

補助事業番号 2021M-215

補助事業名 2021年度 5fs光による広帯域fs-nsポンプ・プローブ測定装置の開発 補助事業

補助事業者名 神奈川大学 工学部 化学教室 反応機構解析研究室 岩倉いずみ

1 研究の概要

化学反応過程を可視化できれば、より合理的な新反応や新機能性材料の開発が可能になる。有機光反応には、フェムト秒 (fs: 10^{-15} 秒) 領域で進行する超高速な過程と、ピコ秒 (ps: 10^{-12} 秒) ~ ナノ秒 (ns: 10^{-9} 秒) 領域で進行する緩やかな過程が含まれる。本研究では、これらの全反応過程を同一装置で計測するために、新たに広帯域fs-nsポンプ・プローブ測定装置を構築した。

2 研究の目的と背景

化学反応過程をみようとする超高速分光の世界では、1949年に、マイクロ秒 (μs : 10^{-6} 秒) 閃光パルスを用いる時間分解計測をPorterらが報告して以来、様々な光反応が計測されてきた。有機化合物のC-C伸縮振動は約30 fs周期、C≡C伸縮振動は約15 fs周期の振動である。これらの分子振動周期よりも閃光時間が十分に短い5-fs光を用いると、化学反応に伴う分子構造変化を、分子振動の周波数変化として計測できる。本研究では、fs領域の超高速な反応遷移過程と、ps ~ ns領域の遅い反応過程とを同一装置で計測することを目指した。

3 研究内容

(1) 5fs光による広帯域fs-nsポンプ・プローブ測定装置の開発

本研究では、10 ns以上の光学遅延が可能で、リトロリフレクターを分解した構造の光学遅延路を構築した。稼働距離が500 mmの直線移動ステージ上を4往復させ、ステージ移動距離の8倍の光学遅延(最大13 ns相当)を生じさせた。レーザー光は、光学遅延路内を約4 m進む。そのため、鏡の並行度は、光学遅延路で使用する鏡で反射した光を10 m先で検出し、位置のずれから評価した。さらに、鏡とマウントとの間にアルミ箔を挿入し、楔角が $60\ \mu$ ラジアン以下になるよう、平行度を補正した。

チタンサファイアレーザー光源から発振される近赤外光(800-nm光)を、ビームスプリッターで二分し、波長変換することで、一方はポンプ光発生に、他方はプローブ光発生に用いた。ポンプ光に用いる紫外5-fs光は以下のように発生させた。光源からの800-nm光を非線形結晶(BBO結晶)に集光し、400-nm光に波長変換した。次に、発生させた400-nm光を、1.4気圧のアルゴンガスで満たしたガラス管に通し、自己位相変調により400-nm光のスペクトル帯域幅を広げ、広帯域紫外光(350~450 nm)を得た。さらに、群遅延補償鏡、及び回折格子と可変形鏡を用いるパルス時間幅圧縮系を構築し、パルス時間幅を約5 fsに圧縮することで、広帯域紫外5-fs光とした。

他方、プローブ光に用いる可視光は以下のように発生させた。光源から発振される800-nm光を、サファイア板に集光し、自己位相変調により帯域を広げ、白色光(500-750 nm)とした。次に、発生させた白色光の強度を、非共直線光パラメトリック増幅器(NOPA)により増幅した。

波長変換により得たこれらの光を用いて構築したポンプ・プローブ装置を図1に示す。遅延路を最大限に伸縮させても、プローブ光のスペクトル形状、及び強度に大きな変化がないことを確認し、構築した装置を用いて、光脱保護反応過程や、光異性化過程を計測した。

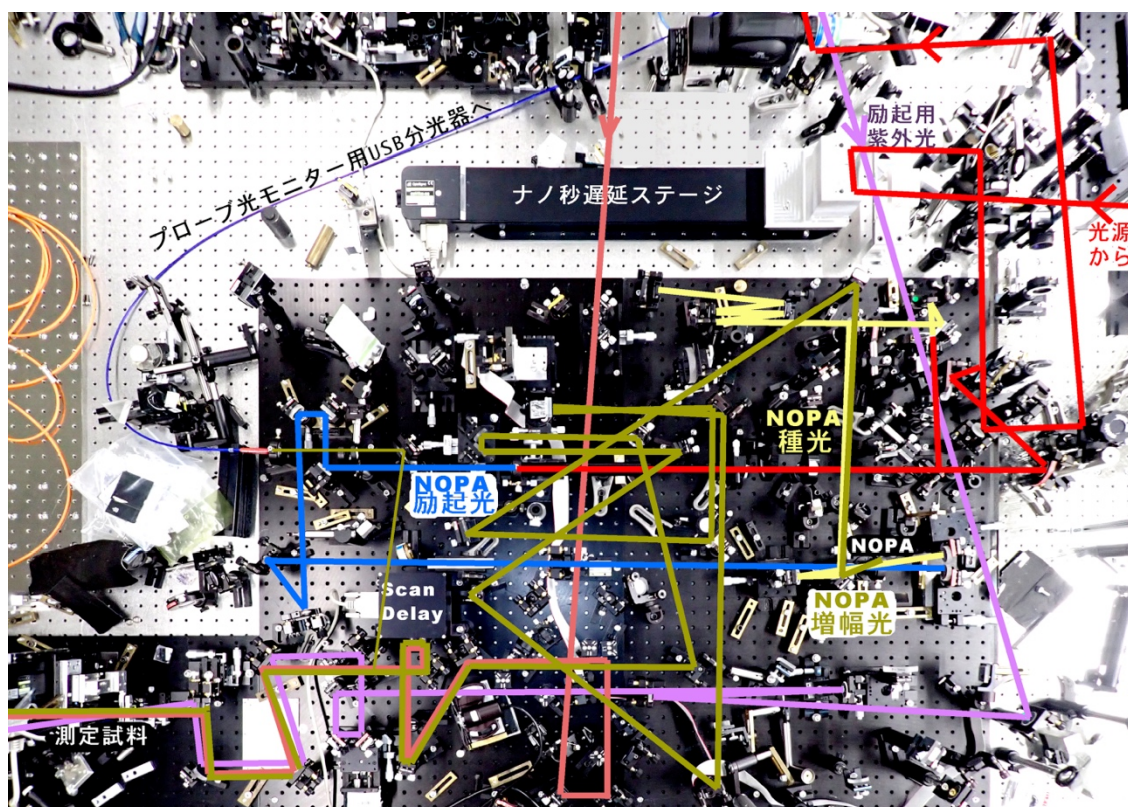


図1 構築したポンプ・プローブ装置