



平成 26 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 27 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 24 年 12 月 6 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 26 年度に終了する重点研究課題（2 件）
  - ① ATM パフォーマンス評価手法の研究（事後）
  - ② カテゴリⅢ着陸に対応した GBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の開発(事後)
- (2) 平成 27 年度に開始する重点研究課題（2 件）
  - ③ 陸域における UPR に対応した空域編成の研究（事前）
  - ④ 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（事前）

## 3. 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日:平成 27 年 3 月 16 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 アーキテクチャ科学研究系 名誉教授
評議員	庄司 るり	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	田崎 武	一般財団法人 航空交通管制協会 常務理事
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	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	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: ATM パフォーマンス評価手法の研究
- 実施期間: 平成 23 年度～平成 26 年度 4 力年計画
- 研究実施主任者: 蔭山 康太(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

運航者の効率性の向上や CO2 排出量の削減など、ATM の今後の貢献が求められる分野は多く存在する。これらの分野について、ATM の貢献の定量的な表現は不可欠であるが、我が国においては十分な検討が進められていないのが現状である。

#### (2) 研究の目的

運航の所要時間や飛行距離など、効率に関連した項目を主たる対象として ATM パフォーマンスの検討を行う。実運用データからの項目の取得方法などを含めて、パフォーマンス評価指標の算出手法を検討する。

##### ① 科学的・技術的意義 (独創性、革新性、先導性)

航空交通は地域ごとの特性を有するため、それぞれの地域を対象とした ATM パフォーマンスの検討が必要である。我が国の ATM の貢献について、定量的な表現の検討は現在までに十分に行われていないために先導性を有する。

##### ② 社会的・行政的意義 (実用性、有益性)

パフォーマンス解析・評価結果に基づき、航空機運航者等の関係者と航空交通管理システムの現状の能力及びボトルネックの認識の共有が可能となる。また、運用改善項目について具体的な数値目標に基づいた航空交通管理システムの向上の管理が可能となる。

### 2. 研究の達成目標

- (1) 効率・環境などの観点からパフォーマンス項目の定量的な指標化および指標の算出手法を明らかにする。
- (2) 高速シミュレーションなどを用いたパフォーマンス値の推定手法を確立する。

### 3. 目標達成度

- (1) レーダ・データからの燃料消費推定を高い精度で可能とした。
- (2) 実運航の再現性が高いシミュレーション・モデルを構築した。モデルにより施策導入の効果を予測する見通しが得られた。

### 4. 成果の活用方策

- (1) 施策の導入効果に対する燃料消費 (効率および環境) からの視点の評価が可能となる。
- (2) 構築したモデルの活用により、信頼性の高いシミュレーション結果の取得が可能となる。

## 5. 成果の公表等

### (1) これまでの公表等

H23 年度 日本航空宇宙学会論文誌、飛行機シンポジウム、航空管制協会誌、信頼性学会誌

H24 年度 飛行機シンポジウム、ICAS、航海学会誌、情報処理学会誌、電子航法研究所報告

H25 年度 日本航空宇宙学会年会、APISAT、電子研講演会

H26 年度 日本航空宇宙学会年会、飛行機シンポジウム、ICAS

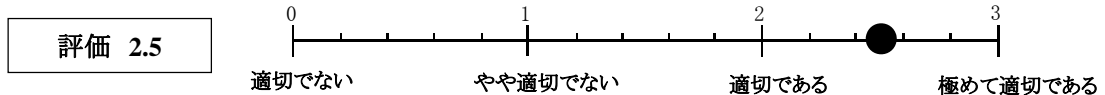
### (2) 今後の公表予定

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



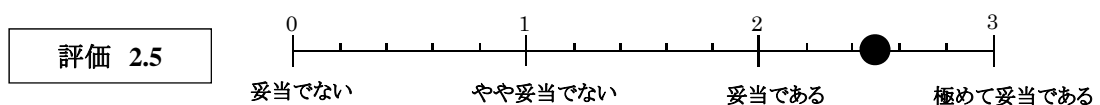
#### 【所見】

- ・ ATM パフォーマンス評価を、消費燃料に着目して計画を立てた所が大いに評価できる。
- ・ モデル化、検証等、評価指標確立に適切な手法である。
- ・ 小さい体制を前提とした進め方としては適切であったと考えられる。

#### 【電子航法研究所の対応】

燃料消費に着目した評価手法を開発することができました。今後、この手法を有効に活用していきたいと思えます。

#### (2) 研究実施体制の妥当性



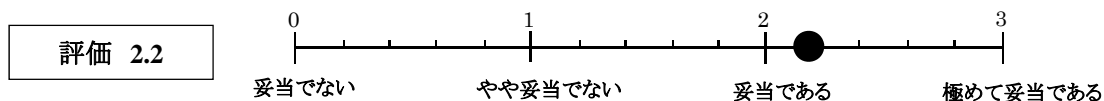
#### 【所見】

- ・ 管制官や運航者経験者も参加しており体制は適切である。

#### 【電子航法研究所の対応】

現実の運航に従事した方による作業および助言は貴重なものです。今後も、管制官や航空会社の実務経験者の方との共同作業を幅広く取り入れたいと考えています。

### (3) 予算設定の妥当性



#### 【所見】

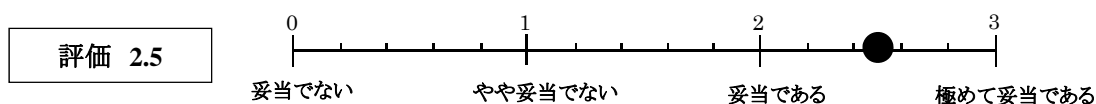
- ・ シミュレーションを用いることが必然であるならば妥当である。
- ・ 評価は難しい。
- ・ ソフトが高くなるのは仕方ないだろう。
- ・ 外部資源活用により、ペースアップできた可能性もあったのではないか。

#### 【電子航法研究所の対応】

本研究実施のために調達したソフトウェアは、今後の研究においても十分活用してまいります。

## II. 研究の有効性

### (1) 研究目標の達成度



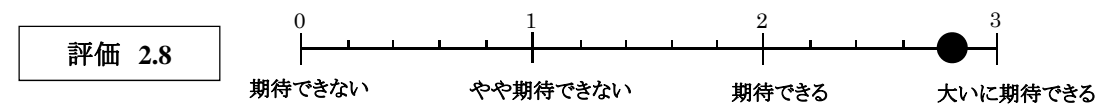
#### 【所見】

- ・ 一口で目標の達成度が表現できれば、なお優れたものとなったであろうと思われる。
- ・ 実用化に向けて十分な達成度と考える。

#### 【電子航法研究所の対応】

達成度について、より適切な表現や説明が行えるよう努めてまいります。

### (2) 研究成果の活用と波及効果



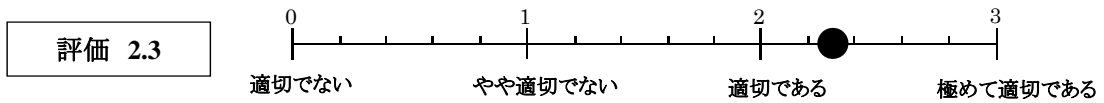
#### 【所見】

- ・ 政策への適用の裏付けを与えたものといえる。
- ・ 評価手法が確立されたので、今後様々な ATM アルゴリズムを比較検討するベースが出来たと考える。
- ・ 今後の管制に必要である。

