

日本における風の年変化の気候学的特性について*

森 征 洋**

要 旨

日本各地の風の年変化の気候学的特性を月別平均風速を調和解析することにより調べた。

地表風のスカラー風速の1年周期成分の振幅の大きい所は沿岸部の年平均風速の大きい地点で見られた。しかし年平均風速(スカラー)の比較的大きな地点でも振幅が小さい場合もあり、年平均風速の大きさはスカラー的な風の年変化の大きさの指標にはならない。一方、ベクトル的な風の年変化を表す年楕円の大きさは、年平均風速(スカラー)の大きな地点で大きくなる傾向がみられた。地表風の年楕円は、全体として扁平な形をしている地点が多く、その半長軸の方向は本土では西北西～北北西、南西諸島では北～北北東となっており、北緯30°付近を境にして異なっていた。

1. はじめに

日本は季節風域に属しており、各地の風は年変化するが、その現れ方は地理的位置や地形の影響によって場所により異なった特徴を示す。吉野(1966)は日本各地におけるスカラー風速の年変化を半旬別平均値によって調べ、風の年変化様式の型の分類を行っている。しかしながら、ベクトル的な風の年変化については調べていない。筆者は先に日本各地の地表風および850 mbの風について月平均ベクトルの年変化を調べ、両者とも北緯30°付近を境にして北側の本土と南側の南西諸島とでは年変化のパターンが大きく異なることを示した(森, 1981b)。またスカラー風速は一般的には冬季に大きく、夏季に小さくなると考えられるが、地点によっては年変化がほとんど見られない場合もある(吉野, 1966; 森, 1983)。

ここでは日本全域の地表風および上空風(850 mb)の年変化特性を調和解析によってさらに詳しく調べ、特に年平均と年変化成分との関係について明らかにした。

2. 資料および解析方法

ここで用いた地表風の資料は気象庁統計室編集の「風の地点別・時別ファイル(磁気テープ)」である。この資料には全国157地点の地上気象観測官署(山岳測候所

5地点を含む)における1967年から1977年までの11年間の1日8回の観測値が収められている。各観測値は03時より3時間毎の正時前10分間の平均値である。風向は16方位で表されている。地点名のリストおよび各地点の月別の風速のベクトルおよびスカラー平均は森(1981a)に示した。なお風のベクトル平均値とは、風速を東西成分、南北成分に分けて、それぞれの平均を求めたものを言い、スカラー平均とは、風速の絶対値の平均を言う。

850 mbの風の資料は気象庁(1971, 1976)によった。この資料には高層気象観測官署における09時および21時の指定気圧面高度の1966～1970年および1971～1975年の各5年間の風のベクトルおよびスカラー平均値が与えられている。この資料より850 mb高度の風の1966年から1975年までの10年間の月別のベクトルおよびスカラー平均値を計算した(森, 1981a)。この期間は地表風の平均を求めた期間(1967～1977)とほぼ重なっている。

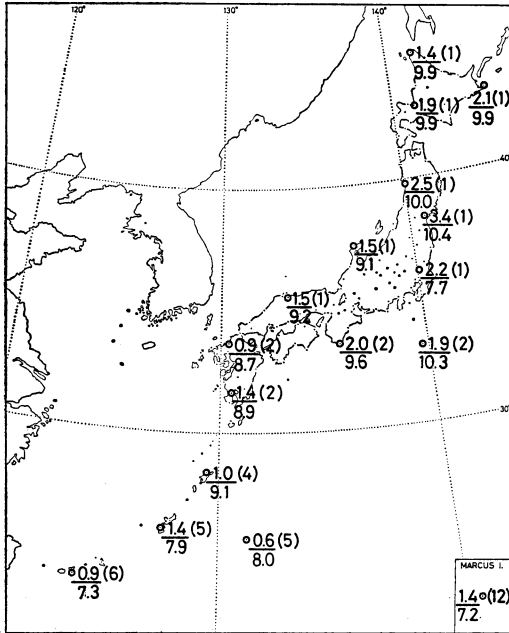
各地の風の年変化特性の解析は風の月別平均値に基づいて行った。しかし、風の月別平均値の年変化パターンは森(1981b, 1983)にその例を示したように、必ずしも単純ではない。そのため、そのままの形で多くの地点の間の比較を行うことは困難なので、調和解析により1年周期成分を求め、その振幅や位相について比較することにした。調和解析はスカラー風速の月別平均値および風速の東西成分(u成分, 西風が正)、南北成分(v成分, 南風が正)の月別平均値について行った。なお、全地点の風の月別のスカラーおよびベクトル平均値の年変化のホドグラフは森(1986)に示した。

* On climatological aspects of annual variation of winds in Japan.

** Yukihiro Mori, 香川大学教育学部地学教室。

——1985年10月11日 受領——

——1986年8月7日 受理——



第1図 850 mb の高度におけるスカラー風速の年平均値および1年周期成分の振幅と位相。下段が年平均風速 (m/s), 上段が(片)振幅(m/s)。カッコ内は1年周期成分が最大となる月で表した位相。図右下は南鳥島 (Marcus Island; 24°N, 154°E)。

森 (1982) において紹介した風の日変化を表す日楕円を求めるのと同じ解析法を u, v 成分の月別平均値に適用することにより、ベクトル的な風の年変化を楕円で近似することができる。これを風の年楕円と呼ぶことにする。風の年楕円の求め方の概要は森(1986)に示した [詳しくは森 (1982) に示した文献参照]。風のベクトル的な年変化は年平均ベクトルに年楕円をベクトル的に加えたもので表される。以下ではベクトル的な風の年変化を解析する場合には、年変化成分を表す年楕円に着目して解析を行った。

