



平成20年度

重点研究課題 外部評価報告書

(中間評価・事後評価)

平成20年7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、独立行政法人電子航法研究所評議員会規程及び「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成17年3月29日 内閣総理大臣決定）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（中間評価・事後評価）

研究所が実施する研究開発であって、国からの運営費交付金によって実施するもののうち、平成19年度に3年を経過したもの（1件）及び、平成19年度に終了したもの（4件）の重点研究課題を今回の評価対象とした。

- (1) 航空無線航法用周波数の電波信号環境に関する研究
- (2) 無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究
- (3) 航空交通管理における新管制運用方式に係る容量値に関する研究
- (4) 静止衛星型衛星航法補強システムの2周波対応に関する研究
- (5) 今後の管制支援機能に関する研究

3. 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日：平成20年7月3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 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]

中間評価実施課題（その1）

○研究課題名：航空無線航法用周波数の電波信号環境に関する研究

○実施期間：平成17年度～平成21年度 5ヶ年計画

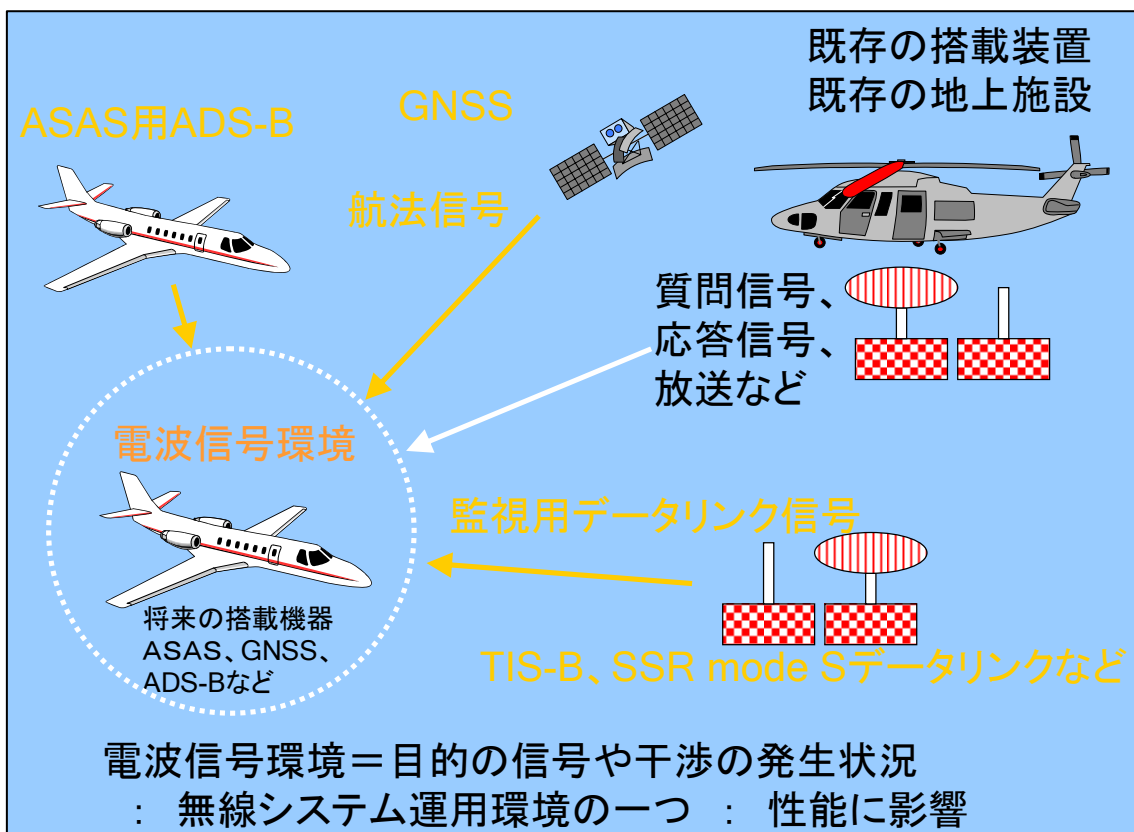
○研究実施主任者：小瀬木 滋（機上等技術領域）

1. 研究の背景、目的

将来の搭載無線機器については、性能要件を定める一方で、将来の運用環境やその中の性能の予測が必要である。特に、航空無線航法用の周波数割当拡大は困難であり、新旧の無線機器が周波数帯域を共用する運用環境や地理的条件など国情を配慮した予備調査や予測手法が必要である。

また、早急に解決を要する課題としては、GPS-L5、GALILEO-E5、ADS-B など導入時期が近づきつつある新しい信号を考慮し、周波数を共用する各種航空航法無線機器との相互干渉や性能劣化について効果的な測定手法や予測手法を開発する必要がある。

本研究では、航空無線航法サービス ARNS (Aeronautical Radio Navigation Service) 用に割り当てられた周波数帯域内にある各種の無線機器について電波信号環境の測定や予測の手法を確立することを目的とし、広い周波数帯域に拡散した航法無線信号に対する干渉信号発生状況の一括測定分析や、将来の航法無線機器の通信方式を含む信号環境予測手法の開発を行い、将来の新システム導入に際し、これらの測定・予測技術を活用して新旧のシステムの共用性と運用性能を両立させ、安全性と経済性向上のために担当行政部局を支援する。



将来の電波信号環境

2. 研究の達成目標

- ①航空無線航法用周波数（ARNS、以下同じ）帯域内の電波利用状況やこれに大きく影響する航空機間隔維持支援装置 ASAS など新システムの要件と開発導入動向を調査する

- ②ARNS 帯域内の電波発生状況の測定技術を開発し、これにより実態調査する。特に、新しい GNSS 信号や監視用データリンクなど ASAS が情報源として使用する各種の信号に関する干渉発生状況の一括測定を可能にする。一括測定する帯域幅は 30MHz 以上を目指す
- ③ARNS 帯域内の電波発生状況について予測手法を開発し、将来予測を可能にする
- ④ARNS 帯域内を利用する新旧システムについて国情に即した共用手法を調査する
- ⑤ARNS 帯域内に導入する新システムの設計評価のための基礎技術を取得する

3. 成果の活用方策

- ①同周波数帯域内のシステムの導入や運用に関する将来動向予測。
- ②電波発生状況の測定技術を用いる運用実態調査や飛行検査方式開発。
- ③電波発生状況の予測技術を用いる将来の信号環境予測。特に、ADS-B/TIS-B や SSR モード S などの監視用データリンクや GPS-L5 などの新しい GNSS 信号など、新システムに関する予測。
- ④信号環境の予測結果を用いて、新旧航空無線航法機器の共用のために日本に適した手法の検討に活用。ASAS と ACAS との相互作用の予測結果を用いる ASAS の要件開発や ACAS の改良。また、JTIDS 等軍用無線機器との干渉防止策立案のための技術的基礎確立。日本の信号環境予測を ICAO 等に報告することによる、日本における国際規格機器の共用性の向上など。
- ⑤新システムの信号設計や共用性の確認を通じた国際規格案策定への活用。

4. 評価結果

I. 研究の有効性

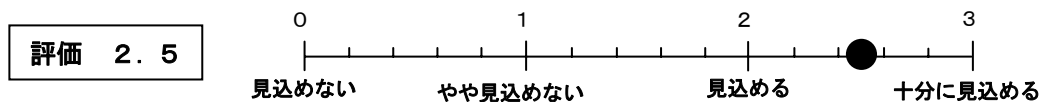
(1) 研究の進捗状況(目標達成度)



所見

- ・ 現場的手法にて評価する検討は、他で実施することが困難である。
- ・ わかりやすく説明された。

(2) 目標達成の見込み

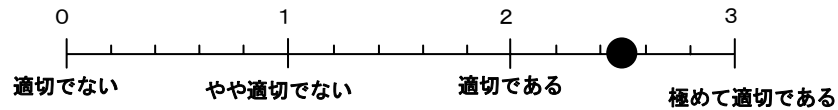


所見

- ・ 分析により、何を主張するかがポイント。現状では、この点が十分に設計されていないように思える。
- ・ 信号の強度・周波数的計測だけでなく、「どんな信号であれば有害であり、こうゆうのは無害である」という特徴付けが必要で、そこに理論的な検討が必要。
- ・ 今後記録データの再生装置を製作され、環境を再現して各種の解析に使用されたい。
- ・ これまでの研究・実験もしっかりしており、今後期待できる。

(3) 研究成果の公表

評価 2.5



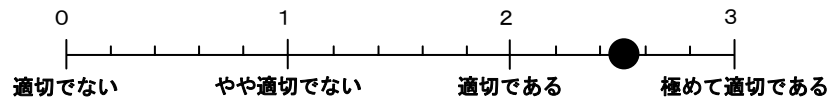
所見

- ・ 航空電子関係の国際学会、国際会議が複数あるが、それらへの発表が望まれる。
- ・ 妥当な数である。内容の充実にも留意されたい。
- ・ 研究成果の公表に関し、件数だけでなく、発表題目も添付してほしい。発表された内容が分かり易い。
- ・ 行政ニーズに適時適切に対応した研究成果の公表が行われていると思われる。

II. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性

評価 2.5

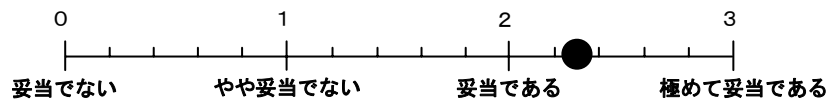


所見

- ・ 測定を基本とする進め方は重要と考える。
- ・ 理論的な研究も並行してすすめてほしい。
- ・ 適切に進捗されたと考えられる。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.3

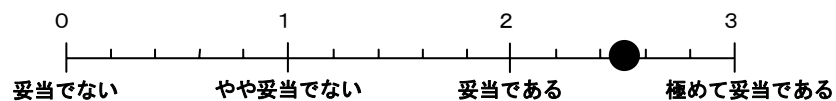


所見

- ・ 若手研究者のスキル向上を期待したい。
- ・ 研究の進め方も、世の中の技術進歩の状況を考えながら進めたことは評価できる。
- ・ 海外の研究機関との共同研究を追求してはどうか。(特に ASAS、L5 等ホットなテーマも多いようです。)

