

量子情報物理（小坂・堀切）研究室

1. 構成

名前： 小坂 英男（教授）

主要担当科目：

（学部）量子物理学、電磁気学 I

（大学院）量子情報物理学概論、量子情報物理学特論

教育研究分野： 物理学

所属学会： 日本物理学会、日本応用物理学会

学内委員： 学部入試広報委員（正）

学外委員・公的活動：

- ・国立情報学研究所 客員教授（兼務）（H22年4月～現在に至る）
- ・量子情報国際研究センター客員教授（兼務）（H22年11月～現在に至る）
- ・総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度 専門評価委員（H16年4月～H28年3月）
- ・総務省 量子情報通信技術（量子 ICT）運営会議 組織委員（H17年4月～現在に至る）
- ・組織連携型共同プロジェクト研究（タイプS）「スピントロニクス国際連携」組織委員（H21年4月～H26年3月）
- ・総務省 情報通信研究機構 高度通信・放送研究開発委託研究 研究代表者（H23年4月～H28年3月）
- ・文部科学省科学研究費補助金「新学術領域研究」量子サイバー専門委員（審査員）（H23年4月～H25年3月）
- ・（社）応用物理学会 新領域グループ設立委員会委員（H25年4月～現在に至る）
- ・筑波大学 数理物質科学研究科 産学連携アドバイザー（H25年4月～H28年3月）

名前： 堀切 智之（准教授）

主要担当科目：

（学部）物理実験（1年）、インヴェスティゲーション実習

（大学院）量子情報物理学特論

教育研究分野： 物理学

所属学会： 日本物理学会、日本応用物理学会

学内委員： 該当なし

学外委員・公的活動：

国立情報学研究所量子情報国際研究センター技術参事（H24年4月～H26年8月）

2. 研究テーマ

当研究室では、未来の通信・計測・標準・医学・エネルギーなど、多岐の応用につながる量子

情報物理の研究を行っている。特に単一光子、電子スピン、核スピンなどの間の「量子もつれ」や「量子テレポーテーション」を原理とする決定論的量子中継を目指している。

2015年度は具体的には、

1. ダイヤモンド NV 中心を用い、量子テレポーテーションの原理で単一光子から単一窒素核スピンへの量子状態転写（量子テレポーテーション転写）に世界で始めて成功した（Nature Photonics に出版）。これにより、1000km級の長距離量子通信を可能とする第三世代量子中継のコアとなる基本機能を確立した。
2. ダイヤモンド NV 中心の単一電子スピンの幾何学的スピンエコーに世界で始めて成功した。無磁場下で完全縮退した電子スピンの量子メモリー時間が通常の 140 倍伸ばせることを示し、量子メモリーの安定性と制御性の向上を図った（Nature Communications に出版）。
3. 完全な情報セキュリティを保証する量子通信長距離実用化に必要な次の要素技術、光と量子ドット中電子スピンのもつれ、通信容易な時間情報へと光情報を符号化、通信波長への従来より 3 桁小さいノイズでの変換などを達成した。これら長距離量子中継用技術をまとめて 1 システムで実施し、Nature Communications 誌にて論文発表した。
4. ダイヤモンド NV 中心の吸収・発光波長である可視光と通信波長帯間の安定な変換システム開発のため、可視光－通信波長間の高効率波長変換（効率 30%以上）、および高周波数安定化（< 50kHz）励起レーザーの開発を実施した。

キーワード：

量子物性、量子物理、量子情報

3. 本年度のトピックス

2015年度は、NICT 等の受託研究プロジェクトに注力し、量子情報処理への応用を目指した基礎物理およびデバイス工学の育成に成果を出した。また、応用物理学会において量子情報分野を発展させるべく新領域分野を継続的に運営し、年 2 回のシンポジウムを主催するとともに、本シンポジウムにて 3 名の学生を一般講演させた。さらに、ダイヤモンド NV 中心を用いた吸収による光子から核スピンへの量子テレポーテーション転写に世界で始めて成功し、Nature Photonics 並びに Nature Communications (2 件) に掲載される成果を得た。

