

“相関法”による気圧分布の分類について*

荒井 康** 矢島 栄三**

要旨

1953—1972年の7月の日本付近の日平均地上気圧分布をLund (1963)の“相関法”で分類し、特に問題となる点について調べた。すなわち、解析領域の広さについて検討し、分類の基準になるパターンが一義的に決められないために、分類結果に不安定性のあることを示した。

1. まえがき

気圧分布の分類は古くから関心が持たれ、それぞれの国で取り組まれてきている。分類することは層別化することであり、これによって気圧分布の季節別の型、その出現度数、持続性、気象要素との対応等が調べられる。気圧分布の分類は類似天気図を見出すこと、予報と実況の比較を気圧分布に対する相関係数で計ることとも関連している。

分類の方法には大別して2種類あり、第一は経験的 (subjective) な方法で、毎日の地上気圧分布が高橋 (1969)、吉野 (1967, 1968, 1969) 等によって分類されている。この方法の特徴は総観的な立場で分類できることであるが、基本的な型を除き、分類される型が人によって同じにならないことが多い。これは、分類する目的と立場に相違があるのと、分類に一義的にできたい要素があるためと考えられる。

第二の方法は客観的 (objective) な方法で、気圧分布の似ている程度を数量化して分類するものである。この例としては、ある月の北半球 500mb 高度偏差分布と似ている分布が、偏差の符号の一致率の大きいものから決められていることがあげられる。これと似た方法にLund (1963)、阿部 (1972) が使っているいわゆる“相関法”があり、野本、巽 (1971, 1972) もこれと本質的に同じ方法で毎日の地上気圧分布を分類している。客観的方法の最大の特徴は、経験的方法より主観の入ることが少ないことであろう。この解析の主な目的は、相関法によって日本付近の毎日の地上気圧分布を分類する

際、特に問題となる点について検討することである。以下では気圧分布のことを単にパターンという。

2. 資料と解析方法

用いた資料は1953—1972年の20年間の7月の30地点の日平均地上気圧で、日平均値をとったのは単に資料が得やすいという意味である。日平均をしているために移動性のじょう乱の振幅は小さくなっているが、次の節で考える周期3日程度のじょう乱が全く消されてしまうことはなく、中間規模とそれ以下のスケールのじょう乱はほとんど消去されていると考えられる。日平均天気図が発行されていないので9時と21時の天気図で代用 (時には併用) しなければならないが、分類された型と日単位で与えられる気象要素との対応を見るには都合がよい。

相関法については他に説明されているが簡単にふれておく。われわれの分類の期間は620日あり、この中の1日の30地点の日平均気圧と他のそれぞれの日の気圧との相関係数を計算し、同じことをすべての日について行なう。いま、2枚のパターンに対する相関係数がある一定の値 C_0 (類似限界) 以上あった場合、これが似ているとし、それぞれの日について他の日のパターンとの相関が C_0 以上あるものの数を求め、この数を相関数ということにする。第1型の基準 (代表) パターンはこの相関数が最大である日のパターンで、これと C_0 以上の相関のあるものが第1型のパターンである。第2型の基準パターンとこの型に属するパターンを決めるのには、第1型のパターンを取り除いて同様のことをすればよく、以下同じことを繰り返し、適当なところで打ち切るのである。

型の数をいくつまでにしたらよいか、についてはわかっていないが、最初から大きく制限するのは問題があるので、ここでは最後の型のパターンの数が3となるようにした。したがって、この数が2と1のものが分類され

* On the classification of pressure patterns by “correlation method”.