#### 【電子航法研究所の対応】

近年の環境に対する意識の高まりから、燃料消費の推定の必要性が増加しており、開発した推定手法の活用を図っていきたいと考えております。

### (3) 研究成果の公表



#### 【所見】

- ・ ジャーナル論文をさらに増やしてもらいたい。
- ・ 有意義な成果を ICAO や欧米などの国際の場で宣伝してほしい。
- ・ 学術的なものだけでなく、広く一般に分かりやすい公表も進めてほしい。

#### 【電子航法研究所の対応】

国際会議や国際学会において、成果の公表および情報交換を行ってまいります。

### (4) ポテンシャルの向上



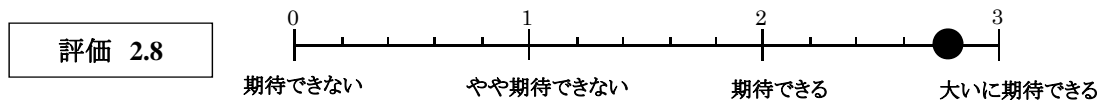
#### 【所見】

- ・ 電子航法研究所が行う本研究の認知が進み、それに応える行動も伴っており研究者の役割も認識された。
- ・ 特にこれまで不明だった燃料推定について大きな貢献と思う。
- ・ 今後の新方式提案等に活用しうる。

#### 【電子航法研究所の対応】

新たに開発した運航効率の指標は、燃焼消費の推定に大いに活用できると考えております。

### (5) 新たなシーズの創出



#### 【所見】

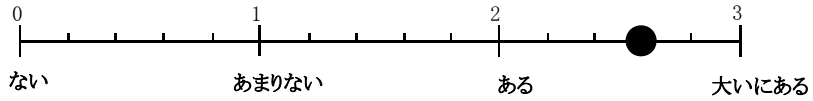
- ・ ATM の高度化に則して必要な政策への助言が続けられることが「シーズ」の表れと考える。
- ・ 今後の CARATS 展開に寄与してほしい。
- ・ 実用化に向けてより高い精度をめざし、他の条件も組み入れて欲しい。

#### 【電子航法研究所の対応】

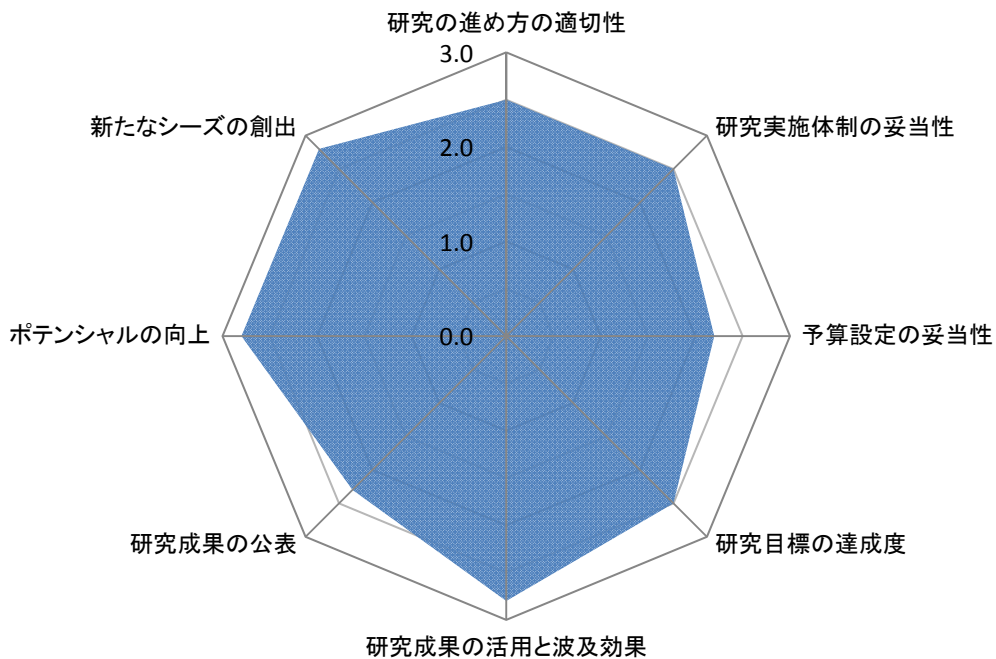
本研究で得られた燃料消費をはじめとする評価手法については、今後の研究においても精度向上や条件追加などの検討を行いたいと思います。

**総合評価(本研究を実施した意義があるか)**

2. 6



設定理由 各評価項目の合計点数 = 20. 5  
 評価項目数 = 8  
 (20. 5 ÷ 8 = 2. 6)



**【所見】**

- ・ 研究成果の「評価手法」は、実際に利用されることによって価値がある。具体例が示されているが、満足することなく応用範囲の拡大と改良のフォローアップを期待します。
- ・ ATM に関して燃料消費量の観点や管制運用等のパフォーマンスを評価するのは大いに評価できる。今後の ATM の発展につなげてほしい。
- ・ 今後の管制に必要で、成果が期待され実運用に進めてほしい。
- ・ 複数テーマにわたり続けてきた研究として、相応の成果を出せたと評価できる。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究の成果を活用し、国土交通省航空局が実施する ATM パフォーマンス評価に協力・貢献してまいりたいと考えております。



**【その他、ご助言】**

- ・ 良い成果である。これを今後様々な ATM 手法の評価を進める中で、モデルの精緻化につなげていってもらいたい。
- ・ 継続的な利用が重要である。
- ・ 世界で標準的に使えるモデルを日本から提案してはどうか。
- ・ 燃料消費量は最重要な性能項目であるが、飛行時間とのトレードオフであり示された具体例では飛行時間への考慮が不足しているように感じられた。
- ・ 実機データとの比較は、モデルの改良の議論にも使える有用なデータと思われる。こちらもフォローアップの研究を期待します。
- ・ 燃料推定にバイアスがある気がします。航空機は同じ機種なら何年たっても同じ性能なのでしょうか。(船は異なります)
- ・ 今後継続して開発を進めるべき事項と、技術移転により活用を図る分野をよく整理し、新たなテーマに資源が投入できることを期待しています。

**【電子航法研究所の対応】**

頂いたご助言は今後の研究活動に活かしていきたいと考えております。なお、本研究の燃料推定モデル構築は ATM の運用結果が燃料消費に与える影響を対象とするもので、代表的な航空機性能に基づいて推定を行います。

## 事後評価実施課題②

○研究課題名:カテゴリⅢ着陸に対応した GBAS (GAST-D) の安全性設計および検証技術の開発

○実施期間:平成 23 年度～平成 26 年度 4 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

国際民間航空機関 (ICAO) における GBAS (地上型補強システム) の標準及び勧告案 (SARPs) の検討については H22 年 5 月に、GPS の L1 信号を利用した CAT-III の精密進入を実現する GAST-D の技術的検証 (机上検討による検証) が完了した SARPs 案を策定した。現在、運用面も含めた検証作業を実施しているが、欧米ではこれに基づいた開発運用評価を実施し、H25 年以降に ICAO においてもパネル承認を経て最終的な標準化が図られる予定である。

