

海陸風と気圧場の関係について*

—瀬戸内海地方中央部の場合—

森 征 洋**

要 旨

瀬戸内海地方中央部の多度津、高松、岡山における海陸風と気圧場との関係について調べた。3地点とも海陸風の発生しやすい気象条件の場合、海風には2つの卓越風向が見られた。この2つの海風の型と海面気圧場との間には密接な関係があり、海面気圧場から計算される地衡風の風向が、東北東—西南西の線で二分される円の北半円にあるときには1つの海風の型が、南半円にあるときにはもう1つの海風の型が対応している。どちらの型の海風が発生するかは地衡風の風向に非常に敏感で、半円の境界のところでは、1方位異なると、海風の型も異なる。高松では、地衡風の風向がこの境界付近にあるとき、海風にもう1つ別の卓越風向も見られた。

1. はじめに

瀬戸内海地方における海陸風については根山(1982)、宮田ほか(1983)、宮田(1988)、佐橋(1988)によって総合的な報告が行われている。これまでの研究から瀬戸内海地方の海陸風は、さまざまなスケールの地形の影響を受けて、地域ごとに異なった特徴を示すことが知られている。

そのうちの興味ある特徴の1つとして、岡山平野で見られる2種類の海風がある。佐橋(1978)は、岡山平野では、海風は1方向から吹くのではなく、南西から吹く場合と、南東から吹く場合の2種類あり、どちらの型の海風が吹くかは、この地域を覆う高気圧の中心の位置に関係することを明らかにした。このことは海風の型が気圧パターンと関係することを意味している。森・木崎(1987)は、岡山平野において、どちらの型の海風が現れるかは、200~300 km スケールの気圧傾度の方向に支配されていることを明らかにした。

岡山において見られる現象がメソスケールの現象で

あることを考えると、四国側でも同様な現象が起こっており、それらが関連している可能性がある。佐橋(1973)は、瀬戸内海中央部の中国側のみならず四国側にも海風に2つの型があり、それらの2つの型の海風が互いに関係していることを明らかにしている。しかしながら、気圧場と海風の型との関係についての詳しい研究は行われていない。

そこで瀬戸内海を挟んで岡山の対岸にある多度津、高松について、気圧場と海陸風との関係を、気圧傾度の大きさや方向が海風にどのような影響を与えるかという点に着目して、さらに詳しく調べた。また岡山についても同じ基準で調べた。

2. 資料および解析方法

瀬戸内海中央部の地形図を第1図に示す。この地域は、西側の備後灘・燧灘と東側の播磨灘の2つの広い海域の間にあつて、中国側と四国側から陸地が海に張り出して、瀬戸内海がくびれたように狭くなっている。多度津、高松、岡山の3地点は第1図に示すような位置にあり、多度津は北東—南西に延びる海岸線の近くにあるが、その他の2地点は少し海岸から離れた位置にある。

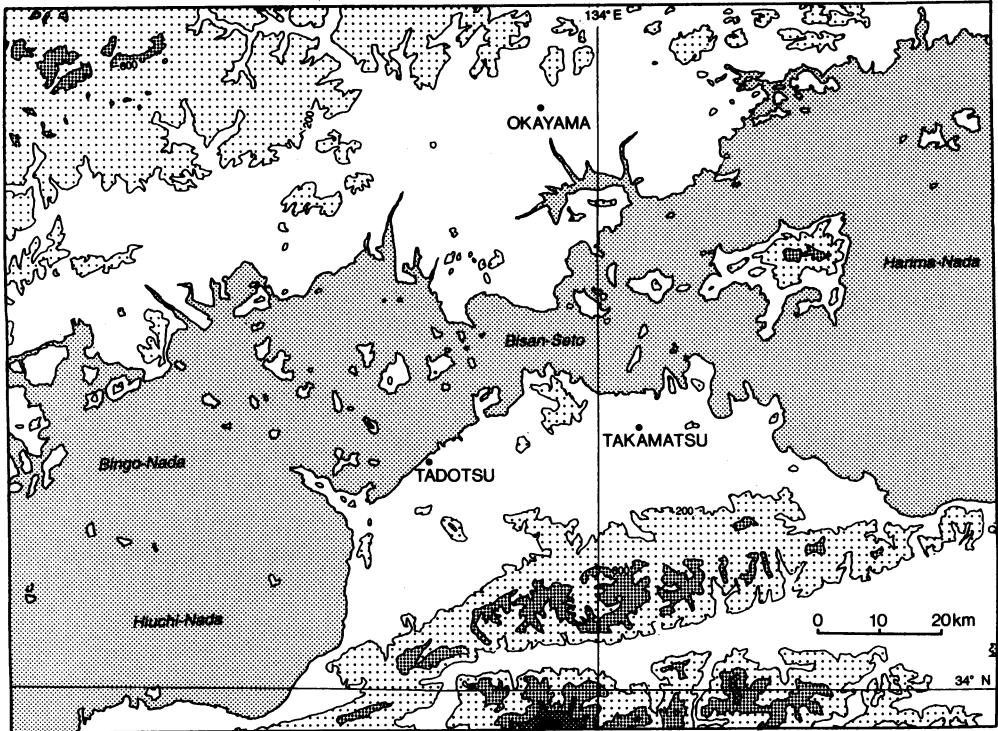
風のデータは多度津測候所、高松地方気象台、岡山地方気象台で観測されたものを用いた。解析に用いた資料の期間は1975年から1981年までの7年間である。

