



令和6年度第2回

電子航法研究所評議員会

重点研究課題 外部評価報告書

(事後評価・中間評価・事前評価)

令和7年3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

# 目次

1	本報告書の位置づけ	- 2 -
2	評価の対象とした研究開発課題（事後評価・中間評価・事前評価）	- 2 -
3	評価実施日及び出席評議員数	- 2 -
4	電子航法研究所 評議員名簿	- 2 -
5	評価実施課題	- 3 -
5.1	事後評価実施課題① （新しいGNSS環境を活用した進入着陸誘導システムに関する研究）	- 3 -
5.2	事後評価実施課題② （国際交通流の円滑化に関する研究）	- 16 -
5.3	事後評価実施課題③ （AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究）	- 25 -
5.4	事後評価実施課題④ （デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究）	- 36 -
5.5	中間評価実施課題① （GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発）	- 44 -
5.6	事前評価実施課題① （ミリ波レーダおよびカメラを用いた滑走路安全性向上技術に関する研究）	- 52 -
5.7	事前評価実施課題② （円滑な交通流のための柔軟な空域運用に関する研究）	- 60 -
5.8	事前評価実施課題③ （運航フェーズに応じた管制システムにおける時間管理に関する研究）	- 68 -
5.9	事前評価実施課題④ （次世代GNSS を用いた安全性の高い航法システムの活用に関する研究）	- 76 -
5.10	事前評価実施課題⑤ （リモートデジタルタワー向け先進的業務支援機能の研究）	- 83 -

## 1 本報告書の位置づけ

本報告書は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日 内閣総理大臣決定）及び電子航法研究所評議員会規程に基づき、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（以下「当研究所」という。）が行う研究開発課題について、外部有識者（評議員）による評価結果をとりまとめたものである。

## 2 評価の対象とした研究開発課題（事後評価・中間評価・事前評価）

### (1) 令和 6 年度に終了する重点研究課題（4 件）

- ① 新しい GNSS 環境を活用した進入着陸誘導システムに関する研究
- ② 国際交通流の円滑化に関する研究
- ③ AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究
- ④ デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究

### (2) 研究期間が 5 ヶ年計画の研究で令和 6 年度に 3 ヶ年目を迎える重点研究課題（1 件）

- ① GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発

### (3) 令和 7 年度に開始する重点研究課題（5 件）

- ① ミリ波レーダおよびカメラを用いた滑走路安全性向上技術に関する研究
- ② 円滑な交通流のための柔軟な空域運用に関する研究
- ③ 運航フェーズに応じた管制システムにおける時間管理に関する研究
- ④ 次世代 GNSS を用いた安全性の高い航法システムの活用に関する研究
- ⑤ リモートデジタルタワー向け先進的業務支援機能の研究

## 3 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日：令和 7 年 2 月 18 日
- (2) 出席評議員：6 名

## 4 電子航法研究所 評議員名簿

	氏 名	所 属
座長	土屋 武司	国立大学法人 東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
以下 50 音順		
評議員	浅野 正一郎	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 名誉教授
評議員	有馬 卓司	国立大学法人 東京農工大学 大学院工学研究院 先端電気電子部門 教授
評議員	工藤 正博	一般財団法人 航空保安無線システム協会 理事長
評議員	久保 信明	国立大学法人 東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 教授
評議員	中野 睦雄	一般財団法人 航空交通管制協会 顧問

[敬称略]

## 5 評価実施課題

### 5.1 事後評価実施課題①

- 研究課題名：新しいGNSS環境を活用した進入着陸誘導システムに関する研究
- 実施期間：令和2年度～令和6年度 5カ年
- 研究実施主任者：齋藤 享（航法システム領域）

#### (1) 研究の背景・目的

##### ① ニーズおよび内外の研究動向

航空機の航法には衛星航法システムGNSSの導入が進められており、日本では平成19年度から運用されているMSAS(SBAS)に加えて、令和2年度には一部の空港でGBASが稼働する見込みである。これら現行のSBAS及びGBAS規格はGPSのみしか対応していないが、いずれも次世代規格の策定が進められており、GPS以外のコアシステムに対応するとともに複数の周波数を使用可能となる。これら次世代規格に対応した次世代GNSS補強システムによれば電離圏活動の影響を受けにくいロバスタな航法が可能となり、低磁気緯度地域にあり電離圏活動の影響を受けやすい我が国においてはメリットが大きい。一方、今後は次世代GNSS補強システムが各国において実装されることとなるが、それらについては相互運用性の確保がきわめて重要な課題となっている。

##### ② 当所で研究を行う必要性

電離圏に関する環境が欧米と異なる我が国は、GNSSの国際標準化作業に積極的に参画し、磁気低緯度地域で導入可能な次世代GNSS対応補強システムの開発に貢献すべきである。当所ではこれまでも次世代GNSS補強システムのプロトタイプを開発してきており、引き続き国際標準策定作業を継続するとともに、相互運用性を確保するための活動を先導することが求められている。

##### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

GNSSにおける主要な誤差要因が電離圏擾乱であることに加えて、我が国の準天頂衛星システムや中国のBeiDouなどアジア地域に特化したGNSSが整備されつつあり、次世代GNSS対応に関する研究については我が国に大きな地理的優位性がある。また、次世代システムの相互運用性はきわめて重要であり、当所が先行研究を活かして独創的かつ先導的に研究を推進すべきである。さらに、現行のGPS一周波数システムと比較して優れたシステムを低コストで実現できることは革新的である。

##### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

GNSSベース航法においては補強システムが必須であり、その実装に関する研究は実用的である。低磁気緯度地域にある我が国においては次世代GNSS補強システムの導入メリットが大きく、また相互運用性の必要性を踏まえた研究活動は、我が国のみならず他国におけるGNSS導入にも有益である。

##### ⑤ 本研究の目的

GNSS環境に対応した実用的な進入着陸誘導システムの開発である。

#### (2) 研究の達成目標

- ① 新しいGNSS環境に対応した進入着陸誘導システムについて要素技術を開発し、技術的要件を明確化するとともに国際標準案に反映する。
- ② 欧米の研究開発機関と協調して、新しいGNSS環境に対応した進入着陸誘導システムの相互運用性検証実験を実施し、相互運用性を確実にする。
- ③ GNSSにおけるセキュリティ対策技術を開発し、安全・安心な航法を実現する。

### (3) 成果の活用方策

- ① 電離圏擾乱の頻発する地域においても実用的な、ロバストな GNSS 補強システムが実現され、航空分野における GNSS ベース航法の利用拡大に資する。
- ② CARATS の推進に資するとともに、国際標準策定作業及び相互運用性検証実験を通じて我が国のプレゼンスの拡大及び産業界の国際展開に貢献する。
- ③ GNSS 補強システムの整備コストを低減し、我が国における GNSS ベース航法の普及促進に資する。

### (4) 成果の公表

#### ① これまでの公表等

令和 2 年度（第 1 年次）

・査読付論文：2 件

- ・細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, 齋藤享, 津川卓也, 西岡未知, 石井守 (July2020), "A monitoring network for anomalous propagation of aeronautical VHF radio waves due to sporadic E in Japan,"Earth, Planets and Space,72:88.
- ・細川敬祐, 木村康拓, 坂井純, 齋藤享, 富澤一郎, 西岡未知, 津川卓也, 石井守 (Jan. 2021), "Visualizing Sporadic E using Aeronautical Navigation Signals at VHF Frequencies,"Journal of Space Weather and Space Climate,vol.11, no.6.

・国際標準化会議：4 件

- ・松田国幸, 北村光教, 井下亨, "Doppler shift of QZS-7 satellite,"ICAO NSP GSSVWG, April 2020.
- ・齋藤享, 福島荘之介, "Status of GBAS related studies of ENRI,"第 34 回 EUROCONTROL Landing and Take-Off Task Force, Sept. 2020.
- ・齋藤享, "Update to the NSP Job Card NSP.007.02,"ICAO NSP/6, Nov. 2020.
- ・齋藤享, 吉原貴之, 福島荘之介, "Status of GBAS related studies of ENRI," 第 35 回 EUROCONTROL Landing and Take-Off Task Force, March 2021.

・その他：12 件

- ・Acharaporn Bumrungrkit, 齋藤享, Pornchai Supnithi, "A study of equatorial plasma bubble structure using VHF radar and GNSS scintillations over the low-latitude region,"JpGU-AGU Joint Meeting, July 2020.
- ・北村光教, 渡邊浩志, 坂井丈泰, "準天頂衛星システム サブメータ級測位補強サービスにおけるシステム間バイアスの推定,"測位技術振興会第 2 回研究発表講演会, Sept. 2020.
- ・齋藤享, Acharaporn Bumrungrkit, Pornchai Supnithi, "Study of the ionospheric scintillation and plasma bubble structure by using EAR and MC/MF GNSS receiver,"第 14 回 MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, Sept. 2020.
- ・齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, "Study of structures of the sporadic E layer by using dense GNSS network observations,"ION GNSS+, Sept. 2020.
- ・齋藤享, 吉原貴之, Le Huy Minh, Pornchai Supnithi, "GBAS 海外展開のための電離圏環境評価,"電子航法研究所研究発表会, Sept. 2020.
- ・坂井丈泰, 北村光教, 渡邊浩志, "L5 SBAS による GNSS 信号認証メッセージ,"第 64 回宇宙科学技術連合講演会, Oct. 2020.
- ・吉原貴之, 北村光教, 渡邊浩志, 坂井丈泰, 麻生貴広, "SBAS を利用した鉄道

- 車両測位のための GNSS 受信信号の品質監視手法の検討, "第 64 回宇宙科学技術連合講演会, Oct. 2020.
- 坂井丈泰, "国際標準補強システム SBAS の現況, "GPS/GNSS シンポジウム, Oct. 2020.
- 齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, "Study of Sporadic E layer characteristics by using ROTI maps,"第 148 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, Nov. 2020.
- 坂井丈泰, "Japanese GNSS Future System Evolution in the 2020-2030 Perspective," European Navigation Conference, Nov. 2020.
- 齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, "Es 層の発生メカニズム解明に向けた GNSS 観測網を用いた構造解析, "GAIA (Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy)研究会, March 2021.
- 渡邊浩志, "L5 SBAS メッセージ, "航空無線, Spring 2021.

令和 3 年度 (第 2 年次)

- 査読付論文 : 7 件
  - Nicholas Ssessanga, 山本衛, 齋藤享, 齋藤昭則, 西岡未知 (April 2021), "Complementing regional ground GNSS- STEC computerized ionospheric tomography (CIT) with ionosonde data assimilation,"GPS Solutions, Vol. 25.
  - Tim Murphy, Matt Harris, Gary McGraw, Joel Wichgers, Linda Lavik, Morten Topland, Mutaz Tuffaha, 齋藤享 ( Sept. 2022), "Alternative Architecture for Dual Frequency Multi-Constellation GBAS,"Proc. ION GNSS+ 2021, pp.1334-1374.
  - 齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎 (Nov. 2021), "Study of structures of the sporadic E layer by using dense GNSS network observations,"NAVIGATION, Vol. 68, No. 4, pp. 751-758.
  - 小林海斗, 久保信明, 坂井丈泰 (Dec. 2021), "マルチパスモニタリングによる GNSS スプーフィング検知の研究," 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 69, No. 6, pp. 247-256.
  - 坂井丈泰, 北村光教 (Dec. 2021), "MSAS 信号による測距精度の評価," 測位航法学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp.1-7.
  - 高橋透, 齋藤享, 北村光教, 坂井丈泰 (Jan. 2022), "Performance of DFMC SBAS broadcasted from Japanese QZSS in Oslo, Norway,"ION International Technical Meeting (ITM) 2022, pp.401-406.
  - Tim Murphy, Matt Harris, Glauca Balvedi, Gary McGraw, Joel Wichgers, Linda Lavik, Morten Topland, Mutaz Tuffaha, 齋藤享 (Jan. 2022), "Ionospheric Gradient Monitoring for Dual Frequency Multi-Constellation GBAS,"ION International Technical Meeting (ITM) 2022, pp.1075-1097.
- 国際標準化会議 : 7 件
  - 松田国幸, 岸信隆, 井下亨, 坂井丈泰, "QZSS standardization follow-up," ICAO NSP JWG/7, April 2021.
  - 齋藤享, "Coordination with METP on Space Weather," ICAO NSP JWG/7, May 2021.
  - 齋藤享, 吉原貴之, 福島荘之介, "Status of GBAS related studies of ENRI," LATO/36, Sept. 2021.
  - 齋藤享, "Progress on Space Weather Job Card," ICAO NSP JWG/8, Nov. 2021.
  - Tim Murphy, Matt Harris, Gary McGraw, Joel Wichgers, Linda Lavik, Morten Topland, Mutaz Tuffaha, 齋藤享, "Updated GAST X Proposal," ICAO NSP JWG/8, Nov. 2021.

- ・齋藤享, 吉原貴之, 福島荘之介, 松田国幸, "GBAS Status Update in Japan," ICAO NSP JWGs/8, Nov. 2021.
- ・吉原貴之, 齋藤享, "Guidance on determination of the tropospheric refractivity, its uncertainty and scale height," ICAO NSP JWGs/8, Nov. 2021.
- ・その他 : 8 件
  - ・北村光教, 坂井丈泰, "SLAS 評価結果の報告," 日本航空宇宙学会 GPS/GNSS 研究会, May 2021.
  - ・齋藤享, ナヴィンダ キトマル ビクラマシンハ, 佐藤達彦, 塩田大幸, "Economic impacts of atmospheric radiation storm on aircraft operations and potential use of space weather information," Japan Geoscience Union Meeting, June 2021.
  - ・齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, "GNSS 観測網を用いたスプラディック E 層の特性 と GNSS への影響の研究," GPS/GNSS シンポジウム, Oct. 2021.
  - ・坂井丈泰, 北村光教, 小田浩幸, "L5 SBAS による信号認証機能の基礎検討," 第 65 回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2021.
  - ・吉原貴之, 北村光教, 小田浩幸, 坂井丈泰, "SBAS による鉄道車両測位に向けた GNSS 受信信号の品質監視とマルチパス誤差モデルの構築," 第 65 回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2021.
  - ・北村光教, "SLAS 測位精度向上に関する研究," 第 65 回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2021.
  - ・齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, "GEONET ROTI を用いた Es 層の構造・特性の解析," MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, Sept. 2021.
  - ・齋藤享, 細川敬祐, 坂井純, 富澤一郎, "Impacts of VHF anomalous propagation on aeronautical navigation systems and the Es layer structure and dynamics," 第 150 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, Nov. 2021.

#### 令和 4 年度 (第 3 年次)

- ・査読付論文 : 6 件
  - ・Acharaporn Bumrungrkit, Pornchai Supnithi, 齋藤享, Lin Min Min Myint (Sept. 2022), "A study of equatorial plasma bubble structure using VHF radar and GNSS scintillations over the low latitude regions," GPS Solutions, Vol.26.
  - ・齋藤享, 吉原貴之 (Sept. 2022), Tim Murphy, Matt Harris, Glauca Balvedi, Gary McGraw, Joel Wichgers, "Validation of Ionospheric Anomaly Monitor for DFMC GBAS under Disturbed Ionospheric Conditions," Proc. ION GNSS+, pp.3150-3159.
  - ・Tim Murphy, Matt Harris, Glauca Balvedi, Gary McGraw, Joel Wichgers, Linda Lavik, Morten Topland, Mutaz Tuffaha, 齋藤享 (Sept. 2022), "Availability of DFMC GBAS with Iono Gradient Monitoring," Proc. ION GNSS+, pp.12-33.
  - ・坂井丈泰 (Oct. 2022), "衛星航法システムの信頼性," 電子情報通信学会論文誌, Vol.J105-B, No.10, pp.1-10.
  - ・坂井丈泰 (Oct. 2022), "GPS ブロック III 衛星のアンテナ位相中心オフセットと食期間における姿勢制御," 日本航空宇宙学会論文集, Vol.70, No.5, pp.146-151.
  - ・坂井丈泰 (Dec. 2022), "GNSS における RAIM 補強の理論とアルゴリズム," 電子航法研究所報告, No.135, pp.1-14.
- ・国際標準化会議 : 10 件
  - ・野宮真人, 齋藤享, 吉原貴之, 齋藤真二, "GBAS Status Update in Japan," ICAO NSP JWGs/9, June 2022.

- ・齋藤享, 吉原貴之, “DFMC GBAS Testbed and Flight Trials,” ICAO NSP JWGs/9, June 2022.
  - ・齋藤享, 吉原貴之, “Research and development activities related to GBAS in Japan,” ICAO APANPIRG CNS-SG/26, Sept. 2022.
  - ・齋藤享, 吉原貴之, Tim Murphy, Matt Harris, Glauca Balvedi, Gary McGraw, Joel Wichgers, Linda Lavik, Morten Topland, Mutaz Tuffaha, “Validation of Ionospheric Anomaly Monitor for DFMC GBAS under Disturbed Ionospheric Conditions,” RTCA SC-159 WG4, Oct. 2022.
  - ・松田国幸, 坂井丈泰, “MSAS L1 Authentication Possibility” , ICAO NSP GSWG/4, Nov. 2022.
  - ・齋藤享, 吉原貴之, “DFMC GBAS flight data collection under ionospheric disturbed conditions,” ICAO NSP/7, Jan. 2023.
  - ・野宮真人, 齋藤享, 吉原貴之, 齋藤真二, “GBAS Status Update in Japan,” ICAO NSP/7, Jan. 2023.
  - ・齋藤享, “Validation of Ionospheric Anomaly Monitor for DFMC GBAS under Disturbed Ionospheric Conditions,” ICAO NSP/7, Jan. 2023.
  - ・坂井丈泰, “Sample L1 SBAS Authentication Message by MIVEX-AUTH,” EUROCAE WG-62, Feb. 2023.
  - ・齋藤享, “Preliminary results of DFMC GBAS flight data collection campaign in October 2022 under ionospheric disturbances,” RTCA SC-159 WG-4, March 2023.
- ・その他：15 件
    - ・齋藤享, 吉原貴之, “Status of GBAS related studies of ENRI,” LATO/37, May 2022.
    - ・高橋透, 齋藤享, 北村光教, 坂井丈泰, “ノルウェー・オスロにおける QZSS から放送された DFMC SBAS の受信実験,” 電子航法研究所研究発表会, June 2022.
    - ・坂井丈泰, “GPS 運用状況データベースの構築,” 第 4 回測位技術振興会研究発表講演会, Sept. 2022.
    - ・齋藤享, 吉原貴之, “GBAS Research Status of ENRI,” IGWG/21, Sept. 2022.
    - ・齋藤享, 吉原貴之, “Validation of iono monitor for DFMC GBAS,” IGWG/21, Sept. 2022.
    - ・坂井丈泰, “安全・安心な測位のために：位置情報のインテグリティ,” 準天頂衛星が拓く安全・安心社会の実現に向けた高精度測位技術及び応用に関するシンポジウム, Sept. 2022.
    - ・齋藤享, 吉原貴之, “DFMC GBAS testbed at Ishigaki, Japan,” International Workshop on ATM and CNS (IWAC), Oct. 2022.
    - ・坂井丈泰, 北村光教, 高橋透, “Proposal to Exchange DFMC SBAS Messages for Interoperability,” SBAS IWG/37, Nov. 2022.
    - ・坂井丈泰, 北村光教, 毛塚敦, “L5 SBAS による信号認証メッセージ,” 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2022.
    - ・高橋透, 北村光教, 小田浩幸, 坂井丈泰, “DFMC SBAS メッセージの相互検証,” 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2022.
    - ・北村光教, 坂井丈泰, “MSAS 性能評価～日本周辺 SBAS との性能比較～,” 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2022.
    - ・吉原貴之, 北村光教, 坂井丈泰, 小田浩幸, 高橋透, “GNSS 受信信号のコード関連結果を用いたマルチパス誤差評価と測位解の信頼性判定への利用,” 第 66



回宇宙科学技術連合講演会, Nov. 2022.

- 根橋壮, 北村光教, 吉原貴之, 星谷直哉, 長坂雄一, “列車位置検知への GNSS 測位技術適用に関する基礎研究,” 第 29 回鉄道技術連合シンポジウム (JRAIL), Dec. 2022.
- 坂井丈泰, “GPS (全地球測位システム) の脆弱性,” 東京湾海難防止協会会報誌, Vol.6, Jan. 2023.
- 高橋透, “ノルウェー・オスロにおける QZSS から放送された DFMC SBAS の受信実験,” 航空無線, No.115, March. 2023.

令和 5 年度 (第 4 年次)

• 学術論文誌 : 5 件

- 坂井丈泰 (2023), “メッセージタイプ 28 の受信前における SBAS の完全性”、測位航法学会論文誌、Vol. 14, No. 1, pp. 1-6.
- 坂井丈泰、北村光教、毛塚敦 (2023), “SBAS における高速補正メッセージの削減”、日本航空宇宙学会論文集、Vol. 71, No. 5, pp. 203-208.
- 須賀良介、毛塚敦、渡辺恵, “Hybrid Electromagnetic Simulation using 2DFDTD and Ray-tracing Method for Airport Surface, IEICE Transactions on Electronics, Vol. E106-C, No. 11, pp. 774-779, 2023, DOI:10.1587/transele.2022ECP5068.
- Jirapoom Budtho, Pornchai Supniti, Nattapong Siansawasdi, 齋藤享, Apitew Saekow, Lin M. M. Myint, “Ground Facility Error Analysis and GBAS Performance Evaluation around Suvarnabhumi Airport, Thailand,” IEEE-TAES, 2023, DOI:10.1109/TAES.2023.3326134.
- Somkit Sophan, Pornchai Supnithi, Lin M. M. Myint, Susumu Saito, Kornyanat Hozumi, Michi Nishioka, “Local Mitigation of Higher-Order Ionospheric Effects in DFMC SBAS and System Performance Evaluation,” GPS Solutions, 28:76, 2024, DOI: 10.1007/s10291-024-01614-w.

• 国際学会 (全文査読) : 0 件

• 国際学会 (アブストラクト査読) : 2 件

- 坂井丈泰、北村光教、毛塚敦、” Prototyping Message Authentication on L1 SBAS,” ION GNSS+ 2023, September 2023
- 齋藤享、吉原貴之他、” Evaluating performance of ionospheric anomaly monitor for DFMC GBAS with flight data in ionospheric disturbed conditions,” ION GNSS+ 2023, September 2023

• 国際学会 (査読なし) : 3 件

- 齋藤享、吉原貴之、高橋透、” Intense ionospheric irregularities following the eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'apai on 15 January 2022”, JPGU2023, May 2023.
- 齋藤享、吉原貴之、” DFMC GBAS Development and Ionospheric Threat Mitigation,” 5th INCT GNSS NavAer Workshop, November 2023.
- 齋藤享、吉原貴之他、” GBAS Ionospheric Threat Assessment in the Asia-Pacific Region,” 5th INCT GNSS NavAer Workshop, November 2023.

