

自己組織化モデルを用いた都市の分類と 都市計画論への応用について

日大生産工(院)	○ 高橋 優太
日大生産工	黒岩 孝
日大生産工	大内 宏友
日大生産工	松原 三人

1. はじめに

最近、地方小都市の開発において、その地域に特化した都市計画論の導入が行われている。その場合、対象となる地域の特性を、精密かつ詳細に解析する必要がある。これまで、地方小都市の地域の特性と、都市計画における指標との関係を明らかにするため、例えば、主成分分析とクラスター解析を併用した、都市の類型化に関する研究が報告されている^[1]。しかしながら、数多くの調査項目に対する結果から、特徴的な傾向を的確に判断し、二次元空間上に表現するには、解析を行う側に、かなりの経験が要求される。また、それに伴い、得られた結果が、直接、どの調査項目の影響を受けているか判断するのが難しいという問題点がある。

一方、多次元の調査項目を持つ、複数の解析対象における類似性を、人間の感覚に近い形で二次元平面上に表現できる、自己組織化マップ(Self-Organizing Map, 以下SOMと略)^[2]が注目されている。SOMは、類似する特徴を持つものを近くに、そうでないものを離れた位置に配置する「二次元的なマップ」を生成するが、その出力は視認性に優れ、解析対象の相互関係が直感的にわかりやすい^[3]。そこで本研究では、SOMを用い、地方小都市を類型化する手法について検討を行う。更に、ある調査項目を故意に除外してSOMを適用する事で、項目の選び方が類型化の結果に及ぼす影響について検討を行う。また、本方法の都市計画の分野への応用の可能性についても述べる。

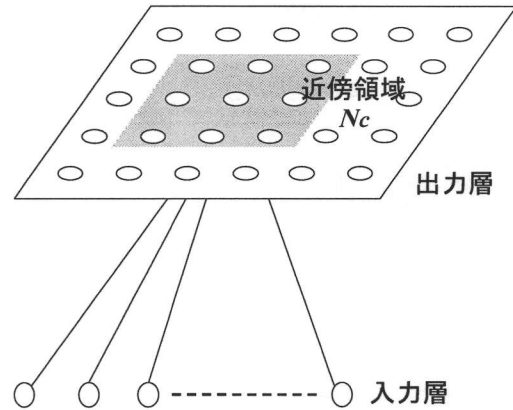


図1 SOMの概略図

2. 解析法^[4]

図1に、SOMの概略図を示す。SOMは階層型ニューラルネットワークで、入力層と出力層からなる2層構造である。入力層には、 n 次元の入力ベクトル $x[t]$ ($t=0, 1, \dots, T$)を入力する。ここで t は学習ステップであり、 T は学習回数を表す。出力層には、 n 次元の参照ベクトル $m_i[t]$ ($i=0, 1, \dots, L$)が格子状に配置されている。 $m_i[t]$ の更新は、次式により行う。

$$m_i[t+1] = m_i[t] + h_{ci}[t]\{x[t] - m_i[t]\} \quad \dots (1)$$

ただし $h_{ci}[t]$ は近傍関数で、次式で表される。

$$h_{ci}[t] = \begin{cases} \alpha_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) & (i \in N_c) \\ 0 & (i \notin N_c) \end{cases} \quad \dots (2)$$

N_c は近傍領域で、 $m_c[t] = \min |x[t] - m_i[t]|$ を囲む様な範囲とする(ただし領域の大きさは、 t に対して単調減少させる)。また、 $0.2 \leq \alpha_0 \leq 0.5$ とする。

On the classification of the city by using self-organization model and application to the city planning

Yuta TAKAHASHI, Takashi KUROIWA, Hiroto OUCHI and Mitsuhiro MATSUBARA

参照ベクトル $m_i[t]$ に適当な初期値を与え、式(1)及び(2)を用いて繰り返し更新を行う事で、参照ベクトル $m_i[t]$ の値は一定値に収束し、入力ベクトル $x[t]$ の値に近づく。このとき、各参照ベクトルについて、互いに類似した値のものが近くに、そうでないものが遠くに配置される様、出力層の「二次元的なマップ」が作成される。そのため、出力層の結果を調べる事で、入力ベクトルの分類が可能となる。

