

# 時空間動向情報を対象とした探索的データ分析のための 可視化インタフェースの提案

内藤 峻 松下 光範

関西大学大学院総合情報学研究科

k840294@kansai-u.ac.jp mat@res.kutc.kansai-u.ac.jp

**概要** 本研究の目的は、ユーザの興味や関心に応じて様々なモダリティの情報へのアクセスを繰り返しつつ時系列データを分析するための支援システムの実現である。時系列データを分析するには、経時変化とその変化の要因を把握することが重要である。そこで本稿では、新聞記事と地図、統計データを対象に、ユーザが時系列データの経時変化とその変化の要因を把握できるようにする可視化インタフェースを提案する。

**キーワード** 探索的データ分析, インタラクションデザイン, 情報可視化, 動向情報

## 1 はじめに

時系列データとは、「御嶽山の災害の状況」や「学生の成績の変化」などのように、ある事象を経時的に観測して得られたデータである。意思決定や問題解決の場面では、これらのデータを活用して時間経過に伴う変化やその変化の要因を分析し、ユーザの新たな知見や有益な情報を得ることが必要である。しかし、このような分析は、多様な観点の下で仮説の生成と検証を探索的に繰り返す負荷の高い作業であるため、ユーザがこうした探索行為を円滑に行うことは難しい。そこでこの問題を低減させるために、本研究では、ユーザの興味や関心に応じて様々なモダリティの情報へのアクセスを繰り返しつつ時系列データを分析するための支援システムの実現を目指す。その端緒として、本稿では、新聞記事と地図、統計データを対象に、ユーザが時系列データの経時変化とその変化の要因を把握できるようにする可視化インタフェースを提案する。

## 2 関連研究

### 2.1 時系列データの探索的分析

山田らは、空間的な関連性を持つ時系列データを対象に、それらを統計グラフと日本地図を用いて可視化し、直感的操作を用いてインタラクティブに情報提示可能な可視化システムを提案している [1]。「降水量」や「気温」などの動向情報を利用するユーザには計算機に不慣れなユーザも多い。そこで、計算機に不慣れなユーザでも直感的に操作できるマウスを用いて可視化表現の粒度を変更したり、異なる可視化表現に遷移させている。これにより、ユーザは動向情報を理解し、関連する情報へアクセスすることができる。

高間らは「地震」や「台風の被害」といった空間的な

関連性を持つ時系列データの探索的分析を支援するインタラクティブ可視化システムを提案している [2]。このシステムは可視化キューブと述べられている 4次元データキューブを用いて、ユーザの探索行為を支援している。可視化キューブは時系列データとそれに関する空間情報を含むデータを抽象的に構造化したものである。データキューブは時間軸、空間軸、統計データ軸、可視化表現軸から構成されている。ユーザはこれらの軸やデータを操作することで、データ同士の比較やデータの理解を深めることができる。また、この可視化キューブを2つ用いて、それぞれの可視化表現を提示することにより、それぞれの統計データを見比べることができる [3]。

Rothらは「ナポレオン軍のモスクワ行進」といった時系列データの理解を深めるために、グラフとそれに関する地理情報を用いた可視化システムである Sage [4] を提案している。図1に Sage によって作られた図を示す。図1のグラフは x 軸に経度、y 軸に緯度を示しており、図中のひし形は場所の地名を示している。また、連なっている四角形はナポレオン軍の兵士を示しており、その大きさはナポレオン軍の数の規模を、色は気温を表している。これにより、ナポレオン軍の兵士がモスクワに進行して行く中で徐々に兵士の数がどのように減少していくのか、また、兵士の数が減った原因として、気温が関係するのではないかということが考えられるようになっていく。

Sage は SageBrush と SageBook という機能で構成されている。SageBrush はあるデータの属性を自動的に簡単な図形として描画し、その図形を見ながら様々な属性のデータを図形として描画し、情報を纏めあげる。SageBook は SageBrush で図形とデータを関連させたグラフィックを保存することができ、必要に応じて参照することができる。Sage はこの2つの機能を利用して、新たなグラフィックを生み出すことができる。