* On the relationship between land- and sea-breezes and the pressure field in the Central Part of the Seto-Inland Sea District.

** Yukihiko Mori, 香川大学教育学部.

—1995年3月27日受領—

—1995年9月18日受理—



第1図 瀬戸内海地方中央部の地形図。最初の等高線は200 mを表し、それより高い高度の等高線は400 m 間隔 (600 m, 1000 m, 1400 m) で描いた。

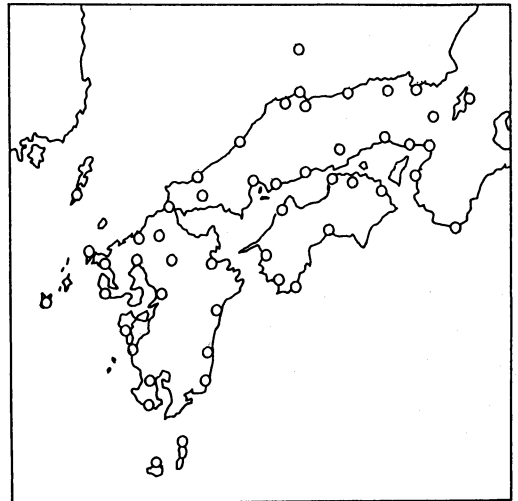
岡山地方気象台は1982年に岡山市郊外から市街地の中に移転したので、ここで用いた岡山の気象資料はすべて移転前の岡山地方気象台で観測されたものである。

海陸風と気圧場との関係を調べる際に、海面気圧場から計算される地衡風によって気圧傾度の大きさと方向を代表させることにした。この地衡風は地表地衡風と呼ばれるが、以下では単に地衡風と呼ぶことにする。地衡風は、第2図に示す西日本の気象官署49地点における1日4回 (03時, 09時, 15時, 21時) の海面気圧データより算出した。観測地点の海拔高度が高くなると、観測された現地気圧より海面気圧を求める際の海面更正の値が大きくなるので、対象地域内にあっても、海拔100 m以上の地点は除外してある。

地上気圧分布は、次式で表されるような2次曲面で近似することにする (森, 1985)。

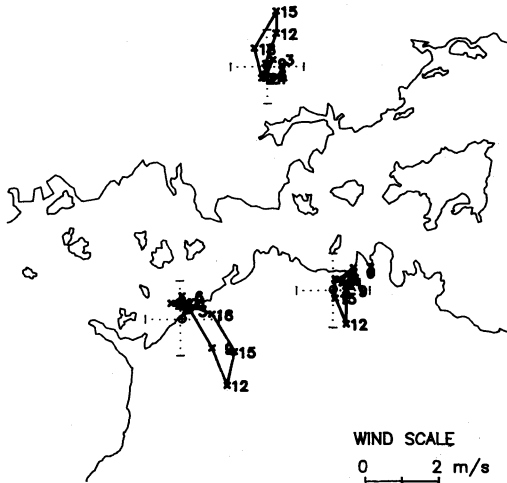
$$P(x, y) = B_1x + B_2y + B_3x^2 + B_4y^2 + B_5xy + B_6 \quad (1)$$

ここで、 P は気圧、 x, y は座標軸を表す。係数 B_1, B_2, \dots, B_6 は全地点の気圧値を用いて最小2乗法で決定される。多くの地点の気圧データを用いるので、個々の地点の気圧値の局地性は平滑化される。気圧傾度は東

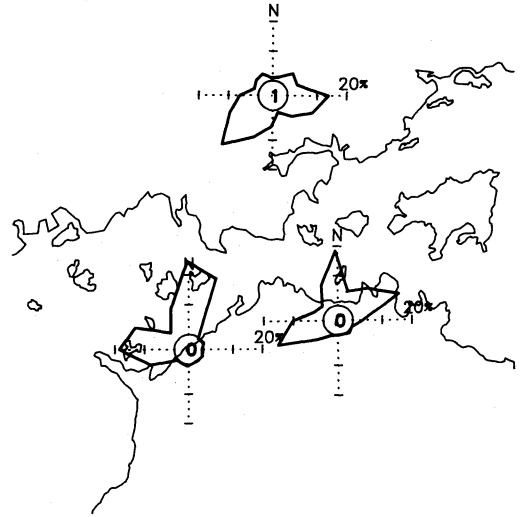


第2図 地衡風の計算に用いた海面気圧の観測地点 (白丸)。

西、南北に離れた4地点の気圧から計算することもできる。水間 (1995) は、ここで用いた方法と4地点法



第3図 風の日変化の hodograph. (座標原点がベクトルの始点, ×がベクトルの終点, 数値は時刻).



