

ま え が き

電子航法研究所は、交通の安全の確保とその円滑化を図ることを目的に、電子航法（電子技術を利用した航法）に関する試験、調査、研究及び開発等を業務とする国立研究所です。当研究所は、昭和42年（1967年）7月に設立され、平成29年（2017年）7月に50周年をむかえました。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27年度まで第3期中期計画を実施してまいりました。平成27年4月1日からは、わが国の研究開発成果の最大化を目的とする「国立研究開発法人」となり、さらに、平成28年4月1日からは、運輸産業の国際競争力の更なる強化などの課題解決を技術面から支えるべく、国立研究開発法人海上技術安全研究所及び国立研究開発法人港湾空港技術研究所と統合し、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所として、新たな一歩を踏み出しています。この統合に伴い、平成28年度からは、平成34年度までに達成すべき中長期目標が定められ、その達成をめざして国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所第1期中長期計画に沿った事業を行っております。

当研究所の研究活動は、社会ニーズに沿った研究課題を重点的に選定しています。特に、航空機運航の安全性とともに効率性や航空利用者の利便性の向上、航空交通量増大への対応、環境負荷低減等、航空交通の改善に資する研究を進めています。さらに、その成果を活用しつつ国の空港整備事業や国際民間航空機関等の国際標準策定作業を技術支援するなど、国内外において社会貢献の実績をあげています。それとともに、将来の技術需要を見通した基礎的、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など学術への貢献にも努めています。国内外の大学や研究機関を含め産学官の連携を通して、限られた研究資源を最大限に活用しつつ、深い専門性と幅広い活用を両立すべく知をつなぎ成果を上げつつあります。

この電子航法研究所年報は、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所第1期中長期目標の3年目となる平成30年度に当研究所が行った業務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を紹介しています。なお、別に刊行しております電子航法研究所報告及び電子航法研究所研究発表会講演概要には、より詳細な研究内容を記載しておりますので、あわせてご参照いただけますと幸いです。

当研究所は、国、産業界、大学等と連携し、国の担う航空交通管理に係る業務を支援する中核的な研究機関として、その使命を果たすべく努力してまいります。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、皆様にお願ひ申し上げます。

令和元年12月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所

所長 小瀬木 滋

目 次

第1部	総 説	
1.	沿 革	3
	予算及び定員の推移	6
2.	組 織	7
3.	役職員数	7
4.	所 在	8
5.	建 物	8
第2部	試験研究業務	
1.	航空交通管理領域	11
2.	航法システム領域	50
3.	監視通信領域	78
4.	研究所報告	125
5.	受託研究	126
6.	共同研究	128
7.	研究発表	130
8.	知的財産権	145
第3部	現 況	
1.	平成30年度に購入した主要機器	151
2.	主要施設及び機器	152
3.	刊 行 物	154
4.	行 事 等	154
5.	職員表彰	156

第 1 部
総 説



1 沿 革

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

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

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

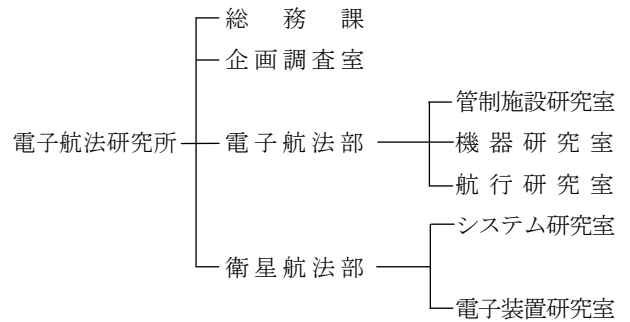
宇宙開発の一環として、人工衛星を航空機及び船舶の航法に利用しようとする開発研究は、我が国においても昭和38年に着手された。その結果をもとに、運輸省は昭和40年4月「人工衛星による航行援助方式の開発に関する基本方針」を決め、昭和41年度は衛星航法研究室(3名)が新設された。

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

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

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

当時の組織は下記のとおりであった。



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

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

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

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

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

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

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

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

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

53年度には、4名の増員が認められ、10月1日に電子航法

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

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

55年度には, 海上保安庁より格納庫(建坪825㎡)の所管換を受けた。

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

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

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

58年度は, 1名の増員が認められ, 航空施設部に新着陸施設研究室を設置した。

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

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

61年度は, 1名の増員が認められ, MLS研究体制の強化を図った。

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

63年度は, 管理庁舎兼衛星航法実験棟が竣工した。

平成元年度は, 1名の増員が認められ, 航空管制の研究体制の強化を図った。

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

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

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

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

また, 仮想現実実験施設を整備した。

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

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

また, ATC シミュレーション実験棟が竣工した。

平成13年度は, 中央省庁等改革推進本部決定及び関係諸法

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

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

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

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

平成16年度は, 関東空域再編関連研究プロジェクトチームを設置した。

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

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

平成20年度は, 企画課に企画第三係を新設した。

また, 6号棟(旧管制システム部研究棟)の建替工事に着手した。

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

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

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

平成24年度は, 通信・航法・監視領域, 機上等技術領域を廃止し, 航法システム領域, 監視通信領域を設置した。

平成25年度は, 東日本大震災で被災したビーチクラフトB-99の後継機として, 平成23年度第3次補正予算により購入したビーチクラフトB300(キングエア350)が, 平成25年5月に引き渡された。

平成26年度は, 平成25年12月24日に閣議決定された「独立行政法人等に関する基本的な方針」において講ずべき措置とされた「海上技術安全研究所」及び「港湾空港技術研究所」との統合について, 平成26年8月29日に開催された行政改革推進本部で実施時期は平成28年4月と決定された。

平成27年度は, 「独立行政法人通則法の一部を改正する法律」等関係諸法令の施行を受け, 国立研究開発法人に移

行し、「国立研究開発法人電子航法研究所」となった。

平成 28 年度は、平成 28 年 4 月 1 日に施行された「国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所法」により、国立研究開発法人海上技術安全研究所及び国立研究開発法人港湾空港技術研究所と統合し、「国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所」となった。

平成 29 年度は、本所に特別研究主幹を設置した。

定員の推移

年 度	42	43	44	45	46	47	48
定 員	31人	31	31	34	35	38	41
年 度	49	50	51	52	53	54	55
定 員	44	46	48 (13)	51 (16)	55 (19)	58 (21)	59 (22)
年 度	56	57	58	59	60	61	62
定 員	59 (22)	59 (23)	60 (24)	61 (25)	62 (26)	63 (27)	64 (27)
年 度	63	元	2	3	4	5	6
定 員	63 (26)	64 (27)	64 (28)	65 (28)	65 (28)	65 (28)	66 (29)
年 度	7	8	9	10	11	12	13
定 員	66 (29)	66 (29)	65 (28)	65 (28)	65 (28)	64 (28)	64 (28)
年 度	14	15	16	17	18	19	20
定 員	64 (28)	64 (30)	63 (29)	60 (27)	60 (27)	60 (27)	60
年 度	21	22	23	24	25	26	27
定 員	60	60	60	59	59	60	63
年 度	28	29	30				
定 員	60	57	57				

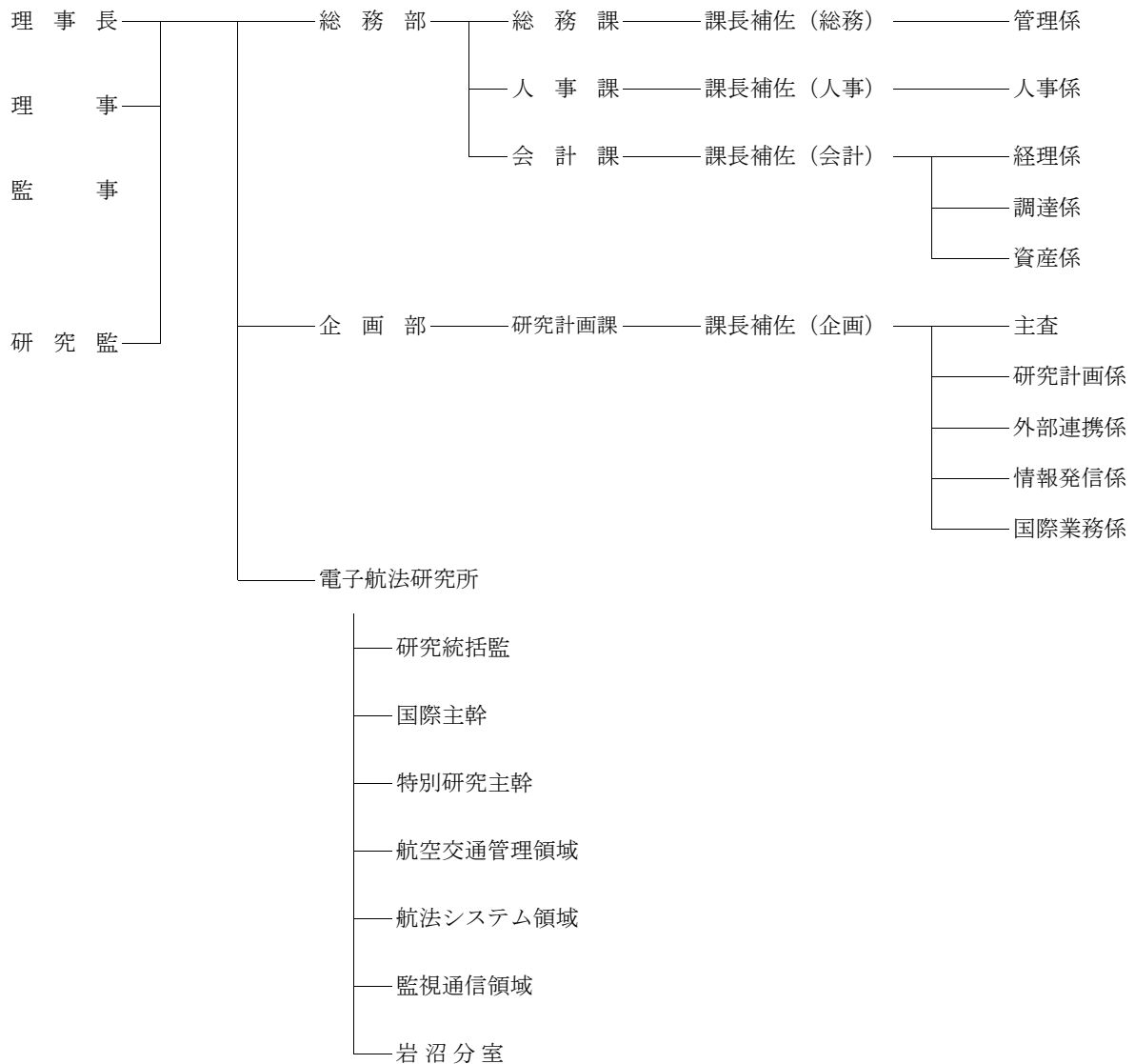
注1：（ ）内は、空港整備特別会計で内数。平成20年度以降は区分経理の廃止に伴い、特別会計の予算は一般会計へ移管された。

注2：平成18年度以降は年度末現在の職員数を掲載

注3：役員の数人は含まない

2 組織 (平成31年3月31日現在)

※ 海上・港湾・航空技術研究所組織のうち、電子航法研究所に関する組織のみ掲載



3 役職員数

	一般勘定
理事	1
研究統括監	1
事務職	13
研究職	43
計	58

(平成31年3月31日現在)

※役職員数には監事は含まない

4 所 在

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

5 建 物

建 物	建 ・ 延 面 積	竣工年度
1号棟	鉄筋コンクリート2階建，建面積390㎡，延面積780㎡	昭和47年度 平成19年度改装 平成22年度改装
2号棟 (ATCシミュレーション実験棟)	鉄筋コンクリート2階建，建面積569㎡，延面積1,092㎡	平成12年度
3号棟	鉄筋コンクリート2階建，建面積232㎡，延面積465㎡	昭和43年度 平成22年度改装
4号棟	鉄筋コンクリート2階建，建面積490㎡，延面積980㎡	昭和53年度 平成23年度改装
5号棟	鉄筋コンクリート2階建，建面積630㎡，延面積1,160㎡	昭和63年度 平成22年度改装
6号棟	鉄筋コンクリート2階建，建面積355㎡，延面積653㎡	平成22年度
仮想現実実験棟	鉄筋コンクリート造一部鉄骨造2階建，建面積480㎡，延面積703㎡	平成6年度
電波無響室	鉄筋コンクリート2階建，建面積590㎡，延面積687㎡ 内装寸法：奥行32m，幅7m，高さ5m	昭和45年度 昭和48年度増築 平成13年度改装
アンテナ試験塔	鉄筋造，カウンタポイズ直径25m，奥行・幅13m，高さ19.5m 実験準備室：鉄筋造一部中2階建，建面積160㎡，延面積203㎡	昭和52年度 昭和53年度
岩沼分室建屋	鉄筋コンクリート2階建，建面積287㎡，延面積497㎡ 屋上にレーダー塔を設置	昭和54年度 平成24年度改修
岩沼分室格納庫	鉄骨造平屋建，面積825㎡	昭和55年度所属換 平成24年度改修

(平成31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30年度における研究は、社会的要請、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. 陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究
2. 大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究
3. 遠隔型空港業務支援システムの実用化研究
4. フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究
5. 航空機の拡張型到着管理システムの研究
6. ハザードの定量的評価によるリスク評価手法の研究
7. データリンクを活用した中期コンフリクト検出技術の研究
8. 無人機の円滑運行のためのシミュレーション技術の構築に関する研究
9. レジリエンス概念に基づく航空管制官の状況認識に関する研究
10. AI・最適化技術の航空機運航への適用
11. 航空用データの管理手法に関する基礎研究
12. 空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究
13. 航空交通データの分析への機械学習の適用
14. チーム協調支援のためのチームレジリエンス指標・推定モデルの開発
15. 堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現
16. 次世代自動飛行システム研究開発
17. 将来の航空交通管理のための到着・出発機合流最適化アルゴリズムに関する研究
18. 予防安全に向けたシステムの強韌性分析手法に関する実践的研究
19. 海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究

1から4は重点研究、5と6は指定研究、7から12は基盤的研究、13は萌芽的研究、14から19は競争的資金による研究である。

1は陸域（レーダ空域）へのUPR（User Preferred Route）を前提にした空域編成の可能性および意思決定支援手法をシミュレーションにより明らかにするものである。

2は国内において交通量の少ない時間帯を中心に実施されている継続降下運航を繁忙時に実施することを目指した研究である。

3は空港のタワーで行われている業務を、映像技術およびネットワーク技術等を活用し、離れた遠隔地に設置された施設にシステムを集約し、管制業務を実施するリモートタワー運用の実用化に向けて、

システムに必要な技術開発やコンセプトモデルのシステムインテグレーションを実施する研究である。

4はフリールーティング及び協調的意思決定（CDM: Collaborative Decision Making）を取り入れた軌道ベース運用方式を福岡飛行情報区（FIR: Flight Information Region）の高高度空域を対象として戦略的軌道管理コンセプトを提案するものである。

5は2020年以降の羽田空港への到着交通流を対象とし、航空機の到着順序づけと到着時刻のスケジューリングを自動化して管制官を支援する拡張型到着管理システムを提案する。

6は提案するハザード解析手法の改良および有効性の確認、ハザード解析支援ソフトウェアの構築および有効性の確認を目的とする研究である。

7は20分程度先までの航空機の軌道を予測して、潜在的なコンフリクトを検出する中期コンフリクト検出技術の、データリンクの活用による高度化の可能性について検討を行うものである。

8は将来、無人機運用の需要が増加すると考えられる低高度から中高度における無人機と有人航空機の融合した安全かつ効率的な交通管理コンセプトにつなげるため、無人機・有人航空機の統合シミュレーション環境を構築する為に必要な技術を検討する。

9はこれまでの共同研究により開発したCOMPASiを利用して、レジリエンス能力の高い航空保安業務従事者にとって必須の「気づき」能力の支援を行うための手法を開発する。

10は地上走行中の離陸機の燃料消費削減、羽田空港への到着管理システムの開発に加え、上昇経路の最適化、航空会社のニーズに基づくAIの適用について研究を行う。

11は航空交通データを利用した所内の様々な研究をより効率的に進めるため、当所の航空交通管理領域に航空局から提供されている航空交通に関する各種データを対象として、現状のデータの利用、管理、変換方法を把握し、データ管理に関わる課題を抽出し今後のより効率的な管理方法を提案するとともに、各種データに関する調査を行うことを目的とする。

12は空港施設の整備において、交通の実態把握を踏まえた設計と維持管理が行われる必要が増していることから、空港面の交通データ（MLATの位置情報等）およびそれに基づくシミュレーション等のデータ解析技術に関する研究を行うものである。

13は航空交通データの分析への機械学習の適用の一例として、飛行時間の予測と到着機の順序付けのモデル化を行い、機械学習の適用が有効な課題の条件を考察する研究である。

14は航空交通業務への適用を目指したチーム協調プロセスを監視、評価するための認知行動指標（チームレジリエンス指標）開発とそれに必要な基盤技術開発を行うものである。

15は航空機、列車、船舶といった計画に基づいて運行される大規模輸送システムの安全性と効率性を両立するモデルとシミュレーション手法を開発し、それぞれの輸送システムが互いに影響し合う効果を分析・予測する技術を構築するものである。

16はGPSやILSが使用できなくなった場合に、航空機に搭載されたカメラから滑走路の相対位置をリアルタイムで検出し、引き続き進入を続けられるようなシステム技術を開発するものである。

17は上空での干渉を回避することができる合流最適化手法を開発することで、空港周辺空域の到着・出発航空機の軌道、及び到着・出発順序を同時に最適化することができる到着・出発合流最適化アルゴリズムの開発を行うものである。

18は航空管制業務を対象に日常的なオペレーションの安全性向上問題に対するSafety-II概念の適用方法論の確立を図るための強韌性分析手法を提案するものである。

19は海洋・港湾分野でのドローンを用いたインフラ維持管理の課題を明らかにし、手法を規定するために、大型貨物船の貨物タンク・貨物倉の内部点検、海上風車の風車ブレードの点検、防波堤全面に設置される消波ブロックの沈下量測定についての課題を抽出する。

II 試験研究の実施状況

1の「陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究」では、UPR経路の便益推定及びパターン化を実施し、準固定経路においても十分な効率向上が期待できることが示された。また、空域編成をモデル化し、数理計画法による解の算出手法を実装し、その手法の有効性を確認した。

2の「大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究」では、“Altitude Window”の設計手法を検討し、燃料消費量とスピードブレーキの使用はトレードオフの関係があることが明確となった。また、CDO実施判断支援ツールを使用した管制運用のリアルタイムシミュレーションを実施し、CDO運用拡大に必要ないくつかの要件が抽出され、対応策を検討した。

3の「遠隔型空港業務支援システムに関する研究」では、仙台空港に隣接する岩沼分室にカメラ等のテストシステムを設置し、ネットワークを介して調布にある実験室を繋いで評価を実施し、映像システム遠隔環境の評価において国際的な技術要件を満たしていることを確認した。また、夜間性能および拡張情報表示機能の有効性が確認できた。4の「フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究」では、北太平洋運航における経路間隔等の短縮による潜在的便益を計算した。また、グラフ探索理論に基づいた最適経路計算ツールを開発し、このアルゴリズム

の妥当性を明らかにした。

5の「航空機の拡張型到着管理システムの研究」では、新たに提案したE-AMANの運用プロトコルとデータ駆動型待ち行列モデルに基づく数値シミュレーションより、羽田空港の半径60NM以内の空域で1機から2機程度、容量を増加させることが、遅延時間の削減に有効であることを示した。また、ドイツ航空宇宙センター(DLR)と共同で、東京進入区の新空域とポイントマージを模擬した飛行シナリオを作成し、ヒューマンインザループシミュレータで実行した。

6の「ハザードの定量的評価によるリスク評価手法の研究」では、ハザードの定量的評価のために航空交通管制業務経験者の方々のご協力で事象のリストを作成した。また、ハザード解析支援ソフトウェアの改修においては近年の情報セキュリティも考慮したシステムを開発した。

7の「データリンクを活用した中期コンフリクト検出技術の研究」では、TCASアルゴリズムの「tau cap」という内部パラメータに関連するRAの発現象について検討した。また、気象現象(悪天)が航空機運航や航空交通に及ぼす影響、および空域・空港容量に対する制約を定量化し、交通流および運航管理の高度化を図るための研究開発を来年度から実施することとなった。

8の「無人機の円滑運行のためのシミュレーション技術の構築に関する研究」では、シミュレーション環境の対象となる低高度における有人の航空機運航の把握のために、ヘリコプターの動態情報及び空港監視レーダーの情報を取得し、解析を行った結果、レーダーにより捕捉できるかどうかは、レーダーサイトからの距離及び高度に依存し、中部国際空港の空港監視レーダーによる総飛行時間に対するレーダーによる捕捉率は高くないことが確認された。

9の「レジリエンス概念に基づく航空管制官の状況認識に関する研究」では、COMPASiをターミナルレーダー管制業務研修用としても利用できるような開発を行っている。また、各空域の交通流の特徴に基づいたHMIの検討が必要であることから、表示変更機能の開発を行った。

10の「AI・最適化技術の航空機運航への適用」では、フランスのある空港における滑走路および空港の運用データを入手し、その空港の滑走路運用のモデル化、および羽田空港のシミュレーションモデルの構築を行った。また、上昇経路の最適化については重量や機種によりどの程度効果に違いがあるか、ということについて考察を行った。

11の「航空用データの管理手法に関する基礎研究」では、より効率的にデータを保存・管理する目的で、当領域内で

のデータ管理に関する規定を作成した。この規定に基づいて責任者、担当者を設置し各研究課題で各々管理・保存ではなく、一元的に管理することとした。また、航空局のシステム変更等に伴うデータ内容やフォーマットに関する調査を実施した。

12の「空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究」では、データ解析の精度向上のために、解析に係るデータベース処理およびその前段階におけるデータの欠落等のチェックに資するようデータ構造を整理した。また、羽田空港における補修の件数の多い場所と交通量との相関を調べ、多くの箇所において、交通量および滞留と補修の件数との間に明瞭な相関が確認された。

13の「航空交通データの分析への機械学習の適用」では、飛行速度が上昇・降下時の高度プロファイルのばらつきによっても変動することから、レーダーデータから実際の上昇・降下率を算出し、BADAのPTD(Performance Table Data)との差を調べ、条件により乖離が生じることを確認した。

14の「チーム協調支援のためのチームレジリエンス指標・推定モデルの開発」では、チームコンテキストモデルを再整理し、異なるコンテキスト間の類似性を評価する方法を検討した。

15の「堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現」では、航空機の自律飛行であるFIM(Flight-deck Interval Management)による速度制御適用の効果を京コンピュータによるシミュレーションで評価し、FIMの有効性が確認されたことから、結果をICAOの国際基準策定に反映した。

16の「次世代自動飛行システム研究開発」では、実際に取得したGPSデータに故障を模擬するための誤差付加モデルの開発を行い、レンジ誤差が最も大きく影響すると考えられる衛星に3mのレンジ誤差を付加した場合、特に高度方向について2m強の誤差が生じていることが示された。

17の「将来の航空交通管理のための到着・出発機合流最適化アルゴリズムに関する研究」では、シミュレーション環境の構築を行っており、障害物配置法と呼ばれる手法を応用した、セクタによる制約を考慮した軌道最適化手法を開発した。これによりセクタを考慮した合流軌道の最適化を行うことが可能となった。

18の「予防安全に向けたシステムの強靱性分析手法に関する実践的研究」では、管制官へのインタビュー結果から1チーム内で各席の業務は分担されているが、他席の業務負担を軽減するような工夫が実施されていることが確認された。機能共鳴分析手法(FRAM: Functional Resonance

Analysis Method)を用いた飛行場管制業務の記述手法の開発は複数を組み合わせる方向で検討を進めた。

19の「海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究」では、本年度に大きく前進した法整備である無人航空機目視外補助者無し飛行の要件を、海洋分野の点検におけるドローン技術活用の視点も含めて調査した。

本年度は、上記の19件の研究に加えて、以下に示す9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) 洋上空域における衝突危険度推定に係る支援作業
- (2) NOPAC経路及びPACODS経路の再編等に関する要件調査の支援業務
- (3) 平成30年度将来の航空交通システムに関する長期ビジョンの実現のための計画の策定等に関する調査分析支援
- (4) 航空機の運航における衛星搭載ドップラーライダーの有効性検証について
- (5) 羽田空港飛行場面可視化に向けた支援
- (6) リモートRADIO導入に関する整備要件調査への作業支援
- (7) 成田空港の出発・進入間隔に関するジャーナル・データの抽出処理及び新たな時間値算出方法の研究に係る安全性評価策の助言
- (8) 平成30年度運航効率の業績指標作成に係るデータ計測調査
- (9) 有人航空機の衝突回避技術とその無人航空機への拡張に関する技術動向調査

III 研究の成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果の所見

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

これらの成果は、日本航空宇宙学会、電子情報通信学会、日本航海学会、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)、EUROCAE、ICAOなどの国際会議等においても発表している。また、日本航空宇宙学会では航空交通管理部門を通じて積極的に研究発表の企画及びATMに関する研究の啓蒙活動を行った。

(航空交通管理領域長 中島徳頭)

陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○蔭山 康太, 中村 陽一, 岡 恵, 宮津 義廣, 秋永 和夫

研究期間 平成27年度～平成30年度

1. はじめに

航空需要の増加により2025年頃には現行運用の限界が予想される。これに対して、国土交通省では空域の抜本的再編により業務負荷低減などを図り、管制処理能力の向上を計画している。一方、現在使用されている固定経路に替わり、空域ユーザが気象条件などを考慮して飛行経路を決定するUPR(User Preferred Route)の陸域（レーダ空域）への導入により飛行効率の向上が期待される。管制処理能力と飛行効率の向上のために、UPR導入を考慮した我が国の陸域への空域編成手法の確立が必要とされる。

2. 研究の概要

本研究では、UPRやセクタ容量を考慮したシミュレーション・モデルを作成し、可変な経路構成に対応した空域編成を検討する。同時に、UPR導入による便益やセクタ容量による制約を明らかにする。また、最適化などの意思決定支援手法の空域編成への適用を調査・研究する。

今年度はUPR経路の便益の飛行方向別の予測および経路の集約化と同時に、UPR導入時の航空管制作業を予測するためのシミュレーション・モデルを構築した。また、数理計画法の導入による空域編成手法を検討した。

3. 研究成果

3.1. UPR経路の便益推定およびパターン化

2年間分(2,924セット)の気象データに基づき、UPR導入時の便益を詳細に検討した。北東→南西、北西→南東、南西→北東、南東→北西の4方向について我が国の空域全体を通過する飛行を想定し、それぞれの方向において燃料消費を最小とする経路を全てのデータ・セットについて算出した。我が国の空域において観測されるジェット気流が

強い向かい風となる北東から南西の方向においてUPRの便益が大きくなることなどが示された。また全体的な風速の強弱と便益は必ずしも相関を有さず、全体的に風が弱いに関わらず便益が大きいケース、風が強いに関わらず便益が小さいケースが存在することが明らかになった。

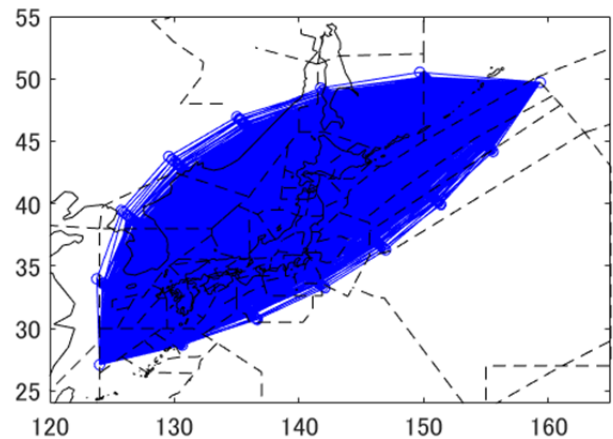


図1 算出されたUPRの例（北東→南西方向）

図1に示されるように、UPRでは多様な経路構成が想定される。円滑な運航には限定された経路構成の導入が好ましいと考え、クラスタ解析の手法により便益の見込まれる経路パターンを算出した。図2に経路のパターン化の例を示す。図では北東→南西方向を対象に2種類の経路への集約をしている。

集約された経路を準固定経路とみなした。各飛行は、その時点の風向・風速に応じて準固定経路のいずれかを選択する。個々の風向・風速に応じて燃料消費を最小とする経路を選択する最適経路に比して、効率は低下する一方、選択が可能な結果として、現在のような固定された経路に比

した効率の向上が期待できる。また、限定された経路構成のため、交通流のパターンが既知となる結果、定型化された管制処理の導入が可能となる。

飛行の効率を、最適経路、準固定経路および固定経路上で比較した。当然、最適経路より効率は低下するが、その低下は比較的小さい範囲内であり、準固定経路においても十分な効率向上が期待できることが示された。

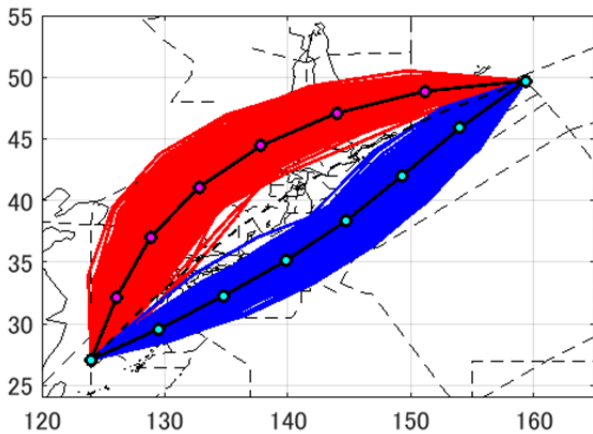


図2 経路集約の例（北東→南西方向）

3.2. UPR 導入時の交通流のシミュレーション・モデル

円滑で安全な交通流の実現には各セクタ（空域の構成単位）における容量の把握が不可欠であるが、容量は航空管制作業量およびセクタ内飛行時間により決定される。

UPR の導入により、経路構成が可変となるため、航空管制作業量やセクタ内飛行時間の迅速な予測が必要とされる。そこで、これらの項目の予測を目的にシミュレーション・モデルを構築した。シミュレーション・モデルでは、燃料消費を最小とするような経路を出発・目的空港および航空機の型式毎に算出し、その経路構成が適用された場合の航空管制作業量およびセクタ内飛行時間を予測する。

モデルに実データから得られた風向・風速データおよび交通ダイヤを適用し、UPR 運航の導入がセクタ容量に与える影響を予測した。

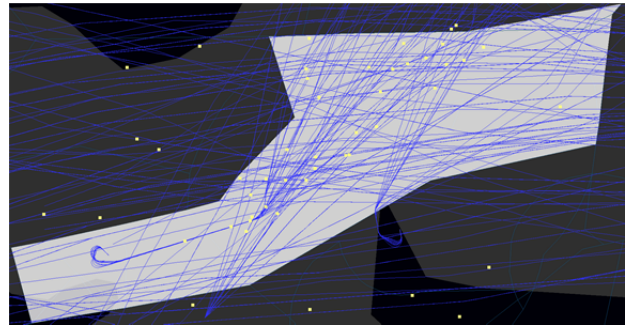


図3 シミュレーション・モデルのUPR 経路例

3.3. 数理計画法による空域編成

経路構成が可変となる UPR では特定のセクタに交通流が集中する場合が考えられる。円滑な交通流の実現には交通流の集中を回避する空域編成（セクタ構成）が不可欠であり、空域編成の意思決定支援手法の導入が必要とされる。数理計画法は意思決定支援手法として有効な可能性を有する。

空域編成をモデル化（定式化）し、数理計画法による解の算出手法を実装した。各セクタにおける航空管制作業量の総和の最小化およびセクタ間における作業量の均等化のそれぞれを目的として集合分割問題および Normalized-cut の 2 種類の手法を実装した。実装した手法をテスト・データに適用し、その有効性を確認した。

本項目は、公募型研究課題「空域編成への数理計画法の適用の研究」において、筑波大学の選定および研究の委託を行うことで実施した。

4. おわりに

UPR 経路の便益を飛行方向別に予測および経路の集約化の検討に加えて、UPR 導入時の航空管制作業を予測するためのシミュレーション・モデルを構築した。また、数理計画法の適用による空域編成手法を検討した。数理計画法による空域編成では、我が国全体を対象とした空域編成の実現が課題として残されるが、電子航法研究所で実施中の重点研究「フリールーティング空域における軌道ベース運用の研究」において引き続き検討を進める予定である。

掲載文献

- (1) K. Kageyama, "ATM research topics of ENRI," Aviation Weather Symposium, Singapore, May 2015.
- (2) H. Hirabayashi, K. Kageyama, "AirTop studies at ENRI: update," AirTop user conference, San Francisco, CA, Nov. 2015.
- (3) K. Kageyama, "Fast-time simulation studies for the arrival merging and airspace sectorization," ENRI-ATMRI Joint Seminar, Singapore, Sep. 2015.
- (4) K. Kageyama, K. Akinaga, "ATC procedure modeling for capacity estimation of Japanese airspace," AIAA Scitech: Modeling and Simulation Conference, Grapevine, TX, Jan. 2018.
- (5) Y. Nakamura, K. Kageyama, Y. Miyazawa, H. Matsuda, "A study of free routing considering interference of air traffic flow," AIAA Scitech: Modeling and Simulation Conference, Grapevine, TX, Jan. 2018.
- (6) 蔭山康太, 秋永和夫, "フリールーティングに対応した航空管制シミュレーション・モデルの構築," 第54回飛行機シンポジウム, Nov. 2016.
- (7) 中村陽一, 蔭山康太, 宮沢与和, 松田治樹, "国内線における利用者選択経路による便益," 第54回飛行機シンポジウム, Nov. 2016
- (8) 蔭山康太, 秋永和夫, 平林博子, "シミュレーション・モデルにおける航空管制セクタ滞在時間の検証," 第55回飛行機シンポジウム, Nov. 2017.
- (9) Y. Nakamura, K. Kageyama, "An efficient route design using wind patterns," AIAA Scitech: Modeling and Simulation Technologies Conference, Kissimmee, FL, Jan. 2018.
- (10) Y. Nakamura, K. Kageyama, "Wind classification for route design," 2017 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, Seoul, Korea, Nov. 2017.
- (11) 蔭山康太, 宮津義廣, 中村陽一, "国内空域におけるUPR運航の考察," 第56回飛行機シンポジウム, Nov. 2018.
- (12) 中村陽一, 蔭山康太, "風を考慮した経路構成による燃料消費量の削減可能性に関する一検討," 第56回飛行機シンポジウム, Nov. 2018.
- (13) K. Kageyama, Y. Nakamura, "A simulation modeling study for free routing airspace in Japan," International Council of the Aeronautical Science Proceedings, Belo Horizonte, Brazil, Sept. 2018.
- (14) Y. Saruwatari, Y. Izunaga, T. Ukai and K. Kageyama, "Airspace sectorization by graph-and-geometric approach," 29th European Conference on Operational Research, Valencia, Spain, July 2018.
- (15) Y. Saruwatari, Y. Izunaga, T. Ukai and K. Kageyama, "Airspace sectorization by set-partitioning approach," International Symposium on Mathematical Programming, Bordeaux, France, July 2018.
- (16) 蔭山康太, 伊豆永洋一, 鶴飼孝盛, 猿渡康文, "空域編成問題に対する Normalized-cut を用いた近似解法," 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2019年春季研究発表会 March, 2019.

大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○平林 博子, ビクラマシンハ ナヴィンダ, 虎谷 大地

研究期間 平成 28 年度～令和元年度

1. はじめに

継続降下運航（CDO: Continuous Descent Operations）は燃料や騒音を低減できる運航方式であり世界的に CDO を導入が目標とされている。国内でも CDO 運用空港はあるが、運用時間は交通量の少ない一部の時間帯に限られており、運航者からは実施空港の増加及び運用時間帯の拡大が求められている。

CARATS では CDO を混雑空港で繁忙時にも運用することを目標としているが、CDO 運用実績の多い関西国際空港（以下、関西空港）では CDO の運用が交通量の少ない深夜早朝帯に限られている。

本研究の目的は継続降下運航を実施できる航空機を増加させるために、実施空港及び運用時間の拡大を目指すことである。

2. 研究の概要

本研究は 4 年計画である。平成 30 年度の研究においては、以下を実施した。

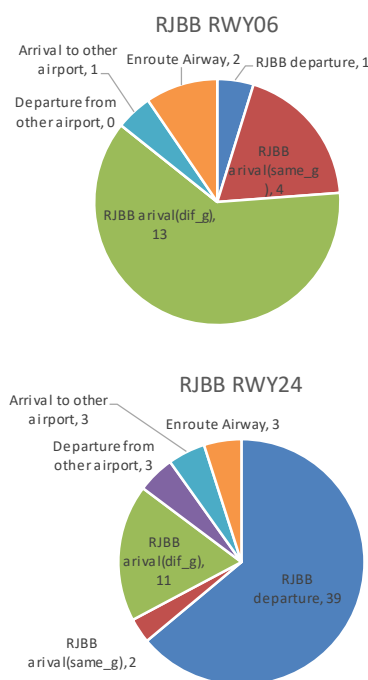
- ・ CDO の現状調査及び分析
- ・ CDO モデル開発
- ・ CDO 実施判断支援ツールの製作及び CDO 実施判断支援ツールを使用した評価実験

3. 研究成果

3.1 CDO の現状調査及び分析

関西国際空港の到着機を対象とした CDO の簡易的シミュレーション計算を実施した。全ての時間帯において CDO による降下を実施した場合、CDO がキャンセルされる可能性の高い競合機の交通流について使用滑走路毎に図 1 に示す。適用する標準到着経路（STAR; Standard instrument arrival）及び使用滑走路によって競合機の交通流は異なる傾向であることが示された。

平成 30 年度は航跡データを使用し、実際の CDO キャンセル事象について分析を実施した。航跡データとして抽出可能な CDO 実施機は限られているが、主となる競合機



上図：滑走路 06 時 下図：滑走路 24 時

図 1 CDO 到着機の競合機の内訳

の傾向は同様であり、出発機（滑走路 24 時）及び到着機同士の関係でキャンセルとなる件数が多くあることが確認されている。CDO キャンセルを引き起こす競合機の傾向がわかることで、例えば出発機の出発時刻調整等 CDO 実施のための必要な運用対処の提案が可能となる。今後は調査対象期間を拡大しキャンセル要因を明確化する。

3.2 CDO モデル開発

CDO 運用拡大のためには通常運用とは異なる CDO 機の将来位置を正確に把握することが重要となるため、CDO 実施機の正確な予測軌道を求めることを目的とし、航空機の性能モデルである BADA（Base of aircraft Data）を活用した CDO モデル開発を継続して実施している。

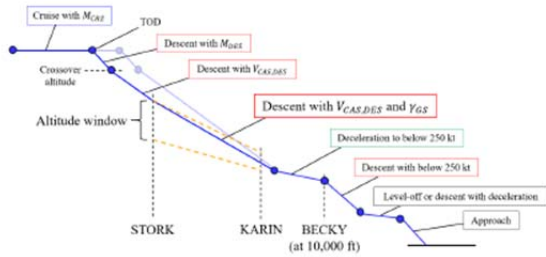


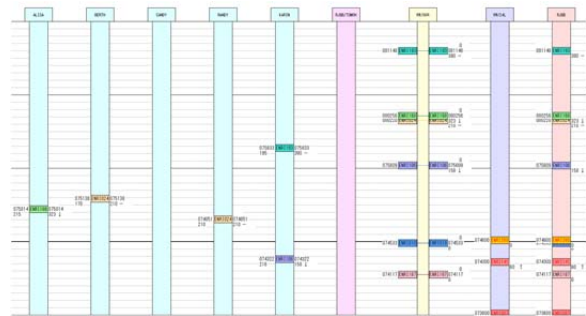
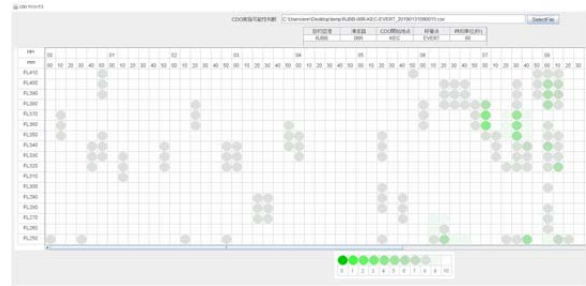
図2 “Altitude Window” の設計手法の検討

平成30年度は、降下パスの検討のひとつとして”Altitude Window” の設計手法を検討した。Altitude Window は、STARの通過地点において、上限高度、下限高度及び通過速度が指定する方式で、米国のMetropolxの空域及び方式の最適化プログラムの一環として取り入れられている方式である。軌道上に制限が付加されるが、通常降下と比較し航空機運航及び管制運用上での効果が期待できる。図2にAltitude Windowを考慮した設計手法の概要を示す。シミュレーション計算結果から、Altitude Windowの設計には、燃料消費量とスピードブレーキの使用はトレードオフの関係があることが明確となった。

3.3 CDO 実施判断支援ツールの製作及びCDO 実施判断支援ツールを使用した評価実験

管制官がCDOを承認するには、他の航空機との近接などを事前に検証する必要がある。交通量が多いときのCDO実施判断は管制官にとって大きな負担となる。初期的な到着管理を行い、CDO拡大の可能性をシミュレーションし実施判断を支援するツールを製作している。平成30年度は、CDO実施判断支援ツール制作を継続するとともにCDO実施判断支援ツールを使用したシナリオの妥当性評価及び初期的なリアルタイムシミュレーション実験を実施した。

シナリオの妥当性評価では、現実的なシミュレーション実験を実施するために、CDO実施判断支援ツールで使用するシナリオ、飛行経路、航空機の動き、管制指示コマンド等について実際の運用と比較し、妥当性を検討した。その結果いくつか改善すべき項目が上げられ、引き続きCDO実施判断支援ツールの改修を実施することとなった。また、CDO実施判断支援ツールを使用し、関西国際空港を対象とし、全ての到着機がCDOを実施すると仮定した管制運用のリアルタイムシミュレーションを実施した。管制経験者は、実際の管制運用と同等の安全間隔を維持するよう管制指示を発出した。図3は管制官の判断の支援画面の一例である。マトリックス表示は、航空路レーダー担当用の支援情報として競合機の存在可能性の大きさをカラースケールで示すものであり、タイムライン表示は、ターミ



上図：マトリックス表示画面

下図：タイムライン表示画面

図3 CDO 実施判断支援ツールで示す各画面



図4 リアルタイムシミュレーション実験

ナルレーダー担当用の支援情報として指定する通過地点及び滑走路における航空機間隔を示すものである。リアルタイムシミュレーション結果から、CDO運用拡大に必要ないくつかの要件が抽出され、対応策を検討した。図4は管制経験者によるリアルタイムシミュレーション実験の様相である。

4. まとめ

CDO運用拡大のひとつの提案として、CDOキャンセルの要因を明確化し具体的な運用対処方法を示すことが上げられる。CDOキャンセル要因分析の明確化のために、

航跡データを使用した分析に着手した。

CDO 軌道予測の正確性が向上すれば、CDO 実施のより正確な可否判断が可能となる。CDO モデル開発では、予測の正確性向上のひとつとして、米国の Metroplex の空域及び方式の最適化プログラムの一環として取り入れられている方式である”Altitude Window”を考慮した降下方式の設計手法を検討した。シミュレーション計算結果から、燃料消費量と飛行の操縦性のトレードオフの関係があることがわかった。CDO 軌道予測の正確性向上に資するべく引き続き CDO モデル開発を実施する。

CDO 実施判断支援ツールの製作においては、実際に管制経験者が CDO 実施判断支援ツールを使用し、シナリオ等の妥当性を評価した。その結果いくつか改善すべき項目が上げられ、引き続き CDO 実施判断支援ツールの改修を実施することとなった。

CDO 実施判断支援ツールを使用した初期的なリアルタイムシミュレーション実験を実施した。CDO 運用拡大に必要ないくつかの要件が抽出され、対応策を検討した。次年度は CDO 実施判断支援ツールを使用したリアルタイムシミュレーションを本格的に実施する計画である。

掲載文献

- (1) 虎谷大地, ナヴィンダ・キトマル・ビクラマシンハ, 平林博子, “継続降下運航の運用拡大検討のためのシミュレーション技術,” 第 18 回電子航法研究所研究発表会, 5 月 2018 年.
- (2) 大野暉宙, 上野誠也, 平林博子, “航空機の軌道誤差を考慮した軌道最適化計算に関する検討,” 第 56 回飛行機シンポジウム, 11 月 2018 年.
- (3) Daichi Toratani, Navinda Kithmal Wickramasinghe, Hiroko Hirabayashi, “Simulation Techniques for Arrival Procedure Design in continuous Descent Operation,” Winter Simulation Conference 2018, Gothenburg, Sweden, December 2018.

遠隔空港運用支援システムに関する研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○井上 諭, ブラウン マーク, 青山 久枝,
角張 泰之 (監視通信領域), 米本 成人 (監視通信領域), 宮崎 裕己 (監視通信領域)

研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度

1. はじめに

現在,世界的にリモートタワーは実整備に向けて,研究・開発が進められている。この遠隔型の管制支援システムであるリモートタワーは,映像技術およびネットワーク技術等を活用し,空港側にはカメラ等の光学センサ,位置監視センサや気象センサ等の機器を設置し,空港からは離れた管制センターにシステムを集約し,空港と離れたセンター間をネットワークで繋いで管制業務を実施するものである。空港の交通状況や監視業務を距離のある運用センターから実施できるようにするためには,最新の光学及び監視センサやネットワーク等の技術を活用したシステムを構築し,業務を行うオペレータの視覚を補助する支援機能と合わせ安全性の向上はもちろん,現在のタワー業務と比較しても,効率的な運用が可能なシステムを目指している。本研究では,リモートタワーの実用化に向けて,技術開発とコンセプトモデル構築,試験システムでの評価を実施し,日本のリモートタワーシステムに必要な技術開発を実施する。

2. システムの概要

リモートタワーのシステム構成は,図1に示すように制御室側にタワーと同様の視界をディスプレイ上にパノラマ映像として表示するためのディスプレイが用意され,空港側に設置されたカメラから映像をネットワークでリアルタイムに伝送し,ディスプレイ上に表示する。また,空港周辺や空港内の航空機の位置は監視センサ情報を基に,航空機やトランスポンドを持った移動体をパノラマディスプレイ上に拡張現実(Augmented Reality: AR)型のラベル表示することができる。これらの拡張型の視覚支援機能はオペレータの業務負担の軽減や安全性の向上,さらに運航効率の向上にも寄与できる。

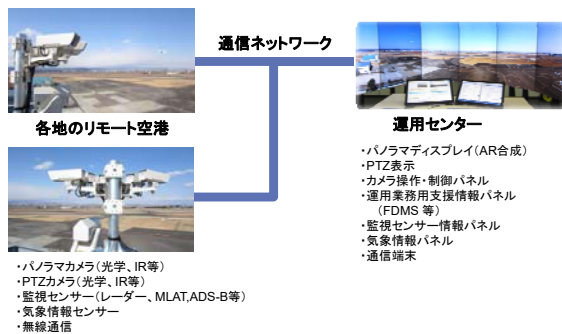


図1 システム概念構成

もう一つの技術的な特徴として,特定の視界領域を拡大するためのPTZカメラ機能を備えている。PTZカメラは双眼鏡などで特定の場所を拡大したい場合の代わりに機能として働くが,映像情報や監視センサの情報と連動し,特定の目標を自動的に追尾する機能を組み合わせることが可能で,オペレータのワークロードを減らしながら,業務のパフォーマンスを上げることに寄与でき,オペレータは空港から離れた運用センターからでも航空機を監視し,必要な情報提供や指示等の業務が可能になる。

3. 評価システム

本研究では仙台空港に隣接する岩沼分室にカメラ等のテストシステムを設置し,ネットワークを介して調布にある実験室を繋いで,評価を実施している。図2にあるように,評価システムは前述の機能を有しており,それら機能を操作コンソールと併せてシステムを構成する。



図2 制御室側の評価システム(ディスプレイ及び操作作用HMI)

3.1. 映像システム

パノラマ映像を構成するためのカメラは,本評価システムではネットワークIPカメラを使用している。カメラは図3に示すように,パノラマを構成する固定カメラとPTZカメラから構成されている。カメラからは30fpsで映像が配信され,帯域保証型の回線を介して,制御室に伝送される。映像はそれぞれのカメラからデータが表示側の計算機に送られ,シームレスになるように設置されたHDのディスプレイ6台に180°のパノラマ映像が出力される。調布側の実験設備と岩沼分室の間は

100Mbps の専用の帯域保証型の光ファイバー回線を用いており、岩沼分室に設置しているカメラから映像を約 300 km離れた調布側のディスプレイに映し出す遠隔環境の評価（遅延計測、ジッター計測）を実施した。配信される映像の技術基準は EUROCAE の ED-240 では 1 秒以内を満たすことが要求されるが、本実験では約 0.6~0.7 秒となっており、システムが国際的な技術要件を満たしていることも確認できた。また、ジッターは 30fps のビデオ更新レートで、等間隔でのデータ転送ができており、ジッターの監視と併せて、システム要件を満たすことができている。



図 3. 空港側のカメラシステム

また、夜間性能について評価を継続的に行っている。昨年度の結果では、暗部に強い光がある場合にハレーションが起きてしまうことやノイズの課題があった。本年度はカメラのセンサの違いとゲインのバランスを調整することで評価を行ったところ、市販のネットワークカメラであってもかなり綺麗な映像の状態にすることができ、人間の目で見るよりも明るく、また綺麗にターゲットを見ることが可能であることを確認できた。今後はそれぞれのシーン合わせた対応ができるように、設定をシステムに組み込むことを実施する必要がある。

3.2. ターゲットトラッキングと拡張情報表示

監視センサの情報は、天候による視界不良に関係なくターゲットの正確な位置を提供する。これらの情報は視界不良によってディスプレイ上の可視光カメラの映像ではターゲットを視認することが難しい場合であっても、ディスプレイ上にマッピング処理をおこなうことで航空機が存在する位置に表示を行うことができる。また、監視センサ情報は高度及び距離を計測できることからそれらのパラメータ情報や、実運用ではオンライン系のシステムと組み合わせることで、便名や行き先等の負荷情報等も統合してラベルとして表示することができる。

(図 4) これらの情報は状況認識を補助することができるため、見落としなど安全に関わる作業負荷を軽減することができ、オペレータの負荷軽減に寄与する。

また、昨年度から継続して取り組んでいる映像情報を

基にした検知、追跡技術では、精度向上のための補正の技術としてカルマンフィルタ等の移動体のベクトル計算等、様々な方法などを評価し様々なアルゴリズムを評価すると共に、ノイズに強く、精度を昨年度より向上することを実施した。ただし、引き続き検知精度は天候や時間帯による環境の状態より明るさやコントラスト等の違いがあるため、今後も様々な条件で評価を実施し、アルゴリズム改善や検知方式の検討を継続する。また、さらに検知に加えて、物体認識の技術を加えることの検討を実施、評価を行った。認識にはディープラーニングや AI 的な手法を用いて、映像中の移動物体の認識や分類が高精度で行えることを確認できた。しかし、実用化に向けては、認識にかかる速度が 1 ターゲットあたりとしては十分ではないため、組込に向けて引き続き高速化の検討をする必要があると考えている。



図 4 ディスプレイ上のトラッキング表示例

また、映像には様々な情報を付加することが技術的に可能なため、視覚の拡張情報として、様々な情報を表示できる。例えば図 5 にしめすような滑走路が閉鎖の状況においては、状況の失念が無いように、滑走路上の状態を視覚的に表示する事や、特定の場所を強調して表示したい場合などはその部分を強く表示することができ、直感的な理解を支援することができる。



図 5 視覚の強調表示

4. まとめ

本研究ではリモートタワーの実用化に向けて、技術開発及びその評価を実施した。今後も、機能や精度向上を引き続き行っていく予定である。

フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究【重点研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○ブラウン マーク，平林 博子，ビクラマシンハ ナヴィンダ，長岡 栄

研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度

1. はじめに

航空交通管理（ATM：Air Traffic Management）では、国際航空交通量の増加に対して、安全性や定時性を始めとする航空交通の効率を保つため、軌道ベース運用（Trajectory-Based Operations：TBO）概念が提案されている。TBOにおいて、航空機は水平位置、高度と時刻で定義される4次元の計画軌道に基づいて運航される。各フライトの最大便益を図り、運航者の希望軌道の制限を少なくする「フリールーティング」と、混雑時の空域や空港での資源を効率よく割り当てるために「協調的意思決定」（CDM：Collaborative Decision Making）が必要である。今後、フリールーティグと CDM を取り入れた TBO に基づいた軌道管理方式を高高度空域に提供するコンセプトが必要である。

2. 研究の概要

本研究の目的は、フリールーティング及び CDM を取り入れた軌道ベース運用方式を福岡飛行情報区（FIR：Flight Information Region）の高高度空域に適用することを想定して、戦略的軌道管理コンセプトを提案するものである。福岡 FIR においては、国際交通量が継続的に増加する傾向にあり、FIR を通過する複数の軌道を「エンド・ツー・エンド」で管理する必要がある。また、軌道間干渉の解決や空港混雑時の交通流調整のために軌道変更が必要な場合は、CDM を支援するため、各関係者への影響を客観的に表すパフォーマンス指標を用い、各関係者への利益・不利益を評価し均衡を保つ必要がある。本研究では、このフリールーティングのコンセプトと必要な「イネーブラー」技術を調査し、適用性の向上を目指す。

3. 研究成果

3.1 運用コンセプト提案のための検討、調査

フリールーティングの目的の一つは、航空機が運航者の希望する経路での飛行をできる限り可能とすることである。福岡 FIR におけるフリールーティング概念検討のための空域及び経路設計に影響を及ぼす要素について検討した。レーダー覆域内である陸域上空域においては高密度の固定経路が設定されており、多くの国内便は最短距離に近い飛行が可能となっている。一方、長距離便が主となる国際線及び上空通過機は上層風の影響を大きく受ける。図1は2017年の各月のある一日のロサンゼルス国際空港とソウル仁川国際空港の間の飛行計画経路（左）と風の影響を考慮した最小消費燃料経路を示す。黒線は最短経路（大圏経路）を示す。フリールーティングの空域設計は、特に国際便、上空通過便が理想に近い経路で飛行できることを可能とする一方、交通流の集中を避けるために固定経路を一部取り入れることも考慮する必要がある。また、福岡 FIR のフリールーティングの概念は、通信・航法・監視（CNS：Communication, Navigation, Surveillance）要件が異なるレーダー管制空域とノンレーダーの洋上空域の間のインタフェース、運用ルールが異なる隣接 FIR とのインタフェースも考慮する必要がある。

NOPAC（NORth PACific）経路は、福岡 FIR とアンカレッジ FIR を結ぶ5本の50NM間隔の平行経路で、主に冬季の北米からアジアへの交通と、アンカレッジとアジアの貨物ハブの間の交通が利用する経路である。高性能 CNS 技術の適用により、NOPAC 経路間の間隔を短縮することで北太平洋の UPR（User-Preferred Route）空域の拡大、同時に同経路上を運航している航空機間の間隔を短縮することによる経路容量の拡大を前提にした経路構成によるファストタイムシミュレーションを実施した。

シミュレーションを実施することで、候補となる経路構成の有効性及び効果を調査し、その結果を日本の航空局、米国の FAA に提供した。

また、小型衛星搭載のドップラーライダー機能を追加することによる気象予報の精度向上について、日本→欧

州と日本→東南アジア路線において運航性能に及ぼす影響と軌道最適化ツールを用いて北太平洋運航における消費燃料の潜在的便益を定量的に評価した。

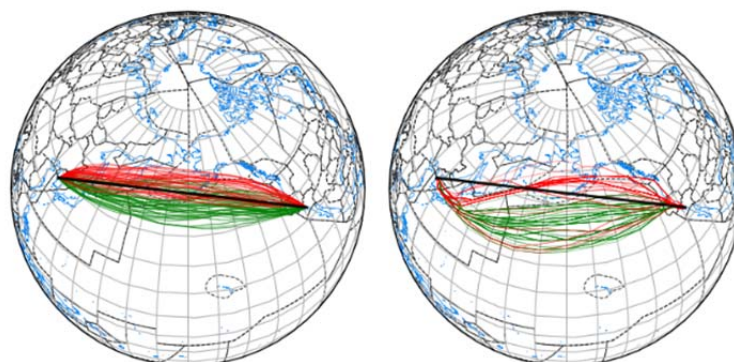


図1 ソウル-ロサンゼルス間の最適経路（左）と飛行計画（右）の比較例。

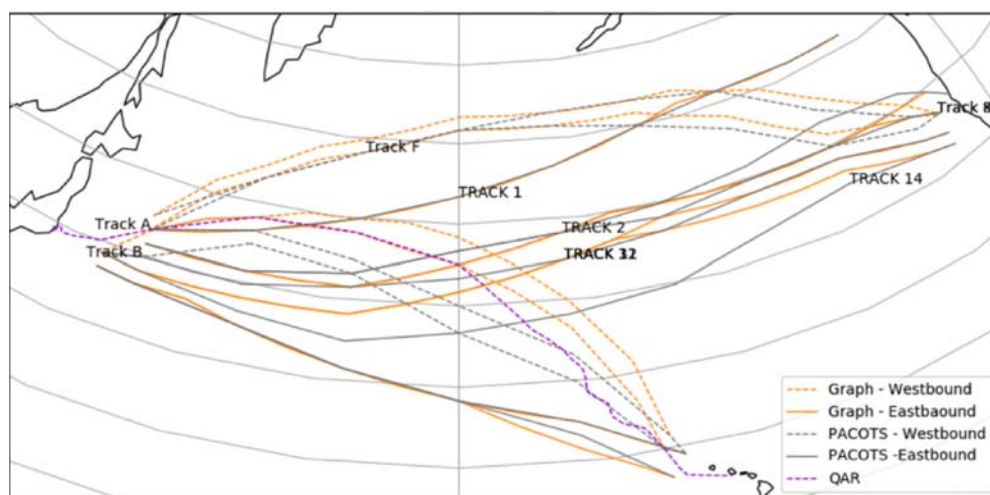


図2 PACOTS 経路（灰色）、グラフ探索理論に基づいたアルゴリズムで計算した最短飛行時間経路（オレンジ色）とDARP を実行したホノルル～東京 の経路（紫色）の比較。

3.2 軌道最適化アルゴリズム

フリールーティングが可能な空域において、風の影響だけではなく、空域制限や高度制限の運用制約も考慮する必要がある。平成26年度から平成29年度の軌道ベース運用に関する研究で開発した最適軌道生成プログラムにおいて風を考慮した理想の最適軌道を計算できるが、計算に長時間要すること、運用制限の適用が困難であることから、実用的な最適軌道計算には適していない。

実用的な最適飛行計画経路を計算するため、グラフ探索理論をベースにツールを開発した。出発地点から到着地点の間の最適経路は、最短パスのグラフ探索アルゴリズムを適用するが、ノード間の距離の代わり、風の影響を考慮したノード間の消費燃料または飛行時間をメトリックとして利用する。図2は、2017年1月のある日の日本航空局と米国 FAA が計算した PACOTS (Pacific Organized Track System) 経路（灰色線）、PACOTS 経路の同じ条件（出発地・目的地、航空機型式、巡航高度、

気象情報)とグラフ探索に基づいたアルゴリズムで計算した最短飛行時間経路(オレンジ色線)を比較する。

PACOTS 経路と計算された経路の主観的相違度は高い。PACOTS Track 14 に対応する経路は PACOTS 経路の北に大きく離れているが、これは、PACOTS 経路間の干渉を防ぐため、PACOTS Track 14 が南方向に移動されたためであると考えられる。図 2 の紫色線は、DARP (Dynamic Airborne Reroute Procedure) で最新の気象予報情報に基づいて飛行中に計画飛行経路を変更したホノルルから東京の便の航跡を示す。この便は、ホノルルから出発後に PACOTS 経路を飛行していたが、DARP を実行し、PACOTS 経路から離れて、グラフ探索理論に基づいたアルゴリズムで計算した経路と重なった。得られた結果から、グラフ探索理論に基づいた最適経路計算アルゴリズムの妥当性が明らかになった。

3.3 軌道の ATM パフォーマンス指標

本研究では、レーダーや飛行計画の情報等を基に航空管制の難度を表す指標を提案してきた。今年度は、飛行計画情報を活用することで、飛行経路が途中で変化する軌道変更点を含む航跡に対しても有効となる難度の計算アルゴリズムを確立するとともに、計算した難度値に基づいて高難度が予測される交通状況を回避するための概念を検討した。また、難度推定に用いた入力データの誤差による難度の計算結果への影響を分析し、その特性を明らかにした。これらにより、空域の難度を把握し管制の難しさを同定するとともに、それを自動的に回避するための支援システム構築に必要な基礎技術の一部を確立できた。

3.4 便益バランス方式の提案

大学で行われている類似の最適化に関する研究を調査した結果、多目的最適化の適用が妥当であると考え、大学との共同研究に向けて課題や役割分担等を整理した。

4. おわりに

平成 30 年度は、福岡 FIR におけるフリールーティング概念を検討するため、国際便・上空通過機の飛行計画経路、洋上空域の設計に影響を及ぼす様子を調査した。空域設計には安全確保(CNS 性能に管制間隔など)、運

航効率、FIR 間の調整、交通密度、航空管制の業務負担、平等性などが考慮されている。運航者は消費燃料だけでなく、ルートチャージ、定時性、乗客の乗心地などを考慮して飛行計画を計画する。令和元年度以降には、最適経路の近くを運航できるためのフリールーティング空域設計を検討する。

5. 掲載文献

- [1] ブラウン マーク, 平林博子 (2018), “福岡 FIR と隣接 FIR 間の交通流解析,”電子航法研究所第 18 回発表会.
- [2] 長岡 栄, ブラウン マーク (June 2018), “航空管制における航空機の飛行軌道の予測方法について,”日本航海学会 AUNAR 研究会.
- [3] S. Nagaoka, H. Hirabayashi, and M. Brown (July 2018), “Towards Automatic Suggestions of Aircraft Trajectory Change for Mitigating High Traffic Complexity based on an Air Traffic Control Difficulty Index,” EURO2018.
- [4] M. Brown, N.K. Wickramasinghe, and H. Hirabayashi (Aug. 2018), “A Graph Search-based Wind-Optimal Trajectory Generator to support NOPAC Realignment considerations,” IPACG44.
- [5] N.K. Wickramasinghe, Y. Nakamura, H. Hirabayashi, and M. Brown (Aug. 2018), “A Study on the Influence of Weather Prediction Error upon DARP Operational Benefits Evaluation,” IPACG44.
- [6] 平林博子, ブラウン マーク, ビクラマシンハ ナヴィンダ (Nov. 2018), “北太平洋上空における可変経路の傾向分析,”第 56 回飛行機シンポジウム.
- [7] M. Brown, H. Hirabayashi, and K. Lee (Oct. 2018), “Towards a Concept of Free Routing in the Northeast Asia/Pacific Region,” APISAT 2018, Chengdu, China.
- [8] M. Brown, H. Hirabayashi, and N.K. Wickramasinghe (Oct. 2018), “A Graph Search-based Trajectory Optimiser for Practical Wind-Optimal Trajectories,” APISAT 2018, Chengdu, China.
- [9] S. Nagaoka, H. Hirabayashi, and M. Brown (Nov. 2018), “A Concept of Automatic Trajectory Modification for Mitigating Complex Air Traffic Situations with a High Difficulty Index Value,” ICSANE2018 (電子情報通信学会技術報告 SANE2018-80) .
- [10] N.K. Wickramasinghe, Y. Nakamura, H. Hirabayashi, and M. Brown (Oct. 2018), “BADA Application in Performance Assessment of Dynamic Airborne Reroute Procedure (DARP) Operations,” BADA User Conference 2018.
- [11] S. Nagaoka, M. Brown, and D. Delahaye (Jan. 2019), “入力データの不確定性の航空管制難度指標値への影響,”電子情報通信学会 技術研究報告”, SANE2018-104.
- [12] ビクラマシンハ ナヴィンダ, 平林博子, ブラウン マーク (Mar. 2019) “航空機の運航における衛星搭載ドップラーライダーの有効性検証技術支援,”受託研究報告書.

