



令和元年度

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・事前評価)

令和2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

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・事前評価)

評価対象とした研究開発課題は、次のとおりである。

- (1) 令和元年度に終了する重点研究課題（3 件）
 - ① 次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究（事後）
 - ② 空地通信技術の高度化に関する研究（事後）
 - ③ 大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究（事後）
- (2) 令和 2 年度に開始する重点研究課題（3 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（事前）
 - ② 航空通信基盤の高度化に関する研究（事前）
 - ③ 気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究（事前）

3. 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日:令和 2 年 2 月 25 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
評議員	浅野 正一郎	国立情報学研究所 名誉教授
評議員	宇野 亨	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 (座長)	庄司 るり	東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 副学長
評議員	土屋 武司	東京大学 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
評議員	中坪 克行	一般財団法人 航空保安無線システム協会 理事長
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 五十音順]

事後評価実施課題①

- 研究課題名：次世代 GNSS に対応したアベイラビリティの高い航法システムに関する研究
- 実施期間：平成 27 年度～令和元年度 5 カ年計画
- 研究実施主任者：坂井 丈泰（航法システム領域）

1. 研究の背景、目的ニーズ及び内外の研究動向

(1) ニーズ及び内外の研究動向

衛星航法システム GNSS は変革期にあり、既存システムについては信号数の追加などの改良が、また一方では欧州や中国による独自システムの構築が進められている。2012 年に開催された ICAO ANC/12 ではこれら次世代の GNSS 環境に対応する必要性が確認されており、SARPS 策定に向けた作業が開始されている。GNSS におけるインテグリティ確保のうえで主要な脅威は電離圏擾乱であるが、我が国を含む磁気低緯度地域ではその影響が大きく、従前の一周波・単一コアシステムでは十分なアベイラビリティが得られない。ANC/12 では電離圏擾乱を含む宇宙天気諸現象が航法システムに与える影響の適切な評価と回避策の開発についても必要性が指摘され、宇宙天気情報の活用による性能向上が期待されている。磁気低緯度地域においても実用的な GNSS ベース航法の実現には、次世代 GNSS 及び宇宙天気情報の活用によるアベイラビリティの向上が不可欠である。

(2) 研究の目的

①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 COMPASS 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、GNSS 補強システムにおける宇宙天気情報の活用は新しい試みであり、独創的かつ先導的な研究が期待できる。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。

②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。また、宇宙天気情報の利用により一周波システムの性能向上を図る研究は、GNSS ベース航法の普及の観点から有益である。本研究で開発される技術は我が国だけでなく、急成長しているアジア地域への GNSS 導入にも貢献する。

2. 研究の達成目標

- (1) 複数の周波数及びコアシステムに対応した次世代 GNSS 補強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) 宇宙天気情報の活用や SBAS-GBAS 間の連携によるアベイラビリティ向上方式を開発する。我が国を含む磁気低緯度地域における、GNSS 補強システムのアベイラビリティ向上の効果を確認する。

3. 目標達成度

- (1) 複数の周波数及びコアシステムに対応した次世代 GNSS 補強システムについて要素技術の開発を十分に行い、国際標準策定作業に貢献するとともに、国際標準案にも反映された。
- (2) 宇宙天気情報の活用や SBAS-GBAS 間の連携によるアベイラビリティ向上方式について検討した。前者については VHF レーダーによる垂直測位精度の改善効果を確認したが、後者は否定的な結論であった。
- (3) 我が国を含む磁気低緯度地域における、GNSS 補強システムのアベイラビリティ向上の効果

を確認した。

4. 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アベイラビリティを有する GNSS 補強システムが得られ、航空分野における GNSS ベース航法の利用拡大に資する。
- (2) 磁気低緯度地域における GNSS ベース航法の実用化を進め、CARATS の推進に資するとともに、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、我が国における補強サービスの普及促進に資する。
- (4) GNSS 補強システムサービスの拡大により導入メリットを増大させ、我が国における導入を促進するほか、アジア地域を中心とした諸外国における導入への機運を高める。

5. 成果の公表等

(1) これまでの公表等

- ・ ICAO NSP 33 件、ISTF 5 件、APANPIRG 7 件、その他 ICAO 関係 8 件
- ・ RTCA 2 件、EUROCAE 3 件、SBAS IWG 7 件、GBAS IGWG 16 件
- ・ APEC GIT 1 件、国連 ICG 3 件、その他標準化関係 3 件
- ・ 国際学会誌論文 7 件、IAIN 5 件、米国航法学会 15 件、EIWAC 4 件、
- ・ その他国際学会 13 件
- ・ 国内学会誌論文 2 件、電子情報通信学会 13 件、宇宙科学技術連合講演会 12 件、飛行機シンポジウム 2 件、その他国内学会 14 件 他

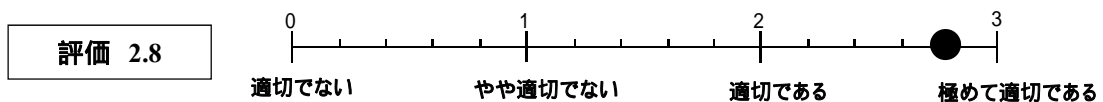
(2) 今後の公表予定

- ・ ICAO NSP 等のフォローアップ
- ・ 電子航法研究所報告による研究成果報告
- ・ 特許出願

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



【所見】

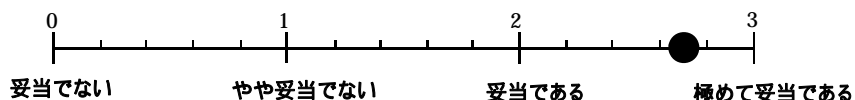
- ・ 研究目標を達成するために適切な研究計画をたてており、ほぼ計画通りに進んだものと判断できる。
- ・ SBAS/GBAS のアベイラビリティに関しては、衛星(航法)関連国際会議等で多くの研究が発表されている。これらとの比較で、本研究の特徴が述べられることが必要と思われる。
- ・ プロトタイプを作成し国際標準化作業に貢献するなど研究の手順及び年次計画は適切であった。
- ・ プロトタイプの作成から飛行実験まで実施されており、極めて適切である。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、研究計画を適切に立案するよういたします。また、関連する他機関の研究からもよく学んだうえで、当所における研究の特徴をアピールできるように配慮いたします。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.7



【所見】

- 研究項目ごとに適切に担当研究者と研究者数が割り当てられている。また、他機関との共同研究や公募型の研究を実施するなど、極めて適切な研究実施体制を構築した。
- 科研費や他研究機関との役割分担の個々の比率が示されると良い。
- 研究は SBAS と GBAS に区別し担当者を割り振って実施されており、研究者数及び役割分担は適切に設定された。

【電子航法研究所の対応】

今後も人的リソースの適切な配分に努めるとともに、科研費や他研究機関との分担の明確化を意識いたします。

(3) 予算設定の妥当性

評価 2.7



【所見】

- 研究内容および研究者数から判断して、極めて妥当であると判断される。
- SBAS-GBAS 間の連携によるアベイラビリティ向上について「否定的な結論」とされているが、予算支出の詳細が説明されていない。
- プロトタイプ構築を可能な範囲で自力で行われおり予算削減の努力が認められる。

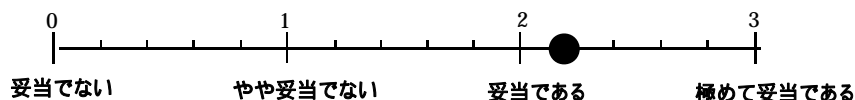
【電子航法研究所の対応】

今後とも適切な予算設定に努めるとともに、予算削減の努力をいたします。

II. 研究の効率性

(1) 研究目標の達成度

評価 2.2



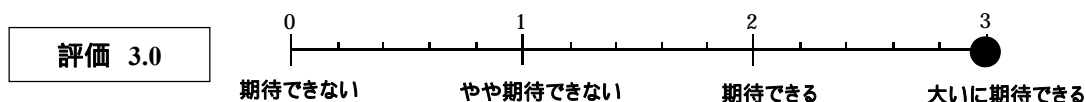
【所見】

- ・ 初期の目的は概ね達成できている。一部課題が残っているが、概ね妥当であると判断できる。
- ・ 概ね了解できる結論といえるが、利用可能な GNSS や準天頂 L5SBAS 等相互運用性に異なる扱いを予測されるものなど、多くの要素があり ENRI の研究に整理が必要と感じる。
- ・ 国際標準化作業自体の遅延を本研究の目標達成度に反映するのは不適切かもしれないが、ある意味本研究の難易度を表しているともいえる。その点を除けば本来極めて妥当と評価すべきかもしれない。
- ・ 次世代 SBAS、GBAS における技術開発を行いアベイラビリティ向上の可能性が示されており、目標は達成されている。

【電子航法研究所の対応】

国際標準策定作業のスケジュール変更などの外部要因についても適切にリスク管理を行い、適時に適切な研究成果を創出するよう努めます。

(2) 研究成果の活用と波及効果



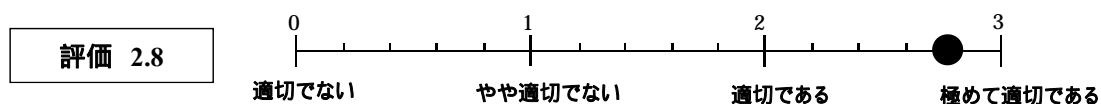
【所見】

- ・ 国際標準策定に本研究成果が活用されているなど、今後の波及効果も十分期待できる。
- ・ 着実に知見を積み重ねており、好ましい研究と考える。
- ・ 機材の開発・装備にきわめて長期間を要する航空分野の特性もあり、次世代 GNSS 対応に活用されるには時間を要するであろうが、その他分野での早期活用が期待できる。
- ・ 国際標準の策定に研究効果が活用されており、CARATS ロードマップに沿い、これらに準拠したシステムの導入がなされれば研究効果の波及が期待される。
- ・ 国際標準の策定に活かされるだけでなく、航空に限らない他分野への活用も期待できる。

【電子航法研究所の対応】

航空以外の分野への波及も見据えて、研究成果の普及の努力をいたします。

(3) 研究成果の公表



【所見】

- ・ 数多くの学会発表が行われると共に、特許も出願するなど、研究成果の公表は極めて適切である。
- ・ ION を始め、主要な場にて発表が行われている。
- ・ 研究中において多数の学会発表がなされている。
- ・ 多数の学会発表と論文発表がある。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、研究成果について適切な場で公表し、当所及び我が国のプレゼンスの向上に努めます。

(4) ポテンシャルの向上



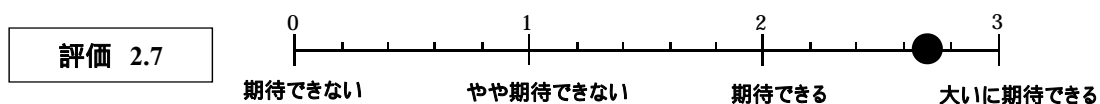
【所見】

- ・ 理論的な研究能力だけでなく、プロトタイプ構築や準天頂衛星の実験などを通して、ハードウェア能力の向上をはかるなど、大いに評価できる。
- ・ ポテンシャルの向上が認められる研究グループと思われる。
- ・ プロトタイプ構築や準天頂衛星実機による実験等を通して研究能力の向上、及び研究資源の充実が達成されており研究所のポテンシャルの向上に大いに貢献した。
- ・ 電子航法研究所でしかできない研究である。

【電子航法研究所の対応】

本研究での経験を活かし、今後も若手の育成や実験機会の会得を含めたポテンシャルの向上に努めます。

(5) 新たなシーズの創出



【所見】

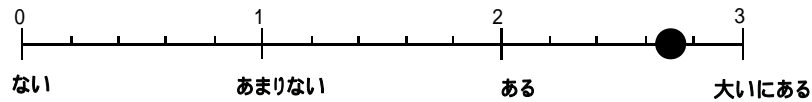
- ・ プロトタイプ構築や準天頂衛星の実験などを通して、ハードウェアとソフトウェアの融合技術に関する研究資産が充実してきて、この中から新たなシーズ創出が大いに期待できる。
- ・ 極東地域との連携や相互運用など、政策的な行動を可能とする要素を持つ研究である。
- ・ 新たな研究シーズとなる可能性は十分にある。準天頂衛星実機による実験等を通して準天頂衛星システムとの関係を深めており、新たな研究に結びつくことを期待する。

