

拡張MDSによる認知地図の作成

岐阜大学工学部 正員 清水英範
 岐阜大学工学部 学生員 青木隆裕
 岐阜大学工学部 ○学生員 鈴木崇児
 岐阜大学工学部 学生員 浅井教司

1. はじめに

人々の認知空間を平面上に視覚的に分かりやすく地図（認知地図）として表現することができれば、実際の地図と比較することによって人々の空間の認識、イメージ、特徴を知ることができる。これらを分析することは、人々の空間行動に関する基礎研究として位置づけられている。

認知地図に関する研究は、これまで主に地理学の分野で行われてきた。代表的な認知地図の作成手法として、被験者へのアンケート調査によって収集した、いくつかの地点間の認知距離データに対し、多次元尺度構成法（MDS）を適用して各点の配置を求める距離評価法がある。距離評価法には、被験者全体の空間認知の傾向が、一枚の絵で表現出来るという利点があるが、あくまで地点の配置であり、視覚的に分かりづらいという問題がある。

そこで本研究では、認知地図を実地図からの写像として定義することによって、距離評価法を、従来の各点の配置を求めるだけでなく、任意の地図要素を内挿する視覚的に分かり易い地図を作成する手法へと改良する。

従来の距離評価法では、認知距離に対し、地点間の絶対的な距離（間隔尺度）に意味付けを行った場合にはメトリックMDSを、相対的な距離、つまり他の地点間との一対比較による「遠い」「近い」という順序関係（順序尺度）に意味付けを行った場合、または距離が順序関係でしか与えられていない場合にはノンメトリックMDSを用いている。これらの従来からの研究を基本とし本研究では、メトリックMDS、ノンメトリックMDSの二つの手法に対して写像制約による拡張を行う。この拡張によって改良した、新たな認知地図の作成手法の有効性を、簡単なアンケート調査によって得られた認知距離への適用を通して考察する。

2. 拡張メトリックMDSによる認知地図作成手法

(1) MDSの定式化

MDSは、認知地図上の距離 d_{ij} が、アンケート調査から得られた認知距離行列 $[t_{ij}]$ を可能な限り反映するように、認知地図上の点 (u_i, v_i) の布置を推定することから(1)式のように誤差の最小二乗法として定式化できる。

$$\min \sum_{i < j} (t_{ij} - d_{ij})^2 \quad (1)$$

$$d_{ij}^2 = (u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2 \quad (2)$$

ただし t_{ij} : 点 i, j 間の認知距離

d_{ij} : 認知地図上での点 i, j 間の距離

(2) 写像制約の付加

認知地図上の点 (u_i, v_i) を実地図上の点 (x_i, y_i)

からの写像と考え、(1)(2)式に(3)式のような写像制約を加えることによって以下のことが可能になる。

①任意の地図情報を認知地図上に表現できる。

②適宜同相写像の制約を与えることにより地図要素の位相の破壊を防ぐことができる。

以上の①②より視覚的に分かり易い認知地図を作成することができる。

$$u_i = f(x_i, y_i); v_i = g(x_i, y_i) \quad (3)$$

$f(x_i, y_i), g(x_i, y_i)$: 写像関数

3. 拡張ノンメトリックMDSによる認知地図作成手法

(1) ノンメトリックMDS

認知距離のように適用する距離データが、順序尺度の方に意味がある場合は、ノンメトリックMDSに適用する必要がある。ノンメトリックMDSは、与えられた距離行列 $[t_{ij}]$ の順序尺度を満たす間隔尺度 e_{ij} に置き換え、順序尺度を制約としたメトリックMDSの繰り返し計算により、順序関係が可能な限り保たれるような地点の配置を与える方法である。ノンメトリックMDSのアルゴリズムを図1に示す。また、①～③の特徴的な過程に説明を加える。

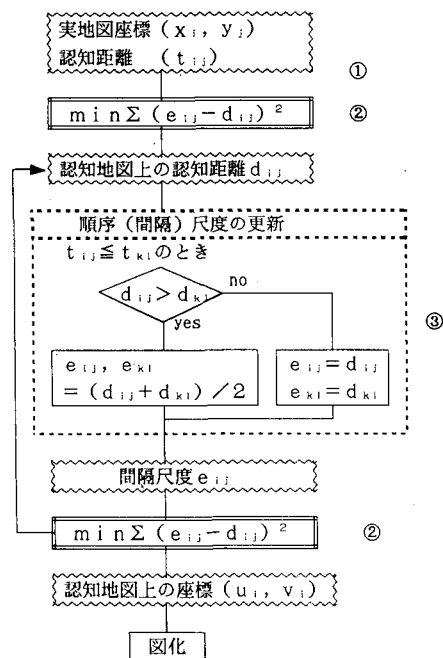


図1 ノンメトリックMDSのアルゴリズム

- ① 認知距離 t_{ij} の順序を満足するような、間隔尺度 e_{ij} に置き換える。
- ② メトリック MDS を(1)(2)式で定式化した最適化問題として解いている。また目的関数の値が収束した時点で繰り返し計算を終了している。
- ③ ②で最適化された認知地図上の距離 d_{ij} に対し、初期に与えられた認知距離 t_{ij} の順序関係を満たす範囲で、距離行列 e_{ij} を更新する。