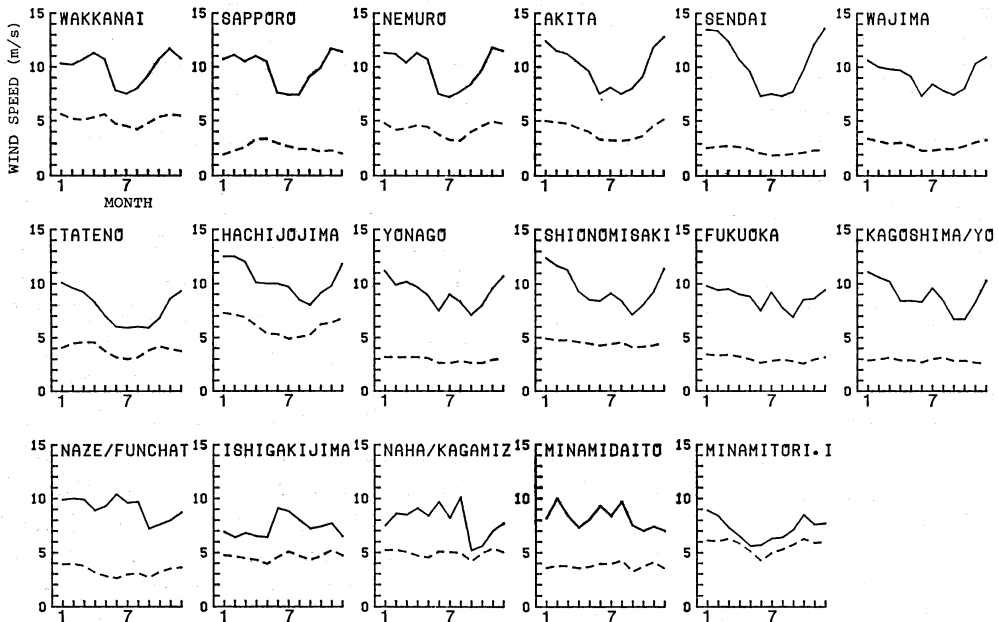
風の年変化の解析は地表風とともに、上空の 850 mb の風についても行い、境界層の下部と、境界層の上の風の年変化特性を対比した。

3. 解析結果

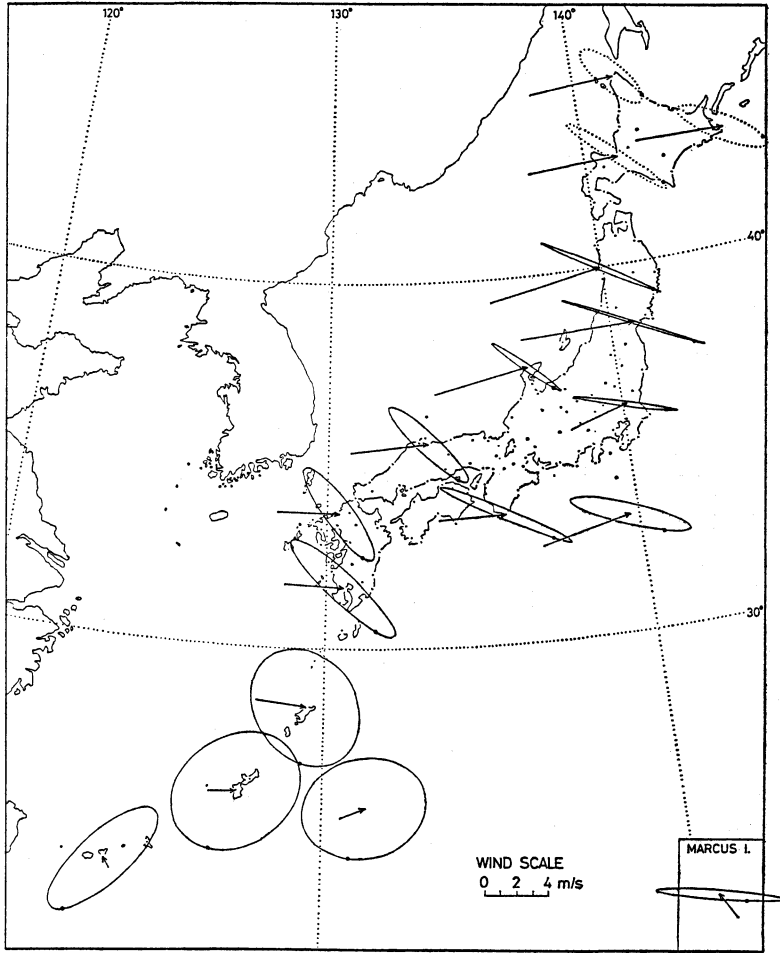
3.1 850 mb の風の年変化

第1図に高層気象観測所17地点における 850 mb 高度のスカラー風速の年平均値を示す。石垣島や南鳥島では少し小さくなっているが、その他の地点では 8-10 m/s 程度で場所による差は小さい。

850 mb のスカラー風速の月別平均値の年変化を第2図に示す。高緯度の地点では、風速は冬季に大きく、夏季に小さくなるが、低緯度の南西諸島では、夏季に大きくなる地点もある。稚内では半年周期が卓越し、秋田・



第2図 850 mb のスカラー風速の月別平均値の年変化 (実線)。縦軸は風速 (m/s), 横軸は月を表す。対応する地点の地表風についても示す (点線)。ただし館野の地表風は 1000mb の風である。



