

圏域同定の研究

長谷川 文雄・中村 有一・出石 宏彦

1. はじめに

昔から「類は友を呼ぶ」という諺があるように似た性質をもつものは、自然と集まってくるようだ。これは人間だけについて言えるのではなく、細かく観察してみるとさまざまな社会現象についても言える。

今回の特集テーマに即して考えてみると、たとえば東京の秋葉原にはパソコンや家電など電気製品を販売する店が密集しているし、横浜の中華街には中華料理屋が集積している。またこの都市にいてもビジネス街、盛り場など似た性質をもった施設があたかも群がっているように見える。

このような現象はわれわれの眼を通して直接見ることができるが、電話や郵便、それに旅客や財貨の動きなどは似たもの同士がどのように分布しているのか、直接見ることができない。

眼に見えないこうした域間の流動状況から似たような性質をもつ地域を集めてくることはできないものだろうか。本稿ではこれを「目的別圏域同定法」と呼び、この辺りに的を絞って考えてみる。

2. 圏域の見つけ方

公害問題が顕在化した昭和40年代に、大気汚染

はせがわ ふみお 清水建設㈱ 技術開発室
なかむら ゆういち、いずし ひろひこ 東京大学工学
部都市工学科

の程度によって「環境汚染区」を設定する研究をしたことがある。この種の問題は行政と密接な関係があるため、どうしても既存の行政区分に影響されてしまう。それだと、もしA区が汚染区に指定された場合、A区と他の区との境界に立っている人は体の半分だけ汚染され、半分は汚染されていないという奇妙な結果になりかねない。

現在、高度情報化社会を前提とした新たな地域開発政策が中央官庁や各自治体から打ち出されている。たとえば、テクノポリス、ニューメディア・コミュニティ、テレトピア、みなと未来21などさまざまである。これらの計画はややもすると高度情報化社会のもつ本質を抜きにして、先の環境汚染区のように行政区分にとらわれがちになる。

日本列島全体にデジタル通信網が敷設され、しかも通信料金の遠近格差が平準化されるようになると、情報の流れは必ずしも地理的な影響をもつ行政区分に捉われなくなってくる可能性がある。となると、高度情報化社会での地域開発、街づくりは従来の行政区分上だけで検討したのでは不十分であるといえる。

そこで本題にもどって、地域間を流動するさまざまな情報や人の流れから結びつきの強い圏域を設定する必要性がおきてくる。こうした圏域を前提としたうえで、当該地域の開発構想を練らなければならない。もはや、孤立点の開発ではなく、ネットワークの中の点としてとらえていかなければならない。

圏域の同定は従来より地理学の分野で研究されてきた。とりわけ商圈、市場圏、需要圏、購買圏などはマーケティング戦略を策定する際の応用としていくつかの具体的手法が開発されている。その多くはライリー・コンバースのモデルやハフのモデルに見られるようにグラビティの考え方をベースにしたものが多い[1]。

その基本となる考え方には、次の項目が重要となる。

- (1) 空間的な視点から物を見る
- (2) 相互依存の関係を重視する
- (3) 縮尺を基礎にして一般化する

特に(3)は、空間的な情報をその空間、固有なもの一般的にいえることとを峻別して、その階層構造や中心的な役割をはたすポイントを明確にしようとする発想が含まれているようだ。しかし(2)の相互依存関係の発想は、グラビティモデルでは十分に意をつくせないと思われる。

そこでわれわれは空間上になんらかの尺度を設定し、互いに結びつきの強い地域同士は近くに、弱い地域は遠くにいくように再配置する方法を導入してみた。ここでいう目的別圏域同定法は、次に示す3つの目的を実現するものでなければならない。

- (1) 圏域を構成する要素(境界)を明らかにする
- (2) 圏域の中で中心的役割をはたす核地域を見つける
- (3) 圏域同士の階層構造を示す

以上の目的を達成するための具体的な方法論を次に示す。

3. 方法論

通話、旅客などの域間OD表をもとにして、まとまりをもった地域の集まり、すなわち圏域を見つけ出すための一方法を考えてみる。

分析の対象となる域間OD表は、地域の数が n ならば $n \times n$ の正方行列で、対角要素、すなわち地域内の移動量は使わないので、測定されていなく

てもよい。OD行列は、地域のつながりの強さを表わすものと考えられるので、このデータをもとに、地域を空間上に、つながりの強いものほど近くに、弱いものほど遠くなるように配置することを考えてみよう。このために多次元尺度構成法(MDS)の一手法である数量化理論IV類(e_{ij} 型)を適用してみる。OD表は、この場合、親近度の一種と考えられるが、OD表をそのまま用いたのでは、不都合なことが生じる。それは、つながりの強いところと弱いところとの差が大きすぎて、つながりの弱い地域が極端に離れてしまい、他の地域が原点付近にかたまってしまうという点である。これを避ける方法として、OD表をなんらかの形で正規化し、つながりの強いところと弱いところの差を少なくする必要がある。この種の方法としては、平方根をとるものや、次式で定義される結合度 C_{ij} をとるものなどがある。

$$C_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_i f_{ij}} \sqrt{\sum_j f_{ij}}}$$

