衛星通信における量子暗号技術の研究開発
Research & Development of Quantum Crypt Technologies for Satellite Communications

代表研究責任者　山口　耕司　　次世代宇宙システム技術研究組合

研究開発期間　　平成 30 年度～令和５年度

【Abstract】

In order to realize informationally secure key distribution between a flying object (e.g. low-earth orbit satellite) and a portable optical ground station, we have developed the following three aspects. The first one is quantum cryptographic communication technology based on Differential Phase-Shift (DPS) modulation that is suitable for small equipment and high-speed communications. The second one is physical layer encryption technology that is a spatial optical communication technology to establish and maintain stable and high-precision cryptographic communication between a flying object and a portable ground station. The final one is technology that integrates these two technologies. In addition to these developments, we confirmed that encryption keys could be securely delivered at speeds of 10 kbps or more with an effective total optical loss of about 50 dB in a field environment between the International Space Station (ISS) and the portable optical ground station.

In this experiment, we acquired detailed data in the field environment which enable us to extract future issues and derive design guidelines for construction of on-board satellites and actual operational demonstration in space.

１　研究開発体制

○ **代表研究責任者**　山口　耕司（次世代宇宙システム技術研究組合）

○ **研究分担者**　藤原　幹生（国立研究開発法人情報通信研究機構）
小芦　雅斗（国立大学法人東京大学大学院工学系研究科）
岩本　匡平（株式会社ソニコンピュータサイエンス研究所）
内山　浩（スカパーJSAT 株式会社）

○ **総合ビジネスプロデューサ**　佐藤　亮一（次世代宇宙システム技術研究組合）

○ **ビジネスプロデューサ**　矢野　博之（国立研究開発法人情報通信研究機構）
湯本　潤司（国立大学法人東京大学大学院理学系研究科）
伊藤　大二（株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所）
三森　丞（スカパーJSAT 株式会社）

○ **研究開発期間**　平成 30 年度～令和５年度

○ **研究開発予算**　総額　1,986 百万円

（内訳）

平成 30 年度	令和元年度	令和２年度	令和３年度	令和４年度 令和５年度 （令和３年度 補正予算）
310 百万円	356 百万円	340 百万円	500 百万円	480 百万円

２　研究開発課題の目的および意義

近年、宇宙空間の産業利用に向けた官民の活動が国際的に活発化し、衛星コンステレーションによる衛星通信網等の構築では衛星を利用した通信の需要が一層見込まれる状況である。こうした中、衛星通信に対する通信内容の盗聴・改ざん、制御の乗っ取りといったサイバー攻撃が大きな脅威となりつつある。通信衛星等のサービスがサイバー攻撃により撹乱された場合、その影響は宇宙インフラや地上システムに甚大な被害をもたらすことから、一層の衛星通信のセキュリティ強化が求められる。

しかし、人工衛星では実装スペース、消費電力、搭載機器の演算能力に制約があるため、地上で用いられる情報セキュリティ技術をそのまま実装するのは困難である。現行の暗号技術は、暗号文を解読するのに膨大な計算を要することを拠り所としており、暗号が危たい化する危険性から逃れられない。よって、衛星搭載に適した実装性と安全性とを両立する新しい仕組みを導入する必要がある。

計算技術が進展しても解読の危険性が無い量子暗号技術の開発が地上系で進められているが、これを人工衛星に適用するには、制約の多い宇宙環境下でも動作可能なシステム構築が必要であり、高速移動する人工衛星からの光を正確に受信できるよう捕捉追尾精度や受信感度を高める必要がある。また、より低コストで衛星通信ネットワークを構築するには超小型衛星にも搭載できることが重要になる。本研究開発では、超小型衛星に搭載可能な量子暗号通信技術、可搬型光地上局の開発、飛しょう体用の空間光通信技術、インテグレーション・実証実験によって、高秘匿な衛星通信の基盤技術を実現し、我が国の国際競争力の向上を図る。

