

# VISTORY: タイムライン間の相互関連性の視覚化システム

野間田 佑也<sup>†</sup> 中野 敦<sup>‡</sup> 星野 准一<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 多摩美術大学 <sup>‡</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科

<sup>†</sup> nomata@tamabi.ac.jp, <sup>‡</sup> {nakano | jhoshino}@esys.tsukuba.ac.jp

**概要:** イベントデータを時系列に配列したタイムラインは、時間的な関係性を提示する手法として広く利用されている。人物の経歴や物事の歴史などを調べる際には、ある特定のタイムラインだけではなく、その他のタイムラインに含まれる出来事との関連性も理解することが重要となる。しかしながら、テキストベースの異なるタイムラインを比較参照し、出来事の時間的な位置関係を理解しながら、出来事間の関連性を理解することは困難である。そこで本稿では、情報視覚化によって複数のタイムラインの関連性の理解を支援するシステム VISTORY を提案する。提案システムでは、複数のタイムラインと相互関連性の視覚的なオーバービューをユーザに提示することにより複雑な関連性の理解を助ける。本稿では、提案したシステムを被験者に利用してもらい、その様子の観察と実験後のアンケートに基づき、提案システムの有用性の評価を行った。

**キーワード:** 情報視覚化, インターフェイス, タイムライン, イベントデータ, グラフネットワーク

## VISTORY: Visualizing Relations of Multi-timelines

Yuya Nomata<sup>†</sup> Atsushi Nakano<sup>‡</sup> Junichi Hoshino<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Tama Art University <sup>‡</sup> Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

**ABSTRACT:** This paper proposes a system to visualize the historical data and relations between timelines. The system gives user a clear overview that user couldn't get from the usual text-based linear list of events. The system has two main visualization features as follows. 1) Distributions of events within a single timeline are represented using a timeline object. The vertical axis corresponds to a timeline, and the thickness of the object represents the number of events that occurs at a certain time. 2) Users input a keyword, then the keyword represented by a dot. The system retrieves all event data contained in the keyword string. When the system finds the event data containing the keyword, a line connects the keyword to the timeline it matches. Therefore, two timelines can be connected through a common keyword from their respective events. We have conducted an experiment to investigate the effects of our system.

**Keywords:** Information Visualization, Graphical User Interface, Timeline, Historical data

### 1.はじめに

タイムラインによる情報提示は、時間属性を持つイベントデータを提示するために、これまでもよく利用されてきた形式であり[1], 人物の経歴や物事の歴史などを提示する際にも年表として利用されている(図 1)。イベントデータを時系列に配列することにより、イベント同士の時間の前後関係の比較を容易にし、前後の文脈の中で出来事を捉えやすくすることができる。視覚化研究の分野において、こうしたタイムラインを利用した履歴データの提示手法は、重要な研究分野のひとつとなっている[2][3][4][5]。

歴史情報を見るときには、ある特定のタイムラインのみを見るのではなく、他のタイムラインに含まれる出来事も参照して、それらの関係性を理解することが

重要となってくる。例えば、ある作家の経歴や作品について調べる際には、その作家だけに関する出来事の関係性を知るだけではなく、同時代やその前後に、他にどのような人物がいて、どのような作品が存在していたのかを知ることで、出来事や作品の価値、意義などに対してより理解を深めることができる。

しかしながら、複数のテキストベースのタイムラインを比較参照し、出来事の時間的な位置関係を理解しながら、出来事間の関連性を発見したり理解することは困難である。

そこで本稿では、情報視覚化によってタイムライン間の関係性の理解を支援するための視覚化システム VISTORY を提案する(図 2)。提案システムでは、複数のタイムラインと、それらにまたがる出来事の相互関連性の視覚的なオーバービューをユーザに提示するこ

とで、個別のタイムラインからは気づきにくい、複雑な時間的な関係と相互関連性の理解を支援する。

本稿では、2章で提案する視覚化システムに関連する先行研究について述べる。続く3章では、複数のタイムラインと相互関連性のオーバービューを生成するための視覚化手法について述べる。次の4章で、視覚化システムの詳細についての説明を行う。最後に、5章では、本手法の有効性を確認するために行った評価実験の結果を示し、その結果について考察を述べる。

**Nicholas Negroponte**  
1943 -

YEAR	EVENT
2005	\$100 ラップトップ・コンピュータ
1995	『Being Digital』出版
1992	Wired Magazine創設の出版者に
1985	メディアラボ創設を遂ぐ
1970	『The Architecture Machine』
1968	Architecture Machine Group設立
1966	修士号(建築)をMITで取得

**Ivan E. Sutherland**  
1938 -

YEAR	EVENT
1990	Sun Microsystems総括責任者
1988	チューリング賞を受賞
1976	カリフォルニア工科大学 学部長
1974	カリフォルニア工科大学チエア
1974	RAND研究員
1972	Fist Zvonkin Award 受賞
1968	ユタ大学 教授就任
1968	Evans and Sutherland社 共同設立
1968	ヘッドマウントディスプレイ (HMD) システムを提案
1966	Computeworld Smithsonian Award
1966	ハーバード 教授就任
1964	DARPA研究員
1963	MITで博士
1959	カーネギー工科大学 卒業

**Vannevar Bush**  
1890 - 1974

YEAR	EVENT
1970	Pieces of the Action
1967	Science is Not Enough, essays
1960	アメリカ電気アメリカ科学財団(NSF)を設立
1949	Modern Aims and Free Men
1946	Endless Horizons, a collection of papers and addresses
1945	Science: The Endless Frontier
1945	『As We May Think』発表
1943	アメリカ電気学会からエジソン賞を授与される
1940	アメリカ国防研究委員会(NDRC)の議長就任
1939	ワシントン・カーネギー研究機構の総長職就任
1929	Operational Circuit Analysis
1922	Principles of Electrical Engineering
1919	MITの電気工学科に移籍
1917	博士号取得
1913	ワッシャー・カレッジを卒業

**Fumihiko Maki**  
1928 -

YEAR	EVENT
2006	MIT Media Lab
2003	テレビ朝日六本木6丁目日本社ビル (六本木ヒルズ)
1999	高松宮殿下記念世界文化賞
1997	原の広秀賞
1995	イザール・ビュロー・パーク (ミュンヘン)
1993	UIAゴールドメダル
1993	ブリック賞
1990	慶應義塾大学湘津浜浜キャンパス(SFC)
1990	東京体育館
1989	富山市民プラザ
1989	テレビア
1989	豪華メッセ
1986	京朝国立近代美術館
1985	慶應義塾日吉図書館
1985	スパイラル・SPIRAL
1983	電通期西武社
1981	慶應義塾図書館新館
1980	代官山集合住宅 (ヒルサイドテラス)
1980	福総合計画事務所を設立
1980	名古屋大学豊田講堂
1952	東京大学卒業

