

愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特性について

森 征洋¹⁾・林 宣之²⁾

Characteristics of Land and Sea Breezes around the Takanawa Peninsula
in Ehime Prefecture

Yukihiro MORI and Nobuyuki HAYASHI

Abstract

Characteristics of land and sea breezes around the Takanawa peninsula in Ehime prefecture have been investigated. Wind roses at Matsuyama and Tanbara show two prevailing directions. These directions are representing the daytime and the nighttime winds caused by the phenomena of land and sea breezes. A wind rose at Imabari near the tip of the peninsula shows three prevailing directions. One of them is representing the nighttime wind and the other two are representing the daytime wind. The direction of daytime wind at Imabari is affected strongly by the general wind.

1) 香川大学教育学部地学教室

2) 丸亀市立城乾小学校 (2001年3月香川大学教育学部卒業)

1. はじめに

海陸風は沿岸地域では馴染みの深い現象である。穏やかな晴れた日、日中は海から陸に向かって海風が吹き、夜間は陸から海に向かって陸風が吹く。このように1日を周期として海風と陸風が交替する風系を海陸風と呼ぶ。瀬戸内海地方は、北側に中国山地、そして南側に四国山地が控えており、その間に挟まれるようにして細長く東西に延びる海域があるため、瀬戸内式気候と呼ばれる、この地域独特の気候が形成されており、沿岸地域では海陸風が発達する。

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。Mizuma(1998)、水間(1994)は瀬戸内海地方を含む、西日本全域に海陸風の調査を広げ、広範囲に及ぶ海陸風の特徴について調べている。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一つとして、岡山平野で見られる2種類の海風がある。佐橋(1973, 1978)は岡山平野では海風が南西の場合と、南東の場合の2つの海風の型があり、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)、森(1996)は海風の型と気圧場の関係について詳しく調べ、瀬戸内海地方中央部で海陸風が発達しやすい日においては、風の日変化パターンは2つに分けることができ、海面気圧場から計算される地衡風の風向が、東北東、西南西で分けられる円のどちらの半円にあるかによって海風の風向は決まることを明らかにした。そこで今回は、香川県と同じように、瀬戸内海に北に突き出た形をしている愛媛県高縄半島付近で海陸風と気圧場とがどのような関係にあるのか調べた。

2. 資料および解析方法

愛媛県高縄半島付近の地形図を第1図に示す。この研究では松山、丹原、今治の3地点のAMeDAS(地域気象観測網)の風資料を用いた。これらの3地点は、図1に示すように、松山は半島の西側、今治は半島の先端近く、丹原は半島の東側にそれぞれ位置している。解析には1997年から1999年までの3年間のデータを用いた。

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、図2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、対象地域内であっても、海拔100m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)。

