

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	清水 裕樹
研究機関名	北海道大学
所属部署名	大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門
役職名	教授
研究課題名	次世代「つながる」超精密光計測学構築への挑戦
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

計画 3 年目となる 2023 年度は、当初の計画書に記載のとおり研究を進めた。計画 2 年目に課題として浮上した回折角検出ユニットの感度不足に関して、数値解析計算および実験的検討による精査を行い、その原因が測定レーザ光に含まれる複数の縦モードであることを明らかにしている。この結果を受けて単一周波数レーザ光源を導入し、従来に比べ格段に高い角度検出分解能：0.002 arc-second を達成し、良好なピッチ偏差検出分解能を得ている。また、市販リニアエンコーダスケールを対象として、スケール回転運動誤差およびスケール変形の影響を低減した形態でのスケール全長に渡るピッチ偏差評価を試み、スケール全長 70 mm に渡り周期 2 mm、振幅 0.05 nm の微小ピッチ偏差検出に成功するとともに、光学式リニアエンコーダにおける変位検出誤差（ピッチ偏差の累積に相当）との比較検証によりその妥当性を検証している。さらに、本検討から派生した新たな課題として、超高分解能角度センサの開発に取り組み、世界最高レベルの角度検出分解能：0.001 arc-second（帯域 1 kHz）を実験的に達成するとともに、測定レーザ光波長よりも短いサブ μm 級ピッチを有する回折格子の格子ピッチ偏差評価実現に向けた計測原理の拡張に成功している。

また、フェムト秒レーザを用いた回折スケール格子のピッチ絶対値の高精度検出については、計画 2 年目に設計したプロトタイプ光学系を構築し、基礎特性評価を進めている。ファイバサーキュレータ導入による再帰 0 次光を利用した測定レーザ光入射角の直角度保証に取り組み、反射光スペクトル確認実験によりその有効性を確認している。なお本検討に用いるフェムト秒レーザ光源については、光増幅器および高非線形ファイバからなる波長拡大機構および波長拡大後のパルスレーザを利用した $f-2f$ 干渉計を構築して光周波数の安定化を進めている。