**J.C.R. Licklider**  
1915 - 1990

YEAR	EVENT
1969	論文 The Computer as a Communication Device (通...)
1969	マサチューセッツ工科大学でProject MACの責任者に
1962	リックライダーはARPAの指揮・指令系統の行動科学研...
1960	論文 Man-Computer Symbiosis (人間とコンピュータの...)
1957	タイムシェアリングシステムの公開デモンストラショ...
1950	ハーバード大学の音楽心理学研究所からMIT

図 1 テキストによるタイムラインを用いたイベントの提示例

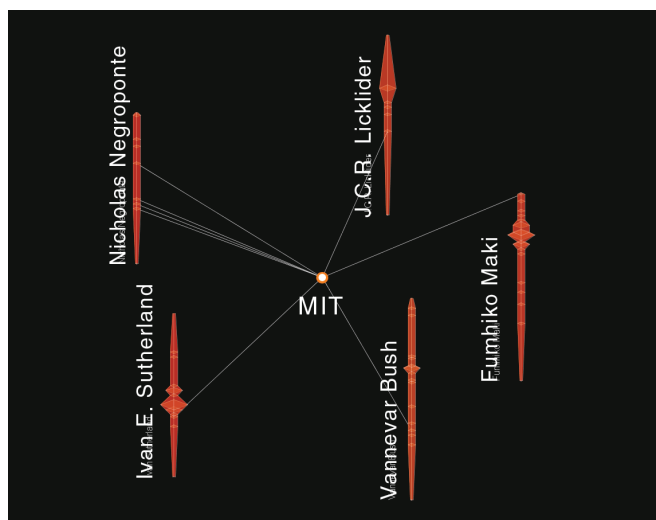


図 2 提案手法による図 1 で示したタイムライン間の相互関連性 (“MIT”)の視覚化例

**2.関連研究**

タイムラインを利用したインターフェイスの最もよく知られた先行研究としてLifeLines[6]が挙げられる。このシステムでは、医療における各患者への医療行為の履歴をタイムライン上に配置する。医療行為の全体と、個々の医療行為同士の時間的な前後関係を視覚的に閲覧できるようにすることによって、情報の見落としを軽減することなどを目的としている。しかし、このシステムでは、異なる人物間 (タイムライン間) の閲覧や出来事間の関連性の提示は考慮されていない。

複数のタイムラインを超えたイベントデータの閲覧を考慮した研究としては、複数のタイムライン間でのイベントの比較を行うためのテキストベースのインターフェイスが提案されている[7].インターフェイスは、'Context'スペースと'Focus'スペースに左右に大きく分かれており、ユーザは各上部にあるプルダウン・リストから、注目しているイベントセット (タイムライン) を"Focus"側にセットする。そして、背景として'Context'側に表示するイベントセットを複数選択することが可能になっている.異なるイベントセットは異なる色の文字で表示される。また、ユーザは、表示する年代の範囲を制御できる。イベントやタイムライン間の関係性の明示的な提示については考慮されていない。

写真家のデジタルライブラリを視覚化したDynamic Timelines[8]では、各写真家の生存期間を3D仮想空間内の床面上にバーチャートによって表現し、各バーチャート上にそれぞれの作品の画像を制作年に基づいて配置している。このように、各写真家の作品を人物ごとにまとめることで、それぞれの写真家の作品へのアクセスを容易にし、各作品の制作時期をすぐに得ることができる。また、複数の写真家を同時に見ることができ、人物同士の生存時期や期間を比較することができる。しかしながら、この研究では、各人物 (タイムライン) 同士や各作品 (出来事) 同士の関係の明示的な視覚化は行われていない。

これまで述べてきた研究では、タイムラインを利用することによりイベントデータの閲覧や比較を支援しているが、イベントデータ間の相互関連性の明示的な提示は行われていない。

一方、出来事間の相互関連性を考慮し、本稿で提案するシステムが行う視覚化手法のように、タイムラインとネットワークダイアグラムを3次元空間として結合することによって、時間的な関係性と要素間の相互関係性を同時に提示する視覚化手法の研究がすでにくつつ行われている。小池らはVOGUEでこの枠組みを示し[9]、並列言語Lindaの実行状態の可視化に適用したVisualLinda[10]を提案している。実行時の各プロセスのタイミングチャートと各プロセス間のメッセージに基づく関係性を、3次元空間を利用することでひとつのモ

デルとして視覚化している。同様の枠組みを利用した事例として、時空間的 (spatial-temporal) 情報を視覚的に提示するために、3次元空間の縦軸をタイムライン、水平面を地理的マッピングに利用するシステム[11]も提案されている。

本稿では、同様の枠組みを、人物の経歴データなどの歴史的情報を視覚化対象とし、タイムライン間の時間的な関係性と相互関連性を提示するために利用する。さらにその上で、個々のタイムライン内の出来事の分布状況を提示する。関連性の提示では、タイムライン同士を直接パスで関連付けるのではなく、関連性を示すためのオブジェクトを介在させることによって、関係の有無だけではなく、どのような関連性なのかを提示する。

### 3.視覚化手法

本章では、複数のタイムラインと相互関連性の視覚的なオーバービューを生成するための視覚化手法について述べる。

本手法では、複数のタイムラインを同時に表示するために、まず、タイムラインオブジェクトと呼ばれるオブジェクトによって、各タイムラインの視覚的な概要を生成する。次に、すべてのタイムラインオブジェクトを、縦軸を時間軸（上方を現在、下方を過去）とする3次元空間へ配置する。最後に、関連性オブジェクトと呼ばれるオブジェクトを介して、タイムライン同士をパスによって視覚的に関連付けることで、タイムライン間の相互関連性を表現する。

#### 3.1. タイムラインの視覚化

各タイムラインは、その継続期間に応じた長さを持つ柱状のオブジェクトによって表現される。また、イベントデータが存在する時期と数に応じて、オブジェクトの太さを部分的に変化させることで、タイムラインに含まれる出来事の分布状況を表現する[12]。このタイムラインの特徴を視覚化したオブジェクトのことを、本稿ではタイムラインオブジェクトと呼ぶ。

