

清水 WEB 気象台における地上気象のモニター観測

轡田 邦夫*1・勝間田 高明*2・植原 量行*3・高橋 大介*3

Monitoring Measurements of Surface Meteorology in the Shimizu Web Weather Station

Kunio Kutsuwada*1, Takaaki Katsumata*2, Kaneyuki Uehara*3 and Daisuke Takahashi*3

Abstract

Monitoring Measurements of Surface Meteorology in the Shimizu Web Weather Station

Since 2009, continuous measurements of surface meteorological elements have been carried out on the roof of Tokai University Shimizu Building No. 8, associated with presenting their data on the web (Shimizu WEB Meteorological Observatory). We introduce the time series and average seasonal cycle characteristics of each meteorological element over the 12-year period from January 2010 to December 2021 through comparison with observations at nearby stations (Shimizu AMeDAS and Shizuoka Local Meteorological Observatory), and notice the significance of their measurements.

As a result, there was no difference in temperature and atmospheric pressure from neighboring stations, humidity was lower, and solar radiation tended to be higher. Precipitation tended to be about 250mm less than the other two stations throughout the year, suggesting the effect of rooftop observation. As for the wind speed, it was shown that the Orido wind speed became stronger due to the movement of the measurement position in 2015. The wind direction has directivity in the frequency of each wind direction, and clear difference from that at Shimizu AMeDAS showing remarkable directivity due to local topography. It is suggested that the wind measurement at Orido is more typical of wind direction characteristics in a wider area.

Keywords: meteorological element, weather station, air temperature, wind speed, precipitation

緒言

東海大学清水校舎の8号館屋上において、2009年3月より地上気象要素の継続観測が実施されている。本システムは2008年度～2010年度に実施された文部科学省の大学改革推進等事業「質の高い大学教育推進プログラム（教育GP）」の一環として導入された。その事業名称は、「体験型実習を基盤とする海洋環境教育の実践」と題しており、事業推進代表者は高野二郎学長、事業推進責任者は川上哲太郎海洋学部長補佐の下で採択された。本事業全体の目的は、「海洋に対する総合的な知識と共に海洋調査および環境分析に関する技術を有し、将来の海洋および地球環境の保全を担い、主体的に行動できる人材」を育成し、本学独自の資格としての「海洋環境士」を認定する資格取得コースを主とした教育プログラムを展開することであった。プログ

ラムの主体は、海洋学部が目指してきた海洋実習を主体とした体験型教育の実践に位置付けられ、実際2006年度より導入された海洋環境士資格コースの整備に貢献したが、それに加えて周辺地域への貢献および情報発信が目的とされ、その一環として本気象システムが導入された。実際、本システムは地上気象要素の自動観測と共に、WEB上で常時閲覧可能なシステムとして導入され、その経緯を踏まえて、「清水WEB気象台」と称されて運用されている。

本報告では、清水WEB気象台における観測が気象観測として如何なる意義があったかについて注目する。本システムが設置されている静岡市清水区折戸は静岡県中部地域に相当し、比較的温暖かつ多雨であることが知られている（例：轡田，2017）。周辺にはアメダス観測点の清水（静岡市清水区興津）と静岡地方気象台（静岡市駿河区曲金）が存在する（Fig. 1）ので、それらの観測データとの比較

2022年11月30日受付 2022年12月22日受理

*1 東海大学 海洋研究所 〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1

*2 東海大学 清水教養教育センター

*3 東海大学 海洋学部 海洋理工学科

を通して、同地域における気象観測資料の意義を考える。



Fig. 1 Locations of meteorological stations

使用データおよび観測機器

本システムでは、クリマテック(株)によって提供された Table 1 に示される機器によって、地上気象要素が継続観測されている。赤外放射計(2009年9月25日)を除き、2009年3月10日12時に測定が開始された。計測間隔が1分、10分および1時間の平均値が処理用PCに保存されると共に、専用のWEBサーバに10分間隔でデータ転送され、WEB上(<http://gp08sv.kk.u-tokai.ac.jp/climatec>)での閲覧が可能となっているほか、閲覧日時より遡った1日、1週および1ヶ月間における各要素の時系列も閲覧可能となっている。さらに、10分値および1時間値に関しては、同サーバからのダウンロードが可能となっている。

