



2020年度 CARATS活動成果資料集

CARATS事務局
2020年 3月22日

<目次>

▪ 2019年度の活動成果

- ①「重点的に取り組むべき施策」に対する研究開発計画[個票] P 2-9
- ②「2019年度導入意思決定施策」に係る費用対効果分析結果 P10-12

▪ これまでの活動成果(まとめ)

- ③PBNの導入実績と2019計画(PBN展開状況とRNP AR運航実績) P13-15
- ④これまでの主な研究開発成果[個票(案)] P16-20

【別紙】2021年度までの導入/意思決定施策に必要な研究開発実施状況
確認一覧表

・2020年度の活動成果

①「重点的に取り組むべき施策」に係る研究開発計画
[個票]

(OI-18)初期的CFDTによる時間管理

CFDTの再開に向けた軌道予測に関する研究

重点7施策：①交通流時間管理 に対応



1. 研究開発の概要・目的

- 「初期的CFDT*による時間管理(SCAS*)」は航空機に対し、算出された飛行経路上の特定地点における通過時刻(CFDT)を管制官が指示することによる、目的空港付近の特定の空域における航空機の過度な集中の緩和・分散を目的とした新たな交通流制御手法である。
- 2011～2014年に当該施策の試行運用を実施したが、CFDTの変更発生頻度が十分に減少しない(機上装置が指示拒否)等の課題が改善されず中断となった。
- 本研究は「初期的CFDTによる時間管理(SCAS)」の再開にむけた課題解決を目的とし、2017年度よりCARATSに新たに立ち上げた航空交通流時間管理検討WGにおいて産官学が協調し、推進している。

2. 研究開発の必要性

*CFDT : Calculated Fix Departure Time
*SCAS : Specifying CFDT for Arrival Spacing Program

- 試行運用を中断した際は、スペーシング時間の超過に加えて、SCASが適合できない状況が発生していた。この原因を究明し、試行運用再開に際しては適合率を向上させる時間管理の運用方法の改善が必要である。

3. 研究開発課題

- ①軌道予測精度に関する研究(大学、研究機関)
→過去の予測精度を評価し、その精度向上方法を検討。
- ②調整可能時間幅の評価(大学、研究機関)
- ③時間管理アルゴリズムの改善(複数FIXへの発展を含む)
(大学、研究機関)
- ④他の航空交通流管理との併用に関する研究(EDCT*を含む)
(大学、研究機関)

*EDCT : Expected Departure Clearance Time

4. 研究開発計画 (ロードマップ)

年度	H29 2017	H30 2018	R1 2019	R2 2020	R3 2021	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7～ 2025
航空局 CARATS					★運用再開 (OI-18) 初期的CFDTによる時間管理				
						★運用開始 (OI-16) 軌道情報を用いた複数地点におけるCFDTによる時間管理の高度化			
大学 電子研 JAXA	予測モデルの改善・評価								
			予測モデルの性能向上						
		調整可能時間幅の研究							
	交通流管理への影響に関する研究								



5. 期待される成果・活用

- (成果)適切な時間調整幅の算出、新たな時間管理アルゴリズムの開発
⇒ 運用方法の改善、軌道予測精度の向上に寄与
- (活用)初期的CFDTによる時間管理の運用方法、システムパラメータの設定に反映
⇒ 当該施策の適合率向上に寄与

6. 研究開発体制(役割分担・リソース)



1. 研究開発の概要・目的

<O1-27>

- 混雑空域の航空路において、管制間隔の短縮が可能な環境を整備することは処理容量拡大及びエンルート遅延縮減の1つの方策となる。高密度航空路においてADS-Bによる更なる監視能力の向上を前提に**3NMの最低管制間隔の適用を可能とする。**

<EN-9-3>

- 監視システムを整備した後も残るような**非監視空域**について、地上受信機の整備費及び維持費が安価であると想定されている**ADS-Bを導入、整備し、監視能力の向上を図る。**

2. 研究開発の必要性

<O1-27>

- ADS-Bの活用においては、データに含まれる**位置情報の精度、信頼性要件(検出率・可用性)及び安全性に関する研究開発評価が必要となる。**

<EN-9-3>

- ADS-Bデータの**精度・信頼性情報**を評価し、**安全性検証に関する検討を行い、監視要件を満たすことを検証する研究評価が必要となる。**

3. 研究開発課題と目標(実用化に向けた課題項目)

- 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
→ ADS-B利用に関する信頼性評価及び安全性検証手法確立
- ② SBASを利用したADS-Bデータの監視性能評価
→ SBAS対応ADS-B利用時の監視性能評価
- ③ ADS-B方式HMSの追加評価
→ ADS-Bを用いた高度監視システムにおけるRVSM 非適合機判定の信頼性向上

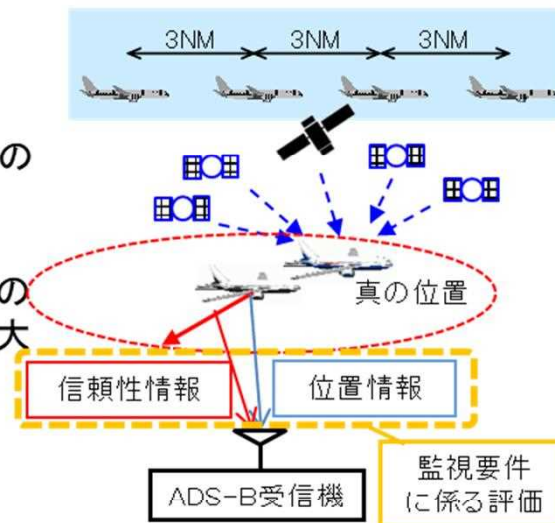
4. 研究開発計画(ロードマップ)

