

*Discussion Paper, 95*

複数の空間分割間の関係性を分析する手法の提案

～道州制の区域案を事例に～

Analysis of similarity and hierarchy among spatial tessellations

Department of Urban Engineering, University of Tokyo.

笹谷俊徳・貞広幸雄

Toshinori SASAYA and Yukio SADAHIRO

Abstract: There are various types of spatial tessellations such as administrative units, electoral districts, school districts, land use, market area and climatic divisions. It often happens that there exist multiple spatial tessellations in an identical area. It is important for urban planning and understanding of urban structure to grasp relationship among spatial tessellations. This study proposes a method for quantitatively comparing spatial tessellations in an identical area. The similarity between two tessellations is evaluated by quantitative measures in this method. The indices consist of the local index and the global index. Moreover, this study proposes a method of classifying spatial tessellations and defining a representative spatial tessellation. The validity of the method is tested through the case study about area division plans of Dosyusei in Japan.

Keywords: 空間分割(spatial tessellations), 類似性(similarity), 階層性(hierarchy), 分類(classification), 道州制(Dosyusei)

## 1. はじめに

空間分割は、都市空間に存在する重要な空間構造の一つである。行政区、選挙区、学区、用途地域、土地利用、商圈、気候区分など、多くの空間分割が都市計画や地理学をめぐる現場に表れる。空間分割は一つの地域に複数存在することも多く、都市構造の解明や都市計画の策定のために、複雑に入り組んで並存する空間分割同士の関係性を理解する必要があることも少なくない。

例えば、人口分布の変動に適応した学区再編という問題を考えてみよう。日本においては、小中学校の学区は町丁目、町内会などの自治会圏、寺の檀家圏、神社の氏子圏、鉄道の駅勢圏など、地域に存在する様々な空間分割構造に基づいて形作られてきている(葉養 1998)。従って、学区を再編する際には、同一地域に存在するこれら多数の空間分割構造同士の関係性を把握し、さらに既存学区との関係を考慮した上で、慎重に検討を行う必要がある。

あるいは、都市の商圈構造分析を考えてみよう。詳細な顧客データが入手できない場合、商圈を(重み付き)ボロノイ図による近似がしばしば行われる。このとき、個々の商圈構造はやはり空間分割として表現されるが、複数業種同士の関係性(競合・共存など)を考えるには、それらの空間分割構造を比較・分類して分析することが有用であり、それによって、構造の背後にある消費者行動の分析やモデル化のた

めの示唆を得ることが可能となる。

複数の空間分割を定量的に比較・分析するもっとも基本的な手法としては、まずは $\chi^2$ 統計量による統計的検定がある。 $\chi^2$ 統計量は汎用性の高い統計分析手法であり、これまで空間分析に限らず広く数理的分析において用いられてきている。

$\chi^2$ 統計量と類似した手法としては、例えば intraclass correlation coefficient や  $\kappa$  統計量などがある(Monserud, 1992)。これらは、複数の空間分割構造が同一の名目尺度変数によって規定されている場合に適用可能な手法であり、尺度値の一致の程度によって空間分割構造同士の類似性を評価する(Congalton and Mead, 1983; Rosenfield and Fitzpatrick-Lins, 1986; Pontius, 2000; Trosset, 2005)。

空間分割構造が、ある点分布に基づいて規定されている場合には、江川・貞広(2005)による手法も適用可能である。ここでは、統廃合を伴わない学区割りのような代表点を中心とする空間分割の類似性を算出する手法が提案されている。さらに Sadahiro(2002)は、ある任意の空間分割を、他の複数の空間分割群によって説明するための手法を提案している。この手法は、空間分割構造同士の探索的分析というよりも、どちらかといえば空間分割構造のモデル化を目的としたものである。

都市における空間分割構造の特徴を考えると、1) 各空間分割構造が異なる名目尺度変数に基づいて規

定されている, 2) 空間分割同士が階層性を成すことがある, 3) 代表点を必ずしも持たない, の3点を挙げることができる. これらに対応する既存手法は Sadahiro (2002)であるが, これは前述の通り, 分析というよりもモデル化のための手法であり, 空間分割構造同士の関係性を探る探索的分析に適しているとは言い難い.

そこで本研究では, 上記3つの特徴を踏まえた, 空間分割同士の比較・分析を行う新たな手法を提案する. 本手法は, 異なる名目尺度変数によって定義された空間分割同士の類似性を, 構造的類似性と階層的類似性という二つの概念に分けて評価するという点を特徴とする.

以下第2章では, 本論文で提案する分析手法の概略を説明する. 第3章では, まず二つの空間分割を任意の地点において比較する為の指標を提案し, 次いで対象地域全域において比較する為の指標へと拡張する. さらにそれらの指標を用いた空間分割群の分類や典型的な案の抽出の手法も併せて提案する. 第4章ではそれらの手法の有効性を確認する為, 日本列島を区分する道州制の区域案という空間分割群に対して手法を適用したケーススタディを行い, 最後の第5章ではまとめと今後の課題について述べる.

