



Title	北海道における地上風の特徴 : 主成分分析法による解析
Author(s)	加藤, 央之
Citation	環境科学 : 北海道大学大学院環境科学研究科紀要, 5(2), 293-304
Issue Date	1983-08-15
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/37141">http://hdl.handle.net/2115/37141</a>
Type	bulletin (article)
File Information	5(2)_293-304.pdf



[Instructions for use](#)

## 北海道における地上風の特徴

— 主成分分析法による解析 —

加藤 央之

北海道大学大学院環境科学研究科環境基礎学講座

### Regionality of Surface Wind in Hokkaido

— An Analysis by Means of PCA —

Hisashi Kato

Laboratory of Fundamental Research, Division of Environmental  
Structure, Graduate School of Environmental Science,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan, 060

#### I. はじめに

小地域内の地上風の分布を調べることは、気温、降水量などの気候要素の特徴を説明する上で重要であるばかりでなく、強風災害や大気汚染の拡がりを調べる上でも必要不可欠である(吉野, 1957; 河村, 1963, 1966)。従来、地上風の分布は特定気圧配置に対応した各地点の風配図を基に、その流線を描く方法が主体であった(草野, 1960; 河村, 1963, 1966; 昆ほか, 1970など)。しかしながら、これらの研究では主として風向の解析に中心が置かれており、風速の分布に関する、より定量的な議論は行なわれなかった。

従来の解析のように、風の流線図を用いて一定気圧場の時の小地域内の風の流れの状態を知ることは、他の気候要素の分布を説明する上では重要である。しかしながら、強風災害の面から見れば、特定気圧配置の時の地上風の風速分布を知ることは重要であり、また、最近新しく始まった風力エネルギーに関する研究(日本列島における風力エネルギーの地理的分布と季節変化に関する研究委員会, 1980)においてもその風速分布は欠くことの出来ない資料となる。

本研究は、こうした点を考慮し、風速を中心とした一定地域内の風の分布を詳しく調べたものである。方法は主成分分析に依った。主成分分析法は、気象要素の分布型やその変動を調べるのに適しており、最近では気圧等(Kutzbach, 1967, 1970; Kidson, 1975 a, b), 気温(Walsh, 1977), 降水量(Akiyama, 1981)など様々な要素に適用されて来た。風に関しては、貿易風の長期変動を扱ったBarnett(1977)の研究や、特定の期間(夏期の3日間)の関東平野における風の特徴を調べた若松、島野(1981)の研究、風をベクトル量のまま解析に用いて小地域内の風の特徴を求めたHardy(1978)の研究などがあるが、いずれもその解析は、風の地域特性(地域的特徴、地域差)までは言及していなかった。

そこで本研究では、風の地域特性を客観的に捉えるために、以下の様な手順で解析を行った。i)一定地域内の風の主たる変動(分布)パターンを抽出する。ii)各パターンと外的場(気圧配置)との対応を行う。iii)各

1982年8月31日受理

Received 31 Aug. 1982

パターンの卓越気流系を求める。iv)主成分分析の結果から得られた各地点の因子負荷量(風速の時間変動特性)を用い、クラスター分析により、風速を中心とした風の地域特性を明らかにする。

解析には北海道における AMeDAS (地域気象観測システム) の風のデータを用いた。北海道は周辺を海で囲まれており、ひとつの地域と見なしやすく、また、過去に多くの風に関する調査報告があるので、得られた結果の検証が容易であり、研究対象として適していると言える。

## II. 資料及び解析方法

解析には1978年~1980年まで3年間にわたる AMeDAS の風のデータ(北海道内145地点)、および気象官署の気圧のデータ(北海道内22地点)を用いた。風のデータは各地点毎、気象庁 AMeDAS の磁気テープより特別値を取り出し、日平均風速を算出して解析に用いた。気圧のデータは同庁の地上観測日表の磁気テープより、各地点の日平均気圧値を取り出した。風速の欠測値は鈴木(1964)の方法により、近隣の3地点の値を用いて補間したが、1年間に対し、11日間以上の欠測がある地点は計算から省いた。この結果、141地点×365日の基礎データが得られ、これを解析に用いた。補間された欠測値の総数は、全データに対し、0.11%であり、これらの補間値が解析に与える影響は少ないと考えられる。詳しい解析は、主として1978年1年間のデータを対象として行ったが、得られた結果の妥当性を吟味するため、1979年、1980年のデータについても同様な解析を行い、比較検討した。

解析に用いた主成分分析法は、 $p$ 個の変量  $x_1, x_2, \dots, x_p$  (本研究では  $x_i$  が  $i$  番目の地点の日平均風速) の持つ情報を次の2つの条件を満足する  $m$  個 ( $m < p$ ) の総合特性値  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$  (第1, 第2, …, 第  $m$  主成分) に要約する手法である(奥野ほか, 1971)。

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

$$\sum_{i=1}^p l_{ki}^2 = 1 \quad (2)$$

条件1) 第1主成分の分散は最大である。

条件2) 第  $k$  主成分  $Z_k$  は  $Z_1, Z_2, \dots, Z_{k-1}$  と無相関で分散が最大である。

$l_{ki}$  は  $x_i$  の分散・共分散行列から求められる固有値  $\lambda_k$  の固有ベクトル成分である。ここで例えば  $l_{1i}$  ( $i=1, 2, \dots, p$ ) によって規定される空間的な変動パターンは、風速の地域変動のうちの最も卓越した分布パターンであり、そのパターンの盛衰が  $Z_1$  の大小によって示されている。

