

生活指標に基づく都道府県の類型化  
ー自己組織化マップによる多元評価の試みー

Similarity of People's Life Indicators Among the Japanese

Local Administrative Divisions:

Attempt of multi-dimensional evaluation with Self-Organizing Maps

井上 正人,

前原 俊信, 岡 隆光, 菅原 通雅

INOUE Masato,  
MAEHARA Toshinobu, OKA Takamitsu, SUGAHARA Michimasa

社会情報学研究 No. 5 (別刷)

日本社会情報学会

2001

# 生活指標に基づく都道府県の類型化 — 自己組織化マップによる多元評価の試み —

## Similarity of People's Life Indicators Among the Japanese Local Administrative Divisions — Attempt of multi-dimensional evaluation with Self-Organizing Maps —

井上正人\*, 前原俊信\*\*, 岡隆光\*\*\*, 菅原通雅\*\*\*

Masato Inoue\*, Toshinobu Maehara\*\*, Takamitsu Oka\*\*\*, Michimasa Sugahara\*\*\*

Based on the data of people's life indicators, we evaluate the social circumstances of Japanese local administrative divisions. We point out that the self-organizing maps are a very powerful tool for the clustering, visualization and abstraction.

キーワード：生活指標，自己組織化マップ，多元評価，可視化，類型化

Keywords: people's life indicators, self-organizing maps, multi-dimensional evaluation, visualization, similarity

### 1 はじめに

国民所得が世界のトップクラスにあるにもかかわらず「豊かさを実感できない」との指摘があるように，国内総生産 (GDP) や所得などの貨幣的指標だけでは生活の豊かさをとらえるのは困難である．このため，経済企画庁は，国民の生活実態を多面的にとらえるための生活統計体系を作成し，住む・費やす・働くなどの生活活動にかかわる非貨幣的な指標を求め，豊かさを多面的にとらえ直す試みを行ってきた．これらの指標は，社会指標 (昭和 49 年から 60 年まで)，国民生活指標 (昭和

61 年から平成 3 年まで)，新国民生活指標 (平成 4 年から平成 11 年) の形で毎年発表されてきた．例えば新国民生活指標は，8 つの活動領域 (住む，費やす，働く，育てる，癒す，遊ぶ，学ぶ，交わる) を 4 つの生活評価軸 (安全・安心，公正，自由，快適) で評価し，点数化し，時系列や都道府県別に集計したものである (経済企画庁国民生活局編，1999)．

数値化された指標は，都道府県ごとの国内比較や米国や英国との国際比較を可能にし，さらに，国民生活の経年変化を知る手がかりにもなり有用

\* 海上保安大学校 (Japan Coast Guard Academy)

\*\* 広島大学教育学部 (Faculty of Education, Hiroshima University)

\*\*\* 呉大学社会情報学部 (Faculty of Social Information Science, Kure University)

である。しかし、豊かさは多様な価値観に依存しており、数値の大小で直接比較することに対しては賛否両論が存在している。例えば都道府県間の比較について、「全国的な位置を知ることには意義があり励みにもなる」(毎日新聞地方版, 1999年9月11日), 「各都道府県の抱える問題はその地域で個別に考えるべきであり, 豊かさに対する価値観は人それぞれで, 数値によって一律に比べるべきではない」(毎日新聞地方版, 1999年6月25日)などの意見もあり様々である。このようなこともあって, 経済企画庁は平成11年度からは, 都道府県別の項目の発表を中止した。

さて, 私達は, 生活の豊かさを計るために評価体系をつくり, 具体的な資料から指標を求めることは必要であり, また, この資料を用いて比較検討することにも意義があると考えている。しかし, 性格の異なる指標を合計して合計点で順位をつけ, この順位に大きな意味を持たせることには問題があると考えている。質の異なるデータである指標を比較する場合には, それらの順位を競うのではなく, データが持っている類似性を調べるべきであると考えている。

価値が多様化している現在, 各要素の数値的序列化を行うというような孤立した要素の競争に基づく価値観は意味を失いつつある。それよりも, 互いの類似点と相違点を認識した上での要素間の協調・共同という考えに基づいた多価値社会の新しい分析手法を開発していく必要があると考える。

この論文では, 指標を用いて都道府県の類型化を計り, 2次元マップ上に表示し, 可視化情報として表現することを試みるものである(岡隆光, 2000)。指標が持つ多次元の数値データを可視化するために, コホネンが提案した自己組織化マップ(SOM: Self-Organizing Map)を用いる(Kohonen T., 1997; 徳高平蔵他訳, 1996)。SOMは情報の可視化に優れており, 直観的に把握しづらい多次元のデータから, 顕在化していない特徴を見だし, パターン化して分類するのに威力を

