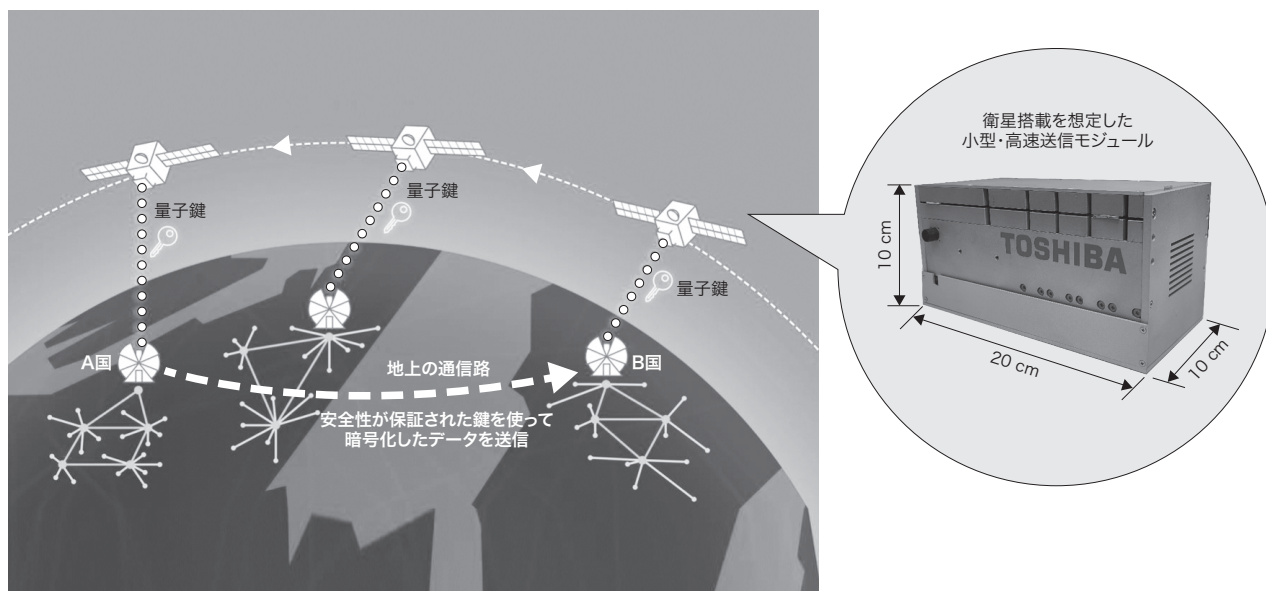


衛星QKDの実用性を向上させる 小型・高速送信モジュール

Compact, High-Speed Transmitter Module for Enhancing Practicality of Satellite Quantum Key Distribution (QKD)



衛星QKDによる量子セキュア通信ネットワークの概略と衛星搭載を想定した小型・高速送信モジュール試作機

Overview of global quantum-secured network using satellite QKD and prototype compact, high-speed transmitter module

量子コンピューターの発展に伴い、従来方式の暗号が解読される懸念が高まり、情報理論的安全性が保証された量子鍵配送 (QKD) は、次世代の情報セキュリティを支える技術として注目されている。東芝は、2020年に都市間の量子暗号通信を事業化した^{注1}が、伝送損失の制約により長距離通信には限界がある。このため、衛星を介したQKD (衛星QKD) との統合が、大陸間を横断する地球規模の量子セキュアネットワーク構築手段として有力視されている。

一方、低軌道衛星を用いる場合、地上局との通信時間は5分程度に限られるため、量子信号を高速に生成し、短時間に大量の量子鍵を配送することが不可欠である。また、衛星搭載における質量・消費電力の制約から、装置の小型・軽量化も重要な課題となる。

そこで、衛星への搭載を想定した小型・高速のQKD送信モジュールを開発した。このモジュールでは、垂直共振器面発光レーザーの多重化とFPGA (Field-Programmable Gate Array) による高速信号制御技術により、1 GHzの非常に高い繰り返し周波数で安定した量子信号を生成し、衛星可視時間内でのリアルタイム鍵生成を可能とした。これらの高効率な光学設計と信号処理の集積化により、送信機は

20(幅)×10(奥行き)×10(高さ)cm、2 kg、16 Wという世界トップクラスの小型・軽量・低消費電力^(注1)での高速化を達成し、衛星搭載用としての実用性を大幅に向上させた。

また、開発した技術では、衛星QKDと地上の光ファイバーQKDシステムを統合し、ETSI (欧州電気通信標準化機構) が定めたETSI GS QKD 014に準拠したプロトコルに基づき、異なる伝送媒体間の量子鍵を連携させる仕組みを構築した。英国ヘリオットワット大学の光学地上局にこのシステムを統合し、自由空間リンクとファイバーリンクを組み合わせた異なるQKDシステム間で安全に鍵共有できることを実証した。

今回開発した技術は、衛星と地上ネットワークをシームレスに接続し、金融、生体、医療、外交、安全保障に関わる極秘情報を世界中のどこにでも安全に送信できる未来を実現する基盤となる。今後、2026年度にドローンを用いた自由空間QKDの開発、2027年度には衛星と地上間の通信実証を進めるとともに、実運用環境での性能検証を行い、社会実装に向けた研究開発を加速していく。

トーマス ロジャー Thomas ROGER

東芝欧州社 ケンブリッジ研究所

小坂谷 達夫 KOZAKAYA Tatsuo

東芝欧州社 ケンブリッジ研究所

(注1) 2025年12月現在、当社調べ。