



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	主成分分析とクラスター分析による中国東北地方の気候区分
Author(s)	趙, 煥宸; 加藤, 央之; 高橋, 英紀
Citation	北海道大学大学院環境科学研究科邦文紀要, 2, 33-45
Issue Date	1986-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37071
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_33-45.pdf



北海道大学大学院環境科学研究科邦文紀要	No. 2	33~45	1986・3月
---------------------	-------	-------	---------

主成分分析とクラスター分析による 中国東北地方の気候区分

趙 煥 宸

中国科学院長春地理研究所

加 藤 央 之

電力中央研究所エネルギー環境技術研究所

高 橋 英 紀

北海道大学大学院環境科学研究科

1. はじめに

気候区分とは気候の特徴や気候を支配する要因に着目して地域区分をすることである。このことについては過去多くの研究者達がそれぞれ異なった目的と手法で区分をしてきた。それらの手法には気象要素、あるいはそれから導いた指標などの平均値を用いるものや地点間の気象要素の地域相関を取るものなど様々な工夫がなされてきた。一方、1950年代半ばに始まった主成分分析の気象学・気候学への応用は当初は、気象現象の解析の意味が強かったが1970年代になって気候区分へも利用されるようになった。日本における気候区分への主成分分析の本格的な応用は小島(1973)の日本の東北地方の気候区分が最初である。その後、三上(1975)による日本全域の夏季気温分布型の解析や、山崎(1977)、岸原(1978)の雨に関する解析などが続き、加藤(1983)は、これにさらにクラスター分析の手法も取り入れて北海道の気候区分を行った。

中国に関しては主成分分析を気候区分に取り入れたのは趙ら(1984)による中国東北地区の気温分布特性の解析が最初である。さらに、趙(1985)はクラスター分析の手法も加えて同じ東北地区の降水分布の解析を行った。

本論文は、さらに一步進めて中国東北地区の気温と降水量の2つの気象要素を用い、主成分分析と、クラスター分析の両手法を使って同地区の気候区分を行ったものである。

2. 資料および解析方法

a. 資 料

本論文の分析に用いたデータは Fig. 1 に示す中国東北地区 35 地点の気象官署における毎年1月から12月までの月平均気温と月降水量で、期間は1961年から1978年までの18年間である。なお、データは全地域、全期間の平均値からの偏差の形に変換して解析に用いた。

b. 主成分分析

主成分分析とは多変量データの持つ情報量をできるだけ失わずに小数の一次結合された変量に結合する解析法である。

いま観測点数を p 、各測点の資料数を m 、とすれば、 m 個 ($m < p$) の主成分 $Z(k=1, 2, \dots, m)$ は次のように p 個の特性値の1次結合式で表される。

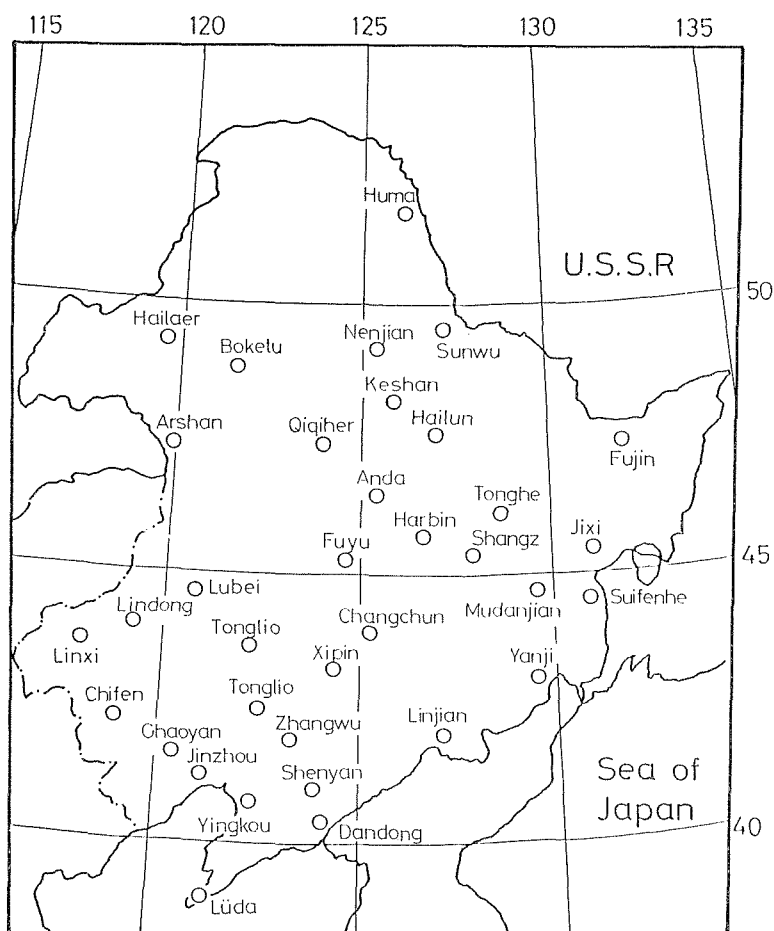


Figure 1. Location of the meteorological observatories and stations.

$$Z_k = l_{k1} \cdot x_1 + l_{k2} \cdot x_2 + \cdots + l_{kp} \cdot x_p \quad (1)$$

