

## 中山間地域自治体の財政支出決定支援システムの開発に関する研究

### 階層型ニューラルネットワークにおける恒等写像の適用

仙北谷 康\*・松田貴幸\*\*・藤井嘉儀\*

平成7年6月23日受付

## A Study on the Development of a Supporting System for Self-Government Bodies in Middle-Mountain Areas

—Application of Identified Mapping Model of the Feed Forward Neural Network—

Yasushi SEMBOKUYA\*, Takayuki MATSUDA\*\* and Yoshinori FUJII\*

In this paper, we aim at developing a supporting system for deciding fiscal expenditures by using Identified Mapping Model of Neural Network. When we study agricultural problems of a middle-mountain area, we have to analyze them considering not only its agricultural production but also its whole life environment. Thus we noticed financial problems of self-government bodies in middle-mountain areas. Taking advantage of Identified Mapping Model, which can condense a variety of data on a specific sample, makes it easier for us to get the sample's image, and is considered to be a proper way to grasp the image of self-government bodies as a living space.

Although this report is still in the experimental stage, we already succeeded in verifying the engine part of what seems to be the most important system in proceeding with this research. Hereafter, we would like to collect data for learning based on a more realistic hypothesis, and develop a practicable system.

### 結 言

我々が中山間地域自治体の財政問題に注目するのは、中山間地域における農業の振興を図るためには、単に農業振興の視点だけでは不十分であると考えからである。現在いわゆる中山間地域といわれる自治体からの人口流

出が続いている。これに歯止めをかけるためには、単に中山間地域における農業生産が、労働生産性の向上、労働条件の改善、所得水準の向上だけではなく、中山間地域自治体が、生活の場としても魅力のあるものに改善されていく必要があると考えるのである。つまり、生活空間としての地域全体のあり方が検討され直さなければな

\*鳥取大学農学部農林総合科学科情報科学講座

\*Department of Agricultural Information Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

\*\*鳥取大学大学院農学研究科

\*\*The Graduate School of Agriculture, Tottori University

らない。

多くの場合、地域生活環境の改善のためには何らかの資金投下が必要とされることが多いのであるが、これら地域に対する民間投資という面では、リゾート開発などごく限られた地域の限られた投資を除けば、一般的に低調であり、地域社会の生活環境、労働条件の改善のためには、どうしても自治体財政が主導的な役割を担うことになる。第三セクターによる起業などもこの典型的な例といえるであろう。

地方財政に関する研究は、おもに財政制度の分析に重点が置かれている。岩本<sup>2)</sup>は国の財政措置との関係で地方財政を分析し、中山間地域の過疎化対策について言及している。また大内<sup>3)</sup>は、わが国の経済発展の現状及び歴史的背景をおさえつつ、財政・金融の両面から検討を加えている。このほか経済効果分析という点に関しては、特定の事業や経済開発が、地域経済・財政に与える影響を分析するものが多い。

しかしながら、本研究のように自治体の財政支出とその効果の関係を直接的に取り上げ、支出決定支援を行うといった視点からの研究は少ないといわざるをえないであろう。自治体の財政担当者の立場に立つならば、地域生活環境を改善していくためには、どのような財政のあり方、具体的には予算配分が必要なのかということ、経験的事実に基づきつつ具体的に指し示すことが重要であると考えられる。本研究では、自治体の財政支出決定を支援するためのシステム開発の可能性を検討する。

分析の手法としては、階層型ニューラルネットワークにおける恒等写像を援用する<sup>4)</sup>。これは、以下の3点において効果的な手法であると判断されるからである。

その第1は、エキスパートの知識を学習課程によって獲得し、これに基づいてシミュレーション分析を行うことが可能であるためである。

現在、定義上は中山間地域として一括される自治体の中でも、人口が流出し地域社会の再生産が困難になりつつある地域と、そうではない地域が混在しているのが現状であろう。このような差異は各自自治体の財政政策と密接に関連しているのではないかと考えられるのである。限られた財源をいかに配分して最大限の支出効果を得るか、これはエキスパートとしての財政担当者手腕にかかっている。自治体の予算支出の決定は最終的には市町村議会の議決によるが、予算案の大枠は、財政担当者の長年の経験によって培われた知識に基づいて作成される。具体的にはどのような事業が必要とされているのか、そのためにはどのような予算を獲得することが必要なのか

