



令和2年度第1回

電子航法研究所評議員会

重点研究課題 外部評価報告書

(事後評価・事前評価)

令和3年3月

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所

1. 本報告書の位置づけ

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

2. 評価の対象とした研究開発課題（事後評価・事前評価）

評価対象とした研究開発課題は、次のとおりである。

- (1) 令和2年度に終了する重点研究課題（3件）
 - ① フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究（事後）
 - ② 遠隔型空港業務支援システムの実用化研究（事後）
 - ③ SWIMのコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究（事後）
- (2) 令和3年度に開始する重点研究課題（5件）
 - ① 国際交通流の円滑化に関する研究（事前）
 - ② AMAN/DMAN/SMANの統合運用に関する研究（事前）
 - ③ デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究（事前）
 - ④ SWIMによる協調意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究（事前）
 - ⑤ 高機能空中線を活用した監視技術高度化の研究（事前）

3. 評価実施日及び出席評議員数

- (1) 評価実施日:令和3年3月30日
- (2) 出席評議員数:6名

4. 電子航法研究所 評議員名簿

	氏名	所属
評議員	浅野 正一郎	国立情報学研究所 名誉教授
評議員	宇野 亨	東京農工大学 大学院工学研究院 先端電気電子部門 教授
評議員 (座長)	庄司 るり	東京海洋大学 学術研究院 海事システム工学部門 副学長
評議員	土屋 武司	東京大学 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
評議員	中坪 克行	一般財団法人 航空保安無線システム協会 理事長
評議員	中野 睦雄	一般財団法人 航空交通管制協会 顧問

【敬称略 五十音順】

事後評価実施課題①

- 研究課題名：フリールーティング空域における軌道ベース運用に関する研究
- 実施期間：平成 29 年度～令和 2 年度 4 カ年
- 研究実施主任者：ブラウン マーク（航空交通管理領域）

1. 研究の背景、目的

(1) 研究の背景

① ニーズ及び内外の研究動向

運航効率と航空交通管理（ATM）システムの容量を向上するため、ATM 方式は軌道ベース運用（TBO）に基づくこととなる。アジア太平洋地域において、国際民間航空機関（ICAO）のアジア太平洋地域のシームレス ATM 計画は 2022 年又はその以前から「フリールーティング」の導入を推奨している。また、需要が高い時に空域や空港の資源を効率よく割り当てるために「協調的意思決定」（CDM）が必要である。今後、フリールーティグと CDM を取り入れた TBO に基づいた軌道管理方式を高高度空域に提供するコンセプトが必要である。

② 当所で研究を行う必要性

ヨーロッパ地域で造成されたフリールーティング概念の導入は推奨されているが、ヨーロッパとアジア太平洋地域の運用環境は異なる。フリールーティングの課題と便益を把握し、運用概念と移行計画を提案する必要がある。

(2) 研究の目的

フリールーティング及び CDM を取り入れた軌道ベース運用方式を福岡飛行情報区（FIR）の高高度に適用するための戦略的軌道管理コンセプトを提案する。複数の FIR を通過する軌道を「エンド・ツー・エンド」で管理する方法を検討する。そのコンセプトに必要と考える「イネーブラー」技術を調査し、適用性を向上するために改善する。

① 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

- i. 新しい ATM 概念の効果を推定するため、変更された空域構成において運航者が要求する合理的な飛行計画経路を作成する必要がある。そのため、運航者の目標運用「軌道最適化ツール」を開発する。
- ii. フリールーティングの運航環境において航空管制官の業務内容が変わるため、新しい業務負担や空域容量を測定できる指標が必要である。その指標とその指標に基づいた管制官支援ツールを目指す。

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

TBO は CARATS 計画の一つの柱であり、フリールーティングの導入は ICAO のアジア太平洋地域のシームレス ATM 計画に優先的な方策として推奨されている。また、運航者もアジア太平洋地域及び北太平洋においてシームレス ATM と ATM 効率化を求めている。

2. 研究の達成目標

- (1) 運用コンセプトの提案：フリールーティング、CDM を取り入れたエンド・ツー・エンド軌道管理コンセプトを提案。
- (2) ATM パフォーマンス指標の提案：TBO 環境に適した ATM パフォーマンス指標を提案し、管制官支援ツールを開発して評価。
- (3) 軌道最適化ツールの開発：合理的な飛行計画軌道を生成する軌道最適化ツールを開発。
- (4) 便益バランス方式の提案：軌道間の干渉を解決することや時刻制限を満たすための軌道変更が必要な場合、各フライトの便益と ATM システムの全体便益をよりよくバランスして軌道の制限を解決する方法を調査し、アルゴリズムを提案。

3. 目標達成度

- (1) 仁川 FIR と福岡 FIR の初期フリールーティング運用コンセプトを提案した。
- (2) ATM パフォーマンス指標として前の研究で開発した「管制難度」の適用に向けて感度分析を行い、航空管制官支援ツールの概念実証シミュレーションを行った。
- (3) グラフ探索アルゴリズムを適用して合理的な飛行計画経路を生成する軌道最適化ツールを開発した。最小消費燃料、最短飛行時間、最小コスト（燃料・ルートチャージ）の目的関数で最適化が可能であり、ステップクライムも計算可能である。
- (4) 洋上空域の入域に伴い国内出発便と上空通過便の間に入域時刻と巡航高度の競争が発生する。便益のより平等な割り振りを目指し、トレードオフを明確にし、便益バランスの方法を提案した。

4. 成果の活用方策

- (1) 課題の洗い出しにより仁川 FIR と福岡 FIR におけるフリールーティング開発のための知見が得られた。知見は後継研究「国際交通流の円滑化に関する研究」で活用する。
- (2) 交通量などでは表現できない、フリールーティングにより適した管制難度の指標が得られた。後継研究において、本指標を活用する予定である。
- (3) 本経路計算手法は NOPAC 経路再編に既に寄与している。今後、他の経路再編への同様の貢献が期待できる。
- (4) 本バランス手法は学術的に新規性を有しており、今後の精緻化により CDM 運用の促進へ寄与できることが期待できる。

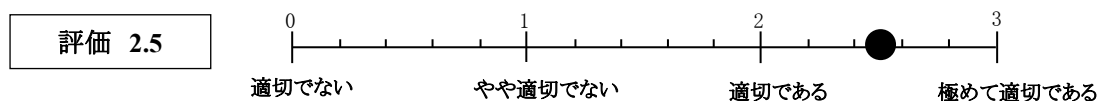
5. 成果の公表等

- (1) これまでの公表等 43 件
 - ・論文誌：3 件（JSASS, Selected Paper of EIWAC2019）
 - ・国際学会：11 件（AIAA Aviation, APISAT, EIWAC など）
 - ・電子研報告：2 件
 - ・国際会議：8 件（ICAO ATMRPP, IPACG, BADA User Conference）
 - ・国内学会・研究会：16 件
 - ・学会誌など：3 件
- (2) 今後の公表予定
 - ・論文誌：1 件（IEICE）
 - ・電子研報告：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



【所見】

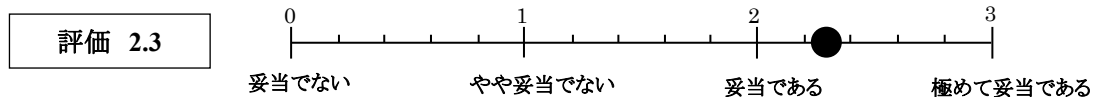
- ・フリールーティング フェーズ 1 は、CARATS によると 2022 年ないし 2025 年に運用開始とされている。特に、高高度でのフリールーティングは本研究と密接に関連するものであるが、そこに適用するための年次計画が明確に示されていないように思われる。
- ・仁川 FIR 等隣接 FIR を含めたフリールーティング運用を具体的に検討した研究の進め方は評価出来る。

【電子航法研究所の対応】

NOPAC 経路再編はフリールーティング フェーズ 2 の UPR 導入に関連しているもので、フリールーティング空域の段階的運用も検討するものでした。

次研究では、「高高度でのフリールーティング」フェーズ 2 (2025 年 UPR 導入)、フェーズ 3 (2032 年 UPR+DARP) を目指し、FRA (フリールート空域) 運用モデルを構築、検証、改良、評価と進めながら IPACG など実際の空域運用の検討にも研究成果を活用してまいります。

(2)研究実施体制の妥当性



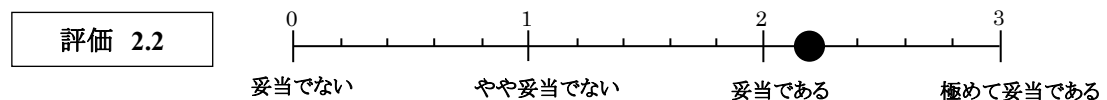
【所見】

- ・従来から継続的に研究に参加する研究者が主体となっている。
- ・所外の大学とも良く共同研究ができています。
- ・管制機関、所外研究機関とも連携しながら研究を進めた研究体制は評価できる。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、所内・外との連携を継続します。

(3)予算設定の妥当性



【所見】

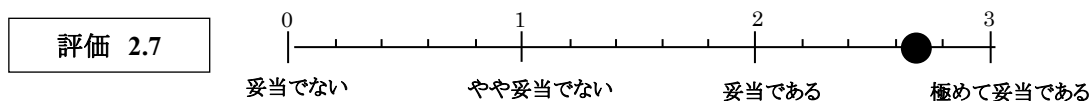
- ・人件費・出張経費の比重が高い。その必然性が研究計画（事前評価）の段階で示されていない。
- ・管制機関等の会議に予算を重点的に割り当てる等予算設定は研究目標に合致している。

【電子航法研究所の対応】

当初計画していなかった（後継研究で連携を検討していた）海外の大学との連携を先行実施したため、出張経費の比重が高くなってしまいました。なお、この連携により FIR 間のフリールーティングの検討を前倒して進めることができました。次研究においては、計画性を持って進めるように致します。IT 人材需要の予想以上の高まりのため派遣職員の経費の高騰があり、人件費の比重が高くなってしまいました。

II. 研究の効率性

(1) 研究目標の達成度



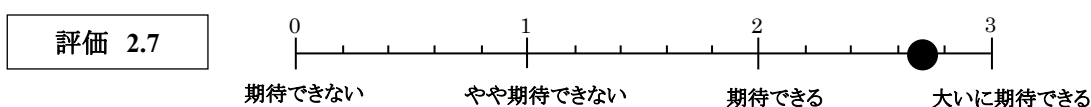
【所見】

- ・ 個別目標の達成度の自己評価は示されているものの、CARATS に基づく研究である以上、差し迫っている運用開始に如何なる貢献となっているかを述べる必要がある。
- ・ 隣接管制機関を含めたグローバルな研究に取り組んでおり達成度は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

コンセプトをTBOアドホック会議で発表してCARATSに貢献し、フィードバックを頂きました。また、航空局の依頼によりICAOのパネル会議(ATMRPP)において研究成果を報告予定です。IPACGへ提出したシミュレーション結果の報告はNOPAC再編の促進へ貢献しました。さらに、KAU(韓国航空大学)とのネットワークを形成し、北東アジアの円滑交通を目指す次期の研究への足がかりを作りました。

(2) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

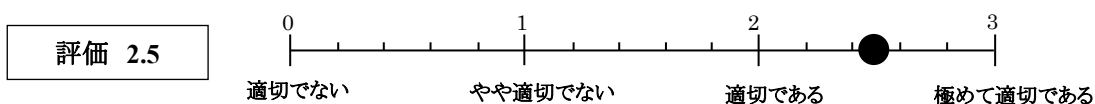
- ・ 管制業務を支援する研究は本研究所で継続的に実施されているため、知見は従来と同様に理解されようが、管制業務の運用に活用するために管制から出される要求/要請が示されていないため、具体的活用が図られるのかが判明しない。
- ・ 既にフリールーティングの初期的概念を既存のNOPAC経路の再編計画に適用するなど波及効果が期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

計画段階で具体的なニーズを明確化していくことが重要であると認識しており、所内外において認識共有してきました。本研究は管制課からの「フリールーティングとCDMを取り入れた軌道管理方式のコンセプトが必要」という要求・要請に基づき研究計画を立案しました。

将来のTBO導入を見据えた初期的運用コンセプトの提案が研究の主目的であり、成果を運用に生かすには時間がかかりますが、1つの事例として、NOPAC経路の再編検討に貢献できてよかったと思います。

(3) 研究成果の公表



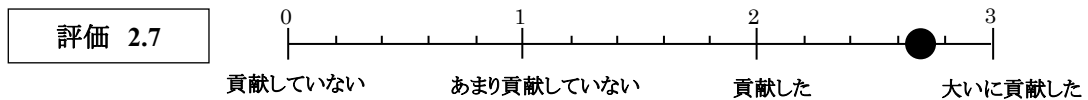
【所見】

- ・ 活発に活動している模様である。
- ・ 学会等への発表も良く行われている。
- ・ 積極的に研究成果を公表しており適切である。

【電子航法研究所の対応】

引き続き積極的な成果報告を行ってまいります。

(4) ポテンシャルの向上



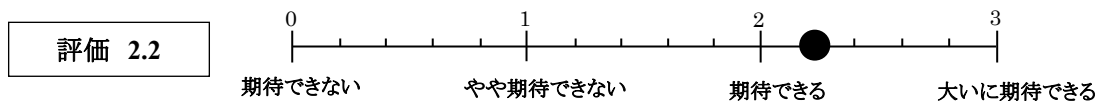
【所見】

- ・ 役務（外部者への人件費）が多く支出されているため、研究所のポテンシャル向上の観点からは割り引いて評価しなければならないだろう。
- ・ 研究所が中心となって進める課題であり、貢献は大きい。
- ・ 多数の大学等との共同研究は、今後のこの分野の活動に資するものと評価する。
- ・ 研究所のポテンシャルの向上に貢献した。

【電子航法研究所の対応】

本研究では、多大なデータを扱う必要があり、入力作業やコーディング等を役務にすることにより、人件費が高くなりましたが、研究員はアルゴリズム開発やデータ分析、論文執筆に集中でき、効率が上がりました。また、人件費は派遣職員だけでなく大学生も雇うなどして裾野拡大にも寄与しました。

(5) 新たなシーズの創出



【所見】

- ・ 燃料消費の削減、米国にみられるような騒音・飛行機雲など環境や気象への影響の低減、無人航空機の扱い、等々、新たな対象を検討に含めることも必要であろう。
- ・ 期待できる。

【電子航法研究所の対応】

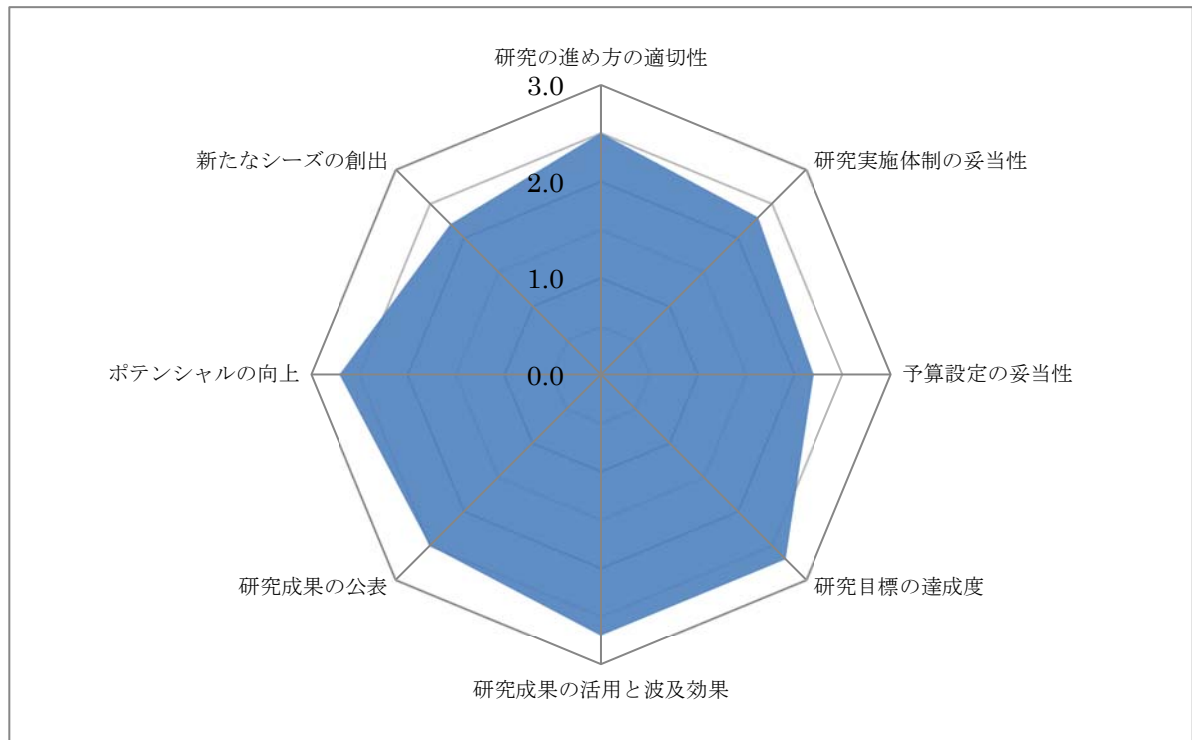
所内では騒音や気象を考慮した飛行経路の検討や無人航空機の運航などの研究が進められています。後続研究で得られる知見を、これらの研究と共有し、新たなシーズの創出に努めたいと思います。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