個々の主成分について寄与率が計算される。 $Z_k$  の寄与率  $\alpha$  (%) は

$$\alpha = \left( \lambda_k / \sum_{i=1}^p \lambda_i \right) \times 100 \quad (3)$$

として求められる。ここで各主成分の分散の和  $\left( \sum_{i=1}^p \lambda_i \right)$  は全地点の  $x_i$  の分散の総和に等しい。従って、第  $k$  主成分  $Z_k$  は風速の全地域変動の  $\alpha$  % を説明することになる。

本研究においては、風の地域差に着目するため、個々の地点の日平均風速のデータは、同日の全地点の平均からの偏差の形にして用いた。気圧データについても同様な処理を行なった。

## III. 結果と考察

### a) 日平均気圧の主成分分析

風の解析に先立ち、気圧のデータの主成分分析を行った。Fig. 1 に1978年のデータを用いて求めた第1主成分と第2主成分の固有ベクトル成分の分布を示す。第1主成分の固有ベクトル成分は東北東部で正、西南

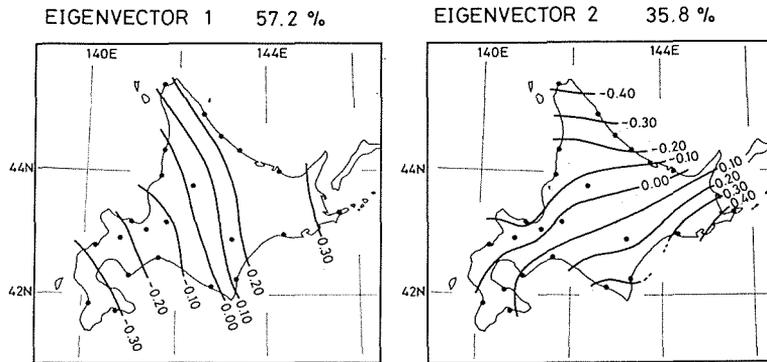


Fig. 1. Eigenvectors of daily mean sea-level pressure for 1978. Dots indicate meteorological observation stations.

西部で負の分布をしている。これは、第1主成分  $Z_{p1}$  のスコアが正(負)の時、東北東(西南西)部の気圧が相対的に西南西(東北東)部の気圧より高くなることを示している。すなわち、第1主成分  $Z_{p1}$  のスコアの大小は東北東—西南西方向の気圧傾度の向きおよび大きさを示していると考えられる。同様に第2主成分  $Z_{p2}$  のスコアは、北北西—南南東方向の気圧傾度に対応していると見られる。従って、 $Z_{p1}$  と  $Z_{p2}$  を各々  $x$  軸、 $y$  軸とする平面に任意の日の気圧の第1、第2主成分のスコアをプロットすれば、その位置が概略的な気圧傾度の方向および大きさを示すことになる。この  $Z_{p1}$ - $Z_{p2}$  平面は III-b) で用いられる。ここで、第1、第2主成分の寄与率は各々 57.2%、35.8% であり、第2主成分までの累積寄与率は 90% を越え、この2つで気圧の地域変動(水平分布パターンの時間変動)の大部分を説明出来る。

#### b) 日平均風速の主成分分析

本研究においては、補間された欠測値の割合や、各主成分の物理的意味づけ(気圧場との対応等)から判断し、約 10% の寄与率を持つもの以上(第3主成分まで)を解析の対象とした。1978年のデータを用いた場合、第1～第3主成分までの寄与率は各々 24.9%、16.3%、10.5% を示した。第3主成分までの累積寄与率は 51.7% であり、この3つの主成分で風速の地域変動の半分以上を説明出来る。1979年、1980年の場合も、寄与率、固有ベクトル成分の分布はほぼ類似していた。

Fig. 2(a) に第1主成分の固有ベクトル成分の分布を示す。各成分の値は概ね海岸部で正、内陸部で負となるような分布であるが、西部海岸地域においては特に正の大きな値が見られた。内陸部では各地点とも固有ベクトル成分の絶対値は比較的小さく、地域差も少ない。更に細かく見れば、内陸部の狩勝峠から十勝平野にかけて正の値になっている点が興味深い。これについては後述する。Fig. 2(b) に 1978年～1980年まで3年間の第1主成分の  $Z$  スコアの月平均値(上段折れ線グラフ)をその標準偏差(下段折れ線グラフ)と共に示した。各主成分の  $Z$  スコアは、3年間の比較のため、各年平均からの偏差の形とし、標準偏差で割って規準化してある。1978年の各主成分の年平均、標準偏差は Table 1 にまとめて示した。 $Z$  スコアの規準値について、その絶対値が 1.5 を越えた日を、正、負の符号に応じ、正の卓越日、負の卓越日と定め、その3年間の総和を Fig. 2(b) に棒グラフで示した。Fig. 2(a), (b) によれば、第1主成分  $Z_1$  は冬期に増大、夏期に減少するといった明瞭な季節変化をすることが分かる。ここで、実際の第1主成分のスコア(規準化されていない  $Z$  スコア)に置き換えれば(Table 1 参照)、各日平均値はいずれも正で、冬期に大きな値、夏期には 0 に近い値を示している。以上のように、第1主成分は、西部を中心とした海岸地域の風速が内陸部の風速よりも強くなるような風速分布の変動パターンを示しており、その正のパターンは冬期(11月～2月)に卓越し、夏期に衰弱する。ここで、正のパターンとは、「正の固有ベクトル成分を持つ地域」の日平均風速が、「負の固有ベクトル成分を持つ地域」