年度	H28 2016	H29 2017	H30 2018	R1 2019	R2 2020	R3 2021	R4 2022	R5 2023	R6~ 2024
航空局 CARATS			意思決定	-----> (変更)		★意思決定	O1-27	ロードマップ修正予定	
電子研			ADS-B精度、信頼性要件及び安全性に関する研究			★意思決定	EN-9-3	ロードマップ修正予定	★ADS-B導入 注) 管制間隔3NM適用はADS-B導入後に(別途検討予定)

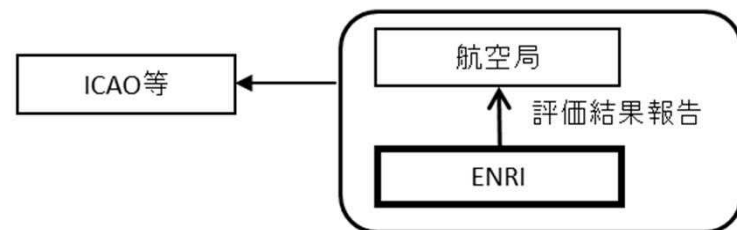
対象期間: R3 (2021) から R6 (2024) まで

5. 期待される成果・活用

- (成果)ADS-Bの実用化
⇒次期航空路監視レーダーへの適用
- (活用)TBO、管制間隔3NM適用
⇒監視精度向上による安全性の向上、将来航空交通量の増大への対応



6. 研究開発体制(役割分担・リソース)



(EN-7)全飛行フェーズでの衛星航法サービスの提供

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 (2015~2019年度)

1. 研究開発の概要・目的

- 衛星航法システム(GNSS)の技術進展に伴い、今後、世界的に複数の周波数及びGPS以外の測位衛星に対応した次世代GNSSに移行していく計画であり、高精度なSBASや高カテゴリーGBASの開発、ICAO基準等の策定が進捗中。
- 電子研では、次世代GNSSに対応した次期SBAS、高カテゴリーGBASについて技術要件の明確化・性能解析を行い、補強信号を生成するプロトタイプを製作中。
- 本研究は、次世代GNSSに対応した次期SBAS、GBASの利用可能性を改善し、SBAS及びGBASの利用拡大を図ることを目的とする。

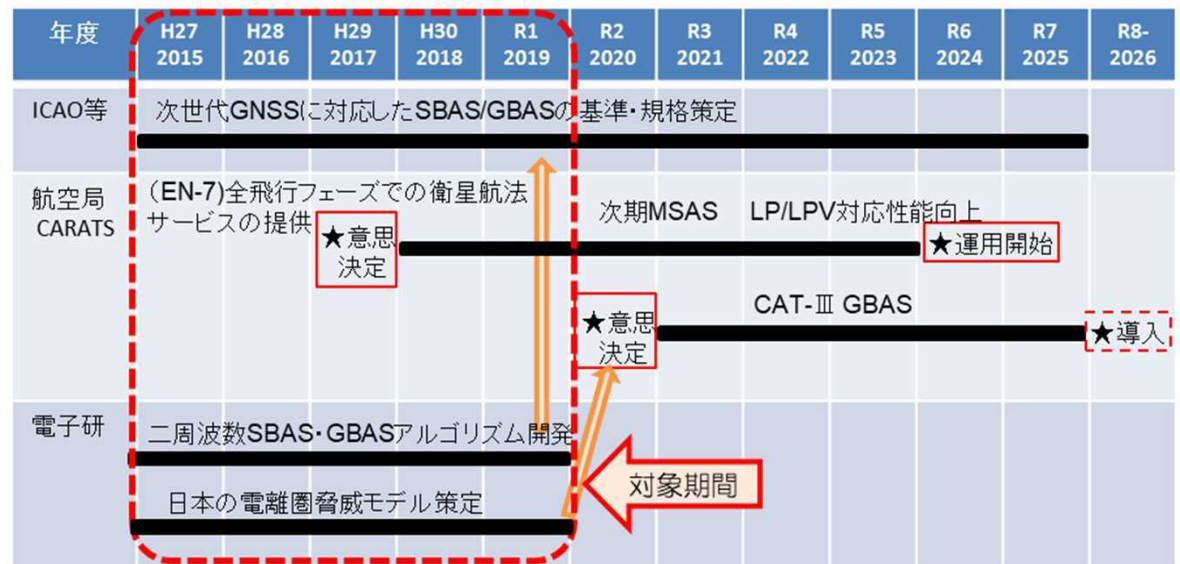
2. 研究開発の必要性

- わが国は今後、準天頂衛星システムを利用したSBAS(次期MSAS)を整備し性能向上を図るとともに、高カテゴリーGBAS導入を目指していることから、次世代GNSSに対応した技術開発を行い実用化するために、本研究が必要。
- また、日本を含む低緯度地域の電離圏擾乱現象に対応した技術開発を行い、国際基準に反映させる必要。

