

2024 年度年次報告書

次世代 AI を築く数理・情報科学の革新

2024 年度採択研究代表者

中嶋 一貴

東京都立大学 システムデザイン研究科

助教

確率的ブロックモデルに基づく高次コミュニティ構造の推定と可視化

研究成果の概要

3 人以上の個人の間の高次の相互作用を伴う社会ネットワークをハイパーグラフにより表現し、密に相互作用し合う個人の集団、つまり高次コミュニティ構造を正確に推定および可視化する技術が求められている。本研究では、現実のハイパーグラフの構造的特徴を考慮して高次コミュニティ構造を推定する確率的ブロックモデルを提案し、推定した高次コミュニティ構造を正確に保存したままノードを低次元空間に埋め込む方法を開拓する。

本年度は、ノードが複数のコミュニティに属する可能性を考慮した混合メンバーシップ確率ブロックモデルと t-SNE や UMAP などの次元削減法を組み合わせた手法 HyperNEO を提案した。提案手法は、ノードの推定されたコミュニティ・メンバーシップを正確に保持するノード埋め込みを生成する。合成ハイパーグラフと経験的ハイパーグラフの両方で提案法の有効性を明らかにし、コミュニティ属性と関連するノード属性を学習に組み込むことで推定と可視化の両方の質が改善することも明らかにした。この成果は、ソーシャルネットワーク分析を扱う国際論文誌 *Social Network Analysis and Mining* に採択された [論文誌 1]。さらに、米国の大学間の共同研究関係から成るハイパーグラフに提案法を適用し、密に共同研究を実施した大学群および研究分野との関連性を分析した。その途中成果を国際会議 *Complex Networks 2024* にて発表した [国際会議論文 2]。また、ハイパーグラフの基礎分析技術であるノードおよびハイパーエッジのサンプリング手法の研究も行い、その途中成果を国際会議 *Complex Networks 2024* にて発表した [国際会議論文 3]。これら2件の国際会議論文の拡張版の成果の見通しも経っており、現在ジャーナル論文としてまとめている。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kazuki Nakajima and Takeaki Uno. Inference and Visualization of Community Structure in Attributed Hypergraphs Using Mixed-Membership Stochastic Block Models. *Social Network Analysis and Mining*. Vol. 15, No. 5 (2025).
- 2) Kazuki Nakajima, Takeaki Uno. Inference and visualization of community structure in grant collaboration hypergraphs. *The 13th International Conference on Complex Networks and Their Applications*. pp. 31–42 (2024).
- 3) Masanao Kodakari, Kazuki Nakajima, and Masaki Aida. Estimating hyperedge size distribution via random walk on hypergraphs. *The 13th International Conference on Complex Networks and Their Applications*. pp. 68–76 (2024).