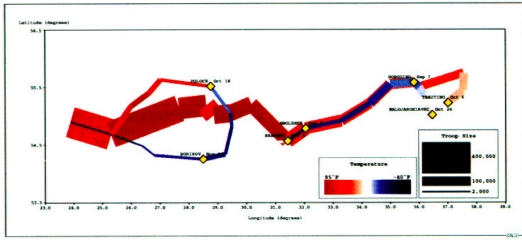


図1 Sageシステムによる可視化の例(文献[4]より図引用)

松下らは、探索的データ分析を支援するシステムとして InTREND[5] を提案している。InTREND は入力として、自然言語を用いることができ、システムはその自然言語を解釈し、対話的にデータをユーザの要求に応じて編纂し、提示している。また、システムはユーザが検索クエリとして入力した自然言語とそのグラフを履歴として保存することができる。これにより、ユーザは以前探索した文脈を把握しながら、以前の探索を見ることができる。このような、ユーザの振り返り行為を支援することで、探索的データ分析を支援している。

## 2.2 新聞記事に基づく時系列データの探索的分析

高間らは地震記事を対象として地震に関する動向情報を抽出・可視化するインタラクティブ情報可視化システムを提案している[6]。このシステムは地震の発生時刻やマグニチュードを入力とし、それに該当する震度情報を日本地図上にマッピングしたり、時系列順にグラフとして表示させることが可能である。また、地図上に描画されている都道府県をクリックすることで、その地域の時間的動向をグラフとして表示することができる。さらに、ユーザは日本地図の左上に描画されている時間、もしくは地図上の震源をクリックすると、その地震に関する詳細な情報を持った記事を参照することができる。ユーザはこれらの機能を用いて、地震に関する時間的動向と空間的動向を把握する。しかし、このシステムは地震に関する情報に特化していたり、ユーザがどのようなインタラクションで地震の動向を把握していくのか述べられていない。そのため、インタラクションモデルが確立されておらず、他の動向情報に適用することが困難だと考えられる。

松下らは、時系列データとそれに関連する記事を対象に、それらを統計グラフとアイコンを用いて可視化し、ユーザの興味や関心に応じてインタラクティブに情報提示可能な可視化システム Elucignage[7] を提案している。図2に Elucignage の外観を示す。株価などの統計情報の場合、その正確な値を知るには数値情報が適切であるのに対して、変動の大局的な理解や背景となる事象の把握には言語情報が適している。そこで、時系列データを折れ線グラフとして描画し、ユーザがグラフを見た

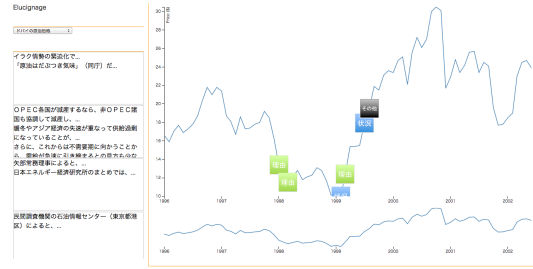


図2 Elucignage のスナップショット

際に興味や関心を持ちそうな部分にアイコンを提示している。このアイコンは、グラフ上の値が特に変化している部分の「理由」や「背景」などの情報を示している。また、このアイコンは新聞記事へアクセスするトリガとなっている。これにより、ユーザはグラフの興味を示した部分の「理由」や「背景」を知ることができる。

本研究はこのシステムを参考に、提案システムをデザインした。

## 3 デザイン指針

### 3.1 対象とする課題

時系列データを分析する際には、経時的变化とその変化の要因を把握することが重要である。しかし、時系列データは時間に沿って観測された値を単純に羅列したものであるため、そのデータを単体で見ただけでは、経時的变化の傾向以上の内容を捉えることは難しい。例えば、時系列データの変化の要因を知るためには、時系列データが変化したきっかけやその背景を知る必要がある。また、「エボラ出血熱」のようなトピックの場合、ある国の感染者数が隣接する国の感染者数に影響するといった空間的な関連性があるため、それらの関係についての理解を深める必要がある。本研究では、これらの情報が持っている要素と共通する要素を持つ情報に対してシームレスにアクセスできるようにすることで、これらの探索行為の円滑化を試みる。

