

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、応用物理学会

学内委員：学部入試広報副委員長

学外委員・公的活動：

- ・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）
- ・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月まで）
- ・総務省 情報通信研究機構（NICT）高度通信・放送研究開発委託研究（H23年4月～H28年3月まで）
- ・Nature Photonicsの査読委員（H23年4月～現在に至る）
- ・文部科学省審査専門委員会委員（H24年4月～現在に至る）
- ・（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月まで）

名前： 堀切 智之（准教授）

主要担当科目：

（学部） 物理実験、物理工学実験情報演習Ⅱ

（大学院）量子情報物理学概論

教育研究分野：物理学

所属学会：日本物理学会、応用物理学会、日本光学会

学内委員：該当なし

学外委員・公的活動：

2. 研究テーマ

当研究室では、量子力学と呼ぶミクロな世界の物理を用い、量子通信や量子コンピュータといった、超スマート社会の情報セキュリティやビッグデータ解析を支える夢の技術、量子情報技術の研究を行っている。モノのインターネット（IoT）や人工知能（AI）技術を支える超スマート社会のプラットフォームの構築に向け、光・量子技術による破壊的イノベーションの創出を目指している。

2016年度は具体的には、

1. (Nature Photonics 本年度掲載) ダイヤモンド中の窒素空孔中心(NV 中心)を用い、量子テレポーテーションの原理による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。これにより、1000 km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. (Nature Communications 本年度掲載) 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時間が通常の140倍伸ばせることを示し、量子メモリの安定性と制御性の向上を図った。
3. (Nature Photonics 掲載確定) ダイヤモンド NV 中心の単一電子スピンをレーザー光で自在に、正確に操作する新原理を発見し世界で初めて実証した。マイクロワットという小さな光パワーで、従来の100倍速くかつ3倍高い精度で単一スピン操作を実現した。本成果により量子情報処理に必要な書き込み・ゲート制御・読み出しの全操作が微弱光で行え、光操作による大規模量子集積チップが実現可能となる。
4. 長距離量子通信用量子もつれ光源として、量子メモリ結合効率を高める狭線幅2光子源の設計・開発を行った。
5. 量子メモリ吸収・発光波長である可視光と通信波長帯間の安定変換システム開発のため、可視光-通信波長間の2段階波長変換、および波長変換用励起レーザー周波数安定化(<1kHz)を実施した。
6. 半導体マイクロ共振器中量子井戸構造を用いる励起子ポラリトン凝縮高励起状態の研究を行った。凝縮閾値の100倍以上の高励起状態では、観測できるフォトルミネッセンスに下方ポラリトンの単一ピークに加えてもう一つ新しいピークが現れる事を観測し、これは従来の半導体レーザーへの移行では説明できず、この領域でもポラリトン強結合の存在が示唆される事を示した。

キーワード:

量子情報、量子物理、量子光学、量子物性、スピントロニクス

3. 本年度のトピックス

- 1) ダイヤモンド中の単一電子スピンにおいて世界で初めて幾何学的光操作を実現し、光操作による大規模量子集積チップが実現可能性を示した。本結果は Nature Photonics に掲載が決まった。
- 2) 科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業(GREST)「量子状態の高度な制御に基づく革新的技術盤創出」の特定調査課題に研究代表者として採択された。

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
7	10	1	0	0

・卒業・修了学生数

卒研究生	博士前期課程	博士後期課程
7	4	0

・学生の国際会議・学会・研究会発表数

国際会議	国内学会	国内研究会	学内研究会
3	14	5	0

・学生の受けた表彰・助成金

工学府特別研究員	関口雄平
成績優秀者表彰	幸村雄介
成績優秀者表彰	佐藤恒司
成績優秀者表彰	加納浩輝

5. 国際交流

・海外派遣

関口雄平 (D1) (シュトゥットガルト、ウルム H28. 10. 03-H28. 10. 15、長距離量子通信に向けたダイヤモンド量子中継機能素子の開発に関する研究、国際共同研究加速基金)