** Y. Arai, E. Yajima, 気象研究所

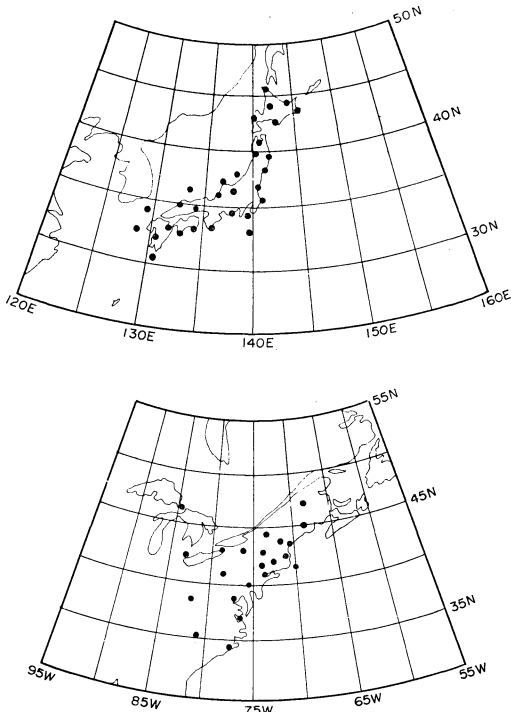
—1976年1月9日受領—

—1976年5月17日受理—

ないで残るパターンである。分類された型の中には、その型の基準パターンより他の基準パターンに対する相関がよいものがあり、このようなものは最も高い相関のある基準パターンをさがし、その型に入るように移し替えるが、これによって基準パターンが変わることはない。類似限界の値は Lund (1963) と阿部 (1972) の解析で 0.70 とされているだけで、この値をいくつにすればよいか、もわかっていない。C₀ が 0.70 以下では類似がどうしても悪いと考えられるので、C₀ = 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90 のそれぞれの値を用いて分類して調べることとした。

3. 解析領域

日平均気圧を用いる 30 地点と Lund の用いた 22 地点の分布は第 1 図に示されている。説明の簡単のために、この 30 地点が囲む緯度、経度約 15° の半分の領域を小領域と呼ぶことにしよう。小領域に対して、これより緯度あるいは経度で約 7.5° 広い領域を中領域、野本、巽 (1971, 1972) や一般に対象とされる緯度 20°~25°、経度 30°~40° で囲まれた領域を一般領域という。小領域は



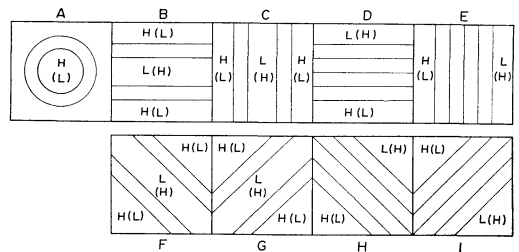
第 1 図 30 地点で囲む小領域 (上) と 22 地点で囲む Lund の領域 (下)。

Lund の選定した領域とほぼ同じ面積であるが、一般領域よりかなり狭い。われわれが主に対象とするのは総観規模のじょう乱であるから、小領域は狭すぎるのではないか、という点をまず考慮しなければならない。

1 地点の日平均気圧は荒井、矢島 (1976) が示したように、緯度あるいは経度で 5°~10° (平均 7.5°) の範囲の気圧を代表し、5° 以内では代表性は特によい。小領域の東西の幅を経度で 10° とすると、これより東西に 5° 広い経度 20° (約 2,000km) の幅は中領域のものとはほぼ一致し、この 2,000km が小領域の分類の対象となっておりとしても特に無理はないであろう。具体的な例を 1 つだけあげると、分類された結果に“日本海低気圧型”があり、この型のパターンの 92% (すべての型の中の最大値) には小領域外の日本海に低気圧の中心がある。小領域では気圧傾度と気温、日照にかなりの相関があり (荒井・矢島, 1976)、これも小領域の広さの適当なことを示していると考えられる。

小領域よりずっと狭い領域で分類すれば総観規模のじょう乱を取り扱う意味がなくなるので、小領域はわれわれの目的に合った限界の領域とみなせる。この限界を決めるために総観規模のじょう乱の中で最小の空間スケールを持つものを考えよう。このような最小の (移動性) じょう乱の周期は約 3 日、移動速度は 1 日に経度で約 10° とみなせるので、その波長は経度で 30° 程度である。一方、経験的 분류では移動性高気圧におおわれているとか、低気圧が日本海にあるというふうに 1 つの移動性高・低気圧に着目することが多い。したがって、最小じょう乱の波長の半分、すなわち経度約 15° が最小の領域の東西幅の目安となり、これは小領域と Lund の領域とはほぼ一致している。

小領域がかなり狭いために分類結果には特徴がある。Lund が求めた冬の型でも見られるように気圧分布は一般に簡単で、等圧線はほぼ直線であるものが多く、総



第 2 図 小領域の気圧分布型のモデル。

第1表 相関法で分類した型の数と各型のパターン数の出現度数.

