

# ま え が き

最初に電子航法研究所は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災及びこれに続く津波により、重要な実験施設であった岩沼分室がその機能を失い、また保有していた実験用航空機も喪失するに至りました。幸いにも政府による財政支援を受け、また関係する皆様からの励ましを背に復旧に努めて参りました。この結果、23 年度末までに分室機能をほぼ復旧するに至り、また実験用航空機も 24 年度末までには更新する目処を付けることが出来ました。これまでに寄せられた皆様からのご支援に心より御礼申し上げます。

当研究所は、電子航法（電子技術を利用した航法）に関する試験、調査、研究及び開発等を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的に設立されています。当研究所は平成 13 年 4 月 1 日に「独立行政法人」として改組され、17 年度まで第 1 期中期計画、18 年度から 22 年度まで第 2 期中期計画、23 年度からは第 3 期中期計画を開始し、独立行政法人としての設立の趣旨を踏まえ、自律的かつ効率的で透明性の高い業務運営を図りながら、より質の高い研究成果をあげることを目指しております。

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

この電子航法研究所年報は、第 3 期中期計画の初年度となる平成 23 年度に当研究所が行った業務について、その概要を収録したもので、研究所の運営に関する事項、各研究領域の研究業務、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、国の担う航空交通管理に係る業務を支援する中核的な研究機関としてその使命を果たすべく努力してまいります。皆様には、この年報を通じて、当研究所の活動についてご理解いただき、あわせて忌憚のないご意見をいただけますようお願い申し上げます。なお別に刊行している電子航法研究所報告及び電子航法研究所研究発表会講演概要にも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れば幸いです。

平成 24 年 12 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
	予算及び職員数の推移	5
2.	組 織	6
3.	役職員数	6
4.	所 在	7
5.	建 物	7
第2部	試験研究業務	
1.	航空交通管理領域	11
2.	通信・航法・監視領域	43
3.	機上等技術領域	91
4.	研究所報告	120
5.	受託研究	121
6.	共同研究	122
7.	研究発表	123
8.	知的財産権	137
第3部	現 況	
1.	東日本大震災による業務への影響及び対応状況について	147
2.	平成23年度に購入した主要機器	150
3.	主要施設及び機器	151
4.	刊 行 物	153
5.	行 事 等	153
6.	職員表彰	155
付 録		
1.	独立行政法人電子航法研究所法	159
2.	独立行政法人電子航法研究所に関する省令	168
3.	独立行政法人電子航法研究所 業務方法書	175
4.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期目標	177
5.	独立行政法人電子航法研究所 第3期中期計画	183
6.	独立行政法人電子航法研究所 平成23年度計画	191
7.	財務諸表	205

# 第 1 部 説 総



# 1 沿 革

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

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

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

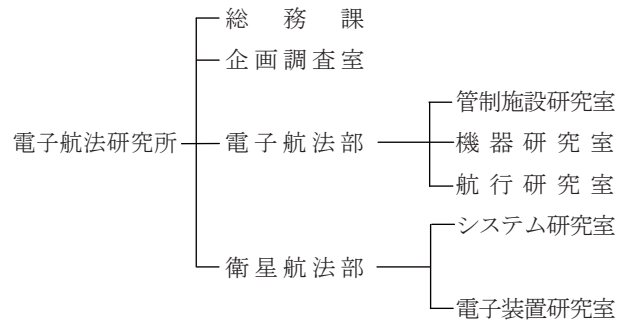
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室 (3名) が新設された。

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

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

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

当時の組織は下記のとおりであった。



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

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

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

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

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

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

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

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

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

53年度には、4名の増員が認められ、10月1日に電子航法

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

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

55年度には、海上保安庁より格納庫（建坪825㎡）の所管換を受けた。

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

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

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

58年度は、1名の増員が認められ、航空施設部に新着陸施設研究室を設置した。

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

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

61年度は、1名の増員が認められ、MLS 研究体制の強化を図った。

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

63年度は、管理庁舎兼衛星航法実験棟が竣工した。

平成元年度は、1名の増員が認められ、航空管制の研究体制の強化を図った。

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

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

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

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

また、仮想現実実験施設を整備した。

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

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

また、ATC シミュレーション実験棟が竣工した。

平成13年度は、中央省庁等改革推進本部決定及び関係諸法

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

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

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

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

平成16年度は、関東空域再編関連研究プロジェクトチームを設置した。

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

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

平成20年度は、企画課に企画第三係を新設した。

また、6号棟（旧管制システム部研究棟）の建替工事に着手した。

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

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

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

予算及び定員の推移

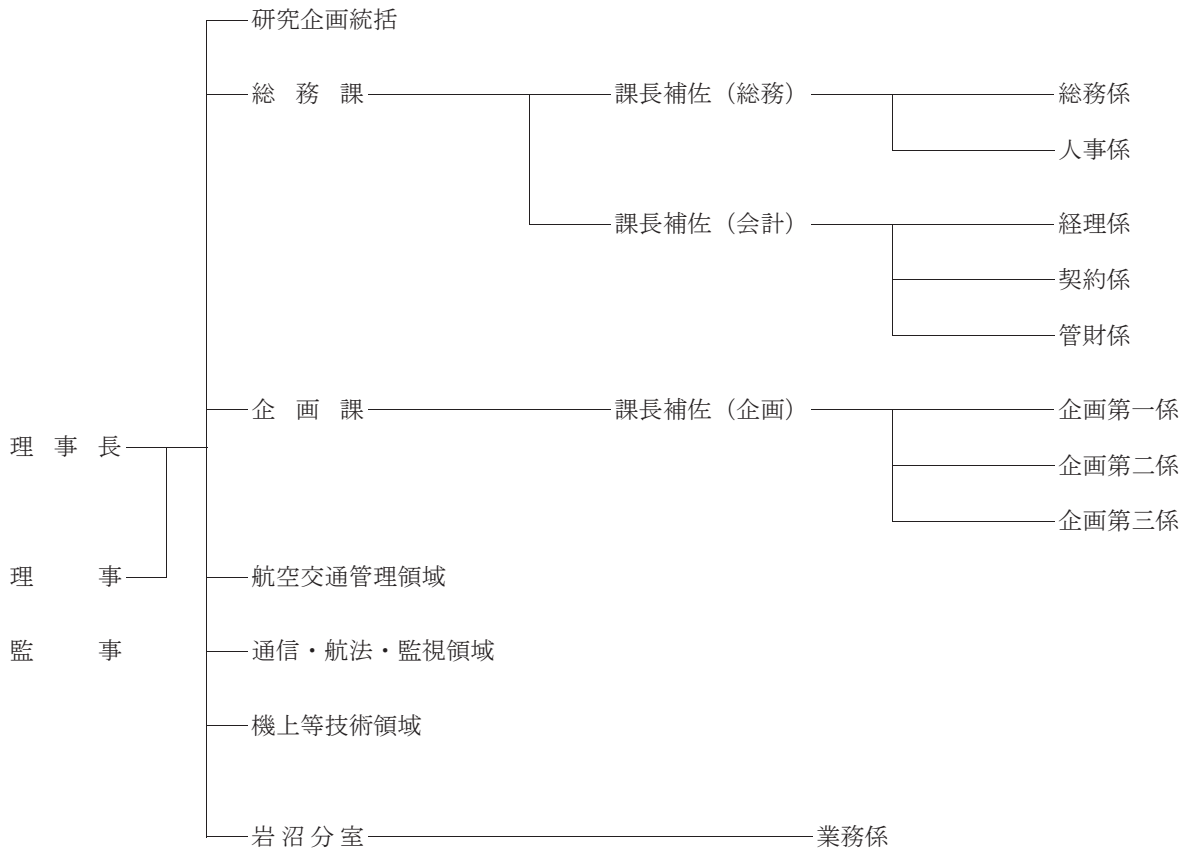
予算額（単位：千円）

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

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

注2：平成18年度以降は年度末現在の職員数を掲載

## 2 組織 (平成24年3月31日現在)



## 3 役職員数

	一般勘定
理事長	1
理事	1
監事	1
監事(非常勤)	1
研究企画統括	1
事務職	11
研究職	48
計	64

(平成24年3月31日現在)

## 4 所 在

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

## 5 建 物

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

(平成24年3月31日現在)



# 第 2 部 試験研究業務



# 1 航空交通管理領域

## I 年度当初の研究計画とそのねらい

平成23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. 洋上経路システムの高度化の研究
2. ターミナル空域の評価手法に関する研究
3. トラジェクトリモデルに関する研究
4. ATMパフォーマンス評価手法の研究
5. ターミナル空域の定量的リスク評価モデルに関する研究
6. 分散認知による管制業務の技術伝承に関する研究
7. 拡張現実技術を用いた管制業務支援技術に関する研究
8. 空港面トラジェクトリに関する研究
9. 気象情報の航空交通への活用に関する研究
10. トラジェクトリ運用下を見据えた空域の安全性に関する基礎的研究
11. 航空交通の同期化に関する研究
12. データ統合により得られる便益に関する基礎的研究
13. 確率的シミュレーションに関する研究
14. 予防安全支援のための創発型認知シミュレーションの開発とその適用手法に関する研究

1から4は重点研究、5から10は指定研究、11から13は基礎研究、14は競争的資金によるものである。

1は洋上管制において管制間隔の短縮が進められている中で、より経済的な通航を求めるユーザーニーズをふまえ、効率のよい飛行経路を設定する方法について研究するものである。

2は今後見込まれる大幅な航空交通量増加に備え、輻輳するターミナル空域を最適化するための総合的な評価手法及びターミナル空域設計用評価ツールを開発する研究である。

3は実飛行データ等の解析による航空機トラジェクトリ（軌道）の推定およびモデル化技術、並びにトラジェクトリを管理するためのデータ活用技術の開発を行う研究である。

4は指標及び運航データなどを使用した解析をベースにして、我が国の航空交通管理のパフォーマンスを適切に評価する方法の確立を目指す研究である。

5は複雑な通航を行なうターミナル空域での定量的リスク評価モデルを開発し、航空機同士の間隔・航空機と地上障害物の間隔が与えられたときの衝突リスクを評価する手法を研究する。

6は専門的な管制業務の技能やノウハウを分散認知のフレーム

ワークを応用して定式化し、知識表現モデルとして構造化を行って評価する手法を研究するものである。

7は飛行場管制業務を支援するための仕組みとして、拡張現実技術を使ったシステム環境を整備し、基本コンセプトと要素技術、またその業務環境に効率的にアクセスするためのユーザ・インタフェースの構築に係る要素技術について試作評価等を行うものである。

8は羽田空港における航空機の地上走行の分析およびこれに基づく空港面交通の渋滞緩和策の検討を行い、併せて将来の空港面交通におけるトラジェクトリ管理の実現を目指す研究である。

9は今後の航空交通管理に利用可能な気象予測情報とその活用方法について調査及び研究を行う。

10はトラジェクトリ運用への移行過程において必要となる新たな空域安全性評価手法を研究するものである。

11は航空交通流の効率向上を図るため運航中の航空機の手数調節についてシミュレーションするなど、航空交通同期の実施に向けての基礎的研究である。

12は気象情報・運航情報等の航空交通管制に用いられるデータの統合に基づく情報共有により得られる便益についての基礎研究である。

13は4次元トラジェクトリ管理や機上間隔維持支援システム（ASAS）などの将来の航空交通管理（ATM）手法が導入された場合、十分な安全性を確保しながら望ましい性能が発揮されるかを評価するため、確率的シミュレーション（ハードウェアの故障やヒューマンエラーを模擬する確率モデルを利用した数値シミュレーション）法を発展させるものである。

14は航空管制業務を対象例として、人間-機械系相互作用の逐次的分析が可能な創発型チーム認知シミュレーションの設計方法を構築し、予防安全研究分野における研究手段としての認知シミュレータの基本的有効性の検証を行う研究である。

## II 研究の実施状況

1の「洋上経路システムの高度化の研究」では、PACOTS東行き経路の制限緩和について提案を行った。また、RNP4適合機の割合の増加による便益について検討した。

2の「ターミナル空域の評価手法に関する研究」では、羽田空港到着機の滞留状況の調査のために空域毎の滞在時間の解析を行った。また、関東空域再編による運用方式変更に伴う空域特性の変化を検証するため、再編前後の空域評価指標値の算出を行った。

3の「トラジェクトリモデルに関する研究」では、トラジェクトリモデルの調整手法の開発、トラジェクトリモデル評価システ

ム(調整部)の製作およびトラジェクトリモデルの評価を行った。また、平成23年8月から我が国において試行運用が開始された飛行中の航空機を対象とした初期的な時間管理について、その導入効果を調査するため、初期的時間管理の対象となった航空機の飛行距離などを航空交通流管理センターと連携して分析した。この分析にあたっては、本研究で得られたノウハウを活用した。

4の「ATMパフォーマンスの研究」では、燃料消費量の推定手法を検討した結果、一部の航空機型式については、ある程度の精度で飛行全体の消費量の推定を行う見通しが得られた。

5の「ターミナル空域の定量的リスク評価モデルに関する研究」では、航空機間の衝突危険度モデルの高度化に取り組み、ICAOのSASP(管制間隔・空域安全パネル)作業部会全体会議で発表した。また、航空機と地上障害物との間隔設定に関してもICAOへの技術貢献に向けた検討を行った。さらに、航空局の要請を受け、PACOTS経路(主に本邦発北米行に使用される可変経路)を対象とした洋上縦間隔短縮について衝突危険度推定を実施した。

6の「分散認知による管制業務の技術伝承に関する研究」では、人や機械の間で行われるインタラクションに着目し、業務プロセスの分析と業務知識や技能の整理を一体で行えるようにできる分散認知支援ツールを構築した。

7の「拡張現実技術を用いた管制業務支援技術に関する研究」では、管制室での運用と同様の環境が再現できるよう、パノラマ映像のシステムを開発した。また、パノラマ映像中に表示される航空機に付加情報を表示するために、ターゲットトラッキングとマーカー表示を映像情報から実行できる仕組みを構築した。

8の「空港面トラジェクトリに関する研究」では、羽田空港の空港面監視データを用いた空港面交通流分析、空港面交通管理手法に関する検討および海外動向の調査を行った。

9の「気象情報の航空交通への活用に関する研究」では、気象予測情報の活用促進のため、気象情報と航空機の情報を併せて直感的に認識・分析できる航空気象可視化ツールの開発を行った。

10の「トラジェクトリ運用下を見据えた空域の安全性に関する基礎的研究」では、トラジェクトリ運用時の空域の安全性評価の基礎資料となる航空機の時間管理能力及び航空機高度のバラツキに関するデータを収集・解析した。

11の「航空交通の同期化に関する研究」では、飛行中の遅延と平均出発前遅延を軽減するための規則を導出し、その妥当性をシミュレーションで確認した。

12の「データ統合により得られる便益に関する基礎的研究」では、データ量の増大や取得容易性の向上による新たなアプリケーション

開発の可能性を探るため、データマイニング技術・機械学習技術に関する調査・簡単な例での技術評価を行った。

13の「確率的シミュレーションに関する研究」では、東京国際空港にASASを適用した場合を模擬し、複数の航空機が安全に、かつCDAに代表されるエネルギー効率のよい降下を実現するか評価するため、海外研究機関等との連携を強化し、シミュレーション評価等を実施した。

14の「予防安全支援のための創発型認知シミュレーションの開発とその適用手法に関する研究」では、認知シミュレータを改良し、このシミュレーションを航空管制官の業務に適用した場合の妥当性・有効性検証を行った。

本年度は、上記の14件の研究に加えて、以下に示す6件の受託業務を行った。これらは、上記の研究及びこれまでの研究等で蓄積した知見や技術を活用したものである。

- (1) 航跡データ変換作業
- (2) 洋上縦(時間)間隔衝突危険度推定手順策定に係る支援委託
- (3) 衝突危険度モデルに関する研修
- (4) 洋上距離縦間隔衝突危険度推定のためのADS予測誤差分布推定手順策定に係る支援作業
- (5) 航跡解析作業支援
- (6) 羽田空港進入方式に関するT-CAS\_RA分析調査支援

### III 研究の成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果の所見

当領域が実施している研究の成果は、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と深く関わっている。特に重点研究の成果は航空行政に直接に反映されるもので、社会的貢献に繋がっている。

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

また、日本航空宇宙学会では航空交通管理部門を通じて積極的に研究発表・啓蒙を行った。

(航空交通管理領域長 藤森武男)

## 洋上経路システムの高度化の研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○福島 幸子, 住谷 美登里, クラウス グウィグナー, 福田 豊, 岡田 一美

研究期間 平成 20 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

洋上管制において、航空機航法精度の向上や衛星データリンク通信の利用による管制間隔の短縮を進めている。航法性能要件 RNP4 適合機の増加に伴い、縦間隔 30NM、横間隔 30NM の適用事例の増加が予想される。このような環境下において、上層風の状況や各航空機の性能を勘案した、より経済的な運航を求めるユーザーニーズが高まってきている。現在、日本と北米間には固定経路である NOPAC (North PACific) 経路と毎日の気象予報に基づき設定される PACOTS (PACific Organized Track System) 経路が引かれている。

洋上空域における交通需要は増加しており、日米太平洋航空管制調整グループ会議 (IPACG ; Informal Pacific ATC Coordinating Group) においても、間隔短縮や経路設定条件の緩和、太平洋地域における利用者設定経路 (UPR ; User Preferred Route) の導入地域への拡大に向けた検討が行われている。UPR はユーザが飛行ごとに希望の経路を飛行する方式である。近年の燃料費の高騰や環境意識の高まりもあり、世界的に UPR 導入の要望が高まっている。しかし、交通量の多い空域での UPR の導入には、管制間隔の確保などの課題が検討されている。PACOTS の方が効率のよい場合もあり、PACOTS 生成の空域条件緩和も併せて求められている。

そのため、本研究では洋上空域におけるより効率的な経路システムについての検討を行っている。

### 2. 研究の概要

本研究は 4 年計画である。平成 23 年度の研究においては、以下を実施した。

- ・ 東行き PACOTS 制限緩和の提案
- ・ 北太平洋の東行き経路傾向の分類
- ・ RNP4 適合率の増加による効率性の変化

### 3. 研究成果

#### 3.1 東行き PACOTS 制限緩和の提案

北太平洋全体の効率性向上のために、PACOTS 経路の生成空域の制限緩和が検討されている。H22 年度に FAA (米国連邦航空局) から提案された 3 種類のモデルについて導入の影響を検討した。H23 年度はその中の 1 つの改良型を

提案した。

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

NOPAC 経路から南方向への分岐を可能とする制限緩和を提案した。そのため 5 本の NOPAC 経路のうち、南側 2 本については合流・交差の可能性も生ずる。

NOPAC 経路と重なっても途中で南下できることから、PACOTS トラックの開始点が北側に移動し、その結果、トラック 1 (成田発シアトル・バンクーバー行き)、トラック 2 (成田発サンフランシスコ行き) という北側のトラックがより北寄りに設定される場合があった。そのとき、トラック 1, 2 とも 1,000lbs 以上の燃料削減、5 分以上の飛行時間短縮が図られる場合があった (B747-400 の場合)。

一方、管制運用上の非効率性が懸念される。北側の経路 (アンカレッジ行きや北米中部行き) は交通量が多いが、合流を行わないことで効率的な管制運用が行われてきた。そこで、トラック 1 が A590 から分岐し、1 本南側の R591 と交差する経路が設定された場合は R591, G344 を飛行しないという管制シミュレーションを行った。具体的には、NOPAC 東行き経路と PACOTS 経路のうち最も燃料の少ない経路を飛行するシナリオを作成したが、NOPAC の選択肢として、A590, R591, G344 の 3 本 (現行通り) の場合と A590 のみの場合の管制シミュレーションを実施し、交通量と高度上昇を比較した。出発機の多い時間帯にこのような交差が起きる時には R591, G344 の飛行を制限した方が出発機の高度上昇は経済的であることも示された。しかし、トラック 1 が A590 から分岐して設定されるような場合はアンカレッジ行きや北米中部行きは R591 や G344 よりも A590 の方が消費燃料が少ないことが多く、R591 や G344 を飛行する航空機は少ないことも示された。

R591 や G344 は A590 よりも東行き交通量が少ないことから、提案した制限緩和に向けて国土交通省と FAA の検討が進んでいる。

#### 3.2 北太平洋の経路傾向の分類

3.1 の提案を実施した場合に、どの程度の日数の割合で

便益が期待できるかの予測として、年間の経路の傾向を分類した。

条件緩和の影響を受けるかどうかは、最適経路の位置、すなわち気象条件による。東行き PACOTS 経路最北のトラック 1 の位置(開始点のNOPAC 経路名もしくは地点名)で分類を行った。

平成 23 年度の東行き PACOTS 公示経路の分類結果を月ごとに図 1 に示す。凡例は上の方がより南側の地点であり、アルファベットと数値の組み合わせは NOAPC 経路を示す。なお、KALNA は NOPAC 最南経路である G344 上の地点であるが、KALNA を開始点としていても、G344 に一致するか、G344 に一致せず南側に設定されたかを分類し、“G344”もしくは“KALNA”とした。

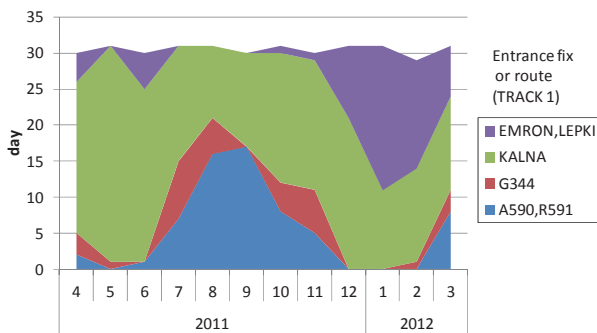


図 1 PACOTS トラック 1 の位置 (2011 年度)

夏は A590, R591 といった北側の経路が設定されることが多く、冬は EMRON, LEPKI といった南側の経路が設定されることが多い。

北側に経路が引かれる時に、3.1 の提案の便益を受ける。そこで、図 1 の分類と 3.1 で計算した PACOTS 経路の傾向とジェット気流の位置を元に 6 種類に分類し、効果の予測も併せて表 1 に示す。

表 1 提案ネットワークの効果

トラック 1 の ゲートウェイ	ジェット気流		季節	割合	効果
	位置	強さ			
A590 R591	北	微弱	夏 (春, 秋)	17%	○
	かなり南	強	冬	0%	○
G344	近く	弱	夏 (秋)	8%	○
KALNA	南	強	夏 (秋)	57%	両方
	かなり南	超強	秋 冬	1%	×
EMRON, LEPKI	南	強	冬 (春, 夏)	17%	×

ジェット気流の位置は G344 を基準として分類した。ジ

ェット気流の位置と強さでトラック 1 への影響が変わる。

そもそもトラック 1 が KALNA よりも南に設定される場合 (18%) は提案による変化はない。

トラック 1 のゲートウェイが NOPAC 経路と重なる 25% の場合は、提案によりトラック全体が北側に移動し、燃料削減などの便益が期待される。表中灰色の 57% の場合は、トラック 1 のゲートウェイが KALNA から開始する場合であり、効果は日によって異なった。PACOTS 経路は管制横間隔を確保した経路であり、最適経路に近いがトラックによっては最適経路と異なる場合がある。トラック 1 の (管制間隔を無視した) 最適経路が G344 よりも南側であるときは効果がなく、G344 を飛行し G344 の途中から分岐する経路が最適経路である場合は効果があると推測される。これらの違いと出現割合の解析は今後の課題である。

### 3.3 RNP4 適合率増加に伴う便益

現在、ほとんどの航空機が RNP10 適合機で、それらの管制縦間隔は 50NM である。一方、RNP4 適合機同士の管制縦間隔は更に短い 30NM であるが、RNP4 適合機の割合は 30% 程度である。FANS 1/A 機は RNP4 の基準を満たすことから FANS 1/A 機が RNP4 の承認を受けた場合の効率性の改善を検証した。また、RNP4 適合率がさらに増えた場合や、将来交通量が増加した場合についても併せて検討した。

RNP4 の適合率増加の効果を、高度変更機数 (前後機で管制間隔が確保できずに、どちらかの高度を変更した機数) の推移に着目し定義した。そして、各経路 30 分間の交通量の最大値ごとに効果のあった経路の率を図 2 に示す。

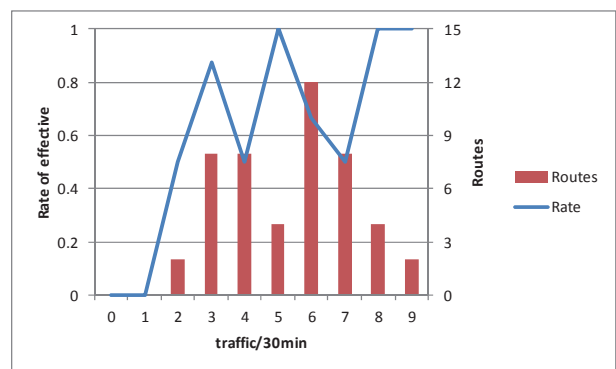


図 2 RNP4 の効果と交通量

これらの分析は 10 日分の混雑経路のついて行っており、Routes はその経路ののべ数を示す。Rate は効果のあった率を示しており、30 分間に 8 機以上の交通量のある経路では RNP4 の適合率が増加すると高度変更機数が減少することを示している。これは FANS 1/A 適合機が RNP4 の承認を受けると、経路全体で高度変更機数の減少が見込まれることも示す。また、30 分間の交通量の最大値が 4~6

機程度であってもその時間帯が出発機の多い時間帯であれば効果がみられた。特に RNP4 適合率が 60%程度まで改善されると、将来の 1.3 倍の交通量にも対応できること、早めに高度が上昇できることも示された。

#### 4. まとめ

PACOTS 設定条件について制限緩和案を提案した。そして、シミュレーションで PACOTS 経路を試算し現行条件での PACOTS 経路と比較した。その結果、夏場は現行の条件よりも消費燃料などに便益のある経路が設定されることを示した。また、提案した設定方法による PACOTS 経路は NOPAC 経路と交差する可能性があることを示すとともに管制運用上の問題も併せて検証した。

さらに RNP4 の適合率改善に伴う高度変更機数の減少と交通量との関係を解析した。そして、30 分間に 8 機以上の交通量があるときは、RNP4 の適合機の増加により効率的な高度上昇が期待できることを示した。

本研究は平成 23 年度で終了したが、今後は洋上経路のみでなく空港までの到着経路を含めた、効率的な経路設定の研究を開始する。また、西行き PACOTS の UPR 化については、ロシア空域も含めて検討する予定である。

#### 掲載文献

- (1) JCAB : “Study on the effect on 30 NM Separation on Eastbound PACOTS”, The 28<sup>th</sup> Meeting of the informal Pacific ATC coordinating Group (IPACG/28), IP/14, May 2008
- (2) 福田 : “東京ーシドニー間の可変経路の検討”, 航空管制 2008 No.4, pp.52-56, 2008 年 7 月
- (3) 国土交通省報道発表資料 : “洋上空域における管制業務の高度化について(管制間隔の短縮及び UPR 方式の試行運用) ~洋上空域における運航効率の向上~”, [http://www.mlit.go.jp/report/press/cab13\\_hh\\_000004.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/cab13_hh_000004.html) , 2008 年 8 月
- (4) 福島, 福田 : “太平洋上での管制縦間隔短縮による効果”, 電子情報通信学会 2009 総合大会講演論文集, p284, 2009 年 3 月
- (5) JCAB : “Simulation analysis of UPRs of TRACK 1”, IP13, IPACG30, May 2009
- (6) JCAB : “Simulation analysis of UPRs of TRACK 1 with restrictions”, IP15, IPACG/31, Oct. 2009
- (7) 福島, 福田, 住谷 : “北太平洋上の東行き最適経路の傾向について”, 平成 21 年度電子航法研究所研究発表会, pp.25-30, 2009 年 6 月

- (8) S.Fukushima, Y.Fukuda, M.Sumiya, : “Analysis of UPR efficiency with restriction”, APISAT2009, pp.179-182, Oct. 2009
- (9) 住谷, 福島, 福田 : “東行き PACOTS 経路とゲートの関係”, 電子情報通信学会 2010 総合大会講演論文集, p247, 2010 年 3 月
- (10) 福島, 船井, 住谷, 福田 : “太平洋上の東行き PACOTS と UPR の比較”, 日本航空宇宙学会第 41 期年会講演会, 2010 年 4 月
- (11) 福島 : “太平洋上での DARP について”, 航空管制 2010 No.3, pp.76-81, 2010 年 5 月.
- (12) 福島 : “太平洋上の UPR (利用者設定経路) の導入動向と展望”, 航空無線 No.64, 2010 年 6 月.
- (13) 住谷, 福島, 福田 : “太平洋上可変経路のゲートウェイについて”, 平成 22 年度 (第 10 回) 電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.67-70, 2010 年 6 月
- (14) 住谷, 福島, 福田 : “太平洋上可変経路のシミュレーション検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2010-53, pp.1-6, 2010 年 7 月
- (15) JCAB : “Simulation results of UPR of TRACK2, 3, 14 and 15 ”, IP18, IPACG33, Oct. 2010
- (16) 福島, 住谷, 福田 : “洋上交通流に対する巡航速度による制限について”, 第 48 回飛行機シンポジウム, 2010 年 12 月
- (17) 福島 : “洋上飛行経路による CO<sub>2</sub> 削減について”, 平成 22 年度航空機等関連動向解説事項, 2011 年 3 月
- (18) 福島, 住谷, 福田 : “北太平洋の経路システムに関する検討”, 平成 23 年電子航法研究所研究発表会, 2011 年 6 月
- (19) ENRI : “Simulation Result of UPR for NOPAC Route”, IP17, IPACG/34, May 2011
- (20) 住谷, 福島, 福田 : “洋上の最適経路と PACOTS との比較”, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2011-47, pp.13-18, 2011 年 7 月
- (21) ENRI : “RNP4 Benefit on PACOTS Route”, IP21, IPACG/35, Nov. 2011
- (22) ENRI : “PACOTS for NOPAC Routes”, IPACG/36, IP19, May 2012
- (23) 福島, 岡田, 住谷, 福田 : “洋上経路における RNP4 の導入効果について”, 平成 24 年電子航法研究所研究発表会, 2012 年 6 月

## ターミナル空域の評価手法に関する研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域  
担当者 ○岡 恵, 福田 豊, 蔭山康太, 宮津義廣  
研究期間 平成 20 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

羽田空港再拡張等に伴い、空港周辺空域では航空交通量の増大による高密度化、複雑化が予想される。また、航空交通システムは容量増大のみならず運航効率向上など社会及び航空関係者の多様な期待に応えることが求められている。

航空交通システムの運用の根幹である空域・経路・管制方式等の検討及び設定は、極めて専門的な運用知識や経験則等に基づいて進められており、その過程においてデータに基づく客観的評価や関係者による具体的な(あるいは数値的な)改善目標の共有を一層図ることが有効である。特に大都市圏周辺の空域は空港整備に伴う交通の集中・輻輳が予想され、その最適化に向けた評価手法の充実が望まれることから、高密度化、複雑化が予想される空港周辺空域の運用改善に資する客観的評価手法に関する本研究を行った。

### 2. 研究の概要

本研究では航空機の上昇及び降下飛行が輻輳する空域を最適化するための総合的な評価手法及び当該空域の設計用評価ツールを開発する。

平成 23 年度は、羽田空港到着機の滞留状況の調査のために空域毎の滞在時間の解析を行った。また、関東空域再編による運用方式変更に伴う空域特性の変化を検証するため、再編前後の空域評価指標値の算出を行った。更に、管制官参加によるリアルタイムシミュレーションの結果の解析を行い、時間管理運用を想定した際の入域時刻調整量について検討を行った。空域設計評価ツールは、航跡解析モジュールを機能向上させた。

### 3. 研究成果

#### 3.1 羽田空港到着機の空域滞在時間の解析

関東空域再編後の羽田空港到着機を対象に、T09(関東南 A セクター)、T14(湘南セクター)、東京進入管制区(羽田空港ターミナル空域)の空域滞在時間を計測した。使用したデータは平成 22 年 12 月、平成 23 年 2/5/7/9 月の各月一週間分の RDP (Radar Data Processing) システムデータである。計測の結果、T09、T14 の平均滞在時間は約 8～

10 分であった。羽田空域の平均滞在時間は、北風運用時と南風運用時で大きく異なっており、北風運用時は概ね 12 分であった。南風運用時は平成 22 年 12 月では約 19 分であったのが徐々に減少し平成 23 年 9 月では約 15 分となった。この成果は、滞留状況を示した航跡図と共に ENRI/ATMC 技術意見交換会にて航空交通管理センターに提供し、現在試行運用されている SCAS (Specifying CFDT (Calculated Fix Departure Time) for Arrival Spacing Program) のパラメータ確認に活用された。

#### 3.2 関東空域再編前後の空域評価指標値の算出

平成 22 年 10 月に行われた関東空域再編(一次再編)において、羽田・成田空港の出発・到着経路や東京進入管制区の形状の変更、航空路管制における三つの中間空域の新設等が行われた。この空域や経路の変更、またそれに伴う管制運用の変更による空域特性の変化を検証するために評価指標値の算出を行った。

使用したデータは平成 21 年 12 月、平成 22 年 2/4/6/8/10/12 月、平成 23 年 2/5/7/9/11 月の各月一週間分、延べ 84 日分のレーダデータである。レーダデータは RDP システムデータと羽田 ARTS (Automated Radar Terminal System) データを接続して使用した。算出対象は、羽田空港到着機で、昼間時間帯とされる午前 6 時から午後 11 時までの間に着陸したものとした。

評価値の算出に先立ち交通状況の調査を行った。羽田空港の一日当たりの着陸機数は、平成 21 年 12 月、7 月に増加しており、再編前と比べると一日当たり 40～60 便程度増加した。また、羽田空港の時間帯別の着陸機数は、ピーク時では再編前後の変化が少なく、ピーク時以外では再編後に増加していた。

評価指標値の算出では、まず空域設定値からの算出を行った。羽田空港には、風向きや使用滑走路毎に複数の進入方式が設定されており、STAR (Standard Instrument Arrival: 標準計器到着方式) を介して航空路と接続されている。そのため、進入方式毎に T09、T14、羽田空域内の標準経路の飛行経路長を算出した。次に、T14 と羽田空域間に設定されている管制移管高度や、STAR・進入経路に設定されている高度制限について、理想的な降下プロフ

ファイルとの相違を調べた。理想的な降下プロファイルは3度の降下パスを仮定し、標準経路上を連続降下を行い飛行した場合の高度と、経路に設定された高度条件との比較を行った。

更に、レーダ誘導による時間調整を想定した際の空域再編前後での空域の許容量の変化を調べる一つの指標として、空域の許容滞留時間を算出した。算出方法は、レーダデータから得られた実際の航跡を基にして、空域内で飛行し得る最も距離の短い経路と最も距離の長い経路をモデル化し、その距離の差を当該空域を飛行する航空機の標準的な対地速度で割ることで求めた。

次に、レーダデータから各種評価指標値を算出した。空港毎の評価指標値では、時間帯毎の出発機数、到着機数の分布を算出した。到着フェーズ全体における滞留状況を調べるため、羽田空港を中心とした170NM円内における飛行時間、飛行距離、平均速度の分布を算出した。また、空域毎の評価値の算出では、T09、T14、羽田空域を対象として時間帯毎の空域滞在機数の分布、飛行時間、飛行距離、平均速度を算出した。各空域の入出域点および最終進入点では、通過機数の時間帯別分布、通過高度、通過速度、通過時の前後機間の間隔を算出した。更に、空域を逸脱した航空機数や待機経路を飛行した航空機数、前後機間間隔が欠如した航空機数を算出した。また、降下開始後の水平飛行の回数や距離、平均降下角を算出した。

### 3.3 入域時刻調整量による航空交通流の変化の検証

空域評価の結果に基づき、効率性の向上のため空域内での滞留の抑制を検討する場合、主には入域する航空機の間隔を大きくとる、つまり、より早い段階で速度や経路の調整を行う事が考えられる。その際、入域元が一つの空域であれば管制移管間隔を大きくすればよいが、複数の空域から入域し合流する場合、単に管制移管間隔を調整してもそれぞれの整合が取れていなければ、大きな滞留が発生する可能性がある。そのような場合には、SCASのような、広域的に整合性が取られた時間管理を行う事が有効である。

そこで、時間管理運用における入域時刻調整量の検討として以下の3つの状況を想定した管制官参加のシミュレーションを行い、結果の解析を行った。

(A)時間調整を行わない

(B)対象空域内で処理可能な滞留時間以下になるように入域前に時間調整を行う

(C)対象空域内でほとんど滞留が発生しないように入域前に時間調整を行う

シミュレーション結果から、空域内の飛行時間、飛行距離において時間管理の効果が確認された。対象とした空域には入域点を3か所設けたが、主に1点から入域する交通流よりも、3点から同程度の機数が入域する交通流において特に時間管理の効果が大きかった。最も飛行時間、飛行距離が短かったのは、Cであった。出域間隔のばらつきが少なかったのは、B、Cであった。ただしCでは空いた間隔を縮められない事があった。

### 3.4 空域設計評価ツールの機能向上

空域、経路などを設計・評価するための空域設計評価ツールの航跡解析モジュールを機能向上した(図1)。空域設計評価ツールは航空機の航跡データおよび仮想的な経路データ等から生成したトラジェクトリから、空域評価に関する解析値(滞留時間等)を算出する。本年度は、航跡データや生成したトラジェクトリに基づいて解析値を算出する航跡解析モジュールを機能向上した。

評価ツールで水平飛行を検出する際には、実測値であるレーダデータには誤差が含まれているため、解析パラメータに時間と高度を指定することで、指定時間内に指定高度以上の高度変化が一度もない場合に水平飛行と認識する。各航空機の航跡および水平飛行のデータから、垂直面での航跡をグラフで作成し、降下開始点の検出、降下中の水平飛行の回数および距離、降下開始後の平均降下角を算出するよう航跡解析モジュールを機能向上した。また、滞留時間の算出では、先行機の通過時刻と必要となる管制間隔から計画時刻を算出し滞留時間の予測を行う。更に、実際の飛行時間から滞留時間の実績値を算出する。これまでは、それらの基準となる標準飛行時間は入域点から最も短い距離で飛行したと仮定して算出したが、機能向上により経路が設定されている場合には、それに基づいたトラジェクトリを作成し、標準飛行時間を算出する機能を追加した。

表示機能の向上では、航跡データの表示に合わせたイベントデータ(巡航開始、降下開始、空域通過等)の表示を行うよう機能向上を行った。更に、イベントデータの算出方法の改良により航跡解析を高速化した。

## 4. まとめ

平成23年度は、関東空域再編後の羽田空港到着機の到着フェーズにおける滞留状況の調査のために、T09、T14、羽田空域の滞在時間の解析を行った。また、空域再編による運用方式変更に伴う空域特性の変化を検証するため、空域や経路の設定およびレーダデータから空域評価指標値



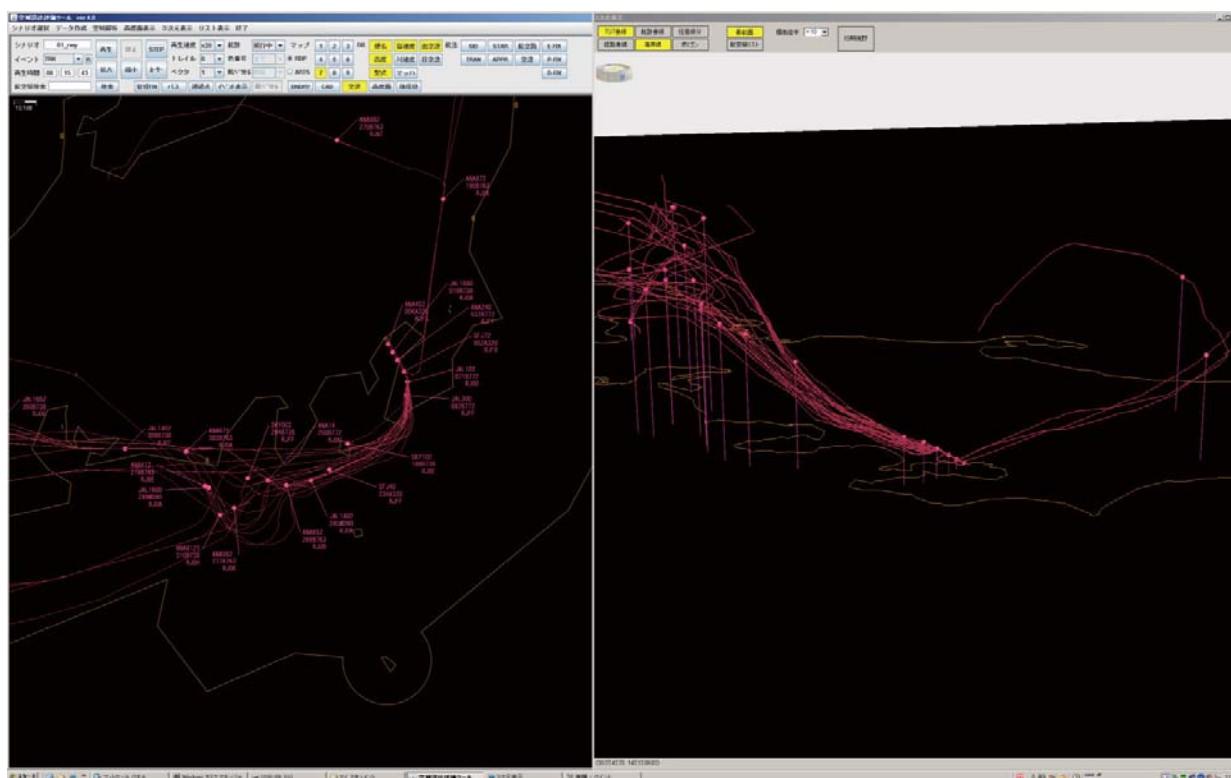


図1. 空域設計ツールの表示例

の算出を行った。更に、空域設計評価ツールの開発では、航跡解析モジュールの機能向上を行った。

本研究では、主に到着機に焦点を当て、空域評価に関連する解析値の算出を行った。空港周辺空域は出発経路や到着経路が輻輳しており、全体の効率性の向上には個々の経路の最適化のみならず経路間の関係についても考慮する必要がある。

このため、平成24年度からの指定研究「出発到着フェーズにおける運航効率に関する研究」において、空域評価指標の経路間の比較および空域全体の効率性の向上のための改善案の検討を行う予定である。

#### 掲載文献

- (1) 岡，蔭山，福田，山本，“航空交通量と空域設計要件との関係についてーその2ー”，平成20年度電子航法研究所研究発表会講演概要，p.41-46，2008年6月
- (2) 木村，福田，蔭山，“ターミナル空域評価手法におけるふたつのアプローチ”，平成22年度電子航法研究所研究発表会講演概要，p.77-80，2010年6月
- (3) 福田，岡，“羽田空港到着機の空域滞在時間について”，ENRI/ATMC 技術意見交換会，2011年11月
- (4) 岡，福田，“到着機の滞留時間算出方法について”，日本航空宇宙学会第43期年会講演会，2012年4月
- (5) 岡，福田，蔭山，宮津，“時間管理運用における入域時間の調整幅について”，平成24年度電子航法研究所研究発表会講演概要，2012年6月

## トラジェクトリモデルに関する研究【重点研究】

担当領域	航空交通管理領域
担当者	○福田 豊, 瀬之口 敦, 白川 昌之, 伊藤 恵理, クラウス グウィグナー, 井上 諭, マーク ブラウン, 李 金珍, 長岡 栄, 上島 一彦, 海津 成男
研究期間	平成 21 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

今後の航空交通管理においては、航空機のトラジェクトリ（軌道）計画を事前調整し、精密なトラジェクトリ予測に支援される管制運用コンセプトが有効と考えられている。本研究では、実飛行データ等の解析によるトラジェクトリの予測およびモデル化技術を開発する<sup>(1)~(5)</sup>。また、トラジェクトリを管理するためのデータ活用技術を開発する。

### 2. 研究の概要

本研究は 4 ヶ年計画であり、平成 23 年度は第 3 年次である。平成 23 年度の研究の目的は、航空機のトラジェクトリを調整するトラジェクトリ予測モデル（調整部）を開発し、評価することである。

平成 23 年度は、主に下記のことを行った。

- ・トラジェクトリモデルの調整手法の開発
- ・トラジェクトリモデル評価システム（調整部）の製作
- ・トラジェクトリモデルの評価

### 3. 研究成果

#### 3.1 トラジェクトリモデルの調整手法の開発

航空機の飛行性能データ、航空会社の運航データ、航法データベース、気象予報データ等に基づいて生成した航空機の飛行位置と時間（4 次元軌道、トラジェクトリ）をコンフリクトの解決や時間管理のために修正するトラジェ

クトリ調整手法を開発した。昨年度に開発したトラジェクトリ生成機能が生成する飛行計画に基づいたトラジェクトリは、他の航空機との最低安全間隔の確保や目的空港の交通集中による到着時刻の変更などの時間管理のために、経路、高度、速度、飛行経路上の特定地点の通過時刻などを変更するトラジェクトリの修正が必要となる。そこで、初めに、トラジェクトリの記述に必要なデータを検討し、運航者が提出した飛行計画に基づくトラジェクトリの記述、および、トラジェクトリ修正のための飛行計画における特定の地点・区間上の制約条件を記述する書式を定義した。次に、その記述に従ってトラジェクトリを再計算するアルゴリズムを開発した。特定地点の通過時刻指定では、その通過時刻を満足するための速度を算出し、それに従いトラジェクトリを生成する。

トラジェクトリの修正の段階には、離陸前の出発前制御、離陸後の飛行中制御がある。出発前制御を確率モデルにより検討し、出発時刻の制御誤差を考慮した時間管理の順位付手法や飛行中制御の発生頻度などを求めた<sup>(6)</sup>。また、飛行中制御に関しては、到着機の空港周辺での交通集中による滞留を、巡航中の区間の速度調整で解決する時間管理の手法について、運航効率の向上を定量的に推定した<sup>(7),(8)</sup>。時間管理による消費燃料の削減について、航空機のトラジェクトリモデルによるシミュレーションおよび B737 フライトシミュレータによる検証を実施した。その結果、速度調整による時間調整の調整範囲および燃料節約量の定量的な評価ができた。

トラジェクトリ管理では、航空機が計画したトラジェクトリから逸脱したことを検出し、それに基づいてトラジェクトリを修正することが必要となる。経路逸脱を検出する手法の開発に取り組み、ベイズ推定を利用することにより、既存の経路幅のしきい値を利用する検出手法より早期に検出ができ、応用範囲が広い手法の開発の成果を得た<sup>(9)</sup>。

#### 3.2 トラジェクトリモデル評価システム（調整部）の製作

トラジェクトリモデル評価システムは、航空機のトラジ

ェクトリを生成する手法をアルゴリズム化し、計算機システムとして構築し、機能等を評価するものである。今年度は、前年度に製作したトラジェクトリ生成機能に加え、トラジェクトリを修正する調整機能を追加した。時間管理のための飛行経路上の特定地点の通過時刻の割当、コンフリクト解決のための経路や高度の変更指示などのトラジェクトリを修正する機能を製作した。

トラジェクトリを記述するXML形式のデータフォーマットを設計し、画面上から飛行経路、速度、特定地点の通過時刻などの制約条件を入力することにより、そのXMLデータファイルとして出力すると共に、その条件を満足するトラジェクトリを生成する。ここで、降下区間における降下開始点の算出方法を変更し、到着交通流の時間管理に対応できるようにした。トラジェクトリの生成では、飛行計画データ、航法データベース、航空機の飛行性能データ、運航モデル、気象予報データなどを使用する。トラジェクトリの運動計算では、航空機を質点としたエネルギー保存モデルを使用する。図1にトラジェクトリモデル評価システムの表示例を示す。トラジェクトリ編集パネルにより、特定地点の制約条件を入力すると、それに従ったトラジェクトリを生成し、表示する。右側の画面は通過時刻制限設定の入力画面である。

### 3.3 トラジェクトリモデルの評価

航空機で測定された機上データ、航空管制用レーダデータを使用して、生成したトラジェクトリを評価した。トラジェクトリ予測精度向上のために、航空機モデルの標準速度の代わりに飛行計画の真対気速度を予測モデルに反映する手法を開発し、シミュレーションにより予測精度を向上できることを確認した。

我が国における初期的な時間管理として、飛行中の航空機を対象とした交通流管理方式 SCAS (Specifying Calculated Fix Departure Time for Arrival Spacing Program) の試行運用が 2011 年 8 月から航空交通流管理センター (ATMC) で開始された。SCAS の導入効果を調査するため、SCAS 対象となった航空機の飛行距離などを ATMC と連携して分析した。

## 4. 考察等

トラジェクトリモデル評価ツールの調整部の製作により、制約条件を設定したトラジェクトリを生成でき、トラジェクトリ管理の航空交通シミュレーションが可能となった。開発したトラジェクトリモデルで生成したトラジェ

クトリと実航跡との誤差解析により、巡航区間では飛行計画の真対気速度を利用することにより、時刻予測精度を向上できた。トラジェクトリ管理の運用手法については、運航効率性や容量などに関して国際学会や文献の調査を進めた<sup>(10)-(15)</sup>。

今後は、開発したトラジェクトリモデル評価システムを機能向上し、予測精度の向上を目指す。また、到着機を対象とした交通シナリオによるシミュレーションの実施により、トラジェクトリ管理運用手法の実現性や燃料削減効果などを評価する。

### 掲載文献

- (1) 白川, 福田, 瀬之口, ブラウン: “航空機の軌道生成についての一考察”, 日本航空宇宙学会第 49 回飛行機シンポジウム講演集, pp. 357-362, 2011 年 10 月
- (2) 瀬之口, 福田, ブラウン, 白川: “到着交通流の時間管理に関する一考察”, 日本航空宇宙学会第 49 回飛行機シンポジウム講演集, pp. 377-381, 2011 年 10 月
- (3) ブラウン, 瀬之口, 白川, 福田: “軌道ベース運用の研究開発”, 日本航空宇宙学会第 49 回飛行機シンポジウム講演集, pp. 1081-1088, 2011 年 10 月
- (4) 福田: “環境に配慮した運航技術”, 日本航空宇宙学会第 49 回飛行機シンポジウム講演集, pp. 197-202, 2011 年 10 月
- (5) 福田, 白川, 瀬之口, 稲波, 武市: “継続降下運用 (CDO) について”, 日本航空宇宙学会 第 42 期年会講演会, pp. 118-121, 平成 23 年 4 月
- (6) 長岡, グウィグナー, 福田: “航空路 FIX への推定到着時刻に基づく出発制御時刻の確率的決定法”, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2011-142, 2012 年 1 月
- (7) 福田, 白川, 瀬之口: “飛行速度調整による時間管理の検討”, 第 11 回電子航法研究所研究発表会, 2011 年 6 月
- (8) 福田, 白川, 瀬之口: “航空交通の時間管理による CO2 削減”, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン No.18, pp. 15-21, 2011 年
- (9) K. Lee, Y. Fukuda: “A Bayesian Approach for Conformance Monitoring”, 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference, AIAA2011-6857, Sept. 2011
- (10) 長岡: “第 9 回米国/欧州 ATM 研究開発セミナー (ATM2011)”, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 59, No. 694,

pp. 36-37, 2012年11月

- (11) 長岡：“国際学会にみる航空交通管理（ATM）研究の動向”，日本航空宇宙学会第49回飛行機シンポジウム講演集，2011年10月
- (12) 長岡：“航空交通システムの安全性，信頼性そして安心”，安全工学シンポジウム講演予稿集，pp. 176-177, 2011年7月
- (13) 長岡：“航空交通における複雑さ（Complexity）研究について”，日本航海学会 AUNAR 研究会，東京海洋大学，2011年9月
- (14) 長岡：“航空交通管理（ATM）について”，電波航法研究会誌「電波航法」，No. 53, pp. 8-18, 2012年3月
- (15) 長岡：“最近の航空航法と航空交通管理の動向”，日本航海学会誌「NAVIGATION」，No. 179, pp. 2-11, 2012年4月

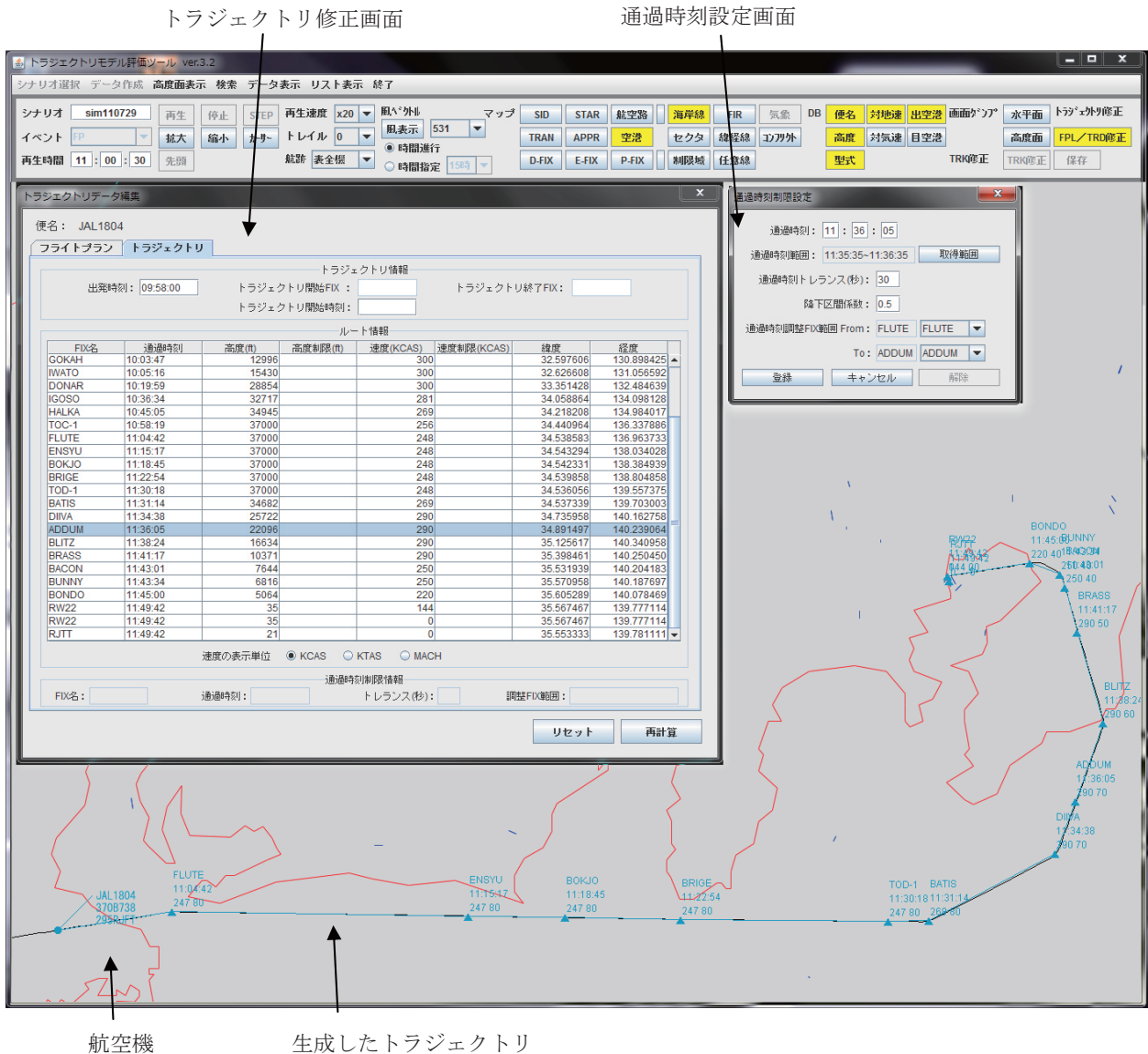


図1 トラジェクトリモデル評価システムの表示例

## ATM パフォーマンス評価手法の研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域  
担当者 ○蔭山 康太, 岡 恵, 宮津 義廣, 秋永 和夫  
研究期間 平成 23 年度～平成 26 年度

### 1. はじめに

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

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

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

また, 近年はATMを対象とした高速シミュレーション手法が発達している。この手法の導入により, 向上施策の実施効果の推定などが可能となると考えられる。

### 2. 研究の概要

本研究では, 主として「効率」や「環境」の分野を対象として ATM パフォーマンスの評価手法を検討する。同時に, 高速シミュレーションの手法を用いた ATM パフォーマンスの予測手法を検討する。

### 3. 研究成果

#### 3.1 燃料消費量の推定手法の検討

ATMパフォーマンスの評価には, 指標の設定が必要である。「効率」はATMパフォーマンスの重要分野の一つである。航空会社などによる判断基準が燃料消費量である場合, 燃料消費量を「効率」の分野の指標として用いることが可能である。

ATMパフォーマンスの他の重要分野として「環境」が存在し, CO2排出量は「環境」の分野の重要な指標であるが, 燃料消費量はCO2排出量への換算が可能である。

このように, 燃料消費量は極めて重要な指標となり得る。燃料消費量の実績値は航空会社などにより記録されているが, 記録・収集は航空会社毎に実施されることからデータの継続的な収集・解析には困難が伴う。このため, 燃料消費量を指標とするためには, その推定手法の確立が必要とされる。

一方, 航空管制レーダ情報処理システムでは, ほぼ全ての飛行について情報が一元的に収集されている。同システムのジャーナルには離陸から着陸までの航空機の位置情報の推移が記録されている。このため, 位置情報の推移による推定を可能とすることで, 燃料消費量に関するATMパフォーマンスの継続的な評価が可能となる。

そこで, 本研究では航空機の位置情報に基づいた燃料消費量の推定モデルを構築した。そして, 実績値との比較により, モデルによる推定値の精度を検証した。

代表的な航空機性能データであるBADA(Base of Aircraft Data)を使用して, 推定モデルを構築した。ユーロコントロール実験センタにより開発・保守が行われているBADAは, 航空機を質点としたエネルギー保存則に基づくモデルである。今回のモデル構築では, BADAにより提供される各種ファイルの中, 性能テーブルファイルを用いた。同テーブルファイルには, 各飛行高度における単位時間あたりの燃料消費量が表形式で記述される。

ボーイング767-300 (B763) およびボーイング777-200 (B772)の2種類の航空機型式を対象として, 23便のB763, 44便のB772の飛行中に記録された実績値をモデルによる推定値と比較した。

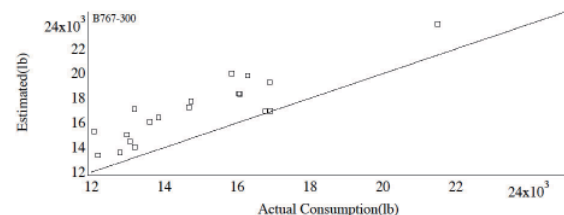


図1 モデルによる推定精度の検討結果 (B763)

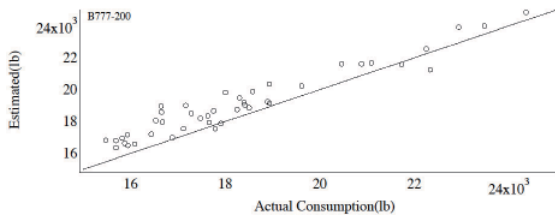


図2 モデルによる推定精度の検討結果 (B772)

比較の結果を図1 (B763) および図2 (B772) に示す。横軸に各飛行の消費量の実績値、縦軸に推定値をプロットした。また、図中の線は推定値と実績値が等しい場合に対応し、各プロットが線の近傍に位置するほど推定精度は高いことになる。推定値は実績値よりも若干大きくなる傾向が各図から示されるが、特に B772 では多くのプロットが線の近傍に位置することが図に示される。

消費量の推定精度の向上には、飛行中の各局面について精度を検討する必要がある。そこで、以下の3種類の飛行の局面を定義し、各局面において推定値と実績値を比較した。

- ・ 上昇 ... 離陸から巡航高度への到達まで。
- ・ 巡航中 ... 巡航高度を飛行中。
- ・ 降下 ... 巡航高度からの降下開始から着陸まで。

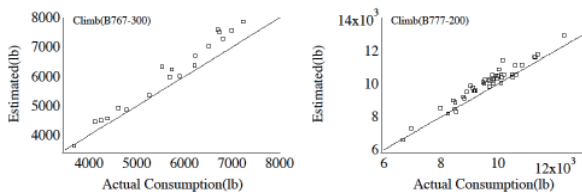


図3 モデルによる推定精度の検討結果 (上昇)

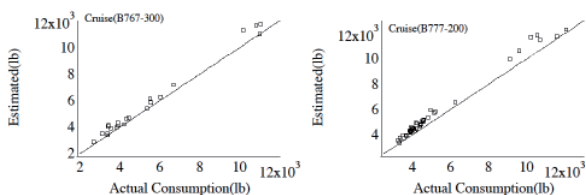


図4 モデルによる推定精度の検討結果 (巡航)

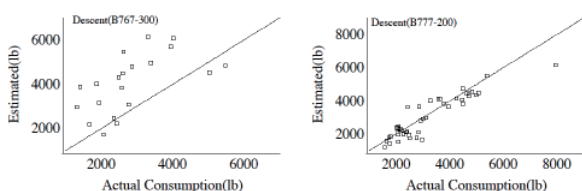


図5 モデルによる推定精度の検討結果 (降下)

比較の結果を図3、図4、図5のそれぞれに示す。図の横軸・縦軸および線の意味は図1、図2と同様である。局面間で比較すると上昇・巡航の局面に比して、特に B763

では降下の局面での精度が低い。飛行全体を対象とした図1からは推定値が実績値を上回る傾向が示された。図5から、これは降下の局面での推定の影響であることが示される。同型式を対象とした燃料消費量の推定精度の向上には、降下の局面での精度の向上が不可欠である。

### 3.2 ATM パフォーマンス予測手法の検討

ATM パフォーマンス向上のための施策の実施に際しては実施前に、その便益を予測することが求められる。高速シミュレーションの導入により、精度の高い予測が期待できる。

高速シミュレーションによる予測には、信頼性の高い航空交通流モデルの作成が必要である。

今年度は、高速シミュレーションによる ATM パフォーマンス環境を構築した。高速シミュレーション・ソフトウェア TAAM (Total Airspace and Airport Modeler) 上に、日本の主要空港における進入出発経路をモデル化した。同時に、TAAM を用いた空域シミュレーション手法を調査した。図6に TAAM によるシミュレーション・モデルの表示例を示す。

今後、レーダ・データなどを用いて、高速シミュレーション・モデル上の交通流の再現性を検証し、必要な場合には、モデルの修正による再現性の向上を行う。同時に ATM パフォーマンス向上施策を TAAM 上でモデル化し、シミュレーションを実施することで、向上施策による便益を予測する予定である。

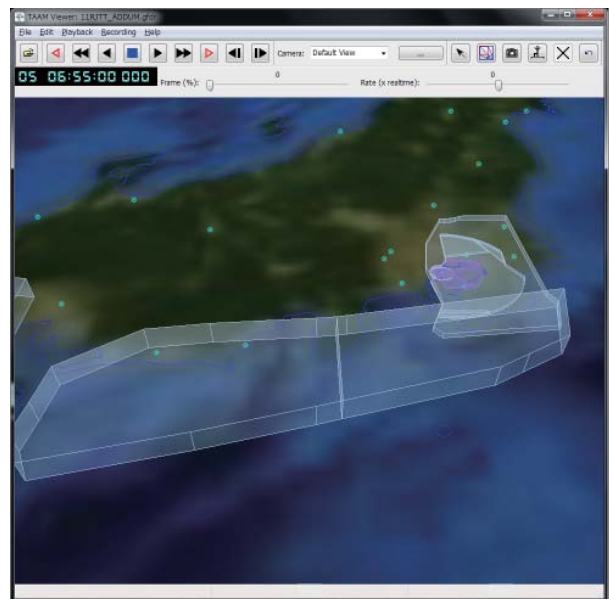


図6 高速シミュレーション・モデルの表示例

#### 4. 考察等

燃料消費量の推定手法の検討からは、特にB772の航空機型式については、ある程度の精度で飛行全体の消費量の推定を行う見通しが得られた。また、B763の航空機型式については、降下の局面で推定精度が低下する傾向も示された。同型式に対する推定精度の向上には、特にこの局面に対する対応が必要である。

今後、推定モデルの精度向上と並行して、推定モデルを用いた我が国の空域における燃料消費上のボトルネックの推定手法を検討する予定である。

また、高速シミュレーションによる予測手法についても検討を進めていく。

#### 掲載文献

- (1) K. Kageyama, “Updates of ATM Performance Analyses at ENRI,” 10<sup>th</sup> Meeting of the Future Air Traffic System Working Group between the JCAB and the FAA and the JPDO, June 2011
- (2) 蔭山, “飛行距離の予測性の評価例”, 航空管制, 2011 No. 6, 2011年
- (3) K. Kageyama, “Examples of ATM Performance Analyses at ENRI,” CANSO Environment W/G Meeting, Sep. 2011
- (4) K. Kageyama, “Primal Study for Estimation Fuel Consumption,” Technical Exchange Meeting for the Future Air Traffic System Working Group between the JCAB and the FAA and the JPDO, Oct. 2011
- (5) 蔭山, 福田, “飛行中の燃料消費量のモデル化に関する一検討”, 第49回飛行機シンポジウム, 2011年10月
- (6) 蔭山, “航空機の運航時間の予測性の解析例”, 日本信頼性学会誌, Vol. 33, No. 8, pp. 371-377, 2011年12月
- (7) K. Kageyama, “Study on ATM Performance Analyses : Examples,” Eurocontrol Experimental Center, March 2012

## ターミナル空域の定量的リスク評価モデルに関する研究【指定研究 A】

担当領域 航空交通管理領域  
担当者 ○藤田 雅人, 森 亮太  
研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

航空機の安全運航を実現するため、航空機同士の間隔・航空機と地上障害物の間隔の基準が策定されている。航空交通流が高密度化し、地上障害物が高層化する中で、効率運航を実現するためには安全性を損なわない範囲で間隔基準の短縮が必要となる。しかし、効率性のみを考慮した議論では間隔は短縮の一途を辿ることとなり、安全性が損なわれる。したがって、安全性の観点から航空機同士の間隔・航空機と地上障害物の間隔を研究することが必要となる。

また、その研究成果は国際民間航空機関(ICAO, International Civil Aviation Organization)における基準策定作業に寄与する可能性がある。

そのような国内外の要望に応えるため、本研究では、定量的安全性評価手法の開発を行う。

### 2. 研究の概要

本研究にあたっては航空機同士及び航空機と地上障害物の確率モデルを用いた定量的衝突危険度推定手法の確立を目指す。それらを活用した狭隘な空域の有効利用の方法の提言を行う。また、研究成果を ICAO などの国際標準化団体に提供し、国際標準化作業に協力する。

### 3. 研究の成果

#### 3.1. 航空機間の衝突危険度モデルの高度化と国際貢献

管制間隔や経路間隔などの安全性評価では、(一定時間内、一定飛行時間内の)航空機の衝突回数の期待値を求める衝突危険度モデルが用いられることが多い。洋上経路間隔や短縮垂直間隔の安全性評価に用いられる Reich 衝突危険度モデルは、1960 年代に開発され、「航空機の位置誤差が時間変化しない」や「航空機は直線飛行する」等の仮定が置かれている。一方、2000 年代に開発された Rice 衝突危険度モデルではこのような仮定は置かれておらず、より広範な場面での応用が可能となっている。ただし、Rice 衝突危険度モデルは一对の航空機ペアの衝突危険度を与えており、昨年度は、特定の条件下で複数の航空機にも適用できるように Rice 衝突危険度モデルを拡張した。

また、位置誤差や速度誤差などは正規分布や両側指数分布ないしはその混合分布としてモデル化されることが多く、多くの場合、数学的には決まったアルゴリズムの適用により、衝突危険度が計算できる。これらの計算を行うための数式処理アルゴリズムを昨年度に開発した。

本年度は、昨年度開発したアルゴリズムをソフトウェアに実装した。図 1 に当該ソフトウェアのユーザインターフェース例を示す。当該ソフトウェアは、衝突危険度モデルの非専門家が使えることを目標として開発した。

ソフトウェアの検証を実施した結果、昨年度開発した数式処理アルゴリズムは十分高速であるとは言えず、更なる改良が必要であることが判明した。

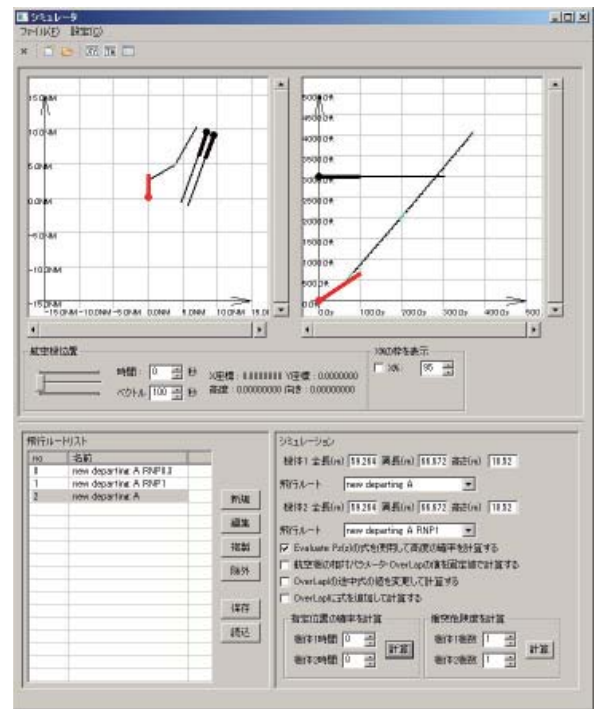


図 1：ソフトウェアのユーザインターフェース例

担当者が国際民間航空機関の空域安全性及び管制間隔作業部会に参加し、これらの研究・開発動向について発表を行った。



### 3.2. 航空機と地上障害物の定量的危険度推定に関する研究

前節における SASP をはじめ、電子航法研究所では長年 ICAO への技術貢献を行ってきたが、さらにその範囲を拡大し、航空機と地上障害物との間隔を設定する PANS-OPS の改訂を行う IFPP(Instrument Flight Procedure Panel)への技術貢献の検討をはじめた。今年度は、昨年度行った調査等を元に、実際に CRM(衝突危険度モデル)の作業部会への働きかけを開始した。CRM 作業部会はその専門性からさらに複数のチームに細分化されており、今後パイロットモデルチーム内で活動していくこととなった。具体的な貢献内容は今後の検討課題である。

### 3.3. 洋上航空路の衝突危険度推定

洋上航空路においては縦間隔が短縮されてきているが、管制方式を変更する際には安全が担保されているかの確認が必要である。その確認を行う際には、定量的なリスク評価を行うのが一般的であるが、保守的な見積もりを行いすぎると実際には安全であるにもかかわらず安全でないという結論が下され、結果として管制間隔短縮が進まないことになる。

昨年度、この状況を改善するため、数学的な観点からリスク評価をより正確に行う手法の提案を行ったが、今年度はその手法を用い、PACOTS 経路(主に本邦発北米行に使用される可変経路)を対象として縦間隔短縮を検討した。2011年5月からリスク評価を行うためのデータ収集を行い、2011年11月にはIPACG/35にてその中間報告を行った。2012年5月のIPACG/36にて最終報告を行い、間隔短縮の可否が判断される予定である。また、本提案手法を他国でも使用ができるよう、ICAO RASMAG/16にて紹介を行った。

#### 掲載文献

- (1) Fujita, “Software Implementation of Rice CRM”, ICAO SASP-WG/1 IP/3, Cairns, Australia, November 2011
- (2) Mori, “Risk Analysis of the Introduction of 10 Minutes Longitudinal Time Separation on PACOTS Routes,” IPACG/35 WP/08, Sapporo, Japan, November 2011
- (3) Mori, “Refined Calculation Method for Risk Analysis of Longitudinal Time Separation,” ICAO RASMAG/16 WP/03, Bangkok, Thailand, February 2012

## 分散認知を用いた航空路管制業務の知識伝承に関する研究【指定研究B】

担当領域 航空交通管理領域  
担当者 ○井上 諭, 青山久枝  
研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

社会生活において、今日の様々なシステムの運用は人や機械などの協調作業によって行われていることが多く存在する。このようなシステムが 100%の性能を発揮するためには、システムに介在する人と機械の役割を適切かつ正確に定め、システムを設計する必要がある。

航空管制業務は非常に複雑であり、人間である航空管制官（以下、管制官）が情報ツールを使用しながら判断を行うシステムであるため、人間を含めたシステム全体についてデザインを検討することが重要である。しかし、航空管制業務は専門的で、かつそのプロセスが複雑であるため、管制官以外が理解することは容易ではない。

このように複雑な管制業務の知識を獲得するためには、管制官養成の訓練などから知識を得る必要があるが、航空管制の訓練は経験的に技能や知識を獲得、構築していく部分が多いために、システム設計者やデザイナーがその知識を正確に理解、獲得することは非常に難しい。また、管制官の訓練自体も、体系化されていない知識や暗黙的に実行されている知識、技能を理解、習得することは、大変な作業となる。

本研究では、システムで行われる協調作業の分析をサポートすることを目的に、人や機械の間で行われるインタラクションに着目し、業務プロセスの分析と業務知識や技能の整理を一体で行えるようにできるツールを開発することを目標とする。

### 2. 分散認知分析支援ツール

本研究では「分散認知」という考え方にに基づき、業務を観察・分析することを基本的なアプローチとする。

分散認知の考え方は、協調作業が行われているシステムの中に存在する人や、業務に関係する機械などの人工物を分析対象のエージェントと定義し、それらエージェント間で行われるインタラクションを詳細に分析することで、業務の行われた意味や背景を理解し、設計やデザインに活かすためのアプローチである。

分散認知の考え方をを用いて分析する時の大きな問題は、分析を行うための時間的、人的なコストがかかることにある。たとえば、10 分間程度の作業を分析するとしても、エージェント間で行われたインタラクションの詳細をビ

デオや音声データなどから、タイムスタンプとともにデータとして起こし、そこからデータの関連性を整理する必要がある。このような場合、データ起こしと整理だけでも数時間の時間を要してしまう。このような作業をビデオ映像を元に、分析のためのデータ整理と、そこから獲得される知識情報を一体で扱えるようにするためのインタフェースや知識表現方法を検討し、プロトタイプツールとして開発した。

今回構築した知識構造化のための分析支援ツールは、現場などの分析対象となる状況をビデオデータとして記録し、そのデータをもとにエージェント間のインタラクションやプロセスについて、時系列に記述、整理を行うことや、映像に対する状況の注釈・解説を記録、記述できるシステムである。

システムは図 1 に示すように 1) ビデオコントロールパネル、2) インフォメーショントラジェクトリパネル、3) アブストラクションパネル、4) エージェントネットワークパネルの 4 つの役割を持ったインタフェースで構成されている。