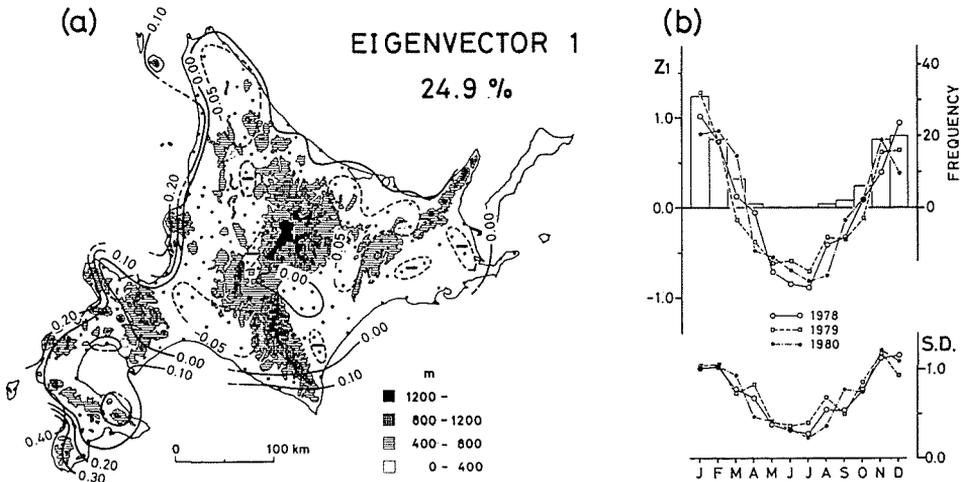


Fig. 2. (a) First eigenvector of daily mean wind speed for 1978. (b) Seasonal variation of normalized first component score ( $Z_1$ ) (upper line graphs), its standard deviation (bottom line graphs) and monthly frequency of the days with dominant positive ( $>1.5$ ) scores (bar graph).

Table 1. Averages, maximum and minimum values of each  $Z$ -score and areal mean (A.M.) wind speed for 1978.

	Average	S.D.	Max.	Min.
A.M.	2.1	0.7	5.0	0.9
$Z_1$	8.0	5.8	31.1	0.1
$Z_2$	-1.6	4.7	11.2	-20.5
$Z_3$	2.5	3.8	22.3	-11.0

(m/sec)

の日平均風速より大きくなるような風速分布の変動パターンを言う。実際、第1主成分において負のパターンは存在していない。

次に、見出された正のパターンについて気圧分布との関連を調べた。ここでは正のパターンが特に卓越する日は正の卓越日と一致している。そこで、これらの卓越日の  $Z_{p1}$ ,  $Z_{p2}$  を、III-a) で述べた  $Z_{p1}$ - $Z_{p2}$  平面上にすべてプロットし、その時の気圧傾度方向を見た (Fig. 3(a))。この操作においては各卓越日毎にその日の他の  $Z$  スコア ( $Z_2$ ,  $Z_3$ ) の規準値との比較を行い、絶対値が大きい場合のみを扱った。これは、他の主成分の変動パターンの影響が同時に大きく効いている日を形式的に取り除こうとしたものである。Fig. 3(a) によれば、第1主成分の正のパターンは、明らかに SW~W 方向で気圧が(相対的に)高い時に生じていることが分かる。これはほぼ WSW~WNW 方向の一般風の時に対応している。これらの卓越日について天気図との対応を見たところ、主として冬期の季節風の場合に相当していた。ここでは 0900 の印刷天気図を用い、緯度、経度各々  $5^\circ \times 5^\circ$  の範囲内の高気圧、低気圧の個数を集計し、これを参考とした。これらから、この正のパターンは冬期の季節風時の風速分布を表わしていると考えられる。

第2主成分の固有ベクトル成分を Fig. 4(a) に示す。固有ベクトル成分は道北部で正、道東~網走地方、苫小牧~札幌の石狩低地帯、黒松内低地帯で各々負の値を示した。 $Z$  スコア ( $Z_2$ ) の季節変動 (Fig. 4(b)) は第1

主成分の時ほど明瞭ではないが、卓越日数、平均値共に5~6月に正、3月を中心として負となる傾向を示している。Fig. 3(b)を参照すると、正のパターンはSSW~SW方向で相対的に気圧が高い時、すなわちほぼSW~WSWの一般風の時に対応している。天気図との対応により、この正のパターンには大きく2つの原因が見出された。第1は南高北低型の気圧配置に基づく場合であり、第2は関東から東北地方に中心を持つ移動性高気圧や、樺太付近を通過する低気圧の単独または共存による場合である。前者は特に夏期に生じ、北海道

