解説

球面 SOM の理論とクラスタ分析への応用†

大藪 又茂*1・徳高 平蔵*2・大北 正昭*3・松田 充夫*4

Self-Organizing Maps(SOM) is a useful tool to project multidimensional data into two-dimensional space. Usually two-dimensional rectangular plane has been used as SOM space because rectangle is appropriate to be seen. In this paper, the spherical SOM was studied on the basic property and its applications. It is shown how to arrange nodes on sphere and how to learn three dimensional object by the spherical SOM. Since each node of the spherical SOM is equivalent, less distorted map is expected. The comparison between conventional SOM and spherical one was shown and the feature was indicated here. A novel cluster analysis method is proposed too, where the multi-dimensional database is visualized as a graphical object, or Glyph. A tree structure dendrogram can be extracted from the object. To be compared with the usual dendrogram method, our proposed method has the corresponding visualization on the polygon surface as well as dendrogram. The spherical SOM was applied to clustering the design of handkerchief. It demonstrates that some inconsistencies which are seen on the 2D rectangular maps are removed on the spherical map. We can conclude that it should be the best way that a multi-dimensional data is expressed by a sphere where the phase relationship is smooth.

1. はじめに

科学的なデータや社会調査、医療診断データなどは、グラフや図形などの形で表示されることにより、それらのデータの構造や傾向、意味づけといったものが見る者に理解される。複雑に絡み合う膨大な情報の中から相関関係や傾向を抽出するには、それらを平面に写し出し、視覚化することが有効である。

多次元のデータを2次元平面に写像する方法として、自己組織化マップ(Self Organizing Map : SOM)が1982年にTeuvo Kohonenによって発表された。SOMは競合学習を基礎とした人工ニューラルネットワークの一種である。入力層と競合層の2階層で階層型ネットワークを構成しており、教師信号を必要としない教師なし学習を行う。SOMの学習アルゴリズムにより多次元空間で与えられた入力データの集合は、2次元の空間(マップ空間)に並べられた処理ユニット(ノード)の配列(マップ)に写像される[1]。SOMの特徴は高次元データをそのデータ空間での位相を保存し

た状態で低次元(主に2次元)に写像することである。この特徴を利用して高次元データのクラスタ分析問題への応用が広く試みられてきた[2,3]。SOMによって生成される出力空間(マップ空間)は視認性に優れた2次元長方形であることがほとんどである。その場合、ノードの位置がそのままデータ空間での密度分布を表現する点となるため、文字通りマップをそのまま入力データ集合をクラスタ分析した地図として利用できる。長方形のマップは、KohonenのSOMの発表以来、標準的な形状であり、現実にも多くの応用例はその形状で済ませてきた。しかし、この方法は視覚的には非常に優れているが、次のような問題を抱えている。第1に、マップの四隅に形成されるクラスター同士の相互関係が分からない。第2に、早くから言われていたように、四辺(境界)があるという性質は写像の形成に歪みをもたらす[1,p.118]。SOMをクラスタ分析のような入力空間でのデータ間の関係を写像するツールとして考えた場合、このような端の存在は好ましいものではない。

SOMの基本的な考え方においてはノードの配置は本来自由であり、配置の形状にとらわれるものではない。例えばRitterは非ユークリッド空間にノードを配置したSOMの応用例をすでに示している。本論文で採り上げる球面SOM(Spherical SOM : SSOM)もすでにRitterの論文の中で断片的ではあるが非ユークリッド空間でのSOMの一種として基本的なアイデアが示されている[4]。その他の先行研究を振り返ると、大藪や漆畑らは、球面の形をした3次元立体を球面

† Theory of Spherical SOM and its application to clustering
Matashige OYABU, Heizo TOKUTAKA, Masaaki OHKITA and
Mitsuo MATSUDA

*1 金沢工業大学
Kanazawa Institute of Technology

*2 (有) SOM ジャパン
SOM Japan

*3 鳥取大学
Tottori University

*4 大島商船高等専門学校
Oshima National College of Marine Technology

SOMによって表現する実例を示した[5]。その後、中塚や大藪らは、球面以外の3次元の基本的なデータ構造の近似[6,7]と多次元データの可視化[8]を通して、球面SOMの特性を調べている。その他Knopfらによる、近傍を極端に狭くした球面SOM応用例[9]や、Boudjemaiらによる3次元の物体のモデリングへ球面SOMを適用する研究などがある[10]。Knopfらの最近の研究では、多次元データを、その特徴を持った図形(glyph)を用いて表現する方法が考案されている[11]。もちろんノードの配置は、入力空間におけるデータ間の関係などから、最適な配置が考案されるべきものである。幸い現代のコンピュータおよびソフトウェアの発達は、様々なノードの配置の視覚化を可能にしてくれている。本論文では我々が取り組んできた球面SOMについて、その作成法や基本的な性質、そして応用例について示したいと思う。

