

## 駿河湾の海陸風

大島 明香<sup>1)</sup>, 久保田 雅久<sup>2)</sup>

### Land and Sea Breeze around Suruga Bay

Sayaka Oshima<sup>1)</sup>, Kubota Masahisa<sup>2)</sup>

#### Abstract

We investigated land-sea breeze system around Suruga Bay by using three kinds of data. The used data consists of meteorological data observed at the Shimizu campus of Tokai University, meteorological surface observation and AMeDAS data provided by Japan Meteorological Agency, and water temperature data observed in Orido Bay. As a result of the analysis, average wind directions in the day and night are almost opposite at Shizuoka, Shimizu (Okitsu), Shimizu(Orido), Fuji and Matsuzaki. Although we cannot find reversal of the average wind direction at Omaezaki, Mishima and Irozaki, we could recognize reversal of wind direction in the time series even for these points. Therefore, it was possible to confirm the presence of the land-sea breezes at all observation points around Suruga Bay. Also, we found the presence of both clockwise and anticlockwise rotation for the time variation of the wind direction. For Shimizu (Orido), we found that the amplitude of land-sea breeze is large in summer. Examining a maximum wind speed in each month, the maximum value is about 3 m/s ~ 5 m/s at most of the observation points, while the values in the two observation points of Shimizu were relatively small, about 2 m/s.

#### 諸 言

駿河湾とは、御前崎と伊豆半島の南端を結んだ線の北側を指し、湾口幅は約56 km、奥行きは約60 km、水平面積は約2300 km<sup>2</sup>である。最大水深は約2500 mに達し、日本で最も深い湾である。また、開放性の湾であることから、黒潮が流入することによる海水交換の影響は無視できないと考えられる。

駿河湾西部には、赤石山脈から流れる大井川・安倍川・富士川などの一級河川が存在する。また、静岡平野や牧の原といった平らな土地が存在し、砂嘴でできた三保半島もある。これに対し、東側では狩野川が流入し、西側とは異なり海食崖が多く存在する地形である。駿河湾北部では、標高約1188 mの愛鷹山もあり、その奥に富士山がある。以上の点から、駿河湾沿岸地域は変化に富んだ地理的特徴を

1) 藤村女子中学高等学校 〒180-8505 東京都武蔵野市吉祥寺本町 2-16-3

Fujimura Girls' Junior and Senior High School, 2-16-3 Kichijoji, Musashino-shi 180-8505, Japan

2) 東海大学海洋学部 〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1

School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka-shi 424-8610, Japan

(2015年1月10日受付 / 2015年2月20日受理)

持っていることがわかる。

晴れた日に海から内陸に向かって吹く風は海風と呼ばれる。日中、陸の温度が海水面の温度よりも高くなることによって、陸の気圧が海に比べて下がり、気圧差が生じて海から陸に向かって風が吹くことが海風の原因である。夜間には、陸と海との気圧差が反転して陸から海への風が吹き、これは陸風と呼ばれる。1日の中で、交互に吹くこの風は海陸風と呼ばれ、古くからこの現象は知られていた。例えば、ギリシャの島々の船乗りは日没後の陸風を利用して船を出し、朝に海風を利用して帰港する習慣があった (Simpson, 2007)。

日本国内の多くの都市は沿岸地域に存在するため、海陸風は人々の生活に影響を与えている。例えば、工場や車の排気ガスは海陸風の影響を受け移動する。海陸風は、汚染物質の移動、ヒートアイランド現象の緩和などの他に、飛行機や船を運航にも影響することが考えられる。このため、日本の沿岸域における海陸風に対する研究は、今までにも活発に行われている。例えば、楠田・阿部 (1982) は大分市の海陸風について調べ、山谷風や河川が海陸風に及ぼす影響が大きいと述べている。また、根山 (1982) でレビューがされているが、瀬戸内海の内海陸風に対しては非常に活発に研究が行われている。佐橋 (1978) では岡山周辺では2種類の海風が存在することを報告している。また、森 (1996) では気圧場との関係に着目して瀬戸内海地方中央部での海陸風を議論している。河野・西塚 (2006) では姫路での海陸風と海面水温との関係を調べている。瀬戸内海以外の海陸風については、近畿地方関する伊藤たちの一連の研究がある (伊藤・川添, 1983; 伊藤・野田, 1989; 伊藤, 1995)。また、濃尾平野における海陸風の特徴などについては、森他 (1994) が詳しく解析し、濃尾平野での海陸風には、伊勢湾海風と遠州灘海風の2種類があると述べている。以上のように、海陸風の研究は今までにも活発に行われているが、その対象域が、比較的特定の海域に偏っていることがわかる。そして、駿河湾沿岸地域も例外では無く、海陸風の研究がほとんど無いのが現状である。一方、駿河湾沿岸地域は変化に飛んだ地理的特徴を持つとともに、静岡、富士、三島、沼津など比較的大きな地方都市が存在している。また、富士や清水などの沿岸域には工場も多く存在している。そこで、駿河湾に面している沿岸地域にどのような海

陸風が存在しているのか調べることは、駿河湾の環境を考えるうえで有意義なだけでなく、社会的にも非常に重要である。また、海陸風は日本国内では中学・高校の教科書 (例えば、森本他, 2013) に載るほど身近な現象であるため、地域教材としても役立つと考えられる。

そこで、本研究は、駿河湾に面している沿岸地域に海陸風が存在しているかどうかを検証するとともに、存在している場合には特徴を持っているかを調べることを目的とする。

## 使用データと方法

本研究では3種類のデータを使用した。観測点の位置を Fig. 1 に示す。

解析データの1つとして (財) 気象業務支援センター監修の「気象データベース・地上観測」および「気象データベース・アメダス」の2010年～2012年までの3年間の風速・風向・降水量データをDVDからダウンロードし用いた。「気象データベース・地上観測」とは、全国の気象官署で観測された気圧・気温・湿度・風向 (16方位)・風速・降水量・降雪・積雪・日照時間・全天日射量・雲の観測値をデータベース化したものである。また、アメダス (AMeDAS) とは「Automated Meteorological Data Acquisition System」の略であり、日本語では「地域気象観測システム」と呼ばれるが、一般的にアメダスの名前で親しまれており、本論文でもアメダスという通称を使う。アメダスは、種々の気象降水量・風向 (16方位)・風速・気温・日照時間の観測を自動的に行なっており、1974年11月1日から気象庁が運用を開始している (気象庁ホームページ: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)。 (財) 気象業務支援センター監修の「気象データベース・アメダス」では、降水量・風向 (16方位)・風速・気温・日照時間を日別・特別にデータベース化して提供している。本研究では、その中の風速・風向・降水量のデータを解析に用いた。使用したデータの精度、時間解像度、使用期間についての情報は Table. 1 と Table. 2 に記載する。