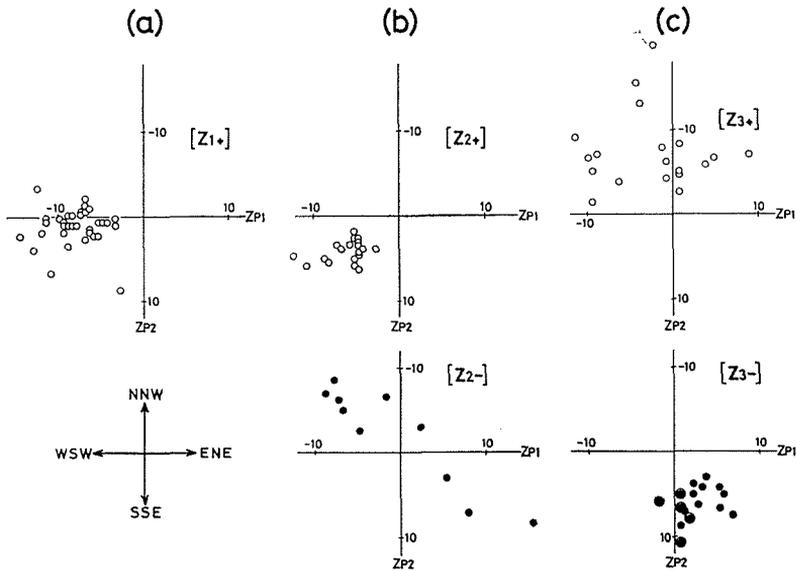


Fig. 3. Pressure gradient pattern on the days with dominant positive (upper) or negative (bottom) scores of mean daily wind speed for 1978.  $Z_{p1}$  and  $Z_{p2}$  are the scores of the first and second components for the sea-level pressure. Double circles indicate the pressure patterns correspond to the days when only the third negative pattern prevails.

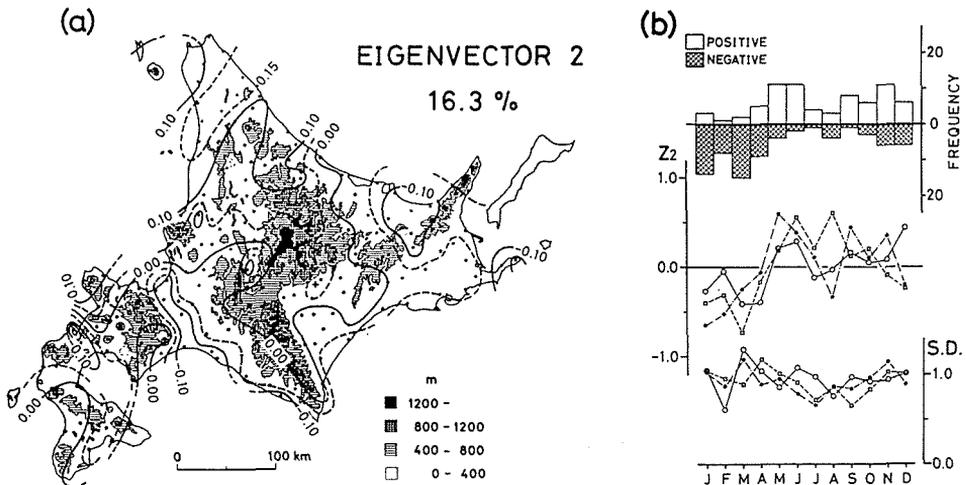


Fig. 4. Same as Fig. 2, except for the second eigenvector.

の全域的な平均風速は弱い、後者は秋～冬にかけて起こりやすく、全域的な平均風速も強くなる。

一方、第2主成分の負のパターンはバラツキがあるものの WNW-ESE の線に沿って、いずれの方向で気圧が高い場合にも存在している。この場合の一般風は NW または SE であるが、Fig. 4(a) のように、固有ベクトル成分が負の地域は、どちらの一般風向に対しても風の通り道となりやすいような地形をしている。ここで負のパターンの場合、Fig. 3(b) にバラツキがあるということはこのような気圧配置が安定していないことを示しており、この分布パターンは低気圧や移動性高気圧などの通過に伴って比較的短期間に生ずる風の分布を表わしていると考えられる。実際、WNW 方向の気圧が相対的に高い時は北海道東方に低気圧が抜けた後の状態で北西寄りの一般風となった時、また逆に ESE 方向で気圧が高い時は移動性の高気圧が東方へ抜けた後や日本海に低気圧が存在する時に対応している。これらの現象は年間を通じて起こるが、特に高低気圧の移動が激しい春と秋に集中している。

第3主成分の固有ベクトル成分は、オホーツク海沿岸で正、石狩湾沿岸を中心に負となるような分布を示す (Fig. 5(a))。Zスコアの季節変化 (Fig. 5(b)) はあまり明瞭ではないが、概ね冬期に正、夏期に負となる傾向がある。この中で、7月には負のピークが見られた。正の卓越日の気圧傾度 (Fig. 3(c)) はかなりバラツキがあるが、全体として W~N 方向で相対的に気圧が高いことを示している。この正のパターンは発達した低気圧が道東または北海道の東方海上にある場合に対応しており、第2主成分の負のパターンが卓越する時よりも気圧傾度は南北方向に片寄る。従って、やや N~NE の一般風となる場合が多いが、この時には低気圧が発達しているため、等圧線の曲率が大きく、北海道全域で同一の気圧傾度方向とならない場合も多い。

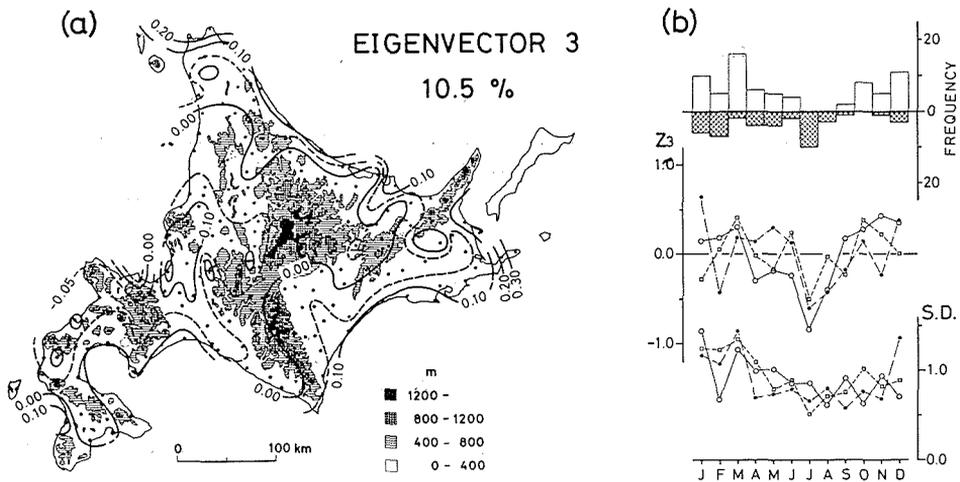


Fig. 5. Same as Fig. 2, except for the third eigenvector.