2. 球面SOMの作成

ノードの配置や測度を除けば、2次元SOMと球面SOMに基本的な学習アルゴリズムの違いはない。球面SOMではノードを球面上に配列するので、マップ空間の距離としてノードの位置ベクトル間の角度(余弦)を用いるのが妥当であろう。この点が2次元SOMと異なる。球面上へのノードの配置について最も単純なのは、地球儀のように緯線と経線の交点にノードを配置する方法である[5]。この方法では、ノードの密度が均一とはならず、実用的には使いづらい。ここでは、球面上により均一にノードを配置できる代表的な測地線ドーム構造について紹介する。

ノードを均一に配置するには正多面体の頂点に配置すればよい。しかし幾何学的には正多面体は正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体、正二十面体の5種類が存在するだけで、一般にノード数が数百を要するSOMのノード配置にそのまま適用するのは難しい。そこで、正多面体を構成する正三角形を分割して、新たに生成された多面体の頂点にノードを配置する方法を採用した。このような球面に内接する三角形で構成された多面体は測地線ドーム構造(Geodesic Dome)と呼ばれている。正三角形で構成される正多面体は、正四面体、正八面体、正二十面体の3種類であるが、ここでは一般的に用いられることの多い正二十面体を分割して、準正多面体を作成した。その分割の様子を図1に示した。

(a)の三角形ABCについて、3辺を等分割し、その中点をD,E,Fとする。D,E,Fを直線で結ぶと三角形ABCは4個の正三角形に分割される(図1の(b))。ここでA,B,Cは球面に内接しているが、D,E,Fは内接

図1 測地線ドーム構造を利用して球面上の格子点を増やす過程

していないことに注目してほしい。球の中心からD, E, Fを球面に向かって投影し、球面との交点をそれぞれD', E', F'とする(図1の(c))。このような作業を20個の面に対しておこなうと、球面に内接する多面体が構成される。この例では、正二十面体から八十面体が作成されたが、注意深く見ると、頂点Cは5個の三角形に共有されているのに対し、新たに生成した頂点F' (D', E' も同じ)は6個の三角形に共有されている。このような多面体はもはや正多面体ではないために、準正多面体と呼ばれる。このような分割法では、もともとの正多面体の頂点(例えばA, B, C)が5個の三角形で共有され、新たに生成した頂点(例えばD', E', F')が6個の三角形で共有されることは、分割の繰り返しの過程では不変である。1回の分割で三角形の数は4倍になる。この点に注目すると、初期状態の正二十面体では頂点の数は $(3 \times 20) / 5 = 12$ 個であるが、生成した八十面体では5個の三角形に共有された頂点が12個、6個の三角形に共有された頂点が30個で合計42個の頂点を持つことになる。一般的に分割の回数をnとすると、頂点の数は $2 + 10 \times 4^n$ となる。この方法で得られるノード数は、それぞれ12, 42, 162, 642, 2562個といった離散的な値になる。

3. 球面SOMの性質

平面SOMで、その性質を示すために一様な密度をもつ2次元および3次元の物体を学習し近似したように[1, pp.118-123]、球面SOMに基本的なデータ構造として一様な密度を持つ物体のデータを入力し、これらを近似させた。表1に示す6つの3次元空間の図形を入力データ集合として用いた。ただし、入力データは、呈示ステップ毎に一様乱数を用いて新しく生成し

たものを使用した。

ノードを図1 (f)の測地線ドームの頂点に配列したのでノード数は642個である各データを近似した立体が計算により得られた。図2にそれらを示す。図2は参照ベクトルをデータ空間に移して見たものである。(a)は球面、(b)は球体、(c)は中空の球体、(d)は立方体の頂点、(e)は立方体の表面、(f)は立方体のそれぞれの近似結果である。

まず、Ritter[4]が示唆したように図2 (a), (e)から、球面SOMが単純な立体の表面に代表される指向性データを精度よく近似することが明らかである。比較のために、同じデータを長方形のSOMにも入力してみると図3のような結果が得られる。(a), (c)は球

