

II—26

FUZZY関係を用いた天気図のパターン認識に関する研究

北海道大学工学部 正 員 藤田 睦博

北海道大学工学部 学生員 今井 恵史

1. はじめに

Zadehによって提案されたfuzzy集合は、現在非常に多くの分野で応用研究がなされている。表-1.1は応用研究の概況を示している¹⁾。

fuzzy理論の応用は、人間のもっている柔軟な思考・判断過程をモデル化しようとするところに特徴がある。したがって、文字や図形のパターン認識の分野への応用が、今後益々期待されている。

本論文は、上述したfuzzy理論の特徴を利用して天気図の気圧配置パターン分類を試みたものである。気象学への応用としては、Cao²⁾らの研究があるが、1次元解析が主で平面上で図形の解析には至っていない。

2 基礎理論 (fuzzy関係)

一般的なfuzzy理論に関しては文献(3)、(4)を考慮してもらうことにして、ここでは以後の説明に必要な事項のみについて述べる。

fuzzy関係とは「AとBはよく似ている」、「AとBはほぼ等しい」というようなあいまいな関係を、関連の程度にメンバシップグレードを用いることによって表現したものである。

集合XとYの間のfuzzy関係Rとは、直積 $X \times Y = \{(x, y) \mid x \in X, y \in Y\}$ におけるfuzzy集合であり

$\mu_R: X \times Y \rightarrow [0, 1]$ なるメ

ンバシップ関数 μ_R によって特性づけられたものである。特に、 $X = Y$ のとき、RをX上のfuzzy関係という。

fuzzy関係の一般形式として、直積 $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ におけるn項fuzzy関係Rとは、n変数メンバシップ関数 $\mu_R(x_1, x_2, \dots, x_n)$ によって特性づけられるものである。

Rを $X \times X$ におけるfuzzy関係としその類似関係を論じるとき、次の3条件を考慮する必要がある。

$$(1) \text{ 反射的 } \mu_R(x, x) = 1 \quad (2.1)$$

$$(2) \text{ 対称的 } \mu_R(x, y) = \mu_R(y, x) \quad (2.2)$$

$$(3) \text{ 推移的 } \mu_R(x, z) \geq \bigvee \{ \mu_R(x, y) \wedge \mu_R(y, z) \} \quad (2.3)$$

(1)の条件は同じものを比較したときのグレードは1になることを示す。(2)の条件はグレードが比較の順番によらないことを示す。(3)の条件は、例えばAとB、AとCの類似関係グレードがある値(α)以上なら必然的にBとCのグレードも α 以上であることを示す。つまりAとB、AとCが似ているならBとCも似ていることを意味する。

上述の条件を満たす例を、それぞれ例-1に示す。

例-1

反射的	対称的	推移的
1 .0 .1	.1 0 .3	.2 1 .4
.3 1 0	0 .4 .2	0 .6 .3
.2 .4 1	.3 .2 .5	0 1 .3

類似関係はクラスタリングを行うときに必要なものであるが、一般に得られたデータは推移的条件を満たさない場合が多い。そこで、推移的条件を満たすためにデータの修正が必要になってくる。このような修正をtransitive closureという。一般的に、transitive

表-1.1 ファジィシステム理論の応用の概況

分類	分野	経 営 営 業	人工知能 情 報	制 御
(1)	人間のモデル	計 画 決 策 意 志 決 断 人 間 関 係		
(2)	人間の能力 の模倣	意志決定支援システム 医療診断支援システム	エキスパートシステム データベース	プロセス制御 列車制御 積物のバリ取り ロボット
(3)	ヒューマン インタフェ ース	標識・広告 身体障害者用補完機器	音声入力 文字・図形のパターン認識 表示 音声出力	
(4)	その他	リスク分析 事故予知(原子炉など) 地震予知	推論用素子の開発	