航空機の拡張型到着管理システムの研究【指定研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○伊藤 恵理, 天井 治, 大津山 卓哉, 中村 陽一, ビクラマシンハ ナヴィンダ
宮沢 与和, 虎谷大地, リーデル ティモ

研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度

1. はじめに

今後 20 年の間に、世界の航空輸送量は現状の 250%にまで成長すると試算されており、航空機の到着遅延時間を削減する航空交通管理システムの構築は必要不可欠である。特に、さらなる混雑が見込まれる首都圏空港において、経済的効果に加え、安全性やステークホルダーからの信頼性の面での向上が必要である。

このような状況を踏まえ、大規模空港に到着する航空機に対して、巡航・降下空域を含む広範囲にわたって、到着スケジューリングを行う航空管制官を支援する自動化システムである拡張型到着管理システム（E-AMAN: Extended-Arrival Management）の研究開発が世界規模で現在進行中である。米国では、NextGen の傘下でエンルート空域では TBFM（Time-Based Flow Management）、ターミナル空域では TSAS（Terminal Sequencing and Spacing）と区別し、2028 年より航空機の自律飛行である FIM（Flight-deck Interval Management）と合わせた実運用を計画している。欧州では、SESAR project 25 において、ヒースロー空港やシャルル・ド・ゴール空港など主要空港に到着予定時刻などの情報を共有するシステムを、ASEAN 地域では、エアライン主導による到着時刻の調整である LRATFM（Long Range Air Traffic Flow Management）を研究開発している。日本では、東京国際（羽田）空港を対象にした E-AMAN の実装を、2019 年、2025 年と段階的に実施予定である。これらの運用コンセプトや設計は、対象とする空港や周辺の空域・航空交通流の性質に依存する。

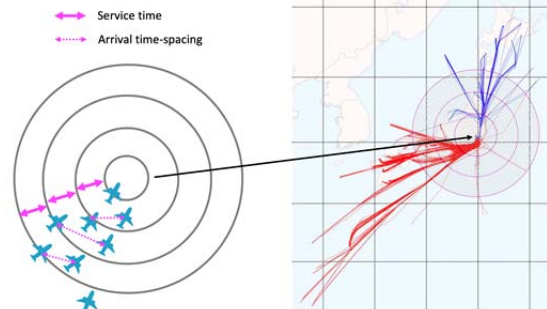
そこで本研究は、羽田空港に実装する E-AMAN の設計要件を提案し、シミュレーション実験により、遅延時間や燃料効率などの観点から検証を行う。さらに、E-AMAN と協働する新しい運航についても有効性を検証する。二年目となった平成 30 年度に実施した研究概要を以下にまとめる。

2. 研究概要

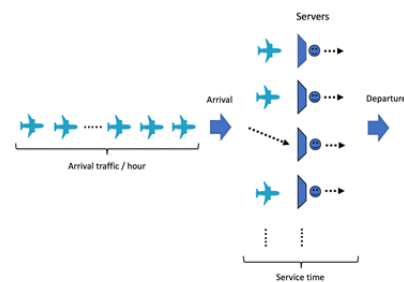
2.1 拡張型到着管理システムの運用プロトコルおよびスケジューリング手法の設計

筆者らはこれまでに、羽田空港を対象にした E-AMAN の運用プロトコルを提案し、対象となる空港に依存するパラメータを明らかにした[1]。そこで本年度は、データ駆

動型の待ち行列モデルを利用し、E-AMAN のスケジューリング手法の設計要件を提案した。

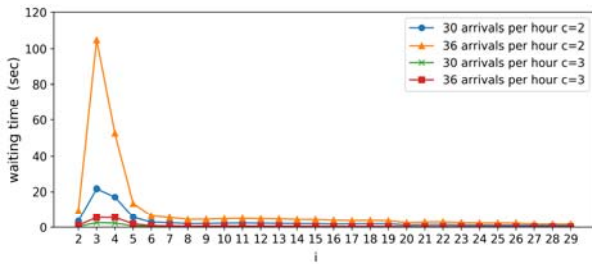


(1) 羽田空港を中心とする半径 10NM から 300NM までの 10NM 毎の同心円を利用した待ち行列モデルの構築

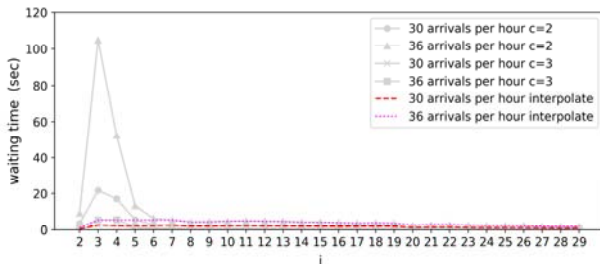


(2) 複数の仮想窓口を仮定した G/G/c · M/G/c/K モデルの適用
図 1 データ駆動型待ち行列モデルの構築

まず、2016 年と 2017 年の奇数月における合計 71 日分の航跡および飛行計画データを利用し、今後さらなる航空交通量の増加が見込まれる南西方面からの到着流の特徴を分析した。そして、データ分析結果を利用し、待ち行列モデルを構築した(図 1 参照)。待ち行列モデルの利点は、遅延時間を最小にする到着率と空域容量を明らかにできるところである。図 2 に、構築したデータ駆動型待ち行列モデルによる遅延時間の予測結果の一部を示す。x軸の*i*は空域に与えた番号であり、例えば*i* = 2は、羽田空港を中心とした半径 20NM と 30NM の同心円間の空域、*i* = 3は、羽田空港を中心とした半径 30NM と 40NM の同心円間の空域・・・というように、300NM の同心円内の空域を対象とした。図 2 に示すように、南西方向からの到着交通流について、現状の到着率（1 時間あたり 30 機の到着）およびデータより推定した各空域の容量を 2 機と与えた場合、20NM から 60NM 付近で遅延が生じていることがわか



(1) データ駆動型待ち行列モデルによる到着遅延時間 (y軸) の予測



(2) E-AMAN の導入により 70NM での理想的な時間管理を達成できた場合の遅延時間 (点線) の予測

図2 データ駆動型待ち行列モデルによる到着遅延の予測

る。同じ空域容量を保ちながら、到着率を現状の 1.2 倍 (1 時間あたり 36 機の到着) を仮定すると、特に 30NM から 50NM の空域での到着遅延が 2 分以上増加する。一方で、空域容量を 3 機とすると、到着率を 1.2 倍に増加しても到着遅延時間を現状以下に削減できることが示唆された。

これは、羽田空港から 60NM 以内の空域で、現状よりも 1 機から 2 機程度、多くの航空機を許容するよう空域容量を増加することが、現状および将来的な到着遅延を削減することを示す結果である。そのためには、約 70NM の付近で、先行機との到着時間の間隔づけを実現できる E-AMAN の設計が必要である。

さらに、RECAT-EU や RECAT-Dubai (現在 ICAO で検討されている新基準) の導入により航空機の最小間隔を定義すれば、現状の到着順序を変更する必要はなく、滑走路および 60NM 以内の周辺空域の容量を増加することで遅延時間の削減が可能であること、そして、60NM 以内の飛行時間を遠方空域で調整する時間管理よりも、60NM 以内の空域での容量を増加させることが、遅延時間の削減に有効であることを示した。

2.2 シミュレータ実験による検証

前章で説明したように理論から導いた解が、実際の運用現場で実現できるかどうか、導入する前段階で、管制官やパイロットの操縦操作によるシミュレーション (ヒューマンインザループシミュレーション) 評価が必要不可欠である。そこで、ドイツ航空宇宙研究所 (DLR) と共同で、東京進入区の新空域とポイントマージを模擬したシナリオ

を作成し、ヒューマンインザループシミュレータで実行した。

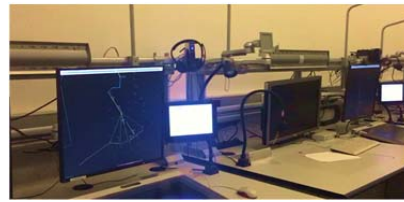


図3 ヒューマンインザループシミュレータ

左: 管制シミュレータ 右: フライトシミュレータ

また、羽田空港に到着した航空機が、空港面を走行して駐機し、出発して巡航する様子を模擬するよう、東京理科大学、東京大学、大阪大学と連携研究 (「堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現」) において、羽田空港の空港面、ターミナル・エンルート空域を統合して模擬する大規模シミュレーション環境を構築した。さらに、南洋理工大学およびユーロコントロール実験研究所と連携し、航空管制シミュレーション環境を整えた。

2.3 新運航の検証

航空機監視応用システム (ASAS: Aircraft Surveillance Applications System) の応用方式の 1 つである FIM を羽田空港に適用した場合を模擬した様々な飛行シナリオに対してシミュレーション評価を行い、研究成果を ICAO の国際基準 (Doc 9994) に反映したほか、ICAO 環太平洋局で開催されたワークショップで発表するなど、研究成果を幅広く社会還元した。さらに、慶應大学と連携し、新しい FIM 速度制御アルゴリズムを研究開発している。

フライトシミュレータを利用し、燃料消費を削減する降下方式として提案した FPA 降下 (Fixed-flight Path Angle Descent) の有効性の検証を継続した。研究成果が国際論文誌に 2 編掲載されるなど、国際社会から高い評価を得た。



図4 ICAO ASA ワーキンググループ (ICAO 環太平洋局にて)

掲載文献

[1] 伊藤恵理, "次世代到着管理システムの運用コンセプト," 日本航空宇宙学会誌, 66 巻 7 号, pp.205-211, 2018.

ハザードの定量的評価によるリスク評価手法の研究【指定研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○天井 治, 森 亮太, 住谷 美登里, 山 康博, 松岡 猛

研究期間 平成 30 年度～令和 2 年度

1. はじめに

ICAO の安全管理マニュアル (SMS) のハザード解析では、同定されたハザードに対してリスクマトリックスを作成して対応が必要かどうか等を判定する手法が推奨されている。しかし、この方式では、発生頻度や重大さに主観的要素が含まれる可能性が高いと考える。一方、欧米では航空もしくは航空管制に特化したヒューマンエラーの分類等が行われており、米国では Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)、欧州では Human Error in ATM Technique (HERA-JANUS) が有名である。更に Computerized Operator Reliability and Error Database (CORE-DATA) を用いたヒューマンエラー確率 (Human Error Probability : HEP) も議論されている。

これらの状況を踏まえて、我々は同定されたハザードを定量的に評価してリスクを計算する手法を研究している。これまでの研究では、同定されたハザードに対してヒューマンエラーの種類を選択し、自動的にヒューマンエラー確率 (HEP) を与えるようにした。また同じ種類のヒューマンエラーでも状況の違いによってリスクが変わることを表現できるパフォーマンス・シェイピング・ファクター (PSF) も考慮して計算できるようにした。更にハザードの重大さ (Severity) に関しては、死亡事故の重大さを定量化している英国安全衛生庁 (Health and Safety Executive) の資料と比較して裏付けを計り、これら HEP, PSF, Severity を用いて定量的にハザードのリスクを評価できるように検討してきた。

これまでの研究でハザードの定量的評価によるリスク評価手法の骨格は出来たが、ヒューマンエラーに特化したものとなっており機械故障率等は文献等で数値を調べて手入力するような状況となっていた。また、ヒューマンエラー確率や PSF は本手法のキーパラメータとなるため、出力されるリスク値をより精度の良いものにするためには最新の研究成果を定期的に確認し、更新する必要がある。

2. 研究の概要

2.1 研究の目標

本研究では、提案するハザード解析手法の改良および有効性の確認、ハザード解析支援ソフトウェアの構築および

有効性の確認を目的とする。そのために次の事を行う。

1) ハザードの定量的評価手法を見直し、機械故障等に対しても数値化できるように作り込む。

2) 見直しの過程で関西国際空港での混合運用に対するハザードの解析を行い、改良の必要性や妥当性を調べる。

3) 出来上がった手法にてエアライン、管制官等のご協力の下に新たな対象案件に対するハザード解析を行って提案するハザード解析手法の有効性を確認する。

4) ハザード解析支援ソフトウェアを作成・改良して、当該手法を用いたハザード同定・リスク評価に活用し、その有効性を確認する。

以下を達成目標とする。

i) 機械故障等も含めたハザードの定量的評価によるリスク評価手法の構築

ii) 上記リスク評価手法の有効性の確認

iii) ハザード解析支援ソフトウェアの作成およびその有効性の確認

2.2 本年度の研究

本年度は下記の項目の実施を計画した。

① ヒューマンエラー確率等に関する文献調査

② ハザードの定量的評価によるリスク評価手法の見直し・改良

③ ハザード解析支援ソフトウェアの改修

④ ICAO 会議等への参画による国際貢献

①について。ハザードの定量的評価においてヒューマンエラー確率や PSF はキーパラメータとなるため最新の研究成果を文献等で調査する。併せて、ハザード解析自体の最新動向も調査する。

②について。これまでに作成してきたハザードの定量的評価によるリスク評価手法をもう一度見直し、機械故障等にも対応出来るようにする。ヒューマンエラー確率等のアップデートも含めて必要に応じてデータベース (数値) に修正を加える。

③について。以前作成したハザード解析・リスク評価の支援ソフトウェアを評価に活用したいと考えているが現在のハザード解析・リスク評価手法に対応出来ていない。このため、最新の評価手法を反映できるように改修を行う。

④について。ICAO SASP 会議に参加して洋上空域等での安全性評価手法の検討結果を発表し、併せて情報収集を行う。国際会議等で当該研究成果を発表し、情報を得る。

3. 研究成果

①について。ヒューマンエラー確率および PSF についての最新の研究成果（航空交通管理の分野を含む）を探し当て、それぞれのリストに取り込んだ。機器故障率については、公表されていないことが分かったが、1970 年代に米軍が発表した文献を探し当てられた。但し、1970 年代はアナログ全盛の時代なので、現在のデジタル主流の機器との相違に注意する必要がある。

②について。ハザードの定量的評価のためには、当該ハザードが発生する条件の確率（ここでは事前確率と呼ぶ）を求める必要がある。事前確率を求めるにあたり、「事象（条件）」と「出来事（イベント、スレット、ストーリー）」を考えることにした。これで、複数のヒューマンエラーが重なることによって起こるハザードにも対応できると考える。「事象」に関しては、航空交通管制業務経験者の方々のご協力を頂いて、事象のリストを作成した。現在、そのリストを更に検討し、加筆修正中である。尚、事象は「空域環境」、「気象」、「管制および機上システムの状況」等を大分類とする。また、ハザード同定を行い易くする目的で、ヒューマンエラーに絡むものも敢えて含めることにする。

あるハザードが同定された場合そのハザードに対して、

- ・「忘れる」、「遅れる」、「言い間違える」等を付加したのもハザードになり得ること
- ・別の飛行フェーズでも同様のハザードが起り得る
- ・管制官の立場でハザードを考えた場合、パイロットの立場に立って別途検討する必要あり。

等も考慮して検討する必要があることが分かった。

③について。10 年程前にインターネットを使用したハザード解析システムを目指して構築を開始した。この時は定量的評価へのこだわりはなくリスクマトリクス中心であった。現在はインターネットのセキュリティに対する関心はその頃とは段違いに強くなっている。そこでインターネットを使わずに議論を行うシステムについても十分検討したが、情報共有等の必要性からインターネットを用いたシステムの考え方を継続することにした。ご協力頂く航空会社、航空局等にはパソコンとレンタル Wi-Fi ルータを貸与してハザード解析作業を行って頂く予定である。

平成 30 年 10 月から漸くプログラマを雇用でき、当該システムの様々な不具合の修正、および現在の考え方に合わせたシステム、分かりやすいヒューマン・マシン・インタ

ーフェース (HMI) を持つシステムへの改修を行っている。

④について。北太平洋上における航跡データの解析にて、航空機の速度誤差が航空会社毎に異なるという結果が得られたことを平成 30 年 5 月および 11 月に開催された ICAO SASP 等にて発表した。

4. まとめ

平成 30 年度の研究の概要を示した。ハザード解析手法の研究は、昨年度まで行っていた研究の中で並行して進めていたが、ブレインストーミングが出来る状況でなかったこともあり、思うように進まなかった。このため、平成 30 年度からは担当者を増やし、定量的ハザード解析手法に特化した研究として進めている。それが功を奏してか、昨年度までは思いつかなかった考え方等が提案され、より一般的なハザードに対応できるようになった。但し、前提条件の定量化は難しく、更なる議論・検討を要する。

掲載文献

- (1) R. Mori. “Speed Error Analysis from Input-based Monitoring,” ICAO SASP/2, May 2018.
- (2) R. Mori. “Speed Error Difference among Airlines,” ICAO SASP/2, May 2018.
- (3) 天井 治, 住谷 美登里. “提案するハザード解析手法と支援ソフトウェアの課題,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会 A-13-1, 2018 年 9 月.
- (4) R. Mori. “Difference of Speed Prediction Error,” ICAO SASP-WG/31, Nov. 2018.
- (5) 天井 治. “混合運用において RNP AR 進入方式で飛行する航空機の飛行時間の短縮効果について,” 日本航空宇宙学会 第 56 回飛行機シンポジウム, 3C09, 2018 年 11 月.
- (6) 天井 治. “アカラコリドーにおける衝突リスク低減効果の解析結果,” 国土交通省航空局管制課空域調整整備室への報告書, 2018 年 12 月.
- (7) 住谷 美登里, 天井 治. “航空管制関連ハザードの前提条件に関する一考察,” 電子情報通信学会総合大会 A-13-3, 2019 年 3 月.
- (8) 天井 治, 住谷 美登里, 松岡 猛. “定量的ハザード解析のための前提条件等の定量化,” 電子情報通信学会総合大会 A-13-4, 2019 年 3 月.
- (9) T. Matsuoka, O. Amai. “Evaluating Human Error Data for Hazards in Air-Traffic Control and Deriving a Quantitative Safety Index,” International Journal of Aviation Management, Vol. 4, No. 3, Mar. 2019.

データリンクを活用した中期コンフリクト検出技術の研究【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○瀬之口 敦, 平林 博子, 白川 昌之
研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度

1. はじめに

CARATS ロードマップでは運航中のリアルタイムな軌道修正に関する施策が挙げられている。それによれば、航空交通量の増大に対応するため、飛行中における時間管理を導入するとともに、中期の航空機のコンフリクト検出・解決支援およびデータリンクによるリアルタイムな必要最小限の軌道修正を実現することが求められている。

本研究の目的は、20 分程度先までの航空機の 4 次元軌道を予測して潜在的なコンフリクトを検出し、その解決を支援する中期コンフリクト検出 (MTCD : Medium-Term Conflict Detection) 技術について、データリンクを用いた高精度な軌道予測により高度化することである。

2. 研究の概要

本研究は当初 3 ヶ年計画としており、平成 29 年度に「軌道予測の精度と中期コンフリクトの検出閾値の分析」、「気象変化の予測性向上に伴う軌道予測の精度評価」、「DAPs 機能を利用した高精度な軌道予測に基づく中期コンフリクト検出技術の評価」の 3 点を実施して研究をとりまとめる予定であった。

しかしながら、平成 29 年度の後半期にかけて具体化された研究ニーズに対応するため、研究期間を 1 年延長し、平成 30 年度までの 4 ヶ年計画に変更した。平成 30 年度の実施項目は以下のとおりである。

- ① TCAS-RA ダウンリンクデータの活用に関する調査
- ② 気象予測から運航上の定量的な制約条件への変換に関する調査
- ③ 研究のとりまとめ

3. 研究成果

3.1 TCAS-RA ダウンリンクデータの活用に関する調査

MOPS (Minimum Operational Performance Standards) 文書である米国 RTCA の DO-185B に示されている TCAS アルゴリズムに基づき、「tau cap」と呼ばれる内部パラメータに関連した RA の発生現象について検討した。

tau cap は TCAS アルゴリズムの計算過程で用いられており、距離テストに係る最接近までの時間 τ_{min} を固定するフラグである。通常の遭遇状況であれば接近終了後に航空

機間の距離が離れていくため距離テストは満足しなくなるが、tau cap の解除条件が満たされない特殊な状況下では距離テストを満足させる τ_{min} が維持され、それ以降の高度テストを満足した時点で RA が発生する場合がありますとわかった。なお、tau cap は TCAS アルゴリズムの内部で使用されるパラメータのためダウンリンクデータには含まれず、その検証は難しい。

3.2 気象予測から運航上の定量的な制約条件への変換に関する調査

CARATS において、気象現象 (悪天) が航空機運航や航空交通に及ぼす影響、および空域・空港容量に対する制約を定量化し、交通流および運航管理の高度化を図るための研究開発が望まれている。

そこで、電子航法研究所では、影響を受ける管制空域に対して事前に検証・調整された、シビアな悪天を回避するための飛行計画経路集を作成し、提案することを目指した研究を平成 31 年度から開始することとした。当該研究においては、悪天の発生と航空機の回避行動、それらに起因する交通流の関係を明らかにする。また、悪天を回避する代替飛行経路の飛行時間や燃料消費、関連空域の管制処理容量等を算出可能とし、代替飛行経路の良し悪しを判断可能とするための実験用評価システムを開発する。これにより、悪天発生時の航空機運航や航空交通管理の判断が容易となり、また、将来の軌道ベース運用における軌道調整にとって有用な知見になると考えている。

4. 考察等

本研究では、予測誤差と検出間隔、コンフリクト検出指数の関係を分析する等により、MTCD 技術の高度化における中期的な軌道予測の重要性を示した。予測精度の向上にはデータリンクで飛行経路を取得することが有効であり、手段として ADS-B (Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) や SSR Mode S の DAPs (Downlink Aircraft Parameters), ADS-C (Automatic Dependent Surveillance - Contract) の EPP (Extended Projected Profile) 等が挙げられる。いずれもまだ機上対応および地上整備が進んでいないため実用化はもう少し先と思われるが、取得可能な情報

種別や取得の周期、範囲などが異なるので、それぞれの利点を組み合わせて運用することが望ましい。

また、DAPs 機能による風向・風速、温度（推定値）を気象庁数値予報モデルのデータ同化に追加して用いることで、発達した積乱雲分布やシアライン位置の予測が実況に近づく等、数値予報の精度向上を確認した。これに伴い、軌道予測の精度向上が期待できる。

比較的容易な案件であれば、本研究で検討してきた TCAS-RA の発生に関する基本的な考え方に基づいて今後も対応することが可能と思われる。また、気象予測から運航上の定量的な制約条件への変換に関しては、平成 31 年度から新規研究を開始することとした。

掲載文献

- (1) 白川昌之，瀬之口敦，平林博子，“レーダデータによる航空機運航速度パラメータ推定と軌道予測，”日本航空宇宙学会第 46 回年会講演会講演集，JSASS-2015-1024，2015 年 4 月。
- (2) 瀬之口敦，白川昌之，平林博子，“SSR モード S データを用いた航空機の運航速度の時系列解析，”日本航空宇宙学会第 46 回年会講演会講演集，JSASS-2015-1026，2015 年 4 月。
- (3) 瀬之口敦，白川昌之，平林博子，“運航速度データベースに基づく軌道予測の評価，”第 15 回電子航法研究所研究発表会講演概要，No.1，2015 年 6 月。
- (4) A. Senoguchi，“DAPs Potential and an Analysis on Weather Uncertainty for TBO，”ICAO/WMO APAC MET/ATM Seminar 2015，SP/12，June 2015。
- (5) 瀬之口敦，“4D 気象 DB に係る ENRI の ATM 関連研究について，”CARATS 第 20 回航空気象検討 WG，資料 20-5，2015 年 8 月。
- (6) 白川昌之，大津山卓哉，福田豊，瀬之口敦，“ターミナル空域における航空機軌道と ACAS 不要 RA についての一考察，”第 53 回飛行機シンポジウム講演集，1D09，2015 年 11 月。
- (7) 平林博子，瀬之口敦，白川昌之，“航空管制における中期コンフリクト検出技術の必要性について，”2016 年電子情報通信学会総合大会講演集，B-2-17，2016 年 3 月。
- (8) 平林博子，瀬之口敦，白川昌之，“中期コンフリクト検出技術の必要性と課題，”第 16 回電子航法研究所研究発表会講演概要，No.4，2016 年 6 月。
- (9) 白川昌之，瀬之口敦，“羽田空港における TCAS RA についての検討，”第 3 回安全情報分析委員会，主催：国土交通省航空局交通管制部管制課，2017 年 3 月。
- (10) 平林博子，“中期コンフリクト検出技術の必要性と課題，”航空管制誌 2017-No.2，pp.50-57，2017 年 4 月。
- (11) 瀬之口敦，吉原貴之，古賀禎，瀬古弘，“SSR（二次監視レーダ）モード S による気象データのダウンリンク，”日本気象学会機関紙「天気」，Vol.64 No.7 p.519，2017 年 7 月。
- (12) 白川昌之，瀬之口敦，“羽田空港 34L/R 滑走路進入時の TCAS RA についての検討，”羽田同時平行 ILS 進入時の RA 発生状況報告会，主催：国土交通省航空局安全部航空交通管制安全室，2017 年 8 月。
- (13) 瀬之口敦，“DAPs から推定した風向・風速の評価について（続報），”平成 29 年度 CARATS 監視アドホック 1 会議，2017 年 10 月。
- (14) 白川昌之，瀬之口敦，平林博子，“中期的軌道予測についての一考察，”第 55 回飛行機シンポジウム，2C02，2017 年 11 月。
- (15) 瀬之口敦，白川昌之，“羽田空港 RNAV 同時平行進入（16L/R）時における進入機相互間の位置関係により生じる TCAS-RA 動作の検討について，”第 3 回羽田空港同時平行 RNAV 進入方式導入に係る検討会議，2017 年 12 月。
- (16) 瀬之口敦，吉原貴之，古賀禎，瀬古弘，小泉耕，“SSR モード S による気象データの取得，評価および活用について，”第 12 回航空気象研究会，No.8，2018 年 2 月。
- (17) 白川昌之，瀬之口敦，“TCAS RA 発生に関する調査メモ，”航空局 航空交通管制安全室および管制課への報告，2018 年 5 月。
- (18) 瀬之口敦，“ENRI の気象と容量に関する新規研究課題の設定に向けて，”CARATS 第 33 回航空気象検討 WG，資料 33-4-2，2018 年 7 月。
- (19) 又吉直樹，神田淳，吉川栄一，瀬之口敦，吉原貴之，平林博子，手塚亜聖，武市昇，平田輝満，“CARATS 重点施策に係る研究開発：気象情報から運航制約，空域・空港容量への変換に向けた研究開発の動向，”第 56 回飛行機シンポジウム，1A04，2018 年 11 月。
- (20) 瀬之口敦，吉原貴之，古賀禎，小泉耕，瀬古弘，“SSR モード S による気象データ取得と数値天気予報への活用，”第 13 回航空気象シンポジウム，2018 年 11 月。
- (21) 瀬之口敦，平林博子，白川昌之，“中期コンフリクト検出技術の高度化に関する考察，”第 19 回電子航法研究所研究発表会講演概要，No.9，2019 年 6 月。

無人機の円滑運行のためのシミュレーション技術の構築に関する研究【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域, 監視通信領域
担当者 ○平林 博子, 虎谷 大地, 河村 暁子
研究期間 平成 29 年度~令和元年度

1. はじめに

無人航空機（無人機）の運用は、従来の農薬散布以外にも、測量、監視、インフラ維持・管理のための点検等、汎用の小型無人機の普及によりその活用が盛んになってきている。さらに、目視外の飛行を想定した輸送能力の活用に関して、その技術開発が本格的に開始されている。米国においては 2016 年に商用小型無人機の規制緩和がなされ、無人機のさらなる活用が予測される。

上記のような無人機運用の需要空域は、管制空域とくらべ航空情報の管理があまり行われていない低高度の非管制空域にある。また、無人機の性能が向上するのに伴い、管制空域を含む中高度における需要も今後高まる可能性がある。低高度から中高度は有視界飛行方式（Visual Flight Rules: VFR）で飛行する有人の小型航空機等も飛行することから、無人機飛行空域との競合が発生する可能性があり、このような空域において多数の無人機が安全かつ円滑に運用することが求められている。

本研究の目的は、低高度から中高度における無人機と有人航空機の融合した安全かつ効率的な交通管理コンセプトにつなげるため、無人機・有人航空機の統合シミュレーション環境を構築するにあたり必要な技術を検討することである。

2. 研究の概要

本研究は 3 年計画である。平成 30 年度の研究においては、以下を実施した。

- ・国内外の無人機の運行方式、運用に関する情報整理
- ・低高度から中高度における無人機運行のために求められる航空に関する情報の抽出

3. 研究成果

3.1 国内外の無人機の運行方式、運用に関する情報整理

パイロットの遠隔操作により制御し、国をまたぐ計器飛行方式を実施する無人航空機について、国際民間航空機関（ICAO : International Civil Aviation Organization）のパネル会議（RPASP : Remotely Piloted Aircraft Systems Panel）で議論されており、航空管制に関わるワーキンググループに参加した。ワーキンググループにおいては不測の事態にお

ける管制対応について議論が進められている。ICAO における無人機に関するシンポジウムが 9 月に中国四川省成都で開催された。RAPS シンポジウム及び Drone Enable UAS Industry シンポジウムである。シンポジウムの平成 30 年度の議題は、低高度の交通管理 UTM（UAS Traffic Management）と航空交通管理（ATM; air Traffic Management）の融合であり、パネル形式で発表された。融合の在り方は発表者によって規模や視点が異なり非常に多くの意見があり、方向性が未だ明確化されていない状況である。本シンポジウムは次年度も継続して開催予定である。

国際的な標準化の動きとして、ISO（International Organization for Standardization）において新たに UTM に関するワーキンググループが発足した。本ワーキンググループの取りまとめは日本が主導することとなり、引き続き情報収集に努める。

3.2 低高度から中高度における無人機運行のために求められる航空に関する情報の抽出

シミュレーション環境の対象となる低高度における有人航空機運航の把握のために、低高度を飛行する救急医療用ヘリコプター（以下、ドクターヘリコプター）の飛行傾向について分析した。

ドクターヘリコプターは、救急医療機器等を装備したヘリコプターであり、医師、看護師が同乗し救急現場に向かう専用ヘリコプターである。できるだけ早く現場へ向かうことが有効であることから、比較的低高度を飛行し、また、医師と傷病者が合流するために離着陸を行う場所として飛行場外に用意されているランデブーポイントで離着陸を実施することから、無人機等との接近が懸念される有人機のひとつである。平成 30 年度はドクターヘリコプターの飛行傾向を分析した。さらに、空港監視レーダーと重ね合わせすることで、レーダーによる捕捉率について調べた。

図 1 はドクターヘリコプターの航跡図である。基地病院を起点として、各ランデブーポイントまで直線的な飛行を実施していることがわかる。迅速な移動が求められることから、最短距離が選択されていると推察する。通常、ランデブーポイントは相当数用意されているが、比較的使用頻度が高い場所はある程度限られていることが、この図から

見て取れる。表1は動態情報から得られた飛行高度及び動態情報から推定した対地速度並びに上昇/降下率の統計値である。ドクターヘリコプターの動態情報で示される高度情報は平均海水面からの海拔高度であり、地表からの高さではない。山間部や標高の高い地点において離着陸するケースも含まれていることから、高い高度における10ノット未満の対地速度データが存在しているものと推察する。今後は、地表面からの高度への変換を考慮して検討を進める予定である。

空港監視レーダーと重ね合わせを実施することで、ドクターヘリコプターの飛行の空港監視レーダーでの捕捉率について調べた。レーダーにより捕捉できるかどうかは、レーダーサイトからの距離及び高度による。中部国際空港の空港監視レーダーによる総飛行時間に対するレーダーによる捕捉率は、三重の飛行で22%、愛知の飛行で10%であった。ドクターヘリコプターは比較的低高度を飛行するため捕捉率は低いことが明らかになった。

4. まとめ

将来、無人機運用の需要が増加すると考えられる低高度から中高度を対象としたシミュレーション環境構築を目

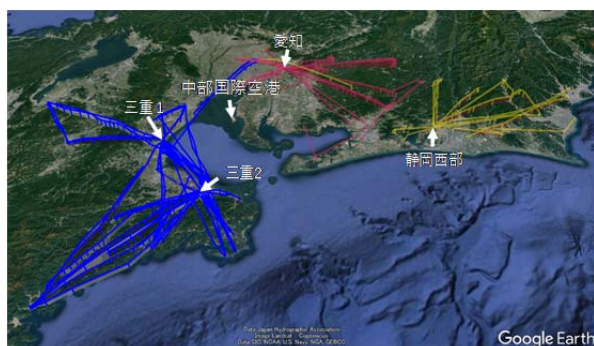


図1 ドクターヘリコプターの航跡図

表1 ドクターヘリコプター各種データの統計値

N=857

	飛行高度 (feet)	対地速度 (knots)	上昇/降下 率 (feet/分)
最大値	5,817	205	1,365
75%	1,873	118	156
50%	1,072	101	-7
25%	650	27	-187
最小値	10	0	-1,453
平均値	1,269	79	-3

的に、国内外の無人機に関する動向調査及び低高度における航空機の動態情報分析を実施した。無人航空機の交通管理に関する国際的な標準化を議論する場も整いつつあり、幅広い情報収集を継続する必要がある。低高度におけるドクターヘリコプターの飛行傾向分析において得られた統計値は、今後のシミュレーション環境構築にあたりヘリコプターの飛行を模擬するときには有用である。また、空港監視レーダーによる捕捉率は低いことが明らかとなり、有人機と無人機の情報共有のためにはリモート識別等の仕組みが必要である。

掲載文献

- (1) 虎谷大地, 平林博子, 河村暁子, “小型無人航空機と有視界飛行方式ヘリコプターが保つべき間隔に関する一考察,” 第49期年会講演会, 4月2018年.
- (2) 平林博子, 虎谷大地, 河村暁子, “小型無人機が飛行する空域における航空機運航に関する考察,” 第18回 電子航法研究所研究発表会, 5月2018年.
- (3) Hiroko Hirabayashi, Daichi Toratani and Akiko Kohmura, “Simulation Study for VFR aircraft and Small Unmanned Aircraft Systems (sUAS) mixed Operations in Low Level Airspace,” 31st congress of the international council of the aeronautical sciences, belo horizonte, Brazil, September 2018.

レジリエンス概念に基づく航空管制官の状況認識に関する研究【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○青山 久枝, 中村 陽一, 井上 諭

研究期間 平成 30 年度～令和元年度

1. はじめに

航空安全を第一目的とする航空管制業務は、高いレジリエンスを必要とする他に類似するものが少ない業務である。この業務を行う航空管制官（以下、管制官）は、訓練や経験によって時々刻々と変化する交通状況を常に認識し、その状況に応じて柔軟に対応するために必要な情報を能動的に獲得しているものと考えられる。管制官にとってこのような状況認識が業務遂行上必要不可欠であるが、これまでに Endsley の状況認識モデルに基づく分析研究などが行われているが、認知資源や時間の制約が存在する動的環境下における管制官の状況認識を対象としたものは多くは存在していない。

本研究では、管制業務における管制官の動的な状況認識プロセスを分析すると共に、これまでに電子航法研究所、東北大学、東京大学が共同で基本的開発を行ってきた管制処理プロセス可視化ツール COMPASi (Cognitive system Model for simulating Projection-based behaviors of Air traffic controller in dynamic Situations in interactive mode) を利用して、動的環境下における管制官の状況認識能力の向上支援を行うための手法や訓練機能を開発していく。現場運用における様々な視点からの安全性と効率性を検討するための評価機能の開発を試みる。このような手法の開発を通じて、高い安全性を要求される熟練者の技能について、業務内容の把握のみならず客観的な面から調査・分析を行って科学的知識として蓄積することにより、様々な産業分野での予防安全やリスク低減に生かす基本的方策について提案する。

2. 研究の概要

本研究は 2 ヶ年計画であり、以下の項目を実施した。

- ・管制官の状況認識の特徴に関する調査および分析
- ・COMPASi の機能向上検討および開発

3. 研究成果

管制官の状況認識の特徴に関する調査および分析では、先行研究において行った航空路管制業務に関する実験結果より、管制官の動的環境下における状況認識のプロセスについて分析中であるが、管制業務における情報獲得

は、管制官が必要となる情報を自発的にとりに行っていることがわかってきた。また、管制官は取り扱う航空機のパイロットに対して交通情報を提供する（業務上の義務ではない）が、これは管制官が包括的に交通状況を監視できる立場にいることからパイロットとの「情報共有」を行うために積極的に行っていることがわかった。また、安全報告に係る年次報告書の事例調査に基づいて、航空路管制業務に関わる事例について COMPASi を用いて再現し、安全性向上のための予防的な措置となり得る管制官への支援機能を検討している。

COMPASi の機能向上検討および開発においては、これまで航空路管制業務を対象としたツールである COMPASi を国土交通省航空局管制課との調整により、ターミナルレーダー管制業務研修用としても利用できるように開発を行っている（図 1）。この研修用シミュレータの製作に関して、航空保安大学校 岩沼研修センターより資料提供を受けている。

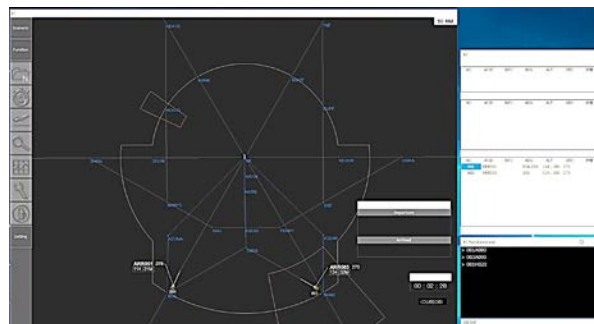


図 1 ターミナルレーダー管制業務研修用 COMPASi

本シミュレータは、岩沼研修センターや現場で使用されている訓練用シミュレータとは画面数など異なる構成であるため、シミュレーション時に必要となる気象情報等の表示に関して表示画面の制約が伴う。そこで、岩沼研修センターの教官へのインタビュー調査を通じて、ターミナルレーダー管制業務において風向・風速の増減に関わる詳細な情報はあまり重要視されないことから、これらの情報表示についてできる限り少ない表示スペースで必要最低限の情報を提供できるような表示変更の検討を行い、試作した。岩沼研修センター等で使用されている WRU (Weather information Receiving Unit) および飛行場内気象情報の表示例を図 2、試作した WRU の表示例

を図 3 (a) に示す。また、飛行場内気象情報は必要に応じて呼び出せる WRU 補助表示とした (図 3 (b))。



図 2 使用されている WRU および飛行場内気象情報の表示例

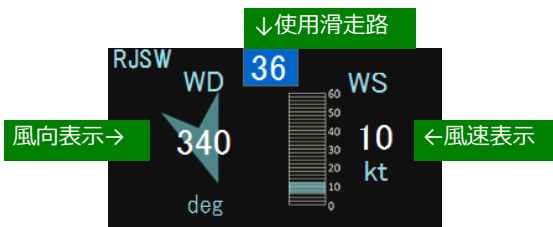


図 3 (a) 試作した WRU の表示例



図 3 (b) 試作した WRU 補助表示の例

さらに、航空路管制業務では、管制官の状況認識は、管制機器の画面に表示される情報取得によるものであり、より正確に情報を提供できることが安全性の向上に繋がる。レーダー画面上に管制官が必要とする情報をタイミングよく、見間違えないように提供することが重要である。しかし、各空域の形状や交通流が異なるため、空域によってレーダー画面上で見易い情報提供の位置等が異なることから、各空域での交通流の特徴に基づいた HMI の検討が必要となる。画面の表示変更等デザインの検討を実際の交通流を模擬しながら簡易的に行うことを可能とする表示変更機能の開発を行い、実装した。COMPASi の画面上において、管制運用を模擬しながら、航空機の情報表示のデザインを変更することにより見間違いを起し難い表示等を評価する。図 4 左側が標準的な

COMPASi の表示例、図 4 右側がフォントや字体を変更した表示例である。

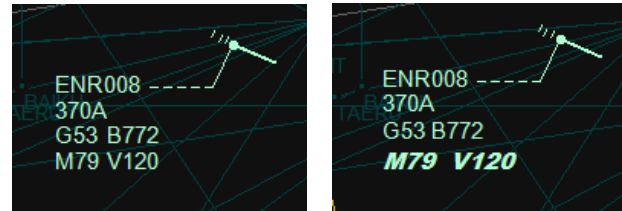


図 4 COMPASi の標準的な表示例 (左側) と変更表示例 (右側)

4. 今後の見通し

ターミナルレーダー管制業務研修用ツールとしての COMPASi の開発を継続して行い、表示情報等について不足がないように画面構成およびデザインを工夫すると共に、訓練シミュレータとして必要な機能を実装していく予定である。また、開発ツールについて岩沼研修センターおよび現場での評価を検討する。

管制官の状況認識に関する調査・分析についても継続して行い、安全性向上を目指したシステムの機能等改善に繋げる。

掲載文献

- (1) 堀口聖友, 青山久枝, 狩川大輔, “航空管制業務における異常に対する気づき能力向上のための訓練ツールの改良,” 日本人間工学会第 59 回大会, 2018 年 6 月, pp.1F4-3.
- (2) 青山久枝, 狩川大輔, “航空管制官の状況認識に関する分析とモデル化,” 日本人間工学会第 59 回大会, 2018 年 6 月, pp.1F4-2.
- (3) 中村陽一, 青山久枝, 狩川大輔, “航空管制レーダ画面の設計支援ツールの開発,” ヒューマンインタフェースシンポジウム 2018 論文集, 2018 年 9 月, pp.80-83.
- (4) 堀口聖友, 青山久枝, 狩川大輔, “ターミナルレーダー管制業務における気象情報の表示方法の検討,” ヒューマンインタフェース学会第 159 回研究会, 2018 年 11 月.
- (5) 青山久枝, “安全をつくる航空管制官の技能とトレーニング,” ヒューマンインタフェース学会第 159 回研究会, 2018 年 11 月.
- (6) 岩淵由華, 狩川大輔, 青山久枝, “レジリエンスの 4 つのコア能力に基づく航空路管制業務の分析,” ヒューマンインタフェース学会第 159 回研究会, 2018 年 11 月.

AI・最適化技術の航空機運航への適用【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○森 亮太, 青山久枝, 中村陽一
研究期間 平成 30～令和元年度

1. はじめに

世界の航空交通量は、今後も増大が見込まれており、それに伴い空港およびその周辺における混雑が深刻化している。一般に空港におけるボトルネックは滑走路であり、離着陸の際には安全のため最低限必要な離着陸間隔(通常1分半～2分程度)が定められているため、混雑空港においては離陸機・着陸機それぞれが滑走路待ちで列をなしているのが現状である。本研究では、地上走行中の離陸機の燃料消費削減、羽田空港への到着管理システムの開発に加え、上昇経路の最適化、航空会社のニーズに基づく AI の適用の4点について研究を行う。

2. 研究の概要

2.1 離陸機の燃料消費削減

地上走行時の離陸機の燃料消費削減を行うためには、タキシング時間削減を行うことが有効である。離陸機は通常出発準備ができ次第スポットを出発し、滑走路手前まで地上走行(タキシング)を行う。滑走路が離着陸機で混雑している場合には、滑走路付近に着いても地上で待たされ、タキシング時間が通常より長くなり、必要以上の燃料消費を行うこととなる。これを避けるために、一定時間スポットで待機することでタキシング時間を削減する試みが行われており、各航空機に設定されたスポット出発時刻をTSAT(Target Start-up Approval Time: スポット出発承認時刻)と呼ぶ。しかしながら、実際には不確実性が存在し、事前に想定したシナリオ通りに事がすべて進むわけではない。そのため、不確実性を考慮した上でTSATを適切に設定しなければ、タキシング時間を減らすだけでなく、同時に本来離陸できた時間よりも離陸時刻が遅くなってしまうリスクが伴う。そのため、TSATをどのように設定すればよいかという点を本研究で取り扱うこととする。

2.2 羽田空港への到着管理システムの開発

羽田空港は、4本の滑走路が存在し、離陸機、着陸機が各2本使用しているが、運用は相互に影響を与えるという特徴がある。(図1) 現行の運用においては、離着陸ともに使用する滑走路については、基本的に出発/到着方面別に分けて運用されている。離着陸数に関しては、平均的には各滑走路の処理容量を満たすように設定されているものの、実際には各航空機は日によって離着陸時間が前後するため、離着陸滑走路は柔軟に選んだ方が処理容量および

滑走路待ちの時間は改善できるものと考えられる。本研究では、着陸機に関して滑走路を変更できた場合に、どの程度の改善効果があるかどうかを試算し、実際にそれを実現するための方策を考えることを目的とする。

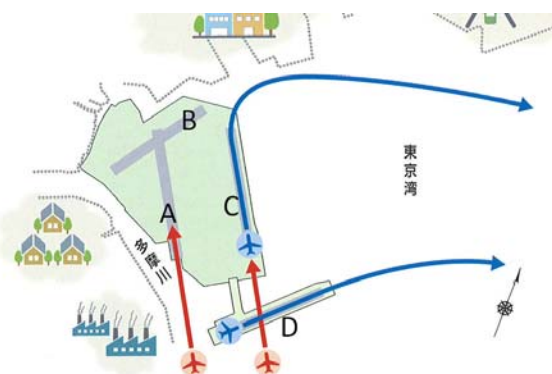


図1 羽田空港の滑走路運用(北風時)
東京空港事務所パンフレットより抜粋

2.3 上昇経路の最適化

上昇時においては、一般にできるだけ早く巡航高度に辿り着くことが燃料削減につながると言われており、上昇中にできるだけ水平飛行をなくす取り組みが行われている。このような運航をCCO (Continuous Climb Operation)と呼んで、国際民間航空機関(ICAO)においてもCCOによる運航が推奨されている。CCOが運航できない背景にあるのは、他の航空機との干渉であったり、管制・空域の問題であったりするケースが多く、これらの制約がない場合には、現状でもCCOによる運航は実施されている。現行の航空機は、巡航開始点(TOC/Top of Climb)に至るまでは、航空機に搭載されているFMS(Flight Management System)により計算された上昇プロファイルを飛行するが、その際TOCまで最大上昇推力を使用する。最大上昇推力による上昇は、最適解に近い上昇ではあるが、厳密に最適ではない。本研究においては、現行の最大上昇推力による上昇が純粋な最適解と比較してどの程度の乖離があるのかを明らかにし、現行の上昇より効率的な上昇手法の提案を行う。

2.4 航空会社のニーズに基づく AI の適用

AIは近年注目を浴びているが、航空業界への適用事例は多くない。本研究では、航空会社のニーズに基づき、AIを適用可能な事例について実際にAIを適用し、その効果を確かめることを目的とする。

3. 研究成果

3.1 離陸機の燃料消費削減

本研究では、過去の研究の延長として、提案する TSAT 設定手法が普遍的に適用可能であることの確認を行う。それに伴い、AMAN/DMAN のソフトウェアを実際に開発・運用しているフランスの THALES 社と共同研究を行い、その運用データを用いながら、より現実に近い環境でのシミュレーションを行う。本年度は、フランスのある空港における滑走路および空港の運用データを入手し、その空港の滑走路運用のモデル化を行った。その後、提案する TSAT 手法がどの程度効果があるかを確かめる予定である。

3.2 到着管理システムの開発

先に、滑走路は基本的に方面別運用が行われていると記したが、実際には一部の着陸機においては、本来の滑走路とは異なる滑走路に着陸させるような管制運用が行われている。その効果を定量的に把握するため、その用途に適した羽田空港のシミュレーションモデルの構築を行った。滑走路を変更した際、それが滑走路運用に与える影響をデータから抽出し、それを忠実に反映した上で、実際に管制官の運用がどの程度の効果をもたらしているのかの推算を今後行う予定である。

3.3 上昇経路の最適化

昨年度までに、B777-300ER の航空機を仮定し、上昇時に最大推力による上昇と最適軌道による上昇でどの程度の違いがあるかどうかを明らかにした。本年度は、さらに詳細な条件として、重量や機種によりどの程度効果に違いがあるか、ということについて考察を行った。結果としては、重量に対するインパクトは機種により異なり、ほとんど重量の影響のないもの、軽い方が効果の大きいもの、などさまざまであった。航空機の空力性能およびエンジン特性の組み合わせによるものと考えられる。また、機種に関しては、基本的には大型機の方がより効果が大きく、小型機になるにつれて効果が小さくなるという、ある程度予想通りの結果となった。しかし、同サイズの航空機で比較すると、やはり航空機の特性的差により、2 倍程度効果に違いがあることもわかった。

3.4 航空会社のニーズに基づく AI の適用

AI の適用先として航空会社を考え、航空会社のニーズの中に AI が使用できるものがないかどうか調査を行った。そして、今回 Peach Aviation 社と共同で研究を行っていくことになった。具体的には、Stabilized approach に関するものである。Stabilized approach とは、着陸前に航空機を安定させ、安全な着陸を行うためのコンセプトである。過去に unstabilized であったことが原因のインシデントや事

故も報告されており、現在ではほぼすべての航空会社が Stabilized approach による運航を推奨している。しかしながら、状況によっては unstabilized やそれに近い状況になることがあるため、本研究では unstabilized な状況を未然に防ぐ方法や、過去のパイロットの行動が他の多くのパイロットと比較してどうであったか、といったことを解明することを目的として実施する。本年度は、データ分析および簡単な AI 適用を行い、研究としての可能性の検討を行った。次年度以降、より具体的に AI の適用を行っていく予定である。また、本件にとどまらず、他にも AI を適用できる事例の調査も継続し、新たな案件を実施することも視野に入れる予定である。

[掲載文献]

- [1] 森亮太, “上昇経路変更による消費燃料削減手法の提案,” 第 49 期年会講演会, 2018
- [2] R. Mori, “Fuel-Saving Climb Procedure by Reduced Thrust Near Top of Climb,” AIAA Scitech Forum 2019.

航空用データの管理手法に関する基礎研究【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○住谷 美登里
研究期間 平成 30 年度～令和元年度

1. はじめに

電子航法研究所では航空局からの要望等に基づいて各研究課題を実施するにあたり、各研究課題の担当者は研究に必要な各航空交通に関するデータの提供を航空局等に依頼している。そして毎年、各研究課題の担当者は、研究課題に応じて提供された航空交通に関するデータをもとに、研究に必要なデータの抽出やデータベースの作成を行ってきた。新規に研究課題を立案する際には必要なデータについて検討したり、データ内容の更新の際にはデータベース作成プログラムを見直したりしている。加えてデータの保存・管理などデータに関する様々な作業を各研究課題の担当者が各々行っているため、これらは研究の効率を低下させている可能性がある。

内閣府が平成 30 年に「国立研究開発法人におけるデータポリシー策定のためのガイドライン」を公表し、国立研究開発法人に令和 2 年度末までにオープンサイエンスのためにデータポリシーを策定することを推進した。今後、学術的な論文のオープンアクセス（公開）だけでなく、研究データを管理・利活用していくことが必要となり、当所としての対応が必要となってきた。また航空局では平成 27 年度より統合管制情報処理システムが開発され移行しているところである。今後さらに当所が航空局等から航空交通に関する様々なデータを利用するにあたり、各データの情報を横断的に整理し、一元的に管理して把握することが望ましい。航空局からの要望等に基づいて各研究課題を実施する時に必要なデータの情報を把握でき、研究が効率的に進められることが期待される。

本研究は、将来にわたり航空局等からのデータを利用した所内の様々な研究をより効率的に進めるため、まずは当所の航空交通管理領域に航空局から提供されている航空交通に関する各種データを対象として、現状のデータの利用、管理、変換方法を把握する。データ管理に関わる課題を把握し今後のより効率的な管理方法を提案するとともに、各種データに関する調査を行うことを目的とする。

2. 研究の概要

本研究は 2 ヶ年計画であり、今年度は 1 年目である。データ管理に関わる課題を把握し、データ管理の効率的な方法を提案することを目標に主に以下の項目を実施した。

- ・ 所内におけるデータの利用方法、変換方法、管理方法の把握
- ・ 航空局のシステム変更等に伴うデータに関する調査

3. 研究成果

3.1 所内におけるデータの利用・保存・管理に関する現状把握

数年にわたり当所当領域の各研究課題では航空局等から様々なデータの提供を受け、各研究課題の各担当者がデータを利用し、データの保存、管理を行ってきた。例えば各航空交通管制部の RDP（航空路レーダ情報処理システム）から出力されたジャーナルデータや、各空港事務所の ARTS（ターミナルレーダ情報処理システム）から出力された情報、航空交通管理センターの FDMS（飛行情報管理システム）、ATFM（航空交通流管理システム）、ODP（洋上管制データ表示システム）から出力された情報等がある。

今年度は、より効率的にデータを保存・管理する目的で、当領域内でのデータ管理に関する規定を作成した。この規定に基づいて責任者、担当者を設置し各研究課題で各々管理・保存ではなく、一元的に管理することとした。航空局の各官署でデータは媒体に保存され当所へ送付される。そこで所内では、鍵付き保管庫にまとめて保管した。提供されたデータは共有サーバ装置の一部に保存し、必要な人のみ利用できるよう各データにアクセス制限を設定して保存した。各研究課題の担当者は毎年各研究課題に必要なデータを見直し、データ内容をもとに必要なデータを抽出し各々データベースを作成し、研究を進めているが、共有する一部のデータについては、所内で加工したデータを共有して利用できるようサーバー内を整理した。より効率的なデータ利用・保存・管理のための課題を抽出し、航空局等と調整のうえ所内での管理規定をさらに見直していく予定である。

3.2 システム変更等に伴うデータに関する調査

各官署や航空局等からの統合管制情報処理システムへの移行予定やデータフォーマット等記載のドキュメント等を把握し、当領域内で情報共有した。

H30 年度では空港事務所や、航空交通管制部、航空交通管理センター各々に設置しているシステムの一部で新システムへ移行が行われた。例えば、ARTS が TAPS（空港管制処理システム）へ、RDP が TEPS（航空路管制処理システム）へ移行した。しかし、まだ新システムのデータ内容の詳細を把握できていない。令和元年度も引き続き統合管制処理システムから出力されるデータの調査に取り組んでいく予定である。

4. 今後

今後も航空局のデータを利用した様々な研究の要望に応じるために、より効率的な所内での保存・管理が求められる。そのため、データ利用・保存・活用の方針、規定等を航空局との調整も含めて定めていく必要がある。

今後さらにデータ量が増える予想である。データ保存・管理に必要な要件（例：サーバ性能等）について検討していく。

令和元年度は、引き続き所内のデータ管理に関わる課題を把握し今後のより効率的な管理方法を提案するとともに、各種データに関する調査、特に統合管制情報処理システムの移行に関する情報の把握を進めていく。

空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究【基盤的研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○山田 泉, 青山 久枝, マーク ブラウン
研究期間 平成 30 年度～令和元年度

1. はじめに

空港における円滑な地上走行のためには、それを支える空港舗装などの施設の整備について、さらなる効率化が必要となっている。すなわち、近年の航空交通量増加により、航空機地上走行が空港施設に与える負荷が増していることから、空港施設の整備においては、交通の実態把握を踏まえた設計と維持管理が行われる必要が増している。このため、空港面の交通データ（マルチラレーションの位置情報等）およびそれに基づくシミュレーションは、よりの確な設計および維持管理のための一助として活用が期待される。

また、航空交通の時間管理においては、交通流の起点となる空港面地上走行の時間管理は重要な要素である。出発便の混雑に起因する地上走行の遅延を抑制するためには、滑走路の捌け方に応じたスポット出発の間隔付けが有効である。しかしながら、滑走路の捌け方は日ごと、時間帯ごとに異なるため、この違いに起因する間隔付けのパラメータの不確かさへの対処が求められる。

2. 研究の概要

本研究は 2 年計画であり、平成 30 年度は下記を実施した。

- ① 交通状況の理解に適したデータ構造の検討
- ② 空港設計におけるボトルネック抽出のための解析技術
- ③ 地上走行時間の管理における不確かさの要因分析

3. 研究成果

交通状況の理解に適したデータ構造の検討では、航空局などから提供を受けている航空機の地上走行に関するデータおよびスポットの運用実績データ等から、空港面の指定地点（誘導路の交差点等）における交通量を計測し、マップ上にプロットして誘導路による交通量の差や滞留地点等が判別しやすく表記した交通量データを作成している。今年度は、データ解析の精度向上のために、解析に係るデータベース処理およびその前段階におけるデータクレンジングに資するようデータ構造を整理した。具体的には、地上走行における地点の通過履歴レコード

において、使用スポット、使用滑走路等、地上走行の経路を構成する主要な地点の情報を各レコードに追記することにより、レコードの可読性を保ちつつ、データベース処理における検索性を向上した。これにより、走行経路の特徴抽出の目的（各地点における交通量について、さまざまな切り口で見た内訳等）に応じた解析を容易にするとともに、データクレンジングにおいてデータの欠落等の発見を容易にし、データ解析における精度向上を図った。例として、羽田空港の 19 時台における滑走路 05 へ向かう出発便の動線ごとの平均の交通量を図 1 に示す。このような解析精度向上のためのデータ構造の整理は、今後も新たなデータ解析の必要が生じるに応じて進めていく。

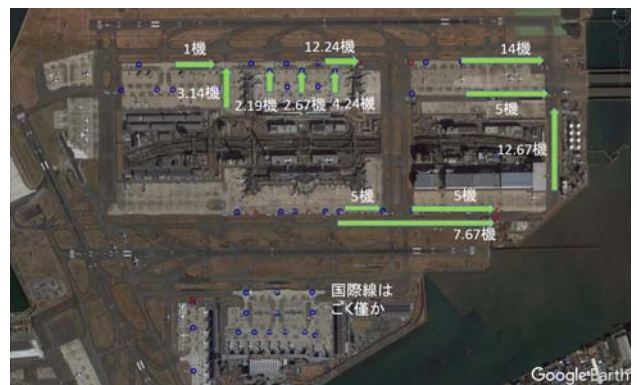


図 1 羽田空港の 19 時台における滑走路 05 出発便の動線の構成と平均交通量の解析例

また、本年度は、空港施設整備の実務に活用するべく当所より交通量データを提供している東京航空局東京空港事務所施設部より、過去 5 年分にわたる舗装の補修履歴（臨時の補修の日時、場所等）の記録について閲覧の機会を初めて得ることができたので、初期的な分析として、補修の件数の多い場所と交通量との相関を調べた。その結果、図 2 に示すように、多くの箇所において、交通量および滞留と補修の件数との間に明瞭な相関が見られた。たとえば図 2 においては、出発便が滑走路 16R に至る主な動線および待ち行列に対応する箇所、および到着便の滑走路 16R 横断箇所において交通量、滞留ともに多く、対応して補修件数が多くなっていることが観察さ

れる。

この知見をもとに、東京航空局東京空港事務所施設部および関東地方整備局東京空港整備事務所と意見交換を行った結果、今後の誘導路等の点検、整備の優先順位付けが可能となる情報提供や通年の交通量を推定できる手法等の要望を受けた。

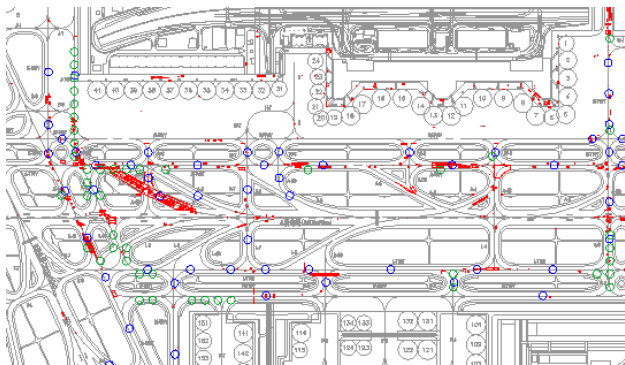


図2 羽田空港の滑走路 16R 入口付近における補修箇所（赤ハッチング）と、交通量上位箇所（青丸印）および滞留上位箇所（緑丸印）との相関

空港設計におけるボトルネック抽出のための解析技術では、日常の運用では潜在的となっている地上走行のボトルネックを顕在化させるシミュレーション条件を検討し、2本の滑走路を同時に運用する関西空港を対象として、滑走路が1本使用不可となった場合（非定常時）を想定したシミュレーションを行った。この結果を共同研究機関等へ報告し、災害等の対策に活用できるようにした。また、将来の増便を反映した仮想ダイヤによるシミュレーションおよび空港レイアウト変更を想定したシミュレーションも行った。結果は分析中であるが、ボトルネック抽出および交通量と空港レイアウトとの相関の検討に活用する。さらに、繁忙空港において行われるスポット間の地上走行を模擬することでさらに現実的なシ

ミュレーションを行えるように、空港面交通シミュレータの機能を追加する予定である。

地上走行時間の不確かさの管理技術の検討では、出発便の交通管理において基礎的なパラメータとなる離陸滑走路の捌け方について、気象条件等外乱の影響を受けることから精密な予測が困難であるため、適応的なパラメータ修正の必要性が明らかとなった。来年度、走行機数などの変化に基づくパラメータの精度を補償する出発管理手法について検討していく。

4. 今後の見通し

交通状況の理解に適したデータ構造の検討においては、通年の交通量の推定等、空港施設整備に資する情報抽出のための交通データ分析技術の検討を進めていく。地上走行のボトルネック抽出においては、ボトルネック解消のためのレイアウト要件の検討に向けて、引き続き空港面交通シミュレーションを用いたボトルネックの分析を進めていく。地上走行時間の不確かさにおいては、不確かさの管理技術を検討するために、パラメータの精度の補償について引き続き検討を進める。

掲載文献

- [1] 西澤優里, 青山久枝, 鳥居塚崇, “関西空港における航空機地上走行経路に関する分析,” 日本人間工学会第59回大会講演集, 1B2-2, 2018年6月.
- [2] 山田泉, “空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究,” 航空保安大学校出前講座, 2019年1月.
- [3] 山田泉, “ENRI’s Airport Surface Traffic Simulator “GRACE” (プロモーションビデオ), ”World ATM Congress, 2019年3月.

航空交通データの分析への機械学習の適用【萌芽的研究】

担当領域 航空交通管理領域
担当者 ○岡 恵, 蔭山 康太
研究期間 平成 29 年度～令和元年度

1. はじめに

人工知能の一研究分野である機械学習は現在様々な研究がなされているが、現実の課題に対する適用については試行錯誤の段階であり、とりわけ航空交通に適用した実績は少ない状況である。一方で、研究に使用できる航空交通のデータは IT 技術の発達等により、ここ数年で格段に増加している。

本研究の目的は課題の定義から改善案の策定までの一連の流れを、航空交通データの分析への機械学習の適用手法として開発する事である。適用の一例として、飛行時間の予測と到着機の順序付けのモデル化を行う。さらに、機械学習の適用が有効な課題の条件を考察する。

また、航空交通データから ATM パフォーマンス指標値を算出し、諸外国の手法との比較などを行うことで指標の算出手法の検討を進める。

2. 研究の概要

本研究は 3 年計画である。平成 29 年度の研究においては、以下を実施した。

- ・飛行時間予測のための上昇降下率の分析
- ・ATM パフォーマンス指標値の算出

3. 研究成果

3.1 飛行時間予測のための上昇降下率の分析

航空交通流管理においては、航空機の到着時刻を高精度で予測することが効率的な運用につながる。本研究では、昨年度羽田空港西方面到着機の空港周辺エリアに入域する時刻を機械学習のモデルを利用して予測し、予測精度の改善を確かめた。これは、出発空港や入域地点などの入力から飛行時間を補正する方法で、全体として飛行時間が教師データに合うよう学習を行った。

空港周辺エリアの入域時刻は、出発時刻（または FIR 入域時刻）に飛行時間を加えたものであり、飛行時間は飛行距離を飛行速度で割って求めることが出来る。今年度は、それらの各要素に着目した予測を行うことを検討した。飛行速度は風のばらつきによる変動に加え、上昇・降下時の高度プロファイルのばらつきによっても変動する。そこで、レーダーデータから実際の上昇・降下率を算出し、BADA の PTD (Performance Table Data) との差を調べた。

算出は、レーダーデータを型式、国内・国際線でグルー

プ分けし、高度帯毎に上昇・降下率の最頻値を求め、PTD と比較した。結果を図 1 に示す。上昇率では 3,000ft, 10,000ft, 降下率では 10,000ft で PTD と乖離が見られる。これは、速度制限による速度調整のためと推測される。上昇率では、それ以外は±1,000ft/分の間に収まっており、概ね PTD と合っていることが分かった。降下率については、低高度では合っているものの、FL260 より上の高度で PTD との乖離が増加した。これは、実際の飛行では、PTD に設定された値より小さな降下率で降下していることを示す。今後は上昇・降下率や飛行距離などの各要素の予測に機械学習がどの程度貢献できるか、検証を行いたいと考えている。

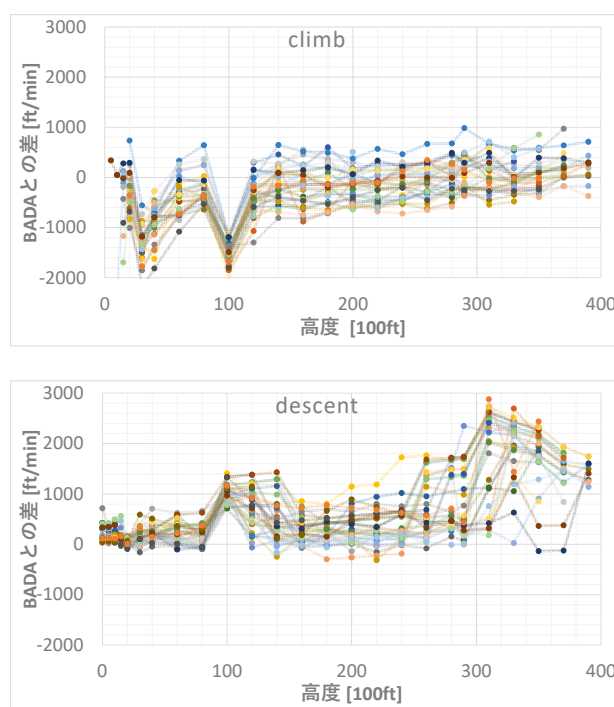


図 1. 高度帯毎のレーダーデータから算出した
上昇・降下率と BADA PTD の値との差

3.2 ATM パフォーマンス指標値の算出

本研究では、指標値の一つである、混雑により発生する空港周辺での滞留時間を算出し日・米・欧・星で構成する Performance Benchmarking Work Group で報告を行っている。今年度は羽田空港、成田空港を対象とし、空港を中心とした半径 100 海里の円内のエリアにおける 2015-2017 年の滞留時間を算出した。結果を図 2 に示す。算出ではまず、

レーダーデータを元に飛行距離が短い便を非滞留機と定義し、その飛行時間を基準時間とした。そして、各便の飛行時間から基準時間を差し引いて各便の滞留時間を算出した。結果から羽田空港では概ね値が安定しているのに対し、成田空港で徐々に増加していることがわかった。

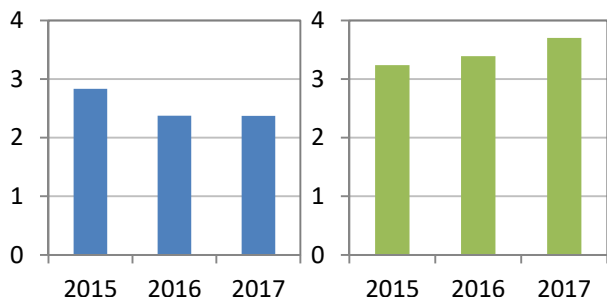


図2. 空港周辺での滞留時間
(左) 羽田空港, (右) 成田空港)

4. まとめ

飛行時間の予測精度向上のために、レーダーデータから算出した上昇・降下率と BADA PTD との比較を行った。また、ATM パフォーマンス指標値である空港周辺での滞留時間を算出した。

次年度は、上昇・降下率や飛行距離など個々の要素に着目した飛行時間予測モデルと、到着機の順序付けのモデルの構築を行う予定である。

掲載文献

- (1) 岡恵, “地上システムにおける ETA 予測精度の分析方法の検討,” CARATS 航空交通流時間管理検討 WG, 2018.7.
- (2) 岡恵, 福田豊, “CARATS Open Data の航跡から出発・到着空港および推奨経路を推定する方法について,” CARATS 研究開発推進分科会資料, 2018.8
- (3) 岡恵, “CARATS オープンデータ概要説明,” CARATS オープンデータ活用促進説明会, 2018.9.
- (4) 岡恵, 蔭山康太, “CFDT 枠の検討,” CARATS 航空交通流時間管理検討 WG, 2018.10.
- (5) M. Oka and K. Kageyama, ”Update for GANP KPIs(JANS) - Additional-time in Terminal Airspace(KPI08) - , ” Performance Benchmarking Work Group meeting, 2018.12.
- (6) 岡恵, “CARATS オープンデータ概要説明,” CARATS オープンデータ活用促進フォーラム, 2018.12.

担当領域 航空交通管理領域
 担当者 ○井上 諭
 研究期間 平成 28 年度～平成 30 年度

1. はじめに

多くの複雑なシステムの運用がチームによってなされているが、大規模複雑技術システムと共存する先進社会のさらなる安全性を実現するためにはチーム協調・連携を対象としたレジリエンス研究が重要である。航空交通分野の安全研究に目を向けると、近年、次世代管制システムの一環として情報支援技術を用いてより安全で効率の良いオペレーションにするためのシステム等の検討がされている。複雑でありながら効率化が進むこのような次世代管制システムの設計にも、従来の人間中心の設計原理をさらに進展させた、運用チームのレジリエンス特性を考慮するシステム設計やそのための知識基盤の確立が強く望まれる。航空交通分野におけるヒューマンファクタ研究においても、ワークロード推定、状況認識評価、インタフェース設計・評価を中心に通常時の認知・行動に関してはこれまでも研究が行われてきたが、不測の事態・外乱への対応、適応過程や通常オペレーションへの回復過程の認知的側面に踏み込んだ研究は未だ無いのが現状である。

そこで、本研究では、航空交通業務への適用を目指したチーム協調プロセスを監視、評価するための認知行動指標（チームレジリエンス指標）開発とそれに必要な基盤技術開発を行う。

2. メゾ認知

チーム協調プロセスを理解するために、認知環境を整理すると、これらのレベルはマイクロ、マクロに分類することができる。マイクロ認知とは実験室などの制約のある環境や限られた特定の条件下での認知活動のことである。通常、人工的な環境を設定し、実験が行われるものはこれに該当する。一方で、マクロ認知は、日常の業務や生活であったり行動など、通常の社会活動等の現実社会の環境下で起こるインタラクションで生じる状況を指す。マクロ認知を捉える方法としてエスノグラフィなどのアプローチがあるが、実験などでの状況の精密なシミュレーションは複雑で難しく、コストもかかるためかなり難しい。これらを踏まえ、マイクロとマクロの中間にあたるメゾ認知という定義を考えることができる。実験での課題は、実験室などでは現実環境との乖離が大きく、実験結果が現実社会に適用できなかつたり、有効なものにならないことがしばしば起きる。このような問題をクリアするため、実験室の実験でありながらも、現実環境を意識した環境や設定を施した環境下で状況をさす。チームレジリエンスの考えるにあたっては、アクターや人工物とのインタラクションやコミュニケーションの分析が重要となることから、メゾ認知の環境を構築することが重要なアプローチとなると考えている。

3. チームコンテキストモデルと類似性

チームの表現を行うために、まずチームコンテキストモデルの枠組みを検討した。本年度は昨年度までのモデルに対するいくつかの拡張を行っている。また、類似性を評価するためのさまざまな基準を定義した。

以前のモデルの要素は、組織構造モデルに基づいてリ

ストされており、チームを説明するのに必ずしも適しているわけではなかった。そのため、主要な要素から「デバイス」、「リソース」、「専門知識」、および「権限」を削除することで、コンテキスト要素を再設計および簡素化することとした。デバイスとリソースはどちらもタスクに使用されるため、タスク要素として配置する必要がある。専門知識と権限は、要素としてではなく、ヒューマンタスクまたはヒューマンヒューマン関係として定義および記述されるべきとした。その結果、チーム、タスク、および場所は、チームコンテキストモデルの主要な要素として整理をした。

また、表 1 および 2 に示すように各主要要素の下位要素を開発した。チームはメンバーで構成されている。メンバーは以前のフレームワークで人間と対応している。タスクは、ターゲットシステム、デバイス、およびリソースで構成されている。我々は、タスクを「目的の状態を達成するためのターゲットシステムに対する操作または介入」と定義している。ターゲットシステムは、航空管制のための飛行機など、それぞれの特定のコンテキストに対して定義される。ターゲットシステムは通常、飛行機の位置、速度、および高度などの多くの変数を有する。装置と資源は物理的に有形の要素となる。

Major elements	Sub-elements		Attributes
Team	Member		age, sex, etc.
Task	Target	Variable	capability of quantification, objective, priority, desired value, perceived sense, possibility of false perception, active change, non-routine events, etc.
	Device		-
	Resource		limitation
Place	Area		size, etc.