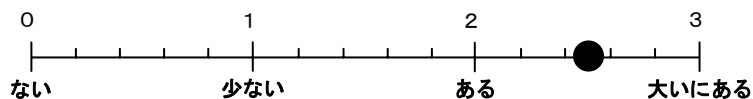
(3) 予算設定の妥当性

評価 2.5

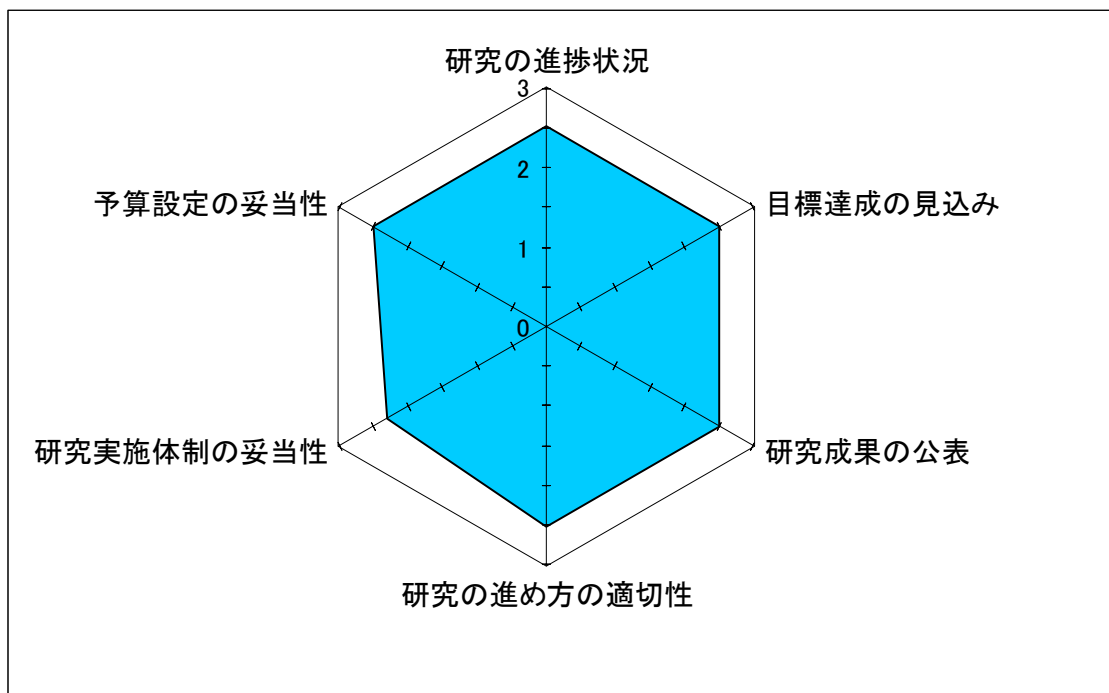


総合評価（本研究を実施する意義があるか。）

2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 14.8
 評価項目数 = 6
 (14.8 ÷ 6 = 2.5)



所見

- ・ 最終的な主張を想定した効果的な計画を持たれることが重要と考える。
- ・ 妥当な研究のすすみ具合であり、今後も努力してもらいたい。
- ・ 良好
- ・ 欧米においても同様の研究がなされているが、研究所における研究が国際的にリーダーシップを取れるよう期待したい。
- ・ 無線システム開発に当たって不可欠の基礎的研究領域であり、着実に成果を積み上げてゆくことを期待します。
- ・ 電波環境計測の分野において装置を開発することにより、研究の前進があったことが分かりました。信号環境予測の分野において、計測の研究成果が反映されるよう期待します。

その他助言

- ・ 欧米・アジア関係の航空電子に係わる国際会議に発表されることが望まれる。
- ・ GPS のジャミングなどの問題が取りざたされていることを考えると「どういう信号が干渉するか」を明確化することは大事で、今度はその成果を使って、干渉に強い信号とは何かにつながる知見が得られることを将来期待したい。
- ・ 有効な信号計測装置が試作されました。現状の航空機をとりまく雑音や妨害環境の測定を行い、環境を再現することで、従来難しかった妨害の再現／解析に有効だと思いました。
- ・ 研究の途中ではあるが、研究の成果を具体的にどう活用できるのか分かりづらいので、もう少し発展性をもって研究されたい。

事後評価実施課題（その1）

○研究課題名：無線測位におけるマルチパス誤差低減に関する研究

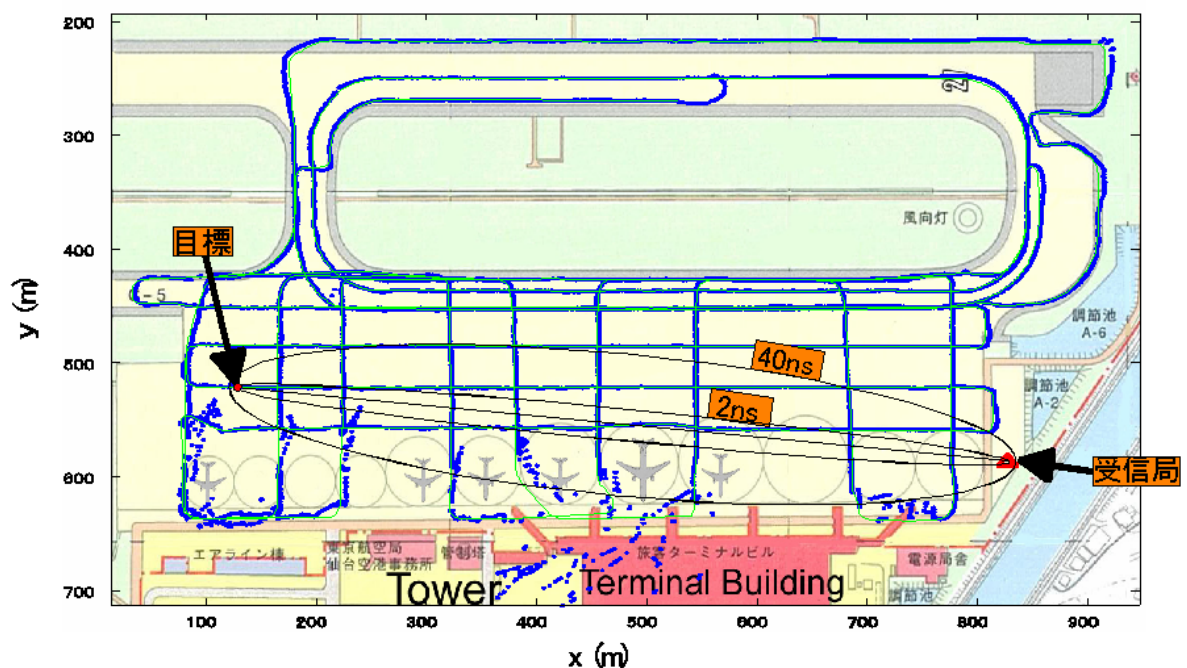
○実施期間：平成16年度～平成19年度 4ヶ年計画

○研究実施主任者：田嶋 裕久（機上等技術領域）

1. 研究の背景、目的

空港及びその周辺において、各種の測位システムが使われている。ほとんどの測位システムにおいて電波の多重反射（マルチパス）は誤差の要因となっており問題を起こすことがあるが、その特性や対策はまだ十分に研究されていない。また、GPS や準天頂衛星は、航空以外の自動車や歩行者などを対象とした測位の高精度化を目指しているが、空港より遥かにマルチパス環境が悪い都市部でも利用される。これらの時間検出によるシステムは、マルチパス誤差特性も共通するところも多い。空港面監視においては、飛行中の航空機と比較して周辺の構造物によるマルチパスが多く、マルチパス誤差低減のための研究が望まれている。

本研究では、無線測位におけるマルチパスについて、既存の測位実験装置を一部利用して各種のマルチパス誤差パラメータにおける実験及びシミュレーションを行い、マルチパス誤差の性質を明らかにすることを目的とし、空港面測位実験システムを開発して、空港面測位に適した時間検出方法を明らかにする。



DAC による測位結果

青のプロットが受動測位、緑のプロットが基準とした GPS の測位を示す。楕円は DAC でもマルチパスの影響が残る 40ns 以下の遅延時間の範囲を示す。スポット周辺では直接波は遮蔽されて弱くマルチパスが相対的に強くなるため大きな誤差が発生した。