4. 学生の研究教育活動

・在籍学生数

卒研究生	博士前期課程	博士後期課程	研究生	交換留学生
6	5	0	1	0

・卒業・修了学生数

卒研究生	博士前期課程	博士後期課程
6	0	0

- ・ 学生の国際会議・学会・研究会発表数 自研究室学生の登壇のみ

国際会議	国内学会	国内研究会	学内研究会
4	12	6	0

- ・ 学生の受けた表彰・助成金
- ・ 三島将太 (M1)、応用物理学会 第39回応用物理学会講演奨励賞

5. 国際交流

- ・ 海外派遣 (受け入れ機関、期間、課題名、財源)
- ・ 関口雄平 (M1) (バーゼル、シュトゥットガルト、ウルム、H27. 8. 9～ H27. 8. 23、SpinTechⅧ出席、共同研究打合せ、受託研究-NICT)
- ・ 海外招聘 (研究者名、期間、課題名、財源)
該当なし
- ・ 海外国際会議参加発表数
国際会議: 2

6. 外部資金

- ・ 科学研究費
- ・ 基盤研究 (A) 「量子ドットにおける単一光子から単一電子スピンへの量子状態転写」 (研究代表者)、交付額 10,500 千円 (2014 年度繰り越し分)、2012-2014 年度で総額 46,540 千円
- ・ 委託研究費
該当なし
- ・ 一般財団助成・奨学寄付金
- ・ 電気通信普及財団 「量子暗号通信グローバル化に向けた量子中継実装への研究」 (研究代表者: 堀切)、交付額: 1,200 千円
- ・ 横浜学術教育振興財団 「無条件安全通信のための量子暗号システム用新光源開発」 (研究代表者: 堀切)、交付額 330 千円
- ・ 受託・共同研究
- ・ 受託研究 NICT 「量子もつれ中継技術の研究開発 課題 (イ) 遠隔ノード間での量子もつれ純粋

化技術」(研究代表者)、交付額 22,180,873 円 (2015 年度分)、2011-2015 年度で総額 119,825,710 円

・受託研究 NICT「量子もつれ中継技術の研究開発 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」(研究分担者)、交付額 3,990,000 円 (2015 年度分)、2011-2015 年度で総額 25,410 千円

・分子科学研究所協力研究(前期)「励起子ポラリトン凝縮高励起状態の研究」(堀切)、課題番号:226、交付額:239,600円

・分子科学研究所協力研究(後期)「励起子ポラリトン凝縮高励起状態の研究」(堀切)、課題番号:610交付額:138,260円

・海外渡航費

・小坂英男、SpinTechVIII出席、共同研究打合せ(バーゼル、シュトゥットガルト、ウルム、2015 年 8 月 9 日-21 日) 406,230 円

・関口雄平、SpinTechVIII出席、共同研究打合せ(バーゼル、シュトゥットガルト、ウルム、2015 年 8 月 8 日-23 日) 505,730 円

・堀切智之、CLEO-PR出席 (韓国、釜山、2015年8月25日-27日) 109,740円

7. 公表論文

・査読付原著論文(著者:“タイトル”、雑誌名 巻(太字)、ページ、(年)、インパクトファクター(IF).)

↓自研究室学生が主著者のときに頭に星印 研究室構成教員には下線

・Burkhard Scharfenberger, Hideo Kosaka, William Munro, Kae Nemoto, “Absorption-based Quantum Communication with NV centres”, New Journal of Physics 17 巻 (2015)

・Leo Yu, Chandra M. Natarajan, Tomoyuki Horikiri, Carsten Langrock, Jason S. Pelc, Michael G. Tanner, Eisuke Abe, Sebastian Maier, Christian Schneider, Sven Höfling, Martin Kamp, Robert H. Hadfield, Martin M. Fejer, and Yoshihisa Yamamoto, “Two-photon interference at telecom wavelengths for time-bin-encoded single photons from quantum-dot spin qubits”, Nature Communications 6, 8955 (2015), IF=11.470

・国際会議プロシーディングス

該当無し

・解説

・小坂英男、「ダイヤモンド中の単スピンと光子のもつれ吸収」、(パリティ(丸善出版株式会社)、ニュース、2015 年 9 月号)

・小坂英男、「ダイヤモンド中の単一スピン」、(パリティ (丸善出版株式会社)、ニュース特集 “物理科学、この1年”、2016年1月号)

・著書

該当無し

・その他 出版されたもの (該当あれば記入) (学内の報告書、財団等への報告書や KEK、Spring-8 など共同利用報告書は除く)

・「横浜国立大・小坂教授 量子もつれ計測実証実験に成功」(神奈川新聞、2015年4月6日)

