



平成 24 年度

独立行政法人電子航法研究所 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)

平成 25 年 3 月

独立行政法人 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 20 年 10 月 31 日 内閣総理大臣決定）及び独立行政法人電子航法研究所評議員会規程に基づき、独立行政法人電子航法研究所（以下「研究所」という。）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、次の通りである。

- (1) 平成 24 年度に終了する重点研究課題（4 件）
 - ① 将来の航空用高速データリンクに関する研究(事後)
 - ② 携帯電子機器に対する航空機上システムの耐電磁干渉性能に関する研究(事後)
 - ③ 空港面監視技術高度化の研究(事後)
 - ④ トラジェクトリモデルに関する研究(事後)
- (2) 平成 25 年度に開始する重点研究課題（3 件）
 - ① 航空路監視技術高度化の研究(事前)
 - ② 「Full 4D」の運用方式に関する研究(事前)
 - ③ GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式の研究(事前)

3. 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日:平成 25 年 3 月 28 日
- (2) 出席評議員:5 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 アーキテクチャ科学研究系 教授
評議員	井上 和夫	財団法人 航空保安無線システム協会 理事長
評議員	田崎 武	財団法人 航空交通管制協会 専務理事
評議員 (座長)	中須賀 真一	東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
評議員	林 尚吾	東京海洋大学 海洋工学部 海事システム工学科 教授
評議員	宮沢 与和	九州大学 大学院工学研究院 航空宇宙工学部門 教授

[敬称略 五十音順]

事後評価実施課題①

○研究課題名: 将来の航空用高速データリンクに関する研究

○実施期間: 平成 21 年度～平成 24 年度 4 力年計画

○研究実施主任者: 北折 潤 (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) ニーズ及び海外の研究動向

ICAO が航空用高速データリンクを検討した際、欧米によって FCS (Future Communications Study) の最終報告がまとめられた。対空通信システムは候補を一本化できなかつたため、便宜上これらの候補を LDACS (L-band Digital Aeronautical Communications System) と総称し、今後更なる絞込み、標準化が進められていく見込みである。標準化にあたっては、諸元・特性等が我が国の実情に適合し、将来我が国への導入が可能であるかどうかを見極めていく必要がある。そのため、対空通信システムの評価検証を行い、必要に応じて標準化作業に我が国の意見を反映させていくことが必要である。

(2) 研究の目的

航空用高速データリンクには、基本技術として OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) が採用されてきている。ソフトウェア実装技術を用いて OFDM を含む様々な変調方式や符号化方式の評価に柔軟に対応できるような新たな通信システム評価用機材の開発を行い、データリンク高速化技術および周波数有効利用技術について研究する。

① 科学的・技術的意義 (独創性、革新性、先導性)

広域・高速移動体に起因する課題はいまだ多い。このため実装技術から通信性能に至るまでの様々な知見が得られ、将来の対空通信の発展に欠かすことのできない技術を蓄積できる。

② 社会的・行政的意義 (実用性、有益性)

将来の航空用高速データリンク技術について得られた結果を、国際標準に反映させることができる。また、日本の空域に適した将来の対空通信システムや運用方法の構築の検討に役立つ。ソフトウェア実装技術の導入は廉価なシステム設計につながり、システムコスト低減に貢献できる。

2. 研究の達成目標

(1) LDACS 及びその周辺の技術に関する調査を行い、システム適用時の問題点、改善策等を明確化する。

(2) ソフトウェア実装技術による LDACS の物理層実験装置を開発する。

(3) 当該実験装置を用いて電波環境評価を行う。

3. 目標達成度

(1) LDACS の調査及び計算機シミュレーションの結果、LDACS 規格の送信スペクトラムマスク変更や誤り訂正符号パラメータの誤解と思われる不明瞭な点等が散見された。誤り訂正符号パラメータの件は ICAO にも報告し LDACS 開発

チームへフィードバックされた。

- (2) 物理層実験装置の開発では、例えば未決定パラメータを他の携帯電話規格から引用するなどして規格の不足分に対応した。また、日本無線と共同研究を実施し、LDPC 符号の誤り訂正能力の優位性を明らかにした。
- (3) 幾つかの LDACS1/2 フレームと通信路条件下での計算機シミュレーション及び通信特性実験を行った。実験結果は ICAO にも報告し LDACS 開発チームへフィードバックされた。

4. 成果の活用方策

- (1) LDACS の世界的技術動向自体が停滞期にあるが、本成果から LDACS1 による高速データリンクは可能と考えられる。今後の技術動向への後押しにつながると期待できる。
- (2) ソフトウェア無線を利用して製作した物理層実験システムは安価でカスタマイズも容易である。他のシステムの性能検証にも転用できる。LDACS 物理層に関する BER 特性等の成果は他のシステムへの適用も考えられる。
- (3) シミュレーション及び実験結果の提供により、規格への根拠として活用でき、また規格の補強・修正に寄与できる。
- (4) 研究対象自体に直接的なシーズの創出は難しいと思われるが、高速移動体での BER 特性や誤り訂正特性等の成果・知見が通信システムの性能向上に結びつくものとする。

5. 成果の公表等

(1) これまでの公表等

- 電子航法研究所発表会 1 件
- 国内学会論文誌等 2 件 (電子情報通信学会論文誌 2 件)
- 国際学会 2 件 (IEEE WCNC、IEEE DASC)
- 国内学会 4 件 (電子情報通信学会 3 件、GNU Radio WS)
- 国際会議 1 件 (ICAO ACP)
- 雑誌等 1 件 (航空無線)

(2) 今後の公表予定

- 所外発表 1 件 (会議等未定)

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】

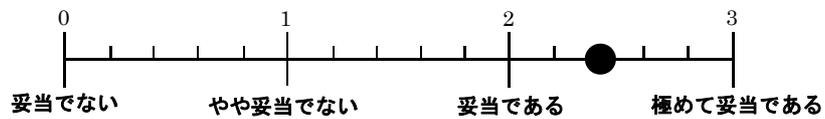
- ・ おおむね良いが、もっと短期間で集中してできないかの疑問が残る。
- ・ LDACS 開発には様々な課題があるので、物理層に焦点を置いた研究計画は適切である。

【電子航法研究所の対応】

リソースの集中や課題の選択方法について改善していきたいと思います。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.4



【所見】

- ・ 現行のデータリンクの実測評価や実性能の知見が反映されると良かった。すでにこの知見を有するグループとの共同があるのか判明できない。
- ・ 大学及びメーカーとの共同研究 2 件を実施している。

【電子航法研究所の対応】

現行データリンクの実測評価等はあまり行われておらず、あっても運用管理のためのものがほとんどで、本研究では反映できませんでした。これらのデータを利用できるように関係機関を介して入手していきたいと考えています。

(3) 予算設定の妥当性

評価 2.4



II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度

評価 2.4



【所見】

- ・相互評価ができています。
- ・通信性能検証は、2方式の優劣を比較するものではないように思う。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘の通り、方式の優劣は他要素も含め総合的に判断されるものです。本研究の評価結果はその判断材料の一部として提供していきます。

(2) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

- ・成果を国際標準の制定が航空機仕様に反映できると良い。
- ・日本から規格や製品を発信できる方向への展開を期待したい。
- ・日本の国際的貢献に努力し主導的立場をとる様に期待する。

【電子航法研究所の対応】

世界の技術動向などの要因はありますが、本成果を発展し反映できるよう努めていきます。

(3) 研究成果の公表



【所見】

- ・努力されている。

(4) ポテンシャルの向上



【所見】

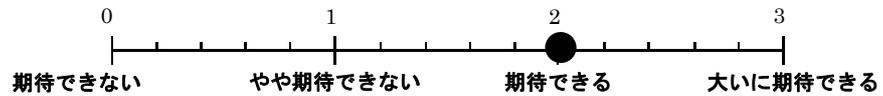
- ・継続的にポテンシャルの維持が求められる。

【電子航法研究所の対応】

平成25年度から後継の研究を実施するなど、ポテンシャルの維持に努めます。

(5) 新たなシーズの創出

評価 2.0

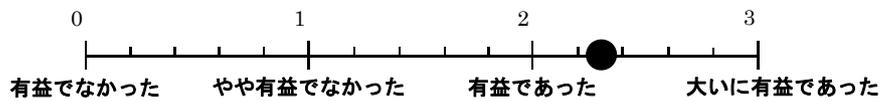


【所見】

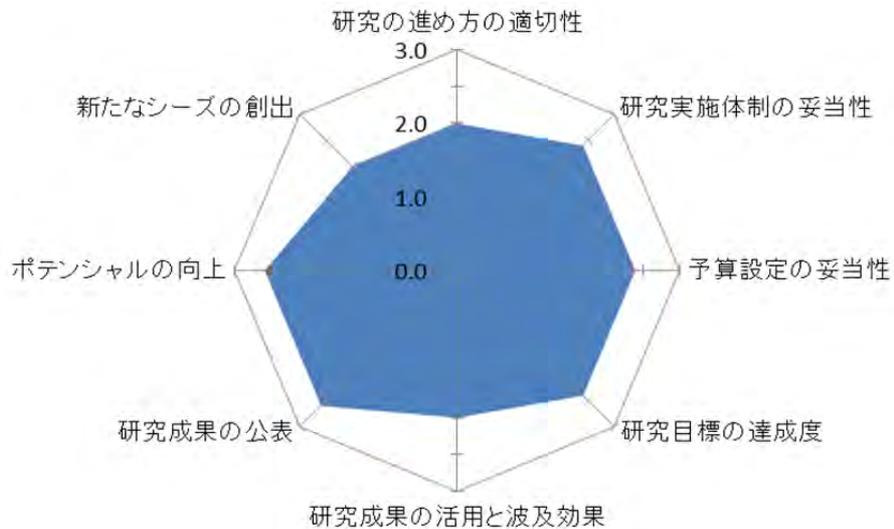
・新幹線などは、別種の方式や複雑な制御を行っており、シーズの創出は容易ではない。

総合評価（本研究を実施した意義があるか。）

2.3



設定理由 各評価項目の合計点数=18.4
 評価項目数 = 8
 (18.4 ÷ 8 = 2.3)



【所 見】

- ・ 良好な研究であると思われ、特段の指摘はない。
- ・ さらなる研究で成果の活用と国際動向の追跡活動を進めていくように。
- ・ データリンクは将来の航空交通システムにとって最も重要な要素技術である。将来のニーズ、我が国の事情等、システムとしての検討が少ないのはやや物足りなく感じる。

【電子航法研究所の対応】

平成25年度から後継の研究を実施し、その中でフォローしていきたいと思います。

- ・ ICAO の場で提案できる成果があり、LDACS 開発の基礎的分野で貢献できたと考える。
- ・ LDACS の物理層を中心とした評価作業を通じて、高速移動体データ通信システムに関する研究能力を蓄積されたと考える。

