

日本における平均風向と風向の定常度について*

森 征 洋**

要 旨

日本全域の152地点の風を対象にして、風のベクトル平均から決定される「平均風向」と風配図の各「枝」のベクトル和から決定される「風向の平均」との間の関係、およびそれらに関連して定義される風向の定常度について調べた。「平均風向」と「風向の平均」とはベクトル平均風速の小さな地点以外ではほぼ一致していた。風向の定常度は全体的に冬季に大きく、夏季に小さくなっていた。風向の定常度は地点によって異なっており、これの日本全域にわたる分布も示した。

1. はじめに

平均的な風向を決定することは風の気候学的特性を明らかにする上で重要である。しかしながら地表風については既存の気象資料から直接的に調べることは容易でない。なぜならば気象庁刊行物によって知ることのできる気象統計において地表風のベクトル平均は与えられていないからである。そこで筆者は風の長期の資料によって風のベクトル平均を計算し、この結果に基づいて日本全域にわたる平均的な風系を調べた(森, 1981 a, b)。このベクトル平均風の風向(以下「平均風向」とよぶ)はベクトル量である風の本来の意味での平均風向である。

ところで平均的な風向は風配図の各「枝」をベクトル的に加算することによっても求められる。これを「風向の平均」と呼ぶことにする。この「風向の平均」は必ずしも「平均風向」と一致するとは限らない。先にも述べたように通常の地表の風の統計ではベクトル平均値は与えられていない。しかしながら風配図は与えられる場合があるので「風向の平均」と「平均風向」との間の関係を明らかにしておくことは意味がある。因みに日本各地の風向度数分布は気象庁(1977)において与えられている。

Terada (1922) はベクトル平均風と「風向の平均」との対応が実際にどのようなになっているかについて、初歩的な検討を行った。

Mintz and Dean (1952) は全世界の地表風の風系を調べるに際して、北米の67地点について「平均風向」と「風向の平均」との関係を調べた。その結果、両者はベクトル平均風速が非常に小さい地点以外ではほぼ一致することを見出した。彼らはこの結果に基づいてベクトル平均風の資料が簡単に得られない地域については風配図によって風系を決定した。アジア季節風域に属する日本付近についてもこのような方法で風系を決定している。

筆者の調べたベクトル平均風による日本全域の風系とMintz and Deanの結果とは全体的にほぼ一致している(森, 1981 b)。しかしながら日本のような地形の複雑な所で「平均風向」と「風向の平均」との関係がどうなっているかについては詳しく調べられていない。

そこで、ここでは日本全域について両者の関係を調べた。また、これとの関連で定義される風向の定常度(constancy)についても調べた。

2. 資料および解析方法

この研究で用いた資料は気象庁統計課の「全国特別風向・風速ファイル(磁気テープ)」である。この資料には全国各地の157の地上気象観測官署(含山岳測候所)における1967年から1977年までの11年間の1日8回の地表風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。地点名のリストは森(1981 a)に示した。

この資料に基づく日本各地の風のベクトル平均値についてはすでに求めており、結果は森(1981 a, b)に示

* On the mean wind direction and the constancy of wind direction in Japan.

** Yukihiko Mori, 香川大学教育学部地学教室。

——1982年7月29日受領——

——1983年3月7日受理——

したとおりである。ここでは新たに全地点について、月別の風向度数分布を求めた。そしてこの結果に基づいて山岳測候所5地点を除く地上気象観測官署152地点について、以下に述べる方法で平均的な風向、および風向の定常度を求めた。

(i) 「平均風向」と風向の定常度 C_v

風速を東西・南北両成分に分け、各成分の平均値を求める。この両成分の平均のベクトル和であるベクトル平均風の風向を先に述べたように「平均風向」とよぶことにする。

ベクトル平均風速は風向の変動がある場合、スカラー平均風速より小さくなる。したがって次式で表される両者の比 C_v は風向の定常度を表すパラメーターとして用いられる (Roll, 1965)。

$$C_v = \frac{\text{ベクトル平均風速}}{\text{スカラー平均風速}} \times 100 (\%)$$

ここで C_v は100%に近いほど定常度が大きいことはいうまでもない。

(ii) 「風向の平均」と風向の定常度 C_r

風配図 (wind rose) の各方位の「枝」(花びら) の長さは、その方位から風が吹く度数 (%) を表している。この「枝」の長さを東西・南北両成分に分解し、全方位について各成分毎に加算する。各成分毎の和からベクトル合成された「枝」の方向を先に述べたように「風向の平均」とよぶことにする。