【電子航法研究所の対応】

準天頂衛星システムによる実機実験などの機会を捉えて研究内容のアピールに努め、研究シーズの活用や新たな研究課題の創出に結びつけていきたいと考えます。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

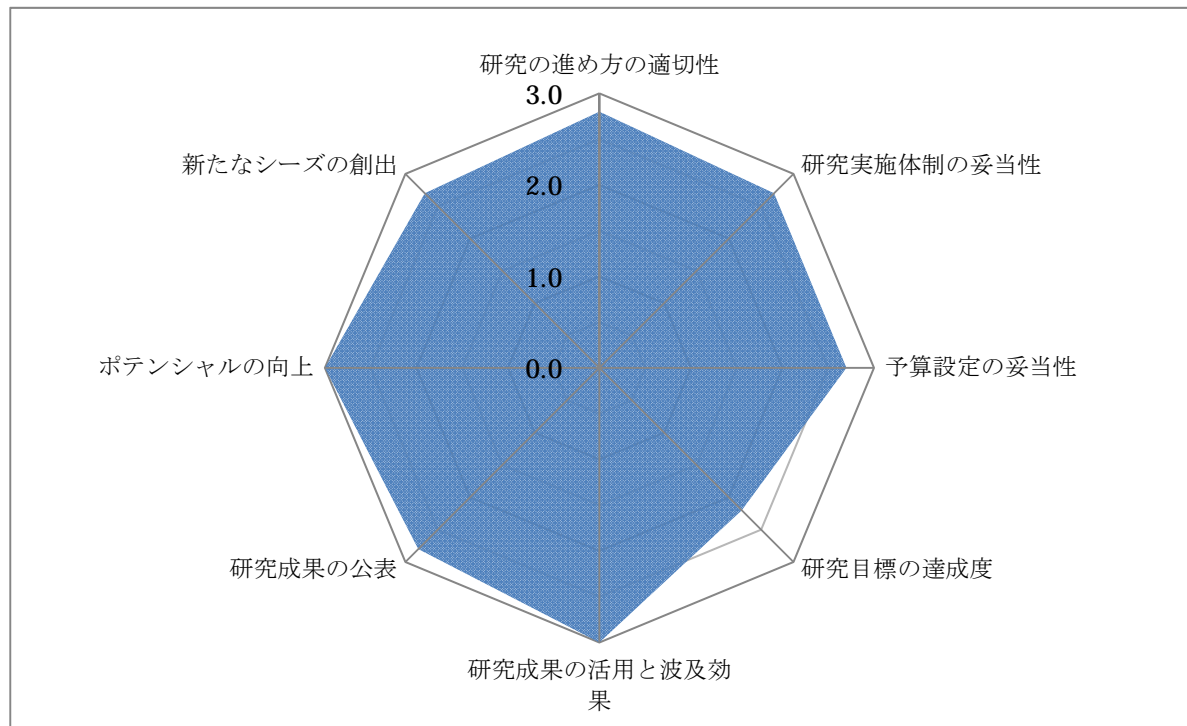
2.7



設定理由 各評価項目の合計点数 = 21.8

評価項目数 = 8

$$(21.8 \div 8 = 2.7)$$



【所見】

- 一部課題が残されているが、研究目標も達成された研究成果も大いに有益で、今後の発展が期待できる研究であったと判断される。
- 電離層問題を含めた GNSS 全般にかかる研究は、電子航法研究所のこれまで積み重ねてきたものであり、今後も継続的な成果に向け研究員の育成を含め期待したい。
- 我が国を含む磁気低緯度地域における GNSS 補強システムの向上の効果を確認出来た研究成果は大きい。磁気低緯度地域における GNSS ベースの航法の実用化を進め、我が国のプレゼンスの拡大及び国際標準の策定への更なる貢献を期待します。
- プロトタイプから飛行実験までをこなし、多くの学会等で成果報告されている。国際標準の策定にも活用され、波及効果も大きいと思われる。
- 十二分な成果となっている。社会への還元（標準化等）も大きな価値がある。

【電子航法研究所の対応】

本研究の成果及び経験を十分に活用し、今後の研究に発展させていきたいと考えます。

【その他、ご助言】

- GNSS 補強システムの整備コストを低減し、我が国における実用的なアベイラビリティを有する GNSS ベース航法の実用化を更に進めるとともに、空域の有効利用が図られることを期待します。

【電子航法研究所の対応】

本研究は航法システムのインフラ整備に寄与するものですが、最終的な目的である空域の有効利用につながるよう、CARATS の場などを活用して引き続き研究ニーズの把握に努めてまいります。

事後評価実施課題②

- 研究課題名：空地通信技術の高度化に関する研究
- 実施期間：平成 28 年度～令和元年度 4 カ年計画
- 研究実施主任者：河村暁子（監視通信領域）

1. 研究の背景、目的ニーズ及び内外の研究動向

(1) ニーズ及び内外の研究動向

近年、航空システムから取得した様々な情報を関係者間で共有し、より安全かつ効率的な運用改善が検討されている。また、航空交通量の増加やより綿密な航空機運航のニーズに伴い、特に航空機密度の高い空港周辺を中心に航空通信量の増加が懸念されている。これらに対応するため、ICAO 等は、既存の航空通信システムと併用可能な次世代の航空通信システムとして、汎用高速通信のモバイル WiMAX (IEEE 802.16e) 技術に基づく航空専用標準規格 AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communications System) の策定作業と研究開発を行ってきた。今後、これらのニーズや進捗する策定作業および関連する規格策定活動に対応するため、AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性と共に、AeroMACS に代表される次世代空地通信システムの利用技術を開発し、監視や航法など他のシステムから得た情報を共有できる航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築の上、航空機や車両等と接続実験し、性能評価する必要がある。

(2) 研究の目的

①科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

AeroMACS プロトタイプを活用の上、航空機や車両と地上の間を連携可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築し、AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性を実環境下で性能評価できる点で科学的・技術的意義がある。

②社会的・行政的意義（実用性、有益性）

複数の通信手段と共に緊急災害時の通信が確保できる航空専用周波数を用いた単独可動システム AeroMACS によって高速通信を実現することは、安全性向上だけではなく、通信処理容量を増加させるため、定時性、効率性向上にも寄与可能である。また、AeroMACS に関連する航空通信技術の標準規格や技術文書の整備策定、検証の活動は、各種規格や技術文書の策定、施策実施の意思決定の判断材料にも利用、貢献できる点で社会的・行政的意義がある。

2. 研究の達成目標

- (1) 既存の AeroMACS プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で接続可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを開発する。
- (2) AeroMACS 利用技術の開発や AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性について、開発したプロトタイプを用いて実環境下で評価し、技術指針を構築する。
- (3) 関連技術の標準規格化活動に参画し、性能評価結果の提案に基づき、貢献を図る。

3. 目標達成度

- (1) 既存の AeroMACS プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で接続可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを開発した。
- (2) AeroMACS 利用技術の開発や AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性について、開発したプロトタイプを用いて実環境下で評価し、技術指針を構築した。
- (3) 関連技術の標準規格化活動に多数参画し、プロトタイプを用いた性能評価結果に基づく提案を通して貢献を図った。

4. 成果の活用方策

- (1) 開発した航空用高速通信ネットワークのプロトタイプは、将来、ATM 研究開発や CARATS で検討される施策意思決定の判断における実証実験結果として活用できる。
- (2) 利用技術の開発と空地通信技術における適用範囲の拡大は、既存よりも高速な通信を含む IP 化に対応した複数の信頼性の高い航空通信路を確保でき、安全、効率、定時性向上が期待できる。
- (3) 標準規格及び技術文書の策定、検証作業に関する研究成果の提案文書及び技術文書は、施策意思決定や関連規格の根拠として活用できる。

5. 成果の公表等

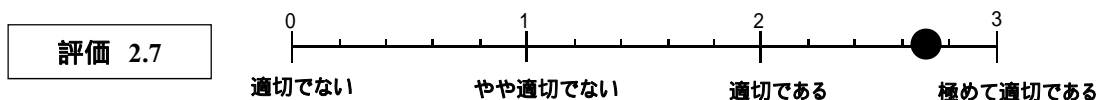
(1) これまでの公表等

- ・ ICAO FSMP 3 件、CP 4 件、RPASP 1 件、RTCA SC233 1 件
- ・ 国際学会 IEEE CAMA 3 件、ICNS 2 件、その他 3 件
論文誌(Simulation Modelling Practice and Theory) 1 件
- ・ 国内学会 電子情報通信学会 20 件、DLKF 4 件、その他 2 件
- ・ 招待講演 4 件

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



【所見】

- ・ 初期の目的を達成するための手法や期間に問題はない。年次計画も適切であったと判断する。また、不測の事態に適切に対応できたと考える。
- ・ ICAO が採択した AeroMACS に基づき、その導入、利用を想定した評価を中心とした研究という観点では、妥当に行われている。
- ・ 実験機の不測のトラブルにも柔軟に対応し、当初の目標を達成出来たのは研究の進め方が適切であったと評価できる。

【電子航法研究所の対応】

今後も柔軟に研究計画を立て、不測の事態に対応できるよう研究を遂行するようにします。

(2) 研究実施体制の妥当性



【所見】

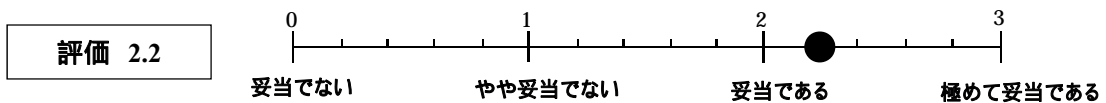
- ・ SWIM との連携を図りながら、民間企業、大学との共同研究を実施するなど、適切な役割分担を行った。

- ・ 所外企業との共同研究や SWIM との連携など役割分担が的確になされた。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、通信のソフト部分の研究との連携や、所外機関との連携を取りながら研究を進めていきます。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

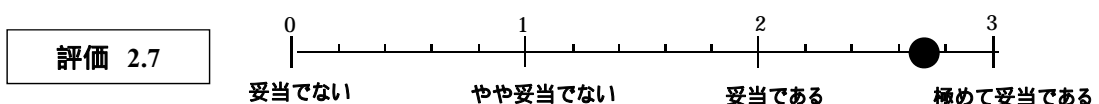
- ・ 妥当であると考える。想定外の事態に対しても柔軟に対応し、当初予算内に収めたことは評価できる。
- ・ 研究期間中の航空機のトラブル（経費増）にも対応出来たのは研究全体を通して実施された費用削減の努力の結果であると評価できる。

【電子航法研究所の対応】

昨今は予算獲得がさらに難しくなっておりますが、限られた予算のなかで最大の成果を出せるよう、努力・工夫を行ってまいります。

II. 研究の効率性

(1) 研究目標の達成度



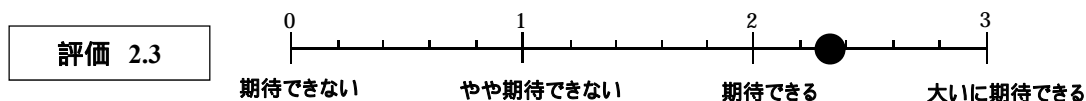
【所見】

- ・ 当初の目標はすべて達成し、一部それ以上の成果をだしており、極めて妥当である。
- ・ 本研究が無ければ指摘された事項が認識できないかは疑問である。次につながる課題を発掘することも重要です。
- ・ 飛行実験、SWIM との連結などを実施し目標が達成されている。更に AeroMACS 技術の通信可能範囲の限界を試すなど当初の計画を超えた成果が出ている。

【電子航法研究所の対応】

本研究を行うなかで、現行の航空通信システムと次世代航空通信システムの整合性に関する課題が発掘され、令和2年度からの通信の研究につなげていきます。

(2) 研究成果の活用と波及効果



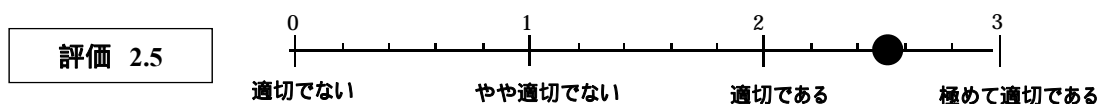
【所見】

- AeroMACS による高速通信の実用化が見込まれるレベルに達したことにより、今後多くのサービスが可能になるため、その社会的波及効果が大いに期待される。
- 通信事業者に技術移転を行った結果、空港面走行車への通信利用の実施検討も行われ、波及効果が期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