【その他、助言】

- ・ LDACS1、2 の比較やフィージビリティだけではなく、海外にも売れるシステムを日本で作ることにつながる研究をめざしてはどうか？日本から規格や製品仕様を提案できるところまで研究でもっていけないか？実際の飛行環境での試験は必要でないか？室内レベルでの試験とは、異なるはず。

【電子航法研究所の対応】

実際の飛行環境試験は実施例も少なく、貴重な結果が得られると考えています。世界動向も参考にしながら、今後の技術検証に役立てていきたいと思います。

- ・ L 帯他のシステム（DME、UAT、SSR、GNSS 等）との Compatibility や、マルチリンク機能の形成に係る課題検討等にもこれまでの研究の知見等を活かして頂きたい。
- ・ TBO の研究から提起される通信要件について、候補通信システムが技術的経済的に実現可能か評価する能力は今後重要性を増すと考えられるので、研究能力の蓄積を生かす機会が多い。
- ・ 航空以外の移動体通信のニーズにこたえる研究に挑戦されることを期待する。

事後評価実施課題②

○研究課題名:携帯電子機器に対する航空機上のシステムの耐電磁干渉性能に関する研究

○実施期間:平成 21 年度～平成 24 年度 4 ヶ年計画

○研究実施主任者: 米本 成人 (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) ニーズ及び海外の研究動向

欧州をはじめ、携帯電話等電波を発生する電子機器を航空機内で利用する乗客サービスが実施されている外、その他乗客が持ち込む電子機器を利用するサービスに対するニーズが高くなっている。このニーズに応じて、航空機内で電子機器を使用した場合の航空機の安全を検証する方法が RTCA、EUROCAE 等国際機関で制定されている。我が国においても、国際基準に準拠しつつ、電子機器の使用や電子機器を用いたサービスに対する安全性の評価方法を策定する必要がある。

(2) 研究の目的

本研究の目的は、航空機の安全を担保しつつ、乗客が持ち込むさまざまな電子機器を航空機内で使用するために航空機と電子機器の双方に求められる性能要件を明らかにすることである。

客室内で電子機器から発生した電波が航空機搭載無線機器に侵入するメカニズムを明らかにするため、経路損失を測定し、航空機が電磁干渉を受ける確率を統計的に推定する。その起こりうる電波侵入によって発生する障害の程度を分析する。

また、そのような障害がおこる頻度を推定し、航空機の適切な耐電磁干渉性能評価法と乗客が持ち込む電子機器に許容できる電磁放射基準を策定する。

また、航空機内の電波環境を常時監視し、電磁干渉が疑われる不具合の高度な分析を行う方策を構築する。

さらには世界的に共通する課題であるため、国内、国際的な次世代の基準策定に反映させる。

2. 研究の達成目標

- (1) 国内で就航している航空機代表的 1 機種を対象として、客室から航空機搭載無線機器までの経路損失の測定、搭載無線機器に対する干渉電波混入時の障害の程度分析、及び機内外電磁界分布の理論解析を用いた航空機の耐電磁干渉性能の推定手法の確立、試験手順書の作成
- (2) 実運航中の航空機内における電波使用状況を記録する装置の開発、電波環境の実測・評価
- (3) 電磁干渉を低減するため、客室から搭載無線機器までの経路損失を増大させる手法の確立
- (4) 搭載無線機器に対する電磁干渉の可能性の高い持ち込み電子機器と両立できる電子機器の判別手法の確立

3. 目標達成度

- (1) この手順を用いて国内で就航している大小の航空機で携帯電子機器と航空機との電磁両立性を評価することが出来た。
- (2) 実運航中の航空機内における種々の電波環境を記録する装置を開発した。
- (3) 電磁干渉を低減するため、客室から搭載無線機器までの経路損失を増大させる手法を確立した。
- (4) 航空機個別の評価は必要であるが、電波を発する電子機器の安全性を評価することが可能となった。

4. 成果の活用方策

各種電波を発する電子機器の使用許諾に関して、今回開発した手法が用いられている。

また、新しい航空機に対しても電磁干渉に強い性能が求められており、窓構造の評価など、設計段階でも活用されている。

5. 成果の公表等

(1) これまでの公表等

- 電子航法研究所報告 1 件
- 電子航法研究所発表会 2 件
- 電子航法研究所講演会 1 件
- 書籍 1 件 (“Ultra-Wideband Short Pulse Electromagnetics 9”)
- 国際学会 4 件 (ISAP、EMC Europe、APMC、ACES)
- 国内学会 7 件 (飛行機シンポジウム 2、電子情報通信学会 5 件)
- 報告書等 2 件 (航空局関係者向け調査研究報告書→告示の改正へ)
- 雑誌等 4 件 (月間 EMC、航空無線、航空管制、EMC シンポジウム IIDA、)
- 関連受託研究 (民間 9 件)
- 競争的資金 (科研費若手 B 獲得、基盤 B 申請中)

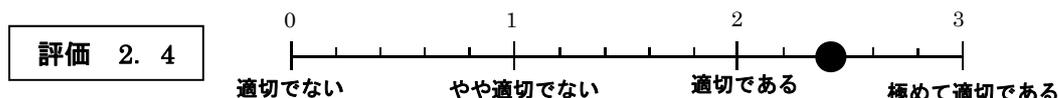
(2) 今後の公表予定

- 報告書等 2 件
- 国際学会 1 件
- 国内学会等 2 件

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



(2) 研究実施体制の妥当性



【所見】

・共同研究による効果が示されれば幸いである。

【電子航法研究所の対応】

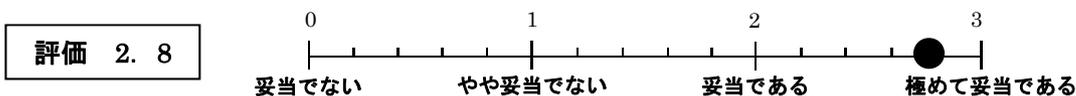
現在も各種共同研究の成果を基に評価を行っており、実用化に向けて様々な活動を継続していく予定です。

(3) 予算設定の妥当性



II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度



【所見】

・研究を行う意義は理解できるが、結論は予見できていなかったのか？新たな知見が見えない。

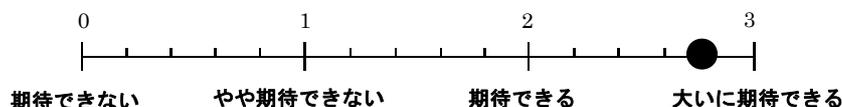
【電子航法研究所の対応】

本研究は 1%未満の低い確率で起こる事象を定量的に分析するものである。一見すると、99%以上の傾向から結論が予見できるようですが、具体的な可能性、および障害の程度を求めることが重要となっていたところです。その意味で、非常に低い確率の事象を分析することができたことは重要な成果であると考えます。

・大きな前進であると感じる。

(2) 研究成果の活用と波及効果

評価 2.8



【所見】

・規制緩和は、既に各国で行われており、通常の機器に対する評価は行われている。遅すぎる感がある。

【電子航法研究所の対応】

現在のところ、法律的には国際的に同じ規定であり、各航空会社による運用の手順が異なっています。今後、国際的に法律による規制緩和を進めていく傾向があり、我が国にて検討を行う場合には、本研究の成果が十分に生かされる予定です。

(3) 研究成果の公表

評価 2.0



【所見】

・どのようなレベルの学会(例えば採択率、査読方法)での発表か、など不明なものが多く、評価できる材料がない。

【電子航法研究所の対応】

一部の内容は守秘義務等により公表を控えていることもあり、期間中に十分な成果発表が出来なかった経緯がありました。今後、周辺状況が変わり次第、適切に公表していく予定です。

・日本としての適切な規格づくりにつなげて行って頂きたい。

【電子航法研究所の対応】

今後も国際情勢に協調しながら、適切なルール作りを行っていく予定です。

・国際へのアピールが欲しい。

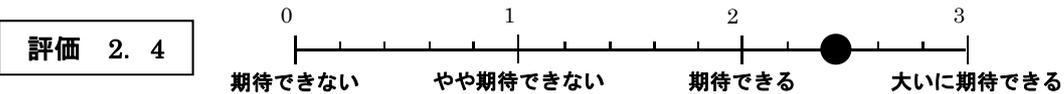
【電子航法研究所の対応】

本研究期間中は告示改正等、国内ルール作りのための成果の活用が主でありました。今後は国際的な学会等、積極的に公表を行っていく予定です。

(4) ポテンシャルの向上



(5) 新たなシーズの創出



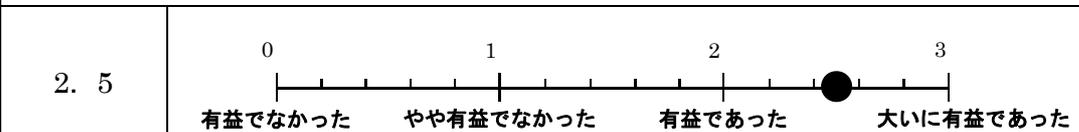
【所見】

・この種の研究に新規性を見出すためには、何をすべきかを十分考え将来につなげる必要がある。

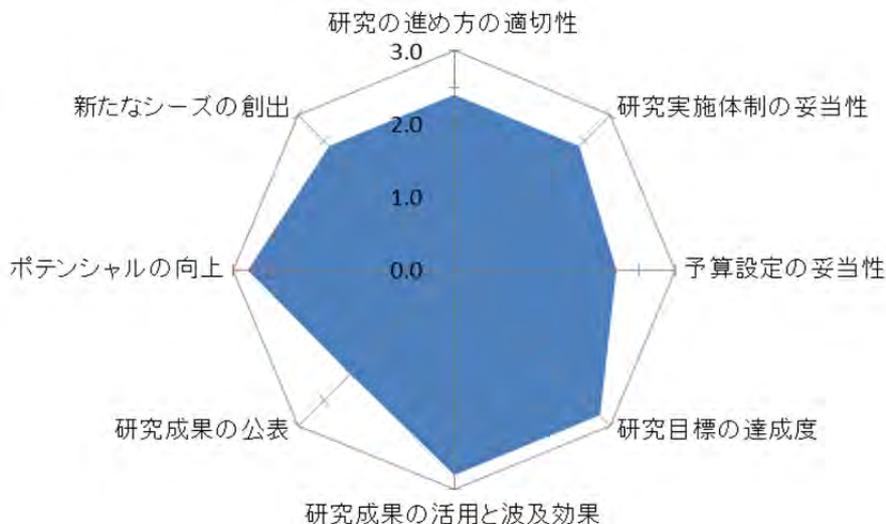
【電子航法研究所の対応】

本研究によって明らかに防御すべき機器とそのレベルが分かっておりますので、開発した評価手法等を用いることで様々な機器の活用が期待されており、一定の技術的なシーズが派生しているものと考えます。