また、合成された「枝」の長さ C_r (%) は風向の定常度を表す。いうまでもなく、 C_r は一方向からのみ風が吹く場合には100%となり、その他の場合にはこれ以下となる。

3. 解析結果

冬季と夏季を代表する月として1月と7月を選び、解析を行った。

3. 1. 「平均風向」と「風向の平均」

日本全域について両者の分布を第1図に示す。1月と7月の地表風の「平均風向」(ベクトル平均風)の分布およびその特徴については森(1981b)においてすでに述べた。その際、850 mb 高度における「平均風向」との関係およびこれと平均地上気圧分布との関係についてもふれた。ここではまず「平均風向」の主な特徴について述べる。

「平均風向」は1月の場合、全体として北緯30°より高緯度側の本土では西北西～北西、低緯度側の海洋上の

島では北～北東となっており、北緯30°付近を境として風系が変わっている。この月の平均地上気圧分布に対応する地衡風は本土では北風、南西諸島では北東風となっている。地表風の「平均風向」は本土ではほとんどの地点で地衡風に対して反時計まわりにずれているが、南西諸島では地衡風の風向とほぼ一致している。

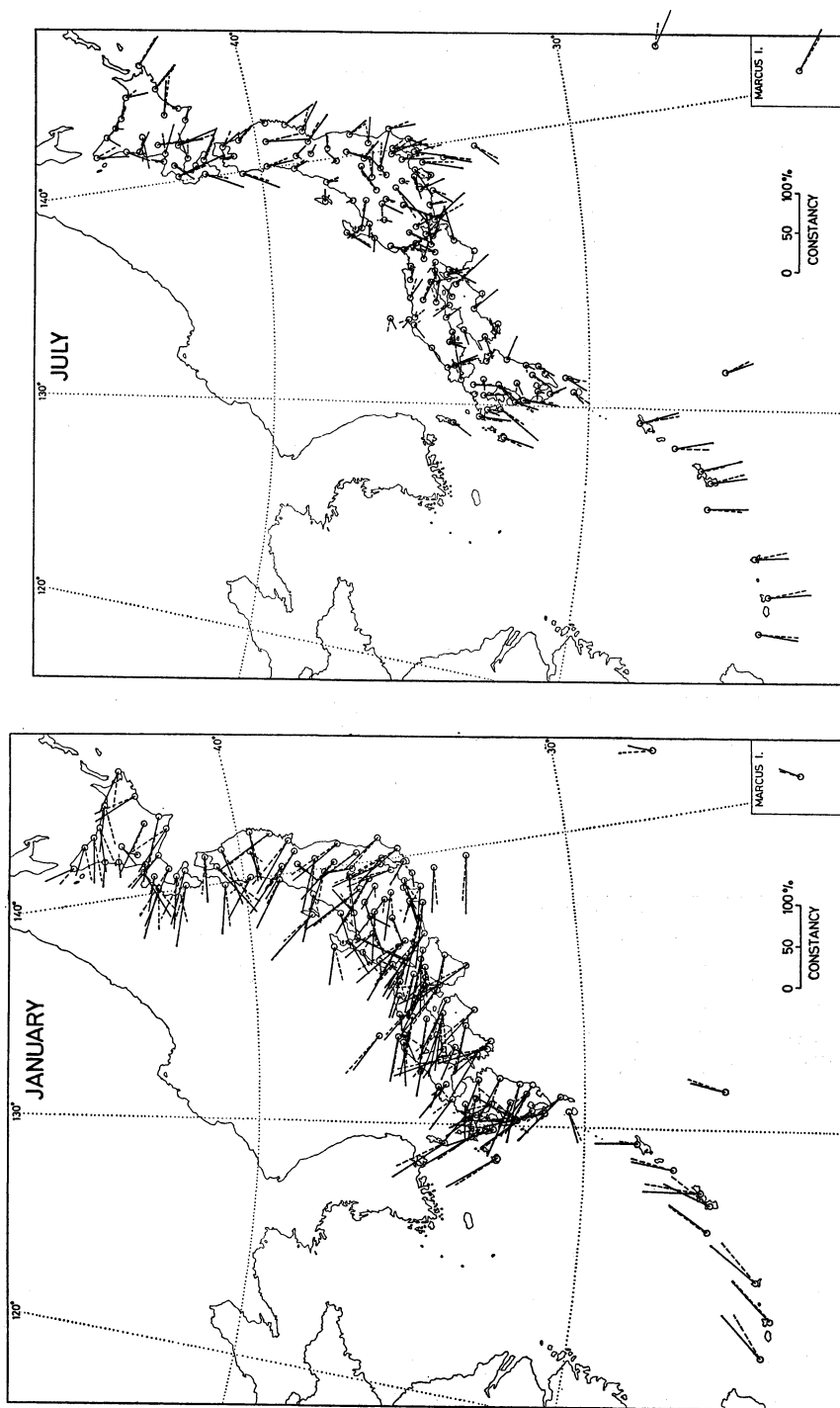
7月の場合、地表風の「平均風向」は南西諸島では全地点ともそろって南よりの風となっており、1月の場合とは風向がほぼ正反対になっている。この月の平均地上気圧分布に対応する地衡風は南西諸島では南風、本土では南西風となっている。地表風の「平均風向」は南西諸島では地衡風の風向とほぼ一致している。本土では地表風の「平均風向」は全体の傾向としては南よりとなっているがばらつきが非常に大きく、地衡風との対応関係を論ずることはできない。

