

# 可視化キューブに基づく 探索的動向情報分析支援システムの2画面表示に関する提案

## Proposal on Dual-View Visualization for Exploratory Analysis Support System of Trend Information Based on Visualization Cube

狩野 真次<sup>\*1</sup>  
Shinji Karino

高間 康史<sup>\*1</sup>  
Yasufumi Takama

<sup>\*1</sup> 首都大学東京大学院システムデザイン研究科  
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

This paper proposes the Dual-view expansion of visualization cube to support exploratory analysis of spatiotemporal trend information. Visualization cube is an abstract data structure with 3 axes, on which 5 operations for generating views are defined. An exploratory data analysis system has been developed based on the visualization cube, of which usability has been evaluated through the experiments conducted at an elementary school. However, the existing system implemented a part of available operations on the visualization cube, because of the limitation of having only a single view. For example, comparison on statistical map was not implemented. In order to solve this problem, this paper proposes to employ dual views by considering two visual cubes, and discuss the extendibility in terms of available comparison for exploratory data analysis.

### 1. はじめに

本稿では、人口や降水量という時空間的に変動する動向情報の探索的分析を支援するシステムの2画面表示に関する拡張案を示し、探索的分析における有効性について考察する。近年、動向情報の意思決定などにおける有効性が注目され、その分析を支援する動向情報可視化システムなどの開発が行われている。探索的分析に関するわかりやすいインタラクションを提供するために、可視化キューブに基づく探索的動向情報分析システムが提案されており、被験者実験で有効性が示されている[高間10]。可視化キューブは動向情報に関する抽象的データ構造であり、分析に必要なインタラクションがキューブに対する操作として整理されているが、空間軸上の統計データ比較など、既存システムでは実装が困難なものもあった。本稿では、可視化キューブを同時に2つ使用し、可視化表現を2画面表示にすることで、既存システムで未実装であった分析操作の実装、可視化における視認性の向上が可能になることを示す。さらに、探索的分析において本質的な「比較」の観点から、2画面表示による探索空間の拡大効果についても考察する。

### 2. 関連研究

#### 2.1 探索的データ分析と情報可視化

動向情報の分析を行うユーザはある一点に対してではなく、ガソリン価格の変動や台風の進路など時間的・空間的に幅のある情報を探索する。このときユーザは選択肢の中から既知の項目を効率よく指定するのではなく、複数の候補を比較・検討しながら自分が望む項目を選ぶ場合が多い。探索的データ分析とは、ユーザがデータに対して明確な目的を持たずに計算機に対して試行錯誤を繰り返し、新たな関心や興味を発見するプロ

セス[松下06]であり、動向情報の分析に効果的な手法である。探索的データ分析を行うツールとして InTREND が開発されている[松下06]。InTREND はユーザの関心を間接操作としてキーボードから入力して、自然言語処理を行った結果を可視化表現(統計グラフ)によって表示することにより、探索的分析を支援している。

分析を行うユーザが計算機を通してデータにアプローチする際に、情報可視化によって整理された情報が有効であることが指摘されている[増井04]。情報可視化とは科学技術計算の結果や統計データ、マーケティングなどの大量の数値情報を計算機を用いてグラフィカルに提示することにより、ユーザの理解や分析を支援する技術である。

情報可視化技術と探索的データ分析の融合の考えとしてビジュアルデータマイニングも研究されている様に[白山06]、情報可視化技術と探索的データ分析の親和性は非常に高い。また情報可視化とは探索のプロセス[Chen09]であり、情報の比較を行うための分析手法であるとの指摘もされている[Keogh06][Tuftte91]。すなわち、情報可視化システムを用いた探索的データ分析において行われる作業は広義の比較行為とみなすことができる。比較とは「あらかじめ、あるいは事後的に決められた(予測される)評価値を参考にしながら、比較を行い、最も良い情報を残す」「比較対象の差異に対して何かしらの解釈を与えながら必要となる情報を抽出していく」という2つの探索的プロセスがあり[白山06]、本稿では後者のプロセスの支援を目指す。

探索的データ分析を情報可視化によって支援するインタラクションモデルとして「可視化キューブ」が提案されている。詳細は次節で説明するが、小学生などの計算機スキルを持たないユーザでも、マウス操作だけで探索的分析が可能なシステムを実現するために、可視化キューブが利用されている[高間10]。図1に、可視化キューブに基づき設定された動向情報可視化システムを示す。このシステムでは人口や降水量などの統計データを対象としており、実際に小学生の授業プログラムに組み込んで使用してもらうことで、その有効性が示されている。