次に負のパターンに関して見れば、気圧傾度は Fig. 3(c) に示すごとく一定であり、ほぼ南東部で相対的に気圧が高い場合に対応している。ここで特に黒の二重丸で示した例は他の主成分の影響がかなり小さく、第3主成分の負のパターンのみが良く卓越している場合を示している。この例によれば、この負のパターンは第2主成分の負のパターンの時と比べ、気圧傾度がより SSE 側で高くなっている時に卓越することが分かる。これらは東方海上から小笠原高気圧が張り出して来る場合や、オホーツク海高気圧が北海道東方海上で勢力を持っている様な気圧配置に対応し、一般風として SE~S の風が卓越する時に相当する。

以上得られた風速分布の変動パターンについて、各々のパターンが卓越した時の気流図を次に述べる手順により作成した。i) 1つの変動パターンに関して、その正(または負)の卓越日をすべて取り出す。ii) 各卓越日

毎に全ての地点で日最多風向を求める。日最多風向は16方位のうち、最多回数を占めた方位とする。更にその方位の両隣りの風向の回数を合計し、最多風向の回数値とする。この値が全回数(1日24回)の1/3に満たない場合は風向不定とする。iii)得られた日最多風向から各パターン毎に各地点の最多風向を求める。操作はii)と同様であるが、最多風向の回数が1つの正(または負)のパターンの全卓越日数の半分に満たないものは風向不定とする。こうして得られた気流図のうち、ここでは、比較的気圧傾度が安定している(気流系が安定している)場合の例を3例 Fig. 6 (a), (b), (c) に示した。これらは各々  $Z_1(+)$ ,  $Z_2(+)$ ,  $Z_3(-)$  のパターンに対応するものである。他の例では、高、低気圧の速い移動に伴った気流系の変動も、その風向データに含まれている可能性があるためここでは省略し、III-c)で参考として用いる。Fig. 6 に示した各図に関しては、Fig. 2, Fig. 4, Fig. 5 の固有ベクトル成分の分布図と比較することにより、更に詳細な風の地域的特徴が得られる。概して言えることは、各パターンにおいて、風速が増大する地域で気流系が明瞭に現われているということである。また、風速が減少する地域では逆に風向不定、または静穏となりやすい。

Fig. 6 (a) は第1主成分の正のパターンが卓越する場合であり、ほぼWの一般風向に対応した気流系に相当する。図において矢印は、先に述べた卓越風向を示し、白丸は静穏の回数が最卓越する場合、黒丸は風向不定の場合を表わす。風速が増大する西部海岸地域や渡島半島 (Fig. 2 (a) 参照) では風向は一定に定まっている。逆に風速の減少する地域は、この一般風向に対して地形の風影となる場所に位置しており、目立った風の流れも無い。この気流図の中で注目すべき点は、十勝平野の風の流れである。これは、先にFig. 2 (a)でも触れた、固有ベクトル成分が正となる地域と一致している。実際、この地域では融雪が終わってから5月にかけてNW~Wの強い風が吹き、風害が越えることが知られている(日下部, 1965)。この風は、大和田(1978)が偏形樹より求めたように、狩勝峠付近の狭隘部から十勝平野に向かって吹き出すような気流系を示しており、そのメカニズムについては、Arakawa(1969), 荒川(1971)に詳しく述べられている。これら一連の研究は春に生ずる風、いわゆる「十勝風」を取り扱ったものであり、本研究に見られる十勝平野の気流は、主として冬期間に生ずる例であるため、直接的