次に「平均風向」と「風向の平均」との関係を見ると、1月および7月とも全体としては両者の方向はほぼ一致している。しかしながら少数ではあるが、ずれの角度(以下偏角とよぶ)の大きな地点もある。

Terada (1922) も述べているように各方位毎の風速の平均値が全方位について等しければ、「平均風向」と「風向の平均」とは一致するはずである。しかしながらこれは必要条件ではあっても十分条件ではない。例えば風向度数分布が互いに180°異なる2方向のみ0でなく、それ以外はすべて0である場合、この2方向についての風向の平均値が等しくなくても「平均風向」と「風向の平均」とが一致することはありうる。

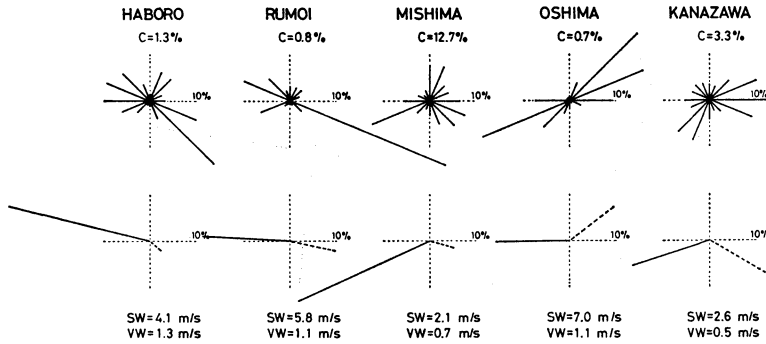
実際の風の場合、風速階級別風速度数分布(気象庁, 1977)などからみて、風向別の風速の平均値がすべての風向について一致するということは期待できない。しかしながら卓越風向が1つあって、それが風速の相対的に強い風向と一致していれば「平均風向」と「風向の平均」との間の偏角は小さいはずである。反対に卓越風向がない場合や卓越風向と風速が相対的に強い風向とが異なる場合には偏角が大きくなることもある。

偏角の大きい地点の風配図の例を第2図に示す。ここでは羽幌・留萌・三島・大島・金沢の5地点における1月の場合を示した。「平均風向」・「風向の平均」および風向の定常度 C_v , C_r も合わせて示した。これらの地点例では偏角は130°以上あり、中には留萌のように180°に近い場合もある。5地点とも「平均風向」は西よりであるのに対して「風向の平均」は東よりである。冬季の季節風から予想される方向と「平均風向」は一致するが、