$$P(x, y) = B_1 x + B_2 y + B_3 x^2 + B_4 y^2 + B_5 xy + B_6 \quad (1)$$

愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特徴について

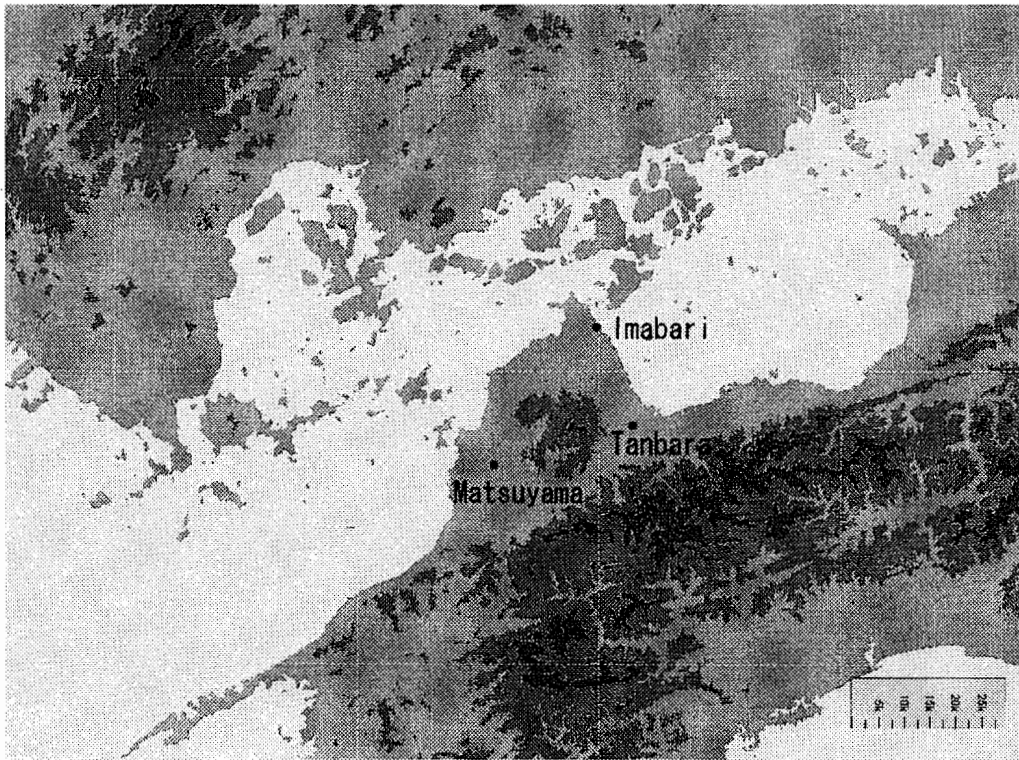


図1 愛媛県高縄半島付近の地形図。標高区分は500mごと。

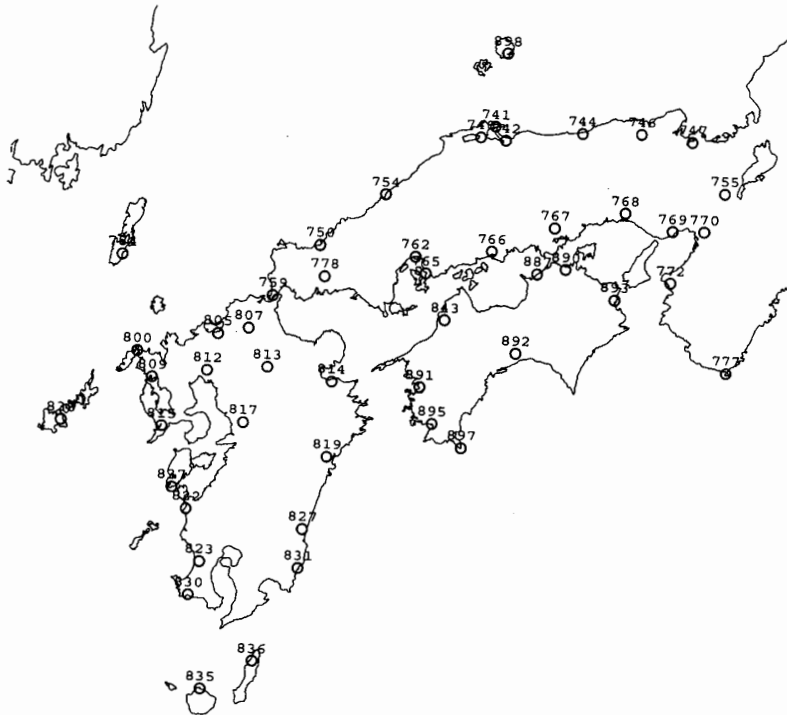


図2 地衡風の計算に用いた海面気圧の観測地点

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、個々の地点における気圧値の局地性は平滑化される。気圧傾度は東西、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、ここで用いた方法のほうがよりもっと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。

$$\frac{\partial P}{\partial x} = B_1 + 2B_3x + B_5y$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = B_2 + 2B_4y + B_5x$$

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、各地点の実際の気圧値と、決定された2次曲面の式から計算される気圧値との間の相関関数が0.8以上の場合を解析の対象とした。

海陸風が発生しやすい気象条件の日を選び出す際には、次の条件によった。

- 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 $17\text{MJ}/\text{m}^2$ (約 $400\text{cal}/\text{cm}^2$) 以上ある日。
- 3) 1日4回の地衡風の風速が $10\text{m}/\text{s}$ 以下の日。

風のデータはアメダス観測年報(時・日別値)(CD-ROM)による1時間ごとの10分間平均値を用い、天気、気圧、日射量のデータは気象庁年報(CD-ROM)を用いた。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ので、1)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。

解析を行った3地点のうち、天気や日積算全天日射量の観測は松山でしか行われていない。そこで1), 2)の判定は松山におけるデータを用いた。

3. 解析結果

3.1 風配図

松山、今治、丹原における3年間の全データを用いて求めた全日の風配図を図3に示す。この図から、松山では西北西と東南東の風が、今治では西と東北東と南南西の風が、丹原では北北東と南南西の風が卓越している。このように松山・丹原では2方向、今治では3方向の卓越風向がある。

昼間と夜間の風配図の特徴を調べるために、03時と15時の風配図を図4に示す。半島の西側と東側の松山・丹原についてみる。松山では、03時には東南東の風が卓越し、15時には西~西北西の風が卓越している。丹原では03時には南南西の風が卓越し、15時には北北東の風が卓越している。これらの地点で全日の風配図(図3)に見られた2つの卓越風向は、それぞれ昼間と夜間の風を代表していることが分かる。半島の先端附近の今治では、03時には南南西の風が卓越し、15時には東北東と西の風が卓越している。この地点で全日の風配図に見られた3つの卓越風向のう

愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特徴について

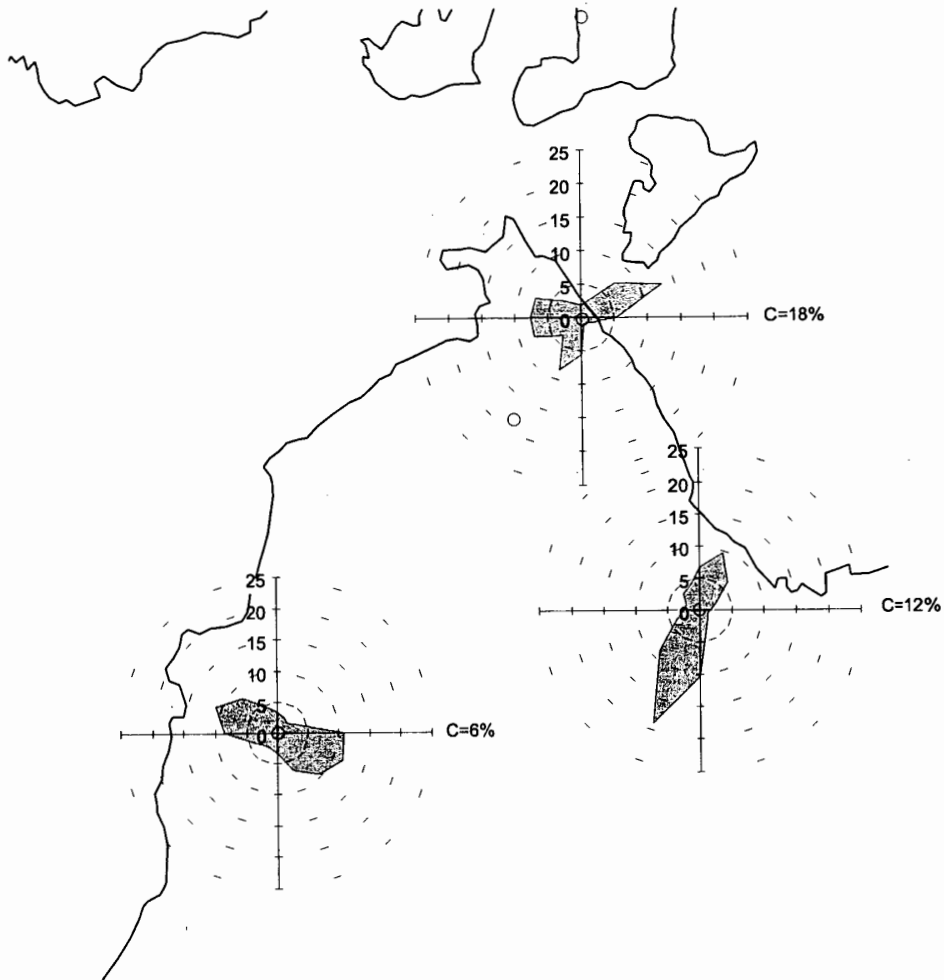


図3 松山、今治、丹原の全データによる風配図

ち、西と東北東の風向は昼間の風を代表し、南南西の風向は夜間の風を代表していることが分かる。

3.2 風の年変化と日変化

これらの地点における風の年変化の特徴を見るために、月別ベクトル平均風を求め、図5に示す。座標の原点を始点とし、×印がベクトルの終点を表す。これらの地点は比較的近くにあるにもかかわらず年変化のパターンは大きく異なっており、複雑な変化を示す。月平均ベクトル風は、松山では8月～11月以外の月は西風成分を持つ。ベクトル平均風速は、1月が最大となる。今治は1月に西風、7月は北東風となる。丹原は1月に最大となり南西の風向となる。どの地点も1月に西風成分が最も大きくなることは共通している。

これらの地点の年間の風の特別平均ベクトルをホドグラフにして図6に示す。先の図と同様、座標の原点を始点とし、×印がベクトルの終点を表す。いずれの地点でも日変化成分が見られるが、松山ではどの時刻も「海風」となる。一方、丹原では昼間は「海風」と夜間は「陸風」とな