• 標準化会議 : 9 件

- 坂井丈泰、” MSAS Feedback to New VPL Equation” , ICAO NSP JWGs/10, May 2023
- 齋藤享、吉原貴之、” Validation of ionospheric anomaly monitor for DFMC GBAS with flight data” ICAO NSP JWGs/10, May 2023

- ・坂井丈泰, ” MSAS Authentication Prototype and Sample Message on L1” , ICAO NSP JWGs/10, May 2023
- ・福田真、中窪将博、齋藤享、吉原貴之、齋藤真二、“GBAS Status Update in Japan” ICAO NSP JWGs/10, May 2023
- ・坂井丈泰, ” Prototype Authentication Message Generator for L1 SBAS,” SBAS IWG/38, September 2023
- ・齋藤享他, ” Evaluating performance of ionospheric anomaly monitor for DFMC GBAS with flight data in ionospheric disturbed conditions,” RTCA SC-159 WG-4, October 2023
- ・齋藤享, ” Impact of removing SBAS ranging source on Annex 10, GBAS ICD, and MOPS,” RTCA SC-159 WG-4, October 2023
- ・齋藤享、吉原貴之, ” DFMC GBAS Ionosphere Monitor Validation by Flight Data,” ICAO NSP JWGs/11, November 2023
- ・齋藤享, ” SBAS Ranging Source in GBAS,” ICAO NSP JWGs/11, November 2023
- ・国際会議：4 件
  - ・齋藤享、吉原貴之, ”GBAS Research Status of ENRI,” IGWG-22, June 2023
  - ・齋藤享、吉原貴之, ” Ionospheric anomaly monitor performance analysis for DFMC GBAS with ground and flight data,” IGWG-22, June 2023
  - ・齋藤享他, ” Observation of the ionospheric scintillation on GNSS signals and their relationship with plasma bubble structures,” EAR Symposium, August 2023
  - ・坂井丈泰, ” Ranging Signal Authentication: Another Augmentation by QZSS,” International Symposium on Space Security, November 2023
- ・国内学会：6 件
  - ・吉原貴之他, ” 屋根上に設置した GNSS の測位誤差と屋根雪荷重との関係について”, 雪氷研究大会、2023 年 9 月
  - ・吉原貴之、毛塚敦、齋藤享他, ” GNSS 信号の積雪面反射における右旋及び左旋円偏波の受信による積雪面観測の検討”, 雪氷研究大会、2023 年 9 月
  - ・吉原貴之、北村光教、坂井丈泰、小田浩之、高橋透, ” 空港面での GNSS 受信信号の品質監視と測位解の信頼性評価”, 第 67 回宇宙科学技術連合講演会、2023 年 10 月
  - ・北村光教、小田浩之、坂井丈泰, ” MSAS 補強性能に関する解析”, 第 67 回宇宙科学技術連合講演会、2023 年 10 月
  - ・北村光教、坂井丈泰, ” L5 SBAS による信号認証機能”, 第 61 回飛行機シンポジウム、2023 年 11 月
  - ・小田浩幸, ” 電子航法研究所における飛行実験”, 日本航海学会第 149 回講演会、2023 年 10 月
- ・その他：5 件
  - ・坂井丈泰, ” GNSS の基礎”, 測位航法学会全国大会, 2023 年 5 月
  - ・北村光教, ” SBAS の概要及び理論”, 出前講座、海上保安庁羽田航空基地、2023 年 7 月
  - ・北村光教, ” SBAS の概要”, 出前講座、海上保安庁北九州航空基地、2023 年 11 月
  - ・坂井丈泰, ” Quasi-Zenith Satellite System (QZSS): Current Status and Ongoing Projects,” Autonomous Navigation Laboratory Seminar (講習会) , November 2023
  - ・高橋透, ” 北極海航路における準天頂衛星から放送される補強メッセージの利

用”、第2回うみそら研勉強会、2023年12月

令和6年度（第5年次）

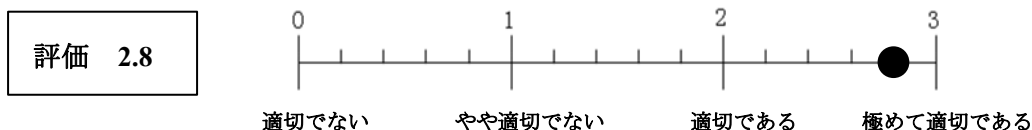
- ・ 学術論文誌：3件
  - ・ Somkit Sophan, Pornchai Supnithi, Lin M. M. Myint, Jirapoom Budtho, 齋藤享, “Statistical Analysis and Effects of Radio Frequency Interference in GPS Signal Quality in Thailand,” GPS Solutions, 28:194, 2024, DOI: 10.1007/s10291-024-01731-6
  - ・ 坂井丈泰 (2024)、“L5 SBAS におけるダイナミック衛星マスク”、日本航空宇宙学会論文集、Vol.72, No.6, pp.190-195
  - ・ 坂井丈泰 (2025)、“SBAS 及び SLAS における後続マスク情報の使用”、測位航法学会論文誌、Vol.15, No.2, pp.10-16
- ・ 国際学会（全文査読）：1件
  - ・ 齋藤享、吉原貴之, “DFMC GBAS Performance Evaluation by Flight Experiment” ,IWAC2024, November 2024 (Best Paper Award)
- ・ 国際学会（アブストラクト査読）：0件
- ・ 国際学会（査読なし）：0件
- ・ 標準化会議：10件
  - ・ 齋藤享, “Changes to the draft DFMC GBAS SARPs related to SBAS ranging source removal from any service types supported by Type 23 Message,” ICAO NSP JWGs/12, May 2024
  - ・ 齋藤享, “Residual Ionospheric Uncertainty for use with GAST E,” ICAO NSP JWGs/12, May 2024
  - ・ 齋藤享、吉原貴之, “Update on DFMC GBAS validation and the flight data collection campaign in October 2023 and March 2024,” ICAO NSP JWGs/12, May 2024
  - ・ 齋藤享、吉原貴之, “Analysis of DFMC GBAS flight/ground data for GAST E standardization,” RTCA SC-159 WG-4, October 2024
  - ・ 齋藤享, “Additional guidance on ionospheric monitoring for GAST D,” ICAO NSP JWGs/13, November 2024
  - ・ 齋藤享, “Reconstruction of a full resolution raw ground pseudo-range measurement in the airborne receiver (Issue 18),” ICAO NSP JWGs/13, November 2024
  - ・ 齋藤享、吉原貴之, “Analysis of DFMC GBAS position solutions and ionospheric error bounding by ground and airborne data,” ICAO NSP JWGs/13, November 2024
  - ・ ICAO NSP GSWG/5, February 2025
  - ・ 齋藤享, “Message Type 2 Additional Data Block 6 Proposal,” RTCA SC-159 WG-4, March 2025
  - ・ 齋藤享, “Reconstructing full-resolution carrier-phase with MT-23,” RTCA SC-159 WG-4, March 2025.
- ・ 国際会議：4件
  - ・ 齋藤享、吉原貴之, “DFMC GBAS performance evaluation by flight experiments,” IGWG-23, June 2024
  - ・ 吉原貴之、齋藤享, “GBAS Research Status of ENRI,” IGWG-23, June 2024
  - ・ 齋藤享, “Ionospheric effects on GNSS-based navigation for aviation,” NCKU Space Forum, December 2024
  - ・ 齋藤享, “DFMC GBAS and DFMC SBAS,” NextWave APAC Aviation Technologies Through Synergy Workshop, February 2025

- ・国内学会：2件
  - ・吉原貴之、毛塚敦、齋藤享、”GNSS 衛星電波の右旋及び左旋円偏波観測による積雪面の雪質推定”、日本雪氷学会雪氷研究大会、2024年9月
  - ・吉原貴之、北村光教、坂井丈泰、小田浩幸、高橋透、“空港面でのGNSS 受信信号の反射波解析と測位解の信頼性向上に向けて”、第68回宇宙科学技術連合大会、2024年11月
- ・その他：2件
  - ・坂井丈泰、”衛星航法補強システムSBAS”、準天頂衛星アカデミー、2024年9月
  - ・北村光教、”SBASの概要”、出前講座（航空大学校仙台分校）、2025年3月

(5) 評価結果

① 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性



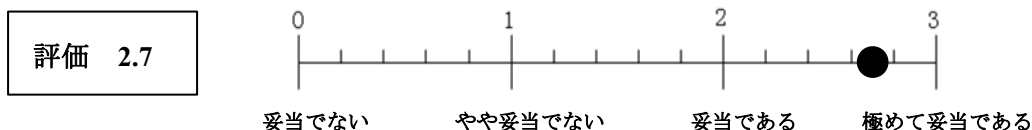
【所見】

- ・ コロナ禍の影響を直接受け研究計画の見直しを何度も強いられたやむを得ないところがある。
- ・ ICAO 国際標準策定に合わせてタイムリーに進められており、研究の進め方は適切である。
- ・ 5年間と長期の研究であったが、多くの論文や国際会議論文、標準化への寄与等をしており適切であったと考える。
- ・ 計画が練られており、国際標準開発に研究成果が反映されている。

【電子航法研究所の対応】

特になし。

2. 研究実施体制の妥当性



【所見】

- ・ 予算や要員については法人の責任とはいいがたいところもありやむを得ないのだが、研究リソースの制約が目標を拘束するのでは夢がないと思う。
- ・ 国内外の諸機関と共同研究が行われており、研究体制は妥当である。
- ・ 体制は研究機関や国内外の大学と連携しており良いと考える。
- ・ 計画経費と実経費にやや乖離がある。

- ・ 所内を主体として、国内外と連携も図っている。

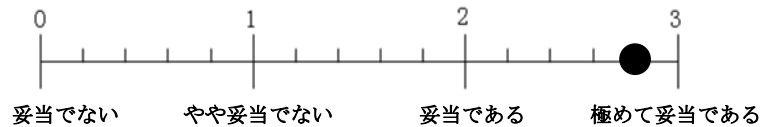
**【電子航法研究所の対応】**

特になし。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 2.8



**【所見】**

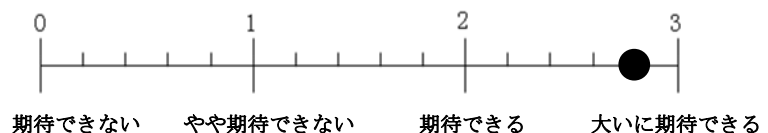
- ・ 次世代 GBAS、SBAS 及び SBAS 信号認証に関して、開発した技術を国際標準に反映させるなど研究の達成度は妥当である。
- ・ 国際標準に反映やシステムの改良に寄与しており目的は達成していると考ええる。
- ・ DFMC GBAS/SBAS の実用化に必要な研究成果を得ており、我が国の MSAS 整備に貢献するものと判断する。

**【電子航法研究所の対応】**

特になし。

2. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.8



**【所見】**

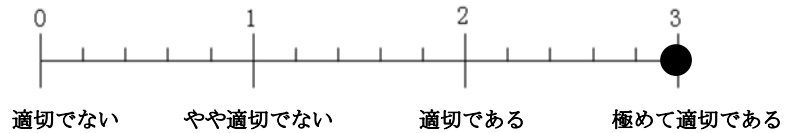
- ・ 準天頂 SBAS による北極海での船舶による試験は準天頂衛星システム及び SBAS の活用範囲の拡大に寄与するものであり、また、8 の字軌道の優位性を具体的に示すもので、我が国の宇宙政策にも大きく貢献する試みと思料する。
- ・ 磁気低緯度地域における GBAS、SBAS の導入を促進する標準開発に貢献するなど、国際標準の策定を主導し、日本の技術に対する信頼性を向上した。
- ・ ジャミング、スプーフィングなど社会情勢に合わせた研究成果で貢献できると良い。
- ・ 多くの論文を発表しており、その成果をもとに今後発展が期待できる。
- ・ 高緯度地域の連携が図られており、DFMC の実用化に貢献するとともに、中低緯度地域特有の課題への効果を示しており、我が国での活用が期待される。

【電子航法研究所の対応】

特になし。

3. 研究成果の公表

評価 3.0



【所見】

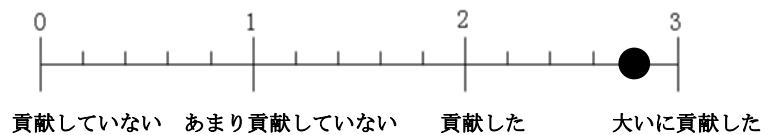
- ・ 論文の発表や特許出願を含めて研究成果の公表は適切である。
- ・ 国際標準化会議への貢献が大きい。
- ・ 多くの論文や国際会議論文、標準化への寄与等をしており適切であったと考える。
- ・ 公表件数とレベルにおいて十分なものがある。

【電子航法研究所の対応】

特になし。

4. ポテンシャルの向上

評価 2.8



【所見】

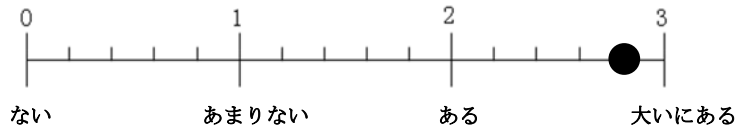
- ・ 学術論文執筆、国際標準化会議のコアメンバーとして参加し研究レベルを向上させと共に、準天頂衛星を活用した北極域 SBAS のアイデアを創出させる等、ポテンシャルの向上に貢献した。
- ・ 国際標準化に際し、低緯度地域が抱える問題を入れ込むことができた。
- ・ 準天頂衛星の可能性で貢献した。
- ・ 令和 6 年度から新規指定研究が始まるなど、ある程度のポテンシャル向上があったと考える。
- ・ 本研究所の研究実施能力が強化されていると判断する

【電子航法研究所の対応】

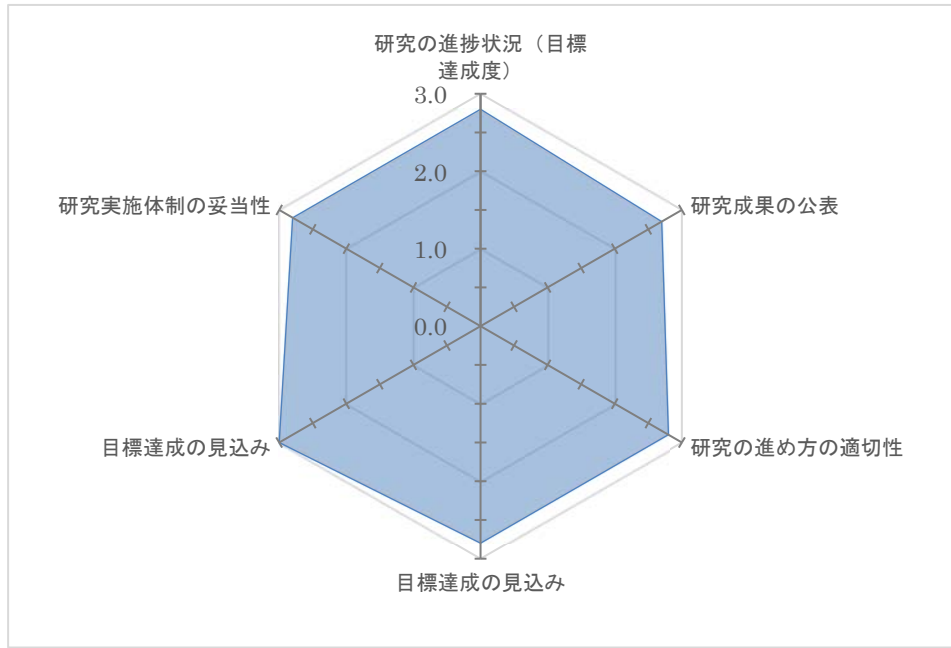
特になし。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.8



選定理由 各評価項目の合計点数 = 17.0  
 評価項目数 = 6  
 ( 17.0 ÷ 6 = 2.8 )



【所見】

- ・ 研究スタート後、ウクライナや中東において緊迫した情勢が生じ、GNSS研究の周辺状況が大きく変化した。
- ・ DFMC の意義は深まったと言える。
- ・ 石垣島における DFMC GBAS テストベッドを用いた夜間飛行実験により、他にないデータを用いて次世代 GBAS の方式検証に貢献し、我が国を含む磁気低緯度地域において利用可能な航法システムの構築に資するなど、本研究は大いに有益であった。
- ・ 国際貢献化に大きな貢献をした。特に低緯度電離圏環境に対応した基準策定に尽力した。
- ・ ジャミング、スプーフィング対策などは航空管制分野に限らない。世界最先端の成果が航空分野以外にも貢献できるように尽力してもらいたい。
- ・ 国内外の研究機関・大学との連携により、今後の発展が見込める。また、多くの成果を公表しているので、PR ができたと考える。以上より、大いに有益であったと考える。
- ・ 今後の MSAS の効果を高めるための知見を得ており、また成果を国際標準に反映しており、十分な意義が認められる。

【電子航法研究所の対応】

特になし。

**【その他、ご助言】**

- ・ 衛星測位技術を利用した技術開発と考える。国内の研究機関で、衛星測位関連の技術者、研究者がまとまっている場所が非常に少ない。当研究所は貴重な研究所だと思う。今後の活躍を期待している。
- ・ ここ1－2年の間に、GPS へのジャミングやスプーフィングが民間航空の脅威として大きくハイライトされ、一般向けにも報道されるようになった。航空業界では GPS へのジャミングやスプーフィングの対策については地上ベースのレガシーな航法システムの最低限の維持が言われているが、GNSS で対策し堅牢性を向上させるのが本来の解決策であると言える。DFMC やオーセンティフィケーションはその対策の有力な候補であると思われる。GNSS 研究の意義については、そのようなセキュリティの視点を強調して説明していくのも一案と思われる。DFMC+補強システム機上装置の装備促進にもつながる視点と思われる。
- ・ 特段ないが、引き続き研究を進めていただきたい。

**【電子航法研究所の対応】**

今後の研究において考慮します。



## 5.2 事後評価実施課題②

- 研究課題名：国際交通流の円滑化に関する研究
- 実施期間：令和3年度～令和6年度 4カ年
- 研究実施主任者：ブラウン マーク（航空交通管理領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

福岡飛行情報区（FIR: Flight Information Region）、仁川 FIR と上海 FIR 間の航空交通流および福岡 FIR を通過するアジア・北米間の交通量は長期にわたり増加傾向である。航空交通流の効率化のため、ICAO アジア太平洋地域のシームレス航空航法サービス計画はフリールート空域（FRA: Free Route Airspace）の導入を推奨している。一方、航空交通流の効率化は FIR 毎に単独で行うと得られる便益に限界があるため「シームレス・スカイ」の実現は極めて重要であると考えられる。

一方、上記 FIR におけるシームレス・スカイ上での FRA の実装手法は学術レベルを含めて、現在までに検討されておらず、フリールートや空域構成の算出や便益推定および FIR 間での情報共有手法の具体的な手法の決定が必要とされる。

#### ② 当所で研究を行う必要性

新たな運用環境の検討には航空交通管理手法に関する知見や公平性の観点が必要で、当所で研究を行う必要性が高い。また、所内で FF-ICE の検討を評価している研究が進められており連携が簡易である。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

我が国および隣接 FIR における、関係者間における情報授受の項目やタイミングなどまで包括する FRA 運用は、今まで具体的に検討されておらず、先導性を大いに有する。

#### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

飛行距離が長い国際交通流の効率向上は効率・環境に大いに寄与する。同時に我が国がイニシアチブを取る国際交通流の効率向上は、我が国のプレゼンス向上に有効である。

#### ⑤ 本研究の目的

国際交通流管理に適した、且つ国の施策に組み込むことが可能な、空域構成及び FIR 間軌道管理の包括的な手法の提案である。

### (2) 研究の達成目標

- ① 「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」の研究で提案した仁川 FIR と福岡 FIR の FRA 運用概念の導入を推進するため、運航手順を具体化する。運航者への便益の明確化、航空管制や運航に関する課題の洗い出し、およびその解決方法の提案を行う。
- ② 近い将来の航空交通管理手法として、国際交通流管理（Air Traffic Flow Management : 以下、国際 ATFM に省略）のための方策を定義する。
- ③ ICAO や IPACG（Informal Pacific ATC Coordination Group）などの関連管制機関協議体へ分析結果や提案の提供などにより貢献する。

### (3) 成果の活用方策

- ① 我が国および隣接 FIR 内の国際交通流の円滑化を推進する。
- ② IPACG などへの貢献はアジア・太平洋地域国際運航の向上につながる。

#### (4) 成果の公表

##### ① これまでの公表等

令和3年度（第1年次）

・査読付論文：2件

・ H. Hirabayashi, M. Brown, N. Takeichi, “Feasibility Study of Free routing Airspace Operation over the North Pacific Airspace”, ATM Seminar 2021

・ M. Brown, H. Hirabayashi, K. Lee, “An Analysis of Flight Routes and Considerations for Free Route Airspace Implementation in Fukuoka FIR”, APISAT2021, 2021年11月

・国際標準化会議：0件

・その他：2件

・水津晴隆、平林博子、ブラウンマーク、武市昇、“洋上経路を飛行する航空機の上昇位置の分析”、第59回飛行機シンポジウム、2021年11月～12月

・CAB 報告会（2021年12月）

令和4年度（第2年次）

・査読付論文：5件

・ Hirabayashi, H., Brown, M. and Takeichi, N.: Feasibility Study of Free Routing over the North Pacific, in AIAA Journal of Air Transportation, Vol 30, pp. 59-70, Apr. 2022. <https://doi.org/10.2514/1.D0291>

・ Murata, A., Toratani, D., Hirabayashi, H., Brown, M. and Takadama, K.: Benefit Balancing between Japan Departure Flights and Overflights in the North Pacific Route System, Transaction of JSASS, Aerospace Technology Japan, Vol. 20, pp. 41-48, Aug. 2022.

・ Hirabayashi, H., Brown, M., Wickramasinghe N. K., Suizu, H. and Takeichi, N.: Effect of Step Climb Operation on Long-Haul Flight over the Pacific Ocean, The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2022), Niigata, Japan, October 2022.

・ Brown, M. and Hirabayashi, H.: Free Route Airspace Design for Fukuoka FIR: A Case Study for Overflight Traffic between Northeast Asia and North America, The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2022), Niigata, Japan, October 2022.

・ Brown, M., Kim, H., Wang, Y., Lee, K., Hirabayashi, H., Wickramasinghe, N., Murata, A., Jeon, D.K., Eun, Y., Oh, E.M., Lee, S. and Gray, N. H.: International Air Traffic Flow Management in North and East Asia, The 2022 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT 2022), Niigata, Japan, October 2022.

・国際標準化会議：0件

・その他：5件

・水津晴隆、平林博子、ブラウンマーク、武市昇：洋上経路を飛行する航空機の上昇リクエストに対する周辺交通の影響、第60回飛行機シンポジウム、新潟、2022年10月。

・平林博子、ブラウンマーク、武市昇、北太平洋上空のフリールーティング運用可能性の検討、令和4年度（第22回）電子航法研究所 研究発表会、2022年5月。

- Suizu, H, Takeichi, N., Hirabayashi, H., Brown, M., The Effect of Nearby Traffic on Step Climb in Oceanic Airspace, 28th IPACG Providers Meeting, Fremont, CA, USA, November 2022.
- Hirabayashi, H., Brown, M., Wickramashinghe, N., Suizu, H, Takeichi, N., Route Design Considerations from Simulation of Step-Climb Operations over the North Pacific Ocean, 28th IPACG Providers Meeting, Fremont, CA, USA, November 2022.
- Hirabayashi, H., Brown, Preliminary Simulation Study of NOPAC Redesign, 28th IPACG Providers Meeting, Fremont, CA, USA, November 2022.

#### 令和5年度（第3年次）

- 学術論文誌：1件
  - 長岡栄、平林博子、ブラウンマーク：航空管制の難度指標に関する研究. 電子航法研究所 研究報告 No.136、2023年7月。
- 国際学会（全文査読）：2件
  - Hirabayashi, H., Brown, M., Takeichi, N., Airspace Design Proposal for Efficient Flight Operations in North Pacific Oceanic Airspace, Fifteenth USA/Europe Air Traffic Management Research & Development Seminar (ATM2023), Savannah, Georgia, USA, June 2023.
  - Brown, M., Hirabayashi, H., Imuta, T., Jeon, D., Lee, K., Wang, Y., Gray, N. H., Chai H., Analysis of air traffic time predictability for international ATFM, APISAT2023, 2023年10月
- 国際学会（アブストラクト査読）：0件
- 国際学会（査読なし）：0件
- 標準化会議：0件
- 国際会議：1件
  - Hirabayashi, H., Brown M., Simulation Study Report on the NOPAC Re-design, IPACG/48, Seattle, Sep. 2023.
- 国内学会：2件
  - 村田暁紀、ブラウンマーク、セクタにおける管制負荷量及び交通流に対する複雑性との相関性の分析、JSASS 第54期年会講演会、2023年4月。
  - ブラウンマーク、平林博子、ピクラマシンハ ナヴィンダ、村田暁紀、虎谷大地、井無田貴、フリールート空域の設計、潜在便益、及び評価について、第23回電子航法研究所発表会、2023年6月。
- その他：1件
  - ブラウンマーク、村田暁紀、フリールート空域の設計、潜在便益、及び評価について、航空無線第117号、2023年9月。

#### 令和6年度（第4年次）

- 学術論文誌：5件
  - Hirabayashi, H., Brown, M., Takeichi, N., Study of a representative wind selection method using track data to evaluate Pacific flight operation, Journal of Air Transport Management, Volume 119 102639, August 2024.
  - Brown, M., Lee, K., Kim, H. Y., Hirabayashi, H., Murata, A., Kim, H. Y., Park, S. E., Gray, N, H., Introducing Free Route Airspace to Northeast Asia/Pacific Region, Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, accepted February 2024.