ここで

$Z_1 \sim Z_m$: m 個の主成分

$x_1 \sim x_p$: p 個の特性値

l_{ki} は $[x]$ の分散共分散から求められる固有値 λ_k の固有ベクトル成分であり Jacob 法で求めた。各主成分の全変動に対する寄与率 CD は (2) 式で求めた。また、変量 x と主成分 Z との相関係数に相当する因子負荷量は主因子分析法で求めた。

$$CD = 100 \lambda_k / \sum_{i=1}^p \lambda_i \quad (2)$$

c. クラスタ分析

クラスタ分析はデータを構成している個体（あるいは属性）をなんらかの基準によって分類する手法である。分類の方法にはいくつかの方法があるが、ここでは、二つの群に含まれる個体のユークリッド距離の2乗の和の平均を群間の距離とする群平均法を用いた。 d_{rs}^2 がクラスター C_f の任意の個体 r とクラスター C_g

の任意の個体 s とのユークリッド距離の 2 乗を表すものとするとき、 C_f , C_g 間の距離 (または類似度) は (3) 式で求められる。また、クラスター C_f および C_g が結合されて C_h となったとき、他のクラスター C_i との距離は (4) 式で求められる。

$$D_{fg}^2 = \frac{1}{n_f \cdot n_g} \cdot \sum_{r \in C_f} \sum_{s \in C_g} d_{rs}^2 \quad (3)$$

$$D_{hi}^2 = \frac{n_f}{n_h} D_{fi}^2 + \frac{n_g}{n_h} D_{gi}^2 \quad (4)$$

d. 解析の手順

まず前述の 18 年、35 地点の気温および降水量のデータを主成分分析にかけ、得られた固有ベクトル成分の分布パターンを気温は第 4 主成分まで、降水量は第 6 主成分まで出す。それぞれのパターンの成因あるいは特徴については、気圧配置、あるいはそれにともなう気流系から導いた趙ら (1984)、趙 (1985) の解釈をそのまま用いた。

ついで、主因子分析法で求めた n 次 (気温 3 次、降水量 4 次) の因子負荷量を基にクラスター分析を行った。なお、この因子負荷量は主成分と元の特性値との相関係数を示すものであるから、これをクラスター分析すると言うことは、各主成分ごとに、地点のグルーピングを行うことになる。

最後に、気温、降水量ともに 3 次までの因子負荷量を用いて、クラスター分析を行い気候区分へと結びつけた。

3. 結果と考察

a. 気温変動の分布特性

Table 1 は月平均気温の主成分分析結果から、第 4 主成分までの固有値、寄与率、累積寄与率を示したものである。これにより、上位 3 主成分で全変動の 85% 以上を説明できることがわかる。また、この中から上位 3 成分について、それぞれ固有ベクトルの分布図を作成した (Fig. 2)。各成分ごとの特徴を以下に述べる。第 1 主成分は全変動の 73.0% を説明する (Fig. 2 a)。符号は全東北的に正の同符号で、極大域は、区内の西北部に位置し、その中心は呼倫貝爾高原 (海拉爾一帯) と、長春、ハルビンから克山に至る一帯とに 2 分された形になっている。最も低い値を示すのは遼東半島である。したがって、第 1 主成分は、全東北高温・全東北低温型を示す主成分であるといえる。

第 2 主成分は全変動の 11.4% を説明する (Fig. 2 b)。符号は東北区の南部で正、東北区の北部で負と逆転している点が特徴的である。正負の境界線は、ほぼ北緯 45 度の緯線に沿っており、第 1 主成分の極大域付近を通過している。絶対値が最大となるのは地区の東北部の北部 (呼瑪一帯) と東南部 (遼東半島の東部山地一帯) であり、北暑南冷・北冷南暑型を示す主成分である。

第 3 主成分は全変動の 4.0% を説明する (Fig. 2 c)。それは地区の東部と西部の気温偏差を逆符号に導く主成分であるため、東暑西冷・東冷西暑型を示した主成分であると言える。この主成分は北太平洋高気圧とインド低気圧、モンゴル高気圧とアリューシャン低気圧部の位置と密接な関係がある。

b. 降水変動の分布特性

各月の降水量について主成分分析の結果の第 6 主成分までを Table 2 に示す。これによると第 4 主成分までは、寄与率も比較的大きく、累積寄与率も、第 4 位までで全変動の約 60% まで説明できる。また降水現象の様に局地性の強い気候要素を対象とする場合には第 5 成分以下の成分についてあまり重要ではない。したがってここでは第 4 主成分までを取り扱うこととし、Fig. 3 に固有ベクトルの分布図を示した。