第4図 3地点の海陸風が発達しやすい日の15時の風配図. 円内の数値は静穏(0.2 m/s以下)の度数(%)を表す.

との比較を行い, 4地点法よりここで用いた2次曲面近似による方法の方がよりもらしい結果を与えることを示している,

(1) 式の係数が決定されると, 次の式によって, 気圧傾度を求めることができ, 地衡風が計算できる.

$$\frac{dP}{dx} = B_1 + 2B_3x + B_5y$$

$$\frac{dP}{dy} = B_2 + 2B_4y + B_5x$$

気圧場は全体としては2次曲面の式でよく近似できるが, 気圧場の形態によっては, この曲面でうまく表現できない場合もあった. そこで, このような場合を解析から除くために, 実際の各地点の気圧値と, 決定された2次曲面の式から計算される各地点の気圧値との間の相関係数が0.8以上の場合を解析の対象とした.

海陸風の発生しやすい気象条件の日を選び出すために, 以下の条件に合う日を解析対象とした.

- 1) 1日を通じて降水がなく, 晴れもしくは曇りの日.
- 2) 日射量の日積算値が 17 MJ/m^2 (約 400 cal/cm^2) 以上ある日.

解析を行った3地点のうち, 日積算全天日射量の観測は高松でしか行われていない. また, 天気観測については, 高松では1日8回の観測が行われているが, 多度津, 岡山では1日3回(09, 15, 21時)しか行われていない. そこで上の2つの判定には高松における

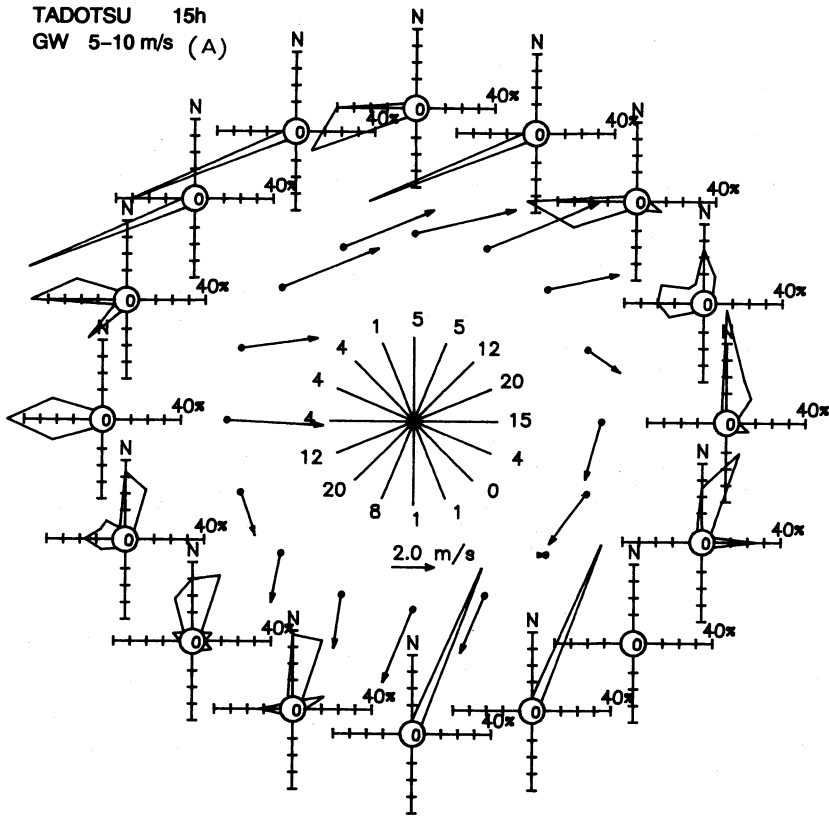
観測値を用いた. なお, 岡山(岡山県環境保健センター)と高松(高松地方気象台)での日積算日射量の観測データを比較したところ, 両者の間にはよい対応関係があり, 日射量の条件はどちらの地点で判定してもよいことが確認されている(森・木崎, 1987). したがって, この程度スケールでは, 日積算日射量の代表性はよく満たされていると考えられる.

解析には気象庁の地上気象観測日表時・日別値(SDP)磁気テープ資料(1975-1981年)を用いた. この資料には, 風については全地上気象観測地点の1日8回の風向・風速データが納められている. 天気については00~99の100種類のコードで表現されている.

