

# 観光地における巡回計画立案支援のためのカルトグラム

三浦 佑介<sup>1</sup>, 貞広 幸雄

## Cartogram for traveling plans in sightseeing areas

MIURA Yusuke, SADAHIRO Yukio

### Abstract:

The purpose of this paper is to make a map which enables a grasping of close sightseeing faculties from present position, which helps make traveling plans in sightseeing areas. Cartogram which represents time distance between faculties is useful for this purpose. In this paper, seven deforming methods are invented. Then, especially two methods are good for this purpose; “Local MDS & Global MDS” and “Represent time distance along paths”.

And using these maps which differ in the degree of deformation, three patterns of average map-read easiness change are observed.

### Keywords:

カルトグラム(Cartogram), 多次元尺度構成法(MDS), 観光地(sightseeing area)

## 1. はじめに

本研究の目的は、観光地において現在地から特定の観光施設へ至る経路設定の立案に役立つ地図の作成することである。

このため本研究では、現在地から観光施設までの所要時間を可能な限り見やすく、かつ正確に表した地図の作成手法を考える。この結果得られる地図は、現在地から時間的に近い施設を一目で把握でき、巡回計画の立案に役立つ地図となる。

また、変形した地図の見やすさに影響を及ぼす要因を探る。アンケートを用いた実験を行い、変形した地図の持つ属性のうち、見やすさに影響を与える要因を抽出する。その結果、見やすさの判断要因を考慮した変形手法を得ることが可能となる。

## 2. カルトグラム作成手法の提案

### 2.1 本研究で考案した手法

以上のような現在地からの所要時間を表現した地

図は、カルトグラムの一種として捉えることができる。カルトグラムとは、統計データの大小によって通常の地図を変形し、その実態を印象的・効果的に視覚化する手法の総称、及び変形した地図を指す。

本研究のカルトグラムでは、現在地があるという点が重要である。現在地があることにより、今いる場所から各施設までの所要時間を直感的に把握できる。また、現在地からの所要時間のみならず角度等を表現することで、様々な変形手法を考案できる。本研究では、このように表現する対象が異なる7つの変形手法を考案した(表1)。

また、表1に挙げた手法は、MDSを用いる手法と空間的最適化を用いる手法の2つに分類できる。MDS(多次元尺構成法)とは、対象間の類似度性の程度を示す値が与えられたとき、対象を多次元空間内の点として表し、点間の距離が観測された類似性と最も良く一致するように点の配置を定める方法である。また、空間的最適化とは、目的に応じて最適化問題を設定し、それを最適化する各施設の位置を定めることによって、地図を得る方法である。

以下では、局所MDSと広域MDSによる手法と、経路上の所要時間を表現する手法について説明する。

<sup>1</sup> 東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

表1 考案した変形手法の特徴

	手法の特徴
MDS を用いる手法	全ての施設間の所要時間を表現
	近接施設間の所要時間を表現
	現在地とクラスター重心から見た角度を表現
	局所 MDS と広域 MDS
空間的最適化を用いる手法	経路上の所要時間を表現
	利用者密度関数による重み付け
	表現する所要時間に上限

## 2.2 局所 MDS と 広域 MDS

局所 MDS とは、通常は全ての施設を対象に行う MDS を時間的に近い施設群ごとに行うという方法である。広域 MDS とは、局所 MDS に対して、全施設を対象に行う MDS のことを指している。

この手法の特徴は、局所 MDS と広域 MDS という 2 種類の MDS を行う点にある。2 種類の MDS を行うことで、1 種類だけの MDS と比較して、①現在地からの各施設までの所要時間と②近接施設間の所要時間という 2 つの情報をより正確に表現した地図が得られる。

