

平成19年4月6日

平成18年度「宇宙量子通信WG」活動報告書

代表者所属 独立行政法人情報通信研究機構 氏名 豊嶋守生

1. 構成メンバ

氏名	所属
豊嶋守生	独立行政法人 情報通信研究機構
國森裕生	独立行政法人 情報通信研究機構
クラウド ヴェルナ	独立行政法人 情報通信研究機構
佐々木雅英	独立行政法人 情報通信研究機構
藤原幹生	独立行政法人 情報通信研究機構
高山佳久	独立行政法人 情報通信研究機構

2. 本年度WG 会合開催実績

- (1) 第1回：平成18年 6月19日
- (2) 第2回：平成18年 8月31日
- (3) 第3回：平成18年10月16日
- (4) 第4回：平成18年12月13日
- (5) 第5回：平成19年 1月11日
- (6) 第6回：平成19年 1月29日
- (7) 第7回：平成19年 2月 5日
- (8) 第8回：平成19年 2月26日
- (9) 第9回：平成19年 3月 5日
- (10) 第10回：平成19年 3月12日
- (11) 第11回：平成19年 3月19日
- (12) 第12回：平成19年 3月26日

3. 活動目的

安全・安心な新世代宇宙通信ネットワーク構築のため、大気ゆらぎ存在下でもリンク可能な空間捕捉追尾技術と量子情報通信技術の宇宙環境利用について検討する。絶対安全な量子鍵暗号通信の宇宙応用への適用性と、搭載システムについてフィジビリティスタディを行い、将来の宇宙環境

利用技術開発ミッションを目指す。宇宙における量子暗号通信の国際協力を視野に入れ、通信のナショナルセキュリティを確保するためにも日本として行っていくべき国家的推進テーマである。

4. 活動内容

4.1 はじめに

宇宙量子暗号通信については、量子もつれを用いた実験を、ウィーン大学 Zeilinger グループが国際宇宙ステーション (ISS) で行うことを考えており、その際 NICT の光地上局の参画ということで、NICT と共同研究 (MOA) を 2007 年 2 月に締結した。総務省でも宇宙通信分野の新機軸として押していく構えであり、8 月 25 日の宇宙開発委員会計画部会では、通信・放送・測位に関する宇宙開発に関する議論の中で、NICT から将来の宇宙通信技術の一つとして量子宇宙通信技術の研究を行うべきであるとの提案を行った。その後、総務省宇宙通信政策課においても重要認識することとなり、2007 年 1 月に開催された日・ESA 行政官会合では、ISS を用いた量子鍵配布実験において ESA と MOU を結ぶことで合意し、NICT が正式に ESA のラウンドテーブルに招待されることとなった。また、NICT 内ファンドによるスモールスタートであったが、絶対安全な量子鍵暗号通信の地上光無線応用については、総務省において重要認識され、年数億円の委託研究 (20 年度新規案件) につながる方向性も見えてきた。

4.2 最近の情勢

ウィーン大学では、昨年秋に、スペインカナリア諸島で 144km の量子もつれの空間伝送に成功した実験結果が公表されて

いる。これにより、ウィーン大学ではISSでの実験に対して自信を強めている。

中国では、中国科学技術大学の潘建偉教授が2005年に自由空間で13kmの距離で量子もつれ合い暗号通信に成功し、2008年打上げ予定の有人宇宙船「神舟7号」には量子通信の実験装置を搭載して数百kmでの通信実験を行うことが計画されている(2006年時点)。また、2007年11月29日～12月3日にNICT主催でつくば国際会議場にて開催された量子通信国際会議(QCMC)において、中国が単独の衛星で量子メモリを有する量子通信実験を行うことを計画しているので、NICTとも協力したいとの話が内々に来ている状況である。欧米に先んじて長距離の量子暗号通信を独力で宇宙実証する可能性があり注目されるが、中国の衛星破壊実験等もあり様々な件に注視する必要がある。

4.3 オーストリア科学アカデミー 量子光情報研究所(オーストリア)との共同研究

NICTでは、NICT所有の光地上局が量子もつれを用いた量子鍵配布に供しえるかどうかの検討をするため、オーストリア科学アカデミー 量子光情報研究所と共同研究を2007年2月に締結した。タイトルは、

「量子通信のための光サブシステムの研究に関する研究」であり、内容としては、

(ア) 空間光リンクにおける偏光特性の研究

(イ) 光量子通信を行うための光地上局の実験的評価と準備

を行い、光地上局が量子もつれを伝送するための基本特性を備えているかを測定により確認し、NICT光地上局を含めた宇宙量子鍵配布実験の可能性について検討する。偏光特性の取得については、偏光星を用いたものを現在検討中である。実施は19年度の10月頃にウィーン大学より著名な研究者であるDr. Rupert Ursin氏がNICTに短期滞在し実施する予定である。すでに、来年