・海外招聘

該当なし

・海外国際会議参加発表数

国際会議 : 3

6. 外部資金

・科学研究費

◆平成 28 年度 新学術領域研究 (研究領域提案型)・研究代表者

研究課題名 : 光子・電子・核子スピン量子もつれエンジニアリング

交付内定額 : 2016 年度分 11,180 千円、総額 23,660 千円

研究期間 : 2016 年度 ~ 2017 年度

◆平成 28 年度 基盤研究 (S)・研究代表者 分担者 : 水落憲和 (京都大学)、寺地徳之 (国立研究開発法人物質・材料研究機構)

研究課題名：ダイヤモンドナノ量子システムにおける量子メディア変換技術の研究

交付内定額：2016年度分 33,540 千円、総額 180,570 千円

研究期間：2016年度～2020年度

◆平成 28 年度 挑戦的萌芽研究・研究代表者

研究課題名：物質間の自発的量子もつれ生成へ向けた幾何学的量子光学の創成

交付内定額：2016年度分 1,430 千円、総額 3,510 千円

研究期間：2016年度～2018年度

・一般財団助成・奨学寄付金

◆公益財団法人 光科学技術研究振興財団

「光子と物質の量子メディア変換に向けた幾何学的量子光学」

助成額：1,500 千円

◆東レ科学振興会 科学技術研究助成

研究課題：量子版光周波数コムを用いた新技術開拓

助成額：2016年度分 12,500 千円、総額 20,000 千円

◆旭硝子財団 研究助成金

研究課題：量子技術につながる 2 光子源の開発

助成額：2,000 千円

◆村田学術振興財団 研究助成

研究課題：量子光コムによる固体量子メモリーとの高効率光－物質状態変換システムの研究

助成額：2,400 千円

◆KDDI 財団 調査研究助成

研究課題：量子通信用 2 光子光源の開発

助成額：2,760 千円

◆中部電気利用基礎研究振興財団 研究助成

研究課題：量子通信長距離化に向けた光源開発

助成額：900 千円

・受託・共同研究

◆平成 28 年度 ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発・研究分担者

研究課題名：量子力学の基礎と情報：エンタングルメント統御による極限精度への挑戦

交付内定額：2016年度分 3,770 千円、総額 18,080 千円

研究期間：2016年度～2019年度

◆平成 28 年度 CREST 特定課題調査・研究代表者

研究課題名： ダイヤモンド量子テレポーテーション中継システム機能の創成

交付内定額：総額 3,000 千円

研究期間：2016 年度

・ 海外渡航費

- ◆ 関口雄平、QCM2016 出席、(シンガポール、2016 年 7 月 2 日-10 日) 162,954 円

7. 公表論文

・ 査読付原著論文

- ◆ *Yuhei Sekiguchi, Yusuke Komura, Shota Mishima, Touta Tanaka, Naeko Niikura & Hideo Kosaka, “Geometric spin echo under zero field”, Nature Communications 7, 11668, (2016), IF=11.329
- ◆ Sen Yang, Ya Wang, Thai Hien Tran, S. Ali Momenzadeh, M. Markham, D. J. Twitchen, Rainer Stoehr, Philipp Neumann, Hideo Kosaka, Joerg Wrachtrup, “High-fidelity transfer and storage of photon states in a single nuclear spin”, Nature Photonics 10, 507-511, (2016), IF=31.167
- ◆ Tomoyuki Horikiri, Makoto Yamaguchi, Kenji Kamide, Yasuhiro Matsuo, Tim Byrnes, Natsuko Ishida, Andreas Löffler, Sven Höfling, Yutaka Shikano, Tetsuo Ogawa, Alfred Forchel and Yoshihisa Yamamoto, “High-energy side-peak emission of exciton-polariton condensates in high density regimes”, Scientific Reports 6, 25655-1~25655-11, (2016), IF=5.228.