Clustering of Weather maps based on Fuzzy Relation

by Mutsuhiro Fujita, Keiji Imai

closure (以下MAX-Tと呼ぶ)といわれるのは、次の式によって定義されている。

$$R = R \vee R^2 \vee \cdots = \bigvee_{h=1}^{\infty} R^h \quad (2.4)$$

ここに $R^h = R \cdot R^{h-1}$

$$R \cdot R = \bigvee_k (R(I, K) \wedge R(K, J))$$

MAX-Tの例を例-2に示す。

例-2

$$R = \begin{vmatrix} 1 & .6 & .2 & .3 \\ .6 & 1 & .1 & .6 \\ .2 & .1 & 1 & .9 \\ .3 & .6 & .9 & 1 \end{vmatrix} \quad \max\text{-}R = \begin{vmatrix} 1 & .6 & .6 & .6 \\ .6 & 1 & .1 & .6 \\ .6 & .1 & 1 & .9 \\ .6 & .6 & .9 & 1 \end{vmatrix}$$

他の方法として、MIN-TRANSITIVE MATRIX⁴⁾ (以下MIN-Tとする)がある。これは次の手順によって作成される。

与えられた行列 R の要素 $R(I, J)$ で $R(I, J) < R(I, K) \wedge R(K, J)$ のとき $R(I, K)$ が $R(K, J)$ のどちらか一方または両方の値を $R(I, J) = R(I, K) \wedge R(K, J)$ と成るように減らす。そして全ての要素が $R(I, J) \geq R(I, K) \wedge R(K, J)$ となるまでこれを繰り返す。

例-3

$$R = \begin{vmatrix} 1 & .6 & .2 & .3 \\ .6 & 1 & .1 & .6 \\ .2 & .1 & 1 & .9 \\ .3 & .6 & .9 & 1 \end{vmatrix} \quad \min\text{-}R = \begin{vmatrix} 1 & .3 & .1 & .1 \\ .3 & 1 & .1 & .1 \\ .1 & .1 & 1 & .9 \\ .1 & .1 & .9 & 1 \end{vmatrix}$$

また、他の重要な概念としてレベル関係がある。これは次の式で定義される非fuzzy関係である。

$$R_{\alpha} = \{ (x, y) \mid \mu_R(x, y) \geq \alpha \} \quad (3.5)$$

例-3のmax-Rのレベル関係を例-4に示す。

例-4

$$\begin{matrix} R_{.1} & R_{.3} & R_{.9} \\ \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix}$$

ここで重要なのは、類似関係のレベル関係はすべて同値関係となっていることである。これにより R の要素を各レベル関係ごとに分類することができる。

3 パターン認識機構

パターン認識の主な手順⁵⁾は1.観測、2.特徴抽出、3.処理、4.決定である。本研究では、決定においてfuzzy関係を使用するので、パターン認識においては対象間のsimilarityを $[0, 1]$ の数値(グレード)で表現するものを使用する。そこで次のようなものを考えた。

「似ている」の定義は非常にあいまいなものでありまた本研究の目的は天気図の気圧配置パターンの分類であることを考え、「似ている」のグレードを次にあげる特徴抽出、処理によって作ってみた。

① 特徴抽出では全体を 100×100 のメッシュに分け図形の一部がメッシュ内にあるか、否かによってそのメッシュにそれぞれ1, 0の値を対応させ、全体として $(100, 100)$ 行列にした。

② 処理は次の様に行った。

パターン S と T を考える。 S の (I, J) メッシュに図形要素があるとき、すなわち行列 $S(I, J) = 1$ のときに、 $T(I, J) = 1$ ならば $R_{S1}(I, J) = 1$ とする。ここで R_{S1} は S から T をみたときのメッシュのsimilarity-matrixとする。 $T(I, J) = 0$ の場合は (I, J) メッシュの回りで1メッシュ離れた所、例えば $(I+1, J)$ で $T(I+1, J) = 1$ なら $R_{S1}(I, J) = .95$ とし以下2点、3点、 $\cdots$ 、6点、それ以上と離れるに従って $R_{S1}(I, J) = .9, .85, .8, .7, .6, 0$ とした。これは、同じ形のものでも位置が違い、そしてその距離が離れば離れるほどその類似性を失い、ある程度離れるともう全く似ていないと考えられるからである