2.5



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】

- ・ 研究成果の公表も適切に行われており、意義のある研究であったと評価できる。
- ・ CDM の導入等、視点が興味深い。関係者との調整は難しいが、今後の展開には大きく期待できる。全体としての最適化の可能性や利得を大きくしていくことが重要と考える。
- ・ 現在の福岡・仁川 FIR に適用する可能性が示せたことは特に興味深い。管制難易度の数値化も今後につながる成果と言える。
- ・ 航空のグリーン化に資する研究であるが、先の長い話として長期的な活動継続を期待する。
- ・ 本邦 FIR を取り巻く空域環境は欧州、米国等と比較し特殊であり、隣接管制機関からのオーバーフライトと本邦発のフライトが本邦上空で競合するため、管制運用方式が複雑であり、運航者の希望高度、経路短縮要求を処理するには管制機関の管制能力向上が求められる。透明性を高め、グローバルな空域の有効利用を図るための研究にチャレンジしており本研究は意義が大きい。

【電子航法研究所の対応】

NOPAC 再編、FRA のコンセプト提案と KAU とのネットワーク構築など、本研究で得られた成果を次期研究にも活かします。今回の研究では、CDM、航空のグリーン化などに取り組みましたが、コメントに頂いた通り、まさに隣接 FIR 間との接続に我が国特有の環境が存在します。本研究で得られた成果を次期研究にも活かします。

【その他、ご助言】

1. 研究を継続するための研究ではなく、管制業務の要求に即して実用方策を早期に示すことを目指す研究計画とすることが必要なのではないかと。特に、管制業務に携わる者の要請と評価が、研究課題の設定と計画に反映されるようにすること（反映されていることが資料に示されること）が必要と考える。
2. ここで開発したソフトウェアを今後の研究に十分生かすようにしてほしい。可能なら関連する研究者に無料で公開あるいは利用できるようにするとよい。
3. 多目的最適化に遺伝的アルゴリズムを用いているようであるが、ランダム・サーチに近い手法を確実性が求められる航空管制の実用化で適用できるか、疑問がある。スライド 10 にあるパレート解も完全ではないように見える。
4. 発表論文の項で、発表者が分かるようにしていただいているので、わかりやすい。他方、研究者別でみると一部の方の Output 比率が高いようにも見えるので、研究分担の粗密が何らかの影響を及ぼしているのであれば、そのあたりのバランスが取れるよう配慮をお願いしたい。

【電子航法研究所の対応】

1. 今後は、計画段階で要求を明確化し、成果も含めて、資料に反映させていきたいと思えます。
2. 現在、所の収入源の拡大について議論されているところであり、所の知的財産の無償配布には費用対効果などの検討が求められるところですが、研究コミュニティへ貢献できるように、前向きに検討を進めたいと思えます。
3. 本研究で適用した遺伝的アルゴリズムは最適性の保証はありませんが、計算初期から解を獲得可能であり緊急事態等の即時的に解が必要とされる際にも利用が可能であるため、本研究で採用いたしました。早い段階から質の高い解を得るために本アルゴリズムでは知識や経験則をアルゴリズム内に実装することが可能です。本研究での初期結果からみても、航空管制に適用可能なレベルへのアルゴリズムの改良が可能であると考えております。

CDM での利用を考慮し一つの解ではなく、パレート解集合という解の候補が複数得られるように計算を工夫しました。なお、パレート解集合の不完全性ですが、上空通過機と本邦出発機の割合、航空機の機種、単位時間当たりの航空機の通過数（交通流の密度）等の違いによりパレート解が獲得できない状況が存在するため、次研究ではこれらの影響を解析しながらアルゴリズムの改善を図ります。

4. 所内外研究機関との連携や航空局との調整など発表論文以外にも貢献があり、全体的に見ると研究分担や各自のエフォートとのバランスは取れていると考えます。引き続き研究分担のバランスを配慮していきます。

事後評価実施課題②

- 研究課題名：遠隔型空港業務支援システムの実用化研究
- 実施期間：平成 29 年度～令和 2 年度 4 カ年
- 研究実施主任者：井上 諭（監視通信領域）

1. 研究の背景、目的

(1) 研究の背景

リモートタワーのコンセプトの実現に向けて世界では研究が進められている。日本においても航空局では空港の運用を遠隔的に行う仕組みとして、レディオ空港と管制空港の 2 つのタイプのリモート化の検討がなされている。本研究所は平成 28 年度までも RAG 高度化、ITV システムの機能向上、リモートレディオに活用することができる基盤システムの技術開発も行ってきた。

本研究所で行っている技術を用いたリモートタワーの実用化に向けた要望が高まっている。リモートタワーのシステムでは、実際に飛行場（タワー）にいる場合と同様に、オペレータは空港面の安全状況の監視、確認を行うため通常のタワー管制業務と同様にネットワークを通じて提供される空港からの映像情報が重要になる。タワー環境は気象や時間帯で変化するが、映像技術や監視センサ技術を用いて、運用に最適なシステムを検討する必要がある。また、拡張現実技術を用い、デジタル処理した画像データに様々な支援情報やコンピュータ合成映像等を必要に合わせて提供することができる。このような映像やセンサ、ネットワーク等の IoT 技術を活用し、視覚的な情報を補うことで、遠隔業務でも安全性や効率性を今まで以上に高いレベルで実現することが期待されている。

そこで、将来システムについて設計検討に向けて、システム、技術仕様の策定、技術指針の実証が必要である。

(2) 研究の目的

- ① 管制空港のリモートタワー化に向けてのシステム・技術要件の検証及び策定
- ② 運用要件の策定支援
- ③ リモートタワーの世界動向（技術仕様、運用基準、運用戦略）の調査支援

2. 研究の達成目標

- (1) 管制業務を見据えたシステム設計、テストシステムの構築と評価
- (2) 遠隔運用を想定した映像を中心とするシステムのインテグレーションと性能検証
- (3) 監視センサ情報を活用した、トラッキング情報の拡張現実表示の精度向上
- (4) 管制業務に適した、人間工学分析に基づく業務用機器の HMI 設計

3. 目標達成度

- (1) 独自技術も組み込みながら、基本型となる技術システムの評価を実施し目標を達成した。
- (2) プロトタイプシステムとしてシステム構築を完了し RT の運用システムとして連続稼働しながら評価を実施、目標を達成した。
- (3) 監視センサ情報をシステムに統合し性能検証を実施した。監視センサ導入の効果を示すことができ、目標を達成した。
- (4) UX に基づく人間工学的な HMI 設計を実施し、最初の管制官のインプレッションレビューまで実施でき、目標を達成した。

4. 成果の活用方策

- (1) 評価、検証した情報の提供と航空局の整備計画（リモートレディオ（奄美空港）整備及びリモートタワー整備（北海道内）に対する技術情報のフィードバック
- (2) 国際標準化への技術情報の提供や規格策定への貢献（EUROCAE WG-100 エディタおよびコアチームとして参加）
- (3) リモートタワーだけでなく、バックアップ用としてなど緊急時対応への活用も可能なことから、監視系のリモートシステムとして幅広い応用が可能
- (4) 大規模空港だけでなく、中小規模の空港への監視センサ導入
- (5) 使いやすい管制システムの提供とオペレーションの安全性向上への効果

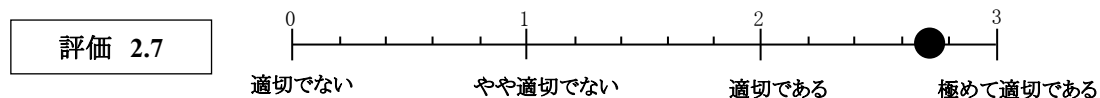
5. 成果の公表等

- (1) これまでの公表等
 - ・国際学会：6件（AHFE2017, iHSI2018, IHSED2018, IEEE MTT-S Kansai Chapter Workshop(2018), IHiet2019, HCII2020）
 - ・国内学会・研究会：7件（Translog2017, 電気学会 C 部門大会 2017, 電子研講演会 2018, JRANSA 技術講演会（2019 年度）, MAU2020, Translog2020, 電子情報通信学会総合大会 2021）
 - ・特許：1件（2020）
 - ・国際標準化会議（EUROCAE）：6件
- (2) 今後の公表予定
 - ・論文誌（HI 学会、情報処理学会）
 - ・国際会議（IHiet2021）
 - ・本（Virtual and Remote Control Tower -Research, Design, Development and Validation- DLR 編 Springer, 2021）2章分担当）
 - ・HI 学会誌 特集記事

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



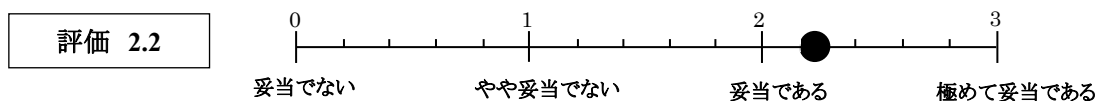
【所見】

- ・ リモートタワーの実現は必須の政策となっており、その導入に当たり、段階を追った開発・評価が必要となる。本研究はその中心をなすもので、電子航法研究所の基幹研究である。
- ・ 航空局との整備計画に合わせた研究が進められており、研究の進め方は適切であった。

【電子航法研究所の対応】

引き続き、本研究所の期間研究として研究計画を適切に立案していくようにいたします。航空局や関連機関と連携しながら研究の成果のフィードバックや発信に努めます。

(2) 研究実施体制の妥当性



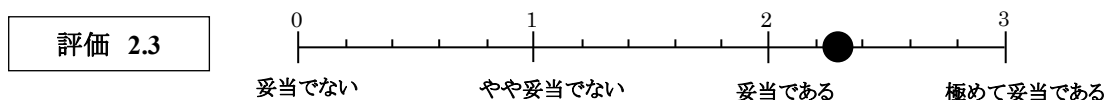
【所見】

- ・ HMI を含め当研究に必要な研究者・共同研究機関に配慮している。
- ・ 担当者が少なすぎる気がした。限られたリソースをうまく活用している。
- ・ 民間・大学との連携など効率的な研究推進体制が構築できている。
- ・ 研究所での研究体制、他機関との連携等、研究体制は妥当であった。

【電子航法研究所の対応】

足りないリソースは外部と積極的に連携する等、様々な方法で人的リソースの適切な配分に今後も努めてまいります。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

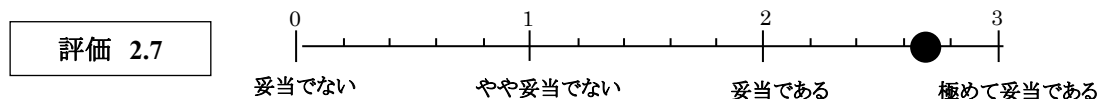
- ・ 評価システムにおいて映像表示など高額になりがちな装置を必要としたことから、経費支出は理解できるが、高価な映像表示が必須なのかについても意見を発信されたい。
- ・ 費用の削減に努めた中での的確な研究成果を上げた。

【電子航法研究所の対応】

実用化研究であることから、運用を想定した仕様を検討することが必要となりました。必要な情報は丁寧に発信するように努め、今後とも適切な予算設定となるよう努力をいたします。

II. 研究の効率性

(1) 研究目標の達成度



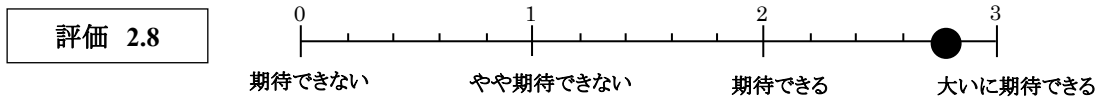
【所見】

- ・ 当初の目標は達成できており、これにつながる後継研究への認識も評価できる。
- ・ 当初の研究目標を達成した研究結果であった。

【電子航法研究所の対応】

適時に適切な計画の立案とともに、今後も研究成果を創出するよう努めます。

(2) 研究成果の活用と波及効果



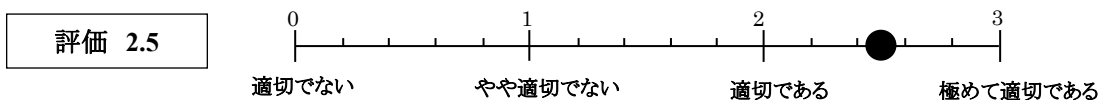
【所見】

- ・ 既に研究成果が活用されている。
- ・ CARATS の意思決定に貢献し、研究成果は今後の航空局の整備計画に合わせた活用が期待される。

【電子航法研究所の対応】

必ずしも CARATS に加わる研究になるわけではありませんが、航空局の整備に貢献できるように、今後も航空局と協調しながら成果が活用されるように努めてまいります。

(3) 研究成果の公表



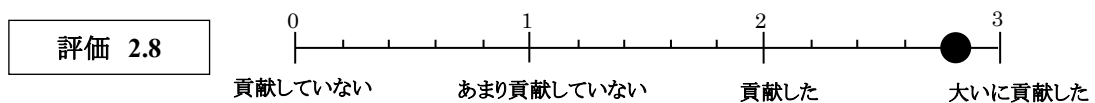
【所見】

- ・ HMI 関連学会、情報処理学会などへの投稿が行われている。
- ・ 国内外の会議で研究成果が公表されている。

【電子航法研究所の対応】

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

(4) ポテンシャルの向上



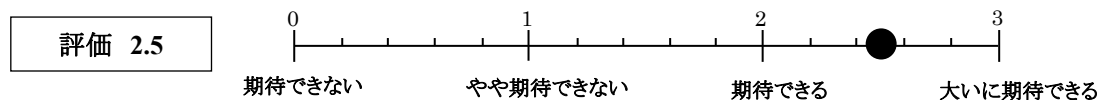
【所見】

- ・ 電子航法研究所のみならず、共同研究機関、装置開発者のポテンシャルも向上していると思われる。更に、行政部局の理解向上が図られたと認識している。
- ・ 映像系のデジタル技術及び監視センサーを利用した技術開発により研究所のポテンシャル向上に貢献した。

【電子航法研究所の対応】

本研究での経験を活かし、研究所だけでなく関係機関とともにポテンシャルの向上に努め、国際競争力のある仕組みづくり貢献し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】

- ・ VR技術の価格低下と性能向上が顕著だが、リアルタイム/クリティカル・システムへの活用も始まっており、国土交通省全般の現業システムへの活用が図られる端緒となることを期待している。
- ・ 期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