地上気象要素の観測は、百葉箱などのケースでは地上1~1.5m高度が推奨されるが、本システムは自動気象観測をすることで、周囲の建造物の影響を受けにくい環境であることが条件だったことを踏まえて、清水校舎8号館屋上に設置された。そのため、地上からの高度は15m、海面からは25m高度に設置されている。このことより、気圧の計測値については等温大気を仮定し、計測気温および気圧より海面気圧に変換された海面気圧値として保存および閲覧データとなっている。

なお、気象庁の自動気象観測システム(AMEDAS)で義務づけられている2年おきの検定が本システムでは実施されていないが、定期的(毎年もしくは隔年)な保守点検を通して、センサーの測定精度は維持されてきたと言える。

また、2015年4月に日射計・長波放射計および雨量計を除くセンサーとデータ処理用ボックスを装着した観測支柱が8号館屋上の南端部に移動された。これは、当時設置された空調設備によって気温や風速・風向が影響を受けることを回避する目的で行われた。この影響は風速値に出ていることが検出されている。

本報告では、本システムによる観測データが如何なる気

象情報および現象の理解に有益であるかについて記述する。その際、一般気象観測と同様に10分値データをベースとする。生データには、間欠的に不良データもしくは欠測値が存在する(Table 2)が、これは定期保守点検時に加えて、温湿度計のファン不良等の器械的要因による。以後の解析では、まず異常値を抽出し、検出可能な不良値とした上で、日平均値、月平均値および平年値の算出を行う。WEB上でダウンロード可能なデータは、これら処理前のデータになっているので、Table 2に記される不良データの処理済みデータ

Table 1 List of instruments operating in the Web Weather Station

機器名	機種名	項目	計測単位	出力	測定レンジ
風向風速計	CYG-5106M	風速	m/s	周波数(Hz)	0~60 m/sec
		風向	度	0~10 kΩ	0~360度
日射計	CPR-CMP6F	日射	W/m ²	mV	0~2000 W/m ²
長波放射計	CHF-IR02F	長波放射	W/m ²	電圧(V)	0~1000 W/m ²
温湿度計	HMP45D	気温	℃	電圧(V)	-80~+60℃
		湿度	%	0~1 V	0~100%
雨量計	CTK-15PC	雨量	mm	接点パルス	0.5 mm
気圧計	CYG-61205V	気圧	hPa	電圧(V)	800~1060 hPa

Table 2 Numbers of missing data for measurements during 12 years (2010-21)

year	month	No. of missing data	Parameter name
2010	6	3	
2011	1	18	all
2012	-	0	
2013	3	50	all
2014	7~9	66 days	Air Temp.
2015	4~6	33 days	All or Humidity
2016	7~8	16 days	Air Temp. & Humidity
2017	-	0	
2018	-	0	
2019	9		AirT, Humidity and Solar Rad.
2020	8~9	43 days	Air Temp. & Humidity
2021	5	12 days	Air Temp. & Humidity