#### 2. 1 ビデオコントロールパネル

ビデオコントロールパネルは、分析対象となるビデオデータについて扱う。このパネルが分析の起点となる。

分析対象となる作業やインタフェースのエージェントをこのパネルの情報をもとに作成する。分析者は、分析用ビデオデータの中に任意の作業状態を見つけ、パネル上のそのポイントをクリックする。その時点で、自動的にダイアログボックスが生成され、対象となるエージェントと表現状態、情報伝達手段、プロセス、注釈、そしてそれらの作業時間について記述することができる。このビデオコントロールパネル上で状況記述を行うと、そのエージェントのエレメントの記述は、他のパネルにも同時に反映され、それぞれエレメントが作成される。全てのパネル上に生成されたエレメントをロールオーバーすれば、ダイアログボックスに書きこんだ内容が表示され、注釈等の内容に必要なあれば、修正・変更を行うことができる。

#### 2. 2 インフォメーショントラジェクトリパネル

インフォメーショントラジェクトリパネルでは、ビデオコントロールパネルで作成された各エージェントのエ

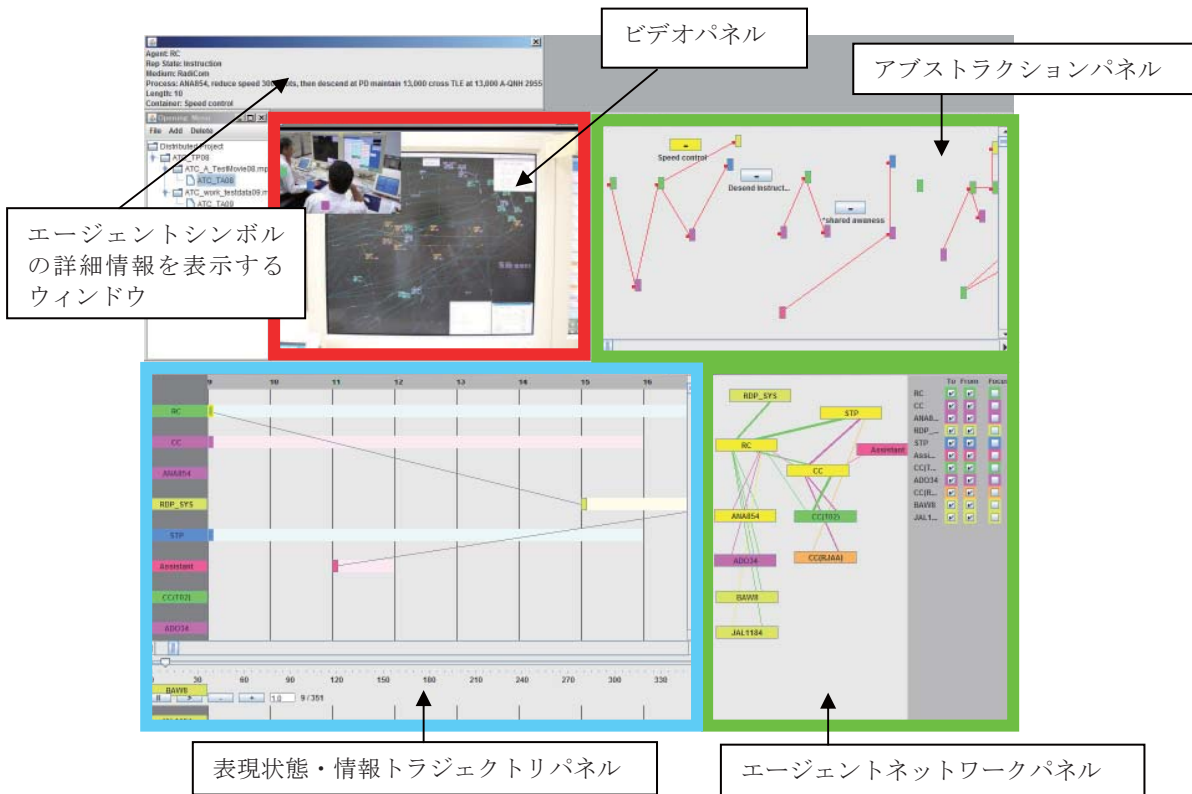


図1 知識構造化支援分析ツール (TITAN Prototype)

エージェントの作業状態を時間の遷移状況として表現する。各エージェントの作業状態はビデオコントロールパネルの映像と同期し、どのエージェントが今作業を行っているのかが示される。また、エージェント同士のインタラクションをこのパネルで生成する。ネットワークでつなぐことにより、エージェント同士の関連する行動が時間遷移の中でどのように展開されたかを整理し、理解することができる。ここで構築されたネットワークはアブストラクションパネルとエージェントネットワークパネルにも反映される。この画面ではエージェントの作業エレメントの時間的な状態と他のエージェントとのインタラクションの関係を整理して表現できる。

### 2.3 アブストラクションパネル

アブストラクションパネルでは、エージェントのエレメントによって構成された作業の一連のプロセスを選択、グルーピングして知識に属性としてのタグをつけることができる。また、グルーピングを重ねることで、情報の詳細度によって、知識の構造を階層化することができる。階層化の状態は別画面で表示し、任意に選択した知識を比較することができる機能を持つ (図2)。

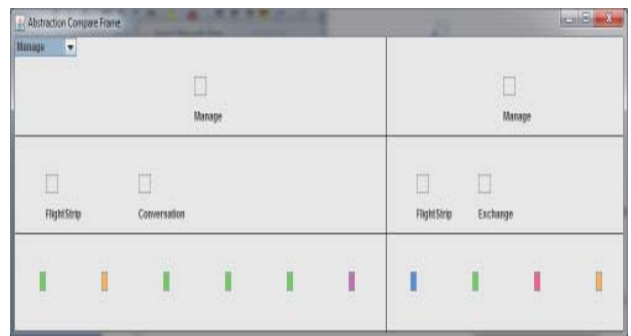


図2 グループ化と階層表現の例

同じ作業の種類、知識でも、作業の状態プロセスの違いやバリエーションの違いを簡単に比較することが可能となり、知識の理解や、構造化の要素を作り出すことができる機能である。

### 2.4 エージェントネットワークパネル

エージェントネットワークパネルはインタラクションの頻度により、エージェント同士のつながりの強さを表現している。エージェント同士のネットワークの結びつきが強ければ、エージェント間の接続を構築している線は太く表現される。ネットワークはフォーカスに合わせて選択することが可能で、表示を切り替えることができる。ネットワークの結びつきの強さは、インタフェース設計などにおいて、業務と使用頻度の関係など

が分かるため、機能の配置の検討等で重要な情報になると考えられる。

### 3. まとめ

協調作業の分析を行うための支援ツールの開発について報告した。

今回開発したツールは、現場作業においてビデオデータをもとに業務中で用いられる知識ノウハウ等の技能情報を分析・整理することを補助し、分析にかかる時間的なコスト、リソースを低減することができる。また、作業者やインタフェース、機器等の中で起こる情報の遷移と関係性に着目することで、暗黙知の明確化と理解、獲得を助けることが期待される。開発したツールは基本的に協調作業業務であればどのような現場でも適用することができる。専門的な業務の現場分析を通して現場特有の知識やノウハウまたは技能、さらに行動のバックグラウンドを理解できることは、業務の本質を考慮した訓練や、またシステム設計に大きく貢献する。このツールは、そのような基礎となる分析を効率的に補助し、正確な知識モデルの構築や知識マネジメントへの活用が可能であり、今までにない視点での業務の効率化やシステムの安全性などの向上に寄与できるものであると考えている。今後は、このツールの機能をさらに拡張し、分析から知識獲得までを一体で取り扱うことができるような知識構造化フレームワークのシステム化を検討していきたい。

## 拡張現実技術を用いた管制業務支援に関する研究【指定研究B】

担当領域 航空交通管理領域  
 担当者 ○井上 諭, 塩見 格一 (機上等技術領域)  
 研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

タワー管制業務は空港の航空交通を円滑かつ安全に保つための役割を担っているが、その業務において重要な活動は、目視による空港面上の航空機の監視と安全確保を行うことが、管制業務の要となっている。

一方、時々刻々と変化する天候や環境の状況によっては、視界が不良となり、管制官にとって業務の負荷が増える場面も生じる。

一方でタワー管制業務を行うにあたり、通常用いられるシステム機器の情報は、フライトストリップ(運航票)、空港面レーダ(ASDE)、ウェザー情報(風向、風速等)、加えて空港周辺部レーダ(ARTSまたはTRAD)等があるが、これらの情報と合わせて、管制官はターゲットとなる航空機を視認することで、安全間隔を保つための業務を行っている。レーダ等の情報は業務支援機器の発展と共に配備されたものであるが、基本的に管制官がタワー管制室からターゲット航空機を目視して確認する作業は以前から同じであるといえる。

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

### 2. コンピュータビジョンを用いた管制官の目視業務の支援技術

本研究で提案する基本システムでは、既に、レーダやマルチラテレーション、ADS-B等のシステムから航空機の位置情報を取得できる環境を想定し、それらの情報を用いて、航空機の識別および位置等の情報を映像に重ねて表示できるような拡張現実技術の仕組みの開発

を目指す。システムは業務用にモニターを使用することもオプションと想定し、その場合は遠隔システムとして、運用が可能となるような仕組みの構築も目指す。図1に、それらシステムの概要を示す。

### 3. 遠隔管制業務支援への応用

タワー管制業務を効率的に支援するための仕組みとして、リモートタワーというアイデアがある<sup>[1]</sup>。リモートタワーは通常、比較的飛行便数の少ない地方空港の中・小規模空港などを導入目標とし、航空管制業務を遠隔的に実現することを目的にした仕組みである。

リモートタワーの仕組みの一つの大きな目的は、空港をセンターから遠隔で制御できることにより、人員の効率的な配置と、現在、管制官の配置されていないような小規模空港の業務をまとめて完成空港として運用し、効率的に業務を管理することが期待できる。

例えば、非管制空港では、管制官が配置されていないが、この場合、アプローチクリアランスが出されると、安全間隔確保のためにルールによって、同時に空港にいる出発しようとする航空機は、出発を待たなければならない。このような状況が発生すると、1日の便数が少ないにも関わらず、出発遅延が発生し運用効率が下がってしまっ、サービス性も悪い。

リモートタワーの技術が確立されれば、これらの問題が解決されるうえに、管制官のコントロールが受けられることから、運用上の安全性向上も期待できる。

また、リモートタワーの仕組みは、管制塔のように大きな建造物を建設する必要が無いため、設備投資や設備維持費も管制塔の運用に比べ、抑えることができると考えられている。

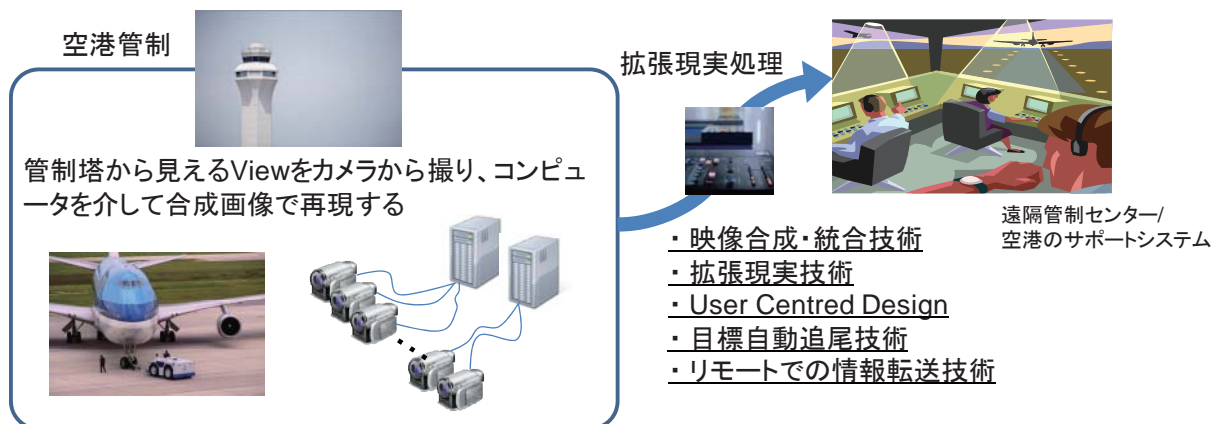


図1 位置情報と画像を用いたAR技術のタワー管制業務支援イメージ

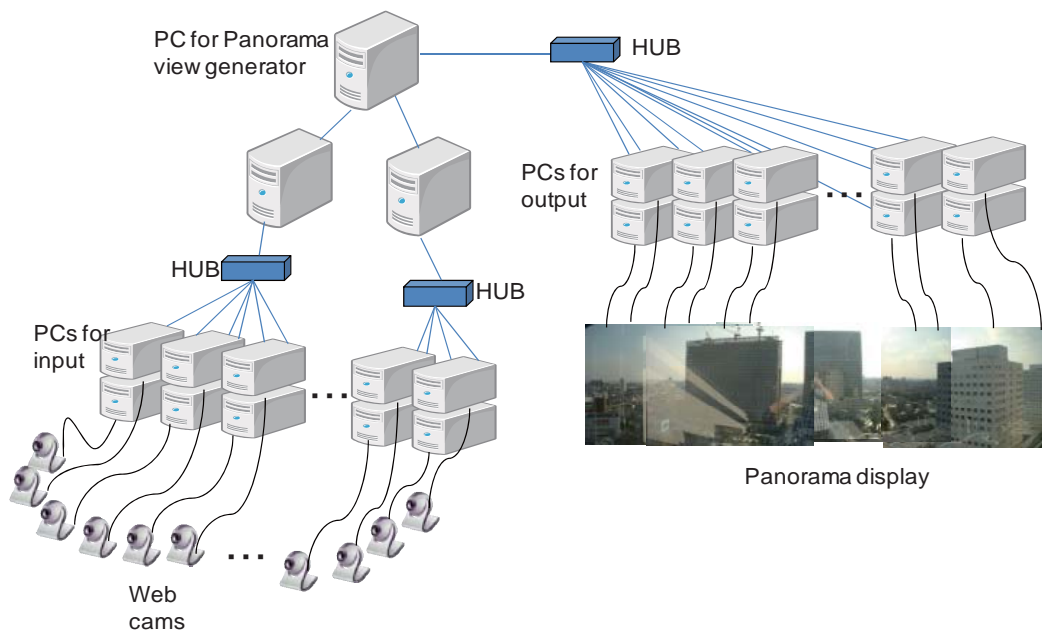


図2 パノラマ画像合成表示システム

リモートタワーの仕組みは欧州の SESAR<sup>[2]</sup>ではトライアルをすでに開始し、ICAO の将来システムの検討でもアナウンスされているもので、先進諸国では研究やシステムの開発の取り組みが行われているものである。電子航法研究所でも、これらの取り組みに遅れることなく、システムの検討を開始している。

#### 4. 画像合成技術の開発

現在までに、管制室での運用と同様の環境が再現できるよう、パノラマ映像のシステムを開発した。合成映像は、複数台のカメラで撮影されたそれぞれ異なる角度の空港面のビューを映像合成技術によってシームレスに接合し一枚のパノラマとして表示する(図2)。パノラマ映像はレンズ交換式の産業用小型カメラ(図3)をプロトタイプに用い、シームレスにパノラマ映像が作れることを確認した。



図3 パノラマ合成映像用カメラ(一部)

#### 5. ターゲットトラッキングシステム

パノラマ映像中に表示される航空機に付加情報を表示するために、まずはターゲットトラッキングとマーカ表示を映像情報から実行できる仕組みを構築した。映像情報からのターゲットトラッキングは、ターゲットが物体に隠れたり、他のターゲットと重なるようなケースにおいても、ソフトウェアのアルゴリズムの工夫により、なるべく誤認識無く、正確にターゲットの追跡が継続可能になるような仕組みを検討している。例えば、航空機が図4のように重なった場合においても、ターゲットが分割認識されたり、一つのターゲットとして融合したりすることは現在のシステムでは極少に抑えられている。



図4 ターゲットトラッキングの例

今後は、これらの映像システムのコントロールのためのユーザーインターフェースの検討と、他のセンサ情報を画面上に融合させ業務関連情報として付加表示する仕組み等を機能追加し、システムとしての実用化を目指す予定である。

参考文献

[1] Eier, D. & Huber, H.,(2008) *Advanced Ground Surveillance for Remote Tower*. ICNS Conference, IEEE.

[2] SESAR magazine, Issue #7 (2012)

## 空港面トラジェクトリに関する研究【指定研究B】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○青山 久枝, 住谷 美登里, 山田 泉, 森 亮太,  
マーク ブラウン, 海津 成男

研究期間 平成23年度～平成24年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

本研究は2ヶ年計画であり、本年度は以下の項目を実施した。

- ・ 空港面監視データを用いた空港面交通流分析
- ・ 空港面交通管理手法に関する検討
- ・ 空港面交通管理に関する海外動向の調査

### 3. 今年度の成果

#### 3.1 空港面監視データを用いた空港面交通流分析

空港面監視データの分析により、空港面交通管理手法のシミュレーション検討に必要な様々な交通流データを算出した。

- ・ 各出発便の離陸滑走路手前での滞留時間
- ・ 各スポットと使用滑走路間の標準的な所要時間と走行経路
- ・ 各滑走路の使用便数（5分間毎）
- ・ 各スポットの航空機のターンアラウンド時間

空港面の交通の滞留原因である出発便の滑走路手前での離陸待ち時間を一定以下に抑えるため、滑走路の処理容量の目安とする滑走路使用便数を調査した結果、滑走路の使用便数は4機/5分間までであった。図1に、1日分のD滑走路使用便数（5分間毎の出発便数）を示す。

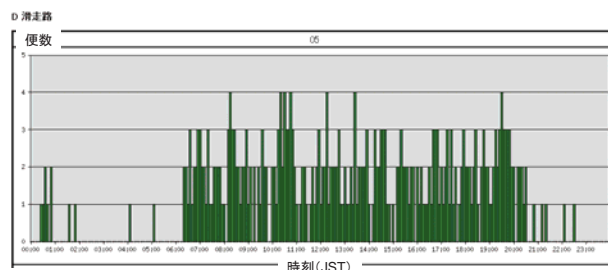


図1 羽田空港D滑走路利用状況（5分毎の離陸数）

また、滑走路の運用状況を分析した結果、出発用滑走路と到着便の経路が交差する運用状態では、到着便も出発用滑走路を使用すると仮定した航空交通管理を検討する必要があることがわかった。

さらに、スポットデータを利用して各航空機のターンアラウンド時間（到着運航から出発運航までの駐機時間）について求めた結果を図2に示す。ターンアラウンド時間は、3時間以内の便が90%で、7～12時間の便（終夜の駐機を行ったと考えられる）が7%であった。国内便のほとんどは、ターンアラウンド時間が2時間以内であった。

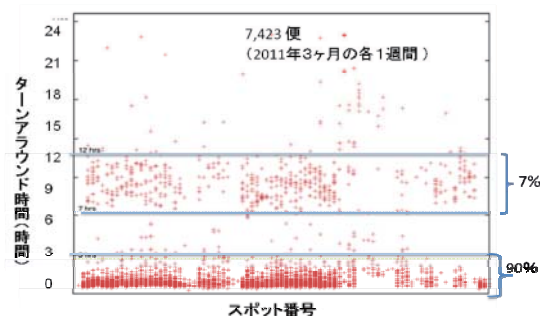


図2 ターンアラウンド時間の分布

#### 3.2 空港面交通管理手法に関する検討

空港面交通管理の具体的な手法を検討するために、まず出発便の空港面地上運航を図3のようなフェーズに分割した。その結果、フェーズ②の所要時間は5分程度、フェーズ③の所要時間は各スポットと離陸滑走路との距離に依存し、国際線ターミナルからD滑走路使用の場合には20分を越え、走行距離も5,000mを超えることが確認された。フェーズ④は出発便が滑走路手前で離陸待機

している時間帯である。これは、誘導路上で航空機のエンジンをかけたままでの待機であるため、余分な燃料消費をもたらし、また、他機の走行に影響を及ぼす。そこで、空港面交通管理手法として、図4で示すように、フェーズ④での待機時間の一部をフェーズ①のスポット待機時間に置き換えるスポット出発時刻調整を行うこととした。

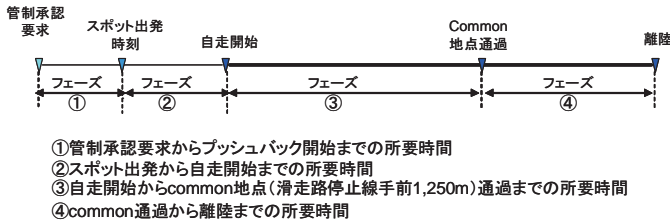


図3 出発便の地上運航フェーズ

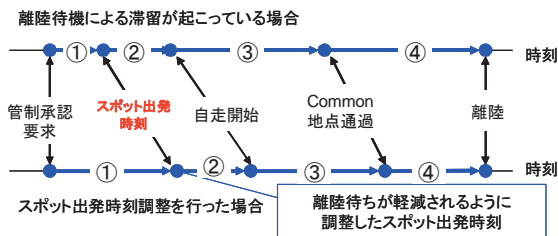


図4 スポット出発時刻調整手法の考え方

### 3.3 シミュレータの改修

上記 3.1.の分析結果に基づいて求めた標準的なプッシュバック経路、走行経路などをシミュレーション上で展開できるように、先行研究において開発したシミュレータ“AirSim”の改修を行った。

### 3.4 海外動向調査結果の研究への反映

海外での空港面交通管理の動向調査のため、空港面運用効率の評価指標として、EUROCONTROLの“The Implementation Manual of Airport CDM”および空港CDM実施空港の年次報告書を調査した。その結果、ミュンヘン国際空港の報告している評価を参考として、羽田空港の離陸滑走路付近での滞留の数値化を試みた。これは、実際の運航で混雑の影響の大きいフェーズ④の所要時間について、全データ取得期間の統計値を求めることによって行った。D滑走路供用開始後の1年間について、フェーズ④の所要時間の統計値と1日あたり出発便数の月別変化を表1に示す。

表1より、以下の傾向が示される。

- 空港レイアウトや交通量といった運用条件が変化しつつも、フェーズ④の所要時間は継続的に減少している。

- フェーズ④の時間の最小値は、混雑の影響を受けない最短時間の参考値であり、概ね1分半～2分間であった。

このような空港面運用効率を示す物理量の計測は、実際の空港面運用効率の経時変化の把握に加え、空港面交通管理の導入効果の試算に有効である。

表1 フェーズ④の所要時間の統計値

	H22.12	H23.2	H23.5	H23.7	H23.9	H23.11
平均値[秒]	343.9	320.5	310.2	334.9	326.6	302.3
標準偏差[秒]	176.5	144.7	143.1	159.4	143.8	138.2
最小値[秒]	104	115	92	118	118	96
最大値[秒]	1,284	1,271	1,153	1,434	1,473	1,265
1日あたり便数	509	512	510	530	529	531

### 4. 今後の見通し

滑走路使用便数を考慮した柔軟な運用スケジュール調整となるような出発便のスポット出発時刻調整手法の検討を行うと共に、シミュレーションによる検証を進める。

#### 掲載文献

- (1) 山田ほか：“羽田空港における航空機地上運航の滞留に関する分析”，第11回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp.69-76，2011年6月
- (2) 森ほか：“羽田空港の地上走行のシミュレーション評価”，第11回電子航法研究所研究発表会講演概要，pp.77-82，2011年6月
- (3) 山田ほか：“マルチラテレーション監視データを用いた空港面地上運航時間の分析—大規模空港における滞留時間の特徴に関する一考察—”，電子航法研究所報告，no.127，2011年10月
- (4) Mori R.：“Description of Complex Runway Usage with Queuing Theory”，Proc. Int'l. Conf. European Aerospace Societies (CEAS2011)，2011年10月
- (5) 山田ほか：“羽田空港における空港面交通流の変化に関する分析”，日本航空宇宙学会第49回飛行機シンポジウム講演集，JSASS-2011-5188，2011年10月
- (6) 山田：“羽田空港の空港面交通流に関する分析”，航空管制，no.321，pp.42-49，2012年1月
- (7) ブラウンほか：“空港面交通管理のための羽田空港の駐機スポット情報に関する解析”，電子情報通信学会技術研究報告，vol.111，no.407，SANE2011-143，pp.9-14，2012年1月



## 気象情報の航空交通への活用に関する研究【指定研究 B】

担当領域 航空交通管理領域  
担当者 ○新井 直樹, 瀬之口 敦  
研究期間 平成 23 年度

### 1. はじめに

CARATS（将来の航空交通システムに関する長期ビジョン）においては、将来の航空交通システムの構築にあたって、変革の方向性の一つである予見能力の向上に関して、気象予測情報の活用の促進、機上観測データの活用による気象予測精度の向上等の施策を推進することが必要とされている。そこで、気象予測情報の活用の促進のために気象情報と航空機の情報をあわせて直感的に認識・分析できる環境を構築すること、ならびに機上で観測した気象データ及びその解析手法について調査することを目的として本研究を実施した。

### 2. 研究の概要

#### 2.1 航空気象可視化ツールの開発・評価

気象と航空機の空間的な関係を直感的に理解できる航空気象情報可視化ツールを開発した。

#### 2.2 気象データの解析・活用に関する調査

数値予報について調査を行い、地球上の任意の領域における高解像度の数値予報モデル(データ)を作成した。

### 3. 研究成果

#### 3.1 航空気象可視化ツール AWvis の開発

様々な分野の利用者が大気の立体構造を容易に理解できるように、気象情報と航空機の情報を同一の画面上に 3 次元で可視化する航空気象情報可視化ツール Aviation Weather Data Visualization Tool (AWvis)を開発した。本ツールは以下の特徴を備えている。

- ・ 気象の各要素を、3 次元で、直感的に、分りやすく表示できる。
- ・ 航空機の位置、航跡等の情報を、気象情報と併せて表示できる。
- ・ マウス操作により拡大・縮小、回転が可能で、視点を自由に動かすことができる。
- ・ 風の流れを、アニメーション表示(流線解析)できる。

現時点において AWvis で表示できる気象情報は、風向・風速、気温、湿度、湿域、露点温度、相当温位、ジェット気流等である。これらの情報をベクトル矢や等数値面で表示し、その立体的な形状を可視化できる。

#### 3.2 AWvis による可視化事例

##### 3.2.1 台風

この事例は、2010 年 10 月 30 日、台風 14 号が日本に接近した時の様子を可視化したものである。図 1 は南東方向からの視点で日本付近を表示しており、ベクトル矢は地上付近(950hPa)の風向・風速を表している。中心付近に反時計回りの回転があるが、これは周囲から台風の原因に向かって吹き込む風を示している。実際の画面上では、ベクトル矢が風向・風速に従ってアニメーション表示され、その動きから風の収束や回転を視覚的に把握することができる。

さらに、同図の等数値面は相当温位を表している。空気に含まれる水蒸気の量が多いほど、また気温が高いほど、相当温位の値は大きくなる。この図では 348K の相当温位を表しているが、これは相当温位として大きな値であり、周囲より気温・湿度の高い空気が台風の原因部へ流れ込んでいる様子を立体的に表現している。

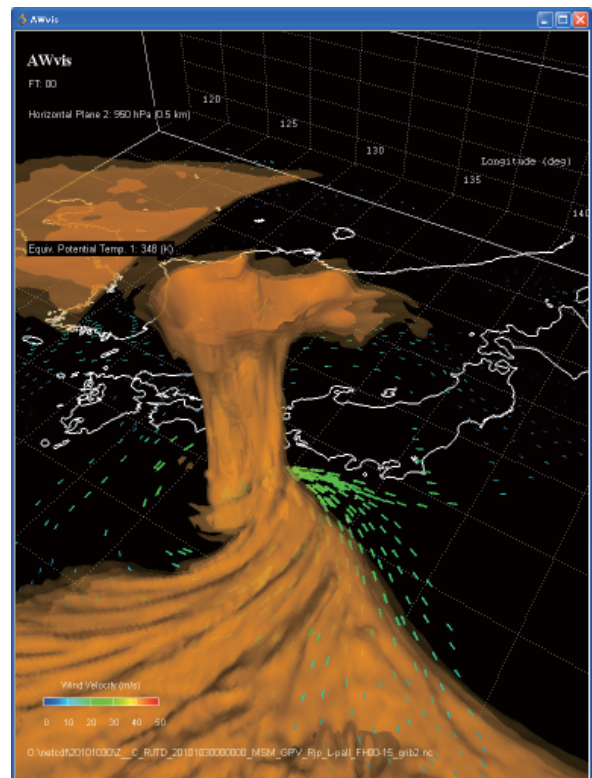


図 1 台風における風向・風速と相当温位(348K)

### 3.2.2 低気圧の前線

この事例は、2011年9月30日、日本海に中心を持つ低気圧を可視化したものである。図2は、南方向からの視点で低気圧を表示しており、図の等数値面は333Kの相当温位を示している。図3は低気圧の前面(東側)からの視点で表示したもので、地上から上空にのびる温暖前線面を表現している。加えて、同じ時間帯における航空機の位置と航跡を示している。航空機の位置と航跡は、研究開発用航空機監視レーダのデータを利用した。図の航跡が示すように、温暖前線面を突き抜けて航空機が上昇・降下している様子が表現されている。

以上のように、気象情報と航空機の情報を同じ画面上に、すなわち同じ空間上に表現することにより、両者の空間的な関係を把握することができる。このような手法を用いることで、気象現象が航空交通へ与える影響を直感的に評価することが可能になることを期待している。

### 4. おわりに

気象情報と航空情報の立体的な可視化は、先行する開発事例が非常に少ない。パイロットや管制官等を含む多様な意見を反映しながら、より直感的で分かりやすい航空気象の「見える化」を目指し、AWvisの開発を進めていく予定である。本研究の成果が、航空における安全性の向上や効率的な運航に活用されることを期待している。

### 掲載文献

- (1) Realizing the “Visualization” of Aviation Weather, Naoki Arai, Flight Safety, No.23, pp.14-16(2011.3)
- (2) 航空気象情報可視化ツールの開発, 新井直樹, 福田豊, 白川昌之, 瀬之口敦, 電子航法研究所研究発表会(2011.6)
- (3) 気象情報の見える化の試み - 気象情報可視化ツール Wvis の開発と可視化事例 -, 新井直樹, 瀬之口敦, 日本気象学会天気, Vol.58, No.9, pp.73-77(2011.9)
- (4) 航空気象情報可視化ツール AWvis の開発, 新井直樹, 瀬之口敦, 2011年電子情報通信学会 ソサイエティ大会(2011.9)
- (5) 航空気象情報可視化ツール AWvis の開発, 新井直樹, 航空無線 第69号, pp.38-41, (2011.9)
- (6) 気象情報可視化ツール Wvis の開発(2) ~ 気象の見える化を目指して ~, 新井直樹, 瀬之口敦, 日本気象学会 2011年度秋季大会(2011.11)
- (7) 航空気象情報の見える化について, 新井直樹, 電子航法研究所研究所講演会(2011.11)
- (8) 航空気象情報可視化ツール AWvis の開発 - 航空気象の見える化を目指して -, 新井直樹, 航空管制 第51巻 第2号(2012.3)

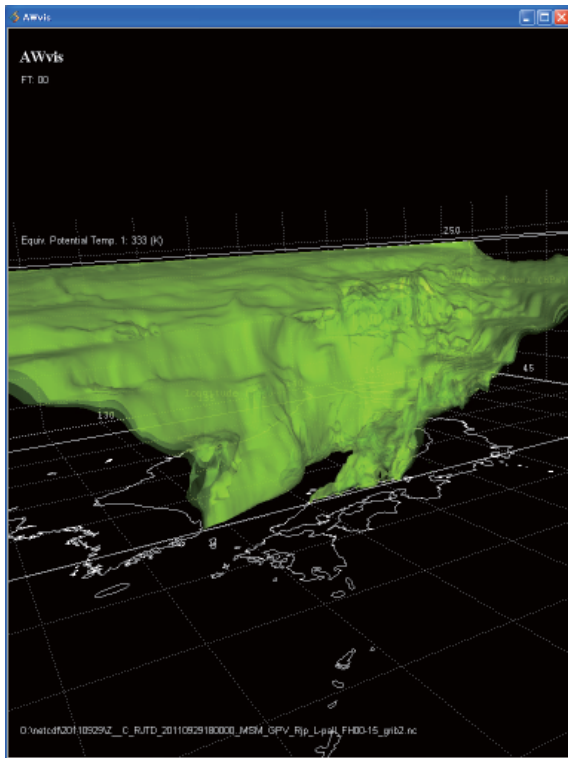


図2 低気圧の断面(相当温位 333K)

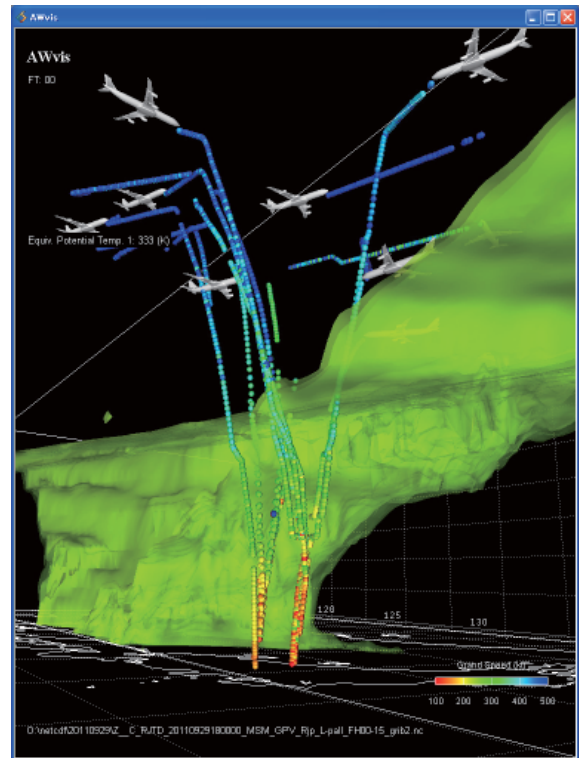


図3 温暖前線面と航空機の航跡

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

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○天井 治

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

#### 2.1 研究の目標

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

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

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

#### 2.2 本年度の研究

本年度は下記の実施を計画した。

- ① レーダデータ等の収集・整理
- ② 航空機の時間管理能力の把握

#### ③ 航空機の高度のバラツキの把握

#### ④ 定性的安全性評価手法を用いたハザード同定、リスク評価のための環境の整備・準備的シナリオの作成

①について。航空機の時間管理能力の把握および航空機の高度のバラツキの把握のために、レーダデータおよび飛行計画情報の収集を行う。

②について。航空交通管理センターでは、2011年8月から CFDT (Calculated Fix Departure Time) を用いた航空交通流管理方式である SCAS (Specifying Calculated Fix Departure Time for Arrival Spacing Program) の試行運用が始まっている。これは、管制官が航空機に特定 FIX の通過時刻を指定して交通流の管理をする方法である。当該運用に絡み、現在、航空機が指定された時刻にどのくらい対応して飛行できるのかを把握する。

③について。トラジェクトリ運用では CDO (Continuous Descent Operation : 継続降下運航方式) が一般的になると考える。現在は特定到着経路で一機毎の CDO 運用が行われているが、将来は高度を離して同時に CDO が行われることが想定される。この際、どの程度高度間隔を離せば安全を確保できるかが重要になる。このため、その判断資料とするための基礎的なデータ(航空機の高度のバラツキ)を収集し、それを把握する。

④について。トラジェクトリ運用では、現在とはいろいろと異なった管制運用が行われるものと思われる。これに関し、ハザード(危険因子)の同定、リスク評価が重要になるとと思われるが、現在日本では、新しい運用方式の導入の前にハザード同定等が行われることは一般的になっていない。成田空港ではハザードマップの作成等が行われているようであるが、我々は新たな運用方式の事前安全性評価等に際し、ハザード同定、リスク評価が容易に実現できる環境の整備を目指している。前年度に作成したインターネットを利用したハザードのリスク評価システムを活用して、ハザード同定等を行うための基礎システムの確立を目指す。

### 3. 研究成果

①のレーダ等の収集・整理について。三国山、今の山、山田の各サイトのレーダデータおよび飛行計画情報を収

集し、整理した。また、平成 23 年 1 月からレーダデータの収集媒体およびフォーマットの一部が変更になったことに対応した。

②の航空機の時間管理能力の把握では、まず、航空交通管理センター（ATMC）で用いている飛行計画管理システム管制情報処理部（FDPS）の予測能力の調査を九州エリア（福岡空港，熊本空港，長崎空港）から東京国際空港に向かう飛行便を対象として行った。そして、SCAS 試行運用開始後に福岡，熊本，長崎，那覇，鹿児島，宮崎の各空港を出発して東京向かう飛行便を対象にして、セクター境界（T09，T10）の通過予測時刻とレーダデータから求めた通過時刻との差（レーダ予測誤差）と ATMC が FDPS の情報に基づいて計算した予測誤差（ATMC 予測誤差）との差を解析した。

③の航空機の高度のバラツキの把握では、まず上下の高度制限のある FIX（位置通報点）のある場所を調べた。そしてレーダデータを用いて、その FIX 付近の空域における高度の解析を行った。事前調整により指定高度を飛行しない場合があることを確認した。現在、空域を変えて調査中である。

#### 4. まとめ

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

SCAS 試行運用に関するデータ解析は現在継続中である。

#### 掲載文献

- (1) 天井：“RNAV5 ルート飛行便の横方向経路逸脱量の 95%含有区間の推定値”，電子情報通信学会 2011 年ソサイエティ大会，A-18-6，2011 年 10 月
- (2) 天井：“短縮垂直間隔の安全性評価に用いる横方向重畳確率の値について”，電子情報通信学会 2012 年総合大会，A-18-8，2012 年 3 月

## 航空交通の同期化に関する研究【基礎研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○クラウド グウィグナー, 藤田 雅人, 福田 豊, 長岡 栄, 山本 憲夫

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

航空交通流管理(ATFM)は需要と利用可能な空域容量のバランスを考慮して、交通流の制御を実施している。今日、ATFM では、決定論的軌道モデルに基づいた出発前の解析によって、需要が容量を上回っていないか確認されている。わが国での ATFM の次のステップは「交通同期 (Traffic synchronization)」である。これは ICAO の概念で、戦術段階で全ての飛行段階での軌道を管理する。交通同期の観点から、軌道予測に不確実性が存在する場合の ATFM のための新しい意思決定支援方法の開発が望まれている。

### 2. 研究の概要

ATFM 遅延への軌道予測誤差の影響に焦点を合わせ、次の 2 例を検討した。

①羽田空港への到着機の順序

②日本／韓国の境界への出発機の順序

混雑した航空交通流の時間軸でのシミュレーションと確率モデルを用いた<sup>(1)</sup>。

### 3. 主要な結果

次の 3 つの主要な結果を得た。

(1) 非定常時の運航： 滑走路の構成の変化に伴い、空港近傍では遅延が航空機に伝播する。非定常状態が定常状態に安定化するまでの時間を定量化する新たな待ち行列モデルを構築した<sup>(2,3)</sup>。

(2) 飛行中の遅延 (Inflight delay)： 現行ルールでは飛行中の ATFM 遅延に 10 分を割り当てている。軌道予測誤差、利用率、そして飛行中の遅延との関係をモデル化した<sup>(2)</sup>。この結果に基づき、必要とする飛行中の遅延レベルと軌道予測誤差の間の規則を求めた (図 1)。

(3) 出発順序の入れ替え： 日韓の空域の境界でしばしば時間間隔の制限がかかる。この結果、日本からの出発順序を更新する必要性が生じている。ATFM 平均遅延を軽減する出発順序の入れ替えルールを提案した<sup>(4)</sup>。

### 4. まとめ

飛行中の遅延と平均出発前遅延を軽減するための規則

を導出し、その妥当性をシミュレーションで確認できた。今後の運用への応用にあたっては、より精密な軌道モデルに基づくシミュレーションで確認する必要がある。

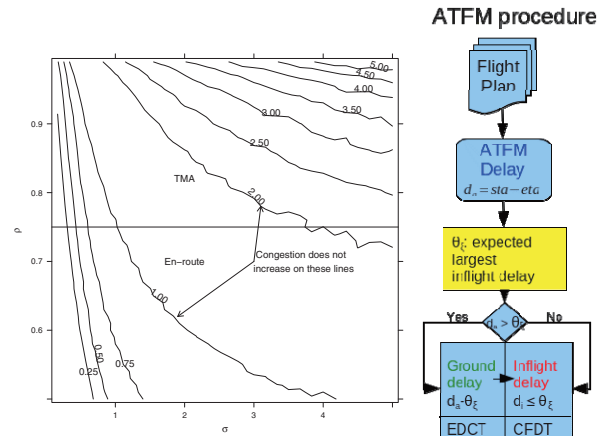


図 1 利用率 ( $\rho$ ), 軌道予測誤差 ( $\sigma$ ), 飛行中遅延の関係

### 掲載文献

- (1)Gwiggner et al., Trade-offs and issues in Traffic Synchronization, 9th Europe/U.S. ATM R&D Seminar, Berlin, Germany, (2011.06).
- (2)Gwiggner, Nagaoka, Data and queueing analysis of a Japanese Air-Traffic Flow, Transportation Research B, 2012 (submitted).
- (3)Gwiggner, Delay propagation in re-scheduled queueing systems, Math. Methods of Op. Research, 2011 (submitted).
- (4)Nagaoka, Gwiggner, Fukuda, 航空路 FIX への推定到着時刻に基づく出発制御時刻の確率的決定法, 電子情報通信学会技術研究報告, SANE2011-142, (2012.01).
- (5)Gwiggner, Study of traffic synchronization, Proc. of EIWAC 2010, EN-102, Tokyo, (2010.11).
- (6)Gwiggner, Nagaoka, 高次元データ解析へのアルゴリズム的アプローチ, 日本信頼性学会誌, 32, 2, pp.90-97, (2010.03).
- (7)Gwiggner, Nagaoka, 航空交通流の解析における最近のモデル, 日本航空宇宙学会誌, 57, 666, 210-216, (2009.07).

- (8)Gwiggner et al. Sequencing Strategies for a Japanese Arrival Flow & Analysis of gaps between the predictive and the adaptive component in ATM, Aviation Technology Integration and Operations (ATIO 2008.09, 2009.09).
- (9)Gwiggner, Nagaoka, On required distances to absorb metering delays, International Conference of European Aerospace Societies (CEAS 2009.10).
- (10)Gwiggner, Nagaoka, Analysis of fuel efficiency in highly congested arrival flows & Data and queueing analysis of a Japanese arrival flow. Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2009.11, 2010.09).

## データ統合により得られる便益に関する基礎的研究【基盤研究】

担当領域 航空交通管理領域  
 担当者 ○藤田 雅人  
 研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

米国・欧州においては SWIM (System-Wide Information Management) 等のデータ統合情報管理システムの導入に向け、研究・開発を実施している。データ統合情報管理システムにおいてシステムユーザーが享受できる便益は以下の通りである。

- ステークホルダー間での情報共有により、利用できる情報の種類の増加。
- 統合化された情報管理が行われ、関連情報の取得がより容易に。

データ量の増大や取得容易性の向上により、現状の業務の効率化を進めることは期待される。しかしながら、インターネットにおける検索サービス等では、増大したデータを利用して、業務効率化に留まらず、新たなサービスの創出を行っている。航空管制においても、増大したデータを利用して、新たなアプリケーションの開発が可能となる可能性がある。

### 2. 研究の概要

データ量の増大や取得容易性の向上による新たなアプリケーション開発の可能性を探るため、データマイニング技術・機械学習技術に関する調査・簡単な例での技術評価を行った。実際には、多層パーセプトロンやサポートベクターマシン等の教師有り学習アルゴリズムに基づいて、被験者が行った判断を当該アルゴリズムが模擬できるかについて、非常に簡潔な実験を実施した。

### 3. 研究成果



図 1：シミュレーション画面

管制未経験の被験者数名に図 1 で示されるようなシミュレーションを各シナリオ 100 回行っていただいた。アルゴリズムは、各被験者 10 回分の試行結果を学習用データとして用い、到着機と着陸機、二機以上の着陸機がいる場合にはいずれの着陸機を優先させるかの判断を学習する。

次に、残り 90 回の試行で被験者が行った判断を、学習済みアルゴリズムがどの程度再現できるかを計測した。図 2・図 3 に各アルゴリズムの正答率を示す。これらのアルゴリズムは確率的アルゴリズムであり、同一データを用いても、その計算結果は異なる。100 回学習と検証を繰り返した。箱ひげ図の箱は正答率の 95%を表している。

この例では、アルゴリズムによって、正答率に大きな差異が現れず、ともに高い正答率を示すことが見て取れる。

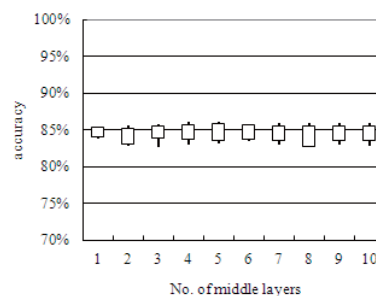


図 2：多層パーセプトロン正答率

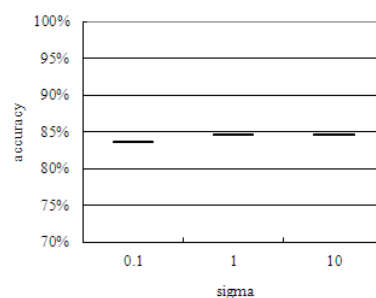


図 3：サポートベクターマシン (RBF) 正答率

### 掲載文献

- (1) 藤田, 離着陸優先順位に関する判断の学習, 電子情報通信学会技術報告 (宇宙・航行エレクトロニクス研究会) vol.111, No.407, pp.1-4.

## 確率的シミュレーションに関する研究【基礎研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○伊藤 恵理

研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

ASAS (Aircraft Surveillance Applications System (航空機監視応用システム) ※Airborne Separation Assistance System として知られていたが、後に改訂された) とは、ADS-B 通信を介して飛行機に周囲の交通状況を提供し、機上で機体間隔の維持を可能にする航空機システムのことである。将来的には、地上でのトラジェクトリ管理と ASAS を協調して時間管理を行う次世代航空管制システムが世界規模で検討されている。そこで本研究では、東京国際空港(羽田)に ASAS を適用した場合を模擬し、複数の航空機が安全に、かつ CDA に代表されるエネルギー効率のよい降下を実現するか評価する研究プログラム「JADE (Joint Airborne time-spacing Design Evaluation)」を立ち上げた。JADE の傘下で国内外の研究連携により三つの研究プロジェクト「SPICA」、「ADAMAS」、「TOPAZ-IM」を実施し、確率的シミュレーションによる ASAS の評価手法を発展させた。

### 2. 研究概要と成果

SPICA では、NASA ラングレー研究所が開発した ASTAR アルゴリズムを入手し、これを搭載した複数の航空機が東京国際空港に ASAS を利用して CDA で到着する状況を模擬したシミュレーション評価を実施した。ADAMAS では、東京大学先端科学技術研究センター・西成研究室と共同研究を実施して「渋滞学」を応用し、ASAS を導入した場合に空の渋滞を解消できるか、数学的なアプローチで検証を進めた。従来の ASAS を搭載した航空機のストリングスタビリティ解析は、古典制御を利用した決定論的なアプローチが取り入れられていたが、本手法では確率論的なアプローチを導入し、時間の経過と共に制御誤差の伝搬が安定化するか評価可能であることがわかった。

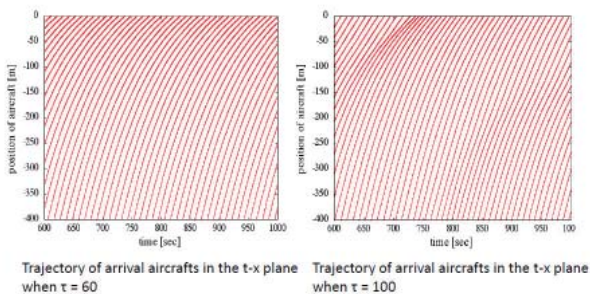


図 1：航空機の反応遅れが大きい(右図)と交通流に渋滞が発生し、時間の経過と共に安定化する様子が確認できた。

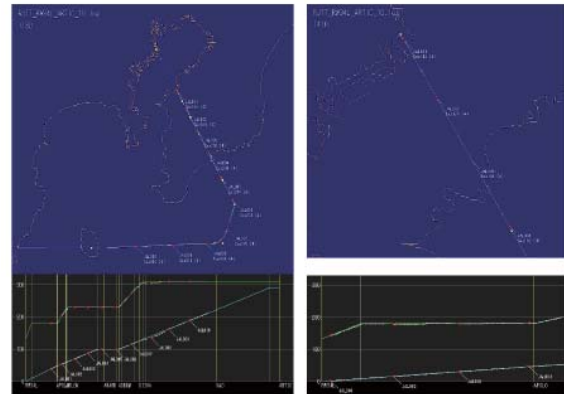


図 2：10 機の航空機が ASAS を搭載して CDA で東京国際空港に到着する場合を模擬したシミュレーションにより、基礎的な評価を実施した。

TOPAZ-IM では、引き続きオランダ航空宇宙研究所(NLR)と安全性評価を継続し、衝突や最小機体間隔の喪失が起こる確率の算出のみならず、このようなインシデントを引き起こす過程を明らかにするよう、新たにハザード解析手法を導入した。

### 3. 考察等

引き続き JADE プログラムを継続し、SPICA, ADAMAS, TOPAZ-IM を発展させる。国内外の研究連携をさらに強化し、世界最先端の ASAS 研究を発展させると共に、研究成果を日本のみならず、世界に発信することを目指す。



# 予防安全支援のための創発型認知シミュレーションの開発とその適手法に関する研究【競争的資金研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○青山 久枝

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

## 1. はじめに

事故やインシデント発生後の安全対策のみならず、それらを未然に防止する「予防安全」の実現が求められている。しかし、事故やインシデントは、システムを構成する多数の人間・機械・環境の動的かつ複雑な相互作用の結果として発生するものであり、予期しない事象による事故に対する予防的な安全対策を行うことは困難である。

そこで本研究では、現場熟練者と共同の有効性検証プロセスを通じて、認知シミュレータを予防安全支援に用いる際の実用上の課題とその解決策について実践的な研究を行い、安全工学分野・認知工学分野に寄与しうる知見の蓄積を目指す。

## 2. 研究の概要

本研究では、東京大学、東北大学とともに研究チームを組織し、事故の発生を未然防止する予防安全を支援することを目的として、人間-機械系相互作用の逐次的分析が可能な創発型チーム認知シミュレーションを構築する。

さらに、実用モデルとして、「熟練者の『気づき』を促すシミュレータ」を提案し、複数の人間とシステムが関わる思いがけないトラブルやパフォーマンス低下についてシミュレータを用いた予見的分析支援手法を構築し、予防安全研究分野における研究手段としての認知シミュレータの基本的有効性を検証する。

## 3. 研究成果

先行研究において構築した COMPAS をベースとして、管制官によるシミュレータへの直接入力等を行えるように改良した COMPAS<sup>i</sup> を開発し、管制官への妥当性・有効性検証を行っている。

また、これまでに行ったシミュレーション・シナリオの一部変更を加えて航空交通管理を想定したシナリオを作成し、COMPAS<sup>i</sup>を用いたシミュレーションを行った。その結果を、交通状況による管制官のパフォーマンスなどを時系列的に可視化した状態遷移図 (CAPS) で比較を行った。シナリオ変更前 (図 1(a)) よりシナリオ変更後 (図 1(b)) の方が、該当する航空機とその干渉機について困難度の高い時間が減少していることが確認された。

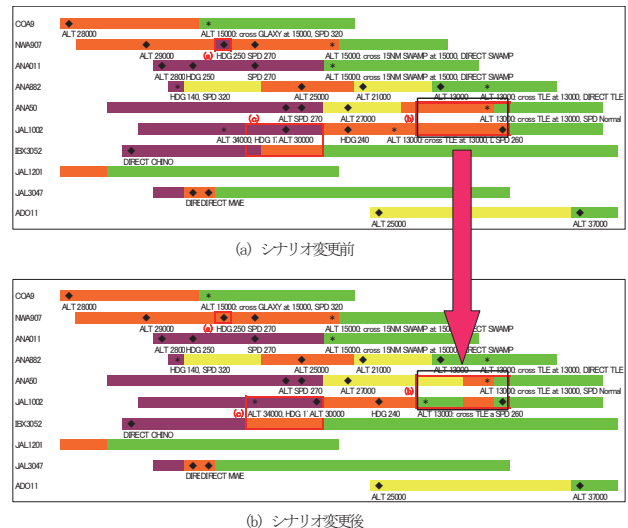


図 1 シナリオ変更による CAPS の比較

## 4. 考察等

COMPAS<sup>i</sup>による上記のシミュレーション結果は、同じ管制官が異なるシナリオを行ったと想定した場合、交通状況によってそのパフォーマンスや困難度の高い時間の継続性が異なることを示している。COMPAS<sup>i</sup>は管制官訓練支援ツールとして開発してきたが、効果的な航空交通管理について事前に検討するための分析および資料提供への応用も可能と考えている。

継続研究では、航空局の長期ビジョン CARATS に予定されている航空交通管理の概念を取り入れた航空交通流における管制官のパフォーマンスあるいはワークロードについて、様々な空域や交通流での比較、評価を行う予定である。

## 掲載文献

- (1)青山他：“レジリエンス工学の視点に立つ予防安全体制の構築に関する研究(3)-航空管制官チームのインタラクション分析-”，日本人間工学会第 52 回大会論文集，pp86-87，2011 年 6 月
- (2)青山他：“レジリエンス工学に基づく複雑システムの安全研究(3)-管制チームによる協調作業プロセスの可視化手法-”，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011 論文集，pp49-54，2011 年 9 月

## 2 通信・航法・監視領域

### I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成23年度においては、当所の長期ビジョンを基に行政当局などの要望を考慮しながら下記のような研究を計画・実施した。

1. GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発
2. 将来の航空用高速データリンクに関する研究
3. 空港面監視技術高度化の研究
4. カテゴリIII着陸に対応したGBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の開発
5. CPDLC卓を用いた航空路管制シミュレーションの研究
6. GNSS高度利用のための電離圏データ収集・共有
7. GBASによる新しい運航方式に関する研究
8. トラジェクトリベース運航のためのCNS基盤技術に関する研究
9. マルチGNSS環境に対応したインテグリティ補強方式に関する研究
10. 航空用WiMAXの国際標準化に関する基礎研究
11. GPS補強信号広域サービス化のための基礎研究
12. VDL-M2を用いたATNの実証実験に関する調査
13. 能動的観測手法による電離圏異常検出とSBAS/GBASへの応用
14. 曲線進入コースに対応したGBAS機上データ処理に関する基礎的研究
15. GNSSを用いた飛行方式の評価方法に関する調査
16. デジタル受信機を用いたパッシブレーダーによるプラズマバブル広域監視法の研究開発
17. 衛星ビーコン観測とGPS-TECによる電離圏3次元トモグラフィの研究開発
18. 気象変動に伴う極端気象に強い都市創り
19. 障害に強い(ロバストな)位置情報のための地域的測位衛星の高度利用

1から4は重点研究であり、5から11は指定研究、12から14までは基礎研究、15は調査、16から19は競争的資金による研究である。

1は、全世界的航法衛星システム(GNSS)を航空機の精密進入に供するための研究で、先進国間でも電離圏環境が厳しい日本において、GNSSによる精密進入を実用化するための安全性解析技術とリスク管理手法を開発する研究である。

2は、将来の航空通信需要の増大に対応するために、現行のVHF帯対空通信に代わるLバンドデジタル航空

通信システム(L-DACS)の国際標準案作成のために、実験用機材を試作し、高速通信技術および周波数有効利用技術等の開発評価を行う研究である。

3は、空港の処理能力を拡張させるため、空港周辺を飛行する航空機に関する高信頼性の正確な情報を管制官に提供する監視技術を開発する研究で、広域マルチラテレーション(WAM)方式の実験装置を開発・評価し、我が国における課題の解決を目指す研究である。

4は、視程の悪い状況下でも滑走路面まで誘導可能なカテゴリIII (CAT-III) 着陸をサポートするGBAS (地上型補強システム) の実現に必要な安全性設計、解析技術の開発及び認証手法の確立を目指す研究である。

5は、航空管制業務の安全性、効率性の向上、周波数の有効活用等の観点から導入が急がれている管制官パイロット間データ通信(CPDLC)による管制業務の効率化及び業務負荷の低減効果をシミュレーション実験により評価する研究である。

6は、日本に適したGNSSシステムを開発していく上で必要な磁気低緯度電離圏擾乱現象の国際的なデータ収集・共有活動を推進し、電離圏脅威モデルを構築するために、国内外で独自観測データを含むデータの収集を行い、データベースを構築する研究である。

7は、安全で効率的なGBASによる運航を、現在の限界が見えてきている精密進入システムである計器着陸システム(ILS)に替わって導入するために、その特徴を發揮させる運航方式を調査検討する研究である。

8は、将来の航空交通管理で実現するトラジェクトリベース運航に対して、将来の航空管制業務の姿を提案するとともに、CNS基盤技術との関連について調査検討する研究である。

9は、GNSSを航空機の航法に利用するためには補強システムが必要となるが、既存の補強方式は必ずしもそのままではマルチGNSSに対応できないために、マルチGNSS環境下における航空用補強システムについて、新しい補強方式を検討する研究である。

10は、ICAO、RTCA等の航空通信規格策定の国際会議等を中心に、空港面で利用される航空用WiMAXの国際標準規格の策定作業に参画し、航空用WiMAXの利用可能性に関する調査研究である。

11は、日本近傍に限られている準天頂衛星補強信号(QZSS L1-SAIF)及びMSASなどのGPS補強システムのサービスエリアを広域化するために必要となる基礎的検討を行う研究である。

12は、海外の研究機関等でのVDL-M2の開発状況を調査して、当所におけるATN研究の成果を生かしながら、海外の研究機関等と協力・連携してVDL-M2上でのATNの実証的な実験方法を検討する研究である。

13は、後方散乱レーダーや非干渉散乱 (IS) レーダーなどの能動的手法を用いて広範囲効率的に電離圏異常を監視する手法について検討し、その実現可能性を判断する研究である。

14は、GBASの特長を活かした進入着陸方式である曲線進入 (TAP機能) に対応した実験用のGBAS機上装置の開発を目指す研究である。

15は、GBAS, SBAS等を利用した新しい飛行方式についてFAA等で実施されている評価方法を、調査し知見を蓄積するとともに、評価の基本となるGNSSによる航空機位置誤差および表示方式の調査, GNSSを用いたRNPアプローチ等の安全性評価の計画案を検討する調査研究である。

16は、競争的資金である日本学術振興会の科学研究費補助金(科研費)若手B研究による研究で、デジタル受信機を用いた短波伝搬距離測定装置を開発し、到来方向探査装置とあわせて海外放送局電波の到来方向と伝搬距離を測定することにより、衛星航法の高度利用を阻害するプラズマバブルの発生・移動をより高い精度で監視するシステムの実現可能性を実証する研究である。

17は、同じく競争的資金である日本学術振興会の科学研究費補助金(科研費)の挑戦的萌芽研究に研究分担者として参画した研究で、高精度デジタル受信機を用い低軌道衛星ビーコン電波観測による電離圏全電子数観測と、GPS衛星の2周波信号を用いた電離圏全電子数観測を組み合わせた、電離圏複合トモグラフィを開発し、衛星航法システムに影響を与える電離圏電子密度の3次元常時モニタシステムの基礎を拓く研究である。

18は、競争的資金である科学技術振興機構の科学技術振興調整費(科振費)による研究で、研究課題『気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム』の一環として、首都圏に稠密気象観測網を構築して極端気象(局地的な大雨, 強風等)のメカニズム解明と災害が発生する前に情報を伝達する「極端気象早期検知・予測システム」の開発に参加し、飛行実験を企画・実施するとともに航空機のトラジェクトリ精密予測において必要となる気象予測情報の要件を検討する研究である。

19は、競争的資金である文部科学省の宇宙利用推進調

査費による研究で、地域的測位衛星を利用したGPSバックアップシステムの検討のため、さまざまな位置情報利用者について、国として保障すべき最低限のバックアップ体制の検討、バックアップシステムの性能解析の実施及びGPSと併用した場合の性能評価を行う研究である。

## II 試験研究の実施状況

4ヶ年計画の最終年度にあたる「GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発」においては、SBASに関して電離圏活発期における観測データに基づき動作パラメータを決定し、南西諸島におけるアベイラビリティを改善できることを確認した。GBASに関して関西空港でGBASプロトタイプを24時間連続動作し収集した約1年間の連続データから異常時に航空機側で警報が発出されない危険事象が発生していないことを確認するとともに、ボーイング社及び航空会社の協力によりGBAS機上装置を標準搭載するボーイング787によるGBAS進入着陸実験を実施し、機上装備との接続試験などにおいて良好な結果を得た。

4ヶ年計画の3年度にあたる「将来の航空用高速データリンクに関する研究」では、国内外の航空用高速データリンクに関する動向調査, L-DACS物理層実験システムの受信部及びソフトウェアインターフェイス部の実装を行うとともに、誤り訂正機能を組み込んだL-DACS 1物理層におけるBER特性を計算機シミュレーションで検証した。検証シミュレーションでは、16QAM, 64QAMの変調方式において、航空機の移動速度が小さい場合のリードソロモン符号+畳み込み符号は雑音が相対的に大きい状態でも良好な符号誤り率 (BER) 特性を示したが、航空機が高速移動している場合には同様の誤り訂正を施しても十分なビット誤り訂正能力を確保できないという結果が得られた。

4ヶ年計画の3年度にあたる「空港面監視技術高度化の研究」では、羽田空港周辺に設置してあるWAM実験装置に受信局及び質問機能を追加して在空機に対する性能試験を実施し、覆域が60NM以上に拡大したことと検出率が大幅向上したことを確認した。また、平成22年度に仙台空港においてOCTPASS実験装置の実験評価環境を整備したが、平成22年3月に東日本大震災により設置した機材が被災したため、実験評価環境の復旧を重点的に進めた。

4ヶ年計画の初年度にあたる「カテゴリIII着陸に対応したGBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の

開発」では、CAT-III進入を日本に導入する際に必要な安全性設計及び解析技術の開発と認証手法を確立するため、GAST-D地上実証モデルの要求仕様を明確化してインテグリティモニタを含めたシステムの開発に着手した。また同時にGAST-D運用に必要な電離圏脅威モデルの検証のために空間勾配の解析及びGPSアンテナへの着雪の影響を調べる実験を実施した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「CPDLC卓を用いた航空路管制シミュレーションの研究」では、試作したCPDLC卓を管制の経験者にCPDLC卓を操作するシミュレーション実験を行い、音声通信のみで管制を行う時の管制官の通話時間とCPDLC対応航空機が増加した場合との通話時間の比較を行いCPDLCの効果を調べた。

4ヶ年計画の初年度にあたる「GNSS高度利用のための電離圏データ収集・共有」では、ICAOアジア太平洋事務局と協力して電離圏データの収集・共有の体制を整えつつ、日本国内において電離圏遅延及び勾配観測データを収集し、研究基盤となるデータベースを構築するとともに、共同研究により、タイの電離圏勾配観測を開始、インドネシアの電離圏勾配観測の準備を行った。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「GBASによる新しい運航方式に関する研究」では、航空会社、宇宙航空研究開発機構(JAXA)等と協力して、曲線飛行と最終直線経路との接続について調査するとともに航空会社のB-787フライトシミュレータを活用し、GLS (GBAS Landing System)の優位性を検証する実験を実施とともに、GBASによる曲線進入飛行方式として曲線進入に関係するRNP-AR飛行方式設定基準を調査し、GBAS曲線精密進入の運行上のメリットを明らかにした。

3ヶ年計画の2年度にあたる「トラジェクトリベース運航のためのCNS基盤技術に関する研究」では、トラジェクトリベースによる効率的運航の基礎検討及び運航手順の整理、出発から到着までの4次元トラジェクトリ検討、航空通信量調査とCNS基盤との適合性検討を行い、各CNSの現行システムと将来システムを飛行フェーズ毎に分類・図示化するとともに、トラジェクトリで利用する情報と伝達手段の調査とトラジェクトリに関連する航空通信量について調査を開始した。

3ヶ年計画の初年度にあたる「マルチGNSS環境に対応したインテグリティ補強方式に関する研究」では、既存補強システムの補強情報伝送方式、補強方式及び補強アルゴリズムを調査、補強システムのソフトウェアライブラリについて必要な機能要件を検討と修正、

及びマルチGNSS環境下における性能評価のための実験データを継続的に収集した。

1年計画である「航空用WiMAXの国際標準化に関する基礎研究」では、仙台空港内で実験用航空機と車両にMIMOアンテナシステムを搭載した電波伝搬のフィールド実験及び模型飛行機(UAV)と汎用の無線システムを組み合わせた飛行移動時の電波伝搬実験を行い従来型のSISO (Single-Input Single-Output)アンテナを使用した場合と比べて通信条件の改善効果が高いことを実証した。

2ヶ年計画の初年度にあたる「GPS補強信号広域サービス化のための基礎研究」では、広域補強衛星航法モニタ局をアジア地域に配置した場合の測位精度を評価のためのモニタ局配置を検討、及びサービスエリア拡大にあたりQZSSによる補強とMSASによる補強の測位精度改善状況を評価するためのソフトウェア改修を行った。

1年計画である「VDL-M2を用いたATNの実証実験に関する調査」では、VDL-M2の開発経験がある大韓民国の韓国航空宇宙研究院 (KARI) と、ATNの研究開発を行ってきた当所が協力し、VDL-M2上でのATNの実証的な実験方法が実施できる方法及び体制を検討した。

2ヶ年計画の初年度にあたる「能動的観測手法による電離圏異常検出とSBAS/GBASへの応用」では、3次元電離圏モデルを用いたGBAS・SBASのシミュレーションによる後方散乱レーダーとISレーダーの効果の評価、既存の後方散乱レーダーの観測データとGPS観測データを用いた電離圏異常の検出効果の検証、ARSRのISレーダー転用の実現可能性の技術的検証を行った。

2ヶ年計画の初年度にあたる「曲線進入コースに対応したGBAS機上データ処理に関する基礎的研究」では、MMR (Multi-Mode Receiver) をVDB (VHF Data Broadcast) 受信機とGPS受信機とみなし、PC上でGLS (GNSS Landing System) 処理を行うソフトウェアを開発し、過去に実施した飛行実験データを用い動作を確認した。

2ヶ年計画の初年度にあたる「GNSSを用いた飛行方式の評価方法に関する調査」では、飛行方式設定基準および飛行方式設定におけるFAAの役割について、ICAO, FAA, RTCA文書を中心に調査を行った。また飛行方式基準作成のために重要と考えられる、飛行シミュレータと飛行シミュレータによる評価方法についての調査を実施した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「デジタル受信機を用いたパッシブレーダーによるプラズマバブル広域監視法の研究開発」では、受信システムの安定性を向上させた改良したシステムを用いて2回の短波赤道横断電波観測を行い、短波赤道横断伝播の到来方向測定に伝播距離測定を加えることにより、プラズマバブルの位置推定精度向上の可能性を示唆する結果が得られた。

3ヶ年計画の2年度にあたる「衛星ビーコン観測とGPS-TECによる電離圏3次元トモグラフィの研究開発」では、平成22年度に電子航法研究所に設置した受信システムを用いビーコン電波の連続観測を開始し、衛星と受信機間の全電子数(伝播遅延量に相当)の測定を行い、衛星が北から南へ移動するのに伴って全電子数が増加している現象などを観測した。

5ヶ年計画の2年度にあたる科学技術振興調整費を利用した競争的資金による「気象変動に伴う極端気象に強い都市創り」では、首都圏で夏季に発生する極端気象発生のメカニズム解明に資することを目的として首都圏稠密観測網周辺において当所が保有する実験用航空機により上空の3次元大気場の観測実験を実施することとしていたが、H23年3月11日に発生した東日本大震災の津波により実験用航空機が被災したため、研究計画を変更し、当所はこの研究を中止した。

3ヶ年計画の2年度にあたる文部科学省の宇宙利用推進調査費を利用した競争的資金による研究の「障害に強い(ロバストな)位置情報のための地域的測位衛星の高度利用」では、QZSSを使うことによる位置情報利用者に対する最低限のバックアップ体制を整理検討し期待できる性能を解析するとともに、マルチシステム測位実証実験及び衛星測位環境下における電磁干渉の実態調査を実施した。

### Ⅲ 試験研究の成果と国土交通行政、産業界、学会に及ぼす効果の所見

当領域の通信、航法、監視に関する研究課題は、航空行政の支援などを通じて、航空利用者の利便性向上、環境負荷の軽減などの達成に向けて行われている。

航空に使われる技術は国際的な調和が必要であるために、国際機関であるICAO、RTCA及びEUROCAEにおいて基準の作成、改訂のための活動が行われている。監視技術ではICAOの航空監視パネル(ASP)においてマルチラテレーション(MLAT)や放送型自動位置情報伝送・監視機能(ADS-B)等の技術基準、航法技術では航

法システムパネル(NSP)において新しいGNSSの技術基準及び検証作業、通信技術では航空通信パネル(ACP)において新しい空港付近の通信に関する標準化作業の活動が行っている。また、航法技術では、アジア太平洋経済会議GNSS設置チーム(APEC GIT)会議、SBASを整備運用中の関係各国(日、米、欧州、加、印)が参加するSBAS相互運用性検討ワーキンググループ会議(IWG)、GBASにおける開発や運用を計画している関係国、機関、企業等が参加するIGWG(国際GBASワーキンググループ)会議などにおいても検討がなされている。さらに、RTCA及びEUROCAEにおいても、事実上の国際標準(デファクトスタンダード)にあたるMOPS (Minimum Operational Performance Specification) や MASPS (Minimum Aviation System Performance Standards) の検討のために、数多くの特別委員会(SC: Special Committee)の会議が設置され検討が行われている。当領域では、これらの国際会議に参加し、技術資料を提出して基準作成等の国際的な活動に寄与している。

当所の数多くの研究成果は、今後設置・運用する航空保安システムの技術基準、運用基準の策定等に必要な技術資料として、行政の整備するシステムの性能向上、整備方針策定に貢献し、国土交通行政に直接貢献するとともに、米国航法学会、電子情報通信学会、日本航空宇宙学会、日本航海学会等における講演発表や論文として、広く社会に周知され、CNSの応用面からみた技術の方向性の提案として活用されている。

(通信・航法・監視領域長 藤井 直樹)

## GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発【重点研究】

担当領域 航法・通信・監視領域

担当者 ○福島 荘之介, 坂井 丈泰, 伊藤正宏, 齊藤 真二, 吉原 貴之, 齋藤 享,  
藤田征吾, 星野尾 一明, 伊藤 実, 山 康博

研究期間 平成20年度～平成23年度

### 1. はじめに

国際民間航空機関（ICAO）では、航空交通量の増大に対しても事故を減少させる安全管理および効率的運航への移行が望まれ、現在の航空路における RNP 運航、ターミナル覆域における RNP 運航に加え、最終進入着陸フェーズでの全地球的衛星航法システム（GNSS）利用への期待が高まっている。GNSS を使用した着陸フェーズのシステムのうち、静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）においては、米国の WAAS が APV-I モードのサービスを開始し、決心高を200 ft まで可能とする LPV-200（CAT-I 相当）の整備が始まっている。地上型衛星航法補強システム（GBAS）では、米国、オーストラリア、ドイツ、スペインで運用を目指し、認証作業が進められている。しかし、電離圏変動が大きい我が国では、SBAS である運輸多目的衛星用衛星航法補強システム（MSAS）が平成19年度から運用されているが、垂直誘導機能が使用できない現状がある。GBAS でも、日本の環境下における安全性設計手法は実現されていない。このため、GNSS 精密進入を実現するこれら技術の早期開発が望まれる。

本研究では、全ての飛行フェーズにおけるGNSSを利用した効率的な運航の実現、特に進入着陸フェーズにおいて実現を目指し、日本の環境下でのGNSSの安全性解析技術とリスク低減技術の開発を行い、GNSSによる精密進入時のリスク管理手法の確立を目指す。

### 2. 研究の概要

GNSSを利用した効率的な進入着陸フェーズにおける運航の実現を目指し、本年度は、昨年度に引き続き電離圏活発期における観測データをこれまで開発したSBAS電離圏補強アルゴリズムに適用し、観測データに基づく安全性評価によって所要の性能が発揮できるパラメータを決定した。これにより、MSASを用いたCAT-IIによる精密進入において十分な安全性を確保できることを確認した。また、GNSS進入方式の飛行実験の実施によりGBAS地上装置の基本性能が国際標準の要求を満たすことを実証し、内在されるGBAS安全性モデルのアルゴリズム・パラメータ最適化・検証、安全性評価を行って、国内の電離圏環境において

もCAT-Iの安全性要求を達成可能な設計手法を確立し、実用化を可能とした。

### 3. 研究成果

#### 3. 1 SBAS 電離圏補強アルゴリズムの安全性評価

現行の MSAS において垂直誘導サービスのアベイラビリティを制約する要因となっている電離圏補強アルゴリズムについて、これまで当所の開発による性能向上方式を提案してきた。平成20年度は CAT-I 精密進入サービスを提供可能とするアルゴリズムを開発するとともに、電離圏嵐などのリスク要因を踏まえた適切な動作パラメータを決定した。平成21年度は当該アルゴリズムを MSAS シミュレータに組み込み、その効果を確認した。H22年度は、直近の電離圏嵐における観測データに基づいて、当該アルゴリズム及び在来アルゴリズムを評価し、いずれも十分な安全性を確保できると結論づけた。H23年度は、更に電離圏活発期における観測データに基づく安全性評価を実施した。この結果、安全性を確保しつつ所要の性能を発揮できる動作パラメータを決定し、特に南西諸島におけるアベイラビリティを改善できることを確認した。（図1参照）

#### 3. 2 GNSS 進入方式に関する飛行実験

H23年3月の東北地方太平洋沖地震の津波により仙台空港に駐機していた実験用航空機が被災し、予定していた飛行実験に使用不可能となった。しかし、共同運航先である宇宙航空研究開発機構（JAXA）のご協力により JAXA 実験用航空機（Dornier228-202）に GBAS 機上装置を搭載し、関西国際空港で共同飛行実験を実施し、GBAS 基本性能を検証した。実験は、ILS コースをオーバーレイする直線進入、VHF データ放送（VDB）システム覆域確認のためのレベル、アーク飛行である。特に VDB アンテナは諸外国の設置例とは異なり、CAT-III の自動着陸の基準である滑走路上の地上高8 ft の覆域を確保するため、高さ40 m の送信鉄塔上に設置しており、計算機シミュレーションにより求めた電界強度とレベル飛行の観測結果を比較し、GBAS 国際ワーキンググループ会議で報告した。