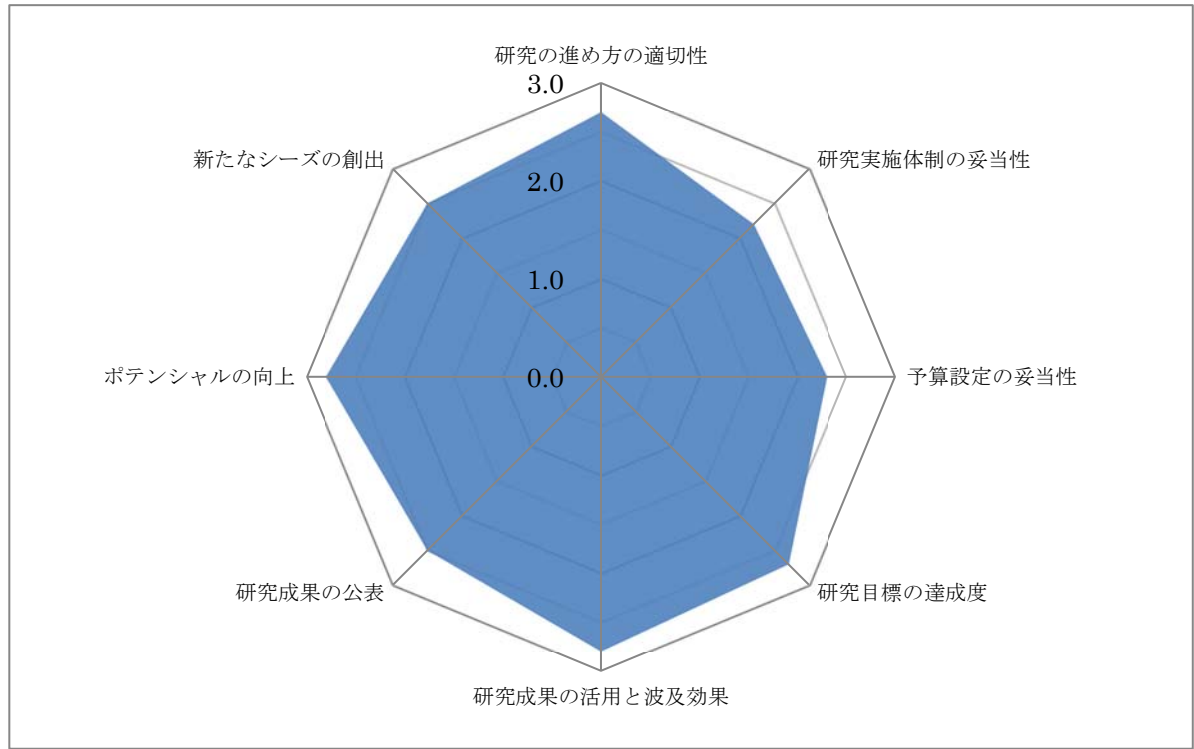
今後も新しい技術の積極的な活用方法を検討していくとともに、安全や健全性などが重要となる実システムへの導入に向けた活用の方法を丁寧に検討してまいります。

総合評価（本研究を実施した意義があるか）

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】

- ・ 研究成果の公表も適切になされており、その内容も十分有意義なものだったと判断できる。
- ・ 現在の先端技術を積極的にとり入れており、少人数ながら、効率的に研究を進めてきたと評価できる。今後、本研究の成果を実用化できることで、安全性や効率性の向上や労働の負荷低減の実現について、評価できるようになると理想的である。
- ・ 研究成果は航空局の CARATS 整備計画（リモートレディオ/奄美空港）に活かされており、更に技術情報のフィードバックが期待される。又、研究の評価により映像システム等の新たな課題も報告されている。国際標準化への技術情報の提供をはじめとし、今後の管制タワーのリモート化の研究を進めてほしい。

【電子航法研究所の対応】

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

【その他、ご助言】

- ・ 公的業務が IT により効率的かつ経済的に行われることへの要請は高まっている。クリティカル・システムといえ経済化が求められようが、リモート・タワーのごとく「管制業務に活用する従来通りの映像品質」を求めるのか、あるいは「多様なセンサーや認識処理/認知処理を組み合わせ、総合的なコスト削減」を目指すのかは、恐らく主要な研究課題となりましょう。このようなテーマの成長を期待しています。
- ・ 画像処理の分野はその進展が早い、最新の成果を取り入れることができれば、より良い成果が得られたのではないかと思われる。今後に期待したい。
- ・ 研究が行われた 4 年間の VR 等の技術進歩は大きかったと思われる。これらを踏まえ、従来のタワーによったシステムだけでなく、省力化、無人化に向けた新しい方式も検討する研究があり得るだろう。

【電子航法研究所の対応】

新しい技術を活用した新しい仕組みやサービスの形などについて技術的な立場から提案できるよう、今後の研究で取り組んでいきたいと考えております。新しい技術の活用とユーザーに求められる安全かつ信頼性の高い成熟した技術とのバランスを取りながら、積極的に技術の研究開発に取り組んでまいります。

事後評価実施課題③

- 研究課題名：SWIM のコンセプトによるグローバルな情報共有基盤の構築と評価に関する研究
- 実施期間：平成 28 年度～令和 2 年度 5 カ年
- 研究実施主任者：呂 暁東（監視通信領域）

1. 研究の背景、目的

(1) 研究の背景

① ニーズ及び内外の研究動向

運航の安全性と効率性を向上するため、ICAO では、運航に関する様々な情報を管理できる SWIM (System Wide Information Management) という次世代の航空交通情報システム の概念を推進している。米国の NextGen と欧州の SESAR を中心として、情報の標準化、国際実証実験などの研究開発活動が世界的に進められている。また、日本においても CARATS のロードマップにおいて、情報共有基盤の導入は重要なミッションとしてあげられている。

しかし、運用環境によって、各 SWIM システムの構造と採用された技術の仕様が必ずしも同じとは限らないので、今後、各 SWIM 間の情報交換とサービス連携などの課題について解決していく必要がある。これらを解決するため、異種システム間で、シームレスな情報交換とサービス連携を実現できる技術、また、これらの技術を評価できる実験用システムが求められている。

② 当所で研究を行う必要性

これまで、2013 年から航空局と電子航法研究所を中核として、FAA が主導した SWIM Mini-Global Demonstration に参加し、技術情報を交換しつつ実験用システムを開発した。この実験用システムを利用したシナリオデータ及びセミライブデータの配信により実証試験の有効性を高めることにより、運用上の課題点について実証した。また、当所は 2014 年から、当所がいくつかの国際連携実験に参加し、実験用システムも構築しており、SWIM に関して豊富な知識と経験も有しているため、効率的かつ迅速に本研究を進めることができる我が国で唯一の機関である。

(2) 研究の目的

本研究は、異種 SWIM 間で、シームレスな情報共有に関する技術の研究開発を行い、我が国や地域における将来の航空交通情報システムの円滑かつ効率的な構築に資することを目的とする。

① 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

各国ではそれぞれのニーズがあるため、同じ仕様で SWIM を構築するのは現実的ではない。本研究は、今後の異種 SWIM 間で情報交換とサービス連携に対する先行研究として先導性がある。また、情報通信分野でも異種システムの融合と評価について技術的意義は高い。

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

CARATS において、情報共有基盤の早期導入により低コスト、高効率、高安全性の運航を実現することに貢献できる。

2. 研究の達成目標

- (1) 航空交通情報共有基盤において、統一情報環境を構築するため、データ変換モデル、情報メッセージモデルとサービス連携モデルを開発する。
- (2) 運用上の基本機能と技術面の性能要件を明らかにする上で、異種 SWIM システムとの融合に関する情報交換技術とサービス連携技術を提案する。
- (3) これに基づいて、効率性・信頼性・安全性・環境などの観点から、サービス要件に応じた

パフォーマンスについて評価できるテストベッドを開発する。

3. 目標達成度

- (1) 標準情報交換モデル（運航情報交換モデル、航空情報交換モデル、気象情報交換モデル）に基づいたデータ変換モデル、情報メッセージ交換モデルとサービス連携モデルを開発した。
- (2) 運用上の基本機能と技術面の性能要件の分析により、4DTに基づいた空地情報交換技術と異種サービス連携技術を提案した。
- (3) 空地軌道同期によるオンライン評価技術を提案し、サービス要件に応じたパフォーマンスを評価できるSWIMテストベッドを開発した。
- (4) 国際連携実験や飛行実証実験により、総合評価を実施し、SWIMに基づいたFF-ICE運用方式に対して提案技術の有効性を確認することができた。

4. 成果の活用方策

- (1) 今までの研究成果により、CARATSにおける地対地SWIMとFF-ICE/R1導入の意思決定に貢献した。また、航空局が「FF-ICE/R1導入検討会」を立ち上げ、システムと運用要件検討WGの専門委員として実用化を推進している。さらに、今後の空地SWIMやGlobal SWIMなどの施策について具体的な内容を検討している。
- (2) 今までの国際活動により、アジア諸国と連携してICAO APAC SWIM TFを設置し、タスクリーダーとして地域に適用できるSWIM基盤の構築を行っている。
- (3) 今までの国際連携実験により、ICAO SWIM ManualやFF-ICE Implementation Guidanceの作成に貢献し、SWIMに関する国際標準化への取り込みも進めている。

5. 成果の公表等

- (1) これまでの公表等（69件）
 - ・ ICAO 関連会議 10件
 - ・ CARATS 関連会議 5件
 - ・ IEEE 等国際学会 9件
 - ・ 国際連携実験 7件
 - ・ 国内研究会 10件
 - ・ 電子情報通信学会等査読論文 11件
 - ・ 海外との技術交流会 7件
 - ・ 電子航法研究所発表会、出前講座等 7件
 - ・ 国内協会誌 3件
- (2) 今後の公表予定
 - ・ 国際会議 1件
 - ・ 論文誌 1件

6. 評価結果

I. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性

評価 2.5



【所見】

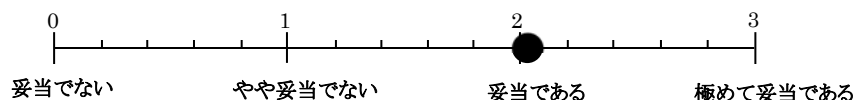
- ・ SWIM が ATM における情報統合モデルの実現を目指すものであることと、本研究の手順・手法が同じ方向であるかに疑問がある。研究で主に取り扱われた対象が有意義であることは認めるが、SWIM で行うテーマではなく、情報伝達を携わる機能階層で解決される事項であり、情報階層の課題ではないと思えるからである。
- ・ 国際連携実験をうまくステップに組み入れた現実的な進め方であった。
- ・ ICAO の導入計画等に合わせて研究期間の設定も適切であった。

【電子航法研究所の対応】

ICAO の SWIM マニュアルでは SWIM インフラ、情報交換モデル、情報交換サービスとガバナンスが SWIM Scope と定義されています。この中に標準情報交換モデルにより異種システム間でのメッセージ交換を可能とする SWIM インフラが重要な構成要素として定義されており、本研究では本マニュアルに基づいた地上間、また、議論中の空地間の情報共有に関する課題の解決を進めてきました。今後は、共有情報の活用に重点を置いた研究を進めるとともに、ICAO で議論予定の SWIM に基づいた新たな運用方式を支援する情報サービスの構築についても新たな課題として取り組んでいきたいと考えております。

(2) 研究実施体制の妥当性

評価 2.0



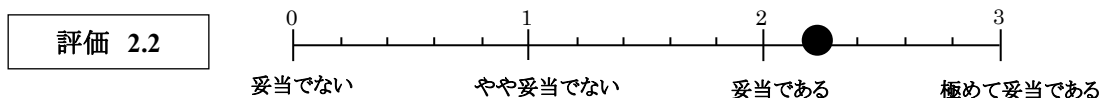
【所見】

- ・ 通信に偏りがちと思えることがら、情報モデルとユースケースを担当する研究者（研究組織）の協力を得た方が良かったと思われる。
- ・ 所外と共同研究があれば良かった。
- ・ 所内の役割分担、研究機関の連携が図られており、研究実施体制は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

本研究では、SWIM コンセプトに基づいた情報共有を主な研究目標としてきました。今後は、共有された情報をどのように活用するか重点を置き研究開発を進めていきます。また、より幅広い知見を得られるように共同研究など外部との連携を積極的に進めていきたいと考えております。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

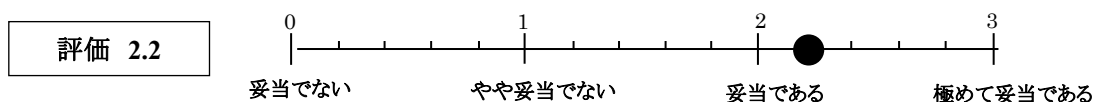
- ・ 一応の結論を導いており、そのために活用した経費は研究者の経験の向上として将来有効に役立つことであろう。
- ・ 予算内で研究がすすめられ、予算の設定は適切であった。

【電子航法研究所の対応】

今後の研究においても、本研究で構築した SWIM テストベッドや実験システムを有効活用していきたいと考えております。

II. 研究の効率性

(1) 研究目標の達成度



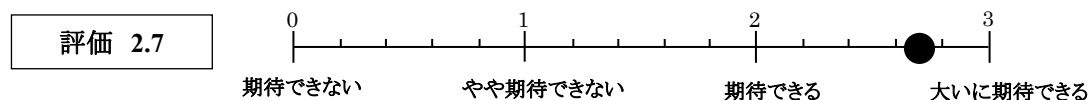
【所見】

- ・ 「研究課題名」、「研究の目的」、「達成目標」に記載されている事項に直接該当する事項が十分取り扱われていないと判断する。
- ・ 構築された SWIM テストベッドを利用して様々な実証実験により総合評価を行う等研究目標の達成度は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

本研究の主な目的である SWIM による異なるシステム間でのシームレスな情報共有に対して、情報統合モデル、空地情報交換技術や異種サービス連携技術を提案し、様々な国際連携実験により、これらの技術の評価できる SWIM テストベッドも構築してきました。引き続き ICAO APAC SWIM Task Force において地域 SWIM 構築の推進や技術基準の策定に貢献していきたいと考えております。

(2) 研究成果の活用と波及効果



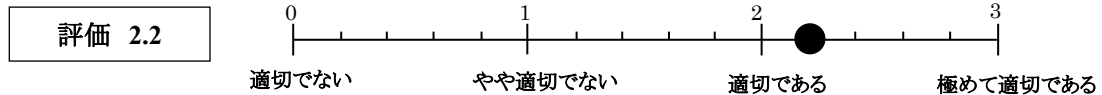
【所見】

- ・ SWIM の中心的課題ではないと思えるが、システムに依存しないで（システムワイドで）、両端の情報システム間（エンドシステム間）の伝達に係わる諸元を向上させるための知見が示されており、これは有効に活用できる場面が多い。
- ・ CARATS の意思決定に大きく貢献した。

【電子航法研究所の対応】

SWIM Technical Infrastructure の構築や国際連携実験の実施から得られた知見を実運用システムの導入に役立てていきたいと思いをします。

(3) 研究成果の公表



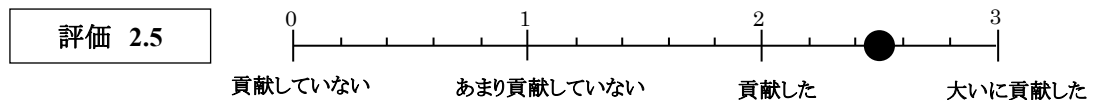
【所見】

- ・ 関連国際会議を中心に、成果を公表している。
- ・ 研究成果の公表は極めて適切であった。

【電子航法研究所の対応】

今後も、更に研究を進展させるとともに、適宜成果の発表を行っていききたいと思いをします。

(4) ポテンシャルの向上



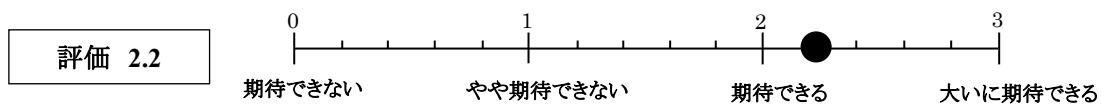
【所見】

- ・ 研究活動やシステム実証を通して、経験の向上が図られたであろう。もし、情報モデルやユースケースの専門家の参加があれば、今日最も話題となっている OpenAPI とそのビジネスに SWIM を近づけるポテンシャルが得られたことであろう。
- ・ SWIM 基盤の構築や国際連携実験の実施により研究所のポテンシャルを向上させた。