発揮するモデルであり, いろいろな分野での利用が始まった(ザブック G. 他, 1999; 徳高平蔵他, 1999)。また, SOMの機能を従来の社会調査に組み込んだ社会情報調査の提案がされている(田中一, 2000)。このようなSOMの特性は, 上で述べたような新しい分析手法としての可能性を示しており, 実際に十分機能するということを確認することも本論文の目的の一つである。

論文の構成は次の通りである。2章では自己組織化マップ(SOM)と情報の可視化, 3章では各都道府県の生活指標とWard法による分類について述べ, 4章ではSOMによる類型化を試みる。最後の5章では今後の課題についてまとめる。

## 2 自己組織化マップ(SOM)と情報の可視化

自己組織化マップ(SOM)は, 人の大脳皮質の表面に存在する機能地図をモデル化したものである。機能地図とは, 大脳皮質の表面の神経細胞がお互いに情報をやりとりし, 近くに位置する神経細胞が互いに似通った機能(1次視覚野, 感覚野, 運動野など)を持つように組織化されたものである。機能地図の形成には, 自発的な活動や生後の経験(学習)が大きな影響を与えていることが知られている(甘利俊一他, 2000)。このことをモデル化したSOMでは, 入ってきたデータに最も近いユニットが選ばれ学習し, 次にそのユニットの近くのユニットも影響を受けるという方法でネットワークの学習が進むのである。学習を進める際に教師信号を必要としないのもこのモデルの特徴である。

SOMの構造と学習の概略は次の通りである。入力がある数の数値の組であるとする。このとき入力を $d$ 次元のベクトルとみなし, このベクトル空間全体を入力空間という。これとは別に, 2次元の格子状に配置されたユニットからなる出力層を用意する。SOMは $d$ 次元の入力空間から2次元の出

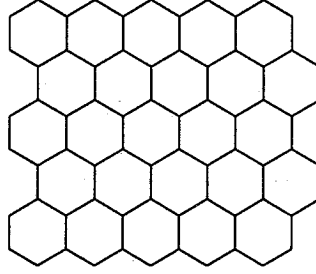


図 1. 蜂の巣状に配置されたユニット

力層への射影である。SOM を作るためには入力空間において距離を定義しなければならないが、通常はユークリッド距離が用いられる。\$d\$ 次元のベクトル \$\mathbf{x}, \mathbf{y}\$ を

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_d \end{pmatrix}, \quad \mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_d \end{pmatrix}$$

とすると、これらの間の距離 \$d(\mathbf{x}, \mathbf{y})\$ は

$$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = |\mathbf{x} - \mathbf{y}| = \sqrt{\sum_{i=1}^d (x_i - y_i)^2}$$

で与えられる。出力層に \$p \times q\$ 個のユニットが格子状に配置されているとする。配置は正方格子の場合もあるが最近接のユニットが 6 個である蜂の巣状もよく用いられる (図 1 参照)。

各ユニットには入力ベクトルと同じ次元のベクトルが割り当てられ、これを参照ベクトルという。\$j\$ 番目 (\$1 \leq j \leq pq\$) のユニットの参照ベクトルを \$\mathbf{m}\_j\$ とする。成分で表すと

$$\mathbf{m}_j = \begin{pmatrix} m_{j1} \\ m_{j2} \\ \vdots \\ m_{jd} \end{pmatrix}$$

である。計算ステップ数を \$t\$ で表したときネットワークの学習方法は次のようになる。

- [1] \$t = 0\$ で出力層の各ユニットの参照ベクトルを初期化する。乱数を使った初期化がよく用いられる。
- [2] \$t\$ ステップの入力データ \$\mathbf{x}(t)\$ に対して、最も距離の近い参照ベクトルをもつユニット \$c\$ を選び出し、\$c\$ のまわりのユニットの参照ベクトルを \$\mathbf{x}(t)\$ に近づける。このとき、\$c\$ と 2 次元の距離の近いユニットほど近づけ方を大きくする。また、計算ステップ \$t\$ が増加すると、近づけ方が小さくなるようにする。

具体的には、\$1 \leq j \leq pq\$ の中で \$\mathbf{x}(t)\$ との距離 \$|\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}\_j|\$ が最小になるユニット \$c\$ を選び、\$c\$ の近傍のユニットの参照ベクトルを次のように更新する。

$$\mathbf{m}_j(t+1) = \mathbf{m}_j(t) + h_{cj}(t)(\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_j(t))$$