総合評価（本研究を実施した意義があるか。）



設定理由 各評価項目の合計点数 = 19.8
 評価項目数 = 8
 (19.8 ÷ 8 ≒ 2.5)



【所見】

・研究テーマとして弱い。目標として、あるいは、計画として、将来の新規課題に結びつけるものが、見られないのは、残念である。

【電子航法研究所の対応】

本研究活動で得られた知見を元に、新しい機器評価手法がルール化してきました。これらの考え方は乗客が持ち込む機器の評価のみならず、新しい運航用機器の評価にも使われており、今後様々な安全性やサービス向上のための機器の評価に活用が期待されています。今後も、航空局、機器メーカー、航空会社のご要望に合わせて様々な貢献を予定しています。

・日本が製造する航空機の課題に対応させるのは少数であろうが、日本国内からの規制緩和に大きく貢献されることを期待します。

【電子航法研究所の対応】

今後も得られた知見を元にルール作りに貢献していく予定です。

・技術データの蓄積は高く評価できる。

【電子航法研究所の対応】

引き続きデータを集めて、利用しやすいデータベース構築を行っていく予定です。

・これまでに実施した関連する研究でそれぞれ成果を出されており、この研究において実用レベルに達する成果を出されたことに敬意を表す。

【電子航法研究所の対応】

今後も安全性と利便性を両立しながら、様々な挑戦を行っていく予定です。

【その他、助言】

・機内の機器使用の制限が日本のエアラインなどの競争力低下にならないように、かつ、安全性を維持できるような、ガイドラインの設置が求められるので、日本としてのきっちりした規格作りを進めて頂きたい。

【電子航法研究所の対応】

今後も国際情勢に協調しつつ、新しいルール作りに貢献していく予定です。

・米国等の規制緩和の流れを受けて、国内ルールの方針が進むと思いますので、技術移転作業への合理的な参画・支援を工夫して頂きたい。

【電子航法研究所の対応】

今後も国際情勢に協調しつつ、新しいルール作りに貢献していく予定です。

事後評価実施課題③

- 研究課題名: 空港面監視技術高度化の研究
- 実施期間: 平成 21 年度～平成 24 年度 4 力年計画
- 研究実施主任者: 宮崎 裕己(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) ニーズ及び海外の研究動向

増大する航空交通量に対応するためには空港の処理能力を拡張させることが必須であり、安全の確保を前提とした運航の円滑化による効率の向上が求められている。このため、信頼性が高く正確な航空機位置情報を管制官に提供できる空港面監視技術（マルチラレーション）の導入が進められている。現在のマルチラレーションは空港地上面のみを監視対象としているが、空港周辺を飛行中の航空機も監視対象とすること（覆域の拡大）が求められている。これに加えて、エプロン付近ではマルチパスによる位置情報の劣化が指摘されており、改善（耐干渉性の強化）が求められている。一方、運航の安全性及び効率性をさらに向上させるには、管制官だけでなくパイロット自身が周囲の交通状況をよりよく認識することが有効と言われており、これを実現可能とする将来の監視技術（ADS-B）の開発も要望されている。このような空港面監視技術の高度化は主要国においても開発・評価が積極的に進められている状況である。

(2) 研究の目的

本研究の目的は、マルチラレーション技術を拡張（覆域の拡大、耐干渉性の強化）すること、および管制官とパイロットとの情報共有を可能とする監視技術（ADS-B）を確立することであり、その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）

マルチラレーションにおける耐干渉性の強化は世界的にも進展しておらず独創性、革新性がある。また、覆域の拡大ならびに情報共有を可能とする ADS-B は評価が急がれている技術であり、先導性がある。

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

東京国際空港や成田国際空港では空港処理容量の拡張が進められており、これに伴う運用方式の複雑化に対応するためには本研究の技術が必要不可欠であり、導入の要望も強いことから、実用性と有益性は非常に高い。

2. 研究の達成目標

- (1) 空港周辺を監視対象とするマルチラレーション技術（WAM）の開発
※位置精度：40NM まで 150m 以内（欧州の規定値を参照）
- (2) 干渉に強く高性能なマルチラレーション技術（OCTPASS）の実用化
※位置精度：スポットエリアで 20m 以内（MLAT 規程値）を少ない受信局数で達成
- (3) 管制官とパイロットとの情報共有を可能とする技術（ADS-B）の確立
※空対地 ADS-B の機能検証

3. 目標達成度

- (1) 空港周辺を監視対象とする WAM の開発
(位置精度：40NM まで 150m 以内)
→WAM 評価装置を製作し、羽田空港周辺を監視対象空域に設置して評価試験を行った結果、目標値をほぼ達成できた。
- (2) 干渉に強く高性能な OCTPASS の実用化
(位置精度：少ない受信局数で 20m 以内)
→OCTPASS 評価装置を製作し、仙台空港に設置して評価試験を行った結果、目標値を達成できた。
- (3) 情報共有を可能とする ADS-B 技術の確立
(機能検証：空対地 ADS-B)
→WAM および OCTPASS 評価用装置を利用して ADS-B 機能を検証した結果、ADS-B の諸機能が正常に動作することを確認した。

4. 成果の活用方策

- (1) 空港周辺を監視対象とする WAM の開発
→WAM 導入時における調達仕様書への評価結果の反映 ※成田 WAM 調達仕様書に反映済み
→航空路 WAM 技術への機能拡張
- (2) 干渉に強く高性能な OCTPASS の実用化
→大規模空港エプロンへの導入による監視性能の向上ならびに整備・維持費用の改善
→低視程空港への導入による安全性の向上
※航空局から問い合わせ有り
- (3) 情報共有を可能とする ADS-B 技術の確立
→ADS-B 導入時における基本設計の資料等への評価結果の反映

5. 成果の公表等

- (1) これまでの公表等
 - 電子航法研究所報告 1 件
 - 電子航法研究所発表会 7 件
 - 電子航法研究所講演会：2 件
 - 国内学会論文誌・学会誌等 4 件
(電気学会論文誌、日本航海学会誌 2 件、測位航法学会レター)
 - 国際学会 5 件
(IAIN World Congress、ESAVS 2 件、APMPC、EIWAC)
 - 国内学会等 7 件 (電子情報通信学会 5 件、電気学会、レーザー学会)
 - 国際会議 22 件
(ICAO ASP WG 22 件)
 - 出前講座等 18 件
 - 財団委員会 1 件
 - 受託研究 (マルチラテレーション関連) 8 件

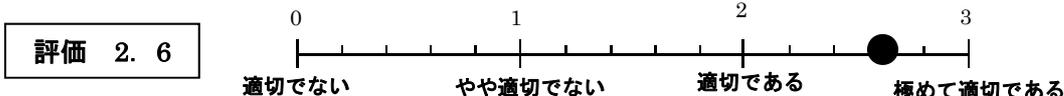
(2) 今後の公表予定

- 電子航法研究所報告 2件以上
- 電子航法研究所研究発表会 2件
- 国内学会 1件
- 国際会議 2件 (EIWAC、IEEE MTT-S)

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

- ・ WAM をターゲットに含めたことは、適切であった。

(2) 研究実施体制の妥当性



所見

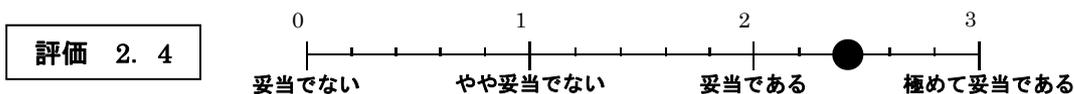
- ・ 経験のある研究者の活用などに配慮されている。

(3) 予算設定の妥当性

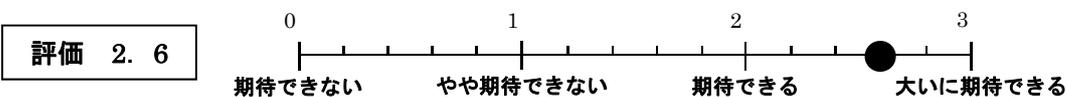


II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度



(2) 研究成果の活用と波及効果



所見

- ・ 継続的に、WAM 利用高度化に向けた検討が必要であろう。

【電子航法研究所の対応】

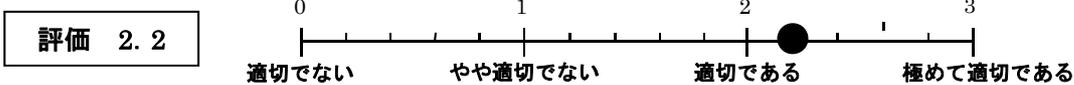
本研究では、空港周辺の空域を対象とした WAM の試作・評価を行いました。今後は、ターミナルおよびエンルート空域への覆域拡張が必要とされています。また、軌道ベース運用を踏まえて、航空機動態情報のダウンリンクも期待されています。ご指摘のとおり、継続的な WAM の利用高度化が必要な状況であり、当研究所では、次期重点研究「航空路監視技術高度化の研究」において WAM の更なる高度化を進めていく計画です。

- ・ OCTPASS 開発を促進するためには、空港 MLAT の設置調整段階の課題解決に関する知見ノウハウを有する ENRI の積極的な取り組みが期待される。

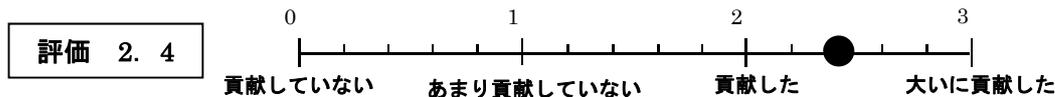
【電子航法研究所の対応】

これまでの MLAT 評価から当研究所は既存 MLAT の課題を把握するとともに、その課題解決のノウハウを蓄積してきましたが、OCTPASS は、これらの経験を踏まえて開発・評価を進めてきました。今後、更に OCTPASS 開発（実導入）を促進するために「新方式マルチラテレーションの実用化評価研究」を立ち上げて、OCTPASS の導入に積極的に取り組む計画です。