【電子航法研究所の対応】

今まで、エアラインや航空業界の情報専門家と連携するとともに、検討を進めてきました。また、国内メーカーとの共同研究でサービス指向アーキテクチャ (SOA) に基づいた SWIM インフラの構築に適用できる汎用サービスの開発も実施しています。今後、情報モデルやユースケースの専門家との更なる連携強化により、ポテンシャルの向上に努め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】

- ・ シーズを創出するよう、努力を続けていただきたい。
- ・ SWIM という情報共有基盤の実現により、効率性及び安全性高度化の新たな運用方式が期待できる。

【電子航法研究所の対応】

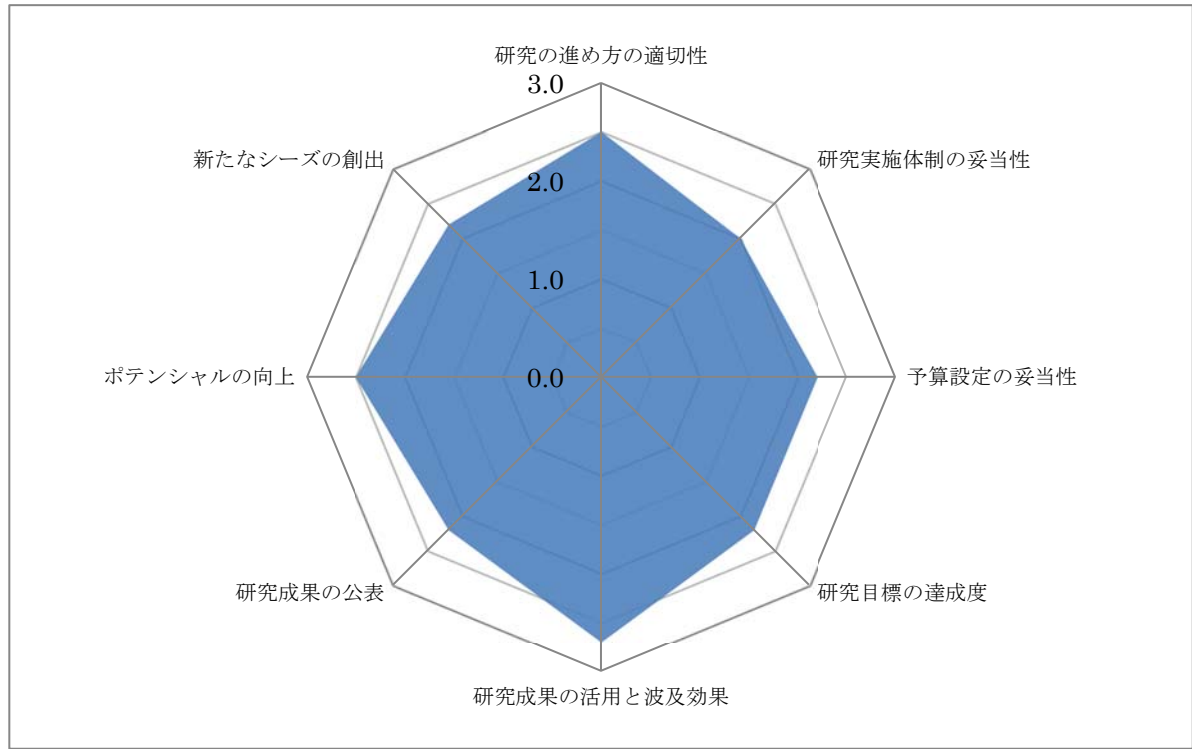
引き続き SWIM に関するシーズの創出や新たな運用方式の検討に努力していきます。

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 = 18.5
 評価項目数 = 8
 (18.5 ÷ 8 = 2.3)



【所見】

- ・ 本研究所以外にできない重要な研究である。成果の公表も申し分ないが、SWIM の概念が広く認識されているとはいえない。今後に期待したい。
- ・ アジアとの広域的な連携を進め、日本主導の研究を行っていることは評価できる。他国との調整が難しい内容であるが、大きな成果を出していると考ええる。
- ・ 限られた予算、研究期間の中で研究所内、関連機関と連携しながら研究が進められた結果、研究結果は着実にまとめられている。国際標準化が重要な研究でもありアジア地域でのタスクリーダーとして貢献したことは大いに評価される。

【電子航法研究所の対応】

国内において SWIM の概念を普及するため、令和 3 年 1 月に「航空情報共有基盤 SWIM の現状とこれから」をテーマにした電子航法研究所講演会を開催しました。また、本研究の成果をアジア太平洋地域に展開し、アジア太平洋地域における SWIM 基盤の導入や新たな運用方式の実現に貢献したいと考えております。

【その他、ご助言】

- ・ SWIM は航空界で初めての情報活用モデルとなっている。今日、IT 界ではニッチ化する通信ではなく、情報活用によるビジネス創出に投資が移っている。このために、情報プラットフォームの機能的拡大、多様な応用が保持する情報への API、これらを総合活用する局面（ユースケース）ごとに利便を高め/問題発生を未然に防止するための情報制御機能、等で開発競争が行われている。SWIM も情報利用の高度化を目指すなら、このような技術開発の中に答を得なければならいでしょう。いち早く、情報の専門家を参加させる必要があるのではありませんか。
- ・ SWIM を推進する方向性は認められるが、有効性の評価をもう少し厳格にすべきであると感じられた。
- ・ 研究所が取り組むべき重要な課題であるが、一般に分かりづらい点がある。そういう点でも所外との共同研究があれば良かったと思われる。

【電子航法研究所の対応】

SWIM による情報利用の高度化について、すでに情報分野の専門家と協力して研究開発を行っています。今後、情報分野における他の研究機関や大学との更なる連携を進める予定です。また、有効性の評価や共同研究の拡大にも努めていきたいと思っております。

事前評価実施課題①

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

1. 研究の背景、目的

(1) ニーズ及び内外の研究動向

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

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

(2) 研究の目的

本研究の目的は国際交通流管理に適した、且つ国の施策に組み込むことが可能な、空域構成及び FIR 間軌道管理の包括的な手法の提案であり、その科学的・技術的意義および社会的・行政的意義は次の通りである。

①科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

我が国及び隣接 FIR 間における情報授受項目、タイミング等を包括する FRA 運用は、今まで具体的に検討されておらず、先導性を大いに有する。

②社会的・行政的意義（実用性、有益性）

国際交通流の効率向上は、運航効率・環境保全に大いに寄与する。同時に我が国がイニシアティブを取る国際交通流の効率化は、我が国のプレゼンスを向上させる。

2. 研究の達成目標

- (1) フリールーティングに関する先行研究の成果を活用し、福岡 FIR と隣接 FIR の FRA 運用概念を導入し運航手順を具体化する。
- (2) FRA 導入時の運航者並びに航空管制の両側面における便益の定量化、課題洗い出し、及びその解決方法を提案する。

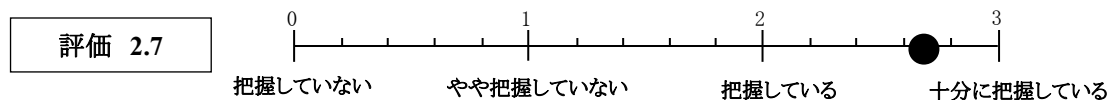
3. 成果の活用方策

- (1) 我が国および隣接 FIR 内の国際交通流の円滑化を推進する。
- (2) 国際会議体などへの参加により、国際間の情報共有の標準化に貢献し、アジア・太平洋地域国際運航の向上につながる。

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】

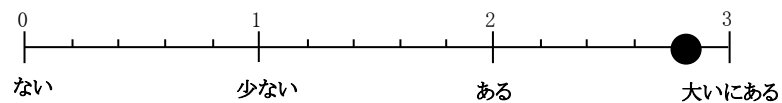
- ・ 日本、韓国、台湾の国際交通流の現状を認識し、課題としている。
- ・ 福岡 FIR 及び隣接 FIR における航空交通流の効率化を図るため、FRA の早期導入が求められており研究のニーズを十分に把握している。

【電子航法研究所の対応】

北東アジアの課題に焦点を当て、サブ地域レベルの航空交通流管理に取り込んでまいります。

(2) 本研究所で行う必要性

評価 2.8



【所見】

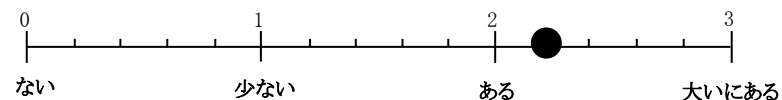
- ・ 管制機関が研究組織を持つべきであるが、先行研究との関連で、本研究所の研究課題となると考える。
- ・ これまでの先行研究の知見を活かした研究である。

【電子航法研究所の対応】

本研究所で実施してきた先行研究の成果を反映、活用し研究を進めてまいります。

(3) 科学的・技術的意義

評価 2.2



【所見】

- ・ 協調的な判断は、自動運転/操縦、紛争防止/回避など話題の分野であるが、個別具体的な条件に特化しているため、他分野への意義は限定されると考える。
- ・ 北東アジア空域への FRA 導入は技術的意義が大きい。

【電子航法研究所の対応】

希望する飛行軌道が競合したときには、ステークホルダー間で協調的な意思決定をします。現状、本研究は協調的意思決定を他分野に先んじて実運用に導入する研究例で複数のステークホルダーの便益を協調的に調整するにあたり、共通の指標を開発します。本研究での判断基準は航空分野に特化したものではありませんが、一応用例として他分野への協調的意思決定導入の際にベストプラクティスを探る例となると考えられます。また、他分野との研究者とも交流し、双方向に良い例は取り入れていきます。

北東アジア空域への FRA 導入については、各 FIR の運用を考慮した統一したコンセプトを目指します。

(4) 社会的・行政的意義



【所見】

- ・ 航空管制業務への知見の提供が期待される。
- ・ 国際交通流の効率化は有益性が高い。

【電子航法研究所の対応】

北東アジア空域での統一したコンセプトを提案することで国際交通流の更なる円滑化・効率化を目指します。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



【所見】

- ・ 管制機関や運航者の評価を得つつ方策を立案しようとする点は先行研究から改善がみられるが、具体的な方策は手探りの模様で、具体的経費の支出計画が無い。
- ・ 円滑な国際交通流形成を目指しており適切である。

【電子航法研究所の対応】

FRA 運用モデルの構築に向けて段階的に改良・検証・評価を進めつつ、並行して評価指標など必要なツールも開発していきます。
最終的に円滑な国際交通流形成を目指します。

(2) 達成目標のレベル



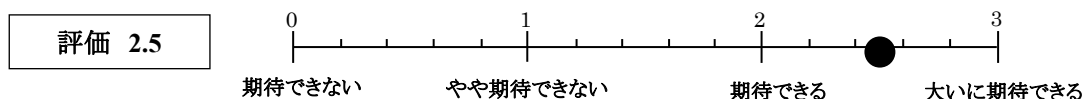
【所見】

- ・ 研究者等の目標は理解できるが、管制業務を対象とする研究である以上、管制機関が達成目標のレベル・達成時期につき如何に判断しているかが示されるべきと考える。
- ・ 明確な目標を立てづらと思うが、もう少し知りたい。
- ・ 運航者及び管制運用の両側面から見た便益の定量性、透明化を目指しておりレベルは高い。

【電子航法研究所の対応】

本研究の達成目標は航空局のニーズ調査に基づき設定しております。具体的には、FIR間シームレス運用のための軌道や、軌道情報共有（国際 AFTM/CDM）技術の研究・開発があります。管制課様とも引き続き協調しつつ FIR 間交通流管理に必要な情報項目、プロセスの検討や、日韓間の交通効率化を対象としました。高高度フリールート空域等の検討を進めて提案してまいります。他国の機関との共通認識を持つための調整やステークホルダーが多いので、多くのステークホルダーに共通の指標を提示する必要があり難易度が高いです。また、扱うデータが多種多様であることも難易度に繋がっています。CARATS の「高高度フリールーティング」のフェーズ 2（UPR 導入）に寄与することを目指しています。また、フェーズ 3 意思決定（UPR+DARP）はまだまだ先ですが、その一部に寄与する成果を提供する予定です。

(3) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

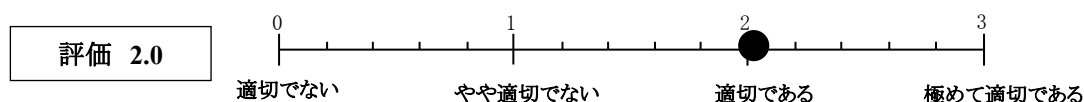
- ・ 研究により得られる知見は役立つと考える。
- ・ 大いに期待できる。

【電子航法研究所の対応】

CARATS の「高高度フリールーティング」のフェーズ 2（UPR 導入）の実現は運用開始が 2025 年です。運航者、管制官双方に便益のある空域設計が可能となることを目指して、期待に応えるように努力してまいります。さらに、フェーズ 3（UPR+DARP）は 2032 年が意思決定です。意思決定の前にさらなる課題があれば抽出し、提示していきたいと思えます。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



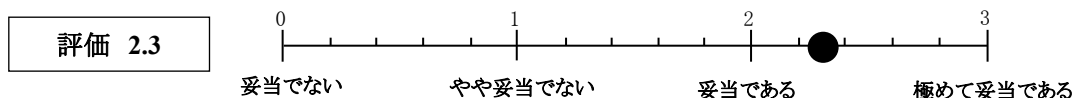
【所見】

- ・ 具体的な研究計画、各年次の経費支出が示されないと、所内の年次評価もできないのではないかと。
- ・ 適切である。

【電子航法研究所の対応】

具体的な経費が資料に抜けておりました。すでに具体的な計画があります。
FRA 運用モデルでは、シミュレーション・経路計算・情報伝達など多様な要素から構成されます。各要素に対して、資源を有効に活用し有意義なモデルを構築したいと思っております。
同時に研究のすそ野拡大を目的に、大学院生の契約研究員として雇用します。

(2) 研究実施体制の妥当性



【所見】

- ・ 先行研究の後継と位置付けており、先行研究の体制が維持されている。
- ・ 韓国との共同研究に期待。
- ・ 複数の欧州系大学等との連携による実施は素晴らしいが、国内の大学にも広まるようお願いしたい。
- ・ 知見を有した研究者、管制実務経験を有する研究員を配置した研究実施体制は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

現在も航空交通管理を専攻する大学院生を契約研究員として採用するなど積極的に連携を進めてまいりました。引き続き国内外の研究機関・大学と連携しながら進めてまいります。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

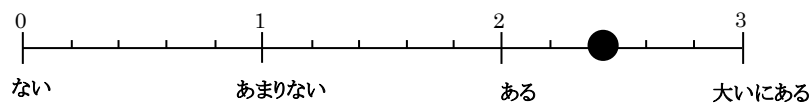
- ・ 「研究の進め方の適切性」に関連するが、年次計画、年次予算とその支出が判読できない。
- ・ 既存のシミュレーション環境を使用する等の工夫がなされている。

