

頂点がラベルをもつグラフの描画アルゴリズム

阿部 昇[†] 増田 澄男[‡] 山口 一章[‡]

[†] 神戸大学大学院自然科学研究科 [‡] 神戸大学工学部

1. まえがき

頂点がラベルをもつグラフを描画する方法としてこれまで提案されたものの多くは、まずラベルの存在を考慮せずに頂点と辺の位置を決定し、その後、各ラベルを描画中に配置するというものであった[1],[2]。しかし、このようなアプローチでは、グラフが密であったり、ラベルのサイズが大きい場合に、配置できないラベルが多く残ることがある[2]。そこで本研究では、頂点と辺の位置の決定段階でラベルの存在を考慮する描画法を提案する。なお、辺がラベルをもつグラフに対しては、同様の試みが既に筆者らによってなされている[3]。

2. 川西らの描画法

(ラベルをもたない)グラフの一描画法である川西らの方法[4]は、頂点を初期配置し、各頂点の移動をある定数回繰り返した後、各辺を直線で描くものである。この方法の前半では、各頂点 i の移動を行う際に、他の頂点から i に働く力を求め、それらの合力 (F_i とする) の向きに、その大きさの C_1 倍だけ、 i を移動させる (C_1 : 定数)。一方、後半では、頂点間の力だけでなく、頂点と辺の間の力も用いて、頂点の移動を行っている。

3. 提案手法

3.1 概 略

提案手法は川西らの描画法をもとにしたものである。提案手法の前半では、2.で述べた力 F_i により、各頂点 i の移動を行う。一方、後半では、各頂点のラベルの配置位置を想定しながら、頂点の移動を行う。そのため、各頂点に対し、ラベルの想定位置を表す仮頂点(ラベルの中央に対応)を導入している。

提案手法では、頂点を初期配置した後、次のような手順によって頂点の位置を決定する。そして、各辺を直線で描いた後、文献[2]のアルゴリズムにより各ラベルの最終位置を決定する。

$k = 1, 2, \dots, C_2$ (C_2 : 定数) について、以下を実行する。

- (a) 各頂点 i に対して、2.で述べた力 F_i を計算し、 i の移動を行う。 i に対して仮頂点が既に作成されている場合は、 i の移動と同じ方向に同じ距離だけ、仮頂点も移動させる。
- (b) $k = C_3$ (C_3 : C_2 より小さい定数) であれば、以下を実行する。
 - (b-1) k が、ある小さい定数 C_4 の倍数であれば、各頂点 i の仮頂点の位置を定める。
 - (b-2) 各頂点 i に対して以下を実行する。
 - (b-2-1) i の仮頂点の位置を調整する。
 - (b-2-2) i の仮頂点に働く力を求める。
 - (b-2-3) i に接続する各辺 e に働く力を求める。
 - (b-2-4) (b-2-2) 及び (b-2-3) で求めた力を加えて、 i に働く力を計算し、その向きに、その力の大きさの C_1 倍だけ i (及びその仮頂点) を移動させる。

紙面の都合上、詳細は省略する。以降では、仮頂点の位置の決定方法(上述の(b-1))、仮頂点に働く力の計算法(b-2-2)、辺に働く力の計算法(b-2-3)、及び仮頂点の位置の調整方法(b-2-1)について簡単に説明する。

3.2 仮頂点の位置の決定

頂点 i の周囲に、他の頂点や辺と重ならずラベルを配置できるような領域があれば、それらのうち最も広いものを選び、その中央に仮頂点を置く。そのような領域がない場合には、まず i に接続する隣り合う2辺の間に一つずつ仮頂点の位置の候補を作る。各候補は、付近にある各辺 f から、 f に垂直な方向に C_5/C_6^d なる大きさの斥力を受けるものとする。ここで、 C_5, C_6 は定数であり、 d は候補と f との距離である。各候補に対して上記の力の大きさの和を計算し、それが最小となる候補の位置を仮頂点の位置とする。

3.3 仮頂点に働く力

頂点 i の仮頂点は、付近にある各辺 f から、 f に垂直な方向に C_5/C_6^d なる大きさの斥力を受けるものとする。ここで、 d は i の仮頂点と f との距離である。また、 i の仮頂点は、付近にある別の仮頂点から、 C_7/C_8^d なる大きさの斥力を受けるものとする。ここでの d は、 i の仮頂点と他方の仮

An Algorithm for Drawing a Graph with Vertex Labels
[†] Noboru ABE, Graduate School of Science and Technology, Kobe University

[‡] Sumio MASUDA and Kazuaki YAMAGUCHI, Faculty of Engineering, Kobe University

頂点との距離であり， C_7, C_8 は定数である．頂点 i は，その仮頂点が受ける力（の和）と同じ力を受けるものとする．

3.4 辺に働く力

辺 e は，付近にある仮頂点から， C_5/C_6^d なる大きさの斥力を受けるものとする．ここで， d はその仮頂点と e との距離である．ある条件が成立するとき，この力の， e に垂直な方向の成分と等しい力を，頂点 i が受けるものとする．

