

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型
年次報告書

平成 29 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：上妻 幹旺]

[国立大学法人 東京工業大学 科学技術創成研究院 量子航法研究ユニット・教授]

[研究開発課題名：冷却原子・イオンを用いた高性能ジャイロスコープの開発]

実施期間：令和4年4月1日～令和5年3月31日

§ 1. 研究開発実施体制

(1) 東京工業大学グループ(東京工業大学)

- ① 研究開発代表者(PM): 上妻 幹旺(東京工業大学 科学技術創成研究院・教授)
- ② 主たる共同研究者(PI): 佐藤 智哉(東京工業大学 科学技術創成研究院・特任准教授)
- ③ 研究項目
 - ・原子ビームジャイロ型自己位置推定装置の実証機試作
 - ・高性能自己位置推定装置に関する社会実装の開拓

(2) 大阪大学グループ(大阪大学)

- ① 主たる共同研究者(PI): 向山 敬
(大阪大学 基礎工学研究科・教授、2023 年度 4 月 1 日より東京工業大学 理学院・教授)
- ② 研究項目
 - ・イオントラップジャイロ型自己位置推定装置の実証機試作

(3) 日本航空電子工業グループ(日本航空電子工業株式会社)

- ① 主たる共同研究者(PI): 吉良 敦史(日本航空電子工業株式会社・技術シニアマネージャー)
- ② 研究項目
 - ・原子ビーム型ならびにイオントラップ型干渉計を用いたジャイロスコープの小型化
ならびに制御技術開発
 - ・回転型重力勾配計の試作

§ 2. 研究開発成果の概要

我々はアルカリ原子 (Rb)、アルカリ土類様原子 (Yb)、そしてイオン (Yb⁺) を用いた 3 種類の物質波干渉型ジャイロスコープについて研究開発を進めている。中性原子を用いた原子波干渉型ジャイロについては、「レーザー冷却とプッシュ光を用いた低速原子ビーム生成」、「2 次元冷却によるプッシュ光と原子ビームの空間分離」、「3 次元冷却によるダイナミックレンジの拡張」といった最新技術の開発をおし AUV や船舶への搭載に必要な仕様を満たすことに成功してきた。本年度は新たな発明を通し、上記した複数の技術コンポーネントを使わずに簡易なシステムによって必要な仕様を満たせることを理論・実験両面で明らかにした。これにより原子波干渉型ジャイロの社会実装が加速されることが期待される。またこの方法がアルカリ原子だけでなくアルカリ土類様原子にも適用できることを詳らかにした。冷却された単一イオンを対象とした研究については、ジャイロ動作を世界で初めて実験的に実証することに成功した。昨年実証した「トラップ中心の高速移動技術」に加え、ジャイロスコープのスケールファクタを桁で増大させる新たな発明を行うことに成功したため、今後、感度が急速に向上することが期待される。重力勾配計については回転構造等の見直しを図ることで昨年比に数倍の性能向上を実現し、事業が目標とする感度まであと 1 桁のところまで到達した。要素技術である加速度計も含め、性能向上

を達成するために必要な技術の洗い出しも完了した。上記に加え今年度は、開発している高性能量子ジャイロ、重力勾配計、高性能慣性航法装置について、特許分析、応用市場予測、産業構造にかかわる調査、市場規模調査を行った。

【代表的な原著論文情報】

[1] "Ion trap frequency measurement from fluorescence dynamics", K. Saito, R. Saito, T. Mukaiyama, *Journal of Applied Physics* **132**, 094401 (2022).

[2] "High-flux cold ytterbium atomic beam source using two-dimensional laser cooling with intercombination transition", Toshiyuki Hosoya, Ryotaro Inoue, Tomoya Sato, Mikio Kozuma, *Optics Communications* **528**, 129048 (2023).

[3] "Development of a 671 nm injection-locked CW Ti:sapphire laser", Yoko Yamamoto, Ryoichi Saito, and Takashi Mukaiyama, *Optics Continuum* **2**, 441 (2023).