

インタラクティブな動的グラフィックレイアウト手法を用いたウェブグラフ発展過程の可視化

An Interactive Dynamic Graph Layout Technique for Visualizing Evolution of the Web Graph

豊田 正史*

Summary. This poster demonstrates an interactive dynamic graph layout technique that allows the user to observe temporal changes in graphs, and to dynamically drag, fix, and filter graph elements. It expands the foresighted graph layout technique by simultaneous layout of the super and current graph. This technique is applied to visualization of the evolving Web graph.

1 はじめに

ウェブにおけるページとハイパーリンクから成るウェブグラフ、学術論文の参照関係、ソーシャルネットワークなど様々なグラフ構造の時系列的な変化には、その時々トレンドに関する重要な情報が含まれている。例えば、大規模なウェブグラフの変化からは、注目を集めた話題の起点となったページまで遡り、話題の広がり方を読み取ることができる。こういった大規模なグラフ構造変化の把握を可視化およびインタラクション技術を用いて支援することは重要な課題である。

時系列変化、ユーザからのインタラクションなどにより変化するグラフは、動的グラフと呼ばれている [1]。動的グラフを理解し易く描画するには、ユーザがグラフ構造を把握した結果形成されるメンタルマップを保持することが重要とされており [4]、この考え方に基づいた様々なグラフィックレイアウト手法が主に 2 種類提案されている。1 つは時系列的なグラフの列をすべて合併したスーパーグラフをあらかじめレイアウトし、各時間のグラフをスーパーグラフに基づいてレイアウトする手法 ([3] など) である。これらの手法はグラフの時系列変化をアニメーション化することを主な目的としており、大規模な動的グラフのインタラクティブな描画は十分に検討されていない。もう 1 つは各時間毎のグラフをレイヤーとして各レイヤーを力学的手法でレイアウトする際に、同じノードがほぼ同じ位置を保持する様な力を加える手法である ([2, 6] など)。この手法は、荒い時間間隔の変化をグラフ数枚分で見るとは有効であるが、細かい間隔の変化を長時間観察することは (1 日単位の変化を 1 年分など)、計算コスト、表示方法の両面において難しい。

本研究では、前者のスーパーグラフを用いた手法を基にしたインタラクティブな動的グラフィックレイ

アウト手法を提案し、それをウェブグラフの発展過程の可視化へ応用した。基本的アイデアは、スーパーグラフおよび表示中のグラフを同時にレイアウトすることで、ノードの移動、固定、フィルタリングに即時に対応可能することである。ウェブグラフのように大規模なグラフに関しては、ユーザが全文検索、時間の指定、様々なパラメータを用いたフィルタリング、およびグラフの渡り歩きを行うことで、注目する部分グラフを動的に抽出しつつ分析するのが一般的である。提案手法は、このようなユーザのインタラクションによる構造の変化に対して対応が可能である。

2 インタラクティブな動的グラフィックレイアウト手法

動的グラフのスーパーグラフ $SG = (V, E)$ は、ノードの集合 V とエッジの集合 $E = \{(u, v) | u, v \in V\}$ から成る。各ノードおよびエッジは、ユーザから指定される複数のパラメータ $P = (p_1, p_2, \dots)$ に従って動的に表示されるか否かが決定される。ノードおよびエッジそれぞれについて、パラメータを入力として表示するか否かを真偽で返す関数、 $visible(u, P)$ および $visible((u, v), P)$ がアプリケーションによって定められているものとする。パラメータとしては、アプリケーションにおける重用度、生存時間帯 (出現時間と消失時間のペア) などが用いられる。あるパラメータの状態 P において表示されるグラフ $G(P) = (V(P), E(P))$ は、表示されるノード集合 $V(P) = \{v \in V | visible(v, P) = true\}$ およびエッジの集合 $E(P) = \{(u, v) \in E | visible((u, v), P) = true\}$ で表される。

本手法では、実際には表示しない SG のレイアウトをバックグラウンドで行い、画面に表示する $G(P)$ のレイアウトを SG のレイアウトから大きく解離しない様にして同時に行うことで、ユーザのインタラクションに即座に対応する。 $SG, G(P)$ のレイアウト

トには力学的アプローチ [5] を基にしたアルゴリズムを用いている。ただし、 SG のレイアウトの際には、どのような P においても同時に表示され得ないノード間には斥力を働かせていない。これは消えたノードがいつまでも空間を占有しないようにするためである。また、 $G(P)$ のレイアウトにおいては、基本的に各ノードは SG の位置に表示する。ただし、各ノードには SG における位置からどの程度離れて良いかを示すマージンを個別に設定することができ、力学的アプローチに基づいてその範囲での移動を許す。マージンを 0 に設定すればノードは SG における位置に固定され、大きくすると $G(P)$ において最適な位置へ移動することになる。マージンはユーザが指定する様にすることもできる。

