

# Coordinated Multiple Views を用いた 地域多変量時系列データの可視化 Visualizing Multivariate Local Time Series Information with Coordinated Multiple Views

遠藤 天志

Takashi Endo

法政大学情報科学部コンピュータ科学科

E-mail: takashi.endo.7t@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

*People often use smartphones to read news articles in trains. Although screens of recent smartphones are becoming larger, they are not large enough for people to read visualizations with much information in news articles. For people to easily read a visualization, the used visualization method should support zooming and filtering functions that emphasize important details and hide unnecessary details. This paper proposes a method of Coordinated Multiple Views (CMV) that coordinates visualizations introducing Composite Visual Mapping (CVM) to visualize multivariate time-series regional information on a smartphone's screen. CVM allows scaling down a visualization's value range in a bar chart, which makes important details easily readable without explicit zooming. The proposed method enables filtering of a visualization by introducing a user interface for selecting attributes of visualized information. The method uses an animation to visualize time-series information on a choropleth map. The coloring of the CVM is used also to visually coordinate the bar chart and the choropleth map. The method also uses a radar chart with the coloring of the CVM to visualize multivariate regional information.*

## 1. はじめに

スマートフォンは、電車内などの隙間時間でニュース記事を読覧するのに利用されることがある。近年、スマートフォンの画面は大きくなっているが、それでもニュース記事に使われるグラフなどの可視化の読み取りに適しているとは言い難い。この場合、ピンチアウトなどのジェスチャを用いてグラフを拡大することになるが、これでは離れた箇所にある点を同時に比較できない。また、3次元以上の情報の多面的理解は、複数のグラフを同時に見比べることや、天気予報における最高気温と最低気温の折れ線グラフなどのように一つのグラフ上の情報を見ることで行うが、画面の小さいスマートフォンでは複数のグラフを表示することや、詳細な情報を可視化することは困難である。

本研究では、スマートフォン上での地域時系列情報の可視化に Composite Visual Mapping (CVM) [1]と階級区分

図を連携させた Coordinated Multiple Views (CMV)を導入することを提案する。従来の手法では、地域ごとの値を表す階級区分図は多変量時系列データを表現することができない。よって、アニメーションを導入することで、階級区分図上で時系列データを表現する。さらに、変量選択 UIを導入することで、対象の地域を表現する変量を選択する。また、CVMは数十次元の可視化手法としては不適であるため、ユーザによって表示する次元を対話的に操作できるように UIを設計する。本提案手法では、CVMにおける色使いを階級区分図での色使いに活用することで、視覚的連携を行っている。CVMは値域幅を任意の定数倍に縮小できる。この特徴を利用することで、小画面でも読み取りやすい可視化を実現する。提案手法では、まずCVMを応用した棒グラフを出力する。その後、一時刻に対してレーダー図を出力する。最後に、得られた可視化を連携したCMVを作成する。

## 2. 関連研究

CMVでの可視化をベースに可読性を向上させるための技術が多数存在する。例えば、多次元データは、すべての次元が重要ではないことが多い。この特徴を利用し、表示する次元を取捨選択し、可読性を向上させる手法の一つとして Hidden [2]がある。これは、表示する次元数と組み合わせを対話的に決定し、Parallel Coordinate Plot (PCP)で表現する手法である。よって、多次元データをユーザーのニーズに合わせて、即時表示可能である。また、多次元データの表示に Scatter Plot Matrix (SPM)を用いる手法も存在する。しかし、PCPやSPMは画面の小さいスマートフォン上での可視化には不適である。

## 3. 準備

### 3.1. 階級区分図

階級区分図の例を図1に示す。この日本地図における道府県の色の濃さは、道府県ごとの変量の値の大きさを表し、白色は0を表す。また、クリックすることで都道府県を選択でき、選択された都道府県は黒色に変化する。さらに他の都道府県をクリックすることで、同時に複数の都道府県を選択することもできる。また、マウスを都道府県に重ね合わせると、その都道府県に関連する情報がポップアップ表示される。



図 1 階級区分図の例

### 3.2. CVM

CVM [3]を用いたグラフの例(Hue-Size 方式)を図 2 に示す。縦軸が変量を、横軸が時間を表している。横軸の左端が最初の時刻、右端が最後の時刻である。各バーの上に表示されている数字は、その時刻での変量の値である。また、階級区分図と同様に、マウスをバーに重ね合わせると、その時刻に関連する情報がポップアップに表示される。CVM は、色空間の一つである HSV モデルを活用する。HSV は、Hue(色相)、Saturation(彩度)、Value(明度)の3次元変量の組み合わせで色を表す。図 2 は、HSV モデルの Hue を活用した CVM である。CVM には、同様に Saturation を活用した Saturation-Size 方式、Value を活用した Value-Size 方式がある。

