

平成24年度研究開発成果概要書

量子もつれ中継技術に関する研究開発（158ウ01）

課題ウ 超伝導技術に基づく多ビット量子もつれ制御と光インターフェース技術

副題 量子中継ノードにおける量子演算回路と量子トランスデューサの研究開発

(1) 研究開発の目的

量子中継システム構成に必要とされる量子中継ノード上での量子もつれ制御および配信技術について、超伝導量子回路技術を核とした方式を開発し、基盤技術を確立する。また超伝導量子回路と光量子ネットワークとの接点となる量子トランスデューサの要素技術を実現する。

(2) 研究開発期間

平成23年度から平成27年度（5年間）

(3) 委託先

国立大学法人東京大学<幹事者>、日本電信電話（株）、国立大学法人東京医科歯科大学、国立大学法人東北大学

(4) 研究開発予算（百万円単位切上げ）

平成23年度	400	（契約金額）
平成24年度	376	（ 〃 ）
平成25年度	350	（ 〃 ）
平成26年度	329	（ 〃 ）
平成27年度	309	（ 〃 ）

(5) 研究開発課題と担当

課題ウ-1 超伝導量子回路を用いた量子もつれ制御および配信技術の開発

ウ-1-1… 超伝導量子回路を用いたマイクロ波光子もつれ制御技術（東大）

ウ-1-2… 超伝導共振器を用いた量子ビット間もつれ制御技術（NTT）

ウ-1-3… 超伝導量子回路における量子もつれ制御理論（東京医歯大）

課題ウ-2 超伝導量子回路と異種量子メディア間の量子トランスデューサ技術の開発

ウ-2-1… マイクロ波-光量子トランスデューサ技術（東大）

ウ-2-2… 超伝導量子ビットとスピン集団の間の量子トランスデューサ技術（NTT）

ウ-2-3… エネルギースケールの異なる量子系間の量子トラ

ンスデューサ理論（東京医歯大）
ウ-2-4… スピンと超伝導量子ビットの間の量子メディア変換
技術（東北大）

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	14	9
	その他研究発表	81	45
	プレスリリース	1	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

具体的な成果

- (1) 超伝導・ダイヤモンドハイブリッド系において量子メモリ動作の確認に成功した。超伝導・ダイヤモンドハイブリッド系に面内磁場を印加することで、ダイヤモンド結晶中の電子スピン集団のコヒーレンス特性を改善した。その結果、超伝導量子ビットに準備した励起状態、あるいは重ね合わせ状態をスピン集団に書き込み、保存し、そして読み出すことに成功した。また、もつれ状態の1ビット分の情報をコヒーレントに保存できることを示した。
- (2) 磁束量子ビットと共振器の間の容量を介した新しい結合方式を実証し、量子ビットとマイクロ波の分散的相互作用を利用した高精度の読み出しを実現した。さらにジョセフソンパラメトリック増幅器を用いて S/N 比を改善することにより、量子ビットの単一事象非破壊射影読み出しを可能にした。これを用いて量子ビットの示す量子跳躍の観測も行った。これは量子中継技術に必要なベル状態基底への射影測定に向けた基盤要素技術となるものである。
- (3) マイクロ波伝送路の可変境界条件・マイクロ波駆動場による量子ビットの量子修飾の二つの自由度を、それぞれ超伝導量子ビットのマイクロ波応答特性制御に活用できることを理論提案した。後者の具体例として、磁束量子ビットとマイクロ波共振器との結合系では、両者の強い結合によって共振器周波数に非常に大きな分散シフト(100MHz程度)が発現する。この系において量子ビットをポンプ光マイクロ波で駆動すると、導波路からの入射マイクロ波信号に対して反射波が完全に消失する「インピーダンス整合」条件を満たし得ることを理論的に示し、実験との整合性を確認した。また、本系をマイクロ波領域での単一光子検出器へと応用するための理論検討を行った。
- (4) マイクロ波光子からダイヤモンド中の NV 中心などの持つ単一電子スピンあるいは核スピンへの量子メディア変換に関して、マイクロ

波帯のタイムビン光子を用い、電子スピンを介した核スピンへの量子状態転写の具体的手法を開発した。また、マイクロ波によって単一電子スピンをコヒーレントに制御する実験設備を構築し、隣接核スピンとの強い結合を確認した。

(7) 研究開発イメージ図