電子航法研究所ではこれまで、GBAS CAT-I プロトタイプ開発を通じて安全性設計及び解析の経験を有しており、この知見を基に極めて高い安全性が要求される CAT-III へ発展させることで GNSS 精密進入における最終フェーズまでを包含する安全性検証と認証手法を確立することが可能となる。また、GAST-D SARPs 策定において ICAO に航法システムパネル (NSP) 作業部会関係者と共同提案した電離圏脅威モデルに関しては、不足している GPS 観測網の成熟期以降の太陽活動度極大期 (H25～H26 年) に向けた磁気低緯度地域のデータを含めた評価によりその妥当性を検証することが電子航法研究所の果たすべき重要な役割となっている。なお、電子航法研究所長期ビジョンでは H28 年度、および H32 年度までにそれぞれ CAT-II/III GBAS、CAT-IIIc GBAS の実用化を目指している。

#### (2) 研究の目的

本研究は、GAST-D を日本へ導入する際に必要となる安全性設計および解析技術の開発と認証手法を確立すること、ならびに電子航法研究所が共同提案した電離圏脅威モデルの妥当性検証と高度化 (精緻化) を目的として実施する。

##### ① 科学的・技術的意義 (独創性、革新性、先導性)

CAT-III では完全性や警報発出までの時間に対する要求値がより厳しくなるため、リスク評価・検証技術を高度化することが課題となる。具体的には CAT-I と比べて、より稀な現象まで考慮した FTA の構築や脅威モデルの精緻化、さらにより高度な異常検出モニタの開発に新規性があり、今後の航空交通分野の機器開発における安全性評価に対する先行研究としての先導性がある。また、CAT-I では地上/機上の区分けを Signal-in-Space (SIS) として安全性を担保していたが、電離圏脅威の軽減策として機上電離圏モニタの採用による地上/機上の連携が必要となり、この伝統的な安全性保証の考え方の転換が図られることや、CAT-I (GAST-C) とのサービス接続も新たな課題として挙げられる。

##### ② 社会的・行政的意義 (実用性、有益性)

本研究を実施することで、GNSS 精密進入の最終課題となっていた CAT-III を解決し、全飛行フェーズにおける GNSS 運航による安全かつ効率的な空域利用の促進に寄与できる。また、電離圏脅威モデルを中心として GAST-D SARPs 案への検証結果を ICAO にフィードバックすることにより磁気低緯度における環境に対応可能な国際標準であること

が検証されることとなる。

## 2. 研究の達成目標

- (1) GAST-D の日本への導入に必要な安全性評価と認証手法を確立するための安全性検証モデル (GAST-D プロトタイプ) を開発する。
- (2) 太陽活動度極大期へ向けて日本周辺、とりわけ磁気低緯度地域で収集される電離圏データを用いて、高度化した電離圏脅威モデルを構築・検証する。

## 3. 目標達成度

- (1) GAST-D プロトタイプを開発し、リスクを  $1 \times 10^{-9}$  以下にする安全管理技術を獲得した。
- (2) 機上評価装置を開発し、飛行実験により地上／機上の連携による電離圏脅威軽減を検証した。
- (3) 電離圏脅威モデルの検証を行い、従来の範囲を超える空間勾配を発見して高度化した。
- (4) ICAO への寄与として、電離圏空間勾配モニタ、電離圏脅威モデル検証、滑走路上の VDB 覆域検証結果を中心にフィードバックした。

## 4. 成果の活用方策

- (1) 開発した電離圏空間勾配モニタ、信号歪モニタ、VDB 覆域要件の検証方法や、検討した積雪・着雪リスク評価結果を CAT-I GBAS の安全性設計へフィードバックし、安全性向上を図ることが可能となる。
- (2) 機上評価装置開発により得られた知見を活用し、新機能追加に向けた国際標準化 (RTCA) への参画やポータブル GBAS ユーザ性能評価装置としての活用を図ることが可能となる。
- (3) GAST-D 実現により、これまで提唱されてきた全ての飛行フェーズを GNSS による運航が可能となり、航空会社およびサービスプロバイダの負担低減に寄与できる。
- (4) 羽田空港などより複雑な複数経路にも対応可能な自動着陸が可能となり、視界不良時も空港容量を一定以上に保ち、容量確保に貢献することが可能となる。

## 5. 成果の公表等

### (1) これまでの公表等

<H23 年度>

- ・ ICAO NSP : WP 2 件、IP 2 件、他機関と共著 WP 1 件

<H24 年度>

- ・ ICAO NSP : WP 2 件、IP 2 件 / ICAO APANPIRG CNS/MET : IP 1 件
- ・ 国際会議 : IGWG 1 件、ICAS2012 1 件 (共著)、ION GNSS 2012 1 件  
ION ITM 2013 1 件
- ・ 国内学会 1 件

<H25 年度>

- ・ ICAO NSP : IP 1 件
- ・ 信頼性学会誌 (査読なし) 1 件
- ・ 国際会議 : IGWG 1 件、ドイツ航法学会シンポジウム 1 件、ION ITM 2014 1 件
- ・ 国内学会 5 件、電子研発表 1 件

<H26 年度>

- ・ ICAO NSP : WP 1 件、IP 3 件、他機関と共著 WP 3 件
- ・ 国際会議 : IGWG 3 件、ION GNSS+ 2014 1 件、ICSANE 1 件、  
ION ITM 2015 1 件 (プロシーディング査読あり)
- ・ 国内学会 3 件、電子研発表会・講演会: 3 件、航空無線 (査読なし) 1 件

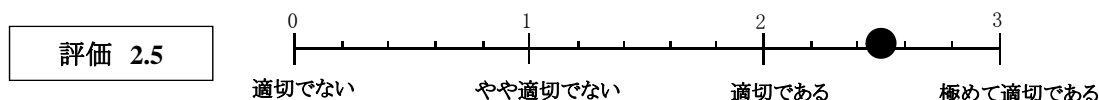
### (2) 今後の公表予定

- ・ ION Pacific PNT 2015 (電離圏勾配モニタ) 1 件 (2015 年 4 月 ; プロシーディング査読あり)
- ・ 電子航法研究所報告 (認証時の課題と解決手法) 1 件 (終了後 1 年以内)
- ・ ION GNSS+ 2015 (電離圏静穏時 / 擾乱時の飛行実験評価) 1 件 (2015 年 9 月)
- ・ 発表場所未定 (滑走路 VDB 覆域評価)、電子研発表等

## 6. 評価結果

### 1. 研究の効率性

#### (1) 研究の進め方の適切性



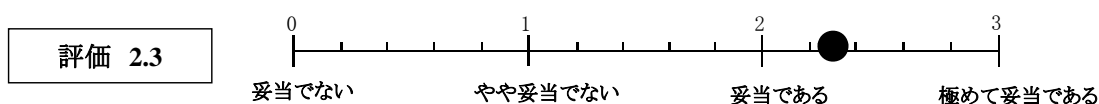
#### 【所見】

- ・ GBAS 高カテゴリ運用を目指すとき、電離層異常に起因する精度の低下は主要検討課題であり、ここに取り組んだことは大いに評価する。
- ・ 特にプロトタイプ開発に関して、十分に時間をかけて行ったことが成果につながっていると考える。
- ・ プロトタイプ開発から実験につながる電子航法研究所としてある意味手慣れた手順をこなせている。