地図の作成の際には、現在地を京都ホテルオークラに設定し、現在地と京都の観光施設 15 箇所との施設間の所要時間（分）を用いた。以下に変形の手順を述べる。

### A. 全施設間を対象に所要時間で MDS を行う

すべての施設間（現在地を含む）の所要時間を入力し、それを表現するように用いて MDS を行い、変形後の施設座標を得た（広域 MDS）。

### B. 結果の座標によりクラスター分析を行う

得られた施設座標間の平方ユークリッド距離を用いて、Ward 法によるクラスター分析を行った。同じクラスターに分類された施設を、時間的に近い施設群であると定義した。

### C. 現在地+クラスターを対象にして MDS を行う

こうして得られた 6 つのクラスターそれぞれに現在地を加えた施設群を対象に、現在地の座標を固定

して多次元尺度法を行った（局所 MDS）。これにより得られた結果は、近い施設間と現在地の時間を正確に表現した分布であると考えられる。

以上の結果得られた地図を図 1 に、何も変形を施していない通常の地図を図 2 に示す。

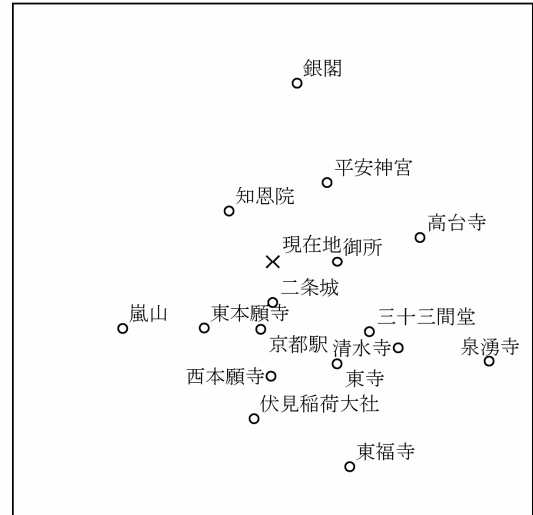


図1 局所 MDS と 広域 MDS による地図

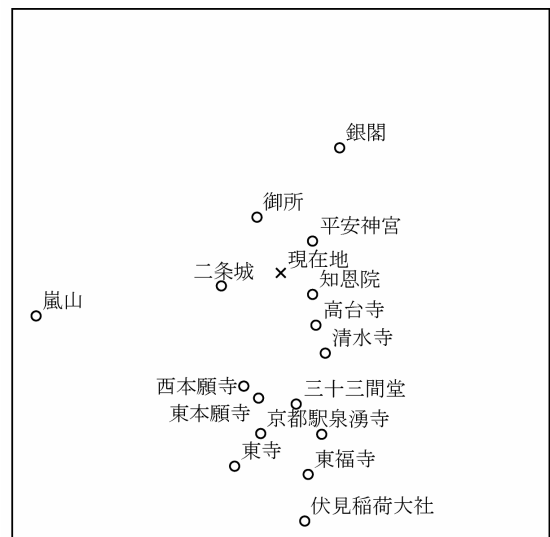


図2 通常の地図

局所 MDS と 広域 MDS を用いることで、現在地からの所要時間と近接施設間の所要時間を一目で把握可能となった(図 1)。またこの手法の特徴として、自然な地図が得られる点が挙げられる。

## 2.3 経路上の所要時間を表現する手法

この手法の目的は、現在地→施設①→施設②という観光ルートを設定した際に、ルートに沿った実際

の所要時間と地図上の距離がなるべく一致する地図を作成することである。そのために、現在地と任意の2点間を結ぶ全経路を考え、地図上の経路長と実際の所要時間が可能な限り一致するような最適化問題を考える。以下にその最適化問題を記述する。

まず、現在地から施設  $j$  までの所要時間  $t_{.j}$  と、施設  $j$  から施設  $k$  までの所要時間  $t_{jk}$  を求める。ただし、 $j=1, \dots, n-1, k=2, \dots, n$  とする。ここで  $n$  は施設数である。