図3は、タイムラインオブジェクトによって、アーティストの作品発表などの一連の出来事を視覚化した例を示している。まず、各タイムラインは、人物の生存期間に比例した長さを持つ柱状のオブジェクトとして視覚化される。これにより、一目で他の人物との生存期間の違いを視覚的に比較できる。次に、各出来事の位置関係と分布状況を提示するため、出来事が起こった時期に該当する箇所太さを、その時期の出来事の数に応じて変化させる。図3の例では、1897年と1944年には2件の出来事があるため、他の箇所より太くなっている。このような視覚化を行うことにより、通常

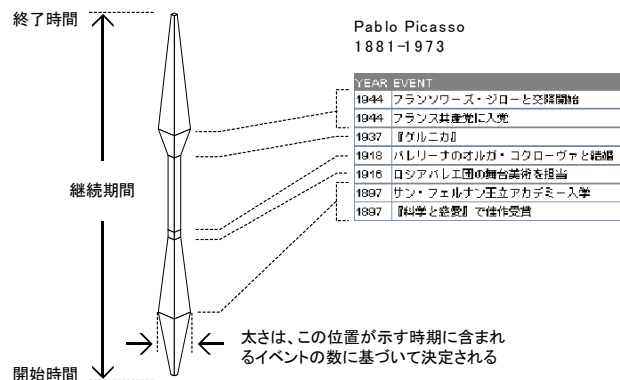


図3 タイムラインオブジェクトによるタイムラインの視覚化。各出来事の時間的な位置関係と分布状況が視覚的に得られる。

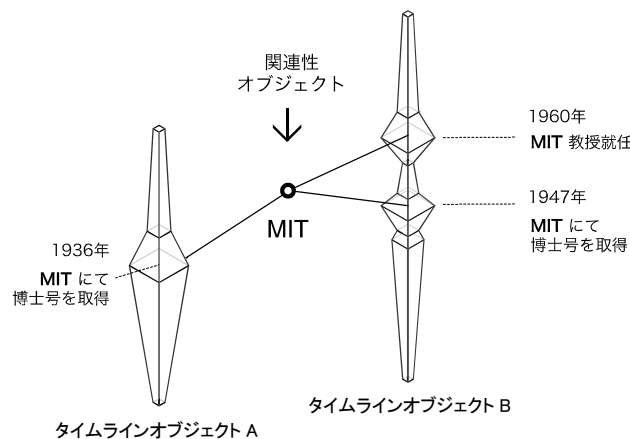


図4 関連性オブジェクトによる関連性の視覚化

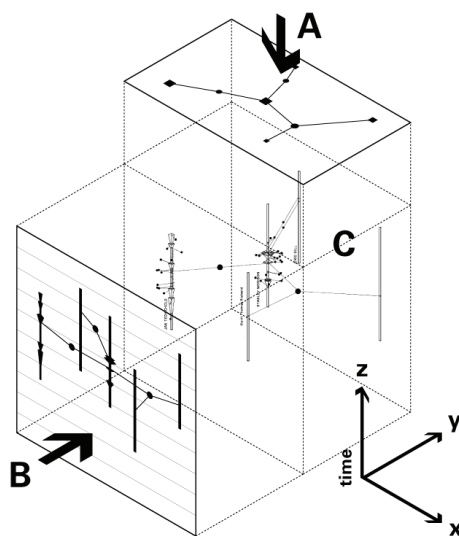


図5 タイミングチャートとネットワークダイアグラムの結合による3次元モデル視覚化の概念図。ネットワークダイアグラム(A)と、タイミングチャート(B)を1つのモデルから得ることができる。

のテキストベースのタイムラインでは読み取りにくい、出来事同士の時間的な位置関係と分布状況を視覚的に得ることができ、どの年代に出来事が集中しているのを視覚的に判断することができる。

### 3.2. 関連性の視覚化

本手法では、出来事間の関連性を、関連性オブジェクトと呼ばれるオブジェクトを介してタイムラインオブジェクトを連結することにより表現する(図2, 図4)。図4は、タイムラインの間にある関連性(MIT)を、提案手法によって視覚化した例を示している。タイムライン間を直接パスによって連結し関連性を示すのではなく、図に示したように、関連性をドット状のオブジェクトとして視覚化し間接的に関連付ける。これにより、関係の有無だけではなく、どのような関連性を持っているのかを提示することができる。また、パスがタイムラインオブジェクト上のイベントデータがある位置から引かれるため、時間的な位置まで提示することができる。

後述する実装システムでは、関連性オブジェクトを応用し、ユーザのキーワード検索の結果の視覚化を行った。ユーザから入力されたキーワードを関連性オブジェクトとして視覚化し、そのキーワードを含むイベントの位置をパスによって示す。これにより、ユーザは、キーワードを含むイベントが、どのタイムラインのどの位置にあるのかを視覚的に確認することができる。

### 3.3. ビューモード

本システムでは、ユーザの閲覧を支援するため以下の3つのビューモードを提供する。各ビューモードの切り替えは、いきなり切り替えるのではなく、カメラ視点をシームレスに移動させることにより行われる。このように各ビュー間を連続的に遷移させることで、ユーザは全体のコンテキストを維持したまま閲覧を続けることができる。

#### Relation ビューモード

このビューモードでは、3次元空間の真上からのビューを提示する(図5A)。したがって、時間的な情報は捨象され、ユーザは、相互関連性のみをネットワークダイアグラムとして眺めることができる(図6)。

#### Timeline ビューモード

このビューモードでは、3次元空間の真横からのビューを提示する(図5B)。ユーザはこの空間をタイミングチャートとして眺めることができる(図7)。ユーザは、スクリーン上での距離やオブジェクトの長さ、位置の前後関係を比較することで、タイムラインの継続期間や時間的な前後関係を視覚的に直接読み取ることができる。

### 3D ビューモード

このビューモードでは、3次元空間を俯瞰して眺めたビューを提示する(図5C)。ユーザは、タイムライン間の時間的な位置関係と相互関連性を同時に把握することができる(図8)。