第 1 主成分は全変動の 33.0% を説明する (Fig. 3 a)。符号は全東北的に正の同符号で、極大値は地区の東

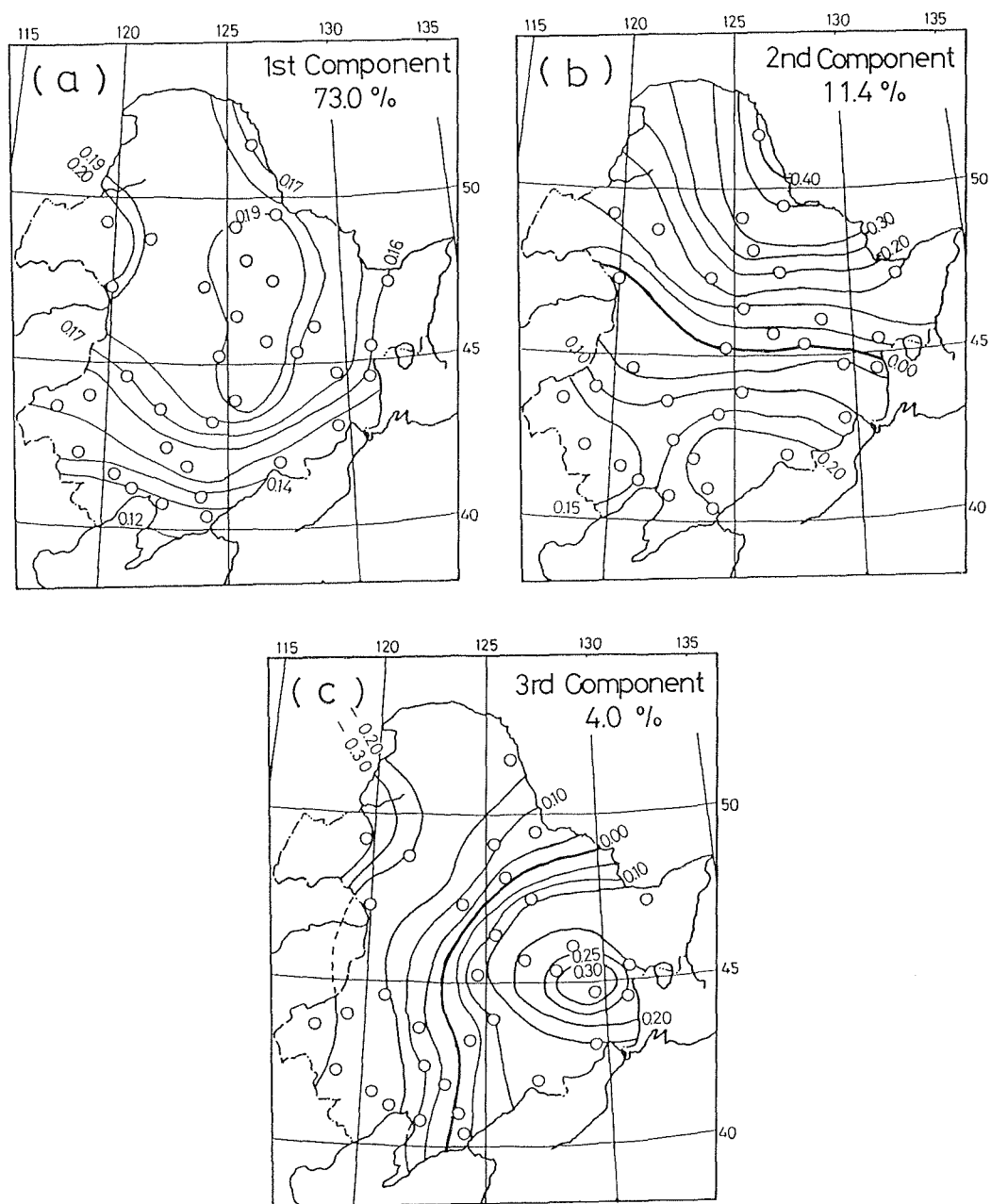


Figure 2. Eigenvectors of monthly mean air temperatures for (a) the first, (b) the second and (c) the third principal components.

南部に位置し、その中心は遼寧省の東部の大部分を占める。最も低い値を示すのは黒竜江の沿岸に沿う呼瑪一帯である。すなわち、第1主成分は全東北湿潤（多雨）・全東北乾燥（少雨）型を示すものであると言える。これは北太平洋高気圧とインド低気圧の影響を受けるために夏季に海側から吹き込んでくる南東風が卓越することと関連がある。

Table 1. The indicative values of the principal components for air temperature

Component	Eigenvalue	Coef. Deter.	Cum. Coef. Deter.
1st	61.87	73.0	73.0
2nd	9.62	11.4	84.4
3rd	3.35	4.0	88.4
4th	1.76	2.1	90.5

Table 2. The indicative values of the principal components for precipitation

Component	Eigenvalue	Coef. Deter.	Cum. Coef. Deter.
1st	5.77	33.0	33.0
2nd	1.96	11.2	44.2
3rd	1.42	8.1	52.3
4th	1.30	7.4	59.7
5th	0.70	4.0	63.7
6th	0.59	3.4	67.1

第2主成分は全変動の11.2%を説明する (Fig. 3 b)。黒竜江省の小興安嶺山地を中心に、地区の北部では正、遼東湾付近を中心として、遼寧省の全域と吉林省の南端を含む地区の南部で負の値を示す。すなわち第2主成分は北湿南乾・北乾南湿型の降水分布を示したものと見える。

第3主成分は全変動の8.1%を説明する (Fig. 3 c)。この成分は東西方向に広がりを持つ正および負域が交互に分布している。これは大、小興安嶺と長白山山脈の地域と、東北平原地域とが乾湿逆の型になることを表わしている。これは明らかに地形性降雨の影響を示している。

第4主成分は全変動の7.4%を説明する (Fig. 3 d)。符号が地区の東部で正、西部で負と逆転している点が特徴的である。すなわちこの成分は東湿西乾・東乾西湿型を示したものと見える。

c. 気温変動特性による気候区分

気温変動による気候区分は、全変動の88.4%を説明する第3主成分までを使用した。気温変動の特徴ごとに各観測点がまとめられて行く過程を Fig. 4 のデンドログラムに示し、区分された結果を Fig. 5 に示す。ここで区分名に付けられたローマ数字は第2主成分の符号により、大文字の英字は第3主成分により区分したもので、添え字は細区分である。また、各区分における因子負荷量の平均値、区分の範囲をまとめて Table 3 に示す。