1) の天気の判定は, このコードによった. 日射量については, 全天日射量の日積算値を用いた. なお, SDP磁気テープの全天日射量の単位は1980年までは 1 cal/cm^2 が用いられていたが, 1981年以降は 0.1 MJ/m^2 に変更になった. 日射量の単位の換算は, 関係式 ($1 \text{ MJ/m}^2 = 23.89 \text{ cal/cm}^2$) によった. したがって, 2) の判定に用いた 17 MJ/m^2 は旧単位では, 正確には 406.13 cal/cm^2 である.

3. 解析結果

先に述べた条件を満たす日は, 解析対象とした7年間(1975-1981年)の2557日のうち458日あった. これは全体の日数の約18%にあたる. これらの日についての平均的な風の日変化を調べた.



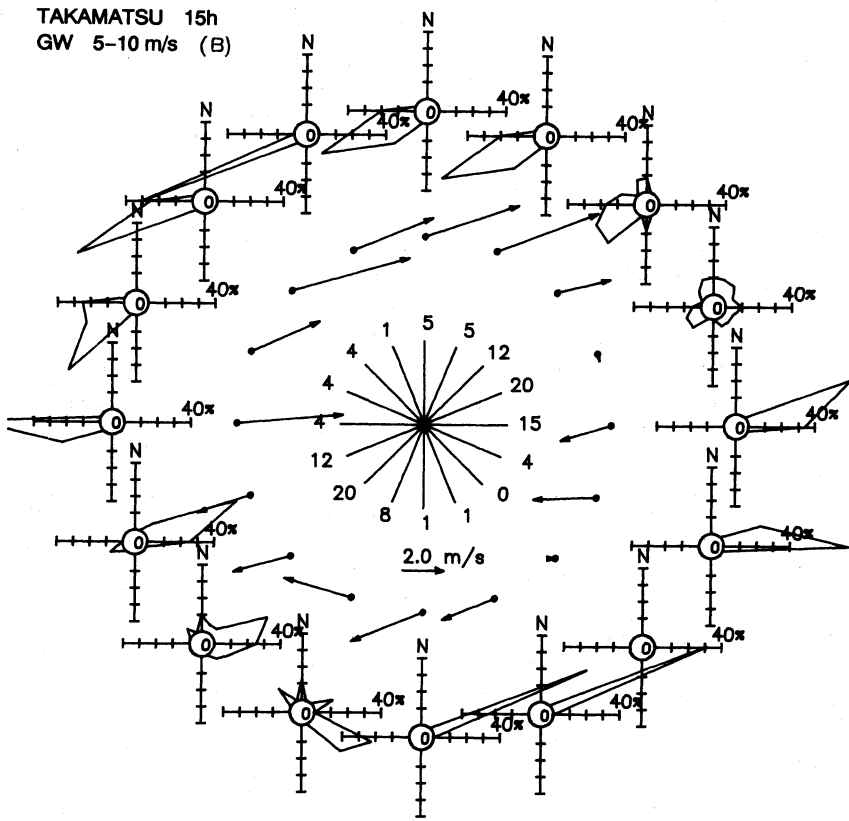
第5図(a) 多度津の15時における地衡風の風向別の地表風の風配図およびベクトル平均。中央の放射線は地衡風の風向を表し、先端の数値はデータ数を表す。風配図および平均風ベクトルは地衡風の風向に相当する方向に配置してある。地衡風の風速は5-10 m/sの範囲。風配図の円内の数値は静穏(0.2 m/s以下) 度数 (%) を表す。

まず、一般風が弱い場合の風の日変化の特徴を調べるため、先の条件に加えて、1日4回の地衡風の日平均ベクトルの風速が8 m/s以下という条件を与えて、これらの条件に合う日のデータを選び出して、時刻別の地表風のベクトル平均を求めた。各地点の日変化ホドグラフを第3図に示す。多度津では昼間はベクトル平均風速1.5-2.0 m/sで北西の風、夜間は平均風速0.5 m/s以下で、南よりの風となっている。この結果は、北東—南西に延びる海岸線を持つ多度津において、海風の平均ベクトルは海岸線に対して直角方向になっている。高松、岡山でも同様に日中の海風は、ほぼ東西に延びる海岸線に対して直角方向になっている。

佐橋(1978)は、このような風の日変化ホドグラフが、海陸風の実態とは異なる場合があることをきわめ

て明瞭な事例で示している。岡山における、海陸風が卓越しそうな日の平均的なホドグラフは、昼間は南よりの風が卓越し、南が海で海岸線が東西方向に延びている場合の典型的な海陸風が吹いているようにみえる。第3図でも岡山の日中の風ベクトルは南よりである。しかしながら、海風の実際の風向には、南西と南東の2つのタイプがあり、南よりの海風はベクトル平均という統計上の処理の結果生じたものであることを佐橋は明らかにした。