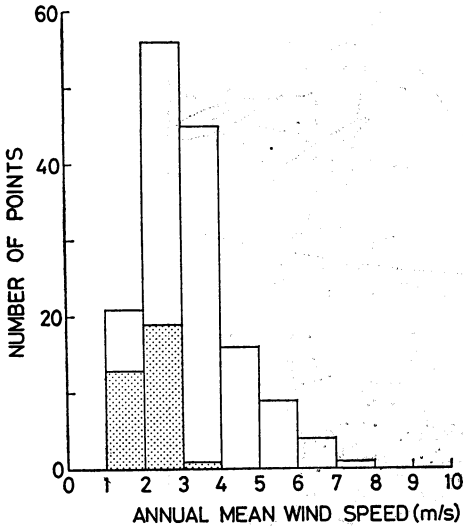
第3図 850 mb の風の年平均ベクトルと年楕円。矢印が年平均ベクトルで、ベクトルの終点が地点を示す。黒丸は(●)始点(12月)を表す。実線は反時計まわり、点線は時計まわりの回転を表す。

仙台・館野では1年周期が卓越しているが、南西諸島でははっきりした卓越周期はみられない。このように年変化パターンは地点によってさまざまなので、先に述べたように調和解析によって調べることにする。

全17地点の月別平均値を調和解析し、各周期成分を求めた。全体としては周期が短くなるほど振幅は減少する傾向が見られた(森, 1986)。そこで1年周期成分で年変化を代表させ、その振幅と位相について調べた。この結果も第1図に示した。ここでは位相は1年周期成分の変動が最大となる月で示されている。振幅は片振幅で示した。振幅は地点によってかなりばらつきがあり、地域による特徴ははっきりしない。振幅の最大は仙台の3.4

m/s、最小は南大東島の0.6 m/sである。位相(最大月)は北緯30°付近より北側の本土では冬季に生じている。そしてさらに詳しく見ると本土の高緯度では1月、低緯度では2月になる傾向がみられる。一方、北緯30°より南側の南西諸島では4月～6月に生じている。このように1年周期成分の位相は北緯30°付近を境に大きく変化している。ただし低緯度にあっても東に偏して位置している南鳥島では冬季の12月に生じており、南西諸島とは異なっている。