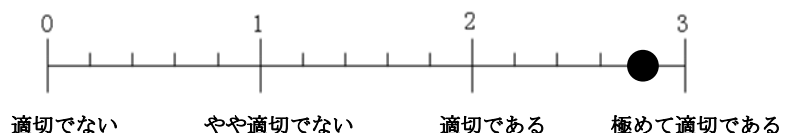
- Suizu, H., Hirabayashi, H., Brown, M., Takeichi, N., A Method of Detecting Potential Loss of Separation in Oceanic Airspace from Surveillance data for Airspace Evaluation, 電子研報告, 2024 巻 138 号 p.1-16, 2024 年 8 月.
- Hirabayashi, H., Brown M., Takeichi, N., Effect of Adding Gateways on Air Traffic Flows Over the North Pacific Ocean. IEEE Access (Oct 2024)
- Hiroko Hirabayashi, Mark Brown, Navinda Wickramasinghe, Harutaka Suizu, Noboru Takeichi, "Simulation Study of Oceanic Flight Operations to support Airspace Design for increased Efficiency," Transaction of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Accepted 2024.
- 国際学会 (全文査読) : 0 件
- 国際学会 (アブストラクト査読) : 2 件
  - Brown, M., Murata, A., Hirabayashi, H., Imuta, T., Departure Flight Time Prediction at Narita International Airport using Machine Learning, APISAT2024, Adelaide, Australia, Nov. 2024.
  - Brown, M., Murata, A., Hirabayashi, H., Imuta, T., A Concept for Air Traffic Management Performance Balancing in. Trajectory-Based Operations with Collaborative Decision Making, IWAC 2024, Nov 2024.
- 国際学会 (査読なし) : 0 件
- 標準化会議 : 1 件
  - ICAO ATMRPP WG/44 WP1029. Towards a Framework for Considering KPAs on Collaborative Decision Making for ATM Service Deliver Management, April 2024.
- 国際会議 : 0 件
- 国内学会 : 2 件
  - 平林 博子、ブラウン マーク、井無田 貴、高度分離セクター空域における交通量傾向と容量管理に与える影響、第 62 回飛行機シンポジウム、2024 年 10 月.
  - 村田暁紀、平林 博子、井無田 貴、疲労管理に向けた管制作業量モニタリングに関する検討、第 62 回飛行機シンポジウム、2024 年 10 月.
- その他 : 1 件
  - Hirabashi, H., 「Analysis of air traffic time predictability for international ATFM」, TBO/FF-ICE workshop and tabletop exercise 2024 April 25-26, Seoul

(5) 評価結果

① 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.8



【所見】

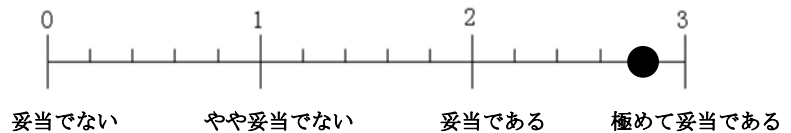
- 国際 ATFM 研究について段階的に研究を進め、成果が示された。
- 海外の機関と連携を多くしており、進め方は適切と考える。
- 具体性を伴ったフリールーティングを取り上げており、便益を評価する手法も妥当といえる。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究は、所内外の複数の研究分野の専門家と協力し、適切なタイミングで妥当な成果を出すことを目標にして研究を進めました。海外の共同研究パートナーの資源、強みを活かし、研究の方向性のベクトルを合わせることを特に意識してチャレンジングに研究を進めました。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.8



**【所見】**

- ・ 海外の研究所、大学と共に国際研究グループを設置し、研究を進めるなど研究実施体制は妥当であった。
- ・ 本研究に必要と考えられる中国、韓国の機関と連携しており、適切と考える。
- ・ 所外機関との共著が多いが、研究者の事情の故と思われ、研究の実施は当研究所である。発表研究者が固定しているように思われるが、これも上記の事情と思われ、問題はない。

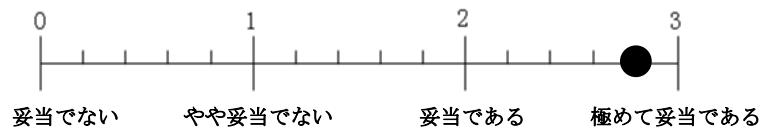
**【電子航法研究所の対応】**

海外の研究所と大学との国際研究グループのリーダーとして、論文の執筆、取りまとめも含め当所が務めました。成果についても3カ国が参加するAPISATを主たる発表学会として実施したところです。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 2.8



**【所見】**

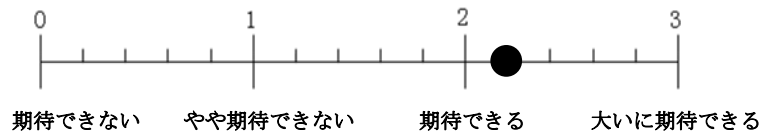
- ・ 洋上空域のFRAの便益定量化、課題の抽出を行い、日本におけるFRAの導入等についての提言を行うなど、達成目標は妥当である。
- ・ 多くの論文などの成果もあり、極めて妥当と考える。
- ・ 管制担当部局との連携も図られており、またATM関連国際シンポジウム等の発表を通して、研究成果が評価されている。

**【電子航法研究所の対応】**

航空局は運用に適用性がある成果（応用的研究）を求める一方、大学や研究所は学術的な成果を期待します。実用性と学術性のバランスを取るため、本研究においては、短期・中期の運用課題を対象に、新しいアプローチや技術を開発して実施しました。

2. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.2



**【所見】**

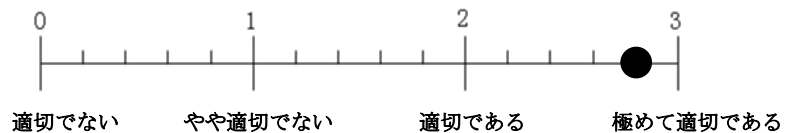
- ・ NOPAC（及び PACOTS）が抜本的に再編される計画には驚いたが、成果は当該方策を推進する理由（便益）を示すものとして大いに評価できる。
- ・ NOPAC 再編に貢献し、効率的な飛行経路の実現に寄与した。
- ・ 実用に向けた検討がさらに必要。
- ・ 機械学習を取り入れており、様々な応用が考えられるので、波及効果が期待できる。
- ・ 本研究に示されたフリールーティングの便益を発揮するための課題は明らかではないが、後継研究により広い活用に近づくと考える。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究では FRA、国際 ATFM の時間ベース運用適用のポテンシャルを示す課題の洗い出しを実施しました。実用化に向けてはさらに課題を解決する必要があるため、次期研究において、その課題調査の一部を継続する予定です。

3. 研究成果の公表

評価 2.8



**【所見】**

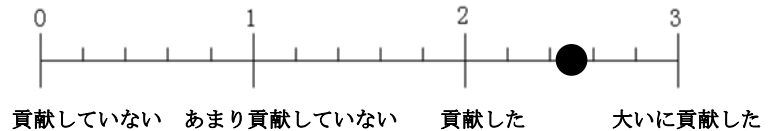
- ・ 研究成果について適切に公表している。
- ・ 論文、標準化寄与文書が多くあり、極めて適切と考えられる。
- ・ 分野シンポジウムへの成果公表が多いが、フリー投稿にも採録があり、意欲的に公表していると評価できる。

**【電子航法研究所の対応】**

学術的研究成果をシンポジウムなど学会の場で発表し、応用的研究成果を運航関係者が参加する ICAO、IPACG などでも発表しました。今後、研究成果をもっと広く伝えるアウトリーチも検討したいと考えています。

4. ポテンシャルの向上

評価 2.5



**【所見】**

- ・ 海外との研究機関との共同研究の推進、軌道予測に機械学習の活用を示すなど研究所のポテンシャル向上に貢献した。
- ・ 機械学習など新しい技術を導入しており、ポテンシャル向上に寄与したと考える。
- ・ 本課題に共同できる国外大学・機関との活動を通して、ポテンシャルを向上している。

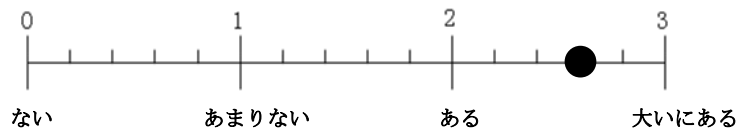
**【電子航法研究所の対応】**

本研究所の研究資源が限られており、外部との協力が必要不可欠であると考え、国内、海外大学との研究所との連携を続ける予定です。

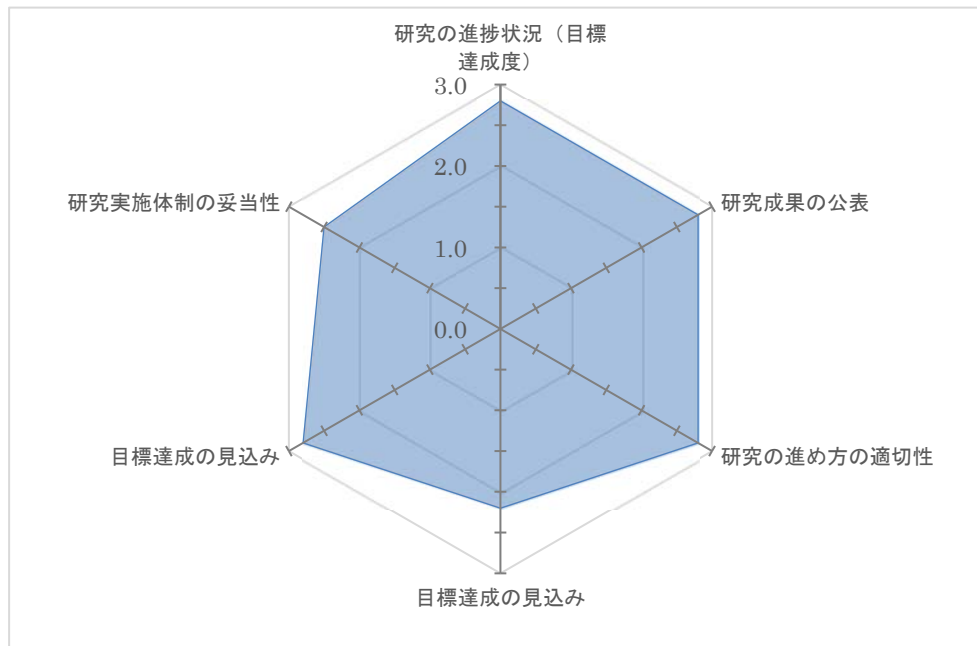
本研究所は航空局から多量の運航データを頂いており、その貴重なデータ資源を活かすためにも、今後も機械学習やデータマイニングの技術を引き続き活用したいと考えています。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.6



選定理由 各評価項目の合計点数 = 16.0  
 評価項目数 = 6  
 ( 16.0 ÷ 6 = 2.6 )



【所見】

- ・ FF-ICE/SWIM との共同による近い将来の絵姿を見せていただいた。特に NOPAC の再編は既存のイメージにとらわれない斬新な姿となっており、イノベーションを感じるところである。実現に向けて、成果を生かしていただきたい。
- ・ 福岡 FIR を通過する国際交通量が増加される中、日本における空域の再編成計画が進捗されるタイミングに合わせて、隣接 FIR 管制機関との航空交通管理手法の研究は限られた空域の有効利用に資するものである。
- ・ 喫緊の課題に対し、日本を代表して国際的な視点で研究してきたことが評価できる。今後、実用化に向けて尽力してもらいたい。
- ・ 軌道予測の向上に関して、多くの成果を残しており、大いに有益であったと考える。
- ・ 便益が推測できるものの、具体的に評価することが容易ではない課題であると思われるが、着実に評価を高めていると思える。後続研究にも期待する。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、国内外の研究機関、大学との連携を強化しつつ、実現可能性の高い効率的な交通流形成を目的とした研究を継続していきます。



**【その他、ご助言】**

- ・ 国際 ATFM については、台北やマニラ方面でもその必要性があると思料されるが、検討を進め見極めていく必要があると思う。
- ・ 本研究では隣接 FIR として仁川 FIR、及び NOPAC 経路についての FRA の研究であったが、今後は空域構成が複雑で使用可能高度が限られている上海 FIR との国際交通流管理 ATFM についての研究を期待したい。

**【電子航法研究所の対応】**

隣接し、交通の往来の多い韓国と米国との協力体制を確立し、共同研究を進めていきたいと思えます。近傍諸国への拡大も必要性が高いとのご助言をありがとうございました。

### 5.3 事後評価実施課題③

- 研究課題名：AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究
- 実施期間：令和3年度～令和6年度 4カ年
- 研究実施主任者：伊藤 恵理（航空交通管理領域）

#### (1) 研究の背景・目的

##### ① ニーズおよび内外の研究動向

大規模空港の近傍では、航空交通流の輻湊の解消が大きな課題である。特に、滑走路は航空交通のボトルネックであるため、到着交通の管理（AMAN: Arrival Management）機能は、出発交通の管理（DMAN: Departure Management）機能と統合して効率的に運用する必要がある。さらに、滑走路とスポット間では、航空機が安全かつ円滑に走行できるよう、空港面での交通管理（SMAN: Surface Management）が求められる。ICAO GANP および CARATS (APO-2 空港運用の効率化)においても、AMAN/DMAN/SMAN の各機能の性能向上と統合運用の実現を目指した計画が明記されている。

##### ② 当所で研究を行う必要性

空港運用の効率化は、滑走路の有効活用や遅延時間・燃料消費量の削減などの観点から公益に資すること、AMAN/DMAN/SMAN 統合運用は ICAO GANP および CARATS が明記する国家計画にも含まれることから、当初で研究を行う必要性がある。

##### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

本研究では、大量の航空交通データ分析、理論の実装（数理モデルの研究開発と利用）、シミュレーション評価という性質の異なるアプローチを組み合わせ、航空交通管理システムを設計する体系的手法の創造を目指しており、科学的・技術的意義が大きい。

##### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

羽田空港の新運用を考慮しながら実用性がある AMAN/DMAN/SMAN 統合運用を技術支援する研究開発を行う。さらに、羽田空港だけでなく、成田空港を初めとする国内空港や、欧州および ASEAN 地域などの航空交通管理、世界の航空交通管理システムの発展に貢献を目指す。

##### ⑤ 本研究の目的

本研究は、到着・出発・空港面の航空交通の管理機能（AMAN/DMAN/SMAN）を統合する効率的な運用方法を研究開発し、我が国における導入に必要な要件を明らかにする。さらに、欧州および ASEAN 地域の研究機関・国内メーカーと連携して、運用手法の実現性を評価するシミュレーション実験を実施し、社会実装に向けた課題解決を目指す。

#### (2) 研究の達成目標

- ① 到着・出発・空港面の航空交通流を統合する運用方法を提案する
- ② 遅延の減少など提案する運用方法の有効性を定量的に評価する

#### (3) 成果の活用方策

- ① AMAN/DMAN/SMAN 統合運用の技術支援
- ② AMAN (STEP 2) の技術支援
- ③ 2025 年以降の施策立案のための技術支援

#### (4) 成果の公表

##### ① これまでの公表等

令和3年度（第1年次）

・査読付論文：5件

- ・ Katsuhiko Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Eri Itoh, Kozo Fujii, “Multiobjective takeoff time optimization using cellular automaton-based simulator”, IEEE Access, 9 79461-79476 2021.
- ・ Katsuhiko Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Eri Itoh, Kozo Fujii, “Data-driven Simulation for Evaluating the Impact of Lower Arrival Aircraft Separation on Available Runway and Airspace Capacity,” Aerospace 8(6) 165, 2021.
- ・ Eri Itoh, Mihaela Mitici, Michael Schultz, “Modeling Aircraft Departure at a Runway using a Time-varying Fluid Queue”, Aerospace 9(3) 119, 2022.
- ・ Michael Schultz, Daniel Lubig, Ehsan Asadi, Judith Rosenow, Eri Itoh, Srinivas Athota, Vu N. Duong “Implementation of a Long-Range Air Traffic Flow Management for the Asia-Pacific Region,” IEEE Access, vol. 9, pp. 124640-124659, 2021.
- ・ Eri Itoh, Furuto Kato, Koki Higasa, Michael Shultz, “DESIGNING AIRCRAFT TRAFFIC FLOWS USING DATA-DRIVEN QUEUING MODELS” ICAS, 2021.

・国際標準化会議：1件

- ・伊藤恵理，大津山卓哉，” Proposals for IM section in the PANS-OPS” , adhoc AIRBWG meeting, ICAO, 2021.

・その他：13件

- ・立川智章，関根将弘，藤井孝藏，伊藤恵理，都築怜理，柳澤大地，西成活裕，安福健，“全体最適のための新たな航空交通モデルの開発”，計算工学会誌特集記事
- ・関根将弘，立川智章，藤井孝藏，伊藤恵理 “セルオートマトンを用いた航空交通流の多目的巡航速度最適化”，第20回進化計算学会研究会講演集，2021.
- ・日笠航希，伊藤恵理，“Gt/GI/st+GI 待ち行列モデルを用いた航空機の到着交通流の分析および制御”，第59回飛行機シンポジウム講演集，2021.
- ・森川暢明，伊藤恵理，矢入健久，“航空機の到着時刻予測に適した機械学習手法の検討”，第59回飛行機シンポジウム講演集，2021.
- ・加藤古都，伊藤恵理，蔭山康太，伊藤恵理，“機械学習を用いた航空機の地上走行時間予測の検討”，第59回飛行機シンポジウム講演集2021.
- ・関根将弘，立川智章，蔭山康太，伊藤恵理，“東京国際空港の到着機を対象とした滑走路割り振りのシミュレーション評価”，第59回飛行機シンポジウム講演集，2021.
- ・加地信一郎，高橋正樹，伊藤恵理，“エンルート空域におけるFIM速度制御による到着時間間隔の調整”，第59回飛行機シンポジウム講演集，2021.
- ・Eri Itoh, Katsuhiko Sekine, Furuto Kato, Kota Kageyama, “Integrated Arrival, Departure, and Surface Traffic Simulation at Tokyo International Airport”, AirTOP User Conference, 2021.
- ・ Katsuhiko Sekine, Tomoaki Tatsukawa and Kozo Fujii, “Preliminary Study of Multi-objective Air Traffic Optimization for Devising Speed Control Strategy by Using Rule-based Simulator”, Proceedings of AIAA Aviation Forum, 2022.
- ・関根将弘，立川智章，藤井孝藏，伊藤恵理，“多目的最適化と決定木を用いたエンルート交通流における速度制御戦略の抽出”，進化計算シンポジウム講演

集,2021

- 伊藤恵理, “航空交通管理にデジタル変革をもたらす研究開発”, ENRI 国際ワークショップ
- 李家賢一, 伊藤恵理, “海空宇宙の COVID-19 対応と今後のパンデミック対応に向けて”, 学術の動向, 日本学術協力財団
- 伊藤恵理, “航空交通管理におけるデジタルツイン処理”, 日本シミュレーション学会誌

令和4年度(第2年次)

- 査読付論文: 12 件
  - 関根将弘, 立川智明, 藤井孝藏, 伊藤恵理, “多目的最適化と決定木を用いたエンルート交通流における速度制御戦略の抽出”, 進化計算学会論文誌, vol.13,no.1, pp.10-22, 2022.
  - Yoshiaki Kawagoe, Ryohei Chino, Satori Tsuzuki, Eri Itoh, Tomonaga Okabe, “Analyzing Stochastic Features in Airport Surface Traffic Flow Using Cellular Automaton: Tokyo International Airport”, IEEE Access, vol. 10, pp. 95344-95355, 2022.
  - 青山久枝, 山田泉, 伊豆太, “マルチラテレーションによる航空機情報の新たな活用を目指した取り組み”, 電子情報通信学会, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J105-B No.7, pp.521-524, 2022 年 7 月.
  - 山田泉, 青山久枝, 伊豆太, “羽田空港におけるマルチラテレーションデータをもとにした航空機の交通量データの作成と空港舗装維持管理への活用可能性に関する考察”, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), 2023 年 79 巻 3 号, 2023 年 3 月.
  - Koki Higasa, Eri Itoh, “Controlling Aircraft Inter-Arrival Time to Reduce Arrival Traffic Delay via a Queue-based Integer Programming Approach”, Aerospace, 9(11), pp.663, 2022.
  - Koki Higasa, Katsuhiko Sekine, Eri Itoh, “Effectiveness of Aircraft Interarrival Control in Upstream Traffic Flow via a Combined Tandem Fluid Queue Model and Integer Programming Approach”, IEEE Access, vol. 11, pp. 15252- 15270, 2023.
  - Eri Itoh, Daiki Iwata, Michael Schultz, “Developing a Departure Queue Model Towards Integrated Arrival and Departure Runway Operation”, Proc. ICAS 2022, September 2022.
  - Furuto Kato, Eri Itoh, “Applying Machine Learning For Taxi-time Prediction at Tokyo International Airport”, Proc. ICAS 2022, September 2022.
  - Nobuharu Morikawa, Eri Itoh, “Machine Learning Methods Ensuring Both Performance and Interpretability of Estimating Aircraft Arrival Times”, Proc. ICAS 2022, September 2022.
  - Koki Higasa, Eri Itoh, “Assessment and Control of Arrival Flow and Waiting Time Applying Gt/GI/St+GI Time-varying Queuing Model”, Proc. ICAS 2022, September 2022.
  - Katsuhiko Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh, “Air Traffic Simulation Across FIR in Japan Using Cellular Automaton”, Proc. ICAS 2022, September 2022.
  - Katsuhiko Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh, “Preliminary Study of Multi-objective Air Traffic Optimization for Devising Speed Control Strategy by Using Rule-based Simulator”, Proc. AIAA Aviation Forum, June 2022.

- ・国際標準化会議：2件
  - ・Takuya Otsuyama, “Update Reference ICAO DOC9994”, ICAO SP/AIRBWG/14, October 2022.
  - ・Takuya Otsuyama, “Change Proposal for TIS-B definition”, ICAO SP/AIRBWG/14, October 2022.
- ・その他：6件
  - ・青山久枝, 荒谷太郎, 間島隆博, 山田泉, 今込毅, “大規模災害時の空港面運用に関するシミュレーションによる課題の検討”, ヒューマンインターフェース学会, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2022 論文集, pp.61-66, 2022年8月.
  - ・山田泉, 青山久枝, 伊豆太, “羽田空港のマルチラテレーションデータに基づく航空機の走行速度が誘導路の舗装の劣化に及ぼす影響の考察”, 第65回土木計画学研究発表会講演集, 29-2, 2022.
  - ・西田拓矢, 伊藤恵理, “機械学習による航空機の飛行時間予測”, 第60回飛行機シンポジウム講演集, 2022.
  - ・岩田大輝, 伊藤恵理, “滑走路における出発・到着航空機の統合運用のための松行列モデルの開発”, 第60回飛行機シンポジウム講演集, 2022.
  - ・長谷川倫幹, 関根将弘, 伊藤恵理, “成田国際空港の航空交通にかかる現状分析”, 第60回飛行機シンポジウム講演集, 2022.
  - ・伊藤恵理, “航空交通管理システム概論”, コロナ社, 2023年2月.

#### 令和5年度（第3年次）

- ・学術論文誌：1件
  - ・Katsuhiro Sekine, Furuto Kato, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh, “Rule Design for Interpretable En Route Arrival Management via Runway- Flow and Inter-Aircraft Control”, IEEE Access, Vol.11, pp.75093-75111, July 2023.
- ・国際学会（全文査読）：5件
  - ・Eri Itoh and Michael Schultz, “Designing a Framework of Integrated Aircraft Departure and Surface Traffic Operation via Queuing Network Models”, Proc. Fifteenth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2023), June 2023.
  - ・Furuto Kato and Eri Itoh, “Aircraft Taxi Time Prediction Using Machine Learning and Its Application for Departure Metering”, Proc. 42nd Digital Avionics Systems Conference (DASC), October 2023.
  - ・Katsuhiro Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh, "En Route AMAN Design Toward Sustainable Arrival Traffic Operation", Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology 2023 (APISAT 2023), October 2023.
  - ・Daiki Iwata, Eri Itoh, "Developing Aircraft Departure Queuing Models for a Mixed Takeoff/Landing Operational Runway", Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology 2023 (APISAT 2023), October 2023.
  - ・Takuya Nishida, Eri Itoh, “Flight Time Prediction of Arrival Air Traffic Flows Following Time-based Airspace Concept Applying Machine Learning Methods,” Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology 2023 (APISAT 2023), October 2023.
- ・国際学会（アブストラクト査読）：0件

- 国際学会（査読なし）：2 件
  - Daiki Iwata, Yuki Nonaka, Eri Itoh, “Verification of Fuel Efficiency using the A320neo Simulator by Combining Fixed-flight Path Angle Descent and Speed Control to Kansai International Airport”, Proc. 26th Air Transport Research Society (ATRS) World Conference, July 2023. [Receiver JTTRI Best Paper Award]
  - Katsuhiko Sekine, Hatsune Fukai, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh, “Simplified Model of an Airport with Single Runway for Large-scale Air Traffic Simulation”, Proc. 26th Air Transport Research Society (ATRS) World Conference, July 2023.
- 標準化会議：2 件
  - Takuya Otsuyama, “Update References in ICAO Doc9994”, ICAO SP/AIRBWG/16, September, 2023.
  - Takuya Otsuyama, “Change proposal for TIS-B Definition”, ICAO SP/AIRBWG/16, September, 2023.
- 国際会議：0 件
- 国内学会：3 件
  - 船場陸央, 伊藤恵理, "機械学習による成田国際空港における航空機の地上走行時間予測", 第 61 回飛行機シンポジウム講演集, 2023 年 11 月.
  - 羽場大貴, 都築怜理, 伊藤恵理, "複雑ネットワークを活用したマルチスケール航空交通分析手法の提案", 第 61 回飛行機シンポジウム講演集, 2023 年 11 月.
  - 西田拓矢, 伊藤恵理, "新しい空域設計概念に基づく航空交通の到着時刻予測", 第 61 回飛行機シンポジウム講演集, 2023 年 11 月.
- その他：1 件
  - 山田泉, “空港 CDM(DMAN, TSAT)と気象について”, 気象庁 航空予報室勉強会, 2023 年 7 月.

#### 令和 6 年度（第 4 年次）

- 学術論文誌：0 件
- 国際学会（全文査読）：4 件
  - Daiki Iwata, Katsuhiko Sekine, Philippe Bouchadon, Eri Itoh, “Evaluating Air Traffic Complexity via Human-In-The-Loop Simulation Experiments: Novel Metrics for Air Traffic Controllers”, Proc. 2024 International Workshop on ATM/CNS (IWAC2024), November 2024 (Accepted).
  - Daiki Iwata, Eri Itoh, “Development of a New Operational Framework to Accommodate Stochastic Air Traffic Flow at Tokyo International Airport”, Proc. 34th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2024), September 2024.
  - Katsuhiko Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh, “Validating Flow-based En Route AMAN Coupling ESCAPE Light with Airtop Software”, Proc. 34th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS2024), September 2024.
  - Daiki Iwata, Katsuhiko Sekine, Philippe Bouchadon, and Eri Itoh, "Evaluating Air Traffic Complexity via Human-In-The-Loop Simulation Experiments: Novel Metrics for Air Traffic Controllers ", Proc. International Workshop on ATM/CNS 2024 (IWAC 2024), November 2024.
- 国際学会（アブストラクト査読）：0 件
- 国際学会（査読なし）：0 件
- 標準化会議：0 件

- ・国際会議：0件
- ・国内学会：1件
  - ・伊藤恵理, 岩田大輝, 関根将弘, “航空機の到着・出発統合運用システムの研究開発と運用実現性の評価”, 第70回 土木計画学 研究発表会 秋大会 講演集, 2024年11月.
- ・その他：1件
  - ・伊藤恵理, “航空路で空港の混雑情報を活用する管制支援システム—AMAN/DMAN/SMAN 統合運用システムの研究開発について—”, CARATS 空港運用検討アドホック (招待公演), 2024年9月30日.

