

## 属性を考慮したグラフへのエッジバンドリングの適用

山下 敬史<sup>†</sup> 佐賀 亮介<sup>‡</sup>大阪府立大学 工学部知能情報工学科<sup>†</sup> 工学研究科知能情報工学分野<sup>‡</sup>

**概要:** ネットワーク可視化における視認性向上のための手法としてエッジバンドリングがあるが、グラフには何らかの属性が付与されることがあるにも関わらず、従来の手法ではそれらを考慮していない。そこで本研究では、出現する新聞社の違いをリンクの属性とした単語の共起グラフに対しエッジバンドリングを適用する。異なる属性のエッジ同士に対しては斥力が働くようにすることで、同じ属性のエッジを束ねグラフの視認性の向上を図る。

**キーワード:** エッジバンドリング, ネットワーク可視化, 属性グラフ

## 1. はじめに

近年情報可視化の需要は高まっておりその手法の一つにネットワークの可視化がある[1]。この手法は、ノード・リンクが膨大になるにつれ関係性が視認しづらくなる問題を抱えている。

これを解決する手法の一つとしてエッジを力学的に束ねるエッジバンドリングという手法が存在し、グラフの視認性を向上させることができる。しかしグラフは様々な属性が付与されることが多いにも関わらず、従来のバンドリング手法ではこれらの属性を考慮していない。

そこで本論文では属性を持つグラフへのエッジバンドリング手法を提案する。単語をノードとし、一定以上の共起度である単語間にリンクを引いた共起グラフを考え、後述する3種類の内いずれかの属性をリンクに付与する。そして異なる属性のリンク間に斥力が働くようにすることで、同属性のリンクを束ね、グラフの視認性の向上を図る。

## 2. 関連研究

## 2.1 Force-Directed Edge Bundling

先行研究に Holten ら[2]による Force-Directed Edge Bundling がある。これはエッジをいくつかの分割点を持つばねとみなし、分割点間にフックの法則に基づく引力を考えることでバンドリングしたものである。またエッジが過度に集約されることを防ぐために互換性という指標が導入されている。

## 2.2 Divided-Edge Bundling

Selassie ら[3]による Divided-Edge Bundling では Holten の手法を発展させ、エッジの向きを考慮している。エッジ間にクーロン力を考えることで異なる方向のエッジ間には斥力が働き、同じ方向のエッジほど強く束ねられる。また互換性にも新たな指標を導入し、分断されたエッジはバンドリングされないようになっている。

## 2.3 問題点

先行研究では、グラフに力学法則を当てはめることでエッジを束ねていた。しかしグラフが持つ属性は考慮されておらず、付与された情報全ては表現されていない。属性を考慮しバンドリングを行うことで、ノード間の新たな関係性への気づきを促すことができると考えられる。

## 3. 属性を考慮したエッジバンドリング手法

## 3.1 アプローチ

本手法において、エッジにはある属性  $A \cdot B$  と、それらを包含する属性  $C$  というものが付与されていると考える。各エッジ間には引力が働き束ねられるが、その組合せが  $A$  と  $B$  である場合に斥力が働くことで、属性ごとにエッジを束ねグラフの視認性を向上させる。

## 3.2 作用点の決定

作用点とは各分割点に働く力を決定するためのパラメータである。バンドリングする対象のエッジとの属性の違いを示すため、属性が異なる場合作用点が移動するようにした。

エッジ  $P$  中の分割点を  $p_i$ 、エッジ  $Q$  中の分割点を  $q_j$ 、作用点の移動方向を決めるベクトルを  $T_j$ 、パラメータを  $l$  とすると、作用点  $m_j$  は、

$$T_j = q_j - p_i \quad (1)$$

$$m_j = q_j + lT_j \quad (2)$$

で与えられる。

Application of Edge Bundling for Attributed Graph

<sup>†</sup>Takafumi Yamashita, School of Engineering, Department of Computer Science and Intelligent Systems, Osaka Prefecture University

<sup>‡</sup>Ryosuke Saga, Department of Computer Science and Intelligent Systems, Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

### 3.3 分割点に働く力

全てのエッジの組合せに対し引力が働くが、属性が異なるエッジの組合せの場合は Selassie のクーロン力が斥力となるように働く。ただし 2 属性を包含している属性 C は、いずれの属性との組合せでも同属性間の引力が働くと考えられる。