といった点である。その効果や決定の根拠を明文化することは一般的に困難であると考えられるが、ニューラルネットワークでは、実際の財政支出とその効果の関係を学習することによって、エキスパートとしての財政担当者の知識を獲得することが可能であると考えられる。

第2は、財政支出効果の非線形性を取り扱うことが可能であるという点である。

財政支出の効果は、ある一定の水準を超えると満足される効果が得られるが、それ以下では不十分な効果しか得られない、または、効果が全く得られないというように、インプット（財政支出）とアウトプット（財政支出効果）の関係に、非線形の関係が存在すると考えられる。ニューラルネットワークでは、変数間の関係に線形関係を想定せずかつ関数選択の過誤といった問題が存在しない。このため財政支出とその効果の因果関係を、よりの確に把握することが可能であると考えられる。

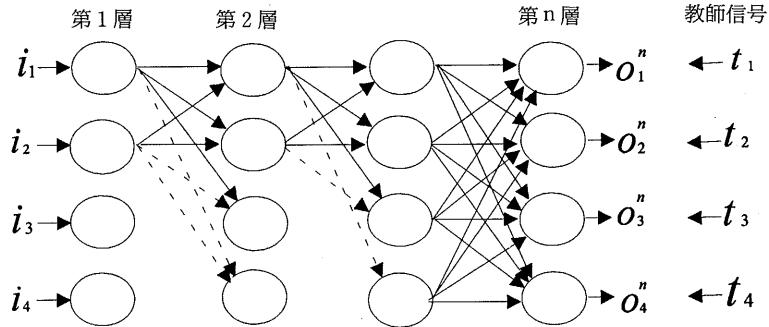
第3に、予算配分のシミュレーションにおいて、全体的なバランスを考えた支出決定が可能になるということである。

通常の予算獲得において、それぞれの部署は自らの部署に対する予算配分が最大になるように財務当局に働きかけることになるのであるが、このことは自治体全体として望ましい予算配分のバランスが実現されることを保証しない。場合によっては交渉力のある人員を要する特定の部署に対する予算が多く配分されることになるかもしれない。財政担当者としては自治体全体として予算配分を総合的包括的に分析・シミュレートする必要がある。この点においてニューラルネットワークにおける恒等写像のシミュレーションでは、文字どおり全体的かつ包括的な分析が可能である。

## 階層型ニューラルネットワークにおける誤差逆伝播法と恒等写像

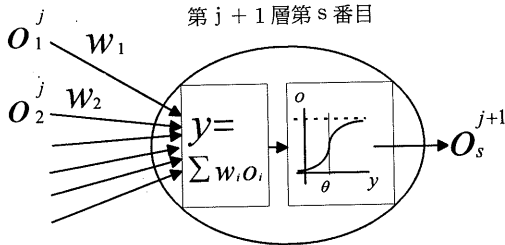
### 1. 階層型ニューラルネットワークと誤差逆伝播法

ニューラルネットワークは、生物の神経細胞がもつ情報処理原理をモデル化したものである。ニューラルネットワークは、その形態に注目して、階層型ニューラルネットワークと相互結合型ニューラルネットワークに大別される。階層型ニューラルネットワークとは、ネットワークを構成する単位（ユニットまたはノード）が複数の階層をなすように並び、一端の層を入力層、他端を出力層とする。そして、データが処理される方向が、入力層から出力層に向かって一方向に送られるようにそれぞれ



注) ユニットの結合については一部省略している。

第1図 階層型ニューラルネットワーク (feed forward neural network)



注) 添字については一部省略している。

第2図 ユニットの動作原理

のユニットが結合しているものである。これに対して相互結合型ニューラルネットワークは、任意のユニットの間に双方向の結合があるものをさし、ユニットの出力値が自らに返ってくるフィードバックの結合ももっている。本報告では、第1図に示した階層型ニューラルネットワークを用いる。