次に850 mb の風のu, v成分の月別平均値を調和解析することにより、先に述べた方法で年楕円を求め、年平均ベクトルと共に第3図に示した。年平均ベクトルに

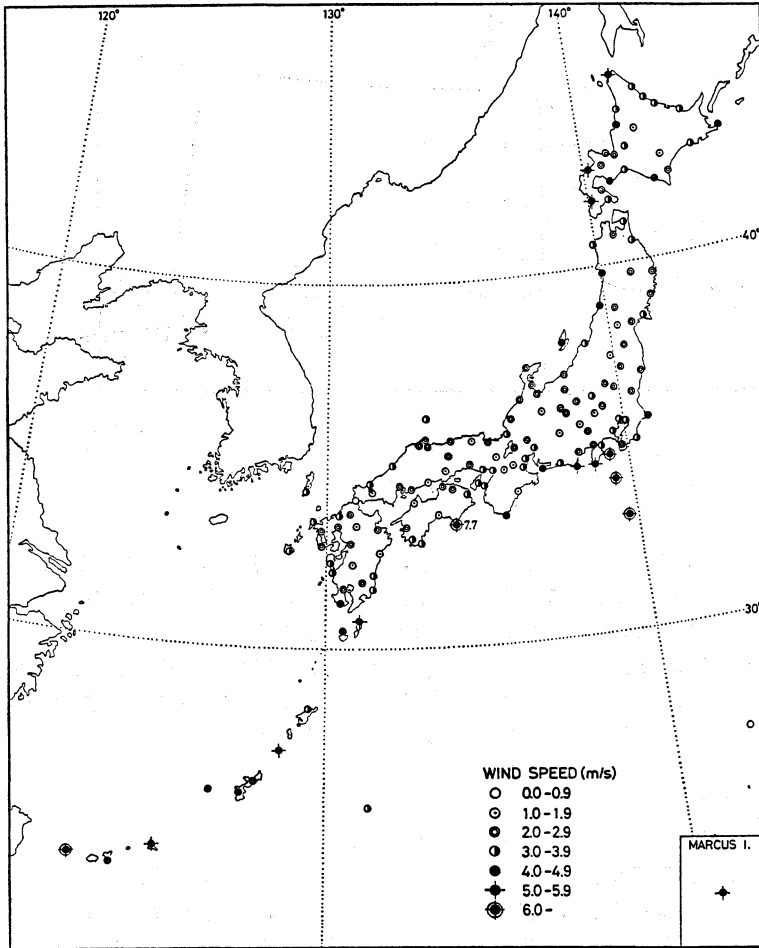


ついて見ると石垣島・南鳥島を除くと、本土および南西諸島とも西よりの風になっている。

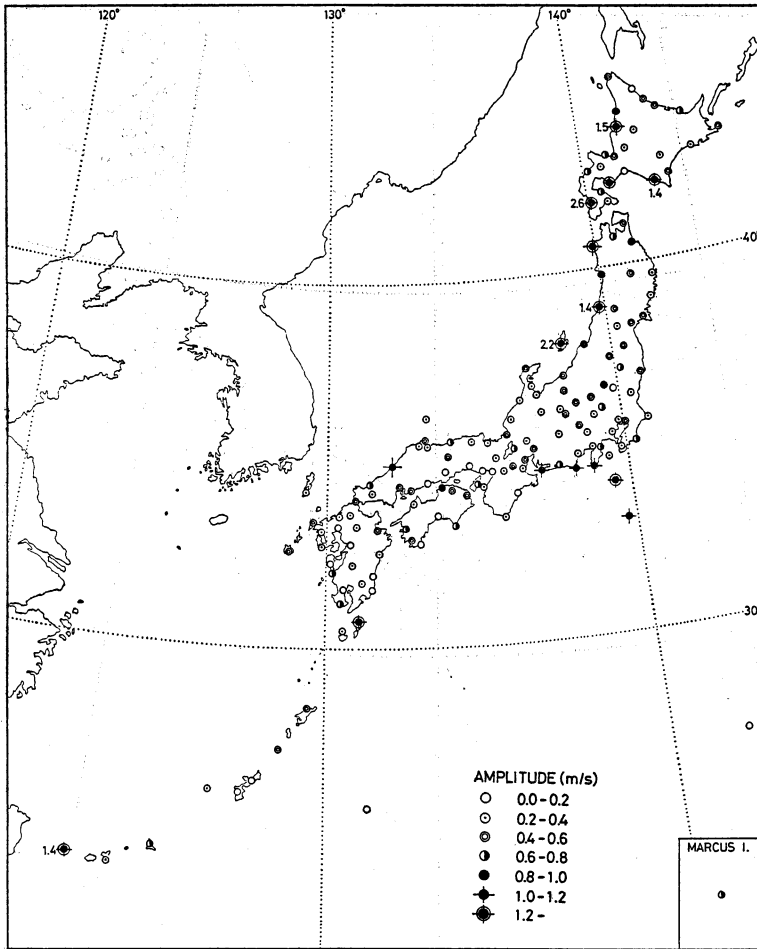
年楕円の形は北緯 30° 付近を境にして大きく変化している。北側の本土では年楕円は扁平で、長軸の1つの方向は西北西～北西となっており、年平均ベクトルの方向に対して平均すると約 40° の傾きをなす。南西諸島では年楕円の形は石垣島では少し扁平であるが、名瀬・那覇・南大東島では円に近い。位相も本土の地点とははっきり異なっている。南鳥島では年楕円は扁平で長軸は東西方向を向いている。

回転方向は北海道の3地点では時計まわりであるが、西日本では反時計まわりになっている。東日本では年楕

第4図 地表風のスカラール風速の年平均値の地点数分布。点域は内陸部の地点を表す。



第5図 地表風の年平均風速の分布。



第6図 スカラー風速の1年周期成分の(片)振幅。

円は特に扁平で直線に近い。本土では、風の月平均ベクトルの hodograph は時計まわりと、反時計まわりの回転からなる8の字形を描いて変化している(森, 1981 b)が、年楕円の回転方向は、このどちらが卓越するかを表している。

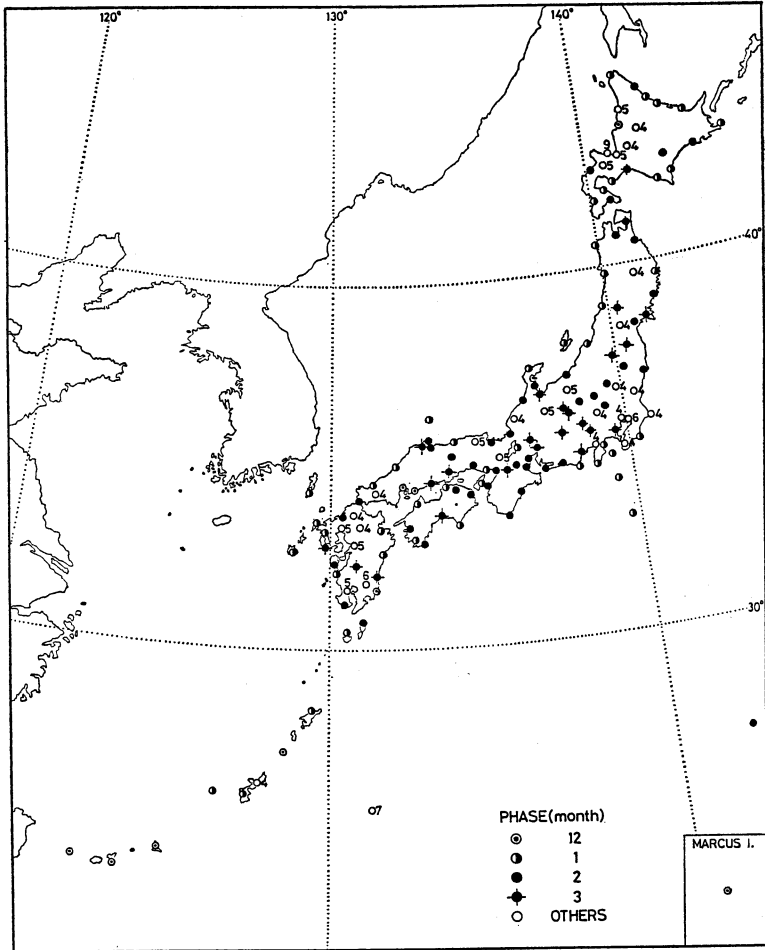
以上のことから、本土では、850 mb 高度における空気の平均的な流れの方向は、西から東に向かっており、この平均的な流れの中で、この方向に対して約40°傾いた方向を軸にして1年周期の変動が生じていることが分かる。

3.2 地表風の年変化

日本各地におけるスカラー風速の月別平均値および年平均値は気象庁の発表する気候表(例えば気象庁, 1981)において与えられている。そして年平均値の分布等につ

いてはすでに調べられているが、ここでは後の議論と関係するので、今回用いた資料から求めた年平均値について調べておく。なお、光田・林(1979)はここで用いたものと同じ資料によって日本各地の風にワイブル分布を適用させた場合の分布パラメータおよびスカラー風速の平均値と標準偏差を求め、表にしてこれらの値を与えている。

年平均風速を1 m/s 毎のレンジで階級別に分け、各風速階級毎の地点数を求め、第4図に示した。年平均風速が1 m/s 以下の地点はない。全体として1 m/s 以上4 m/s 未満の地点が大部分であり、4 m/s 以上の地点は全地点の約20%にすぎない。地点を内陸部(海岸線より20 km 以遠)と沿岸部(海岸線より20 km 以内)の地点に便宜的に分けてみると、内陸部では1地点以外はす



