報表示部に採用したハードウェア

に、またMS-Windowsをオペレーティング・システムとし、複数の補助ディスプレイを付加することの可能な人間工学設計によるテーブルを利用してレーダ管制卓モックアップを試作した（図1参照）。

モックアップには、音声通信とデータ通信が併用される状況を想定したレーダ管制業務用ソフトウェアを実現した。また、データ通信に要するCPDLC/AIDCメッセージの作成を効率的に行うために、高度・速度・方位を入力するためのデバイスを製作し（図2参照）、併せて現用のシステムにおいて多用されているタッチパネルに代わるデバイスとしてPDA（図3参照）を利用した入出力環境を実現した。

管制官評価は、先ず、当所にお出でいただいた管制官数人に機能説明を行った後に、実際にCPDLCメッセージの作成等操作をしていただき意見を聞く形式で行った。次に、



図1 レーダ管制業務用ワークステーション



図2 レーダ管制業務ATCW用入力デバイス



図3 レーダ管制業務ATCW用PDAリモコン

その意見を参考に機能評価用モックアップとしての改修を実施し、第2段階の管制官評価は、改修ATCWにつきその機能説明用のビデオを作成し、これを東京管制部の管制官に配布し、アンケートに対して回答をいただくことで実施した。これらのモックアップ機能評価結果については、現在資料としての取り纏めを進めており、平成17年度中には公表できるものとしたと考えている。

なお、ビデオ資料によるアンケートにおいては、実際に現物を操作した結果としての意見程の信頼性は得られないと思われるが、従来困難であった多数の管制官の意見を聞くことが可能であり、ビデオのみでは不十分とはしながらも、評価手法としては肯定的な意見が多かった。

第1の視点からのATCWの研究目的は、ATCWの利用者として想定する管制官にとってのユーザー・インタフェースとしての優れたデザインを明らかにすることであった。従来、ATCWの試作や製作においては、様々に管制官からの意見を収集し、出来る限り多くの要望に対応する様に総花或は八方美人的な設計を行ってきたが、本研究において、必ずしもこの様な考え方は正しくはないことが理解された。

装置やシステムの開発者が決して利用者とは同じ視点に立つことが出来ない場合、上記の様な従来手法によっては、解決すべき問題が深刻な誤解が発生する虞れが殆どない程に単純な場合を除けば、多くの場合双方に不満の残る結果しか出し得ない。利用者が出来の悪い装置に不満を感じる様に、開発者や製造提供者も、彼らが良心的であれば必ず、不本意な中途半端な作品に強く不満や遣り切れない思いを抱いている。

装置やシステムを研究開発したり製造提供したりする者が利用者と同じ視点に立つことが不可能である場合、我々が第一に為すべきことは、開発者と利用者との間の意識の齟齬や空隙を埋めるための方法論を構築し、前提として利用者が要望する装置やシステムを謂われる俣に実現しようとするのではなく、結果的に利用者にとって便利に使ってもらえる装置やシステムを合理的に実現するための研究開発の道筋を明らかにすることであって、併せて、その様な開発が合理的であることを利用者に納得してもらうための手法を構築することである。

上記ビデオ評価用DVDも、第1にはこの観点から、将来的な利用者として想定する管制官諸氏に、「研究開発を進めている者が管制業務をどのように理解して、何を問題と考えて、その研究開発作業を進めているのか?」、と云ったことに対する理解を得ることを目的として製作したものである。

本研究においては、将来的なATCWに提供可能な機能として、航空機位置の3次元鳥瞰表示を利用したユーザー・インタフェースを、ニアミス等に繋がる状況の発生を警告する機能として試作し(図4参照)、管制官及びパイロット諸氏から意見をいただいたが、管制官からは「パイロットが空域の状況を把握するには便利かも知れないが、リアルタイムな管制業務には必要ない。」との意見を、またパイロットからは「航空機の操縦には必要ないが、管制官に航空機の運航状況をより正確に理解してもらうためには有効な気がする。」との意見をいただいた。何れにしても実用完成度には達していないと言うことではあるのだが、管制官とパイロットとの間の相互理解についても、現状では不十分な部分が存在するであろうことが想像される結果となった。

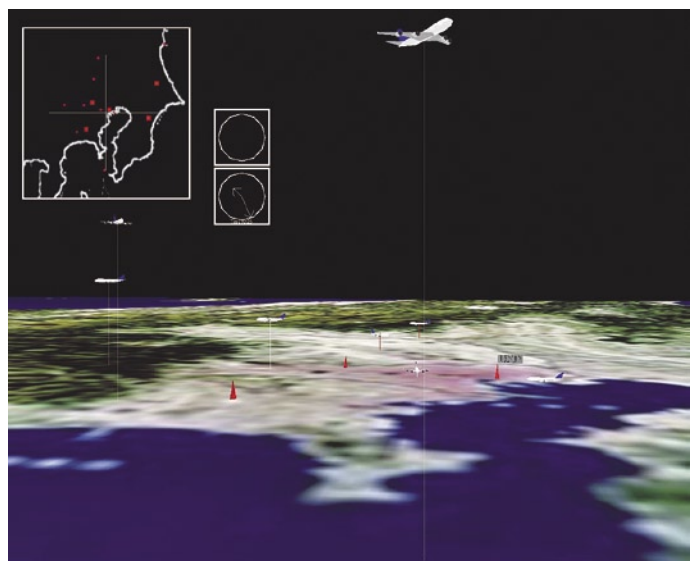


図4 レーダ管制業務用航空機位置の鳥瞰表示

管制官とパイロットの業務がそれぞれに高度化し、その専門性が高くなれば、その間の相互理解が困難なものになることは容易に想像できるが、航空安全は管制官とパイロットとの共同作業の結果として維持されている訳であって、双方の意思疎通が齟齬や空隙の生じる可能性が増大することは決して好ましいことではない。将来的な管制業務システムにおいては、それぞれに高度化した管制業務とパイロット業務との間の仲立ちを、航空会社側の運航業務システムと協調して行う機能が必要になると考えられる。

情報処理技術の急激な発展等により業務内容が急激に高度化する様な場合、その業務に係る人間に求められる役割を制限することにより、即ち人間に実行可能なことを間違え様もない程に簡単なことに制限することにより、システム全体の信頼性を確保することは一般的に珍しくない。しかしながら、今日、その様な業務環境は人間から業務に対する遣りがいを取り上げるものと考えられる様になり、結果的なモラルの喪失や個々人の能力の低下が社会不安や不信として、深刻な社会的な問題になろうとしている。

現状の航空交通システムにおいては、管制の自動化や運航の自動化が現実的な問題としては論じられてはいないし、また当面その可能性も殆ど無いと思われるが、今後、航空管制業務の高度情報化は急激に進むことが予想され、その業務環境においては、例えば、ベテラン管制官と若い管制官の間において上述に類する問題が発生することが懸念される。

管制官とパイロットが、安全運航と云う目的に対する共通認識を持ち得ることは兎も角としても、現状に対する共通認識を高度なレベルで一致させることが困難になる様に、ベテラン管制官と若い管制官においても、業務目的としての安全運航や効率的な運航に対しては共通にその重要性を認識することは可能であっても、その安全運航や効率的な運航を実現するための手段や方法論において認識の共有化を図ることは次第に容易なことではなくなると考えられる。管制官としての成長の背景は時代と共に変化し、ベテラン管制官と若い管制官の間の意識の相違は、既に、同世代の管制官とパイロットの意識の相違以上に大きなものとなっているのかも知れない。

高度な効率化は殆どの場合、高度な情報処理の結果実現されるものであって、航空交通システムの場合のその例外とは考えられず、人間と機械が複雑に関係し合ったシステムにおいて、最上位の判断は常に人間が行うのではあっても、機械の果たす役割が大きくなった場合には、その最上位の判断を下す人間を支援するのは最早人間ではなく機械となってしまう。その様な環境において、人間は、自らが人間相手の仕事をしているのだと云う認識を維持すること

が容易ではなくなる。全ての意思疎通がマウスやキーボードで行われる様になり、機械的に職務が遂行されている時、その業務作業員において、人間相手の仕事をしていると云う感覚のリアリティーが失われる場合、使命感や責任感を維持し続けることは極めて困難なこととなる。

本研究において、我々は、一般的に情報処理システムを効率的に利用することを目的として、航空管制業務においては管制官が管制業務情報に効率的にアクセスするためのユーザ・インタフェースとしてATCWの試作開発を行ってきた。ユーザ・インタフェースであるから、人間中心設計と云われるコンセプトに従って、ATCW機能評価用モックアップの試作においては、ソフトウェアに機能に対する高度なアフォーダンスを実現することを第一に設計製作を進めてきた。

その結果として、この点については、当所までご足労いただいた管制官諸氏からは、部分的なシミュレーション評価のみでは今後の機能向上は困難と思われるので、現実の業務情報を利用した評価実験に移れるのではないかと、また実際に現場で評価しなければ様々な提案がどの程度有効であるのか判断は難しい、と云ったご意見をいただいた。直ぐに現場で使いたいと云った意見は無かったが、将来的な管制卓としては、一つの提案として十分に考慮する価値はあると認めていただけたと考えている。

しかしながら、本研究を進める内に、何等かのシステムやビジネスモデルの高度情報化においては、その環境において何等かの作業をする個人の業務効率を改善することは比較的容易であって、個々人の効率改善が情報化の初期にはシステム全体の効率の改善に繋がるものであることも明らかであったが、日常の業務の遂行に深刻な不満を感じない程に情報化のレベルが向上した後では、システムに係る者全員の利害が一致した様な効率化は現実問題として不可能になることが明らかになり、その様に情報化が進んだレベル以降のシステム開発では、そのコンセプトを人間中心設計から人間快適設計へと修正しなければならないと思われる。

業務環境において、人間はその望む処を快適に行いたいのであって、面倒な作業や複雑に考えることを望まない気分時には快適に管理されることを望んでいる様である。

現時点において、未だ管制官評価は完了していないが、大型ディスプレイを利用した情報表示システムにおいては、ポインティング・デバイスのシンボル・ロストが高いリアルタイム性を要求される業務においては作業員のストレスの原因になるとの指摘から、視差エラーの少ない高性能なタッチパネルを有する液晶ディスプレイによるATCWを、これまでの研究成果の一先ずの整理として、





図5 試作第2世代レーダ管制業務用ATCW

製作した(図5参照)。

## 2.2 第2の視点から

第2の視点における研究開発は、経済的にも時間的にも効率的にATCWを実現・維持・改修する手法を明らかにすることを目的とし、更には、単にATCWのみに留まらず、航空管制情報処理システム全体を現状のシステムから"現時点で最初から構築すれば斯くあるべし"と思われるシステムへ移行するための合理的な手法を明らかにすることを目的として行った。

一般的に情報処理システム構築において、30年程度以前(旧パラダイム)においては、経費の殆どはハードウェアの調達と維持に要するものと考えられており、このパラダイムにおいては、ソフトウェアは「如何に小規模なハードウェアにおいて機能を実現し得るか?」の観点から第一に検討され、その様に実現されてきた。

米国ヒューズ社に見られた様に、コンピュータの黎明期から今後のビジネスはソフトウェア開発に中心が移ることを予見していた驚くべき例も存在したが、これに遅れること四十数年以上、十数年程以前からは、我が国においても、ハードウェアよりもソフトウェアの方が高価なものであるとの認識が広まった。この時点において、パソコンやエンジニアリング・ワークステーションには汎用プラットフォームとしての高度な機能を実現するためのオペレーティング・システムが実現され、パソコン等の単純演算処理性能は、汎用コンピュータ或はメインフレームと呼ばれるシステムを遥かに凌駕した。安価になったハードウェアにより、ソフトウェアの製造においては実装メモリー量や

ハードディスク容量を気にする必要はなくなり、逆に高価なソフトウェア・モジュールを効率的に使い回せる様に構造化プログラミングや更にはオブジェクト指向の考え方が取り入れられ、ソフトウェアの性格は劇的に変化した。

ソフトウェアが高価なものであるとの認識が定着する状況において、既に業務に必要なソフトウェアを有しているシステムにおいては、その対応は様々に行われるが、航空管制情報処理システムにおいては、ハードウェアの変更を含むシステムの更新において既存のソフトウェアをその俥利用する、と云う選択肢がとられた。現時点では、この様な対応が"ライフタイムコストの低減を重視する今日的な尺度"においては必ずしも正しくはなかったと思われるが、当時は多くの人がパソコンの性能が現状の様に高性能なものになるとは想像もしていなかったし、社会基盤整備の重点が個々のコンピュータよりもこれらを接続するネットワークやルーターに移る等とは思ってもよらなかったことであるから、1980年代から1990年代にかけての判断としては致し方のなかった面も認められる。

また、今日においても依然として存在する誤解であるが、従来謂われてきた汎用コンピュータはパソコン程に汎用なシステムではあり得ないし、実に、汎用コンピュータは製造者において様々な専用コンピュータとして出荷可能なプラットフォームであって、利用者において汎用性の恩恵に預かれる部分等は一切存在しない極めて旧弊なコンセプトを具現化したシステムである。

また、今日においても依然として存在する誤解であるが、従来謂われてきた汎用コンピュータはパソコン程に汎用なシステムではあり得ないし、実に、汎用コンピュータは製造者において様々な専用コンピュータとして出荷可能なプラットフォームであって、利用者において汎用性の恩恵に預かれる部分等は一切存在しない極めて旧弊なコンセプトを具現化したシステムである。

また、更に、ソフトウェアが高価なものになったからとは云っても、ソフトウェアの機能価格比は常に向上しているのであって、ハードウェア程には急激に価格が下がっていないに過ぎない。

現状に存在する多くの情報処理システムの価値は、そのハードウェアにある訳ではなく、ソフトウェアにある訳でもない。それらの価値は、その有する蓄積された情報にこそ存在するのであって、或はそのアクセスすることが可能となっている情報に"現在、またこれからもアクセスすることが可能であること"にこそ存在するのであって、このことさえ理解されれば、様々に将来的な情報基盤を研究・開発・提供しようとする者が今日何をなすべきか、は自ずと明らかである。

近年、金融機関の統廃合に対応するため基幹業務系システムの統廃合が様々に進められたが、予定の期間に首尾良

く新システムに移行できたケースは唯の一つとして存在しなかった。その状況について調査するために、当所においては金融機関のシステムの再構築に係った技術者等を招いて定期的に勉強会を行ってきたが、そこにおいて明らかになったことは、実に、呆れる程に明確なことは、"急がば回れ"と云うことであった。

最初期のソフトウェア開発においてはその維持や将来的な改修に対応するための製造仕様書の作成技術等も未熟であったため、数十年以上の運用実績を有する多くの情報処理システムは、多くの場合、その構成要素に、ハードウェア諸共幾重にもカプセル化された、決して誰にもその機能を正確には理解することが出来ない旧パラダイムのコンセプトの機能モジュールをブラックボックスとして有している。この機能モジュールが特別なメインフレーム・ハードウェアとソフトウェアの複合体であるために、これが何等かの業務上必要な機能を実現している場合"その仮利用する"と云う以外の選択肢を与えないために、常にシステムのスリム化を妨げている。

今日の情報処理技術、特にソフトウェア構築技術においては、機能仕様が明確である場合には、旧来のシステムが実現している機能等はどの様なものであっても、旧来システムの構築に要した時間や経費に比較しても遥かに短時間で安価に実現できるものである。

技術的にはこの様な状況にあるにも拘らず、実に、現用の旧来システムの機能仕様が明確なものではないため、即ち不十分な仕様しか与えていないために、新システムとして再構築されたシステムには、残念ながら常に、運用に完全に対応する機能が実現されることはない。従って、リプレースに当っては、旧システムのリバース・エンジニアリングにも匹敵する程の現物合わせの作業が発生する。多くの場合、リプレース作業は時間切れで失敗に終わり、以降、部分的なものではあっても旧システムをその仮残した、新システムと旧システムのハイブリッドなシステムが運用される状況が発生する。

本研究においては、例えば、現状の航空管制情報処理システムは正に上述の様なハイブリッド・システムであるが、将来的に、航空管制情報処理システムの完全オープン・アーキテクチャ化が計画され実施された場合に出現すると考えられる次世代の不完全オープン・アーキテクチャ・ハイブリッド・システムにおいて、効率的に旧来部分を次世代部分に更新することを可能としオープン・アーキテクチャ化の達成度を向上させるメタ・アーキテクチャについての検討を行った。

抽象的なメタ・アーキテクチャの検討のみでは、そのコンセプト等が航空管制情報処理基盤に適用可能である

か否か、と云ったことを明確に示すことが不可能であるため、その検討は、利用者開放型コンセプトとして、自律分散型機能モジュールの組合せとしての情報処理システムとして航空管制情報処理システムを試作開発することとして行った。航空管制情報処理システムの試作は、開発者においてその開発内容を、将来的な利用者として想定する管制官等に示すものとしなければならないと考えたために、本第2の視点における研究開発においても、第1の視点における研究開発と同様に、試作システムは具体的な将来のATCWを想定して管制官評価に対応可能なものとして取り纏めた。更には、第2の視点における研究開発が単なるATCWのモックアップに終わらない様にするため、管制業務室のパス等についても検討し、研究開発者において常により広い視野を自覚できる様に研究を進めた。

また、第2の視点における研究開発においては、ヘッドマウント・ディスプレイ等の今日様々な分野に普及が進んでいるデバイスや、電子インク等の次世代の情報表示デバイスについても継続的に調査を行い、それらの航空管制業務環境への導入の可能性について検討を行った。特に、大型の液晶ディスプレイやエレクトロルミネッセンス(EL)ディスプレイについては、本研究の第2年次に調査報告書として取り纏めた。

図6～8は、本研究において試作したATCWのパスとモックアップであり、図9は管制業務環境として作成したパスの一つであり、空港管制塔内からの景観を表現している。図8に示すATCWは、先の第1の視点における研究において試作したATCWモックアップ(図5参照)と同様にタッチパネルを有する大型液晶ディスプレイを情報表示部として採用している。

利用者開放型コンセプトにおける開発においては、実現されるシステムが、利用者において任意に"GUIを有する



図6 将来型ATCWパス



図7 利用者開放型ATCWモックアップ

ソフトウェア・モジュール"やキーボードやマウス等の入力デバイス, 更にはヘッドマウント・ディスプレイや音声認識装置, 等々の種々様々な機能コンポーネントを追加可能となるので, デフォルトを最小限の要素から構成されるものとしている。

図6及び図7に示したATCWにおいて, その航空管制業務用ソフトウェアの機能が全てマウスのみでの操作により利用できた様に, 図8に示すATCWにおいては, その操作は全てタッチパネルにより実現される。現在, VDLを利用したCPDLC/AIDC評価実験に対応する様に管制業務用のソフトウェアの開発を進めているが, そのソフトウェアの機能についても全てタッチパネルにより利用できる様に製作する予定であり, 付加的にPDAを利用したりリモコンからも操作できる様にしたいと考えている。

利用者開放型コンセプトにおいては, システムを構成する全ての構成要素が自律分散機能を有しており, その構成要素が単なるソフトウェアである場合にはハードウェア非依存なヴァーチャル・プラットフォーム上で機能するオブジェクトとして定義実現され, 入出力デバイスの様にハードウェアを伴う場合にはヴァーチャル・ネットワーク上で機能するオブジェクトとして定義実現される。

具体的な情報処理システムとしての実装においては, ソフトウェア・オブジェクトは, 我々がデータ・フィールドと呼ぶプラットフォーム上において起動されることにより機能を開始することを, またハードウェア・オブジェクトはEthernet等によりネットワークに接続されることにより機能を開始するようになることを想定している。

なお, 本研究においては, 現時点までに, 自律分散オブ



図8 利用者開放型第2世代ATCWモックアップ

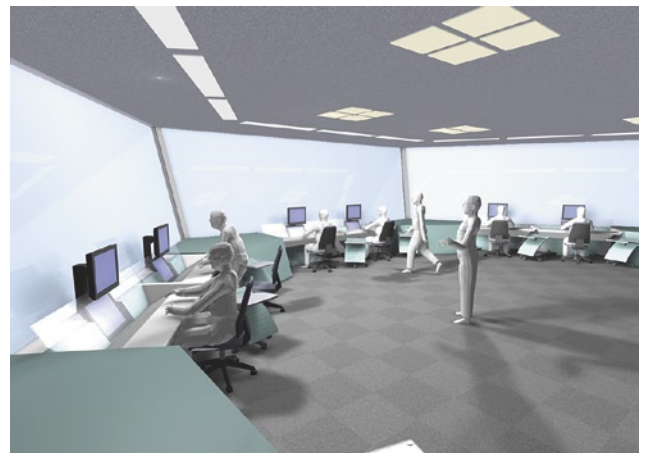


図9 管制業務環境パース (飛行場管制塔)

ジェクトとしては, パソコン単体をプラットフォームとして機能するソフトウェア・オブジェクトの試作開発を行ってきた。現時点において, 現状のレーダ管制業務に要するソフトウェア機能を実現するソフトウェア・オブジェクトについては, 一通りの試作を完了している。

第2の視点における研究において重要な考え方は, "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"様なシステム構築技術を, より厳密にはシステム再構築技術と云うべき技術, を明らかにすることにある。

今日のシステム設計においては, 極限定的な一部の小規模なシステムを除けば, 原則的に, 実際には全てを整合させ記述した仕様書等は存在しなくとも, その様な仕様書を

実現できることを暗黙裏に、或はもっと無責任には無意識の内に、想定しているが、比較的の中規模から大規模と見做されているシステムの構築において、現実にはその様な仕様書が嘗て存在したことは無く、将来においても誰もその様な仕様書を記述することは出来ない。

社会的な意味を有するシステム、謂う処の社会基盤としてのシステムは、比較的の大規模なシステムとなる場合が多いが、その規模の大小に拘らず、その社会的な実情からの要求によりその仕様が決定されている。従って、社会が常に発展可能なものであり流動性を有している場合には、要求仕様は経常的に変化する。必然的に、長期に亘って維持され発展して行くことが期待されるシステムには、その時々不整合やバグは、深刻なものではないかも知れないし、単なる無意味な処理を行っているに過ぎない、積極的な意味は全くない消極的なものであったとしても、常に幾つも存在する。

この事実は、従来の"システム開発は仕様書の作成から始まる"とする考え方に修正を求めるものである。近い将来においては未だ実現可能なコンセプトでは無いかも知れないが、将来的なシステム開発は、"十分に或は無数に存在する機能オブジェクトから、適当なオブジェクトを選び出して、それらの機能の部分部分を組合せて、要求する機能を実現する"と云ったものになると考えられる。

恰も、日本語の場合に、例えば、広辞苑において定義されている日本語の構成要素を、同様に何等かの文法書に定義される文法的な制限に従って日本語として並べれば、その生成された配列において、"その配列を生成した人間の意思が日本語を理解する他者に伝えられる"、と云う機能を実現する様に、**情報処理システムにおける機能は、低レベルに生成されるのではなく、高レベルに合成される様に実現される様になるべきである。**

今日のソフトウェア・プログラミングにおける高級言語は、機械語等の低級言語から、上述の様な機能的な発展を経て実現されて来たものであり、実に、日本語等の自然言語とは発展の時間的なスケールは異なっている、同様に経常的に発展している言語システムである。

従って、今日のソフトウェア開発は、即ちライブラリをリンクして機能を実現する手法等において、既に、旧パラダイムに比較すれば上述のコンセプトは部分的に実現されていると考えることもできる。しかし、残念ながら、現状の高級言語は、未だその言語においてアーサー・クラークが想像した様に意思疎通を図ることが出来る程には高級化が進んでいない。

近代日本語から現代日本語への移行は二葉亭四迷によると云われるが、ノーム・チョムスキーをどの様に位置付け

るかと言ったことは別に考えることとすれば、情報処理技術においては、現状のJAVA等の言語を更なる次世代の言語に移行させる情報処理論における二葉亭四迷の登場が待たれている。

本第2の視点からの研究においても第1の視点からの場合と同様に研究成果を紹介するビデオを作成した。将来的な管制業務情報処理システムの再構築の検討等が進められている現場において紹介して行きたいと考えている。

### 2.3 第3の視点から

第3の視点における研究開発は、管制官が自らは意識することのない言語化される以前の経験的に蓄積される知識の構造を明らかにすることにより、今日まで様々に提案されながらも決して好評を得るものを実現することが出来なかった知的な業務支援機能を、従来とは異なる視点に立ち実現しようとするものである。

従来、空域利用効率の最大化を目的とし最適経路を算出提示するシステムや、航空機の順序間隔付けの最適化システム等の管制業務を知的に支援する業務機器の開発において、開発者は、管制官に対して多くの聞き取り調査を行ったり、アンケートをとったり、管制官や管制業務経験者から講義を受けたりと、様々に管制官と同じ視点に立つための努力をしてきた。しかしながら、その努力は常に不十分であって、その提案する装置やシステムは、管制官から「管制官ではない技術者が考案したものとしては、まあ良く出来ている。」との評価を得られるものではあっても、同時に「在っても構わないが、無くても困らない。」程度以上の評価を得ることは不可能であった。

一般的に実務者は業務形態の変更を好まないが、何等かの装置やシステムの提案が為される時には、必然的に業務形態の変更が同時に想定されている。確かに、このことも管制官以外の者が管制業務に対して様々な提案を行う場合に、無意識であることにより、或は無神経であることにより、不評を買う原因とはなっていると考えられる。

しかしながら、表現は必ずしも適当ではないかも知れないが、我々の提案する装置やシステムに対して、利用者として想定される管制官は"我々の足許を見透かしており"最初から"我々においては管制官を納得させたり、更には感心させたりする様な装置やシステムを実現することが不可能である"と云うことを、意識する或はしないに拘らず十分に経験的に知っているのではなからうか。そして、その理解は我々を納得させる程に正しいものである。

何故ならば、知的な業務支援システム等をルールベースにより実現しようとする場合、そのルールベースをシステムの利用者が構築する場合であっても、その利用者におい

て意識的・言語的に理解されている知識以上の知識をシステムに与えることは不可能であり、実務経験が必要と考えられている全ての業務においては、言語的に理解されている知識をその都度の業務状況に対応させ具体的な意思として生成するための非言語的な知識が無数に存在するからである。非言語的な知識は経験により獲得され蓄積されるものであって、当初は形式的に理解されているに過ぎない言語的な知識を実際の業務に役立つだけの内容を与えるものである。また、本来的に言語的な知識は、他者による経験をも含む、個々の経験から獲得された知識を抽象化したものであって、その形式的な理解においては必ずしも実感を伴う訳ではない。言語的に理解されている知識は経験により実感得ることを待って初めて実際の業務作業に役立つ知識へと変化するものである。

航空管制官が実務経験を必要とする業務であることは、マニュアル等により形式的な与えられる言語的な知識が実感を伴わない限りは実際の業務において有効なものとはなり得ないことを意味している。

従って、我々を含む管制業務経験を有さない技術者が、その言語的に獲得可能な知識のみから何等かの創造的に管制官の役に立つシステムを提案しようとするのが如何に無謀なことであるのか理解される。航空管制業務において、ルールベースを基本とするシステム・デザインにおいては、管制官と同様な状況認識を可能とするシステムの実現を前提として、管制官の何等かの見落としを検出する機能を有するシステム以上のシステムを実現することは不可能である。

見落とし等の注意不足や不注意を警告するシステムは、そのコンセプトにおいて適性に使用されれば十分に有用なシステムであり、今日多くの事故や事故に繋がる危険状態がヒューマン・エラーに起因することを考えれば、そのようなシステムを実現することの意義は十分に大きい。しかしながら、現状の情報処理技術においては、平均的な管制官が状況を如何に認識しているかを特定することも容易ではなく、個々の特長や性格を有する管制官の認識に対応させ、そのヒューマン・エラーを検出することはかなり困難である。コンピュータによっては、管制官における発見の遅れや見落とし、更には"認識していても何等の行為にも現れてはいない状態"を区別することは困難である。警告を発する者が人間である場合、「警告ありがとうございます。」「分かっている。ありがとうございます。」「すまん、見落とししていた。」と云った応答から、或は「うるせえー。大きなお世話だ。……お前にはそんなことは云われたくない。」まで、相互の人間関係において様々な反応が発生するが、システムにおいて安全や信頼性が確保されるためには「…ありがとうございます。」と

云う応答が常に期待される様な人間関係が必要と考えられているが、現状の情報処理技術によっては人間に信頼できるパートナーとして認められる様な人工知能を実現することは途方も無く難しい。

システムが単なるルールベースである場合には、その設計者が設定する以上の機能が果たされる状況は、中々に想像し難い。本研究においては、仮に、基本がルールベースを伴う知識処理システムであったとしても、そのシステムに非言語的な知識を獲得する何等かの機能を実現することにより、開発者の想定を越える機能を獲得する可能性を有するシステムの実現を検討した。

現時点までに、非言語的な知識を獲得記述するシステムとしてニューラル・ネットワークを利用したものについての研究開発を進めてきた。

先ずは、航空交通流に発生する異常事態を検出する機能を実現することを目的とし、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をニューラル・ネットワークをトレーニングするための情報として利用し、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?」、「或は異常事態が起りつつあるのか?」識別できる様に開発を進めている。

将来的には、異常事態の発生を検出において、その原因を特定し管制官に提示できる様になれば理想的ではあるが、単に何等かの異常事態が発生している可能性が上昇していることを警告するのみであっても、その警告に十分な信頼性が実現されれば、管制官に見落とし等に対する注意を喚起する意味で有効なシステムにはなると考えている。

警告情報に信頼性が獲得されない状況においては、自律的に知識を獲得する機能を有するシステムであっても、従来のルールベース・システムと同様に、管制官には無用のシステムに過ぎないものではあるが、例えばニューラル・ネットワークを利用したシステムであれば、警告の適性を或は適不適のみを恰も教える様に指示すれば、将来的には警告の信頼性を安定に向上させることが可能であって、ルールベースに何等かのルールを追加記述した場合の様にシステムが突然に不安定になる様な事態の発生を心配する必要が無いことは、何等かの業務支援システムの導入においては極めて重要な特性である。

どの様なシステムであってもシステムの機能向上を図る意思が運用の現場において存在することが、将来的な業務効率の改善には必要不可欠であるが、その機能向上を実現するための作業が複雑であったり、余りに頻繁であったりしては、本来の業務作業に支障が発生するのであって、知的な業務支援機能の実現においては、そのシステムの人工

知性を効率的に成長させるシステムが当時に提供される必要がある。なお、システムの知性を成長させるプロセスは、業務時間中のみ機能するものとしてではなく、過去に蓄積されたデータ等からもバッチ処理として実現できる様に実現されることが好ましい。

### 3. おわりに

現状の音声通信に基本をおいた管制業務が将来的にはデータ通信に移行するであろうことは明らかと考えられてきたが、その時期は未定であり、データ通信の導入を検討する場合、常に、その影響の及ぶ範囲は拡大し、環境の整備が容易には進まないことが、逆に明らかになっている。

本研究においては、その開始時に一部では、2007年頃には航空路管制においても音声通信とデータ通信が併存する状況が来るであろうことが想定され、CPDLC/AIDCの運用に効率的に対応可能なATCWの実現が必要不可欠と考えられていた。しかしながら、現実に次世代航空路管制卓として整備されるシステムは、従来のCRTディスプレイをLCDディスプレイに変更した以上の変化を伴わないものとなった。このことから、本研究の成果として直接にその整備に幾らかでも役立ったものは、研究2年時に提出した「航空管制卓用情報表示装置に関する調査報告書」である。

しかしながら、航空管制業務に人間としての管制官が関わり続ける限り、ヒューマン・インタフェースに関する問題は常に存在し、本文においても述べた様に"完全な仕様は存在しない"のであって、経常的に、その時々社会的な技術状況や動向に対応させた研究開発が為されることこそが、その時点における安全性の維持に必要不可欠である。

現状の高度な航空交通の安全性は、今日までの経常的な研究開発を含む様々な努力の結果であって、その中断は直ちにではなくとも将来的な安全性を脅かすものとなることは明らかである。

仮に、我が国が航空管制業務機器の国内調達を断念する様な事態に至ったとしても、管制業務環境において使用する業務機器についての理解のための研究は必要不可欠なものであって、未熟な理解しか得られない装置やシステムを使用しては、現状の高度な安全性が維持できよう筈も無いのである。経済的な環境が厳しさを増す状況にあったとしても、一旦事故が発生すれば、これを防ぐに十分であったであろう経費の数十倍以上の経費負担が発生することは歴史的な事実である。行政の現場においては、こうした事情を踏まえ今後とも中期的な研究の支援をお願いしたい。

### 掲載文献

- (1) 塩見格一"利用者開放型コンセプトによる航空管制卓デザイン"電子航法研究所研究発表会, Jun., 2004.
- (2) 塩見格一"航空管制業務支援機能の検討"電子航法研究所研究発表会, Jun., 2005.
- (3) 塩見格一"航空交通システムにおける安全の原理"国際交通安全学会誌 IATSS review
- (4) 塩見格一"人間を裏切らないシステムを作り上げるために"JAXAクリティカルソフトウェアワークショップ 2003.
- (5) 塩見格一"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"人間工学会, 2004.

