

【構成メンバー】

- ・チームリーダー(PI): 河原吉伸
- ・研究員: Matthias Weissenbacher (~2024.9)
- ・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 (~2025.1)
- ・テクニカルスタッフ: 西村能輝
- ・客員研究員: 藤井慶輔, 武石直也, 小西卓哉, 橋本悠香
- ・その他, 4名の研究パートタイマー(博士前期・後期課程学生)

2024年度中の主要な成果

- 【1】 分布外データに頑強な深層強化学習モデルの提案 [1, 2]
- 【2】 連続スペクトルの擬固有関数を用いた非線形力学系のスペクトル解析 [3]
- 【3】 マルチエージェント系における反実仮想介入効果の推定モデルの提案 [4]

分布外データに頑強な深層強化学習モデルの提案 [1,2]

1. グラフ上の不変性・等価性を保存する注意機構を持つトランスフォーマーに基づく深層強化学習の提案 [1]

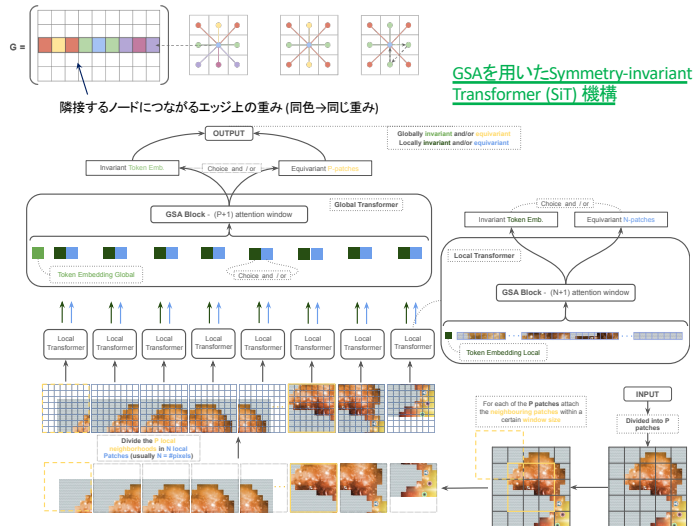
Graph Symmetric Attention (GSA)

$$GSA(K, V, Q) = \text{softmax}\left(\frac{1}{\sqrt{d_f}} \Gamma(Q, K)\right) G_v V$$

where  $\Gamma(Q, K) = \text{symmetric}\left(\left(G_v Q \left[G_k K\right]^T\right) \odot G\right)$

複数の強化学習ベンチマークにおけるタスクにおいて高い汎化性能を実証

GSAを用いたSymmetry-invariant Transformer (SIT) 機構

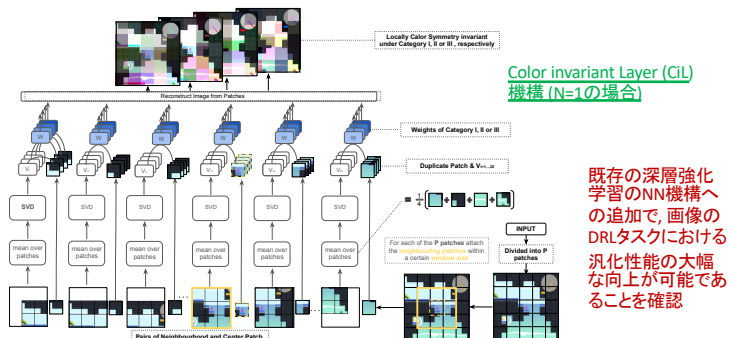


2. 色彩に不変な特徴抽出を可能とする構造を有したニューラルネットを用いた深層強化学習モデルの提案 [2]

CIL層の変換 SVD/DMDにより計算する直交行列

$$CIL: S \mapsto S W W^T$$

Wのノードの選択に依存して、特定の変換等に対して不変な特徴のみが抽出される



主要な発表文献

下線 → チームメンバー

[1] M. Weissenbacher, R. Agarwal and Y. Kawahara, "SIT: Symmetry-invariant Transformers for Generalisation in Reinforcement Learning," *Proc. of ICML'24*, PMLR 235:52695-52719, 2024.

