

グローバル量子暗号通信網構築のための衛星量子暗号技術の研究開発

研究開発の背景・目標

○背景

量子コンピュータ時代においても国家間や国内重要機関間で機密情報を安全にやりとり可能とするため、国として広域的な量子暗号通信ネットワーク技術を確立し、極めて堅牢性の高いサイバー空間を実現する必要がある。

○政策目標(アウトカム目標)

「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」で実施されている地上系システムの研究開発と連携して、数百km～数千kmといった大陸間スケールでの可用性の高いグローバルな量子暗号通信ネットワークの実現に寄与するとともに、国際標準化や市場展開を推進し、我が国の量子暗号通信技術の国際的な競争力を強化。

○研究開発目標(アウトプット目標)

静止衛星・地上局間の空間光通信路を模擬した環境(80～100dBの減衰)で安全な暗号鍵が生成できる(10bps以上)ことを実証するとともに、衛星搭載可能な機器を開発。

地上局及び地上系システムとの統合ネットワーク化技術を開発し、様々な軌道上の衛星と地上局間の量子暗号リンク・物理レイヤ暗号リンクを模擬した環境で、軌道上を移動する衛星から複数の地上局へ情報理論的に安全な暗号鍵を配送する機能、及び地上局から地上系量子暗号通信網への安全な相互接続・統合運用動作をシミュレーションや地上検証等により実証し、数百km～数千kmといった大陸間スケールでの量子暗号通信網を構築できる機能を検証。

技術課題

(1)衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術

ア 衛星搭載用量子暗号・物理レイヤ暗号装置の開発

- a) 暗号プロトコルの開発及び装置実装技術
- b) 鍵蒸留技術

イ 衛星搭載用光データリンク技術

- a) 捕捉追尾技術
- b) 光データリンク技術

(2)衛星系・地上系統合ネットワーク化技術

ア 衛星量子暗号・物理レイヤ暗号のための地上局の開発

- a) 高感度・低損失の光受信アンテナ技術
- b) 地上局側での捕捉追尾技術
- c) 高感度・低雑音の量子受信技術及び光受信技術
- d) RF回線通信技術
- e) インテグレーション・検証試験

イ 衛星系・地上系の統合運用検証

到達目標

(1)衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術

・現在開発が進められている衛星量子暗号装置の鍵生成速度の3倍程度(30kbps級)の高速化、静止衛星・地上局間の空間光通信路を模擬した環境(80～100dBの減衰)での安全な暗号鍵の生成(10bps以上)が可能な装置の開発

・広がり角10 μ rad程度のレーザビームを捕捉追尾でき、暗号化データを伝送するための衛星搭載用光通信技術の開発

・これらを実装した装置の衛星搭載に必要な耐環境性の実証

(2)衛星系・地上系統合ネットワーク化技術

・現在開発が進められている衛星量子暗号装置の鍵生成速度の3倍程度(30kbps級)の高速化、静止衛星・地上局間の空間光通信路を模擬した環境(80～100dBの減衰)での安全な暗号鍵の生成(10bps以上)を実現する地上局の開発

・様々な軌道上の衛星と地上局間の衛星量子暗号・物理レイヤ暗号リンクの模擬環境による、軌道上を移動する衛星から複数の地上局へ情報理論的に安全な暗号鍵を配送する機能、及び地上局から地上系量子暗号通信網への安全な相互接続・統合運用動作をシミュレーションや地上検証等により実証し、既存の量子暗号通信網の10倍以上に相当する数百km～数千kmといった大陸間スケールでの量子暗号ネットワークを構築できる機能を検証

