

平成 27 年度三重大学国際交流事業実施報告書 (学内版)

1. 申請部局

学部・研究科名等： 工学研究科

事業担当者の職・氏名： 准教授・松井龍之介

内線電話番号： 9030

電子メール： matsui@elec.mie-u.ac.jp

2. 事業の名称 (20 字以内, 別に副題を付けても良い)

西安理工大学との長期的共同研究関係の構築
～ アクティブ・テラヘルツ・メタマテリアルの共同開発 ～

3. 事業内容の別 (該当するところにチェックを入れてください。)

教職員, 学生の海外派遣 (学会やシンポジウム等の出席は除く)

海外交流機関等からの教職員, 学生の受け入れ

地域国際化支援

国際教育プログラムの開発や推進

その他

4. 事業の取組結果

(1) 事業概要 (簡潔に事業全体の概要がわかるように記述してください)

本事業では、本学工学研究科電気電子工学専攻の松井のグループと西安理工大学の陳副教授等のグループとの連携による長期的な共同研究関係の構築と深化を目的としています。松井のグループは特に有機機能性材料を活用したテラヘルツ・メタマテリアルによる新規光学素子の開発に取り組んでいます。一方で、西安理工大学材料物理化学科の趙(Zhao)教授や陳(Chen)副教授のグループは、超伝導体や強誘電体などの薄膜形成やその微細加工を得意としています。また、同大学応用物理学科の秦(Shin)教授のグループは、テラヘルツ分光やイメージング装置の開発に取り組んでいます。これらグループの連携により、それぞれの強みを活かした他に類を見ないアクティブなテラヘルツ・メタマテリアルの共同開発を長期的な視点に立って展開するとともに、相互に学生や若手研究者の交流を行ない国際性豊かな研究人材を育成します。また、本共同研究プロジェクトによる外部研究資金獲得を目指します。これら目標の達成のために、まずは松井が平成27年9月2日(水)～3日(木)の日程にて西安理工大学を訪問し、セミナー講演による研究内容の紹介、研究室の見学、ならびに今後の研究計画や人的交流計画に関する打ち合わせを行ないました。

(2) 事業の背景・これまでの実績

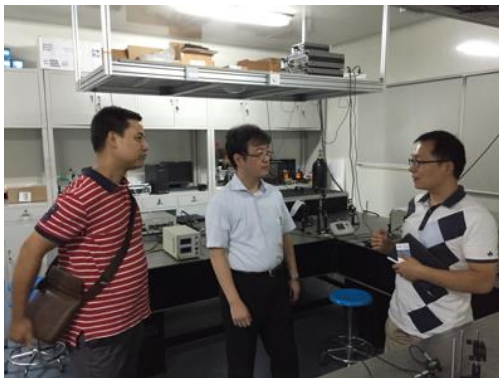
光(電磁波)の波長よりも小さなスケールで作製した光共振器構造等を構成単位として作製されるメタマテリアルと呼ばれる人工光学材料によれば、光の回折限界を超えた集光(スーパーレンズ)や透明マント(クローキング)など、従来の光学の常識では考えられなかった夢のような新規光学効果が実現可能となることから、国内外において活発に研究されています。松井のグループはこれまで導電性高分子などの有機機能性材料によるテラヘルツ・メタマテリアルに関する研究に取り組んできました。学外の研究グループとの連携にも積極的に取り組んできており、大阪大学のグループとの連携では、有機半導体薄膜と無機半導体との複合系による高効率なテラヘルツの光変調素子を実現しました(T. Matsui *et al.*, Opt. Lett. (2013))。オーストラリア国立大学のグループとの連携では、導電性高分子アクチュエーターを活用したテラヘルツやマイクロ波の変調素子を実現しました(T. Matsui *et al.*, Adv. Opt. Mater. (2015))。これまでの共同研究を契機として、日本学術振興会の二国間交流事業・オープンパートナーシップ共同研究(「導電性高分子アクチュエーターによる動的メタマテリアルの開発」、H27-29年度、相手国:オーストラリア)に採択され、共同研究を継続しています。また、日本学術振興会・日本工学アカデミー・豪州理工学アカデミーによる日豪若手研究者交流促進事業の第4回派遣研究者として松井が選抜されるなど、さまざまな形で実を結んでいます。

一方で、趙教授や陳副教授のグループは超伝導体や強誘電体などの薄膜形成やその微細加工を得意としています。特に、光化学ゾル-ゲル法(photochemical sol-gel method)と名付ける独自の成膜・微細加工技術を確立してきました(Y. Chen *et al.*, Supercond. Sci. Technol. (2012))。これら互いのこれまでの研究活動実績をもとに相補的に連携することで、超伝導体や強誘電体による独自性の高いテラヘルツ・メタマテリアルに関する研究が展開できるものと考えています。

陳副教授はかつて本学に博士後期課程学生として在籍しており、松井のグループとの共同研究を強く希望されています。またかつての自分と同じように、グループの学生あるいは若手研究者の本学への派遣も希望されています。西安では国外の研究機関との共同研究が推奨されており、そのための研究助成プログラムも用意されているとのこと。数年前に陳副教授より共同研究の打診を受けたのを契機に互いに連絡を取り合い、本事業実施に至っています。松井は2007年9月に西安理工大学を一度訪問しており、8年ぶりの訪問となりました。今回の訪問にあわせて、テラヘルツ技術を専門に研究されている西安理工大学応用物理学科の秦(Shin)教授のグループも紹介頂きました。