このことを再確認し、また多度津、高松についても調べるために、先の条件に合う場合の日について、時刻別の風配図を求めた。そのうち日中の15時について、3地点の風配図を第4図に示す。多度津では西と北、岡山では南西と東の2つの卓越風向が見られる。高松



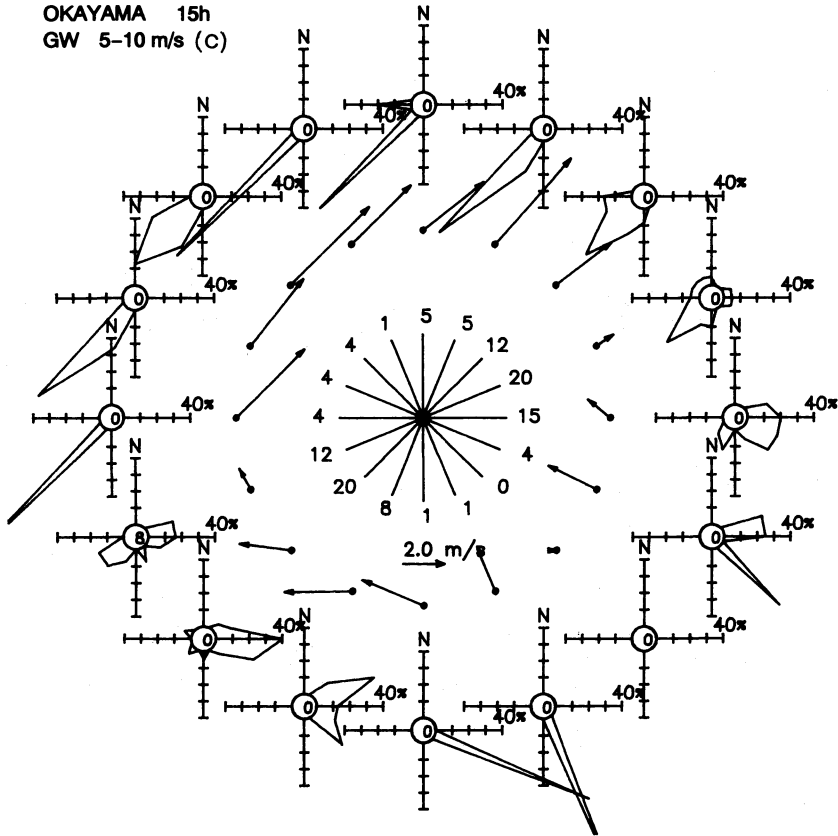
第5図(b) 第5図(a)に同じ。但し、高松。

では西南西と北と東北東の3つの卓越風向が見られる。したがって第3図の日中のベクトル平均風の風向は海風の風向を代表していない。

3時間ごとの風の観測データのうち、海風が発達する時刻を代表するものとして15時を選び、この時刻の地衡風と地表風との関係を調べた。地衡風の風速と風向を両方考慮するため、地衡風の風速を0-5 m/s, 5-10 m/s, 10-15 m/s, 15 m/s以上の各レンジに分け、それぞれの風速レンジごとに、地衡風の16方位の風向別に、それに対応する地表風の風向の度数分布とベクトル平均を計算した。地衡風の風速が10 m/s以上のレンジでは、地衡風の風向によってデータがない場合も多く、データのあるところでも、地衡風と地表風との関係は、地表風が一般風に支配される面が強くなるため、海風と地衡風との関係という観点から見るとばらつきが大きい。地衡風0-5 m/sレンジおよび5-10 m/sレンジでは地衡風と地表風との対応関係は似た傾向を示すが、5-10 m/sレンジの方が対応関係はばらつきが少な

い。

そこで、地衡風5-10 m/sレンジの場合を第5図a, b, cに示す。この図では、地衡風の風向別の地表風の風向度数分布および風速のベクトル平均を、地衡風の風向に対応する位置にプロットした。多度津(第5図a)では地衡風の風向が東北東と西南西の付近を境にして地表風の卓越風向が変化している。地衡風の風向がこの境界より北側のとき、地表風の風向は西~西南西になる傾向を示し、地衡風の風向がこの境界より南側のとき、地表風は北~北北東になる傾向を示す。高松(第5図b)でも同様である。特に高松では東北東-西南西の境界付近では地衡風の風向が1~2方位異なるだけで地表風は正反対に近く風向が変わる傾向が見られる。高松で北よりの海風が卓越するのは地衡風の風向が東北東の場合で、それ以外の風向のときにははっきりしない。岡山(第5図c)では、東北東-西南西付近を境にして、地衡風の風向がそれより北側では地表風の風向が南西、南側では地表風の風向が東か