## 2. 空間分割比較手法の構成

本論文で提案する分析手法では, ある領域  $S$  を様々な名目尺度変数によって隙間なくかつ重複なく分割した空間分割群を対象とする. ここでは領域  $S$  について存在する複数の空間分割を  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  とし, それら空間分割同士の関係性を求める.  $i$  番目の空間分割  $T_i$  は, その名目尺度変数により  $m$  個の領域  $t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{im}$  に区分されるとする ( $T_i = \{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{im}\}$ ). このとき対象となる空間分割は以下の条件を満たす.

$$\bigcap_k t_{ik} = 0 \quad \text{and} \quad \bigcup_k t_{ik} = S \quad (1)$$

また領域  $S$  上の地点の位置ベクトルを  $x$  としたとき, 地点  $x$  が空間分割  $T_i$  において領域  $t_{ik}$  に属することを関数  $\rho$  を用いて次の式(2)のように表す.

$$\rho(x; T_i) = t_{ik} \quad (2)$$

空間分割とは, 何らかの意味で類似した性質を持った二点は同じ領域に, 異なる性質を持った二点は違う領域に属するよう空間を分割したものと捉えることができる. そこで本研究では, 二つの空間分割において任意の二点が同じ領域に含まれるか否かを比較することによって, 空間分割を比較する. 空間分割  $T_i$  において地点  $x$  と地点  $y$  が同じ領域に属するかどうかを, 関数  $\sigma$  を用いて表現する.

$$\sigma(x, y; T_i) = \begin{cases} 1, & \text{if } \rho(x; T_i) = \rho(y; T_i) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

本研究では比較する二つの空間分割の関係を構造的類似性と階層的類似性という二つの観点から捉える. まず構造的類似性とは, 二つの空間分割において二点が同じ領域に属するか否かが一致する割合である. つまり  $T_i$  と  $T_j$  の構造的類似性が高いとは,  $\sigma(x, y; T_i) = \sigma(x, y; T_j)$  が多くの地点  $x, y$  について成り立っている状態である. 例えば図1の(a)と(b)は互いに構造的類似性が高い. 一方階層的類似性とは,  $T_i$  と  $T_j$  について非対称な概念であり,  $T_j$  において同じ領域に属する二点が  $T_i$  においても同じ領域に属する割合が大きい場合,  $T_i$  は  $T_j$  に対して階層的類似性が高い ( $T_i$  は  $T_j$  に対して上位である) と考える. つまり,  $\sigma(x, y; T_j) = 1$  が成り立つような地点  $x, y$  について,  $\sigma(x, y; T_i) = 1$  が高い割合で成り立っている状態だと捉えることができる. 別の表現では,  $T_i$  を細分化していったときに  $T_j$  と類似したものになる場合に,  $T_i$  は  $T_j$  に対して階層的類似性が高いということになる. 例えば図1の(a)は(c)に対して階層的類似性が高い.

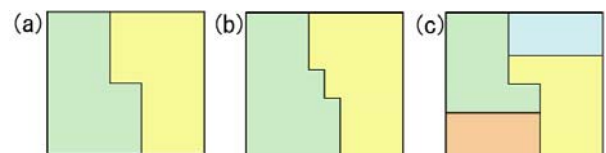


図1 構造的類似性が高い空間分割(a)と(b)および階層的類似性が高い空間分割(a)と(c)

この構造的類似性と階層的類似性という概念を, ある地点  $x$  においての局所的な構造的類似性や階層的類似性を捉える地点類似性指標と, 領域  $S$  全体で

の構造的類似性や階層的類似性を捉える全体類似性指標の二段階に分けて指標化する。

### 3. 空間分割間の類似性評価と分類

#### 3. 1. 地点類似性指標

まず、空間分割 $T_i$ を面積が $A$ の領域 $S$ 上のある地点 $x$ について空間分割 $T_j$ と比較する。なお $x$ は $T_i$ 上では領域 $t_{ik}$ に含まれ、 $T_j$ 上では領域 $t_{jl}$ に含まれるものとする ( $\rho(x; T_i) = t_{ik}$ ,  $\rho(x; T_j) = t_{jl}$ )。ここでは $t_{ik} \cap t_{jk}$ の領域の面積 ( $s_A(x; T_i, T_j)$ ),  $t_{ik} \cap \bar{t}_{jl}$ の領域の面積 ( $s_B(x; T_i, T_j)$ ),  $\bar{t}_{ik} \cap t_{jl}$ の領域の面積 ( $s_C(x; T_i, T_j)$ ),  $\bar{t}_{ik} \cap \bar{t}_{jl}$ の領域の面積 ( $s_D(x; T_i, T_j)$ )を求め、その比から空間分割を比較する (図2)。

具体的にはまず二つの空間分割 $T_i$ 及び $T_j$ においてある地点 $x$ と任意の地点 $y \in S$ が同じ領域に含まれるか否かを表す関数 $a(x, y; T_i, T_j)$ ,  $b(x, y; T_i, T_j)$ ,  $c(x, y; T_i, T_j)$ ,  $d(x, y; T_i, T_j)$ を定める。