入力層以外の各層のユニットは、第2図に示したような動作を示す。前層の各ユニットからの出力 ( $o_i$ ) に重み ( $w_i$ ) 付けされた値がユニットに入力され、その合計値が一定値 (閾値,  $\theta$ ) 以下であれば、そのユニットは0 (またはそれに近い値) を、それ以上であれば1 (またはそれに近い値) を出力する。

ユニットの出力  $o$  を決定する関数を  $f(y)$  とすると、

$$o = f(y) \tag{1}$$

$$y = \sum w_i o_i \tag{2}$$

となる。

本報告では、ユニットの動作関数として、次式に示される非線形区分関数であるシグモイド関数を用いる。

$$f(y) = \frac{1}{1 + \exp\{a(-y + \theta)\}} \tag{3}$$

$a$  : 定数

階層型ニューラルネットワークは、特定の入力値に対して望ましい値 (教師信号 ( $t_i$ )) に近い値を出力するように学習するが、これは重みを修正することを通しておこなわれる。出力層の出力値と教師信号の二乗誤差をもとめ、これが一定程度にまで低下した段階をもって学習が収束したとみなす。学習の評価関数は、次式によって示される。

$$E = \frac{1}{2} \sum_p \sum_i (t_{pi} - o_{pi})^2 \tag{4}$$

上式において、添字の  $p$  は入力データのパターンを、 $i$  は、ユニットを示す。表記の簡素化のため、以下では両方とも省略する。

この二乗誤差を最小化させる方向で重みが修正され学習が進んでいくことになるが、階層型ニューラルネットワークにおける学習アルゴリズムは、誤差逆伝播法として知られている<sup>5)</sup>。

重みは、ウェイトに対して次の式によって示される誤差項に比例した値を減ずることによっておこなわれる。

出力層 ( $M$ 層) とその前の層 ( $M-1$ 層) の間の重み ( $w^{M-1,M}$ ) の場合は、教師信号を  $t$  とすると、

$$\delta = (t - o) f'(y) \tag{5}$$

中間層の場合、 $S$ 層と $S-1$ 層の間の重み ( $w^{S-1,S}$ ) の場合は、

$$\delta_{S-1} = f'(y_{S-1}) \sum_{i=1}^{N_S} w_i^{S-1,S} \delta_S \quad (6)$$

$N_S$ :  $S$ 層におけるユニットの数

上式からわかるように、 $\delta_S$ が計算によって求められれば、その前の層の誤差項である $\delta_{S-1}$ を求めることができる。誤差項の計算の始まりは(5)式である。このように、修正値が出力層から入力層に向かって、データ処理とは逆向きに確定し、伝播していくので、この学習アルゴリズムを誤差逆伝播法 (error back propagation) と呼んでいるのである。

## 2. 恒等写像

恒等写像の考え方は、教師あり学習に対する批判との関係から提出された考え方である。生物の学習過程に注目すると、あらかじめ教師信号が用意されていなくとも対象物の特徴を抽出し認識している。

このような考えの中から、Elmanらは入力と出力に同じデータを与えて、中間層に特徴抽出を行わせ、データ以外に教師信号がなくとも特徴抽出が可能であることを示した。ここでは入力層と出力層のユニット数が等しく、中間層はそれより少ないユニット数しか持たないという階層型ニューラルネットワークを用意する。これに対して入力層と出力層に、同一のパターンを与えて学習を進めると、ユニットの少ない中間層では入力パターンをより効率よく表現して出力層へ伝えなければならない。このため中間層では入力されたデータの特徴が圧縮されて認識されることになる。入力層と中間層の間の変換をコーディング、中間層と出力層の間の変換をデコーディングとみることができる<sup>1)</sup>。

## 3. 知識獲得の手順

次に本研究におけるデータ処理の具体的な手順について述べる。

### (1)生活環境評価マップの作成

地域生活環境に関する評価データにより、階層型ニューラルネットワークを用いた恒等写像によって、3次元の「生活環境評価マップ」に各市町村を写像する。

地域生活環境に関する評価データは1995年度の山陰経済経営研究所の「鳥取県の民力」<sup>9)</sup>を用いる。「民力」とは生産、消費、文化、生活環境など地域住民のもつエネルギーを総合的に捉えたものであり中山間地域自治体のイメージ評価に適するものであると考えられる。ここで