連絡先: 狩野真次, 首都大学東京大学院, 〒191-0065 東京都  
日野市旭が丘 6-6, shinji@krectmt3.sd.tmu.ac.jp

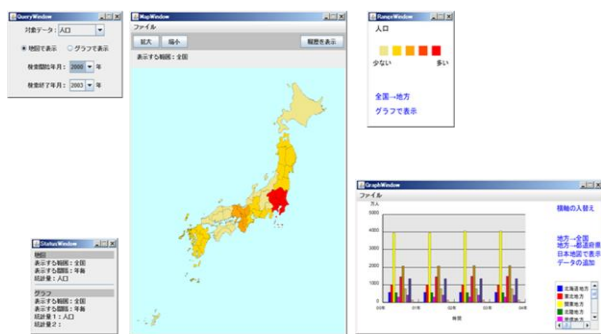


図1. 動向情報可視化システムの動作画面

## 2.2 可視化キューブ

可視化キューブは、時空間的に変動する動向情報を含む対象データを抽象的に構造化したものであり、時間軸 (time)、空間軸 (area)、統計データ軸 (statistical data)、可視化表現軸 (type-of-view) の4次元データキューブとして図2のように定義される。可視化キューブにおいて可視化表現の生成は、ある統計データについて、時間軸・空間軸の一方を「動向軸」に、統計データ・地点 (空間的属性)・時点 (時間的属性) に適宜記号・線種・色などを割り当てる操作としてモデル化されている。可視化キューブにはこのような基本的なインタラクションのほか、探索的データ分析に関するインタラクションとして、「スピン、ドリルダウン/アップ、遷移、比較」が定義されている。これらはそれぞれ以下のような探索的分析をする際に発生するインタラクションをモデル化したものである。可視化キューブにおける探索的分析はこれらの操作を繰り返すことで行われる。

- ・スピン: 可視化表現の時間・空間動向情報の切替え
- ・ドリルダウン/アップ: 可視化の粒度を変更して可視化表現を生成
- ・遷移: ある動向情報について異なる可視化表現への切替え
- ・比較: 異なる統計データ間などの比較を示す可視化表現を生成

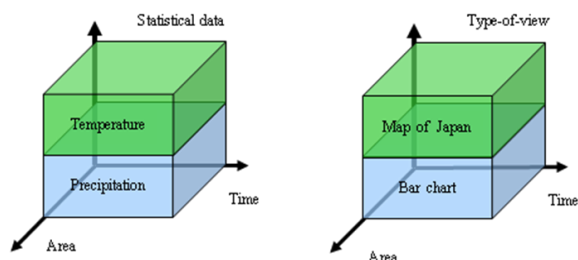


図2. 可視化キューブのイメージ図

## 3. 2画面表示による探索空間の拡大

### 3.1 既存システムからの拡張

本節では可視化キューブを同時に2つ使用し、可視化表現を2画面表示にすることで、既存システムで未実装であった分析操作の実装、可視化における視認性の向上が可能になることを示す。

表1. 1つの可視化表現で比較を行う際の要素の組合せ

動向軸	比較対象		
	統計データ	時間	空間
時間軸	○	○	○
空間軸	△	△	×

表1に、同時に一つの可視化表現のみを用いる既存システムで可能な比較操作についてまとめる。表中、△で示した場所は、可視化キューブ上では可能だが、既存システムでは棒グラフ (折れ線グラフ) のみで可視化可能であり、統計地図では不可能であった。これは、複数種類のデータを統計地図上に見やすくかつ正確にマッピングするのは困難なためである。また、表中で×の箇所は、比較操作の定義が不可能であることを表す。これは例えば関東地方や九州地方では1階層下の粒度、すなわち構成する都道府県が異なるため、空間軸での動向情報の比較を行うことができないからである。

提案する拡張案は、このような空間軸上における比較操作を可能とする。これは統計地図のように重ねて表示するのに適さない可視化表現に対して、図3のように「重ねる」ではなく「並べる」ことにより、比較が可能になるためである。空間軸を動向軸とした場合の空間の比較は厳密には不可能であるが、図4のような表現から、各々の分布や相対的な順位付けなど空間ごとの傾向を比較するような広義の比較は可能となる。