## 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, 住谷 美登里, 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、システム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

本研究では、動的経路計画シミュレータを製作し、計算機シミュレーションにより、動的経路について検討した。具体的には、下記の内容を実施した。

- (1) 動的経路計画シミュレータの製作
- (2) 最適経路のシミュレーション
- (3) 動的経路のシミュレーション
- (4) 経路間隔短縮のシミュレーション

本研究は3年計画であり、項目(1)は平成14年度～平成16年度、項目(2)は平成14年度、項目(3)は平成15年度、項目(4)は平成16年度に実施した。

## 3. 研究成果

### 3.1 動的経路計画シミュレータの製作

動的経路計画シミュレータの主な構成部を示す。

#### (1) 最適経路作成部

最適経路作成部は、気象予報データを考慮し、経路ネットワークに基づき、先進型ダイナミックプログラミングにより出発地と目的地間の最適な経路を算出する。航空機の運航モデルはB747-400のマック値一定で飛行する高速巡航方式の飛行特性を数値化したデータを使用する。経路最適化では、出発地から目的地までの飛行時間と燃料消費量から荷重係数を乗算した和である時間燃料荷重和を求め、これを評価関数として最小にするような経路を求める。高度についても最適化する三次元の最適化アルゴリズムにより、最適な飛行プロファイルを算出する。出発地や目的地が異なる複数の経路について、経路の優先パターンを設定する方法により、RNP10 (Required Navigation Performance) 等に対応した横間隔を確保した経路を算出する。

#### (2) コンフリクト予測検出部

コンフリクト予測検出部は航空機毎の飛行プロファイルについて、管制間隔を満足しない状態(コンフリクト)の航空機対を抽出する。これは、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において、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

を確保するため等に使用する。各航空機の飛行プロファイルから、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状態を検出する。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する。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、開始位置等を表示する。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。

#### (3) 運航者部

運航者部では、コンフリクトを解決するために、運航者の意思を含めて飛行プロファイルを変更する。コンフリクトの航空機を選択して、解決案を算出する。コンフリクト解決案リストでは、高度変更、出発時刻変更等の解決案がそれを実行した場合の飛行時間、燃料消費量、コンフリクトの再検出結果と共に表示される。その中の望ましい解決案を選択して、実行すると、当該航空機の飛行プロファイルが変更される。

### 3.2 最適経路のシミュレーション

最適経路については、東京と北米を結ぶ最適経路と東アジアと北米西海岸を結ぶ最適経路の分布の傾向を調べた。また、東京と北米西海岸の3都市を結ぶ最適経路が重複する度合いを求めた。東京と北米を結ぶ経路では、最適経路は東京付近で重複し、太平洋上の途中から分岐する度合いが高い。これは、各経路が東京を起点として設定され、東京付近で経路が接近しやすいためである。また、東アジアと北米西海岸を結ぶ経路も、経度180度付近では、最適経路が接近する。これより、中部太平洋空域で各航空機が最適経路を飛行するUPR(User Preferred Route)を実施する場合には、一部の空域に航空機が集中することが予想される。

最適経路に対して、コンフリクトを解決するための平行な経路を設定する方法を検討した。平行経路は最適経路に比較して、全都市対の経路を平均すると、緯度2度間隔では約1%、緯度3度間隔では約2%の消費燃料の増加となる。横間隔に対する消費燃料の増加量の割合は、横間隔が大きくなるほど大きくなる。

最適飛行プロファイルに対する高度変更では、変更高度量を大きくするにつれて、消費燃料は増加する。最適飛行プロファイルに比較して、2,000ftの低下が約1%、4,000ftの低下が約3.5%の消費燃料の増加となる。

日本および東アジアから北米西海岸およびハワイへの洋上経路について、現状の空域を想定した経路、東京FIR

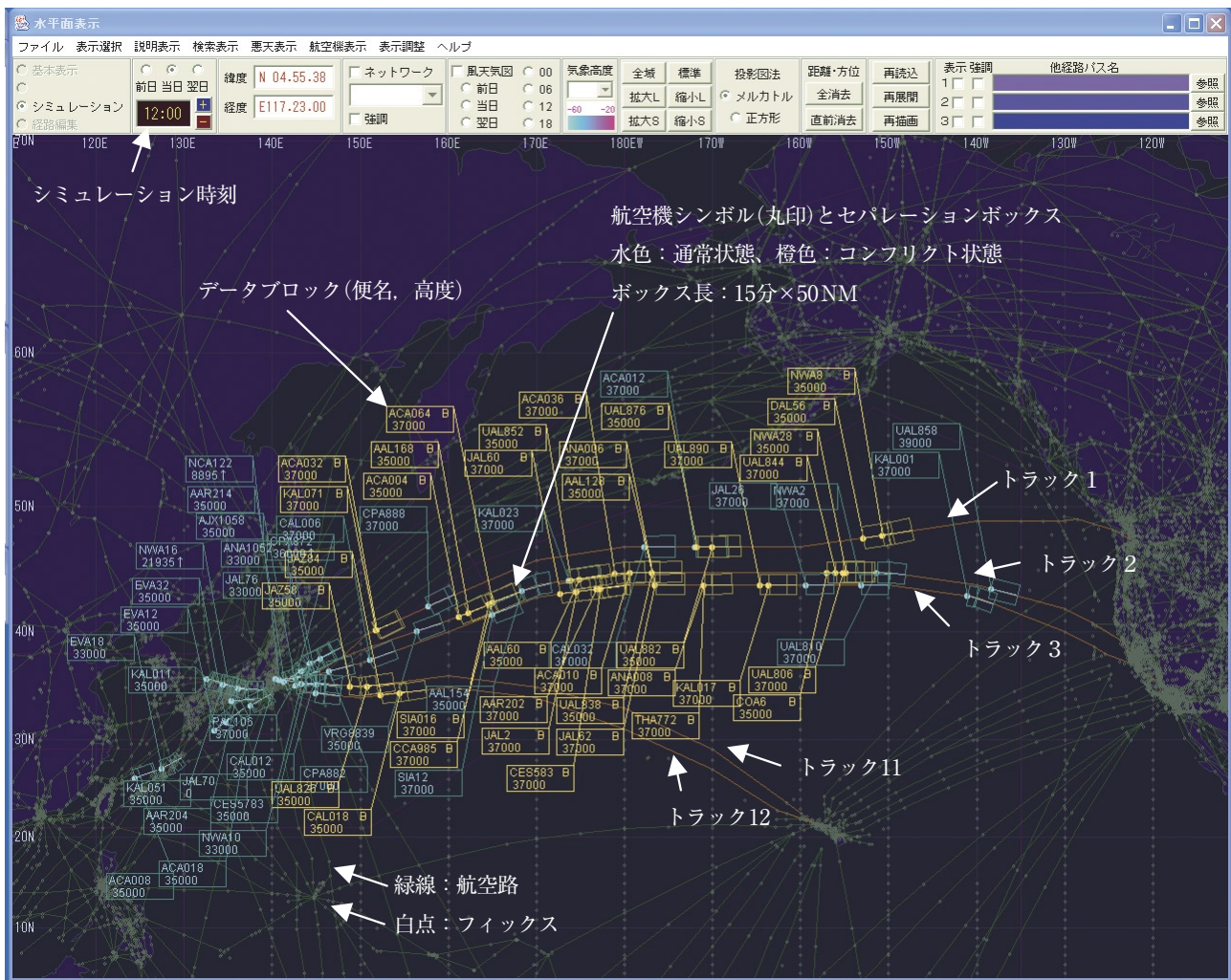


図1 動的経路計画シミュレータ水平面表示画面（コンフリクト検出シミュレーション）

(Flight Information Region) および那覇 FIR の全空域を想定した経路，米国側ゲートの空域を拡張した経路を比較した。現状空域モデルの経路に対する拡張空域モデルの経路の短縮量と消費燃料の節約量を求めた。東京から北米西海岸とハワイへの50NM横間隔付経路の場合，拡張空域モデルの全経路の平均値で，飛行時間の短縮量の最大値が1.4分，燃料節約量の最大値が610lbs（1 lbs=0.454kg）である。東アジアから北米西海岸までの最適経路の場合，飛行時間の短縮量と燃料節約量の平均値が台北発で1.2分と400lbs，上海発で2.1分と600lbs，ソウル発で9.5分と3,200lbsである。飛行時間の短縮量と燃料節約量の最大値は，台北が11分と3,000lbs，上海が13分と3,900lbs，ソウルが32分と9,800lbsである。これらの日は経路が現在より北側に設定された。

### 3.3 動的経路のシミュレーション

東行 PACOTS について，運用時間帯の24時間前の気象予報を使用して算出した経路に対して，12時間前の気象予報を使用して経路を更新した場合の効果を推定した。また，経路の運用時間帯内で偏西風の時間移動に対応して経路を

更新した場合の効果を推定した。シミュレーションでは，新経路の旧経路に対する飛行時間短縮量と燃料節約量を求めた。新予報の経路は旧予報の経路に対して，1機当りの飛行時間短縮量の平均値は0.3分，最大値は1.8分，燃料節約量の平均値は66lbs，最大値は360lbs となった。6時間毎の時間帯で経路を更新した場合，飛行時間短縮量の平均値は0.9分，最大値は2.6分，燃料節約量の平均値は273 lbs，最大値は796lbs となった。

### 3.4 経路間隔短縮のシミュレーション

東行 PACOTS 経路の横間隔を50NM（1 NM = 1,852m）から30NMに短縮した場合の効果を推定した。また，経路作成の緯度単位を1度間隔から1/6度間隔に向上した場合の効果を推定した。さらに，航空機の縦間隔を時間間隔の15分から50NMと30NMに短縮した場合の効果を推定した。

経路の横間隔を短縮した場合は，5本の経路において，標準フライトを設定し，飛行時間短縮量と消費燃料節約量を求めた。現在の横間隔50NMに比較して1機当りの



平均値が、横間隔30NMでは飛行時間短縮量が1.4分、燃料節約量が490lbsとなった。経路作成時の緯度単位を1度から1/6度に向上した場合は、現状と同様の横間隔50NMの場合に、飛行時間短縮量が0.6分、燃料節約量が210lbsとなった。横間隔の短縮に加えて、縦間隔を短縮した場合は、1日分のフライト89機の合計値での燃料節約量は縦間隔15分横間隔50NMを基準として、縦間隔50NM横間隔50NMが39,000lbs、縦間隔30NM横間隔30NMが80,000lbsとなった。

#### 4. 考察等

動的経路計画シミュレータを製作し、洋上空域の効率的な運用手法を検討した。

最適経路の分布については、東京と北米を結ぶ経路では東京付近で重複し、東アジアと北米西海岸を結ぶ経路は経度180度付近で接近する。航空機間に管制間隔を確保するためには、高度変更と平行経路の利用があるが、これらは、管制間隔と航空交通量を考慮して最適化する必要がある。また、PACOTSの空域を北側に拡張した場合は、上空通過機、特にソウルからの航空機に効果がある。但し、民間航空機の飛行が制限されている空域の通過や他の経路との合流等の航空交通流を考慮して航空機間に管制間隔を確保した経路の運用方法が課題である。

気象予報の更新に対応して経路を変更する方法では、過去に実施された類似研究の結果と比較して、飛行時間の短縮量は小さい値となった。これは、現在までに実施された気象予報の格子点の精度向上、気象予報方法の精度向上が要因であると考えられる。気象予報の更新に対応して経路を変更する方法に比べ、偏西風の時間的な移動を考慮して洋上空域の入域時間帯毎に経路を変更する方法が飛行時間の短縮量等の効果が大きい。これより、洋上空域の効率的な

な運用のためには、標準フライトに対する最適化に加えて、偏西風の時間的な移動を考慮した経路設定、また、時間帯毎に経路を再設定する方法が有効である。

洋上空域の管制間隔の短縮については、横間隔を50NMから30NMにした場合、縦間隔を50NMと30NMにした場合の効率性を定量的に求めた。横間隔を30NMにする場合は、経路の構成点の緯度単位を1度単位から1/6度単位にすることにより、短縮の効果を向上できる。また、緯度単位を1/6度にした場合は、同じ横間隔においても、飛行時間の短縮等の効率性が向上する。縦間隔を短縮した場合は、最適飛行プロファイルによるコンフリクト数が減少し、高度変更する航空機数が減少し、効率性が向上する。

#### 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", 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) 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 -", 第41回飛行機シンポジウム講演集, 3E11, 平成15年10月
- (3) 福田, 福島, 瀬之口: "気象変化に対応する洋上経路の再設定手法", 第4回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成16年6月
- (4) 福田: "洋上可変経路の時間帯毎の再設定の効果", 信学技報SANE2004-39, 平成16年7月
- (5) 福田: "空域の制約と洋上経路の効率性の関係", 第42回飛行機シンポジウム講演集, 3D2, 平成16年10月
- (6) 福島, 福田: "東行き太平洋経路における飛行計画時調整法の提案", 電子情報通信学会論文誌B, 平成17年4月

### 航空交通管理における新管制運用方式にかかる容量値に関する研究【重点研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム  
担 当 者 ○福島 幸子, 福田 豊, 住谷 美登里, 瀬之口 敦  
研究期間 平成16年度～平成19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。

わが国のATFM業務は航空交通流管理センター(以下、

ATFMセンター)で行われている。ATFMでの容量は航空路管制とターミナル管制では異なるアルゴリズムで算出されている。

現在航空路セクタの容量は、レーダ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。

空域再編やRVSMの導入など、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。

平成17年度中に国内空域の垂直間隔短縮（DRVSM; Domestic Reduced Vertical Separation Minima）が予定されており、DRVSMの効果を測り、ATFMのパラメータに反映させる必要がある。

本研究では、RVSMが国内空域に導入された場合やR-NAV経路が多く設定された場合について、航空機の飛行高度や遅延、管制官の作業量の変化やATFMでの設定数値の検討を行う。

また、全セクタの計測を行わずに運用できるような、新たなATFMのアルゴリズムを検討・提案する予定である。

## 2. 研究の概要

本研究は4年計画であり、平成16年度はその初年度である。平成16年度の研究においては、以下を実施した。

- ・ATFMシミュレータの製作
- ・航空路管制シミュレータの改造
- ・DRVSMの導入効果の検討

DRVSMの導入効果の検討においては、特徴的なセクタとして、通過機が多いセクタ、出発機が多いセクタ、到着機が多いセクタを選び、同様のシミュレーションを行う。平成16年度では、通過機が多いセクタ（上越セクタ）、出発機が多いセクタ（関東西セクタ）の2つを選び、シミュレーションを行った。

## 3. 研究成果

### 3.1 ATFMシミュレータの製作

ATFMセンターで使用されている、ATFMの機能のうち、航空路セクタに関する現在のアルゴリズムを実装した。航空交通量が多いときの交通量予測グラフ例を図1に、その交通量ATFMにより容量値以下に抑えた例を図2に示す。

棒グラフは空域内滞在時間と航空機種別（出発機、到着機、通過機、域内機）ごとに定義されたATFMの作業量を元に、30分間の作業負荷を示す。縦軸には作業負荷の値のパーセンテージを表す。横軸は10分ごとの時刻を表す。赤い横線は100%の作業を示す。図1では赤線を超えている時間帯があるが、図2ではATFMのより、すべての時間帯で赤線以下に抑えられている。

航空路セクタの空域容量は、各セクタ内を通過する航空機に対して、何秒管制官が作業を行うかの平均値をもとに計算される。

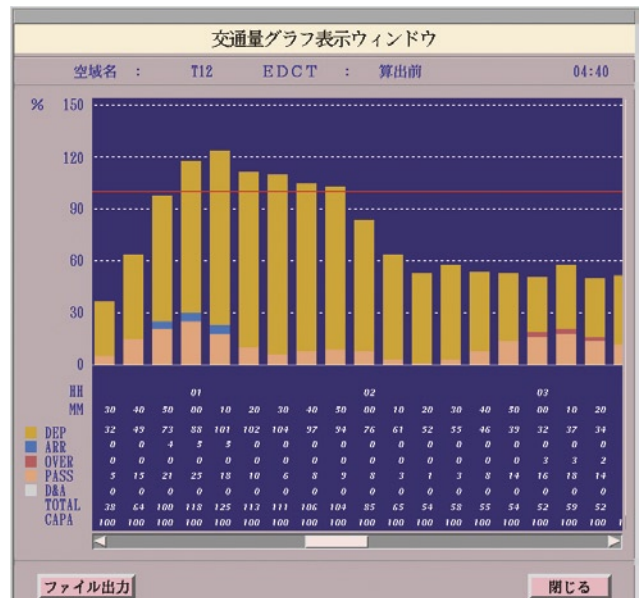


図1 航空交通量が多いときの交通量予測グラフ例

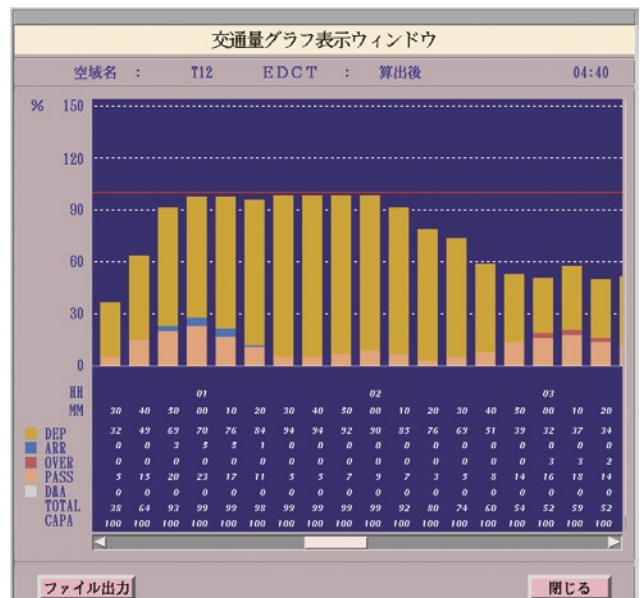


図2 ATFMによる交通量の制御

ATFMでの容量値の算出基準となる、セクタごとの数値は全セクタについて数日間の実測データ（運航票や通信記録）を解析している。

この数値の算出には、それにかかる費用や時間を節約するために、新たなアルゴリズムの提案が望まれている。シミュレータの製作においては、新たなアルゴリズムを追加反映しやすいような構造とした。

### 3.2 航空路管制シミュレータの改造

ATFMシミュレータに飛行計画情報（コールサイン、飛行高度、通過FIXとその通過予定時刻など）を通知するために、航空路管制シミュレータを改造した。

### 3.3 DRVSM導入効果の検討

代表的な2つのセクタにおいて、DRVSMを導入した場合と現行どおりCVSMの高度で運用する場合について管制指示数に着目して、比較・検討した。リアルタイムシミュレーション実験の様子を図3に示す。

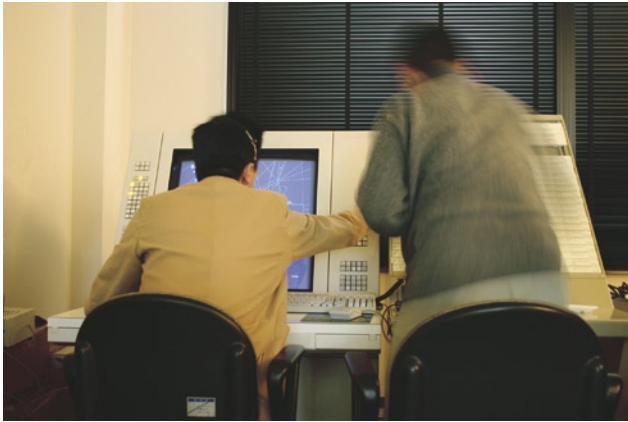


図3 リアルタイムシミュレーションの様子

上越セクタは通過機が多いセクタである。約90%が通過機であるシナリオでシミュレーションを行った。その結果、DRVSMの場合、このセクタにおける通過機は希望高度に近い高高度で飛行できるようになった。また、通過機に対するレーダ誘導の回数が減少した。

関東西セクタは出発機が多いセクタである。約80%が出発機であるシナリオでシミュレーションを行った。その結

果、DRVSMの場合、上越セクタと同様に、このセクタにおける、出発機は希望高度に近い高高度で飛行できた。このセクタにおける出発機のレーダ誘導の回数が減少した。しかし、高度指示の回数は増加した。

#### 4. 考察等

上越セクタ、関東西セクタ両方で希望高度により近い高度での飛行や、レーダ誘導の減少が見られた。しかし、トラフィックインフォメーションの回数が増加した。なお、トラフィック・インフォメーションは衝突の危険はないが、パイロットが目視で脅威を感じるかもしれない航空機の情報をあらかじめ管制官が通知するものである。

また、高度指示の回数が増加傾向であり、原因を今後も検討したい。

平成17年度では引き続き、到着機が多いセクタとして関東東南Aセクタにおける、DRVSMの影響を検討する。

また、新たな容量値算出方法を検討するために、いくつかのアルゴリズムをATFMシミュレータに組み込む予定である。

#### 掲載文献

- (1) 福島, "航空路管制セクタにおけるRVSM導入効果の一検討", 第42回飛行機シンポジウム講演集, 2004.10.

### 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【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, 瀬之口 敦, 住谷 美登里
研究期間	平成16年度～平成20年度

#### 1. はじめに

国際民間航空機関 (ICAO) は、二次監視レーダ (SSR) による監視機能の向上として、航空機の機上装置が保持する情報をデータリンクにより取得して利用する方法を標準化した。欧州では、仏国・独国・英国が2005年から2007年の移行期間を経て、磁針路・対気速度等を自動的に応答するSSRモードSの拡張監視用機上装置の搭載を義務化した。

現状のレーダ情報処理システム (RDP) のコンフリクト機能は、ARSR/SSRからのレーダ情報等を基にコンフリクトを検出しているため、コンフリクト警報の不要警報および警報の検出遅れ等が発生する要素を含んでいる。より精度の高いコンフリクト予測検知が望まれている状況

から、航空機のFMS情報をデータリンクにより取得してコンフリクトを予測検知する技術の開発が必要となっている。

本研究は、ARSR/SSRから得られるレーダ情報等以外に、航空機のFMS情報 (航空機の磁針路・速度・高度変化率等の状態情報および選択磁針路・選択経路・選択高度等の意図情報) をSSRモードSの地上喚起コムB (GICB: Ground Initiated Comm B) プロトコルにより取得し、より精度の高い航空機の飛行プロファイルの予測とコンフリクトを検出するための手法等を開発する。

#### 2. 研究の概要

本研究は5ヶ年計画であり、平成16年度は初年度である。

平成16年度の研究の目的は、航空機運航モデルおよびコンフリクト検出手法を検討し、コンフリクト検出評価システムの基本設計に反映させることである。

平成16年度は、主に下記のことを行った。

- ・航空機運航モデルの検討
- ・コンフリクト検出手法の検討
- ・コンフリクト検出評価システムの基本設計

### 3. 研究成果

#### 3.1 航空機運航モデルの検討

東京航空交通管制部で利用されているRDPのデータ(レーダデータ)1週間分を解析した。また、航空機側のクイックアクセスレコーダに記録されている同期間のフライトデータを解析した。

レーダデータの解析のために、RDPで扱われた航空機の位置情報等の記録およびコンフリクト警報の表示記録をレーダデータから抽出するプログラムを製作した。また、航空機の位置情報とコンフリクト警報の発生情報を同期させ、それらを動画で高速に表示するプログラムを製作した。さらに、コンフリクト警報の発生時刻・発生位置等を集計する解析用プログラムを製作した。これらを使用して、コンフリクト警報の発生状況(発生時間の分布・発生位置の分布・発生高度の分布・表示時間の分布等)を解析した結果、コンフリクト警報の発生は空域の航空機密度とほぼ比例することがわかった。また、コンフリクトの発生高度は巡航中よりも上昇・降下中に多く発生することがわかった。

航空機のフライトデータの解析では、記録された航空機の位置・高度・速度・高度変化率・ロール角・トラック角等を解析した。これらの解析に基づき、航空機の上昇性能・巡航性能・降下性能等の運航モデルを検討した。また、気象庁の全球客観解析データを使用し、高層風のフライトへの影響を調べた。水平面では、高層風により速度が影響を受けるが、速度の変動は小さい。高度面では、高度変化率の変動が大きい。これは、瞬間的な気流の変化の影響等と考えられる。レーダデータとフライトデータを比較した結果、両者はよく一致している。

#### 3.2 コンフリクト検出手法の検討

航空機運航モデルの検討では、コンフリクト警報は航空機の上昇・降下中に多く発生し、高度変化率は気流の影響を受け、大きく変動することがわかった。航空機の高度の予測精度を向上させれば、コンフリクト警報の不要警報や警報の検出遅れを低減できる可能性がある。そこで、上昇・降下中の高度変化率を平滑化して将来的な高度を算出する予測手法を提案し、計算機シミュレーションにより予

測手法の効果を検証した。

図1に、航空機の高度変化率を示す。"FMS"はフライトデータの高度変化率,"RDP"はレーダデータの高度変化率,"PROPOSED"は上昇・降下中のレーダデータの高度変化率を平滑化特性の高い $\alpha\beta$ フィルタに適用して算出した高度変化率を示す。提案した手法では、上昇・降下中のレーダデータの高度変化率における大きな瞬間的な変動が、平滑化される。なお、フライトデータとレーダデータの高度変化率は同様の特性と考えられる。

図2に、航空機の高度を予測した際の予測誤差を示す。"RDP"はレーダデータの高度変化率をそのまま用いた場合の予測誤差,"PROPOSED"は平滑化した高度変化率を用いた場合の予測誤差である。平滑化した高度変化率を用いると、上昇・降下中における予測誤差が平均的に減少し、変動の振幅も減少する。

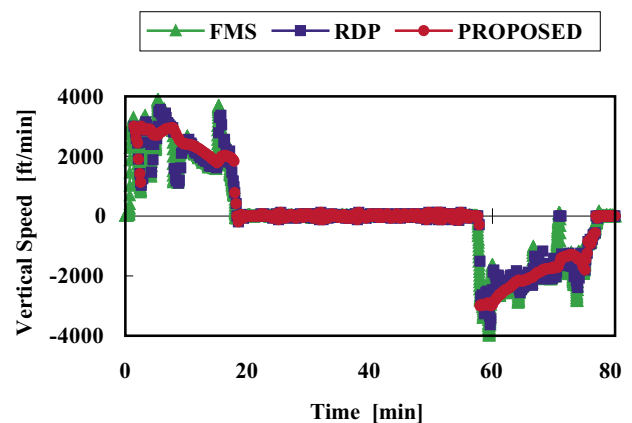


図1 高度変化率

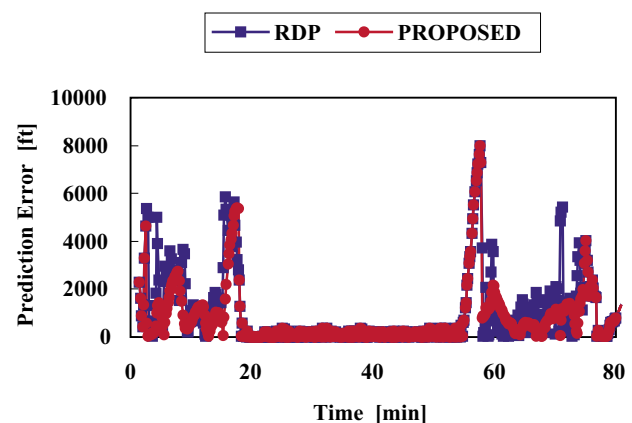


図2 高度予測誤差

#### 3.3 コンフリクト検出評価システムの基本設計

コンフリクト検出手法の検討に基づき、コンフリクト検出評価システムの基本設計を実施した。コンフリクト検出評価システムは、現状のRDPのコンフリクト機能に加えて、動態情報を利用するコンフリクト検出手法を実装し、