Table 3 Climatological values of each meteorological element during 2010-2021

月	風速	風向	東西風	南北風	気温	湿度	日射	降水量	気圧	赤外放射
	m/s	deg	m/s	m/s	degC	%	W/m ²	mm	hPa	W/m ²
1	2.4	348.8	0.3	-0.1	7.5	47.9	128.2	60.7	1015.8	280.3
2	2.6	54.6	0.8	1.1	8.6	51.7	147.6	77.8	1016.6	295.0
3	2.7	337.6	0.6	-0.3	11.5	56.4	181.7	112.2	1015.2	314.6
4	2.7	84.2	0.1	0.7	15.1	61.2	212.3	114.3	1014.4	339.5
5	2.5	188.9	-1.2	-0.2	19.2	68.0	236.8	114.2	1011.7	365.4
6	2.3	351.0	0.5	-0.1	22.1	74.1	213.4	125.2	1009.1	394.3
7	2.4	359.7	0.5	0.0	25.3	79.4	221.0	120.5	1009.8	419.6
8	2.5	271.0	0.0	-0.6	27.5	76.0	232.7	128.2	1009.7	426.2
9	2.5	147.7	-0.2	0.1	24.4	71.8	181.6	153.3	1012.7	404.9
10	2.5	171.6	-0.5	0.1	20.2	66.2	142.1	125.7	1016.3	370.3
11	2.2	25.8	0.6	0.3	15.1	60.1	123.6	74.4	1017.7	331.1
12	2.4	191.3	-0.6	-0.1	10.0	53.0	111.9	70.1	1016.2	296.6
平均	2.5	94.8	0.1	0.1	17.2	63.8	177.7	106.4	1013.8	353.2