【電子航法研究所の対応】

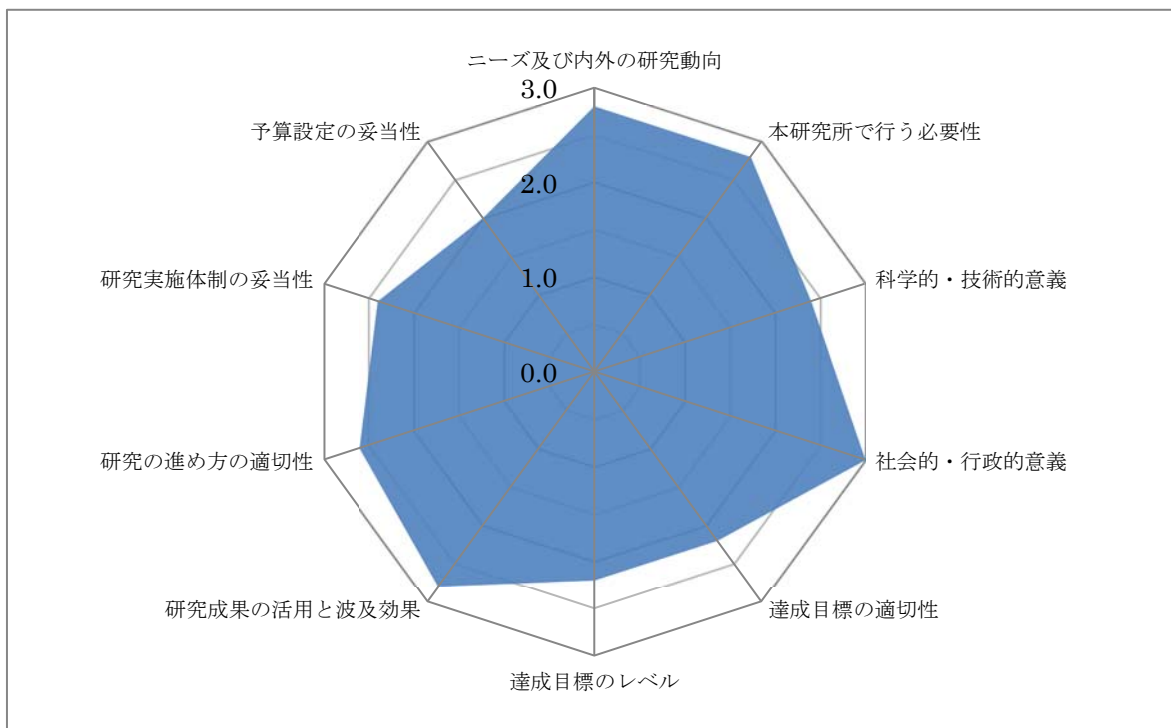
具体的な経費が資料に抜けておりました。すでに持っているシミュレーション環境・ツールを活用する予定です。

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 = 23.5
 評価項目数 = 10
 (23.5 ÷ 10 = 2.4)



【所見】

- ・ 本研究所以外ではできない重要な研究である。前年度までの研究成果が十分生かされることを期待したい。
- ・ テーマが大きく、関係者が多くあり、これまで踏み込むことができなかった部分もあり、研究を進める難易度は高いと推察する。本テーマの研究を進める意義は高いことから、是非、進めて欲しいテーマである。また、その成果に大いに期待するものである。
- ・ 所外と積極的な共同研究が可能な分野であり、それを希望します。
- ・ FRA 導入時の運航者及び管制運用の両側面における便益の定量化はなかなか難しい課題と考えられるが、ICAO 及び日米での IPACG 会議等の国際会議へ参加し、実務者の意見を聞きながらアジア、太平洋地域の国際運航の効率化向上に貢献してほしい。

【電子航法研究所の対応】

設定した達成目標レベルは難易度が高いですが、国内外の研究機関・大学と連携しながら期待に応えるように進めてまいります。また、日本の航空局と国際共同研究のネットワークを活用し、実現可能なコンセプトにアプローチします。

【その他、ご助言】

- ・ 年次目標が不明確な研究課題が散見されます。競争的資金を用いる研究課題では、年度ごとに各年次の計画、経費支出、成果、変更があるときは変更計画、等の提出と評価が行われます。当然、電子航空研究所では、このような内部評価は行われていると考えますが、その意義を高めるためにも、研究計画と年次目標の記述を改善するように指導いただきたいものです。

【電子航法研究所の対応】

年度ごとの具体的な計画に対して、研究計画を早期の段階で研究所内にて共有します。

事前評価実施課題②

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

1. 研究の背景、目的

(1) ニーズ及び内外の研究動向

大規模空港の近傍では、航空交通流の輻湊の解消が大きな課題である。特に、滑走路は航空交通のボトルネックであるため、到着交通の管理（AMAN: Arrival Management）機能は、出発交通の管理（DMAN: Departure Management）機能と統合して効率的に運用する必要がある。さらに、滑走路とスポット間では、航空機が安全かつ円滑に走行できるよう、空港面での交通管理（SMAN: Surface Management）が求められる。これらの交通管理は、定常時において空港を効率的に運用できるよう、また、さまざまな要因で空港での処理容量が低下する非定常時には、迅速に定常状態に回復できるよう、レジリエンスな設計がされなければならない。

先行研究の「航空機の拡張型到着管理システムの研究」（指定研究・令和2年度終了）では、羽田空港の到着管理に特化した研究を実施してきた。一方で効率的な空港運用は、到着管理だけでなく、出発・交通流管理と統合して運用する必要がある。「空港設計および地上走行時間管理に資する交通データ等活用技術の研究」（基盤的研究・令和2年度終了）では、SMANのシミュレーション評価のために、出発機の遅延時間を削減するDMANとの連携について初期検討を行った。

(2) 研究の目的

そこで本研究は、到着・出発・空港面の航空交通流を統合して管理する効率的な運用を検討する。そして、空港およびその周辺の環境や既存の運用方法を加味し、定常時に交通渋滞を緩和し、非定常時においてもレジリエントな空港運用と、そのための航空交通管理システムの設計を提案する。データサイエンス手法、数理モデル、シミュレーション手法を組み合わせ、運用手法を評価する。

2. 研究の達成目標

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

3. 成果の活用方策

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

4. 評価結果

I. 研究の必要性

(1) ニーズ及び内外の研究動向



【所見】

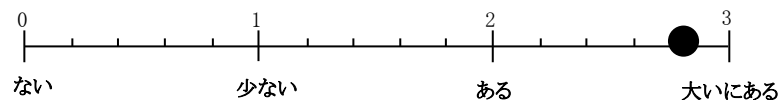
- ・ 先行研究もあり、航空管制業務を把握している。
- ・ AMAN/DMAN/SMAN の総合運用の重要性が求められており研究ニーズを把握している。

【電子航法研究所の対応】

今後も、管制業務や研究ニーズを把握するように努めて参ります。

(2) 本研究所で行う必要性

評価 2.8



【所見】

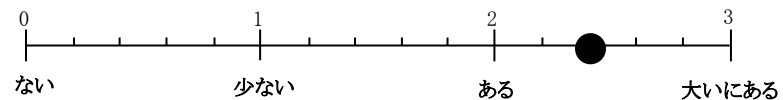
- ・ 到着交通流を取り上げた先行研究の実績がある。
- ・ 先行研究で多くの知見を有しており、本研究所での研究の必要性は大いにある。

【電子航法研究所の対応】

有意義な研究成果を残せるように努力して参ります。

(3) 科学的・技術的意義

評価 2.4



【所見】

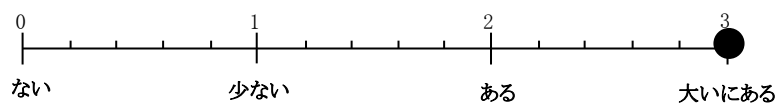
- ・ 羽田空港を例とするなど、特定の条件・状況を想定することが研究の具体化のために必要であり、人間支援システムとしての一般化は限定的と思う。
- ・ 航空交通管理システムを設計する体系的手法の確立を目標としており独創性がある。

【電子航法研究所の対応】

ご指摘の通り、対象とする空港・空域・航空交通等の独自の制約条件を加味しなければならずシステムの一般化は限定される部分がありますが、設計手法を体系化できるよう、研究を進めて参りたいと思います。

(4) 社会的・行政的意義

評価 3.0



【所見】

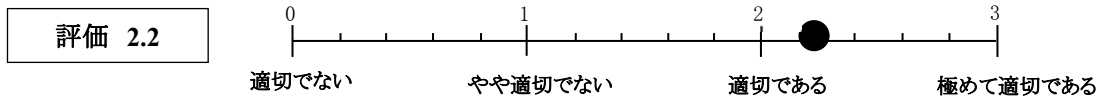
- ・ 空港の発着能力を向上させることは、社会に与える弊害削減にも役立つ可能性がある。
- ・ 羽田空港、成田空港等の首都圏混雑空港の AMAN/DMAN/SMAN の総合運用を技術支援する研究であり社会的意義がある。

【電子航法研究所の対応】

成果を広く社会還元できるよう、今後も研究を進めて参ります。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



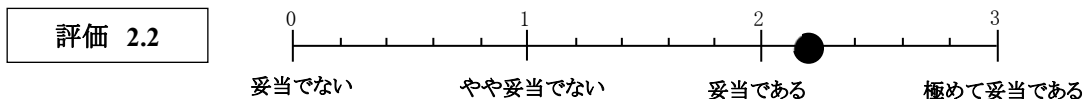
【所見】

- ・ 本研究の終了直後に行われる到着交通管理への意思決定に活用する検討となっていることから、如何なる目標をクリアし、次の段階に進むことを目指すのかという具体的目標（数値目標）が示されるべきと考える。
- ・ 達成目標は適切である。

【電子航法研究所の対応】

評議委員会での口頭での回答になりましたが、先行研究では AMAN の導入によってターミナル空域において 7% の遅延削減という結果が得られております。AMAN/DMAN/SMAN 統合運用に関する研究では、この指標を基準として更なる最適化を目標として参ります。

(2) 達成目標のレベル



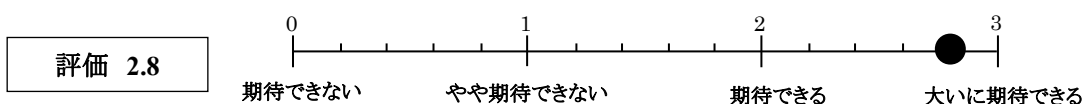
【所見】

- ・ 前項に関連するが、具体的目標が明確でないと目標達成の難易度は評価できない。
- ・ 当研究所の先行研究成果を導入した目標レベルであり妥当である。

【電子航法研究所の対応】

先行研究では AMAN だけ、あるいは DMAN だけを対象とし、それぞれ異なる事項を最適化対象として研究してきました。AMAN/DMAN/SMAN を統合的に運用することは、最適化すべき事項が増え、さらに先行研究では対立的であった事項の調整が必要であり難易度は非常に高くなっています。しかしながら将来は AMAN/DMAN/SMAN の一体化した運用が必要であり、統合運用導入効果を最大限生かせるように国内外の研究機関とも連携して研究を進めてまいります。

(3) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

- ・ 研究により成果が示されるのは確かであろうし、その知見は管制業務で役立つであろう。
- ・ 大いに期待できる。

【電子航法研究所の対応】

運用現場に役立つ成果の創出を目指して参ります。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



【所見】

- ・ 研究計画は包括的にしか示されておらず、個々の検討内容が予め検討されていることが望まれる。
- ・ 適切である。

【電子航法研究所の対応】

事前評価では、包括的な内容の説明に留まりましたが、具体的な内容を示すように研究計画書をよりわかりやすく書き替えました。本研究の検討内容は多岐に渡るため、研究目標の達成のため半年ごとのヒアリング等を通して進め方の確認をしていきます。

(2) 研究実施体制の妥当性



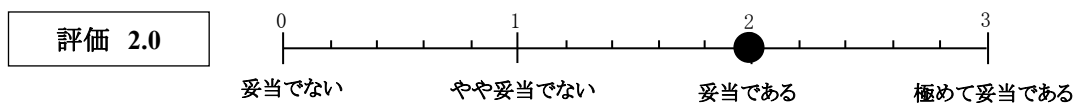
【所見】

- ・ 本研究を具体化するとき、国内空港と国内運用を想定することになるが、このとき海外機関・大学との連携はツールの活用などに限定されるのか。
- ・ 複数の欧州系大学等との連携による実施は素晴らしいが、国内の大学にも広まるようお願いしたい。
- ・ 研究手法に沿った研究者数、他機関との連携、共同研究を重視した体制計画されており妥当である。

【電子航法研究所の対応】

本研究は到着・出発・空港面の複雑な関係をモデル化する必要があり、電子航法研究所のみならず国内外の研究機関等との連携が必要となっています。国内外機関・大学との連携は、ツールの活用に限定されず、データサイエンスやシステム設計等、多岐に渡っております。国内においても複数の大学における教育・研究活動を通じて研究コミュニティの拡大に貢献したいと思っております。

(3) 予算設定の妥当性



【所 見】

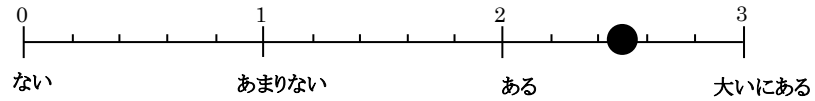
- ・ 年次予算と思える記述はあるが、予算配分（使途・役割分担別）が示されていないので評価ができない。
- ・ 予算の削減を考慮した設定になっているが、研究に支障が無いように努力してほしい。

【電子航法研究所の対応】

予算配分に関しては内部評価において適切な評価をおこなっております。また、外部資金の活用も研究の裾野拡大を目指した検討すべき項目と考えております。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

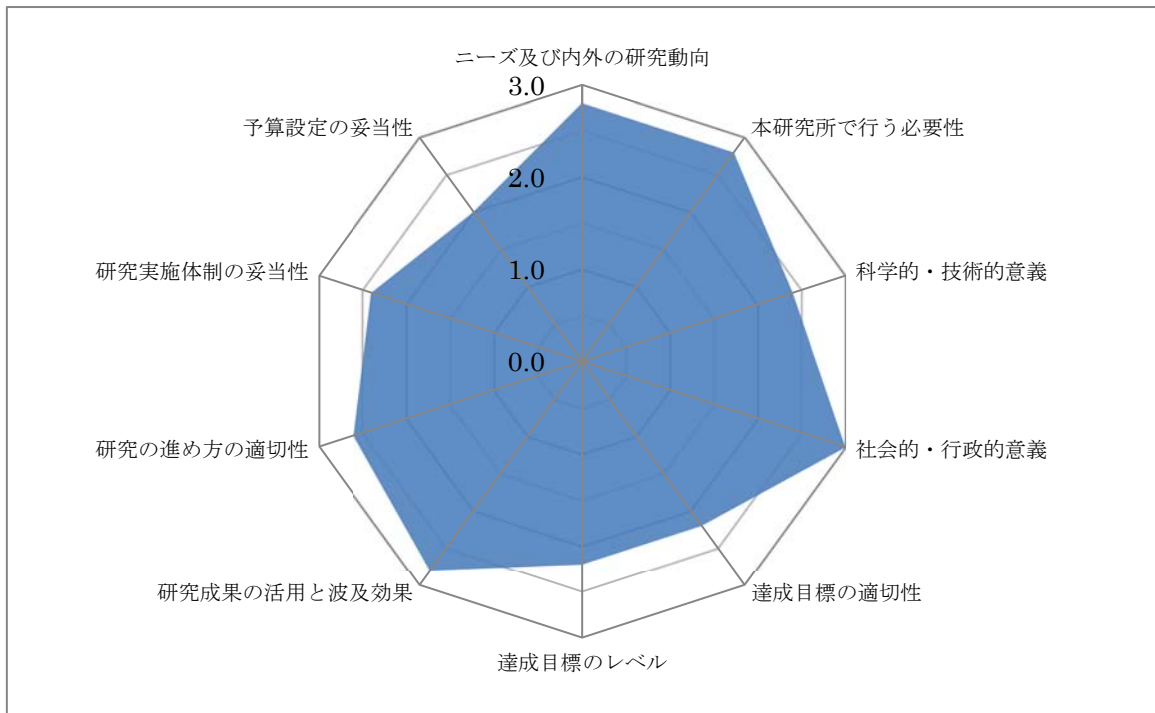
2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 25.2

評価項目数 = 10

$$(25.2 \div 10 = 2.5)$$



【所見】

- ・ 重要な研究課題であると共に、十分な成果が期待できる。
- ・ 手法の一般化や普遍性を見出すことは重要と考える。しかし、空港ごと、気象などの外乱ごとによる調整や、他空港や空域の影響による混雑度の影響など、特化する必要がある場合も多いと推察する。どこまで受け入れられるかなどの、あるバッファ内での一般化などの工夫も必要かと考える。期待が大きい研究テーマである。
- ・ 社会実装を意識した計画がきちんと推進されることを期待しています。
- ・ 羽田空港、成田空港等の首都圏空港における管制運用の高度化については空域特性も大きく影響しますが、それ以上に空港特性（地上交通流）が大きく影響します。先行研究で得られた AMAN/DMAN/SMAN の知見を活用した航空交通の管理機能を統合した効率的な運用方法を研究するとともに欧州及び ASEAN 地域の研究機関、管制機関、メーカーと連携し、当該研究が国内混雑空港及びアジア地域の航空交通の輻輳緩和、管制運用の更なる高度化に寄与することを期待します。