・プレスリリース「完全な情報セキュリティを保証する量子通信グローバル化に必要な技術開発に成功！」(横浜国立大学 HP、2015年11月24日)

8. 国際会議・学会・研究会発表 (発表者: “題目”, 会議名、講演番号、(場所・日時))

・国際会議発表 研究室構成教員には下線、招待講演は太字で明記

↓自研究室学生が登壇者のときに頭に星印

・Hideo Kosaka and Naeko Niikura, “Entangled absorption of a single photon with a single spin in diamond”, SpinTech VIII, (Basel, Aug. 2015)

★Yuhei Sekiguchi, Yusuke Komura, Shota Mishima, Touta Tanaka, Naeko Niikura, and Hideo Kosaka, “Geometric echo of a purely geometric spin qubit in diamond”, SpinTech VIII, (Basel, Aug. 2015)

★Naeko Niikura, Shota Mishima, Touta Tanaka, Yuhei Sekiguchi, Yusuke Komura and Hideo Kosaka, “Diamond based quantum repeater device –Entanglement detection for quantum state swapping” (poster), 5th International Conference on Quantum Cryptography (QCrypt 2015), Tokyo, Japan, Sept. 28 - Oct. 2, 2015.

★Yuhei Sekiguchi, Yusuke Komura, Shota Mishima, Touta Tanaka, Naeko Niikura, and Hideo Kosaka, “Diamond based quantum repeater device –Degenerate spin echo for quantum state recovery–” (poster), 5th International Conference on Quantum Cryptography (QCrypt 2015), Tokyo, Japan, Sept. 28 - Oct. 2, 2015.

★Yusuke Komura, Yuhei Sekiguchi, Shota Mishima, Touta Tanaka, Naeko Niikura and Hideo Kosaka, “Diamond based quantum repeater device –Geometric bang–bang echo for quantum state preservation” (poster), 5th International Conference on Quantum Cryptography (QCrypt 2015), Tokyo, Japan, Sept. 28 - Oct. 2, 2015.

・Burkhard Scharfenberger, Hideo Kosaka, William J. Munro and Kae Nemoto, “Absorption-based Quantum Communication with NV centres” (poster), 5th International Conference on Quantum Cryptography (QCrypt 2015), Tokyo, Japan, Sept. 28 - Oct. 2, 2015.

★ Yuhei Sekiguchi, Naeko Niikura, Ryota Kuroiwa, Joerg Wrachtrup, and Hideo Kosaka, “Teleportation-based Quantum Media Conversion from photons to a nuclear spin in diamond”, Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (PLMCN) (Nara, Mar. 28, 2016).

・ Tomoyuki Horikiri, “Quantum key distribution with mode-locked two-photon states”, The 11th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, 27P-41, (韓国釜山, 2015年8月24-28日).

・ 学会発表

★ 佐藤恒司、中村孝秋、倉見谷航洋、須田雄太、幸村雄介、関口雄平、小坂英男、「ダイヤモンド中の縮退スピンの量子メモリー／量子センサー応用」、応用物理学会 2015 年秋季学術講演会 (2015 年 9 月 15 日、名古屋)

★ 三島将太、田中統太、黒岩良太、荒木建人、新倉菜恵子、小坂英男、「ダイヤモンド中の縮退スピンキュービットの量子中継応用」、応用物理学会 2015 年秋季学術講演会 (2015 年 9 月 15 日、名古屋)

★ 田中統太、三島将太、黒岩良太、荒木建人、新倉菜恵子、小坂英男、「ダイヤモンドスピン量子のマイクロ波共鳴による制御と光共鳴による読み出し」、日本物理学会 2015 年秋季大会 (2015 年 9 月 17 日、関西大学)

★ 新倉菜恵子、関口雄平、三島将太、幸村雄介、田中統太、小坂英男、「ダイヤモンドスピン量子の光共鳴による任意状態制御」、日本物理学会 2015 年秋季大会 (2015 年 9 月 17 日、関西大学)

★ 幸村雄介、関口雄平、佐藤恒司、中村孝秋、小坂英男、「ダイヤモンドスピン縮退キュービットの幾何学的 bang-bang エコー」、日本物理学会 2015 年秋季大会 (2015 年 9 月 17 日、関西大学)