３　研究開発成果（アウトプット）

３．１　装置の小型化・軽量化技術

飛しょう体に搭載するための量子暗号装置の小型化・軽量化を可能にする実装技術を開発し、超小型衛星に搭載可能なサイズ・重量とする。

飛しょう体に搭載するための量子暗号装置の小型化・軽量化を可能にする実装技術を開発し、超小型衛星に搭載可能なサイズ（幅 335mm×奥行 575mm×高 386mm）・重量（30kg）とすることができた。

３．２　鍵生成の高速化技術

「見通し通信」という空間光通信特有の条件を最大限に生かし、適切な通信路評価技術を導入して通信路への盗聴攻撃リスクをより正確に推定することにより鍵生成の高速化を図るなど、衛星通信に

適した新しい量子暗号方式を開発する。その際、大気変動などによる通信環境の変動があった場合でも、適応的な制御によって安定的に鍵生成が行えるような可用性の高い技術を開発する。飛しょう体と地上局からなる損失 50dB 程度（受信系の損失含む）の空間光通信路において、10 kbps を超える鍵生成速度の実証を到達目標とする。

衛星通信に適した新しい量子暗号方式として、「見通し通信」という空間光通信特有の条件を最大限に生かし適切な通信路評価技術を導入して通信路への盗聴攻撃リスクをより正確に推定することにより鍵生成の高速化を図る「見通し通信 QKD」の理論的研究を実施し、継続的な開発を行った。

また、国際宇宙ステーション（ISS）と可搬型光地上局間のフィールド環境で空間光通信を用いた物理レイヤ暗号通信を実施して、大気変動などによる通信環境の変動があった場合でも、適応的な制御によって安定的に鍵生成が行えるような可用性の高い技術を開発し、かつ、損失 50dB 程度（受信系の損失含む）の空間光通信路において目標としていた 10 kbps を大きく超えて 100 Mbps（見通し通信での Wiretap-channel において 10 ミリ秒で 1 メガビットの暗号鍵を獲得）の鍵生成を達成した。

３．３　光地上局用空間光通信機器の小型化・軽量化技術

高精度な捕捉追尾機能を有する光学系について、可搬型光地上局において使用できるレベルの小型化・軽量化を実現する。また低軌道衛星 - 地上局間で想定される大気ゆらぎの影響を低減する機能を有し、小型化・軽量化に適した空間光通信技術を開発する。空間光通信路において、飛しょう体に搭載された空間光通信装置と可搬型光地上局との間の総損失が 50dB 以下の結合効率となり、かつ 10kbps を超える鍵生成速度が実現可能な可搬型光地上局の実現を到達目標とする。

高精度な捕捉追尾機能を有する光学系について、可搬型光地上局において使用できるレベルの小型化・軽量化を実現し、また低軌道衛星 - 地上局間で想定される大気ゆらぎの影響を低減する機能を有し、小型化・軽量化（に適した空間光通信技術を開発した。

また、ISS－可搬型光地上局間の空間光通信実証において、ISS に搭載された空間光通信装置と可搬型光地上局との間の総損失が 50dB 以下の結合効率となり、かつ 10kbps を超える鍵生成速度が実現可能な可搬型光地上局の実現という到達目標を達成した。

３．４　光地上局の可搬化技術

上記研究開発内容 3.3 で開発された空間光通信技術を実装した可搬型光地上局を開発する。その際、可搬型光地上局は、飛しょう体との光通信の稼働率を向上させるため、様々な環境でも容易に移動かつ設置ができ、設置後に空間光通信に必要な精度で光軸校正を行うことができ、通信品質の低下を緩和するための振動防止機能を有したものとする。

上記研究開発内容 3.3 で開発された空間光通信技術を実装した可搬型光地上局を開発した。この可搬型光地上局は、ISS や低軌道衛星との光通信の稼働率を向上させるため、様々な環境でも容易に移動かつ設置ができるよう 8t トラックに搭載され、移動・設置後に空間光通信に必要な精度で光軸校正を行うことができるような光軸補正機能を有し、かつ通信品質の低下を緩和するための振動防止機能（エアサスペンション、搭載機器用の免振プレート）を有したものとした。