(参考)グローバル量子暗号通信網構築のための衛星量子暗号技術の研究開発

技術課題① 衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術

ア) 衛星搭載用量子暗号・物理レイヤ暗号装置の開発

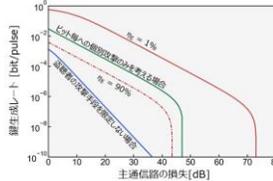
a) 暗号プロトコルの開発及び装置実装技術

- ・衛星通信に適した量子暗号及び物理レイヤ暗号のプロトコルの開発

- ・光・量子通信部の開発
- ・衛星搭載用量子暗号・物理レイヤ暗号装置の統合実装



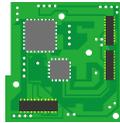
衛星搭載用量子暗号装置



性能シミュレーション

b) 鍵蒸留技術

- ・衛星搭載と宇宙環境動作に適した鍵蒸留部の開発
- ・公開通信路のための送受信機能の開発



鍵蒸留部

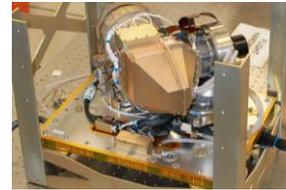
イ) 衛星搭載用光データリンク技術

a) 捕捉追尾技術

- ・高精度レーザ捕捉追尾技術の開発
- ・揺動抑制等の機能を有する姿勢制御技術の開発

b) 光データリンク技術

- ・超長距離リンク用光アンテナの開発
- ・高速光データリンク装置の開発



光データリンク装置を含む捕捉追尾、姿勢制御化機構



超長距離リンク用光アンテナ

技術課題② 衛星系・地上系統合ネットワーク化技術

ア) 衛星量子暗号・物理レイヤ暗号のための地上局の開発

a) 高感度・低損失の光受信アンテナ技術の開発

b) 地上局側での高精度捕捉追尾技術の開発

c) 高感度・低雑音の量子受信技術及び光受信技術の開発

d) 秘匿データ通信を実現するためのRF回線通信技術の開発

e) インテグレーション・検証試験

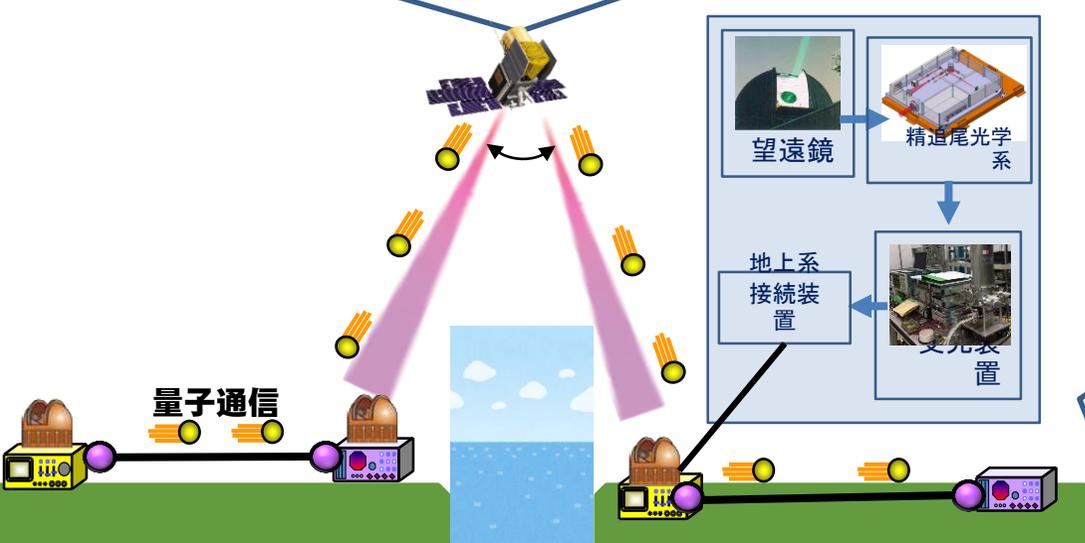
技術課題①で開発した衛星搭載用量子暗号・物理レイヤ暗号装置、及び衛星搭載用光データリンク装置とのインテグレーション、検証試験の実施

イ) 衛星系・地上系の統合運用

地上系量子暗号通信網と相互接続し、衛星系・地上系にわたり鍵管理やネットワーク制御・管理、セキュリティアプリケーションサービスを行うための統合動作を検証



高感度・低損失のアレキ型光受信アンテナ



地上系ネットワーク
所要経費 15.0億円(令和3年度)

地上系ネットワーク
研究開発期間 R3年~R7年

アウトカム目標の達成に向けた総務省の取組について

政策目標の達成に向けた取組方針

○研究開発期間中

- 量子暗号・物理レイヤ暗号技術、光データリンク技術等の関連分野における国内外の研究開発動向及びビジネス動向並びに研究開発期間中に明らかになる技術課題を共有し、本研究開発のアウトカム目標の達成に向けた課題の精査を行う。
- 地上系量子暗号通信網と相互接続し、統合運用するため、「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」の研究開発成果と組み合わせることが可能となるよう、当該研究開発の受託者との連携が円滑に進むよう支援するとともに、本研究開発成果の速やかな衛星実証機会の提供に向け、関係機関等との調整を進める。
- 本研究開発成果の国際的な普及、展開に向け、受託者による会議・展示会への発表、国際連携活動等を支援する。

○研究開発期間終了後

- 本研究開発により得られる成果を活かした安全なグローバル量子暗号通信網構築を実現するため、研究開発終了年度の翌年度に、今後の研究開発・社会展開の計画等について外部有識者等による助言を得るための終了評価を実施する。
- 追跡評価において、受託者等による衛星搭載に向けた研究開発や技術の製品化等の成果展開の進捗状況を確認し、必要に応じて外部有識者等による助言を得る。
- 研究開発成果展開の機会を増やすために、ニーズとシーズのマッチングを推進する。具体的には、受託者に対して、関連業界団体等が主催する国内外会議、展示会への発表や出展、衛星関連事業者への研究開発成果のプレゼンテーション実施等を促す。