

平成 30 年 7 月 14 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 200880006
氏名 高梨直人

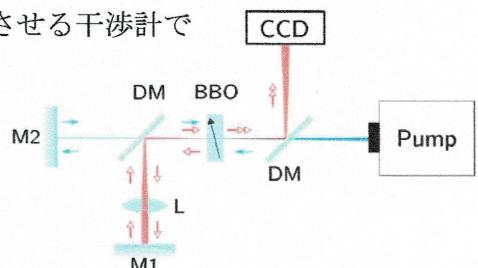
(氏名は必ず自署すること)

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 エアランゲン (国名 ドイツ)
2. 研究課題名 (和文) : 非線形光学効果を用いた干渉法と量子トモグラフィの研究
3. 派遣期間 : 平成 30 年 04 月 09 日 ~ 平成 30 年 07 月 13 日 (96 日間)
4. 受入機関名・部局名 : マックスプランク研究所・光科学研究所
5. 派遣先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)

本研究では非線形光学効果を用いて 2 波長間の干渉を発生させる干渉計である SU(1,1)干渉計の構築とその測定・解析を行った。まずその構築において、SU(1,1)干渉計においては通常 2 つの光パラメトリック変換を 2 つの非線形光学結晶から得るが、本研究では図のようなミラーを用いた折り返し構造を採用することで 1 つの非線形光学結晶のみによる SU(1,1)干渉計を実現した。また、SU(1,1)干渉計の構築ではパラメトリック変換で生じるビーム(図中赤線)は急速に広がるため、再度非線形光学結晶に入射する際の光の重なりが小さくなるという困難が存在するが、本研究ではこれを波長分離ミラー(DM)とレンズ(L)によって解消した。波長分離ミラーに関しては高い性能が要求されるため、日本から特注ミラーを輸入した。



さらにこの光学系を安定させるため、波長分離ミラーの使われていない側から異波長ビームを注入することによる位相制御系を開発した。具体的には、I 制御によるフィードバック制御を実現する電気回路を制作し、波長分離ミラーによって構成されるマイクロソン干渉計の位相制御を行った。この異波長ビームに対するマイクロソン干渉計の信号のロックポイントと SU(1,1)干渉計の出力の関係を調整するため、波長により屈折率が異なる透明物質として、角度を可変とした溶融石英を挿入した。

測定・解析に関しては、マックスプランク研究所の有する量子トモグラフィ、シュミット分解、Noise Reduction Factor の実装・計算に関する知識およびノウハウを教授していただいた。これを元に測定解析プログラムを作成し、測定による系の評価を行った。具体的には光の軌道角運動量の空間的相關の測定及び復路の非線形光学効果を用いたパラメトリックホモダイン測定を行った。これにより本研究で構築した干渉計が SU(1,1)干渉計としての挙動を示していることが確認できた。

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)

本派遣期間に行った研究内容に関しては、派遣期間の最後に Ringberg 城で行われた研究所内の合同成果発表会にて発表を行っている。本研究で構築した光学系はマックスプランク研究所内に残されており、これを用いて同研究所の学生がさらなる測定を続けている。この測定によって良いデータが得られれば対外発表が行われることとなるだろう。そのためには系の修正も必要となるであろう。本研究では光強度の空間的な相関を測定するために CCD を使用していたが、CCD を用いた場合フォトダイオードでの測定と比べ量子効率の面で著しく不利で、損失に敏感な測定を行うことが困難である。系の量子性の実証の上で重要な消光比の測定のためには CCD を高量子効率のフォトダイオードで置き換えるなければならない。こうした測定上の困難や系の変更などが本研究を引き継いで測定を行う学生にとっての今後の課題である。

SU(1,1)干渉計は実験室レベルで研究途上の分野ではあるが、理論上、従来の干渉計を凌駕する位相敏感性が得られるはずであり、これを実際の位相測定、すなわち重力は干渉計に代表されるような高精度な変位の測定に応用するための技術を確立していくことが当面のこの分野の目標となっている。

私の今後の研究の方向性としては、本研究で得た非線形光学結晶を用いた光学系のノウハウを、私の日本における研究テーマである量子光学系の導波路集積化と統合し、非線形光学材料からなる導波路を用いた波長変換とスクイージングにまず取り組む予定である。これまで線形な光学系のみを集積化していたが、導波路内で非線形光学効果を取り扱えるようになることで、量子光学系全体のスケーラブルな集積化が可能となる見込みである。

また、マックスプランク研究所では学術的な知識の他にも、世界最先端の実験環境から作業を効率化する工夫や実験のオートメーション技術を学ぶことができた。私の今後の研究では、こうした工夫を積極的に導入してよりよい実験系の構築に努めたい。

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)

本プログラムでは、様々な学術的知識やノウハウが得られただけでなく、最先端の研究環境での研究活動を行うことで自身のこれまでの研究の非効率な点に気付かされた。しかしそれら以上に自分にとって大きく感じられたのは、海外の研究者とともに研究活動に従事し、議論をし、発表をしたという経験、そしてドイツでの生活である。今日の社会では、観光資源や伝統芸能としての地域文化は残っているものの、職務や日常生活においてはどこでも同じ常識や習慣が通用するものと考えていたが、実際には想像以上の違いがあることに気付かされた。例えば話を遮って質問をされた時には驚いたが、それが海外の議論やり方であると理解し、自分も「郷に入つては郷に従え」で、海外流の議論のやり方を学んだ。また、我が国に関する誤解や偏見が多いことにも気づき、非常に危機感を感じた。こうしたことは、海外旅行をしても得られるものではなく、海外で海外の人々と共に作業をするという活動によって初めて得られるものであり、本プログラムの意義が大いに發揮されたと言えよう。

英語力に関しても、教科書や試験には出てこないものの、議論や発表の場で多用される言い回しというものをいくつも覚えることができた。実験室に籠るばかりではなく、研究所の様々な設備を利用して研究を行ったため、回路室や工作室においてそうしたスタッフとの英語での専門用語のコミュニケーション能力を鍛えることができた。

私の滞在中、研究所には週に 2 人ほどのペースで有名な研究者がゲストとして訪れ、そして実験室を訪問していた。そうした著名な研究者と話す機会に恵まれたことはとても幸運であったと思う。また、研究所内の優秀な若手研究者や学生とのコネクションを作ることができ、中には日本への研究滞在を希望している学生もあり、この人脈を大切にしていきたい。

3 か月という期間ではあったが、国際感覚を涵養する密度の濃い滞在となり、本プログラムの趣旨は大いに達成され、また自分にとっても自身を付けることのできる機会となった。