度のNICTの招聘研究者としてアサインされている。

4.4 量子情報通信機器の概念検討

本年度、三菱電機と「宇宙量子暗号通信に関する調査研究」と題して、量子情報通信機器の検討の第一歩である調査研究を実施した。まず、この分野の動向を知る必要があるため、基礎的な量子技術項目について調査し、それらが空間伝送への応用展開がどの程度可能であるのかどうかのフィジビリティを検討した。その結果、現段階では、微弱コヒーレント光を用いたプロトコルで、空間伝送を行うことが適当であろうという検討結果である。これに、安全性を拡張する方式を導入することにより、さらに安全性を保った長距離伝送が可能という検討内容である。

本調査研究をもとに、さらに衛星搭載化に適した方式について検討する予定であるが、問題点がないわけではない。それは、企業が低予算では社内で体制が作れずに、契約を受けることができないという事実である。後述するが、量子コンポーネントは高価なものが多く、検討以前に必要な素子コンポーネント調達で予算がかかるのが現実である。

4.5 NICTにおける独自研究の立ち上げ

空間伝送を行う地上用量子鍵配布システムを構築する独自研究を開始した。これは、宇宙用の量子鍵配布システムの元になるもので、NICT内で行っていく重要な部分である。本システムは、微弱コヒーレント光の単一光子の空間伝送を行う。既存のファイバ用光通信システムをタイミング同期に使うユニークな方式であり、NICTにある既存リソースも有効活用しているシステムである。

本年度の大半は本システム構築に費やした。まず、基本素子調達を開始し、量子暗号システムの基本的な機能を確認する系を設計した。計測システムの電子回路は

FPGA上に構築しており、レーザ駆動系と偏光変調及び単一光子受信系を制御する設計である。しかし、各光学素子が高価であり、実際に本システムに必要な機器を本年度は全て揃えることができなかった。光源は最低2セット必要なところ1セット分、パルス駆動用のパターン発生器は2台中1台、単一光子受光素子 (SPCM) については、4台は必要なところ3台しか準備できず、光アンテナ部分については調達できなかった。しかし、現在あるリソースも有効活用し、基礎的な特性測定ができるところから実施し、さらに来年度にかけて基本素子を調達しつつ、本システムによるフィールド実験を19年度に入ってから実施する予定である。

コンポーネントレベルの確認では、SPCMによるゲート動作と単一光子受信評価、偏光の変調特性評価、レーザのパルス駆動評価、レーザパルス列の単一光子の検出までは完了した。全体システム構築後は、まず光学ベンチ上でシフト鍵生成を行い、その後NICT敷地内の50m鉄塔と光地上局望遠鏡との間で数百mを空間伝搬させて実施する予定である。その測定を通して、自由空間における実環境での動作確認実験により、大気ゆらぎの影響などを評価したいと考えている。

5. 成果

学協会誌等

- [1] “Free-space quantum cryptography with quantum and telecom communication channels,” Morio Toyoshima, Yoshihisa Takayama, Werner Klaus, Hiroo Kunimori, Mikio Fujiwara and Masahide Sasaki, accepted in International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, Hyderabad, India, September 2007.
- [2] “Status and prospects of the future

projects (1.4)b. Quantum cryptography communications technology,” Morio Toyoshima, Hiroo Kunimori, Mikio Fujiwara, Masahide Sasaki, 日・ESA 行政官会合、パリ、2007年1月24日—25日。

- [3] “Consideration of cooperation availabilities between ESA and Japan (3.2)d. Cooperation towards an International joint experiment on Quantum key distribution for space systems,” Morio Toyoshima, Hiroo Kunimori, Mikio Fujiwara, Masahide Sasaki, 日・ESA 行政官会合、パリ、2007年1月24日—25日。
- [4] 豊嶋守生、高山佳久、クラウドヴェルナ、國森裕生、藤原幹生、佐々木雅英、
“NICTにおける宇宙量子暗号通信の研究開発状況”、第23回宇宙利用シンポジウム、日本学術会議、2007年1月17日。
- [5] “日本における宇宙量子暗号通信の研究開発 ～宇宙量子鍵配布の国際共同実験の可能性～”、豊嶋守生、クラウドヴェルナ、國森裕生、藤原幹生、佐々木雅英、SAT2006-12, 電子情報通信学会信学技報, Vol. 106, No. 104, pp.25-28, 2006年6月16日。
- [6] “日本における宇宙量子暗号通信の研究開発について”、豊嶋守生、クラウドヴェルナ、國森裕生、藤原幹生、佐々木雅英、第22回宇宙利用シンポジウム、日本学術会議、2006年1月18日。

以上