

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23700105
 研究課題名（和文） 大規模時系列ネットワークデータに対する3次元情報可視化および探索技術の研究
 研究課題名（英文） Research for 3D Information Visualization and Exploration for Large Scale Temporal Network
 研究代表者
 伊藤 正彦 (ITO MASAHIKO)
 東京大学・生産技術研究所・助教
 研究者番号：60466422

研究成果の概要（和文）：本研究では、大規模時系列ネットワークに対する汎用的 3 次元可視化基盤技術を実現し、同時に、可読性向上技術、およびインタラクティブな情報探索技術を確立した。3 次元空間を利用することにより、時系列変化（ネットワーク構造変化+値変化+情報の流れ）を大規模ネットワーク上に同時に可視化可能にする点を大きな特色とする。

研究成果の概要（英文）：In this research, I have constructed a 3D generic visualization framework for large scale temporal network. Moreover, I have developed technologies for improvement of readability, and interactive exploration. Our approach provides 3D interactive visualization environments that enable users to dynamically and simultaneously visualize structural changes in networks, changes in their attribute values, and message flows on huge network.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：可視化

1. 研究開始当初の背景

近年、データ蓄積技術、通信技術の発展により、超大規模な時系列データを取り扱うことが可能になっている。同時に、ネットワーク情報は遺伝子ネットワーク、ソーシャルネットワーク等、あらゆるところで見られるようになり、解析・可視化の対象となっている。そのなかでもウェブ上にあるコンテンツは驚異的な速度で増加し続けており、そこから作られるウェブグラフは巨大かつ時間とともに変化する大規模時系列ネットワークとなる。東京大学喜連川・豊田研究室では過去 10 年 150 億ページからなる日本語ウェブアーカイブを構築している。これら、時間・社会状況とともに変化する情報は、マーケティング等の社会分析の観点から重要なデータとなってきている。つまり、ネットワーク構造を持つ大規模時系列データに対するマイ

ング技術が求められており、そのためには、巨大ネットワーク構造全体像を俯瞰し、興味の深い領域や現象を見つけ出すための大規模時系列ネットワーク可視化の仕組みが必要不可欠である。同時に、それらの領域・現象に対して詳細を観察したり、関連情報との相関を探索するためのインタラクティブな操作環境も求められる。現在、大規模ネットワークの可視化技術、動的時系列ネットワークの可視化技術、ネットワーク可視化を用いた情報探索技術はそれぞればらばらに存在しているが、それらを統一して扱える環境は提供されていないのが現状である。大量ノードを持つウェブグラフ等の大規模ネットワーク可視化においては、インタラクティブな情報探索を実現するために、レイアウト計算の高速化、描画の高速化、可読性を高めるためのノード、エッジ、およびラベルの重なり

回避・表示要素の複雑性回避手法の開発が必要不可欠である。特にラベル表示における情報の重なりは2次元可視化3次元可視化を問わず情報の可読性を妨げる大きな要因となっており、3次元空間におけるラベル重なり問題に対しては現状有効な解決策は見あたらない。時間情報をもつネットワークに対する探索を行う際には時間変化による構造変化のみならず、情報量の変化を可視化することによる流行状況の可視化、噂の伝搬のようなデータフローやメッセージフローを同時に可視化できる環境が必要とされる。2次元可視化環境では、これらの全体像を俯瞰・比較するための同時可視化が困難であり、3次元可視化の技術が強く求められる。

2. 研究の目的

本研究では、大規模時系列ネットワークデータに対する3次元可視化および探索の為の基盤技術を確立することを目標とする。具体的には、以下の5項目の研究課題を実現する。

(1) 可読性の高い大規模時系列ネットワーク表示技術の確立：最低でも1万以上のノードを持つような複雑で巨大なネットワークに対して時間軸を考慮しつつ可読性を高める手法を導入する。

(2) 時系列情報量変化およびフロー可視化基盤技術の拡張：既に確立済みの技術に対し(1)で確立した技術への対応を行う。

(3) 探索インタフェース基盤技術の確立：(1)(2)で確立した可視化手法の上での情報探索のための、Overview+Detail、ブラッシング・アンド・リンキング操作など、複数可視化結果の連携機能等の技術を確認する。

