

令和3年度継続課題に係る中間評価書

研究機関 : 次世代宇宙システム技術研究組合、(国研)情報通信研究機構、
東京大学、(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所、スカパーJSA
T(株)

研究開発課題 : 衛星通信における量子暗号技術の研究開発

研究開発期間 : 平成30 ~ 令和4年度

代表研究責任者 : 山口 耕司

■ 総合評価 : 適(適/条件付き適/不適の3段階評価)

(評価点 19点 / 25点※中)

※ 継続評価の対象となる他の研究開発課題の実施状況との比較が容易に行えるようにするため。①、④、⑤、⑦、⑧の採点結果(点数)の累計点を評価点とする。

(総論)

本課題の研究成果は衛星ビジネスのみならず、我が国の安全保障・外交分野を強化するためにも活用される重要な研究開発課題であり、各課題で着実な成果が出ているとともに、国際宇宙ステーション(ISS)での実験の機会を捉えるなど、今後にとって貴重な結果を期待できる点が高く評価できる。

また、今後の研究開発に資するデータや理論、知識が蓄積されつつあり、衛星搭載装置の開発のみならず、全体のサービスとシステム化を考える時期に来ていることから、衛星系と地上系を組み合わせた全体としてのシステム化の検討を行うとともに、研究成果の発信や、産業化に資する資料の公開など役立つ情報公開を実施していく必要がある。

(コメント)

- 本課題の研究成果は衛星ビジネスのみならず、我が国の安全保障・外交分野を強化するためにも活用される重要な研究開発課題である。
- 各課題で着実な成果が出ているとともに、他国の状況を踏まえ、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載に向けた方針変更を行い、物理レイヤ暗号の ISS 搭載装置が開発できる見込みであることを評価する。
- ISS での実験の機会を捉えることができたことは、今後にとって貴重な結果を期待できる。
- 学術的な面で、理論の構築と実証実験結果との整合性もよいことから、今後の利用価値が高いと認められる。
- 体制・予算計画は計画通り妥当な状況と認められる。
- 全体として研究計画通り、順調に研究開発が進んでいると見受けられる。また、研究成果を元にした予想外の知見についても一部検討が進められており、今後の研究開発に資するデータや理論、知識が蓄積されつつあると考える。情報公開については、これからだと思うので、役立つ情報公開を是非行っていただきたい。
- 衛星搭載装置の開発のみならず、全体のサービスとシステム化を考える時期に来ており、衛星系と地上系を組み合わせた全体としてのシステム化の検討も進めていただきたい。

(1) 当該年度における研究開発の目標達成(見込み)状況及びアウトカム 目標の達成に向けた取組みの実施状況

(5～1の5段階評価) : 評価4(評価点)

(総論)

見通し通信 QKD の理論の拡張を行い、QKD フィールド実験結果との整合性も確認するなど、この分野において高い価値を持っていると高く評価できる。

また、地上の長距離リンクにおいて Gbps 級の物理レイヤ暗号が可能であることを実証し、衛星搭載用ジンバルの捕捉指向精度など、目標以上の性能評価がなされ、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載に向けた試験も着実に進んでいる点が高く評価できる。

(コメント)

- 見通し通信 QKD のセキュリティ理論を拡張するとともに、QKD フィールド実験結果との整合性が、この分野において高い価値を持っていると高く評価できる。
- 地上の長距離リンク(7.8km、損失 50dB 以上)において Gbps 級の物理レイヤ暗号が可能であることを実証した。
- 他国の状況を踏まえ、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載に向けた方針変更を行い、物理レイヤ暗号の ISS 搭載に向けた試験も着実に進んでいる。
- 衛星搭載用ジンバルの捕捉指向精度など、目標以上の性能評価がなされている点も高く評価できる。
- すべてのトピックにおいてほぼ中間目標を達成していると考ええる。

(2) 現在設定されている最終目標への到達可能性

(5～1の5段階評価) : 評価4

(総論)