型	C ₀					型	C ₀				
	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90		0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
1	165	122	111	87	60	21	—	47	3	6	7
2	140	118	113	82	54	22	—	—	5	7	5
3	26	32	35	36	26	23	—	—	7	7	5
4	45	26	37	30	19	24	—	—	3	3	4
5	31	25	43	20	22	25	—	—	4	3	4
6	21	35	22	27	17	26	—	—	4	4	6
7	23	29	18	17	15	27	—	—	76	3	4
8	14	22	19	13	13	28	—	—	—	5	8
9	24	18	14	9	9	29	—	—	—	6	5
10	25	9	12	15	13	30	—	—	—	5	9
11	7	21	19	16	11	31	—	—	—	3	3
12	11	15	9	5	9	32	—	—	—	3	3
13	18	16	8	18	7	33	—	—	—	5	5
14	15	28	6	8	6	34	—	—	—	124	7
15	9	16	9	15	14	35	—	—	—	—	3
16	6	7	7	8	9	36	—	—	—	—	5
17	4	19	11	5	8	37	—	—	—	—	3
18	5	7	13	11	8	38	—	—	—	—	3
19	31	4	8	6	5	39	—	—	—	—	3
20	—	4	4	8	5	40	—	—	—	—	198

観規模の高・低気圧と前線も1つのものが大部分である。この事実に基づいて気圧分布型のモデルを画いたのが第2図であり、A~Eが基本の型となる。場合によってはB~Eの代わりにF~I、あるいは全部を一緒にしてA~Iとすることが考えられる。A~Eは10の型、A~Iは18の型となり、小領域では広い領域より型の数は概して少なくともすむといえよう。

領域をどのようにとるにしても小領域を基本としてよく、従来の研究ではここで行なったような考察が十分でなかったように感じられる。以上では空間スケールの大きな移動性じょう乱、太平洋高気圧、オホーツク海高気圧等は考えなかったが、小領域と日平均気圧を用いていることに本質的に問題となる結果はなかった。***

4. 分類された型について

類似限界 C₀ を0.70から0.90まで変え、出現度数が3までの型について移し替えをした結果が第1表にまとめられている。分類されないで残ったパターンは最後の番号の型に入っており、C₀=0.70の場合には第19型がそ

れで、移し替えは第1~18型について行なわれている。C₀が大きくなるにつれて残るパターンの数は増し、C₀=0.90では198(32%)になる。C₀を大きくすると出現度数の少ない多くの型に分かれるが、型の数を10~20とする場合にはC₀は0.70~0.80程度でよいことになる。相関法の分類で注意すべきことは、2枚のパターンは分布の様子が似ていれば相関がよく、気圧傾度と平均値の違いがそのまま結果に反映されないことである。気圧傾度は気象要素との関連で重要であり、これが十分関係しないのは問題であるが、このことは分類した後で考慮すればすむ。例えば、分類された型を気圧傾度および平均値でsubの型に分ければよい。

C₀を大きくした時の問題点をまとめると、(a)型が細分され過ぎ、分類できないとするパターンの数が増える、(b)一般領域ではパターン相互の相関が小領域の場合より一般に小さく、これによっても分類できないものが増加する、(c)違った型といっても相互の相関が非常によく、天気図で比較してもその違いがわからない型がでてくる、等である。

