

2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業

【2023 年度採択 次世代のための ASPIRE 量子分野】

【研究課題名】

次世代高速通信に向けたテラヘルツ波量子検出の実現

研究代表者：

村手 宏輔（名古屋大学 大学院工学研究科 准教授）

主たる共同研究者：

嶺 颯太（理化学研究所 基礎特別研究員）

相手側研究代表者：

François Blanchard （École de technologie supérieure(ÉTS) Professor）

1. 研究進捗状況と成果

① 研究構想

・テラヘルツ波の時間波形のリアルタイム取得

テラヘルツ波の計測技術において、カナダ側のチームとの共同研究により、周波数情報と時間情報を同時にシングルショットで計測可能な「リアルタイム時間領域分光法」への適応を可能とした。本手法では、非線形光学結晶である LiNbO_3 を用いた波長変換技術を応用し、結像面から時間情報を、レンズによるフーリエ変換後のフーリエ面（集光点）から周波数情報をそれぞれ取得する。加えて本技術を応用することで従来はコンピューターによる後処理が必要であった短時間フーリエ変換を光学的に直接実施することが可能となった。本成果は、高感度かつ高い周波数分解能を有するリアルタイム分光に繋がる結果である。

・パルス幅とパラメトリック利得の関係観測

励起光のパルス幅がテラヘルツ波パラメトリック増幅過程に与える影響について、これまで実験的な観測が不足しており、どの程度のパルス幅で光整流からパラメトリック増幅過程へと移行するのかが不明であった。そこで、パルス幅を制御しながら増幅が観測される閾値を測定した結果、約 700 fs を超えた段階でテラヘルツ波強度の増大が確認され、パラメトリック増幅が発現し始めることが判明した。一般的に計測で多用されるフェムト秒領域においても、パルスを適切に伸長して励起光として利用することでパラメトリック利得を享受できることが示唆された。本知見は、目標とする超高感度検出の実現に向けた検出系の設計指針を与える重要な成果といえる。

② 国際頭脳循環の促進

日本側から 3 名がカナダに約 1 ヶ月滞在し、我々の検出技術の現地システムへの導入を目指した。期間中に信号増幅の観測に成功し、高感度化への基礎的知見を得た。継続的な実験に向けて 2026 年度の再渡航を計画している。一方、カナダ側からも教授と博士学生らが来日し、時間波形取得技術の日本側への導入や導波路研究において相互に知見を共有した。対外活動では、ドイツで開催された高強度テラヘルツ波発生に関するワークショップに招待され、主要研究者らと将来の共同研究に向けた議論を交わした。

2. 代表的な成果事例

【論文】

1. Mine, S., Abe, K., Nakajima, S., Nkeck, J. E., Kawase, K., Blanchard, F., Murate, K. and Otani, C., Pulse width dependence of terahertz parametric generation in the sub-picosecond regime, *Optics Letters*, **51**, 157-160 (2026).

概要：励起光のパルス幅がテラヘルツ波発生に与える影響を詳細に観測し、約 700 fs を超えるとパラメトリック増幅が発現することを見出した。超高感度検出に向けた設計指針を与える重要な知見といえる。

2. Nkeck, J. E., Gandubert, G., Lafreinière-Greig, J., Mine, S., Ropagnol, X., Murate, K., and Blanchard, F., Single-shot time-domain imaging of terahertz pulses via nonlinear optical frequency mixing, *OPTICA*, **13**, 293–296 (2026).

概要：テラヘルツ波の周波数情報と時間情報を、一回の計測で同時に取得可能な手法を開発した。光学的な処理によりリアルタイム分光を実現した。