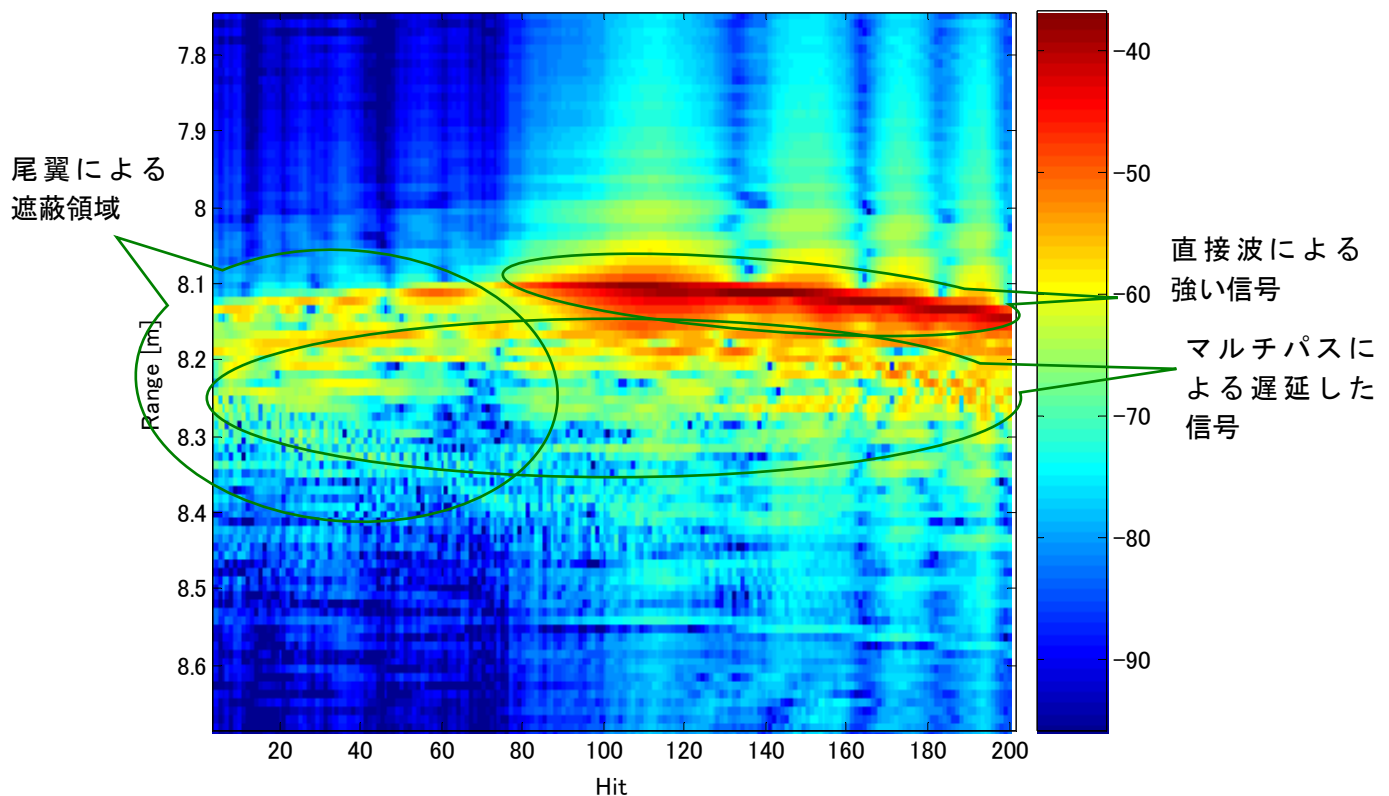
2. 研究の達成目標

- ①空港面上のマルチパスが多い場所における高精度測位の実現。
- ②GPS や準天頂衛星による測位システムにおけるマルチパス誤差を低減した測位手法の応用

③マルチパス遅延時間や位相等の各種条件におけるマルチパス誤差の予測

3. 目標達成度

- ①空港面上などの受動測位に適した、光ファイバ信号伝送により高精度な時間同期を利用した受動型監視システム (OCTPASS) の実験システムを開発した。仙台空港で行った実験で、DAC (Delay Attenuate and Compare) 法を使用することにより、滑走路や誘導路においてスムージングを行う前の測位データで本研究の目標とする誤差 6m (2RMS) 以内で測位できることが実証できた。また、現在の技術ではリアルタイムに処理することは難しいが更に誤差の小さい時間検出法の可能性も示した。
- ②GPS のマルチパス対策の基本であるナローコリレータ (相関法) で最も誤差が低減できると考えられる方法 (ピーク検出) を適用することによりマルチパス誤差特性は改善したが、それでも DAC の 2 倍以上の誤差があることが分かった。
- ③マルチパス遅延時間や位相等の各種条件におけるマルチパスシミュレーション結果は時間検出誤差の予測に利用できる。これを、電波伝搬シミュレーション等と組み合わせることにより測位誤差の予測に利用できる。また、電波無響室におけるスケールモデル実験により得られた遅延プロファイルにより、マルチパスの状態を可視化でき、マルチパス誤差の予測に利用できることを示した。



スケールモデル実験による遅延プロファイル (共同研究)

送信点と受信点の間に航空機のスケールモデルを置き、送信点の位置を直線的に変えながら測定器でデータを収集した。横軸がアンテナの移動、縦軸が距離 (遅延時間)、色で各点の強度を示している。約 8.12m のところに直接波による強い信号があり、その後に複数のマルチパスによる遅延波が見られる。横軸の 0 から 100 ヒットは、尾翼による遮蔽のため直接波が弱まっていることがわかる。

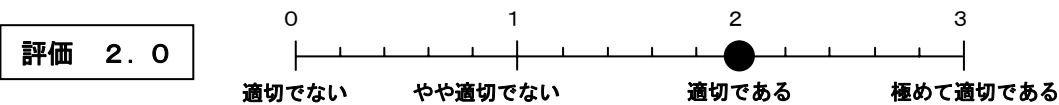
4. 成果の活用方策

- ①受動測位において光ケーブルを使用することが有効であることが本研究で実証されたため、様々なシステムなどの同期精度改善に利用できる。
- ②マルチパス特性のシミュレーションデータなどは、マルチパス強度、遅延時間、位相等の各種条件におけるマルチパス誤差の予測に利用できる。また、マルチパスを避ける受信アンテナ配置場所の選定に利用できる。
- ③本研究で使用した DAC などの時間検出技術のデータは、マルチパスが多い場所におけるマルチラテレーションシステムへの測位誤差低減の可能性を示した。

5. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の勧め方の適切性



所見

- ・ 研究目標が明確でないように思われる。(マルチパスがどの程度の値以下(以内)であることを確認しようとしているのか etc、目標があるはずである。
- ・ マルチパスの誤差低減の研究がまだ不十分で、そのための研究方策の立案ができていないように思われる。
- ・ 発表が適切でなかったこともあり、内容の理解に時間がかかった。

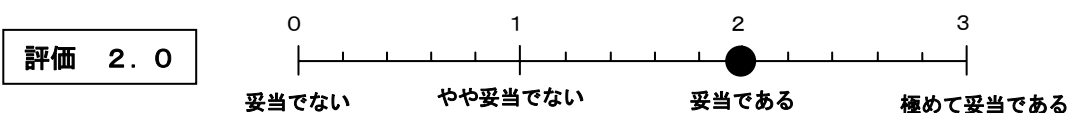
(2) 研究実施体制の妥当性



所見

- ・ 今後につながるものが何なのか判らない。単なる経験とすると若干もったいなく思われる。
- ・ もう少し外部とのコラボレーションを進め広い範囲の検討を行ってほしい。
- ・ 研究の進め方に新規性を見れなかった。

(3) 予算設定の妥当性



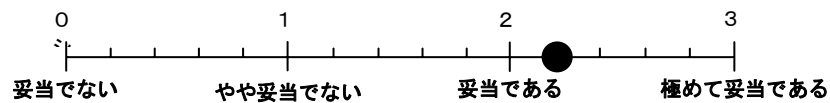
所見

- ・ 金額の大小でなく、得られた成果に見合う投資であったのかを充分考査すべきだろう。
- ・ 現場実験を行うためには、必要な金額であったのですが、DAC 以外はシミュレーションできる内容であったのではないのでしょうか。

II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度

評価 2.2

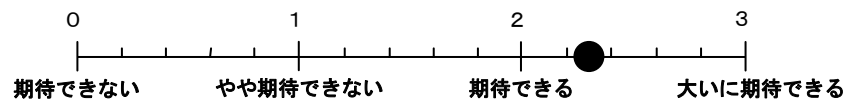


所見

- ・ 関連手法以外に最適な方式が存在することが明らかとなっている。

(2) 研究成果の活用と波及効果

評価 2.3

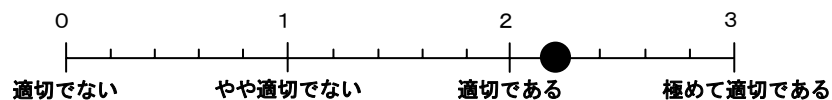


所見

- ・ 今後の研究立案がないので、成果の活用が判明しない点がある。GPS への発展は、果たして期待できるのか？
- ・ マルチラレーションの代案として有望、障害物が多い場所でも精度が保てる方策を検討して欲しい(2次元簡易型(車に使うようなもの)INSとの複合など)
- ・ 今後のまとめ方、活用を考えてほしい。

(3) 研究成果の公表

評価 2.2

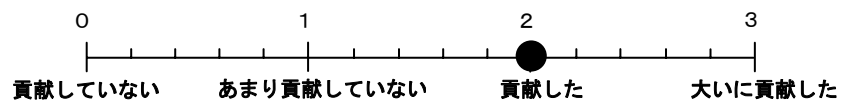


所見

- ・ 問題はない。
- ・ 内容の発表がよくなかった。声が小さくのは自信が無かったからでしょうか？
- ・ 公表題目の一覧表があるとより分かり易い。

(4) ポテンシャルの向上

評価 2.0

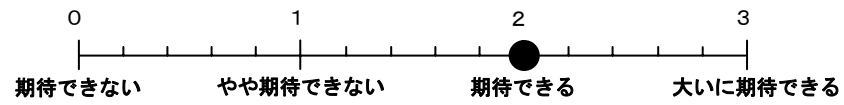


所見

- ・ 今後の研究につながることを期待したい。
- ・ DACの効果は、今一つ理解できなかったが、この点を強調した方がよかったのでは。

(5) 新たなシーズの創出

評価 2.0

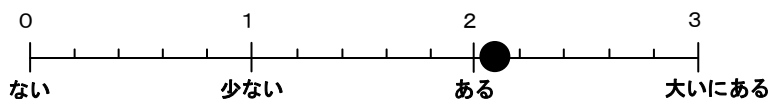


所見

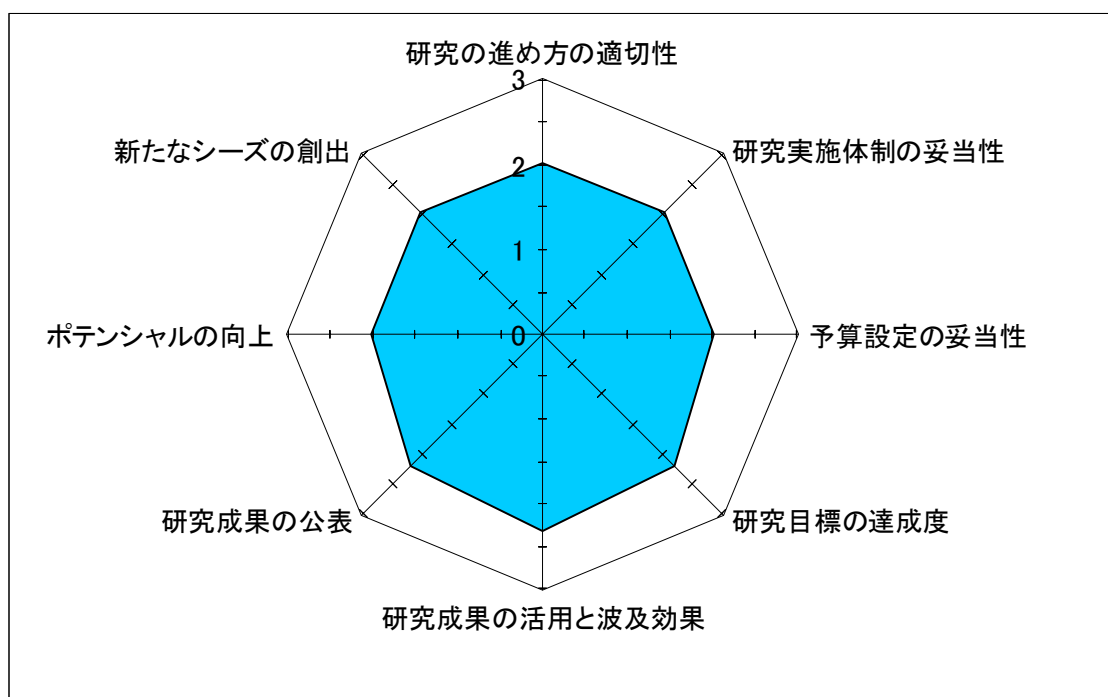
- ・ 小さくまとまりすぎているが、実用上の向上を通して知見が期待される。
- ・ GPS よりも精度が高く、ビル内地下など GPS が使えないところのナビゲーションへの応用可能性が考えられる。
- ・ 大いなる改善を必要。

総合評価（本研究を実施する意義があるか。）

2. 1



設定理由 各評価項目の合計点数 = 16.7
 評価項目数 = 8
 (16.7 ÷ 8 = 2.1)