3. 結果

表1に、検討を行った101の地方小都市と、10個の項目に対する観測データを示す^[1]。ここでは便宜上、各都市に番号を割り振っている。以下では表1に示した観測データを、そのまま入力ベクトルとし、SOMに入力することで、都市の分類が可能であるか検討する。ここで、出力層における参照ベクトルの配置は、横30×縦24の格子状とした。

図2は、表1の入力データに対する、SOMの出力結果である。同図中の六角形は参照ベクトルの位置を表し、その色は参照ベクトル間の距離を表す。すなわち、色が白いほど距離が小さく、黒い場合は距離が大きくなる。また、同図中の数字は、各都市に割り振った番号を表す。番号が記載されている場所は、参照ベクトルが、入力ベクトルの値に収束した箇所を示している。その配置には、かなり偏りがあることがわかる。

表2は、図2の結果を用いて、目視により都市を分類した結果である。一方、表3は、主成分分析を用いて都市を分類した結果を示す。

表1 観測データ

	高速交通	可住地面積比率	30km圏内圏域人口ポテンシャル	投資的経費変化率	市街地指数変化率	第3次就業人口比率	広域型公共設備	人口増減率	従属人口指数変化率	一人当課税所得額	
1	黒石市	8	33.5	3.9	0.63	2.88	1.23	3	4.04	0.97	6.48
2	五所川原市	5	63.2	2.1	0.8	2.74	1.32	6	0.84	0.91	6.74
3	十和田市	24	47	1.3	0.75	4.13	1.29	9	20.38	0.96	8.14
4	大船渡市	0	17.2	0.9	0.82	2.99	1.14	5	-2.45	0.92	8.69
5	水沢市	68	75.7	1.5	1.13	2.00	1.16	6	20.56	1.08	9.42
6	花巻市	78	41	1.1	0.81	15.53	1.25	9	10.6	1.09	9.27
7	北上市	62	46.4	0.0	0.82	4.99	1.27	9	30.86	1.07	9.16
8	久慈市	0	17.1	0.0	0.78	1.33	1.33	5	3.22	0.86	8.04
9	江刺市	93	45	2.1	0.97	0.00	1.34	2	-9.8	1.16	6.47
10	古川市	40	90.5	0.0	0.87	3.44	1.2	5	22.3	1.05	16.07
11	気仙沼市	0	28.2	0.4	0.79	2.02	1.19	5	3.66	0.94	8.98
12	白石市	28	32.4	2.4	1.27	1.66	1.26	4	2.8	1.12	8.72
13	名取市	49	67	9.8	0.95	44.99	1.35	6	31.55	0.95	10.78
14	角田市	46	60.7	0.9	0.72	1.33	1.45	2	13.67	1.17	8.69
15	本荘市	24	36.9	0.0	0.84	4.05	1.11	5	15.09	1.14	9.2
16	男鹿市	0	41.6	1.0	0.85	0.00	1.3	4	-16.17	0.98	7.17
17	湯沢市	3	32.9	0.2	0.79	1.23	1.15	7	-6.14	1.09	7.62
18	大曲市	27	74.2	0.2	0.87	1.72	1.21	4	0.8	1.09	8.63
19	紫河江市	60	50	2.9	0.99	1.94	1.32	3	9.12	1.11	9.39
20	上山市	84	32.6	2.9	0.71	1.83	1.36	5	-0.31	1.17	8.76
21	村山市	44	45.1	2.2	1.4	2.65	1.35	4	-7.45	1.21	9.28
22	梶井市	63	34.8	1.0	1.07	2.86	1.19	4	0.1	1.18	7.87
23	天童市	62	66.6	3.3	0.7	5.99	1.28	7	28.11	1.13	10.13
24	寒根市	46	36	2.9	1.17	0.82	1.13	3	9.3	1.13	9.29
25	原町市	0	41.6	0.2	0.82	2.99	1.24	4	20.72	1.09	9.53
26	須賀川市	41	69	2.6	0.81	2.18	1.27	8	12.9	0.98	9.11
27	喜多方市	2	46.9	0.7	1.16	1.11	1.17	5	-2.77	1.17	8.62