第5図(c) 第5図(a)に同じ。但し、岡山。

ら南東になる。

地衡風の風向別に求めた地表風のベクトル平均についてみても、それぞれの地点で、地衡風の風向が東北東—西南西を境にして、大まかに2つのタイプに分けることができ、多度津では西—西南西の風と北—北北東の風、高松では西南西の風と東よりの風、岡山では南西の風と東南東の風である。

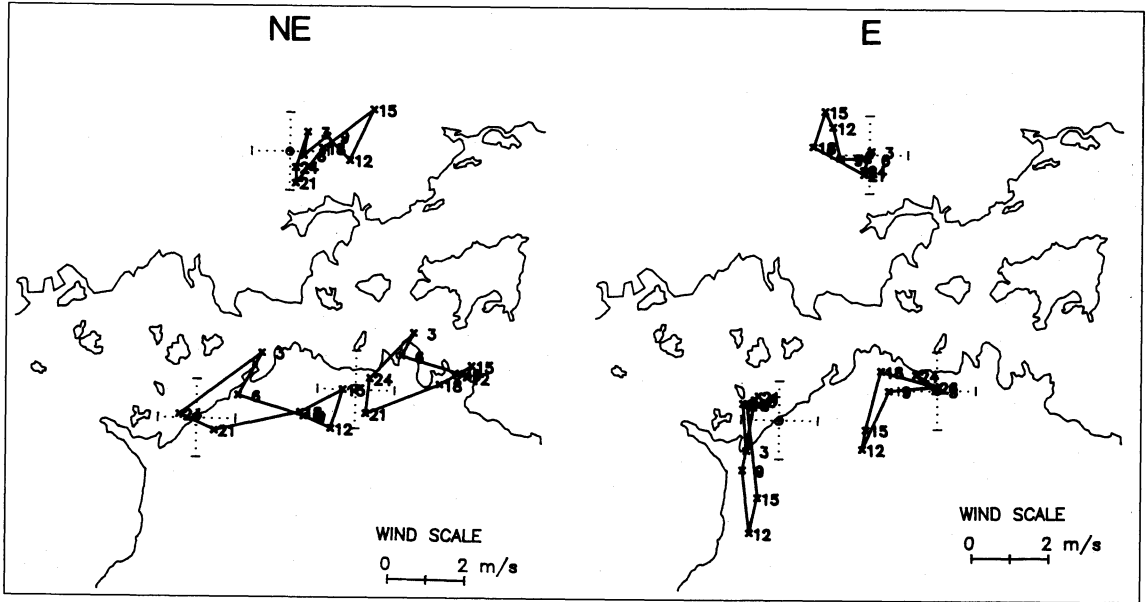
高松では、海陸風の発生しやすい気象条件の日、15時の風向には西南西と東北東の2つの卓越風向の他に北の卓越風向が見られた(第4図)。地衡風 5-10 m/s レンジの場合、地表風の度数分布に北風が出てくるのは、主に地衡風の風向がちょうど境界にある東北東の場合であった。

高松で15時の風が北風になるのはどのような地衡風の場合か、さらに調べてみた。海陸風が発生しやすい気象条件の日、高松で15時の風が北風となる場合は23例あった。このときの地衡風について調べてみると、地衡風風速が 5 m/s 以下の場合が10例で48%あった。

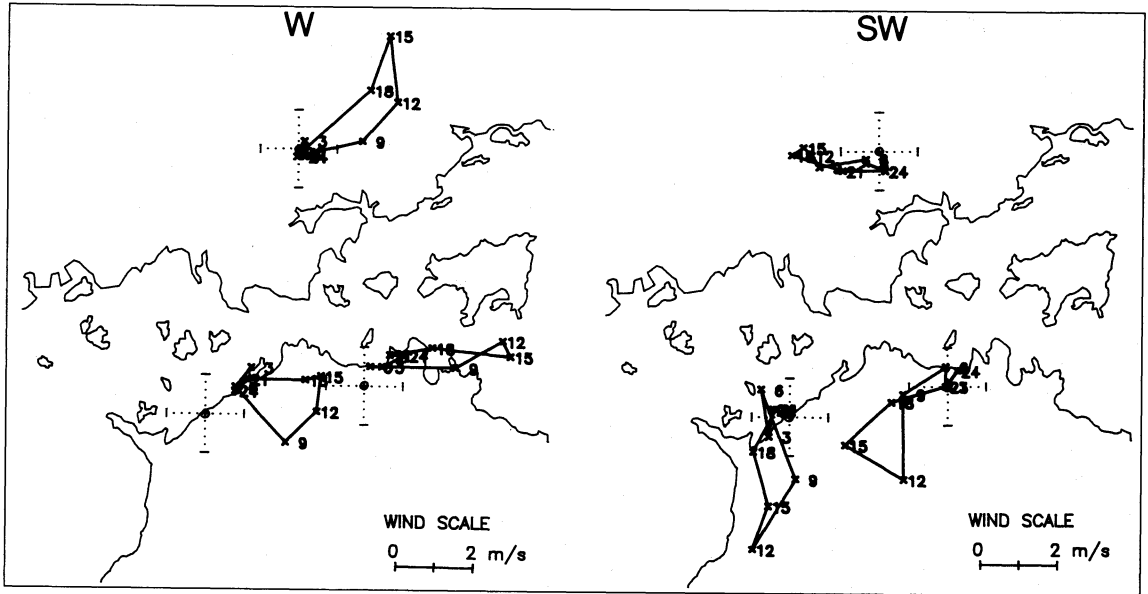
残りの13例のうち、地衡風風向が北東—東北東の場合が9例、南西—西南西の場合が4例で、すべて地衡風の風向が東北東—西南西の境界に近い場合であった。このように高松の15時の風が北風となるのは、地衡風風速が弱い場合か、地衡風風向が東北東—西南西の境界に近い場合である。