★ 黒岩良太、荒木建人、田中統太、三島将太、新倉菜恵子、小坂英男、「ダイヤモンドスピン縮退キュービットの量子プロセストモグラフィ」、日本物理学会 2015 年秋季大会 (2015 年 9 月 17 日、関西大学)

★ 中村孝秋、佐藤恒司、倉見谷航洋、須田雄太、関口雄平、幸村雄介、小坂英男、「ダイヤモンドスピン縮退キュービットの電子・核子もつれ制御」、日本物理学会 2015 年秋季大会 (2015 年 9 月 17 日、関西大学)

★ 佐藤恒司、中村孝秋、倉見谷航洋、須田雄太、関口雄平、幸村雄介、小坂英男、「ダイヤモンド縮退スピンキュービットのマイクロ波偏光による幾何学的量子操作」、日本物理学会 2016 年年次大会 (2016 年 3 月 21 日、関西学院大学)

★ 関口雄平、新倉菜恵子、幸村雄介、佐藤恒司、中村孝秋、倉見谷航洋、須田雄太、小坂英男、「光子から核スピンへの量子状態転写に向けた研究」、日本物理学会 2016 年年次大会 (2016 年 3 月 21 日、関西学院大学)

★ 田中統太、三島将太、黒岩良太、荒木建人、新倉菜恵子、小坂英男、「ダイヤモンド縮退スピンの光回路による量子制御」、日本物理学会 2016 年年次大会 (2016 年 3 月 21 日、関西学院大学)

★黒岩良太、関口雄平、新倉菜恵子、小坂英男、「ダイヤモンド NV 中心における量子メディア変換」、応用物理学会 2016 年春季学術講演会（東京工業大学）

★池田幸平、久井雄介、堀切智之、洪鋒雷、小坂英男、「ダイヤモンド量子と通信帯光子をつなぐ周波数安定化レーザーによる量子波長変換」、日本物理学会 2015 年秋季大会、17pAC-4、（関西大学 2015/9/17）

★池田幸平、久井雄介、堀切智之、吉井一倫、洪鋒雷、小坂英男、「ダイヤモンド量子と通信帯光子をつなぐ周波数安定化レーザーによる量子波長変換Ⅱ」、日本物理学会第 71 回年次大会、21pBJ-13、（東北学院大学 2016/3/21）

・久井雄介、池田幸平、堀切智之、小林拓実、吉井一倫、洪鋒雷、「位相同期と周波数ロックによるレーザーの周波数安定化」、日本物理学会第 71 回年次大会、22aBK-5、（東北学院大学 2016/3/22）

・研究会発表・セミナーや講演会

（学外研究会）

・小坂英男、「量子の正体～さまざまに形を変える量子～」（招待講演）、平成基礎科学財団「楽しむ科学教室」第 94 回講演、東京大学、2015 年 10 月 24 日

・小坂英男、「ダイヤモンド NV 中心における光子-電子-核子の量子メディア変換」（招待講演）、日本物理学会 2016 年年次大会（2016 年 3 月 21 日、関西学院大学）

★幸村雄介、「幾何学的スピン操作によるダイヤモンド量子メモリの長寿命化に関する研究」、第 11 回ナノテク交流シンポジウム（2016 年 3 月 2 日、横浜国立大学）

★池田幸平、「ダイヤモンド量子と通信帯光子をつなぐ周波数安定化レーザーによる量子波長変換」、第 11 回ナノテク交流シンポジウム（2016 年 3 月 2 日、横浜国立大学）

★佐藤恒司、「ダイヤモンドにおけるスピン縮退キュービットへの偏光と位相の量子状態転写の研究」、第 11 回ナノテク交流シンポジウム（2016 年 3 月 2 日、横浜国立大学）

★中村孝秋、「ダイヤモンドにおけるスピン縮退キュービットの偏光マイクロ波を用いた任意量子状態生成の研究」、第 11 回ナノテク交流シンポジウム（2016 年 3 月 2 日、横浜国立大学）

★黒岩良太、「ダイヤモンド単一 NV 中心における量子テレポーテーションを用いた光子から核子への量子情報転写の研究」、第 11 回ナノテク交流シンポジウム（2016 年 3 月 2 日、横浜国立大学）

★倉見谷航洋、「GRAPE アルゴリズムによる量子制御マイクロ波パルスの最適化」、第 11 回ナノテク交流シンポジウム（2016 年 3 月 2 日、横浜国立大学）

（学内研究会）

該当なし

9. 特許

該当なし