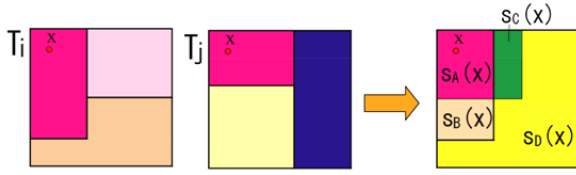


図2  $s_A(x; T_i, T_j)$ ,  $s_B(x; T_i, T_j)$ ,  $s_C(x; T_i, T_j)$ ,  $s_D(x; T_i, T_j)$ の図示

$$a(x, y; T_i, T_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sigma(x, y; T_i) = 1 \text{ and } \sigma(x, y; T_j) = 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$b(x, y; T_i, T_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sigma(x, y; T_i) = 1 \text{ and } \sigma(x, y; T_j) = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$c(x, y; T_i, T_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sigma(x, y; T_i) = 0 \text{ and } \sigma(x, y; T_j) = 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$d(x, y; T_i, T_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sigma(x, y; T_i) = 0 \text{ and } \sigma(x, y; T_j) = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

式(4)~(7)を $y$ について積分することにより、地点 $x$ が空間分割 $T_i$ 及び $T_j$ においてどのように分割されているかを表す式(8)~(11)を定義する。

$$s_A(x; T_i, T_j) = \int_{y \in S} a(x, y; T_i, T_j) dy \quad (8)$$

$$s_B(x; T_i, T_j) = \int_{y \in S} b(x, y; T_i, T_j) dy \quad (9)$$

$$s_C(x; T_i, T_j) = \int_{y \in S} c(x, y; T_i, T_j) dy \quad (10)$$

$$s_D(x; T_i, T_j) = \int_{y \in S} d(x, y; T_i, T_j) dy \quad (11)$$

これらの関数を用いて $x$ における $T_i$ の $T_j$ に対する構造的類似度 $R_{ij}(x)$ を、

$$R_{ij}(x) = \frac{s_A(x; T_i, T_j) + s_D(x; T_i, T_j)}{s_A(x; T_i, T_j) + s_B(x; T_i, T_j) + s_C(x; T_i, T_j) + s_D(x; T_i, T_j)} \quad (12)$$

と定義する。この $R_{ij}(x)$ は0から1の値をとり、 $T_i$ 及び $T_j$ において地点 $x$ と任意の点が同じ領域に含まれるか否かが一致する確率を表す。 $T_i$ において $x$ が属する領域が $T_j$ において $x$ が属する領域と完全に一致する場合 ( $t_{ik} = t_{jl}$ )、値は1となる。

また、 $x$ における $T_i$ の $T_j$ に対する階層的類似度 $I_{ij}(x)$ および $T_j$ の $T_i$ に対する階層的類似度 $I_{ji}(x)$ を、

$$I_{ij}(x) = \frac{s_A(x; T_i, T_j)}{s_A(x; T_i, T_j) + s_B(x; T_i, T_j)} \quad (13)$$

$$I_{ji}(x) = \frac{s_A(x; T_i, T_j)}{s_A(x; T_i, T_j) + s_C(x; T_i, T_j)} \quad (14)$$

と定義する。 $I_{ij}(x)$ は0から1の値をとり、空間分割 $T_i$ において地点 $x$ と同じ領域に含まれる任意の点が、空間分割 $T_j$ においても $x$ と同じ領域に含まれる確率を表す。 $T_i$ において $x$ が属する領域が $T_j$ において $x$ が属する領域に完全に含まれる場合 ( $t_{ik} \subseteq t_{jl}$ )、値は1となる。この指標は $T_i$ と $T_j$ について非対称であり、 $I_{ij}(x) \neq I_{ji}(x)$ である。

さらに補足的な指標として、空間分割 $T_i$ の地点 $x$ における粗度 $C_i(x)$ を定義する。

$$C_i(x) = \frac{s_A(x; T_i, T_j) + s_B(x; T_i, T_j)}{s_A(x; T_i, T_j) + s_B(x; T_i, T_j) + s_C(x; T_i, T_j) + s_D(x; T_i, T_j)} \quad (15)$$

$C_i(x)$ は $T_i$ のみによって定まり、 $T_i$ において $x$ を含む領域の面積が全領域 $S$ に占める割合を表す。

実際に構造的類似度や階層的類似度を算出する際には、 $T_i$ と $T_j$ を重ね合わせたときの各領域の面積から比較的簡便に求めることが可能である。 $t_{ik} \cap t_{jl}$ である領域の面積を $S_{kl}(T_i, T_j)$ とすると、

$$s_A(x; T_i, T_j) = S_{kl}(T_i, T_j) \quad (16)$$

$$s_A(x; T_i, T_j) + s_B(x; T_i, T_j) = \sum_l S_{kl}(T_i, T_j) \quad (17)$$

$$s_A(x; T_i, T_j) + s_C(x; T_i, T_j) = \sum_k S_{kl}(T_i, T_j) \quad (18)$$

$$s_A(x; T_i, T_j) + s_B(x; T_i, T_j) + s_C(x; T_i, T_j) + s_D(x; T_i, T_j) = \sum_l \sum_k S_{kl}(T_i, T_j) = A \quad (19)$$