コンフリクト警報の不要警報や警報の検出遅れの発生頻度を比較検討する。

コンフリクト検出評価システムの概要を示す。主な機能は航空機追尾機能、異常接近検出処理機能、レーダ画面表示機能、シナリオ作成・再生処理機能で構成される。航空機追尾機能では、SSR 関連処理機能、FMS 関連処理機能、SSR 平滑処理機能、FMS 平滑処理機能、SSR 予測処理機能、FMS 予測処理機能を持つ。異常接近検出処理機能では、ベクトルコンフリクト検出処理機能、フライトプランコンフリクト検出処理機能、FMS コンフリクト検出処理機能を持つ。レーダ画面表示処理機能では、ターゲット情報表示機能、異常接近検出情報データブロック表示機能、異常接近検出情報リスト表示機能、管制官入力処理機能を持つ。

#### 4. 考察等

航空機の動態情報を利用するコンフリクト検出手法は、レーダの観測位置に基づいた直線予測を用いるコンフリクト検出手法に比較して、航空機の針路変更および高度変更時に、航空機の飛行軌道をより精度良く予測できる。また、高度変化率の変動を平滑化する手法の実現により、航空機

の将来的な高度をより精度良く予測できる。これらにより、コンフリクト警報の不要警報および警報の検出遅れの発生を低減できると考えられる。

本研究に関連する会議として、航空局無線課および航空保安無線システム協会による「次世代監視アーキテクチャに係る国際動向等調査検討委員会」に参加し、本研究の成果を報告した。また、本検討委員会の欧州調査団が欧州の訪問先で本研究について説明し、情報交換した。

今後は、コンフリクト検出評価システムを製作し、実際のレーダデータとフライトデータに基づき、航空機の将来位置の予測精度の改善、コンフリクト警報の改善等を検証しながら、動態情報を利用するコンフリクト検出手法を構築する計画である。

#### 掲載文献

- (1) 福田、瀬之口，“ダウンリンクパラメータを利用するコンフリクト警報の改善の検討”，平成16年度次世代監視アーキテクチャに係る国際動向等調査報告書，国土交通省航空局，財団法人 航空保安無線システム協会

### 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17年度

#### 1. はじめに一研究の背景一

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、従来、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こなかった。しかし近年、ASMGCとして高度に飛行場面の運航を管理し空港容量の拡大を図ることが、将来の航空交通の一層の発展に必要不可欠と考えられるようになり、その状況は大きな改革を迎えようとしている。

確かに、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。

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

るものであり、直接には、飛行場管制業務への導入を想定した機器の研究開発を、また間接的には、飛行場管制業務機器の高機能化等を評価するための飛行場管制シミュレータの研究開発として、常に二つの視点を持って進めてきた。

また、本研究では、サテライト空港の効率的な運用についても、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として進めている。

#### 2. 研究の成果

本研究においては、飛行場管制業務の高度情報化を目的として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、管制卓モックアップの試作を含めた研究開発を進めており、特に、宇宙航空研究開発機構との共同研究においては、サテライト空港として調布空港を想定した飛行場管制卓の試作開発を行ってきた。

また併せて、これら試作飛行場管制卓の管制官参加によ

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きた。

特に、飛行場管制シミュレータの整備においては、マイクロソフト社のMSフライト・シミュレータ等の安価で市販されているソフトウェアを利用して、従来のシミュレータ開発においてはその経費の多くを要していた景観データベースや飛行特性データベース等の構築を、数十分の一以下の経費で実現できるように、複数のパッケージ・アプリケーションを任意に組み合わせて相互に干渉させながら運用可能とするプラットフォーム・ソフトウェアの開発を進めている。

上記以外にも本研究では、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、この技術を利用したコンフリクトの警告表示装置の試作開発や、更には空域設計等を支援するソフトウェアの調査検討を進めている。

## 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方法として、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

### 3. 今後の展望

当所は、仮想現実感を利用した大規模飛行場管制シミュレータを世界に先駆けて実現した歴史を有している。操縦シミュレータや、レーダ・シミュレータと接続された総合的な飛行場管制業務シミュレーション環境としての当所仮想現実実験施設は、現在、その施設機能の老朽化により、仮想現実感の視覚的品位においては後発のシミュレータに遅れをとるものとはなっているが、そのコンセプトにおいては、世界的にもこれを凌ぐものが存在する訳ではない。

行政の施策が空港の設置から、既存空港の高度運用へと変化しようとしている今日、仮想現実実験施設のコンセプトは、例えば、ASMGCについてはそのコンセプトからシステム構成機器等の機能評価までにおいて、再びその意味を有するものと考えられる。

我々は、飛行場管制シミュレータの構築技術においては、その経験により最高度のノウハウを有している筈であり、可能であれば、新たなソフトウェア技術を導入し、この世界最大のシステムを再生し、今後の飛行場の高度運用のための技術開発に貢献したいと考えている。

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、これまで継続して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ており、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等を実施している。

### 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分析を行い、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。

平成16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試作
2. 管制指示認識技術の調査
3. 実験データの解析

一方、東京国際空港の再拡張に係るダイナミック・シミュレーションによる評価実験のための諸データの検討、整備を行った。

### 3. 研究成果

#### 3.1 管制指示復唱機能の試作

管制指示復唱機能に関して、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、管制指示音声に関する調査と基本的な音声指示語句のサンプル作成を引き続き実施した。これらを利用する復唱機能の構成を再度検討した。

#### 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。

話者を限定しないソフトウェアを利用した音声認識の調査では、当初想定した認識率は得られず前者の話者を限定するソフトウェアに対する優位性は見られなかった。

既存のソフトウェアを活用する方法では今後十分な認識率が得られる可能性はあまり高くなく、新規にソフトウェアを開発する必要があると考えられる。

#### 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。これらのデータ間の実験条件による相違、特徴等について解析等を進めているが、飛行時間に関するデータでは実験条件により異なっており、検定により有意な相違があることが確かめられた。今後さらに詳しく検討し、評価設定につながる数量的な結果が得られるように解析を進める予定である。

#### 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、今後周辺の関東空域全般の空域を対象としたダイナミック・シミュレーション実験を必要とすると考えられる。

そのために成田ターミナル空域、これらに関わる関東周辺のエンルート空域の空域環境データやこれらの空域を飛行する航空機を模擬するシナリオ等のデータを整備した。

### 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、今後さらに検討が進められ、詳細な条件等が詰められていくものと思われる。それに合わせて空域環境データ等の変更、追加を行い、シミュレーションの実施に対処する予定である。条件が複雑になり、また新たな条件が加わると、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。

## 新CNSに対応した管制方式に関する研究 [指定研究/空港整備勘定]

担 当 部	管制システム部
担 当 者	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、速度変更点が予定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FMSは重要な役割をになうが、メーカーによって機能、表示、出力データも異なっている。高

性能なFMSは軌道予測に対応したRTA (Required Time of Arrival) に応じて降下位置や速度調整の指示を出すことにより4次元航法を行うことが可能となる。

## 3. 軌道予測に関して

4次元軌道の予測は4次元航法および管制を行うにあたって重要な役割をはたす。軌道予測に関係するものは次のようなものがある。

### (1) 航空機の運動特性

これには推力と空気抵抗などのエネルギーモデルに基づくものや、単純な質点で近似したものがある。ユーロコントロールなどの資料では空力特性やエンジン特性などについて機種別に述べられており機体の大きさや、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。ここでは質点モデルに回転運動の効果を取り入れたものを利用した。運動特性は水平飛行の時よりは上昇や旋回特性に大きく影響し、TODの位置に関係してくる。

### (2) データリンク

4次元航法で重要な役割を果たすADS-Bがあり、4次元軌道の予測にとって不可欠な要素となっている。位置、速度、方位、意図経路を送ることにより、現在の交通状況やそれぞれの航空機の位置予測が高精度で行えるようになる。また機上で取得した気象情報をデータリンクで送ることにより一層の精度向上が期待できる。

### (3) 気象特性（風向、風速、気温）

偏西風などを始め風により航空機の色度や針路が大きく影響を受ける。つまり気象予測は4次元航法に重要な要素を占めている。気象予測モデルとしては米国のRUC (Rapid Update Cycle) や気象庁の全球モデルなどがある。風の誤差は速度の推定に影響を与え、風の高度方向の勾配は上昇率や下降率に影響する。3次元のグリッドの中で風のデータを与えて軌道予測を行う。

4次元軌道を推定するためのブロック図を図1に示す。

## 4. ASAS (Airborne Separation Assurance System) について

周辺航空機の色度を把握するためにASASは有効であるが、これをさらに進めて安全間隔の監視や保持に利用しようという動きがある。4次元航法は絶対航法的な概念であり、それに対してASASは相対的な航法といえる。お互いの概念を融合することにより、より安全で効率的な航法が可能となると考えられる。タスクと権限およびそれに伴う責任をどうするかが問題になってくる。限定的にASASを間隔付けに利用した場合のブロック図を図2に示す。



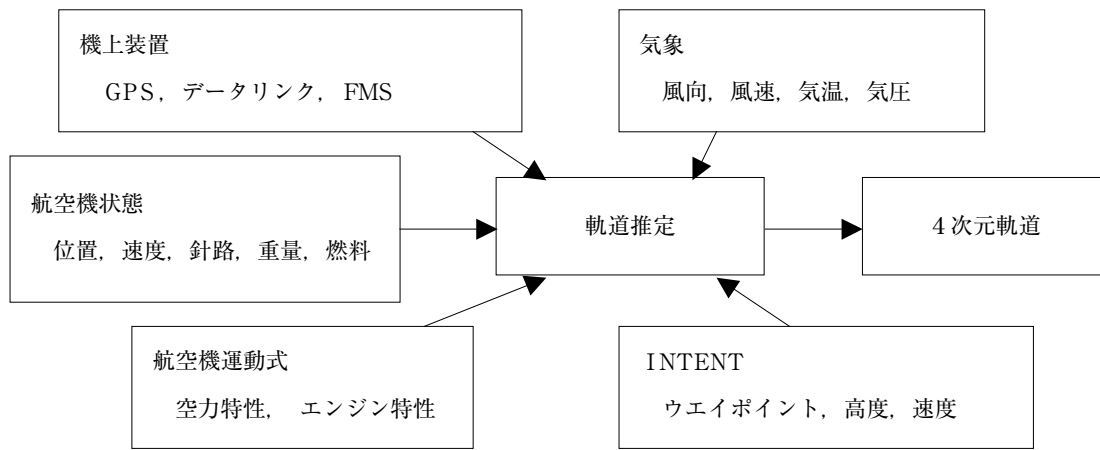


図1 軌道予測のブロック図

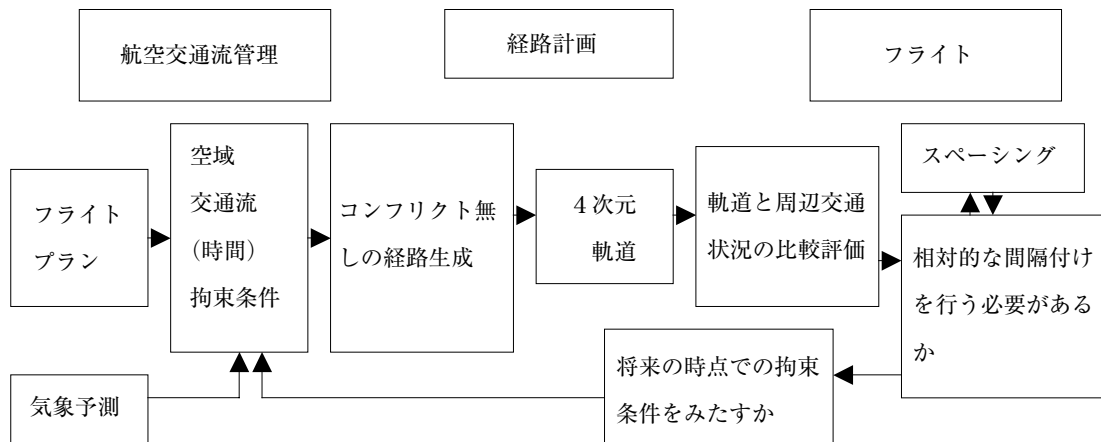


図2 限定的にASASを利用した場合のブロック図

### 5. 今後の研究について

新しい世代のCNSの導入により、4次元的な航法が容易となる。それに対応した管制システムを構築することが出来ればより安全で効率的な航空交通が可能になる。離陸から着陸までの飛行機のすべての運用段階において、これらの概念を適用して全体のスループットの向上をはかることができる。

またASASの導入により航空機の密度の向上に役立てることができる。機上と管制官の役割や責任の分担をどのようにすべきかが問題となってくる。管制官が限定的にせよ権限を委譲する場合にはその手続きを決めておく必要が

ある。ASASの導入を含めて将来的には機上での飛行経路設定の自由度が増すものと考えられる。これは管制官のワークロード軽減にもつながるものであるが、どのような自由度を与えるかをよく考慮しないと、管制空域との接続点で混乱を招き、かえって安全性をそこなうことにもなりかねない。全体の安全と効率を考慮した手法について検討していく必要がある。

### 掲載文献

- ・電子情報通信学会ソサイエティ大会 (H16.9)

## 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～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

当所の航空管制シミュレーション装置を使用し、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た。シミュレーションにおいては、昨年度に増設した作業負担記録装置（以下、記録装置）を使用して主観評価による作業負担値を取得した。

記録装置は、作業負担の主観表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。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。各ランプ点滅時刻において選択された数値が記録される。

関東北セクタをシミュレーションの対象として1時間程度の試行を合計12回実施した。同セクタは、東京国際(羽田)空港および新東京国際(成田)空港の到着機の処理、福島空港への進入許可などの管制業務が必要とされる。調査結果などに基づいて、比較的に高い作業負荷が予想される交通流シナリオを作成し、シミュレーションに使用した。

シミュレーション実施時には、レーダ席と調整席を担当する管制官役を配置した。また、タスク分析のために、ビデオ記録装置などにより、管制官役の作業を記録した。また各試行の終了後には、管制官の有する戦略と知識の取得を目的として、シミュレーションに使用した交通流シナリオに基づき、管制処理方法について聞き取り調査を行った。

#### 3.2 タスク分析の実施

上記シミュレーションにおける作業記録に基づき、航空管制業務のタスク分析を実施中である。タスク分析は航空管制業務と認知のモデル化を目的とする。

分析はシミュレーションにおいて記録されたログ・データや画像データに基づき、各管制処理の方法とその理由、管制処理のパターンの分類、および管制官役の試行プロセスの解析を実施している。

現在までの分析の結果として、状況判断・予測が戦略的なものに基づいている場合における、調整席の積極的なコーディネーション、レーダ席における管制指示回数の現象などの傾向が認められている。

本分析は東京大学との共同研究において実施している。

### 3.3 航空管制指示内容の解析

管制指示の発出や各種情報の提供などを目的として行われる管制通信は航空管制作業において本質的な役割を果たし、通信時間や通信件数は管制官の作業量の指標として有用である。過去の実時間シミュレーションで記録されたデータを用いて、ターミナル空域における管制指示内容の解析を行った。

実時間シミュレーションの実施中に記録された音声データを再生し、管制官役からパイロット役に対して発出された各通信について通信の開始・終了時刻および通信内容の書き取りを行うことで12試行分の管制通信データを取得した。今年度は到着機処理を担当する2つの管制席を対象として解析を行った。

解析においては同時管制機数と単位時間あたりの通信量の相関を検討した。両者の間にはある程度の相関が認められたが、進入方式間で相関の強さに差異が認められた。この相関の強さの差異は、進入方式による管制処理の複雑さを反映している可能性が存在する。進入方式による複雑さの差異の検討には、管制指示内容の組み立て方などの今詳細な解析が必要である。

同時に管制指示発出時の文型を解析した。管制指示は通常は定められた形式に基づいて定型的に発出されるが、非定型に発出される場合もある。高い作業負荷に対する管制官役の反応の指標としての可能性を検討するため、管制通信量が多い場合に、特に非定型な指示の発出頻度が高くなるという仮説を検証した。検証の結果からは、通信量と非定型な指示発出の頻度に強い相関を認めることはできず、発出の頻度は管制官役の個人差により大きく異なる傾向が認められた。その一方で、通信量の増加とともに非定型な指示発出の頻度が大きくなる場合も認められた。

非定型な指示発出の頻度には、管制指示発出の時間的切迫性など通信量以外の要素について今後の検討が必要であると考えられる。

### 4. 考察等

航空路管制業務においては、高度処理やターミナル空域への到着機のスペーシング、セクタ内の空港への進入許可など多様な種類の要素が存在し、シミュレーションの実施により取得された作業負担値には、各要素が大きく影響を与えるように感じられる。このため、主観評価値とタスク分析結果との照合が今後必要であると考えられる。

航空管制指示内容の解析については、管制指示内容の組み立て方に基づいた進入方式による管制処理の複雑さの差異を今後検証する必要がある。

また、当所の航空管制シミュレータによる実験環境では、航空路管制レーダ卓の一部の機能が未実装機能であることや、調整席による出発承認が行えないことなどによる制限が生じたため、航空路管制業務における作業負担の検討には不十分な場合があることが確認されたが、今後のシミュレーション装置の改修により、可能な限りの対応を図っていきたい。

#### 掲載文献

蔭山, 青山, 三垣:「主観評価による航空管制官の作業負担の計測」, 第4回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成16年6月.

井上, 古田, 青山, 蔭山:「Human-Machine Simulation System for Safety Evaluation in Air Traffic Control」International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, 平成16年6月

蔭山, 青山:「実時間シミュレーションによる管制通信の一解析」, 第42回飛行機シンポジウムアブストラクト集, 平成16年10月

井上, 古田, 青山, 蔭山:「航空管制業務のタスク分析に関する研究」ヒューマン・インタフェース・シンポジウム2004京都, 平成16年10月

井上, 古田, 青山, 蔭山:「航空路管制業務における管制官のタスク分析とモデル化に関する研究」日本機械学会第13回交通・物流部門大会16年12月

## 航空管制業務におけるヒューマン・ファクタの評価分析手法の研究【指定研究／空港整備勘定】

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 塩見格一  
研究期間 平成16年度～平成19年度

### 1. はじめに

航空交通に限らずとも貨物輸送を含めた公共交通システ

ムの安全性を安価に維持し、更には向上させることは、今日、国家経営において極めて重要な問題となっている。米

国における911テロ以来、悪意からシステムを防衛するための負担は個々人のレベルでも急増しており、この負担増による消耗は、全ての安全の基本である“個々人の余裕”を低減させ、現状はヒューマン・エラーの発生し易い状況となっている。

特に航空交通においては、911以降、ミサイルの誤射により旅客機が撃ち落とされる様な、また大型機同士(Tu154MとB757-23APF)が空中で衝突する様な、嘗ては想像もしなかった様な事故を含めて、2005年迄に50件近い事故が発生している。殆どの事故は様々な関係者の判断ミスによるものであり、仮に、何等かの手段や装置により関係者全てのヒューマン・パフォーマンスを管理することが可能であって、ヒューマン・エラーを起こし易い心身状態にあることが警告されていたのであれば、多くの事故は十分に防げたかも知れないのである。

本研究は、利用者としては直接には航空管制官を想定して進めているが、広く様々な分野においても適用可能なものとして、ヒューマン・パフォーマンスをリアルタイムに監視するシステムを構築することにより、ヒューマン・エラーに起因する事故を防止しようとするものである。

## 2. ヒューマン・パフォーマンス監視技術の現状

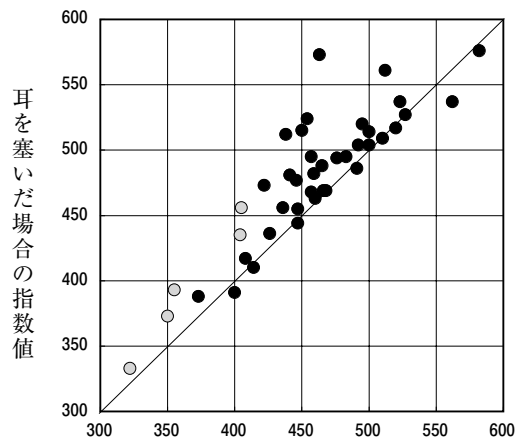
本研究において実用化を目指しているヒューマン・パフォーマンス監視技術は、発話音声を含む生体信号をカオス論的な信号処理技術により分析し、疲労状態等と強い相関を有する指標値を明らかにしようとするものである。

### 2.1 音声によるヒューマン・パフォーマンスの評価

当所では、1998年に発話音声により発話者の心身状態の評価が可能であることを発見して以来、その信頼性の向上を目的とした研究開発を進めてきた。

当初その分析は、連続的な発話音声の毎秒の最大リアプロフ指数から、その5分間程度の移動平均値を計算することにより、朗読等の連続的な発話実験において、発話者が疲労を自覚する20分程度以前にその予兆を観測することが可能、と言うものであった。以降、カオス論的な発話音声分析のための信号処理アルゴリズムSiCECA (Shiomi's Cerebral Exponent Calculation Algorithm)を開発し、現時点においては、3～5秒程度の発話音声を2～3回程度分析することにより、その発話者の緊張状態や慢性的な疲労の有無を検出できる様になっている。<sup>(1)</sup>

現状の発話音声分析技術においては、未だ、分析のための発話音声は十分な明瞭度を有することが必要であり、様々な実際の業務環境において導入可能なものとはなっていないが、十分に明瞭な発話音声が集められる場合には、



通常の朗読により算出された脳活性度指数値

本研究に興味を示された20代から60代迄の当所来訪者41人による実験結果において、27人から、耳を塞ぐことにより2%以上の脳活性度指数値の上昇を観測した。

なお、グレーのプロットは女性による値であり、その理由は不明であるが、女性の指数値が男性に比較して小さいことも明らかになった。

発話者の発生する僅かなストレスの変化をも検出可能と考えられる実験結果も得られている。

下図は、数秒程度のテキストを2回朗読した場合にその発話音声から算出された脳活性度指数をプロットしたものである。横軸は、1回目の通常に朗読した場合の発話音声から算出された脳活性度指数値であり、縦軸は2回目に指で耳を塞いで同じ文章を朗読した場合の指数値である。

この実験は、指で耳を塞ぐことにより、日常においては意識することのない自分の声を取って意識させ、そのことによるストレスを発話者に加え、そのストレスによる脳活性度の上昇をその発話音声から検出することを目的として行ったものである。この実験は極めて簡易的なものであり、当所が、心電や脳波の分析、唾液や血液中のストレス物質の分析、等々の従来技術による心身状態評価技術を有さないために、その様な技術を有する共同研究者の獲得を目的とした当所技術の説明資料作成の一環として行ったものであったが、結果は現時点においては十分に満足できるものとなった。

現在当所は、本研究について、東北大学、鉄道総合技術研究所、学芸大学に共同研究者を得ており、彼らによって、肉体的な疲労の蓄積により発話音声から算出される脳活性度指数が低下すること等々が検証されている。

なお、強い運動性負荷による脳活性度の低下は、筋肉中の乳酸等運動性老廃物の代謝に多くの酸素が必要とされるため、その様な状態においては脳にその活性度を上昇させるに十分な酸素の供給が困難になっている結果と解釈される。また、この実験結果及び解釈は、脳活性度の高い状態が長時間継続すればその被験者は暫くの後に疲労を自覚す

る、との理解に整合するものである。

## 2.2 音声以外の生体信号による評価

発話音声以外の生体信号のカオス性については、一般的に、脈波や脳波等が比較的強いカオス性を有すると考えられており、我が国においても様々に実験等が行われている。特に指先から計測される指先容積脈波は比較的に信号雑音比が良好なこともあり、多くの実験結果が報告されているが、指先に観測用のセンサーを装着しなければならないこともあり、業務作業者をリアルタイムに計測する目的には適していない。

生体信号のカオス性は生体の有する恒常性と密接な関係があると考えられ、従って、生体から抽出される時系列信号であればどの様なものであっても、カオス論的な処理パラメータを適正に設定することが可能であれば、また十分な信号雑音比を与えるセンサーが実現できれば、その信号のカオス性からその者の心身状態を評価することは可能と予想される。しかしながら、業務作業に何等の支障も及ぼさずに分析に十分な（8ビット程度以上の）信号雑音比を有する時系列信号を得ることは容易ではない。信号雑音比が～6ビット程度であっても観測時間をそれに対応させ十分に長くすれば、その時系列信号からカオス論的な指標値の一つである最大リアプノフ指数等を有意に計算することは可能と考えられるが、当所が発話音声において実現した程の（数秒程度の）観測時間分解能を実現することは不可能である。

もっとも、発話音声の場合の高い時間分解能は、分析に継続的な発話が必要である限り実用化が困難であると考えられた結果であって、カオス論的な心身状態の診断が、被験者の自覚以前の状態変化を捉えるものであるから、例えば数分以上の連続的な観測が必要であったとしても、運用における目的が20分以後の変化を予測するものである場合には、十分にその目的に対応すると考えられる。

比較的に明瞭な信号の得られる容積指先脈波を観測する場合であっても～1分程度の観測時間が一般的であって、より信号雑音比の劣る信号の場合には、遥かに長時間に及ぶ観測が必要と考えられるが、当所では、発話音声以外の生体信号として、被験者に何等意識されることなく、且つ長時間に亘って連続的に収集が可能な信号として、管制官

等業務作業者が通常は腰掛けに座って業務を行っていることから、その重心の揺動を時系列信号としてサンプリングし、そのカオス性を評価する実験を進めている。

現時点迄には、その可能性を評価するに十分なデータは得られていないが、カオス論的な心身状態評価システムを、業務環境において作業者が何等の発話も行わない状況にも対応する技術として構築するために、今後、より多くの被験者による実験を行いたいと考えている。

## 3. その他

当所では、本研究に係る現状迄の成果を公表することを目的として、マイクロコマース株式会社と共同研究計画を締結し、インターネットを使って一般からの発話音声の分析を受け付けるサービスを平成16年7月1日から開始した。<sup>2)</sup>ウェブサイトにおいては、これ迄に発表した論文や報告書等の内で主要なものを提供すると共に、FAQを作成し、今日迄に多く寄せられた問合せ等にも対応できる様にしている。

上記サービスは今日迄に数百以上の利用者により利用され、このサービスにより卒業論文等も作成されている。自動車会社関連の法人利用者が複数存在し、当所単独ではなし得なかったと思われる成果も少しずつではあるが出始めている。

## 4. おわりに

1998年当時は直ぐにでも実用化が出来る様にも思われた技術であったが、実験精度の向上は常に従来気が付かなかった問題点を明らかにし、その度に人間の脳機能モデルに立ち返った検討から再出発しなければならなかった。

現状の信号処理アルゴリズムが想定する脳機能モデルは、医学系の学会においても一定の評価を得られる程度のレベルに達しており、本研究期間中には是非、航空管制業務環境等に導入可能な実用プロトタイプ・システムとして取り纏めたいと考えている。

## 掲載文献

- (1) 塩見格一 “発話音声による大脳活性化度評価技術の現状と可能性,” 信学技報安全性研究会, May, 2004.
- (2) <http://www.siceca.org>

## 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【指定研究／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流中の遊漁船も多く、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実験を行った。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三浦半島観音崎の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、膨張収縮などの画像処理のアルゴリズムを適用した。また船舶を個別に識別してトラッキングを行うために輝度の強さやその分布だけでなく、船舶の運動の方向や大きさに関する特徴量を利用した。観測された移動ベクトルを利用して運動の予測を行い、船舶同士が交差した状態から互いに離れていく場合に速やかにトラッキングが継続可能な試みを行った。

### 3. 研究の成果

実験の結果、冷却型に比べて感度の劣る非冷却型赤外線

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。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。船舶が監視領域にはいった時にタグ付けを行い、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、相関により個別の船舶の識別を行った。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。今回実施した追跡中の船舶画像の例を図1に示す。



図1 追跡中の船舶画像の例

### 4. 考察

船舶の特徴量を利用してトラッキングの精度を向上する試みを行った。特に運動特性に注目して解析を行った。画面の途中からの重なりその後分離する場合には、かなり効果的にトラッキングが行えた。しかし、速度が大幅に変化する場や、重なりあう船の大きさがかなり異なる場合などでは、うまくいかないことがあった。今後の研究としては各種の状況にも柔軟に対応できるアルゴリズムの改良を進めるとともに、船舶の特徴量を更に有効に活用して、より信頼性、頑健性のある方法を検討していきたい。

### 掲載文献

・電子航法研究所研究発表会講演概要（H16.6）

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

担 当 部 管制システム部  
担 当 者 ○塩地 誠, 白川 昌之, 矢田 士郎  
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、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。16年度は、調査を継続するとともに、AIS/VTS通信シミュレーションを実施した。

### 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ITUとIECに依頼した。

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は検討の結果を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搭載開始の後も、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、平成16年7月1日より運用を開始した。VTS管轄エリア内に3つのAIS陸上局が、エリア外に4つのAIS陸上局が設置され、これらと観音崎の東京湾海上交通センターの間は通信回線で結びばれている。VTS運用管制卓レーダー画面上にAISターゲットも合成表示され、その脇にAIS専用の液晶表示パネルが設置され、電子海図上にAISターゲットが表示される。また、VTSレーダー圏外を対象にAIS専用卓が設置され、同様のAIS専用の表示パネルにてレーダーエリア外の広範囲の海域まで、船舶の動静が把握、メッセージ送受信が行えるようになった。

運用開始直後のスロット使用状況は、3.1%（7つのAIS

陸上局平均)であった。船舶からの受信はデータの設定誤りがたまに見られるものの、通信技術上の問題はなかった。ただし、陸上局メッセージを試験的に運用してみたところ、通信スロットをかなり占有して、AIS搭載船舶が使える通信スロットととの兼ね合いを検討する必要がある。

