

# ローカルな美的基準を考慮した力指向におけるレイアウト制御方式

武田 修平<sup>†</sup> 三末 和男<sup>‡</sup> 田中 二郎<sup>‡</sup>

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類<sup>†</sup> 筑波大学 システム情報系<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

ネットワークの構造を把握するためにしばしばグラフの視覚化が用いられる。視覚化における中心的課題はレイアウトであり、これまでも様々なレイアウト手法が開発されている[1]。そのなかでも力指向アプローチは広く用いられているレイアウト手法の1つである[1, p. 77]。

視覚化を目的としたレイアウト手法は美的基準を考慮することが重要である。力指向アプローチでは「隣接している頂点同士を近くに配置」や「辺の長さを一様にする」などグラフ全体に影響するグローバルな美的基準を考慮している。しかし、「特定の頂点を円形に配置」や「特定の頂点を近接して配置」など一部の要素に着目したローカルな美的基準は考慮していない。そのため、頂点や辺の意味に合わせたレイアウトを行うことが容易でない。

本研究では力指向アプローチを拡張し、従来のグローバルな美的基準に加えて、ローカルな美的基準も考慮可能にすることを目的とする。我々は描画対象となるグラフに対し、特殊な見えない頂点と辺を追加し、レイアウトをローカルに制御する方式を開発した(図1に描画例を示す)。本論文では考慮する美的基準と制御方式の概要について述べる。

## 2. 関連研究

グラフレイアウトの力指向アプローチは無向グラフを対象としたレイアウト手法で、グラフをバネや電子等からなる力学系のモデルに置き換え、その系の安定状態を求めることでレイアウトを行う[2]。

Ryall ら[3]は既にレイアウトされているグラフに対し、力指向アプローチを用いてローカルな美的基準の追加を行うことができる編集ツールを開発した。我々はレイアウトされていないグラフを対象にグローバルな美的基準とローカルな美的基準の両方を導入することを目指す。

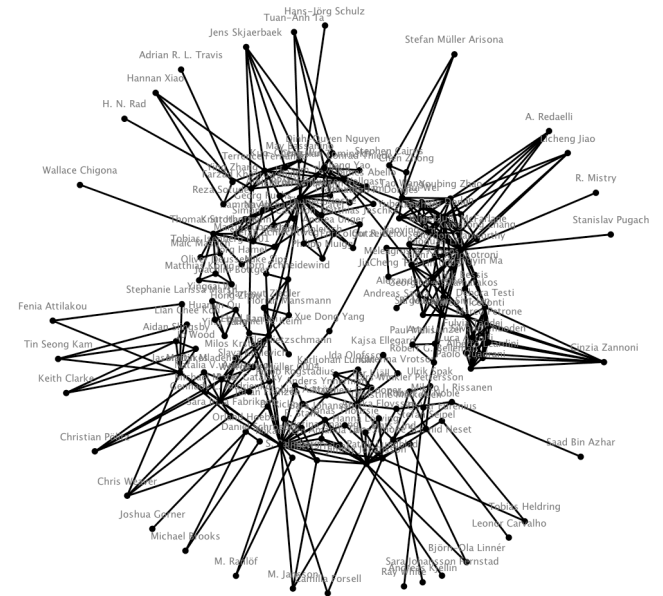


図1 開発した制御手法による描画例。

頂点が著者、辺が共著関係を表すグラフに対し論文数が1の著者を円形に配置(L2)、他を中央付近に配置(L5)する美的基準を採用した。

## 3. 考慮する美的基準

グローバルな美的基準としては、従来の力指向アプローチが考慮していたものを維持し、それに加えてローカルな美的基準を追加時に考慮することを試みた。

### 3.1. グローバルな美的基準

力指向アプローチとしては広く利用されている Fruchterman & Reingold (F&R) の手法[2]を利用した。グローバルな美的基準は下のようなF&R で採用されているものを継承する。これらは他のモデルでも優先的に考慮されている。

- G1. 隣接している頂点同士を近くに配置する
- G2. 頂点は近づけすぎないように配置する
- G3. 辺の長さを一様にする
- G4. 辺の交差を最少にする

### 3.2. ローカルな美的基準

文献[1]には様々なレイアウト手法で採用された美的基準が整理されている。ローカルな美的基準は文献[1]を参考に、L1 から L5 のローカルな美的基準を独自に設定した。

- L1. 特定の頂点を傾きの固定された直線上に配

A layout control method in force-directed approach which satisfies local aesthetic criteria

<sup>†</sup> Shuhei Takeda, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>‡</sup> Kazuo Misue and Jiro Tanaka, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba.

