

卒業論文

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

平成 27 年 1 月

関西大学 総合情報学部

内藤 峻

目次

1	はじめに	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	情報編纂の取り組み	1
1.3	本研究の目的	2
2	関連研究	4
2.1	情報探索行為のモデル	4
2.2	時系列データの探索的分析	4
2.3	新聞記事に基づく時系列データの探索的分析	6
3	デザイン指針	8
3.1	対象とする課題	8
3.2	対象とするデータの特徴	8
3.3	対象とするインタラクション	9
3.4	データの相補的利用	11
4	提案インタフェースの実装	13
4.1	システム構成	13
4.2	対象データ	14
4.3	提案システム	15
5	議論	19
5.1	既存システムとの比較	19
5.2	提案システムの到達点	19
5.3	今後の展望	20
6	おわりに	23

1 はじめに

本章では、本研究の実施に至った背景を説明し、対象とする課題を明確にする。

1.1 本研究の背景

近年、コンピュータの処理能力の向上や、ネットワークの発達が進んでいる。それに伴い、新聞記事や政府の統計データをはじめとする様々な情報が電子化されネットワーク上に蓄積されるようになった。電子化された情報は、(1) 必要な保管スペースが少ない、(2) 複製が容易である、(3) 劣化しない、(4) 迅速かつ的確に検索できる、情報の共有に優れている、といった利点がある [14]。これらの膨大なデータは単なるアーカイブとしての役割に留まらず、意思決定や問題解決に役立つ有益な情報や知識を得るためのリソースとして利用されている。しかし、蓄積された情報は情報洪水 [11] といわれるほど膨大であるうえ、時間の経過に伴って更に増加を続けている。そのため、“情報を見つける”ことを目的とした検索技術 (e.g., キーワードベースの検索エンジン) では、情報が断片的である、重複している、形式が異なっているとといった理由により、これらの情報を整理して精査し、意思決定に役立つ知見としてまとめる負担がユーザに委ねられる。それゆえ、ユーザの興味や関心に応じて情報を纏めあげ、それへの簡便なアクセスを支援する技術が渴望されている。

1.2 情報編纂の取り組み

このような背景の下、新聞記事テキストや統計データといった異なる形式の情報を相補的に用いて編纂し、ユーザの情報アクセス行為を容易にする技術 (情報編纂技術) を実現する取り組みが行われている [11]。

ネットワーク上にはテキストだけでなく、音声や画像、動画など様々な形式の情報が混在している。情報編纂技術が目指すのは、これらの情報をユーザの興味や関心に基づいて適応的に再構成し一纏まりの情報として提示し、提示された情報をトリガとしたインタラクティブな情報アクセスを可能にすることである。

このような課題に対して、動向情報を対象とし、それらを要約・可視化する技術の研究が行われている。

動向情報とは、ある商品の価格や売上高、台風の進行状況や被害の経過、内閣や政党の支持率の推移など幾つかの統計量や出来事に関する時系列データを基にして、ある観点の下でその変化を通時的に捉えて纏めあげたものである [12]。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。このような動向情報は単なる一次元の時系列情報ではなく、製品のシェアのように複数の企業が関係したり、地域ごとの土地価格の変動のように空間的な広がりを持ったりするなど、複数主体や空間軸を含んだ多次元情報である [12]。

情報編纂技術が目指しているのは、動向情報に対するユーザの関心・質問に、文章や可視化表現 (グラフなど) を組み合わせて応答するマルチモーダル質問応答システムの実現であり、そのための要約と可視化である。

図 1.1 に情報可視化の参照モデルを示す。情報可視化では、情報アクセスのインタフェース

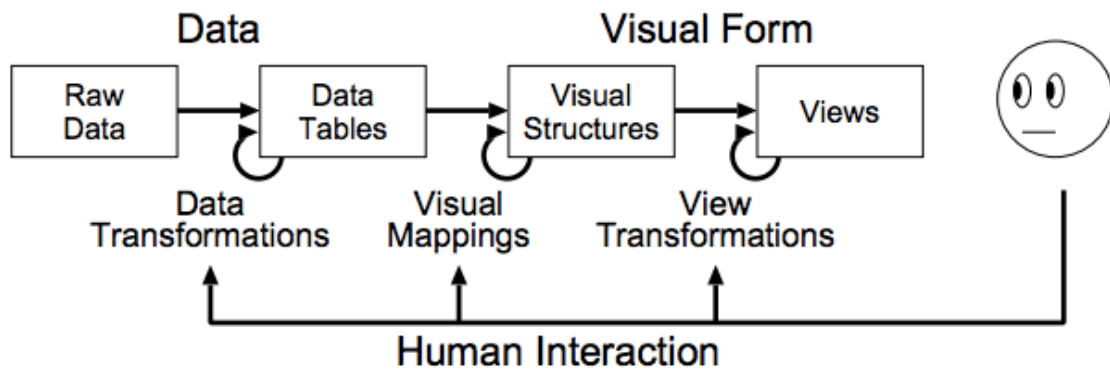


図 1.1: Card の参照モデル

として機能させることでより効果的な情報提示が可能となる。そのためには、利用者の意図や関心に応じて様々な詳細度でインタラクティブに情報を眺められることが必要である。特に、予め明確な意図や関心があって情報にアクセスするのではなく、大量のデータの中から役に立つ情報を探索的に見つけ出すような分析の場面では、計算機とユーザとのインタラクションが重要な役割を担う。

一般に、計算機 (システム) を用いて探索的にデータを分析する場合、ユーザは (1) はじめにデータから何を見出すかについての漠然とした考えに基づき、その考えの下で質問 (情報要求) を計算機に与える、(2) 計算機がその情報要求に基いて編纂・提示した情報を受取る、(3) 計算機から提示された結果を見ることでそのデータに関する知見や理解を深め、それによって換気された新たな情報要求を計算機に与える、というインタラクションを繰り返す。この繰り返しを通じて、ユーザは徐々に問題解決や意思決定にとって有用な情報を収集していく [6]。このようにユーザの要求を繰り返し計算機に与えることで有益な情報を探す分析を探索的データ分析という [2]。