d. 降水変動による気候区分

降水変動による気候区分は全変動の約60%を説明する第4主成分までで行った。降水変動の特徴ごとに各観測点がまとめられて行く過程を Fig. 6 のデンドログラムに、まとめられた結果を Fig. 7 に示す。ここで区分名に付けられたローマ数字は降水変動の第2主成分の符号により、大文字アルファベットは第3主成分の符号により、小文字アルファベットは第4主成分の符号により区分したものである。添え字は細区分である。また、各区分における因子負荷量の平均値を Table 4 に示す。

e. 気温変動、降水変動による気候区分

気温変動および降水変動の双方を考慮した気候区分は、気温、降水量ともに第3主成分までを使用した。

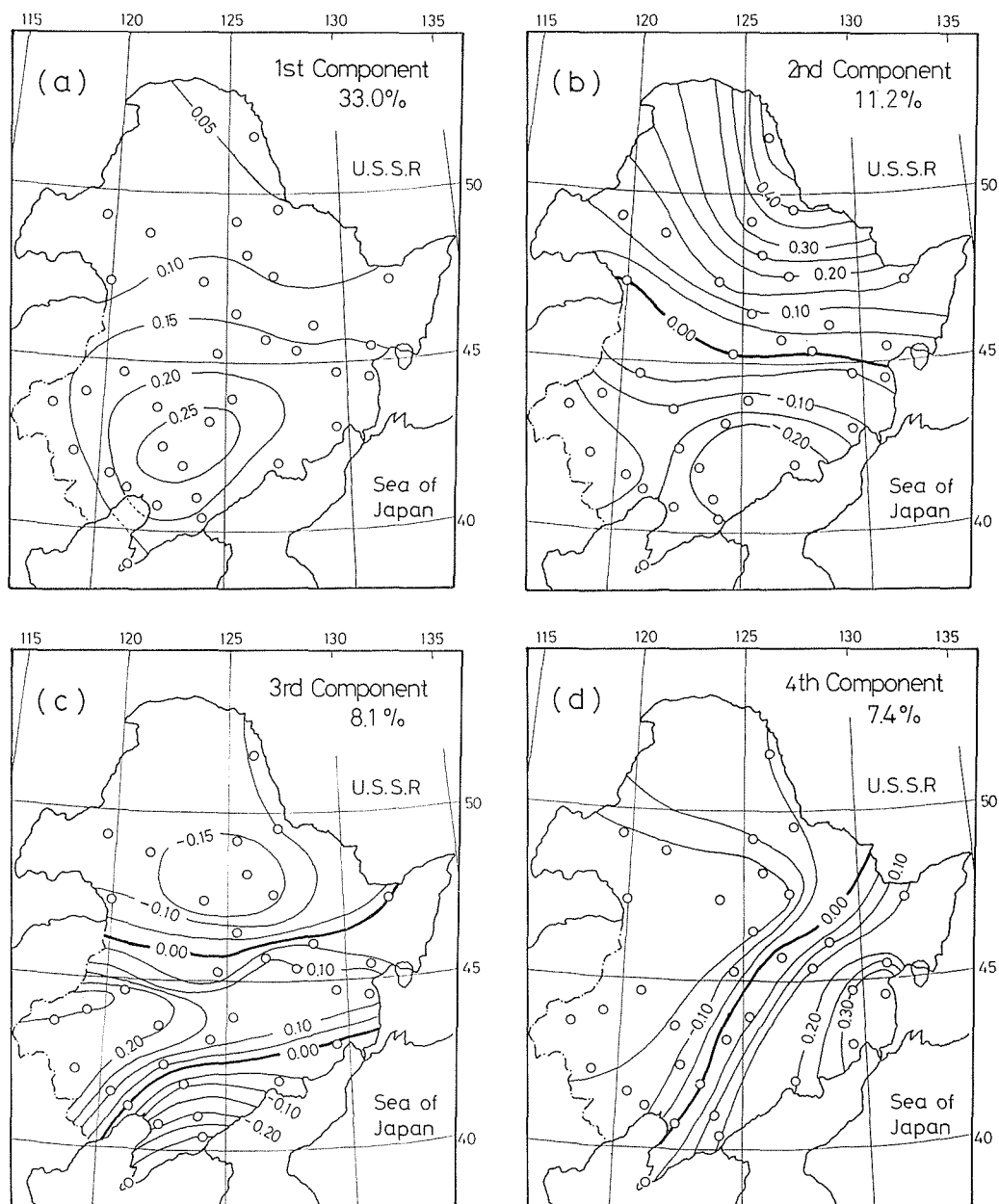


Figure 3. Eigenvectors of monthly precipitations for (a) the first, (b) the second, (c) the third and (d) the fourth principal components.

降水量の第3主成分までは全変動の52.3%を説明する。

また、気温変動と降水変動の特徴ごとに各観測点がまとめられて行く過程を Fig. 8 のデンドログラムに、まとめられた結果を Fig. 9 に示す。各区分における因子負荷量の平均値を Table 5 に示す。各区の範囲および気候の特徴は以下に述べるごとくである。