は、第1表に示した基本指数、産業活動指数、消費関連指数、生活環境指数のそれぞれ5項目、計20目で生活環境評価を行い、これを用いて中山間地域市町村の生活環境評価をする。

まずニューラルネットワークの扱える数値が0~1の間という制限があるため、民力指数をこの幅にスケールした数値パターン (自治体ごとのデータ) を用いて学習を行う。なお、生活環境評価マップの作成に用いた恒等写像モデルのユニット数は、入力層20、第2層40、第3層3、第4層40、出力層20とする。学習が完了したネットワークに対して35個のパターンを再び入力し、それぞれのパターンに対する第3層の3つのユニットのそれぞれの出力値を3次元ベクトルとして「生活環境評価マップ」にマッピングする。サンプルはクラスター分析により分類し、各クラスターを主観的にネーミングすることによって空間全体の意味付けを行う (第3図)。

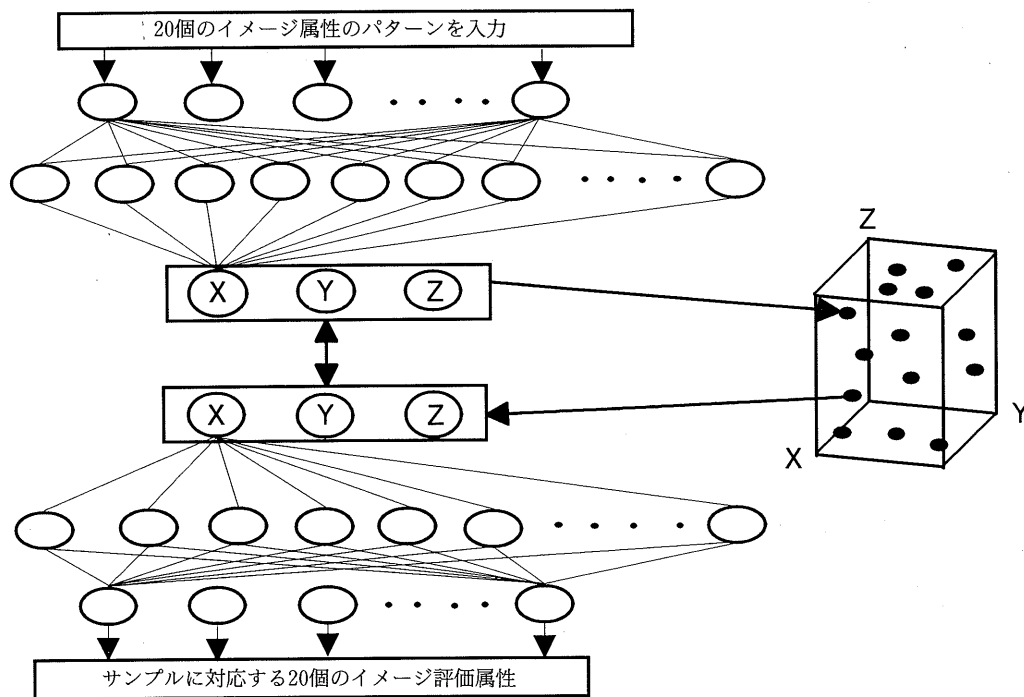
### (2)財政指標マップの作成

市町村財政の歳出項目を用いて、「財政指標マップ」を作成する。

市町村財政支出項目を性格別にみると、経常的に必要とされる義務的経費、それ以外の投資的経費、その他、

第1表 生活環境評価マップ作成に使用した指標

|        |   |
|--------|---|
| 基本指数   | ①人口<br>②生産年齢人口<br>③世帯数<br>④地方税収入<br>⑤個人所得                     |
| 産業活動指数 | ⑥農漁業粗生産額<br>⑦製造業出荷額等<br>⑧商飲食業年間販売額<br>⑨サービス業従事者数<br>⑩金融機関貸し出し |
| 消費関連指数 | ⑪小売業年間販売額<br>⑫個人所得<br>⑬金融機関預貯金額<br>⑭財政規模<br>⑮乗用車保有台数          |
| 生活環境指数 | ⑯道路舗装率<br>⑰し尿衛生処理率<br>⑱上水道普及率<br>⑲医療対応力<br>⑳顧客流出率             |