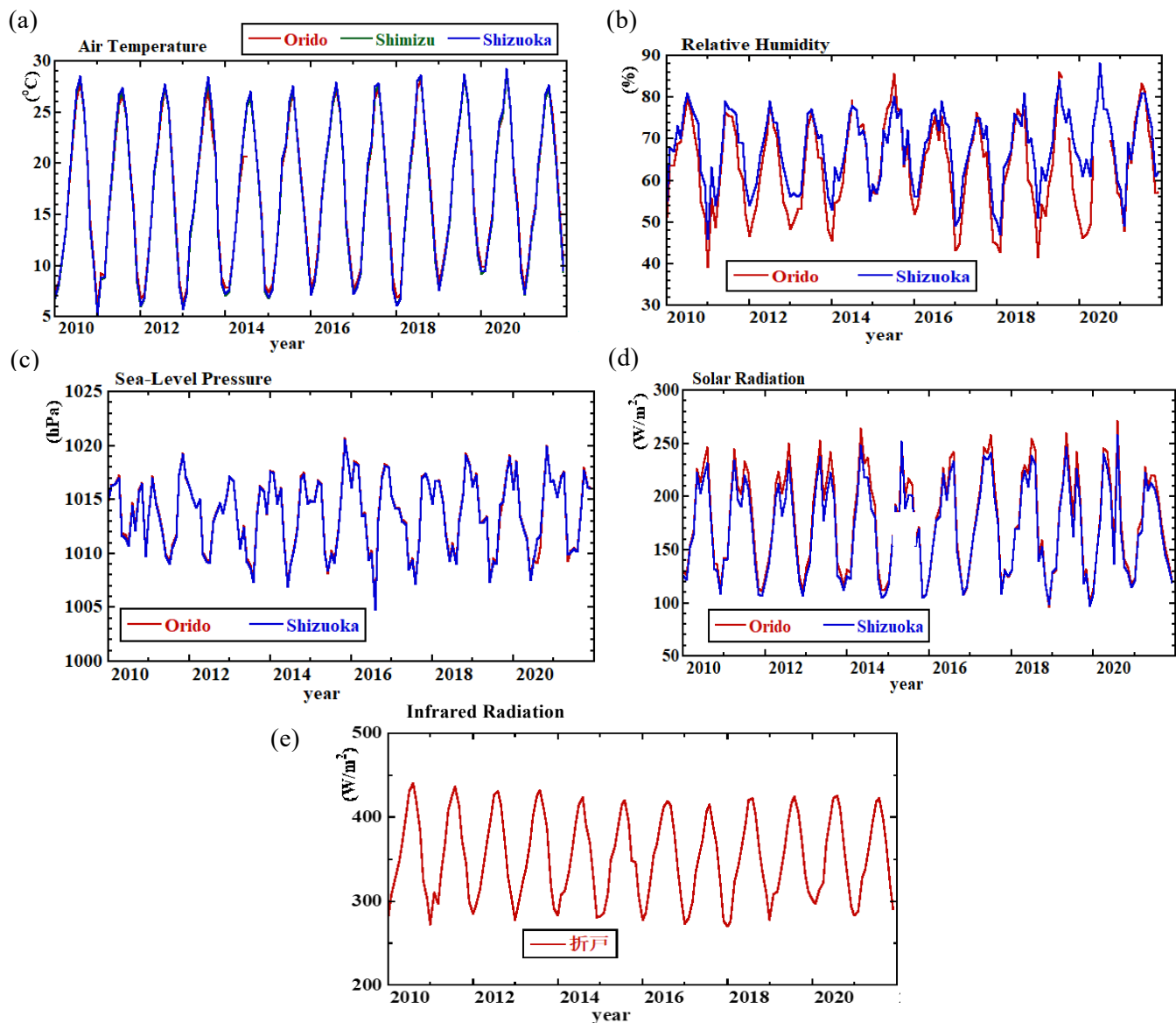


Figure 2 Time series of monthly-mean values (a: air temperature, b: relative humidity, c: sea-level pressure, d: solar radiation, e: long-wave radiation)

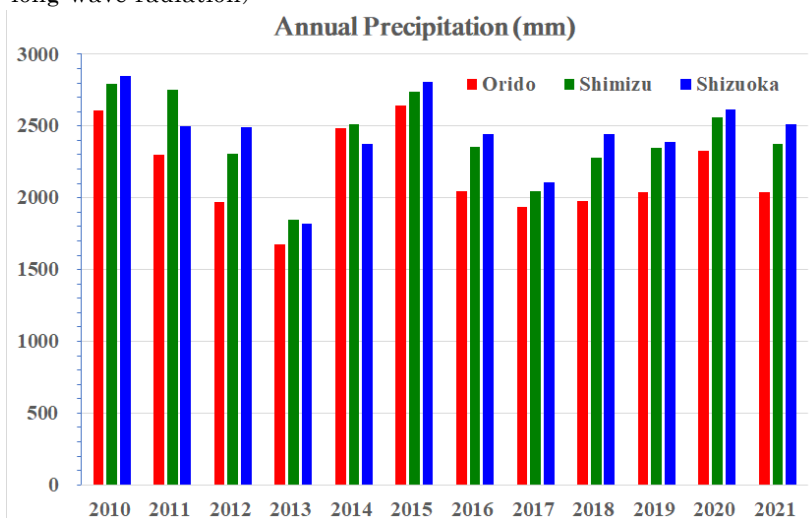


Figure 3 Time series of annually-accumulated precipitation

ータセットの提供を希望するユーザに対する体制を現在準備している段階である。

結果

時系列：本節では、各要素の時系列の特性を近隣測点との比較をしながら言及する (Fig.2, Table 3). まず、気温をみると (Fig.2a), 夏季に極大, 冬季に極小となる季節変化が顕著であるが, 3 測点共にその相違はほとんどみられない. 実際, 平均差は静岡との間で 0.0°C , 清水で -0.2°C である. 次に, 湿度も夏季に極大, 冬季に極小となる季節変化が顕著であるが, 冬季の低湿度時には海に近い折戸の方が静岡よりも低めの傾向がみられ (Fig.2b), 平均差は約 4% である (Table 4). 海面気圧は気温と同様に, 静岡との間で顕著な相違はみられず, 平均差も -0.1hPa である (Fig.2c).

次に日射および長波放射をみると, 冬季に極小, 夏季に極大の季節変化を呈するが, 後者はほぼ毎年 2 回出現する (Fig.2d). また, 日射の静岡との平均差は 7.4W/m^2 である (Table 4), これは夏季に顕著であることが分かる.

年間降水量は, 清水が最多となる 2011 年, 2013 年および 2014 年を除いて静岡が最多であり, 2014 年を除くと折戸が最小である. 年間降水量の平均値でみると, 折戸の降水量は静岡および清水に比べて $240\sim 275\text{mm}$ 少ないことを示している (Fig.3).

