

# 直接操作インタフェースを用いた時空間動向情報可視化システム

## Temporal-Spatial Trend Information Visualization System Employing Direct Manipulation Interface

山田 隆志  
Takashi Yamada

高間 康史  
Yasufumi Takama

首都大学東京大学院システムデザイン研究科  
Graduate Schools of System Design, Tokyo Metropolitan University

We propose the visualization system for temporal-spatial trend information which includes information on precipitation, temperature, disaster, crime, etc. Temporal-spatial trend information is supposed to be used by many inexperienced people such as elementary school students in social studies classes. Therefore, the proposed system adopts direct manipulation and a variety of expressions for visualizing temporal-spatial trend information. The transition that maintains the context between graph for temporal trend information and Japanese map for spatial trend information realized by only mouse operation. The example with using data about precipitation in Tohoku region shows how the system is used interactively.

### 1. はじめに

近年ユーザが扱うことのできる情報は、増加の一途を辿っている。これらの情報の中には、テキストによる表示よりもグラフなどの可視化表現を用いた方が直感的に理解しやすい動向情報も多く含まれる。動向情報とは、「日経平均株価」や「内閣支持率」のように、数値が時間の経過とともに変動する情報のことを指す。動向情報の要約と可視化は近年注目を集めつつあり、活発に研究されているが[加藤 04][松下 06]、対象として選択されているのは、値の変化が時間にのみ依存するタイプの動向情報がほとんどである。我々はこのような時間に依存するタイプの動向情報を「時間的動向情報」、そして値の変化が空間に依存するタイプの動向情報を「空間的動向情報」と定義する。本稿では、これら時間的動向情報と空間的動向情報の特徴を併せ持つ動向情報を特に「時空間動向情報」と定義し可視化の対象とする。

時空間動向情報の可視化においては以下の 2 点を特に考慮する必要があると考える。1 点目は、時間的動向及び空間的動向の両方を可視化するには、単一の可視化表現では不可能であるという点である。2 点目は、時空間的動向情報には降水量、気温や災害、犯罪に関する情報など、多様なものが含まれており、初等教育における社会科などの教育や、防犯・防災計画立案など、計算機に慣れていないユーザが利用する場合も多いという点である。

以上より、提案システムでは、時間的動向を棒グラフで可視化し、空間的動向を日本地図で可視化する。さらに本研究では、初等教育における社会科での利用を想定し、得られた可視化表現に対し、マウスクリックなどの簡便な直接操作を加えることにより、小学生などのコンピュータスキルを伴わないユーザでもインタラクティブに新たな可視化表現を得ることができる機能も提案し、実装する。

本稿では、まず 2 節で必要な機能について考察し、3 節でシステムの概要。4 節で実際の可視化手法について述べる。5 節では実際にシステムの動作を追い、その有効性について考察する。

### 2. 機能設計

前節で述べたように、時空間動向情報にはマーケティングなどのビジネス分野や、専門家によるデータ解析の対象になるだけでなく、小学校高学年の社会科における各地域の気候(気温、降水量など)の調査や、町内会などでの防犯・防災計画立案などのように、コンピュータに不慣れたユーザが扱う場合が多く存在する。そこで、本研究では小学校高学年の社会科での利用を想定し、彼らによる時空間動向情報へのアクセスとその理解を支援するシステムの構築を目指す。

提案システムではコンピュータに不慣れたユーザによる操作を想定しているため以下の機能を実現する必要があると考える。

- ・ 直感的なインタラクション
- ・ コンテキスト保持による探索的な情報可視化

上記機能を実現するため、先行研究について考察する。

前者に関して、澤田らは、幼稚園への情報教育の導入手段としてペンインタフェースを用いている[澤田 02]。彼らはペンインタフェースを用いる理由として、キーボードの操作は幼児には困難であること、マウスでは手の小さい幼児にマウスを固定してクリックする動作が難しいことを上げている。しかし、本研究では小学生によるシステムの利用を想定しており、キーボードの利用は同様に困難であると考えられるが、マウス利用は可能であると考えられる。そしてマウスとペンインタフェースを比較した場合、マウスの方が一般的に利用されているため、本研究ではシステムとのインタラクションをマウスによる直接操作で実現する。