ここで \$h\_{cj}(t)\$ は近傍関数とよばれユニット \$c\$ とユニット \$j\$ の距離が離れると 0 に近くなり、また、\$t\$ の増加とともに小さくなる。ここではガウス型の近傍関数

$$h_{cj}(t) = \alpha(t) \exp\left(-\frac{R_{cj}}{2\sigma(t)^2}\right)$$

を用いることにする。括弧の中の \$R\_{cj}\$ は格子点 \$c\$ と格子点 \$j\$ との格子上で 2 次元距離を表し、学

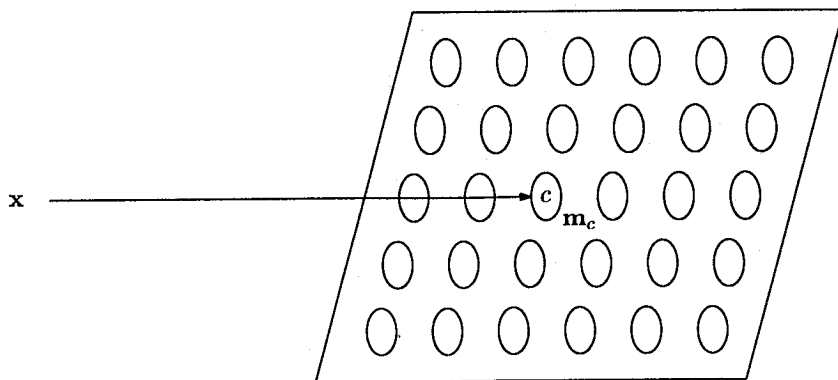


図 2. 自己組織化マップの入力ベクトルと参照ベクトル

習効率  $\alpha(t)$ , 近傍半径  $\sigma(t)$  は  $t$  とともに減少する関数で, 計算を  $T$  ステップまで行うとして

$$\alpha(t) = \alpha_0(1 - t/T), \quad \sigma(t) = \sigma_0(1 - t/T)$$

のように表される。初期値  $\alpha_0, \sigma_0$  は試行錯誤で決めるパラメータである。[2] のステップの計算を十分な回数だけ行い, 最後に各入力  $\mathbf{x}$  に最も近い参照ベクトル  $\mathbf{m}_c$  を選んでマップ上にラベルを付ければ SOM ができる (図 2 参照)。入力とそれに最も近い参照ベクトルとの距離を, すべての入力に対して加え合わせたものを学習誤差と呼ぶ。この学習誤差が小さければ小さいほど可視化がうまくいっていることを示している。

さて, 今まで見てきたように SOM は, ベクトルで表現されたデータ間の距離関係をできるだけ保ちつつ, 2 次元平面上に写像することを試みたモデルである。SOM の計算では, 入力データに一部欠損があった場合でも, 欠損している部分を除いた残りの次元のデータで距離を求めたり, 参照ベクトルを更新することが可能である。このため, 一部が欠損しているデータを有効に利用することができる。このことは, SOM の大きな特徴である。一般にデータの採取時のエラーや統計を取るときの制約などでデータの一部に欠損が起き

ることがあり得るので, SOM はこの点で有用である。

### 3 各都道府県的生活指標と Ward 法による分類

経済企画庁は, 国民の生活実態を多面的にとらえるために生活統計体系を作り, 新国民生活指標 (PLI: People's Life Indicators) という形にまとめた (経済企画庁国民生活局編, 1999)。この体系は, 時系列指標, 地域別指標, 国際比較指標の 3 種類の指標からできており, それぞれの指標には多数の個別指標が含まれている。例えば, 地域別指標は 134 種類の個別指標で構成されている。総務庁「社会・人口統計体系」からの資料がかなりの部分を占めており, 信頼性が大きいデータが使われている。具体的な出典は, 総務庁「社会生活基本調査」「住宅統計調査」「国勢調査」, 文部省「学校基本調査」, 労働省「賃金構造基本統計調査」, 警察庁「犯罪統計」, 建設庁「道路統計」などである。

さて, PLI は個人の生活を多面的にとらえるために, 表 1 に示すように, 個人の生活を 8 つの活

表 1: 8つの活動領域

住む	住居, 住環境, 近隣社会の治安等の状況
費やす	収入, 支出, 資産, 消費生活等の状況
働く	賃金, 労働時間, 就業機会, 労働環境等の状況
育てる	(自分の子供のための) 育児・教育支出, 教育施設, 進学率等の状況
癒す	医療, 保健, 福祉サービス等の状況
遊ぶ	休暇, 余暇施設, 余暇支出等の状況
学ぶ	(成人のための) 大学, 生涯学習施設, 文化的施設, 学習時間等の状況
交わる	婚姻, 地域交流, 社会的活動等の状況

動領域に分けている。そして、これらを4つの異なる生活評価軸（安全・安心, 公正, 自由, 快適）で評価したものである。前に述べたように、経済企画庁は、平成10年度までは、都道府県別の個別指標から8つの活動領域のLPIを算出し、試算結果として公表し、行政による政策決定の参考資料として提供してきた。しかし、平成11年度は個別指標の原数値を公表するにとどめた。

