

時系列情報をもつウェブグラフ発達過程の 3 次元可視化

伊藤 正彦[†] 豊田 正史[†] 喜連川 優[†]

東京大学 生産技術研究所[†]

1. はじめに

著者等の研究室では、過去 10 年に及ぶ日本語ウェブアーカイブの構築を進めてきている。このアーカイブされたデータからウェブ情報の時系列変化を観測することで、実世界における流行や意見の変化、およびその理由の解析が可能になる [1]。

時系列情報の可視化により以下を明らかにすることが可能となる [2]: (i) ある時期に目的の情報が存在するか, (ii) 情報の出現時期, および周期性, (iii) 情報の存在期間, (iv) 出現頻度, (v) 時間に応じた出現変移, (vi) 情報の出現順序, また, (vii) どの情報とどの情報が同時に出現するのか。

現在, ウェブ構造の発達過程の可視化手法としては様々なものが提案されている: (1) 時間軸をアニメーションによって表現する手法, (2) 3 次元空間の一軸に時間軸を割り当て, その軸に沿って時間毎のウェブグラフを配置する手法, (3) 別の時間を表す複数のウェブグラフをタイル表示する手法, および (4) 複数のウェブグラフを重畳表示する手法。しかしながら, これらの手法では, 上記の (ii) (iii) いつからいつまで情報が存在するのか, (iv) (v) 情報の出現の仕方がどのように変化しているのか, および (vii) 同時期に出現もしくは出現しない情報はどれなのか, を同時に一目で明らかにすることが困難である。

本稿では, ウェブアーカイブから作成した時系列情報を持つウェブグラフのインタラクティブな 3 次元可視化手法として以下を提案する。

① グラフの時系列を可視化する上記 4 種類の手法を 3 次元空間上で統合し, シームレスに切り替え可能な手法を提案する。本手法では, 3 次元可視化空間中の時間軸上に, 配置時間に対応した複数のウェブグラフを表示可能にする TimeSlices [3] と呼ぶ可視化部品を導入する。これらはユーザの直接操作により時間軸上の位置を移動可能で, グラフの時系列変化のアニメーション表示や複数スライスを用いたグラフ間

の比較が可能になる。また, ② TimeSlices に異なる時間との差分表示機能を追加した。さらに, ③ TimeSlices 間の 3 次元空間へのボリューム可視化等の情報表示機能の追加により, 情報の広まり方や遷移のような時間経過に伴うウェブグラフの発達過程を直感的に理解するための 3 次元可視化環境を提案する。

2. TimeSlices

提案手法では, 3 次元空間中の時間軸に沿って TimeSlice と呼ぶ部品を配置する。各 TimeSlice は配置されている時間軸の位置に対応したウェブグラフを表示する。図 1 の例では, 「ワーキングプア」に関するブログフィードの発展過程を可視化している。ユーザは TimeSlice をドラッグすることで時間をシームレスに変更させることが可能である。この操作により, グラフの構造変化をアニメーション表示させることが可能となる。また, 時間軸をクリックすることで, クリックされた場所に新たな TimeSlice を自由に追加することが出来る。ユーザは各 TimeSlice の時間的な位置関係を直感的に理解しながら新たなウェブグラフを追加し, さらに表示時間を変更することが出来る。

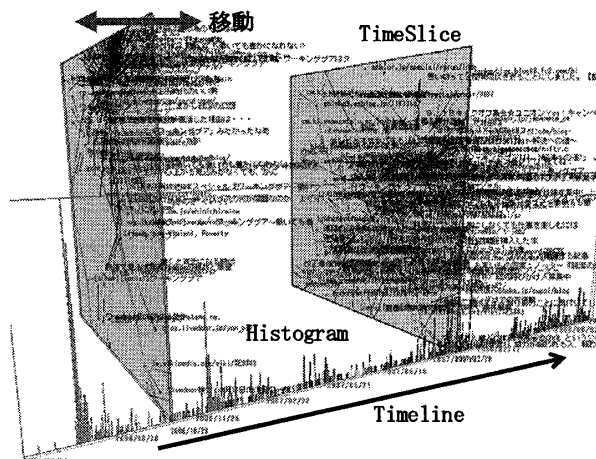


図 1 : TimeSlices

時間軸には, 日付およびその時間に生成されたノード数をヒストグラム表示している。ノードのコンテキストメニューからアーカイブされているウェブページを開くことも可能である。

An Interactive 3D Visualization for the Evolution of Time-series of Web graphs

[†] Masahiko ITOH, Masashi TOYODA, and Masaru KITSUREGAWA

Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

時系列ウェブグラフにおける構造の差異を理解しやすくするために、隣り合う TimeSlice の間では同じノードが同じ位置に配置される。また、各 TimeSlice に表示されているグラフは力学的アプローチに基づいたレイアウトを行っている。ユーザは対話的にノードをドラッグしノードの位置を変更することができる。その際に、各 TimeSlice 間でノードの位置が自動的に同期される。