3. 研究開発課題と目標 (実用化に向けた課題項目)

- ①十分なアベイラビリティ(目標99.9%)の航法システム
→次世代GNSSに対応した次期SBAS、CAT-III GBASの開発
- ②一周波数システムのアベイラビリティ向上
→日本の電離圏環境に最適化した電離圏脅威モデル策定
- ③ICAO基準等へのわが国の技術仕様・要件等の反映
→準天頂衛星システムの技術仕様を適切に反映

4. 研究開発計画 (ロードマップ)

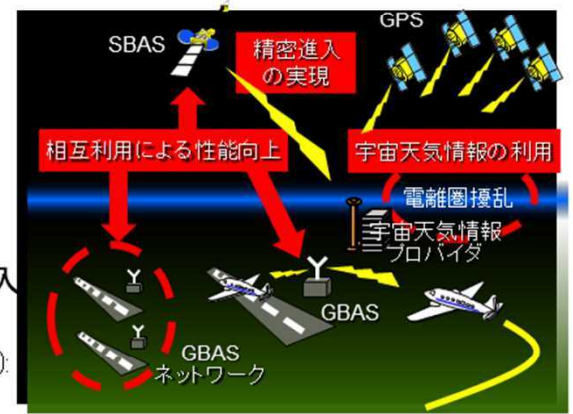


5. 期待される成果・活用

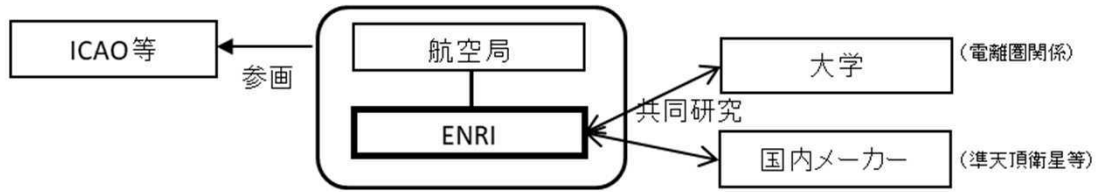
(成果) 次世代GNSSに対応したSBAS、GBASの要素技術の開発・評価
⇒ 準天頂衛星システムを利用した将来MSAS整備
CAT-III GBAS導入検証

(活用) SBAS-LPV*、GBAS-CAT II・III進入
⇒ 就航率向上、運航効率向上

*LPV(Localizer performance with vertical guidance): 垂直ガイダンス付き進入方式



6. 研究開発体制 (役割分担・リソース)



PBNとGBASを活用した高度な計器進入方式に関する研究 (2018～2021年度)

1. 研究開発の概要・目的

- 現在、ICAOにおいてRNP to GLS曲線精密進入方式の国際基準が検討されており、航空局ではH35年度の導入を目途としている。
- ENRIでは、H25～29年度の研究により、当該進入方式の設計方法を考案したところ。
- 本研究は、わが国におけるR5年度の導入に向けて、引き続き、当該進入方式の研究開発を行い、**ICAO基準と国内基準策定に貢献**することを目的とする。

2. 研究開発の必要性

- 現在の精密進入はILSによる直線進入のみであり、RNP to GLS曲線精密進入の実現により、**就航率向上、経路短縮、騒音軽減**の効果が期待。
- 衝突危険度モデル(CRM)の改善による障害物評価表面の緩和が期待。
- わが国に導入し、早期に便益を得るため、本研究が必要。

*RNP: Required Navigation Performance,
GLS: GBAS Landing System

3. 研究開発課題と目標 (実用化に向けた課題項目)

- ①我が国の空港環境の制約を考慮したRNP to GLS進入の設計条件と導入効果の検討。
→ 制約を調査し、設計条件を定めて実証することによる導入効果の定量化
- ②運航データによる衝突危険度モデルの妥当性検証。
→ 従来モデルを改善するアルゴリズムの提案及び妥当性の検証

4. 研究開発計画 (ロードマップ)

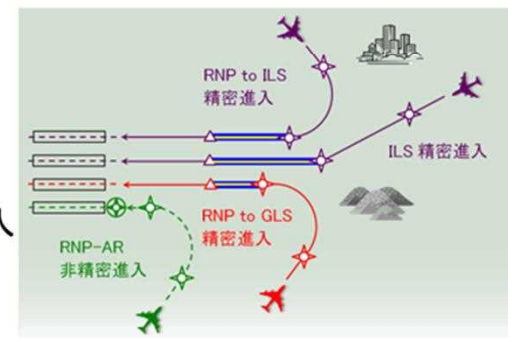
年度	H25～H29	H30 2018	R1 2019	R2 2020	R3 2021	R4 2022	R5 2023	R6～ 2024
ICAO等	RNP to GLS曲線精密進入 国際基準策定検討							
航空局 CARATS	RNP to GLS曲線精密進入 国内基準策定、施設整備 ★導入							
ENRI	RNP to GLS方式 設計法考案	RNP to GLS ICAO基準・国内基準策定に貢献						