３．５　飛しょう体用空間光通信機器の小型化・軽量化技術

飛しょう体に搭載するため、低軌道衛星 - 地上局間を想定した大気ゆらぎの影響を低減する機能を持った光通信装置の小型化・軽量化及び通信品質の向上を可能にする高精度光通信技術を開発する。

ISS に搭載するため、低軌道衛星 - 地上局間を想定した大気ゆらぎの影響を低減する機能を持った光通信装置の小型化・軽量化（約 220×360×360mm、約 10kg）、及び通信品質の向上を可能にする潜望鏡方式の筐体を含む高精度光通信技術を開発した。

３．６　飛しょう体用補足追尾技術

飛しょう体で生じうるじょう乱（エンジン・機体動揺）の影響を低減可能で、自局の高精度位置情報により捕捉追尾シーケンスを確立し相手局を高精度かつ高安定に捕捉追尾できる飛しょう体搭載用の実装技術を開発する。空間光通信路において、飛しょう体に搭載された空間光通信装置の指向安定性を確保した上で、上記研究開発内容 3.1 ないし 3.4 の技術課題と合わせて、当該空間光通信装置と可搬型地上局との間の総損失が 50dB 以下の結合効率を維持でき、10 kbps を超える鍵生成速度が実現可能な捕捉追尾性能の実証を到達目標とする。

飛しょう体で生じうるじょう乱（ISS の機体動揺等）の影響を低減可能で、自局の高精度位置情報により捕捉追尾シーケンスを確立し相手局を高精度かつ高安定に捕捉追尾できる飛しょう体搭載用の実装技術を開発した。

また、ISS－可搬型光地上局間の空間光通信実証において、ISS に搭載された空間光通信装置の指向安定性を確保した上で、上記研究開発内容 3.1 ないし 3.4 の技術課題と合わせて、当該空間光通信装置と可搬型地上局との間の総損失が 50dB 以下の結合効率を維持でき、かつ 10 kbps を超える鍵生成速度が実現可能な捕捉追尾性能の実証を成功させ、到達目標を達成した。

３．７　RF 回線送受信技術

暗号鍵生成においては、上記研究開発内容 3.1 ないし 3.6 で述べた空間光通信路とは別に、鍵蒸留処理に必要な情報をやり取りし、かつ搭載装置を遠隔制御するための無線公開通信路を利用することが適切である。そこで、鍵生成と遠隔制御のために十分な帯域を有する無線局の開発を行う。

鍵生成と遠隔制御のために十分な帯域を有する無線局（5GHz 帯・双方向通信）の開発を行い、東京スカイツリー－上野公園駐車場間での空間光通信実証において、鍵蒸留処理に必要な情報のやり取りおよび搭載装置の遠隔制御のための無線公開通信路を開設し適切に使用できることを確認した。

３．８　インテグレーション実証実験

上記研究開発内容 3.1 ないし 3.7 で開発した技術をインテグレートし、航空機等（ISS）による実証実験を行う。また、実証実験に適した航空機等の調査も合わせて進める。上記研究開発内容 3.2 に挙げた到達目標をフィールド環境において実証する。

上記研究開発内容 3.1 から 3.7 で開発した技術をインテグレートし、ISS－可搬型光地上局間での空間

光通信による実証実験（ISS 船外利用ミッション名 SeCRETS（SeCuRe lasEr communicaTionS terminal for LEO：低軌道高秘匿光通信装置））を行った（これを実施するため、実証実験に適した航空機等の調査を行った結果、ISS を搭載飛しょう体として選定した）。上記研究開発内容 3.2 に挙げた到達目標をフィールド環境において実証し、同到達目標を達成した。