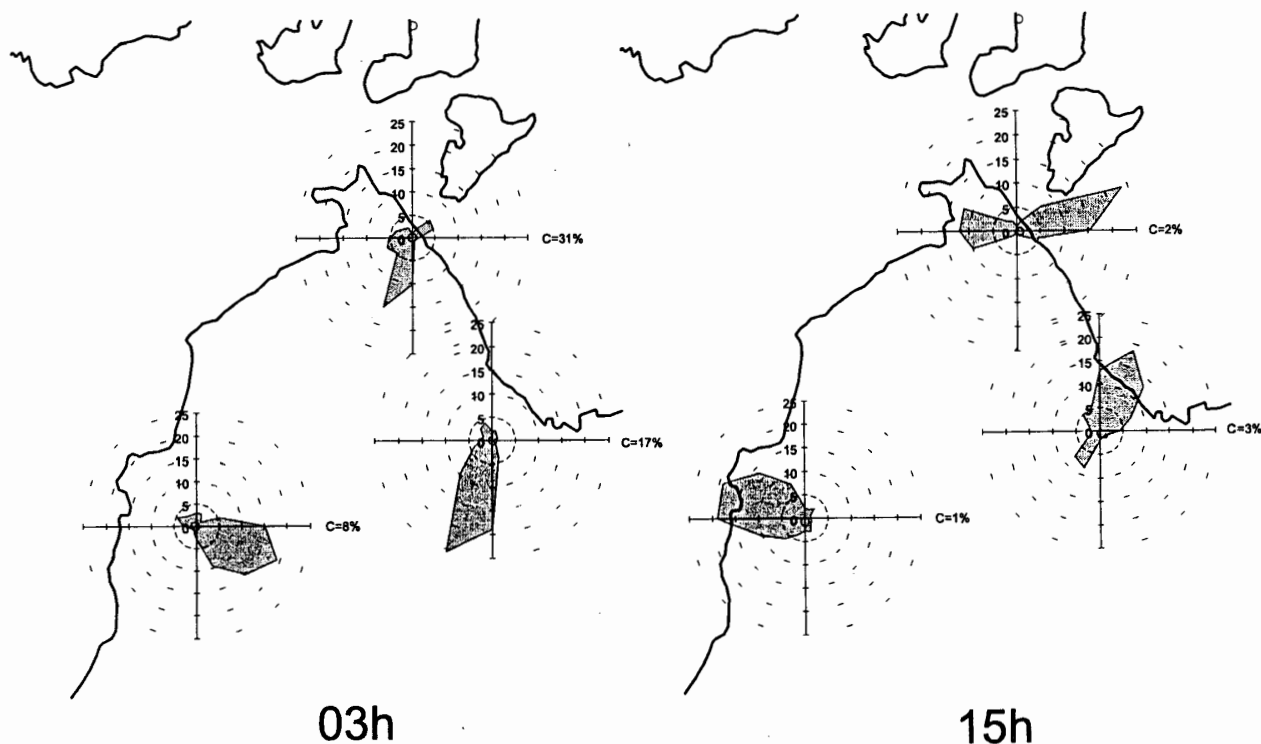


図4 松山, 今治, 丹原における特別風配図. (a) 03時 (b) 15時

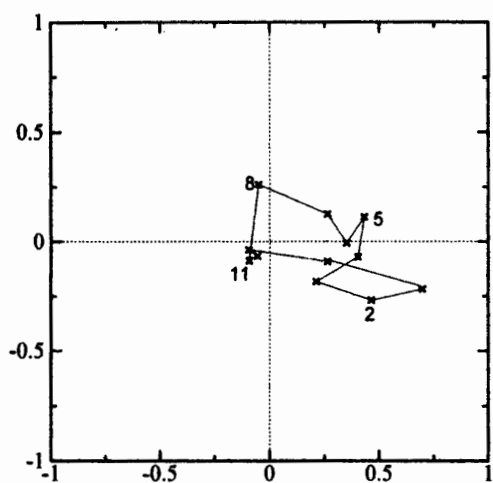
る。今治ではベクトル平均風の日変化は小さいが、昼間は「海風」となっている。

次に海陸風が発達しやすい日として、先の条件1), 2)を満たす日を選んで解析を行った。これらの条件を満たす日は、解析対象とした1997年から1999年のうち124日あった。これは全日数の11.3%にあたる。これらの日を海陸風日とよぶことにする。

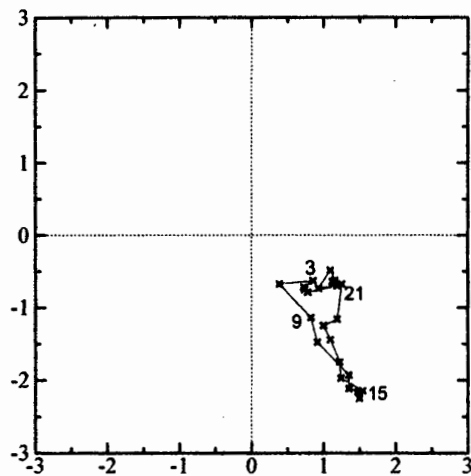
3.3 地衡風と海陸風の関係

海陸風に与える一般風の影響を調べるために、ここで抽出された海陸風日のうちからさらに、地衡風の風向をほぼ4象限に対応する、北～東北東（第1象限）、東～南南東（第2象限）、南～西南西（第3象限）、西～北北西（第4象限）の4つの風向区分別に、それぞれに対して風配図と日変化ホドグラフを作成した。図7 a, bに03時と15時における地衡風の風向区分別の風配図を示す。03時の場合、今治では地衡風の風向が東～南南西（第2象限）の場合に、「陸風」と「海風」の場合があるが、それ以外の地衡風の風向の場合は「陸風」となっている。松山、丹原では地衡風の風向によらず「陸風」となる。15時の場合、松山では、地表風の風向は地衡風の風向によらず、ほぼ西～北西となる。一方、今治では、地衡風の風向が西～北北西（第4象限）の場合は西北西の風のピークが見られ、地衡風の風向が東～南南東（第2象限）の場合は東北東の風のピークがあって、ほぼ正反対になる。地衡風の風向が両者の間の北～東北東（第1象限）の場合に地表風は西と東北東の風の2つのピークが見られる。地衡風の風向が南～西南西（第3象限）の場合、東北東の風のピークが見られるが、わずかではあるが西北西の風のピークも見られ

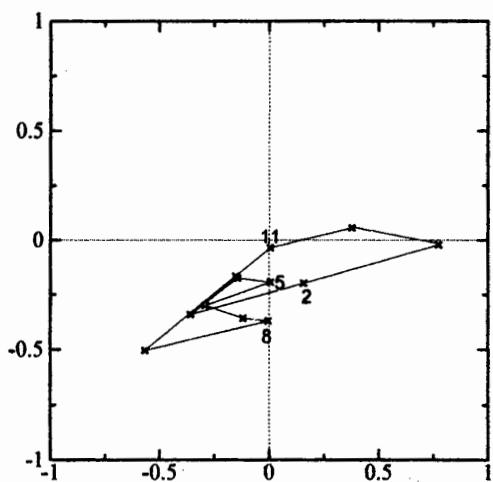
愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特徴について