対象期間: R3 (2021) から R5 (2023) まで

5. 期待される成果・活用

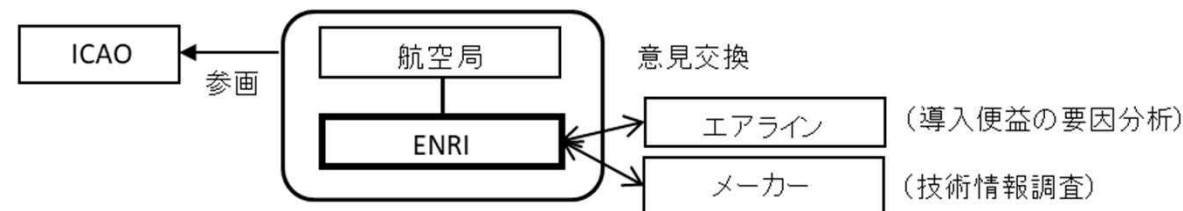
(成果) RNP to GLS曲線精密進入方式
基準に必要な技術条件

(活用) わが国への曲線精密進入方式の導入
⇒ 就航率向上、経路短縮、騒音軽減



RNP to xLS精密進入方式と既存方式の比較

6. 研究開発体制 (役割分担・リソース)



空地通信技術の高度化に関する研究 (2016～2019年度)

1. 研究開発の概要・目的

- 軌道ベース運用(TBO)を支える将来のデータ通信に必要な大容量かつ信頼性の高い通信メディアが存在していない。
- ENRIでは、AeroMACS *のICAO基準や国際技術規格(RTCA等)策定に貢献するとともに、プロトタイプを開発し、仙台と羽田において技術実証試験を実施。
- 本研究は、国内事業者による今後のサービス展開を睨み、プロトタイプを活用して、航空機や空港内の車両等と接続した **AeroMACSの利用技術の開発や適用範囲拡大の可能性を性能評価することを目的とする。**

*AeroMACS: 次世代の空港用航空移動通信システム

2. 研究開発の必要性

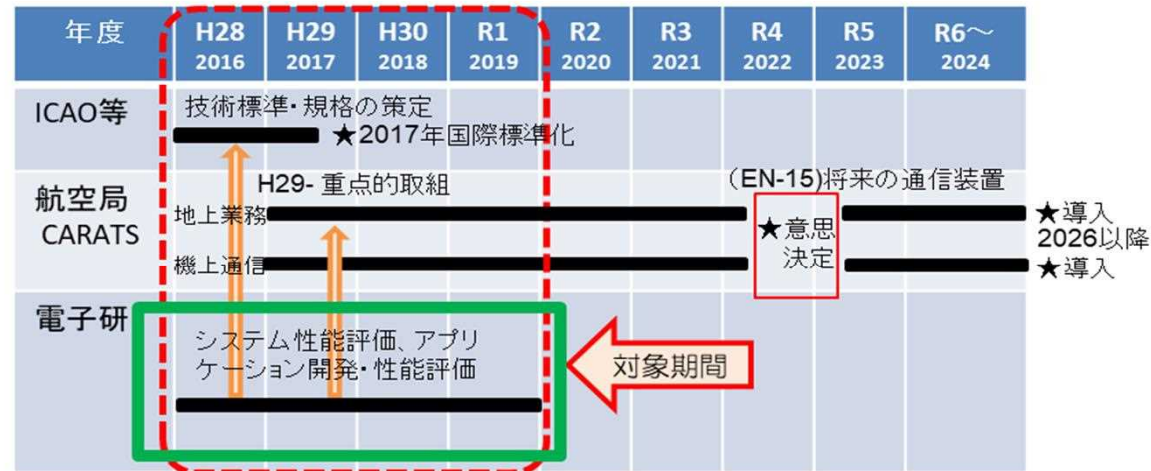
- AeroMACSの導入に必要なICAO基準・規格等は策定済み。
- 今後、国内で実用化していくためには、事業化に資する実装・普及技術が必要であり、**航空機や空港内の車両等と接続するアプリケーションの開発にあたっては本研究が必要。**

3. 研究開発課題と目標(実用化に向けた課題項目)

- ① AeroMACS実用化のため、国内外の関係者と連携
→ICAOにおける規格策定参画、産業界を交えたプロトタイプ開発、通信事業者との共同研究
- ② AeroMACS技術の適用範囲拡大
→地上-飛行中の航空機間におけるAeroMACS利用の性能評価、覆域の拡大方策の検討
- ③ AeroMACSを利用したアプリケーションの評価・検証
→通信コンテンツとして所内SWIM*研究と連携し、実験用SWIMシステムと接続、SWIM情報(FIXM**)との通信実験実施

*SWIM: 航空交通情報共有基盤 **FIXM: 運航情報変換モデル

4. 研究開発計画 (ロードマップ)