今後も、あたらしい航空用高速通信がスムーズに実用化され、効果をあげるための研究を継続します。

(3) 研究成果の公表



【所見】

- 多くの研究成果が一流の論文誌や国際会議に発表されており、極めて適切である。
- ICAO 技術文書等研究成果の公表を多数行った。
- AeroMACS という固有名詞を使わない研究として公表する場へも発表を増やしてください。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、外部への成果発表に努力します。また、研究成果の通信一般への拡張についても検討します。

(4) ポテンシャルの向上



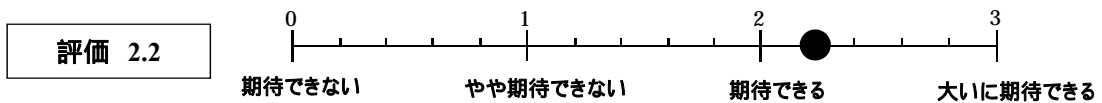
【所 見】

- ・ 異分野との交流や論文発表などを通して、若手研究者の育成を図るなど、研究グループのポテンシャル向上に大いに貢献した。
- ・ SWIM との連携等電子研のポテンシャルの向上に大きく貢献した。
- ・ 次の研究を期待します。

【電子航法研究所の対応】

今後の研究においても、所内外の連携等を通して研究者や研究所全体のポテンシャル向上を目指します。

(5) 新たなシーズの創出



【所 見】

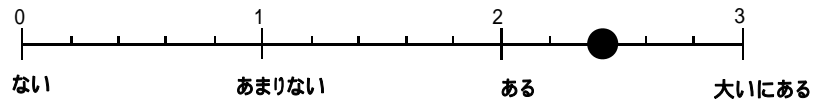
- ・ 高速大容量通信の実現にともなう新たなシーズの創出に大いに期待できる。
- ・ AeroMACS の高速大容量の通信の実現に伴い、複数の異なる通信が可能な環境の中で今後の航空通信の課題への対応が期待される。

【電子航法研究所の対応】

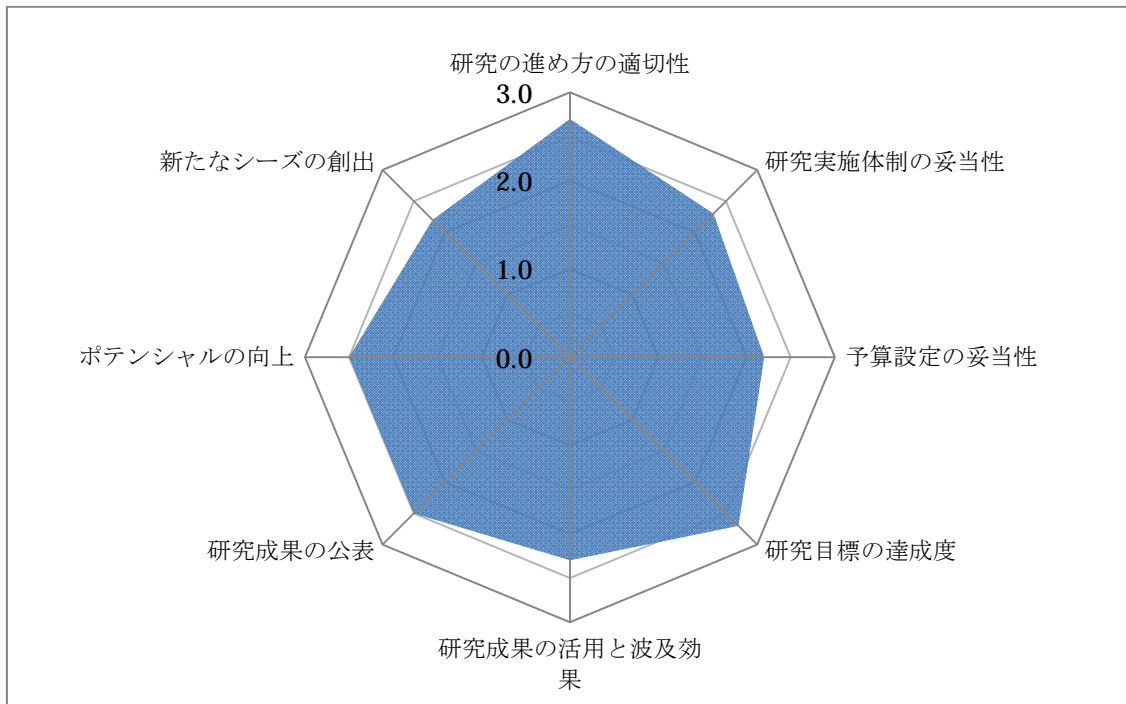
引き続き、航空通信の高度化について、複数の異なる通信が混在する環境での課題解決の対応策を検討します。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.4



設定理由 各評価項目の合計点数 = 19.4
評価項目数 = 8
(19.4 ÷ 8 = 2.4)



【所見】

- 所期の目的をすべて達成し、一部はそれを上回る成果を上げるなど、有益な研究であったと評価できる。今後5Gとの連携などの考えてもよいかもしれない。
- 今後の通信基盤に関する研究の基盤となりうると期待。
- AeroMACS 利用技術の開発や AeroMACS 技術の適用範囲拡大の可能性について、開発したプロトタイプを用いて実験評価を行い技術指針が構築された研究成果は大きい。今後は SWIM 等他の研究との連結課題に対応してほしい。
- 飛行場、航空機による飛行で航空通信を実証し、今後の実用化に期待できる。
- AeroMACS の可能性の評価ができ実用に近い形で実験を行う環境を作ったり、実証実験を行ったことは、評価が高い。

【電子航法研究所の対応】

今後の通信基盤における研究のなかで、SWIM 等他の研究との連結課題への対応を検討します。

【その他、ご助言】

- 事後評価は、あくまでも、研究実施者が念頭に置いた研究について、その構想に合わせて評価すべきと研究者は主張しているようです。仮に、研究課題の表題にある通り「空地通信技術の高度化に関する研究」と捉えると、技術は急速に進歩している中で、高度化に如何なる貢献ができたかが評価されるべきかもしれません。例えば MIMO については、IEEE802.11ax でとりいれられたように、無線資源の空間的利用状況に合わせてビームフォーミングを行い、MU-MIMO を実現する様々な技術開発を行うなど、研究実施者が想定する混雑環境に対応するための研究が進められ、実用化されています。航空は、いつかはこれらに追いつくのでしょうか、ICAO 採択レベルに固執したテーマを取り上げ続けると、遅れをとり続ける懸念があります。「導入に関する研究」ではなく「高度化に関する研究」と銘打つならば、そろそろ中心となる要素を取り上げては如何ですか。
- 追尾型空中線を用い出力制約を迂回した実験は、拡張運用コンセプトとして興味深いところ、将来の AeroMACS イメージの一部として整理してみてもどうか？

【電子航法研究所の対応】

ご助言をもとに、航空機の飛行フェーズに分かれた通信システムの相互運用や優先度選択について研究を広げていきます。

事後評価実施課題③

- 研究課題名：大規模空港における継続降下運航の運用拡大に関する研究
- 実施期間：平成 28 年度～令和元年度 4 カ年計画
- 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、目的ニーズ及び内外の研究動向

(1) ニーズ及び内外の研究動向

継続降下運航（CDO; Continuous Descent Operations）は燃料や騒音を低減できる運航方式であり世界的に CDO 導入が進められている。国内でも交通量の少ない時間帯に CDO 運用を実施している。運航者からは実施空港の増加及び運用時間帯の拡大が求められている。

我が国の将来の航空交通に関する長期ビジョンである CARATS では、CDO を混雑空港で繁忙時にも運用することを目標としている。関西国際空港では CDO の運用が深夜早朝帯に限られており、運用拡大が航空局や航空会社から求められている。

(2) 研究の目的

①科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

交通量に応じて制限を付加することで、現行よりも燃費が改善される飛行の実現を目指す。制限を計算・判断するためには到着機の合流地点の到着時刻を管理・制御しなければならない。初期的な到着管理を提案し、CDO 実施判断を支援するツールを作成する。現在我が国ではターミナル主体でエンルート管制への到着時刻管理は行っていない。それらの実現のために CDO 実施判断支援ツールを作成する。

②社会的・行政的意義（実用性、有益性）

今までは、理想的な CDO を行い多くの便益を得るか、または通常の降下かの二択であったが、中間的な運用を実施することで、理想的な CDO よりは便益は減少するものの CDO が拡大できる。また、支援ツールは CDO の実施のみならず、実施できない時でもターミナル空域内での低高度のレーダ誘導を減らす効果もあり、燃料の削減と空域の有効利用が実現できる。

2. 研究の達成目標

- (1) 関西空港において CDO 運用を拡大できるような CDO 実施判断支援ツールを提案する。
- (2) 支援ツールを使用することで、CDO の拡大及び CDO キャンセルの減少を実現する。
- (3) 交通量の多い時間帯で CDO を実施できるような条件を提案する。

3. 目標達成度

- (1) 関西空港における CDO 運用の課題抽出及びキャンセルの要因の明確化を実施した。
- (2) 課題解決のひとつとして、予測軌道の高精度化を目指し CDO を含む降下軌道の数値シミュレーション技術を確立した。
- (3) 管制官による CDO 実施判断を支援するツールを開発した。ツールを使用したヒューマンインザループシミュレーション実験から、CDO 実施判断に必要な管制官へ提示すべき支援情報（タイムライン情報等）を明らかにするとともに、将来の管制運用の課題を明確化した。

4. 成果の活用方策

- (1) 複数の降下軌道数値シミュレーション技術を確立したことで、将来の航空交通サービスにおける軌道予測技術に寄与する。（CARATS ATM 検討ワーキンググループにおいて報告予定。）
- (2) CDO における管制運用の課題は、軌道ベース運用における管制運用の課題と一致することから、得られた知見は軌道ベース運用の検討に資する。

- (3) ヒューマンインザループシミュレーション時に実施した方策（例えば、遠方からの速度調整（将来の時刻調整へとつなげるための方策））を実行することで、現 CDO の運用拡大が期待できる。

5. 成果の公表等

(1) これまでの公表等

- ・ Winter Simulation Conference (WSC) 査読論文 3 件
- ・ Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology (APISAT) 査読論文 1 件、アブストラクト査読 2 件
- ・ ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC) 査読論文（投稿中）1 件、アブストラクト査読 1 件
- ・ International Council of Aeronautical Sciences (ICAS) アブストラクト査読 1 件
- ・ 飛行機シンポジウム 4 件
- ・ ヒューマンインタフェースシンポジウム 1 件
- ・ 自動制御連合講演会 2 件

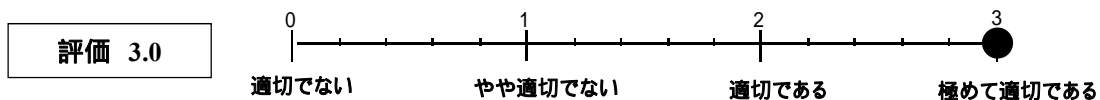
(2) 今後の公表予定

- ・ 日本航空宇宙学会論文集（執筆中）1 件

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



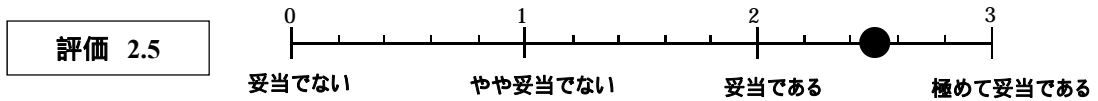
【所見】

- ・ 研究目標の設定は明確で、手法や計画を含む研究の進め方も極めて適切であったと考えられる。
- ・ 5年前のAAAでは、オバマ政権の環境重視政策の関連でCDO（燃料、騒音対策としてのCDO）が大きなテーマでした。重要性は更に増していると思える本課題にしっかりと取り組んでいると思われます。
- ・ 現状調査からツール構築、評価実験という管制シミュレーション利用研究としては適切な計画であったと考える。
- ・ 各年度の研究成果を次年度以降の研究に活用する等研究の進め方は適切であった。また、管制シミュレーションを実施し課題の解決がなされた。
- ・ CDOの現状分析からHITLまで極めて適切と思われる。