このような時系列データを理解するために、時間の経過に伴う変化とその要因を探索的に分析するシステムは提案されている[3][4]が、このシステムはその要因となる理由や背景を知る用途には適していない。そこで本研究では、時系列データを直感的に理解するために折れ線グラフを、変化の要因となる理由や背景を知るために新聞記事を、空間的な関係性を把握するために地図を各々用いて、これらの異なるモダリティの情報にアクセスする方法を検討する。

### 3.2 対象とするデータの特徴

本節では、本研究で対象とするデータである新聞記事と統計データ、地図の特徴について検討する。

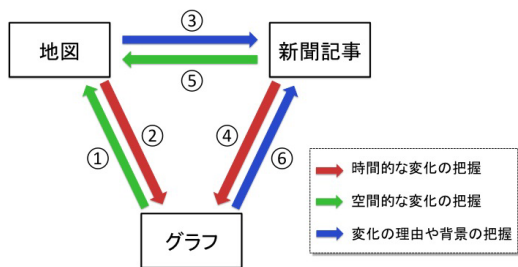


図3 異なるモダリティの情報間の関係性

### 3.2.1 新聞記事の特徴

新聞記事は、ある時期における事象やその事象が起こった原因、場所、事象に関する統計量、その統計量の具体的な値への言及や予測、記者の意見などが書かれている。そのため、事象の理由や背景を理解する上で有用である。しかし、新聞記事に書かれている統計量の値は近似値が用いられているため正確でなかったり、記者の観点で纏められていたりするため、客観性に欠ける。

### 3.2.2 統計データの特徴

統計データは、ある観測された場所において、ある時点の事象について測定された値である。例えば、人口統計や外国為替相場の推移などがこれに当たる。これらの統計データの値は、政府や国際連合の専門機関などが実施している厳密な環境において観測されていたり、センサを用いて取得される。そのため、これらのデータは正確である。また、この統計データをグラフとして描画することで、対象とする事象の概要や変化を直感的に理解できるようになる。さらに、全体の変化を捉えながら、特定の時点の値を見ることで、その時点の状況を知ることができるといった利点がある。その反面、統計グラフに描画されているグラフの変化に関する理由や背景をユーザの理解に委ねられるという特徴を持つ [7]。

### 3.2.3 地図の特徴

地図は地球や地表、架空の世界の全部もしくは一部を平面上に縮尺表現したものである。例えば、地球全体もしくは大部分を表現している世界地図や統計データを地図上に表した統計地図などがこれに当たる。地図は空間的な位置関係や方向、距離、面積、形、高さを知る上で有用である。また、時系列順に事象を地図に表していくことで、その事象の規模や空間的な広がりを見ることができるといった特徴を持つ。

これらの情報はそれぞれ単体でも用いることができるが、ユーザの興味となる要素をトリガとしてインタラクティブに情報を提示することで、円滑な情報アクセスが可能なインタフェースを実現できると考えている。

## 3.3 データの相補的利用

本研究で対象とするグラフと新聞記事と地図の関係性を図3に示す。地図はグラフの興味を持った時点の統計量をマッピングすることで、その事象の空間的な広がりを把握したり (図3-①)、空間的な広がりの変化を見て興味を持った地域の統計グラフを参照することで、その地域の統計量の時間的な変化を把握したりできる (図3-②)。また、そのような空間的な広がりの変化を見て興味を持った地域の新聞記事を参照することで、その変化の要因となる理由や背景を把握したり (図3-③)、記事に言及されている統計量に対応するグラフを参照することで、その統計量の概況を把握したりできる (図3-④)。さらに、記事で言及されている事象 (e.g., エボラ熱の患者数) に興味を持って、その事象に関する空間的影響や規模を把握したり (図3-⑤)、グラフの特徴的な箇所の記事を見ることでその変化の理由や背景を知ることができる (図3-⑥)。このような情報アクセスを行えるようにシステムをデザインすることで、ユーザの探索行為を支援する。