28	相馬市	0	45.2	0.4	0.87	2.27	1.26	4	5.23	1.06	8.46
29	二本松市	41	52.2	3.1	1.39	1.90	1.2	2	5.31	1.01	9.62
30	小千谷市	46	55.6	1.9	0.79	1.21	1.28	3	-2.57	1.15	9.5
31	十日町市	38	36.9	0.2	0.75	1.05	1.56	4	-6.73	1.11	8.29
32	見附市	43	64.2	4.4	0.77	4.17	1.37	3	5.01	1.07	8.95
33	村上市	0	20.6	0.0	0.63	2.16	1.03	3	-1.16	1.11	9.53
34	燕市	41	100	4.3	0.89	0.83	1.48	4	3.45	0.93	10.73
35	糸魚川市	8	22.4	0.0	0.49	1.53	1.27	6	-11.32	1.14	9.45
36	五泉市	59	58.4	4.4	1.65	1.70	1.43	4	0.94	1.04	8.33
37	白根市	44	100	5.1	1.13	3.41	1.37	2	9.73	1.13	8.7
38	豊栄市	40	99.5	4.4	0.65	17.37	1.56	2	43	1.01	8.6
39	魚津市	31	39.1	2.3	0.69	1.85	1.26	5	5.07	1.05	11.93
40	水見市	28	41.3	3.7	0.79	1.33	1.36	4	-0.19	1.14	9.87
41	滑川市	33	87.4	3.9	0.81	1.37	1.24	4	2.9	1.11	11.08
42	砺波市	33	81.3	3.8	1	0.00	1.46	4	8.96	1.21	11.43
43	輪島市	0	22.5	0.0	0.59	1.17	1.41	6	-10.36	1.05	7.98
44	加賀市	33	54.7	1.5	0.68	8.51	1.36	5	22.44	1.04	11.05
45	松任市	33	99.5	3.8	0.07	3.76	1.41	9	86.96	1.08	11.91
46	小浜市	0	17.9	0.0	1.12	1.06	1.3	5	0.21	1.06	9.59
47	大野市	30	19.1	1.5	1.71	1.38	1.32	7	-2.96	1.08	9.3
48	新江市	31	62.4	2.6	0.84	3.16	1.31	4	18.38	1.01	12.29
49	富士吉田市	9	15.1	1.7	0.58	1.35	1.38	5	9.51	0.84	10.85
50	都留市	12	15.8	1.6	0.87	1.54	1.27	3	8.71	0.89	10.11
51	山梨市	12	59.7	3.0	0.8	1.10	1.3	2	8.54	1.05	9.26
52	大月市	11	12.6	1.0	0.92	3.32	1.37	4	-5.2	0.94	10.82
53	小諸市	0	65.5	0.7	0.86	2.60	1.32	8	14.82	1.09	10.49
54	伊那市	12	41.7	1.1	0.91	2.03	1.27	5	15.88	1.1	11.59
55	駒ヶ根市	8	27.8	0.8	0.55	2.73	1.32	10	13.34	1.08	11.48
56	中野市	0	64.8	2.4	1.13	5.42	1.23	7	10.09	1.06	9.7
57	大町市	2	30.8	0.1	0.71	1.83	1.35	6	-0.95	1.16	10.72
58	茅野市	34	26.7	1.8	1.12	6.32	1.45	9	38.3	1.03	12.31
59	塩尻市	34	37.9	2.8	1.1	17.88	1.4	9	35.65	1.05	11.71
60	倉吉市	5	40.1	0.0	1.27	3.13	1.2	9	4.44	1.16	8.96
61	境港市	24	98	2.0	0.6	2.72	1.11	3	9.19	1.04	9.39
62	益田市	0	26.8	0.0	0.71	1.45	1.25	4	4.68	1.09	8.7
63	大田市	0	22.6	0.3	1.17	1.78	1.28	5	-3.33	1.13	7.94
64	安来市	25	54.3	2.9	1.06	1.06	1.33	7	5.34	1.19	9.46
