

製剤の圧縮ラマンイメージングにおける照射パターン依存性

Illumination pattern dependence in compressed Raman imaging of pharmaceuticals

富山大理工 ^{○(MIC)}舟橋 諒, 大嶋 佑介, 片桐 崇史

Graduate School of Science and Engineering, University of Toyama,

^{○(MIC)}Ryo Funahashi, Yusuke Oshima, Takashi Katagiri

E-mail: m2071116@ems.u-toyama.ac.jp



1. はじめに

圧縮センシングは、観測対象データがある基底においてスパースであることを利用して、少ないデータ数から対象を復元する手法である^[1]。

我々は、製剤中の有効成分をターゲットとしたラマン分光イメージングにおいて、被写体の実空間におけるスパース性から、圧縮センシングによる高速化が実現可能であることを確認した^[2]。

本報告では、さらに、励起光照射パターンとノイズが画質に与える影響について検討を行ったのでその結果について述べる。

2. 原理

試料台上の錠剤全面に対し、構造化された励起レーザー光を照射し、照射パターンと照射パターンに対応するラマンスペクトルを取得する。複数の異なる照射パターンに対して同測定を実施し、次式より、ラマンイメージを再構成する。

$$\hat{\mathbf{x}} = \min_{\mathbf{x}} \|\mathbf{x}\|_1 \text{ s.t. } \|\mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{b}\|_2 \leq \varepsilon \quad (1)$$

ここで \mathbf{A} は照射パターン、 \mathbf{b} はラマン散乱光強度、 \mathbf{x} は求める画像であり、 ε は許容誤差である。求める画像 \mathbf{x} がスパースであれば、観測数を大幅に減らすことが可能となり、高速化が期待できる。

3. 数値シミュレーション

市販薬品(パブロン)のラマンイメージ^[3]から guaifenesin の分布を抽出したものを元画像とし、シミュレーションにより画質のパターン依存性とノイズ耐性を検討した。ここで、照射パターンは、空間周波数領域で2変量正規分布をとる画像を作成し、位相をランダムに変更することで作成した。任意の周波数帯域(FWHM)を有するパターンを照射した際のラマン散乱光強度 \mathbf{b} を算出し、(1)式より再構成された画像と元画像の構造類似性指標(SSIM)により画質の評価を行った。

Fig. 1はノイズが含まれないときの測定数と画質の関係を示す。測定数が少ない場合、周波数帯域が狭くなるほど画質が高くなる事が分かる。Fig. 2は計算した散乱光強度 \mathbf{b} に相対誤差を1%加えたときの測定数と画質の関係を示す。僅かなノイズが加わることにより、周波数帯域が狭いパターンによる再構成像の推定制度が劣化

することが分かる。本検討より、周波数帯域が0.12[cycle/pixel]程度の照射パターンを用いることにより、ノイズにロバストで高い圧縮率が実現できる見通しを得た。

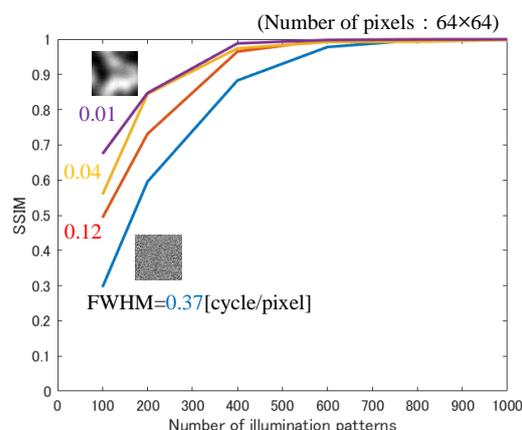


Fig. 1 SSIM as a function of the number of patterns. (Noise=0%)

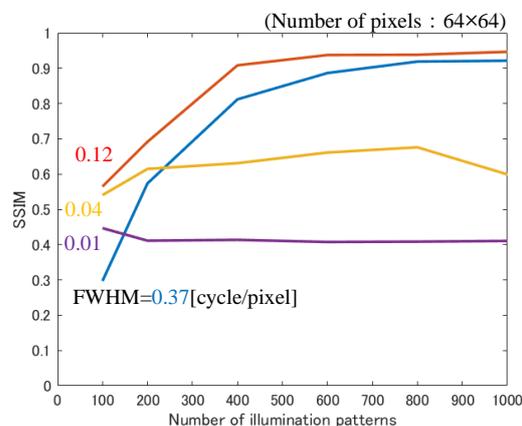


Fig. 2 SSIM as a function of the number of patterns. (Noise=1%)

参考文献

- [1] M. F. Duarte, et al., IEEE Signal Processing Magazine, pp. 83 - 91, 2008.
- [2] 舟橋諒 他, レーザー学会学術講演会第40回 年次大会, H-21-P-01, 2020.
- [3] 就実大学薬学部製剤ラマンイメージングデータベース, <https://info.shujitsu.ac.jp/raman/>.