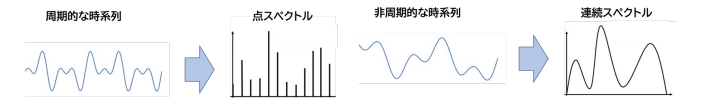
[2] M. Weissenbacher, E. Routis and Y. Kawahara, "Self-supervised Color Generalization in Reinforcement Learning," *Transactions on Machine Learning Research (TMLR)*, 2024.

[3] I. Sakata and Y. Kawahara, "Enhancing spectral analysis in nonlinear dynamics with pseudo-eigenfunctions from continuous spectra," *Scientific Reports*, 14(1), p.19276, 2024.

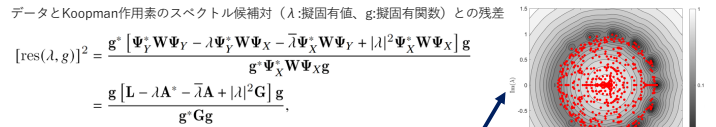
[4] K. Fujii, K. Takeuchi, A. Kuribayashi, N. Takeishi, Y. Kawahara and K. Takeda, "Estimating counterfactual treatment outcomes over time in complex multi-agent scenarios," *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* (採録済).

連続スペクトルの擬固有関数を用いた非線形力学系のスペクトル解析 [3]

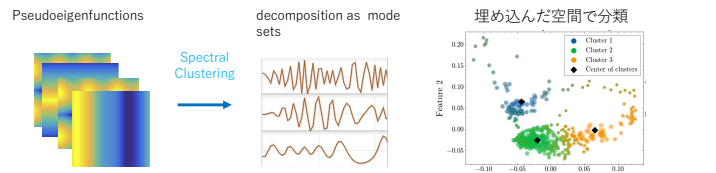
スペクトル理論における擬固有関数をクラスタリングすることで、連続スペクトルで記述されるノイズやカオスを含んだ非周期的なダイナミクスを解析できる方法を提案  
非周期性をもつ時系列は連続スペクトルを持つ



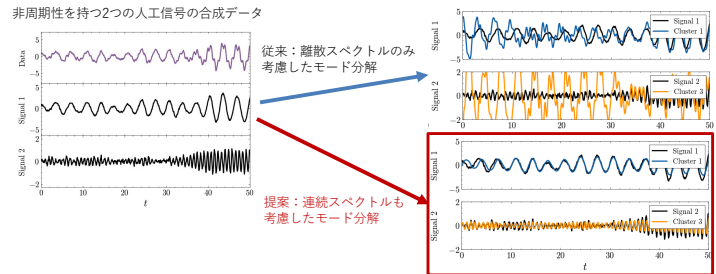
連続スペクトルを反映したKoopman作用素の擬スペクトルを計算 [Cokbrook+ 24]



提案手法: 擬スペクトルに対応する擬固有関数のクラスタリング

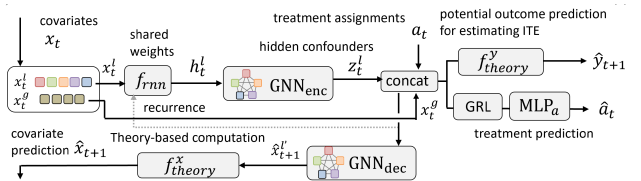


クラスタリングされたモード集合として信号のモード分解に成功!



マルチエージェント系における反実仮想介入効果の推定モデル [4]

動的なマルチエージェント系において、反実仮想的な介入の動的な効果を推定するための、再起動的なニューラルネットワーク・モデルを提案



個別の介入効果を予測するための提案モデル (TGV-CRN) の全体像