(5) 評価結果

① 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性



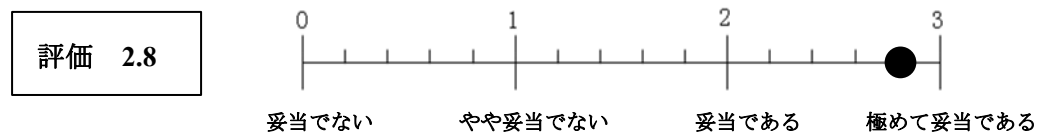
**【所見】**

- ・ 研究期間において計画した研究の手順、手法で進めた結果、最終年度にすべての目標を達しており、適切である。
- ・ 目標を達成しており、適切であると考えます。
- ・ 計画当初から、目標のイメージが明確であった。

**【電子航法研究所の対応】**

研究計画の段階から、期待する成果を創出するために、研究体制の構築およびマイルストーンの設定を念入りに行いました。関係各所の皆様からも計画通りにご協力頂くことができたため、最終年度にすべての目標を達成できたものと感謝しております。

2. 研究実施体制の妥当性



**【所見】**

- ・ 国内外の大学、研究機関と連携し研究を適切に実施するとともに、国内メーカー及び管制機関との連携により実装可能なシステムを設計し有効性を明らかにした。
- ・ 研究者が大学に異動したこともあり、学外のリソースを十分に利用している。
- ・ 国内外の研究機関と連携しており妥当と考える。
- ・ 所内の研究実施者が増えていないのは理解できるが、残念。

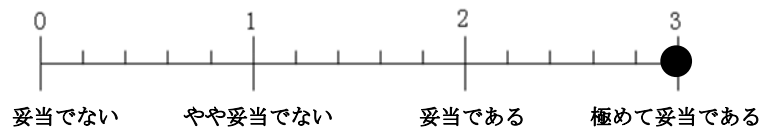
**【電子航法研究所の対応】**

本研究を実施するために、学術的な専門性のみならず、現場運用との橋渡しとなる技術開発ができる専門性が求められるため、国内外の産学官が連携する研究体制を構築し研究を実施しました。所内の研究実施者については、他のプロジェクトと限られたリソース配分という制約がございますが、今後も適切に所内の研究体制を構築する必要があると承知しております。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 3.0



**【所見】**

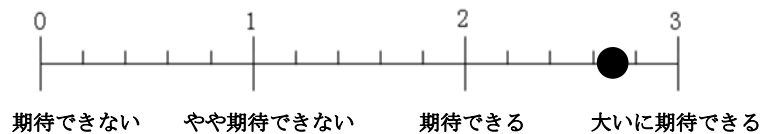
- ・ CARATS の施策として、本研究で開発した空港システムと統合運用する AMAN の実装が意思決定されるなど、研究目標の達成度は妥当である。
- ・ 十分に達成していると考ええる。
- ・ 当初目標は達成されている。

**【電子航法研究所の対応】**

研究目標通り、CARATS 施策として本研究成果の実装が決定いたしました。今後は、別プロジェクトにより、実装に向けた技術支援を実施してまいります。

2. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.7



**【所見】**

- ・ 研究成果 CARATS の施策決定に反映されるとともに、ICAO の SARPs やマニュアルの改訂にも寄与した。
- ・ すぐに活用でき、波及効果が期待できる成果ではない。
- ・ 論文で成果を発表しているので期待できる。
- ・ 研究モデルと現実との違いはあるので、今後の検討により活用が図られよう。

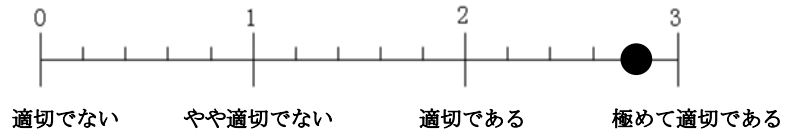


**【電子航法研究所の対応】**

CARATS 施策として本研究成果の実装が決定し、ICAO 国際基準にも研究成果を反映することができました。今後は、別プロジェクトにより、本研究成果を管制情報処理システムに効率的に実装するための研究開発と、適切な技術支援を実施してまいります。

3. 研究成果の公表

評価 2.8



**【所見】**

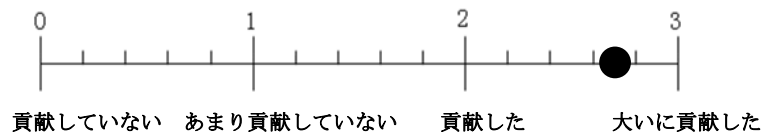
- ・ 研究成果を査読付き論文等にまとめ、CARATS 及び ICAO 国際基準策定に技術提供するなど適切である。
- ・ 多数の論文がある。
- ・ 国際会議論文がおおくあり、適切と考えられる。
- ・ 成果発表能力が高い。

**【電子航法研究所の対応】**

学術的な研究成果の創出と、行政組織の技術支援（CARATS および ICAO 国際基準策定）を両立できるよう、模索しながらプロジェクトを遂行してまいりました。今後に活かせるノウハウを得られたと思います。

4. ポテンシャルの向上

評価 2.7



**【所見】**

- ・ 新たなシミュレーション実験環境を整えるなど、研究資源の充実に寄与し、研究ノウハウの蓄積、及び研究資源の充実を通してポテンシャルの向上に貢献した。
- ・ すぐに活用でき、波及効果が期待できる成果とは言えない一方で、研究資源の充実とポテンシャルの向上に貢献したと言える。
- ・ 多くの海外機関との連携は今後に向けて効果があったと考える。
- ・ 対外連携を発展させており評価できるが、所内研究者の増員にも配慮されることを望む。

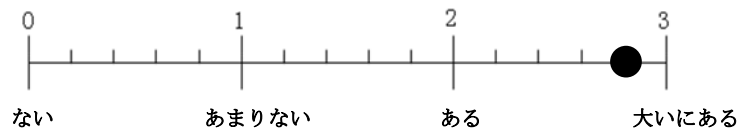
**【電子航法研究所の対応】**

本研究で開発したシミュレーション環境および管制支援システム研究開発のノウハウを別プロジェクトにも活かし、CARATSの実装意思決定に至った本研究成果を管制情報処理システムに効率的に実装するための研究開発と、適切な技術支援を実施してまいります。

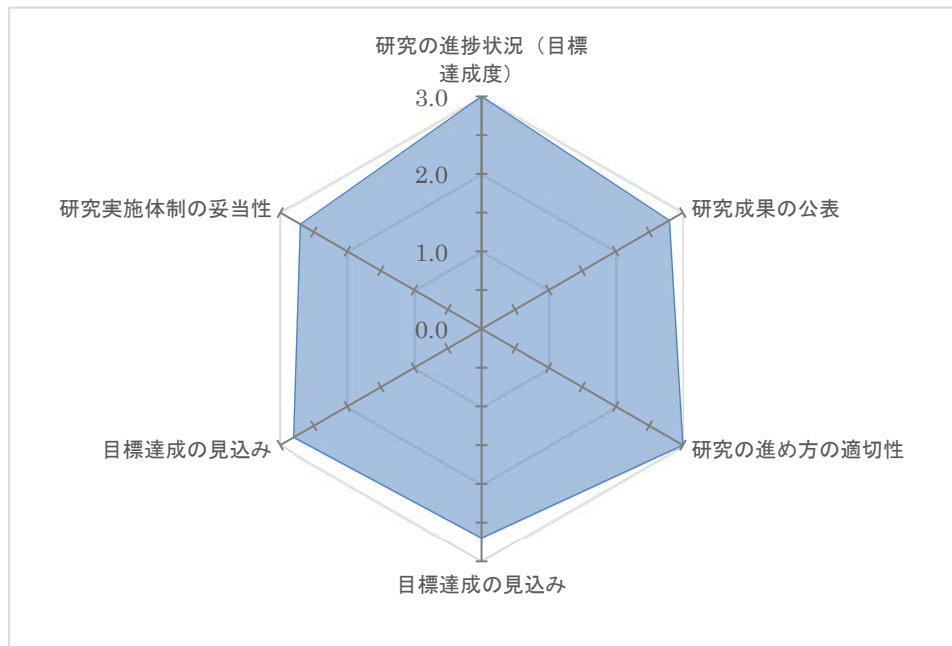
本研究を実施するために、学術的な専門性のみならず、現場運用との橋渡しとなる技術開発ができる専門性が求められるため、国内外の産学官が連携する研究体制を構築し研究を実施することで、業界のポテンシャル向上につながられたと思います。所内の研究実施者については、他のプロジェクトと限られたリソース配分という制約がございますが、今後は適切に所内の研究体制を構築できるよう努めてまいります。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.8



選定理由 各評価項目の合計点数 = 17.0  
 評価項目数 = 6  
 ( 17.0 ÷ 6 = 2.8 )



【所見】

- ・ 研究のゴール設定＝渋滞をいずれのフェーズでも解消し、経済的かつ環境最適な航空交通の実現を目指す、というのは大変分かりやすい。その方策として、AMAN/DMAN/SMAN の調和のとれた統合運用で実現する、という設定も現在の管制手法からの移行を想定するならば大変ふさわしい（円滑な移行が可能）と思う。
- ・ 羽田空港等混雑空港における到着、出発、地上面の航空交通をモデル化し混雑を解消するシステムを設計するとともに、シミュレーション実験により定量的に評価する研究ノウハウを蓄積する等、本研究を実施した意義は大きい。
- ・ 実用化に向けた研究開発というより、学術研究が中心である。論文も多数発表され、今後の研究開発に寄与する成果が得られたと考える。
- ・ 連携することのメリットに関して、多くの成果を残しており、大いに有益であったと考える。
- ・ 対外連携を基に、検討を加速しており、本研究所の新たなスタイルを示しており大いに評価できる。

**【電子航法研究所の対応】**

研究計画の段階から、期待する成果を創出するために、研究体制の構築およびマイルストーンの設定を念入りに行いました。関係各所の皆様からも計画通りにご協力頂くことができたため、最終年度にすべての目標を達成できたものと感謝しております。

CARATS 施策として本研究成果の実装が決定し、ICAO 国際基準にも研究成果を反映することができました。今後は、本研究で開発したシミュレーション環境および管制支援システム研究開発のノウハウを別プロジェクトにも活かし、CARATS の実装意思決定に至った本研究成果を管制情報処理システムに効率的に実装するための研究開発と、適切な技術支援を実施してまいります。

本研究を実施するために、学術的な専門性のみならず、現場運用との橋渡しとなる技術開発ができる専門性が求められるため、国内外の産学官が連携する研究体制を構築し研究を実施することで、業界のポテンシャル向上につながられたと思います。

**【その他、ご助言】**

- ・ 航空交通の“渋滞を解消”するためには、もしかしたら、AMAN/DMAN/SMAN の調和以外にも更に優れたアイデアがあるかもしれない。様々な前提条件にとらわれず、サイエンスとして考えてみるのも一考ではないか。
- ・ 卑近かつ現実的な課題としてランドサイドの渋滞がある。関東への台風の到来後、某空港が飛行場としてはいち早く健全に復帰し（空港職員の努力もあって）到来機を着陸させたが、鉄道や道路の回復が遅く空ビルで大量の旅客が滞留したことがあった。その時の教訓を踏まえ次の台風では空港を予定閉港したが、今度は外国の出発空港で滞留してしまったという事案があった。交通工学など集学的なアプローチで何らかの対応策が検討できると良いかと思う。
- ・ 今後は AMAN/DMAN/SMAN の統合運用システムの更なる高度化を研究し、管制官の作業負荷の削減、燃料消費量の削減等、空港運用の更なる効率化の研究を続けることを期待する。
- ・ 後に続く、「運航フェーズに応じた管制システムにおける時間管理に関する研究」に成果が活かされると良い。

**【電子航法研究所の対応】**

航空交通分野は、航空機の運航において不可欠な存在であり、極めて重要な学術・研究分野であるものの、まだ新しい分野でもあるため、その基盤となる知識体系の構築に向けた努力の継続が必要であると認識しております。これからも学際的研究体制により、本分野の学術的発展と新規開拓に努めてまいりたいと考えております。

エアサイドだけでなく、ランドサイドの渋滞解消およびエアサイドとの統合運用については、別プロジェクトでも研究を実施中でございます。天候や需要予測等に起因する不確実性の影響も考慮し、頂いたご意見を参考にさせていただきながら、今後の研究開発にも本研究成果を適切に活かしてまいりたいと思います。

#### 5.4 事後評価実施課題④

- 研究課題名：デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究
- 実施期間：令和3年度～令和6年度 4カ年
- 研究実施主任者：井上 諭（監視通信領域）

##### (1) 研究の背景・目的

###### ① ニーズおよび内外の研究動向

リモート・デジタルタワー（RT/DT）の技術開発は世界的に実用化の段階に来ており、日本においても奄美空港で令和3年度からリモートレディオ空港として運用を開始する。国際的には RT は映像や監視センサ技術を用いて、既存の運用を遠隔に行えるシステムとして開発が進められてきており実用化の目途がついてきた。これらの DT システムでは、技術動向や運用展開の方向性として、安全性の向上や業務の効率化を目指し、今までの管制塔運用にはなかった、映像やセンサからのデジタル情報をさらに活用した今までにない業務支援機能の拡充やシステム機能の高度化によって実現できるあらたなタワー運用スタイルの研究・開発の取り組みが議論されている。（SESAR JU, CANSO, EUROCAE, EASA 等）

###### ② 当所で研究を行う必要性

当所では先行研究として、日本型の RT システムの基本コンセプト構築を目指した研究を昨年度まで日本で唯一実施しており、上記にある業務支援機能のための基礎技術の研究開発にも着目したシステム構築に取り組んできた。これまでの技術基盤や研究プラットフォームを活かすことで、必要とされている運用支援のため拡張機能や技術の導入に向けた開発及び評価に取り組み、日本のタワーシステムの技術革新に貢献していく必要がある。

###### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

先行研究で見た課題（既存の技術では実用精度として課題がある技術）の解決ターゲット検出、識別機能や PTZ カメラ自動追尾等の管制業務支援機能を実用化するためには、検知認識の効率的な映像処理技術、監視センサ情報の精度の向上や映像情報と3次元情報のマージのための技術等の検討や改良への取り組み

###### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

リモート・デジタルタワーは既存タワーの業務形体を大きく変える可能性のある技術で、安全性の向上と効率化の両立を実現することが期待される。一方でシステム実用化、導入推進のために求められる要素として、システムの導入コスト圧縮も必要とされる。

- ・映像支援機能は欲しいけど導入費用は抑えたい  
⇒ 映像処理システムを効率的に
- ・監視センサ機能は欲しいが整備のコストを抑えたい  
⇒ コンパクトな監視センサ

求められるシステム：コンパクトな構成 + 高機能 + 低コスト（整備費）

「小型で高機能、高性能なデジタルタワーシステム」の実現

###### ⑤ 本研究の目的

コンパクトな監視センサと映像システムを組み合わせたコストバランスに優れたデジタルタワーシステムの技術実証と有効性を示すことを目的とする

##### (2) 研究の達成目標

- ① コンパクトな監視センサと映像システムを組み合わせたコストバランスに優れたデ

デジタルタワーシステムの技術実証と有効性について航空局へ仕様策定支援を行う

- ② タワー業務用システムの高度化  
⇒ タワー管制業務支援機能の実用化および充実、オペレーターの負担軽減と運用における安全性の向上に寄与
- ③ デジタルタワーシステムの技術実証と有効性を示すとともに低コストなシステム構成の実現とシステムの導入促進

### (3) 成果の活用方策

- ① 航空局が導入を計画しているリモート・デジタルタワーの仕様策定への情報提供・支援
- ② タワー管制業務向けの新しい視覚支援技術のプロトタイプと提案
- ③ 国際標準化への貢献

### (4) 成果の公表

- ① これまでの公表等  
令和3年度（第1年次）
  - ・査読付論文：1件
    - ・吉田悠 (KDDI 総合研究所) 青山久枝 狩川大輔 東北大学大学院) 井上諭 菅野太郎 東京大学大学院) 吉田一雄 東京大学大学院) 色の誘目度モデルを用いた航空管制レーダー画面の設計指針の検討 日本人間工学会 人間工学 (論文誌) Aug. 2021
  - ・国際標準化会議：1件
    - ・Inoue, S. & Brown, M., ENRI Remote Tower Latest Technical Developments., EUROCAE WG-100 #26 (Nov. 2021)
  - ・その他：3件
    - ・井上諭, “管制塔のデジタル化に向けて “安全インタフェース最前線, ヒューマンインタフェース学会誌, 23 - 2、(2021)
    - ・井上諭 他 4 名, 遠隔型タワー (リモート・デジタルタワー) のための映像システムと支援機能の開発, 航空管制 (航空交通管制協会誌 2021 - No.4 ) (2021)
    - ・三橋大地 菅野太郎 浅谷公威 古田一雄 (東京大学) 井上諭 (電子航法研究所) 狩川大輔 (東北大学) 野々瀬晃平 (電力中央研究所) 記述的情况分析ツールの開発とレジリエンス工学への応用, 人間工学会第 62 回大会 (2021 年 57 巻 Supplement 号 p. 1F2-5)

令和4年度（第2年次）

- ・査読付論文：2件
  - ・Inoue, S., Brown, M. & Kakubari, Y., Integration of (Surveillance) Multilateration Sensor Data into a Remote Tower System., Virtual and Remote Control Tower. Springer, DOI : 10.1007/978-3-030-93650-1 , ISBN: 978-3-030-93649-5 (2022)
  - ・Inoue, S. & Brown, M., Remotely-Operated AFIS in Japan., Virtual and Remote Control Tower., Springer, 10.1007/978-3-030-93650-1, ISBN: 978-3-030-93649-5 (2022)
- ・国際標準化会議：0件
- ・その他：3件
  - ・井上諭, 飛行場管制システムのデジタル化, 「IT 技術・自動運転技術が担う近い将来の交通安全」, 日本機械学会誌 2022 年 4 月号 (2022)

- ・井上諭, 角張泰之, 「管制塔のデジタル化に向けて」 航空無線 114 号 (冬期) (2022)
- ・井上諭, ブラウンマーク 「知識処理によるリモート・デジタルタワー用物体検知性能の改善」, 電子情報通信学会総合大会 (2023)

#### 令和 5 年度 (第 3 年次)

- ・学術論文誌 : 1 件
  - ・井上, 青山, 菅野, 古田 「航空路管制業務におけるチーム認知プロセスモデリング手法に関する研究」 電子航法研究所報告
- ・国際学会 (全文査読) : 0 件
- ・国際学会 (アブストラクト査読) : 0 件
- ・国際学会 (査読なし) : 0 件
- ・標準化会議 : 2 件
  - ・Inoue, S. & Brown, M., How to use ML Techniques for Remote Tower - Use case information -, EUROCAE WG-100 #31 (Nov. 2023)
  - ・Brown, M. AI techniques and use cases from an ER-022 perspective., EUROCAE WG-100 #31 (Nov. 2023)
- ・国際会議 : 0 件
- ・国内学会 : 0 件
- ・その他 : 1 件
  - ・井上 諭, 「飛行場運用の高度化に向けた技術の研究開発」, 日本機械学会 関東支部 イブニングセミナー(2024 年 1 月)

#### 令和 6 年度 (第 4 年次)

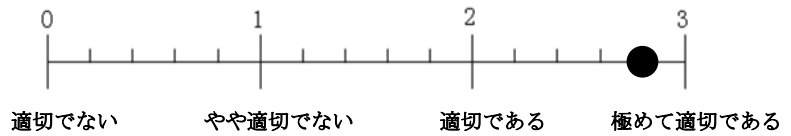
- ・学術論文誌 : 0 件
- ・国際学会 (全文査読) : 1 件
  - ・Inoue, S. & Brown, M., Effectiveness of Knowledge Based Processing for Visual Object Detection, IHiet-FS2025
- ・国際学会 (アブストラクト査読) : 0 件
- ・国際学会 (査読なし) : 0 件
- ・標準化会議 : 0 件
- ・国際会議 : 0 件
- ・国内学会 : 3 件
  - ・小宮山, 敦賀, 荒尾, 網島, 角張, 長縄 「Tukey 関数を使用する M 推定に基づく外れ値に頑強な TOA 測位方式」, 電子情報通信学会総合大会, 2025.
  - ・荒尾, 小宮山, 敦賀, 網島, 角張, 長縄 「食欲法を用いた遮蔽判定に基づくマルチラテレーション受信局選択」, 電子情報通信学会総合大会, 2025.
  - ・井上, 山田 「物体の姿勢情報用いたカメラの追尾精度改善」, 電子情報通信学会総合大会, 2025.
- ・その他 : 1 件
  - ・井上 「デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究」, 2024 年 12 月.

#### (5) 評価結果

##### ① 研究の効率性

##### 1. 研究の進め方の適切性

評価 2.8



【所見】

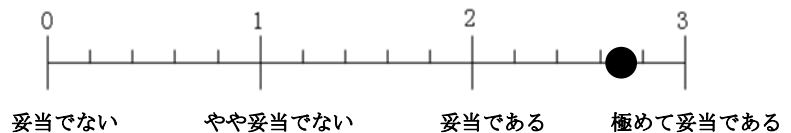
- ・ 航空局の整備時期、計画に合わせて研究を進めた。
- ・ 4か年の計画が練られており適切と考える。
- ・ リモートタワーの開発研究となっている。

【電子航法研究所の対応】

今後も、実施する研究が整備計画や活用の時期に合うように適切に計画を進めてまいります。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

- ・ 研究機関、大学との共同研究等、研究体制は妥当である。
- ・ 研究所の内外と連携をしておき妥当と考える。
- ・ システム開発に貢献できる芸術系大学、実証評価を行うための所外組織との連携を計画しており、優れた計画となっている。

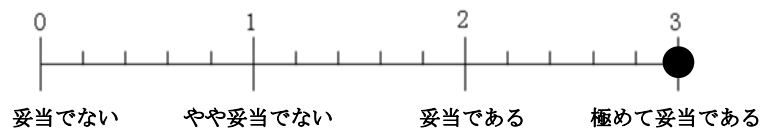
【電子航法研究所の対応】

研究体制の計画は所内および外部との連携を行う等、今後もリソースの適切な配分に努めます。

② 研究の有効性

1. 研究目標の達成度

評価 3.0



【所見】

- ・ 航空局管制機関のニーズに合わせ社会実装につなげており、研究目標な達成度は極めて妥当である。
- ・ 十分達成していると考ええる。
- ・ メディアにも取り上げられ、完成度の高い開発研究となった。

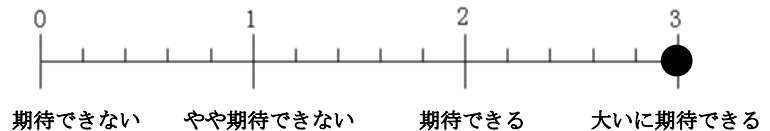


**【電子航法研究所の対応】**

研究ニーズや技術の課題を的確に把握し、適切な研究開発の目標となるように今後も努めます。

2. 研究成果の活用と波及効果

評価 3.0



**【所見】**

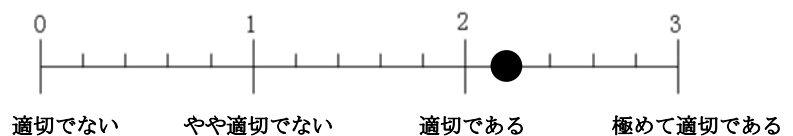
- ・ 研究成果の活用が大いに期待できる。
- ・ 胴体検知, AI 画像認識など, 個別の技術はタワーシステムとして一体ではなく個別に多方面に提供できると思われる。
- ・ AR、VR 技術は様々な分野に応用できると考える。
- ・ リモートタワーとして導入が想定されていると聞く。

**【電子航法研究所の対応】**

デジタル技術の活用は、タワー管制業務の様々なところに活用の可能性があると考えており、今後も最新の技術による研究開発に努めるとともに、成果が実用化につながるよう努力してまいります。

3. 研究成果の公表

評価 2.2



**【所見】**

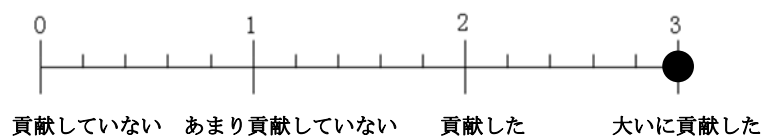
- ・ 研究成果は適切に発信されており、EUROCAE から標準化作業への貢献が評価されている等、研究成果の公表は適切である。
- ・ 成果の論文発表、一般への広報などに一層に力を入れられることを望む。
- ・ 国内外で成果を公表しており適切と考える。
- ・ 特許申請や映像システム関係学会への投稿を是非進めてほしい。複数の受賞は大いに評価できる。

**【電子航法研究所の対応】**

引き続き、研究成果の公表を適切に行っていくように努めます。また、技術の普及に向けてより効果的な情報発信に努めます。

#### 4. ポテンシャルの向上

評価 3.0



##### 【所見】

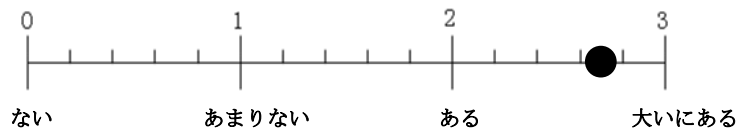
- ・ RDT の研究機関として標準化に貢献するなど研究所のポテンシャル向上に大いに貢献した。
- ・ AR、VR 技術を蓄積したことは今後のポテンシャル向上が見込める。
- ・ 成功体験は研究所の能力を向上させたことと思われる。