次に、現在地と施設  $j$  の地図上の距離を  $d_{.j}$  とし、施設  $j$  から施設  $k$  までの地図上の距離を  $d_{jk}$  とすると、目的の地図は次の最適化問題を解くことで得られる。

$$\min \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=2}^n \left( (t_{.k} + t_{jk}) - (d_{.k} + d_{jk}) \right)^2 \quad (1)$$

実際にこの最適化問題を解いた結果を図3に示す。

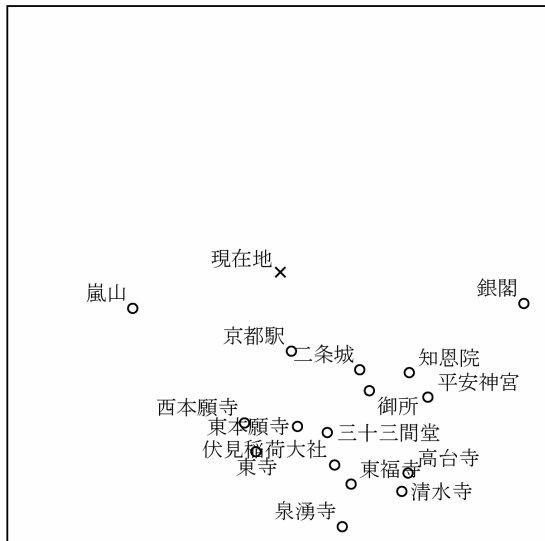


図3 経路上の所要時間を用いた地図

経路上の所要時間を用いると施設同士が密接し、通常の写真よりも不自然な地図になってしまうことが分かった (図3)。しかしながら、この地図で実際に観光ルートを設定してみると、通常の写真では思いつかない経路を発見する可能性がある。

### 3. 変形した地図の見やすさ評価

#### 3.1 実験方法

続いて、以上のように作成した地図において、ど

のような属性が地図の見やすさに影響を及ぼすのかをアンケートにより評価する。

実験の主な対象者は、同学科生とし、21人の回答を得た。実験の内容は、東京の観光施設を対象に、変形の程度が異なる6枚の地図を提示し、それぞれの見やすさを5段階評価で回答するものである。

このような変形の程度が異なる地図は、前述の手法を利用して、次のように作成した。

まず  $\mathbf{z}_i = (x_i, y_i)$  とし、 $F(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n)$  を次のように定義する。

$$F(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n) = \sum_{j=1}^n \left( (s_j - x_j) + (t_j - y_j) \right)^2 \quad (2)$$

ここで、 $x_j, y_j$  は施設  $j$  の変形後の地図における  $x$  座標と  $y$  座標を、 $s_j, t_j$  は施設  $j$  の通常の写真における  $x$  座標と  $y$  座標を示している。

一方、 $G(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n)$  を、式(1)を用いて次のように定義する。

$$G(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n) = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=2}^n \left( (t_{.j} + t_{jk}) - (d_{.j} + d_{jk}) \right)^2 \quad (3)$$

以上を用いて、変形の程度が異なった地図を作成するには、次の最適化問題を解けばよい。

$$\min(\alpha \cdot F(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n) + (10 - \alpha) \cdot G(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n)) \quad (4)$$

ただし、 $\alpha$  は  $\alpha=1, 2, \dots, 9, 10$  という整数とする。式(4)において、 $F(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n)$  は通常の写真に近づくように座標を定める働きを、 $G(\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n)$  は経路上の所要時間を表現した地図に近づくように座標を定める働きをしている。従って、 $\alpha$  を変化させていけば様々な変形の度合いの地図を作成することができる。

アンケートでは、式(4)において  $\alpha=0, 2, 4, 6, 8, 10$  と変化させた6枚の地図を使用し、それぞれの地図の見やすさを5段階評価で回答してもらった。