第3図 ニューラルネットワークによる生活環境評価マップの作成

諸々の経費とに大別できる。このうち投資目的である投資的経費，なかでも普通建設事業費が自治体自身で比較的自由に用途を決定でき，それぞれの自治体の特色を生じさせる要因となっていると考えられる。そこで，普通建設事業費を更に歳出の目的別に細分類し，財政イメージに寄与するデータとして設定する(第2表参照)。数値は住民1人当たり金額とした。このデータを用いて5層恒等写像モデルによる学習を行う。手順は生活環境評価マップと同じ要領であるが，学習に用いたユニット数は入力側から10，20，3，20，10とする。学習終了後，入力パターンごとの第3層のそれぞれの出力値を取り出し3次元の「財政指標マップ」に各市町村を写像する。

(3)生活環境評価マップと財政指標マップの対応づけ

生活環境評価マップ・財政指標マップで得られたそれぞれの写像データの関連を，第3のネットワークに学習させる。具体的には，各パターンごとに生活環境評価マップ上のベクトル値を入力信号，それに対応する財政指標マップ上のベクトル値を教師信号として学習を行う。学習に用いたネットワークの層数は3であり，それぞれのユニット数は，入力層側から順に3，5，3である(第

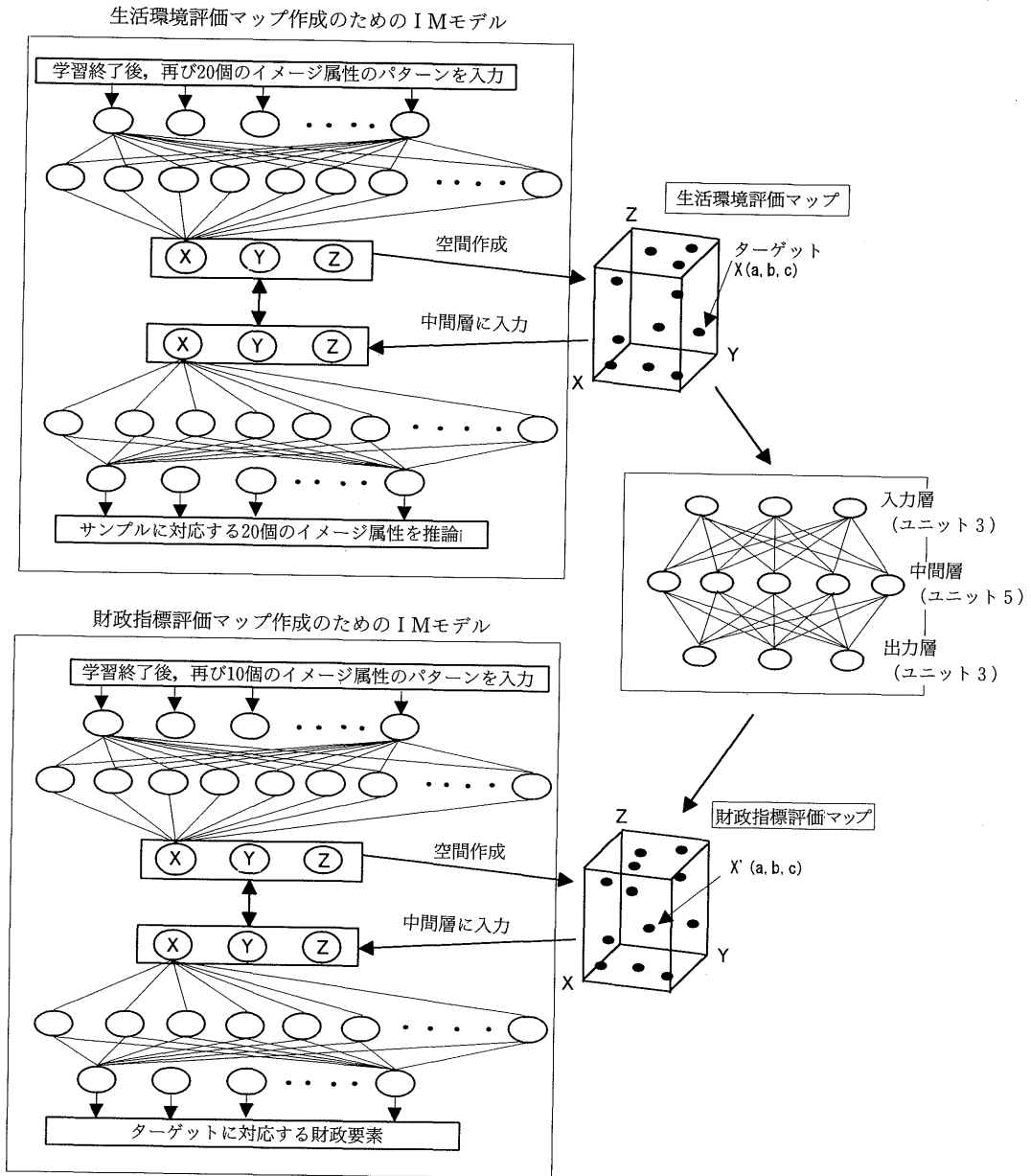
第2表 財政指標マップ作成に使用した指標

|        |
|--------|
| ①総務費   |
| ②民生費   |
| ③衛生費   |
| ④労働費   |
| ⑤農林水産費 |
| ⑥商工費   |
| ⑦土木費   |
| ⑧消防費   |
| ⑨教育費   |
| ⑩その他   |

4図参照)。

(4)ターゲットの実現

