

令和 4 年 5 月 30 日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 202180219
氏名 伊知地直樹

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先: 都市名 フロリダ (国名 米国)
2. 研究課題名 (和文) : 時空間構造化表面プラズモンポラリトン波束の構築及び新規伝搬特性の実空間観測
3. 派遣期間: 令和 4 年 1 月 28 日 ~ 令和 4 年 4 月 30 日 (93 日間)
4. 派遣先機関名・部局名: University of Central Florida, The College of Optics and Photonics
5. 派遣先機関で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本プログラムでは、複数周波数成分の重ね合わせによって構成される光波束において周波数成分ごとに厳密な位相調整を行うことで無回折伝播や任意な群速度の調節などの特異な伝搬特性を得る Space-Time 波束 (ST 波束) を専門とする研究グループに参加した。本研究課題では、これまで自由空間中の光波束で実験的に実証されてきた Space-Time 波束の概念を、金属表面における自由電子の集団振動運動: 表面プラズモンポラリトン (SPP) 波束に適用させることを目的としている。SPP を励起するためのレーザーパルスにおいて周波数成分ごとの位相調整を行うことにより、通常の SPP で避けることが困難な伝搬に伴う空間的な広がりを持たない SPP 波束、ST-SPP 波束を実験的に観測する。

派遣先機関の受け入れ研究グループとは渡航以前からメールおよびオンラインミーティングを用いた共同研究を開始しており、渡航時点において最低限の要素を有した ST-SPP 波束観測用の光学系を日本において構築し、ST-SPP 波束の励起及び観測に向けた試験的な実験結果を得ていた。派遣先機関到着後には日本で取得した実験結果及び付随する数値計算の妥当性について議論を行い、原著論文の執筆、投稿を行った。

ST-SPP 波束を観測するための光学系は派遣先機関の出版した論文をもとに構築したものであるが、自由空間中を伝搬する光と金属表面の SPP では観測するための手段が大きく異なる。また、使用しているレーザーの時間幅、波長の違いや必要なレーザーの強度にも大きな差があったため、目的とする ST-SPP 波束の実空間時間分解観察のためには改良しなければならない点が多数存在した。これらの改良点の把握及び改善法の検討のため、派遣先研究機関において自由空間中の ST 波束を観測す

るための光学系を用いた実験を行った。実験を通して現光学系に追加しなければならない要素を把握し、論文を読むだけでは理解できなかった光学系の調整の仕方を学んだ。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

渡航前にメールおよびオンライン会議によって進めていた電磁界シミュレーション内容を国内・国際会議において発表済みであり[1, 2]、国際会議プロシーディングが出版されている[3]。また、日本で試験的に行った実験結果と渡航後に行った数値計算を原著論文としてまとめ、査読付き国際雑誌に投稿済みである[4]。

今後は、現地で新たに得た光学系の情報をもとに日本で光学系の改良及び実験を行う。渡航前には理解が不足しており再現ができなかった箇所、渡航して共同研究者と実物の実験装置を調整しながらの議論を通して初めて明らかになった問題点が多々存在している。本来 ST 波束は位相を伝搬特性に合わせて設計することで様々な種類の波束を構築することができる。しかし、現在試験的に構築した ST-SPP 波束観測系では、光学系の制約により、限られた種類の励起直後の空間分布のみしか観測することができていない。得られた改善点を反映させることにより、①自由度の高い伝搬特性を持つ ST-SPP 波束の励起、②時間分解観察による無回折特性および群速度の調節可能性の実験的証明、を目指す。得られた実験結果は査読付き国際会議及び国際雑誌への投稿を予定している。

1. 伊知地 直樹, Murat Yessenov, Kenneth L. Schepler, Ayman F. Abouraddy, 久保 敦, “Space-time 光波束の空間電場分布”, 第 82 回応用物理学学会秋季学術講演会 2021 年 9 月 10 日
2. Naoki Ichiji, Murat Yessenov, Kenneth L. Schepler, Ayman F. Abouraddy, Atsushi Kubo, “Propagation analysis of space-time surface plasmon polariton wave packet excited by light irradiation on nanobeam structure”, SPIE Photonics West 2022 2022 年 1 月 24 日
3. Naoki Ichiji, Murat Yessenov, Kenneth L. Schepler, Ayman F. Abouraddy, Atsushi Kubo, “Propagation analysis of space-time surface plasmon polariton wave packet excited by light irradiation on nanobeam structure”, Proceedings of SPIE 11999 1199904-1-1199904-7 2022 年 3 月 7 日
4. Naoki Ichiji, Hibiki Kikuchi, Murat Yessenov, Kenneth L. Schepler, Ayman F. Abouraddy, Atsushi Kubo, “Observation of ultrabroadband striped space-time surface plasmon polaritons”, arXiv 2022 年 2 月

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

第一に、渡航前まで論文に書かれた情報をもとに推測で埋めていた実験系の詳細な情報を実際に実験装置を用いた測定をすることで理解することができた。渡航前からメールやミーティングでの問い合わせは行っていたものの、間違って認識していた箇所やそもそも疑問に思っていなかった箇所等、実際に実験系を扱うことで初めて認識できた点が多々あった。

また、今回滞在した CREOL (college of optics and photonics) は、研究棟全体が光学実験を行う研究室で占められており、自身の専門から少し離れた箇所に疑問点がある場合には他研究室の学生や研究員に質問することが容易であった。COVID-19 の影響もあり、食堂などの利用を控える必要があったために日常会話などを英語で行う機会は想定していたよりも少なかったが、グループ内での実験結果の解釈や論文文化作業におけるミーティング、他研究室の院生との会話を通し、英語での研究議論を行う経験を得ることができた。今回の渡航期間中には博士課程学生の学位取得に向けた公聴会が数日おきに行われており、自由に聞くことができた。光学分野の様々な研究結果のプレゼンテーションや学位審査に関する質疑応答の様子は自身の発表資料を作るうえでも参考になった。

研究や論文執筆の進め方は国による差よりも個々の研究グループに依存した特色が強くなる箇所ではあるが、普段と全く異なる研究の進め方をする研究室での研究経験を得られたことは貴重な経験であった。