65	平田市	22	36.3	1.5	0.67	2.69	1.34	3	-2.94	1.05	8.2
66	井原市	40	46.4	4.7	0.57	1.89	1.38	5	-4.61	1.1	9.82
67	総社市	91	34.5	9.1	0.52	2.40	1.45	7	22.49	1.08	10.44
68	因島市	51	66.6	3.2	0.69	0.54	1.38	1	-21.78	1.12	7.12
69	府中市	51	25	3.8	0.63	1.95	1.32	4	-9.28	1.01	11.4
70	三次市	5	32.7	0.1	1.09	1.17	1.24	4	9.11	0.99	10.42
71	大竹市	56	24.2	5.6	1.04	0.27	1.32	2	-11.68	1.32	11.48
72	柳井市	60	40.5	1.4	1.05	1.01	1.2	4	-3.74	1.09	9.67
73	善通寺市	31	75	2.5	0.73	1.52	1.19	7	8.99	1.07	10.45
74	観音寺市	12	77	1.1	0.47	1.15	1.18	3	5.42	1.12	9.67
75	大洲市	0	29.5	0.3	1.03	2.07	1.32	4	6.77	1.01	7.58
76	川之江市	12	40.1	1.7	0.97	3.25	1.24	3	12.57	1.07	10.19
77	伊予三島市	22	15	1.7	0.65	3.58	1.22	3	0.74	1.01	10.36
78	土佐市	24	44	3.0	0.52	1.53	1.42	4	5.55	1.12	7.18
79	須崎市	0	26.1	1.3	0.95	2.52	1.24	2	-2.43	1.08	7.47
80	中村市	0	19.3	0.2	0.81	2.30	1.33	3	6.68	1.09	7.87
81	柳川市	14	99.7	5.7	0.9	0.90	1.28	0	-4.36	0.97	7.9
82	甘木市	34	40	4.9	0.67	1.70	1.3	4	-0.52	1.13	9.28
83	筑後市	17	99.8	6.0	0.96	1.48	1.28	4	13.3	0.99	9.09
84	大川市	14	100	5.7	0.82	0.79	1.28	3	-11.49	0.93	9.44
85	行橋市	52	82.1	2.6	0.75	4.85	1.18	4	37.35	1	9.57
86	豊前市	42	39.2	1.7	0.83	1.13	1.26	3	-3	1.17	8.6
87	小郡市	55	93.2	11.8	0.63	10.61	1.31	3	54.64	0.97	11.41
88	筑紫野市	56	48.1	15.2	0.7	5.25	1.24	6	80.94	1	11.82
89	宗像市	71	62.2	18.3	1.06	0.00	1.47	9	133.22	1.14	11.49
90	鳥栖市	55	67.8	12.7	0.92	2.67	1.25	6	17.96	0.99	10.71
91	伊万里市	12	47.9	2.3	0.73	2.44	1.29	3	-1.1	1.09	7.51
92	武雄市	34	45.2	2.7	0.7	1.04	1.28	4	-2.51	1.03	8.43
93	鹿島市	12	53.2	2.2	1.26	1.99	1.24	4	-3.21	1.02	7.49
94	玉名市	28	74.4	5.0	1.06	2.42	1.21	4	6.1	1.06	8.14
95	本渡市	0	38.1	0.0	1.03	1.82	1.27	6	4.84	1.03	7.85
96	山鹿市	30	59.9	3.9	0.6	1.99	1.21	3	5.74	1.07	7.88
97	宇土市	30	61.8	4.7	0.69	1.97	1.42	4	6.59	0.97	7.48
98	西部市	24	23	1.3	0.67	0.00	1.28	3	-3.95	1.03	9.96
99	出水市	0	28.2	3.0	0.75	0.00	1.25	5	3.57	1.07	6.94
100	指宿市	22	48.3	0.4	0.88	2.19	1.28	3	1.7	1.05	6.34
101	国分市	34	38	2.6	0.93	0.00	1.28	8	56.6	0.88	8.05