#### 3.2 実験結果

アンケートの結果、得られた回答の傾向はいくつかの明らかなグループに分類できるように思われた。

そこで、実験から得られた見やすさの評価に対し

てクラスター分析を行ったところ、評価の傾向は 3 つのグループに分類できた。図 4 にグループごとの見やすさの平均評価の変化傾向を示す。

この結果、以下のことが考察できる。A グループは、変形を加えるにつれて見やすさが単調に減少する。B グループは変形を加えていくとある程度は減少するが、その後一定になり、さらに変形を加えることで急激に見やすさが減少する。C グループは、変形を加え続けると見やすさが増加に転じるという特徴を持っている (図 4)。

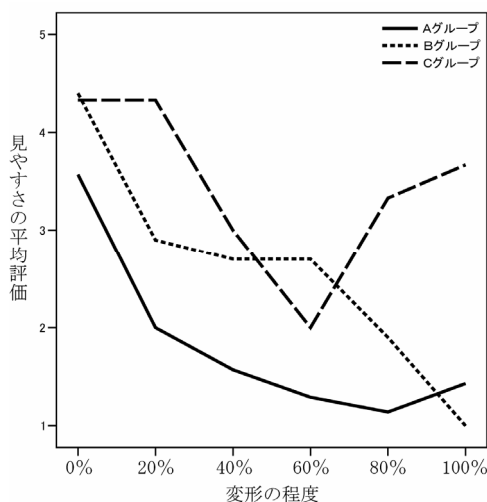


図 4 グループごとの見やすさ平均評価

### 3.3 考察

最後に、地図の属性を用いて見やすさ決定モデルを分析する。モデルの決定にはグループごとに回帰分析 (変数増加法) を行った。被説明変数は見やすさの平均評価、説明変数は以下の 6 つの物理的指標とした。これらの物理的指標は、変形前後での地図属性の違いを指標化したものである。また、回帰分析の結果を表 2 に示す。

- (1) 座標の誤差
- (2) 角度の誤差
- (3) 距離の誤差
- (4) 施設間の合計距離
- (5) 東西逆転している施設数
- (6) 南北逆転している施設数

表 2 見やすさの決定モデル推定結果

	説明変数	係数	t 値	R 値
A グループ	東西逆転の施設数	-0.18	-4.59	0.92
B グループ	距離の誤差	-0.08	-12.6	0.96
	南北逆転の施設数	-0.05	-3.37	
C グループ	座標の誤差	-0.04	-5.53	0.94

この回帰分析の結果から、グループごとに特徴的な見やすさの判断要因が考察できる。

A グループは、東西逆転の施設数が見やすさの評価に影響を及ぼすことから、現在地からの各施設の方角が見やすさを決定していると言える。

B グループは、距離の誤差が最も強い説明力を持っていることから、現在地から各施設までの距離が見やすさを決定している。

C グループは、現在地を考慮しない指標である、座標の誤差が有意となっている。よって、このグループの人々は各施設の絶対的な位置によって見やすさを判断していると考えられる。

## 4. 結論

局所 MDS と広域 MDS を用いると、現在地からの所要時間を表現した自然な地図が得られる。また、経路上の所要時間を表現した地図では、不自然な歪みが避けられないものの、通常の地図では気づくことが困難な経路の示唆を与えてくれる。

そして、地図の見やすさは個人によって異なるので、それを把握した上で地図を作成することが、使いやすい地図作成に必要なと分かった。

今後の課題としては、見やすさの判断要因を考慮した変形手法の考案や、現在地の移動が変形に及ぼす影響の把握、などが挙げられる。

## 参考文献

- 1) 井上亮・清水英範(2005) 連続エリアカルトグラム作成の新技术 -GIS 時代の統計データの視覚化手法-, 「土木学会論文集」, No.779/IV-66, 147-156
- 2) Kruskal, Joseph B. and Wish, Myron, 高根芳雄訳, (1980) 多次元尺度法, 朝倉書店