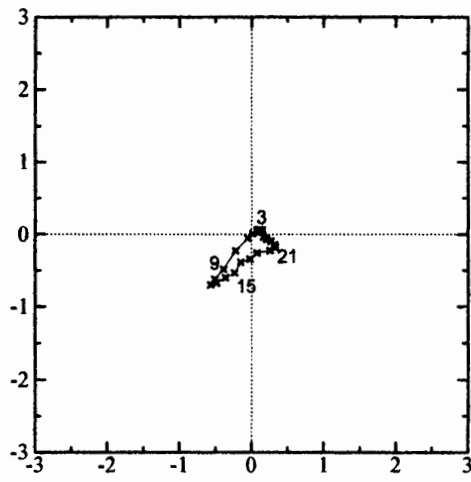
(a) 松山



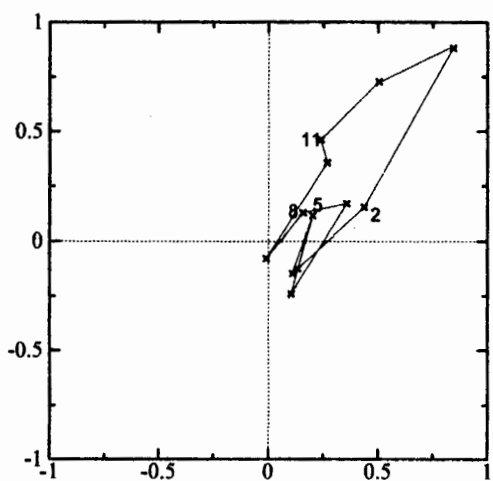
(a) 松山



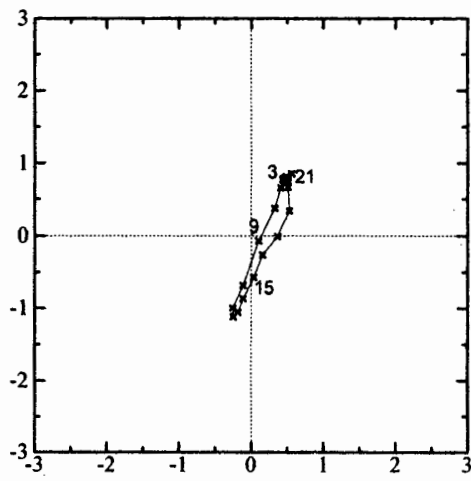
(b) 今治



(b) 今治



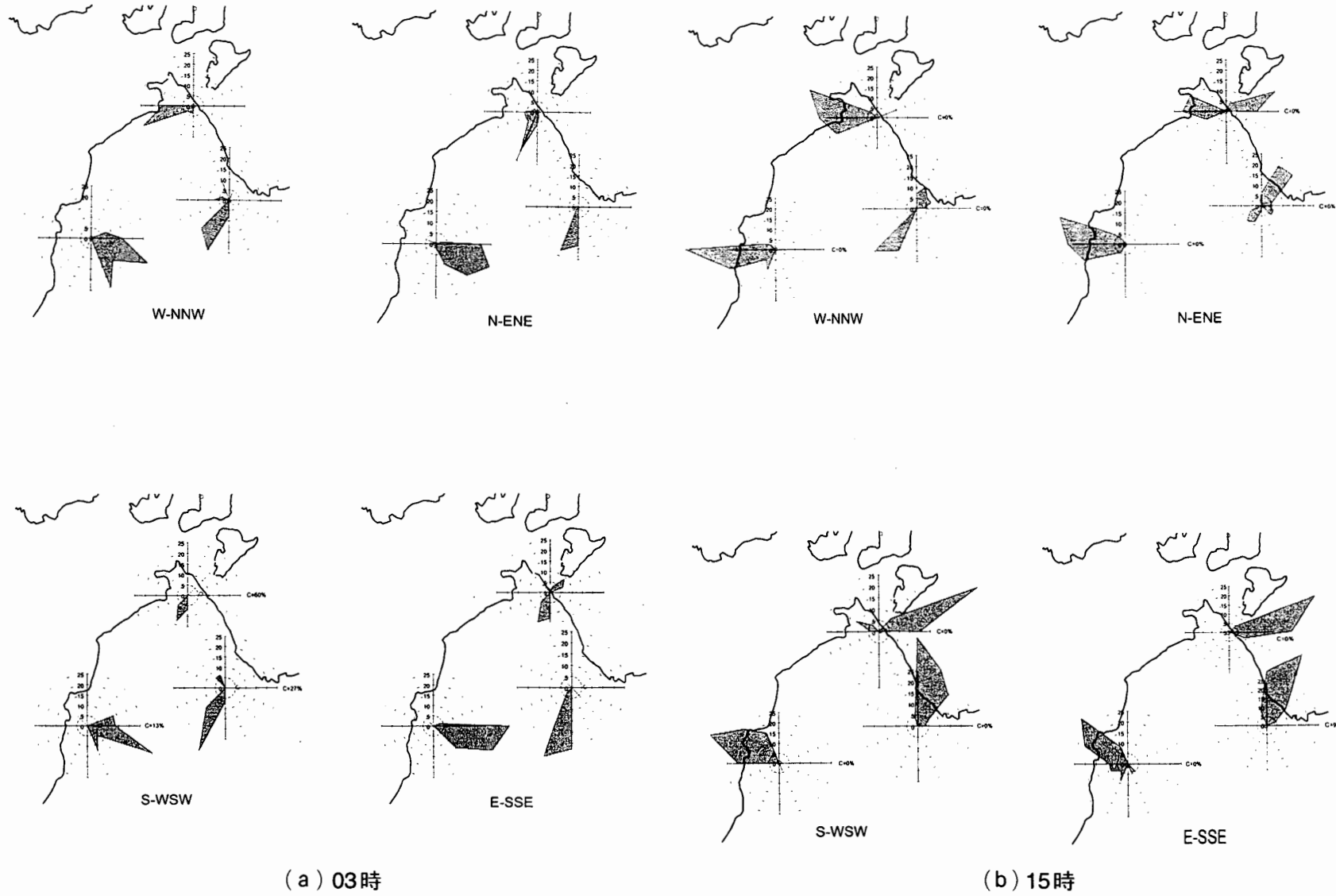
(c) 丹原



(c) 丹原

図5 松山, 今治, 丹原における
月別ベクトル平均風のホドグラフ

図6 松山, 今治, 丹原における
時別ベクトル平均風のホドグラフ

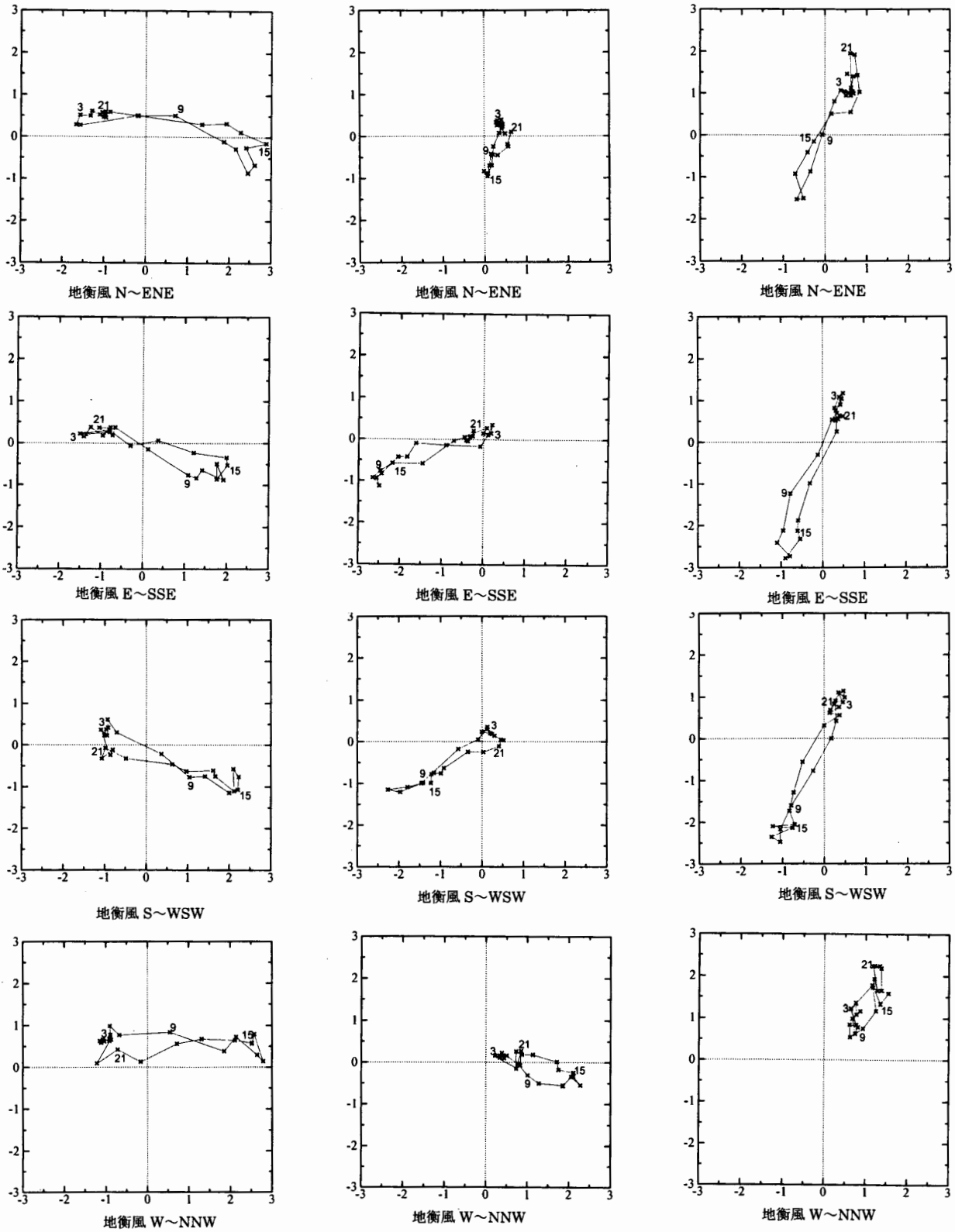


(a) 03時

(b) 15時

図7 地衡風の風向別の風配図. (a) 03時 (b) 15時

愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特性について



(a) 松山

(b) 今治

(c) 丹原

図8 海風が発生しやすい日における地衡風の風向別の特別ベクトル平均風のホドグラフ

る。丹原では地衡風の風向が東～南南東（第2象限）、南～西南西（第3象限）の場合に、北～北北東となる。地衡風の風向が西～北～東北東（第4、第1象限）の範囲にあるときには2種類の卓越風向がみられるが、西～北北西（第4象限）の場合は南西の風の方が卓越し、地衡風の風向が北～東北東（第1象限）の場合には北北東～北東の風の方が卓越する。

風の日変化のホドグラフが一般風の影響をどのように受けるが調べるために、それぞれの地点で、15時における地衡風の風向が図7の場合と同じ、北～東北東、東～南南東、南～西南西、西～北北西である日を選び出し、時別ベクトル平均風を求めた。それぞれの地点のホドグラフを図8 a, b, cに示す。松山では地衡風の風向による日変化パターンの違いは小さい。