#### 【電子航法研究所の対応】

本研究で得られた電離圏異常への対策に関する知見は今後のアベイラビリティ向上や、将来的な GNSS 利用への応用が大いに期待されるため、今後も宇宙天気予報技術の開発及び情報の利用といった視点から発展させていきたいと思ひます。また、高い安全性が要求される GAST-D プロトタイプ (GAST-D 研究用地上装置) 開発で得た安全性設計及び検証の知見は、今後の通信・航法・監視の新システムの開発に共通する基盤技術として応用していきたいと思ひます。

#### (2) 研究実施体制の妥当性



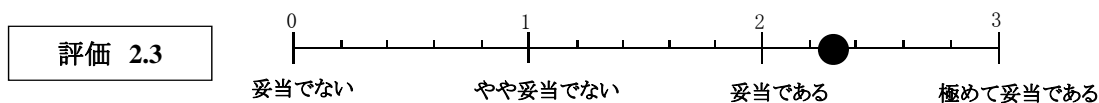
#### 【所見】

- ・ 研究実施は国内外で大きく評価されており、各研究メンバーの能力向上があることは明らかで体制の妥当性を示している。
- ・ 所内及び外部機関とも密接な連携が図られている。
- ・ 他機関との連携がうまく機能している。
- ・ 契約研究員等の準外部資源の有効活用が出来ている。

#### 【電子航法研究所の対応】

本研究で実施した国際標準原案の検証活動を各国及び地域の活動と協調しながら共に実施できたことは、航法システムに限らず今後の国際標準化活動へのさらなる参画への礎となる能力向上につながったと考えております。今後も新規連携を含めて国内外の外部機関との連携活動を発展させていきたいと思ひます。

### (3) 予算設定の妥当性



#### 【所見】

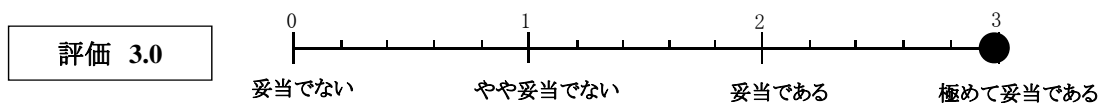
- ・ プロトタイプ開発を予算枠内で実施できている。

#### 【電子航法研究所の対応】

GAST-D 研究用地上装置と機上評価装置の開発に際しては、実施内容の精査、外部機関との連携、インターンシップ生の受け入れ等の外部人材の活用、機上評価装置については市販品によるハードウェア構築等により予算の低減を図りました。今後とも、効率性を重視しつつ研究予算と得られる研究成果との釣り合いを考え、適切な予算設定となるようにしていきたいと思っております。

## II. 研究の有効性

### (1) 研究目標の達成度



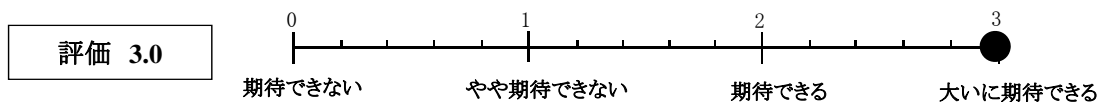
#### 【所見】

- ・ 大いに評価している。
- ・ 当初目標を十分に達成しており、ICAO SARPs の検証作業にも貢献している。
- ・ 想定以上の成果も出ており十分な達成度と考える。

#### 【電子航法研究所の対応】

当初の研究目標は達成しましたが ICAO SARPs の検証作業への寄与に関しては、ICAO における検証活動で残された課題となった電離圏空間勾配モニタにおける誤警報対策の検証作業等に引き続き貢献していきたいと考えております。また、石垣空港に設置した GAST-D 研究用地上装置についてはカテゴリ I を含め、磁気低緯度地域における GBAS 運用の視点から長期データ取得による評価を継続する予定です。

## (2) 研究成果の活用と波及効果



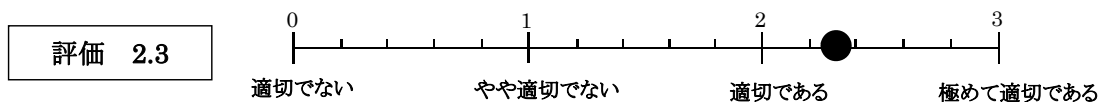
### 【所見】

- ・ 石垣空港に於ける実機材実験結果は関係者の評価は高い。
- ・ 機上モニタする機器などの製品化など先の発展を期待したい。
- ・ SARPs の改訂や今後の実機での運航に活用してほしい。
- ・ 行政、メーカーとの連携に期待します。

### 【電子航法研究所の対応】

石垣空港に設置した GAST-D 研究用地上装置については ICAO SARPs 改訂への継続的な貢献と、将来 GBAS の安全性認証が日本で必要となった際の航空局への支援のため、長期データ取得による評価を継続する予定です。また、本研究で得られた成果については、メーカーへの技術移転等の活用策を模索していきたいと思えます。機上評価装置に関しては、例えば可搬で GBAS ユーザ性能評価が可能な地上設置の GBAS 評価装置として使用する等の様々な活用策を考えております。また、機上処理の知見を応用して今後の活動領域を広げるため、機上装置の国際標準策定を行っている RTCA 等に積極的な参画を目指していきたいと思えます。

## (3) 研究成果の公表



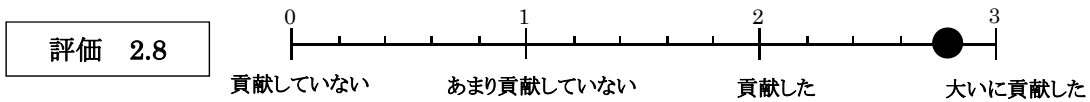
### 【所見】

- ・ 活発と思う。
- ・ 査読付き論文、特許等に期待します。

### 【電子航法研究所の対応】

研究の実施期間中は得られた成果を適時に ICAO へフィードバックすることを中心に行いましたが、学術的な成果についても積極的に査読付き論文への投稿を行い、実用化に向けて有効な知的財産について特許申請が可能なものについては申請を検討したいと考えております。

#### (4) ポテンシャルの向上



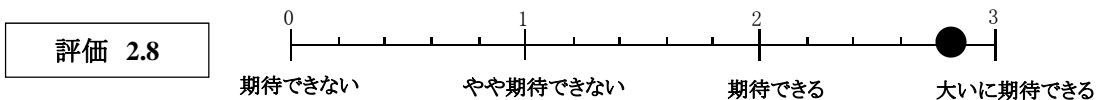
##### 【所見】

- ・ 研究者の能力向上は明らかと思われる。
- ・ 良いモデルと予測手法ができ大きな成果である。

##### 【電子航法研究所の対応】

本研究において国際標準原案の検証活動を各国及び地域の検証活動と協調しながら共に実施できたことは、研究員の総合的な研究能力の向上につながったと考えております。本研究において電離圏脅威モデル構築とその軽減手法の開発検証は国際的にも難易度が高い研究課題であり、今後も外部機関との連携を含めて発展させていきたいと考えております。