東海大学海洋学部では清水校舎の8号館屋上に、気圧・風速・風向・気温・湿度・雨量・日射・長波放射を観測する気象観測システムを設置し、継続的に観測を行っている。本研究では、このうち風速・

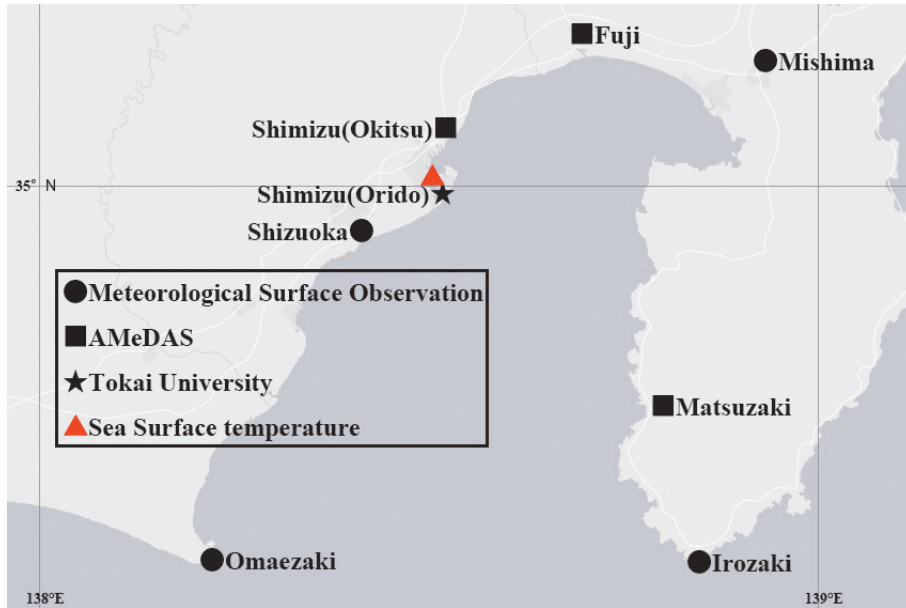


Fig. 1 Location of observation points

Table. 1 Details of Meteorological Surface Observation and AMeDAS

	Meteorological Surface Observation	AMeDAS
Precision	Rainfall amount : 0.1 mm Wind speed : 0.1 m/s Wind direction : 16-point compass	Rainfall amount : 1 mm Wind speed : 1 m/s Wind direction : 16-point compass
Time interval	Hour	
Analysis period	January 2010 - December 2012	

Table. 2 Information about missing data of Meteorological Surface Observation and AMeDAS

	Wind direction and Wind speed	Precipitation
Omaezaki	August 4, 10:00 h - 19:00 h, 2011	
Shizuoka	August 30, 11:00 h and 12:00 h, 2012	August 30, 11:00 h, 2012
Shimizu (Okitsu)	March 11, 10:00 h, 2011 June 7, 10:00 h - 12:00 h, 2011 May 18, 12:00 h, 2012	None
Fuji	November 30, 2010 August 2, 15:00 h and 16:00 h, 2011 August 19, 16:00 - August 24, 16:00 h August 7, 15:00 h, 2012	August 19, 16:00 h - August 24, 16:00 h, 2011
Matsuzaki	December 16, 10:00 - December 17, 11:00 h, 2010 October 4, 14:00 h, 2011 September 19, 6:00 h - September 20, 10:00 h, 2012 December 19, 13:00 h - 15:00 h	December 16, 10:00 - December 17, 11:00 h, 2010 September 19, 6:00 h - September 20, 10:00 h, 2012 December 19, 13:00 h - 15:00 h

風向・気温・雨量のデータを東海大学海洋学部ホームページ (<http://www.scc.u-tokai.ac.jp/>) からダウンロードして使用した。本研究で使用したデータの詳しい情報は Table. 3 に示す。

本研究では清水市内の2つの観測点でのデータを解析に用いているので、便宜上、清水校舎屋上のデータを清水(折戸)、アメダスデータを清水(興津)と呼ぶことにする。

海面水温データとしては、折戸湾岸の東海大学海洋学部臨海実験所の浮棧橋に設置されている水温計によって観測されている水温データを使用した。水温計は2004年に設置され現在まで観測が実施されている。また、データに関する詳細は Table. 3 に示す。

次に解析方法と計算方法について述べる。清水校舎8号館屋上で観測されている風速の卓越する変動周期を得るためにスペクトル解析を行い(日野,1977)、周波数のピーク値を利用し、各月ごとの風速に対する振幅を推定した。

Table. 2 と Table. 3 に示されるように、風速のデータには欠測が存在したため、3次のスプライン補間をかけてから、FFTによってスペクトルを計算した。教科書にも記載されているように海陸風は日周期変動であるため、24時間の前後に見られたエネルギーピークを用いて、その周期における風速変動の振幅を計算した。

降水がある日は海陸風よりもはるかに大きな規模

の気象現象の影響により海陸風ととらえにくいと考え、降水量が1 mm/hourを越える日のデータは使用していない。ただし、アメダス観測所の場合、降水量が「0」の定義は、2008年3月25日以前は、全く降水がなかったか、降水量が1 mmに満たない場合、2008年3月26日以降は、全く降水がなかったか、降水量が0.5 mmに満たない場合である。そのため、アメダスデータに記されている降水があった場合の最小単位は1 mmであるが、本研究で使用した解析期間は2008年以降である2010年～2012年なので、0.5 mm以上の降水があれば1 mmと記されている。よって、地上気象観測データを使用する際は0.5 mm以上の降水があった日のデータは使用しなかった。同様に、清水校舎8号館屋上の雨量計の最小の単位は0.5 mmなので0.5 mm/hour以上の降水があった場合、その日のデータは使用しないこととした。

各観測点での海風の風速の最大値とその風向・時刻の季節変化を調べるため、6時～18時の間で風速の最大値とその時の風向、時刻を調べた。静岡と清水(折戸)での風速データは小数点第一位まで記されている。各日の6時～18時の間で、風速の最大値とその時の風向、時刻を取り出し各月で平均した。アメダスで観測されている富士と松崎の風速データは整数値で記述されているため、1日の中で風速の最大値が複数ある場合があった。そこで、そのような場合には、すべてのデータを用いて各月で

**Table. 3** Information about missing data of meteorological data and sea surface temperature observed by Tokai University

	Wind direction, Wind speed, Temperature and Rainfall amount	Sea surface temperature
Installation location, altitude or depth	34° 59' 05" N 138° 31' 10" E 27 m meters above sea level	depth of about 50 cm
Precision	Anemometer: 0.3m/s Anemoscope: ±3deg Rain gauge : 0.5mm	0.1 °C
Time interval	Wind direction, Wind speed and Temperature : 10 minutes average Rainfall amount : 10 minutes integral amount	1 minute
Period of missing data	January 16, 2011, 11:20 - 14:20 January 17, 8:30	None
Analysis period	January 2010 - December 2012	