ここでは、結合度を用いて分析を行なっている。

さて、この結合度の行列(C_{ij})を、MDSにかけて地域の空間配置を求めると、結びつきの強いものが近くに、弱いものが遠くに配置される。そしてさらに、圏域の階層性をみるために、固有値の大きいものから順に、数個の固有ベクトルをとってクラスタリングを行なう。何個とるかは任意性があるが、これが少ないと情報が少なくなるし、多すぎても、あとで述べるように意味がないので適当に定める。クラスタリングによって求められた樹形図をどこで切るのが適当かを定めるためには、ビールの F 値を使っている。

以上の分析で圏域の階層性と凝集性がわかり、境界を定めることができるようになったわけであるが、次に視点をかえて、圏域の中心となる地域すなわち核を求める方法について考えてみよう。圏域の核となる地域は、圏域内の他の地域との結びつきがきわめて強いので、結びつきの強いものほど遠くに配置させれば、原点から遠いところに

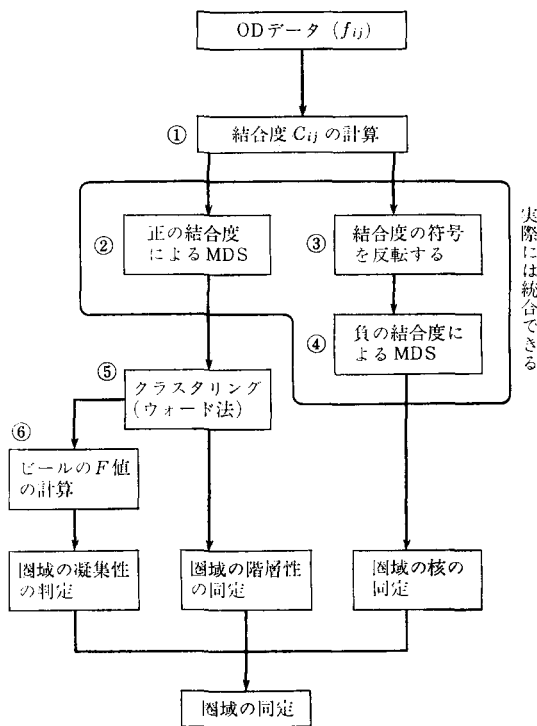


図 1 分析の流れ

核が現われ、圏域内の他の地域は、その反対側に分布するだろう。この分析は、結合度の符号を反転させて、地域間の非親近度を求め、これを親近度とみなしてMDSにかけることによって実現できる。これで実際に分析してみると、固有値の大きい順に固有ベクトルを並べた場合、固有値の大きいところでは、固有ベクトルの中で絶対値が最大の要素が、圏域の核に相当していることがわかる。ただし、この方法では、1個だけ孤立している地域は核として求めることはできない。

以上の分析の流れをまとめて示したのが図1である。この図で、②の「正の結合度によるMDS」と④の「負の結合度によるMDS」は、入力データの正負が異なるだけで、分析の手順はまったく共通している。この2つの分析の流れが実は同じものであることを次に示そう。まず、結合度の符号を反転することは、固有値の符号を反転させることに相当する。これによって、固有ベクトルは変わらない。また、数量化IV類では、数値計算上

の理由から固有値がすべて非負になるようにデータ行列に定数をバイアスとして加えているが、これによって固有値には定数のバイアスがかかるが固有ベクトルに変化はない。さらに固有ベクトルの要素の和が0になるように制約条件をつけているために、自明な固有値0がでてくる。0以外の固有値を大きいものから順に並べ、それに対応させて固有ベクトルを並べてみると、②の分析結果は次のように表わされる。

固有値： $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_{n-1}$, $\lambda_0 (=0)$: 自明な固有値)

固有ベクトル： $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{n-1}, \xi_0$ $\left(\begin{matrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{matrix} \right)$: 自明な固有ベクトル)