#### (5) 新たなシーズの創出



##### 【所見】

- ・ GBAS 運用に反映される。
- ・ ATM 関連の様々な研究に活用できる。

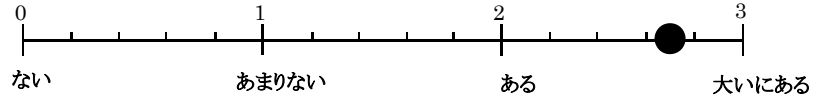
##### 【電子航法研究所の対応】

本研究で得られた成果は、カテゴリ I GBAS へのフィードバック可能な項目とともに GBAS 運用を目的とした研究課題に反映していきたいと思っております。また、GBAS の利点を活用した新しい運航方式の開発等、ATM に関連した研究にも活かしていきたいと思っております。



**総合評価（本研究を実施した意義があるか）**

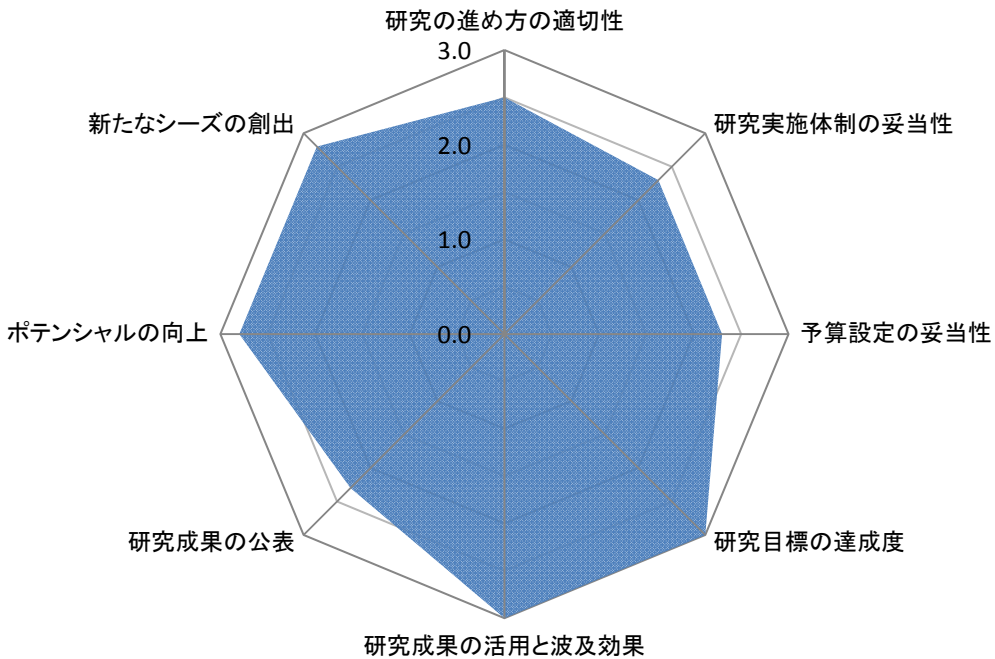
2.7



設定理由 各評価項目の合計点数 = 21.2

評価項目数 = 8

$$(21.2 \div 8 \doteq 2.7)$$



**【所見】**

- ・ 申し分ない研究成果と思います。獲得した成果が実用化、製品化につながる方策についても検討し産業への貢献も期待します。
- ・ 今回の研究成果は我が国だけでなく国際的にも今後の ATM 発展に役立つので、更に関連の研究を進めてほしい。
- ・ ハードの設計開発から解析、検証等素晴らしい成果である。
- ・ 電離圏に関する知見の更なる向上に資した。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究で得られた成果をもとに航空局への支援はもちろん、産業界への技術移転、活用方策の提案をしていきたいと思っております。また、磁気低緯度における電離圏脅威モデルの構築と安全性評価や、GBAS の利点を活用した新しい運航方式の開発等は、各国及び地域で GBAS を導入する際の主要課題や関心事であるため、積極的に情報発信しながら関連研究を推進していきたいと考えております。

**【その他、ご助言】**

- ・ JAXA との研究協調をすすめ、世界の認知を一層高められたらいいかだろうか。
- ・ 準天頂衛星が日本で使われるようになった場合にそれを利用することによりメリットはないか、併せて検討して頂きたい。
- ・ 航空機ほどの精度はなくても良いが、船上でも使用できるものなのか。

**【電子航法研究所の対応】**

本研究において石垣空港での飛行実験を JAXA と共同で実施しましたが、GBAS を含む GNSS を用いた航空航法とその応用分野で研究の連携を強化していきたいと思えます。また、準天頂衛星の利用可能性について平成 27 年度開始の新規研究課題でメリットに関する検討を含めることとしたいと思えます。なお、GBAS のサービス領域は航空機の進入方向に 40km 程度の水平スケールを持つため、海上で電波の受信強度を計測したことはありませんが船上の GBAS 受信機で電波が適正レベルで受信できれば航空機と同程度の精度で利用可能であると考えられます。

## 事前評価実施課題①

○研究課題名:陸域におけるUPRに対応した空域編成の研究

○実施期間:平成27年度～平成30年度 4カ年計画

○研究実施主任者:蔭山 康太(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

航空需要の増加により2025年頃には現行運用の限界が予想される。これに対して、国土交通省では空域の抜本的再編により業務負荷低減などを図り、管制処理能力の向上を計画している。一方、陸域(レーダ空域)へのUPR(User Preferred Route)の導入により飛行の効率などの向上が期待されているところである。このため、UPR導入を考慮した我が国の陸域への空域編成の実現が不可欠である。

#### (2) 当所で研究を行う必要性

当所は航空管制や飛行の効率についての研究を実施してきており、空域シミュレーションなどの知見を有しているため本研究の実施に適した唯一の機関である。

#### (3) 研究の目的

##### ①科学的・技術的意義(独創性、革新性、先導性)

シミュレーションや最適化の手法により、我が国の陸域へのUPR導入時の空域編成の決定手法を提案できる。

##### ②社会的・行政的意義(実用性、有益性)

効率の良い飛行を運航者に提供することで燃料消費の削減が可能となる点は社会的意義を、航空管制機関による安全で円滑な交通流の形成に寄与できる点は行政的意義を有する。

### 2. 研究の達成目標

(1) 陸域へのUPR導入にセクタ容量による制約が与える影響や動的な空域編成による効果を検証する。

(2) シミュレーションなどの意思決定支援手法を適用した、動的な空域編成の手順を確立する。

### 3. 成果の活用方策

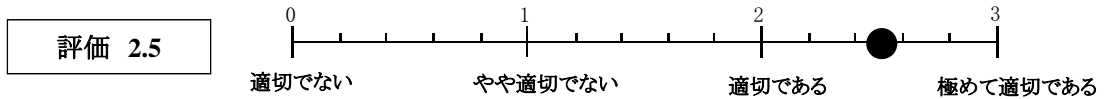
(1) CARATSにおける施策「OI-7:TBOに適した空域編成」、「OI-5:高高度でのフリールーティング」、「OI-6:リアルタイムの空域形状変更」における意思決定の判断材料が得られる。