(3) 研究成果の公表



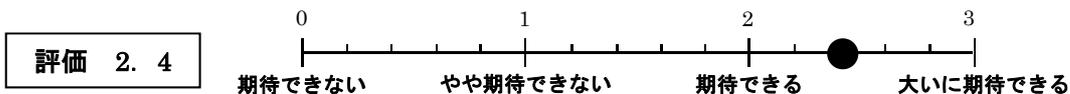
(4) ポテンシャルの向上



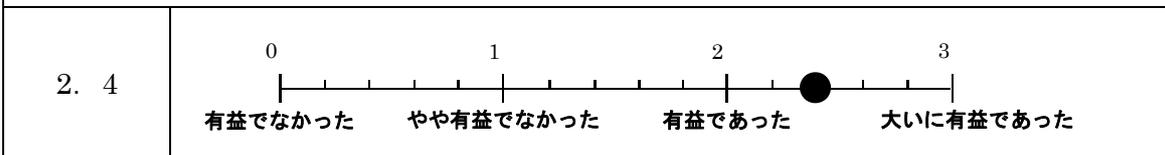
【所見】

- ・ 今後も、研究力の向上に努めていただきたい。

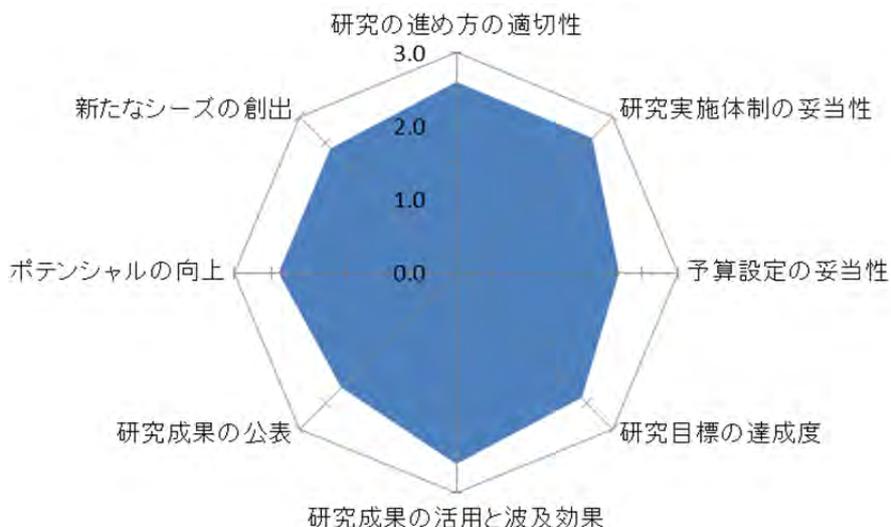
(5) 新たなシーズの創出



総合評価（本研究を実施した意義があるか。）



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】

・OCTPASS のデジタル伝送方式と各地のアンテナの受信点における時刻同期方式を原理的に解決する方法を検討して、世界で採用される方式を期待する。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘をいただきましたとおり、OCTPASS の大きな特徴である受信波形の直接伝送は時刻同期の問題を根本的に解決できます。しかしながら、現状の光ケーブル（RoF）方式では伝送距離に制約があるため、無線 LAN の活用等、異なる方式での検討を現在進めております。アドバイスをいただきありがとうございます。

・機体側に負担をかけないハイブリッド監視システムに向けた研究として有意義である。いくつかの独自技術を開発している点も評価できる。

【電子航法研究所の対応】

航空機監視システムの運用は、機上搭載装置の装備状況に大きく依存するため、現用の装備で運用可能なマルチラレーション技術を中心に開発を進めてきました。航空機監視技術の分野では我が国は追う立場にあるため、独自技術の開発を主眼に置いて研究を進めています。コメントありがとうございます。

【その他、ご助言】

- ・ 結果として、研究としてまとまりを持つことができたことに、努力を評価したい。
- ・ 目標が定量的に設定され、それが実現されており良好な成果である。
- ・ 成田WAM設置を円滑に進めるためには、技術移転を積極的に行うことを期待する。

【電子航法研究所の対応】

ポジティブなコメントをいただきありがとうございます。当研究所の研究成果を実運用システムに反映させるには、ご指摘のとおり、航空局殿への技術移転が必要不可欠です。成田WAMを円滑に導入するために、特に技術管理センター殿に積極的に技術移転を進めております。

事後評価実施課題④

- 研究課題名: トrajekトリモデルに関する研究
- 実施期間: 平成 21 年度～平成 24 年度 4 力年計画
- 研究実施主任者: 福田 豊(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) ニーズ及び海外の研究動向

航空機運航の効率化及び容量拡大のため、ICAO では 2003 年に第 11 回航空会議で、時間管理を含めた航法、管制を将来的な共通のビジョンとして実現していくことを提唱した。これを受けて、運用概念文書や世界的航法計画などの ICAO 公式文書が作成された。また米国や欧州では NextGen や SESAR などこのコンセプトを実現するプロジェクトが組まれている。

このような世界的動向をふまえ、我が国でもこれに関連する調査や研究を進めていく必要がある。

(2) 研究の目的

今後の航空交通管理においては、航空機のトラjekトリ(軌道)計画を事前調整し、精密なトラjekトリ予測に支援される管制運用コンセプトが有効と考えられている。そのために、実飛行データ等の解析によるトラjekトリの予測及びモデル化技術を開発する。空港への到着交通流を対象として、航空機に対する制約条件がない場合と制約条件がある場合のトラjekトリの予測技術を開発する。また、トラjekトリを管理するためのデータ活用技術を提案する。

① 科学的・技術的意義(独創性、革新性、先導性)

わが国の環境や航空機の運航を反映した軌道予測モデルの開発が必要であるが、その開発と実航跡による評価は、これまでに国内では実施されていない。また、航空機の性能に関する情報は、ほとんど公開されない。そのため、軌道予測モデルを開発し、検証することが必要である。

② 社会的・行政的意義(実用性、有益性)

国土交通省が進める CARATS の軌道ベース運用(TBO)に必要な技術開発であり、航空交通の効率性を向上することにつながり、国土交通行政にとって重要な課題である。

2. 研究の達成目標

- (1) シミュレーションツール、管制支援ツールで利用できる精密なトラjekトリの予測方法及びトラjekトリモデルの作成方法を開発する。
- (2) 地上システムベースあるいは機上データを利用する場合において、高密度管制運用を可能とするトラjekトリ管理のためのデータ活用方法、運用手法等を提案する。

3. 目標達成度

トラjekトリ予測手法を開発し、評価システムを製作した。航空機の運航モデル、気象予報の誤差の影響を求めた。標準の運航モデルと比較して、わが国の運航特性を反映することにより、予測精度が向上できた。

到着交通流の時間管理を行うための制約条件を満足させる軌道生成機能を評価システムに実装した。

軌道予測のためのデータ活用方法について、データリンクの国際動向、初期 TBO トライアル等を調査し、データ活用方法、運用手法等を取りまとめた。

4. 成果の活用方策

- (1) 開発した精密なトラジェクトリの予測方法及びトラジェクトリモデルは、シミュレーションツール、管制支援ツールで活用できる。
- (2) トラジェクトリ管理のためのデータ活用方法、運用手法等は、今後の軌道ベース運用の検討に活用することができる。
- (3) 将来的な ICAO による軌道ベース運用を目指した標準化作業において、成果を活用できる。

5. 成果の公表等

(1) これまでの公表等

- 電子航法研究所研究発表会 5 件
- 国内学会論文誌・学会誌等 4 件
(電子情報通信学会マガジン、航空宇宙学会誌 3 件、電波航法研究会誌、日本航海学会誌)
- 国際学会 12 件
(AIAA ATIO、AIAA GNC、APISAT 2 件、EURO、KARI/ENRI CNS/ATMJC、DGCA セミナー、ICAS、EIWAC 4 件)
- 国内学会等 23 件
(飛行機シンポジウム 11 件、航空宇宙学会 2 件、航海学会 2 件、電子情報通信学会 6 件、TFOS シンポジウム、航空安全シンポジウム)
- 国際会議 1 件 (日米 FATS WG)
- 雑誌等 5 件
(航空管制、航空無線 2 件、航空フォーラム、航空振興)
- 出前講座 5 件
- CARATS 会議資料など
- 財団委員会 : 1 件

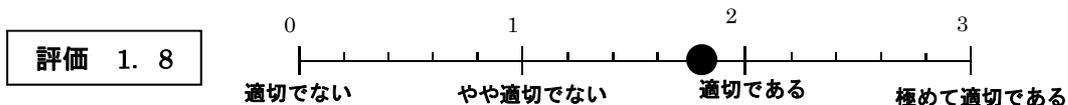
(2) 今後の公表予定

- 電子航法研究所報告

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



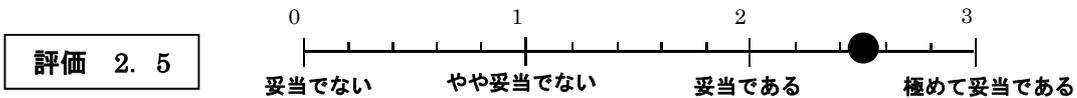
【所見】

・目標は高いが(又、テーマ名は広いが)、研究は幾つかの具体的課題について計画しなければならない。この点が十分配慮されているのか？

【電子航法研究所の対応】

軌道ベース運用の実現を目指した研究の第1段階として、航空機の軌道の分析と軌道を予測するモデルを開発しました。第2段階として軌道ベース運用のシミュレーションによる運用概念の便益と課題の抽出を計画しています。その次に、運用を想定したシミュレーション評価を考えています。

(2) 研究実施体制の妥当性



【所見】

・研究に役立つ人員を集めているのは、評価できる。

(3) 予算設定の妥当性



II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度



【所見】

・TBOにおける気象の影響については、知見が得られていると考える。他については、やや疑問が残る。

【電子航法研究所の対応】

気象の影響については、数値予報の予測精度の知見が得られました。気象以外については、今後も引き続き予測の高度化に向けた研究を進めてまいります。

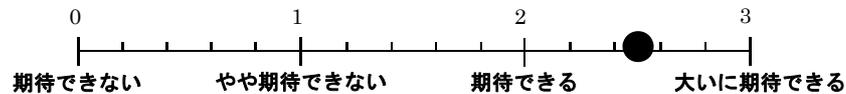
・もっと現実的な目標を定めてほしい。

【電子航法研究所の対応】

軌道予測モデルの構築を中心に検討を進めてきました。軌道予測に基づく軌道ベース運用(TBO)の構築を目指して研究を進めてまいります。

(2) 研究成果の活用と波及効果

評価 2.5



【所見】

・気象の影響については、活用が十分に考えられる。これを第一歩として、次の段階があれば、さらにTBOがイメージできる。

【電子航法研究所の対応】

軌道ベース運用（TBO）をイメージするために、運用シナリオを作りました。後継の Full4D 運用方式の研究では、高速シミュレーションにより、便益と課題の検討を進めてまいります。

