

Title	Robust and asynchronous entanglement manipulation of telecom photons
Author(s)	達本, 吉朗
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/61796">https://hdl.handle.net/11094/61796</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 ( 達 本 吉 朗 )	
論文題名	Robust and asynchronous entanglement manipulation of telecom photons (堅牢で非同期的な通信波長光子のエンタングルメント操作)
論文内容の要旨	
<p>Quantum communication offers a wide range of significant applications such as quantum communication and quantum computation. When we look at practical optical-fiber-based quantum communication over a long distance, photons at telecom bands (around 1310 nm and 1550 nm) should be used to benefit from a low photon loss in an optical fiber. In this thesis, we developed telecom-band entangled photon pair sources using spontaneous parametric down conversion (SPDC), and performed experiments towards long-distance quantum communication. Our work is divided into following two parts.</p> <p>The first study is the protection of photonic entangled states from decoherence in an optical fiber. Distribution of entangled photon pairs between distant two parties is an important prerequisite for performing various kinds of quantum communication protocols. However, entanglement is easily degraded due to the disturbance such as phase fluctuations. So far, several schemes which protect the quantum states from disturbance have been proposed, and proof-of-principle experiments have been performed by using photon pairs at visible wavelength. We experimentally demonstrate one of such schemes called entanglement extraction scheme by using telecom photons, in which a maximally entangled photon pair is extracted from two photon pairs decohered by collective phase noise. We observed the fidelity of <math>0.73 \pm 0.07</math> for the extracted state, which shows that the extracted state is entangled.</p> <p>The second study deals with timing synchronization-free experiments using telecom-band asynchronous photon pair sources. In this method, cw-pumped SPDC and time-resolved measurement enable us to perform quantum communication protocols without synchronizing distantly located SPDC sources. We first present a new method to determine the Hong-Ou-Mandel visibility in this regime, which is used as the standard criterion for evaluating the indistinguishability of the photons. By using this method, we experimentally demonstrated high-visibility HOM interference and observed the HOM visibility of <math>0.87 \pm 0.04</math>, which is as high as that observed in pulsed regime. Second, we demonstrate extended entanglement manipulations in timing synchronization-free manner. We demonstrated entanglement swapping and generation of three-qubit GHZ state, and observed the fidelities of <math>0.84 \pm 0.04</math> and <math>0.70 \pm 0.05</math> for the entanglement swapping and generation of the GHZ state, respectively.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 達本吉朗 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	井元 信之
	副 査	教 授	関山 明
	副 査	教 授	小口 多美夫

## 論文審査の結果の要旨

量子コンピューターや量子情報をはじめとする「量子情報処理」は、従来できなかった情報処理を可能とすることがわかっており、近年精力的に研究されている。その中で近距離の量子暗号は研究段階では実現されており、今は実用化研究フェーズである。しかし遠距離量子暗号と量子コンピューターはまだ基礎研究段階にある。量子力学と情報理論が究極的にどこまで絡んでいるかも解明され切っていないため理学的研究の要素も多く、理学と工学を掛け合わせた分野となっている。演算単位としてはビットでなく量子ビットを用いることになるが、メモリーとしては物質系、通信としては光を用いることになる。この場合、メモリーには可視光（またはそれに接する近赤外）が、光ファイバーには通信波長帯（ $1.5\mu\text{m}$ ）が要求される。そのため、可視光光子と通信波長帯光子のペアを最初からエンタングルさせて発生する光源が望まれるが、そのようなエンタングル光子対に関しては、基礎事項である「エンタングルメント抽出」はまだ達成されていなかった。もう一つの問題は、通信や分散コンピューティングなど一箇所にとどまらない情報処理の場合、クロックによる同期が必要であるが、クロックに同期したエンタングル光子対の発生は現在のところ簡単ではない。

そうした中、申請者は、最初の課題については可視光光子と通信波長帯光子のエンタングル光子対を発生し、それを用いて「エンタングルメント抽出実験」を初めて行った。また二番目の課題については「クロックを使わない2光子干渉」や「クロックを使わない三体エンタングルメントの発生」実験を初めて行った。これは、大目標はクロックに合わせたパルス光を発生することでなく同時性の保証の方であるということに着目し、発生側でパルス光とするのを止めて連続光とし、検出器側で「同時」と判定された事象だけ事後選択する方法である。この方法による2光子干渉や三体エンタングルメントの発生は学界の注目を浴びた。この研究は揺らぐ環境下での量子情報処理への道を拓くものである。申請者は以上の研究結果を学位論文としてまとめた。

学位論文は背景・意義動機・基礎事項の説明・研究の方法・結果・考察ともに構成がしっかりしており、前提となる理論・デバイス設計と評価・学術的実験のどれも的確に行われていることを物語っており、信頼性が高いと判断される。さらに、明確かつ詳細な理論的解析は申請者の深い物理の理解を示すものであり、同時に申請者の持つ幅広い興味と研究目標達成を目指す資質を十分に感じさせるものと判断された。

以上より本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。