さらに、現在、伊勢湾、備讃瀬戸、関門海峡の3つのVTSセンターにAISが整備中で、来年度以降も、輻輳海域と日本沿岸のほとんどをAISでカバーする計画である。

### 3.3 AIS/VTS通信シミュレーション

開発済みの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」により、シミュレーションを実施した。

同ソフトウェアは、実用AIS装置に搭載されている通信管理プログラムを可能な限り組み込み、スロット reuse (通称:ロビンフッド現象)が起った場合を含め、AIS通信規約にある機能を一部制限があるものの搭載した。また、陸上局用メッセージ送信機能を持つ擬似AIS陸上局モデルを(例えば東京湾を囲むように)数局配置した設定も可能にしてAIS船舶局とAIS陸上局間の通信を検証できる。

AIS 1局ごとに1つのサブプログラム(画面上では、1つのウィンドウ)が実行されるので、STDMA(自己管理型TDMA)の動作を実際に近い形でシミュレーションできる長所がある。逆に、局数(船の数)が多くなると、計算速度が長くかかる。

図1にその表示画面の例を示す。この図の一番得前に表示されているウィンドウは、ある船舶(MMSI(船舶番号)が000000002)のAIS装置内の「スロット管理テーブル」の内容を表示したものである。AIS通信規約では、1分間を1フレームと決めて、それを2250個の通信スロットに分割し、それぞれのAIS装置が、使いたいスロットを予約宣言することで、お互いに重ならないようにして通信を行う。

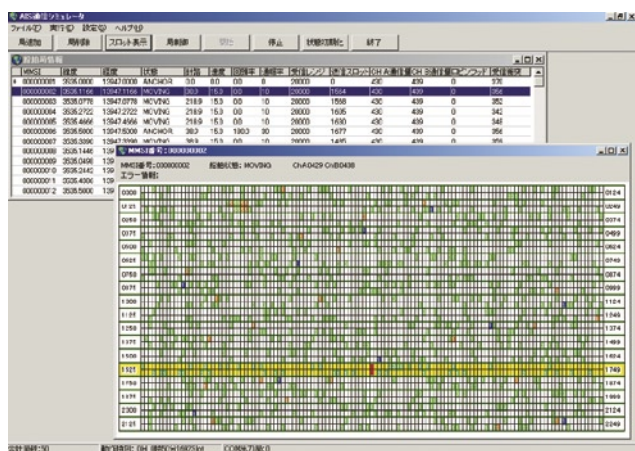


図1 「擬似AIS通信トラフィック発生ソフトウェア」(AIS通信シミュレータ)表示画面の例

AISは、「CH A」「CH B」の2チャンネルを同時使用するので、合わせると1分間に4500個の通信スロットが存在する。

最近の東京湾内通航量:AIS船舶100隻のシミュレーションでは、通信に問題はなかった。AIS船舶500隻(東京湾を1日に通航する全船舶がAISを搭載と仮定)して高速で移動(通信頻度が高くなる)する設定では、通信量が90%に達し、「ロビンフッド」現象が何度か発生した。

### 4. 考察

AISの国際的な動向は、漁船、ヨットなどの小型船舶向けの規格であるAIS-Bクラスの制定が16年度中に行われそうな様子である。1000ドルAIS装置を目指して開発中のメーカーありとの情報もある。義務船舶局でない小型船舶が、メリットを感じて搭載してくれるかどうかで、市場の発展のみでなく、AIS陸上局側の対策も影響を受ける恐れがある。AIS陸上局の動向としては、AIS先進圏である北欧で、「AISサーバー」を介して国を超えての情報交換が試みられている。また、AIS陸上局の設置場所の選定(サイティング)に電波伝搬シミュレーションソフトを用いて、なるべく少ない陸上局数で(場合によってはアンテナに指向性を持たせて)必要な覆域の実現を試みる例があった。AIS船舶が増加したときの問題はほとんど取り上げられていない。反対にあまり配備の進んでない地域もあり、外洋ではAIS搭載船と非搭載船が混在する状況が続くと見られる。

一方、わが国沿岸のような輻輳海域では、AIS搭載船舶の密度は高くなり、通信スロットの局地的な逼迫も予想されるので、本研究のようなAIS通信シミュレーションは今後も必要と考えられる。

### 掲載文献

- (1) 塩地 誠, 水城南海男, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:” AIS情報による海上交通管理システムの高度化”, 電子航法研究所 第3回 研究発表会 予稿集 23項, (2003.6)
- (2) 塩地 誠, 水城南海男, 矢田士郎, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:” AIS情報による海上交通管理システムの高度化”, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, (2003.9)
- (3) 塩地 誠, 水城南海男, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:” AIS情報による海上交通管理システムの高度化”, AISセミナー「AISの現状と展望」, AIS研究会(於, 東京海洋大学) (2004.1)



## 状況・意図理解によるリスクの発見と回避【受託研究／一般勘定】

担当部 管制システム部  
担当者 塩見 格一  
研究期間 平成16年度～平成18年度

### 1. はじめに

本研究は、文部科学省系の外郭団体である科学技術振興機構による科学技術振興調整費による受託研究であり、特に政府がその研究開発が行政において重要と考える課題（重要課題解決型研究—交通事故対策技術の研究開発）に対する公募から選考されたものである。

本研究は筑波大学の稲垣敏之教授を代表者として、筑波大学、産業技術総合研究所、海上安全技術研究所、交通安全環境研究所、他と実施するものであり、当所は、東北大学と鉄道総合技術研究所と共に、運転者の心身状態を評価する技術の開発と検証を受け持っている。

### 2. 当所の役割分担

本研究において、当所は、東北大学と鉄道総合技術研究所と共に、当所が1998年より開発を進めて来た発話音声により発話者の心身状態を評価する技術を、トラック等の車両の運転手の心身状態の管理に適用できるように実用化を進める役割分担を受け持っている。

本研究は、研究協力者と共に発話音声による心身状態評価技術の適用範囲を明確にし、更に車載型システムとして実現するために必要となる要素技術を明らかにし、またこれを獲得することにより実用システムの機能評価用プロトタイプを実現することを目的としている。平成18年度には、試作システムを利用した実車実験を行えるように研究開発を進めている。



図1 エルゴメータ運動

### 3. 研究開発内容

#### 3.1 東北大学との共同研究

平成16年度には、東北大学殿との共同研究により、発話音声から算出されるカオス論的な指標値が、発話者に運動性負荷を加えた場合の疲労及び回復過程と強い相関関係を有することを確認した。

実験は、自転車型のエルゴメータと呼ばれる運動負荷装置を利用して行い（図1参照）、発話音声は、運動以前と運動後（直後、2、5、10、20、30、40、50、60分後）に30秒程度の朗読音声を取録することにより行った（実験結果については図2を参照）。

男子大学生10人を被験者として行った実験であり、運動性疲労により発話音声から算出されるカオス論的な指標値が低下し、その後の回復により、指標値についても運動開始以前のレベルに戻っていることが確認された。この現象は、運動性疲労によっては、運動直後は筋肉中の乳酸の代謝に多くの酸素が消費されるため、肉体は、その脳の活性化度を上昇させる程には酸素を供給できない、と解釈される。発話音声から算出される指標値を脳活性化指数と呼ぶことの妥当性が示されたと考えられる。

#### 3.2 鉄道総合技術研究所との共同研究

鉄道総合技術研究所殿との共同研究においては、発話音声から算出される脳活性化指数が、脳機能のどの部分と相関を有するものであるのか、即ち、脳活性化指数は大脳新

### 脳活性化指数

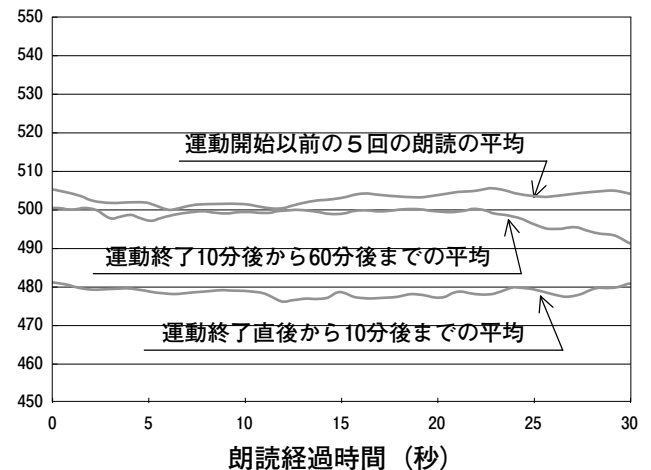


図2 運動前後の脳活性化指数の変化

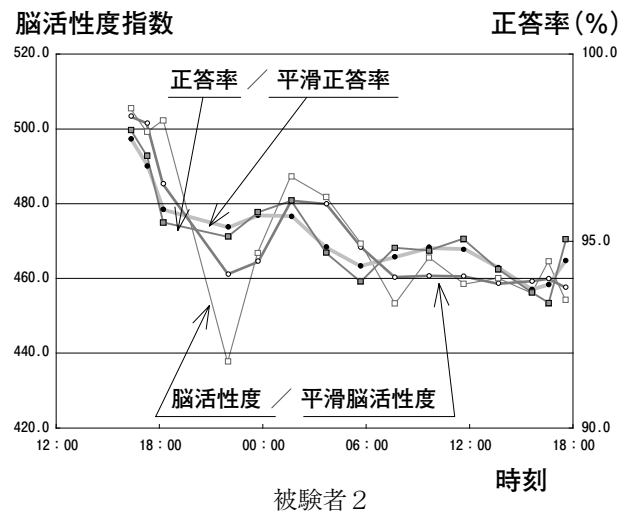
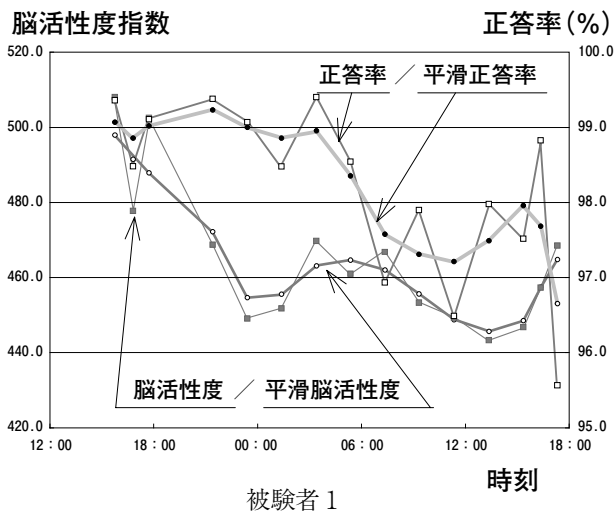


図3 三択問題正答率と発話音声による脳活性度の経時的な変化

皮質の中樞系の機能に相関するものであるのか、或いは大脳旧皮質の自律神経系の機能に相関するものであるのか、と言ったことを明らかにするための実験を行った。

実験は、2人の被験者を不眠状態に置くことにより行ったものであり、2時間おき（実験の最初と最後は1時間おき）に心身状態計測作業を行わせながら、同時に朗読音声の収録を行った。

図3は、2人の被験者の三択問題正答率と発話音声から算出された脳活性度指数値の変化をプロットしたものであり、いずれも時間の経過と共に低下していることが理解される。三択問題正答率と脳活性度指数との相関係数は、被験者1において0.49（明らかに相関がある。）、被験者2において0.66（強い相関がある。）であり、朗読音声から算出される脳活性度指数値が、発話者の中枢系の機能活性度を示すものであることが確認された。

### 3.3 その他の研究開発

当所では、上記共同研究として行った実験以外にも、発話音声分析システムを車載型装置として実現するために、以下の要素技術に係る研究開発を並行して行っている。

- 1) 自動車等の運転席等の騒音環境における運用を可能とするために、マイクロフォン特性の調査と、その特性を補正するためのフィルター技術の開発。

調査においては、一般道及び高速道路で実車運転席におけるノイズレベルを測定すると共に、様々な形式のマイクロフォンを使用して、発話音声と環境雑音の比を計測した。現時点までの調査結果からは、マイクロフォンを運転席に設置した場合には、カオス論的な信号処理に十分な信号雑音比を実現できそうもなく、今後の製作を進める試作システムにおいては、耳掛け型のマイクロフォンの使用を想定

する他なさそうである。

- 2) トラック運転手等から、分析に適切な音声の発話を得るためのインタロゲータの開発。

インタロゲータの開発にあたっては、自然な発話を行ってもらうために、ラジオ番組を想定した問い掛けシナリオを12時間分作成し、3名の声優さんに、様々な運転手さんに問い掛けてもらえるようにプログラムを作成した。

上記以外にも、現状の信号処理においては人間が行わなければならない作業を効率化するためのソフトウェア開発や、リアルタイムに音声データをストリーミングするためのソフトウェア開発等、幾つもの開発を並行して進めている。

### 4. おわりに

重要課題解決型研究においては、開始から十年後の実用化が想定されているが、本研究項目においては、東北大学殿と鉄道総合技術研究所殿の多大なご協力を得たことにより、発話音声から脳活性度が評価可能であることに対する認知度と信頼度の向上が果たされ、併せて様々な分野から期待の声も聞かれる状況となっており、従来よりご協力いただいている共同研究者各位における研究開発も従前に増して積極的に進められている。

現時点において、我々は、予想よりもかなり早く、車載型実用システムが提供できると考えている。

### 掲載文献

- (1) 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.
- (2) <http://www.siceca.org>

## 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, 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ヵ年計画でプロジェクト「ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発」(注1)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、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主な目的とする。



図1 東京湾海上交通センター 運用管制卓

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年中に研究結果を纏めた。

これは運技費による成果として、早速、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月より運用を開始した。続いて、平成17年3月には備讃瀬戸、関門海峡、伊勢湾の各海上交通センターにAIS陸上

局が整備される計画である。

(注1):当初は、「ITを利用した次世代海上交通システムの技術開発」と称した。

### 2. 研究の概要

本研究は5年計画であり、高度船舶交通管制システムのハードウェア面とソフトウェア面の2つのサブテーマについて実施した。

#### (1) AIS情報の導入による海上交通管理システムの高度化(ハードウェア面の研究)

現在海上交通管制に使用しているVTSレーダシステムでは、レーダ画像の中から、船舶のエコーを自動で識別して、レーダ画面上に図形(白丸に進行方向を示す線分を付けた形)で表示する。そのままでは、船の名称などは分からないため、レーダ運用者がVHF無線電話でその船舶と連絡を取り、航路通報データ(船名、トン数、船種、通過予定時刻等)と照合し、手動でIDを付与している。

本サブテーマの目標は、このID付与作業を、AIS情報を活用して自動的に行うこと、及びAISとVTSレーダのターゲット画像をひとつの画面に合成表示することにより、VTSレーダの機能向上を図ることである。

平成12年度にAIS陸上(実験)局とデータ収集装置を製作した。平成13年度に、AIS/VTS表示方式の開発試作(図2参照)を行うとともに、AIS実験局を船舶に搭載して東京湾を航行させてAIS通信実験(わが国初)と表示方式の評価を海上保安庁と共同で行った。



図2 AIS/VTS統合表示方式の試作評価

AISデータとVTSレーダデータとの比較を行い、VTSレーダの船舶ターゲットへのAISによる自動ID付与方式を開発した。平成14年度も、8万トン巨大船を対象に実験と評価を実施した。その成果は、海上保安庁の実機の設計に活用された。

平成14～15年度にAISシステム（陸上局－船舶局）の性能評価として、今後AISが多数の船舶に搭載された場合にAIS船舶－陸上局間の情報伝達・通信が問題なく行えるか評価するため、計算機シミュレーションなどによる検討を行った。

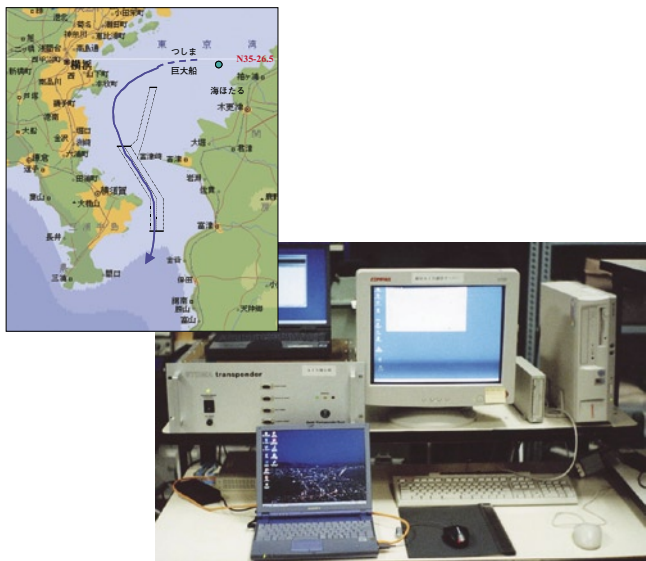


図3 実験船舶航行コース地とAIS陸上実験局の様子

## (2) 輻輳海域における海上交通流制御技術の高度化（ソフトウェア面の研究）

高度船舶交通管制システムに搭載する新しい交通流制御のためのソフトウェア（計算機ツール）の研究を、大阪大学との共同研究により実施した。

大阪大学で実績がある（人工知能船長モデルによる）船舶の「移動方向シミュレーション・システム」を発展させ、与えられた条件下での船舶交通流を再現・予測する輻輳海域交通流シミュレータの開発と改良を、平成12年度から15年度にかけて行った。この間、性能向上の他、シミュレータと通信装置付模型船を接続して避航実験を行うとともに、AIS装置や電子海図との統合も試みた。

平成16年度は、現在の海上交通データに即した海上交通シミュレーションの実施を目指し、東京湾海上交通センターとの連携を図るため、東京湾海上交通センターのデータから船舶交通流データを抽出して、シミュレーションに必要なシナリオデータを作成する手法を開発し、ツールを構築した。また、AIS陸上局の配置計画に役立つよう、輻輳海域交通流シミュレータにAIS通信機能を加え、AIS送信を含んだシミュレーションを実施した。

## 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

試作したAIS/VTS統合表示方式は、AISターゲット及びVTSレーダ・ターゲットをリアルタイムに表示する。また、画面上で任意に選択（マウスでクリック）したAIS搭載船舶のAIS情報表示（静的情報、動的情報）も行える。ターゲットの表示は、次の3種類を任意に切換えられる。

- ① 単純重畳表示：AISターゲットとレーダターゲットを単純に重ね合わせて表示する。
- ② レーダ優先表示：両ターゲット情報をシステム内部で連結させ、レーダターゲット位置で優先表示する。
- ③ AIS優先表示：両ターゲット情報をシステム内部で連結させ、AISターゲット位置で優先表示する。

AISデータとレーダデータを上記の基礎データを用いた基本的なマッチング・アルゴリズムに従い合成し、当該装置の画面にターゲットを表示する。

②と③の表示には、AISとVTSのターゲットから同一船舶のものを照合する必要があるため、AIS搭載船舶の実験結果を参考にして、「マッチング・アルゴリズム」を作成した。なお、実験結果は、AISとVTSの位置の差は大きいところで70～120m程度、速力差は大きいところで±2～3 knot程度、針路差は大きいところで±30～40°程度であった。

ID付与作業を自動化するため、次の2段階の処理からなる「自動ID付与アルゴリズム」を構築した。

#### ① AISターゲットへのID自動付与

AISデータのMMSI（国際船舶識別符号）番号を手がかりとしてVTSシステムの航路通報データを自動検索し、付与予定のIDを捜し出し、AISターゲットに自動的に付与する。

#### ② AISターゲットとレーダターゲットの合成処理

AISターゲットとレーダターゲットを合成する際に、AISターゲットに付与されているIDをレーダターゲットへも自動的に付与する。

これらの技術を盛り込んだAIS/VTS統合表示方式の評価実験を対象AIS船舶を替えて2度行った。その時の表示画像の例を図4に示す。レーダターゲットは白丸で表示され、白の線分で進行方向を示す。AISターゲットは赤三角で表示され、赤破線は船首方向、赤実線は対地針路を示す。画面の下方へ航行している船舶が、緑色の航跡を残しながら、画面の左方向へ舵を切り始めたところで、AISターゲットでは船首の方向（赤破線）が変わり、対地針路（赤実線）は慣性のため、少し遅れて追従している。レーダターゲットの針路（白実線）は、追尾処理により算出するため、AISに比べて、変化が遅れている。

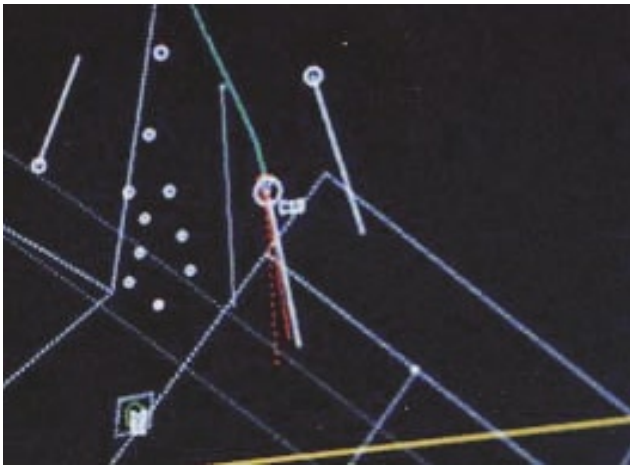


図4 AIS/VTS統合表示方式評価実験 表示例

本研究の成果を活用して、図5に示すように、海上保安庁は東京湾海上交通センターにAISを導入した。VTS管轄エリア内に浦安、本牧、観音崎の3 AIS陸上局が、エリア外に勝浦、野島崎、伊豆大島、石廊崎の4 AIS陸上局が設置されている。観音崎の東京湾海上交通センターでは、これらを通信回線で結び、AIS情報をVTSシステムと統合して活用する。また、VTSレーダエリア外の船舶情報もAISにより取得可能となり、広範囲の海域での船舶の動静が把握できるようになった。

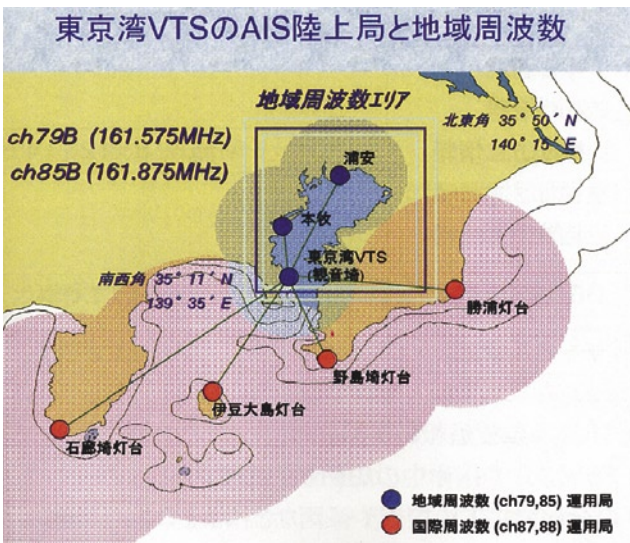


図5 東京湾海上交通センターでのAIS導入

### 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を開発してその改良を続け、16年度は東京湾海上交通センターと連携のため、「輻輳海域シミュレータ用データ抽出ツール」を開発した。これにより、同シミュレータが海上交通センターに導入された際に、最新の交通流データに基づくシミュレーションが随時実行できるようになる。

輻輳海域シミュレータの実行例として、2船間における

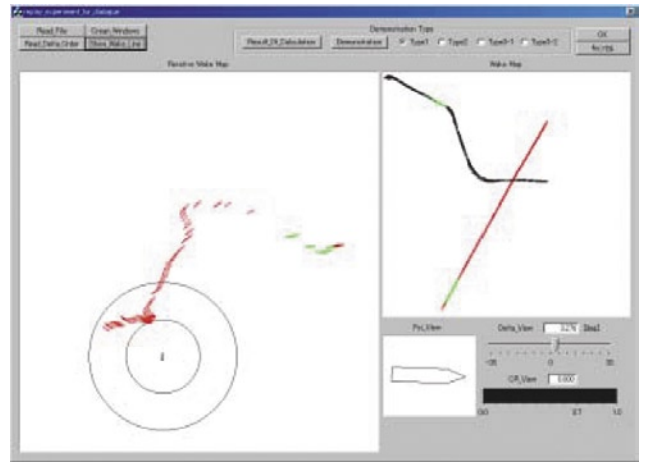


図6 2船間における避航実験

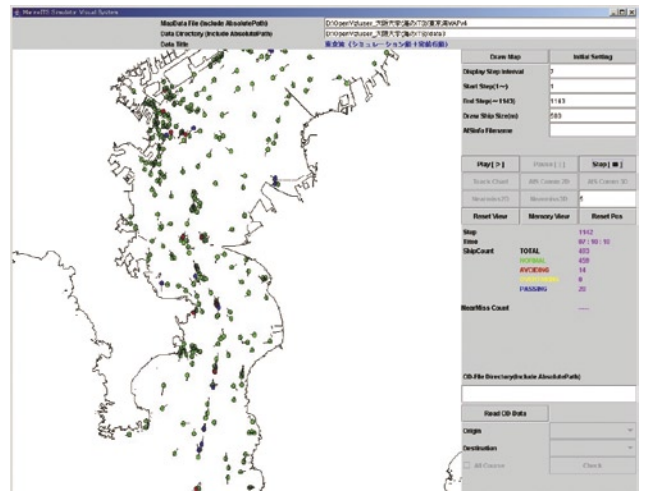


図7 交通流シミュレーション実行例（東京湾）

避航実験を図6に、東京湾の交通流を図7に示す。

図7では、船舶は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、○印から伸びる矢印は、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。

また、AIS陸上局を経済的・合理的に配置するためには、海域内の場所ごとに発信頻度を知る必要があるが、AISは、船舶の速度、回頭率等に連動して送信頻度が変わるので、船舶の動きも考慮する必要がある。同シミュレータは人工知能船長モデルによる複数船舶間の避航も再現する上に、AIS通信機能により、その動きに合わせたAIS交信数と交信位置を把握できる。特に、避航措置が多い輻輳海域に対する予測には有効な手段である。図8に東京湾を対象にした実行例を示す。AIS通信が行われた場所ごとに通信頻度（一定時間内の通信数）を3次元的グラフで表している。AISの通信頻度の高いところが航路に沿っていること

や、港の出入り口付近も、船舶の速度は遅くても、通信の頻度は高いことが分かる。

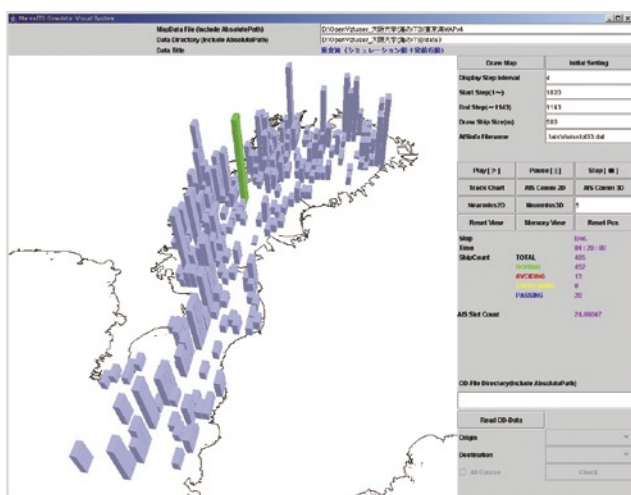


図 8 輻輳海域交通流シミュレータによる AIS 通信シミュレーション結果例

#### 4. 考察等

海上保安庁によれば、16年7月のAIS運用開始後の効果として、①AISで船舶の位置が確認できるので、無線電話による位置通報が省略でき、船舶の動きに目を配る時間が増えた。②レーダーのブラインドエリアや接岸中の船舶も識別できるようになった。③レーダーの分解能以下に近づいた船舶や豪雨中の船舶も識別できるようになった。④DGNS放送（AIS陸上局からGPS補正データを送る機能）の効果か、AIS搭載船舶の通報位置の精度が高く改善されているようだ。…等が挙げられている。また、航海者（船長）の声としては、①相手船と通話する際、AISであらかじめ船名の確認ができる。②気象情報が入手できる。と好評な一方、③AIS基本装置のパネル操作が面倒なようで、各種の機能が十分使い込まれていないようである。（操作の不要なDGNS放送受信はよく使われている。）

当初心配された通信スロット占有率は3%程度で、AIS搭載船舶が着実に増えても、十分余裕がある。今後AIS船舶の急増があっても、VTSレーダー管轄エリア（東京湾内全てと出入り口まで含む）には3つのAIS陸上局があるので、受信区域を分担して運用すれば対応可能である。

また、海上保安庁では、航海の安全に有効な情報を陸上局（VTSセンター）から、AISメッセージとして送信することを目指しており、試験的に運用してみたところ、陸上局メッセージは割り当て優先度が高い上に、通信量も多くなりがちであることから、本研究での検討と同様に、AIS搭載船舶が使用可能な通信スロットを減少させる可能性があり、運用方法の検討が必要とされている。

さらに、現在、伊勢湾、備讃瀬戸、関門海峡の3つの

VTSセンターにAIS導入の工事が進められており、来年度以降も、輻輳海域と日本沿岸のほとんどをAISでカバーする計画である。

AISスロット分量の検討にも計画立案時にも、輻輳海域交通流シミュレータの活用が可能で、広範囲の対象海域AIS陸上局の配備を想定して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が行える。

同シミュレータを海上交通センターに導入すれば、最新の交通流データに基づくシミュレーションが随時実行でき、輻輳の予測とその対策（航路情報、安全情報のAISによる通達など）立案にも効果が期待できる。

#### 5. まとめ

国土交通省総合政策局の「ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発」の一環として、電子航法研究所は、受託研究「高度船舶交通管制システムに関する研究」を実施した。

そのうち、ハードウェア面の研究として「AIS情報の導入による海上交通管理システムの高度化」を、ソフトウェア面の研究として「輻輳海域における海上交通流制御技術の高度化の研究」を、実施してきた。両者は連携して進める計画だったが、国際情勢の変化により、AISの船舶搭載の期限が早められ、海上保安庁のVTSへのAIS導入計画も前倒しされることになった。このため、ハードウェアの研究を海上保安庁の計画に合わせて前倒して実施した。そのハードウェアの研究成果を活用して、海上保安庁は東京湾海上交通センターにAIS陸上局を開設してAIS情報をVTSシステムに導入し、平成16年7月1日より運用を開始した。