(2) 上記の各施策の導入時の課題が得られる。

#### 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



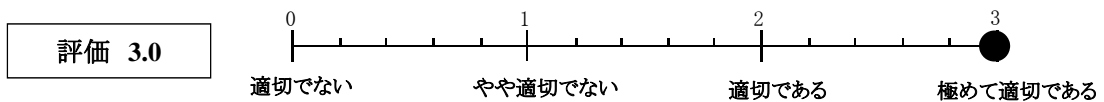
###### 【所見】

- ・ 将来需要を基に合理的な解を求めようとする研究であり問題はない。
- ・ 今後のUPR 登場の状況にとって必要な研究である。

###### 【電子航法研究所の対応】

空域再編や業務負荷低減などのニーズに応えられるよう研究を進めてまいります。

###### (2) 本研究所で行う必要性



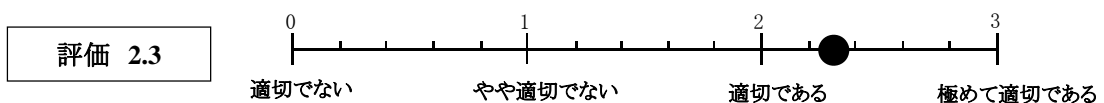
###### 【所見】

- ・ 本研究所以外に、他に場所を求めることが困難な研究と思わせる。
- ・ これまで関連する研究を進めてきている貴研究所で行うことは適切である。
- ・ 行うべきものは重要である。

###### 【電子航法研究所の対応】

これまでに関連研究で培ってきた知見やノウハウを活用して本研究に取り組みます。

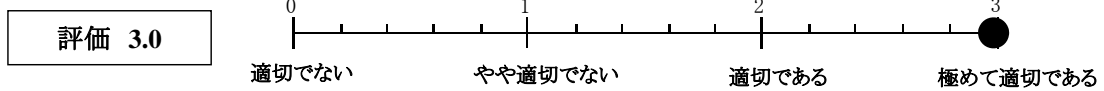
###### (3) 科学的・技術的意義



###### 【所見】

- ・ 両要素を備えている。

#### (4)社会的・行政的意義



##### 【所見】

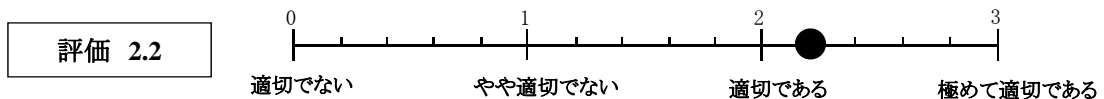
- ・ 問題なく社会的要請に応えている。
- ・ 燃料消費削減や空域容量拡大につながり研究の意義は大きい。

##### 【電子航法研究所の対応】

燃料消費削減と空域容量拡大に寄与できるように研究を進めてまいります。

## II. 研究の有効性

### (1)達成目標の適切性



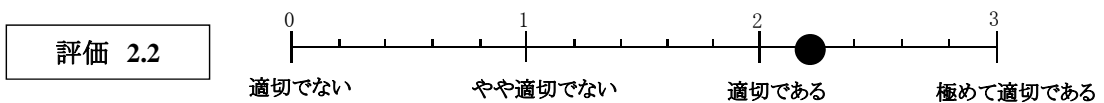
##### 【所見】

- ・ 数値目標は示されていないようである。
- ・ 目標の具体性が少し低い。

##### 【電子航法研究所の対応】

今後、検討を進める中で達成可能なレベルを見極めていきたいと思えます。

### (2)達成目標のレベル



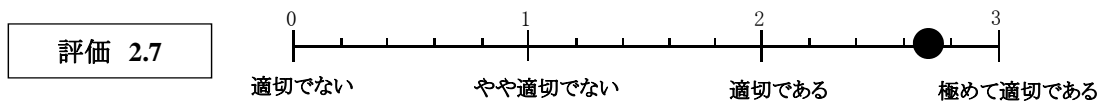
##### 【所見】

- ・ 達成可能な目標のレベルをシミュレーションにより、求めていこうとするスタイルの研究と思われる。
- ・ この成果をどう生かしていくかの出口をもう少し明確にしてほしい。（実際に航空管制で使われているための道筋など）

##### 【電子航法研究所の対応】

実運用につなげる道筋についても検討してまいります。

### (3) 研究成果の活用と波及効果



#### 【所見】

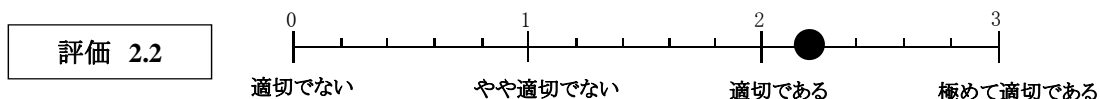
- ・ 知見を活用する局面は必ずあるので、異なる構想のアプローチを採用するとより知識が増すと思われる。
- ・ 今後の航空交通課題対策に有益と期待する。

#### 【電子航法研究所の対応】

外部との連携により、多様な知見を取り入れていきたいと考えております。

### 研究の効率性

#### (1) 研究の進め方の適切性



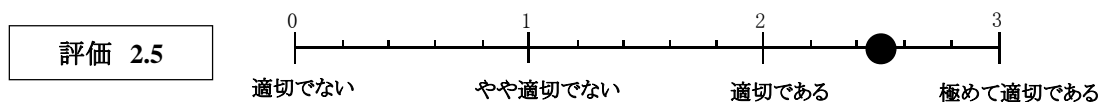
#### 【所見】

- ・ 正攻法に思う。それで悪くないが、より多くの試みを試行できる余地があると思える。
- ・ 管制に対する負荷のモデルにもう少し工夫が必要である。単なるそれぞれの負荷の足し算ではなく、複合的なことからくるシナジー的な負荷も有り得るのではないか。
- ・ 航空局が計画している管制空域再編に活用できるよう、出来るだけ早めに研究を進めてほしい。

#### 【電子航法研究所の対応】

頂いたご意見を踏まえて、管制空域再編に有効に活用できるように研究を進めてまいります。

#### (2) 研究実施体制の妥当性



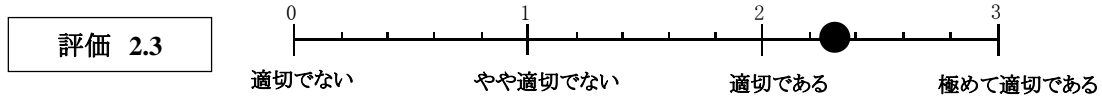
#### 【所見】

- ・ 新人等の参加が期待できるよう配慮を頂きたい。
- ・ 管制関連機関等も有効活用して効率を上げてほしい。

#### 【電子航法研究所の対応】

所内外と連携し研究を効果的に進めてまいります。

### (3) 予算設定の妥当性



#### 【所見】

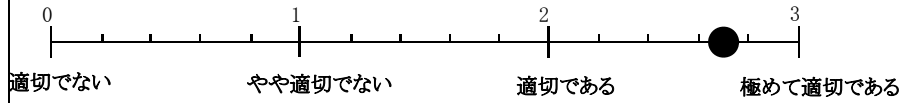
- ・ 妥当と思われる。
- ・ シミュレータの維持費が大きく評価が難しい。
- ・ 概ね妥当ですが、加速のため外部資源活用の可能性も考えてはいかがか。