所見

- ・ 成果の発現はあるが、今後の課題につながる点が示されていない。プレゼンテーションの問題はあるが、内容としては、評価できる。
- ・ 地道に研究は行われているが、マルチパスの誤差低減という成果が若干弱いと思われる。さらなる充実化を期待したい。
- ・ 成果として、感じられるものが見えませんでした。
- ・ 具体的な実験内容が示されていない。空港運用上有益な研究であり、実用に役立つよう今後の研究が必要。
- ・ マルチラレーションシステムの実用化に対して、基礎的な貢献をされたと思う。マルチパス誤差低減という観点から幅広く研究されており、今後の展開を期待します。
- ・ 受信機の改善に力点があり、成果が得られたことは理解しましたが、目標としてあげられているGPS関係の研究がどのように進められたのか説明がありませんでした。

その他助言

- ・ 質疑を通して内容が理解できた。プレゼンテーションは、重要であり、内容を正確に伝えることにも力を入れていただきたい。得られた知見を発展させる余地は大きく、今後にも期待します。
- ・ ユーザーがもつ受信機を小型・軽量化することで、市街地や地下での歩行者の Now サービスなどにも適用の可能性がある。そのようなスピンオフも検討してはいかがでしょうか？
- ・ 研究の目標／目的は計測精度の実測にあったものであるのだろうが、一つの計測例だが、一般的に活用できるように展開してゆくことが必要でしょう。
- ・ 研究内容とは異なるが、説明に元気がなかったので、今後工夫をされたい。
- ・ スケールモデル実験のデータは貴重だと思いますが、実機との比較や数値シミュレーションとの比較が行われるとより一層有効ではないかと思います。

事後評価実施課題（その2）

○研究課題名：航空交通管理における新管制運用方式に係る容量値に関する研究

○実施期間：平成16年度～平成19年度 4ヶ年計画

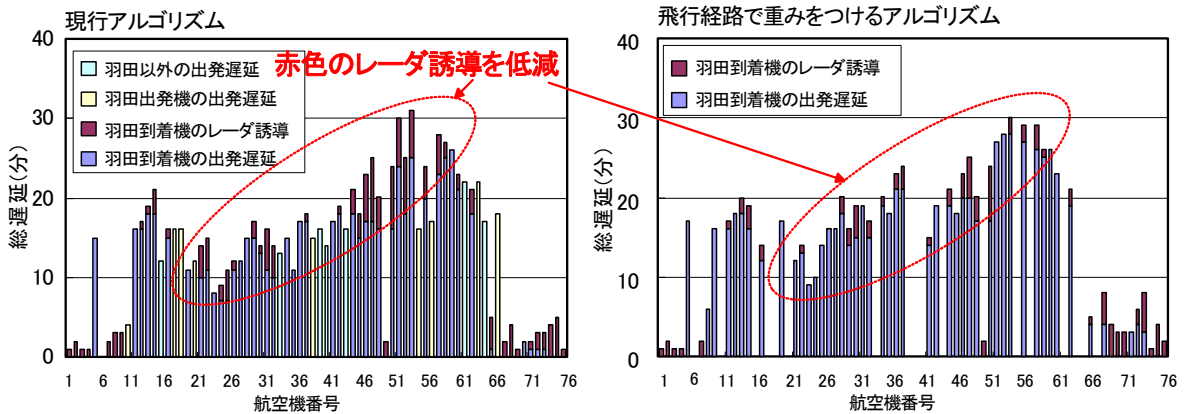
○研究実施主任者：福島 幸子（航空交通管理領域）

1. 研究の背景、目的

現在、航空交通流管理（ATFM）の航空路セクタの交通量は、レーダ席の管制官の作業量を予測して算出される。作業量の予測には、航空路セクタ毎、飛行種別毎に作業内容を分析し、算出パラメータを設定している。

航空交通量の増加に伴い、混雑セクタでは定常的に遅延が発生しており、今後もさらなる遅延の増加が予想されるため、セクタ再編や運用方式の変更を行いより円滑で遅延の少ない航空交通流制御及び、容量値の管制官の実測データを用いない簡易な算出方法が求められている。

本研究では、交通流管理の容量推定の手法や、容量値の設定を検討し遅延を減少させることを目的とし、今後の航空需要に対応するため管制官の作業量等を詳細に分析し、導入予定のRVSM、航空路再編など新たな運用方式を想定したシミュレーションを行うことにより、その導入効果（取り扱い機数の増大）の定量化を図る。



遅延割り当てに飛行経路による優先順位を付加した場合の総遅延

出発遅延は増加するが、レーダ誘導時間を含めると総遅延時間は変わらないため、燃料効率向上などが期待できる。

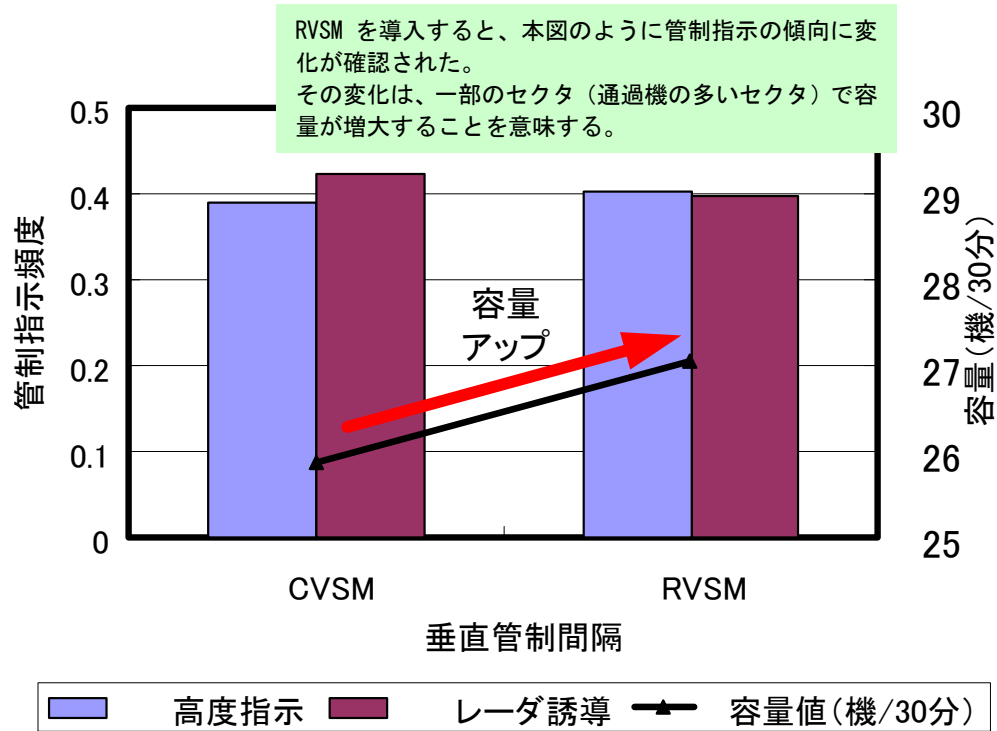
2. 研究の達成目標

- ①管制官の作業量、航空交通量、航空交通流、空域構成との関係を明らかにし、容量値の設定方法を再検討する。
- ②RVSM、通信方式の変更など新たな運用方式を導入したときの導入効果の定量的推定法の提案を行う。

3. 目標達成度

- ①現行 ATFM 機能を網羅したシミュレータを開発した。さらに容量値の設定方法を再検討し、さらに簡易で詳細な解析を可能とするアルゴリズムを開発した。
- ②RVSM の国内空域導入への影響を明らかにし、通過機が多いセクタ（例：上越セクタ）の容量拡大を示した。また交通量が増加した場合は CVSM のままよりも RVSM となったほうが作業量の増加が抑えられることを示した。
また、R-NAV 経路の増加に対応して、航空路管制セクタを高度で高高度・低高度に分割した場合の分割高度による有効性の違いをファストタイムシミュレーションで

示すとともに、近畿西セクタ、北陸セクタではリアルタイムシミュレーションを行い、結果を確認した。



RVSM 導入の効果 (T01 セクタの通過機)

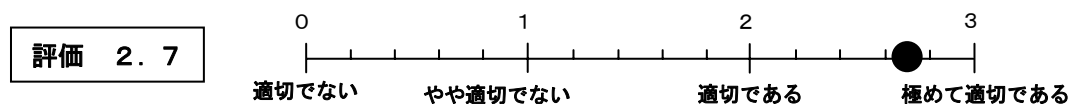
4. 成果の活用方策

- ①空域分割については、導入について当成果に基づき、現在JCABで検討を行っている最中である。
- ②RVSMはH17年9月末から既に国内セクタで導入され、その後の追加調査でも、この研究で示した空域容量の増加（高度指示が増加し、レーダ誘導が減少）が報告されている。また、現在は当時よりも交通量が増加しているが、セクタ構成が変わっていないセクタでは容量算出のためのパラメータは増値していない(容量が拡大している)ことが確認された。

5. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



所見

- ・ 運用されている方式の容量確認(妥当性の検証)と思える。発表では、他方式との数値比較が示されていないので、効果が判明しない。
- ・ わかりやすく説明し、重点研究に移行したことも理解できた。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.7

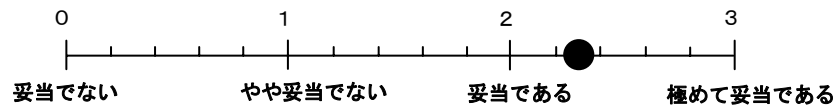


所見

- ・ ENRIで実績あるグループである。
- ・ 人員数も適切であったと思われる。福島さんの指導力を感じました。
- ・ 航空管制の現場の理解を得て多数のリアルタイムシミュレーションを実施している。効果的なリアルタイムシミュレーション実施体制の構築が望まれる。

(3) 予算設定の妥当性

評価 2.3



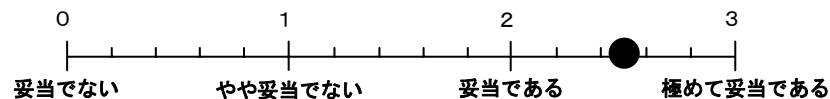
所見

- ・ 多額の経費となる理由は、毎回判然としない。
- ・ シミュレータへの資金の投入が多いが、これは今回新たに作ったものか。他の研究との共用化などはどうなっているか？
- ・ 少し多額であったとも思う、それだけの成果が上がれば3の評価ができる。(今後の成果しだい)