望ましい自治体(ターゲット)のイメージを，(1)で得られた生活環境評価マップ上の点として選択する。これを(3)で学習したネットワークに入力し，財政指標マップ上のベクトルを得る。これを(2)のネットワークにおけるデコード部分(第3層以降)に入力し，望ま



第4図 ターゲットから財政指標を推論するシステムモデル

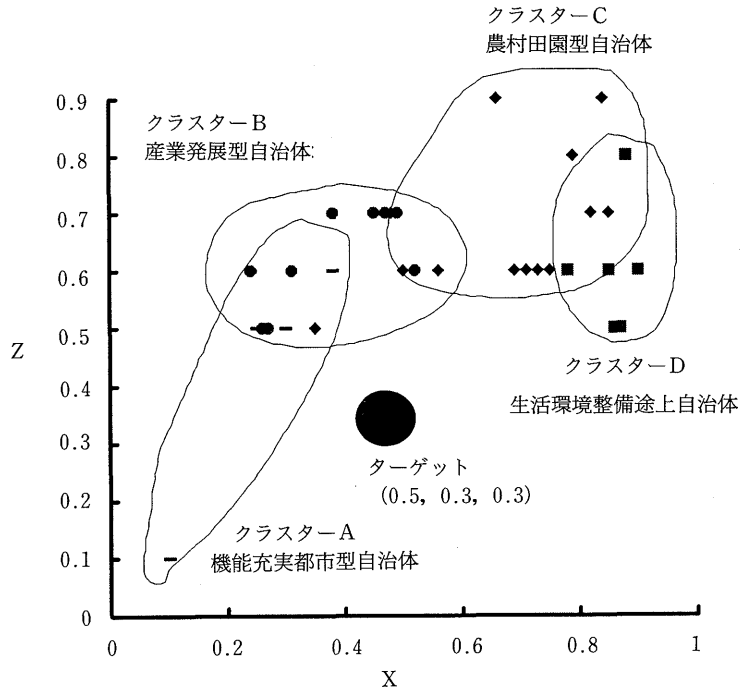
しい自治体を作り上げていくための財政指標を得る。

分析結果

分析対象自治体は、鳥取県における市以外の自治体である35町村をサンプリングパターンとして使用する。この中には定義上「中山間地域」に分類されない自治体も

若干含まれるが、とりあえず一括することにした。「民力」の数値からはほぼ近似した傾向を示していると判断される。

「民力」を用いて作成した「生活環境評価マップ」を第5図に示した。この過程で得られる指標は3つであるから本来は3次元空間にマッピングされることになるが、



第5図 ユニットXとユニットZによるクラスタリングの結果

第3表 シミュレーション結果

| 歳出項目   | 支出金額<br>(千円/人) |
|--------|----------------|
| ①総務費   | 90.9           |
| ②民生費   | 3.9            |
| ③衛生費   | 0.2            |
| ④労働費   | 0.0            |
| ⑤農林水産費 | 74.6           |
| ⑥商工費   | 0.1            |
| ⑦土木費   | 56.0           |
| ⑧消防費   | 0.2            |
| ⑨教育費   | 0.3            |
| ⑩その他   | 1.0            |

