2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2023 年度採択　Top のための ASPIRE　量子分野】

【研究課題名】
重力波天文学のための量子制御技術

研究代表者：
宗宮 健太郎（東京科学大学 教授）

主たる共同研究者：
安東 正樹（東京大学 教授）

相手側研究代表者：
デービッド マクレラン（オーストラリア国立大学 教授）
チュノン ジャオ（西オーストラリア大学 准教授）

1. 研究進捗状況と成果

本研究は kHz 帯の重力波の観測に有効な新しい量子制御技術の開発を目標としている。重力波とはブラックホール連星の合体などで生じる時空のさざ波である。これまで 400 を超える観測例が報告されているが、観測帯域を数 kHz まで拡張できればハイパー中性子星など新しい物理の知見を得ることができる。この帯域の感度は光の量子雑音で制限されている。量子制御技術を導入し、感度を向上することが本研究の目的である。

高周波の感度向上に必要な技術は、ハイパワー化対応、量子制御、量子センサの開発、の 3 つである。ハイパワー化に関する成果は、非一様複屈折性の測定技術および補償技術の開発である。冷却するために結晶鏡を用いると結晶の非一様複屈折が問題となる。我々は液晶を使った高速複屈折測定システムの開発に成功し、Optics Express 誌にその成果を発表した[1]。また、非一様複屈折がもたらす悪影響を軽減するための新しい制御法開発も実施し、CQG 誌にてその成果を発表した[5]。

量子制御に関する主要な成果は、量子テレポーテーション実験の立ち上げである。2025 年度はアリスとビクターに周波数依存性を導入する試験共振器の特性評価などを実施した。また、Phase sensitive amplifier の開発を行い、日豪共著の実験論文を Physical Review Letter 誌より発表した[7]。

量子センサ開発に関する主要な成果は、グラファイト粒子を石英でコーティングした複合材を用いた量子センサに関し、従来よりもさらに小さな粒子での製作と大気圧下での安定的浮上に成功したことである。量子限界突破に挑むための準備として大きな成果である[8]。

2025 年度は日本から豪州へおよそ 1000 人日の、豪州から日本へおよそ 500 人日の招聘があった。若手の訪問はどちらも全体のおよそ 50%強であった。女性研究者は日本からの訪問が 9%で日本への招聘が 36%であり、いずれも前年度よりも大きく上昇している。また、若手研究者の中期・長期の豪州滞在が増えた。科学大の大学院生 1 名が 8 月から半年間 ANU に滞在し、さらに 9 月から 11 月にかけて 4 名の大学院生と 2 名のポスドク研究者が ANU にて 1〜2 か月の滞在研究を実施した。また、招聘に関しても UWA と Monash 大学から計 5 名の大学院生・ポスドク研究者が科学大や東大にて滞在研究を実施した。

2. 代表的な成果事例

[1] S.Singh et al., Opt.Express, **33**, 17462 (2025)

[2] Y.Nishino et al., Phys.Rev.A, **112**, 023512 (2025)

[3] Y.Nishino et al., npj Quantum Inf., **11**, 168 (2025)

[4] Y.Nishino, Phys.Rev.D, **112**, 122004 (2025)

[5] D.Haba et al., Class.Quantum Grav. 43, 015017 (2025)

[6] K.Suzuki et al., Opt.Express, **33**, 40026 (2025)

[7] K.Kwan et al., Phys.Rev.Lett. 136, 123601 (2026)

[8] Y.Liu et al., 113, 022002 (2026)