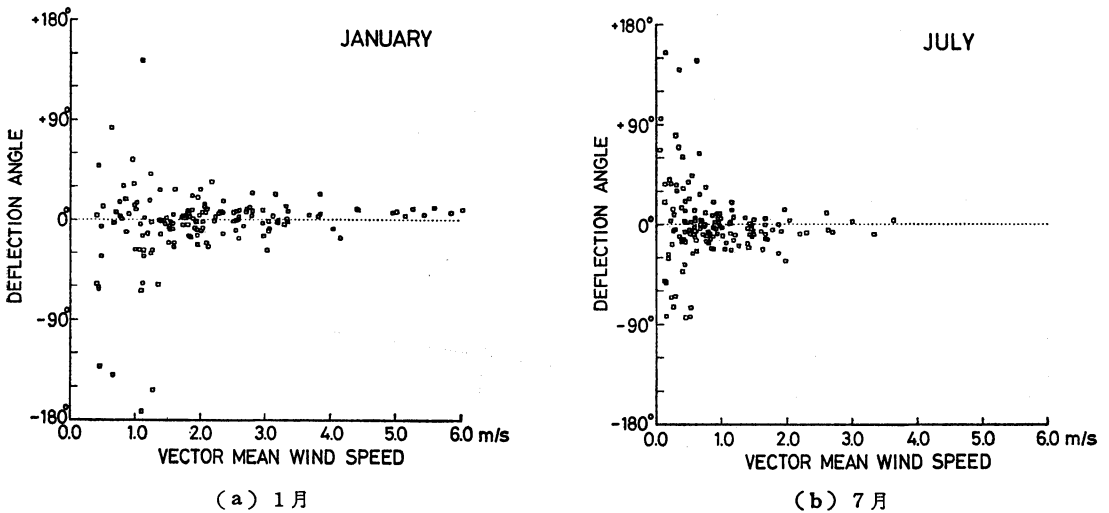


(a) 1月
 (b) 7月
 第1図 「平均風向」(実線)と「風向の平均」(点線), および風向の定常度 C_u (実線)と C_r (点線).
 線分の延びている方向が風向を表し, 線分の長さが風向の定常度を表す.

日本における平均風向と風向の定常度について



第2図 偏角の大きな地点の風配図(上側)および「平均風向」(実線)と「風向の平均」(点線)の例。第1図と同じ表示方で C_v , C_r も示す。いずれも1月の場合である。C は静穏(0.2 m/s 以下)の度数, SW はスカラー平均風速, VW はベクトル平均風速を表す。

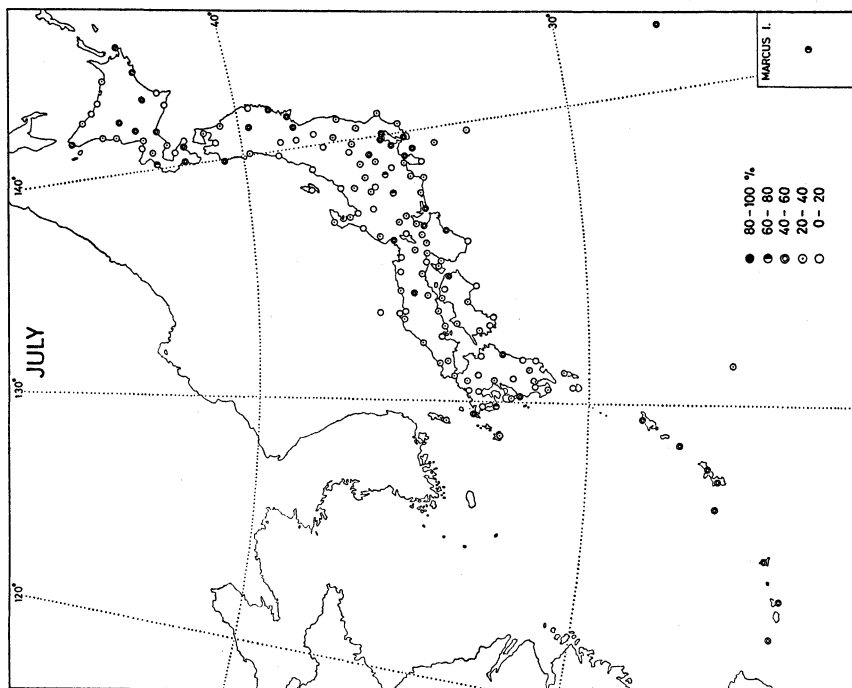


第3図 「平均風向」と「風向の平均」との間のずれの角度(偏角)とベクトル平均風速との関係。偏角は「平均風向」に対して「風向の平均」が時計まわりにずれる場合を正, 反時計まわりにずれる場合を負とする。

