

革新的光科学技術を駆使した最先端科学の創出  
2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

上杉 祐貴

東北大学 多元物質科学研究所  
助教

光子－電子誘導非線形散乱による新規光学技術の創出

## 研究成果の概要

本年度は、ポンドロモーティブレンズと名付けたレーザー光による電子レンズ作用の実験的検証を目標に、要求性能を満たすレーザー装置の開発に取り組んだ。装置は超短パルスレーザー発振器、増幅器、光パルスの伸長・圧縮器、および電子銃駆動のための紫外波長変換器から成る。中心波長 1060 nm、平均出力 12 W、パルス繰り返し 10 MHz のパルスレーザー発生に成功したが、圧縮器を用いてパルス持続時間を圧縮することができず、パルス持続時間の目標値 1 ps を下回る超短パルスの発生には至らなかった。これにより十分な光ピークパワーが得られず、波長変換器における効率が 1/1,000 よりも低くなり、電子銃の駆動に用いることができなかった。その後、光パルスを圧縮ができなかった原因が発振器にあることを突き止めた。60 ps 程度の光パルス伸長を行っても波形が崩れない、分散補償された発振器を開発することで、この問題を解決できると考えている。今後、次年度の初めに早急にレーザー装置を開発して、ポンドロモーティブレンズの実証実験を実施する予定である。

本年度中に得られたその他の成果として、昨年度に執筆したポンドロモーティブレンズに関する研究論文が公開された[1]。また、本研究に関連する研究業績として、ファイバレーザーと光蓄積共振器を一体化した外部制御を必要としないフェムト秒レーザー蓄積装置の開発を、早稲田大、広島大、高エネ研のグループと取り組み、その実証に成功した[2]。また、レーザー光を空間位相変調して様々な形状に整形する技術をレーザー微細加工に転用し、ナノ薄膜をレーザー波長以下の分解能で多点パターンニング加工することに成功した[3]。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Yuuki Uesugi, Yuichi Kozawa, Shunichi Sato, Properties of electron lenses produced by ponderomotive potential with Bessel and Laguerre–Gaussian beams, *Journal of Optics* 24, 054013 (2022); DOI : 10.1088/2040-8986/ac6524
- 2) Yuya Koshihara, Seiya Otsuka, Koki Yamashita, Chikara Fukushima, Sakae Araki, Alexander Aryshev, Tsunehiko Omori, Konstantin Popov, Tohru Takahashi, Nobuhiro Terunuma, Yuuki Uesugi, Junji Urakawa, Masakazu Washio, Harmonically mode-locked laser pulse accumulation in a self-resonating optical cavity, *Optics Express* 30, 43888(2022); DOI: 10.1364/oe.472917
- 3) Yuuki Uesugi, Taito Miwa, Naohiro Kadoguchi, Yuichi Kozawa, Shunichi Sat, Multi-beam ultrafast laser processing of free-standing nanofilms, *Applied Physics A* 129, 101 (2023); DOI: 10.1007/s00339-022-06361-8