5. 期待される成果・活用

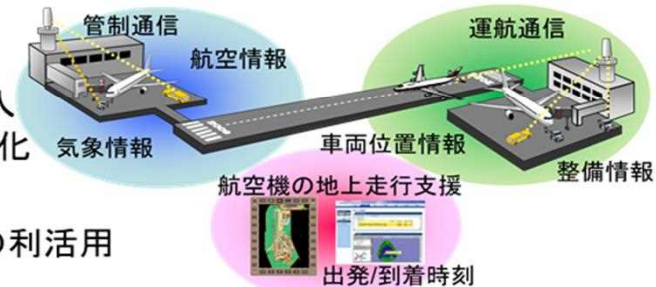
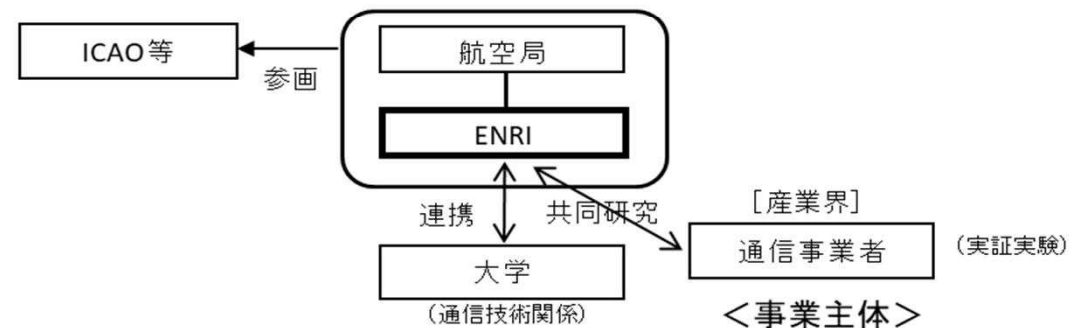
(成果) 空港へのAeroMACS導入
⇒ 通信事業者による事業化

(活用) 空港CDM*、TBO*等での利活用
⇒ 安全性、効率性の向上

*CDM(Collaborative Decision Making): 協調的意思決定

*TBO (Trajectory Based Operation): 軌道ベース運航

6. 研究開発体制(役割分担・リソース)



(EN-3)情報共有基盤 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 (2016年度～2020年度)

重点7施策：⑦SWIM実現 に対応

1.研究開発の概要・目的

- 現在、国際間の情報共有については、インターネット技術を活用したネットワーク環境となっていない。
- 電子研では、航空局、本邦エアライン、メーカーとともに海外機関等と連携した国際的な情報共有基盤(SWIM)の技術実証(ミニ・グローバル・デモンストレーションII)に参画。
- 本研究は、国や地域毎に異なる構造と技術により構築された異種のSWIM間におけるシームレスな情報交換技術とサービス連携技術を提案し、評価できるテストベッドを開発することを目的とする。

2.研究開発の必要性

- ICAOは、運航の安全性や効率性を向上するため、運航に係る全ての関係者が情報を提供・利用・管理できる次世代情報共有基盤:SWIMの概念を提案、推進中。
- SWIMに求められる効率性・信頼性・安全性等の要件は国や地域等によって異なっているため異種SWIM間をシームレスに連携する技術が必要であり、わが国の運用に適するSWIMの導入にあたっては、本研究が必要。

3.研究開発課題と目標(実用化に向けた課題項目)

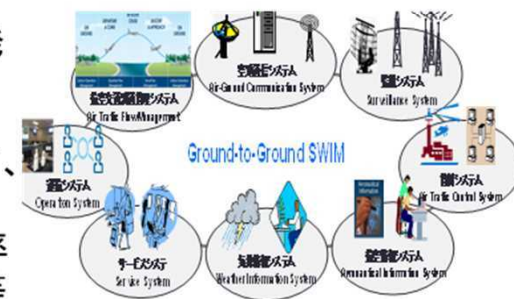
- ①国内・他国とのシームレスな情報交換技術、サービス連携技術の提案
→標準情報交換モデルを用いて地上や空地システム間での情報共有
- ②テストベッドの開発
→SWIMに関する技術の評価と国際連携実験の実施

4.研究開発計画 (ロードマップ)

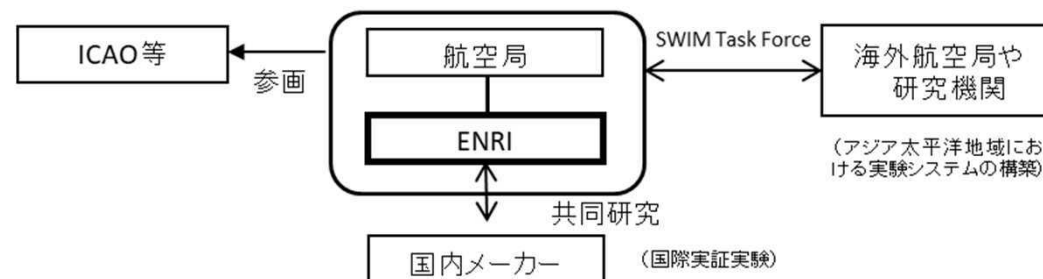


5.期待される成果・活用

- (成果) SWIMの要素技術、テストベッド開発
⇒ わが国のSWIM実整備に反映
- (活用) 関係者間のシームレスな情報共有、空港CDMやTBOでの利活用
⇒ 運航効率向上、空港運用の効率性向上、利用者の利便性向上 等



6.研究開発体制(役割分担・リソース)



- **これまでの活動成果(まとめ)**

- ② **PBNの導入実績と2020計画
(PBN展開状況とRNP AR運航実績)**

PBN展開状況 (RNP AR 進入方式)

※2021年1月27日現在

< 凡 例 >

- 導入済み (34空港)
- △ 導入予定 (4空港)
- 設定なし (47空港)