最後に風速の時系列をみると, 2015 年春季を境にそれ以前は 3 測点の値が同程度であるのに対して, それ以降は折戸の風速値が他の 2 測点に比べて顕著に大きいことが分かる (Fig.4a). この要因として, 2015 年 5 月に風速計の設置場所である清水校舎 8 号館屋上に空調設備が新たに設置されることがあげられ, それからの影響を軽減することを想定して, 観測支柱全体が屋上南端の位置に移動された. なお, 風の東西・南北成分の時系列をみると, 2015 年 5 月以前と以降で共に振幅が増大した傾向がみられるものの顕著な風向の変化がみられたとは言えない (Fig.4b). 後半の時期における折戸風速が強めであることは, 海に近いことを反映しているのかもしれない

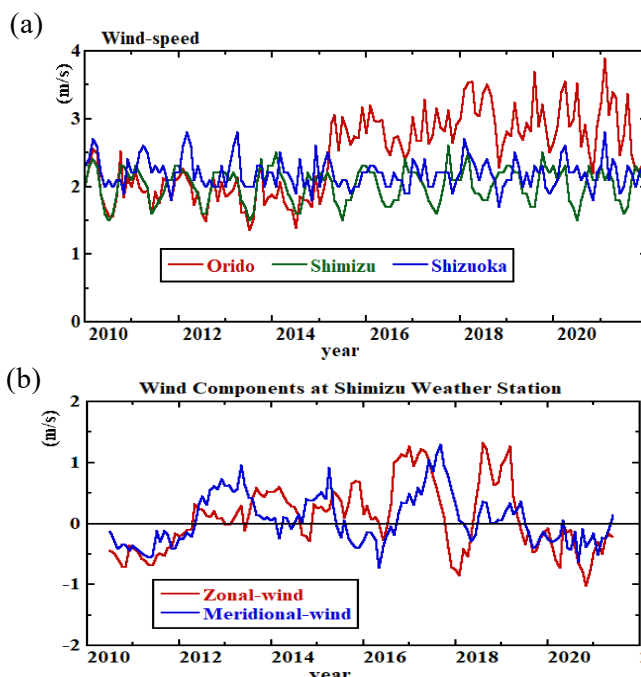


Figure 4 Time series of monthly-mean values (a: wind speed, b: zonal and meridional winds)

季節サイクル：本節では, WEB 気象台で観測された各気象要素に対する平年値を紹介する. Table 3 は, 全気象要素の観測データが年間を通じて存在する 2010 年 1 月~2021 年 12 月の 12 年間から求めた各気象要素の各月の平年値および年間平均値を示している. ここで, 風向は東西風 (西風を正) と南北風 (南風を正) の各月の平均値から求めており, 西風 (東向き) を 0 度とする反時計回りの角度であり, 降水量は各月の積算降水量を平均した値である. Figure 5 は, 12 年平均の季節サイクルを近隣の測点 (静岡および清水) における同期間のデータから算出された平年値と共に示している. ここで, 風速・風向, 気温, 降水量は静岡・清水両測点, 湿度, 日射, 気圧は静岡との比較が可能であるが, 長波放射は折戸のみの観測である.

Table 4 Mean and root-mean-square(RMS) differences between Orido and its neighboring stations (Shimizu and Shizuoka) for each meteorological elements

要素	平均差 (2010-21)		平均差 (2010-21)	
	静岡	清水 (興津)	静岡	清水 (興津)
気温	0.0 (K)	-0.2 (K)	0.7 (K)	0.7 (K)
湿度	3.8 (%)		4.1 (%)	
気圧	-0.1 (hPa)		0.3 (hPa)	
日射	-7.4 (W/m ²)		5.6 (W/m ²)	
風速	0.6 (m/s)	-0.4 (m/s)	0.6 (m/s)	0.6 (m/s)
~2014	0.3 (m/s)	0.1 (m/s)	0.2 (m/s)	0.2 (m/s)
2016~	-0.7 (m/s)	-0.9 (m/s)	0.3 (m/s)	0.5 (m/s)
降水量	275 (mm)	240 (mm)		