表 2: 活動領域の個別指標の数

活動領域	個別指標の数	個別指標の数 (重複を除く)
住む	23	23
費やす	14	14
働く	20	18
育てる	17	16
癒す	20	20
遊ぶ	14	14
学ぶ	15	15
交わる	16	14
合計	139	134

PLIの試算結果は、各都道府県で生活する人達の生活の豊かさの一面を反映していると考えられるが、個別指標を合計して縮約することにより意味のある情報が失われている可能性もある。情報数を比較すると、平成11年度の地域別指標の場

合、個別指標の総数（重複を除いた場合）は134であり、これを仮に活動領域ごとのPLIに縮約すると8になり、さらにPLIを合計した場合には1になっている。活動領域ごとの個別資料の数を表2に示す。同じ活動領域に異なる生活評価軸で2回現れている個別指標があるので、これを独立とみた場合とそうでない場合の両方についてをこの表に示す。

我々は、134個の個別指標（データが134次元のベクトル）を用いた場合と8つの活動領域のPLI（8次元のベクトル）を用いた場合の両方について各都道府県の類似性を調べ、違いをみることにする。このため、平成10年度のPLIの求め方にに基づき、平成11年度の都道府県ごとの活動領域別のPLIを求める。原数値からPLIを計算する手順は次の通りである。

- (1) 個別指標の原数値から標準化指数を計算する。標準化指数は全都道府県の平均と標準偏差をもとめておき、偏差値方式で求める。具体的には、各都道府県の現数値を $x_i (1 \leq i \leq N, N = 47)$ とすると平均 $m$ , 標準偏差 $\sigma$

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i,$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m)^2}$$

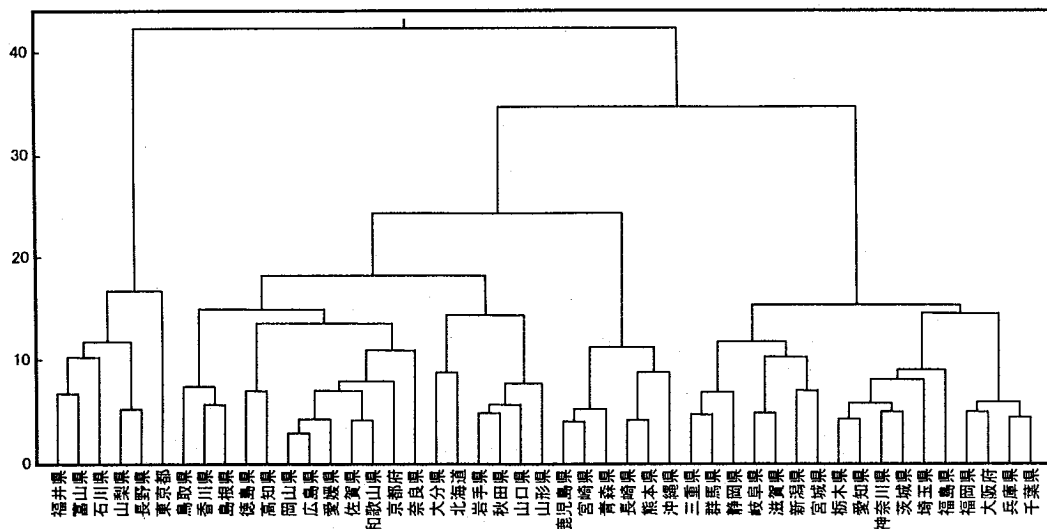


図 3: Ward 法による樹形図

から標準化指数  $y_i (1 \leq i \leq N)$  を

$$y_i = 10 \times \frac{x_i - m}{\sigma} + 50$$

で計算する。

- (2) 個別指標はその活動領域において正に作用するか負に作用されるかが決められている。負に作用すると決められた個別指標では  $100 - y_i$  を標準化指数とする。
- (3) 8つの活動領域の各の領域ですべての個別指標の標準化指数を平均してその活動領域の PLI とする。

我々は、平成 10 年度の都道府県ごとの活動領域別の PLI を上記の方法で計算し、公表されている値を再現していることを確かめた。その際、個別指標に一部欠損している箇所がある場合には、この部分を 0 として標準化指数を求める必要があった。また、個別指標が各の領域で正に作用するか負に作用するかを決めているが、正負いずれかに作用するか自明でない項目が存在していることに

気がついた。5つの個別指標が同じ領域で正に作用するものと負に作用するものの両方に入れているのである。このためこの個別指標は正と負で相殺しており、PLI の値をすべての都道府県で同じ定数分だけ増加させる効果をもたらすのみである。