II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度

評価 2.5

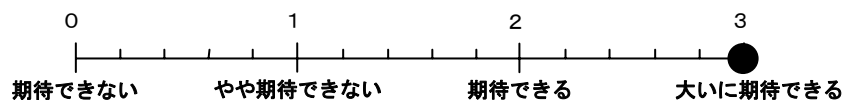


所見

- ・ 所与の方式の妥当性を検証するだけでなく、他方式との比較を加えるなど知見の一般化を期待したい。(複数の検討が並行して実施され、一般化がしにくいところがあるのは、理解できるのですが・・・)
- ・ 興味がある結果をまとめている。

(2) 研究成果の活用と波及効果

評価 3.0

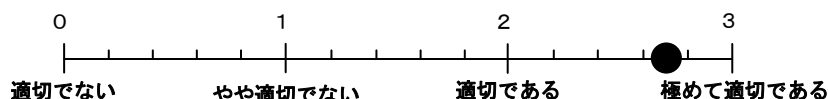


所見

- ・ クライアント(管制業務)の活用が期待できる。
- ・ ここでの成果を実際のATMに導入して実証していくような流れができているのか？仮説立案+検証の双方があってはじめて「使える知見」になるので、その流れを作してほしい。
- ・ 今後に期待する。

(3) 研究成果の公表

評価 2.7

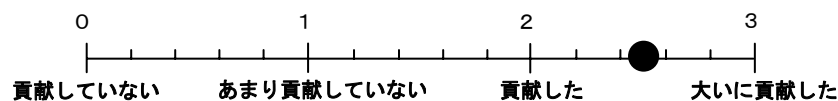


所見

- ・ 研究成果を学術的にまとめて、フルペーパー化することも、研究型独法に求められているので、努力していただきたい。
- ・ もっと発表を増やしていただきたい。
- ・ 公表件数及び、題目が表示されており、理解しやすい。

(4) ポテンシャルの向上

評価 2.5

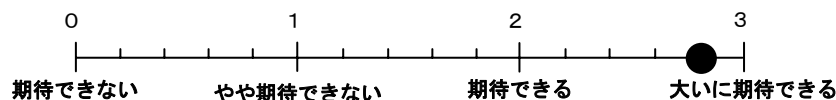


所見

- ・ 本グループの力が益々高まっていると想像します。
- ・ 新しい知見がたくさん得られており、ノウハウとして所内での定着化・トランスファーに努めてもらいたい。
- ・ ENRIでは、新しい分野の研究に属するのではないか、人間工学的研究の展開ですね。

(5) 新たなシーズの創出

評価 2.8

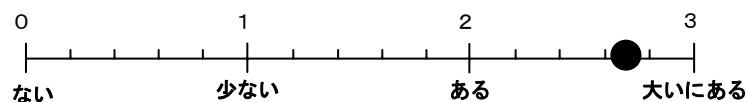


所見

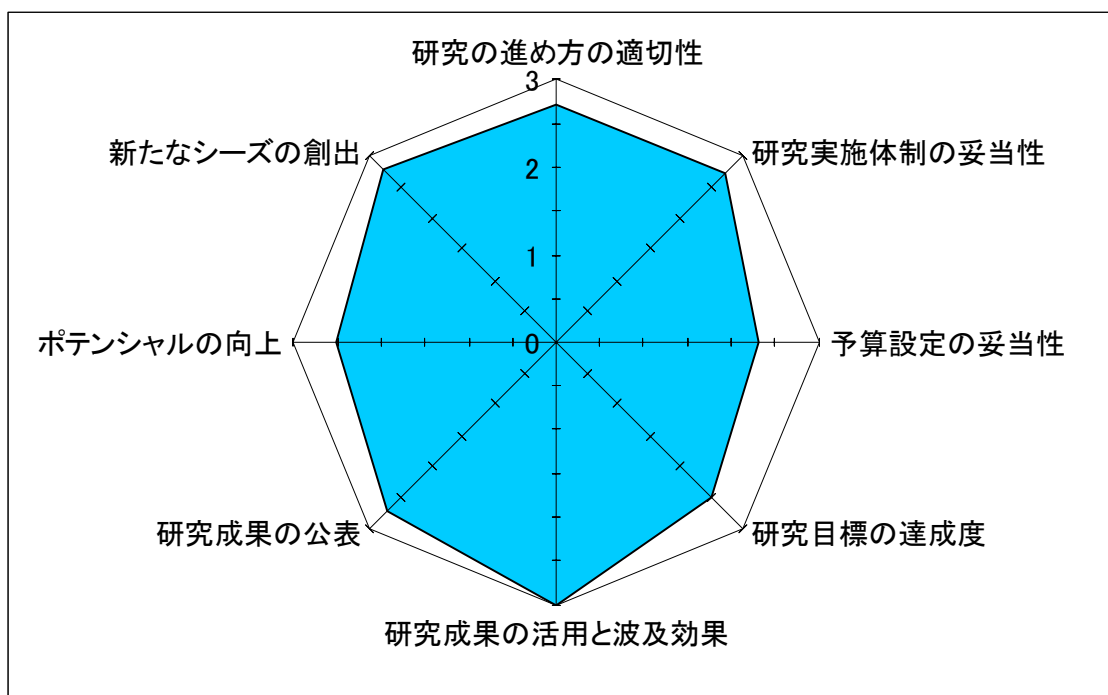
- ・ 本グループの蓄積が、新たな方式の創案に結びつくことが期待できる。
- ・ 今後の展開を期待します。
- ・ 空域容量の理論的設定方法策定に期待できる。

総合評価（本研究を実施する意義があるか。）

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 ÷ 8 = 2.7)



所見

- ・ 受託型研究としては、充分成果がある。徐々に受託の範囲を超えた成果を示す能力が蓄えられていると想像されるので、飛躍を期待したい。
- ・ 非常によい成果、実用的な知見が得られており、大いに意義があったと判断する。2(4)に述べるような方面での発展を期待したい。
- ・ 空港での遅延解消に期待される研究である。具体的な試行検証を希望します。
- ・ 管制現場等のデータも取り入れ具体的に分析がなされている。開発したアルゴリズムを更に高度化できるよう努力してほしい。

その他助言

- ・ シミュレータは、あくまでも「モデル」であるので実際をどれだけ正確に反映しているかの検証が大事であり、その意味で実世界における「仮説」の検証が大事であろう。ファストタイムシミュレーション→リアルタイムシミュレーション→実際の間で若干のちがいがあるので、それを埋めるノウハウが重要であり、その整理を十分行って、所内で効果的なシミュレーション研究ができる地盤ができることを目指してほしい。「容量」の推定は大事、空域の容量と管制官の容量がほぼイコールでどちらかがボトルネックにならないような「設計」にも研究をつなげてほしい。
- ・ 試行検証を検討して下さい。
- ・ 管制運用を反映できるのが、リアルタイムシミュレーションである。今後同様の研究をする場合、予算や要員の問題はあると思うが、リアルタイムシミュレーションをできるだけ多く実施してほしい。
- ・ 「DRVSMの導入効果」及び「航空路管制空域高度分割」に関するリアルタイムシミュレーションの実施は、航空管制に業務分析、評価を科学的に行うというコンセンサスが現場でも浸透している現れであると思われる。一方で、リアルタイムシミュレーションは、時間、労力等を要するので、ファストタイムシミュレーションの活用が望まれる。リアルタイムシミュレーションの実施事例も多くなっており、我が国の航空管制運用環境において、ファストタイムシミュレーション＝リアルタイムシミュレーションの適用領域がどう設定されるべきか、比較検証する研究が期待されていると思われる。
- ・ 社会ニーズの高い課題に対して、マンインザループのリアルタイムシミュレーションを行い有効かつ実践的な成果を出していると認めます。今後はさらに、実際の管制のデータを用いた分析的な研究、例えば計算機人間モデルの構築なども期待します。

事後評価実施課題（その3）

○研究課題名：静止衛星型衛星航法補強システムの2周波対応に関する研究

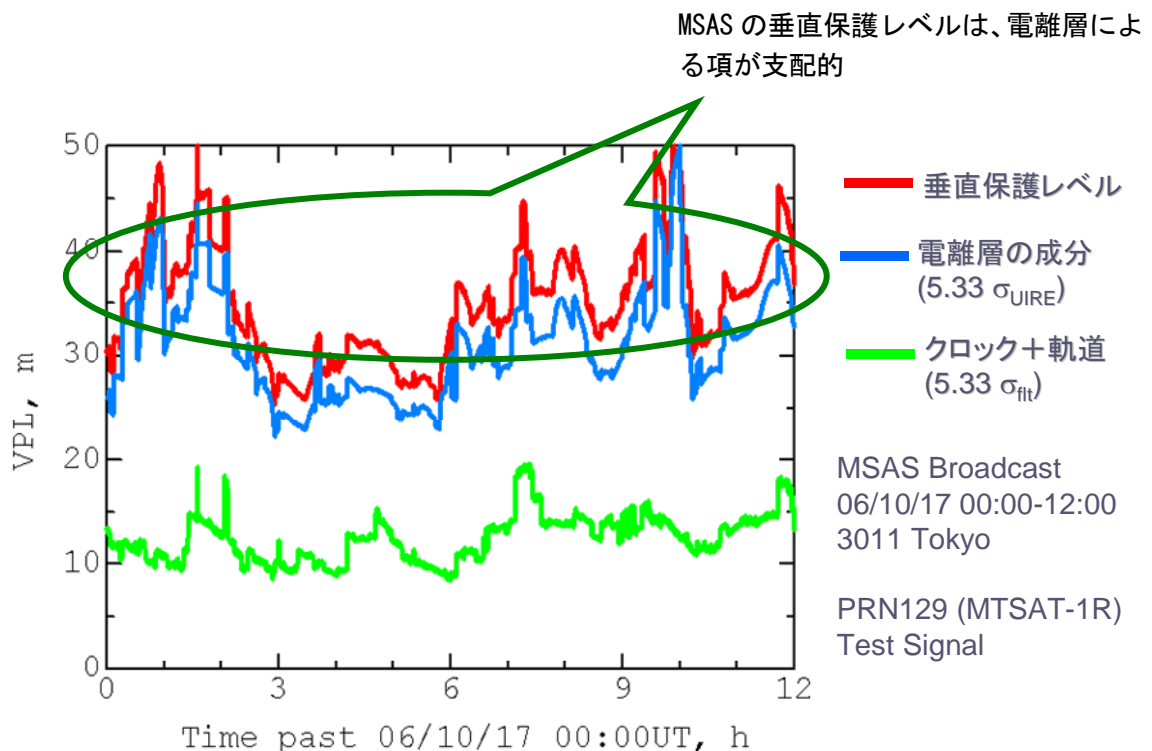
○実施期間：平成16年度～平成19年度 4ヶ年計画

○研究実施主任者：松永 圭左、星野尾 一明（通信・航法・監視領域）

1. 研究の背景、目的

現在 GPS は、新たな周波数（L5）の追加による性能向上が計画されている。現在の静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）は1周波しか使用しないことから、電離層活動の影響を受け易く、航空機の精密進入に使用するためには信頼度、有効性に限界があるが、SBAS が2周波を利用できるようになれば、精度、有効性が改善され、精密進入を実現できる可能性が大きくなる。SBAS による精密進入が可能になれば、就航率の改善等により航空利用者の利便が大幅に向上し多大な便益をもたらすことから、その実現が強く望まれている。また、ICAO の航法システムパネル（NSP）においても、2周波を利用した SBAS について検討が進められており、その技術基準の策定に我が国も積極的に参画し、国際的な地位を高める必要がある。さらに、電離層活動において日本及び東南アジアは、米国、欧州と状況が異なり、日本独自の立場から2周波を利用した SBAS のインテグリティ、精度、利用性への影響の研究およびバックアップシステムとして、SBAS 1周波システムの電離層性能向上を図り APV-I 適用可能性について研究する必要がある。