ユーザの探索的データ分析を支援するには、これらの繰り返しを円滑に行うことが求められている。このような繰り返しを円滑に行うには、システムがユーザが何を求めているのかを的確に理解し、それにたいして協調的に振る舞い、必要かつ十分な情報を提供することが重要な要素となる。ユーザはシステムに対して情報要求を与えることで、システムはユーザに新たに情報を提示する。ユーザはその情報提示から新たに興味や関心が生まれ、新たに情報要求をシステムに与える。

本研究の課題は、このような探索的データ分析を効率的に行えるシステムの実現である。

1.3 本研究の目的

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。

こうした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的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

本章では、関連研究について述べ、本研究の位置付けを行う。

2.1 情報探索行為のモデル

1章で述べたように探索的データ分析を行うにあたっては、ユーザは様々な観点からデータを眺め、仮説や検証を行うという試行錯誤を繰り返す必要がある。松下らは、このような探索的データ分析を行う場合、(1) はじめにデータから何を見出すかについての漠然とした考えに基づき、その考えの下で質問 (情報要求) を計算機に与える、(2) 計算機がその情報要求に基づいて編纂・提示した情報を受け取る、(3) 計算機から提示された結果を見ることでそのデータに関する知見や理解を深め、それによって換気された新たな情報要求を計算機に与える、というインタラク션을繰り返す、と述べている [5]。これらのインタラク션을通して、大量のデータから新たな知見や有益な情報を取得していく [16]。本研究では、このようなユーザのインタラク션을考慮したシステムをデザインする。

このようなインタラク션のあり方について、Shneiderman は視覚的に情報を探索するユーザの行為を “Overview fist, zoom and filter, then details on demand” と述べている [4]。これは情報を探索する際、まず情報の全体 (概要) を眺め、拡大や取捨選択を行い、必要に応じて詳細な情報を参照することを指す。本研究では、このようなユーザの探索行為に基づいてシステムの機能をデザインすることで、様々なモダリティの情報へのアクセスを円滑にすることを試みる。

2.2 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 [15]。「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 [9]。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 [7]。

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[3] を提案している。図 2.2 に Sage によって作られた図を示す。図 2.2 のグラフは x 軸に経度、y 軸に緯度を示しており、図



図 2.1: 山田らの可視化システム (文献 [15] より図引用)

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る。

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。

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[13] 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

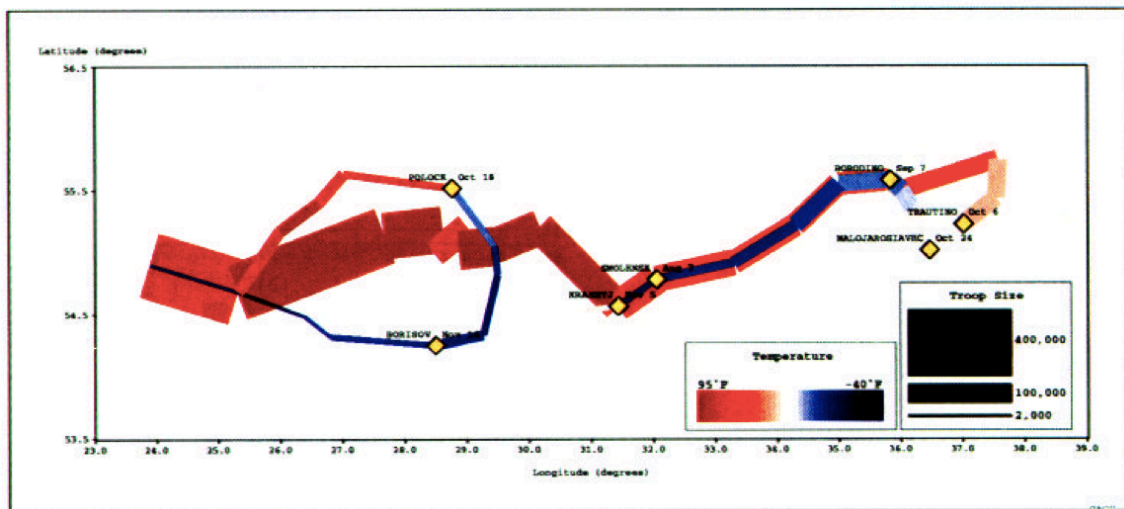


図 2.2: Sage システムによる可視化の例 (文献 [3] より図引用)

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。

しかし、これらの提案システムは、時系列データの変化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、空間的な関連性を持つ時系列データの経時的変化とその変化の要因となる理由や背景を理解するためのシステムの実現を目指す。

2.3 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 [8][10]。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[5][6] を提案している。図 2.3 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