都道府県の類型化を行うために、まず、多変量解析手法の一つである Ward 法（田中豊他編，1984）によるクラスター分析を行うことにする。クラスター分析は、要素間距離に基づいて類似性を明らかにしていく方法であるので、多価値社会における分析法として有用であると考えられる。図 3 に分析結果を樹形図で表示している。下から上へいくに従って、近い要素が合併していく様子を表している。クラスターを合併するとき、並んでいる順序は関係ないので、入れ替えても同じである。従って、クラスターの樹形図に現れる要素は必ずしも類似性の強い順に並んでいるわけではなく、並んでいる順序にはあまり意味がない。このような意味で、クラスター分析による樹形図

は合併の仕方だけが重要であり、情報の可視化には不向きである。そこで、47 都道府県を 8 個のクラスターに分けて、それらを日本地図上に色分けして示すことにする（図 4）。ここで、クラスター分析には、欠損データが存在する場合には使えないという欠点もあるので、134 個の個別指標では行わず、8 つの活動領域の PLI を用いた場合について求めている。

クラスター分析による類型化の特徴は、次の通りである。東京は独自性が強く、東京だけで 1 個のクラスターを形成しており、データが他の道府県と異なっていることを示している。また、九州地方の県が集まっているクラスターに青森県が入っているのは印象的である。

## 4 SOM による類型化

ここでは、SOM を用いてデータの可視化を行い、類型化を試みることにする。我々は、一般に 4 次元以上のデータの特徴を直感的に把握することができない。SOM は多次元のデータを 2 次元の格子に表示することにより、データの特徴を直感的に理解する助けになる。まず、8 つの活動領域の PLI を SOM によって可視化する。次に、134 個ある個別指標すべてを用いて、SOM による可視化を行う。前に述べたように、SOM は欠損データがある場合でも有効に機能するので、クラスター分析より適用範囲が大きい。さらに、個別指標間の和をとる操作を行わないので、ある指標が正にきくか負に聞かなくて悩む必要が無い。これらの優位性を利用して可視化マップを作成し、都道府県の類型化を行ってゆくことにする。

### PLI による SOM

平成 11 年度の 8 つの活動領域の都道府県別の PLI をそのまま県ごとの 8 次元ベクトルとして用い、47 都道府県分のベクトルを SOM\_PAK

（Kohonen T., 他 1995）に入力し、自己組織化の計算を行った。出力層のユニット数は少ないとベクトルの分類が十分できないが、そうかといって、多すぎるとすべてのベクトルが孤立してしまい、相互関係が分からなくなる。そこで、計算に用いた 2 次元平面には、都道府県数の約 5 倍の 255 個（ $17 \times 15$ ）のユニットを配置した。学習プロセスは、2 回に分けられ、1 回目は比較的大きな学習効率と近傍半径の初期値を用いておおまかに分類させ、2 回目はどちらの初期値も小さくして微調整を行わせた。結果の収束に必要な学習ステップ数は 2 回とも 10 万回とした。SOM は乱数を用いて初期値を準備するため、計算結果は初期値によって微妙に変わってくる。このため、100 種類の初期値について計算し、その中で最も学習誤差が少なくなったものを選択した。

得られたマップを図 5 に示す。本計算に先だって行なわれた試行計算では、東京都がコーナーに位置し、他の道府県とは隔離されていることが多かったので、ここでは、東京都が左上コーナーに来るように条件をつけて計算させている。SOM の計算では、一般に、複数の鏡映対称軸が存在し、その軸を中心とする鏡映変換による配置の入れ替えの自由度が存在する。東京都を左上コーナーに固定することによって、東京都が他のコーナーにきていて、その他の道府県の配置が相対的に同じ場合を排除できる。ただし、平面が正方形に近いので、右下がりの対角線を中心に鏡映変換した配置が得られる可能性が残っていることに注意しておこう。

SOM は多次元のデータを 2 次元の格子に射影しているので、2 次元の隣り合った格子の参照ベクトルの距離が必ずしも近いとは限らない。図においては周りの格子との距離の遠さを色の濃さで表している。例えば、東京都は他の道府県と色の濃いユニットで分けられている。これは東京都が他の道府県は全く異なる特徴を持っていることを表している。反対に愛媛県と岡山県の間は色の薄



