

未来社会創造事業（大規模プロジェクト型）
終了報告書

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 : 平成 29 年 11 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(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): 向山 敬 (東京工業大学 理学院・教授)
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
 - ・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
 - ・高性能自己位置推定装置に関する社会実装の開拓

(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、アルカリ土類様原子、そしてイオンを用いた 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きた。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とおり Autonomous Underwater Vehicle (AUV) への搭載に必要な仕様を満たすことに成功した。これに加え、更に全く新しい発明をとおり、上記した複数の技術コンポーネントを使わずに必要な仕様を満たせることを理論・実験の両面で明らかにすることに成功し、原子波干渉型ジャイロを社会実装する道を明確なものとした。なお当該手法はアルカリ原子だけでなくアルカリ土類様原子に対しても適用が可能である。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。「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ーを桁で増大させる新たな発明を行うことに成功し、今後、感度が急速に向上していくことが期待される。重力勾配計については、錘によって発生させた重力勾配を開発した装置を使って検知するとともに、回転構造や加速度計の雑音を低減することで、超精密航法に必要な性能を得ることに成功した。今後さらなる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。

【代表的な原著論文情報】

- [1] “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).
- [2] “Three-dimensional matter-wave interference of a trapped single ion”, A. Shinjo, M. Baba, K. Higashiyama, R. Saito, and T. Mukaiyama, Phys. Rev. Lett. **126**, 153604 (2021).
- [3] "Generation of a single ion large oscillator", R. Saito and T. Mukaiyama, Phys. Rev. A **104**, 053114 (2021).