図3 球面SOMと長方形のSOMによる指向性データの近似

表1 図形と入力データ集合の対応

図形	入力データ集合
球面	原点を中心、直径を 2.0 とした球体の表面の点の集合
球体	原点を中心、直径を 2.0 とした球体の中身の点の集合
中空の球体	原点を中心、直径を 2.0 とした球体の中身の点の集合から直径を 1.2 とした球体の中身の点の集合を取り除いた集合
立方体の頂点	原点を中心、一辺を 2.0 とした立方体の頂点の集合
立方体の表面	原点を中心、一辺を 2.0 とした立方体の表面の点の集合
立方体	原点を中心、一辺を 2.0 とした立方体の中身の点の集合

面SOMによる結果の再掲である。(b), (d)が長方形のSOMによる結果である。長方形のSOMでは4隅にあたるノードの参照ベクトルの間に、空隙ができており、近似が十分でないことがわかる。

次に、入力データが分布する空間の中心から見て対称的な位置にあるデータ同士を対称的な位置にあるノードが受け持っていることがわかる。例として図2 (b) (c)の断面図を図3 (a) (b)に示す。図4 (a)が球体の近似結果の断面図、(b)が中空の球体のそれである。

いずれの結果も原点を囲むように、図形が近似されている。反対側に位置するノード同士が、互いに反対方向に延びる参照ベクトルを持っている。このことは、球面SOMが点対称性を持つデータ構造に対して、有効であることの示唆を与えている。そのことから、何らかのデータ構造から、対称性を抽出するための方法として球面SOMを考えることもできるだろう。

次に立方体の8個の頂点を学習させて、長方形SOMと球面SOMとの比較をおこなってみる。結果を図5に示した。立方体の頂点Aに注目すると、AはB, C, Eと隣り合っている。平面SOMではAはC, B, Fと隣り合っており、データ空間での位置関係が壊れている。一方球面SOMでは確かにAの隣にC, B, Eが隣り合っており、その位置関係が保存されていることがわかる。このように径方向にデータが分布している場合には、やはり球面SOMの方に有利な点があるといえる。

図2 球面SOMによる3次元図形の近似結果

図4 球体と中空の球体の近似結果の断面図

図5 立方体の8個の頂点を平面SOMと球面SOMで近似

4. 球面SOMの応用

4.1 球面SOMを用いたクラスタ分析

よく知られている表2の集合を考える。このままでは表の動物ラベル間の関係は正確には分からないがこれに平面SOM法を用いれば図6のようなマップが作成される。この場合、クラスタ間にはっきりと黒く境

界が仕切られるので鳥類草、食動物、肉食動物、等の分類が可能になる。これらのデータについて、球面SOMを用いてさらに分析をすすめてみた。その中で、データ間の位相関係を球面上に表現し、それらのデータ群を樹状図で表現する新しい分析方法を試みる。樹状図では、サンプル同士が類似しているか、していないかという尺度で測られて、類似しているもの同士が組にされグループとして表現される。さらにグループ同士も同様に組にされ、より大きなグループとして表現される。

表2と同様の16種類の動物をサンプルとして球面SOMで球面上に写像すると図7のようになる。図では球面の半面だけが見えている。黒点がサンプルの像を表し、その傍の文字列がそのサンプルの名前を意味している。ただし、裏側の半面に写像されて図では隠れているサンプルもある。また、平面SOMと同様に面上の濃淡は、暗い部分が壁を、明るい部分が谷をそれぞれ示している[12]。例えば、鳥類と哺乳類の間の

図6 平面SOMによるクラスタ分析の結果

表2 16種類の動物とその16属性 [2]

		ハト	メンドリ	アヒル	ガチョウ	フクロウ	タカ	ワシ	キツネ	イヌ	オオカミ	ネコ	トラ	ライオン	ウマ	シマウマ	ウシ
状態	1 小さい	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	2 中くらい	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	3 大きい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	4 夜行性	0	0	0	0	1	0	0	0.5	0	1	0.5	0.5	0	0	0	0
所有	5 2本足	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 4本足	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	7 髪あり	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	8 有蹄類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	9 タデガミ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
	10 羽あり	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11 縞あり	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
傾向	12 狩猟	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
	13 走る	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
	14 飛ぶ	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15 泳ぐ	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
食生活	16 草食性	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

暗い部分は両者の間の距離が遠いことを意味している。

ここでマップ上のサンプルの位置情報そのものをクラスタ分析にかけると考えてみよう。通常のSOMでは平面のマップが端を持つため、例えば、隅のクラスタと中心のクラスタでは、前者に比べ後者の方で隣り合うクラスタが多くなる。こうした歪みは、クラスタ分析においてはノイズになる。端の存在しない球面SOMは、それらの歪みは低減される。