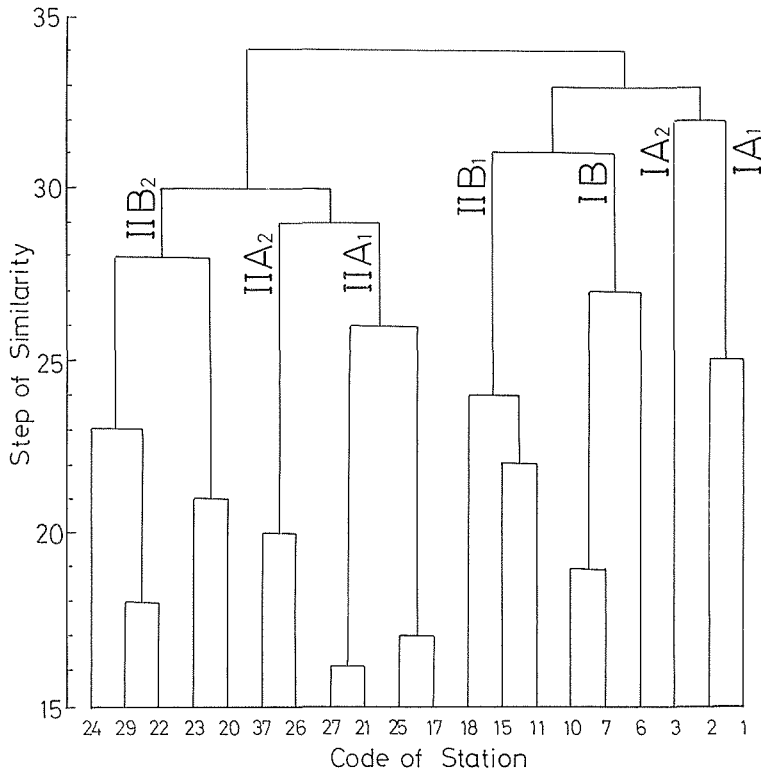


Figure 4. The dendrogram of changing patterns of monthly mean air temperature.

Table 3. Factor loadings of each climatic region derived from changing patterns of monthly mean air temperature

Climatic Region	Factor Loading		
	1st	2nd	3rd
I A1	0.74	-0.58	-0.12
I A2	0.86	-0.23	-0.28
I B	0.89	-0.29	0.10
II B1	0.91	0.01	0.27
II B2	0.82	0.37	0.07
II A1	0.91	0.17	-0.17
II A2	0.79	0.40	-0.22

[I A a1 区] 本区は東北地区の最北端に位置する根河の地域である。冬季に主としてモンゴル高気圧とアリューシャン低気圧の影響を受けて、北風と北西風が卓越し、夏季に南西から近づく低気圧（インド低気圧とそれに由来する東北低気圧）とオホーツク海付近の低気圧の影響を受けるために、本区は気温の第2主成分の強い負の相関と、第1主成分のやや高い正の相関を持つという特徴がある。また、降水の第2主成分ともやや強い相関がある。

[I A ba] 大小興安嶺地域と松遼地域を含む地域である。モンゴル高気圧とアリューシャン低気圧、とくに夏

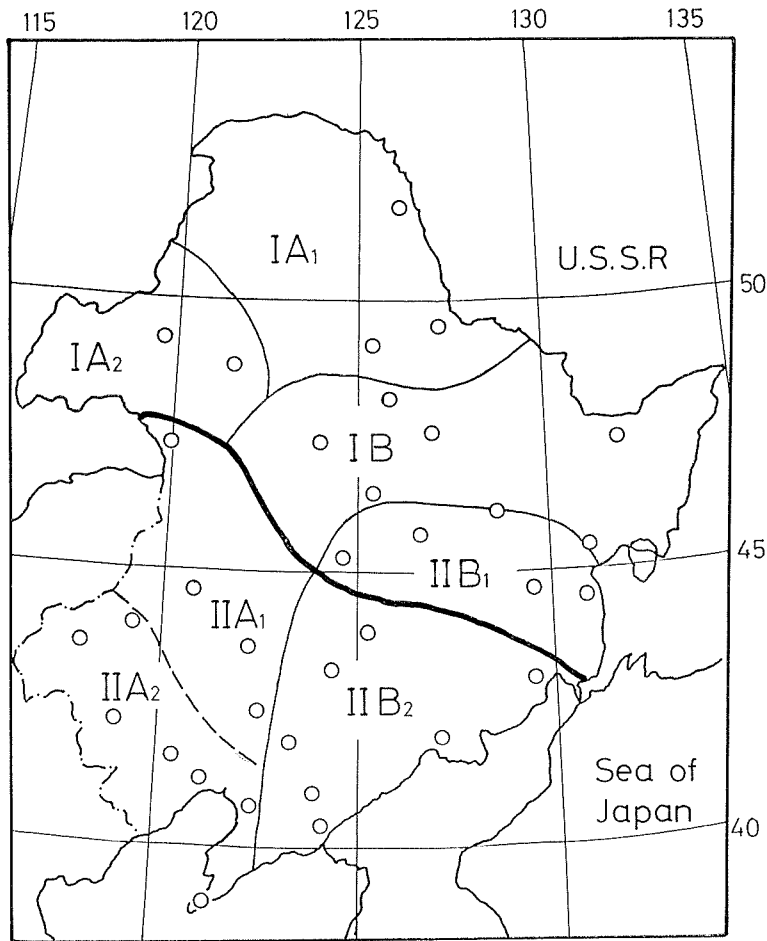


Figure 5. The climatic division derived from the changing patterns of monthly mean air temperature.