となる．これを利用することで  $R_{ij}(x)$  と  $I_{ij}(x)$ ， $I_{ji}(x)$  及び  $C_i(x)$  は各領域の面積を用いた形に変形できる．

これらの指標を利用することによって，二つの空間分割のどの箇所で分割が類似しているのかを判断することができる．

### 3. 2. 全体類似性指標

次に，領域  $S$  についての空間分割  $T_i$  全体を空間分割  $T_j$  と比較し，構造的類似度，階層的類似度を定義する．先ほどと同様にまずは  $S$  上の任意の二点が  $T_i$  と  $T_j$  において同じ領域に含まれるか否かを考える．これには式 (8)～(11) を  $x$  について積分すればよい．

$$S_A(T_i, T_j) = \int_{x \in S} s_A(x; T_i, T_j) dx \quad (20)$$

$$S_B(T_i, T_j) = \int_{x \in S} s_B(x; T_i, T_j) dx \quad (21)$$

$$S_C(T_i, T_j) = \int_{x \in S} s_C(x; T_i, T_j) dx \quad (22)$$

$$S_D(T_i, T_j) = \int_{x \in S} s_D(x; T_i, T_j) dx \quad (23)$$

これらの関数を用いて先ほど同様に，空間分割  $T_i$  の全体としての空間分割  $T_j$  に対する構造的類似度  $R_{ij}$ ，階層的類似度  $I_{ij}$  および粗度  $C_i$  が定義できる．

$$R_{ij} = \frac{S_A(T_i, T_j) + S_D(T_i, T_j)}{S_A(T_i, T_j) + S_B(T_i, T_j) + S_C(T_i, T_j) + S_D(T_i, T_j)} \quad (24)$$

$$I_{ij} = \frac{S_A(T_i, T_j)}{S_A(T_i, T_j) + S_B(T_i, T_j)} \quad (25)$$

$$I_{ji} = \frac{S_A(T_i, T_j)}{S_A(T_i, T_j) + S_C(T_i, T_j)} \quad (26)$$

$$C_i = \frac{S_A(T_i, T_j) + S_B(T_i, T_j)}{S_A(T_i, T_j) + S_B(T_i, T_j) + S_C(T_i, T_j) + S_D(T_i, T_j)} \quad (27)$$

構造的類似度  $R_{ij}$  および階層的類似度  $I_{ij}$  はやはり 0 から 1 の間の値をとる． $R_{ij} = 1$  の時，空間分割  $T_i$  は空間分割  $T_j$  と完全に等しい．また  $I_{ij} = 1$  の時，空間分割  $T_i$  は空間分割  $T_j$  と完全な階層関係にあり，空間分割  $T_j$  をさらに分割することで  $T_i$  と完全に一致する．

各指標は地点類似性指標の場合と同様に各領域の面積を用いて，以下のように計算することができる．

$$S_A(T_i, T_j) = \sum_k \sum_l (S_{kl}(T_i, T_j))^2 \quad (28)$$

$$S_A(T_i, T_j) + S_B(T_i, T_j) = \sum_k \left( \sum_l S_{kl}(T_i, T_j) \right)^2 \quad (29)$$

$$S_A(T_i, T_j) + S_C(T_i, T_j) = \sum_l \left( \sum_k S_{kl}(T_i, T_j) \right)^2 \quad (30)$$

$$S_A(T_i, T_j) + S_B(T_i, T_j) + S_C(T_i, T_j) + S_D(T_i, T_j) = \left( \sum_l \sum_k S_{kl}(T_i, T_j) \right)^2 = A^2 \quad (31)$$

例として図 3 の  $T_1 \dots T_6$  の空間分割を比較する．各指標を算出すると， $T_1$  と  $T_2$ ， $T_1$  と  $T_3$ ， $T_3$  と  $T_6$  が特に類似していること ( $R_{12}=0.90$ ,  $R_{13}=0.91$ ,  $R_{36}=0.90$ ) や， $T_3$  と  $T_1$ ， $T_3$  と  $T_4$ ， $T_2$  と  $T_5$  が特に階層関係にあることが理解できる ( $I_{31}=0.97$ ,  $I_{34}=0.96$ ,  $I_{25}=0.87$ )．

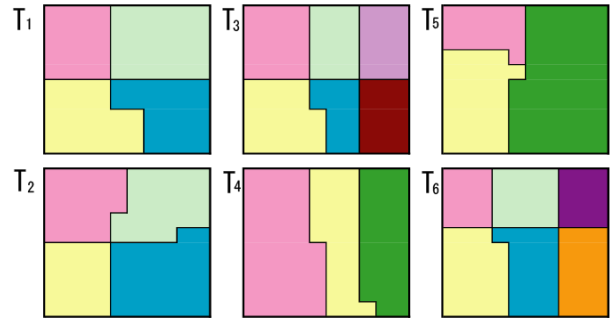


図 3 例：空間分割  $T_1 \dots T_6$

### 3. 3. 類似性指標を用いた分析手法

上記の指標は，二つの空間分割対を比較するためのものであり，少数の分析対象には適用可能であるが，分析対象が多数である場合には，指標の算出結果を見るだけで全体構造を把握することは容易ではない．そこで本節では，多数の空間分割相互の関係性を把握するための分析手法をいくつか提案する．

