

# 自己組織化を利用したネットワークの三次元可視化

岩田泰士<sup>†</sup> 鈴木育男<sup>‡</sup> 山本雅人<sup>‡</sup> 古川正志<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>北海道大学工学部 <sup>‡</sup>北海道大学 大学院情報科学研究科

## 1 序論

近年、現実のネットワークがスモールワールドやスケールフリーなどの特定の構造へ自己組織的に導かれる傾向にあることがわかってきた。しかし、現実のネットワークには特徴量だけでは表すことのできない構造的特徴が隠されている可能性がある。例えば、ネットワークの構造に大きく依存する特徴に、コミュニティと呼ばれるネットワークの性質がある。これは大規模なネットワークから抽出することが難しい性質であり、さらにはコミュニティ同士の繋がり合いやネットワーク内における位置を数値的に分析することは極めて困難である。複雑ネットワークの可視化はネットワーク特徴量だけでは把握できないこれらの構造的特徴を実際にみることができるとなる手段の一つとなっている。

本研究ではネットワークの可視化に対して、自己組織化の学習機構を取り入れたグラフィアウト手法である ISOM を適用することを試みる。自己組織化するネットワークに対して、自己組織化のアプローチを適用することは特徴的な結果を導き出す可能性がある。ISOM は検証や改良に関する研究が少ない手法のため、本研究ではその有用性を検証し、問題点を改善することを目的とする。

## 2 ISOM

ISOM (Inverted Self-Organizing Map) は Bernd Meyer によって提案されたグラフィアウト手法の一つである [1] [2]。この手法は教師なしニューラルネットワークからなる自己組織化戦略を拡張した競合学習アルゴリズムに基づいている。また、ISOM は大規模ネットワークに対しても計算機リソースを圧迫することなく前処理なしに高速な可視化を行うことを可能とする。

### 3D Visualization of Network based on Self-Organization

Yasushi IWATA<sup>†</sup>, Ikuo SUZUKI<sup>‡</sup>, Masahito YAMAMOTO<sup>‡</sup>, Masashi FURUKAWA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Faculty and Graduate School of Engineering Hokkaido University, 432-8011, Sapporo, Japan

<sup>‡</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University, 060-0814, Sapporo, Japan  
iwata@complex.eng.hokudai.ac.jp

従来の主な可視化手法がグラフノードの配置を決定する際、エネルギー状態が大域的に最小化する位置へと最適化する最適化問題であるのに対し、教師なし学習を行う ISOM は目的関数の度重なる評価を必要としないことが特徴である。また、ISOM のアルゴリズム自体は自己組織化マップ (SOM: Self-Organizing Map) と同様のものであるが、トポロジーとして可視化対象となるネットワークを用いる点が異なる。

### 2.1 自己組織化マップ (SOM)

自己組織化マップ (Self-Organizing Map) とは、Kohonen によって提唱されたニューラルネットで、高次元の入力データ群を方形や六角形の隣接関係をトポロジーとしてもつ低次元平面上にマッピングする手法である [3]。二次元平面上に投影された入力データの位置関係からその特徴を抽出し、分類する手法として用いられることが多い。

### 2.2 ISOM のアルゴリズム

ISOM のアルゴリズムは以下である。

1. 全ノードにランダムに座標ベクトルを与える。
2. 可視化領域の範囲からランダムに座標ベクトルを選択し、入力値  $x$  とする。
3. 全ノード集合から、入力値に最も近いベクトル値を持つ勝者ノードを見つけ出す。
4. 勝者ノードと近傍のノード (辺で結ばれているノード) の座標ベクトル  $w_i$  を以下の式で更新する。

$$w_i(t+1) = w_i(t) + h_{ci}(t)[x(t) - w_i(t)] \quad (1)$$

5. 指定したループ回数なら終了、そうでなければ 2. に戻る

更新式 (1) における  $h_{ci}(t)$  は SOM と同様に近傍関数としての役割がある。

$$h_{ci}(t) = \alpha(t) \cdot 2^{-d(w, w_i)} \quad (2)$$

$d(w, w_i)$  は勝者ノードから近傍ノードまでのホップ数を表している。また、学習率  $\alpha(t)$ 、近傍半径  $\sigma(t)$  は学習ステップ  $t$  に応じて減少する減少関数となっている。