表 1 コンテキストモデルの主要な要素

	Team		Task		Place
	Member	Target/Variable	Device	Resource	Area
Team	Member	acquaintance, direct communication, indirect communication, chain of command	assignment, capability		existence
Task	Target/Variable	correlation	assignment	assignment	existence
	Device		-	-	
	Resource			-	
Place	Area				distance, time to access

表 2 サブ要素との関係性

これらのモデルに基づいて、異なるコンテキスト間の類似性を評価する方法を検討した。表 3 は、コンテキストの類似性の程度を評価するために要素を示している。

Related major elements	Criteria
Team	size, existence of leader, communicability, acquaintance, depth of hierarchy, commandability
Goal	clarity, quantity, conflict, change
	clarity, quantity, diversity, inaccuracy, active change, redundancy, non-routine events
Task	clarity, quantity of paths, quantity of actions/steps, repetitiveness, types of actions, activeness, risk, spatial accuracy, temporal accuracy
	duration, waiting time
	quantity
Resource	quantity, limitation
Role	assignment
Place	indoor/outdoor, size, quantity of areas, flexibility

表 3 類似性評価の基準

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○伊藤 恵理, リーデル ティモ

研究期間 平成 28 年度～令和元年度

1. はじめに

航空機, 列車, 船舶といった計画に基づいて運行(運航を含む)される大規模輸送システムは近年急速に複雑化し, これら社会を支える輸送システムにおける遅延は近年日常的になっている。この課題に対し, 個別事象に対する改善が図られてはいるが, 相互作用を有する全体問題として捉え, これを効率化する努力はほとんど見られない。

そこで本研究では, 安全性と効率性を両立する運行システムを策定するモデルとシミュレーション手法を開発, それを利用して社会の構成要素が互いに影響し合う効果を分析・予測する技術を構築する。主に航空機や首都圏の鉄道を対象に, 一定規模の地域を1つのシステムと捉え, 堅牢性を有する全体最適な運行方式策定に結びつける。これまでにないスーパーコンピュータの社会経済の基盤課題への適用により, 急速に複雑化する大量輸送システムの効率化に資することを最終目的とし, その萌芽的研究として当該プロジェクトでは, 東京国際空港への離着陸機を対象とした航空交通シミュレーションモデルの構築とそれを利用して将来の航空交通の評価に取り組んでいる。

東京理科大学がプロジェクトの総合的推進を実施し, 東京大学, 大阪大学, 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所と共同で研究開発を実施している。電子航法研究所は, 航空交通モデル適用と将来航空管制システムの設計を担当しており, 他の実施機関および指定研究「航空機の拡張型到着管理システムの研究」と密接に連携して当該研究を実施している。三カ年目となった平成 30 年度の研究成果を, 以下にまとめる。

2. 研究概要

2.1 羽田空港到着便を対象にしたシミュレーションの本格実施

出発空港を離陸し, 巡航して降下し, 羽田空港に到着する国内線および国際線について, 複数の巡航高度・速度などの情報や, 機種に依存する動特性を BADA データの実装により各エージェントモデルに組み込んでシミュレーションできる環境を構築し, シミュレーション評価を実施した。羽田だけでなく, 国内の他空港に到着する国内線のシミュレーション環境の構築を進めている。

2.2 SPICA 数学モデルシミュレータの実装と新運航の評価

電子航法研究所が研究開発した, 航空機の自律飛行である FIM (Flight-deck Interval Management) という, ADS-B



図1:羽田空港のオペレーションを模擬するシミュレータ

(作成:都築先生)



図2:航空交通流の可視化ツール

(作成:安福先生)

を利用した先行機との時間間隔を速度制御により自動的に調整する運用を数学モデルで模擬して搭載した SPICA シミュレータを, 理化学研究所の京コンピュータに実装して大規模シミュレーションを実施した。様々な飛行シナリオを仮定すると, 通常業務で使用するワークステーションで約 350 日かかった計算時間を 3 日以内に短縮することができた。その結果, 同方向からの航空交通流に FIM を適用すると, 約 68%が±5 秒以内の誤差で性能を発揮することがわかった。成果は, ICAO の国際基準策定に反映した。

2.3 空港内タキシング CA プログラムの高度化(実空港への適用)とシミュレーション実施

セルオートマトン (CA) を利用し, 福岡空港および羽田空港の地上オペレーションを模擬するシミュレータを開発した。実際のオペレーションルールを搭載することで, 空港面での効率的な運用を検証できるシミュレーション環境を構築した(図1)。

2.4 可視化を利用した成果の一般向け理解促進とステークホルダー利用のためのツール構築

CARATS オープンデータやシミュレーション結果の航跡を可視化できるツールを開発し, 航空交通流の特徴を理解し, ステークホルダーとの対話を支援する環境を構築した(図2)。

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○森 亮太, 福島荘之介, 吉原貴之, 毛塚敦(航法システム領域), 本田純一(監視通信領域)

研究期間 平成 28~31 年度

1. はじめに

本研究は、欧州のプロジェクト(Horizon 2020)との共同プロジェクトである。欧州側は EU からの資金提供、日本側は NEDO からの資金提供を受け、共同で研究を実施する。

研究の主眼はカメラを用いたシステムとなっており、内容は大きく 2 つに分けられる。1 つ目は、画像を航法に使用するもので、GPS や ILS が使用できなくなった場合に、航空機に搭載されたカメラから滑走路の相対位置をリアルタイムで検出し、引き続き進入を続けられるようなシステム開発である。2 つ目は、航空機の舵面故障をカメラによる画像により検知し、故障時においても安定飛行の自動維持を可能とするシステムの研究開発である。両者ともに、実験用航空機を用いた飛行実証を行う。電子航法研究所では、前者を担当し、その中でも主に GPS/ILS の航法に係る部分の担当を行う。

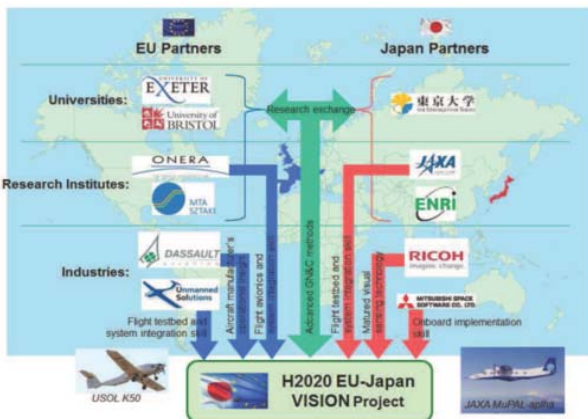


図 1 H2020 の枠組み

2. 研究の概要

電子航法研究所は、具体的には GPS/ILS のシミュレーションモデルの構築を担当した。昨年度までには、標準 24 衛星環境下における、GPS シミュレーションモデルを構築し、関係機関に提供を行った。しかしながら、最終的には実機検証を行う予定で、その際には GPS のリアルタイムデータを使用するため、そのデータに誤差等を付加することにより、リアルタイムで故障を模擬する必要がある。

そこで、本年度は、実際に取得した GPS データに故障を模擬するための誤差付加モデルの開発を行った。

図 2 は、実際に取得した GPS データを使用し、GPS 受信機の出力位置(SBAS 補強)と、生データから位置を計算した場合の違いを示している。基本的には同等データを利用しているため、ほぼ一致するはずであるが、図に示すように確かに値がほぼ一致していることがわかる。完全に一致しない理由は、受信機は独自のフィルタ処理をしていると考えられるのが一因である。

図 3 は、レンジ誤差が最も大きく影響すると考えられる衛星に、3m のレンジ誤差を付加した場合の位置と、受信機の出力位置との違いを示している。図 2 と図 3 で同一データを使用している。3m のレンジ誤差に対応し、特に高度方向について 2m 強の誤差が生じていることがわかる。

本モデルを用いて、最終試験において、GPS の異常シナリオを模擬し、その場合にも継続的に進入が可能であることを実証する予定である。

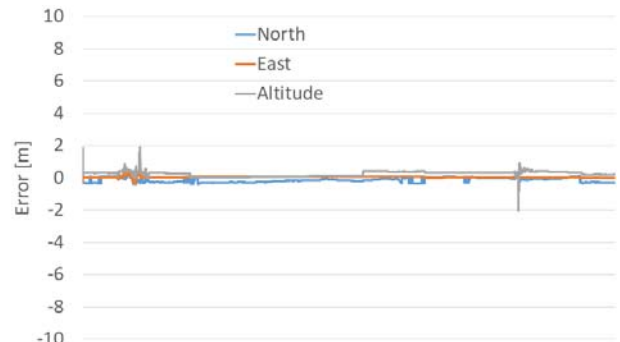


図 2 誤差の時間履歴 (SBAS 補強)

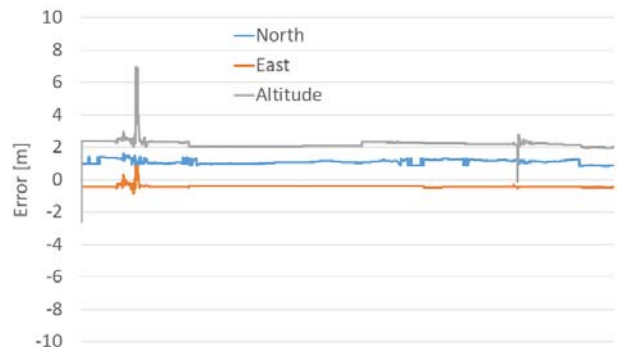


図 3 誤差の時間履歴 (SBAS 補強+電離層遅延 3m の仮定)

担当領域 航空交通管理領域
 担当者 ○虎谷 大地
 研究期間 平成 29 年度～平成 31 年度

1. はじめに

本研究では、将来の航空交通管理のための到着・出発機合流最適化アルゴリズムの開発を行っている。近い将来、我が国では到着管理システムの導入が検討されており、そのコアとなるアルゴリズムとして合流最適化手法の研究を行ってきた。合流最適化アルゴリズムとは、連続システムである航空機の軌道と、離散システムである到着・出発機の順序を同時に最適化する、混合システム最適化アルゴリズムの一種である。従来の合流最適化アルゴリズムは、1つの滑走路に着陸する到着機の合流しか最適化することができなかったが、将来の到着管理システムでは、出発管理システムや滑走路割り当て機能とも連携することが期待されている。本研究では出発機を含んだ合流軌道や、滑走路割り当ても同時に最適化することができる到着・出発機合流最適化アルゴリズムの開発を行う。

2. 研究の概要

平成 30 年度は主に、開発したアルゴリズムの検証を行うための現実的なシミュレーション環境の構築を実施した。合流最適化では出発・到着機の順序に加えて軌道の最適化も行う。本研究では最適化の対象範囲が中間セクタから空港周辺にかけてであるため、到着機の軌道は各セクタ内で誘導される。このときセクタによる制約を受けるが、従来の軌道最適化ではこの制約を考慮することができなかった。特に先行機との間隔を保つために到着時間を遅らせる際、管制官はできるだけ担当セクタ内でベクタリングを行うがそのような軌道を生成することが困難であった。そこで障害物配置法と呼ばれる手法を応用し、セクタによる制約を考慮した軌道最適化手法を開発した。

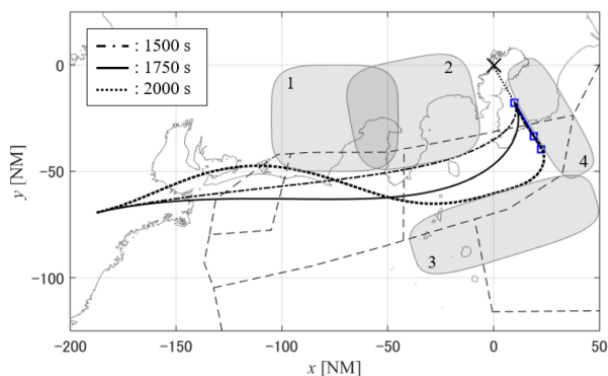


図1 障害物配置法を用いた軌道最適化の計算例

3. 研究成果

従来の軌道最適化を用いた合流最適化計算ではセクタによる制約を考慮することができなかったため、最終的に得られる結果はセクタを無視した合流軌道であった。平成 30 年度に開発した障害物配置法を応用した軌道最適化により、図 1 に示すようなセクタによる制約を考慮した軌道最適化計算を行うことができるようになった。この技術を応用することで、合流最適化計算においても図 2 に示すようにセクタを考慮した合流軌道の最適化を行うことが可能となった。

4. 今後の展望

平成 30 年度の成果により、従来は考慮できなかったセクタによる制約を考慮することで、現実的な合流軌道最適化を行うことができるようになった。今後はこのシミュレーション環境を用いて、本研究で平行して開発している到着・出発機合流最適化や、滑走路割り当てを含んだ合流最適化のアルゴリズムの性能を評価していく。

掲載文献

- [1] D. Toratani, “Merging Optimization Method with Runway Allocation Optimization maximizing Runway Capacity,” AIAA SciTech, San Diego, U.S., 2019.
- [2] 虎谷大地, “障害物配置法を用いた航空管制のための到着軌道最適化手法,” SICE 制御部門マルチシンポジウム, 熊本, 2019.

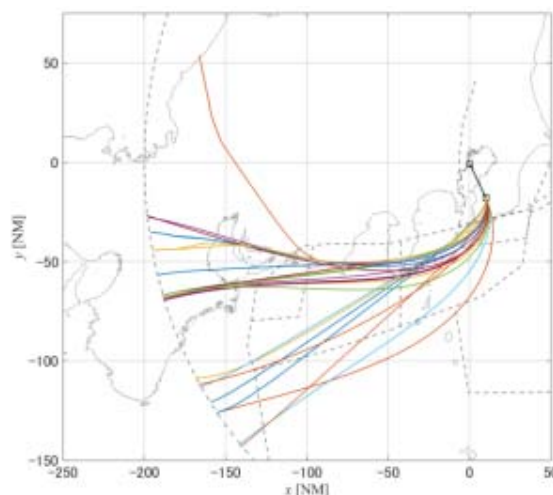


図2 セクタの制約を考慮した最適合流軌道

予防安全に向けたシステムの強靱性分析手法に関する実践的研究【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 29 年度～平成 31 年度

1. はじめに

航空・鉄道・プラント等は多数の人・組織・技術システムによって構成される複雑システムであり、そこで発生する事故はその時の状況や構成要素間の相互作用によって生じる創発現象と考えられる。このようなシステムや事項の発生メカニズムの複雑化に対して、安全性の向上を図るために新たな安全学（Safety-II）に高い関心が集まっている。しかしながら、Safety-IIに関する既往研究は、稀に起こる大規模な外乱に対するレジリエンス向上に焦点を当てているものが多い。

そこで本研究では、日常的な安全マネジメントへの適用手法として、社会技術システムのモデル化と安全分析を意図して提案されている機能共鳴分析手法（Functional Resonance Analysis Method：FRAM）をベースとして、航空管制業務を対象に日常的なオペレーションの安全性向上問題に対する Safety-II 概念の適用方法論の確立を図る。航空管制業務はすでに高い安全性が維持されてきているが、今後の航空交通流のさらなる増大や複雑化に対する安全性向上は喫緊の課題であり、他産業システムにおいても重要な問題である。Safety-II の日常的な安全マネジメントへの適用手法として、航空管制業務を対象に高詳細度 FRAM モデルを用いた外乱に対するシステムの強靱性分析手法を提案していく。

2. 研究の概要

本研究は 3 ヶ年計画であり、本年度は以下の項目を実施した。

- ・管制官へのインタビュー調査およびインタビューデータの分析

- ・FRAM モデルの可視化・分析支援ツールの開発および改良

- ・高詳細度 FRAM モデルの構築および改良

- ・協働を通じた熟練者からの知識抽出手法の開発

本研究所では、主に管制官へのインタビュー調査およびインタビューデータの分析、飛行場管制業務の FRAM モデルの構築および改良と協働を通じた熟練者からの知識抽出手法の開発を担当した。

3. 研究成果

昨年度に引き続き国土交通省大阪航空局中部空港事務

所の管制官のご協力により、飛行場管制業務について現場観察およびインタビュー調査を行った。本年度は複数の管制官によるグループ形式に加えて、単独インタビュー形式も試みることににより、回答が多岐に渡る発散を抑制できる利点を見いだせた。

インタビュー結果から、通常の管制運用では 1 チーム 4 席の管制官で実施しており、各席の業務は分担されているが可能な限り他席の動きを視野に入れながら自席の業務を遂行していることがわかった。全員が飛行場管制席の業務負荷が一番高いことを認識している。業務は各席引き継ぎながら行われるが、その際他席の状況を把握して引き継ぎのタイミングを操作することにより他席への業務負荷の軽減を図れるよう個々の管制官が工夫している様子が窺われた。気象状況等による滑走路運用形態の変更は、飛行場管制席の業務負荷の影響が大きいことから当該席から他席に情報発信を行い、それに伴い各席が変更のタイミングを検討し、決定していくことが判明した。また、各席が関連部署および航空機に対して自発的に情報発信を行うことにより安全かつ円滑に運用の変更状況や 4 席および統括席の管制官が常に同じ状況を包括的に把握するなど情報共有のやり方についても知見を得ることができた。

また、管制業務の FRAM モデル構築について検討してきたが、一つのモデルで記すことが困難であることが判明したため、複数のモデルを組み合わせる方向で検討している。その第一段階として、本質的な管制業務の特徴を表す FRAM モデルを試作した。本モデルの予備評価として管制官にインタビューを行った。業務の特徴である処理待ちタスクが業務の遂行と共に発生し、タスク数が増える様子およびタスクの優先順位付けの説明に適していることがわかった。さらに、処理待ちタスクの急激な増加と管制官の業務負荷の増大が連動することについても説明できるものとなった。

4. 今後の見通し

試作 FRAM モデルの評価結果を基に、インタビュー結果で得られた機能の結びつきを強化する方向で飛行場管制業務の FRAM モデルの改良を継続していく。

海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究【競争的資金研究】

担当領域 航空交通管理領域, 監視通信領域
担当者 ○平林 博子, 河村 暁子
研究期間 平成 29 年度~令和元年度

1. はじめに

本研究は、国土交通省総合政策局技術政策課が公募し委託する交通運輸技術開発推進制度において、一般財団法人日本海事協会を研究代表者とし、株式会社 ClassNK コンサルティングサービス、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所、ブルーイノベーション株式会社が共同研究機関として参画するものである。平成 29 年度から 3 年の研究であり、電子航法研究所は会場・港湾・航空技術研究所の一部として本競争的資金研究に参画する。

電子航法研究所では、平成 22 年度から所内研究において実験用無人航空機の研究テーマを実施し、ICAO における RPAS(Remotely Piloted Aircraft System: 遠隔操縦航空機システム) のための規格策定にも関わってきた。近年は、特にドローンをはじめとする小型航空機の急速な普及に伴い、監視通信領域において「無人航空機を含む飛行環境形成の要素技術に関する研究」、航空交通管理領域では「無人機の円滑運行のためのシミュレーション技術の構築に関する研究」(いずれも基盤的研究) を実施しており、監視通信および航空交通管理の両面から小型無人航空機の運行を支える技術を研究している。

2. 研究の概要

加速する人口減少による人手不足のなかで、新しいインフラ維持管理ツールが求められている。ドローンは GNSS を利用することであらかじめ設定した飛行経路を自動で飛行でき、安価に導入・運用できる等のメリットがあり、物流、災害対応、インフラ維持管理等の分野で利活用が検討されている。インフラ維持管理分野では、一部の橋梁やトンネルの点検においてドローンが活用され始めており、他の構造物・施設でもドローンによる点検への期待が高まっている。本課題では、船舶、海洋風車、港湾施設におけるインフラ維持点検について検討を行う。

本研究の目的は、わが国でも今後、ドローンを用いた海洋・港湾分野でのインフラ維持管理の課題を明らかにし、手法を規定することにより、人口減少社会における海洋・港湾のインフラ点検効率化の実現に資することである。その目的達成のため、具体的には、以下の 3 つの施設においてドローンを用いた点検および効果と課題抽出を実施す

る。

- a. 大型貨物船の貨物タンク・貨物倉の内部点検への応用検討
- b. 海上風車の風車ブレードの点検への応用検討
- c. 防波堤全面に設置される消波ブロックの沈下量測定への応用検討

本研究は、上記 3 施設におけるドローンを用いた点検の検討および効果と課題の抽出ののち、点検用ドローンに求められる運用方法案や機体機能要件の策定を経て、点検事業者向けのガイドライン策定を達成目標としている。

電子航法研究所は、小型無人航空機の利用に関する社会的枠組みを決定する数多くの会議メンバーである専門家の立場から、a ~ c 研究全体を通じ、航空法等制度の観点から調査及び整理を実施する。

3. 研究成果

平成 30 年度に大きく前進した法整備として目視外の飛行があげられる。ドローンの安全・安心な利活用のための環境整備の一環として、目視外飛行に係る審査要領が 9 月に改訂され、無人航空機目視外補助者無し飛行の要件が明確化された。今まで、目視外飛行を実施する場合の承認要件として、目視外における安全確保のための補助者の配置を必要としていたが、今後の離島や山間部における荷物配送の実現を目指し、一定の条件が満たされれば補助者無しにおける目視外飛行が可能となった。本要領により、10 月には日本郵便株式会社が初めて承認を受け、郵便事業配送において、郵便局間の荷物配送を定期的実施している。

本改訂は、荷物配送の実現を目的としており、海洋分野の点検におけるドローン技術活用時にそのまま適用するには課題はあるが、実用例が増加することでさらに要件が明確化されてくると思われる。

今後は、第三者上空での飛行の検討へと移行していく。

4. まとめ

本研究はドローンを用いた船舶、海洋風車、港湾施設におけるインフラ維持点検について検討を行い、次年度の実証実験ののち最終年にガイドライン策定を予定している。

成田空港の出発・進入間隔に関するジャーナル・データの抽出処理
及び新たな時間値算出方法の研究に係る安全性評価策の助言【受託研究】

担当領域 航空交通管理領域

担当者 ○天井 治

研究期間 平成 30 年度

1. はじめに

成田空港において到着・出発便の増便のために、現在使用されている滑走路処理容量算出方式の見直しが検討されている。見直しに当たっては、まずは指定された管制間隔に対し、航空管制官がどの程度の余裕（追加間隔）を持って前後機の航空機間隔を付けているかの実態を把握する必要がある。これは成田空港に設置されているレーダで捉えた航空機の位置データを解析することで実施できる可能性がある。

2. 研究の概要

航空局から提供されるデータを指定フォーマットに変換。7日分のデータを解析し、航空機間隔分布の基本統計値の推定。現行の滑走路処理容量算出方式についての助言。縦方向衝突リスクの計算式の提示。

3. 研究成果

まず、航空局から提供されたデータの指定フォーマットへの変換を行った。具体的には、ターミナルレーダデータのデータ（ASR/SSR）のデータと空港面監視レーダ等のデータ（MLAT/ASDE）のデータにフライト情報等を付加する形での変換を行った。変換に当たっては、幾つかのデータを組み合わせる必要があり、また、それらが一対一対応ではなく、多対一対応になっていること、データ量が多いこと等で予想以上に苦労した。しかし、この成果として今後はどのようにすれば良いかが分かった。

滑走路処理容量の計算式について、安全係数として 2.6 が用いられており、安全係数の定義として「着陸機の 99.5% が着陸可能となるようなバッファ」とされている。しかし、分布として正規分布を仮定した場合には 99.5% になるのは 2.8σ (σ は標準偏差) の場合であり、 2.6σ は 99% である。別の分布を仮定している可能性もある。正しい安全係数を求めるためには、実際にどのような分布になっているのかを調べる必要がある。

そして次に後方乱気流区分のペア毎に航空機間隔の基本統計値を推定した。出発便、到着便を滑走路毎に、次の手順で行った。

- 1) 出発・到着便の分離
- 2) 滑走路の判別
- 3) 滑走路端の時刻の推定
- 4) 推定した滑走路端の時刻をダミーデータとして出力
- 5) 滑走路端の時刻で航跡データをソート
- 6) 航空機間隔の推定

7日分で総航跡数は 4,886 便あったが、後方乱気流区分のペア毎、滑走路毎等に分けていった結果、サンプル数の多いペア、滑走路でも 300~400 しかなく、分布を検討するには標本数が少なすぎることも分かった。縦方向衝突リスク（滑走路付近で前後機が衝突してしまうリスク）の計算に当たっても可能な限り多くのデータを元に推定された分布を用いて計算を行う必要がある。

幾つかの仮定の下に必要なデータ量を推定した結果、推定結果を信頼のおけるものとするためには、少なくとも 8ヶ月分（毎日）のデータが必要となることが分かった。

2 航法システム領域

I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成 30 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研究を計画・実施した。

1. 次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究
2. PBN と GBAS を活用した高度な計器進入方式に関する研究
3. 地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究
4. 新たな後方乱気流管制方式の設定に関わる安全性評価と気象・運航データベースの構築
5. 我が国における GBAS 性能向上のための電離圏脅威モデルの最適化
6. GNSS 障害時の代替 (APNT) に関する研究
7. 準天頂衛星を用いた 2 周波数 SBAS の相互運用性に関する研究
8. ノイバイ空港の GBAS 実証実験に向けた「ベトナム電離圏調査」の技術支援
9. 新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動解明
10. 次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発
11. 多地点からの地上大気光観測を用いたプラズマバブル成長過程の解明

1 及び 2 は重点研究, 3 から 5 は指定研究, 6 は基盤的研究, 7 は在外派遣研究, 8 は受託研究, 9 から 11 は競争的資金による研究である。

1 は、次世代 GNSS 環境への対応、補強システム間の連携による性能向上、宇宙天気情報の活用により、GNSS のアベイラビリティ向上を目指す研究である。

2 は、RNP の RF レグと GLS/ILS の最終進入セグメントを接続した RNP to xLS 方式に関して、空港環境における制約等の条件と導入便益を明確にするとともに、衝突危険度モデルを改良する研究である。

3 は、GBAS の運用性能評価手法および運用性予測技術の確立、ならびに大空港での運用に対する技術的課題の抽出と解決策の提示を行うことで、GBAS の円滑な導入への貢献を目指す研究である。

4 は、混雑空港の着陸容量の拡大に資するために、我が国の運航形態を踏まえた後方乱気流を考慮した離隔距離の基準案 (RECAT-Japan) の作成と安全性評価を行うた

めに必要な気象・運航データベースの構築を目的とする研究である。

5 は、GBAS 性能向上のために ICAO アジア太平洋地域における GBAS 電離圏脅威モデルを日本の電離圏環境に対して最適化する研究である。

6 は、GNSS の脆弱性の対策として、代替システム (APNT) を構築する際の性能要件を明らかにし、国内に導入する場合の課題を抽出する研究である。

7 は、DFMC SBAS における準天頂衛星を用いた非静止衛星の要件の確定、欧州の Galileo を用いた DFMC SBAS の研究開発と当所のプロトタイプとの整合を図ることを目的とする研究である。

8 は、ベトナム国における GBAS 導入のための電離圏観測システムの構築、電離圏脅威モデルパラメータの決定、ベトナム側の技術者への電離圏解析技術の提供などを行う研究である。

9 は、衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーを組み合わせて、低緯度電離圏の変動の時間・空間構造を明らかにする研究である。

10 は、社会が必要とする宇宙天気情報と宇宙科学が提供できる情報のギャップを克服し、社会に「役に立つ」宇宙天気情報を提供する双方向システムを開発する研究である。

11 は、小型暗視カメラを用いた大気光イメージャを磁気低緯度地域に多数設置し、プラズマバブルの空間構造の成長過程などの解明を目指す研究である。

II 試験研究の実施状況

5 ヶ年計画の 4 年度にあたる「次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究」では、前年度に開発した次世代 SBAS 及び GBAS のプロトタイプシステムによる地上実験を実施するとともに、補強システムの相互利用に関する検討及び宇宙天気情報テストベッドの構築を継続した。

4 ヶ年計画の初年度にあたる「PBN と GBAS を活用した高度な計器進入方式に関する研究」では、モデル空港を選定して飛行方式を試作するとともに、飛行実証のための可搬型プロトタイプのシステム設計・ハードウェア製作を実施した。また、ICAO の衝突危険度モデルについて、複数の障害物が近く配置される場合の改良案を定式化した。

4 ヶ年計画の最終年度にあたる「地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究」では、VDB 覆域検証評価の 2 種類の電界強度計算アルゴリズムを開発した。

また、運用性能予測機能も持つ運用性能評価ツールを開発し、仙台空港において評価を実施した。

3ヶ年計画の最終年度にあたる「新たな後方乱気流管制方式の設定に関わる安全性評価と気象・運航データベースの構築」では、安全性に関して羽田空港に設置した LIDAR を用いて取得した観測データを解析した。また、導入効果に関して離着陸容量値の出発機に対する初期解析を実施した。

3ヶ年計画の2年度にあたる「我が国における GBAS 性能向上のための電離圏脅威モデルの最適化」では、昨年度に開発した電離圏勾配の基本パラメータ推定ツールを用いて国土地理院 GEONET の大量データ解析を実施した。また、アジア太平洋地域において、タイ、ベトナムにおける電離圏観測を中心として解析データの充実に努めた。

4ヶ年計画の最終年度にあたる「GNSS 障害時の代替 (APNT) に関する研究」では、APNT 構築に向け、現状の DME の実力性能の把握と長期的 APNT 方式の検討を行った。欧州で開始された DME/DME RNP 運航の標準化作業に参画し、インテグリティ保証への測距誤差要因の影響を解析した。

単年度計画の「準天頂衛星を用いた2周波数 SBAS の相互運用性に関する研究」では、DFMC SBAS SARP s への非静止衛星の要件を確定、準天頂衛星を用いた DFMC-SBAS の実現へ向け欧州の理解を得た SARP s への反映、欧州 Galileo に対応した ENRI プロトタイプの構築を実施した。

単年度計画の「ノイバイ空港の GBAS 実証実験に向けた「ベトナム電離圏調査」の技術支援」では、ベトナム・ハノイにおいて電離圏環境調査を行うため、ベトナム科学技術アカデミー地球物理研究所(IGP-VAST)と研究協力覚書を締結した。IGP-VAST と連携してハノイに構築した GNSS 電離圏観測網により観測された電離圏擾乱を解析した。

4ヶ年計画の最終年度にあたる「新・衛星=地上ビーコン観測と赤道大気レーダーによる低緯度電離圏の時空間変動解明」では、赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコ

クにおける電離圏勾配観測を継続的に実施し、MC/MF 対応受信機によるシンチレーション観測を進め、プラズマバブルの東西構造と MC/MF 衛星航法への影響評価を進めた。

5ヶ年計画の4年度にあたる「次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発」では、短波電波伝播シミュレータについて複数の3次元電離圏モデルへの対応を行った。短波電波伝播シミュレータを短波赤道横断伝播観測と組み合わせることにより、プラズマバブルの位置推定に活用可能であることを示した。

5ヶ年計画の2年度にあたる「多地点からの地上大気光観測を用いたプラズマバブル成長過程の解明」では、小型イメージャを大宜味、台湾、タイに設置した。これにより台湾、石垣、大宜味の3点の観測網を構築した。また、取得されたプラズマバブルの観測データを解析し、画像処理技術により空間構造、移動速度の導出などを開始した。

III 試験研究の成果と国土交通行政、産業界、学会等に及ぼす効果の所見

当領域の研究は、航空行政の支援などを通じて、航空交通の安全性、航空利用者の利便性向上、環境負荷の軽減などの達成に向けて行われている。

航空に使われる技術は国際的な調和が必要であるために、国際機関である ICAO、RTCA 及び EUROCAE において基準の作成、改訂のための活動が行われている。SBAS 相互運用性検討ワーキンググループ会議(IWG)、IGWG(国際 GBAS ワーキンググループ)会議などにおいても検討がなされている。当領域では、これらの国際会議に参加し、技術資料を提出して基準作成等の国際的な活動に寄与している。

当所の数多くの研究成果は、今後設置・運用する航空保安システムの技術基準、運用基準の策定等に必要な技術資料として、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、測位航法学会等における講演発表や論文として周知され、活用されている。

(航法システム領域長 福田 豊)

次世代GNSSに対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究【重点研究】

担当領域 航法システム領域
担 当 者 ○坂井 丈泰, 齋藤 亨, 吉原 貴之, 毛塚 敦, 麻生 貴広, 北村 光教, 伊藤 憲, 星野尾一明
研究期間 平成27年度～平成31年度

1. はじめに

衛星航法システムGNSSは一般にインテグリティ(完全性)について十分な保証がなされておらず, そのままでは航空機の航法に利用するには安全上の問題がある。衛星航法システムのインテグリティを保証し, これを航空機の航法に利用可能とするのが補強システムである。航空機ユーザは, 衛星航法システムと補強システムを併用することで, 所要のインテグリティによる航法を得る。垂直誘導が可能な補強システムにはSBAS及びGBASがあり, 前者は静止衛星を使用し, 後者は地上施設から補強情報を放送する。

GNSSにおけるインテグリティ確保のうえで主要な脅威は上空にある電離圏の擾乱現象であるが, 我が国を含む磁気低緯度地域ではその影響が大きい。このため, 従前のシステムでは必ずしも十分なアベイラビリティが得られず, すなわち電離圏擾乱の発生時にGNSSを利用できなくなることがある。

本研究は, このようなGNSSの利用促進上の課題に対応するために実施することとしたものである。平成30年度は, 5ヶ年計画の第4年度であった。

2. 研究の概要

補強システムを含む衛星航法システムのアベイラビリティ向上を図るため, 本研究では次の方策について検討を実施する。

第一の方策は, 次世代GNSS環境への対応である。近年は衛星航法システムの変革期であり, 既存システム(米国のGPS及びロシアのGLONASS)については信号数の追加などの改良が, また一方では欧州(Galileo)や中国(BeiDou)による独自システムの構築が進められている。2012年に開催されたICAO AN-Conf/12ではこれら次世代のGNSS環境に対応する必要性が確認されており, 複数周波数・複数システムの利用による性能向上が期待されている。現行の補強システム(SBAS及びGBAS)は, いずれも単一周波数・単一システムにしか対応していない。

第二の方策は, 補強システム間の連携による性能向上である。現在のところSBASやGBASといった補強

システムはそれぞれが独立して稼働することとして開発されてきているが, 例えばある補強システムが電離圏の異常を検出したならば, その情報は他の補強システムにとっても有用である。すなわち, 補強システム同士の相互利用により, 互いの性能向上を図ることが考えられる。

第三の方策は, 宇宙天気情報の活用である。ICAO AN-Conf/12においては, 電離圏擾乱を含む宇宙天気諸現象が航法システムに与える影響の適切な評価と回避策の開発についても必要性が指摘されたところである。数時間や数日先の予報を含む宇宙天気情報の利用により, アベイラビリティの高い航法システムを実現することが考えられるし, GNSSの利用ができない場合にあってはその旨を予報することが可能となる。

本研究では, これらの方策について, コンセプト及び技術的要件の検討とともに研究開発を実施する。研究の実施にあたり, GNSS及び航空システムの国際性に十分配慮することとしている。

3. 実施内容と成果

3.1 地上実験による性能評価

前年度までに開発した次世代GNSS対応のSBAS・GBASプロトタイプを使用して, 仙台空港にて2回の地上実験を実施した。車両を使用した本実験について, 図1は実験機材の配置, 図2は走行軌跡を示しており, 正常に実験データを取得した様子を確認できる。

次世代SBASの標準規格案についてはICAOにおいて議論されており, 準天頂衛星L5S信号による実証実験により得られた実際の補強性能などの知見を提供することで規格案の検証に大きく貢献した。昨年度に準天頂衛星を利用して高緯度地域におけるSBASサービスのアベイラビリティを改善できることを指摘していたが, このためにはドップラ周波数やコード位相オフセットといったパラメータの許容範囲について拡大する必要があったことから, 規格案の改訂を提案し, いずれも採用された。また, SBAS運用各国によるSBAS相互運用性ワーキンググループに参画し, SBASの相互運用性を確保するための情報交換を行っ

ている。

次世代GBASについては、前年度までに構築したプロトタイプシステムに対して、準天頂衛星システム対応等の改修を行った。ICAOにおいて規格化の議論が始まろうとしており、電離圏擾乱の大きな石垣島にプロトタイプを設置して評価することで、国際標準案の議論を先導する。また、独DLRとの包括連携協定に基づき、次世代GBASの方式検討を分担して実施した。

3.2 準天頂衛星システム対応改修

次世代GNSS対応SBASのプロトタイプについては、昨年度までに準天頂衛星システムに対応しており、今年度は不具合対応等の小規模な改修を継続した。

次世代GNSS対応GBASのプロトタイプについては、今年度に準天頂衛星システム対応のための改修設計を実施することとしていたが、作業を前倒しして、設計に加えて改修作業も実施した。

高緯度地域における準天頂衛星システムの有効性を評価するため、プラハにて受信実験を実施し、図3のとおり次世代SBAS信号を正常に受信できることを確認した。

3.3 GBASネットワークによるSBAS性能向上コンセプト検討

GBASネットワークを利用してSBASの性能向上を図るアイデアについて検討したところ、GBAS及びSBASでは監視局設備に対する要求に大きな違いがあることから、監視局として直接的に利用することは難しいことが判明した。インテグリティモニタとして使用することとして、具体的なコンセプトを引き続き検討している。

3.4 宇宙天気情報テストベッドによる性能評価

低緯度地域で影響の大きい電離圏擾乱の対策として、VHFレーダーによるプラズマバブルの監視が考えられる。宇宙天気情報テストベッドにこのレーダーを組み入れて実証実験を行うため、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）と連携し、同機構がタイに設置するレーダー設備を活用することとした。また、インドネシア航空宇宙庁との連携により、VHFレーダーによる効果を見積もるためのシミュレーションを開始した。なお、ICAOにおいては、宇宙天気情報の利用についてプロバイダとユーザの連携強化が必要である旨をANConf-13にて提案し、採択された。

3.5 公募型研究：準天頂衛星L5S信号の性能評価

研究課題「アジア・オセアニア地域における準天頂衛星 L5S 信号の性能評価」について、昨

年度に引き続き台湾の国立成功大学に研究を委託した。次世代 SBAS 規格に準ずる準天頂衛星 L5S 信号についてソフトウェア受信機により受信・評価し、台湾における補強性能について初期的結果を得た。

3.6 公募型研究：GNSS信号認証

研究課題「SBAS L5 信号による GNSS 信号認証に関する研究」について公募を行い、東京大学を選定して研究を委託した。L5 SBAS 規格の拡張仕様として議論されている GNSS 信号認証機能について必要な情報を提供し、検討の結果を ICAO 会議にて報告した。

4. まとめ

本研究ではGNSS補強システムのアベイラビリティ向上を目指しており、平成30年度は、前年度に開発した次世代SBAS及びGBASのプロトタイプシステムによる地上実験を実施するとともに、補強システムの相互利用に関する検討及び宇宙天気情報テストベッドの構築を継続した。次年度はプロトタイプシステムを使用した飛行実験を実施するとともに、研究活動の国際的な展開をさらに充実させることとしたい。

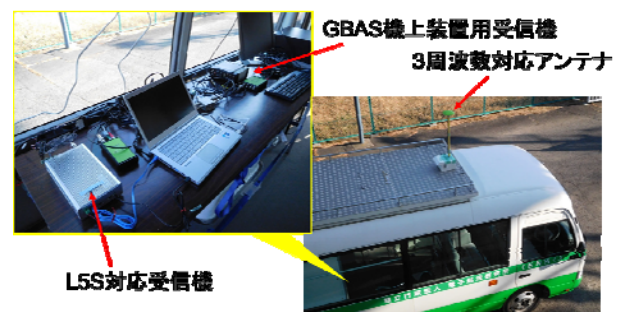


図1 地上実験における機材配置

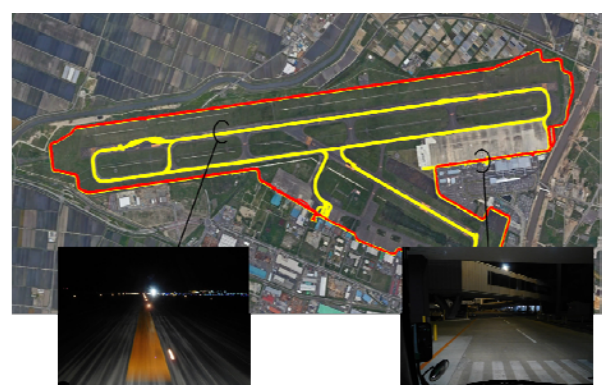


図2 地上実験の走行軌跡例

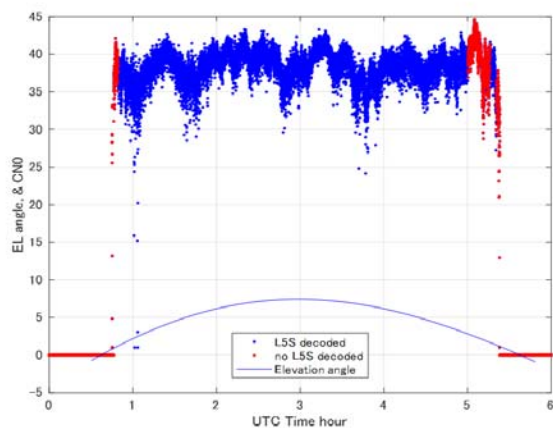


図3 欧州における受信実験例
(青) 正常に受信, (赤) 受信電力不足

掲載文献

- [1] 津川卓也, 西岡未知, 石井守, K. Hozumi, 齋藤享, 新堀淳樹, 大塚雄一, 齋藤昭則, S.M. Buhari, M. Abdullah, P. Supnithi, “Total electron content observations by dense regional and worldwide international networks of GNSS,” Journal of Disaster Research, April 2018.
- [2] 齋藤享, 吉原貴之, “Impacts of scintillations on GAST-D integrity monitors,” ICAO NSP JWGs/3, Montreal, Canada, April 2018.
- [3] 齋藤享, “Comments on the space weather information service manual,” ICAO NSP JWGs/3, April 2018.
- [4] 坂井丈泰, 城哲也, “PRN assignment for IGSO satellites,” ICAO NSP JWGs/3, April 2018.
- [5] 坂井丈泰, 北村光教, 麻生貴広, “The IGSO SBAS: Signal availability in the Polar regions,” European Navigation Conference 2018, May 2018.
- [6] 齋藤享, 津川卓也, K. Hozumi, 石井守, “Application of a VHF ionosphere backscatter radar for differential GNSS system and geophysics,” 日本地球惑星科学連合2018年大会, 平成30年5月.
- [7] 齋藤享, 吉原貴之, “Impacts of scintillations on GAST-D integrity monitors,” IGWG/19, May 2018.
- [8] 齋藤享, “Use of SBAS ranging source for GBAS,” IGWG/19, May 2018.
- [9] 齋藤享, 吉原貴之, “Update on MC/MF GBAS development by ENRI,” IGWG/19, May 2018.
- [10] M. Felux, 齋藤享, S. Circiu, D. Gerbeth, M. Caamano, “Evaluation of proposed DF GBAS iono-

monitor,” IGWG/19, May 2018.

- [11] 麻生貴広, 坂井丈泰, “Requirements for SBAS IGSO,” EUROCAE WG-62, June 2018.
- [12] 坂井丈泰, “Doppler range for non-GEO SBAS satellites,” ICAO NSP DS2SG, June 2018.
- [13] 三神泉, 坂井丈泰, “DFMC SBAS seamless service from Equator to Poles,” ICG WG-B Interium Meeting, June 2018.
- [14] 吉原貴之, 齋藤享, 毛塚敦, 星野尾一明, 福島荘之介, 齋藤真二, “精密進入着陸における高カテゴリー運航を可能とするGBAS (Ground-Based Augmentation System)の安全性設計について,” 電子情報通信学会安全性研究会, 平成30年6月.
- [15] 吉原貴之, 齋藤享, 毛塚敦, 齋藤真二, “GNSS基線解析における局所的な対流圏遅延変動の抽出,” 電子情報通信学会宇宙, 航行エレクトロニクス研究会, 平成30年6月.
- [16] 齋藤享, 吉原貴之, “GBAS R&D activities in Japan,” APANPIRG CNS-SG/22, July 2018.
- [17] 北村光教, 麻生貴広, 坂井丈泰, “Performance evaluation of DFMC SBAS using global monitoring stations,” 電子情報通信学会宇宙, 航行エレクトロニクス研究会, 平成30年7月.
- [18] 麻生貴広, 北村光教, 毛塚敦, 齋藤真二, 坂井丈泰, “飛行中における航空機の航法性能の現状と問題点,” 電子情報通信学会宇宙, 航行エレクトロニクス研究会, 平成30年8月.
- [19] 坂井丈泰, “GPSのセキュリティ:脆弱性とその対策,” 電子情報通信学会宇宙, 航行エレクトロニクス研究会, 平成30年8月.
- [20] 北村光教, “Performance of DFMC prototype using global monitoring stations,” SBAS IWG/34, Sept. 2018.
- [21] 伊藤憲, 坂井丈泰, “インド地域航法衛星システムNavICについて,” 電子情報通信学会2018年ソサイエティ大会, 平成30年9月.
- [22] 北村光教, 麻生貴広, 坂井丈泰, “国外監視局を利用した次世代SBASの補強性能,” 電子情報通信学会2018年ソサイエティ大会, 平成30年9月.
- [23] 坂井丈泰, 小暮聡, “QZSS update,” ION GNSS+ 2018, Sept. 2018.
- [24] 吉原貴之, 齋藤享, “Spatial decorrelation analysis of ionospheric delay due to the medium-scale

- traveling ionospheric disturbances using radio-over-fiber devices and a single clock receiver for extended baselines,” ION GNSS+ 2018, Sept. 2018.
- [25] 伊藤憲, 坂井丈泰, “複数のQZOを持つみちびきに関する検討,” 日本航空宇宙学会第62回宇宙科学技術連合講演会, 平成30年10月.
- [26] 北村光教, 麻生貴広, 坂井丈泰, “電離圏擾乱時における次世代SBAS性能の評価,” 日本航空宇宙学会第62回宇宙科学技術連合講演会, 平成30年10月.
- [27] 麻生貴広, 北村光教, 坂井丈泰, “準天頂衛星を用いたARAIMの検討,” 日本航空宇宙学会第62回宇宙科学技術連合講演会, 平成30年10月.
- [28] 吉原貴之, 齋藤享, 齋藤真二, 星野尾一明, “短基線1周波GNSS受信局間の衛星毎の電離圏遅延差推定に及ぼす受信機時計誤差の影響評価,” 日本航空宇宙学会第62回宇宙科学技術連合講演会, 平成30年10月.
- [29] 坂井丈泰, 北村光教, 麻生貴広, “The IGSO SBAS: Multi-GNSS augmentation from the zenith,” MGA/10, Oct. 2018.
- [30] 齋藤享, 細川敬祐, 富澤一郎, 坂井純, “Update on anomalous propagation of VHF NAV signals by the sporadic E layer,” ICAO NSP/5, Nov. 2018.
- [31] 齋藤享, 吉原貴之, “Impacts of ionospheric scintillation on GAST-D integrity monitors,” ICAO NSP/5, Nov. 2018.
- [32] 齋藤享, “Facilitating interactions between space weather information service providers and aeronautical users,” ICAO NSP/5, Nov. 2018.
- [33] 坂井丈泰, “The IGSO SBAS: DFMC Seamless and Robust Navigation,” ICG/13, Nov. 2018.
- [34] 北村光教, 麻生貴広, 坂井丈泰, “Wide area augmentation performance of DFMC SBAS using global monitoring stations,” IAIN 2018, Nov. 2018.
- [35] 坂井丈泰, 北村光教, 麻生貴広, “The IGSO SBAS: Augmentation for Arctic navigation,” IAIN 2018, Nov. 2018.
- [36] 齋藤享, 山本衛, 齋藤昭則, Chia Hung Chen, “GNSS-based real-time ionospheric 3-D tomography over Japan and its application to GNSS augmentation,” IAIN 2018, Nov. 2018.
- [37] 吉原貴之, 齋藤享, 毛塚敦, 齋藤真二, “Statistical analysis of tropospheric delay differences between two GNSS stations separated by few kilometers,” IAIN 2018, Nov. 2018.
- [38] 井上裕生, 麻生貴広, “DFMC-SBASにおけるサービス性能可視化ツールの開発,” 電子情報通信学会宇宙, 航行エレクトロニクス研究会, 平成31年1月.
- [39] 三宅千華, 坂井丈泰, 麻生貴広, “GNSS連続観測ネットワークGEONETの稼働状況,” 電子情報通信学会宇宙, 航行エレクトロニクス研究会, 平成31年2月.
- [40] 齋藤享, 山本衛, 齋藤昭則, Chia Hung Chen, “Real-time 3-D ionospheric tomography and its validation by the MU radar,” APRASC 2019, March 2019.
- [41] 齋藤享, 坂井丈泰, 吉原貴之, 麻生貴広, 北村光教, “SBAS/GBAS research at ENRI,” Ionospheric Effects on Satellite Positioning and Navigation Conference, March 2019.
- [42] 齋藤享, “Evaluating and mitigating ionospheric impacts on GNSS in the low latitude region based on observations,” Ionospheric Effects on Satellite Positioning and Navigation Conference, March 2019.

PBN と GBAS を活用した高度な計器進入方式に関する研究【重点研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○福島荘之介，齊藤真二，森亮太，中西善信（客員研究員），
藤田 雅人（客員研究員），上島一彦（客員研究員）

研究期間 平成 30 年度～令和 3 年度

1. はじめに

ICAO（国際民間航空機関）は、PBN（性能準拠型航法）概念による航法を促進し、GBAS（地上型衛星航法補強システム）等の新しい進入着陸システムを導入して、安全で効率的な進入方式を実現し、運航の最適化を図る計画である。このため、現在 RNP の RF レグ（円弧旋回）による中間進入と GLS（GBAS Landing System）等による最終進入経路を接続する新しい進入方式（RNP to xLS）の国際基準が検討されている。

近年、我が国では PBN による RNAV/RNP 進入方式が多く空港に展開され、RF レグを使った RNP AR 進入が普及段階にある。また、東京国際空港へ GBAS の導入が進んでいる。このような状況で、近い将来 RNP to xLS の国内展開が期待され、我が国の空港環境をふまえた実現可能性と将来の便益の明確化が要望されている。併せて、航法機器の高性能化に対応して障害物評価表面を緩和するため、衝突危険度モデルの改善が国際的な課題となっている。

2. 研究の概要

本研究の目的は、RNP の RF レグと GLS/ILS の最終進入セグメントを接続した RNP to xLS 方式に関して、実現性と導入便益を明確にするため、飛行方式設計の空港環境における制約や要求等の条件を明かにすることである。また、衝突危険度モデルを改良して、新たな障害物間隔高度の評価手法を考案することである。

このため、(1) 国内空港の経路設計を調査してモデル空港を選定し、将来の飛行方式を設計する。さらに、飛行方式に基づいて航法データベースを構築して、フルフライトシミュレータ（FF シミュレータ）検証を実施し、(2) 可搬型 GBAS プロトタイプ装置を開発して、実験用航空機による飛行実証を実施する。さらに、(3) 飛行データを活用して ICAO の衝突危険度モデルを改良し、妥当性を検証する。

3. 研究結果

(1) モデル空港の方式設計

現在、RNP の RF レグを使った航法には、RNP AR 方式が

あり、国内ではこれまで 30 空港に導入されている。RF レグの利用は、保護区域の狭い自由度の高い経路を設計できることにあり、これまで複数の空港で経路短縮による燃料消費や環境負荷低減の便益が報告されている。これに対して RNP to xLS 方式は、この RF レグを中間進入セグメントに使い GLS または ILS の最終セグメントに接続する精密進入方式である。RNP to xLS は、RNP AR 方式が APV (Approach Procedure with Vertical guidance) に区分され、非精密進入と同様な最低気象条件となることに対して、最終進入の限界点の高度を低く設定して低視程時の着陸を可能とし、加えて RF レグによる便益を享受できる。ただし、現在の GLS/ILS 装備は、中間進入セグメントから最終進入セグメントへの会合動作を必要とするため、RNP AR 方式よりは最小経路長が数 NM 長い設計基準となる予定である。

本研究では RNP to xLS 方式を国内空港へ適切に展開するため、空港周辺の山岳など障害物件の制約を考慮して国内空港へ導入した場合の導入効果を検討し、将来の飛行方式を設計して検証する計画である。研究初年度にあたる本年度は、精密進入方式を有する国内 30 空港を対象に RNP AR など既設進入方式、低視程状態の頻度（空港気象）を調査し、RNP to xLS 方式の導入によって経路短縮や最低気象条件の改善などの導入効果が期待できると考えられるモデル空港（3 空港）を選定した。また 4 方式について、専用の CAD ソフトウェアを用いて、周囲の障害物件との障害物間隔を評価し、現在の ICAO 設計基準案に基づいた方式設計を試行した。この結果について飛行方式設計者や国内エアラインなど関係者と意見交換し、方式の課題や改善について議論した。

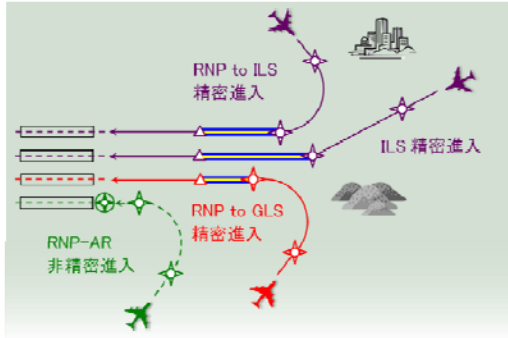


図1：RNP to xLS 進入方式と既存の ILS/GLS 精密進入，RNP AR の比較

(2) 可搬型プロトタイプ構築

選定したモデル空港において飛行実証を実施するために、GBAS プロトタイプ装置を構築する。ここで構築するプロトタイプ装置は、飛行実証時にモデル空港まで実験用車両で運搬し、実験用車両に搭載したまま運用することを想定し可搬型とした。

本年度は、プロトタイプ装置のシステム設計を行い、ハードウェアの構成を決定し、その構成におけるソフトウェア要求書、アルゴリズム記述書の作成を行った。また、ハードウェア部の一部を調達し、基準受信機部・基準空中線部の一部を内製した。このプロトタイプ装置では、基準受信機部から基準空中線部間に ROF (Radio over Fiber) 技術を採用し、光ファイバーケーブルにより GPS の RF 信号を伝送する方式とした。これにより、従来基準アンテナマストに設置していた基準受信機部を環境性能の高い実験用車両内に設置できる。さらに同軸ケーブルより軽量な光ファイバーケーブルを利用するため、仮設の際に展開が容易となり効率的な飛行実験が実施可能となる。

今後は、ソフトウェア設計・製作、ハードウェア製作を行い、飛行実証に供する予定である。



(a) 基準受信機部



(b) 基準受信機部の内部



(c) 基準空中線部 信号変換箱内部

図2：可搬型プロトタイプのハードウェア (当所内製部分)

(3) 衝突危険度モデル改善のための提案

本研究においては、衝突危険度モデルの構成要素のうち、現状に比べてより正確な衝突確率を求めることができる数学モデルの開発に取り組む。本年度は、現状の数学モデルについて、まずその理解を行ったうえで、どの部分に改善の余地があるかを検討した。その結果、複数の障害物がお互いに近くに配置されているケースにおいて、衝突確率が高く算出される傾向があることがわかった。その部分について、より現実に近い値が計算できるよう、数式の定式化を行った。

得られた数式の評価については、過去の研究で構築したパイロット操舵モデルからシミュレーション上で 10^6 回程度の着陸航跡を作成し、障害物と衝突する回数を実際の航跡からカウントする方法と、数式による評価との比較によって行う予定である。

4. おわりに

研究初度にあたり、本年度の主な成果は、(1) モデル空港を選定して研究用の飛行方式を試作したこと、(2) 飛行

実証のための可搬型プロトタイプをシステム設計し、ハードウェアを製作したこと、(3) 飛行データを活用して ICAO の衝突危険度モデルを改良するため、複数の障害物が近く配置される場合の改良案を定式化したことである。

掲載文献

- (1) S.Fukushima, et al, “ENRI Status Report,” 19th International GBAS working group(I-GWG19) , May 2018.
- (2) S.Fukushima, R.Mori, S.Saitoh, “A Feasibility Study of Short Final RNP to xLS Procedure,” 19th International GBAS working group(I-GWG19) , May 2018.
- (3) 福島, 森, 齊藤真, “浅い降下角を伴う RNP to xLS 進入方式の設計条件,” 平成 30 年 (第 18 回) 電子航法研究所発表会, 2018 年 6 月.
- (4) 福島, “第 19 回国際 GBAS WG 会議の概要,” 航空輸送研究センター (ATEC) 新進入・出発に関する WG 会議, 平成 30 年 6 月.
- (5) 福島, “A320 シミュレータによる RNP to xLS 進入方式の検討,” 航空輸送研究センター (ATEC) 新進入・出発に関する WG 会議, 平成 30 年 11 月.