4　政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

衛星量子鍵配送の潜在ユーザー、潜在メーカ等に対して、海外を含む関連機関・企業の動向調査を実施し、事業化検討に資する情報の収集を行った。（図 1 ご参照）

また、基本計画書「6. その他」の特記事項については、提案書に反映をし、提案書に従い計画通りに実施した。

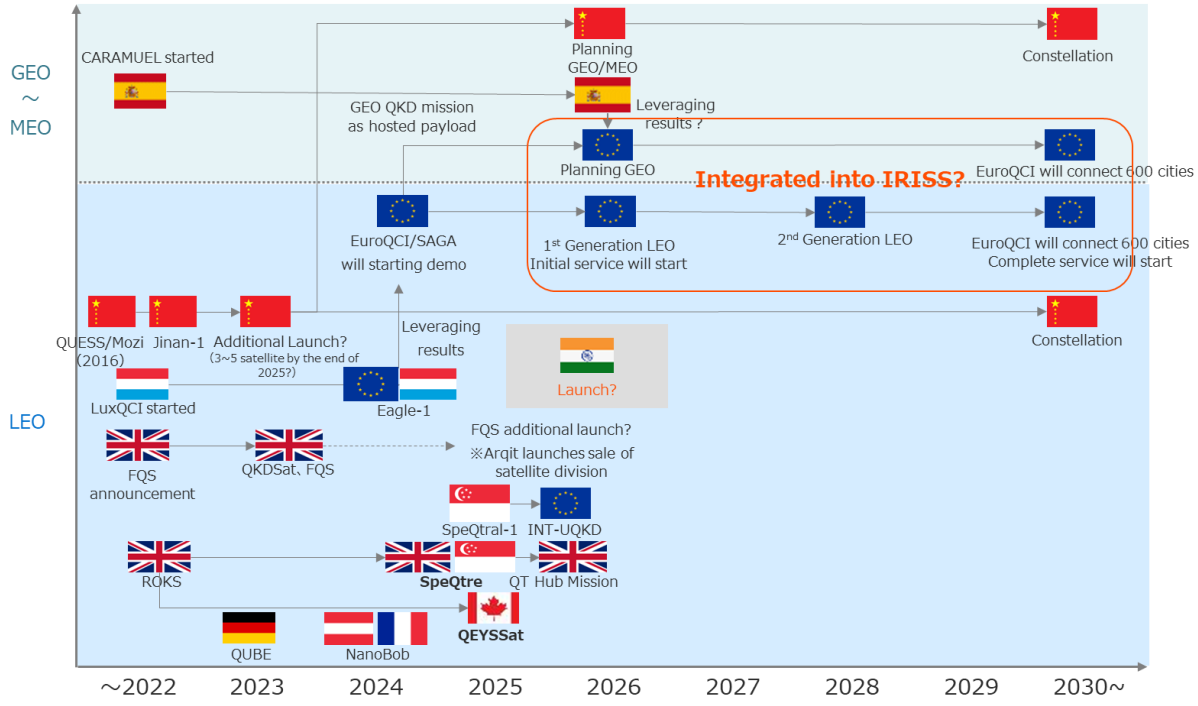

図 1　各国の衛星量子鍵配送に関する開発・事業化スケジュール

（株式会社日本総合研究所作成）

また、衛星量子暗号通信の将来的なユーザー発掘、想定される利用シーンやビジネスモデルの検討に向けて、海外等動向ならびに潜在顧客と想定されるユーザー等へヒアリングを行った実績を表 1 に示す。