の平均値を計算した。

また、清水（興津）のアメダスデータも整数値で記述されており、富士と松崎と同様の方法で最大値を求めたが、条件は異なり1～3月、9～12月は9時～18時、4月～8月は7時～18時とした。理由は、他の観測点と異なり1～3月、9～12月は9時より前に、4～8月は7時より前に陸風が吹いており、明らかに海風の方向ではないためアメダスデータの中でも清水（興津）だけ時間の条件を変更した。

各観測点での海陸風の特徴を調べるため、海陸風が最も卓越している8月の風速・風向を平均した。風速は各時刻の値を平均した。風向は、各時刻の風速を東西風・南北風に分けてそれぞれを月平均した後の値を用いて、風向を決定した。

最後に、水温データは1分ごとに計測されている。しかし、清水（折戸）の風速・風向・気温は1分ごと計測したデータを10分間平均して提供されているため、水温データも10分間平均し、使用した。

## 結 果

初めに、清水（折戸）での海陸風について述べる。風速の卓越する変動周期を得るためにスペクトル解析を行い、そのエネルギーピークの値を利用して風

速の振幅を推定した。スペクトル解析の結果、2月はどの年でも22.9時間、その他の月はどの年でも24.0時間の周期にエネルギーピークが存在することが確認できた。振幅の時間変動をFig. 2に示す。季節変動の特徴として、夏季に風速の振幅が大きく0.6～0.8 m/s、11月・12月に約0.2 m/sと最小となるのがわかる。根山（1982）でも瀬戸内海では海風は夏に相対的に強いことを報告している。海陸風を誘起する根本的な原因は陸と海の温度差の違いであることが知られている（Simpson, 2007）。そのため、温度差が大きいほど風速が大きいのではないかと予想し、海面水温と気温との差と風速のそれぞれの月平均値の時間変動をFig. 2に示した。Fig. 2から、海水温から気温を引いた温度差と約24時間周期の風速の振幅は逆位相の関係となっており、予想と反していることがわかった。教科書で説明されている海陸風は温度差のない状態を基本場として仮定し、そこに海と陸の温度差が生まれることによって海陸風が起こることを想定している（森本他, 2013）。しかし、実際には海と陸の間に平均的な温度差が存在していることもある。海と陸の平均場に温度差が既に存在している場合、それ以上の温度差が発生しなければ海陸風は起きないのではないかと推測される。すなわち、夏季は両者の温度差が最も小さく、教科書で仮定されている状態に近い

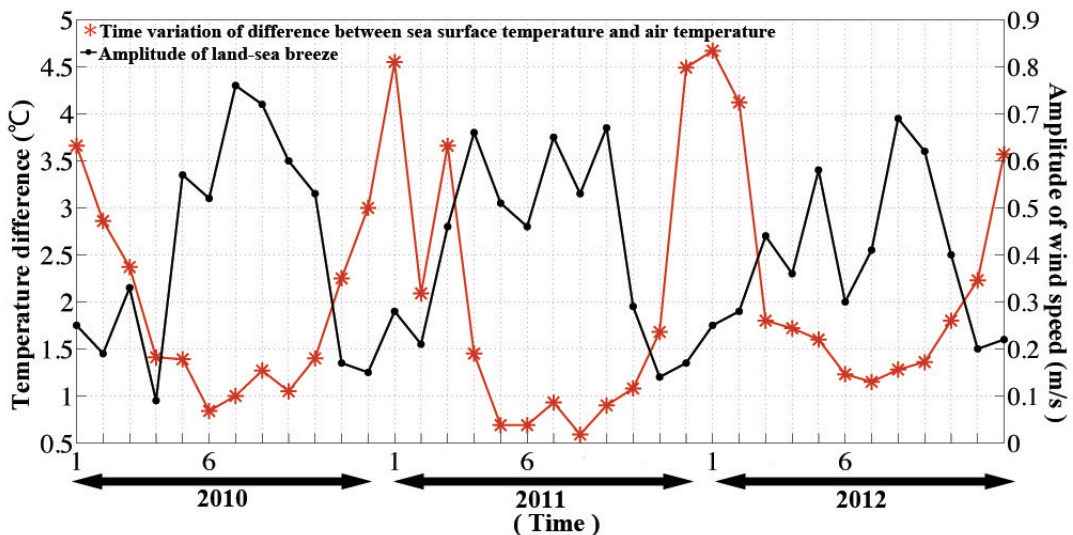


Fig. 2 Time variation of difference between sea surface temperature and air temperature, and amplitude of land-sea breeze.

め海陸風が発生しやすいと考えられる。これが、両者の時間変動が逆位相になった原因と考えられる。海風が夏季に卓越することは、河野・西塚(2000)による播磨平野における海陸風に対する解析結果でも報告されている。これにより温度差が大きいほど風速が大きいのかということを知るためには、月平均値は適さないことが分かったため、風速、海面水温 - 気温の2010年～2012年の8月のデータから降水量が0.5 mm/hour未満の日のみを抽出し、3年間の各時刻での値を平均した。両者の分散分布図をFig. 3に示す。この図から、日中、海面水温と気温との温度差が大きい10時～15時に風速は大きいことがわかった。一方、夜間、海面水温が気温よりも高い時には風速が小さくなっている。よって、昼間では温度差が大きいほど風速が大きく、夜間では温度差が大きいほど風速は小さいことになる。この結果、温度差が大きいほど風速が大きいという予想は夜間では当てはまらないことになる。だが、Fig. 4に示すとおり、風向は昼間と夜間で反対になっており、海陸風は海と陸との温度差で誘起されるということには一致する。なぜ夜間は温度差が大きい時に、風速が小さくなるかについては、今後詳しく調べる必要がある。

ここで、風速の振幅が大きい夏季の中でも特に顕著に海風がみられる8月に注目し、風速と風向の特徴をみていく。Fig. 4より、風速は日中の10時～14時に大きく夜間の2時～6時に小さいことが分かる。風向の特徴として、海岸線に対して海風、陸風ともに直角よりもやや右側に傾いている点があ

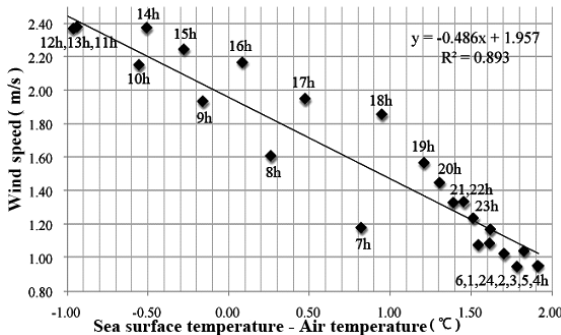


Fig. 3 Relationship between temperature differences (sea surface temperature - air temperature) and wind speeds at Shimizu (Orido) in August 2010-2012.