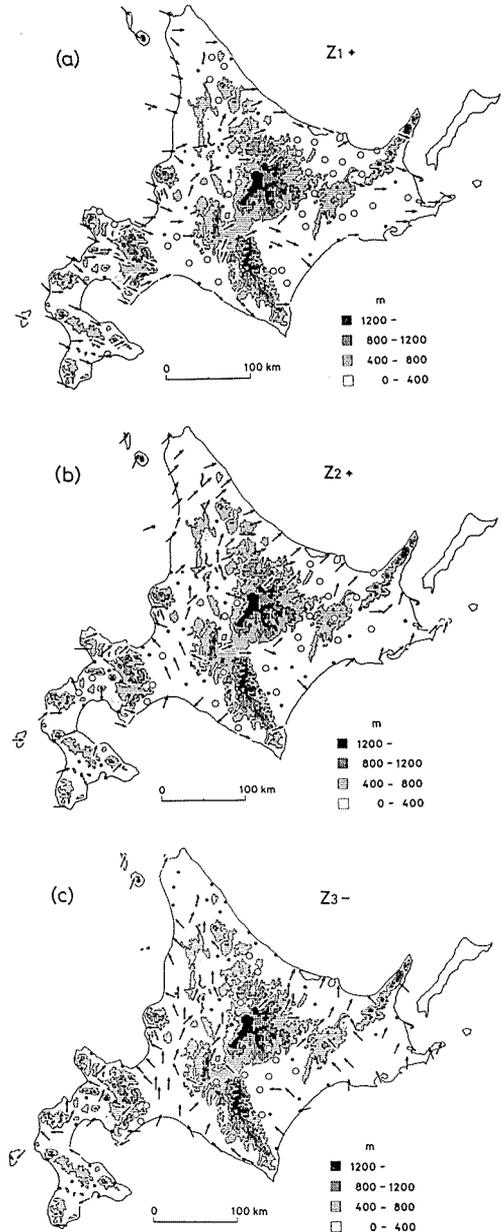


Fig. 6. Air current maps corresponding to the distribution patterns of wind speed for (a)  $Z_1+$ , (b)  $Z_2+$  and (c)  $Z_3-$ .

な関連は議論出来ない。しかし、Fig. 6(a) に示されるような、「W の一般風向の時に地形的に狭隘部で風が収束し、十勝平野へ吹き出す効果」は、同じく W の一般風向で生ずる十勝風 (Arakawa, 1969) に対し、少なくともある程度の影響を持っていると考えられる。

Fig. 6(b) は第2主成分の正のパターンが卓越する場合の気流系である。これは SW~WSW の一般風向の場合に対応する。しかしながらこの場合、気圧傾度力は、高気圧の勢力圏内に入りやすい南部地域では一般に小さくなり、このため南部では風系は一定しない。北部地域は特に南西系の気流系が明瞭であるが、逆に石狩湾北部では石狩低地帯から入って来た弱い気流が偏向して南東系の気流系が出現している。石狩平野を更に北上する他の気流系は再び北方向と北東方向に分割している。特に、北方向へ分割した気流系は、留萌方面へ抜けるが、ここでは海からの南西系の風も強く、その強弱によって東北東もしくは西南西の風向となり、バラツキが生じている。

Fig. 6(c) は第3主成分の負のパターンの時の気流図であり、SE~S の一般風向に対応したものである。風速が増大 (Fig. 5(a)) する石狩低地帯を中心に日高山脈南西部から北部日本海沿岸まで明瞭な気流系が出現する。更にこれと平行する富良野~上川盆地にかけても一本の気流系が見られる。Fig. 6(b) と比較すれば、石狩低地帯を抜ける気流は、より明瞭であり、更に北部まで勢力を拡げているようである。これは Fig. 4(a) においては石狩低地帯が風速減少域であるのに対し、Fig. 5(a) では風速増大域になり、更に北方へ伸びているという事実とも一致している。石狩低地帯の気流については大和田、吉野 (1971) が偏形樹や農業気象観測所の資料をもとに、夏期と冬期の二つの気流系について詳しい調査を行っている。これらとの比較によれば、夏の S 系の風に関しては、気流系が増毛山地により北東および北西方向に分けられるという大きな特徴が良く一致していた。また、冬の気流系については Fig. 6(a) において石狩低地帯北部にのみ風系が見出され、中部以南では不明瞭 (静穏) になる現象が、大和田、吉野 (1971) の結果と対応している。

これらの気流図を、更に河村 (1963) の描いた各一般風向毎の気流図とも比較した。本研究においては各図の作成に1年間のみデータを用いている事、24時間の風向をとっていること、更に主成分の卓越日を基準として選出した気流図であることなど幾多の違いがあるため、若干の差異はあるものの、対応する図 (Fig. 6(a), (b) と河村の Fig. 3) はほぼ一致している。

Fig. 6 および、Fig. 2, Fig. 4, Fig. 5 によれば風速分布を中心とした風の地域特性が良く読み取れる。しかしながら、気圧傾度の変動 (一般風向の変動) が激しい場合には、この方法では主要な気流系は描けるものの、他の気流系は不明瞭になりやすい。従ってその場合についての方法等は更に検討する必要がある。

### c) 風の地域特性

前章においては、各風速分布のパターン毎に、気圧配置との関連においてその特徴が得られた。以下では風の地域特性について述べ、これらをまとめて行く。

各地点の風の特徴として、ここでは主成分分析の結果から因子負荷量  $f_{ij}$

$$f_{ij} = \sqrt{\lambda_i} \cdot l_{ij} / \sqrt{S_j} \quad (4)$$

を算出する。ここで  $S_j$  は第  $j$  地点の風速  $x_j$  の分散を表わす。この  $f_{ij}$  は、第  $i$  主成分 ( $Z_i$ ) と第  $j$  地点の風速 ( $x_j$ ) との間の相関係数に相当する。従って、例えば  $f_{1j}$  が正の大きな値を持つ地点の風速 (地域平均からの偏差) の時間変動 (日々変化) は  $Z_1$  の時間変動と良く対応する。すなわち、一般風向が W に近い時、この地点では風速が特に増大することが分かる。各地点毎に3つの主成分に対応する3つの因子負荷量が求められるが、次にその値を用いてクラスター分析を行い、各地点のグルーピングを行った。ここで同一グループに集められた各地点は互いに3つの因子負荷量の値が類似しているもの同志である。すなわち、風速の時間変動傾向が類似している (風速の増減が同じ原因で起こりやすい) ような地点同志がいくつかのグループを形成してい