【電子航法研究所の対応】

先行研究ではまず AMAN に注視して研究を進めてまいりましたが、実運用を考慮し、AMAN/DMAN/SMAN の統合運用の研究の準備も併行して進めておりました。運用に生じる不確実性の影響を加味し、決定論的手法ではなく、確率的手法を取り入れて研究を進めてまいります。これからも、航空局の関係各所を中心に、産学官の連携により、広く社会還元できる研究成果の創出を目指して参ります。

【その他、ご助言】

- ・ 共通システムとしての学問的な一般論を作るということも考えてみてはどうか。巨大空港と地方の小空港とは運用方法が違うから、両方の違いを見据えた検討もお願いしたい。シミュレーションと現場での実証の両方が重要である。

【電子航法研究所の対応】

データサイエンス、理論、シミュレーション技術を組み合わせたシステム設計論の提案を目指したいと考えております。AMAN/DMAN/SMAN の統合運用は大規模空港を対象としているため、本研究ではまず、羽田空港を対象とした研究を実施します。しかしながら、本研究を通じて得られた知見は小空港の運用においても有益であると思います。また、現場での実証も有意義と考えており、現場の方々の意見を研究に取り入れるところから始めていきたいと思っております。

事前評価実施課題③

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

1. 研究の背景、目的

(1) 研究の背景

① ニーズ及び内外の研究動向

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

② 当所で研究を行う必要性

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

(2) 研究の目的

① 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

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

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

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

・映像支援機能は欲しいけど導入費用は抑えたい ⇒ 映像処理システムを効率的に

・監視センサ機能は欲しいが整備のコストを抑えたい ⇒ コンパクトな監視センサ

求められるシステム：コンパクトな構成 + 高機能 + 低コスト（整備費）

「小型で高機能、高性能なデジタルタワーシステム」の実現。

2. 研究の達成目標

(1) コンパクトな監視センサと映像システムを組み合わせたコストバランスに優れたデジタルタワーシステムの技術実証と有効性を示す（→航空局へ仕様策定支援）。

(2) タワー業務用システムの高度化

⇒タワー管制業務支援機能の実用化および充実、オペレーターの負担軽減と運用における安全性の向上に寄与。

- (3) デジタルタワーシステムの技術実証と有効性を示すとともに低コストなシステム構成の実現とシステムの導入促進。

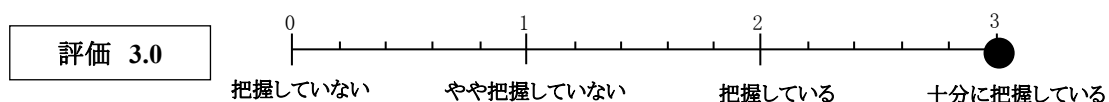
3. 成果の活用方策

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

4. 評価結果

I. 研究の必要性

- (1) ニーズ及び内外の研究動向



【所見】

- ・ 先行研究の成果の活用を通して、より認識が高まっていると判断する。
- ・ 日本においてもレディオ空港においての導入が開始され、実用化が始まっている RT の研究は航空局の整備計画のニーズを把握している。

【電子航法研究所の対応】

世界的な技術動向についての情報収集や航空局をはじめとするユーザーニーズの把握に努めます。

- (2) 本研究所で行う必要性



【所見】

- ・ 先行研究の実績から、必要性和研究実施の妥当性は示されている。
- ・ 当研究所のこれまでの研究開発により蓄積された知見、経験があり継続研究が可能である。

【電子航法研究所の対応】

先行研究での知見や経験を活用し、日本だけでなく世界をリードする実用研究に取り組んでまいります。

(3) 科学的・技術的意義



【所見】

- ・ 管制を支援・補完する機能には、無線技術と AI の融合が含まれようが、事例が少ない技術開発であり期待したい。
- ・ AI システムの安全性認証のような新課題につながっていく可能性もあるのでは？
- ・ RT の運用に必要な小型化監視センサーシステムの技術開発の科学的意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

RT/DT のための技術は AI だけでなく様々技術をインテグレーションすることで有用なシステムになると考えており、いくつもの要素技術を融合し機能するためのシステム技術の開発や新たな研究課題に取り組んでまいります。

(4) 社会的・行政的意義



【所見】

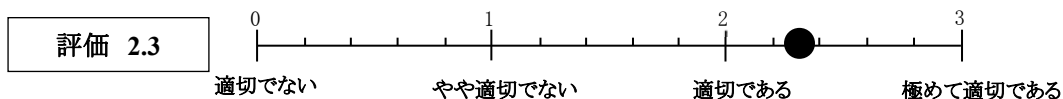
- ・ 経費節減と機能高度化を同時に達成する行政的要請があり、行政的意義が認められる。
- ・ 導入に必要な性能とコストを最適化したシステム技術開発の社会的意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

実用化を意識した技術としてシステムとコストのバランスを意識したものでありながら、ユーザの要望や安全など基本的な機能についてもしっかりと要件を満たした社会的に価値のある技術研究となるよう取り組みます。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



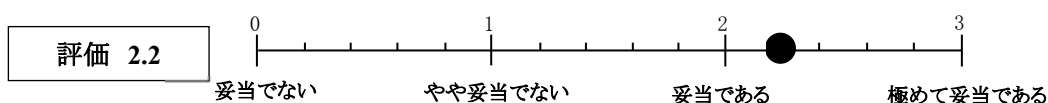
【所見】

- ・ 具体的個別開発目標が示されている。
- ・ システムの高度化、実用化に向けた安全性を考慮した技術開発、評価、検証を達成目標にしておき設定は適切である。

【電子航法研究所の対応】

設定した開発目標をクリアし、実用システムとして機能するように研究を進めてまいります。

(2)達成目標のレベル



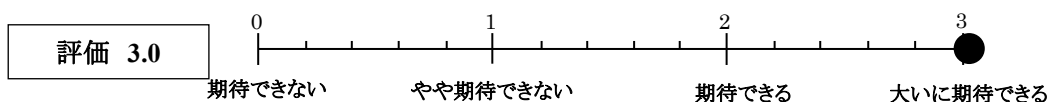
【所見】

- ・ 活用イメージに基づいたシステム仕様が想定されている。
- ・ 本研究は既に運用が始まっているレディオ空港のシステムの高度化のみならず管制タワーのRTを目指すものであり達成目標のレベルはかなり高い。

【電子航法研究所の対応】

取り組む研究開発は、今後のタワー運用に様々な展開や可能性を提案することができると考えており、それらが実用化できるように取り組みます。

(3)研究成果の活用と波及効果



【所見】

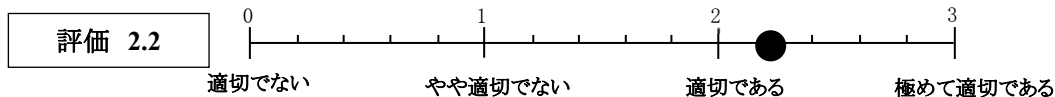
- ・ 本研究のシステムイメージは、デジタル・タワーの認識を高めるものとなりましょう。
- ・ 当研究は我が国のタワー空港の実現に大いに寄与するものと期待される。

【電子航法研究所の対応】

タワー管制の新たなシステムとして機能することを目指すとともに、日本のものが国際的にも評価されるような高いレベルの技術にできるよう研究開発を進めていきたいと考えています。

III. 研究の効率性

(1)研究の進め方の適切性



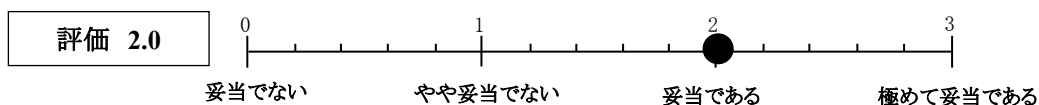
【所見】

- ・ 妥当な年次計画が示されている。
- ・ 世界的な動向を的確に把握し、航空局の整備計画を踏まえた適切な研究手段、年次計画が設定されている。

【電子航法研究所の対応】

世界的な技術開発の流れや動向を常に意識し技術開発に取り組むとともに、航空局の整備のニーズと計画に応じていけるように研究を計画し進めてまいります。

(2) 研究実施体制の妥当性



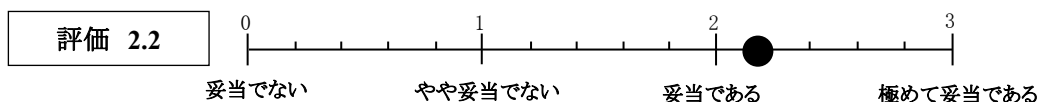
【所見】

- ・ 先行研究の実施担当者が引き継がれている。
- ・ 航空分野以外の AI、VR 等の専門との連携を必要とする。
- ・ 研究所内外の関連機関と連携し、専門性を有した人材構成で研究を実地する計画となっており、役割分担は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

各要素技術では外部との連携を行い適切な役割を分担、また協力しながら、航空管制のシステムとして機能するための技術へとするための取り組みをリードし、研究を進めていけるよう努力します。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

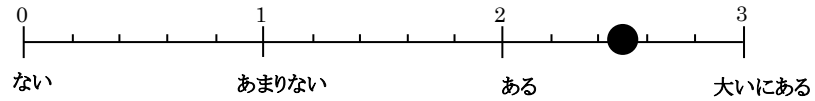
- ・ 年次予算が年次計画（項目）と共に示されている。
- ・ 先行研究で開発した研究機材を活用するなど予算削減を行っており、予算設定に努力が見られる。

【電子航法研究所の対応】

これまでの研究資源を有効に活用するとともに、さらに進んだ技術の研究開発となるよう取り組んでまいります。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

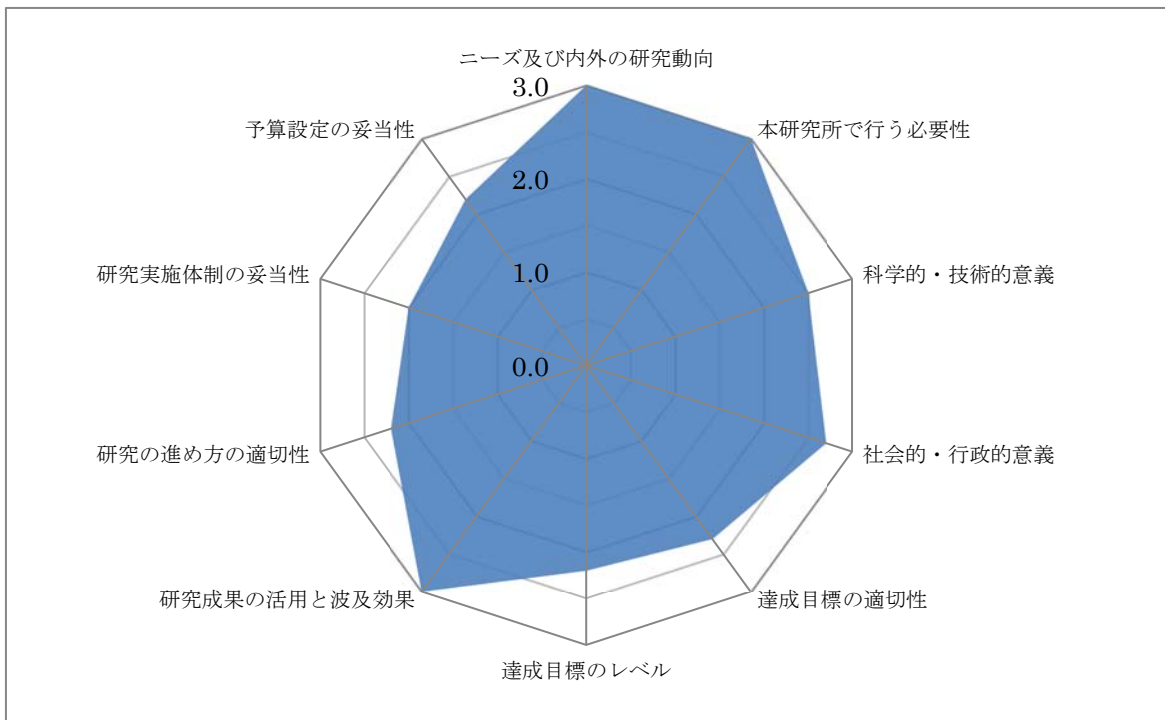
2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 25.1

評価項目数 = 10

$$(25.1 \div 10 = 2.5)$$



【所見】

- ・ 将来の空港監視を見据えた重要な研究であり、大いに期待したい。
- ・ 他分野で開発・利用されている技術などを利用して、効率的に進めていける部分もあると考える。デジタル技術で賄えない部分についての評価も必要と考える。
- ・ 本邦におけるリモートタワーは大きく分類し、レディオ空港と管制タワーに分類されますが、その業務上の法的根拠は根本的に異なります。リモートタワーのコンセプトを刷新的に変える可能性のある本研究に対するニーズはより高いものと思慮されることから、管制タワー業務の管制運要件に合致した安全性、管制指示の即時対応性、効率性、及び生産コストを考えたコンパクトなシステムの高度化を期待します。

【電子航法研究所の対応】

将来の新たな空港監視に役立つシステムとして、基幹技術の研究開発を着実に進めるとともに、レディオ空港や管制空港など様々な運用に柔軟に対応するために必要なシステムインテグレーションの技術開発にも取り組み、新しいタワーシステムの実現に向けた研究となるように致します。

【その他、ご助言】

- ・ 「ミニマム仕様のシステムでマキシマムなパフォーマンス」と述べられているが、賛同する。更に次のことも検討されると嬉しい。
 - ① 現在高価でも、多くの利用側面がある先端技術は必ず価格が低下する。この活用を検討することを奨めます。
 - ② ヒトを補完する技術は、恐らく、クリティカルシステムの発展に寄与します。この技術に関心を持ってください。
- ・ 専用回線を使うということではあるが、セキュリティの確保には十分留意してほしい。空港に特化した画像処理方法を検討しても良いのではないか。監視センサなどのハード面の技術進化も見据えてほしい。
- ・ 先行する4年間の研究が行われていた間のVR、AI等の技術進歩は大きかった。これらを踏まえ、従来のタワーによったシステムだけでなく、省力化、無人化に向けた新しい管制方式も検討する研究があり得るだろう。人工知能、画像認識、仮想現実などの他分野を取り入れながら進めることを期待する。

【電子航法研究所の対応】

ご助言頂きました通り、空港の監視業務の新しいシステムの実現には、ハードやソフトに加えて、ヒューマンファクタや経済的な観点など様々な要素を包括的に検討していくことが必要と考えております。フェーズごとに目指す目標を明確化しながら様々な先端的な技術にチャレンジし、新たなタワーシステムの実現に向けて研究に取り組みます。

事前評価実施課題④

- 研究課題名：SWIMによる協調的意思決定支援情報サービスの構築と評価に関する研究
- 実施期間：令和3年度～令和7年度 5カ年
- 研究実施主任者：呂 暁東（監視通信領域）

1. 研究の背景、目的

(1) 研究の背景

① ニーズ及び内外の研究動向

欧米では、SWIM (System Wide Information Management) により運航に係る様々な情報をシステムや関係者の間で共有し、相互運用性と協調性の実現が進められている。また ICAO では、FF-ICE (Flight and Flow for Information Collaborative Environment) の導入を推進し、離陸前と離陸後の情報共有によりグローバルな協調的意思決定を図り、更に空地統合 SWIM を利用した軌道ベース運用を目指している。これらを実現するためには、標準情報交換モデルを用いたメッセージの交換による各種情報の共有だけではなく、運航の安全性に係わる情報の品質を保証する高度な SWIM 情報サービスも求められている。

② 当所で研究を行う必要性

当所は我が国で唯一、SWIM に関する研究開発を行い、開発した空地統合 SWIM 実験システムを用いて、運航前と運航後の協調的な軌道調整 (FF-ICE) に関する国際検証実験や飛行実証実験を実施している研究機関である。また、アジア太平洋地域 (APAC) における SWIM の導入を促進するため、2016 年に日・星・泰共同提案により ICAO バンコク事務所に APAC SWIM Task Force が設置され、当所は、タスクリーダーとして地域に適用できる SWIM アーキテクチャの検討や地域 SWIM サービス検証基盤の構築などを諸加盟国と連携しながら推進している。本研究を実施するのはこれらの知見が不可欠であり、当所で行う必要がある。