(4) 高速レイアウト技術の確立：(1)で確立した手法に対応した高速レイアウト手法をGPGPUなどの並列計算手法を利用し実現する。

(5) 課題(1)(2)(3)および(4)により確立された技術の応用：ウェブ・マイニング、歴史資料解析、遺伝子データ解析等へ応用し、大規模時系列ネットワークに対する可視化システム構築する上での重要な基盤技術となることを検証する。

3. 研究の方法

本研究では、大規模時系列ネットワークに対して情報探索を行うためのインタラクティブな汎用的3次元可視化基盤技術を確立することを目標とする。この目標を達成するために、以下の5つの研究課題を実現する。

(1) 可読性の高い大規模時系列ネットワーク表示技術の確立

(2) 時系列情報量変化およびフロー可視化基盤技術の拡張

(3) 探索インタフェース基盤技術の確立

(4) 高速レイアウト技術の確立

(5) 課題(1)(2)(3)および(4)

により確立された技術の応用

上記に記載した5項目の研究課題に関して、図1のように研究を進める。

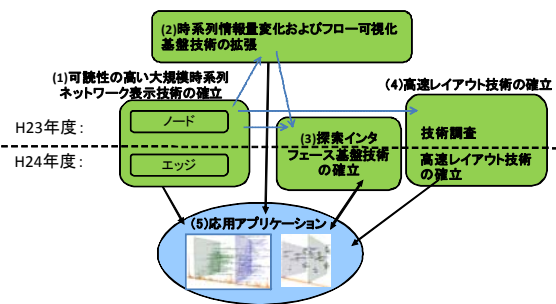


図1 研究計画

平成23年度は以下の通りに研究を進める。

(1) 可読性の高い大規模時系列ネットワーク表示技術の確立

大量のノードおよびエッジを持つグラフ描画における要素の重なり、表示要素が複雑になることによる可読性の劣化を解決するための技術の確立を行う。平成23年度はノード表示に関して、ノードクラスタリング等を用いた3次元空間における入れ子可視化およびLabel of Detail技術等を比較検討しつつ時系列ネットワーク可視化に最適な手法をWorldMirror/WorldBottle技術等を応用することで確立する。申請者らは既にラベル重なり問題に関して描画要素を制御する技術は開発済みであり、これを拡張する形で描画テクニックの拡張を行う。

(2) 時系列情報量変化およびフロー可視化基盤技術の拡張

申請者らは既に、時系列情報量変化の可視化基盤技術および時間方向のメッセージ・データフロー可視化基盤技術は開発済みであり、平成23年度は、確立済み表示方法以外の多様な表現手法の実現、大量要素・属性に対する表現手法の確立、他の表示要素との連携等のインタラクティブな操作技術の確立、および課題(1)の表示技術への対応を行う。

(3) 探索インタフェース基盤技術の確立

課題(1)(2)で確立した可視化手法の上での情報探索のための、Overview+Detail、ブラッシング・アンド・リンキング操作など、複数可視化結果の連携機能等の時系列ネットワークにおける情報探索のための汎用的基盤技術を確立する。

(4) 高速レイアウト技術の確立

GPGPU を用いた並列計算技術等を応用した高速グラフィック計算技術の確立を行う。平成 23 年度は課題 (1) のレイアウト手法に対して有効な計算手法の検討を行う。同時に実装も開始する。

平成 24 年度は以下の通りに研究を進める。

(1) 可読性の高い大規模時系列ネットワーク表示技術の確立

前年度までの成果に加え、平成 24 年度はエッジ表示に関して、Edge bundling や代表ノード (Exemplar) のみにエッジを張る技術等を比較検討し、時系列ネットワークにおけるエッジ可読性向上に最適な技術を確認する。