表１　ヒアリング調査実施状況（令和４年度～令和５年度）

日付	対象	場所
2022 年 7 月	国内企業（商社）	対面
2022 年 8 月	国内機器メーカ	オンライン
2022 年 9 月	海外企業（イスラエル）	都内（来日時）
2022 年 10 月	海外企業（米国）	都内（来日時）
2022 年 11 月	国内企業（商社）/海外企業（英国）	都内
2023 年 1 月	国内企業（メーカ）	オンライン
2023 年 1 月	国内企業（メーカ）	対面
2023 年 7 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2023 年 8 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2023 年 8 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2023 年 9 月	海外動向調査	オンライン
2023 年 10 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2023 年 10 月	潜在ユーザー等（安全保障等）	展示会・対面
2023 年 11 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2023 年 11 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2024 年 1 月	国内企業（メーカ）	オンライン
2024 年 1 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2024 年 2 月	潜在ユーザー（安全保障）	対面
2024 年 2 月	海外動向調査（シンガポール）	対面
2024 年 2 月	国内企業（メーカ）	対面
2024 年 3 月	国内企業（メーカ）	対面

以上の市場・技術動向調査より、まず国内においては本研究開発案件で実施した ISS 実証が潜在ユーザーにも注目されていること、また衛星 QKD の社会実装に向けては、提供するセキュリティレベルの場合分けや、QKD の前段としての光通信における鍵配送事業化も選択肢とするなど、顧客の利用用途や技術の進展に合わせた柔軟な対応が求められることが確認できた。また将来の社会実装にあたっては、衛星単体のみならず、地上との連接をすることで衛星・地上の相互補完的な利用もありうるのではという声があった。

海外動向調査においては、シンガポール・欧州・カナダ等では 2020 年代半ばに相次いで LEO の実機実証が予定されていること、衛星 QKD の事業化を目指すシンガポールも地上との連接を積極的に進めていく予定であることがうかがえた。

【特許戦略について】

特許に関しては、機微情報についてはクローズとする当初からの情報公開戦略にしたがって、公開可能な技術については出願し、一部特許取得まで至っている（本書 10 項、11 項参照）。一方、安全保障に影響を与えかねない情報を含む機微情報については公開しない方針を貫いており、本年 5 月施行の特許出願非公開制

度を活用することで機微情報の保護を図ることも検討している。とりわけ、潜在ユーザーへのヒアリングを通じて暗号システムの運用に関する情報などもまとめているが、これについても原則非公開としつつ、上述の特許出願非公開制度の活用なども視野に入れつつ関係者と検討を継続している。

５　政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

潜在ユーザーならびに海外動向に関するヒアリングと並行して、想定される利用シーンやビジネスモデル、市場投入スケジュール等につき、衛星でのサービス提供モデル及びビジネスモデルについて検討した。

衛星量子鍵配送が地上量子鍵配送と異なる点は、衛星や地上局インフラの整備費用（打ち上げ費用を含む）が大きい点、そして衛星寿命に応じて衛星整備・打上費用がリプレイスの度に発生する点が挙げられる。そのため、事業採算性を確保するためには、特に衛星の整備に係る費用及び打ち上げに係る費用の投資回収を衛星寿命期間内に完結させることが望ましい。

必要衛星機数はサービス需要の増加に伴い増加することとなるため、必要な鍵の容量と 1 機当たりの送達可能な鍵容量の関係性を踏まえ、ユーザー規模に応じて、衛星寿命内での投資回収を実現する適切な衛星機数と投資回収の源泉となるサービス利用料の設定を行うことが求められる。

諸外国における検討においても、衛星量子鍵配送の主な利用シーンとしては政府利用が想定されていることからも、我が国における衛星量子鍵配送サービス導入当初の主要顧客は政府となることが想定される。商用利用市場は政府向け市場より後続して立ち上がり、商用利用サービスから十分な収益が確保できるようになるまでは一定の期間を要することが予想されるため、政府によるアンカーテナンシー契約に代表されるような長期契約などによりサービス提供事業者の収益の安定性を確保、事業の継続性を下支えすることが求められるものと考える。

また、量子鍵配送のうち、地上量子鍵配送は衛星量子鍵配送に先行して事業化に向けた検討が進められており、政府機関や金融などの一部民間向けにトライアルサービスの提供が開始されている状況にある。これらのサービスでは量子鍵配送で共有化した暗号鍵による通信の暗号化をサービスとして提供するものであり、エンドユーザーにおいては鍵配送、暗号化・復号化といったオペレーションを意識することなく、量子暗号の恩恵を享受できるサービス提供内容となっている。