例-5

$$\begin{matrix} S & T \\ \begin{matrix} & J-1 & J & J+1 \\ I-1 & \begin{vmatrix} & & & \\ & & & \\ I & \begin{vmatrix} & 1 & \\ & & \end{vmatrix} & \\ I+1 & \begin{vmatrix} & & & \end{vmatrix} \end{matrix} \end{matrix} & \begin{matrix} & J-1 & J & J+1 \\ I-1 & \begin{vmatrix} & & & \\ & & & \\ I & \begin{vmatrix} & 1 & \\ & & \end{vmatrix} & \\ I+1 & \begin{vmatrix} & & & \end{vmatrix} \end{matrix} \end{matrix} \end{matrix} \rightarrow R_{S1}(I, J) = 1$$

$$\begin{matrix} & J-1 & J & J+1 \\ I-1 & \begin{vmatrix} & & & \\ & & & \\ I & \begin{vmatrix} & 0 & \\ & & \end{vmatrix} & \\ I+1 & \begin{vmatrix} & & & \end{vmatrix} \end{matrix} \end{matrix} \rightarrow R_{S1}(I, J) = .95$$

さらに、メッシュ近傍の影響を考慮するため R_{S1} を補正した。

$S(I, J) = 1$ で $T(I, J) = 1$ なら点 (I, J) から2メッシュ離れた回り(全24メッシュ)で同じメッシュにおいて互いに0でないメッシュの数を N 、互いに1であるメッシュの数を M とし

$$R_S(I, J) = R_{S1}(I, J) * (M-1) / (N-1) \quad (3.1)$$

とした。これは、図形どうしが重なり合っている面積を重なっていない部分の面積も加えたもので割った値をその部分の類似度としたものである。重ね合わせる範囲を大きくすればするほど類似度の変化は緩やかになる(24メッシュでは24通りの値しか取れない)。しか

し、これ以上大きくしても計算時間がかかるだけであるし、また人間の感覚では「似ている」程度を段階分けする場合、せいぜい5段階程度が限界⁶⁾であると思われる。式(3.1)の例を例-6あげる。

例-6

S

	J-2	J-1	J	J+1	J+2
I-2			1	0	
I-1			1		
I			1		
I+1			1		
I+2		0	1		

T

	J-2	J-1	J	J+1	J+2
I-2			0	1	
I-1			1		
I			1		
I+1			1		
I+2		1	0		

N=7, M=3 $R_s(I, J) = 1 * 3 / 7 = .43$

T(I, J)=0の場合T=1となる点をT側の中心にし、同様のことを行う。同数だけ離れた点でT=1となる点が多数あるときは、その最大値をとる。この計算を全ての点(I, J) (100, 100)について行い、出た値を平均して全体の値とした。しかし、この方法ではSからTをみた場合 (R_s) と、TからSをみた場合 (R_T) とで値が異なるためその平均 ($(R_s + R_T) / 2$) を全体のグレードとした。 R_s と R_T の値が異なるのは、例えばSからTをみた場合S(I, J)=0の場合を考えていないために起こることであるが、図形が線図で、上にあげた方法の場合0を考えるとその数が多いことによりグレードに与える影響が大きい。極端な例をあげると、Sが1本の直線でTが白紙の場合でもグレードは.5以上の値になってしまう。このため、ここではS(I, J)=T(I, J)=0のsimilarityは考えない。