(3) 探索インターフェース基盤技術の確立

前年度までの成果としての汎用的な基盤技術に加え、平成 24 年度は課題 (5) の応用例に用いる解析手法との連携技術を確認する。

(4) 高速レイアウト技術の確立

前年度に引き続き、高速グラフィック計算技術の確立を行う。

(5) 課題 (1) (2) (3) および (4) により確立された技術の応用

前年度までの成果及び課題 (1) (2) (3) および (4) により確立された技術を大規模ウェブ情報のマイニングシステム、小規模時系列情報探索例として歴史史料解析データに対するインタラクティブ時系列探索システム、中規模時系列データ探索例としてウイルス遺伝子データの時系列探索システムへ具体的に応用し、本手法の有効性を検証する。

4. 研究成果

研究の主な成果

(1) 可読性の高い大規模時系列ネットワーク表示技術の確立

ノード次数などグラフの特徴量に応じたフィルタリングを実現可能にした。また、ノード内に他のネットワークやタグクラウド等の表現を入れ子表示する基盤技術の検討を行った。Edge bundling に関しては各種手法の調査検討を行った。

(2) 時系列情報量変化およびフロー可視化基盤技術の拡張

情報のバースト性や周期性を探索可能にする可視化要素 (図 2) および、ノード間の関係の特徴変化を可視化する可視化要素 (図 3) を開発した。

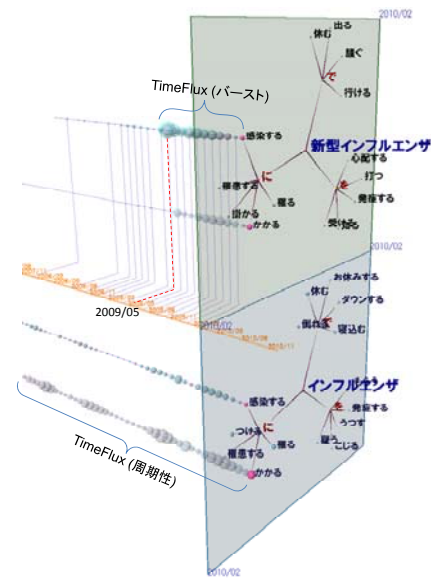


図 2 時系列情報量変化の可視化

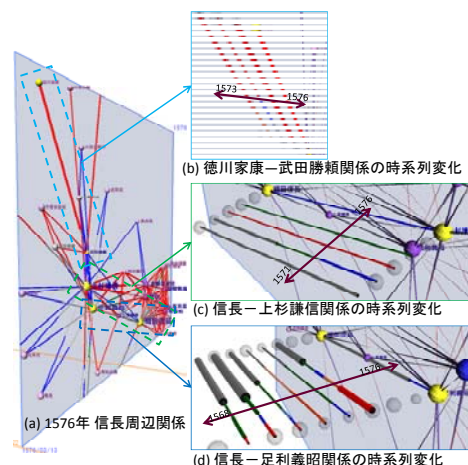


図 3 人物間関係の特徴変化の可視化

(3) 探索インターフェース基盤技術の確立

必要に応じて詳細情報探索を可能にする探索インターフェースを確立した (図 4)。また、複数可視化結果の連携機能として複数時間および複数トピックに関するグラフ間でのブラッシング・アンド・リンキング操作を実現した (図 5)。

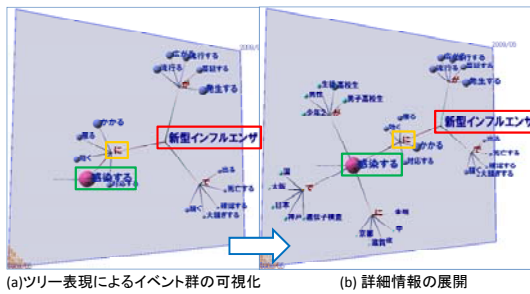
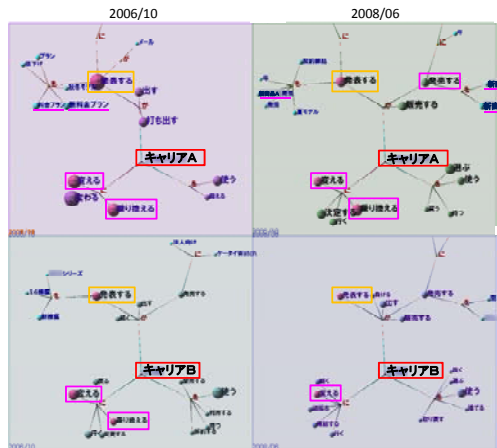