#### 【電子航法研究所の対応】

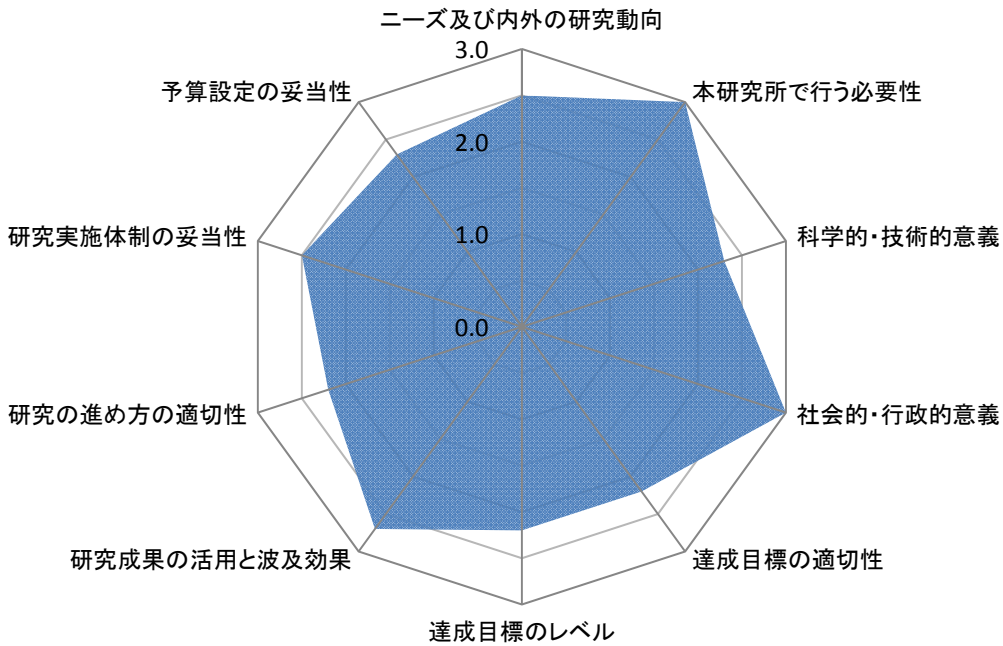
外部機関との連携により、研究を効果的に進めてまいります。

**総合評価(本研究を実施した意義があるか)**

2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 24.8  
 評価項目数 = 10  
 (24.8 ÷ 10 = 2.5)



**【所見】**

- ・ 重要な研究である。管制官の負荷モデルが重要でありその精緻化が必要であると思われる。セクタ変更時のセクタ間のインタラクションも負荷の増大につながるので、そのモデルもご検討いただきたい。
- ・ 従前から進められている RNAV 経路の整備に対する UPR のメリットについては留意する必要がある。
- ・ 空域の動的編成は海外に先行研究あると思うので十分な調査が必要と思われる。
- ・ 陸域空域では、通過機・出発到着機との混在が大きな課題となるがこれを少しでも解決できる成果を期待します。
- ・ 重要な課題解決に向けた検討を進める研究だと考えるが、長期的なビジョンを示すと分かりやすいのではないかと。

**【電子航法研究所の対応】**

既往の研究例および海外動向について調査を行います。



**【その他、助言】**

- ・ 陸域上空高高度では、現在も RNAV ルートやレーダ誘導により UPR に近い航空機運航が実施されているが管制運用は複雑となる。ATMC など管制機関と十分な調整のうえ、両者が効率運用できる手法等の成果を期待します。
- ・ UPR モデル構築等ステップごとのユーザーと行政との連携を図って進めていくべきと考えます。

**【電子航法研究所の対応】**

頂いたご助言は今後の研究活動に活かしていきたいと考えております。

## 事前評価実施課題②

○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～平成 31 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) ニーズ及び海外の研究動向

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) 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。ANC/12 において宇宙天気情報の必要性が指摘されたのは当所が提出した WP にもとづいており、本件については当所が中心的な役割を果たしていく必要がある。当所ではこれまでに GNSS 補強システムの処理アルゴリズムやプロトタイプ開発、ならびに電離圏脅威モデルを含む安全性設計検証を実施してきており、本研究はこれらの知見がなければ実施できない。

#### (3) 研究の目的

本研究の目的は次世代 GNSS 環境に対応した実用的な GNSS 補強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 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。
- (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。

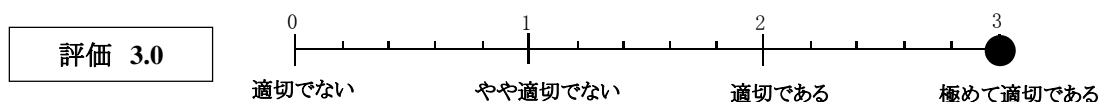
## 3. 成果の活用方策

- (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。

## 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】

- ・ 行政ニーズの上に計画が作られている。
- ・ SBAS/GBAS の汎用的利用に向けて極めて重要な研究である。
- ・ 次世代 GNSS 環境に対応する必要性、国際的動向を十分に把握している。
- ・ 十分である。

#### 【電子航法研究所の対応】

今後ともニーズを十分に把握したうえで着実に研究を実施します。

## (2) 本研究所で行う必要性

評価 2.8



### 【所見】

- ・ 本研究所への期待は高い。
- ・ 本研究所で行うべきテーマ。

### 【電子航法研究所の対応】

当所で実施すべき研究課題であることを十分に踏まえ、確実に研究を実施します。

## (3) 科学的・技術的意義

評価 2.8



### 【所見】

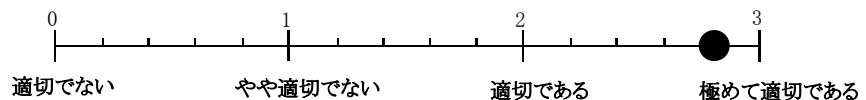
- ・ 宇宙気象、プラズマバブルなど地球科学的現象を航法の安全に結びつける「技術研究」であると認識している。
- ・ GNSS の進展、特に磁気低緯度地域における GNSS 航法の実現に意義がある。
- ・ 日本の技術として発信してほしい。

### 【電子航法研究所の対応】

磁気低緯度地域における GNSS の利用について、積極的に技術開発を進めます。

## (4) 社会的・行政的意義

評価 2.8



### 【所見】

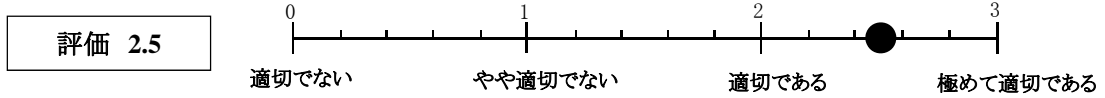
- ・ 十分な意義はある。
- ・ 他分野への応用が広い。

### 【電子航法研究所の対応】

GNSS ベース航法の利用促進の社会的意義を踏まえ、そのための技術開発を進めます。

## II. 研究の有効性

### (1) 達成目標の適切性



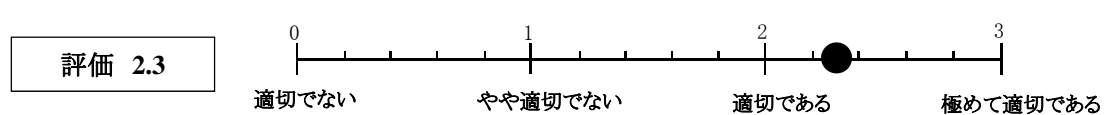
#### 【所見】

- ・ 目標とする改善効果が数値的に表現できていることが望ましい。
- ・ 具体的な目標が見えにくい。
- ・ 3-9 は、不適當とは言えないが、我が国におけるユーザー要件から見ると再精査の余地はあるのではないか。

