

平成20年3月28日

平成19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19年 5月22日
- (2) 第2回：平成19年 6月 5日
- (3) 第3回：平成19年 6月11日
- (4) 第4回：平成19年10月 1日
- (5) 第5回：平成19年10月11日
- (6) 第6回：平成19年10月22日
- (7) 第7回：平成19年11月22日
- (8) 第8回：平成19年12月 3日
- (9) 第9回：平成20年 1月29日
- (10) 第10回：平成20年 1月30日
- (11) 第11回：平成20年 2月27日
- (12) 第12回：平成20年 3月 6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量子鍵配布実験（Space-QUEST）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、その際に NICT が光地上局を提供することにより実験に参画するという事で、昨年度 NICT と共同研究（MOA）を 2007 年 2 月に締結している。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、宇宙通信政策課においても重要認識されている。昨年度の日・ESA 行政官会合において、ISS を用いた量子鍵配布実験において ESA と NICT が MOU を結ぶことで合意したが、MOU は開発フェーズに移行してからが妥当と言うことで、昨年度のアクションとして MOU 締結はされなかったが、NICT が正式に ESA のラウンドテーブルに招待されるなど、NICT の量子宇宙通信に対する活動が大きく認識されることとなった。さらに進んで、今年度の日・ESA 行政官会合では、ESA の Space-QUEST へ NICT が共同提案を行い開発フェーズに望むという国際トピカルチームを形成するという動きになっている。

4.2 最近の情勢

ウィーン大学では、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。また、ドイツの LMU 大学では、デコイ方式を用いて同様に 144km の伝送実験に成功しており、量子鍵配布のプロトコルについての議論が高まっている。

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。

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。2008 年 2 月～3 月にかけてウーレン大学より著名な研究者である Dr. Rupert Ursin 氏が NICT に短期滞在し実験を実施した。Ursin 氏は、今年度の NICT の招聘研究者としてアサインされ来日したものである。実験内容は、偏光特性の取得について NICT

の 1.5m 望遠鏡で測定を行った。

4. 4 量子情報通信機器の概念検討

昨年度は、メーカーに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。その結果、条件により量子暗号通信が衛星を用いて可能であるという結論を得ている。ただ、実際にはもう少し詳細な検討を行っていく必要があり、今後フェーズを上げて検討を実施していく予定である。

4. 5 NICT における独自研究

空間伝送を行う地上用量子鍵配布送システムのプロトタイプ試作を行った。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。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。量子鍵配布実験を光学ベンチ上で実施した結果を、図 1 に示す。これにより、シフトキーレートでは、44kbps の伝送が可能であることが分かった。

さらに、今年度は光学系を専用設計し、送信用と受信用光学系を整備した。このシステムを用いて、来年度にかけて、地上フィールド実験を実施する予定である。この測定を通して、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。

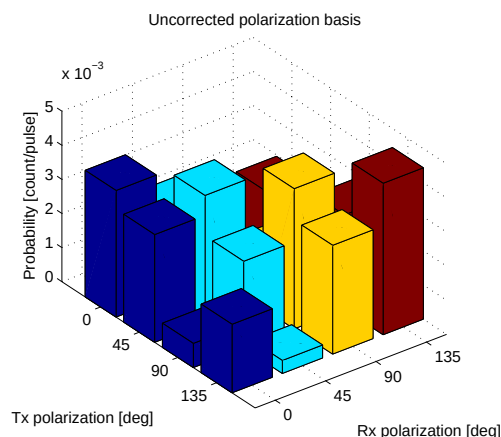


図 1. 送信した偏光基底と受信した偏光基底の相関

5. 成果 学協会誌等

- [1] Morio Toyoshima, Yoshihisa Takayama, Werner Klaus, Hiroo Kunimori, Mikio Fujiwara and Masahide Sasaki, "Free-space quantum cryptography with quantum and telecom communication channels," International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, Hyderabad, India, September 2007.
- [2] M. Toyoshima, Y. Takayama, W. Klaus, H. Kunimori, M. Fujiwara, M. Sasaki, "Free-space quantum cryptography with quantum and telecom communication channels", accepted in Acta Astronautica (2008).
- [3] 豊嶋守生、“宇宙量子暗号通信システム”、電子情報通信学会論文誌、衛星通信特集号投稿予定、2008年4月。
- [4] M. Toyoshima, Y. Takayama, H. Kunimori, M. Takeoka, M. Fujiwara, M. Sasaki, "Development of the polarization tracking scheme for free-space quantum cryptography," Proc. SPIE, Vol. 6951, Florida, March (2008).
- [5] M. Toyoshima, Y. Takayama, H. Kunimori, M. Takeoka, M. Fujiwara, M. Sasaki, "Comparison of free-space and fiber-based transmission systems in quantum cryptography," accepted in International Symposium on Space Technology and Science (2008).
- [6] 豊嶋守生、高山佳久、國森裕生、藤原幹生、佐々木雅英、“量子暗号通信システムの空間伝送用地上モデルの研究開発”、第51回宇宙科学技術連合講演会、07-3E15, pp. 1-5、2007年10月31日。
- [7] 豊嶋守生、高山佳久、國森裕生、武岡正裕、藤原幹生、佐々木雅英、“空間伝送用量子暗号通信システムの試作試験モデルの開発”、第24回宇宙利用シンポジウム、日本学術会議、2008年1月17日。
- [8] 豊嶋 守生、高山佳久、國森裕生、武岡正裕、藤原幹生、佐々木雅英、“空間量子暗号伝送における偏光追尾機構の検討”、SAT2008-18, 電子情報通信学会信学技報, 2008年2月29日。
- [9] 豊嶋 守生、“衛星を用いた量子暗号通信の動向”、電子情報通信学会、量子情報技術研究会、QIT2008、2008年5月22-23日。
- [10] “Consideration of cooperation availabilities between ESA and Japan 3.2 Cooperation on joint proposal to Quantum Key Distribution in Space (Space Quest),” 日・ESA 行政官会合、パリ、2008年1月22日—23日。

以上