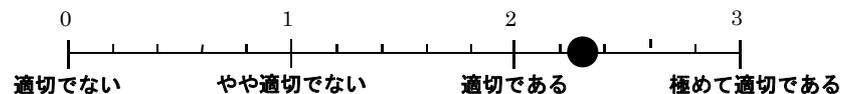
・今後の全体モデルや運航ビジョンの設計をしてほしい。

【電子航法研究所の対応】

継続研究の中で全体モデルや運航ビジョンの検討を進めてまいります。

(3) 研究成果の公表

評価 2.3

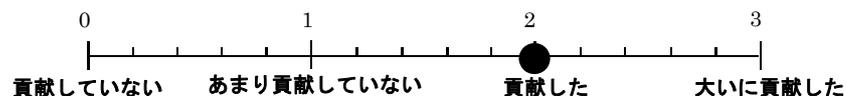


【所見】

・努力されている。

(4) ポテンシャルの向上

評価 2.0



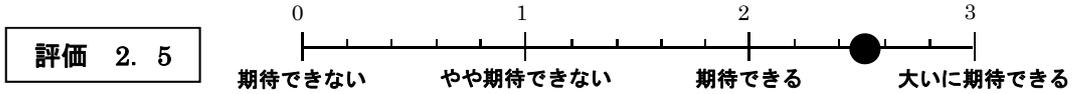
【所見】

・今後も継続することが必要と思える。

【電子航法研究所の対応】

本研究に継続する研究として、予測モデルの向上については「ダウンリンク情報を用いた軌道予測の高度化に関する研究」、運用概念の構築については「Full4Dの運用方式に関する研究」を行うこととしています。

(5) 新たなシーズの創出



【所見】

- ・航空以外への活用は、困難ではないか。

【電子航法研究所の対応】

航空交通を対象として、航空機の軌道予測モデルを構築しました。

- ・これを今後のトラジェクトリプランニングにどう利用していくかが重要である。

【電子航法研究所の対応】

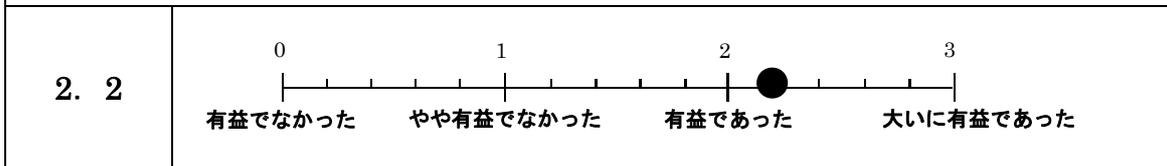
本研究が想定しているトラジェクトリプランニングでは、運航者が希望するトラジェクトリを基にして、航空機の安全間隔確保のためにトラジェクトリを変更します。交通流全体を対象にしたトラジェクトリの変更として、到着交通流の基礎的なシミュレーションを実施しました。今後さらに検討を進める予定です。

- ・今後の展開を期待する。

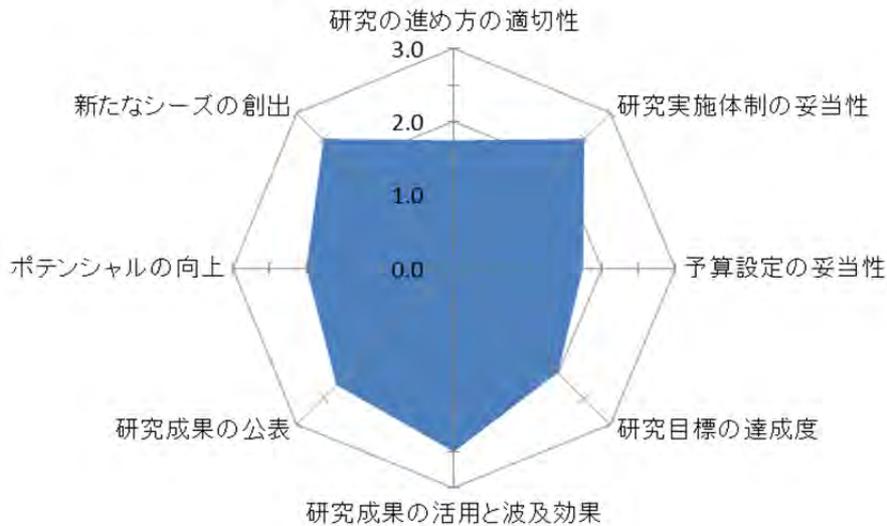
【電子航法研究所の対応】

継続研究の中で、軌道ベース運用（TBO）の詳細を検討してまいります。

総合評価（本研究を実施した意義があるか。）



設定理由 各評価項目の合計点数=17. 3
 評価項目数 = 8
 (17. 3 ÷ 8 ≒ 2. 2)



【所見】

・ 更に現実的な設計をお願いします。

【電子航法研究所の対応】
 継続研究の中で、軌道ベース運用の具体的な検討をしていきます。

・ 航空管制は、航空交通流を対象とされているが、当該研究は個々の航空機の動きを航空管制システムで表現するための基礎資料の整理を行っていると理解する。

【電子航法研究所の対応】
 航空機の実運航の軌道のモデル化と評価はこれまでに実施されていませんでした。気象現象や運航モデルの知見が得られましたので、これらを今後の研究で活用したいと思います。

・ 今後さらに研究を深めて、TBO 概念開発へ尽力されることを期待する。

【電子航法研究所の対応】
 継続研究の中で、軌道ベース運用（TBO）の概念の開発を行ってまいります。

【その他、助言】

- ・ Boeing や Airbus は、機材ごとに BADA をはるかに上回るデータを持ち、航空機に使用している。これが広く利用できないため BADA があると思えるが、「BADA の利用を広める」よりは、「より適切なプロファイル・データの活用」を促すことが、世界的な TBO の運用に必須であると考えます。

【電子航法研究所の対応】

国際民間航空機関 (ICAO) で TBO の計画があり、今後、国際標準の策定が進められる見通しです。その中で、航空機のプロファイル・データの活用も検討されると思います。これまでの知見を活用して、ICAO の検討に貢献したいと考えています。

- ・ 今後の様々な研究に利用できるよい土台ができたと考えます。各種の外乱モデル (風、大気密度変化など) のさらなる詳細化、高信頼性化が、今後望ましい。又、航空機側の「飛び方」のダイナミクスを予測モデルに入れることで、より正確な予測+計画に使えると思われる。データをためることで、そのような飛び方のダイナミクスを航空機ごとに作れるのではないかと。

【電子航法研究所の対応】

今後もデータを蓄積、解析し、航空機の飛び方のダイナミクスの開発を目指します。

- ・ ターミナル混雑時の到着機の効率向上など、具体的な問題を対象にした例示があると、研究の意義が理解されやすいのではないかと感じた。

【電子航法研究所の対応】

本研究で開発した予測モデルでは、ターミナル混雑時など想定する時間制約を与えた軌道生成ができます。本機能により、ターミナル混雑時の到着機について、速度調整による時間管理の便益を推定しました。また、到着交通流の時間管理の基礎的なシミュレーションを実施しました。

- ・ 将来 TBO が導入される環境では、既存の CNS 性能とは異なるシステムが運用しているように思われます。その際、TBO からの CNS システム要求というものが期待される。

【電子航法研究所の対応】

CNS 性能については、国際民間航空機関や欧米の標準策定機関の動向を調査し、将来計画を想定しました。今後は TBO の運用概念を検討し、CNS システムの要求を検討してまいります。

- ・ 空域利用者の TBO に関する理解として、欧米で TBO 概念が異なっている (米: ground centric TBO vs 欧: initial 4D) という見解がある。TBO 研究も世界的に時間を経過してきており、HARMONIZATION が求められていると思うので、ENRI における今後の研究の進め方の中で取り上げることが期待される。

【電子航法研究所の対応】

今後も諸外国の研究機関との意見交換を進め、TBO の運用概念の検討を進めてまいります。

事前評価実施課題①

- 研究課題名: 航空路監視技術の高度化の研究
- 実施期間: 平成 25 年度～平成 28 年度 4 ヶ年計画
- 研究実施主任者: 宮崎 裕己(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) ニーズ及び海外の研究動向

今後の航空交通管理の運用概念として軌道ベース運用(TBO)が位置づけられており、TBO の実現においてはシームレス(継ぎ目のない)かつ高性能(高頻度・高精度)な航空機監視が要求されている。このため航空機監視システムは、現用の二次監視レーダー(SSR)から、高性能な広域マルチラレーション(WAM)への移行が進められており、更には高機能な衛星航法システムをベースとした自動位置情報伝送監視(ADS-B)の導入も計画されている。しかしながら、これらの監視技術(WAM/ADS-B)を航空路に適用する場合、洋上の覆域を SSR 並に確保するには専用アンテナの開発など解決すべき課題がある。一方、TBO においては機上・地上間での軌道情報の共有を可能とするデータリンクが必要不可欠であり、WAM によるオンディマンドな SSR モード S データリンクの実現も期待できる。しかしながら、既存アンテナでの高頻度なデータの送受は信号環境が悪化するとの課題があり、実現するには新たなアンテナの開発が必要である。これらを目的としたアンテナの開発は国内外において現在のところ見受けられない状況である。

(2) 当所で研究を行う必要性

当所は WAM/ADS-B、SSR モード S、MLAT の各実験装置を既に構築しており、これらの技術に関して豊富な知識と経験も有していることから、効率的かつ迅速に本研究を進めることができる唯一の機関である。

(3) 研究の目的

本研究の目的は、WAM/ADS-B の洋上覆域を拡張するとともに、信号環境に配慮したモード S データリンクを実現可能とする高利得セクタ型空中線を開発するものであり、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)

高利得セクタ型空中線を活用した航空路 WAM の覆域拡張は独創的なアイデアである。また、WAM/ADS-B によるモード S データリンクの実用化は未検証の分野であり技術的意義は高い。

② 社会的・行政的意義(実用性、有益性)

我が国の「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」において、航空路への WAM/ADS-B の導入ならびに TBO の実現が示されており社会的意義は高い

