



数理モデルによる画像修復

高階埋め込みテンソルモデリングの研究 (横田達也 名古屋工業大学・理研AIP)



画像修復技術とは

- 観測時に生じる画像劣化を修復する技術



数理モデルによる画像修復

- 低ランク性, 滑らかさ, スパース性, 非負性など数値計算によって評価可能な指標に基づいて**画像の"良さ"**を定義し, それに基づいて修復を行う技術
- 採用する数理モデルによって得られる修復結果は異なる



- 修復の品質は, 数理モデルがどれだけ自然現象としての画像に潜むルールを記述できているか, に依存する

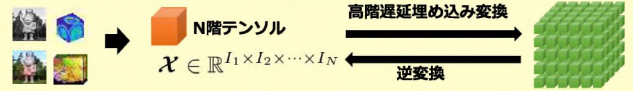
良い数理モデルを発見すること

≡ 自然現象としての画像の特徴をより理解すること

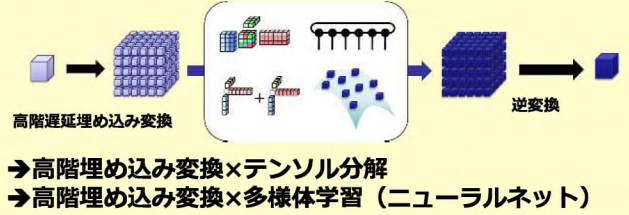
本研究プロジェクトの概要

- 遅延埋め込み**に着目した新しい数理モデルの提案とその応用

貢献①: 任意の画像データ (N階テンソル) へ適用可能な**高階遅延埋め込み変換** (およびその逆変換) を提案

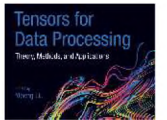


貢献②: 高階遅延埋め込みを活用した**新しい画像モデリングの枠組み**とその具体的手法を提案



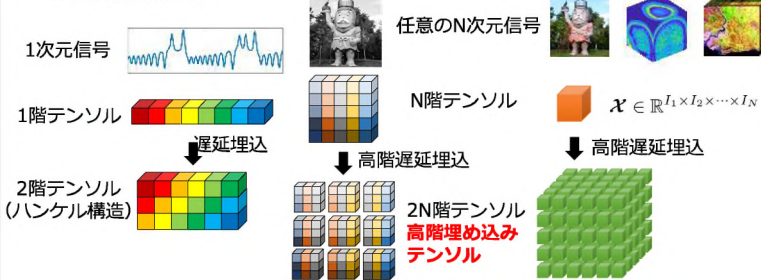
貢献③: **医用画像処理 (ダイナミックPET)** への応用

- 加速フェーズではこれらの研究をさらに発展させた
 - 高階埋め込みテンソル分解の**省コスト化および高速化**
 - 高階埋め込み多様体学習の**商多様体モデルへの拡張**
 - ダイナミックPET画像再構成の**超解像型への拡張**
- 国際会議チュートリアルやBook Chapter執筆など研究コミュニティへの情報発信もおこなった
 - Tensor Representations in Signal Processing and Machine Learning, APSIPA ASC 2020
 - Advanced Topics of Prior-based Image Restoration: Tensors and Neural Networks, APSIPA ASC 2021
 - Tensor methods for low-level vision, Tensors for Data Processing



遅延埋め込み/高階遅延埋め込みの詳細

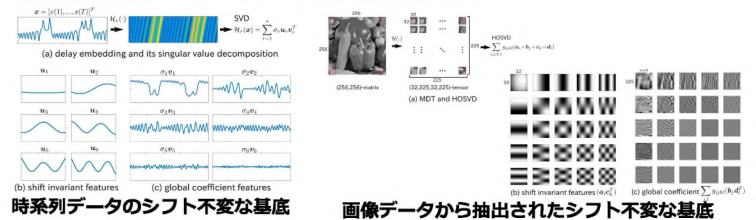
- 遅延埋め込み: 時空間座標系 → 遅延座標系
- 高階遅延埋め込み: **遅延埋め込みをテンソルへ拡張**



高階埋め込み表現の利点

高階埋め込み表現の主な利点は, シフト不変な特徴が抽出しやすくなることです。

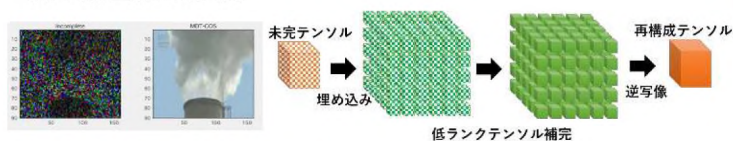
以下の例では時系列データを遅延埋め込み後, 特異値分解すると離散コサイン基底と似た成分が抽出されています。同じことが画像データにも当てはまります。



高階埋め込みテンソル分解の詳細

MDT×テンソル分解 [Yokota+, CVPR2018]

例: 動画の修復



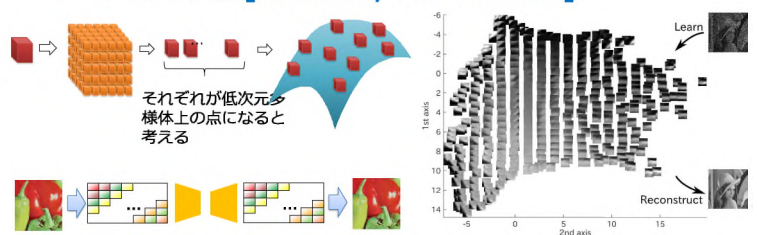
問題点: メモリ負荷, 計算コストが大きい

ハンケル構造を利用した**高速アルゴリズムを開発** (投稿中)

- 巡回型遅延埋め込みの導入
- 逆埋め込み型再構成への再定式化
- フーリエ行列による対角表現の活用

高階多様体学習の詳細

MDT×多様体学習 [Yokota+, IEEE TNLS]



畳み込みニューラルネットとして解釈できる **多様体上のパッチ分布の可視化** 商多様体モデルへの**拡張**を提案 (投稿中)

- 回転や反転したパッチグループを同値類として扱う
- 標準化層, 逆標準化層を組み込んだカノニカル自己符号化器の数理モデルと学習アルゴリズムを提案した