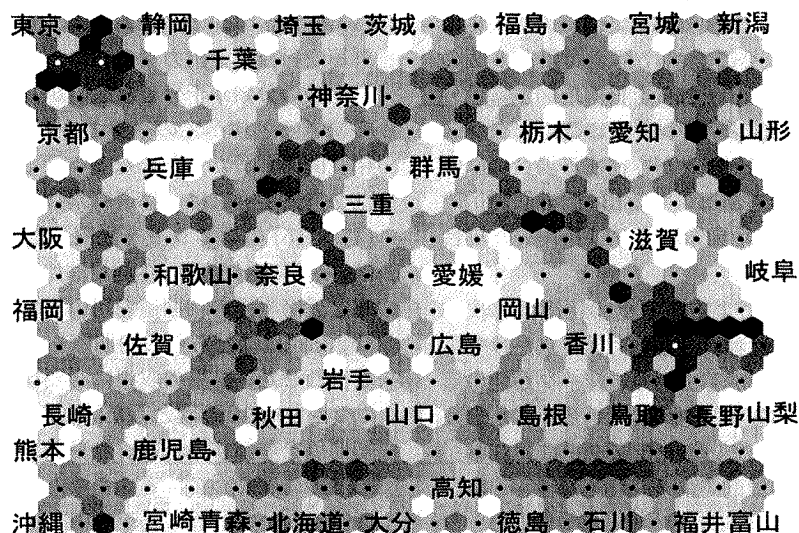


図 5: PLI によるマップ

いユニットで分かれている。これは両県の特徴が似ていることを示している。PLI のデータをみると東京は他の都府県と比べて極端な数値を持つものが多い。また、愛媛県と岡山県の数値は似通っている。これらの特徴がそのままマップにも現れている。また、愛媛県、岡山県、広島県、香川県の瀬戸内海に面した県は薄い色の領域にあり、これらの県は似た特徴を持っていることがわかる。多次元データになると、データ間で特徴が似ているとか似ていないとかは生の数値を見ただけではなかなかわからない。SOM によって可視化するとこれらの特徴を直感的につかむことができる。

### 個別指数による SOM

前で述べたように PLI の指標には問題点がいくつか存在する。そこで、独立な個別指標をすべて用いて 134 次元のベクトルをつくり、これを入力データとして可視化マップを作成し、8 次元の PLI との違いを調べることにする。その結果を図

6 に示す。両方のマップを比較すると、どちらも、東京都の下には、大都市を抱える府県、大阪府、京都府、兵庫県、福岡県が並んでいる。また、関東の県の多くが東京の近くに配置されている。北海道は、どちらのマップでも案外西南日本の県と近いところにきている。など多くの似た特徴を持っている。しかし、石川県と富山県、鹿児島県と大分県は、それぞれ、同じユニットに対応している、青森県は東北地方の県に近くなっている。などの違いがみられる。

すべての個別指標をつかった SOM では石川県と富山県、鹿児島県と大分県は、それぞれ、同じユニットに対応しているので、よく似ているはずである。しかし、これらの指標から算出された PLI による SOM の場合には少し離れている。クラスター分析においても、鹿児島県と大分県はかなり異なるクラスターに分類されている。これは、欠損データに起因する可能性がある。石川県と鹿児島県のデータにはある項目に欠損データがあることが分かっている。全項目を用いた SOM では、