この固有ベクトルから r 次元空間内の配置を求めるには左から r 個の固有ベクトルをとってきてそれらを座標とすればよい。④の分析の場合、上記の記号を用いると次のように示される。

固有値： $C - \lambda_{n-1} > C - \lambda_{n-2} > \dots > C - \lambda_1$, λ_0

固有ベクトル： $\xi_{n-1}, \xi_{n-2}, \dots, \xi_1, \xi_0$

(ここで C は定数、他の記号は上と同じ意味)

この固有ベクトルの列の左から r 個とり出してくるのは、②の分析における固有ベクトルの列の右から、自明な固有ベクトル ξ_0 を除いて r 個とり出してくることに相当する。

このように、2つの分析は、まったく同一の固有値問題であり、いちど固有ベクトルを求めてしまえば、圏域の境界と同時に核も自動的に決定されてしまう。またこれから、固有ベクトルのもつ意味も、②の分析で左のほうほど『近いものを近くに配置させる』性質をもち、右のほうほど『近いものを遠くに配置させる性質』をもっていることがわかる。したがって、クラスタリングのとき自明な固有ベクトルを除いてすべての固有ベクトルをとっても意味がない。そこで実際には、左から数個の固有ベクトルをとってクラスタリングするのが妥当であろう。固有値の減少の度合いをみて、その数を求めようとしても、実際には、それほど変化がないのが普通で、適当に選ぶしかない

ようである。

次に、正規化に使った結合度の意味について少し考察してみよう。ODデータをそのまま親近度と解釈して分析した場合、空間配置がうまくいかないのが普通であるが、これは、結びつきの強い地域と弱い地域の差が激しすぎたためである。この点を是正するために、値の小さいところを強調するような単調増加の関数を選ぶことがまず考えられる。この例として、平方根や対数があげられる。しかし、地域の大きさが不ぞろいである点も考慮しなければならない。全発生/集中量の多い地域は、そのまわりに大きなポテンシャルを作っていると考えられるので、その中では、地域間の距離は、OD表をそのまま使った場合よりも長くする必要がある。これは結合度の分母が、地域の規模を表わす量であることに対応しており、結合度をとることによって、地域の大きさの不ぞろいを考慮したモデルになっているといえる。正規化の仕方はこのほかにもさまざまな方法があるだろうが、いずれにしても地域の大きさを考慮する必要があるだろう。

最後に、この正規化の方法では、OD表のもつ非対称性は考慮していなかったわけであるが、これが重要になってくる場合もあることに気をつけておこう。たとえば郵便の場合がその例[2]である。現在、非対称データもあつかえるように拡張することを考えているところである。

以上、方法論をごく大まかに説明してきたが、圏域を見つけるということは、圏域の境界を見つけることと、圏域の核を見つけることが対になっており、これは、数学的にも、同一の固有値問題を別の視点からながめるという点で、深いつながりがあることがわかったと思う。

4. 実際の適用例

——通話の流動について——

以上のような方法論を実際に適用するとどのような結果が得られるのだろうか。ここでは通話の

流動について適用した結果を示そう。

昨今話題になっているニューメディアは、電話回線を利用したものや、従来の電話の機能の付加価値を高めたものが多い。ニューメディアは新しい都市設備としてさまざまな役割を担うことが期待されているが、その基盤をなす電話によって現時点で各地域がどのように結びついているかは非常に興味深い。この種の研究は現在まであまり行なわれていないが[3]、[4]、将来の地域社会の形成を考えるうえで重要であると思われる。

使用したデータは電々公社が昭和55年度に行なった「都道府県相互トラヒック状況」である。これは全国47都道府県の相互間で交された通話量を調べたもので、3分間の通話を1単位として測定されている。測定時間は午前9時から10時までの1時間で、この間の通話は業務用の占める割合が高い。そのため得られる結果は昼間のビジネス活動をかなり反映すると考えられる。

では分析の流れに沿って見てみよう。

まず、もとのデータは結合度によって正規化される。もとのデータの値には大きなものと小さなものとあいだに相当の開きがあり、先に示したようにそのままではわかりやすい形で分析できないからだ。たとえば最も大きな値を示す東京-神奈川間と互いに離れた地方の地域間では、通話量に約1000倍の開きがある。これをそのままの形で分析すると、沖縄、高知、鳥取、鳥根のように他との流動の少ない地域が異常値として現われ、分析全体の見通しを悪くする。