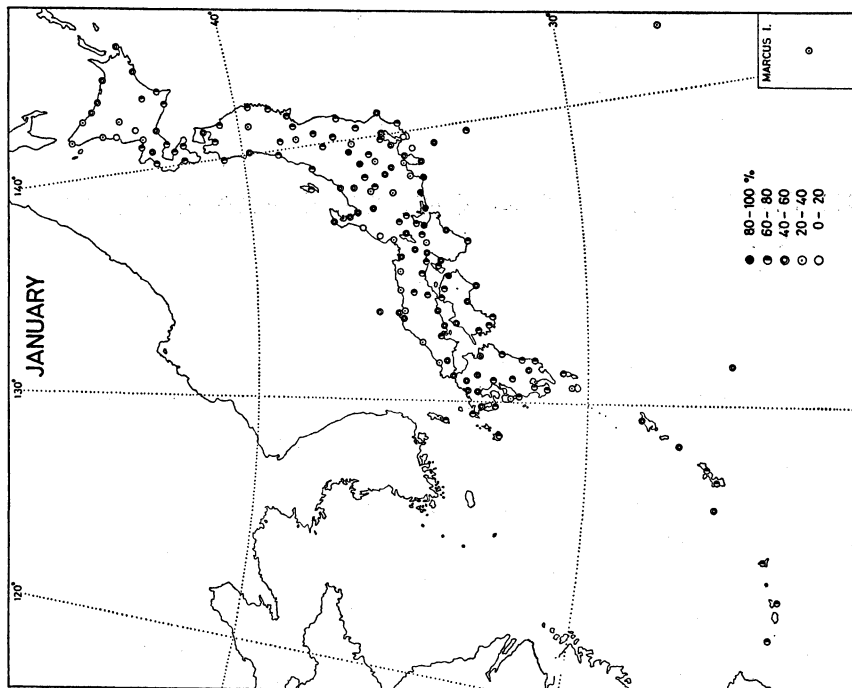
「風向の平均」は逆となる。羽幌や留萌では最大度数を示す風向はそれぞれ南東および東南東であり、「風向の平均」も東よりとなるが、「平均風向」は西よりである。このことは度数としては東よりの風が多いが、風速は西よりの風の方が相対的に強いことを示している。この点については他の地点も同様である。大島は卓越風が大まかにいえば東よりと西よりの2方向あって互いに逆となっている。これらの例に示したように大きな偏角を生ずる地点の風配図の形はさまざまである。これらの例ではスカラー平均風速は2.1~7.0 m/s にわたっているが、ベ

クトル平均風速は全体に小さく、1.3 m/s 以下である。卓越風向がはっきりしていて、風速が平均してこの方向で相対的に強ければ、ベクトル平均風速は大きくなる。したがってベクトル平均風速が大きい所では偏角は小さくなるはずである。先にも述べたように Mintz and Dean (1952) は北米の67地点についてベクトル平均風速が非常に小さい地点以外では偏角は小さいことを確認している。

今回の場合について、ベクトル平均風速と偏角の大きさとの関係を第3図 a, b に示す。日本の場合も大きな

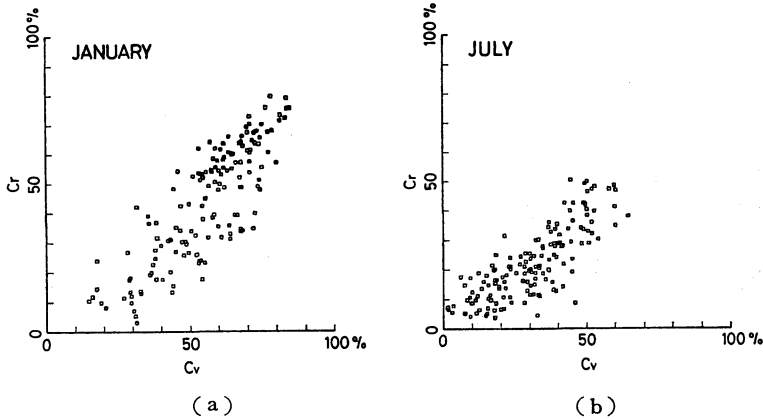


(b) 7月

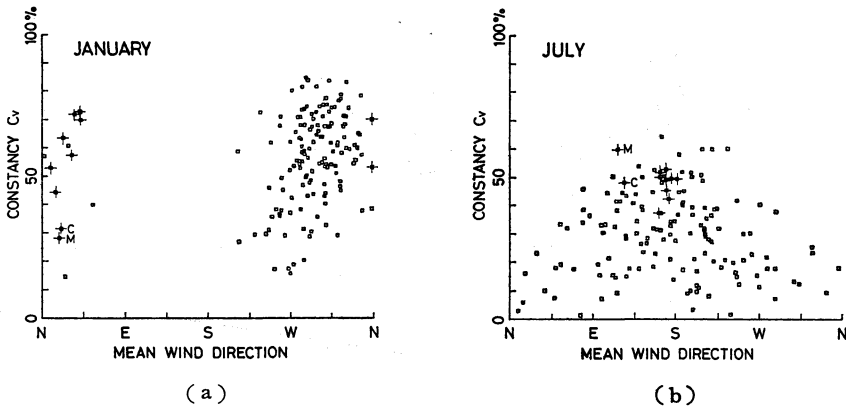


(a) 1月

第4図 風向の定常度 C_u の分布.