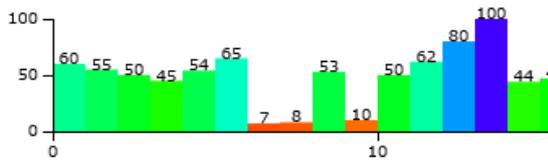


図 2 CVM の例

### 3.3. レーダー図

レーダー図の例を図 3 に示す。中央から外側へ向かうバーは変量を表している。バーの彩度と変量の大きさには正の相関がある。同様に、マウスを重ね合わせると、その変量に関する情報がポップアップに表示される。

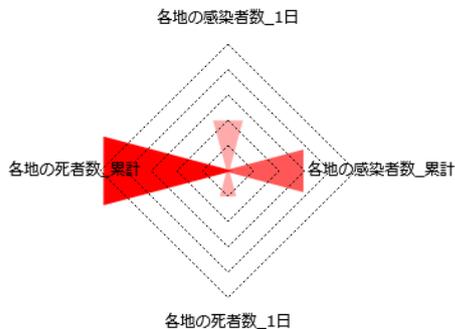


図 3 レーダー図の例

## 4. 提案手法

本研究では、CVM と階級区分図を連携させた CMV を提案する。本節では、入力データを

$$(\text{都道府県数}) \times (\text{属性数}) \times (\text{時系列の長さ})$$

の構造であると仮定し、都道府県をエンティティと呼ぶ。階級区分図はエンティティの属性を色で対応させ表示する。しかし、一つのエンティティが複数の属性を持つとき、複数の属性の時系列データを同時に表すことができない。また、一つのエンティティが時系列データを持つとき、一時刻での変量を表すことしかできない。

CVM は時系列データの可視化に有効な手法であるが、複数の属性を同時に表現することには適していない。本提案手法では、CVM のこの弱点を補うために、CVM を応用した CVM-BarChart を提案する。CVM-BarChart は、Hue, Saturation, Value の三つのパラメータから二つのパラメータを選択したとき、その組み合わせと順番によって描画されるものが異なるという特徴がある。この組み合わせと順番によって 4.1 節で述べる Hue-Size-Saturation, Hue-Size-Value, Saturation-Size-Hue, Saturation-Size-Value, Value-Size-Hue, Value-Size-Saturation の 6 方式の CVM-BarChart が可視化される。この 6 方式の CVM-BarChart から 1 方式を選択するために、CVM-BarChart 選択 UI を提供する。

階級区分図の複数属性のデータの表現に適していないという弱点を補うために、属性選択 UI を提供する。同様に時系列データの表現に適していないという弱点を補うために、CVM-BarChart を連携させ、時系列データの表現に適していないという弱点を補うために、階級区分図上にアニメーションを実装する。

### 4.1. CVM-BarChart

CVM を応用した新たなグラフとして CVM-BarChart を提案する。本研究では、3.2 節で述べた CVM の中でも Hue-Size, Saturation-Size, Value-Size 方式の可視化を応用し、Hue-Size-Saturation, Hue-Size-Value, Saturation-Size-Hue, Saturation-Size-Value, Value-Size-Hue, Value-Size-Saturation の六つの新たな方式を提案する。図 4 は Saturation-Size-Hue 方式を表したものである。CVM と同様に、縦軸は変量を表し、横軸は時間を表している。エンティティごとに、色相が異なっている。本図では、上の青色のグラフと下の黄色のグラフは異なるエンティティである。

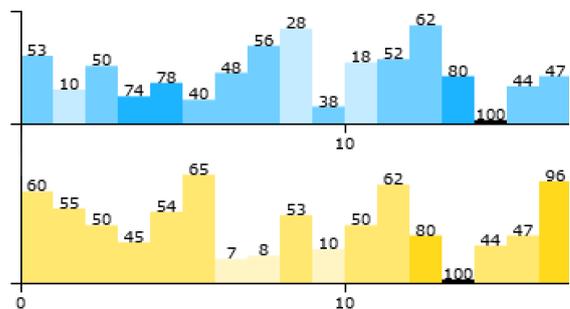


図 4 Saturation-Size-Hue 方式

## 4.2. 視覚的連携

本研究では、3.1 節で述べた階級区分図と 4.1 節で述べた CVM-BarChart を連携した CMV を提案する。図 5 はその例である。左側の階級区分図で着色されている都道府県と右側の Saturation-Size-Hue 方式のグラフの右端の時刻で使用されている色は同一であり、同じ色相同士のグラフと都道府県は、対応している。本図では七つの都道府県を選択して可視化しているが、左側の階級区分図上で選択数を変更することで、右の Saturation-Size-Hue のグラフの数も変動する。