まず，空間分割群  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  における地点ごとの分割の類似度を測る．地点における分割群の類似度  $SumR(x)$  を，

$$SumR(x) = \frac{\sum_j \sum_i R_{ij}(x)}{n^2} \quad (32)$$

と定義する． $SumR(x)$  は 0 から 1 の間の値をとり，地点  $x$  を含む領域が空間分割群  $T$  において全て完全に一致する場合に値は 1 となる．この値により，地点ごとの分割の一致度を把握することができる．

次に空間分割の構造的類似度  $R_{ij}$  を用いて空間分割群  $T$  の分類を行う。  $T$  について求めた  $R_{ij}$  は、各要素が0から1の値をとる  $n \times n$  の正方行列  $R$  の形で表される。  $R_{ij} = R_{ji}$  のためこの構造的類似度行列は対称行列となり、対角成分は全て1となる。そこでここでは、構造的類似度行列  $R$  を行列の各要素を1から引くことで変形した非類似度行列  $R' = (R'_{ij})$ 、  $R'_{ij} = 1 - R_{ij}$  を利用したクラスター分析を行う。

例えば図3の例に対し、ウォード法による分類を行うと図4のような結果となり、  $T_4$  と  $T_5$  が他の分割からは特に構造的類似性が低い分割であることなどがわかる。また非類似度行列  $R' = (R'_{ij})$  はクラスター分析以外に多次元尺度構成法にも適用可能である。

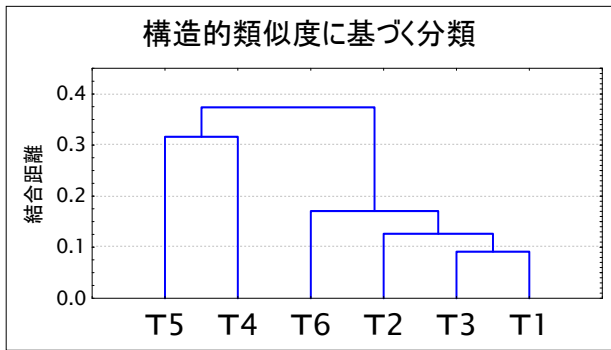


図4  $T_1 \dots T_6$  の構造的類似度に基づく分類結果

次に空間分割の階層的類似度  $I_{ij}$  を用いて空間分割群  $T$  の分類を行う。  $T$  について求めた階層的類似度  $I_{ij}$  は、各要素が0から1の値をとる  $n \times n$  の正方行列  $I$  の形で表される。  $I_{ij} \neq I_{ji}$  のためこの行列は非対称行列となり、対角成分はやはり全て1となる。

ここで階層的類似度行列  $I$  の各要素を1から引いた行列  $I' = (I'_{ij})$ 、  $I'_{ij} = 1 - I_{ij}$  を求め、さらにその  $I'$  を対称行列に変形した上で、構造的類似度行列の場合と同様にクラスター分析を適用し、階層関係による分類を行う。ここでは対角成分の最大値をとることにより、対称化した行列  $I'' = (I''_{ij})$  を定める。

$$I''_{ij} = \max(I'_{ij}, I'_{ji}) \quad (33)$$

例えば図3の例に対してウォード法によるクラスター分析を用いて階層関係に基づく分類を行うと図5の結果を得る。ここでは、  $T_1$  と  $T_3$ 、  $T_2$  と  $T_5$ 、  $T_4$  と  $T_6$  の3つのグループが明確に分かれることが確認

できる。

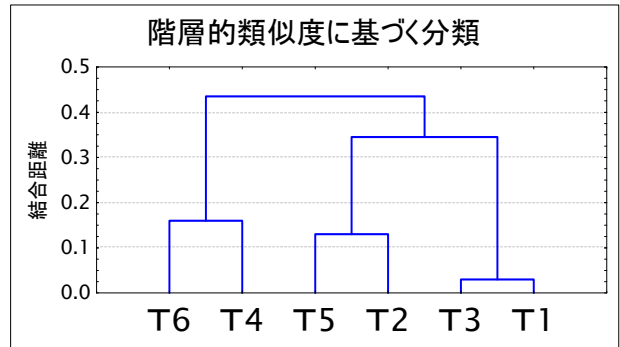


図5  $T_1 \dots T_6$  の階層的類似度に基づく分類結果

ただし上記の方法では対称化により失われる情報も多く、階層の上下関係も把握できない。そこで次に階層的類似度行列  $I$  に基づき、空間分割同士の階層関係を有向ネットワーク図で表す。各空間分割を表すノードのうち階層関係が強いものを矢印で結んでいくことにより表現する。こうしたネットワーク図は行列  $I$  を用いて適当な閾値を定めることにより、社会ネットワーク分析のソフトウェアなどを用いて簡単に描くことができる。例えば図3の例において、  $I_{ij} \geq 0.9$  となる  $T_i$  と  $T_j$  を実線の矢印、  $I_{ij} \geq 0.85$  となる  $T_i$  と  $T_j$  を破線の矢印、  $I_{ij} \geq 0.8$  となる空間分割  $T_i$  と  $T_j$  を点線の矢印で結んだネットワーク図を描くと図6のようになる。ネットワーク図を描くことで、どの空間分割とどの空間分割が階層関係にあるかを視覚的に理解することができる。