Table 4. Factor loadings of each climatic region derived from changing patterns of monthly precipitation

Climatic Region	Factor Loading			
	1st	2nd	3rd	4th
I B b1	0.38	0.45	−0.24	−0.25
I A a1	0.52	0.46	0.11	0.22
I A a2	0.56	0.18	0.08	0.52
II A b1	0.63	−0.03	0.29	−0.16
II A b2	0.72	−0.33	0.01	−0.12
II B a	0.55	−0.36	−0.43	0.10

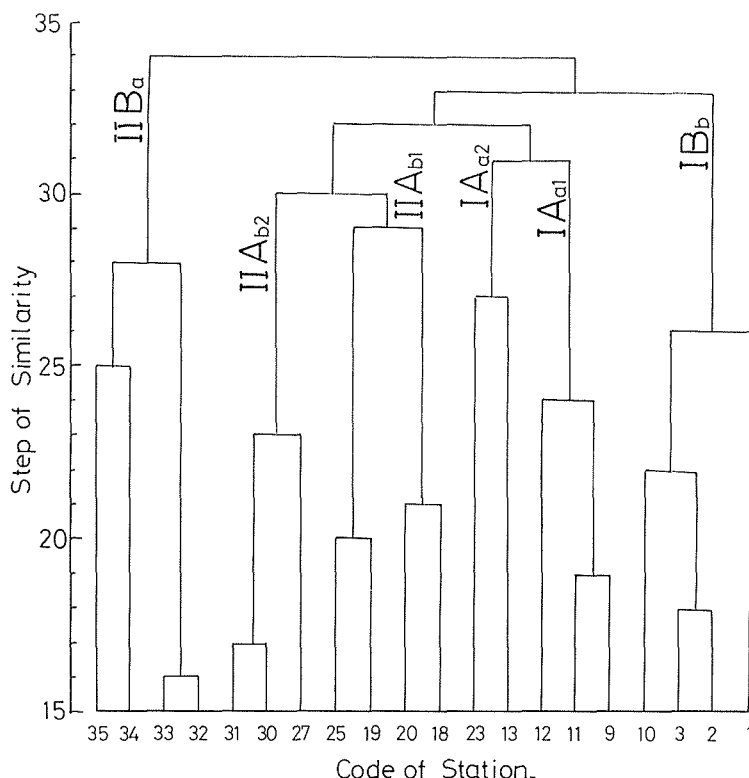


Figure 6. The dendrogram of changing patterns of monthly precipitation.

季にオホーツク海付近にある低気圧の影響を受けるため気温の第1主成分と密に関係があり、降水の第1、第2主成分との相関も高い。

[I A a2] 東北地区の最西部にある呼倫爾高原区である。主としてモンゴル高気圧と南西から来るインド低気圧の影響を受けるために、気温の第1主成分と密に関係がある。

[II A b1] 三江平原と松花江の渓谷一帯を含む地域である。主として北太平洋高気圧、アリューシャン低気圧の影響を受けるため、気温の第1主成分と最も高い正の相関があり、降水の第1主成分とも相関が密である。

[II A b2] 長春台地と長白山区一帯を含む地域である。朝鮮半島の北と南の部分で日本海と黄海に面し、北太平洋高気圧に近いため、台風の影響が及ぶことがある。

[II B ab1] 地区西部の啓蒙、照蒙地域一帯である。モンゴル高気圧と南西からくるインド低気圧および東北低気圧の影響を受けて、気温の第1主成分と強い相関がある。降水の第1主成分とかなり相関が高い。また、第3主成分との相関が他の地区に比べ高いことも特徴の1つである。

[II B ab2] 遼寧省西部の西遼河流域一帯で、モンゴル高気圧とインド低気圧の影響を受ける。気温の第1主成分との相関もかなり高いが、降水量の第1主成分との相関が最も高い。この地域の降水量は、主として南東季節風に依存している。

[II B a] 遼東半島とその東部山地一帯。気温の第2主成分との正の相関と、降水量の第2主成分の負の相関が高いが、これはこの気候区が地区の最南端にあり、気温、降水量ともに、南北偏差が、強く影響するためである。また降水の第3主成分も負の相関が他区に比べ非常に大きい、海に近い山岳地帯を含んでいるためである。また、台風の影響を最も多く受ける地帯である。

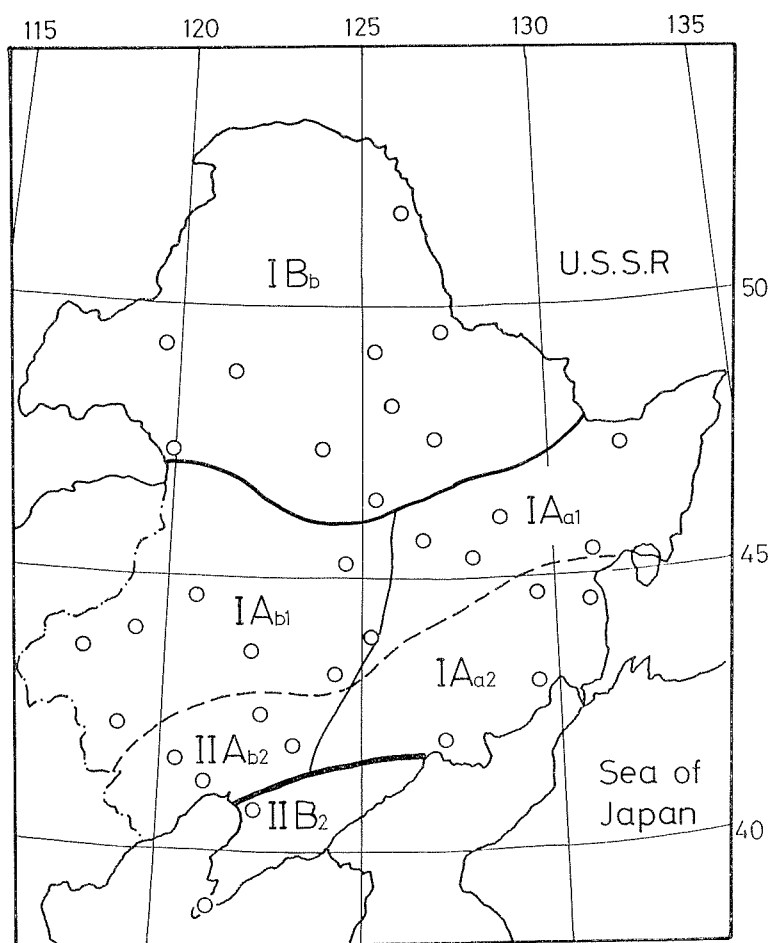


Figure 7. The climatic division of the changing pattern of monthly precipitation.