*** 別にまとめて投稿するつもりである。

第2表 上：第1～10位の相関数および第1位の相関数を持つパターンに対する相関係数。下：第1～10位の相関数のパターンのすべての相互の相関係数の最小値（Ⅰ），第20位の相関数（Ⅱ），第1～20位の相関数のパターンに関する相関係数の最小値（Ⅲ）。

順位	C_0									
	0.70		0.75		0.80		0.85		0.90	
	相関数	相関係数	相関数	相関係数	相関数	相関係数	相関数	相関係数	相関数	相関係数
1	191	1.000	166	1.000	142	1.000	114	1.000	77	1.000
2	191	0.991	166	0.990	137	0.984	112	0.975	75	0.987
3	190	0.986	165	0.984	137	0.971	110	0.979	71	0.979
4	190	0.954	165	0.972	137	0.980	109	0.987	70	0.982
5	190	0.990	163	0.969	137	0.980	106	0.951	69	0.972
6	188	0.988	163	0.988	136	0.973	104	0.966	68	0.972
7	187	0.975	163	0.954	135	0.984	103	0.962	67	0.975
8	187	0.927	163	0.975	135	0.970	103	0.972	67	0.963
9	187	0.969	162	0.975	135	0.955	103	0.969	67	0.974
10	185	0.969	162	0.972	134	0.970	102	0.982	67	0.974
Ⅰ	0.919		0.915		0.896		0.927		0.945	
Ⅱ	180		158		129		98		61	
Ⅲ	0.881		0.873		0.862		0.873		0.907	

5. 分類に関する不安定性

相関法では相関数の大きなものの中から基準パターンを選ぶが、気圧分布型には出現度数の多い基本的な型があるので、これは合理的である。だが、基準パターンの資格を持つパターンは何枚かある等で、特にその中の1枚を指定するにはそれなりの理由がなければならない。Lund は相関数の最大なパターンを取ってきたわけであるが、これが認められるのは、第1位と2位の相関数に常に有意な差がある場合か、他に何等かの理由のある場合である。

そこで、 $C_0=0.70\sim 0.90$ で分類して得られたそれぞれの第1型のパターンの中から第1～10位の相関数を持つものを選び、相関数の値と相互のパターンの相関係数を比較してみる(第2表上)。この表ではそれぞれの C_0 に関して左の行が相関数、右の行は第1位の相関数を持つパターン(第1表の第1型基準パターン)に対する相関係数である。表から明らかのように相関数の差は小さく、1割程度の違いは無視できるとすると、それぞれの10枚のパターンはすべて基準パターンの資格があることになる。便宜のために、このようなパターンをまとめて基準パターン群ということにする。Lund の方法が許

されるのは、基準パターン群に属するどのパターンを第1型の基準パターンとして分類しても、その結果に大きな相違がなく、分類に関する安定性のよい場合である。

安定性に最もきくのは基準パターン群のパターン相互の相関であり、第2表下のⅠ列に第1～10位の相関数を持つパターンのすべての相互の相関係数の最小値が示されている。 $C_0=0.70$ に対する最小値は相関数第7位と8位のパターンの相関0.919、 $C_0=0.90$ に対しては第3位と8位の0.945である。第2表下のⅡ列は第20位の相関数、第Ⅲ列は第1～20位のパターンに対する相関係数の最小値である。第20位までととっても相関数の差は小さく、最小の相関係数も0.86以上ある。すなわち、基準パターン群を構成するパターンの枚数は出現度数の多い型については10～20あり、相互の相関は0.86～0.90以上であると推定される。

つぎに、2枚のパターンをそれぞれ基準パターンとして2回分類し、その結果を比較してみよう。第1表の $C_0=0.70$ を用いた結果では、第1型の基準パターンは1954年7月20日の梅雨型気圧分布である。この代わりに1956年7月26日のパターンを置き換え、他は全く同様に分類し第1表の結果とどの位一致するかを調べる。この