##### 【電子航法研究所の対応】

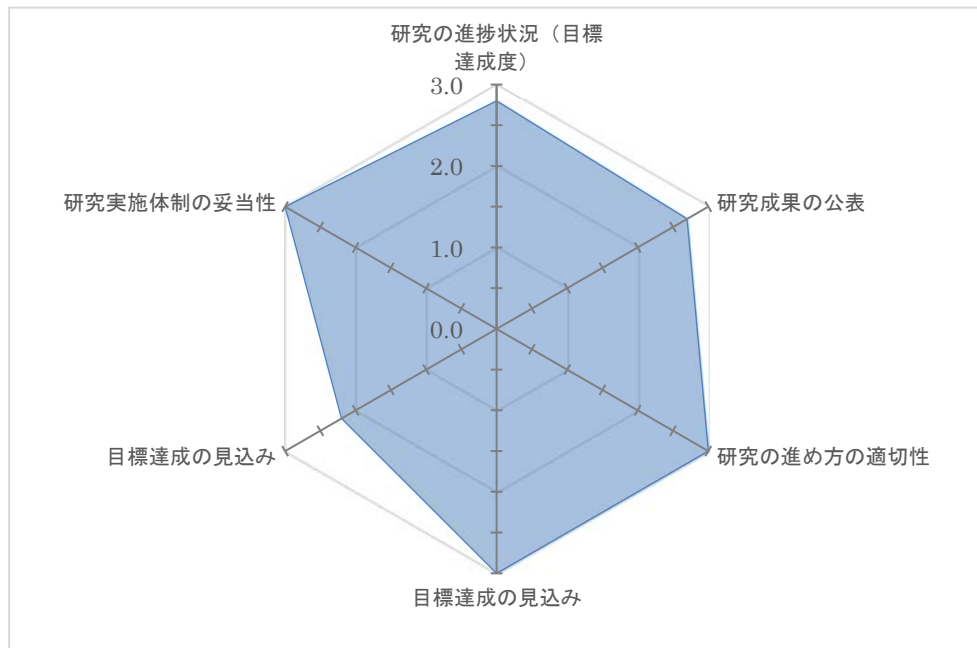
後継研究でも、これまで得られた課題や、本研究での経験を活かし、更なるポテンシャル向上に努めたいと思います。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.7



選定理由 各評価項目の合計点数 = 16.7  
 評価項目数 = 6  
 ( 16.7 ÷ 6 = 2.7 )



【所見】

- ・ 大小さまざまな課題に対し、きめ細やかな対応策を確立したことを評価したい。ともすれば「カメラで撮影した映像を遠隔に表示する」ということで容易な感も惹起しかねない技術であるが、実際に試作してみると画像間のズレやひずみの調整、画像を横断した動体検出／遮蔽物処理など、運用に供するに解決しなければならない事象が見つかった。
- ・ 小規模管制空港向けのリモート・デジタルタワーのコンセプトを実現するための研究、及び技術開発に取り組んでおり、本研究を実施した意義は有益であった。
- ・ 当研究所が行うべき研究である。
- ・ 空港安全に重要な技術である。個別技術を技術レベルに応じて個別に実用化する。海外に対して日本が貢献できると思われる。
- ・ デジタルツインの実装に向け有益であったと考える。
- ・ 開発型重点研究であり成功だった。

【電子航法研究所の対応】

新しいタワー管制システムとして、実用化を見据えた研究開発に取り組んできました、研究所として知見やノウハウを実用化や今後の研究に生かしていけるよう努めます。また、国際的な研究開発の場においても、十分な技術レベルや競争力があるものとするできるように、関係者とともに今後の発展につながるようにしていきます。

**【その他、ご助言】**

- ・ リモートタワーシステムは奄美空港を対象として既に運用に供されており、その改善や課題の解決、また、今後の他空港への展開のための要件を定めるために、いわば”エンジニアリングシステム“として維持・運用される意義もあると思う。後継研究にも期待したい。

**【電子航法研究所の対応】**

研究が実用化につながるように、今後もニーズをよく把握し、必要な研究開発に取り組めるよう努力します。

## 5.5 中間評価実施課題①

- 研究課題名：GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発
- 実施期間：令和4年度～令和8年度 5カ年計画
- 研究実施主任者：吉原 貴之（航法システム領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

進入着陸において ILS から GBAS を用いた着陸システム（GLS）を使うことによって、個別の航空機の特長や進入フェーズに対応して進入角を選択可能な自由度の高い進入や、滑走路離脱点に合わせた着地点を選択するマルチエイミングポイントを設定した着陸など、より環境に優しい効率的な進入着陸の実現が期待される。欧州では、SESAR 関連プログラム（SESAR 2020 PJ.02）で先行してこれらの実現可能性の検証実験が行われている。

#### ② 当所で研究を行う必要性

当所ではこれまで GBAS に関わる研究開発を行ってきたが、成果普及のためには新たな便益をもたらす運航方式の開発及び提案する必要がある。そのため、これまでの蓄積技術や経験に加えて、監視通信装置の高度化、国内混雑空港の航空交通管理における諸課題の解決と密接に連携して進める必要があり、それにより優位性も高まるため当所で実施する必要がある。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

効率的な進入着陸の実現に向け、滑走路離脱に関わる GBAS を利用したパイロット支援ツールの開発や、進入経路の設定における安全性評価手法の見直しは先導性の高い取り組みである。

#### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

効率的な進入着陸でもたらされる環境負荷軽減や既存滑走路処理容量の向上は社会的・行政的要請が高い課題であり実施する意義が大きい。

#### ⑤ 本研究の目的

GBAS の利点を活かして進入経路の選択から滑走路離脱までを一連の進入着陸として扱い、自由度の高い経路設定と個別の航空機の特長や進入フェーズに合わせてユーザが選択することにより、環境に配慮した効率的な進入着陸を実現するための技術開発を行う。また、運用概念（CONOPS）構築と運用条件（経路設計、管制方式、気象条件）、安全性評価項目を明確にする。

### (2) 研究の達成目標

- ① 従来方式と併用可能な高角度進入(IGP)の技術開発と運用条件明確化
- ② 滑走路離脱を含む同一滑走路の第2エイミングポイント(SRAP)設定技術開発と運用条件明確化
- ③ IGP や SRAP に係わる進入経路の安全性評価に関して、飛行データに基づいた衝突危険度モデル（CRM）改良に向けた課題の明確化
- ④ IGP や SRAP 運用に必要なパイロット負荷軽減と誤認防止を考慮した滑走路離脱誘導を含めた支援ツールの開発及び評価

### (3) 成果の活用方策

- ① GBAS CAT-III、IGP、SRAP による進入着陸の効率向上の可視化による導入判断への活用。

- ② CRM 改良ニーズが顕著となった場合に明確化された課題への取り組みと実現。
- ③ 滑走路離脱時のパイロット負荷軽減と、低視程条件下への利用拡張。ICAO NSP への貢献。
- ④ 効率的な進入着陸を実現する経路設定・空港面誘導技術を、SBAS 等を用いた運航への活用。

#### (4) 成果の公表

##### ① これまでの公表等

令和 4 年度（第 1 年次）

- ・査読付論文：0 件
- ・国際標準化会議：0 件
- ・その他：3 件
  - ・吉原貴之, 齊藤真二, 福島荘之介, 森亮太, “ENRI’ s R&D Activities on Advanced GBAS Operations,” International GBAS Working Group Meeting (I-GBAS) 21, Sep. 2022.
  - ・森亮太, 藤田雅人, “ADS-B データを用いた着陸航跡の抽出”, 第 60 回飛行機シンポジウム, 2022 年 10 月.
  - ・吉原貴之, 齊藤真二, 森亮太, 藤井直樹, 青山久枝, “GBAS を活用した柔軟な進入経路の設定と滑走路運用の高度化,” 第 60 回飛行機シンポジウム, 2022 年 10 月.

令和 5 年度（第 2 年次）

- ・学術論文誌：0 件
- ・国際学会（全文査読）：0 件
- ・国際学会（アブストラクト査読）：1 件
  - ・吉原 貴之, 瀬之口 敦, 毛塚 敦, 齋藤 享, 古賀 禎, “A Study on Estimated Errors and a Correction Method for Wind Velocity Derived from Mode S Messages of Aircraft Surveillance Systems using Atmospheric Radar Observation,” International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics (ICSANE) 2023, December 2023.
- ・国際学会（査読なし）：0 件
- ・標準化会議：1 件
  - ・吉原貴之, “Introduction of the ENRI’ s R&D projects related to wake turbulence separation,” ICAO WTSWG/15 - IP05, April 2023.
- ・国際会議：1 件
  - ・吉原貴之, 齊藤真二, 森亮太, 藤井直樹, 青山久枝, “ENRI’ s R&D Activities on Advanced GBAS Operations,” International GBAS Working Group Meeting (I-GBAS) 22, June 2023.
- ・国内学会：2 件
  - ・森亮太, 藤田雅人, “ADS-B による着陸航跡抽出”, 日本航空宇宙学会誌, 71 巻 6 号, p.151-155, 2023 年 6 月.
  - ・吉原貴之, 瀬之口敦, 毛塚敦, 齋藤享, 古賀禎, “航空機監視装置から得られる風情報の補正手法の開発に向けて,” 第 17 回 MU レーダー／赤道大気レーダーシンポジウム, 2023 年 9 月.
- ・その他：5 件
  - ・齊藤真二, 福島荘之介, “GBAS 機上受信機と GBAS-16 プロトタイプ (ソフト

ウェア)の接続試験結果報告,” 国土交通省航空局提出, 2023年6月.

- ・齊藤真二, “GNSSを活用した新しい進入方式 ~RNP to xLS~, ” 出前講座(海上保安学校宮城分校北九州航空研修センター), 2023年11月.
- ・吉原貴之, “GBASの概要と滑走路運用の高度化,” 出前講座(大阪航空局福岡空港事務所), 2023年11月.
- ・吉原貴之, 齊藤真二, 藤井直樹, 青山久枝, “低視程時のGBASによる滑走路運用の検討(経過報告), ” CARATS推進協議会 CNS検討WG 航法検討SG, 2023年12月.
- ・齊藤真二, 吉原貴之, “GNSSを活用した新しい進入方式 & GBASの概要と滑走路運用の高度化”, 出前講座(海上保安庁海上保安学校宮城分校), 2024年1月.

#### 令和6年度(第3年次)

- ・学術論文誌: 0件
- ・国際学会(全文査読): 0件
- ・国際学会(アブストラクト査読): 0件
- ・国際学会(査読なし): 0件
- ・標準化会議: 1件
  - ・吉原貴之, “Status update of the ENRI’s R&D activities related to wake turbulence separation, ” ICAO WTSWG/16 - IP02, April 2024.
- ・国際会議: 1件
  - ・吉原貴之, 齊藤真二, 藤井直樹, 小田浩幸, 青山久枝, “ENRI’s R&D Activities on Advanced GBAS Operations,” International GBAS Working Group Meeting (I-GBAS) 23, 2024年6月.
- ・国内学会: 6件
  - ・齊藤真二, “滑走路延長上に基準局を有するGBASの可用性と着陸機数,” 電子情報通信学ソサイエティ大会, 2024年9月.
  - ・福島荘之介, 森亮太, “進入方式を設計する障害物評価表面(OAS)ソフトウェアの再構築,” 第62回飛行機シンポジウム, 2024年10月.
  - ・小田浩幸, 吉原貴之, 齊藤真二, 藤井直樹, 青山久枝, “GNSSによる高角度・第2エイミングポイントを設定した進入方式の導入効果,” 第62回飛行機シンポジウム, 2024年10月.
  - ・小林知尋, 横田考俊, 牧野康一, 吉原貴之, 齊藤真二, 藤井直樹, ナヴィンダキトマル ビクラマシンハ, “騒音予測フレームワーク J-FRAINによるGBASを利用した低騒音進入経路の騒音評価,” 第62回飛行機シンポジウム, 2024年10月.
  - ・齊藤真二, “GBASポジショニング・サービスによる滑走路離脱支援,” 第62回飛行機シンポジウム, 2024年10月.
  - ・吉原貴之, 青山久枝, 齊藤真二, 藤井直樹, 小田浩幸, “高カテゴリーGBAS運航による低視程時の滑走路運用効率の低下抑制効果,” 第62回飛行機シンポジウム, 2024年10月.
- ・その他: 5件
  - ・北村光教, “SBASの概要,” 出前講座(航空保安大学校岩沼研修センター), 2024年4月.
  - ・齊藤真二, “GBASの概要と新しい進入方式,” 出前講座(航空保安大学校岩沼

研修センター), 2024年4月.

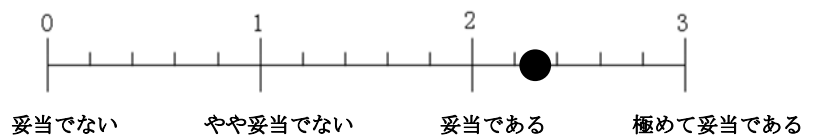
- ・吉原貴之, “GBASによる滑走路運用の高度化,” 出前講座(航空保安大学校岩沼研修センター), 2024年4月.
- ・吉原 貴之, 齊藤 真二, 藤井 直樹, 青山 久枝, “GAST-Dによる低視程時の滑走路運用の改善効果,” 第24回電子航法研究所研究発表会, 2024年6月.
- ・齊藤 真二, “GBASによる精密進入方式と利点について,” 第17回港湾空港技術講演会 in 関東 2024, 2024年11月.

(5) 評価結果

① 研究の有効性

1. 研究の進捗状況(目標達成度)

評価 2.3



【所見】

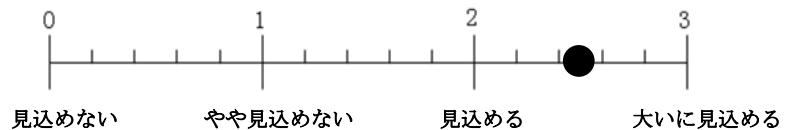
- ・ IGP・SRAP、滑走路離脱支援、低視程時の ILS/GBAS 運用の比較については、中間評価時点までの実施項目について着実に成果を出しており、進捗状況は妥当である。
- ・ 分布モデルの作成など進捗がうかがえる。
- ・ 先行した重点研究では CRM (衝突危険度モデル) に成果が見られ、本研究での進展が期待されたが、研究者の移動でこれがかなわなくなっている。

【電子航法研究所の対応】

CRMに関する研究については、GNSS 運航の中長期的な課題として別途実施することとして検討していきたいと考えております。IGP、SRAP を用いた新たな運航方式や滑走路離脱支援についてはより一層、所外機関・研究者との連携を模索して得られる成果の有効性向上を図りたいと思います。

2. 目標達成の見込み

評価 2.5



【所見】

- ・ 一部計画変更があるものの着実に研究を進めており、想定した研究目標の達成が見込める。
- ・ 担当者の異動があった。
- ・ 順調に成果が出ており、目標は達成できると考える。
- ・ GBAS の特徴である自機の滑走路上の三次元的位置の把握により、着陸進入を多様化できることを検討の中心に据えており、成果が期待でき

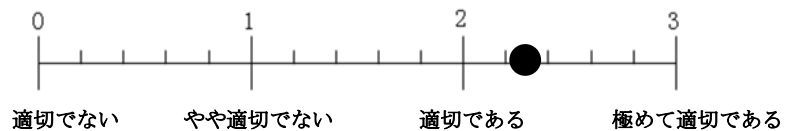


る。

**【電子航法研究所の対応】**  
 前半3年度目までに得られた成果を踏まえて質の向上を図るとともに発展させて目標達成に向けて取り組んでまいります。

3. 研究成果の公表

評価 2.3



**【所見】**

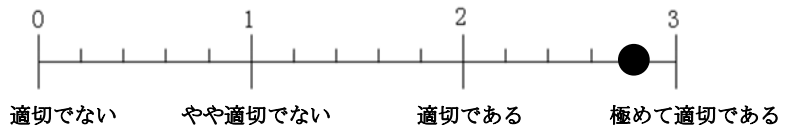
- ・ 共同研究で進められた成果が発表されており適切である。
- ・ 成果水準を知るためにも査読付き論文（とくに国際誌）への投稿を期待する。
- ・ 適切であると考えるが、国内に偏っており、後半は国際論文などを公表してほしい。
- ・ 口頭発表が中心であるが、以降の努力により査読付き論文への成果発表を期待する。

**【電子航法研究所の対応】**  
 これまでに得られた成果を補強して質の向上を図りつつ、それぞれの研究項目に対応した成果について国際会議での発表、査読付き論文へ投稿したいと思います。

② 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.8



**【所見】**

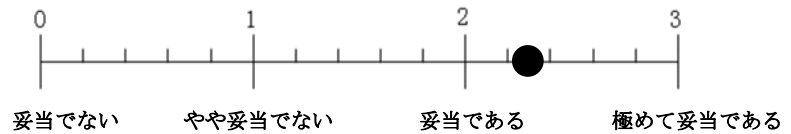
- ・ IGP・SRAP、滑走路離脱支援、低視程時の ILS/GBAS 運用の比較についての研究は計画通り進められている。
- ・ 目標達成に向けて順調に進んでいると考える。
- ・ 研究者の移動があり当初の計画が変更されているが、適切に対応していると判断する。

**【電子航法研究所の対応】**

後半 2 年間も当初計画した研究目標を達成できるように適切に進めて参りたいと思います。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.3



**【所見】**

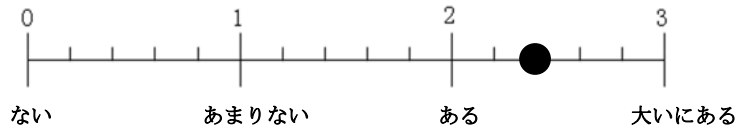
- ・ CRM/OAS については研究者の異動があったなどやむを得ないところもあるが、一方、想定外の人的異動はいつでも起こり得ると言える。CRM/OAS は方式設計にかかる安全性解析・証明の根幹的な技術でありノウハウの保持と発展は必要と史料する。
- ・ 運航者のフライトシュミレータの活用等、所内外の関係者と積極的に連携を取りながら研究を実施している。
- ・ 研究者の異動もあり、研究所外との連携を図りながら進めていくことが望ましい。メーカーとの連携も進めるべきである。
- ・ 適切であると考えているが、海外機関との連携を強化してもよいように感じた。
- ・ 若干研究者数が少ないように思える。社外研究者の参加を含め、人員の増強が有効ではないか。

**【電子航法研究所の対応】**

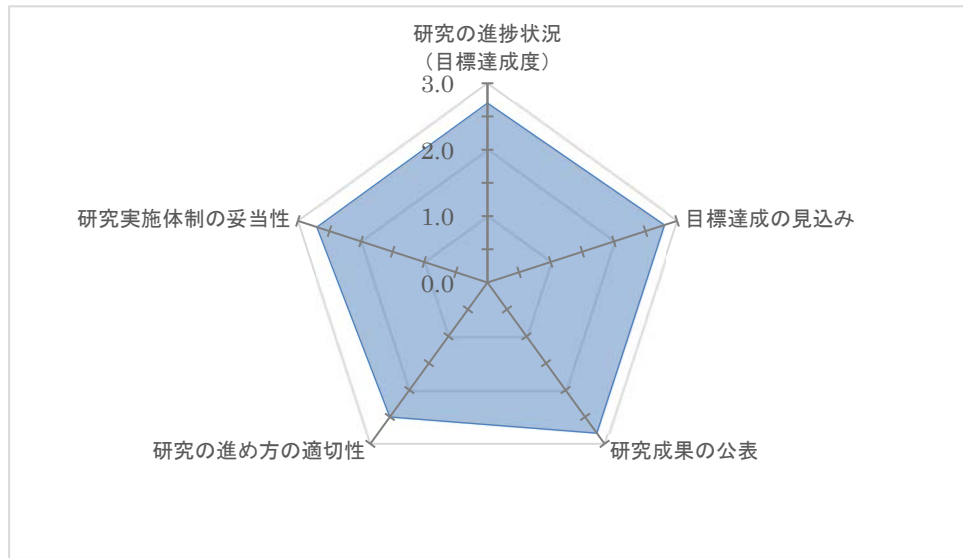
研究実施内容の質の向上と、得られる成果の活用範囲を広げるためにも、国内外研究者、特に滑走路の新しい運用概念の提案や機上装置開発で先行する海外機関との協力関係を構築して参りたいと思います。

総合評価（本研究を継続する意義があるか）

2.4



選定理由 各評価項目の合計点数 = 12.3  
 評価項目数 = 5  
 ( 12.3 ÷ 5 = 2.4 )



【所見】

- ・ 新しい発見や創造というような華々しい成果を狙う研究ではないが、GNSS の社会実装を進め社会の発展に寄与するという視点から重要で必要な研究であると大きく評価する。
- ・ 函館空港の例など、個別具体的なメリットを示すことは研究成果の受容性を高めるうえで重要な視点である。伝統的な“研究”のイメージとは違うということかも知れないが、研究開発と社会実装の間の“ミッシングリンク”を埋めるものと言えるのではないか。
- ・ 本研究は滑走路離脱支援機能要件の明確化、IGP・SRAP による精密進入の導入等、運航効率の向上及び滑走路処理容量の向上が期待できる。
- ・ 当研究所が中心になって進めるべき研究である。
- ・ Space Walker に代表される新興の無人航空機分野への成果の波及があるかもしれない。また、アビオニクスメーカーなどとの連携も探り、研究の実装を見据えた出口も考えるべきである。
- ・ 省エネに貢献するなど、次世代に向けて大いに意義があると思う。
- ・ 研究者の移動に伴い、当初の計画維持に苦心していると拝察する。本研究課題における対応を評価するものの、研究者の移動は今後も起こりうることであり、そのような事態に柔軟に対応するための中間評価でもあると思うので、より積極的に計画の変更を行う可能性があるのではないかと想像する。このような対応の指針を研究所として検討することを推奨する。

**【電子航法研究所の対応】**

GNSS 航法の利点を活かす新たな運航について段階を踏んで社会実装に繋げていく視点がある一方で、将来に向けた課題解決のために新しい評価視点を持ち、必要な手法開発や応用先を開拓するという 2 つの視点を大切にしたいと考えております。後半 2 年間では滑走路離脱支援や将来の自動着陸への応用等の視点からアビオニクス開発者との連携も図っていきたいと思います。また、IGP、SRAP を用いた新たな運航方式や滑走路離脱支援についてはより一層、所外研究者と連携して成果の有効性の向上を図りたいと思います。

**【その他、ご助言】**

- ・ 衛星測位技術を利用した技術開発と考える。国内の研究機関で、衛星測位関連の技術者、研究者がまとまっている場所が非常に少ない。電子航法研究所は貴重な研究所だと思う。今後の活躍を期待している。
- ・ 航空機サイドの視点、すなわち耐空性や運航の視点をインプットすることにより、研究の目標とするところや研究の意義にリアリティが深まると思う。例えば、進入角が 3.0 のパスと 3.5 パスとでは、パイロットのインプレッションが「全く異なる」と耳にする。また、降着装置を始めとした機体側の要件にも考慮が必要と聞く。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究は GNSS 航法の活用に係る課題に取り組む運航系の課題であり、DFMC GBAS/SBAS 開発に取り組むシステム開発系と両輪をなしています。補強方式（GBAS、SBAS 等）についても、それぞれ違いはありますが背景、原理、性能要件、課題は共通している部分も多いため、引き続き所内連携を図って遂行して参りたいと思います。また、ご助言いただきましたとおり新しい運航方式の社会実装を目指す研究開発では航空機の耐空性に関連する諸課題の検討やパイロットの受容性等が重要と思います。前半でも実施したパイロットとの意見交換・ヒアリングを継続するとともに、今後はアビオニクス開発者との連携等を図ってより有用な活用策が得られるように研究活動を進めたいと思います。

## 5.6 事前評価実施課題①

- 研究課題名：ミリ波レーダおよびカメラを用いた滑走路安全性向上技術に関する研究
- 実施期間：令和7年度～令和11年度 5カ年
- 研究実施主任者：ニッ森 俊一（監視通信領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

2024年1月に羽田空港で発生した航空機事故により、滑走路等における航空機監視や誤進入対策への要求が高まっている。滑走路等における安全性向上については、近年技術革新が進む新たなミリ波レーダおよびカメラ等の独立センサを活用することにより、従来よりも高精度な誤進入対策が実現できる可能性がある。また、当所でこれまで研究開発を実施している滑走路異物（FOD）監視システムは、ミリ波レーダおよびカメラを利用し、FODを自動的に探知し、空港運用者に情報を提供するシステムであり、空港運用に係る安全性向上のために導入が検討されている。現在、これらの研究成果により導入検討が進められているが、FOD監視システムの適用滑走路範囲拡大のため、狭隘な場所への設置するための研究開発や運用可能な悪天条件拡大も求められている。

これら滑走路監視システムに対する課題に対し、ミリ波レーダ等に関する先行研究の成果を統合的に活用し、航空機監視および誤進入対策の検知、FOD検知等の複数対象物について全天候下で高精度に検知・判別する技術に関する研究開発が期待されている。

#### ② 当所で研究を行う必要性

本研究にて開発するシステムは、滑走路の安全性と利用効率の向上に関わる重要な設備であるが、必ずしも市場原理が働かず、民間にすべて委ねた開発では航空当局のニーズに的確に対応できない可能性がある。また、その開発・評価に当たっては、公正かつ中立的な立場である公的研究機関での実施の要望が高い。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

本研究は、これまでに当所が世界的に先行して実施している技術分野についてさらに研究を進める内容となり、ミリ波レーダおよびカメラを用いた滑走路監視システムの実用範囲を広げるための課題を踏まえた、新たな技術を開発する必要があり、科学的・技術的異議は高い。

#### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

滑走路安全性の向上は空港運用に関する最も重要な課題であり、さらに滑走路利用効率の向上やそれに伴うCO2排出削減への見込み等、様々な課題を解決する観点から、実用性及び有益性が高い。

#### ⑤ 本研究の目的

ミリ波レーダセンサの適用範囲を拡大し、滑走路誤進入検知および航空機精密検知を実現するための研究開発を行う。また、ミリ波レーダセンサおよびカメラ情報による、複数目標物の種別・位置判定の悪天候・夜間対応および高精度化を行う。さらに、滑走路監視システムの適用拡大に向け、マルチスタティック化による設置・悪天候条件緩和を実現するための研究開発を行う。