#### 【電子航法研究所の対応】

指摘を踏まえ、改善効果の観点からの研究成果の発信に努めます。

### (2) 達成目標のレベル



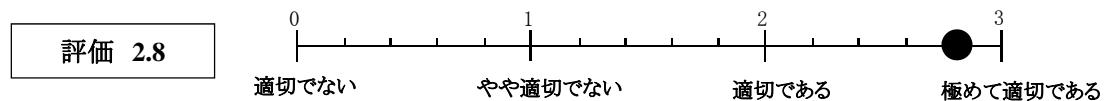
#### 【所見】

- ・ ICAO 活動との整合性があり十分と思われる。

#### 【電子航法研究所の対応】

プロトタイプ構築及び実証実験など、適切な水準の目標を設定しました。

### (3) 研究成果の活用と波及効果



#### 【所見】

- ・ 国内外への知見の反映が期待される。
- ・ 日本を中心とし、アジア圏に効果を拡大、敷衍していただきたい。
- ・ アジアにおけるこの分野の研究や情報配付の拠点となっていただきたい。
- ・ GNSS ベース航法の利用拡大に期待できる。

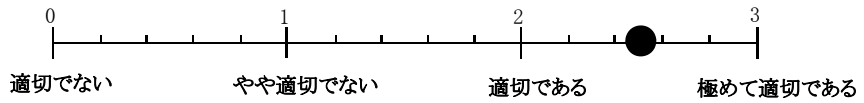
#### 【電子航法研究所の対応】

我が国と同様の技術的課題を有するアジア諸国に対する情報発信に努めるよう配慮します。

### III. 研究の効率性

#### (1) 研究の進め方の適切性

評価 2.5



#### 【所見】

- ・ 妥当と判断される。

#### 【電子航法研究所の対応】

観測データにもとづくシミュレーションやプロトタイプによる実証実験など、研究の手順及び手法は適切に設定しました。

#### (2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.3



#### 【所見】

- ・ 従来からの継続性が保たれている。
- ・ 電離圏研究（外部機関）との連携が重要。

#### 【電子航法研究所の対応】

これまでに実施してきた研究課題との継続性に配慮し、また客員研究員の活用や共同研究の実施など所外との連携も十分に考慮しました。

#### (3) 予算設定の妥当性

評価 2.2



#### 【所見】

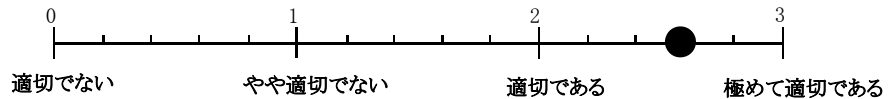
特になし。

#### 【電子航法研究所の対応】

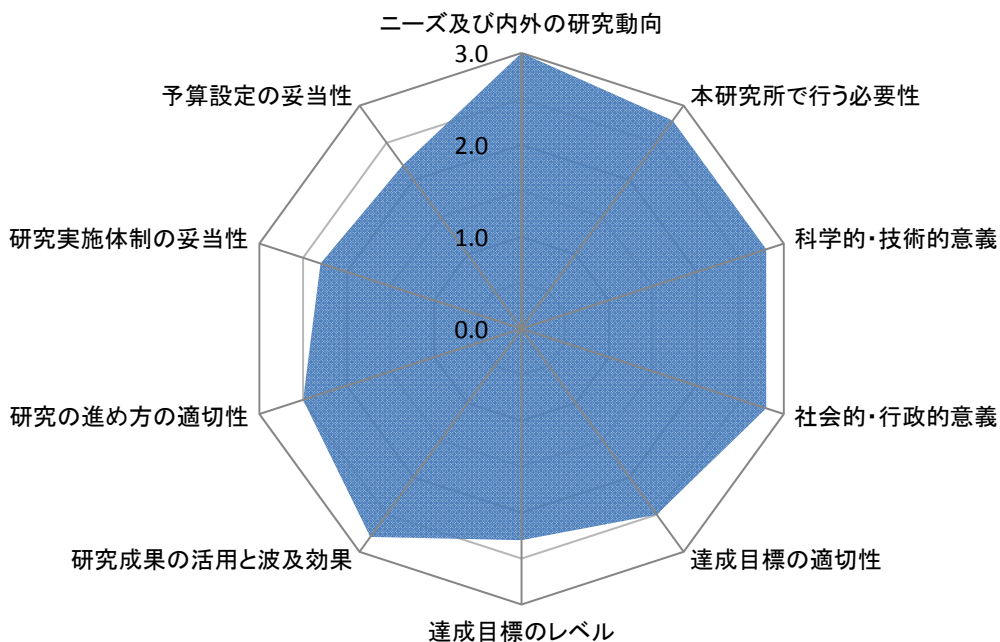
研究目標に照らして、適切な予算を設定しました。

**総合評価(本研究を実施する意義があるか)**

2.6



設定理由 各評価項目の合計点数 = 26.2  
 評価項目数 = 10  
 (26.2 ÷ 10 = 2.6)



**【所見】**

- ・ GNSS の利用が進むと予想される中重要な研究である。着実な進行が期待される。
- ・ 研究成果は大いに期待できる。衛星利用航法の高精度、高信頼性を牽引して戦略的な技術となって我が国の産業の競争力につながることを期待します。
- ・ 5年の期間は少し長い気がするが、その分より高い精度を確保してほしい。
- ・ 複数のサブテーマを同時に進めるテーマであることから、進捗管理に注意してください。

**【電子航法研究所の対応】**

GNSS ベース航法の利用促進の社会的意義を踏まえ、我が国を含む磁気低緯度地域におけるGNSS の利用について積極的に技術開発を進めます。また、我が国と同様の技術的課題を有するアジア諸国に対して十分な情報発信ができるよう配慮します。

**【その他、ご助言】**

- ・ 現状の衛星活用の可能性の中で、アベイラビリティとインテグリティを向上させる衛星航法として広く検討して頂きたい。
- ・ 準天頂衛星が追加されたときに大きな成果が得られるには、準天頂側にどんな要件があると良いかを早い段階で明確にし、準天頂システムのシステム設計に反映して頂きたい。(SBASに関して)

**【電子航法研究所の対応】**

GNSS ベース航法の性能向上のために、広い範囲にわたる技術的手法を検討対象とするよう努めます。また、我が国が進めている準天頂衛星システムについても、適宜情報交換を行いながら研究を進めます。