Table 5. Factor loadings of each climatic region derived from changing patterns of monthly precipitation and monthly mean air temperature.

Climatic Region	Factor Loading					
	Air Temperature			Precipitation		
	1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
I A a1	0.64	-0.66	-0.16	0.12	0.33	-0.15
I A ba	0.86	-0.36	0.05	0.43	0.48	-0.22
I A a2	0.88	-0.13	-0.24	0.37	0.29	-0.25
II A b1	0.91	0.01	0.27	0.57	0.30	0.17
II A b2	0.84	0.32	0.12	0.66	0.03	0.04
II B ab1	0.87	0.24	-0.21	0.57	-0.12	0.38
II B ab2	0.84	0.39	-0.17	0.72	-0.33	0.01
II B a	0.75	0.44	-0.06	0.55	-0.36	-0.43

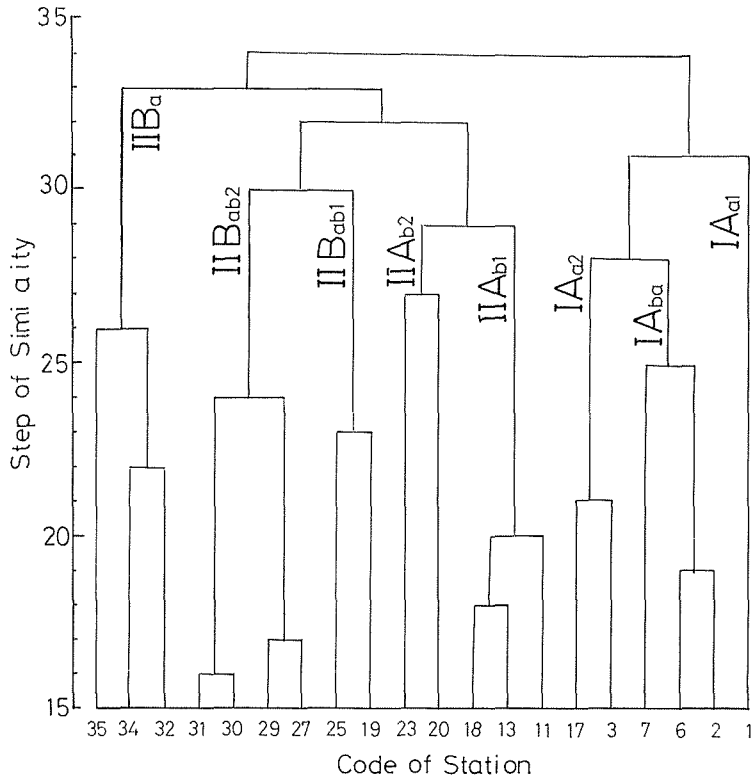


Figure 8. The dendrogram of changing patterns of monthly precipitation and monthly mean temperature.

4. ま と め

近年、気候区分への利用が行なわれるようになってきた主成分分析とクラスター分析の手法を用いて、中国東北地区の気候区分を行った。用いた資料は東北地区内 35 地点、18 年間の月平均気温と月降水量である。

得られた結果を取りまとめると以下のごとくである。

- 1) 主成分分析の結果は、気温変動の各主成分が次に示す分布パターンに対応する。

第 1 主成分： 全東北高温・全東北低温型

第 2 主成分： 北暑南冷・北冷南暑型

第 3 主成分： 東暑西冷・東冷西暑型

- 2) 同じく降水量の場合には次に示す分布パターンに対応することがわかった。

第 1 主成分： 全東北湿潤・全東北乾燥型

第 2 主成分： 北湿南乾・北乾南湿型

第 3 主成分： 山湿平乾型

第 4 主成分： 東湿西乾・東乾西湿型

- 3) 気温第 3 主成分まで、35 観測地点の因子負荷量を用いてクラスター分析を行った結果、Fig. 5 に示すごとくに、大興安嶺の中央部と長白山脈北部を結ぶ線によって南北に大きく 2 気候区に、さらに細かく 7 気候区に区分された。