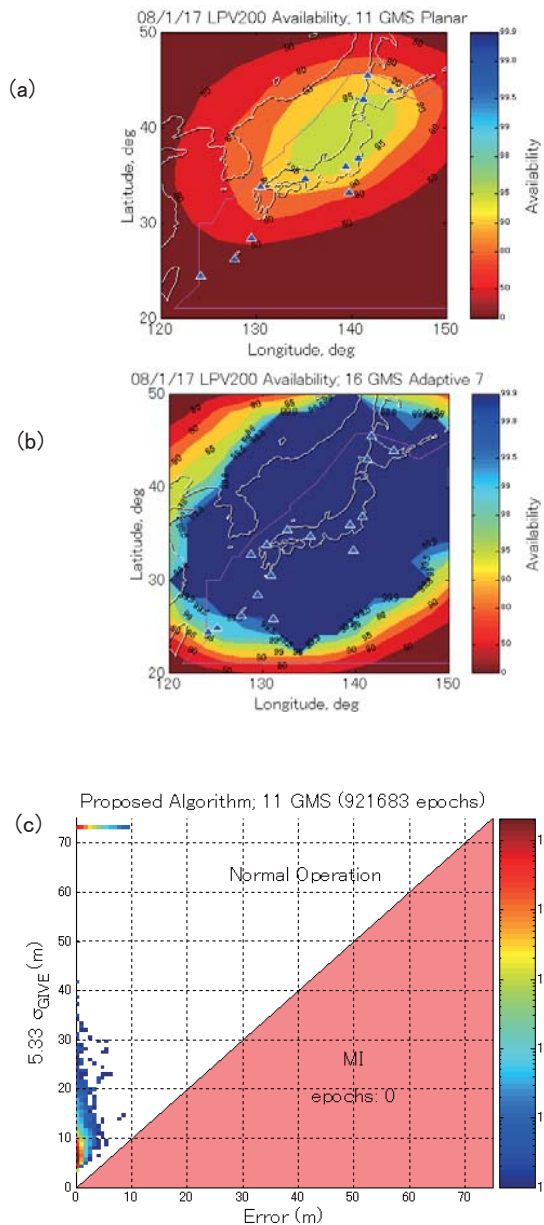


図1: (a)現行システムによる LPV-200モードのオペラビリティ, (b)改良アルゴリズムによるLPV-200モードのオペラビリティ, (c)改良アルゴリズムの安全性評価例。いずれも監視局は現行の6局から11局に増設することを想定。

更に本年度は、GBAS 機上装置を標準搭載するボーイング787が我が国を最初に導入されたため、「GBAS による新しい運航方式に関する研究」と連携してボーイング社及び航空会社に協力を要請し、乗員訓練期間に GBAS 進入着陸実験を実現し、機上装備との接続試験などを実施して大型商用機により装置の正常動作を確認した。

### 3. 3 GBAS 安全性実証モデルのアルゴリズム・パラメータ最適化及び検証

欧米よりも電離圏の条件が悪い我が国における GBAS

の実用化のためには、日本周辺で頻発するプラズマバブルと呼ばれる現象が引き起こす GPS 信号の疑似距離遅延量の急激な変化(勾配)を考慮する必要がある。プラズマバブルに伴う電離圏遅延量勾配を検知するために、電離圏フィールドモニタ (IFM) を H21年度に考案し、H22年度においては実際の空港に設置可能なように検出アルゴリズムの高度化と沖縄に展開している観測サイトなどのデータを元に検証を行った。IFM を採用した GBAS の設置・評価は世界初であり、その実現に寄与する検出アルゴリズムに関する特許申請した。国際民間航空機関 (ICAO) における次世代の CAT-III GBAS の国際標準策定においては、当所で開発したプラズマバブルを考慮した電離圏三次元モデルが技術検証に用いられるなど高い評価を得た。H23年度は、IFM 検証のための実験を実施し、石垣島で取得したプラズマバブルのデータを元にアルゴリズムを再検証した。また、関西国際空港に設置したプロトタイプ装置により観測された正常時の勾配観測量から異常検知モニタしきい値などパラメータを決定し、アルゴリズムをプロトタイプに実装した。

### 3. 4 GBAS 安全性モデルの性能評価

GBAS は ICAO 国際標準 (Annex10) における高い安全性要求を満たす必要がある。H20年度に開発に着手し、完成後 H22年度に関西国際空港に設置した GBAS プロトタイプは本要求を実現するための設計手法を確立することが目的であり、装置設計時に安全性の設計検討を実施して、衛星故障、電離圏擾乱による GPS 信号の異常など脅威モ

DATE:2011/12/19

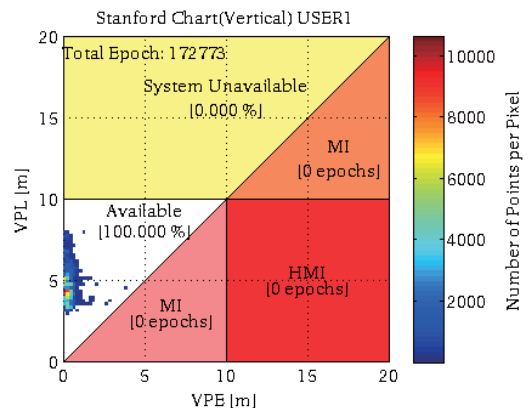


図2: 関西国際空港内に設置した擬似ユーザ(固定点)における垂直誤差(横軸: VPE)と警報を発生する保護レベル(縦軸: VPL)の頻度分布を示す(スタンフォードチャート)。稀に図中の MI 及び HMI 位置 (VPE>VPL)にデータが存在し危険事象の可能性があったが、原因を探求した結果、擬似ユーザ側に基因する誤差増加であることが判明した。

デルを設定し、脅威による全リスクを要求値以下とするため異常検知モニタやリスク緩和アルゴリズムがソフトウェアとして内在されている。H23年度は、プロトタイプを24時間連続動作し収集した約1年間の連続データから、異常時に航空機側で警報が発出されない危険事象が発生していないことを確認した（図2参照）。次に、正常時の異常検知モニタのフィールドにおける検定統計量の統計分布と脅威空間を探索する計算機シミュレーションによりモニタの妥当性を検討し、アルゴリズムやパラメータの最適化・再検証を実施した。更に、IFM 検証のための実験を実施し、アルゴリズムを検証解析してプロトタイプに実装した。

この結果、CAT-I の安全性要求を達成可能な設計手法を確立し、国内の電離圏環境においても GBAS の実用化が可能となった。本研究の成果は、従来から衛星航法による精密進入システムの課題であった安全性要求を保証する手法の開発に取り組み、海外で磁気中緯度地域に限定して提案されてきた脅威モデルを磁気低緯度まで拡大して国内に適用可能とし、提案されてきた複数のリスク緩和手法を見直し独自の検証により再設計し、IFM を追加して要求を実現したことである。

#### 4. まとめ

本研究では、GNSSを進入着陸フェーズの運航に導入し、精密進入着陸に利用するための技術について開発を行った。SBASについては、国内の電離圏環境により非精密進入に限定されているMSASのアルゴリズムを改良し、国内に適した電離圏嵐検出法を考案して安全性評価を実施し、国内で垂直サービスを提供してCAT-I相当の精密進入を提供可能であることを検証した。これらの結果は国際SBASワーキンググループ会議・MSAS技術強化会議（TRT）等で成果を公表しMSASで垂直誘導を利用する整備方針を示した。MSASによるCAT-I精密進入サービスが実現すれば、各空港に精密進入用の施設を設置することなく、国内の全ての滑走路方向から精密進入を行うことができる。これにより、離島空港のみならず多くの空港で就航率の改善及び現行地上施設の負担軽減（縮退を含む）が期待できる。

また、GBASについては日本における電離圏脅威モデルを新たに構築し、IFMを考案して、航空宇宙機器分野で適用される安全性設計法により、安全性設計プロセスを実施し、異常検知モニタ、リスク緩和アルゴリズムを含むプロトタイプ装置を開発して、安全性性能を評価し、CAT-I精密進入の安全性要求を達成した。これにより国内の電離圏環境においても、GBAS（CAT-I）の実用化を可能とした。

この結果、我が国のような磁気中低緯度の電離圏現象が脅威となる地域においても自動着陸が可能なGBASに対する安全性設計技術が得られ、実用化に必要なシステムの認証作業が可能となる。これにより、現在のILSに比較して空港内に広い保護区域を必要とせず、1式の装置により、複数の滑走路方向の進入が可能となり、経済性に優れたGBAS導入が促進される。更に、GBASを用いた精密進入が可能となれば、将来曲線進入など自由度の高い進入経路の設定が可能となり、運航の効率性の向上、空港容量の増大への寄与、環境問題の緩和が期待できる。

#### 掲載文献

- (1) T. Sakai, K. Matsunaga, K. Hoshino, “Modeling Ionospheric Spatial Threat Based on Dense Observation Datasets for MSAS”, Proc. ION GNSS, Sep. 2008.
- (2) S. Saito, et al., “Solutions to issues of GBAS using SBAS ranging source signals”, Proc. ION GNSS, Sept. 2008.
- (3) S. Saito, T. Yoshihara, N. Fujii, “Development of an ionospheric delay model with plasma bubbles for GBAS”, Proc. ION ITM, Jan. 2009.
- (4) T. Sakai, T. Walter, “Modeling Vertical Structure of Ionosphere for SBAS”, Proc. ION GNSS, Sept. 2009.
- (5) S. Saito, T. Yoshihara, and N. Fujii, “Study of effects of the plasma bubble on GBAS by a three-dimensional ionospheric delay model”, Proc. ION GNSS, Sept. 2009.
- (6) S. Saito and N. Fujii, “Effects of external ionosphere anomaly monitors on GNSS augmentation systems studied with a three-dimensional ionospheric delay model - a study for GBAS”, Proc. ION GNSS, Sept. 2010.
- (7) T. Yoshihara, S. Saito and N. Fujii, “A Study of Nominal Ionospheric Gradient for GBAS in Japan”, Proc. ION GNSS, Sept. 2010.
- (8) K. Suzuki, Y. Nozaki, T. Ono, T. Yoshihara, S. Saitoh, S. Fukushima, “CAT-I GBAS Availability Improvement thorough Ionosphere Field Monitor (IFM)”, Proc. ION GNSS, Sept. 2011.
- (9) S. Fujita, T. Yoshihara and S. Saito, “Determination of Ionosphere Gradient in Short Baselines by Using Single Frequency Measurements”, J. Aeronautics, Astronautics and Aviation, Series A, Vol. 42, No. 4, Dec. 2010.
- (10) S. Fujita, T. Yoshihara and S. Saito, “Determination of Ionosphere Gradient in Short Baselines by Using Single



- Frequency Measurements”, IS-GPS/GNSS, Oct. 2010.
- (11) S. Fujita, T.Yoshihara, S. Saito, “Performance Evaluation of Signal Frequency based Ionosphere Field Monitor for GBAS”, IGNSS, Nov. 2011.
- (12) M. Kudo, N. Fujii and H. Yoshimura, “Facilitation of discussions for other GBAS applications to enhance operational benefits besides CAT-II/III capability”, ICAO NSP WG1, Oct.2008.
- (13) T.Yoshihara et al., “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WG1, Mar. 2009.
- (14) S. Saito, “Current research activities of ENRI for GNSS”, APEC GIT-13, July, 2009.
- (15) T. Yoshihara and S. Saito, “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WG1, Nov. 2009.
- (16) S. Saito, “Validation of Ionospheric Anomaly Mitigation for GAST D”, ICAO NSP working group of the whole CSG meeting, May 2010.
- (17) T. Yoshihara, S. Fujita, S. Saito, “Ionospheric Absolute Gradient Monitor for GAST-D and Current Status of Japanese GBAS Prototype”, ICAO NSP WG1/CSG, May 2010.
- (18) S. Saito, “Vulnerability of GNSS to solar radio burst”, Nov. 2010.
- (19) S. Saito, “Ionosphere Data Collection to Establish Threat Model for GBAS in Low Latitude Region”, ICAO NSP working group of the whole CSG meeting, Nov. 2010.
- (20) S. Saito, “Ionosphere Anomaly Monitor by Backscatter Radar for GBAS”, ICAO NSP working group of the whole CSG meeting, Nov. 2010.
- (21) T. Yoshihara and S. Saito, “Japanese Research and Development Status Concerning GBAS”, ICAO NSP WG1/CSG, Nov. 2010.
- (22) S. Saito, "Resolution for Ionosphere Issues in Implementing GNSS", APANPIRG CNS/MET SG-14, Jul. 2010.
- (23) M. Ito, “ENRI’s research and development activity for GBAS”, APEC GIT-15, Jun.2011.
- (24) S. Saito, “Ionospheric data collection, analysis and sharing to facilitate GNSS implementation in the Asia-Pacific region”, APANPARG-15 CNS/MET, July, 2011.
- (25) T. Sakai, “MSAS Ionosphere R&D Update”, JCAB-MITRE meeting, July, 2008.
- (26) T. Sakai, K. Matsunaga, K. Hoshinoo, “MSAS Ionosphere R&D Update”, SBAS IWG-17 Meeting, Jun. 2008.
- (27) S. Fukushima, N. Fujii, S. Saito, T. Yoshihara, M. Kudo, “Status of ENRI Research Activity”, IGWG-8, Mar. 2009
- (28) T. Sakai, “Threat Models for Planar and Zeroth Order Fits”, MSAS TRT meeting, Mar. 2009.
- (29) S. Saito and T. Yoshihara, “Ionospheric data sharing plan in Asia-Pacific region”, IGWG-9, Nov. 2009.
- (30) S. Saito and T. Yoshihara, “Three-dimensional ionospheric delay model for GBAS”, IGWG-9, Nov. 2009.
- (31) M. Kudo, “Update on current solar activities and ionosphere data collection strategy”, IGWG-10, June 2010.
- (32) M. Kudo, “Some consideration on operational aspects for facilitating GBAS implementation”, IGWG-10, June 2010.
- (33) T. Sakai, “The Complete Integrity Chart: Further Extension of Stanford -ESA Chart”, SBAS IWG-20, Dec. 2010.
- (34) M. Kudo, “ENRI GBAS prototype development at Kansai International Airport”, IGWG-11, Feb.2011.
- (35) S. Saito, “Activities by ENRI to evaluate the impacts of the low latitude ionospheric anomalies on GBAS”, IGWG-11, Feb.2011.
- (36) T. Yoshihara, “ENRI’s GBAS R&D Status”, IGWG-11, Feb. 2011.
- (37) S. Fukushima, S. Saitoh, “VDB antenna siting at Kansai airport”, IGWG-12, Nov. 2011.
- (38) S. Fukushima, S. Saito, T. Yoshihara, S. Fujita, “Evaluation and results of ionospheric field monitor”, IGWG-12, Nov. 2011.
- (39) T. Feuerle, M. Steen, T. Yoshihara, “Curved Approaches using GBAS-TUBS/ENRI flight trials”, IGWG-12, Nov. 2011.
- (40) M. Itoh, “ENRI’s GBAS Research and Development Status”, IGWG-12, Nov. 2011.
- (41) M. Itoh, Y. Nagai, “Flights experiments of GBAS prototype with airline aircraft B787 in Kansai International Airport”, IGWG-12, Nov. 2011.

- (42) 吉原 他, “日本における GPS 衛星電波の局所的な電離圏遅延勾配の背景場の評価”, 日本航海学会論文集, 第 122 回, 2010 年 9 月.
- (43) 齋藤, 藤井, “SBAS 信号を利用する GBAS の開発について”, 通学誌 B, J93-B, No.7, 2010.
- (44) 福島 他, “衛星航法システムによる精密進入着陸システムの開発と安全性の保証”, 信学誌 B, Vol. J94-B, No.7, 2011.
- (45) 坂井 他, “GNSS 進入の導入による欠航回避効果の検討”, 通学技報 (SANE), 2008 年 7 月.
- (46) 坂井 他, “航空用 GNSS の種類と対応受信機”, 通学技報 (SANE), 2008 年 12 月.
- (47) 吉原, “GBAS(地上型衛星補強システム)の研究開発”, 通学技報 (SSS), 2008 年 11 月.
- (48) 齋藤 他, “衛星航法と電離圏—電子航法研究所における電離圏研究”, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 124 回講演会, 2008 年 10 月.
- (49) 齋藤, 富澤, “強いスプラディック E が航法衛星を用いた航空機航法システムに及ぼす影響”, 通学技報 (SANE), 2010 年 1 月.
- (50) 吉原, 齋藤, 藤井, “GBAS の安全性設計と電離圏遅延の空間勾配”, 通学技報 (SANE), 2010 年 2 月.
- (51) 武市, 工藤, 藤井, “GBAS 導入の効果とその課題”, 日本航空宇宙学会 第 46 回飛行機シンポジウム, 2008 年 10 月.
- (52) 坂井 他, “GNSS 進入の導入による欠航回避効果”, 日本航空宇宙学会 第 46 回飛行機シンポジウム, 2008 年 10 月.
- (53) 齋藤, 吉原, 藤井, “地上補強型衛星航法システムに対するプラズマバブルの影響”, 日本地球惑星科学連合大会, 2009 年 5 月.
- (54) 工藤, 他, “GBAS の実験計画について”, 第 48 回飛行機シンポジウム, 2010 年 11 月.
- (55) 齋藤真二, “実験用 GBAS 機上装置の開発”, 日本航空宇宙学会 43 回講演会, 2011 年 4 月.
- (56) 福島 他, “地上型補強システム(GBAS)プロトタイプ開発”, 測位航法学会 全国大会, 2010 年 4 月.
- (57) 齋藤, “スプラディック E の GPS 測位に対する影響の初期的評価”, 測位航法学会 全国大会 2010 年 4 月.
- (58) 齋藤, 吉原, 福島, 藤井, “地上型衛星航法補強システムのための GPS 衛星故障信号検出手法としきい値決定方法およびその評価”, 電子航法研究所報告, 第 123 号, 2010 年 1 月.
- (59) M. Kudo, “Perspectives on Global Navigation Satellite Systems”, ENRI International Workshop on ATM/CNS”, Mar. 2009.
- (60) S. Saito and N. Fujii, “Impact of the low latitude ionosphere disturbances on GNSS studied with a three-dimensional ionosphere model”, the Second ENRI International Workshop on ATM/CNS, Nov. 2010.
- (61) S. Saitoh, “Evaluation of GBAS Experimental System and Technical Issued to Practical Use of GBAS”, KARA/ENRI CNS/ATM Joint Conference, Mar. 2010.
- (62) S. Fujita, T.Yoshihara, S. Saito, “Detection and Correction of Cycle Slips in GNSS Signal Tracking for Single Frequency Application”, 43th symposium on stochastic systems theory and its application, Oct. 2011.
- (63) 齋藤真二, 藤田征吾, 福島荘之介, “マルチ・モードレシーバを用いた GBAS プロトタイプの基本性能評価”, 通学技報 (SANE), 2012 年 1 月.

この他, 航空会社・航空局関連 会議・雑誌など 46 件

#### 特許

- (1) 齋藤真二, “GPS 衛星信号の品質監視機能を有する GPS 衛星信号品質監視方法及び GPS 衛星信号の品質監視機能を備えた GPS 衛星信号品質監視装置”, 2009 年 6 月.
- (2) 藤田征吾, “衛星航法システムにおける電離圏異常を検出する方法及びその装置”, 特願 2010-184690, 2010 年 8 月.

## 将来の航空用高速データリンクに関する研究【重点研究】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○北折 潤, 住谷 泰人, 石出 明

研究期間 平成 21 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

ICAO (国際民間航空機関) では, 将来の航空通信需要の増大に備えるため, 高速データリンクシステムの技術的検討を欧米共同作業 FCS (将来の航空通信システムに関する調査研究) に委ねた。FCS の最終報告によると, 洋上通信, 対空通信, 空港面通信と, 通信用途に応じて適切な航空通信システムを選択することが推奨されたが, 現行の VHF 帯対空通信に代わる候補システムは統一化されなかった。新たな対空通信システムの候補は L-DACS (L バンドディジタル航空通信システム) と総称され, 今後は L-DACS の絞込み, 標準化が進められていく見込みである。しかし航空用 L バンドには他の航空無線システムが幾つか既に割当てられており, L-DACS との電波共用性の検証が必須と考えられる。

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

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

### 2. 研究の概要

本研究は 4 年計画であり, 平成 23 年度は 3 年目である。

本研究全体の流れとしては, ソフトウェア無線実装技術を用いて様々な変調方式や符号化方式の評価に柔軟に対応できるような新たな通信システム評価用機材の開発を行い, L-DACS の高速化技術および周波数有効利用技術等について研究する。

平成 23 年度は, 主として以下の各項目について実施した。

- L-DACS 及びデータリンク技術の国内外動向調査
- 電波特性実験
- ソフトウェア無線ライブラリ開発
- L-DACS 誤り訂正あり BER (ビット誤り率) 特性の計算機シミュレーションによる検証

### 3. 研究の成果

#### 3. 1 L-DACS 及びデータリンク技術の国内外動向調査

L-DACS 物理層の動作解析を本年度も進め, 規定が改訂されている部分を確認し, 規定を計算機シミュレーション及びソフトウェア無線での実装に適したアルゴリズムに置き換える作業を行った。

#### 3. 2 電波特性実験

L-DACS1 の信号スペクトラムについて, 当初規定にあったスペクトラムマスクでは, 搬送波周波数±約 250kHz のチャンネル幅以内でスペクトラムがマスクから逸脱する部分があった。精密な信号発生器で合成した信号でもこのスペクトラムマスクをわずかに逸脱していたため, マスク定義が厳しすぎるものと考えられた。その後, スペクトラムマスクの改訂により図 1 に示すようにマスク逸脱が回避されることを実験で確認した。

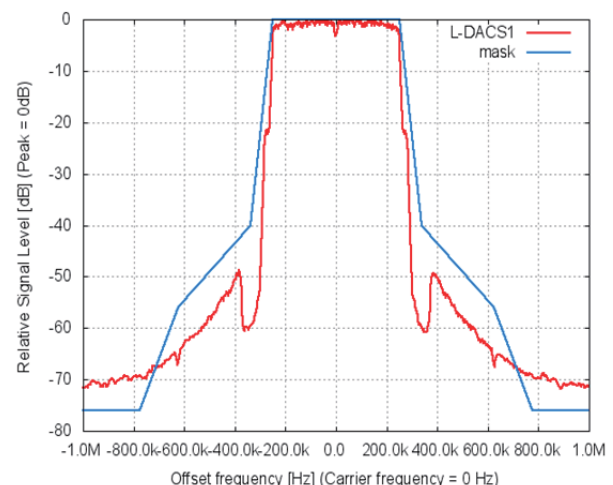


図 1 L-DACS1 信号とスペクトラムマスク

#### 3. 3 ソフトウェア無線ライブラリ開発

L-DACS 物理層実験システムの受信部, ソフトウェア

インターフェイス部の実装を行った。信号処理ライブラリ GNU Radio が提供するモジュールだけでは L-DACS の処理を実現できないため、L-DACS の仕様にあった誤り訂正機能、等化機能等の各種のインターフェイスモジュールを拡張プログラムライブラリという形で開発した。例えば、L-DACS 仕様に合わせた OFDM (直交周波数分割多重) に使うスキャタードパイロット信号の挿入・削除、誤り訂正符号化・復号化に伴う情報ビットの挿入・削除等が挙げられる。これらは L-DACS 特有の動作を要求するものもあるが、実験システムにおいてパラメータを変更することができるように汎用性を持たせて開発した。また、実験システムの受信部を作成し、図 2 に示すように、USRP (汎用ソフトウェア無線装置) 2 台を 1 台の PC に接続して一方を送信機、他方を受信機として機能させるように実装した。これにより多岐にわたる様々な物理層処理をソフトウェアで柔軟に記述でき、ハードウェアで信号送受信できるようになった。

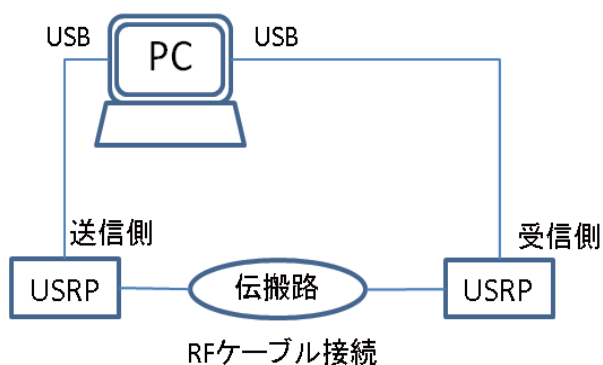


図 2 実験システム概略図

3. 4 誤り訂正あり BER 特性の計算機シミュレーション  
誤り訂正機能を組み込んだ L-DACS1 物理層における BER 特性を、計算機シミュレーションで検証した。L-DACS1 は一次変調に 4QAM (直角位相振幅変調)、16QAM、64QAM の 3 方式が定義されている。また、誤り訂正符号にリードソロモン符号と畳み込み符号を組み合わせた接続符号を使用しており、フレームの種類に応じて各符号のパラメータが異なる。シミュレーション結果によると、航空機の移動速度が小さい場合は、リードソロモン符号+畳み込み符号は雑音が相対的に大きい状態でも良好な BER 特性を示す。しかし、航空機が高速移動している場合は、16QAM、64QAM の変調方式では誤り訂正を施しても十分なビット誤り率を確保できないという結果が得られた。図 3 に、一次変調 16QAM で航空機の移動速度が静止、中速、高速の 3 種類の場合の BER

特性シミュレーション結果例を示す。実線が誤り訂正なし、点線が誤り訂正ありの結果で、誤り訂正符号の効果によって BER が改善されていること、その一方で高速移動 (B747 巡航速度相当) の条件では雑音が小さくともある程度の BER が発生することがわかった。なお、シミュレーション実行上、設定条件が一部仕様と異なる部分もあり今後さらに検証していく。

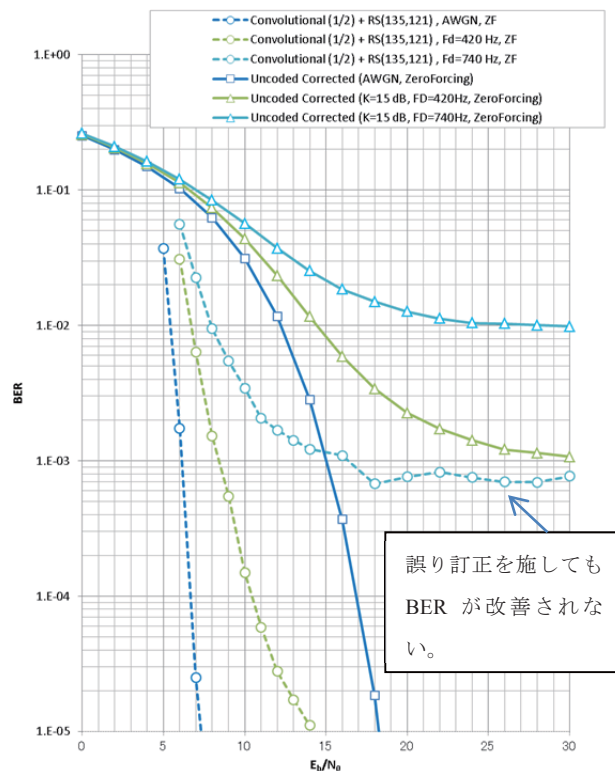


図 3 L-DACS1 誤り訂正あり BER 特性シミュレーション結果例

#### 4. まとめ

本研究は、ソフトウェア無線技術をベースとした L-DACS 物理層評価用の実験システムを利用して L-DACS の電波共用性等を明らかにしていく。今後は、L-DACS 規定変更に伴う物理層実験システムの調整を行いつつ、誤り訂正機能を付加した実験システムを使って様々な通信環境下における電波環境評価実験を行っていく予定である。

#### 掲載文献

- (1) 北折, 住谷, 石出, “対空データリンク L-DACS 物理層の実装”, 第 11 回電子航法研究所研究発表会, 平成 23 年 6 月
- (2) 北折, “将来の航空用高速データリンク”, 電子航法研究所出前講座, 平成 23 年 11 月.

## 空港面監視技術高度化の研究【重点研究】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○宮崎 裕己, 古賀 禎, 島田 浩樹, 角張 泰之, 二瓶 子朗

研究期間 平成 21 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

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

このような背景から、本研究では上述した要望を基にMLAT技術の高度化を目指す。MLATの覆域拡大については、空港周辺を覆域に持つ広域マルチラレーション (WAM) 実験装置を、耐干渉性の強化では、干渉に強い技術を適用した光ファイバ接続型受動監視システム (OCTPASS) 実験装置を試作する。そして、長期的な監視技術の移行を踏まえて、両実験装置にADS-B機能を持たせる。本研究では特にADS-B情報の信頼性を評価する。

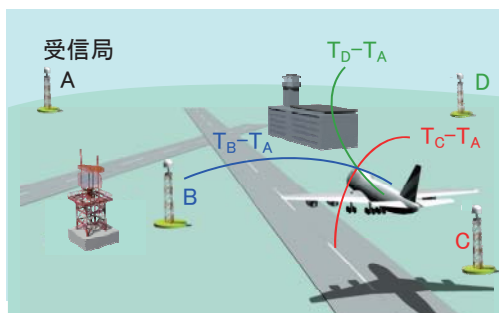


図 1 MLAT 測位の概要

### 2. 研究の概要

#### 2. 1 WAM 実験装置

WAM 実験装置の開発では、高信頼性を重点目標とする。WAM は、遠方の航空機が送信する微弱な信号を検出する必要がある。このため、WAM では受信局の最低受信感度を鋭敏に設定するが、この場合、ノイズや他機からの多数の信号も受信してしまう。特に、微弱な信号に近傍航空機からの強力な信号が重畳 (干渉) した場合、微弱な信号を正常に検出することは非常に困難となる。信号干渉の対策としては「受信局配置に冗長性を持たせる」ことが一般的である。しかしながら受信局数の増加は、処理負荷の上昇や維持費用の増大などの弊害が生じる。現実的に、冗長性が十分に確保された理想的な受信局配置を形成することは、費用等の制約から困難と想定される。このため WAM の開発では、効果的に受信局を配置する手法を基に、送信機能による測位補完など、少ない受信局数で高い信頼性を得る技術の評価を進める。

#### 2. 2 OCTPASS 実験装置

OCTPASS 実験装置の開発では、特にマルチパスに対する耐干渉性の強化を重点目標とする。空港面監視では、ターミナルビルやハンガー等の建造物が狭い範囲に密集しており、信号が建造物に反射して発生するマルチパス波が頻発する特徴を持つ。マルチパス波の重畳により信号検出時刻を誤測定した場合は測位精度が低下する。一方、データビットを誤解読した場合は測位不能となり検出率が低下する。このため実験装置では、これらの性能低下に対処できる技術を適用する。測位精度の低下に対しては、マルチパス波が影響しない信号の立ち上がり部分を利用して検出時刻を測定する遅延・減衰比較 (DAC) 方式を採用した。また、検出率の低下に対しては、信号の誤解読が発生して当該信号を識別できない場合、他の受信局が検出した信号との時間的な相関関係から、当該信号と判別して測位を実行する機能を持たせた。OCTPASS は、各受信局で検出された信号を RF レベルで直接に処理装置側に伝送して検波・解読を行う。本特許から、干渉信号も測位に活用することが可能となる。

### 3. 研究成果

#### 3. 1 WAM 実験装置

図2にWAM実験装置の構成を示す。平成23年度は、前年度に実施した初期評価の結果を踏まえ、実験装置に受信局を追加して性能試験を実施した他、実験装置の高信頼性化を図るため処理装置等に質問機能を付加した。

##### (1) 性能試験

実験装置は羽田空港周辺を対象覆域として配置してい

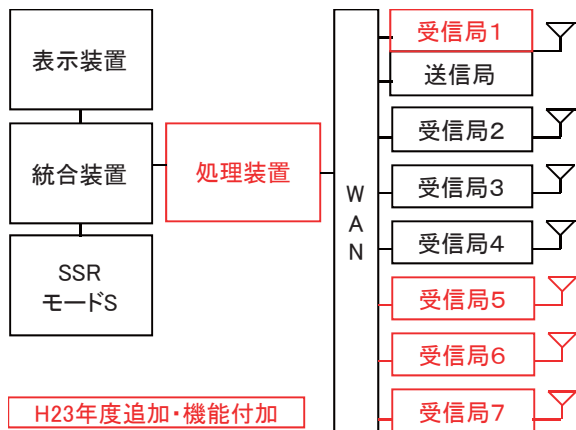
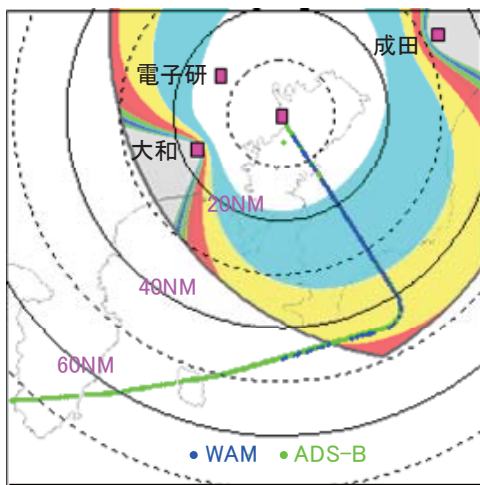
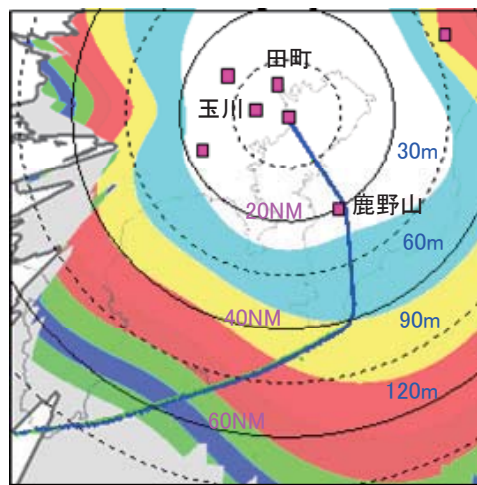


図2 WAM 実験装置の構成

るが、初期評価において空港近傍及び遠方で検出ロスが多発した。このため、空港近傍に受信局を2局、遠方に1局を追加して性能向上を図った。そして、在空機を対象に監視データを取得して、受信局追加の前後で性能を比較した。図3に羽田空港への到着機の航跡例を受信局追加の前後で比較して示す。青色の航跡はWAM、緑色はADS-Bを表す。試験の結果、受信局(鹿野山、田町、玉川)を追加したことにより空港近傍及び遠方におけるWAM検出エリアが拡大して、60NM以上の覆域が得られることを確認した。また、表1に検出率、表2に位置精度を距離別に比較して示す。受信局の追加(冗長性の確保)に伴い検出率は大幅に改善して、空港から50NMまでの覆域に対してほぼ100%得るなど良好な結果が得られた。一方位置精度は、性能要件を満たすエリアが拡大したものの、受信局追加前と比較して位置精度が低下するエリアが発生した。この要因として、受信局の追加に伴い位置精度が悪くなる受信局の組み合わせが発生したことや、覆域の拡大(受信感度の上昇)に伴い、信号干渉量が増加したことが挙げられる。高い位置精度を達成するには、これらの課題を解決することが必要となる。



(a) 受信局追加前 (4局構成)



(b) 受信局追加後 (7局構成)

図3 羽田空港への到着機の航跡例

表1 検出率の性能値

距離	追加前	追加後	性能要件
~5 NM	—	100.0 %	検出率 (4s) 97%以上
5~10 NM	70.4 %	100.0 %	
10~20 NM	70.0 %	100.0 %	
20~30 NM	93.8 %	100.0 %	
30~40 NM	90.3 %	100.0 %	
40~45 NM	45.8 %	100.0 %	
45~50 NM	—	100.0 %	
50~60 NM	—	93.9 %	

表2 位置精度の性能値

距離	追加前	追加後	性能要件
~5 NM	—	38.4 m	位置精度 150m以下
5~10 NM	31.0 m	43.9 m	
10~20 NM	59.0 m	30.8 m	
20~30 NM	92.6 m	105 m	
30~40 NM	212 m	150 m	
40~45 NM	430 m	395 m	
45~50 NM	—	538 m	
50~60 NM	—	765 m	

(2) 質問機能の付加

WAMは基本的に受動監視方式であるが、質問機能を活用した性能改善が可能である。信号干渉により検出ロスが発生した場合、当該航空機に質問して応答を引き出し、再測位を行うことで検出率を改善できる。また、質問送信から応答受信までの時間を測定して、求めた距離も利用して位置算出を行うことで、位置精度の向上が可能となる。実験装置は質問機能を活用する設計であり、処理装置と受信局1に対して質問制御機能等を付加した。

3. 2 OCTPASS 実験装置

図4にOCTPASS実験装置の構成を示す。平成23年度は東日本大震災により被災した仙台空港の実験用設備（通信回線等）を復旧させて評価環境を整えた。また、RF送信処理部の試作を行った。

(1) 仙台空港における評価環境の整備

実運用環境における評価を実施するため、当研究所の岩沼分室が隣接している仙台空港に評価環境を整備した。

整備した主な内容は、受信局（アンテナ及び受信ステーション）の設置と、受信局からの信号を伝送するための光ケーブルの布設である。

MLATの基本的な構成による性能評価を行うために、図5に示すように仙台空港内に4つの受信局を設置した。アンテナの設置場所は既設の空港設備を利用しており、電源局舎屋上、グライドスロープ鉄塔、対空送信所鉄塔、及び対空受信所鉄塔に配置した。各設置場所ともエプロンエリア、及びその付近の滑走路・誘導路まで、比較的良好の見通しが得られる位置である。各受信局から岩沼分室内の実験室までは、一般的なシングルモード光ケーブルを布設した。

実験設備の整備・復旧を実施した結果、岩沼分室内に設置した処理装置と空港内に設置した各受信局との間が光ファイバ線で接続され、受信したRF信号を集約処理できる環境が整った。この状況において、各装置の動作確認を行った結果、図6に示すとおり、概ね想定されるMLAT測位によるターゲット航跡が得られた。

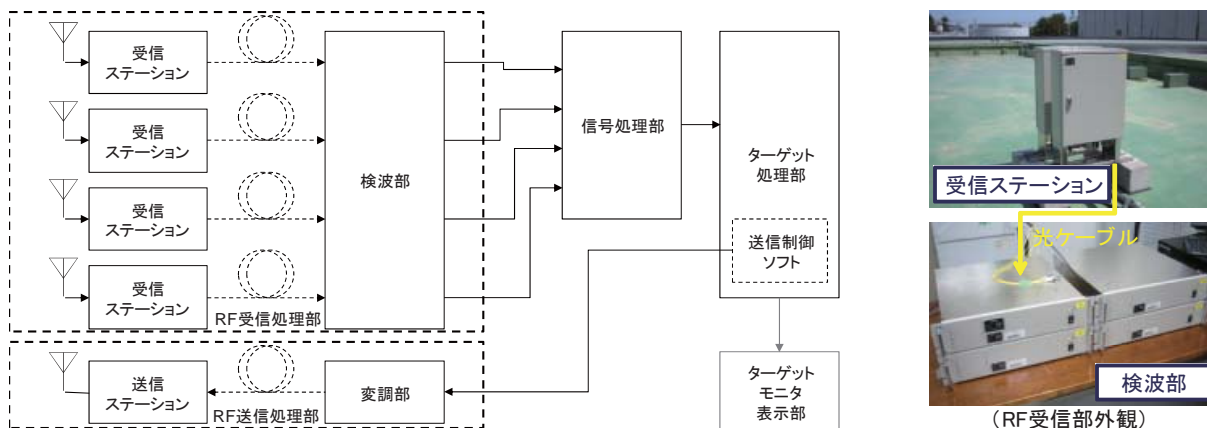


図4 OCTPASS 実験装置の構成



図5 仙台空港における評価環境

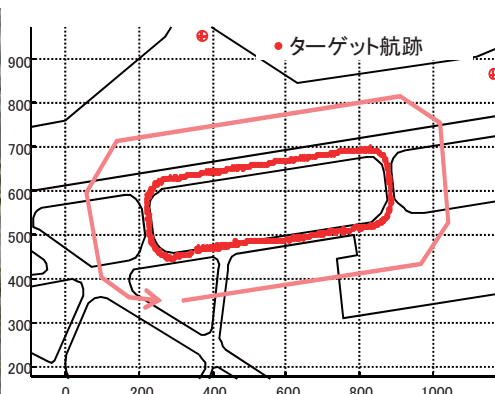


図6 ターゲット航跡例

## (2) RF 送信処理部の試作

RF 送信処理部は、OCTPASS 実用化を目指す上で不可欠な要素であり、気圧高度情報等の取得と測位位置の補強を目的とした航空機トランスポンダへの質問信号の送信、及びシステム全体の運用状態監視を目的とした基準信号送信の役割を有する。RF 送信処理部は、機器室内に設置される「変調部」と、空港内の送信サイトに設置される「送信ステーション」から構成され、RF 受信処理部と同様に RoF を用いた光ケーブルによって接続される。

OCTPASS が特徴的とする RF 光伝送を適用した構成を取ることで、機器室内に変調部を配置できるが、このことは、航空機への質問・応答信号を用いた測距（レンジング）により測位を補完する際、信号の送信時刻管理が容易になるという利点をもたらす。試作した RF 送信処理部に対して机上で実施した変調信号の評価から、ICAO 基準に合致する信号を確認した。

## 4. 考察等

WAM 実験装置の試作では、受信局の追加と冗長性の確保により、検出率は大幅に向上した。一方、位置精度は追加前より悪化するエリアが発生した。この位置精度が低下する課題への対策として、質問機能（測位補完）と追尾処理機能を実験装置に適用する。そして、これらの対策の検証も含めた総合的な評価試験を実施して、高信頼性（高性能）WAM の実現を図る。我が国の首都圏空港周辺では空域や飛行ルートに制限が多く、監視装置には高い性能が要求される。高性能 WAM が実現すると、平行滑走路の同時進入等の高度な運用方式が導入可能となり、空港容量の更なる拡大が期待できる。

一方、OCTPASS 評価装置の試作では、実運用環境における評価が実施できる段階にきたことから、装置の調整を進めて、MLAT 装置としての詳細な性能評価を実施する計画である。特にエプロンエリア近傍におけるマルチパス干渉波の状況と、それに対する装置の動作に着目して、OCTPASS の優位性を検証する。OCTPASS の実用化に目処がつけば、エプロンエリアにおける正確な位置検出が可能となり、Gate to Gate での正確な航空機位置の把握等により、更なる運航の効率化が期待できる。

## 掲載文献

- (1) Miyazaki, Koga et al.: “Test Result of Passive Acquisition Technique to Eliminate Excessive All-Call Replies”, IP/ASP10-8, ICAO ASP 10th WG meeting, April 2011
- (2) Miyazaki, Usui: “Investigation of the Irregular Transponder Operation Problem”, WP/ASP10-15, ICAO ASP 10th WG meeting, April 2011
- (3) Miyazaki et al.: “Comments to SARPs revision for Limit Number of All Call Interrogations”, ASP TSG WP11-24, ICAO ASP 11th TSG meeting, June 2011
- (4) 角張, 二瓶他: “空港面受動監視システム(MLAT)の高性能化について—周辺建造物に対するマルチパス干渉対策の検証実験—”, 電子情報通信学会, 宇宙・航行エレクトロニクス研究会, 信学技報 SANE2011-55, 2011年7月
- (5) 角張, 二瓶他: “空港面用航空機受動監視システムの高性能化”, 平成23年度電気学会電子・情報・システム部門大会, GS8-3, 平成23年9月
- (6) Miyazaki, Ueda et al.: “Development of High Performance WAM System”, ESAV '11, Proceeding of the ESAV, pp. 237-240, September 2011
- (7) Usui, Miyazaki, Koga: “ICAO Material Revision for SSR All Call Replies Limitation”, WP/ ASP11-24, ICAO ASP 11th WG meeting, September 2011
- (8) 角張: “マルチラレーション航空機監視システムの高度化”, 平成23年度電子航法研究所講演会, 平成23年11月
- (9) Miyazaki, Koga, Usui: “Investigation of Reply Rate Issues and Proposed Revisions to Clarify Definitions”, ASP TSG WP12-04, ICAO ASP 12th TSG meeting, January 2012
- (10) 宮崎: “マルチラレーションからハイブリッド監視に向けて”, 航空無線技術交流会技術講演会, (財)航空保安無線システム協会, 平成24年2月
- (11) 宮崎, 島田: “成田国際空港マルチラレーション整備基本設計に係わる調査支援”, 電子航法研究所受託研究報告書, 平成24年3月



## カテゴリⅢ着陸が可能なGBAS (GAST-D) の開発【重点研究】

担当領域 航法・通信・監視領域

担当者 ○吉原 貴之, 齋藤 享, 星野尾 一明

研究期間 平成23年度～平成26年度

### 1. はじめに

航空機の出発から到着までの全ての運航フェーズにおいて、GNSSを用いたシームレスな航法サービスの提供が期待されている。そのためには、視程の悪い状況下でも滑走路面まで誘導可能なカテゴリⅢ (CAT-Ⅲ) 着陸をサポートするGBASの実現が望まれている。国際民間航空機関 (ICAO) におけるGBASの標準及び勧告案 (SARPs) の検討については、平成22年5月にGPSのL1信号を利用して着地点まで誘導ができるCAT-Ⅲ精密進入を実現するGBAS (GAST-D) の技術的検証が完了しSARPs原案が策定された。現在、このSARPs原案について運用面も含めた最終的な検証作業に移行しており、平成25年ごろに発行される予定となっている。

### 2. 研究の概要

CAT-Ⅲ精密進入は、極めて高い安全性が要求される。本研究では「GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発 (重点研究: H20年～24年)」において製作したCAT-I GBASプロトタイプで得た知見をもとにGAST-Dの安全性設計に必要な地上実証モデル (GAST-Dプロトタイプ) を開発する。これにより、日本において必要となる安全性検証と認証手法を確立することが可能となる。

また、GAST-D SARPs原案策定において、ICAOに航法システムパネル (NSP) 作業部会関係者と共同提案した全世界に適合する電離圏脅威モデルに関して、太陽活動活発期 (平成25～平成26年) に向けた磁気低緯度地域のデータを含めた評価による妥当性検証が必要とされている。GAST-D SARPs原案では、主に北米で観測された磁気嵐に伴う電離圏擾乱で観測された電離圏遅延の空間勾配の最大値を基準として、欧州及び日本における解析事例を考慮した上で、安全マージンを加えて、最大の空間勾配を500mm/kmと電離圏脅威モデルを設定している。本研究においては、この電離圏脅威モデルが現実の脅威空間を確実に包含しているかという観点に加えて、安全マージンをより現実的な値に設定することにより精緻化を図り、GAST-D運用に必要な十分な電離圏脅威モデルの検証を目指している。

研究を開始したH23年度は、GAST-Dの安全性設計に必要なGAST-Dプロトタイプの要求仕様を明確化してこの開発に着手した。また、電離圏脅威モデルの検証に関しては、太陽活動活発期に向けて主に春季及び秋季の夜間にプラズマバブルと呼ばれる電離圏擾乱が頻繁に観測されてきているため、H23年度は磁気緯度が低い特に日本の南方におけるプラズマバブルによる電離圏遅延の空間勾配の特性を調査した。

### 3. 研究成果

#### 3. 1 GAST-Dプロトタイプ開発

GAST-Dプロトタイプの要求仕様の明確化に関して、重点開発する7つのインテグリティモニタを特定した。具体的には、電離圏勾配モニタ、CCD (Code Carrier Divergence) モニタ、電波干渉モニタ、複数受信機故障モニタ、過加速度モニタ、信号歪モニタ、エフェメリスモニタを選択した。また、アベイラビリティの観点から、SBASの測距信号の利用も可能とする仕様とした。なお、プロトタイプ開発に関わるインテグリティ設計レビュー会議は3週間に1回の頻度以上で開催することとしてH24年3月より開発に着手している。

さらに、日本の環境下で検討すべきリスクとして、電離圏リスクに加えて新たに積雪・着雪リスクを検討することとした。これは、主に積雪面からの反射波によるマルチパス干渉パターンが積雪面の高さ/表層の状態によって変化し、擬似距離補正值及び衛星故障等のインテグリティモニタの検出性能を劣化させる影響とGPSアンテナへの着雪についても信号の減衰・遅延による影響を評価することとした。そのため、独立行政法人防災科学技術研究所との共同研究「GNSS信号に対する積雪、着雪の影響評価及びモデル化に関する研究」により図1に示すように積雪・着雪実験を実施して良好な実験データを取得した。

#### 3. 2 GAST-D 電離圏脅威モデルの検証

プラズマバブルによる電離圏遅延の空間勾配の特性調査について具体的には、沖縄県石垣市で約1.5kmのごく局所的な水平スケールで電離圏遅延の空間勾配を観測可

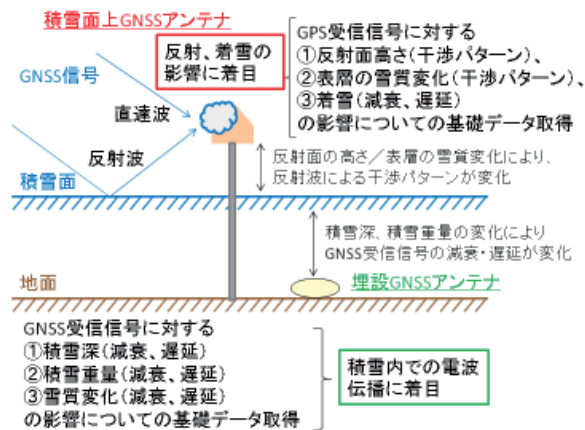


図1 積雪・着雪実験の概要

能な GPS 稠密観測システムの連続データのうち、2008年4月と2010年10月を用いて最大となる空間勾配などに着目した解析を実施した。

解析結果を図2及び図3に示す。図2は50mm/km を超える電離圏遅延の空間勾配の方位角・仰角毎の発生頻度を示している。電離圏遅延の空間勾配は南側・低仰角域で最も多く発生することがわかる。また、図3は、電離圏遅延の空間勾配の方位角・仰角毎の最大値を示す。南側では100mm/km を超える大きな空間勾配が発生しているが、それ以外の方位角では50mm/km 程度以下で推移していること、並びに仰角では30° 以下の低仰角域に加えて、中程度の仰角45° 付近にも最大となる空間勾配が発生していることが明らかとなった。今後は、この解析指針に従って太陽活動活発期に向けてさらに観測データ解析事例を増やし、電離圏脅威モデルの検証を継続する予定である。

#### 4. まとめ

H23年度はGAST-D安全性設計に必要なGAST-Dプロトタイプの実験仕様を明確化して、開発に着手した。今後は電離圏リスク及び積雪・着雪リスクを評価した上で、安全性を保証するためのシステム構成を設計し、その構成に基づいてそれぞれのインテグリティモニタのアルゴリズム開発を実施する予定である。また、GAST-Dでは航空機側での電離圏インテグリティモニタも存在し、地上/機上のインテグリティモニタを連携して、電離圏リスク低減を図る必要があるため、地上プロトタイプの評価実験用としての機上搭載装置の開発に着手する予定である。

電離圏リスクに関しては、日本で問題となるプラズマバブルによる電離圏遅延の空間勾配について観測データ解析により調査し、電離圏脅威モデルの精緻化を実施し

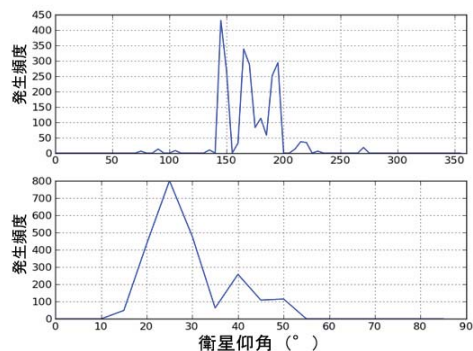


図2 50mm/kmを超える電離圏遅延の空間勾配の方位角・仰角毎の発生頻度

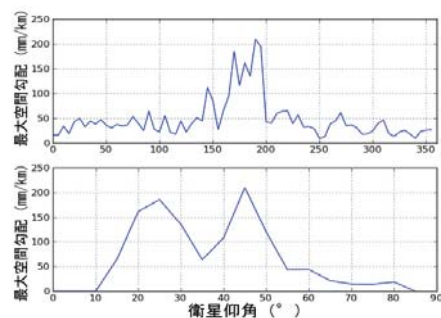


図3 電離圏遅延の空間勾配の方位角・仰角毎の最大値

た。具体的には、空間勾配の最大値とともに発生頻度について仰角・方位角特性を明らかにした。これらの結果、太陽活動活発期に向けた観測データの蓄積によりICAOで共同提案した電離圏脅威モデルの脅威空間が観測値を包含するかという視点に加えて、方位角・仰角特性による精緻化で安全マージンをより現実的に設定できる可能性についても検証を継続することとした。

#### 掲載文献

- (1) J. Burns, S. Saito et al., "CSG Action 144 : Ionospheric Anomaly Data Harmonization", ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, May 2011.
- (2) T. Yoshihara and S. Saito, "Japanese Research and Development Status Concerning GBAS", ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, May 2011.
- (3) S. Saito, "Validation of ionospheric threat model with observed ionospheric gradients associated with plasma bubble", ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, Dec. 2011.
- (4) T. Yoshihara, S. Saito, et al., "Japanese Research and Development Status Concerning GBAS", ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, Dec. 2011.
- (5) T. Yoshihara, S. Saito, et al., "GBAS Glide Path Angle lower than 3.0", ICAO NSP WGW, Montreal, Canada, Dec. 2011.

## CPDLC 卓を用いた航空路管制シミュレーションの研究【指定研究 A】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○板野賢, 塩見格一 (機上等領域)

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

航空管制業務の安全性、効率性の向上、周波数の有効活用等の観点から、今後、国内航空管制業務において空地デジタル通信の広範な導入が必要となっている。そのためには、空/地サブネットワークの構築、多様な通信メディアを共通のプロトコルで接続可能な航空通信網 (ATN)、ならびに管制官-パイロット間データリンク通信 (CPDLC)、デジタル・フライト情報業務 (DFIS) 等空地データリンク用の管制アプリケーションといったネットワーク構成要素に関して、運用を視野に入れた研究開発を行うことが必要である。さらに、これらを統合してエンド・ツー・エンドの空地通信ネットワークとしての機能・性能の検証、及び管制官による運用面の評価を行うことが重要である。また、わが国管制業務への適用のためには、わが国の航空環境 (管制業務手順、管制セクター構成、地上管制インフラストラクチャー、地形的特性など) に適したシステムとする必要がある。

先の「航空管制用デジタル通信ネットワークシステムの研究」では航空路管制用のシミュレーション CPDLC 卓を試作して、管制官によるヒューマン-マシン・インターフェース (HMI) の評価実験を行ったが、管制官によるシミュレーション評価までには至っていない。本研究では、前研究で試作したシミュレーション CPDLC 卓を用いて、シミュレーション実験によりデータ通信による管制官の

管制業務の効率の改善ならびに業務負荷の低減を定量的に評価する。

### 2. 研究の概要

本研究では、試作した CPDLC 卓を当初現役の航空管制官に操作して頂いて、シミュレーション実験を行う予定であったが、実験の日程および作業量などからその実現が困難になった。そこで、現役ではなく管制の経験者に CPDLC 卓を操作して頂いて実験を行った。実験では、まず CPDLC 対応航空機が 0 の場合、すなわち音声通信のみで管制を行う時の管制官の通話時間を測定し、CPDLC 対応航空機が増加した場合との通話時間の比較を取った。

図 1 にシミュレーション実験システムを示す。CPDLC のメッセージは ICAO (国際民間航空機関) の標準および勧告方式では up-link で 300 種以上が定義されている。しかし、現在欧州で用いている CPDLC はこの中のごく一部のメッセージを使用しているにすぎない。そこで操作性等の観点から以下の 3 メッセージの使用に留めた。

ACM (ATC 通信管理) サービスとして

周波数変更指示

ATC クリアランス・サービスとして

高度変更指示

針路変更指示



図1 シミュレーション実験システム

の三つである。

また、実験を行う空域としては、旧関東東北セクター（シミュレータの製作後、空域の再編があったため）を選んだ。その理由は同空域では羽田・成田空港の離発着便、洋上から等の通過機、福島等の小空港の離発着便、また、百里・横田等の軍用機等を取り扱い、管制の運用方式が変化に富んでいるためである。

また、実験シナリオとしてはATM 領域で評価されたシナリオを元に3つのシナリオを用いた。各シナリオの長さは30分から40分である。なお、使用する空/地データリンクとしてはVDL（VHF Digital Link：VHF デジタル・リンク）-M2を想定し、メッセージの送達には3~10秒ほどの遅延を織り込んだ。

### 3. 研究の成果

#### 3. 1 シミュレーション実験結果

実験は各シナリオ毎に、音声のみ（CPDLC 対応機が0%）の場合と、CPDLC 対応機の割合を増やしていった場合で、管制官の通話時間がどう変化するかを測定した。まず、音声のみの場合から始め、CPDLC 対応機の割合を増やしていった。また、管制卓の操作やCPDLC 操作の慣熟のため、各実験の前に慣熟実験を行った。

表1は管制官Gの通話記録を示す。表1中のACMは前述した周波数変更指示を示す。表1からどのシナリオでも、CPDLC 対応機の割合が増加するに従って通話時間は減少する。音声通信のみの場合と比べCPDLC 対応機の割合が80%では、通話時間は1/2以下になり、シナリオAでは1/3以下になる。特に、ACMでの効果は大きく、音声のみの場合と比べCPDLC 対応機の割合が80%では、全シナリオでACMの通話時間は1/3以下に、シナリオA、Cでは1/4以下になった。また、シナリオCだけ4件の試行例があるのは、管制官Gの実験装置やCPDLCへの慣熟が早く、シナリオCの実験を行う際に慣熟実験を行う必要がなかったことによる。

表2は各シナリオ毎の平均の通話記録を示す。10名の被験者のうち8名の記録の平均をとった。各シナリオの平均の場合も、CPDLC 対応機の割合が増加するに従って通話時間は減少する。また、音声通信のみの場合と比べてCPDLC 対応機の割合が80%では、通話時間は1/3程度になり、ACMの通話時間は1/3から1/4程度になる。なお、各管制官ともに実験装置の操作やCPDLCの操作に慣れるため、実験前に慣熟実験を必要とした。このため、管制官Gを除く全員の試行回数は各シナリオ共に3回になった。

#### 3. 2 実験結果の考察

どの実験シナリオでも、CPDLC 対応機の割合が増えるにつれ管制官の通話時間は減少する傾向が見られた。しかし、CPDLC 対応機の割合が30%では、「30%混在はととても難しい。ほとんどが音声で通信しているので

表1 管制官Gの通話記録

#### シナリオC(40分)

CPDLC 機の割合(%)	0	30	50	80
管制官の通話時間(秒)	466.9	349.5	329.8	190.2
ACMの通話時間	129.9	91.2	60.6	30.6
通話回数	141	105	96	69
ACMの通話回数	28	20	13	7

#### シナリオB(30分)

CPDLC 機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	304.1	231.6	111.8
ACMの通話時間	75.7	49.4	18.2
通話回数	97	63	38
ACMの通話回数	14	11	4

#### シナリオA(30分)

CPDLC 機の割合(%)	0	30	80
管制官の通話時間	371.6	235.3	119.3
ACMの通話時間	79.9	59.6	17.5
通話回数	106	73	38
ACMの通話回数	18	14	5

表2 シナリオ毎の平均通話記録

#### シナリオC

CPDLC 機の割合(%)	0	30	80
平均通話時間(秒)	392.86	292.29	148.84
ACM 平均通話時間	95.10	65.76	21.05
平均通話回数	116.88	94.63	49.38
ACM 平均通話回数	22.00	15.75	5.00

#### シナリオB

CPDLC 機の割合(%)	0	30	80
平均通話時間	303.26	221.58	106.30
ACM 平均通話時間	61.01	41.13	16.11
平均通話回数	94.00	68.63	33.00
ACM 平均通話回数	14.63	9.75	3.75

#### シナリオA

CPDLC 機の割合(%)	0	30	80
平均通話時間	355.70	241.02	116.77
ACM 平均通話時間	81.96	50.85	22.92
平均通話回数	107.25	72.75	38.63
ACM 平均通話回数	18.50	12.25	5.50

(CPDLC 対応機だと言うことを) つい忘れる。」, 「CPDLC 対応機と非対応機の区別がつきにくい」, 「混乱する」などの否定的な意見が多かった。また, CPDLC 対応機に音声で喋りかけ, 途中で誤りに気付いて, CPDLC での通信に切り替える場合がしばしば見られた。一方, CPDLC 対応機の割合が 80%では, 「80%になるとミスも少なくなった。静かで考える時間がとれた。」「話す時間が少なくなり, 考える時間がもてたと思う。」「集中できる」と言う肯定的な意見が増えた。

ACM の通話時間は, 1 通話あたり約 4 秒程度かかるが, CPDLC では慣れれば 1 秒以下で操作を行うことが可能である。このため, ACM の通信に関しては, CPDLC 対応機 80%では音声通信のみの場合と比べて, 今回の実験では 30 分あたり 30~40 秒程度の時間的余裕が生まれるはずである。CPDLC 対応機の割合が 80%の場合で「考える時間がとれた」などの意見が出てきたのは, CPDLC を用いることで上記の様な時間的余裕ができたことが一因と考えられる。一方, CPDLC 対応機 30%の場合では, 「考える時間がとれた」と言う意見は皆無であった。

CPDLC の高度・方位変更指示については, 否定的な意見として操作性や表示方法の改善を求める意見が多かった。肯定的な意見としては, 「言い間違い聞き違いを防ぐことができる」, 「SAY AGAIN などで複数回同じことを話すことがあるが, CPDLC では 1 回ですませることができる」などがあつた。

また, データリンクの遅延については, 今回の実験では VDL-M2 の遅延を模擬しているため, 送信してから応答が返ってくるまで 20 秒以上かかる場合があつた。このため, 遅延に関しては不満な意見が多かった。また, 「CPDLC は通常時は非常に便利な機能だと思うが, 悪天時交通量が増えると CPDLC の使用は困難になると思う」と言う意見もあつた。

また, CPDLC の機能追加としては, 速度変更指示とダイレクト指示を望む意見が多かった。

#### 4. まとめ

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

実験の結果, CPDLC により管制官の通話時間は減少し, CPDLC 対応機の割合が大きいくほど減少時間も大きくなる。特に ACM での効果は大きかった。

しかし, CPDLC 対応機の割合が少ない 30%の場合, 「難しい」, 「混乱する」等の否定的な意見が多く, 一方 CPDLC 対応機の割合が 80%の場合, 「考える時間がとれた」, 「静かだ」, 「集中できる」等肯定的な意見が増えた。このため, 航空路管制への CPDLC の導入の際には, 例えば高々度セクターでは CPDLC 非対応機は航行させないなど, CPDLC 対応機を集中させる工夫が必要かもしれない。

また, データリンクの遅延については, 不満な意見が多かった。現状の遅延では, 気象条件等が悪くパイロットから否定的な応答が返ってくる場合が多くなると, 伝送遅延が大きすぎて CPDLC で管制を行うことは困難になると考えられる。

#### 掲載文献

- (1)板野賢, 塩見格一, 青山久枝, 金田直樹, “CPDLC 対応航空路管制卓の試作開発と評価”, 第 10 回電子航法研究所研究発表会講演概要, 平成 22 年 6 月.
- (2)板野賢, 塩見格一, “CPDLC を用いた航空路管制シミュレーション実験について”, 電子情報通信学会 2012 年全国大会, 2012.3.

## GNSS 高度利用のための電離圏データ収集・共有【指定研究 A】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○齋藤 享, 吉原 貴之, 星野尾 一明, 伊藤 実

研究期間 平成 23 年度～平成 26 年度

### 1. 研究の背景

プラズマバブルに代表される磁気低緯度電離圏擾乱現象の衛星航法に対する影響の重要性の認識は広がっており、ICAO、IGWG 等の場においても観測によるデータ収集と解析データの共有を推進することが共通認識となっている。特にアジア太平洋地域航空計画実施グループ会議（APANPIRG）においては、アジア太平洋地域における磁気低緯度電離圏擾乱に関するデータ収集・共有活動が具体化しており、来るべき太陽活動極大期に向けて観測・研究の経験が豊富な日本が技術的なリーダーシップをとるように要請されている。また、ICAO NSP CSG においても、同様に全世界的にデータの収集・共有の体制を整える活動が行われつつある。これらの動向に対し、磁気低緯度地域の電離圏擾乱現象についての観測・研究の経験が豊富な日本は、主導的な役割を果たしていくことが求められる。同時に、これらの活動を通して日本に影響する電離圏異常を電離圏脅威モデルに組み入れていくことが必要である。

一方で、日本に適した GBAS、SBAS などのシステムを開発していく上で、日本付近の電離圏データを収集し蓄積していくことは重要である。これまで、これらのデータは重点研究の一部として収集されてきたが、本来ある一つの研究テーマのみに用いられるべきものではなく、またある一つの研究テーマの終了に伴って終了すべきものではない。このようなデータ収集は、複数の研究テーマが共同で利用する、研究所の基盤的な設備として整備される必要がある。

### 2. 研究の目的

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

国際的に協調してデータ収集・共有を行うことにより、単独でデータ収集を行うことに比べてはるかに多くのデータを蓄積し、磁気低緯度電離圏擾乱現象をよりの確に

反映した電離圏脅威モデルの開発を行う。

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

### 3. 研究の方法

本研究は、以下の 5 つの項目からなる。

- (1) 磁気低緯度(タイ)において電離圏勾配観測を行い、データを蓄積する。
- (2) 電離圏観測装置の集積地(インドネシア)において電離圏勾配観測を行い、データを蓄積する。
- (3) 日本国内の電離圏遅延及び勾配観測データを収集し、研究基盤となるデータベースを構築する。
- (4) ICAO アジア太平洋事務局と協力して電離圏データの収集・共有の体制を整える。
- (5) 上記(1)～(4)項目をふまえ、磁気低緯度地域の特性を反映した電離圏脅威モデルを構築する  
平成 23 年度は(1)～(4)について研究に着手した。

### 4. 研究の成果とまとめ

#### 4. 1 タイにおける電離圏勾配観測

タイにおいては、平成 23 年 4 月より同国モンクット王工科大学ラカバン(KMITL)と電離圏全電子数(GNSS における電離圏遅延量に対応)に関する共同研究を開始した。共同研究に基づき平成 23 年 7 月に KMITL と協力してタイ・バンコクの KMITL 西方約 12 km に位置する Stamford



図 1. Stamford 国際大設置のアンテナ

国際大学に GNSS 受信機を設置した(図 1)。KMITL が同大学において運用する GNSS 受信機と合わせ、短基線電離圏勾配観測が可能となった。

さらに、KMITL の南方約 4 km に位置するバンコク国際空港において、同国航空航法サービスプロバイダである AEROTHAI が運用する GNSS 受信機のデータについて



図 2. 左: 赤道大気観測所内の名大 GNSS アンテナ。右: LAPAN ゲストハウス鉄塔。

でも、ICAO アジア太平洋地域のデータ収集・共有の枠組み(4.4 節参照)を利用して、電子航法研究所及び KMITL のバンコクにおける観測データと相互利用することとした。これにより、2 次元的な短基線電離圏勾配観測が可能となった。平成 24 年度は観測を継続するとともに、3 観測点のデータを総合した解析を進める。

#### 4. 2 インドネシアにおける電離圏勾配観測

インドネシア・スマトラ島の京都大学赤道大気観測所は、世界的な磁気低緯度電離圏観測装置の集積地である。衛星航法に係わる電離圏の影響に関する共同研究に基づき、名古屋大学と協力して短基線電離圏勾配観測装置を設置することとし、現地調査を平成 24 年 2 月に行った。

赤道大気観測所内では名古屋大学が北海道大学と協力して GNSS 観測を行っている(図 2 右)。現地調査の結果、赤道大気観測所から南東に約 9 km 離れた Bukittinggi 市内の、京都大学と協力して赤道大気観測所を運用するインドネシア航空宇宙庁(LAPAN)ゲストハウスの鉄塔が適地であると判断した(図 2 左)。平成 24 年度には GNSS 受信機を実際に設置し観測を開始する予定である。

#### 4. 3 日本国内におけるデータ収集

日本国内においては、国土地理院 GEONET の 1 秒値データの収集と、石垣・与那国他の観測点における継続的なデータ収集を行っている。

電子航法研究所で開発した電離圏勾配精密測定手法により石垣における観測データの解析を行い、プラズマバブルに伴い大きな電離圏勾配が頻繁に発生することを示した(図 3a)。与那国の大気光全天イメージャにおいてもプラズマバブルの検出例は増えており(図 3b)、プラズマバブル時のデータが多く得られるものと期待される。

平成 24 年 3 月に宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同してプラズマバブル発生時の GBAS 模擬を目的とした飛

行実験を行った。実験中プラズマバブルには残念ながら遭遇しなかったが、平成 24 年 9~10 月に第 2 回の飛行実験が予定されている。

#### 4. 4 国際的な電離圏データ収集・共有

これまでに ICAO アジア太平洋地域本部と協力して国際的に協調してデータ収集・共有に向けた活動を進めてきた。平成 23 年 5 月に、ICAO アジア太平洋地域本部と協力してタイ・バンコクにおいて電離圏データ収集・解析・共有ワークショップを開催した。本ワークショップの開催にあたっては電子航法研究所が主導的役割を果たし、会議においても議長を務めることとなった。

本ワークショップの提案に基づいて、APANPIRG CNS/MET サブグループにおいて電離圏データ収集・解析・共有を進めるタスクフォース(Ionospheric Study Task Force: ISTF)が設立され、引き続き日本が技術的主導を行うことが要請された。

平成 24 年 2 月には第 1 回 ISTF 会議を航空局と協力して東京において開催した(図 4)。会議には 9 カ国・地域から 30 名の参加があり活発な議論が行われた。電子航法研究所からは齋藤が議長に選出されるとともに、本会議で決定された 5 つの実行課題のリーダーに 3 名(吉原、坂井、齋藤)が選出された。第 2 回 ISTF 会議は平成 24 年 10 月にタイ・バンコクにおいて開催の予定である。

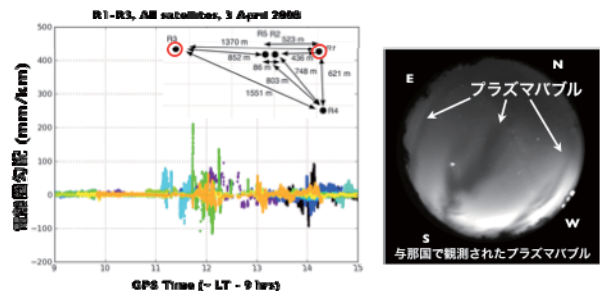


図 3. 左: プラズマバブルに伴う電離圏勾配(石垣)。右: 大気光イメージャが捉えたプラズマバブル(与那国)



図 4. 第 1 回 ISTF 会議参加者集合写真。

#### 掲載文献

- (1) 齋藤, Ionospheric effects on GBAS and mitigation techniques(GBAS に対する電離圏の影響とその回避方法), ICAO アジア太平洋地域電離圏データ収集・解析・共有ワークショップ, タイ・バンコク, 2011年5月
- (2) 齋藤, Report on Workshop on Ionospheric data collection, analysis, and sharing to support GNSS Implementation (衛星航法利用実施のための電離圏データ収集・解析・共有ワークショップ報告), IP22, ICAO NSP WGW, カナダ・モントリオール, 2011年5月
- (3) 齋藤他, プラズマバブルに伴う電離圏不規則構造の衛星航法に対する影響とその発生の日々変動に関する研究, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2011年5月
- (4) 齋藤(京大)他, Acoustic resonance and plasma depletion detected by GPS total electron content observation after the 2011 Tohoku Earthquake (2011年東北地震後にGPS電離圏全電子数観測においてみられた音波共鳴とプラズマ密度減少について), Earth Planets Space, 63, 863-867, 2011
- (5) 齋藤, Ionospheric data collection, analysis, and sharing to facilitate GNSS implementation in the Asia-Pacific region (アジア太平洋地域におけるGNSS導入推進のための電離圏データ収集・解析・共有について), WP39, APANPIRG CNS/MET SG-15, タイ・バンコク, 2011年7月
- (6) 齋藤, 衛星航法の航空利用のために必要な電離圏データについて, GPS プイ研究会, 東京, 2011年8月
- (7) 齋藤他, GNSS高度利用のための電離圏全電子数局所変動の観測, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 神戸, 2011年11月
- (8) 齋藤, 太陽活動の航空無線通信に対する影響について, 航空振興財団航空交通管制システム小委員会, 2012年1月
- (9) 齋藤他, Precise measurements of ionospheric delay gradient at short baselines associated with low latitude ionospheric disturbances (低緯度電離圏擾乱に伴う電離圏遅延量勾配の短基線精密測定), ION ITM 2012, 米国・ニューポートビーチ, 2012年2月
- (10) 齋藤他, Status of Ionospheric data collection and analysis for GNSS in Japan (日本における衛星航法のための電離圏データ収集状況), 第1回ICAOアジア太平洋地域電離圏問題検討タスクフォース会議, 東京, 2012年2月

- (11) 齋藤他, プラズマバブルに伴う電離圏不規則構造の衛星航法に対する影響とその発生の日々変動に関する研究, 名古屋大学太陽地球環境研究所「地上ネットワーク観測大型共同研究」報告書

#### 関連共同研究

- (1) 衛星航法に係わる電離圏の影響に関する共同研究, 情報通信研究機構・京都大学・名古屋大学
- (2) Ionospheric TEC Characterization Program (電離圏全電子数の特徴付けに関する共同研究), タイ・モンクット王工科大学ラカバン
- (3) GBASの利用性向上に係わる共同研究, 宇宙航空研究開発機構



## GBAS による新しい運航方式に関する研究【指定研究 B】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○伊藤 正宏, 福島 荘之介, 山 康博, 齊藤 真二, 藤田 征吾, 武市 昇

研究機関 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

地上型衛星航法補強システム (GBAS) は、我が国を始め欧米でも計器着陸装置 (ILS) に替わる精密進入システムとして開発が進められており、CAT-I GBAS については間もなく実運用が開始されると期待されている。ボーイング機の B-787 には、GBAS 機上装置が標準搭載され、エアバス機も A380 やその他の型式の機体についても標準装備或いは装備可能な準備が整っている状況である。一方、GBAS は技術的には曲線進入などの ILS ではなし得ないような形状の進入経路の誘導が可能であり、ILS よりも優れた測位誤差特性を有しているが、現在、GBAS の運航方式として実用が間近なのは ILS と同じような直線経路で精密進入を行う方式であり、また、障害物間隔要件も基本的には ILS のものが適用される。このように、現段階では、GBAS の優れた能力を発揮する運航方式が十分に開発されている状況ではない。GBAS が ILS に替わって広く導入されるためには、GBAS の優れた長所を反映した新しい運航方式 (図 1) の開発が必須である。

### 2. 研究の概要

本研究では新しい運航方式の検討の基礎となる GBAS の特性を確認した結果を基に GBAS の特長を反映した飛行方式設定基準の検討を行った。GBAS プロトタイプを評価するのにあたっては、GBAS の機上受信機、地上装置とも国際標準である SARPs に基づいて製作されているが、現実的には機上と地上のシステムを接続してシステム全体として機能するか相互運用性の確認が必要とされる。本