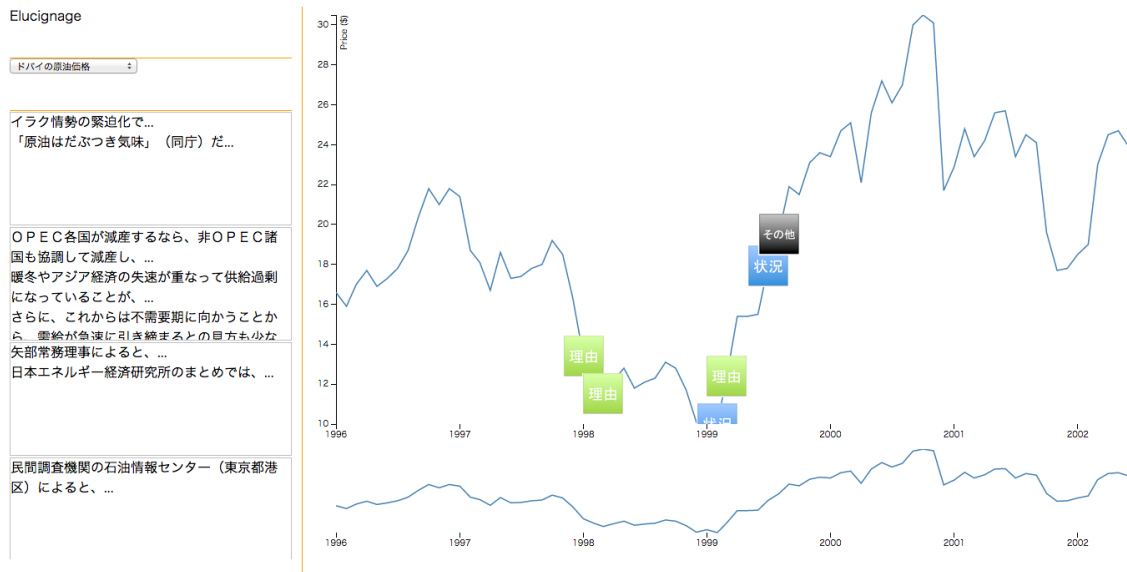


図 2.3: Elucignage のスナップショット

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

本章では、提案インタフェースのデザイン指針について述べる。

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るだけでは、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][7] 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。

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。

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 [6]。

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う特徴を持つ。

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 対象とするインタラクション

本節では、本研究で対象とするインタラクションの例を挙げる。

2014年11月5日、製薬企業の経営者のAさんは、西アフリカを中心に広がっているエボラ出血熱患者への本格的投与に備え、グループ会社が開発した抗インフルエンザ薬を追加生産しようと考えた。そこで、Aさんは抗インフルエンザ薬の量をどれくらい追加生産すれば良いか調べるために、現在のエボラ出血熱患者数から抗インフルエンザ薬の量を見積もることにした。Aさんは現在、どれくらいエボラ出血熱患者数があるのか知るために、最近の新聞記事を見て調べることにした。すると、患者数が約1万3000人いることを知った。さらに、その記事からエボラ出血熱患者は、世界で急速に拡大しているということを知った。そこで、Aさんは、現在どれくらいの割合でエボラ患者数が増加しているのか気になり、最近のエボラ患者数をインターネットで調べることにした⁽¹⁾。すると、2014年のエボラ出血熱患者数の統計グラフを見つけ、Aさんは最近のエボラ患者数が急激に増加していることを知った。そこで、Aさんは何故、エボラ出血熱患者数が急激に増加しているのか気になり、急激に増加した時点付近に何かあったのではないかと考えた。そして、Aさんはその疑問を調べるために、急激に増加した時点付近の新聞記事から調べることにした⁽²⁾。すると、今まで感染者が出ていなかった国から新たに感染者が出たこと、さらに、感染が時間に伴って拡大していることがわかった。この事実を知り、Aさんは現在のエボラ患者数から見積もった抗インフルエンザ薬の量では、すぐに不足すると考えた。そこで、Aさんは、エボラ出血熱の拡大を考慮した上で抗インフルエンザ薬の量の追加生産を見積もることにした。Aさんは新聞記事に記述されている出来事の空間的な規模や影響を把握するために、地図を参照し、新たにどこの国が感染し、どれくらいの人数が感染しそうなかを予測することにした⁽³⁾。そして、Aさんは、現在感染者が増加している国の場所を把握し、次にどこの国が感染しそうなのか、また、どれくらい感染しそうなのか検討することにした。

この例では、Aさんは「抗インフルエンザ薬をどれくらい追加生産すれば良いかわからない」という問題を解決するために、現在の患者数から薬の量を見積もろうとしている。そして、薬

の量を見積もるために、新聞記事からその量を調べている。さらに、Aさんは新聞記事から患者数が急激に増加していることを知り、どれくらいの割合で増加しているのか気になり、それを調べるためにエボラ患者数に関する統計グラフを参照している。また、Aさんは統計グラフを見て増加の割合について詳しく知った後、何故、急激に増加しているのか疑問に思い、急激に増加した時点付近に何か出来事があったに違いないと考え、この疑問を解消するために、急激に増加した時点付近の新聞記事からその出来事について調べている。そして、Aさんは新聞記事から空間的な関連性を持つ出来事に興味を持ち、地図を用いてその出来事の空間的影響や広がりを把握している。

このように、本研究で対象とするインタラクションは (1) 新聞記事からグラフ (2) グラフから新聞記事 (3) 新聞記事から地図へと異なるモダリティの情報にアクセスしながら、ユーザは新たな知見や有益な情報を収集していくものである。次に、上述したシナリオとは異なるインタラクションの例を示す。