詳しく見ると、地衡風の風向が東～南～西南西（ほぼ南半円）の場合に、海風が西北西となり、西～北北西（第4象限）の場合には西南西となる傾向が見られる。今治では地衡風の風向によって日変化ホドグラフのパターンが大きく異なる。地衡風の風向が東～西南西の場合（ほぼ南半円にある場合）には昼間の風は東北東、地衡風の風向が西～北北西（第4象限）の場合は、昼間の風は西北西となり、地衡風の風向が北～東北東（第1象限）の場合には日変化は小さく、昼間の風は北よりとなる。丹原では地衡風の風向が西～北北西（第4象限）の場合、日変化は見られるが、どの時刻も「陸風」となる。地衡風の風向がそれ以外の場合は「海風」と「陸風」がはっきりと認められる。地衡風の風向がほぼ南半円にある場合、夜間の「陸風」は小さいが、昼間の「海風」は大きく、風向は東北東である。地衡風の風向が北～東北東（第1象限）の場合は、夜間の「陸風」と昼間の「海風」が同程度の大きさとなる。

今治では地衡風風向が北～東北東（第1象限）の場合に2種類の海風が見られた。このことは、この地衡風風向の範囲の中で海風の型の変化がおきていることを示している。そこで、この風向の範囲で、16方位のそれぞれの地衡風風向ごとに15時の風配図を求め、図9に示した。松山では、地衡風の風向によらず、西よりの風が卓越する。今治では、地衡風の風向が北の場合には西風のピークが見られ、北北東の場合は西北西の風のピークが見られる。地衡風の風向が北東の場合は東北東と北北東に2つのピークが見られ、さらに西よりにも小さなピークが見られる。地衡風の風向が東北東の場合は東北東にピークが見られる。今治における海風の型の変化は、地衡風の風向が北北東と北東の間の北東に近い風向の場合に生じていることが分かる。丹原では、地衡風が北東と東北東の場合、「海風」となるが、地衡風の風向が北の場合、南西の風となり、「陸風」となる。これは、この地衡風の風向の場合、一般風の影響で、高縄半島の山塊（図1）の南側を迂回する風が生ずるためと考えられる。地衡風の風向が北北東の場合、北北東と東南東に小さなピークが見られ、この方向を境にして卓越風向が大きく変化する。