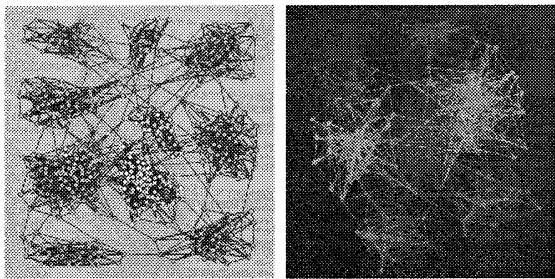


図 1: 通常の ISOM による可視化

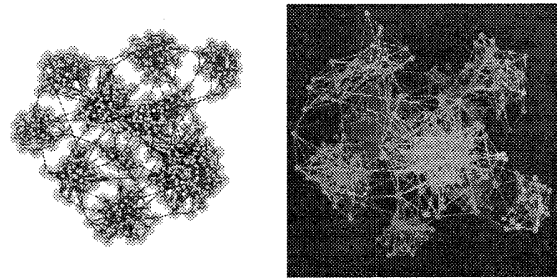


図 2: 信号領域を動的に設定した ISOM

### 3 数値実験

通常の ISOM を用いて 2,3 次元領域で可視化を行い従来の ISOM の問題点を検証する。また、その問題点を解決するための手法を取り入れ可視化を行うことで、従来手法との比較を行う。

#### 3.1 ネットワークモデル

平均次数 8 のランダムグラフを 10 個作成し、辺を 10% の確率でつなぎ変える。これにより、10 箇所の密に連結した部分グラフを持つネットワークが生成できる。

#### 3.2 実験 1 - ISOM による可視化

従来の ISOM のアルゴリズムを用いて、ノードを方形可視化領域に配置した (図 1 左: 2 次元, 図 1 右: 3 次元)。結果から可視化領域全域にわたってノードが配置されていることがわかる。また、ノードの配色は濃いほど更新回数が多いことを表している。

##### 3.2.1 考察

従来の ISOM では設定された可視化領域が SOM の信号領域に対応しているため、ノードはその領域に充填されるように配置される。これは、ノード間の引き合う力と信号領域から受ける空間に拡散しようとする力の平衡状態であり、空間を無駄なく使うという意味では有効な可視化であるといえる。一方で、可視化空間にあわせてネットワークの形状が歪められてしまう欠点がある。また、ベクトル値の更新頻度に関しては、外側に配置されるノードが外周部の広範囲にわたる信号を拾うため比較的頻度が高い傾向にある。

#### 3.3 実験 2 - ISOM の改良

各ノードの周囲に球状に信号領域を発生させることで信号領域を動的に作成するように改良を施した。結果として、ネットワークが正方形に押し込められることなく可視化することができた (図 2 左: 2 次元, 図 2 右: 3 次元)。

##### 3.3.1 考察

従来の ISOM は、ノード間の引き合う力に比べ、ノードを空間全域に拡散させようとする力が強い。これは更新式の性質上、距離の遠い信号に対してベクトル値を大幅に変更することが原因である。つまり、結果として可視化領域の外周部の信号の影響力が強くなる。一方で、動的に信号領域を作成する手法では、ノードが周囲に広がろうとする力を軽減させることで、可視化領域に影響されることなく可視化できている。また、ベクトル値の更新頻度に関しては、内外での違いはない。

### 4 結論

ISOM は信号領域と更新式を変更するだけで球面などの任意の空間に可視化することが可能な柔軟な手法である。独立した 2 つの可視化領域を使うことで二部グラフを可視化することもできる [4]。ISOM の特徴として興味深いのはクラスター内外における辺の長さである。可視化した際、クラスター内では辺が短くクラスター外への辺は長くなる。つまり、クラスター同士が引き離されて表示される傾向にある。また、SOM とほぼ同じアルゴリズムではあるが、トポロジーがネットワークとなっているためノードの次数や更新頻度のバラつきなど SOM とは異なる点が多々ある。これらの要素を更新式に導入することも重要な課題である。

### 参考文献

- [1] Bernd Meyer. Competitive learning of network diagram layout. IEEE Symposium on Visual Languages, 56-63, 1998.
- [2] Bernd Meyer. Self-Organizing Graphs - A Neural Network Perspective of Graph Layout. Graph Drawing, 246-262, 1998.
- [3] Teuvo Kohonen. Self-Organizing Maps. Springer, 1996.
- [4] 岩田泰士, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志. SOM による二部グラフのコミュニティ分割と視覚化による解析, 情報処理北海道シンポジウム, 2007.