第3表 $C_0=0.70$ の2回の分類の対応。横軸は第1表で示した型、縦軸は第1型の基準パターンを取り替えた分類の型。

型	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	計
1	111			2			2						13						1	129
2		131								8								1		140
3	2		13		20								1		3					39
4				38																38
5		9	8			14				14										45
6			3				21			1			2					1		28
7								14			1									15
8	37				10														1	48
9									24											24
10			1		1						4				4		2		1	13
11	14			5															4	23
12												11								11
13						4									1			1	1	7
14														15						15
15						2					1						2			5
16																6				6
17											1									3
18	1		1			1				2			2		1			2	21	31
計	165	140	26	45	31	21	23	14	24	25	7	11	18	15	9	6	4	5	31	620

2枚のパターンの相関数は第1位と8位で、第2表にあるようにその相関係数は0.927である。1956年7月26日のパターンは、天気図10年集成(1966)では海洋化しつつあるオホーツク海高気圧が本邦全体にかぶさるように伸びているとされている。梅雨明け直前のもので、典型的な梅雨型といえないまでも、福島の日平均気温は平年より3.0°C低く、少くとも小領域については梅雨型としてよいものである。

第3表に示したのが2つの分類の対応で、横軸は第1表の型、縦軸は基準パターンを置き換えてやった後の分類の型である。基準パターンが変わるとその結果もかなり変わることが表で見られ、型の数も19から1つ減って18になっている。各行の最大の度数の合計を全体の度数で割った全体の一致率(正確なものではない)は487/620=79%、第1型だけの一致率は111/165=67%で共にやや小さく、分類に関する安定性はそれ程にはよくないといえる。

第4表には別の例についても一致率等を計算した結果がまとめられている。各欄で左上の数字は第1表の分類の第1型基準パターンと置き換えたパターンとの相関係数、その下は両者の相関数の差、右上と右下はそれぞれ

全体および第1型のみ的一致率で、一番右にある例だけは少し後で述べる。 $C_0=0.70$ の一番上にあるのは第3表で説明したもので、その下の2つの例では一致率はほぼ90%になり、この程度ならまず十分である。 $C_0=0.75$ と0.80の一番上の例は相関数の差が約30で幾分大きく、相関係数はやや小さい場合で、全体の一致率はよくなく、第1型については基準パターンの置き換えではほぼ半数のパターンが他の型に変わってしまう。

$C_0=0.85$ と0.90については相関係数の大きな0.979の例だけについて計算した。全体の一致率は90%近くあってよいが、 $C_0=0.90$ では第1型の一一致率は55%で悪い。相関係数が大きくなるにつれて一致率は当然よくなり、 C_0 が大きくなると共に第1型の一一致率が悪くなる傾向があり、全体的にいて第1型の一一致率は全体のものより小さい。第3表の数字にも現われているように、最初の分類の第7、8型はそれぞれ第2回の分類の第6、7型に対応し、2回の分類で同じ基準パターンが選ばれているものは、最初の分類でいう第2、4、7、8、9、12、14、16型で、このうち第9~16型はそれに属するパターンも不変である。

型を構成しているパターンが50%入れ代わっても考え

第4表 各欄の左上：2回の分類で使った第1型基準パターン相互の相関係数，左下：同じく相関数の差，右上と右下：それぞれ全体および第1型のみ的一致率。

C ₀											
0.70		0.75		0.80		0.85		0.90		0.70	
0.927	79%	0.915	61%	0.930	76%	—	—	—	—	0.927	85%
4	67%	29	55%	27	52%	—	—	—	—	4	88%
0.954	92%	0.954	80%	0.955	75%	—	—	—	—	—	—
1	90%	3	84%	7	64%	—	—	—	—	—	—
0.975	95%	0.975	77%	0.973	85%	0.979	87%	0.979	89%	0.975	96%
4	89%	3	82%	6	82%	4	84%	6	55%	4	94%