以下はこの分析法の基本的な分析手順である。

- (i) まず、データ群(表2)を球面SOM(半径1の球面)アルゴリズムに入力する。ここでもマップ上の距離はU-マトリクス法(UMM: Unified distance-Matrix Methods) [12]を用いてノード間のユークリッド距離をグレースケール形

式で表現する。

こうしてマップ上の暗い部分が壁、白い部分が谷を意味する(既に図7で示している。図中左側がほ乳類、右側が鳥類)。

- (ii) 次に、距離重視型のマップに変形する(図7(b))。最も暗い部分が半径1、最も明るい部分が0.5となるように壁を強調した3次元図形マップ(図7(b))を作っている。
- (iii) 3次元図形マップから像の間の距離を得る(図8(a))。この手順は球面が変形しても、つまりGlyph値を分析手順(ii)で0-1まで変化しても同様に計算する。
- (iv) サンプル間の距離を(iii)の方法で計算しクラスタ分析にかけると樹状図が作成される(図8(b)では群平均法の結果を示す)。

図7 (a) 16種類の動物に対する球面SOMの分析結果. (b) 球面SOMによるクラスタ分析処理のプロセス. Glyph値(球面ひずみ値)は0.5

図8 (a) ノードLからノードHまでの距離の計算法. 点線はL-H間の弧. 実線は選ばれたノード間の2等分線. (b) 16種類の動物に対するクラスタ分析の結果(群平均法)。

図9 左側の樹状図で誤分類された ver_19, 38, 23, 34, の位置を見るために Glyph 値を 0 に下とし, ver_19 辺を中心に見た図. gnc_20 が ver に誤分類されたとすれば境界は ver_23 と gnc_35 間に移動する. また, ver_34 と gnc_27 の間にも境界が引ける. クラス境界に接近しているサンプルの位置条件のみが最適化決定境界に影響する仮定のもとに計算した境界を実線で引いた. 境界上の b0 から b4 は境界を引くために計算した点である. なお, ver (vergicolor), gnc (virginica) はアヤメデータの略語である. また, ver_19 と gnc_20 は学習回数を増加することで分離出来る [13].

以下にこの方法で得られた結果の利点をアヤメのデータ [13] を用いて図 9 に示す [14, 15]. 図 9 の左側は Glyph 値を 1 までに球を変形して得られた樹状図である. しかし右側ではこの変形球を元の球に戻して誤分類された位置を球面上で確認出来, 新たな境界を図 9 のように引くことが出来る. 今までの多変量解析では樹状図と言う 1 次元表示で結果の分類をおこなっていた. しかし, 位相関係を正確に表示出来る球面 SOM での球面という可視化と合わせることで, 樹状図をより有効に利用でき, 本手法の使用が推奨される. これが樹状図つまり 1 次元表示だけで結果を表示する従来の方法とは根本的に異なり, 信頼性が大幅に増加するので本手法の応用が期待される.

4.2 画像データのクラスタ分析

球面 SOM をハンカチという色彩と柄を持った画像データに対する感性評価値に適用した例を示す. このハンカチの感性評価の研究の基礎は, もともと小松と

亀井によるものである [16]. 小松と亀井は, ファジィ数量化理論を手法として用いていたが, Fukuoka らは小松と亀井らの方法を利用し, 同様な素材に対して SOM を適用した [17].

ハンカチに対してのそれぞれの印象や感性の項目を QDA 法 [17] で数値化し, ハンカチ固有の多次元データを生成することができる. 5 項目 (明るいー暗い, やさしいーきつい, 軽いー重い, 女らしいー男らしい, 派手なー地味な) の評価値を入力データの要素として用いた. よって, それぞれのハンカチにつき 5 つの評価値 (すなわち 5 次元データ) が得られた.

34 枚のハンカチのデザインに対する評価実験から得られた 5 次元データを, 平面 SOM と球面 SOM のそれぞれに入力し比較した.