学生のBさんはある日、大学でエボラ熱の特徴についてのレポート課題が与えられた。Bさんは、エボラ出血熱について、ニュースで聞いたことがある程度の知識しかなかった。そこでBさんは、エボラ出血熱について理解を深めるために、最近の新聞記事を見ることにした。Bさんは最近の新聞記事からエボラ出血熱が西アフリカを中心に、マリやスペインに感染が広がっていることを知った。また、Bさんは現在のエボラ出血熱の感染がどのように広がっているのか気になった。そこで、Bさんは現在のエボラ出血熱の感染状況を把握するために、統計地図を調べることにした⁽³⁾。Bさんは、インターネットでエボラ出血熱の感染状況が示された統計地図を探した。すると、WHOが提供している統計地図が表示されているホームページを見つけた。こうして、Bさんは、統計地図を見ることで、現在のエボラ出血熱の感染の広がりを把握することができた。また、Bさんはどのような推移でこのように感染が広がったのか疑問に思い、過去の統計地図があるホームページのリンクを辿ることにした。すると、最近になって急激にエボラ出血熱の感染が広がっていることがわかった。さらにBさんは、時間が経つに連れて感染が広がっている「ギニア」に興味を示した。そこで、Bさんは過去から現在までの「ギニア」のエボラ感染者数の変化を詳しくするために「ギニア」のエボラ感染者数の統計グラフを調べることにした⁽⁴⁾。Bさんは、インターネットで「ギニア」のエボラ感染者数の推移を検索した。すると、2014年のエボラ出血熱患者数が示されているwikipediaがヒットした。wikipediaには、エボラ感染者数が多い「リベリア」と「ギニア」、「シエラレオネ」の3カ国のエボラ感染者とそれらの累計感染者数を示すデータがグラフとして表示されていた。Bさんは、そのグラフを眺めていると、「シエラレオネ」の感染者数が急激に増加していることがわかった。また、Bさんは、「シエラレオネ」と「ギニア」の変化が似ていることに気がついた。そこで、Bさんはもしかすると「ギニア」の感染者数が増加したのは、近隣国である「シエラレオネ」の影響を受けているのではないかと疑問に思い、「シエラレオネ」のエボラ感染者数が急激に増加している時点の統計地図を見ることにした⁽⁵⁾。すると、「シエラレオネ」を中心に、近隣である「ギニア」と「リベリア」の一部の地域のエボラ感染者

数が増加していることがわかった。そこでBさんは、何故「シエラレオネ」のエボラ感染者数が増加しているのか疑問に思った。Bさんはその理由を把握するために「シエラレオネ」のエボラ感染者数が増加している時点の新聞記事から調べることにした⁽⁶⁾。すると、「ヒーラー」と呼ばれる女性が特別な治癒能力を持っていると主張していたため、隣国ギニアからエボラウイルスの感染者たちが彼女の治療を受けようとシエラレオネに入ってきたことがわかった。こうして、Bさんはエボラ出血熱について幅広く知ることができ、レポートを書いて提出することができた。

この例では、Bさんは大学の課題で与えられた「エボラ熱の特徴についてのレポート課題」を書くために、エボラ出血熱についての理解を深めようとしている。そこで、Bさんはエボラ出血熱についての理解を深めるために、漠然と新聞記事を眺めている。そして、Bさんは新聞記事から気になる出来事に興味を持ち、その出来事の空間的な規模や影響を知るために、統計地図を参照している。Bさんは統計地図を見ていると、空間的な広がりを持つ地域に興味を持ち、その地域の時間的な変化を知るためにその地域の統計グラフを参照している。そして、Bさんはグラフを眺めていると、特徴的な変化をしている部分に興味を持ち、この変化は隣国の影響を受けているのではないかと仮説を立て、その仮説を検証するために地図を参照している。また、Bさんはその地図を見て、何故そのような空間的な広がりになったのかを調べるために、新聞記事を参照し、新聞記事からその理由を把握している。

以上を踏まえて、ユーザの興味や関心を持った要素をトリガとし、これらの異なるモダリティの情報をインタラクティブに情報提示すれば、先ほど示したシナリオのような(4) 地図からグラフ(5) グラフから地図(6) 地図から記事へとアクセスするといった探索行為を円滑に行うことができると考える。そこで本研究では、これらのモダリティが持つ情報の相補的利用について検討する。

3.4 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3.1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3.1-①)、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3.1-②)。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3.1-③)、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3.1-④)。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3.1-⑤)、グラフの特徴的な箇所の新聞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3.1-⑥)。

これらの関係性を前節で示したシナリオを用いて具体的に説明すると以下のようなになる。

- (1) 新聞記事の連続を眺めている際に興味を持った記事がどのような状況で述べられているか調べるためにグラフを参照する(図3.1-④)

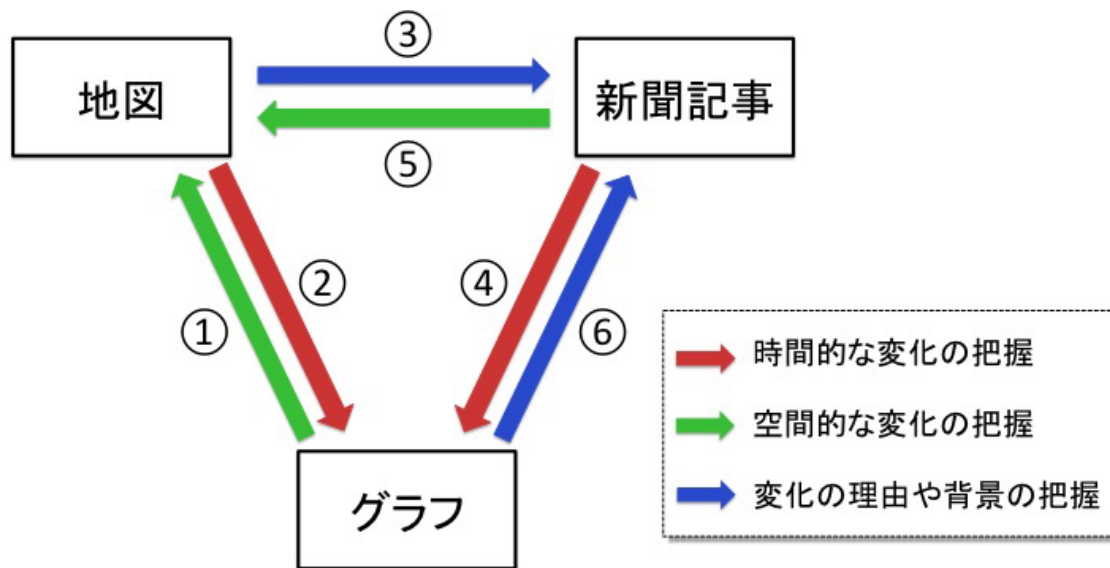


図 3.1: 異なるモダリティの情報間の関係性

- (2) グラフの特徴的な変化を持つ時点に興味を持ち、その変化の理由や背景を調べるために新聞記事を参照する (図 3.1-⑥)
- (3) 新聞記事から気になる出来事の空間的な影響や規模を把握するためにその出来事が起こった時点の統計地図を参照する (図 3.1-⑤)
- (4) 統計地図から興味を持った地域の統計データの時間的な変化を知るためにグラフを参照する (図 3.1-②)
- (5) グラフの特徴的な変化をしている部分に興味を持ち、その時点の空間的な影響や規模を把握するために統計地図を参照する (図 3.1-①)
- (6) 統計地図から興味を持った地域で起こった出来事を把握するために新聞記事を参照する (図 3.1-③)