本研究では、2周波による CAT-I SBAS の実現と1周波システムの性能向上を目的として、電離層遅延算出アルゴリズムや2周波電離層遅延測定装置の開発、測位精度及びインテグリティを向上する手法の開発、1周波システムの電離層性能向上を図るためには、電離層モデルの比較検討、電離層モデル精度向上により電離層遅延測定信頼範囲の改善を行い、APV-I 等のアベイラビリティ向上方策を検討する。



垂直保護レベルにおける電離層成分とクロック軌道成分

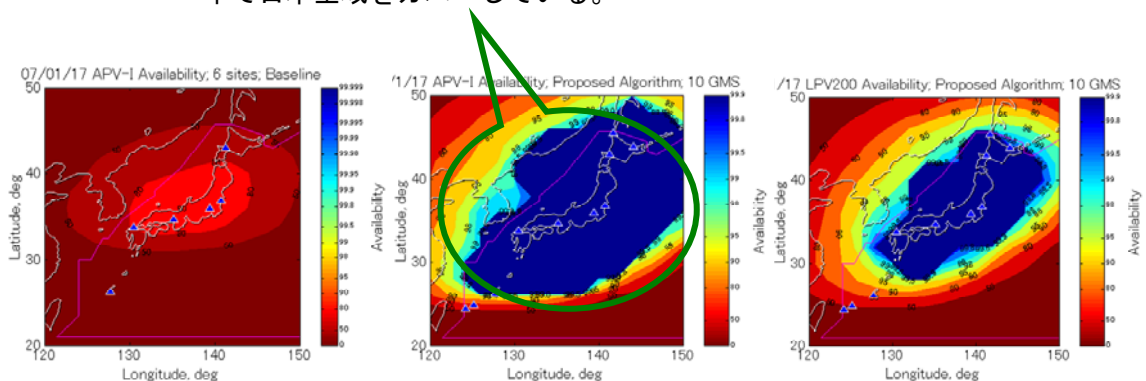
2. 研究の達成目標

- ①CAT-I 精密進入に必要な電離層誤差補正及びインテグリティ情報生成アルゴリズムの開発。電離層遅延測定装置開発による電離層遅延測定精度実証
- ②新たなシステムの構成及び機能要件の作成。性能評価ツール開発による、性能向上に関する定量的な検討。予測されるアベイラビリティ及びインテグリティの達成レベルに関する検討
- ③1周波システムの性能向上方策の策定
- ④技術基準の策定に必要な資料の作成

3. 目標達成度

- ①2周波SBAS受信機、2周波SBAS性能評価ツール(SVM)を開発し、SBASによる、航空機が60mまで降下できるCAT-I進入を実現するためのリアルタイム2周波電離層補正とSBAS補正の組み合わせによるインテグリティ情報作成、測定精度実証、アベイラビリティ予測を行った。
CAT-IをSBASで実現するため、2周波により電離層による影響はほぼ解決できることを明らかにした。しかし、GPS衛星の軌道及び時刻誤差の影響を受けアベイラビリティは80-90%に止まる。このため、GPS衛星の軌道及び時刻誤差を改善する必要があることが明確になった。
- ②最近ICAOで検討されている、CAT-Iと同様60mまで降下できるLPV200運航は2周波化のみで実現可能であることが分かった。
- ③0次フィット電離層アルゴリズムおよび監視局追加によりバックアップシステム(SBAS1周波システム)で日本全土においてAPV-Iが可能であることを明らかにした。
- ④電離層プラズマバブル、シンチレーションデータの収集解析を実施し、解析結果をICAO NSP等へ提出した。

濃い青色ほどアベイラビリティが高く、99.9%以上のアベイラビリティで日本全域をカバーしている。



MSASアベイラビリティ予測

左図: 現状のMSASアルゴリズムAPV-I

中図: WAAS-FOCアルゴリズム+0次フィッティング+国内10局 APV-I

右図: WAAS-FOCアルゴリズム+0次フィッティング+国内10局 LPV200

4. 成果の活用方策

- ①SBAS 精密進入に必要な技術の開発により MSAS による精密進入が実現し、就航率、

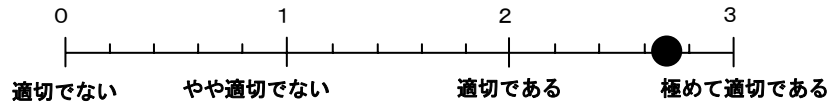
- 定時性の向上が図られ、旅客利便が向上
- ②次期 MTSAT 及び MSAS の性能向上方策、調達仕様への反映
- ③ICAO による 2 周波 SBAS の SARPs 検討のための技術資料

5. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性

評価 2.7

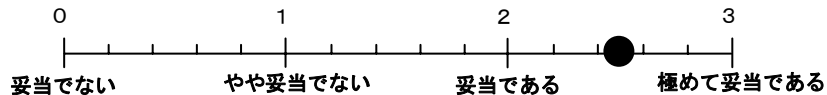


所見

- ・ 日本として重要な研究課題であり、MSAS、WAASの運用に与えた知見は大きい。(成果が活用できる可能性が日本に残っているかは別問題と考えます。)
- ・ 日本の先進的研究であったことを評価します。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.5

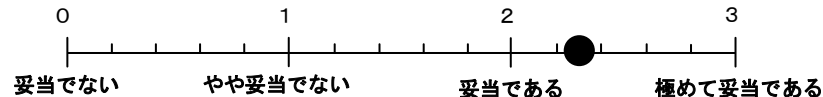


所見

- ・ 良く設計されていると判断します。
- ・ 国内外で適切な共同体制ができていると思われる。特に電離層関連で外部と連携し、理解を深めようとしていることは望ましい。
- ・ 外部の専門機関との共同研究は評価できる。
- ・ 電離層データ収集解析関連で、共同研究を実施されているが、今後は、海外の機関との共同研究も期待される。

(3) 予算設定の妥当性

評価 2.3



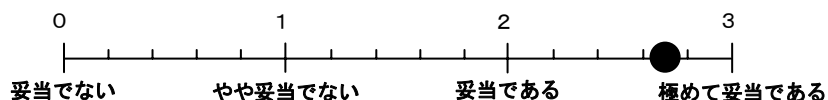
所見

- ・ 多額であるが、見合う成果が発現されている。

II. 研究の有効性

(1) 研究目標の達成度

評価 2.7

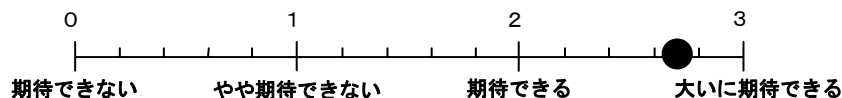


所 見

- ・ 十分達成されていると思います。

(2) 研究成果の活用と波及効果

評価 2.7

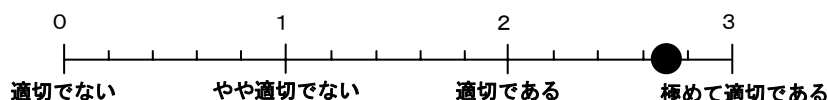


所 見

- ・ MSAS の状況と将来に関しては、本研究とは別ですが、いたしかたない評価ということです。
- ・ 実際の MSAS への適用を期待したい。
- ・ 海外の 2 周波 SBAS 受信機との比較実験も希望します。