表現上2次元で示した。それぞれの自治体は同じ「民力」のデータを用いてクラスタリングされている。その結果も第5図に示されている。各クラスターは「民力」の指標を参考に、A「機能充実都市型自治体」、B「産業発展型自治体」、C「農村田園型自治体」、「生活環境整備途上自治体」と主観的にネーミングを行った。この図では、

Aは東伯町を中心とした市レベルにかなり近い民力水準をもち、逆にDはそれがやや低いグループである。なお、C、Dのクラスターは総合的な民力水準には違いがないものの、農業を中心とした産業水準にやや差がみられる。

この図から、ターゲットとする自治体のイメージの位置を決定する。ここではそれを  $(X, Y, Z) = (0.50, 0.30, 0.30)$  として設定した。このデータをもとに得られた財政指標が第3表である。我々の仮説によって自治体の生活環境が決定するのならば、理論的にはこのような財政支出構成によって、第5図にプロットした位置のような生活環境を有する自治体が形成されることになる。

総括

本報告は試行的な段階であるが、今後、財政支出決定システムを開発する上で最も重要になると考えられるシステムのエンジン部分の論理的構成の確認ができた。つまり、恒等写像によるデータ圧縮を用いて自治体を少数の指標によってとらえることに成功した。また、ターゲットとするイメージをもつ自治体を形成するための具体的な財政支出構成を得ることに成功した。今後はより現実的な仮説に基づいて学習に用いるデータを集め、実用

に耐えうるようなシステムの開発をめざしたい。

そのために検討しなければならない点を以下に示す。まず、学習に用いたデータが生活環境評価、財政指標としての確なものであるのかという点に関する吟味である。生活環境評価マップ作成にあたり県内の自治体における民力水準指数を使用したのが、イメージ把握としてはやや不十分に感じられた。今後はその自治体に居住する人やまたは第三者的な人などにアンケート調査等を実施し、自治体の生活環境評価をよりの確に評価できるような指標の作成が必要である。また同時に財政と生活環境評価の関係をよりの確に理解するために、対象とする中山間地域を整理把握し、県外周辺の自治体のデータを充実することも今後必要になろう。

このような点から、①望ましい自治体を作り上げていくためのターゲットの詳細な検討、②シミュレーションの結果として得られた財政支出構成が妥当性をもつかなど、より詳細な検討が必要になろう。この点に関しては、今後実用的なシステムを構築する上で必要とされる作業である。

このほか技術的な問題としては、ニューラルネットワークの層数及びそれぞれの層のユニット数が増加するにつれて、収束に非常に時間がかかることがある。また、それと同時に誤差局面の形状が複雑化し、極小値

にトラップされやすくなり、収束条件に達しにくくなる。

計算速度は高性能の計算機を使うことでしか改善できないが、ネットワークの構造自体も検討されなければならないであろう。安易に総数、ユニット数を増加させるのではなく、できる限りシンプルなモデルを用いて学習させることが必要であろう。

## 文 献

- 1) 麻生英樹：ニューラルネットワーク情報処理—コネクショニズム入門，あるいは柔らかな記号に向けて—。産業図書，東京(1988) pp. 82-93
- 2) 岩元和秋：現代地方財政論。新潮社，東京(1981) pp. 309-324
- 3) 北川央樹：左脳デザイン。森典彦編，海文堂出版，東京(1993) pp. 114-130
- 4) 大内力：地方財政。東京大学出版会，東京(1976) pp. 241-310
- 5) Rumelhart, D. E. et al : Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 23 (9) 33-536 (1986)
- 6) 山陰経済経営研究所：鳥取県の民力—39市町村の素顔—。山陰経済研究所，島根(1992) pp. 15-71