ユーザはパラメタ P の変更、ノードおよびエッジのドラッグ、追加、削除を行うことができる。パラメタの変更はスーパーグラフに影響を及ぼさないため、 $G(P)$ のレイアウトのみが再計算される。ドラッグなどに関しては、スーパーグラフのレイアウトに影響を及ぼすため、 SG 、 $G(P)$ 両方の再計算が行われる。

3 ウェブグラフの動的レイアウト

図 1 に提案手法を用いたシステムを用いてウェブグラフの時系列変化をレイアウトした例を示す。これは、1999 年から定期的に収集したウェブアーカイブから全文検索によって「生協の白石さん」を含むページを全時間に渡って検索し、それらのページに張られたリンクの構造を時系列的に可視化したものである。本システムでは時間、ノードの度数などによってグラフの変化を制御しつつ発展過程を観察できる。この例では、2005 年 6 月に右上に現れた「がんばれ生協の白石さん」というページから爆発的に話題が広がったことが見て取れる。

4 まとめと今後の課題

インタラクティブな動的グラフレイアウトの 1 手法を提案した。今後は、様々なグラフ解析手法を統合し、それに併せてレイアウト手法を改善していく予定である。

参考文献

- [1] J. Branke. *Drawing Graphs*, chapter 9. Dynamic Graph Drawing, pp. 228–246. Springer-Verlag, 2001.
- [2] C. Collberg, S. Kobourov, J. Nagra, J. Pitts, and K. Wampler. A System for Graph-Based Visualization of the Evolution of Software. In *ACM Symposium on Software Visualization (SoftVis)*, pp. 77–86, 2003.
- [3] S. Diehl, C. Görg, and A. Kerren. Preserving the Mental Map using Foresighted Lay-

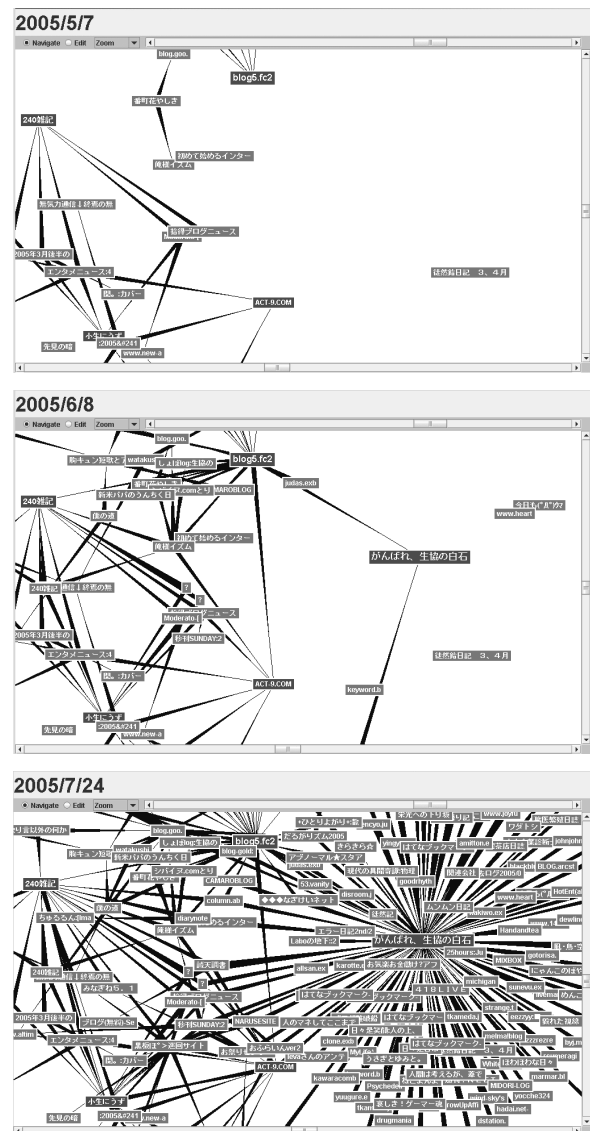


図 1. 「生協の白石さん」に関するウェブグラフの動的レイアウト

out. In *Proceedings of Joint Eurographics – IEEE TCVG Symposium on Visualization, Vis-Sym 2001*. Springer Verlag, 2001.

- [4] P. Eades, W. Lai, K. Misue, and K. Sugiyama. Preserving the Mental Map of a Diagram. In *Proceedings of Compugraphics*, pp. 9:24–33, 1991.
- [5] T. M. J. Fruchterman and E. M. Reingold. Graph Drawing by Force-directed Placement. *Software - Practice and Experience*, 21(11):1129–1164, 1991.
- [6] M. Toyoda and M. Kitsuregawa. A System for Visualizing and Analyzing the Evolution of the Web with a Time Series of Graphs. In *Proceedings of the Sixteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (Hypertext 05)*, pp. 151–160, Sept. 2005.