ソフトウェアの成果である輻輳海域シミュレータは、ハードウェアが先行したため、同時搭載にはいたらなかったが、C言語で開発された移植性の高いプログラムであるので、廉価で高速なUNIXあるいはWindows PCに搭載して、VTSセンターに配備することが可能である。

#### 掲載文献

- (1) Hasegawa, K., Shigemori, Y. and Ichiyama, Y.: "Feasibility Study on Intelligent Marine Traffic System", Proc. of 5th IFAC Conference on Maneuverability and Control of Marine Craft", pp.327-332, (2000)
- (2) 長谷川和彦:"海のITSと自動化の皮肉", Engineering News, 大阪大学, 15, 2001.
- (3) 長谷川和彦, 桐谷誠司, 立川功二:"輻輳海域シミュレータによる代替航路評価", 関西造船協会講演論文集,

- 第16号, pp.71-74, 2001/5.
- (4) 長谷川和彦, 田代 剛, 立川功二:"仮想海上交通センターによる航海支援システム", 関西造船協会講演論文集, 第16号, pp.75-79, 2001/5.
- (5) 長谷川和彦, 立川功二:"輻輳海域シミュレータと海のITS", 計測自動制御学会関西支部シンポジウム講演論文集, pp.184-189, 2001/10.
- (6) Hasegawa, K., Tashiro, G., Kiritani, S. and Tachikawa, K., : "Intelligent Marine Traffic Simulator for Congested Waterways", Proc. of The 7th IEEE International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics, pp.631-636. (2001)
- (7) 水城南海男, 塩地 誠:"高度船舶交通管制システムに関する研究"平成13年度受託研究報告,2002.2
- (8) 水城南海男, 塩地 誠, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 大塚 賢, 小林 健, : "VTSにおけるAISとのマッチングと表示に関する研究報告", 電波航法研究会予稿, (2002.3)
- (9) 長谷川和彦, 佐伯敏朗: "海のITS - 輻輳海域交通流シミュレーター", 日本機械学会関西支部第77期定時総会講演会講演論文集, No.024-1, (JSME Kansai) , 4-13-14, 2002/3.
- (10) 水城南海男, 塩地 誠, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 大塚 賢, 小林 健, : "VTSにおけるAISとのマッチングと表示に関する研究報告", JACRAN, No.43, 2002 (電波航法創立50周年記念号, (2002.3))
- (11) 水城南海男, 塩地 誠: "高度船舶交通管制システムに関する研究", 平成13年度ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発成果報告書, 第3章, (国土交通省総合政策局技術安全課発行) 2002年3月
- (12) 塩地 誠, 水城南海男, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:"AIS通信実験とVTSレーダとの画像合成", 電子航法研究所 第2回 研究発表会予稿集 p1-4, (2002.6)
- (13) K. Hasegawa, T. Pimentel, S. Yokoyama and S. Taniguchi : "Intelligent Marine Traffic Simulator for Congested Waterways", IA'02 Proc. of International Symposium for Young Researchers on Modeling and their Applications, pp.181-186, 2002/10.
- (14) Hasegawa, K. : "First Model Experiment of Intelligent Ship", Press Release, [http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/~hase/research/Marine\\_ITS/pressrelease020119.html](http://www.naoe.eng.osaka-u.ac.jp/~hase/research/Marine_ITS/pressrelease020119.html) (2002)
- (15) 塩地 誠, 他:"海のADS-B AIS:船舶自動識別装置", 航空無線 第32号, 2002.12
- (16) 塩地 誠, 矢田士郎, 他: "高度船舶交通管制システムに関する研究"平成14年度受託研究報告, 2003.3
- (17) 塩地 誠: "高度船舶交通管制システムに関する研究", 平成14年度ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発成果報告書, 第3章, 2003年3月
- (18) 塩地 誠, 水城南海男, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:"AIS情報による海上交通管理システムの高度化", 電子航法研究所 第3回 研究発表会予稿集 23項, (2003.6)
- (19) M. Endo and K. Hasegawa: "Passage Planning System for Small Inland Vessels Based on Standard Paradigms and Maneuvers of Experts", Proc. of International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability (MARSIM'03) , Vol. II RB-19-1-RB-19-9, Kanazawa, Japan, (2003/8)
- (20) 塩地 誠, 水城南海男, 矢田士郎, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:"AIS情報による海上交通管理システムの高度化", 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, (2003.9)
- (21) Hasegawa, K.:"Some Recent Developments of Next Generation's Marine Traffic Systems", Proc. of IFAC Conference on Computer Applications in Marine Systems (CAMS'04) , pp. 13-18, (2004)
- (22) 塩地 誠, 水城南海男, 矢内 崇雅, 中島 敏和, 小林 健, 大塚 賢:"AIS情報による海上交通管理システムの高度化", AISセミナー「AISの現状と展望」, AIS研究会 (於, 東京海洋大学) (2004.1)
- (23) 長谷川和彦, 横山伸介, 塩地 誠, 丹羽 量久, 谷口 悟, 森 茂, 中島 敏和, 矢内 崇雅: "輻輳海域船舶航行シミュレータの開発とその応用例", AISセミナー「AISの現状と展望」, AIS研究会 (於, 東京海洋大学) (2004.1)
- (24) 塩地 誠, 矢田士郎, 他: "高度船舶交通管制システムに関する研究"平成15年度受託研究報告, 2004.3
- (25) 塩地 誠: "高度船舶交通管制システムに関する研究", 平成15年度ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発成果報告書, p34, 2004年3月
- (26) Hasegawa, K., Hata, K., Shioji, M., Niwa, K., Mori, S. and Fukuda, H. : "Maritime Traffic Simulation in Congested Waterways and Its Applications", Proc. of The 4th Conference for New Ship and Marine Technology (New S-Tech 2004)
- (27) Kazuhiko HASEGAWA, Kazuhisa NIWA, Shigeru MORI and Hiroyuki FUKUDA, Makoto SHIOJI, : "Simulation-Based Master Plan Design And Its Safety

Assessment For Congested Waterways Management", Proc. of "Design for Safety" at Osaka Prefecture University, (Oct.28-30,2004)

- (28) 塩地 誠:"高度船舶交通管制システムに関する研究", 「ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発」成果報告会配布資料, p 26, 2004年11月
- (29) 塩地 誠, 長谷川和彦,:"高度船舶交通管制システムに関する研究", 月刊共有船, No.404 (2005-3), p 52, 2005年3月

- (30) 塩地 誠, 他:"高度船舶交通管制システムに関する研究"平成16年度受託研究報告, 2005.3
- (31) (電子研 撮影提供):口絵写真(AIS/VTSレーダー画面:ベクトル表示の例)NHK高校講座物理 [2005]テキスト, NHK出版, 2005年3月
- (32) 塩地 誠:"高度船舶交通管制システムに関する研究", 平成16年度ITを活用した船舶の運航支援のための技術開発成果報告書, p 47, 2005年3月

## TAAMを用いた福岡空港能力向上方策案についての運航シミュレーション検討【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年度

### 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検討されている。

本受託研究では,昨年度の受託研究「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」に引き続き,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)を使用して,上記の拡張に関わる検討を行った。

### 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,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,およびモデル上での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,航空機の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,計算機上での運航状況のビジュアルな表現により,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,遅延時間を基準として代替案間での相対評価を行う。

### 3. 研究成果

シミュレーションにおいては,滑走路進入誘導路の割り当て変更,およびターミナル部分への平行誘導路の増設をモデル化し,その効果を検討した。

TAAM上にモデル化した各拡張案のシミュレーションを実施し,その結果を昨年度の受託研究で基本モデルとしてTAAM上に構築した現在の空港面構成モデルによるシミュレーション結果と比較することで,拡張の効果を検討した。

また,駐機スポットの位置などに基づいてシミュレーション中の航空機の分類を行い,各分類について遅延時間を集計することで拡張案による影響の駐機スポット位置などによる違いを検討した。

また,長時間の遅延が発生する航空機について,シミュレーション実行画面などに基づき,遅延発生の原因を検討した。

同時にTAAMに備えられた機能を用いて,各拡張案におけるシミュレーション実行画面を動画ファイルの形式で記録した。動画ファイルにより,シミュレーション中の航空機の運航状況を発注者側に容易に提供することができた。

### 4. 考察等

特に空港面を対象とした場合,TAAM上でのシミュレーションは誘導路の配置などに関する具体的なモデルに基づ



いた結果の取得が可能であり、拡張の検討に有用な手法となりうる。

なお、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：「TAAMを用いた福岡空港能力向上方策についての運航シミュレーション検討報告書」，受託研究報告書，平成17年4月。

## 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16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. 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
2. GNSS高度計の研究
3. 高性能な航空衛星通信システムに関する基礎研究
4. 高精度測位補正高機能化に関する研究
5. 高精度測位補正技術に関する研究

以上のうち、1は平成16年度より新たに特別重点研究として開始したテーマである。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。一方において、GPSは新たな周波数（L5）の追加による性能向上が計画されている。現在のSBASは1周波しか使用しないことから電離層活動の影響を受け易く、航空機の精密進入に使用するためには信頼度、有効性に限界があるが、SBASが2周波を利用できるようになれば精度、有効性が改善され精密進入を実現できる可能性が高くなることから、2周波を利用しSBASのインテグリティ、精度、利用性の向上を図るための研究を開始した。なお、経費は空港整備特別会計によるものである。2、3は指定研究である。2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。3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。4は5に関連して、準天頂衛星による高精度測位補正において、補正情報の伝送速度に関する検討を行う研究である。5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

○ 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では、2周波電離層遅延測定装置の要件調査および

概念設計、2周波SBASの性能要件調査、データ同化による電離層モデル精度向上検討、長期電離層データの調査および電離層活動に関する資料を作成しICAO NSP WGおよびSBAS電離層会議に電離層シンチレーションの影響解析結果を報告した。なお電離層解析関連の研究で客員研究員2名を招聘している。

○ GNSS高度計研究では、飛行実験によるGNSS高度と気圧高度の収集データに基づき、システムインテグリティの検討、移行時における問題点と改善方式の検討を行った。

○ 高性能な航空衛星通信システムに関する基礎研究では、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）の自己同期方式の検討、狭帯域方式ADSの検討、パーティライン音声通信方式の概念検討を行った。また、国際民間航空機関（ICAO）航空通信パネル（ACP）ワーキンググループ会議および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。

○ 高精度測位補正高機能化に関する研究では、補正情報伝送速度をSBASよりも高速にした場合の測位精度について検討した。また、任意の伝送速度に対する測位精度を計算する手法を確立した。

○ 高精度測位補正技術に関する研究では昨年度に引き続き、所内の高精度測位補正技術開発プロジェクトチームにより対応している。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実施している。今年度はテストシステムを用い、高精度測位補正システムで必要な電離層遅延推定方式、対流圏遅延推定方式および完全性監視方式の検討を行ない、SBAS方式が利用可能であることを確認した。

### 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

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、新CNS/ATM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、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、新CNS/ATM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。

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、電気学会、日本航空宇宙学会、日本航海学会等で発表している。

（衛星技術部長 惟村 和宣）

## 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【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 松永 圭左 新美 賢治 坂井 丈泰  
研究期間 平成16年度～平成19年度

### 1. はじめに

現在GPSは、新たな周波数（L5）の追加による性能向上が計画されている。現在の静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）は1周波しか使用しないことから、電離層活動の影響を受け易く、航空機の精密進入に使用するためには信頼度、有効性に限界があるが、SBASが2周波を利用できるようになれば、精度、有効性が改善され、精密進入を実現できる可能性が大きくなる。SBASによる精密進入が可能になれば、就航率の改善等により航空利用者の利便が大幅に向上し多大な便益をもたらすことから、その実現が強く望まれている。また、ICAOの航法システムパネル（NSP）においても、2周波を利用したSBASについて2007年までに検討が進められる予定であり、その技術基準の策定に我が国も積極的に参画し、国際的な地位を高める必要がある。さらに、電離層活動においても日本及び東南アジアは、米国、欧州と状況が異なり、日本独自の立場から2周波を利用したSBASのインテグリティ、精度、利用性への影響を研究する必要がある。

### 2. 研究の概要

本研究においては、CAT-I精密進入に必要な電離層誤差補正及びインテグリティ情報生成アルゴリズムの開発、電離層遅延測定装置開発による電離層遅延測定精度実証、新たなシステムの構成及び機能要件の作成、性能評価ツール開発による性能向上に関する定量的な検討結果、予測されるアベイラビリティ及びインテグリティの達成レベルに関する検討結果を得ることを目的とし、以下の研究を行う。

- (1) 2周波電離層遅延測定装置、電離層遅延算出アルゴリズムを開発し測位精度及びインテグリティを向上する手法を開発。
- (2) 性能評価ツール開発による2周波SBAS性能・機能検

討、システム性能評価。

- (3) 電離層モデルの比較検討、データ同化による電離層モデル精度向上により、電離層遅延測定信頼範囲の改善。
- (4) ICAO技術基準の策定に必要な2周波システムの機能・性能に関する資料の作成。

年次計画としては、平成16年度は、2周波電離層遅延測定装置の要件調査および概念設計、2周波SBASの性能要件調査、データ同化による電離層モデル精度向上検討、長期電離層データの調査、電離層活動に関する資料の作成を行った。

平成17年度は、2周波電離層遅延測定装置周波数間バイアス除去アルゴリズム検討・RF部開発、2周波対応SVM検討・開発、電離層擾乱測定・解析、電離層長期データ調査・データ同化アルゴリズムの検討・開発を行う。平成18年度は、2周波電離層遅延測定装置マルチパス・干渉・対流圏遅延除去アルゴリズム検討・データ処理部開発、2周波対応SVM検討、開発。1周波バックアップシステムインテグリティ算出アルゴリズム検討・開発を行う。平成19年度は、2周波電離層遅延測定装置の電離層インテグリティ算出アルゴリズム検討・開発及び2周波電離層補正実証実験、SVM改良・2周波数システム評価評価、1周波バックアップシステム実データシミュレーション評価を行う。

電離層観測に関しては、稚内、調布、那覇、宮古島、石垣島での電離層シンチレーションデータの収集・解析および札幌、東京、福岡、那覇航空交通管制部でのPS信号受信を実施している。また、光学観測を併用して電離層プラズマバブルの2次元形状等を測定する予定である。

また、客員研究員による、京都大学、名古屋大学と電離層プラズマバブルの観測・評価、電離層遅延・シンチレーション評価に関する研究協力を開始した。

さらにMSAS開発の支援として、MSAS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 2周波電離層遅延測定装置の要件調査および概念設計

L1, L2C, L5用の受信機の要件について調査。全体構成, 信号処理回路, 補足・追尾アルゴリズム, 電離層遅延測定上問題となる周波数間バイアス, マルチパス除去, アンテナ等について検討し, 概念設計としてまとめた。

#### 3.2 2周波SBASの性能要件調査

GPS L5, L2C, SBAS L5, GALILEO信号の仕様, 学会, 諸外国の動向調査等に基づき2波SBASの要件を検討した。電離層シンチレーション, マルチパス, 静止衛星バイアスの解決, クロック・エフェメリス誤差の軽減, 電離層誤差の軽減(電離層補正方式), 複数信号利用方法, 性能予測のためのSVMが重要である。SBAS L5, GALILEO信号の仕様については未定部分があり, 調査を継続する必要がある。

誤差の大きな部分を占める電離層誤差と衛星のクロック・エフェメリス誤差の観点から, CAT-I精密進入を実現するために, どの程度の性能が必要かを以下に述べる。

図1はCAT-I精密進入を含めた飛行局面の性能を得るために必要なUDRE(クロック・エフェメリス誤差)とGIVE(電離層誤差)の関係をVAL(垂直警報値)をパラメータとして示したものである。CAT-I精密進入(VAL=12mを仮定)を実現するためにはGIVE値を3.5m以下とし, かつ, UDREを5m以下に保つ必要がある。現在までの検討結果では, 1周波システムの場合GIVEは15m程度まで大きくなる場合があるが, L1, L5の2周波を使用した場合GIVE値1m程度が得られるものと考えられており, CAT-I精密進入を実現できる可能性が高い。一方, UDRE値5m程度は現状で得ることができる範囲にあるが, 大きい場合は10mを越す場合もあり, UDREの改善についても検討の必要がある。また, VDOPの影響も大きく, 衛星数を増大することもVDOP改善のための重要な要素と考えられる。

#### 3.3 データ同化による電離層モデル精度向上検討, 長期

##### 電離層データの調査

電離層IRIモデルについて, 太陽黒点数をパラメータとしてモデル視線方向全電子数(TEC)と実データを同化。限定されたデータであるが, 日本全国で平均的に2 TEC(L1周波数での遅延32cm)以下, 最大10 TEC(約160cm)以下の精度が得られた。電離層長期データについては, 日

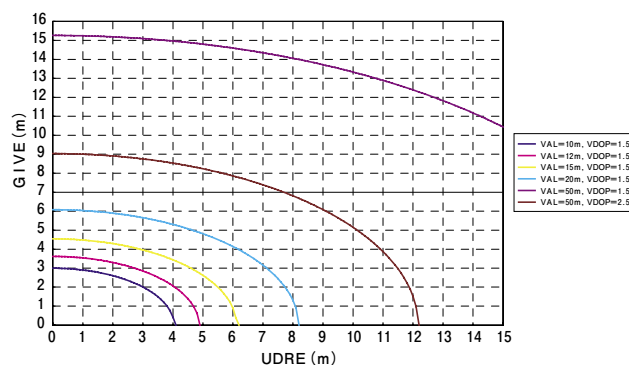


図1. UDREとGIVEの関係 (VAL=10m~50m, VDOP=1.5)

本周辺で生じる様々なTECの変動について, 定量的に把握するために長期間のGEONETデータをベースとしたTEC観測データの解析を行い, TEC変動の概略をまとめた。

また, プラズマ圏の影響を考慮した電離層モデルGCPCMについてIRI-TECおよびGEONET-TECとの比較を実施した。

GCPCM-TECとIRI-TECの差には以下のような特徴がある。

GCPCMにはプラズマ圏が含まれているため全体的にGCPCM-TECが大きくなっている。また季節変動があり, 冬に大きく, 夏に小さく(冬の半分以下)になっている。日変動が存在し, 高緯度になるほど差が小さくなっている。

GCPCM-TECとGEONET-TECの差には以下のような特徴がある。2002年と2003年では季節変動の傾向が異なっている。

季節変動があり, 冬に大きく, 夏に小さくなる傾向にある。

高緯度になるほど差が小さくなっている。

#### 3.4 電離層活動に関する資料の作成

ICAO NSP WGおよびSBAS電離層会議に電離層シンチレーションの影響解析結果を報告した。また, 「MSAS技術評価検討委員会」の「電離層作業グループ」において「電離層のMSASへの影響について」の報告書の作成に寄与した。

#### 4. 考察

GPS L5, L2Cの仕様は決まっているが, SBAS L5, GALILEO信号の仕様は検討段階で, 未定の部分があり今後も調査を継続する必要がある。特にSBAS L5については, L5の利用方法, 電離層補正方法によりメッセージ内容が変わる, あるいはビットレートも変わる可能性がある。また, 3.2項でも述べたが, SBASでCAT-I精密進入を実

現するためには、2周波による電離層遅延誤差の改善ばかりでなく、UDRE、VDOPの改善も重要な要素となるものと考えられる。このため、GALILEO等GPS以外の衛星システムの利用も重要である。また、トランスポンダ方式のGEO（静止衛星）のバンド幅と利用者受信帯域幅、受信方式との関係で大きく変化する静止衛星バイアスについても解決を図る必要がある。

## 5. おわりに

SBASにおけるL5の利用方法の国際的なコンセンサスはまだ出ていないが、信号の追加によるロバスト性の向上、2周波数による電離層補正による精度、信頼性の向上が期待でき、2周波SBASの開発は続けられるものと考えられる。また、ロバスト性の向上には、2波のうち1波が利用不可能になった場合も、2波の場合に比べて大きな性能低下がないようにする必要があり、1周波システムにおける電離層補正性能を向上することは重要であると考えている。

## 掲載文献

- (1) 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5月
- (2) 星野尾："GPSを使った将来航法", 社団法人 日本航空技術協会 航空技術, 2004年6月
- (3) 松永："電離層擾乱予測技術の開発計画", 第9回(平成16年度)MSAS技術評価検討委員会, 平成16年6月
- (4) 大島, 齋藤, 松永, 星野尾："地磁気擾乱時に中緯度電離圏で発生したGPS電波シンチレーション現象の解析", 第116回SGEPSS総会・講演会(地球電磁気・地球惑星圏学会2004年秋学会), 平成16年9月
- (5) 星野尾, 張替, 富田："次世代航法システムMSAS-GAIAの飛行試験結果", 日本航海学会誌

NAVIGATION 第161号, 平成16年12月

- (6) Hoshinoo, Matsunaga："Ionospheric Scintillation and its Effects on GNSS in Japan", ICAO Navigation System Panel Working Group of the Whole Meeting, Montreal, 平成16年10月
- (7) 松永, 坂井, 星野尾："Evaluating Ionospheric Effects on SBAS in Low Magnetic Latitude Region", 第9回SBAS電離層会議, トリエステ, 平成16年10月
- (8) 松永, 星野尾, 齋藤, 大塚："Introduction of Ionospheric Scintillation Observation Plan", 第9回SBAS電離層会議, トリエステ, 平成16年10月
- (9) 松永："MSAS Status", 第9回SBAS電離層会議, トリエステ, 平成16年10月
- (10) 星野尾："SBASにおける電離層補正", 日本航海学会GPS/SNSSシンポジウム2004, 平成16年11月
- (11) 星野尾："GPSを使った将来航法", 計測自動制御学会「計測と制御」VOL.44 No.4 ミニ特集号(解説), 平成17年1月
- (12) 松永, 星野尾, 齋藤, 大塚："GPSを用いた電離層プラズマバブルの観測", 2005電子情報通信学会総合大会, 平成17年3月
- (13) 星野尾, 坂井, 松永："電離層のMSASへの影響について", 第11回MSAS技術評価検討委員会, 平成17年2月
- (14) 星野尾, 松永："プラズマバブルが衛星航法に与える影響と対策", 第9回生存圏シンポジウム, 平成17年3月
- (15) Hoshinoo, Matsunaga："ENRI/MSAS R&D Activities" ENRI/MSAS R&D Activities", 14回SBAS相互運用性作業グループ(IWG/14), Torrejon, 平成17年3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、気象条件の時間的あるいは空間的変動の影響を受けるため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、安全な航空交通の確保に資することである。特に、日本付近の気象補強システムの有効性の検討を行った。

## 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成16年度は最終年度である。平成16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) 気圧高度計による衛星航法システムのインテグリティ（完全性）補強方式の開発
- (3) GNSS高度計への移行における問題点の検討と改善方式の開発

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6月に仙台―高知および高知ローカル（梅雨時）、平成16年10月に仙台―札幌、北海道内周回（乾燥期）で実施した。

実験データは当所の実験用航空機ビーチクラフトB99により取得しており、本機の実験用静圧管系統にCollins社製エアデータコンピュータADC-85を接続し、ARINC429バスに出力される気圧高度および外気温データを記録した。また、NovAtel社製GPS受信機RT-20（1周波、ナローコリレータ方式）を搭載して同時に測位データを収集するとともにDGPS処理のために調布市の当所実験室に設置した同様のGPS受信機でも測定を行った。実験結果の一例を図1に示す。3年間の実験データを分析した結果は、図1に示す結果と同様であった。

### 3.2 気圧高度計による衛星航法システムのインテグリティ（完全性）補強方式の開発

気圧高度によりGPSのインテグリティ補強を行うためには、気圧高度の測定精度がGPSと比べて十分でなければ有効な補強とはならない。気圧高度計の指示は大気環境による影響を受けて比較的大きく変動するため、これを補強に用いるには適当な補正が必要である。

我が国では、14000ft未満の高度では滑走路上で気圧高度計が空港標高を指示するように気圧高度計の補正（QNH規正といわれる）を行うこととされている。しかし、QNH規正により補正されるのは地上（滑走路）付近における指示誤差であって上空における誤差は補正できない。飛行中の航空機においても衛星航法システムの補強を図るには、地上から航空機高度に至るまでの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。これは、地上における気圧、気温、相対湿度等、また上空についてはいくつかの等気圧面における高度、気温等といった情報が等経緯度の格子点における値として格納されており、初期時刻の1～2時間後から利用できる。

### 3.3 実験データによる気圧高度の補正の評価

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。結果は、標準大気モデルでは誤差のRMS値が130m以上に達するが、数値予報モデルの利用により、これを20m以下に抑えることができた。これは気象庁の数値予報データを利用することの有効性を示すものである。

気圧高度計によるGNSSの補強を図るには、進入着陸用QNH補正が、航空路上でも使用するのであれば更に気温による補正が必用である。今後、気圧高度計によるGNSSの補強を実用化するには、現在の航空航法システムでは気圧高度計の補正に有効な気象データが提供されないため、航空管制用データリンクあるいはSBASまたはGBASといったデータリンクを介して所定のデータチャンネルを確保する必用がある。提供するべき気象データの時間的・空間的分解能とデータ伝送容量とのトレードオフは検討が必要である。

### 3.4 GNSS高度計への移行における問題点の検討と改善方式の開発

現段階では気圧高度計が標準として使用されている上に、GNSSもまだ実用化されていない。今後GNSS高度計を主たる高度センサとして実用化するためには、以下のような4つのフェーズを経ることになるものと思われる。

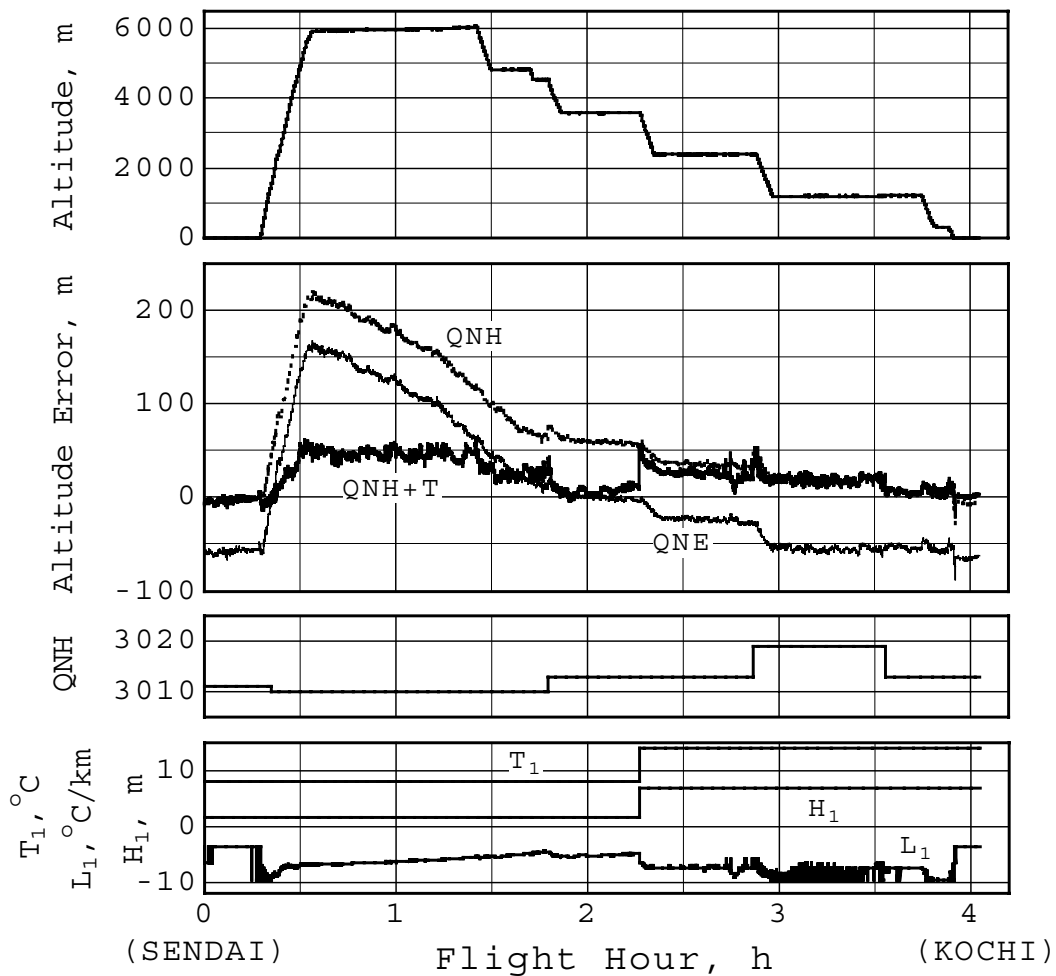


図1 実験結果の内容

- (1) GNSS航法システムとしてSBASが導入されるフェーズ
- (2) GNSS高度計を幾何高度センサとして導入、利用（航空測量、科学観測など）するフェーズ
- (3) 気圧高度計からGNSS高度計への移行フェーズ
- (4) GNSS高度計が主たる高度センサとなるフェーズ

このうち、両センサが混在することとなる(3)の移行フェーズでは、特に高度方向のセパレーションの確保に注意を要する。すなわち、高度センサについては安全上周辺航空機との相対精度が重要であり、誤差特性の異なるセンサをそのまま混在することはできない。気圧高度計からGNSS高度計への最適な移行方式については現在検討中である。

#### 4. おわりに

今年度は飛行実験によるデータの蓄積、気圧高度とその

補正についての検討および実験データによる気圧高度の補正の評価を実施した。

GNSS高度計の実用化のためには、実験データの蓄積と気圧高度による補正方法について、さらに空間・時間軸それぞれの補間方式を比較検討するとともに、具体的な補強方式の設計が必要である。

#### 掲載文献

- (1) 坂井, 惟村, 新美: "気圧高度計による高度測定誤差とその補正", 電子航法研究所研究報告, 平17年3月
- (2) 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報, 平13年12月
- (3) 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報, 平14年7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 住谷泰人  
研究期間 平成15年度～平成17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600bps～10.5kbps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の検討、狭帯域方式ADSの検討、パーティライン音声通信方式の概念検討及び次世代航空衛星通信システムの調査を行った。