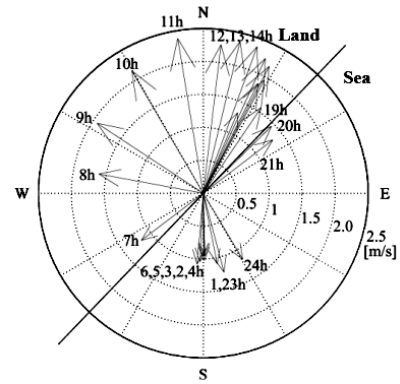


Fig. 4 Time variation of wind vectors at Shimizu (Orido). The direction of the coastal line is also shown by the straight line in this figure.

られる。これは、観測点の南西側にある日本平による地形効果の影響や、もっと大きな規模で存在すると思われる太平洋と陸地との海陸風が影響していると推測される(Simpson, 2007)。また、Fig. 4より時間経過とともに風向は時計回りに回転していることが分かる。これは、「摩擦を考慮した簡易的なモデルでは、地球の自転によるコリオリ力と慣性力により海陸風の hodograph は楕円形になり、北半球では常に右回りの回転となる。(Simpson, 2007)」という海陸風の理論的特徴と一致している。

御前崎、静岡、清水(興津)、富士、三島、松崎、石廊崎における2010年～2012年における8月の海陸風の特徴について述べる。8月を選んだ理由としては、(1)清水(折戸)での解析結果より8月での海陸風の風速の振幅が大きい(2)他の時期に比べて、海陸風よりもはるかに大きな規模の気象現象の影響が少なく海陸風をとらえやすいと考えたからである。解析結果を、Fig. 5に示す。

静岡、清水(興津)、富士、松崎の地点で、日中と夜間で風向が反対になっており海陸風が存在することが示唆される。風速が最大となる12時～14時における、これらの地点の風向は、海岸に対して、基本的には、ほぼ直角である。陸風は、富士では海岸に対して直交方向に安定して吹いているが、清水(興津)では岸に対して直角ではなく、北寄りの風が吹く傾向にある。これは清水のアメダスは興津に設置されており、アメダス設置位置の東と西には山があるため、その間が風の通り道となり、北寄りの

風が観測されやすいためと考えられる。

また、風速の最大値は静岡では 3.5 m/s、富士では 3.5 m/s、松崎では 3.2 m/s でありこれらと比べ

て清水（興津）の風速は 2.3 m/s と小さい (Table. 4). 清水（興津）の風速が他の地域より小さい原因として、風速計の設置高度に注目した。風速計の設

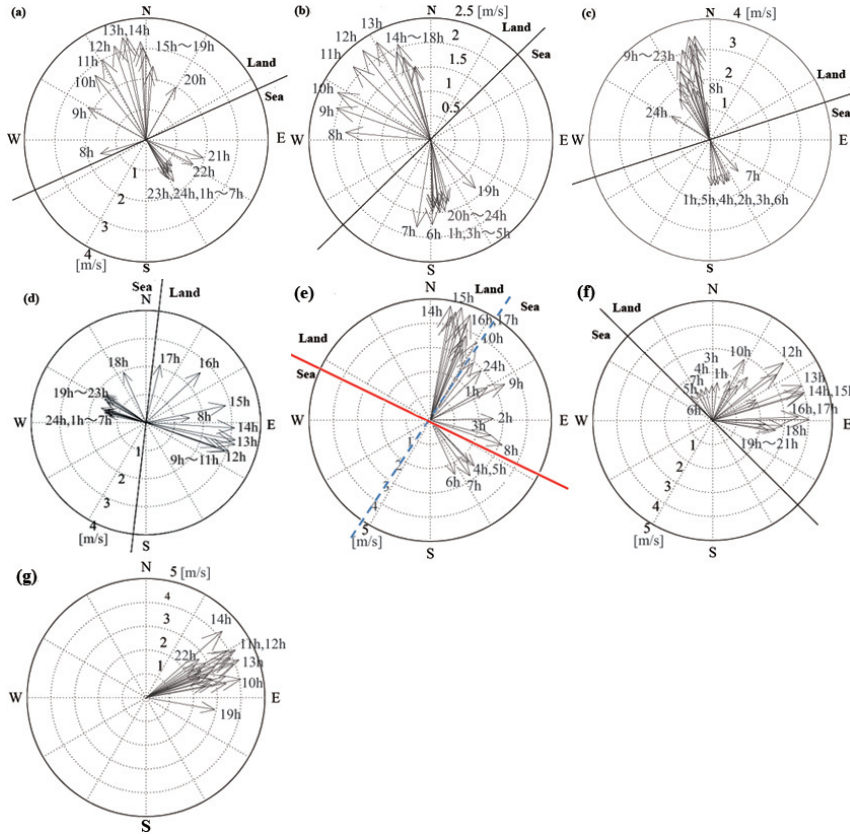


Fig. 5 Same as Fig.4., except for (a)Shizuoka (b)Shimizu (Okitsu) (c)Fuji (d)Matsuzaki (e)Omaezaki (f)Mishima (g)Irozaki. It should be noted that Omaezaki has two costal lines and Irozaki is not straight costal lines because it is surrounded by the sea.

Table. 4 Characteristics of land sea breeze at each observation point

Observation point	Maximum wind speed [m/s]	Time of maximum wind speed [ h ]	Direction of rotation
Omaezaki	4.82	15	Anticlockwise
Shizuoka	3.45	13	Clockwise
Shimizu (Okitsu)	2.31	12	Clockwise
Fuji	3.48	13	Anticlockwise
Mishima	4.00	13	Clockwise
Matsuzaki	3.21	12	Anticlockwise
Irozaki	4.26	12	

Table. 5 Altitude of an anemometer and maximum wind speed at each observation point

Observation point	(a)Height above sea level [ m ]	(b)Height anemometer is installed [ m ]	(a) + (b)	Maximum wind speed [ m/s ]
Omaezaki	45	15.8	60.8	4.85
Irozaki	55	12.3	67.3	4.26
Mishima	21	15.8	36.8	4.00
Fuji	66	10	72	3.48
Shizuoka	14	16	30	3.45
Matsuzaki	4	6.5	10.5	3.21
Shimizu (Orido)	about 13	about 14	27	2.38
Shimizu (Okitsu)	3	8.5	11.5	2.31

置高度を調べた結果を Table. 5 に示す。この表から設置高度が1番高いのは富士で72 m、御前崎と石廊崎も60 m以上と比較的高いことがわかる。一方、松崎と清水(折戸)の設置高度は他の点に比べて低いことがわかる。一般的に風速計の設置高度が高いほど、風速は大きく観測されるため、標高と風速計の高さを合計し、最大風速との相関を調べてみた(Fig. 6)。高さが高くなるほど最大風速が大きくなっていることがわかる。

御前崎、三島、石廊崎では日中と夜間の風向は、必ずしも反対方向ではなかった。ただし、御前崎では、2時～6時に西から北西の風が吹いており、その他の時間では南から南西の風が吹いている。Fig. 5 (e)の青い点線は駿河湾の海岸線を表し、赤い直線は太平洋側の海岸線を表している。この図から、海風は、太平洋側の海岸線に対してほぼ垂直に吹い

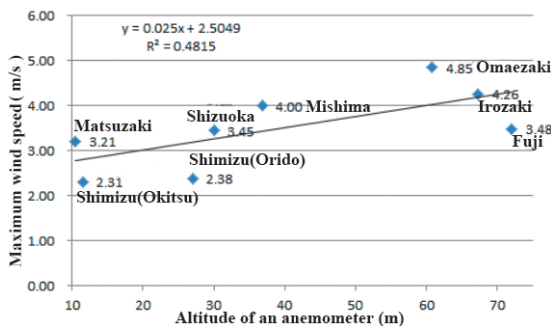


Fig. 6 Relation between maximum wind speed and altitude of an anemometer at each observation point.