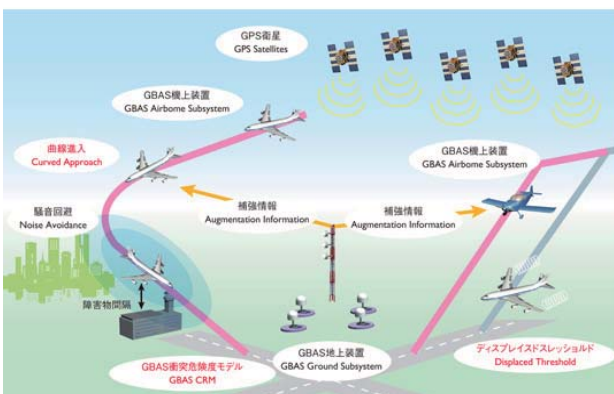


図1 GBAS の優れた長所を反映した新しい運航方式の例

研究では、実験用小型航空機のみならず、将来の主要機となりうる大型の商用機 B-787 でも相互運用性を確認し、GBAS が利用可能であることを実証するため、平成 23 年度は B-787 を用いた GBAS プロトタイプ飛行実験を実施し、GBAS 基本特性と相互運用性の評価を行った。また、航空会社、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 等と協力して、曲線飛行と最終直線経路との接続について調査するとともに B-787 飛行シミュレータを活用し、GLS (GBAS Landing System) の優位性を検証した。また、GBAS による曲線進入飛行方式として、曲線進入に関する RNP-AR 等飛行方式設定基準を調査し、GBAS 曲線精密進入の運行上のメリットを踏まえ、関西国際空港における GBAS TAP の飛行方式案を作成した。さらに、ILS オーバーレイをした場合の GBAS の基本特性を踏まえての衝突危険度モデル (CRM: Collision Risk Model) の検討のために、ICAO IFPP (計器飛行方式パネル) における議論を踏まえ、進入復行時の高さ損失モデル (ピンスカーモデル) について検討を行った。

### 3. 研究成果

#### 3.1 B-787 による GBAS プロトタイプ飛行実験

平成 23 年度においては、ILS オーバーレイした場合の GBAS の基本特性および GBAS システム全体の相互運用性の評価として、GBAS 機上装置を標準搭載する B-787 が我が国に最初に導入される機会に、ボーイング社及び B-787 を導入する航空会社 (全日本空輸株式会社及び日本航空株式会社) に協力を得て、B-787 の乗員訓練期間に GBAS を使った進入着陸実験を実施し、GBAS 機上装置との接続試験、乗員へのアンケート調査を行った。本飛行実験を円滑に実施するために、当研究所と本邦航空会社 (全日本空輸株式会社及び日本航空株式会社) との間で協力体制を構築した。

本飛行実験により、GBAS プロトタイプから送信された GBAS メッセージを航空機側で受信し、コックピット計器 (PFD: Primary Flight Display) に、GLS に関する表示がされたことを確認した。また、取得した機上データの検証により GBAS プロトタイプ地上装置の正常動作が確認された。また、乗員へのアンケート調査により、「GLS のパス

は ILS と同様で違和感なく、非常に安定しており、進入角指示灯 (PAPI) とも整合していた。」とのコメントを頂き、進入経路の正確性についても乗員から高く評価された(図 2)。これらの実験については、新聞紙や航空専門誌に多数掲載されるとともに、財団法人 航空輸送技術センター (ATEC) が主催する、航空局、航空会社、空港会社等で構成される「新たな進入方式に関する調査・研究」の会議や GBAS 国際 WG 会議にて成果報告を行った。

### 3.2 B-787 飛行シミュレータによる GLS 会合時の挙動評価

GBAS の特長を生かした運航方式の検討として、B-787 飛行シミュレータにより、GLS の最終直線経路への会合時における挙動を評価し、GLS の優位性を検証した。ILS 直線経路において FAF 高度を 5 段階(400ft, 800ft, 1200ft, 1600ft, 2000ft)に変更し、ILS 進入および GLS 進入の会合時(会合角: 60 度)のオーバーシュートの大きさを比較したところ、ILS はオーバーシュートが非常に大きいものに対して、GLS はほとんどオーバーシュートすることなく安定して会合可能であることがわかった。また、各飛行方式(RNP-ILS, RNP-GLS, RNP-AR)の RF 旋回による最終直線経路への会合時のオーバーシュートの大きさを比較したところ、RNP-GLS が最もオーバーシュートが小さく、GLS のパス追従性能が高いことがわかった。そして、ATEC が主催する「新たな進入方式に関する調査・研究」の会議にて、これらの成果報告を行った。

### 3.3 関西国際空港における曲線進入飛行方式の検討

関西国際空港周辺における曲線進入飛行方式案の検討として、曲線進入に関する RNP-AR 等飛行方式設定基準の調査を実施し、GBAS 曲線精密進入による運行上のメリットを踏まえ、GBAS TAP の曲線進入飛行経路の検討を行った。来年度実施予定である関西国際空港における GBAS TAP による曲線進入飛行実験のために、関西空港事務所等航空局の管制関係機関にも意見を頂き調整を行い

つつ、実際に実施可能な飛行方式を設定した。

### 3.4 衝突危険度モデルの検討

ILS オーバーレイをした場合の GBAS の基本特性を踏まえての衝突危険度モデル(CRM: Collision Risk Model)の検討のために、ICAO IFPP(計器飛行方式パネル)における議論を踏まえ、平成 23 年度は、進入復行時の高さ損失モデル(ピンスカーモデル)について検討を行った。B-737NG 飛行シミュレータにより進入復行を模擬した際の高さ損失とモデルにより算出した高さ損失を比較し、モデルの入力パラメータである遅延時間にパイロット反応時間を考慮することで、実際の高さ損失に近い値が得られることがわかり、入力パラメータの改良の余地があることを明らかにした。そして、ICAO IFPP CRM WG にて成果報告を行った。

## 4. まとめ

本研究では、GBAS の特長を生かした新たな運航方式を開発するための検討を行った。B-787 による GBAS プロトタイプ飛行実験により、機上装置との接続試験などを実施し、GBAS プロトタイプの正常動作が確認され、進入経路の正確性についても乗員から高く評価された。また、B-787 飛行シミュレータを用いて、直線および曲線飛行と GLS の最終直線経路への会合模擬を実施し、GLS の優位性を明らかにした。また、曲線精密進入飛行方式として、関西国際空港における GBAS TAP の飛行方式案を作成し、今後の曲線進入の飛行実験の準備環境を整えた。また、飛行方式設定基準の開発に向けて、衝突危険度モデルの検討を深めた。本研究は、将来の曲線進入など自由度の高い進入経路の設定が可能となる GBAS の優れた能力を発揮する先進的な進入方式の開発に繋がり、運航の効率性の向上、空港容量の増大への寄与、騒音問題の緩和等、経済性及び地球環境保全に優れた航空交通の促進が期待できる。

### 掲載文献

- (1) 工藤正博他: “GBAS の実験計画について”, 第 48 回飛行機シンポジウム, 2010 年 11 月
- (2) 工藤正博他: “後方乱気流について知られている性質と離着陸する航空機の運航の改善の方法についての考察”, 航空宇宙学会年会, 2010 年 4 月
- (3) 伊藤正宏他: “関西国際空港における B787 を用いた GBAS プロトタイプの飛行実験”, 第 49 回飛行機シンポジウム, 2011 年 10 月
- (4) 藤田征吾他: “ B737-700 フライトシミュレータを用



図 2: 関西国際空港での B-787 による GBAS 進入実験時の様子(左図)とコックピット計器の表示例(右図)

いた進入復行中の高さ損失モデルの評価”, 信学技報,  
vol. 111, no. 407, SANE2011-145, pp. 21-24, 2012年1月

- (5) S. Fujita et al. : “Evaluation of Pinsky Height Loss Model  
During Missed Approach by Using B737-700 FFS”, ICAO  
IFPP CRM WG, March, 2011

## トラジェクトリベース運航のためのCNS基盤技術に関する研究【指定研究B】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○住谷泰人, 坂井丈泰, 齊藤真二, 山康博, 福田豊, 蔭山康太, 大津山卓哉

研究期間 平成22年度～平成24年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成23年度は、第2年度である。平成23年度は、主に下記のことを行った。

- ・ トラジェクトリベースによる効率的運航の基礎検討、及び運航手順の整理
- ・ 出発から到着までの4次元トラジェクトリ検討
- ・ 航空通信量調査とCNS基盤との適合性検討

### 3. 研究成果

#### 3.1 トラジェクトリベースによる効率的運航の基礎検討、及び運航手順の整理

効率的な運航に必要なCNSに関連する要素の基礎検討として、各CNSシステムを調査しとりまとめた。また、関係者の理解促進の一つとして、出発、巡航、到着時における運航手順をまとめ、手順に基づき必要な各CNSの現行システムと将来システムを飛行フェーズ毎に分類し、図1に図示化した。

#### 3.2 出発から到着までの4次元トラジェクトリ検討

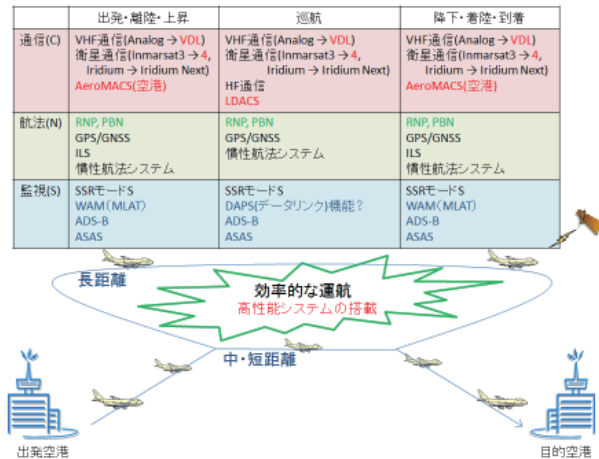


図1 現行及び将来の各CNSシステムと飛行フェーズ

運航手順の検討に基づき、トラジェクトリで利用する情報と伝達手段を調査した。この結果、搭載する機上システム性能と共に、地上と機上での情報共有を行う上でのデータリンク(通信)システムと関連性が強く、データリンク性能と情報共有についての検討を進めることが重要であることがわかった。さらに、これらTBOと関連したデータリンクシステムの内容を中心とした航空通信システムの現状について、各種学会等で講演した。

### 3.3 航空通信量調査とCNS基盤との適合性検討

CNS基盤との適合性の検討を進める上で、トラジェクトリに関連する航空通信量について調査を開始した。3年前に調査実績を有する航空衛星通信システムにおいて同一のデータ源に基づく調査を開始し、航空機数やデータ長、データ頻度等の傾向分析を行った。この結果、機種間による傾向差があることがわかった。また、以前同様に、位置情報データや航空機数は、曜日や月変動よりも時間帯の変動が大きい結果が得られた。3年前と比較すると、各時間帯における伝送間隔の傾向はほぼ同様だが、伝送間隔の減少や、航空機数やデータ長の30%程度の増加、2倍弱程度のレポート数の増加傾向がみられた。これらの解析結果は、航空局向け技術資料や学会の講演会、及び電子航法研究所発表会講演概要等にとりまとめた。

#### 4. おわりに

行政当局の実施するロードマップ策定作業部会の情報を共有し、トラジェクトリベース運航の実現にあたってのCNS技術との関連性を研究した。今年度はトラジェクトリベース運航の実現にあたり、必要とされる効率的運航と共に、出発から到着までのトラジェクトリについて検討し、運航手順を整理した上でまとめた。また、航空通信量調査の一つとして、過去に調査実績のある航空衛星通信システムについて傾向分析し、利用航空機数やデータ長、データ頻度等が増加傾向にあることがわかった。これらの本研究における調査検討結果は、航空局向け技術資料や学会の講演会等で報告した。

#### 掲載文献

- (1) 住谷泰人：日本航海学会航空宇宙研究会の活動状況紹介, 信学ソ大, Sep. 2011
- (2) 住谷泰人：航空用移動通信システムの動向, 第49回飛行機シンポジウム 企画講演 2E12. Oct. 2011
- (3) 住谷泰人：日本における航空衛星通信トラフィックの比較分析例(2011年/2008年), 国土交通省航空局向け技術資料, Feb. 2012
- (4) 住谷泰人, 大津山卓哉, 坂井丈泰, 齊藤真二, 山康博, 福田豊, 蔭山康太：日本における航空衛星通信トラフィックの現状, 第12回電子航法研究所研究発表会講演概要, Jun. 2012

## マルチGNSS環境に対応したインテグリティ補強方式に関する研究【指定研究B】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○坂井丈泰, 福島荘之介, 齊藤真二, 星野尾一明

研究期間 平成23～25年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

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

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

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

### 3. 平成23年度の実施内容

平成23年度は、以下の作業を実施した。

#### 3.1 既存補強方式の整理検討

既存補強システムの補強情報伝送方式を整理するとともに、補強方式及び内部のアルゴリズムを調査した。既存補強システムの内部構成については基本的に公開されていないことから、公表資料にもとづく調査と並行して、関係者からの聞き取りなどによりアルゴリズム及び動作パラメータを整理した。特にRAIM方式については、最近の受信機における処理手順をほぼ特定できた。

#### 3.2 補強アルゴリズムのソフトウェアによる実装

補強システムのソフトウェアによる実装に備え、既存ソフトウェアライブラリについて必要な機能要件を検討し、所要の修正を行った。特に、各種受信機ならびに準天頂衛星やGLONASSの処理が可能となるよう機能向上を実施した。

#### 3.3 インテグリティ性能評価用実験データの収集

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

### 4. まとめ

衛星航法補強システムのマルチGNSS対応に関する検討を行うとともに、ソフトウェアによる検証作業の準備を実施している。あわせて実験データの収集を行い、また諸外国における動向調査も実施した。平成24年度は、マルチGNSS対応補強システムのシミュレータによる実装を試みる予定である。

#### 掲載文献

- (1) T. Sakai, H. Yamada, K. Ito: Evaluation of QZSS L1-SAIF Ephemeris Information, ENC GNSS, London, Nov. 2011.
- (2) T. Sakai, H. Yamada, and K. Ito: Ranging Quality of QZSS L1-SAIF Signal, ION ITM, Newport Beach, CA, Jan. 2012.
- (3) 坂井丈泰，山田英輝，伊藤憲：準天頂衛星 L1-SAIF 信号による GPS 補完機能，電子情報通信学会総合大会，平成 24 年 3 月
- (4) 坂井丈泰，広江信雄：準天頂衛星 L1-SAIF 信号による広域緊急メッセージ放送，電子情報通信学会総合大会，平成 24 年 3 月

## 航空用WiMAXの国際標準化に関する研究【指定研究B】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○住谷泰人，米本成人，ニッ森俊一，金田直樹

研究期間 平成23年度(1カ年)

### 1. はじめに

公衆通信回線網においてモバイルWiMAX (IEEE 802.16e)の利用が進みつつある。モバイルWiMAXのような汎用通信技術を航空分野でも利用するため、米国RTCA 特別委員会(SC)223や欧州EUROCAE 作業部会(WG)82等、航空標準規格策定機関に専門SCやWGを構成し、規格検討が始められた。この通信規格に用いる周波数は5,091～5,150MHzに準備されている。現在、空港内で移動時にも航空管制通信に利用可能な規格を目指して、WiMAXフォーラムと連携の上での規格策定作業を進めており、今後、国際標準規格の策定も予定されている。

この通信規格は時速120km程度の移動体に対応でき、周囲の多重波をもとに伝送性能を向上させるMIMO (Multiple-Input Multiple-Output)アンテナシステムを用いている。弊所では、この規格の検討当初よりRTCA等の討議に参画し、航空機にMIMOアンテナを適用した場合の実験結果を報告しており、今後の航空用WiMAXの利用可能性や国際動向を調査する必要がある。

### 2. 研究の概要

本研究は、航空用WiMAXの利用を目指したMIMOアンテナによる実験と共に、RTCA等の会議で実験結果報告や意見交換、航空用WiMAXシステムの動向調査を行い、今後実施予定の国際標準規格策定作業に対応することを目的としている。本研究は単年計画で実施した。

- ・ 航空用WiMAXシステムの動向調査
- ・ MIMOアンテナを用いた電波伝搬実験
- ・ 模型と汎用無線システムによる電波伝搬実験

### 3. 研究成果

#### 3.1 航空用WiMAXシステムの動向調査

RTCAやEUROCAE, 国際民間航空機関(ICAO)等の国際会議に基づき、航空用WiMAXシステムの国際標準化動向を調査した。最終的にこのシステムはAeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communication System)と称され、RTCA及びEUROCAEにより航空規格の標準仕様案

がまとめられた。現在、RTCAやEUROCAEでは、この仕様案に基づく最低運用性能基準 (MOPS)の構築が進められている。

また平成24年3月には、ICAOの航空通信パネル(ACP)に専門の作業部会であるWG-S(Surface)が新たに構築され、この規格の国際標準化策定作業が実施された。平成24年度以降は、年2回以上の頻度で開催予定である。今後は、MOPSを含めたAeroMACSの国際標準規格の策定作業が進むものと思われる。

#### 3.2 MIMOアンテナを用いた電波伝搬実験

電波無響室においてMIMOアンテナを弊所の実験用航空機の模型に搭載し、静止時の電波伝搬実験を行った。さらに、仙台空港内で実験用航空機と車両にMIMOアンテナシステムを搭載し、電波伝搬のフィールド実験を行った。フィールド実験で用いた航空機は、東日本大震災の被災のために自力移動が困難であり、牽引車によりエプロンに駐機した状態である。図1に示すように、航空機を中心から10～40m及び右側面0, 45, 90, 135, 180度の地点に車両を移動し、航空機に搭載したアンテナA1, A2と地上局を想定した車両上のアンテナG1, G2間における電波伝搬特性を測定し、電波の到来方向と距離に基づくチャンネル容量等を解析した。

この結果、1対の送受信アンテナで構成される従来型のSISO (Single-Input Single-Output)アンテナ(図1で航空機側アンテナA2と車両側アンテナG2のみを利用)の場合、航

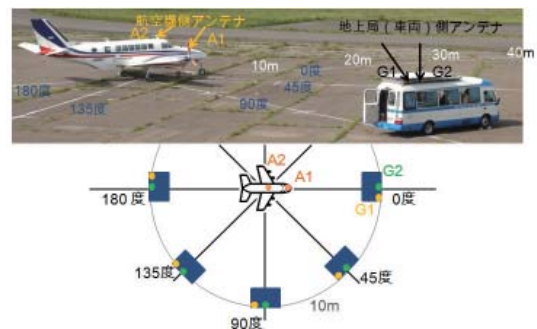


図1 実験用航空機と車両を利用した実験模様、及び航空機と車両の位置関係



空機後方の通信条件が悪く、電波伝搬性能が低下する現象がみられた。これに対しMIMOアンテナは、航空機後方の通信条件の改善効果が高いことを実証した。図2は改善例である。航空機周囲をSISOアンテナで測定した実験結果に対するMIMOアンテナの実験結果として、測定結果に基づく改善効果の度合いを示している(黄緑色を中心に赤色は改善効果が高く、青色は改善効果が低い)。

### 3.3 模型と汎用無線システムによる電波伝搬実験

模型飛行機(UAV)と汎用の無線システムを組み合わせた飛行移動時の簡易電波伝搬実験を、基礎研究「トラジェクトリ管理が可能な実験用UAVに関する基礎研究」と連携して実施した。この実験では、模型飛行機に屋外利用可能な5GHz帯の無線LANシステムを搭載し、SISO(IEEE802.11a)とMIMO(IEEE802.11n)の規格を切り替えて、通信端末のアンテナ等の違いに基づく通信速度や周波数利用効率等について解析した。図3にUAVとしてヘリコプタを利用した実験におけるシステム概略図例を、表1に解析結果として周波数利用効率の統計分布を示す。

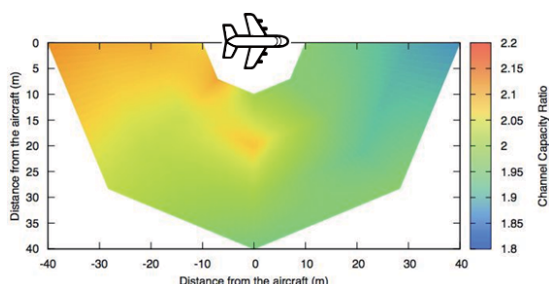


図2 MIMOアンテナによるチャンネル容量の改善例

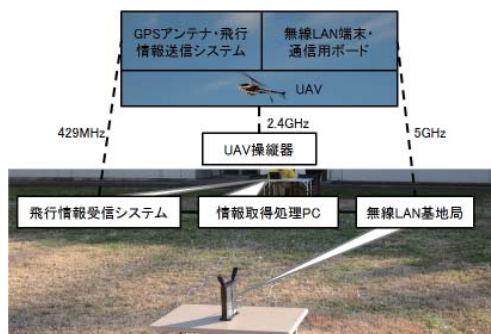


図3 実験システム概略図

表1 周波数利用効率の統計分布

アンテナ	SISO	MIMO
標本数	241	269
平均[bit/sec/Hz]	1.125481	1.590357
標準偏差[bit/sec/Hz]	0.061873	0.437145
最大[bit/sec/Hz]	1.20585	2.45105
最小[bit/sec/Hz]	0.7078	0.668475

移動時にMIMOを利用した場合にはSISOを利用した場合よりも単位周波数あたりの通信速度である周波数利用効率の標準偏差が高く、時間毎に不安定となる結果であった。しかし、全体として高い平均値を示しており、利用効率が向上する等の知見が得られた。

### 4. おわりに

ICAO, RTCA等の航空通信規格策定の国際会議等を中心に、空港面で利用される航空用WiMAX規格の国際動向調査を行った。また、MIMOアンテナを利用した航空用WiMAXの電波伝搬実験を行い、MIMOアンテナによるチャンネル容量の改善効果を実証した。本研究の成果は、RTCAやICAO ACP WG-Sキックオフ会議等に報告し、標準規格作業に参画するとともに、IEEE等国内外の学会を含む複数の国際会議にも投稿した。次年度以降は、本年度の成果を活用の上、AeroMACSの実験用プロトタイプの開発及び性能評価を目的とした重点研究を実施する予定である。

### 掲載文献

- (1) Y. Sumiya, N.Kanada, N.Yonemoto, S.Futatsumori: Status of AeroMACS Development Study in ENRI/Japan, RTCA SC223 9<sup>th</sup> meeting, May. 2011
- (2) Y. Sumiya, Y. Ogawa : Analysis of Radio Propagation using an Aircraft Model for MIMO Antennas System in Radio Anechoic Chamber, RTCA SC223 9<sup>th</sup> meeting, May. 2011
- (3) 金田直樹, 住谷泰人, 米本成人, ニッ森俊一, 磯崎栄寿: 電波伝搬に基づく航空用WiMAXのMIMO効果解析手法の一検討, 信学ソ大, Sep. 2011
- (4) 住谷泰人, 金田直樹, 米本成人, ニッ森俊一, 河村暁子, 磯崎栄寿, 山康博: UAVを用いた航空用無線通信システム実験の一検討, 信学技報 SANE2011-167, Feb. 2012
- (5) 金田直樹, 住谷泰人, 米本成人, ニッ森俊一, 磯崎栄寿: 航空用WiMAXのMIMOアンテナ配置とチャンネル容量改善効果, 信学総大, Mar. 2012
- (6) Y. Sumiya, N.Kanada, N.Yonemoto, A.Kohmura, S.Futatsumori, Eiju Isozaki: ENRI Status and work plan for AeroMACS, ICAO ACP WGS1 WP05, Mar. 2012
- (7) 金田直樹, 住谷泰人, 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 磯崎栄寿: 5GHz帯のMIMOアンテナ配置と通信路容量, 第12回電子航法研究所研究発表会講演概要, Jun. 2012

## GPS補強信号広域サービス化のための基礎研究【指定研究B】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○伊藤憲 坂井丈泰

研究期間 平成23年度～平成24年度

### 1. はじめに

MSAS（運輸多目的衛星用航法補強システム）などのGPS補強システムのサービスエリアは、現在、日本周辺に限られている。内閣府宇宙開発戦略本部はそのサービスエリアがアジア・オセアニア地域に展開可能であり、展開することによりアジア・オセアニア地域への貢献が期待されるとしている。このような背景のもと、本研究の目的は日本周辺に限られているGPS補強システムのサービスエリアの広域化に関する基礎的検討を行うことである。

### 2. 研究の概要

この研究ではGPS補強信号サービスエリア広域化に関する検討を実施する。すなわち、MSASなどのGPS補強システムをアジア・オセアニア地域で利用可能とするために必要な検討を行う計画である。具体的にはGPS補強システムであるQZSS（準天頂衛星システム）およびMSASのサービスエリアをアジア地域へ拡大することを前提として、下記項目を実施する。

(1) アジア地域に配置したモニタ局のデータにより生成した補強情報をGPSに適用したときの測位精度を評価する。

(2) サービスエリア拡大にあたり、QZSSおよびMSASが利用可能な状況で、QZSSによる補強とMSASによる補強の測位精度改善状況の評価する。

すなわち、QZSSおよびMSASの補強情報を利用できるとき、どちらの補強情報を利用すべきか検討する。

### 3. 研究成果

#### 3. 1 モニタ局および衛星配置

今年度は、アジア地域に配置したモニタ局のデータにより生成した補強情報をGPSに適用したときの測位精度の評価を行うために必要となる、モニタ局配置および衛星配置を検討した。

アジア地域をサービスエリアとする場合のモニタ局配置の検討結果例を図1に示す。この図では、緯度/経度が10°程度の間隔で、かつ、モニタ局が設置できる都市が存在する場所をモニタ局設置位置として選んでいる。

この配置から、サービスエリアを①日本・韓国など②タイ・インドネシアなど③オーストラリアの3つの地域に分割して、各地域で利用可能な補強情報を別々に生成することが適切であると考えられる。

つぎに、このようなモニタ局配置に対してサービスエリアを評価する場合、補強情報を地上の利用者に向けて送信するのに用いられる衛星の配置として、下記のものが考えられる。（図2参照）

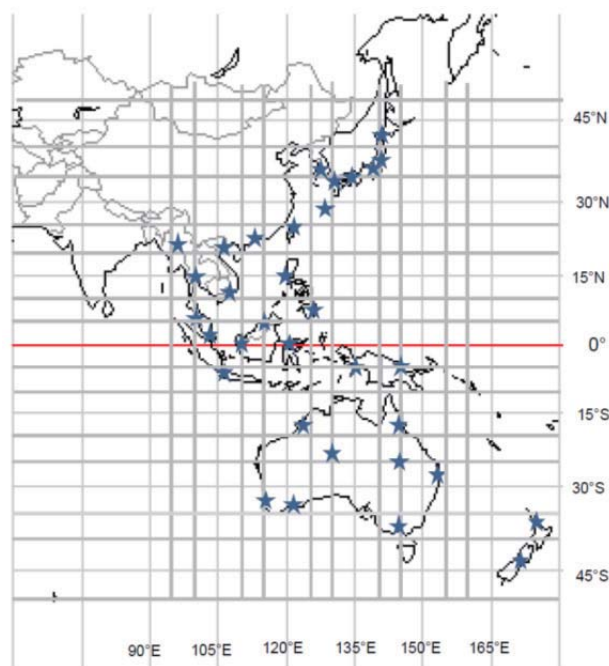
(1) QZS+MTSAT（ただし、QZS は日本付近の周回衛星、図2(a)参照）

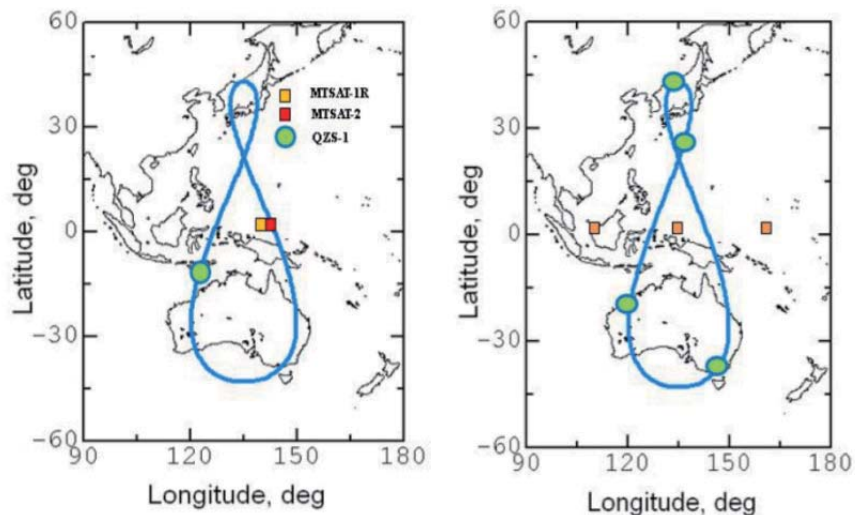
(2) QZS（7基、周回衛星+静止衛星、図2(b)参照）

衛星配置(1)は、現在利用可能な衛星から構成されるものである。衛星配置(2)は、持続測位が可能な測位システムとして想定されているQZSS(7基体制)の一例である。

さらに、補強情報を送信する衛星が静止衛星である必要がなければ、QZSS（日本近辺とタイ近辺の準天頂衛星軌道2個に各3基という配置も考えられる。ただし、想定する利用者に航空機が含まれるのであれば、静止衛星は必要である。

図1 モニタ局配置例(★:モニタ局)





(a) QZS-1(準天頂衛星初号機)及び  
MTSAT(運輸多目的衛星2基)

(b) QZS(周回衛星●, 静止衛星■)

図2 衛星配置例

### 3. 2 ソフトウェア改修

準天頂関連受託研究で開発したオフライン測位演算プログラムを改修し、測位計算のときにGPS衛星信号・QZSS信号、MSAS信号を同時に利用可能とするとともに、そのさいにQZSSまたはMSASのGPS補強情報のいずれかを利用可能とした。

### 4. おわりに

今年度の検討結果に基づき、平成24年度は下記のことを実施する。

- (1)アジア地域に配置したモニタ局のデータにより生成した補強情報をGPSに適用したときの測位精度の評価
- (2)QZSSおよびMSASの補強情報を利用できるとき、どちらの補強情報を利用すべきか検討

これらの検討に基づき、GPS補強システムをアジア地域で用いる場合のモニタ局配置として最適ものを提案する。また、QZSSによるGPS補強とMSASによるGPS補強の測位精度改善状況を評価することで、QZSS/MSAS補強情報の両者が利用可能な状況での補強情報選択基準を提案する。

### 掲載文献

- (1) 伊藤憲, "準天頂衛星の最近の動向と実証実験", 航空振興財団航法小委員会, 2011年10月

## VDL-M2 を用いた ATN の実証実験に関する調査【基礎研究】

担当領域 通信・航法・監視領域,  
 担当者 ○板野賢  
 研究期間 平成 23 年度

### 1. はじめに

欧米では、今後航空通信に将来的に必要と考えられるデータリンク・アプリケーションを通信運用要件(COCR : Communication Operating Concepts and Requirements)で検討している。COCR フェーズ 1 (音声通信が主体でデータリンクは補完的な役目)での航空管制用の主なデータリンク・メディアは国内空域では VDL-M2 が有力と考えられ、フェーズ 2 (データリンクが主体)に移行するまで今後 20 年程度は VDL-M2 によるデータ通信が主力になると考えられる。

また、COCR においてもアドレス型の 1 対 1 の通信では ATN (航空通信網) 空/地アプリケーションが主に用いられる。このため、国内空域では VDL-2 を用いた ATN による空/地の通信が今後 20 年程度は主要なデータ通信として用いられると考えられる。

しかし、当所でも VDL の研究は行われてきたが、VDL-M2 の開発は行っていない。本研究では、当所における ATN 研究の成果を生かしながら、海外の研究機関等と協力・連携して VDL-M2 上での ATN の実証的な実験方について検討する。

### 2. 研究の概要

本研究の目的は、海外の研究機関等での VDL-M2 の開発状況を

調査して、当所における ATN 研究の成果を生かしながら、海外の研究機関等と協力・連携して VDL-M2 上での ATN の実証的な実験方法を考案することである。

当所と協力関係があり、VDL-M2 の開発も行っている海外の研究機関は複数ある。このうち、大韓民国の KARI (韓国航空宇宙研究院) は VDL-M2 の開発経験はあるが、ATN の研究実績はない。一方、当所は ATN の研究・開発を行ってきたが、VDL-M2 の開発経験はなくその試験機材も所持していない。このため、両者が協力して研究を進めることは双方にとってメリットがある。

このため、KARI を研究の連携相手として、VDL-M2 上での ATN の実証的な実験方法を考案する。

### 3. 研究の成果

#### 3. 1 実験システム

KARI の VDL-M2 システムを調査した結果を基に考案した実証的な実験システムを図 1 に示す。図 1 でオレンジ枠は当所所有の既存システムを示す。青は KARI の VDL-M2 を示す。緑の部分が必要・改造が必要な部分で、主に ATN ルータ (空/地ルータとエアボーン・ルータ) と VDL-M2 の接続に必要なものである。

現在の ATN 対応航空機は標準的に CM (コンテキスト管理) と

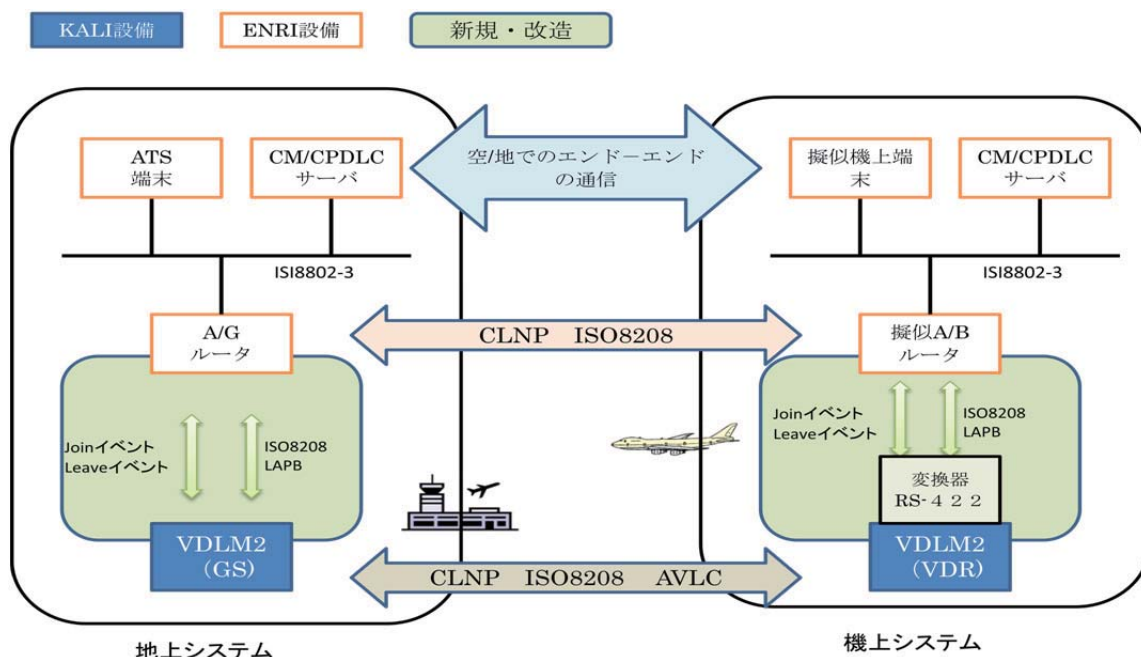


図1 VDL-M2 を用いた ATN の実証実験のための実験システム

CPDLC（管制官－パイロット間データリンク通信）のアプリケーションを装備している。ここで、CMは空/地間でのアドレスやアプリケーション情報のやり取りに使用される。CPDLCは管制官とパイロット間のデータリンク通信に用いる。このため、図1でもCMとCPDLCアプリケーションを使用する。

図1で地上システムのATS（航空管制業務）端末と機上システムの擬似機上端末間で、VDL-M2上でCPDLCの通信を行うことが可能になる。なお、CMはCPDLC通信を行う際のアドレスやアプリケーション情報の通信に自動的に使用される。

但し、図1でオレンジ枠の当所の機材は全てワークステーション・ベースで試作されている。このため、実際に航空機を用いた実験で使用する場合には、大きさや重量の面で不都合になる可能性がある。その場合は、別途購入予算が発生するが、図1の機上システムの変わりに市販の機上システムを購入して代用できる。

#### 4. まとめ

当所におけるATN研究の成果を生かしながら、海外の研究機関等と協力・連携してVDL-M2上でのATNの実証的な実験を行うため、KARIを研究連携相手とした実験システムを考案した。

しかし、KARIとの研究計画の調整を行った結果、スケジュール上の折り合いがつかず、残面ながら共同実験の実施には至らなかった。

但し、今回の調査結果は他に適当な研究連携相手が見つかった場合に応用できる。

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

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○齋藤 享

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 1. 研究の背景

MSAS, GBAS 等の衛星航法の航空利用において電離圏異常の検知は重要な問題である。これまでは、電離圏異常の監視をシステム内で完結させることが重視されてきたが、米国では外部の監視機構を取り入れることにより高度な利用を可能とする研究が既に開始されているなど、衛星航法の高度利用のため外部の監視機構を取り入れることも検討すべき時期に来ている。

一方で、過去の長期間にわたる電離圏研究の中で様々な観測手法が確立され、その中に電離圏勾配を効率的に検出できる手法がいくつも存在する。これらの観測手法を衛星航法のための電離圏異常監視に取り入れることにより、広範囲を効率的に監視し、電離圏異常の未検出確率を大きく低減することができる可能性がある。

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

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

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、能動的手法を用いて広範囲効率的に電離圏異常を監視する手法について検討し、その実現可能性を判断することである。特に、後方散乱レーダーと IS レーダーに着目し、3次元電離圏モデルを用いるシミュレーションを用いたこれらのレーダーの安全性を含む性能検討、既存の後方散乱レーダーの実データを用いた検討、航空路監視レーダー(ARSR)の非干渉散乱(IS)レーダーへの転用の可能性の検討を行う。

### 3. 研究の方法

本研究は、以下の3つの項目からなる。

(1) 3次元電離圏モデルを用いた GBAS, SBAS のシミュレーションによる後方散乱レーダー, IS レーダーの効果の評価, (2) 既存の後方散乱レーダーの観測データと, GPS 観測データを用いた電離圏異常の検出効果の検証,

(3) ARSR の IS レーダー転用の実現可能性の技術的検証

### 4. 本年度の研究の成果及びまとめ

(1)に関して、3次元電離圏モデルと後方散乱レーダー観測モデルの結合の精緻化, IS レーダー観測モデルの設計, レーダー観測モデルの SBAS への適用検討を行った。後方散乱レーダーの効果についてシミュレーションにより検討を行った結果、適切にレーダーを配置すれば GBAS におけるプラズマバブルに伴う電離圏誤差を大幅に小さくすることができることが分かった(図 1)。平成 24 年度は、シミュレーションを網羅的に実行し、効果の検証を行う予定である。

(2)に関しては、後方散乱レーダーによる電離圏異常検出の衛星航法に対する効果の評価を行うために、名古屋大学及び京都大学と共同で磁気低緯度に位置するインドネシア・スマトラ島設置された赤道大気レーダー(京大大学生存圏研究所)と、同レーダー周辺及び同磁気子午面内のタイ・バンコクにおいて短基線電離圏勾配観測データを用いる計画(図 2)を立案した。本計画は赤道大気観測所

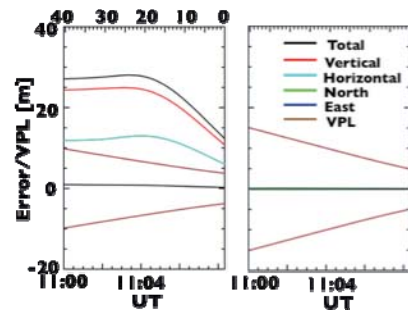


図1. GBAS におけるプラズマバブルに伴う誤差のシミュレーション結果の例。左図はモニタなし、右図はレーダーを配置した場合。

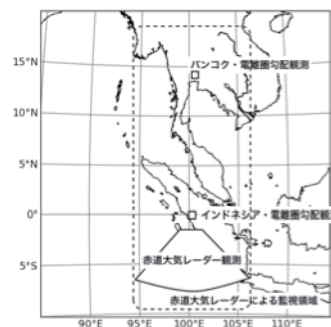


図2. 赤道大気レーダーによる観測実験計画

共同利用課題として採択され、2012年10月に赤道大気レーダーの観測時間が割り当てられることとなった。

(3)に関しては、ARSRの諸元調査、各国ISレーダーの諸元調査を行った。ARSRの周波数(1.3 GHz)はISレーダーとしては比較的高いものの、米国・Millstone Hillレーダー、グリーンランド・Sondrestrom Fjordレーダーにおいてほぼ同じ周波数(1.29 GHz)が使用されていることが分かった。平成24年度は更なる調査とISレーダーへの転用の技術検討を行う予定である。

#### 掲載文献

- (1) 齋藤他、日食に伴うQPエコーのイメージング観測による日中Es層の空間構造の研究、に本地球惑星科学連合2011年大会、千葉・幕張、2011年5月
- (2) 齋藤、衛星航法のための電離圏異常監視、インドネシア宇宙天気研究会、小金井・東京、2011年11月

#### 関連共同研究

- (1) 衛星航法に係わる電離圏の影響に関する共同研究、情報通信研究機構・京都大学・名古屋大学
- (2) Ionospheric TEC Characterization Program (電離圏全電子数の特徴付けに関する共同研究)、タイ・モンクット王工科大学ラカバン

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

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○齊藤 真二

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

### 2. 研究の概要

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

### 3. 研究成果

本研究では、実験用 GBAS 機上装置を、既存の GBAS 機上装置では対応していない曲線コースにも対応させるため、図 1 に示すように、MMR を VDB(VHF Data Broadcast)受信機と GPS 受信機とみなし、MMR から出力される GBAS 補正情報を利用した DGPS 測位値と VDB メッセージのデータを外部の PC で取得し、PC 上で GLS (GNSS Landing System) 処理を行う形とした。

この構成における動作を確認するために、過去に実施した飛行実験での取得データを用い、外部 PC で算出したコース偏位と MMR の GLS Module からの出力を比較した結果、直線進入に対しては、概ね一致する結果が得られている。

この構成での動作が確認できたため、曲線コースでの

コース偏位の算出方法の検討を開始した。曲線コースに沿った飛行は未実施ため、過去に取得した飛行航跡に沿った TAP 情報を疑似的に生成し、VDB データと同一形式でエンコードしたものを TAP 情報として用い、曲線対応を施したデコーダに入力し処理を試みた。その結果、レグの接合部において偏位計算値に不連続がみられ、曲線処理部に問題があることが判明した。

### 4. おわりに

過去に取得した飛行実験データより、本装置構成における動作の確認が出来たものの、曲線コース処理部に問題があることが判明した。処理方法の再検討を行い、機上処理プログラムに反映させることとしたい。さらに、パイロットへの情報の提供方法の検討を行い、実験用装置として動作する目処を立てる。

### 掲載文献

- (1) 齊藤真二, "実験用 GBAS 機上装置の開発", 日本航空宇宙学会第 42 期年会講演会, 2011 年 4 月
- (2) 齊藤真二, "曲線進入コースに対応した実験用 GBAS 機上装置の構築", 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011 年 9 月

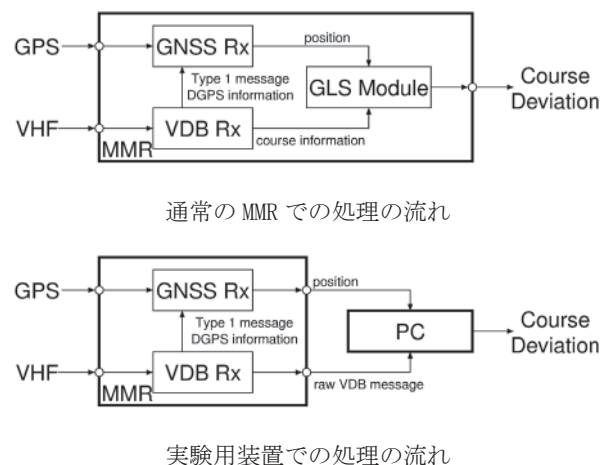


図 1: MMR での GLS 処理と実験用装置での処理



## GNSS を用いた飛行方式の評価方法に関する調査【調査】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○星野尾一明, 新美賢治

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

エンルートから初期進入まで GPS, SBAS, GBAS 等 GNSS を利用した運航が実現され、精密進入での運航を実現するべく研究、開発が続けられている。GPS, GBAS, SBAS 等を利用した飛行方式を提案、導入するためには、飛行方式設定基準の設定と飛行方式が安全であるかどうかを評価する必要がある。このため FAA 等で実施されている GNSS を用いた飛行方式設定の基本となる飛行方式設定基準作成に関連するデータ取得、解析方法、評価方法の調査、GNSS を用いた RNP APCH 等の安全性評価方法について調査し、飛行方式設定基準作成の基礎資料として取りまとめるとともに安全性評価法についてまとめ、より効率の良い安全な飛行方式提案のための基礎資料とする。

### 2. 研究の概要

平成 23 年度は、飛行方式設定基準および飛行方式設定における FAA の役割について、ICAO, FAA, RTCA 文書を中心に調査を行った。また飛行方式基準作成のために重要と考えられる飛行シミュレータと飛行シミュレータによる評価方法についての調査を実施した。H24 年度は、欧州における飛行方式設定基準作成方法、安全性評価方法の調査を行うとともに、シミュレーションによる TSE の予備的評価を行う。

### 3. 研究成果

飛行方式基準については、① ICAO DOC 8168 (PANS-OPS Vol. II), ② FAA Order 8260.3B (TERPS) を中心に調査。飛行方式設定基準作成については、① FAA Order 8900.1 (FSIMS), Vol. 4, Chapter 2: All-weather Terminal Operations, ② FAA FS 1100.1B CHG 8 : Flight Standards Service Organizational Handbook, ③ FAA: Navigation Procedures Initial Implementation Plan (NAV Lean), June 1, 2011 を中心に調査した。飛行シミュレータの基本的機能に関しては、① M.O. Rau : “A Simulink environment for Flight Dynamics and Control analysis – application to the DHC-2 Beaver”, Part I and Part II, 1993, Delft University of Technology, ② JSBSim: An open Source, platform-independent, flight dynamics model in C++ を調査。

飛行試験, シミュレーション評価, 安全性評価に関しては ① FAA: “LPV-200 Localizer Performance with Vertical Guidance (LPV) 200’ Decision Altitude System Safety Analysis”, Version 1.1, March 5, 2007, ② ICAO Circular 301 AN/147: “New Large Aero-planes – Infringement of the Obstacle Free Zone: Operational Measures and Aeronautical Study”, December, 2005 等を中心に調査した。

飛行方式設定基準は航空機, アビオニクス, 地上航法機器の性能によって変化している。またハードウェアの進歩に応じたパイロットの訓練, 資格も重要な要素となっている。また, 経験によるものもあり, 基準の根拠が不明確な部分もある。近年になって ILS のように飛行試験データに基づく確率的な誤差評価による安全性評価とシミュレーションによる評価を基に新しい運航方式が提案されており, CRM (衝突リスクモデル) の更新と飛行シミュレーションが新しい飛行方式提案の重要なツールとなっている。飛行シミュレータに関しては実機を正確にシミュレーションするためには航空機メーカーの情報が必須となるが, 航空機の基本的な動特性, オートパイロットの基本的特性に関しては公表されているソフトウェアツール, 資料を利用しシミュレーションが可能であろうと考えられる。

### 4. おわりに

飛行方式設定基準は航空機の飛行性能, 運用制限および限界と航法装置の性能, 運用限界が基本となり, 飛行方式設定基準が略決まるものと考えられる, 実際は飛行方式設定基準と飛行方式設定要求, 運航者の要求に基づき, 飛行を行う環境, NAV の利用可能条件, 通信条件, 監視条件を加味して飛行方式と飛行ルートが決まってくる。決められた飛行方式は安全である必要があり飛行試験, シミュレーション, 解析等で安全性を確保したうえで正式に発行される。

新しい能力を持った航空機の出現あるいは新しい高精度の航法装置の出現により, それらの能力を十分に発揮するためには, 安全性を確保しつつ飛行方式設定基準を新しい能力に適応していく必要があるものと考えられる。引き続き飛行方式設定基準の設定の具体的方法について調査を行う。

デジタル受信機を用いたパッシブレーダーによるプラズマバブルの広域監視法の研究開発【競争的資金研究】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○齋藤 享

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

1. 研究の背景

衛星航法において、電離圏プラズマの存在は最大の測位誤差要因である。MSAS, GBAS 等の衛星航法の航空利用においてプラズマバブルの検知は重要な問題であるが、現状では、その存在を検知できないことを考慮して安全マージンを取らざるを得ず、より高度な利用の障害となっている。従って、その発生、移動を監視、予測することは、衛星航法の高度利用にとって非常に有益である。

2. 研究の目的

本研究は、科学研究費補助金若手 B 研究による研究である。本研究の目的は、デジタル受信機を用いた短波伝播距離測定装置を開発し、短波到来方向探査装置とあわせて海外放送局電波の到来方向と伝播距離を測定することにより、衛星航法の高度利用を阻害するプラズマバブルの発生・移動を広範囲で効率的に高い精度で監視するシステムが実現可能であること実証することである。

3. 研究の方法

汎用のデジタル受信キット(Universal Software Radio Peripheral; USRP)と PC を用いた短波デジタル受信シ

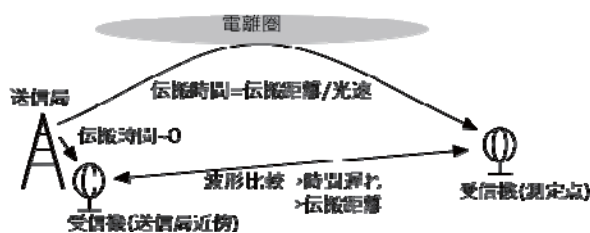


図1 伝播距離測定方法

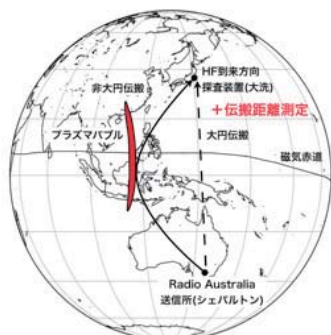


図2. 短波赤道横断伝播測定によるプラズマバブルの位置推定

テムを、1 台を電波源の直近に、もう 1 台を遠方の任意の場所に設置し、両者の記録する信号の時間差が伝播距離を推定する(図 1)と同時に、情報通信研究機構の短波到来方向探査装置を用いて到来方向を測定し、プラズマバブルの位置推定を行う。

本研究では豪州から放送される Radio Australia 放送波を用いることとし、受信システムを Radio Australia 送信所が設置されている豪州・ビクトリア州 Shepparton 及び情報通信研究機構・大洗方向探査施設に設置し磁気赤道を越えて伝播する Radio Australia 放送波を同時受信する。同時に大洗方向探査施設で Radio Australia 放送波の到来方向測定を行う (図 2)。

4. 平成 22 年度までの研究概要

平成 21 年度には、短波伝播距離測定装置(図 3)を開発し、国内放送局の電波を用いて試験観測を行った。図 4 は、ラジオ NIKKEI 放送波(千葉県長柄町)の放送波を調布(電子航法研究所)及び宇治(京都大学生存圏研究所)の 2 地点で観測し、その時間遅れを導出したものである。得られた時間差は、短波が電離圏経由で 2 地点に到達し



図3 短波デジタル受信システム

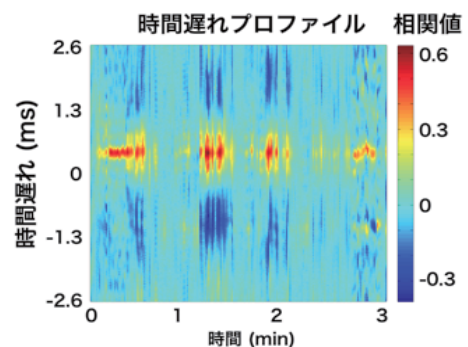


図4 調布～宇治間の伝播時間差。電離圏観測結果から導かれる伝播距離差 140 km に対応する時間差が検出されている。

たとした場合に他の電離圏情報から推定される距離差とよく一致していることが分かった。また誤差 5 km 程度であった。これらのことから、本手法が短波赤道横断伝播距離測定に十分な性能を持つことが確認できた。

平成 22 年度には、平成 21 年度の試験観測で得られた結果に基づいて受信システムの改良を行い、Radio Australia 放送波を用いた短波赤道横断伝播観測実験を行った。平成 22 年 10 月 13 日～17 日に行った第 1 回の Radio Australia 放送波(9.475 MHz)を用いた短波赤道横断伝播観測実験では、大洗方向探査施設により多くの非大圏伝播が確認されたが、受信ソフトウェアに不具合が発生したため伝播距離の測定は残念ながら失敗となった。平成 22 年 3 月に予定されていた第 2 回観測実験は、東日本大震災により大洗方向探査施設が被災したため平成 23 年度に延期した。



図5 Radio Australia Shepparton 送信所



図6. Shepparton において使用した短波受信システム(車載)



図7 大洗方向探査施設の方向探査装置(左)及びアンテナの一部(右)

## 5. 平成 23 年度の成果

平成 22 年度に行った第 1 回の Radio Australia 放送波を用いた短波赤道横断伝播観測実験結果に基づき、受信システムの改良を行い、受信システムの安定性を向上させた。改良したシステムを用いて 2011 年 4 月 14～17 日及び 2011 年 10 月 20～23 日に、第 2 回及び第 3 回短波赤道横断電波観測を行った。なお、東日本大震災による大洗方向探査施設の被害は幸い大きくなく、プラズマバブル発生季の 4 月中に観測を行うことができた。

図 5～7 は、それぞれ Radio Australia Shepparton 送信所、Shepparton で使用した短波受信システム(車載)、及び大洗方向探査装置である。

観測を行った 8 晩のうち、2011 年 10 月 21 日を除く 7 晩において、大洗方向探査施設により Radio Australia 放送波の非大圏伝播が観測された。

図 8 は、2011 年 4 月 17 日に大洗方向探査施設により観測された Radio Australia 放送波(9.475 MHz)の到来方向である。夜間(10-17 UT 頃)に、大圏伝播方向(図中の点線)から大きく西方向に外れた方向からの電波到来が多く見られることが分かる。

この時、同時に測定した Radio Australia 放送波の伝播距離測定結果を図 9 に示す。また、到来方向の変動の拡大図も同時に示す。非大圏伝播が見られなかった 09-10 UT 頃には約 8500～8700 km の間のいくつかの特定の距離(大地-電離圏間のホップ数に対応)で安定していた

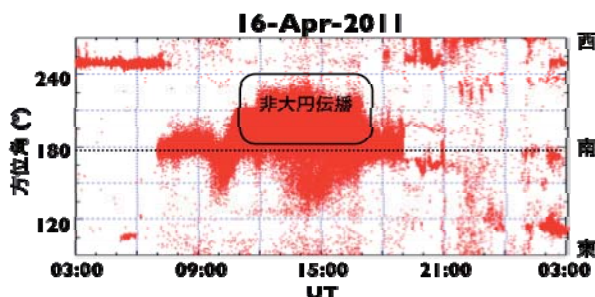


図8 2011 年 4 月 16 日に大洗方向探査装置が検出した Radio Australia 放送波(9.475 MHz)の到来方向

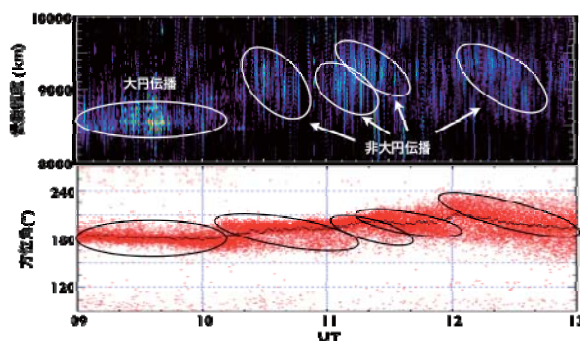


図9 2011 年 4 月 16 日の Shepparton-大洗間の Radio Australia 放送波の伝播距離(上)及び到来方向(下)

伝播距離が、非大圏伝播の発生に伴って最大約 9500 km まで増加し、プラズマバブルの東進に伴い到来方向が南西から南へ変化するにしたがって徐々に減少するという様子が捉えられた。

## 6. まとめ

これらの結果から、短波赤道横断伝播の到来方向測定に伝播距離測定を加えることにより、プラズマバブルの位置推定精度向上の可能性を示唆する結果が得られたと言える。本研究の成果は、定常監視システムとしての短波赤道横断伝播を用いたプラズマバブル監視システムへと活用が期待できる。また、プラズマバブル発生に関わる物理過程の解明やプラズマバブルの発生予測に関する研究への活用も期待できる。

本手法の活用のためには、プラズマバブルの位置推定アルゴリズムの開発が必要であり、伝播シミュレーションを活用した手法が有望と考えられる。また、定常監視システムとするための、リアルタイム警報アルゴリズムの開発も必要である。今後は、衛星航法高度利用のための電離圏監視手法の一つとして検討を行っていきたい。

## 掲載文献

(1) 齋藤他, Plasma bubble monitoring by HF trans-equatorial arrival angle and propagation distance measurements (短波赤道横断伝播到来角及び伝播距離測定によるプラズマバブル監視), 国際電波科学連合 2011 年総会・科学シンポジウム, トルコ・イスタンブール, 2011 年 8 月

## 衛星ビーコン観測と GPS-TEC による電離圏 3 次元トモグラフィの研究開発【競争的資金研究】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○齋藤 享

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

### 1. 本研究について

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

### 2. 研究の背景

電離圏は人工衛星が飛ぶ領域であり、衛星通信にとっては電波の通過域である。高度化した衛星システムの維持管理にとって電離圏の状態計測は非常に重要であり、「宇宙天気予報」が必要とされている。特に GPS 測位を利用した次世代の航空機管制システムにおいては、電離圏の急激な変動による測位精度の低下が致命的な問題となりうるため、その検知が必要不可欠である。電離圏は通信や交通の安全にかかわる重要性をもち、人類の生存環境としても重要である。

### 3. 研究の目的

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

### 4. 研究の方法

本研究は、以下の 3 つの項目からなる。

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

当所では上記のうち、1 及び 3 の達成を担当する。

### 5. 研究の成果とまとめ

現在、衛星ビーコン観測網の整備状況は、電子航法研

究所に平成 22 年度に設置した受信システムを含め、図 1 に示すとおりである。北海道-東北-関東の東観測網については電子航法研究所分を除いて整備が遅れているが、平成 24 年度できるだけ早いうちに設置が行われる予定である。

電子航法研究所では、平成 22 年度に電子航法研究所に設置した受信システム（図 2）を用い、連続観測を開始した。図 3 は COSMOS2414 衛星のビーコン電波を用いて電子航法研究所において観測した衛星-受信機間の全電子数(伝播遅延量に相当)である。衛星が北から南へ移動するのに伴って全電子数が変化し、南方では赤道異常帯を横切るため全電子数が大きく増加していることが分かる。平成 24 年度には、東観測網の他の受信局データ及び GPS データと組み合わせて、電離圏 3 次元トモグラフィに用いられる予定である。

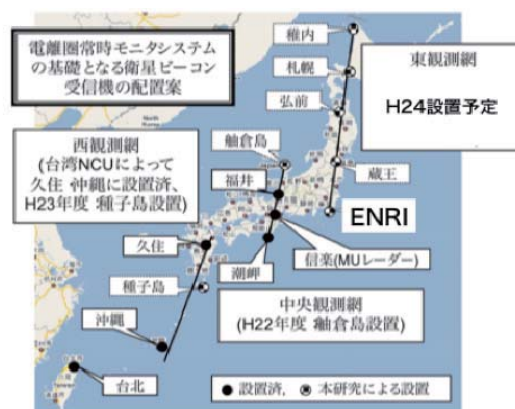


図 1. 衛星ビーコン全国観測網の整備状況



図2. 電子航法研究所 6 号棟鉄塔上に設置されている低軌道衛星ビーコン受信用 2 周波アンテナ

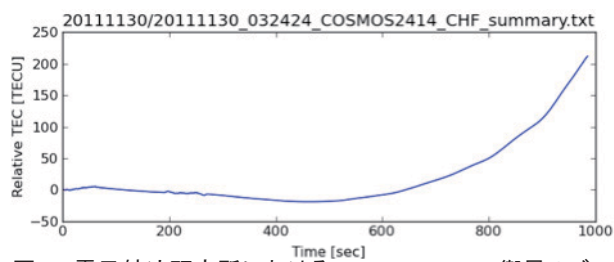


図3. 電子航法研究所における COSMOS2414 衛星のビーコン電波による全電子数(相対値)観測例。

項目(2)に関し、米国航法学会などの国際学会、ICAO等の国際会議の場を通じて衛星航法のための電離圏監視に関する需要と研究動向に関する情報収集を行うとともに、衛星航法支援のための方策の検討を開始した。平成24年度は、さらに具体的な検討を進め、衛星航法支援のための方策について提言をまとめる予定である。

#### 掲載文献

- (1) 齋藤，電離圏観測手法の衛星航法利用援助への応用，大気圏シンポジウム，2012年3月

## 気候変動に伴う極端気象に強い都市創り【競争的資金研究】

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○吉原貴之、坂井丈泰、松永圭左、齋藤真二、齋藤享、新井直樹

研究期間 平成22年度（平成23年度に事業中止を決定）

### 1. はじめに

近年、夏季に発生する極端気象（局地的な大雨、強風等）が都市型災害として甚大な被害をもたらす可能性が指摘されており、監視・予測システムの構築が急務となっている。科学技術振興調整費『気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム』の研究課題「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」（H22～H26年度、代表機関：独立行政法人 防災科学研究所）では、首都圏に稠密気象観測網を構築して極端気象のメカニズムを解明する（課題1）とともに、災害が発生する前に情報を伝達する「極端気象早期検知・予測システム」の開発（課題2）、ならびに関係機関・地方公共団体・民間企業・住民との連携による社会実験（課題3）を実施することとしている。

### 2. H23年度計画と事業中止

本研究課題では首都圏混雑空域を対象として様々な気象観測装置と数値予報モデルによる気象擾乱の予測手法開発とともに、細かな時間・空間分解能で悪天候や風変化の検証も可能となっているため、電子航法研究所もこれに参画し、主に課題1および課題2を担当することとしていた。課題1においては、首都圏で夏季に発生する極端気象発生メカニズム解明に資することを目的として首都圏稠密観測網周辺において電子航法研究所が保有する実験用航空機により上空の3次元大気場の観測実験を実施することとしていたが、H23年3月11日に発生した東日本大震災の津波により実験用航空機が被災したため、研究計画を変更する必要が生じた。

H23年度計画では年度当初にH22年度に購入した観測機材を実験用航空機に搭載するための改修を行い、夏季実験を実施する予定であった。航空機被災後、同機の修理の可能性や民間航空機の利用などについて検討を重ねたが、当初計画の航空機観測を実施することは困難であるとの判断に至った。また、課題2に関しては、課題1の航空機観測により取得した観測データを含めた首都

圏稠密観測データを用いて将来のトラジェクトリ予測手法の開発を行う予定であったが、航空機観測が実施できなくなったことから、やはり予測手法の開発についても同様に見直しが必要であり当初の事業計画を遂行できないとの判断に至った。これらに基づき、文部科学大臣に本事業中止を申請し、承認されたため研究の中止が決定した。

### 3. まとめ

本研究課題はH22年度に採択が決定され、結果的には初年度のみの実施となった。そこでは、H23年度夏季に予定されている首都圏稠密観測に向けて実験用航空機への湿度計搭載設計を中心として飛行実験計画を策定した。また、レーダ、ドップラーライダー、ラジオゾンデ等の地上観測を含む稠密観測データの数値予報モデルへの同化により得られる事後検証データを想定した航空機運航への利用に関する初期検討を実施した。実験用航空機への気象観測機器の搭載検討では、搭載方法を含めた技術的な知見や同分野でのエアライン機を含めた国際動向の調査をしており、これらの知見は混雑空港周辺における気象予測情報の利用について、今後の研究に役立てていきたい。

### 掲載文献

- (1) 吉原、坂井、松永、齋藤（真）、齋藤（享）、新井、“極端気象のメカニズム解明を目的とした稠密観測実験における実験用航空機を用いた大気環境場の観測計画”, U022-P04, 日本地球惑星科学連合 2011年度連合大会, 2011年5月

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

担当領域 通信・航法・監視領域

担当者 ○坂井丈泰, 伊藤憲, 伊藤正宏, 吉原貴之, 齊藤真二, 山田英輝, 大津山卓哉（機上等技術領域）

研究期間 平成22～24年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

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

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

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

### 3. 平成23年度の実施内容

平成23年度は、以下の作業を実施した。

#### 3. 1 ロバスト測位システムの性能解析

前年度の検討にもとづき、GPSに対するバックアップシステムを静止衛星及び準天頂衛星から構成することを想定して、期待される性能をシミュレーションにより検討した。

GPS停止時におけるバックアップシステムによる測位精度は、合計で5基の衛星を配置する場合は、静止衛星2基＋準天頂衛星3基の構成とすれば平均水平精度は10m前後とすることができる（図1参照）。

GPSとバックアップシステムの併用時については、最低仰角の検討結果からは衛星1基故障時を考慮すれば、静止衛星の導入が効果的といえる（図2参照）。測位精度の検討結果からは、準天頂衛星のみを単一の8の字軌道に配置するより、8の字軌道を複数に分散するか、あるいは静止衛星を組み合わせる配置することが望ましいことがわかった。

#### 3. 2 マルチシステム測位実証実験

バックアップシステムのみによる測位が可能であることを実証するため、マルチシステム測位実証実験を実施した。現在は2基のMSAS衛星（静止衛星）と1基の準天頂衛星が利用可能であることから、これら合計3基の衛星による測定データを収集して、測位実験を行った。

実験用航空機を用いた上空における実験では、移動速度が大きいことから衛星の方位角が大きく変化することとなったが、測定は正常に行われた。高度については既知であることとして測位計算を行い、3衛星でも問題なく測位を実行可能であることを確認した。実験用船舶を用いた洋上における実験では、固定点における結果と同様の傾向であり、やはり問題なく測位を実行できることを確認した。

なお、本課題の採択当初は当初所有の実験機を使用する予定であったが、東日本大震災の影響により当該



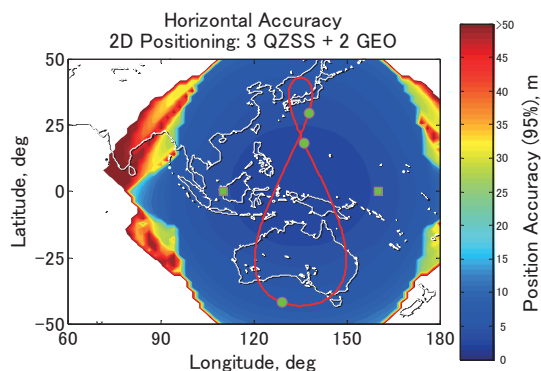


図1 準天頂衛星3基+静止衛星2基による  
水平測位精度(95%)

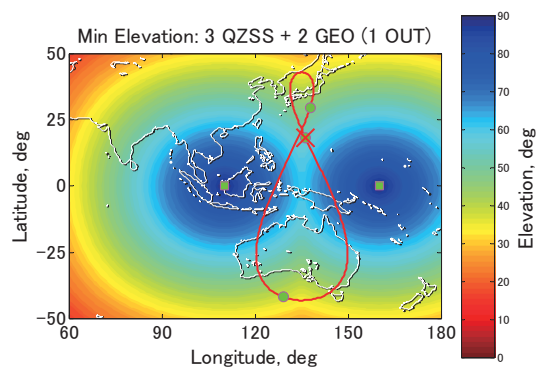


図2 準天頂衛星3基+静止衛星2基による  
最低仰角(1基故障時)

機が使用不能となったため、民間事業者機を使用して実験を実施した。

### 3. 3 衛星測位システム周波数帯における電波環境の調査

衛星測位システムが使用しているLバンドの周波数帯について、我が国における電波環境の調査を実施した。航空機及び船舶による調査の結果、干渉信号の発生例を把握したところであり、その影響について分析を行っている。

### 4. まとめ

本年度はロバスト測位システムの性能解析及び実証実験を実施した。当所の実験機が使用できなくなったことにより使用機の変更を余儀なくされたが、当初計画通りの実験を実施できた。平成24年度は、ロバスト測位システムの性能解析をさらに進めるとともに、複数周波数を使用したバックアップシステムの実証実験を実施する計画である。

### 掲載文献

- (1) T. Sakai, H. Yamada, S. Fukushima, and K. Ito: Generation and Evaluation of QZSS L1-SAIF Ephemeris Information, ION GNSS, Portland, OR, Sept. 2011.
- (2) H. Yamada, T. Sakai, and K. Ito: Regional Satellite Navigation by Using MSAS and QZSS, ION ITM, Newport Beach, CA, Jan. 2012.
- (3) 坂井丈泰：準天頂衛星「みちびき」の L1-SAIF 信号，電波航法研究会，平成 24 年 2 月

### 3 機上等技術領域

#### I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成 23 年度における研究は社会・行政ニーズや技術分野の将来動向を考慮して、重点研究、指定研究及び基盤研究として承認された下記の項目を計画した。

1. 携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究
2. 監視システムの技術性能要件の研究
3. 航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発
4. ハイブリッド監視技術の研究
5. 走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究
6. 空港面監視用ミリ波マルチサイトレーダシステムに関する基礎的研究
7. 航空交通流の複雑理工学的アプローチに基づく数理モデルの研究
8. 航空用放送型サービスの応用方式に関する研究
9. トラジェクトリ管理が可能な実験用 UAV に関する研究
10. ミリ波等を用いたヘリコプタの着陸支援装置に関する基礎的研究
11. 航空通信ネットワークに関する調査研究
12. 樹脂系複合材料を一次構造材として用いた次世代航空機における電磁干渉解析技術の研究
13. 滑走路上下物検知用ミリ波レーダに関する研究

1～4は重点研究である。

1は客室内に持ち込まれた電子機器が放射する電波の航空機搭載無線機器への耐電磁干渉性能の評価と、許容できる電磁放射基準について検討し、その結果を RTCA 等に提供し国際的な基準策定に反映するものである。

2は、想定する運用方式のための運用性能要件を基に、使用される監視システムの測定精度や信頼性指標など技術性能要件を求め、空域運用改善を支援するものである。

3は、先行する研究において発話音声から算出される指数値は発話者の大脳新皮質機能の活性度と相関するとの仮説をたて、これを検証する実験を行ってきた。この発話音声分析技術を、航空管制業務の様々な評価に適用できるように発展させる事を目指すものである。

4は、航空機監視システムとして現用の SSR モード S と WAM (Wide Area Multilateration) や ADS-B 等の新システム

を協調させることにより高性能・高信頼の監視システムを実現する技術を開発するものである。

5～8は指定研究である。

5は当所で研究開発を続けて来た受動型 SSR の性能向上と、SSR 親局からの質問信号の反射波による航空機位置の計測技術の実現を行うものである。

6は滑走路等の地表面に落下している金属片やボルト等の物体を複数のミリ波レーダで検出する技術的検討を行うものである。

7は航空交通網に待ち行列理論等を利用してその特性を評価する研究である。

8は FIS-B(放送型飛行情報サービス)のような放送型サービスによって実現可能となる、交通・飛行情報の配信を利用した航空機運航の評価・検証を行うものである。

9～10は基礎研究である。

9は UAV(Unmanned Aerial Vehicle: 無人機)を、ATM(航空交通管理) および CNS(通信航法監視) 研究の初期実験ツールとして用いるための基礎的研究を行うものである。

10は災害時等において空港以外の場外着陸場を含めた場所への着陸のための簡易なシステムの開発を行う基礎研究である。

11は調査で、トラジェクトリ管理を行うために必要な将来の航空情報ネットワークを調査研究するものである。

12は競争的資金によるもので、樹脂系複合材料を主要構造として用いた航空機内において、従来金属製航空機との電磁環境基本特性の違いの解明および携帯電子機器が航法装置および無線機器に及ぼす電磁干渉を定量的に評価するための基礎技術を確立するものである。

13は在外派遣による研究で、空港滑走路上障害物を検知するためのミリ波レーダの研究を、レーダモジュールとアンテナについて行った。

#### II 試験研究の実施状況

携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究では、航空機内で発せられる強い電波がケーブル等に侵入する量を定量的に求めるための測定システムと航空無線周波数帯域に発生するスプリアスによって GPS 受信機が影響を受ける度合いを評価するシステムを構築した。また、電波の伝わり方をコンピュータシミュレーションで解析し、内装に使用される材質の測定を行った。

監視システムの技術性能要件の研究では、次世代監視方式の動向等の調査のため ICAO の機上監視タスクフォース会議や航空監視パネル ASP の作業部会に参加し、監視システムの技術性能要件を調査した。また、技術性能要件案を基にした性能測定手法の開発において、比較的容易に測定可能な目標検出率と誤検出率を用いることで、監視情報のインテグリティ、有用性、継続性などに換算する手法について実現の見込みを得た。

航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発では、航空管制官所における音声収録データよりワークロードを定量化するため、発話音声分析システム感度・精度評価方法の検討、システム・ハードウェア更正技術の開発と検証、航空管制業務負荷と業務内容との関係分析およびモデル化を行った。

ハイブリッド監視技術の研究では、監視情報の統合処理装置の仕様の策定を行った。さらに、空港面監視技術高度化の研究で開発を進めている WAM/ADS-B 評価装置に、本研究の統合処理に必要な詳細情報を出力する改修を行った。この他に、航空機情報の信頼性を検証する手法について検討を行い、一部の航空機においては、不正確な情報を出力していることを明らかにした。

走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究では、受動型 SSR の親局 SSR 質問信号を受信できない場所でも使えるようにするため、親局 SSR 質問信号受信部を分離したプロファイラを開発した。また、小牧空港に設置される SSR を親局として、その質問信号の反射波を処理して、同空港に着陸する航空機の航跡を検出できることを確認した。

空港面監視用ミリ波マルチサイトレーダシステムに関する基礎的研究では、最終年度として送信電力、受信機性能向上させたミリ波レーダを構築し、感度向上を図るとともに、雨滴の影響を評価した。豪雨の中であっても、50m 程度の距離で検出できることを実験的に確認した。

航空交通流の複雑理工学的アプローチに基づく数理モデルの研究では、現実の航空交通網のシミュレータへのマッピング、解析的な分析手法の信頼性と前提の関係のとりまとめ、シミュレータの機能評価を行った。

航空用放送型サービスの応用方式に関する研究では、機上監視応用および放送型サービスの要件調査、交通情報配信を使用した機上監視応用実験モデルの検討、飛行情報配信方式の検討およびシステム構築を行った。