これらのインタラクションは図 3.1 の各モダリティ間の矢印を示している。矢印はユーザがアクセスするモダリティの情報を示しており、この矢印は巡回している。そのため、繰り返し異なるモダリティの情報にアクセスできるようになっている。このように、ユーザが自身の興味や関心に応じて、様々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

本章では、実装した提案インタフェースのプロトタイプについて述べる。

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 4.1 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。

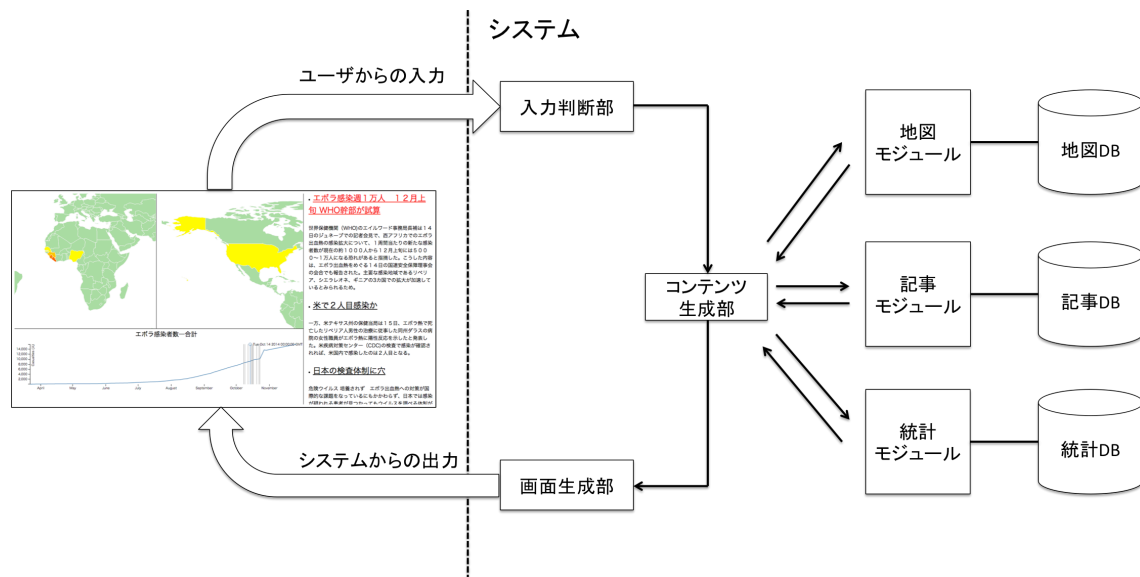


図 4.1: プロトタイプシステムの構成図

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。

4.2 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¹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 4.1 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。

本研究で使用する新聞記事データの例を表 4.2 に示す。この新聞記事データには、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。

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

表 4.1: 統計データの例

日付	ギニア	リベリア	シエラレオネ	ナイジェリア	セネガル	アメリカ	マリ	スペイン	合計
2014/11/26	2134	7168	6599	20	1	4	8	1	15935
2014/10/29	1667	6535	5338	20	1	4			13567
2014/10/27	1906	6535	5235	20	1	4			13703
...
2014/3/25	86								86
2014/3/22	49								49

イベント ID は時系列順に昇順で番号を割り当てた。日付は記事に含まれている「数字+日」を抽出し、年と月を加え「年/月/日」とデータを正規化した。出来事に関する文は、「米国内で初めてエボラ出血熱の感染が確認されていたリベリア人男性 (42) が8日朝、南部テキサス州ダラスの病院で死亡した」といった文の一段落分を抽出した。国名は、本文中の「米国」や「リベリア」等の名詞を抽出し、「米国」や「米」、「アメリカ」など同じ国のことを指し示している表現は「アメリカ」といったように1つの単語に統一した。統計情報名は、本文の「死亡した」や「死者」といった語句から「エボラ死者数」、「感染が確認された」や「感染者数」といった語句から「エボラ感染者数」を人手で判断し、統計量の名称を付与した。また、統計情報がない場合は「非統計情報」とした。記事 ID は新聞記事の発行日を割り当てた。また、発行日が同じ場合は「日付+数字」を付与した。数字は時系列順に昇順で番号を割り当てた。

4.3 提案システム

3章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 4.2 に示す。プロトタイプは、地図を表示する地図ペイン (図 4.2-A)、グラフを表示するグラフペイン (図 4.2-B)、新聞記事を表示する記事ペイン (図 4.2-C) から構成される。

プロトタイプシステムは HTML、CSS、JavaScript を用いて実装した。JavaScript のライブラリは、jQuery² の version 1.6.2 と D3.js[1] の version 3.4.13、TopoJSON³ の version 1.6.18、D3.js で作成された DataMaps⁴ の version 0.3.4 を用いた。

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 4.2-①) と新聞記事の有無を表すアノテーションとして線 (図 4.2-②) 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