後者に関して、松下らは、自然言語による間接操作インタフェースによって、ユーザに柔軟な表現力を提供している[松下 03]。さらに、前の質問のコンテキストを保持することで、探索的な情報分析を可能としている。また、森田らは大規模データベースからの可視化を試みており、2次元の統計グラフによる可視化結果に対し可視化データのプロパティを追加し、3次元に拡張することで探索的な可視化を実現している[森田 03]。本研究では、時間的な動向を棒グラフ、空間的な動向を日本地図と、それぞれの可視化対象に対して異なる可視化表現を用いており、マウス操作によってそれぞれの可視化表現間の遷移を実現することで、空間粒度や検索期間などのコンテキストを保持し、ユーザの負担を軽減した探索的な可視化を実現する。

### 3. 時空間動向情報可視化システム

#### 3.1 システム構成

提案システムの構成を図1に示す。動向情報抽出プロセスでは、降水量や気温など計5トピックの時空間動向情報を、あらかじめ Web 上から抽出し、データベースを構築する。

動向情報生成プロセスでは、あらかじめ作成しておいた市区町村データベースと動向情報抽出プロセスで構築した動向情報データベースから、ユーザの要求に合致する情報を取り出し、適切な可視化表現を生成しユーザに提示する。得られた可視化表現に対し、ユーザがマウスによる直接操作を加えることで、探索的な可視化が可能となる。

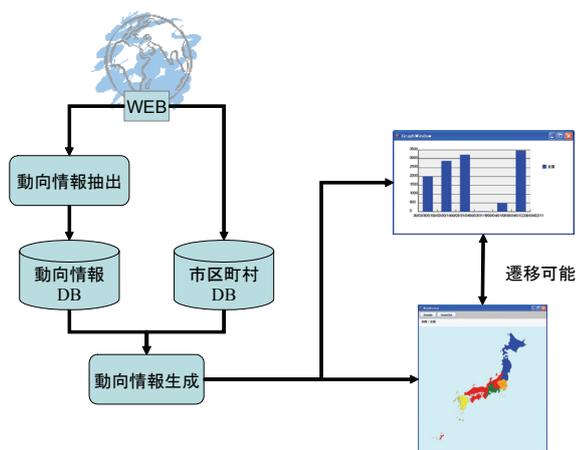


図1 システム構成図

また、近年では平成の大合併と呼ばれるほど、市区町村合併が頻発しており、空間的動向情報を扱う場合、これについても考慮する必要がある。以下、3.2節でこれについて詳しく述べる。

#### 3.2 市区町村合併への対応

図2を見るとわかるように、近年、市区町村合併が頻発しており、全体としての市区町村数が激減している。

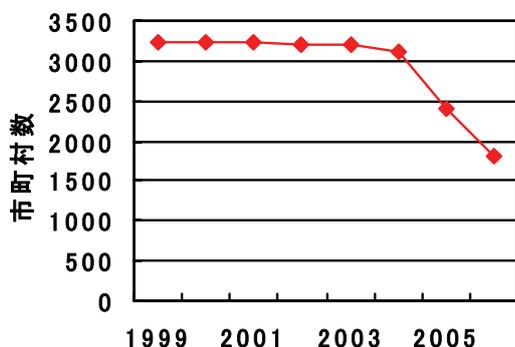


図2 市町村数の変遷

検索期間中に市区町村合併が行われた場合、これを考慮しないと、統計量の正しい値が得られない。そこで本研究では、以下の手法によってこの問題に対応する。

- (1) 検索要求が発生した場合、検索期間中の指定地域内で市区町村合併が行われていないか市区町村データベースに問い合わせる。
- (2) 合併が行われている場合、合併情報を図3の合併モデルに展開し、合併先市区町村の値を合併元市区町村の重み付き平均により算出する。
- (3) 一つの市区町村でも、合併が複数回繰り返されている場合があるため、再び(1)の処理に戻る。