(2) 研究の目的

本研究の目的は、SWIM をベースとした運用方式に対して、グローバルな協調的意思決定の実現に関する技術の研究開発を行い、安全かつ効率的な運航管理を保証できる高度な SWIM 情報サービスの構築と評価に関する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）

本研究は、国・地域ごとの単独運用方式からグローバルな協調運用方式へのシフトを現実するため、Local-Regional-Global の SWIM 連携による広域 SWIM 情報サービスの構築と評価に対する先行研究として先導性が高い。

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

本研究課題は、CARATS のロードマップにおいて、将来の軌道ベース運用を実現するための重点研究として位置づけられている。

2. 研究の達成目標

- (1) グローバルな協調運用に関する運用面及び技術面の課題を明らかにする上で、運用レベルが異なる飛行情報区の間での協調的意思決定を支援できる広域サービス構築技術を提案する。
- (2) 運航の安全性に係わるセーフティクリティカルな情報の信頼性、完全性やセキュリティーを保証できるアシュアランス技術を提案する。
- (3) 協調運用の有効性を評価できる手法の確立及び検証システムの開発を行い、実用化可能なサービスの検証実験や国際連携実験による総合評価を実施する。

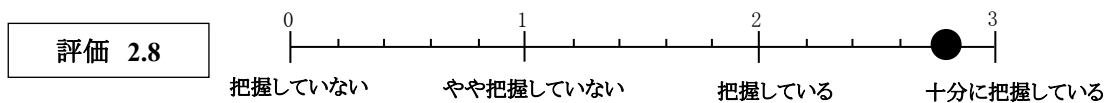
3. 成果の活用方策

- (1) CARATS における国内 SWIM プロトタイプを構築するための必要な技術支援や技術資料を提供し、関連施策の意志決定に貢献できる。
- (2) ICAO APAC SWIM Task Force により、アジア太平洋地域に適用できる広域 SWIM 情報サービスの提案が可能となる。
- (3) 国際連携実験により、ICAO マニュアルの作成や国際的な技術標準やシステムの改善などの提案が図られる。

4. 評価結果

I. 研究の必要性

(1) ニーズ及び内外の研究動向



【所見】

- ・ 概念としての SWIM は把握している模様だが、管制業務へ具体的に活用するイメージ（ユースケース）は示されたことがない。
- ・ これまでの SWIM の先行研究を通してニーズや動向を十分把握している。

【電子航法研究所の対応】

先行研究で実施した国際連携実験において明らかになった SWIM による既存運航管理システムとの連携仕組みや具体的な運用プロセスに関する課題を踏まえ、引き続き実際の管制業務で活用できる具体的なユースケースの検討を進めていきたいと思ひます。

(2) 本研究所で行う必要性



【所見】

- ・ SWIM の管制業務への活用を示し、具体的に検討する責任がある。
- ・ 当研究所は SWIM 評価システムも開発し、知見も有していることから実用性の高い成果が期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

航空局と連携して、より具体的な運用プロセスや SWIM サービスを検討し、現在の管制業務への活用についての検討を進めていきたいと思ひます。

(3) 科学的・技術的意義



【所見】

- ・ クリティカル・システムへの情報基盤に関しては、多国間政府情報に関する連携など幾つかの事例がある。目標を高度化し対応を強化するための情報基盤が開発され評価されれば、技術的波及がみられることになろう。
- ・ 高度な SWIM 情報サービスの構築と評価に対する先行研究として先導性があり技術的意義も高い。

【電子航法研究所の対応】

本研究では、今まで、通信システム、情報システムや運用システムの個別対応方式と違って、SWIM により情報の信頼性や運航の安全性を保證できる統一基盤と高度なサービスの構築と評価を目指します。

(4) 社会的・行政的意義



【所見】

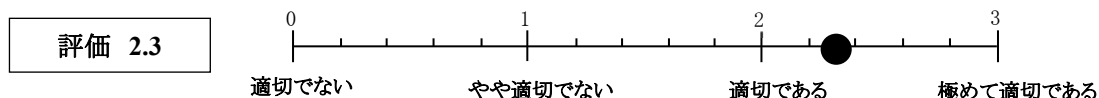
- ・ クリティカル・システムの情報基盤の意義は今後一層高まる。適切な目標に挑めば、社会的意義は高い。
- ・ SWIM は将来軌道ベースの管制運用の根幹をなす技術で社会的、行政的な意義は高い。

【電子航法研究所の対応】

本研究では、地域における SWIM 情報基盤の構築にも適用できる技術の提案を目指します。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



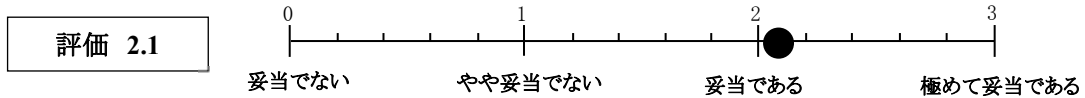
【所見】

- ・ 目標となる技術的キーワードのみが述べられており、具体を想像することが困難で、評価しにくい。このため、1 又は 2 という判断とした。
- ・ 達成すべき目標を的確に把握しており、達成目標は適切である。

【電子航法研究所の対応】

将来においては運用レベルが異なる飛行情報区の間での協調的意思決定を実現するため、安全かつ効率的な協調運用を保証する技術の研究開発が必須となります。本研究では、異なる運用要件に適応できる広域 SWIM サービス構築技術と情報の信頼性や運航の安全性を一貫して保証する情報基盤の構築技術を提案します。また、これらの技術を用いて実験システムを開発し、国際連携実験により実用化可能なサービスの評価を行います。

(2)達成目標のレベル



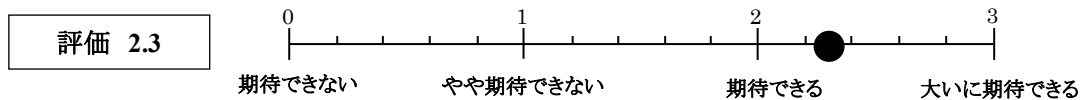
【所見】

- ・ 目標となる技術的キーワードのみが述べられており、具体を想像することが困難で、評価しにくい。このため、1又は2という判断とした。
- ・ 安全で効率的な協調運用を実現するための SWIM 情報サービスの構築と評価というハードルが高い研究を目標としている。

【電子航法研究所の対応】

グローバルな協調的意思決定を実現するため、運航の安全性に係るセーフティクリティカルな情報を保証する高度な情報基盤とサービスが求められています。本研究では、現在の SWIM マニュアルに基づいた協調運用に関する課題を明らかにした上、安全かつ効率的な運航管理を保証できる高度な情報基盤とサービス構築技術を提案します。また、有効性を評価するためにライフサイクル評価手法の確立及び実用化可能なサービスの検証実験や国際連携実験による総合評価を実施します。

(3)研究成果の活用と波及効果



【所見】

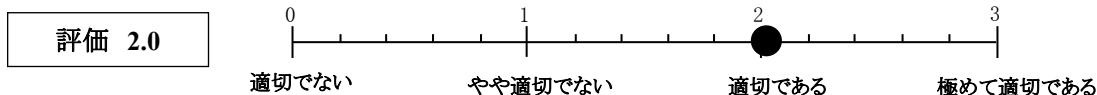
- ・ 研究成果を期待するような説明がない。
- ・ 本研究の成果により、我が国の SWIM 用基盤の導入のみならずアジア太平洋地域への展開も大いに期待される。

【電子航法研究所の対応】

本研究の成果として、国内 SWIM 運用基盤の早期導入と地域への展開に貢献することが期待されています。また、SWIM によりシステムの分散化、サービスの汎用化、情報の標準化や機能の多重化などが可能となり、システムの連携性や強靭性が向上でき、地震などの災害に対して、運航の安全性を保証できる情報基盤の構築も期待できます。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



【所見】

- ・ 年次計画に沿って何が行われるのかが、判断できない。
- ・ 国際連携実験による総合評価等を行う研究にもなっており、適切な研究の進め方である。

【電子航法研究所の対応】

本研究計画では、5カ年の全てに年度毎の達成目標を設定して研究を進める予定です。また実用化を目指すため、SWIM サービス検証基盤を開発しながら、広域サービス構築技術と保証技術の提案を行います。

(2) 研究実施体制の妥当性



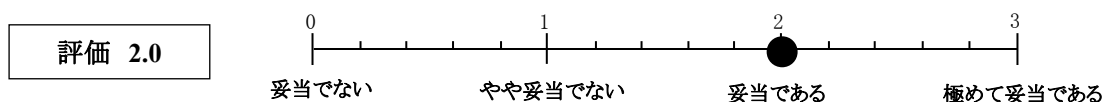
【所見】

- ・ SWIM の実現のために必要となるプラットフォーム・API・情報管理を専門とする研究者の参加が必要と考える。
- ・ 所外との共同研究があれば良い。
- ・ 所内の監視、通信、情報、航空交通管理等の各分野の専門家、及び海外研究機関との連携を予定しており、早期のTBO実現が期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

CARATS 情報管理検討WGにおいてプラットフォームや情報管理の専門家と協力しながら進めていく予定です。また、引き続き大学等との共同研究も進めていきます。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

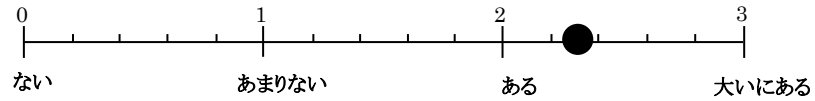
- ・ 内容が明確でなく、経費使途が判断できない。
- ・ 予算設定は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

主な予算は既存テストベッドの維持保守、新たな実験システムの開発、国際連携実験や飛行実証実験の実施に使用される予定です。また、当所既存の研究設備、構築したSWIMテストベッドや実験システムを活用した改修のための費用を計上しており、コストの削減と低減に努めています。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

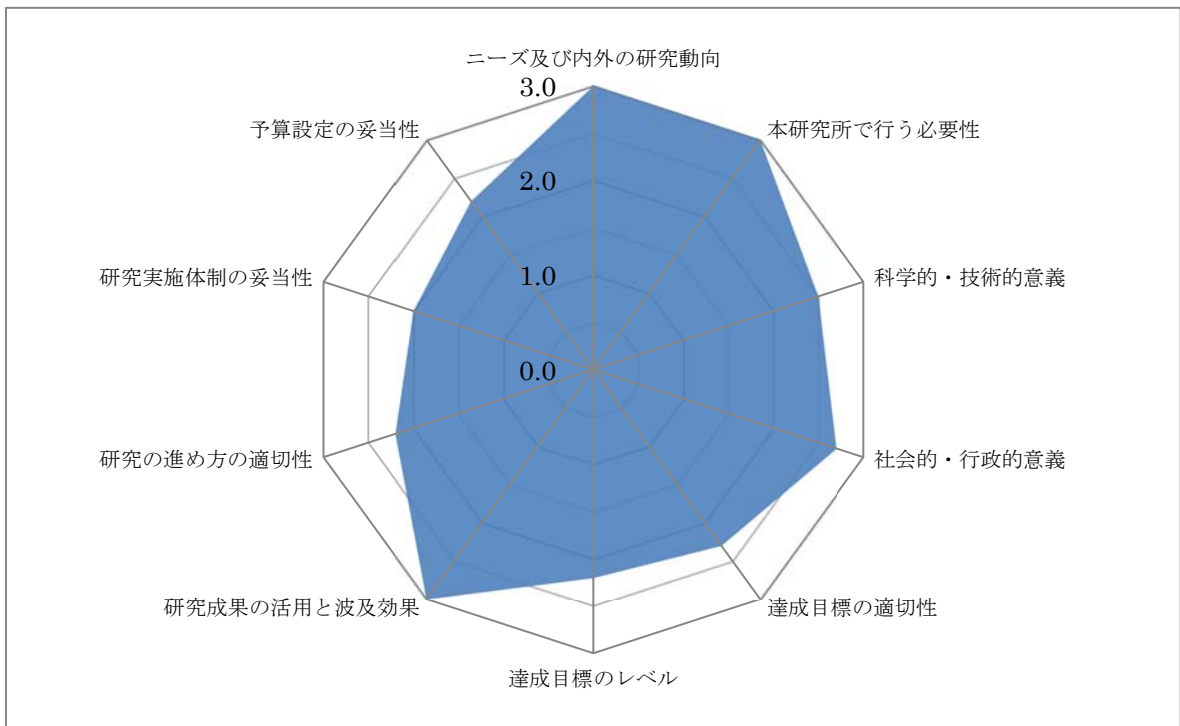
2.3



設定理由 各評価項目の合計点数 = 23.4

評価項目数 = 10

$$(23.4 \div 10 = 2.3)$$



【所見】

- ・ 本研究所以外ではできない有意義な研究であり、大いに期待したい。
- ・ SWIM は日本主導の連携として進めていける研究テーマであるが、その結果何が良くなるのかを常に示していかないと、発展に繋がらない場合もある。目指すところの具体性と明確化も、検討してほしい。
- ・ ICAO が導入を推奨している SWIM による運航に必要な情報を関連システムや関係者で共有し相互運用性と協調性の実現が求められて行く中、本研究は TBO 運用の早期実現に向けて関係者の期待が高いテーマと考えます。国際連携も含め具体的な研究成果を早期に実運用に結び付け、安全性・効率的な運航に寄与することを期待します。

【電子航法研究所の対応】

今まで実施した国際連携実証実験により運航の安全性、効率性や定時性などを向上させることを示しました。引き続き航空局と連携しながら、研究成果有効性の検証や具体的な運用方法の検討を進めていきたいと思ひます。

【その他、ご助言】

- ・ 研究開始のための準備が十分かを心配している。電子航法研究所の所内評価において、継続研究として比較的高い評価が行われているが、具体的な所見がみられず、単に必要な研究という位置づけで評価していると拝察されるが、このように開始すると、資金と時間の浪費にならないか心配である。危惧であればよいのだが、．．．。
- ・ SWIM のコンセプトを世界に理解させるような努力がもう少し必要である。
- ・ 研究所が取り組むべき重要な課題であるが、一般に分かりづらい点がある。所外との共同研究、一般への啓蒙に力を入れるべきである。

【電子航法研究所の対応】

将来 SWIM は航空の重要なインフラに成長する期待が高く、研究対象とする価値が高く、関係者の期待が高いテーマと考えています。先行研究では、少ない予算で欧米と同じ機能の SWIM テストベッドを開発し、アジア地域における SWIM 研究開発をリードすることにより、十分な事前準備と研究能力があると考えられます。また、引き続き欧米と協力するとともに、Global SWIM の導入に向けて国際的に共通認識された具体的な研究課題を取り上げ、国際連携も含め、よりよい成果がアウトプットされることも期待できます。

これから、今までの研究成果を踏まえ、ICAO や CARATS などのロードマップに合わせて、技術面と運用面の具体的な課題の解決を目指し、航空局の SWIM 基盤整備に対する技術支援を継続的に取り組みます。また、一般の理解を深めるため、外部との連携を図りつつ国内外への情報発信を努力します。

事前評価実施課題⑤

- 研究課題名：高機能空中線を活用した監視技術高度化の研究
- 実施期間：令和3年度～令和5年度 3カ年
- 研究実施主任者：長縄 潤一（監視通信領域）

1. 研究の背景、目的

(1) 研究の背景

① ニーズ及び内外の研究動向

我が国では、将来の航空交通需要増大へ対応した監視技術の革新として、二次監視レーダー(SSR)、広域マルチラテレーション(WAM)、放送型自動従属監視(ADS-B)といった異種センサを整備し、それらの航跡を統合する航空路マルチセンサーシステムの整備を進めている。現在、航空路WAMの整備が進んでいるほか、令和3年度にはCARATSにてADS-B導入の意思決定が予定されている。航空路マルチセンサーシステムは各センサの長所を取り入れた監視機能を実現できる一方、異種センサが独立して整備された冗長性の高い構成となっており、それらをより一元的に実現することが、効率化と高性能化の両立に必要である。これに向けては、各センサが持つ異なる送受信要件を集約できる高機能空中線が必須となる。そのため、高機能空中線と高機能空中線による監視機能実現(SSR・WAM相当の測位、ADS-Bの検証)に必要な技術の開発が求められる。国内外の技術開発の動向としては、各センサに関する個別の技術開発は見受けられるが、航空路マルチセンサーシステムの包括的な検討は見当たらない。

