

# 量子情報物理学（小坂）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：

- ・ 工学研究院 研究企画経営会議委員
- ・ 先端科学高等研究院 量子情報ユニット主任研究者（2018年5月1日～現在に至る）
- ・ 量子情報研究センター センター長（2020年10月1日～現在に至る）
- ・ 先端科学高等研究院 運営委員

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（2005年4月～現在に至る）
- ・ 文部科学省 審査専門委員会委員（2012年4月～現在に至る）
- ・ 文部科学省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP） 量子計測・量子生命 アドバイザリーボード（2018年5月25日～現在に至る）
- ・ 量子インターネットタスクフォース アドバイザリーボード（2019年5月～現在に至る）
- ・ 内閣府 量子技術イノベーション戦略 有識者（2019年10月1日～現在に至る）
- ・ 一般社団法人 量子ICTフォーラム 量子鍵配送技術推進委員（2020年9月～現在に至る）
- ・ 国立研究開発法人 情報通信研究機構（NICT） 実行委員・NICT 量子人材育成講師（2020年9月～現在に至る）
- ・ （社） 応用物理学会 量子情報工学研究会 代表（2021年1月1日～現在に至る）

## 2. 研究テーマ

当研究室では、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量子情報セキュリティ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た研究開発を行っている。2020年度には具体的には、

1. 量子コンピュータの開発に向け、ダイヤモンド NV 中心を用いた万能ホロノミック量子計算、単一事象量子読み出し、ショーアの量子誤り訂正などを、超伝導量子コンピュータと融合が可能な完全ゼロ磁場で実現した。本研究は、誤り耐性を有する分散型量子コンピュータネットワークを構築する量子インターフェースの開発に貢献する。（ムーンショット型研究開発事業のプロジェクトマネージャーに就任し、研究代表者（兼）として本年度から研究を開始）
2. 量子通信の長距離化に向け、ダイヤモンド NV 中心を用いた量子テレポーテーションの原理

による単一光子から炭素核スピン量子メモリへのマルチモード量子状態転写、完全ベル測定、量子メモリの幾何学的デカップリングによる長寿命化などを完全ゼロ磁場で実現した。本研究は、量子もつれを利用する量子通信の距離を飛躍的に延長する量子中継器の開発に貢献する。（総務省委託事業の量子中継技術サブ課題のとりまとめ機関研究責任者（兼）として採択され本年度から研究開始）

3. 量子ストレージの開発に向け、ダイヤモンド NV 中心による集積量子メモリの個別量子操作、個別量子書き込み、個別量子読み出しを可能とする光シユタルク量子操作の原理実証に成功した。（科研費基盤 S 第二期課題が研究代表者として採択され本年度から研究開始）を行った。

#### 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) 科学技術振興機構（JST）のムーンショット型研究開発事業の目標 6「2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現」について、プロジェクトマネージャー 兼 課題推進者に採択された。
- 2) 総務省委託事業「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」に参画し、「量子中継技術」の課題について、とりまとめ機関代表研究者 兼 分担研究者として共同研究機関（※）とともに研究開発を開始した。  
※横浜国立大学、株式会社東芝、古河電気工業株式会社、東京大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所（AIST）、国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）
- 3) 先端科学高等研究院に量子情報研究センターが設立され、センター長に就任した。
- 4) 応用物理学会 量子情報工学研究会 代表に就任した。
- 5) 一般社団法人 量子 ICT フォーラム 量子鍵配送技術推進委員に就任した。
- 6) 国立研究開発法人 NICT Quantum Camp 推進委員 兼 実行委員に就任した。
- 7) 「だれにでもできるラジオの製作」記念特大号に記事が掲載された。
- 8) 日本物理学会誌に「ダイヤモンド中のスピン量子ビットに対する幾何学的量子ゲート」が掲載された。
- 9) 横浜国立大学 研究推進機構の「研究者紹介パンフレット」に研究活動が紹介された。
- 10) 横浜国立大学 研究推進機構の「YNUの研究力」に記事「ダイヤモンドへの量子テレポーテーション-絶対安全な量子インターネットの構築へ向けて」が掲載された。
- 11) 「先端科学高等研究院に2つの新しい研究センターを設立」が横浜国立大学プレスリリースに掲載された。

