

平成 27 年度研究開発成果概要書

課 題 名 : 量子もつれ中継技術の研究開発
採 択 番 号 : 158 ア 01
個 別 課 題 名 : 課題ア 量子もつれ中継システムの設計・評価理論
副 題 : 量子中継ネットワークシステム設計とデバイスの技術仕様

(1) 研究開発の目的

回線長 50km から日本全土をカバーする 3000km までの量子通信ネットワークのための量子中継システムで、スケーラビリティに優れ、技術レベルに応じて段階的に開発が可能となるように、システム・アーキテクチャを提案する。量子通信システムの評価理論を確立し、またシステムから要請されるデバイス機能と技術仕様を明確にすることで、量子中継ネットワークの定量的な設計指針を明らかにする。課題イと協力して、技術条件の緩和によってデバイス開発を補佐し、技術的に現実的なパラメータで構成した量子中継システムのプロトタイプを提案する。

(2) 研究開発期間

平成 23 年度から平成 27 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所
(実施責任者 教授 根本香絵)

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 45 百万円 (平成 27 年度 8 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

幹事研究者・大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所
(幹事者が統括)

課題ア-1: 量子中継のシステム設計

課題ア-1-1 線形量子中継のシステム設計

課題ア-1-2 量子中継ネットワークの設計

課題ア-2: 量子中継のための量子情報デバイス技術仕様

課題ア-2-1 量子中継のための量子プロトコルの改良・開発

課題ア-2-2 量子中継ネットワークのためのデバイス技術仕様

課題ア-3 量子中継システム評価

課題ア-3-1 線形量子中継システムの性能特性

課題ア-3-2 量子中継ネットワークの性能特性

課題ア-3-3 異なるシステム間の融合性評価

(6) これまで得られた成果 (特許出願や論文発表等)

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0

(27-1)

外部発表	研究論文	12	2
	その他研究発表	45	7
	プレスリリース・報道	6	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

①研究開発課題全体

段階的な量子中継ネットワークの開発において、量子中継ネットワークの改良、量子プロトコルの解析と、改良を行うと共に、最近の実験結果より目標となるパラメータについて再検討した。具体的なアーキテクチャに基づく性能評価の方法を示し、数値的な評価により、段階的な実現化の道筋を示した。ネットワーク化や、異なる技術に基づく量子中継システムの融合の方法を検討し、技術的な負荷を評価した。

②課題別

• 課題ア-1 量子中継のシステム開発

• 課題ア-1-1 線形量子中継のシステム設計

これまでに開発された短中距離の線形システムをもとに、課題イとも協力して、中継のプロトタイプとして提案し、これらを統合して量子中継システムの段階的な実現化の道筋を示した。

• 課題ア-1-2 量子中継ネットワークの設計

量子中継のネットワーク化において、設計の改良の必要性を検討した。量子中継システム上でのネットワーク・ノード位置の影響を考慮し、2体のユニタリー操作実装の際の総時間について解析を行った。この性質は量子位置暗号への応用が可能である。

• 課題ア-2 量子中継のための量子情報デバイス技術仕様

• 課題ア-2-1 量子中継のための量子プロトコルの改良・開発

量子中継システムのアーキテクチャを実現化するため、システム実装の中核となる量子プロトコルの解析を行い、Bellペアの導入がシステムの融合性が効果的であることを示した。また、課題ア-1で示した量子中継で、位置依存暗号のアプリケーションを示した。

• 課題ア-2-2 量子ネットワークのためのデバイス技術仕様

線形量子中継でプロトタイプとしてふさわしい条件を、最近の実験成果とデバイス機能の量子中継システム上の利点・弱点について検討し、量子中継ネットワークの実現化のためのデバイスの技術仕様をまとめた。

• 課題ア-3 量子中継システム評価

(27-1)

- 課題ア-3-2 量子中継ネットワークの性能特性

量子通信ネットワーク上の量子中継において、スケーラビリティ、リソース、忠実度、生成レート、待ち時間等から評価する方法に関する結果をまとめ、段階的な開発における性能評価方法を統一的に示した。また、量子中継システムを位置依存暗号に応用する場合について、総時間の下限から安全性についての推察を行った。

- 課題ア-3-3 異なるシステム間の融合性評価

異なるデバイス技術に基づくシステム間の融合性は課題ア-2-2 での成果をもとに、デバイス機能の融合性とシステムの融合性の2つの観点から融合可能性と融合化システムの特性を明らかにした。