第5図 2つの定義による風向の定常度 C_v , C_r の間の関係。
(a) 1月 (b) 7月



第6図 「平均風向」と風向の定常度 C_v . 中…南西諸島, 中C…父島, 中M…南鳥島
(a) 1月 (b) 7月

偏角はベクトル平均風速の小さな地点でみられる。ベクトル平均風速が 1.5 m/s 以上の地点では偏角は約 30° 以下である。また、偏角は 0° 付近を中心にはらついており、特定の方向にずれるという傾向はみられない。

3. 2. 風向の定常度 C_v , C_r

2つの定義による風向の定常度 C_v , C_r の日本全域にわたる分布は第1図 a, b に線分の長さで示した。地点毎の C_v , C_r の特徴はこの図から知ることができる。

地点間の比較を容易にするために、 C_v の大きさのみについて第4図 a, b に示す。1月の場合、80%以上の大きな値を示す地点が、沿岸部では徳島、および津から伊良湖・浜松・御前崎と連なる地点に見られ、内陸部では日光・前橋の2つの地点に見られる。太平洋側の地点に

比べて北海道北部の日本海側や山陰・北陸で C_v は小さくなっている。7月の場合、80%以上の大きな値を示す地点は1地点もなく、60%以上の値についてみると、1月の70地点に対して7月は5地点にすぎない。

次に2つの定常度 C_v , C_r の間の関係を第5図 a, b に示す。両者の間の対応関係にはかなりのばらつきが見られ、必ずしも1対1の対応とはなっていない。しかしながら、全体的にはほぼ直線的な対応関係が見られ、平均的には C_v に対して C_r は7割くらい小さな値で対応している。

「平均風向」を横軸に、風向の定常度 C_v を縦軸にとって全地点の値を書き入れた図を第6図 a, b に示す。これは第1図において地図上に示したものを別の観点か

らみたものである。1月の場合、「平均風向」が東北東から南南西までの約 135° の範囲にある地点は1地点もないが、7月の場合は全方向にわたっている。このことは1月は平均気圧傾度が大きいために「平均風向」のちばりが制約され、風向の定常度も大きくなっているのに対して、平均気圧傾度が小さい7月の場合、そのような制約が弱く、かつ局地風などの影響も加わってさまざまな「平均風向」が生じ、風向の定常度も小さくなっていることを示している。ただし7月の場合、定常度の大きい地点の「平均風向」は南を中心とする半円にある。季節風の卓越する1月の場合、平均風向の地点によるばらつきが制限されているとはいえ、ばらつきの範囲は 180° を越えており、例えば長野・高田のように比較的近くにある地点でも平均風向が 180° 近くも異なる場合があることは地形の影響も大きいことを示している。

4. まとめ

日本における地表風の「平均風向」と「風向の平均」との関係およびこれらに関連して定義される風向の定常度について調べた。

解析を行った1月と7月の場合、「平均風向」と「風向の平均」とはベクトル平均風速が約 1.5 m/s 以下の地点を除けば約 30° 以内の差で一致していた。風向の定常度は全体的には予想されるとおり7月に比べて1月の方が大きくなっていた。

謝 辞

この研究を行うにあたって有益な御助言をいただいた京大防災研究所 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課に感謝します。このテーマについて基礎的検討を行った五名小学校 植田登志美氏の香川大学教育学部卒業論文を参考にさせていただいた。記して同氏に感謝します。

計算は香川大学計算センターの FACOM 230-45 S を用いて行った。

文 献

- 気象庁, 1977: 風向別・風速階級別度数表(1967~1976), 気象庁観測技術資料第42号, 1-313.
- Mintz, Y. and G. Dean, 1952: The observed mean field of motion of the atmosphere, Geophysical Research Papers, No. 17, Air Force Cambridge Research Center, Cambridge, Mass., 1-65.
- 森 征洋, 1981 a: 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, 第II部, 31, 1号, 143-172.
- , 1981 b: 日本における風のベクトル平均値について, 天気, 28, 419-426.
- Roll, H.U., 1965: Physics of the marine atmosphere, Academic Press, p. 226.
- Terada, T., 1922: On resultants of wind, Proc. Phys. Math. Soc. Japan, Ser. 3, 4, 125-133.