

さきがけタイプ(個人型研究)

「量子と情報」領域 研究報告書

第1期生

研究期間 2003年10月～2007年3月

研究総括 細谷曉夫

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業

はじめに



「量子と情報」領域
研究総括 細谷暁夫

本研究報告書は、独立行政法人科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業さきがけタイプ(個人型研究)「量子と情報」領域の研究成果をまとめたものです。

「量子と情報」領域は、量子力学的現象を利用した情報処理を実現するために、量子力学と情報処理の間に横たわる諸問題の解決に資する研究を対象とするものです。具体的には、量子もつれ効果の強さと情報処理能力の関係についての理論的・実証的な研究、新しいアルゴリズムの創出、量子状態の評価技術、記憶方法、量子情報の高密度伝送方式、通信における符号化・誤り訂正・情報セキュリティ等、安全かつ高速の情報処理を実現するための基盤を拡充する抜本的、革新的な研究を対象とします。本研究領域は、平成 15 年度に発足し、15 の研究課題について研究を推進して参りました。

平成 15 年度に採択された 5 件の研究課題が、3 年半の研究期間を終了致しましたので、これら 5 件の研究課題について研究成果をまとめたものです。理論 3 名は採択の時点から研究が快調に進んでおりエンタングルメントについて成果をまとめました。実験 2 名は全く新しく量子情報の分野に参画しましたが、すでにそれぞれの分野で成果を上げて世界の第一線に立つ若手の研究者として育ったと思います。

以下に各研究者の成果を簡単に紹介します。

(1) 量子繚れ回復プロトコル導出を可能にする量子状態の判定・測定法(石坂 智)

PPT 保存写像によるエンタングルメント操作の研究は国際的にも高い評価を得ました。研究の進展の中で発見した束縛エンタングルメントの性質に関して重要な研究成

果を上げ、計画の本筋に関係の深い強単調性に結びつけ見事な研究展開を行い、エンタングルメントの研究の分野に大きく貢献しました。

(2) 多体量子系としての量子計算機の分析(清水 明)

ShorとGroverのアルゴリズムの量子計算中の量子状態について解析を行い、マクロにエンタングルした状態をそうでない状態から多項式時間で移行できることを示し、量子多体系との類推から、その判定をする指標を導入しました。シミュレーションを含む具体的に説得力ある議論を展開し、量子計算の速さを理解するための重要な知見を得ました。この研究の基本的なアイデアが日本発である点を高く評価します。

(3) 量子鍵を用いた次世代量子暗号プロトコル(村尾 美緒)

混合状態を含む非対称な量子鍵配送と連続変数エンタングルメントの変換不可能性の証明が国際的に注目され、またエンタングルメントの頑丈性の指標を用いて、基底状態が対称な場合にエンタングルメントが存在できる最大温度を求め、混合状態における LOCC による判別可能条件から、局所的にアクセス可能な情報量を定式化しました。計画が目指していた量子状態自体を使った量子計算機があっても安全な暗号の鍵配送システムについては、計画の終わり頃に系統的な研究への大きな橋頭堡を築いたと思います。若手の養成にも尽力している点も高く評価します。

(4) 固有ジョセフソン接合と超伝導共振器を用いた量子状態制御の研究(北野 晴久)

メササイズの固有ジョセフソン接合素子では、位相よりもジョセフソン磁束のダイナミクスがスイッチング電流分布を決めていることが判明しました。これ自体物理的に興味深い成果として高く評価しますが、研究目標達成のために1ミクロン以下の S 字型素子を FIB 加工によって作成し、位相緩和領域を脱して MQT 観測寸前まで成功しました。高温超伝導量子ビットの可能性について世界の第一線まで進んだと思います。

(5) 単一量子ドットにおける多光子量子操作(黒田 隆)

物理的に単純明快なやりかたで

[1]単一量子ドットの自然放射の減衰信号を初めて観測

[2]そのラビ振動

[3]励起子コヒーレンス時間の評価

を実験的に実証し、単一量子ドットによる量子計算素子の研究に関して大きな成果をあげた点を高く評価します。今後の2ビットの量子ゲートの実証実験に期待しています。

本研究報告書が、量子情報処理の最先端における研究理解と同時に、当領域の研究活動についてさらなるご理解を賜ります一助になれば、幸いに存じます。

さががけ「量子と情報」領域

研究総括

細谷 暁夫 東京工業大学大学院 理工学研究科 教授

領域アドバイザー

今井 浩 東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授
井元 信之 大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授
枝松 圭一 東北大学 電気通信研究所 教授
小澤 正直 東北大学大学院 情報科学研究科 教授
北川 勝浩 大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授
佐々木 雅英 情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター 研究マネジャー
高木 伸 富士常葉大学 環境防災学部 教授
竹内 繁樹 北海道大学 電子科学研究所 助教授
蔡 兆申 日本電気(株) 中央研究所 基礎・環境研究所 主席研究員
南 不二雄 東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
山本 喜久 スタンフォード大学 応用物理・電気工学科 教授