## 4 提案インタフェースの実装

### 4.1 システム構成

本研究で提案するプロトタイプシステムの構成を図4に示す。

本研究の実装では、新聞記事と統計データ、地理情報の3つのデータベースを用いた。地図データベースには、地理情報とそれに関する位置情報が格納されている。記事データベースには、トピックごとに分類された新聞記事が格納されている。新聞記事は本文中の事象に関して言及している文とその見出し、統計情報、日付、地域を抽出したデータである。統計データベースには、統計量とそれに関する地域、日付が格納されている。

システムはユーザの入力に応じて、これらのデータベースに格納されているデータを可視化表現として生成する。ユーザの入力は、記事をクリックする、グラフの日付を選択するといった直接操作を対象とする。次に、システムが実行する処理の流れを説明する。

まず、システムはユーザからの入力を入力判断部で判断する。入力判断部は、ユーザがどのような操作を行ったのかを解釈し、その結果をコンテンツ生成部へ伝える。コンテンツ生成部は、入力判断部から送られる結果をもとに、各モジュールに処理を伝達する。伝達を受けたモジュールは、データベースから必要なデータを受け取り、可視化表現を生成する。

地図モジュールでは、(1) 地理情報をもとに地図データベースから位置情報を取得し、地図を生成する、(2) 地図の地域をハイライトする、という2つの処理を行う。

記事モジュールでは、(1) トピックをもとに記事データベースから事象に関する文とその見出しを取り出し、記事のスニペットを生成する、(2) 記事のスニペットをハイライトする、という2つの処理を行う。

統計モジュールでは、(1) 統計情報をもとに、統計データベースから軸や系列に必要なデータを取り出し、グラフとして描画する、(2) グラフ上の日付をハイライトする、という2つの処理を行う。

このように、各モジュールでは、(1) 可視化表現を生成する、(2) その可視化表現の一部をハイライトする、という2つの処理を行っている。

また、各モジュールはコンテンツ生成部を介して、他のモジュールと連携している。

記事モジュールは、データがタグ付けられた記事のスニペットから、コンテンツ生成部を介して、記事中に含まれる統計情報や日付、地域に関するデータを統計モジュールや地図モジュールへと引き渡す。これは、グラフの描画やアノテーションの付与、日付のハイライト、地図のハイライトに用いられる。

統計モジュールは、コンテンツ生成部を介して、統計量とその地域に関するデータを地図モジュールへ引き渡す。これは、地図のマッピングに用いられる。また、日付を選択できる機能を備えているため、日付に関するデータもコンテンツ生成部を介して記事モジュールへ引き渡す。これは、記事のハイライトに用いられる。

地図モジュールは、コンテンツ生成部を介して、地域に関するデータを記事モジュールや統計モジュールに引き渡す。これは、記事のハイライトやグラフの描画に用いられる。

これらのモジュール間の仲介を行っているコンテンツ生成部は、統計モジュールから引き渡された統計量を地図モジュールで処理するために、あらかじめ統計データベースにある統計量の最大値と最小値を取得しており、その最小値と最大値に基づいて、統計量を0から255に変換し、地図モジュールへ引き渡す。また、記事モジュールから引き渡された統計量とそれに関する日付を統計モジュールへ引き渡すといった処理を行う。このように、コンテンツ生成部と各モジュールがデータの受け渡しを繰り返すことにより、可視化表現を生成する。そして、生成された可視化表現は、コンテンツ生成部によって集められ、画面生成部へ処理を移行する。画面生成部では、コンテンツ生成部で生成された可視化表現をユーザに提示する。