次に、正規化したデータを正の結合度によるMDSで分析し、親近度から見た各地域の相互関係を3次元空間上での地域分布で表現する。さらにこれをクラスタリングすることで各地域の階層関係が得られる。

図2はこの階層関係を示した樹状図である。図の右側から枝分れがづぎとづぎとおこり、結びつきの弱い順に各クラスターが分離していく様子がわかる。たとえば、全国の中で最も結びつきの弱い

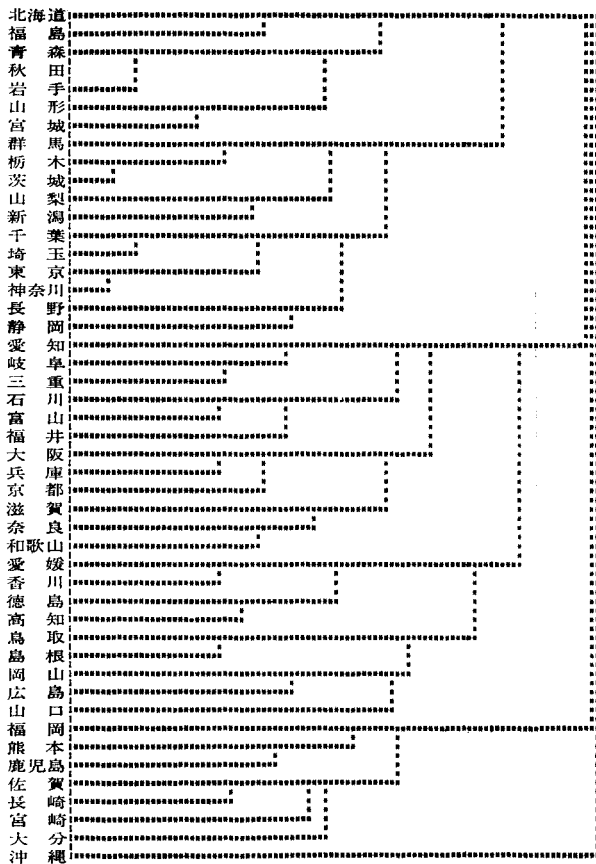


図 2 通話圏域のデンドログラム

のが沖縄で、次に九州6県が分離し、3番目には静岡と愛知のあいだで東日本と西日本に分れる。逆に、図の左側で枝分れする地域同士は非常に結びつきが強い。東京と神奈川、栃木と茨城、青森と秋田はその例である。

こうして得られた階層関係の中では、同じクラスターに属する地域同士の結びつきは強く、異なるクラスターに属する地域同士では逆に結びつきが弱い。

しかしこの結びつきの強さ弱さは相対的なもので、クラスター数によってさまざまなレベルがある。たとえばクラスター数が1に近いほど、異なるクラスター間での結びつきが弱まる。同時に同じクラスター内に結びつきの強くない地域同士が含まれてしまう。こ

のバランスが最もとれたレベルを数的に求めることで、圏域の境界が決定される。この場合、妥当なクラスター数は4あるいは6と求められた。図3にはクラスター数6の場合が示してある。

また負の結合度によるMDSで各圏域の核が求められるが、この分析の一部を示したのが図4である。この図は、全国の中で最も核としての働きが強い東京と2番目の核である大阪が抽出される過程を示している。

たとえば、横軸に沿って見た場合、右端に東京が孤立し、原点の左には神奈川、埼玉、千葉、茨城、栃木の順で各地域が位置する。これはこれら6地域が属する圏域の中で、東京が核としての役割をはたし、東京に対する結びつきは神奈川、埼玉、…の順で強いことを意味している。縦軸に関しても同様で、大阪が兵庫、京都、奈良等の属する圏域で核の役割をもつことがわかる。また図に名の現われていない地域はすべて原点に集中しており、2つの核との結びつきはあまり強くない。

図3に各圏域の核が星印で示してある。上記の2地域のほかに宮城、広島、福岡が抽出された。ただし沖縄は単独で圏域を成すため星印の表示を行っていない。

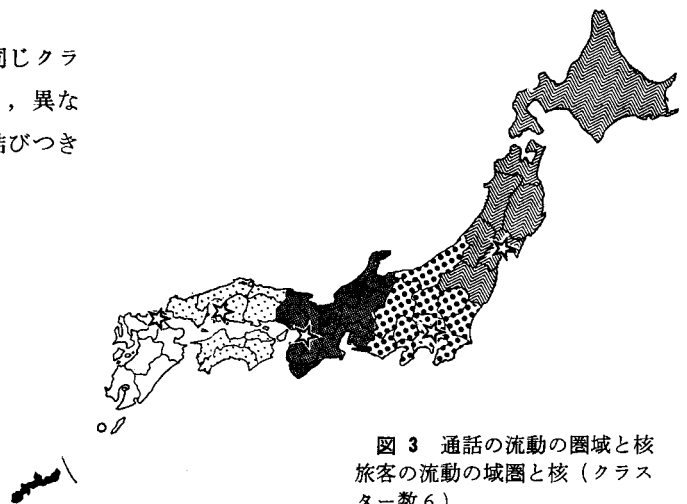


図 3 通話の流動の圏域と核 旅客の流動の域圏と核 (クラスター数6)