国際宇宙ステーション(ISS)搭載に向けた方針変更を行うとともに、理論構築・見通し内 QKD フィールド実験との整合性、衛星搭載用ジンバルの設計が当初予定よりも進むなど、最終目標を達成するために複数年度にわたり着実な研究開発実施計画を立てている。

今後は、量子技術の研究展開が世界的に活発化している状況に鑑み、研究成果の発信や、産業化に資する資料の公開などにも取り組んでいくことが望ましい。

(コメント)

- 最終目標を達成するために複数年度にわたり着実な研究開発実施計画を立てている。
- 各課題共に着実な成果がでており、さらに国際宇宙ステーション(ISS)搭載に向けた方針変更を行ったが、変更後のISS搭載装置の開発、評価が着実に進んでいることは評価できる。
- 最終目標に向けた検証の中で、性能を状況に合わせて限定的にしているもののISSへの搭載の予定を組み込んだことは高く評価できる。
- 理論構築・見通し内 QKD フィールド実験との整合性、衛星搭載用ジンバルの設計が当初予定よりも進んでいる。
- 地上移動局の設計・性能評価も予定通り進んでいる。
- 順調に進んでおり、また実用化へむけた問題意識についても検討が一部なされているので、今後の発展に期待したい。
- 量子技術の研究展開が世界的に活発化している状況に鑑み、研究成果の発信や、産業化に資する資料の公開などにも取り組んでいくことが望ましいと考える。

(3) 現在設定されている最終目標の妥当性

(5～1の5段階評価) : 評価4

(総論)

諸外国の動向調査にもとづき、研究開発期間が限られる中で、国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟(きぼう)モジュールにある中型暴露実験アダプタ(i-SEEP)に機器を搭載するよう変更し、チャレンジしたことは高く評価できる。

一方、地上の QKD 網との接続や、暗号通信の実装については、今後もう少し丁寧な議論が必要である。

(コメント)

- 航空機を用いる予定のフィールド実験を、タワー等の高所を利用するフィールド実験に変更したのは妥当である。
- 国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟(きぼう)モジュールにある中型暴露実験アダプタ(i-SEEP)に機器を搭載するように変更したのは妥当である。
- 諸外国の動向調査にもとづき、研究開発期間が限られる中で、ISS 搭載による宇宙実証に変更してチャレンジしたことは高く評価できる。
- 航空機搭載による実証実験の範囲が ISS に拡張できていることを高く評価する。
- 諸外国と比較しても、妥当であると思われる。
- 一方、地上の QKD 網との接続や、暗号通信の実装については、今後もう少し丁寧な議論が必要と感ずる。

(4) 研究開発実施計画及びアウトカム目標の達成に向けた取組み

(5～1の5段階評価) : 評価4(評価点)

(総論)

市場導入のためのビジネスモデル素案を作成するとともに、諸外国の動向調査にもとづき、国際宇宙ステーション(ISS)搭載の可能性を把握し、宇宙実証に変更して本研究課題の委託期間内に組み込めたことは、その後の展開のためにも貴重な情報が得られると思われ、高く評価できる。

(コメント)

- ISS 搭載の可能性を把握し、本研究課題の委託期間内に組み込んだことは、その後の展開のためにも貴重な情報がえられると思われ、計画修正の機動性を高く評価する。
- 諸外国の動向調査にもとづき、最終目標を物理レイヤ暗号に限られるものの、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載による宇宙実証に変更したことは妥当であり、高く評価できる。
- QKD についても衛星搭載に向けた基本的な耐環境性の評価はなされる見通しであり、評価できる。
- 最終目標の変更に伴い実施計画を適切に修正した。
- 市場導入のためのビジネスモデル素案を作成した。
- ビジネスモデル構築に向けて着実に検討が進んでいると判断できる。
- ほぼ計画通りの取り組みが進められている。

(5) 実施体制

(5～1の5段階評価) : 評価4(評価点)

(総論)

専門性が異なり、かつ、実績を有する研究者・研究機関の連携により優れた実施体制が生まれ、研究開発のみならず、商用化に向けた調査検討も含めた検討ができる体制であるとともに、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載装置の開発に向けた方針の修正・変更もできる体制となっている点は高く評価できる。