²<http://jquery.com/>

³<https://github.com/mboostock/topojson/wiki/JP-Home>

⁴<http://datamaps.github.io/>

表 4.2: 新聞記事データの例

イベント ID	日付	表題	本文	場所	タイプ	記事 ID
1	2014/10/8	米のエボラ熱患者者死亡	【ロサンゼルス堀山明子】米国内で初めてエボラ出血熱の感染が確認されていたリベリア人男性 (42) が 8 日朝、南部テキサス州ダラスの病院で死亡した。	アメリカ	エボラ死者数	10091
2	2014/10/8	シエラレオネに英軍 750 人派遣へ	【ロンドン共同】英 BBC 放送によると、英政府は 8 日、西アフリカのシエラレオネに対し、エボラ出血熱の治療施設の建設を支援するため、約 7 5 0 人の軍部隊を送ることを決めた。	シエラレオネ	非統計情報	10092
3	2014/10/9	エボラ損失 3.5 兆円 世界総裁が試算	【ワシントン清水憲司】世界銀行のジム・ヨン・キム総裁は 9 日、エボラ出血熱の早期封じ込めができなかった場合、最大 3 2 6 億ドル (約 3 ・ 5 兆円) の経済損失が発生するとの試算を示した。総裁は、被害が深刻化するリベリア、シエラレオネ、ギニアの大統領とともにワシントン市内でシンポジウムに出席し、「対応が立ち遅れているのは明らかだ」と述べた。	リベリア、シエラレオネ、ギニア	非統計情報	1010
...
17	2014/10/23	エボラ熱 国内患者対策急ぐ	西アフリカで流行し、感染の拡大が懸念されるエボラ出血熱への対策として、厚生労働省が検疫の強化や国内で患者が出た場合の態勢づくりを急いでいる。入国者に対する水際でのチェックや、小規模な診療所で患者が見つかった場合の対応が課題だ。 【橙野耕一】	...	非統計情報	10231
18	2014/10/22	エボラ感染 1 万人目前 WHO 発表 死者は 5 0 0 0 人に迫る	【ジュネーブ時事】西アフリカを中心に感染拡大が止まらずスペインに続き米国にも飛び火し始めたエボラ出血熱について、世界保健機構は 2 2 日、世界の感染者が疑い例を含め 1 9 日までに計 9 9 3 6 人、死者は 4 8 7 7 人に達したと発表した。感染者は 1 万人、死者は 5 0 0 0 人を目前にする水準に迫っている。	スペイン	エボラ感染者数、エボラ死者数	10232

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 (図 4.3 参照)。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 (図 4.4 参照)。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。