地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究【指定研究】

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齊藤 真二, 福島 荘之介, 毛塚 敦, 吉原 貴之, 齋藤 享
研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度

1. はじめに

地上型衛星航法補強システム(GBAS)の CAT-I 地上装置は複数の国々で導入が開始され,我が国においても導入に向けた検討が行われており,近い将来に運用評価を経て,運用が開始される見込みである。GBAS の導入が進む米国では,GBAS 地上装置と独立して到着空港の GBAS 利用可能性を予測し運航者に提供するツールの開発・評価が行われている。我が国においても,GBAS の運用時には,従来の ILS とは異なり,利用可能性を予測し運航者に提供することが必要になると考えられている。さらに,地上装置,機上装置,GPS 等の各構成要素や外的要因を考慮した上で,運航者にとって運用に必要な性能が保たれているかの評価も必要である。このように GBAS の導入に向けて,運用性能評価手法の確立,運用性予測技術の確立が急務となっている。また,導入が見込まれる大空港での運用に対する技術的課題を明確化し解決方法を示す必要がある。

運用性能評価手法および運用性予測技術の確立,ならびに大空港での運用に対する技術的課題の明確化と解決策の提示を行うことで,運用評価への寄与および実運用機材の円滑な導入への貢献を目指し,本研究を開始した。

2. 研究の目的と実施項目

本研究の目的は CAT-I GBAS の実用化に向け,運用に必要な性能を評価する手法を確立することおよび運用時に必要となる運用性予測技術を確立すること,ならびに複数滑走路を有する大空港での運用に対する技術的課題を明らかとし解決策を示すことで,我が国における CAT-I GBAS の円滑な導入に貢献することである。

具体的には,次の項目を実施する。

- (1) 複数滑走路を有する大空港における GBAS の導入・運用に向けた技術的課題を明らかとし,解決策の検討を行う。(VDB 覆域,IFM アルゴリズム等)
- (2) 運用性能評価:地上装置と独立した評価が可能な運用性能評価の評価指標,評価手法を検討し,運用性能評価ツールの開発を行い,評価手法の検証を行う。
- (3) 運用性予測:運用性予測技術を検討し,予測ツールを開発し,予測技術の評価を行う。

3. 実施概要

(1) 大空港における技術的課題について

IFM アルゴリズム等のインテグリティモニタに関する課題の抽出・解決策の検討については,日本電気株式会社との共同研究「GBAS の実用性能検証のための方法確立に向けた共同研究」において実施した。例えば,複数滑走路を有する大空港における技術的課題として,IFM の設置場所の課題があり,電離圏脅威の最悪ケースにおける基準局/IFM/滑走路の配置とアベイラビリティの関係についてシミュレーション評価等により明確にした。ここで得られた成果や知見は,羽田空港への GBAS 導入に反映できた。

VDB 覆域については,VDB 覆域検証評価ツールの開発を目指し,青山学院大学との連携で2つの新たな電界強度計算アルゴリズムを開発した。一つ目は,VDB 送信アンテナがターミナル・管制塔等建物エリアに設置された場合の計算手法である。VDB 送信アンテナを含む建物エリアのみを高精度電磁界解析で解析し,地形の起伏しか存在しないエプロン・誘導路エリアはレイトレース法など計算コストが少ない手法で解析し,ハイブリッドさせる方法である。これにより,特殊な大型計算機を用いなくても空港面全体の解析が可能となる。二つ目は,レイトレース法において VHF 帯以下で生じる解析精度劣化に対処するもので,数波長以下となる建物間からの放射を別途放射積分により計算し,レイトレース法とハイブリッドさせる方法である。双方ともシミュレーションおよび電波暗室を用いたスケールモデル実験によりアルゴリズムの有効性を示した。

VDB 送信アンテナが建物エリアに設置された場合と同様の覆域劣化が,VDB 送信アンテナ近傍に他の航空機等が存在する場合にも生じることが考えられる。覆域劣化とシステム性能の関係を検討するため,まず,受信信号強度とメッセージ受信失敗率の関係を実験により明確化した。さらに,覆域劣化による信号瞬断時の機上 GBAS 受信機の警報出力(フラグ)について評価を行い,瞬断時間と警報発生確率の関係を明らかにした(図 1)。また,複数 VDB 送信アンテナを用いた GBAS を想定し,スロット間・フレーム間に強度変動が存在する信号を生成してメッセージ受信失敗率の評価を実施し,50dB もの強度変動があっても許容値(0.1%以下)を満たすことを確認した。

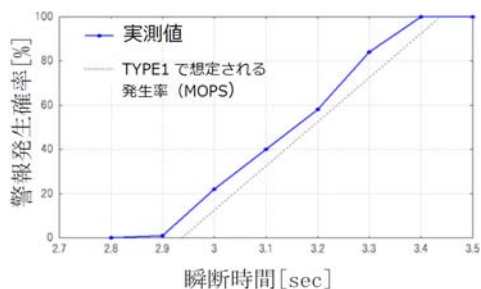


図1 信号瞬間時間と警報発生確率

このような覆域劣化による信号瞬断が約2.9秒未満であれば機上装置の処理は継続して行われ、この瞬断を生じさせるナルの抑制に複数 VDB 送信アンテナを導入することは有効であることが示された。

(2) 運用性能評価について

運用性能評価ツールのハードウェア構成については、様々な使用形態を想定し、可搬型ラックに、小型 PC・VDB 受信機・スペアナ・GPS 受信機を収納した形態を採用し、ハードウェアの調達を行った。並行して評価ツールソフトウェアの仕様を検討し、これまで開発を行ってきている GAST-D 機上ソフトウェアのモジュールを転用する形とし、共通部分の開発を省略することで効率化を図った。基本的なハードウェアを入手後、運用性能評価ツールのソフトウェアの開発に着手し、ソフトウェア初版を完成させた。その後、ハードウェア追加、ソフトウェアへの機能追加を実施し、VDB で放送される複数の FAS に対応したプロテクションレベル算出機能や航空機搭載型 GPS 受信機の出力に対応した処理等を追加し、さらに、運用性予測処理機能の追加を行った。

本評価ツールにより、VDB メッセージ内容、VDB 信号強度、衛星情報、測位値、測位誤差、選択した FAS に対応したコースデビエーション、アラートリミット、プロテクションレベル等のリアルタイム表示、データ記録が可能となった。また、後処理機能も備えているため、パラメータを変更して再処理が可能となっている。

岩沼分室に本評価ツールを設置し長期動作の確認とデータ取得を実施し、ツール評価を実施した。また、平成 29 年 10 月には羽田空港仮設 GBAS の動作確認を、本評価ツールを用いて実施している。

(3) 運用性予測について

運用性予測の条件として「地上装置と独立して動作すること」「24 時間後まで予測」とし、過去数日間のデータ利用したプロテクションレベル推定方法を検討・評価した。利用する過去データは GPS 受信機から取得できる衛星配置と VDB 受信機から取得できる VDB メッセージとし、プロテクションレベル変化の 1 恒星日周期性を利用した

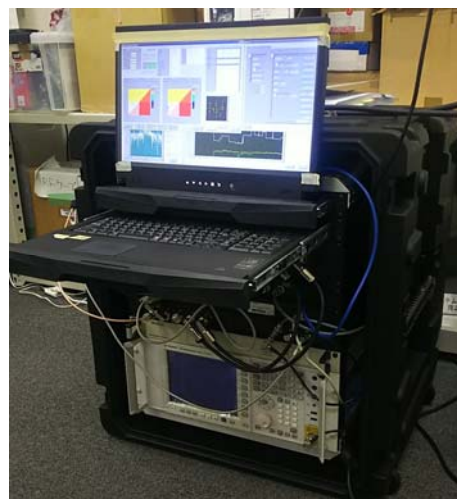


図2 岩沼分室での長期評価の様子

手法を採用することとした。その後、予測ツールの基本設計を行い、予測で使用するデータは (2) で開発する運用性能評価ツールで取得できるため運用性能評価ツールの出力を用いることとし、また、ハードウェアも運用性能評価ツールと共用できるため、最終的には運用性能評価ツールの運用性予測機能として取り込んだ。

4. おわりに

複数滑走路を有する大空港における GBAS の導入・運用に向けた技術的課題の明確化と解決策の検討については、外部との連携により効率よく実施できた。この知見は、羽田空港 GBAS の導入に寄与できたと考えている。また、運用性能評価ツールにおいても、既存デジタル放送波と VDB の電波干渉評価において、羽田空港仮設 GBAS の動作確認に使用されるなど、GBAS の導入に貢献できた。

本研究で得た知見および開発したツールは、今後の GBAS の国内空港への展開において、十分に役立つものと考えている。

掲載文献

- [1] 毛塚 他, “新石垣空港における VDB の覆域評価,” 第 15 回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.103-106, 2015 年 6 月
- [2] Atsushi Kezuka, et al., “Analysis of VDB signal strength above runway surface at Ishigaki airport,” 16th International GBAS Working Group (I-GWG16), June 2015
- [3] 毛塚 他, “石垣空港における GBAS VDB の滑走路面上覆域シミュレーション,” 信学技報, vol. 115, no. 213, EST2015-56, pp. 17-21, 2015 年 9 月
- [4] 加藤 他, “VHF 帯における空港面電磁界解析手法の提案,” 信学ソ大, B-1-59, 2015 年 9 月
- [5] 毛塚 他, “石垣空港における GBAS VDB の滑走路面

- 上覆域評価,” 宇宙・電磁環境研究センター研究集会, pp.24-26, 2015年12月
- [6] 齊藤, “地上型衛星航法補強システムの運用性予測手法の検討,” 信学技報, vol. 115, no. 403, SANE2015-104, pp. 129-132, 2016年1月
- [7] Atsushi Kezuka, “GBAS Development for Low Latitude Region,” World ATM Congress2016 ENRI seminar, Mar. 2016
- [8] 加藤 他, “VHF 帯空港面電磁界解析手法の滑走路周辺地形を考慮した有効性評価,” 信学総大, B-1-113, 2016年3月
- [9] Ryo Kato, et al., “A Proposal of Electromagnetic Field Analysis Method for Airport Surface in VHF Band,” Proc. of IWFEM2016, pp.103-106, May 2016
- [10] 加藤 他, “VHF 帯空港面電磁界解析手法に対する建物及び地形条件の影響,” 信学技報, vol. 116, no. 212, EST2016-42, pp. 171-175, 2016年9月
- [11] 加藤 他, “VHF 帯空港面電磁界解析手法の適用範囲に関する検討,” 信学ソ大, C-15-2, 2016年9月
- [12] Atsushi Kezuka, et al., “Effect of Building on VHF Propagation above Airport Surface,” Proc. of ISAP2016, pp.216-217, Oct. 2016
- [13] 齊藤, “地上型衛星航法補強システムの独立型運用性能評価装置について,” 日本航空宇宙学会 第54回飛行機シンポジウム講演集, 2L08, JSASS-2016-5128, 2016年10月
- [14] 齊藤, “GBAS 運用性能評価装置について,” 日本航海学会 航空宇宙研究会, 2016年10月
- [15] 齊藤 他, “GPS 信号の格納庫による反射波の解析,” 信学技報, vol. 116, no. 427, SANE2016-100, pp. 25-28, 2017年1月
- [16] 齊藤, “可搬型 GBAS 運用性能評価装置の開発,” 信学総大, B-2-9, p.184, 2017年3月
- [17] Shinji Saitoh, et al., “GBAS ground performance evaluation tool,” 18th International GBAS Working Group, Apr. 2017
- [18] 加藤 他, “VHF 帯空港面電磁界解析手法の提案,” 信学論, Vol. J100-C, pp.236-238, 2017年5月
- [19] 齊藤 他, “地上型衛星航法補強システムの可搬型評価装置,” 第17回電子航法研究所研究発表会講演概要, pp.65-70, 2017年6月
- [20] 阿部 他, “VHF 帯空港面電磁界解析手法の有効性の測定評価,” 信学ソ大, C-15-3, 2017年9月
- [21] 平井 他, “空港面における波長に対して小さな建物間からの放射電磁界解析,” 信学総大, C-15-7, 2018年3月
- [22] 齊藤, “GBAS 運用性能評価装置について,” 日本航海学会誌 NAVIGATION, Vol.204, pp.25-30, 2018年4月
- [23] Yuki Abe, et.al, “Measurement Validation of Hybrid Electromagnetic Field Analysis Method for Airport Surface in VHF Band,” IEEE AP-S/URSI, MO-A3.1A.8, July 2018
- [24] 黒田 他, “VHF 帯における空港面電磁界解析手法の測定による有効性評価,” 電気学会 電子デバイス研究会, 2018年4月
- [25] Susumu Saito, et al., “Interference to GNSS receivers by 4G-LTE,” 19th International GBAS Working Group (I-GWG19), May 2018
- [26] 齊藤 他, “GBAS 導入に向けた隣接放送システムとの周波数共用検討,” 日本航空宇宙学会 第56回飛行機シンポジウム, 3D05, JSASS-2018-5198, 2018年11月
- [27] 齊藤 他, “滑走路近傍に設置した GPS 受信局における離着陸機の影響,” 信学技報, Vol.118, no.418, SANE2018-105, pp.87-92, 2019年1月
- [28] 平井 他, “開口面法とレイトレース法のハイブリッド解析による空港面電波伝搬解析法の提案と有効性評価,” 信学技報, vol. 118, no. 400, EST2018-104, pp. 149-153, 2019年1月
- [29] 平井 他, “開口面法とレイトレース法のハイブリッド解析による空港面電波伝搬解析法の提案,” 総合大会, C-15-23, 2019年3月
- [30] Satoshi Kuroda, et al., “Measurement Validation of Hybrid Electromagnetic Field Analysis Method for Airport Surface Including Slope Ground in VHF Band,” The 41st Photonics & Electromagnetics Research Symposium(PIERS) in Rome, Proceedings of PIERS, 2019年6月
- [31] 須賀 他, “空港面に適した VHF 帯ハイブリッド電波伝播解析,” 信学論, Vol.J102-C, No.6, 2019年6月
- [32] 毛塚 他, “GBAS VDB の覆域評価手法に関する検討,” 第19回電子航法研究所研究発表会講演概要, 2019年6月
- [33] 毛塚 他, “GBAS VDB の覆域劣化とシステムへの影響評価,” 信学技報, EST2019, 2019年7月
- 共同研究
- [1] 日本電気株式会社「GBAS の実用性能検証のための方法確立に向けた共同研究」
- [2] 東京海洋大学「擬似距離マルチパス誤差の移動体速度との関係に関する研究」

新たな後方乱気流管制方式の設定に関わる安全性評価と気象・運航データベースの構築【指定研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○吉原 貴之, 藤井 直樹, 瀬之口 敦 (航空交通管理領域), 山田 泉 (航空交通管理領域)

研究期間 平成28年度～平成30年度

1. はじめに

先行機によって発生する後方乱気流が後続機の安全運航に影響を与えないようにするため、管制方式基準では航空機を重量によって区分し、先行機と後続機の航空機区分(Category)の組合せに応じた最低離隔間隔が設定されている。空港周辺の出発経路、到着経路における最低離隔間隔は、空港の離着陸容量と密接な関係にあることから、欧米を中心に現在の航空機区分と最低離隔距離を見直すRECAT (Recategorisation) の導入が進んでいる。

ICAO (国際民間航空機関) がまとめた将来構想であるGANP (Global Air Navigation Plan) においても、空港運用の効率化という観点から、RECATに関しては3段階のASBU (Aviation System Block Upgrades) として記述されている。その第1段階としては、現在の管制方式基準における4つの航空機区分を6～7つに細分化して最低離隔間隔を安全且つ効率的に再区分化したRECAT フェーズ1 (RECAT-1) が対応している。このRECAT-1は、すでに欧米を中心に基準が策定され導入されつつあるが、地域や空港毎で運航形態の特徴 (航空機型式の比率、交通流の特徴等) が異なるため、米国と欧州における航空機区分と最低離隔間隔には差があり、それぞれがFAA RECAT-1.5, RECAT-EUと呼ばれている。我が国においても、運航形態の違いに加えて、滑走路配置の複雑性や狭隘性などの環境の違いも存在するため、RECAT-1の導入に際しては、我が国に適した航空機区分と安全性及び導入効果の評価が必要とされている。また、第2, 第3段階のASBUに対応するものとしてRECAT-2, 3が提唱されており、最終形態としては周囲の気象状況を反映した、先行機と後続機のペア毎に適切な最低離隔間隔を距離ベースではなく時間ベースで評価して設定する方式の導入等が期待されている。

2. 研究概要

本研究では、東京国際空港や成田国際空港といった混雑空港の離着陸容量の拡大に資するため、それら空港での運航形態を踏まえたRECAT-1導入に係る安全性評価及び導入効果の評価を行うとともに、必要となる気象・運航データベースを構築することを目的として研究を実施した。特に、我が国独自の欧米とは異なる運航形態や、空港が海に

面している立地条件による気候学的な差異に着目した。なお、研究実施にあたっては、国内における後方乱気流観測やRECATに係る安全性、導入効果の評価に係る知見を有する宇宙航空研究開発機構 (JAXA) との共同研究により実施し、構築した気象・運航データベースは将来の導入が予想される、気象状況等に応じて最低離隔間隔を変化させるRECAT-2, 3を検討する際の基盤的知見として活用する。

RECAT-1における最低離隔間隔の設定においては、最悪ケースとなる地表近くで後方乱気流が時間的に最も長く持続する気象条件下で、後続機に確実に影響を与えない程度に減衰・消滅するのに必要な時間の導出、検証が必要となる。そのため、図1に示すLIDAR (Light Detection and Ranging) を用いて航空機の通過経路に直交する垂直断面の風速パターン等から後方乱気流の強さと時間推移を計測した。このとき、後方乱気流の生成、減衰及び消滅には大気密度や周囲の風況や大気の安定度等といった気象条件も重要なパラメータとなることから、これらの気象同時観測データも合わせて収集している。また、後方乱気流を生成する航空機の情報としてLIDAR観測断面の通過時刻のほか、後方乱気流の強さの初期値推定に必要な航空機型式や実際の対気速度等の情報を得るため、航空機監視レーダーやADS-Bの航跡、機上記録データ等の運航データを組合せて解析した。このような運航データは対象空港におけるRECAT-1導入前の交通流の特徴、例えば混雑時間帯における機種構成や実際の着陸間隔といった現状把握と、RECAT-1における新たな航空機区分の検討およびその導入効果を評価するために必要となる交通流のモデル化(シナリオ作成)に必要な情報となる。

3. 研究成果

電子航法研究所と三菱電機株式会社の共同研究により運転しているLIDAR装置は、国土交通省航空局のご協力のもと、平成28年度から東京国際空港に設置して観測データを収集している。平成30年度は、4月に構成品の一部が故障したため、平成31年3月まで観測データが取得できなかった。そこで、これまで取得した観測データのうち、後方乱気流が残存する可能性が高い、風が弱い日を中心に、図2に示すように後方乱気流特性の解析と可視化を行った。

更に、その解析結果の評価のため、JAXA の LIDAR 装置と同時取得した観測データを用いて観測結果の相互検証を行った。その結果、当所の LIDAR 装置によって推定された乱流強度（循環）は、JAXA の LIDAR 装置による推定値よりも発生時から1分以内では小さくなる傾向があり、航空機進入速度と型式に対応した航空機重量から計算される乱流強度の理論値からも乖離していることがわかった。このことは、当所の LIDAR 装置の垂直分解能の差に起因すると考えられ、今後は乱流モデルに係る解析パラメータの最適化を行うなどの改善が必要である。

また、RECAT-1の導入効果を評価するため、当所がこれまで開発してきた空港面交通シミュレータ (GRACE) に、新たに RECAT-1による離着陸に伴う管制間隔の短縮を模擬できる機能を追加した。改修後のシミュレータを用いて、成田国際空港における夕方の出発機のピーク時間についての解析を実施した結果、出発機の累計待ち時間の軽減に役立つことが示され、1機あたりの平均的な出発待ち時間が2分程度以上（先行して待ち行列にいる航空機が1機以上少ないことに相当）短縮されることが示された。今後は、到着機に対しても同様の解析を実施して、RECAT-1導入に伴う空港の離着陸容量の定量的な評価を行う予定である。

4. まとめ

本研究は、我が国における RECAT-1導入に係る安全性及び導入効果の技術的評価を行うことを目的として実施した。具体的には、安全性に関して、東京国際空港に LIDAR 装置を設置して、JAXA と協力してこれまで欧米で報告されている結果と比較検証するための解析を行った。また、RECAT-1の導入効果の評価については、現在 ICAO で議論が進められている FAA RECAT-1.5 と RECAT-EU を融合した新しい基準 (RECAT-DUBAI) 等を中心に、空港面交通管理の視点を考慮した離着陸容量値による定量評価の初期解析を出発機に対して実施した。構築した気象・運航データベースは、我が国における RECAT-1 導入の総合的な評価をまとめる際に用いるとともに、今後の RECAT-2, 3に係る安全性及び導入効果の評価検討に活用していくこととしたい。

最後に、共同研究を実施した JAXA の関係各位、三菱電機株式会社の関係各位、LIDAR 設置場所や航跡データなどのご提供等をしていただきました国土交通省航空局交通管制部の関係各位に感謝の意を表します。

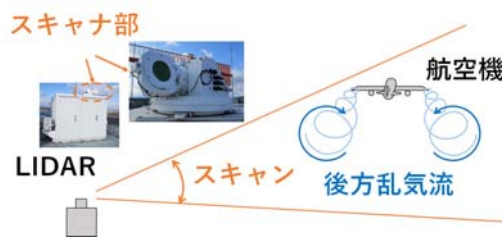


図 1. LIDAR による後方乱気流の観測

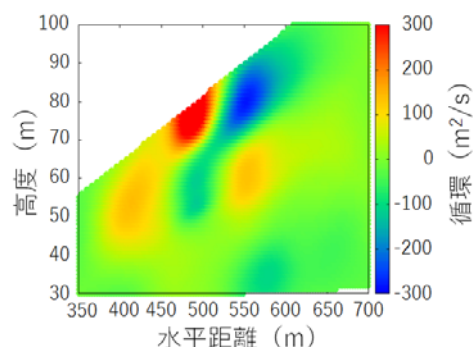


図 2. LIDAR 装置による取得データから得られた B777-200 の生成した後方乱気流の強さ（循環）の解析例
掲載文献

- (1) 藤井ほか, “航空航法・監視システムに対する気象による影響に関する一考察,” 電子情報通信学会 2016 年 ソサイエティ大会, 札幌市, 2016 年 9 月.
- (2) 藤井ほか, “大気による WAM に対する影響,” 電子情報通信学会 2017 年総合大会, 名古屋市, 2017 年 3 月.
- (3) T. Yoshihara, et al., “ENRI's R&D topics related to air traffic flow and meteorological conditions,” MET/ATM Seminar 2017, SP/07, 福岡市, 2017 年 5 月.
- (4) 吉原ほか, “進入経路上における管制間隔の気象の影響評価,” 第 17 回電子航法研究所発表会, 2017 年 6 月.
- (5) 吉原ほか, “航空機監視レーダ (SSR モード S) から得られる気象観測情報の特性評価について,” 京都大学生存圏研究所 第 11 回 MU レーダー/赤道大気レーダーシンポジウム, 宇治市, 2017 年 9 月.
- (6) 吉原ほか, “航空機監視レーダ (SSR モード S) から得られる気象観測情報の信頼性検証と活用,” 京都大学生存圏研究所 第 12 回 MU レーダー/赤道大気レーダーシンポジウム, 宇治市, 2018 年 9 月.
- (7) 藤井ほか, “LIDAR 観測による航空機の後方乱気流の循環強度の推定について,” 電子情報通信学会 2018 年 ソサイエティ大会, 金沢市, 2018 年 9 月.
- (8) 藤井ほか, “羽田空港の進入着陸経路上において航空機が生成する後方乱気流に対する LIDAR 観測について,” 第 56 回飛行機シンポジウム, 山形市, 2018 年 11 月.

担当領域 航法システム領域
担当者 ○齋藤 享、中村 真帆
研究期間 平成 29 年度～令和元年度

1. はじめに

我が国では CARATS において GBAS 導入が意思決定され、日本の電離圏環境に対応した GBAS 装置を平成 28～30 年度に整備し、平成 31～32 年度に運用評価を行った後にカテゴリー I 運航を開始する予定である。一方、平成 28 年の ICAO アジア太平洋地域航空航法計画実施グループ (APANPIRG) において、電離圏問題検討タスクフォース (Ionospheric Studies Task Force: ISTF) の成果として、アジア太平洋地域共通の電離圏脅威モデルが報告された。

アジア太平洋地域モデルは現在日本の GBAS 装置に適用を想定している電離圏脅威モデルよりも広い脅威空間を有しているが、日本では考えにくい脅威空間を含んでいると考えられることから、過去のデータの解析による合理的な脅威空間の最適化が、日本における GBAS の性能を最大限発揮させるために必要である。

また、高カテゴリー GBAS の SARP が 2018 年に策定されたことから、今後、世界では高カテゴリー GBAS の導入が推進されることとなり、日本においても CARATS における高カテゴリー GBAS 導入の意思決定を平成 32 年度に行う予定としているが、導入に際しては最適化された電離圏脅威モデルが不可欠となる。さらに、アジア太平洋地域では多くの国で GBAS 導入が計画されており、各国の GBAS 導入に際して電離圏評価情報が蓄積されていくことが予想される。

2. 研究の概要

本研究では、電子航法研究所（以下、当所とする）が主導して構築した ICAO アジア太平洋地域における GBAS 電離圏脅威モデルに基づき、これを日本の電離圏環境に対して最適化するとともに、各国の GBAS 導入に際して得られる電離圏評価情報を含む知見を共有し、我が国の電離圏脅威モデルとの可能な範囲において最大限の共通化を行うことを目的とする。またこの中で、アジア太平洋地域電離圏脅威モデルの最適化に向けた活動を行う。

これらの活動を通して、アジア太平洋地域電離圏脅威モデルを元に日本における電離圏環境に最適化した脅威モデルを開発するとともに、成果をアジア太平洋地域電離

圏脅威モデルに反映し、これをより成熟したものとする。

最適化された電離圏脅威モデルにより、日本において GBAS の性能が最大限発揮されることが期待されることに加え、GNSS に影響を与える電離圏擾乱の物理的理解に寄与することが期待される。さらに当所及び日本発の技術のアジア太平洋地域における利用拡大とそれに伴う日本及び当所の国際的な地位の向上が期待される。

3. 研究成果

本年度は、平成 29 年度に確立した、電離圏勾配の基本パラメータ（傾きの大きさ、向き、深さ、移動速度、空間スケール）推定ツールを用い、国土地理院 GEONET のデータの解析を行った。

これまでに、石垣から関東地方にかけての 7 ヶ所の GEONET 受信機群について 2014～2106 年の 3 年間のデータを解析し、100 mm/km 以上の電離圏勾配を延べ 27 日において検出した。これらは、全て地理緯度 30 度以南に存在していた（図 1） [3]。

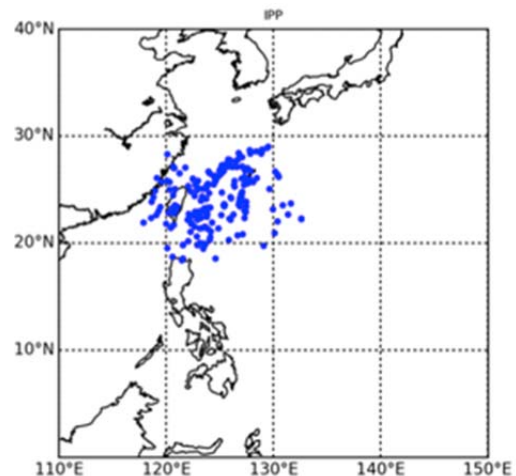


図 1. 100 mm/km 以上の電離圏勾配発生場所

これらの電離圏遅延量勾配に対して電離圏勾配の基本パラメータ導出手法を適用し、10 例について基本パラメータの導出に成功した。図 2 にそれぞれ空間勾配の移動速度、速度の向き、空間スケールの分布を示す [3]。ここで速度の向きは、電離圏勾配の向きと平行と考えてよい。電離圏勾配の移動速度はほぼ全てが東方向を向いてお

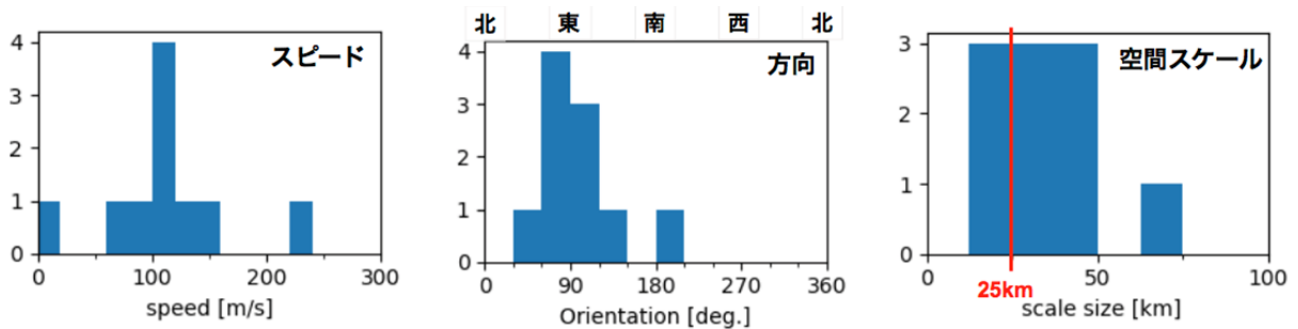


図2. 電離圏勾配の移動速度、方向、及び空間スケール [3]。

り、速度は 100 m/sec にピークを持っていた。これらは、電離圏勾配の原因と考えられるプラズマバブルと呼ばれる電離圏擾乱現象の移動速度、移動方向として知られているものと整合的であり、合理的な結果である。しかし、解析されたデータ数は限られており、移動速度の分布特性を明らかにするためには、さらなるデータ解析が必要である。

空間スケールについては分布の範囲が広く、12.5～50 km の間に広く分布していた。そのうち 3 例については、ICAO における CAT-III GBAS (GAST-D) SARPs 検証に用いられた値の下限(25 km)を下回っている。これは、短い区間に大きな電離圏勾配が存在しうることを示しており、空間勾配を GBAS 地上装置、機上装置のいずれにおいても検出できない場合が存在しうることになる。従って、空間スケールについては特にさらなるデータ解析が必要である。

アジア太平洋地域 GBAS 電離圏脅威モデルの改良については、タイ・モンクット王工科大学ラカバン(KMITL)との共同研究に基づき、磁気緯度 8° 付近に位置するバンコク国際空港周辺のデータ解析を行い、静穏時の電離圏勾配特性(σ_{vig})の年・季節変動を明らかにするとともに [5]、プラズマバブルが連続的に発生する場合の空間間隔の特性を明らかにした [6]。

さらに、総務省による GBAS 海外実証実験に参画し、ベトナム・ハノイにおいて GBAS のための電離圏環境評価を受託研究として行った（詳細は受託研究「ノイバイ空港の GBAS 実証実験に向けた「ベトナム電離圏調査」の技術支援」を参照）。この受託研究において得られた成果は、アジア太平洋地域 GBAS 電離圏脅威モデルの改良に活用する予定である。

4. 考察等

本年度は、平成 29 年度に開発したツールを用いて大量データ解析に着手し、一定の成果を得た。しかしながら、GEONET の過去のデータに特性の異なるデータが含ま

れていることがわかり、解析を終了したデータは約 3 年分に限られている。現在解析ツールの改修を行っており、平成 31 年度（令和元年度）半ばまでに大量データ解析を実施する予定である。

アジア太平洋地域においては、タイ、ベトナムにおける電離圏観測を中心として解析データの充実に努めるとともに、ICAO アジア太平洋地域等の国際的な枠組みを活用し、アジア太平洋地域モデルの改良を実施する予定である。

掲載文献

- [1] 齋藤, “Characterization of the ionosphere for GBAS,” GBAS 技術セミナー, ハノイ, 2018 年 5 月
- [2] 齋藤, “GBAS and its usefulness,” GBAS 技術セミナー, ハノイ, 2018 年 5 月
- [3] M. Nakamura, S. Saito, and T. Yoshihara, “Characteristics of ionospheric delay gradients over Japan by using long-term GEONET data,” JPGU2018, 幕張, 2018 年 5 月
- [4] 齋藤, 吉原, “ISTF technical paper publication,” APANPIRG CNS-21, バンコク, 2018 年 7 月
- [5] J. Budtho, P. Supnithi, and S. Saito, “Analysis of quiet-time vertical ionospheric delay gradients around Suvarnabhumi Airport,” Thailand, 53, Radio Science, DOI: 10.1029/2018RS006606, 2018. (査読付論文誌)
- [6] A. Bumrungrkit, P. Supnithi, and S. Saito, “Statistical Analysis of Separation Distance between Equatorial Plasma Bubbles near Suvarnabhumi International Airport,” Thailand, J. Geophys. Res., 123, DOI: 10.1029/2018JA025612, 2018. (査読付論文誌)
- [7] 齋藤, 吉原, “Impact assessment of ionospheric scintillation associated with plasma bubbles on GAST-D ground integrity monitors,” Proc. ION GNSS+ 2019, 2018 年 9 月 (全文査読)
- [8] 齋藤, 中村, 吉原, “Status update of ionospheric gradient analysis at magnetic low and mid-latitude region,” ICAO

NSP/5, モントリオール, 2018 年 11 月

[9] 中村, 齋藤, 吉原, “日本における GBAS 電離圏脅威モデルのためのプラズマバブル発生頻度及びスケールサイズ解析,” 地球電磁気・地球惑星圏学会, 名古屋, 2018 年 11 月

GNSS 障害時の代替(APNT)に関する研究【基盤的研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○毛塚敦, 齊藤真二, 福島荘之介, 吉原貴之, 齋藤享

研究期間 平成27年度～平成30年度

1. はじめに

航空航法では GNSS の利用が広がっており、GNSS の装備が必須となる RNAV 経路が急速に普及している。また、その認証を持つ機体数も増加し、実際の運航においても使用実績が増えている。一方で、GNSS 信号は高度約 2 万 km の衛星から到来するため、微弱であり、脆弱性を有する。これまで、衛星故障、航法メッセージ異常、干渉、ジャミングなどによる障害が多数報告されている。さらに、信号形式が公開されているため、スプーフィングなどセキュリティ面でも問題を抱えている。そこで、GNSS が使用不可能になった場合においても航空機の安全と航空交通容量を維持できるよう、GNSS のバックアップ測位 (APNT: Alternate Positioning, Navigation, and Timing) を構築する必要があり、ICAO NSP (航法システムパネル) での検討課題となっている。

2. 研究内容と国際動向

現在、RNAV1 経路を飛行するための航法装置として GNSS 以外に DME が利用可能である。すなわち、GNSS のバックアップとしては DME が有力な候補である。DME は RNP0.3 に適用する精度を有していないが、長い年月の運用により開発当初の仕様に比べて高性能化されていることが知られている。そこで、APNT 構築に向けて、本研究にてまずは既存の DME に着目し、国内に設置されている DME の実力性能を把握することにより、GNSS 障害時の現時点での RNAV 航法への適用性能を明らかにしてきた。さらには APNT の候補となる DME の性能拡張 (eDME) において、RNP0.3 および 0.1 に対応するために必要な開発要件を明らかにすることを目標として研究を進めてきた。しかし、研究実施中に APNT に関わる国際動向が大きく変化し、既存の DME を RNP1 および 2 に適用するための標準化会議が開始された。それに対応するため、研究内容と成果の活用方法を修正した。

ここ数年において、APNT 構築は欧州・米国とも短期的な処置と長期的な処置に分かれた。欧州・米国とも短期的な処置では、現在運用されている DME/DME 測位を用いて GNSS 障害時の PBN 運航をサポートし、長期的な処置では拡張 DME や LDACS-NAV など新たな非衛星系航法装置を開発し、RNP0.3 以下の高規格な航法までをサポートする

ことで計画が進められている。

短期的な処置として、米国では PBN NAS Navigation Strategy で公表されているように、DME の廃局・新規設置により最適化を行い、GNSS 障害時に RNAV1 および 2 をサポートする計画が実施中である。一方で、欧州における短期的 APNT では、これまで DME が適用されてこなかった RNP1 および RNP2 経路に DME/DME 測位を利用する計画が進められており、2017 年 11 月から EUROCAE において WG-107 として標準化活動が開始された。

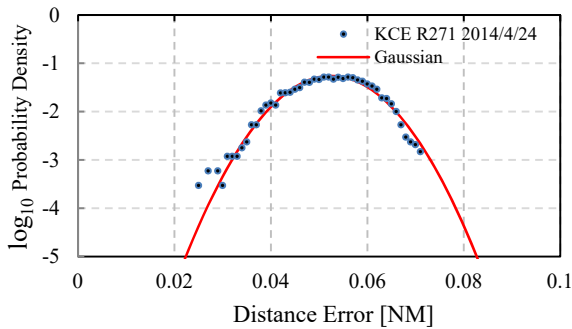
日本国内においても PBN 運航において RNP 経路の拡大が検討されていることから、国内に多数設置されている DME を活用して RNP 運航が可能となれば、GNSS 障害時でも安全で効率的な運航が維持できるようになり、我が国にとっても有益である。よって、電子航法研究所も WG-107 に参画し、諸外国と連携しながら標準化を進めており、本研究で蓄積してきた研究成果を WG-107 へインプットした。

本研究 4 年計画であり、本年は最終年度である。

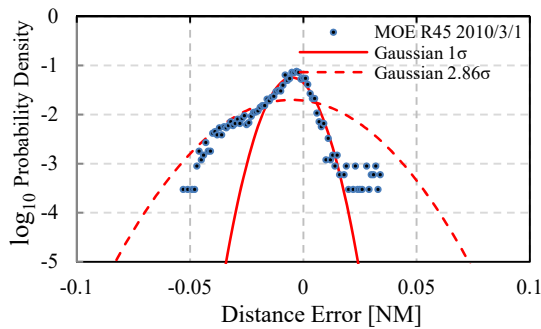
3. 研究成果の活用

EUROCAE WG-107 では、DME/DME による測位を RNP1 および 2 経路に適用するため、DME 地上局のインテグリティを保証することで進めている。インテグリティ脅威となるものの一つとして、マルチパスによる測距誤差が挙げられている。そこで、国土交通省航空局飛行検査センターから提供されたデータのうち、これまでの測距精度検証から明らかになったマルチパスを含む検査データについて、インテグリティ保証に視点を変えてインパクト調査を行った。

一例として図 1(a)(b)にマルチパスの有無による測距誤差の確率密度分布を示す。これより、マルチパス誤差がない場合には DME の測距誤差はガウス分布となり、また、マルチパスの発生によりガウス分布の裾野が広がることが分かる。ガウス分布に従う部分のデータの標準偏差 σ を 2.86 倍 ($=f$) することにより、マルチパス誤差はガウス分布以下になることが分かる (オーババウンド)。 $f\sigma$ は 0.02NM であり、インテグリティ破綻となる 0.3NM の測距誤差が発生する確率は、発生率が 2×10^{-9} となるシックスシグマ ($6f\sigma=0.12\text{NM}$) よりも十分小さく、本マルチ



(a) 非マルチパス環境下
(KCE局 ラジアル271° 飛行検査データ)



(b) マルチパス環境下
(MOE局 ラジアル45° 飛行検査データ)

図1 マルチパスの有無による確率密度

パス誤差のインテグリティへのインパクトは小さいことが分かる。なお、図1は方法や手順を議論することが目的であり、厳密な検証にはデータ数の蓄積が必要である。本結果を昨年度までの検討結果と合わせてWG-107で公表し、議論を進めている。

また、本研究では長期的APNTの検討も行った。EUROCAE WG-107内で長期的APNTの有効な候補の一つとして扱われている複数DME測位について着目し、マルチパスの影響を受けているDMEを排除する方式等を考案した。後続研究にて有効性を検証する予定である。

4. まとめ

本研究では、APNT構築に向け、現状のDMEの実力性能の把握と長期的APNT方式の検討を行った。研究実施中の国際動向の変化に対応し、欧州で標準化が開始されたDME/DME RNP運航を日本国内へ導入することに研究ターゲットを変更し、成果の公表とインプットを行った。標準化活動は2019年度も継続され、本研究での成果はWGが議論する上での資料として採用されている。本研究にて実施してきた現状DMEの実力性能把握はインテグリティ保証に視点を変え、国内の課題抽出とその対策を後続研究において実施する予定である。

掲載文献

- [1] A. Kezuka, 他 “Atmospheric Propagation Delay Correction Based on Ground-based Observations for DME Ranging,” Proceedings of ICSANE2015, pp.45-48, Bangkok, Nov. 2015
- [2] 毛塚 他, “飛行検査データを活用したDMEのマルチパス誤差解析” 電子情報通信学会総合大会, B-2-16, 2017年3月
- [3] 毛塚 他, “飛行検査データを活用したDMEの誤差解析,” 平成29年度電子航法研究所発表会, 15, 2017年6月
- [4] 毛塚, “飛行検査データを活用したDMEの誤差解析”, 航空無線 第93号(秋期), pp.15-19, 2017年
- [5] 毛塚 他, “DMEの誤差解析における飛行検査データの活用”, 平成29年度航法小委員会, 2017年8月
- [6] 毛塚, “DMEの誤差解析における飛行検査データの活用”, 航空振興 No.51(2), pp.4-9, 2017年
- [7] 毛塚他, “Raytracing analysis of DME ranging error variation due to atmospheric change”, Proceedings of ISAP2017, Phuket, Thailand
- [8] メイイ シャー他, “Analysis of DME Ranging Error due to Multipath using Flight Inspection Data, ” Proceedings of ICSANE2017, Sarawak, Malaysia, Nov. 2017
- [9] 毛塚, “短期的APNT構築のためのDMEのインテグリティ保証 ~EUROCAE WG-107における課題(A I)~, ” CARATS GNSS 検討アドホック会議, 2018年7月
- [10] 毛塚 他, “DMEのインテグリティ保証のためのマルチパスシミュレーション,” 信学技報 EST 2018-50, pp.41-45, 2018年9月
- [11] 毛塚, “Impact Analysis Method of Multipath Error on Integrity Assurance, ” EUROCAE WG107 4th meeting, No.2, 2018年10月
- [12] 毛塚 他, “Integrity Assessment Methodology of Manufacturers in Japan,” EUROCAE WG107 4th meeting, No.16, 2018年10月
- [13] 毛塚, 千歳科学技術大学 情報システム工学科 テクノロジー基礎特別講義, 2018年9月
- [14] 毛塚 他, “Initial Analysis of Impact of DME Ranging Error Caused by Propagation Issue on Integrity Assurance,” Proceedings of ICSANE2018, 許昌 中国, 2018年11月

他, 関連発表2件

準天頂衛星を用いた2周波数SBASの相互運用性に関する研究【在外派遣研究】

担当領域	航法システム領域
担当者	○麻生 貴広
研究期間	平成30年度

1. はじめに

次世代SBASシステムは周波数と衛星群のいずれもを追加することでアベイラビリティを向上させるものであり、L1信号に加えL5信号を用いた二周波数システム、またGPS、GLONASSの他に欧州のGalileoや中国のBeiDouも補強対象とするマルチコアシステムとなる。日本においても、使用する衛星がMTSATから準天頂衛星に変更になり二周波数・マルチコアシステムに対応可能となったこと、また航空機においても衛星航法を用いた進入方式が増えていることから、より安定した衛星航法を提供するために二周波SBAS (DFMC SBAS) システムの開発が求められている。

2. 研究の概要

派遣先機関（GSA）はEUのGNSS専門機関であり、ICAO NSPにおけるDFMC SBAS SARPs Subgroup (DS2SG) の取りまとめを実施している。この中で当所はDFMC SBASプロトタイプを用いた検証活動に貢献しており、特にDFMC SBASから新たに導入される非静止衛星対応について、要求事項の取りまとめを担当している。ICAO SARPs案の作成が過渡期にあることから、派遣先研究機関において準天頂衛星を用いた非静止衛星の要求事項について、欧州の理解を得たうえで日本からの提案を漏れなくSARPs案に組み込む必要がある。

派遣先機関（ENAC）は、欧州におけるDFMC SBASの研究を行っている研究機関であり、我が国でも初めての利用となる欧州のコア衛星Galileoを主体とした、欧州のSBASの研究が進んでいる。そこで、派遣先研究機関にて開発されたDFMC SBASを調査し、電子航法研究所（以下、ENRIとする）が設計開発している準天頂衛星を用いたDFMC SBASプロトタイプとの整合を図る必要がある。

本研究は、DFMC SBASにおける準天頂衛星を用いた非静止衛星の要件を確定し、DFMC SBASにおける日本からの要求について欧州と調整のうえSARPs案に取り込み、Galileoを用いたDFMC SBASの研究開発を調査しENRIプロトタイプとの整合を図ることを目

的とする。在外派遣研究期間は平成30年9月2日～平成30年10月14日とする。

3. 実施内容と成果

DFMC SBASにおいては、当初より非静止衛星SBASを可能にすることを日本から提案してきた。この課題について、機能や精度要求などを研究し、GSA（欧州側）と議論を重ねたうえで、DS2SGにおいて研究成果を発表することで、ICAO NSP/5でのベースラインSARPsの制定に寄与することができた。

また、欧州におけるGalileoを用いた機上プロトタイプの技術者と打合せを実施し、日本のプロトタイプによるDFMC SBAS試験信号の信号仕様を説明するとともに、今後、相互運用性に向けた協力について打診した。

更に、日本におけるL5/E5周波数帯干渉の研究成果は、EUROCAEにおけるDFMC SBAS MOPSのL5周波数帯干渉マスクの検討に貢献した。

4. まとめ

本研究では、DFMC SBAS SARPsへの非静止衛星の要件を確定、準天頂衛星を用いたDFMC SBASの実現へ向け欧州の理解を得た確実なSARPsへの反映、欧州Galileoに確実に対応したENRIプロトタイプの構築を実施した。本研究の成果を受けて、DFMC SBASの相互運用性試験に向けた欧州との調整を完了し、3月末に欧州においてENRIプロトタイプからの試験信号を受信する実験を実施した。

掲載文献

- [1] 麻生貴広, 北村光教, 坂井丈泰, “準天頂衛星を用いたARAIMの検討”, 宇宙科学技術連合講演会, 平成30年10月.

ノイバイ空港の GBAS 実証実験に向けた「ベトナム電離圏調査」の技術支援【受託研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○齋藤 享、吉原 貴之、福島 荘之介

研究期間 平成 30 年度

1. はじめに

本研究は、総務省による「地上型衛星航法補強システムによる周波数の国際協調利用促進に関する調査研究」に関し、航空保安無線システム協会からの受託研究として行うものである。

総務省においては、我が国の周波数の有効利用に資する新しい技術の国際展開を支援しており、一つのシステムで複数の滑走路端をサービス可能である GBAS は、その対象とされる。総務省と航空局は 2018 年 5 月にベトナム・ハノイにおいて GBAS に関する技術セミナーを実施し、ベトナムから実証実験の受け入れ表明を受けて、実証実験をベトナムにおいて実施することとなった。2019 年度からの実証実験に先立ち、ベトナムにおける電離圏環境の調査、GBAS に関連する制度の調査が必要となる。

本研究では、これらのうちベトナムにおける電離圏環境調査を実施する。

2. 研究の概要

本研究では、ベトナムにおける電離圏観測システムの構築、電離圏静穏時勾配特性パラメータの初期値及び電離圏擾乱時脅威モデルパラメータの初期値の決定、及びベトナム側の技術者への GBAS 用電離圏解析技術の提供を行う。

3. 研究成果

ベトナム・ハノイにおいて電離圏環境調査を行うため、ベトナム科学技術アカデミー地球物理研究所(IGP-VAST)と研究協力覚書(“Ionospheric observation and monitoring for GBAS in Vietnam”)を締結した。

IGP-VAST が保有する観測点、ハノイ理工大学(HUST)が運用し IGP-VAST がデータ提供を受ける観測点を活用し、これに新たに当所が保有する GNSS 受信機 2 台を加え、計 4 台からなる GNSS 電離圏観測網を構築した(図 1)。

このネットワークから 2019 年 1 月 29 日から 2 月 10 日の間に収集されたデータを、電子航法研究所(以下、当所とする)が開発した電離圏勾配精密解析ソフトウェア群を用いて解析した。

この期間のうち、1 月 29 日に電離圏擾乱が観測された。この擾乱において検証済み最大勾配は 43.7 mm/km、方向は北から時計回りに 64.1°の方向(東北東向き)であった。電離圏勾配の移動速度は、北から時計回りに 36.3°の方向に 46.6 m/sec、電離圏勾配の幅は 71 km と推定された。今回観測された電離圏勾配の最大値は ICAO アジア太平洋(APAC)地域における共通 GBAS 電離圏脅威モデルにおける最大値である 600 mm/km より十分小さく、その他のパラメータも既存の電離圏脅威モデルの範囲内であった。従って、ICAO APAC 共通 GBAS 電離圏脅威モデルを適用することができる。



図 1 GNSS 受信機の配置

電離圏静穏時の電離圏勾配特性パラメータ(σ_{vig})については、2019 年 1 月 29 日～2 月 10 日(13 日間)のそれぞれ昼間(00-09 GPST (07-16 LT))の電離圏勾配の大きさの発生頻度の累積確率密度分布(CDF)から求めた。観測された CDF の裾を全て包含するため、 σ_{vig} は 1.82 mm/km と決定された。

また、2019 年 2 月 18 日～3 月 1 日の間、IGP-VAST から Le Huy Minh 博士、Nguyen Chien Thang 博士の 2 名を招聘し、当所が開発した電離圏勾配精密解析ソフトウェア群を用いた解析方法を教授した。

4. 考察等

今回の解析で用いたデータは限られた期間のデータのみであり、引き続きデータ収集と解析を行う必要がある。

平成 31 年度(令和元年度)には、GBAS 実証実験が開始される予定であり、実証実験の中でさらなる電離圏データ収集と解析が行われる見込みである。

掲載文献

- [1] 齋藤, 吉原, “Ionospheric data analysis for GBAS in Vietnam,” ベトナム GBAS キックオフ会議, ハノイ, 2019 年 1 月

担当領域 航法システム領域

担当者 ○齋藤 享

研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度（令和元年度まで延長）

1. はじめに

本研究は、京大生存圏研究所山本衛教授が代表者の科学研究費補助金基盤 A 研究に、研究分担者として参加して行うものである。

これまでに赤道大気レーダー(Equatorial Atmosphere Radar; EAR)を中心として 2001 年以来低緯度電離圏の研究が継続的に行われてきている。EAR を用いた観測研究では、プラズマバブルに対応する赤道スプレッド F 現象(Equatorial Spread-F; ESF)の空間・時間変動を明らかにするとともに、数 100km 間隔で東西に並ぶ性質があることが示されている

一方で、デジタル受信機技術を活用した衛星ビーコン受信機網の観測により、ESF に関連した電離圏の東西・南北構造、赤道異常の発達特性が明らかになってきている。(関連研究「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」) 今後 1~2 年の間に米国により複数のビーコン衛星が打ち上げられる予定であり、デジタルビーコン受信機網による高頻度観測が可能になる見込みである。

また、情報通信研究機構等を中心に開発されてきた全球大気モデルである GAIA シミュレーションモデルにより、観測とシミュレーションの比較研究による電離圏変動の発生機構の検討が可能になってきている。

2. 研究の概要

本研究はこれまでの実績に立脚した上で、EAR による長期間の多ビーム観測と、今後数年間に集中的に打ち上げられる新しい衛星を用いた衛星=地上ビーコン観測を組み合わせて、低緯度電離圏の変動の時間・空間構造を明らかにすることを目的とする。この目的を達成するために、本研究では以下の 4 項目に関する研究を実施する。

(1) 今後 2 年以内に、合計 11 機のビーコン衛星の打ち上げが計画されており、これまでよく用いられてきた 150, 400MHz の他に 965, 1067, 2340MHz が用いられる予定であり、これらに対応したアンテナ、デジタル受信機を開発する。

(2) ビーコン衛星と EAR を用いて東西方向空間スケール数百 m~数千 km の電離圏構造の特性を解明する。

(3) EAR の長期データを用いて太陽活動度変動に対す

る電離圏構造の変動解析を行う。

(4) 観測データに基づき ESF に関連する電離圏構造の特性を明らかにし、GAIA シミュレーションモデルとの比較研究により、ESF の発生機構の検討を行う。

電子航法研究所（以下、当所とする）では(2), (3)を担当する。

3. 研究成果

赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施した。赤道大気レーダー及びバンコクにおいては、平成 30 年 3 月に設置した、複数周波数・複数衛星系 (MC/MF)に対応したシンチレーション受信機による観測を継続的に実施した。図 1 は、赤道大気レーダーサイトにおいて観測された、GPS, Galileo の L1 及び L5 帯のシンチレーション指数(S4)である。太陽活動が低い時期ではあるが、2018 年 10 月、2019 年 2 月にシンチレーションの発生が確認できた。2018 年 10 月については赤道大気レーダーによる同時観測があり、赤道大気レーダーにおいてもプラズマバブルの発生が確認された。信号特性としては、L1 に比べ L5 信号は雑音レベルが低く、弱いシンチレーションの検出に適していること、GPS L5 と Galileo E5a の比較においては Galileo

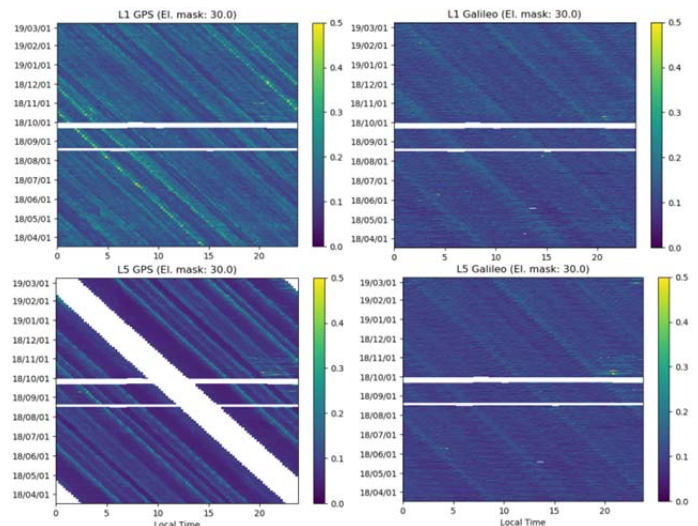


図 1. 2018 年 3 月～2019 年 3 月の、GPS, Galileo の L1 及び L5 帯のシンチレーション指数(S4)。2018 年 10 月の 22~23LT, 2019 年 2 月の 23~24LT 付近にシンチレーション指数の増大が見られる。なお GPS では L5 信号を送信する衛星が少ないため、L5 信号が受信されない時間帯が発生している。

E5aの方が、雑音レベルが低いことがわかった。

新ビーコン衛星の新周波数に対応した4周波受信アンテナ及び受信機（ソフトウェア受信機）の開発については、東京工業大学、京都大学を中心に開発を完了し、観測点への配置を進めている。米国によるビーコン衛星の打ち上げはロケットの問題により、予定よりさらに遅れており、観測は実施されていない。

4. 考察等

平成30年度は、MC/MF対応受信機によるシンチレーション観測を進め、プラズマバブルの東西構造とMC/MF衛星航法への影響評価を進めた。

新ビーコン衛星の打ち上げが当初の予定を大きく超えて遅延しており、打ち上げは平成31年度（令和元年度）に実施される見込みである。このため、本研究は1年延長されることとなった。

従って、当所においても赤道大気レーダー周辺及びタイ・バンコクにおける電離圏勾配観測を継続的に実施し、ビーコン衛星の打ち上げを待って同時観測を行い、プラズマバブルの発生メカニズムにおける電離圏東西構造の役割の解明、またプラズマバブルがMC/MF GNSSに与える影響の評価を引き続き実施する予定である。

掲載文献

[1] 齋藤，山本，齊藤，Chen，“電離圏3次元リアルタイムトモグラフィーのMUレーダーによる検証，”MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム，宇治，2018年9月

[2] 齋藤，山本，齊藤，“Real-time ionosphere 3-D tomography and its validation by MU radar incoherent scatter measurements，”地球電磁気・地球惑星圏学会，名古屋，2018年11月

担当領域 航法システム領域
 担当者 ○齋藤 享
 研究期間 平成 27 年度～令和元年度

1. はじめに

本研究は、名古屋大学宇宙地球環境研究所草野完也教授が領域代表の科学研究費補助金新学術領域研究の一部として、情報通信研究機構石井守室長が代表者の計画研究(A01)に、研究分担者として参画して行うものである。

太陽活動を主な源とする「宇宙天気」は通信・放送・測位等の使用や人工衛星の運用に対する影響、電力網への被害、航空機乗務員や宇宙飛行士への宇宙線被曝など、我々の生活に深く関わっている。近年、ICAO で宇宙天気情報の利用に向けた運用コンセプトと宇宙天気情報の提供に関わる国際標準案が検討されるなど、宇宙天気情報の現業利用に向けた国際的な活動が活発化しており、そのニーズは確実に増大している。一方で、我が国の宇宙天気の議論は学術的議論が主であり社会ニーズに必ずしも応えられていない。

名古屋大学・草野教授を領域代表とした科学研究費補助金新学術領域研究「太陽地球圏環境予測」においては、我々が生きる宇宙環境を正確に理解すると共に、その変動に社会が正しく対応するための信頼性の高い予測技術を獲得することを目的としており、本研究はその計画研究の一つとして社会とのインターフェースに重点をおいた研究を担当する。

電子航法研究所（以下、当所とする）では、宇宙天気情報の利用を衛星航法ベースの航法システムのアベイラビリティ向上のための有用な手段として捉えており、重点研究「次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究」において、宇宙天気情報の利用をサブテーマの一つとして実施している。

2. 研究の概要

本研究では、社会が必要とする宇宙天気情報と宇宙科学が提供できる情報のギャップを克服し、社会的ニーズを宇宙天気研究にフィードバックするとともに、社会に「役に立つ」宇宙天気情報を適切に提供するための双方向システム開発を行うことを目的とする。具体的には

- (1) 短波～マイクロ波に至る電波伝搬
- (2) 衛星帯電
- (3) 人体被曝

(4) 地磁気誘導電流

に対する影響を評価するとともに予測ツールを開発する。さらに以下の項目を実施する。

(5) 宇宙天気現象から各利用までのいくつかのフェーズに分かれて存在するモデルの結合

(6) 宇宙天気ハザードマップの作成

当所では、上記目的(1)をサブグループリーダーとして主に担当する他、(2)～(6)について特に航空航法、通信等に関連する事項について助言を行う。

(1)については、観測に基づく電波伝搬の現況のユーザーフレンドリーな可視化を行うとともに、電離圏擾乱による長波・短波・マイクロ波を中心とした電波障害の予測推定のための電波伝搬シミュレータを開発する。観測に基づき、電波伝搬シミュレータの実際の利用方法に即した検証を行う。特に、航空航法で用いられ、宇宙天気現象の影響を大きく受ける短波及び衛星航法に着目することとする。

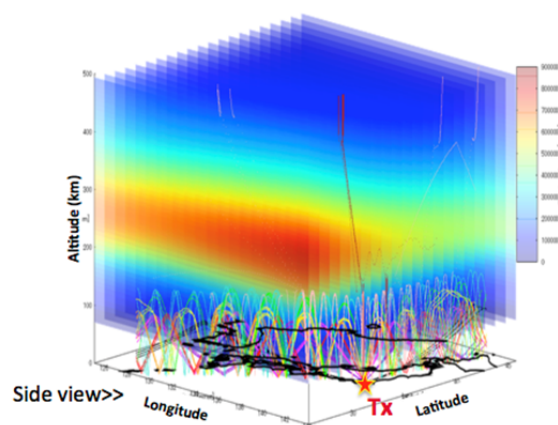


図 1. ある 1 点から放送された短波電波の伝播経路の計算結果。電離圏は国際標準電離圏モデル(International Reference Ionosphere: IRI) [4]。

3. 研究成果

平成 30 年度は、電波伝播シミュレータ開発を中心として実施した。情報通信研究機構(NICT) 及び千葉大学を中心に、短波電波伝播シミュレータ [5]の改良を行い、複数の 3 次元電離圏モデルへの対応を行った (図 1)。3 次

元電離圏モデルには、国際標準電離圏モデル、NICT による全球数値モデル、当所による3次元トモグラフィーによるリアルタイム電離圏データが含まれる。

短波電波伝播シミュレータの検証実験として、シミュレータが予測する伝播時間を、電波源と遠方の2組のデジタル受信装置によって測定される短波電波伝播時間と比較する実験を開始した。本検証実験は、当所において以前に開発された技術を基礎としている。以前の技術開発時に得られたデータを再解析し、赤道を越えて反対半球から到来する短波電波（短波赤道横断伝播）の到来方向を観測することによりプラズマバブルの存在が検出できるだけでなく、伝播時間を同時に測定することにより、位置の推定精度を向上させることが可能であることを示した [2] (図 2)。この成果により、短波電波伝播シミュレータにより短波電波の伝播予測が可能であるだけでなく、短波赤道横断伝播観測と組み合わせ、プラズマバブルの位置推定に活用可能であることがわかる。

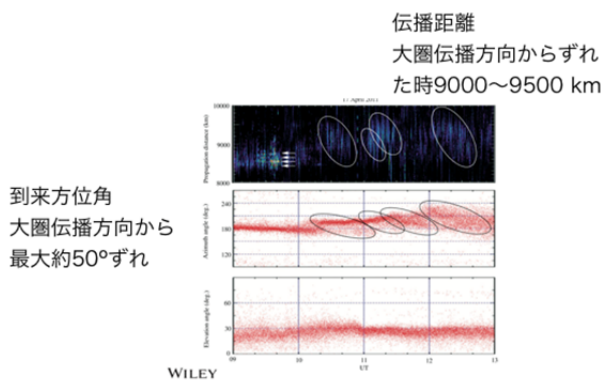


図 2. 短波赤道横断伝播の伝播時間(上)、到来方位角(中)、到来仰角(下)。到来方位角の大圏電波方向からの大きなずれと同時に、伝播時間が通常より大きく伸び、距離にして 750~1200 km 程度長い経路を通っていることがわかる [2]。(この図は Radio Science 誌の 2018 年 11 月号の表紙に採用された。)

宇宙天気情報と社会ニーズとの関係においては、ICAO における宇宙天気情報提供の国際標準策定とその利用促進に注力している。NICT では ICAO 気象パネル(METP)の議論に継続的に参加しており [2]、当所ではユーザーとしての立場から航法システムパネル(NSP)において利用方法の議論を主導している。

2018 年 10 月に開催された ICAO 13th Air Navigation Conference では、NICT、気象庁、航空局と協力し、宇宙天気情報の航空利用において、情報提供者とユーザーの間の連携を強化し、宇宙天気情報サービスの改善を図る

ための寄与文書を提出し採択された。

また、宇宙天気ハザードマップの作成にあたっては、NICT を中心に、ユーザーニーズ調査を実施し、それに基づいたハザードマップの作成を開始した。当所では、航空航法及び航空機運航の視点から、ハザードマップの作成に関与している。

4. 考察等

平成 31 年度（令和元年度）は、短波伝播について 3 次元レイトレーシング法による電離圏電波伝播シミュレータの成熟、電離圏 3 次元リアルタイムトモグラフィーとの結合を行うとともに、シミュレーション結果の実験による検証に対して基礎技術提供者の立場から支援を行う。

社会ニーズに対応した宇宙天気情報の提供については、NICT を中心として宇宙天気ハザードマップを完成させるとともに、社会ニーズの航空 CNS システムに対する宇宙天気現象の影響について、重点研究「次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究」と連携し、宇宙天気情報提供の国際標準化を踏まえて利用法を検討していく。

さらに、研究の最終年度としてこれらを取りまとめ、研究を次のステップに進めるための計画を立案していく。

掲載文献

- [1] S. Saito, "Ionospheric Disturbance Scales to Support Aeronautical Communications," Navigation, and Surveillance Systems, COSPAR2018, Pasadena, 2018 年 7 月 (招待講演)
- [2] S. Saito, "M. Yamamoto, and T. Maruyama, Arrival angle and travel time measurements of HF trans-equatorial propagation for plasma bubble monitoring," Radio Science, 53, DOI:10.1029/2017RS006518, 2018. (査読付論文誌)
- [3] 齋藤, "GEONET リアルタイムデータを用いた電離圏モニタリング, 中間圏・熱圏・電離圏研究会, 小金井, 2018 年 9 月
- [4] 齋藤, Hozumi, 津川, 中田, "電波伝播シミュレータの開発状況," 宇宙天気ユーザー協議会, 小金井, 2019 年 3 月
- [5] K. Hozumi, M. Ishii, S. Saito, T. Maruyama, H. Nakata, and T. Tsugawa, "HF-START: Application in aid of radio communications/ navigation," Air Traffic Management and Systems III, Selected papers of the 5th ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2017), in press.

多地点からの地上大気光観測を用いたプラズマバブル成長過程の解明【競争的資金研究】

担当領域 航法システム領域

担当者 ○齋藤 享

研究期間 平成 29 年度～令和 3 年度

1. はじめに

本研究は、電気通信大学細川敬祐准教授が代表者の科学研究費補助金基盤 B 研究に、研究分担者として参画して行うものである。

近年の冷却 CCD カメラの普及により、磁気低緯度地域の衛星航法に深刻な影響を与えるプラズマバブルの微弱な夜間大気光を用いた 2 次元観測が精力的に行われているが、観測視野の制限、気象条件による観測の制限により、広域観測を地上観測で実現することは難しかった。近年、市販の小型暗視カメラを活用したオーロラ観測が行われるようになっており、これを大気光観測に活用することにより、プラズマバブルの観測が可能であることがわかってきている(電気通信大学と電子航法研究所(以下、当所とする)の共同研究)。安価な大気光イメージャシステムを用いることにより、多地点での観測が可能となり、広域撮像、気象条件に対する空間冗長性の確保が可能となると期待されている。

プラズマバブルは磁気低緯度・赤道域における Rayleigh-Taylor 不安定と呼ばれるプラズマ不安定によって生成されることがわかっているが、その発生の日々変動を支配する物理過程、発生後の時間発展を支配する成長過程、小スケールプラズマ不規則構造の成長過程など、未解明問題が多く残されている。プラズマバブルを広域撮像観測することにより、プラズマバブルの発生に至る電離圏大規模構造の解明や、その成長過程の詳細な時間追尾による解明が可能となると期待されている。

2. 研究の概要

本研究では、市販の小型暗視カメラを用いた安価な大気光イメージャ(図 1)を磁気低緯度地域に多数設置し、プラズマバブルの空間構造の成長過程、小スケール電離圏不規則構造の成長過程を解明することを目的とする。そのために、小型大気光イメージャシステムを製作、較正し、当所の石垣観測点を含む南西諸島、台湾、東南アジアに設置し、広域観測を行う。また、光学観測条件の良いハワイ・ハレアカラに小型大気光イメージャを設置し、プラズマバブルの鉛直構造のリム観測を行う。得られたデータを総合し、プラズマバブルの空間構造の成長過程

を明らかにする。また、GNSS 観測と合わせて、プラズマバブルの詳細な空間構造と衛星航法への影響の関係を明らかにする。

さらに、小型イメージャシステムを統合した広域観測システムへ発展させるとともに、小型、安価、簡易な機器である特性を生かし、理科教育用や環境モニタリング用としての普及のための情報発信を行う。

これにより、プラズマバブルに関わる物理過程のうち、プラズマバブルの発生・成長に関わる未解明の問題の解明、プラズマバブルの詳細構造と衛星航法信号への影響の解明による低緯度における衛星航法のより正確な性能評価、プラズマバブルの広域監視情報の衛星航法に役立つ宇宙天気情報としての利用、小型大気光イメージャの理科教育機材、環境モニタリング機材への応用とそれを用いた超多点観測への道が開けることなどが期待される。

当所においては、南西諸島における観測とデータの解析、海外への機器設置(台湾、東南アジア)とプラズマバブル広域撮像データの解析、プラズマバブルの広域監視システムの構築、及びイメージャシステムの開発・運用に関する情報提供・発信について担当する。

3. 研究成果

本年度は、平成 29 年度に更新した石垣島設置の試験用小型イメージャによる観測を継続するとともに、南西諸島第 2 の観測点として、平成 30 年 5 月に情報通信研究機構大宜味電波観測施設に小型イメージャを設置し、観測を開始した(図 1)。

台湾・東南アジアへのイメージャ設置については、平成 30 年 4 月に台湾国立成功大に、平成 30 年 6 月にタイ・モンクット王工科大学ラカバン(KMITL) Chumphorn キャンパスにそれぞれ設置し、観測を開始した。これにより、台湾、石垣、大宜味の 3 点による視野の重なった観測網が構築された。また、タイ・Chumphorn には、情報通信研究機構が KMITL、名古屋大及び当所と協力して進めている電離圏観測用 VHF レーダーが設置される予定であり、電波と光によるプラズマバブルの同時観測などが期待される。

また、取得されたデータのウェブ公開システムが電気通信大学において構築され、1 日前のデータがウェブ上で確認できるようになっている (図 2)。



図 1. 情報通信研究機構大宜味電波観測施設に設置した小型イメージャ

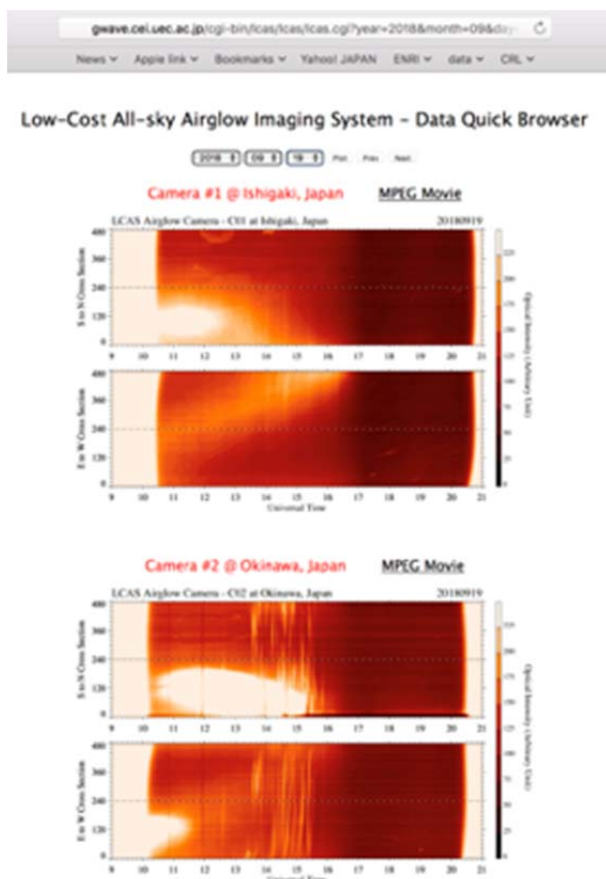


図 2. 小型イメージャデータのクイック公開システム (http://gwave.cei.uec.ac.jp/cgi-bin/lcas/lcas/lcas.cgi)。

さらに、これまでに得られたデータの解析に着手し、石垣において取得されたプラズマバブルの観測データを解析し、これに特徴抽出などの画像処理技術を適用し、

プラズマバブルの空間構造 (南北に長い構造の東西への傾き)、形状の追尾による移動速度の導出などを開始している [2]。

4. 考察等

平成 31 年度 (令和元年度) には、これまでに設置した小型イメージャの連続観測を継続するとともに、台湾、石垣、大宜味の 3 点で観測された画像の合成解析、イメージ合成解析、画像認識技術などを用いたプラズマバブル検出システムの開発などを行う。さらに、石垣では、当所が同時に行っている電離シンチレーション観測との比較解析を進め、複数衛星系・複数周波数 GNSS の観点から、GNSS への影響解析を行う予定である。

掲載文献

- [1] 細川, 齋藤, 小川, 石井, 大塚, 津川, Chen, Supnithi, “A network of low-cost airglow imager system for monitoring plasma bubble in wide area,” 地球電磁気・地球惑星圏学会, 名古屋, 2018 年 11 月
- [2] 高見, 細川, 齋藤, 小川, 塩川, 大塚, “石垣島で取得された 630.0nm 大気光を用いたプラズマバブルの形状解析,” 地球電磁気・地球惑星圏学会, 名古屋, 2018 年 11 月

3 監視通信領域

I 年度当初の試験研究計画とそのねらい

平成30年度の研究は、社会・行政ニーズや技術分野の将来動向を考慮し、重点研究、指定研究、基盤研究および調査として承認された下記の項目を計画した。

1. SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究
2. 空地通信技術の高度化に関する研究
3. 空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究
4. 従属監視補完技術に関する研究
5. 滑走路上の異物検出率向上等要素技術に関する研究
6. 空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究
7. 航空機内データ通信 (WAIC) における電磁環境評価に関する研究
8. ADS-B を用いた監視能力向上の研究
9. 航空分野に適用可能な電磁界シミュレーション手法に関する研究
10. 受動型レーダーを用いた近接航空機測位システムの研究
11. 無人航空機を含む飛行環境形成の要素技術に関する研究
12. ヘリコプタ全周監視支援技術に関する研究
13. 監視信号環境と性能要件に関する研究
14. 3次元形状測定のための高精度距離測定技術に関する基礎的研究
15. ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発
16. 次世代航空通信向けマルチユーザMIMO信号処理技術の開発及び航空機縮尺モデルを用いた評価
17. ハイブリッド簡易高速電磁界計算による電磁波可視化と実証実験による民間航空解析支援
18. 航空需要に対応する海上設置型ローカライザの設置条件に関する研究
19. 新しい空地伝搬測定手法としての航空機監視情報放送の活用
20. 広大な農地の短時間観測を可能とする固定翼自律UAVを用いた映像伝送技術の研究開発
21. 90GHz帯協調制御型リニアセルレーダーシステムの研究開発

1～2は重点研究である。

1は、異なるSWIM (System Wide Information Management) システム間でシームレスな情報交換と異種サービス連携を実現する技術を提案するとともにその技術を評価するSWIMの情報共有テストベッドを構築する研究である。

2は、既存の空港用航空移動通信システム (AeroMACS; Aeronautical Mobile Airport Communications System) プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で接続可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築するとともに、AeroMACSの利用技術の開発やAeroMACS技術の適用範囲拡大の可能性を評価する研究である。

3～9は指定研究である。

3は、モードSトランスポンダを装備していない航空機に対応したマルチラレーションの開発・評価を中心に、空港面から空港の近傍空域までを一元的にカバーする監視システムを実現する研究である。

4は、将来ADS-B/WAM (Wide Area Multilateration) による航空機監視を運用する際にADS-Bの運用に必要な脆弱性対策と、WAMを補完監視センサとして利用するための技術を開発・検証する研究である。

5は、滑走路上の異物を監視・検出するにあたり特殊な条件下で発生する検出率低下の原因を明らかにし、その影響を低減する技術開発を行う研究である。

6は、航空用及び航空用途以外の信号を活用して、空港面及び空港近傍における移動体を検出する独立非協調監視システムの開発を行い、検出率、高検出率を達成するマルチスタティックレーダに求められる性能要件を明らかにする研究である。

7は、4GHz帯を用いた航空機内データ通信 (WAIC; Wireless Avionics Intra-Communications) 機器と電波高度計および隣接帯域の機器との相互運用性を確保するための共用条件を検討する研究である。

8は、ADS-Bデータの信頼性情報を用いた監視性能評価及び安全性評価を実施する研究である。

9は、航空分野に適用可能な各種電磁界問題について、適切な電磁界解析のプログラミングを行い、視覚的に理解しやすいシミュレーションソフトの解析エンジンを開発する研究である。

10～14は基盤的研究である。

10は、受動型二次監視レーダ (PSSR; Passive Secondary Surveillance Radar) と無指向性SSRとを組み合わせることで、楕円測位原理によるレーダ近接地域を対象とした航空機測位システムを構築する研究である。

11は、有人航空機と無人航空機の調和がとれた飛行を

実現するために、無人航空機の位置の把握方法の要素技術を開発する研究である。

12 は、ヘリコプタの機体全周の近距離障害物をリアルタイムで検出する機上搭載用複数送受信レーダシステムを開発する研究である。

13 は、監視システムで使用する信号環境について継続的に測定・蓄積し、将来の運航方式に必要な監視システムの性能要件を明らかにする研究である。

14 は、冬季に積雪の多い空港の安全性、運用効率の向上のために、将来的な3次元積雪モニタリングシステムを検討する研究である。

15～21 は競争的資金による研究である。

15 は、ミリ波と光無線通信の技術を活用して、200km/h以上の高速列車等との間で Gbps 級の通信を実現する技術の研究開発を他機関との連携により目指しており、当研究所は光通信による通信技術の開発を分担している。

16 は、マルチユーザ MIMO (Multiple Inputs and Multiple Outputs) システムの航空通信への適用を検討するための、信号処理技術、空地でのアンテナ配置の検討、ソフトウェア無線システム (SDR) と航空機縮尺モデルを用いた全体性能評価に関する研究である。

17 は、航空分野で利用される、もしくは利用を期待される無線システムについて、環境に応じたハイブリッド計算手法を開発し、運用者に電波の振る舞いを可視化支援する研究である。

18 は、計器着陸装置 (ILS) のローカライザを海上に設置する場合において、海面や海上構造物を考慮した電波伝搬を解析し、設置条件を検討する研究である。

19 は、ADS-B を受動測定することで新たな空地伝搬損失モデルを検討・提案する研究である。

20 は、広大な農地の短時間観測を可能とする固定翼自律 UAV を用いて、映像伝送技術を確立する研究である。

21 は、電波発射技術、ビーム制御技術、スペクトラム制御技術の開発により、同一施設内で複数の 90GHz 帯のレーダシステムの共用を実現する研究である。当研究所は離れた場所にある複数の受信設備で得られたデータをもとに、物体の2次元的位置を精度よく計算する信号処理技術を確立するための研究を分担している。

II 試験研究の実施状況

「SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価」では、標準情報交換モデルに基づいたサービス連携技術を提案した。そして、開発した空地統合 SWIM サービス連携実験システムを用いて空地データ