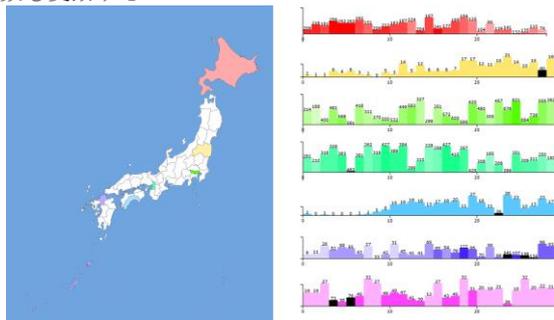


図 5 階級区分図と Saturation-Size-Hue 方式の連携

左側の階級区分図は、図 6 のように連続的に色が変化するアニメーションになっている。選択された都道府県は、それぞれ図 5 上で、CVM-BarChart の時刻が 0, 15, 30 の時の色で着色されている。時刻 0-30 の間、この階級区分図の色が連続的に変化する。



図 6 アニメーション

また、階級区分図とレーダー図の視覚的連携を行っている(図 7)。左側の階級区分図で着色されている都道府県と右側のレーダー図で使用されている Hue (色相) は同じであり、同じ色相同士のグラフと都道府県は同様に対応している。また、図 5 の連携と同様に、左の階級区分図上で選択数を変更することで、右のレーダー図のグラフも変動する。また、変数の大きいものは Saturation (彩度) が高く、変数の小さいものは彩度が低くなっている。すべての変数の大きさを彩度から読み取れるように、これらの連携は、4.1 節で述べた CVM-BarChart の 6 方式から選択した 1 方式を基に行っている。よって、CVM-BarChart の読み方を理解すれば、別のビューを読む際も、新たに読み方を理解する必要がない。

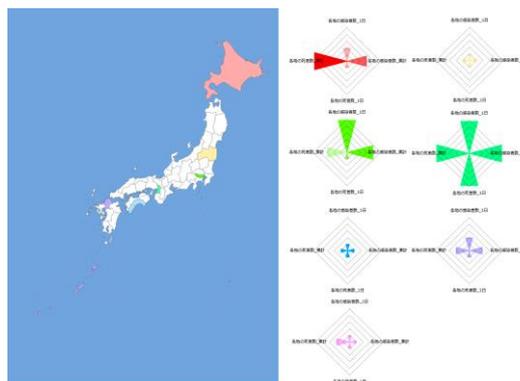


図 7 階級区分図とレーダー図の視覚的連携

## 5. 実装

4 節で述べた提案手法を用いて、多変量時系列データを可視化するための UI を設計・実装した。異なる可視化を同時に使用するために、Linking&Brushing [4]の手法を用いている。実装には JavaScript を用いた。

本 UI は Shneiderman の主張「Overview first, zoom and filter, then detail-on-demand」 [5]に従って設計を行った。初めに全データの概観を提供する必要があり、続いてズームとフィルタ機能を作成し、ユーザーが分析を行いたいデータに関する詳細を提供する。

図 8 が本 UI の概観である。左上に 3.1 節で述べた階級区分図が、左下に 3.3 節で述べたレーダー図が、右上に 4.1 節で提案した CVM-BarChart が可視化されている。

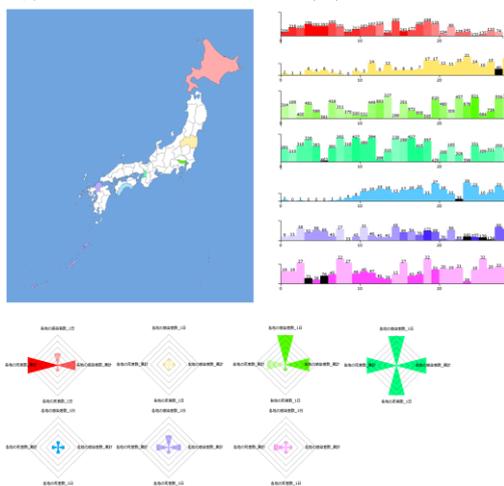


図 8 UI の概観

## 6. 例

本提案手法の応用例を述べる。図 9(a),(b)は等価なデータを表している。図 9(a)は CVM を使わない、グラデーションによる表現である。また、図 9(b)は CVM-BarChart を使った表現である。二つの図の縦軸は変数、横軸は時間軸である。また、本節では時間軸の変数として  $t$  をとる。 $t = 1, t = 2$  に着目した時、図 9(a)のグラデーションによる表現と比べて、図 9(b)の CVM-BarChart による表現には明瞭

