

## 研究背景・目的

### 術中迅速病理診断を支援するラマンイメージング

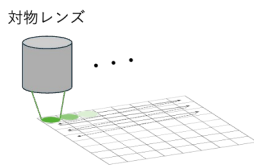
単色レーザー光で試料を破壊せず、接触することなく物質の化学的性質を分析できる、**ラマン分光法**  
生体組織を非侵襲かつ分子レベルで可視化できる**ラマンイメージング**に期待

### ラマンイメージング実用化への最大の障壁：計測時間 臨床現場からの要求

広い関心領域を数分以内で計測する必要あり

### 従来技術の限界

従来の点スキャン方式では  
**数十分から数時間を要する**



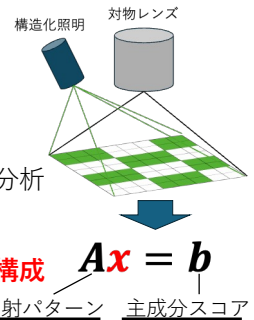
### 提案手法

主成分分析と圧縮センシングを融合した  
高速イメージング法<sup>[1]</sup>

### 測定方法

- ・構造化照明（パターン）を組織に照射
- ・照射パターン毎のスペクトルを主成分分析
- ・主成分スコアと照射パターンから分子イメージを再構成

**極めて少ない測定回数からでも画像を再構成できる可能性<sup>[2]</sup>**



$$Ax = b$$

照射パターン 主成分スコア

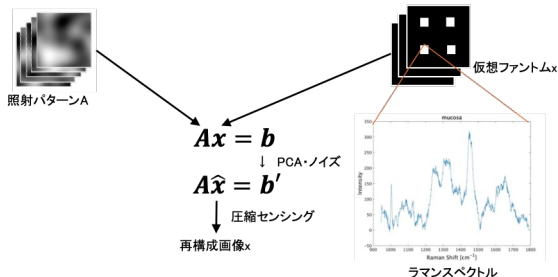
**ノイズの多い生体環境下でどの程度性能を発揮するか？**

[1] 片桐崇史 他, レーザー学会研究会報告, vol. 566, pp. 55-59 (2022).

[2] S. Nakano et al., Proc. SPIE Vol. 10488, 104880R (2018).

## シミュレーション

### シミュレーション方法

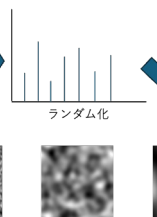
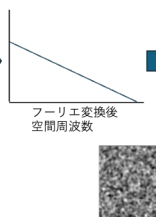
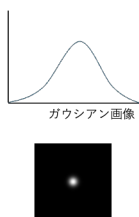
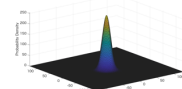


照射パターンと生体を模した仮想ファントムをそれぞれ作成  
病変部と正常部が判別できることを確認する

### 照射パターンの作成

$$f(x, \mu, \Sigma) = \frac{1}{\sqrt{|\Sigma|(2\pi)^2}} \exp\left(-\frac{1}{2}(x - \mu)\Sigma^{-1}(x - \mu)^T\right)$$

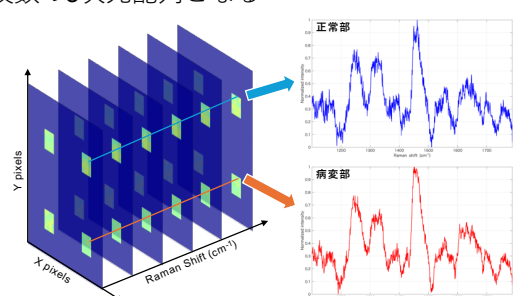
$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \text{cov}_{xy} \\ \text{cov}_{yx} & \sigma_y^2 \end{bmatrix}$  x: 座標点  
 $\mu$ : 分布の中心座標  
 $\Sigma$ : 共分散行列



逆フーリエ変換

### 仮想ファントムの構造

各ピクセルに波数ごとの値が対応するように配置  
縦×横×波数の3次元配列となる



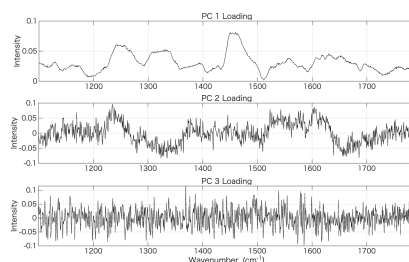
[3] Y. Matsumoto, et al., Proc. SPIE, vol. 12368, 123680B (2023).

## 結果・考察

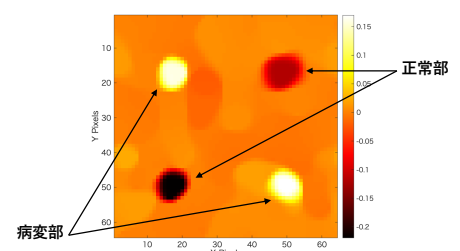
- ・実用上のノイズの範囲である30dB環境下で  
64×64×1024のファントムに対し  
100回の測定を行った
- ・第2主成分のローディングスペクトルを用いて  
画像再構成をしたところ、  
病変部と正常部が判別可能であった
- ・再構成には約0.31秒を要した

**提案手法の堅牢性と高速性を確認できた**

現在、実空間における本手法の利用を検証中



第1～3主成分のローディングスペクトル



第2主成分による再構成画像