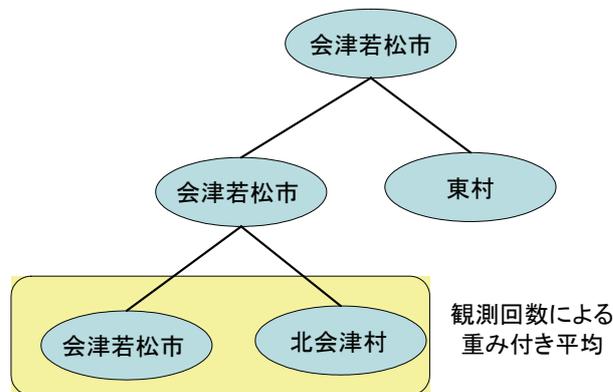


図3 合併モデル

### 4. 動向情報可視化インタフェース

動向情報抽出プロセスにより構築した動向情報データベース、市区町村データベースからユーザのクエリに該当するデータテーブルを入手し、適切な可視化表現を用いてユーザに提示するインタラクティブな時空間動向情報可視化システムのプロトタイプを Java により構築した。

システムの初期画面を図4に示す。ユーザはデータ種、データ集約方法、グラフ種、検索期間を指定し、地図上の地域をクリックすることで、システムにクエリを送信する。

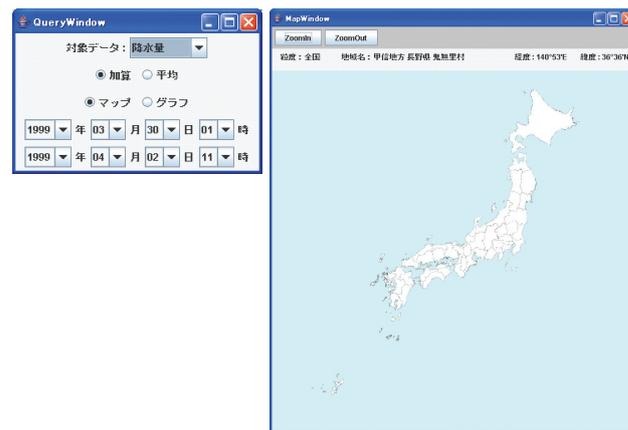


図4 システムの初期画面

また、提案システムでは、図5に示す通り地域を階層化して定義しており、地図を拡大、縮小することで国、地方、都道府県と3段階の可視化粒度の切り替えが可能である。

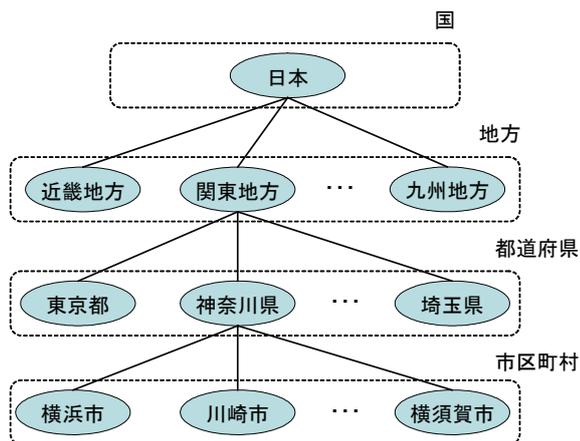


図5 地域の階層モデル

本研究では、時空間的動向情報の可視化を日本地図と棒グラフにより試みており、それぞれの可視化表現とのインタラクションにより、探索的な可視化を実現している。以下 4.1 節で個々の動向情報の可視化、4.2 節で直接操作による探索的な可視化について述べる。

#### 4.1 時空間動向情報の可視化

システムへのクエリのうち、グラフ種として「マップ」を選択した場合、図6のような日本地図による空間的動向の可視化表現が得られる。日本地図は SVG (Scalable Vector Graphics) 形式で生成されている。図6に示す通り、図5の階層モデルのうち指定粒度の下位層の地域に集約した値を色分けして表示することで空間的な広がりを表現している。

システムへのクエリのうち、グラフ種として「グラフ」を選択した場合、図7(a)のような棒グラフによる時間的動向の可視化表現が得られる。横軸に時間、縦軸に指定粒度に集約した値をそれぞれ対応付けることで、時間的な動向を表現している。