※定期便が就航する空港に福井、八尾を加えた84空港が対象。
三沢、岩国は米軍が方式の設計を行うため除外。

2018年度展開計画(AR)

- 青森空港 : 2019.6.20設定済
- 山形空港 : 2021年度内設定予定
- 庄内空港 : 2019.9.12設定済
- 宮古空港 : 2019.4.25設定済

2019年度展開計画(AR)

- 函館空港 : 2020.12.3設定済 (追加)
- 松本空港 : 2020.3.26設定済
- 宮崎空港 : 2021年度内設定予定
- 新石垣空港 : 2020.5.21設定済

2020年度展開計画(AR)

- 花巻空港 : 2021年度内設定予定
- 出雲空港 : 2021年度内設定予定
- 岡山空港 : 2021年度内設定予定
- 徳島空港 : 2021年度内設定予定



RNAV進入方式等導入状況(RNAV/RNP/RNP AR 進入方式)

RNAV進入導入空港(21空港)

新千歳、函館、仙台、東京、新潟、小松、名古屋、中部、大阪、関西、米子(美保)、広島、徳島、福岡、長崎、大分、鹿児島、那覇、宮古、下地島、新石垣
 ※令和3年3月に成田に新規導入予定

RNP進入導入空港(29空港)

旭川、釧路、花巻、秋田、庄内、山形、福島、調布、新島、神津島、富山、福井、但馬、南紀白浜、隠岐、出雲、対馬、天草、種子島、屋久島、奄美、喜界、徳之島、沖永良部、与論、北大東、南大東、多良間、与那国
 ※令和3年1月に丘珠(札幌)、3月に利尻、奥尻、令和3年度に茨城(百里)に新規導入予定

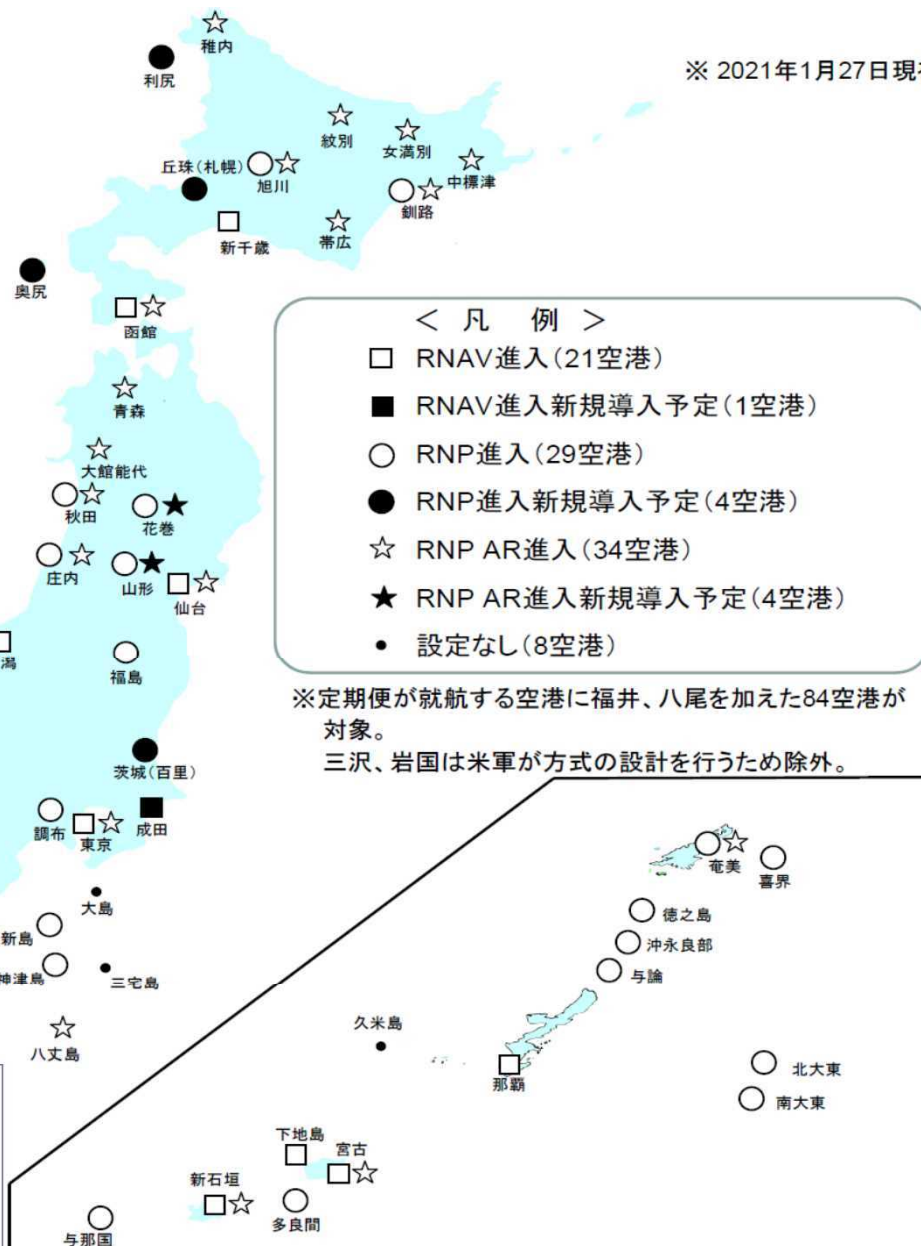
RNP AR進入導入空港(34空港)