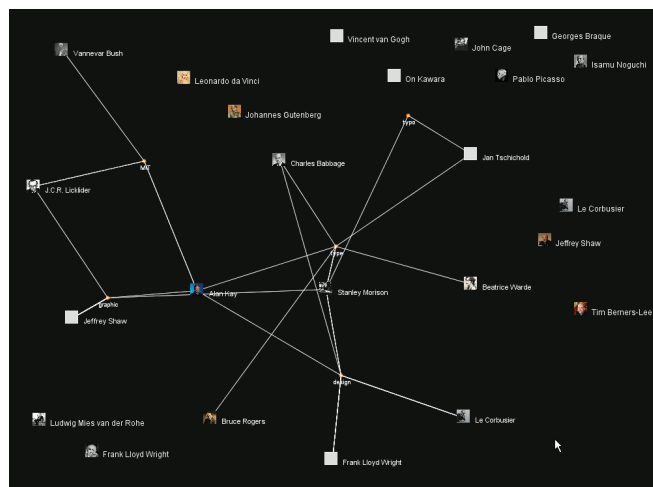


図6 Relation ビューモード

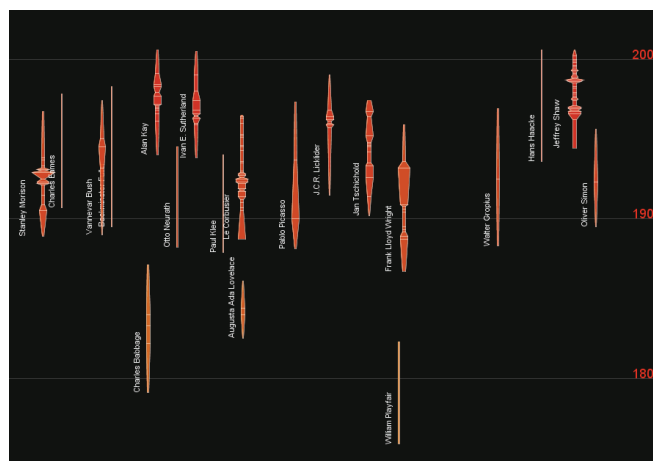


図7 Timeline ビューモード

### 3.4. レイアウト

タイムラインオブジェクトおよびキーワードオブジェクトの配置手法の詳細について述べる。

関連性のあるタイムライン同士は、互いに比較しやすくするため近くに配置する必要がある。しかしながら、タイムラインの数が増加するにしたがって、関連性が見やすいように手動でオブジェクトの配置を決定することは非常に手間がかかる。そこで、自動的に見やすいレイアウトを決定するため、本手法では、タイムラインおよび関連性オブジェクトをノード、これらノード同士を結ぶリンクをパスとするグラフ構造として捉え、バネモデルと分子間力モデルを利用したレイアウトアルゴリズムを適用した[13]。このアルゴリズム

を利用することで、バネモデルの張力で関連性のあるオブジェクトを近づけ、かつ分子間力モデルによって生じる斥力で関連性のないオブジェクトを遠ざけることができる。

タイムラインと関連性オブジェクトの関連の強さによって距離を近づけることで、視覚的に関連性の強さを把握しやすくするため、距離はリンクの数  $N$  に応じて変化させる。ノード  $i$  とノード  $j$  間のリンク数を考慮した収束長は以下のように定める。

$$l(N) = \begin{cases} \frac{N_{\max} - N}{N_{\max} - N_{\min}} l_{\text{default}} + l_{\text{offset}} & \text{if } (N \leq N_{\max}) \\ l_{\text{offset}} & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $N_{\max}$  はリンク数の最大値、 $N_{\min}$  はリンク数の最小値である。また、 $l_{\text{default}}$  は基準長を表す。 $l_{\text{offset}}$  は、ノード間の長さが 0 にならないようにするために設ける。

バネモデルと分子間力モデルの含まれた以下の運動方程式を、4 次のルンゲクッタ法で解くことで、各タイムラインをレイアウトする。

$$\frac{d^2 p_i}{dt^2} + k_c \frac{dp_i}{dt} = F_s + F_m \quad i \in W \quad (2)$$

ここで、 $W$  はすべてのノードの集合、 $p$  はノードの位置ベクトル、 $F_s$  はバネの張力、 $F_m$  は分子間力を表す。 $F_s$  と  $F_m$  はそれぞれ以下のように定義される。

$$F_s = k_s \sum_{j \in U} \left( |p_j - p_i| - l(N_{ij}) \right) \frac{p_j - p_i}{|p_j - p_i|} \quad (3)$$

$$F_m = -k_m \sum_{j \in V} f_m \left( \frac{|p_j - p_i|}{r_m} \right) \frac{p_j - p_i}{|p_j - p_i|} \quad (4)$$

$$f_m(d) = \begin{cases} \frac{5d^3}{4} - \frac{19d^2}{8} + \frac{9}{8} & \dots \text{ if } (0 \leq d \leq 1) \\ 0 & \dots \text{ else} \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 $U$  はノード  $i$  に隣接しているノードの集合、 $N_{ij}$  はノード  $i$  とノード  $j$  のリンクの数、 $V$  はノード  $i$  に連結していないノードの集合、 $r_m$  は分子間力の半径、 $k_s$  はバネ定数、 $k_m$  は分子間力係数、 $k_c$  は摩擦係数である。

3.3 節で述べたように、複数のビューモードが存在しているため、それぞれのビューモードに対してレイアウトアルゴリズムの適用方法を変える必要がある。

**Relation** ビューモードでは、時間とは関係なく、タイムラインと関連性オブジェクトの関係が得られれば良いので、位置ベクトル  $p$  は、 $x$ - $y$  平面上のみを示して、レイアウトアルゴリズムを適用する。

**Timeline** ビューモードでは、タイムラインは、時間が

定められていて変化しないため、縦軸方向には移動しない。位置ベクトル  $p$  は、 $x$  軸もしくは  $y$  軸上を示した状態でレイアウトアルゴリズムを適用する。

また、連結しているオブジェクト集合を把握しやすくするために、連結しているノードの集合をグループとして捉えて、グループをひとつのノードとして捉えてレイアウトアルゴリズムを適用した。連結しているオブジェクトだけでグループとしたため、グループ間には連結がないため分子間力モデルの斥力のみが適用される。

## 4. VISTORY

我々は、人物の経歴や物事の歴史を対象として、提案した視覚化手法を適用した視覚化システム VISTORY を実装した(図 8)。開発には、Java 言語(JDK 5.0)を用い、データベースエンジンには `hsqldb1.7.3.3` を用いた。なお、今回の実装では、時間データの最小単位を年単位とした。

### 4.1. インターフェイス

インターフェイスは、1)メインパネル (画面中央)、2)情報パネル (画面右側)、3)コントロールパネル (画面下部) から構成される(図 8)。また、画面上部には、検索を行うためのテキストフィールドが配置されている。