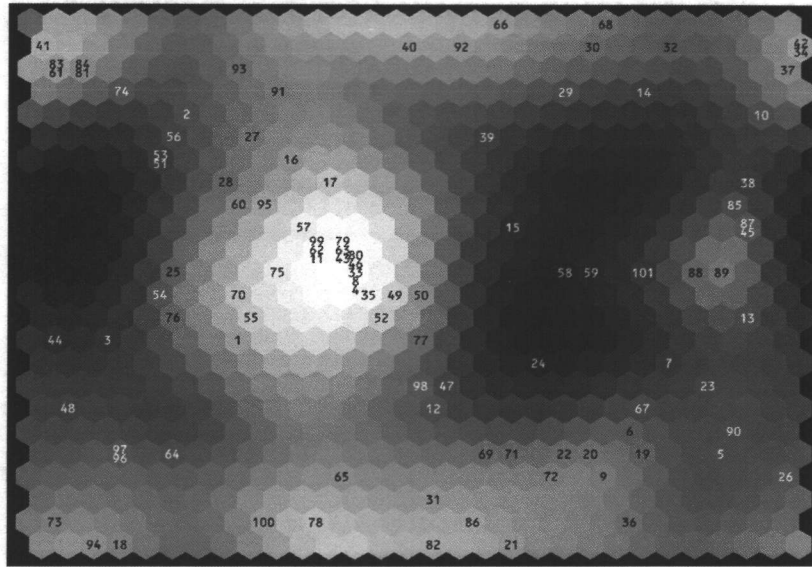


図2 SOMの出力結果

表2 都市の分類結果(SOMを用いた場合)

類型A						
1	2	4	8	11	12	15
16	17	25	27	28	33	35
43	46	47	49	50	51	52
53	54	55	56	57	60	62
63	70	75	76	77	79	80
91	93	95	98	99		

類型B(C)						
6	9	14	19	20	21	22
24	29	30	31	32	36	39
40	65	66	67	68	69	71
72	78	82	86	92	100	

類型D						
3	5	10	18	26	34	37
41	42	44	48	61	64	73
74	81	83	84	90	94	96
97						

類型E						
7	13	23	38	45	58	59
85	87	88	89	101		

表2の結果では、都市が類型A, B, D, Eの4つに分類されているのに対し、表3では、都市がA~Eの5つに分類されており、両者の結果に違いが生じている。しかしながら、類型A, D, Eの都市を比較すると、かなりの数が一致することがわかる。また、表2の類型Bについては、表3における類型B及びCの都市と、かなりの数が一致していることから、SOMを用いる事で、主成分分析などと同様に、高精度な分類ができる可能性のある事が分かる。

表3 都市の分類結果(主成分分析の場合)

類型A						
1	4	8	11	16	17	25
27	28	33	35	43	46	47
49	50	52	54	55	57	60
62	63	70	75	76	77	79
80	91	93	95	98	99	

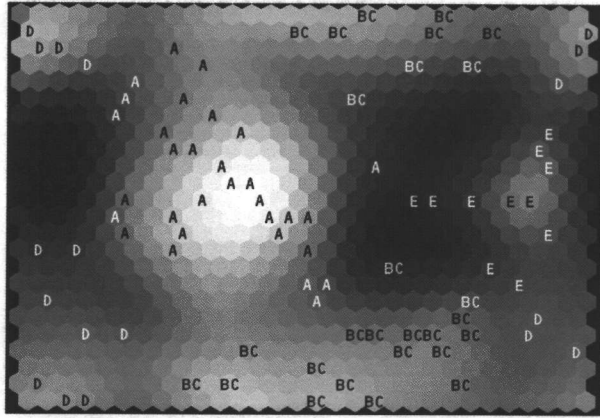
類型B						
2	3	12	15	39	40	44
48	51	53	56	64	65	74
78	82	92	96	97	100	

類型C						
6	9	14	19	20	21	22
24	26	29	30	31	32	36
66	67	68	69	71	72	86
90						

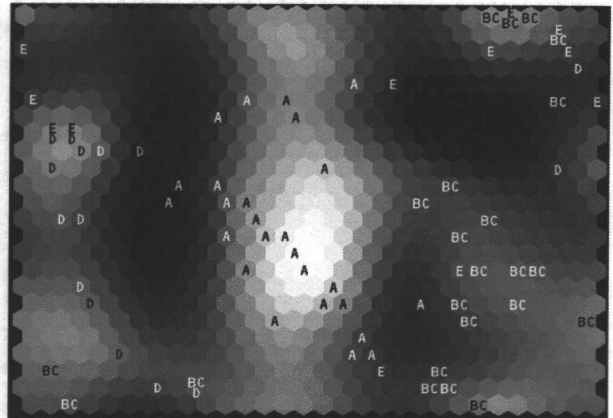
類型D						
10	18	34	37	41	42	61
73	81	83	84	94		

