

チャープパルスアップコンバージョンを用いた中赤外領域の時間分解分光

Time-resolved mid-IR spectroscopy by chirped pulse upconversion

大阪大学¹, 大阪工業大学²○畑秀文^{1,2}, 中村亮介¹, 濱田格雄¹, 神村共住²Osaka University¹, Osaka Institute of Technology²○Hidefumi Hata^{1,2}, Ryosuke Nakamura¹, Norio Hamada¹, Tomosumi Kamimura²

Email: hata@laser.mls.eng.osaka-u.ac.jp

中赤外領域に存在する分子内振動の動的過程をスペクトル解析することにより、分子の構造変化、振動エネルギーフロー、また反応中間体の特定が可能となる。中赤外ポンププローブ分光において、スペクトル一括測定のために MCT アレイ検出器が主に使われているが、ピクセル数が少ないこと、熱雑音の影響を受け易いこと、また高価であるといった問題点がある。本研究では、光受容蛋白質の構造ダイナミクスを高精度に追跡することを目的として、サンプル透過後の中赤外プローブ光を可視光へと変換し、汎用の CCD 分光システムを用いて検出するチャープパルスアップコンバージョン法[1-3]の構築・評価を行った。

構築した中赤外ポンププローブ分光系を図 1 に示す。光源としてチタンサファイア再生増幅器(中心波長 806nm, パルス幅 100fs, 繰り返し 1kHz)を使用した。中赤外光(4~8 μ m, 100fs, 7 μ J)は OPA のシグナル光とアイドラー光を $A_gG_aS_2$ 結晶内で差周波混合することにより発生させて試料に照射した。この時、試料を光励起させるポンプ光は可視光または中赤外光を用いる。試料を透過した中赤外プローブ光とチャープパルス光(806nm, 150ps, 10 μ J)とを $A_gG_aG_eS_4$ 結晶($\theta=50^\circ$, $\phi=0^\circ$, 0.2mm 厚)内で混合して可視域に変換し、CCD(PIXIS100, Princeton Instruments)でスペクトルを取得した。スペクトル取り込みをレーザーの繰り返しに同期させ、さらにポンプ光に対してチョッパー(500Hz)を挿入することで、高精度測定を可能とした。

図 2 にアップコンバージョンによって得られた試料透過後の中赤外プローブスペクトルを示す。サンプルとして $Mn_2(CO)_{10}$ シクロヘキサン溶液を使用した。特徴的な 3 本の吸収ピーク(2044 cm^{-1} , 2013 cm^{-1} , 1983 cm^{-1})が見られ、これらの周波数を基準として、アップコンバージョン前後のエネルギー対応付けを行った。また、水蒸気による吸収線幅から、スペクトル分解能が 5 cm^{-1} であることが分かった。本システムにより 1400 – 2700 cm^{-1} の中赤外領域における分光測定が可能となった。講演では、本システムの詳細に加え、タンパク質溶液に対する中赤外ポンププローブ分光の結果も含めて報告する予定である。

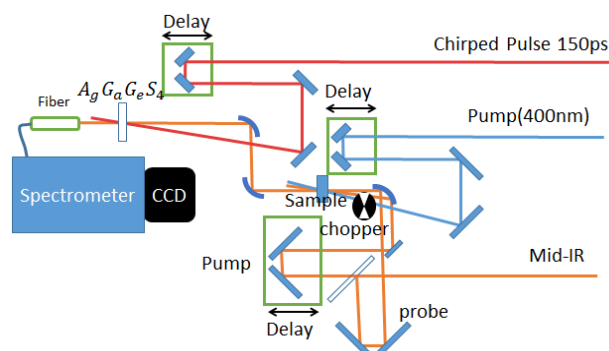


図 1. チャープパルスアップコンバージョンを用いた中赤外ポンププローブ分光計

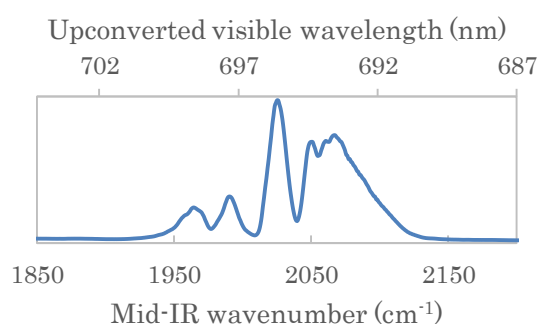


図 2. $Mn_2(CO)_{10}$ シクロヘキサン溶液透過後の中赤外プローブスペクトル

- [1] Kubarych, et al. Opt. Letters 30, 1228 (2005)
- [2] Zhu, et al. Opt Express 20, 10562 (2012)
- [3] Y. Nomura, et al. Opt. Express 21, 18249 (2013)