パラメータ  $s$ ,  $k_c$ , 定数  $\pi$ , 分割数  $C$ , 互換性  $C_e$  とすると、エッジ内のばね力に加えエッジ P 中の分割点  $p_i$  に対し働く力  $F_C$  は以下のように与えられる。 $C_e$  については次節で述べる。

$$F_C = \begin{cases} \sum_{Q \in E} \frac{C_e(P, Q)}{\|p_i - q_i\|} & \text{if } P, Q \text{ are same attribution} \\ \sum_{Q \in E} \frac{C_e(P, Q)}{\|p_i - q_i\|} + \frac{T_j}{\|T_j\|} \cdot \frac{-C_e(P, Q)sk_c|p_i - m_j|}{\pi C (s^2 + |p_i - m_j|^2)^2} & \text{if } P, Q \text{ are different attribution} \end{cases} \quad (3)$$

### 3.4 互換性 $C_e$ (Compatibility)

不適切なバンドリングを防ぐため、先行研究で提案された互換性を導入している。Holten の互換性により、エッジの角度・長さ・位置・重なり合いに関して不適切な組合せには力が弱まるよう重みがかげられる。また Selassie が改良した互換性はリンクを辿って到達できないエッジに対して全くバンドリングが働かなくなる。

本論文において、エッジが密でない部分は視認性においても意味的においてもバンドリングする必要はないと考え、互換性を導入している。

## 4. 実行例

### 4.1 使用データ

本研究では朝日新聞・読売新聞の社説データ 2008 年度分を用い、各紙のキーワードの共起グラフを合成したグラフに本手法を適用した。合成する際に各エッジに「朝日新聞に出現」「読売新聞に出現」「両紙に出現」のいずれかを属性として付与した。

また本論文で扱うデータは位置情報を持っていないため、力学的に安定な状態にノードを配置する Kamada-Kawai レイアウト[4]を用いてグラフを描画した。

### 4.2 実行結果

バンドリング後のグラフを図 1 に示す。赤が朝日新聞、青が読売新聞、緑が両紙に出現したリンクである。

リンクが混在している中央下部において青は右、赤は左へと力が加わり束ねられ分離している様子がわかる。また Selassie の互換性を導入し

ていることにより、簡潔な構造部を残し密集部のみにバンドリングを適用することに成功している。

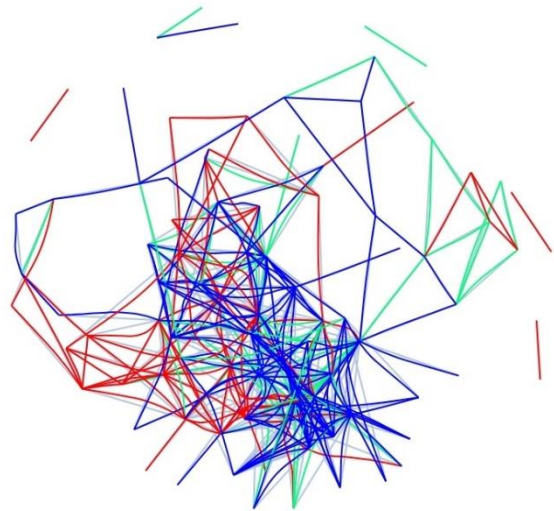


図 1 バンドリング実行後の共起グラフ

## 5. おわりに

本論文ではネットワークの視認性を向上するため、属性を考慮したグラフへのエッジバンドリングを適用する手法を提案した。また新聞の社説データから作成した共起グラフに対して本手法を適用した結果を示した。

今後の課題としては以下の点が挙げられる。

- ・大規模なネットワークへの適用
- ・包含関係のない 3 属性以上への適用

## 参考文献

- [1] M. Ward, G. Grinstein and D. Keim, Interactive data visualization, A. K. Peters, 2010.
- [2] D. Holten and J. J. van Wijk, Force-Directed Edge Bundling for Graph Visualization, Computer Graphics Forum(Proc. EuroVis), vol. 28(3), pp. 983-990, 2009.
- [3] D. Selassie, B. Heller and J. Heer, Divided Edge Bundling for Directional Network Data, IEEE Trans. Visualization & Comp. Graphics (Proc. InfoVis), vol. 17(12), pp. 2354-2363, 2011.
- [4] T. Kamada, S. Kawai, An algorithm for drawing general undirected graphs, Information Processing Letters(Elsevier), vol. 31(1), pp. 7-15, 1989.