ており、駿河湾側ではなく太平洋側の影響を強く受けていることが推測される。

三島では、西～南東の風が吹いている。これだけでは海陸風の特徴をつかむことができなかつたため、風速の時系列変化を描いた(Fig. 7)。この図より、昼間と夜間の風速のピークを確認できる。風速は日中の正午頃に大きく、0時前後で最小となった後1時～5時の間で再び大きくなる。そこで、風速が最大になる11時～15時と風速が再び大きくなる1時～5時の風向の頻度を調べた。その結果が、Fig. 8である。これらの図より、1時～5時の間では南東の風、昼間の11時～15時は西風が吹いていることが分かる。昼間に西風が吹く理由としては、観測点の南西方向に鷲頭山(わしずやま、標高392 m)があり、観測点の西南西～南には200～400 mの山々があることから、西からしか海風が流入できないのではないかと考えられる。夜間に南東の風が吹くことについては、観測点付近では西側以外が山で囲まれているため、周囲からの山風が平地に収束した結果ではないかと推測される。

石廊崎では、Fig. 5 (g)より風速ベクトルの回転がみられず常に西よりの風が強いように見える。そこで、2010年～2012年における8月の風速の時系列変化を調べた(Fig. 9)。その結果、Fig. 5 (g)からもわかるように、日中風速が大きく、夜間で小さくなる傾向が確認された。また、日中と夜間の風向を調べるために、1時～5時、11時～15時の風向の頻度を図にした(Fig. 10)。風向は西または東に二極化しており、Fig. 5 (g)の図は、風向を平均した為に、常に西風が吹いているように表されてしまっ



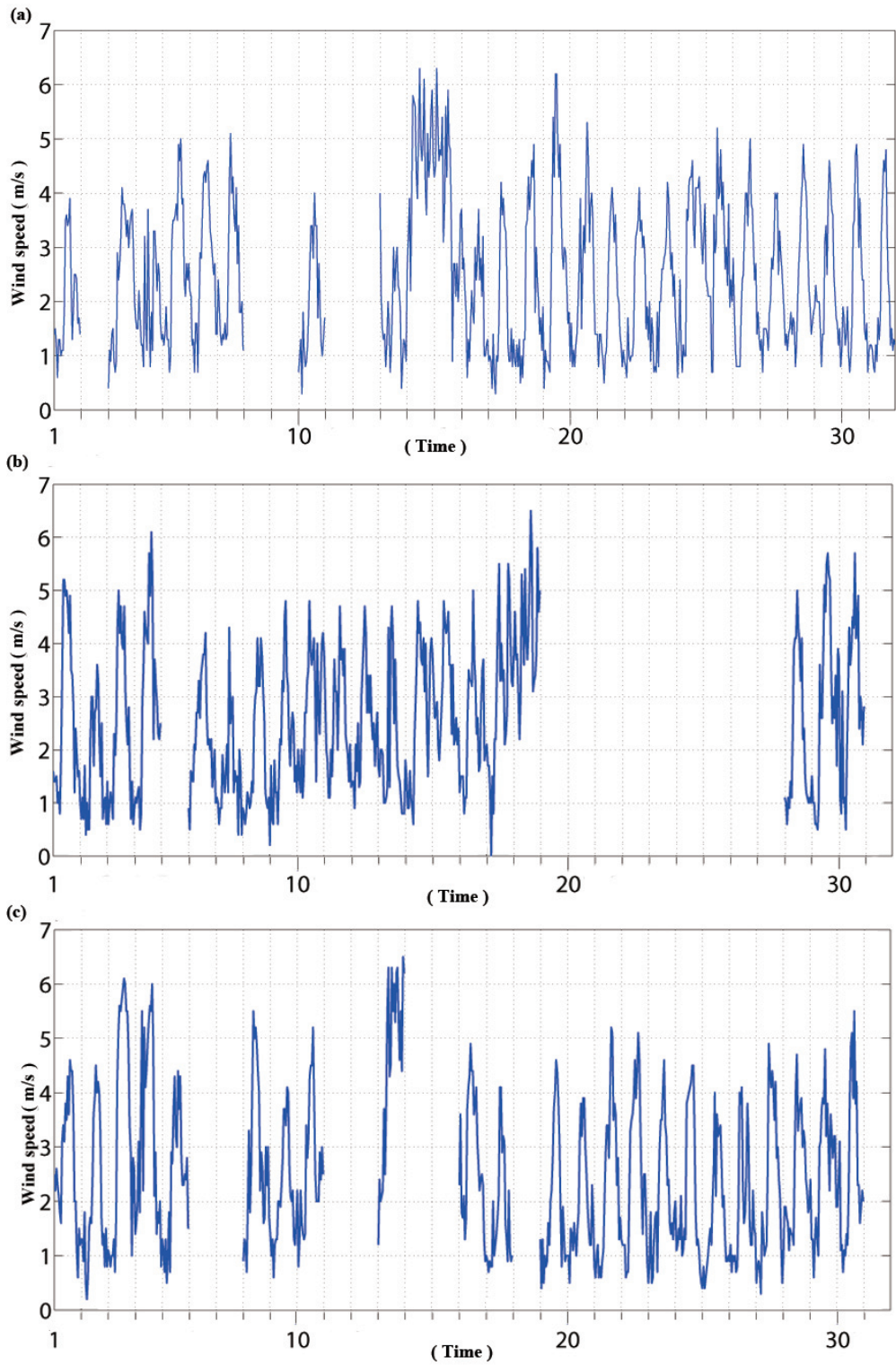


Fig. 7 Time variation of wind speeds in August at Mishima (a) 2010, (b) 2011, and (c) 2012.

