

平成 30 年 12 月 29 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 201880036

氏名 阪口淳史

(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 パリ (国名 フランス)

2. 研究課題名 (和文) : 周波数多重化量子クラスター状態に対するスペクトル分解測定の研究

3. 派遣期間 : 平成 30 年 9 月 1 日 ~ 平成 30 年 12 月 1 日 (92 日間)

4. 受入機関名・部局名 : パリ第 6 大学

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)

今回の派遣では、周波数多重化量子クラスター状態（以下、周波数クラスター状態と呼ぶ）の生成におけるポンプ光の周波数スペクトルの加工（以下、パルスシェーピングと呼ぶ）に関して実験とシミュレーションの 2 方面から研究を行った。

周波数クラスター状態は、フェムト秒オーダーの短パルス光をポンプ光としてパラメトリック下方変換により生成できる量子状態で、多数の周波数モード間に量子もつれを形成しており、スケーラブルな量子計算などのリソースとして有用であると考えられている。

先行研究として、ポンプ光をパルスシェーピングすることで、得られる周波数クラスター状態の量子もつれの強さの分布を変化させられるという理論研究があった。周波数クラスター状態を生成するための装置は、単純に強くポンプすると発振してしまうため、多モードに対して強い量子もつれを生成するためにはポンプ光のパルスシェーピングは必須である。

今回の派遣では、この理論の原理実証の第一歩として、ポンプ光を自在にパルスシェーピングができるように空間光変調器や回折格子などを用いた光学系を構築して、量子もつれの強さの指標となるスクイージングレベルを測定するセットアップを完成させ、ファーストデータを取得した。また、その実験に際して、ポンプ光をパルスシェーピングした場合のシミュレーションを行い、どのような周波数スペクトルから実験を進めるかの指針を示した。また、実際の使用には至らなかったが、周波数領域を分割して並列に測定を行う、マルチピクセル型のホモダインディテクターの設置も行った。

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)

今回、派遣先で行った研究により、パルスシェーピングしたポンプ光から周波数クラスター状態を生成することが可能になった。これにより様々な量子もつれの分布を持った周波数クラスター状態を生成できるようになると考えられる。データを再取得した後、まだ具体的な投稿先は決まっていないが派遣先の研究室と連絡を取り合いながら、論文を準備する予定である。

今後の研究の方向性としては、実験系に他の要素を加えて、様々な量子操作を可能にする予定である。具体的には、マルチピクセルホモダイン測定を導入することで、任意のガウス型操作をポストプロセシングにより実現することができる。今回の派遣中に実際に使用するまでは至らなかつたが、マルチピクセルホモダインディテクターを光学定盤上へ設置するところまで完了しており、次のステップとして準備が進んでいる。

周波数クラスターを用いた量子操作については、まだ確立された手法が存在しないが、次なる拡張としては、フォトニック結晶ファイバーによる測定周波数の広帯域化、光子引き去り操作による非ガウス型状態の生成があげられる。測定周波数の広帯域化は、パラメトリック変換により生成される周波数クラスター状態のスペクトル幅が、元のパルスレーザー光よりも広く、状態の完全な測定にはより広帯域な光が必要になるからである。また、光子引き去り操作に関しては、周波数クラスター状態とガウス型操作だけでは、古典計算でも多項式時間でシミュレーション可能な量子操作しかできないことが知られているため、光子引き去り操作によって非ガウス型の状態を導入することで、シミュレーションが容易な範囲から外れるという点で重要である。

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)

派遣先の研究室は、フランスにおいて量子光学の中心となる研究室である。本プログラムによって3か月にわたってそこに滞在したことで、研究内容についてだけでなく、幅広い知見が得られた。

研究内容については、今まで知識でしか知らなかった超短パルス光や多モードの量子状態について、実験の技法や詳しい知識を身に着けることができた。また、派遣先の研究室で行っている研究は、これまで自分が日本で行っていた研究とオーバーラップする内容が多くある一方で、周波数多重化という異なる手法を用いているため、派遣先での研究内容を深く知ることで、これまでの自分の研究内容についても、位置づけや特徴をより深く理解することができた。

量子光学という分野の国際的な雰囲気を感じることができたのも大きな収穫だった。派遣先の研究室にはフランス国内、ドイツやイギリスなどヨーロッパの国々に加え、インドや韓国出身のメンバーもあり、各国でのアカデミアの環境などを聞くことができた。また、その誰に対しても英語で会話することができ、英語のコミュニケーションツールとしての有用性を強く感じると同時に、英語でのディスカッションに対する心理的な壁が無くなった。

その他、細かなことではあるが、ビザ取得の手続きの大変さや、街中でお互いに言語があまり通じない状況でのボディランゲージでのやり取りなど、日本で生活しているだけでは学べない経験を積むことができた。