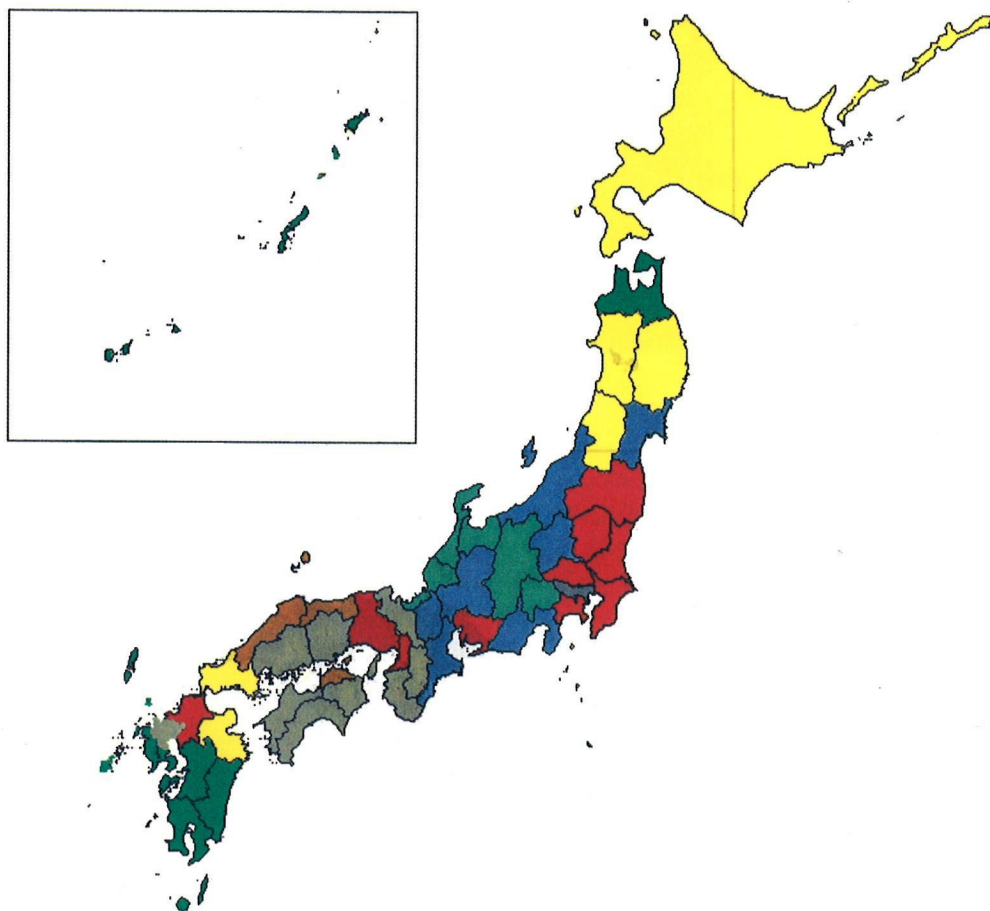


図 4: Ward 法による類別

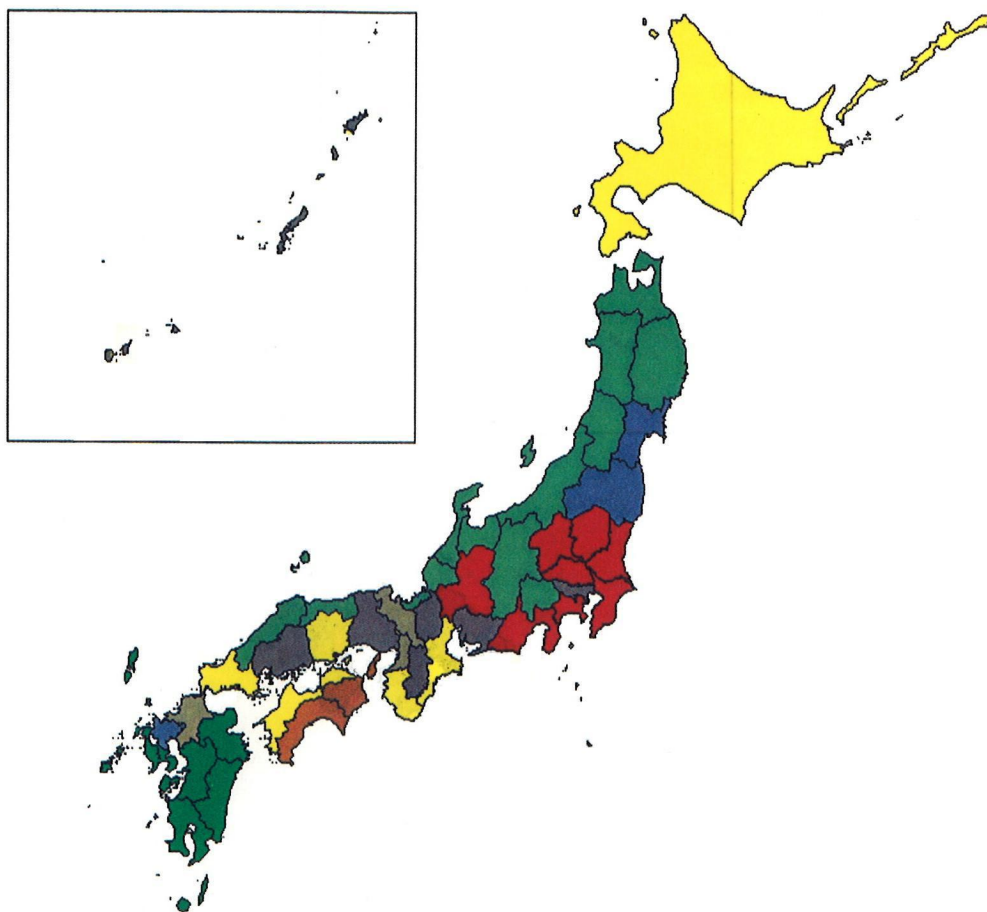


図 7: 個別指標を用いた SOM による類別

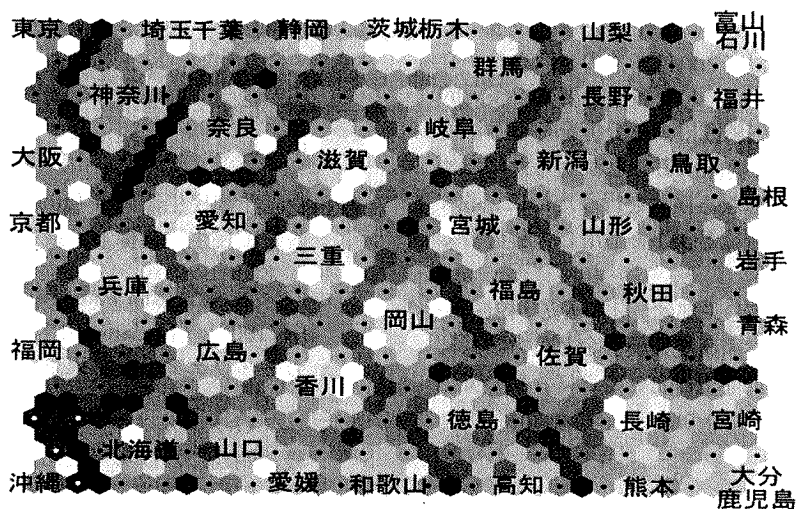


図 6: 個別指標すべてによるマップ

欠損データがある場合にはその部分を除いて、残りの 134 次元より少ない次元のベクトルとして考えるので、単に欠損データを無視しただけである。ところが、PLI では、欠損データは標準化したときの値で 0 に対応させて使っているの、これが PLI の値に差異を生じるのではないかと考えられる。

色の濃さの情報を元にある程度の濃さのところで境界を引いて都道府県をいくつかのクラスタに分解できる。各クラスタの都道府県を色分けし、日本地図に表したものを図 7 に与える。図において東京都をはじめ灰色の県は独立していてクラスタを作っていない都県である。

比較のため、民力(朝日新聞社編, 1999)のデータ 31 項目を用いた自己組織化マップも求めてみた。個別指数による SOM と比較して、東京都と他の都道府県との離れ具合が少ない、沖縄県の位置が異なっている、東京都の対極は北海道になり、北海道は他とかなり離れている、などの違いはみられたが、全体的に 134 個の個別指標のマップと

同じ傾向のマップとなった。これは民力のデータと新国民生活指標のデータがかなりの程度、互いに整合性を持っていることを示していると考えられる。

## 5 まとめ

我々は新国民生活指標のデータに基づいて SOM を作成し、多次元データを視覚化し、都道府県相互の特徴をつかむことができることを示した。また、マップから都道府県を複数のクラスタに分解し、特徴の似ている都道府県の分類を行った。SOM は、データに欠損があっても行うことができ、この点で通常の Ward 法などによるクラスタ分析と異なる。一般には、非常に次元数の高いデータから特徴をつかむのは難しく、134 個の個別指標から 8 つの活動領域の PLI を計算したように次元の低い幾つかの指標を平均操作によって計算するのも一つの方法である。しかし、平均化すること