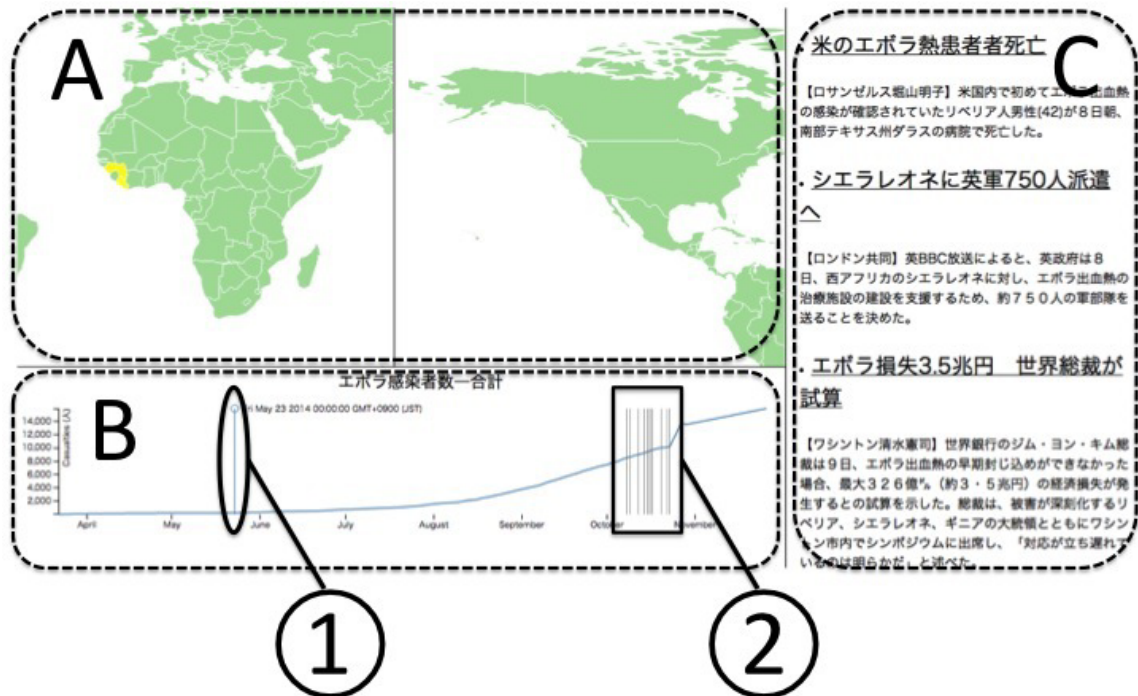


図 4.2: プロトタイプシステムのスクリーンショット

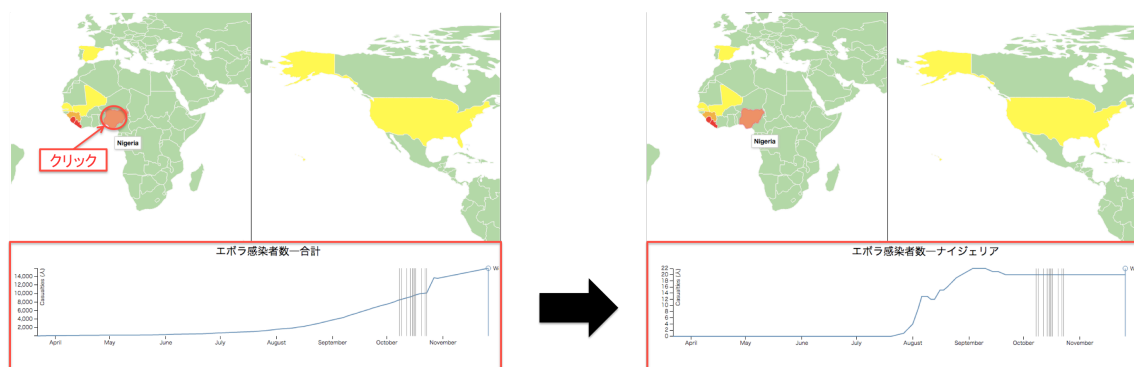


図 4.3: 地図の地域クリック時

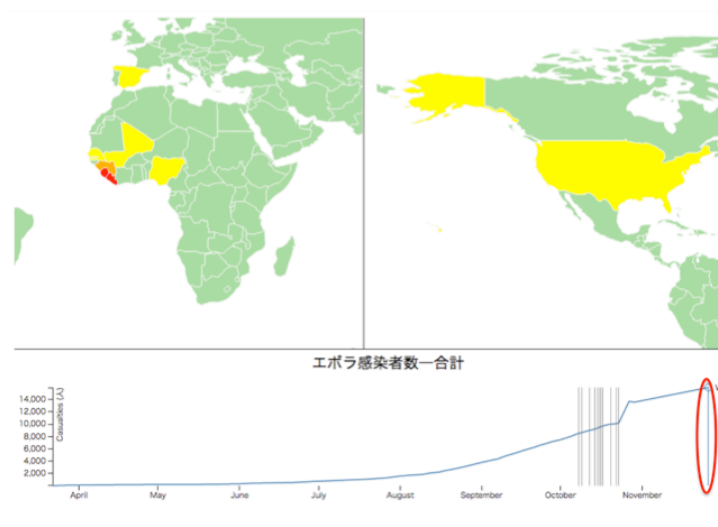
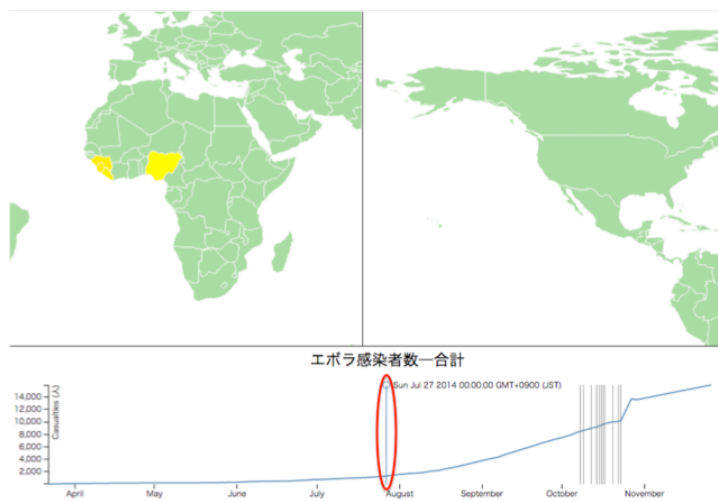
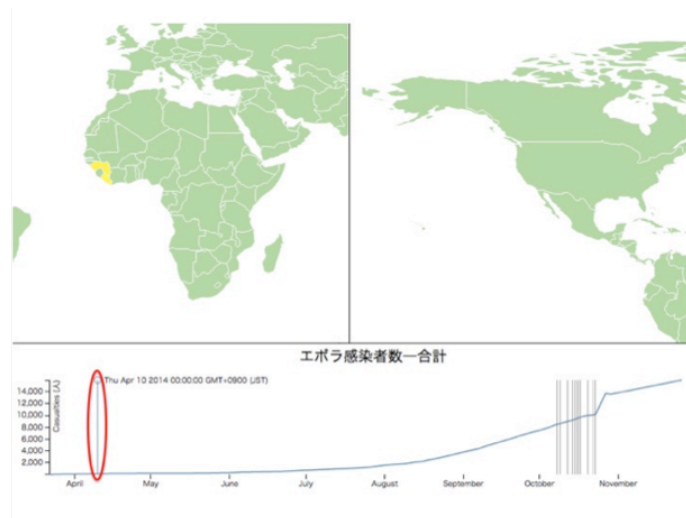


図 4.4: グラフ上の日付選択時

5 議論

本章では、提案インタフェースのデザイン指針や実装したシステムに対する考察を行う。

5.1 既存システムとの比較

SAGE[3] 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になったのかといった理由や背景を知ることはできない。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な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おり、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。

5.2 提案システムの到達点

本研究では、3章で述べたデザイン指針に基づき、以下の可視化表現を生成するシステムを実装した。時間的な変化を把握するためにグラフを、空間的な変化を把握するために地図を、これらの変化の理由や背景を把握するために新聞記事を用いた。

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。これにより、ユーザは事象の変化や統計量の概況を把握できると考えている。

地図の表示に関して、提案システムでは日付を選択することにより、その時点の統計情報の統計量を地図上の地域にマッピングした。これにより、ユーザは事象の空間的な影響や規模を把握できると考えている。

記事の表示に関して、提案システムでは事象に関する記事をスニペットとして表示した。これにより、ユーザは時間的な変化と空間的な変化の理由と背景を知ることができると考えている。

また、提案システムではこれらの異なるモダリティの情報をシームレスにアクセスできる機

能を実装した。具体的には、

(1) 新聞記事からグラフへアクセスする機能

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をグラフ上に表示する機能を付与した。これにより、ユーザは興味を持った事象がどのような状況のもと行われたのか把握することができると考えている。

(2) グラフから新聞記事へアクセスする機能

グラフの日付を選択することによって、その日付が含まれている記事をハイライトする機能を付与した。これにより、ユーザは興味を持ったグラフの変化について、その変化の理由や背景を知ることができると考えている。

