

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型  
年次報告書

令和2年度  
研究開発年次報告書

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・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2年4月1日～令和3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 理学院 物理学系・教授)
- ② 主たる共同研究者(PI): 井上 遼太郎(東京工業大学 理学院 物理学系・特任准教授)
- ③ 研究項目
  - ・低速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)
- ② 研究項目
  - ・冷却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・技術マネージャー)
- ② 研究項目
  - ・低速原子ビーム型ならびに冷却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. 研究実施の概要

原子波干渉型ジャイロスコープを開発するにあたり、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( $Yb^+$ )の3つを起用した。2020年度、我々は高いフラックスを有する低速Rb原子ビームを磁気遮蔽された真空装置内で対向させ、3本の対向ラマン光を照射することで原子波干渉計を構築した。対向する低速原子ビームについて同時に干渉信号を取得し出力位相の差をとることで、系に加わっている加速度の影響を除去しジャイロスコープとして動作させることに成功した。原子ビーム型干渉計の加速度、角速度に対する測定ダイナミックレンジは、原子ビームの進行方向速度幅に反比例する。我々は大型船舶の加速度・角速度揺動に原理的に対応可能な速度幅を有する低速原子ビームの開発にも成功した。Yb原子を対象とした研究では、異重項間遷移を援用したレーザー冷却を施すことで、高フラックスかつ横方向の運動量幅をBragg回折に用いる光の反跳運動量の数倍にまで圧搾した低速Yb原子ビームを得ることに成功した。但し短期から長期にわたってアラン偏差を十分低減するには、横方向の運動量幅を反跳運動量以下に低減することが望ましい。我々はYbが有する長寿命の準安定状態を利用することで、これを実現する方法を提案するとともに、当該手法を実装する上で必要な超狭線幅光源の開発をおえた。イオンを用いた実験については、紫外パルスレーザーを照射することで単一 $Yb^+$ イオンを二つの波束にわけ、3次元的な運動を行かせた後、これらを再度一つの波束にまとめる干渉実験に世界で初めて成功した。重力勾配計については、4つの加速度計を円盤上に配置した装置を回転さ

せっつ各センサーの出力について雑音スペクトルを解析するとともに、複数の加速度計出力を適切に組み合わせることにより、回転台のコギング等に由来する望まない雑音信号を低減する手法を見出した。