### (2) 研究の達成目標

- ① ミリ波レーダセンサを用いた、滑走路誤進入検知および航空機精密検知等、先行研究であるFOD検知技術の適用範囲の拡大を実現する。

- ② ミリ波レーダセンサおよびカメラ画像を用いた、航空機や車両、FOD などの複数目標物の種別・位置等の悪天候・夜間時における高精度判定を実現する。
- ③ 滑走路監視システムの設置可能条件・運用条件拡大に向けた技術提案を行う。
- ④ 上記①～③の成果を活用し、これまでの技術基準を超えた監視システム性能要件を提案する。

(3) 成果の活用方策

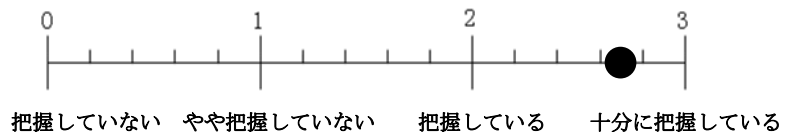
- ① 将来的な滑走路監視システムとして、滑走路誤進入検知、航空機精密検知およびFOD検知等を両立する技術開発を行い、滑走路監視システムの導入促進を図ることにより、滑走路安全性向上に資する。また、事故発生時の分析資料を提供する。
- ② 滑走路監視システムの設置可能条件が厳しい狭隘な環境、および悪天候条件においても、滑走路監視を実現するための研究開発を行うことにより、幅広い空港における滑走路監視システムを実現する。
- ③ 得られた研究成果により、滑走路監視システム導入時の評価方式の決定および評価支援を行う。

(4) 評価結果

① 研究の必要性

1. ニーズ及び内外の研究動向

評価 2.7



【所見】

- ・ 飛行所管制業務におけるミリ波レーダ及びカメラ等の独立センサー（デジタル技術）の活用は滑走路誤進入防止の対策として注目されている。
- ・ 高度な監視システムのニーズは十分にあると考える。
- ・ 先行研究でデブリに関する成果があり、問題はない。

【電子航法研究所の対応】

滑走路における誤進入防止対策や滑走路異物監視等の研究ニーズや研究動向について、研究実施期間中も最新の情報の入手に努め、研究を進めてまいります。

2. 本研究所で行う必要性

評価 3.0



【所見】

- ・ 先行研究（FOD 監視システムの研究）の実績を活用した研究が期待される。

- ・ 実験環境などが必要であり、本研究所で実施する必要性は大いにある。
- ・ 国内唯一の研究所である。

**【電子航法研究所の対応】**

先行研究で実施している空港滑走路での実環境評価枠組みや、民間企業や他の国立研究開発法人、大学等の研究者との研究協力体制等を活用し、当所の特色を活用した研究を進めてまいります。

3. 科学的・技術的意義

評価 2.7



**【所見】**

- ・ ミリ波の適用分野の拡大、新機能追加の研究は科学的、技術的意義がある。
- ・ 航空分野外にある既存技術の適用であると思われ、独創性等は少ないと考える。
- ・ 人の目では見えない物の監視ができる可能性があり、大いにある。
- ・ 長年検討されてきているが、システム化が未解決な課題が残されている。

**【電子航法研究所の対応】**

ミリ波レーダを用いた低 RCS 対象物の低頻度検出、高 RCS 対象物の高頻度検出の両立については既存技術には無い、新たな技術開発が必要と考えています。また、本研究で実施予定の滑走路での実環境試験においても新たな課題が明らかになる可能性があり、研究成果を反映したシステムの実用性を高めるために研究を進めてまいります。

4. 社会的・行政的意義

評価 3.0



**【所見】**

- ・ 研究は飛行所管制業務の安全性向上に資する等、社会的意義がある。
- ・ 安全に寄与することであり大いにある。
- ・ 滑走路の安全性向上は、喫緊の課題である。

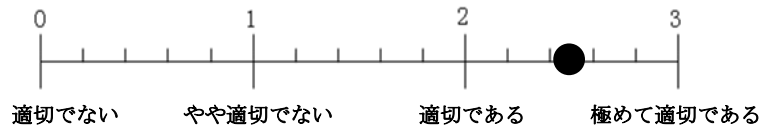
**【電子航法研究所の対応】**

滑走路安全性向上に資する研究開発成果を達成し、社会的・行政的な貢献ができるように各研究項目について着実に研究を進めてまいります。

② 研究の有効性

1. 達成目標の適切性

評価 2.5



**【所見】**

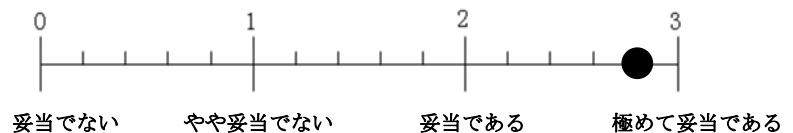
- ・ 運航の安全性という社会ニーズに合致しており、達成目標は適切である。
- ・ 数値目標があるとよい。
- ・ ASDE が利用されなかった要因（対象の向き、傾き、移動速度による変動）は、ミリ波を活用しても本質的に解消されない。ASDE-E にも空港電波事情に起因する問題がある。ミリ波で何を達成するのかを再考願いたい。

**【電子航法研究所の対応】**

数値目標については、性能要件を検討していく中で明確化される点もあるため、研究を進める中で必要性能を含めて示すことができると考えています。また、一次レーダを用いた空港面監視については、セキュリティ確保の観点化から、現在、その活用が世界的に見直されている状況となっており、ASDE の重要性が増している状況となっています。

2. 達成目標のレベル

評価 2.8



**【所見】**

- ・ 先行研究の FOD で培った技術の性能向上のみならず、その応用に新たな解析も追加しており達成目標レベルは妥当である。
- ・ 妥当と考える。
- ・ 先行研究を勘案すれば、記述されている目標は達成されよう。

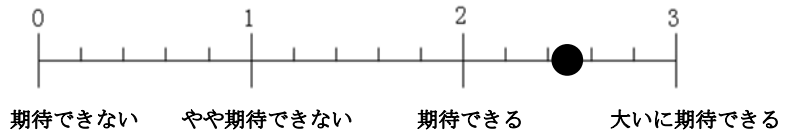


**【電子航法研究所の対応】**

これまでにないレーダ技術を開発し、国際技術基準を超えた目標を設定するなど、目標達成のレベルは高いと考えておりますが、各研究項目について着実に研究を進めてまいります。

3. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.5



**【所見】**

- ・ 滑走路監視システムの機能向上は喫緊の研究課題であり、研究ニーズに照らし成果の活用が期待できる。
- ・ 喫緊の課題と言え研究成果の活用と波及効果は十分期待できる。
- ・ この技術が完成すると、様々なことに応用できると考える。
- ・ FOD 検出の発展として活用は期待できる。

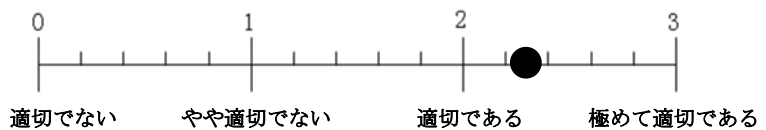
**【電子航法研究所の対応】**

研究成果を直ちに社会で活用できるように、航空局や各種連携先と協力しつつ研究を進めてまいります。

③ 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.3



**【所見】**

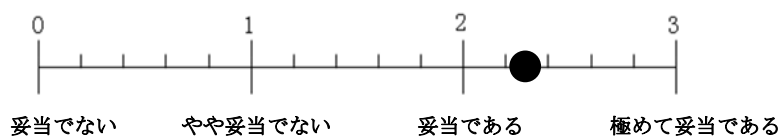
- ・ 先行研究の成果を活用した研究計画となっている。
- ・ 研究期間 5 年は長すぎるのではないかと。
- ・ 前からの技術を引き継ぎ適切であると考えられる。
- ・ 5 ヶ年をかける原案より、前半 3 ヶ年で喫緊の課題への対処方策を確定し、後半にて高性能化を論じる等、再考を要すると思われる。

**【電子航法研究所の対応】**

5 年間の研究計画を策定することで一貫した研究計画の策定が可能となり、着実に目標達成のために各研究項目を進めることが可能となると考えています。また、空港滑走路環境での試験を行うことを計画しているため、そのための準備期間等を踏まえ、5 年間は妥当な研究期間だと考えています。

## 2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.3



### 【所見】

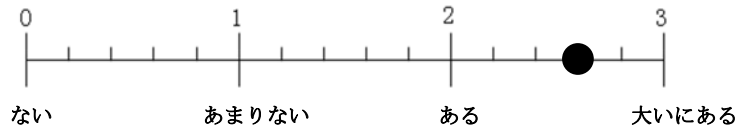
- ・ ゴール（達成したいこと、最終目標）について航空局とすり合わせた方が良いと思う。特に、管制課（タワー業務）のインボルブメントが強く求められると思う。
- ・ 先行研究に引き続き、大学及び研究機関と共同研究が計画されている。
- ・ メーカーとの連携、共同開発を推し進めること。
- ・ 国内外の機関・企業と連携しており妥当であると考ええる。
- ・ 先行研究の実施体制を想定していると思えるが、喫緊の課題に対処するためには、より広い領域からの参加と経験の総合化が必要と思える。

### 【電子航法研究所の対応】

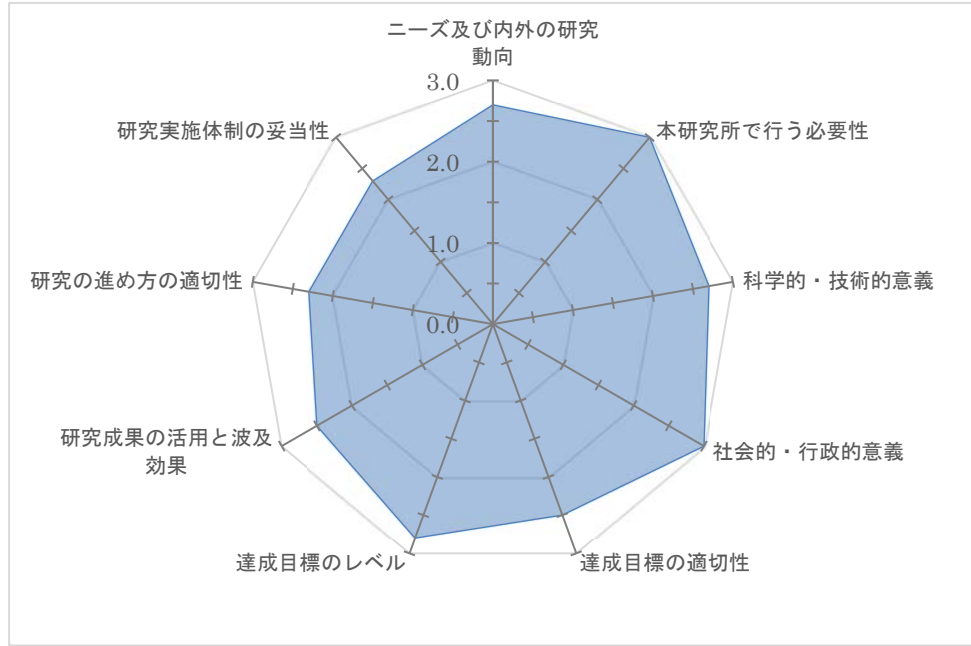
先行研究の滑走路異物監視システムの研究開発においては、運用課、管制技術課、管制課からの参加者も集まる検討会が開催されており、今後も継続して実用化検討が行われる予定です。これらの会議等を含めた関係者との協力関係をより深め、研究実施体制を強化していく所存です。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

2.6



選定理由 各評価項目の合計点数 = 23.8  
 評価項目数 = 9  
 ( 23.8 ÷ 9 = 2.6 )



【所見】

- ・ FODDS について諸外国の空港の例を見ると、わが国での導入が遅れている感がある。FODDS の導入をユーザーサイド（航空局や空港管理者）へ説得できるシナリオと技術要件の提示を研究サイドから示す時期に来ていると思う。研究活動とは離れるかも知れないが、研究成果の社会実装を促進する点からは大事な視点と思う。
- ・ 本研究は運航の安全確保、及び管制業務の効率的、かつ安全性の向上に大いに寄与すると期待できる。
- ・ すでに長年に渡って研究所で行われてきた研究開発である。メーカー等への技術移転を早急に進めるべきと思われる。
- ・ 安全に直結する課題であり意義は大いにある。
- ・ 社会、行政からの要請に応える意味で本研究を実施する意義は極めて高いが、現行の研究計画で早期に解を示すことは容易ではないと考えます。

【電子航法研究所の対応】

先行研究については速やかな実用化を目指すため、社会実装の促進に繋がる研究成果の導出をこれまでに以上に注力していくことを考えています。

一方では、メーカ主導では実施が困難な検討項目もあり、当所が航空局のニーズを踏まえた上で着実に成果を出すために研究をすすめてまいります。

**【その他、ご助言】**

- ・ 2024年1月の羽田の事故やシャルル・ド・ゴール空港でのコンコルド事故の防止を研究の理由とするのであれば、管制塔に警報を表示する必要がある。その場合、不用警報の排除に重きを置くべきと思う。安全対策（前記）が主か、場面管理業務の効率化が主かで、研究の方向性は変わりうるので航空局側とのすり合わせを丁寧に行った方が良いと思う。
- ・ 本研究は2024年1月に羽田空港で発生した航空機事故がトリガーになっていると理解しているが、本研究所の先行研究である滑走路異物(FOD)監視システムの研究成果が大いに活用されることから、本研究の成果が航空機の滑走路誤進入防止、及び航空機走行区域の航空機位置の監視等、管制業務の効率化と安全性の向上に早急に資することを大いに期待したい。

**【電子航法研究所の対応】**

ご助言有難うございます。今後も航空局からのニーズを踏まえ、連携を密に取りながら研究を進めてまいります。

## 5.7 事前評価実施課題②

- 研究課題名：円滑な交通流管理のための柔軟な空域運用に関する研究
- 実施期間：令和7年度～令和9年度 3カ年
- 研究実施主任者：平林 博子（航空交通管理領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

空域を利用する関係者間での協調的意思決定（CDM：Collaborative Decision Making）に基づく軌道調整及び高精度の軌道予測により空域容量の最適化が図られる。この事から、国際民間航空機関（ICAO：International Civil Aviation Organization）の世界航空交通計画（GANP：Global Air Navigation Plan）では、軌道ベース運用のための航空交通流管理の特徴のひとつとして、航空機軌道情報から予測する空域容量に対する空域需要及び交通状況に応じた柔軟な空域運用を挙げている。国際動向を踏まえ福岡飛行情報区（FIR：Flight Information Region）では、交通状況に応じた柔軟な空域運用を目指して航空路空域の上下を分離する運用が開始された。しかし、固定高度を境界とする現在の上下分離運用では、航空機の垂直方向の軌道の変化、巡航高度の季節性変化等へ柔軟に対応できない。この結果、容量管理における正確な予測値算出を困難にし、上下セクター間での管制運用の煩雑さが発生している。このため、予測交通情報を基にしたより正確な容量管理、及び管制運用の煩雑さの低減かつ飛行軌道の効率性向上に資する空域運用の検討が求められている。また、より正確な容量管理を行うことで円滑な交通流を形成する柔軟な空域割り当てが可能となることから、高高度空域における福岡 FIR 通過機を含む巡航機のさらなる運航効率追求を目的とした、FIR 等の空域境界線上での軌道予測精度向上や時間管理も含めた交通流管理の検討が必要とされている。

#### ② 当所で研究を行う必要性

空域運用は管制運用と密接にかかわっており、航空交通流の地域特性、地域に特化した運用、ルール、経路・空域構成等の傾向を考慮する必要がある。当所は日本の航空交通流を対象とした研究を実施してきており、日本の航空交通流特性と管制運用を熟知していることから、当所で研究を行う必要がある。また、運用中の航空情報データを使用した検討を進めることが有効であることから、データ分析技術を持つ当所で研究を行う必要性が高い。加えて、FIR 等の空域境界線上での軌道予測精度向上や時間管理も含めた交通流管理の検討に関しては、我が国近隣の大学や研究機関と国際的な共同研究を実施してきた当所の知見やネットワークが有効に機能する。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

柔軟な空域運用には、その地域特有の航空交通流の傾向を加味する必要があり、その研究開発には独創性を有する。また本研究では、空域の複雑性の定量化や空域容量の検討において具体的で現実的な複雑性指標や空域容量算出の検討をし、実運用に適用できる可能性を有することから、先導性を有する。

#### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

長距離便を含む交通流全体を対象とした効率性向上は、地球環境対策に大いに寄与し、社会的意義は大きい。また、CDM の航空交通流管理への反映、空域運用の柔軟性を高めること等は行政の進める方向性であることから、本研究から得られる結果は、行政の施策の意思決定に有用である。

#### ⑤ 本研究の目的

空域全体での航空交通運航の効率性向上を目指した円滑な交通流を可能とする柔軟な空域セクター運用の実現のため、及び CDM 促進をサポートすべく空域関係者の判断支援のため、空域容量値の予測技術や効率性に関する研究開発を実施する。

(2) 研究の達成目標

- ① 柔軟な空域運用のために必要とされる正確な空域容量の把握のため、航空情報データに基づく空域容量値の予測技術を開発する。
- ② CDM 促進をサポートするため、空域関係者の判断支援に有効である航空情報データに基づく可視化に関する空域関係者支援ツールを開発する。

(3) 成果の活用方策

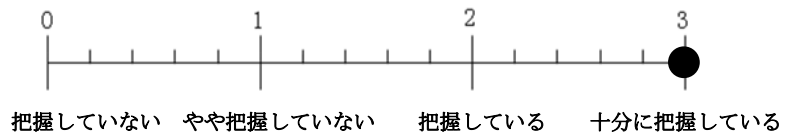
- ① 予測空域需要及び交通状況に応じた空域運用に関する行政の施策の意思決定へ寄与する。
- ② 管制運用や監視・通信能力の異なる空域境界線上における時間管理の運用手法を例示し、交通流がもたらす各関係者の便益の可視化技術を提示することで、空域全体の効率性向上へ寄与する。

(4) 評価結果

① 研究の必要性

1. ニーズ及び内外の研究動向

評価 3.0



【所見】

- ・ 航空交通に応じた柔軟な空域運用は国際動向であり、固定高度を境界とする現在の上下分離運用の課題を踏まえた柔軟な空域運用の提案は空域の有効利用向上に資するものである。
- ・ 高精度な軌道の予測は必要と考える。
- ・ 空域の動的再編への期待は大きく、海外でも段階的な導入が進められている。先行研究の成果を基に、管制当局の理解を得るための研究は重要である。

【電子航法研究所の対応】

上下分離運用の課題解決及び軌道予測精度向上に向け、先行研究での成果を活用しつつ研究を進めてまいります。

2. 本研究所で行う必要性

評価 3.0



**【所見】**

- ・ 学術的知識のみならず管制運用の知見を有する本研究所で実施する必要性は大いにある。
- ・ 本研究テーマの内容は、国内では当研究所で行うのが適切と考える。そのため必要性は大いにあると考える。
- ・ 先行研究を発展するものであり、国内外の関連研究者との連携を有する本研究所が実施する必要がある。

**【電子航法研究所の対応】**

国内外関係機関との連携を強化しつつ、実運用に役立てられる成果を創出できるよう努めます。

3. 科学的・技術的意義

評価 2.8



**【所見】**

- ・ 空域容量の数値化・予測において、科学的手法を取り入れる研究は重要である。
- ・ 技術的意義は大きい。科学的にどのような新しい手法を組み込むかを検討する必要があると感じた。
- ・ 区域境界の交通流の予測精度の向上に関しては、先行研究でも一貫して取り上げており、学術的評価を得ている。境界を動的に変更するにあたり、空域関係者の理解を支援することを目標としているのは新しい。

**【電子航法研究所の対応】**

空域容量に影響を与える指標値等に、科学的・技術的意義を組み込めるよう検討を進めてまいります。新しい手法等について、積極的に公表していくことに努めます。

4. 社会的・行政的意義

評価 3.0



**【所見】**

- ・ 空域関係者の協調的意思決定を反映した交通流形成、空域運用の柔軟性を高めることは行政の施策の意思決定に資するものである。
- ・ 省エネおよび安全性の担保につながるため、社会的意義はありと考える。

る。

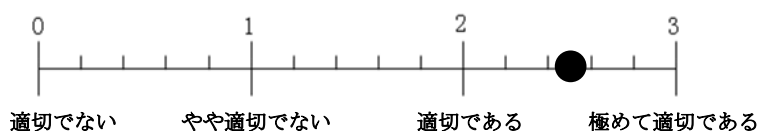
- ・ 便益の向上と管制の信頼性の維持は共に求められている所であり、行政的意義が高い。

**【電子航法研究所の対応】**  
 本研究の成果を、行政の進める施策の意思決定の一助となるように取りまとめることを目指します。

② 研究の有効性

1. 達成目標の適切性

評価 2.5



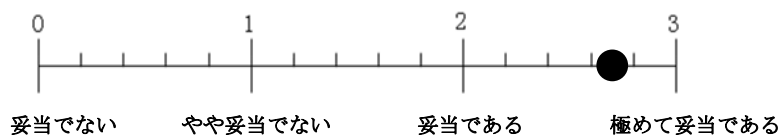
**【所見】**

- ・ 空域容量値の予測精度向上が大いに見込まれ、達成目標は適切である。
- ・ 数値目標を設けるなどの明確化が望ましい。
- ・ 適切であると考えているが、ある程度の数値目標があると良い。
- ・ 達成成果を期待したい。

**【電子航法研究所の対応】**  
 提案する手法等により得られる成果について、指標値を比較する等して成果の数値化が可能となるよう検討を進めます。

2. 達成目標のレベル

評価 2.7



**【所見】**

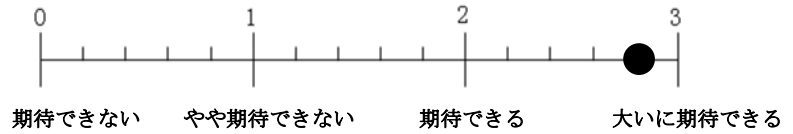
- ・ 福岡 FIR の空域特性を十分に考慮した研究目標であり、妥当である。
- ・ 適切であると考えている。
- ・ 海外でも同等の検討が進められており、遜色ない目標といえる。

**【電子航法研究所の対応】**  
 国内外の実運用や研究分野での進捗を参考にしつつ、全体効率が向上するような研究成果を創出できるよう努めます。

3. 研究成果の活用と波及効果



評価 2.8



【所見】

- ・ 支援ツール開発を目標としており大いに期待できる。
- ・ 多次元的なデータをどのように組み合わせるか次第では波及効果が期待できる。
- ・ 空域関係者の活用を目標としている。

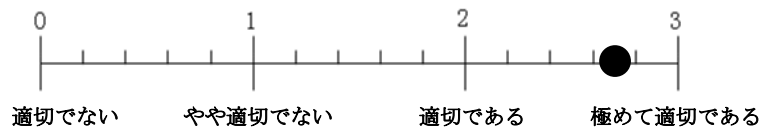
【電子航法研究所の対応】

空域を利用する関係者の判断を支援することを目的に、データの可視化を反映するツール開発を計画しています。実運用に役立てられるようなツール開発に努めます。

③ 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.7



【所見】

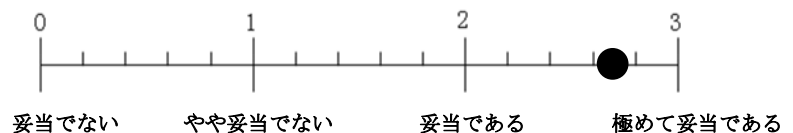
- ・ 研究リソース（予算／人員／時間）が不足気味の印象を持った。
- ・ 航空局が計画している交通状況に応じた柔軟な空域運用の関する施策に沿った研究であり、研究の進め方は適切である。
- ・ 3年の期間の後、実用化に向かえるようにすること。
- ・ 先行研究からの引継ぎもあり適切と考える。
- ・ 先行研究の発展に配慮した計画となっている。

【電子航法研究所の対応】

少ないリソースについての増強を考慮するとともに、各研究者の能力等を最大限に活かしつつ、研究を進めてまいります。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



**【所見】**

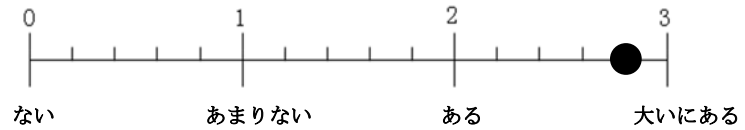
- ・ 国内外の研究機関、運航者、航空管制関係者との連携を含む研究体制となっており妥当である。
- ・ 国内の大学との連携も望む。
- ・ 海外の機関と多く連携しており妥当と考える。
- ・ 実績を有する研究者であり、所外との連携についても経緯があり問題とすることはないが、できれば若手研究者の追加が望まれる。