## 5 対象データ

本研究では、時間的変動を伴う統計データとそれに関連する記事、地図を対象としたプロトタイプシステムを

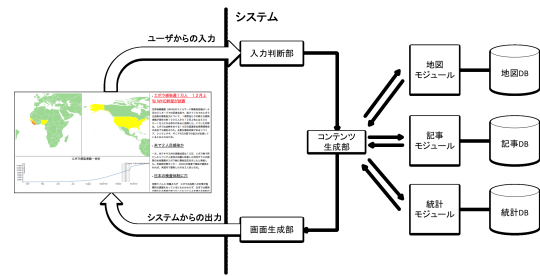


図4 プロトタイプシステムの構成図

表1 統計データの例

日付	ギニア	リベリア	...	合計
2014/11/26	2134	7168	...	15935
2014/10/29	1667	6535	...	13567
2014/10/27	1906	6535	...	13703
...	...	...	...	...
2014/3/25	86	-	...	86
2014/3/22	49	-	...	49

実装した。本システムでは、対象データとして2014年の西アフリカエボラ出血熱流行に関する統計データ<sup>1</sup>とそれに言及している新聞記事データを用いた。

本研究で使用する統計データの例を表1に示す。この統計データは2014年の西アフリカエボラ出血熱流行に関する統計データの2014年3月22日から2014年11月26日までの日付と累計患者数、各国の感染者数をcsv形式のデータとして纏めたものである。

新聞記事データは、2014年10月9日から2014年10月30日までの毎日新聞の記事(計18記事)を用いた。次に、これらの記事からエボラ出血熱について書かれた記事を選び、その記事から出来事に関する文のみを抜き出した。さらに、抜き出した出来事に関する文からその出来事が起こった日付と場所を示す国名を抜き出し、イベントIDと抜き出した出来事に関する文章の統計情報、記事IDを付与したものをcsv形式のデータとして用意した。

### 5.1 提案システム

3節で述べたデザイン指針に基づき、実装したプロトタイプシステムを図5に示す。プロトタイプは、地図を表示する地図ペイン(図5-A)、グラフを表示するグラフペイン(図5-B)、新聞記事を表示する記事ペイン(図5-C)から構成される。

記事ペインは新聞記事データの本文を時系列順にリスト形式で表示している。グラフペインは統計データを折れ線グラフで表示している。グラフはx軸に時間、y軸

<sup>1</sup><http://ja.wikipedia.org/wiki/2014年の西アフリカエボラ出血熱流行>

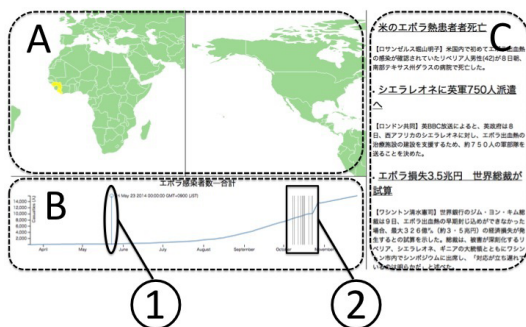


図5 プロトタイプシステムのスクリーンショット

に統計量を描画している。グラフ上には、日付を選択することができる青い線 (図 5-①) と新聞記事の有無を表すアノテーションとして線 (図 5-②) を表示している。地図ペインは、本研究で対象とする「エボラ出血熱」に関する国が含まれている西アフリカとアメリカの地図を表示している。

システム起動時に、記事ペインに記事の一覧が表示される。同時に、グラフペインにはエボラ累計患者数のグラフと線、地図ペインには西アフリカとアメリカの地図が表示される。

地図は地域をクリックすることで、その地域の統計データがグラフペインに折れ線グラフとして表示され、その地域の統計データの時間的な変化をより詳しく参照することができる。また、グラフ上に表示されている青い線はマウスによる直接操作が可能であり、左右にドラッグすることで日付を選択し、それに併せて地図上に表示する統計データを切り替えることができる。さらに、青い線は記事のスニペットとも連動しており、選択した日付が含まれる記事がハイライトされる。この機能によって、ユーザは興味を持った時点の記事を参照することが容易になる。加えて、記事をクリックすることによって、その記事に含まれている日付をグラフ上に表示し、ユーザはその記事に含まれている出来事がどのような状況で、起こったのかを把握できる。