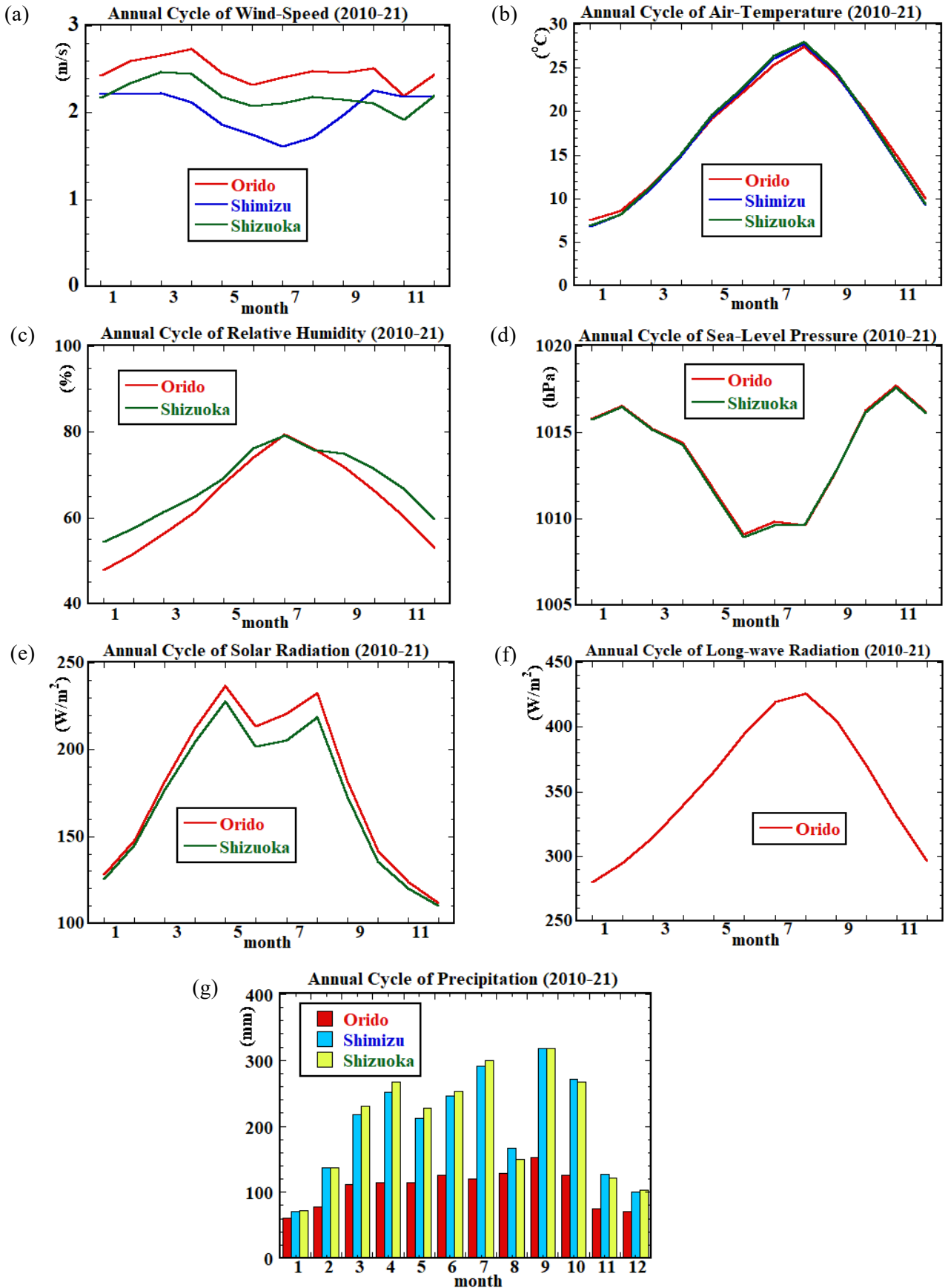


Figure 5 Annual cycle of each meteorological elements (a: wind speed, b: air temperature, c: relative humidity, d: sea-level pressure, e: solar radiation, f: long-wave radiation, g: monthly-accumulated precipitation)