【電子航法研究所の対応】

今後も国内外の航空分野に対する需要を考慮し研究計画を立案していきます。

(2) 研究実施体制の妥当性



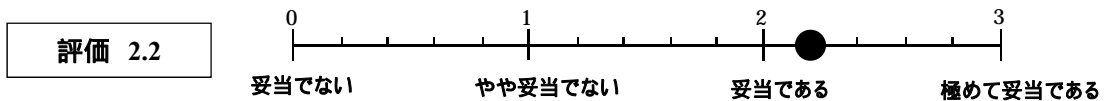
【所見】

- ・ 研究所内の研究体制も大学との連携も適切であったが、アルゴリズムの実装の問題を考えると民間との共同研究があってもよかった。
- ・ 共同研究者への期待が明確に設計されている。
- ・ 複数大学との共同研究によりすそ野拡大に貢献している。
- ・ 研究メンバーの異動等による実施体制の人数減に対しても大学等との連携を図り、研究体制を確保するなど役割分担を明確にしながら研究が実施された。
- ・ 大学との連携をはかり実施していた。

【電子航法研究所の対応】

今後の研究活動において外部との連携を積極的に取り入れていきます。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

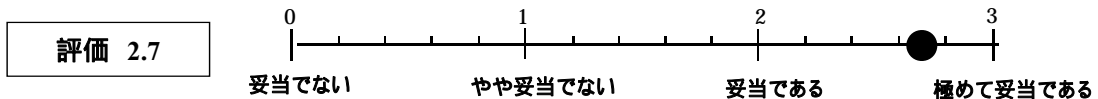
- ・ 研究の進め方や体制を考えると、妥当であるといえる。
- ・ シミュレータの開発に、多くの予算が使われ続けている。
- ・ シミュレーション実証に当たり、航空管制官経験者の派遣を依頼するなど予算設定は妥当であった。

【電子航法研究所の対応】

システム開発の費用を抑える工夫を検討していきます。

II. 研究の効率性

(1) 研究目標の達成度



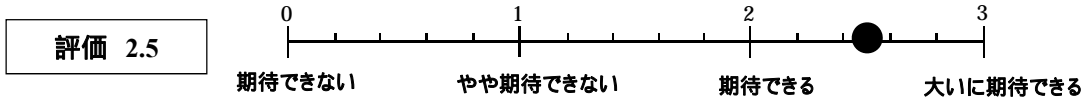
【所見】

- ・ 初期の目標をほぼ達成しており、極めて妥当である。
- ・ 管制官が目安となる CDO の降下角を示すなど、成果の理解を深める。
- ・ CDO 運用の更なる運用拡大を図るための管制運用上の問題点の明確化等困難な研究が予想される中、目標達成は妥当であった。

【電子航法研究所の対応】

本研究において明確化された管制運用上の課題は、将来の航空交通管理研究において重要な要素のひとつとなることから、今回得られた結果を踏まえて継続研究に取り組んでいきます。

(2) 研究成果の活用と波及効果



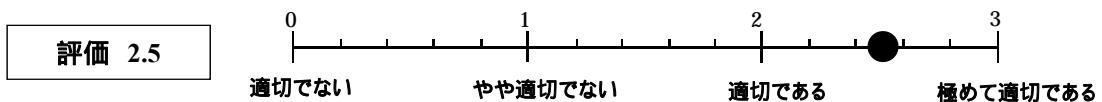
【所見】

- ・ 本研究の成果をもとに運用に向けた今後の動きに期待したい。
- ・ 管制官が目安となる CDO の降下角を示すなど、成果の理解を深める。
- ・ 研究成果としての複数の予測軌道アルゴリズムが、明確にされたことで将来の航空交通における軌道予測技術への寄与が期待できる。

【電子航法研究所の対応】

本研究の成果を積極的に提案していくことで、効率的な航空機運航の実現に貢献していきたいと考えます。

(3) 研究成果の公表



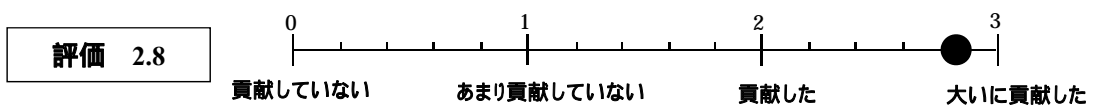
【所見】

- ・ 多くの学会発表があり、極めて適切である。
- ・ 現在査読中のものを含め、今後も公表を進めることを期待する。
- ・ 研究成果の公表が適切に行われた。
- ・ 大学が参加するからには雑誌への投稿がもっとあっても良かった。

【電子航法研究所の対応】

今後も研究成果を適切に公表していきます。

(4) ポテンシャルの向上



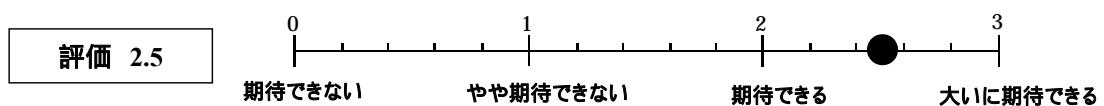
【所見】

- ・ 研究だけではなく、学会発表などを通して若手研究者の育成に大いに貢献し、そのポテンシャルを向上させた。
- ・ 研究期間に主要な研究者が交代しているが、問題なく成果をもたらしている。
- ・ Full CDO のみならず部分的 CDO 化の検討が、実環境では有益であろう。
- ・ 若手研究員の育成のため、研究員の管制現場へ調査派遣、及び大学との共同研究等研究所のポテンシャル向上に貢献した。
- ・ 研究所がはたすべき先進研究である。

【電子航法研究所の対応】

今後も若手研究員の育成、外部との連携に努めます。

(5) 新たなシーズの創出



【所見】

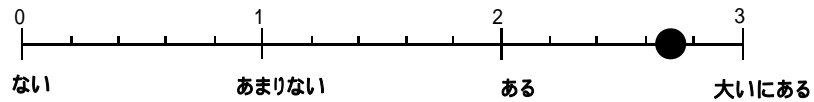
- ・ 騒音だけではなく、CO2 削減などの環境問題への貢献が期待できる。
- ・ CDO の環境への効果を再度確認する機会となることを期待する。
- ・ HF(人的要因) 対策と、それを考慮した新たな自動化ツールへの発展を期待。
- ・ 当該研究成果が日本における航空交通管制システム高度化に大いに期待できる。

【電子航法研究所の対応】

本研究の成果から、環境問題を考慮した軌道アルゴリズムの開発と人的要因も含めた管制運用の自動化に関する研究を進めることが有効であることが示唆されました。継続研究として取り組んでいきます。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

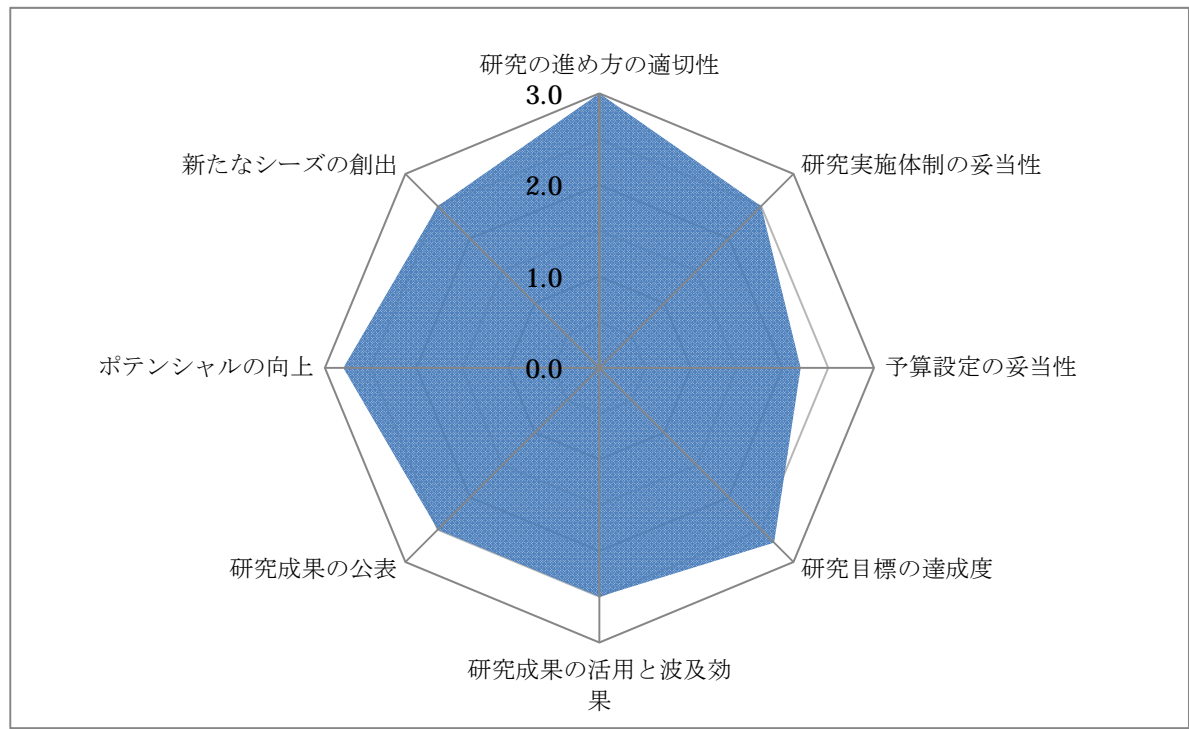
2.6



設定理由 各評価項目の合計点数 = 20.7

評価項目数 = 8

$$(20.7 \div 8 = 2.6)$$



【所見】

- 研究目標は明確で得られた成果も大いに有益である。研究成果が一般化できれば、学術的に面白い。また、CO2 削減効果などの環境にあたる効果が評価できれば実用化の後押しになるのではないかとと思われる。
- 海外動向からみて高精度の軌道予測技術が実現されないと Full CD0 を確実に実現することは困難であろう。その意味で近い将来の方策としての制限付き TBO 等で技術を着実に向上していくのも一つの進め方と考える。利用者側のニーズも勘案しつつ現実解の実現に向け、ツールの検討などを続けていただきたい。
- 複数の降下軌道数値シミュレーション技術を確立し、日本における混雑空港への適用の可否、条件付き管制運用方式の確立、また有効性を確認できたことで将来の航空交通サービスにおけるトラジエクトーな軌道ベースの管制運用の早期導入を図り、更なる空域の有効利用、運航効率の向上に資することを期待します。
- 研究所が実施すべき研究であり、CD0 の分析から HITL シミュレーションまで、大学等と連携して適切に進められた。
- 今後の航行や管制の高度化に必要で、管制全体の見直しにも有用と考える。

【電子航法研究所の対応】

頂いた所見をもとに、国内外の動向を踏まえつつ、利用者ニーズも考慮した効率的で安全な航空交通管理に貢献できるよう研究に取り組んでまいります。また、研究成果を実用化に近づけられるような提案を工夫し、積極的に提案していきたいと考えております。将来の航空交通管理においては、システム自動化とともに管制運用も変化していく必要性があります。管制に関わる研究機関として、今後も航空局や外部機関と連携しつつ管制運用に関する研究を進めていく所存です。

【その他、ご助言】

- ・ 現時点では3空港においてCDOが導入されているにすぎないが、CDO導入は重要な管制支援ツールの一つで、通信負荷の軽減、消費燃料削減、騒音軽減等導入効果は大きい。反面、研究結果から見て導入の課題も多い。今後は諸課題に対し有効な方策を確立し、CDO運用の拡大のための研究を継続してほしい。

【電子航法研究所の対応】

本研究においては、CDO拡大に有効な管制側の対応について整理されました。さらなる拡大には、航空機システム及び管制システムの発展等周辺研究との連携が重要となってきます。関連研究の進捗状況を把握、連携しながら効率的で安全な航空交通管理に貢献できる研究を進めていきたいと思っております。

事前評価実施課題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 カ年計画
- 研究実施主任者：坂井 丈泰（航法システム領域）

1. 研究の背景、目的ニーズ及び内外の研究動向

(1) ニーズ及び内外の研究動向

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ト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) 研究の目的