以上の機構の性質を知るために、次に示す模擬図形について検討した。

図-3.1は半径20の円の中心を左右に2メッシュずつ8メッシュまでずらした9個の図形である。これは、平行移動の図形に対する結果をみるために作った。

図-3.2は中心が同じで半径を25から16まで1メッシュずつ小さくした10個の図形である。これは、図形の伸縮に対する結果をみるために作った。

図-3.3は人間の頭脳で識別できる図形を理論で識別できるか否かについて、検討した例である。

表-3.1、表-3.2、表-3.3はそれぞれの図について分類した結果である。このことから次のことが分かる。

図-3.1の計算から、「似ている」のグレードは平行移動に対し距離が離れるほど値は減少するが、初めに考えた様な減少をするのはあまり離れていないう

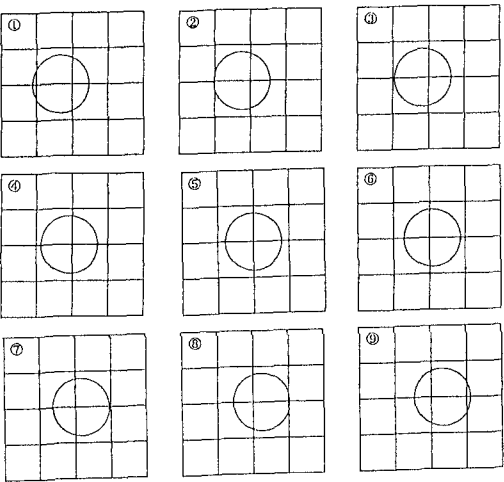


図-3.1 サンプル1

1	.90	.81	.64	.41	.27	.18	.13	.08
.90	1	.90	.81	.64	.41	.27	.18	.13
.81	.90	1	.90	.81	.64	.41	.27	.18
.64	.81	.90	1	.90	.81	.64	.41	.27
.41	.64	.81	.90	1	.90	.81	.64	.41
.27	.41	.64	.81	.90	1	.90	.81	.64
.18	.27	.41	.64	.81	.90	1	.90	.81
.13	.18	.27	.41	.64	.81	.90	1	.90
.08	.13	.18	.27	.41	.64	.81	.90	1

MAX-TRANSITIVE MATRIX

1	.90	.90	.90	.90	.90	.90	.90	.90
.90	1	.90	.90	.90	.90	.90	.90	.90
.90	.90	1	.90	.90	.90	.90	.90	.90
.90	.90	.90	1	.90	.90	.90	.90	.90
.90	.90	.90	.90	1	.90	.90	.90	.90
.90	.90	.90	.90	.90	1	.90	.90	.90
.90	.90	.90	.90	.90	.90	1	.90	.90
.90	.90	.90	.90	.90	.90	.90	1	.90
.90	.90	.90	.90	.90	.90	.90	.90	1

$\alpha=1$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

$\alpha=.9$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

MIN-TRANSITIVE MATRIX

1	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	1	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.08	1	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.08	.08	1	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	1	.08	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	.08	1	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	.08	.08	1	.08	.08
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	1	.08
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	1

$\alpha=1$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

$\alpha=.08$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

表3.1 サンプル1の分類過程と結果

である。このことは、部分々でsimilarityをとりその平均を全体のsimilarityとしている以上ある程度予測できたことであり現段階では問題にしていない。図-3.2

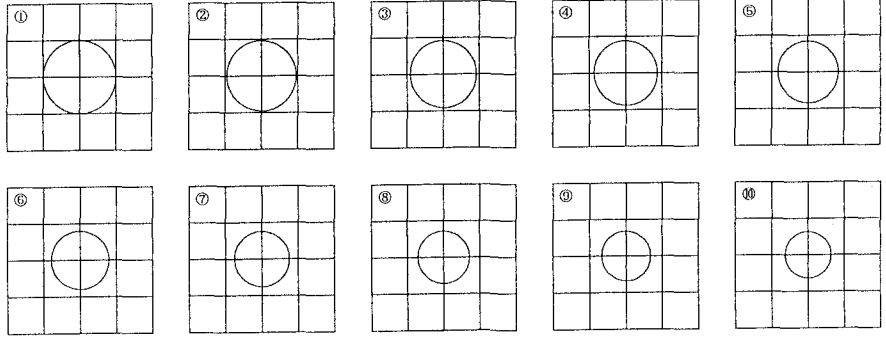


図-3.2 サンプル2

ことが言えるが、図-3.2においては、線をメッシュに変換するために、円であっても形にわずかな違いが生じそれが数値となって現れている。これも予測できたことであり、またこれから先、天気図等を問題にすることを考えると、全く同じ形の天気図が存在するとは考えられない。このため現段階では問題にしていない。

クラスタリングについてみると、図-3.1の図形の様に、同じ形の図形が等間隔で動くときは全て同じか、全て違うものとしてしまう。図-3.2の図形の場合、線をメッシュで表しているために形にわずかな違いが生じ、それが数値に現れ表3.2の様に分類されてしまう。図-3.3の図形から一応、パターン分類に成功していることが解る、またmax-tとmin-tの性質の違いが解る。つまりMAX-Tの性質としては、例えばもとの行列において x_1 と x_2 、 x_1 と x_3 のグレードが高く x_2 と x_3 のグレードが低いときに x_2 と x_3 のグレードを上げている(x_2 と x_3 はもっとも似ているとしている)逆にMIN-Tの場合はグレードを下げている。これは、MIN-Tの方が厳しく分類することを意味している。これらのことを考慮して、これから先、天気図に応用するにあたりMAX-Tの方を使用し場合にに応じてMIN-Tも使用する。これはまだパターン認識機構自体が完全ではなく先にあげた様なエラーを含んでいることを考えてである。