リンク実験システムとの接続実験を実施し、提案技術の有効性を確認した。

「空地通信技術の高度化に関する研究」では、調布本所の SWIM サーバーと仙台空港内の模擬航空機局(車両)間で AeroMACS 基地局を経由させた通信実験を実施し、車両内の EFB(Electronic Flight Bag)を模した端末で情報表示や変更操作、特定の通信に優先権を与える QoS(Quality of Service)機能が確認できた。また、航空機追尾型の AeroMACS 基地局を構築し、複数の基地局間ハンドオーバー接続も確認できた。

「空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究」では、光ファイバ接続型受動監視システム(OCTPASS)の質問信号を工夫し、15NM を超えた範囲からの応答が得られることを確認した。

「従属監視補完技術に関する研究」では、ADS-B (航空機従属監視)方式に係る偽位置情報の判定や受信局冗長配置によるジャミング(通信妨害)への効果についての機能試験を行うとともに、実験装置の脆弱性対策に必要な機能付加を行った。また、GPS が利用できない場合に、ルビジウム発信器による WAM 測位機能を実験装置に付加し、正常に測位ができることを確認した。

「滑走路上の異物検出率向上等要素技術に関する研究」では、悪天候時の性能低下を実施するためのデータ転送・解析のための環境を整備した。また 90GHz の送信信号を走査する送信波合成の基礎評価回路を構築し、各送信部のレベル調整、送信電波の位相を微細に調節可能であることを確認した。

「空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究」では、空港近傍で使用可能な光ファイバ接続型パッシブ一次レーダや地上デジタル放送波による検出性能を検証するとともに、リアルタイム処理が可能なパッシブ監視システムの開発に着手した。

「航空機内データ通信(WAIC)における電磁環境評価に関する研究」では、航空機干渉経路損失(IPL)の数値解析評価法を検討するとともに、実験用航空機を用いた電磁環境測定を実施した。

「ADS-B を用いた監視能力向上の研究」では、ADS-B データに含まれる信頼性情報を用いた監視性能評価手法の検討を開始した。また、SBAS を利用する ADS-B データの監視性能評価を実施する飛行実験の準備に着手した。

「航空分野に適用可能な電磁界シミュレーション手法に関する研究」では、電磁界シミュレーション用のプログラミング及び ILS シミュレーション解析エンジンの開発に着手した。

「受動型レーダを用いた近接航空機測位システムの研究」では、測位原理の検証実験を実施するとともに、回転走査型 SSR 近傍に設置する PSSR 方式についての誤差解析も行った。また近接航空機測位システムの送信機部分の製作を開始した。

「無人航空機を含む飛行環境形成の要素技術に関する研究」では、無人航空機向け監視装置として販売された ADS-B 送受信機とトランスポンダを測定分析し、その効果や有人機に対する懸念事項を明らかにした。

「ヘリコプタ全周監視支援技術に関する研究」では全周監視を可能とするレーダの要素技術の評価及び回路設計を実施した。また、レドーム材料の工夫により前方監視用のレーダの探知距離を昨年度よりも改善できた。

「監視信号環境と性能要件に関する研究」では、信号環境検証のための電波伝搬モデルについて検討を進めた。また、飛行実験を必要としない信号環境測定方法の検討を開始した。

「3次元形状測定のための高精度距離測定技術に関する基礎的研究」では、広帯域変調信号生成回路の施策に着手するとともに、可視光レーザーを用いて、mm 単位で増加する水や氷等の物体の厚さを測定する手法について開発した。

「ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発」では、北陸新幹線で伝送試験を実施し、時速約 240km で走行する列車と地上に設置した中央制御装置間で毎秒 1.5 ギガビットの大容量データ通信が維持されることを実証し、新幹線等の長距離鉄道の駅間隔をカバーできることを示した。

「次世代航空通信向けマルチユーザ MIMO 信号処理技術の開発及び航空機縮尺モデルを用いた評価」では、提案方式の有効性を実証するために、簡易な SDR 評価環境を構築し、実験により基本性能を確認できた。

「ハイブリッド簡易高速電磁界計算による電磁波可視化と実証実験による民間航空解析支援」では、簡易レイ・トレーシング法の ILS への応用としてグライドスロープ (GS) への適用を進めた。

「航空需要に対応する海上設置型ローカライザの設置条件に関する研究」では、海面からの散乱波シミュレーション及び不要散乱波を遮断する遮蔽フェンスの最適な設置方法について計算と実験の両面から解析を行った。

「新しい空地伝搬測定手法としての航空機監視情報放送の活用」では、在空機の ADS-B 信号を活用した有効性評価を行い、覆域設計に利用可能な受信電力の統計モデルを提案した。

「広大な農地の短時間観測を可能とする固定翼自律 UAV を用いた映像伝送技術の研究開発」では、映像伝送システムの機上送信系の開発を行い、予備実験を実施した。

「90GHz 帯協調制御型リニアセルレーダーシステムの研究開発」では、2つの送信機と2つの受信機で信号を取得できるアンテナ装置を開発した。また、データ処理可能な複数レーダー信号処理アルゴリズムを開発し、回路に実装した。

本年度は、以上の 21 件の研究・調査に加えて、以下に示す 8 件の受託研究を行った。これらは上記の研究やこれまでの研究で蓄積した知識・技術を活用している。

1. 全機地上 IPL 試験 (その 1) 委託作業
2. MU-300/G2/G4/Beechcraft King Air 200T 搭載機器の経路損失試験
3. ART72-212A 型搭載機器の経路損失試験
4. 小型試験体計測実験
5. SWIM, FIXM, AIXM, IWXXM に関する国際技術動向に係る委託
6. ミリ波アンテナの測定支援 (電波無響室)
7. MVR 受託研究
8. 「航空路 WAM 導入に伴う SSR 運用モード最適化に関する調査」支援

III 試験研究の成果と国土交通政策、産業界、学会等に及ぼす効果の所見

「SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価」では、ICAO APAC SWIM Task Force を主導しアジアの標準化作業に参加している。また、研究成果により CARATS における SWIM の国内導入が、6 年間前倒しとなるよう意思決定された。

「空地通信技術の高度化に関する研究」では AeroMACS の航空通信システム規格として、ICAO CP (通信パネル) の DCIWG (データリンク通信インフラ作業部会) や、ICAO FSMP (周波数管理パネル) の WG (作業部会)、RPASP (遠隔操縦航空機システムパネル) に積極的に参加している。

「空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究」では、OCTPASS のベトナムフーコック空港への海外展開として協力している (総務省「電波システムの海外展開」プロジェクト)。

「従属監視補完技術に関する研究」では、ICAO SP (監視パネル) に参加し ADS-B 信号等の検出率の測定結果が

ICAO 技術マニュアル (Doc9924) に、DAPs の信頼性検証結果が ICAO ガイダンスドキュメント (Mode S DAPs ICG) に反映された。またブータン王国への ADS-B 配置について技術協力を行った。

「滑走路上の異物検出率向上等要素技術に関する研究」では、EUROCAE WG-83 に参加し、FODDS (Foreign Object Debris Detection System) の運用設置に関するドキュメントの作成に貢献している。また、マレーシアクアラルンプール空港への海外展開として協力している (総務省「電波システムの海外展開」プロジェクト)。

「空港面及び空港近傍の独立非協調監視システムに関する研究」では、実験結果を取りまとめ ICAO SP (監視パネル) に参加した。ASWG (Aeronautical Surveillance Working Group) では機上監視マニュアルへの改定を見据えて MSPSR 開発情報を報告した。

「航空機内データ通信 (WAIC) における電磁環境評価に関する研究」では、EUROCAE WG-96/RTCA SC 236 Joint Plenary に参加し WAIC の基準策定に関する MASPS や MOPS 作成に貢献している。

「監視信号環境と性能要件に関する研究」では RTCA と EUROCAE の合同監視委員会 (Combined Surveillance Committee) に出席している。また ICAO 航空機監視マニュアル (Doc9924) や機上監視マニュアル (Doc9994) に研究成果が反映された。

「3次元形状測定のための高精度距離測定技術に関する基礎的研究」では、EUROCAE WG-109 に出席し滑走路気象情報システムに関する MASPS の作業班に参加している。

各研究課題の研究成果は、ICAO, EUROCAE, RTCA, CARATS, 当研究所の研究発表会, 関連学会, 国際研究集会等に積極的に発表している。また、ICAO 等国际会議にて、航空局への技術アドバイザーなどとして協力を続けている。これらのなかで、平成 30 年度は、日本航空技術協会奨励賞, 電子情報通信学会学術奨励賞を受賞している。

(監視通信領域長 福島 幸子)

SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○呂 暁東, 森岡 和行, 古賀 禎, 北折 潤, 住谷 泰人

研究期間 平成 28 年度～令和 2 年度

1. はじめに

近年, 国際民間航空機関 (ICAO) では, SWIM (System Wide Information Management) という次世代の情報共有基盤の概念を提案, 推進している。SWIMの導入により, 運航に係る多種多様な情報を, 様々なユーザで提供・利用・管理が可能となる。CARATSでも, 情報共有基盤の導入は重要なミッションとしてあげられている。

しかし, SWIMに求められる効率性, 信頼性, 安全性及び環境は国や地域によって異なる。例えば, 各SWIMシステムの構造, ネットワークインフラ, メッセージングインフラなどは, 各地域によって異なる。このため, 異種SWIMシステム間を連携する技術が必要とされている。

2. 研究概要

本研究では, 運用面や技術面での課題を明らかにした上で, 異なるSWIMシステム間でシームレスな情報交換と異種サービス連携を実現する技術を提案する。さらに, SWIMの情報共有テストベッドを構築し, 提案技術を評価する。これにより, 将来の航空交通管理の運用における情報共有と協調的意思決定を支援する技術の開発を目指す。本年度は5カ年計画の3年目であり, 主に以下の研究開発や国際活動を行った。

- ・ 標準情報交換モデルに基づいた異種システム間のサービス連携技術の提案
- ・ 空地統合SWIMサービス連携実験システムの開発と地上走行実験の実施
- ・ APAC SWIM Task Forceによる国際連携実証実験の実施

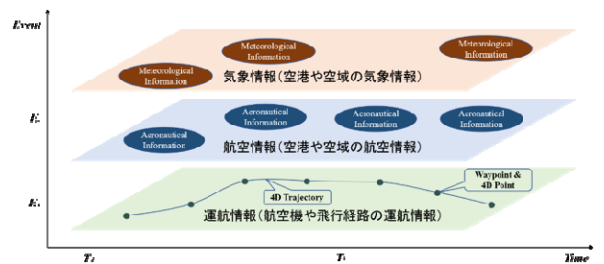
3. 研究成果

3.1 サービス連携技術の提案

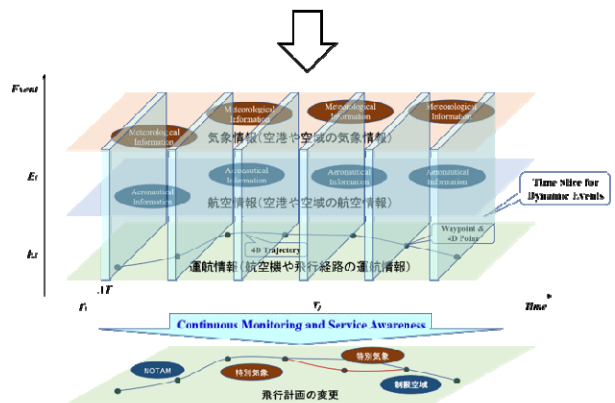
現在, ICAOでは, 様々な情報を利用して運航効率を向上するFF-ICE運用方式 (Flight and Flow - Information for a Collaborative Environment) の導入を推進している。FF-ICEの第一段階として, 離陸前の情報共有について2020年からの実施を目指している。FF-ICE Flight Planでは高精度の

飛行計画を作成・管理するため, 4次元軌道情報 (4DT: 4 Dimension Trajectory) に加え, 運航情報・航空情報・気象情報などの関連情報が必要となる。これらの情報は異なるシステムから提供されるため, システム間でのサービス連携が必須となる。

本年度は, 運航情報, 航空情報, 気象情報を標準フォーマットに変換し, SWIM-enabled Applicationからアクセスできるサービスモデルを開発した。また, 各種情報の管理, 情報間の関連付け, サービス間の連携を実現できるイベントレイアの構成技術を提案した (図1)。さらに, 4DTに基づいた時間帯 (タイムスライス) の分割処理により, 関連サービスを継続的かつリアルタイムに自動検知する技術も開発した。



a. イベントレイアの構成による異種サービスの連携



b. 4DTによる関連サービスの自動検知

図1 異種サービスの連携(a)と関連サービスの自動検知(b)

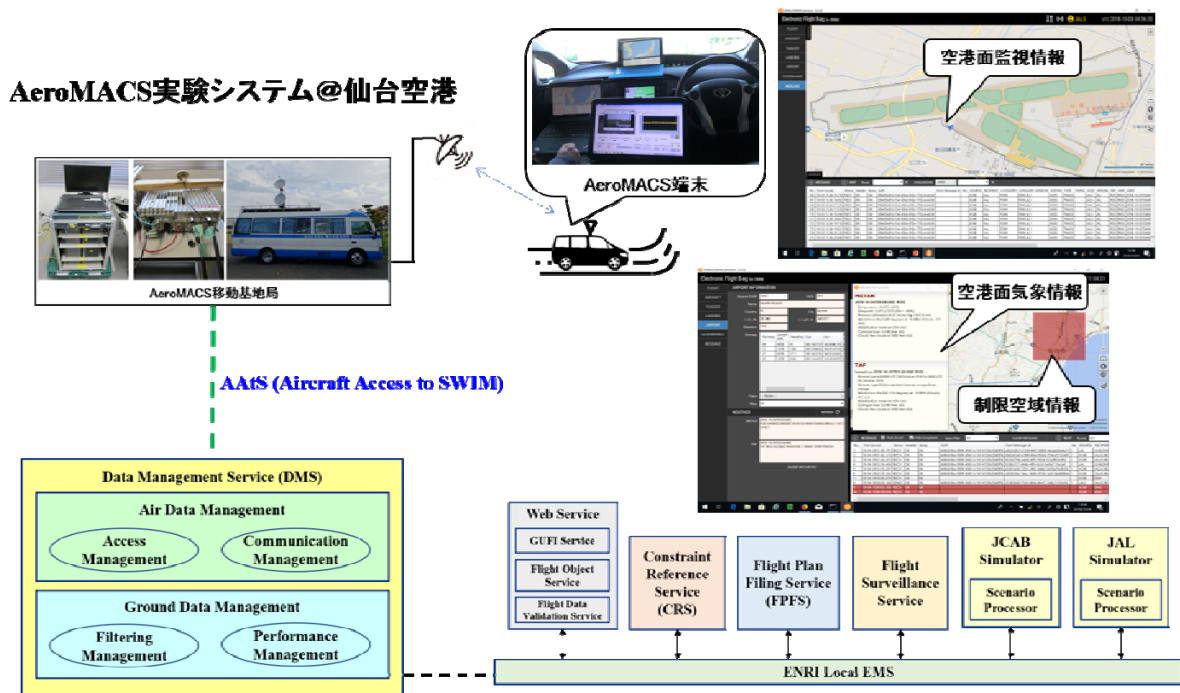


図2 サービス連携実験システムの概要

3.2 サービス連携実験システムの開発と地上走行試験

提案技術の有効性を実環境において評価するため、空地統合SWIMサービス連携実験システムを開発し、仙台空港において評価実験を実施した。図2に空地統合SWIMサービス連携実験システムの概要を示す。実験システムは、空地データリンクの実験システム（AeroMACS、仙台空港設置）とSWIM実験システム（調布設置）から構成される。実験では、走行中の実験用車両に対して様々な情報の配信を行った。その結果、SWIM実験システムから走行中の実験車両のAeroMACS端末（機上情報端末）に、空港面の監視情報、4DTに基づいた制限空域の情報（NOTAM）、空港の気象情報（METARとTAF）などの情報を自動的に配信できることを確認した。

3.3 国際連携実証実験の実施

アジア太平洋地域におけるSWIMの導入を促進するため、2016年に日本・シンガポール・タイ共同提案によりAPAC SWIM Task Forceが設置された。本タスクフォースでは、SWIM導入に向けた技術課題の検討や導入計画策定に関する議論、APACに適合したSWIM構築技術や実現方法などを検討している。当研究所は、三つのタスク（①APACにおけるSWIMアーキテクチャの提案、②SWIMサービス検証基盤の開発、③SWIMサービス利用ガイダンスの作成）を担当している。

本年度は米国・シンガポール・タイ・韓国・中国・中国香港などと連携したFF-ICE検証実験、ASEAN SWIM Demo、日中韓実証実験を実施し、当研究所は各実験で中心的な役割を果たした。また、実証実験の結果に基づいて、標準情報交換モデルの修正や改善案の策定が行われており、標準化作業に貢献している。

さらに、研究成果と国際活動によりSWIMの有効性と実現性が証明され、実用化に向けた議論が促進した。この結果、航空局が主導する産学官の長期ビジョン（CARATS）の「情報共有基盤」におけるSWIMの導入意思決定年次を6年前倒しすることとなった。

4. まとめ

本研究では、運航に係る多種多量な情報が異なるシステム間で共有できる相互運用性の向上を目的としており、このためにはSWIMによるシステム間でシームレスな情報交換とサービス連携を実現する技術が必要となる。本年度は、標準情報交換モデルに基づいたサービス連携技術を提案した。そして、開発した空地統合SWIMサービス連携実験システムを用いて空地データリンク実験システムとの接続実験を実施し、提案技術の有効性を確認した。次年度は、SWIMに基づいた運用方式を評価できる技術の提案と国際連携評価実験の実施を行う予定である。

掲載文献

- (1) X.D. Lu, "Discussion of Asia/Pacific Regional SWIM Architecture," ICAO APAC SWIM TF/2, Bangkok, Thailand, April 2018.
- (2) X.D. Lu and K. Morioka, "Lab Exercises for FF-ICE/1 and A/G SWIM Validation," ICAO APAC SWIM TF/2, Bangkok, Thailand, April 2018.
- (3) 呂曉東, 古賀禎, 住谷泰人, "FF-ICE検証実験の報告と分析," 電子航法研究所研究発表会, 2018年6月
- (4) X.D. Lu, "Approaches for APAC Regional SWIM Implementation," FATS/24, June 2018.
- (5) X.D. Lu, "Lab Exercises and Technical Discussion for FF-ICE Operation," FATS/24, June 2018.
- (6) 呂曉東, "IIH&V国際連携実験の報告(電子航法研究所)," CARATS第30回情報管理検討WG, 2018年6月
- (7) X.D. Lu and K. Morioka, "JCAB Test System Implementation and Scenario for ASEAN SWIM Demo," ICAO APAC SWIM TF-ASEAN Demo TIM/2, Singapore, September 2018.
- (8) X.D. Lu, T. Koga and Y. Sumiya, "SOA-based Air-Ground Information Exchange for High-assurance Operation," IEEE GCCE2018, Nara, Japan, October 2018.
- (9) 呂曉東, 住谷泰人, "航空交通情報共有基盤に関する研究," 航空管制誌, 平成30年10月
- (10) X.D. Lu, K. Morioka, T. Koga and Y. Sumiya, "Air-Ground System Wide Information Management to Achieve Safe Flight Operation," IEEE HASE2019, Hangzhou, China, January 2019.
- (11) 小菅義夫, 古賀禎, 宮崎裕己, 呂曉東, 秋田学, 稲葉敬之, "ドップラー観測値を併用するTDOAにおける速度推定精度の改善," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J101-B, No.10, pp.857-866, 2018年10月
- (12) 小菅義夫, 古賀禎, 宮崎裕己, 呂曉東, 稲葉敬之, "レーダと受信時刻を観測値とする複数パッシブレーダのデータ融合," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J102-B, No.1, pp.23-31, 2019年1月

空地通信技術の高度化に関する研究【重点研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本成人，森岡和行，呂曉東，長縄潤一，河村暁子，住谷泰人

研究期間 平成28年度～令和元年度

1. はじめに

近年，航空システムから取得した様々な情報を関係者間で共有し，より安全かつ効率的な運用改善が検討されている。また，航空交通量の増加やより綿密な航空機運航のニーズに伴い，特に航空機密度の高い空港周辺を中心に航空通信量の増加が懸念されている。これらに対応するため，ICAO等は既存の航空通信システムと併用可能な次世代の航空通信システムとして，汎用高速通信のモバイルWiMAX（IEEE 802.16e）技術に基づく航空専用標準規格 AeroMACS（Aeronautical Mobile Airport Communications System）の策定作業と研究開発，並びに次世代の航空通信システムに対応するIP（インターネットプロトコル）基準のICAO文書改訂作業を行ってきた。

今後，これらのニーズや進捗する策定作業に対応するため，AeroMACS技術の適用範囲拡大の可能性を検討する必要がある。また，AeroMACSに代表される次世代空地通信システムの利用技術を開発し，監視や航法など他のシステムから得た情報を共有できる航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築した上で，航空機や車両等と接続実験し，性能評価する必要がある。

2. 研究の概要

本研究では，既存のAeroMACSプロトタイプを活用して，航空機，車両，地上間で接続可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築する。また，AeroMACS利用技術の開発やAeroMACS技術の適用範囲拡大の可能性について性能評価する。本年度は4ヵ年計画の3年目であり，以下の内容を中心に実施した。

- ・ AeroMACS利用技術の改修
- ・ 空地通信技術の適用範囲拡大評価
- ・ AeroMACS等航空通信システムの規格策定活動

3. 研究成果

3.1 AeroMACS利用技術の改修および適用範囲の拡大評価

今年度は，AeroMACS技術の利用を目指してこれまで個別に開発してきた技術を統合し，より実用に近い形での実験評価を実施した。図1に仙台空港で実施した実験の概要を示す。空港内において航空機を模擬した車両を移動させながら，AeroMACSの基地局2局と模擬航空機局（車両，移動局）の間で通信を行った。

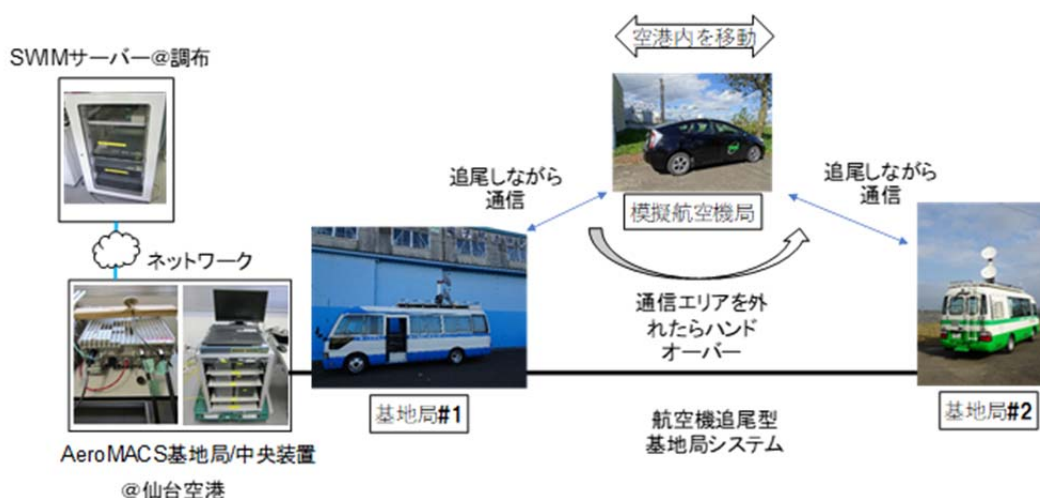


図1 AeroMACS-SWIM接続空港面移動実験の概要

解析結果を報告した。また、様々な航空通信システムについての技術及び運用上の課題や現状について議論や調査を行った。

4. おわりに

平成30年度は、AeroMACS技術の利用を目指し、SWIM研究との接続をより実用に近い形で、昨年度まで要素別に開発した技術を統合した通信評価を実現した。この評価試験では、実験用航空機の故障により当初予定していた飛行実験を実施できない制限の中で工夫を重ね、空港面を移動する車両を模擬航空機とした。また、実用化を推進するため、通信事業者との共同研究を延長し、技術移転を完了した。

最終年度となる次年度は、航空機局を実験用航空機に搭載することで、空港面移動だけでなく飛行も含めた通信の評価実験を実施する予定である。

掲載文献

- (1) 森岡 和行他, “AeroMACSを用いたSWIMアクセスのための地上走行実験,” 電子情報通信学会技術報告, 2018年5月.
- (2) N. Yonemoto, et.al, “ AeroMACS trial for air-to-ground communication and connectivity to SWIM,” ICAO CP WG-I, Montreal, CANADA, May 2018.
- (3) 住谷 泰人, “AeroMACS詳解 その5 日本での研究開発,” データリンク講習会「AeroMACS詳解」講演予稿, 2018年6月.
- (4) Y.Sumiya, “ Trends of Aeronautical Mobile

Airport Communications System , ” MWP Symposium, August 2018.

- (5) K.Morioka, et.al, “Field-Taxiing Experiments of Aircraft Acces to SWIM over AeroMACS,” The International Conference on Antenna Measurement and Applications, Vasteras, SWEDEN, September 2018.
- (6) N. Yonemoto, “Consideration to allocate to the satellite service (Space to Earth) from 5030MHz to 5090 MHz,” ICAO FSMP FSMP-WG/7, Johannesburg, SOUTH AFRICA, September 2018.
- (7) K. Ishige, et.al , “AeroMACS Development and implementation Strategy in Japan , ” ICAO CP DCIWG2 , October 2018.
- (8) 住谷 泰人, “CARATS重点施策に係わる研究開発：監視通信分野の研究開発,” 第56回飛行機シンポジウム, 2018年11月.
- (9) N. Yonemoto, et.al, “Experimental investigation for radiation pattern of onboard radio altimeter,” ICAO FSMP WG/8, Montreal, CANADA, January 2019.
- (10) 森岡 和行他, “AeroMACSを用いたSWIMアクセスのためのQoS検証実験,” 電子情報通信学会技術報告, 2019年1月.
- (11) 長縄 潤一他, “空港面において大地反射フェージングを低減する基地局アンテナ構成の実験的検証,” 電子情報通信学会技術報告, 2019年2月.

空港面と近傍空域のシームレスな全機監視方式の研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○角張 泰之, 古賀 禎, 宮崎 裕己, 松永 圭左, 本田 純一, 田嶋 裕久

研究期間 平成 27 年度～平成 30 年度

1. はじめに

電子航法研究所は、従前のマルチラテレーション(MLAT)の課題であった空港内エプロン近傍等におけるマルチパス信号干渉の改善と整備・維持管理コストの低廉化を図るべく「光ファイバ接続型受動監視システム(OCTPASS)」の提案・開発を行ってきた。本研究はこれを元に、空港面から近傍空域までを一元的にカバーするモード A/C 機対応監視システムの実現を図るものである。

MLAT は、通常、航空機のモード S トランスポンダから送信される電波(モード S スキッタ信号やモード S 応答信号)を利用して測位を行う受動監視システムであり、原理上は、航空機への質問送信を必要としない。しかしながら、実運用を視野に入れた場合、周辺を飛行する航空機のビーコンコード情報や気圧高度情報の取得を行う能動的な質問信号の送出が不可欠であり、システムの構成要素として送信処理部が必要である。

開発を進めてきた OCTPASS もまた、送信処理部を備え、航空機のトランスポンダに向けた質問送信が可能である。OCTPASS の場合、その構成上、送信局と受信局とでクロックを共有しており、質問信号の送信から応答信号の受信までの時間を極めて正確に計測することが可能である。

このような時間計測によるレンジング(測距)を行うと、送信局・受信局と航空機との間に楕円を作図でき、これらを複数描くことにより、交点部分に航空機位置を算出することができる(図 1)。レンジングによる楕円測位を行うと、空港内に設置された複数の受信局に囲まれた内側に限ら

ず、その外側においても航空機位置の算出が安定する。空港周辺を対象とした監視覆域の広域化により、空港面から空港周辺までのシームレスな監視が可能となる。

一方、空港周辺を飛行する航空機には、未だモード S トランスポンダを装備していないもの(モード A/C 機)も存在するため、空港用監視システムとしてはモード A/C 機への対応が不可欠である。

モード A/C 信号は、モード S の信号形式に比べて複雑ではないが、それ故、信号数が輻輳する環境において、一般的には信号の検出や信号毎の識別が困難になる。またモード A/C 質問は、モード S 質問のように航空機毎に個別に質問信号を送信することが出来ないため、一度の質問信号の送信に対して、周囲の航空機が一斉に応答を返す。このことも受信信号毎の識別を困難にする一因となる。本研究ではこれらの課題解決も含めてモード A/C 機対応の実現を図った。

2. 本年度の研究の概要

OCTPASS 装置のモード A/C 信号対応化として、受信側の信号処理機能の追加、送信側の信号生成機能の追加を前年度までに実施してきた。研究の最終年度である本年度は、質問送信機の新たな機能追加として、モード A/C トランスポンダに対して選択的に応答・不応答を実現するための高度な質問機能を実装し、実環境評価として、仙台空港に設置した実験システムで検証を行った。

3. 研究成果

本研究では、光ファイバ無線(Radio over Fiber: RoF)技術の持つリアルタイム性を利用し、2 台の質問送信機を連携動作させることで、意図した方向以外の航空機において不応答領域を形成し、応答抑制をする技術を開発した。図 2 に開発した技術によるモード A/C 機の応答のイメージを示した。実環境(仙台空港)に設置した評価装置にこれを実装し、その動作を検証した。図 3 はある固定目標点の方向に対して応答領域を形成した場合の応答の様子を示したものである。色のついたプロットはモード S 機の応答、白のプロットがモード A/C 機の応答として、測位されたものである。赤線で示した方向以外ではモード A/C 機の応答

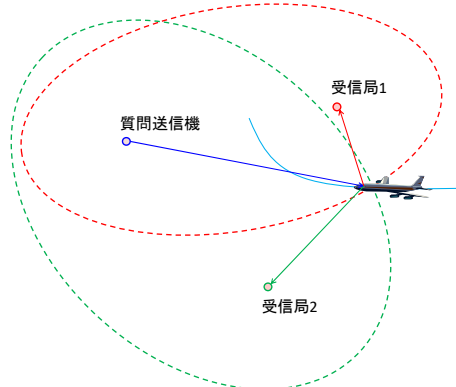


図 1 送信局と受信局の位置が異なる場合のレンジング(測距)による楕円測位の原理

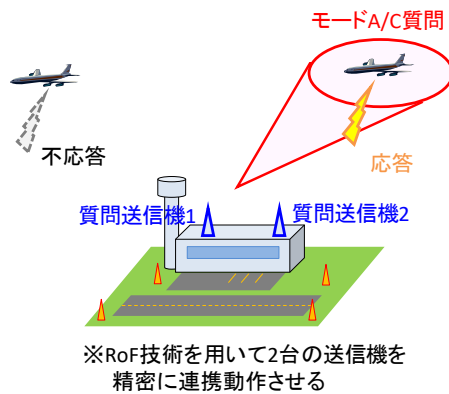


図2 本研究で開発した高度な質問方式によって実現したモード A/C 機の応答イメージ

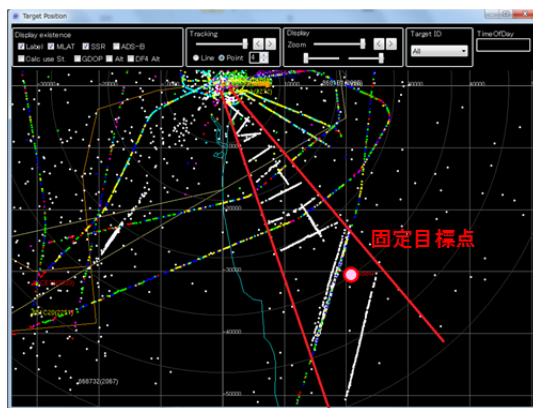


図3 本方式で形成されたモード A/C 応答領域

が抑制されていることが確認できる。モード A/C 機対応マルチラテレーションにおいて信号環境改善に資する技術であることを確認した。

4. まとめ

本研究では、空港周辺 15NM 程度までの航空機監視が可能なモード A/C 機対応マルチラテレーションを実現してきた。これにより、従来マルチラテレーションが導入されてきた大規模空港のみならず、今後展開が予定されるリモートタワー等、小規模空港での活用も期待される。

掲載文献

- (1) 角張, 本田, 古賀 他, “航空管制用監視システムと RoF 応用,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.115, no.336, MWP2015-52, pp.1-4, 2015 年 11 月
- (2) J. Honda, Y. Kakubari and T. Koga, “DOP Simulation Considering LOS/NLOS for Aircraft Positioning on Airport Surface,” Proc. the 2015 IEEE 5th Asia-Pacific

Conference on Synthetic Aperture Radar (AP SAR), pp.773-776, Singapore, 2015 年 9 月

- (3) 角張, “光ファイバ接続型受動監視システムについて,” 一般財団法人航空振興財団 航空保安システム技術委員会 調査研究報告書, pp.170-185, 2016 年 3 月
- (4) 角張, “航空機監視システムとその高度化事例,” 計測と制御, vol.55, no.5, pp.400-404, 2016 年 5 月
- (5) 角張, “仙台空港での OCTPASS の試行運用状況について / モード A/C 検出の研究開発状況,” CARATS ATM-WG 監視アドホック 1 会議, 2016 年 12 月
- (6) 角張, “到来電波測定による位置推定技術と RoF 応用,” 応用物理学学会関西支部セミナー, 2017 年 1 月
- (7) 角張, “航空機監視システムと Radio over Fiber を利用した高度化,” 一般社団法人 KEC 関西電子工業振興センター 次世代ワイヤレス通信技術講座, 2017 年 3 月
- (8) 角張, 古賀, “航空機監視システムと光ファイバ無線の応用,” 電子情報通信学会技術研究報告(光応用電磁界計測研究会), 2017 年 9 月
- (9) 角張, 古賀, 本田他, “光ファイバ無線を用いた航空機監視システムの楢田測位実験,” 電気学会電子・情報・システム部門大会, GS7-4, 2017 年 9 月
- (10) Y. Kakubari, Y. Kosuge and T. Koga, “ADS-B latency estimation technology for surveillance performance assessment,” ENRI International Workshop on ATM/CNS, EN-A-60, 2017 年 11 月
- (11) 角張, “航空機監視システムとその高度化事例,” 自動化技術(韓国誌), vol.33, sn.395, pp.65-70, 2017 年 12 月
- (12) 角張, “Development of Enhanced MLAT Prototype in Sendai Airport,” 第 2 回日・ベトナム航空セミナー, 2018 年 3 月
- (13) Y. Kakubari, “Background of developing MLAT and future application,” Technical Seminar on MLAT Cooperation program at Phu Quoc International Airport, Hanoi, Vietnam, 2018 年 8 月
- (14) 古賀, “マルチラテレーションの概要,” JUTM リモート ID&機体位置把握に関する TF, 2018 年 11 月
- (15) J. Honda, Y. Kakubari and T. Otsuyama, “Activities Regarding Application Technologies for Primary and Secondary Surveillance Radars in Japan,” ICAO 2018 Workshop on Aeronautical Surveillance Systems (WASS), Thailand, 2018 年 11 月
- (16) J. Honda, Y. Kakubari, et.al., “Multilateration System Employing Radio-over-Fiber Technology,” ICAO SP ASWG TSG/8, USA, 2019 年 2 月

従属監視補完技術に関する研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○宮崎 裕己, 古賀 禎, 大津山 卓哉, 松永 圭左,
角張 泰之, 本田 純一, 長縄 潤一, 田嶋 裕久

研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度

1. はじめに

我が国の航空交通システムの長期ビジョン(CARATS)では、航空交通需要の増大に対応するために、航空交通管理(ATM)運用概念や通信・航法・監視(CNS)基盤技術に関する変革の方向性が示されている。このうち、航空機監視技術については、地上・機上での状況認識能力の向上が挙げられている。このため現在、広域マルチラテレーション(WAM)の導入が進められており、今後は衛星航法システム(GNSS)をベースとした自動位置情報伝送監視(ADS-B)への移行が計画されている。このADS-Bは、航法システムを位置情報源とする従属監視方式であるため、非意図的な誤位置情報発生や意図的な偽位置情報攻撃への脆弱性対策が必要である。また、航法システムの障害や機上航法装置の不具合が発生した場合の補完監視センサも必要であり、ADS-B用信号を利用した測位が可能なWAMが候補システムとして位置づけられている。補完センサとしてのWAMに対しては、GNSS障害発生時の時刻同期や、受信局数の削減を可能とする技術開発が求められている。これらの対策を実現する技術は、欧米において評価が進められている情報はあるが、検証結果は公表されない状況にある。

2. 研究の概要

2.1 ADS-BとWAMの測位原理

図1にADS-BとWAMの測位概要を示す。ADS-Bでは、航空機が自機の位置情報を、GNSSを用いて算出し、航空機が搭載するトランスポンダから放送される。放送された位置情報は、地上に設置されたADS-B受信局で受信され、この情報をもとに監視が行われる。一方WAMでは、トランスポンダが送信する信号を、地上に配置された複数の受信局で検出して到達時刻を測定し、受信局間の到達時刻差から、航空機と各受信局との距離差を導出する。そして、距離差が一定との条件からなる双曲線同士の交点を求めることで航空機の位置を算出する。ADS-BとWAMは、トランスポンダから送信される同じ形式の信号を利用するため、同時運用が可能である。

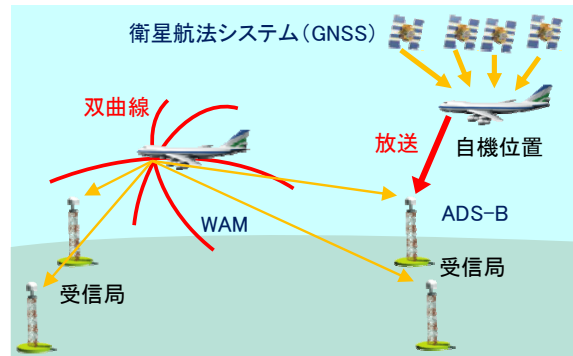


図1 ADS-BとWAMの測位概要

2.2 ADS-B脆弱性対策技術の開発・評価

従属監視方式であるADS-Bは、地上側設備をシンプルに構成できる一方、監視情報を航空機からの自己申告に頼ることから、機上装置不具合による不正確な情報に加えて、悪意のあるグループによるジャミング(妨害電波の照射)や偽情報に弱いとの課題(脆弱性)がある。ジャミングへの対策としては、受信局冗長配置やアレーアンテナによる妨害電波除去技術が挙げられる。偽情報への対策としては、トランスポンダが送信する信号の到達時刻差や到来方向を測定して、信号に含まれるADS-B位置情報を検証する手法が挙げられる。本研究では、このような位置情報の検証技術やジャミング対策技術を開発・評価する。また、評価結果のICAO技術資料への反映を目指す。

2.3 補完用WAM技術の開発・評価

WAMでは、受信局間の信号到達時刻差から航空機の位置を算出するため、受信局間で精密な時刻同期を得ることが必要であり、一般的にGPSが時刻同期に利用される。この状況では、GPS障害が発生した場合、ADS-Bに加えて、補完センサであるWAMにも障害が発生する。このため、GPS以外で時刻同期を得る方式が必要であり、本研究ではルビジウム発振器を時刻同期に利用する方式を開発・評価する。また、ADS-B補完センサとしてのWAMにおいては受信局削減が好ましく、信号到来角の

利用が考えられる。信号到来角が測定できた場合、この情報は幾何学的に見ると直線に相当するため、信号到達時刻差による双曲線と同様（受信局1局分）の効果が得られる。本研究では、WAM 測位に信号到来角を活用した受信局数削減の実現性を評価する。

3. 研究成果

4年計画の2年目である平成30年度は、ADS-B脆弱性対策と補完用WAMの両技術に関して、必要な機能をADS-B/WAM実験装置に付加するとともに、両技術の機能試験を実施した。

3.1 ADS-B脆弱性対策技術の開発・評価

我が国では、現在導入を進めているWAMシステムにADS-B機能も持たせ、機上側ADS-B搭載装置の装備状況を踏まえて、ADS-Bに移行する計画を取っている。この計画では、地上側ADS-B受信局が、WAM受信局として冗長的に配置されることとなる。この状況に基づいて費用対効果を踏まえた脆弱性対策を考えると、偽情報には信号到達時刻差(TDOA)によるADS-B位置検証、ジャミングには受信局冗長配置による対策が最適な方式として考えられる。機能試験では、これらの両方式による対策技術の評価した。

(1) 信号到達時刻差によるADS-B位置検証

航空機から送信されるADS-B信号を地上に配置された複数のADS-B受信局で検出できる場合、検出したADS-B受信局間の信号到達時刻差(TDOA)を、ADS-B信号が含む航空機位置から計算したTDOAと比較することで、その信号内容が正しいかを検証できる。機能試験は、TDOAによるADS-B位置検証機能を実験装置に付加して実施した。試験では、高尾山に偽信号源が存在し、偽信号が箱根と調布の両受信局に届いていると仮定して、TDOA位置検証技術により偽信号を除去させて、正常な航跡のみ表示できるかを確認した。図2に受信局と偽信号源の位置関係を、図3にTDOAによるADS-B位置検証の試験結果を示す。図3から、位置検証を適用した場合は偽信号が除去され、在空中機のみ表示されている一方、位置検証なしの場合は多数の偽航跡が表示されていることが分かる。

(2) 受信局冗長性によるジャミング対策

あるADS-B受信局に妨害電波が照射され、航空機からのADS-B信号が受信できない状況となった場合でも、近隣に冗長的に配置された受信局でADS-B信号を正常に受信できれば、運用の継続が可能となる。妨害電波を広

範囲に照射することは現実的に困難なことが想定されるので、受信局冗長性による対策は効果の高い方式と考えられる。機能試験では、妨害電波(ジャミング)を調布の受信局に加えて、近隣に配置された他の局がある場合には、継続して航跡が表示されるかを確認した。図4に受信局冗長性によるジャミング対策の試験結果を示す。調布以外の他局(鹿野山、田町、玉川)がある受信局冗長性の場合には多数の航跡が継続して表示されているが、調布受信局のみの場合では、ほとんどの航跡が消失していることが分かる。



図2 受信局と偽信号源の位置関係



図3 TDOAによるADS-B位置検証の試験結果

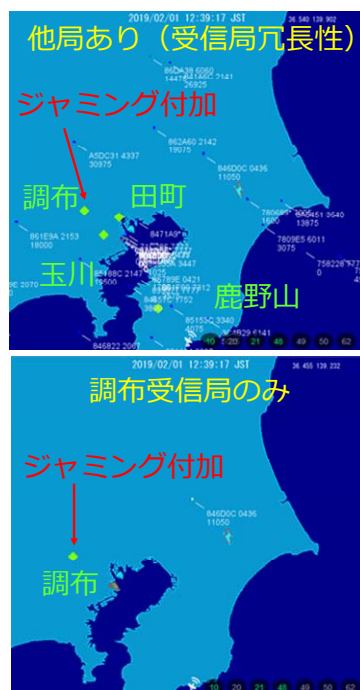


図4 受信局冗長性によるジャミング対策の試験結果

3.2 補完用 WAM 技術の開発・評価

機能試験は、ルビジウム発信器により時刻同期を得る機能を実験装置に付加して実施した。試験では、調布受信局の GPS 受信機が利用できない場合に、ルビジウム発信器により受信局間の時刻同期が得られ、WAM 測位が正常に行えるかを評価した。図 5 にルビジウム発信器を利用した機能試験のブロック図を、図 6 に機能試験の結果（表示画面）を示す。図 6 から、ルビジウム発信器で時刻同期を取った場合でも、正常に WAM 測位が行われている（航跡が得られている）ことが分かる。

4. 考察等

平成 30 年度は、ADS-B 脆弱性対策技術については、TDOA による ADS-B 位置検証の機能試験を行い、偽航跡を除去できることを確認した。また、受信局冗長性によるジャミング対策の機能試験を行い、継続して航跡が表示されることを確認した。補完用 WAM 技術については、ルビジウム発信器を利用した受信局時刻同期の機能試験を行い、継続して時刻同期が得られ、WAM 測位が正常に行えることを確認した。今後は、位置検証機能、ジャミング対策技術、時刻同期技術について詳細な評価を行う計画である。

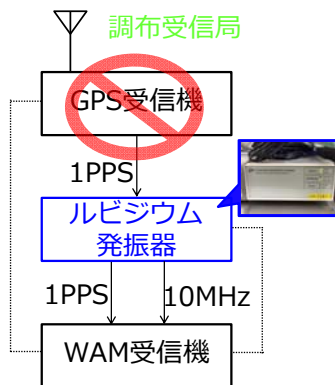


図 5 機能試験のブロック図



図 6 試験結果（表示画面）

謝辞

実験装置の設置及び評価試験の実施にご協力を頂いている国土交通省の関係各位に感謝の意を表します。

掲載文献

- (1) J. Naganawa, H. Miyazaki, T. Koga and H. Tajima, “ADS-B Security Consideration in Japanese Airspace from a Technical Perspective,” Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference 2018, Apr. 2018.
- (2) H. Miyazaki, J. Naganawa and T. Otsuyama, “Investigation of RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM,” SP-ASWG7-WP19, ICAO SP ASWG/7, Apr. 2018.
- (3) 長縄, 宮崎, 古賀, 田嶋, “信号検出を考慮した配置設計を実現するための広域マルチラテレーション測位精度モデル”, 電子情報通信学会 技術研究報告, SANE2018-8, pp. 41-46, 2018 年 5 月
- (4) 長縄, 宮崎, 田嶋, 古賀, 角張, “ADS-B/WAM 機能強化に向けたアレーアンテナ技術の検討,” 平成 30 年度（第 18 回）電子航法研究所研究発表会講演概要, 2018 年 5 月
- (5) H. Miyazaki, J. Naganawa and T. Otsuyama, “Investigation of RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM,” ASWG TSG WP 07-13.2, ICAO SP TSG/7, Jun. 2018.
- (6) H. Miyazaki and M. Sundell, “Updating Surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual,” ASWG TSG WP 07-11, ICAO SP TSG/7, Jun. 2018.
- (7) 長縄, 宮崎, “TDOA を用いた ADS-B 成りすまし検出の理論的検討,” 2018 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-2-24, 2018 年 9 月
- (8) 長縄, 宮崎, “TDOA を用いた ADS-B 位置検証における遅延の考慮,” 電子情報通信学会 技術研究報告, SANE2018-44, pp.1-6, 2018 年 10 月
- (9) J. Naganawa and H. Miyazaki, “Performance Model of ADS-B Position Verification by TDOA,” Proc. International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications, Berlin, Germany, Oct. 2018.
- (10) J. Naganawa, H. Miyazaki and H. Tajima, “Localization Accuracy Model Incorporating Signal Detection Performance for Wide Area Multilateration,” IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Nov. 2018.
- (11) J. Naganawa and H. Miyazaki, “A Theory of Aircraft Position Verification using TDOA,” Proc. 2018 Asia-Pacific Microwave Conference, Kyoto, Japan, Nov. 2018.

- (12) 宮崎, 小菅, 田中, “基準局での目標距離観測値を使用した TDOA 測位”, 電子情報通信学会 技術研究報告, SANE2018-101, pp.65-70, 2019 年 1 月.
- (13) J. Honda, H. Miyazaki, Y. Kakubari, T. Koga and T. Otsuyama, “Change Proposal of Common Clock System in DOC-9924,” SP-ASWG9-WP24, ICAO SP ASWG/9, Mar. 2019.
- (14) H. Miyazaki, “Mode S DAPs Implementation and Operations Guidance Document (Section 6.4,6.5) V0.4,” DAPs WG/2 - WP/04 Attachment, ICAO APANPIRG SURICG Mode-S DAPs WG/2, Singapore, Mar. 2019.

滑走路上の異物検出率向上等要素技術に関する研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行

研究期間 平成 29 年度～平成 30 年度

1. はじめに

2000 年の仏国シャルルドゴール空港で発生した、直前に離陸した航空機から脱落した金属片を原因とするコンコルドの事故以来、滑走路等上の異物 (FOD) は非常に重要な空港安全の課題の一つとして認識が高まっている。また、バードストライクなどの突発的な事象は、異物の除去や滑走路の安全確認までに多大な手間と点検時間を発生させることになる。こうした事態は、航空機の離着陸を制限することから、空港の処理能力や運用効率を低下させる重大な要因となっている。このような背景の下、異物等空港面の状態を監視するシステムへの要望が高くなってきている。これらのシステムは滑走路の安全性と利用率に関わる重要な設備であるため、公的機関による評価への要望が高い。

当研究では、空港運用に係る安全性の向上、処理能力の維持、運用効率の向上等に資するため、運用者のニーズに対応すべく、実用化を念頭に置いた空港面異物監視システムの開発・評価を行うことを目的としている。具体的には、特殊な条件下で発生する検出率低下の原因を明らかにし、その影響を低減する技術開発を行うことで、さらなるシステムの性能、機能、および信頼性を高めるための技術要件を抽出する。

2. 研究の概要

本研究は2年計画であり、平成30年度は最終年度である。また、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 29 年度 各種異物の反射特性の評価

ミリ波送信素子の試作

平成 30 年度 悪天候時の性能低下の評価

送信信号走査の基礎評価

3. 研究成果

過去の研究成果では、金属円柱のような角度によって断面積が変わらない物体については高い検出率を示していたが、鏡面反射物体では特定の向きでレーダの受信電力が小さくなるため、検出確率が低下することが示された。そこでそれらの事象を評価可能なバイスタティック RCS 測定システムを構築した (図 1)。1 インチの金属円柱を 360 度

回転させながら、送受信アンテナと異物 (金属円柱) とのなす角度 (バイスタティック角) を変えて測定した結果を図 2 に示す。バイスタティック角度によって金属円柱の有効反射部分の角度が変わるため、徐々にレベルが低下する。金属円柱を 360 度回転させて測定した値が安定して測定できるのは約 140 度までのバイスタティック角であり、この範囲であれば正確なバイスタティック RCS の評価が可能であることが示された。

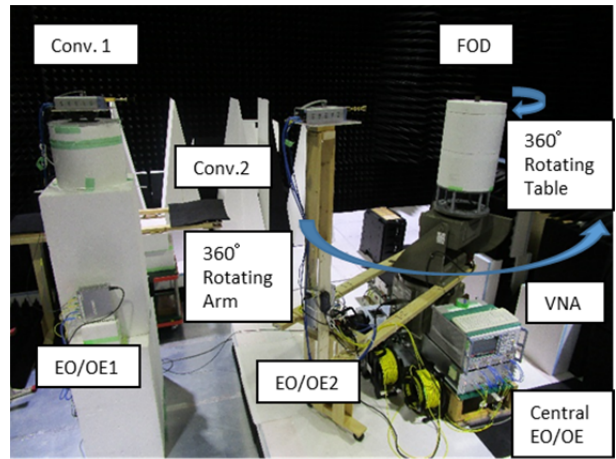


図 1 ミリ波バイスタティック RCS 測定システム

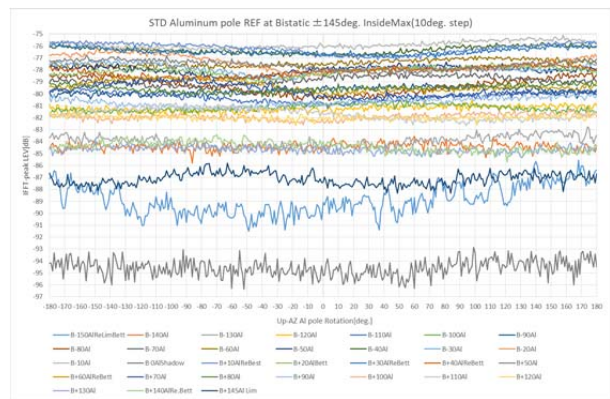


図 2 金属円柱のバイスタティック特性

また、成田空港に設置された実験用滑走路異物検出システムを用いて様々な異物を用いて運用実証試験を行った。場所、物体を中央装置側に事前に知らせず 9 種類の物体のレーダーとカメラによる検知性能を評価した。円筒形の金属、ワイヤの入ったタイヤ片、ポリタンクの蓋は高い確率で検出可能であったが、大きな航空機パネルは角度によ

てレーダーに映らないことが示された。また、今回の実証試験時にはかなり強い雨が降っており、その中ではレドーム表面の水滴により受信電力が 10dB 程度低下することが示された。

また、ミリ波ビームの電子的走査を実現するための基礎技術として、ミリ波送信モジュール、およびモジュールに供給する光信号を自在に制御する光回路による、ミリ波位相制御装置を試作した。図 3 にこれら試作システムのブロック図を示す。生成した無線信号を光領域にてアナログ的に振幅、位相を調整し、ファイバー伝送後に得られる無線信号を測定した。図 4 に示すように、遅延量を適切に調整することで、一つのファイバー無線用送信機から所望の振幅、位相差を有する無線信号が得られることを実証した。

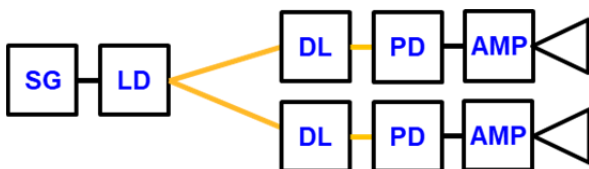


図 3 試作したファイバー伝送ミリ波送信機のブロック図

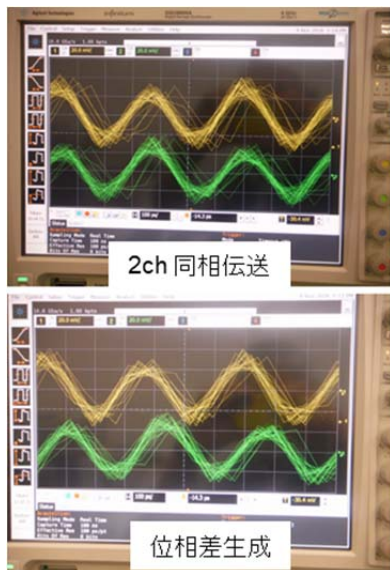


図 4 光アナログ制御による 2つの無線出力の同相伝送、位相差生成時の時間波形

4. まとめ

今年度のバイスタティック RCS 評価装置によって、異物の反射特性をより詳細に分析できることが示された。また、成田の実験システムを用いた試験を行った結果、降雨時の減衰量、および RCS 評価装置による事後検証にて航空機パネルを 95%の確率で検出するための必要改善量が見積もられた。また、ファイバー伝送ミリ波送信機による 2 送信機

振幅位相制御手法を開発した。次年度開始の重点研究では、レーダーで捕捉できなかった物体の RCS の分析、水膜による電波の減衰対策、マルチスタティックによる鏡面反射成分の取得等を検討する。

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

掲載文献

- (1) Naruto Yonemoto, "FOD Detection System for Runway -A New Hybrid Sensor System," Executive Workshop on the FOD Detection system and RoF technology, Bangkok, Thailand, May 3, 2017
- (2) Naruto Yonemoto, "Evaluation of FOD detection systems in Narita International Airport and future aspect," Workshop on the FOD Detection system for Kuala Lumpur International Airport, Kuala Lumpur, Malaysia, July 25, 2017
- (3) 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行, "空港面異物監視システムの異物検知性能評価," 平成 29 年度電子航法研究所研究発表会講演概要, pp. 18-23
- (4) Naruto Yonemoto, "Millimeter Wave Radar Connected By Radio Over Fiber For Foreign Objects And Debris Detection On Airport Surface," The 12th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, Oral 3-1S-3 (Invited talk), Singapore, Singapore, 31 July - 4 August, 2017
- (5) Tetsuya Kawanishi, Atsushi Kanno, Naokatsu Yamamoto, Naruto Yonemoto, Nobuhiko Shibagaki, and Kenichi Kashima, "Optical fiber network-connected distributed mm-wave radar system," 2017 IEEE Photonics Society Summer Topical Meeting Series (SUM), pp. 197-198,
- (6) Shunichi Futatsumori, Nobuhiko Shibagaki, Yosuke Sato, Kenichi Kashima, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, and Naruto Yonemoto, "Airport Field Evaluations of Optically-Connected 96 GHz Millimeter-Wave Radar System for Runway Foreign Object Debris Detection," 2017 42nd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), pp. 1-3, Can Cun, Mexico, August 27-September 1, 2017
- (7) Robert Geise, Naruto Yonemoto, Bjorn Neubauer, Georg Zimmer, and Achim Enders, "An Overview of Scattering Measurements of Scaled Dynamic Wind Turbines in the

Context of Navigation Systems,” 2017 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications, MB2.2

- (8) 米本成人, “滑走路異物検出システムの研究 -ハイブリッドセンサーシステム-,” 電子航法研究所出前講座, 鹿児島空港事務所, 2018年2月20日
- (9) 米本成人, “滑走路異物監視システムの研究」, 航空管制,” 2018年夏号, 2018年7月
- (10) Naruto Yonemoto, and Yasuyuki Kakubari, “Optical Distribution Network for Millimeter Wave Communication System Connected by Radio over Fiber,” 2018 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (iWEM), Nagoya Japan, 29-31 Aug. 2018
- (11) 米本成人, “航空分野におけるミリ波応用,” ミリ波応用技術—アンテナ・回路・基板・材料—, 第3章3項, S&T出版, 2018年8月
- (12) 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行, 金田直樹, “W帯における光ファイバー無線を利用したバイスタティック RCS 測定システム,” 信学技報, vol. 118, no. 324, MWP2018-47, pp. 17-21, 2018年11月.
- (13) 米本成人, “滑走路異物検出システムに関する研究と国内外の動向について,” 平成30年度電子航法研究所講演会, 2018年12月

担当領域 監視通信領域

担当者 ○大津山卓哉, 本田純一, 渡邊優人

研究期間 平成30年度～令和2年度

1. はじめに

空港面及び空港近傍の航空機監視に利用される二次監視レーダ(SSR)やマルチラテレーション(MLAT)等は、高精度、高検出率かつ高更新率を備えた監視システムである。しかし、監視対象にトランスポンダを必要とし、トランスポンダが搭載されていない、もしくは正常に動作していない場合の監視はできない。そのため、トランスポンダに依存しない一次監視レーダPSR(ASR, ASDE等)は、監視対象空域における航空交通の安全性を担保する上で重要な役割を果たす。しかし、PSR等は、大型の回転型空中線及び高出力送信機を必要とするため、整備及び維持の面で課題を有する。このような観点からPSRの代替もしくは覆域拡張のため、新しい監視システムの導入が期待されているが、新たな周波数帯の割り当ては困難であるため、既存の周波数資源を有効活用した新しい監視システムが求められている。

本研究では、航空用信号だけでなく航空用途以外の信号も活用して、空港面及び空港近傍における移動体を検出する独立非協調監視システムの開発を行う。そして、既存の空港面および空港監視レーダに比べて高検出率、高更新率を達成するマルチスタティックレーダ(MSPSR)に求められる性能要件を明らかにする。

2. 研究の概要

本研究は3カ年計画であり、初年度の平成30年度は次のことを行った。

- ① ICAO等への技術資料提供, MSPSR 動向調査
- ② MSPSRに必要な要素技術の開発
- ③ リアルタイムパッシブ監視システムの開発と製作

3. 研究成果

平成30年度はICAO監視パネル等に提出された、MSPSR関係の文献を調査するとともに、MSPSR関連技術についてASWG(Aeronautical Surveillance Working Group)に報告した。また、本研究に先行する重点研究にて整備を行ったMSPSR実験システムによる航空機の測位実験を行うとともに、マルチスタティック処理に向けた実験システムの拡

張およびリアルタイム処理システムの開発に着手した。

3.1. MSPSRの要件・動向調査

ICAO監視パネル等に提出されたMSPSR関係の文献調査等を行った。そして、複数の国際学会に論文を投稿し発表を行うとともに、パッシブレダを含む関連技術の最新動向調査を行った。MSPSRを航空管制システムに導入するための研究開発は、これまで欧州を中心に行われていたが、近年、中国や南アフリカといった国もそれぞれ特徴ある開発を進めている。さまざまなMSPSR関連する技術が報告されていることから、監視マニュアルへの反映を見据えて、各国の技術開発状況を取りまとめASWGにMSPSR関連技術開発状況として報告を行った。また、電子研で得られた実験結果を取りまとめ同パネルのASWGに報告した。

3.2. MSPSRに必要な要素技術の開発

仙台空港内に構築したMSPSR実験システムは、送受信機それぞれを光ファイバ無線技術(RoF: Radio over Fiber)を使って接続するOFC-PPSR(Optical-Fiber Connected Primary Surveillance Radar: 光ファイバ接続型パッシブ一次監視レーダ)となっている。

要素技術開発を効率的に進めるために、受信機等測定システムの再配置を行い、常時実験可能な構成に変更した。さらに、地上デジタル放送波信号を使ったパッシブレダについても、福岡工業大学内に常時測定可能な装置を設置しデータ取得を開始した。これらのシステム構築によって長期間の連続データ収集が可能となり、取得データ数が増えたことにより、効率的な信号検出手法の検証が可能となった。

3.3. リアルタイムパッシブ監視システムの開発と製作

先行研究にて構築したMSPSR実験システムは、信号処理手法や機材構成の確認を主目的として開発したため、システムの自由度はあるが信号処理等に時間がかかり、運用システムとは大きく異なる。したがって、本研究では、運用を見据えたレーダシステムとして評価可能となるリア

リアルタイム処理が可能な MSPSR 実験システムによって性能評価を行うことを目標としている。システム構築には様々な手法が考えられるが、既存の実験システムで評価した信号処理手法を容易に導入するため、SDR (Software Defined Radio:ソフトウェア無線機) を使ったシステム構築を開始した。図 1 は開発したソフトウェア無線を利用したリアルタイム処理パッシブ監視システムの実験機と測定環境を示し、図 2 は実験機を用いた測位実験による取得データの一例である。研修センターのレーダで取得した信号と比較したところ、似たクラッタとなることが確認された。



図 1：開発したリアルタイム処理パッシブ監視システムと実験環境

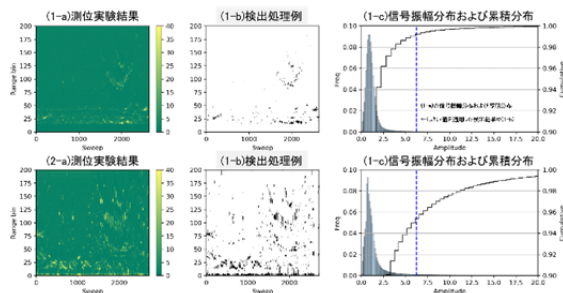


図 2：取得データの一例。上段はリアルタイムシステムによる測定結果。下段は研修用 PSR による測定結果。比較のため両者のデータに同じ信号処理を行っている。それぞれ (a) 遅延時間、角度マップ、(b) 検出処理結果の一例、(c) 信号振幅分布および累積分布と (b) に対する検出しきい値。

4. まとめ

今後、岩沼分室および福岡工業大学に設置した MSPSR 実験システムを使用して、パッシブレーダで有効な要素技術の開発を継続して行う。また、開発した技術はリアルタイム処理システムに適用し、MSPSR システムのプロトタイプへと発展させる。

本研究で開発・検証を行っているパッシブレーダは、捕捉性能の向上やブラインドエリアの解消が期待される。本研究の成果が、既存のレーダより安価で且つ測位精度や更

新頻度が向上した高性能レーダシステムの構築検討に資すると期待される。

掲載文献

- (1) M.Watanabe, J. Honda, and T. Otsuyama (Feb. 2019), "Moving Target Detection and Two-Receiver Setup using Optical Fiber Connected Passive Primary Surveillance Radar", IEICE Trans. on Comm., Vol. E102-N, No. 2, pp 241-246.
- (2) 大津山卓哉, 本田純一, 渡邊優人 (Dec. 2018), "光ファイバ接続型一次監視レーダの開発," 電気学会論文誌 C, Vol. 138, No. 12, pp 1573-1579
- (3) 渡邊優人, 本田純一, 大津山卓哉 (2019), "OFC-PPSR におけるバイスタティッククラッタに関する一検討," 電子情報通信学会和文誌, in press
- (4) 渡邊優人, 本田純一, 大津山卓哉, "S バンドパッシブレーダにおける空港周辺のクラッタ特性," 電子情報通信学会 SANE 研究会, 10 月
- (5) M. Watanabe, J. Honda, and T. Otsuyama, "Experimental Prototype for MSPSR based on Optical Fiber Connected Passive PSR, " ICNS 2018, Apr, 2018.
- (6) J. Honda, T. Otsuyama, M. Watanabe, and Y. Makita, "Study on Multistatic Primary Surveillance Radar using DTTB Signals Delays," Proc. Int. Conf. Radar (Radar 2018), ID:182, Brisbane, Australia, Aug. 2018.
- (7) J. Honda, T. Otsuyama, M. Watanabe, and Y. Makita, "Aircraft and Vessel Surveillance System by DTTB Signal Delays," Proc. Int. Symp. Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications (ESAVS 2018), Berlin, Germany, Oct. 2018.
- (8) T. Otsuyama and S. Marquard, "Status Update on MSPSR Development," ICAO SP-ASWG/7, Apr, 2018
- (9) J. Honda, Y. Kakubari, T. Koga, H. Miyazaki, and T. Otsuyama, "Application of Radio-over-Fiber to Multilateration," ICAO SP3-ASWG/8, Sep. 2018.
- (10) J. Honda, Y. Kakubari and T. Otsuyama, "Activities Regarding Application Technologies for Primary and Secondary Surveillance Radars in Japan," ICAO Surveillance Workshop, Nov. 2018
- (11) J. Honda, H. Miyazaki, Y. Kakubari, T. Koga and T. Otsuyama, "Multilateration System Employing Radio-over-Fiber Technology, " ICAO SP-ASWG/TSG/8, Feb. 2019

航空機内データ通信（WAIC）における電磁環境評価に関する研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○ニッ森俊一，米本成人，河村暁子，森岡和行

研究期間 平成30年度～令和3年度(4カ年)

1. はじめに

2015年に開催された世界無線通信会議（WRC-15）において、電波高度計に配分されている4 GHz帯（4,200 MHz-4,400 MHz）を航空機内データ通信（Wireless Avionics Intra-Communications, WAIC）に配分することが決議された。これを受け、WAIC機器間およびWAIC機器と電波高度計間で混信を与えないよう、EUROCAE WG-96/RTCA SC-236では規格化の策定が、また、ICAO周波数管理パネル（FSMP）においてはWAICの標準および勧告方式（SARPs）の作成が進められている。これらの活動には航空機製造メーカおよびアビオニクスメーカ等も参加して、WAIC機器の通信方式やネットワーク方式に関する議論が行われている。

我が国ではWAIC機器と電波高度計との相互運用性の検討において、電波環境特性に関する有効な評価技術に基づく測定評価法および解析評価法の確立が求められている。一方、国際的には4,200 MHz-4,400 MHz帯の隣接周波数を次世代携帯電話システム等に割り当てる検討が行われており、それらの周波数帯に携帯電話システムが導入された場合、隣接雑音および相互変調ひずみ等の発生により、より厳しい条件にてWAIC機器及び電波高度計の運用を強いられる可能性がある。

2. 研究の概要

研究の目的は、WAIC周波数帯における電波環境評価技術を実現することで、WAICに係る規格化およびSARPsの作成に寄与し、円滑なWAIC機器の導入と電波高度計および隣接帯域を用いる通信機器との相互運用性の確保を行うことである。本年度は4カ年計画の初年度であり、次の3項目について並行して研究を進めた。

- (1) WAIC機器、電波高度計、隣接帯域を用いる通信機器との共用条件およびWAIC機器認証法を検討する。
- (2) WAIC機器を想定した通信機器の航空機搭載時の電磁環境測定評価を実施する。
- (3) WAICおよび航空機電磁干渉に関する国際標準化活動を実施する。

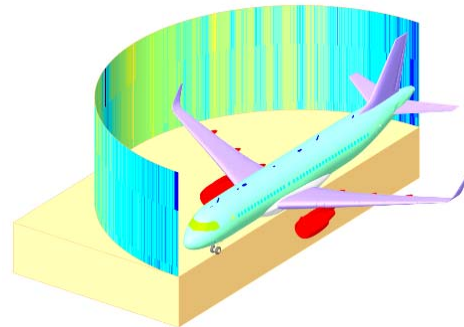


図1. 大規模電磁界数値解析技術を用いたWAIC周波数帯における大型航空機全周放射電磁界解析推定結果例

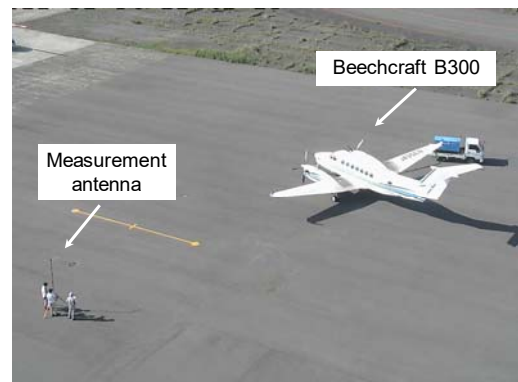


図2. ビーチクラフト B300 型機電磁環境評価測定

3. 研究成果

WAIC機器、電波高度計、隣接帯域を用いる通信機器との共用条件およびWAIC機器認証法の検討については、WAIC機器から放射される詳細な電磁界特性を推定するための技術として、大規模航空機電磁界推定技術を用いた詳細電磁界評価法を提案し、大型航空機の全周放射電磁界推定を実現した（図1）。

また、WAIC機器を想定した通信機器の航空機搭載時の電磁環境測定評価の一部として、電子航法研究所実験用航空機を用いた電波高度計放射特性測定および干渉経路損失測定を実施した（図2）。

さらに、WAICおよび航空機電磁干渉に関する国際標準化活動として、EUROCAE WG-96/RTCA SC-236およびICAO FSMPに参加し、当所および我が国での取り組みを

報告することで標準規格策定に貢献した。これらの国際規格策定会議での動向や各国状況について、航空局、総務省および民間各社と随時情報交換を行っている。

4. まとめ

予定通りWAIC周波数帯における電磁環境評価技術を新たに提案し、解析と実験の両面から研究を実施した。さらに、国際標準化活動についても積極的に実施し、円滑なWAIC機器導入および隣接周波数帯を利用するシステムとの相互運用性の確保のための活動を実施した。

掲載文献

- (1) Shunichi Futatsumori, Tetsuya Sekiguchi, Takashi Hikage, "Propagation Characteristics Estimation for Wireless Avionics Intra-Communication Systems Based on Large-Scale FDTD analysis," EUROCAE WG-96/RTCA SC-236 Joint Plenary #8 document, May 2018.
- (2) Shunichi Futatsumori, Takashi Hikage, "Microwave Electromagnetic Field Characteristic Inside Carbon Fiber Reinforced Plastic Structures Evaluation Based on Reverberation Chamber and Human Phantom," proc. of 2018 IEEE AP-S Symposium on Antennas and Propagation and URSI CNC/USNC Joint Meeting (AP-S/URSI 2018), MO-UE.1P.5, Jul. 2018.
- (3) Tetsuya Sekiguchi, Takashi Hikage, Shunichi Futatsumori, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, "A Large Scale FDTD Analysis of Propagation Characteristics for Wireless Link Design of 4.4 GHz-band WAIC Installed on Passenger Aircraft," proc. of 2018 IEEE AP-S Symposium on Antennas and Propagation and URSI CNC/USNC Joint Meeting (AP-S/URSI 2018), FR-UB.5P.4, Jul. 2018.
- (4) Shunichi Futatsumori, and Naruto Yonemoto, "Experimental investigation of adjacent-band interference into radio altimeter due to LTE-Advanced base stations," ICAO FSMP Working group information paper, FSMP-WG7-IP08, Sept. 2018.
- (5) ニッ森 俊一, 宮崎 則彦, 関口 徹也, 日景 隆, 野島 俊雄, "航空機電波高度計と航空機内データ通信の周波数共用基礎検討 -小型航空機における電波高度計の地上放射特性測定-, " 2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-2-16, p. 182, Sept, 2018.
- (6) Shunichi Futatsumori, "Radiation power measurement from Beechcraft B300 FMCW radar altimeter," EUROCAE WG-96/RTCA SC-236 Joint Plenary #10 document, Oct 2018.
- (7) 関口 徹也, 日景 隆, 山本 学, 大宮 学, ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 米本 成人, "大規模 FDTD 解析を用いた航空機外における WAIC 周波数帯伝搬特性推定," 平成 30 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, p.115, 札幌市, 2018 年 10 月.
- (8) Shunichi Futatsumori, Norihiko Miyazaki, Tetsuya Sekiguchi, Takashi Hikage, "Evaluation of Aircraft Electromagnetic Field Propagation Characteristics at 4 GHz Wireless Avionics Intra-Communication Band - Numerical Analysis Based on Airbus A320-200 model and Field Measurement Using Beechcraft B300 aircraft -," proc. of International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2018 (ICSANE2018), IEICE Tech. Rep., vol. 118, no. 287, SANE2018-83, pp. 137-140, Nov. 2018.
- (9) ニッ森俊一, 宮崎則彦, 関口徹也, 日景 隆, 野島俊雄, "4 GHz航空機内データ通信システム用周波数帯における航空機電磁界伝搬特性の基本測定," 第56回飛行機シンポジウム講演集, 2D07, JSASS-2018-5123, 2018年11月.
- (10) Tetsuya Sekiguchi, Takashi Hikage, Manabu Yamamoto, Toshio Nojima, Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Naruto Yonemoto, "Numerical estimation of propagation path loss for wireless link design of WAIC systems installed on outside aircraft cabin based on large-scale FDTD simulation," IEICE Communications Express, vol. 8, no. 5, pp. 129 - 134, Feb. 2019.
- (11) 関口 徹也, 日景 隆, 山本 学, 野島 俊雄, ニッ森 俊一, 河村 暁子, 米本 成人, "大規模 FDTD 解析を用いた 4.4GHz 帯 WAIC システムのための機外観測面における伝搬特性推定," 電子情報通信学会論文誌 B, vol.J102-B, no. 2, pp. 72 - 79, 2019 年 02 月.
- (12) S. Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, N. Yonemoto, T. Hikage, T. Sekiguchi, M. Yamamoto, and T. Nojima, "Analysis of radar altimeter interference due to wireless avionics intra-communication systems by using large-scale FDTD method -Investigation on Airbus A320 class passenger aircraft-, " Applied Computational Electromagnetics Society Journal, vol. 34, no. 2, pp. 365 - 368, 1054-4887, Feb. 2019.