#### 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
4	7	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
4	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
0	8	5	0

##### ・学生の受けた表彰・助成金

[1] 若松恵大, 理工学部学業優秀者表彰 (横浜国立大学), 2021年3月25日

[2] レイエス ラウスティン, 日本物理学会学生優秀発表賞受賞 (2020年秋季大会) (横浜国立大学), 2020年10月10日

#### 5. 国際交流

##### ・海外派遣

該当なし

##### ・海外招聘

該当なし

##### ・海外国際会議参加発表数

該当なし

#### 6. 外部資金

##### ・科学研究費

###### ◆基盤研究(S) 研究代表者

研究課題名: ダイヤモンド量子ストレージにおける万能量子メディア変換技術の研究

助成額: 2020年度分 27,950千円、総額 167,440千円

助成期間: 2020年度~2024年度

###### ◆挑戦的研究(開拓) 研究代表者

研究課題名: ダイヤモンド量子コンピュータへ向けた光シフト制御万能ホロノミック量子ゲ

ート

助成額： 2020 年度分 9,750 千円、総額 25,870 千円

助成期間：2019 年度～2021 年度

・一般財団助成・奨学寄付金

該当なし

・受託・共同研究

◆JST CREST 量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出・研究代表者

研究課題名：ダイヤモンド量子セキュリティ

交付額：2020 年度分 69,550 千円、総額 284,960 千円

研究期間：2017 年度～2022 年度

◆総務省委託事業「グローバル量子暗号通信網構築のための研究開発」

課題Ⅲ「量子中継技術」プログラムマネージャー 兼 研究課題推進者

研究課題名：課題Ⅲ「量子中継技術」

交付額：2020 年度分 145,000 千円、総額 725,000 千円

研究期間：2020 年度～2024 年度

◆ムーンショット型研究開発事業 プロジェクトマネージャー 兼 研究課題推進者

研究課題名：量子計算網構築のための量子インターフェース開発

交付額：2020 年度分 9,799 千円、総額 784,994 千円

研究期間：2020 年度～2025 年度

・海外渡航費

該当無し

## 7. 公表論文

### ・査読付原著論文

該当無し

### ・国際会議プロシーディングス

該当無し

### ・解説

- [1] 小坂英男, だれにでもできるラジオの製作 記念特大号「未来を拓く量子コンピュータと量子通信」, 2020年9月
- [2] 小坂英男, 日本物理学会誌第75巻第11号「ダイヤモンド中のスピン量子ビットに対する幾何学的量子ゲート」, 2020年11月

### ・著書

該当無し

### ・その他

- [1] 小坂英男, 「ダイヤモンドへの量子テレポーテーション-絶対安全な量子インターネットの構築へ向けて」, YNU Research 013, 2020年5月13日
- [2] 小坂英男, 「量子暗号通信に関する総務省の研究開発委託事業への提案が採択」, 古河電気工業株式会社ニュースリリース, 毎日新聞プレスリリース, 2020年6月22日,
- [3] 小坂英男, 「グローバル規模の量子暗号通信網構築を進める総務省研究開発委託事業を開始」, 株式会社東芝プレスリリース, 日本経済新聞プレスリリース, 2020年7月29日
- [4] 小坂英男, 「ムーンショット型研究開発制度のプロジェクトマネージャー (PM) に採択」, 内閣府・国立研究開発法人科学技術振興機構, 2020年9月18日
- [5] 小坂英男, 「先端科学高等研究院に2つの新しい研究センターを設立」, 横浜国立大学プレスリリース, 2020年10月21日