さらに、令和 5 年度にヒアリングを実施したシンガポールをはじめとして、中国や欧州においても地上量子鍵配送と衛星量子鍵配送の連接が視野に入れられていることからも、現状先行する地上量子鍵配送のサービス提供モデルを意識して、衛星量子鍵配送の事業化検討を今後行っていくことが必要と考える。

よって、今後は本研究開発案件において追求した低軌道衛星からの鍵配送におけるビジネスモデルに対しさらに検討を重ね、2020 年度より実施されている地上系の案件、2021 年度より開始されている後続案件内での地上・衛星の統合運用検証に向けた検討等で得られた知見もあわせ、潜在ユーザーとの意見交換を実施しながら引き続き社会実装時のビジネスモデルの検討を深化させていくことが肝要であると考える。

６　査読付き誌上発表論文リスト

[1] 藤田紳吾, 岡本英二, 竹中秀樹, 遠藤寛之, 藤原幹生, 北村光雄, 清水亮介, 佐々木雅英, 豊嶋守生, “Polar-coded transmission over 7.8-km terrestrial free-space optical links”, (2023.4.17):

７　査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

[1] Phuc V. Trinh, Alberto Carrasco-Casado, Anh T. Pham, Morio Toyoshima, “Effects of atmospheric turbulence and misalignment-induced fading on the secrecy performance of IM/DD free-space CV-QKD systems using a Gaussian beam”, In Proc. of The International Conference on Space Optics 2018, Session 6d, 1120 (2018.10.10):

[2] Yoshihiko Saito, Yasushi Munemasa, Hideki Takenaka, Hiroo Kunimori, Dimitar Kolev, Alberto Carrasco-Casado, Yoshisada Koyama, Koichi Shiratama, Toshihiro Kubo-oka, Morio Toyoshima, “Research and Development of a Transportable Optical Ground Station in NICT”, In Proc. of The International Conference on Space Optics 2018, Poster Session P17 (2018.10.9):

[3] 遠藤 寛之、藤原 幹生、北村 光雄、都筑 織衛、清水 亮介、武岡 正裕、佐々木雅英、“Free-space optical secret key agreement with post-selection based on channel state information”、SPIE Remote Sensing（ストラスブール（仏））(2019 年 9 月 12 日):

[4] 遠藤 寛之、佐々木雅英、、“Secret key agreement for satellite communications”、International Communications Satellite Systems Conference(ICSSC)（沖縄県那覇市）(2019 年 10 月 30 日):

[5] 斉藤 嘉彦、竹中 秀樹、白玉 公一、宗正 康、カラスコ・カサド・アルベルト、布施 哲治、久保岡 俊宏、豊嶋 守生、“Research and development of a Transportable Optical Ground Station in NICT as a new platform of FSO communication”、The 22nd International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2019)（リスボン（葡））(2019 年 11 月 25 日):

[6] 斉藤嘉彦、竹中秀樹、白玉公一、宗正康、カラスコーカサド アルベルト、鈴木健治、布施哲治、久保岡俊宏、豊嶋守生、“NICT における可搬型光地上局の研究開発”、電子情報通信学会総合大会（令和 2 年 3 月 16 日):

[7] 遠藤寛之、佐々木雅英、“Secret key agreement for satellite laser communications”、第 64 回宇宙科学技術連合講演会（令和 2 年 10 月 30 日):

[8] 山口 耕司、佐々木 雅英、豊嶋 守生、藤原 幹生、三浦 龍、斉藤 嘉彦、小野 文枝、宗正 康、小芦 雅斗、 岩本 匡平、内山 浩、田中 賢太郎、“衛星量子暗号プロジェクトの概要”、第 64 回宇宙科学技術連合講演会（令和 2 年 10 月 30 日):