2. 研究の達成目標

(1) WAM/ADS-B 用高利得セクタ型空中線の開発

→WAM: 覆域 200NM 以上、更新頻度 2 秒、ADS-B: 覆域 250NM 以上

(2) WAM によるモード S データリンクの検証

→ICAO マニュアル等への検証結果の反映

3. 成果の活用方策

(1) WAM/ADS-B 用高利得セクタ型空中線の開発

→洋上監視を含めた航空路用 WAM/ADS-B の実現

(2) WAM/ADS-B によるモード S データリンクの検証

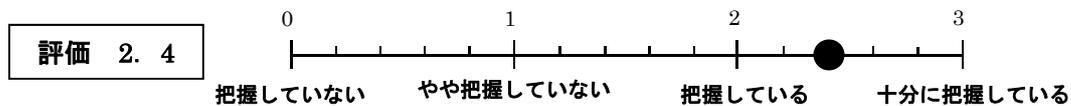
→TBO を実現する WAM/ADS-B 要素技術の確立

※これらの開発・検証は沿岸部の多いアジア地域で特に有効に活用できる。

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



(2) 本研究所で行う必要性



(3) 科学的・技術的意義



【所見】

・ ADS-B/MODE-S/WAM のすみ分け、相互運用の評価は、是非行って頂きたい。

【電子航法研究所の対応】

WAM/ADS-B の導入に際しては性能（運用）要件に加えて、整備・維持費用や航空機側の装備状況を考慮することが求められます。本研究ではこれらの要因を踏まえて、最適な ADS-B/MODE-S/WAM のすみ分け（相互運用）ができるように、開発・評価を進めていく計画です。

(4) 社会的・行政的意義



II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



【所見】

- ・目標に期待している。

【電子航法研究所の対応】

WAMの達成目標（覆域 200NM 以上）は特に難易度が高いと認識していますが、専用アンテナの開発に加えて、測位方式や追尾方式を改良することで達成可能と考えております。コメントありがとうございます。

(2) 達成目標のレベル



(3) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

- ・終了した研究の知見を継続して頂きたい。

【電子航法研究所の対応】

本研究は、先の重点研究で確立した技術を発展させるものであり、得られた知見を有効に活用するとともに、継続して WAM/ADS-B 技術の高度化（ノウハウの蓄積）に努めて参ります。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



【所見】

・この通りに進行することを願っている。

【電子航法研究所の対応】

本研究で開発する技術は、我が国において導入が急がれている技術であるため、先の重点研究で開発した実験システムと得られた知見を有効に活用して、研究を計画通りに着実に進める計画です。コメントありがとうございます。

(2) 研究実施体制の妥当性



(3) 予算設定の妥当性



【所見】

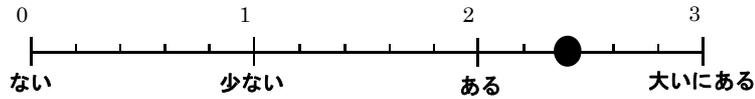
・航空局にとって、管制用の機器を整備するコストが、低くなるように配慮した研究進行に反映できる予算であることを期待している。

【電子航法研究所の対応】

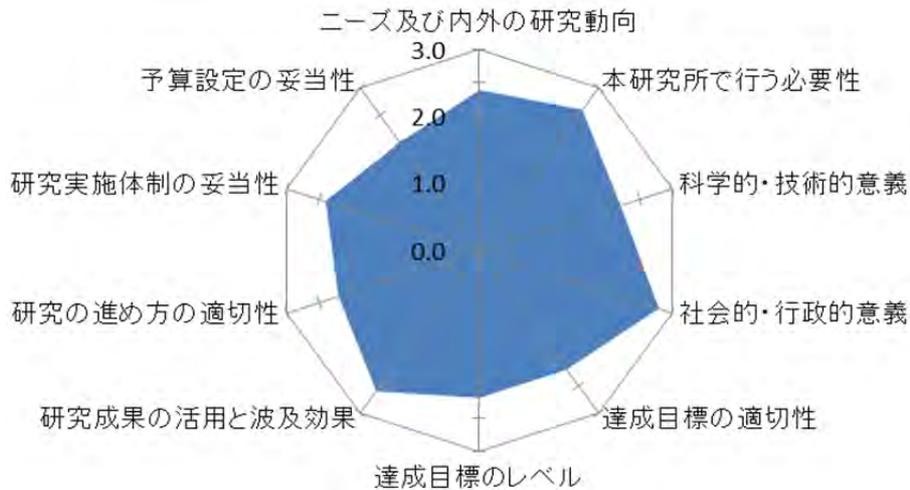
ご指摘のとおり、新システムの導入においては、現在は整備・維持費用の低減が極めて重要視される状況です。本研究で開発する専用アンテナは「安価」であることを前提条件にしており、実導入時におけるコスト低減を配慮した技術開発を心掛けて研究を進めます。

総合評価（本研究を実施する意義があるか。）

2.4



設定理由 各評価項目の合計点数=23.6
 評価項目数 =10
 (23.6 ÷ 10 ≒ 2.4)



【所見】

・高利得セクタ型アンテナは興味深いので、期待している。

【電子航法研究所の対応】

高利得セクタ型アンテナを活用した WAM の覆域拡張とデータリンク実現はこれまでにないアイデアと認識しています。確実に成果が得られるように開発・評価を進めていきます。コメントありがとうございます。

・システムの検討においてコストの視点も重要と思う。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘のとおり、新システムの導入においては、現在は整備・維持費用の低減が極めて重要視される状況です。本研究で開発する専用アンテナは「安価」であることを前提条件にしており、実導入時におけるコスト低減を配慮した技術開発を心掛けて研究を進めます。

・高利得セクタ型空中線を活用した航空路 WAM の開発は、技術的には開発意義があると理解するが、WAM の洋上覆域拡張の運用ニーズについて再整理を行うよう希望する。

【電子航法研究所の対応】

貴重なアドバイスをいただきありがとうございます。運用ニーズと整備・維持コストを踏まえて WAM の洋上覆域拡張について再整理を行います。現在のところ、特定の経路（例えばアカラコリドーなど）におけるニーズを調査しております。

【その他、助言】

- ・ SSR、ADS-B、WAM を個別で研究すると同時に、これら全体を利用することで、システムとして高信頼性、robust 性、高精度化を目指してはどうか。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘のとおり、各監視センサ（SSR、WAM、ADS-B）の監視データを統合することで、監視情報の精度や信頼性等を向上させることが可能です。当研究所では「ハイブリッド監視技術の研究」において当該技術の開発・評価を進めています。アドバイスを頂きありがとうございます。

- ・ 航空管制システム等海外展開促進が航空行政の重要課題の一つに取り上げられており、新技術、システムの開発計画を検討する際には、グローバルな視点での要件取りまとめが期待される。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘のとおり、航空管制システムの海外展開促進が課題となっていますが、航空機監視システムの開発については、実際のところ、我が国は追いかける立場にいると認識しています。一方、これまでの研究における知見等の蓄積により、海外展開も視野に入れる状況が整いつつあるので、本研究では、グローバルな視点での要件の取りまとめを心掛けて技術開発を進めていきます。

事前評価実施課題②

- 研究課題名: 「Full 4D」の運用方式に関する研究
- 実施期間: 平成 25 年度～平成 28 年度 4 力年計画
- 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) ニーズ及び海外の研究動向

To deal with the rising demand for air transportation, the International Civil Aviation Organisation (ICAO) has developed a plan for future Air Traffic Management (ATM). A key element of this plan is four-dimensional trajectory-based operations (TBO), where aircraft fly along trajectories defined in time and space. "Full 4D TBO" is expected to be available from around 2030, but while much research is needed to develop this concept, most efforts are currently focused on nearer term goals in conjunction with ATM modernisation programmes such as CARATS, SESAR and NextGen. Because of the time required for new aviation systems to be developed and matured, however, research is now necessary to make the TBO concept more concrete and to highlight areas that require further efforts.

航空交通需要の増加に対応するため、国際民間航空機関は、航空交通管理の将来計画を策定した。この計画のキーとなる技術要素は、航空機が空間と時間で定義された軌道に従って飛行する 4 次元軌道ベース運用 (TBO) である。フル 4D TBO は、2030 年頃から運用開始と期待されている。この運用概念を開発するため多くの研究が必要であるが、現在の研究は、CARATS、SESAR、NextGen のような ATM 近代化プログラムと連携した短期的な課題を対象としているものが多い。航空機の新しい装備システムは、開発されて運用されるのに時間を必要とするので、TBO の概念を具体的にし、将来的な研究課題を明らかにする研究が必要とされている。

(2) 当所で研究を行う必要性

Full 4D TBO is a long-term goal, but because new aviation systems take a long time to develop, it is necessary to clarify the concept to identify requirements at an early stage.

フル 4D TBO は長期目標だが、これに対応する新しい装備システムの開発には時間を要するので、初期段階において必要要件を明らかにするために概念を明確にすることが必要である。

(3) 研究の目的

Reducing air traffic controller separation assurance workload is essential to boost ATM system capacity. The Full 4D TBO concepts aims to achieve this by having aircraft flying precisely along pre-negotiated conflict-free trajectories. However, this concept has a number of issues such as the optimal resolution of conflicts, methods of visualizing flow bottlenecks and

structuring traffic flows, dealing with uncertainty, and the tradeoff between efficiency and safety (robustness).

The aims of this research are to create a fast-time simulation environment that will allow Full 4D TBO concepts to be explored and evaluated, while conducting fundamental studies aimed at addressing some of these issues.

航空管制官の安全間隔確保に関するワークロードの低減が、ATM システムの容量を増大するために不可欠である。フル 4D TBO の概念は、航空機が事前に調整されたコンフリクトが発生しない軌道に従って正確に飛行することにより、これを達成することを目指す。しかし、この概念は、不確実性に対応して、効率性と安全性（ロバスト性）のトレードオフを考慮しながら、コンフリクトの最適な解決法、交通流のボトルネックの可視化法、交通流の形成方法などの多くの課題がある。本研究の目的は、これらの課題のいくつかに対応する基礎的な研究を実施しながら、フル 4D TBO 概念を開発し評価できるファストタイムシミュレーション環境を構築することである。

①科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

There have been few previous attempts to model a future Full 4D TBO environment. This research will require the implementation of novel concepts in for example traffic visualisation, management and optimisation.

将来のフル 4D TBO 環境をモデル化するという試みはほとんど例がなく、本研究により、交通の可視化や管理、最適化などの新しい概念の実現につながる。

②社会的・行政的意義（実用性、有益性）

Elaboration of the Full 4D TBO concept will clarify benefits and costs and guide strategy and implementation. Further, the FTS(Fast Time Simulator) environment developed will be useful for evaluating future ATM concepts in Japan.

フル 4D TBO 概念の開発は、費用対効果を明確にし、戦略的な導入が可能となる。さらに、構築されたファストタイムシミュレーション環境は、将来の ATM 概念を日本で評価する際に有用である。

2. 研究の達成目標

- (1) Develop a fast-time simulation environment of the Japan FIR as a test bed for evaluating future 4D TBO concepts.

将来の 4D TBO 概念を評価するテストベッドとして、日本の飛行情報区を対象としたファストタイムシミュレーション環境を構築する。

- (2) Develop an algorithm that will optimally solve conflicts between multiple trajectories in a block of airspace and evaluate it through fast-time simulation.