図 10 は平面の SOM のマップ (a) と球面 SOM のマップ (b) (c) を示している. 図の (b) と (c) は一つの球面マップを 2 つの正反対の方向から眺めたものである. 左の図 (b) では全ての評価値が 1 に近かった 16 番の

図 10 ハンカチの評価に対する平面の SOM と球面 SOM によるクラスタ分析

ハンカチに焦点を当てている。便宜上、この16番がラベル付けされた場所を「北極」と呼び、その反対側の点を「南極」と呼ぶ。北極と南極の間にある仮想の円を「赤道」と呼ぶ。左の図(b)では赤道付近のデータも表示されている。図10の結果から球面SOMと平面のSOMを比較する。まず平面のSOMのマップの四隅に注目する。四隅には左上隅から時計回りで16, 4, 34, 33番のハンカチがラベル付けされている。

16番の評価値はすべての項目で1に近いのに対して、34番の評価値はすべて0に近い。このように、対照的な評価をされたハンカチ同士が対角にあることで、平面マップが直観的で分かりやすいと言える。しかし、もう一つのペアにおいては評価がそれほど対照的ではない。16番と34番がラベル付けされたノードの参照ベクトル間のユークリッド距離が2.05となっているのに対し、4番と33番の間では0.72となっている。4番と33番はもっと近くにラベル付けされるべきであろう。

一方、球面SOMでは上記のような距離のひずみが改善された。球面マップ上でも16番と34番はそれぞ

れ北極と南極付近にラベル付けされており参照ベクトルの違いがマップ上での位置関係に反映されている。しかし4番と33番については対極になるようにはラベル付けされていない。両者とも赤道付近にあり、位置関係については両者の最整合ノードの間の距離が、16番と34番の間ほどは長くなく、より適切な長さとなっている。次に球面マップの赤道付近に形成されたクラスタの関係について考察する。赤道付近に並ぶクラスタにラベル付けされたハンカチは、平面のマップの右上から左下への対角線上にラベル付けされたハンカチと一致している。それらのハンカチは2, 4, 13, 33番である。図10(a)の中では、それらを右上から順に4→13→2→33と辿ることができる。しかしながら、平面のマップでは、4番と33番の間の直接的な関係を見いだすことはできない。一方、図10(b)の球面マップの赤道上では4→13→2→33→4というループを発見できる。このようにループを辿ることができることは球面マップの利点と言える。球面マップを注意深く観察することにより、従来の平面SOMで隠れていた情報を読み取ることができた。

5. まとめ

球面SOMと平面SOMをクラスタリングへ応用した場合について比較をおこなった。平面SOMではクラスタを区別するのはUMMによる壁とマップ自体の端であるが、これに対して球面SOMではクラスタの形成にはマップの端が関与しない。ハンカチの図柄のクラスタリングで示したように、球面SOMではすべてのクラスタが比較的矛盾の少ないように配置された。マップの端に制約されない球面SOMの効果がよく示された例と言える。さらに、Glyph図で表現されるようなSOM上でのノードの位置情報も樹状図と組み合わせることによりクラスタリングに使用できることが示された。

すべてのSOMがそうであるように、可視化がうまくいくかどうかは、対象とするデータの構造に大きく依存する。しかし、データ構造自体が解析前に明瞭でない場合も多く、そのような多次元データに対しても球面SOMの特徴を生かせるものとする。

参考文献

- [1] T. Kohonen 著, 徳高平蔵, 大藪又茂, 堀尾恵一, 藤村喜久郎, 大北正昭 監修, “自己組織化マップ” 改訂版, シュブリンガー・フェアラーク東京, 2005
- [2] 徳高平蔵, 岸田悟, 藤村喜久郎 著, 自己組織化マップとその応用, シュブリンガー・フェアラーク東京, 2007
- [3] 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 岸田悟 著, 自己組織化マップ