- 4) 降水量については Fig. 7 に示すごとく、気温の場合と異なり、遼東半島と長白山脈の南部を含ん

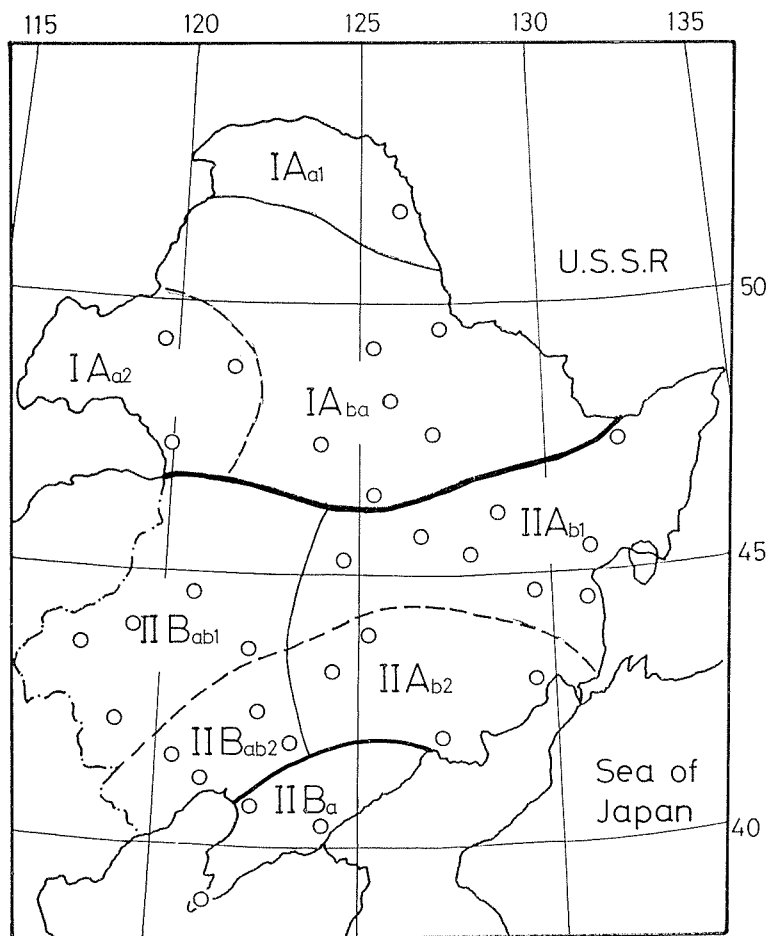


Figure 9. The climatic division of the changing patterns of monthly precipitation and monthly mean air temperature.

だ小さな地域と、残された中央部分の広い地域の2気候区に、さらに細かく6気候区に区分された。

5) 気温と降水量による区分は両者とも第3主成分までを使用して行った。得られた結果は Fig. 9 に示すごとく、大区分は大興安嶺の中央部から小興安嶺の南端を結ぶ線で2気候区に、さらに細かくは8気候区に区分された。それぞれの気候区における、気温および降水変動の特徴は、Table 5 に示した各区、各主成分ごとの因子負荷量の平均値で知ることができる。

謝 辞

本稿の作成にあたり、終始ご指導、ご教示を賜った北海道大学大学院環境科学研究科門村 浩教授に深甚の感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 加藤央之, 1983: 日照時間・日平均気温の変動形態からみた北海道の地域特性. 地理学評論, 56, 1-16.
岸原信義, 1978: 豪雨に関する研究 (I). 日本林学会誌, 298-307.

- 小島忠三郎, 1973: 主成分分析による東北地方の詳細な気候区分. 農業気象, **29**, 165-172.
- 三上岳彦, 1975: 主成分分析による日本の夏季気温分布型の表現とその動気候学的考察. 地理学評論, **48**, 784-797.
- 鈴木栄一, 1981: 多変量解析の気象への応用. 気象研究ノート, **143**, 143-155.
- 山崎孝治, 木並良夫, 1977: 関東甲信地方の日雨量の主成分分析. 研究時報, **29**, 81-87.
- 趙 煥宸, 加藤央之, 高橋英紀, 1984: 主成分分析による中国東北地区の気温分布特性の解析. 農業気象, **39**, 261-269.
- 趙 煥宸, 1985: 東北地区降水分布特性の主成分分析. 地理科学, **4**, 225-234.

Abstract

Huanchen Zhao (*Changchun Institute of Geography, Academia Sinica, Changchun, China*), Hisashi Kato (*Energy and Environmental Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, Komae 201, Japan*), Hidenori Takahashi (*Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan*), **A Climatic Division of Northeast China using Principal Component and Cluster Analyses.** Mem. Env. Sci. Hokkaido Univ. No. 2, 33-45, 1986.

Climatic division of the Northeast China was tried using the principal component (P.C.) analysis and the cluster analysis of monthly mean air temperature and monthly precipitation at 35 meteorological observatories and stations for 18 years (1961-1978).

1) The result of the P.C. analysis of monthly mean air temperature showed that the first three principal components can explain more than 85% of total variance (Table 1), and each component represents the distribution patterns of air temperature as follows.

1st P.C.: "hot over the entire area" or "cool over the entire area"

2nd P.C.: "hot in north and cool in south areas" or "cool in north and hot in south areas"

3rd P.C.: "hot in east and cool in west areas" or "cool in east and hot in west areas"

2) The result of the P.C. analysis of monthly precipitation showed that the first four principal components can explain about 60% of total variance (Table 2), and each component represents the distribution patterns of precipitation as follows.

1st P.C.: "wet over entire area" or "dry over entire area"

2nd P.C.: "wet in north and dry in south areas" or "dry in north and wet in south areas"

3rd P.C.: "wet in mountains and dry in plains"

4th P.C.: "wet in east and dry in west areas" or "dry in east and wet in west areas"

3) Through the cluster analysis of the first three factor loading of air temperature, the Northeast of China was divided into two first order climatic regions with the line drawn from the central part of the Daxinganling Mts. to the north part of Changbaishan Mts. (Fig. 5).

4) The result of same analysis as air temperature for precipitation indicated that the Northeast was divided in two first order climatic regions, the one is relatively small area near the Liaodao Peninsula and the other is the wide area remained, and in six subregions (Fig. 7).

5) The first three factor loadings of air temperature and precipitation were analyzed together using the cluster analysis. The results showed that the Northeast was divided into two first order climatic regions with the line drawn from the central part of the Daxinganling Mts. to the southern end of the Xiaoxinganling Mts. and the eight subregions (Fig. 9).