以下、各気象要素の特徴に言及する。

- 風速は、折戸では4月と10月に極大となる季節変化を呈し、清水や静岡も年2回の極大がみられる。その大きさは、折戸が年間を通じて強く、10-11月を除いて静岡・清水の順に弱くなる (Fig.5a)。
- 気温は、1月に極小、8月に極大となる顕著な季節変化を呈し、3測点間の相違はほとんどない (Fig.5b)。
- 相対湿度は、1月に極小、7月に極大となる顕著な季節変化を示すが、高湿度となる5-8月を除くと、折戸の方が静岡より低湿度の傾向を示し、最大15%の差に達する (Fig.5c)。
- 海面気圧は晩秋から冬季に高圧、6-8月の夏季に低圧となる顕著な季節サイクルの特性が折戸と静岡間でほぼ一致する (Fig.5d)。
- 日射は、12月に極小、5月および8月に極大となる傾向が折戸・静岡共にみられる。6-7月に極小となるのは梅雨によるとみられるが、日射の強い時期には折戸が静岡に比べて高く、その差は最大20W/m²に達する (Fig.5e)。
- 長波放射は1月に極小、8月に最大となる季節サイクルを呈する (Fig.5f)。
- 降水量は冬季に少なく、夏季から秋季に大きい。月間積算降水量は9月、7月、10月の順となり、台風および梅雨の影響と考えられる。また、折戸は静岡および清水に比べて年間を通じて少なめであることが分かる (Fig.5g)。

風向別頻度：折戸および清水における風向特性に注目する。両者の測点における風向別頻度（16方位に対する）分布 (Fig.6) をみると、顕著な相違が認められる。折戸では、北東風が最も卓越し、次いで北北西風、南西風の順に発生頻度が高い。興味深いのは、海岸線（北東から南西方向）に直角方向海側からの風向が低いことと、西南西風の頻度が低いことである (Fig.6a)。前者に関しては、海陸風に対してコリオリ力等による時計回りの効果が作用していることが示唆されるが (大島・久保田, 2015), その詳細については今後の課題と言える。一方、後者に関しては、北西方向に位置する14階建ての付属翔洋高校の影響を受けていることが推察される。

清水における風向別頻度分布では、北風の発生頻度が圧倒的に高いことが分かる (Fig.6b)。これは、アメダスの設置されている地域の特異な地形が起因すると考えられる。即ち、同地域では、北東方向から南西方向への海岸線に対して山地が迫っているが、北方向に谷筋が広がっており、この谷筋に沿って、冬季に卓越する風の方向が北に集中すると言える。

上記2測点における比較は、清水アメダスの風向には局所地形に伴う著しい指向性をもつことが明らかであることより、清水区におけるより広域での風向特性を知るには折戸における観測が貴重であると言える。

(a)



(b)