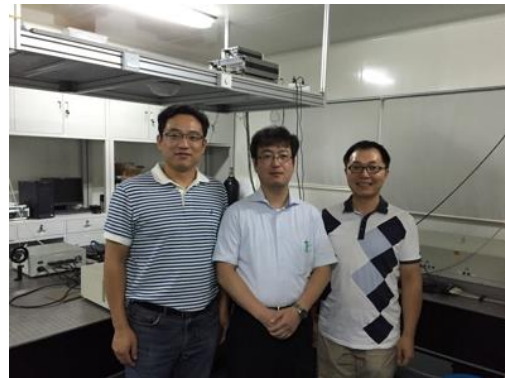
(3) 事業実施結果

訪問初日の9月2日(水)には、まずは応用物理学科の秦教授のグループを訪問し、研究室の見学を行ないました。侯(Hou)副教授および徐(Xu)副教授に実験装置を紹介頂きました。テラヘルツの分光やイメージングを専門に研究を行っているグループで、数年前から大型の研究グラントの支援を受けて研究を実施中とのことで、フェムト秒レーザーによるテラヘルツ時間領域分光光学系、ガスプラズマによる高強度テラヘルツ電磁波発生装置、現在開発中のテラヘルツイメージング装置など非常に充実した装置群を紹介頂きました。つい先日も日本から理研の研究者が訪問されたとのことでした。我々の共同研究にも協力頂けるとの快いお言葉を頂きました。



秦教授の研究室にて

(左から：陳副教授、松井、侯副教授)



秦教授の研究室にて

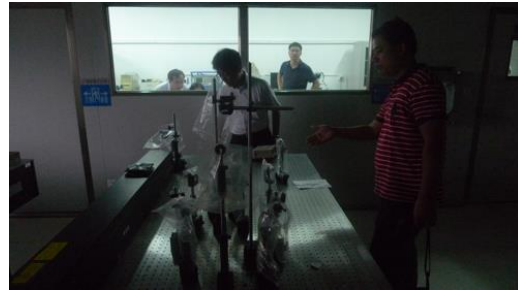
(左から：徐副教授、松井、侯副教授)

次に、材料物理化学科に場所を移して（キャンパスが異なり少し離れた位置にあります）、松井より“Active terahertz and microwave metamaterials utilizing organic π -conjugated materials”と題するセミナー講演を行ないました。内容は、メタマテリアルの基本的な概念の導入と、有機機能性材料を用いたテラヘルツ・メタマテリアルに関するこれまでの研究成果を紹介したものです。超伝導体や強誘電体を用いればどのような新規展開が可能になるか、また今後検討すべき具体的な素子構造などを議論しました。



材料物理化学科にてセミナー講演

続いて、趙教授および陳副教授の研究室を見学しました。陳副教授による自作の装置群を紹介頂き、光化学ゾルゲル法による成膜プロセスを詳細に説明頂きました。さらに素子作製に関する議論を深めました。また、超伝導体や強誘電体の物性評価装置、レーザー干渉による微細構造形成のための光学系などの紹介を受けました。



陳副教授の研究室にて

夕食時には趙教授および陳副教授のグループメンバーと会食する機会を得ました。今後の共同研究や人的交流の計画につきさらに議論を深めました。趙教授は近畿大学にて博士の学位を取得されたとのことで、日本語も堪能で充実した会食となりました。



趙教授・陳副教授のグループメンバーと会食

訪問二日目の9月3日(木)朝には、陳副教授室にてさらに詳しく光化学ゾルゲル法による成膜プロセスを紹介頂きました。さらに、今後検討すべき具体的な素子構造につき議論を深めました。また、パルスレーザー堆積装置や極低温超伝導物性特性評価装置などの説明を受けて、昼前には大学を後にしました。

陳副教授とは8年ぶりの再会となりましたが、当時は指導教員と学生という立場でしたが、今や陳副教授も教鞭をとるようになり、立派に学生を指導している姿が頼もしく思え

ました。歳も近いこともあり、お互いの職場での境遇も似通ったところも多く、有益な情報交換ができたと思います。中国におけるアカデミック環境の現状や、特に西安理工大学と他の近隣大学との大学運営システムの差異など、「まさか」と思うような話（記載は控えます）が多く聞けて大変参考になりました。

（４）事業の意義

一泊二日の強行軍ではありましたが、今回の訪問で西安理工大学の研究室を直に見学し、今後の共同研究計画の具体化に有益な視察となったと考えています。研究室の学生や若手研究員たちとも直に接し、実り多い情報交換ができました。趙教授および陳副教授からは、将来的には研究室の学生や若手研究員たちを派遣頂けるとのお申し出も頂きました。早速素子作製の検討に入られるとのことで、当面は松井が研究計画の立案と素子の設計を担当し、西安理工大学側にて素子の作製、三重大学側にて素子の分光評価ならびに数値シミュレーションによるモデリング、といった分業体制にて研究を遂行していく予定です。

また、陳副教授を通じて秦教授のグループを紹介頂けたことは思わぬ収穫になりました。将来的には秦教授のグループをも巻き込んだ大きな共同研究プロジェクトに発展できればと期待しています。

（５）事業の発展性

上述のように早速素子の作製に入られるとのことで、長期的な共同研究関係の構築に向けて上々の滑り出しであると考えています。超伝導体や強誘電体によるテラヘルツ・メタマテリアルに関する研究はまだ未開拓の研究領域であり、独自性の高い研究が展開できるものと考えています。陳副教授は、本共同研究プロジェクトにて研究助成プログラムへの応募の準備を進められるとのことです。松井側も、日本学術振興会の二国間交流事業などを始めとした共同研究助成プログラムへの応募を検討する予定です。これら共同研究を通して相互に若手研究者を派遣するなど、人的交流も積極的に行なう計画です。

（６）中期目標・中期計画における位置づけ

2. 外国人受入れと学生、教職員の派遣

留学生、外国人研究者の受け入れ体制及び学生、教職員の海外派遣制度を整備し、充実を図る。

（７）その他

なし。