(3) 研究成果の公表

評価 2.7

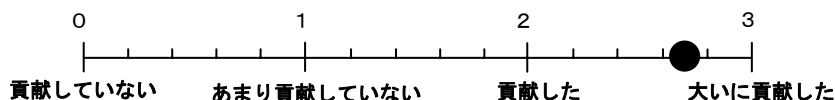


所 見

- ・ 問題となることはない。
- ・ 発表件数が多く充実している。

(4) ポテンシャルの向上

評価 2.7

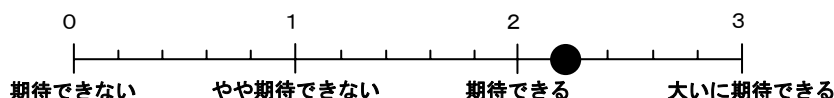


所 見

- ・ 研究能力向上には、大いに寄与していると考えます。
- ・ 2 周波による電離層遅延の補正ができるようになったことは、ポテンシャルの大きな向上といえる。

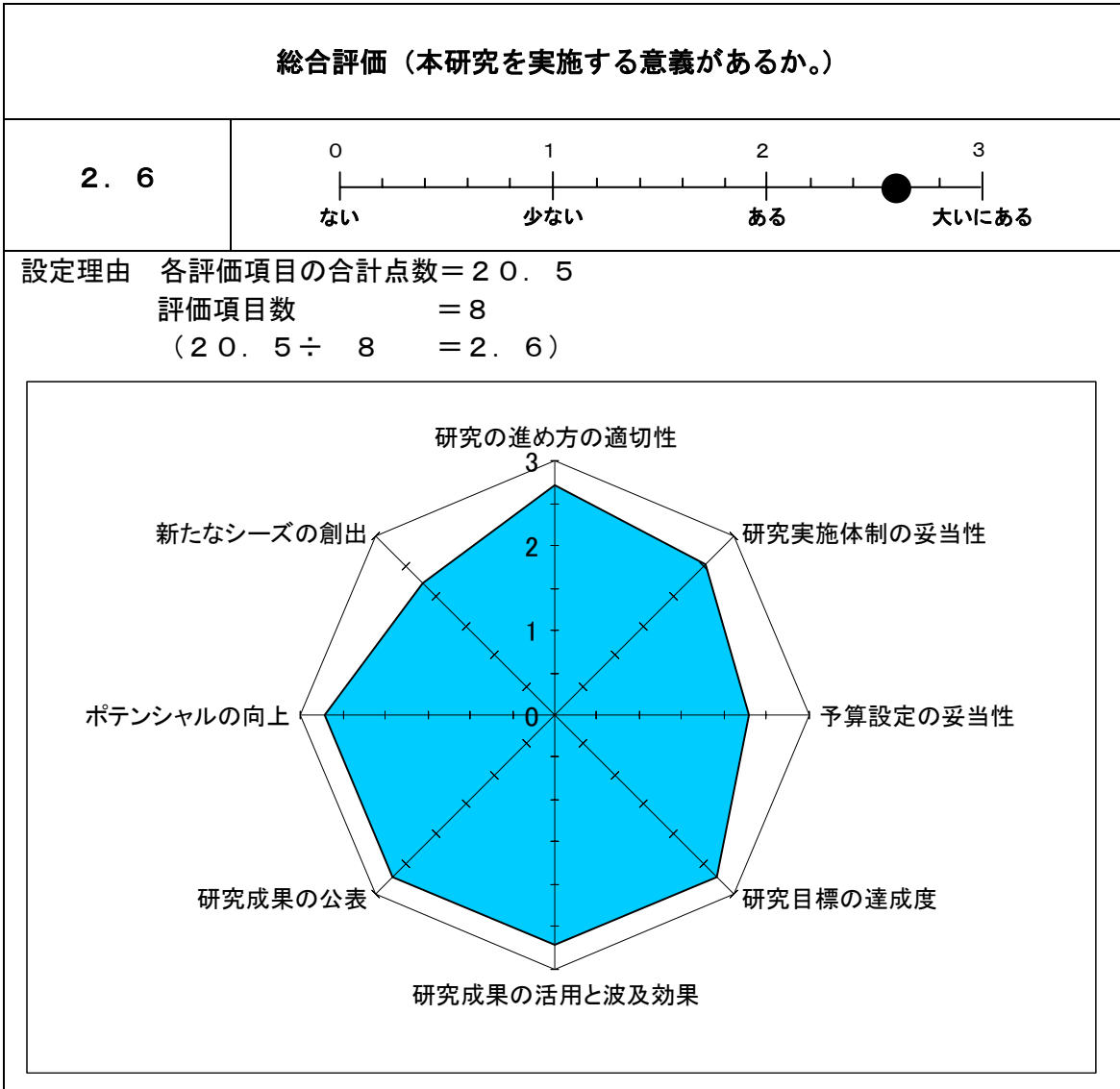
(5) 新たなシーズの創出

評価 2.2



所 見

- ・ GPS 関連技術や中緯度地域の技術については、今後の活用を念願します。
- ・ 一般のユーザーが使用できるような小型化が利用が広がるかどうかのかがである。メーカーなどヘライセンシングするなどして、製品化に向けて発展できないだろうか？



所見

- ・ 当初の目標は十分に達成されたと評価します。
- ・ 一つの技術が成熟したという意味で大きな成果である。今後 MSAS への適用や GPS 製品化に向けてうまく発展させていってほしい。
- ・ 当該研究の今後の活用方法、課題にあまり具体性がない。
- ・ GNSS の航空での利用に当たり、以下が明確となったことは、今後の方向を示すものできわめて有意義と思われれます。
 - (1) CAT-I を SBAS で実現するため、2 周波により電離層による影響はほぼ解決できたこと。
 - (2) CAT-I SBAS のアベイラビリティを向上させるためには、衛星の軌道及び、時刻誤差を改善する必要があること。
 - (3) LPV-200 運航は 2 周波化のみで実現可能であること。
 - (4) 0 次フィット電離層アルゴリズム及び監視局追加により、SBAS1 周波システムで日本本土において APV-I が可能であること。
- ・ 研究の成果が今後の実運用にどのようにつながっていくのか、予測でも良いので説明があると研究成果に対する理解が深まると思います。

その他助言

- ・ 受信機の低価格化が将来の課題です。
- ・ 当該研究の継続に強い気持ちを持っているので、別の関連研究でも良いので、国際貢献を目標として継続してほしい。

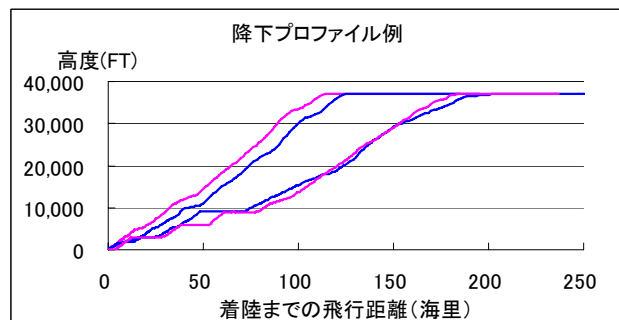
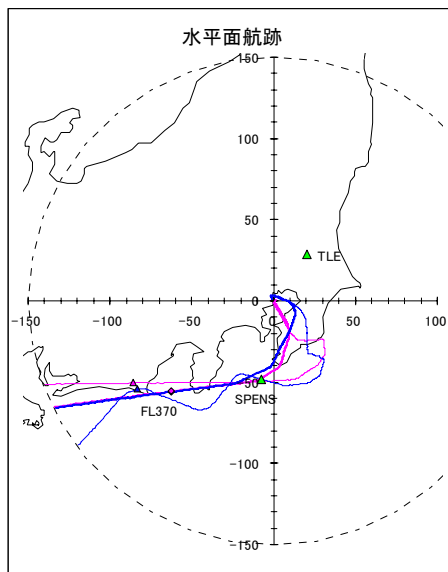
事後評価実施課題（その4）

- 研究課題名：今後の管制支援機能に関する研究
- 実施期間：平成18年度～平成19年度 2ヶ年計画
- 研究実施主任者：山本 哲士（航空交通管理領域）

1. 研究の背景、目的

航空交通需要の増大に的確に対処するために、首都圏では、羽田空港再拡張事業（40.7万回）が実施され、成田空港の容量拡大のための整備が実施される予定である。また、広域航法（RNAV：Area Navigation）の本格的な導入に向けて運航実施基準、管制方式基準が設定され、RNAV 運航が段階的に導入されることとなる。さらに、航空交通流管理センター（ATFMC：Air Traffic Flow Management Center）が平成17年度から航空交通管理センター（ATMC：Air Traffic Management Center）となり、航空交通管理業務（ATM：Air Traffic Management）を開始する。

このような背景から、本研究では航空交通量増大に対応するため、柔軟な経路設定が可能となる RNAV を有効に活用し、管制官のワークロードを軽減させるための管制支援機能について、技術的研究を実施することを目的とし、RNAV を有効に活用する経路及びセクター構成について検討するとともに、羽田空港再拡張事業及び成田空港の容量拡大を想定したリアルタイムシミュレーションにより管制官の受容性等を評価し、ATFM と RDP（レーダ情報処理システム：Radar Data Processing System）の連携（時間管理の概念導入）による円滑な航空交通流の形成および管制支援機能について検討する。



低高度における迂回及び水平飛行の例
継続的な降下に比べ、燃料消費量が増加する

羽田空港への到着機の航跡例

2. 研究の達成目標

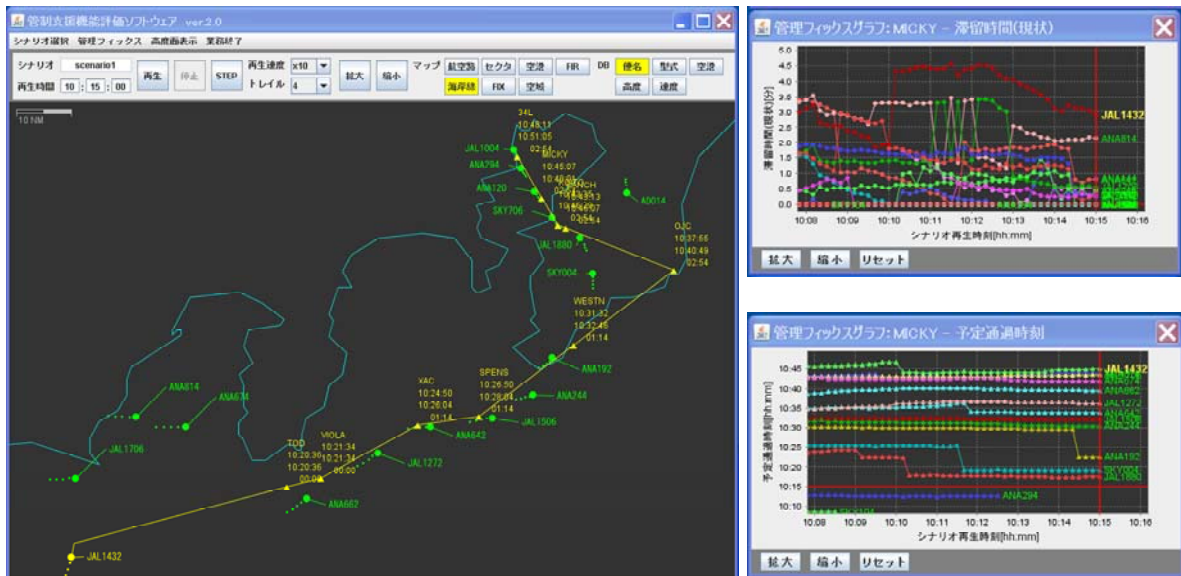
- ① RNAV 運航を活用した管制運用方式について、羽田空港再拡張後の交通量 40.7 万回及び成田空港の交通量 20 万回を想定して研究を行い、経路及びセクター構成についての改善手法に関する技術資料をまとめる
- ② 羽田空港再拡張後の交通量 40.7 万回及び成田空港の交通量 20 万回を想定し、ATFM と RDP（レーダ情報処理システム：Radar Data Processing System）の連携による時間管理概念の導入と到着機に対する管制支援機能を検討し、技術資料をまとめる

3. 目標達成度

- ① 本研究は、航空交通の集中に伴う渋滞の発生要因を解析し、渋滞緩和等に必要な空域構成等の要件（空域設計基本要件）を策定した。

これにより、RNAV 運航を活用した管制運用方式については、同要件を複数空域に対し設定し、渋滞を予測してこれを適度に分散させ又はその発生空域を適切に制御する等、交通量が増大した環境下において、各空域の様々な運用形態に整合する経路及びセクター構成等に係る新たな改善手法を開発した。

- ②時間管理概念の導入と到着機に対する管制支援機能については、到着機の予想入域時刻等を基に、渋滞の発生空域及び当該渋滞に伴う滞留時間の概念を取り入れ、連続的に自動予測表示する等、渋滞の分散やその発生空域を適切に制御するために必要となる時間管理機能についての要件をまとめ、簡易評価ツールを作成した。