空域内の複数の軌道間のコンフリクトを最適に解決するアルゴリズムを開発し、ファストタイムシミュレーションで評価する。

- (3) Elaborate the 4D TBO concept, evaluate and refine it through simulation, and

identify areas for further research.

4D TBO 概念を明確化し、シミュレーション評価により改善を図り、将来の研究課題を明らかにする。

3. 成果の活用方策

(1) Provide inputs for future activities to realize 4D TBO concepts operationally.

4D TBO 概念を実現する将来的な取り組みにおいて活用できる技術資料を提供する。

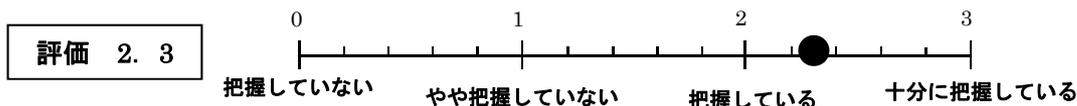
(2) Produce a fast-time simulation test bed that can be used evaluate new ATM concepts in Japanese airspace.

ファストタイムシミュレーションテストベッドの開発により、日本の空域において新しい ATM 概念の評価が可能になる。

4. 評価結果

I. 研究の必要性

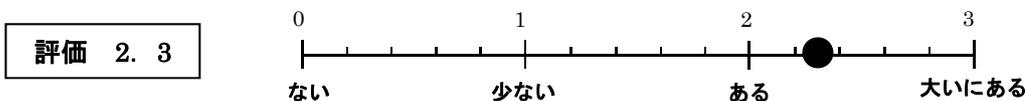
(1) ニーズ及び内外の研究動向



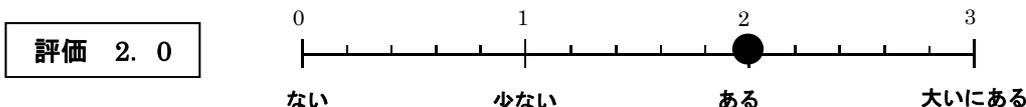
(2) 本研究所で行う必要性



(3) 科学的・技術的意義



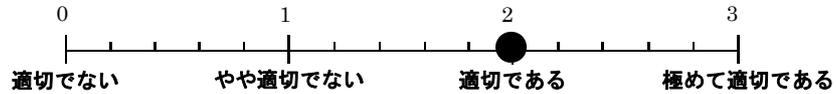
(4) 社会的・行政的意義



II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性

評価 2.0



【所見】

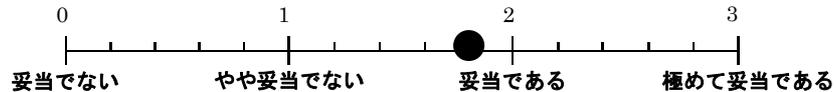
・ BADA モデルの次は FMS であるという感が強い。本当に Full「4D」TBO に接近するものなのか？

【電子航法研究所の対応】

Full 4D TBO においては、精密なトラジェクトリ予測が必要ですが、地上システムと機上システム (FMS) で計算される予測トラジェクトリの特徴が異なります。Full 4D TBO の研究において、地上のトラジェクトリ予測と機上のトラジェクトリ予測をどのように利用するかについて、検討を並列で進めていきます。

(2) 達成目標のレベル

評価 1.8



【所見】

・ 意味あることと思うが、本当にやらねばならないテーマなのか。

【電子航法研究所の対応】

Full 4D TBO は将来の航空交通管理システムの中核として期待されており、電子航法研究所の重要な研究課題であると考えます。

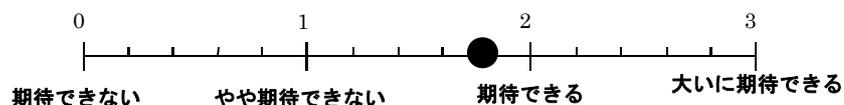
・ 具体的な達成目標がまだ不明瞭。

【電子航法研究所の対応】

研究の初年度は、Full 4D TBO の運用概念の調査、ファストタイムシミュレータの選定と準備作業を予定しています。次年度において、達成目標をより具体的に設定していく予定です。

(3) 研究成果の活用と波及効果

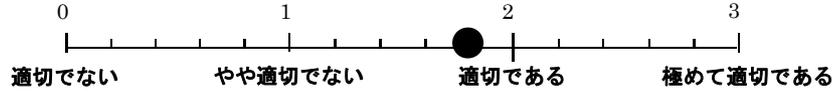
評価 1.8



III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性

評価 1.8



【所見】

・冷静に考えて、何をどこまで行うかを定め手順を見直すと、より良いものがあるのではないかと。

【電子航法研究所の対応】

Full 4D TBO の運用概念の検討に適したファストタイムシミュレータを選定し、そのシミュレータを用いて何をどこまでできるかを明確にし、手順を見直す予定です。

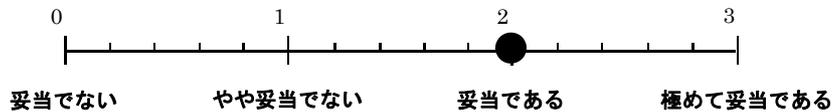
・概念、基本設計の充実を。

【電子航法研究所の対応】

Full 4D TBO の運用概念を検討する中で、具体化を進めていきます。

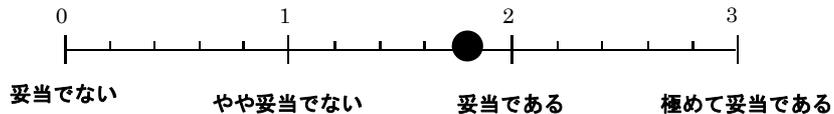
(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.0



(3) 予算設定の妥当性

評価 1.8



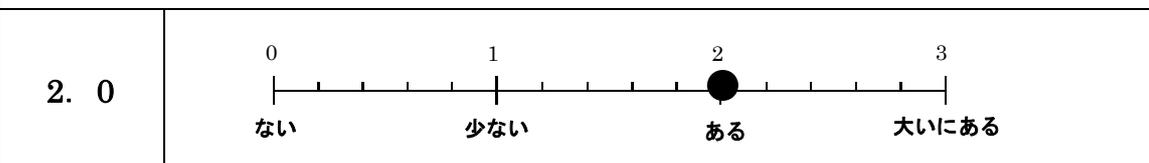
【所見】

・概念設計の段階を十分に実施して頂きたい。

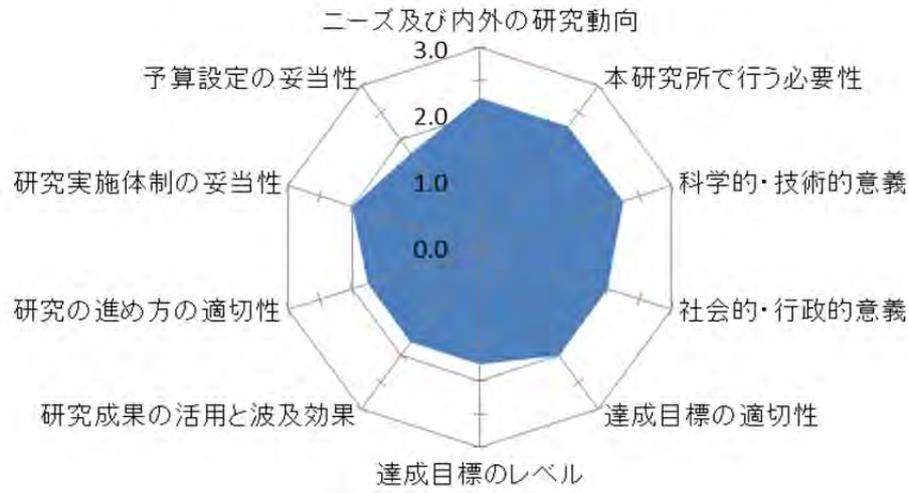
【電子航法研究所の対応】

研究の最初の段階では ICAO、NextGen、SESAR 等の Full 4D TBO 概念を確認します。その後、日本 FIR の特徴を考慮して日本における Full 4D TBO の運用概念の具体化を目指し、ファストタイムシミュレーションで評価します。

総合評価（本研究を実施する意義があるか。）



設定理由 各評価項目の合計点数=19.8
 評価項目数 =10
 (19.8 ÷ 10 ≒ 2.0)



【所見】

- ・理想的な 4DTBO を設計し、その全ての要目を達成する「Full」を示すべきである。そして、現状の達成目標との差を明確にするべきである。

【電子航法研究所の対応】
 Full 4D TBO 概念の明確化を目指します。

- ・基礎的な課題であるため、大学などの幅広い研究リソースを積極的に取り込んで頂きたい。

既に九州大学と共同研究を実施していますが、今後も大学等と積極的に協力したいと考えています。

- ・ Full 4D TBO の概念設計を Harmonize させることは喫緊の課題のようなので、タイムリーな研究着手である。

各 FIR の特徴が異なるため、Full 4D のコンセプトが同じでも実装方法は地域や国により異なると思います。Harmonization のため、interoperability を意識しながら研究を進めます。

【その他、助言】

・ファストタイムシミュレータなど、又、シミュレータの購入を検討しているが、これまでに多くのシミュレータが ENRI で購入あるいは開発されたと思われるが、さらに必要なのか？トラジェクトリモデル研究で作られた、ダイナミクスも入れたシミュレータも合わせて利用し、無理のないプランニングの方法論を作してほしい。システムの robustness の強化、いざという時の contingency plan など合わせて検討してほしい。

【電子航法研究所の対応】

Full 4D TBO の研究では、新しい運用方式をファストタイムシミュレーション環境に実装するため、新しいファストタイムシミュレータを構築する予定ですが、そのシミュレータはモジュラー構成ですので、当研究所がこれまでに開発したシミュレータを取り込むことを検討しています。

TBO につきましては、効率と不確定性と安全のためのマージンのバランスは重要な課題であると考えます。航空機の航法性能、空域監視方式、空域密度等に対する適切なマージンを検討し、シミュレーション条件をランダムに変更することによりロバスト性とセフティーネットも検討する予定です。

・運航者の一部の意見として、PBN 運航において時間設定の制約が強くなると TBO は実現しがたいとされており、TBO 概念のコンセンサス形成(米: ground centric TBO vs 欧: initial 4D) を急ぐことが期待される。

【電子航法研究所の対応】

様々な TBO の運用方式があり、空域の特徴、交通流の特徴、航空機整備、地上インフラ等に依存すると考えます。SESAR や NextGen の考え方を考慮しながら、日本の空域に適した運用コンセプトを目指します。