**【電子航法研究所の対応】**

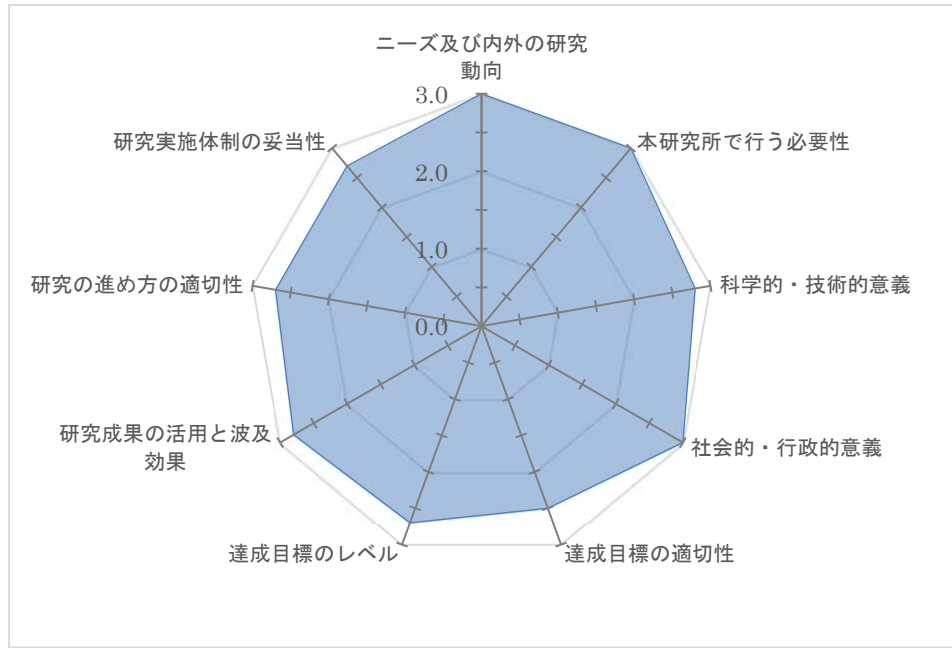
国外の研究者との協力体制を継続及び拡大しつつ、国内においても航空交通管理の研究の裾野を広げるべく活動できればと思っております。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

2.8



選定理由 各評価項目の合計点数 = 25.2  
 評価項目数 = 9  
 ( 25.2 ÷ 9 = 2.8 )



【所見】

- ・ 後で見るとプレゼン資料にも書かれていたが、研究計画がとにかくウォーターフォール的な体裁をとるのが常であるのでその目で見てリソース不足との印象を抱いたが、話を伺うといわばアジャイル式で当該研究を進めるということであった。評価者は寡聞にしてそのような進め方の研究を存じ上げないが、途中であってもきめ細やかに小さな成果を関係者にフィードバックし研究の方向性を順次修正するという考え方は一定の筋が通っていると感じた。研究目標とともに研究手法の面でも成果を期待したい。
- ・ 柔軟な空域運用はその空域特有の航空交通の傾向を加味する必要があり、独創性を有する。FIR 等の空域境界線軌道精度向上や時間管理も含めた交通量管理の研究においては研究所の知見が必要であることから意義は大いにある。
- ・ 当研究所が中心になって進めるべき研究である。
- ・ 3年の研究期間は5年間の実施される研究よりも短く、より具体的な目標が設定されるべきであり、明確化を希望する。また研究期間後の次のステップを合わせて検討する。
- ・ 省エネ性、運航の安全化が見込めるので、意義は大きいと考える。また、波及効果も見込める。
- ・ 3ヶ年計画であり、早急に効果便益を提示する意識が表れており、是非実施してほしい。

**【電子航法研究所の対応】**

管制運用方式等はシステム（ツール）に依存しなくとも迅速に変化が可能な部分もあることから、変化に柔軟に対応できるような研究の進め方が求められると考えます。また期間を短くすることで研究の方向性を修正しやすくすることができると考えています。上記の点を意識しつつ、研究を進めてまいります。

**【その他、ご助言】**

- ・ 上下分離高度のダイナミックな運用については、現在終盤にある航空局の空域再編事業の次に取り得る方策として研究の深化を期待したい。上下分離の空域構造を管制する主体（機関）は物理的に離れているが、IT技術を活用することにより、空間的／物理的離隔は超えられると思う。
- ・ 本研究は中長期計画研究テーマである。柔軟な空域運用、経路設定、環境負荷の低減に結び付く研究であると高く評価できる。航空管制の安全で効率的な運用のための支援ツールの開発を期待したい。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究では、国際的な科学的意義を見出せるよう努めるとともに、航空局が進める国の施策に役立てられる成果の創出につながるよう検討を進めてまいります。

## 5.8 事前評価実施課題③

- 研究課題名：運航フェーズに応じた管制システムにおける時間管理に関する研究
- 実施期間：令和7年度～令和10年度 4カ年
- 研究実施主任者：岡 恵（航空交通管理領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

航空交通量の増加に伴い、空港周辺での到着機の滞留時間が増加し、運航効率の低下や環境負荷の増大を招いていることが問題となっている。このような滞留を緩和するために、混雑空港へ到着する便に対して航空交通流管理（出発時刻やCFDT（Calculated Fix Departure Time）の割当）が現在実施され、今後メタリングの導入が検討されている。将来的には、これらの機能をさらに発展させ、出発から到着まで全体で時間管理を行うことで、効率の良い交通流を形成することが目標とされている。これらの時間管理機能は、正確な飛行軌道予測がベースとなって初めて効果が得られる。しかし、現在の管制システムにおける軌道予測性能は将来的な機能を実現するレベルの精度を有しておらず、システム間で予測方法が異なるなど、全体の軌道を一体として管理するものになっていない。また、近年海外では高い精度の軌道予測が求められる到着滑走路でのTBS（Time Based Separation）運用を導入した空港があり、我が国においてもDAPs（Downlink Aircraft Parameters）で得られた飛行速度を活用したTBSの実現が検討されている。

高精度な軌道予測に関する研究は内外で行われているものの、実際の運用では航空機の運航フェーズ（離陸前、上昇、巡航、降下など）により予測に使用できる情報やその不確実性が変化する中で、各フェーズにおいて可能な範囲で精度良く予測を行うことを目的とした、実用にフォーカスした研究はあまり行われていない。

さらに、時間管理機能を導入する際、課題把握や導入効果の検証に、運航効率を測る指標が必要であるが、我が国の航空交通状況に適した指標値の算出方法が確立されていない。

#### ② 当所で研究を行う必要性

研究の実施には、出発から到着までの各運航フェーズに応じた航空機の軌道を様々なパラメータを用いてモデル化する技術、およびDAPs利用に関する研究の経験と共に、航空機の運航や管制システムについての知見も必要であることから当所で研究を行う必要がある。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

管制システムに着目し、各運航フェーズにおける利用可能な情報や不確実性を考慮した軌道予測に関する研究は先導性がある。特にDAPsで得られた航空機の速度を、上昇・降下により時々刻々状態が変化するターミナル空域内で軌道予測に適用する研究は、まだ行われていない。

#### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

高精度な軌道予測は、効率の良い時間管理を実現するための基盤となる必須の技術であることから、その技術開発は社会的ニーズが強く、実用性、有益性が高い。

#### ⑤ 本研究の目的

時間管理のための航空機の運航フェーズを考慮した軌道予測方法の開発、および予測した軌道の精度に応じて効率良く時間管理を行うための方法を提案する。

### (2) 研究の達成目標

- ① 運航フェーズを考慮した航空機の軌道予測標準アルゴリズムの開発
- ② 予測した軌道の精度に応じた時間管理パラメータや管制支援方法の提案
- ③ 我が国の交通状況に適した運航効率を測る指標の開発

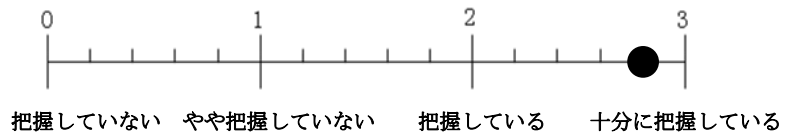
(3) 成果の活用方策

- ① 管制システムの軌道予測や時間管理機能の改善への活用
- ② 混雑空港への TBS 導入の事前検討への活用
- ③ 我が国の航空交通状況のパフォーマンス評価や国際的なベンチマーキングへの活用

(4) 評価結果

- ① 研究の必要性
  - 1. ニーズ及び内外の研究動向

評価 2.8



【所見】

- ・ TBS 運用の実現に必要な技術開発であり、航空交通流全体を通して各運航フェーズの時間管理に着目した精度予測の研究であり、内外の研究動向を把握している。
- ・ 運航フェーズに注目することは、ニーズがあると考えられる。
- ・ 運航機の時間予測精度を向上させることは重要な課題であり、所内の知見を総合して高精度予測に挑もうとしている。

【電子航法研究所の対応】

航空局と連携を取り具体的なニーズを把握すると共に、軌道予測に関する研究動向も注視しながら進めます。

- 2. 本研究所で行う必要性

評価 3.0



【所見】

- ・ 先行研究を踏まえ DAPs を利用することを考えると、学術的知識に加えて実運航における管制システムの知見を有する本研究所が行う必要性は大いにある。
- ・ 本研究テーマの内容は、国内では本研究所で行うのが適切と考える。そのため必要性は大いにあると考える。
- ・ 本研究所以外に、我が国で当課題を扱えるところはない。

**【電子航法研究所の対応】**

軌道予測や DAPs に関する研究の経験があり、航空機の運航や管制システムについての知識を有する弊所の強みを生かし研究に取り組んでまいります。

3. 科学的・技術的意義

評価 2.8



**【所見】**

- ・ DAPs を戦略的管制に活用することを目指すという面では十分に研究実施の意義はあると思う。
- ・ 各運航フェーズにおける利用可能な情報や不確定を考慮した軌道予測に関する研究は先導性がある。定時性が求められる我が国において更なる高度化を目指す研究は意義がある。
- ・ 技術的意義はあると考える。科学的意義についてもう少し説明が必要と感じた。
- ・ 現在の CNS 技術による時間予測の限界を知ることは意義あることと思われる。

**【電子航法研究所の対応】**

多くのステークホルダーが介在し様々な要因の影響を受ける軌道を、高精度に予測する新たな技術や手法の開発は科学的な意義があると考えております。多くの実績データに基づき、データサイエンスの手法も活用して定量的な研究を進めてまいります。

4. 社会的・行政的意義

評価 3.0



**【所見】**

- ・ TBS の実現化に必要な技術開発であり、航空管制効率化のために有益な研究である。
- ・ 省エネ性につながるので意義があると考える。
- ・ 現在の達成目標が判明すれば、新たな行政目標に裏付けを与えることになる。

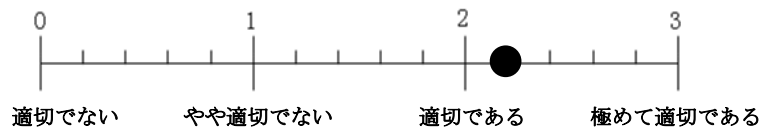
**【電子航法研究所の対応】**

予測精度が向上することで新たな運用の可能性が広がり、運航効率の向上や環境負荷軽減の実現に寄与すると考えますので、しっかりと実装を意識した研究とするよう努めます。

② 研究の有効性

1. 達成目標の適切性

評価 2.2



**【所見】**

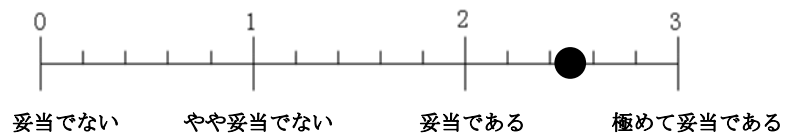
- ・ 研究成果が実際の運用に取り込みやすい目標になっており適切である。
- ・ 数値目標が資料から読み取れなかった。
- ・ 少しでも数値的な目標があると良い。
- ・ 検討することに意義があり、具体的数値目標を設定する研究ではない。その意味で、目標は何かを絶えず問われることになる。

**【電子航法研究所の対応】**

実際の運用では、様々な地域特性や制約などがあるため、一律の数値目標を設定することは難しいと考えますが、部分的な目標や条件付きでの目標を設定できる箇所が無いか検討を行いながら進めます。

2. 達成目標のレベル

評価 2.5



**【所見】**

- ・ 研究担当者は時間管理や軌道予測に関する知見を有しており、達成目標は妥当である。
- ・ 妥当であると考えられる。
- ・ 現状の技術で実現できる最高精度を知ることが目標としていると理解する。

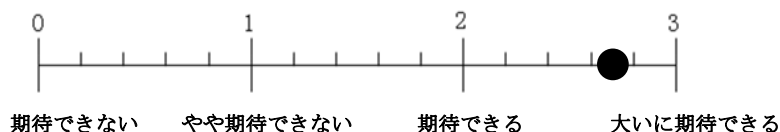
**【電子航法研究所の対応】**

本研究では、実際の管制運用や各運航フェーズで得られる情報にフォーカスし、実現性の高い軌道予測方法の開発を目指します。これまでに実施してきた軌道予測や DAPs に関する研究の知見を生かし研究に取り組みます。



### 3. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.7



#### 【所見】

- ・ 管制システムの更なる高度化が期待できる。
- ・ 管制システム改善により、波及効果が期待できる。
- ・ 最高精度の時間管理を実現するには多くの関係者の協調が必要と思われる、総合的向上につながるのではないかと。

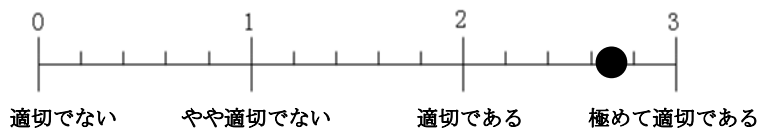
#### 【電子航法研究所の対応】

管制システムの更なる高度化につながるよう、システムや運用へ取り込みやすい形での研究成果を目指し、所内外の関係者と連携して進めるよう努めます。

### ③ 研究の効率性

#### 1. 研究の進め方の適切性

評価 2.7



#### 【所見】

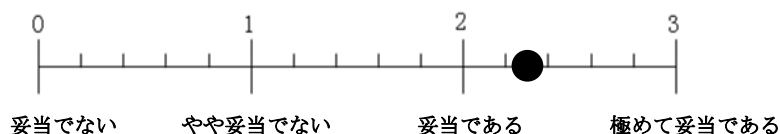
- ・ 現場管制機関と認識を共有する等、研究の進め方は適切である。
- ・ 4年間の計画が練られており、適切であると考えられる。
- ・ 関係者の知識を活用するよう、所内の意見を集めることを勧める。

#### 【電子航法研究所の対応】

実用的な研究成果とするためには幅広い知識が必要となりますので、DAPs活用の所内研究などと連携し、外部機関とも協調して進めてまいります。

#### 2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.3



#### 【所見】

- ・ リソース面で少々懸念がないとは言えないが、研究所における今までの

研究の蓄積や知見が活用できるところも多いと思われる。

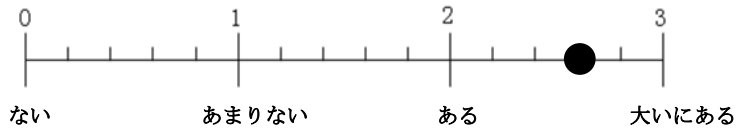
- ・ メーカー及び時間管理に関係する他の領域の研究員を含めた研究実施体制は妥当ある。
- ・ 大学等との連携を模索すると良い。
- ・ 他機関との連携状況が不明であるが、妥当であると考える。
- ・ 総合的研究を計画するのだから、より領域横断的な体制を勧める。

**【電子航法研究所の対応】**

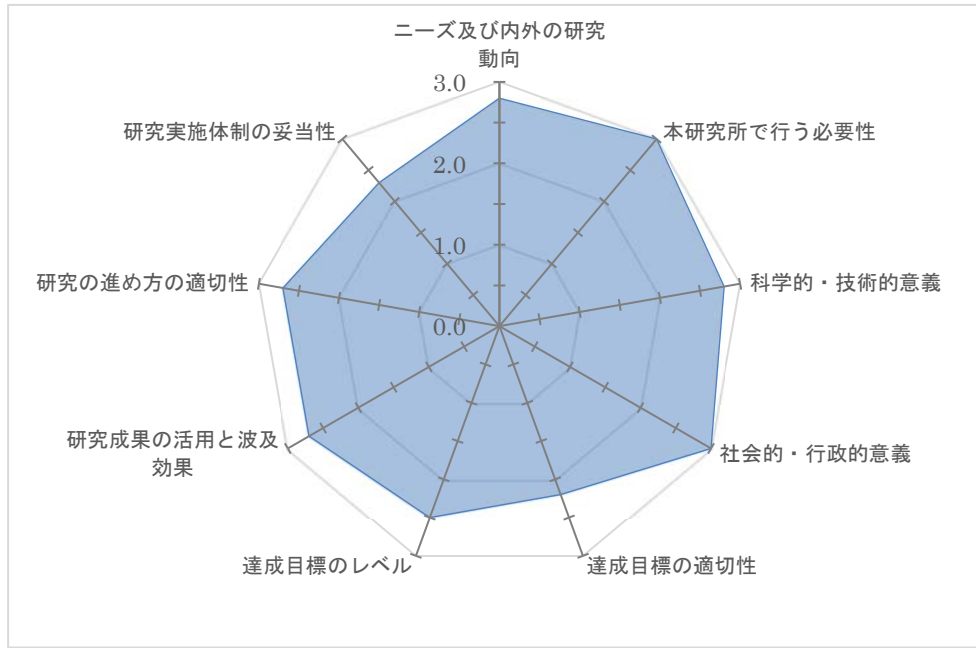
限られたリソースを有効に活用できるように効率的な研究の実施に努めます。また、現段階では大学との連携は計画していませんでしたが、今後大学を含め幅広い連携を模索して進めてまいります。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

2.6



選定理由 各評価項目の合計点数 = 24.0  
 評価項目数 = 9  
 ( 24.0 ÷ 9 = 2.6 )



【所見】

- ・ DAPs についてはその機能の喧伝が先行し、具体的にどのように役立つかは余り深掘りされてこなかったように思える。DAPs を戦術的管制から戦略的管制の場面にも生かしていく狙いは評価できる。
- ・ 我が国においても DAPs で得られた飛行速度を活用した TBS の実現が検討されている。実運用にフォーカスした運航フェーズにおける利用可能な情報及び不確実性を考慮した軌道予測の研究は意義がある。
- ・ 当研究所が中心となって進めるべき研究である。
- ・ 令和 6 年度に終了する「AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究」の成果、資源を活かすことを希望する。この研究成果をそのままにして、技術成熟度レベルを変えて再度研究を行うように見える。
- ・ 運航の高度化が見込めるので、意義は大きいと考える。また。波及効果も見込める。
- ・ どのような研究結果となるか興味がある。

【電子航法研究所の対応】

将来の航空交通管理の基盤的技術となる高精度な軌道予測について、実運用にフォーカスすると共に、DAPs 等の技術も活用した新たな予測手法の技術開発に取り組みます。これまでの研究資源を有効に活用すると共に、さらに進んだ技術の研究開発となるよう取り組んでまいります。

**【その他、ご助言】**

- ・ 所において過去の研究蓄積と知見が活用できると思われ、また、DAPs については領域をまたいでの協力を進めることが望ましいと思われる。そのような協力を進めることにより、限られたリソースの中ではあるが、想定している成果／アウトプットへ近づいていただければと思います。
- ・ 本研究を進めるうえで多領域の研究者及びメーカーを含めた研究体制は適切であるが、航空局（管制機関）とも認識を合わせながら研究を進めてほしい。

**【電子航法研究所の対応】**

DAPs や TBS などの技術については、監視通信領域や航法システム領域との協力が不可欠だと考えております。また、実運用に反映できるような成果とするためには航空局の管制部門、システム部門、企画部門など複数の部署との連携が必要であり、実際に製作するメーカーとの協力も必要と考えます。多くの関係者との連携を取ることで、より実用的な成果となるよう努めます。

## 5.9 事前評価実施課題④

- 研究課題名：次世代 GNSS を用いた安全性の高い航法システムの活用に関する研究
- 実施期間：令和 7 年度～令和 10 年度 4 カ年
- 研究実施主任者：齋藤 享（航法システム領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

ICAO において、磁気低緯度地域を含む全世界で高カテゴリ精密進入を実現する DFMC GBAS の標準化が 2028～2030 年を目標に進行中であり、欧州 EDGAR 計画を始めとして標準化のための技術開発と検証が行われている。CARATS では衛星航法による精密進入の実現が検討されているが、日本を含む磁気低緯度地域では電離圏の影響が大きく、DFMC GNSS の活用が必要である。また、GBAS, SBAS の拡張性は用意されているが、具体的な要件は定まっておらず、測位手法、データリンクを含む技術コンセプト及び運用コンセプトと合わせた技術開発が必要である。

#### ② 当所で研究を行う必要性

当所では、DFMC GBAS 及び SBAS の標準化に中心的な役割を担ってきており、DFMC GBAS の標準化、GBAS 及び SBAS の拡張機能の開発を行うことができる国内唯一の研究機関である。また、国際的にも当所の貢献が期待されており、当所が重点的に取り組むべき課題である。

当所では重点研究「GBAS を活用した着陸運用の高度化に関する技術開発」を実施しており、DFMC GBAS の拡張機能の活用先として連携することができる。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

DFMC GBAS はまさに標準化とともに必要な技術開発が行われている最先端の分野である。当所はこれに DFMC GBAS テストベッドと磁気低緯度電離圏の知見という利点を持って取り組むことができ独創性も高い。GBAS 及び SBAS の拡張機能の活用は有益と見込まれるものの、具体的な研究開発は未だ行われていない。GBAS 及び SBAS の安全性という特長を生かした活用方法に現段階で取り組んでおくことは極めて先進的であるとともに独創的である。

#### ④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

DFMC GBAS は衛星航法を用いて全ての飛行フェーズの航法を全世界で実現する最終ピースであり、これを実現することは実用上極めて有益である。また、GBAS 及び SBAS を用いた安全かつ高精度な測位が可能になることにより、進入着陸にとどまらない様々な運航形態に安全かつ高精度な航法を提供することが可能になる。

#### ⑤ 本研究の目的

磁気低緯度地域を含む全世界で利用可能な DFMC GNSS を用いた高カテゴリ GBAS の標準化と検証を行う。

DFMC GBAS 及び SBAS を幅広く利用する拡張機能と対応する安全性評価手法を開発し、これを用いた運用コンセプトを提案する。

### (2) 研究の達成目標

- ① DFMC GBAS ベースライン標準の検証、プロトタイプ開発
- ② プロトタイプを用いた DFMC GBAS 標準案の検証
- ③ DFMC GBAS/SBAS 拡張機能の要素技術及び拡張機能の開発
- ④ 4.DFMC GBAS/SBAS 拡張機能の空港を含む実環境における検証、運用コンセプトの提案

(3) 成果の活用方策

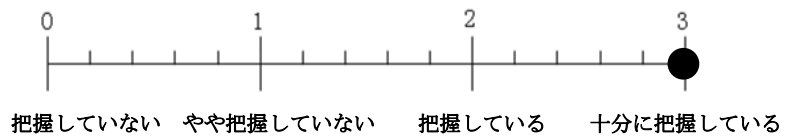
- ① 安定した精密進入による安全かつ効率的な運航の全世界での実現
- ② 安全性の高い空港面ガイダンス等を含むすべての運航フェーズでの GNSS の活用
- ③ 旅客機に限らない様々な機材への安全性の高い航法の提供

(4) 評価結果

① 研究の必要性

1. ニーズ及び内外の研究動向

評価 3.0



【所見】

- ・ 国際標準化スケジュール及び CARATS に沿った研究計画である。
- ・ 運航フェーズでの GNSS の活用などニーズは多く、動向等をよく把握していると考ええる。
- ・ 全く問題はない。「安全性の高い航法システム」という研究課題名に異論はないが、いささか平凡な気がしないでもない。おそらく、「高度化する要請に応える航法システムの実用化」というのが妥当なのではないか。

【電子航法研究所の対応】

実用化に至るには経るべきステップが多く、今回の研究ではそこに至る技術課題の解決が目的であるので、当初通りの名称といたします。

2. 本研究所で行う必要性

評価 3.0



【所見】

- ・ 当研究所は、人類が人工衛星を手中にした直後から衛星航法についての研究に着手し多くの業績と知見を蓄積している。
- ・ DFMC GBAS,SBAS の標準化・技術開発の中核を担っており、本研究所が唯一実施可能である。
- ・ テーマの内容から必要性は大いにあると考える。
- ・ 本研究所が最も相応しい。

【電子航法研究所の対応】

特になし。

### 3. 科学的・技術的意義

評価 2.8



#### 【所見】

- ・ GBAS/SBAS の拡張機能の開発は先進的、かつ独創的である。
- ・ GBAS/SBAS 拡張機能は必要と考えるので、技術的意義は大きいと考える。
- ・ 航法の革新的技術開発といえる。

#### 【電子航法研究所の対応】

特になし。

### 4. 社会的・行政的意義

評価 2.8



#### 【所見】

- ・ DFMC の”高い安全性“の意味が、セキュリティ（ジャミングやスプーフィング）対応にも貢献しうるものであればなおさらその意義は大きくなる。
- ・ DFMC GBAS により全飛行フェーズの GNSS 運航が完成する。研究は安定運航の安全確保を目指すものであり、意義は大いにある。
- ・ 安全性の担保につながるの、社会的意義はあると考える。省エネなどにつながるの記述があると良い。
- ・ 技術開発による便益の向上が大いに期待される。

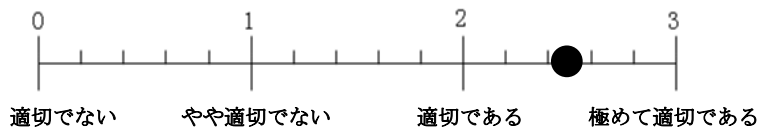
#### 【電子航法研究所の対応】

特になし。

## ② 研究の有効性

### 1. 達成目標の適切性

評価 2.5



**【所見】**

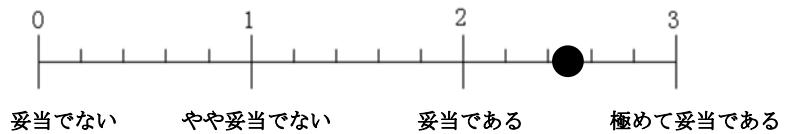
- ・ 達成目標は ICAO における標準化目標に沿っており、適切である。
- ・ 数値目標が存在するか不明。
- ・ 適切であると考えるか、ある程度の数値目標があるとよい。
- ・ 本研究成果が国際標準に織り込まれて広く活用されることを目標としており、全く問題はない。