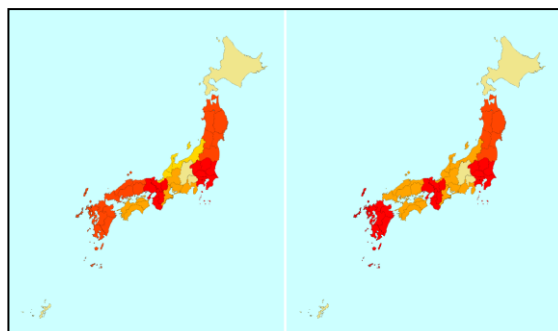


図3. 2001年(左)と2005年(右)の水質汚染度の比較例

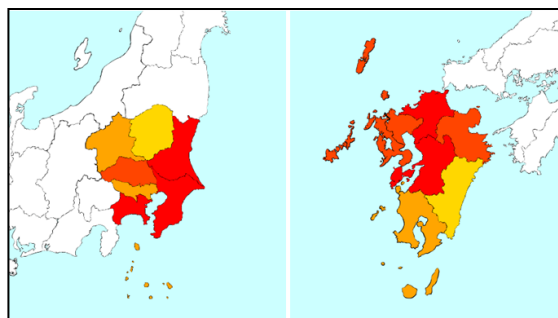


図4. 2001年から2005年までの関東地方(左)九州地方(右)の二酸化硫黄の比較例

2画面化によるメリットは、本来1画面で比較操作が可能である棒グラフや折れ線グラフにも存在する。すなわち、2種類の異なる統計データを1つの可視化表現上に生成する際の視認性の向上が挙げられる。図5のように異なるグラフの重なりや、粒度の緻密化による可視化表現の煩雑化が改善される。

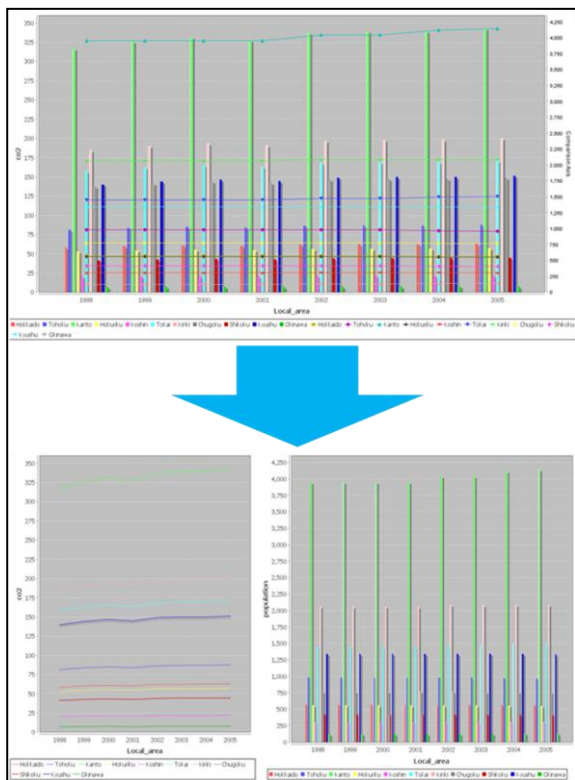


図5. 棒グラフと折れ線グラフの分割

### 3.2 2画面表示による「比較」分析支援

可視化キューブを2つ同時に使用し、その結果を2つ同時に表示することで、前節で述べたような狭義の比較操作にもメリットがあるが、より広い意味での比較、すなわち 2.1 節で述べた「比較対象の差異に対して何かしらの解釈を与えながら必要となる情報を抽出していく」(以下、比較プロセス2と呼ぶ)の観点からも有益であると考え。既存研究において、可視化キューブに対する操作として定義された比較と、本稿で考える比較の関係について図6に示す。既存研究における比較(狭義の比較)は比較プロセス2の一部を支援していたが、本節では比較プロセス2の全体の支援を考察する。

可視化キューブでは、探索的分析における操作を「動向軸(時間軸, 空間軸)」「統計データ軸」「可視化表現軸」という3軸を用いて体系化しており、3軸の変更を組み合わせて各操作が定義可能である。可能な組合せのそれぞれについて、比較の観点からどのような意味を持つかについて考察する。表2に示す通り、3軸の変更・固定の組合せは全部で8通り存在する。このうち、3軸全てを固定する操作は、同一表現の繰り返しになり、全ての軸を変更する操作は、関係性のない動向やデータを見比べることになり比較プロセス2には対応しないため、残る6種類の組合せについて考察する。