4 天気図への応用

天気図へ応用するにあたって、実際には高気圧、低気圧、台風、前線等を考慮しなければならない。ここでは研究の第一段階として気圧線のみに注目し、6-7月の天気図数例に対して計算し、MAX-TとMIN-Tの両方でクラスタリングを行った。図-4.1に天気図を、表-4.1

1	.90	.82	.72	.69	.72	.61	.49	.30	.05
.90	1	.87	.80	.76	.74	.72	.59	.53	.31
.82	.87	1	.83	.76	.74	.72	.70	.58	.50
.72	.80	.83	1	.82	.74	.77	.71	.71	.61
.69	.76	.76	.82	1	.85	.86	.79	.77	.72
.72	.74	.74	.74	.85	1	.90	.85	.81	.75
.61	.72	.72	.77	.86	.90	1	.88	.89	.83
.49	.59	.70	.71	.79	.85	.88	1	.88	.83
.30	.53	.58	.71	.77	.81	.89	.88	1	.89
.05	.31	.50	.61	.72	.75	.83	.83	.89	1

MAX-TRANSITIVE MATRIX

1	.90	.87	.83	.82	.82	.82	.82	.82	.82
.90	1	.87	.83	.82	.82	.82	.82	.82	.82
.87	.87	1	.83	.82	.82	.82	.82	.82	.82
.83	.83	.83	1	.82	.82	.82	.82	.82	.82
.82	.82	.82	.82	1	.86	.86	.86	.86	.86
.82	.82	.82	.82	.86	1	.90	.88	.89	.89
.82	.82	.82	.82	.86	.90	1	.88	.89	.89
.82	.82	.82	.82	.86	.88	.88	1	.88	.88
.82	.82	.82	.82	.86	.89	.89	.88	1	.89
.82	.82	.82	.82	.86	.89	.89	.88	.89	1

$\alpha=.9$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

$\alpha=.89$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑨ ⑩ ⑧

$\alpha=.88$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

$\alpha=.87$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

$\alpha=.86$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

$\alpha=.83$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

MIN-TRANSITIVE MATRIX

1	.90	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05
.90	1	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05
.05	.05	1	.76	.05	.05	.05	.05	.05	.05
.05	.05	.76	1	.05	.05	.05	.05	.05	.05
.05	.05	.05	.05	1	.05	.05	.05	.05	.05
.05	.05	.05	.05	.05	1	.90	.05	.05	.05
.05	.05	.05	.05	.05	.90	1	.05	.05	.05
.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	1	.05	.05
.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	1	.05
.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	1

$\alpha=.9$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

$\alpha=.76$ ① ② ③ ④ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

表3.2 サンプル2の分類過程と結果

に結果を示す。

この結果をみると、確かに①、⑤、⑥の太平洋高気圧の張り出し方など似ているように思われる。以上、ここでは数例の気圧配置のみの天気図のパターン認識であるが、良好な結果が得られている。

5 おわりに

この研究における最大の問題は、「似ている」というfuzzy関係をどの様に形式化するかであった。これは次の二つの考えを組み合わせることで解決することができた。

- 1) 同形の図形間では、図形の位置のずれによってsimilarityを決める。
- 2) 異形の図形間では、重ね合わせたときに図形どうしが重なる面積の全体に占める割合でsimilarityを決める。

以上のことより、fuzzy関係を用いたパターン認識は、fuzzy関係さえうまく定式化できれば良好な結果を得ることができることがわかった。本研究は天気図のパターン認識に関して未だ初歩的な段階にあるもので、今後の研究を要する。

参考文献

1) 寺野寿郎、他：ファジィシステム入門、オーム社
2) Cao, H, G. Chen: Some Applications of Fuzzy sets to Meteorological Forecasting, Fuzzy Set and Systems, 11, pp161-177, 1983
3) 水本雅晴：ファジィ理論とその応用、サイエンス社
4) J. Watada, H. Tanaka and K. Asai: A heuristic method of hierarchical clustering for fuzzy intra transitive relations
5) 飯島康蔵：パターン認識理論、森北出版株式会社
6) S. Tamura, S. Higuchi, K. Tanaka: Pattern Classification Based on Fuzzy Relations

