

未来社会創造事業 大規模プロジェクト型  
年次報告書

H30 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 理学院・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：平成 30 年 4 月 1 日～平成 31 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: 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: 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
  - ・ 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: 向山 敬 (大阪大学 基礎工学研究科、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: 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
  - ・ 原子ビームならびにイオントラップ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

各種ビークルに搭載可能なジャイロスコープのうち、現行、最も高い性能を有するのは、光のサニャック効果を利用したリングレーザージャイロ(RLG)である。本プロジェクトでは、古典的な光波のかわりに、原子やイオンが有するド・ブロイ波を用いて干渉計を構築し、RLG に比べて飛躍的に高い感度を有するジャイロスコープを開発する。原子波干渉型ジャイロスコープを実験室環境下で原理実証することはもとより、これを振動や加速を伴う実使用環境下でも機能するセンサーとして実装し、さらに小型化技術を醸成することで、様々なビークルへの搭載を可能にしていく。本プロジェクトの最終段階では、開発された原子波干渉型ジャイロスコープを組み込んだ自己位置推定機器の実証機を試作する(POC)。

原子波干渉型ジャイロスコープを構成するにあたり、我々は「アルカリ原子」、「アルカリ土類様原子」、そして「イオン」の3つを起用した。これは、それぞれのサンプルが互いに相補的な性質をもつが故である。より具体的にはアルカリ原子としてRbを、アルカリ土類様原子としてYbを、そしてイオンとしてYb<sup>+</sup>を用いることにした。2018年度の研究を通し、我々はレーザー冷却を利用することで、低速度で高いフラックスを有するRb原子ビーム源を開発することに成功した。生成された低速度原子ビームに直交方向からラマン過程を誘起する一対のレーザーを2回照射することで、ラムゼー干渉信号を観測することにも成功した。Yb原子を対象とした研究では、低速度原子ビーム生成の要となるゼーマン減速、2次元冷却に成功した。さらにYb<sup>+</sup>イオンを対象とした実験については、イオントラップ系の設計・構築が終了し、主だった同位体である<sup>170</sup>, <sup>171</sup>, <sup>172</sup>, <sup>174</sup>, <sup>176</sup>Yb<sup>+</sup>のレーザー冷却、及びトラップを実現することができた。