3.5 仮頂点の位置の調整

頂点 i の仮頂点に対し，3.3 とほぼ同様にして，付近にある各辺からの斥力，及び付近にある別の仮頂点からの斥力を考える．その後，それらの力に基づいて i の仮頂点の位置の調整を行う．

4. 計算機実験

入力として，頂点数，辺の数を様々に変えたグラフを，乱数を用いて 1000 個ずつ作成した．描画領域は 1 辺が 10 の正方形領域である．各頂点のラベルの高さは 0.25 あるいは 0.3 とし，ラベルの幅は高さの 2~5 倍の範囲で乱数を用いて決定した．このようなデータを用いて，川西らの描画法[4]で描画を行った後，文献[2]の方法でラベルを配置した場合（従来手法と呼ぶ）と，提案手法を比較した．なお，提案手法における定数（ $C_1 \sim C_8$ など）の値は，予備実験を行って決定した．

二つの手法により得られた描画を，文献[4]で使われている四つの基準（辺交差数，辺長分散，辺長総和，頂点と辺の近接数）で評価した．その結果，提案手法では，従来手法に比べ，辺交差数や辺長分散の値がやや大きくなった．提案手法では，ラベルの配置場所を確保するための力を導入しているため，これらの値が悪化したのだと考えられる．

次に，ラベル配置率と実行時間に関する結果の一部を表 1 に示す（ラベルの高さは 0.3）．この表より，提案手法の方が，ラベル配置率に関して大幅に優れていることが確認できる．但し，実行時間に関しては，仮頂点に働く様々な力を計算するため，提案手法の方が長くなっている．

表 1 : ラベル配置率及び実行時間の比較

頂点数	辺数	配置率[%]		実行時間[秒]	
		従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
30	50	82.67	92.16	0.107	0.355
40	60	81.70	91.57	0.189	0.556
50	70	79.54	89.87	0.299	0.812

最後に，頂点数 40，辺の数 60，ラベルの高さ 0.3 のときの出力例を図 1，2 に示す．従来手法によりラベルを配置できた頂点は 30，提案手法では 37 である．

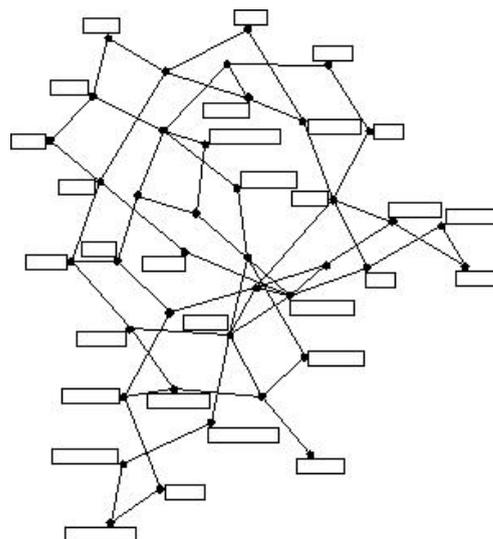


図 1 : 従来手法による出力例

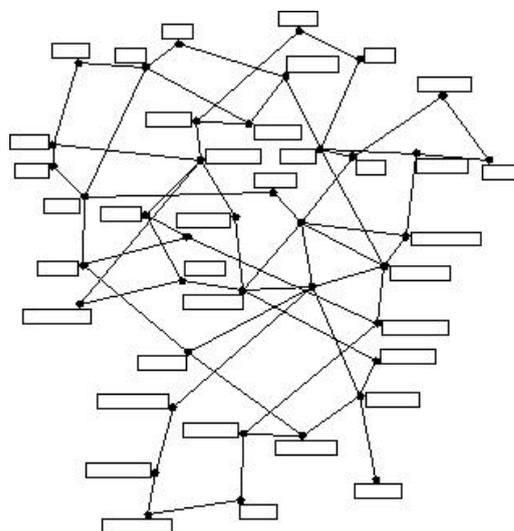


図 2 : 提案手法による出力例

参考文献

- [1] K.G.Kakoulis and I.G.Tollis: "A unified approach to labeling graphical features," Proc. 14th Annual Symp. on Computational Geometry, pp.347-356, 1998.
- [2] N.Abe, S.Masuda and K.Yamaguchi: "Placement of vertex labels in a graph drawing," 3rd Hungarian-Japanese Symp. on Discrete Mathematics and Its Applications, 2003, 発表予定.
- [3] 阿部, 増田, 山口: "辺がラベルをもつグラフの描画アルゴリズム," 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-1-2, 2002.
- [4] 川西, 増田, 山口: "2種類の理想距離による Eades のグラフ描画法の改良," 電子情報通信学会論文誌, vol.J83-A, pp.1117-1121, 2000.