高松の北風を除くと、3地点とも海風の2つの型は、地衡風の風向が東北東—西南西を境界にして、そのどちらにあるかによって決まることが明らかになった。そこで、この境界に近い地衡風風向の場合について、風の日変化パターンを調べることにした。そのため地衡風の日平均ベクトルの風速が 8 m/s 以下で、風向がこの境界の近傍の北東、東、南西、西の場合の日を選び出し、それぞれの地点の時刻別平均ベクトルを求めた。

地衡風の風向が北東および東の場合の、地表風の日変化ホドグラフを第6図aにそれぞれ示す。地衡風の風向が東北東の近傍にある場合、風向は互いに2方位



(a)

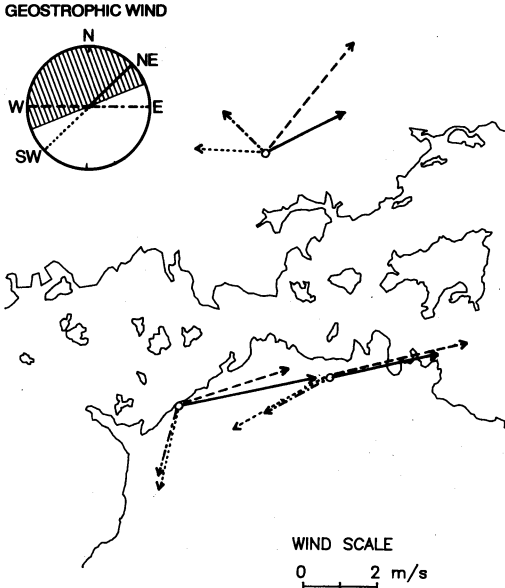


(b)

第6図 地衡風の風向別の地表風の日変化ホドグラフ(座標原点がベクトルの始点, ×がベクトルの終点. 数値は時刻). (a)地衡風風向 NE およびEの場合, (b)地衡風風向 SW およびWの場合.

異なるだけであるが、3地点とも地表風の日変化パターンは地衡風の風向の違い以上の違いが見られる。地衡風の風向が南西および西の場合、地表風の日変化ホドグラフを第6図bにそれぞれ示す。地衡風の風向が西南西の近傍にあるこの2方向の場合も、第6図aの場合と同様、3地点とも風の日変化パターンは地

衡風の風向の違い以上の違いが見られる。一方、地衡風の風向が東と南西とは6方位異なるが、日中の地表風がどちらの灘から吹くかという観点から見ると、風の日変化パターンは似ている。同様に、地衡風の風向が北東と西とでも6方位異なるが、地表風の日変化パターンは似ている。



第7図 地衡風風向 NE, E, SW, W のときの、15時の地表風のベクトル平均風。対応する地衡風の風向は線種によって区別する(左上の円を参照)。

第7図に第6図の15時のベクトル平均風を取り出して示す。多度津、高松においては、地衡風風向が北東と西の場合、および東と南西の場合、ベクトル平均風の風向はそれぞれほとんど一致している。岡山においては、地衡風風向が北東と西の場合、および東と南西の場合、ベクトル平均風の風向に少しの違いが見られるが、どちらの灘から吹いているか、という観点から見ると共通性が見られる。

以上のことから、多度津、高松、岡山では、海陸風の起こりやすい条件の日には、日中の風がどちらの灘から吹くかという観点から、風の日変化パターンを2つの型に分けることができ、どちらの型になるかは地衡風の風向が、東北東、西南西で分けられる円のどちらの半円にあるかによって決まることが明らかになった。すなわち、地衡風の風向がそれぞれの半円にある場合には、地衡風の風向によらず地表風の日変化パターンは同じ型になる。海風の2つの型は、風の日変化パターンの2つの型の反映である。

