

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 光子を用いた量子演算処理新機能の開拓

2. 研究代表者名： 井元 信之（大阪大学大学院基礎工学研究科 教授）

3. 研究概要

本プロジェクトでは光子を量子ビット(qubit)、または連続量、または両者のハイブリッドで行う量子情報処理の理論および実験的研究を行う。特に4光子の範囲でできる量子情報操作、5光子以上のゲート演算、連続量の操作と利用、これらの基礎となるトモグラフィ技術、これらを部分または全部総合したmultiparty quantum operationについて基礎的デモンストレーションを行うとともに、より高度な情報処理実現に向けての課題と方向性探索についての知見を得ることを目的としている。

手法を量子状態の発生・演算・読み出しで分類すると、本プロジェクトのうち光子qubitの研究では、パラメトリック下方変換による発生、線形光学による演算、フォトンカウンティングによる読み出しが主たる手法となる。連続量研究ではコヒーレントあるいはスクイズドパルスが発生、線形光学による演算、単発ホモダイン検波による読み出しが主たる手法となる。

これまで、デコヒーレンスにより消失した量子情報や量子もつれの回復実証、量子暗号安全性理論の飛躍的進展と新知見獲得、クラスター状態の発生と確認、多者間量子演算研究、 $p(1)$ の高い単一光子源開発、C-NOTゲートの実証、光子数4以上の多光子干渉、提案量子暗号(光子qubitと連続量双方)の基礎実験、導波路光スクイジングの世界記録、を達成した。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

研究は計画通りに順調に進んでいる。3つのグループの相互リンクはよく取れていて、それぞれ独自色を出しながら進めている。特に、量子暗号の安全性理論、線形光学量子情報処理の基礎実験、連続変数QKD実験、単一光子QKD実験などで成果があった。

4-2. 研究成果の現状と今後の見込み

線形光学量子情報処理の分野では、例えばクラスター状態関連ではウィーン大学のZeilinger、単一光子発生関連では、イリノイ大学のKwiat、などのグループと競合している。また連続量QKDの分野では、フランス光学研究所のGrangierと競合している。一歩抜き出するための施策が欲しい。量子暗号の安全性理論は世界をリードする立場にあり、今後一層の飛躍が期待される。

4-3. 今後の研究に向けて

量子情報科学に占める光の役割は大きなものである。このグループは国内屈指の量子光学理論チームをかかえていて、理論研究を通して、この分野全体へ大きな影響を与えられる。

アイデア実証実験と共に、基礎理論や新しい応用の開拓など、一見地味であるが正統的な研究スタイルを堅持して進めていくことを期待する。

4-4. 戦略目標に向けての展望

光を用いた量子通信情報処理の基礎となる重要な知見がいくつか生まれた。後半の2年間にも順調に成果

が上がるものと推測される。本領域としては、量子通信の新しい応用分野を開拓することが望まれている。今後は、少数qubit系でも実現しうる新機能の探索に知恵を出していくことを期待する。

4－5. 総合的評価

井元グループは、プロジェクト発足直後に、総研大から阪大へ研究実施場所を変更した。にもかかわらず、極めて短期間に実験研究を立ち上がり、チームの中心として活動してきたのは、立派であった。各グループの研究は順調に進展しており、世界と競合できるところまで来ている。短期的な研究目標で世界をリードする立場になることが第一義ではあるが、10年―20年後を見据えて、長期的な研究テーマの開拓や人材の育成にも力を入れることを期待する。