本研究の目的は新しい 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り、その科学的・技術的意義及び社会的・行政的意義は次のとおりである。

①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。

②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。

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

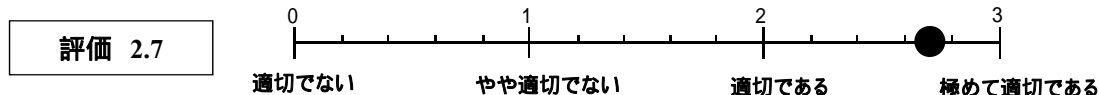
- (1) 電離圏擾乱の頻発する地域においても実用的な、ロバストな GNSS 補強システムが実現され、航空分野における GNSS ベース航法の利用拡大に資する。
- (2) CARATS の推進に資するとともに、国際標準策定作業及び相互運用性検証実験を通じて我が国のプレゼンスの拡大及び産業界の国際展開に貢献する。

(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. 評価結果

I. 研究の必要性

(1) ニーズ及び内外の研究動向



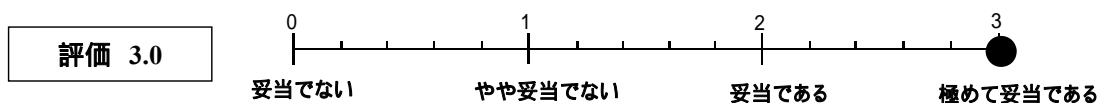
【所見】

- 研究担当者等のこれまでの活動と先行研究から、本研究のニーズや国内外の研究活動は十分に把握している。
- 脆弱性には、意図を背景とする/しない、発見が容易/困難、擾乱が長期/短期/ランダム、等性質を異にするものがある。対応法にも、国防的/制度的（欧州）/戦略的な差があり、複雑になりやすい。動向に敏感になる必要があります。
- 様々な国際会議参画等を通じ、ニーズ、国際動向を十分に把握している。
- ICAO における国際標準策定作業が進む中、国際会議への参画等内外の研究動向を充分把握している。

【電子航法研究所の対応】

関連する研究活動及び国際標準化作業の動向を把握するとともに、その変化にも注意を払い、柔軟に研究を実施してまいります。

(2) 本研究所で行う必要性



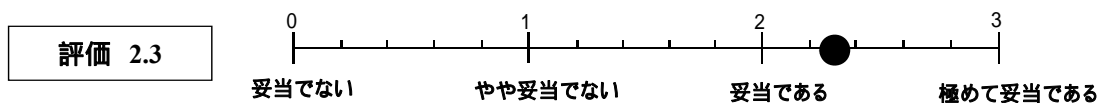
【所見】

- 本研究所以外ではできない研究であり、国際標準化策定作業の継続性からも、大いに必要性があると判断される。
- 本研究所はこれまで次世代 GNSS 補強システムの研究を進めプロトタイプを開発しており、研究成果等を国際標準化作業に反映させるために本研究所で実施する必要がある。
- 電子航法研究所でしかできない研究である。

【電子航法研究所の対応】

当所以外には実施が難しい研究課題であることを意識し、我が国として必要な成果を適時に提供できるよう努めてまいります。

(3) 科学的・技術的意義



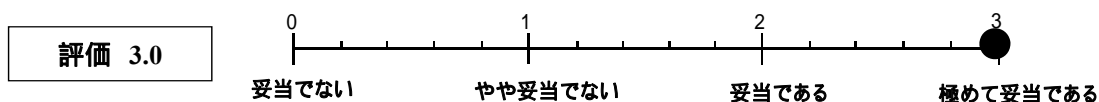
【所見】

- ・ 今後の国際標準化の動向などを考えると、本研究所が先導的に実施すべきものであり、科学的にも技術的にも大いに意義がある。
- ・ 政策課題と技術課題を分離し、技術課題の中から研究目標を選ぶのが無難な分野のようです。
- ・ 欧州が GAST-F 開発に乗り出しているところ、新たな知見で一步先を行けることを期待する。
- ・ 次世代 GBAS についてはこれから国際標準化が進められる中、先導性が大いに期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

当所においては技術的課題を担当するものであることを意識し、政策課題とは切り離すようにいたします。GAST-F については早期に成果を創出できるよう努めます。

(4) 社会的・行政的意義



【所見】

- ・ 我が国のみならず、国際的にも GNSS が導入されると期待でき、社会的・国際的意義は大きい。
- ・ 政策課題と技術課題を分離し、技術課題の中から研究目標を選ぶのが無難な分野のようです。
- ・ 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期待され、我が国のみならず他国における GNSS 導入にも有効である。
- ・ CRATS に基づき、意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

当所においては技術的課題を担当するものであることを意識し、政策課題とは切り離すようにいたします。社会的意義を自覚し、適時に適切な成果を創出するよう努めます。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性

評価 2.2



【所見】

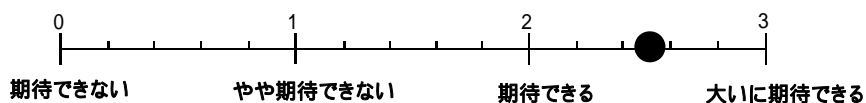
- ・ 実証実験を行うなど、適切に目標が設定されているが、先行研究で取り残した課題の解決も図っていただきたい。
- ・ インターネットではセキュリティ要素技術は国際技術課題であるが、セキュリティ監視・対応は標準外（保安・警備・ビジネスの分野）とされている。セキュリティ対策の検討は慎重に。
- ・ プロトタイプによる技術実証を行う等、目標が適切に設定されている。
- ・ もう少し、内容を広げても良い。

【電子航法研究所の対応】

本研究で対応すべき課題について、周辺の動向も見据えながら柔軟に対応するように努めます。

(2) 達成目標のレベル

評価 2.5



【所見】

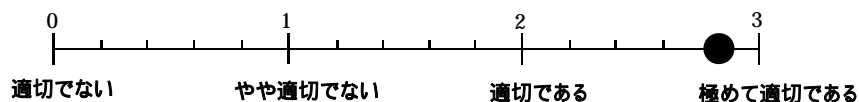
- ・ 最適な運用実験を計画しており、目的達成に向けて妥当である。
- ・ 国際標準の検証/日本への適合性評価は是非進めていただきたい。
- ・ 相互運用性実験を計画しており、目標レベルは高い。

【電子航法研究所の対応】

達成すべき目標を常に意識するとともに、可能であればエクストラサクセスを得られるようチャレンジしていく所存です。

(3) 研究成果の活用と波及効果

評価 2.8



【所見】

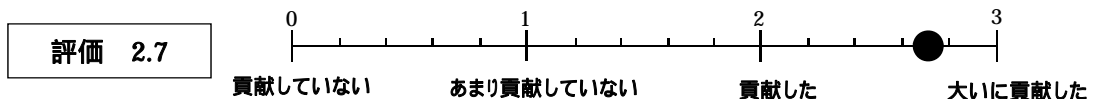
- ・ 国際相互運用は国際的にも活用が大いに期待できる。
- ・ 「電離層モニタが不要となる」は理解できますが、本当ですか？
- ・ 次世代 GNSS 対応システムの開発は電離圏活動の影響を受け易い。
- ・ 我が国にとってメリットは大きい。国際的、また産業界への波及が期待できる。

【電子航法研究所の対応】

研究を進める中でも研究成果の活用方策を意識し、出口戦略の具体化に努めます。コスト面及び運用面の検討や、航空分野以外への波及も図ってまいります。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



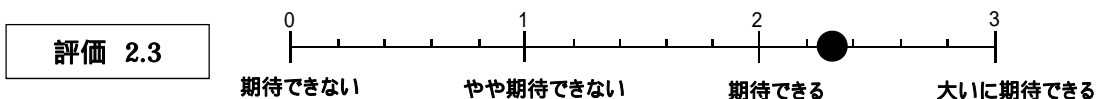
【所見】

- ・ プロトタイプによる実証実験計画とその手法が明確であり、研究の進め方は極めて適切であると判断できる。
- ・ やるべきことを早く進めてください。
- ・ 研究の手順及び手法は検証実験を中心として適切に設定されている。

【電子航法研究所の対応】

国際標準策定作業の進捗に配慮しつつ、可能なものから成果を創出していくよう努めます。

(2) 研究実施体制の妥当性



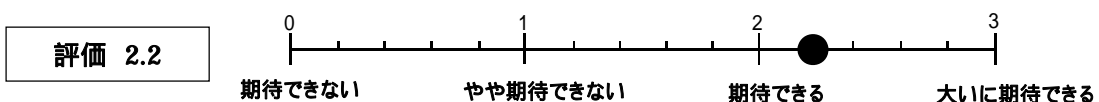
【所見】

- ・ 研究成果が大いに上がった先行研究を引き継ぐ形であり、他機関とも十分連携がとれており、極めて妥当である。
- ・ 関連機関を増やすだけでなく、実質的な強化を進めてください。
- ・ (3) 予算設定の妥当性についてもいえることだが、大規模研究を進めるにあたり所外資金、外部との連携を進めている点を高く評価しつつも、内部のみで実施できないタスクについてのリスク管理等が研究部門の負担とならないよう配慮をお願いします。
- ・ ICAO における国際標準策定動向、及び我が国における準天頂衛星システムの拡張計画を踏まえて設定されており実施体制は極めて妥当である。

【電子航法研究所の対応】

共同研究等関連機関と実質的な連携を図るとともに、連携強化にあつては外部リソースの活用に起因するリスク管理の軽重も含めて判断するよう努めます。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

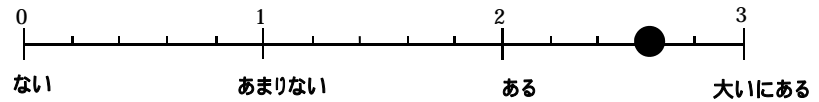
- 概ね妥当な範囲であると判断されるが、実験内容からは若干の資金不足が懸念される。
- 研究を進めていく中で飛行実験が計画されており、予算設定段階では不透明な部分も考えられるが研究途中での経費削減の努力が必要である。

【電子航法研究所の対応】

予算削減の努力を継続するとともに、特に費用を要する飛行実験については他領域との連携等による効率化も検討いたします。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

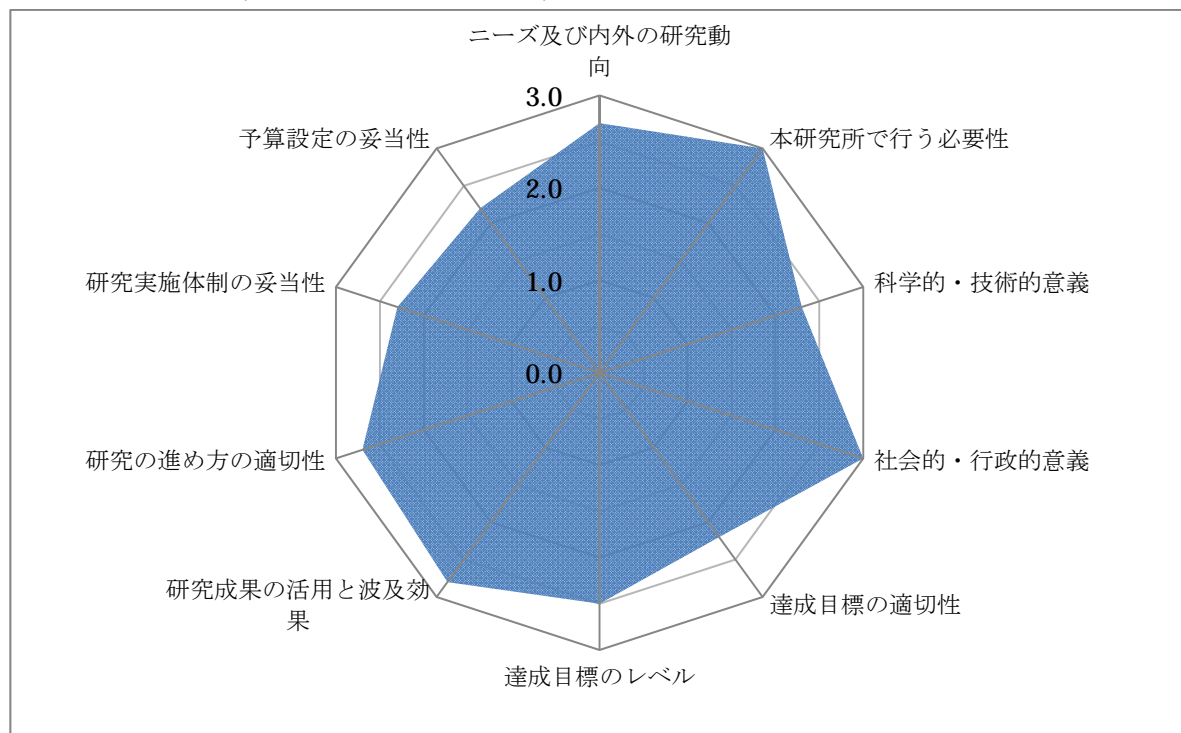
2.6



設定理由 各評価項目の合計点数 = 25.7

評価項目数 = 10

$$(25.7 \div 10 = 2.6)$$



【所見】

- 研究目標もその進め方も明確であり、国内外への社会的貢献も大きい。研究成果に大いに期待したい。
- 将来に向けての重要課題であるとともに、電子航法研究所のこれまでの柱ともいえる研究であり、着実な進捗、成果を期待する。
- 新しいGNSS環境に対応した進入着陸システムについての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し、航空分野におけるGNSSベース航法の利用拡大を図ることを期待します。更に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ベースの航法の早期確立に資してほしい。
- 本研究はCARATSの中核をなす重要な研究であり、電子航法研究所でしかできない研究である。国際標準化への貢献と、機器試験を通じて産業界との連携を期待します。
- タイトルと内容のギャップに関して、結果として繋がるような成果を期待する。実験や、調整が多く、労力が大きいと考える。（本研究所にて対応しなければならないことは、明白である。）