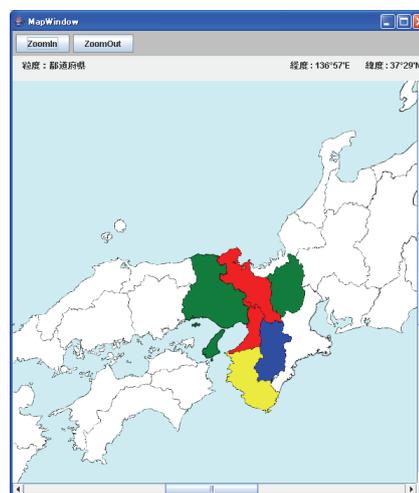
#### 4.2 探索的な可視化

四国地方の時間的動向が可視化されている図 7(a)の状態において、地図上にある関東地方、近畿地方などの同一粒度の異なる地域を右クリックすると、図7(c)のような地域間の時間的動向の比較が可能となる。また、グラフ上に可視化されている地域の地図上の部分を右クリックした場合、グラフ上からの削除が行われる。

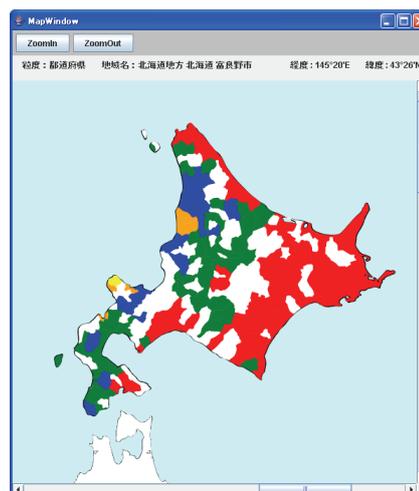
得られたグラフのうち、各軸間の棒グラフの部分をクリックすると、図7(a)から図7(b)のようにクエリの再入力なしに、空間的動向の可視化表現が得られる。このとき、同時に地図上の可視化粒度を下位層に設定することで、地図からグラフへの遷移を支援する。