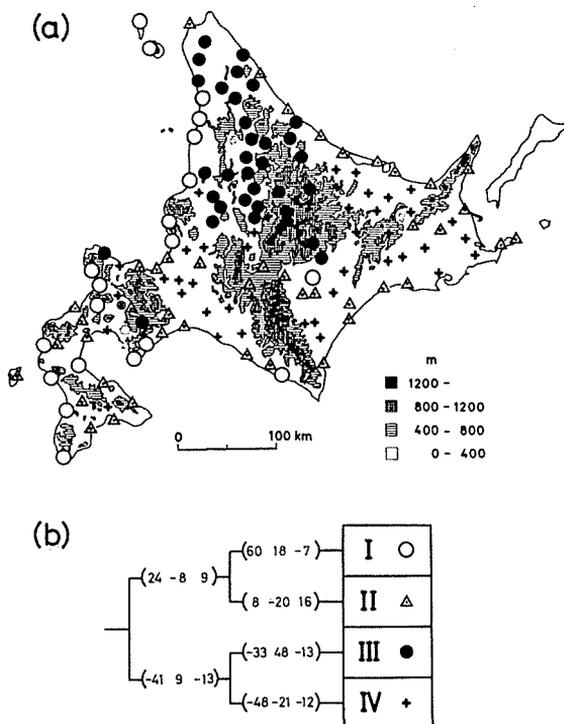


Fig. 7. (a) Regionalization depending upon the clustering of the time variations of daily mean wind speed. (b) Dendrogram of the clusters. The values in the parentheses are the group mean of factor loadings (by 100 times) for each station.

る。Fig. 7 (a) には各地点が4つのグループを形成した場合を示す。Fig. 7 (b) には、このグループ形成のデンドログラムを示す。カッコ内の数字は、各因子負荷量のグループ内平均を示している。各々のグループ (地域) の風の特徴は、この3つの数字と対応する各主成分の物理的な意味 (気圧傾度との関連、気流系等) を参照して調べられる。得られた4つのグループについては以下のような特徴が挙げられる。

I 地域：西寄りの一般風 (季節風) に関連して冬期に風速が増加し、逆に夏期に減少するといった風速の年変化が明瞭な地域。更には南西の一般風向の時に風速が増大する副次的な特徴を持つ地域もある。

II 地域：冬期、西寄りの季節風でやや風速が増加するが、I 地域ほど明瞭ではない。第1主成分よりも第2、第3主成分との関連が強く、この地域はIとIII、またはIとIVの地域との漸移帯としての要素を持っている。

III 地域：南高北低の時など、南西の一般風向に対して風速が増大しやすく、これと直角方向の北西の一般風向の時には減少する傾向にある。更に副次的な特徴としては、冬期の西寄りの季節風の影響を受けにくい傾向を持つ。

IV 地域：冬期の西寄りの季節風の影響を受けにくく、風速は減少あるいは静穏になりやすい地域。副次的に南東～南、または北西の一般風の時、風速が増大しやすい傾向を持つ。

一般的に、北海道の風速分布の変動パターンに関して見れば、その寄与率の大きさも示す通り、冬の西寄りの季節風の影響を受けやすいか否かが最も大きな地域差となっている。更には、特に暖候期の南寄り (南東系または南西系) の一般風の時、各々の地形がどちらの風向に対し風を通しやすいかにより細分されているよ

うである。こうして得られた各地域の風の特性は主成分を通して気圧場との関連で述べられている。従って、何らかの原因で気圧傾度力が大きくなった時など、その傾度方向によって強風の分布域の推定、いわゆる風害の予測にも用いることが可能であろう。

Fig. 6 の各図に着目してみると、単一の気流のみ卓越する地域、様々な気流に覆われやすい地域の存在することが分かる。前者は1つの因子負荷量の絶対値が特に大きな地域、後者は2つ以上の値が同程度に大きな地域とほぼ対応している。後者の地点は、いくつかの地域(グループ)の境界付近に存在することもあり、この場合における地域の境界は、前者に属する地域との漸移帯としての意味を含んでいることを示す。

以上のことから各々の地域(グループ)は個々の気流系によって特徴づけられていると言える。すなわち、ある気圧傾度に対し、明瞭なひとつの気流系をつくる(風速の増加を伴う)地域が、風という気象要素から見た場合の1つの地域と考えられる。この意味で Fig. 6 は Fig. 7 の地域の特性を物理的に説明する重要な役割を持っていると言えよう。しかしながら本研究においては、すべての風速パターンに対して明瞭な気流系が得られた訳ではない。従って、各気圧傾度方向(一般風向)に対する様々な気流系が別の方法で求められれば、より明瞭な風の地域特性が得られるであろう。

風は周囲の地形の影響を受けやすく、複雑な地域特性を呈しやすい。しかしながら、本研究においては若干の例外を含みながらも、風速増減傾向の類似したいくつかの地域が見出された。個々の地域の特性は、一般風向と、各地域周辺の大地形との係わり合いによって決定していると考えられる。これらの地域特性は、一般風向別の気流の盛衰との関連を詳しく調べることにより、更に明瞭となるであろう。

#### IV. 結 論

北海道における風速を中心とした風の分布や特徴を客観的に知ることが目的とし、AMeDASの日平均風速データを主成分分析法を用いて解析した。特に風速変動の地域差に着目するため、各地点のデータは各日毎の全地域平均からの偏差の形に直し、計算を行った。

第1~第3主成分までの累積寄与率は51.7%であり、この3つで北海道における風速の全地域変動の半分以上を説明出来る。各主成分の卓越パターンは気圧傾度(気圧配置)と良い関連を示した。この中で特に安定した気圧場と関連したパターンについて、風向頻度からその気流図を描いた。特に明瞭な気流系は対応する固有ベクトル分布に見られる強風域に良く一致して存在していた。