## 6 議論

### 6.1 既存システムとの比較

SAGE[4] は試行錯誤しながら繰り返しデータを図形として情報提示することで、時系列データの変化とその変化の要因となる空間的影響を把握できるシステムを提案している。これは、本研究の提案システムと手法は異なるが、同じ目的を達成している。しかし、それらの変化が何故そのようなになったのかといった理由や背景を知ることができない。提案システムでは、新聞記事を用いることで、事象の変化の理由や背景を把握できる点で有用だと考える。

Elucignage は時系列データとそれに関連する記事を対象に、時間的な変化とその変化の理由や背景を把握できる可視化インタフェースを提案している。しかし、このシステムは空間的な関連性を持つ時系列データの空間的影響や規模を把握できるようなインタフェースではない。本研究では、地図を用いることによって空間的影響を把握できる点で有用だと考える。

高間らは、地震記事を対象とした可視化システムを提案している。システムは新聞記事から「マグニチュード」や「震度」などの地震に関する情報を抽出している。しかし、新聞記事から得られる統計情報は近似値が用いられているため、正確性に欠けるという問題がある。本研究では、新聞記事だけでなく統計データを用いることでこの問題を解決している。また、このシステムは地震に関する情報に特化してたり、ユーザがどのようなインタラクションで地震の動向を把握していくのか述べられていない。本研究では、ユーザのインタラクションモデルを確立し、他の動向情報に適用可能な点で異なる。さらにこのシステムでは、日本地図上の震源からその震源に関する詳細な情報を持った記事を参照できる点や、地図上の地域からその地域の時間的動向をインタラクティブに参照できる点は、提案システムで実装した機能と同じ目的を達成している。しかし、提案システムでは、地図から新聞記事やグラフへのインタラクションのみならず、新聞記事からグラフもしくは地図、グラフから地図もしくは新聞記事へと探索的に異なる情報へシームレスにアクセスできる点で異なる。

### 6.2 今後の展望

まず、今回対象としたデータについて検討する。

本実装では新聞記事データとして、新聞記事からトピックごとに記事を人手で分類し、出来事に関する記事のみを選定し用いた。また、記事から機械的に抽出できであろう単語を人手で抽出し利用した。実際にシステムを運用することを考えると現実的ではない。そのため、今回人手で行った処理をシステムを用いて自動化する必要がある。具体的には、(1) 新聞記事からトピックごとに記事を分類する、(2) 分類された記事からユーザが見たい記事 (e.g., 出来事に関する記事) を選定する、(3) 記事の本文からシステムに用いる「日付」といった時間情報や「国名」といった地理情報、「エボラ感染者数」や「地震」といったトピックに関連する統計情報や出来事などの単語を抽出することを検討する必要がある。

トピックに関して、本研究では「エボラ出血熱」のみを対象としたが、実装したシステムは他のトピックでも利用可能だと考える。また、「エボラ出血熱」のようなトピックには、薬品を取り扱っている企業を始めとした株価や政府の投資など様々なトピックと関連している。そ

のため、ユーザはこれらの関係するトピックを渡りあるいて探索することで、より深く「エボラ出血熱」について理解できると考える。そこで、他のトピックも対象にし、これらのトピックを切り替える機能を付与することで、ユーザは関連するトピックについて探索することができると思う。

次に、実装したシステムの機能に関して検討する。

グラフの表示に関して、提案システムでは単一の系列をグラフとして表示した。しかし、単一の系列をグラフ化するだけでは、ある統計量と異なる統計量を比較したいといったユーザの要求に応えることができない。そのため、ユーザが複数の系列を任意に選択し、グラフ化する機能を付加することが望ましい。また、グラフとして表示されるデータを切り替えるには、地図上の地域をクリックして切り替える手段しかなかった。これは、記事に含まれている統計情報やユーザ自身が持っている知識を活用して、グラフ化する統計データを切り替える手段としては適していない。そのため、ユーザが任意にグラフ化する統計データを変更できる機能が必要だと考える。

