

階層グラフ描画におけるダミー頂点数削減を目的とした階層再割当てアルゴリズム

野口 翔大 増田 澄男 山口 一章

神戸大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻

1. まえがき

有向グラフの階層描画を求める代表的なアルゴリズムとして Sugiyama ら [1] の方法が知られている。この方法のステップの一つに頂点の階層割当てがあり、様々な手法が提案されている。それらのうち、Coffman らの方法 [2] は、階層幅を制限した場合に階層数を小さくすることができるが、ダミー頂点数のことは考慮していない。ILP 階層化アルゴリズム [3] は、階層幅、階層数を制限した場合にダミー頂点数最小の階層割当てを求めることができるが、計算時間が長くなる。また、ダミー頂点数の削減を目的とした階層再割当て手法として promotion[4] が知られているが、これは階層幅を考慮しておらず、さらに 1 頂点の移動を繰り返すものであるためダミー頂点数の削減効果も十分でない。

本研究では、階層幅の制限がある場合の階層再割当て手法を提案する。提案法は、Coffman らの方法により階層割当てを行った後、1 頂点の移動と頂点群と呼ぶ頂点集合の移動により階層再割当てを行い、ダミー頂点数を削減するものである。

2. 諸定義

有向グラフ G に階層割当てを行ったとき、連続していない階層の頂点間を結ぶ各辺に対し、それがまたぐ階層ごとにダミー頂点を導入する。ダミー頂点に対して、 G に元からある頂点を実頂点と呼ぶ。1 つの階層上にある実頂点の個数の最大値を階層幅と呼ぶ。

3. 提案法

有向グラフ G と階層幅の上限 w が与えられるものとする。提案法は、Coffman らの方法で階層割当てを行った後、まず promotion と同様に 1 頂点の移動を繰り返し行って、ダミー頂点数の削減を試みる（ただし、階層幅が w を超えるような移動は行わない）。

提案法は、次に、階層幅と辺の向きの制限を満たしたまま、頂点群の階層再割当てを行うことにより、ダミー頂点数の削減を行う。ここで頂点群とは、ある実頂点を上下の階層に移動する際に同時に階層を移動しなければならない全ての実頂点からなる集合である。例えば、図 1 において頂点 1 を下の階層に移動するときの頂点群は $\{1, 4, 5\}$ 、頂点 10 を上の階層に移動するときの頂点群は $\{7, 8, 9, 10\}$ である。提案法は、2 つの頂点群を同時に移動することにより、1 つの頂点群の移動だけでは行えないダミー頂点の削減も行う。

4. 計算機実験

入力に用いる有向グラフの頂点数 $|V|$ 、辺数 $|E|$ の組合せは $(|V|, |E|) = (20, 40), (30, 60), (60, 120)$ の 3 通りとし、それぞれについて 30 個のデータをランダムに作成

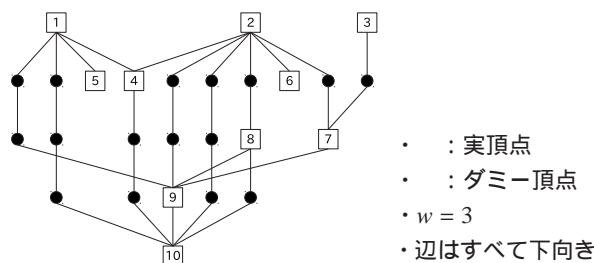


図 1: Coffman らの方法による階層割当ての例

した。これらに対し、階層幅の上限 w を 5 として従来法 1 (Coffman らのアルゴリズム)、従来法 2 (ILP 階層化アルゴリズム)、及び提案法を実行し、ダミー頂点数 $|DV|$ と実行時間を求めた。使用した計算機の CPU は AMD Phenom(tm) II X4 945 Processor (800MHz)、OS は Ubuntu12.04、プログラミング言語は JAVA6.0 であり、従来法 2 で整数計画問題を解く際にはソルバー SCIP [5] を用いた。実験結果を表 1 に示す。提案法は、従来法 2 には劣るものの、従来法 1 より大幅にダミー頂点数を削減できている。

表 1: 実験結果

$ V $	$ E $	手法	$ DV $	実行時間 [ms]
20	40	従来法 1	46.7	0.325
		従来法 2	35.8	40.0
		提案法	35.9	3.28
30	60	従来法 1	94.9	0.628
		従来法 2	62.3	203
		提案法	65.7	23.1
60	120	従来法 1	389	4.53
		従来法 2	223	4.32×10^4
		提案法	273	813

参考文献

- [1] K.Sugiyama, S.Tagawa, and M.Toda, "Methods for visual understanding of hierachical system structures," IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics, vol.SMC-11, pp.109-125, 1981.
- [2] E.G. Coffman, Jr. and R.L. Graham, "Optimal scheduling for two-processor systems," Acta Informatica, vol.1, pp.200-213, 1972.
- [3] P. Healy, and N.S. Nikolov, "A branch-and-cut approach to the directed acyclic graph layering problem," Proc. 10th Int'l Symp. on Graph Drawing (GD2002), LNCS, vol.2528, pp.98-109, Springer, Berlin, 2002.
- [4] N.S. Nikolov and A.Tarassov, "Graph layering by promotion of nodes," Discrete Applied Mathematics, vol.154, pp.848-860, 2006.
- [5] 宮代隆平, "整数計画ソルバー入門," オペレーションズ・リサーチ, vol.57, pp.183-189, 2012.