

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 久井 裕介

学位の種類 博士(理学)

学位記番号 理工博甲第18号

学位授与年月日 令和3年3月25日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 理工学府・数物・電子情報系理工学専攻

学位論文題目 秒の再定義に向けたYb/Sr時計遷移周波数比の測定

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 洪 鋒雷
横浜国立大学 教授 武田 淳
横浜国立大学 准教授 堀切 智之
横浜国立大学 教授 片山 郁文
横浜国立大学 教授 関谷 隆夫

論文及び審査結果の要旨

令和3年1月26日(火)午後1時より学位論文発表会をZoomで開催した。また、午後2時15分より審査委員全員出席の下Zoomで審査委員会を開催した。論文の内容は以下の通りである。光格子時計は次世代の原子時計で、新しい「秒」の定義の最も有力な候補となっている。現在の秒の定義であるセシウム原子時計はおよそ10年に1桁のペースで不確かさの低減が進み、現在では約 3×10^{-16} に到達した。しかし、これ以上の不確かさの低減は困難となっている。そこで、マイクロ波を基準周波数としているセシウム原子時計の代わりに、新たに光の周波数を基準とする光時計の開発が世界各国の研究機関で進められている。本研究において、産総研・横浜国大の共同研究グループがYbとSrの2種類の光格子時計の研究を進めてきた。特に最近では長期運転可能なYb光格子時計を開発し、6か月にわたる断続的な長期運転を行い、実際にTAIに貢献した。そこで、本研究では上記の2つのマイルストーンの達成を目標にSr光格子時計の改善と不確かさの再評価、さらにYb光格子時計との時計遷移周波数比の測定を行った。さらに、準備段階として、光格子時計の不確かさの大きな要因となる光格子による光シフトの影響を低減するために用いられる、光格子レーザーの周波数安定化の方法の1つである遅延線によるオフセットロックの手法について周波数安定度の評価を行った。また、Sr・Yb光格子時計に用いられる各種レーザーの周波

数安定化と、時計レーザーの周波数計測を一度に行うための8ブランチ光周波数コムの開発を行った。これらの技術を用いて光格子時計の不確かさ低減およびロバスト化を行ってから不確かさ評価を行い、以前我々のグループで報告したよりも小さな系統不確かさを達成した。さらに、Yb/Sr 時計遷移周波数比計測においては統計不確かさを以前よりも大きく低減し、系統不確かさで制限される測定を行った。そして、国際度量衡委員会に新たな Yb/Sr 周波数比の値を報告した。これらの研究は光格子時計による秒の再定義の議論に貢献することが期待される点で評価できる。予備審査で審査委員より指摘された魔法波長、秒の再定義のマイルストーン、そして8ブランチ光コムに関する記述が不十分という点に関しても、本審査で提出された論文でしっかり補強されており、学位論文発表会でも説明している。その結果、博士学位論文として十分な内容を有しており合格と判定した。学位論文の審査における質疑応答の受け答えも良好で、博士論文に関連する分野の科目について博士(理学)の学位を得るにふさわしい学力を有すると判定した。