図9において調べた地衡風の風向範囲で、日変化がどのようになるか調べた。3地点について地衡風の風向別のホドグラフを図10 a, b, cに示す。松山の場合、地衡風の風向によって違いはあるが、時別平均ベクトルの先端は東西方向に変化するという変化パターンは類似している。今治の場合、図9から予測されるようにホドグラフの形は地衡風の風向によって大きく変化する。地衡風の風向が北の場合、昼間、西風が卓越する。地衡風の風向が東北東の場合、日中は東北東の風が卓越し、地衡風が北の場合と東北東の場合とではホドグラフのパターンが大きく異なる。丹原では、地衡風の風向が北の場合、一時（7時ころ）に「海風」となる以外はほとんど「陸

愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特徴について

風」となっている。地衡風の風向が北北東の場合、昼間は「海風」となるが、「陸風」が卓越している。地衡風の風向が北東と東北東の場合、夜間は「陸風」となるが、昼間は「海風」が卓越している。この地点でも地衡風の風向が北の場合と東北東の場合とで日変化のパターンが大きく異なっている。

4. まとめ

愛媛県高縄半島周辺に位置する松山、今治、丹原の海陸風の特徴について調べた。これらの地点の年間の風配図を見ると、松山・丹原では2方向の卓越風向が見られ、それぞれ昼間と夜間の風を代表していることが分かった。今治では3方向の卓越風向が見られた。そのうち1つは夜間の風を代表し、その他の2つは昼間の風を代表している。今治の昼間の2つの卓越風向は地衡風の風向に支配されている。今治では地衡風の風向が北北東～北東付近を境に、また丹原では地衡風の風向が北～北北東を境にして地表風の卓越方向が全く逆方向に変化することが明らかになった。このことより、今治、丹原における昼間の風は異なる2つの卓越風向をもつことがわかった。一方、それぞれの地点とも夜間の風は一定方向を示す傾向が強く、地衡風の風向による影響は小さい。