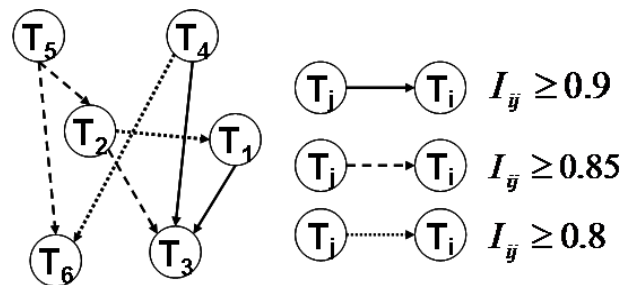


図6  $T_1 \dots T_6$  の階層関係の図示

最後に所与の空間分割群から典型的な分割を抽出する方法について述べる。ここでは空間分割群の中で他との構造的類似度の総和が最も高いものを、そ

の空間分割群の中で最も典型的な分割，典型分割と定義する． $T_i$  の空間分割群  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  の全ての空間分割との構造的類似度の総和を  $n$  で割ったものを， $T_i$  の  $T$  における中心性  $Ce_i$  とすると， $Ce_i$  は 0 から 1 の間の値をとる．

$$Ce_i = \frac{\sum_j R_{ij}}{n} \quad (34)$$

$T$  の中で最も中心性  $Ce_i$  が大きい空間分割が  $T$  の典型分割であり，クラスター分析で求められた各クラスターの典型分割を求めることで，クラスターごとの性質をわかりやすく表現することができる．

#### 4. ケーススタディ—道州制の区域案に関する分析—

本章では，上で提案した手法の有効性を確認するための実証分析を行う．分析対象は，日本列島（沖縄は除く）を都道府県単位で分割した 79 種類の空間分割である．これらの空間分割は，日本に道州制を導入する際の区域案と，道州制の区域設定の参考となる可能性のある様々な地域分割である．

##### 4. 1. 道州制分析の背景と目的

現在の都道府県に代わる広域自治体として道州を導入しようという議論は繰り返し行われてきた．その中で道州区域の設定は主要な論点の一つであり，現在までに数多くの区域案が提案されている．

そこでこの分析では，多数存在する日本列島の空間区分を分類，類型化することで，考えられる区分を整理し，道州制の区域決定の議論を進める上での見取り図を示す．区域案に見られる全般的な傾向と個別性を見ることで，各区域案の根拠と妥協可能性などを考察する．

##### 4. 2. 分析対象

分析対象としたのは，これまでに提案された様々な 33 種類の道州制の区域案（A1～A33）に加え，22 種類の国の地方支分部局の区割り（B1～B22：法務局、税関、地方整備局など），12 種類の諸団体の区割り（C1～C12：高等裁判所、高校野球、NHK、

衆院比例区など），12 種類の社会経済的・地理的条件に基づく地域分類（D1～D12：旅客純流動、本社支社配置、気候、方言など）の計 79 種類の空間分割である．これら 79 種類の空間分割について指標を求め、分析を行う．

##### 4. 3. 結果と考察

まず地域による分割の一致の度合いを  $SumR(x)$  によって評価する（図 7）．

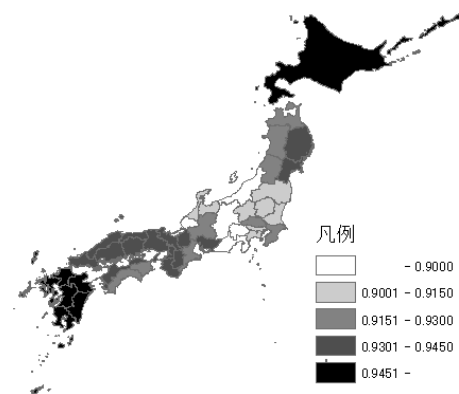


図 7 地域による分割の一致の度合い（ $SumR(x)$ ）

これを見ると，関東・中部を中心に分割が一致しておらず，中でも新潟，長野，山梨，静岡，福井で特に分割のばらつきが大きい様子が確認できる．隣接する県の数が多く，人口または面積が他の地方に比べて特に大きい関東・中部地方において分割が一致しづらいという結果は極めて妥当である．また，新潟，長野，山梨，静岡，福井における分割の不一致の大きさは，中部地方と関東または近畿地方との境界線が一定で無い事を反映していると考えられる．

次に構造的類似度  $R_{ij}$  を用いてウォード法によるクラスター分析を行う（図 8）．結果を見ると，これらの空間分割は大きく分類すると 2 つ，細かく分類すると 6 つのクラスターに分けられることがわかる．さらに各クラスターの特徴を理解するために，それぞれの典型分割を求めると，それぞれ大規模の道州制の区域案（大道州型），小規模の道州制の区域案（小道州型），中規模で北陸地方を一つの道州とした道州制の区域案（中道州型 A），中規模で北陸地方を一つの道州とはせず，関東甲信越地方と中部地方に分け