CDMA方式ADSに関しては、ADS専用のチャンネルを用いた自己同期方式について検討するとともに、従来の狭帯域航空衛星データ通信との帯域共用の可能性を検討した。

狭帯域方式ADSに関しては、自己同期方式ADSを従来のRチャンネルの修正により実現できることをシミュレーションにより確認した。

また、航空衛星通信においてパーティライン音声通信を実現する方法を検討した。

次世代航空衛星通信システム会議（NexSAT）及びICAO航空通信パネルワーキンググループ会議に出席して、本研究で得られた成果を提案するとともに、次世代航空衛星データ通信システム（インマルサット、ボーイング等）について調査した。また、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によりADSを行う方式としては、ADS専用のチャンネルを用いた自己同期方式について検討した。ADSレポートの伝送に各AESで同一拡散符号を用いる場合、前後の伝送信号間の相互干渉を完全に避けるためには、狭帯域方式と同様にガードタイムを設ける必要がある。したがって、その場合に1チャンネル当たり取り扱えるAESの最大数は狭帯域方式と同じになる。次に、このCDMAを用いたADS方式を従来の航空衛星データ通信と帯域を共用する可能性を検討した。図1は伝送速度10.5kbpsの狭帯

域信号の $E_s/N_0$ （信号エネルギー対雑音電力密度比：回線の能力を表す量、この値によってデータの伝送性能が決まる）がCDMA信号（伝送速度10.5kbps、拡散符号帯域幅： $B_c$  kHz）による影響でどの程度低下するかを示したものである。図1に示すように、CDMA信号の回線数が少ないほど、また拡散帯域幅が大きいほど、狭帯域の航空衛星データ通信への影響は少なくなる。例えば、CDMAの回線数を5とすると、狭帯域信号の $E_s/N_0$ の低下が干渉のないときの値（4.8dB）から0.1dB以下とするには拡散符号帯域幅を6MHz（拡散符号レートを6Mbps）以上にする必要がある。

狭帯域方式ADSに関しては、従来の航空衛星データ通信においてそのRチャンネルのスロット構造とスロット割り当て方法を変えることによって、自己同期方式ADSに近い形を実現できると考えられる。そこで、現在の航空衛星データ通信のシミュレーション・ソフトウェアを改造して、シミュレーション評価を行い、その妥当性を確認した。

従来のVHF無線電話では、航空機のパイロットと航空管制官の間の通話を周辺の他の航空機で傍受でき、周辺の航空機の動向を把握することができる。しかし、現在の航空衛星通信では航空機と航空管制官の間の通話を他の航空機で傍受することはできない。そこで、これを可能とするパーティライン音声通信を航空衛星通信で実現する方式について概念的に検討した。図2はパーティライン音声通信の概念の一例である。この方式では、航空機からの音声通信パケットを衛星上で折り返してスポットビーム内の航空

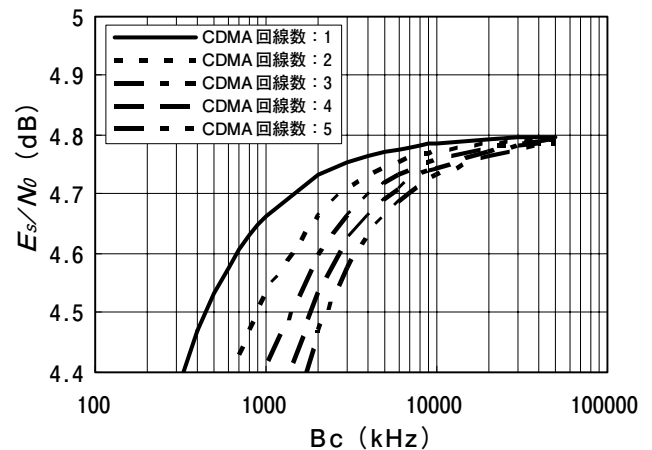


図1 CDMA信号の狭帯域信号への干渉による劣化量



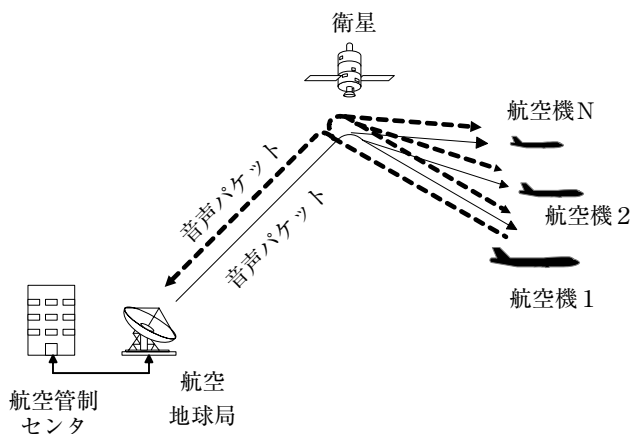


図2 パーティライン音声通信方式の概念

機にマルチキャストするものである。

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。インマルサットが開発中のSwift-Broadband, 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) の進捗状況、及び航空管制通信へ利用する計画等が報告された。また、ICAOの航空通信パネルワーキンググループC会議が行われ、次世代の航空衛星通信システムの技術標準策定のスケジュールが検討された。当所では両会議に出席して討議に参加するとともに、パーティライン音声方式や自己同期方式ADSを提案した。

#### 4. おわりに

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。

現在検討されている次世代航空衛星通信システムではIP (インターネット・プロトコル) によるデータ伝送を予定しており、本研究でも今後管制通信への適用について検討する必要がある。

#### 掲載文献

- (1) Y. Sumiya, A. Ishide: "Concept of Self-synchronized Automatic Dependent Surveillance Using Satellite", ACP WG-C 7th Meeting, April 2004.
- (2) 住谷, 石出: "衛星を利用した自己同期型ADSの概念", 第4回電子航法研究所発表会講演概要, 2004年6月.
- (3) Y. Sumiya A. Ishide: "Concept of Voice Communication Based on the Party Line Using Satellite", NexSAT 4th Meeting, June 2004.
- (4) Y. Sumiya, A. Ishide, M. Fujita, K. Niimi: "Transmission Characteristics of Aeronautical Satellite Communications Measured in Flight Environment Using Satellites", NexSAT 4th Meeting, June 2004.
- (5) 住谷, 石出: "衛星を利用したパーティライン音声通信方式の概念", 電子情報通信学会2004年ソサイエティ大会, 2004年9月.
- (6) Y. Sumiya A. Ishide: "Simulation of Self-Synchronized ADS Using P-channel and Modified R-channel", NexSAT 5th Meeting, November 2004.
- (7) Y. Sumiya, A. Ishide, M. Fujita, K. Niimi: "Transmission Delay Characteristics of Aeronautical Satellite Data Communication in Flight Environment", NexSAT 5th Meeting, November 2004.

### 高精度測位補正高機能化に関する研究【基礎研究／一般勘定】

担当部 衛星技術部  
 担当者 ○伊藤憲 坂井丈泰  
 研究機関 平成16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。

このシステムでは補正情報をSBAS (静止衛星型GPS補強システム) で用いられている伝送速度と同じ250bpsで送信することを仮定している。本研究では、補正情報伝送速度をSBASの場合の250bpsより高速にした場合について調査検討を行った。

## 2. 研究の概要

準天頂衛星を用いる高精度測位システムでは、SBAS方式と同じ伝送速度250bpsで補正情報を伝送することが仮定されている。高精度測位システムで送信すべき補正情報の量はSBAS方式の場合の数十倍になると見積もられている。そのため高精度測位システムで、SBAS方式と同じ補正情報伝送速度を用いると、サブメータ級測位精度を達成できない可能性がある。そこで、この伝送速度250bpsより高速にした場合（図1）に伝送可能な補正情報の種類・データ量を検討した。

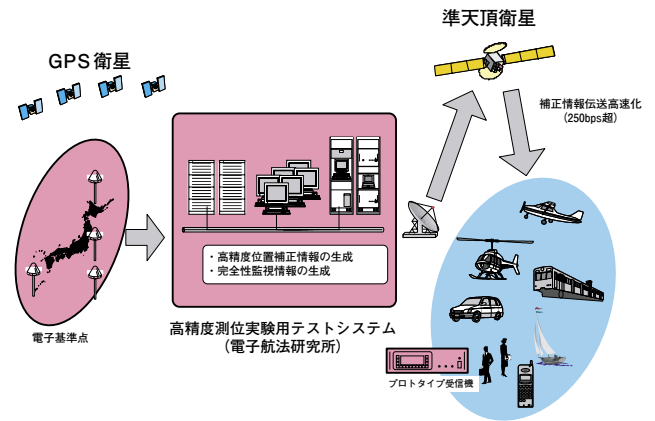


図1 高精度測位補正システム概念図

## 3. 研究成果

本研究では、補正情報伝送速度をSBASの場合の250bpsより高速にした場合に、サブメータ級測位が実現できるか検討し、次の成果が得られた。

- (1) 伝送速度を370bpsにすると、補正情報（衛星軌道・クロック補正、電離層遅延高精度補正：サービス地域は日本全国）をSBAS方式と同程度の更新頻度で送ることができるが、サブメータ級測位精度は実現できない。
  - (2) 伝送速度を1000bps程度にすると、サブメータ級測位精度を実現するために必要な補正情報（衛星軌道・クロック補正、電離層遅延高精度補正、対流圏遅延高精度補正：サービス地域は日本全国）を送信することが可能となる。
- また、準天頂衛星を用いる高精度測位システムで、SBAS方式より高速で補正情報を伝送する場合に達成できる測位精度を定量的に求める方法を検討した。その結果、補正情報のデータ量・更新頻度から各誤差要因に対して予想される測距誤差を見積った結果を合計することで、測位精度を定量的に求められることがわかった。

## 4. おわりに

準天頂衛星を用いる高精度測位システムでは、サブメータ級測位精度を達成するために送信する必要のある補正情報の量はSBAS方式の場合の数十倍になると見積もられている。このため、高精度測位システムでサブメータ級測位精度を達成するためには、(1)補正情報伝送速度を250bpsより高速化する、(2)補正情報伝送速度を250bpsとする場合には補正情報生成方式を見直し補正情報量を削減する、などの対処法が必要となる。この研究で得られた成果は、準天頂衛星を用いる高精度測位システムでサブメータ級測位を実現するのに必要な補正情報を送信するための方式を検討する際に利用することができる。

## 掲載文献

- (1) 坂井, 新井, 福島, 伊藤, “準天頂衛星サブメータ級補強機能の予備検討”, 電子情報通信学会, 2005年3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 新井直樹 坂井文泰 福島荘之介  
研究機関 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

を經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。なお、この高精度測位実験システムでは、補正情報を生成するときにSBAS（静止衛星型GPS補強システム）で用いられている方式を改良したものをを用いる。

### 3. 研究成果

#### 3.1 電離層遅延推定

SBASでは、電離層遅延量推定方式として、電離層を薄い単一層と仮定し、その層内に設けた仮想的格子点における垂直遅延量をモニタ局の測定値から決定し、その結果を利用者に送るものを用いている。準天頂衛星を用いる高精度測位補正技術では、電離層の多層化モデルの採用および仮想的格子点の稠密化によりSBAS方式を改良したものをを用いることとした。この方式により、メートル以下の精度を実現するのに必要な電離層遅延量推定精度を得ることが可能であることがわかった。(図1)

#### 3.2 対流圏遅延推定

対流圏遅延量推定値はSBASの補正情報には含まれていないがメートル以下の精度を実現するためには必須である。準天頂衛星を用いる高精度測位補正技術では対流圏遅延量推定に基線解析ソフトウェアBerneseを用いることとした。このソフトウェアを用いることでメートル以下の精度を実現可能な推定精度が得られることがわかった。

#### 3.3 完全性監視

SBASで用いられている完全性監視方式が、準天頂衛星を用いる高精度測位補正技術として利用可能なことを確認

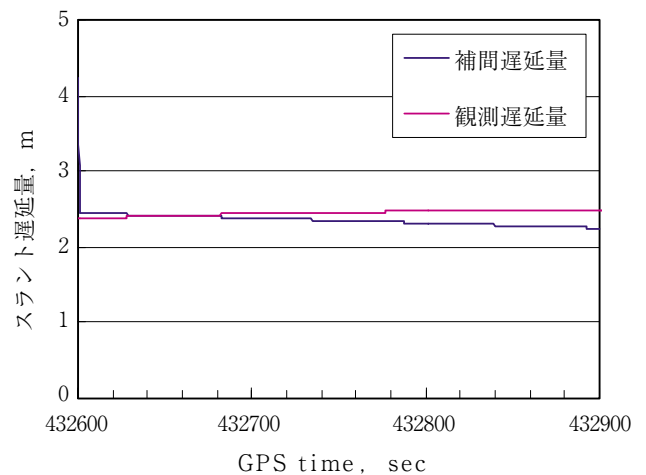


図1 電離層遅延量推定結果例  
補間遅延量：推定値，観測遅延量：実測値  
スラント遅延量：衛星方向の遅延

した。

### 4. おわりに

平成15, 16年度に、高精度・高信頼性の高精度測位補正方式を開発し、モニタ局のデータをオフラインで用いて評価を行った。平成17年度においては、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・配信するシステムの設計およびプロトタイプ受信機の設計を行う。

#### 掲載文献

- (1) 新井他, "準天頂衛星システムにおける対流圏遅延量補正方式の検討", 電子情報通信学会SANE研究会, 2004年7月
- (2) 坂井他, "準天頂衛星サブメータ級補強信号の検討", 第48回宇宙科学技術連合講演会, 2004年11月

## 5 研究所報告

当研究所の平成16年度における研究所報告は、下記のとおりである。

No	発行年月	論文名	部名	著者
113	平成16年8月	空港面監視システムの降雨クラッタ抑圧効果	航空システム部 東京電機大学	加来信之 三輪進
		実験用EVSを用いた融合画像の評価	衛星技術部 電子航法開発部 管制システム部	住谷泰人 小瀬木滋 白川昌之
114	平成17年3月	気圧高度計による高度測定誤差とその補正	衛星技術部 〃 〃	坂井丈泰 惟村和宣 新美賢治
		北太平洋ルートでの航空交通流調査 —RVSM導入後—	管制システム部 電子航法開発部 〃	住谷美登里 長岡栄 天井治

## 6 受託研究

当研究所の平成16年度における受託研究は、下記のとおりである。

件名	委託元	実施主任者
東京国際空港再拡張に係る ILS 設置条件調査委託	東京航空局保安部無線課	横山尚志 朝倉道弘
陸海空事故防止技術開発	総合政策局技術安全課	塩見格一
電離層擾乱予測技術の開発	総合政策局技術安全課	松永圭左
航空管制用デジタル音声品質研究評価委託	航空局管制保安部無線課	加藤敏
神戸空港周辺空域における TCAS/RA 検証調査委託	航空局管制保安部保安企画課	白川昌之
平成16年度マルチラレーション導入調査委託	航空局管制保安部無線課	宮崎裕己
平成16年度 JTIDS 等国内展開基準の作成委託	航空局管制保安部無線課	小瀬木滋
ASDE デュアルサイト化に関する調査委託	東京航空局保安部無線課	加来信之
航空機内の電磁干渉障害に関する調査	航空局技術部航空機安全課	山本憲夫
平成16年度航空機アドレス監視データ解析調査委託	航空局管制保安部無線課	藤井直樹
高度船舶交通管制システムの研究	総合政策局技術安全課	塩地誠
高精度測位補正技術に関する研究	総合政策局技術安全課	伊藤憲
国内短縮垂直管制間隔導入に係る空域安全性事前評価委託	航空局管制保安部管制課 空域調整整備室	長岡栄
平成16年度青森空港高カテゴリー化積雪調査業務委託	青森県 青森県土整備事務所	横山尚志 朝倉道弘
羽田空港再拡張・ILS 評価法の作成及び試算	(財)日本造船技術センター	横山尚志 朝倉道弘
フィリピン国「新 CNS/ATM 整備に係る教育支援プロジェクト」に係る研修	(財)航空保安無線システム協会	講師各部より
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
関西空港における CRM にかかる業務支援委託	(株)日本空港コンサルタンツ	長岡栄
インドネシア航空セクター長期政策調査にかかる研修	(株)パシフィックコンサルタンツ インターナショナル	講師各部より
16R—ILS 更新に伴う空中線配置等の研究委託	成田国際空港(株)	横山尚志 朝倉道弘
MSAS 電離層補性に関する要件調査技術支援	(株)三菱総合研究所	松永圭左
40ミリ機関砲初速レーダの電波特性解析	住友重機械工業(株)	山本憲夫
江東 VOR の移設予定地における海面反射影響にかか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

## 7 共同研究

当研究所の平成16年度における受託研究は、下記のとおりである。

担当部	相手方	研究課題	契約期間
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	2000/8/10～2005/3/31
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	2000/9/1～2006/3/31
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	2001/7/18～2005/3/31
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	2001/8/23～2006/3/31
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	2001/8/23～2005/3/31
管制システム部	メディカルバレット	カオス論的心身診断手法の開発に係る研究	2001/9/19～2005/3/31
電子航法開発部	仏国立ニース大学 仏国立科学研究センター	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	2001/12/5～2005/3/31
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	2002/4/8～2005/3/31
航空システム部	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	2002/6/3～2006/3/31
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	2002/11/1～2006/3/31
航空システム部	早稲田大学	VDLモード3に関する研究	2003/4/1～2005/3/31
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	2003/10/29～2006/3/31
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	2004/3/9～2007/3/31
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	2004/3/9～2006/3/31
管制システム部	財鉄道総合技術研究所	音声を用いた新たな覚醒レベル評価手法の検討	2004/4/12～2005/3/31
管制システム部	東京大学	航空管制業務のモデル化	2004/4/15～2006/3/31
航空システム部	早稲田大学	航空無線用CDMA通信方式に関する共同研究	2004/5/6～2006/3/31
管制システム部	東京学芸大学	発話音声による大脳発達特性の評価可能性に関する研究	2004/6/1～2006/3/31
管制システム部	阿部産業	大脳評価装置の信頼性を向上させる視聴覚環境の生成技術に関する研究	2004/6/10～2007/3/31
管制システム部	マイクロコマース株式会社	ヒューマン・ファクタ評価システムの応用技術に関する研究	2004/6/29～2007/4/1
航空システム部	三菱電機(株)	後方乱気流に関する研究	2004/7/20～2006/3/31
電子航法開発部	青森大学	ILS高カテゴリー化に関する研究	2004/8/10～2005/3/31
航空システム部	(独)宇宙航空研究開発機構	後方乱気流の航空機におよぼす影響の研究	2004/9/1～2006/3/31
管制システム部	東北大学	発話音声による身体疲労の評価可能性に関する基礎研究	2004/9/13～2006/4/1
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	2004/10/1～2006/3/31

※  は平成16年度に新規に実施されたものである。

## 8 研究発表

(1) 第4回研究発表会 (平成16年6月3日, 4日)

- |                           |            |                                  |                             |         |                                 |
|---------------------------|------------|----------------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------|
| 1. VDLモード3の音声・データ通信性能評価実験 | 航空システム部    | 中谷 泰欣<br>北折 潤<br>加藤 敏            | 11. 準天頂衛星を用いる高精度測位実験システム    | 衛星技術部   | 星野尾一明<br>伊藤 実<br>新井 直樹<br>松永 圭左 |
|                           | 管制システム部    | 塩地 誠                             | 高精度測位補正技術開発PT               |         | 伊藤 憲<br>新井 直樹<br>坂井 丈泰<br>福島荘之介 |
|                           | 早稲田大学大学院   | 津田 民雄                            | 12. 画像センサによる船舶のトラッキング       | 管制システム部 | 矢田 士郎                           |
| 2. 衛星を利用した自己同期型ADSの概念     | 衛星技術部      | 住谷 泰人<br>石出 明                    | 13. ASASとその信号環境の概要          | 電子航法開発部 | 小瀬木 滋<br>古賀 禎                   |
| 3. CDMAにおける制御チャンネルのない発信方式 | 管制システム部    | 金田 直樹<br>塩見 格一                   | 14. 空港面ADSシステムの基地局運用方式について  | 航空システム部 | 二瓶 子朗                           |
| 4. 航空管制業務支援機能の検討          | 管制システム部    | 塩見 格一                            | 15. 統合型空港面ADSシステムの開発        | 航空システム部 | 小松原健史<br>二瓶 子朗<br>加来 信之         |
| 5. 積雪によるGPパス空間誤差特性        | 電子航法開発部    | 横山 尚志<br>朝倉 道弘<br>古賀 禎<br>田嶋 裕久  | 16. ACAS信号を用いた受動型測位方式の評価実験  | 電子航法開発部 | 小瀬木 滋<br>古賀 禎<br>田嶋 裕久<br>小瀬木 滋 |
|                           | 宇宙航空研究開発機構 | 増井 和也<br>石川 和敏<br>富田 博史          | 17. マルチラテレーション対応ADS-Bの空港面評価 | 航空システム部 | 宮崎 裕己<br>三吉 襄                   |
| 6. GPS搭載機の横方向経路維持誤差の分布モデル | 電子航法開発部    | 天井 治<br>長岡 栄                     | 18. 横方向オフセット導入時の横方向の衝突危険度   | 電子航法開発部 | 長岡 栄<br>天井 治                    |
| 7. GPS信号品質監視装置における異常信号検出  | 航空システム部    | 齊藤 真二<br>福島荘之介<br>吉原 貴之<br>藤井 直樹 | 19. ADS縦方向予測誤差分布の特徴とモデル化    | (株)ナナオ  | 河道 貴宏<br>長岡 栄<br>天井 治           |
| 8. 航空機からのGPS掩蔽観測技術の開発     | 航空システム部    | 吉原 貴之<br>藤井 直樹<br>齊藤 真二          | 20. 主観評価による航空管制官の作業負担の計測    | 管制システム部 | 蔭山 康太<br>青山 久枝<br>三垣 充彦         |
|                           | 衛星技術部      | 星野尾一明<br>松永 圭左                   | 21. 気象変化に対応する洋上経路の再設定手法     | 管制システム部 | 福田 豊<br>福島 幸子<br>瀬之口 敦          |
| 9. 気圧高度によるGPSのインテグリティ補強   | 衛星技術部      | 坂井 丈泰<br>惟村 和宣<br>新美 賢治          |                             |         |                                 |

## (2) 所外発表

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
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	齊藤 真二 福島 莊之介 吉原 貴之 藤井 直樹	2004/4	電子情報通信学会 論文B
A new color, IR, and radar data fusion for obstacle detection and collision warning	米本 成人 山本 憲夫 山田 公男	2004/4	International Society of Optical Engineering (SPIE) Defense & Security 2004 (光工学国際学会 防衛と安全大会2004)
準天頂衛星への国の取り組みと国土交通省の役割	惟村 和宣	2004/4	高精度測位技術フォーラム
高速移動体向けの新たな高精度測位補正方式に関する技術開発	伊藤 憲	2004/4	高精度測位技術フォーラム
Concept of Self-synchronized Automatic Dependent Surveillance Using Satellite	住谷 泰人 石出 明	2004/4	ICAO ACPWG-C 第7回会議
準天頂衛星システムによる高精度測位補正実験	新井 直樹	2004/4	電気学会 次世代位置情報技術調査専門委員会
RA downlink Anomalies Observed with the SSR mode S in Japan	小瀬木 滋 住谷 泰人 堀越 文樹 (航空局) 中谷 勝 (同上)	2004/4	ICAO SCRSP/WG-A, Bおよびそのサブグループ会議 (ACASSG)
SCRSP Report on the RA downlink Anomalies Observed with the SSR mode S in Japan	小瀬木 滋 住谷 泰人 中谷 勝 (航空局)	2004/4	ICAO SCRSP/WG-Aおよびそのサブグループ会議 (ACASSG)
SCRSP report on the ACAS monitoring in Japan	小瀬木 滋 住谷 泰人 中谷 勝 (航空局)	2004/4	ICAO SCRSP/WG-Aおよびそのサブグループ会議 (ACASSG)
電離層遅延のGPSに対する影響	坂井 丈泰	2004/4	電気学会 次世代位置情報技術調査専門委員会
Results of 1090MHZ Multilateration Experiments on Airport Surface in Japan	三吉 襄 宮崎 裕己	2004/4	ICAO SCRSP第7回WG-B会議
Research & Development of VDL Mode 3 Test System	中谷 泰欣	2004/4	米国連邦航空局 (FAA) 本部
Japanese GBAS Status	齊藤 真二	2004/4	GBAS FAA/Europe Coordination Meeting
Transponder Issue found by SSRs and its effect on ACAS	小瀬木 滋	2004/4	ICAO SCRSP/WG-Aおよびそのサブグループ会議 (ACASSG)
Functional Diagram on ASAS and Related Systems ASASおよび関連システムの構成図	小瀬木 滋	2004/4	ICAO SCRSP/WG-Aおよびそのサブグループ会議 (ACASSG)
GPSネットワークによる電離層の観測手法	坂井 丈泰	2004/5	地球惑星科学関連学会2004年合同大会
衛星航法システムGPS/WAASの現状	坂井 丈泰	2004/5	電波航法 (電波航法研究会誌) 45号
Extrapolation Error of $a - \beta$ Tracker for Automatic Dependent Surveillance (ADS)	石出 明	2004/5	平成16年度日本航海学会春季講演会
日本付近における電離層のGPSへの影響	坂井 丈泰	2004/5	日本航海学会春季講演会
北太平洋航空路における近接通過頻度の長期的変化	天井 治	2004/5	日本航海学会春季講演会
RNP-RNAV経路における航空機の横方向重畳確率	長岡 栄	2004/5	日本航海学会春季講演会

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
The trend of ACAS II operational monitoring results in Japan, the report	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之 中谷 勝 (航空局)	2004/5	ICAO SCRS Panel WG-A
航空機からのダウンルッキングGPS掩蔽観測技術の開発	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 (京都大学生存圏研究所) 青山 雄一 (同上)	2004/5	地球惑星科学関連学会2004年合同大会
気象庁数値予報データによる気圧高度計の補正	坂井 丈泰 惟村 和宣 新美 賢治	2004/5	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
準天頂衛星システム検討のこれまでの動き	惟村 和宣	2004/5	日本航海学会・平成16年春季講演会・研究会におけるGPS研究会
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	瀬之口 敦 福島 幸子 福田 豊	2004/5	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
ASASの概要と研究状況	小瀬木 滋	2004/5	フリーフライト検討ワーキンググループ
航空機搭載型GPSダウンルッキング受信機の概要	藤井 直樹 星野尾一明 松永 圭左 中尾 宏幸 (古野電気) 橋本 豊雄 (同上) 河合 正人 (同上)	2004/5	地球惑星科学関連学会2004年合同大会
発話音声による大脳活性化度評価技術の現状と可能性	塩見 格一	2004/5	電子情報通信学会 安全性研究会
電子航法研究所の研究の紹介	福田 豊	2004/5	フリーフライト検討ワーキンググループ第5回検討会議
ILS運用のためのCRM (Collision Risk Model)	長岡 栄	2004/5	国土交通省航空局「関西国際空港における止水工事の実施について」に関する会議
次世代航法システムMSAS-GAIAの飛行評価結果について	星野尾一明 張替 正敏 (宇宙航空研究開発機構) 富田 博史 (同上)	2004/5	日本航海学会 春季講演会
Estimating the Lateral Overlap Probability for RNP RNAV Parallel Tracks	長岡 栄	2004/5	ICAO SASP WG/WHL/5会議
Draft report on ASAS technical issues	小瀬木滋 Ken Carpenter (Qinetiq, UK)	2004/5	ICAO SCRSP/WG-A
次世代IFRシステム	山本 憲夫	2004/5	日本ヘリコプタ技術協会 2004年度会報
交通安全の原理	塩見 格一	2004/5	芝浦工業大学 総合科目講義「技術の現在」



発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
An Application of Monte Carlo Method for Estimating the Longitudinal Collision Risk of NOPAC Route in an ADS Environment ADS	長岡 栄	2004/6	International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM7)
高精度測位補正技術に関する研究	伊藤 憲	2004/6	国土交通省 準天頂衛星高精度測位補正に関する技術開発—平成15年度成果報告書— (国土交通省4研究機関の研究成果の概要をまとめたもの)
電子航法研究所における新CNS/ATMに関する研究開発	大沼 正彦	2004/6	財航空保安無線システム協会・航空無線
衛星/GPSを使った将来航法	星野尾一明	2004/6	社団法人 日本航空技術協会 航空技術2004年7月
Transmission error characteristics of aeronautical satellite data communications measured in flight environment using satellites	住谷 泰人 石出 明 藤田 光紘 新美 賢治	2004/6	第4回NexSAT会議
Concept of voice communication based on the party line using Satellite	住谷 泰人 石出 明	2004/6	第4回NexSAT会議
電子航法研究所における高精度測位補正技術の開発	伊藤 憲	2004/6	第5回東京海洋大学産官学フォーラム
3ケースの地面構造におけるGSパスの乾湿特性	横山 尚志 朝倉 道弘	2004/6	要求水準書の実施要領の添付資料
電離層擾乱予測技術の開発計画	松永 圭左	2004/6	第9回(平成16年度)MSAS技術評価検討委員会
Draft report on ASAS technical issues, revised	小瀬木 滋 Ken Carpenter (Qinetiq, UK)	2004/6	ICAO SCRSP/WG-A,ASAS-SG
青森空港における積雪時のGPパス空間誤差特性	田嶋 裕久 横山 尚志 朝倉 道弘 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)	2004/6	全天候委員会
独立行政法人電子航法研究所の概要	大沼 正彦	2004/7	(社)日本航空技術協会 航空技術2004年7月
客室内電子機器による機上航法装置への電磁干渉に関する電子航法研究所での研究	山本 憲夫	2004/7	日本航空技術協会「航空技術」7月号
Airborne GPS Down-looking Occultation experiment 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 (京都大学生存圏研究所) 青山 雄一 (同上) 淡野 敏 (同上)	2004/7	AOGS(Asia Oceania Geosciences Society)2nd APHW Conference
準天頂衛星システムにおける対流圏遅延量補正方式の検討	新井 直樹 坂井 丈泰 福島荘之介 伊藤 憲	2004/7	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス(SANE)研究会