[9] 斉藤嘉彦、竹中秀樹、白玉公一、布施哲治、久保岡俊宏、豊嶋守生、“量子暗号通信用可搬型光地上局の開発”、第 64 回宇宙科学技術連合講演会（令和 2 年 10 月 30 日):

[10] 遠藤 寛之, 北村 光雄, 小澤 俊介, 清水 亮介, 藤原 幹生, 佐々木 雅英、“地上ビル間 7.8km 量子信号伝送実験に基づく物理レイヤ暗号と見通し通信 QKD の性能比較”、電子情報通信学会ソサエティ大会（令和 5 年 9 月 12 日):

８　その他の誌上発表リスト

[1] 誠文堂新光社、”「スカパーJSAT のゆかいななかまたち」 Vol.13 衛星量子鍵配送で大事な情報を守ろう！”、誌名：「子供の科学」 2021 年 12 月号 p24-25 （2021 年 11 月 10 日発売）

[2] NICT 広報誌、"光空間通信による量子暗号安全・安心なネットワークの可能性を広げる技術"、「NICT ニュース」2022 No.1 通巻 491（2022 年 1 月 1 日刊）

９　口頭発表リスト

[1] 国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター宇宙通信研究室、“衛星量子暗号通信のとりくみ”、CEATEC 2020（オンライン開催）（令和 2 年 10 月 20 日）

[2] 遠藤寛之、“光空間通信・衛星通信における量子暗号と物理レイヤ暗号の研究開発の現状”、光総合技術展 OPIE2021（横浜市）（2021 年 7 月 2 日）

[3] 斉藤嘉彦、“衛星-地上間光通信地上局の 研究開発”、光総合技術展 OPIE2021（横浜市）（2021 年 7 月 2 日）

[4] 遠藤寛之、“安全・安心なグローバルネットワークに向けた物理レイヤ暗号”、JST 新技術説明会（オンライン開催）（2021 年 10 月 14 日）

[5] 遠藤 寛之、「衛星光通信による量子暗号の研究開発」、レーザー学会学術講演会第 42 回年次大会招待講演（オンライン開催）（2022 年 1 月 12 日）

[6] 小澤 俊介ほか、「衛星搭載用高秘匿通信暗号機器に用いる構成部品の宇宙環境適合試験」、応用物理学会（令和 4 年）春季学術講演会（2022 年 3 月 26 日）

[7] 藤原 幹生、「量子暗号通信の現状と課題」、第 66 回 ISS スクエア水平ワークショップ（オンライン開催）（2023 年 6 月 24 日）

[8] 藤原幹生　ほか、“量子通信が創る情報セキュリティ技術を社会そして宇宙まで”、CEATEC2023（幕張メッセ・千葉市）（令和 5 年 10 月 17 日）

１０　出願特許リスト

[1] 遠藤 寛之、佐々木 雅英、秘密鍵共有方法及びシステム、日本、令和元年 12 月 25 日

[2] 遠藤寛之、佐々木雅英、秘密鍵共有システム及び秘密鍵共有方法、日本、令和 2 年 l 月 29 日

[3] 藤原幹生、武岡正裕、佐々木雅英、飛翔体を介した安全な 2 地点間での暗号鍵共有システムおよび暗号鍵共有方法、日本、令和 2 年 6 月 22 日

[4] 遠藤寛之、佐々木雅英、秘密鍵共有システム及び秘密鍵共有方法、PCT 出願、2021 年 1 月 22 日

[5] 遠藤寛之、佐々木雅英、藤原幹生、武岡正裕、小芦雅斗、佐々木寿彦、鍵共有手法選択装置及びそのプログラム、並びに、通信路モニタリング装置、日本、2021 年 10 月 4 日