【電子航法研究所の対応】

当所に対する期待を自覚し、適時に適切な研究成果を創出するとともに、周辺の動向を常に把握して柔軟な姿勢で研究を実施していく所存であります。

【その他、ご助言】

- 早く進めること/検討しなければならないこと/気になっていること、が混在しているようです。常に整理して、優先順位を見直してください
- GNSS利用の高度化を加速させ運航の効率化、空域の有効利用の改善に資することを期待します。
- 研究課題名にある「進入着陸誘導システム」とあるが、本研究は航法に特化した研究である。誘導システムの構成要素に関する研究といえるが、誤解を生むかもしれない。

【電子航法研究所の対応】

研究活動は常に限られたリソースにより実行するものであることに留意し、優先順位を不断に見直しながら効率的な研究活動に努めます。

事前評価実施課題②

- 研究課題名：航空通信基盤の高度化に関する研究
- 実施期間：令和2年度～令和5年度 4カ年計画
- 研究実施主任者：河村 暁子（監視通信領域）

1. 研究の背景、目的ニーズ及び内外の研究動向

(1) ニーズ及び内外の研究動向

近年、航空システムから取得した様々な情報を関係者間で共有し、より安全で効率的な運用を行う SWIM (System Wide Information Management) が検討されている。このような次世代の航空情報共有のために、通信速度が速く大容量を扱え、IP(Internet Protocol)化に対応できる次世代航空通信システムの導入が近づいている。次世代航空通信システムとして唯一 ICAO の標準規格策定が終了している AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communications System) は、2022 年より航空機搭載無線機の提供が予定されている。その後しばらくは、様々な世代の航空通信システムを用いる機体が混在することが予想される。現在の航空データ通信は、機体の受信状況等に応じて搭載無線機を選択し使用しているが、飛行中の切替えなどによる接続率の低下に問題がある。一方、ICAO Doc. 9869 は航空管制データ通信について高い接続率を要求しており、あらゆる飛行フェーズの航空機が通信接続率の要件を満足できる高度な航空通信基盤を実現するため複数の通信システムおよび通信経路を用いた接続率等の評価開発が必要とされている。さらに通信の IP 化に伴い、通信の秘匿・優先度選択技術の評価実証や新しい規格の標準化も必要となる。

本研究は、現行および次世代の航空通信、電波伝搬および航空用ネットワーク技術に関する知見が必須である。それらの知見を有する各分野の実務家、専門家と協力の上、すでに保有している AeroMACS のプロトタイプも使い、将来の航空通信システムの研究調査結果および航空機搭載アンテナや機体の影響を含めた電波伝搬特性、航空用ネットワーク技術により効果的に接続率等を評価し、研究を実施できるのは当研究所である。

(2) 研究の目的

将来の空港及び空港周辺に係る航空交通の安全、効率、定時性向上に資するため、既存の AeroMACS プロトタイプも活用しながら、複数の通信システムを含む航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築し、飛行中の接続切替えによる接続率の低下や通信の秘匿・優先度選択技術の実証評価を行う。

① 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

既存の AeroMACS プロトタイプを活用の上、航空機や車両と地上の間を連携可能な航空用高速通信ネットワークのプロトタイプを構築し、次世代航空通信システムの導入期に起きうる課題を実環境下で性能評価できる点で科学的・技術的意義がある。

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

次世代航空通信システムの導入期において、複数の異なる通信システムが利用される環境において高い接続率を担保しつつ高速通信を実現することは、安全性向上だけではなく、通信処理容量を増加させるため、定時性、効率性向上にも寄与可能である。また、航空における IP 規格標準の策定にも利用、貢献できる点で社会的・行政的意義がある。

2. 研究の達成目標

- (1) 既存の AeroMACS プロトタイプを活用して、航空機、車両、地上間で接続可能な複数の通信システムおよび通信経路を含む検証ネットワークシステムを開発する。
- (2) 複数の通信システムが利用される際、通信経路に拠らず情報の重要度に応じて通信を秘匿化しシステムを選択するための評価実証を行う。

(3) 航空の IP 化関連技術の標準規格化活動に参画し、性能評価結果の提案に基づき、貢献を図る。

3. 成果の活用方策

(1) 開発した航空用高速通信ネットワークのプロトタイプは、既存よりも高速な通信を含む複数の航空通信路を確保でき、安全、効率、定時性向上が期待できる。

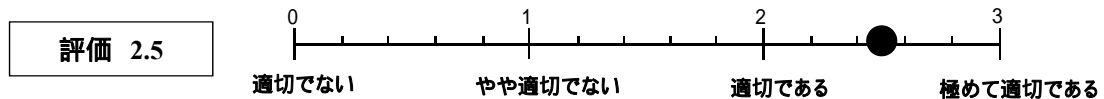
(2) 通信の秘匿・優先度選択技術の実証評価によって、限られた通信資源のより効率的な利用が期待できる。

(3) 標準規格及び技術文書の策定、検証作業に関する研究成果の提案文書及び技術文書は、施策意思決定や関連規格の根拠として活用できる。

4. 評価結果

I. 研究の必要性

(1) ニーズ及び内外の研究動向



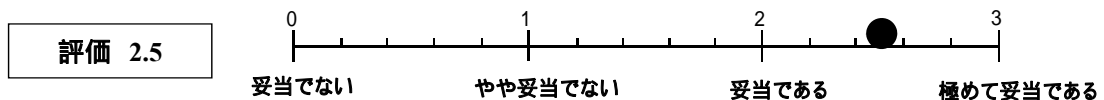
【所見】

- ・ 先行研究を通して社会的ニーズや国内外の研究動向は十分に把握している。
- ・ ご提供いただいた追加資料では、航空通信用 IP が主として記述されています。新幹線等の高速移動体を含めて、IP に関する研究評価は多数あり、それらの分析を必要とすると感じます。
- ・ 先行研究の結果からみても航空通信に係る内外の研究動向、必要性を十分に把握している。

【電子航法研究所の対応】

ご助言をもとに、航空以外的高速移動体の IP に関する研究資料の分析も行いたいと考えています。

(2) 本研究所で行う必要性



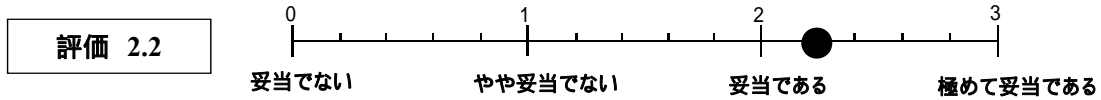
【所見】

- ・ 航空通信に関するこれまでの経験と知見から、本研究所以外では不可能な研究である。
- ・ ENRI には頑張ってもらいたいが、国内唯一の研究機関であることを理由とするだけで十分な時代は過ぎているのではないのでしょうか。
- ・ 先行研究の結果からみても本分野の十分な技術、知見を有しており本研究所で実施する必要性は極めて大きい。

【電子航法研究所の対応】

本研究所が十分に役割を果たせるよう、研究体制の構築や関係各所との協力を図りながら研究を進めてまいります。

(3) 科学的・技術的意義



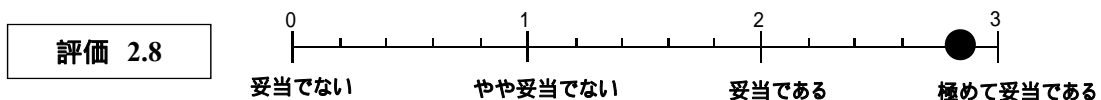
【所見】

- ・ 次世代航空通信システム実環境で評価・実証できることは技術的な意義が大いにある。
- ・ 航空分野の通信技術研究を行う意義は高いのですが、実際に活用される技術開発を目指しているようには感じられません。
- ・ 次世代航空通信網の導入期に起こりうる諸課題を実環境下で性能評価を実施する事は科学的、技術的意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

航空の現場で使われる実用技術であることを念頭に置いて、研究を進めていきます。

(4) 社会的・行政的意義



【所見】

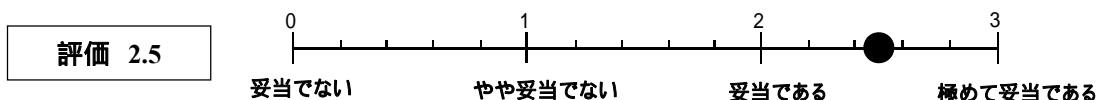
- ・ 安全性や効率性を含むサービス向上という点でも社会的・行政的意義は大きい。
- ・ 行政が導入を判断する根拠を示すことが主な目的（意義）と解釈します。
- ・ 複数の異なる通信システムが混在する中で高い接続率を担保しながら高速通信を実現することは安全性効率の有効な研究である。
- ・ 社会的ニーズ、航空局の施策に沿った意義ある研究である。

【電子航法研究所の対応】

本研究の成果が、航空の安全性や効率性を向上させ、社会の要請に応えられるよう、常に意識しながら研究を進めていきます。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



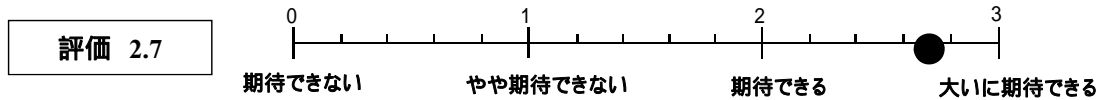
【所見】

- ・ 初期の目的を達成できるよう適切に設定されていると判断される。
- ・ 数値目標は示されていないようです。管制通信を例にとると、要求される情報量、各種パフォーマンス諸量、安全性要求などが与えられないと航空通信の達成目標が数値化できない。このような手順を踏んでいないようです。
- ・ 検証システムの開発から評価実証まで達成目標を段階的に設定されており、達成目標は適切である。

【電子航法研究所の対応】

本研究は数値目標での効果よりも、評価手法の開発に重きをおいて研究を進めようと考えております。開発する検証システムを用いて航空通信ネットワークの評価手法を明らかにし、接続率の向上策の検討に取り組みます。

(2) 達成目標のレベル



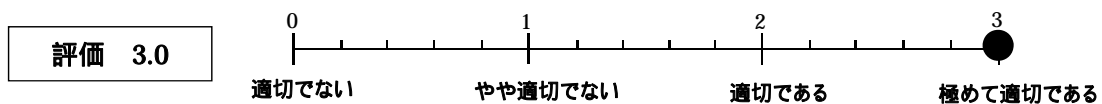
【所見】

- ・ ICAO モデルの実装は難易度が高いが、これまでの経験と実績を考えると極めて妥当である。
- ・ 事前の解析が十分とは言えないようです。IP マルチリンクについては、映像（高速）、金融決済（情報の健全性）などカッコ内に表現した目標に応じて、様々な方式が考案され使用されています。目標のレベルが検討され、解決策が複数用意され、総合評価されるのが普通と思います。
- ・ ICAO 提案モデルの実証を目標に掲げており、達成目標レベルが高く設定されている。