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
洋上可変経路の時間帯毎の再設定の効果	福田 豊	2004/7	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
準天頂衛星システムのための補強信号形式の検討	坂井 丈泰 新井 直樹 福島 荘之介 伊藤 憲	2004/7	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
ASASとその技術的課題	小瀬木 滋	2004/7	電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会
Wireless LAN System in Aircraft and its Possibility of Electromagnetic Interference on Avionics	山本 憲夫 平田 俊清 (RAエンジニアリングハウス) 水町 守志 (芝浦工業大学)	2004/7	RTCA SC-202 (携帯電子機器委員会) 会議
技術開発と評価試験—よりの確な問題解決をするために—	小瀬木 滋	2004/7	第49回総合研修資料
エンハンスド・ビジョン・システムに関する調査と基礎研究	住谷 泰人	2004/8	日本航空機操縦士協会フライトテスト委員会
パイロットコメントシートに基づくTCAS IIの運用モニタリング	住谷 泰人	2004/8	日本航空機操縦士協会フライトテスト委員会
信頼性要件を有する航空機の経路維持誤差分布のモデル	長岡 栄	2004/8	電子情報通信学会 安全性研究会
航空機対の相対位置予測誤差への通報時間差の影響	長岡 栄	2004/8	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・高精度補強実験の概要	福島 荘之介 坂井 丈泰 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)	2004/8	電気学会 通信・高度位置情報応用システム調査専門委員会
ACAS受動型測位方式の仙台空港における評価実験	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬木 滋	2004/8	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会
Extrapolation Error of $\alpha - \beta$ Tracker for Automatic Dependent Surveillance (ADS)	石出 明	2004/9	日本航海学会論文集 第111号
GPSの基礎と応用	坂井 丈泰	2004/9	「機械の研究」(株)養賢堂
日本付近における電離層のGPSへの影響	坂井 丈泰	2004/9	日本航海学会論文集 第111号
北太平洋航空路における近接通過頻度の長期的変化	天井 治	2004/9	日本航海学会論文集 第111号
RNP-RNAV経路における航空機の横方向重畳確立	長岡 栄	2004/9	日本航海学会論文集 第111号
GPS信号品質監視装置による相関波形取得	齊藤 真二 福島 荘之介 吉原 貴之 藤井 直樹	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
デジタルサンプルデータのIQ変換の一検討	田嶋 裕久 古賀 禎 小瀬木 滋	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
衛星を利用したパーティライン音声通信方式の概念	住谷 泰人 石出 明	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
ASDEデュアル化の干渉実験	加来 信之 小松原健史	2004/9	電子情報通信学会 ソサイエティ大会
VDLモード3の音声及びデータ通信性能評価実験	中谷 泰欣	2004/9	「航空無線」2004第41号(秋期)

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
ACAS受動型測位方式の評価実験の結果—DAC法を用いた時間検出—	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬木 滋	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
交差路における垂直衝突危険度の試算	長岡 栄 天井 治	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
国内短縮垂直間隔導入の事前評価における近接通過頻度の推定値	天井 治 長岡 栄	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
統合型空港面ADSシステムの開発	小松原健史	2004/9	航空無線
無線LANによる航空機内の電波環境	山本 憲夫 平田 俊清	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
気象変化に対応する洋上経路の再設定手法	福田 豊	2004/9	(財)航空保安無線システム協会・航空無線
航空機からのGPS掩蔽観測技術の開発	吉原 貴之 藤井 直樹 星野尾一明 松永 圭左 齊藤 真二	2004/9	(財)航空保安無線システム協会・航空無線
航空機運航におけるリスクの評価	長岡 栄	2004/9	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)
4次元航法のシミュレーションについて	矢田 士郎	2004/9	電子情報通信学会ソサイエティ大会
平成16年度電子航法研究所研究発表会の概要	松永 博英	2004/9	航空無線
発話音声によるストレス評価実験の手法と結果	塩見 格一 高岡美智子 (メディカルパレット) 廣瀬 尚三 (システムアンサー)	2004/9	第6回日本感性工学会 大会・総会
ACAS受動型測位方式の仙台空港における評価実験	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬 木滋	2004/9	航空振興財団 全天候航法方式小委員会
Detection of Anomaly Signal by Signal Quality Monitoring Receiver	齊藤 真二 吉原 貴之 福島荘之介 藤井 直樹	2004/9	米国航法学会 ION GNSS 2004
Airborne GPS Down-looking Occultation experiments	吉原 貴之 藤井 直樹 星野尾一明 松永 圭左 齊藤 真二 坂井 丈泰 津田 敏隆 (京都大学理学生存圏研究所) 青山 雄一 (同上) 淡野 敏 (同上)	2004/9	米国航法学会 ION GNSS 2004
Evaluation of a Tropospheric Correction Model for Airport Pseudolite	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)	2004/9	米国航法学会 ION GNSS 2004
Report of FAA-JCAB VDL Mode3 Interoperability Testing	加藤 敏 中谷 泰欣	2004/9	ICAO ACP/WGC8
Preemption Methods in CDMA Systems	金田 直樹	2004/9	ICAO ACP/WGC8
Distribution Models for Estimating the Lateral Overlap Probability of RNP RNAV Aircraft on Parallel Tracks	長岡 栄	2004/9	EUROCONTROL Mathematics Drafting Group Meeting

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
Evaluating Ionospheric Effects on SBAS in the Low Magnetic Latitude Region	坂井 丈泰 松永 圭左 星野尾一明 Todd Walter (スタンフォード大学)	2004/9	ION GNSS 2004
ADS通報に基づく航空機の相対位置誤差の考察	長岡 栄	2004/9	日本航海学会 AUNAR (自動航法) 研究会
状況・意図理解によるリスクの発見と回避「運転員心身状態評価に関する研究」	塩見 格一	2004/9	科学技術振興調整費運営委員会
Results of an evaluation test of a multilateration system using ACAS signals	古賀 禎 田嶋 裕久 小瀬木 滋	2004/10	IEEE conference on Intelligent Transporting Systems (itsc2004)
実時間シミュレーションにおける管制通信の一解析	蔭山 康太 青山 久枝	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
空域の制約と洋上経路の効率性の関係	福田 豊	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
ACAS受動測位実験におけるマルチパス誤差の検討	田嶋 裕久 古賀 禎 小瀬木 滋	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
システム高信頼化のための要員管理技術	塩見 格一	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
航空路管制セクタにおけるRVSM導入効果の一検討	福島 幸子	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
気圧高度計の気象数値予報データによる補正	坂井 丈泰 惟村 和宣 新美 賢治	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
青森空港における積雪によるGPパス空間誤差特性	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) 富田 博史	2004/10	航空宇宙学会
利用者の心身状態に対応するユーザインタフェース実現のための発話音声分析手法	塩見 格一 高岡美智子 (メディカルパレット) 廣瀬 尚三 (システムアンサー)	2004/10	ヒューマン・インタフェースシンポジウム2004
ミリ波／赤外線によるヘリコプタ用障害物探知システム	山本 憲夫 米本 成人 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) C. Migliaccio (ニース大学) B. D Nguyen (同上) C. Pichot (同上)	2004/10	第42回飛行機シンポジウム
青森空港における積雪によるGPパス空間誤差特性	横山 尚志 朝倉 道弘 田嶋 裕久 中田 和一 (青森大学)	2004/10	日本航海学会秋季研究会
ADS予測位置誤差の縦方向重畳確率への影響	長岡 栄	2004/10	日本航海学会秋季講演会
交差路における航空機の垂直方向衝突危険度の推定	天井 治 長岡 栄	2004/10	日本航海学会秋季講演会

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
声からストレスを計る—予防安全のための発話音声分析装置の実現を目指して—	塩見 格一	2004/10	航空管制
RAレポートに基づくTCAS IIの運用モニタリング	住谷 泰人 小瀬木 滋 白川 昌之	2004/10	日本航海学会 平成16年度 秋季研究会 航空宇宙研究 会
FAA NEXCOMの動向とVDLモード3インター オペラビリティ評価結果	中谷 泰欣	2004/10	情報処理方式小委員会
第4回NexSAT会議報告	住谷 泰人	2004/10	情報処理方式小委員会
国内短縮垂直間隔導入のための航空機の衝突危険 度の推定	天井 治 長岡 栄	2004/10	電子情報通信学会 安全性 研究会
Ionospheric Scintillation and its Effects on GNSS in Japan	星野尾一明 松永 圭左	2004/10	ICAO Navigation System Panel Working Group of the Whole Meeting
Analytical Results of Spatial Gradient of Iono- spheric Delay	藤井 直樹 吉原 貴之 今村 純 (航空局)	2004/10	Navigation System Panel (NSP) Working Group-of the Whole
Evaluating Ionospheric Effects on SBAS in Low Magnetic Latitude Region	松永 圭左 坂井 丈泰 星野尾一明	2004/10	第9回SBAS電離層会議
Report of FAA-JCAB VDL Mode3 Interoperabil- ity Testing	中谷 泰欣	2004/10	ICAO ACP/WG
RNPとRNAVの最近の動向	長岡 栄	2004/10	日本航海学会 航空宇宙研 究会
Introduction of Ionospheric Scintillation Observa- tion Plan	松永 圭左 星野尾一明 齊藤 昭則 (京都大学) 大塚 雄一 (名古屋大学)	2004/10	第9回SBAS電離層会議
MSAS Status	松永 圭左	2004/10	第9回SBAS電離層会議
DME/TACAN signal environment estimation in the Nagoya Airspace	小瀬木 滋	2004/10	JTIDSに関する日米技術交 換会議
電子航法研究所の研究開発について	伊藤 憲	2004/10	第6回準天頂衛星鉄道利用 検討会
準天頂衛星システムにおける対流圏遅延量補正方 式の検討	新井 直樹 坂井 丈泰 福島荘之介 伊藤 憲	2004/11	第48回宇宙科学技術連合講 演会
準天頂衛星サブメータ級補強信号の検討	坂井 丈泰 新井 直樹 福島荘之介 伊藤 憲	2004/11	第48回宇宙科学技術連合講 演会
Examples of Estimated Collision Risk for RNP RNAV Parallel Tracks	長岡 栄	2004/11	ICAO SASP Working Group 全体会議 (WG/WHL/6) 会 議
An Alternative Double Exponential Tail Model for Estimating the Lateral Overlap Probability of Aircraft for RNP RNAV Parallel Tracks	長岡 栄	2004/11	ICAO SASP Working Group 全体会議 (WG/WHL/6) 会 議
FAA-JCAB ATN Router Interoperability Testing over VDL Mode 3 sub-network	板野 賢 Mark Brown (沖電気工業)	2004/11	ICAO ACP WG-N 会議
SBASにおける電離層補正	星野尾一明	2004/11	日本航海学会 GPS/SNS シンポジウム2004
Transmission Delay Characteristics of Aeronauti- cal Satellite Data Communication in Flight Envi- ronment	住谷 泰人 石出 明 藤田 光紘 新美 賢治	2004/11	第5回NexSAT会議

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
Research & Development of VDL Mode 3 System	中谷 泰欣	2004/11	国際管制技術官連盟 (IFATSEA) 東京総会
準天頂衛星によるGPSの高精度補正実験	福島 荘之介 坂井 丈泰 新井 直樹 伊藤 憲	2004/11	GPS/GNSSシンポジウム2004, パネルセッション「QZSSの可能性」
「精説GPS」(GPS/GNSSシンポジウムチュートリアルテキスト)	坂井 丈泰 福島 荘之介 古賀 禎 安田 明生 (東京海洋大学) 久保 信明 (同上) 北條 晴正 (同上) 浪江 宏宗 (防衛大学校) 近藤賢太郎 (富士通) 宮野 智行 (東京都立航空工業高等専門学校)	2004/11	GPS/GNSSシンポジウム2004チュートリアルセッション
Simulation of Self-synchronized ADS Using P-channel and Modified R-channel	住谷 泰人 石出 明	2004/11	第5回NexSAT会議
航空機を用いたGPS掩蔽法による大気構造の観測	吉原 貴之	2004/11	GPS/GNSSシンポジウム2004
日米間でのVDLモード3システム及びATNのインターオペラビリティ評価実験について	中谷 泰欣	2004/11	保企ニュース
次世代航法システムMSAS-GAIAの飛行試験結果	星野尾一明 張替 正敏 (宇宙航空研究開発機構) 富田 博史 (総合技術研究本部)	2004/12	日本航海学会誌 NAVIGATION 第161号
航空管制業務における人間と機械の役割分担	塩見 格一	2004/12	機械学会 第13回交通・物流部門大会
「GPS信号の放送状況」	坂井 丈泰	2004/12	GPS・MSASを利用した運航方式検討委員会
航空交通量の集計と洋上空域の最適経路の分布	福田 豊 住谷美登里 瀬之口 敦	2004/12	フリーフライト検討ワーキンググループ 第9回検討会議
ダウンリンクパラメータを利用するコンフリクト警報の改善の検討	福田 豊 瀬之口 敦	2004/12	次世代監視アーキテクチャに係る国際動向等調査第2回検討委員会
人工衛星を使った高精度測位システムの開発とその応用	惟村 和宣 坂井 丈泰	2004/12	「位置情報サービス(LBS)技術の開発とその応用」セミナー
マルチラテレーション対応ADS-Bの空港面評価	宮崎 裕己 三吉 襄	2004/12	航空振興財団「全天候方式小委員会」
GBASの現状と問題点	藤井 直樹	2004/12	航空振興財団「全天候方式小委員会」
東京国際空港再拡張ILS設置条件調査委託に係る研究資料	横山 尚志 朝倉 道弘	2004/12	委託調整会議
横方向重畳確率の計算例	長岡 栄	2004/12	航空局保安企画課 国際調整官に提出
メガフロート空港における計器着陸装置の評価手法について	横山 尚志 大田 真 (日本造船センター) 宮島 省吾 (三井造船)	2005/1	日本造船学会 第16回海洋工学シンポジウム

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
GPSを使った将来航法	星野尾一明	2005/1	(社)計測自動制御学会「計測と制御」VOL. 44 No.4 ミニ特集号(解説)
DME/TACAN signal environment estimation for the Japanese Airspace 日本空域におけるDME/TACAN信号環境の予測	小瀬木 滋	2005/1	JTIDSに関する日米技術交換会議
Electromagnetic Propagation Characteristics in Aircraft in Wireless LAN Frequencies	山本 憲夫 平田 俊清 (RAエンジニアリングハウス)	2005/1	RTCA SC-202(携帯電子機器委員会)会議
Packet Data Flow Optimization for VDL Mode 3	中谷 泰欣 (代理発表: FAA Peter Muraca)	2005/1	RTCA SC-172 第52回会議
Improving Availability of Ionospheric Corrections in the Low Magnetic Latitude Region	坂井 丈泰 松永 圭左 星野尾一明 Todd Walter (スタンフォード大学)	2005/1	ION National Technical Meeting 2005
人間を含むシステムを高信頼化するためのヒューマン・ファクタ管理手法	塩見 格一	2005/1	クリティカル ソフトウェアワークショップ 2005
An investigation of local-scale spatial gradient of ionospheric delay using the nation-wide GPS network data in Japan	吉原 貴之 坂井 丈泰 藤井 直樹 齊藤 昭則 (京都大学)	2005/1	米国航法学会 ION NTM 2005
積雪時の高性能グランドパス監視方法について	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) 富田 博史 (同上)	2005/1	第3回フライトテスト委員会
最近のILSの高性能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 中田 和一 (青森大学)	2005/1	第3回フライトテスト委員会
電子航法と航空交通管制	長岡 栄	2005/1	防衛大学校 特別講義
東京国際空港再拡張ILS設置条件調査委託に係る研究資料	横山 尚志 朝倉 道弘	2005/1	委託調整会議
電子航法研究所の研究開発と成果の活用・普及	安部 憲治	2005/2	国土交通省 先端技術フォーラム
NexSAT会議概要	住谷 泰人	2005/2	航空振興財団衛星利用方式小委員会
Revised Functional Diagram on ASAS and Related Systems	小瀬木 滋	2005/2	ICAO SCRSP/WG-A,ASAS-SG
Report of VDL Mode 3 Voice Quality Tests with Radio Interference	中谷 泰欣	2005/2	ICAO ACP WG-B/F,NSP SSG 合同会議

発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
電離層のMSASへの影響について	星野尾一明 坂井 丈泰 松永 圭左 今村 純 (航空局) 丸山 隆 (情報通信研究機構) 齊藤 昭則 (京都大学) 大塚 雄一 (名古屋大学) 小川 聡 (日本電気株式会社)	2005/2	MSAS技術評価検討委員会 電離層作業グループ会議報告書
気圧高度計の測定誤差とその補正方法	坂井 丈泰	2005/2	航空振興財団 全天候航法 方式小委員会
電離層のMSASへの影響について	星野尾一明 坂井 丈泰 松永 圭左	2005/2	MSAS技術評価検討委員会
Proposed Part of Corrigendum on Equations in the draft ACAS Manual issue 0.9	小瀬木 滋	2005/2	ICAO SCRSP/WG-A, ACAS-SG
Preliminary Analysis for Pre-Implementation Safety Assessment for Japanese Domestic RVSM	長岡 栄 天井 治	2005/2	第30回 EUROCONTROL MDG会議
GPSとGLONASSの共用に関する実験的研究	新井 直樹	2005/2	東京商船大学(現 東京海洋 大学)大学院 学位論文
青森空港の積雪によるGPパス空間誤差特性	横山 尚志 朝倉 道弘 田嶋 裕久 中田 和一 (青森大学)	2005/3	日本航海学会論文集112号
CDMAの特性を利用した優先通信の発信	金田 直樹 塩見 格一	2005/3	電子情報通信学会総合全国 大会
SSRモードSが発生させる応答信号量の予測誤差	小瀬木 滋	2005/3	電子情報通信学会総合全国 大会
国内短縮垂直間隔導入のための空域安全性評価での近接通過頻度	天井 治 長岡 栄	2005/3	電子情報通信学会総合全国 大会
デフルータ機能によるASDE干渉波の抑圧	加来 信之 小松原健史	2005/3	電子情報通信学会総合大会
地上補強型衛星航法システム用高性能アンテナ	藤井 直樹 松澤 佳彦 (日本電気)	2005/3	電子情報通信学会総合大会
出発航空機から発する後方乱気流の検出	小松原健史 加来 信之	2005/3	電子情報通信学会総合大会
GPS搬送波位相による航空機の世界速度推定	齊藤 真二 吉原 貴之 坂井 丈泰 藤井 直樹	2005/3	電子情報通信学会総合大会
準天頂衛星サブメータ級補強機能の予備検討	坂井 丈泰 新井 直樹 福島 莊之介 伊藤 憲	2005/3	電子情報通信学会総合大会
GPSを用いた電離層プラズマバブルの観測	松永 圭左 星野尾一明 齊藤 昭則 (京都大学) 大塚 雄一 (名古屋大学)	2005/3	電子情報通信学会総合大会
マルチラテレーション対応 ADS-Bの信号処理特性2	宮崎 裕己 三吉 襄	2005/3	電子情報通信学会総合大会



発 表 題 名	発 表 者	発表年月	発表機関・刊行物名
航空の安全と電子・情報・通信システム	長岡 栄	2005/3	電子情報通信学会総合大会
ADS予測誤差の縦方向重畳確率への影響	長岡 栄	2005/3	日本航海学会論文集第112号
交差路における航空機の垂直方向衝突危険度の推定	天井 治 長岡 栄	2005/3	日本航海学会論文集第112号
Highly-accurate Positioning Experiment using a Quasi-Zenith Satellite System at ENRI	伊藤 憲 福島 莊之介 新井 直樹 坂井 丈泰	2005/3	WSANE2005
航空管制官によるVDLモード3システムの評価結果について	中谷 泰欣	2005/3	保企ニュース
Probability of interference by JTIDS/MIDS contention access to DME/TACAN	小瀬木 滋	2005/3	JTIDS/MIDS MNWG-TI会議 (米国メリーランド州アナポリス市)
Modification of Mode S Interrogation Pattern	宮崎 裕己 堀越 文樹 (航空局)	2005/3	ICAO SCRSP 第1回技術作業部会(TSG)会議
Evaluation Status of Multilateration and ADS-B at ENRI	宮崎 裕己	2005/3	ICAO SCRSP 第1回技術作業部会(TSG)会議
青森空港における積雪調整会議資料	横山 尚志 朝倉 道弘 中田 和一 (青森大学)	2005/3	積雪調整会議
東京国際空港におけるマルチラレーション監視システムの評価計画	宮崎 裕己	2005/3	平成16年度放送型データリンクに係る国際動向等調査第3回検討会
発話音声のカオス性と発話者の心身状態の関係	塩見 格一	2005/3	第14回 複雑現象工学講演会
次世代会議A T N説明資料	板野 賢 小梅虎師朗 (航空局)	2005/3	次世代A T N会議
プラズマバブルが衛星航法に与える影響と対策	星野尾一明 松永 圭左	2005/3	第9回生存圏シンポジウム
ENRI/MSAS R&D Activities	星野尾一明 松永 圭左	2005/3	第14回SBAS相互運用性作業グループ(IWG/14)

## 9 知的財産権

当研究所の平成16年度における知的財産権は、下記のとおりである。

### (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
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
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：イギリス	塩見 格一	7. 5. 18	2295472	10. 7. 22

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：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
フェイズドアレリ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リ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

発 明 の 名 称	発 表 者	出願年月日	登録番号	登録年月日
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	3588627	16. 8. 27
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
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	3646860	17. 2. 18
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
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
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	3579685	16. 7. 30
目標検出システム	加来 信之	13. 12. 10	3613521	16. 11. 5
電波反射体を用いた測定装置	米本 成人 塩見 格一	14. 6. 28	3623211	16. 11. 4
操作卓 意匠	塩見 格一	14. 10. 15	1189989	15. 9. 26
脇机（意匠）	塩見 格一	15. 11. 18	1221366	16. 9. 17
操作卓（意匠）	塩見 格一	15. 11. 18	1226782	16. 11. 19

※ は平成16年度に実施されたものである。

## 2 出願中

発 明 の 名 称	発 明 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
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
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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願年月日	出 願 番 号
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
カオス論的脳機能診断装置	塩見 格一	13. 11. 13	2001-348108
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
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
カオス論的脳機能診断装置 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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願年月日	出 願 番 号
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
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
航空管制卓（意匠）	塩見 格一	16. 5. 20	2004-014919
誘電体レンズを用いた電磁波の反射器、発生器及び信号機	米本 成人	17. 1. 18	2005-010582
航空管制支援システム	塩見 格一	17. 2. 4	2005-029070
移動体の測位方法及びその測位装置	古賀 禎 田嶋 裕久	17. 2. 21	2005-044684
電波装置PCT	米本 成人	17. 3. 9	JP2005/4108

※            は平成16年度に実施されたものである

第 3 部  
現 況



# 1. 平成16年度に購入した主要機器

- ・ ASAS実験装置受信処理部 アナログインターフェイス
- ・ ミリ波レーダ用低雑音増幅装置（障害物探知用ミリ波レーダ）
- ・ カラー複合機
- ・ ディスクアレイ
- ・ 精密インピダンス・アナライザー
- ・ ファーフィールドモニター（FFM）評価装置
- ・ マルチラテレーション対応ADS-B受信局
- ・ SBAS/GPS受信機
- ・ ワークステーション
- ・ 利用者開放型管制卓用レーダ情報表示ディスプレイ
- ・ ネットワークストレージシステム（NAS）
- ・ VDLモード3管制官評価用マンマシンインターフェース制作
- ・ RAIDシステム
- ・ 航空交通流管理シミュレータ
- ・ データ収集再生装置
- ・ 航空管制用業務支援ツール
- ・ ソフトウェアGPS受信機
- ・ GPS信号変換ツール
- ・ 統合型監視センサ用インターフェイス装置
- ・ A-SMGCS経路設定機能模擬テストツール
- ・ プラズマバブル測定用全天カメラ
- ・ 全天カメラ観測用コンテナ



## 2 主要施設及び機器

### 1 電波無響室

電子航法の分野では、電波を送受信するアンテナの性能や空間中の電波伝搬特性が機器の性能に大きく影響する。このため、アンテナおよび電波伝搬に関する試験研究が重要になっている。当研究所では、これらの試験研究のための実験施設として、電波無響室を整備した。

電波無響室はシールド壁内部を電波吸収材で被覆した構造を持っている。シールド壁により電波が遮蔽されるため、外来電波の影響を受けず研究所周辺への干渉を防止することができる。さらに、電波吸収材により電波の反射を抑制できるため、電波無響室内は広大な自由空間と同様な伝搬特性を実現できる。

電波無響室内では、アンテナの特性測定や空港モデルを用いた着陸進入コースの電波伝搬特性測定などが行われてきている。また、各種の干渉妨害に関する測定実験も行われている。

#### [要目概要]

内装寸法： 32×7×5 m  
周波数範囲： 0.5～100GHz以上  
反射減衰量： 30dB 以上  
遮蔽減衰量： 80dB 以上  
付属設備： 計測室、空調設備、空中線特性試験装置、アンテナ回転台移動装置、計測機器ピット、各種無線計測機器、非常照明

### 2 アンテナ試験塔

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と言ったメインフレームを中心としたシステムを運用してきたが、平成7年12月に、ネットワーク環境の整備の必要性の高まりと、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1 GBase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 5 i + 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 刊 行 物

当研究所の発行する刊行物は、下記のとおりである。

電子航法研究所報告（不定期刊行）
電子航法研究所研究発表会講演概要（年刊）
電子航法研究所年報（年刊）
電子航法研究所要覧〈案内〉（年刊）
電子航法研究所広報誌「e-なび」（季刊）

### 4 行 事 等

当研究所の平成16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16年4月18日（日）]

平成16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2804名）

#### 第4回研究所設立記念式典 [平成16年4月21日（水）]

当所設立記念式典を開催した。

#### 平成16年度第1回評議員会 [平成16年4月23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17年度重点開発課題の確認を行った。）

事前評価課題「高カテゴリGBASのオペラビリティ向上とGNSS新信号対応に関する研究」  
「航空管制用デジタル通信ネットワークシステムの研究」  
「航空無線航法用周波数の電波信号環境に関する研究」

#### 研究発表会 [平成16年6月3日（木）・4日（金）]

平成16年度（第4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311名）

#### 平成16年度第2回評議員会 [平成16年6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。

中間評価課題「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」  
「放送型データリンクによる航空機監視の研究」  
事後評価課題「データリンクによる航空機監視システム高度化の研究」  
「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」  
「次世代衛星航法システムに関する研究」

#### 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7月30日（金）]

交通管制・航法をテーマとして開催され、当該職員を含む講演7件が行われた。併せて電波無教室の見学会を行った。  
（参加者42名）

#### 第1回研究交流会 [平成16年8月24日（火）]

講演「ICAO第11回航空会議（ANC/11）の概要－CNS関係」及び意見交換を行った。

講演者：国土交通省 航空局管制保安部無線課 航空管制技術調査官 今村純

#### 第2回研究交流会 [平成16年9月3日（金）]

講演「THE NEXT GENERATION AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEM」及び意見交換を行った。

講演者：NASA Ames Research Center Heinz Erzberger

### 第3回研究交流会 [平成17年1月14日 (金)]

講演「携帯電話からみた航空通信」及び意見交換を行った。

講演者：千葉工業大学 電機電子情報工学科 教授 小園茂

### 第4回研究交流会 [平成17年2月25日 (金)]

講演「航空管制作業のWork Loadの評価に関する実験的研究」及び意見交換を行った。

講演者：労働科学研究所研究部 研究主幹 飯田裕康

### 第5回研究交流会 [平17年3月16日 (水)]

講演「RNAV整備計画」及び意見交換を行った。

講演者：国土交通省航空局保安企画課 国際調整官 今若善紀

## 5. 職員表彰

### 所 内

◎理事長表彰 (平成16年4月1日)

長岡 栄 (電子航法開発部)

三吉 襄 (航空システム部)

三垣 充彦 (管制システム部)

### 功 績

小瀬木 滋 (電子航法開発部)

航空管制評価研究グループ

◎理事長表彰 (平成17年1月1日)

### 特 別

小川 靖雄 (総務課)

長岡 栄 (電子航法開発部)

横山 尚志 (電子航法開発部)

朝倉 道弘 (電子航法開発部)

◎理事長感謝状 (平成17年3月31日)

### 退 職

横山 尚志 (電子航法開発部)

朝倉 道弘 (電子航法開発部)

### 所 外

◎米国電気電子学会 (IEEE) 航空電気システムソサエティ

日本支部 優秀論文賞受賞

坂井 丈泰

◎電子情報通信学会フェロー称号受賞

長岡 栄

# 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。

(役員任期)

**第九条** 役員任期は、二年とする。

### 第三章 業務等

(業務範囲)

**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。）であつて、研究所の成立の日の前日において国土交通大臣又はその委任を受けた者から児童手当法（昭和四十六年法律第七十三号）第七条第一項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。以下この条において同じ。）の規定による認定を受けているものが、研究所の成立の日において児童手当又は同法附則第六条第一項、第七条第一項若しくは第八条第一項の給付（以下この条において「特例給付等」という。）の支給要件に該当するときは、その者に対する児童手当又は特例

給付等の支給に関しては、研究所の成立の日において同法第七条第一項の規定による市町村長（特別区の区長を含む。）の認定があったものとみなす。この場合において、その認定があったものとみなされた児童手当又は特例給付等の支給は、同法第八条第二項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。）の規定にかかわらず、研究所の成立の日の前日の属する月の翌月から始める。

（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（昭和二十三年法律第二百五十七号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、当該職員団体が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法（昭和二十四年法律第七十四号）第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。

3 第一項の規定により労働組合となったものについては、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までは、労働組合法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

（権利義務の承継等）

**第五条** 研究所の成立の際、第十条に規定する業務に関し、現に国が有する権利及び義務のうち政令で定めるものは、研究所の成立の時において研究所が承継する。

2 前項の規定により研究所が国の有する権利及び義務を承継したときは、その承継の際、承継される権利に係る土地、建物その他の財産で政令で定めるものの価額の合計額に相当する金額は、政府から研究所に対し出資されたものとする。

3 前項の規定により政府から出資があったものとされる同項の財産の価額は、研究所の成立の日現在における時価を基準として評価委員が評価した価額とする。

4 前項の評価委員その他評価に関し必要な事項は、政令で定める。

（国有財産の無償使用）

**第六条** 国土交通大臣は、研究所の成立の際現に国土交通省に置かれる試験研究機関であ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。

（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(第十一条において「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。