トラジェクトリ管理が可能な実験用 UAV に関する研究

では、本年度は研究主担当が在外派遣研究中のため、欧州における UAV の情報収集と UAV を「航空用 WiMAX の国際標準化に関する研究」の実験用ツールとして用いる試みについて検討した。

ミリ波等を用いたヘリコプタの着陸支援装置に関する基礎研究では、送電線監視システムの処理速度向上改修と、宇宙航空研究開発機構の MH2000 式ヘリコプタの前面にミリ波レーダ、カラーカメラ、赤外線カメラを搭載し、前方の状況を取得できるシステムを構築した。

航空通信ネットワークに関する調査研究では、SWIM (System Wide Information Management) に関する調査研究を行い、航空通信におけるインターネットプロトコル網の利用について DNS の利用とそのための実装手法を ICAO ACP に提案し Doc9896 の改訂版に含められることとなった。

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

滑走路上下物検知用ミリ波レーダに関する研究では、派遣先におけるレーダ測定で、電子航法研究所で開発したレーダが、広帯域 FM-CW レーダとして十分な分解能を持つことを確認した。また、電子走査アンテナを設計した。

今年度は上記の 13 件の研究・調査に加えて、以下に示す 6 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) 広島空港電波高度計乱反射対策仮設実験の技術支援
- (2) 航空機搭載レーダー用空中線測定支援業務
- (3) 船舶用レーダー空中線測定支援業務
- (4) マイクロ波センサーに関する技術支援
- (5) AS350B 搭載機器の経路損失試験 (次年度まで継続)
- (6) 依頼元からの指示により非公開

### 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

監視システムの技術性能要件の研究では、ICAO の機上監視タスクフォース会議や航空監視パネル ASP の作業部会に参加し、ICAO 文書の作成や改定に寄与した。

携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究における成果は、前年度に調査した地上

における携帯電子機器使用時の影響に関する検討の結果、地上における携帯電話使用制限が緩和され航空機の乗客の利便性向上につながっている。

航空通信ネットワークに関する調査研究で貢献した Doc9896 の改訂版は、VoIP として欧州の一部で既に整備が開始され、我が国でも VoIP の利用については検討が進められている。

受託研究の広島空港電波高度計乱反射対策仮設実験の技術支援で、電波高度計の動作不良の原因を特定するとともに効率の良い反射器を提案することにより、当研究所の知見を着陸時の電波高度計動作の改善策に繋げることができた。

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

(機上等技術領域長 田嶋 裕久)

## 携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究【重点研究】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○米本成人，河村暁子，二ッ森俊一，朝倉道弘，磯崎栄寿

研究期間 平成 21 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

平成 23 年度は 4 か年計画の 3 年目である。前年度までの成果で明らかになった，電磁干渉波レベルに対して，比較的電磁干渉に弱い傾向にある航空機搭載無線機器に発生する不具合の検証を行う。また，航空機内で発せられた強い電波の影響をコンピュータシミュレーションで解析し，実機における測定結果と比較した。これにより，電磁干渉によって引き起こされる障害の定量的な評価が可能となる。将来的には，これらは成果が航空機内で安全に電子機器を使用するための技術指針となる。

### 3. 研究内容

電磁干渉を起こす可能性のある電波としては，意図的に

放射される強い電波と，意図せず航空用無線帯域に漏れこんでくる微弱な電波の 2 つの形態に分けて解析する必要がある。

強い電波の解析手法として，電線等を通じて侵入する可能性を評価するため，電波無響室内で強い電波を照射した場合にケーブルに侵入する電波の量を測定するシステムと測定プログラムを構築した。

また，通信等の用途で意図的に航空機内に放射される電波の影響を，携帯電話の周波数帯を用いてコンピュータシミュレーションで解析してきた。これらの計算結果と実測値を比較した結果，航空機内壁に電波を吸収する機能があることが示された。そこで，実際の航空機で使用されている部材と同じ素材を用いて試験片を製作し，物性を測定した。薄い試験片であっても電波が吸収される傾向は示したが，正確な値を測定するためには試作した試験片の平面度が十分でないことが示された。

他方で，昨年度までの実験結果により微弱な電波の影響が比較的大きいと想定される GPS への影響を検討した。GPS はデジタル通信技術を用いていることから，従来のアナログ式通信機のように所望波に対して高い干渉性についても耐えられることが分かっている。今年度はそれらのレベルをどの程度許容できるのかを評価するため，GPS 観測システム，および疑似干渉波印加システムを構築した。疑似干渉波生成にはベクトル信号発生器を用いて，最新のベクトル変調を含む様々な送信波形を生成するソフトウェアを構築した。今年度は中心周波数に対して一定の連続波を用いて，GPS 観測に与える影響を評価した。これらの試験結果から，初期捕捉時に衛星からの信号に対して 20dB 程度高い信号が混入した際に，初期捕捉の時間が長くなり，測位性能が劣化し始めることが明らかになった。

機内に持ち込まれる携帯電子機器が原因と疑われる機上装置の不具合が発生したとき，航空会社から EMI 事例報告が提出される。2011 年の報告件数は 3 件，これまでの総件数は 283 件となった。平成 22 年度に解析した地上停止中の電磁干渉可能性の評価結果により，航空機内での携帯電話等の使用制限が緩和されて報告が増えることを想定していたが，逆に報告件数が激減する結果となっている。これらの，EMI 事例報告及び電子航法研究所における追跡調査は，

世界的に見ても他に例が無いため、国際的に貴重なデータとなっている。

#### 4. まとめ

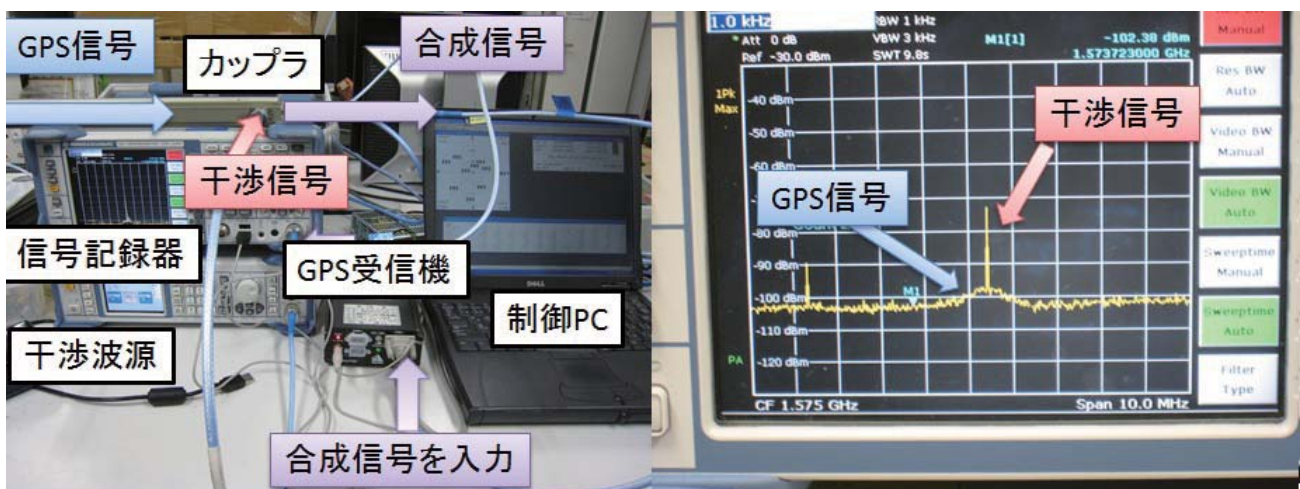
今年度は、航空機内で発せられる強い電波がケーブル等に侵入する量を定量的に求めるための測定システムを構築した。また、電波の伝わり方をコンピュータシミュレーションで解析し、内装に使用される材質の測定を行った。加えて航空無線周波数帯域に発生するスプリアスによってGPS受信機が影響を受ける度合いを評価するシステムを構築した。

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

#### 掲載文献

- (1) 米本成人, 「客室内で使用される携帯電話と航空機間の電磁干渉可能性の評価」, 航空無線, 第 68 号, (夏期), pp.32-41, 2011 年 4 月
- (2) 電子航法研究所, 「平成 21, 22 年度航空機内の電磁干渉障害報告の統計分析及び該当事象の事後追跡調査報告書」, 調査研究報告書, 2011 年 5 月
- (3) 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 磯崎栄寿, 山田公男, 朝倉道弘, 「代表的な航空機を用いた携帯電話電波の影響評価」, 平成 23 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 83-88, 2011.6 月

- (4) 米本成人, 「乗客が使用する携帯電話と航空機との間で起こる電磁干渉の可能性評価」, 航空管制, 2011-No.4, pp.80-89, 2011 年 7 月
- (5) 木下真樹, 日景隆, 野島俊雄, ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 「FDTD 法を用いた航空機内における携帯電話周波数帯電波の伝搬特性評価」, 2011 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-1-22, 2011 年 9 月
- (6) Takashi Hikage, Shinya Hiraiwa, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, “Numerical Estimation of the Electric Field Distributions due to Mobile Radio in an Aircraft Cabin Based on Large Scale FDTD Analysis”, Proc. 10th International Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp.523-526, York, UK, Sep. 2011
- (7) 米本成人, 「航空機に対する携帯電話からの電波の影響評価」, EMC シンポジウム IIDA2011, pp.2-17, 2010 年 10 月
- (8) 米本成人, 「携帯電話の電波が航空機に与える影響の評価」, 平成 23 年度電子航法研究所講演会資料, pp.36-43, 2011 年 11 月
- (9) Masaki Kinoshita, Takashi Hikage, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, “Numerical Estimation of RF Propagation Characteristics of Cellular Radio in an Aircraft Cabin”, Proceedings of the Asia-Pacific Microwave Conference 2011, pp.82-85, Melbourne, Australia, Dec. 2011



## 監視システムの技術性能要件の研究 【重点研究】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○小瀬木 滋, 大津山 卓哉, 古賀 禎, 住谷 泰人, 伊藤 恵理

研究期間 平成 22 年度～平成 25 年度

### 1. はじめに

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

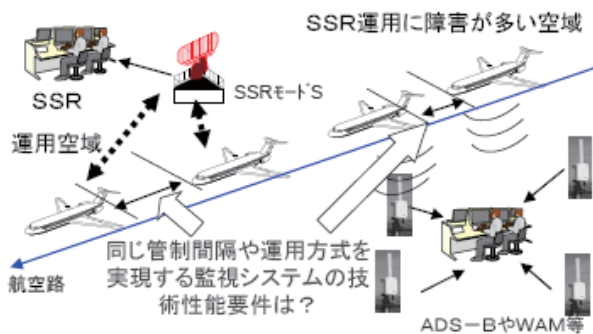
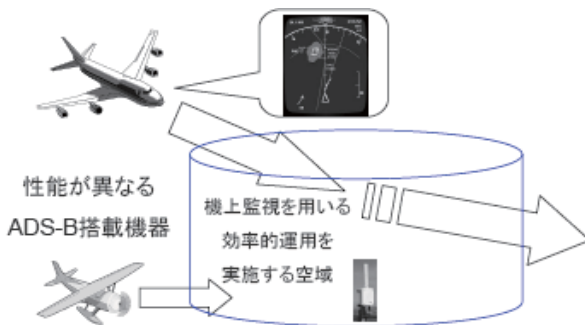


図 1. 新しい監視システムの導入

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



搭載機器の技術性能により空域に入れるかどうかを判断

図 2. 新しい運用方式の導入

また、航空機トラジェクトリの精密な管理やパイロットによる航空機位置の相互監視やその活用など、新しい運用方式の導入前に、使用する監視システムに求められ

る性能を知る必要がある。

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

### 2. 研究の概要

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

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

### 3. 研究成果

研究目標を実現するため、次の事項を実施する。

- ・ 監視システムや運用方式の標準化動向の調査
- ・ 監視システムの技術性能要件 TPRS の開発
- ・ TPRS 記載事項の測定手法の開発
- ・ 1030/1090MHz 信号環境測定と監視性能予測
- ・ 航空機動態情報の取得蓄積と信頼性評価

平成 23 年度は、次の事項を実施した。

#### 3.1 次世代監視方式の動向等の調査

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

ICAO の機上監視タスクフォース (ASTAF: Airborne Surveillance Task-Force) 会議や航空監視パネル ASP の作業部会に参加し、監視システムの技術性能要件を調査するとともに、ICAO 文書の作成や改定に寄与した。

- ・ ICAO Manual on Airborne Surveillance Application 記載案作成 (ASTAF)
- ・ ICAO ACAS manual 改訂案作成 (ASP/WG)

さらに、運用方式の標準化における技術的根拠を記載した資料を得るため、RTCA/EUROCAE RFG (Requirement Focus Group: 要件検討会議) が作成した SPIR (Safety, Performance and Interoperability Requirements) 文書の調査を継続した。今後は SASP や ASP など関連 ICAO 会議にも SPIR が基礎資料として活用される見込みである。

この他に、監視システム関連の研究課題とも連携し RTCA/SC-186 会議などから監視システム遅延時間の要件検討状況などの情報も得た。

### 3.2 技術性能要件案を基にした性能測定手法の開発

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

そこで、監視システムの技術性能要件に含まれる信頼性関連の項目など、非常に低い確率を測定する手法を調査した。測定可能な比較的高い確率を持つパラメタを組み合わせて、性能要件パラメタを求めるための基本モデルに着目してその分析を進めた。その結果、監視センサの測定データから検出判定をする処理過程が明確に定義されている場合は、ベイズの定理を用いて情報の信頼性をモデル計算できることがわかった。これにより、比較的容易に測定可能な目標検出率と誤検出率を用いることで、監視情報のインテグリティ、有用性、継続性などに換算する手法について実現の見込みを得た。

この換算手法の有効性を確認するため、実験装置の試作を開始した。

### 3.3 信号環境測定と将来予測

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

また、信号環境予測にマルチパスの影響を正確に反映するため、電波伝搬分析ソフトウェア (RapLAB) を用いた伝搬路分析を開始した。

### 3.4 監視情報信頼性の実態と補強手法を調査

当研究所の実験用 SSR モード S を活用し、航空機からダウンリンクされる信号の記録蓄積を継続している研究グループと連携し、その成果を活用して調査を継続した。また、この年度に発行された RTCA DO-317A を入手し、空対空監視の監視情報信頼性の検証手法を調査した。

## 4. 考察等

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

### 主な掲載文献

- (1) S. Ozeki: "Revised Functional Diagram for ASM", ICAO ASTAF, July, 2011
- (2) S. Ozeki: "Amendment to draft surveillance roadmap on state aircraft issues", ICAO/ASTAF, October, 2011
- (3) S. Ozeki: "AS Functional Architecture", ICAO ASTAF, February, 2012
- (4) S. Ozeki: "Description on ADS-B", ICAO ASTAF, February, 2012
- (5) S. Ozeki: "Unequipped Aircraft Considerations", , ICAO ASTAF, February, 2012
- (6) S. Ozeki, K. Yamamoto: "R&D activities in ENRI for Seamless ATM", ICAO ASIA/PACIFIC AD-HOC Seamless ATM meeting, August 2011
- (7) S. Ozeki: "Effect of power deviation on link reliability of TCAS surveillance", RTCA SC186WG, Flimsy, April, 2011
- (8) S. Ozeki, T. Otsuyama: "Excess Pulse Duty Ratio at Close to Airport", JTIDS/MIDS Multi National Working Group 2011, Spectrum Access Sub-WG, May, 2011
- (9) S. Ozeki, T. Otsuyama: "Potential Solutions for de-confliction", JTIDS/MIDS TI meeting, June 2011
- (10) S. Ozeki: "Effect of multi-channel interference sources to a narrow band victim receiver", ICSANE2011, October, 2011
- (11) T. Otsuyama, S. Ozeki: "An analysis of signal environment of GPS-L5 band during flight experiments", ICSANE2011, October, 2011
- (12) 小瀬木, 大津山, 古賀, 住谷: 「監視性能が時間変化する場合の監視情報の信頼性」, 電子情報通信学会総合全国大会, 平成 24 年 3 月
- (13) 大津山, 小瀬木: 「飛行実験により測定した GPS-L5 帯域の信号環境」, 電子情報通信学会総合全国大会, 平成 24 年 3 月
- (14) 小瀬木: 「適用技術リスト」, 装備品技術分野作業部会, 平成 23 年 11 月
- (15) 小瀬木: 「適用技術サマリーおよび技術開発計画」, 装備品技術分野作業部会, 平成 24 年 1 月



- (16) 小瀬木, 大津山, 古賀, 住谷, 伊藤:「監視システムの性能要件に関する一考察」, 電子航法研究所研究発表会, 平成23年6月

## 航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発【重点研究】

担当領域 機上等技術領域

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

研究期間 平成 22 年度～平成 25 年度

### 1. 研究開発の経緯・現状と背景

当所では、平成 10 年、(株)オービス総研殿との共同研究における「発話音声による発話者の心身状態の評価可能性」の発見以来、多くの共同研究者各位と発話音声分析技術の実用化を目指して研究開発を進めてきた。平成 16～18 年に科学技術振興調整費を得て、平成 17 年には演算処理速度を 5 桁改善した信号処理アルゴリズム SiCECA (Shiomi's Cerebral Exponent Calculation Algorithm) を開発し、併せて(財)鉄道総研との共同研究等により疲労計測実験において、「発話音声から算出する指数値 (CEM 値) が発話者の“眠気度”に良く相関する。」事を確認した。平成 17 年までの実験結果から、CEM 値は発話者の大脳新皮質の活性度に相関する指数値であり、心拍数の様な大脳旧皮質自律神経系の状態を示すものではないと結論された。

しかしながら、以降の実験的な研究により、トラックや鉄道車両の運転士の喚呼音声の様な副作業音声(主作業は運転操作)では主作業負荷の軽重により、主作業負荷が大きくなるとは大脳新皮質全体の活性度が明らかに高くなっているにも拘らず CEM 値が低下する現象が確認され、CEM 値のみでは一意的に大脳新皮質の活性度評価が不可能である事も明らかになった。大脳新皮質の処理容量を脳資源と呼べば、脳資源は有限であり、運転操作等の作業負荷が高い状況においては、その機能を担う大脳新皮質機能部分と発話筋肉の制御を担う機能部分との間で、脳資源の分配が発生し、比較的発話に係る機能部分の脳資源が奪われ、結果的に CEM 値が相対的に低下した、と理解する事ができる。CEM 値は発話者の大脳新皮質全体の活性度に相関するものではなく、その内の発話に係る筋肉の制御を行う機能野(ブローカ野)の活性度に相関する指数値であった、と考えられる。

もっとも、CEM 値が相対的に低下しても、慢性的に疲労が蓄積している状態における CEM 値のレベルや、急激な消耗により疲労困憊していると思われる CEM 値のレベルまでに低下することはなく、健常状態において「一生懸命に発話している。」と判定可能なレベルであって、「“強い眠気”に襲われている状況と区別が付かない。」こと等は有り得ない。

我々は実験的に CEM 値の性質を明らかにすべく調査研

究を進めており、数年に一度くらいの頻度でブレイク・スルーを経験し、予防安全装置として発話音声分析装置の完成度の向上を目指して来た。

その様な状況において、平成 20 年 6 月 12 日、米国 NTSB より安全勧告として、パイロット等の健全性を実証的な技術により管理することが求められ、以降、健全性の確保の求められる範囲は、整備要員や航空管制官にも広げられた。NTSB による勧告への対応の一環と思われたが、平成 20 年時点では実証的に有効性が確認されている人間の健全性を日常生活において容易に評価する技術が存在しなかった状況もあり、当所は、平成 20 年 6 月に在日米国大使館において当所技術のデモンストレーションを含め発話音声分析技術の説明を行い、同年 12 月にはワシントン D.C. において開催された第 5 回連邦航空局航空安全フォーラムに招かれ、我が国としては初めて参加し、ブースを設営し試作した発話音声分析装置を展示した。

上記安全フォーラムへの参加を契機に、当所試作による発話音声分析装置は米国陸海軍共同の医学研究センターの睡眠研究所において、現在、機能評価試験を受けている状況にある。我が国としても、航空機の運航に係る人々の健全性の確保に関しては、積極的に取り組んでいく必要があるとの認識により、当所は、平成 22 年、航空管制官の健全性や業務負荷状態を監視する技術の実用化を目的として本研究を開始した。

### 2. 発話音声による精神性作業負荷の評価

現状において、発話音声分析技術は、過労の判定は十分に可能なレベルに達していると考えられるが、これ迄の技術検証実験は鉄道やトラック等の運転士が、その業務中に疲労の蓄積により、或は単調な運転作業状況の長時間の継続により、強い眠気に襲われる状況に対して警告を発出する事の可能性を確認するものであった。

航空管制業務中の管制官の眠気の評価や、更には業務内容の差異による作業負担の軽重を評価するためには、上記の過労判定技術に比較して遥かに分析・診断感度を向上させた、精神性作業疲労の計測技術の確立が必要不可欠と考えられた。

平成 22 年度には、3 段階に難易度を調整した暗算課題を 10 分間行うことを 3 回繰返し実施することを精神性負

荷として、それ迄の音声収録に使用して来た朗読課題等を利用して、比較的容易な暗算作業中に眠くなる状況、逆に比較的難しい暗算作業においては活性化が上昇する状況の観察を試みた。その結果、従来の朗読課題では、その発話内容が複雑であるため、目を覚まさせるには有効ではあるのかもしれないが、「眠気に襲われている状況等を正確には評価できていない。」と思われる状況が認められた。そこで、平成23年度には、朗読課題をより馴染みのある読み易い内容に修正し、併せて一定の文章としての“いろは歌”、無意味な音韻を組み合わせた課題を作成し、夫々を使用して同様の実験を行った。その結果、朗読音声は容易に読める文章を利用して収録することが適当であるが、テキストを識別しなくても記憶により発話できる様な状況は好ましくないことが確認された。即ち、例えば“いろは歌”を4つに分割し、これを4枚の朗読課題としてランダムに表示して“いろは歌”全文を朗読した場合と同等の発話音声を収録すれば、眠気に襲われている被験者の眠気を一時的に覚ますことを抑えて、従来の朗読課題よりも正確に覚醒状態の低下が検出できるようになる。

上記については、分割された“いろは歌”ではなく“日本昔話”であっても、被験者が十分にそのテキストを読み慣れていれば、同様な評価は可能と思われる。しかしながら、現状の信号処理ソフトウェアにおいては、音韻の組み合わせにより算出される CEM 値の傾向に差異が存在することが確認されているので、特定される被験者の覚醒度の変化等を観察しようとする場合には、複数枚の朗読カードを全て朗読し、算出された CEM 値を平均する処理が必要であり、意味があり完結した内容を有する文章を朗読課題として使用することは、音声収録に要する時間が相対的に長くなってしまふ。計測目的に対して十分な精度が実現できるのであれば、収録音声データは短ければ短い程に好ましい筈である。平成24年度には、簡単な暗算課題をより長時間継続することにより、“分割したいろは歌”で覚醒度の低下の検出が十分な精度で実現できるか否か、否であればどの程度の朗読課題が適当であるのか、検証実験を実施したいと考えている。

また平成24年度には、管制官のシフト勤務に対応して、夜勤時における覚醒度の低下や業務負担度の変化の評価可能性を検証するために、体内時計時刻の CEM 値に及ぼす影響を評価する実験を実施する予定である。

### 3. 環境雑音等の CEM 値に及ぼす影響

平成22年度に、全く同じ音声であっても、そのサンプル時刻の数マイクロ秒以下の差異が、その音声データから算出される CEM 値に大きな差異 (CEM 値の標準偏差に対して30%程度から、時に100%以上の差異) を発生させるこ

とが有ることが確認された。

上記は、アナログ音声信号をデジタル化する場合のサンプリング周波数が有限であることに起因する問題であって、原理的に完全な解決は不可能であるが、平成23年度において、CEM 値が全てのサンプリング・データに対する値 (ミクロスコピックな値) を統計処理した結果であるため、サンプリング周波数を高くすることにより、或は音声データの収録時間を長くすることにより、即ち処理対象としてのデータサイズを大きくすることにより、異常値の発生確率の低減が可能であることが確認できた。

また、音声信号雑音比の CEM 値に与える影響についても、音声無響室を利用した実験等により、40dB 程度以上が確保されれば、現状の信号処理アルゴリズムと信号処理演算精度においては、算出される CEM 値に統計的な差異は発生しないことが確認された。また、音声信号雑音比が24dB以上であれば、算出される CEM 値の分散は小さくなるが、平均値には殆ど変化が認められないことが分かった。

上記については、音韻構成が CEM 値に及ぼす影響や、マイクロフォンの型式等の差異が CEM 値に及ぼす影響等、未だ明確でない事柄が多数存在するため、今後、処理対象としての音声データを増やして、より正確な確認作業を行わなければならない、と考えている。

### 4. 今後の計画と展望

平成22年に本研究開始以来、当所においては年齢や性別の CEM 値に及ぼす影響を明らかにするための基礎データの収集を行っており、芝浦工大、武蔵野大学、他との共同研究によっても別な観点からのデータの収集を進めて来た。平成23年には、分析作業を効率化するソフトウェアの開発等も進み、夫々において幾つかの知見が報告可能な状況になっている。

平成23年度における武蔵野大学での実験結果において、「物事 (単語や文章) を一生懸命覚えようと努力している様な状況において、記憶が主作業となり発話が副作業である場合、多くの短期記憶が求められる状況において CEM 値が低下する。」ことが観測された。この実験結果は、先の「トラックや鉄道車両の運転士の喚呼音声の分析結果」と整合するものである。

人間計測を要する実験は、人間が複雑であるために、長期を要し、多くの実験において必ずしも明確な結論が得られる訳ではない。ある結果に対する追試や再試は、中々実施されるものではない。しかしながら未知の部分の多い技術の実用化において、実験・追試・再試は必要不可欠であり、平成24年度においても、大学等の研究機関との連携も深めながら、当所発話音声分析技術に対して、客観的に肯定的な評価を得られる様に着実な研究開発を進めたい

と考えている。特に「体内時計時刻の CEM 値に及ぼす影響の評価」においては、新たな知見を期待している。

#### 掲載文献

- (1) 塩見, “発話音声による心身状態評価技術の現状と展望”, 電子航法研究所研究発表会, 平成 23 年 6 月.
- (2) 佐藤, 他, “発話音声を用いた人間の特性評価の可能性”, 電子航法研究所研究発表会, 平成 23 年 6 月.
- (3) 塩見, “発話音声分析による心身状態評価手法”, 日本交通医学会総会第 65 回大会, 平成 23 年 6 月.
- (4) 佐藤, 他, “発話音声の指数値を用いた滑舌評価の試み”, 日本交通医学会総会第 65 回大会, 平成 23 年 6 月.
- (5) 塩見, 他, “発話音声のカオス解析による脳内活性度の計測”, 自動車技術会 アクティブセーフティ部門委員会, 平成 23 年 8 月.
- (6) K. Shiomi, “Fatigue and Drowsiness Predictor”, First International Symposium on Future Active Safety Technology toward zero-traffic-accident, Sep., 2011.
- (7) 塩見, “過労防止のための発話音声分析技術の研究”, 産業疲労研究会第 75 回定例研究会, 平成 23 年 11 月.
- (8) 塩見, “発話音声のゆらぎによる言語野機能状態の推定手法の提案”, 第 27 回日本ストレス学会学術総会, 平成 23 年 11 月.
- (9) 塩見, “覚醒度評価のための音声信号処理手法の改善”, 日本人間工学会関東支部第 41 回大会, 平成 23 年 12 月.
- (10) 佐藤, 他, “音声のカオス論的指数値や脈拍数にみられた服薬の影響と考えられる実験結果”, 日本薬学会第 132 年回, 平成 24 年 3 月.

## ハイブリッド監視技術の研究【重点研究】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○古賀 禎, 宮崎 裕己, 松永 圭左, 角張 泰之

研究期間 平成 23 年度～平成 27 年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

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

#### 2.1 監視情報の統合技術

SSR,WAM,ADS-Bは、異なる測位方式を用いており、測位精度・頻度・誤差などの特性がシステムによって異なる。SSRは、質問応答の往復時間から距離、アンテナの方位から角度を求め  $\rho$   $\theta$  測位を行っている。WAMは航空機から発射された電波が、地上の受信局に到達する時間の差 (TDOA)により、複数の双曲線を求め、その交点から位置を求め。ADS-Bは、航空機に搭載されたGPS受信機によって測位した位置を、拡張スキッタと呼ばれる信号により、航空機から放送する。

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

ADS-Bは、航空機からの信号が到達する範囲が監視領

域となる。航空機を中心とした円筒内が、その覆域となる。

このように、それぞれのシステムは異なる特性をもち、長所と短所がある。監視情報の統合技術は、それぞれのセンサの長所を掛け合わせるにより、高頻度・高精度・高信頼性を持つ航空機の監視情報を管制官に提供する。

#### 2. 2 信号環境の改善技術

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

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

SSRは、地上局の質問信号を送信し、これを受信したトランスポンダが1090MHzの応答信号を送信する。ADS-Bは、トランスポンダが一定周期で自律的に信号を発信する。WAMは、主として、SSRやADS-Bなどによりトランスポンダが発信した信号を用いるが、WAM自身が質問送信を行い、応答信号を引き出す技術なども検討されている。このように、それぞれのシステムが独立して信号の送受信を行う。

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

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

### 3. 研究成果

#### 3.1 監視情報の統合技術

### (1) 実験システムの整備

平成23年は、在空中機や実験用航空機を用いた実験に備え、実験システムの整備を行った。

#### ・SSRモードS岩沼局の復旧

実験システムの一部を構成するSSRモードS岩沼局が、東日本大震災に伴う大津波により被災した。SSRモードS岩沼局の主要設備は、岩沼分室の2F以上にあったため、水没などの被害からは免れたが、電力線および通信回線の不通により、運用できなくなった。このため、平成23年前期に電力や通信回線の復旧を行うとともに、地上局の臨時点検作業を行った。これにより、8月から岩沼局の運用を再開した。平成24年3月現在、在空中機の監視を継続的にいき、統合技術の検討に必要な監視情報の収集を行っている。

#### ・WAM/ADS-B評価装置の改修

空港面監視技術高度化の研究で開発を進めているWAM/ADS-B評価装置に、ASTERIX22に準拠したメッセージを出力する機能を追加した。ASTERIX22には、統合処理に必要な測位地上局の情報などの詳細情報を出力する。これにより、統合処理におけるターゲットのレポートの選別などが容易になる。

### (2) 統合処理装置の検討

本研究では、複数の監視センサからの監視情報を統合し、高精度・高頻度・高信頼性の監視情報を提供する統合処理装置を、平成23、24年の2ヵ年で開発する。平成23年は主として、統合処理装置について、国内外の開発動向の調査や統合処理の要素技術（追尾技術やシステムアーキテクチャ）などについて検討を行った。さらに、実装のための仕様の策定を行った。

### (3) 航空機情報の信頼性の検証

ADS-Bでは、機上システムで生成された情報を監視情報として使用する。機上システムに故障や不具合が発生した場合には、誤った情報を元に航空機の監視を行うことになり、航空機の運航の安全性が低下する。このため、ADS-Bでは、機上システムの情報が信頼性の高いものである必要がある。このような問題を解決するため、米国のマサチューセッツ工科大学リンカーン研究所は、航空機の情報と、SSRの監視情報とを比較し、航空機の信頼性を検証する手法を提案している。

航空機情報の信頼性の検証では、MITの手法を実行するソフトウェアを製作し、SSR地上局で取得した航空機情報とSSR情報を比較し、MITの手法の有効性を検証した。

その結果、一部の航空機においては、不正確な情報を

出力していることを明らかにした。ADS-Bなど航空機出力に依存するシステムにおける監視情報の信頼性の確認に活用できる。一方、情報によっては、MITの手法による信頼性の検証が困難なものがあることが明らかになった。これらの情報を基にMITの手法を改善する必要がある。

### 3. 2 信号環境の改善技術

信号環境の改善技術として、SSRモードSの自律協調技術について検討を行った。自律協調技術は、重複覆域における航空機の監視を地上局間で自律的に分担して行うことにより、地上局の質問応答の数を削減する。これにより、信号環境の改善を図る。シミュレーションによる評価を行い、本技術により30%–46%程度の応答数を削減できることを明らかにした。

### 4. 考察等

平成23年は、5ヵ年計画の1年目であることから、主としてシステム検討や実験システムの構築などを行った。また航空機情報の信頼性の検証や信号環境の改善技術の検討なども行った。

平成24年は、統合処理装置の実装を行う。さらに、当所実験システム（SSRモードS、WAM、ADS-B）と接続し、実航空機による評価試験を行う。試験では、各センサの監視性能と統合処理性能を明らかにするとともに、適切なパラメータや監視領域などの決定手法を開発する予定である。

### 掲載文献

- (1) 古賀他: "SSR モード S のネットワークの開発", 平成 23 年度電子航法研究所研究発表会, 平成 23 年 6 月
- (2) Koga et al.: "Autonomous continuous target tracking technology for safety in air traffic radar systems network," 6th IEEE International Symposium on Service Oriented System Engineering (SOSE), pp.235-240, Dec. 2011
- (3) 松永他: "SSR モード S のダウンリンク動態情報の品質解析", 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会, H23.7
- (4) 松永他. "SSR モード S のダウンリンク動態情報の品質評価 ～ レーダ測位値を用いた動的情報の初期評価結果 ～", 電子情報通信学会宇宙航行エレクトロニクス研究会, H24.1

## 走査型親局を利用する受動型レーダに関する研究【指定研究 A】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○塩見格一、瀬之口敦（航空交通管理領域）

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

受動型レーダは電波資源の有効利用等の観点より将来性を期待されているシステムであるが、現時点において、現用の通常のレーダに比較して同等の性能をより経済的に実現する程の技術が確立されている訳ではない。

受動型 SSR については、当所は平成元年から試作開発を進め、遂に平成 21 年には、(財) 空港環境整備協会殿とリオン株式会社殿との共同研究の成果として“受動型 SSR 航跡観測装置 SKYGAZER”の製品化を見ることができた。

今日、国際的にもセキュリティの面からの要求により、当所開発による上記受動型 SSR とは全く異なった目的に対応するため、空中に存在する全ての物体を検出するレーダ技術の発展が求められている。この要望に対して、欧米において、また我が国において、地上デジタル放送信号の反射を利用して特定される航空機を追尾する様な受動型レーダの開発が進められている。しかしながら、地上デジタル放送信号の反射を利用して広い空域の全域に亘る航空機の位置情報を得る事等は、現時点において、未知の技術領域にある。

仮に、十数年後迄の近い将来を想定した場合、受動型レーダの実用化においては、放送型の電波の利用が必須である訳ではなく、空港監視レーダ等走査型のアンテナを有するシステムを親局と想定するものであっても、その実用化は空港周辺から 50 マイル圏における航空機の監視には有効と考えられる。

本研究は、上記の考え方を基に、当所で研究開発を続けて来た受動型 SSR を発展させ、更には平成 22 年度に既に技術的な可能性については検証した SSR 親局からの質問信号の反射波による航空機位置の計測技術、等々を併せて今日利用可能な電波を有効に利用して、セキュリティ面からの要求等にも対応可能なシステムを、より経済的にも合理的に実現する事を目的として進めている。

### 2. 反射波による受動型レーダ

SSR 親局からの質問信号の反射波による航空機位置の計測は、航空機の飛行姿勢に依存し SSR 質問信号が受信できないことによるコストに対応し「存在するにも拘らず SSR では検出されない航空機の検出」を実現するためのものであった。図 1 は、小牧空港に設置される SSR を親局として、その質問信号の反射波を処理して、同空港に着陸する航空機の航跡を検出した例である。

微弱な反射波を処理対象とする受動型レーダの実現において、監視覆域の確保・拡大は容易なことではない。受信機のフロントエンドを低雑音化して検出感度を向上させても、航空機よりも強く電波を反射させる雲等が存在すれば、単純には航空機を検出することは不可能であり、今後の受動型システム開発においては、航空機が高速で飛行している事を利用した MTI (Moving Target Indicator/Indication) 技術の利用は必要不可欠と考えられる。

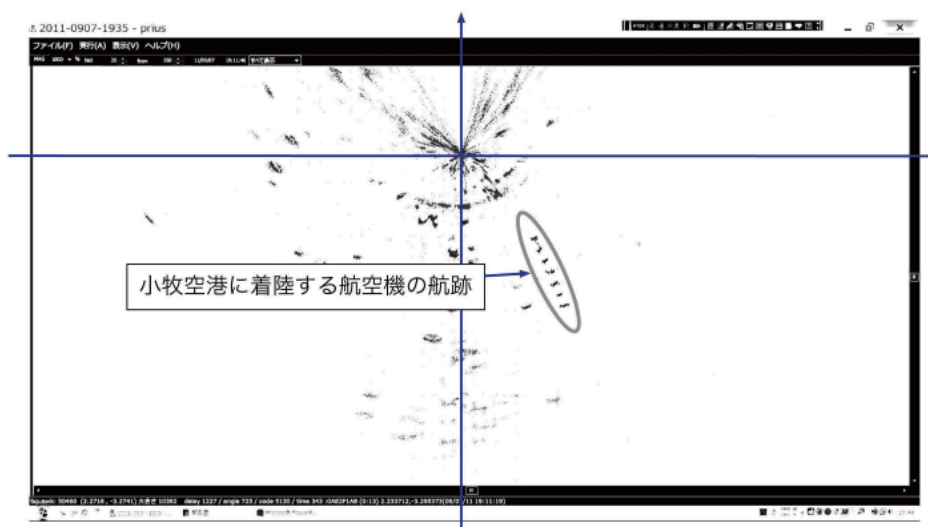


図 1 小牧空港の SSR からの質問信号反射波を処理して観測した航跡例

### 3. 受動型 SSR

当所では、反射波を処理する受動型レーダの研究開発と並行して、従来から進めて来た受動型 SSR の高性能化も進めている。先に述べた通り、SSR の設置される空港周辺の航空機の観測を可能とした受動型 SSR としては、十分な機能を有する装置を実現したが、SSR 設置空港から離れた場所においては十分な精度で親局からの質問信号を受信する事が出来ないため、現状のシステムでは満足に運用する事ができない。調布空港や八尾空港等では空港ビルの最上部に設置すれば受動型 SSR として運用可能と思われても、周辺の航空会社等においては必ずしも可能ではなく、また様々に発生するブラインド・エリアの解消も解決しなければならない問題となっている。

上記問題に対応するために、図 2 に示す様に、受動型 SSR の親局 SSR 質問信号受信部（プロファイラ）と航空機からの応答信号受信部（滞空監視部）を分離し、相互にデータリンクで接続した受動型 SSR システムの試作開発を

行った。データリンクとしてインターネットを使用したために最大で 3 秒程度の表示遅れが発生したが、従来の受動型 SSR と同等な航空機航跡の観測情報を得る事ができた。

### 4. 今後の展望

現在、当所では、当所における経常的な空域監視と関東圏における任意な場所での空域監視を可能とするために、プロファイラの設置可能な場所の選定を進めている。可能であれば、親局 SSR として羽田空港と成田空港に設置される SSR を利用できる様に設置し、システムの機能検証を行い、ブラインド・エリアの解消を含めて空域監視精度を検証すると共に、潜在的な問題を明確化し、その解消を目指した更なる研究開発を進めたいと考えている。

#### 掲載文献

- (1) 塩見, 植田 “受動型 S S R による空域監視網の提案”  
日本航海学会論文集, 平成 12 年 3 月.

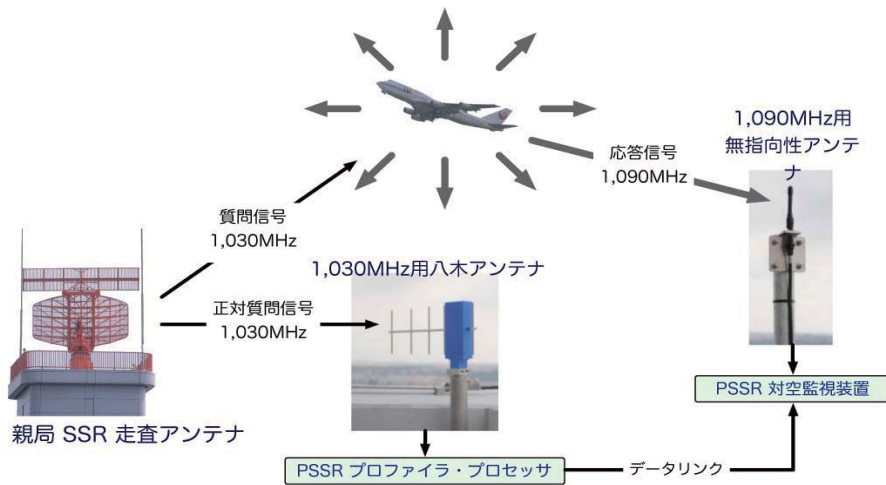


図 2 ネットワーク指向な ENRI 型受動型 SSR のシステム構成

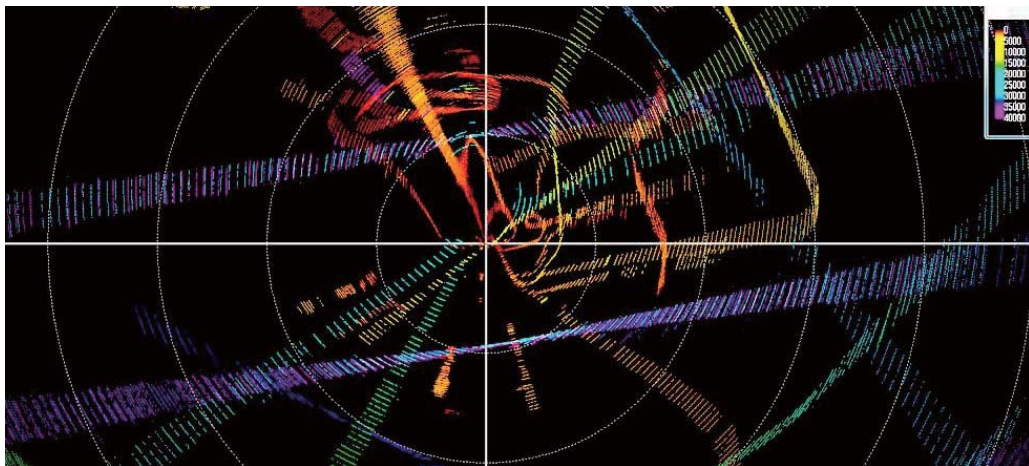


図 3 受動型 SSR プロファイラと対空監視装置を約 30km 離して観測した小牧空港周辺空域



## 空港面監視用ミリ波マルチサイトレーダシステムに関する基礎的研究【指定研究B】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○米本成人，河村暁子，ニッ森俊一

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

空港面においては、航空機や地表面を移動する移動体、もしくは外部からの飛来物等、不意の落下物が存在することがある。これらは空港面の安全確保のため取り除かなければならないが、現状では作業員による目視検査であり、監視コストの増大を招いている。さらには、夜間や悪天候時には、作業員の労務の増大を招くこととなる。その他にも、空港内で航空機の故障等により、損傷した機体の一部が吹き流されることもあり、このような重大なインシデント時には、長時間に渡る滑走路閉鎖等の重大な損失を受ける場合がある。このような背景の下、空港面の落下物探索技術に関するニーズが非常に高まっており、非常に分解能の高いミリ波センサは候補として有望視されている。

当研究では複数のミリ波センサを設置し滑走路等の地表面に落下している金属片やボルト等の物体検出に関して複数のセンサを使用した場合の相互干渉低減技術に関して研究する。

具体的には、検出感度を向上させたミリ波センサを構築し、それらを滑走路周辺に複数配置して、集中管理によって相互干渉を低減させるシステムに関する要素技術を確立することである。

また、実運用時に必要となるレドーム、アンテナ、電気回路などの要素技術を検討する。合わせて、開発したミリ波レーダの他運輸モードへの応用を検討する。

### 2. 研究の概要

本研究は3年計画であり、平成23年度は最終年度である。当該研究期間の主たる実施事項は以下のとおりである。

平成 21 年度 ミリ波センサの感度向上に関する検討

平成 22 年度 ミリ波センサの信号処理装置の構築

平成 23 年度 ミリ波センサのフィールドテストと評価

### 3. 研究成果

平成 21 年度はミリ波レーダの受信感度を向上させるため、直接検波型実験用ミリ波レーダを構築し、原理確認を行った。また、同じ周波数帯を利用するパルスレーダ、FMCW レーダが混在する場合の電磁干渉の影響、及び高感度カメラ、赤外線カメラ等の他センサの性能を評価した。

平成 22 年度には、送信電力増強、受信回路を改善した試作装置を構築し、敷地内や仙台空港で探知性能評価を行い、高さ1インチ・直径1インチの金属片が40m程度で検出できることを確認した。また、空港面監視レーダやレーザーレーダの性能評価も行った。

平成 23 年度には、さらに送信電力、受信機性能向上させたミリ波レーダを構築して、感度向上を図るとともに、雨滴の影響を評価した。豪雨の中であっても、50m程度の距離で検出できることを実験的に確認した。

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



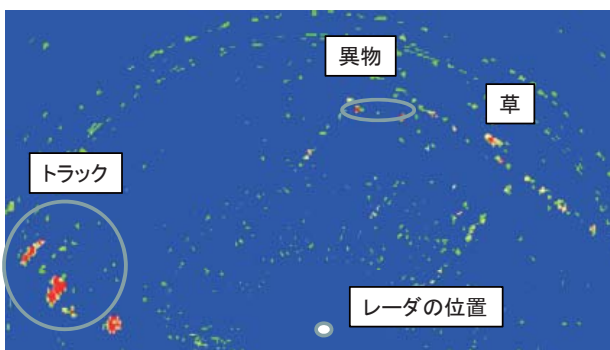
仙台空港エプロンに設置したレーダ



レーダ画像表示用 PC



設置した反射物



検出対象と測定結果

掲載文献

(1) N. Yonemoto et al., "Painted styrene radome for foreign objects and debris detection radar in W-band", Proceedings of IEEE Radar Conference 2009, pp.1-4, Pasadena, USA, May, 2009

(2) A. Kohmura et al., "Millimeter Wave Wideband FM-CW Radar for Runway Debris Sensing", Proceedings of IRS2009, Hamburg, Germany, Sep. 5-7, 2009

(3) 河村暁子他, 「W 帯レーダ用超広角反射器つきアンテナ」, 2009 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-156, 新潟, 2009 年 9 月

(4) N. Yonemoto et al., "Broad band RF module of millimeter wave radar network for airport FOD detection system", Proceedings of International Radar Conference (Radar'09), Bordeaux, France, Oct.12-16, 2009

(5) 米本成人, 「光とミリ波に対応した全方向性誘電体レンズと広角レンズ反射器」, 電子航法研究所報告, No.122, pp.1-8, 2009 年 10 月

(6) 米本成人他, 「民間用ヘリコプタの障害物探知・衝突警報システムの開発と実証飛行試験」, 電子航法研究所報告, No.122, pp.9-38, 2009 年 10 月

(7) 河村暁子他, 「空港滑走路上の落下物を検知するレーダシステムの開発」, 日本航海学会航空宇宙研究会, 平成 22 年 5 月 29 日

(8) Karim Mazouni, Ch. Pichot, Jerome Lanteri, J-Y Dauvignac, Claire Migliaccio, S. Futatsumori, A. Kohmura, N. Yonemoto, "Offset reflectarray pour la detection de FOD sur pistes d'aeroport", 17emes Journees Nationales Microondes, JNM2011, BREST, 18-20 Mai, 2011

(9) Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, and Naruto Yonemoto, "Waveguide Connector for Small Millimeter Wave Radar Modules", Proceedings of IRS2011, pp.181-184, Leipzig, Germany, Sep. 7-9, 2011

(10) Karim Mazouni, J. Lanteri, Ch. Pichot, J-Y Dauvignac, C. Migliaccio, N. Yonemoto, A. Kohmura, S. Futatsumori, "Millimetric system for foreign object and debris detection on airport runways", Proceedings of the 8th European Radar Conference EuRAD2011, Manchester, UK, Oct. 12-14, 2010

(11) Karim Mazouni, Christian Pichot, Jerome Lanteri, Jean-Yves Dauvignac, Claire Migliaccio, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, "77GHz offset reflectarray for FOD detection on airport runways", International Journal of Microwave and Wireless Technologies, pp. 37-43, Feb. 2012

## 航空交通流の複雑理工学的アプローチに基づく数理モデルの研究【指定研究 B】

担 当 部 機上等技術領域

担 当 者 ○塩見格一, 井上 諭 (航空交通管理領域)

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. 研究の目的と背景

航空管制業務のリアルタイムなシミュレーションは、現状において将来的な複雑で個別的な課題に対して有効な提言を可能としている、殆ど唯一の手法と考えられている。しかしながらリアルタイム・シミュレーションであっても、有効な成果を実現するためには、適正なシミュレーション・シナリオが存在することが前提として必要不可欠である。ところが、例えば、比較的によくシミュレーションが行われてきた空域容量の算定等に要する増便シナリオであっても、その作成は容易ではない。実の処、良いシミュレーション・シナリオは何回ものリアルタイム・シミュレーションによる試行錯誤の結果として得られものである。

リアルタイム・シミュレーションの実施に要する労力は、知識ベースを利用したファストタイム・シミュレーションに比較して遥かに大きなものであり、知識ベースの精密化によりファストタイム・シミュレーションの精度が向上した現在において、リアルタイム・シミュレーションとして空域容量の算定を目的とする様なシミュレーションが行われる事は最早無くなっている。

またしかしながら今日、リアルタイム・シミュレーションの必要性が全く無くなっている訳ではない。業務形態の変更を伴う業務機器のデザイン、特にヒューマン・インタフェース部のデザイン等については、導入後のトラブルを避けるためには事前評価が必要不可欠であり、更には管制官の役割分担や所掌範囲の変更等を含む業務内容の変更にあたっては、より大規模な事前評価が求められる場合もある。

本研究は、上記リアルタイム・シミュレーションの実施に要する、その目的に対して適正なシミュレーション・シナリオをより効率的に生成する手法を明らかにする事を目的として開始したものである。ファストタイム・シミュレーションを含めて航空交通シミュレーションの難しさは航空交通流の挙動の複雑さに起因する。現時点において複雑な航空交通流を表現するためには多数のパラメータを要する複雑なモデルが必要であり、例えば、ファストタイム・シミュレーションの精度は、知識ベースの詳細・精密化に支えられている。仮に、航空交通流における複雑な挙動を表現するモデルを 2, 3 のパラメータしか有さないものとして実現することができれば、シミュレーションの困難さは大幅に緩和されることが期待される。

20 世紀の中頃に発見されコンピュータの発展と共に急激に発展したカオス理論は、それ以前には説明不能とされていた複雑な現象に対して、その現象が単純な現象に見える視点が存在することを明らかにした。19 世紀フランスの偉大な数学者ポアンカレが「複雑過ぎて言葉や数式では説明できない。」と言った等と伝えられる現象が数行の数式で記述可能である事が発見され、雲の形、海岸線の形状、木の枝振り、等々が単純なアルゴリズムで生成可能である事が示された。

今日、高速道路の緩やかな坂道に設置されている「スピードを落とさないで！」との看板はカオス理論の大きな成果である。何人かの運転者がこの看板に気付いて走行速度を上げることで渋滞の発生確率が劇的に低減している。この看板は、「制限速度が時速 80km で有る場合、平均車間距離が 80m 以下になると、急激に渋滞の発生確率が上昇し、一旦発生した渋滞は後方に時速 20km で延びて行き、交通状況が変わらない限り自然に解消する事はない。」との命題がカオス理論から予言され、実際の検証実験により確認され、その実社会への応用例として設置されている。

我々は、本研究において、航空交通流の制御に係る上記高速道路上の看板に匹敵する様なモノやコトを発見することを目指した。

### 2. 得られた知見等

結論から言えば、残念ながら、上記高速道路の交通に係る様な命題を呈示するコトも、看板に匹敵する様なモノも発見するにはいたらなかった。しかしながら、今後の研究に繋がると考えられる幾つかの発見もあり、また成果も得られたので、以下に、分かり易い事柄と今後の研究において注意すべき、と思われる事柄の幾つかを述べておく。

#### 2.1. 遅延の連鎖

「航空機が経路点 A から進入し経路点 B を通過する迄に安全間隔の設定を受ける」、最も単純なモデルを想定する。

航空機が経路点 A から平均到着間隔  $\lambda$  で進入し、経路点 B を通過する迄に最小安全間隔  $\xi$  を設定しなければならないとして、連続的に設定可能な迂回遅延時間が  $\tau$  であり、 $\tau$  を越える遅延が必要な場合には離散間隔  $\theta$  の周回遅延に依らなければならないとする。先の目論見ではモデルのパラメータは 3 つ以下にしたかったのだが、最も単純なモ

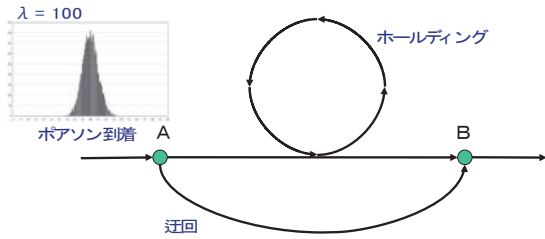


図1 遅延連鎖のモデル

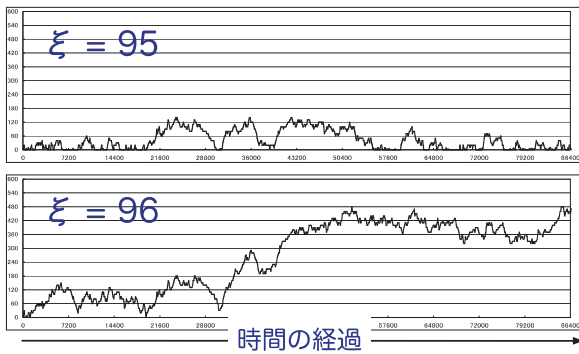


図2 シミュレーション結果

デルでも $\lambda$ ,  $\xi$ ,  $\tau$ ,  $\theta$ の4つのパラメータを設定することになってしまったが、4者にはどのような関係が発生するであろうか？ 上記条件は図1の様に記述する事ができる。また $\lambda$ を100,  $\tau$ と $\theta$ を共に20とした場合、図2に示す様に $\xi$ が95であればホールドイングを伴う遅延が発生したとしても時間が経てば解消されるが、 $\xi$ が96であれば、一旦発生した遅延が解消される事もあるが、いずれは遅延が重なり合って決して解消されることは無い状態に移行してしまう。この条件においては $\xi$ の臨界値は96と言える。 $\lambda$ が小さくなれば $\xi$ の臨界値も小さくなり、また $\tau$ が大きくなれば $\xi$ の臨界値も大きくなる。

上記結果は明確であってもその解釈は中々明確なものとはならない。上記を「平均100秒間隔で進入してくる航空機を次のセクタに渡す時の最小間隔が95秒であればホールドイングは発生しないが、96秒であれば発生する。」と解釈すれば、100秒に対する1秒の差異を人間が日常的に認識できる筈も無く、この解釈が正しいのであれば、多くの管制官が「昨日と区別できない程に同じ様な状況であるにも拘らず、昨日はホールドイングが発生しなかったのに、今日は頻繁に発生している。」と言った経験しているであろう。

## 2.2. 単位時間に関して

本研究を開始した当時、単位時間に関する認識が全く不十分であったため、我々は、管制官には制御が不可能なコンフリクトが日常的に発生していると考えていた。

しかしながら現実には航空路やターミナル空域を運航す

る航空機の制御において1秒間の時間が重要な意味を有して良い筈も無く、意識することが求められる単位時間はレーダの走査間隔以上であろうから、短くとも10秒以上と考えることが妥当であろう。とすれば先の例において $\lambda$ を100,  $\xi$ を95とした事は平均1,000秒間隔で進入する航空機に950秒の最小安全間隔を設定させる事であり、現実とは乖離した状況をシミュレーションしていたに過ぎなかったことが理解される。

ポアソン到着を想定した待ち行列のシミュレーションにおいてはパラメータに設定可能な数値は全て整数であるから、処理単位が10~30秒程度である事を想定して、 $\lambda$ を10,  $\tau$ と $\theta$ を2とすれば、「 $\xi$ が9以下では遅延が重なり合ってホールドイングが頻発する様な状況は発生しない。」ことが確認できる。「人間が意識する事が不可能な程に微細な差異に依るコンフリクト等は誰も経験していないだろう。」と考えられる。

航空機の運航において、多くの運航フェーズにおいて1秒の違いは意味を有さないであろうが、1分の違いであれば、意味を有さないフェーズもあれば、結果的に大きな違いを与えるフェーズも存在する。10秒ではどうか？ 各運航フェーズにおける単位時間を推定する事は待ち行列の様な数学的に挙動の明確なモデルを利用したシミュレーションにおいて、その精度を確保する上で極めて重要な事と考えられる。逆に、各運航フェーズにおける単位時間を航空交通流の挙動から推定する事が可能であれば、その結果を利用する事で、簡単な待ち行列シミュレーションからであっても、重要な示唆を与える結果を引き出す事が可能となるかも知れない。

## 3. おわりに

本研究においては、残念ながら実際の航空機の運航データについては十分な解析を行えなかったが、ポアソン到着の性質を利用した待ち行列シミュレーションは幾つものパターンを網羅的に実施した。その結果、上記「運航フェーズと単位時間の関係」以外にも、「特定の経路点近傍を通過する航空機の航跡群を、ストレンジ・アトラクタを再構成する動作点の軌跡と看做す事で、空域に対してリアプノフ指数を計算する事の可能性」、等々、航空交通の効率化には、その性質のより高度な理解が必要不可欠であって、今後検証すべき課題が幾つも存在することが理解された。

## 掲載文献

(1) 塩見格一, 他 “待ち行列のカオス性から考察する空域容量” 第10回電子航法研究所研究発表会予稿集, 2010.

## 航空用放送型サービスの応用方式に関する研究 【指定研究 B】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○大津山卓哉, 小瀬木滋, 伊藤恵理

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

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

### 2. 研究の概要

本研究は 2 カ年計画であり、初年度の平成 23 年は次のことを行った。

- ① 機上監視応用および放送型サービスの要件調査
- ② 交通情報配信を使用した機上監視応用実験モデルの検討
- ③ 飛行情報配信方式の検討およびシステム構築

### 3. 研究成果

#### 3.1 機上監視応用および放送型サービスの要件調査

RTCA/EUROCAE 合同で行っている ASA MOPS(機上監視応用システムの技術性能要件)を改定するための会議等に参加し、欧米の技術動向を調査すると共に電子研で試作した TIS-B システムの紹介やシステムを使用した飛行実験結果を、性能要件をまとめるための資料として公表を行った。平成 23 年度中に性能要件の改定が行われ、さらに高度な機上監視応用方式の技術性能要件を取りまとめる会議が開始された。引き続き動向調査を行っていく。

#### 3.2 機上監視応用実験モデルの検討

平成 23 年 3 月に発生した大震災による津波によって実験用航空機が被災したため、研究計画の変更を行った。当初の計画では、23 年度は EVAcq/AIRB(飛行中の周辺状況把握)に関する機上監視応用方式の飛行実験、24 年度は SURF(空港面の状況把握)および VSA(着陸時の目視による間隔維持)に関する飛行実験を行う予定であった。どちらの実験も代替航空機による飛行実験も困難であるため、平成 22 年に行った飛行実験によるデータを使用して実施可能な応用方式についての検討を行った。

図 1 に検討結果の一例を示す。図は実験機が成田空港付近を通過した時の周辺機の状況である。上が進行方向であり、実験機の位置を常に中心とした場合の成田空港を離陸する航空機位置を連続的にプロットしたものである。

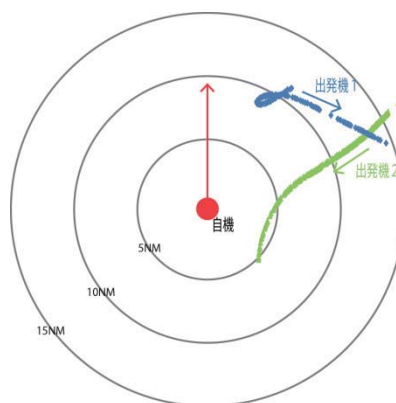


図 1: 実験機上から見た成田空港出発機の様子

#### 3.3 飛行情報配信方式の検討

拡張スキッタによる FIS-B を実現するために、拡張スキッタ生成装置の構成を変更して、自由なフォーマットのメッセージを送れるよう改良を行った。これまでのシステムではモード S アドレスを持つ航空機の位置情報しか送れなかったが、この改良によって位置情報だけでなく、速度や便名など機上監視に必要な様々なメッセージを送れるようになった。それとともに、未使用のダウンリンクフォーマットを使用した FIS-B メッセージの送信が可能となった。これを使用して図 2 のような気象レーダのエコーを送信する方法について検討を行った。レーダエコーから送信データの作成は可能であるが、送信間隔やグリッド幅など多くの検討すべき点が残っている。

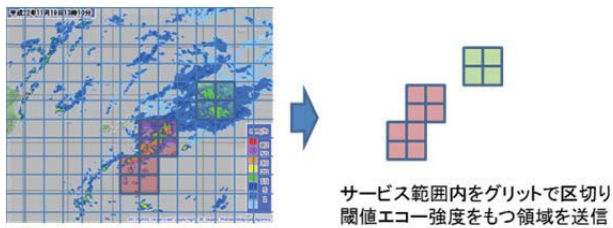


図2: レーダエコーを拡張スキッタで送信するための検討例

#### 4. まとめ

機上監視応用方式は新たな方式の技術性能要件策定が開始されるなど、現在状況が大きく変化し始めているところである。将来、機上監視応用方式を含めた運航が開始される時に円滑なシステム導入と運用に資する成果活用をめざし、状況の変化に対応しつつ研究を進めたい。

#### 5. 所外発表

- (1) T. Otsuyama: Feasibility flight test of ENRI TIS-B system, RTCA SC-186 WG4, Apr. 2011
- (2) M. Iwamoto, Y. Hobara, K. Ohta, M. Hayakawa, T. Otsuyama: Ionospheric disturbances associated with TLEs: Modeling and observations, JPGU 2011, May 2011
- (3) 大津山, 小瀬木, 塩地, 三垣: 拡張スキッタによる交通情報配信の開発と評価, 電子研発表会,
- (4) T. Otsuyama: Visualization of ENRI TIS-B data, RTCA SC-186 WG4, June 2011
- (5) 岩本, 芳原, 早川, 太田, 大津山: 3次元空間における中間圏発光現象に伴う電離層擾乱についての数値解析, 大気電気学会第85回研究発表会, 2011年7月
- (6) 大津山, 小瀬木: 交通情報配信による機上監視の初期評価, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011年9月
- (7) 大津山: 機上監視応用の標準化動向と実用化試験の例, 出前講座, 2011年9月
- (8) T. Otsuyama, M. Shioji, S. Ozeki: Development and feasibility flight test of TIS-B system for situational awareness enhancement, IEICE Trans. on Comm. Vol. E94-B, No. 11, Nov 2011

## トラジェクトリ管理が可能な実験用 UAV に関する基礎研究【基盤研究】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○河村暁子, 米本成人, ニッ森俊一

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

パイロットが搭乗していない航空機を、一般の有人航空機と区別し UAV(Unmanned Aerial Vehicle: 無人機)と呼ぶ。近年、農薬散布、災害監視など多岐にわたる用途で、UAV の民生利用が拡大している。将来、有人機と無人機が飛行空域を共有する時代が訪れる可能性は十分に考えられる。

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

本テーマでは具体的検討課題として、ATM 領域にて研究が進められている航空機の 4 次元トラジェクトリ管理を扱い、指定した 4 次元位置 (緯度・経度・高度・時刻) を自律的に管理し通過できる UAV を制作し、UAV の実験用ツールとしての有用性を評価することをゴールとする。初年度は機体と制御装置の構築から 3 次元指定位置を通る自律飛行まで行った。2 年目である本年度は研究主担当が在外派遣研究中のため、UAV に係る情報収集及び CNS 領域との連携を行った。

### 2. 研究の概要

本年度は、前年度から継続した研究は休止し、代わりにとして欧州における UAV の情報収集と UAV を CNS の実験用ツールとして用いる試みについて検討した。

### 3. 研究成果

平成 23 年度は、

- ・国際会議 UAS(Unmanned Aerial Systems)2012 への参加
- ・ENAC (仏 民間航空学校) へ共同研究を見据えた議論のための訪問
- ・CSN 領域 指定研究 B 「航空用 WiMAX の国際標準化に関する研究」との連携を実施した。

情報収集の一環として参加した国際会議 UAS2012 では ICAO や EUROCAE に関する行政・軍関係者および、無人機メーカー関係者などとのチャンネルを得た。UAV と有人機が同じ空域で混在飛行した実験例なども紹介され、海外に

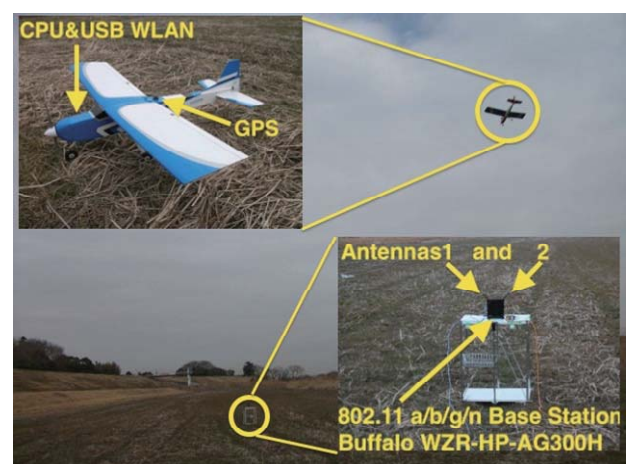
おける UAV の展開が想像以上に早くひろがっており、日本においても飛行に係る法整備を急ぐ必要を認識した。

また、CNS 領域指定研究 B 「航空用 WiMAX の国際標準化に関する研究」との提携では、実航空機の代わりに UAV を用いて 5 GHz 帯無線通信の地対空通信を模擬し、航空機の移動速度や位置と通信品質 (通信速度) との関係を見明らかにした。この結果、UAV を用いることによって実機試験の前段階の通信の影響評価を安価かつ簡易に行えた。

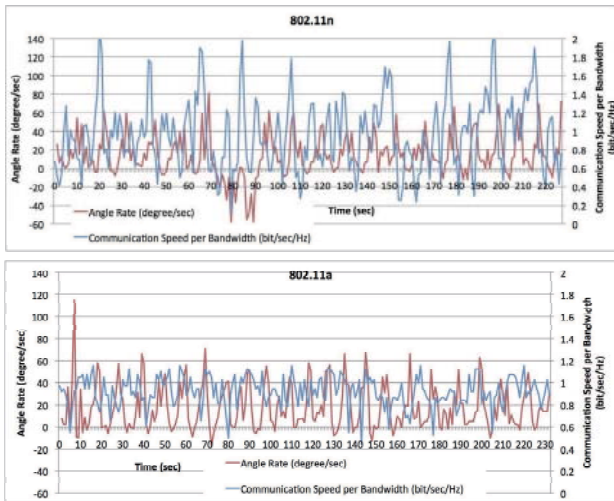
### 4. まとめ

本研究は UAV の ATM・CNS 実験ツールとしての有用性を明らかにするため、4 次元トラジェクトリを自律管理できる機体の検討を行う。初年度は機体と制御装置の構築から 3 次元指定位置を通る自律飛行まで行った。2 年目である本年度は研究主担当が在外派遣研究中のため、UAV に係る情報収集及び CNS 領域との連携を行った。この結果、UAV が 4 次元位置管理だけでなく、様々な航空に関する研究の実験用ツールとして有用であることが確認できた。

今後は誤差評価を行ったうえで 4 次元目の変数である“時刻”を達成するための飛行速度制御機能を加え実験を行う。さらに、国内外の UAV に関連する情報収集を引き続き行い、特に国内産業界、国外の法整備を担当する行政機関との情報交換に努める。



CNS 領域との連携による地対空通信実験



機種角速度と無線 LAN 通信速度の関係

掲載文献

- (1) 河村暁子, ニッ森俊一, 米本成人, 山康博, 磯崎栄寿,  
「航空交通管理評価用 UAV -飛行特性評価試験-」, 第  
49 回飛行機シンポジウム 講演論文集, 2011



## ミリ波等を用いたヘリコプタ等の着陸支援装置に関する基礎研究【基礎研究】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

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

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

### 2. 研究の概要

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

平成 22 年度 レーダとレーダ反射器を用いた着陸支援方式の検討

平成 23 年度 ヘリコプタを用いた送電線検出飛行試験

平成 24 年度 誘導アルゴリズムの検討, 実証試験

### 3. 研究成果

平成 23 年度は昨年度まで実施した計測用ヘリコプタを用いた飛行試験を弊所敷地内で繰り返し実施して、送電線監視システムの処理速度向上改修を行った。加えて、宇宙航空研究開発機構のMH2000式ヘリコプタの前面にミリ波レーダ、カラーカメラ、赤外線カメラを搭載し、前方の状況を取得できるシステムを構築した。上期より強度試験等を実施し、9月下旬に電磁干渉試験を行い問題がないことを確認し、上空機能試験を実施した。飛行パターンの再検

討が必要となり、平成 24 年 2 月に再飛行試験の準備を行っていたが、諸般の事情により、平成 24 年 4 月に延期されることとなった。



地上電磁干渉 (EMI) 試験の風景



センサー部取り付け状況

### 掲載文献

- (1) Claire Migliaccio, K. Mazouni, A. Breard, A. Zitler, J. Lanteri, J-Y. Dauvignac, Ch. Pichot, N. Yonemoto, A. Kohmura, S. Futatsumori, "Reflectarrays for mm-Wave radar Applications", APSURSI2011, pp. 105-108, Spokane, Washington, USA, July3-8, 2011
- (2) ニッ森俊一, 河村暁子, 米本成人, 「自律飛行ヘリコプタ搭載用 76GHz 帯ミリ波レーダシステムの探知性能評価実験」, 信学技報, SANE2011-53, pp.49-54, 2011
- (3) Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, and Shunichi

Futatsumori, “76 GHz Millimeter-Wave Radar System for Helicopter Obstacle Detection”, Proceedings of IRS2011, pp.161-166, Leipzig, Germany, Sep. 7-9, 2011

- (4) Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, “Compact and High-Performance 76 GHz Millimeter-Wave Radar Front-End Module for Autonomous Unmanned Helicopters”, Proceedings of the 8th European Radar Conference EuRAD2011, pp.21-24, Manchester, UK, Oct. 12-14, 2011

## 航空情報ネットワークに関する調査【調査】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○金田直樹, 塩見格一

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

### 1. はじめに

将来の航空交通管理において、空域容量の増大や予測性向上のため、トラジェクトリ管理が世界的に必要とされている。トラジェクトリ管理を行うためには利害関係者間の調整が必要であり、そのためにはシステム間の連携が不可欠と考える。システム間の連携を強化するためには航空情報ネットワークの改善が必要と考えられる。航空情報ネットワークは、ネットワークの改善だけではなく、欧米や ICAO では System Wide Information Management (SWIM) が必要と考えられている。本調査ではネットワークや SWIM に関する調査等を実施した。



図 1: ICAO 本部での ACP WG-I 会議

### 2. 概要

1. インターネットプロトコル網を航空通信に利用するための国際規格策定として、ICAO Aeronautical Communications Panel Working Group I (ACP WG-I) にてインターネットプロトコル上に構築される Aeronautical Telecommunication Network (ATN) である ATN/Internet Protocol Suite (ATN/IPS) にて ATN/IPS Document 9896 “ATN using IPS Standards and Protocols” (ICAO Doc9896) の改訂に対して貢献した。
2. SWIM に関する国際動向調査として、ICAO SWIM Concept, 米国 NextGen SWIM Program, 欧州 SESAR SWIM-SUIT について調査した。
3. 調査結果の CARATS への反映として、調査結果を CARATS 情報管理 WG へ報告し、我が国における方針の策定に貢献した。

### 3. 成果

インターネットプロトコル網を航空通信に利用するための国際規格策定として ATN/IPS における Domain Name System (DNS) の利用および実装手法を ICAO ACP WG-I にて提案した。DNS は、www.enri.go.jp のような形式で記述されるホスト名から 202.241.15.18 や 2001:2f8:27::14 のような IP アドレスへの変換、またはその逆を行う世界的なシステムである。DNS は

IP アドレスを記憶しない我々人間にとっては日常的に必要であり、かつインターネットプロトコル網におけるサービスの基盤となる重要なシステムである。これまでは、DNS は DNS ルートサーバの運用を行う組織がなかったため、ATN/IPS に含まれていなかった。この問題に対する代替案として、DNS ルートサーバを必要としない DNS の管理手法を提案した。具体的には各国の ANSP における権威サーバのリストを ICAO が文書として出版し、定期的に更新を実施することを提案した。本提案を議論した結果、ATN/IPS において DNS の実装は可能であると判断され、ICAO Doc9896 に盛り込まれた。これにより DNS に依存するサービス、例えば、Voice over IP (VoIP) において呼制御のため一般的に利用される Session Initiation Protocol (SIP) が利用可能となった。

SWIM に関する国際動向調査として、ICAO SWIM Concept, NextGen SWIM Program, SESAR SWIM-SUIT について調査した。調査した結果、ICAO SWIM Concept を一言で表せば世界的な航空交通管制システムの調和であると考えられる。すなわち、航空交通管制 (ATM) に関する情報を統合し、かつこれまでの 1 対 1 の情報交換から多対多の情報共有に変わっていく必要があると考えられている。そのために必要と考えられる情報システムを SWIM と呼び、ICAO は全世界における異なるシステム間の調和を図ることにより世界的に調和した ATM システムを実現することが ICAO における SWIM Concept の目的であると考えられる。技術的には、

Aeronautical Telecommunication Network (ATN) の後継と言える。米国の NextGen SWIM Program を一言で表せば航空交通業務の IT 化である。すなわち、(1) 現在では多くのシステムに分散された情報を共有し、活用を容易にすることにより National Airspace System の改善に資すること、(2) Commercial-Off-The-Shelf (COTS): 民生品の活用によるコスト削減を狙っている。図2に、FAA Air Traffic Control System Command Center (ATCSCC) の様子を示す。空港 (JFK) の情報、全米における気象レーダの画像等が大画面で表示されている。このような情報を ATCSCC だけで活用するのではなく、関係者全員で共有することにより航空交通業務の改善を図ることが SWIM Program の目的の一つである。欧州の SESAR における SWIM を一言で表せば空の欧州統合を実現するために必要な、航空交通業務のためのシステムの欧州統合である。これにより SESAR の目標である Single European Sky を実現するための単一の航空交通業務のためのイントラネットを提供することができる。欧州における SWIM は相互接続性の確保が重要と考えられており、これを実現するため、機器メーカー、航空会社、空港管理会社、Air Navigation Service Providers 等の主な利害関係者がコンソーシアムを結成しており、SWIM-SUIT と名付けられている。