## 8. 国際会議・学会・研究会発表

### ・国際会議発表

該当無し

## ・学会発表

- [1] 松下和生, 川崎愛大, 加納浩輝, 関口雄平, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心における光シュタルクシフトによる選択的ホロノミック量子ゲート」, 日本物理学会 2020 年秋季大会, 11pA2-10,(オンライン,2020 年 9 月 11 日)
- [2] レイエス ラウステイン, 川崎愛大, 松田一泰, 関口雄平, 加藤宙光, 牧野俊晴, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV スピンの高忠実度ホロノミック量子ゲート,日本物理学会 2020 年秋季大会, 11pA2-9,(オンライン, 2020 年 9 月 11 日)
- [3] 三賢洸介, 若松恵大, 川崎愛大, 関口雄平, 小坂英男, 「一方向量子中継に向けた幾何学量子ビットの完全ベル測定, 日本物理学会 2020 年秋季大会, 11pA2-11,(オンライン, 2020 年 9 月 11 日)
- [4] 奥村皐月,三賢洸介, 関口雄平, 小坂英男, 「発光吸収型量子中継器プロトコルのビットレート向上に向けた検討, 日本物理学会 2020 年秋季大会, 11pA2-12,(オンライン, 2020 年 9 月 11 日)
- [5] 中里隆也, レイエス ラウステイン, 今池伸晃, 松田一泰, 関口雄平, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心における炭素核スピン量子メモリの完全ベル測定」, 2020 年 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 10p-Z21-9,(オンライン, 2020 年 9 月 10 日)
- [6] 若松恵大, 三賢洸介, 川崎愛大, 関口雄平, 小坂英男, 「最小数の量子メモリを用いた量子中継に向けた幾何学量子ビットの完全ベル測定」, 2020 年 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 10p-Z21-10,(オンライン, 2020 年 9 月 10 日)
- [7] レイエス ラウステイン, 中里隆也, 関口雄平, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心における核スピン量子メモリの量子誤り訂正 II」, 日本物理学会第 76 回年年次大会 (2021 年,(オンライン,2021 年 3 月 12 日)
- [8] 中里隆也, 倉下滉平, 関口雄平, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心における光子から炭素核スピンへの伝令付き量子テレポーテーション転写, 日本物理学会第 76 回年年次大会 (2021 年,(オンライン, 2021 年 3 月 12 日)

## ・研究会発表・セミナーや講演会

### (学外研究会)

- [1] 小坂英男, 「量子通信とフォトニクス」, 応用物理学会 フォトニクス分科会ミニセミナー(オンライン, 2020 年 12 月 11 日) (招待講演)
- [2] 小坂 英男, 「量子コンピュータ」「量子通信」の次に来る、「量子中継ネットワーク」, NICT Quantum Camp(NQC), (オンライン, 2020 年 12 月 12 日), (招待講演)
- [3] 小坂英男, 「量子通信、量子計算、量子コンピュータネットワークへ向けて Quantum communication and quantum computation toward quantum computer network」, ソニーミニセミナー(ソニー株式会社 R&D センター 先端研究部, 2021 年 1 月 19 日) (招待講演)

- [4] 奥村皐月, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心を用いた発光吸収型量子中継器プロトコルによるビットレート向上に関する研究」, 量子インターネットタスクフォース講演会, (オンライン, 2021 年 3 月 2 日)
- [5] 小坂 英男, 「量子インターネットへ向けた量子中継ネットワーク(招待講演)」, 電子情報通信学会 通信方式 (CS) 研究会「量子情報処理の新展開」, (オンライン, 2021 年 3 月 10 日), (招待講演)
- [6] 小坂 英男, 「ムーンショット目標 6 キックオフシンポジウム」, 「量子計算網構築のための量子インターフェース開発」, (オンライン, 2021 年 3 月 11 日)
- [7] 小坂 英男, 「量子インターネットへ向けた量子メモリを用いた量子中継技術の現状と展望」, 応用物理学微小光学研究会, (オンライン, 2021 年 3 月 23 日),
- [8] 若松恵大, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心を用いた幾何学量子ビットの完全ベル測定」, 第 29 回関東量子情報 Student Chapter 研究会, (オンライン, 2021 年 3 月 24 日)
- [9] 奥村皐月, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心を用いた発光吸収型量子中継器プロトコルによるビットレート向上に関する研究」, 第 29 回関東量子情報 Student Chapter 研究会, (オンライン, 2021 年 3 月 24 日)
- [10] 三賢洗介, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心における軌道励起状態操作を用いたもつれ発光に関する研究」, 第 29 回関東量子情報 Student Chapter 研究会, (オンライン, 2021 年 3 月 24 日)
- [11] 山本萌生, 小坂英男, 「ダイヤモンド NV 中心における音響光学素子を用いた選択的量子操作に向けた研究」, 第 29 回関東量子情報 Student Chapter 研究会, (オンライン, 2021 年 3 月 24 日)

(学内研究会)

該当なし

9. 特許

概要なし