北海道における風速の地域特性は、冬期を中心とした西寄りの一般風の影響を受け易いか否かによって大きく区分され、更に暖候期の南系の一般風(南西系、南東系)に対する風速の増減傾向の違い(地形による風の通し易さ)により細分されている。

本研究においては1年という比較的短い期間のデータを用いたにもかかわらず、風の地域的特徴をかなり明瞭に知ることが出来た。これらの方法で得られた結果は、将来にわたって風エネルギーを考える上での参考資料や強風災害に対する基礎資料になると考えられる。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたって御指導御教示を賜った北海道大学環境科学研究科環境基礎学研究室の門村 浩教授、高橋英紀助教授に深く感謝いたします。また、資料の収集にあたり便宜をはかって下さった気象庁統計課の方々に謝意を表します。本研究の計算には北海道大学大型計算機センターを、資料の編集には東京大学大型計算機センターを利用した。

## 参 考 文 献

- Akiyama, T. (1981): Time and spatial variations of heavy snowfalls in the Japan Sea coastal region: Part I. *J. Met. Soc. Japan*, **59**, 578-590.
- Arakawa, S. (1969): Climatological and dynamical studies on the local strong winds, mainly in Hokkaido, Japan. *Geoph. Mag.*, **34**, 349-425.
- 荒川正一 (1971): 局地風, 天気, **18**, 103-116.
- Barnett, T. P. (1977): The principal time and space scales of the pacific trade wind fields. *J. Atmos. Sci.*, **34**, 221-236.
- Hardy, D. M. (1978): Principal components analysis of vector wind measurements. *J. Appl. Meteor.*, **17**, 1153-1162.
- 河村 武 (1963): 北海道における冬の地上風系. 研究時報, **15**, 533-537.
- 河村 武 (1966): 中部日本における冬の地上風系. 地理評, **39**, 538-554.
- Kidson, J. W. (1975 a): Eigenvector analysis of monthly mean surface data. *Mon. Wea. Rev.*, **103**, 177-186.
- Kidson, J. W. (1975 b): Tropical eigenvector analysis and Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **103**, 187-196.
- 昆 幸雄・新関鏡三・池田誠也 (1970): 北高型における岩手県の風と天気について. 研究時報, **22**, 91-103.
- 日下部正雄 (1965): 土壌水分からみた十勝地方春の風害. 農業気象, **20**, 93-95.
- 草野和夫 (1960): 宮城県の気流について. 研究時報, **12**, 709-718.
- Kutzbach, J. E. (1967): Empirical eigenvectors of sea-level pressure, surface temperature and precipitation complexes over North America. *J. Appl. Meteor.*, **6**, 791-802.
- Kutzbach, J. E. (1970): Large-scale features of monthly mean northern hemisphere anomaly maps of sea-level pressure. *Mon. Wea. Rev.*, **98**, 708-716.
- 日本列島における風力エネルギーの地理的分布と季節変化に関する研究委員会 (1980): 日本列島における風力エネルギーの地理的分布と季節変化に関する研究, 115-119.
- 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉沢 正 (1971): 多変量解析法. 日科技連, 430 pp.
- 大和田道雄・吉野正敏 (1971): 石狩平野の卓越風の分布について. 地理評, **44**, 638-652.
- 大和田道雄 (1978): 北海道平野部における夏期の卓越風の分布について. 地理評, **51**, 283-300.
- 鈴木栄一 (1968): 気象統計学. 地人書館, 314 pp.
- 若松伸司・畠野昌治 (1981): 主成分分析法による局地風系解析. 大気汚染学会誌, **16**, 379-386.
- Walsh, J. E. (1977): The incorporation of ice station data into a study of recent arctic temperature fluctuations. *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 1527-1535.
- 吉野正敏 (1957): 小地域内における風の分布に関する最近の諸問題. 天気, **4**, 97-103.

## Summary

In order to clarify the regionality of wind in Hokkaido objectively, the AMeDAS daily mean wind speed data are analyzed by means of principal component analysis (PCA). Each datum was converted into a deviation subtracted from the areal mean for each day.

First three eigenvectors account for 24.9%, 16.3% and 10.5% of the total variance, respectively (i.e., cumulative for 51.7%) from the data of 1978, which describe more than half of the total variance of daily mean wind speed. The first positive eigenvector pattern (i.e., the total wind speed over the area with a positive sign is relatively greater than that of the area with a negative sign) shows the wind distribution pattern under the westerly general wind which is representative during winter monsoon. The second eigenvector pattern corresponds to 1) southwesterly or west-southwesterly general wind (positive pattern) and 2) northwesterly or southeasterly general wind (negative pattern). The third eigenvector pattern delineates the wind pattern under

1) northerly or northeasterly general wind (positive) and 2) southerly or southeasterly general wind (negative).

Some air current maps are shown from the frequencies of wind directions with regard to the patterns under the stable synoptic situations. In the figures the clear air currents (stream lines) correspond to the region with strong wind supposed from the eigenvector patterns.

The regionality of the wind is clarified by the use of cluster analysis with factor loadings which correspond to the correlation coefficients between the principal component and the wind speed of each point, and indicate the connection between those with time. The regionality of Hokkaido in relation to the variations of wind speed with time is mainly controlled by westerly general wind (i.e., whether the influence of it is strong or weak) in winter. Secondary feature is determined whether the topography surrounding the region is suitable as wind pass for southeasterly or southwesterly general wind.