

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名:量子暗号の実用化を可能にする光子状態制御技術

2. 研究代表者名:中村 和夫(NEC基礎研究所、研究部長)

### 3. 研究概要

量子暗号を短距離応用からより広範な実用化(長距離化など)へと進める為には、送信部(光源)、通信路(量子中継)、受信部(光子検出器)の各部において、量子絡み合いを用いた要素技術開発による総合的な量子情報技術の底上げが不可避である。特に量子中継の開発は多様な技術集積が必要であり、技術牽引のピークとなる。本研究チームは、世界トップレベルの量子絡み合い光源、量子状態評価手法、量子絡み合い制御デバイスへ向けた評価技術、量子符号化・復号化技術、これらを支える量子絡み合い理論などで、卓越した成果をこれまでに挙げる事ができた。

### 4. 中間評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究チームはNEC筑波研究所、NECラボラトリーズアメリカ、東京大学、玉川大学、通信総合研究所の5つの研究グループを持ち、組織が国際的でトップクラスの研究者によって構成されている。短距離に限られるが量子暗号装置の製品化がすでに国外でなされているが長距離化を狙った本当の意味の実用化の為には未解決の要素技術が多くあるが、本研究チームではこれらの各種の課題について世界で初めて解決策を実現したり、初めて明らかにした物理現象が多く、いずれも新規性の高い優れた成果で他と比較してレベルは高い。特に量子絡み合いの研究に関しては他グループと比較しても優れている。

バランスのとれた研究グループで現在までは個々のグループで成果をあげていると言えるが、テーマが分散している印象もあり、今後それらを集約化し最終目標に向けて相互の連携を強めることが望ましい。玉川大における擾乱に強い準巨視系の量子暗号の理論的研究の成果が、本研究が終了する2005年までに有効に反映することは難しいかも知れないが、その後の研究も含めて指針を与えることになると思われる

#### 4-2. 研究成果の現状と今後の見込み

これまで幾つかの優れた成果を挙げている。即ち、1)純度の高い(92%)量子絡み合い光源の実現とフォトニック結晶ファイバーを用いた光子対の生成など光源に関する成果、2)超加法的量子符号化利得の観測の成功、3)量子通信システムの受信端における量子計算の重要性の発見、4)単一量子ドット非線型光学超感度計測装置の開発、5)光子対の時間相関の検証、6)擾乱に強い準巨視系の量子暗号に向けての理論的手掛りなど新しい量子通信理論の構築、新プロトコルの開発などであり、一部のサブテーマ(光子の冷却原子トラップ)について当初計画からのおくれが見られるものの、全体としては当初計画からみて進捗状況、達成度とも問題は無い。

欧米のベンチャ(MagiQ, ID Quantique 等)による量子暗号装置の製品化は短距離向けに限定され、長距離量子暗号通信に必要な量子中継技術の重要性は益々増大しており、本チームの研究成果が大いに期待される。

#### 4-3. 今後の研究に向けて

これまでに到達した地点からの着実な発展の方向をねらっていることは妥当な判断で、単一光子を用いたシステムの研究におけるゲート評価法の確立、バッファ・ゲート等の原理実証、量子バッファの原理実証、量子状態の選択的制御等、要素技術の確立を目指して欲しい。一方、多光子ロバスト系は現状の光通信システム上で展開できる利点があり、その有効性が見極めが望まれる。

#### 4-4. 戦略目標に向けての展望

具体的な今後の進捗予定が示されており、成果が期待される。たとえば、Bell測定、擬ベル状態の生成、光子数検出器の実現など精度の高い成果が期待される。またこれまで培われた光パルス技術により、量子ドット評価技術、超加法的量子符号化利得の今後の応用展開、光子数識別器、時間相関光子対の応用等今後の発展が期待できる。理論の成果として準巨視系の利用が提案されているが、実験グループのこの視点からの研究がやや希薄な感がある。

#### 4-5. 総合的評価

本研究の成果が役立つと期待されるのは長距離量子情報処理通信システムの構築に資することであり、その中心は光子状態制御技術の研究でメディア変換材料・デバイスの研究の進捗状況において若干の遅れが見られるとは言え所期の成果が得られている。量子暗号実用化に向けた研究プロジェクトの1つとして、個々のグループの成果は世界的なものであり、今後2年余りで優れた成果が期待できる。ただ、プロジェクトの中心テーマである量子中継実現については未解決課題が多い。特に量子ドットを介した中継はいくつか問題点があると思われるので、量子ドットの実験に早急に着手することが望まれる。

海外ではベンチャが活発に商用化を目ざしているが、本チームはロングレンジの目標を目ざして長距離量子情報処理通信網構成の研究を行っており、個々の研究成果は世界トップレベルである。