アノテーションに関して、グラフ上に新聞記事の有無を表示したが、同様に地図にも変化した理由や背景が含まれる新聞記事の有無を表示するアイコンをアノテーションとして表示させることを検討する。これにより、ユーザは、自分の中の興味から興味を持った情報にアクセスすることが容易になると考えている。

記事のハイライト機能に関して、本研究では日付を選択をすることにより、その日付が含まれる記事をハイライトする機能を実装した。しかし、システムの画面上に表示できる記事の数は限られているため、ユーザは記事をスクロールして見る必要があった。これは、ユーザにとって負荷が高く煩わしい作業だと考えられる。そのため、ハイライトされた記事をユーザの画面上に表示できる仕組みを検討する必要がある。

新聞記事からグラフへとアクセスする機能として、事象に関する記事をクリックすることによって、その記事の本文中に含まれる日付の中から一つをグラフ上に表示する機能を付与した。しかし、事象に関する記事の本文中に含まれている日付は複数あるため、この事象がどのような状況のもと行われたか把握するためには、関係する日付全てをグラフ上に表示することが望ましいと考える。また、新聞記事には「最も感染者が多いのはシエラレオネの1万792人で、リベリア8745人、ギニア2988人と続く」といったような複数の地域の統計量について述べられているものがある。そのため、ユーザが記事の複数の地域の統計量に興味を持った際、それらの統計量をグラフとして提示し、比較できることが望ましい。

今回のシステムでは実装しなかったが、(5) 新聞記事

から地図、(6) 地図から新聞記事、へとアクセスする機能を実装したいと考えている。具体的には、(5) 新聞記事をクリックすると、その記事に含まれている事象の国名と統計量を地図にマッピングする、(6) 地図上の地域をクリックすることで、その地図にマッピングされている事象の国名と統計情報からこれらが含まれている記事をハイライトする、といった機能である。(5) の機能により、ユーザは新聞記事中の興味をもった事象の空間的影響や規模を把握できると考えている。また、(6) の機能により、空間的な影響を持つ事象がユーザの興味を持った地域に対して、どのような影響を与えたのか知ることができると考えている。

最後に、探索的なデータ分析を支援するシステムを実現するために、探索行為だけでなく、履歴を用いてユーザの振り返る行為を支援する必要があると考えている。また、ユーザ実験を行うことにより、今回想定したインタラクションが実際に行われるかを調べ、システムを改善していきたいと考えている。

## 7 おわりに

本稿では、ユーザの意思決定や問題解決を支援するための探索的なデータ分析を支援するシステムとして、時空間動向情報を直感的に把握できる可視化インタフェースを提案した。今後は、地図と新聞記事との間のインタラクションや異なる時系列データの比較を検討し、ユーザが探索的にデータ分析できるシステムの改良につなげる。

### 参考文献

- [1] 山田隆志, 高間康史: 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, 第21回人工知能学会全国大会, 3H8-2, 2007.
- [2] 高間康史, 山田隆志: 時空間動向情報の探索的分析を支援するインタラクティブな情報可視化システム, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 58-67, 2010.
- [3] 高間康史, 狩野真次: 比較分析に着目した時空間動向情報の探索的分析支援, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 4, pp. 494-502, 2011.
- [4] Roth, S.F., Kolojechick, J., Mattis, J., et al.: Interactive Graphics Design Using Automatic Presentation Knowledge, Proc. SIGCHI'94, pp. 112-117, 1994.
- [5] 松下光範: InTREND: ユーザの探索行為と振り返り行為に着目したデータ分析システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 7, pp. 2456-2467, 2008.
- [6] 高間康史, 山田隆志: タグ付きコーパスを用いた地震記事からの動向情報抽出・可視化システム, 知能と情報, Vol. 18, No. 5, pp. 711-720, 2006.
- [7] 松下光範, 加藤恒昭: 言語情報と数値情報の相補的利用を目指した可視化手法, 第21回人工知能学会全国大会, 3H8-3, 2007.