・ 国際会議プロシーディングス

該当無し

・ 解説

該当無し

・ 著書

該当無し

・ その他

- ◆ 「“Interview #019 小坂英男教授 横浜国立大学” 量子情報の最先端をつたえる Interview 2012-2016」(ようこそ量子、2016 年 3 月 15 日)
- ◆ プレスリリース「世界初！誤り耐性のある量子ビットを開発」(横浜国立大学 HP, 2016 年 5 月 19 日)

- ◆「横国大、誤り耐性のある量子ビットを開発」(Optronics ONLINE, 2016年5月23日)
- ◆「量子通信の長距離化に道—横浜国大など、量子テレポーテーションの原理で光子の量子状態を量子メモリーに転写・保存することに成功」(日刊工業新聞, 2016年6月6日)
- ◆「量子通信用の光子 ダイヤに転写保存 横浜国大など実証」(日刊工業新聞(15面), 2016年6月6日)
- ◆プレスリリース「世界初！量子テレポーテーション転写に成功」(横浜国立大学 HP, 2016年6月6日)
- ◆「量子通信用の光子をダイヤに保存—横浜国大などが成功、量子通信の長距離化に」(日刊工業新聞(電子版)、2016年6月6日)
- ◆「量子テレポーテーション転写に初めて成功」(Science of Hybrid Quantum Systems, 2016年6月6日)
- ◆「横国大ら、量子テレポーテーション転写に初めて成功」(OPTRONICS online, 2016年6月8日)
- ◆「世界初量子テレポーテーション転写に成功」(大学ジャーナル ONLINE, 2016年6月12日)
- ◆「世界初 量子テレポーテーション転写に成功、量子通信に新展開 横浜国立大学ほか」(はてなブックマーク, 2016年6月12日)
- ◆「世界初 量子テレポーテーション転写に成功、量子通信に新展開 横浜国立大学ほか」, (NEWS PICKS, 2016年6月13日)
- ◆「世界初 量子テレポーテーション転写に成功、量子通信に新展開 横浜国立大学ほか」, (ヒューイッチ・ドットコム, 2016年6月17日)
- ◆「研究室探訪」, (TECHNO-COM' 17)
- ◆プレスリリース「半導体レーザー中の強い光・物質相互作用による発光観測」(横浜国立大学 HP, 2016年5月24日)
- ◆”Marrying superconductors, lasers, and Bose-Einstein condensates” (Science Daily, 2016年6月17日)
- ◆”Marrying superconductors, lasers, and Bose-Einstein condensates” (Science Newsline, 2016年6月20日)

8. 国際会議・学会・研究会発表

・国際会議発表

- ◆*Yuhei Sekiguchi, Yusuke Komura, Shota Mishima, Touta Tanaka, Naeko Niikura and Hideo Kosaka, “Geometric spin echo under zero field”, International Conference on Quantum Communication Measurement and Computing (QCMC 2016), P1-129, (Singapore, July 4, 2016)
- ◆*Ryota Kuroiwa, Yuhei Sekiguchi, Naeko Niikura, Joerg Wrachtrup and Hideo Kosaka, “Photon-spin Quantum Media Conversion via Teleportation in diamond”, 9th

International Conference on Physics and Applications of Spin-Related Phenomena in Solids (PASPS), 0-30, Kobe International Conference Center, (August 11, 2016)

- ◆*Yusuke Komura, Yuhei Sekiguchi, Shota Mishima, Touta Tanaka, Naeko Niikura, and Hideo Kosaka, “Geometrical stabilization of degenerate logical spin in diamond”, 9th International Conference on Physics and Applications of Spin-Related Phenomena in Solids (PASPS), P2-34, (August 10, 2016)