表2. 可視化キューブを構成する3軸の変更する組合せ, およびよれに対応する操作

	変更なし	1軸変更		2軸変更		3軸変更		
{動向軸}	固定	変更	固定	固定	変更	変更	固定	変更
{統計データ軸}	固定	固定	変更	固定	変更	固定	変更	変更
{可視化表現軸}	固定	固定	固定	変更	固定	変更	変更	変更
既存システムにおける操作	—	スピン	比較	遷移	スピン + 比較	スピン + 遷移	比較 + 遷移	—

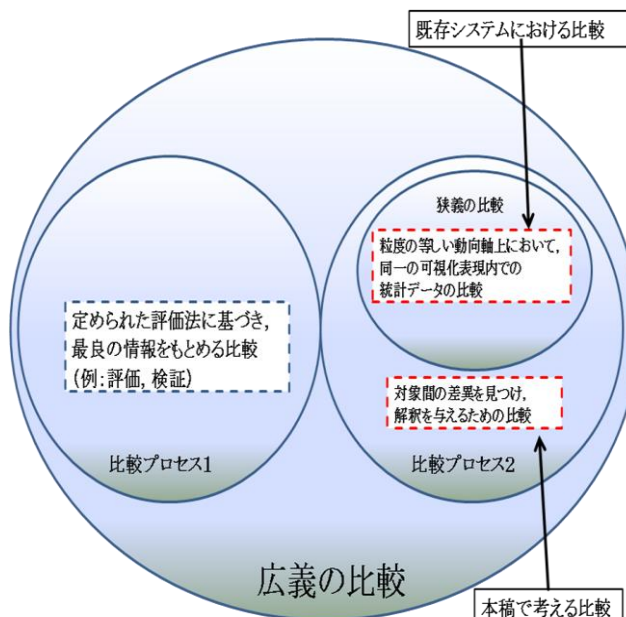


図6. 狭義・広義の比較の関係図

#### (1) 動向軸だけを変えた比較(動向比較)

この操作は、従来はスピン操作と呼ばれていたものである。1画面表示では操作前の可視化表現は失われてしまうが、2画面表示により操作前後の表現を比較することが可能となるため、ユーザの利用負荷を軽減するとともに、動向の変化および遷移をとらえることができると考える。

#### (2) 統計データ軸だけを変えた比較(統計データ比較)

この操作は、従来の比較操作に対応する。3.1 節で述べた通り、1画面表示では重ねて表示できる可視化表現(棒グラフ, 折れ線グラフ)だけを対象としていたが、2画面表示に拡張することで、2種類の統計データを同一の可視化表現により、2画面に分けて表示することが可能となる。また、同種の統計データでも、時間の異なる(2009年と2010年など)データを別の統計データとして扱うことにより、統計地図で時間的動向を可視化することが可能となる。重ねることができない表現(例: 統計地図, 円グラフ)で有用だけでなく、3.1 節のような視認性向上の効果も期待できる。

#### (3) 可視化表現軸だけを変えた比較(可視化表現比較)

この操作は、従来は遷移操作と呼ばれていたものである。可視化表現にはそれぞれ特性があり、定量的な分析に適している表現と定性的な分析に適している表現がある[上田05]。前者は例えば、数値情報の違いを分析する際に棒グラフや折れ線グラ

フなどを使用することで、数値の差異、変化を比較することができる。後者は例えば、ユーザ指定範囲全体の変化を分析する際に、統計地図や円グラフを使用することで、時間的・空間的変化、割合を比較することができる。既存システムの被験者実験より、このような可視化表現の特性を知らなくても、ユーザは実際に操作を行う過程でその特性に気づき、意図して可視化表現を切り替えることが示されている[山田08]。1画面表示では定量的・定性的のどちらかの分析を行って、知見が得られなくなると表現を遷移させるという受動的な分析をしていたが、2画面表示により定量的・定性的な分析を同時に行い、知見の有無に関係なく表現を遷移する能動的な分析が行われると考える。図7では二酸化炭素を定量的かつ定性的に可視化している。また、1画面表示では「棒グラフは分析用、統計地図は結果表示用」という表現の特性に関係なく定まった分析方法しか行われていなかったが、2画面表示により統計地図でも分析を行えると考え