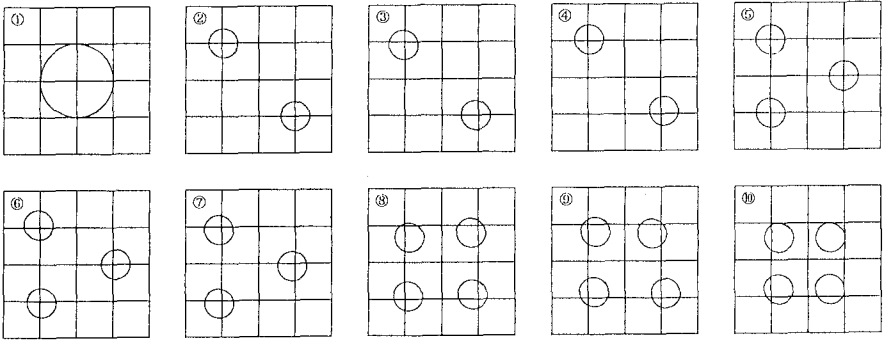


図-3.3 サンプル3

1	.12	.13	.11	.12	.11	.11	.16	.14	.13
.12	1	.90	.91	.45	.39	.40	.50	.53	.09
.13	.90	1	.81	.39	.35	.42	.58	.46	.12
.11	.91	.81	1	.42	.42	.39	.35	.55	.08
.12	.45	.39	.42	1	.89	.89	.52	.45	.29
.11	.39	.35	.42	.89	1	.83	.41	.34	.26
.11	.40	.42	.39	.89	.83	1	.51	.27	.17
.16	.50	.58	.35	.52	.41	.51	1	.71	.69
.14	.53	.46	.55	.45	.34	.27	.71	1	.58
.13	.09	.12	.08	.29	.26	.17	.69	.58	1

MAX-TRANSITIVE MATRIX

1	.16	.16	.16	.16	.16	.16	.16	.16	.16
.16	1	.90	.91	.52	.52	.52	.58	.58	.58
.16	.90	1	.90	.52	.52	.52	.58	.58	.58
.16	.91	.90	1	.52	.52	.52	.58	.58	.58
.16	.52	.52	.52	1	.89	.89	.52	.52	.52
.16	.52	.52	.52	.89	1	.89	.52	.52	.52
.16	.52	.52	.52	.89	.89	1	.52	.52	.52
.16	.58	.58	.58	.52	.52	.52	1	.71	.69
.16	.58	.58	.58	.52	.52	.52	.71	1	.69
.16	.58	.58	.58	.52	.52	.52	.69	.69	1

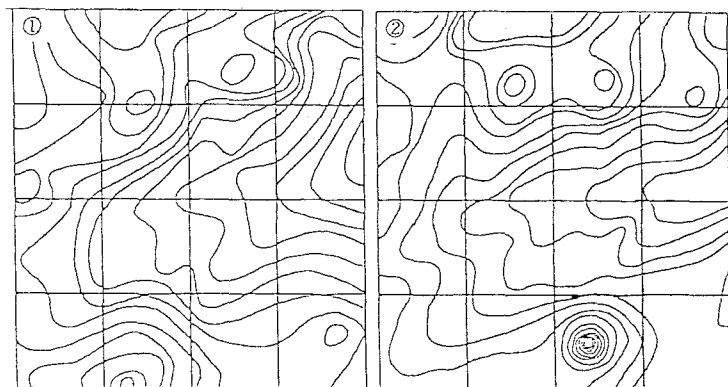
$\alpha=.91$	①	②④	③	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
$\alpha=.9$	①	②③④		⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
$\alpha=.89$	①	②③④		⑤⑥⑦	⑧	⑨	⑩		
$\alpha=.71$	①	②③④		⑤⑥⑦	⑧⑨	⑩			
$\alpha=.69$	①	②③④		⑤⑥⑦	⑧⑨⑩				
$\alpha=.52$	①	②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩							