(2) 写像制約の付加

ノンメトリック MDS は、メトリック MDS をそのアルゴリズムに内包しているため、2. (2) で用いた写像制約を付加する拡張を、②の部分にそのまま適用することが出来る。

4. 適用例

岐阜大学土木計画学講座の4年生数名を対象に、ヨーロッパの認知距離に関するアンケート調査を行い、本研究で構築した認知地図の作成手法を適用した。

(1) アンケート方法

ロンドンとバリの位置をプロットした白紙を配布し、他の主要都市を記憶と勘によりプロットしてもらった。

(2) MDS の適用

認知距離には、紙面上の測定によって得られた都市間距離を用いた。このデータは、二次元空間である紙の上に描いたものであり、距離の公理を満たす。しかし、先に述べた通りその意味解釈としては、順序尺度に意味のある場合も考えられる。つまり、今回用いるデータは、ノンメトリックな意味付けのできるメトリックなデータと言える。そこでメトリック、ノンメトリック MDS の両方を適用し、実地図との比較を試みた。なお、写像の元図は多円錐図法で描かれた地図(地図帳等でみる典型的な地図)とし、地図要素は国境線と都市配置とした。写像関数にはアフィン変換を用いた。

(3) 考察

図2は実地図と本研究で構築した2つの認知地図作成手法によって作成された認知地図である。メトリック MDS、ノンメトリック MDS 両者による認知地図と実地図との比較によって、ヨーロッパに対する地図認知は東西方向は半分ぐらいに過小認知していることがわかる。彼らにとってヨーロッパは東西にかなり狭い空間として認知されていると考えられる。また、東西方向の中でも特に内陸部を狭く認知していることが読みとれる。

表1は認知距離の再現性を示したものである。相関係数は認知距離の間隔尺度としての再現性を、順位相関係数は認知距離の順序尺度としての再現性を表している。なお順位相関係数にはケンドールの順位相関係数を用いている。

メトリック MDS、ノンメトリック MDS ともに相関係数、順位相関係数が低くなっているのは、写像によって制約を受けているためである。特に今回データとした被験者の認知している都市の位置関係は、現実と大きく異なっており、その誤差が写像による歪みとして捉えられる範囲を越えていたためにかなり低い値になったと思われる。今後の方針としては、順序尺度しか存在しないようなデータに対して、ノンメトリック MDS を適用して行きたい。この適用により、拡張ノンメトリック MDS の持つ特徴が、さらに浮き彫りになるものと思われる。

表1 認知距離の再現性

	相関係数	順位相関係数
ノンメトリック MDS	0.760	0.457
メトリック MDS	0.873	0.246

参考文献

- 1) 清水英範：時間地図の作成手法と応用可能性、土木計画学研究・論文集、10, pp.15-29, 1992

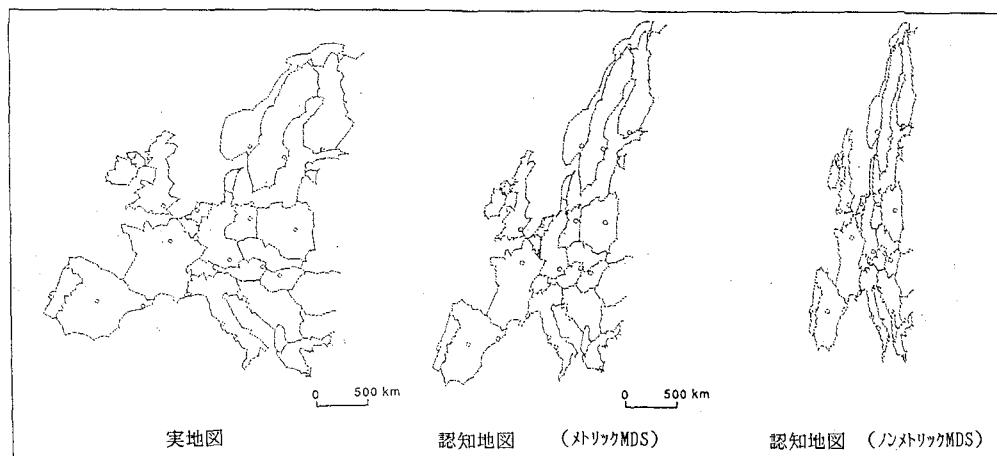


図2 ヨーロッパの実地図と認知地図の比較