

6-fs パルスレーザーを用いた高速スキャン広帯域フーリエ変換 CARS 分光 Rapid-scan broadband Fourier-transform CARS spectroscopy with a 6-fs pulse laser

東大理¹, JAXA², JST さきがけ³, ◯橋本和樹^{1,2}, 大間知潤子¹, 井手口拓郎^{1,3}

UTokyo¹, JAXA², PRESTO³, ◯Kazuki Hashimoto^{1,2}, Junko Omachi¹, Takuro Ideguchi^{1,3}

E-mail: hashimoto@gono.phys.s.u-tokyo.ac.jp

ラマン分光は、分子振動を通してラベルフリーで分子の化学的性質や構造情報を得る有効な手法として様々な分野で利用されている[1]。自発ラマン分光では、振動分光において特に重要な指紋領域(500 cm^{-1} - $1,800\text{ cm}^{-1}$)と CH、NH、OH 伸縮振動領域($2,800\text{ cm}^{-1}$ - $3,600\text{ cm}^{-1}$)をカバーする広帯域スペクトルを取得することができるが、計測に時間がかかることが欠点である。一方で、近年のコヒーレントラマン分光法の発展により広帯域スペクトルの計測速度が大幅に改善され、 $1,000\text{ cm}^{-1}$ を超える帯域のラマンスペクトルを $10,000\text{ spectra/s}$ 以上のレートで計測ができるようになった[2,3]。自発ラマン分光で得られるような $3,000\text{ cm}^{-1}$ を超える広帯域ラマンスペクトルを計測できるコヒーレントラマン分光法も開発されているものの[4-6]、 $10,000\text{ spectra/s}$ 以上のレートでの計測は実現していない。

本研究では、6 fs の超短パルスモードロックレーザーを用いて高速スキャンフーリエ変換 CARS 分光を行うことで、分子の指紋領域と CH 伸縮振動領域をカバーする超広帯域ラマンスペクトルを $24,000\text{ spectra/s}$ のスキャンレート、 13.3 cm^{-1} のスペクトル分解能で取得する手法を開発した (Fig.1)。本手法を用いて4種の有機溶媒の広帯域スペクトルを計測し、原理検証を行った (Fig.2)。

開発した技術は、分子振動状態の変化を伴うサブミリ秒の時間スケールで起こる現象の追跡や、広視野の広帯域ラマン分光顕微鏡、あるいは、広帯域ラマン分光フローサイトメトリーなどへの利用が期待される。

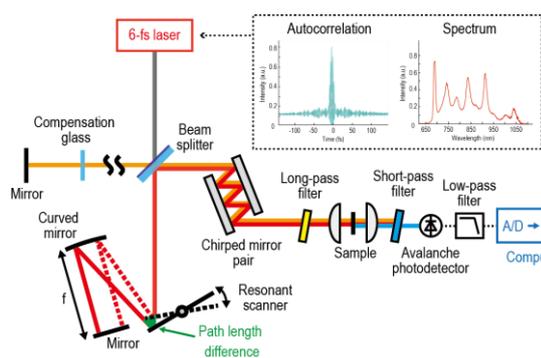


Fig. 1 Schematic of the developed system.

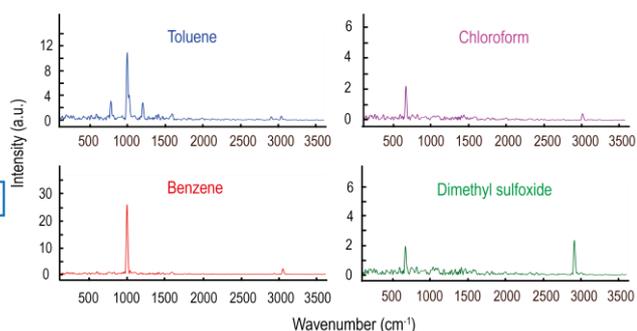


Fig. 2 FT-CARS spectra of organic solvents.

- [1] C. H. Camp Jr and M. T. Cicerone, Nat. Photonics 9, 295-305 (2015). [2] K. Hashimoto et al., Sci. Rep. 6, srep21036 (2016). [3] M. Tamamitsu et al., Vib. Spectrosc. 91, 163-169 (2017). [4] K. Isobe et al., Opt. Express 17, 11259-11266 (2009). [5] C. H. Camp et al., Nat. Photonics 8, 627-634 (2014). [6] P. L. Luo et al., FW2E.2, OSA Light, Energy, and the Environment Congress (Optical Society of America, Leipzig, Germany 2016).