[6] 遠藤寛之、佐々木雅英、藤原幹生、武岡正裕、小芦雅斗、佐々木寿彦、暗号鍵共有システム、日本、2021 年 12 月 23 日

[7] 遠藤 寛之ほか、SECRET KEY SHARING SYSTEM AND SECRET KEY SHARING METHOD、米国、2022 年 7 月 8 日

[8] 遠藤 寛之ほか、暗号鍵共有システム、日本（PCT 出願）、2022 年 12 月 21 日

１１　取得特許リスト

[1] 遠藤 寛之、佐々木 雅英、秘密鍵共有方法及びシステム、日本、令和元年 12 月 25 日、令和 5 年 11 月 20 日、7388700

[2] 遠藤 寛之、佐々木 雅英、秘密鍵共有システム及び秘密鍵共有方法、日本、令和 2 年 1 月 29 日、令和 6 年 5 月 9 日、7486150

[3] 藤原 幹生、武岡 正裕、佐々木 雅英、飛翔体を介した安全な 2 地点間での暗号鍵共有システムおよび暗号鍵共有方法、日本、令和 2 年 6 月 22 日、令和 6 年 5 月 9 日、7486168

１２　国際標準提案・獲得リスト

[1]標準化機関・会議名、提案番号、標準化技術の名称、提案年月日、修正提案年月日、採択年月日

１３　参加国際標準会議リスト

[1]標準化機関・会議名、開催都市、開催年月日

１４　受賞リスト

１５　報道発表リスト

（１）報道発表実績

[1]“国際宇宙ステーションと地上間での秘密鍵共有と高秘匿通信に成功～衛星量子暗号通信の実用化に期待～”、令和6年4月18日

[2]“タイトル等”、発表年月日

（２）報道掲載実績

[1]“NICT ら 国際宇宙ステーションと地上局間の安全な通信に成功”、電経新聞、令和 6 年 4 月 22 日

[2]“ISS－トラック式地上局 高秘匿通信に成功 情通機構など 量子暗号通信実用化につなぐ”、日刊工業新聞、令和 6 年 4 月 23 日

[3]“衛星量子暗号通信の実用化へ成果 国際宇宙ステーションから地上へ光通信 秘密鍵共有と高秘匿通信に成功 NICT など”、科学新聞、令和 6 年 4 月 26 日

[4]“NICT などの研究グループ ISS と可搬型光地上局で高秘匿通信に成功 衛星量子暗号通信の実用化に期待”、電波新聞、令和 6 年 5 月 10 日

研究開発による成果数

	平成 30 年度	令和元年度	令和２年度
査読付き誌上発表論文数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）	２件（　２件）	３件（　２件）	４件（　０件）
その他の誌上発表数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
口頭発表数	０件（　０件）	０件（　０件）	１件（　０件）
特許出願数	０件（　０件）	１件（　０件）	２件（　０件）
特許取得数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
国際標準提案数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
国際標準獲得数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
受賞数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
報道発表数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
報道掲載数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）

	令和３年度	令和４年度	令和５年度	合計
査読付き誌上発表論文数	０件（　０件）	０件（　０件）	１件（　１件）	１件（　１件）
査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）	９件（　４件）
その他の誌上発表数	２件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）	２件（　０件）
口頭発表数	３件（　０件）	３件（　０件）	１件（　０件）	８件（　０件）
特許出願数	３件（　０件）	２件（　２件）	０件（　０件）	８件（　２件）
特許取得数	０件（　０件）	０件（　０件）	３件（　０件）	３件（　０件）
国際標準提案数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
国際標準獲得数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
受賞数	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）	０件（　０件）
報道発表数	０件（　０件）	０件（　０件）	１件（　０件）	１件（　０件）
報道掲載数	０件（　０件）	０件（　０件）	４件（　０件）	４件（　０件）

注１：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。（括弧）内は、その内海外分のみを再掲。

注２：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読（peer-review（論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの））のある出版物に掲載され

た論文等（Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む）を計上する。

注３：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注４：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注５：PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分１件として記入。（何カ国への出願でも１件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注６：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。