・学会発表

- ◆*幸村雄介、関口雄平、延與梨世、長田昂大、佐藤恒司、中村孝秋、小坂英男，“ダイヤモンドスピン単一 NV 中心における共鳴マイクロ波による幾何学的スピンドカップリング操作”，日本物理学会 2016 秋季大会，13pKH-3，（金沢大学 角間キャンパス 2016 年 9 月 13 日）
- ◆*黒岩良太，関口雄平，加納浩輝，田中統太，三島将太，中村孝秋，石田直輝，小坂英男，“ダイヤモンド単一 NV 中心における準共鳴光による電子と核子の幾何学的量子もつれ操作”，日本物理学会 2016 秋季大会，13pKH-2，（金沢大学 角間キャンパス 2016 年 9 月 13 日）
- ◆*中村孝秋，石田直輝，田中統太，三島将太，関口雄平，黒岩良太，加納浩輝，小坂英男，“ダイヤモンド単一 NV 中心における共鳴光による幾何学的量子任意操作”，日本物理学会 2016 秋季大会，13pKH-1，（金沢大学 角間キャンパス 2016 年 9 月 13 日）
- ◆*石田直輝，中村孝秋，田中統太，三島将太，関口雄平，黒岩良太，加納浩輝，小坂英男，“ダイヤモンド単一 NV 中心における縮退電子スピン量子ビットの光波による幾何学的量子回転操作”，第 77 回 応用物理学会秋季学術講演会 量子技術へ向けたハイブリッドアプローチ，14p-B8-5，（朱鷺メッセ，2016 年 9 月 14 日）
- ◆*加納浩輝，関口雄平，黒岩良太，田中統太，三島将太，中村孝秋，石田直輝，小坂英男，“ダイヤモンド単一 NV 中心におけるマイクロ波による電子と核子の量子もつれ生成と光波による量子もつれ操作”，第 77 回 応用物理学会秋季学術講演会 量子技術へ向けたハイブリッドアプローチ，14p-B8-4，（朱鷺メッセ，2016 年 9 月 14 日）
- ◆（招待講演）堀切智之，“励起子ポラリトンの高励起領域”，レーザー学会第 37 回年次大会，（徳島大学 2017 年 1 月 8 日）
- ◆*佐藤恒司，関口雄平，延與梨世，幸村雄介，倉見谷航洋，中村孝秋，長田昂大，石田直輝，小坂英男，“ダイヤモンド NV 中心を用いた量子中継のためのマルチスピン量子ビット制御”，第 64 回 応用物理学会春季学術講演会，14a-412-12，（パシフィコ横浜，2017 年 3 月 14 日）
- ◆*黒岩良太，加納浩輝，関口雄平，田中統太，三島将太，中村孝秋，延與梨世，佐藤恒司，倉見谷航洋，小坂英男，“ダイヤモンド NV 中心を用いた量子中継技術の開発”，第 64 回 応用物理学会春季学術講演会 量子技術が支えるセキュアな情報社会，14p-416-8，（パシフィコ横浜 2017 年 3 月 14 日）
- ◆*倉見谷航洋，須田雄太，後藤優征，関口雄平，佐藤恒司，中村孝秋，石田直輝，長田昂大，

小坂英男, “ダイヤモンド NV 中心の拓く量子認証システムの可能性”, 第 64 回 応用物理学会春季学術講演会 量子技術が支えるセキュアな情報社会, 14p-416-9, (パシフィコ横浜, 2017 年 3 月 14 日)

- ◆ (招待講演) 小坂英男, ダイヤモンドへの量子テレポーテーションと量子情報通信によるカンタムウェアセキュリティ, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, (パシフィコ横浜, 2017 年 3 月 15 日)
- ◆*田村秀平, 池田幸平, 堀切智之, 小坂英男, “ダイヤモンド量子間をつなぐ 2 段階量子波長変換”, 第 64 回 応用物理学会春季学術講演会, 17p-414-3, (パシフィコ横浜, 2017 年 3 月 17 日)
- ◆*池田幸平, 久井裕介, 堀切智之, 吉井一倫, 小坂英男, 洪 鋒雷, “長距離量子通信のための波長変換用周波数安定化レーザーの開発”, 第 64 回 応用物理学会春季学術講演会, 17p-414-4, 2017 年 3 月 17 日
- ◆*加納浩輝, 黒岩良太, 中村孝秋, 延與梨世, 佐藤恒司, 関口雄平, 小坂英男, “ダイヤモンド NV 中心における単一光子から単一核子への量子テレポーテーション転写”, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 19pB21-11, (大阪大学 豊中キャンパス, 2017 年 3 月 19 日)
- ◆*延與梨世, 中村孝秋, 加納浩輝, 黒岩良太, 佐藤恒司, 関口雄平, 小坂英男, “ダイヤモンド NV 中心における電子・核子量子もつれ状態のシングルショット量子非破壊測定”, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 19pB21-12, (大阪大学 豊中キャンパス, 2017 年 3 月 19 日)
- ◆*長田昂大, 石田直輝, 倉見谷航洋, 佐藤恒司, 関口雄平, 小坂英男, “ダイヤモンド NV 中心におけるマイクロ波偏光を用いた幾何学的量子もつれ操作”, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 19pB21-13, (大阪大学 豊中キャンパス, 2017 年 3 月 19 日)
- ◆*倉見谷航洋, 須田雄太, 長田昂大, 石田直輝, 佐藤恒司, 関口雄平, 小坂英男, “GRAPE アルゴリズムを用いたダイヤモンド NV 中心スピンの最適量子制御”, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 19pB21-14, (大阪大学 豊中キャンパス, 2017 年 3 月 19 日)