調査結果の航空行政への反映として、CARATS 情報管理 WG に出席し、報告を行った。上記の調査結果報告とともに、SWIM にとっての技術的な基礎である、Service Oriented Architecture (SOA) の考え方について説明し、システムの外部仕様の標準化が必要であること等について説明した。

#### 4. おわりに

航空通信におけるインターネットプロトコル網の利用について DNS の利用とそのための実装手法を提案し ICAO Doc9896 の改訂版に含められることとなった。この成果は VoIP として欧州の一部で既に整備が開始され、我が国でも VoIP の利用については検討が進められている。SWIM に関する国際動向調査として ICAO, 米 NextGen, 欧 SESAR の動向について調査を行った。

また調査結果の航空行政への反映として CARATS 情報管理 WG に出席し、発表を行った。ここまでの検討は主に地対地間通信の検討であったが、今後は空地間での情報共有のボトルネックとなっている航空機と地上 (管制機関等) 間の情報共有のための Aircraft



図 2: FAA ATCSCC (移転前) の様子

Access to SWIM (AAtS) が必要と考えられる。

#### 掲載文献

1. Naoki Kanada: “Fully Qualified Domain Name in Aeronautical IP Network” ICAO ACP WG-I 第 10 回会合, 平成 21 年 4 月
2. 金田, 塩見, 板野: “地対地通信と情報共有手法の実装に関する考察”, 平成 21 年度 (第 6 回) 電子航法研究所研究発表会
3. Naoki Kanada: “Name Resolution without Root Servers” ICAO ACP WG-I 第 11 回会合, 平成 21 年 11 月
4. 金田, 塩見, 板野: “情報システムの冗長性に関する一考察”, 第 47 回飛行機シンポジウム, 平成 21 年 11 月
5. 金田「最近の航空通信システムの国際標準化動向」, 日本航海学会航空宇宙研究会, 平成 22 年 5 月
6. 金田「ICAO ACP WG-W 第 3 回会議報告」, 航空無線第 64 号, 平成 22 年 6 月
7. 金田「インターネット技術の航空通信への適用について」, 航空無線第 65 号, 平成 22 年 9 月
8. 金田「SWIM の現在と未来に関する一考察」, 平成 23 年度 CARATS 情報管理 WG 第 3 回会議, 平成 23 年 11 月

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

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○ニッ森俊一

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

### 1. はじめに

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

### 2. 研究の概要

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

### 3. 研究成果

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

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

### 4. まとめ

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

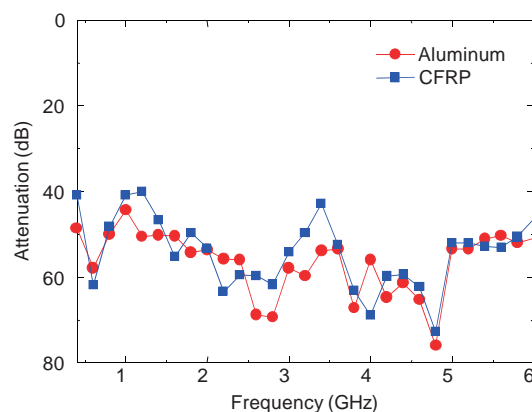


図 1. CFRP 積層板の遮蔽量測定結果例

### 掲載文献

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

## 滑走路上落下物検知用ミリ波レーダに関する研究【在外派遣研究】

担当領域 機上等技術領域

担当者 ○河村暁子

研究期間 平成 23 年度

派遣先 フランス ニースソフィアアンティポリス大学 電子アンテナ通信研究所

### 1. はじめに

2000年にパリ・シャルルドゴール空港でコンコルド機が墜落した事故は、滑走路上に残された航空機の破片がきっかけとなって起きた。日本では空港滑走路上の障害物検知は空港職員の目視に依存しているのが現状で、とくに混雑空港では24時間自動的に監視・検知を行えるシステムが必要とされている。英国、米国、シンガポールなどの諸外国でも、滑走路上障害物検知システムの開発がおこなわれているが、設置条件や電波法への準拠、メンテナンス等の問題があり本邦でそのまま利用することは難しい。よって、国産の検知装置が求められており、我々は5年前より将来的に周波数利用が認められる見通しの76~81GHz帯を用いたミリ波レーダの開発を進めている。

### 2. 研究の概要

担当研究員は、ミリ波レーダを用いた滑走路上の障害物検知システムに関する研究を数年前よりフランス Université Nice Sophia Antipolis, Laboratoire d'Electronique, Antenne et Télécommunications (ニースソフィアアンティポリス大学 電子アンテナ通信研究所, LEAT)と共同で実施している。この枠組みの中で、

- ・電子航法研究所で開発したミリ波レーダの広帯域FM-CW(Frequency Modulated-Continuous Wave)による実験
  - ・本システムに用いる電子的にビーム走査を行えるリフレクトアレイアンテナに関する研究
- を実施する。

### 3. 研究成果

電子航法研究所で開発したミリ波レーダモジュールは、将来的に日本で利用が認められる見通しである76-81GHzのFM-CW波を出力する能力がある。しかし、現在は国内電波法の制限によって屋外での実験を行うことができない。この実験をフランスで行い、広帯域波の特徴を活かし高い分解能で障害物を検知できることを確認した。

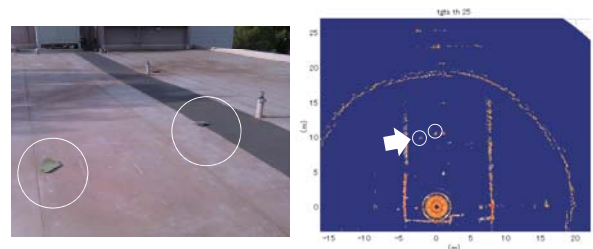
さらに、これまで機械的に回転させていたレーダ用アンテナを、電子的にビーム走査できるようにするための検討を行った。このアンテナは、従来からLEATが得意として

いるリフレクトアレイアンテナのアレイパッチにダイオードを導入することで実現した。

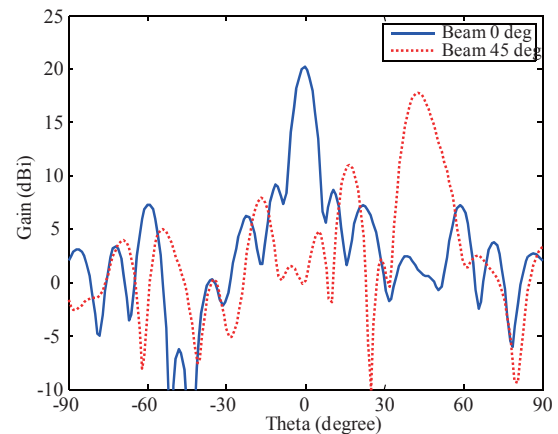
### 4. まとめ

LEATにて空港滑走路上障害物を検知するためのミリ波レーダの研究を、レーダモジュールとアンテナの2つの要素に分けて行った。レーダ測定では、電子航法研究所で開発したレーダが、広帯域FM-CWレーダとして十分な分解能を持つことを確認した。また、ダイオードに与えるバイアス電圧を制御することによって、ビーム方向を変えられるアンテナを設計した。

今後もLEATとの共同研究を続け、設計したアンテナの改良を共同で継続する。



レーダで航空機部品を検知した例



ダイオードの切替によってビーム方向を変えた結果

## 4 研究所報告

当研究所の平成23年度における研究所報告は、下記のとおりである。

No	発行年月	論 文 名	領 域 名	著 者
127	平成23年10月	マルチラレーション監視データを用いた航空機地上運航時間の分析 —大規模空港における滞留時間の特徴に関する一考察—	航空交通管理領域	山田 泉
			航空交通管理領域	青山 久枝
			航空交通管理領域	福田 豊
			航空交通管理領域	森 亮太

## 5 受託研究

当研究所の平成23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
準天頂衛星による高精度測位補正に関する技術開発 ※1	国土交通省総合政策局技術安全課	伊藤 憲
航跡データ変換作業(H23)	成田空港株式会社	福田 豊
洋上縦(時間)間隔衝突危険度推定手順策定に係る支援作業	財団法人航空交通管制協会	藤田 雅人
広島空港電波高度計乱反射対策仮設実験の技術支援	株式会社日本空港コンサルタンツ	米本 成人
衝突危険度モデルに関する研修	The Korea Transport Institute	藤田 雅人
次世代監視システムの技術要件等に関する調査に係る技術支援	財団法人航空保安無線システム協会	宮崎 裕己
空地ネットワーク技術に関する国際動向調査支援	財団法人航空保安無線システム協	住谷 泰人
洋上距離縦間隔衝突危険度推定のためのADS予測誤差分布推定手順策定に係る支援作業	財団法人航空交通管制協会	藤田 雅人
「準天頂衛星を利用した高精度位置実用化システム」に係る広域補強情報生成プログラムにおける高精度化の説明	財団法人衛星測位利用推進センター	坂井 丈泰
成田国際空港広域マルチラレーション整備基本設計に係わる調査支援	株式会社三菱総合研究所	宮崎 裕己
航空機搭載レーダー用空中線測定支援業務	アルウェットテクノロジー株式会社	米本 成人
船舶用レーダー空中線測定支援業務	日本無線株式会社	米本 成人
航跡解析支援作業	財団法人航空保安研究センター	福田 豊
マイクロ波センサーに関する技術支援	株式会社パル技研	米本 成人
AS350B搭載機器の経路損失試験 ※2	株式会社ウェザーニューズ	米本 成人
羽田空港新進入方式に関するT-CAS_RA分析調査支援	財団法人航空保安研究センター	福田 豊
(委託元からの指示により非公開)	全日本空輸株式会社	米本 成人

※1は前年度からの継続。※2は次年度までの案件



## 6 共同研究

当研究所の平成23年度における共同研究は下記のとおりである。

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
航空交通管理領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	後方乱気流の航空機におよぼす影響の研究	H18. 08. 04 ~ H25. 03. 31
	東北大学		
通信・航法・監視領域	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構	極域におけるGNSS連続観測	H18. 10. 06 ~ H24. 03. 31
航空交通管理領域	東京大学	飛行経路最適化に関する研究	H20. 02. 01 ~ H25. 03. 30
通信・航法・監視領域	富山商船高等専門学校	衛星航法システムにおけるディファレンシャル補正情報の生成および伝送に関する共同研究	H20. 04. 01 ~ H24. 03. 31
通信・航法・監視領域	(独) 情報通信研究機構	衛星航法に係わる電離圏の影響に関する共同研究	H20. 07. 01 ~ H23. 03. 31
	京都大学大学院理学研究科		
	名古屋大学太陽地球環境研究所		
機上等技術領域	九州大学	自律飛行ヘリコプタの衝突防止システムに関する研究	H20. 07. 16 ~ H24. 03. 31
通信・航法・監視領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	GBASの利用性向上に係わる研究開発	H21. 03. 02 ~ H25. 03. 31
通信・航法・監視領域	電気通信大学	スボラディックE層のGNSSへの影響評価に関する研究	H21. 03. 10 ~ H24. 03. 31
機上等技術領域	フランス国立科学研究センター	Etudes de radars en bande W (W帯レーダに関する研究)	H21. 03. 30 ~ H27. 03. 31
	ニース・ソフィアアンティポリス大学		
航空交通管理領域	レディング大学	Distributed Cognition Analysis of ATC Tasks for Expertise and Skills Transfer - 「分散認知による管制業務の技術伝承に関する研究」	H21. 04. 08 ~ H25. 03. 31
機上等技術領域	(株) レンスター	誘電体材料を活用したミリ波機器に関する研究	H21. 05. 14 ~ H24. 03. 31
機上等技術領域	(独) 宇宙航空研究開発機構	ミリ波・赤外線を用いたヘリコプタの障害物検知システムに関する研究	H21. 10. 01 ~ H24. 03. 31
航空交通管理領域	東京大学	航空管制業務のモデル化	H23. 04. 01 ~ H24. 03. 31
機上等技術領域	(独) 情報通信研究機構	ミリ波レーダ用デバイスに関する研究	H22. 07. 22 ~ H24. 03. 31
機上等技術領域	北海道大学	携帯電子機器の航法機器への影響に関する研究	H22. 07. 15 ~ H24. 03. 31
機上等技術領域	武蔵野大学	発話音声分析装置の機能検証のための実験的研究	H22. 09. 10 ~ H24. 03. 31
航空交通管理領域	オランダ航空宇宙研究所	Research on the modelling and Monte Carlo simulation of an advanced ASAS Interval Management Concept of Operation in an extended TMA	H22. 10. 29 ~ H25. 03. 31
機上等技術領域	電気通信大学	雷放電の発生メカニズムに関する研究	H22. 11. 17 ~ H24. 03. 31
通信・航法・監視領域	モンクト王工科大学ラカバン	電離圏全電子数の振舞いの特徴付けに関する研究 (Ionospheric TEC Characterization Program)	H23. 04. 01 ~ H27. 03. 31
通信・航法・監視領域	財団法人衛星測位利用推進センター	準天頂衛星を用いた高精度測位補正技術	H23. 4. 1 ~ H24. 3. 31
機上等技術領域	学校法人新田塚学園福井医療短期大学	発話音声の指数値の変動原因解明のための実験的研究	H23. 6. 15 ~ H25. 3. 31
機上等技術領域	B E A (Bureau d'Enquete et d'Analyses pour la securite de l'aviation civile)	発話音声分析ソフトウェアの機能検証に係る研究	H23. 6. 16 ~ H26. 3. 31
航空交通管理領域	国立大学法人東京大学	次世代航空管制システムにおけるストリングスタビリティの評価	H23. 10. 1 ~ H24. 9. 30
通信・航法・監視領域	三菱電機株式会社	後方乱気流検出装置による観測データ収集に関する研究	H23. 9. 27 ~ H25. 3. 31
通信・航法・監視領域	独立行政法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター	GNSS 信号に対する積雪、着雪の影響評価及びモデル化に関する研究	H23. 11. 8 ~ H25. 3. 31
機上等技術領域	埼玉県リハビリテーションセンター	音声の指数値による単調状態評価可能性検討のための実験的研究	H23. 12. 1 ~ H25. 3. 31
通信・航法・監視領域	日本無線株式会社	航空機用次世代デジタル無線システムの基盤技術に関する共同研究	H23. 10. 6 ~ H24. 3. 31
通信・航法・監視領域	日本電気株式会社	WAMにおけるモードA/C機測位に関する共同研究	H24. 2. 24 ~ H25. 3. 31
航空交通管理領域	千葉工業大学	航空管制システムのインタフェースデザインに関する検討	H24. 3. 13 ~ H26. 3. 31
通信・航法・監視領域	日本無線株式会社	光ファイバー接続型受動監視システム (OCTPASS) 用空中線の開発に関する共同研究	H24. 3. 5 ~ H25. 3. 31

# 7 研究発表

(1) 第11回研究発表会（平成23年6月16日, 17日）

ー 電子航法研究所 長期ビジョン見直しについて

- |                                        |        |                              |            |        |
|----------------------------------------|--------|------------------------------|------------|--------|
|                                        | 山本 憲夫  | 8. 広域マルチラテレーションの評価試験         | 通信・航法・監視領域 | 宮崎 裕己  |
| 1. GBASの大規模空港への設置に関する一検討               | 福島 荘之介 |                              |            | 上田 栄輔  |
| 通信・航法・監視領域                             | 齊藤 真二  |                              |            | 角張 泰之  |
|                                        | 吉原 貴之  |                              |            | 二瓶 子朗  |
|                                        | 齋藤 享   | 機上等技術領域                      |            | 島田 浩樹  |
|                                        | 藤田 征吾  |                              |            | 古賀 禎   |
|                                        | 工藤 正博  | 9. 運航実績データによる飛行距離の予測性の検討     | 航空交通管理領域   | 蔭山 康太  |
| 2. 実験用GBAS機上装置によるVDB受信試験               | 齊藤 真二  |                              |            | 秋永 和夫  |
| 通信・航法・監視領域                             | 福島 荘之介 |                              |            | 福田 豊   |
|                                        | 藤田 征吾  |                              |            | 宮津 義廣  |
|                                        | 齋藤 享   | 10. 北太平洋の経路システムに関する検討        | 航空交通管理領域   | 福島 幸子  |
|                                        | 吉原 貴之  |                              |            | 住谷 美登里 |
|                                        | 工藤 正博  |                              |            | 福田 豊   |
| 3. 準天頂衛星L1ーSAIF補強信号の技術実証実験             | 坂井 丈泰  | 11. 航空気象情報可視化ツールの開発          | 航空交通管理領域   | 新井 直樹  |
| 通信・航法・監視領域                             | 福島 荘之介 |                              |            | 福田 豊   |
|                                        | 伊藤 憲   |                              |            | 白川 昌之  |
| 4. COCRとATN空/地アプリケーションについての検討          | 板野 賢   |                              |            | 瀬之口 敦  |
| 通信・航法・監視領域                             |        | 12. 飛行速度調整による時間管理の検討         | 航空交通管理領域   | 福田 豊   |
| 5. 対空データリンクL-DACS物理層の実装                | 北折 潤   |                              |            | 白川 昌之  |
| 通信・航法・監視領域                             | 住谷 泰人  |                              |            | 瀬之口 敦  |
|                                        | 石出 明   | 13. 羽田空港における航空機地上運航の対流に関する分析 | 航空交通管理領域   | 山田 泉   |
| 6. 空港面監視用マルチラテレーションシステムについて            | 上田 栄輔  |                              |            | 青山 久枝  |
| 通信・航法・監視領域                             | 宮崎 裕己  |                              |            | 福田 豊   |
|                                        | 角張 泰之  |                              |            | 森 亮太   |
|                                        | 二瓶 子朗  | 14. 羽田空港における地上走行のシミュレーション評価  | 航空交通管理領域   | 森 亮太   |
| 機上等技術領域                                | 古賀 禎   |                              |            | 青山 久枝  |
| 7. 光ファイバ接続型受動監視システム（OCTPASS）の試作と動作検証試験 | 角張 泰之  |                              |            | 山田 泉   |
| 通信・航法・監視領域                             | 二瓶 子朗  |                              |            |        |
|                                        | 上田 栄輔  |                              |            |        |
|                                        | 宮崎 裕己  |                              |            |        |
|                                        | 島田 浩樹  |                              |            |        |
| 機上等技術領域                                | 古賀 禎   |                              |            |        |

15. 代表的な航空機を用いた携帯電話電波の影響評価

機上等技術領域 米本 成人  
河村 暁子  
二ツ森 俊一  
磯崎 栄寿  
山田 公男  
朝倉 道弘

16. 監視システムの性能要件に関する一考察

機上等技術領域 小瀬木 滋  
大津山 卓哉  
古賀 禎  
通信・航法・監視領域 住谷 泰人  
航空交通管理領域 伊藤 恵理

17. 拡張スキッタによる交通情報配信の開発と評価

機上等技術領域 大津山 卓哉  
小瀬木 滋  
塩地 誠  
三垣 充彦

18. SSRモードSのネットワークの開発

機上等技術領域 古賀 禎  
上島 一彦  
通信・航法・監視領域 宮崎 裕己

19. 受動型SSR試作開発の成果と今後の課題

機上等技術領域 塩見 格一  
航空交通管理領域 瀬之口 敦

20. 発話音声による心身状態評価技術の現状と展望

機上等技術領域 塩見 格一

21. 発話音声を用いた人間の特性評価の可能性

機上等技術領域 佐藤 清  
塩見 格一  
及川 太

## (2) 所外発表

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Investigation of the Irregular Transponder Operation Problem (正常でないトランスポンダ運用問題の調査)	宮崎裕己 白井範和 (国土交通省航空局)	平成23年4月	ICAO ASP/WG 第10回会議
Test Result of Passive Acquisition Technique to Eliminate Excessive All-Call Replies (過剰な一括質問応答を除去するための受動補足技術の試験結果)	宮崎裕己 古賀禎 白井範和 (国土交通省航空局)	平成23年4月	ICAO ASP/WG 第10回会議
Feasibility flight test of ENRI TIS-B system (ENRI TIS-B システムの飛行実験による評価)	大津山卓哉	平成23年4月	RTCA SC-186 WG4
Effect of power deviation on link reliability of TCAS surveillance (TCAS監視のリンク信頼性に与える電子分散の影響)	小瀬木滋	平成23年4月	RTCA SC-186 WG4
実験用GBAS機上装置の開発	齊藤真二	平成23年4月	日本航空宇宙学会 第42期年会講演会
アジア太平洋環境プログラム(ASPIRE)の概要	福島幸子 福田豊 住谷美登里	平成23年4月	日本航空宇宙学会 第42期年会講演会
飛行距離別にみた航空機の軌道予測誤差の要因分析	瀬之口敦 福田豊 白川昌之	平成23年4月	日本航空宇宙学会 第42期年会講演会
継続下降運用(CD0)について	福田豊 白川昌之 瀬之口敦	平成23年4月	日本航空宇宙学会 第42期年会講演会
航空ビジョン実現への課題と新たな提言 (パネルディスカッション)	福田豊	平成23年4月	日本航空宇宙学会 第42期年会講演会
2008/6/9の強いEsの構造と測位誤差との関係	富沢一郎 (電気通信大学) 今井慧 (電気通信大学) 後藤史織 (電気通信大学) 齊藤真二	平成23年4月	測位航法学会 平成23年度全国大会
R&D Activities of ENRI and Situation of Sendai Airport (電子航法研究所の研究活動と仙台空港の状況)	坂井丈泰	平成23年4月	スタンフォード大学 GPSグループミーティング
準天頂衛星“みちびき”を利用した衛星測位の最新動向	福島荘之介	平成23年4月	自動車技術会 2011年度企画委員会合同会議
Japanese Research and Development Status Concerning GBAS (日本におけるGBAS研究開発のステータス)	吉原貴之 齋藤亨	平成23年5月	ICAO NSP/CSG
Report on Workshop on Ionospheric data collection, analysis, and sharing to support GNSS Implementation (衛星航法利用実施のための電離圏データ収集・解析・共有に関するワークショップ会議報告)	齋藤亨	平成23年5月	ICAO NSP/CSG
Ionospheric Anomaly Data Harmonization (GBASに対する電離圏の影響とその回避方法)	J. Burns (米国FAA) 齋藤亨 吉原貴之	平成23年5月	ICAO NSP/CSG
Runway Safety in Japan (日本の滑走路安全)	中坪克行	平成23年5月	ICAO滑走路安全国際シンポジウム
極端気象のメカニズム解明を目的とした気密観測実験における実験用航空機を用いた大気環境上の観測計画	吉原貴之 坂井丈泰 松永圭左 齋藤真二 齋藤亨 新井直樹	平成23年5月	日本地球惑星科学連合 2011年大会
2008/6/9の強いEsの構造	富沢一郎 (電気通信大学) 今井慧 (電気通信大学) 齊藤真二	平成23年5月	日本地球惑星科学連合 2011年大会
Ionospheric disturbances associated with TLEs: Modeling and observations (中間圏発光現象に伴う電離層擾乱: 実測値との比較)	岩本真彦 (電気通信大学) 芳原容英 (電気通信大学) 太田健次 (中部大学) 早川正士 (電気通信大学) 大津山卓哉	平成23年5月	日本地球惑星科学連合 2011年大会
日食に伴うQPエコーのイメージング観測による日中Es層の空間構造の研究	齋藤亨	平成23年5月	日本地球惑星科学連合 2011年大会
プラズマバブルに伴う電離圏不規則構造の衛星航法に対する影響とその発生の日々変動に関する研究	齋藤亨 松永圭左 吉原貴之 星野尾一明 坂井丈泰 大塚雄一 (名古屋大学)	平成23年5月	日本地球惑星科学連合 2011年大会
Future research and development plan in Japan for harmonized airspace operation (調和のとれた空域での運航の為の日本の将来研究開発計画)	山本憲夫	平成23年5月	EUROCAE 国際シンポジウム

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Status of AeroMACS Development Study in ENRI/Japan (電子航法研におけるAeroMACSの研究計画について)	住谷泰人 金田直樹 米本成人 二ツ森俊一	平成23年5月	RTCA SC223/ EUROCAE WG82
Analysis of Radio Propagation using an Aircraft Model for MIMO Antennas System in Radio Anechoic Chamber (電波無響室における航空機模型を用いたMIMOアンテナシステムの電波伝搬解析)	住谷泰人 小川恭孝 (北海道大学)	平成23年5月	RTCA SC223/ EUROCAE WG82
Updates of ATM Performance Analyses at ENRI (ENRIのATMパフォーマンス分析の現状)	蔭山康太	平成23年5月	FATS WG/10
Simulation Result of UPR for NOPAC Route (NOPAC経路におけるUPRのシミュレーション)	福島幸子 住谷美登里 福田豊	平成23年5月	IPAGG/34
Offset reflectarray pour la detection de FOD sur pistes d'aéroport (空港滑走路にある異物検出のためのオフセットリフレクトアレイ)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成23年5月	JNM 2011
Safety Assessment for Reduced Time-based Separation Minima on Oceanic Routes (洋上における短縮時間間隔の安全性解析)	森亮太	平成23年5月	Journal of Mechanical Systems for Transportation and Logistics
Excess Pulse Duty Ratio at Close to Airport (空港近傍の過剰なパルスデューティ比)	小瀬木滋 大津山卓哉	平成23年5月	JTIDS/MIDS Multi National Working Group 2011, Spectrum Access Sub-WG
Ionospheric effects on GBAS and mitigation techniques (GBASに対する電離圏の影響とその回避方法)	齋藤享	平成23年5月	衛星航法利用のための電離圏データ収集・解析・共有に関するワークショップ
Discussion-Workshop on Ionospheric data collection, analysis, and sharing to support GNSS Implementation (衛星航法利用実施のための電離圏データ収集・解析・共有に関するワークショップ)	齋藤享	平成23年5月	衛星航法利用のための電離圏データ収集・解析・共有に関するワークショップ
洋上における縦時間間隔に関する安全性解析	森亮太	平成23年5月	電子情報通信学会 安全性研究専門委員会
航空分野におけるブロードバンド接続 (分担執筆：とりまとめ執筆)	米本成人	平成23年5月	極限環境ブロードバンド接続 技術調査委員会
注意力の喪失や過労に起因するミスの発生を防ぐ安全技術の開発について	塩見格一	平成23年5月	日本医学放射線学会 第70回総会
パパは南極へ行った 電子航法研究員の南極越冬486日	新井直樹	平成23年5月	東海大学
Wvisによる気象・大気の立体構造の可視化 気象情報可視化ツールの開発	新井直樹	平成23年5月	航空気象委員会
無線業務に影響を与えないPLCに向けた審議方法の提案	小瀬木滋 大石雅寿	平成23年5月	情報通信審議会情報通信技術 分科会電波利用環境委員会
最近の航空航法と航空交通管理の動向	長岡栄	平成23年5月	日本航海学会 航空宇宙研究会
GBAS(地上型衛星航法補強システム)の概要と開発動向 ～平成22年度 関西ブロック合同管制技術交流会(基調講演)～	福島荘之介	平成23年5月	航空管制 2011年第3号(5月号)
Comments to SARPs revision for limit number of all call interrogations (一括質問数の制限に関する規程改定へのコメント)	宮崎裕己 古賀禎 白井範和(国土交通省航空局)	平成23年6月	ICAO ASP/TSG 第11回会議
Visualization of ENRI TIS-B system data (ENRI TIS-B データの再生)	大津山卓哉	平成23年6月	RTCA SC-186 WG4/EUROCAE WG-51 SG-3
Overview of QZSS and CSK (準天頂衛星システムの概要とCSK変調方式)	坂井丈泰	平成23年6月	SBAS IWG/21
A Simulation-based Analysis of "Resilience" in Enroute Air Traffic Control Tasks	狩川大輔(東北大学) 高橋信(東北大学) 北村正晴(東北大学) 古田一雄(東北大学) 青山久枝	平成23年6月	4th Symposium on Resilience Engineering
Trade-offs and Issues in Traffic Synchronization (航空交通同期化のトレードオフと課題)	Claus Gwagner 藤田雅人 福田豊 長岡栄 Tasos Nikoleris(カリフォルニア大学)	平成23年6月	9th USA/EUROPE ATM Research & Development Seminar
Potential Solutions for de-confliction (干渉予防のための方策案)	小瀬木滋 大津山卓哉	平成23年6月	JTIDS/MIDS 日米TI会議
Current Research and Development in Japan for Green Air Navigation (グリーン航法に向けた日本での現在の研究開発)	山本憲夫	平成23年6月	KOTI 2011年国際フォーラム
発話音声分析による心身状態評価手法	塩見格一	平成23年6月	第65回日本交通医学会総会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
発話音声の指数値を用いた滑舌評価の試み	佐藤清 塩見格一 及川太 原田あすか 阿部仁 (阿部産業) 古川修 (芝浦工業大学) 佐藤健一 (芝浦工業大学) 佐藤祐樹 (芝浦工業大学)	平成23年6月	第65回日本交通医学会総会
発話音声と注意および覚醒水準の関連性に関する検討	立川公子 (武蔵野大学) 脇坂佳子 (武蔵野大学) 中崎恭子 (武蔵野大学) 橋本修左 (武蔵野大学) 塩見格一	平成23年6月	日本生理人類学会 第64回大会
ワーキングメモリが注意に及ぼす影響とその个体差要因	脇坂佳子 (武蔵野大学) 立川公子 (武蔵野大学) 中崎恭子 (武蔵野大学) 橋本修左 (武蔵野大学) 塩見格一	平成23年6月	日本生理人類学会 第64回大会
ENRI's research and development activity for GBAS (電子航法研究所におけるGBASに関する研究開発活動)	伊藤正宏	平成23年6月	第15回APEC GIT会議
レジリエンス工学の視点に立つ予防安全体制の構築に関する研究(4) エンルート航空管制業務における実践知可視化の試み	狩川大輔 (東北大学) 高橋信 (東北大学) 北村正晴 (東北大学) 古田一雄 (東北大学) 青山久枝	平成23年6月	日本人間工学会 第52回大会
航空機運航への時間管理の導入	福田豊	平成23年6月	航空イノベーション研究会
レジリエンス工学の視点に立つ予防安全体制の構築に関する研究(3) 航空管制官チームのインタラクション分析	青山久枝 飯田裕康 (労働科学研究所) 狩川大輔 (東北大学)	平成23年6月	早稲田大学
Wvisによる気象・大気の立体構造の可視化 気象情報可視化ツールの開発	新井直樹	平成23年6月	日本気象予報士会
マルチGNSS時代における準天頂衛星システムの役割	山田英輝	平成23年6月	電子情報通信学会 技術研究報告
客室内で使用される携帯電話と航空機間の電磁干渉可能性の評価	米本成人	平成23年6月	航空無線 2011年夏号
電子航法・ナビゲーションシステム □概要□ (電子情報通信学会「知識ベース」)	長岡栄	平成23年6月	電子情報通信学会 「知識ベース」
Revised Functional Diagram for ASM (機上監視マニュアルのための機能構成説明図改訂版)	小瀬木滋	平成23年7月	ICAO ASTAF第4回会議
空港面受動監視システム(MLAT)の高性能化について -周辺建造物に対するマルチパス干渉対策の検証実験-	角張泰之 古賀禎 宮崎裕己 島田浩樹 二瓶子朗	平成23年7月	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会
SSRモードSのダウンリンク動態情報の品質解析	松永圭左 瀬之口敦 古賀禎	平成23年7月	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会
自律飛行ヘリコプタ搭載用76GHz帯ミリ波レーダシステムの探知性能評価実験	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年7月	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会
GLONASS信号におけるチャンネル間バイアス較正手法の評価	山田英輝 坂井丈泰 高須知二 (東京海洋大学) 安田明生 (東京海洋大学)	平成23年7月	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会
洋上の最適経路とPACOTSとの比較	住谷美登里 福島幸子 福田豊	平成23年7月	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会
Cognitive Analysis for Knowledge Modeling in Air Traffic Control Work (航空管制業務における知識モデリングのための認知分析)	井上諭 青山久枝	平成23年7月	Human Computer Interaction 2011
Acoustic resonance and plasma depletion detected by GPS total electron content observation after the 2011 Tohoku Earthquake (2011年東北地震後にGPS電離圏全電子数観測においてみられた音波共鳴とプラズマ密度減少について)	齊藤昭則 (京都大学) 津川卓也 (情報通信研究機構) 大塚雄一 (名古屋大学) 齋藤亨	平成23年7月	Earth Planets Space Vol. 63 (No. 7)
Reflecarryas for mm-Wave radar Appplication (ミリ波レーダ応用のためのリフレクタアレイ)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成23年7月	IEEE International Symposium on Antennas and Propagation
航空交通システムの安全性、信頼性そして安心	長岡栄	平成23年7月	安全工学シンポジウム2011
Japan-EU Collaborative Research and development in Air Traffic Management and Navigation Systems (ATMと後方システムにおける日本-EU共同研究開発)	山本憲夫	平成23年7月	「交通分野での日欧研究開発 協力」ワークショップ
Scheduling of Arrival Aircraft Based on Minimum Fuel Burn Descents (燃料消費を最小にする到着機のスケジューリング)	Adriana Andreeva-Mori (東京大学) 鈴木真二 (東京大学) 伊藤恵理	平成23年7月	ASEAN Engineering Journal Vol. 1 No. 1

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
衛星航法による新進入着陸システムの安全性保証への取り組み	福島荘之介	平成23年7月	日本人間工学会 航空人間工学会第93回例会
衛星航法による精密進入着陸システムの開発と安全性の保証	福島荘之介 工藤正博 齋藤真二 吉原貴之 齋藤享 藤田征吾 藤井直樹	平成23年7月	電子情報通信学会 論文誌B Volume J94-B No. 7
Ionospheric data collection ,analysis,and sharing to facilitate GNSS implementation in the Asia-Pacific region (アジア太平洋地域におけるGNSS導入推進のための電離圏データ収集・解析・共有について)	齋藤享	平成23年7月	第15回APANPIRG CNS/METサブグループ会議
3次元空間における中間圏発光現象に伴う電離層擾乱についての数値解析	岩本真彦 (電気通信大学) 芳原容英 (電気通信大学) 太田健次 (中部大学) 早川正士 (電気通信大学) 大津山卓哉	平成23年7月	日本大気電気学会 第85回研究発表会
国内GBASプロトタイプ の状況	福島荘之介	平成23年7月	平成23年度新たな進入方式に関する調査・研究 第1回WG会議 (ATEC)
電子航法研究所の概要	齋藤賢一	平成23年7月	法政大学
L1-SAIFとSBAS	坂井丈泰	平成23年7月	三菱電機 (株)
航空気象情報可視化ツールAwvisによる乱気流事例の可視化	新井直樹	平成23年7月	航空気象委員会
Wvisによる気象・大気の立体構造の可視化 気象情報可視化ツールの開発	新井直樹	平成23年7月	日本気象予報士会 神奈川支部
乗客が使用する携帯電話と航空機との間で起こる電磁干渉の可能性評価	米本成人	平成23年7月	航空管制 2011年第4号
R&D activities in ENRI for Seamless ATM (シームレスATMのためのENRIの研究開発活動)	小瀬木滋 山本憲夫	平成23年8月	ASIA/PACIFIC AD-HOC Seamless ATM meeting
Plasma bubble monitoring by HF trans-equatorial arrival angle and propagation distance measurements (短波赤道横断伝播到来角及び伝播距離測定によるプラズマバブル監視)	齋藤享 山本衛 (京都大学) 丸山隆 (情報通信研究機構)	平成23年8月	国際電波科学連合 2011年総会・科学シンポジウム
Quasi periodic echoes induced by partial solar eclipse (部分日食によって引き起こされた準周期レーダーエコーについて)	S. V. Thampi (インド物理科学研究所) 山本衛 (京大生存圏研究所) H. Liu (京大生存圏研究所) 大塚雄一 (名大太陽地球環境研究所) A. K. Patra (インド国立大気研究所) 齋藤享	平成23年8月	国際電波科学連合 2011年総会・科学シンポジウム
航空用データリンクシステムの動向	山康博	平成23年8月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
大型計算機を用いた航空機内電磁環境推定 -B777数値モデルの改善と実機測定による妥当性確認-	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 日景隆 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学)	平成23年8月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
衛星個法の航空利用のために必要な電離圏データについて	齋藤享	平成23年8月	GPSブイ研究交流会
実験用GBAS装置の空港への設置と評価実験	福島荘之介	平成23年8月	航空振興財団 航法小委員会
発話音声のカオス解析による脳内活性度の計測	塩見格一 佐藤祐樹 (芝浦工業大学)	平成23年8月	自動車技術会 アクティブセーフティ部門委員会
ICAO Material Revisions for SSR All Call Replies Limitations (SSR一括質問応答の制限に関するICAO規程の改定)	宮崎裕己 古賀禎 臼井範和 (国土交通省航空局)	平成23年9月	ICAO ASP/WG 第11回会議
R&D Activities at ENRI (電子航法研究所における研究開発)	宮崎裕己	平成23年9月	ICAO本部
日本航海学会航空宇宙研究会の活動状況紹介	住谷泰人	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
航空気象情報可視化ツールAwvisの開発	新井直樹 瀬之口敦	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
準天頂衛星による高精度測位補正実験システム(その4)	伊藤憲 坂井丈泰 福島荘之介	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
曲線進入コースに対応した実験用GBAS機上装置の構築	齋藤真二	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
交通情報配信による機上監視の初期評価	大津山卓哉 小瀬木滋	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
日本航空宇宙学会航空交通管理部門の活動状況紹介	福田豊	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
電波伝搬に基づく航空用WiMAXのMIMO効果解析手法の一検討	金田直樹 住谷泰人 米本成人 二ツ森俊一	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
直交繊維配向材を用いた炭素繊維強化プラスチック積層板のマイクロ波帯電磁界遮蔽量の特性評価測定	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
RNAV5ルート飛行便の横方向経路逸脱量の95%含有区間の推定値	天井治	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
Experimental Estimation and Mitigation Technique for Active Implantable Medical Devices EMI from RFID Interrogators (RFID機器の植込み型医用器電磁干渉評価と干渉緩和技術)	河村由文 (北海道大学) 日景隆 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学) 小池勉 (日本自動認識システム協会) 藤本裕 (日本メトロロニック株) 豊島健 (日本メトロロニック株) 二ツ森俊一	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
FDTD法を用いた航空機内における携帯電話周波数帯電波の伝播特性評価	木下真樹 (北海道大学) 日景隆 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年9月	電子情報通信学会 2011年ソサイエティ大会
Simulation study of low latitude ionospheric effects on SBAS with a three-dimensional ionospheric delay model (3次元電離圏モデルを用いたシミュレーションによるSBASに対する低緯度電離圏異常の影響の研究)	齋藤享 坂井丈泰	平成23年9月	ION GNSS 2011
Generation and Evaluation of QZSS L1-SAIF Ephemeris Information (準天頂衛星L1-SAIF用エフェメリス情報の生成と評価)	坂井丈泰 山田英輝 福島荘之介 伊藤憲	平成23年9月	ION GNSS 2011
CAT-I GBAS Availability Improvement thorough Ionosphere Field Monitor (IFM) (電離圏フィールドモニタ(IFM)によるCAT-I GBASのアベイラビリティ向上)	鈴木和史 (日本電気) 野崎豊 (日本電気) 小野剛 (日本電気) 吉原貴之 齋藤享 福島荘之介	平成23年9月	ION GNSS 2011
76 GHz Millimeter Wave Radar System for Helicopter Obstacle Detection (ヘリコプタ障害物検出用76GHzミリ波レーダシステム)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	平成23年9月	Proceedings of IRS2011
Waveguide Connector for small Millimeter Wave Radar Modules (小型ミリ波レーダモジュールのための導波管コネクタ)	河村暁子 二ツ森俊一 米本成人	平成23年9月	Proceedings of IRS2011
Fatigue and Drowsiness Predictor (疲労と居眠りの防止装置)	塩見格一 佐藤清 及川太 古川修 (芝浦工業大学) 佐藤祐樹 (芝浦工業大学)	平成23年9月	First International Symposium on Future Active Safety Technology toward zero-traffic-accident
Examples of ATM Performance Analyses at ENRI (電子航法研究所でのATMパフォーマンス解析例)	蔭山康太	平成23年9月	CANSO Environment W/G Meeting
Numerical Estimation of the Electric Field Distributions due to Mobile Radio in an Aircraft Cabin Based on Large Scale FDTD Analysis (航空機内における大規模FDTD解析を用いた携帯電話放射電磁波の電界分布計算推定)	日景隆 (北海道大学) 平岩慎也 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年9月	EMC Europe 2011
Development of High Performance WAM System (高性能な広域マルチラテレーションシステムの開発)	宮崎裕己 古賀禎 角張泰之 二瓶子朗 上田栄輔 (国土交通省航空局)	平成23年9月	Enhanced Surveillance of Aircraft and Vehicles 2011
Task analysis and modelling based on Human-Centred design approach in ATC work. (航空管制業務における人間中心設計に基づいたタスク分析とモデリング)	井上諭 青山久枝 山崎和彦 (千葉工業大学) 中田圭一 (レディング大学) 古田一雄 (東京大学)	平成23年9月	ESREL 2011
レジリエンス工学に基づく複雑システムの安全研究 (3) 管制官チームによる協調作業プロセスの可視化手法	青山久枝 飯田裕康 (労働科学研究所) 狩川大輔 (東北大学)	平成23年9月	ヒューマンインターフェースシンポジウム2011
レジリエンス工学に基づく複雑システムの安全研究 (5) 知識マネジメントのための協調作業分析支援ツールの開発	井上諭 Stuart Moran (レディング大学) 中田圭一 (レディング大学)	平成23年9月	ヒューマンインターフェースシンポジウム2011
レジリエンス工学に基づく複雑システムの安全研究 (4) 管制官の実践知伝承支援インタフェース	狩川大輔 (東北大学) 高橋信 (東北大学) 北村正晴 (東北大学) 石橋明 (東北大学) 青山久枝	平成23年9月	ヒューマンインターフェースシンポジウム2011



表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
A Bayesian Approach for Conformance Monitoring (ベイズ推定による適合性の判定手法)	李金珍 福田豊	平成23年9月	第11回AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference
Development of QZSS L1-SAIF Augmentation Signal (準天頂衛星L1-SAIF補強信号の開発)	坂井丈泰 山田英輝 福島荘之介 伊藤憲	平成23年9月	国連GNSS委員会第6回会合
GPSにおける週番号の決定と時刻表現に関連する諸問題	坂井丈泰	平成23年9月	測位航法学会 論文誌Vol.2 No.2
Research and Development in Japan for Smart Green Airport (スマート・グリーン空港に向けた日本の研究、開発)	山本憲夫	平成23年9月	スマート・グリーン空港に向けた研究・開発に関する国際会議
空港面航空機受動監視システムの高性能化	角張泰之 古賀禎 宮崎裕己 島田浩樹 二瓶子朗	平成23年9月	電気学会 電子・情報・システム部門大会
震災対応として利用できる研究成果	福田豊 森井智一 塩見格一 瀬之口敦 大津山卓哉	平成23年9月	第3回対震災航空宇宙科学調査タスクフォース委員会
「大規模災害に向けての航空宇宙技術の役割と将来像」 (パネルディスカッション)	福田豊	平成23年9月	フォーラム「大規模災害における航空宇宙技術の役割と課題」
航空保安チームのレジリエンスと新たな教育・訓練、予防安全体制の構築にむけて	青山久枝	平成23年9月	日本工営㈱
航空交通における複雑さ(Complexity)研究について	長岡栄	平成23年9月	日本航海学会 AUNAR研究会
航空交通の時間管理によるCO2削減	福田豊 白川昌之 瀬之口敦	平成23年9月	電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン No.18
気象情報の見える化の試み ー気象情報可視化ツールWvisの開発と可視化事例ー	新井直樹 瀬之口敦	平成23年9月	日本気象学会学会誌 「天気」第58巻
飛行速度調整による時間管理の検討	福田豊	平成23年9月	航空管制 2011年第5号
航空気象情報可視化ツールAWvisの開発	新井直樹	平成23年9月	航空無線 2011年秋号
衛星測位システムの共存性と相互運用性	坂井丈泰	平成23年9月	測位航法学会 ニューズレター第2巻第3号
平成23年度電子航法研究所研究発表会について	齊藤賢一	平成23年9月	航空無線 2011年秋号
受動型SSR試作開発の成果と今後の課題	塩見格一 瀬之口敦	平成23年9月	航空無線 2011年秋号
広域マルチラテレーションの評価試験	宮崎裕己	平成23年9月	航空無線 2011年秋号
Revised Functional Diagram for ASM after ASTAF4 (ASTAF4会議後の機上監視マニュアルのための機能構成説明図改訂版)	小瀬木滋	平成23年10月	ICAO ASTAF 第4回会議
Amendment to draft surveillance roadmap on state aircraft issues (国有機関連課題に関する監視ロードマップ案追記事項)	小瀬木滋	平成23年10月	ICAO ASTAF 第5回会議
An analysis of signal environment of GPS-L5 band during flight experiments (飛行実験によるGPS-L5信号環境の解析)	大津山卓哉 小瀬木滋	平成23年10月	ICSANE 2011
Effect of multi-channel interference sources to a narrow band victim receiver (狭帯域受信機に対する複数チャンネル干渉源の影響)	小瀬木滋	平成23年10月	ICSANE 2011
戦術的スケジュール調整に関する確率モデル	藤田雅人	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
Trajectory-Based Operations: An Overview (軌道ベース運用の研究開発)	Mark Brown 瀬之口敦 白川昌之 福田豊	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
航空機の軌道生成についての一考察	白川昌之 福田豊 瀬之口敦 Mark Brown	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
飛行中の燃料消費量のモデル化に関する一検討	蔭山康太 福田豊	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
羽田空港における空港面交通流の変化に関する分析	山田泉 青山久枝 森亮太 住谷美登里 Mark Brown	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
環境に配慮した運航技術	福田豊	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
到着交通流の時間管理に関する一考察	瀬之口敦 福田豊 Mark Brown 白川昌之	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
地上型衛星航法補強システム(GBAS)のシステム設計	小野剛 (日本電気) 野崎豊 (日本電気) 岩崎隆一郎 (日本電気) 鈴木和史 (日本電気) 福島荘之介 齊藤真二 吉原貴之 齋藤享 藤田征吾	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
航空用移動通信システムの動向	住谷泰人	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
関西国際空港におけるB787を用いたGBASプロトタイプの実験	伊藤正宏 福島荘之介 山康博 齊藤真二 藤田征吾	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
国際学会にみる航空交通管理(ATM)研究の動向	長岡栄	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
複合材料の電気的特性-炭素繊維強化プラスチック積層板の電磁界遮蔽特性-	ニッ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
電子航法研究所の研究長期ビジョン見直し	山本憲夫	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
航空交通管理評価用UAV -飛行特性評価試験-	河村暁子 ニッ森俊一 米本成人 山康博 磯崎栄寿	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
「震災における航空宇宙科学技術の役割と課題」 (パネルディスカッション)	福田豊	平成23年10月	日本航空宇宙学会 第49回飛行機シンポジウム
B787を用いたGBASプロトタイプの実験	伊藤正宏	平成23年10月	日本航海学会 GPS/GNSS研究会
RAIM予測の有効性	坂井丈泰	平成23年10月	日本航海学会 GPS/GNSS研究会
GPS-L1帯における電離圏シンチレーションの観測について	辻井利昭 (JAXA) 藤原健 (JAXA) 久保田鉄也 (JAXA) Ivan Petrovski (IP-Solutions) 津川卓也 (NICT) 齋藤享	平成23年10月	日本航海学会 GPS/GNSS研究会
準天頂衛星システム技術実証:L1-SAIFサブメータ級補強実験	坂井丈泰	平成23年10月	GPS/GNSSシンポジウム 2011
A Distributed Cognition-based Cognitive Analysis Tool for Knowledge Management (分散認知分析に基づいた知識マネジメントのための認知分析ツール)	井上諭 Stuart Moran (レディング大学) 中田圭一 (レディング大学)	平成23年10月	Human Factors and Ergonomics Society Europe 2011
Simulation of Team Cognitive Process in En-Route Air Traffic Control Based on Belief Model (相互信念モデルに基づく航空路管制業務のチーム認知プロセスシミュレーション)	古田一雄 (東京大学) 大野康平 (東京大学) 菅野太郎 (東京大学) 井上諭	平成23年10月	30th JSST Annual Conference
Description of Complex Runway Usage with Queuing Theory. (待ち行列理論に基づく複雑な滑走路運用のモデル化)	森亮太	平成23年10月	CEAS 2011
航空機に対する携帯電話からの電波の影響評価	米本成人	平成23年10月	EMCシンポジウムIIDA2011
Compact and High performance 76 GHz Millimeter-Wave Radar (自律飛行ヘリコプタ用小型高性能76GHzミリ波レーダフロントエンドモジュール)	ニッ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年10月	European Microwave Week 2011
Primal Study for Estimating Fuel Consumption (燃料消費量推定のための基礎的検討)	蔭山康太	平成23年10月	FATS Technical Exchange Meeting
Electronic Navigation Research Institute - Update of the Long Term R&D Vision and Collaboration with Foreign institutes (電子航法研究所-長期ビジョンの改訂及び外国機関との協力-)	山本憲夫	平成23年10月	韓国航法学会 (KONI) 国際会議
「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」 電子航法研究所における研究紹介	吉原貴之	平成23年10月	「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」第4回課題2WG
電子航法研究所における気象に関連する研究 -航空気象情報可視化ツールの開発-	新井直樹	平成23年10月	CARATS航空気象検討ワーキンググループ

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
Plasma bubble monitoring by HF trans-equatorial arrival and propagation distance measurements (短波赤道横断伝播到来角及び伝播距離測定によるプラズマバブル監視)	齋藤享 山本衛 (京大生存圏研究所) 丸山隆 (情報通信研究機構)	平成23年10月	第5回電離圏セミナー
環境に配慮した運航技術	福田豊	平成23年10月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
Detection and Correction of Cycle Slips in GNSS Signal Tracking for Single Frequency Application (1周波アプリケーションのためのGNSS信号におけるサイクルスリップの検出と修正)	藤田征吾 齋藤享 吉原貴之	平成23年10月	第43回国際確率システムシンポジウム
航空交通システムの視点から	長岡栄	平成23年10月	第7回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム
電子航法研究所における研究長期ビジョンの取り組み	山本憲夫	平成23年10月	日本航海学会 航空宇宙研究会講演会
Software implementation of Rice CRM (Rice衝突危険度モデルのソフトウェア実装)	藤田雅人	平成23年11月	ICAO SASP WG/1
VDB antenna siting at Kansai airport (関西空港でのVDBアンテナ設置)	福島荘之介 齋藤真二	平成23年11月	12th International GBAS Working Group Meeting
Evaluation and results of ionospheric filed monitor (GBASに関する低磁気緯度電離圏異常の影響を評価するENRIの活動)	福島荘之介 齋藤享 吉原貴之 藤田征吾	平成23年11月	12th International GBAS Working Group Meeting
ENRI's GBAS Research and Development Status (電子航法研究所における研究開発状況)	伊藤正宏	平成23年11月	12th International GBAS Working Group Meeting
Flights experiments of GBAS prototype with airline aircraft B787 in Kansai International Airport (関西国際空港におけるGBASプロトタイプのB787による飛行実験)	伊藤正宏 長井文宣 (ANA)	平成23年11月	12th International GBAS Working Group Meeting
Curved Approaches using GBAS-TUBS/ENRI flight trials (GBASを使った曲線進入-ブラウンシュバイク工科大学/ENRI飛行実験)	吉原貴之 T. Feuerle (ブラウンシュバイク工科大学) M. Steen (ブラウンシュバイク工科大学)	平成23年11月	12th International GBAS Working Group Meeting
Performance Improvement of RTK-GPS/GLONASS with the Calibration Tables of Inter-channel biases (チャンネル間バイアスの較正によるRTK-GPS/GLONASS測位性能の改善)	山田英輝 高須知二 (東京海洋大学) 久保信明 (東京海洋大学) 安田明生 (東京海洋大学)	平成23年11月	ENC 2011
Evaluation of QZSS L1-SAIF Ephemeris Information (準天頂衛星L1-SAIF信号におけるエフェメリス情報の評価)	坂井丈泰 山田英輝 伊藤憲	平成23年11月	ENC 2011
Evaluation of Height Loss during Missed Approach by using Flight Simulator of Airline Aircraft (フライトシミュレータを用いた進入復行中の高さ損失の評価)	藤田征吾 伊藤正宏 福島荘之介 山康博	平成23年11月	ENC 2011
Concept of Measurement for en-route sector capacity (航空路管制セクタの容量の計測概念の提案)	福島幸子	平成23年11月	IEICE Transactions on Communications
Development and feasibility flight test of TIS-B system for situational awareness enhancement (状況認識拡張に用いるTIS-Bシステムの開発と飛行実験による評価)	大津山卓哉 塩地誠 小瀬木滋	平成23年11月	IEICE Transactions on Communications Vol. E94. B (2011) No. 11
Performance Evaluation of Signal Frequency based Ionosphere Field Monitor for GBAS (GBASのための1周波による電離圏フィールドモニタの性能評価)	藤田征吾 吉原貴之 齋藤享	平成23年11月	IGNSS 2011
Performance Improvement of RTK by Using Variable Mask Strategy (可変マスク法によるRTK測位の測位性能の改善について)	山田英輝 坂井丈泰 高須知二 (東京海洋大学) 久保信明 (東京海洋大学) 安田明生 (東京海洋大学)	平成23年11月	IGNSS 2011
Evaluation on Novel Architecture for Harmonizing Manual and Automatic Flight Controls under Atmospheric Turbulence (パイロットと自動制御システムを協調させる新たな設計概念の大気擾乱の影響下における評価)	伊藤恵理 鈴木真二 (東京大学)	平成23年11月	Aerospace Science and Technology
Risk Analysis of the Introduction of 10 Minutes Longitudinal Time Separation on PACOTS Routes (PACOTSルートにおける10分縦間隔導入に向けたリスク解析)	森亮太	平成23年11月	IPACG/35
RNP4 Effect on PACOTS (PACOTS経路におけるRNP4導入効果)	福島幸子 住谷美登里 福田豊	平成23年11月	IPACG/35
SWIMの現在と未来に関する一考察	金田直樹	平成23年11月	CARATS情報管理ワーキンググループ第3回会合

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
衛星航法のための電離圏監視	齋藤享	平成23年11月	インドネシア宇宙天気研究会
航空機の運航時間の予測性の評価例	蔭山康太	平成23年11月	航空管制 2011年第6号
航空路管制業務における実践知可視化のための分析支援ツールの開発	狩川大輔 (東北大学) 高橋信 (東北大学) 北村正晴 (東北大学) 古田一雄 (東京大学) 青山久枝	平成23年11月	計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演 会2011
準天頂衛星の最近の動向と実証実験	伊藤憲	平成23年11月	航空振興財団 航法小委員会
ATM・安全性研究の視点から	長岡栄	平成23年11月	セーフティフォーラム2011
気象情報可視化ツールWvisの開発(2) ～気象の見える化を目指して	新井直樹 瀬之口敦	平成23年11月	日本気象学会 2011年度秋季大会
Update of the ENRI GBAS Research and Boeing 787 Flight Test (電子航法研究所におけるGBASの研究とボーイング787飛行 試験の最新情報)	齊藤真二	平成23年11月	日韓CNS/ATMセミナー
発話音声のゆらぎによる言語野機能状態の推定手法の提案	塩見格一	平成23年11月	第27回日本ストレス学会学術 総会
Resilience Engineeringの視点に基づく航空路管制業務の 分析	狩川大輔 (東北大学) 高橋信 (東北大学) 北村正晴 (東北大学) 古田一雄 (東京大学) 青山久枝	平成23年11月	第4回横幹連合コンファレン ス
L1-SAIF補強信号による技術実証実験	伊藤憲 坂井丈泰 福島荘之介	平成23年11月	第55回宇宙科学技術連合講演 会
航空気象情報可視化ツールAWvisによる低気圧前線面の可視 化	新井直樹	平成23年11月	航空気象委員会
過労防止のための発話音声分析技術の研究	塩見格一	平成23年11月	産業疲労研究会 第75回定例研究会
Observations of local ionospheric TEC variation for advanced use of GNSS (GNSS高度利用のための電離圏全電子数局所変動の観測)	齋藤享 吉原貴之 藤田征吾 齊藤昭則 (京都大学) 大塚雄一 (名古屋大学) 津川卓也 (情報通信研究機構) Pornchai Supnithi (KMITL)	平成23年11月	第130回地球電磁気・地球惑 星圏学会総会・講演会
QZSS Observation Data Available to the Public (一般に利用可能な準天頂衛星の観測データ)	坂井丈泰	平成23年11月	第3回アジア・オセアニア GNSS地域ワークショップ
適用技術リスト	小瀬木滋	平成23年11月	装備品技術分野作業部会
第9回国際/欧州ATM研究開発セミナー(ATM2011)報告	長岡栄	平成23年11月	日本航空宇宙学会 学会誌2011年11月号
空の安全技術は海にも使える	塩地誠	平成23年11月	日本海事新聞
Validation of ionospheric threat model with observed ionospheric gradients associated with plasma bubbles (電離圏脅威モデルのプラズマバブル観測データによる検 証)	齋藤享	平成23年12月	ICAO NSP/CSG
Japanese Research and Development Status Concerning GBAS (日本のGBASに関する研究開発状況)	吉原貴之 齋藤享 佐藤琢 (国土交通省航空局)	平成23年12月	ICAO NSP/CSG
GBAS Glide Path Angle lower than 3.0 (GBASにおける3度以下のグライドパス角)	吉原貴之 齋藤享 佐藤琢 (国土交通省航空局)	平成23年12月	ICAO NSP/CSG
Effects of Surveillance Failure on Airborne Based Continuous Descent Approach (機上ベースのCDAに監視性能がおよぼす影響)	伊藤恵理 Mariken Everdij (NLR) G. J. (Bert) Bakker (NLR) Henk Blom (NLR)	平成23年12月	Journal of Aerospace Engineering
Autonomous Continuous Target Tracking Technology for Safety in Air Traffic System Network (航空管制用レーダネットワークにおいて安全性を向上す る自律連続目標捕捉技術)	古賀禎 呂曉東 (東京工業大学) 森欣司 (東京工業大学)	平成23年12月	IEEE S0SE2011
Numerical Estimation of RF Propagation Characteristics of Cellular Radio in Aircraft Cabin (航空機内に設置した携帯電話端末からの電磁界伝搬数値 推定)	木下真樹 (北海道大学) 日景隆 (北海道大学) 野島俊雄 (北海道大学) 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成23年12月	Proceedings of the 2011 Asia Pacific Microwave Conference
第12回国際GBASワーキンググループ会議報告	福島荘之介 伊藤正宏	平成23年12月	平成23年度新たな進入方式に 関する調査・研究 第2回WG 会議 (ATEC)
国内GBASプロトタイプの状況	伊藤正宏	平成23年12月	平成23年度新たな進入方式に 関する調査・研究 第2回WG 会議 (ATEC)

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
運航面ニーズから見た次期旅客機への要望	藤井直樹	平成23年12月	「航空機分野の国内外技術動向および市場分析に係わる情報収集」委員会
覚醒度評価のための音声信号処理手法の改善	塩見格一	平成23年12月	日本人間工学会 関東支部第41回大会
乱気流事例の可視化	新井直樹	平成23年12月	航空気象委員会
タービュランス遭遇事例の可視化	新井直樹	平成23年12月	タービュランス事例研究会
適用技術リストおよび技術サマリー	小瀬木滋	平成23年12月	装備品技術分野作業部会
航空交通管制の今後	山本憲夫	平成23年12月	日本機械学会 学会誌114号
航空の研究開発の変遷と今後 -電研究所の研究・開発-	山本憲夫	平成23年12月	日本航空宇宙学会 記念講演会
航空機の運航における定時制の一解析	蔭山康太 福田豊	平成23年12月	日本航空宇宙学会 論文集Vol. 59 No. 694
航空機の運航時間の予測性の解析例	蔭山康太	平成23年12月	日本信頼性学会 学会誌Vol. 33
電子航法研究所の研究、開発 -その変換と長期ビジョン-	山本憲夫	平成23年12月	日本航空宇宙学会 学会誌2011年12月号
耐マルチパス干渉性マルチラテレーション(OCTPASS)の開発・評価	角張泰之	平成23年12月	航空無線 2011年冬号
Analysis of Haneda Airport Spot Information for Surface Movement Control (航空面交通管理のための羽田空港の駐機スポット情報に関する解析)	Mark Brown 青山久枝 山田泉 住谷美登里	平成24年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
離着陸優先順に関する判断の学習	藤田雅人	平成24年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
航空路FIXへの推定到着時刻に基づく出発制御時刻の確率的決定法	長岡栄 Claus Gwignner 福田豊	平成24年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
B737-700フライトシミュレータ用いた進入復行中の高さ損失モデルの評価	藤田征吾 伊藤正宏 福島荘之介 山康博 武市昇 (名古屋大学) 長井丈宜 (ANA) 中西善信 (NTTデータ・アイ)	平成24年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
マルチ・モード・レシーバを用いたGBASプロトタイプの基本性能評価	齊藤真二 藤田征吾 福島荘之介	平成24年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
SSRモードSのダウンリンク動態情報の品質評価 -レーダ測位値を用いた初期評価結果-	松永圭左 瀬之口敦 古賀禎	平成24年1月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
UAVを用いた航空用無線通信システム実験の一検討	住谷泰人 金田直樹 米本成人 二ツ森俊一 河村暁子 磯崎栄寿 山康博	平成24年2月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
Investigation of Peplly Rate Issues and Proposed Revisions to Ciarify Defintions (応答率の調査と定義明確化のための改訂案の提案)	宮崎裕己 古賀禎 臼井範和 (国土交通省航空局)	平成24年1月	ICAO ASP/TSG 第12回会議
Regional Satellite Navigation by Using MASA and QZSS (MSASとQZSSを利用した地地的衛星航法について)	山田英輝 坂井丈泰 伊藤憲	平成24年1月	ION ITM 2012
Ranging Quality of QZSS L1-SAIF Signal (準天頂衛星L1-SAIF信号による距離測定の品質)	坂井丈泰 山田英輝 伊藤憲	平成24年1月	ION ITM 2012
Precise measurements of ionospheric delay gradient at short baselines associated with low latitude ionospheric disturbances (低緯度電離圏擾乱に伴う電離圏遅延量勾配の短基線精密測定)	齋藤享 藤田征吾 吉原貴之	平成24年1月	ION ITM 2012
Towards improving availability through GBAS-INS under iono bubble situation (プラズマバブル存在下のGBAS-INSによるGBASアベイラビリティ向上に向けて)	辻井利昭 (JAXA) 津川卓也 (NICT) Pornchai Supniti (KMILT) Chalermchon Satirapod (チュラロンコン大学) 齋藤享	平成24年1月	The 2012 International GPS/GNSS Showcase
航空事故リスク評価シミュレーション	長岡栄	平成24年1月	日本シミュレーション学会 シミュレーション辞典
シミュレーション辞典「分散認知」	井上諭	平成24年1月	日本シミュレーション学会 シミュレーション辞典
シミュレーション辞典「マクロ認知」	井上諭	平成24年1月	日本シミュレーション学会 シミュレーション辞典

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
太陽活動の航空無線通信に対する影響について	齋藤享	平成24年1月	航空振興財団 航空交通管制システム小委員会
適用品技術サマリーおよび技術開発計画	小瀬木滋	平成24年1月	装備品技術分野作業部会
羽田空港の空港面交通流に関する分析	山田泉	平成24年1月	航空管制 2012年第1号
AS Functional Arcitecture (機上監視の機能構成)	小瀬木滋	平成24年2月	ICAO ASTAF 第6回会議
Description on ADS-B (ADS-B関連記載事項)	小瀬木滋	平成24年2月	ICAO ASTAF 第6回会議
Unequipped Aircraft Considerations (非搭載機に関する考察)	小瀬木滋	平成24年2月	ICAO ASTAF 第6回会議
Refined Calculation Method for Risk Analysis of Longitudinal Time Separation (縦時間間隔のリスク解析における新計算手法)	森亮太	平成24年2月	ICAO RASMAG/16
Status of Ionospheric data collection and analysis for GNSS in Japan (日本における衛星航法のための電離圏データ収集状況)	齋藤享 吉原貴之 藤田征吾 坂井丈泰 星野尾一明	平成24年2月	1st meeting of Ionospheric Study Task Force
Human Cerebral Activity Fluctuation of Human Voice (大脳新皮質活性化と発話音声のゆらぎ)	塩見格一	平成24年2月	Applied and Theoreticl Information Systems Research2012
フライトシミュレータによるRTA機能検証結果について	瀬之口敦 福田豊 Mark Brown 白川昌之	平成24年2月	平成23年度 CD0/TBOに関する 調査・研究 第2回WG会議 (ATEC)
準天頂衛星「みちびき」のL1-SAIF信号	坂井丈泰	平成24年2月	電波航法研究会
マルチラテレーションからハイブリッド監視にむけて	宮崎裕己	平成24年2月	航空無線技術交流会
パネルディスカッション「航空ビジョン実現への課題と新たな提言(前編)」	福田豊	平成24年2月	日本航空宇宙学会 学会誌2012年2月号
電子情報通信学会「宇宙・航行エレクトロニクス研究における多分野との交流」報告	福田豊	平成24年2月	日本航空宇宙学会 学会誌2012年2月号
航空気象に係るSSRモードSのダウンリンク機能について	瀬之口敦 新井直樹 古賀禎 松永圭左	平成24年2月	CARATS第4回航空気象検討WG
CPDLCを用いた航空路管制シミュレーション実験について	板野賢 塩見格一	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
航空用WiMAXのMIMOアンテナ配置とチャンネル容量改善効果	金田直樹 住谷泰人 米本成人 二ツ森俊一 磯崎栄寿	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
飛行実験により測定したGPS-L5帯域の信号環境	大津山卓哉 小瀬木滋	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
監視性能が時間変化する場合の監視情報の信頼性	小瀬木滋 大津山卓哉 古賀禎 住谷泰人	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
短縮垂直間隔の安全性評価に用いる横方向重畳確率の値について	天井治	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
炭素繊維強化プラスチック疑似等方性積層板のマイクロ波帯電磁界遮蔽量の特性評価測定	二ツ森俊一 河村暁子 磯崎栄寿 米本成人	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
準天頂衛星L1-SAIF信号によるGPS補完機能	坂井丈泰 山田英輝 伊藤憲	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
準天頂衛星L1-SAIF信号による広域緊急メッセージ放送	坂井丈泰 廣江信雄 (日本電気)	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
航空交通流のカオス性の検討	塩見格一	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
拡張現実技術を用いた遠隔タワー管制支援技術に関する研究	井上諭 塩見格一 古坂大地 (㈱フィックスターズ) 橋本耕一 (㈱フィックスターズ)	平成24年3月	電子情報通信学会 2012年総合大会
ENRI Status and work plan for AeroMACS (電子航法研究所におけるAeroMACS研究の現状と今後の計画)	住谷泰人 金田直樹 米本成人 二ツ森俊一 河村暁子 磯崎栄寿	平成24年3月	ICAO ACP/WG-S1

表題名	発表者	発表年月	発表機関・刊行物
EVALUATION OF PINSKER HEIGHT LOSS MODEL DURING MISSED APPROACH BY USING B737-700 FFS (B737-700FFSを用いた進入復行中の高さ損失モデル(ピンスカーモデル)の評価)	藤田征吾 伊藤正宏	平成24年3月	ICAO IFPP/CRM WG
Cognitive Process Modelling of Controllers in En Route Air Traffic Control (航空路管制業務の認知プロセスモデリング)	井上諭 青山久枝 Mark Brown 古田一雄 (東京大学) 中田圭一 (レディング大学) 菅野太郎 (東京大学)	平成24年3月	Ergonomics Vol.55
Ka-band Dual Frequency Switchable Reflectarray (Ka帯2周波切り替え可能なリフレクタレイ)	河村暁子 二ツ森俊一 米本成人	平成24年3月	EuCAP2012
Microwave shielding and polarization characteristics of carbon fiber reinforced plastic laminates based on unidirectional materials (ユニディレクショナル材を用いたCFRP積層板のマイクロ波遮蔽および偏波特性)	二ツ森俊一 河村暁子 米本成人	平成24年3月	IEICE Electronics Express
飛行実験によるGPS-L5帯域の信号環境評価	大津山卓哉 小瀬木滋	平成24年3月	電子情報通信学会 技術研究報告
電離圏観測手法の衛星航法手法援助への応用	齋藤亨	平成24年3月	第26回大気圏シンポジウム
GLSによるB787パスアライン性能の向上 (GLSの優位性)	福島荘之介 藤田征吾 伊藤正宏 山康博	平成24年3月	平成23年度新たな進入方式に関する調査・研究 第3回WG会議 (ATEC)
音声カオス論的指数値や脈拍数にみられた服薬の影響と考えられる実験結果	佐藤清 塩見格一 及川太 及川健太郎 立川英一 (東京薬科大学) 阿部仁 (阿部産業)	平成24年3月	日本薬学会 第132年会
Study on ATM Performance Analyses: Example (ATMパフォーマンスの検討例)	蔭山康太	平成24年3月	ユーロコントロール実験センター
衛星航法による進入着陸システム (GBAS)の研究開発	福島荘之介	平成24年3月	航空振興No. 110
航空気象情報可視化ツールAWvisの開発-航空気象の見える化を目指して-	新井直樹	平成24年3月	航空管制 2012年3月号
GBAS <sup>®</sup> ロトタイプ <sup>®</sup> 装置の関西国際空港への設置とB787による飛行実験	福島荘之介	平成24年3月	航空無線 2012年春号
European Navigation Conference 2011 報告	山田英輝	平成24年3月	測位航法学会 ニューズレター第3巻第1号
航空交通管理 (ATM) について	長岡栄	平成24年3月	電波航法研究会 会誌「電波航法」
年間展望(2011)航空交通管理関連	福田豊	平成24年3月	日本航空宇宙学会 学会誌2012年3月号
実運用データの解析によるATMパフォーマンス評価例	蔭山康太	平成24年3月	日本航海学会 学会誌「NAVIGATION」
最近の航空航法と航空交通管理の動向	長岡栄	平成24年3月	日本航海学会 学会誌「NAVIGATION」
電子航法研究所の研究長期ビジョン	山本憲夫	平成24年3月	日本航海学会 学会誌「NAVIGATION」

## 8 知的財産権

当研究所の平成23年度末(H24. 3. 31)において有効な知的財産権は下記のとおりである。

### (1) 登録済

#### ①日本国内

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
魚眼レンズを用いた測位方法およびその装置	塩見格一	H4. 6. 11	2611173	H9. 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	H4. 12. 4	2600098	H9. 1. 29
マルチバンドレーダの信号処理方法	水城南海男	H5. 5. 27	3002738	H11. 11. 19
シークラッタ抑圧方法	渡辺泰夫 水城南海男	H5. 5. 27	2653747	H9. 5. 23
G P S 信号による位置決定方法およびその装置	惟村和宣 松本千秋 朝倉道弘	H6. 3. 4	2681029	H9. 8. 1
被管制対象監視システム	塩見格一	H6. 3. 11	2854799	H10. 11. 20
被管制対象監視システム	塩見格一	H6. 3. 11	2777328	H10. 5. 1
被管制対象監視システム	塩見格一	H6. 3. 11	2619217	H9. 3. 11
飛行場運航票管理システムのユーザインターフェース装置	塩見格一	H6. 5. 18	2675752	H9. 7. 18
被管制対象監視システム	塩見格一	H7. 2. 23	2763272	H10. 3. 27
航空管制情報統合表示装置	佐藤裕喜	H7. 4. 3	3030329	H12. 2. 10
空港面における航空機識別方法およびその識別装置	加来信之 北館勝彦	H7. 6. 23	2666891	H9. 6. 27
航空機搭載レーダによる着陸方法及びその装置	長谷川英雄 田嶋裕久	H7. 12. 11	2979133	H11. 9. 17
移動体の自動従属監視方法およびその装置	田中修一 二瓶子朗	H7. 9. 28	3081883	H12. 6. 30
ターミナル管制用管制卓の航空機位置表示装置	塩見格一	H8. 6. 13	2763521	H10. 3. 27
ターミナル管制用管制卓の航空機位置表示方法	塩見格一	H8. 6. 13	2907328	H11. 4. 2
ターミナル管制用管制卓における管制指示値入力方法	塩見格一	H8. 6. 13	2763522	H10. 3. 27
ターミナル管制用管制卓における航空機順序付けのためのユーザインタフェース装置	塩見格一	H8. 10. 24	3013985	H11. 12. 17
フェイズドアレイアンテナの移相器の故障箇所の検出方法及びフェイズドアレイアンテナの給電系の位相誤差の検出方法	田嶋裕久	H7. 12. 19	3060002	H12. 4. 28
熱交換器	田嶋裕久	H7. 12. 19	2852412	H10. 11. 20
空港面監視装置	加来信之 北館勝彦	H8. 12. 12	3226812	H13. 8. 31
航空機管制支援システム	塩見格一	H8. 3. 29	2801883	H10. 7. 10
誤目標の抑圧方法およびその装置	加来信之 北館勝彦	H8. 11. 11	2884071	H11. 2. 12
飛行場管制支援システム	塩見格一	H9. 3. 26	3017956	H11. 12. 24
マルチバンドレーダ装置並びにこれに適する方法及び回路	水城南海男	H8. 12. 5	3781218	H18. 3. 17
地形表示機能を備えた搭載用航法装置	田中修一 二瓶子朗	H9. 6. 5	3054685	H12. 4. 14
滑走路予約システム	塩見格一	H9. 6. 9	2892336	H11. 2. 26
航空交通シミュレータ	塩見格一	H9. 12. 22	3899391	H19. 1. 12
管制用通信システム	塩見格一	H10. 12. 18	3041284	H12. 3. 3
無線通信ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H10. 6. 4	3474107	H15. 9. 19
音声による疲労・居眠り検知装置及び記録媒体	塩見格一	H10. 10. 5	3151489	H13. 1. 26
飛行場管制支援システム	塩見格一	H11. 12. 17	3086828	H12. 7. 14