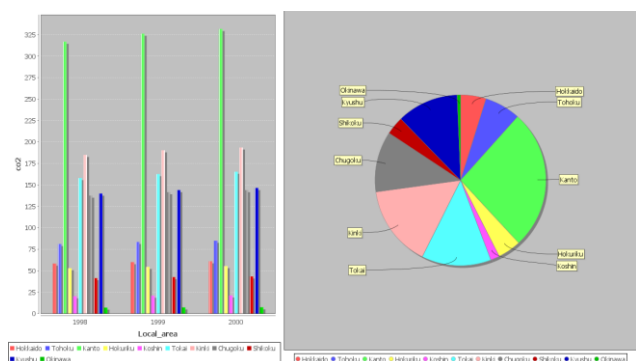


図7. 全国(1998-2000)におけるCO<sub>2</sub>の棒グラフ(左)と円グラフ(右)における関係

(4) 動向軸と統計データ軸を変えた比較  
(可視化表現固定比較)

この操作は(1)と(2)を組み合わせた操作に対応している。1画面表示では、時間的・空間的動向と統計データを同時に分析できなかったが、2画面表示によりユーザが意図的に可視化表現を固定することで、時間的動向・空間的動向、統計データを(3)で述べたような定量的な観点だけに着目して分析することが可能となる。統計地図の場合、統計地図単体で時間的動向を見ることができないため、このタイプの比較を行うことはできない。

(5) 動向軸と可視化表現軸を変えた比較  
(統計データ固定比較)

この操作は(1)と(3)を組み合わせた操作に対応し、統計データの変化、分布、割合などの分析に利用される。ある統計データの時間的動向、空間的動向の両方を同時に眺めながらその傾向を比較したい場合などに、それぞれの動向情報に適した可視化表現を利用する事が可能となる。

(6) 統計データ軸と可視化表現軸を変えた比較  
(動向固定比較)

この操作は(2)と(3)を組み合わせた操作に対応し、異なる統計データに対してそれぞれ異なる可視化表現を用いながら、同一の動向について比較する場合に用いられる。比較操作と遷移操作の組み合わせ実行前後の比較が2画面表示により可

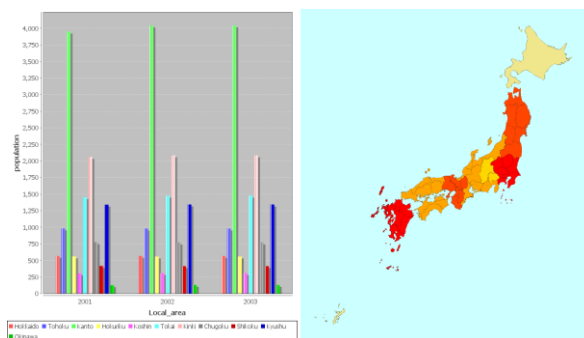


図8. 全国(2001-2003)における人口(左)と水質汚染度(右)の空間的動向の比較

能となる。(3)で述べた通り、定量的・定性的比較のどちらに適するかは可視化表現毎に異なるため、統計データや分析目的に応じて、それぞれ適切な表現を選んで可視化し、両者を比較する事が可能となる。図8では人口と水質汚染の空間的動向の比較を表しており、人口の傾向は定量的に、水質汚染度の傾向は定性的に可視化している。

4. おわりに

本稿では、時空間的動向情報の探索的分析におけるインタラクションモデルを構築するために提案されている可視化キューブを同時に2つ使用することにより、可視化表現を2画面表示にする拡張案を提案した。2画面表示による探索空間の拡大効果について、探索的分析において本質的な「比較」の観点から考察を行った。今後は提案する拡張案に基づいた「探索的動向情報分析支援システム」を構築し、被験者実験を行い、比較分析支援の有効性を検証する。

参考文献

[Chen09] M.Chen, et al.:Data, Information, and Knowledge in Visualization, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.29, No.1, pp.12-19, 2009.  
 [Keogh06] E.Keogh: Intelligent Icons: Integrating Lite-Weight Data Mining and Visualization into GUI Operating Systems, ICDM06, pp.912-916, 2006.  
 [増井04] 増井 俊之:情報視覚化の最近の研究動向, 情報の科学と技術 54 巻 11 号, pp.558-567, 2004.  
 [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.  
 [白山06] 白山 晋:知的可視化, 計算力学レクチャーシリーズ, 丸善株式会社, 2006.  
 [高間10] 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.  
 [Tufte91] ER.Tufte: Envisioning Information, Optometry & Vision Science, Vol.68, No.4, pp.322-324, 1991.  
 [上田05] 上田 尚一:統計グラフのウラ・オモテ, 講談社 ブルーバックス, 2005.  
 [山田08] 山田隆志, 高間康史:OLAP キューブの拡張によるインタラクティブ動向情報可視化システム, 第30回フェジィ・ワークショップ, pp.17-18, 2008