類型E						
5	7	13	23	38	45	58
59	85	87	88	89	101	

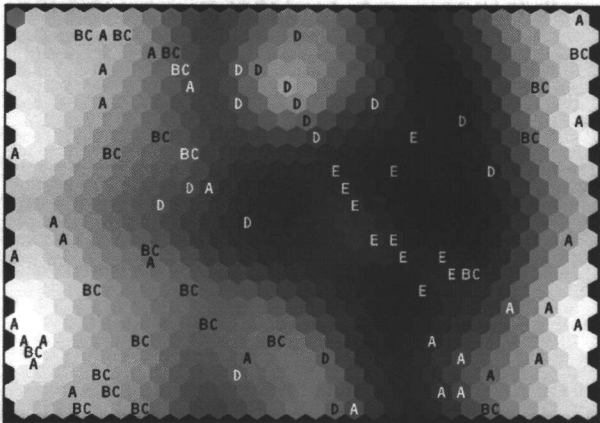
図3(a)は、表3の結果に示した都市の分類を用いて、図2の結果を類型A~Eで書き直した結果である。一方、図3(b)~(d)は、いずれか1つの項目を故意に除外して、SOMにより都市の分類を行った結果を示す。同図(a)の場合は、(類型B, Cを除き)ほぼ類型ごとにまとまっているのに対し、同図(b)~(d)については、(類型B, C以外でも)類型ごとの明確な分類が難しい事が分かる。すなわち、これらの場合、逆に除外した項目が、都市の分類における重要な特徴量となっている事がわ



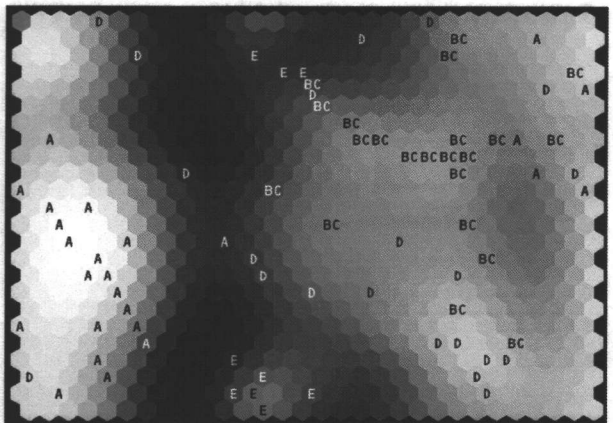
(a) 全ての項目を用いた場合



(b) 人口増減率の項目を除いた場合



(c) 高速交通化の項目を除いた場合



(d) 可住地面積比率の項目を除いた場合

図3 SOMの出力結果

かる。

以上の結果より、SOMを用いて都市を類型化する場合、主成分分析等の手法に匹敵する様な、精度の良い分類結果が得られる可能性のある事が分かった。また、都市の類型化に際して、どの調査項目が大きな影響を及ぼすのか、有る程度予想できる可能性のある事も分かった。これらのことから、SOMを用いることで都市の類型化がより容易に解析できると考えられるため、より効率の良い、精密な都市計画を行える可能性のある事という知見が得られた。

4. まとめ

SOMを用いた都市の類型化について検討した結果、精度の良い分類結果が得られる可能性のある事が分かった。また、都市の類型化に際し、どの調査項目が影響を及ぼすのか、予想できる可能性のある事も分かった。

参考文献

- [1] 石井, 大内, 山田: "地方小都市の地域特性と類型化に関する研究", 第40回日本大学生産工学部学術講演会, 4-51, p.187-190(2007)
- [2] T.Kohonen: "自己組織化マップ改訂版", シュプリンガー・ジャパン(2005)
- [3] 徳高, 大北, 藤村: "自己組織化マップとその応用", シュプリンガー・ジャパン(2007)
- [4] 徳高, 岸田, 藤村: "自己組織化マップの応用 多次元情報の2次元可視化", 海文堂(1999)