複数のウェブグラフの構造を比較するために、重畳表示とタイル表示の 2 種類の見方を可能にした。これらはユーザが時間軸方向から TimeSlices を見ることで可能になる。3 次元表示のパスにより重なり合うノードの位置がずれて表示されることを防ぐために、パス無しで描画するモードを用意した。パスなしで重ねて見ると重畳表示になる(図 2 (a))。また、図 2 (b) のように TimeSlices をスライドさせた状態で見るとタイル表示になる(図 2 (c))。

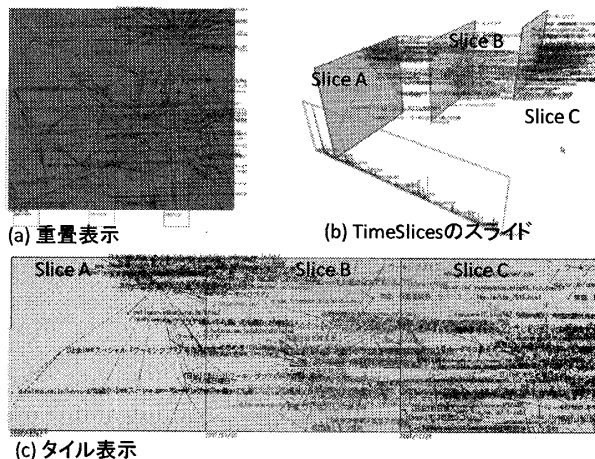


図 2 : 複数ビューの比較

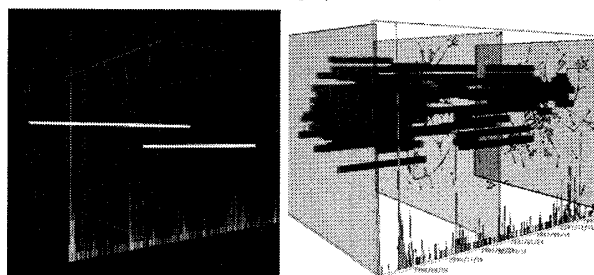
3. 集合演算ビュー

複数のウェブグラフ間の詳細な差異を可視化するために TimeSlice において集合演算を定義可能にした。時間 t_1 上にある TimeSlice 1 において、時間 t_2 上にある TimeSlice 2 に表示されているデータ集合との Union, Intersection, Difference を表示可能にする。これにより、時間による変化、差分の詳細を観測・比較することが可能になる。ユーザは TimeSlice 1 において、オペランドとなる TimeSlice とオペレータ $\cup, \cap, -$ を選択することで自由に演算を定義することが可能となる。

4. TimeSlices 間の空間利用

TimeSlices 間の空間に情報を可視化すること

で、選択されたノードに関する情報量、その生存期間、複数ノードに関する影響力の変移、およびその変移時期や速度を立体的に見せることが可能になる。図 3(a) では、各時間における共通ノードを素早く認識するために、各 TimeSlice 上の共通ノード間にエッジを表示している。図 3 (b) の例では選択した複数のノードから距離 2 以内のノードの集合が時間の経過とともにどのように変化していくかを可視化している。



(a)同一ノード間のリンク表示 (b)ノード集合のボリューム可視化

図 3 : TimeSlices 間の空間利用

5. おわりに

本稿では、TimeSlice と呼ぶ部品を導入し時系列情報を持つウェブグラフの 3 次元可視化を実現した。3 次元の可視化環境を用いることにより、(i) 複数の情報を同時に表示し、さらに重畳表示させ、かつそれらを個別に観測することが可能になる(図 1 および 2)。また、(ii) 2 つのウェブグラフ間の空間を利用しその間で何が起きたか、どのような情報が存在し続けるのかを可視化することが可能になる(図 3)。これらは 2 次元の可視化環境では実現困難である。

参考文献

- [1] 喜連川 優, 豊田 正史, 田村 孝之, 他: Socio Sense: 過去9年に及ぶWebアーカイブから社会の動きを読む, 情報処理, 49(11): 1290-1296 (2008)
- [2] Wolfgang Müller, and Heidrun Schumann: Visualization for modeling and simulation: visualization methods for time-dependent data - an overview, Proceedings of the 35th conference on Winter simulation, 737-745 (2003)
- [3] 伊藤 正彦, 豊田 正史, 喜連川 優: TimeSlices: 時系列情報をもつウェブグラフの対話的 3 次元可視化, 第17回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2009), 141-142 (2009)