

圧縮センシングを用いた時間領域コヒーレントラマン分光

Time-domain coherent Raman spectroscopy with compressive sensing

東大¹, JST さきがけ², UCLA³, 武漢大⁴ ○(M2)滝沢 繁和¹, 平松 光太郎^{1,2}, 合田 圭介^{1,3,4}

The University of Tokyo¹, JST PRESTO², UCLA³, Wuhan University⁴

○(M2)Shigekazu Takizawa¹, Kotaro Hiramatsu^{1,2}, Keisuke Goda^{1,3,4}

E-mail: takizawa@chem.s.u-tokyo.ac.jp

ラマン分光法は、測定試料の分子振動を通じて無標識で分子構造情報を得ることができるため、物性科学、生命科学において広く用いられている。近年のコヒーレントラマン分光法の開発によりラマン分光法は大幅に高感度化されたが、多種多様な生体分子を高速に測定するためにはさらなる高感度化が求められている。本研究では、時間領域コヒーレントラマン分光法 (TDRS) [1]と圧縮センシングを組み合わせることでラマン分光法の高感度化が可能であることを実証した。

TDRS では非線形分極に由来する光電場を測定するため、パルスエネルギーが大きい (=繰り返し周波数が小さい) ほど感度が高くなる。しかし、繰り返し周波数を小さくしていくとインターフェログラムの測定点の減少によるエイリアシングが生じてしまう。我々は、得られるスペクトルのスパース性を仮定して圧縮センシングを行うことでこのトレードオフを打破できると考え解析を行った。

高速走査 TDRS[1]で測定した 3,300 データ点からなるトルエンのインターフェログラム、およびそれから 15 点おきに抽出した 220 点のデータを図 1 (a)に示す。3,300 点からなるデータを従来の手法と同様にフーリエ変換すればトルエンのラマンスペクトルが得られるが、220 点からなるデータを内挿してフーリエ変換すると特に高波数領域でピークが消失してしまう(図 1(b))。一方で、ラマンスペクトルの L_1 ノルム最小化問題を解くことで、220 点のデータからでもスペクトルが復元されることを確認した (図 1 (b))。

この方法は、ラマン分光の高感度化のみならず、擬ランダムスキャン[2]と組み合わせることでラマン分光イメージングの高速化 (> 30 fps) をも可能にすると期待される。

【参考文献】 [1] Hashimoto, et al. *Sci Rep*, **6**, 21036 (2016). [2] Lin, et al. *Light Sci Appl*, **7**, 17179 (2018).

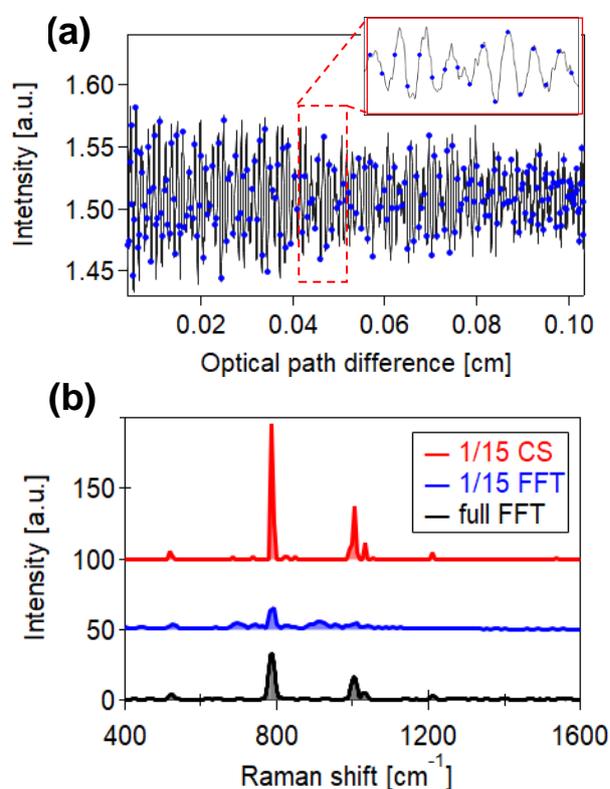


Fig. 1 Compressed sensing (CS) recovery of under-sampled FT-CARS data. (a) Time-domain interferogram of liquid toluene, consisting of 3300 points (black line) and pseudo-randomly under-sampled 220 points (blue dots). (b) Raman spectra obtained by different methods. Black: FFT of the full data. Blue: FFT of the under-sampled and interpolated data. Red: CS reconstruction from the under-sampled data.