発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
受動型 S S R 装置	塩見格一	H10. 10. 30	3041278	H12. 3. 3
S S R 装置及び航空機二次監視網	塩見格一	H10. 10. 30	2991710	H11. 10. 15
空港管制用操作卓 意匠登録	塩見格一	H10. 7. 31	1075354	H12. 4. 7
空港管制用操作卓 類似意匠登録	塩見格一	H10. 7. 31	1075354(1)	H12. 6. 16
レーダ受信画像信号のクラッタ抑圧方法及び装置	加来信之	H11. 4. 8	3091880	H12. 7. 28
管制通信発出システム	塩見格一	H11. 3. 19	3300681	H14. 4. 19
航空機等の進入コースの変動を防止する積層構造体	横山尚志	H11. 9. 17	3588627	H16. 8. 27
管制装置システム	塩見格一	H11. 12. 8	3783761	H18. 3. 24
受動型 S S R 装置	塩見格一	H11. 11. 10	3277194	H14. 2. 15
航空管制用ヒューマン・マシン・インターフェース装置	塩見格一	H11. 12. 7	3646860	H17. 2. 18
C P D L C メッセージ作成システム	塩見格一	H12. 3. 30	4210772	H20. 11. 7
航空路管制用航空機順序・間隔付けヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192252	H20. 10. 3
C P D L C / A I D C 共用管制卓及び同ヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192253	H20. 10. 3
航空管制用管制指示入力装置	塩見格一	H12. 3. 30	4390118	H21. 10. 16
ターゲット選択操作装置	塩見格一	H12. 3. 24	3743949	H17. 12. 2
無線ネットワーク測位システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3453547	H15. 7. 18
無線ネットワーク制御システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3428945	H15. 5. 16
G P S 及びその補強システムを用いた航法システムにおけるアベイラビリティ取得方法及びその装置	福島荘之介	H12. 7. 26	3412011	H15. 3. 28
複数チャンネルを利用した無線ネットワークシステム及びその制御装置	田中修一 二瓶子朗	H12. 11. 13	3462172	H15. 8. 15
心身診断システム	塩見格一	H13. 9. 14	3764663	H18. 1. 27
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716472	H23. 4. 8
無線通信ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716473	H23. 4. 8
無線ネットワークを利用した移動局測位システム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640720	H22. 12. 10
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640721	H22. 12. 10
音声処理装置	塩見格一	H13. 9. 25	3512398	H16. 1. 16
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法	塩見格一	H13. 10. 24	3579685	H16. 7. 30
目標検出システム	加来信之	H13. 12. 10	3613521	H16. 11. 5
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置	横山尚志	H13. 9. 6	3680113	H17. 5. 27
I L S のグライドパスの G P 進入コース予測方法及び I L S のグライドパスの G P 進入コース予測装置	横山尚志	H13. 9. 6	3752169	H17. 12. 16
移動体測位方法及び移動体誘導方法	岡田和男 白川昌之 塩見格一 小瀬木滋 田嶋裕久 住谷泰人 米本成人	H14. 3. 29	3826191	H18. 7. 14
電波反射体を用いた測定装置	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3623211	H16. 12. 3
操作卓 意匠	塩見格一	H14. 10. 15	1189989	H15. 9. 26
画面情報表示方法、システム及びコンピュータプログラム	塩見格一	H15. 1. 24	4412701	H21. 11. 27
無線ネットワークシステム、移動局および移動局の制御方法	二瓶子朗	H14. 11. 19	4097254	H20. 3. 21
無線通信ネットワークシステム	二瓶子朗	H15. 3. 28	4141876	H20. 6. 20

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
無線通信ネットワークシステムおよび無線ネットワークシステムの制御方法	二瓶子朗	H14. 11. 19	4097133	H20. 3. 21
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム	金田直樹 塩見格一	H15. 6. 3	3746773	H17. 12. 2
就寝中の身体反応情報検出システム	塩見格一	H15. 8. 25	3780273	H18. 3. 10
操作卓 意匠	塩見格一	H15. 11. 18	1226782	H16. 11. 19
脇机 意匠	塩見格一	H15. 11. 18	1221366	H16. 9. 17
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H15. 12. 26	4317898	H21. 6. 5
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局通信制御方法及び通信システム	金田直樹 塩見格一	H16. 3. 3	4107432	H20. 4. 11
電波装置	米本成人	H16. 5. 18	3845426	H18. 8. 25
航空管制用インタフェース装置、その表示制御方法およびコンピュータプログラム	塩見格一	H16. 3. 29	3888688	H18. 12. 8
大脳評価装置 PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 4. 28	4500955	H22. 4. 30
航空管制業務支援システム、航空機の位置を予測する方法及びコンピュータプログラム	塩見格一 金田直樹	H18. 10. 13	4355833	H21. 8. 14
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置(分割出願)	横山尚志	H13. 9. 6	3988828	H19. 7. 27
心身状態判定システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 2. 23	4505619	H22. 5. 14
電波反射体を用いた測定装置(分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3772191	H18. 2. 24
電波反射体を用いた移動体の航法方法(分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3840520	H18. 8. 18
航空管制卓(意匠)	塩見格一	H16. 5. 20	1242705	H17. 4. 28
全方向性を有する誘電体レンズ装置。	米本成人	H16. 8. 19	3822619	H18. 6. 30
高周波信号のデジタル I Q 検波方法	田嶋裕久 古賀禎 小瀬木滋	H16. 9. 15	3874295	H18. 11. 2
移動体の識別監視装置	米本成人 古賀禎	H16. 10. 8	3956025	H19. 5. 18
航空管制支援システム	塩見格一	H17. 2. 4	4148420	H20. 7. 4
ILSのグライドパス装置のGPパス予測方法	横山尚志 朝倉道弘	H16. 10. 6	3956024	H19. 5. 18
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム(No. 116 分割出願)	金田直樹 塩見格一	H15. 6. 3	3997549	H19. 8. 17
誘電体レンズを用いた電磁波の反射器、発生器及び信号機	米本成人	H17. 1. 18	3995687	H19. 8. 10
ドライバーの発話音声収集システム	塩見格一	H16. 12. 13	4296300	H21. 4. 24
移動体の測位方法及びその測位装置	古賀禎 田嶋裕久	H17. 2. 21	4736083	H23. 5. 13
航空管制システム及び航空管制システムで用いられる携帯情報端末	塩見格一 金田直樹	H17. 6. 21	4625954	H22. 11. 19
航空路管制用管制卓における順序・間隔付けヒューマンインタフェース装置	塩見格一 金田直樹	H17. 6. 21	4590559	H22. 9. 24
移動局監視システムのための監視連携装置およびその方法	二瓶子朗	H17. 12. 15	4703390	H23. 3. 18
飛行計画表示装置	三垣充彦	H18. 2. 9	4193195	H20. 10. 3
飛行計画表示装置(分割出願)	三垣充彦	H18. 2. 9	4736103	H23. 5. 13
音声中の非発話音声の判別処理方法	塩見格一	H18. 3. 30	4752028	H23. 6. 3
無線航法システムにおける信頼性指示装置	坂井丈泰	H18. 12. 11	4348453	H21. 7. 31
衛星航法システムにおける衛星軌道情報の伝送方法及びそれらの装置	坂井丈泰	H18. 12. 13	4613334	H22. 10. 29
ミリ波レーダ組み込み型ヘッドランプ	米本成人 河村暁子	H22. 5. 11	4919179	H24. 2. 10
衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法及びその装置。	坂井丈泰	H19. 9. 25	4644792	H22. 12. 17
全方向性を有する誘電体レンズ装置を用いた電磁波の反射器を有するアンテナ。	米本成人 河村暁子	H20. 10. 28	4812824	H23. 9. 2

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
作業監視システム	塩見格一	H20. 10. 31	4936147	H24. 3. 2

※  は平成23年度に実施されたものである。

②海外

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
被管制対象監視システム (アメリカ)	塩見格一	H6. 3. 11	5, 677, 841	H9. 10. 14
被管制対象監視システム (カナダ)	塩見格一	H6. 3. 11	2144291	H10. 5. 26
被管制対象監視システム (イギリス)	塩見格一	H6. 3. 11	671634	H14. 10. 2
被管制対象監視システム (ドイツ)	塩見格一	H6. 3. 11	69528403. 7	H14. 10. 2
被管制対象監視システム (フランス)	塩見格一	H6. 3. 11	671634	H14. 10. 2
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願:カナダ	塩見格一	H7. 5. 18	2167516	H15. 5. 13
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願:イギリス	塩見格一	H7. 5. 18	2295472	H10. 7. 22
飛行場運航票管理システムのユーザインタフェース装置 PCT出願:オーストラリア	塩見格一	H7. 5. 18	680365	H9. 11. 13
航空機管制支援システム(アメリカ国内)	塩見格一	H8. 3. 29	5, 941, 929	H11. 8. 24
航空機管制支援システム(カナダ国内)	塩見格一	H8. 3. 29	2, 201, 256	H13. 2. 6
飛行場管制支援システム:アメリカ	塩見格一	H10. 3. 25	6, 144, 915	H12. 11. 7
自動従属監視環境下における進入管制区航空機個別誘導システム:アメリカ	塩見格一	H10. 2. 24	6, 064, 939	H12. 5. 16
自動従属監視環境下における進入管制区航空機個別誘導システム:韓国	塩見格一	H10. 2. 26	538960	H17. 12. 20
滑走路予約システム:アメリカ	塩見格一	H9. 6. 9	US 6, 282, 487 B1	H13. 8. 28
滑走路予約システム:カナダ	塩見格一	H9. 6. 9	2239967	H14. 7. 30
滑走路予約システム:イギリス	塩見格一	H9. 6. 9	2327517	H11. 7. 28
滑走路予約システム:オーストラリア	塩見格一	H9. 6. 9	713823	H12. 3. 23
受動型SSR装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 344, 820 B1	H14. 2. 5
SSR装置及び航空機二次監視網 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 337, 652 B1	H14. 1. 8
管制装置システム:アメリカ	塩見格一	H12. 12. 7	US 6, 573, 888 B2	H15. 6. 3
音声による疲労・居眠り検知装置及び記録媒体:アメリカ	塩見格一	H12. 10. 19	US 6, 876, 964 B1	H17. 4. 5
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(韓国)	塩見格一	H14. 4. 10	10-722457	H19. 5. 21
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H14. 4. 10	158325	H24. 3. 30
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法(EP国内)	塩見格一	H14. 10. 23	1450331	H17. 12. 28
心身診断システム PCT出願(韓国)	塩見格一	H14. 11. 11	10-0596099	H18. 6. 26
心身診断システム PCT出願(インド国内)	塩見格一	H14. 11. 11	249868	H23. 11. 17
心身診断システム PCT出願(シンガポール国内)	塩見格一	H14. 11. 11	104430	H19. 7. 31
心身診断システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	US 7, 363, 226 B2	H20. 4. 22
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(韓国)	塩見格一	H16. 5. 10	10-0699042	H19. 3. 16
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(シンガポール)	塩見格一	H14. 11. 12	104553	H18. 11. 12
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H14. 11. 12	202992	H18. 11. 6
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H14. 11. 12	US 7, 678, 047 B2	H22. 3. 16

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H16. 9. 20	209578	H19. 12. 14
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H15. 2. 26	US 7, 392, 178 B2	H20. 6. 24
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(シンガポール国内)	塩見格一	H15. 2. 26	106483	H18. 10. 31
カオス論的指標値計算システム PCT出願(オーストラリア国内)	塩見格一	H15. 12. 26	2003292683	H22. 6. 3
カオス論的指標値計算システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H15. 12. 26	US 7, 321, 842 B2	H20. 1. 22
カオス論的指標値計算システム PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H15. 12. 26	170304	H23. 3. 31
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EPC(独国内))	塩見格一	H15. 12. 26	603 26 652. 5-08	H21. 3. 11
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EP(英国国内))	塩見格一	H15. 12. 26	1598749	H21. 3. 11
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EP(仏国内))	塩見格一	H15. 12. 26	1598749	H21. 3. 11
大脳評価装置 PCT出願 (アメリカ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	US 7, 988, 629 B2	H23. 8. 2
大脳評価装置 PCT出願 (イスラエル国内)	塩見格一	H16. 4. 28	178316	H22. 9. 1
大脳評価装置 PCT出願 (オーストラリア国内)	塩見格一	H16. 4. 28	AU 2004318986	H23. 6. 30
心身状態判定システム PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 2. 23	US 7, 737, 859 B2	H22. 6. 15
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び装置通信システム PCT出願(EP国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 8. 17	1722587	H23. 5. 11
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び装置通信システム PCT出願(アメリカ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 8. 17	US 7, 974, 600 B2	H23. 7. 5
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(アメリカ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	US 7, 640, 014 B2	H21. 12. 29
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(インド国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	224596	H20. 10. 21
画面情報表示方法、システム及びコンピュータプログラム (アメリカ国内)	塩見格一	H16. 1. 26	US 7, 091, 994 B2	H18. 8. 15
電波装置 アメリカ	米本成人	H17. 3. 9	US 7, 446, 730 B2	H20. 11. 4
アレイ型反射板とミリ波レーダ PCT出願(アメリカ国内)	山本憲夫 米本成人 山田公男	H18. 10. 27	US 7, 719, 463 B2	H22. 5. 18

## (2) 出願中

## ①日本国内

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内分割)	塩見格一	H15. 12. 26	2008-315325
リフレクトアレイ及びミリメートル波レーダー PCT出願(日本国内)	山本憲夫, 米本成人, 山田公男	H18. 10. 27	2008-538435
外部雑音改善型発話音声分析システム	塩見格一	H19. 3. 30	2007-092826
発話音響環境対応型発話音声分析システム	塩見格一	H19. 3. 30	2007-092827
天頂対流圏遅延量の推定値の算出方法	武市昇, 坂井丈泰, 福島荘之介, 伊藤憲	H20. 7. 9	2008-179639
作業適正判定システム	塩見格一	H20. 10. 31	2008-277494
G P S衛星信号の品質監視機能を有するG P S衛星信号品質監視方法及びG P S衛星信号の品質監視機能を備えたG P S衛星信号品質監視装置	齊藤真二	H21. 6. 4	2008-281299
導波管の接続機構 PCT(日本国内)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H21. 9. 17	2011-531713
衛星航法システムにおける測位誤差の補正方法及びその装置。	坂井丈泰	H22. 3. 25	2010-070313
衛星航法システムにおける電離圏異常を検出する方法及びその装置	藤田征吾	H22. 8. 20	2010-184690
直線偏波の制御方法及びその装置	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H23. 4. 26	2011-098137
自律神経の状態評価システム	塩見格一 原田あすか	H23. 7. 20	2011-158788
複合材及びその製造方法とこの複合材を用いた装置	米本 成人 河村 暁子 二ツ森 俊一	H23. 3. 30	2011-127301
RTK測位計算に利用する衛星の選択方法及びその装置	山田英輝	H23. 10. 18	2011-222054

## ②海外

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
受動型S S R装置 EP国内	塩見格一	H11. 10. 29	99951156. 1
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(EP国内)	塩見格一	H14. 4. 10	020717089. 3
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H15. 10. 15	1634/CHENP/2003
心身診断システム PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H14. 11. 11	161562
心身診断システム PCT出願(EP国内)	塩見格一	H14. 11. 11	02808120. 6
心身診断システム PCT出願(EP国内分割)	塩見格一	H14. 11. 11	10165213. 9
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H16. 5. 20	161892
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(EP国内)	塩見格一	H16. 5. 20	020780070
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H15. 2. 26	164174
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(EP国内)	塩見格一	H16. 10. 20	03744980. 8
カオス論的指標値計算システム PCT出願(カナダ国内)	塩見格一	H15. 12. 26	2516982
カオス論的指標値計算システム PCT出願(EP分割)	塩見格一	H15. 12. 26	08 009 363. 6
カオス論的指標値計算システム PCT出願(インド国内)	塩見格一	H15. 12. 26	3624/DELNP/2005
大脳評価装置 PCT出願 (EP国内)	塩見格一	H16. 4. 28	040729 983. 9

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
大脳評価装置 PCT出願 (カナダ国内)	塩見格一	H16. 4. 28	2, 560, 529
大脳評価装置 PCT出願 (インド国内)	塩見格一	H18. 9. 19	5443/DELNP/2006
心身状態判定システム PCT出願(EP国内)	塩見格一	H16. 2. 23	040713 642. 9-2305
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び装置通信システム PCT出願(カナダ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 8. 17	2557810
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(イスラエル国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	171970
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(カナダ国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	2, 526, 734
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局側通信制御方法及び通信システム PCT出願(EPC加盟国内)	金田直樹 塩見格一	H16. 6. 1	040745474. 9
誘電体レンズを用いた装置 PCT出願(アメリカ国内)	米本成人	H17. 7. 27	11/574, 012
ミリ波レーダー組み込み型ヘッドランプ (アメリカ)	米本成人 河村暁子	H23. 5. 11	13/105, 350
天頂対流圏遅延量の算出方法及び衛星測位信号の対流圏遅延量の補正方法 PCT出願(アメリカ国内)	武市昇, 坂井丈泰, 福島荘之介, 伊藤憲	H19. 12. 28	12/668, 355
運転者の眠気検出装置	塩見格一	H20. 3. 31	12/668, 355
RTK測位計算に利用する衛星の選択方法及びその装置(米国)	山田英輝	H24. 4. 9	13/442486

# 第 3 部 現 況



# 1 東日本大震災による業務への影響及び対応状況について

平成 23 年 3 月 11 日に襲った東日本大震災は、仙台空港（岩沼分室）を実証試験の拠点としていた当研究所にも甚大な被害をもたらした。被害の状況は、岩沼分室の庁舎 1 階及び航空機格納庫が冠水し、実験用航空機・実験用車両・受電設備及び庁舎 1 階にあった実験用機器並びに仙台空港内に設置していた実験用シュルタ・GNSS 基準局設備及び計測器などの備品等が全損する被害を受けた。

研究については、14 の研究課題が影響を受けた（「図 1 東日本大震災による研究への影響」参照）。このうち 1 件は平成 23 年度補正予算の執行により影響を回避できた。また、研究の順序を入れ替えたり実験規模を縮小するなどの計画変更を余儀なくされたものは 12 件あったが、研究への影響は最小限に食い止められている。残りの 1 件については、競争的資金により行っていた研究で、実験用航空機の被災により、平成 23 年度に予定していた航空機を使った実験を行うことができなくなったため、当該実験の時期を変更して

研究を継続することを検討したが、結果的に競争的資金の提供時期と研究計画との整合がとれなかったため、研究自体を中止することとした。

このような東日本大震災による被災に対して、当研究所は被災者支援及び復旧・復興に関する研究は行っていないものの、当研究所の研究を行うためには岩沼分室等の復旧が急務であり、理事長のリーダーシップのもと、航空局との連携を密にしながら、仙台空港の復旧計画と協調しつつ一丸となって迅速な対応に当たった。その結果、国による平成 23 年度第 1 次補正予算及び第 3 次補正予算を受け、被災した岩沼分室、電源キュービクル、航空機格納庫及び実験用シュルターなどを復旧した。また、実験用航空機、GNSS 実験設備、測定用車両については、調達を進めており、今後納入される予定となっている。なお、岩沼分室の復旧に当たっては、震災被害の再発を最小限にするため、庁舎 1 階にあった執務室及び重要な研究設備を庁舎 2 階に配置するなどの減災対策を行った。



被災後の岩沼分室庁舎



現在の岩沼分室庁舎

岩沼分室庁舎の復旧状況





調達中の実験用航空機（ビーチクラフト B300 キングエア-350）



被災後の格納庫（正面）



現在の格納庫（正面）

格納庫（正面）の復旧状況



(a) 被災後の格納庫（裏面）



(b) 現在の格納庫（裏面）

格納庫（裏側）の復旧状況

		研究課題名	被災施設		H22	H23	H24	H25	H26	H27	備考
被災の影響を受けた研究	重点研究	後続実施	GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発 (H20~23)	実験用航空機 GBAS テストベッド GBAS 基準局 電源 キュービクル	当初計画	飛行実験					【飛行実験】 共同研究先保有の航空機にて安全性に関する部分は実施 VDB測定など、残りは後続研究内で吸収 【電離圏長期計測】 岩沼GNSS設備が整備されるまでの間、中止
						電離圏長期計測					
			被災による変更	飛行実験	他航空機		後続研究				
			電離圏長期計測								
		影響なし	カテゴリIII着陸に対応したGBASの安全性設計および検証技術の開発 (H23~26)	実験用航空機 GBAS テストベッド GBAS 基準局 電源 キュービクル	当初計画	飛行実験					【飛行実験】 H25年度末までに機上評価装置搭載で、影響なし 【電離圏長期計測】 3次補正予算により、影響なく期限内に終了
						電離圏長期計測					
		被災による変更	飛行実験								
		電離圏長期計測									
	計画変更	空港面監視技術高度化の研究 (H21~24)	OCTPASS 評価装置	当初計画	性能試験					【性能試験】 ENRIグラウンドにて予備実験をし、岩沼での実験を極力短くすることで、期限内に終了	
				被災による変更	性能試験	予備実験					
	後続実施	携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究 (H21~24)	実験用航空機	当初計画	航空機内部からの電波伝搬データ取得					【データ取得】 研究期間終了後、追跡研究として、新しい実験用航空機を用いて評価試験を実施	
				被災による変更	航空機内部からの電波伝搬データ取得			後続研究			
	計画変更	監視システムの技術性能要件の研究 (H22~25)	実験用航空機	当初計画	飛行実験					飛行検査機にて便乗実験。期限内に終了予定	
				被災による変更	飛行実験	飛行検査機					
	計画変更	ハイブリッド監視技術の研究 (H23~27)	実験用航空機	当初計画	飛行実験					飛行実験期間を短縮して、期限内に終了	
				被災による変更	飛行実験						
計画変更	空港周辺の空地通信網へのC/Vバンド汎用高速通信技術の適用に関する研究 (H24~27)	MLSセルタ 電源 キュービクル	当初計画	基地局等テストベッド構築					計画を変更し、プロトタイプ装置の設置場所を空港内から分室庁舎へ変更するよう計画を変更		
			被災による変更	基地局等テストベッド構築							
後続実施	トラジェクトリモデルに関する研究 (H21~24)	岩沼研修センター	当初計画	管制業務の分析					岩沼に代わり、東京管制部でのビデオ撮影を実施 今後分析を進めていくが、継続研究でも対応		
			被災による変更	管制業務の分析			後続研究				
指定A	規模縮小	実験用航空機	当初計画	飛行実験		相乗実験			飛行実験を中止し、ADS-B情報を利用した測位精度評価		
			被災による変更	飛行実験		中止					
指定B	後続実施	測定車 電源 キュービクル ASDE装置	当初計画	検出感度評価試験					岩沼分室電源が復旧を待つため、ASDE本体の確認は来年度早々に実施予定 測定車については、補正予算での復旧へ向けて調整中		
			被災による変更	検出感度評価試験			後続研究				
規模縮小	航空用放送型サービスの応用方式に関する基礎的研究 (H23~24)	実験用航空機	当初計画	飛行実験					飛行実験を中止し、既存のデータにて検証・シミュレーション実環境評価のため、研究期間延長も視野に検討中		
			被災による変更	飛行実験		中止	中止				
基礎	規模縮小	実験用航空機	当初計画	飛行実験					地上実験のみとして終了とした		
			被災による変更	飛行実験			中止				
競争的資金	研究中止	実験用航空機	当初計画	飛行実験					研究自体の中止(ENRIのみ)		
			被災による変更	飛行実験		中止					
計画変更	障害に強い(ロバストな)位置情報のための地域的測位衛星の高度利用 (H22~H24)	実験用航空機	当初計画	測位実証実験					民間事業者の実験機を使用		
			被災による変更	測位実証実験		民間航空機					

研究期間

図1 東日本大震災による研究への影響

## 2 平成23年度に購入した主要機器

公用車(岩沼分室・トヨタプリウス) 1台
頭部近赤外光計測装置 1式
脳機能計測装置 1式
アンテナ測定システム周波数拡張アクセサリ 1式
掃引信号発生器 1式
高周波小信号増幅器 1式
ミリ波レーダ無線部 1式
白色雑音発生装置 1式
受動型SSR用フロファイラ 1式
光ファイバ接続型受動監視システムターゲット処理部機能 1式
アクセスマスタ 1式
実験用シェルタ 2式
実験用GBAS機上装置の航空機搭載器具 1式
光ファイバ接続型受動監視システム高周波信号送信処理部

## 3 主要施設及び機器

### 1 電波無響室

電子航法の分野では、電波を送受信するアンテナの性能や空間中の電波伝搬特性が機器の性能に大きく影響する。このため、アンテナおよび電波伝搬に関する試験研究が重要になっている。当研究所では、これらの試験研究のための実験施設として、電波無響室を整備した。

電波無響室はシールド壁内部を電波吸収材で被覆した構造を持っている。シールド壁により電波が遮蔽されるため、外来電波の影響を受けず研究所周辺への干渉を防止することができる。さらに、電波吸収材により電波の反射を抑制できるため、電波無響室内は広大な自由空間と同様な伝搬特性を実現できる。

電波無響室内では、アンテナの特性測定や空港モデルを用いた着陸進入コースの電波伝搬特性測定などが行われてきている。また、各種の干渉妨害に関する測定実験も行われている。

〔要目概要〕

内装寸法： 32×7×5 m

周波数範囲： 0.5～100GHz以上

反射減衰量： 30dB 以上

遮蔽減衰量： 80dB 以上

付属設備： 計測室、空調設備、空中線特性試験装置、アンテナ回転台移動装置、計測機器ピット、各種無線計測機器、非常照明

### 2 アンテナ試験塔

アンテナ試験塔は、昭和52年に建設され、VORの研究などで使用されてきた。

平成17年度には、二次監視レーダー（SSR）モードSの高度運用技術の研究で使用するため、レーダー設置台を設置するなどの改修を行った。平成19年度には、回転式アンテナを含むSSR装置が設置された。

このほかに、屋上には、実験などに利用するためのスペースが確保されており、GPSアンテナなどが設置されている。

〔要目概要〕

高さ： 19.15 m

### 3 電子計算機システム及びネットワーク

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

以降、MELCOM、FACOM、ACOS と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の高まりと、併せて研究内容の変化に対応させるために、ワークステーションをネットワークに接続したシステムに移行し、複数のサーバ・システムと各研究部に設置するローカル・クライアントからなるシステムの運用となった。

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

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

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

〔ネットワークの現状〕

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

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

### 4 実験用航空機

電子航法の実験や試験のために航空機をもつことは、当研究所の特色である。

昭和40年7月より、米国のビーチクラフトスーパーH-18型機を使用した。その後、使用10年を経過し、部品入手が困難になったため当機の更新を計画し、昭和49、50年度に米国のビーチクラフトB-99を購入し、昭和50年10月に当研究所に引き渡された。昭和51年1月から運用を開始したが、調布における運用制限のため、同年10月当研究所岩沼分室が宮城県岩沼市に設置されたことにより仙台空港を定置場とした。

しかし、同機は平成23年3月11日に発生した東日本大震災による津波にて被災、全損となった。更新機については調達を進めており、今後納入される予定となっている。

### 5 仮想現実実験施設

航空管制業務には、レーダーにより航空機を監視して行う航空路管制業務及びターミナル管制業務と、管制官が肉眼で航空機を監視しながら行う飛行場管制業務とが存在する。

今日の航空管制業務は、多数の管制官と多数の管制機器

及び管制援助機器が複雑に関連するシステムで行われており、その効率化を実現するための研究等には、業務環境を模擬した環境におけるシミュレーションが不可欠と考えられている。

本施設は、管制塔における管制官の業務環境を視聴覚的な仮想現実感を用いて模擬する機能を有するものであり、本施設により飛行場管制業務に係るシミュレーションを、レーダーを使用した航空路管制業務或はターミナル管制業務シミュレーションと同様に、実施することが可能となった。

また、本施設は操縦シミュレータを有し、固定翼機及び回転翼機について、管制指示を受けながらの航行の模擬が可能となっている。

飛行場管制業務を含む航空管制業務環境を模擬する航空管制シミュレータと操縦シミュレータは接続されており、管制官とパイロットが同時に参加するシミュレーションを可能としている。

[諸元・性能]

プラットフォーム： MS Windows NT 4 / 2000

描画性能： 200Mpoligons / s

管制業務シミュレータ画像出力部：

360° / 8面、15.0mΦ

操縦シミュレータ画像出力部： 150° / 3面、5.6mΦ

## 4 刊行物

当研究所の発行する刊行物は、下記のとおりである。

電子航法研究所報告（不定期刊行）  
電子航法研究所研究発表会講演概要（年刊）  
電子航法研究所年報（年刊）  
電子航法研究所要覧（案内）（年刊）  
電子航法研究所広報誌「e-なび」（季刊）

## 5 行事等

当研究所の平成23度における行事等は、下記のとおりである。

- 第1回研究交流会〔平成23年6月14日（火）〕 「DLR リモートタワー講演会」  
ドイツ航空宇宙研究所（DLR）から講師を招き、以下の講演等を行った。  
講演「リモートタワー用カメラのフレームレートが管制官の意思決定に与える影響に関する研究」  
講演者：ドイツ航空宇宙研究所 Norbert Furstenau 氏
- 研究発表会〔平成23年6月16日（木）～17日（金）〕  
平成23年度（第11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391名）
- 第2回研究交流会〔平成23年7月8日（金）〕 「レジリエンス工学研究会」  
東北大学未来科学技術共同研究センターより講師を招き、以下の講演及び勉強会等を行った。  
講演「レジリエンスエンジニアリングセミナー」  
講演者：東北大学 名誉教授 北村 正晴 氏
- 第3回研究交流会〔平成23年7月13日（水）〕 「DSNA/DTIとの研究交流会」  
フランス大使館から参事官を代表に、同国航空局（DGAC）、航空交通サービス機関（DSNA）及びTHALES社の技術者を招き、ヨーロッパの最近の航空交通予測技術及びシャルルドゴール空港での空港面航空交通管理システムに関する研究紹介及び意見交換を行った。
- 第4回研究交流会〔平成23年9月16日（金）〕 「Jeppesen AR研究者との交流会」  
ドイツのコンサルタント会社であるJeppesen Advance Research社より技術主任等を招き、同社のATM関係の研究、機上ディスプレイ及び学生教育プログラム等に関する研究紹介及び意見交換を行った。
- 第50回出前講座〔平成23年9月22日（木）〕 全日本空輸株式会社  
電子航法研究所出前講座を全日本空輸株式会社において開催した。  
1. 電子航法研究所の活動について（研究企画統括 山本 憲夫）  
2. ADS-Bとは何か？（機上等技術領域 小瀬木 滋）  
3. 機上監視応用の標準化動向と実用化試験の例（機上等技術領域 大津山 卓哉）  
4. SSRモードSによる動態情報の取得技術について（機上等技術領域 松永 圭左）  
5. 羽田空港の地上タキシングの現状と今後（航空交通管理領域 森 亮太）  
6. TBOに係る軌道予測の研究について（航空交通管理領域 瀬之口 敦）
- 第51回出前講座〔平成23年10月4日（火）〕 大阪航空局鹿児島空港事務所  
電子航法研究所出前講座を大阪航空局鹿児島空港事務所において開催した。  
1. 電子航法研究所の活動紹介（企画課 齋藤 賢一）  
2. 衛星航法システムによる進入着陸システム（GBAS）の概要と開発動向（通信・航法・監視領域 福島 荘之介）  
3. 空港面マルチラテレーションについて（通信・航法・監視領域 宮崎 裕己）  
4. 空港面交通管理手法に関する研究（航空交通管理領域 山田 泉）
- 特別出前講座〔平成23年10月14日（金）〕 早稲田大学  
電子航法研究所特別出前講座を早稲田大学において開催した。  
電子航法研究所の概要説明（企画課 齋藤 賢一）
- 第52回出前講座〔平成23年11月2日（水）〕 東京航空局  
電子航法研究所出前講座を東京航空局において開催した。  
関西空港におけるGBASプロトタイプによる飛行実験（通信・航法・監視領域 伊藤 正宏）
- 第5回研究交流会〔平成23年11月7日（月）〕 「分散認知について（レディング大学）」  
英国レディング大学より研究員を招き、協調作業現場でのエージェント同士のインタラクションを分析するための支援ツール「TITAN」についてのセミナー及び意見交換を行った。
- 第53回出前講座〔平成23年11月9日（水）〕 SJAC  
電子航法研究所出前講座を一般社団法人日本航空宇宙工業会において開催した。  
1. 将来の航空用高速データリンク（通信・航法・監視領域 北折 潤）  
2. 携帯電子機器による航空機システムへの電磁干渉（機上等技術領域 二ツ森 俊一）  
3. ミリ波レーダを用いたヘリコプタ衝突防止技術（機上等技術領域 二ツ森 俊一）

特別出前講座〔平成23年11月9日（水）〕航空保安大学校

電子航法研究所特別出前講座を航空保安大学校において開催した。

G B A Sによる新しい運行方式に関する研究 (通信・航法・監視領域 伊藤 正宏)

平成23年度電子航法研究所講演会〔平成23年11月21日（月）〕

「羽田を変えるENRIの技術」をテーマとして、羽田空港第一旅客ターミナルギャラクシーホールにて講演会を開催した。

講演プログラム

1. 安全の新しいとらえ方 ～レジリエンスエンジニアリングの視点から～  
講演者：東北大学 名誉教授 北村 正晴 氏 (招待講演)
2. 電子航法研究所の最近の活動  
講演者：研究企画統括 山本 憲夫
3. マルチラテレーション航空機監視システムの高度化  
講演者：通信・航法・監視領域 角張 泰之
4. 羽田空港の空港面交通流の特徴について  
講演者：航空交通管理領域 山田 泉
5. 航空気象情報の見える化について  
講演者：航空交通管理領域 新井 直樹
6. 携帯電話の電波が航空機に与える影響の評価  
講演者：機上等技術領域 米本 成人

特別出前講座〔平成23年11月30日（水）〕航空保安大学校

電子航法研究所特別出前講座を航空保安大学校において開催した。

トラジェクトリ及び長期ビジョンについて (航空交通管理領域 福田 豊)

第54回出前講座〔平成23年12月18日（金）〕(株)NTTデータ

電子航法研究所出前講座を株式会社NTTデータにおいて開催した。

1. 電子航法研究所の活動紹介 (航空交通管理領域 藤森 武男)
2. 軌道ベース運用の研究開発 (航空交通管理領域 マーク ブラウン)
3. 到着交通流の時間管理 (航空交通管理領域 瀬之口 敦)
4. 航空機の軌道生成 (航空交通管理領域 白川 昌之)

第6回研究交流会〔平成24年1月13日（金）〕「CARATS-WG活動報告会」

CARATS W/Gメンバー間による進捗報告会を行った。

第55回出前講座〔平成24年1月18日（月）〕航空保安施設信頼性センター

電子航法研究所出前講座を財団法人航空保安施設信頼性センターにおいて開催した。

B 7 8 7によるG B A S飛行実験 (通信・航法・監視領域 伊藤 正宏)

第56回出前講座〔平成24年1月28日（土）〕日本航空機操縦士協会

電子航法研究所出前講座を公益社団法人日本航空機操縦士協会において開催した。

航空気象情報の見える化について (航空交通管理領域 新井 直樹)

第7回研究交流会〔平成24年2月17日（金）〕「防衛省技術研究本部研究者との意見交流会」

防衛省技術研究本部の研究官及び企画担当官等を招き、今後の交流が特に期待できる無線技術、レーダ技術等に関する研究紹介及び討議を行った。

第8回研究交流会〔平成24年2月23日（木）〕「最新アビオニクスについて」

ANA整備本部より講師を招き、以下の講演及び意見交換を実施した。

講演「IMA (Integrated Modular Avionics) デザインの歴史と現状」

講演者：西脇 賢 氏 (全日本空輸株式会社)

講演「ANAにおけるデータリンクの活用」

講演者：服部 憲昭 氏 (全日本空輸株式会社)

平成23年度評議員会〔平成24年 3月1日（木）〕

評議員会において下記課題に関する評価を実施した。

事前評価課題「到着経路を含めた洋上経路の最適化の研究」

「WiMAX技術を用いたCバンド空港空地通信網に関する研究」

事後評価課題「ターミナル空域の評価手法に関する研究」

「GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発」

「洋上経路システムの高度化の研究」

第57回出前講座〔平成24年3月27日（火）〕運輸安全委員会

電子航法研究所出前講座を運輸安全委員会において開催した。

1. 発話音声分析技術 (機上等技術領域 塩見 格一)
2. 航空気象情報可視化ツールの開発 (航空交通管理領域 新井 直樹)

## 6 職員表彰

◎ 理事長表彰（平成23年4月1日）

特 別

伊藤 恵理（航空交通管理領域）

「ICAS（国際航空科学会議）において、“ICAS John J. Green Award 2010”を受賞」

富永 典海（岩沼分室）

「東日本大震災に伴う津波の発生に際し、冷静沈着な行動により人的被害の防止、的確な資産保全対応に貢献」



# 付 録



# 1 独立行政法人電子航法研究所法

(平成十一年十二月二十二日法律第二百十号)

最終改正：平成二〇年一月二六日法律第九五号

第一章 総則（第一条—第五条）

第二章 役員及び職員（第六条—第十条）

第三章 業務等（第十一条—第十三条）

第四章 雑則（第十四条）

第五章 罰則（第十五条・第十六条）

附則

## 第一章 総則

(目的)

**第一条** この法律は、独立行政法人電子航法研究所の名称、目的、業務の範囲等に関する事項を定めることを目的とする。

(名称)

**第二条** この法律及び独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号。以下「通則法」という。）の定めるところにより設立される通則法第二条第一項に規定する独立行政法人の名称は、独立行政法人電子航法研究所とする。

(研究所の目的)

**第三条** 独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）は、電子航法（電子技術を利用した航法をいう。以下同じ。）に関する試験、調査、研究及び開発等を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的とする。

(事務所)

**第四条** 研究所は、主たる事務所を東京都に置く。

(資本金)

**第五条** 研究所の資本金は、附則第五条第二項の規定により政府から出資があったものとされた金額とする。

2 政府は、必要があると認めるときは、予算で定める金額の範囲内において、研究所に追加して出資することができる。

3 研究所は、前項の規定による政府の出資があったときは、その出資額により資本金を増加するものとする。

## 第二章 役員及び職員

(役員)

**第六条** 研究所に、役員として、その長である理事長及び監事二人を置く。

2 研究所に、役員として、理事一人を置くことができる。

(理事の職務及び権限等)

**第七条** 理事は、理事長の定めるところにより、理事長を補佐して研究所の業務を掌理する。

2 通則法第十九条第二項 の個別法で定める役員は、理事とする。ただし、理事が置かれていないときは、監事とする。

3 前項ただし書の場合において、通則法第十九条第二項 の規定により理事長の職務を代理し又はその職務を行う監事は、その間、監事の職務を行ってはならない。

(役員任期)

**第八条** 役員任期は、二年とする。

(役員及び職員の秘密保持義務)

**第九条** 研究所の役員及び職員は、職務上知ることのできた秘密を漏らし、又は盗用してはならない。その職を退いた後も、同様とする。

(役員及び職員の地位)

**第十条** 研究所の役員及び職員は、刑法（明治四十年法律第四十五号）その他の罰則の適用については、法令により公務に従事する職員とみなす。

### 第三章 業務等

(業務の範囲)

**第十一条** 研究所は、第三条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- 一 電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うこと。
- 二 前号に掲げる業務に係る成果を普及すること。
- 三 電子航法に関する情報を収集し、整理し、及び提供すること。
- 四 前三号に掲げる業務に附帯する業務を行うこと。

**第十二条** 削除

(積立金の処分)

**第十三条** 研究所は、通則法第二十九条第二項第一号 に規定する中期目標の期間（以下この項において「中期目標の期間」という。）の最後の事業年度に係る通則法第四十四条第一項 又は第二項 の規定による整理を行った後、同条第一項 の規定による積立金があるときは、その額に相当する金額のうち国土交通大臣の承認を受けた金額を、当該中期目標の期間の次の中期目標の期間に係る通則法第三十条第一項 の認可を受けた中期計画（同項 後段の規定による変更の認可を受けたときは、その変更後のもの）の定めるところにより、当該次の中期目標の期間における第十一条に規定する業務の財源に充てることができる。

2 国土交通大臣は、前項の規定による承認をしようとするときは、あらかじめ、国土交通省の独立行政法人評価委員会の意見を聴くとともに、財務大臣に協議しなければならない。

- 3 研究所は、第一項に規定する積立金の額に相当する金額から同項の規定による承認を受けた金額を控除してなお残余があるときは、その残余の額を国庫に納付しなければならない。
- 4 前三項に定めるもののほか、納付金の納付の手續その他積立金の処分に関し必要な事項は、政令で定める。

#### 第四章 雑則

(主務大臣等)

**第十四条** 研究所に係る通則法 における主務大臣、主務省及び主務省令は、それぞれ国土交通大臣、国土交通省及び国土交通省令とする。

#### 第五章 罰則

**第十五条** 第九条の規定に違反して秘密を漏らし、又は盗用した者は、一年以下の懲役又は五十万円以下の罰金に処する。

**第十六条** 次の各号のいずれかに該当する場合には、その違反行為をした研究所の役員は、二十万円以下の過料に処する。

- 一 第十一条に規定する業務以外の業務を行ったとき。
- 二 第十三条第一項の規定により国土交通大臣の承認を受けなければならない場合において、その承認を受けなかったとき。

#### 附 則

(施行期日)

**第一条** この法律は、平成十三年一月六日から施行する。

(職員の引継ぎ等)

**第二条** 研究所の成立の際現に国土交通省の部局又は機関で政令で定めるものの職員である者は、別に辞令を發せられない限り、研究所の成立の日において、研究所の相当の職員となるものとする。

**第三条** 研究所の成立の際現に前条に規定する政令で定める部局又は機関の職員である者のうち、研究所の成立の日において引き続き研究所の職員となったもの（次条において「引継職員」という。）であつて、研究所の成立の日の前日において国土交通大臣又はその委任を受けた者から児童手当法（昭和四十六年法律第七十三号）第七条第一項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。以下この条において同じ。）の規定による認定を受けているものが、研究所の成立の日において児童手当又は同法附則第六条第一項、第七条第一項若しくは第八条第一項の給付（以下この条において「特例給付等」という。）の支給要件に該当するときは、その者に対する児童手当又は特例給付等の支給に関しては、研究所の成立の日において同法第七条第一項の規定による市町村長（特別区の区長を含む。）の認定があつたものとみなす。この場合において、その認定があつたものとみなされた児童手当又は特例給付等の支給は、同法第八条第二項（同法附則第六条第二項、第七条第四項又は第八条第四項において準用する場合を含む。）の規定にかかわらず、研究所の成立の日の前日の属する月の翌月から始める。

(研究所の職員となる者の職員団体についての経過措置)

**第四条** 研究所の成立の際現に存する国家公務員法（昭和二十二年法律第二十号）第百八条の二第一項に規定する職員団体であつて、その構成員の過半数が引継職員であるものは、研究所の成立の際国営企業及び特定独立行政法人の労働関係に関する法律（昭和三十二年法律第二百五十七号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、当該職員団体が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

- 2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法（昭和二十四年法律第七十四号）第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。
- 3 第一項の規定により労働組合となったものについては、研究所の成立の日から起算して六十日を経過する日までは、労働組合法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

(権利義務の承継等)

**第五条** 研究所の成立の際、第十条に規定する業務に関し、現に国が有する権利及び義務のうち政令で定めるものは、研究所の成立の時ににおいて研究所が承継する。

- 2 前項の規定により研究所が国の有する権利及び義務を承継したときは、その承継の際、承継される権利に係る土地、建物その他の財産で政令で定めるものの価額の合計額に相当する金額は、政府から研究所に対し出資されたものとする。
- 3 前項の規定により政府から出資があつたものとされる同項の財産の価額は、研究所の成立の日現在における時価を基準として評価委員が評価した価額とする。
- 4 前項の評価委員その他評価に関し必要な事項は、政令で定める。

(国有財産の無償使用)

**第六条** 国土交通大臣は、研究所の成立の際現に国土交通省に置かれる試験研究機関であつて電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うものに使用されている国有財産で政令で定めるものを、政令で定めるところにより、研究所の用に供するため、研究所に無償で使用させることができる。

(政令への委任)

**第七条** 附則第二条から前条までに定めるもののほか、研究所の設立に伴い必要な経過措置その他この法律の施行に関し必要な経過措置は、政令で定める。

**附 則** （平成一二年五月二六日法律第八四号） 抄

(施行期日)

**第一条** この法律は、平成十二年六月一日から施行する。

**附 則** （平成一八年三月三十一日法律第二八号） 抄

(施行期日)

**第一条** この法律は、平成十八年四月一日から施行する。ただし、附則第九条第二項及び第三項並びに第十五条の規定は、

公布の日から施行する。

(職員の引継ぎ等)

**第二条** この法律の施行の際現に独立行政法人北海道開発土木研究所及び独立行政法人海技大学校（以下「北海道開発土木研究所等」という。）の職員である者は、別に辞令を発せられない限り、この法律の施行の日（以下「施行日」という。）において、それぞれ、独立行政法人北海道開発土木研究所の職員にあつては独立行政法人土木研究所の、独立行政法人海技大学校の職員にあつては独立行政法人海技教育機構の職員となるものとする。

2 この法律の施行の際現に独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海員学校及び独立行政法人航空大学校の職員である者は、別に辞令を発せられない限り、施行日において、引き続きそれぞれの独立行政法人（独立行政法人海員学校にあつては、独立行政法人海技教育機構）の職員となるものとする。

**第三条** 前条の規定により独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海技教育機構及び独立行政法人航空大学校（以下「施行日後の土木研究所等」という。）の職員となった者に対する国家公務員法（昭和二十二年法律第二百十号）第八十二条第二項の規定の適用については、当該施行日後の土木研究所等の職員を同項に規定する特別職国家公務員等と、前条の規定により国家公務員としての身分を失ったことを任命権者の要請に応じ同項に規定する特別職国家公務員等となるため退職したこととみなす。

**第四条** 附則第二条の規定により施行日後の土木研究所等の職員となる者に対しては、国家公務員退職手当法（昭和二十八年法律第八十二号）に基づく退職手当は、支給しない。

2 施行日後の土木研究所等は、前項の規定の適用を受けた当該施行日後の土木研究所等の職員の退職に際し、退職手当を支給しようとするときは、その者の国家公務員退職手当法第二条第一項に規定する職員（同条第二項の規定により職員とみなされる者を含む。）としての引き続きいた在職期間を当該施行日後の土木研究所等の職員としての在職期間とみなして取り扱うべきものとする。

3 施行日の前日に独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、独立行政法人交通安全環境研究所、独立行政法人海上技術安全研究所、独立行政法人港湾空港技術研究所、独立行政法人電子航法研究所、独立行政法人北海道開発土木研究所、独立行政法人海技大学校、独立行政法人航海訓練所、独立行政法人海員学校及び独立行政法人航空大学校（以下「施行日前の土木研究所等」という。）の職員として在職する者が、附則第二条の規定により引き続いて施行日後の土木研究所等の職員となり、かつ、引き続き当該施行日後の土木研究所等の職員として在職した後引き続き国家公務員退職手当法第二条第一項に規定する職員となった場合におけるその者の同法に基づいて支給する退職手当の算定の基礎となる勤続期間の計算については、その者の当該施行日後の土木研究所等の職員としての在職期間を同項に規定する職員としての引き続きいた在職期間とみなす。ただし、その者が当該施行日後の土木研究所等を退職したことにより退職手当（これに相当する給付を含む。）の支給を受けているときは、この限りでない。

4 施行日後の土木研究所等は、施行日の前日に施行日前の土木研究所等の職員として在職し、附則第二条の規定により引

き続いて施行日後の土木研究所等の職員となった者のうち施行日から雇用保険法（昭和四十九年法律第百十六号）による失業等給付の受給資格を取得するまでの間に当該施行日後の土木研究所等を退職したものであって、その退職した日まで当該施行日前の土木研究所等の職員として在職したものとしたならば国家公務員退職手当法第十条の規定による退職手当の支給を受けることができるものに対しては、同条の規定の例により算定した退職手当の額に相当する額を退職手当として支給するものとする。

（国家公務員退職手当法の適用に関する経過措置）

**第五条** 施行日前に施行日前の土木研究所等を退職した者に関する国家公務員退職手当法第十二条の二及び第十二条の三の規定の適用については、独立行政法人土木研究所及び独立行政法人北海道開発土木研究所を退職した者にあつては独立行政法人土木研究所の、独立行政法人建築研究所を退職した者にあつては独立行政法人建築研究所の、独立行政法人交通安全環境研究所を退職した者にあつては独立行政法人交通安全環境研究所の、独立行政法人海上技術安全研究所を退職した者にあつては独立行政法人海上技術安全研究所の、独立行政法人港湾空港技術研究所を退職した者にあつては独立行政法人港湾空港技術研究所の、独立行政法人電子航法研究所を退職した者にあつては独立行政法人電子航法研究所の、独立行政法人海技大学校及び独立行政法人海員学校を退職した者にあつては独立行政法人海技教育機構の、独立行政法人航海訓練所を退職した者にあつては独立行政法人航海訓練所の、独立行政法人航空大学校を退職した者にあつては独立行政法人航空大学校の理事長は、同法第十二条の二第一項に規定する各省各庁の長等とみなす。

（労働組合についての経過措置）

**第六条** この法律の施行の際現に存する特定独立行政法人等の労働関係に関する法律（昭和二十三年法律第二百五十七号。次条において「特労法」という。）第四条第二項に規定する労働組合であつて、その構成員の過半数が附則第二条の規定により施行日後の土木研究所等の職員となる者であるもの（以下この項において「旧労働組合」という。）は、この法律の施行の際労働組合法（昭和二十四年法律第七十四号）の適用を受ける労働組合となるものとする。この場合において、旧労働組合が法人であるときは、法人である労働組合となるものとする。

- 2 前項の規定により法人である労働組合となったものは、施行日から起算して六十日を経過する日までに、労働組合法第二条及び第五条第二項の規定に適合する旨の労働委員会の証明を受け、かつ、その主たる事務所の所在地において登記しなければ、その日の経過により解散するものとする。
- 3 第一項の規定により労働組合法の適用を受ける労働組合となったものについては、施行日から起算して六十日を経過する日までは、同法第二条ただし書（第一号に係る部分に限る。）の規定は、適用しない。

（不当労働行為の申立て等についての経過措置）

**第七条** 施行日前に特労法第十八条の規定に基づき施行日前の土木研究所等がした解雇に係る中央労働委員会に対する申立て及び中央労働委員会による命令の期間については、なお従前の例による。

- 2 この法律の施行の際現に中央労働委員会に係属している施行日前の土木研究所等とその職員に係る特労法の適用を受ける労働組合とを当事者とするあつせん、調停又は仲裁に係る事件に関する特労法第三章（第十二条及び第十六条の規定を除く。）及び第六章に規定する事項については、なお従前の例による。

(北海道開発土木研究所等の解散等)

- 第八条** 北海道開発土木研究所等は、この法律の施行の時ににおいて解散するものとし、次項の規定により国が承継する資産を除き、その一切の権利及び義務は、その時ににおいて、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ承継する。
- 2 この法律の施行の際現に北海道開発土木研究所等有する権利のうち、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれその業務を確実に実施するために必要な資産以外の資産は、この法律の施行の時ににおいて国が承継する。
- 3 前項の規定により国が承継する資産の範囲その他当該資産の国への承継に関し必要な事項は、政令で定める。
- 4 北海道開発土木研究所等の平成十七年四月一日に始まる事業年度に係る独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号。以下この条において「通則法」という。）第三十八条の規定による財務諸表、事業報告書及び決算報告書の作成等については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ行うものとする。
- 5 北海道開発土木研究所等の平成十七年四月一日に始まる事業年度における業務の実績については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ評価を受けるものとする。この場合において、通則法第三十二条第三項の規定による通知及び勧告は、それぞれ独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構に対してなされるものとする。
- 6 北海道開発土木研究所等の平成十七年四月一日に始まる事業年度における利益及び損失の処理については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ行うものとする。
- 7 北海道開発土木研究所等の平成十三年四月一日に始まる通則法第二十九条第二項第一号に規定する中期目標の期間（以下この条において「中期目標の期間」という。）に係る通則法第三十三条の規定による事業報告書の提出及び公表については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ行うものとする。
- 8 北海道開発土木研究所等の平成十三年四月一日に始まる中期目標の期間における業務の実績については、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ評価を受けるものとする。この場合において、通則法第三十四条第三項において準用する通則法第三十二条第三項の規定による通知及び勧告は、それぞれ独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構に対してなされるものとする。
- 9 北海道開発土木研究所等の平成十三年四月一日に始まる中期目標の期間における積立金の処分は、独立行政法人北海道開発土木研究所に係るものにあつては独立行政法人土木研究所が、独立行政法人海技大学校に係るものにあつては独立行政法人海技教育機構が、それぞれ従前の例により行うものとする。この場合において、附則第十二条第一号の規定による廃止前の独立行政法人北海道開発土木研究所法（平成十一年法律第二百十一号。次条第一項において「旧北海道開発土木研究所法」という。）第十二条第一項中「当該中期目標の期間の次の」とあるのは「独立行政法人土木研究所の平成十八年四月一日に始まる」と、「次の中期目標の期間における前条」とあるのは「中期目標の期間における独立行政法人土木研究所法（平成十一年法律第二百五号）第十二条」と、附則第十二条第二号の規定による廃止前の独立行政法人海技大学校法（平成十一年法律第二百十二号。次条第一項及び附則第十一条において「旧海技大学校法」という。）第十一条第一



項中「当該中期目標の期間の次の」とあるのは「独立行政法人海技教育機構の平成十八年四月一日に始まる」と、「次の中期目標の期間における前条」とあるのは「中期目標の期間における独立行政法人海技教育機構法（平成十一年法律第二百十四号）第十一条」とする。

10 第一項の規定により北海道開発土木研究所等が解散した場合における解散の登記については、政令で定める。

（独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構への出資）

**第九条** 前条第一項の規定により独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構が北海道開発土木研究所等の権利及び義務を承継したときは、それぞれその承継に際し、独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構が承継する資産の価額（同条第九項の規定により読み替えられた旧北海道開発土木研究所法第十二条第一項又は旧海技大学校法第十一条第一項の規定による承認を受けた金額があるときは、当該金額に相当する金額を除く。）から負債の金額を差し引いた額は、政府から独立行政法人土木研究所又は独立行政法人海技教育機構に出資されたものとする。

2 前項に規定する資産の価額は、施行日現在における時価を基準として評価委員が評価した価額とする。

3 前項の評価委員その他評価に関し必要な事項は、政令で定める。

（独立行政法人土木研究所に係る国有財産の無償使用）

**第十条** 国土交通大臣は、この法律の施行の際現に独立行政法人北海道開発土木研究所に使用されている国有財産であつて政令で定めるものを、政令で定めるところにより、独立行政法人土木研究所の用に供するため、独立行政法人土木研究所に無償で使用させることができる。

（独立行政法人海技教育機構に係る財産の無償使用）

**第十一条** 国は、この法律の施行の際現に旧海技大学校法附則第六条の規定に基づき独立行政法人海技大学校に無償で使用させている財産を、独立行政法人海技教育機構の用に供するため、独立行政法人海技教育機構に無償で使用させることができる。

（独立行政法人北海道開発土木研究所法の廃止に伴う経過措置）

**第十三条** 施行日前に前条第一号の規定による廃止前の独立行政法人北海道開発土木研究所法第十三条の規定により国土交通大臣が独立行政法人北海道開発土木研究所に対してした指示は、第一条の規定による改正後の独立行政法人土木研究所法第十五条の規定により国土交通大臣が独立行政法人土木研究所にした指示とみなす。

（罰則に関する経過措置）

**第十四条** 施行日前にした行為及び附則第八条第九項の規定によりなお従前の例によることとされる場合における施行日以後にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

（政令への委任）

**第十五条** 附則第二条から第十一条まで及び前二条に定めるもののほか、この法律の施行に関し必要な経過措置は、政令で定める。

**附 則**（平成一九年三月三十一日法律第二三号） 抄

（施行期日）

**第一条** この法律は、平成十九年四月一日から施行し、平成十九年度の予算から適用する。ただし、次の各号に掲げる規定は、当該各号に定める日から施行し、第二条第一項第四号、第十六号及び第十七号、第二章第四節、第十六節及び第十七節並びに附則第四十九条から第六十五条までの規定は、平成二十年度の予算から適用する。

一 附則第二百六十六条、第二百六十八条、第二百七十三条、第二百七十六条、第二百七十九条、第二百八十四条、第二百八十六条、第二百八十八条、第二百八十九条、第二百九十一条、第二百九十二条、第二百九十五条、第二百九十八条、第二百九十九条、第三百二条、第三百七条、第三百二十二条、第三百二十四条、第三百二十八条、第三百四十三条、第三百四十五条、第三百四十七条、第三百四十九条、第三百五十二条、第三百五十三条、第三百五十九条、第三百六十条、第三百六十二条、第三百六十五条、第三百六十八条、第三百六十九条、第三百八十条、第三百八十三条及び第三百八十六条の規定 平成二十年四月一日

（罰則に関する経過措置）

**第三百九十一条** この法律の施行前にした行為及びこの附則の規定によりなお従前の例によることとされる場合におけるこの法律の施行後にした行為に対する罰則の適用については、なお従前の例による。

（その他の経過措置の政令への委任）

**第三百九十二条** 附則第二条から第六十五条まで、第六十七条から第二百五十九条まで及び第三百八十二条から前条までに定めるもののほか、この法律の施行に関し必要となる経過措置は、政令で定める。

**附 則**（平成二〇年一二月二六日法律第九五号） 抄

（施行期日）

**第一条** この法律は、公布の日から起算して六月を超えない範囲内において政令で定める日から施行する。

## 2 独立行政法人電子航法研究所に関する省令

(平成十三年三月二十七日国土交通省令第四十九号)

最終改正：平成二二年一月二六日国土交通省令第五五号

独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号）及び独立行政法人の組織、運営及び管理に係る共通的な事項に関する政令（平成十二年政令第三百十六号）第五条第二項に基づき、独立行政法人電子航法研究所に関する省令を次のように定める。

(通則法第八条第三項に規定する主務省令で定める重要な財産)

**第一条** 独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）に係る独立行政法人通則法（以下「通則法」という。）

第八条第三項に規定する主務省令で定める重要な財産は、その保有する財産であつて、その通則法第四十六条の二第一項又は第二項の認可に係る申請の日（各項ただし書の場合にあつては、当該財産の処分に関する計画を定めた通則法第三十条第一項の中期計画の認可に係る申請の日）における帳簿価額（現金及び預金にあつては、申請の日におけるその額）が五十万円以上のもの（その性質上通則法第四十六条の二の規定により処分することが不適当なものを除く。）その他国土交通大臣が定める財産とする。

(業務方法書に記載すべき事項)

**第二条** 研究所に係る通則法第二十八条第二項の主務省令で定める業務方法書に記載すべき事項は、次のとおりとする。

- 一 独立行政法人電子航法研究所法（平成十一年法律第二百十号。以下「研究所法」という。）第十一条第一号に規定する試験、調査、研究及び開発に関する事項
- 二 研究所法第十一条第二号に規定する成果の普及に関する事項
- 三 研究所法第十一条第三号に規定する情報の収集、整理及び提供に関する事項
- 四 研究所法第十一条第四号に規定する附帯業務に関する事項
- 五 業務の委託に関する基準
- 六 競争入札その他の契約に関する事項
- 七 その他業務の執行に関して必要な事項

(中期計画の認可申請等)

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

2 研究所は、通則法第三十条第一項 後段の規定により中期計画の変更の認可を受けようとするときは、変更しようとする事項及びその理由を記載した申請書を国土交通大臣に提出しなければならない。

(通則法第三十条第二項第七号の主務省令で定める事項)

**第四条** 研究所に係る通則法第三十条第二項第七号に規定する主務省令で定める業務運営に関する事項は、次に掲げるものとする。ただし、研究所の成立後最初の中期計画に係る当該事項については、第一号、第二号及び第四号に掲げるものとする。

- 一 施設及び設備に関する計画
- 二 人事に関する計画
- 三 研究所法第十三条第一項に規定する積立金の使途
- 四 その他当該中期目標を達成するために必要な事項

(年度計画の記載事項等)

**第五条** 研究所に係る通則法第三十一条第一項の年度計画には、中期計画に定めた事項に関し、当該事業年度において実施すべき事項を記載しなければならない。

2 研究所は、通則法第三十一条第一項 後段の規定により年度計画の変更をしたときは、変更した事項及びその理由を記載した届出書を国土交通大臣に提出しなければならない。

(各事業年度に係る業務の実績に関する評価の手続)

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

(中期目標の期間の終了後の業務実績報告)

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

(中期目標に係る業務の実績に関する評価の手続)

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

(会計の原則)

**第九条** 研究所の会計については、この省令の定めるところによるものとし、この省令に定めのないものについては、一般に公正妥当と認められる企業会計の基準に従うものとする。

2 金融庁組織令（平成十年政令第三百九十二号）第二十四条第一項に規定する企業会計審議会により公表された企業会計の基準は、前項に規定する一般に公正妥当と認められる企業会計の基準に該当するものとする。

3 平成十一年四月二十七日の中央省庁等改革推進本部決定に基づき行われた独立行政法人の会計に関する研究の成果として公表された基準（第十三条において「独立行政法人会計基準」という。）は、この省令の規定に準ずるものとして、第一項に規定する一般に公正妥当と認められる企業会計の基準に優先して適用されるものとする。

(収益の獲得が予定されない償却資産)

**第十条** 国土交通大臣は、研究所が業務のため取得しようとしている償却資産についてその減価に対応すべき収益の獲得が予定されないと認められる場合には、その取得までの間に限り、当該償却資産を指定することができる。

2 前項の指定を受けた資産の減価償却については、減価償却費は計上せず、資産の減価額と同額を資本剰余金に対する控除として計上するものとする。

(対応する収益の獲得が予定されない資産除去債務に係る除去費用等)

**第十一条** 国土交通大臣は、研究所が業務のため保有し又は取得しようとしている有形固定資産に係る資産除去債務に対応する除去費用に係る費用配分額及び時の経過による資産除去債務の調整額（以下この条において「除去費用等」という。）についてその除去費用等に対応すべき収益の獲得が予定されていないと認められる場合には、当該除去費用等を指定することができる。

(譲渡差額を損益計算上の損益に計上しない譲渡取引)

**第十二条** 国土交通大臣は、研究所が通則法第四十六条の二第二項の規定に基づいて行う不要財産の譲渡取引についてその譲渡差額を損益計算上の損益に計上しないことが必要と認められる場合には、当該譲渡取引を指定することができる。

(財務諸表)

**第十三条** 研究所に係る通則法第三十八条第一項に規定する主務省令で定める書類は、独立行政法人会計基準に掲げるキャッシュ・フロー計算書及び行政サービス実施コスト計算書とする。

(財務諸表の閲覧期間)

**第十四条** 研究所に係る通則法第三十八条第四項に規定する主務省令で定める期間は、五年とする。

(短期借入金の認可の申請)

**第十五条** 研究所は、通則法第四十五条第一項ただし書の規定により短期借入金を受けようとするとき、又は同条第二項ただし書の規定により短期借入金の借換えの認可を受けようとするときは、次に掲げる事項を記載した申請書を国土交通大臣に提出しなければならない。

- 一 借入れを必要とする理由
- 二 借入金の額
- 三 借入先
- 四 借入金の利率
- 五 借入金の償還の方法及び期限

六 利息の支払いの方法及び期限

七 その他必要な事項

(通則法第四十八条第一項 に規定する主務省令で定める重要な財産)

**第十六条** 研究所に係る通則法第四十八条第一項 に規定する主務省令で定める重要な財産とは、土地、建物及び航空機とする。

(重要な財産の処分等の認可の申請)

**第十七条** 研究所は、通則法第四十八条第一項 の規定により重要な財産を譲渡し、又は担保に供すること（以下この条において「処分等」という。）について認可を受けようとするときは、次に掲げる事項を記載した申請書を国土交通大臣に提出しなければならない。

- 一 処分等に係る財産の内容及び評価額
- 二 処分等の条件
- 三 処分等の方法
- 四 研究所の業務運営上支障がない旨及びその理由

(積立金の処分に係る申請の添付書類)

**第十八条** 独立行政法人の組織、運営及び管理に係る共通的な事項に関する政令（以下「令」という。）第五条第二項 に規定する添付書類は、次に掲げるものとする。

- 一 令第五条第一項 の期間最後の事業年度（以下単に「期間最後の事業年度」という。）の事業年度末の貸借対照表
- 二 期間最後の事業年度の損益計算書
- 三 期間最後の事業年度の事業年度末の利益の処分に関する書類
- 四 承認を受けようとする金額の計算の基礎を明らかにした書類

## 附 則

この省令は、公布の日から施行する。

## 附 則 （平成一六年三月三〇日国土交通省令第三〇号）

この省令は、公布の日から施行する。

## 附 則 （平成一八年三月三一日国土交通省令第四九号） 抄

（施行期日）

**第一条** この省令は、独立行政法人に係る改革を推進するための国土交通省関係法律の整備に関する法律の施行の日（平成十八年四月一日）から施行する。

（中期計画の認可申請に係る経過措置）

**第三条** 次の表の上欄に掲げる独立行政法人は、独立行政法人通則法（平成十一年法律第百三号）第三十条第一項の規定により平成十八年四月一日に始まる中期計画の認可を受けようとするときは、同表の下欄に掲げる規定にかかわらず、中期計画を記載した申請書を、同日に始まる中期目標に係る同法第二十九条第一項の指示を受けた後遅滞なく、国土交通大臣に提出しなければならない。

独立行政法人建築研究所	独立行政法人建築研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人交通安全環境研究所	独立行政法人交通安全環境研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人海上技術安全研究所	独立行政法人海上技術安全研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人港湾空港技術研究所	独立行政法人港湾空港技術研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人電子航法研究所	独立行政法人電子航法研究所に関する省令第二条第一項
独立行政法人航海訓練所	独立行政法人航海訓練所に関する省令第二条第一項
独立行政法人海技教育機構	独立行政法人海技教育機構に関する省令第二条第一項
独立行政法人航空大学校	独立行政法人航空大学校に関する省令第二条第一項



**附 則** （平成二〇年三月三十一日国土交通省令第一二号）

この省令は、平成二十年四月一日から施行する。

**附 則** （平成二二年一月二六日国土交通省令第五五号） 抄

（施行期日）

**第一条** この省令は、独立行政法人通則法の一部を改正する法律の施行の日（平成二十二年十一月二十七日）から施行する。

# 3 独立行政法人電子航法研究所業務方法書

目次

第1章 総則（第1条－第2条）

第2章 研究所の業務（第3条－第6条）

第3章 雑則（第7条－第9条）

附則

## 第1章 総則

（目的）

**第1条** この業務方法書は、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号。以下「通則法」という。）第28条第1項の規定に基づき、独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）の業務の方法について、基本的事項を定め、もってその業務の適正な運営に資することを目的とする。

（業務運営の基本方針）

**第2条** 研究所は、独立行政法人電子航法研究所法（平成11年法律第210号。以下「研究所法」という。）第3条の目的を達成するため、関係機関と緊密な連携を図り、もってその業務の能率的かつ効果的な運営を期するものとする。

## 第2章 研究所の業務

（試験、調査、研究及び開発の実施）

**第3条** 研究所は、研究所法第11条第1号に規定される業務を、国土交通大臣の認可を受けた中期計画に従い、運営費交付金を用いて実施する他、国、地方自治体、企業等から委託を受けて実施するものとする。

2 研究所は、研究所以外の者と共同して行うことが、研究所単独で行う場合と比較して、効率的であり、かつ優れた成果が得られることについて十分な見通しがある場合に共同で研究を行うものとする。

（成果の普及）

**第4条** 研究所は、研究所法第11条第2号の規定に基づき、次の各号に掲げる方法により、第3条に規定する試験、調査、研究及び開発の成果（この条において「研究成果」という。）の普及を行うものとする。

- （1）研究成果を国土交通行政に反映させること
- （2）研究成果として取得した特許権、実用新案権その他これに類する権利（第6条において「産業財産権等」という。）を実施させること
- （3）研究成果に関する報告書を作成し、頒布すること
- （4）研究成果に関する発表会を開催すること
- （5）その他事例に応じて最も適当と認められる方法

(情報の収集、整理及び提供)

**第5条** 研究所は、研究所法第11条第3号の規定に基づき、次の各号に掲げる方法により、電子航法に関する情報の収集、整理及び提供を行うものとする。

- (1) 電子航法に関連する書籍、報告書、データ等を収集すること
- (2) 書籍等を整列、管理すること
- (2) データベースを作成し、管理すること
- (4) 図書等を公開すること

(附帯業務)

**第6条** 研究所法第11条第4号により行う業務は、次の各号に掲げるものとする。

- (1) 産業財産権等の取得に関すること
- (2) その他研究所の業務の運営、管理に関すること

### 第3章 雑則

(業務の委託に関する基準)

**第7条** 研究所は、業務上必要な試験、調査、研究及び開発、工事の施行、施設の維持及び補修その他自ら行うことが困難な業務または、研究所業務の遂行上他のものに行わせることが適当な業務については、これらの業務を行うに適当な能力を有する者に委託することができるものとする。

- 2 研究所は、前項の業務を委託しようとするときは、受託者との間に委託契約を締結するものとする。
- 3 研究所は、前項の業務の委託をした場合には、その業務に要する費用を負担するものとする。

(競争入札その他の契約に関する事項)

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

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

(その他業務の執行に関して必要な事項)

**第9条** 研究所は、この業務方法書に定めるもののほか、その業務の執行に関し必要な事項について細則を定めることができるものとする。

**附則** この業務方法書は、平成13年4月1日から施行する。

**附則** この業務方法書は、平成18年4月1日から施行する。

## 4 独立行政法人電子航法研究所 第3期中期目標

独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）は、電子航法に関する試験、調査、研究及び開発を行うことにより、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的とした研究開発機関である。電子航法は、航空交通システム（航空機の安全かつ円滑な交通流を形成するための航空交通管理及びその実施に必要な航空機の通信・航法・監視を掌る地上・機上・衛星システム等をいう。以下同じ。）に不可欠な技術であり、航空輸送における役割と重要性は、他の交通手段と比べて極めて高い。

また、世界の航空輸送は、特にアジア太平洋地域を中心として需要の増加が見込まれているところであるが、我が国周辺を含めた将来の航空需要に的確に対応するためには、航空輸送の基盤である航空交通システムの能力増強が不可欠であり、その基礎となる技術開発の重要性が高まっている。

我が国における航空交通システムに係る研究開発は、国土交通省航空局が担当する航空管制等の航空保安業務に対する技術支援を含め、研究所が中枢機関として機能しているところであり、このような機能は他の主体においては有していない。

以上のことから、研究所は、航空交通量の増大、航空交通の安全性向上等の社会的要請に的確に応えるため、航空交通システムの高度化に関する研究開発を実施するとともに、これら研究成果が航空行政等において有益に活用されるよう取り組むことで、社会貢献を果たすこととする。また、研究開発等を通じて、国際的にも重要な役割を担うように努めることとする。

研究開発の実施にあたっては、我が国の航空交通システムに係る基準策定、整備、運用等を実施している国土交通省航空局と密接に連携して、首都圏空港の更なる容量拡大及び機能強化、航空交通の安全性の確保等の極めて重要性の高い課題を重点的かつ戦略的に実施することとする。

また、業務運営は、自律性、自発性及び透明性を備え、より効率的かつ効果的に実施するとともに、関係機関との連携強化等により、研究成果の質を高めることとする。

### 1. 中期目標の期間

中期目標の期間は、平成23年4月1日から平成28年3月31日までの5年間とする。

### 2. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

#### (1) 社会的要請に応える研究開発の重点的かつ戦略的な実施

##### ① 研究開発の基本方針

社会的要請に的確に応えるため、航空利用者、航空機運航者、航空行政等のニーズ（以下「社会・行政ニーズ」という。）を適時的確に把握し、その実現に必要な技術課題の解決に向けて、迅速かつ機動的に取り組むこと。その際、研究開発課題は、必要性及び重要性の高いものを適切に選定するとともに、成果の活用が円滑に進められるようにする方策を計画段階から検討するなど、重点的かつ戦略的に実施すること。また、研究開発の実施途中においても社会情勢や社会・行政ニーズの状況変化を適時的確に察知し、これらに機敏に適応できる先見性と柔軟性を確保すること。

## ②研究開発目標

研究所が実施する研究開発の目標は、航空交通システムの高度化によって、航空機運航の安全性及び効率性を向上させること、今後の航空交通量の増大に対応できるようにすること、航空利用者の利便性を向上させること、環境負荷（CO<sub>2</sub>、騒音）を低減させることを基本とし、これらの達成に向けて実施する研究開発分野を中期計画に定めること。

また、研究開発には一定の成果を得るまでに長期間を要するものがあることから、国際動向等を踏まえて将来の航空交通システムの姿を想定し、その実現に向けた研究開発の長期的な見通しを考慮して中期計画を立てること。

## ③技術課題

現在の航空交通システムには、増大する交通量への対応を困難とする様々な課題や限界が存在するが、航空交通システムの高度化によってこれらを解決するためには、基盤技術の大胆な変革が必要である。このため、以下に示す変革の方向性に沿った技術開発を行うこととする。

- 全ての航空機の出発から到着までを一体的に管理し、時間管理を導入した4次元軌道に沿った航空交通管理を全飛行フェーズで行う運用（軌道ベース運用）へ移行することにより、運航者の希望を満たす飛行の実現、混雑空港及び混雑空域における航空交通容量の拡大、CO<sub>2</sub>排出量の削減等に対応することが可能となる。そのため、軌道ベース運用の実現に必要な軌道の予測手法、管理技術の開発等に取り組む。
- 軌道ベース運用を実現するためには、出発から到着までの航空交通流や管制処理容量に関する予見能力を高める必要がある。また、航空交通は気象の影響を強く受けることから、予見能力の向上には気象情報の高度な活用が必要である。このため、航空交通流予測手法や気象情報を活用した軌道予測手法の高度化等に取り組む。
- 航空機の能力を最大限活用し、曲線進入や通過時刻の厳密な指定が可能となる高精度な航法等を円滑に導入するため、航空機に求められる運航上の性能要件を規定して実施する性能準拠型の運用に資する技術開発等に取り組む。
- 離陸から着陸までの全飛行フェーズでの衛星航法を実現することにより、航空機が常に正確な位置と時刻で飛行できるようにするため、衛星航法システムの高度化等に取り組む。
- 軌道ベース運用においては、航空機の位置、交通状況等の情報共有により、地上・機上での状況認識能力の向上を図る必要がある。そのため、地対空の高速通信技術の開発、航空機の飛行状況等を精密に監視するシステムの高度化等に取り組む。
- 定型的な作業については自動化を図り、人の能力をより付加価値の高い業務に集中させるとともに、機械の信頼性を高めること等により、人と機械の能力の最大活用を図る必要がある。そのため、管制官のワークロード分析等、ヒューマンエラー防止に関する技術開発等に取り組む。
- 高度な航空交通管理においては、全ての関係者の間で情報共有と協調的意思決定の徹底を図る必要がある。そのため、運航に係る情報を関係者が共有できる環境の構築に資する技術開発等に取り組む。
- ボトルネックを解消してより効果的な軌道ベース運用への進展を図り、混雑空港及び混雑空

域における高密度運航の実現に資するため、航空交通管理のパフォーマンス評価手法の開発等に取り組む。

#### ④研究開発の実施過程における措置

社会的要請に応えるための研究開発課題の選定にあたっては、社会・行政ニーズ及びこれらに対応するための技術課題を明らかにした上で、その中から、研究所でなければ実施できない課題であって、国の施策と密接に関係する（国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等）航空管制に関する研究開発等、真に必要なものに重点化すること。その際、他の研究開発機関が実施している研究内容等を可能な限り把握し、知見・技術の活用等について事前に検討し、研究内容の重複を排除すること。