【電子航法研究所の対応】

航空通信以外の分野の IP マルチリンクも研究遂行の参考とし、検証システムの開発から評価手法の確立、課題抽出、実験用航空機を用いた実証試験のなかに技術課題を複数含む形での達成目標のレベルを担保し、これまでの知見にも基づいた研究開発を進めることを考えております。

(3) 研究成果の活用と波及効果



【所 見】

- ・ 次世代航空通信システムを導入する上で欠くことのできない研究であり、そのうえで研究成果は大いに期待できる。
- ・ 研究費に見合う成果の活用を期待します。
- ・ 航空通信の IP 化が推進される中、データ通信の更なる活用が図られればパイロット・管制官の負荷が軽減され、安全性・運航効率の向上に期待出来る。
- ・ 成果の活用は確実である。

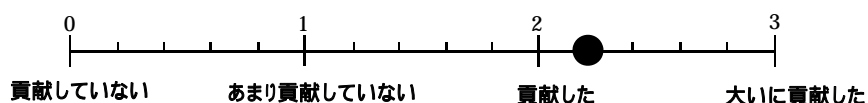
【電子航法研究所の対応】

本研究によって、現行の航空通信の切替え時や次世代システム導入期においても高い接続率が維持できれば、データ通信の活用が進み、航空の現場の負担軽減につながると考えております。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性

評価 2.2



【所見】

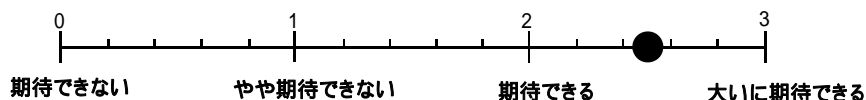
- ・ 先行研究での経験と実績を考えると、研究の進め方に問題はないと考える。
- ・ 通信システムの導入を行う前に、将来の航空通信システムに求められる要求諸元が複数あることを整理するよう勧めたい。つまり AVPACoverIP のように既存通信の置き換え、品質に重きを置かない大量情報転送、管制通信、緊急通信、機微な情報通信などがありそうで、その通信制御はいずれの機能が重視されるかを想定しないと、如何なる機能インタフェースを有する通信システムの導入が適切なのか判明しないのではないのでしょうか。事前の評価が重要です。
- ・ 先行研究の資産を大いに活用している研究方法であり、研究の手法及び手順は適正に設定されている。

【電子航法研究所の対応】

ご助言のとおり将来の航空通信システムに求められる要求諸元を整理しつつ、段階を踏んで研究を進めてまいります。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.5



【所見】

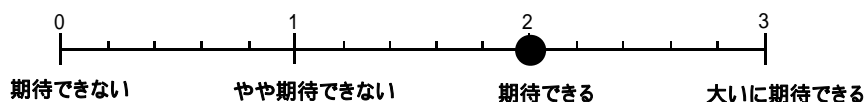
- ・ 極めて妥当であり、所内並びに他機関との連携も適切である。
- ・ 外部研究機関、外部事業者等との連携が計画されており研究実施体制は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

これまでの研究で培った所内外の研究者・機関・メーカー等との連携の枠組みを引き続き活用しながら研究を進めてまいります。

(3) 予算設定の妥当性

評価 2.0



【所見】

- 妥当であるとする。
- かなり高額予算を計画しているので、将来の研究にも役立てられるよう、有効な執行をお願いします。
- 設定された予算計画は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

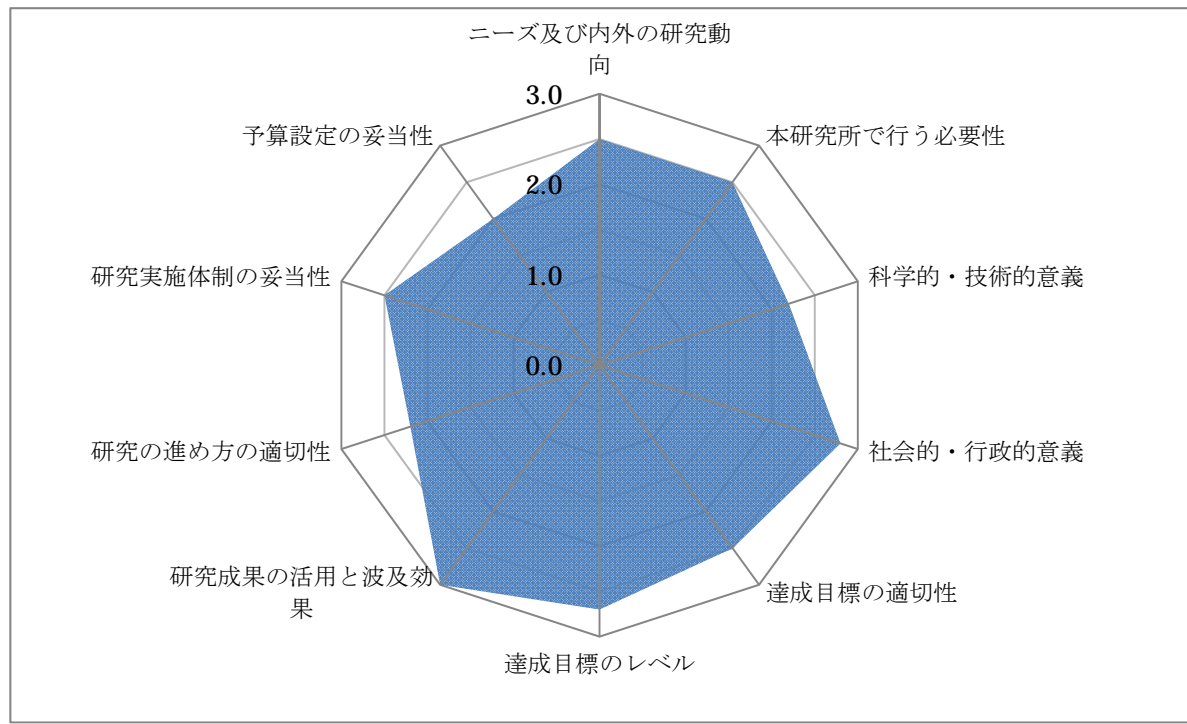
これまでの研究で得られた資産や設備を有効に活用しつつ、適切に予算執行を行います。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 24.9
評価項目数 = 10
(24.9 ÷ 10 ≒ 2.5)



【所見】

- ・ 次世代航空通信システム構築のために必要不可欠の研究であり期待するところ大である。5Gをにらみながら研究を進めていただきたい。
- ・ 当研究所の持つこれまでの知見、技術を活用し研究の成果を航空交通の安全性、効率性の向上に貢献するため、当研究所が次世代航空情報共有のためのIP化関連技術の標準規格化活動に積極的に参加し、航空通信基盤の更なる向上の研究を継続してほしい。
- ・ 次世代航空通信システムのニーズに沿った意義ある研究である。
- ・ 実験評価の手法は、本実験のみでなく、今後の様々な通信機能やシステムを評価、検証のツールや基盤になるものと期待できる。

【電子航法研究所の対応】

通信の新技术へ柔軟に対応しながら、次世代航空通信基盤の更なる向上を目指し研究を行います。

【その他、ご助言】

- ・ Integrated CNS への進展とともに、Communication 自体も Integrated された複数メディアを利用するネットワークに進化すると想定される所、IP 化を核として所内・所外資源を併せ、物理層から上位ネットワークにまたがった研究を推進できるよう、システム全体を見通せる研究員の育成に繋げて行っていただきたい。

【電子航法研究所の対応】

ご助言をもとに、航空通信のIPネットワーク化を核として新たな航空通信の研究を推進していきます。

事前評価実施課題③

- 研究課題名：気象要因による運航制約条件を考慮した軌道調整に関する研究
- 実施期間：令和2年度～令和5年度 4カ年計画
- 研究実施主任者：瀬之口 敦（航空交通管理領域）

1. 研究の背景、目的ニーズ及び内外の研究動向

(1) ニーズ及び内外の研究動向

協調的な運航前の軌道調整を実現するにあたっては、天気図等から悪天域を読み取り、航空機運航や航空交通に及ぼす影響および空域容量に対する制約を判断する高度な能力が要求される。これを支援するために、現状では航空交通気象センターから悪天に係る一般的な気象情報とともに航空交通気象時系列予報（ATMet 時系列）が提供されているが、それでもまだ航空機運航や航空交通に及ぼす影響および空域容量に対する制約を直感的かつ定量的に把握することは容易ではない。ATMet 時系列等の気象情報に対して航跡データや航空交通流制御実績データ等から求めた航空機運航や航空交通に及ぼす影響との相関を調べる等、飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けを行う研究開発が必要とされている。

(2) 研究の目的

本研究の目的は、悪天の航空機運航、航空交通への影響および空域容量に対する制約を可視化・定量化し、航空交通流管理および航空機の運航管理の高度化を図ることである。

①科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けが行われた国内の研究開発は見当たらない。

②社会的・行政的意義（実用性、有益性）

CARATS 施策の課題解決に資する。また、運航者および管制官で共通の状況認識の向上や関係者の作業負荷の低減に繋がる。さらに、航空機の運航効率の向上や航空交通流制御の高度化による地上待機遅延の減少が期待できる。

2. 研究の達成目標

悪天の航空機運航、航空交通への影響および空域容量に対する制約の可視化・定量化、それ自体が課題であるため、これまでに国内で公表されていない飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断に資する気象情報の意味付けを提案することが目標である。これを達成するために、下記の3点を実施する。

- (1) 悪天の発生傾向や管制空域および飛行経路との関係性、回避状況などを分析し、回避条件やバッファの推定、回避方法のモデル化を行う。
- (2) 米国等の取り組みを参考にしつつ、現状比較等により我が国に適した運用判断指標を検討することで、悪天による航空交通流管理への影響度を定量化する。
- (3) (1)の分析および(2)の評価の実施を容易にするための実験用評価システムを開発し、研究成果を可視化する。

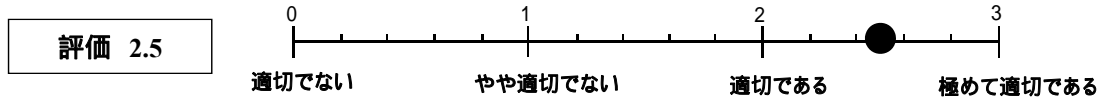
3. 成果の活用方策

悪天回避のモデル化は実現できれば軌道計算に組み込めるため、将来の軌道ベース運用の検討に役立つ。また、飛行経路の選択や航空交通流制御の実施判断支援に資する気象情報の意味付けによって、今後のよりよい運航前の協調的な軌道調整の検討に発展させられる。

4. 評価結果

I. 研究の必要性

(1) ニーズ及び内外の研究動向



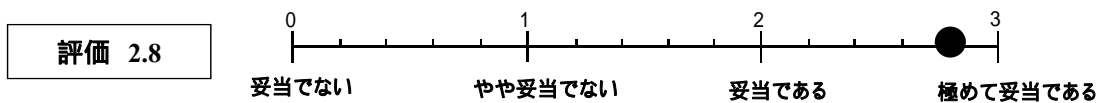
【所見】

- ・ ニーズは明確であり、米国の取り組みや運用事例も熟知している。
- ・ 航空気象の適時提供や可視化に対するニーズは、管制業務や運航会社（特に運航管理者）から強く発せられている。殊に、高高度の気象変位観測が可能となりつつあり、実用化を目指す ENRI ないし ENRI 経験者の活動に対する評価は高まっている。
- ・ ICAO/CARATS では悪天の航空機運航、航空交通への影響等を可視化・定量化することを求めており、海外の研究動向を把握出来ている。

【電子航法研究所の対応】

引き続きニーズおよび内外の研究動向の把握に努めます。

(2) 本研究所で行う必要性



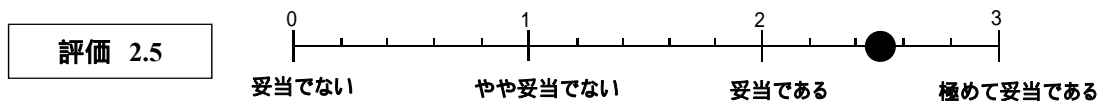
【所見】

- ・ 先行研究を通して十分な知見と実績を有しており、航空データを扱うことから本研究所以外にない。
- ・ ENRI 並びに ENRI 経験者の活動が注目されている。
- ・ 気象と運航に関して知見を多く有しており、当研究所が本件を実施する必要性は十分である。
- ・ 研究所が中心となって進めるべき研究である。