図4 時系列グラフにおける詳細情報探



索引インターフェイス

図5 複数時間・トピック可視化結果間におけるブラッシング・アンド・リンクング操作の実現

(4) 高速レイアウト技術の確立

GPGPU を用いた並列計算技術等を用いた高速グラフィック計算技術に関する有効な計算手法の検討を行った。

(5) 課題(1)(2)(3)および(4)により確立された技術の応用

応用システムとして、大量の史料データにおける歴史上の人物関係に関して、人物関係ネットワークを抽出し、その中心は誰か、どのようなクラスが存在するのか、また、それらが時代に依りてどのように変化するかをインタラクティブに探索可能にする可視化探索環境を提案した(図6)。さらに、個々の人物間がどのような関係(敵対、友好など)で構成されているのかを抽出し、それらの構成成分およびその時代変化をネットワーク上に可視化し探索可能にした(図7)。

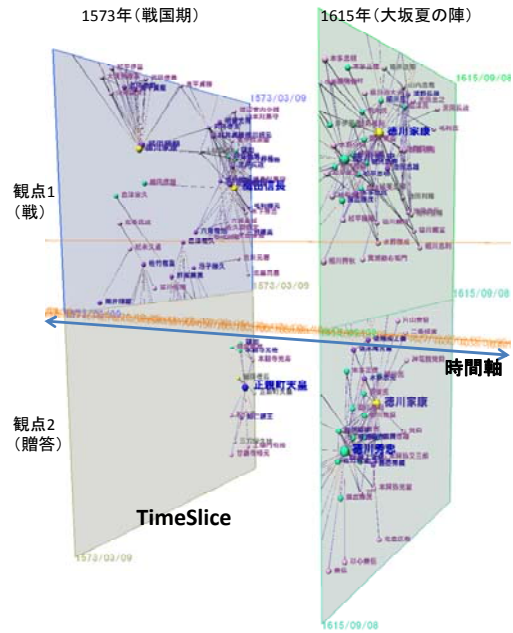


図6 戦国期—江戸時代初期における“戦”および“贈答”に関する人物ネットワークの比較

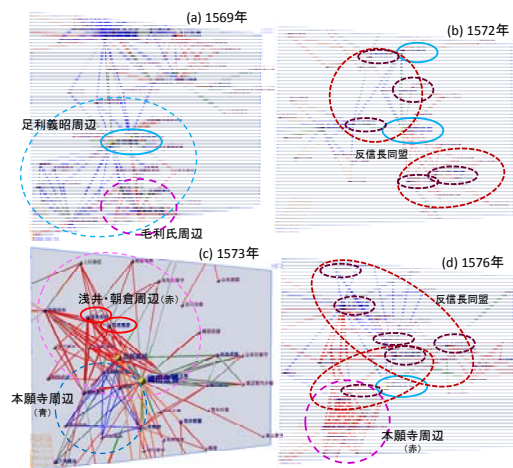


図7 1569-1576年にかけての信長周辺の人間関係変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計3件)

- ① Masahiko ITOH, and Mina AKAISHI, Visualization for Changes in Relationships between Historical Figures in Chronicles, the 16th International Conference on Information Visualization (IV2012), 10-13, Jul. 2012, Montpellier, France
- ② 伊藤正彦, 赤石美奈, 史料データにおける活動履歴に基づく人間関係変化の可視化手法, 人文科学とコンピュータシンポジウム 2011 (じんもんこん 2011), 10-11, Dec. 2011, 龍谷大学 大宮キャンパス
- ③ 伊藤正彦, 赤石美奈, 3次元可視化による史料データにおける人間関係構造変化の俯瞰, 第82回人工知能基本問題研究会 (SIG-FPAI), 4-5, Aug. 2011, 釧路工業高等専門学校

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 正彦 (ITO Masahiko)

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号: 60466422