第7図 スカラー風速の1年周期成分の位相（地表風）。1年周期成分が最大となる月で表す。

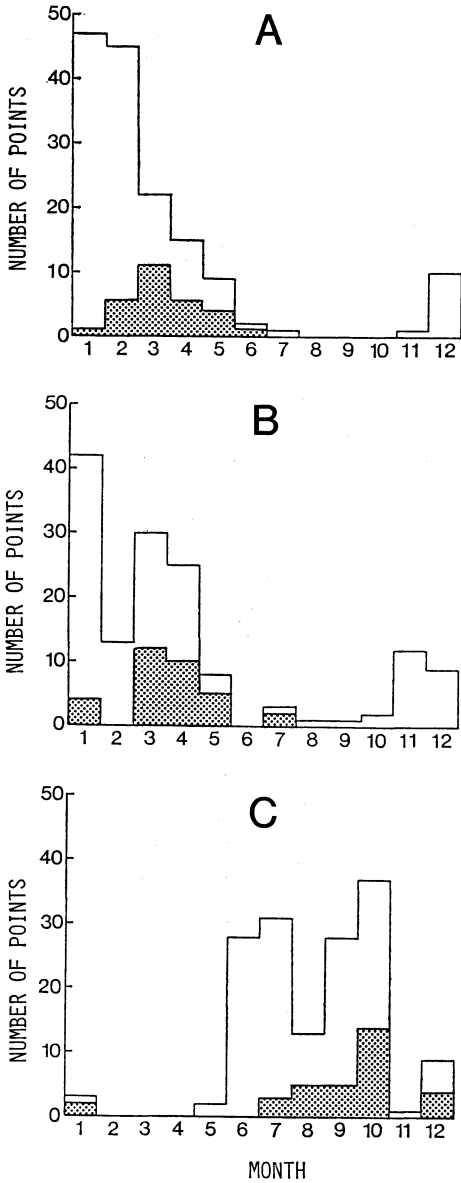
べて 3 m/s 以下である。

第5図に年平均風速の地理上の分布を示す。よく知られているように岬の先端や島で大きな値が見られる。最大値は室戸岬の 7.7 m/s である。この値は近くの潮岬の 850 mb の風の年平均値 9.6 m/s より約 2 m/s 小さくなっているだけである。ただしこの地点の風の観測は海拔 185 m の岬の上からさらに 42 m の高度の所で行われており、通常地表風の観測とは異なった条件のもとで行われていることに注意しなければならない。

地表風の年変化の例は第2図に 850 mb の風と共に示した。この例にみられるように、地表風の年変化は地点によって大きく異なる。そこで、山岳測候所を除く 152 地点について、スカラー風速の月別平均値を調和解析す

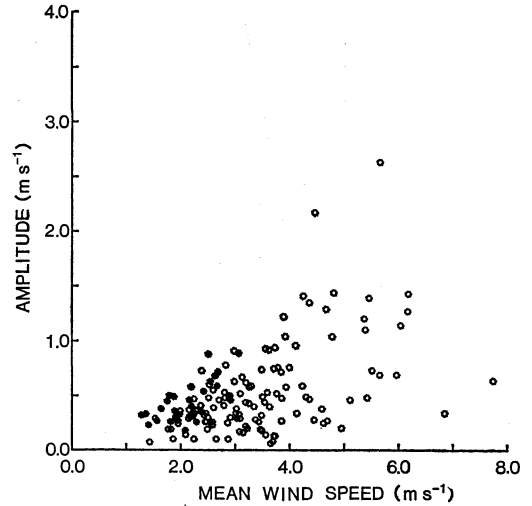
ることにより各周期成分を求めた。各周期成分を比較すると、ほとんどの地点で1年周期成分が卓越しており、これ以外の周期成分が卓越する地点は全体の約1割に過ぎず、また半年周期成分が1年周期成分を上まわる地点では両成分とも小さかった(森, 1986)。そこで1年周期成分で年変化を代表させ、この成分について各地点を比較することにする。

1年周期成分の振幅は第6図に示す通りである。振幅が 1 m/s 以上となる地点は内陸部には見られず沿岸部または島にある。振幅が比較的大きな地域は東北・北海道の日本海側および伊良湖から石廊崎に到る沿岸部の岬に見られる。これらの地点は年平均風速が 4 m/s 以上の比較的大きな地点である。しかしながら潮岬や足摺のよう



第8図 スカラー風速の1年周期成分が最大となる月別の地点数(A), 月平均値が実際に最大となる月別の地点数(B), および実際に最小となる月別の地点数(C). 点域は内陸部の地点を示す.

に年平均風速が大きい地点でも振幅がきわめて小さい地点もある。振幅が2 m/s以上になる地点は江差・相川の2地点のみである。一方、振幅が0.2 m/s以下のきわめて小さい地点は17地点ある。これらの地点は1地点(宇