る道州制の区域案（中道州型 B）、各区域が大規模な道州制の区域案以外の地域分割（イレギュラー型 A）、各区域の規模が不均衡な道州制の区域案以外の地域分割（イレギュラー型 B）という特徴を持っていることがわかる（図 9）。ここでは各領域の規模の大小と、北陸地方を分離するかどうかで道州制案を分類できるという明解な結果が得られ、本手法は空間分割の分類において十分に機能していると考えられる。このように構造的類似度による分類では、各領域の規模や北陸地方の分離の有無のようなマクロな構造の差異によって分類がなされるため、空間分割群の傾向をつかむための最初の分析として有効であると言える。

さらに階層的類似度  $I_{ij}$  を用いてネットワーク図

を描く。すると中道州型 A・B に分類される道州制案は互いに階層関係にあるものが多く、中道州型 A・B の空間分割は、階層性の観点からさらに細分化することができるがわかる。具体的には中道州型の区域案は、新潟、長野、山梨、静岡、福井という中部地方の外周部にあたる県が関東、中部、近畿のいずれの地域に含まれるように切り分けられるかということによって 4 つの系統に区別できる（図 9）。この中部地方の外周部の県の扱いによって区分が大きく左右されるという結果は、 $SumR(x)$  を用いた分析の結果とも整合性がある。このようにネットワーク図を描き、互いに階層関係にあるものとそうでないものを識別することは、空間分割同士の関係性を系統的に整理する上で重要であると言える。