平成 15 年度採択研究者[第 1 期生] (2003~2006)

研究者	所属	研究課題
石坂 智	日本電気(株) 中央研究所 基礎・環境研究所 主任研究員	量子纏れ最適回復プロトコル導出を可能にする量子状態の判定・測定法
北野 晴久	東京大学大学院 総合文化研究科 助手	固有ジョセフソン接合と超伝導共振器を用いた量子状態制御の研究
黒田 隆	物質・材料研究機構 量子ドットセンター 主任研究員	単一量子ドットにおける多光子量子操作
清水 明	東京大学大学院 総合文化研究科 教授	多体量子系としての量子計算機の分析
村尾 美緒	東京大学大学院 理学系研究科 助教授	量子鍵を用いた次世代量子暗号プロトコル

平成 16 年度採択研究者[第 2 期生] (2004～2007)

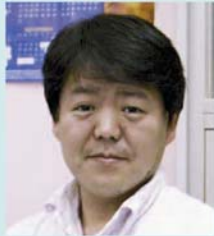
研究者	所属	研究課題
池上 弘樹	理化学研究所 中央研究所 研究員	量子ビット構築へ向けてのヘリウム液面電子量子ドットの研究
趙 福來	科学技術振興機構 さきがけ研究者	超伝導クーパー対を使用した電子 EPR 対高密度ビームの開発
長谷川祐司	科学技術振興機構 さきがけ研究者	光学実験を手段とした量子情報処理のための量子力学的物理現象の研究
濱田 充	玉川大学学術研究所 助教授	代数的量子情報処理技術の研究
森越 文明	日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所 研究主任	量子非局所性を用いた情報処理における不可逆性

平成 17 年度採択研究者[第 3 期生] (2005～2008)

研究者	所属	研究課題
阿部 真之	大阪大学大学院 工学研究科 助教授	異種原子組み替えによる固体表面量子ビットの実現
宇佐見康二	科学技術振興機構 さきがけ研究者	測定過程を使った非古典的な原子集団スピンの励起の生成と制御
小川 朋宏	科学技術振興機構 さきがけ研究者	量子通信路の可逆性と情報理論的・幾何学的保存量の評価
松下 道雄	東京工業大学大学院 理工学研究科 助教授	単一分子分光による固体中の単一スピンの観測
遊佐 剛	東北大学大学院 理学研究科 助教授	新しい核磁気共鳴を用いた核スピンの量子状態制御

研究者プロフィール

(五十音順)



石坂 智

Satoshi Ishizaka

1989年 東京大学大学院理学系研究科修士課程
物理学専攻修了・理学博士(1999年)

現在, NEC 基礎・環境研究所 主任研究員

専門分野は量子情報理論, ナノ領域の物理など

日本物理学会会員

URL <http://www.quantum.jst.go.jp/researcher/01-01ishizaka/index.html>



北野晴久

Haruhisa Kitano

1999年 東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了・
学術博士

現在, 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 助手
専門分野は固体物性(特に超伝導)

日本物理学会会員, 応用物理学会会員, American
Physical Society member

URL <http://www.quantum.jst.go.jp/researcher/01-02kitano/index.html>



黒田 隆

Takashi Kuroda

1994年 北海道大学大学院理学研究科物理学専攻
博士課程修了・理学博士

現在, 物質・材料研究機構量子ドットセンター 主任研究員

専門分野は半導体分光

日本物理学会会員

URL http://www.nims.go.jp/laser_kuroda



清水 明

Akira Shimizu

1984年 東京大学大学院理学系研究科物理学専門課程
博士課程修了・理学博士

現在, 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 教授
専門分野は量子物理学, 物性基礎論, 物性理論

日本物理学会会員, American Physical Society member

URL <http://as2.c.u-tokyo.ac.jp>



村尾美緒

Mio Murao

1996年 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科
博士課程修了・理学博士

現在, 東京大学大学院理学系研究科 助教授

専門分野は量子情報

日本物理学会会員

URL <http://eve.phys.s.u-tokyo.ac.jp/indexj.htm>