(共通経費の経理)

**第十条** 研究所は、研究所法第十一条の規定により区分して経理する場合において、経理すべき事項が当該経理に係る勘定以外の勘定によって経理すべき事項と共通の事項であるため、当該勘定に係る部分を区分して経理することが困難なときは、当該事項については、国土交通大臣の承認を受けて定める基準に従って、各勘定に配分することにより経理するものとする。

(財務諸表)

**第十一条** 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)

**第十二条** 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)

**第十三条** 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)

**第十四条** 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)

**第十五条** 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)

**第十六条** 独立行政法人の組織、運営及び管理に係る共通的な事項に関する政令（以下「令」という。）第五条第二項に規定する添付書類は、次に掲げるものとする。

- 一 令第五条第一項の期間最後の事業年度（以下単に「期間最後の事業年度」という。）の事業年度末の貸借対照表
- 二 期間最後の事業年度の損益計算書
- 三 期間最後の事業年度の事業年度末の利益の処分に関する書類
- 四 承認を受けようとする金額の計算の基礎を明らかにした書類

**附 則**

この省令は、公布の日から施行する。

**附 則**（平成一六年三月三〇日国土交通省令第三〇号）

この省令は、公布の日から施行する。

# 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

(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

期末の常勤職員数を期初の94%とする。

(参考1) 中期目標期間の期初の職員数 64名

期末の職員数の見込み 60名

(参考2) 中期目標期間中の人件費総額見込み 3,221百万円

※注 中期計画における指標値は、特に断りのないものについては中期目標期間（5年間）の数値。

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、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。

[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、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。

[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、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。

[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

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（ $a$ ）+ 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（ $a$ ）+ 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（ $a$ ）（ $\beta$ ）：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（ $a$ ）（ $\beta$ ）  
期間中は $a$ 、 $\beta$ 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

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（ $a$ ）+ 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（ $a$ ）+ 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（ $a$ ）（ $\beta$ ）：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（ $a$ ）（ $\beta$ ）

期間中は $a$ 、 $\beta$ 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16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16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を推進する。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

平成15年度に試行を行った職員の業績評価制度について、試行結果の評価・見直しを行うとともに、評価結果の業務運営への反映についても検討し、平成16年度に新たな評価制度を導入する。

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、客員研究員制度や非常勤研究員制度等により外部の人材を活用し、限られた人員の中で効率的かつ効果的に研究開発を推進する。

ポテンシャルマップを活用し、今後の退職者増に対する職員採用・育成計画に反映させる。

#### (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、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。

エフォートの活用策について更なる検討を行い、業務運営の一層の効率化を図る。

#### (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及びネットワーク委員会を活用し、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 (平成12年度～16年度)
- ・航空管制用デジタル対空無線システムの研究 (平成12年度～16年度)

- ・統合化データリンクサービスの研究 (平成13年度～16年度)
- ②新しい航法システムに関する研究開発
  - ・高カテゴリー運用が可能な次世代着陸システムの研究 (平成13年度～16年度)
  - ・無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究 (平成16年度～19年度)
  - ・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 (平成16年度～19年度)
- 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 (平成12年度～16年度)
  - ・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 (平成13年度～17年度)
  - ・放送型データリンクによる航空機監視の研究 (平成13年度～17年度)
  - ・A-SMG Cシステムの研究 (平成16年度～20年度)
- 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 (平成14年度～17年度)
  - ・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 (平成14年度～16年度)
  - ・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 (平成14年度～17年度)
  - ・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 (平成16年度～19年度)
  - ・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 (平成16年度～20年度)

上述の重点研究課題の中でも、行政ニーズの重要度・緊急度の特に高い課題、国際的に高く貢献できる課題及び人的資源や予算の重点投入による投資効果の高い以下の7課題については、特別重点研究課題と位置づけ、人的結集と資金の集中投入を行う。

- ・航空管制用デジタル対空無線システムの研究
- ・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
- ・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
- ・A-SMGCシステムの研究
- ・航空路の安全性評価に関する研究
- ・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
- ・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
- ・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、研究者の自己評価を活用した事前、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、「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「放送型データリンクによる航空機監視の研究」に係る中間評価、前年度終了の「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」及び「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」に係る事後評価、平成17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し、研究所のポテンシャルの向上を図る。

- ・高性能な航空衛星通信システムに関する基礎研究 (平成15年度～17年度)
- ・航空無線通信におけるCDMA方式の要素技術の研究 (平成16年度～17年度)
- ・航空機衝突防止方式に関する研究 (平成14年度～16年度)
- ・GNSS高度計の研究 (平成14年度～16年度)
- ・ILS高カテゴリー化に関する研究 (平成14年度～16年度)
- ・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 (平成14年度～17年度)
- ・SSRモードSを用いた空港面航空機監視の研究 (平成16年度～17年度)

- ・航空交通流管理に対応した次世代飛行場管制卓の研究 (平成12年度～16年度)
  - ・航空管制シミュレーションの効率化に関する研究 (平成14年度～17年度)
  - ・新CNSに対応した管制方式に関する研究 (平成14年度～17年度)
  - ・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 (平成15年度～17年度)
  - ・航空管制業務におけるヒューマン・ファクタの評価分析手法の研究 (平成16年度～19年度)
- 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当たっては、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、科学研究費補助金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。

#### ①科学技術振興調整費による研究開発

- ・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 (平成14年度～16年度)

#### ②運輸分野における基礎的研究推進制度による研究開発

- ・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～16年度)

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。留学の成果については、研究評価委員会で評価するとともに、その有効活用の充実を図る。

また、若手研究者の国際会議、学会への積極的な参加を奨励するとともに、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支援するための研修等を実施する。

- ・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、質の高い研究成果を効果的・効率的に進めるため、さらに、研究所の限られた人的資源を補うためにも、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等による連携を積極的に推進し、研究所が取り組むべき部分への重点化を図る。

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。外部機関の内、国土交通省からの受託として以下に示す研究開発を実施する。

- ①高精度測位補正技術に関する研究
- ②高度船舶交通管制システムに関する研究
- ③陸・海・空の事故防止技術の開発
- ④電離層擾乱予測に係る基礎技術の研究

- ・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する。

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、国際交流を図るとともに、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。

・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、講演会、広報誌、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。

・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16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65名（うち育児休業者1名）とする。

表1. 予算 (総括)

平成16年度予算 (単位: 千円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	1,792,287
施設整備費補助金	0
受託収入	294,572
計	2,086,859
支出	
業務経費	935,183
うち研究経費	935,183
施設整備費	0
受託経費	294,572
一般管理費	48,408
人件費	808,696
計	2,086,859

[人件費の見積り]

期間中総額629百万円を支出する。

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16年度予算 (単位: 千円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	662,204
施設整備費補助金	0
受託収入	192,359
計	854,563
支出	
業務経費	157,598
うち研究経費	157,598
施設整備費	0
受託経費	192,359
一般管理費	41,045
人件費	463,561
計	854,563

[人件費の見積り]

期間中総額378百万円を支出する。

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16年度予算 (単位: 千円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	1,130,083
施設整備費補助金	0
受託収入	102,213
計	1,232,296
支出	
業務経費	777,585
うち研究経費	777,585
施設整備費	0
受託経費	102,213
一般管理費	7,363
人件費	345,135
計	1,232,296

[人件費の見積り]

期間中総額252百万円を支出する。

但し、上記の額は、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16年度収支計画 (単位: 千円)

区 分	金 額
費用の部	2,800,362
経常費用	2,800,362
研究業務費	1,495,855
受託業務費	294,572
一般管理費	256,097
減価償却費	752,731
財務費用	1,107
臨時損失	0
収益の部	2,800,362
運営費交付金収益	1,792,287
手数料収入	0
受託収入	294,572
資産見返運営費交付金戻入	282,864
資産見返物品受贈額戻入	430,639
臨時利益	0
その他の収入	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)

平成16年度収支計画 (単位: 千円)

区 分	金 額
費用の部	899,402
経常費用	899,402
研究業務費	454,584
受託業務費	192,359
一般管理費	190,018
減価償却費	61,959
財務費用	482
臨時損失	0
収益の部	899,402
運営費交付金収益	662,204
手数料収入	0
受託収入	192,359
資産見返運営費交付金戻入	18,714
資産見返物品受贈額戻入	26,125
臨時利益	0
その他の収入	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)

平成16年度収支計画 (単位: 千円)

区 分	金 額
費用の部	1,900,960
経常費用	1,900,960
研究業務費	1,041,271
受託業務費	102,213
一般管理費	66,079
減価償却費	690,772
財務費用	625
臨時損失	0
収益の部	1,900,960
運営費交付金収益	1,130,083
手数料収入	0
受託収入	102,213
資産見返運営費交付金戻入	264,150
資産見返物品受贈額戻入	404,514
臨時利益	0
その他の収入	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)

平成16年度資金計画 (単位: 千円)

区 分	金 額
資金支出	2,086,859
業務活動による支出	2,044,057
投資活動による支出	0
財務活動による支出	42,802
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	2,086,859
業務活動による収入	2,086,859
運営費交付金による収入	1,792,287
受託収入	294,572
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

注) 運営費交付金による固定資産の取得については、財源の区分に対応させて業務活動による支出としております。

表2. 資金計画 (一般勘定)

平成16年度資金計画 (単位: 千円)

区 分	金 額
資金支出	854,563
業務活動による支出	835,932
投資活動による支出	0
財務活動による支出	18,631
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	854,563
業務活動による収入	854,563
運営費交付金による収入	662,204
受託収入	192,359
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

注) 運営費交付金による固定資産の取得については、財源の区分に対応させて業務活動による支出としております。

表3. 資金計画 (空港整備勘定)

平成16年度資金計画 (単位: 千円)

区 分	金 額
資金支出	1,232,296
業務活動による支出	1,208,125
投資活動による支出	0
財務活動による支出	24,171
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	1,232,296
業務活動による収入	1,232,296
運営費交付金による収入	1,130,083
受託収入	102,213
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

注) 運営費交付金による固定資産の取得については、財源の区分に対応させて業務活動による支出としております。



## 7 財務諸表

平成16年度

# 財 務 諸 表

(添付書類)

平成16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17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		470,239,931
未収金		330,555,878
たな卸資産		3,508,998
前渡金		41,866
前払費用		12,733
未収収益		192
仮払金		328,720
立替金		24,625
流動資産合計		804,712,943
<b>II 固定資産</b>		
<b>1 有形固定資産</b>		
建物	1,153,515,094	
建物減価償却累計額	△ 236,959,990	916,555,104
構築物	132,139,615	
構築物減価償却累計額	△ 74,112,179	58,027,436
航空機	101,800,000	
航空機減価償却累計額	△ 73,296,000	28,504,000
車両運搬具	8,821,500	
車両運搬具減価償却累計額	△ 6,717,786	2,103,714
工具器具備品	4,257,757,402	
工具器具備品減価償却累計額	△ 3,054,889,478	1,202,867,924
土地		3,082,544,000
有形固定資産合計		5,290,602,178
<b>2 無形固定資産</b>		
電話加入権		559,000
無形固定資産合計		559,000
<b>3 投資その他の資産</b>		
長期前払費用		12,734
預託金		732,000
投資その他資産合計		744,734
固定資産合計		5,291,905,912
資産合計		6,096,618,855
<b>【負債の部】</b>		
<b>I 流動負債</b>		
運営費交付金債務		317,070,071
短期リース債務		339,959
未払金		419,994,773
未払消費税等		2,255,300
未払費用		1,485,737
預り金		3,588,371
流動負債合計		744,734,211
<b>II 固定負債</b>		
資産見返負債		
資産見返運営費交付金	937,196,736	
資産見返物品受贈額	219,315,814	
資産見返寄付金	877,800	1,157,390,350
固定負債合計		1,157,390,350
負債合計		1,902,124,561
<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		281,935,575
損益外減価償却累計額 (△)		△ 405,298,170
資本剰余金合計		△ 123,362,595
<b>III 利益剰余金</b>		
資本合計		4,194,494,294
負債・資本合計		6,096,618,855

【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 680,265,228円

損 益 計 算 書  
(平成16年4月1日～平成17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	460,060,461		
退職手当	57,738,720		
福利厚生費	48,208,555		
研究委託費	467,135,088		
消耗品費	236,884,936		
備品費	16,955,138		
通信費	10,788,424		
水道光熱費	17,154,192		
支払リース料	17,093,824		
保守修繕費	79,673,230		
旅費交通費	38,236,437		
支払手数料	16,609,949		
減価償却費	768,834,410		
その他の業務費	34,870,631	2,270,243,995	
<b>一般管理費</b>			
役員給与手当	51,977,973		
役員退職手当	19,259,600		
給与手当	108,961,920		
福利厚生費	17,606,819		
消耗品費	2,576,691		
備品費	985,425		
通信費	1,817,159		
水道光熱費	3,440,919		
支払リース料	481,005		
保守修繕費	9,765,652		
旅費交通費	2,335,337		
支払手数料	17,238,377		
減価償却費	3,739,201		
その他の一般管理費	3,664,245	243,850,323	
<b>財務費用</b>			
支払利息	1,636,103	1,636,103	
経常費用合計			2,515,730,421
<b>【経常収益】</b>			
運営費交付金収益		1,370,783,305	
固定資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	315,387,737		
資産見返物品受贈額戻入	460,168,205	775,555,942	
受託収入		424,569,925	
特許権等収入		1,131,111	
その他事業収入		593,454	
財務収益			
受取利息	6,207	6,207	
雑 益		3,594,082	
経常収益合計			2,576,234,026
<b>【臨時損失】</b>			
固定資産除却損		46,187,482	
臨時損失合計			46,187,482
<b>【当期純利益】</b>			
当期純利益			14,316,123
当期総利益			14,316,123

# キャッシュフロー計算書

(平成16年4月1日～平成17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	△ 183,388,912
人件費支出	△ 687,154,377
その他業務支出	△ 669,801,440
科研費等支出	△ 1,504,271
運営費交付金収入	1,792,287,000
受託収入	394,369,198
特許権等収入	1,131,111
その他業務収入	4,260,800
科研費等収入	2,900,015
小計	<u>653,099,124</u>
利息の受取額	6,637
利息の支払額	△ 1,867,178

業務活動によるキャッシュフロー 651,238,583

## 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	△ 328,760,339
----------------	---------------

投資活動によるキャッシュフロー △ 328,760,339

## 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	△ 47,096,449
--------------	--------------

財務活動によるキャッシュフロー △ 47,096,449

## IV 資金に係る換算差額

—

## V 資金増加額

275,381,795

## VI 資金期首残高

194,858,136

## VII 資金期末残高

470,239,931

【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	<u>470,239,931円</u>
現金及び預金勘定	<u>470,239,931円</u>

# 行政サービス実施コスト計算書

(平成16年4月1日～平成17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	2,270,243,995	
一般管理費	243,850,323	
財務費用	1,636,103	
固定資産除却損	46,187,482	2,561,917,903

### (2) (控除) 自己収入等

受託収入	△ 424,569,925	
特許権等収入	△ 1,131,111	
その他事業収入	△ 593,454	
財務収益	△ 6,207	
雑益	△ 3,594,082	△ 429,894,779
業務費用合計		2,132,023,124

## II 損益外減価償却等相当額

損益外減価償却相当額	86,033,984	
損益外固定資産除却相当額	718,270	86,752,254

## III 引当外退職給付増加見積額

△ 18,900,842

## IV 機会費用

国有財産の無償による貸借取引の機会費用	2,630,222	
政府出資等の機会費用	55,155,224	57,785,446

## V 行政サービス実施コスト

2,257,659,982

## 【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、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17年3月末利回りを参考に1.32%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	4,299,225	-	24,352,425	3,860,823	1,356,240	20,491,602	
	構築物	14,380,537	-	-	14,380,537	5,324,757	1,703,748	9,055,780	
	車両運搬具	8,821,500	-	-	8,821,500	6,717,786	1,268,519	2,103,714	
	工具器具備品	4,495,663,327	293,822,797	640,252,102	4,149,234,022	3,024,773,897	768,245,104	1,124,460,125	
	計	4,538,918,564	298,122,022	640,252,102	4,196,788,484	3,040,677,263	772,573,611	1,156,111,221	
有形固定資産（償却費損益外）	建物	1,129,357,161	-	194,492	1,129,162,669	233,099,167	47,022,099	896,063,502	
	構築物	118,911,772	-	1,152,694	117,759,078	68,787,422	10,920,665	48,971,656	
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	73,296,000	18,324,000	28,504,000	
	工具器具備品	108,523,380	-	-	108,523,380	30,115,581	9,767,220	78,407,799	
	計	1,458,592,313	-	1,347,186	1,457,245,127	405,298,170	86,033,984	1,051,946,957	
非償却資産	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	
	計	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	4,299,225	194,492	1,153,515,094	236,959,990	48,378,339	916,555,104	
	構築物	133,292,309	-	1,152,694	132,139,615	74,112,179	12,624,413	58,027,436	
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	73,296,000	18,324,000	28,504,000	
	車両運搬具	8,821,500	-	-	8,821,500	6,717,786	1,268,519	2,103,714	
	工具器具備品	4,604,186,707	293,822,797	640,252,102	4,257,757,402	3,054,889,478	778,012,324	1,202,867,924	
	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	
	計	9,080,054,877	298,122,022	641,599,288	8,736,577,611	3,445,975,433	858,607,595	5,290,602,178	
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	長期前払費用	25,467	-	12,733	12,734	-	-	12,734	
	預託金	732,000	-	-	732,000	-	-	732,000	
	計	757,467	-	12,733	744,734	-	-	744,734	

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	1,526,610	2,433,063	-	1,526,610	-	2,433,063	
未成受託研究支出金	0	1,075,935	-	0	-	1,075,935	
計	1,526,610	3,508,998	-	1,526,610	-	3,508,998	

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	△11,588,972	-	1,347,186	△12,936,158	注1)
	計	283,282,761	-	1,347,186	281,935,575	
	損益外減価償却累計額	319,893,102	86,033,984	628,916	405,298,170	注1)
	差引計	△36,610,341	△86,033,984	718,270	△123,362,595	

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
通則法44条1項積立金	27,099,924	15,848,980	-	42,948,904	注1)
研究開発及び研究基盤整備積立金	2,179,310	-	-	2,179,310	
計	29,279,234	15,848,980	-	45,128,214	

注1) 当期増加額は、前期未処分利益より積み立てられたものであります。

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	69,193,329	-	-	-	-	-	69,193,329
平成16年度	-	1,792,287,000	1,370,783,305	297,244,222	-	1,668,027,527	124,259,473
合 計	192,810,598	1,792,287,000	1,370,783,305	297,244,222	-	1,668,027,527	317,070,071

(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	(3,202)	(1)	(0)	(0)
	48,776	3	19,260	3
職 員	(18,134)	(9)	(0)	(0)
	550,889	64	57,738	2
合 計	(21,336)	(10)	(0)	(0)
	599,665	67	76,998	5



注1) 役員報酬基準の概要は、理事長991,000円、理事843,000円、監事783,000円、非常勤監事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	842,374,104	1,719,543,799	2,561,917,903	-	2,561,917,903
事業収益	845,433,432	1,730,800,594	2,576,234,026	-	2,576,234,026
事業損益	3,059,328	11,256,795	14,316,123	-	14,316,123
総資産	3,659,614,681	2,438,528,204	6,098,142,885	-	6,096,618,855

### 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17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	190,811,143	279,428,788		470,239,931
未収金	113,225,520	217,330,358		330,555,878
たな卸資産	2,400,063	1,108,935		3,508,998
前渡金	0	41,866		41,866
前払費用	12,733	0		12,733
未収消費税等	0	0		0
未収収益	72	120		192
仮払金	238,360	90,360		328,720
立替金	19,839	4,786		24,625
その他流動資産	1,524,030	0	△ 1,524,030	0
流動資産合計	308,231,760	498,005,213	△ 1,524,030	804,712,943
<b>II 固定資産</b>				
<b>1 有形固定資産</b>				
建物	770,476,724	383,038,370		1,153,515,094
建物減価償却累計額	△ 172,078,686	△ 64,881,304		△ 236,959,990
構築物	48,599,075	83,540,540		132,139,615
構築物減価償却累計額	△ 29,100,249	△ 45,011,930		△ 74,112,179
航空機	101,800,000			101,800,000
航空機減価償却累計額	△ 73,296,000			△ 73,296,000
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	△ 5,695,253	△ 1,022,533		△ 6,717,786
工具器具備品	375,197,075	3,882,560,327		4,257,757,402
工具器具備品減価償却累計額	△ 223,655,649	△ 2,831,233,829		△ 3,054,889,478
土地	2,550,767,000	531,777,000		3,082,544,000
有形固定資産合計	3,350,759,187	1,939,842,991		5,290,602,178
<b>2 無形固定資産</b>				
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
<b>3 投資その他の資産</b>				
長期前払費用	12,734	0		12,734
預託金	429,000	303,000		732,000
投資その他資産合計	441,734	303,000		744,734
固定資産合計	3,351,382,921	1,940,522,991		5,291,905,912
資産合計	3,659,614,681	2,438,528,204	△ 1,524,030	6,096,618,855
<b>【負債の部】</b>				
<b>I 流動負債</b>				
運営費交付金債務	180,431,516	136,638,555		317,070,071
短期リース債務	339,959	0		339,959
未払金	103,518,341	316,476,432		419,994,773
未払消費税等	924,275	1,331,025		2,255,300
未払費用	575,753	909,984		1,485,737
預り金	2,767,469	820,902		3,588,371
その他流動負債	0	1,524,030	1,524,030	0
流動負債合計	288,557,313	457,700,928	1,524,030	744,734,211
<b>II 固定負債</b>				
資産見返負債				
資産見返運営費交付金	73,353,566	863,843,170		937,196,736
資産見返物品受贈額	14,299,365	205,016,449		219,315,814
資産見返寄付金	877,800	0		877,800
固定負債合計	88,530,731	1,068,859,619		1,157,390,350
負債合計	377,088,044	1,526,560,547	1,524,030	1,902,124,561
<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	283,308,804	△ 1,373,229		281,935,575
損益外減価償却累計額 (△)	△ 302,744,800	△ 102,553,370		△ 405,298,170
資本剰余金合計	△ 19,435,996	△ 103,926,599		△ 123,362,595
<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	15,614,561	27,334,343		42,948,904
当期末処分利益	3,059,328	11,256,795		14,316,123
(うち当期総利益)	(3,059,328)	(11,256,795)		(14,316,123)
利益剰余金合計	19,140,052	40,304,285		59,444,337
資本合計	3,282,526,637	911,967,657		4,194,494,294
負債・資本合計	3,659,614,681	2,438,528,204		6,096,618,855

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)
一般勘定から空港整備勘定への共通経費の配賦	1,524,030	△ 1,524,030	1,524,030

## (2) 損益計算書 (平成16年4月1日～平成17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	260,844,535	199,215,926		460,060,461
退職手当	28,869,360	28,869,360		57,738,720
福利厚生費	27,172,514	21,036,041		48,208,555
研究委託費	108,622,870	358,512,218		467,135,088
消耗品費	57,264,728	179,620,208		236,884,936
備品費	4,532,680	12,422,458		16,955,138
通信費	3,831,308	6,957,116		10,788,424
水道光熱費	8,345,082	8,809,110		17,154,192
支払リース料	16,880,062	213,762		17,093,824
保守修繕費	47,797,245	31,875,985		79,673,230
旅費交通費	14,553,044	23,683,393		38,236,437
支払手数料	5,213,130	11,396,819		16,609,949
減価償却費	63,603,449	705,230,961		768,834,410
その他の業務費	16,541,048	18,329,583		34,870,631
<b>一般管理費</b>				
役員給与手当	51,977,973	53,243,947		105,221,920
役員退職手当	19,259,600			19,259,600
給与手当	55,717,973			55,717,973
福利厚生費	10,855,457	6,751,362		17,606,819
消耗品費	2,576,691	0		2,576,691
備品費	985,425	0		985,425
通信費	1,115,031	702,128		1,817,159
水道光熱費	2,031,185	1,409,734		3,440,919
支払リース料	481,005	0		481,005
保守修繕費	8,230,604	1,535,048		9,765,652
旅費交通費	1,741,505	593,832		2,335,337
支払手数料	14,987,988	2,250,389		17,238,377
減価償却費	3,499,513	239,688		3,739,201
その他の一般管理費	3,534,502	129,743		3,664,245
<b>財務費用</b>				
支払利息	1,010,890	625,213		1,636,103
経常費用合計	842,076,397	1,673,654,024		2,515,730,421
<b>【経常収益】</b>				
運営費交付金収益	595,809,300	774,974,005		1,370,783,305
固定資産見返負債戻入				
資産見返運営費交付金戻入	19,890,892	295,496,845		315,387,737
資産見返物品受贈額戻入	26,422,293	433,745,912		460,168,205
受託収入	202,173,354	222,396,571		424,569,925
特許権等収入	320,465	1,131,111		1,451,576
その他事業収入	0	272,989		272,989
財務収益				
受取利息	2,364	3,843		6,207
雑益	814,764	2,779,318		3,594,082
経常収益合計	845,433,432	1,730,800,594		2,576,234,026
<b>【臨時損失】</b>				
固定資産除却損	297,707	45,889,775		46,187,482
臨時損失合計	297,707	45,889,775		46,187,482
<b>【当期純利益】</b>	3,059,328	11,256,795		14,316,123
<b>【当期総利益】</b>	3,059,328	11,256,795		14,316,123

## (3) キャッシュフロー計算書 (平成16年4月1日～平成17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	△ 67,034,271	△ 116,354,641		△ 183,388,912
人件費支出	△ 407,714,201	△ 279,440,176		△ 687,154,377
その他業務支出	△ 250,095,642	△ 426,673,724	6,967,926	△ 669,801,440
科研費等支出	△ 1,504,271	0		△ 1,504,271
運営費交付金収入	662,204,000	1,130,083,000		1,792,287,000
受託収入	339,005,509	55,363,689		394,369,198
特許権等収入	0	1,131,111		1,131,111
その他業務収入	4,612,915	6,615,811	△ 6,967,926	4,260,800
科研費等収入	2,900,015	0		2,900,015
小 計	282,374,054	370,725,070		653,099,124
利息の受取額	2,409	4,228		6,637
利息の支払額	△ 1,011,330	△ 855,848		△ 1,867,178
業務活動によるキャッシュフロー	281,365,133	369,873,450		651,238,583
<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	△ 25,027,765	△ 303,732,574		△ 328,760,339
投資活動によるキャッシュフロー	△ 25,027,765	△ 303,732,574		△ 328,760,339
<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	△ 18,593,220	△ 28,503,229		△ 47,096,449
他勘定への支払額	△ 48,000,000	0	48,000,000	0
他勘定からの受取額	0	48,000,000	△ 48,000,000	0
財務活動によるキャッシュフロー	△ 66,593,220	19,496,771		△ 47,096,449
<b>IV 資金に係る換算差額</b>	0	0		0
<b>V 資金増加額</b>	189,744,148	85,637,647		275,381,795
<b>VI 資金期首残高</b>	1,066,995	193,791,141		194,858,136
<b>VII 資金期末残高</b>	190,811,143	279,428,788		470,239,931

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			
一般勘定から空整備勘定への電気代の配賦	△ 1,522,604	1,522,604	
一般勘定から空整備勘定への車両借上費の配賦	△ 1,426	1,426	
一般勘定から空整備勘定へ配賦された共通経費の精算	3,414,519	△ 3,414,519	
空整備勘定から一般勘定へ配賦された共通経費の精算	△ 1,420,670	1,420,670	
空整備勘定の未収消費税の精算	△ 608,707	608,707	
その他業務支出	△ 3,553,407	△ 3,414,519	6,967,926
その他業務収入	3,414,519	3,553,407	△ 6,967,926
<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の精算			
他勘定への支払額	△ 48,000,000	0	48,000,000
他勘定からの受取額	0	48,000,000	△ 48,000,000

## (4) 行政サービス実施コスト計算書 (平成16年4月1日～平成17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	664,071,055	1,606,172,940		2,270,243,995
一般管理費	176,994,452	66,855,871		243,850,323
財務費用	1,010,890	625,213		1,636,103
固定資産除却損	297,707	45,889,775		46,187,482
(2) (控除) 自己収入等				
受託収入	△ 202,173,354	△ 222,396,571		△ 424,569,925
特許権等収入		△ 1,131,111		△ 1,131,111
その他事業収入	△ 320,465	△ 272,989		△ 593,454
財務収益	△ 2,364	△ 3,843		△ 6,207
雑 益	△ 814,764	△ 2,779,318		△ 3,594,082
業務費用合計	639,063,157	1,492,959,967		2,132,023,124
<b>II 損益外減価償却等相当額</b>	67,027,783	19,724,471		86,752,254
損益外減価償却相当額	66,328,962	19,705,022		86,033,984
損益外固定資産除却相当額	698,821	19,449		718,270
<b>III 引当外退職給付増加見積額</b>	△ 40,564,048	21,663,206		△ 18,900,842
<b>IV 機会費用</b>	45,726,003	12,059,443		57,785,446
国有財産の無償による貸借取引の機会費用	2,206,917	423,305		2,630,222
政府出資等の機会費用	43,519,086	11,636,138		55,155,224
<b>V 行政サービス実施コスト</b>	711,252,895	1,546,407,087		2,257,659,982

## 利益の処分に関する書類

(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	3,059,328	11,256,795	14,316,123
<b>II 利益処分額</b>			
積立金	3,059,328	11,256,795	14,316,123

添 付 書 類

# 平成16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	備 考
			(B - A)	
運営費交付金	1,792,287,000	1,792,287,000	0	
施設整備費補助金	0	0	0	
受託収入	294,572,000	424,569,925	129,997,925	政府受託等が増加したため
その他の収入	0	5,324,854	5,324,854	損害保険料収入等があったため
計	2,086,859,000	2,222,181,779	135,322,779	

# 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	935,183,000	882,727,495	52,455,505	1000H点検をH17年度に繰越したため
施設整備費	0	0	0	
受託経費	294,572,000	416,120,495	△ 121,548,495	政府受託等が増加したため
一般管理費	48,408,000	47,460,512	947,488	
人件費	808,696,000	741,920,242	66,775,758	新陳代謝によるため
計	2,086,859,000	2,088,228,744	△ 1,369,744	