

# 重力モデルからの逆算距離による通話地図の作成

古藤 浩・長谷川 文雄

(キーワード：重力モデル，多次元尺度構成法，通話トラフィックデータ，逆算距離)

## 1. はじめに

情報や人・物の交流の活発さは発着点の距離が長くなるにつれて急減することが知られている。このような傾向の説明には指数減衰型のいわゆる重力モデルが基本として使われることが多い。しかし、実際には重力モデルだけでは十分説明できない。

通話トラフィックは全体としては重力モデルに従う傾向でも、地域個々の要因のため、かなりのばらつきが見られる。本研究ではそれらを説明するのではなく、そのばらつき具合を、視覚化して構造の理解を支援することを目的とする。具体的には逆算距離の概念と多次元尺度構成法を応用し、通話の地域構造を仮想地図で示す。

逆算距離の概念は、Plane[2]によって導入され、米国の人口移動の地域構造の視覚化に使われた。

## 2. 通話データの特徴

分析対象は、単位料金区域（以後 MA (i. e. Message Area) と書く）間の NTT と第二電電、住宅用と業務用の合計の 1991 年通話発信データである。対象領域は東北地方・関東地方（島嶼部を除く）・新潟県の 159 MA とした。10 年以上前のデータであるが、この時点の通話トラフィックの構造を把握することは重要である。なぜなら、近年の携帯電話の急速な普及などの理由で、現在の通話構造を把握できるデータは手に入らないからである。データは百通話単位であるが、信頼性をあげるため千通話以上の MA ペアのデータだけを用いた。

さて、MA $i$  の人口を  $p_i$ 、MA $i$ - $j$  間の距離を  $d_{ij}$  と書く。すると、重力モデルによる MA $i$  から MA $j$  への年間発信回数は係数  $\alpha, \beta > 0$  によって、

$$C_{ij} = p_i p_j \alpha d_{ij}^{-\beta} \quad (1)$$

と書ける。距離による減衰傾向は係数  $\beta$  によって決まり、例えば  $\beta=2$  ならば物理的な重力と同じ傾向となるので係数  $\beta$  を重力係数と呼ぶ。ここで人口による基準化を考え、MA $i$  から MA $j$  への基準発信数  $y_{ij}$  ( $= C_{ij}/p_i p_j$ ) を定義し、式(1)を書き直す。すると係数  $\beta$  は距離 1 での仮想的な基準発信数を意味する。

データを式(1)に適用して分析した結果、通話データは MA 個別に見ると概ね重力モデルに従うが、全体としては大まかな傾向に過ぎなかった。159 の MA 個別で重力モデルに適用すると、重力係数  $\beta$  は 0.51 ~ 2.35 (中央値 1.51)、決定係数は 0.86 ~ 0.29 (中央値 0.64) となるが、共通係数で重力モデルに適用すれば、重力係数  $\beta$  は 1.13、決定係数は 0.50 であった。

## 3. 一つの MA の通話頻度の減衰の視覚化

ここでは逆算距離の考え方を応用して通話の減衰傾向を視覚化する基本的な方法を説明する。重力モデルの適用によって得る係数を利用し、ある中心となる MA (中心 MA と呼ぶ) から各 MA への基準発信数を用いて、中心 MA から各 MA への仮想的な距離を逆算する (これを逆算距離と呼ぶ)。重力モデルの係数から、MA 間の逆算距離  $\bar{d}$  は式(2)のようになる。

$$\bar{d} = (y/\alpha)^{-1/\beta} \quad (2)$$

次に中心 MA から各 MA への角度と、発信回数から導かれる逆算距離によって、各 MA の図面上の位置を決定し、仮想的な地図を作成すれば中心 MA からの通話から見た他 MA への親近関係が表現できる。

仮想地図の作成例を示そう。図 1 は仙台 MA (個別での係数  $\beta$  は大きめ)、図 2 は東京 MA (個別での係数  $\beta$  は小さい) を中心とした仮想地図である。各県庁所在地とその県に属する MA を線で結んで示し、また政令指定都市は大円で囲んだ。なお、本稿で示す仮想地図は全て共通係数を使い、統一縮尺にある。

図 1 では仙台市が東北地方全域と密接な関係にあること、宮城県内 MA とは非常に近接していること、各県庁所在地との距離は短い、東北以外の地方都市

ことう ひろし，はせがわ ふみお  
東北芸術工科大学 デザイン工学部  
〒990-9530 山形市上桜田 200 番地

の MA とは全般にかなり遠い関係であるとわかる。東北地方全域とコンパクトにまとまる反面で、物理的な距離ではさほど遠くない新潟県とは遠い関係となることは仙台の東北地方中心都市という性格ゆえと考えられる。また東京 MA が関東地方の MA の中で最も近接した関係となった。図 2 では、東京はどこからも近い関係とわかる。