**【電子航法研究所の対応】**

目標としましては、ICAO の標準化目標を指標とします。

2. 達成目標のレベル

評価 2.5



**【所見】**

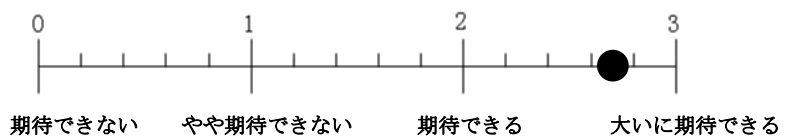
- ・ 研究成果が国際標準化に貢献出来るよう計画されており、達成目標は妥当である。
- ・ こちらも適切であると考えるか、ある程度の数値目標があると良い。
- ・ 本テーマにかかわる世界の研究者・技術者が共に目標とするレベルであり、問題とするところはない。

**【電子航法研究所の対応】**

目標としましては、ICAO の標準化目標を指標とします。

3. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.7



**【所見】**

- ・ GBAS/SBAS 拡張機能のさまざまな運航形態での利用が期待できる。
- ・ 航空分野以外への貢献も進めるべき。
- ・ 運航形態の高度化が見込める。その結果として波及効果があると考えられる。
- ・ 国内はもとより世界で活用される。

**【電子航法研究所の対応】**

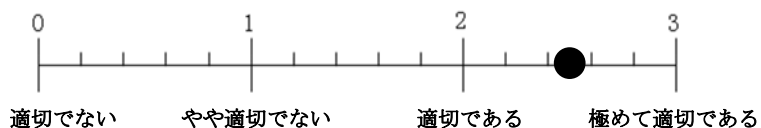
航空分野以外への活用については、視野に入れていきます。



③ 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.5



【所見】

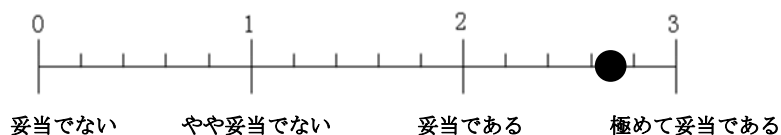
- ・ 研究計画は国際標準化スケジュールに沿うものであり、適切である。
- ・ 2 年目（中間評価）までに開始時に不明瞭な「ベースライン標準」が明示されることを期待する。
- ・ 計画が練られており、適切であると考ええる。
- ・ 研究と国際標準化は一体となっており、年次計画を含め問題はない。

【電子航法研究所の対応】

目標は ICAO の標準化スケジュールの中で明確化していきます。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

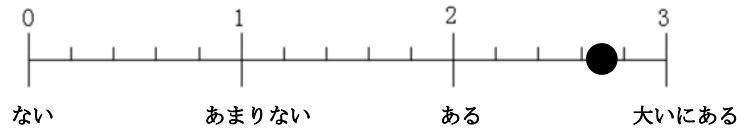
- ・ 研究リソースについて理想を言えばきりがない。研究リソースと目標設定とのバランスについては外部評価の在り方も含め、研究評価制度に触れる話かもしれない。
- ・ 研究機関、大学との共同研究を積極的に行う計画であり研究実施体制は妥当である。
- ・ 引き続き、国内外の研究機関・大学との連携により、体制は妥当であると考ええる。
- ・ 本研究目標を達成するための布陣と思える。

【電子航法研究所の対応】

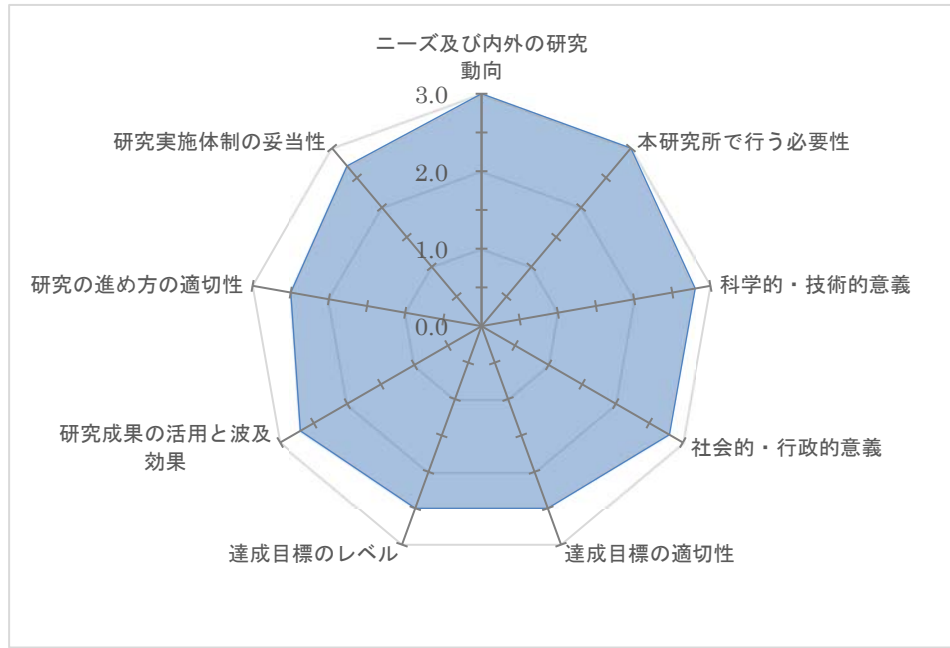
特になし。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

2.7



選定理由 各評価項目の合計点数 = 24.5  
 評価項目数 = 9  
 ( 24.5 ÷ 9 = 2.7 )



【所見】

- ・ ICAO における国際標準化のスケジュール及び CARATS の計画に沿った研究である。また、運航の安全確保について我が国が世界に貢献できる研究であり、本研究を実施する意義は大いにある。
- ・ 日本国内では当研究所が中心になって進めるべき研究である。
- ・ 現時点で不明な数値目標などの客観的な基準を明確にし、研究完了時の状態を早期に明確にすることが望ましい。
- ・ 運航の高度化が見込めるので、意義は大きいと考える。また、波及効果も見込める。
- ・ 先行した重点研究で研究成果が広く認められており、その延長が行政からも期待される場所となっている。

【電子航法研究所の対応】

目標は ICAO の標準化スケジュールの中で明確化していきます。

【その他、ご助言】

- ・ 衛星測位技術を利用した技術開発と考える。国内の研究機関で、衛星測位関連の技術者、研究者がまとまっている場所が非常に少ない。当研究所は貴重な研究所だと思う。今後の活躍を期待している。
- ・ 昨今の世界情勢を反映しているともいえる GPS への妨害とその対策という視点で DFMC の導入や SBAS の機能向上の必要性を説明するのも

一案と考える。

- ・ 説明スライドの文字が多く、理解が難しいので、直感的にわかるように図を増やした方が良いと思う。

**【電子航法研究所の対応】**

説明の方法については、改良を検討します。

## 5.10 事前評価実施課題⑤

- 研究課題名：リモートデジタルタワー向け先進的業務支援機能の研究
- 実施期間：令和7年度～令和10年度 4カ年
- 研究実施主任者：井上 諭（監視通信領域）

### (1) 研究の背景・目的

#### ① ニーズおよび内外の研究動向

リモートデジタルタワー（以下、RDT）は世界的に研究開発が進み、現在は小規模な空港への整備が進みつつある。RDTは既存の管制塔の運用をただ置き換えるだけでなく、人間の目視に大きく依存していた監視からデジタル技術を用いた情報を映像に加えて活用できる仕組みや、タワー管制の運用を各空港からセンタに集約出来るなど、既存のタワー管制と比較して、導入によって得られる運用側のメリットは多い。

小規模空港で実現されたRDTシステムの効果は大きく、老朽化したタワーに代わり、RDTシステムに置き換える計画が世界で進んできている。

これらの技術やシステムは大規模空港のタワー運用にも効果が期待されている。しかし、実用化されているRDTシステムは、航空機の発着数が少ない小規模空港向けに導入されているもので、中規模以上の空港に対応したものは研究や評価のものだけであり、実運用されているものはまだ無い。

大規模空港へRDTシステムを導入するためには、大きな交通量への対応や、複数の管制官の間で分担して行われるオペレーションへの対応などを必要とし、大規模空港のオペレーションを支えていくための支援機能の開発や、システム導入時の運用課題の評価など、研究開発が始まってきている。

大規模空港の運用課題に対応していくために、カメラ映像やセンサ情報等のデジタル技術を積極的に活用した支援機能の研究開発、大小様々な規模の空港においても活用ができることが期待されている。これらは、既存の肉眼での目視に頼る管制業務と比べ、業務に必要な情報を効率的かつ正確に提供することや、業務負荷軽減やパフォーマンス改善および安全性の向上、業務の効率化にも寄与できると考えられている。

#### ② 当所で研究を行う必要性

先行研究において、小規模空港向けのRDTシステムのための最新技術の開発、基本コンセプトを実証してきた。RDTシステムについての研究開発の経験とこれまでの知見をもとに、AI等の最新技術の研究の取り組みと業務システムの知識を総合的に活用し、大規模向けシステムを実用化へ導く。日本のRDTシステムの技術展開やタワー管制運用を積極的に支援するための技術革新に貢献していく必要がある。

#### ③ 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

機械学習を用いた画像認識、識別等のAI技術は、急激に社会への普及し、革新的なシステムの実現が期待されているが、それらはまだまだ発展途上でもある。RDTシステムにおけるカメラ映像の情報とこれら最新の画像認識に関するAI技術を機能として実用化するには、AI技術の結果は、論理的な計算では求められないことも多く適用範囲や、挙動、モデル構築方法や、結果の精度などについては研究を重ねていく必要がある。AI等の技術を用いた空港運用の高度化の実現として、技術的に取り組む意義は高い。

また、大規模空港へのRDTシステム導入の実現を目指し、カメラ画像や監視センサ情報を様々な場所で適切に組み合わせ情報を得ることで、状況認識や業務負荷低

減、効率化に寄与する支援機能を構築すること重要であると考えられ、それらを実践的に行うことの技術的意義は大きい。

④ 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

小規模空港向けのシステムとして実用化の段階に入った RDT システムは、これまでのタワー運用の形態を効率的でありながら、安全性の確保および底上げを実現することが期待できるものである。

一方、航空局都市は実際の導入には、様々なことが実現できる RDT システムをどのレベルで導入していくかについて、実践的な情報が乏しいことから、運用の要件と技術仕様、コストの関係について詳しく検討していきたい要望がある。技術開発の段階から航空局と協力していくことで、将来に向けて必要なシステムの仕様や技術レベルについて試行錯誤することで具体化につなげていくことには社会的、行政的な意義がある。これまでと大きく変わるシステムの導入のためのストーリーを、導入サイドとともに技術開発の段階から描くことで実用化、導入につなげていく。

⑤ 本研究の目的

大規模空港での RDT システム実用化に向けて、最新の映像情報や監視センサ情報および、画像処理、AI 技術等を組み合わせ、積極的に飛行場管制業務を支援するための先進的な業務支援機能を開発するとともに、システムや機能の有効性を示すことを目的とする

(2) 研究の達成目標

① 大規模空港の運用に対応した RDT システム構成、仕様の設計と評価、性能要件を導き出す。

～交通量が多く、高密度な運用環境に対応可能な、タワー管制用の監視システムの要件を導出

～管制官が使いやすく安全かつ効率的な運用が可能なシステムの実現

② RDT システムのための先進的な業務支援機能の開発と評価

～大規模空港におけるタワー管制官の運用業務を積極的に支援していくための機能の開発（滑走路、誘導路、エプロンを含む、空港面管理業務を新しい技術を用い視覚的に支援し、業務負担の軽減、効率性の向上、高い安全性に寄与するための機能や仕組みの開発と評価）

(3) 成果の活用方策

① 将来の大規模空港向けのシステムを整備するときに必要となる技術案や方向性の基準となる。研究で創出された技術成果は、整備施策のたたき台に利用できる。

② 大規模空港向けの RDT システムの機能としてだけでなく、空港のエプロン管理へ等への部分的な活用等、空港や業務毎のニーズへ開発で得られた技術は要素展開し使用できる。また、メーカーとも協調し、プロダクトをパッケージ化することで国際競争力のあるプロダクト創出につながる。

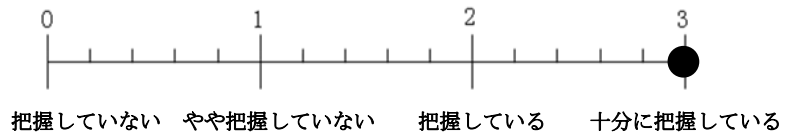
③ 開発した技術は国際標準化活動への貢献につながる

(4) 評価結果

① 研究の必要性

1. ニーズ及び内外の研究動向

評価 3.0



【所見】

- ・ RDT システムは世界的に研究が進められており、今までの小規模空港だけではなく大規模空港の管制業務におけるデジタル技術の活用が世界的に求められている。
- ・ ニーズは高いと考える。
- ・ 先行研究に続いて、大規模デジタルタワーを実現するためのデジタル監視に関する技術開発は世界的な動向となっている。

【電子航法研究所の対応】

世界でも取り組まれている研究開発のトピックであり、日本においても今後の実用化に備えて、課題解決に向けて取り組んでまいります。

2. 本研究所で行う必要性

評価 2.8



【所見】

- ・ 従前より RDT システムの研究に取り組んできており、本研究所で行う必要性は大いにある。
- ・ 本研究テーマの内容は、国内では当研究所で行うのが適切と考える。企業との連携も検討したほうが良い。
- ・ 先行研究を始め CNS 研究を実施する当研究所が、国内唯一の機関である。

【電子航法研究所の対応】

これまでの先行研究で得られた知見やノウハウをもとに、パートナーとなる企業とも連携しながら、実用化技術の完成を目指していきます。世界的な研究開発の中でもプレゼンスを得られるように、また積極的に研究開発が展開できるよう努力します。

3. 科学的・技術的意義

評価 2.5



**【所見】**

- ・ 一つ一つの要素技術に独創性は無くとも、それらの”当たり前“の技術を組み合わせて、今までにない機能を構築することも研究の大事な視点と思われる。タクシールートやエプロン監視に特に期待。
- ・ 大規模空港への RDT システムの導入を目指しており、カメラ画像や監視センサー情報高度化の研究は管制業務支援から見てもその意義は大いにある。
- ・ 先の研究、既存の技術を利用する点から独創性は少ない。
- ・ 安全性の観点から大いにあると考える。
- ・ センサーから取得した多様な情報を集約利用して、高度な業務（管制）支援を実現することは、先端的な研究開発課題となっている。

**【電子航法研究所の対応】**

これまでの要素技術を踏まえ、技術をシンセサイズすることでオリジナリティが出るよう、研究の中で試行錯誤していこうと考えています。また、実用化向かって、必要な技術のロジックや細かなアイデア部分には、新しい考え方等が生まれる余地があり、応用研究として成果が出せるように努力していきます。

4. 社会的・行政的意義

評価 3.0



**【所見】**

- ・ 管制支援機能の高度化は管制業務の安全の促進に不可欠である。
- ・ 安全性の観点から大いにあると考える。
- ・ 情報処理技術で行政の効率化を達成する意義は広く認識されている。

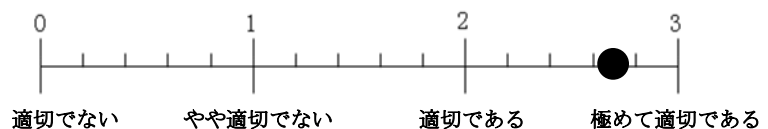
**【電子航法研究所の対応】**

デジタル技術のタワー管制業務への活用は、安全性全体の底上げに貢献できる技術であると考えています。システムの導入による高い安全性の実現と業務の効率化が両立できるように、研究では機能の検証や技術の実証に取り組んでまいります。

② 研究の有効性

1. 達成目標の適切性

評価 2.7



**【所見】**

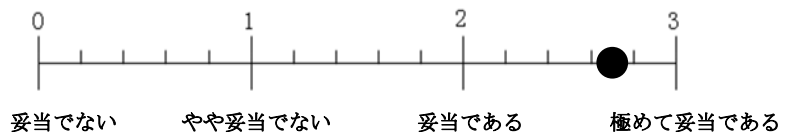
- ・ AI 技術を導入したタワー管制業務の研究は世界的に取り組まれている課題であり、達成目標は適切である。
- ・ 具体的な目標設定が分かりづらい。
- ・ 難しいとは思いますが数値的な目標も取り入れられると良い。
- ・ 先行研究の成功により研究目標が高いものとなっているのは好ましい。加えて、デジタル・リスクの評価も検討されることを望む。

**【電子航法研究所の対応】**

実用課題に AI を用いた技術に対して数値的な達成目標を設定することは難しい部分もありますが、今後は研究の進捗状況において課題を的確に把握し、解決、わかりやすい成果へつなげられるように努力してまいります。

2. 達成目標のレベル

評価 2.7



**【所見】**

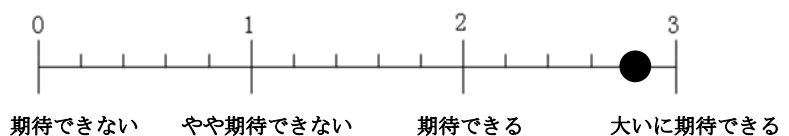
- ・ 先進的な管制業務支援には AI や様々なセンサー情報等、最新の技術を導入し組み合わせて構築する必要がある。達成目標レベルは妥当である。
- ・ 具体的なレベル設定が分かりづらい。
- ・ 妥当と考えられる。
- ・ 評価システムの開発が必要となろうが、管制担当者による評価が反映できるように配慮願いたい。

**【電子航法研究所の対応】**

AI 等の最新の技術を用いて、システムの実用化の課題を解決することが最も達成すべき目標と考えています。実用というレベルに到達するにはチャレンジする中でも新たに直面する課題等もあると考えており、それらを達成するためにもユーザとなる管制側との連携をとりながら、目標達成に努力していきます。

3. 研究成果の活用と波及効果

評価 2.8



**【所見】**

- ・ タワー管制業務環境の改革に大いに期待できる。



- ・ メーカーと連携することで実用化を図ること。
- ・ 今後適応範囲の拡大など波及効果は期待できる。
- ・ 海外への公表にも従来以上に配慮されたい。

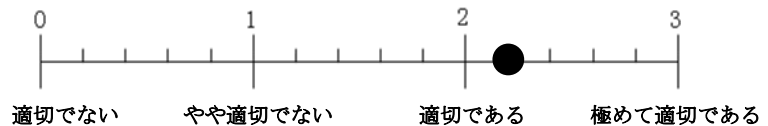
**【電子航法研究所の対応】**

新しい時代のタワー管制システムとしてデジタルを活用した機能が、様々な形で導入されるよう関係するメーカーとも協力しながら研究を進めていきます。また、メーカーと協力しながら海外展開なども視野に、研究の方向性や活用方法を検討し、研究に取り組みます。

③ 研究の効率性

1. 研究の進め方の適切性

評価 2.2



**【所見】**

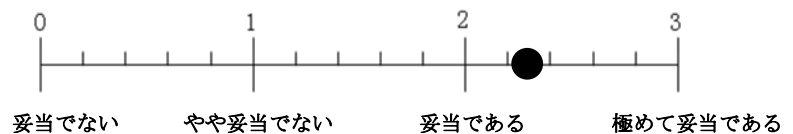
- ・ 先行研究の成果を活用した大規模空港のデジタル化の研究は航空局の施策に合致した研究になっており、研究の進め方は適切である。
- ・ 4か年計画に対して適切に設定されている。
- ・ 各段階の評価がどのようなものかが判明しない。

**【電子航法研究所の対応】**

実用化には航空局のニーズや現場の評価が欠かせないと考えており、今まで以上に連携を密にしながら、システムや機能の研究開発に取り組みます。また、評価は技術的な機能評価だけでなく、ユーザ評価を行い意見を取り込みながら、目標達成を目指します。

2. 研究実施体制の妥当性

評価 2.3



**【所見】**

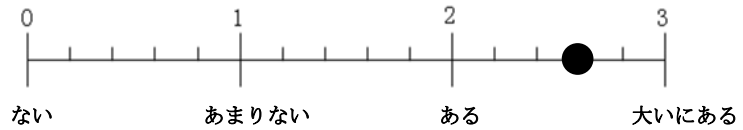
- ・ 航空局、メーカー、大学等を研究に参画させることに加え、管制業務を熟知した研究者を参画させる等、研究実施体制は妥当である。
- ・ 連携する企業が見えていないが、妥当であると考えられる。
- ・ RDT は多くの個別技術からなり、夫々必要な評価が行われると思われる。この意味で、各段階の研究開発者が少ないかと思われる。

**【電子航法研究所の対応】**

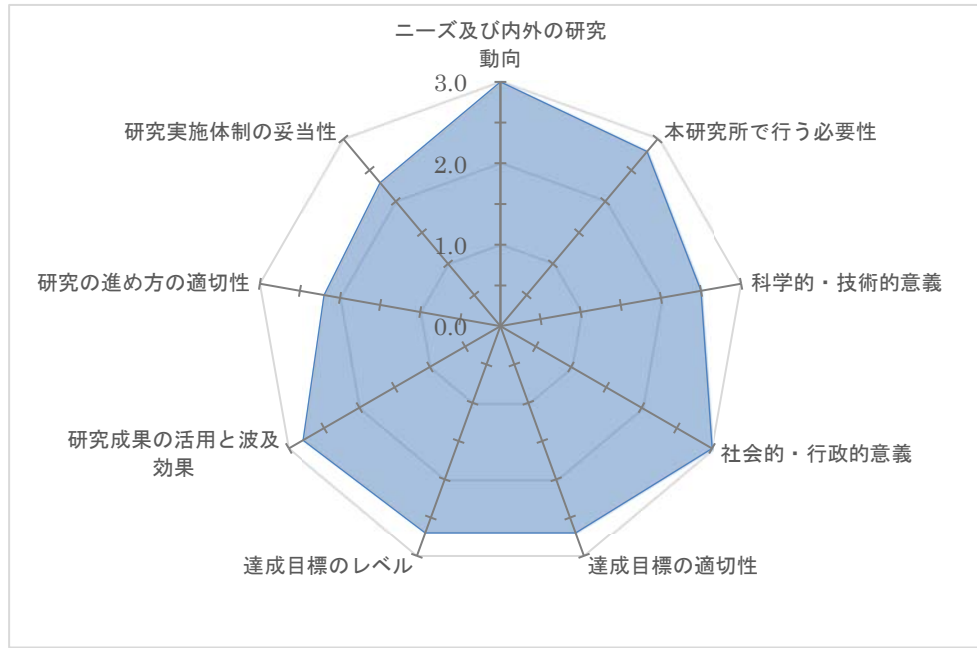
研究実施体制は、予算やリソースが限られていることからできる限りの範囲で適切に見直しや、協力を検討します。また、大学や協力企業とも連携を強化し、多くの課題をクリアできるように努力してまいります。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

2.6



選定理由 各評価項目の合計点数 = 24.0  
 評価項目数 = 9  
 ( 24.0 ÷ 9 = 2.6 )



【所見】

- ・ リモートデジタルタワーの適用可能性を拓げる研究であり、タワー業務の効率化及び安全性向上に寄与するものと思う。
- ・ 大規模空港の管制業務に AI を含むデジタル技術を導入する研究は管制官の業務負担軽減、タワー業務の安全確保の向上、運航の効率化等に有益な研究である。
- ・ 当研究所が進めるべき研究である。
- ・ 先の研究を受け、本研究の出口として社会実装、実用化を強く意識し、メーカーを入れて研究を進めていくことが望ましい。
- ・ リモート技術は意義が大きいと考える。
- ・ 現時点で問題とするところはない。デジタルシステムへのリスクは、多様かつ複雑・高度化しているので、研究期間中に何らかの対応を図る必要が生じる可能性がある。これらに柔軟に対応することも、研究意義を高めることになる。

【電子航法研究所の対応】

大規模空港のデジタルタワー技術導入に向けた技術開発は、世界的にも今まさに取り組まれている課題であり、我々も独自に競争力のある研究開発に取り組みます。実用化までの課題に対して、様々検討を繰り返しながら外部機関やメーカーとも協力しながら技術課題を解決し、実用化への道筋を得られるように、研究に取り組みます。

**【その他、ご助言】**

- ・ 既にわが国でも小規模空港（滑走路1本）では運用に供されており、その知見が当該研究にも生かせると思われる。また、逆に、運用を通じて明らかとなった課題の解決には、当該研究を含め電子研での今までの取組が寄与すると思われる。研究活動のみに拘泥せずリアルワールドに立脚した視野の広い活動を期待する。
- ・ RDT システム導入は管制官の業務負担軽減、タワー業務の安全確保の向上、運航の効率化等に有益な研究であることは間違いない。大規模空港は交通量が多く、空港面の航空機の動きも複雑なことから、管制業務の効率化、安全性の向上を目的とした支援機能の研究を期待したい。

**【電子航法研究所の対応】**

研究成果が実際のシステムの導入に寄与できるよう、運用や現実の課題に目を向けながら、解決のための研究に取り組みます。また、それら成果を関係者と正しく共有することで、効果的な普及につながるよう努力いたします。

以 上