により、いくつかの特徴を失ってしまうのも確かである。SOM のように高次元のデータから直接可視化を行うことができれば多くの特徴をつかむことができる。このように、多くの要素を多角的に評価し、多様な価値観による分析を行う手法として、SOM は十分機能することが明らかになった。この方法のさらなる検討を行うために、我々は、様々な社会調査に SOM を応用し、解析して行きたい。

この研究の研究費の一部は、日本私立学校振興・共済事業団からの学術研究振興資金と呉大学共同研究推進資金の援助を受けた。ここに、記して感謝する。

#### 参考文献

Kohonen T., Hynninen J., Kangas J., Laaksonen J. (1995): *The Self-Organizing Map Program Package Version 3.1*, Helsinki University of Technology.

Kohonen T. (1997): *Self-Organizing Maps Second Edition*, Springer.

朝日新聞社編 (1999): 『民力』朝日新聞社。

甘利俊一, 外山敬介編集 (2000): 『脳科学大事典』朝倉書店。

岡隆光著 (2001): 「ニューラルネットワークモデルによる社会情報過程の解析の試み」田中一編著『社会情報学』培風館, 第 11 章。

経済企画庁国民生活局編 (1999): 『平成 11 年度版新国民生活指標』大蔵省印刷局。

コホネン T. 著, 徳高平蔵・岸田悟・藤村喜久郎訳 (1996): 『自己組織化マップ』シュプリンガー・フェアラーク東京。

ザブック G., コホネン T. 編著 (1999): 『金融・経済問題における可視化情報探索』徳高平蔵・田中雅博監訳, シュプリンガー・フェアラーク東京。

田中豊, 垂水共之, 脇本和昌編 (1984): 『パソコン統計解析ハンドブック II—多変量解析編—』共立出版

田中一 (2000): 「社会情報学構成試論」第 5 回日本社会情報学会大会。

徳高平蔵, 岸田悟, 藤村喜久郎 (1999): 『自己組織化マップの応用』海文堂。