- の応用, 海文堂出版, 1999
- [4] Helge Ritter, Self-Organizing Maps on non-euclidean Spaces, in Kohonen Maps, Erkki Oja and Samuel Kaski editors, Elsevier, pp. 97-110, 1999,
 - [5] 漆畑喜代裕, 大藪又茂, 球面SOMの作成とその性質, 第17回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 千葉, pp. 339-342, 2001
 - [6] Matashige Oyabu, Urushibata Kiyohiro, Development of Spherical SOM and its Property, in Proceedings SCI 2002, 2002
 - [7] Daisuke Nakatsuka, Matashige Oyabu, Application of the Spherical SOM, in Proceedings SCIS & ISIS 2002: Joint 1st International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 3rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems, Tsukuba, Japan, 24Q4-5, 2002,
 - [8] Daisuke Nakatsuka, Matashige Oyabu, Application of the Spherical SOM in Clustering, Proceedings of WSOM'03: Workshop on Self-Organizing Maps, Hibikino, Kitakyusyu, Japan, pp.203-207, 2003
 - [9] George K. Knopf, Archana Sangole, Scientific data visualization using three-dimensional self-organizing feature maps in Proceedings IEEE Conference on SMC: Systems, Man and Cybernetics, pp.759-764, 2001
 - [10] Farid Boudjemaï, Philippe Biela Enberg, Jack-Gerard Postaire, Self Organizing Spherical Map Architecture, in Proceedings WSOM '03: Workshop on Self-Organizing Maps, pp.197-202, 2003
 - [11] Archana Sangole, George K. Knopf, Visualization of randomly ordered numeric data sets using spherical self-organizing maps, Computers and Graphics 27, pp. 963-976, 2003
 - [12] Alfred Ultsch, G. Guimarães, D. Korus, H. Li, Knowledge Extraction from Artificial Neural Networks and Applications, in Proceedings TAT/WTC 93: TAT & World Transputer Congress 93, Germany, Aachen, Springer, pp.194-203, 1993
 - [13] Fisher R. A., The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems, Annals of Eugenics, Vol.7, pp.179-188, 1936
 - [14] 中塚大輔, 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 大北正昭, 球面SOMを用いたクラスタ分析, バイオメディカル・ファジィ・システム学会, 第17回年次大会講演論文集, pp.153-156, 2004
 - [15] 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 大北正昭, 球面SOMを用いたクラスタ分析, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 8, pp.29-39, 2006
 - [16] 小松由香, 亀井且有, 感性工学にもとづくハンカチデザインの評価, 電学論C, 117 巻7号, pp.934-939, 1997
 - [17] Kensuke Fukuoka, Matashige Oyabu, Kansei Evaluation Model Developed by Self-Organizing Map, in Proceedings WSOM '03: Workshop on Self-Organizing Maps, Hibikino, Kitakyusyu, Japan, pp. 150-154, 2003
- (2007年8月31日 受付)
- [問い合わせ先]
〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1
金沢工業大学
大藪 又茂
TEL: 076-248-8904
FAX: 076-294-6713
E-mail: oyabu@neptune.kanazawa-it.ac.jp

著者紹介

おおやぶ またしげ
大藪 又茂 [正会員]

1976年東京大学工学部工業化学科卒業。1981年東京大学大学院修了し工学博士。1981年島津製作所に入社し三条工場、秦野工場勤務。1998年金沢工業大学教授。現在バイオ化学科教授。日本知能情報ファジィ学会、日本表面科学会、日本化学会、日本分析化学会、日本工学教育協会各会員。

とくたか へいぞう
徳高 平蔵 [正会員]

1960年大阪大・理・物理卒。同年松下電器産業（株）入社。英国、カナダに留学後、2003年3月まで鳥取大学工学部電気電子工学科教授。2003年4月より有限会社SOM ジャパン役員。現在、代表。理学博士。Ph.D. 自己組織化ニューラルネットワークの応用を目的とした研究に従事。バイオメディカル・ファジィシステム学会、日本知能情報ファジィ学会、他の会員。著書：「自己組織化マップの応用」（株）海文堂出版、「自己組織化マップとその応用」シュプリンガー・ジャパン（株）、訳書：コホネン著「自己組織化マップ」シュプリンガー・ジャパン（株）、他多数。

おおきた まさあき
大北 正昭 [正会員]

1968年3月大阪府立大学大学院工学研究科電気工学専攻修了。同年4月鳥取大学工学部電気工学科助手。1993年4月工学部電気電子工学科教授。現在に至る。工学博士。電力系統の安定度、自律移動ロボットの走行制御、自己組織化マップ（SOM）の工学への応用、等の研究に従事。電子情報通信学会、日本ロボット学会、日本知能情報ファジィ学会各会員、IMACS学会等の会員。

まつだ のぶお
松田 充夫 [正会員]

1976名古屋工業大学・工・工業化学卒。1978名古屋工業大学・修士課程。2001名古屋工業大学・博士後期課程修了。・東海興業、松田技術士事務所、大阪樟蔭女子大学・大同工業大学（非）講師などの後、現在は島商船高等専門学校情報工学科教授を経て電子機械工学科教授。博士（工学）、技術士（情報工学）。Helsinki University of Technology (HUT) 在外研究員。カオス・フラクタル理論の応用、自己組織化マップの画像処理への適用研究に従事。著書「Fortran90による数値計算法」、共著に「改定化学工学プログラミング演習」、「マネジメント情報とインターネット」。日本知能情報ファジィ学会、情報処理学会、日本技術士会などの会員。