メインパネルには、タイムラインオブジェクトによって視覚化された複数のタイムラインが表示される。メインパネル内の左端には、カメラの年代的位置の確認と視点位置移動を行うためのナビゲーションが表示されている。ナビゲーションが示す色相のグラデーションは、年代と色相の対応関係を示しており、タイムラインオブジェクトの色は、タイムラインの開始年に基づいて決定される。ユーザは、タイムラインオブジェクトの色を見ることによって、タイムラインのおおよその時間的な位置を得ることができる。

コントロールパネルには、ビューモードの切り替えや、オプションの選択のためのボタンなどが配置されている。オプションでは、1)パスの表示、2)タイムライン名の表示、3)バネモデルによる自動レイアウト、4)時間軸を中心とした視点の自動回転の有無などを切り替えられるようになっている。

情報パネルには、メインパネルで選択されたタイムラインに関する情報や、タイムラインに含まれるイベントデータのリストおよびその詳細が表示される。また、選択中のタイムラインオブジェクト上のマウスの位置によって、情報パネルの該当する年代のイベントがハイライト表示され、ユーザがイベントを特定するのを助ける。それとは反対に、情報パネルの出来事

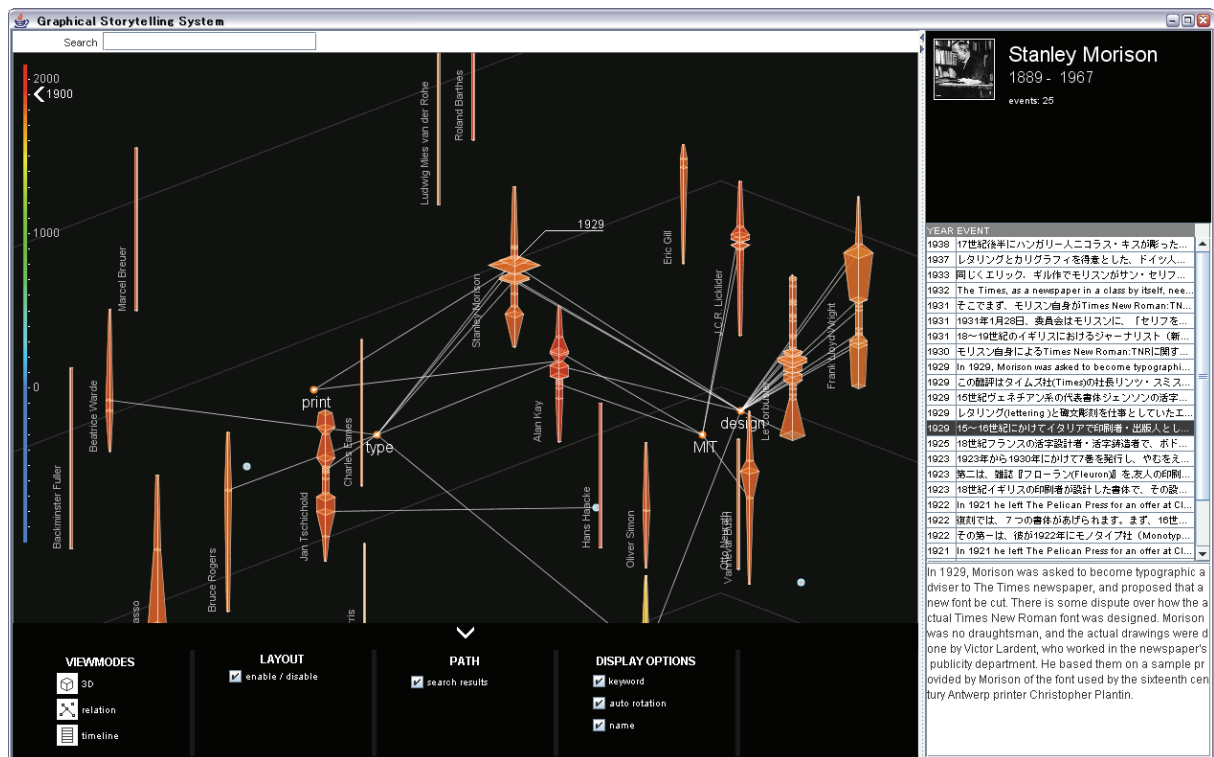


図 8 VISTORY のスクリーンショット. ユーザは、オーバービューを見ながら、異なるタイムラインに含まれる個々のイベントデータにスムーズにアクセスすることができる。タイムラインを選択すると右側の情報パネルに、タイムライン名や開始と終了年、その下には入力されているイベントデータのリストが表示されている。

ストの項目を選択すると、その出来事のタイムラインオブジェクト上での位置が示される。

## 4.2. 操作方法

メインビューにおけるユーザのマウス操作について述べる。

3D ビューモードでは、縦方向にマウスをドラッグすることによって、画面をスクロールさせ時間軸上を移動することができる。特定のタイムラインオブジェクトをクリックすると、画面中央にセンタリングされハイライト表示され、その他のオブジェクトは、目立たなくなるように表示される。この状態で、マウスを左右にドラッグを行うことで、選択中のオブジェクトを中心軸としてカメラの視点を左右に回転させることができる。

Timeline ビューモードと、Relation ビューモードでは、上下左右にドラッグすることにより、画面を上下にスクロールさせることができる。ズームインとズームアウトは、それぞれマウスボタンの左ボタン（ズームイン）と右ボタン（ズームアウト）の一定時間の長押しによって行われる。ボタンを押してから一定時間を過ぎるとズームイン（ズームアウト）を開始しボタンを離すと止まる。

## 4.3. キーワード検索結果の視覚化

本システムでは、複数のタイムラインの中から、ユーザが探しているタイムラインや出来事をすばやく発見できるようにするため、キーワード検索機能を提供する。また、関連性オブジェクトを応用し、以下の手順により検索結果の視覚化を行う。

まず、ユーザが入力した検索キーワードを、ドット状の関連性オブジェクトとして視覚化する。次に、システムは、すべてのタイムラインに含まれるイベントデータからキーワードを含むイベントデータを検索する。該当する検索結果が得られた場合、検索結果を含むタイムラインオブジェクト上のイベントの位置と、関連性オブジェクトとの間をパスで結ぶことにより、検索結果を視覚的に提示する。図 9(b)は、キーワード「MIT」による検索結果を示している。検索の結果、図 9(a)において散在していた5つのタイムラインが関連性オブジェクトに関連付けられ、バネモデルによって関連性オブジェクトの周辺に集まっている。また、集まった人物の中の一人 (Nicholas Negroponte) と関連性オブジェクトが、複数のパスで関連付けられており、該当するイベントが複数あることが分かる。