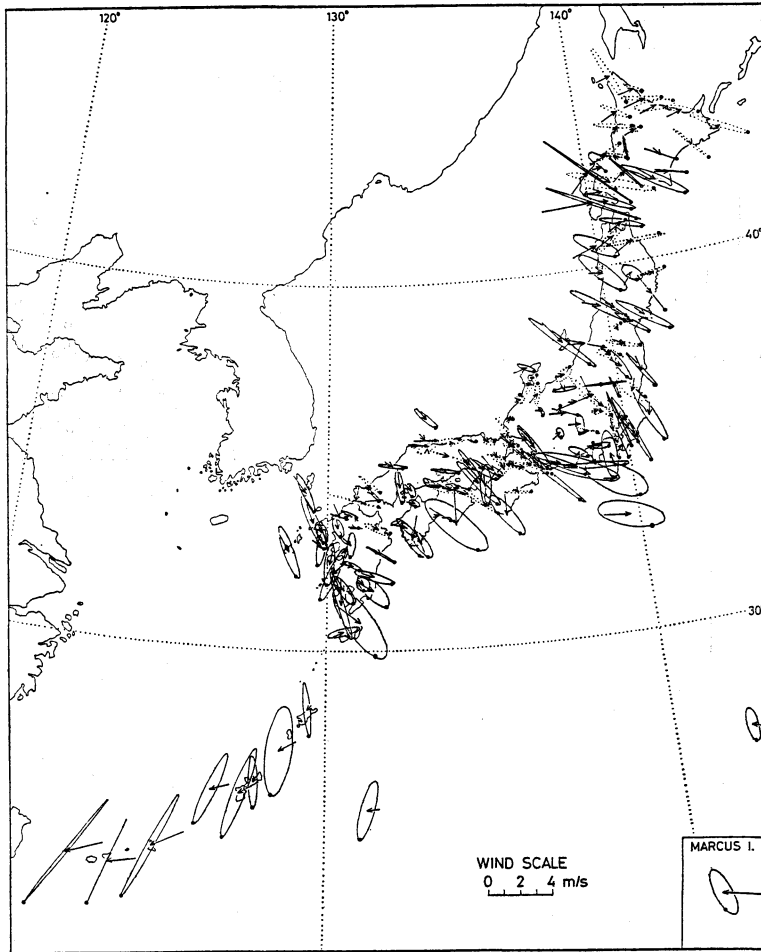


第9図 年平均スカラー風速と1年周期成分の振幅との関係。黒丸(●)は内陸部の地点を表す。

都宮)を除いてすべて沿岸部にある。地域としては東瀬戸内海の北側沿岸および九州・四国の太平洋側などである。これらの地点は冬季の季節風時に山地の風下側になるという特徴を持っている。このことは1年周期成分の大きさは周辺の地形に大きく左右されることを示している。

1年周期成分の位相はこの成分の変動が極大となる月で表し、第7図に示した。位相(最大月)は全体として12月~5月の広い範囲にわたっている。南西諸島では位相は12月~1月の傾向にあり、850 mbの風の位相(4~6月)とは対応しない。850 mbの風の場合、北緯30°付近を境にして1年周期成分の位相ははっきりと異なっていたが、地表風の場合、南西諸島で位相が本土より少し早くなる傾向——12月、1月の地点が多い——が見られる程度ではっきりした差はない。

位相(最大月)の月別の地点数を第8図に示した。この図には月平均風速が実際に最大および最小となる月別の地点数も示した。地点を先の年平均風速の場合と同じ基準で内陸部の地点と沿岸部の地点とに分けて示した。位相(最大月)は沿岸部では、1月~2月となる地点が多いが、内陸部では3月となる地点多い。実際に最大となる月は沿岸部では1月である地点が多く、内陸部では3月~4月である地点が多い。実際に最小となる月は全体として、6月から10月までの広い範囲に渡っているが、沿岸部では6~7月となる地点が多く、内陸部では



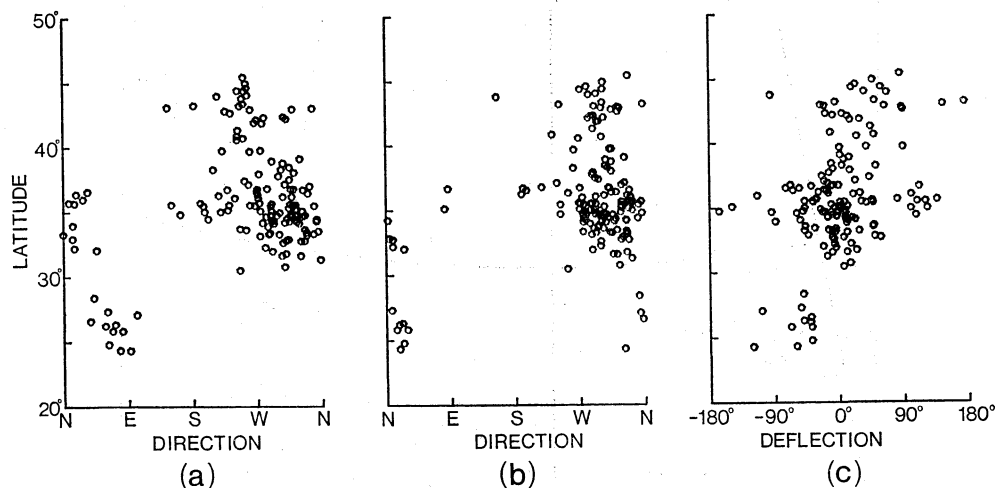
第10図 地表風の年平均ベクトルと年楕円。矢印が年平均ベクトルで、ベクトルの終点が地点を示す。黒丸(●)は始点(12月)を表す。実線は反時計まわり、点線は時計まわりの回転を表す。

10月となる地点が多い。このように風の年変化の位相は、内陸部では沿岸部に比べて2カ月くらい遅れる傾向が見られる。

吉野(1966)は日本各地のスカラ風速の半月別平均値を用いて風の年変化特性を調べ、風の年変化様式を、山岳型、裏日本型、岬・島の型、平地型、内陸型に分類している。ここで吉野は内陸型を平地型より風の年変化の小さい型としているが、風の月平均値から求めた1年周期振幅の大きさでみる限り、地点間の違いが大きく、内陸部が平地部に比べて全体的に年変化が小さいとは必ずしも言えない。ただし、沿岸部で見られるような大きな年変化は内陸部ではみられない。吉野は内陸部では、平

地部よりも風の半月平均値の最大が生ずる時期が遅れ、ふつう4月に生ずることを示唆しているが、先に述べたように、この傾向は、今回の解析結果においても認められる。岬・島の型は年較差の大きい型としているが、潮岬、足摺のように年変化の小さい地点もある。

