

村川二郎基金  
氏名 白杵

長期在外研究報告  
深 所属 機械工学科

職名 准教授

## はじめに

2015年8月から2016年8月まで約1年間にわたってカリフォルニア工科大学で在外研究に取り組みました。その間、Department of Electrical EngineeringのBiophotonics Laboratoryに受け入れていただきました。Biophotonics Laboratoryは、Moore研究棟（Intel社の創始者の名前を冠した建物）に在り、Changhui Yang教授を研究責任者として、マネージャー、ポスドク、大学院生、訪問研究者など、合計10数名ほどで構成されています。比較的小さい研究室ですが、世界に先駆けた魅力ある研究トピックにあふれていました。とりわけ、デジタル光位相共役技術のパイオニアとして散乱体（生体）内深部のイメージングの研究について数々の有名ジャーナルに成果を発表されています。他にも、コンピュータショナルマイクロコピー（計算機援用顕微鏡）について活発に取り組んでいて、近年Fourier Ptychographic Microscopyという新しい超解像顕微鏡を発表して実用化しています。

## 取り組んだ研究テーマ①

「2光子励起による蛍光をガイドスターとした光位相共役による散乱媒質内深部イメージング」

デジタル光位相共役技術による散乱体内部イメージングの空間分解能はガイドスターの大きさで決まります。先鋭プローブを挿入して内視鏡観察する方法もありますが生体にダメージがあります。また、ガイドスターとして微粒子を内部に埋め込む方法も考えられますが、これもダメージの他に様々な困難を伴います。非破壊の方法として超音波スポットをガイドスターとして利用し、光の周波数変調を検出する方法が考案されました。深さ数ミリというイメージングが実現可能な反面、空間分解能は超音波の波長で決まるため数10マイクロメートル程度が限界です。そこで、2光子励起による蛍光をガイドスターとして用いることを、ポスドクのRuan先生

と訪問研究者のTan先生と共に提案し、基礎的検討のための、2光子吸収顕微鏡（図1）とデジタル位相共役システム（図2）の開発を行いました。滞在期間中に検討を終えて成果をまとめることはできませんでしたが、初めて取り組む実験にワクワクしたのは学生以来のことでしたし、メーカー保証期間の終了した壊れたフェムト秒レーザー光源をマニュアルとにらめっこしながら復活させたり（図3）と、実りある経験になりました。本研究内容は、Tan先生が清華大学に、私が本学に戻ってから共同で取り組んでおり、国際共著論文の投稿を検討しています。

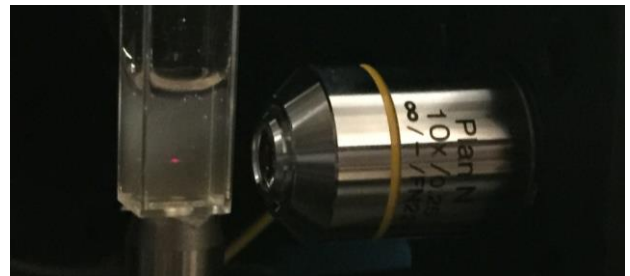


図1 2光子吸収による蛍光励起

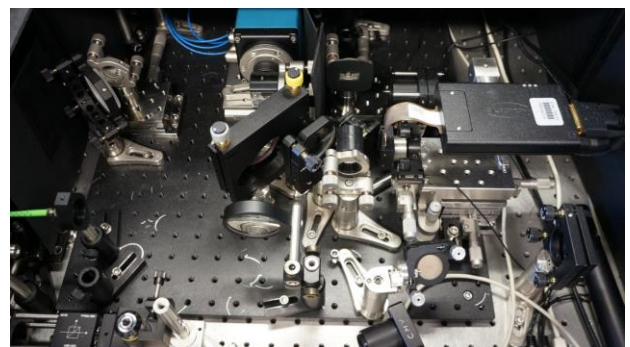


図2 デジタル位相共役システム



図3 実験風景

## 取り組んだ研究テーマ②

「FDTD法によるデジタル位相共役の散乱体内部集光性能の数値シミュレーション」

デジタル位相共役技術による散乱体内部集光は可視化することが困難で、厳密な性能検証のためには様々な散乱体試料を作成し、実験を重ねる必要があります。しかし、試料作成や光学実験も再現性の問題により信頼性のある実験結果はなかなか得られません。そこで、散乱体、光源、ガイドスター、位相検出器、空間位相変調器をモデル化し、FDTDという電磁場解析手法を用いてシミュレーションを行いました。（図4、図5、図6）帰国後も継続的に解析を行い新たな知見が得られた段階で成果発表する予定です。

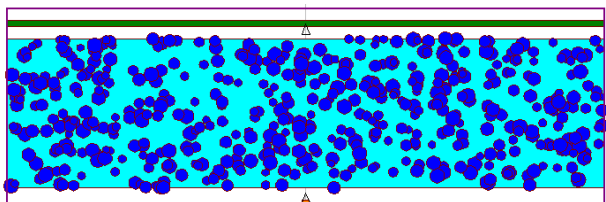


図4 散乱体モデル

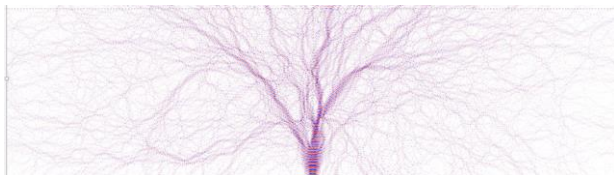


図5 光位相の記録

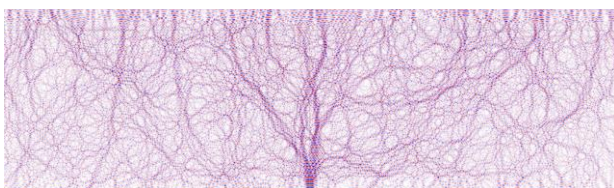


図6 位相共役光の再生

## おわりに

カリフォルニア工科大学で感じたことは、とにかく研究環境が優れているということです。学期中はほぼ毎日に行われているセミナーやシンポジウムを聴講することができます。平日は24時間、土日にも開いている図書館があり、夜中であっても学生が熱心に勉強していました。研究室のメンバーは

フレンドリーで研究のことはもちろん、私生活のことにも相談に応じてくれました。祝賀会（図7）や送別会（図8）も楽しい思い出となりました。ほとんどの研究者や学生が誇りを持って学問と対峙し、当たり前のように研究生活をエンジョイしていること、カリフォルニアの気候や風土が最高に良いということも相まって、“とても調和している”と感じました。しかし、当然全ての人がハッピーで全ての事がうまくいくというわけではありません。私が滞在した1年の間に実際に数名の学生が学位取得に至る前に研究室を離れることになりました。ポスドクはもちろん学生も研究責任者と契約していて、条件を満たせない場合、学費のサポートを含めた収入が与えられません。厳しい現実を垣間見たような気がしましたが、至極当然のことであり、研究生活における良い緊張感につながっているのだと思います。こういった事を含めて大変貴重な経験となりました。最後に、本在外研究のためにご支援をいただきました故村川二郎様、村川二郎基金関係者の方々、不在中にサポートいただきました本学工学部機械工学科の教職員の皆様に深く御礼を申し上げます。



図7 キャンパス内レストランでの祝賀会



図8 キャンパス内レストランでの送別会