【電子航法研究所の対応】

様々な連携を意識して ENRI の重点研究として進めてまいります。

(3) 科学的・技術的意義



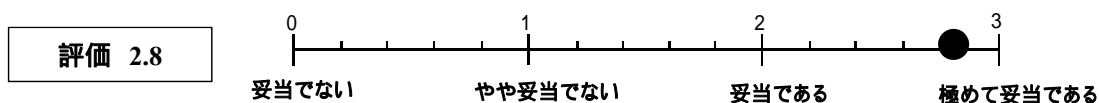
【所見】

- ・ 飛行経路の選択や航空管制に資する気象データの解明ができれば、科学的、技術的に大いに意義がある。日本独特の知見が得られれば独創性も見いだせると期待したい。
- ・ 気象衛星画像の多周波化により立体気象図とその可視化技術が進み、その活用を契機として技術的發展が期待される分野である。
- ・ 空域における悪天が航空機運航、管制運用方式に与える影響について定量化・数値化する研究は独創性があり科学的・技術的意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

航空気象ならびに航空機運航や航空交通管理の専門的知見に寄与できるよう、特に各分野の現業の方々よりご意見を伺って、科学的・技術的意義のある研究成果を創出できればと考えております。

(4) 社会的・行政的意義



【所見】

- ・ 航空交通流制御の実施判断に資するデータの解明ができれば社会的・航空管制に資するところは大きい。
- ・ 社会的・行政的効果を発現しやすいテーマである。
- ・ 航空管制官が交通流制御の実施判断に資する基準が定量的に示される意義は大きい。
- ・ 運航者、管制官の負荷軽減につながり、飛行安全に貢献する。

【電子航法研究所の対応】

種々の立場の利用者にとってわかりやすく有益な研究成果となるように留意いたします。また、CARATS や学会等の場をお借りして研究成果の発信に努めます。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



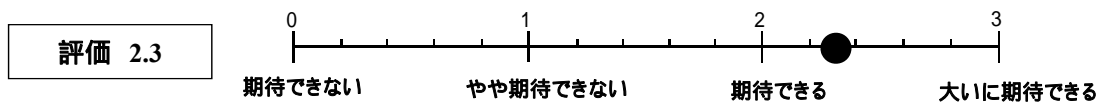
【所見】

- ・ 目標設定は明確であり、達成指標も適切である。
- ・ 個別に実施されている本分野の既存研究を総合し、当面の効果が高い対象から取り組んでいるなど、目標達成の確度は高い。
- ・ 研究目的の設定は極めて適切である。

【電子航法研究所の対応】

計画に沿って着実に研究を進めることで目標を達成したいと考えております。

(2) 達成目標のレベル



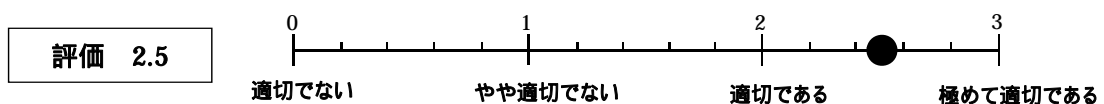
【所見】

- ・ 悪天候回避モデルの構築や定量化の目標レベルは妥当である。
- ・ 成果の活用が想定される対象を選定している。
- ・ 悪天候回避のモデル化、悪天による交通流管理への影響度の定量化・可視化等の達成目標のレベルは妥当である。

【電子航法研究所の対応】

悪天の航空機運航、航空交通への影響および空域容量に対する制約の可視化・定量化が望まれており、その期待に応えられるように研究を進める所存です。

(3) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

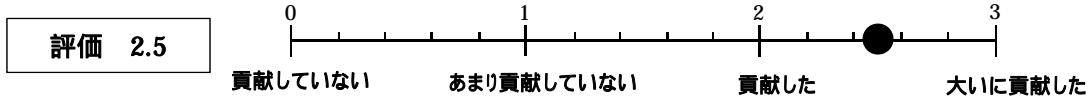
- ・ 交通流管理に研究成果が活用することが期待できる。波及効果も少なくない。
- ・ 成果の活用が想定される対象を選定している。
- ・ 研究成果の活用及び波及効果は日常業務の航空交通流管理及び運航効率の高度化に大いに期待できる。
- ・ 成果の活用が期待できる。
- ・ 管制運用と気象状態・運航の関連性に関する知見の構築を通じ今後の波及効果を期待する。

【電子航法研究所の対応】

航空交通流管理および航空機の運航管理の高度化に寄与する他、将来の軌道ベース運用や今後のよりよい運航前の協調的な軌道調整の検討に発展させられるよう、研究に取り組んでまいります。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



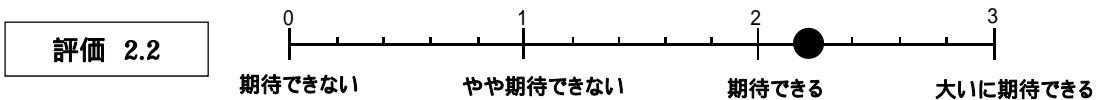
【所見】

- ・ 先行研究の経験を生かしており適切である。
- ・ 研究組織の調整がある程度行われている模様であり、具体目標が選定されていると判断する。
- ・ 研究の手法及び手順は適切である。

【電子航法研究所の対応】

悪天の航空機運航、航空交通への影響および空域容量に対する制約の可視化・定量化が望まれており、その期待に応えられるように研究を進める所存です。

(2) 研究実施体制の妥当性



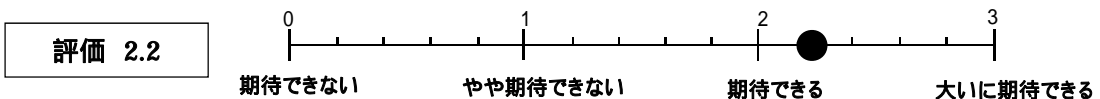
【所見】

- ・ 所内および他機関との連携および共同研究を計画しており、妥当である。
- ・ 研究組織の調整がある程度行われている模様であり、具体目標が選定されていると判断する。
- ・ 研究体制については妥当である。所内研究者との連携、所外研究機関との共同研究が計画されているが、更に日常運航に携わっている運航者、航空交通流管理官及び航空交通気象センター等からの意見を十分に聞いてほしい。

【電子航法研究所の対応】

現業の方々との意見交換を行う機会を可能な限り設けたいと考えております。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

- ・ 研究実施に過不足なく設定されていると判断できる。
- ・ 常に予算の効率使用を心掛けてほしい。
- ・ 予算の設定は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

公正で適切、かつ効率的な予算の執行を心掛けます。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

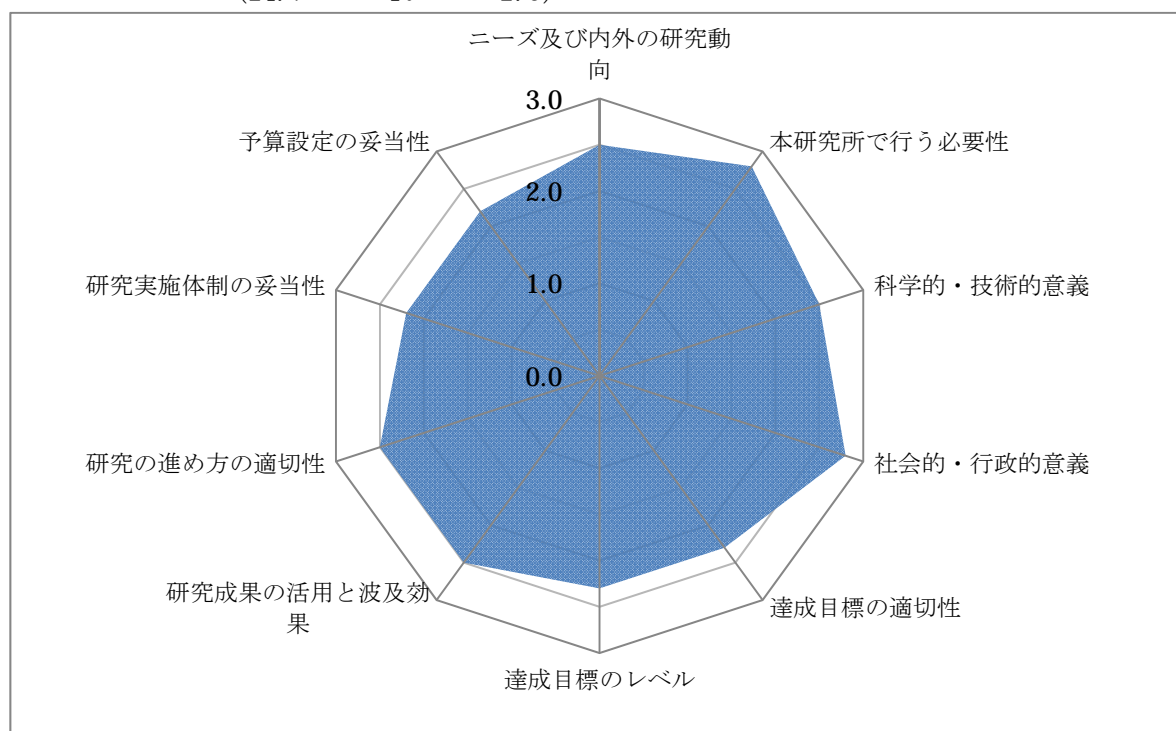
2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 24.7

評価項目数 = 10

$$(24.7 \div 10 \doteq 2.5)$$



【所見】

- ・ 目標設定も明確で大いに期待したい。米国の踏襲ではなく、本国独自のシステムの構築に期待したい。
- ・ 近年、管制運用に対する管制運用支援ツールの研究が多く進められている中、悪天による飛行中の経路回避は運航者による要求があり、要求に基づく管制指示/許可ですが、悪天の航空機運航、航空交通への影響及び空域容量に対する制約を定量化・可視化することは運航者の最適な飛行経路の選択及び航空管制官の判断基準共通認識の向上、作業負荷の低減につながり不必要な管制遅延を防ぐことが出来る。本研究結果が航空交通流管理の高度化（将来の軌道ベース運用）及び航空機運航の更なる安全性向上に資することを期待します。
- ・ 研究成果が実運航者、管制官によって活用されることが期待される。
- ・ イレギュラーな気象変化が多い我が国において、大陸型の Permeability が適切か否かを考えるのみならず、ATC 運用への影響度合い、気象変化のパターン等から、より適切な指標とできることを期待する。
- ・ 本来目指すべきレベルは、時間の予算も足りないと考える。人の知識を経験から行っている判断の自動化、システム化と考えるので、かなり大きなテーマであると思う。
- ・ 単なる permeability の提供にとどめることなく進めて欲しい。

【電子航法研究所の対応】

本研究は我が国における種々の立場の利用者にとってわかりやすく有益な研究成果をできるだけ確実に還元することを目指したのですが、一方で研究の課題そのものはより大きな将来の軌道ベース運用の実現に直結するものです。そのため、計画した目標を達成できるように研究を進めるとともに、中長期的な観点から将来の研究開発についても検討していきたく存じます。また、本研究領域の裾野拡大に貢献できればと考えております。

【その他、ご助言】

- ENRI 内部の事前評価が必ずしも高くないが、得られた成果を ENRI 内外に随時発信することで理解を深めることも必要でしょう。
- 研究実施体制として所内連携及び共同研究等の外部連携を計画しているが、更に日常運航に携わっているパイロット、運航管理官、航空交通流管理官、現場管制官及び航空交通気象センター等からの意見も十分聞いてほしい。
- せっかくの機会でもあり、エアラインと連携しての実フライト情報の収集機会とできれば今後の他の研究にも有益ではないか？

【電子航法研究所の対応】

研究成果の発信および現業の方々との意見交換を積極的に実施したいと考えております。また、本研究は管制機関だけでなく運航者や気象情報提供機関との連携が非常に重要となりますので、本研究への協力依頼に限らず今後のコラボレーションを模索するようにいたします。