#### 4. 多次元尺度構成法による視覚化

次に多次元尺度構成法を応用し、逆算距離から複数の MA 間の位置関係を総合的に図化する。具体的には清水[3]による最小二乗法を用いた多次元尺度構成法を用いる。それは、仮想地図上での各 MA の位置から求まる MA 間の距離を  $x_{ij}$ , MA の数を  $n$  とし、

$$\min. S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{d}_{ij})^2$$

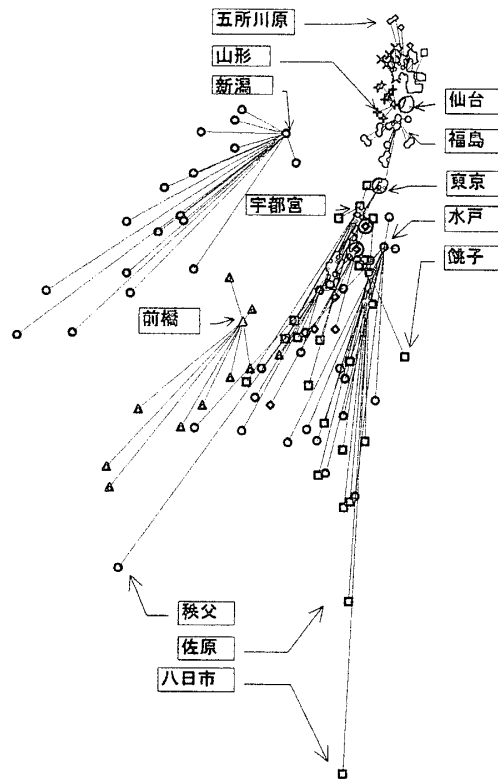


図 1 仙台 MA の仮想地図

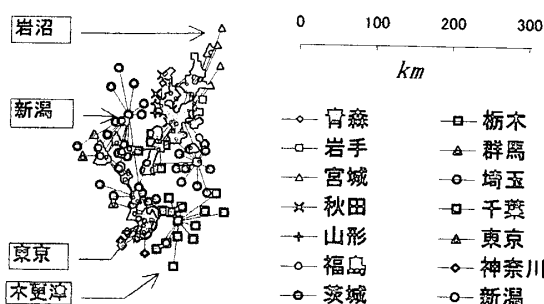


図 2 東京 MA の仮想地図

という最小化問題によって MA の位置を決定した。なお、計算には準ニュートン法を用い、初期座標は各 MA の物理的な座標を用いた。

結果を図 3 に示す。東北地方・関東地方・新潟県がそれぞれひとまとまりとして位置づけられ、地域性が現れた (福島県はどちらかというとも関東側)。また、政令指定都市の MA は中央付近に位置づけられるが、都市の広域的な活動の活発さによると考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では通話トラフィックの地域構造を逆算距離を用いた仮想地図によって視覚化する方法について議論した。仮想地図によって通話の地域構造について様々な解釈・仮説を考えることができよう。

なお、通話回数が少ない場合、わずかな回数の違いで大きく逆算距離が変わる。このことへの対処から、新しい方法を考察中である。

#### 参考文献

- [1] 古藤浩, 長谷川文雄 (2002): 通話トラフィックデータによる地域構造の分析—重力モデルによる逆算距離を活用した視覚化を通して—, 都市計画論文集, No. 37, pp. 61-66.
- [2] Plane, D. A. (1984): Migration Space: Doubly constrained gravity model mapping of relative interstate separation, Annals of the Association of American Geographers, vol. 74, pp. 244-256.
- [3] 清水英範 (1992): 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, No. 10, pp. 15-29.

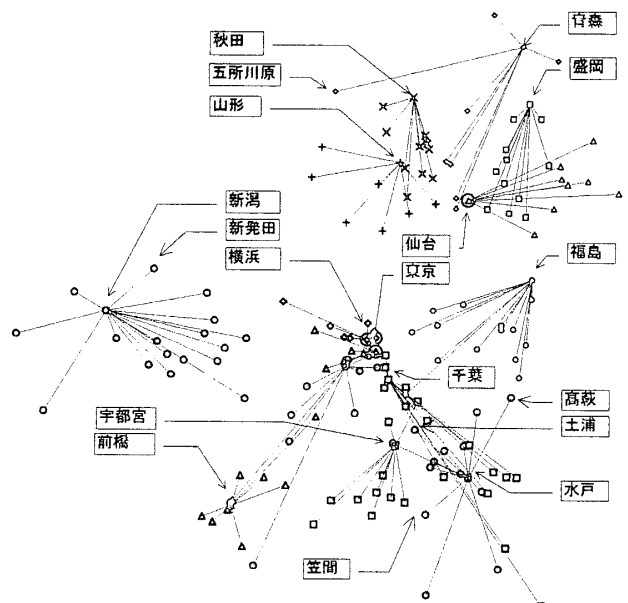


図 3 多次元尺度構成法による通話地図