

位置情報を反映した 多目的最適化によるグラフィレイアウトの一手法

森越 彩楓^{1,a)} 村上 綾菜^{1,b)} 大西 正輝^{2,c)} 伊藤 貴之^{1,d)}

概要：グラフ可視化のためのレイアウト手法は、可視化結果の視認性を大きく左右するものであり、同一のグラフであってもレイアウト手法の違いにより得られる知見は大きく異なる。そのため、接続構造の視認性を向上させるレイアウト手法や、属性情報を考慮したレイアウト手法など、多様な手法が提案されている。特に、位置情報を有するグラフでは、ノードの位置情報をもとにレイアウトを生成する手法が注目されている。しかし、位置情報を正確に反映したレイアウト手法では、ノードやエッジの重なりを回避することが困難になる場合がある。そこで本稿では、位置情報によるクラスタリングによって得られたメタノードを対象に、多目的最適化を適用することで、位置属性の正確性と接続関係の視認性を同時に満たすレイアウト手法を提案する。

1. はじめに

ノードが位置情報を持つグラフにおいて、ノードの配置に位置情報を反映することで、直感的に理解しやすいレイアウト結果を得ることができる。一方で位置情報を直接レイアウトに用いる場合、ノードの位置が地理的な位置に固定されるため、ノードの接続構造や位置情報以外の属性などを視認性の高い形で同時に表現することが難しくなるという問題がある [4]。

本研究では、位置情報を反映したグラフィレイアウトにおいて、位置情報の正確性と接続関係の視認性がトレードオフの関係にあると仮定する。このトレードオフの関係の中からバランスのよいグラフィレイアウトを得るために、多目的最適化を用いることで、これら二つの指標を同時に満たすレイアウト手法を提案する。さらに、位置情報にもとづくクラスタリングによって生成されたメタノードを対象に、多目的最適化を適用することで、効率的な配置を実現する。多目的最適化を用いることで、トレードオフの関係にある複数の指標を同時に最適化することができる。そのため、多目的最適化は、複数のレイアウト要件が同時に求められるグラフィレイアウト分野においても広く活用されている。また、多目的最適化によって、各評価基準において

他の解に対して劣らないパレート解の集合を得ることが可能となる。これにより、シナリオやユーザの好みに応じた最適解を選択することが可能となる。

2. 位置情報を反映したレイアウト生成

2.1 レイアウト手順の概要

本手法では、まず位置情報にもとづいてノードをクラスタリングすることにより、ノードの集合で構成されるメタノードを生成する。次に、最適化手法を用いてメタノードの配置を決定する。この際に、目的関数として位置情報と実際の配置結果との誤差の最小化、および接続関係の複雑さの最小化を最適化の目的関数とする。

2.2 メタノードの生成

最適化する対象として各ノードの配置座標を用いる場合、ノード数が増加するにつれて最適化する変数の次元が増大し、探索空間が拡大するため、最適なレイアウトに到達することが困難になる。この課題に対処するために、本手法では位置情報をもとにノードをクラスタリングすることでメタノードを生成し、メタノードの配置を最適化する。同一の位置属性を持つノードは、同心円状に並べられることでメタノードとして扱われる。

2.3 位置情報と実際の配置結果との誤差の評価

位置情報と実際の配置結果との誤差 (*Deviation*) の評価方法について述べる。ここで、各メタノードは位置情報として具体的な座標を持つものとし、この位置情報を理想配

¹ お茶の水女子大学

² 産業技術総合研究所

a) g1820540@is.ocha.ac.jp

b) g1720541@is.ocha.ac.jp

c) onishi-masaki@aist.go.jp

d) itot@is.ocha.ac.jp

置位置とする。そして、実際にレイアウトされたメタノードの位置 (x_i, y_i) が、理想位置 (x_i^{ref}, y_i^{ref}) からどれだけ乖離しているかを、距離の二乗和を算出することで評価する。

2.4 接続関係の複雑さの評価

本手法では、接続関係の複雑さの評価方法として、Liu らが提案した *Clutter* を採用する [2]。本手法では、メタノード間の重なり部分の面積、メタノードとエッジの交差による重なり部分の長さ、エッジ間の交差角度を評価し、それらをペナルティとして数値化した結果を *Clutter* とする。ノードサイズが大きいメタノードの配置では、メタノードやエッジの重なりや交差の発生回数をカウントするのではなく、重なりや交差の程度を考慮する。