稚内、紋別、女満別、中標津、旭川、釧路、帯広、函館、青森、仙台、大館能代、秋田、庄内、東京、八丈島、富山、能登、松本、静岡、鳥取、岡山、広島、石見、山口宇部、松山、高知、北九州、佐賀、熊本、大分、宮崎、奄美、宮古、新石垣
 ※令和3年度に花巻、山形、出雲、徳島に新規導入予定

2019年度展開計画(RNP)
丘珠空港 : 2021.1.28設定予定
山形空港 : 2019.3.28設定済
 ※展開計画にはないが、与那国空港に2020.3.26でRNP方式が導入済

2020年度展開計画(RNP)
百里空港 : 2021年度内設定予定
出雲空港 : 2021年度内設定予定
対馬空港 : 2020.5.21設定済
 ※展開計画にはないが、利尻、奥尻空港に2021.3.25でRNP方式が導入予定。

※ 2021年1月27日現在



RNP AR方式導入による効果

→ 2015年1月～2020年12月の期間で50,000回弱のRNP AR進入の実施実績がある。

- 約3,800時間の飛行時間削減
- 約1,620万ポンドの燃料消費量削減⇒約4億3千万円の燃料費削減効果
- 約2,300万kgのCO2排出量削減⇒約5,100家庭分の年間排出量に相当(※)

(※) 一般家庭の1年間のCO2排出量:約4,480kg(2017年度)(出所:温室効果ガスインベントリオフィス)

表1. AR導入による効果まとめ

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	計
運航回数 [回]	7,309	5,905	8,768	9,617	10,483	7,444	49,526
飛行時間削減量 [h]	587.4	452.3	678.2	724.3	785.1	533.5	3,760.9
燃料消費削減量 [千lb]	2,540.2	1,948.2	2,923.6	3,115.4	3,375.1	2,284.5	16,186.9
CO2排出削減量 [千kg]	3,609.9	2,769.1	4,155.3	4,428.5	4,797.6	3,247.9	23,008.4
燃料費削減効果 [百万円]	70.22	39.50	76.05	104.01	103.50	40.27	433.56

注1)いずれも暦年値。

注2)飛行時間、燃料消費量、CO2排出量はB738の場合を仮定し、季節による風の変動等は考慮していない。

注3)一部運航者の報告については航跡データ等に基づき補正している。

注4)燃料費については各年のケロシン価格の年間平均値に基づき算出している。

表2. 実施回数の多い上位5空港

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	計
北九州	2,992	2,712	3,384	3,226	3,265	1,507	17,086
山口宇部	1,640	1,464	1,728	1,683	1,606	1,303	9,424
岡山	1,200	802	1,003	1,067	1,176	599	5,847
青森	0	0	395	644	822	574	2,435
大分	345	197	302	270	415	230	1,759

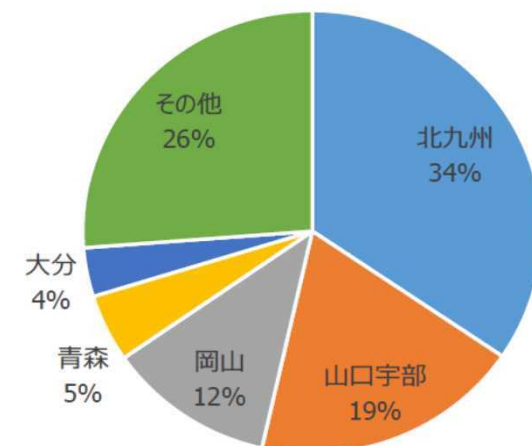


図. 国内のRNP AR実施回数割合

- **これまでの活動成果(まとめ)**

- ④ **これまでの主な研究開発成果[個票(案)]**

施策名：初期的CFDTによる時間管理 (OI-18関連)

貢献内容：効率的な時間管理を実現する初期的CFDT再開に向けた貢献

研究機関名：東京都立大学・電子航法研究所 (ENRI)・宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

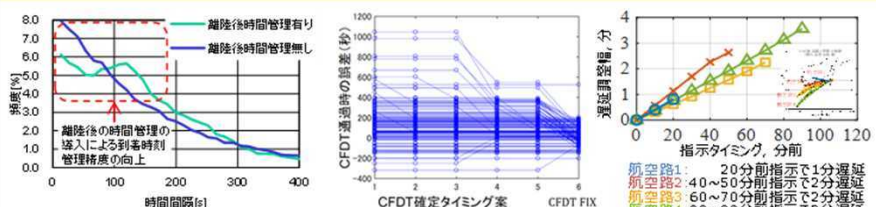
【実現施策の概要】

○航空路空域を飛行中に通過地点の通過時刻 (CFDT: Calculated Fix Departure Time) を指定して、交通流の管理を行う。



【成果還元の内容】

○ CFDTの導入効果を明確にし、CFDT成功率向上のための運用パラメータの設定範囲を示すことにより、CFDT再開に向けた貢献をした。



- ① オープンデータを用いたATFMの効果の評価とTBOにおける時間管理方式の提案
- ② 確定タイミング毎の通過予測時刻の誤差
- ③ CFDTパラメータの検討とそれを用いたCFDT導入効果の評価