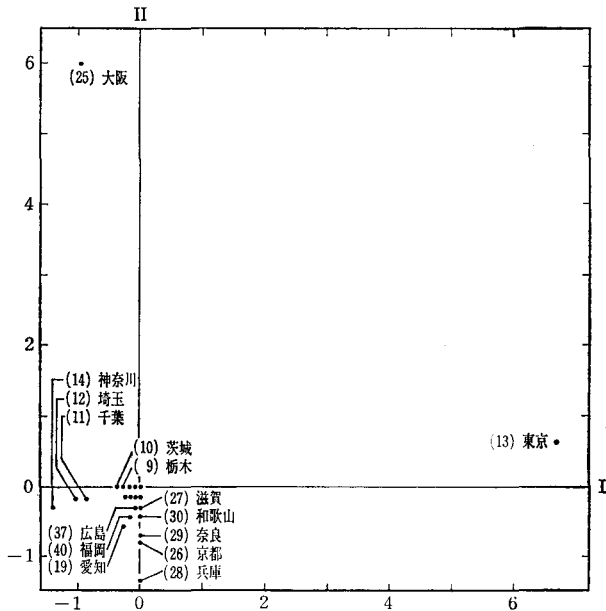


図 4 核の同定——負の結合度によるMDS——

以上から明らかなように、通話によって形成される圏域はたまたま行政区分によく似ている。電話が地理的条件に左右されない電気通信系のメディアであることを考えると、意外な結果ともいえる。しかし他の分析を行なった結果、通話では近隣の地域同士でかわす流動が多いこと、その中でも近隣の核の地域とかわす割合が高いこと、日本の政治・経済の中心である東京・大阪間でかわす量はあまり多くないことがわかっている。この原因としては遠近格差の大きい料金体系が考えられる。また他の分析で、通話の流動と人の移動はパターンがよく似ているという結果を得ており、この点について示唆を含むと考えられる。

たとえば近距離に住む（あるいは働く）人と面会する際、それに付随して電話で意思伝達を行なう場合が多い。つまり電話をメディアとして見た場合、近隣地域内での伝達に適した特性を本来もつのではないだろうか。

付言すると、この圏域同定法を利用して得られた結果は、対象とする流動によって大きく異なる。たとえば筆者らが輸送系メディアである郵便について分析した結果[2]では、東京・大阪を含ん

だ巨大な圏域が同定された。

これらの点から、通話について得られた圏域はかなり妥当なものだと考えてよいだろう。

6. あとがき

以上の圏域同定法は、対象とするデータが $n \times n$ のマトリクス構造であれば何でも適用できる。旅客、物資、財貨の域間流動をはじめ建築設計における動線計画、企業組織の内部構造の分析にも用いることができるだろう。

域間のモノの流れから「友」を呼び、それを「類」としてわれわれの尺度で理解できる方法を考えてみたわけだが、対象が流れである以上、時々刻々と流れは変わってくる。ということは、圏域自体も時々刻々と変わることになる。その変化によって当然、地域の状況も影響を受けてくるに相違ない。現在、ある地域を対象として夜間と昼間の通話による圏域がどのように変化するかを分析しているところだが、今後こうした圏域の視点を導入した地域計画、街づくりがより重要になってくるだろう。

参 考 文 献

- [1] 吉田, 村田, 井関共編: 消費行動の理論, 丸善, (1974), 179—214
- [2] 長谷川, 中村, 出石: 通話と郵便による情報圏の比較分析, 情報通信学会年報, (1984), 21—41
- [3] 長谷川, 中村, 出石: 情報の受発信と都市構造に関する研究, 第18回日本都市計画学会学術研究発表論文集, 1983, 67—72
- [4] 中村, 長谷川, 出石: 通話からみた地域間の結合に関する研究, 第18回日本都市計画学会学術研究発表論文集, 1983, 73—78