3. 適用例

3.1 実験設定

本節では、提案手法をユーザが自身の位置情報を共有できる機能を備えた SNS サービスである Gowalla [1] から取得した友人関係ネットワークに適用する。ノードはユーザに対応し、エッジは友人関係にあるユーザ間を連結する。またメタノード化する単位として、ユーザが位置情報を最も多く共有した国を採用し、*Deviation* で用いる理想位置には、各国の首都の中心座標を設定した。本研究では、Gowalla から取得できるデータから、ユーザ数が 500 以上かつ 10,000 未満である 19 カ国のユーザを抽出することで、グラフデータを生成した。図 1(a) は、19 カ国の位置情報を世界地図上に星印で示したものである。

多目的最適化手法には MOTPE[3] を採用し、レイアウトの評価を 15,000 回反復した。また、探索効率を向上させるために、変数であるメタノードの座標値の取りうる範囲を、理想位置から緯度と経度の差が 10 度以内に限定した。

3.2 レイアウト結果

図 1(b) は、メタノードの配置最適化で得られたパレート解の集合から、*Deviation* と *Clutter* の評価が両方とも適度に良好なレイアウトを可視化した結果を示す。この結果から、多目的最適化を用いることで、地理的に近接しているヨーロッパ諸国においても、位置情報と接続関係のどちらもレイアウトから読み取れることを確認できた。

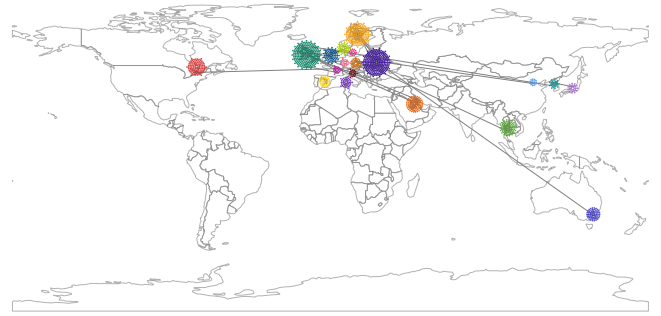
また、位置情報と接続関係を同時に把握できることで、国を跨いだ友人関係の視認性が向上した。これによって、ピンク色で示されるフランスのユーザに国外の友人が多いことや、紺色で示されるドイツと橙色で示されるノルウェーの間に多くの友人関係が存在することが明らかとなった。

4. まとめ

本稿では、多目的最適化を用いることにより、地理的な



(a) メタノードの理想配置位置



(b) *Deviation* と *Clutter* の評価がどちらも良い結果

図 1: 理想の配置位置とメタノードの配置結果

位置情報の正確性と接続構造の視認性を同時に向上させるレイアウト手法を提案した。適用例では、位置情報と接続構造を同時に分析することで、位置属性間にまたがる特徴を発見することができた。

今後の課題としては、より効果的な目的関数の設計と、パレート解の中からユーザが最適解を発見できるユーザインタフェースの実装があげられる。

謝辞 本研究は、令和 6(2024) 年度お茶の水女子大学大学院生研究補助金の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Eunjoon Cho, Seth A Myers, and Jure Leskovec. Friendship and mobility: user movement in location-based social networks. In *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pp. 1082–1090, 2011.
- [2] Zipeng Liu, Takayuki Itoh, Jessica Q Dawson, and Tamara Munzner. The sprawlter graph readability metric: Combining sprawl and area-aware clutter. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 26, No. 6, pp. 2180–2191, 2020.
- [3] Yoshihiko Ozaki, Yuki Tanigaki, Shuhei Watanabe, and Masaki Onishi. Multiobjective tree-structured parzen estimator for computationally expensive optimization problems. In *Proceedings of the 2020 genetic and evolutionary computation conference*, pp. 533–541, 2020.
- [4] Sarah Schöttler, Yalong Yang, Hanspeter Pfister, and Benjamin Bach. Visualizing and interacting with geospatial networks: A survey and design space. In *Computer Graphics Forum*, Vol. 40, pp. 5–33. Wiley Online Library, 2021.