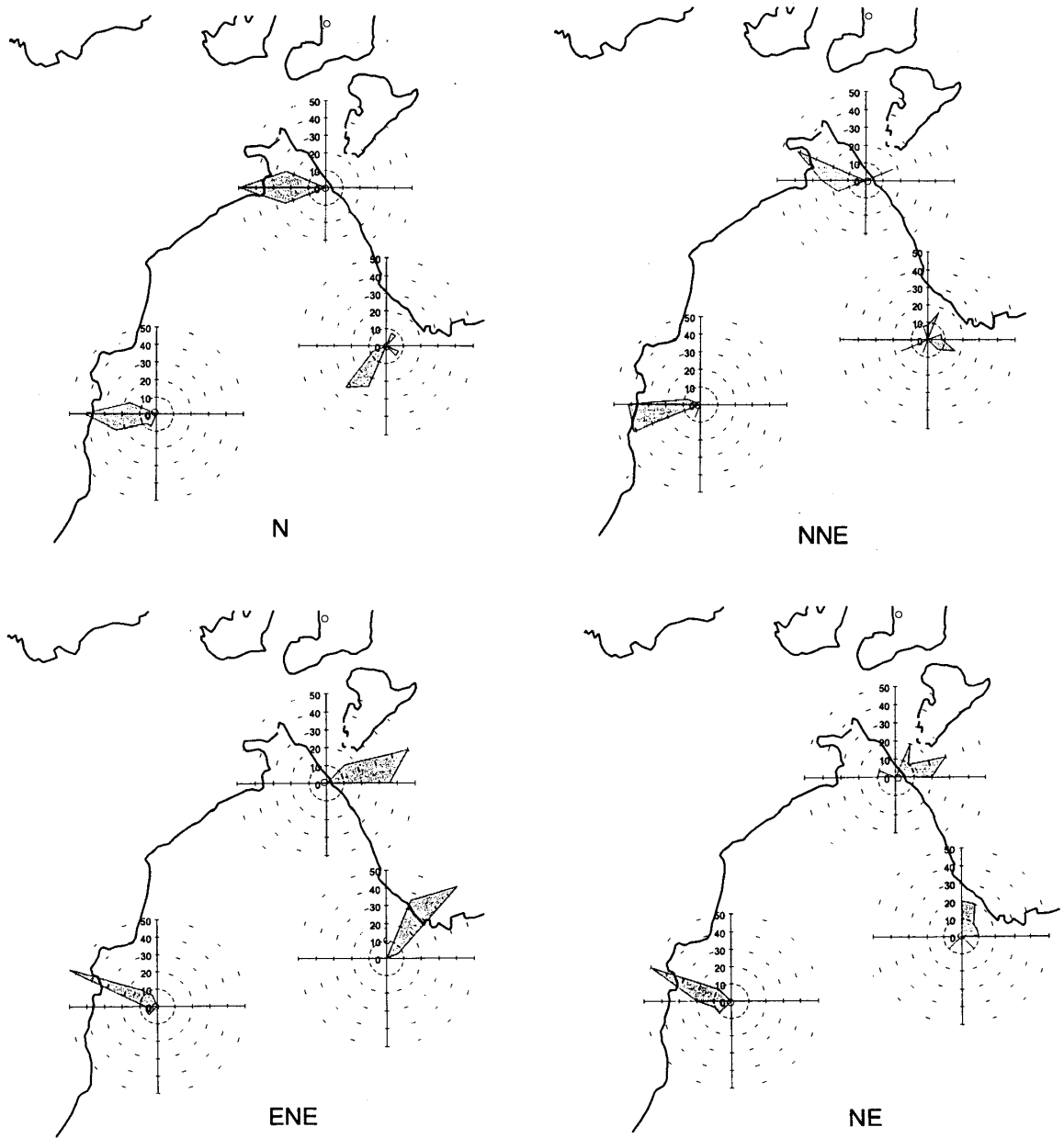


図9 15時における地衡風別の風配図

愛媛県高縄半島周辺における海陸風の特性について

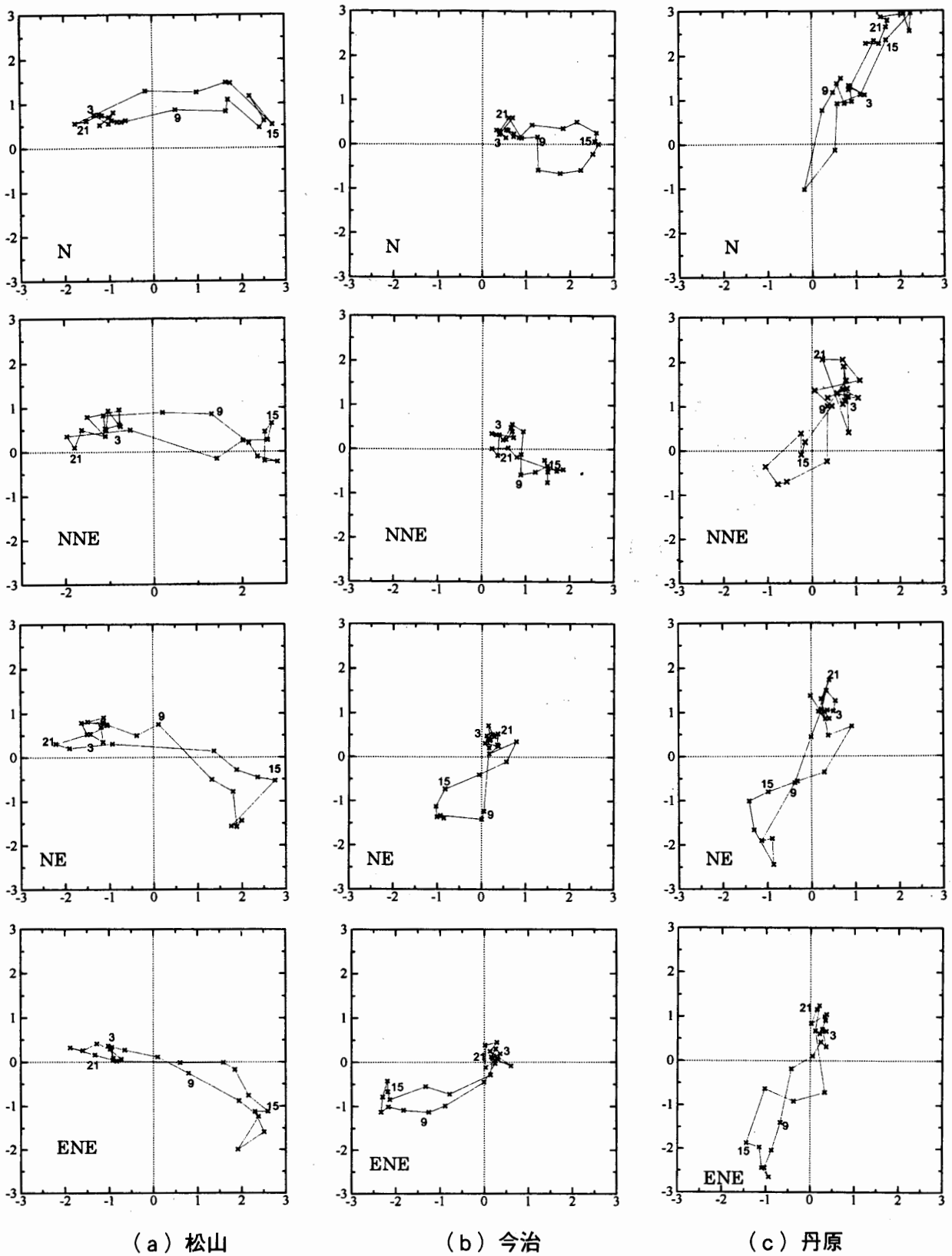


図10 地衡風の風向別のホドグラフ

参考文献

- 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, 第14巻, 16-20.
- , 1978: 岡山周辺の海陸風について, 天気, 25, 357-363.
- , 1988: 瀬戸内東部の局地循環, 気象研究ノート, 第163号, 89-105.
- 森 征洋, 1985: 地衡風と地表風との対応について 多度津・岡山の場合一, 天気, 32, 9, 523-529.
- , 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, II, 37, 53-62.
- , 1996: 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—, 日本気象学会誌「天気」, 第43巻, 第1号, 33-41.
- 根山芳晴, 1982: 瀬戸内の海陸風について, 天気, 653-668
- , 1979: 愛媛県沿岸の海陸風特性について, 天気, 26, 155-159.
- 宮田賢二(編), 1983: 広島県の海陸風, 広島女子大地域研究叢書III, 広島女子大学.
- , 1988: 瀬戸内西部の局地循環, 気象研究ノート, 第163号, 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.
- , 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.
- Mizuma, M., 1998: General aspects of land and sea breezes in western Seto Inland Sea and surrounding areas, J. Meteor. Soc. Japan, 76, 403-418.