ADS-B を用いた監視能力向上の研究【指定研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○松永 圭左, 宮崎 裕己

研究期間 平成 30 年度～令和 2 年度

1. はじめに

近年、航空交通でのADS-B（自動位置情報伝送監視）の利用に関して、豪州において2009年に航空機監視への運用が開始され、米国および欧州空域においても2020年の搭載義務化が進められており、国際的に利用が拡大されている。我が国においてADS-Bの航空機監視での利用は、CARATSにおいて平成33年度に意思決定を行う予定とされ、現時点では検証・評価が必要な段階である。

現在、WAMを用いた航空機監視として、空港、航空路において利用が進められているが、ADS-Bデータを航空機監視に利用する場合は、その位置情報について信頼性等を検証する必要がある。ADS-Bデータには、位置情報だけでなく、その精度・信頼性情報が含まれており、これらの情報の評価を行った上で利用を検討すべきである。

また、ADS-Bの利用に関し、航空機監視用途とは別に、短縮垂直間隔 (RVSM; Reduced Vertical Separation Minimum)空域を飛行する航空機の安全性評価の一環で、本邦でも航空局が地域監視機関 (RMA; Regional Monitoring Agency) として高度維持性能監視を実施している。これにより、高度監視システム(HMS; Height Monitoring System) において、ADS-Bデータを用いたHMS (AHMS) の評価が継続的に求められている。

上記の状況を踏まえて、本研究は3ヶ年計画でADS-Bデータに含まれる信頼性情報を用いた監視性能評価、SBASを利用したADS-Bデータの監視性能評価、およびADS-B方式HMSの追加評価を行うこととした。

2. 研究の概要

2.1 ADS-Bデータに含まれる信頼性情報を用いた監視性能評価

初年度である平成30年度は、ADS-Bを用いた航空機監視の安全性評価について、欧州で検討されている安全性評価を調査するため、EUROCONTROLおよびEUROCAEの性能要件・安全性評価資料を入手し、信頼性評価手法の検討を実施した。

EUROCONTROLの資料[1]では、水平位置データの更

新頻度、データ欠損、水平位置誤差、連続した（累積）水平位置誤差、気圧高度データの測定からの経過時間および不正確な高度の頻度、等に関する要件値が検討されており、要件を満たしているかの解析手法例の解説がなされている。

EUROCAEの資料[2]は、ADS-B-RAD（レーダ空域でのADS-B管制）の整備に関連したサービスと環境状況についての文書であり、安全性の要件（SAFETY AND PERFORMANCE REQUIREMENTS (SPR)）に関して記述されている。機上側と地上側それぞれの要件が示されており、地上側に関して、システムのインテグリティおよび連続性、データ欠損検出、非一貫性チェック、水平位置誤差検出、気圧高度誤差検出、更新頻度、等の記述がある。ADS-B位置精度、インテグリティ等の要件に関しては、ADS-Bデータに含まれるNIC（航法インテグリティ）値及びNACp（航法位置精度）値に対応して説明がなされている。また、運用安全性評価（OPERATIONAL SAFETY ASSESSMENT (OSA)）に関しての検討内容が示されている。

現在、上記の欧州での評価手法についての詳細を分析中であり、今後、本研究で実施する事項の検討を進める。また、評価に必要なデータの確認を行い、評価プログラムの作成および解析を行う。

2.2 SBASを利用したADS-Bデータの監視性能評価

電子航法研究所（以下、当所とする）の実験用航空機においては、SBAS対応のGNSS受信機が搭載されていることを確認した。次年度以降、実際に放送されるADS-BデータのSBAS対応状況を確認するため、飛行実験を実施し、データの分析を進める予定である。

2.3 ADS-B方式HMSの追加評価

当所では、RVSM空域を飛行する航空機の高度維持性能の安全性評価に、ADS-Bの高度情報を用いた方式の研究をH27～29年度に実施した（ADS-B方式高度維持性能監視の研究）。この研究の結果、ADS-Bの幾何高度情報について、高度の基準面が2種類あることが、主要な誤差

要因として挙げられた。幾何高度基準面は航空機毎に異なることから、ADS-Bを高度維持性能監視に用いるためには、地上側システムで航空機毎の基準面を判別する必要があり、本研究でも継続して追加評価中である。

幾何高度基準の判別手法に関して、豪州のRMAであるAAMA (Australian Airspace Monitoring Agency) が判別手法を開発し、ICAOのRASMAG-MAWG (地域空域安全監視諮問グループ監視機関作業部会) およびRMACG (地域監視機関調整グループ会議) で発表している[3][4]。ADS-Bの幾何高度基準は、地球回転楕円体面と平均海水面(≒ジオイド面)の2種類があり、それぞれからの幾何高度はHAE (Height Above Ellipsoid), HAG (Height Above Geoid) またはHAMSL (Height Above Mean Sea Level) と称され、航空機毎にHAE, HAG, またはUNK (UNKNOWN; 判別不可) に判別される。

AAMA手法は豪州で収集されたADS-Bデータを基にパラメータを算出している。本手法を当研究所で収集しているADS-Bデータに適用し、解析した結果を図1に示す。UNKNOWNと判別された機体が、HAE/HAGと判別された機体の領域にも分散しており、8割程度の航空機がUNKNOWNとなる結果となったため、AAMA手法を(パラメータを含め)そのまま日本のADS-Bデータに適用することは困難であることが分かった。

この結果を受け、AAMA手法におけるパラメータの分析を実施する方法も考えられたが、データ解析が複雑なため、別の判別手法として、現在航空局が運用中のHMU (Height Monitoring Unit) の幾何高度情報を用いた解析の検討を開始した。HMUの幾何高度情報は、ADS-Bの幾何高度とは異なり、マルチラレーション方式で計測されているため、HMUとADS-Bの幾何高度情報と比較し、ADS-Bの幾何高度基準の判別を行うものである。今年度はプログラムを開発しており、次年度以降、処理結果の分析を行う。

3. まとめ

本研究において、欧州で検討されているADS-Bを用いた航空機監視の安全性評価の内容を調査した。今後、評価内容を精査し、必要なデータの確認、プログラムの開発および評価を実施する。

SBASを利用したADS-Bデータの監視性能評価については、今後、当研究所の実験用航空機を用いた飛行実験を行い、評価を実施する。

ADS-B方式HMSの追加評価に関しては、HMUデータとの比較を行う方式により、ADS-B幾何高度基準の判別手

法の評価を行う予定である。

掲載文献

- [1] “EUROCONTROL Specification for ATM Surveillance System Performance,” EUROCONTROL, Edition: 1.1, September 2015.
- [2] “SAFETY, PERFORMANCE AND INTEROPERABILITY REQUIREMENTS DOCUMENT FOR ADS-B-RAD APPLICATION,” EUROCAE, ED-161, September 2009.
- [3] “Identification of the height reference geoid from altimetry system error data,” AAMA, ICAO RASMAG MAWG/5, IP/03, January 2018.
- [4] “Identification of height reference geoid from altimetry system data,” AAMA, RMACG/13, IP/14, June 2018.

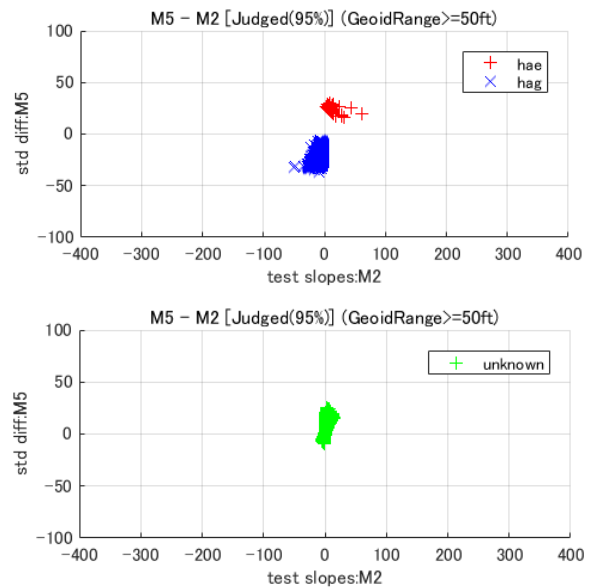


図1. AAMA方式を用いた日本でのADS-B幾何高度基準判別結果

上図: HAE (赤) / HAG (青)

下図: UNKNOWN (緑)

(横軸/縦軸は、参考文献[3][4]における指標値 Metric2/Metric5)

担当領域 監視通信領域

担当者 ○本田純一, 福島荘之介, 松永圭左, 毛塚敦, 田嶋裕久

研究期間 平成30年度～令和2年度

1. はじめに

民間航空分野で利用される無線システムは、建物や移動体及び複雑な地面からの散乱波（反射波や回折波）によって性能が低下する場合がある。これらは外的要因によるものだが、その原因が明らかになれば問題解決策を打ち出すことができる。また無線システムの開発前に利用環境の電波環境を推定することができれば、電波環境に合わせた最適システム的设计につなげることができる。一方、空港開発や新しい航空機の就航に合わせて発生する電波問題については、実環境に近い形でシミュレーションを実施することで運用に関わる改善策もしくはより効果的な運用方式を検討することも可能となる。このような電波問題について、2018年のAnnex 10 Vol.1のSARPs改訂では、計器着陸装置（ILS）の制限エリアの拡大に対して、最終判断は各国に委ねられることが明記されるとともに、改定プロセスの中でシミュレーションの重要性が述べられている。しかし、海外ではソフトウェアが整備されている中、日本は後塵を拝している。そのため、各種電波問題に対応できるILSシミュレーションの整備が強く求められており、そこでは実運用に寄与できる機能の実装が期待される。

本研究では、航空分野に適用可能な各種電磁界問題について適切な電磁界解析のためのプログラミングを行い、特にILSについては電波の専門知識がなくとも視覚的に理解することが可能となる解析エンジンを開発する。

2. 研究の概要

本研究は三カ年計画であり、本年度は航空局からの依頼研究も含め下記を実施した。

- ① 電磁界シミュレーション用のプログラミング
- ② ILSシミュレーション解析エンジンの開発
- ③ ILS GS前方地形のシミュレーション対応

3. 研究成果

本研究では、航空分野で利用される無線システムへの電磁界解析応用を念頭に、特にILSソフトウェアの実現を目指した解析エンジンの開発を行った。また、関連研究の動向調査を行い、必要とされる電磁界解析手法の選定を進めた。開発した電磁界解析手法及びILSへの応用について精

度検証のために仙台空港で信号測定試験を実施した。さらに研究成果を活用し、航空局からの依頼研究にも対応した。

3.1. 電磁界シミュレーション用のプログラミング

電磁界の解析ソフトウェアはすでにいくつも商用化されており、それらにはフルウェーブ解析や高周波近似解法などの計算手法が採用されている。正しく扱うことができればこれらのソフトウェアで得られた結果から、航空分野で利用されている各種電波問題への適用も可能であるが、そのためには電磁界に関する知識が必要不可欠である。本研究では、各種航空用無線機材で発生する電波干渉などの問題に対して、常時対応可能となる環境を整えるべく電磁界解析手法をいくつか用意し、必要に応じて所内の各研究や空港毎の課題に対応できるように準備することが目的である。また用意する電磁界解析手法については独自性も考慮しつつ、計算メモリの削減や計算アルゴリズム拡張の容易性、開発者以外の者が利用する場合の設定の簡便性などを考慮する。電磁界の解析から航空分野で必要とされる最終データまでを一貫して処理できるアルゴリズムを提供できるよう準備を進めている。

初年度となる平成30年度は、レイ・トレーシング法に基づいた建物等からの障害物や地面からの散乱波を計算できるアルゴリズムの開発を進めた。このアルゴリズムについては、すでに研究所で持っていたプログラムを一部流用し、さらに計算コストを削減するようアルゴリズムを改良した。今後は、レイ・トレーシング法をベースに物理光学近似や一様幾何光学回折理論などの複数の手法を取捨選択できる仕組みや別途精密解析できる解析手法の開発に着手する予定である。

計算精度の検証のためにILSを対象に実験を実施した。仙台空港内を実験用車両で走行し、空港南西に新たに建設された建物からの干渉波が得られるかについて試験を行った。なお、計算精度の検証に併せ実空港内におけるILS電波の特徴を取りまとめることも本実験の趣旨である。図1と図2は実験結果とシミュレーション結果を示している。実験は滑走路、誘導路及び場周道路で実施した。図1は場周道路における結果となるが、建物からの反射波とみられる干渉波が滑走路端より約770mから約1500mの位置にか

けて検出された。図2は送受信間の電波の航跡(レイ分布)のシミュレーション結果を示す。シミュレーションからも700mから1500m付近にわたり建物からの反射波成分が確認され、実験で得られた干渉波は建物から発生していると結論づけた。同時にシミュレーションの妥当性も確認された。電磁界強度及びDDM (Difference of the Depth of the Modulation) などの詳細な比較は次年度に実験システムを改良した上で改めて行う予定である。

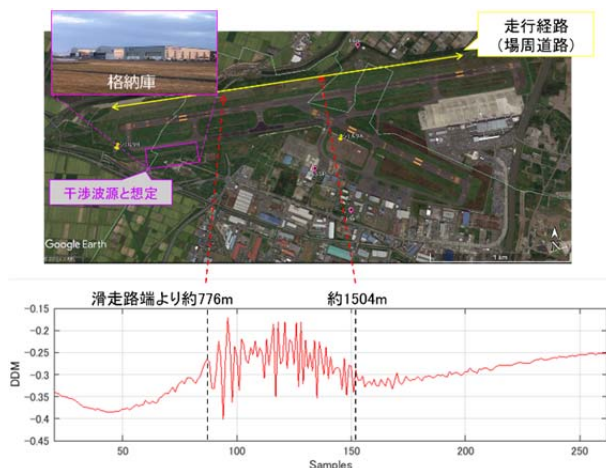


図1：仙台空港における ILS LOC の電波干渉試験結果

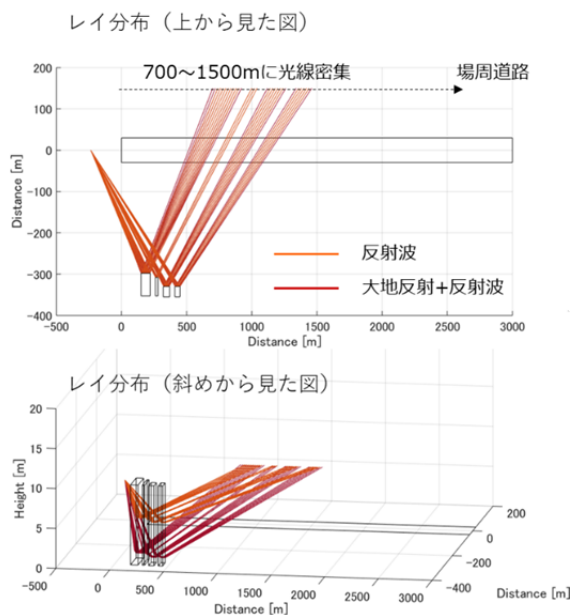


図2：シミュレーションによる電波干渉発生領域の検証

3.2. ILS シミュレーション解析エンジンの開発

実運用機材に関連する電磁界シミュレーションとして最も現場からの要望が大きいものに ILS が挙げられる。本研究では、ILS の電波干渉について電磁界に関する専門知識がなくとも視覚的にその特徴を把握することができる解析エンジンの開発に着手した。本年度は、まず設計書の作成に取り掛かり、その後、解析エンジンの開発を始めた。

図3は開発中の解析エンジンの画面を示している。本解析エンジンには前節で紹介した電磁界解析手法を実装する予定である。これまでの国内の ILS シミュレーションは一つの障害物など限定的な解析がほとんどであり、より現実環境に近い形での解析は行われていなかった。そこで、本研究では、複数の構造物及び地面形状を考慮した複数のアルゴリズムの開発と実装を進めている。次年度は解析エンジンの完成を目指して開発を継続する。

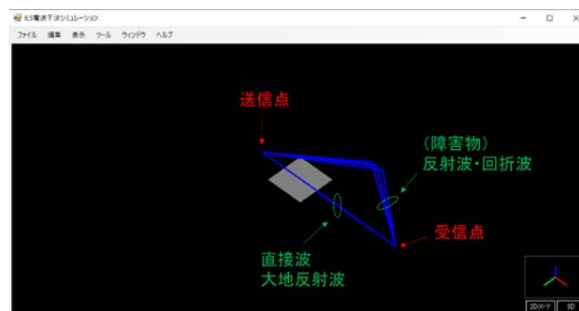


図3：開発中の解析エンジンの画面

3.3. ILS GS 前方地形のシミュレーション対応

本研究内で航空局からの依頼研究に対応した。羽田空港16Rに新設予定のGSアンテナの前方地形による電波干渉に関わるもので、当研究所は国土交通省東京航空局及び航空局交通管制部技術管理センタと協力してシミュレーションを実施した。本研究では、海外のソフトウェアの活用と当研究所にて新たにシミュレーターを開発することで対応した。ソフト上の近似計算といった特徴も考えられ完全に一致した計算結果ではないものの、それぞれの結果において地面の干渉成分はICAOの許容値内に収まるということが分かった。ただし、通常は不要な散乱波を防ぐためGSアンテナが整地されていることが望ましく、参考までにアンテナ前方のどの付近に反射波が発生するかも提示した。

4. まとめ

本年度は、電磁界解析シミュレーターの開発と ILS 解析エンジンの開発、空港内での ILS 信号測定試験、航空局からの依頼研究への対応を行った。次年度も電磁界シミュレーターの開発・改良および ILS 解析エンジンの開発を継続する。

掲載文献

- (1) 本田純一, 松永圭左, 毛塚敦, 田嶋裕久, “ILS ローカライザー信号における干渉波の実験結果,” 2019 信学総大講演論文集, B-2-8, p.173, March 2019.

受動型レーダを用いた近接航空機測位システムの研究【基盤的研究】

担当領域 監視通信領域
担当者 ○北折 潤, 塩見格一
研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度

1. はじめに

Passive Secondary Surveillance Radar (PSSR: 受動型二次監視レーダ) は、自らは電波を発することなく、近傍にある SSR (二次監視レーダ) からの質問信号及びトランスポンダからの応答信号を受信することによって、航空機を識別し測位できるシステムである。PSSR 第 1 号機が 1990 年代初頭に電子航法研究所で試作されて以降様々な改良が重ねられ、現在ではモード A/C 受信であれば消費電力 3W、弁当箱サイズ程度の PSSR が実現している。PSSR は安価に設置・運用できるため、航空機騒音等の空港環境評価の際に航空機測位センサとして用いられており、また様々な用途への活用が期待されている。

現在、航空管制運航情報官により飛行場対空援助業務が実施されている交通量の少ない空港 (レディオ空港) 等は SSR が未設置のため、アプローチ時の航空機の監視を目視に頼らざるをえない。これを遠隔地からの監視システムに置き換え (リモートレディオ化) できれば、安全性の維持・向上とともに地上施設の集約等による業務の効率化が期待できる。一方、現在我が国でも検討がなされている類似の遠隔業務構想としてリモートタワーが挙げられるが、その航空機測位システム候補としては、精密な時間計測、双曲線測位・楕円測位の組み合わせ、大規模なネットワーク構成等により、周辺受信局の外側でも航空管制に十分な測位精度を提供するマルチラレーションが考えられており、国内外において活発に研究・開発が行われている。しかし、レディオ空港は航空管制官が飛行場管制業務を行う空港に比して離着陸回数が少ないことから、運用者側としては空港周囲半径 30NM 程度にあるターゲットを簡易に監視可能なシステムにより対応する技術方策を模索、検討している。

本研究では、既開発の PSSR 技術をさらに発展させるべく、無指向性 SSR 局と PSSR 局を組み合わせることで、楕円測位原理によるレーダ近接地域を対象とした (安価な) 近接航空機測位システムを構築する。つまり、本システムの構成要素である無指向性 SSR 局及び PSSR 局を製作し、実験等によりその効用について検証する。また、既に実用化されている PSSR から得られる航跡データの処理方法についても研究する。

2. 研究の概要

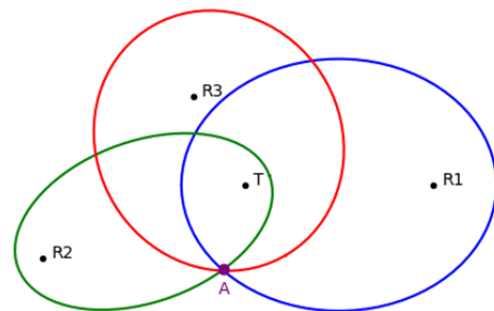
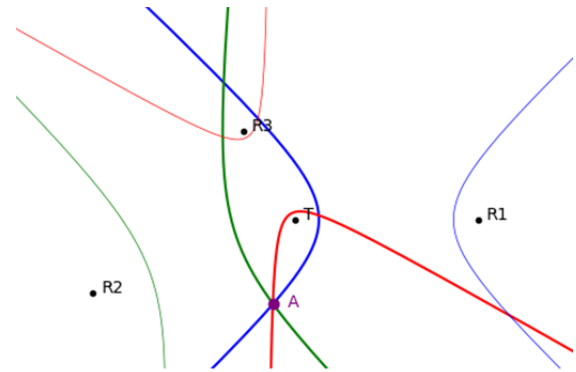


図 1 両測位原理の比較

(上: 双曲線測位, 下: 楕円測位)

従来、マルチラレーションのように一対多の送受信局で構成される監視システムは、設置各局で囲まれた範囲の内側で精度良く測位するために双曲線測位原理を用いてきた。しかし双曲線測位では設置各局の範囲から外にある目標物を精度良く検出するには適切でない事が知られている。一方で、楕円測位原理を用いれば同様の局配置でも設置各局の周辺目標物を精度良く測位できる可能性が示されており、マルチラレーションにも適用の動きがある。図 1 に両測位原理の概念図を示す。T 及び R1~R3 が送受信局、A が目標物を表す。

近接航空機測位システムは設置局周辺の航空機を対象としており、楕円測位原理の有効性を本研究中で実証してゆく。まずは実験により楕円測位の双曲線測位に対する優位性を検証する必要がある。

本研究は 4 年計画の 2 年目であり、今年度は主に以下の項目について実施した。

- ・測位原理検証実験
- ・PSSR 方式測位精度
- ・送信局設計・製作

3. 研究成果

3.1 測位原理検証実験

本システムが原理通りに航空機を検出・測位できるかについて、仙台空港付近で実験を行った。構成は送信局 1 局、受信局 3 局とした。ただし送信局は製作中のため、当所が別途開発した **Optically Connected Passive Surveillance System (OCTPASS: 光ファイバ接続型受動監視システム)** の送信局で代用した。仙台空港付近を飛行中の ADS-B (放送型自動従属監視) 搭載機を対象にモード A/C 及び ADS-B 位置データを受信し、後日別途解析した。

3 局の受信局全てで受信できたモード A/C データから、楕円測位及び通常のマルチラレーションで用いられる双曲線測位による計算を行い、両者から得られる航空機位置が ADS-B 位置データとどの程度ずれているかについて検証した。

取得した航跡の一例を図 2 に示す。赤丸が送信局、緑丸は受信局位置を表している。青線の ADS-B 航跡に対して橙の丸が楕円測位、紫の X が双曲線測位の計算結果を表しており、楕円測位結果は比較的 ADS-B 航跡の近くに分布しているのに対し、双曲線測位結果は大きく散らばっている事がわかる。

3.2 PSSR 方式測位精度

本システムの元となった回転走査型 SSR 近傍に設置する PSSR 方式についても、過去 PSSR と ADS-B でそれぞれ得られた航跡データを用いて比較を行った。その結果、ADS-B 位置データを基準とした場合に PSSR データから計算した航空機位置には角度オフセット、距離オフセット、ランダム誤差の 3 種類の誤差が含まれていることが判明した⁽¹⁾。前二者については PSSR 局の座標設定値の正確さがオフセット分誤差の減少に有効と考えられる。

3.3 送信局設計・製作

本システムで想定する質問信号送信局は無指向性 SSR 局である。これに対応する送信局を設計し、製作を開始した。

4. まとめ

近接航空機測位システムは、設置した各局の周囲半径 30NM 程度にあるターゲットを簡易に監視可能なシステムとして有用と考えられる。本年度は、双曲線測位方式より楕円測位方式が周囲監視に適していることを立証でき

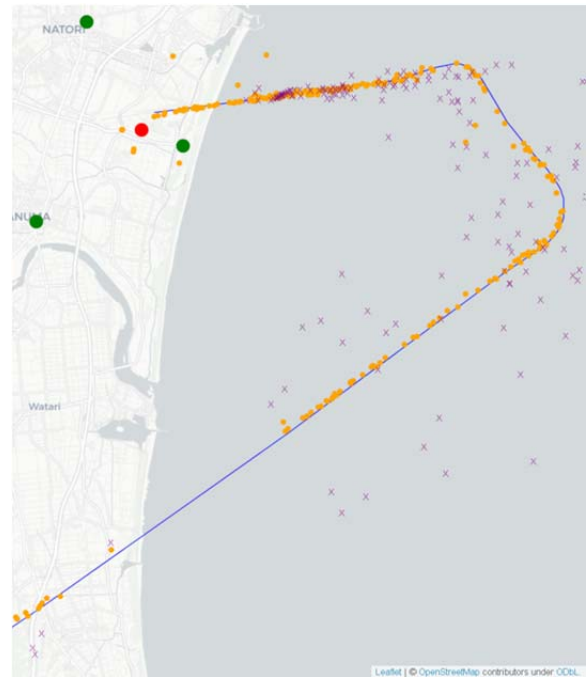


図 2 取得航跡例

た。また本システム用送信局の仕様検討を進め、製作を開始した。送信局の完成は来年度で、完成後に無線局免許申請を予定している。

掲載文献

- (1) 北折潤, 塩見格一, “受動型 SSR の ADS-B に対する位置誤差解析,” 第 18 回電子航法研究所研究発表会, 2018 年 6 月.

無人航空機を含む飛行環境形成の要素技術に関する研究【基盤的研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行

研究期間 平成 29 年度～令和 2 年度

1. はじめに

近年の急速な小型無人航空機の利用拡大に伴い、国内外で小型無人航空機と有人航空機のニアミス事案が多数発生している。こうした背景から、有人航空機と無人航空機の調和がとれた飛行を実現する技術として、同一空域を飛行する有人/無人航空機の位置を一元的に把握できる技術に期待が集まっている。本技術は、世界的に研究が進められている、UTM(Unmanned Aircraft System Traffic Management: 無人航空機運行管理)の概念を実現するためにも有効である。

先行研究では、無人航空機の位置推定技術に関する基礎研究を実施し、様々な手法を模索する中で無人航空機が発するテレメトリ波が位置推定に有効である可能性を明らかにした。本研究では、機体位置の把握技術をさらに深く、多面的に検討する。

2. 研究の概要

本研究の目的は、従来の有人機システムに親和性の高い無人航空機向け技術を開発することにより、無人航空機と有人航空機の安全で調和した飛行環境の実現に資することである。具体的には以下の2課題を柱とし、無人航空機の位置を把握する方法の要素技術の開発検討を実施する。

(1) 無人航空機が発するテレメトリ信号を用いた機体位置把握技術の開発

先行研究から、無人航空機が操縦者へ発する機体のセンサ情報であるテレメトリ信号を利用することが有効である可能性が明らかになっている。本研究では、当該信号波形の特徴解析等を通し位置把握技術の高度化およびさらなる開発検討を行う。

対象とする手法は、機体運航の関係者以外も、無人航空機が発する信号の外形を受信することで位置を推定できるため、空港等の重要施設の保護に効果が見込まれる。

(2) 既存の監視技術を無人航空機へ応用した際に生じる技術課題の検討

前述の UTM を実現する技術の候補として、有人航空機向け監視システムである ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast ; 放送型自動位置情報伝送・監視機能)を無人航空機へ応用することへの期待が一部の小型無

人航空機関係者へ広がっている。しかしながら、ADS-B の小型無人航空機における利用の効果や、特に有人航空へ与える影響について、これまで全く検証が行われておらず明らかでないため、総合的な検討を行う。

また、無人航空機を取り巻く世界情勢は急速に変化していることから、上記の研究課題と並行して、機体の大きさに関わらず無人航空機全般の情報収集・分析に努める。

3. 研究成果

今年度は、(2)既存の監視技術を無人航空機へ応用した際に生じる技術課題の検討 に絞って研究を実施した。小型無人航空機向けに販売されている ADS-B 送受信機およびトランスポンダを入手し、その特性測定と分析を行った。

uAvionix 社製小型無人航空機向け ADS-B 送受信機 Ping 1090i は、マッチ箱サイズで本体重量 23g と非常に小型である。この送受信機は本邦において電波法の無線局免許を有していないことから電波無響室内へ外部 GPS 信号を引き込み特性測定を行った。有人機向け ADS-B 送受信機と同様に 1090MHz のスペクトラムを送信すること、長さ 120 μ s の ModeS 拡張スキッタ信号を発し、内蔵 GPS の測位位置情報を放送すること、ADS-B-In 機能によって周辺の ADS-B 搭載機の信号をわずかではあるが受信できることを確認した。なお、最大出力は 20W であった。

また、uAvionix 社製小型無人航空機向けトランスポンダ Ping 20S についても検討を行った。重量 15g と小型で、図 1 のように外付け GPS 兼気圧高度計を使用する。当該機器も無線局免許がないため電波無響室内で有人機のトランスポンダの健全性確認に用いるランプテスト AeroFlex

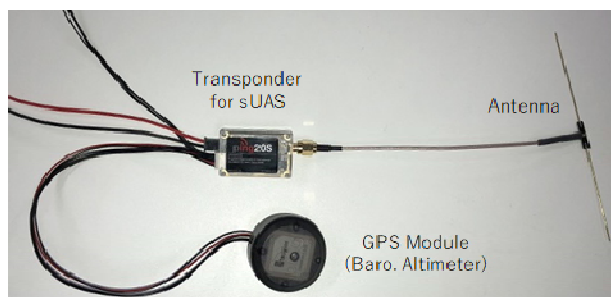


図 1 小型無人航空機向けトランスポンダ

送受信機とトランスポンダを測定分析し、その効果や有人機に対する懸念事項を明らかにした。

さらに、UASの国内外における情報収集や動向分析も広く行い、特に国内産業界、国外の法整備を担当する行政機関との情報交換を密に行った。また、各種会議において無人機関係者に対し有人航空機の安全への啓発活動に努めた。

次年度は、位置把握技術の開発を中心に研究を進める予定である。

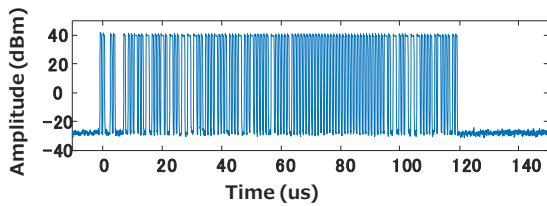


図2 トランスポンダの1090MHz 拡張スキッタ応答

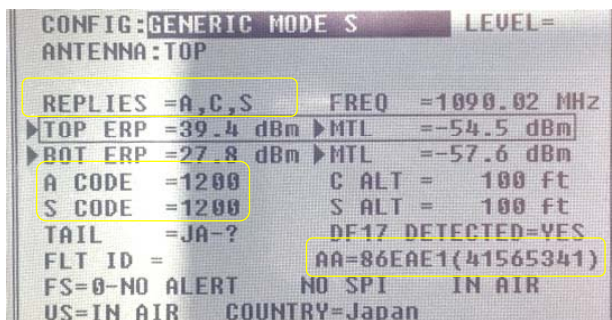


図3 トランスポンダからの信号を分析した結果

IFR6000 を用いて特性測定を実施した。この結果、送信する 1090MHz スペクトラムの形状および、各種質問信号に合わせた Mode A/C 応答、Mode S ショートメッセージ、Mode S 拡張スキッタ信号の応答を記録し、その内容を分析した。図2に応答メッセージ波形の一部、図3にランプテスタを用いた析結果を示す。

ADS-B 送受信機とトランスポンダはあらかじめ設定した任意の航空機アドレス (24bit code) や、前者では任意の航空機 ID、後者ではスコークも応答信号に含まれることがわかった。

小型無人航空機は有人機に比べ密に飛行するため、このような監視装置を搭載した機体が多数飛行したときの干渉の有無や効果、有人航空機に対する影響についての検討が必要であるといえる。さらに、いずれの機器も任意の航空機アドレスや ID、スコークなどを簡単に送信できることから、なりすましや誤設定を検出する仕組みも求められる。

4. まとめ

本研究は無人航空機と有人航空機の調和がとれた飛行に資する技術開発を目的とし、昨年度より4年計画で開始した。初年度は、到来位相差を用いた位置推定および既存の有人航空機向け監視システムの無人航空機への応用に関する課題抽出、検証装置の開発を実施した。2年目となる今年度は、無人航空機向け監視装置として販売された ADS-B

掲載文献

- (1) A.Kohmura et al., “Status of ADS-B In/Out Transceiver Product for Small UAS,” ICAO ASWG WP07-17.2, June 2018.
- (2) A.Kohmura et al., “Status of Transponder Product for small UAS,” ICAO ASWG WP07-17.3, June 2018.
- (3) 河村暁子ら, “小型無人航空機向け ADS-B の技術検証と課題,” 日本航空宇宙学会 第56回飛行機シンポジウム, 3D04, 2018年11月.

ヘリコプタ全周監視支援技術に関する研究【基盤的研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○ニッ森俊一，米本成人，河村暁子，森岡和行

研究期間 平成29年度～令和2年度

1. はじめに

近年，自動車事故防止のための安全システムへの適用を中心に，ミリ波レーダ等を用いた運輸安全技術に関する議論や関連する安全システムの研究開発が国内外で活発に行われている。航空機の中でも比較的low高度を有視界飛行するヘリコプタの場合，気象や周囲構造物の影響で障害物等の発見に支障が生じ，事故等の危険な状況が発生する恐れがある。最近の機種別事故統計によれば，ヘリコプタは全体に占める事故割合が高く，それらの事故原因のうち，乗員の周囲の障害物に対する状況認識に起因すると考えられるケースが少なくはない。これら障害物等の事前察知及び周囲監視のための操縦者支援システムとして，可視・赤外カメラやレーダ等の様々なセンサを組み合わせたシステム等の研究がこれまで行われている。さらに，近年では，送電線鉄塔等の障害物データベースと自機位置のGPS情報に基づき接近警報を発生するシステムも検討されている。

2. 研究の概要

本研究の目的は，ヘリコプタの運航安全に資するため，これまでの研究成果を踏まえ，ヘリコプタ運用者側のニーズに沿った性能および機能を有する航空機周辺状況監視システムを研究開発することである。具体的には次の3項目である。

- (1) 低高度においてヘリコプタの機体周辺の全周を監視することで，パイロットの死角を減少させ，障害物認知度を向上する。
- (2) 死角を減少させるために，高速ビーム走査技術やミリ波信号処理技術等を新たに適用し，機上搭載用レーダに適したシステムを開発することにより，従来にはない優れた安全運航支援監視技術を提供する。
- (3) 上記2点を達成することで，航空局のCARATS研究開発ロードマップで示されている研究開発テーマ(OI-12, OI-31)に対して適切な研究開発成果を提供し，今後の我が国における航空安全技術や安全施策の検討に資する。

4か年計画の2年目である平成30年度においては，主として下記の3項目について検討を行った。

- ・複数送受信機能を有する76 GHz帯ミリ波レーダ用フロントエンド回路の設計
- ・ミリ波レーダデジタルビームフォーミング(DBF)方式の設計
- ・複数送受信機能を有する76 GHz帯ミリ波レーダフロントエンドとDBF技術を用いた探知試験

3. 研究成果

3.1 複数送受信機能を有する76 GHz帯ミリ波レーダ用フロントエンド回路の設計

COTS製品での原理確認結果を踏まえ，76 GHz帯ミリ波レーダ用フロントエンド回路の設計を実施した。

3.2 ミリ波レーダDBF方式の設計

複数送受信機能を有する76 GHz帯ミリ波レーダ用フロントエンド回路を用いて，機体全周監視に適したミリ波レーダDBF回路の原理確認を実施した。

3.3 複数送受信機能を有する76 GHz帯ミリ波レーダフロントエンドとデジタルビームフォーミング技術を用いた探知試験

複数送受信機能を有する76 GHz帯ミリ波レーダ用フロントエンド回路を用いて，基本特性を取得した。また，宇宙航空研究開発機構および北海道放送との共同研究において，様々な要素技術の改善を行ったミリ波レーダを用いた飛行試験を実施した。これまでのレドーム材料では，レドーム内面の反射により受信ノイズフロアが上昇し，探知性能低下が発生する課題があったが，複数のレドーム材料の測定評価を行い，内面反射の少ない材料を用いることで探知性能の低下を抑えることが可能となった。図1および図2に，評価を行ったレドーム材料の概観および従来レドームとの比較結果を示す。試験の詳細な結果は現在取りまとめ中であるが，最大探知距離が改善したことを確認した。さらに送電線への進入角度や比



図1. 評価を行った様々なレドーム材料の概観

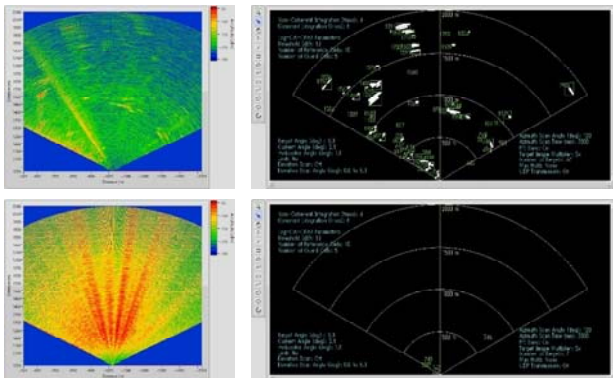


図2. 従来レドーム有無時におけるPPIスコープおよび対象物抽出画面の反射影響比較
(レドーム有り：上段、レドーム無し：下段)

高度等を変化させた場合においても探知状況が改善したことも確認している。

4. まとめ

平成30年度は、全周監視が可能となるセンサシステムを実現するため、DBF方式等の要素技術の評価および回路設計を実施した。また、要素技術改善を実施したヘリコプタ実機搭載試験を実施し、性能向上を確認した。

掲載文献

- (1) S. Futatsumori, K. Morioka, A. Kohmura, N. Sakamoto, T. Soga and N. Yonemoto, "Feasibility evaluations of three-dimensional-printed high-gain reflectarray antenna for W-band applications," IEICE Communications Express, vol. 7, no. 6, pp. 230-235 Apr. 2018.
- (2) Kazuyuki Morioka, Norihiko Miyazaki and Shunichi Futatsumori, "Estimation of high-voltage powerline detection performance in rainfall conditions by 76 GHz helicopter obstacle detection millimeter-wave radar system," Proceedings of Vietnam-Japan International Symposium on Antennas and Propagation 2018 (VJISAP2018), May 2018.

- (3) ニッ森 俊一, 森岡 和行, 河村 暁子, 米本 成人, 小林 啓二, 桂 信生, "ヘリコプタ前方障害物監視用ミリ波レーダの飛行試験,"平成30年度(第18回)電子航法研究所研究発表会講演概要集, pp.63-66, Jun. 2018.
- (4) ニッ森 俊一, "ミリ波レーダを用いたヘリコプタ障害物探知技術の研究開発,"日本航海学会 第138回講演会・研究会, Jun. 2018.
- (5) Shunichi Futatsumori, "Research progress and performance evaluation of helicopter obstacle detection based on 76 GHz millimeter-wave radar systems," Proceedings of Asian Workshop on Antennas and Propagation 2018 (AWAP2018), July 2018.
- (6) ニッ森 俊一, "ヘリコプタ前方障害物監視用ミリ波レーダの飛行試験概要,"航空無線(第97号), pp.31-35, Sep. 2018.
- (7) ニッ森 俊一, 坂本 信弘, "3Dプリンタを用いて構築するW帯ミリ波レーダ用ABS樹脂製反射型レンズアンテナの電磁界数値解析,"電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 209, EST2018-54, pp. 63-67, Sep. 2018.
- (8) Shunichi Futatsumori, Capucine Amielh, Norihiko Miyazaki, Keiji Kobayashi, and Nobuo Katsura, "Helicopter flight evaluations of high-voltage power lines detection based on 76 GHz circular polarized millimeter-wave radar system," Proceedings of the 15th European Radar Conference 2018 (EuRAD2018), pp. 218-221, Sep. 2018.
- (9) ニッ森 俊一, "民間航空分野におけるミリ波レーダ技術の研究開発,"マイクロウェーブ展ワークショップ, TH5B-02, Nov. 2018.
- (10) ニッ森 俊一, "ヘリコプタ前方障害物監視用ミリ波レーダの研究開発について,"航空技術(第766号), pp.41-43, Jan. 2019.
- (11) ニッ森 俊一, 宮崎 則彦, 小林 啓二, 桂 信生 "76 GHz帯特定小電力円偏波ミリ波レーダを用いたヘリコプタ前方障害物探知飛行試験 -高圧送電線鉄塔および高圧送電線の探知性能評価-, "電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 441, SANE2018-115, pp. 31-36, Feb. 2019.
- (12) ニッ森 俊一, 坂本 信弘, "3Dプリンタを用いて構築するW帯ミリ波レーダ用ABS樹脂製反射型レンズアンテナの設計および特性推定," 2019年電子情報通信学会総合大会, B-1-70, pp. 70, Mar. 2019.

監視信号環境と性能要件に関する研究 【基盤的研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○大津山卓哉, 本田純一, 長縄 潤一, 宮崎 裕己

研究期間 平成30年度～令和3年度

1. はじめに

現在の監視システムのほぼすべてがランダムアクセス方式のパルス通信を使っており、監視システム性能は帯域内信号量に依存する。新たな運航のための監視システム導入とその評価には、現在使われているトランスポンダ等の信号使用量を把握する必要がある。ICAO 監視パネルでは、信号環境に関する各国の状況報告やこれら进行评估する手法を検討しているほか、監視システムの技術性能要件を基準とする運航方式の検討が進められている。

本研究では、監視システムの安定運用による航空監視性能の維持・向上に資するために、監視システムで使用する信号環境について調査するとともに、将来の運航方式に必要となる監視システムの性能要件を明らかにする。

2. 研究の概要

本研究は4カ年計画であり、初年度である平成30年度は次のことを行った。

- ① 監視システム動向調査
- ② 測定実験による信号環境取得・評価
- ③ 電波伝搬モデル等検討・開発

3. 研究成果

平成30年度はICAOの監視パネル等に提出されている1030/1090MHz信号環境関係の文献を調査するとともに、過去の飛行実験データ等の整理を行った。また、既存の信号環境測定装置等の調整・改良や新たな手法の検討を行い、実験結果に基づく信号環境の現状をICAO監視パネルに報告した。

3.1. 監視システム動向調査

ICAO監視パネル等に提出された信号環境、トランスポンダ関係の文献調査を行うとともに、RTCA/EUROCAEの合同監視委員会(CSC: Combined Surveillance Committee)等に出席し、信号環境に大きな影響を与える将来の運航方式やトランスポンダについて議論を行った。さらに、ICAOにおいても性能要件に基づく監視システムのあり方について設置されたサブグループに参加し、性能要件ベースの

監視システムに関するマニュアル作成に加わった。

また、これまで電子研が深くかかわってきたICAOの機上監視マニュアルの改訂作業が開始され、IM(インターバルマネージメント)等に関するマニュアル案を提案し、改訂原稿案として多く採用された。

3.2. 測定実験による信号環境取得・評価

監視システム性能はその帯域内信号量がシステム性能に影響を及ぼす。信号量の評価手法にはさまざまな提案があり、求めたい指標によって必要な手段をとる必要がある。先行する研究テーマに続いて本研究においても国内のほぼすべての空域を対象とした監視信号環境データを取得するための飛行実験をおこなっている。

近年、ICAOやRTCA/EUROCAEにおいて信号環境評価が積極的に行われているが、その理由として航空機数の増加とそれに伴うDAPsやADS-B等を活用した監視システムの運用が挙げられる。1030/1090MHzを使用するこれらの監視システムは、帯域内の信号量に限界があり、トランスポンダの信号発生量は必要最低限に制限されている。一方、DAPsやADS-Bを使って航空機の動態情報を得ることで、効率的な運航となることが期待されている。そのため、より多くの情報を得るために、現在、トランスポンダの信号発生数を増やすための検討が行われている。これらの検討には現在の信号環境把握が重要であり、これまでに得られた解析結果をICAO航空機監視マニュアル(Doc9924)に信号環境の測定例として提供しそれが反映された。

また今年度、新たに疑似トランスポンダを使用した1030MHz質問信号評価装置を構築した。これまでの研究で欧米や当所が解析した信号環境データは1090MHz応答信号であり、監視システムにおける重要な指標であるが、上空においては搭載トランスポンダの挙動はより重要であり、そのためには、トランスポンダにて受信される質問信号数および質問信号環境を把握する必要がある。信号環境記録装置と疑似トランスポンダを組み合わせ、システム構築を行った。

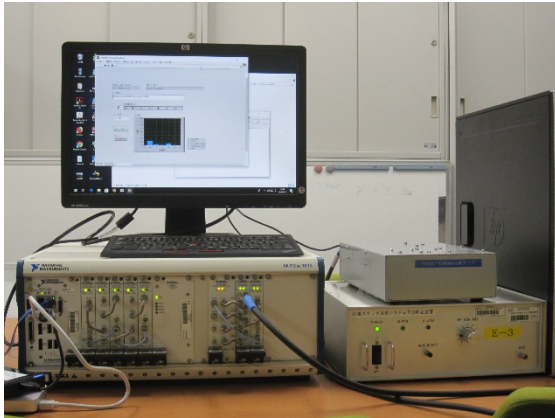


図 1 : 信号環境記録再生装置および疑似トランスポンダから構成される, 1030MHz 質問信号環境評価システム

3.3. 電波伝搬モデル等検討・開発

電波伝搬モデルの構築は, 航空無線に限らず無線装置を使用する時にもっとも重要なパラメータの一つであり, 現在でも様々な無線装置に対して伝搬モデルの提案が行われている。本研究では監視システムに適用できる伝搬モデルの構築を目的としているが, モデルを構築し検証するためには送受信機それぞれの地点での受信環境を統計的にモデル化する必要がある。今年度はこれまでに得られた信号環境データを基に, 国内の主要空港周辺における信号占有率分布等の検討を行った。図 2 に測定例を示す。左上に飛行経路と空港から 100km の円を示し, 他は信号占有率を様々な観点から表示している。同様の解析を主要な空港周辺で行っており, 地上のレーダサイト数や付近の航空機数から推測される信号環境評価とこれらの解析結果を比較し, 信号発生源のモデルおよび受信環境のモデル構築とそれらをつなぐ伝搬モデルの構築を行う。

4. まとめ

本年度は 1030MHz 質問信号環境の評価装置を作成し, またこれまでに取得した信号環境の統計的な解析に着手した。質問信号環境はトランスポンダ占有率の推定に適用可能であると考えられ, 今後, トランスポンダ推定率の推定とさらにこれらの情報をもちいた性能要件の導出へとつなげていく。

5. 掲載文献

- (1) J. Honda, Y. Kakubari, and T. Otsuyama (2019), "Estimation of 1090MHz Signal Environment on Airport Surface by Using Multilateration System," ACES Journal, Vol. 34, No. 2, 2019.

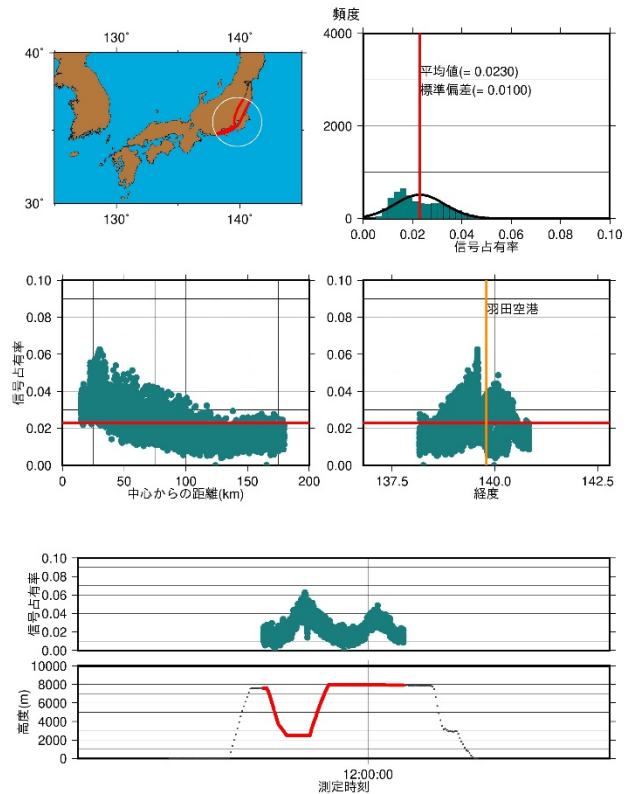


図 2 : 空港周辺における信号占有率の変化。地図と飛行経路 (左上), 取得データの占有率分布 (右上), 中心からの距離と占有率変化 (左中), 占有率の経度方向分布 (右中), 飛行高度と占有率変化 (下段)。

- (2) T. Otsuyama, J. Honda, J. Naganawa, and H. Miyazaki, "Analysis of Signal Environment on 1030/1090MHz Aeronautical Surveillance System," 2018 Joint IEEE EMC & AP EMC Symposium, Singapore, June, 2018.
- (3) T. Otsuyama, J. Naganawa, J. Honda, and H. Miyazaki, "Measuring Signal Environment in the Aircraft Surveillance Frequency by Flight Experiments," EMC Europe 2018, Amsterdam, August, 2018.
- (4) J. Honda, and T. Otsuyama, "Statistical Analysis of 1090MHz Signals Measured During a Flight Experiment," ISAP 2018, Busan, Oct., 2018
- (5) 大津山卓哉, 本田純一, 長縄潤一, 宮崎裕己, "航空路での 1030/1090MHz 信号環境に関する一検討," 電子情報通信学会 2018 年ソサイエティ大会, 2018 年 9 月
- (6) 本田純一, 大津山卓哉, "飛行実験による 1090MHz 帯の信号環境測定結果," 第 56 回飛行機シンポジウム, 2018 年 11 月

3次元形状測定のための高精度距離測定技術に関する基礎的研究【基盤的研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行

研究期間 平成30年度～令和2年度

1. はじめに

近年、爆弾低気圧等の異常気象により、短時間で厚い積雪が発生する頻度が増えてきている。このような積雪時には、滑走路面に設定された滑り係数を下回ると、除雪を行うことで空港の安全を確保している。滑走路表面の積雪状況をリアルタイムに3次元的に計測することが可能であれば、冬季の空港の円滑な運用が保たれる。しかしながら、従来の積雪測定設備はポール下の1点において増加する積雪量を測定しているが、面的な情報を取得することはできない。電波を使用したレーダーや光波を利用したライダーなどがセンサーの候補として考えられるが、従来型レーダーではcm級の測定精度のため精度が不足し、精度のよい短パルスライダーでは測定範囲は非常に短いという問題があった。これらの背景の中、新しい計測技術に対するニーズが高まっている。

本研究では、冬季に積雪の多い空港運用に係る安全性の向上、処理能力の維持、運用効率の向上等に資するため、新しい3次元計測技術の検討を行うことを目的としている。研究の初期段階であるため、方式を限定せず、様々な計測手法において得られる情報の精度を評価し、将来的な3次元積雪モニタリングシステムに適した方式を導き出す。

2. 研究の概要

本研究は平成30年度から令和2年度までの3年計画である。年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

平成30年度 光空間走査装置の試作

令和1年度 レーザー+カメラによる形状測定

令和2年度 各種測定手法の性能比較・評価

研究開始当初はcmオーダーで3次元的な積雪形状を測定する手法について検討を行うこととしていた。ところが、欧州民間航空装置機関（EUROCAE）において、滑走路気象情報システムに関する作業班（WG-109）が設立され、mm級の厚さの雪、水の膜がある場合のセンシングが必要であることが示された。残念ながら、そのような薄い膜を滑走路面の広い範囲で測定する技術は存在しない。そこで、緊急性の高いmm級の厚さを測定する技術を優先的に開発する方針へ転換した。

3. 研究成果

平成30年度は、1, 2, 3mmの透明アクリル板を用いて、これらを遠隔的に識別可能な技術を複数試験した。可視光レーザーを用いてレーザーを走査した形状を記録したところ、段差でわずかな違いを発見した。そこでカメラとレーザーの最良の位置関係を求めたところ、レーザーから水平に線を描き、その線を垂直に撮影する位置関係が最適であることが判明した。図1上段の3図に厚さの異なるアクリル板による試験結果を示す。照射位置、撮影位置を固定しておく、アクリル板の厚さの変化によって、レーザー光が描く線の位置が平行移動することが確認された。また、水、氷などの素材の違いによるレーザー光の映り具合を図1下段の3枚に示す。金属製トレイの中に3mm厚さの違う素材を入れたところ、素材によって内部の伝搬、散乱特性が異なることが示された。これにより、同様の技術を用いることで膜の組成を分析できる可能性が示された。

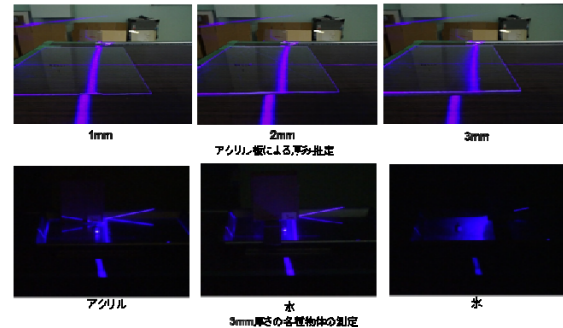


図1 膜の厚さによるレーザー輝線の移動の状態

上段：厚さの違うアクリル板の映像

下段：素材の違う3mm厚さの物体の映像

4. まとめ

今年度はmm級の膜厚測定技術の基礎検討を行った。今後は可視光が使用できない空港環境における測定技術の検討を行う。

掲載文献

- (1) 米本成人, “滑走路面状況把握センサー技術の国際動向と積雪等の3次元形状測定のための高精度距離測定技術に関する基礎的研究の紹介,” CARATS 航空気象 WG 資料, 2018年9月

ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発【競争的資金研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本成人, 金田直樹, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行

研究期間 平成 26 年度～平成 30 年度

1. はじめに

現行の新幹線や、近い将来導入が予定されているリニアモーターカーは移動速度が大きく、1000 人程度の乗客が一列車に集中することから、公衆網を利用した既存の移動体通信システムでは、乗客が満足する回線速度を実現することは困難である。今後、スマートフォンやクラウドコンピューティングが社会基盤として益々重要性を増してくるため、高速鉄道の車中でも安定したブロードバンド環境の需要は非常に高い。

そのためには車内の通信をまとめて、高速鉄道と地上を接続するためのバックホール回線が重要となる。この回線として、Gbps (bit per second)級の高速通信を実現するために、マイクロ波帯に比較して広帯域な周波数割り当てが行われているミリ波帯の利用が検討されている。一方で周波数が高い分、伝搬減衰が大きくなるため、それらを補償する技術が求められている。

本研究ではミリ波と光無線の技術を活用して、200km/h以上の高速鉄道に対して Gbps 級の通信を実現する技術を複数の研究機関で分担して研究開発する。その中で、電子航法研究所では光通倍による通信技術の開発を担当している。

2. 研究の概要

本研究は総務省の「電波資源拡大のための研究開発の一環として実施され、平成 26 年度から平成 30 年度までの 5 年計画で、最終年度である。年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

- 平成 26 年度 通倍に適したミリ波帯位相変調信号生成の技術開発
- 平成 27 年度 通倍に適したミリ波帯多値変調信号生成の技術開発
- 平成 28 年度 光通倍を用いた通信方式の検証
- 平成 29 年度 光通倍器によるミリ波通信システムの構築試験
- 平成 30 年度 光通倍ミリ波通信システムの実証試験

3. 研究成果

本研究は、90GHz 帯列車と線路間を無線接続する際に、

無線信号を光で伝送し、かつ周波数通倍を用いて所望のベクトル変調を得ることのできる通信システムを構築することを目的としている。

平成 30 年度は新幹線での実機試験に使用したベースバンド生成基板のコンスタレーションを、光通倍方式に適した形に修正し、専用の伝送線路を用いて伝送した。図 1 に基地局と送信機の外観、測定器で測定された信号の無線周波数スペクトルを示す。90GHz 帯に 4 つのサブキャリアを有する信号がうまく生成できていることを確認した。図 2 にサブキャリア毎に測定した、伝送された QPSK 信号 (2bit 伝送) のコンスタレーションを示す。ベースバンド基板のデジタルアナログ変換機 (DAC) の速度が 500Mpsps であったため、信号なまりにより、コンスタレーションは乱れているが、4 つのシンボルが明瞭に識別できている。このことから、4 サブキャリアを用いて 2Gbps 相当の速度でミリ波通信ができることを示した。

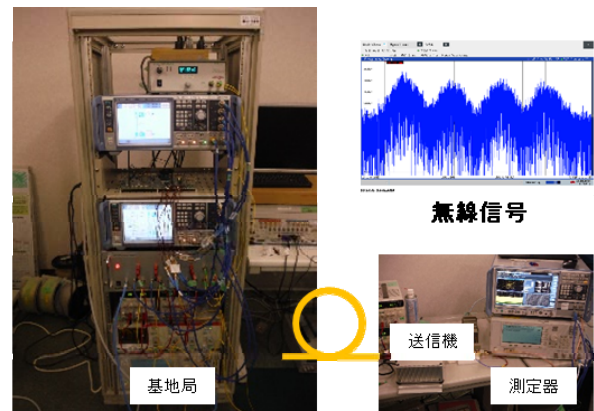


図 1 ファイバー無線接続型基地局

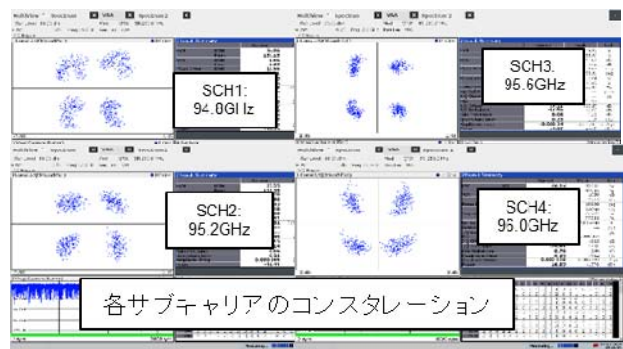


図 2 各サブキャリア信号で伝送された 250Mpsps, QPSK 信号のコンスタレーション

本研究は株式会社日立国際電気，国立研究開発法人情報通信研究機構，公益財団法人鉄道総合技術研究所，株式会社 KDDI 研究所，早稲田大学との共同研究として実施された。

掲載文献

- (1) 米本成人，金田直樹，森岡和行，河村暁子，ニッ森俊一，“光 2 トーン伝送で得られた BPSK 信号の EVM 評価，” 信学技報，vol. 114，no. 434，MWP2014-85，pp.233-236，2015 年 1 月
- (2) 金田直樹，森岡和行，米本成人，河村暁子，ニッ森俊一，“2 通倍後の QPSK 信号の EVM 測定，” 2015 年電子情報通信学会総合大会講演論文集，C-14-24，2015 年 3 月
- (3) 米本成人，金田直樹，河村暁子，ニッ森俊一，森岡和行，“光 4 通倍で生成した 8PSK 信号の品質評価，” 信学技報，vol. 115，no. 145，MWP2015-36，pp. 143-148，2015 年 7 月
- (4) 金田直樹，森岡和行，米本成人，河村暁子，ニッ森俊一，“2 通倍により生成された 16QAM 信号の変調精度評価，” 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集，C-14-16，2015 年 9 月
- (5) 志田雅昭，柴垣信彦，川西哲也，川崎邦弘，米本成人，鈴木信雄，“RoF を用いたミリ波帯高速鉄道用無線バックホール，” 信学技報，vol. 115，no. 336，MWP2015-53，pp. 5-10，2015 年 11 月
- (6) 米本成人，“光・ミリ波融合技術を活用したレーダー・通信システムの開発，” NICT 先端 ICT デバイスラボ研究交流会，2016 年 1 月
- (7) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“4 通倍により生成された QAM 信号の変調精度について，” 信学技報，vol. 115，no. 435，MWP2015-94，pp. 211-215，2016 年 1 月
- (8) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“2 通倍により生成された 256QAM 信号の変調精度評価，” 2016 年電子情報通信学会総合大会講演論文集，C-14-5，2016 年 3 月
- (9) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“光 2 通倍により生成された 92GHz PSK 信号の品質評価，” 信学技報，vol. 116，no. 15，MWP2016-7，pp. 27-31，2016 年 4 月
- (10) 米本成人，“光ファイバー無線を活用したレーダー，通信システムの研究開発，” 2016 年第 2 回エイトラムダフォーラム，2016 年 7 月
- (11) 小川博世，川西哲也，菅野敦史，柴垣信彦，川崎邦弘，米本成人，“Proposal to include 90-GHz band for railway radiocommunication system between train and trackside under WRC-19 agenda Item 1.11,” 20th Meeting of Asia-Pacific Telecommunity Wireless Group, 2016 年 9 月
- (12) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“光 2 通倍による 92GHz 16QAM 信号の生成，” 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集，C-14-1
- (13) Naoki Kanada, Naruto Yonemoto, Tetsuya Kawanishi, “92GHz 64QAM Signals Generation by Optical Frequency Doubler, ” 2016 IEEE International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP), TuMP11, pp. 145-148, 2016 年 11 月
- (14) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“光 2 通倍による 96GHz 16QAM 信号の伝送特性評価，” 2017 年電子情報通信学会総合大会講演論文集，C-14-8
- (15) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“光 2 通倍により生成した 96GHz 信号のシンボルレートと信号品質の関係，” 信学技報，vol. 117，no. 23，MWP2017-7，pp. 37-41，2017 年 5 月
- (16) Atsushi Kanno, Pham Tien Dat, Naokatsu Yamamoto, Tetsuya Kawanishi, Naruto Yonemoto, Vo Nguyen Quoc Bao, Tan Hanh, Le Quoc Cuong, Kenichi Kashima, Nobuhiko Shibagaki, “Radio Over Fiber Signal Generation And Distribution And Its Application To Train Communication Network,” The 12th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, P4-017, Singapore, Singapore, 31 July - 4 August, 2017
- (17) Naoki Kanada, Naruto Yonemoto, and Tetsuya Kawanishi, “EVM Evaluation For Wideband Radio Over Fiber System At 96GHz, ” The 12th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, P4-010, Singapore, Singapore, 31 July - 4 August, 2017
- (18) 金田直樹，米本成人，川西哲也，“光 2 通倍による 1G シンボル/秒伝送時の位相誤差評価，” 2017 年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集，C14-4，2017 年 9 月
- (19) Naoki Kanada, Naruto Yonemoto and Tetsuya Kawanishi, “Vector Signal Generation by Optical Frequency Doubler for MMW Train Communication Systems,” 2017 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications, MB1.3, Tsukuba, Japan, December 4-6, 2017
- (20) Naoki Kanada, Naruto Yonemoto, Tetsuya Kawanishi, “Vector Signal Generation and Transmission by Radio over Fiber System with Frequency Doubling at 96 GHz,” SPIE Photonics West, Paper 10559-12, January, 2018
- (21) Naruto Yonemoto, Naoki Kanada, Tetsuya Kawanishi,

“Train Communication System Connected by Radio over Fiber with Frequency Multiplication,” MWP Symposium, IEICE, Matsue Japan, August 6-7, 2018

- (22) 金田直樹, 米本成人, 森岡和行, 川西哲也, “90 GHz帯における通倍型光ファイバ無線通信システムの評価,” 信学技報, vol. 118, no. 193, SANE2018-38, pp. 29-34, 2018年8月
- (23) Naruto Yonemoto, Naoki Kanada, Tetsuya Kawanishi, “Train Communication System with Distributed Antenna System using Optical Frequency Doubler in 90 GHz Band,” 2018 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA), Vasteras Sweden, 3-6 Sept. 2018
- (24) Atsushi Kanno, Pham Tien Dat, Toshimasa Umezawa, Naokatsu Yamamoto, Tetsuya Kawanishi, Nagateru Iwasawa, Nariya Iwaki, Kazuki Nakamura, Kunihiro Kawasaki, Naoki Kanada, Naruto Yonemoto, Yosuke Sato, Masato Fujii, Katsuya Yanatori, Nobuhiko Shibagaki, and Kenichi Kashima, “Field Trial of 1.5-Gbps 97-GHz Train Communication System Based on Linear Cell Radio Over Fiber Network for 240-km/h High-Speed Train,” OFC2019 The Optical Networking and Communication Conference & Exhibition 2019, Optical Fiber Communication Conference Postdeadline Papers, San Diego, California United States, 3-7 March 2019
- (25) 金田直樹, 米本成人, 森岡和行, 川西哲也, “ソフトウェア無線機による光通倍に適した信号生成,” 電子情報通信学会 2019年総合大会 講演論文集, 平成31年3月

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○森岡和行
 研究期間 平成27年度～平成30年度

1. はじめに

マルチユーザMIMO (Multiple Inputs and Multiple Outputs)システムは、複数の端末と基地局の間で同時に無線伝送を行うことにより、システム全体の周波数利用効率を向上させる技術であり、近年盛んに研究が行われている。商用システムではLTE-Advanced, WiMAX2等において本技術の導入が行われている。航空通信分野においても、WiMAX規格に基づく次世代航空通信技術AeroMACS(Aeronautical Mobile Airport Communications System)の検討が行われており、将来的にマルチユーザMIMO技術の導入も期待される。

2. 研究の概要

本研究はJSPS科研費 15K18073の助成により行われている。本研究では航空無線に適したMIMO信号処理方式の開発を目標としている。本研究を通して、長距離伝送で高信頼性が要求される航空無線に対して、MIMOの信頼性向上を目的としたSpace Time Block Code (STBC)と長距離伝送に適したContinuous Phase Modulation (CPM)を組み合わせ合わせたSTBC-CPM (Space Time Block Coded-Continuous Phase Modulation)方式の提案を行った[1-5]。さらにSTBCの符号化方式として非直交符号を適用することによって周波数利用効率を改善できることを示した[6]。

3. 研究成果

最終年度である平成30年度は、提案方式の有効性を実証するための評価環境の構築を行った[8-11]。評価環境は、Xilinx社製のZynq-7000 All Programmable SoCを搭載した評価ボード(Zedboard)とAnalog Devices社製の広帯域トランシーバAD9361を組み合わせ合わせて簡易なSDR (Software Defined Radio)環境として構築した(図1)。また、システムを用いて基本性能評価を行った。図2に評価結果を示す。図よりシステムの最大スループットである8Mbpsが実現できていることが確認でき、本SDR評価システムを用いて様々な周波数、パラメータにて評価可能

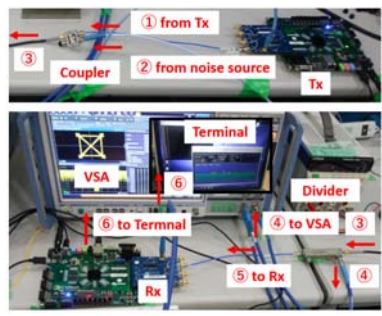


図1. 開発した評価環境

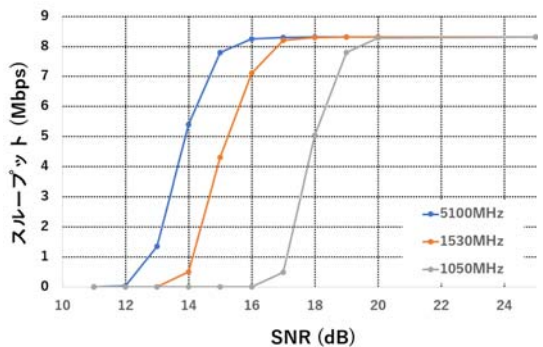


図2. 基本性能評価結果

であることが確認できた。

4. おわりに

本研究を通して、長距離伝送で高信頼性が要求される航空無線に対して、MIMOの信頼性向上を目的としたSTBCと長距離伝送に適したCPMを組み合わせ合わせたSTBC-CPM方式の有効性を確認し、当初の目標である航空無線に適したMIMO信号処理方式の開発が達成できた。

掲載文献

- (1) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, アサノ, “連続位相変調方式を用いた時空間ブロック符号に関する一検討 ~変調パラメータと占有帯域幅に関する考察~, ” 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, A-5-8, 2015-09-10.
- (2) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, アサノ, “

BBOST-CPM方式のパラメータ最適化に関する基礎
検討,” 信学技報 115(288), 1-6, 2015-11-04.