② 当所で研究を行う必要性

本研究で必要な技術の開発を行うには、航空路監視用の様々なセンサを対象とした広範囲の専門知識・経験が求められるほか、高機能空中線に関わる専門知識・経験も同時に求められる。加えて、開発した技術を適切に評価ための実験施設も必要である。さらに、本研究の成果普及を効果的に行うには、我が国の航空当局との連携体制と国際標準化の経験も必要となる。したがって、上記の必要な条件を全て具備する当研究所が実施することが適当である。

(2) 研究の目的

本研究の目的は、将来の航空監視システムにおいて効率化と高性能化の両立に寄与するため、異なる送受信要件を集約できる高機能空中線の実現に必要な技術および、高機能空中線を活用して監視機能を実現するために必要な技術を開発することである。

① 科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性）

航空路マルチセンサーシステムを構成する各センサに関する個別の技術開発は見受けられるが、各センサを包括的に検討し、一元的に実現することを目指した技術開発は見当たらず、技術的意義は高い。

② 社会的・行政的意義（実用性、有益性）

我が国ではSSRとWAMの運用が開始されているほか、将来的にADS-Bが導入される計画であり、これらシステムの効率化・高性能化に向けた技術開発は社会的・行政的に意義が高い。

2. 研究の達成目標

- (1) SSR/WAM相当の測位機能およびADS-B検証機能を達成するために必要な、高機能空中線および高機能空中線を用いた監視機能の要素技術開発。
- (2) 高機能空中線による効率化・高性能化（サイト数・精度等）の検討結果とりまとめ。
- (3) 監視技術に関する国際標準化活動に参加し、評価結果の提出による貢献と技術文書への反映。

3. 成果の活用方策

(1) 開発した要素技術と評価結果

→航空局機材への実装により、短期的には ADS-B 導入や個別センサの性能向上、長期的には SSR/WAM を含めた航空路マルチセンサーシステムの効率化・高性能化に寄与。

→国際標準における技術文書への反映

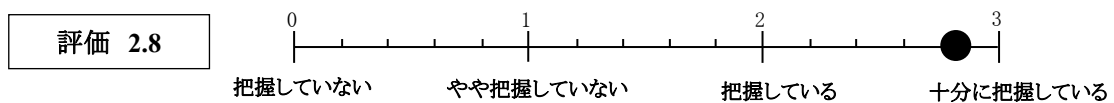
導入効果の検討結果 → 意思決定または監視システムの将来の方向性の決定に寄与

国際標準文書の反映結果 → 開発した技術の導入に向けて、有効性の根拠資料として引用。

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】

- ・ 歴代の航空監視無線システムの開発・評価の実績に基づいて、更なる高度化を目指している。
- ・ これまで WAM や ADS-B 等の航空監視技術の研究や技術支援を実施しており ICAO、航空局、及び関連メーカーとも課題を共有している。

【電子航法研究所の対応】

ICAO、航空局、関連メーカーとの協力を継続して課題の共有に努めます。

(2) 本研究所で行う必要性



【所見】

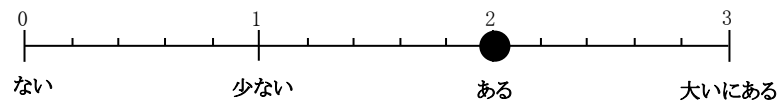
- ・ 過去の実績、実験機材保有状況、所外との共同開発実績、等、本研究所に相応しい研究課題と考える。
- ・ 航空局との連携体制及び国際標準化の経験を有しており、本研究所で行う必要性がある。

【電子航法研究所の対応】

これまでの経験、実験機材、連携体制を活かして研究を進めます。

(3)科学的・技術的意義

評価 2.0



【所見】

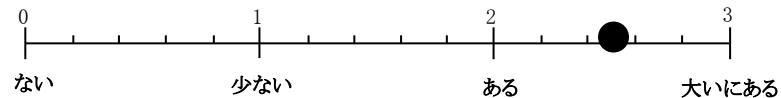
- ・ 他にも事例がある開発課題であるが、現在の技術を使用し、現行の監視機能の存在を前提とする開発の技術的意義は高い。
- ・ 科学的意義は少ない。
- ・ マルチレーダーシステム構成する各センサーの個別の技術開発はあるが、各センサーの包括的検討は少ない。本研究の技術的意義は大きい。

【電子航法研究所の対応】

現在の監視技術の状況を踏まえて、包括的な検討を進めます。科学的意義については、本研究で取り組む項目のうち、一般性のある測位技術や到来角推定技術において、有意義な成果が出るように重点的に検討します。

(4)社会的・行政的意義

評価 2.5



【所見】

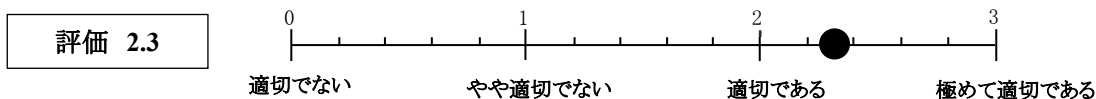
- ・ 予算制限の下、航空機密度を高める状況における効果的監視を実現する行政的意義は高い。
- ・ 航空機監視システムの統合化の技術開発は社会的な意義が大きい。

【電子航法研究所の対応】

システムの統合化・効率化、容量拡大といった行政や社会のニーズに応えられるよう、研究を進めます。

II. 研究の有効性

(1) 達成目標の適切性



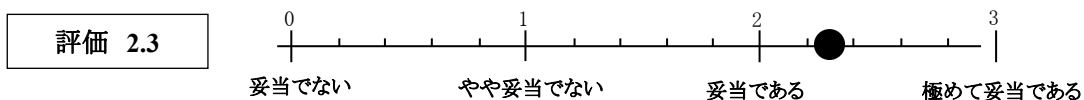
【所見】

- ・ 目標達成が十分に見込める課題である。
- ・ 技術開発はハード・ソフトの両面で目標を設定しており適切である。

【電子航法研究所の対応】

ハード・ソフトの両面において確実な目標の達成を目指します。

(2) 達成目標のレベル



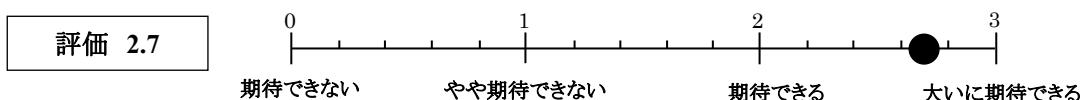
【所見】

- ・ 開発目標が、効果的に活用できるよう目標が設定されている。
- ・ 異なる精度要件を持つセンサーの統合は技術的難易度の高い研究目標であるが、研究結果を期待したい。

【電子航法研究所の対応】

技術的な難易度の高い項目については、大学などと協力して達成を目指します。

(3) 研究成果の活用と波及効果



【所見】

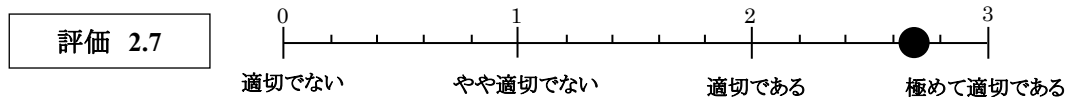
- ・ 成果を評価することで、高度監視に活用できると思われる。
- ・ 空域の有効利用、運航の効率化に期待出来る。

【電子航法研究所の対応】

高度な監視、空域の有効利用、運航の効率化に資する研究成果が得られるように努めます。

III. 研究の効率性

(1) 研究の進め方の適切性



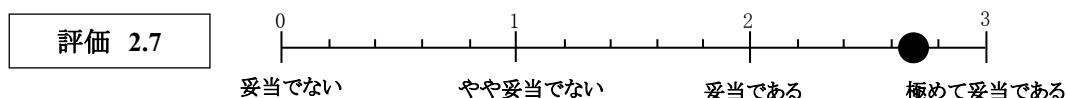
【所見】

- ・ 短期（3年間）の開発手順が適切に考慮されている。また、技術管理センターとの協働が述べられており、研究終了後の成果活用にも配慮されている。
- ・ これまでの WAM 及び ADS-B に関する先行研究、本研究の目標、達成レベル踏まえると研究の進め方は適切である。

【電子航法研究所の対応】

短期ではありますが、これまでの WAM および ADS-B の研究成果を活用することで、期間内の目標達成に努めます。また、今後の成果活用に繋がるよう技術管理センターと協力して研究を進めます。

(2) 研究実施体制の妥当性



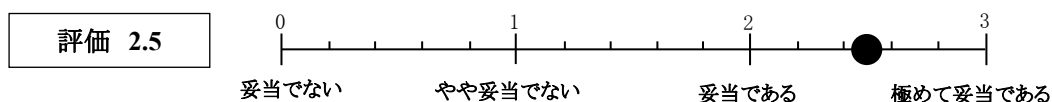
【所見】

- ・ 実績ある研究所が参加しており、所外共同開発者にも配慮されている。
- ・ 所内における各分野の役割分担、実験評価機材の利用についてはメーカ、航空局、との共同研究・連携がとられており研究実施体制は妥当である。

【電子航法研究所の対応】

所内外の役割分担を適切に決め、メーカや航空局と協力をして研究を進めます。

(3) 予算設定の妥当性



【所見】

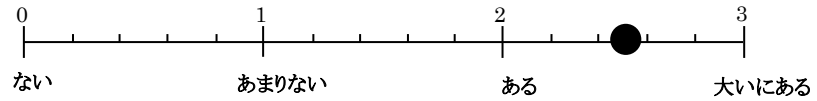
- ・ 既存設備の活用化が図られており、経費節減に配慮されている。
- ・ 予算節約にも努めているとの報告ですが、本研究はニーズの高い研究であり予算の有効利用を期待する。

【電子航法研究所の対応】

本研究では必要な要素技術に焦点を当てることで、予算節約に努めております。これまでの研究で整備した受信局ネットワークなど既存設備を活用することで、予算の有効な利用を図ります。

総合評価（本研究を実施する意義があるか）

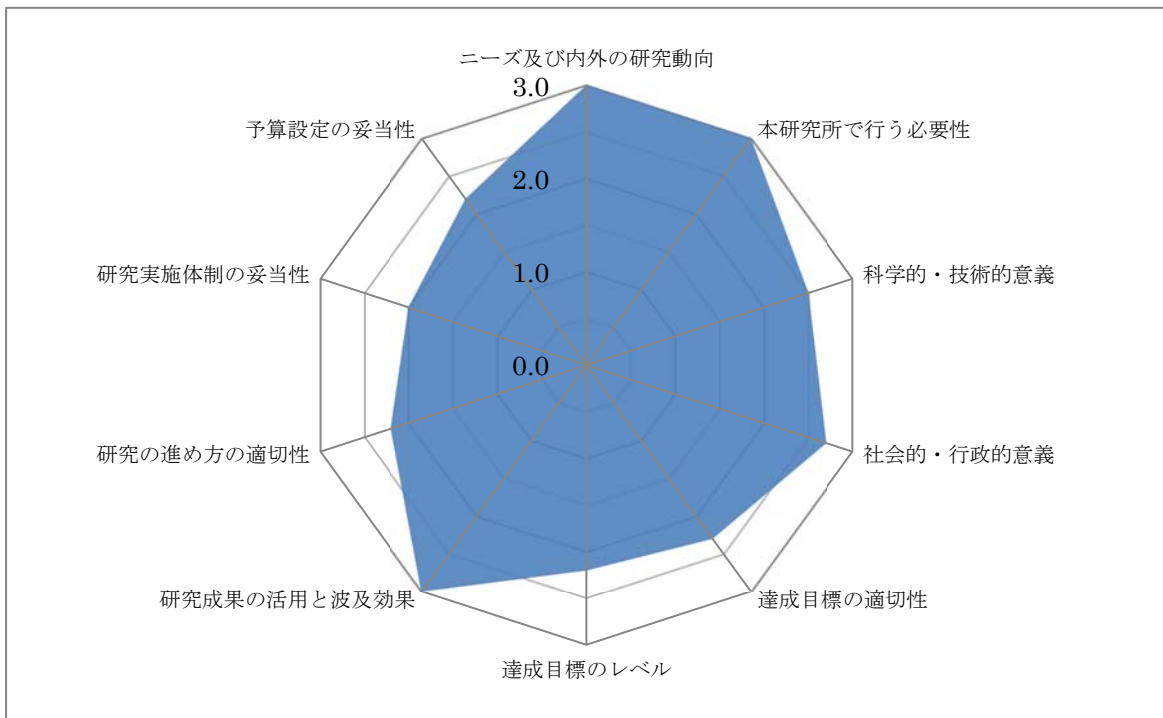
2.5



設定理由 各評価項目の合計点数 = 25.2

評価項目数 = 10

$$(25.2 \div 10 = 2.5)$$



【所見】

- ・ 機械走査から電子走査への移行は技術的にも社会要請からも当然の流れであり、意義のある研究である。その成果を大いに期待したい。
- ・ ハード（アンテナ）の開発に時間を要し、高い技術が必要であると推察するが、これまでの研究の蓄積を十分に活かしていけるとも考える。ハード開発の進捗が研究全体の進捗に影響を与えると考えられるので、頑張ってもらいたい。3年後に、次のステップに進める研究テーマであると考ええる。
- ・ 民間企業に多くを任せられると思われる。
- ・ SSR、WAM 及び ADS-B の異種センサーの航跡を統合する航空路マルチレーダセンサーの技術的検討の意義は大きいと考えます。ICAO でも推奨されている ADS-B の我が国への導入は既に検討が始められていると聞いていますが、その導入コスト、装備計画等から本邦の本格的運用が不透明です。マルチレーダセンサーシステムの整備は各センサーの持つ特徴を活かした管制運用が期待されることから、航空機の安全性の向上、空域の有効利用等が期待されます。国際標準化、導入効果等を視野に入れた研究を期待します。

【電子航法研究所の対応】

我が国の監視システム整備状況を含めて、技術動向や社会要請を踏まえて研究を進めます。アンテナの開発にあたっては、これまでの WAM・ADS-B 用アンテナの開発成果を最大限活用いたします

ご指摘の通り、本研究は民間企業に任せることが可能な部分もありますが、様々な監視センサーに対する包括的な検討が求められており、当研究所が主導的に進めていくことを考えております。個別センサーに関する技術や構成部品など、分担可能な部分に関しては、航空監視システムやアンテナのメーカーと協力して進めます。

【その他、ご助言】

- ・ 電子航法研究所の基幹的研究課題であり、将来も研究者を配置する必要があるテーマであることから、後継研究者の育成にも配慮していただきたい。
- ・ 空中線という言葉はいかにも古い。アンテナに変えても良いのではないかと。専門用語の再チェックをお願いしたい。
- ・ 3年計画と重点研究としては比較的短期の新規研究であるところから、重大な障害なく一定の成果を達成できるものと期待するが、その成果をセンサー技術に留めず ATM アプリケーションに発展させて行けることを期待する。
- ・ 航空局においては2011年、2012年当時研究課題は異なるものの、SSR、ADS-B、WAM等の異種センサーを統合した「複合監視ターゲットの処理に関する基礎調査」「マルチ処理をしたターゲットを航空管制で使用する可否に関する調査」等、種々の研究調査が行われましたが、評価結果を受けた運用には至っていません。本研究により監視技術の高度化が図られ、各センサーの特性を活かした管制運用の高度化を実現し、国際標準化を視野入れた、早期研究結果の発表を期待します。

【電子航法研究所の対応】

後継研究者の育成という観点では、若手研究者が中心的な役割を果たす体制で進めて参ります。専門用語については、より適切な言い換えを進めます。研究の遂行にあたっては、確実な成果創出を行うとともに、ATM アプリケーションへの発展も念頭に進めます。また、過去の研究調査を参考とすることで、本研究により実現可能な応用は積極的に取り入れ参ります。早期の成果発表を目指すとともに、標準化活動にも積極的に参画いたします。