事前評価実施課題③

○研究課題名:GNSS を利用した曲線経路による精密進入着陸方式等の高度な飛行方式に関する研究

○実施期間:平成 25 年度～平成 29 年度 5 力年計画

○研究実施主任者:福島 荘之介(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) ニーズ及び海外の研究動向

GNSSによる精密進入着陸システムであるGBAS(地上型衛星航法補強システム)は、カテゴリ-I運用の実用化フェーズに入り、海外では現在のILSと同等な直線進入によるGLS(GBAS Landing System)運用が開始された。一方、ICAO(国際民間航空機関)は、ターミナル空域におけるPBN(性能準拠型航法)の展開を推進し、GLS進入着陸の導入により運航の最適化を図る計画であり、更にGLSを活用して運航効率の向上、環境負荷の低減、空港容量の拡大を目指している。この実現のため、現在直線に限定されている精密進入経路を曲線化するなどGLSの特徴を生かした高度な飛行方式を実現する技術の開発が強く望まれている。

(2) 当所で研究を行う必要性

当所は我が国で唯一、GBASを研究開発し、国際標準に適合したプロトタイプ装置を実現し、且つ、GLS飛行評価を実施している研究機関であり、曲線進入技術を開発するために必要な技術の蓄積を有する。また、飛行方式の設定は国の業務であり、航空行政を技術的側面から支援する当所が検討することは適切である。

(3) 研究の目的

本研究の目的は、曲線精密進入等のGLSによる高度な飛行方式に関する技術開発を実施し、国際標準策定に必要な進入セグメントなどの定義、障害物間隔の課題を解決することである。

① 科学的・技術的意義(独創性、革新性、先導性)

現在GLSに適用される飛行方式基準は、ILSの直線進入と同様であり、ICAOにおいてGLS曲線精密進入に関する飛行方式の技術的検討は実施されていない。シミュレーションツールなど本検討に必要な要素技術も開発されておらず、先導性が高い。

② 社会的・行政的意義(実用性、有益性)

本研究課題は、国内航空会社の要望があり、国土交通省航空局と産学官の関係者により構築されている将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)のロードマップにおいて行政施策導入に必要な研究開発課題として位置づけられている。

2. 研究の達成目標

- (1) 機上実験装置を開発し、飛行実証を通してGLS曲線セグメントの実現方法に関する課題を解決する。
- (2) フライトシミュレータ実験により、大型旅客機のPBN・GLS機能で可能な飛行方式を実現し、我が国での有効性を検証する。
- (3) GLS誤差モデル、機体モデル、風モデルを組み込んだモンテカルロシミュレーション

ョンツール・人間操縦モデルを開発し、障害物との安全間隔を評価する手法を確立する。

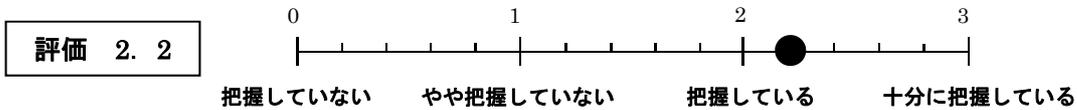
3. 成果の活用方策

- (1) ICAO 計器飛行方式パネル会議など国際基準の検討に資する根拠資料を提供する。
- (2) CARATS 実現のための施策の意志決定に必要な資料を提供する。
- (3) 我が国への PBN 及び GLS 曲線進入の円滑な導入に貢献する。

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】

・しかし、新鮮味がありません。

【電子航法研究所の対応】

本研究の背景となるニーズは、航空会社や行政が従来より継続して要望しており、目新しさに欠ける傾向がありますが、運航の効率化や安全に係わる重要な課題と考えております。

(2) 本研究所で行う必要性



【所見】

・将来の必須項目です。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘のとおり当所で行うべき研究課題と考えます。

(3) 科学的・技術的意義



【所見】

- ・多少、物足りない所がある。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘を真摯に受け止め、研究を進めて参りたいと思います。

- ・完全無人化操縦を達成するために。

本研究では有人操縦を前提としており、今後 ICAO で検討される GLS 曲線進入の飛行方式に必要な新要素技術の確立を技術的意義と考えております。

(4) 社会的・行政的意義

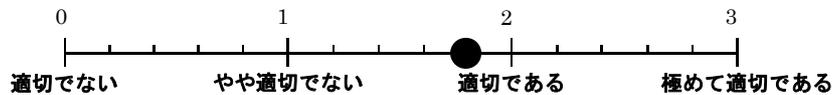
評価 2.4



II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性

評価 1.8



【所見】

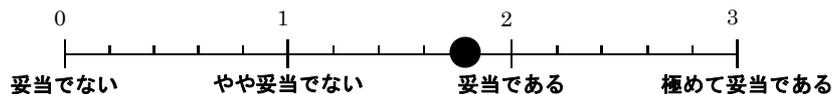
- ・具体的な操縦パネルのデザイン、人間が操作するパネルも示す位、具体的に設計すべきである。

【電子航法研究所の対応】

飛行実証に必要な計器表示を作成し、操縦席に表示する計画とさせていただきます。

(2) 達成目標のレベル

評価 1.8



【所見】

- ・具体的な説明が無いので、判明しない。
- ・抽象的。

【電子航法研究所の対応】

実験用機上装置を開発して搭載し曲線飛行実証するには高いレベルが必要ですが、これまで GBAS 機上実験装置を開発した経験があり達成可能と考えます。GLS のモンテカルロシミュレーションツールは、未だ世界に開発例がありません。しかし、機体ダイナミクスを入手し、妥当な風モデルを利用し、GLS 誤差モデル、人間操縦モデルを開発すれば、機体運動の知見を十分持った当所研究員が内製可能なレベルと考えております。

(3) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

- ・もっと具体的成果を上げるべきである。

【電子航法研究所の対応】

成果の活用方策としまして第 3 項でご説明差し上げましたが、更なる成果をあげるよう努めて参ります。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



【所見】

- ・今後の検討次第。

(2) 研究実施体制の妥当性



【所見】

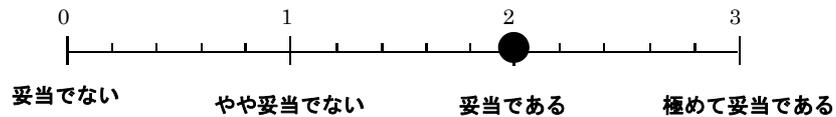
- ・大きなテーマである。
- ・機体の機能性能に係る課題があり、運航会社の協力も必要である。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘のとおり、機体性能に係わる課題については関係機関との協力により進めて参りたいと思います。

(3) 予算設定の妥当性

評価 2.0



【所見】

- ・高額なシミュレータの開発と思われる。

【電子航法研究所の対応】

東京大学、JAXA との共同研究により、モンテカルロシミュレーションツールに必要な技術要素を開発し、ソフトウェアを内製して、コストを最小限にする計画とさせていただきます。

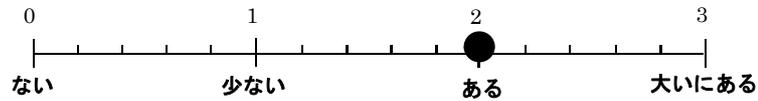
- ・予算なりの成果を上げるべきである。

【電子航法研究所の対応】

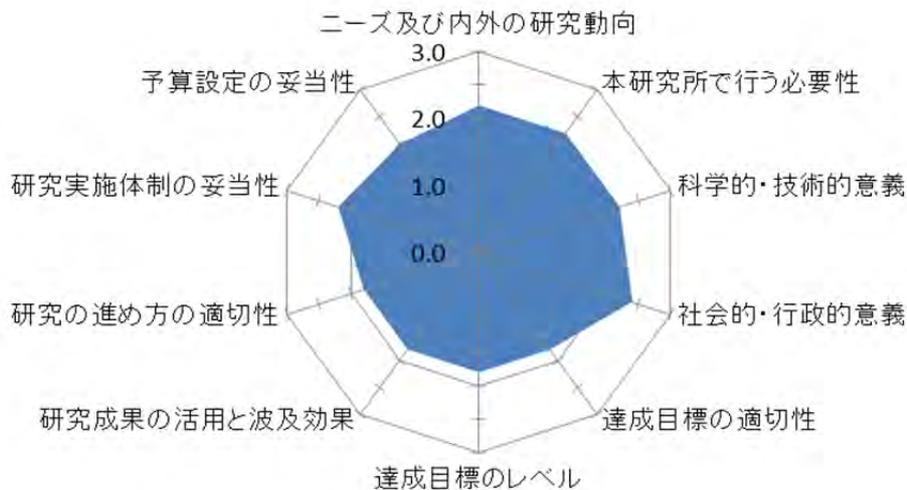
ご指摘を真摯に受け止め十分留意して研究を進めて参りたいと思います。

総合評価（本研究を実施する意義があるか。）

2.0



設定理由 各評価項目の合計点数=20.4
 評価項目数 =10
 (20.4 ÷ 10 ≒ 2.0)



【所見】

・旋回降下しながらの着陸は困難であると思うので、それを支援する装置を開発するとよい。

【電子航法研究所の対応】

最新の大型旅客機では旋回降下しながら進入着陸可能ですが、当所実験用航空機では不可能なため、飛行実証に必要な計器を開発する計画とさせていただきます。

・曲線経路進入の研究とともに GBAS(GLS)の実用トライアルが望まれる。

GLS 対応大型機での実用トライアルが望ましいと思われませんが、不可能な場合はエアラインのシミュレータを使うなど実用に近い方法を検討させていただきます。

・MLS 導入がうまくいかなかった最大の要素は、ILS との差別化ができなかったことであり、最終着陸援助施設として GNSS を導入するためには必要な研究だと考える。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘のとおり、GBAS の特徴を生かした高度運用の技術開発は国際的にも重要な研究課題と認識しており、十分留意して研究を進めて参ります。

【その他、助言】

- ・ 曲線経路での進入という新しいタイプのダイナミクスを取込んでいるので、パイロットを一つの制御系と見たときのパフォーマンスモデルも含めた、統合的な研究アプローチが必要である。JAXA 等との連携も十分進めてほしい。

【電子航法研究所の対応】

パイロットモデルを含めた包括的なアプローチを検討するため、JAXA・東大との共同研究による連携を進めて参ります。

- ・ 全天候運航マニュアル（DOC9365）には精密進入の要素が規定されているので、当該研究においては曲線経路 PA に関するどの要素について研究を実施し、その他の要素はどこで行うか、行うべきか等について検討を期待する。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘頂きましたとおり、当該研究で実施する要素を明確にし、その他の要素の課題についても、国際的に協調して検討して参りたいと思います。