年平均風速と1年周期成分の振幅との関係を第9図に示す。振幅が1 m/s以上の地点では年平均風速は約4 m/s以上となっている。しかし年平均風速が4 m/s以上の地点でも振幅が0.5 m/s以下の地点が11あり、これは年平均風速が4 m/s以上の地点の約1/3にあたる。したがって年平均風速は1年周期成分の振幅の大きさの指標にはなり得ないことが分かる。年平均風速が大きい



第11図 緯度別の地表風の年平均ベクトルと年楕円の方向。

- (a) 年平均ベクトルの風向
 (b) 年楕円の冬の半長軸の方向
 (c) 年楕円の長軸の方向と年平均ベクトルの方向との間の角度。

にもかかわらず、振幅の小さい地点の例としてあげた潮岬についてみると、この地点の風の年変化が小さいことは、第1図に示した月別平均風速の年変化からも明らかである。またスペクトル解析からもすでに明らかにされている(森, 1975)。

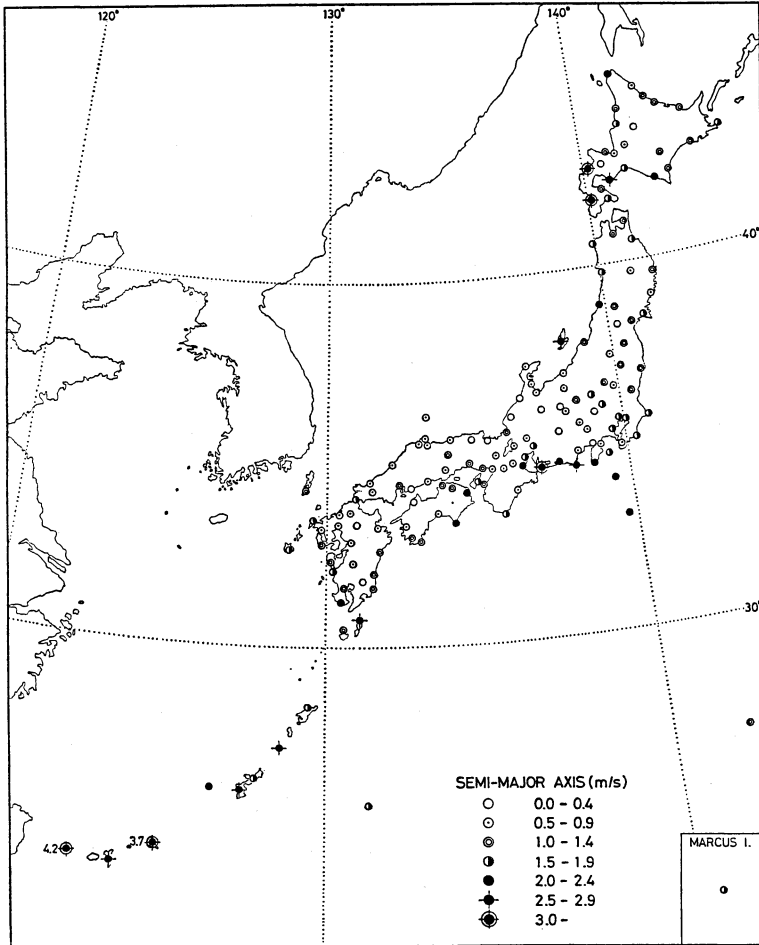
次に u , v 成分の月平均値を調和解析し、先に述べた方法で年楕円を求めた。この結果は第10図に示す通りである。この図には年平均ベクトルも示した。また年平均ベクトルの方向のみを緯度別に第11図(a)に示した。年平均ベクトルは全体として北緯30°付近を境にして異なっており、高緯度側の本土では西～北西よりの風、低緯度側の南西諸島や父島・南鳥島では東よりの風になっている。ただし九州の東部およびその周辺では北よりの風になる傾向が見られる。本土では個々の地点について見ると全体の傾向から大きくずれる地点もある。例えば潮岬・室戸岬・足摺岬では年平均ベクトルは北よりの風になっている。また南風となっている地点もある(森, 1981a)。第10図、第11図(a)から年平均ベクトルの風向は北海道では西より、本州では北西風よりとなる傾向が認められる。

年楕円の形は全体として偏平である。石垣島を除く南西諸島では850 mbの風の年楕円は円に近かったが、これらの地点の地表風の年楕円はすべて偏平で円に近い地点はない。年楕円の偏平率 $[=(\text{長軸}-\text{短軸})/\text{長軸}]$ につ

いて見ると、全地点の92%はこの値が0.6以上であった。また、年楕円の半長軸の大きな地点では年楕円はすべて偏平であった。

回転方向について見ると、時計まわり・反時計まわりが入り乱れて存在しており、地域区分はできない。ただし北海道北部の地点では時計まわりとなっている。これは850 mbの風の年楕円の時計まわりと対応しているように見える。日本全体としては反時計まわりの地点が多い。

半長軸の方向の緯度別分布は第11図(b)に示した。本土では地点によってばらつきが大きいことがこの図からも分かる。第10図で、長軸の大きな地点について見ると西北西～北北西の範囲にはほぼ入っている。一方、南西諸島では北～北北東となっており、北緯30°付近を境にして年楕円の方向も変化している。長軸の方向と年平均ベクトル風の風向とは必ずしも一致しない。例えば南西諸島では年平均ベクトル風は東～東北東で年楕円の長軸方向一北～北北東一とは異なる。第11図(c)に年平均ベクトルに対する冬の半長軸の方向(風向と同じ表し方)の偏角を時計まわりを正として示した。高緯度では偏角が正になる傾向がみられる。本州では偏角は0を中心大きくばらついており、年平均ベクトル風の方向と年変化の方向との間にはっきりした関係はみられない。北緯30°より低緯度では偏角は負となる。