- (3) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatumori, A.Kohmura,
N.Yonemoto, Y.Sumiya and D.Asano, “Occupied
Bandwidth Comparison of BBOST-CPM with Two
Transmit Antennas,” Proc. of The 2015 International
Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2015),
Tasmania, Australia, Nov 9-12, 2015.
- (4) K.Morioka, S.Yamazaki, D.Asano, “BER Approximation
of BBOST-CPM with Quasi-OSTBC,” Proc. of the
International Symposium on Information Theory and Its
Applications (ISITA) 2016.
- (5) K.Morioka, S.Yamazaki, D.Asano, “Study on Spectral
Efficiency for STBC-CPM with Two and Four Transmit
Antennas,” Proc. of the IEEE International Symposium
on Signal and Information Technology (ISSPIT 2017),
2017.
- (6) K.Morioka, S.Yamazaki, D.Asano, “Improving Spectral
Efficiency of Non-Orthogonal Space Time Block
Coded-Continuous Phase Modulation,” IEICE
TRANSACTIONS on Communications, Vol.E101-B
No.9, pp.2024-2032, 2018.
- (7) 山崎, 森岡, “マルチアンテナシステムの基礎と動向,
” 電気学会電子・情報・システム部門大会, 2017.
- (8) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, “プログラマ
ブルSoCと広帯域トランシーバを用いた再構成可能
な統合型航空通信端末に関する一検討,” 電子情報
通信学会総合大会, 2018.
- (9) K.Morioka, N.Kanada, S.Futatumori, A.Kohmura,
N.Yonemoto, Y.Sumiya, “Throughput and Frame Error
Rate Evaluation in different frequencies for,” Proc. of
the International Conference on Space, Aeronautical and
Navigational Electronics (ICSANE) 2018,
SANE2018-81, pp.127-131, 2018.
- (10) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, “SDRの航空
無線への応用に関する基礎検討～統合型航空無線通
信端末のスループット評価～,” 電子情報通信学会
ソサイエティ大会, 2018.
- (11) 森岡, 金田, ニッ森, 河村, 米本, 住谷, “複数の周波
数・通信方式に対応した統合型航空無線通信端末の
実装と基本評価,” 日本航空宇宙学会 飛行機シンポ
ジウム2018.

担当領域 監視通信領域
 担当者 本田純一
 研究期間 平成 28 年度～令和元年度

1. はじめに

電磁波散乱を含めた電波伝搬特性の解析は、無線システムの構成や機器性能要件等の算出のみに関わらず、すでに構築されたシステムで発生する検出率低下等の原因を突き止め、その解決方法を提示する上でも重要な研究に位置づけられる。航空分野では様々な無線システムが利用されており、またマルチパス等による機器性能低下が散見されるが、運用者には目に見えない電波を直観的に把握することが難しく、問題解決が後手に回ることが多い。

本研究は、航空分野で利用される、もしくは利用を期待される無線システムについて、環境に応じて解析手法を選択もしくは組み合わせたハイブリッド計算手法を開発し、運用者に電波の振る舞いを把握できるように可視化することを目的とする。また、精度の検証を行うために、他の研究テーマによる実験結果等を参照して、提案手法の妥当性についても検証する。

2. 研究の概要

本研究は四カ年計画であり、本年度は下記を実施した。

- ① 開発手法の計器着陸システム (ILS) への応用
- ② FDTD 法, PO 法の基本プログラミングの実施
- ③ 実験準備及びデータ解析

3. 研究成果

3.1. 計器着陸システムへの応用

簡易レイ・トレーシング法の ILS への応用を試みた。特に、グライドスロープ (GS) への適用を進めた。過去の研究では、GS の前方地形は前方方向にのみ形状が変化する 2D 地面モデルの取り扱いが主流であったが、より複雑かつ現実に即した解析が可能となるように 3D 地面モデルを対象としたプログラムを開発した。図 1 は 2D モデルと 3D モデルによる送受信間の電波航跡分布 (レイ分布) の計算結果の一例を示す。3D の場合、2D より複雑な伝搬経路となることが示されている。

3.2. 各種実験準備及びデータ解析

航空分野の電波伝搬特性を把握するための実験準備および所内研究と連携してデータ解析を実施した。得られた

成果は複数の学会で発表した。次年度も継続して実験とデータ取りまとめを行う予定である。

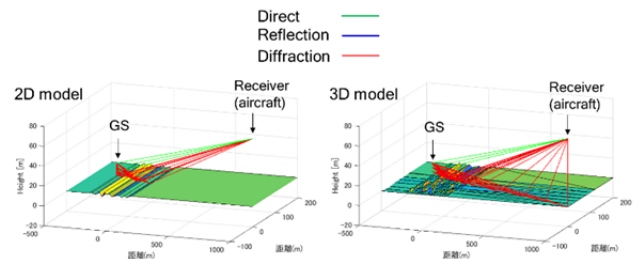


図 1 : レイ分布の計算結果一例 (左 : 2D, 右 : 3D)

4. まとめ

本年度は、ハイブリッド簡易高速電磁界計算アルゴリズムの開発継続と各種実験準備及びデータ解析を行った。数値計算では、開発手法を GS に応用した。

この研究は、日本学術振興会における科学研究費助成事業若手(B)(16K18072)の資金助成を受けて実施された。

掲載文献

- (1) J. Honda, H. Yokoyama, and H. Tajima, “Numerical Simulation of ILS Glide Path Signals above 3D Ground Model by Ray-Tracing Method,” Proc. Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS), pp.1770, Toyama, Aug. 2018.
- (2) 本田純一, 大津山卓哉, “飛行実験で取得した 1090MHz 帯信号の統計解析,” 2018 信学ソ大講演論文集, B-2-12, p.178, Sep. 2018.
- (3) J. Honda, and T. Otsuyama, “Statistical Analysis of 1090 MHz Signals Measured During a Flight Experiment,” Proc. Int. Symp. on Antennas and Propagation (ISAP), FrD2-4, pp.441-442, Busan, Korea, Oct. 2018.
- (4) J. Honda, H. Tajima and H. Yokoyama, “Numerical Simulation of Glide Slope Signal Interferences by Irregular Ground,” Proc. the 15th Int’l Workshop on Heterogeneous Wireless Networks (HWISE 2019), pp.224-233, Matsue, Japan, March, 2019.

担当領域 監視通信領域

担当者 ○本田純一, 田嶋裕久

研究期間 平成 28 年度～令和元年度

1. はじめに

ローカライザ (LOC) は, 航空機に滑走路中心線からの左右の誤差を知らせる装置として多くの空港で運用されている。しかし, 日本のように地形的・経済的に空港内への施設の用地確保が困難になる場合には, 沿岸部の空港では, 海上に用地を確保し LOC を設置することも将来的に考えられる。本研究は, このような海上設置型の LOC について, その設置条件に関する研究を実施する。

2. 研究の概要

本研究は四カ年計画であり, 本年度もこれまで同様に下記について実施した。

- ① 関連研究の動向調査
- ② 遮蔽フェンスによる電磁波散乱解析
- ③ 海上設置 LOC を想定したシミュレーターの開発

3. 研究成果

海上設置型 LOC では, 機体や建物だけでなく海上からの散乱波成分も干渉の要因として考えられる。そこで, 不要な電波を遮蔽するための一措置として考えられる遮蔽フェンスの最適な設置方法について検討した。図 1 は遮蔽フェンスのモデルを示し, 図 2 はモーメント法により x-z 面のフェンス裏側に回り込む電波の計算結果になる。いずれも左図が通常配置, 右図が最適配置とした場合である。フェンスを最適に配置することによってフェンス裏側へ回り込む電波が弱まるため, 障害物が存在する場合の電波散乱を抑える効果が期待される。

設置条件を算出するためのシミュレーターを開発した。図 3 は計算の一例である。空港敷地, 海上, 海上に設置されたカウンターポイズからなる。2 回回折のみを示しているが, 着陸コース上に海面で発生する散乱波が到達することが示されている。

4. まとめ

海上設置型 LOC について, その設置条件に関する研究を実施した。昨年度に引き続き, 関連研究の動向調査と遮蔽フェンスによる回折波の解析を実施し, さらに設置条件を検討するためのシミュレーターを開発した。次年度は研

究最終年度となるため取りまとめを進める予定である。

この研究は, 日本学術振興会における科学研究費助成事業基盤研究(C)(16K06364)の資金助成を受けて実施された。

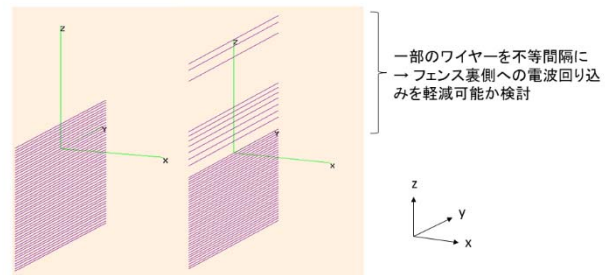


図 1 : 遮蔽フェンスの最適配置に関するモデル図。

※青色に近いほど電波の回り込みが弱い

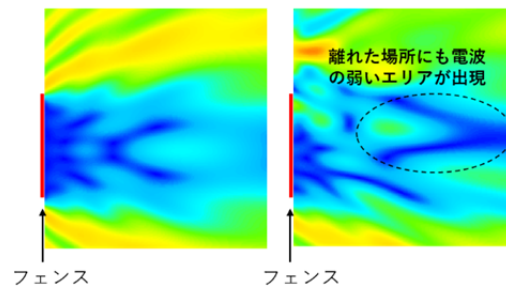


図 2 : x-z 面のフェンス裏側への回り込みの計算結果。

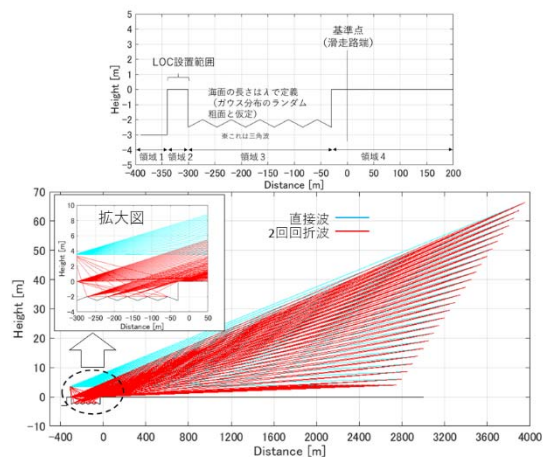


図 3 : 海上設置 LOC を想定した電波シミュレーション。

掲載文献

- (1) 田嶋裕久, 本田純一, ニッ森俊一, 中田和一, “ILS LOC 前方反射障害の遮蔽フェンスによる改善,” 信学技報, vol.118, no.193, SANE2018-39, pp.1-6, Aug. 2018.

担当領域 監視通信領域
 担当者 ○長縄 潤一
 研究期間 平成29年度～令和元年度

1. はじめに

空地電波伝搬メカニズムの解明およびモデル化は航空機監視システムを下支えする研究課題である。近年、ADS-B対応の航空機が増加しており、それらが放送するADS-B信号を地上で受信して、空地伝搬研究に活用することが期待される。

2. 研究の概要

本研究では新たな電波伝搬測定的手法として在空機ADS-B信号の活用を提案し、提案手法の有効性を評価するとともに、その応用を通じて実用的・学術的な知見を得ることを目指している。JSPS科研費17K14688の助成により、平成29年度から令和元年度までの3ヶ年計画で研究を進め、2年目の今年度は以下のことを実施している。

- ・ ADS-B信号活用の提案と有効性評価
- ・ 受信電力の統計モデル提案
- ・ 既存モデルの評価準備

3. 研究の成果

平成30年度の研究成果は以下の通りである。

3.1 ADS-B信号活用の有効性評価

種々の伝搬特性とADS-B信号の特性を整理して、受信電力の測定が可能であること、また、それに基づいてパスロスなどの推定が可能であることを明らかにした。また、その測定精度は信号干渉および機体ごとの送信電力ばらつきにより制限されることを明らかにした。信号干渉に関しては、外れ値を除去する対策を提案した(図1)。送信電力のばらつきに関しては、在空機を対象とした測定により送信電力の分布を推定した。得られた分布は、受信電力からパスロスなどを推定する場合の誤差分布を意味する。以上により、有効性評価を完了した。

3.2 受信電力の統計モデル提案

提案手法を応用して得られる実用的な知見として、覆域設計に利用可能な受信電力の統計モデルを提案した。提案モデルは前述の送信電力ばらつきに加えてフェージングを考慮し、受信電力を確率分布の形で記述したものである。機体ごとに送信電力やフェージング深さが異なる

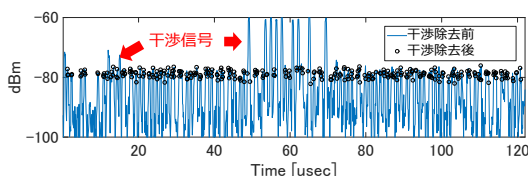


図 1. 干渉除去の例

ため、確率分布のパラメータも確率分布に従うという複合分布の考え方を応用した。提案モデルと測定結果は良好に一致することを確認した。今後は測定データを追加して、モデルのブラッシュアップを行うほか、学術的な知見を得るために伝搬メカニズムの考察を行う。

3.3 既存モデルの評価準備

提案手法の応用として既存モデルの評価も予定している。評価対象としてはCRC-Predictと呼ばれるモデルを選択した。本モデルは数値地形データに物理光学近似を適用するもので、現在実用レベルで最も高度なモデルである。今年度はモデルの計算手順を確立し、来年度に向けた評価準備を完了した。

4. まとめ

今年度は提案手法の有効性評価、受信電力の統計モデル提案、既存モデルの評価準備を行った。来年度は、提案モデルのブラッシュアップ、CRC-Predictモデルの評価、伝搬メカニズムの考察を行う。

掲載文献

- [1] J. Naganawa, et al., “Initial results on narrowband air-ground propagation channel modeling using opportunistic ADS-B measurement for coverage design,” ICNS 2018, Herndon, USA, Apr. 2018.
- [2] Naganawa and H. Miyazaki, “A method for accurate ADS-B signal strength measurement under co-channel interference,” 2018 APMC, pp.354-356, Kyoto, Japan, Nov. 2018.
- [3] J. Naganawa and H. Miyazaki, “Comparison between opportunistic measurement and nominal link budget for aeronautical surveillance signal,” EuCAP 2019, pp.3522-3525, Krakow, Poland, Mar. 2019.

担当領域 監視通信領域

担当者 ○古賀 禎, 本田 純一

研究期間 平成 29 年度～令和元年度

1. はじめに

近年、農業分野においては、ICT 技術を用いた効率化、省力化、軽労化の検討が進んでいる。ここでは、マルチコプタ型ドローンを用いた生育状況の監視が行われており、無人機の農地監視は今後も拡大が予想される。マルチコプタ型ドローンは容易に利用できる一方、速度や飛行時間の制限により、広い農地を効率的に監視することが難しい。広大な農地を抱える地域では、短時間で効率良く監視可能なシステムが求められている。特に、北海道は一農家あたりの農地が全国平均の 14 倍以上もあることから、効率的な監視が必要となる。

広大な農地の監視には固定翼 UAV による監視が有効であるが、これを実現するためには、固定翼 UAV を自律的に飛行する技術、および遠距離を飛行する固定翼 UAV から安定的に画像を伝送する技術が必要となる。

本研究所では、前述の課題に検討するため、国立大学法人室蘭工業大学と共同で総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) による研究を平成 29 年度から令和元年度までの 3 年計画で行っている。

2. 研究の概要

本研究開発では、総重量 10 kg 以下、定常速度 25 m/s の固定翼自律 UAV を用いて、最大伝送距離 1.5km、情報伝送速度 10 Mbps の映像伝送システムの実現を目指す。

3. 研究成果

2 年目の平成 30 年度は、5.7 GHz 映像伝送システムの UAV 搭載装置を製作した。UAV 搭載装置の機能全体構成を図 1 に示す。UAV 搭載装置は、映像伝送信号処理部と RF 送信部に大別される。映像伝送信号処理部は、主としてカメラ画像データから IF 信号を生成する。RF 送信部は IF 信号から 5.7GHz の無線信号を生成する。これらの処理を行うハードウェアの製作およびソフトウェア・ファームウェアの実装を行った[1][2]。

(1) 映像伝送信号処理部

映像伝送信号処理部は、カメラ、映像部、IF 信号生成処理、センサ、伝送制御部から構成される。カメラで撮影された映像は、画像処理部で H.264/MPEG-4 AVC の圧縮処理を施したストリームデータに変換され、IF 信号生

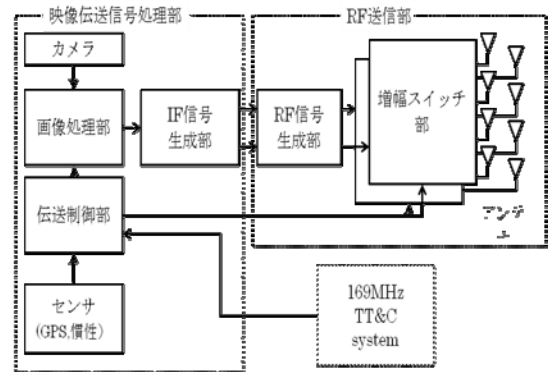


図 1. UAV 搭載装置の構成

成部・RF 送信部を経て 5.7GHz 無線信号としてアンテナから出力される。IF 信号生成部には、QPSK, 16QAM 等の変調を実施するソフトウェア・ファームウェアを実装した。伝送制御部には、センサと遠隔監視制御系用無線通信装置 (TT&C) から情報を入手し、自機の位置や姿勢や地上局からの情報を元に、適切な画像サイズ、データ送信レート、アンテナを決定し、画像処理ユニット、IF 信号生成部、増幅スイッチ部を制御するソフトウェアを実装した。

(2) RF 送信部

小型軽量(重量 22g, 面積 11cm×5cm)な RF 送信部 (ボード) を製作した。ベンチテストにより最大 1 W(30dBm) の無線信号を出力することを確認した。RF 送信部は 8 つのアンテナから 2 つのアンテナを選択する。

4. まとめ

平成 30 年度は 5.7 GHz 帯映像伝送技術として、UAV 搭載装置の開発を行った。令和元年度は、映像伝送システムの地上受信系および総合実験を予定している。

掲載文献

[1] 古賀禎, 本田純一, “観測ミッション実現のための固定翼 UAV における映像伝送技術,” 日本航海学会第 139 回講演会・研究会, 航空宇宙研究会

[2] 古賀禎, “固定翼 UAV 用の無線映像伝送システムの開発,” 電子情報通信学会総合大会, B-2-10, 2019 年 3 月

90GHz 帯協調制御型リニアセルレーダーシステムの研究開発【競争的資金研究】

担当領域 監視通信領域

担当者 ○米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行, 金田直樹

研究期間 平成 29 年度～令和元年度

1. はじめに

近年、航空機の安全な離発着を実現するために、滑走路面に落下したボルトなど異物を監視するためミリ波帯レーダーを用いた異物検知システムの検討が欧米を中心に進んでいる。ミリ波帯レーダーにおいて、微小な対象を高精度で検知するためには広い周波数帯域が必要となる。ところが、複数の滑走路を有する拠点空港では、このような異物検知システムを複数台同時に運用する必要がある。さらには、主要鉄道ターミナルやその他の重要インフラにも 90GHz の電波を使用するシステムの適用が検討されている。そのような背景の中、既存の距離分解能は維持しつつ小規模なエリアで複数の同一レーダーシステムを運用する際の相互の干渉抑制を実現する技術が望まれている。加えて、空港外他業務と周波数帯域の共用を可能とする技術の開発が不可欠となっている。

本研究開発では、精密に同期がとれた電波発射技術、機械可動部によらない電子的な手法による高度なビーム制御技術、スペクトラム制御技術を開発し、同一施設内で複数の 90GHz 帯のレーダーシステムの共用を実現する。これにより、3cm 程度の距離分解能力を維持するための限られた周波数帯域の中で、同一施設内で、複数の異物検知や監視のためのシステムの共用を可能とし、電波の有効利用に資することを目的とする。

当研究所は、離れた場所にある複数の受信設備で得られたデータをもとに、物体の 2 次元的位置を精度よく計算する信号処理技術を確認するための研究開発について担当する。これらの技術を実現するため、滑走路上の重要部分を取り囲むように複数個配置されたアンテナ装置を用いて、異なる角度で取得した情報を複合処理し、2 次元的位置精度を向上させる技術を開発する。

2. 研究の概要

本研究は総務省の「電波資源拡大のための研究開発」の一環として実施され、3 年計画の 2 年目である。年度別の主たる実施事項は以下のとおりである。

平成 29 年度 同時複数受信処理機構の開発

複数レーダーデータによる 2 次元位置推定
アルゴリズムの開発

平成 30 年度 2 次元位置推定精度向上のためのアンテナ
装置設計、試作

複数レーダー信号処理アルゴリズムの実
装

令和元年度 協調型リニアセルシステムの性能評価

2 次元位置推定精度の評価

3. 研究成果

平成 30 年度は、同時に複数個所で信号受信ができるレーダーハードウェアの構築と、異なる場所に設置した複数のアンテナ局のデータを処理して異物の 2 次元位置を算出する FPGA アルゴリズムの構築を行った。検証システムを図 1 に示す。2 つのアンテナ局を用いて 4 つの伝搬パラメータを測定した。この得られた信号からマッピングにより、自動的に物体の 2 次元的位置を測定するよう FPGA にプログラムした。図 2 上図のように 2 つの距離情報を用いることで、下の左側に表示された 2 つの同心円状のレーダー画像を描く。また、その画像の交点をハイライト表示することで、異物の位置が下図右側のグレースケールの画像として表示される。2 円の交点は 2 つ存在するため、アンテナの向き等の追加の情報を利用して、偽像を抑圧する必要があるが、物体の 2 次元的位置をリアルタイムに表示できることを示した。

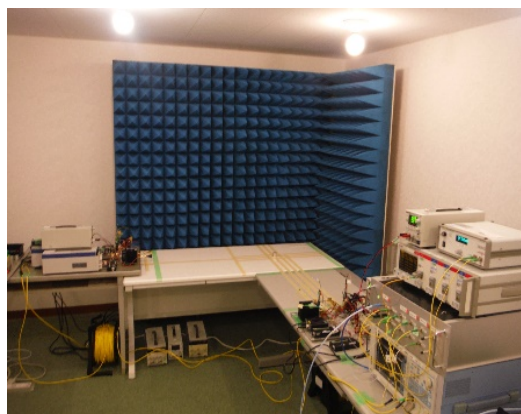


図 1 原理検証システムの外観

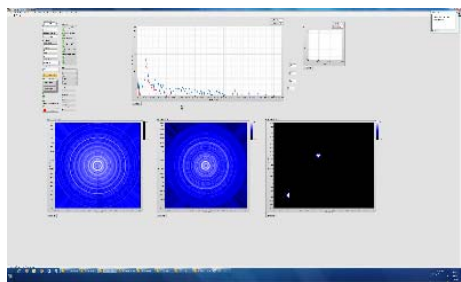


図2 2つの距離情報から作成した2次元レーダー画像

本研究は株式会社日立国際電気，国立研究開発法人情報通信研究機構，早稲田大学との共同研究として実施された。

掲載文献

- (1) 米本成人，河村暁子，ニッ森俊一，森岡和行，金田直樹，“2つのリモートアンテナを用いた複数の異物の2次元座標推定，” 信学技報，vol. 118, no. 145, MWP2018-40, pp. 185-190, 2018年7月
- (2) Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Naoki Kanada, “Multistatic Millimeter Wave Radar Connected by Radio over Fiber, ” MWP Symposium, IEICE, Matsue Japan, August 6-7, 2018
- (3) Shunichi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, Akiko Kohmura, Nobuhiro Sakamoto, Tomio Soga, Naruto Yonemoto, “Effects of Transmission-Signal Phase Noise on the Performance of an Optically-Connected 96 GHz Millimeter-Wave Radar System, ” 2018 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA), Vasteras Sweden, 3-6 Sept. 2018
- (4) Naruto Yonemoto, Akiko Kohmura, Shunishi Futatsumori, Kazuyuki Morioka, and Naoki Kanada, “Two Dimensional Radar Imaging Algorithm of Bistatic Millimeter Wave Radar for FOD Detection on Runways, ” 2018 International Topical Meeting on Microwave Photonics (MWP), Toulouse France, 22-25 Oct. 2018

4 研究所報告

当研究所の平成30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
		発行なし		

5 受託研究

当研究所の平成30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
(委託元からの指示により非公開)	(委託元からの指示により非公開)	坂井 丈泰
全機地上IPL試験(その1) 委託作業	三菱航空機(株)	米本 成人
平成30年度運輸多目的衛星の航空安全通信サービス及び運用の管理に係る作業におけるMSASサービスの性能保証に係る作業支援	(一財) 航空保安無線システム協会	麻生 貴広
準天頂衛星を利用したSBAS整備に係る認証作業における安全性評価技術支援	(一財) 航空保安無線システム協会	麻生 貴広
衛星航法予測・監視装置整備に係る認証作業の技術支援	(一財) 航空保安無線システム協会	麻生 貴広
洋上空域における衝突危険度推定に係る支援作業	(一財) 航空交通管制協会	森 亮太
RNAV運航に求められる衛星航法補強システムに関する整備計画要件調査の技術支援	(一財) 航空保安無線システム協会	麻生 貴広
MU-300/G2/Beechcraft King Air 200T 搭載機器の経路損失試験	(株) ウェザーニューズ	米本 成人
NOPAC経路及びPACOTS経路の再編等に関する要件調査の技術支援	(一財) 航空保安研究センター	平林 博子
平成30年度将来の航空交通システムに関する長期ビジョンの実現のための計画の策定等に関する調査分析支援	(株) 三菱総合研究所	岡 恵
小型試験体計測実験	アルウェットテクノロジー(株)	二ッ森 俊一
航空機の運航における衛星搭載ドップラーライダーの有効性検証技術支援	ANAホールディングス(株)	ナヴィンダ ビクラマ シンハ
A R T 7 2 - 2 1 2 A型搭載機器の経路損失試験	日本エアコミューター(株)	米本 成人
リモートRADIOの導入に関する整備要件調査に係る作業支援	(一財) 航空保安無線システム協会	井上 諭
SWIM, FIXM, AIXM, IWXXMに関する国際技術動向に係る委託	(一財) 航空保安研究センター	呂 曉東
ミリ波アンテナの測定支援	NECプラットフォームズ(株)	米本 成人
成田空港の出発・進入間隔に関するジャーナル・データの抽出処理及び新たな時間値算出方法に関する助言支援	(一財) 航空交通管制協会	天井 治
羽田空港飛行場面可視化に向けた支援	全日本空輸(株)	青山 久枝
M V R 受託研究	住友重機械工業(株)	米本 成人
ノイバイ空港のGBAS実証実験に向けた「ベトナム電離圏調査」の技術支援	(一財) 航空保安無線システム協会	齋藤 享
平成30年度運航効率の業績指標作成に係るデータ計測調査_ATM岡_航空交通管制協会	(一財) 航空交通管制協会	岡 恵

件名	委託元	実施主任者
有人航空機の衝突回避技術とその無人航空機への拡張に関する技術動向調査	(国研) 宇宙航空研究開発機構	虎谷 大地
羽田空港飛行場面可視化に向けた支援 (その2)	全日本空輸 (株)	青山 久枝
「航空路WAM 導入に伴うSSR 運用モード最適化に関する調査」支援	(株) 航空システムコンサルタンツ	大津山 卓哉
甲が準天頂衛星システムサービス株式会社から委託を受けた準天頂衛星システムの運用等事業のうち、欧州における準天頂衛星L5S信号の受信実験	日本電気 (株)	坂井 丈泰

6 共同研究

当研究所の平成30年度における共同研究は下記のとおりである。

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
監視通信領域	(国研) 情報通信研究機構	ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発	H26. 8. 22 ~ H31. 3. 31
	(公財) 鉄道総合技術研究所		
	(株) KDD I 研究所		
	(株) 日立製作所		
航法システム領域	タイ王国モンクット王工科大学	Ionospheric TEC Characterization Program 2015	H27. 4. 1 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	(大) 首都大学東京	ADS-B情報を用いた航空機における軌道予測精度の向上技術の研究	H27. 10. 26 ~ H31. 3. 31
監視通信領域	(学) 金沢工業大学	航空機監視情報を用いた飛行特性の抽出分析技術の研究	H27. 10. 28 ~ H31. 3. 31
監視通信領域	海上保安大学校	海上保安業務に資する航空機監視データ利用法に関する研究	H27. 11. 5 ~ H31. 3. 31
監視通信領域	(大) 鹿児島大学	火山噴火が航空機監視システムに与える影響についての研究	H27. 11. 17 ~ H31. 3. 31
監視通信領域	(学) 早稲田大学	光通信による無線通信の高速化に関する研究	H27. 12. 8 ~ H31. 3. 31
航法システム領域	(大) 京都大学	航空機の安全運航に資する次世代気象センサーに関する研究	H27. 12. 18 ~ H31. 3. 31
航法システム領域	気象研究所	SSRモードS気象データによる数値予報の精度向上と航空機の安全運航に関わる気象予測情報の高度利用に関する研究	H27. 12. 24 ~ H31. 3. 31
監視通信領域	日本無線 (株)	光ファイバ接続型受動型監視システムの遠隔クロック同期技術の基礎的研究	H28. 5. 25 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	(国研) 情報通信研究機構	レーダー反射断面積の高精度測定に関する研究	H28. 5. 27 ~ R3. 3. 31
監視通信領域	(学) 福岡工業大学	地上デジタル放送波を利用したパイスタティックレーダシステムに関する研究	H28. 7. 21 ~ R3. 3. 31
航法システム領域	(大) 東北大学	受信型航空機動態情報を用いた短期気象予測精度の向上技術の研究	H28. 8. 17 ~ H31. 3. 31
航法システム領域	日本電気 (株)	準天頂衛星システムを用いた高精度衛星測位補強技術の開発及び実証実験	H28. 10. 31 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	アビコム・ジャパン (株)	AeroMACS実験	H28. 12. 13 ~ H31. 3. 31
航法システム領域	三菱電機 (株)	後方乱気流検出装置による高頻度かつ複合的な観測データ収集に関する研究	H28. 12. 15 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	(株) NTTドコモ	航空機内WiFi用VHF帯空地通信に関する研究	H29. 4. 3 ~ H31. 3. 31
航空交通管理領域	関西エアポート (株)	関西空港における航空機地上走行の課題に関するシミュレーション調査	H29. 4. 25 ~ R2. 3. 31
航空交通管理領域	(大) 首都大学東京	機械学習を用いた航空交通データ分析の研究	H29. 5. 25 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	日本無線 (株)	高性能気象レーダ情報の情報共有基盤 (SWIM) での利用技術についての研究	H29. 6. 5 ~ H31. 3. 31
航法システム領域	古野電気 (株)	準天頂衛星システムL5S信号に対応したGNSS受信装置に関する研究	H29. 3. 14 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	(有) アイ・アール・ティー	ドローンの受動型検知技術に関する基礎研究	H29. 7. 24 ~ R2. 8. 31
監視通信領域	(大) 北海道大学	航空機データ通信 (WAIC) における電磁環境評価に関する基礎研究	H29. 10. 6 ~ H31. 3. 31
航法システム領域	(大) 電気通信大学	Es層によるVHF帯異常伝播による航空航法・通信への影響に関する研究	H29. 8. 22 ~ R2. 3. 31
監視通信領域	(学) 金沢工業大学	導電性皮膜を施したプラスチック材料の電波特性の研究	H29. 11. 8 ~ R3. 3. 31
	(株) フジワラ		
監視通信領域	(大) はこだて未来大学	滑走路監視のための信号処理に関する研究	H29. 12. 7 ~ R3. 3. 31
監視通信領域	(大) 高知工科大学	超広帯域光変調器を用いた計測システムの研究	H29. 12. 22 ~ R5. 3. 31
監視通信領域	(株) 高田RF技術研究所	薄膜基板による高性能ベースバンドモジュール設計製造技術の研究開発	H30. 2. 7 ~ R2. 3. 31
航法システム領域	(国研) 情報通信研究機構	宇宙天気現象が航空航法に与える影響及び航空航法における宇宙天気情報の活用に関する共同研究	H30. 4. 1 ~ R5. 3. 31
	(大) 京都大学		
	(大) 名古屋大学		

実施領域	相手方	研究課題	契約期間
監視通信領域	(大) 九州大学	クローズドパラレル空港における航空機運航に関する基礎的研究	H30.7.12 ~ R3.3.31
航空交通管理領域	(大) 東北大学	レジリエンス概念に基づく航空管制官の状況認識に関する研究	H30.4.13 ~ R2.3.31
	NECソリューションイノベータ (株)		
航空交通管理領域	(大) 東北大学	レーダー管制業務における管制官支援機能の開発	H30.5.17 ~ H31.3.31
	(学) 法政大学		
航法システム領域	東日本旅客鉄道 (株)	GNSSを用いた位置検知技術の鉄道応用に関する基礎検討	H30.7.23 ~ H31.2.15
航空交通管理領域	(学) 日本大学	空港面混雑緩和のための管制手法の研究	H30.10.24 ~ H31.3.31
航空交通管理領域	(学) 慶應義塾大学	CDO軌道の推定精度向上のためのアルゴリズム開発に関する研究	H30.5.17 ~ R2.3.31
監視通信領域	日本電気 (株)	アジア太平洋地域におけるSWIM基盤の構築に向けた国際連携実験に関する研究開発	H30.6.27 ~ H31.3.31
航法システム領域	(大) 電気通信大学	ドップラーライダーを用いた航空機の後方乱気流観測データの解析に関する研究	H30.6.5 ~ H31.3.31
航空交通管理領域	(大) 電気通信大学	便益バランスのためのアルゴリズム開発に関する研究	H30.7.25 ~ R3.3.31
監視通信領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構	ヘリコプタの送電線等障害物警報システムに関する研究 (その3)	H30.7.1 ~ R3.3.31
	北海道放送 (株)		
監視通信領域	(大) 新潟大学	バイスタティック測位による航空機の監視技術の実験的研究	H30.8.22 ~ R4.3.31
監視通信領域	(大) 室蘭工業大学	無人航空機の監視通信システムの研究	H30.8.22 ~ R4.3.31
監視通信領域	(株) ワカ製作所	光ファイバー型無線機の接続を容易にする光ファイバー無線送受信機の研究開発	H30.8.31 ~ R5.7.31
航法システム領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構	首都圏空港における航空機着陸時の安全管制間隔基準の策定に関する研究	H30.9.28 ~ R2.3.31
監視通信領域	(国研) 情報通信研究機構	LPWA/DTN環境における光網制御管理機能の再建技術の研究	H30.11.14 ~ R3.3.31
監視通信領域	(国研) 宇宙航空研究開発機構	無人機運航管理への応用を想定した小型有人航空機探知技術の基礎検討	H31.1.30 ~ R2.3.31
監視通信領域	日本電気 (株)	放送型自動位置情報伝送監視に関する共同研究	H31.3.13 ~ R2.3.31
航法システム領域	ドイツ航空宇宙センター	次世代GBAS及び宇宙天気情報利用に関する共同研究	H30.11.1 ~ R3.10.31

7 研究発表

(1)第18回研究発表会（平成30年5月31日、6月1日）

1. 小型無人機が飛行する空域における航空機運航に関する考察

<p>航空交通管理領域 平林 博子 虎谷 大地 監視通信領域 河村 暁子</p>	<p>11 ヘリコプタ前方障害物監視用ミリ波レーダの飛行試験 監視通信領域 ニッ森 俊一 森岡 和行 河村 暁子 米本 成人 宇宙航空研究開発機構 小林 啓二 北海道放送 桂 信生</p>
--	--
2. DARP運用における気象予測誤差の影響に関する検討

<p>航空交通管理領域 ビ・グラマシハ ナグ・インダ キトマル 平林 博子 マーク ブラウン</p>	<p>12 次世代航空通信システムAeroMACS研究の展望 監視通信領域 森岡 和行 住谷 泰人 呂 暁東 長縄 潤一 金田 直樹 ニッ森 俊一 米本 成人 河村 暁子</p>
--	---
3. 継続降下運航の運用拡大検討のためのシミュレーション技術

<p>航空交通管理領域 虎谷 大地 ビ・グラマシハ ナグ・インダ キトマル 平林 博子</p>	<p>13 FF-ICE検証実験の報告と分析 監視通信領域 呂 暁東 古賀 禎 住谷 泰人</p>
---	---
4. 実験による関西国際空港での混合運用の実現可能性の調査

<p>航空交通管理領域 天井 治</p>	<p>14 浅い降下角の中間セグメントを伴うRNP to xLs進入方式の設計条件 航法システム領域 福島 荘之介 航空交通管理領域 森 亮太 航法システム領域 齊藤 真二</p>
----------------------	--
5. 福岡FIRと隣接FIR間の交通流解析

<p>航空交通管理領域 マーク ブラウン 平林 博子</p>	<p>15 SBAS性能向上のための電離圏補強方式 航法システム領域 坂井 丈泰 北村 光教 麻生 貴広 星野尾 一明</p>
------------------------------------	---
6. ADS-B/WAM機能強化に向けたアレーアンテナ技術の検討

<p>監視通信領域 長縄 潤一 宮崎 裕己 古賀 禎 田嶋 裕久</p>	<p>16 次世代SBAS開発と準天頂衛星による放送実験 航法システム領域 北村 光教 麻生 貴広 坂井 丈泰</p>
--	---
7. 監視システム信号環境の測定と評価

<p>監視通信領域 大津山 卓哉 本田 純一 長縄 潤一 宮崎 裕己</p>	<p>17 GNSS監視に関する運用コンセプトの提案 航法システム領域 麻生 貴広 坂井 丈泰 齊藤 真二 毛塚 敦 北村 光教</p>
--	--
8. 受動型SSRのADS-Bに対する位置誤差解析

<p>監視通信領域 北折 潤 福井医療大学 塩見 格一</p>	<p>18 衛星航法のための電離圏リアルタイム監視 航法システム領域 齋藤 享 京都大学 山本 衛 京都大学 齋藤 昭則</p>
-------------------------------------	--
9. マルチスタティックレーダによる航空機監視～OFC-PPSR～

<p>監視通信領域 本田 純一 大津山 卓哉 渡邊 優人</p>	<p>19 衛星航法のための電離圏リアルタイム監視 航法システム領域 齋藤 享 京都大学 山本 衛 京都大学 齋藤 昭則</p>
--	--
10. マルチスタティックレーダによる航空機監視～DTTB～

<p>監視通信領域 本田 純一 大津山 卓哉 渡邊 優人</p>	<p>19 衛星航法のための電離圏リアルタイム監視 航法システム領域 齋藤 享 京都大学 山本 衛 京都大学 齋藤 昭則</p>
--	--

(2) 所外発表

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
ADS-Bデータを用いた航空機高度維持性能監視の評価	松永圭左	平成30年4月	日本航海学会誌「NAVIGATION」204号
GBAS運用性能評価装置について	齊藤真二	平成30年4月	日本航海学会誌「NAVIGATION」204号
新しい航空機監視技術：WAM/ADS-B	宮崎裕己	平成30年4月	日本航海学会誌「NAVIGATION」204号
航空宇宙研究会特集号によせて	天井治	平成30年4月	日本航海学会誌「NAVIGATION」204号
航空交通管理における航空交通の複雑性指標について	長岡栄 平林博子 ブライアン マーク	平成30年4月	日本航海学会誌「NAVIGATION」204号
無人航空機の飛行を航空管制の視点から考える	平林博子	平成30年4月	日本航海学会誌「NAVIGATION」204号
航空技術認証取得体制の構築に向けて ～MRJ開発から分かったこと～ 2. RTCAの活動	鈴木真二 (東京大学) 川上 光男 (航空局安全部) 小瀬木滋 伊藤一宏 (日本航空宇宙工業会) 小林真一 (三菱航空機) 洪武容 (東京大学)	平成30年4月	日本航空宇宙学会誌 Vol.66 No.4
Discussion of Asia/Pacific Regional SWIM Architecture (アジア太平洋地域におけるSWIM Architectureの検討)	呂曉東	平成30年4月	ICAO APAC SWIM TF/2
Lab Exercises for FF-ICE/1 and A/G SWIM Validation (FF-ICE/1と空地SWIMに関する検証実験)	呂曉東	平成30年4月	ICAO APAC SWIM TF/2
Status Update on MSPSR Development (MSPSR開発状況の情報更新)	大津山卓哉	平成30年4月	ICAO Surveillance Panel Aeronautical Surveillance Working Group
Investigation of RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM (ガイダンスマテリアルを含むべきRF計測方法の調査)	宮崎裕己 大津山卓哉 長縄潤一	平成30年4月	ICAO Surveillance Panel Aeronautical Surveillance Working Group
ICAO Doc9994 3.8 IMアーキテクチャ	伊藤恵理 大津山卓哉	平成30年4月	ICAO Surveillance Panel Airborne Surveillance Working Group
EXPERIMENTAL PROTOTYPE FOR MSPSR BASED ON OPTICAL FIBER CONNECTED PASSIVE PSR (光接続型パッシブPSRレーダ実験機)	渡辺優人 本田純一 大津山卓也	平成30年4月	Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2018
Initial Results on Narrowband Air-Ground Propagation Channel Modeling using Opportunistic ADS-B Measurement for Coverage Design (在空中ADS-B測定を用いた覆域設計のための狭帯域伝搬チャネルモデリン グの初期的結果)	長縄潤一 宮崎裕己 大津山卓哉 本田純一	平成30年4月	Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2018
ADS-B Security Consideration in Japanese Airspace from a Technical Perspective (技術的観点からの日本空域におけるADS-Bセキュリティ検討)	長縄潤一 宮崎裕己 古賀禎 田嶋裕久	平成30年4月	Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2018
Post-sunset rise of equatorial F layer—or upwelling growth? (日没後のF領域高度の上昇、それともプラズマ上昇流の発達か?)	R. Tsunoda (SRI International) 齋藤享 T. N. Nguyen (ホーチン市物理研究所)	平成30年4月	日本地球惑星科学連合
運航性能モデルBADA 4を用いた最適軌道生成に関する一考察	宮沢与和 中村陽一 ガイング・キトマル・ビクタマシハ 虎谷大地 藤山康太	平成30年4月	日本航空宇宙学会 第49期年会講演会
小型無人航空機と有視界飛行方式ヘリコプタが保つべき間隔に関する一 考察	虎谷大地 平林博子 河村暁子	平成30年4月	日本航空宇宙学会 第49期年会講演会
上昇経路変更による消費燃料削減手法の提案	森亮太	平成30年4月	日本航空宇宙学会 第49期年会講演会
無操縦者航空機の国内運航に伴う諸条件の検討	鈴木真二 (東京大学) 赤井秀樹 (総合研究奨励会) 福田豊 原田賢哉 (宇宙航空研究開発機構) 高橋靖宏 (情報通信研究機構)	平成30年4月	日本航空宇宙学会 第49期年会講演会
PRN Assignment for IGS0 satellites (非静止衛星SBASへのPRN割当て)	坂井丈泰 城哲也 (航空局)	平成30年4月	ICAO NSP 第3回合同ワーキンググループ会議 (JWG s /3)
Comments on the Space Weather Information Service Manual (宇宙天気情報サービスマニュアルに対するコメント)	齋藤享	平成30年4月	ICAO NSP 第3回合同ワーキンググループ会議 (JWG s /3)
Impacts of scintillations on GAST-D integrity monitors (GAST-Dインテグリティモニタに対するシンチレーションの影響につい て)	齋藤享 吉原貴之	平成30年4月	ICAO NSP 第3回合同ワーキンググループ会議 (JWG s /3)
VHF帯における空港面電磁界解析手法の測定による有効性評価	黒田哲史 (青山学院大学) 阿部優樹 (青山学院大学) 須賀良介 (青山学院大学) 毛塚敦 橋本修 (青山学院大学)	平成30年4月	電気学会 電子デバイス研究会
Effects on Optimal Merging Trajectories with Allocation Optimization from the Trade-off between Fuel Consumption and Flight Time (燃料消費量と飛行時間が割当て最適化つき最適合流軌道に与える影響)	虎谷大地 伊藤恵理	平成30年5月	計測自動制御学会
Characterization of the ionosphere for GBAS (GBASのための電離圏特徴解析)	齋藤享	平成30年5月	GBAS技術セミナー
GBAS and its usefulness (GBASとその有効性)	齋藤享 吉原貴之	平成30年5月	GBAS技術セミナー
GBAS Safety Case Analysis (GBAS安全性解析)	吉原貴之	平成30年5月	GBAS技術セミナー

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Speed Error Analysis from Input-based Monitoring (入力データによる速度誤差解析)	森亮太	平成30年5月	ICAO SASP/2
Speed Error Difference among Airlines (航空会社間の速度誤差の違い)	森亮太	平成30年5月	ICAO SASP/2
AeroMACSを用いたSWIMアクセスのための地上走行実験	森岡和行 呂曉東 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人	平成30年5月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
信号検出を考慮した配置設計を実現するための広域マルチラテレーション測位精度モデル	長縄潤一 宮崎裕己 田嶋裕久	平成30年5月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
ENRI STATUS REPORT (電子航法研究所のGBAS研究の状況)	福島荘之介 齋藤享 齋藤真二 吉原貴之 毛塚敦	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
A Feasibility Study of Short Final RNP to xLS Procedure (最終進入セグメント長の短いRNP to xLS方式の実現可能性に関する一検討)	福島荘之介 森亮太 齋藤真二 井手祐 (ANAフライトオペレーション) 田村恵一 (ANAフライトオペレーション)	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
Interference to GNSS receivers by 4G-LTE (4G-LTEによるGNSS受信機に対する干渉)	齋藤享 福島荘之介 齋藤真二	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
Impacts of scintillations on GAST-D integrity monitors (GAST-Dインテグリティモニタに対するシンチレーションの影響評価)	齋藤享 吉原貴之	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
Use of SBAS ranging source for GBAS (GBASにおけるSBASレンジングソースの利用について)	齋藤享	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
Evaluation of proposed DF GBAS iono monitor (2周波GBAS電離圏モニタの評価)	M. Felux(独・DLR) 齋藤享 S. Circiu(独・DLR) D. Gerbeth(独・DLR) M. Caamano(独・DLR)	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
Update on MC/MF GBAS development by ENRI (電子航法研究所におけるMC/MF GBAS開発状況)	齋藤享 吉原貴之	平成30年5月	19th International GBAS Working Group(I-GWG19)
Analysis of Signal Environment on 1030/1090MHz Aeronautical Surveillance Systems (1030/1090MHz航空監視システムの信号環境)	大津山卓哉 本田純一 長縄潤一 宮崎裕己	平成30年5月	2018 Joint IEEE EMC & APEMC Symposium
The IGS0 SBAS: Signal Availability in the Polar Regions (傾斜同期軌道衛星SBAS: 極域における信号の可用性)	坂井丈泰 北村光教 麻生貴広	平成30年5月	European Navigation Conference 2018(2018年欧州航法会議)
AeroMACS trial for air-to-ground communication and connectivity to SWIM (SWIM接続と空地通信のためのAeroMACSトライアル)	米本成人 森岡和行 金田直樹 河村暁子 呂曉東 住谷泰人	平成30年5月	ICAO CP WG- I
Application of a VHF ionosphere backscatter radar for differential GNSS system and geophysics (電離圏VHF後方散乱レーダーのディファレンシャルGNSS及び地球物理学への応用)	齋藤享 津川卓也 (情報通信研究機構) K. Hozumi (情報通信研究機構) 石井守 (情報通信研究機構)	平成30年5月	日本地球惑星科学連合2018年大会
Characteristics of ionospheric delay gradients over Japan by using long-term GEONET data (長期GEONETデータを用いた日本における電離圏勾配の特性解析)	中村真帆 齋藤享 吉原貴之	平成30年5月	日本地球惑星科学連合2018年大会
Propagation Characteristics Estimation for Wireless Avionics Intra-Communication Systems Based on Large-Scale FDTD analysis (大規模FDTD数値解析を用いた航空機内データ通信機器から放射される電磁界の伝搬特性推定)	二ツ森俊一 関口徹也(北海道大学大学院情報科学研究科) K. Hozumi(北海道大学大学院情報科学研究科) 日景隆(北海道大学大学院情報科学研究科)	平成30年5月	EUROCAE WG-96/RTCA SC-236 Joint Plenary #8
Fixed-Flight Path Angle Descents -Concept Introduction and ecoDemonstrator Flight Trials to Moses Lake Airport (固定降下角運用 -概要説明とモーゼスレイク空港で実施したecodemonstrator実験の結果報告)	ピクラハマシンハ ナヴィンダ 虎谷大地 伊藤恵理	平成30年5月	Jeppesen -TUBS-ENRI International Workshop
上昇経路最適化による燃料消費削減	森亮太	平成30年5月	第34回高規格RNAV検討SG
Estimation of High-Voltage Powerline Detection Performance in Rainfall Conditions by 76 GHz Helicopter Obstacle Detection Millimeter-Wave Radar System (76GHz帯ヘリコプタ障害物検知用ミリ波レーダシステムによる雨天時における高圧送電線検出性能に関する検討)	森岡和行 宮崎則彦 二ツ森俊一	平成30年5月	IEICE Vietnam-Japan International Symposium on Antennas and Propagation
Total electron content observations by dense regional and worldwide international networks of GNSS (稠密な地域・グローバルGNSSネットワークを用いた電離圏全電子数観測)	津川卓也 (NICT) 西岡未知 (NICT) 石井守 (NICT) K. Hozumi (NICT) 齋藤享 新堀淳樹 (名大) 大塚雄一 (名大) 齋藤昭則 (京大) S. M. Buhari (アラブ工科大) M. Abdullah (アラブ宇宙局) P. Supnithi (UKMITL)	平成30年6月	Journal of Disaster Research

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Drafting Future Skies -Eiwac2017 (未来の空を設計しよう-EIWAC2017)	小瀬木滋	平成30年6月	電子情報通信学会 通信ソサエティ
Feasibility Evaluation of Three-Dimensional-Printed-High-Gain Reflectarray Antenna for W-Band Applications (3Dプリンタを用いて構築するW帯高利得リフレクタレイアンテナの実現可能性評価)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 坂本信弘 曾我登美雄	平成30年6月	電子通信情報学会 通信ソサエティ
精密進入着陸における高カテゴリー運航を可能とするGBAS (Ground - Based Augmentation System)の安全性設計について	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 星野尾一明 福島荘之介 齊藤真二	平成30年6月	電子情報通信学会 安全性研究会
GNSS基線解析における局所的な対流圏遅延変動の抽出	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 齊藤真二	平成30年6月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
到着管理システムの研究について	福島幸子 瀬之口敦 福田豊	平成30年6月	日本航空宇宙学会 Vol.66 No.6
関西国際空港における航空機地上走行経路に関する分析	西澤優里 青山久枝 鳥居塚崇 (日本大学)	平成30年6月	日本人間工学会 第59回大会
航空管制官の状況認識に関する分析とモデル化	青山久枝 狩川大輔 (東北大学大学院工学研究科)	平成30年6月	日本人間工学会 第59回大会
航空管制業務における異常に対する気づき能力向上のための訓練ツールの改良	堀口聖友 青山久枝 狩川大輔 (東北大学大学院工学研究科)	平成30年6月	日本人間工学会 第59回大会
飛行場管制業務におけるマルチタスク能力指標に関する基礎的検討	狩川大輔 (東北大学大学院工学研究科) 青山久枝 大橋智樹 (宮城学院女子大学学芸学部) 高橋信 (東北大学大学院工学研究科)	平成30年6月	日本人間工学会 第59回大会
Approaches for APAC Regional SWIM Implementation (アジア太平洋地域におけるSWIMの実現へのアプローチ)	呂曉東	平成30年6月	FATS/24会議
Lab Exercises and Technical Discussion for FF-ICE Operation (FF-ICE運航のための検証実験と技術検討)	呂曉東	平成30年6月	FATS/24会議
ステップバックセルオートマトンを用いた東京国際空港周辺の航空機渋滞モデルの構築	長岡慎介 (東京理科大学) 伊藤恵理 立川智章 (東京理科大学) 藤井孝藏 (東京理科大学)	平成30年6月	計算工学会
Doppler Range for non-GEO SBAS Satellites (非静止衛星SBASのドップラ探索範囲)	坂井丈泰	平成30年6月	ICAO NSP DS2SG (ICAO航法システムパネルDFMC SARPS分科会)
航空機の飛行方式に関する最新技術と動向	小瀬木滋	平成30年6月	高松空港就航率向上に関する講演会
ミリ波レーダを用いたヘリコプタ障害物探知技術の研究開発	二ツ森俊一	平成30年6月	日本航海学会 平成30年度春季講演会
第19回 国際GBAS WG会議 (I-GWG19) の概要	福島荘之介	平成30年6月	ATEC新進入・出発方式WG会議
ENRIでの気象・運航に関わる新規研究課題の設定に向けて	瀬之口敦 吉原貴之 平林博子	平成30年6月	気象庁航空交通気象センター首都圏班勉強会
DFMC SBAS Seamless Service from Equator to Poles (DFMC SBASによる赤道から極域まで継ぎ目のないサービス)	三神泉 (SPAC) 坂井丈泰	平成30年6月	ICG WG-B Interim Meeting (国連ICG 作業部会B 中間会合)
Additional Time in Terminal Airspace(KPI08)の算出	岡恵 蔭山康太	平成30年6月	Performance Benchmarking Work Group
Status of Transponder Product for Small UAS (小型無人機向けトランスポンダについて)	河村暁子 米本成人 二ツ森俊一 森岡和行 大津山卓哉 平林博子 虎谷大地	平成30年6月	ICAO監視パネル(SP)第7回ASWG会議
Status of ADS-B In/Out Transceiver Product for Small UAS (小型無人機向けADS-B In/Out送受信機について)	河村暁子 米本成人 二ツ森俊一 森岡和行 大津山卓哉	平成30年6月	ICAO監視パネル(SP)第7回ASWG会議
Application of Radio-over-Fiber for Multilateration (光ファイバ無線のマルチラテレーションへの応用)	本田純一 角張泰之 古賀禎 宮崎裕己 大津山卓哉	平成30年6月	ICAO監視パネル(SP)第7回TSG会議
RF Measurement Methods Which Should Be Included in GM (ガイドンスマテリアルを含むべきRF計測方法)	宮崎裕己 大津山卓哉 長瀬潤一	平成30年6月	ICAO監視パネル(SP)第7回TSG会議
Updating surveillance Material in Doc 9830 A-SMGCS Manual (Doc 9830 A-SMGCSマニュアルにおける監視マテリアルの更新)	宮崎裕己 Morgan Sundell (Sweden CAA)	平成30年6月	ICAO監視パネル(SP)第7回TSG会議
選択講義C5 GPSをだましてみよう 事前学習資料	坂井丈泰	平成30年6月	セキュリティキャンプ全国大会
Conceptual Design of Speed Command Algorithm for Airborne Spacing Interval Management (IM速度制御則のコンセプト設計)	リデナル・ティモ 高橋正樹 (慶應義塾大学) 伊藤恵理	平成30年6月	International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT)

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Conceptual Design of a Speed Command Algorithm for Airborne Spacing Interval Management (ASPA-1M速度制御測のデザインコンセプトの提案)	リデ・ル・ティモ 伊藤恵理 高橋正樹(慶應義塾大学)	平成30年6月	International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT)
衛星航法システムの研究開発について	福田豊	平成30年6月	航空環境研究No.22 2018
Requirements for SBAS IGS0 (IGSO SBASに関する要件)	麻生貴広 坂井丈泰	平成30年6月	EUROCAE WG-62 (欧州民間航空電子機器機構第62作業部会)
航空交通のシミュレーション手法について	虎谷大地	平成30年6月	航空局BBL
IIH&V国際連携実験の報告(電子航法研究所)	呂曉東	平成30年6月	CARATS第30回情報管理検討WG
AeroMACS詳解 その5 日本での研究開発	住谷泰人	平成30年6月	データリンク・フォーラム東京
SBASの開発	坂井丈泰	平成30年6月	電子航法研究所HP
航空管制における航空機の飛行軌道の予測方法について	長岡栄 マク・アラウ	平成30年6月	日本航海学会 AUNAR研究会
Airspace sectorization by set-partitioning approach (集合分割手法を用いた空域編成)	猿渡康文(筑波大学) 伊豆永洋一(筑波大学) 鶴飼孝盛(防衛大学校) 蔭山康太	平成30年7月	23rd International Symposium on Mathematical Programming
ENRIの気象と容量に関する新規研究課題の設定に向けて	瀬之口敦	平成30年7月	CARATS 第33回航空気象検討WG
新しい航空通信技術の動向	住谷泰人	平成30年7月	国土交通省
次世代到着管理システムの運用コンセプト	伊藤恵理	平成30年7月	日本航空宇宙学会 Vol.66 No.7
Measurement Validation of Hybrid Electromagnetic Field Analysis Method for Airport surface in VHF Band (空港面におけるVHF帯ハイブリッド電磁界解析手法の実験による有効性検証)	阿部優樹(青山学院大) 黒田哲史(青山学院大) 須賀良介(青山学院大) 平井翔太郎(青山学院大) 橋本修(青山学院大) 毛塚敦	平成30年7月	2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting
Microwave Electromagnetic Field Characteristic Inside Carbon Fiber Reinforced Plastic Structures-Evaluation Based on Reverberation Chamber and Human Phantom (炭素繊維強化プラスチック製構造体内部のマイクロ波電磁界特性評価-リバレーションチャンバと人体ファントムを用いた特性評価)	二ツ森俊一 日景隆(北海道大学大学院情報科学研究科)	平成30年7月	2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting
Airspace sectorization by graph-and-geometric approach (グラフ幾何学を用いた空域編成)	猿渡康文(筑波大学) 伊豆永洋一(筑波大学) 鶴飼孝盛(防衛大学校) 蔭山康太	平成30年7月	EURO2018(29th European Conference on Operational Research)
Towards Automatic Suggestions of Aircraft Trajectory Change for Mitigating High Traffic Complexity Based on an Air Traffic Control Difficulty Index (管制難度指標に基づく高複雑性緩和のための軌道変更の自動示唆に向けて)	長岡栄 平林博子 マク・アラウ	平成30年7月	EURO2018(29th European Conference on Operational Research)
将来の航空交通システムの構築を目指して~航空管制に関する研究開発~	福田豊	平成30年7月	日本鉄道電気技術協会関東支部総会講演会
GBAS R&D activities in Japan (日本におけるGBASの研究開発状況について)	齋藤享 吉原貴之	平成30年7月	第22回APANPIRG CNSサブグループ会議
ISTF technical paper publication (電離圏問題検討タスクフォース技術論文の出版について)	齋藤享 吉原貴之	平成30年7月	第22回APANPIRG CNSサブグループ会議
Ionospheric Disturbance Scales to Support Aeronautical Communications, Navigation, and Surveillance Systems (航空CNSシステムのための電離圏擾乱尺度)	齋藤享	平成30年7月	COSPAR2018
小型無人航空機のシミュレーション技術	虎谷大地 平林博子 河村暁子	平成30年7月	海上安全技術研究所研究発表会
地上システムにおけるETA予測精度の分析方法の検討	岡恵	平成30年7月	CARATS 航空交通流時間管理検討WG
陸域におけるUPRIに対応した空域編成の研究	蔭山康太 中村陽一	平成30年7月	CARATS ATM-WG
2つのリモートアンテナを用いた複数の異物の2次元座標推定	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 金田直樹	平成30年7月	電子情報通信学会 MWP研究会
Performance Evaluation of DFMC SBAS Using Global Monitoring Stations (国外監視局を利用した広域次世代SBAS補強性能の評価)	北村光教 麻生貴広 坂井丈泰	平成30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
光ファイバ接続型受動監視システムを用いた空港内信号の推定	本田純一 角張泰之 大津山卓哉	平成30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
Research Progress and Performance Evaluation of Helicopter Obstacle Detection Based on 76 GHz Millimeter-Wave Radar Systems (ヘリコプタ障害物監視支援用76GHzミリ波レーダシステムの評価および研究進捗)	二ツ森俊一	平成30年7月	2018 Asian Workshop on Antennas and Propagation
一周波数SBASの性能を向上する電離圏補強方式	坂井丈泰	平成30年7月	CARATS GNSS検討アドホック会議
短期的APNT構築のためのDMEのインテグリティ保証	毛塚敦	平成30年7月	CARATS GNSS検討アドホック会議
Class B: GNSS Positioning Program (クラスB: GNSS測位計算プログラム)	坂井丈泰	平成30年7月	測位航法学会 GNSSサマースクール
Numerical Simulation of ILS Glide Path Signals above 3D Ground Model by Ray-Tracing Method (レイトレーシング法による3次元地上モデル上のILSグライドパス信号の数値シミュレーション)	本田純一 横嶋裕久 横山尚志	平成30年8月	Progress In Electromagnetics Research Symposium