以上のように、ユーザは、検索キーワードを含むイベントが、どのタイムラインにあるのかを知るだけでなく、その時間的位置やヒット数を確認しながら関

覧を続けることができる。

図 9 (c)および図 9(d)は、さらに「PARC」や「東京大学」といったキーワードで検索を続けた時の様子を示しており、異なる検索結果同士が結び付けられているのが分かる。ユーザは、興味のある複数のキーワードと関連する人物を視覚的に発見することができる。例えば、図 9(d)では、東京大学出身の建築家で、MITメディアラボ棟の設計を担当している槇文彦氏を発見することができる。ユーザは、このような人物同士のつながり方に特化して調べる際に、Relationビューモードを利用することで、視覚化結果をネットワーク図として眺めることができる。図 10は、Relationビューモードによって、図 9(d)を、真上から眺めたときの様子を示している。

## 5. 評価

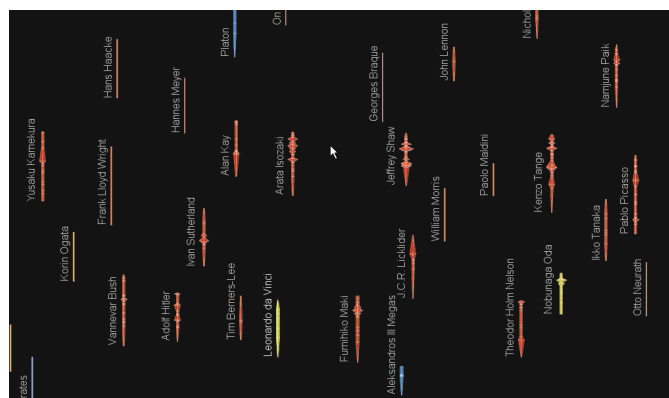
### 5.1. 目的

本実験の主な目的は、VISTORY が、複数のタイムラインに含まれるイベントデータ間の関連性に対する理解を支援する可能性について調査することにある。

本来、関連性の理解度を評価する方法としては、具体的な学習目的や被験者が理解すべき内容を設定し、実験後のテストなどで学習効果を測定し、既存システムによる結果と比較することが考えられる。しかし、被験者によって、実験時における知識、知りたい情報やその程度も大きく異なると考えられるため、学習効果として測定すべき内容を一意に設定することは適切ではない。また、本稿で提案を行ったシステムの比較対象となるような、異なる複数のタイムラインが閲覧できる一般的な既存システムというのはあまり存在しない。そのため、システム同士を直接比較することによって、有効性を評価することが難しい。

そこで、本実験では、VISTORY を自由に使用してもらい、使用後のアンケートによる主観評価に加え、使用中の様子を観察と記録した操作履歴によって閲覧状況を調べることにより、本システムの有効性を評価することとした。

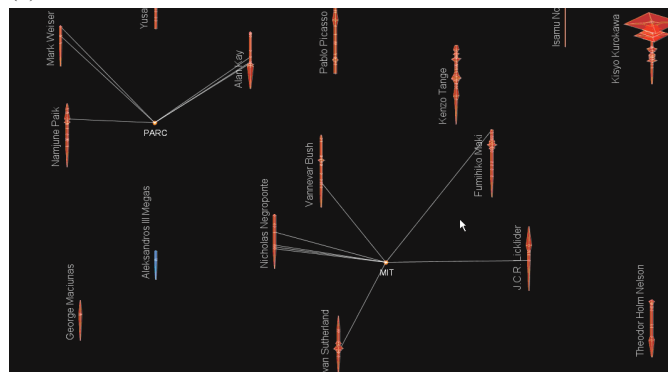
我々は、本システムを利用するユーザとして、マウス操作などのコンピュータの操作にある程度慣れており、歴史学習に対して興味がある一般ユーザを想定している。そこで、被験者には、普段から日常的にコンピュータを使用して基本的な操作に慣れており、かつ歴史学習に対して興味があると答えた人物 18 名を選定した。また、18 名の被験者は、可能な限り異なる職業、性別、分野、年齢から構成されるよう配慮した。被験者の詳細を表 1 に示す。



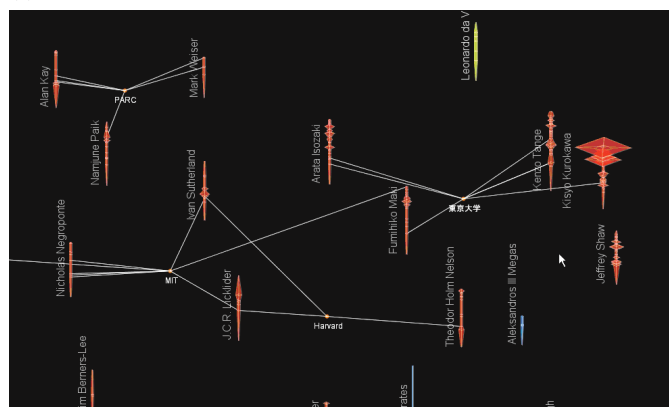
(a) キーワード検索前の画面



(b) 1 つめのキーワード (MIT) による検索実行後の画面



(c) 2 つめのキーワード (PARC) による検索実行後の画面



(d) さらに、キーワードを追加し検索を行った後の画面

図 9 検索キーワードの追加に伴う視覚化結果の遷移の様子。

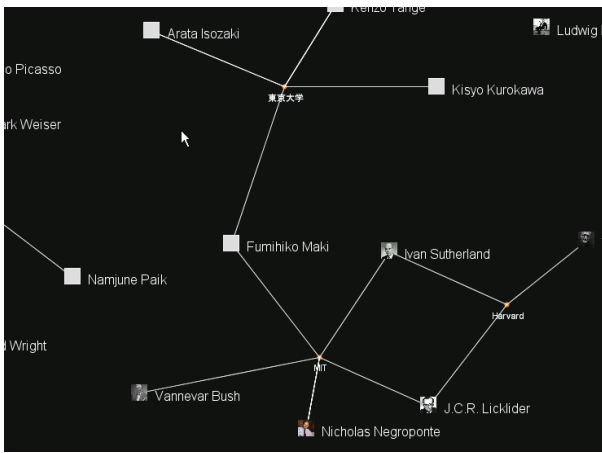


図 10 Relation ビューモードによる検索結果の視覚化

表 1 被験者

人数	18 名
性別	男性 12 名 女性 6 名
年齢	19 歳～30 歳
職業	大学生／大学院生（工学，芸術，人文）13 名 会社員（デザイナー，ソフトウェア技術者）5 名