水間(1994)はAMeDASの風の資料によって、近畿および四国・中国東部における海陸風の分布を調べている。伊藤(1995)にその一部の図が引用されている。岡山で海風が南東の場合および南西の場合の広域の海風の分布図を対比すると、海風の風向が大きく異

なる地点は限られている。たとえば播磨灘に面した姫路やその周辺では海風の風向に大きな差はない。このことから多度津、高松、岡山で海風に2つの型が見られるのは、この地域が東側の備後灘・播磨灘と、西側の燧灘の間であって、瀬戸内海に中国側と四国側から陸地が張り出したところであり、さらに中国山地と四国山地に挟まれた地域にあるという地形的な特徴と関係していると思われる。このことを明らかにするためには同様な観点による瀬戸内海の他の地域での海陸風の解析が必要である。

4. まとめ

瀬戸内海中央部の多度津、高松、岡山における海陸風と気圧場との関係について調べた。3地点とも海陸風の発生しやすい気象条件の場合、日中の風には2つの卓越風向が見られた。2つの海風の型と海面気圧場から計算される地衡風との間には関係があり、地衡風の風向が、東北東—西南西の線で二分される円の北半円にあるときには1つの海風の型が、南半円にあるときにはもう1つの海風の型が対応している。どちらの型の海風が発生するかは地衡風の風向に非常に敏感で、この半円の境界付近では風向が8方位の1方位分変わっただけで、海風の型が変わる傾向がみられた。高松では、地衡風の風速が非常に小さいか、あるいは地衡風の風向がこの境界に近い場合に、海風にもう1つ別の卓越風向が見られた。

謝辞

この研究を行うにあたり、「地上気象観測日表ファイル」(磁気テープ)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。計算は香川大学情報処理センターで行った。この研究の経費の一部は平成6年度の文部省特定研究経費によった。

参考文献

- 伊藤久徳, 1995: 近畿地方の広域海風に関する数値実験, 天気, 42, 17-27.
- 宮田賢二(編), 1983: 広島県の高陸風, 広島女子大地域研究叢書III, 広島女子大学.
- 宮田賢二, 1988: 瀬戸内西部の局地循環, 気象研究ノート, 163, 107-122.
- 水間満郎, 1994: アメダス風資料から見た近畿, 四国, 中国東部の海陸風, 日本気象学会関西支部, 第3回例会講演要旨集, 1-6.
- 水間満郎, 1995: 気圧傾度の評価方法の比較検討, 日本

- 気象学会関西支部, 第4回例会講演要旨集, 15-18.
- 森 征洋, 1985: 地衡風と地表風との対応について—多度津・岡山の場合—, 天気, 32, 523-529.
- 森 征洋, 木崎晴子, 1987: 岡山平野における海風の型と気圧場との関係, 香川大学教育学部研究報告, 11, 37, 53-62.
- 根山芳晴, 1982: 瀬戸内の海陸風について, 天気, 29, 653-668.
- 佐橋 謙, 1973: 瀬戸内海の二種類の海風について, 気象技術ノート, 14, 16-20.
- 佐橋 謙, 1978: 岡山周辺海陸風について, 天気, 25, 357-363.
- 佐橋 謙, 1988: 瀬戸内東部の局地循環, 気象研究ノート, 163, 89-105.

日本気象学会1995年度秋季大会の報告

日本気象学会1995年度秋季大会は、ホテル・アウィーナ大阪を会場として1995年10月16日(月)～18日(水)に行われた。参加者数は686名(一般会員392名, 学生会員142名, 他に招待者・大会関係者等)であった。

2日目午後には、山本・正野論文賞(小池 真・森本真司会員), 堀内基金奨励賞(竹内謙介会員)の授与式および奨励金(小澤英司・河合宏一・中吉一行・西岡佐喜子会員)の贈呈式と, 受賞記念講演会が行われた(森本会員は南極越冬中のため帰国後に講演して頂く予定)。これに引き続き, 大会シンポジウム「大気レーダーが開く新しい気象」が行われた。なお懇親会の参加者数は219名であった。

一般講演の発表申込件数は325件で, 過去4回とほぼ同じであった。その内訳は第1種講演が250件, 第2種講演が39件, ポスターが36件であった。第2種講演と

して申し込まれた講演のうち, 予稿が第2種の要件を満たさない等の理由でプログラム編成時に第1種に変更したものが4件(前回は15件)あった。今回はポスター発表の件数が多かったため, 初めてポスター・セッションを2回に分け, 第1日夕刻と第3日午前に行われた。なおスペシャル・セッションは応募がなく, 行われなかった。

会期中およびその翌日には, 個別のテーマによる研究会が計3件開かれた。また第1日の夕刻には気象集誌の印刷社の契約事項に関する懇談会が開かれた。

最後に, 今大会事務局として大会準備・運営にご尽力頂いた大阪管区気象台・京都大学を始め関西支部の皆様へ深く感謝の意を表します。

1995年12月 講演企画委員会