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
滑走路異物監視システムの研究	米本成人	平成30年8月	航空管制協会
OFC-PPSRにおけるバイスタティッククラッタに関する一検討	渡邊優人 本田純一 大津山卓哉	平成30年8月	電子情報通信学会 論文誌B
CARATS Open Dataの航跡から出発・到着空港および推奨経路を推定する方法について	岡恵 福田豊	平成30年8月	CARATS研究開発推進分科会資料
Background of developing MLAT and future applications (MLAT開発の背景と将来の応用)	角張泰之	平成30年8月	MLAT Seminar
Concept of Helicopter All-Around Obstacle Detection Using Millimeter-Wave Radar Systems (レーダシステムを用いたヘリコプタ全周監視コンセプト)	二ツ森俊一 宮崎則彦	平成30年8月	IEEE 7th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation
Multistatic Millimeter Wave Radar Connected by Radio over Fiber (ファイバー無線で繋がれたマルチスタティックミリ波レーダー)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 金田直樹	平成30年8月	MWP Symposium in Matsue
Train Communication System Connected by Radio over Fiber with Frequency Multiplication (周波数通倍付きファイバー無線で接続された列車通信システム)	米本成人 金田直樹 川西哲也(早稲田大学)	平成30年8月	MWP Symposium in Matsue
Trends of Aeronautical Mobile Airport Communications System (空港用航空移動通信システムの動向)	住谷泰人	平成30年8月	MWP Symposium in Matsue
東京空港事務所管制技術官GBAS勉強会	福島荘之介	平成30年8月	東京航空局東京空港事務所
Chumphon VHF radar in the project "Ionospheric effect to GNSS" (プロジェクト「GNSSに対する電離圏の影響」におけるChumphon VHFレーダーの位置付け)	齋藤享	平成30年8月	Chumphon VHFレーダーキックオフ会議
Observation parameters of Chumphon VHF radar (Chumphon VHFレーダーの観測パラメーターの検討)	齋藤享	平成30年8月	Chumphon VHFレーダーキックオフ会議
航空交通のオープンデータとその活用	岡恵 福田豊	平成30年8月	Linkedin社 Slide Shareホームページ
選択講義C5 GPSをだましてみよう	坂井丈泰	平成30年8月	独立行政法人情報処理推進機構 セキュリティキャンプ全国大会
Evaluating Energy Saving Arrivals for Wide-body Passenger Aircraft via Flight Simulator Experiments (フルフライトシミュレーター実験による大型機のエネルギー効率の良い到着運用の評価)	伊藤恵理 福島幸子 平林博子 カグ・インダ・キトマル・ビ・クマシハ 虎谷大地	平成30年8月	The American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)
A Study on the Influence of Weather Prediction Error upon DARP Operational Benefits Evaluation (DARP運用の便益推定に気象予測誤差が及ぼす影響について)	カグ・インダ・キトマル・ビ・クマシハ 中村陽一 平林博子 マク・ブ・ラウ	平成30年8月	The 44th Meeting of the Informal Pacific ATC Co-Ordinating Group (IPACG/4)
A Graph Search-based Wind-Optimal Trajectory Generator to support NOPAC Realignment considerations (NOPAC再編の検討のためのグラフ探索に基づいた風の影響を考慮した最適軌道生成について)	マク・ブ・ラウ カグ・インダ・キトマル・ビ・クマシハ 平林博子	平成30年8月	The 44th Meeting of the Informal Pacific ATC Co-Ordinating Group (IPACG/4)
90GHz帯における通倍型光ファイバ無線通信システムの評価	金田直樹 米本成人 森岡和行 川西哲也(早稲田大学)	平成30年8月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
GPSのセキュリティ：脆弱性とその対策	坂井丈泰	平成30年8月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
ILS LOC前方反射面障害の遮蔽フェンスによる改善	田嶋裕久 本田純一 二ツ森俊一 中田和一(青森大学)	平成30年8月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
飛行中における航空機の航法性能の現状と問題点	麻生貴広 北村光教 毛塚敦 齋藤真二 坂井丈泰	平成30年8月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
Measuring Signal Environment in the Aircraft Surveillance Frequency by Flight Experiments (飛行実験による航空監視周波数の信号環境の測定)	大津山卓哉 長縄潤一 本田純一 宮崎裕己	平成30年8月	EMC EUROPE 2018
Study on Multistatic Primary Surveillance Radar using DTTB Signal Delays (DTTB信号遅延を用いたマルチスタティックレーダに関する研究)	本田純一 大津山卓哉 渡邊優人 渡田芳男	平成30年8月	International Conference on Radar
有人航空システムの監視手法とADS-Bについて	河村暁子 米本成人 大津山卓哉	平成30年8月	日本無人機運航管理コンソーシアムWG2
Optical Distribution Network for Millimeter Wave Communication System Connected by Radio over Fiber (ファイバー無線で繋がれたミリ波通信システムのための光分配ネットワーク)	米本成人 角張泰之	平成30年8月	2018 IEEE International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition
Analysis of quiet-time vertical ionospheric delay gradients around Suvarnabhumi Airport, Thailand (Suvarnabhumi空港周辺における静穏時の垂直換算電離圏遅延量勾配の解析)	J. Budtho(タイ・KMITL) P. Supniti(タイ・KMITL) 齋藤享	平成30年9月	American Geophysical Union
Statistical Analysis of Separation Distance between Equatorial Plasma Bubbles near Suvarnabhumi International Airport, Thailand (Suvarnabhumi空港周辺におけるプラズマバブルの空間的発生間隔の統計解析)	A. Bumrunkit(タイ・KMITL) P. Supniti(タイ・KMITL) 齋藤享	平成30年9月	American Geophysical Union

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Improving Spectral Efficiency of Non-Orthogonal Space Time Block Coded-Continuous Phase Modulation (非直交STBC-CPMの周波数利用効率の改善に関する検討)	森岡和行 山崎哲史 (沼津高専) アサノ・デービッド (信州大学)	平成30年9月	IEICE TRANSACTIONS on Communications
Effects of Transmission-Signal Phase Noise on the Performance of an Optically-Connected 96 GHz Millimeter-Wave Radar System (光ファイバ接続型ミリ波レーダの送信信号位相雑音が性能に及ぼす影響評価)	二ツ森俊一 森岡和行 河村暁子 宮崎則彦 米本成人	平成30年9月	2018 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications
Train Communication System with Distributed Antenna System using Optical Frequency Doubler in 90 GHz Band (90GHz帯における光周波数2乗倍を用いた分散型アンテナを持つ列車通信システム)	米本成人 金田直樹 川西哲也 (早稲田大学)	平成30年9月	2018 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications
Field-Taxiing Experiments of Aircraft Acces to SWIM over AeroMACS (AeroMACSを用いたSWIMアクセスのための地上走行実験)	森岡和行 呂曉東 金田直樹 二ツ森俊一 米本成人 住谷泰人 河村暁子	平成30年9月	2018 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications
航空機監視レーダ (SSRモードS) から得られる気象観測情報の信頼性検証と活用	吉原貴之 瀬之口敦 毛塚敦 齋藤亨 古賀禎 古本淳一 (京都大学生存圏研究所)	平成30年9月	第12回MUレーダー/赤道大気レーダーシンポジウム
電離圏3次元リアルタイムトモグラフィーのMUレーダーによる検証	齋藤亨 山本衛 (京大生存圏研) 齋藤昭則 (京大理) C.-H. Chen (台湾国立成功大)	平成30年9月	第12回MUレーダー/赤道大気レーダーシンポジウム
航空管制レーダー画面の設計支援ツールの開発	中村陽一 青山久枝 狩川大輔 (東北大学工学研究科)	平成30年9月	ヒューマンインタフェースシンポジウム2018
Consideration to allocate to the satellite service (Space to Earth) form 5030MHz to 5090 MHz (5030MHzから5090MHzの衛星業務(宇宙から地球)の割り当てに関する考慮)	米本成人	平成30年9月	ICAO Frequency Spectrum Management Panel
Experimental investigation on radio altimeter out-of-band interference due to LTE-Advanced base stations (LTE-Advanced基地局による電波高度計帯域外干渉の実験評価)	二ツ森俊一 米本成人	平成30年9月	ICAO Frequency Spectrum Management Panel
DMEのインテグリティ保証のためのマルチパスシミュレーション	毛塚敦 齋藤真二 麻生貴広	平成30年9月	電子情報通信学会 エレクトロニクスシミュレーション研究会
誘電体ガイドを用いた広帯域かつ軸対称な集束性を有する誘電体レンズアンテナに関する検討	阿部優樹 (青山学院大学) 須賀良介 (青山学院大学) 毛塚敦 橋本修 (青山学院大学)	平成30年9月	電子情報通信学会 エレクトロニクスシミュレーション研究会
3Dプリンタを用いて構築するW帯ミリ波レーダ用ABS樹脂製反射型レンズアンテナの電磁界数値解析	二ツ森俊一 坂本信弘	平成30年9月	電子情報通信学会 エレクトロニクスシミュレーション研究会
A Simulation Modeling Study for Free Routing Airspace in Japan (国内におけるフリールーティングのシミュレーション・モデル)	藤山康太 中村陽一	平成30年9月	31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences
Simulation Study for VFR Aircraft and small Unmanned Aircraft Systems(sUAS) Mixed Operations in Low Level Airspace (低高度空域におけるVFR機と小型無人航空機の混在運用のためのシミュレーションの検討)	平林博子 虎谷大地 河村暁子	平成30年9月	31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences
航空機電波高度計と航空機内データ通信の周波数共用基礎検討-小型航空機における電波高度計の地上放射特性測定-	二ツ森俊一 宮崎則彦 関口徹也 (北海道大学大学院情報科学研究科) 日景隆 (北海道大学大学院情報科学研究科)	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
飛行実験で取得した1090MHz帯信号の統計解析	本田純一 大津山卓哉	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
LIDAR観測による航空機の後方乱気流の循環強度の推定について	藤井直樹 吉原貴之 瀬之口敦	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
SDRの航空無線への応用に関する基礎検討~統合型航空無線通信端末のスループット評価~	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
航空路での1030/1090MHz信号環境に関する一検討	大津山卓哉 本田純一 長縄潤一 宮崎裕己	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
国外監視局を利用した次世代SBASの補強性能	北村光教 麻生貴広 坂井文泰	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
提案するハザード解析手法と支援ソフトウェアの課題	天井治 住谷美登里	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
TDOAを用いたADS-B成りすまし検出の理論的検討	長縄潤一 宮崎裕己	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
インド地域航法衛星システムNavICについて	伊藤憲 坂井丈泰	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
ドップラー併用TOAによるマルチパス環境下の測位、測速	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 呂曉東 稲葉敬之(電通大)	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
誘電体ガイドによる集束型誘電体レンズアンテナの広帯域化	阿部優樹 (青山学院大学) 須賀良介 (青山学院大学) 毛塚敦 橋本修 (青山学院大学)	平成30年9月	電子情報通信学会 2018年ソサイエティ大会
A NOVEL CONTROL APPROACH TO IMPROVE SPEED COMMANDS AND PILOT WORKLOAD FOR FLIGHT-DECK BASED INTERVAL MANAGEMENT (作業負荷を減少およびスピードコマンドを改善する新たなFIM制御測)	リーデル・ティモ	平成30年9月	31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences
Study on the Arrival Manager Maximizing the Benefit of Four-Dimensional Trajectory Based Operations (4次元軌道ベース運用の便益を最大化する到着管理手法に関する研究)	虎谷大地 カゲイダ・キヨマル・ヒロキマシハ 伊藤恵理	平成30年9月	31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences
GEONETリアルタイムデータを用いた電離圏モニタリング	齋藤亨	平成30年9月	中間圏・熱圏・電離圏研究集会
GNSS監視に関する運用コンセプトの提案	麻生貴広	平成30年9月	航空無線
次世代SBAS開発と準天頂衛星による放送実験	北村 光教	平成30年9月	航空無線
継続降下運航の運用拡大検討のためのシミュレーション技術	虎谷 大地	平成30年9月	航空無線
ヘリコプタ前方障害物監視用ミリ波レーダの飛行試験概要	ニッ森 俊一	平成30年9月	航空無線
CARATSオープンデータ概要説明	岡恵	平成30年9月	CARATSオープンデータ活用促進説明会
運航効率評価のための燃料消費量推定モデル	中村陽一	平成30年9月	CARATSオープンデータ活用促進説明会
Helicopter Flight Evaluations of High-Voltage Power Lines Detection Based on 76 GHz Circular Polarized Millimeter-Wave Radar System (76GHz円偏波ミリ波レーダシステムを用いた高圧送電線探知能力評価のためのヘリコプタ飛行実験)	ニッ森俊一 Capucine Amielh(ecole nationale de l'aviation civile) 宮崎則彦 小林啓二(宇宙航空研究開発機構) 桂信生(北海道放送)	平成30年9月	European Microwave Week2018
Application of Radio-over-Fiber to Multilateration (光ファイバ無線のマルチラテレーションへの応用)	本田純一 角張泰之 古賀禎 宮崎裕己 大津山卓哉	平成30年9月	ICAO監視パネル(SF)第8回ASWG会議
ICAO Doc9994 3.9 Validation (IMの評価手法、現状報告、今後の課題を含む)	伊藤恵理 大津山卓哉	平成30年9月	ICAO Surveillance Panel Airborne Surveillance Working Group
Spatial Decorrelation Analysis of Ionospheric Delay Due to the Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances using Radio-over-Fiber Devices and a Single Clock Receiver for Extended Baselines (光ファイバ無線と共通化した受信機時計を用いた中規模伝搬性電離圏擾乱に伴う電離圏遅延の空間変動解析)	吉原貴之 齋藤亨	平成30年9月	Institute of Navigation (ION) GNSS+ 2018
Impact assessment of ionospheric scintillation associated with plasma bubbles on GAST-D ground integrity monitors (GAST-Dインテグリティモニタに対するプラズマバブルに伴うシンチレーションの影響評価)	齋藤亨 吉原貴之	平成30年9月	Institute of Navigation (ION) GNSS+ 2018
QZSS Update (準天頂衛星システムの最新情報)	坂井丈泰 小暮聡 (内閣府)	平成30年9月	Institute of Navigation (ION) GNSS+ 2018
Performance of DFMC prototype using Global Monitoring Stations (海外監視局を利用したDFMC SBASプロトタイプ機の性能)	北村光教	平成30年9月	SBAS Interoperability Working Group (IWG) 34th Meeting
JCAB Test System Implementation and Scenario for ASEAN SWIM Demo (ASEAN SWIMデモのためのシステム開発とシナリオ検討)	呂曉東 森岡和行	平成30年9月	APAC SWIM TF-ASEAN Demo TIM/2
滑走路面状況把握センサー技術の国際動向と積雪等の3次元形状測定のための高精度距離測定技術に関する基礎的研究の紹介	米本成人	平成30年9月	CARATS航空気象WG
Arrival angle and travel time measurements of HF trans-equatorial propagation for plasma bubble monitoring (HF赤道横断伝播の到来角及び伝播時間測定によるプラズマバブル監視)	齋藤亨 山本衛 (京大生存圏研) 丸山隆 (情報通信研究機構)	平成30年10月	American Geophysical Union
ドップラー観測値を併用するTDOAにおける速度推定精度の改善	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 呂曉東 秋田学(電通大) 稲葉敬之(電通大)	平成30年10月	電子情報通信学会 論文誌B
複数衛星系・複数周波数GNSS信号に対するプラズマバブルの影響評価	齋藤亨 吉原貴之 坂井丈泰 大塚雄一 (名古屋大) 細川敬祐 (電気通信大) Ednofri (インドネシア航空宇宙庁)	平成30年10月	名古屋大学宇宙地球環境研究所国際共同研究報告書
Impact Analysis Method of Multipath Error on Integrity Assessment (インテグリティ保証におけるマルチパス誤差の影響解析手法)	毛塚敦	平成30年10月	EUROCAE WG-107

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Integrity Assessment Methodology of DME Manufacturers in Japan (日本国内DMEメーカーによるインテグリティ評価手順について)	毛塚敦 横田豊八 (JRANSA)	平成30年10月	EUROCAE WG-107
SOA-based Air-Ground Information Exchange for High-assurance Operation (高信頼運用のためのSOAに基づいた空地情報交換技術)	呂曉東 古賀禎 住谷泰人	平成30年10月	IEEE GCCE2018
Clutter characteristics around the airport in S band passive radar (Sバンドパッシブレーダーにおける空港周辺のクラッタ特性)	渡邊優人 本田純一 大津山卓哉	平成30年10月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
TDQAを用いたADS-B位置検証における遅延の考慮	長縄潤一 宮崎裕己	平成30年10月	電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会
NEW WORK ITEM PROPOSAL IEC 63098-3:TRANSMITTING EQUIPMENT FOR RADIOCOMMUNICATION -RADIO-OVER-FIBRE TECHNOLOGIES AND THEIR PERFORMANCE STANDARD-Part3:Radio over fibre of remote radar for foreign object and debris(FOD)detection system (新しい作業提案:IEC63098-3:無線通信-ファイバ無線技術とその性能基準-パート3:異物検出システムのためのリモートレーダーのファイバ無線)	米本成人	平成30年10月	IEC TC103
A Graph-Search Based Trajectory Optimiser for Practical Wind-Optimal Trajectories (グラフ探索方式に基づいて風の影響を考慮した実用的な軌道最適化)	マーク・アラウ 平林博子 ナグ・イング・キトマル・ビ・クマラン	平成30年10月	APISAT 2018
Towards a Concept of Free Routing in the Northeast Asia/Pacific Region (東北アジア太平洋地域へのフリールーティング概念について)	マーク・アラウ 平林博子 Keumjin Lee (韓国航空大学院)	平成30年10月	APISAT 2018
BADA Application in Performance Assessment of Dynamic Airborne Reroute Procedure (DARP) Operations (BADA機体性能モデルによるDARP運用の便益評価に関する検討)	ナグ・イング・キトマル・ビ・クマラン 中村陽一 平林博子 マーク・アラウ	平成30年10月	BADA User Conference 2018
Performance Model of ADS-B Position Verification by TDQA (TDQAを用いたADS-B位置検証の性能モデル)	長縄潤一 宮崎裕己	平成30年10月	International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications
Aircraft and Vessel Surveillance System by DTTB Signal Delays (DTTB信号遅延による航空機および船舶監視システム)	本田純一 渡邊優人 牧田芳男 大津山卓哉	平成30年10月	International Symposium on Enhanced Solutions for Aircraft and Vehicle Surveillance Applications
Two Dimensional Radar Imaging Algorithm of Bistatic Millimeter Wave Radar for FOD Detection on Runways (滑走路異物監視のためのバイスタティックミリ波レーダーの2次元レーダーイメージングアルゴリズム)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 金田直樹	平成30年10月	International Topical Meeting on Microwave Photonics
AeroMACS development and implementation strategy in Japan (日本におけるAeroMACS開発と導入計画)	石毛克行(国土交通省航空局) 花谷昌一(アビコム・ジャパン) 清水啓介(アビコム・ジャパン) 大内康廣(アビコム・ジャパン) 蔵本直樹(アビコム・ジャパン) 住谷泰人 米本成人 森岡和行 金田直樹 河村暁子 呂曉東	平成30年10月	ICAO CP DCIWG2
The IGS0 SBAS: Multi-GNSS Augmentation from the Zenith (傾斜同期軌道によるSBAS:天頂からのマルチGNSS補強)	坂井文泰 北村光教 麻生貴広	平成30年10月	MGA/10 (第10回Multi-GNSSアジア会議)
Feasibility Study Fixed-flight path Angle Descent for Wide-body passenger Aircraft via FULL Flight Simulator Experiment (大型旅客機の降下角を固定した継続降下運航の実現可能性に関する研究)	伊藤恵理 ナグ・イング・キトマル・ビ・クマラン 平林博子 福島幸子	平成30年10月	CEAS Aeronautical Journal
Task Analysis based on User Centered Approach for Designing the Remote Aerodrome Flight Information Service Systems (遠隔型飛行場援助業務設計のためのユーザ中心のアプローチに基づくタスク分析)	井上諭 山崎和彦 (千葉工業大学) 菅野太郎 (東京大学大学院)	平成30年10月	International Conference on Human Systems Engineering and Design
短基線1周波GNSS受信局間の衛星毎の電離圏遅延差推定に及ぼす受信機時計誤差の影響評価	吉原貴之 齋藤享 齊藤真二 星野尾一明	平成30年10月	日本航空宇宙学会 第62回宇宙科学技術連合講演会
電離圏擾乱時における次世代SBAS性能の評価	北村光教 麻生貴広 坂井文泰	平成30年10月	日本航空宇宙学会 第62回宇宙科学技術連合講演会
準天頂衛星を用いたARAIMの検討	麻生貴広 北村光教 坂井文泰	平成30年10月	日本航空宇宙学会 第62回宇宙科学技術連合講演会
複数のQZOを持つみちびきに関する検討	伊藤憲 坂井文泰	平成30年10月	日本航空宇宙学会 第62回宇宙科学技術連合講演会
Statistical Analysis of 1090 MHz Signals Measured During a Flight Experiment (飛行実験で測定した1090MHz信号の統計解析)	本田純一 大津山卓哉	平成30年10月	International Symposium on Antennas and Propagation
観測ミッション実現のための固定翼UAVにおける映像伝送技術	古賀禎	平成30年10月	日本航海学会2018年度秋季大会
Measurement of radiation power from Beechcraft B300 FMCW radar altimeter and point power calculation (ビーチクラフトB300型機のFMCW電波高度計放射特性測定および点波源電力計算)	二ツ森俊一	平成30年10月	EUROCAE WG-96/RTCA SC-236 Joint Plenary
Difference of Speed Prediction Error (速度予測誤差の違い)	森亮太	平成30年11月	ICAO SASP-WG/31
航空交通情報共有基盤に関する研究	呂曉東 住谷泰人	平成30年11月	航空管制 2018-No. 4

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
A Method for Accurate ADS-B Signal Strength Measurement under Co-channel Interference (帯域内干渉の下でADS-B信号を正確に測定する手法)	長縄潤一 宮崎裕己	平成30年11月	2018Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)
A Theory of Aircraft Position Verification using TDOA (TDOA (信号到達時間差) を用いた航空機位置検証の理論)	長縄潤一 宮崎裕己	平成30年11月	2018Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)
Impacts of ionospheric scintillation on GAST-D integrity monitors (GAST-Dインテグリティモニタに対するシンチレーションの影響について)	齋藤亨 吉原貴之	平成30年11月	ICAO NSP第5回会議 (NSP/5)
Status update of ionospheric gradient analysis at magnetic low and mid-latitude region (低～中磁気緯度遷移領域における電離圏勾配の解析状況)	齋藤亨 中村真帆 吉原貴之	平成30年11月	ICAO NSP第5回会議 (NSP/5)
Update on anomalous propagation of VHF NAV signals by the sporadic E layer (スボラディックE層によるVHF航法電波の異常伝播に関する報告)	齋藤亨 細川敬祐 (電通大) 富澤一郎 (電通大) 坂井純 (電通大)	平成30年11月	ICAO NSP第5回会議 (NSP/5)
Facilitating interactions between space weather information service providers and aeronautical users (宇宙天気情報提供者と航空ユーザーの協力の推進について)	齋藤亨	平成30年11月	ICAO NSP第5回会議 (NSP/5)
Studies on the Interval Management Targeting Tokyo International Airport (東京国際空港を対象にしたIM研究)	伊藤恵理 大津山卓哉	平成30年11月	ICAO SP Workshop on Aeronautical Surveillance Systems
Activities Regarding Application Technologies for Primary and Secondary Surveillance Radars in Japan (日本における一次監視レーダと二次監視レーダの応用技術に関する動向)	本田純一 角張泰之 大津山卓哉	平成30年11月	ICAO SP Workshop on Aeronautical Surveillance Systems
The IGS0 SBAS: DFMC Seamless and Robust Navigation (傾斜同期軌道によるSBAS: 二周波数・複数コアシステムのシームレスかつロバストな航法)	坂井丈泰	平成30年11月	ICG/13(第13回国連GNSS会議)
A Concept of Automatic Trajectory Modification for Mitigating Complex Air Traffic Situations with a High Difficulty Index Value (高難度値の複雑な交通状況を緩和するための自動軌道修正の一概念)	Sakae Nagaoka Hiroko Hirabayashi Mark Brown	平成30年11月	ICSANE (Int'l Conference on Space, Aeronautical and Navigation Electronics) 2018
有視界飛行方式(VFR)ヘリコプタの飛行データ解析	虎谷大地 平林博子 河村暁子	平成30年11月	JUTMリモートID&期待位置把握に関するタスクフォーラス
マルチラテレーションの概要	古賀禎	平成30年11月	JUTMリモートID&期待位置把握に関するタスクフォーラス
Throughput and Frame error rate Evaluation in different Frequencies for Integrated-Aeronautical Mobile Communication Terminal (様々な周波数に対応した統合型航空無線通信端末スループット及びエラーレート評価)	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人	平成30年11月	IEICE International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics
Initial Analysis of Impact of DME Ranging Error Caused by Propagation Issue on Integrity Assurance (DMEのインテグリティ保証における伝搬問題に起因する測距誤差のインパクト初期解析)	毛塚敦 吉原貴之 藤井直樹	平成30年11月	IEICE International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics
Evaluation of Aircraft Electromagnetic Field Propagation Characteristics at 4 GHz Wireless Avionics Intra-Communication Band -Measurement using Beechcraft B300 aircraft- (4 GHz帯航空機内データ通信用周波数における航空機電波伝搬特性評価-B300型機を用いた測定評価-)	二ツ森俊一 宮崎則彦 関口徹也(北海道大学 大学院情報科学研究科) 日景隆(北海道大学 大学院情報科学研究科) 野島俊雄(北海道大学 大学院情報科学研究科)	平成30年11月	IEICE International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics
Localization Accuracy Model Incorporating Signal Detection Performance for Wide Area Multilateration (広域マルチラテレーションのための信号検出性能を考慮した測位精度モデル)	長縄潤一 宮崎裕己 田嶋裕久	平成30年11月	IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems
CARATS重点施策に係る研究開発: 監視通信分野の研究開発	住谷泰人	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
CARATS重点施策に係る研究開発: 気象情報から運航制約、空域・空港容量への変換に向けた研究開発の動向	又吉直樹(宇宙航空研究開発機構) 神田淳(宇宙航空研究開発機構) 吉川栄(宇宙航空研究開発機構) 瀬之口敦 吉原貴之 平林博子 手塚亜聖(早稲田大学) 武市昇(首都大学東京) 平田輝満(茨城大学)	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
CARATS重点施策に係る研究開発: 航法分野の研究開発	福田豊	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
4 GHz航空機内データ通信システム用周波数帯における航空機電磁界伝搬特性の基本測定	二ツ森俊一 宮崎則彦 関口徹也(北海道大学大学院) 日景隆(北海道大学大学院) 野島俊雄(北海道大学大学院)	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
航空機の軌道誤差を考慮した軌道最適化計算に関する検討	大野輝宙(横浜国立大学大学院環境情報学府) 上野誠也(横浜国立大学大学院環境情報学府) 平林博子	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
飛行実験による1090MHz帯の信号環境測定結果	本田純一 大津山卓哉	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
複数の周波数・通信方式に対応した統合型航空無線通信端末の実装と基本評価	森岡和行 金田直樹 二ツ森俊一 河村暁子 米本成人 住谷泰人	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
確率モデルによる東京国際空港における到着機制御の性能解析に関する一考察	宮沢与和 伊藤恵理	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
風を考慮した経路構成による燃料消費量の削減可能性に関する一検討	中村陽一 蔭山康太	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
北太平洋上空における可変経路の傾向分析	平林博子 マーク・ブラン ガ'インダ'キトマル・ビ'クマシハ	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
小型無人航空機向けADS-Bの技術検証と課題	河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 米本成人 大津山卓哉	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
国内空域におけるUPR運航の考察	蔭山康太 宮津義廣 中村陽一	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
混合運用においてRNP AR進入方式で飛行する航空機の飛行時間の短縮効果について	天井治	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
東京国際空港の到着交通流を模擬する統計モデルの構築に向けた一考察	伊藤恵理 宮沢与和	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
羽田空港の進入着陸経路上において航空機が生成する後方乱気流に対するLIDAR観測について	藤井直樹 吉原貴之 瀬之口敦	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
GBAS導入に向けた隣接放送システムとの周波数共用検討	齋藤真二 福島荘之介	平成30年11月	第56回飛行機シンポジウム
A320シミュレータによるRNP to xLS進入方式の検討	福島荘之介	平成30年11月	ATEC新進入・出発方式WG会議
Applying Hybrid System Optimization Method to Air Traffic Management (混合システム最適化手法の航空交通管理への応用)	虎谷大地	平成30年11月	FOSTE
安全をつくる航空管制官の技能とトレーニング	青山久枝	平成30年11月	ヒューマンインタフェース学会 第159回研究会
ターミナルレーダー管制業務における気象情報の表示方法の検討	堀口聖友 青山久枝 狩川大輔 (東北大学大学院工学研究科)	平成30年11月	ヒューマンインタフェース学会 第159回研究会
レジリエンスの4つのコア能力に基づく航空路管制業務の分析	岩淵由華 (東北大学大学院工学研究科) 青山久枝 狩川大輔 (東北大学大学院工学研究科)	平成30年11月	ヒューマンインタフェース学会 第159回研究会
SSRモードSによる気象データ取得と数値天気予報への活用	瀬之口敦 吉原貴之 古賀慎 小泉耕 (気象庁気象研究所) 瀬古弘 (気象庁気象研究所)	平成30年11月	第13回航空気象シンポジウム
進入経路上における管制間隔の気象の影響評価	吉原貴之 藤井直樹 瀬之口敦	平成30年11月	第13回航空気象シンポジウム
セルオートマトンによる航空交通モデルの再現性評価 (Evaluation of reproducibility of air traffic model using the Cellular Automaton)	長岡慎介 (東京理科大学) 伊藤恵理 立川智章 (東京理科大学) 藤井孝藏 (東京理科大学)	平成30年11月	第31回計算力学講演会 (CMD2018)
Real-time ionosphere 3-D tomography and its validation by MU radar incoherent scatter measurements (リアルタイム電離圏3次元トモグラフィのMUレーダー非干渉散乱観測による検証)	齋藤亨 山本衛 (京大生体園研) 齋藤昭則 (京大理)	平成30年11月	第144回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
日本におけるGBAS電離圏脅威モデルのためのプラズマバブル発生頻度及びスケールサイズ解析	中村真帆 齋藤亨 吉原貴之	平成30年11月	第144回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会
W帯における光ファイバー無線を利用したバイスタティックRCS測定システム	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行 金田直樹	平成30年11月	電子情報通信学会 WMP研究会
ENRI's R&D topics on RECAT (電子航法研究所のRECATに関するR&Dトピック)	吉原貴之 藤井直樹 瀬之口敦 山田泉	平成30年11月	FATS 第25回作業部会
民間航空分野におけるミリ波レーダ技術の研究開発	二ツ森俊一	平成30年11月	Microwave Workshop & Exhibition 2018
Japanese Contributions to Standardization of Avionics (搭載電子機器標準化への日本からの寄与)	小瀬木滋	平成30年11月	国際航空宇宙展2018
The IGS0 SBAS: Augmentation for Arctic Navigation (傾斜同期軌道によるSBAS: 極域航路の補強)	坂井丈泰 北村光教 麻生貴広	平成30年11月	第16回 国際航法学会 (IAIN2018)
Wide Area Augmentation Performance of DFMC SBAS Using Global Monitoring Stations (国外監視局を利用したDFMC SBASの広域補強性能評価)	北村光教 麻生貴広 坂井丈泰	平成30年11月	第16回 国際航法学会 (IAIN2018)

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Statistical analysis of tropospheric delay differences between two GNSS stations separated by few kilometers (数km離れた2つのGNSS観測点間の対流圏遅延差の統計的解析)	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦 齋藤真二	平成30年11月	第16回 国際航法学会 (IAIN2018)
GNSS-based real-time ionospheric 3-D tomography over Japan and its application to GNSS augmentation (日本上陸のリアルタイム電離圏3次元トモグラフィによるGNSS補強)	齋藤享 山本衛 (京大生存圏研) 齋藤昭則 (京大理) Chia Hung Chen (台湾・国立成功大)	平成30年11月	第16回 国際航法学会 (IAIN2018)
ADS fault tolerant property in air traffic control systems (航空交通管制システムにおける自律分散フォルトトレラント特性について)	古賀禎	平成30年12月	Autonomous Decentralized Systems and their Applications in Infrastruc
光ファイバ接続型受動型一次監視レーダの開発	大津山卓哉 本田純一 渡邊優人	平成30年12月	電気学会
専門講座 GPSをだましてみよう	坂井丈泰	平成30年12月	独立行政法人情報処理推進機構 セキュリティ・ミニキャンブ
CARATS and ATM research in Japan (日本におけるCARATSとATM研究)	中島徳顕	平成30年12月	SESAR INNOVATION DAYS
JUTM ID/V2V TF 情報提供	虎谷大地 平林博子	平成30年12月	JUTM ID/V2V TF
無人航空機の飛行が与える航空交通管理への課題	平林博子	平成30年12月	第11回港湾空港技術講演会 in 横浜2018
Simulation Techniques for Arrival Procedure Design in Continuous Descent Operations (継続降下運航の到着方式設計のためのシミュレーション技術)	虎谷大地 ガイング・キマル・ビクマシハ 平林博子	平成30年12月	Winter Simulation Conference
航空交通シミュレーションによる到着管理システムの有効性検証	福島幸子	平成30年12月	CARATSオープンデータ活用促進フォーラム
CARATSオープンデータ概要説明	岡恵	平成30年12月	CARATSオープンデータ活用促進フォーラム
アカラコドーにおける衝突リスク低減効果の解析結果	天井治	平成30年12月	国土交通省 航空局管制課 空域調整整備室
東京大学 平成30年度 航空技術・政策・産業特論	松永博英	平成30年12月	東京大学 平成30年度 航空技術・政策・産業特論
CARATS研究開発推進分科会資料	福島幸子 古賀禎 松永圭左 麻生貴広	平成30年12月	CARATS研究開発推進分科会
「法人賛助会員便り」	青山久枝	平成31年1月	航空交通管制協会
ヘリコプタの前方障害監視レーダの開発 (日本航空技術協会奨励賞受賞に対する航空技術紹介記事)	ニッ森俊一	平成31年1月	日本航空技術協会
レーダと受信時刻を観測地とする複数パッシブレーダのデータ融合	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 呂曉東 稲葉敬之 (電通大)	平成31年1月	電子情報通信学会 論文誌B
Air-Ground System Wide Information Management to Achieve Safe Flight Operation (安全運航のための空地統合SWIM)	呂曉東 森岡和行 古賀禎 住谷泰人	平成31年1月	IEEE HASE 2019
Merging Optimization Method with Runway Allocation Optimization maximizing Runway Capacity (滑走路容量を最大化する滑走路割当つき合流最適化手法に関する研究)	虎谷大地	平成31年1月	AIAA Scitech Forum 2019
Fuel-Saving Climb Procedure by Reduced Thrust Near Top of Climb (TOC近辺の低推力による燃料消費軽減の上昇手法)	森亮太	平成31年1月	AIAA Scitech Forum 2019
空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究	山田泉	平成31年1月	航空保安大学校第68回総合特別研修
GBASによる計器進入の原理と研究開発	福島莊之介	平成31年1月	航空保安大学校第68回総合特別研修
技術開発と評価試験	天井治	平成31年1月	航空保安大学校第68回総合特別研修
東京国際空港を対象にした拡張型到着管理システムの研究 (Studies on the Extended Arrival Management targeting Tokyo International Airport)	伊藤恵理	平成31年1月	DLR-ENRI共同研究セミナー
東京国際空港を対象にした拡張型到着管理システムの研究の背景 (Backgrounds of studies on the Extended Arrival Management targeting Tokyo International Airport)	伊藤恵理	平成31年1月	DLR-ENRI共同研究セミナー
開口面法とレイトレース法のハイブリット解析による空港面電波伝搬解析法の提案と有効性評価	平井翔太郎 (青山学院大) 毛塚敦 須賀良介 (青山学院大) 橋本修 (青山学院大)	平成31年1月	電子情報通信学会 エレクトロニクスシミュレーション研究会
Experimental investigation for radiation pattern of onboard radio altimeter (機上電波高度計の放射パターンの実験的調査)	米本成人 ニッ森俊一 河村暁子	平成31年1月	ICAO FSMP Working Group
Situation of A-SMGCS Standards (A-SMGCS規定類の状況)	宮崎裕己	平成31年1月	ベトナム航空当局とのMLAT連携会議
Ionosphere Data Analysis for GBAS in Vietnam (ベトナムにおけるGBASのための電離圏データ解析)	齋藤享 吉原貴之 Le Huy Minh (ベトナム・地球物理研究所)	平成31年1月	ベトナムGBASキックオフ会議
DFMS-SBASにおけるサービス性能可視化ツールの開発	井上裕生 麻生貴広	平成31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

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
AeroMACSを用いたSWIMアクセスのためのQoS検証実験	森岡和行 長縄潤一 呂曉東 宮崎則彦 河村暁子 米本成人 住谷泰人	平成31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
滑走路近傍に設置したGPS受信局における離着陸機の影響	齊藤真二 福島荘之介	平成31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
マルチパス環境下のドップラー併用TOA	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 呂曉東 稲葉敬之 (電通大)	平成31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
入力データの不確定性の航空管制難度指標値への影響	長岡栄 マウ・ブワン テラエー・ダニエル (ENAC)	平成31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 (SANE)
基準局での目標距離観測値を使用したTDOA測位	宮崎裕己 小菅義夫 田中俊幸 (長崎大学)	平成31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
Analysis of Radar Altimeter Interference due to Wireless Avionics Intra-Communication Systems by Using Large-Scale FDTD Method (大規模FDTD数値解析を用いた航空機内データ通信機器から航空機電波高度計への干渉解析)	ニツ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人 日景隆 (北海道大学 大学院情報科学研究科) 関口徹也 (北海道大学 大学院情報科学研究科) 山本学 (北海道大学 大学院情報科学研究科) 野島俊雄 (北海道大学 大学院情報科学研究科)	平成31年2月	The Applied Computational Electromagnetics Society
Estimation of 1090 MHz Signal Environment on Airport Surface by Using Multilateration System (マルチラテレーションを利用した空港面1090MHz信号環境の推定)	本田純一 角張泰之 大津山卓哉	平成31年2月	The Applied Computational Electromagnetics Society
Moving Target Detection and Two-Receiver Setup Using Optical-Fiber-Connected Passive Primary Surveillance Radar (光ファイバ接続受動一次監視レーダを用いた移動目標検出と2受信機設定)	渡邊優人 本田純一 大津山卓哉	平成31年2月	電子情報通信学会 論文誌B
無人航空機の飛行が与える航空交通管理への課題	平林博子	平成31年2月	自律型海上輸送システムの技術コンセプトの開発 第2回技術連絡会
Multilateration System Employing Radio-over-Fiber Technology (光ファイバ無線を用いたマルチラテレーションシステム)	本田純一 宮崎裕己 角張泰之 呂曉東 大津山卓哉	平成31年2月	ICAO監視パネル (SP) 第8回TSG会議
DFMC SBASの最新動向	坂井丈泰	平成31年2月	QBIC海外展開WG会合
GBASの安全設計研究とカテゴリー I 実用システムへの活用	福島荘之介	平成31年2月	平成30年度航空無線技術交流会/航空無線システム協会
機上FMSの算出する予測時刻の誤差について	森亮太 藤山康太	平成31年2月	CARATS 航空交通流時間管理WG
航空交通流時間管理検討WG進捗報告	虎谷大地	平成31年2月	CARATS 航空交通流時間管理WG
GNSS連続観測ネットワークGEONETの稼働状況	三宅千華 坂井丈泰 麻生貴広	平成31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
空港面において大地反射フェージングを低減する基地局アンテナ校正の実験的検証	長縄潤一 森岡和行 宮崎則彦 呂曉東 河村暁子 米本成人 住谷泰人	平成31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
76GHz帯特定小電力円偏波ミリ波レーダを用いたヘリコプタ前方障害物探知飛行試験-高圧送電線鉄塔および高圧送電線の探知性能評価-	ニツ森俊一 宮崎則彦 小林啓二 (宇宙航空研究開発機構) 桂信生 (北海道放送)	平成31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
拡張型到着管理システムの研究について (Studies on the Extended Arrival Management)	伊藤恵理	平成31年2月	南洋理工大学 講演
人間社会と自律知能が協働する航空交通管理システムを目指して	伊藤恵理	平成31年3月	自動車技術会「自動車技術」
障害物配置法を用いた航空管制のための到着軌道最適化手法	虎谷大地	平成31年3月	第6回 制御部門マルチシンポジウム
Field Trial of 1.5-Gbps 97-GHz Train Communication System Based on Linear Cell Radio Over Fiber Network for 240-km/h High-Speed Train (240km/hの高速列車のためのリニアセルファイバ無線ネットワークに基づく1.5Gbps 97GHz 列車通信システムの屋外実験)	菅野敬史 (NICT) Phan Tien Dat (早稲田大学) 梅沢俊正 (鉄道総研) 山本直克 (日立国際電気) 川西哲也 金田直樹 米本成人 他9名	平成31年3月	OFC2019 The Optical Networking and Communication Conference & Exhibition
Real-time 3-D ionospheric tomography and its validation by the MU radar (リアルタイム3次元電離圏トモグラフィとそのMUレーダによる検証)	齋藤亨 山本衛 (京大・生存圏研) 齋藤昭則 (京大・理) Chia Hung Chen (台湾・国立成功大)	平成31年3月	APRASC2019
Initial analysis of ionospheric characteristics for GBAS in Hanoi (ハノイにおけるGBAS電離圏特性の初期解析)	齋藤亨 吉原貴之 Le Huy Min (ベトナム地球物理研究所 (IGP)) Nguyen Chien Thang (ベトナム地球物理研究所 (IGP))	平成31年3月	ベトナム航空局への報告会

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
Mode S DAPs Implimentation and Operations Guidance Document (6.4, 6.5項) 改定案 (モードSダウンリンクの実装及び運用に関するドキュメント (6.4, 6.5項) の改定案)	宮崎裕己	平成31年3月	ICAO APANPIRG Mode S DAPs WG/2
DFMC SBAS: Reception of QZSS L5 SBAS Signal in Europe (DFMC SBAS: 準天頂衛星L5 SBAS信号の欧州における受信)	坂井丈泰	平成31年3月	第4回日欧GNSS官民ラウンドテーブル
Report on the 14th International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2018 (ICSANE2018) (第14回ICSANE2018報告)	福島荘之介 森山敏文 (長崎大学) 難井章嗣 (NICT)	平成31年3月	電子情報通信学会ソサイエティグローバルニュースレター
空域編成問題に対するNovmelized-cutを用いた近似解法	藤山康太 伊豆永洋一(筑波大学) 鶴岡孝盛(防衛大学校) 猿渡康文(筑波大学)	平成31年3月	日本オペレーションズ・リサーチ学会2019年春季研究発表会
Dual-Frequency Multi-Constellation SBAS Experiment Using QZSS (準天頂衛星システムによる二周波数複数コアシステムSBASの実験)	坂井丈泰	平成31年3月	第4回日欧宇宙政策対話
電波伝播シミュレータの開発状況	齋藤享 Hozumi Kornyanat (NICT) 津川卓也 (NICT) 中田裕之 (千葉大)	平成31年3月	第7回宇宙天気ユーザー協議会
電子情報通信学会総大会 Welcome Partyにおける電子航法研究所紹介	金田直樹	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
TOA測位におけるTaylor級数推定法と直接法	小菅義夫 古賀禎 宮崎裕己 呂曉東 稲葉敬之 (電通大)	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
固定翼UAV用の無線映像伝送システムの開発	古賀禎	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
定量的ハザード解析のための前提条件等の定量化	天井治 住谷美登里 松岡猛	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
航空管制関連ハザードの前提条件に関する一考察	住谷美登里 天井治	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
3Dプリンタを用いて構築するW帯ミリ波レーダ用ABS樹脂製反射型レンズアンテナの設計および特性推定	ニツ森俊一 坂本信弘 曾我登美雄	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
ILSローカライザー信号における干渉波の実験結果	本田純一 松永圭左 毛塚敦 田嶋裕久	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
開口面法とレイトレス法のハイブリッド解析による空港面電波伝搬解析法の提案	平井翔太郎(青山学院大学) 須賀良介(青山学院大学) 毛塚敦 橋本修(青山学院大学)	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
大規模FDTD解析を用いた4.4GHz帯機外WAICシステム設計のための伝搬損失推定	関口徹也(北海道大学大学院情報科学研究科) 日景隆(北海道大学大学院情報科学研究科) 山本学(北海道大学大学院情報科学研究科) 野島俊雄(北海道大学大学院情報科学研究科) ニツ森俊一 森岡和行 河村暁子 米本成人	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
ソフトウェア無線機による光通信に適した信号生成	金田直樹 米本成人 森岡和行 川西哲也(早稲田大学)	平成31年3月	電子情報通信学会 2019年総大会
Evaluating and mitigating ionospheric impacts on GNSS in the low latitude region based on observations (観測に基づく低緯度電離圏のGNSSに対する影響の評価と対策)	齋藤享	平成31年3月	Ionospheric Effects on Satellite Positioning and Navigation Conference
SBAS/GBAS research at ENRI (電子航法研究所におけるSBAS及びGBASに関する研究紹介)	齋藤享 坂井丈泰 吉原貴之 麻生貴広 北村光教	平成31年3月	Ionospheric Effects on Satellite Positioning and Navigation Conference
Potential Change for Common Clock System of MLAT in DOC-9924 (DOC-9924におけるMLATのCommon Clock Systemの改訂提案)	本田純一 宮崎裕己 角張泰之 古賀禎 大津山卓哉	平成31年3月	ICAO監視パネル(SP) 第9回ASWG会議
Evaluating Human Error Data for Hazards in Air-Traffic Control and Deriving a Quantitative Safety Index (航空交通管制におけるハザードに対する人的過誤データの評価と定量的安全性指標の導出)	松岡猛 天井治	平成31年3月	Inderscience Enterprises Ltd.
Numerical Simulation of Glide Slope Signal Interferences by Irregular Ground (不規則地面からのグライドスロープ信号干渉の数値シミュレーション)	本田純一 田嶋裕久 横山尚志(客員研究員)	平成31年3月	The 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications
SWIMとUTM	古賀禎 呂曉東	平成31年3月	第1回UTMシンポジウム
有人航空機の衝突回避技術とその無人航空機への拡張に関する技術動向調査	虎谷大地 平林博子	平成31年3月	宇宙航空研究開発機構

表題名	発表者	発表年月日	発表学会/機関名
NOPAC及びPACOTS経路の再編等に関する要件調査の技術支援	平林博子 マウ・アラウ	平成31年3月	国土交通省航空局 交通管制部管制課
「90GHz帯協制御型リニアセルレーダーシステムの研究開発」平成30年度研究成果報告書（分担執筆）	米本成人 金田直樹 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成31年3月	総務省
「ミリ波帯による高速移動用バックホール技術の研究開発」平成30年度研究成果報告書	米本成人 金田直樹 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	平成31年3月	総務省
Comparison between Opportunistic Measurement and Nominal Link Budget for Aeronautical Surveillance Signal (航空監視信号に対する在空機測定とリンクバジェット公称値の比較)	長縄潤一 宮崎裕己	平成31年3月	European Conference on Antennas and Propagation(EuCAP)
海上・港湾・航空技術研究所の防災に関する研究	福田豊 福戸淳司 山崎浩之	平成31年3月	海上・港湾・航空技術研究所
海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究 2.4節電子研担当分	平林博子 河村暁子	平成31年3月	国土交通省 技術政策課

8 知的財産権

当研究所の平成30年度末(H31. 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
飛行場管制支援システム	塩見格一	H11. 12. 17	3086828	H12. 7. 14
航空機等の進入コースの変動を防止する積層構造体	横山尚志	H11. 9. 17	3588627	H16. 8. 27
管制装置システム	塩見格一	H11. 12. 8	3783761	H18. 3. 24
受動型SSR装置	塩見格一	H11. 11. 10	3277194	H14. 2. 15
航空管制用ヒューマン・マシン・インターフェース装置	塩見格一	H11. 12. 7	3646860	H17. 2. 18
CPDLCメッセージ作成システム	塩見格一	H12. 3. 30	4210772	H20. 11. 7
航空路管制用航空機順序・間隔付けヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192252	H20. 10. 3
CPDLC/AIDC共用管制卓及び同ヒューマン・インタフェース	塩見格一	H12. 3. 30	4192253	H20. 10. 3
航空管制用管制指示入力装置	塩見格一	H12. 3. 30	4390118	H21. 10. 16
ターゲット選択操作装置	塩見格一	H12. 3. 24	3743949	H17. 12. 2
無線ネットワーク測位システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3453547	H15. 7. 18
無線ネットワーク制御システム	田中修一 二瓶子朗	H12. 6. 6	3428945	H15. 5. 16
GPS及びその補強システムを用いた航法システムにおけるアベイラビリティ取得方法及びその装置	福島荘之介	H12. 7. 26	3412011	H15. 3. 28
複数チャンネルを利用した無線ネットワークシステム及びその制御装置	田中修一 二瓶子朗	H12. 11. 13	3462172	H15. 8. 15
心身診断システム	塩見格一	H13. 9. 14	3764663	H18. 1. 27
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716472	H23. 4. 8
無線通信ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4716473	H23. 4. 8
無線ネットワークを利用した移動局測位システム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640720	H22. 12. 10
無線ネットワークシステム	田中修一 二瓶子朗	H13. 8. 8	4640721	H22. 12. 10
航空管制用表示装置における航空機位置表示方法	塩見格一	H13. 10. 24	3579685	H16. 7. 30
目標検出システム	加来信之	H13. 12. 10	3613521	H16. 11. 5
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置	横山尚志	H13. 9. 6	3680113	H17. 5. 27
ILSのグライドパスのGP進入コース予測方法及びILSのグライドパスのGP進入コース予測装置	横山尚志	H13. 9. 6	3752169	H17. 12. 16
移動体測位方法及び移動体誘導方法	岡田和男 白川昌之 塩見格一 小瀬木滋 田嶋裕久 住谷泰人 米本成人	H14. 3. 29	3826191	H18. 7. 14
電波反射体を用いた測定装置	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3623211	H16. 12. 3
画面情報表示方法、システム及びコンピュータプログラム	塩見格一	H15. 1. 24	4412701	H21. 11. 27
無線ネットワークシステム、移動局および移動局の制御方法	二瓶子朗	H14. 11. 19	4097254	H20. 3. 21
無線通信ネットワークシステム	二瓶子朗	H15. 3. 28	4141876	H20. 6. 20
無線通信ネットワークシステムおよび無線ネットワークシステムの制御方法	二瓶子朗	H14. 11. 19	4097133	H20. 3. 21
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

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H15. 12. 26	4317898	H21. 6. 5
カオス論的指標値計算システム PCT出願(日本国内分割)	塩見格一	H15. 12. 26	4989618	H24. 5. 11
移動局及び移動局側通信制御方法及び基地局及び基地局通信制御方法及び通信システム	金田直樹 塩見格一	H16. 3. 3	4107432	H20. 4. 11
電波装置	米本成人	H16. 5. 18	3845426	H18. 8. 25
航空管制用インタフェース装置、その表示制御方法およびコンピュータプログラム	塩見格一	H16. 3. 29	3888688	H18. 12. 8
大脳評価装置 PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 4. 28	4500955	H22. 4. 30
航空管制業務支援システム、航空機の位置を予測する方法及びコンピュータプログラム	塩見格一 金田直樹	H18. 10. 13	4355833	H21. 8. 14
誘電率の測定方法及び誘電率測定装置 (分割出願)	横山尚志	H13. 9. 6	3988828	H19. 7. 27
心身状態判定システム PCT出願(日本国内)	塩見格一	H16. 2. 23	4505619	H22. 5. 14
電波反射体を用いた測定装置 (分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3772191	H18. 2. 24
電波反射体を用いた移動体の航法方法 (分割出願)	米本成人 塩見格一	H14. 6. 28	3840520	H18. 8. 18
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
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
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 (分割出願)	三垣充彦	H18. 2. 9	4736103	H23. 5. 13
音声の中非発話音声の判別処理方法	塩見格一	H18. 3. 30	4752028	H23. 6. 3
衛星航法システムにおける衛星軌道情報の伝送方法及びそれらの装置	坂井丈泰	H18. 12. 13	4613334	H22. 10. 29
リフレクトアレイ及びミリメートル波レーダー (アレイ型反射板とミリ派レーダ) PCT出願(日本国内)	山本憲夫 米本成人 山田公男	H20. 10. 27	5023277	H24. 6. 29
外部雑音改善型発話音声分析システム	塩見格一	H19. 3. 30	5050180	H24. 8. 3
天頂対流圏遅延量の推定値の算出方法	武市昇 坂井丈泰 福島荘之介 伊藤憲	H20. 7. 9	5419031	H25. 11. 29
ミリ波レーダ組み込み型ヘッドランプ	米本成人 河村暁子	H22. 5. 11	4919179	H24. 2. 10
衛星航法システムにおける電離層遅延量の補正方法及びその装置	坂井丈泰	H19. 9. 25	4644792	H22. 12. 17
全方向性を有する誘電体レンズ装置を用いた電磁波の反射器を有するアンテナ	米本成人 河村暁子	H20. 10. 28	4812824	H23. 9. 2
作業適正判定システム	塩見格一	H20. 10. 31	5035567	H24. 7. 13
作業監視システム	塩見格一	H20. 10. 31	4936147	H24. 3. 2
G P S 衛星信号の品質監視機能を有する G P S 衛星信号品質監視方法及び G P S 衛星信号の品質監視機能を備えた G P S 衛星信号品質監視装置	齊藤真二	H21. 6. 4	5305395	H25. 7. 5
衛星航法システムにおける測位誤差の補正方法及びその装置	坂井丈泰	H22. 3. 25	5305413	H25. 7. 5
衛星航法システムにおける電離圏異常を検出する方法及びその装置	藤田征吾	H22. 8. 20	5305416	H25. 7. 5
直線偏波の制御方法及びその装置	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H23. 4. 26	5376470	H25. 10. 4
直線偏波の制御方法及びその装置 (分割出願)	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一	H23. 4. 26	5376470	H26. 8. 22

発 明 の 名 称	発 明 者	出願(国際)年月日	登録番号	登録年月日
自律神経の状態評価システム	塩見格一	H23. 7. 20	5812265	H27. 10. 2
RTK測位計算に利用する衛星の選択方法及びその装置	山田英輝	H23. 10. 18	5013385	H24. 6. 15
衛星航法システムにおける測位誤差の補正方法及びその装置	坂井丈泰	H26. 1. 25	5818178	H27. 10. 9
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	H28. 1. 23	6332874	H30. 5. 11
レーダー装置における相互干渉を回避する方法及びこの方法を用いた監視装置	米本成人 河村暁子 二ツ森俊一 森岡和行	H27. 6. 11	6195278	H29. 8. 25
G N S Sを用いて航法を行う機能を有する航空機の航法性能の推定方法及び推定装置、並びに航空機の航法性能の劣化を検出する方法及び航空機の航法性能の監視装置	麻生 貴広	H29. 4. 7	6288745	H30. 2. 16
衛星航法システムの誤差補正の方法及び装置	坂井 丈泰	H29. 10. 3	6440217	H30. 11. 30

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
受動型 S S R装置 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 344, 820 B1	H14. 2. 5
S S R装置及び航空機二次監視網 PCT出願(アメリカ国内)	塩見格一	H11. 10. 29	US 6, 337, 652 B1	H14. 1. 8
管制装置システム：アメリカ	塩見格一	H12. 12. 7	US 6, 573, 888 B2	H15. 6. 3
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(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 P C T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
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
画面情報表示方法、システム及びコンピュータプログラム(アメリカ国内)	塩見格一	H16. 1. 26	US 7, 091, 994 B2	H18. 8. 15
電波装置 アメリカ	米本成人	H17. 3. 9	US 7, 446, 730 B2	H20. 11. 4
誘電体レンズを用いた装置 PCT出願(アメリカ国内)	米本成人	H17. 7. 27	US 8, 471, 757 B2	H25. 6. 25
アレイ型反射板とミリ波レーダ PCT出願(アメリカ国内)	山本憲夫 米本成人 山田公男	H18. 10. 27	US 7, 719, 463 B2	H22. 5. 18
ミリ波レーダ組み込み型ヘッドランプ	米本成人 河村暁子	H22. 5. 11	US 8, 803, 728	H26. 8. 12
天頂対流圏遅延量の算出方法及び衛星測位信号の対流圏遅延量の補正方法 PCT出願(アメリカ国内)	武市昇 坂井丈泰 福島荘之介 伊藤憲	H19. 12. 28	US 8, 665, 146 B2	H26. 3. 4
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	H24. 4. 9	US 9, 417, 327 B2	H28. 8. 16

(2) 出願中

①日本国内

発明の名称	発明者	出願年月日	出願番号
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	H28. 1. 23	2016-011162
探索システム、探索演算装置及び探索方法	塩見格一	H28. 9. 19	2016-182464
無線技術を利用した人文字、サイネージ	米本成人 角張泰之	H29. 9. 28	2017-188308
積雪特性を測定する方法及びその装置及びこの積雪特性を測定する方法を利用した融雪災害の予測監視方法及びその装置	吉原貴之 齋藤享 毛塚敦	H30. 11. 8	2018-210796
遠隔型飛行場援助業務用情報表示機能付き電子計算機(意匠)	井上 論	H31. 3. 26	2019-006363
航空機情報表示機能及び空港情報表示機能付き電子計算機(意匠)	井上 論	H31. 3. 26	2019-006364
遠隔型飛行場援助業務用情報表示機能及び空港情報表示機能付き電子計算機(意匠)	井上 論	H31. 3. 26	2019-006365

②海外

発明の名称	発明者	出願(国際)年月日	出願番号
カオス論的ヒューマンファクタ評価装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H15. 10. 15	1634/CHENP/2003
カオス論的脳機能診断装置 PCT出願(イスラエル国内)	塩見格一	H16. 5. 20	161892
カオス論的診断感度増感装置 PCT出願(インド国内)	塩見格一	H15. 2. 26	2094/CHENP/2004
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	10/508785
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	H15. 2. 26	03744980. 8

第 3 部 現 況



1 平成30年度に購入した主要機器

OCTPASSターゲット処理部（機能追加） 1 式
ベクトル信号発生器（改修） 1 式
後方乱気流検出装置の水冷装置 1 式
VDB送信機 2 式
防水可搬型光ケーブルトラムセット 1 式
ボードCPU 2 式
GBAS受信機 4 式
ベクトルネットワークアライザ 1 式
ネットワーク4Kカメラ 6 式
計算クラスター用処理ボード 3 式
高解像度顕微鏡 1 式
コネクタ付き光ケーブル 3 式

2 主要施設及び機器

1 電波無響室

電子航法の分野では、電波を送受信するアンテナの性能や空間中の電波伝搬特性が機器の性能に大きく影響する。このため、アンテナおよび電波伝搬に関する試験研究が重要になっている。当研究所では、これらの試験研究のための実験施設として、電波無響室を整備した。

電波無響室はシールド壁内部を電波吸収材で被覆した構造を持っている。シールド壁により電波が遮蔽されるため、外来電波の影響を受けず研究所周辺への干渉を防止することができる。さらに、電波吸収材により電波の反射を抑制できるため、電波無響室内は広大な自由空間と同様な伝搬特性を実現できる。

電波無響室内では、アンテナの送受信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： 32.0 m×6.2 m×4.2 m

周波数範囲： 1～110 GHz

無反射範囲： 23m 以上

反射減衰量： 50dB 以上

遮蔽減衰量： 90dB 以上

付 属 設 備： 計測室、空調設備、空中線特性試験装置、
アンテナ回転台移動装置、計測機器ピット、各種無線計測機器、非常照明

2 アンテナ試験塔

アンテナ試験塔は、昭和52年に建設され、VORの研究などで使用されてきた。

平成17年度には、二次監視レーダー（SSR）モードSの高度運用技術の研究で使用するため、レーダー設置台を設置するなどの改修を行った。平成19年度には、回転式アンテナを含むSSR装置が設置された。

このほかに、屋上には、実験などに利用するためのスペースが確保されており、GPSアンテナなどが設置されている。

〔要目概要〕

高 さ： 19.15 m

3 ネットワークシステム

当研究所のネットワークシステムは、共用電子計算機システムの一部として昭和50年台に所内LANが整備されたものに端を発するが、当初は外部組織とのネットワーク接続はなかった。平成5年、研究を効率的に進める上での電子メールの必要性が研究所内で認識され、日本のインターネットの草分けであるJUNET(Japan University Network)に接続し、電子メール及びネットニュースの利用を開始した。その後、平成7年に当時の科学技術庁の管理下にあった省際研究情報ネットワーク(IMnet: Inter-Ministry Research Information Network)に光ケーブル専用線で接続し、電子メールとネットニュースの他、www や ftp, telnet 等の現在のインターネットの基礎となるサービスを楽しむようになった。当時の光ケーブル専用線のデータ転送帯域は、192kbps であった。現在は、国立情報学研究所が提供する学術情報ネットワーク(SINET: Science Information Network)を利用して、1Gbps の帯域で外部とのネットワーク接続を行っている。

一方、所内LANの構成に目を向けると、IMnetに接続を始めた頃に所内の各建屋毎にサブネットを割り振る形態を採用した。現在はVLANという形で研究グループ毎にサブネットを分けているが、当時の形態が現在の所内LAN構成の基礎となっている。

現在の所内回線は、平成20年に実施した構内光ケーブル布設(増設)により、計算機室～各建屋間において10GBASE-LRのイーサネット通信を実現している(調布本所～岩沼分室間を除く)。また、各建屋内においては、各端末(パソコン)は主に1000BASE-Tのイーサネットにより所内LANに接続されている。

現在、ネットワークシステムを構成するサーバ群は、電子メール、www、ファイル共有、グループウェア、VPN、無線LAN等のサービスを提供し、研究及び事務に不可欠なシステムとして運用されている。

4 実験用航空機

電子航法の実験や試験のために航空機をもつことは、当研究所の特色である。

昭和40年7月より、米国のビーチクラフトスーパーH-18型機を使用した。その後、使用10年を経過し、部品入手が困難になったため当機の更新を計画し、昭和49、50年度に米国のビーチクラフトB-99を購入し、昭和50年10月に当研究所に引き渡された。昭和51年1月から運用を開始したが、調布における運用制限のため、同年10月当研究所岩沼分室が宮城県岩沼市に設置されたことにより仙台空港を定置場とした。

ビーチクラフトB-99は、平成23年3月11日に発生した東日本大震災による津波にて被災、全損となったため、平成24、25年度にビーチクラフトB300を購入した。同機は平成25年5月に引き渡され、同年7月から運用を開始した。

[更新機の諸元・性能]

登録番号：JA35EN

型式：Beechcraft B300 (KingAir350)

全長：14.23 m

全幅：17.65 m

全高：4.36 m

全備重量：6.8 t

最大巡航速度：263 kt

最大航続距離：3,268 km

離陸滑走路長：1,006 m

着陸滑走路長：821 m

発動機：Pratt & Whitney Canada PT6A-60A

プロペラ：Hartzell HC-B4MP-3C

アビオニクス：Collins Pro Line 21

3 刊行物

当研究所の発行する刊行物は、下記のとおりである。

電子航法研究所報告（不定期刊行）
電子航法研究所 研究長期ビジョン報告書（不定期刊行）
電子航法研究所研究発表会講演概要（年刊）
電子航法研究所年報（年刊）
電子航法研究所要覧〈案内〉（年刊）

4 行事等

当研究所の平成30年度における行事等は、下記のとおりである。

研究施設一般公開〔平成30年4月22日（日）〕

平成29年度科学技術週間に基づき、当研究所の各施設を公開した。（来場者数延べ8,177名）

研究発表会〔平成30年5月31日（木）～6月1日（金）〕

平成30年度（第18回）電子航法研究所研究発表会を海上技術安全研究所講堂において開催した。
（2日間来場者数延べ401名）

第84回出前講座〔平成30年8月20日（月）〕 JR西日本

1. 衛星測位技術を活用した航空機航法システム概要と今後の動向
（電子航法研究所 航法システム領域 上席研究員 福島 荘之介）
（電子航法研究所 航法システム領域 上席研究員 坂井 丈泰）

第85回出前講座〔平成30年10月29日（月）〕 千歳科学技術大学

1. 航法システムの基礎～洋上から着陸までを支える航法システム 千歳空港編～
（電子航法研究所 航法システム領域 主幹研究員 毛塚 敦）

講演会〔平成30年12月3日（月）〕

平成30年度電子航法研究所講演会を中野ZERO小ホールにおいて開催した。

テーマ：「国際標準化に貢献するENRIの研究」（来場者数延べ120名）

1. 空港運用のさらなる安全と効率化に向けて
（電子航法研究所 特別研究主幹 植木 隆央）
2. 欧州が考える将来の航空とEUROCAEによる航空関連システムの標準化
（招待講演 EUROCAE技術部長 Ms. Anna von Groote）
3. 遠隔型空港業務支援システムの開発
（電子航法研究所 航空交通管理領域 主幹研究員 井上 諭）
4. GBASに関する国際標準化活動への取り組み
（電子航法研究所 航法システム領域 上席研究員 吉原 貴之）
5. 滑走路異物検出システムに関する研究と国内外の動向について
（電子航法研究所 監視通信領域 上席研究員 米本 成人）

第86回出前講座〔平成31年1月7日（月）〕 富山県立大学

1. 航空システムの基礎～機上から着陸までを支える航法システム～
（電子航法研究所 航法システム領域 上席研究員 毛塚 敦）

第87回出前講座〔平成31年1月7日（月）〕 国土交通省 航空保安大学校

1. 電子航法研究所の概要
（海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 特別研究主幹 植木 隆央）
2. PBNとGBASを活用した高度な計器進入方式に関する研究
（電子航法研究所 航法システム領域 上席研究員 福島 荘之介）
3. 空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究
（電子航法研究所 航空交通管理領域 主任研究員 山田 泉）

平成30年度評議員会〔平成31年3月28日（木）〕

評議員会において下記課題に関する外部評価を実施した。

事後評価課題「陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究」

事前評価課題「滑走路異物監視システムの高度化に関する研究」

中間評価課題「SWIMのコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究」

5 職員表彰

◎ 理事長表彰（平成30年7月26日）

永年勤続（30年）

天井 治（航空交通管理領域）

永年勤続（20年）

齊藤 真二（航法システム領域）

平林 博子（航空交通管理領域）

特 別

齋藤 享（航法システム領域）

吉原 貴之（航法システム領域）

「Radio Science誌に掲載された『Evaluation of extreme ionospheric total electron content gradient associated with plasma bubbles for GNSS Ground-Based Augmentation System』が” Journal Highlight” に選出され、さらに AGU Publications Quartetly Update:Space and Planetary Sciences において、5編の” Editor’s Highlight” にRadio Science誌から唯一選出」

◎ 電子航法研究所所長表彰（平成30年7月26日）

特 別

虎谷 大地（航空交通管理領域）

「日本航空宇宙学会において『空港周辺空域における上昇機のための最適な回避軌道に関する研究』を発表し”奨励賞”を受賞」

福島 莊之介（航法システム領域）

齊藤 真二（航法システム領域）

「『計器着陸システムと隣接帯域の新放送システムとの共用条件の検討手法』を開発し、日本航空技術協会”奨励賞”を受賞」

毛塚 敦（航法システム領域）

「電子情報通信学会においてエレクトロニクスシミュレーション研究専門委員会幹事補佐及び論文編集委員を務めた功績により”エレクトロニクスソサイエティ活動功労賞”を受賞」

米本 成人（監視通信領域）

「電子情報通信学会において電子情報通信学会マイクロ波・ミリ波フォトンクス研究専門委員会幹事を務めた功績により”エレクトロニクスソサイエティ活動功労賞”を受賞」

長縄 潤一（監視通信領域）

「2017 IEEE AP-Sにおいて『Antenna Deembedding in WBAN Channel Modeling Using Spherical Wave Functions』を発表し”Japan Young Engineer of the year”を受賞」

また「電子情報通信学会 宇宙・航行エレクトロニクス研究会において『広域マルチラテレーションにおける信号検出状況を考慮した測位誤差分布のモデル化』を発表し”若手奨励賞”を受賞」