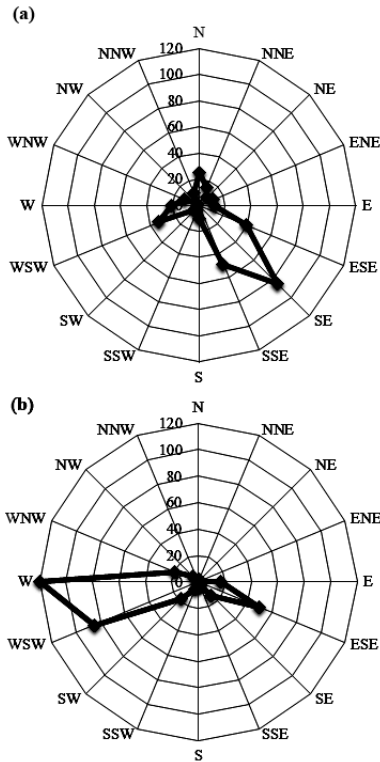


Fig. 8 Frequency of wind directions at Mishima for (a) 1:00 - 5:00, and (b) for 11:00 - 15:00

ていたことが分かる。この結果は、佐橋 (1978) が岡山周辺での海陸風について指摘していることと共通している。この論文では、岡山での海陸風には2つのモードがあり、単純に風向を平均すると、実際の風向とは違った風向を得る、ことを指摘している。また、石廊崎では、昼間と夜間のどちらの時間帯でも、西風、西南西の風、東風、東北東の風が観測されおり日々の風向の変化が大きいことも特徴的である。海風が西風、東風と反対から吹く理由としては、北側以外は海に囲まれている観測点のため、海風の方向が変わりやすいことが考えられる。北風は1時～5時の夜間に3回しか観測されておらず、陸風の存在を確認することができなかった。そのため、駿河湾に面している観測点の中でも特異な特徴を持つ地点と言えるだろう。

風向の時間変化の特徴として、静岡、清水 (興津) では時間とともに風向が時計回りに変化している (Table. 4)。また風速の最盛時の12時～14時で

は、前述のとおり岸に対して直角よりもやや右側に傾いている。これは清水 (折戸) での海陸風で述べたとおり北半球の海風の理論的な特徴と一致している。だが、御前崎、富士、松崎では風向の回転は、反時計回りであった。これは、北半球の海風の特徴と反するが「地形効果で風向が反時計回りに回転する (Simpson, 2007)」場合があることがわかっている。また、伊藤 (1995) では、近畿地方の広域海陸風について数値実験を行い、この海域での反時計回りの回転は、局地的な海風が形成された後、よりおおきなスケールの風系の影響を受けて出現していると述べている。そこで、この3地点に関しても、今後、地形効果と大きなスケールの風系の影響の観点から解析を進める必要があると考えられる。これについては、数値モデルを用いた詳しい解析が必要であると考えられる。

最後に海風の季節変化について述べる。Fig. 11に各観測点での海風のピーク時刻、その時の風速、風速の標準偏差を示す。また、Fig. 12に各観測点における風速ピーク時での風向を示す。静岡 (Fig. 11 (a)) での海風のピーク時刻は13時前後で大きな変化はなく、風速も4～5 m/sの間ではほぼ一定である。ピーク時刻での風向は主に南寄りの風だが、11、12月では西南西よりの風が吹いている (Fig. 12 (a))。これは、冬季は北西季節風が赤石山脈を乗り越え、または回り込み西風となり、その影響を受けていると推測される。

清水 (興津) (Fig. 11 (b)) でのピーク時刻は7月～9月、11月は12.5時となり、他の月より30分～1時間ほど遅くなっている。風速は3 m/s前後であり、風速の標準偏差も大きな変化は見られない。Fig. 12 (b) をみると、風向は、1、2、10～12月は西～南西よりの風が吹いており、他の月は南東寄りである。1、10～12月の風向は海側からではなく陸側から吹いており、海風をとらえてないことが分かる。清水 (興津) のみ、1～3月、9月～12月において風速の最大値が夜間だったので、特別に9時～18時での最大風速とピーク時刻、その時の風向を抜き出したが、清水 (興津) については海風を取り出す条件を再検討する必要がある。

清水 (折戸) (Fig. 11 (c)) のピーク時刻は13時前後となっている。風速は3 m/s～4 m/sであり、10月、11月の風速が大きくなっているが、標準偏差も大きくなっているため、海陸風よりも大きな規