な差がみられる。これは、値域が $[x_0, x_{n+1}]$ の変量に対して $n$ 個の分割点 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ をとった時、変量が属している区間が一つ異なると、着色に使われる色は彩度が $\frac{1}{n}$ だけ異なるという CVM の特性によるものである。

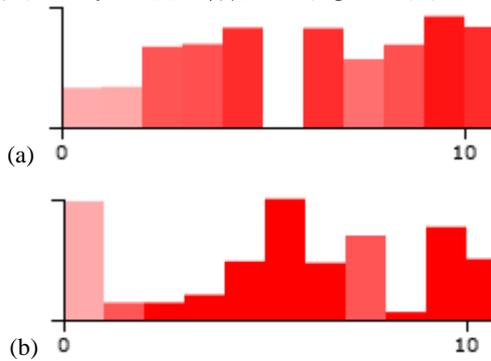


図 9 (a)グラデーション,  
(b) CVM-BarChart による着色

本提案手法はこの特性を CMV に連携させているため、階級区分図でも同様の差が確認できる(図 10)。階級区分図はアニメーションによって連続的に色が変化するため、分割点をまたぐときの 2 値の細やかな差の視認性は CVM-BarChart 方式の方が高い。  $t = 9$ ,  $t = 10$  のときのように、同区間に 2 値が入っているときは、階級区分図上では同色で着色されるため、差は見られないが、CVM-BarChart 上で有意な差を確認できる。しかし、この方式であると、エンティティ間の差に関しての比較は難しい。

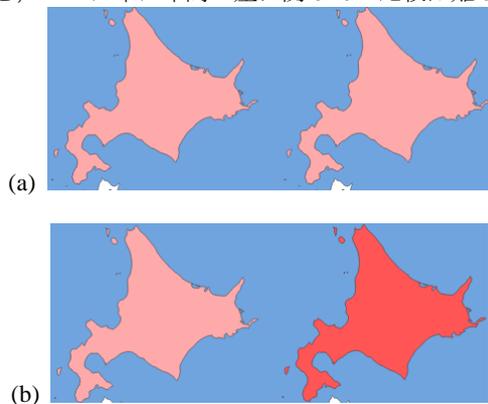


図 10 (a)グラデーション, (b) CVM-BarChart による  
 $t = 1$ での階級区分図(左)と $t = 2$ での階級区分図(右)

エンティティ同士を比較したいときには、Hue-Size-Saturation または Hue-Size-Value 方式の CVM-BarChart が有効である。図 11 は Hue-Size-Saturation 方式の階級区分図である。この方式は赤と青の間の色相でその一時刻での総エンティティ中の変量の大きさの程度を、明度の大きさでそのエンティティでの時系列データ中の大きさの程度を表す。図 11 では、北海道は濃い黄色であるため、その時刻での全国区では中程度の変量であるが、北海道の全時刻では非常に大きい変量であることを示している。

## 7. 議論

CVM-BarChart を用いて多次元データを可視化することより、可視化する値域の大きさが従来の手法よりも小さくなるため、細かい変化を読み取りやすい。また、大きい変化についても適切な CVM-BarChart を選択することで、読み取りやすさが向上する。しかし、適切な表現をスムーズに選択するためには、ある程度の訓練が必要である。また、属性数によっては、制限するための UI の項目が多くなりかねない。よって、これもスムーズに選択するために訓練が必要である。



図 11 Hue-Size-Saturation 方式の階級区分図

## 8. おわりに

本研究では、CVM の応用である新たな可視化手法 CVM-BarChart を提案した。また、多変量時系列データをスマートフォン上で分析する上で有効な UI を提供するために、階級区分図と CVM-BarChart, レーダー図を連携した分析 UI を開発した。CVM の色使いを全体に应用することで、各エンティティ間の比較と、データの詳細な情報を同時に読み取ることを可能にした。

## 文 献

- [1] A. Jabbari, R. Blanch and S. Dupuy-Chessa, "Composite Visual Mapping for Time Series Visualization," *Proc. IEEE Pacific Visualization Symposium*, pp. 116-124, 2018.
- [2] H. Ito, A. Kumar, K. Klein and J. and Kim, "High-dimensional Data Visualization by Interactive Construction of Low-Dimensional Parallel Coordinate Plots," *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 43, pp. 1-13, 2017.
- [3] G. Andrienko and N. Andrienko, "Coordinated Multiple Views: A Critical View," *Proc. International Conference on Coordinated and Multiple Views in Exploratory Visualization*, pp. 72-74, 2007.
- [4] D. A. Keim, "Information Visualization and Visual Data Mining," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 8, no. 1, pp. 1-8, 2002.
- [5] B. Shneiderman, "A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations," *Proc. IEEE Symposium on Visual Languages*, pp. 336-343, 1996.