(3) グラフから地図へアクセスする機能

グラフの日付を選択することによって、その日付の各地域の統計量を地図上にマッピングする機能を付与した。これにより、ユーザは興味を持ったグラフの変化が空間的な影響によるものか把握することができると考えている。

(4) 地図からグラフへアクセスする機能

地図上の地域をクリックすることによって、その地域の統計グラフを参照できる機能を付与した。これにより、ユーザの興味を持った地域に対して、空間的な影響を持つ事象がどれくらい影響を与えているのか詳しく知ることができると考えている。

という4つの機能を実装した。これらの機能を用いることにより、ユーザは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と考えている。

5.3 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。

統計データに関して、「エボラ出血熱」に関する統計データを wikipedia から人手で抽出したが、公開されているデータの形式や構造がわかれば、動的に取得できると考える。これにより、ユーザはリアルタイムに最新のデータを得ることができると、より実用的なシステムの運用が可能であると考えられる。

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考える。

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、比較することが望ましい。

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。

6 おわりに

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。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的变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し、実装した。

1章では、本研究に至った背景として、電子化されている情報の増加について述べ、それに伴い、これらの情報を利用するユーザにとって、異なるモダリティの情報を行き渡るような探索行為は負荷の高い作業であるという問題点を指摘した。本稿ではこの問題を低減するために、時系列データを対象に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データ分析するための支援システムの実現を目的とした。

2章では、3つの観点から関連する研究について述べ、本研究の位置付けを行った。1つ目は、本研究が想定した情報探索行為のモデルについての観点である。2つ目は、時系列データを探索的に分析するための支援システムについての観点である。3つ目は、時系列データを探索的に分析するための支援システムのうち、新聞記事に基づいて時系列データを探索的に分析するための支援システムについての観点である。

3章では、本研究で対象とする課題とデータの特徴、予期されるユーザとシステムとのインタラクション、データの相補的利用の方式について述べた。本研究で対象とする課題は、ユーザが時系列データを分析する際に、異なるモダリティの情報に渡って新たな知見や有益な情報を得るというものである。本章では、このような探索行為を円滑にするシステムのデザイン指針について述べた。

4章では、3で述べたデザイン指針に基いて実装したプロトタイプシステムについて述べた。システムが行う処理の流れを構成図で示し、システムの全体像と各モジュールの処理について説明した。また、システムに用いたデータについて述べた。さらに、今回実装した機能について述べ、その機能により、ユーザがどのようなことを把握できるのかについて述べた。

5章では、本研究で提案したシステムの有効性を考察するために、提案システムと既存システムとの違いについて述べた。また、今回実装したシステムで達成できた点や問題点、実装できなかった機能について述べ、今後の展望を示した。

謝辞

本卒業論文は、筆者が関西大学 総合情報学部 総合情報学科 松下研究室において行った研究を纏めたものです。本研究に関して本学 松下光範教授には、本論文の添削だけでなく、研究を進める上でのアドバイスを終始ご指導ご鞭撻を頂きました。また、本研究のみならず、ハッカソンや学会などのイベントに参加する機会を提供して頂き、多くのことを学ぶことができました。心より感謝致します。時には厳しく、また優しく励ましてくださったことを通して、私自身の至らなさを実感することができたことは、今後の私の成長に繋がるものであります。

また、本学 大学院 総合情報学部研究科 松下研究室 大塚直也先輩には、本論文の添削のみならず、本研究におけるシステムの実装に関するアドバイス、研究を遂行させるための心構えや考え方、についてご指導頂きました。ここに深謝の意を表します。

日々の研究活動において、松下研究室のメンバには、日々刺激を頂き、精神的にも支えられました。松下研究室のメンバの心の支えなしでは、この卒業論文を書き上げることはできませんでした。本当にありがとうございました。

最後に、経済的にも精神的にも支えてくれた家族に心より感謝しております。ありがとうございました。

参考文献

- [1] Bostock, M., Ogievetsky, V. and Heer, J.: D³ data-driven documents, *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, Vol. 17, No. 12, pp. 2301–2309 (2011).
- [2] Hartwig, F. and Dearing, B. E.: *Exploratory data analysis*, Sage Publications Beverly Hills (1979).
- [3] Roth, S., Kolojechick, J., Mattis, J. and Goldstein, J. .: Interactive Graphics Design Using Automatic Presentation Knowledge, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 112–117 (1994).
- [4] Shneiderman, B.: *Designing the User Interface*, AddisonWesley (1998).
- [5] 松下光範, 加藤恒昭: Elucignage: 探索的データ分析のための動向情報可視化インタフェース, 動向情報の要約と可視化に関するワークショップ第2回成果進捗報告会予稿集, pp. 17–18 (2007).
- [6] 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, 2007 年度人工知能学会全国大会, 3H8-3 (2007).
- [7] 高間康史, 狩野真次: 比較分析に着目した時空間的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).
- [8] 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 (日本知能情報ファジィ学会誌) , Vol. 18, No. 5, pp. 711–720 (2006).
- [9] 高間康史, 山田隆志: 時空間的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).
- [10] 高間康史, 山田隆志, 中野純: 地震記事からの時空間的動向情報可視化についての取り組み, 第1回 MuST 成果進捗報告会, pp. 51–54 (2006).
- [11] 加藤恒昭, 松下光範: 情報編纂 (Information Compilation) の基盤技術, 2006 年度人工知能学会全国大会, 1D3-2 (2006).
- [12] 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, No. 2004-NL-164, pp. 89–94 (2004).
- [13] 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).
- [14] 精美堂: 電子化の長所と短所 – 紙媒体のデジタル化, http://www.ds-seibido.co.jp/10digi/post_26.html (2015/2/16 確認).
- [15] 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, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 21, pp. 1–4 (2007).

[16] 藤本和則, 木村陽一, 松下光範, 庄司裕子: 意思決定支援とネットビジネス, オーム社 (2005).