置する

- L2. 特定の頂点を円周上に配置する
- L3. 特定の頂点を長方形の描画領域のいずれか1辺付近に配置する
- L4. 特定の頂点を近接して配置する
- L5. 特定の頂点を中央付近に配置する

#### 4. レイアウトの制御手法

描画対象のグラフを  $G=(V,E)$ 、頂点の集合を  $V$ 、辺の集合を  $E$  とする。本制御方式ではさらに、見えない頂点と辺を含むグラフ全体を  $G'=(V',E')$  で表す。各頂点に作用する力の計算は  $G'$  の全ての頂点を対象とするが、描画を行うのは  $G$  の頂点と辺のみである。

ローカルな美的基準を追加することで、美的基準間の競争が増加すると考えられる。そのためそれぞれの美的基準を完全に満たすことを目指すのではなく、それぞれをどの程度理想に近づけるかを調節できるようにした。

##### 4.1. 力指向モデルの拡張

力学モデルは F&R を拡張した。まず見えない頂点と見えない辺を導入した。これらは力学モデルの構成要素であるが、最終的には描かれたい。見えない頂点の形状は、点以外に直線も許されることにした。見えない頂点は描画空間に固定することもできるとする。

F&R のモデルでは全ての頂点間に斥力が、隣接する頂点間に引力が設定されている。我々は、特定の頂点のみを制御するために、力の強さを辺毎に設定することにした。採用した力は頂点間の引力  $f_a$  と斥力  $f_b$ 、さらに隣接していない頂点間の斥力  $f_c$  で、次のように定めた。

$$f_a = c(e) \cdot d^2 / l(e)$$

$$f_b = -c(e) \cdot l(e)^2 / d$$

$$f_c = -l_0^2 / d$$

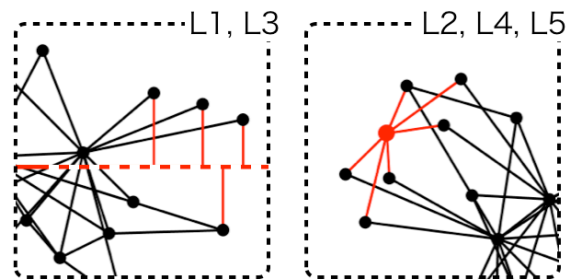
ここで、辺  $e$  に対して、 $l(e)$  は隣接する頂点間の理想距離を、 $d$  は実際の距離を、 $c(e)$  は力の強さを調節するための係数を表す。また、 $l_0$  は隣接していない頂点間の理想距離を表す。なお、線状の頂点の傾きは変化しないものとし、線状の頂点と点状の頂点の間の引力と斥力はそれらの間の最短距離に基づいて計算する。

##### 4.2. 美的基準ごとのモデル構築

特定の頂点の集合  $V_s \subset V$  あるいは辺の集合  $E_s \subset E$  が与えられたとき、ローカルな美的基準を満たすための  $G'=(V',E')$  は次のように作成する(図2参照)。なお紙面の都合で以下 L1、L2 に

ついでに説明する。以下の説明において  $\epsilon$  は十分に小さい値、 $m$  は十分に大きい値とし、実装では描画領域を考慮して、 $\epsilon=1$ 、 $m=10 \sim 100$  とした。

- L1: 線状の見えない頂点  $v_l$  を追加し、 $V_s$  の各要素と見えない辺で接続する。つまり、 $E_1 = \{(v_l, v) | v \in V_s\}$  とし、 $V' = V \cup \{v_l\}$ 、 $E' = E \cup E_1$  とする。さらに  $l(e) = \epsilon, c(e) = m$  for  $\forall e \in E_1$  とする。
- L2: 点状の見えない頂点  $v_p$  を追加し、 $V_s$  の各要素と見えない辺で接続する。つまり、 $E_2 = \{(v_p, v) | v \in V_s\}$  とし、 $V' = V \cup \{v_p\}$ 、 $E' = E \cup E_2$  とする。さらに  $l(e) = \epsilon, c(e) = m$  for  $\forall e \in E_2$  とする。



- , / : 通常の頂点と辺
- , / : 見えない頂点と見えない辺
- - - : 見えない線状の頂点

図2 見えない頂点と辺の使用例

#### 5. まとめ

本論文では、力指向アプローチに見えない頂点と辺を導入することで、特定の頂点と辺をローカルに制御する方式を述べた。本手法により力指向アプローチでは考慮できなかったローカルな美的基準を考慮できるようになり、頂点や辺の意味によって局所的にレイアウトを修正することが可能となった。

#### 参考文献

- [1] 杉山 公造: グラフ自動描画法とその応用, 計測自動制御学会, (1993).
- [2] T. M. J. Fruchterman and E. M. Reingold: Graph Drawing by Force-directed Placement, Software: Practice and Experience, Vol. 21, pp.1129-1164 (1991).
- [3] K. Ryall, J. Marks, and S. Shieber: An Interactive Constrained-Based System for Drawing Graph, UIST '97, pp.97-104 (1994).