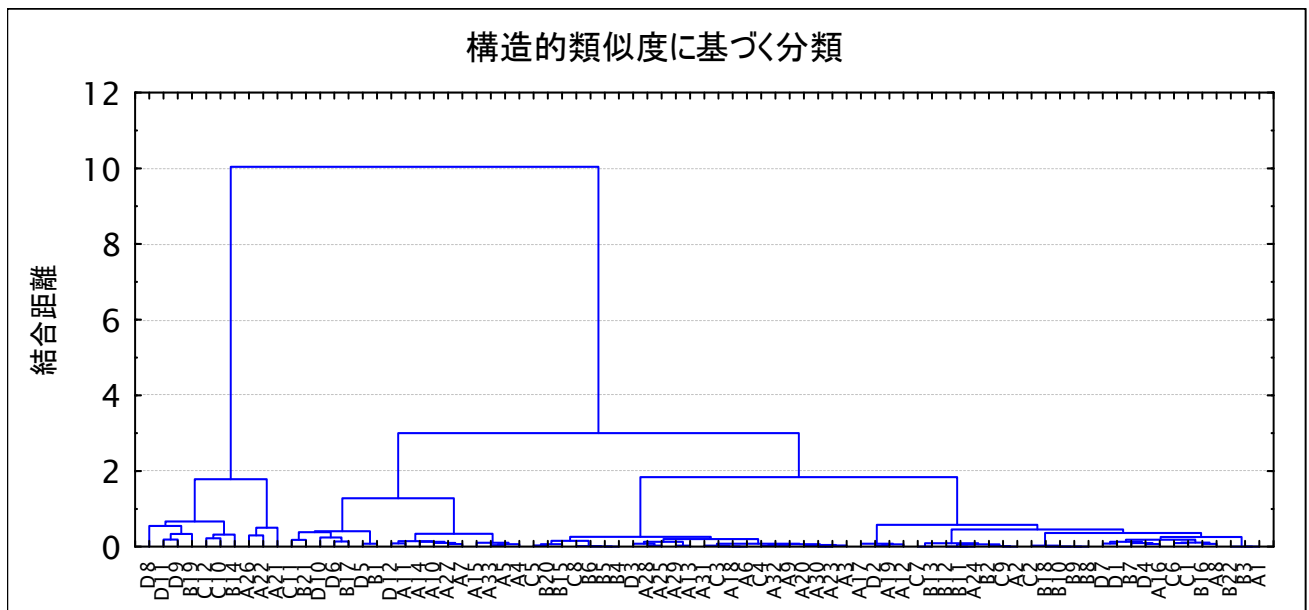


図 8 構造的類似度に基づくクラスター分析結果

白地の型は道州制案を含まない

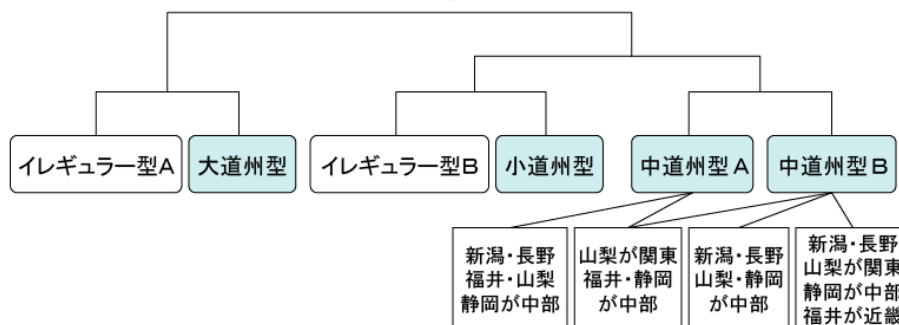


図 9 空間分割の類型化



さらにさきほどの分類結果をもとに道州制の区域案の特徴を探ると、イレギュラー型 A・B に当てはまる道州制案は無く、逆に小道州型や大道州型の分割は道州制案にしか見られない形であることがわかる。また、道州制案と地方支分部局や諸団体の区割りを比較すると、全体として類似しているものの、道州制案では北陸を分離する形の分割(中道州型 A) が他に比べ多いことがわかる。これは、道州制案の多くが地方支分部局や諸団体の区割りを参考に行っていること、道州制案は道州間の均衡を保つ観点から中部地方などを細分化する必要があることなどを反映していると思われる。さらに道州制案と社会経済的・地理的区分とを比較すると、多くの道州制案の区域は経済的活動の圏域とは一致しているが、自然的・歴史文化的圏域とはあまり一致していない。自然的・歴史的一体性は道州を形成する上で重要な条件ではあるが、社会経済的条件に比べると定量化が難しく、優先順位も低いと考えられるため、このような結果となっていると考えられる。

最後に道州制案の作成された状況と区域の関係を分析する。各道州制案が区域作成にあたって考慮すると記している要素を、バランス、コミュニティ意識、地理・自然、歴史、交通、生活・経済圏、文化、自立性(規模)に分類・整理し、区域との関係を探る。すると傾向としては、道州の規模が小さいタイプの案ほどバランスを考慮しているものが多く、自立性を考慮している案では中道州型 B の案が多いことがわかる。道州間の均衡を重視すれば、経済力や面積の大きい関東地方や中部地方は細分化するのが望ましく、道州の自立性を重視すれば、北陸地方は分離しないほうが全ての道州について一定の規模を確保できるため、この結果は論理的なものだといえる。一方、その他の要素の考慮の有無が作成された案のタイプに与えている影響は目立って表れておらず、自然的・歴史的条件があまり区域に反映されていない現状がここからもうかがえる。

## 5. まとめ

本研究では、一つの地域に複数の空間分割が並存する場合に空間分割同士の比較を行うための指標と

指標をもとに多数の空間分割の関係性を分析する手法について提案した。この手法は異なる名義尺度変数から成る空間分割について汎用的に適用可能なものであり、空間分割の一致の度合いを構造的類似性と階層的類似性という2つの観点から定義するという点に特徴がある。空間分割の比較を行うための指標は地点の類似を測る指標と全体の類似を測る指標に分かれており、前者を積分することで後者になるように設計されている。これにより空間分割の全体の一致を見るだけでなく、地点ごとの様子も把握できる。また空間分割群の関係性を理解するため、指標を用いて空間分割群の分類や典型分割の抽出を行う手法も合わせて提案した。

ケーススタディからは、本手法が多数の空間分割を比較・分類する上で有効であることを確認した。中部地方において特に区分が一致しておらず、道州制の規模と北陸地方を分離するかどうかで道州制案を分類できるという結果は、納得のできるものであるといえるだろう。また、区域作成に関わる要素と区域の関係の分析のように、各区分案の作成された背景などの質的要因と空間的類似の関係を探ることにより、区分に重要な要素を抽出できる可能性も示されたといえる。

最後に今後の課題について述べる。第一に、より多様な対象への手法の適用が挙げられる。様々な対象へ手法を適用し、手法が有効に機能することを検証することがさらに必要であろう。第二に、対象領域の非一様性を考慮した拡張が挙げられる。例えば、本手法を施設置案の比較に用いる場合、領域内の利用者分布を考慮することが望ましい。本論文の適用例でいえば、人口密度分布を加味した分類などがあり得よう。これらの課題については、今後研究をさらに進めていきたいと考える。

## 参考文献

江川広樹・貞広幸雄(2005) 類似性に基づく代表点を持つ空間分割群の分類手法～学区再編の計画立案を事例に～。「日本建築学会環境系論文集」, 588, 79-86.  
葉養正明(1998)『小学校通学区域制度の研究：区

割の構造と計画』, 多賀出版.

Congalton, R.G. and Mead, R.A.A. (1983) Quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **49**(1), 69-74.

Pontius, Jr.R.G. (2000) Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **66**, 1011-1016.

Pontius, Jr. R. G, Agrawal, A. and Huffaker,, D. (2003) Estimating the uncertainty of land-cover extrapolation while constructing a raster map from tabular data, *Journal of Geographical Systems*, **5**, 253-273.

Monserud, R. A. and Leemans, R. (1992) Comparing global vegetative maps with Kappa statistic, *Ecological Modelling*, **62**, 275-293.

Rosenfield, G. H. and Fitzpatrick-Lins, K. (1986) A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **52**(2), 223-227.

Trosset, M. W. (2005) Visualizing correlation, *Journal of Computational & Graphical Statistics*, **14**(1), 1-19.

Sadahiro, Y. (2002) An exploratory method for analyzing a spatial tessellation in relation to a set of other spatial tessellations, *Environment and Planning A*, **34**, 1037-1058.