MIN-TRANSITIVE MATRIX

1	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	1	.81	.91	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.81	1	.81	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.91	.81	1	.08	.08	.08	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	1	.83	.83	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	.83	1	.83	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	.83	.83	1	.08	.08	.08
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	1	.71	.58
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.71	1	.58
.08	.08	.08	.08	.08	.08	.08	.58	.58	1

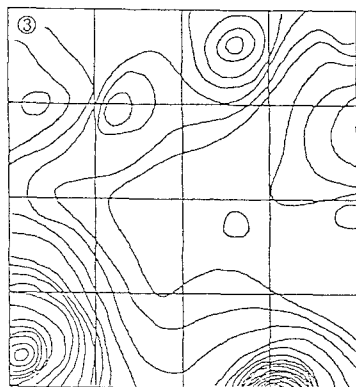
$\alpha=.91$	①	②④	③	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
$\alpha=.83$	①	②④	③	⑤⑥⑦	⑧	⑨	⑩		
$\alpha=.81$	①	②③④		⑤⑥⑦	⑧	⑨	⑩		
$\alpha=.71$	①	②③④		⑤⑥⑦	⑧⑨	⑩			
$\alpha=.58$	①	②③④		⑤⑥⑦	⑧⑨⑩				

表3.3 サンプル3の分類過程と結果

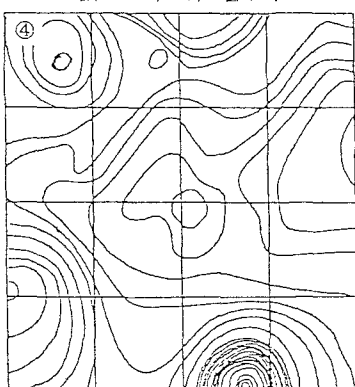


昭和57年7月3日6時

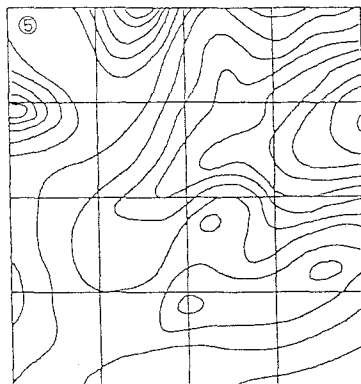
昭和57年7月4日6時



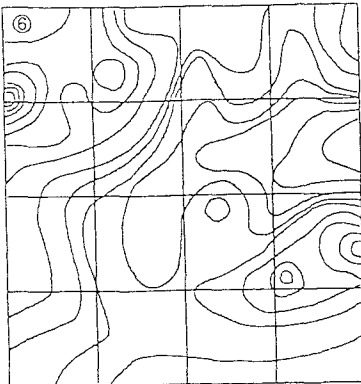
昭和57年7月30日6時



昭和57年7月31日6時



昭和63年6月27日6時



昭和63年6月28日6時

1	.40	.37	.39	.42	.41
.40	1	.34	.39	.36	.39
.37	.34	1	.46	.36	.34
.39	.39	.46	1	.38	.34
.42	.36	.36	.38	1	.46
.41	.39	.34	.34	.46	1

MAX-TRANSITIVE MATRIX

1	.40	.39	.39	.42	.42
.40	1	.39	.39	.40	.40
.39	.39	1	.46	.39	.39
.39	.39	.46	1	.39	.39
.42	.40	.39	.39	1	.46
.42	.40	.39	.39	.46	1

$\alpha=.46$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥

$\alpha=.42$ ① ⑤ ⑥ ② ③ ④

$\alpha=.4$ ① ② ⑤ ⑥ ③ ④

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

MIN-TRANSITIVE MATRIX

1	.34	.34	.34	.41	.41
.34	1	.34	.34	.34	.34
.34	.34	1	.46	.34	.34
.34	.34	.46	1	.34	.34
.41	.34	.34	.34	1	.46
.41	.34	.34	.34	.46	1

$\alpha=.46$ ① ② ③ ④ ⑤ ⑥

$\alpha=.42$ ① ⑤ ⑥ ② ③ ④

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

表-4.1 気圧配置パターンの分類過程と結果

図-4.1 気圧配置図

ここで、これらの気圧配置図は北緯約35-50度、東経110-150度付近のものであり、また図中のメッシュは図を見やすくするためにつけたものであり経線、緯線ではない。