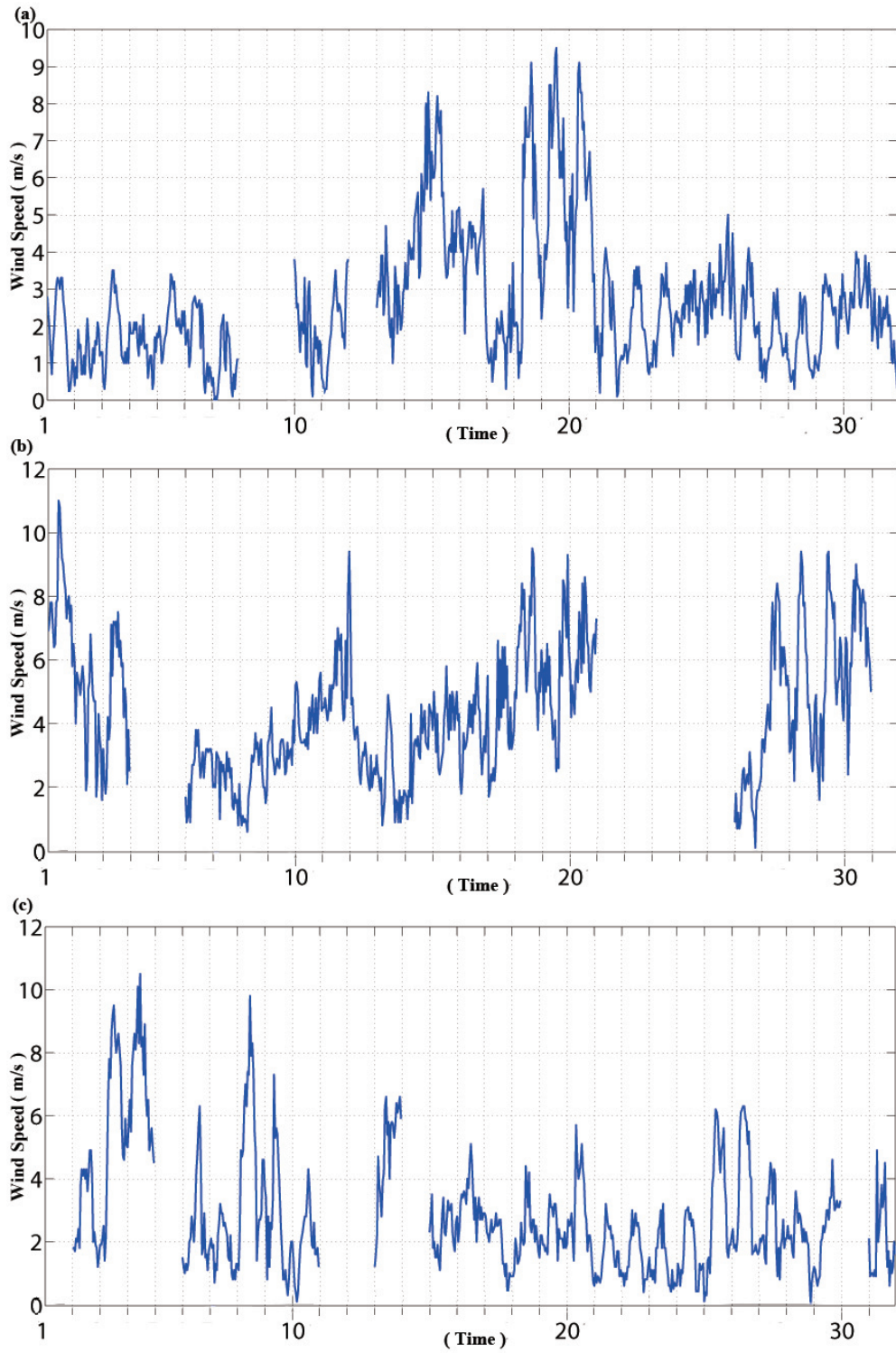


Fig. 9 Same as Fig. 7, except at Irozaki.

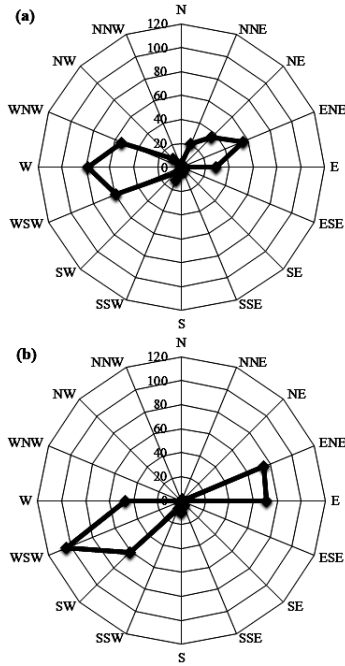


Fig. 10 Same as Fig. 8, except at Irozaki.

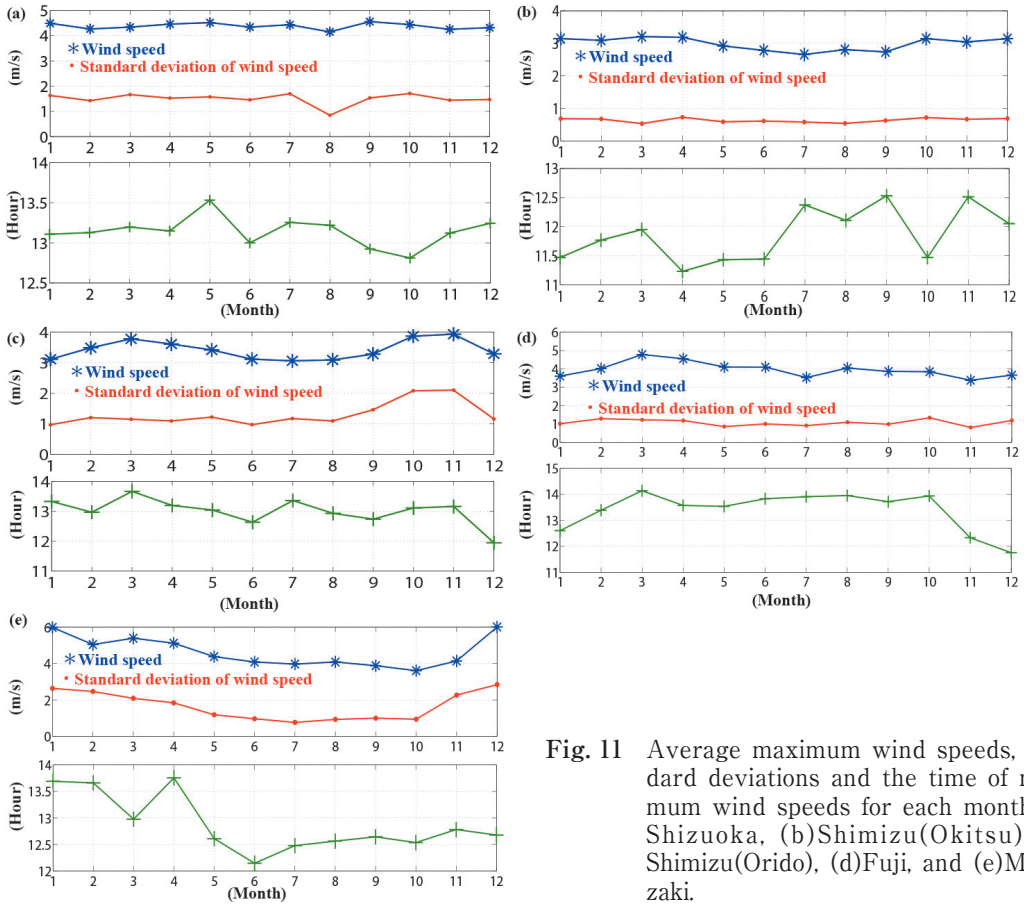


Fig. 11 Average maximum wind speeds, standard deviations and the time of maximum wind speeds for each month. (a) Shizuoka, (b) Shimizu(Okitsu), (c) Shimizu(Orido), (d) Fuji, and (e) Matsuzaki.

模の気象現象の影響が考えられる。風向は南寄りの風となっている (Fig. 12 (c)).

富士 (Fig. 11 (d)) のピーク時刻は、3月～10月は14時頃、その他の月は12時～13.5時であった。風速は約3.5 m/s～5 m/sであり、風速の標準偏差に大きな変化はない。風向は西～南東の間となり、清水 (興津) 同様、海風の方向ではない風が5, 9, 11, 12月に存在する (Fig. 12 (d)).

松崎 (Fig. 11 (e)) のピーク時刻は5～12月は12.5時で、その他の月は12.5～14時の間で変化している。風速は4 m/s～6 m/sの間で変化しており、1～4, 11, 12月の風速の標準偏差が2 m/s以上と大きい。風向は西～南南西の間となっており、2, 10月以外は、ほぼ海岸線に対して垂直である (Fig. 12 (e)).