開発技術の反映内容

- ① 東京都立大学: EDCT(*)の出発時刻誤差がATFMの通航効率低下の大きな要因のひとつであること、および離陸後の早期の時間管理により到着時刻管理精度の向上とそれによる通航効率の向上が可能になることを明らかにした。
 - ② ENRI: 気象データに起因する予測誤差や、CFDT実施が航空交通流管理、ターミナル管制に与える影響、CFDTを指定する際のバッファであるCFDT枠の範囲などについて確認した。
 - ③ JAXA: 飛行データの解析等により、CFDT成功率向上のための運用パラメータ(通過時刻指定タイミング等)の設定範囲が明らかになり、航空交通流シミュレーションにより、CFDTの導入効果を定量的に確認した。
- ※ EDCT: Expected Departure Clearance Time

【WEB参照先】

- ① <https://www.comp.sd.tmu.ac.jp/navi>
- ② https://www.enri.go.jp/info/nenpou/nenpou_index.htm
- ③ <http://www.aero.jaxa.jp/research/star/smart-flight/>

【研究の実施概要】FY2017～FY2020

設定課題・目標	CFDT再開への知見・将来のTBOへの知見を得る
研究テーマ名	オープンデータを活用したATFMの分析および時間管理方式の検証(東京都立大学) 航空交通データの分析への機械学習の適用(ENRI) スマートフライト(高度判断支援)技術の研究(JAXA)
研究実施体制	下記参照。東京都立大/ENRI/JAXA実施分は運営費交付金等それぞれの事業として参画



【問合せ先】

(施策に関する問合せ) CARATS事務局
国土交通省 航空局 交通管制部 交通管制企画課 03-5253-8111(内線1104・51106)
(研究に関する問合せ) 東京都立大学、海上・港湾・航空技術研究所、宇宙航空研究開発機構
東京都立大学 システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域 042-585-8668
電子航法研究所 研究統括監付 0422-41-3432
宇宙航空研究開発機構 航空技術部門 広報 050-3362-8036

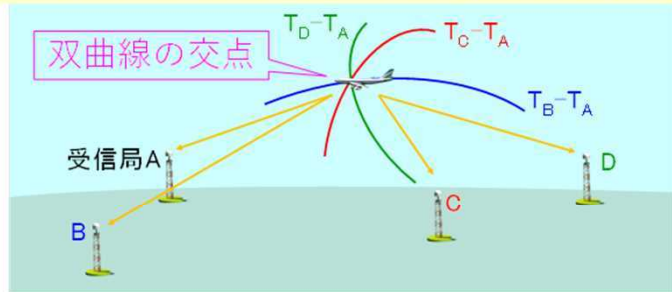
施策名：ブラインドエリア等における監視能力の向上/WAM (EN-9-2)

貢献内容：航空路WAM監視システムの実運用 (2021年)

研究機関名：電子航法研究所 (ENRI)

【実現施策の概要】

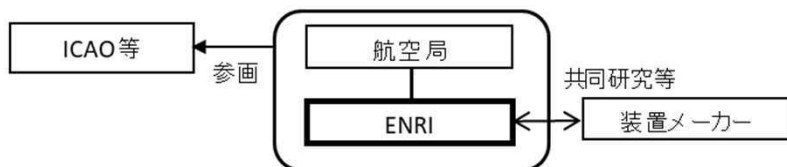
○航空路レーダー(SSR)の一部をWAMに置き換え、監視精度と頻度を向上させ、異種冗長性による信頼性の向上を図る。また、上空の電波無感地帯等のブラインドエリアの解消を図る。



■ WAMの測位原理

【研究の実施概要】 2013～2020年度

- ・設定課題・目標 WAM監視覆域を航空路に拡張する技術開発
- ・研究テーマ名 「航空路監視技術高度化の研究」(2013～2016年度)
「従属監視補完技術に関する研究」(2017～2020年度)
- ・研究実施体制 下記参照。運営費交付金による事業

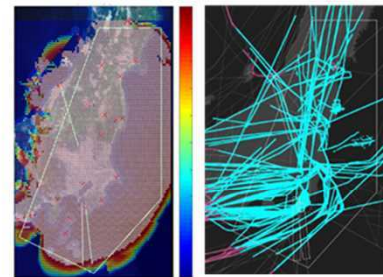


【成果還元の内容】

○開発した航空路WAM用の要素技術が実運用システムに反映され、現在導入が進められている航空路WAMの実運用開始を促進した。
[2021年運用開始予定]



航空路WAM実験システム



性能予測結果と実航跡例

【ENRI開発技術の反映内容】

- ・実験システムによる評価を通して、我が国の地理的な環境に適したWAM要素技術を開発して、当該技術が実運用装置に反映された。
- ・WAM性能予測手法を確立して、受信局の設置場所を提案するなど実運用システムの性能確保に貢献した。

【WEB参照先】 電子航法研究所 年報
https://www.enri.go.jp/info/nenpou/nenpou_index.htm

【問合せ先】

(施策に関する問合せ) CARATS事務局
国土交通省 航空局 交通管制部 交通管制企画課 03-5253-8111(内線51104・51106)
(研究に関する問合せ) 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 研究統括監付 0422-41-3432