簡易評価ツールの表示例（左：水平面表示、右上：滞留時間、右下：予定通過時刻）

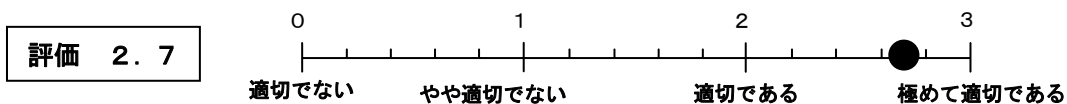
4. 成果の活用方策

航空交通量が増大した環境下においても、円滑な航空交通流を形成するための要件設定を可能とすることから、今後考えられる空域改編や CDA (Continuous Descent Approach) 等、様々な空域運用形態に整合する空域設計に資する

5. 評価結果

I. 研究の効率性

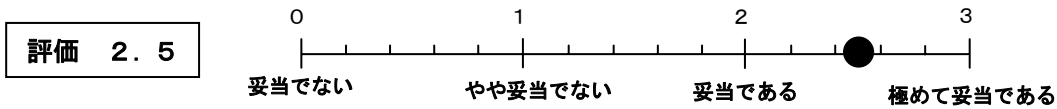
(1) 研究の進め方の適切性



所見

- ・ 現実には重要な課題に対する検討であり、適切と判断する。
- ・ よく整理されて実施された。

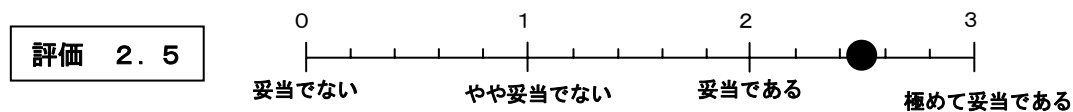
(2) 研究実施体制の妥当性



所見

- ・ 問題とする所は、全くない。
- ・ さらなるケースや多くの事例について研究して下さい。

(3) 予算設定の妥当性

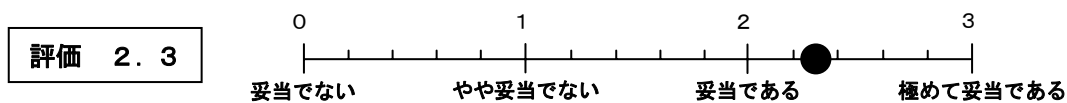


所見

- ・ 短期であるが効果的に設計されたと判断する。

II. 研究の有効性

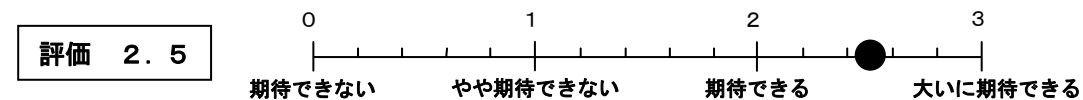
(1) 研究目標の達成度



所見

- ・ 当初の目標は十分に達成されている。
- ・ 発表の中では、明確でなかったが、各種の定量的な知見が得られたことが大きな成果と判定する。
- ・ さらなる発展も期待される。
- ・ 「空域設計基本要件」及び「時間管理概念」を定義してゆく努力が求められていると思われる。

(2) 研究成果の活用と波及効果

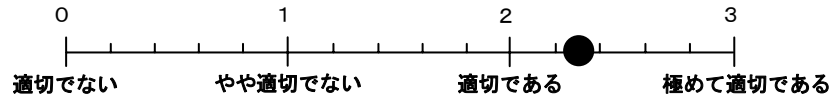


所見

- ・ 空域の再編が組込まれれば、さらに良かったと思われる。
- ・ 空域設計や管制官と機体の役割分担の設計など広く ATM に応用できると思われ発展を期待したい。
- ・ さらなる発展も期待される。

(3) 研究成果の公表

評価 2.3

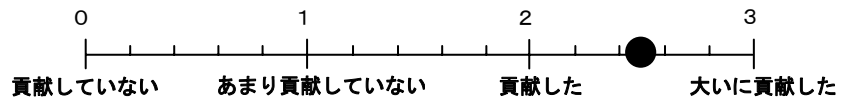


所見

- ・ 実務に則した評価研究であり、充分に対応が図られていると判断する。
- ・ もっと多くの発表、わかりやすい発表に努めて下さい。
- ・ 研究発表の題目を添付して発表内容を分り易くしてほしい。

(4) ポテンシャルの向上

評価 2.5

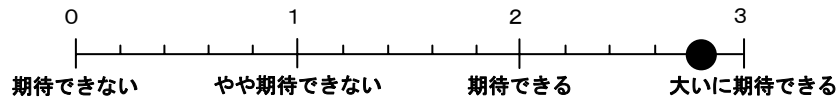


所見

- ・ 実務へのソリューションを提示する形態の研究評価のノウハウを更に蓄積したと判断する。

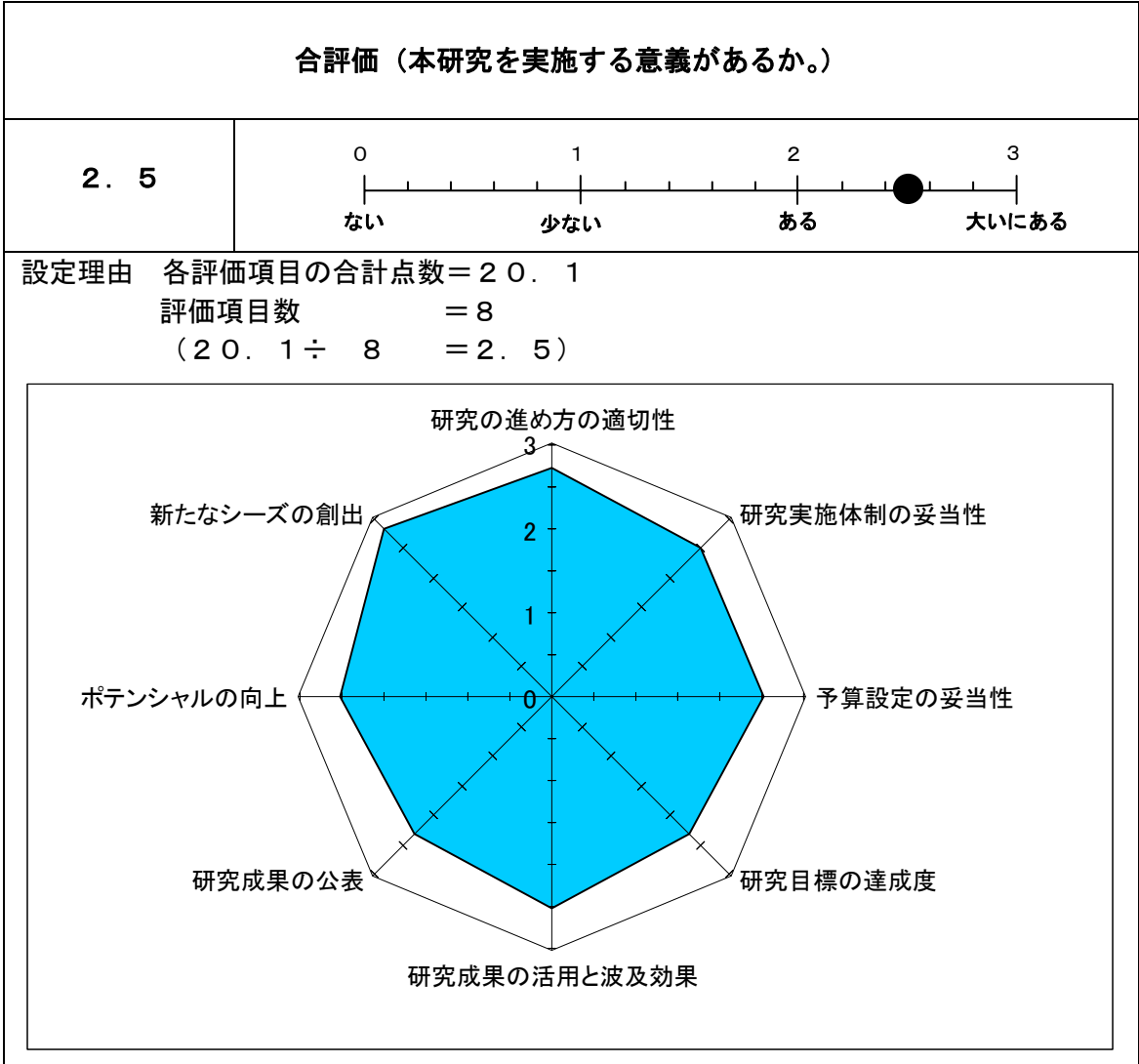
(4) 新たなシーズの創出

評価 2.8



所見

- ・ 実務への転換が図られることを目標としており、本項目は評価に相応しくない。
- ・ 効率的運航に資することができる。



- 所 見**
- ・ 目標が達成されており、問題とする所はない。
 - ・ 定性的な仮説がシミュレーションで検証され、更に定量的な関係が把握されたことは、今後に向けて大きな成果である。ただここで終わっては、意味がないので、2(2)に書いたようなさらなる展開を期待したい。
 - ・ 燃料の省資源にも有効であり、円滑、経済的な管制に効果が結びつくと思われた。
 - ・ 関連する他の研究との整合に欠けている。
 - ・ 本研究の成果は、関連空域の管制処理容量増大方策への貢献が期待されており、フォローアップ研究の推移を見守りたいと思います。
 - ・ ニーズの高い課題に対し、短期間のうちに成果をあげている。

その他助言

- ・ 「RNAV 運用時の管制方式設計への留意点の解明」という趣旨の評価研究だと理解いたしました。
- ・ 管制官が経路をパイロットにどう指示するかが、管制官の負荷に大きな影響を与え、それが、セクターの設計にも関係するので、経路指示の方法についての研究と合わせて実施していただきたい。
- ・ 今後は管制官への負荷(負担)を軽減させる自動的なソフトへの展開に進められませんか。次年度のトラジェクトリマネージメント方式に期待します。
- ・ 今回の研究成果だけでは、空域設計に資することは不十分であり、継続して、課題の研究に取り組んでいただきたい。
- ・ 首都圏の空港容量拡大に対処できる管制システムを構築するためのタイムリーな研究で研究費を集中的に投資されていることは適切だと思う。研究の進め方としては、多様な要求に応えようとする努力は多としますが、増加する交通量を処理できる目処をつけることが優先事項のように思われる。なお、CDA 導入、管制官のワークロード軽減に係る研究の重要性を軽視する考えではありません。別途の処理容量に目処をつける活動と平行して研究されていると思われるので、何らから言及がほしいと思う。
- ・ 同様の研究は続けられていると思うが、機体側の技術との接続も多ので、エアライン、JAXA などとの連携を強めていていただきたい。また、悪天候や機材故障などのオフノミナルケースの影響評価なども重要な課題と思います。