今後、このような取り組みを通じた開発のノウハウを、後続のプロジェクトの参考になるような形で記録に残しておくとう用である。

(コメント)

- 当該分野で実績を有する研究者・研究機関の連携により優れた実施体制が組み込まれている。
- 研究開発のみならず、商用化に向けた調査検討も含めた検討ができる体制であるとともに、国際宇宙ステーション (ISS) 搭載装置の開発に向けた方針の修正・変更もできる体制となっている点は評価できる。
- 年次目標ならびに最終目標達成に向けて妥当な体制だと思われる。
- 専門性の異なる研究者・技術者等からなる構成で、適切な体制であると考えられる。
- このような取り組みを通じた開発のノウハウを、後続のプロジェクトの参考になるような形で記録に残しておくとう用である。

(6) 研究開発の成果展開について

(5～1の5段階評価) : 評価3

(総論)

研究成果や標準化に関わらない知的財産権を公開する方針であるが、当初計画数に対して対外発表件数は上回っているものの、論文数・特許件数は下回っており、今後の取組に期待するとともに、論文という形にとどまらず、基礎研究の必要性や企業・産業等からの参画を促すような情報発信・成果展開への取組も期待する。

商用サービス展開を議論できるフェーズではないが、商用サービスに向けては衛星のみならず、地上ネットワークとのインタフェースが重要になるため、研究開発の進展に伴い、この点も考慮して、全体のシステムとしての検討も進めていく必要がある。

(コメント)

- 標準化に向けて、研究成果を(一社)量子ICTフォーラムにおける議論のための資料として公開する方針である。
- 標準化に関わらない知的財産権について、情報通信研究機構から特許申請して公開する方針である。
- 当初計画数に対して、対外発表数は上回っているが論文数・特許件数は下回っている。すでに今後予定されているものもあるとのことなので、今後の関係者間の相談の上、進めていただくことを期待したい。
- 研究成果についてはこれから論文化という報告であったので、現時点ではこれで良いと思うが、プロジェクトの完了へ向けには、論文という形に止まらず、有意義な情報発信を考えていただければと思う。
- 開発研究から、基礎研究の必要性が見えてきていると思うので、そういう情報の発信も重要と考える。
- 本研究プロジェクトに参加していない方々、企業、産業からの参画を促すような成果の展開も考えていただければと思う。
- 鍵送の商用サービス展開に向けてはまだ議論できるフェーズにはない。
- 商用サービスに向けては、衛星のみならず、地上ネットワークとのインタフェースが重要になる。研究開発の進展に伴い、この点も考慮して、全体のシステムとしての検討も進めていただきたい。

(7) 当該年度における研究資金使用状況

(5～1の5段階評価) : 評価3(評価点)

(総論)

最終目標の変更に対応して、国際宇宙ステーション(ISS)実証搭載のための準備費用とスカイツリー実証のための準備費用を、令和2年度の研究資金から支出するなど、妥当な使用状況と考えられる。

(コメント)

- 最終目標の変更に対応して、国際宇宙ステーション(ISS)実証搭載のための準備費用とスカイツリー実証のための準備費用を、令和2年度の研究資金から支出した。
- 特に問題となる点は見当たらない。
- 妥当な使用状況と考えられる。
- ほぼ計画通りであり、特に問題は見当たらない。

(8) 予算計画

(5～1の5段階評価) : 評価4(評価点)

(総論)

令和4年度の実証プラットフォームとして国際宇宙ステーション(ISS)を選定したことに対応して、令和3年度および令和4年度の課題Iア「装置の小型化・軽量化技術」等の予算を増額するなど、状況に見合った変更がなされている。

(コメント)

- 令和4年度の実証プラットフォームとして国際宇宙ステーション(ISS)を選定したことに対応して、令和3年度および令和4年度の課題Iアの予算を増額した。
- 特に問題となる点は見当たらない。
- 状況に見合った変更がなされていることから、妥当と考えられる。
- ほぼ予定通りであり、研究成果に基づいた変更が若干加えられており、概ね適切と考える。