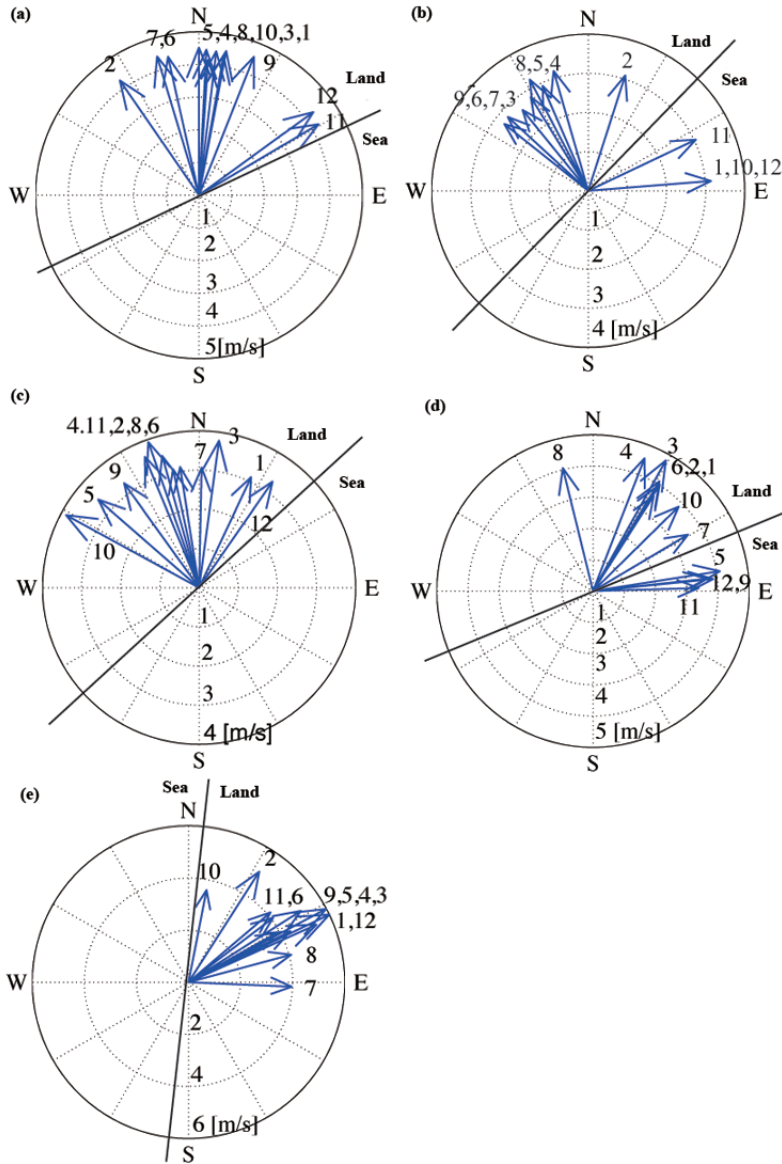


Fig. 12 Wind direction at the time of maximum wind speed for each month. (a)Shizuoka, (b) Shimizu(Okitsu), (c)Shimizu(Orido), (d)Fuji, and (e)Matsuzaki.

## 結 論

本研究では、アメダスデータ、地上気象観測データ、東海大学海洋学部屋上気象データを用いて、駿河湾沿岸での海陸風について研究を行った。その結果、石廊崎以外のすべての点で海陸風の存在を確認することができた。また、石廊崎では、陸風の存在は確認出来なかった。

静岡、清水(興津)、清水(折戸)、富士、松崎では日中と夜間での風向は、ほぼ反対向きであった。しかし、御前崎、三島、石廊崎の風向は、必ずしも昼夜で反対にはなっていなかった。御前崎では駿河湾側からだけではなく太平洋側からも海風が吹くことによって複雑な変動をしていると推測される。三島では山の影響で西から海風が吹き、陸風は南東の方向から吹いていた。石廊崎は半島の先端に観測点があり三方が海に囲まれているため、日々、海風の方向が変わっていた。また、石廊崎では陸風の存在を確認することができなかった。また、風向の時間変化について、時計回り、反時計回りの両方の存在を確認することができた。反時計回りの観測地点は、地形の影響を受けているものと推測される。

清水(折戸)では海陸風の風速の季節変動の存在を確認することができた。過去の文献(例えば、根山, 1982)にも報告されているように、夏季に風速の振幅が大きく、11・12月に風速の振幅は小さくなることが分かった。また、温度差が大きいほど風速は大きいのかどうかを調べるために、2010年～2012年の8月の風速、海面水温-気温のデータを各時刻で平均したところ、日中は温度差が大きいほど風速が大きくなることがわかった。しかし、夜間では温度差が大きいにも関わらず風速が小さくなり、今後の課題として、なぜ、このようになるのかを調べる必要がある。また、他の観測地点よりも、清水(折戸)、清水(興津)の風速は小さい結果となった。その理由として、推測であるが観測点の周囲の状況、日本平や興津川流域の山などによる地形効果の影響などが考えられる。

最後に、今回の結果から、駿河湾の沿岸地域に吹く海陸風は局地的な環境だけではなく太平洋も含めた大きな規模や、観測点周辺の陸の地形といった小さな規模の影響を受け多様な特徴を持っていることが分かった。今後はこういったスケール間での相互作用について、数値モデルを用いて検討する必要がある

あると考えられる。

## 謝 辞

本研究は東海大学海洋研究所のコアプロジェクト「駿河湾環境変動プロジェクト」の一部として行われたものです。このプロジェクトのメンバーでもある、東海大学海洋学部の轡田邦夫教授と安田訓啓教授には、データを取得する際に大変お世話になりました。また、同様にプロジェクトメンバーでもある、東海大学海洋学部の勝間田高明氏には、屋上気象データに関する精度など詳細な情報をご教示いただきました。皆様には感謝致します。

また、日原勉、大黒篤司、亀田傑、今野晴佳の皆さんにも多くのアドバイスを頂きました。ここに謝意を表します。

## 引用文献

- 日野幹雄(1977):スペクトル解析, 朝倉書店, 330pp  
 伊藤久徳・川添俊弘(1983):和歌山県における海陸風, 天気, 30, 151-159.  
 伊藤久徳・野田明(1989):風の日変化ほどグラフにおける回転方向の季節変化について, 天気, 36, 305-317.  
 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.  
 楠田信, 阿部信男(1982):大分市の夏季の海陸風, 天気, 29, 81-86  
 河野仁・西塚幸子(2006):播磨平野(姫路)の海陸風の統計的解析—海面水温との関係, 天気, 53, 701-706.  
 森博明・小川弘・北田敏廣(1994):濃尾平野における海陸風の特徴と広域海風の出現条件, 天気, 41, 379-385.  
 森征洋(1996):海陸風と気圧場の関係について, 天気, 43, 33-41.  
 森本雅樹・天野一男・黒田武彦(2013):地学基礎, 実教出版, 191pp.  
 根山芳晴(1982):瀬戸内海の高陸風について, 天気, 29, 653-668.  
 佐橋謙(1978):岡山周辺の高陸風について, 天気, 25, 43-49.  
 Simpson, J.E., 2007: Sea breeze and local winds, Cambridge University Press, 252pp.  
 財気象業務支援センター:気象データベース・アメダス:フルセット版 version 3.20  
 財気象業務支援センター:気象データベース地上観測 version 3.10