(a) 全国の場合



(b) 近畿地方の場合

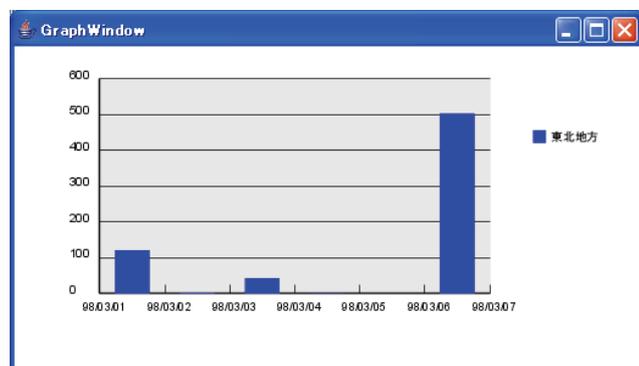


(c) 北海道の場合

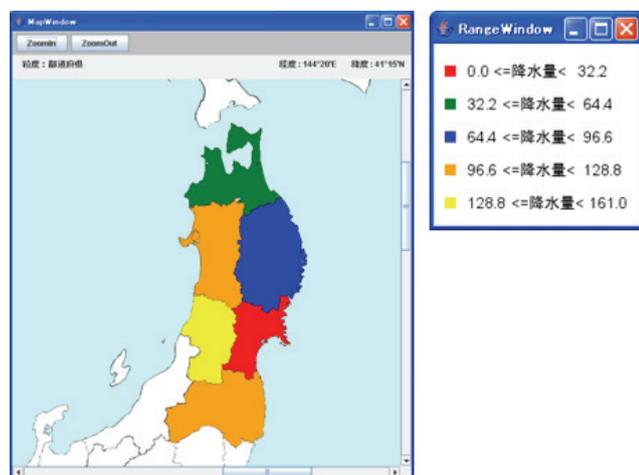
図6 各空間粒度における空間的動向の可視化例

## 5. 動作例

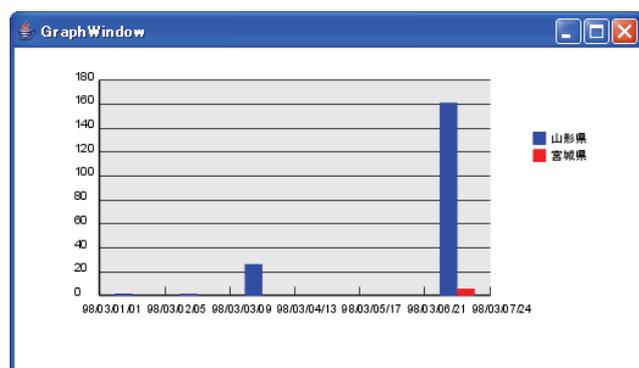
時空間動向情報の可視化を直感的なインタラクションにより探索的に行うことが可能かを検証した一例を図7に示す。この例では、最近の東北地方の降水の動向について調べるように言われた生徒による利用を想定している。



(a) 時間的動向の可視化



(b) 棒グラフからの空間的動向の可視化



(c) 地域間による時間的動向の比較

図7 直接操作による探索的な可視化例

まず、システムは生徒からの要求を受け取ると検索期間における降水量の時間的動向を生徒に提示する(a)。これを見た生徒は、ある一日に降水が集中していることを知る。

次に、降水量が集中している日の当該地方での空間的動向に興味を持った生徒は、棒グラフの部分をクリックする。するとシステムは東北地方のある一日の降水量の空間的動向を生徒に提示する(b)。このとき生徒は、山形県で最も降水量が多く、宮城県で最も少ないことを知る。

先ほどの結果から、両県の降水量の違いに興味を持った生徒は、どちらかの地域の地図上の部分をクリックし、続いて残りの地域の地図上の部分をクリックする。するとシステムは山形県と宮城県における降水量の時間的動向の比較結果を生徒に提示する。この結果から、生徒は、隣接県でも降水量に大きな差があるという知見を得る。

このように提案システムでは、得られた可視化表現に対して、マウスによる直感的なインタラクションを加え、可視化表現間の遷移を可能にすることにより、空間粒度や検索期間などのコンテキストを保持した探索的な可視化を実現する。その結果、生徒の負担を軽減することが可能であると考ええる。

## 6. まとめ

本稿では、時間的な動向を棒グラフ、空間的な動向を日本地図と異なる可視化手法を用いて表現し、それぞれの可視化表現間の遷移をマウスによる直感的なインタラクションで実現することで、コンテキストを保持した探索的な可視化を実現する手法について提案し、そのプロトタイプを実装した。これにより小学校高学年のようなコンピュータスキルを伴わないユーザでも時空間動向情報へのアクセスと、その理解が可能になると考える。

現状の問題点として、空間情報には未観測の地点が数多く存在する。そこで今後は、観測地点の値から未観測地点の値を予測する、空間補完手法[井上 05]の導入について検討する。また、被験者実験を行い、提案システムの有効性についても検証する。

## 参考文献

- [加藤 04] 加藤恒昭, 松下光範, 平尾努: 動向情報の要約と可視化に関するワークショップの提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.108, pp.89-94,2004.
- [松下 06] 松下光範, 加藤恒昭: 数値情報の補填とグラフ概形の示唆による複数文書からの統計グラフ生成, 知能と情報, Vol.18, No.5, pp.721-734,2006.
- [澤田 02] 澤田伸一, 坂東宏和, 馬場康宏, 小野和: ペンインタフェースを用いた幼稚園教育の情報化の試み, 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.96, pp.1-8,2002.
- [松下 06] 松下光範, 加藤恒昭: コンテキスト保持による探索的データ分析支援の枠組, 知能と情報, Vol.18, No.2, pp.251-264,2006.
- [森田 03] 森田互昭, 牧之内顕文: オブジェクトデータベースのための対話的可視化システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2003, No.5, pp.41-48,2003.
- [井上 05] 井上亮, 木越尚之, 清水英範: 時空間クリギングの地価推定への適用可能性の検討, 地理情報システム学会講演論文集, No.14, pp.39-42,2005.