第12図 地表風の年楕円の半長軸の大きさ。

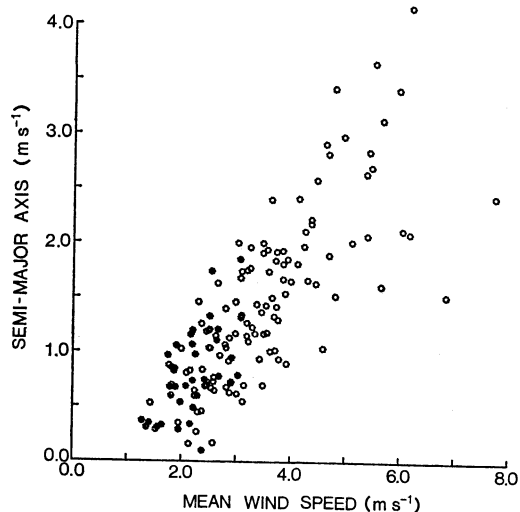
先に述べたように、年楕円は全体として扁平であるので、ベクトル的な風の年変化の大きさを半長軸の大きさを表すことにする。第10図では地点間の比較を行っていくので、第12図に半長軸の大きさだけを取り出し階級別に分けて示した。一般に半長軸の大きさは、内陸部で小さい。ただし関東平野の前橋・熊谷では比較的大きな値が見られる。半長軸の大きさが2 m/s以上になる地点は沿岸部に見られる。ただし、それらは沿岸部でもスカラー風速の年平均値が比較的大きい岬や島の地点である。この値が3 m/s以上の地点は寿都・江差・伊良湖・宮古島・与那国島の4地点である。

スカラー風速の年平均値と年楕円の半長軸の大きさとの関係を第13図に示す。ばらつきはあるが、年平均風速が大きくなると半長軸の大きさも大きくなる傾向が見ら

れる。したがって、年平均風速が大きいかかわらずスカラー風速の年変化が小さい地点でも、ベクトル的にみると風ははっきりとした年変化を示すことが分かる。

4. まとめ

日本各地の風の年変化の気候学的特性を月別平均風速を調和解析することにより調べた。解析は地表風および850 mbの風について行った。850 mbのスカラー風速の年変化について見ると、この高度でも1年周期成分の振幅は地点によってかなりばらつきが見られた。位相を1年周期成分が最大となる月で表すと、北緯30°より北側の本土では冬季の1～2月となり、南側の南西諸島では4～6月となっていた。本土では、年平均ベクトル風の風向は西よりで、1年周期の変動はこれに対して約40°



第13図 年平均スカラー風速と年楕円の半長軸の大きさの関係。黒丸(●)は内陸部の地点を表す。

傾いた方向を軸にして生じていた。

地表風のスカラー風速の年変化について見ると、1年周期成分の振幅の大きな地点は沿岸部の年平均風速(スカラー)の大きな所で見られた。一方、振幅のきわめて小さい地点も沿岸部に見られ、振幅の大きさは地形の影響を大きく受けることが分かった。年平均風速の比較的大きな地点でも振幅の小さな地点もあり、年平均風速の大きさはスカラー的な風の年変化の大きさの指標にはならない。一方、ベクトル的な風の年変化を表す年楕円の大きさは、スカラー風速の年平均値の大きな地点では大きくなる傾向がみられた。

地表風の年楕円は本土および南西諸島とも全体として偏平な形をしている地点が多い。長軸の方向は本土では

西北西～北北西、南西諸島では北～北北東となっており、北緯30°付近を境にして異なっていた。

謝 辞

この研究を行うにあたって有益なご助言をいただいた京都大学防災研究所 光田寧教授に感謝します。「風の地点別・時別値ファイル」の利用の便宜をはかっていただいた気象庁統計室に感謝します。計算は香川大学計算センター(MELCOM-COSMO-700S)で行いました。

文 献

- 気象庁, 1971: Aerological Data of Japan, 5-Year Period Averages (1966-1970).
 ———, 1976: Aerological Data of Japan, 5-Year Period Averages (1971-1975).
 ———, 1981: 日本気候表(その1)一月別平年値一, 気象協会, 1-71.
 光田 寧・林 泰一, 1979: 日本における風のエネルギーの評価, 天気, 26, 583-594.
 森 征洋, 1975: 潮岬における風速変動の長周期成分のスペクトル解析, 香川大学教育学部研究報告, II, 25, 31-40.
 ———, 1981a: 日本各地の風のベクトル平均値について, 香川大学教育学部研究報告, II, 31, 143-172.
 ———, 1981b: 日本における風のベクトル平均値について, 天気, 28, 419-426.
 ———, 1982: 日本における風の日変化の気候学的特性について, 天気, 29, 223-230.
 ———, 1983: 風速の日変化と年変化について。
 ———鳥取・岡山・多度津・高松・高知の場合——, 天気, 30, 255-257.
 ———1986: 日本各地の風の年変化について, 香川大学教育学部研究報告, II, 36, 73-97.
 吉野正敏, 1966: 日本における風の気候学的特性の2, 3について, 地理学評論, 39, 20-30.

昭和62年度東京大学海洋研究所研究船白鳳丸・淡青丸、大槌臨海研究センター、および研究会・外来研究員の共同利用公募について

申込資格 国・公・私立大学その他の研究機関の研究者
並びにこれに準ずる者

申込期限 昭和61年11月29日

詳細について必要があれば右記にお問い合わせ下さい。

記

東京大学海洋研究所 総務課共同利用掛

〒164 東京都中野区南台 1-15-1

TEL. 03-376-1251 (代)