方によっては特に問題とはならないが，出現度数の少ない型が消滅したり，新しい型ができるのは問題である。例えば，最初の分類の第5型は第2回の分類の第3，8型へ，第10型は第2，5型に分かれてしまい，第13型の18例のパターンのうち13例は第1型に移動し，残りはばらばらである。第5型の分裂した10例，第1型の37例および第19型の1例は第2回の分類の第8型を新たに形成している。結局，不安定性には2種類あり，その1つは要素の変化，他は型そのものの変化でこれらは相互に関連がある。相関法の最大の難点はこのような不安定性のあることである。

第4表のように一致率によくないものがあるのは，一度分類してから他の型に移し替えをすることと関係している。第4表の一番右に示したのは一番左の例と同じで，ただパターンの移し替えをする前に一致率を求めたものである。たしかに一致率はよくなっているが，第2表には最小の相関係数が0.90以下のものがあるから，移し替えをしなくても一致率に70%以下のものがありうる，とすべきである。ここで注意されることは，移し替えをしてもしなくても基準パターンは2回の分類でそれぞれ変わらないので，型そのものに関する不安定は共に同じであることである。なお，第1型について論じた不安定性は，他の型についても同じ様にある。

6. 討 論

相関法の分類で客観的取り扱いが困難であると思われるものは，目的に応じた最適の領域の設定，類似限界C₀の値の決定，C₀が与えられた場合の型の数，不安定性の解消である。これらの問題をどのように解決したらよいか，について以下では一般的な立場から検討するが，実際にやるとして，手間がかかるということは考え

えないことにする。

(1) 最適領域。領域をいくつか変えて分類し，その結果から一番よいとされるものを決めるのが実用であろう。空間スケールの大と小のじょう乱に分け，別々に領域を設定することも考えられる。

(2) C₀と型の数。経験のないしは統計的に決めることになりそうである。今回の分類結果では出現度数が少くとも1つの型にしたいとされるものがあるので，このような型についても他の月にあるかどうか，年間を通じてどうなっているか，等を検討して決めるのがよいであろう。

(3) 不安定性の解消。統計的に安定した結果を求める考え方の例をあげる。C₀を与えて相関法で分類して第1型と2型を決め，それぞれの型から相関数が第1～20位のパターンを合計40枚選出する。これらのパターンは近似的に基準パターン群を構成すると考え，それぞれを基準パターンとして40回分類を行なう。この40回の分類の結果を比較すれば，統計的に安定性の強い型とこれに属するパターンが決定されよう。

この3つの最も重要な問題点が客観的に解決できないとすれば，相関法は厳密な意味での客観法とはいいがたいが，分類されたパターンの特徴はこの方法が実用的な意味を持っていることを示している。相関法について今回の解析で検討したことは，他の客観的分類法を用いる時にも参考になるであろう。相関法に関しては故曲田工夫氏（元予報研究部長）も関心を持たれ，われわれの一連の研究は同氏が元気でおられた頃に企画されたものである。

文 献

- Abe, K., 1972: An objective classification of map-patterns over Japan in the summer season, *Papers in Meteor. and Geophys.*, 23, 225-240.
- 荒井 康, 矢島栄三, 1976: 気圧, 気温および日照の相関について, *天気*, 23, 35-4.
- Lund, I.A., 1963: Map-pattern classification by statistical methods, *Jour. App. Meteor.*, 2, 56-65.
- 半井範明, 1966: '56~'65 天気図10年集成, 日本気象協会.
- 野本真一, 巽 保夫, 1971: “類似示数”による型の分類と予想天気図の検証, *気象集誌*, 49, 467-483.
- , 1972: 日本付近の地上気圧配置と700mb高度分布の客観的分類, およびこれらの利用法の一例, *研究時報*, 24, 171-188.
- 高橋浩一郎, 1969: 総観気象学, 岩波書店, 358.
- 吉野正敏, 福岡義隆, 1967: 気圧配置ごよみ, (1956~1965), 災害科学研究会プリント.
- , 1968: 東アジアの夏型気圧配置の出現状態およびその異常と気温分布, *地理学評論*, 41, 721-730.
- , 1969: 冬型気圧配置の出現頻度とその特性—気圧配置ごよみ(2)—, *天気*, 16, 30-36.