### 5.2. 準備

実験を行うため、タイムラインデータとして、紀元前 1000 年から 2006 年までに実在した人物 100 人分のデータをシステムへ入力した。その際、各被験者に対して知っている人が必ず含まれるようにするため、様々な分野（アーティスト、デザイナー、科学者、思想家、戦国武将、スポーツ選手など）の人物が含まれるよう選定を行った。また、イベントデータとして、入力した各人物の経歴合計 508 件を入力した。さらに、重要だと思われるキーワードをあらかじめ関連オブジェクトとして入力した。これは、被験者がキーワードを入力しなくても、関連性オブジェクトの存在に気付けるようにして、その効果について調べられるようにするためである。

### 5.3. 手順

実験の手順を以下に示す。

- 1) まず、著者が本システムを操作しながら、被験者に、視覚化手法および操作方法、機能、入力されているデータについて説明した。
- 2) 次に、被験者が飽きたり、見たい情報がなくなったと感じた時点で、システムを終了させて実験を終了するよう指示してから、本システムを起動し自由に使用してもらった。実験中は、筆者が横において、操作や入力されているデータに対する質問

があった場合のみ答え、その内容を記録した。また、閲覧状況を調べるため、使用開始時刻および終了時刻、主な操作履歴を記録した。

- 3) 実験終了後、被験者に対してアンケートを実施した。アンケートは、各設問に対して「非常にそう思う」場合を 7 点とし、「全くそうは思わない」を 1 点とする、7 段階評価の選択式 9 問と、自由記述によって構成される。アンケート項目を、表 2 に示す。

表 2 アンケート項目

設問 1	データの提示手法の理解は容易でしたか。
設問 2	データを閲覧する上で操作は容易でしたか。
設問 3	異なるタイムラインやイベントデータの比較は容易でしたか。
設問 4	ビューを切り替える機能は、データ間の関連性を調べる上で役に立ちましたか。
設問 5	関連性オブジェクトは関連性を理解するうえで役に立ちましたか。
設問 6	データ間の関連性について何らかの発見はできたと思いますか。
設問 7	書籍やインターネット上でみられる従来のテキストによる年表と比べて関連性を理解するうえで役に立つと思いますか。
設問 8	利用してみて楽しいと感じましたか。
設問 9	今後、本システムを利用してみたいと思いますか。

### 5.4. 結果と考察

実験後に被験者全員に実施したアンケートの集計結果を表 3 に示す。また、被験者が実験開始してから終了させるまでの経過時間の結果を表 4 に示す。実験時間の平均は 12 分 53 秒であった。実験中の被験者の閲覧状況および操作状況を調べるために記録した主な操作履歴の結果を表 5 に示す。以下では、結果に基づいてシステムの有効性について考察を行う。

#### システムの基本的な閲覧機能について

まず、アンケートの結果から、本稿で提案した視覚化手法が、事前の簡単な説明によって容易に理解可能であることが確認できた（表 3 設問 1）。

操作性に関する評価（表 3 設問 2）が、他の設問に比べ相対的にやや低かったものの、多くのユーザが、タイムライン同士やイベントデータ同士を比較は容易であったと回答している（表 3 設問 3）。また、出来事間やタイムライン間の関連性を調べる上で、ビューモードの切り替え機能が役に立っていたことも確認できた（表 3 設問 4）。

操作ログから、被験者らが、平均約 13 分の操作時間の間に、タイムラインに平均 22.5 回アクセスし、さら



に、平均で約 36 件のイベントの詳細情報を閲覧できていることが分かった。タイムライン間の関係性の理解を支援するシステムにとって、ユーザが、異なる複数のタイムラインにすばやくアクセスでき、それらに含まれる出来事同士を比較・参照できることは重要であると考えられるが、上記の結果は、提案システムがその要件を満たしていたことを示している。

以上の結果から、本システムが、タイムライン間の関係性を調べる上で必要となる、基本的な閲覧機能を十分に有していたといえる。

**関連性を理解する上での有効性について**

続いて、タイムライン間および出来事間の関連性理解における本システムの有効性について述べる。

まず、アンケートの結果、一般的なテキストによる年表による提示手法と本システムを総合的に比較して、関連性を理解するうえで役に立つかを聞いた設問 7 において高い評価を得ることができた。

実験の観察中に、「タイムラインの短さが気になる」や「この太いのが目立つ」という発言が聞かれた。また、タイムラインビューモードでの閲覧時、複数の被験者から、「この時代の人なんだ」や、「こっちの方(人物や出来事)が後だったんだ」というような発言が聞かれ、出来事や人物間の時間的な位置関係について比較や再確認が行われている様子が観察された。これらの発言は、複数のタイムラインを比較することによりはじめて得られる相対的な情報に基づくものであり、提案手法によって複数のタイムラインを同時に提示した本手法の効果によるものといえる。

関連性オブジェクトの有効性について個別に調査した設問 5 では、極端に低い評価があったものの、各評価値に値する回答者の人数分布をみると分かるように、多くの被験者にとって関連性オブジェクトが関連性を理解する上で役に立っていたことが分かる。

キーワード検索では、最初は、キーワードや探す人物をあまり思いつかないようであったが、目にとまった人物や検索の結果によって、「この人物がいるなら…」「じゃ、これは…」といったように、キーワードや人物を連鎖的に思い出しながら検索を繰り返し実行し、入力するキーワードによって、毎回異なる人物が集まるのを楽しんでいる様子が観察された。また、操作ログを調べた結果、多くのユーザが、キーワード入力後に関連付けられたほぼすべてのタイムラインを閲覧していることが分かった。以上のことは、本システムの提示手法が、被験者の新たな興味を喚起させ、実際に複数のタイムラインを閲覧する行為を促進させていたことを示していると考えられる。

また、関連性オブジェクトに関するアンケートの自由記述では、役に立つといった意見の他に、「思ってもない人にヒットしたりして、おもしろかったです」といった意見や「関連性オブジェクトは楽しい。普段み

ない人にも興味もてそう。」というように、知らない人物や出来事と関連づくことに対し「楽しい」や「面白い」といった評価をする意見が多く得られた。このことは、本システムが、ユーザの新しい知識を得る機会を増加させる可能性や、動機付けとなる可能性を有していることを示唆している。

なお、設問 4~6 において、もっとも低い評価をつけた被験者によると、「複雑な歴史の関係性をキーワードのつながりだけでは表現しきれないから」という理由であったが、その一方で、この被験者は、従来の年表などと比較してシステム全体の優位性を問う設問 7 では高い評価をしている。