・研究会発表・セミナーや講演会

(学外研究会)

- ◆ (招待講演) 小坂英男, 「ダイヤモンドにおける光子・電子・核子の量子もつれと量子通信応用」, 日本学術振興会「先端ナノデバイス・材料テクノロジー」第 151 委員会第二回研究会, (理研, 2016 年 7 月 28 日)
- ◆ 小坂英男, 「光子・電子・核子スピン量子もつれエンジニアリング」, 新学術領域ハイブリッド量子科学第 3 回領域会議, (東京理科大神楽坂キャンパス, 2016 年 8 月 26 日)
- ◆ (招待講演) 小坂英男, 「量子もつれネットワークのための量子クラウドメモリーシミュレーション」, ポスト「京」萌芽的課題「基礎科学の挑戦—複合・マルチスケール問題を通じた極限の探求」キックオフミーティング, (東北大学金属材料研究所講堂, 2016 年 9 月 9 日)

- ◆小坂英男, ポスト京コンピュータ萌芽的課題①サブ課題D「量子力学と情報」研究会, (東京大学柏の葉キャンパス, 2016年10月5日)
- ◆(招待講演)小坂英男, Quantum teleportation-based deterministic repeater, 「日英 Quantum Communication Workshop Series III」, (駐日英国大使館、2016年10月13日)
- ◆(招待講演)小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心の光物性と量子情報応用」, 「放射物理学講座百周年記念 光物性シンポジウム」, (京都大学 益川ホール, 2016年11月26日)
- ◆(招待講演)小坂英男, 「量子情報物理と光物性—光子で操る電子と核子の量子もつれ」, 第27回光物性研究会, (神戸大学 百年記念会館, 2016年12月3日)
- ◆(招待講演)小坂英男, 「量子通信技術の最前線」 「量子テレポーテーションとその通信応用」, 応用物理学会 応用電子物性分科会 研究例会, (首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス, 2016年12月6日)
- ◆(招待講演)小坂英男, 新学術領域「量子の基礎」勉強会「量子情報における測定とは」, (東大駒場キャンパス 生産技術研究所 An 棟 4F の中セミナー室 1, 2017年2月3日)
- ◆小坂英男, “Quantum entanglement engineering between a photon, an electron and a nucleon”, 新学術領域ハイブリッド量子科学_第4回領域会議, (理研, 2017年2月28日)
- ◆*新関和哉, 池田幸平, 堀切智之, 小坂英男, “Bow-tie cavity を用いた通信波長狭線幅 2 光子源の開発”, 第12回ナノテク交流シンポジウム, N17, (横浜市立大学 金沢八景島キャンパス, 2017年3月7日)
- ◆*田村秀平, 池田幸平, 堀切智之, 小坂英男, “ダイヤモンド量子間をつなぐ2段階波長変換”, 第12回ナノテク交流シンポジウム, N19, (横浜市立大学 金沢八景島キャンパス, 2017年3月7日)
- ◆*延與梨世, 中村孝秋, 加納浩輝, 黒岩良太, 佐藤恒司, 関口雄平, 小坂英男, “NV 中心における電子・核子もつれ状態のシングルショット”, 第12回ナノテク交流シンポジウム, N39, (横浜市立大学 金沢八景島キャンパス, 2017年3月7日)
- ◆*加納浩輝, 黒岩良太, “光子からダイヤモンド核子への量子テレポーテーション転写”, 第12回ナノテク交流シンポジウム, N40, (横浜市立大学 金沢八景島キャンパス, 2017年3月7日)
- ◆*長田昂大, 石田直輝, 倉見谷航洋, 佐藤恒司, 関口雄平, 小坂英男, “ダイヤモンド NV 中心におけるマイクロ波偏光を用いた幾何学的量子もつれ操作”, 第12回ナノテク交流シンポジウム, N55, (横浜市立大学 金沢八景島キャンパス, 2017年3月7日)

(学内研究会)

該当なし

9. 特許

該当なし