研究計画を策定する際は、ニーズの発信元となった行政や運航者等の関係者と十分調整して研究の具体的な内容を検討するとともに、可能な限り定量的な目標を設定して、実用化が可能な成果を目指すこと。また、実用化における優位性と容易性を高めるため、新技術の利点や効果に着目するだけでなく、導入コスト等、実用化のため考慮が必要となる外部要因にも対処するなど、研究開発の戦略を検討すること。

研究開発の実施にあたっては、第三者委員会などによる事前、中間及び事後の研究開発評価を行い、評価結果を研究開発課題の選定・実施に適切に反映させることにより、研究開発の重点化及び透明性の確保に努めること。

#### (2) 基礎的な研究の実施による基盤技術の蓄積

電子航法に関連する国際的な技術動向を見据え、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究、将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究、斬新な発想に基づく萌芽的な研究等を実施することにより、研究所として長期的な視点から必要となる基盤技術を蓄積し、研究開発能力の向上を図ること。

#### (3) 関係機関との連携強化

限りある人的資源の中で、効率的に研究開発を実施すると同時に、研究開発の機能の充実と高質化を図りつつ、成果の社会還元を円滑に進めるためには、産学官の幅広い連携を強化することが不可欠である。このため、国を問わず、航空管制機関や、研究所の業務に関連する研究開発を実施している独立行政法人、大学、民間企業等の研究開発機関との間で技術交流を継続的に行い、その活動を共同研究、包括的な研究協力等のより強固な協力関係に進展させて連携強化を図ることにより、研究所単独ではなし得なかった優れた研究開発成果の創出とその活用拡大に努めること。具体的には、中期目標期間中に、共同研究を40件以上、関係機関の研究者・技術者との交流会等を30件以上、それぞれ実施すること。

また、特に研究所が専門とする分野以外の基盤的技術を活用する研究開発にあたっては、客員研究員の招聘、任期付研究員の採用、人事交流等により、当該専門知識を有する外部人材を積極的に活用すること。具体的には、中期目標期間中に、客員研究員及び任期付研究員により、外部人材を30名以上活用すること。

#### (4) 国際活動への参画

国際民間航空機関（ICAO）や欧米の標準化機関においては、航空交通システムに関する将来構想の策定や新技術の国際標準化作業が進められているところであるが、我が国も当該活動に積極的に参画して、世界的な航空の発展に資するとともに、我が国の国益を確保することが必要である。このため、ICAO等の専門家会合に我が国のメンバーとして参加している国土交通省航空局に対して必要な技術支援を行うとともに、欧米の標準化機関における活動にも参画し、研究成果が国際標準へ採用されることを目指して積極的に技術提案を行うこと。他国の提案については、我が国への影響と適合性について技術的な検討を行い、国際標準化によって我が国が不利益を被ることがないように、研究所としての必要な対応を行うこと。具体的には、中期目標期間中に、ICAO及び欧米の標準化機関による会議等での発表を120件以上行うこと。

また、我が国の管轄空域に隣接する空域との間で航空管制サービスの連続性及び均質性を確保し、航空交通容量の拡大と安全性の向上を図ることは非常に重要な課題であり、航空交通システムの高度化を効果的かつ円滑に進められるよう、我が国がアジア諸国に対する技術支援を行うことが必要である。このため、研究所は、特にアジア太平洋地域における航空管制機関や、研究開発機関等との技術交流や共同研究等による連携を強化し、双方にとって有益な成果の創出を目指すこと。

#### (5) 研究開発成果の普及及び活用促進

研究所は、投入した経費に見合う研究成果を挙げているかについて、国民に対する十分な説明責任を果たすことが必要である。このため、研究所の業務を広く国民に知らせる機会を増やして開発した技術に関する知識を深められるようにするとともに、研究開発成果の活用を円滑に進めるための活動を積極的に行うこと。具体的には、各研究開発課題について、年1回以上、学会、専門誌等において発表すること。また、研究所の活動及び研究開発成果について、研究発表会、講演会等の開催、学会や各種メディアを通じた発表や広報等を効果的に行うこと。

研究開発成果の発表方法としては、特に査読付論文への投稿を積極的に行い、中期目標期間中に80件程度の採択を目指すこと。

知的財産に関する取組については、保有する特許の活用を推進するための活動を実施するとともに、特許出願にあたっては、有用性、保有の必要性等について検討すること。

### 3. 業務運営の効率化に関する事項

#### (1) 組織運営

##### ①機動性、柔軟性の確保

社会・行政ニーズに迅速かつ的確に対応し、時機を逸することなく有益な研究成果を得られるよう、組織運営の機動性、柔軟性を確保し、必要に応じて随時組織体制を見直すこと。また、研究員が研究開発の中核業務に専念することにより研究成果の水準を高められるよう、研究業務を支援する職員を適時的確に配置するなど、研究資源を最大限有効活用するよう努めること。

##### ②内部統制の充実・強化等

理事長が戦略的にマネジメントを実施し、リーダーシップを発揮することにより、研究所がその任務を有効かつ効率的に果たすことができるよう、リスクマネジメントの活用及び情報セキュリティ対策を含めた内部統制のしくみを見直して、その充実・強化を図ること。

中期計画及び年度計画に定めた事項については、その実行に必要となる個別業務を明確化し、その各々について実施計画と達成目標を具体的に定めるとともに、それらの進捗状況や課題を定期的に把握して、着実に業務を遂行すること。

## (2) 業務の効率化

### ①効率化目標の設定等

管理部門の簡素化、効率的な運営体制の確保、アウトソーシングの活用等により業務運営コストを縮減することとし、一般管理費及び業務経費の効率化目標を次の通り設定する。なお、一般管理費については、経費節減の余地がないか自己評価を厳格に行った上で、適切な見直しを行うこと。

#### a) 一般管理費の縮減

一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額）を6%程度縮減すること。

#### b) 業務経費の縮減

業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額）を2%程度縮減すること。

### ②契約の点検・見直し

契約については、「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づく取組を着実に実施することにより、契約の適正化を推進し、業務運営の効率化を図ること。調達については、他の独立行政法人の事例等をも参考に、透明性が高く効果的な契約を行うように努めること。

### ③保有資産の見直し

保有資産については、引き続き、資産の利用度のほか、本来業務に支障のない範囲での有効利用可能性の多寡等の観点に沿って、その保有の必要性について不断に見直しを行うとともに、見直し結果を踏まえて、研究所が保有し続ける必要がないものについては、支障のない限り、国への返納を行うこと。

また、特許権については、特許権を保有する目的を明確にした上で、当該目的を踏まえつつ、登録・保有コストの削減を図ること。

## 4. 財務内容の改善に関する事項

### (1) 中期計画予算の作成



中期目標期間における予算、収支計画及び資金計画を適正に作成し、健全な財務体質の維持を図ること。運営費交付金を充当して行う業務については、本中期目標に定めた事項に配慮した予算を計画し、当該予算に基づいて運営を行うこと。

## (2) 自己収入の拡大

民間企業等における技術ニーズを把握し、研究や試験評価に関する提案を積極的に行うことにより、受託研究の増加を図ること。受託研究に加え、共同研究及び競争的資金による研究開発の実施、知的財産権の活用推進、寄附金の受入等、運営費交付金以外の外部資金を積極的に獲得することにより、自己収入の拡大を図ること。具体的には、中期目標期間中に、受託研究、外部資金受入型共同研究及び競争的資金による研究開発を 100 件以上実施すること。

## 5. その他業務運営に関する重要事項

### (1) 施設及び設備に関する事項

研究開発の業務効率を低下させず、質の高い研究成果が得られるようにするため、研究施設及び設備の整備を計画的に進めること。また、研究施設及び設備を長期間使用できるようにするため、維持保全を適切に実施すること。

### (2) 人事に関する事項

研究員の人事は、研究所が蓄積した技術と経験を若手研究員へ確実に継承し、高度な専門性を活かした研究開発を継続できるよう、人材活用等に関する方針に基づいて戦略的に実施すること。また、国内外を問わず、他の研究開発機関、行政、民間企業と連携、交流する機会の提供、種々の研修の実施等により、幅広い視野と見識を有する研究員の育成を推進すること。

給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、目標水準・目標期限を設定してその適正化に計画的に取り組むとともに、その検証結果や取組状況を公表すること。

また、総人件費についても、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」(平成 18 年法律第 47 号)に基づく平成 18 年度から 5 年間で 5 %以上を基本とする削減等の人件費に係る取組を平成 23 年度においても引き続き着実に実施するとともに、政府における総人件費削減の取組を踏まえ、厳しく見直すこと。

### (3) その他

国土交通省所管の独立行政法人及び関連する研究機関の業務の在り方の検討については、今後の独立行政法人全体の見直しの議論等を通じ、適切に対応すること。

## 5 独立行政法人電子航法研究所 第3期中期計画

独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）は、航空交通量の増大、航空交通の安全性向上、地球環境の保全等の社会的要請に的確に応えるため、航空交通システムの高度化に関する研究開発に取り組むことが求められている。

特に、研究開発を通じて技術的側面から航空行政を支援する独立行政法人として、これらの研究成果が航空行政等において有益に活用されるよう取り組むとともに、航空行政が抱える重要性の高い課題に対して重点的かつ戦略的に取り組むことにより、研究成果の創出を通じて社会に貢献することが重要である。

また、研究業務を通じて得られた情報を積極的に発信するなど、自律性、自発性及び透明性を備えた効率的かつ効果的な業務運営に取り組むことも重要である。

さらに、航空交通システムに係る研究開発において国際的に重要な役割を担うため、当該研究開発に関してアジア地域における中核機関を目指す必要がある。

以上を踏まえ、独立行政法人通則法（平成11年法律第103号）第30条第1項の規定に基づき、国土交通大臣が定めた研究所の平成23年度から始まる期間における中期目標を達成するための計画を次のとおり定める。

### 1. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

#### (1) 社会的要請に応える研究開発の重点的かつ戦略的な実施

##### 1) 研究開発の基本方針

社会的要請に的確に応えるため、研究所は「社会・行政ニーズ」を適時的確に把握し、その実現に必要な技術課題の解決に向けて、迅速かつ機動的に取り組む。なお、必要性及び重要性の高い研究開発課題を適切に選定するとともに、成果の活用が円滑に進められるよう計画段階から検討するなど、重点的かつ戦略的に研究開発に取り組む。また、常に社会情勢や「社会・行政ニーズ」の状況変化を適時的確に察知し、これらに機敏に適応できる先見性と柔軟性の確保に努める。

##### 2) 研究開発目標

中期目標において研究開発目標の基本として示された、航空機運航の安全性及び効率性の向上、航空交通量増大への対応、航空利用者の利便性向上、環境負荷（CO<sub>2</sub>、騒音）低減などの達成に向けて、以下の研究開発分野を設定して重点的かつ戦略的に実施する。

- ①飛行中の運航高度化に関する研究開発
- ②空港付近の運航高度化に関する研究開発
- ③空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発

### 3) 研究課題

具体的には、中期目標で示された技術課題の解決に向けて、以下の研究課題に重点的に取り組む。

#### ①飛行中の運航高度化に関する研究開発（航空路の容量拡大）

本研究開発分野では、混雑する空域での航空交通容量拡大と運航の効率性向上及び消費燃料節減による環境保全への貢献などを目指して、「トラジェクトリ予測手法の開発」、「ATMのパフォーマンス」、「飛行経路の効率向上」等の研究課題に取り組む。これにより、軌道ベース運用の実現に必要な軌道の予測手法や管理技術の開発、航空交通流予測手法や気象情報を活用した軌道予測手法の高度化、航空交通管理のパフォーマンス評価手法の開発等に貢献する。

具体的には、本中期目標期間中に以下を達成すべく取り組む。

「トラジェクトリ予測手法の開発」の研究課題では、航空機が出発してから到着するまでに通過するポイントの時刻と位置を算出する4次元軌道予測モデルを開発する。これにより、出発から到着までの飛行時間の誤差が3%以下となる軌道予測を実現する。

「ATMのパフォーマンス」の研究課題では、航空交通流のシミュレーションモデルを開発し、新たな管制運用方式の導入等による燃料消費量削減等の効果の、定量的な事前検証を実現する。

「飛行経路の効率向上」の研究課題では、洋上空域から滑走路まで、最も燃料効率の良い飛行経路を計算し、管制運用の模擬が可能なシミュレーターを開発する。これにより、管制運用における安全性を確保しつつ、運航効率を向上させることが可能な（例えば羽田への国際線の到着便で1000ポンド程度の燃料削減及び3分程度の飛行時間短縮）飛行経路の設定を実現する。

#### ②空港付近の運航高度化に関する研究開発（混雑空港の処理容量拡大）

本研究開発分野では、混雑空港の容量拡大及び処理能力向上、空港面における交通渋滞解消、定時性及び利便性向上などを目指して、「GNSSによる高カテゴリー運航」、「空港面トラジェクトリ予測手法開発」、「監視技術の高度化」、「GNSSを利用した曲線経路による進入方式」等の研究課題に取り組む。これにより、衛星航法システムの高度化、航空機の飛行状況等を精密に監視するシステムの高度化、航空機に求められる運航上の性能要件を規定して実施する性能準拠型の運用に資する技術開発等に貢献する。

具体的には、本中期目標期間中に以下を達成すべく取り組む。

「GNSSによる高カテゴリー運航」の研究課題では、高カテゴリー精密進入に要求される高い安全性（インテグリティ  $1-1 \times 10^{-9}$ ）を実証するGBASを開発する。これにより、カテゴリーⅢ相当の気象条件下（視程100m程度）におけるGNSSを使用した安全な着陸誘導を実現する。

「空港面トラジェクトリ予測手法開発」の研究課題では、空港面の交通流分析に基づき、航空機の空港面走行時間の予測モデルを開発する。これを活用して航空機の空港面走行スケジュールを工夫することにより、航空交通量の増大に伴う空港面の渋滞の抑制を実現する。

「監視技術の高度化」の研究課題では、広域マルチラレーションやSSRモードSなど複数の監視システムを統合することにより、従来型の監視システム（SSR）の2倍以上の頻度で空港付近の航空機を監視できる技術を開発し、平行滑走路の独立運用等の新しい運航方式を実現する。

「GNSS を利用した曲線経路による進入方式」の研究課題では、GBAS を利用した曲線経路による着陸進入の実現を目指して、機上装置を開発するなど、航空機の能力を活用した効率的な曲線経路による着陸進入の研究開発に着手する。

#### ③空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発（安全で効率的な運航の実現）

本研究開発分野では、安全かつ効率的な運航の実現、航空通信のボトルネック解消及び航空用データリンクの導入、ヒューマンエラーの低減やシステムの信頼性向上などを目指して、「航空用データリンクの評価」、「汎用高速通信技術の次世代航空通信への適用」、「管制官ワークロード分析」、「ヒューマンエラー低減技術」等の研究課題に取り組む。これにより、地対空の高速通信技術の開発、運航に係る情報を関係者が共有できる環境の構築に資する技術開発、ヒューマンエラー防止に関する技術開発等に貢献する。

具体的には、本中期目標期間中に以下を達成すべく取り組む。

「航空用データリンクの評価」の研究課題では、従来型のデータリンク（VDL2）より伝送速度が10倍程度向上し、かつ伝送誤り率を低減（従来の $10^{-4}$ を $10^{-7}$ 程度へ）できるLバンド空地データリンクを実現する。

「汎用高速通信技術の次世代航空通信への適用」の研究課題では、高いセキュリティ性が要求される航空管制用通信システムとして、汎用高速通信技術を適用したテストベッドを開発し、空港面全域をカバーする高速通信を実現する。

「管制官ワークロード分析」の研究課題では、管制業務のタスク分析を基に知識構造化システムを開発し、管制官の経験や知識を整理してモデル化・可視化することで、ヒューマンエラーを低減するための施策への活用を実現する。

「ヒューマンエラー低減技術」の研究課題では、発話音声分析装置により収集したデータと脳波など他の生理指標との相関関係を評価検証し、管制官などの疲労による覚醒度低下の評価を実現する。

#### 4) 研究開発の実施過程における措置

研究開発課題の選定にあたっては、「社会・行政ニーズ」及びこれらに対応するための技術課題を明らかにした上で、研究所でなければ実施できない課題であり、かつ国の施策と密接に関係する（国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等）航空管制に関する研究開発等、真に必要なものに重点化する。なお、重点化にあたっては他の研究開発機関が実施している研究内容等を可能な限り把握し、知見・技術の活用等について事前に検討し、研究内容の重複を排除する。

研究計画の策定にあたっては、ニーズの発信元である行政や運航者等の関係者と十分調整して研究の具体的な内容を検討するとともに、可能な限り定量的な目標を設定して、実用化が可能な成果を目指す。なお、策定にあたっては、導入コスト等、実用化のため考慮が必要となる外部要因にも対処するなど、研究開発の戦略についても検討する。

研究開発の実施にあたっては、研究成果の社会への還元及び研究所の国際的な地位の向上につながるよう、研究開始前の評価、研究進捗管理及び中間評価、研究終了時の評価を適切に実施するとともに、研究内容の見直し、中止等、所要の措置を講じ、評価結果をその後の研究計

画に適切に反映させる。なお、重点的に実施する研究開発課題については外部有識者による評価を行い、その結果を公表して透明性の確保に努める。

## (2) 基礎的な研究の実施による基盤技術の蓄積

研究員のポテンシャル及び専門性が向上することにより、行政等の技術課題への適切な対応が容易となるとともに、革新的な研究成果が生まれることが期待できる。このため、電子航法に関連する国際的な技術動向を踏まえつつ、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究、将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究、斬新な発想に基づく萌芽的な研究等を実施することにより、研究所として長期的な視点から必要となる基盤技術を蓄積し、研究開発能力の向上を図る。

## (3) 関係機関との連携強化

限りある人的資源の中で、効果的・効率的な研究開発を行うとともに、その質を高めて研究所のポテンシャル及びプレゼンス向上を図るため、国内外の航空管制機関や、研究所の業務に関連する研究開発を実施している独立行政法人、大学、民間企業等と積極的な連携を進め、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出とその活用拡大に努める。そのため、共同研究を中期目標期間中に40件以上実施する。また、関係機関との密接な連携と交流を円滑に推進するため、研究者・技術者との交流会等を中期目標期間中に30件以上実施する。さらに、研究所が専門としない分野の知見や技術を活用する研究開発にあたっては、客員研究員の招聘、任期付研究員の採用、人事交流等により、当該専門知識を有する外部人材を積極的に活用する。具体的には、任期付研究員、客員研究員を中期目標期間中に30名以上活用する。また、研修生や留学生の受入等を通じて若手研究者の育成などの分野での貢献にも努める。

## (4) 国際活動への参画

航空に係わる多くの技術や運航方式等は、世界での共用性を考慮する必要があることから、各国の航空関係当局や研究機関及び企業等と積極的に技術交流及び連携を進め、国際的な研究開発への貢献に努める。特に、本中期目標期間においてはICAO（国際民間航空機関）、RTCA（米国航空無線技術協会）、EUROCAE（欧州民間航空用装置製造業者機構）等の基準策定機関における活動での国際貢献に努める。

具体的には、ICAO等が主催する会議への積極的な参画により、国に対して必要な技術支援を行うとともに、基準策定機関による会議等での発表を中期目標期間中に120件以上行い、基準策定作業に貢献する。また、国際標準化によって我が国が不利益を被ることがないように、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、他国の提案についても必要な対応を行う。

アジア太平洋地域の関係機関との技術交流や共同研究等による連携を強化し、双方にとって有益な成果の創出を目指す。また、アジア地域における中核機関を目指して国際交流・貢献を図るため、国際ワークショップを中期目標期間中に2回程度主催する。さらに、アジア地域への技術セミナー等を中期目標期間中に3回程度実施する。

## (5) 研究開発成果の普及及び活用促進

研究所の活動・成果について、研究所一般公開、研究発表会、研究所報告や広報誌等の印刷物等様々な手段を活用し、効率的かつ効果的に広報を展開する。また、国際会議、学会、シンポジウム等に積極的に参加し、講演、発表等を通じて研究開発成果の普及、活用に努めるとともに、研究業務を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な情報などを積極的に発信する。さらに、研究所がこれまで技術開発してきた成果を社会に還元するため、講習の開催や技術マニュアルの作成等を通じて、行政当局や企業等への技術移転に積極的に取り組む。

具体的には、各研究開発課題について年1回以上、学会や専門誌等において発表する。また、研究所一般公開、研究発表会を年1回開催するとともに、講演会を中期目標期間中に3回程度開催する。研究所の理解と研究成果の広範な普及及びそれによる将来の技術交流等につなげるため、企業等で出前講座を開催する。また、中期目標期間中に80件程度の査読付論文の採択を目指す。

知的財産権による保護が必要な研究開発成果については、有用性、保有の必要性等について十分検討しつつ、必要な権利化を図る。また、登録された権利の活用を図るため、研究成果に関心を寄せる企業等へ積極的に技術紹介を行うとともに、広報誌、パンフレット、パテント展示等を活用して積極的に広報・普及を行う。

## 2. 業務運営の効率化に関する事項

### (1) 組織運営

#### ①機動性、柔軟性の確保

「社会・行政ニーズ」に迅速かつ的確に対応し、時機を逸することなく有益な研究成果を得られるよう、組織運営の機動性、柔軟性を確保し、必要に応じて随時組織体制を見直す。また、研究員が研究開発の中核業務に専念することで研究成果の水準を高められるよう、研究業務を支援する職員を適時的確に配置するなど、研究資源を最大限有効活用するよう努める。

#### ②内部統制の充実・強化等

理事長が戦略的にマネジメントを実施し、リーダーシップを発揮することにより、研究所がその任務を有効かつ効率的に果たすことが可能となる。このため、リスクマネジメントの活用及び情報セキュリティ対策を含めた内部統制のしくみを随時見直し、その充実・強化を図る。また、中期計画及び年度計画に定めた事項については実施計画と達成目標を具体的に定め、進捗状況や課題を定期的に把握しつつ、着実に業務を遂行する。

### (2) 業務の効率化

#### ①効率化目標の設定等

管理部門の簡素化、効率的な運営体制の確保、アウトソーシングの活用等により業務運営コストを縮減し、一般管理費及び業務経費の効率化目標を次の通り設定する。なお、一般管理費

については、経費節減の余地がないか自己評価を厳格に行った上で、適切な見直しを行う。

a) 一般管理費の縮減

一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）について、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を6%程度縮減する。

b) 業務経費の縮減

業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）について、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を2%程度縮減する。

②契約の点検・見直し

契約については、「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づく取り組みを着実に実施し、契約の適正化の推進及び業務運営の効率化を図る。また、研究開発に伴う調達に関しては、他の独立行政法人の事例等をも参考に、透明性が高く効果的な契約を行うように努める。

③保有資産の見直し

保有資産については、引き続き、資産の利用度のほか、本来業務に支障のない範囲での有効利用可能性の多寡等の観点に沿って、その保有の必要性について不断に見直しを行うとともに、見直し結果を踏まえて、研究所が保有し続ける必要がないものについては、支障のない限り、国への返納を行う。また、特許権については保有する目的を明確にした上で、登録・保有コストの削減に努める。

3. 予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画

(1) 中期目標期間における財務計画は次のとおりとする。

- ①予算 別紙のとおり
- ②収支計画 別紙のとおり
- ③資金計画 別紙のとおり

(2) 自己収入の拡大

民間企業等における技術ニーズを把握し、研究や試験評価に関する提案を積極的に行い、受託研究の増加に努める。また、受託研究や共同研究及び競争的資金による研究開発の実施、知的財産権の活用推進、寄附金の受入等、運営費交付金以外の外部資金を積極的に獲得することにより、自己収入の拡大に努める。そのため、受託研究や外部資金受入型の共同研究及び競争的資金による研究開発を中期目標期間中に100件以上実施する。

4. 短期借入金の限度額

予見し難い事故等の事由に限り、資金不足となる場合における短期借入金の限度額は、300（百万円）とする。

5. 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画  
特になし。

6. 重要な財産を譲渡し、又は担保に供する計画  
特になし。

7. 剰余金の使途

①研究費

②施設・設備の整備

③国際交流事業の実施（招聘、セミナー、国際会議等の開催）

8. その他主務省令に定める業務運営に関する事項

(1) 施設及び設備に関する事項

中期目標期間中に以下の施設を整備する。また、既存施設の維持・補修、機能向上に努める。

施設・設備の内容	予定額 (百万円)	財 源
・研究開発の実施に必要な業務管理施設、 実験設備の整備 ・その他管理施設の整備	547	一般会計 独立行政法人電子航法研究所 施設整備費補助金

(2) 施設・設備利用の効率化

業務の確実な遂行のため、研究所の施設・設備については、性能維持・向上等適切な処置を講じるとともに、効率的な利用に努める。特に老朽化している実験用航空機については、今後の研究業務に支障が生じないように、維持管理も含め経済性・合理性を勘案し、更新を含めた適切な措置を講じる。

(3) 人事に関する事項

①方針

業務処理を工夫するとともに、業務内容及び業務量に応じて適正に人員を配置する。研究員の人事は、研究所が蓄積した技術と経験を若手研究員へ確実に継承し、高度な専門性を活かした研究開発を継続できるよう、「人材活用等に関する方針」に基づき戦略的に実施するとともに、人事交流や研修の実施等により、幅広い視野と見識を有する研究員の育成を推進する。

②人件費



給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、給与改定に当たっては、引き続き、国家公務員に準拠した給与規程の改正を行い、その適正化に取り組むとともに、その検証結果や取組状況を公表する。

特に事務・技術職員の給与水準については、平成21年度の対国家公務員指数が年齢勘案で103.6となっていることを踏まえ、平成27年度までにその指数を100.0以下に引き下げるよう、給与水準を厳しく見直す。

総人件費<sup>※注</sup>については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（平成18年法律第47号）に基づく平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の人件費に係る取組を平成23年度においても引き続き着実に実施するとともに、政府における総人件費削減の取組を踏まえ、厳しく見直す。

ただし、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分及び以下に該当する者（「総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者」という。）に係る人件費については削減対象から除くこととする。

- ・競争的資金又は受託研究若しくは共同研究のための民間からの外部資金により雇用される任期付職員
- ・国からの委託費及び補助金により雇用される任期付研究者
- ・運営費交付金により雇用される任期付研究者のうち、若手研究者（平成17年度末において37歳以下の研究者をいう。）

※注）対象となる「人件費」の範囲は、常勤役員及び常勤職員に支給する報酬（給与）、賞与、その他の手当の合計額とし、退職手当、福利厚生費（法定福利費及び法定外福利費）、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分は除く。

#### （4）独立行政法人電子航法研究所法（平成11年法律第210号）第13条第1項に規定する積立金の使途

第2期中期目標期間中からの繰越積立金は、第2期中期目標期間以前に自己収入財源で取得し、第三期中期目標期間へ繰り越した有形固定資産の減価償却に要する費用等に充当する。

#### （5）その他

国土交通省所管の独立行政法人及び関連する研究機関の業務の在り方の検討については、今後の独立行政法人全体の見直しの議論等を通じ、適切に対応する。

## 6 独立行政法人電子航法研究所 平成23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23年度の年度計画を以下のとおり策定する。

### 1. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

#### (1) 社会的要請に応える研究開発の重点的かつ戦略的な実施

航空機運航の安全性及び効率性の向上、航空交通量増大への対応、航空利用者の利便性向上、環境負荷（CO<sub>2</sub>、騒音）低減などの達成、及び中期目標で示された技術課題の解決に向けて、中期計画で設定した以下の研究開発分野に関する研究開発を重点的かつ戦略的に実施する。

#### 1) 飛行中の運航高度化に関する研究開発（航空路の容量拡大）

本研究開発分野では、混雑する空域での航空交通容量拡大と運航の効率性向上及び消費燃料節減による環境保全への貢献などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成23年度は以下の研究開発課題を実施する。

#### ア. トラジェクトリモデルに関する研究（平成21年度～24年度）

（年度目標）

本研究は、将来の効率的な管制運用を実現する手法として、航空機のトラジェクトリ（軌道）計画を事前管理し、精密なトラジェクトリ予測を可能とするためのモデルを開発するものである。平成23年度は、時間管理のためにトラジェクトリを変更するモデルを開発するとともに、トラジェクトリ管理を運用する手法を検討する。これにより、トラジェクトリ管理の速度調整に関する航空交通シミュレーションが可能となる。

#### イ. ATMパフォーマンス評価手法の研究（平成23年度～26年度）

（年度目標）

本研究は、新たな管制運用方式の導入などATMの改善による燃料消費量削減等の効果の推定手法の確立を目的とするものである。推定手法の確立により、燃料節減を実現できる各種の施策、運航方式、管制方式について、事前に燃料消費面での効果、経路延伸や時間面などでの影響を把握できる。平成23年度は、航空機の運航における燃料消費モデルを検討する。（モデルは推定において基盤的な役割を果たす。）これにより航跡などに基づいた燃料消費量の概算的な予測が行えるため、ATMの寄与度を効率的に推定する見通しを得ることが可能となる。

#### ウ. 洋上経路システムの高度化の研究（平成20年度～23年度）

(年度目標)

本研究は、日本が管理する太平洋上の空域において、安全かつ最も経済的な飛行経路の実現を図るため、飛行経路の管制シミュレーションによる検証を行うものである。平成23年度は、特に北太平洋空域におけるNOPAC経路の利用方法について、より柔軟な経路を飛行した場合の便益や課題を検証する。これにより、太平洋空域において、より利用者の希望（燃料削減や飛行時間短縮）に近い飛行が可能となり、気象状況にもよるが1飛行あたり1,000ポンド以上や5分以上の削減が期待できる。

エ. ターミナル空域の評価手法に関する研究（平成20年度～23年度）

(年度目標)

本研究は、今後見込まれる大幅な航空交通量増加に備え、交通の輻輳するターミナル空域及びその周辺空域を最適化するため、総合的な評価手法を策定しターミナル空域設計用評価ツールを開発するものである。平成23年度は、空域再編後の羽田到着機の滞留時間を測定し、運用方式変更に伴う空域特性の変化を検証する。これら検証から空域再編の効果及び航空交通流管理新運用方式（CFDT機能）における滞留時間目標値を明らかにすることにより到着機処理における運航効率改善が可能となる。

2) 空港付近の運航高度化に関する研究開発（混雑空港の処理容量拡大）

本研究開発分野では、混雑空港の容量拡大及び処理能力向上、空港面における交通渋滞解消、定時性及び利便性向上などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成23年度は以下の研究開発課題を実施する。

ア. GNSS精密進入における安全性解析とリスク管理技術の開発（平成20年度～23年度）

(年度目標)

本研究は、衛星の測位信号を活用する航空機のGNSS（全世界的航法衛星システム）精密進入の実現を図るため、GNSS航法の安全性解析手法とリスク低減アルゴリズムを開発・改良することにより、これらの我が国に適したリスク管理技術を確立するものである。平成23年度は、電離層活動期における観測データに基づくSBAS電離層補強アルゴリズムの安全性評価、検証を行う。また、空港に設置したGBAS（地上型衛星航法補強システム）安全性実証モデルの性能評価を行い、搭載アルゴリズムやパラメータの検証及び最適化を行う。これらを踏まえ研究の取りまとめを行う。これにより、我が国において、GNSSによる高カテゴリー一運航の基礎となるカテゴリーI（インテグリティ $1-2 \times 10^{-7}$ ）の性能を持つGNSSを使用した安全な着陸誘導の達成が可能となる。

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

（年度目標）

本研究は、GAST-Dの日本へ導入する際に必要な電離圏脅威モデル検証と高度化を行うとともに安全性設計および解析技術を確立すること目的として実施する。平成23年度はGAST-D電離圏脅威モデルの精緻化を実施するとともに、GAST-Dの安全性設計に必要な地上実証モデルの要求仕様を明確化して開発に着手する。これにより、我が国におけるGAST-Dに対する電離圏によるインテグリティ・リスクが明確になるとともに、地上実証モデルのソフトウェア設計が可能となる。

ウ. 空港面監視技術高度化の研究（平成21年度～24年度）

（年度目標）

本研究では、マルチラレーション監視技術の耐干渉性を強化したOCTPASS実験装置と、空港周辺空域を高性能で監視可能とするWAM（広域マルチラレーション）実験装置の開発を進めている。平成23年度は、OCTPASSおよびWAM両実験装置ともに評価試験を実施して機能・性能を確認するとともに、実験装置への機能付加を行う。これにより、両実験装置の位置精度等を把握することで、平行滑走路の独立運用等の新しい運航方式で要求される性能に対する課題が明らかになるとともに、更なる高い検出率等の達成が可能となる。

エ. ハイブリッド監視技術の研究（平成23年度～27年度）

（年度目標）

本研究では、次世代監視システム（WAMやADS-B等）と従来監視システム（SSRモードS等）の長所を組合せることにより、より信頼性の高い監視情報を提供する技術を開発する。また、両監視システムにおいては信号環境の劣化が問題となっており、これを改善する技術を開発する。これにより、我が国における次世代システムの迅速かつスムーズな導入に貢献する。平成23年度は、監視情報の統合処理装置を開発する。また、当所実験システムの改修を行い、次年度以降に予定される統合機能評価実験のための準備をする。これにより、次世代システムの迅速な導入に必要となる統合監視情報の収集および解析が可能となる。

オ. 監視システムの技術性能要件の研究（平成22年度～25年度）

（年度目標）

本研究は、次世代監視システムの技術性能要件TPRS（Technical Performance Requirements for Surveillance systems）を確立することを目的とし、従来および将来の運用方式を想定して監視性能の技術基準をまとめるものである。平成23年度は、次世代監視方式の動向等について調査を継続する。また、作成した技術性能要件項目案をもとに、性能測定手法および性能予測評価手法について実験による検証を

準備する。これにより、これまで困難であった監視情報の信頼性に関係する測定のうち、少なくとも3種類の性能パラメータの測定時間短縮を目指す。

### 3) 空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発（安全で効率的な運航の実現）

本研究開発分野では、安全かつ効率的な運航の実現、航空通信のボトルネック解消及び航空用データリンクの導入、ヒューマンエラーの低減やシステムの信頼性向上などを目指した研究課題に取り組む。

具体的には、平成23年度は以下の研究開発課題を実施する。

#### ア. 将来の航空用高速データリンクに関する研究（平成21年度～24年度） （年度目標）

本研究は、現行のVDLモード2よりも高速高性能な地対空データリンクシステムを選定する際に、我が国の電波環境においてどの程度の通信特性が得られるか評価し、ICAO（国際民間航空機関）の標準化作業に反映させるためのものである。平成23年度は、L-DACS（Lバンドデジタル航空通信システム）の基本的電波特性実験を行うとともに、適切な誤り訂正機能等を選択評価し実験装置に実装する。これにより、L-DACSの通信品質指標の1つである伝送誤り率の評価が可能となる。

#### イ. 航空管制官の業務負荷状態計測手法の開発（平成22年度～25年度） （年度目標）

本研究では、当所開発による発話音声分析技術を発展させ、管制官を始めとする航空機の運航に係る者の心身の健全性を確保向上させ、航空交通システム全体の安全性の向上に資する事を目指している。管制官の業務内容の構造的な理解によるワークロードの分析と共にヒューマンエラー低減技術として、また各種業務負荷状態の軽重を評価し、適正作業量の策定に資する。平成23年度は、22年度に引き続き、診断値の算出に係る信頼性を向上させるために生理データの収集を含む基礎研究と、実用的な装置としての発話音声分析装置の実現に要するハードウェア/ソフトウェア機能の開発評価を行う。音声データの較正技術の確立により、異なるシステムにより収録された音声データの相互比較が可能となり、運用評価基準の信頼性の向上が可能となる。

#### ウ. 携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究（平成21年度～24年度） （年度目標）

本研究は、ニーズが高くなっている航空機内での電子機器の使用について、航空の安全を担保しつつ、さまざまな電子機器を使用するために必要となる性能要件を明らかにするものである。平成23年度は、平成22年度までに明らかにした起こりうる電磁干渉波レベルに対して、比較的電磁干渉に弱い搭載無線機器に発生する不具合の検証を行う。

これにより、電磁干渉によって引き起こされる障害の定量的な評価が可能となる。将来的には、これらは成果が航空機内で安全に電子機器を使用するための技術指針となる。

#### 4) 研究開発の実施過程における措置

平成23年度は、以下を実施する。

- ① 研究開発課題の選定にあたっては、航空行政、運航者等の航空関係者のニーズを随時把握し、国が実施する関連行政施策の立案や技術基準の策定等に関係する重点研究課題を企画・提案する。特に、航空行政が抱える技術課題について連絡会などを通じて関係者間で情報共有を図り、重点研究の今後の方向性を確認しながら研究を立案する。なお、重点化にあたっては他の研究開発機関が実施している研究内容等を可能な限り把握し、研究内容の重複を排除する。
- ② 研究計画の策定にあたっては、航空関係者との間で随時、情報交換を行い、研究開発の戦略についても検討した上で、可能な限り定量的な達成目標を設定する。また、重点的に実施する研究開発課題については航空局へ報告するとともに、出前講座等を活用して航空会社等の意見も研究計画に反映させる。
- ③ 各研究開発課題について、社会ニーズの状況変化や外部の有識者で構成する評議員会及び研究所内の研究評価委員会による事前評価結果に基づき、行政等の関係者と十分調整の上、研究内容の見直し、中止等、所要の措置を講じる。また、評議員会及び研究評価委員会による事後評価結果については、成果のフォローアップに努めながら、行政等の関係者と十分調整の上、その後の研究開発計画に連続してつなげていく。  
具体的には、以下の評議員会を実施し評価結果を公表する。
  - ・平成24年度に開始予定の重点的に実施する研究開発課題の事前評価
  - ・平成23年度に終了予定の重点的に実施する研究開発課題の事後評価  
また内部評価として、以下の研究評価委員会を実施する。
  - ・平成24年度に開始予定の研究課題の事前評価
  - ・平成23年度に終了予定の研究課題の事後評価

#### (2) 基礎的な研究の実施による基盤技術の蓄積

研究員のポテンシャル及び専門性が向上することにより、行政等の技術課題への適切な対応が容易となるとともに、革新的な研究成果が生まれることが期待できる。このため、電子航法に関連する国際的な技術動向を踏まえつつ、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究、将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究、斬新な発想に基づく萌芽的な研究等を実施することにより、研究所として長期的な視点から必要となる基盤技術を蓄積し、研究開発能力の向上を図る。

平成23年度は、将来的な発展が期待される技術に関する基礎的な研究や将来の航空交通システムの基盤技術として有望な先進的、革新的技術の応用に関する研究として、「空港面トラジェクトリ予測手法開発」、「管制官ワークロード分析」、「汎用高速通信技術の次世代航空通信への適用」等の研究課題に関する基盤的研究を実施し、今後、重点的に実施する研究開発課題へと繋げる。

また、斬新な発想に基づく萌芽的な研究として、確率的シミュレーションに関する研究等の基盤的研究を実施する。

### (3) 関係機関との連携強化

限りある人的資源の中で、効果的・効率的な研究開発を行うとともに、その質を高めて研究所のポテンシャル及びプレゼンス向上を図るため、国内外の航空管制機関や、研究所の業務に関連する研究開発を実施している独立行政法人、大学、民間企業等と積極的な連携を進め、研究所単独ではなし得ない優れた研究開発成果の創出とその活用拡大に努める。

平成23年度は以下を実施する。

- ・継続して実施する共同研究に加えて新たに5件以上の共同研究を開始する。
- ・関係機関との密接な連携と交流を円滑に推進するため、研究者・技術者との交流会等を6件以上実施する。
- ・研究所が専門としない分野の知見や技術を有する任期付研究員、客員研究員を6名以上活用する。
- ・若手研究者の育成などの分野で貢献するため、研修生や留学生の受入等を積極的に行う。

### (4) 国際活動への参画

航空に係わる多くの技術や運航方式等は、世界での共用性を考慮する必要があることから、各国の航空関係当局や研究機関及び企業等と積極的に技術交流及び連携を進め、国際的な研究開発への貢献に努める。特に、ICAO（国際民間航空機関）、RTCA（米国航空無線技術協会）、EUROCAE（欧州民間航空用装置製造業者機構）等の基準策定機関における活動での国際貢献に努める。

また、アジア太平洋地域の関係機関との技術交流や共同研究等による連携を強化し、双方にとって有益な成果の創出を目指す。

平成23年度は以下を実施する。

- ・海外の研究機関等との連携強化を図る。
- ・ICAO、RTCA、EUROCAE等の基準策定機関が主催する会議等に積極的に参画し、24件以上発表する。
- ・他国の提案については、我が国への影響及び適合性について技術的な検討を行うなど、必要な対応を行う。

- ・アジア地域における中核機関を目指して国際交流・貢献を図るため、第3回国際ワークショップの開催に向けた準備を進めるとともに、アジア地域への技術セミナーを開催する。

#### (5) 研究開発成果の普及及び活用促進

研究所の活動・成果について、研究所一般公開、研究発表会、研究所報告や広報誌等の印刷物等様々な手段を活用し、効率的かつ効果的に広報を展開する。また、国際会議、学会、シンポジウム等に積極的に参加し、講演、発表等を通じて研究開発成果の普及、活用に努めるとともに、研究業務を通じて得られた技術情報や研究開発の実施過程に関する様々な情報などを積極的に発信する。さらに、研究所がこれまで技術開発してきた成果を社会に還元するため、講習の開催や技術マニュアルの作成等を通じて、行政当局や企業等への技術移転に積極的に取り組む。

知的財産権による保護が必要な研究開発成果については、有用性、保有の必要性等について十分検討しつつ、必要な権利化を図る。また、登録された権利の活用を図るため、研究成果に関心を寄せる企業等へ積極的に技術紹介を行うとともに、広報誌、パンフレット、パテント展示等を活用して積極的に広報・普及を行う。

平成23年度は以下を実施する。

- ・各研究開発課題について年1回以上、学会や専門誌等において発表する。
- ・研究所一般公開、研究発表会及び講演会をそれぞれ1回開催する。
- ・企業及び航空関係者への公開講座として、出前講座を継続企画し開催する。
- ・16件程度の査読付論文の採択を目指す。
- ・英語ページの強化など、ホームページで提供する情報の内容を工夫、充実させる。
- ・これまで研究開発してきた成果の技術移転が円滑に進むよう、行政等に対してフォローアップを行う。

その他、研究所の活動及び成果の普及・活用促進に必要な広報活動を行う。

## 2. 業務運営の効率化に関する事項

### (1) 組織運営

航空交通管理領域、通信・航法・監視領域及び機上等技術領域の3領域の組織構成については、有益な研究成果を得られるよう、必要に応じて機動性、柔軟性のある組織運営を行う。理事長が戦略的にマネジメントを実施しリーダーシップを発揮できるよう、内部統制のしくみを随時見直し、その充実・強化を図る。

平成23年度は、以下を実施する。

- ・行政が検討を進めている「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」について、航空行政を技術的側面から支援する。



- ・組織運営に関する計画の実施状況と目標達成状況について、年度計画線表等を活用した定期的な自己点検・評価を継続する。
- ・幹部会等を通じて運営全般にわたる意思決定機構の充実を図るとともに、研究企画統括会議等を通じて研究員からのボトムアップ機能を活性化することにより、業務運営機能の強化を図る。
- ・内部監査については、持続可能な制度として定着できているか評価検証を行うとともに、監査の結果明らかになった課題については改善に向けて取り組む。
- ・研究所の業務運営全般について、評議員会を活用した外部有識者による評価及びレビューを行う。

## (2) 業務の効率化

- ① 効率的な業務運営が行えるよう、業務フローを適宜見直すことにより業務の効率化を進めるとともに、管理会計の充実等により業務運営コストの縮減を図る。  
平成23年度は、以下のとおり経費を抑制する。
  - ・一般管理費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を6%程度縮減するため、平成23年度は「省エネ」の徹底等により、経費の抑制に努める。
  - ・業務経費（人件費、公租公課等の所要額計上を必要とする経費及び特殊要因により増減する経費を除く。）については、中期目標期間中に見込まれる当該経費総額（初年度の当該経費相当分に5を乗じた額。）を2%程度縮減するため、平成23年度は「研究機材」調達方式の見直し等により、経費の抑制に努める。
- ② 物品等の調達に関しては、一者応札是正に向けた取り組みを含め、他の独立行政法人の事例等をも参考に、透明性が高く効果的な契約を行うように努める。
- ③ 保有資産については、保有の必要性について引き続き見直しを行うとともに、見直し結果を踏まえて、支障のない限り、国への返納を行う。また、特許権については経費の支出に際し、保有する目的を精査する。

## 3. 予算（人件費の見積りを含む。）、収支計画及び資金計画

(1) 平成23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

(2) 自己収入の拡大

受託収入、競争的資金、特許権収入等、運営費交付金以外の外部資金を獲得するための活動を積極的に推進する。

なお平成23年度においては、研究所の自己収入が過去最大となった平成19年度のような特別な政府受託が見込まれないことから、出前講座などを通じて企業等への研究成果の紹介や普及活動を積極的に行うとともに、競争的資金へも積極的に応募する。

具体的には、受託研究や外部資金受入型の共同研究及び競争的資金による研究開発を20件以上実施する。

#### 4. 短期借入金の限度額

予見し難い事故等の事由に限り、資金不足となる場合における短期借入金の限度額は、300百万円とする。

#### 5. 不要財産又は不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画 特になし。

#### 6. 重要な財産を譲渡し、又は担保に供する計画 特になし。

#### 7. 剰余金の使途

- ① 研究費
- ② 施設・設備の整備
- ③ 国際交流事業の実施（招聘、セミナー、国際会議等の開催）

#### 8. その他主務省令に定める業務運営に関する事項

##### (1) 施設及び設備に関する事項

平成23年度に以下の施設を整備する。

施設・設備の内訳	予定額 (百万円)	財 源
ア. 4号棟改修工事	99	一般会計 独立行政法人電子航法研究所 施設整備費補助金

##### (2) 施設・設備利用の効率化

業務の確実な遂行のため、研究所の施設・設備について、性能維持・向上等適切な措置を講じるとともに、航空機使用ワーキンググループ、電波無響室ワーキンググループ等を活用し、その効率的な利用に努める。「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」で被害を受けた岩沼分室及び実験用航空機を含む実験施設については、今後の研究業務に支障が生じない

よう、適切な措置を講じる。

### (3) 人事に関する事項

- ① 業務処理を工夫するとともに、業務内容及び業務量に応じて適正に人員を配置する。

「人材活用等に関する方針」を基本に、研究者の長期的な育成を目指す。また、行政ニーズおよび社会ニーズを的確に把握し、これらに対応した研究を企画できる人材を育成するため、研究部門以外に研究員を配置する。さらに、国際感覚を養うとともに、海外研究機関との連携を強化するため、国内外における研究機会の拡大に努める。

- ② 給与水準については、国家公務員の給与水準も十分考慮し、手当を含め役職員給与の在り方について厳しく検証した上で、給与改定に当たっては、引き続き、国家公務員に準拠した給与規程の改正を行い、その適正化に取り組むとともに、その検証結果や取組状況を公表する。

- ③ 総人件費<sup>※注</sup>については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（平成18年法律第47号）に基づく平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の人件費に係る取り組みを平成23年度においても引き続き着実に実施するとともに、政府における総人件費削減の取り組みを踏まえ、厳しく見直す。

ただし、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分及び以下に該当する者（「総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者」という。）に係る人件費については削減対象から除くこととする。

- ・競争的資金又は受託研究若しくは共同研究のための民間からの外部資金により雇用される任期付職員
- ・国からの委託費及び補助金により雇用される任期付研究者
- ・運営費交付金により雇用される任期付研究者のうち、若手研究者（平成17年度末において37歳以下の研究者をいう。）

※注) 対象となる「人件費」の範囲は、常勤役員及び常勤職員に支給する報酬（給与）、賞与、その他の手当の合計額とし、退職手当、福利厚生費（法定福利費及び法定外福利費）、今後の人事院勧告を踏まえた給与改定分は除く。

### (4) その他

国土交通省所管の独立行政法人及び関連する研究機関の業務の在り方の検討については、今後の独立行政法人全体の見直しの議論等を通じ、適切に対応する。

## 予算

## 平成23年度予算

(単位：百万円)

区 分	金 額
収入	
運営費交付金	2,100
施設整備費補助金	232
受託等収入	253
計	2,585
支出	
業務経費	1,423
うち研究経費	822
うち震災復興経費	601
施設整備費	232
受託等経費	215
一般管理費	46
人件費	669
計	2,585

## [人件費の見積]

期間中総額551百万円を支出する。

但し、上記の額は、総人件費改革において削減対象とされた人件費から総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者等に係る人件費を除いた額である。なお、上記の額と総人件費改革の取組の削減対象外となる任期付研究者等に係る人件費を合わせた額は、566百万円である。(国からの委託費、補助金、競争的資金及び民間資金の獲得状況等により増減があり得る。)

また、上記の額は、役員報酬(非常勤役員を除く。)並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、休職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

## 収支計画

## 平成23年度収支計画

(単位：百万円)

区 分	金 額
費用の部	2,028
經常費用	2,028
研究業務費	1,300
受託等業務費	215
一般管理費	231
減価償却費	282
財務費用	0
臨時損失	0
収益の部	2,028
運営費公金収益	1,499
手数料収入	0
受託等収入	253
資産見返負債戻入	276
臨時利益	0
純利益	0
目的積立金取崩額	0
総利益	0

注) 当法人における退職手当については、その全額について、運営費交付金を財源とするものと想定している。

## 資金計画

## 平成23年度資金計画

(単位：百万円)

区 分	金 額
資金支出	2,585
業務活動による支出	2,346
投資活動による支出	232
財務活動による支出	7
次期中期目標の期間への繰越金	0
資金収入	2,585
業務活動による収入	2,353
運営費交付金による収入	2,100
受託収入	250
その他の収入	3
投資活動による収入	232
施設整備費補助金による収入	232
財務活動による収入	0
繰越金	0

## 7 財務諸表

平成23年度

# 財 務 諸 表

(添付書類)

平成23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24年3月31日)

(単位:円)

科 目	金 額	
<b>【資産の部】</b>		
I 流動資産		
現金及び預金		972,612,766
未収金		149,861,005
たな卸資産		3,405,664
前払費用		2,139,646
仮払金		5,639,990
立替金		46,701
流動資産合計		1,133,705,772
II 固定資産		
1 有形固定資産		
建物	1,552,785,094	
建物減価償却累計額	△ 548,351,038	1,004,434,056
構築物	142,288,859	
構築物減価償却累計額	△ 106,522,395	35,766,464
航空機	101,800,000	
航空機減価償却累計額	△ 99,763,997	
航空機減損失累計額	△ 2,036,003	0
車両運搬具	17,336,757	
車両運搬具減価償却累計額	△ 13,728,555	3,608,202
工具器具備品	4,314,651,098	
工具器具備品減価償却累計額	△ 3,727,481,646	
工具器具備品減損失累計額	△ 8,891,984	578,277,468
土地	3,082,544,000	
土地減損失累計額	△ 180,844,000	2,901,700,000
建設仮勘定		102,467,780
有形固定資産合計		4,626,253,970
2 無形固定資産		
電話加入権		40,600
ソフトウェア		625,801
無形固定資産合計		666,401
3 投資その他の資産		
長期前払費用		21,992
投資その他資産合計		21,992
固定資産合計		4,626,942,363
資産合計		5,760,648,135
<b>【負債の部】</b>		
I 流動負債		
運営費交付金債務		888,574,427
短期リース債務		6,589,952
未払金		275,236,744
未払消費税等		1,696,800
未払費用		1,567,426
預り金		3,714,230
流動負債合計		1,177,379,579
II 固定負債		
資産見返負債		
資産見返運営費交付金	577,016,770	
資産見返物品受贈額	18,968,219	
建設仮勘定見返運営費交付金	65,100,000	661,084,989
固定負債合計		661,084,989
負債合計		1,838,464,568
<b>【純資産の部】</b>		
I 資本金		
政府出資金		4,258,412,552
資本金合計		4,258,412,552
II 資本剰余金		
資本剰余金		677,959,494
損益外減価償却累計額(△)		△ 830,986,859
損益外減損失累計額(△)		△ 183,294,403
資本剰余金合計		△ 336,321,768
III 利益剰余金		
前中期目標期間繰越積立金		11,430
当期末処分利益		81,353
(うち当期総利益)		81,353
利益剰余金合計		92,783
純資産合計		3,922,183,567
負債・純資産合計		5,760,648,135

【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 368,193,837 円  
 運営費交付金から充当されるべき引当外賞与の見積額 30,774,363 円



**損益計算書**  
(平成23年4月1日～平成24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	489,902,270		
退職手当	8,405,130		
福利厚生費	60,621,679		
諸謝金	1,292,700		
研究委託費	81,407,624		
消耗品費	144,158,799		
備品費	16,105,497		
通信費	5,311,499		
水道光熱費	10,310,975		
支払リース料	879,277		
保守修繕費	94,389,864		
旅費交通費	44,303,936		
支払手数料	9,175,289		
減価償却費	284,093,380		
その他の業務費	18,951,599	1,269,309,518	
<b>一般管理費</b>			
役員給与手当	46,778,454		
給与手当	93,447,023		
福利厚生費	20,103,768		
諸謝金	170,100		
消耗品費	2,611,846		
通信費	1,903,028		
水道光熱費	2,944,071		
支払リース料	314,370		
保守修繕費	7,535,710		
旅費交通費	2,222,968		
支払手数料	2,576,212		
減価償却費	1,282,450		
その他の一般管理費	3,173,001	185,063,001	
<b>財務費用</b>			
支払利息	223,607	223,607	
経常費用合計			1,454,596,126
<b>【経常収益】</b>			
運営費交付金収益		1,076,168,150	
固定資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	259,698,139		
資産見返物品受贈額戻入	18,986,863	278,685,002	
受託収入			
政府受託収入	47,912,137		
その他受託収入	12,342,389	60,254,526	
特許権等収入		3,529,845	
施設費収益		33,817,042	
雑益		145,778	
経常収益合計			1,452,600,343
経常利益			△ 1,995,783
<b>【臨時損失】</b>			
固定資産除却損		18,761,154	
その他臨時損失		26,300	
臨時損失合計			18,787,454
<b>【臨時利益】</b>			
固定資産見返負債戻入			
資産見返運営費交付金戻入	18,013,938		
資産見返物品受贈額戻入	747,216	18,761,154	
臨時利益合計			18,761,154
<b>【当期純損失】</b>			2,022,083
<b>【前中期目標期間繰越積立金取崩額】</b>			2,103,436
<b>【当期総利益】</b>			81,353

【注記】ファイナンス・リース取引が損益に与える影響額は、81,353円であり、当該影響額を除いた当期総利益は0円であります。

**キャッシュフロー計算書**  
(平成23年4月1日～平成24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	△ 286,140,684
人件費支出	△ 773,092,873
その他業務支出	△ 309,759,668
運営費交付金収入	2,099,326,000
受託収入	87,216,671
特許権等収入	4,590,009
その他業務収入	△ 590,353
小 計	821,549,102
利息の支払額	△ 258,195
国庫納付金の支払額	△ 375,470,854
業務活動によるキャッシュフロー	<b>445,820,053</b>

**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	△ 308,760,165
施設費による収入	116,655,000
投資活動によるキャッシュフロー	<b>△ 192,105,165</b>

**III 財務活動によるキャッシュフロー**

リース債務返済に伴う支出	△ 6,737,352
財務活動によるキャッシュフロー	<b>△ 6,737,352</b>

**IV 資金に係る換算差額**

IV 資金増加額	246,977,536
V 資金期首残高	725,635,230
VI 資金期末残高	<b>972,612,766</b>

**【注記】**

1. 資金期末残高と貸借対照表に掲記されている科目の金額との関係

資金期末残高	<u>972,612,766円</u>
現金及び預金勘定	<u>972,612,766円</u>

## 利益の処分に関する書類

(単位:円)

I 当期末処分利益		81,353
当期総利益	81,353	
II 利益処分別		
積立金	81,353	81,353

**行政サービス実施コスト計算書**  
(平成23年4月1日～平成24年3月31日)

(単位:円)

**I 業務費用**

(1)損益計算書上の費用

業務費	1,269,309,518		
一般管理費	185,063,001		
財務費用	223,607		
固定資産除却損	18,761,154		
その他臨時損失	26,300		1,473,383,580

(2)(控除)自己収入等

受託収入	△ 59,924,526		
特許権等収入	△ 3,529,845		
雑 益	△ 145,778		△ 63,600,149

業務費用合計 1,409,783,431

**II 損益外減価償却相当額** 63,066,340

**III 損益外除売却差額相当額** 94,334

**IV 引当外賞与見積額** △ 1,760,056

**V 引当外退職給付増加見積額** 38,220,141

**VI 機会費用**

政府出資等の機会費用 38,544,432

**VII 行政サービス実施コスト** 1,547,948,622

**【注記】**

引当外退職給付増加見積額のうち国からの出向職員に係る金額は、16,311,329円であります。

## 注記事項

### 【重要な会計方針】

当事業年度より、「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」（独立行政法人会計基準研究会 財政制度等審議会 財政制度分科会 法制・公会計部会 平成 23 年 6 月 28 日改訂）」並びに「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」に関する Q & A」（総務省行政管理局 財務省主計局 日本公認会計士協会 平成 24 年 3 月最終改訂）」を適用しております。

#### 1. 会計方針の変更

当事業年度より、「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」（独立行政法人会計基準研究会 財政制度等審議会 財政制度分科会 法制・公会計部会 平成 23 年 6 月 28 日改訂）」並びに「独立行政法人会計基準」及び「独立行政法人会計基準注解」に関する Q & A」（総務省行政管理局 財務省主計局 日本公認会計士協会 平成 24 年 3 月最終改訂）の改訂に伴い、固定資産の減損額の会計処理を見直しております。

これによる財務諸表への影響はありません。

#### 2. 運営費交付金収益の計上基準

費用進行基準を採用しております。

研究の長期化により単年度における達成度や進捗度を客観的に測定することが困難であることから、業務達成基準及び期間進行基準を採用することが難しいため、費用進行基準を採用しております。

#### 3. 減価償却の会計処理方法

##### (1)有形固定資産

定額法を採用しております。

主な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 87）の減価償却相当額については、損益外減価償却累計額として資本剰余金から控除して表示しております。

なお、リース資産については、リース期間を耐用年数とし、残存価額を 0 とする定額法を採用しております。

##### (2)無形固定資産

定額法を採用しております。

なお、法人内利用のソフトウェアについては、法人内における利用可能期間（5年以内）に基づいております。

#### 4. 退職給付に係る引当金及び見積額の計上基準

退職一時金については運営費交付金により財源措置がなされるため、退職給付に係る引当金は計上しておりません。

なお、行政サービス実施コスト計算書における引当外退職給付増加見積額は、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。

#### 5. 賞与引当金及び見積額の計上基準

賞与については財源措置がなされるため、賞与引当金は計上しておりません。

また、行政サービス実施コスト計算書における引当外賞与見積額は、事業年度末に在職する役職員について、当期末の支給見積額から前期末の支給見積額を控除して計算しております。

#### 6. たな卸資産の評価基準及び評価方法

資産の種別に応じて、以下のとおりとしております。

貯蔵品	最終仕入原価法
未成受託研究支出金	個別法

#### 7. 行政サービス実施コスト計算書における機会費用の計上方法

政府出資等の機会費用の計算に使用した利率

10年利付国債の平成24年3月末利回りを参考に0.985%で計算しております。

#### 8. リース取引の処理方法

リース料総額が50万円以上のファイナンス・リース取引については、通常の売買取引に係る方法に準じた会計処理によっております。

リース料総額が50万円未満のファイナンス・リース取引については、通常の賃貸借取引に係る方法に準じた会計処理によっております。

#### 9. 消費税等の会計処理方法

消費税等の会計処理は、税込方式によっております。

### 【金融商品の時価等に関する事項】

#### 1. 金融商品の状況に関する事項

当法人の資金運用については短期的な預金に限定しており、主に運営費交付金により資金を調達しております。

未収債権等は、会計規程等に沿って適正に管理しております。

## 2. 金融商品の時価等に関する事項

期末日における貸借対照表計上額、時価及びこれらの差額については、次のとおりであります。

(単位：円)

	貸借対照表 計上額	時価	差額
(1) 現金及び預金	972,612,766	972,612,766	—
(2) 未収金	149,861,005	149,861,005	—
(3) 未払金	(275,236,744)	(275,236,744)	(—)

(注1) 負債に計上されているものは、( )で示しております。

(注2) 金融商品の時価の算定方法並びに有価証券等に関する事項

### (1) 現金及び預金、(2) 未収金

これらは短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

### (3) 未払金

これらは短期間で決済されるため、時価は帳簿価額にほぼ等しいことから、当該帳簿価額によっております。

## 【リース取引関係】

### 1. ファイナンス・リース取引

有形固定資産

主に研究業務等に使用する電子計算機（工具器具備品）であります。

### 2. オペレーティング・リース取引

該当事項はありません。

## 【重要な債務負担行為】

当事業年度までに契約締結を完了させましたが、実際の支出が翌期以降になる債務負担行為のうち、重要なものは以下の通りです。

1. 電子航法研究所岩沼分室測定車 1 台の調達 14,991,522 円
2. 実験用航空機 588,945,000 円
3. GAST-D 地上サブシステムの安全性設計  
検証のための研究装置 162,750,000 円

### 【重要な後発事象】

該当事項はありません。

### 【その他独立行政法人の状況を適切に開示するために必要な会計情報】

#### 組織統合について

平成 24 年 1 月 20 日閣議決定された「独立行政法人の制度及び組織の見直しの基本方針」により、当研究所は、原則として平成 26 年 4 月までに国土交通分野の 5 研究機関（土木研究所、建築研究所、海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所、電子航法研究所）について 1 法人に統合する措置を講ずることとされております。



附属明細書

1. 固定資産の取得、処分、減価償却費（「第87特定の償却資産の減価に係る会計処理」及び「第91資産除去債務に係る特定の除却費用等の会計処理」による損益外減価償却相当額も含む。）及び減損損失累計額の明細

資産の種類	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	減価償却累計額		減損損失累計額		差引当期末残高	摘要
					当期償却額	減価償却累計額	当期減損損失	減損損失累計額		
有形固定資産 (償却費損益内)	建物	38,779,824	19,237,957	-	58,017,781	16,342,796	3,203,274	-	41,674,985	注1
	構築物	15,850,537	-	10,710,000	5,140,537	5,030,564	93,047	-	109,973	注3
	車両運搬具	18,956,466	2,432,850	4,052,559	17,336,757	13,728,555	2,049,819	-	3,608,202	
	工具器具備品	4,524,921,483	47,812,616	377,740,412	4,194,993,687	3,629,758,857	279,873,241	8,891,984	556,342,846	注1、注3
	計	4,598,508,310	69,483,423	392,502,971	4,275,488,762	3,664,860,772	285,219,381	8,891,984	601,736,006	
有形固定資産 (償却費損益外)	建物	1,425,266,502	73,819,960	4,319,149	1,494,767,313	532,008,242	51,019,653	-	962,759,071	注2
	構築物	117,867,487	19,871,396	590,561	137,148,322	101,491,831	3,041,287	-	35,656,491	注2
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	99,763,997	-	2,036,003	-	
	工具器具備品	108,523,380	11,134,031	-	119,657,411	97,722,789	9,005,400	-	21,934,622	
	計	1,753,457,369	104,825,387	4,909,710	1,853,373,046	830,986,859	63,066,340	2,036,003	1,020,350,184	
非償却資産	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建設仮勘定	-	102,467,780	-	102,467,780	-	-	-	102,467,780	
有形固定資産合計	建物	1,464,046,326	93,057,917	4,319,149	1,552,785,094	548,351,038	54,222,927	-	1,004,434,056	
	構築物	133,718,024	19,871,396	11,300,561	142,288,859	106,522,395	3,134,334	-	35,766,464	
	航空機	101,800,000	-	-	101,800,000	99,763,997	-	2,036,003	-	
	車両運搬具	18,956,466	2,432,850	4,052,559	17,336,757	13,728,555	2,049,819	-	3,608,202	
	工具器具備品	4,633,444,863	58,946,647	377,740,412	4,314,651,098	3,727,481,646	288,878,641	8,891,984	578,277,468	
無形固定資産	土地	3,082,544,000	-	-	3,082,544,000	-	-	180,844,000	2,901,700,000	
	建設仮勘定	-	102,467,780	-	102,467,780	-	-	-	102,467,780	
投資その他の資産	電話加入権	455,000	-	-	455,000	-	-	414,400	40,600	
	ソフトウェア	15,645,000	-	-	15,645,000	15,019,199	156,449	-	625,801	
計	長期前払費用	16,100,000	-	-	16,100,000	15,019,199	156,449	414,400	666,401	
	計	11,430	21,992	11,430	21,992	-	-	-	21,992	
有形固定資産(償却費損益内)の工具器具備品の増加は、光ファイバ接続型受動監視システム高周波信号受信処理部(24,780,000)、TIS-B監視情報源ノイズ送信機(14,910,000)等の取得によるものであり、減少はCPDLC/AIDC対応管制卓(39,585,000)、利用者開放型航空管制情報処理システム(19,425,000)、航空機識別番号検出装置(12,875,000)等の除却によるものです。	計	11,430	21,992	11,430	21,992	-	-	-	21,992	
	計	11,430	21,992	11,430	21,992	-	-	-	21,992	

(注1) 有形固定資産(償却費損益内)の工具器具備品の増加は、光ファイバ接続型受動監視システム高周波信号受信処理部(24,780,000)、TIS-B監視情報源ノイズ送信機(14,910,000)等の取得によるものであり、減少はCPDLC/AIDC対応管制卓(39,585,000)、利用者開放型航空管制情報処理システム(19,425,000)、航空機識別番号検出装置(12,875,000)等の除却によるものです。

(注2) 有形固定資産(償却費損益外)の建物の増加は、4号機建物改修工事(73,819,960)、構築物の増加は実験用シミュレーション装置(53,025,000)、利用者開放型管制卓用データ情報表示ディスプレイ(34,499,850)、マルチレーン対応ADS-B受信信局(32,550,000)等の取得によるものです。

(注3) 有形固定資産(償却費損益内)の構築物の減少は、GBAS用データ計測システム(54,600,000)、航空管制シミュレーション装置(53,025,000)、利用者開放型管制卓用データ情報表示ディスプレイ(34,499,850)、マルチレーン対応ADS-B受信信局(32,550,000)等の除却によるものです。

2. たな卸資産の明細

(単位:円)

種 類	期首残高	当期増加額		当期減少額		期末残高	摘 要
		当期購入・ 製造・振替	その他	払出・振替	その他		
貯蔵品	126,480	217,660	-	126,480	-	217,660	
未成受託研究支出金	21,230,206	20,190,218	-	41,138,820	-	281,604	
仕掛品	-	2,906,400	-	-	-	2,906,400	
計	21,356,686	23,314,278	-	41,265,300	-	3,405,664	

### 3. 資本金及び資本剰余金の明細

(単位:円)

区 分		期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	摘 要
資本金	政府出資金	4,258,412,552	-	-	4,258,412,552	
	計	4,258,412,552	-	-	4,258,412,552	
資本剰余金	資本剰余金					
	無償譲与	455,000	-	-	455,000	
	施設費	630,004,995	104,825,387	-	734,830,382	注1
	損益外除売却差額相当額	△ 52,416,178	△ 4,909,710	-	△ 57,325,888	注2
	計	578,043,817	99,915,677	-	677,959,494	
	損益外減価償却累計額	772,237,210	63,066,340	4,316,691	830,986,859	注2
	損益外減損損失累計額	183,793,088	-	498,685	183,294,403	
	差引計	△ 377,986,481	36,849,337	△ 4,815,376	△ 336,321,768	

(注1)施設費当期増加額の主なものは、4号棟建物改修工事、実験用シェルタ等の取得によるものです。

(注2)損益外除却額の当期増加額及び損益外減価償却累計額の当期減少額は、岩沼分室等改修工事の撤去部分に係る除却によるものです。

4. 積立金の明細及び前中期目標期間繰越積立金の取崩しの明細

(1)積立金の明細

(単位:円)

区 分	期首残高	当期増加額	当期減少額	期末残高	摘 要
積立金	17,720,906	359,864,814	377,585,720	-	当期積立額 359,864,814 国庫納付額 375,470,854 前中期目標期間繰越積立金 2,114,866
前中期目標期間繰越積立金	-	2,114,866	2,103,436	11,430	積立金からの振替 2,114,866
計	17,720,906	361,979,680	379,689,156	11,430	

1 前中期目標期間最終年度の積立金の期末残高は 17,720,906 であり、これに前中期目標期間最終年度の未処分利益 359,864,814 を加えると、積立金は 377,585,720 となる。

2 この積立金 377,585,720 のうち、今中期目標期間の業務の財源として繰越の承認を受けた額は2,114,866 であり、差し引き 375,470,854 については国庫に納付した。

(2)前中期目標期間繰越積立金取崩しの明細

(単位:円)

区 分	金 額	摘 要
前中期目標期間繰越積立金取崩額	126,480	前中期目標期間中計上棚卸資産の費用化相当額の取崩し
	1,976,956	前中期目標期間中計上前払費用の費用化相当額の取崩し
計	2,103,436	

5. 運営費交付金債務及び当期振替額等の明細

(1)運営費交付金債務の増減の明細

(単位:円)

交付年度	期首残高	交付金当期交付額	当期振替額					期末残高
			運営費交付金収益	資産見返運営費交付金	建設仮勘定見返運営費交付金	資本剰余金	小計	
平成23年度	-	2,099,326,000	1,076,168,150	69,483,423	65,100,000	-	1,210,751,573	888,574,427
合計	-	2,099,326,000	1,076,168,150	69,483,423	65,100,000	-	1,210,751,573	888,574,427

(2)運営費交付金債務の当期振替額の明細

(単位:円)

区分		金額	23年度交付分 内 訳
費用進行基準による振替額	運営費交付金収益	1,076,168,150	①費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ②当該業務に係る損益等 ア)損益計算書に計上した費用の額: 1,089,341,284 (役職員人件費:700,397,001, その他の経費:388,944,283) イ)年度計画による自己収入からの運営費交付金債務への充当額: 13,173,134 ウ)固定資産の取得額:業務用器具備品等 69,483,423 エ)複数年度契約による固定資産取得に係る前払金額:65,100,000 ③運営費交付金の振替額の積算根拠 費用1,089,341,284-自己収入からの充当額13,173,134=1,076,168,150
	資産見返運営費交付金	69,483,423	
	建設仮勘定見返運営費交付金	65,100,000	
	資本剰余金	-	
	計	1,210,751,573	
会計基準第81第3項による振替額		-	
合計		1,210,751,573	

(3)運営費交付金債務残高の明細

(単位:円)

交付年度	運営費交付金債務残高	残高の発生理由及び収益化等の計画
平成23年度	費用進行基準を採用した業務に係る分 888,574,427	○費用進行基準を採用した業務:全ての業務 ○運営費交付金債務残高の発生理由は、入札差額が生じたことによる経費の減少及び期を跨いだ物品等の契約済繰越等に伴い、運営費交付金の収益化額が計画を下回り、翌事業年度に繰り越したものである。なお、中期計画で予定した、本事業年度に実施すべき業務については、計画どおりに実施済みであり、業務の未達成による運営費交付金債務の翌事業年度への繰越額はない。 ○翌事業年度に繰り越した運営費交付金債務残高については、想定されない人件費等の支出が発生した場合に翌事業年度以降において収益化する予定である。

## 6. 運営費交付金以外の国等からの財源措置の明細

(単位:円)

区 分	当 期 交 付 額	左の会計処理内訳			摘 要
		建 設 仮 勘 定 見 返 施 設 費	資 本 剰 余 金	そ の 他	
施設整備費補助金	138,642,429	-	104,825,387	33,817,042	
合 計	138,642,429	-	104,825,387	33,817,042	

## 7. 役員及び職員の給与の明細

(単位:千円、人)

区 分	報 酬 又 は 給 与		退 職 手 当	
	支 給 額	支給人員	支 給 額	支給人員
役 員	(2,952) 43,826	(1) 3	(0) 0	(0) 0
職 員	(101,654) 481,695	(44) 61	(0) 8,405	(0) 1
合 計	(104,606) 525,521	(45) 64	(0) 8,405	(0) 1

(注1)役員報酬基準の概要は、理事長917,000円、理事780,000円、監事724,000円、非常勤監事246,000円を月額として支給しております。

その他諸手当及び退職手当については、「独立行政法人電子航法研究所役員給与規程」及び「独立行政法人電子航法研究所役員退職手当支給規程」に基づき支給しております。

(注2)職員に対する給与は、「独立行政法人電子航法研究所職員給与規程」及び「独立行政法人電子航法研究所契約職員等就業規則」に基づき支給しております。

(注3)支給人員は、年間平均支給人員数によっております。

(注4)非常勤役員及び非常勤職員については、外数として( )で記載しております。

(注5)中期計画においては、法定福利費を含めて予算上の人件費としておりますが、上記明細には、法定福利費は含まれておりません。

添 付 書 類

# 平成23年度 決算報告書

独立行政法人 電子航法研究所



# 決 算 報 告 書

単 位 : 円

区分	予算額(A)	決算額(B)	差額	備考
収入			(B-A)	
運営費交付金	2,099,326,000	2,099,326,000	0	
施設整備費補助金	232,439,000	138,642,429	△ 93,796,571	岩沼分室等改修工事が翌期に延伸したことに伴い、支出を翌期に繰り越したなどのため。
受託収入	253,392,000	60,254,526	△ 193,137,474	年度計画策定時に予定していた受託等が減少したため。
その他の収入	0	3,675,623	3,675,623	特許権収入等があったため。
計	2,585,157,000	2,301,898,578	△ 283,258,422	
支出				
業務経費	1,422,828,000	591,370,118	△ 831,457,882	
うち業務経費	822,308,000	591,370,118	△ 230,937,882	GAST-D安全性検証用装置等を2ヶ年契約で整備したことに伴い、支出を翌期に繰り越したなどのため。
うち震災復興経費	600,520,000	0	△ 600,520,000	実験用航空機等を2ヶ年契約で整備したことに伴い、支出を翌期に繰り越したなどのため。
施設整備費	232,439,000	138,642,429	△ 93,796,571	岩沼分室等改修工事が翌期に延伸したことに伴い、支出を翌期に繰り越したなどのため。
受託経費	214,905,000	50,757,015	△ 164,147,985	年度計画策定時に予定していた受託等が減少したため。
一般管理費	45,694,000	44,680,100	△ 1,013,900	業務効率化による削減額。
人件費	669,291,000	598,788,747	△ 70,502,253	
計	2,585,157,000	1,424,238,409	△ 1,160,918,591	

---

## 平成23年度 電子航法研究所年報

平成24年12月28日 発行

編集兼発行人 独立行政法人 電子航法研究所

発行所 独立行政法人 電子航法研究所

〒 182-0012

東京都調布市深大寺東町7丁目42番地23

電話 0422-41-3168

ホームページアドレス <http://www.enri.go.jp/>

---

※電子版は上記ホームページより入手することが可能です。

○本冊子は、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に基づく

○リサイクル適正の表示：紙へリサイクル可

本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料[Aランク]のみを用いて作製しています。