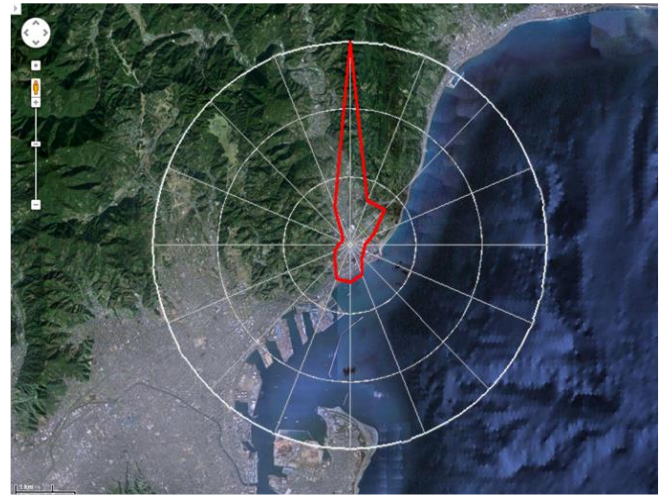


Figure 6 Frequency for wind direction in (a): Orido and (b): Shimizu

まとめ

本報告では、清水校舎 8 号館屋上（折戸）における地上気象観測データに対して、近隣の測点（清水アメダスと静岡気象台）における観測値との比較を通して、各気象要素の観測的意義を考察した。その結果が Table 5 に集約される。気温および気圧に対しては、近隣の測点との顕著な相違は認められなかった。また、静岡との比較で湿度は折戸の方が低め、日射は高めの傾向がみられた。前者については、折戸が海に接近しているにも関わらずこうなる要因については不明である。一方、後者については静岡地方気象台が住宅地の一面に位置して周辺の建造物の影響を受けることが示唆される、

風速は、前半は 3 測点間で顕著な相違がみられないが、2015 年初め以降折戸が強めになる傾向が顕著にみられた。その要因として、屋上での観測機器の移動による影響が考えられた。風向については、風向別頻度をみると、折戸には建造物による影響を受けるなどの指向性がみられた。一方、清水アメダスには局所地形の影響による指向性が顕著であることより、清水区の風向特性を代表する意味で折戸における観測は貴重と言える。

降水量は、ほぼ全期間を通じて折戸での積算値が他の 2 測点に比べて年間で 250mm 前後少ない傾向にあった。その理由として、屋上における観測では周辺の建造物に起因する吹上風による影響が示唆される（気象庁、2018）。

なお、上記の結果は風向別頻度を除くと月平均値の時系列に対する解析に基いている。日平均あるいは時間平均値

に対する解析をすれば、異なる結果になることは否定できない。言い換えれば、折戸と静岡の気温や気圧には常に差がないことを意味していないことに注意されたい。

Table 5 Summary of observational significance in Orido for each meteorological element by comparisons with its neighboring stations

要素	意義
気温	地域による差はほとんどない
湿度	（海に近い）折戸の方が湿度が低め
気圧	地域による差はほとんどない
日射	折戸の方が日射が高め（立地条件？）
赤外放射	
風速	2015年以降、折戸が高め
風向	清水（折戸）と顕著な相違
降水量	折戸が少雨の傾向

文献

- 気象庁(2018)：気象観測ガイドブック，53pp. (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/guidebook.pdf)
- 響田邦夫(2017)：駿河湾学—駿河湾と気象—(pp20-23)，東海大学出版会部，150 pp.
- 大島明香・久保田雅久(2015)：駿河湾の海陸風，東海大学海洋研究所報告，第 36 号，9-22.

要旨

東海大学清水校舎 8 号館屋上において、2009 年より地上気象要素の継続観測が実施され、WEB 上での閲覧が可能となっている（清水 WEB 気象台）。本報告では、2010 年 1 月から 2021 年 12 月までの 12 年間における各気象要素の時系列と平均的な季節サイクルの特性を紹介すると共に、近隣の測点（清水アメダスと静岡地方気象台）における観測値との比較を通して、各気象要素に対する観測の意義を対象とした。その結果、気温および気圧は近隣測点との相違はなく、湿度は低め、日射は高めの傾向がみられた。降水量は、年間で他の 2 測点より 250mm 前後少ない傾向がみられ、屋上観測による影響が示唆された。風速は、2015 年の観測位置の移動によって折戸風速が強めになることが示された。風向は、風向別頻度に指向性がみられるが、局所地形に伴う顕著な指向性をもつ清水アメダスに比べると、より広域の風向特性を代表すると考えられる。

キーワード：気象要素，WEB 気象台，気温，風速，降水量