表 3 アンケート結果

	評価ごとの人数							平均
	1	2	3	4	5	6	7	
設問 1	0	0	0	2	5	8	3	5.67
設問 2	0	0	4	1	8	4	1	4.83
設問 3	0	1	0	3	4	6	4	5.44
設問 4	1	0	2	2	3	4	6	5.33
設問 5	2	0	1	2	1	8	4	5.22
設問 6	1	0	3	2	2	8	2	5.00
設問 7	0	0	0	1	2	9	6	6.11
設問 8	0	0	1	1	2	8	6	5.94
設問 9	0	0	0	1	6	5	6	5.89

表 4 被験者のシステム利用時間

システム使用時間	人数
0分以上5分未満	0
5分以上10分未満	5
10分以上15分未満	5
15分以上20分未満	7
20分以上25分未満	1

表 5 操作履歴

操作内容	最大数	最小数	平均
タイムラインの選択・閲覧	48	7	22.5
イベント詳細の閲覧	142	1	36.4
関連性オブジェクト選択	24	2	6.1
関連性オブジェクトの入力	15	1	5.6
関連性オブジェクトの削除	7	1	2.1
ビューモードの変更	15	5	6.3

実験中になんらかの発見があったかを尋ねた設問 6 では、他の設問に比べやや低い評価が目立った。この原因として考えられるのは、今回実験に使用したデータ量が少なすぎたことが考えられる。実際、アンケートの自由記述では、データ量の不足を指摘する意見が多く得られた。しかしながら、必ずしも否定的なものではなく、「データがもっと充実していれば利用したい」といったものや「自分の知っている情報が入っていれば楽しそう」「情報量次第で発見が期待できる」といった肯定的な意見が多かった。したがって、データを充実させることにより、評価の改善が見込めると考えている。

また、アンケートの自由記述の中には、自分でも好きな情報を入力して利用したいといった意見や、自分なりに人物を好きな位置に移動して整理したいといった意見が多くユーザから得られた。このことから、今後は、ユーザ自身がデータを入力する機能や、ユーザ自身でリンクを張れる機能といった編集機能を提供することが考えられる。我々は、関連性の理解を支援するにあたり、一方的にデータを見せるだけではなく、ユーザ自身の興味や考えによって情報の追加や編集作業を行えるような機能を提供することが重要になってくるのではないかと考えている。

以上の結果と考察から、本システムは、複数のタイムラインの閲覧と、タイムライン間の関連性の理解を支援するうえで有効であることが確かめられた。このことは、今後もこのシステムを利用したいかどうかを聞いた設問 9 の評価が高いことからもうかがうことができる。ただ、設問 9 の評価は、単に利便性だけによる評価ではなく、本システムが持つ「楽しさ」の評価の高さ（表 3 設問 8）も影響しているのではないかと考えられる。

## 6.おわりに

本稿では、複数のタイムラインに含まれる出来事間の複雑な関連性の理解を支援するための視覚化システム VISTORY を提案した。本システムでは、タイムラインと相互関係図をひとつの 3 次元モデルとして統合し視覚化を行った。また、個々のタイムラインの概要を得るためのタイムラインオブジェクトによる視覚化と、関連性オブジェクトによる関連性の提示手法の提案を行った。

また、本システムの有効性を評価するため、実験を行い、観察および操作履歴の記録、アンケートによる主観評価により、システムの有効性について考察を行った。その結果、提案したシステムが、異なるタイムライン間の関連性を理解する上で有効であることが分かった。

しかし一方で、操作性に関しては、基本的な説明が

あり少し慣れれば支障はないという意見が得られたものの、説明がなくても操作できるようにするなど、改善の余地があることが分かった。

また、今回の実験では、実験用に入力したデータが、被験者の興味に必ずしも一致していなかったことに加え、入力されているデータの情報量が不十分であったこともあり、ユーザから、ユーザ自身で情報を追加したり、整理できる機能が欲しいという意見が多数得られた。

今後は、操作性を向上させるほか、インターネットを通じて各ユーザが入力した情報を共有できるような機能や、ユーザ自身の理解に基づいて情報を整理できるような編集機能の提供を予定している。

## 参考文献

- 1 Tufte, E.R. *The Visual Display of Quantitative Information*, Graphic Press, 2001,(2nd Ed.)
- 2 Karam, G.M. "Visualization using timelines", in Proc. of Intl. Symposium on Software Testing and Analysis(ISSTA), 1994, also in SIGSOFT, ACM Software Engineering Notes, 1994.
- 3 Richter, H., Brotherton, J., Abowd, G. D., Truong, K. A. Multi-Scale Timeline Slider for Stream Visualization and Control. GVU Center, Georgia Institute of Technology, Technical Report GIT-GVU-99-30, June 1999.
- 4 Kumar, V., Furuta, R., Allen, R., "Metadata Visualization for Digital Libraries: Interactive Timeline Editing and Review", Proceedings of the third ACM conference on Digital Libraries, Pittsburgh, Pennsylvania, May 1998, pp. 126- 123.
- 5 Plaisant, C. and B. Shneiderman, An Information Architecture to Support the Visualization of Personal Histories. *Information Processing & Management*, 1998. 34(5): p. 581-597.
- 6 Plaisant, C., Milash, B., Rose, A., Widoff, S., and Shneiderman, B., *LifeLines: Visualizing personal histories*. Proc. of CHI '96, ACM, New York, 221-227, 1996.
- 7 Robert B. Allen: A focus-context browser for multiple timelines. *JCDL* 2005: 260-261
- 8 Robin L. Kultberg. *Dynamic timelines: Visualizing historical information in three dimensions*. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology Media Laboratory, 1995.
- 9 Hideki Koike, The role of another spatial dimension in software visualization, *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, v.11 n.3, p.266-286, July 1993.
- 10 Hideki Koike, Tetsuji Takada, Toshiyuki Masui, *VisuaLinda: A Framework for Visualizing Parallel Linda Programs*, v1, p. 174, 1997.
- 11 Kapler, T. and W. Wright, *GeoTime Information Visualization*, IEEE InfoVis 2004.
- 12 Nomata, Y., Hoshino, J.: *Graphical Digital Storytelling: visualizing personal histories and relations*, ACM SIGGRAPH2005 Sketches and Applications, 2005.
- 13 土井淳, 伊藤貴之, 力学モデルを用いた階層型グラフデータ画面配置手法の改良手法とウェブサイト視覚化への応用, 芸術科学会論文誌, Vol. 3, No. 4, pp. 250-263, 2004.