

【構成メンバー】

- ・チームリーダー(PI): 河原吉伸
- ・研究員: Matthias Weissenbacher
- ・特別研究員: Velmurugan Gandhi, 坂田逸志
- ・基礎科学特別研究員: ガラムカリ和
- ・テクニカルスタッフ: 西村能輝
- ・客員研究員: 梅谷俊治, 藤井慶輔, 武石直也, 小西卓哉, 橋本悠香
- ・その他, 1名の研究パートタイマー(博士後期課程学生)

2023年度中の主要な成果

- [1] テンソル多体分解 — 凸最適化による高次相関の解析法 — [1]
- [2] 作用素スペクトルを用いた隠的深層ニューラルネットの効率的近似モデル [2]
- [3] 異常検知におけるシャープリー値を用いた異常説明手法 [3]

【1】テンソル多体分解 -- 凸最適化による高次相関の解析法 --

モデルに潜在変数を仮定すると、解空間の平坦性が失われ、最尤推定が非最適化問題となる
 → 可視変数間の高次の相互作用のみでのモデリングで、**凸最適化での安定な分解法を実現**

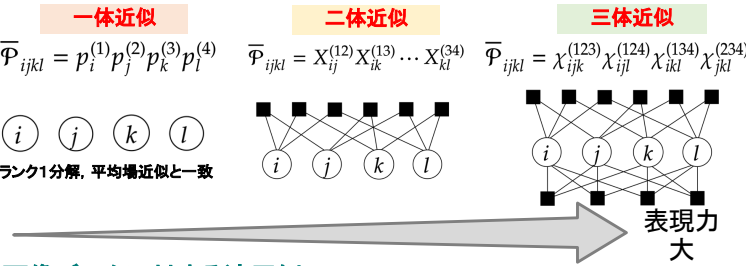
非負のテンソルデータに対する多体分解法

非負テンソルを情報幾何学の自然パラメータθで特徴づけ、その一部を削減する近似

$$P_{ijkl} = \exp \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^l \theta_{ijkl} \right]$$

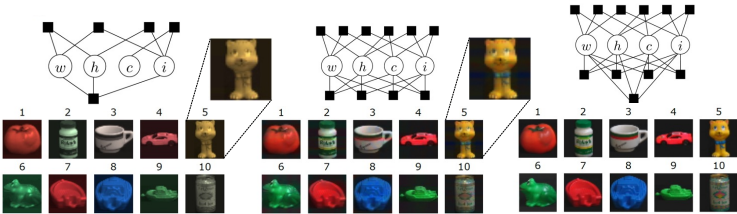
$$= \exp \left[H_0 + H_i^{(1)} + \dots + H_i^{(4)} + H_{ij}^{(12)} + \dots + H_{ij}^{(34)} + H_{ijk}^{(123)} + \dots + H_{ijk}^{(234)} + H_{ijkl}^{(1234)} \right]$$

$\sum_{l=2}^l \theta_{111l}$ $\sum_{k=2}^k \sum_{l=2}^l \theta_{11kl}$ $\sum_{j=2}^j \sum_{k=2}^k \sum_{l=2}^l \theta_{1jkl}$
 $\circ \blacksquare \circ \blacksquare \equiv H^{(34)}$ $\circ \blacksquare \blacksquare \circ \equiv H^{(234)}$

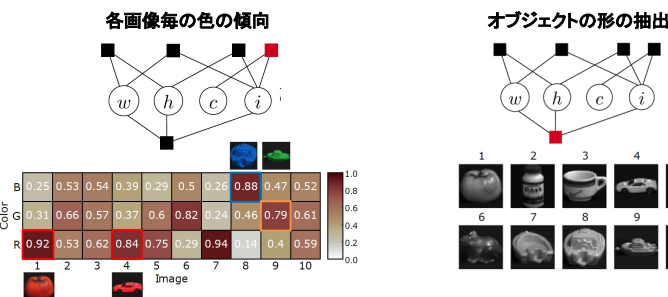


画像データに対する適用例

画像(w, h), 色(c), 画像(i) 間の相互作用を陽に指定することで直感的な分解を実現



画像データから学習された相互作用を見るとパターン抽出ができています.



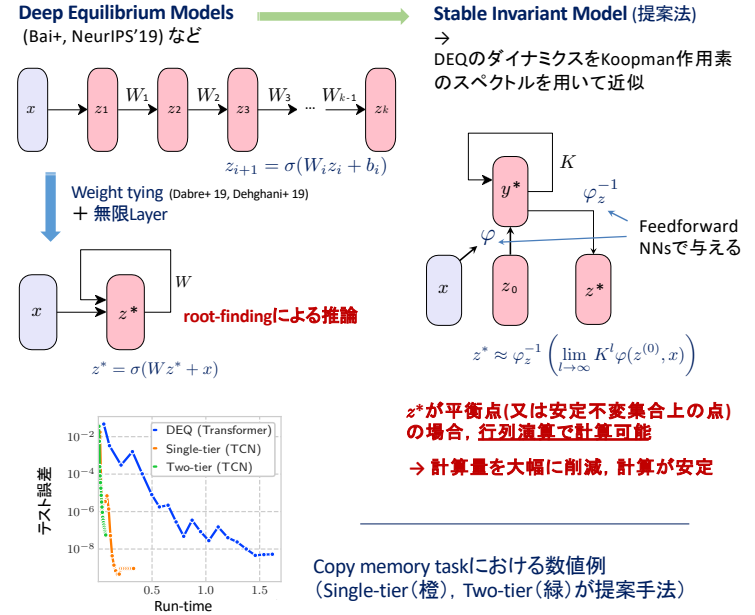
凸最適化による分解のため、従来の初期値依存性の問題が生じない

主要な発表文献

- [1] K. Ghahramani, M. Sugiyama, and Y. Kawahara, "Many-body Approximation for Non-negative Tensors," *Advances in Neural Information Processing Systems 36 (NeurIPS'23)*, 2023.
- [2] T. Konishi and Y. Kawahara, "Stable Invariant Models with Koopman Spectra," *Neural Networks*, Vol.165, pp.393-405, 2023.
- [3] N. Takeishi and Y. Kawahara, "A Characteristic Function for Shapley-Value-Based Attribution of Anomaly Scores," *Transactions on Machine Learning Research*, ISSN: 2835-8856, 2023.

作用素スペクトルを用いた隠的深層ニューラルネットの近似モデル【2】

代表的な隠的深層ニューラルネットの一つである Deep Equilibrium Models (DEQs) の入力から出力への動力学をKoopman作用素のスペクトルを用いて近似することで、大幅に少ないパラメータで同等の性能を持つモデルを提案



異常検知におけるシャープリー値を用いた異常説明手法【3】

シャープリー値を用いて、異常サンプルにおける特徴量の寄与度を与えることで、異常検知においてその解釈可能性を与える枠組みを構築

