

SDP 風資料に基づく内湾・内海の海上風分布の特性

Sea Wind Distributions on the Inner Bay Areas and Inland Sea of Japan Estimated Using SDP Wind Data

山口正隆*・大福 学**・野中浩一**・畑田佳男*

Masataka YAMAGUCHI*, Manabu OHFUKU**,
Hirokazu NONAKA** and Yoshio HATADA*

This study investigates the climatologic and extreme statistics of sea wind distributions on the Kanto Sea Area, Ise Bay and the Seto Inland Sea, using a data set of hourly winds on the concerned areas over a period of 45 years from 1961 to 2005. It was made from the SDP (Surface Data Point) wind data measured at on-land branches of the Japanese Meteorological Agency around the sea areas. The findings are as follows. 1) Wind data estimated at the sea stations are in reasonable agreement with the measurements regarding not only hourly data of wind speed and wind direction but also the climatologic and extreme statistics of wind speed. 2) The NW direction-dominant wind field in winter and the S direction-dominant wind field in summer accompanied by local sea-dependent variation are realized from the data analyses in each of the 3 sea areas. 3) An insignificant difference is detected among the 3 sets of the spatial distribution of every 15-year portion averaged wind speed within the 45-year period. 4) The spatial distribution of 50-year return wind speed is in qualitative agreement with that of the measurement-based return wind speed in the 3 sea areas, but in a quantitative sense, the degree of agreement is local sea-dependent due to a difference of the year period in collected data.

Key Words : sea wind distribution, SDP wind data, wind climate, return wind speed, Kanto Sea Area, Ise Bay, Seto Inland Sea

1. 緒 言

わが国の内湾・内海における波浪をできるだけ長期にわたり適切に推定するために、山口ら^[1]はわが国の代表的内湾・内海である関東沿岸海域、伊勢湾、瀬戸内海を対象として、これらの海域を囲む気象庁気象官署で取得された時日別値風観測資料（Surface Data Point ; SDP 風資料）を主に用いて1時間ごとの10 m 高度海上風分布を1961～2005年の45年間にわたり推定した。そして、沿岸部や海上部で1980年代以降に取得された風観測資料との比較によってその精度を明らかにするとともに、海上風分布の気候学的特性を検討した。しかし山口ら^[1]の研究では紙数の都合上、方法論の説明が中心

*愛媛大学大学院理工学研究科（工学系）生産環境工学専攻

Engineering for Production and Environment, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

**愛媛大学工学部環境建設工学科

Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Ehime University

原稿受理 平成21年10月5日

となり、その特性の検討事例を限定せざるを得なかったことから、本報告では海上風分布の特性について、より詳細な検討結果を提示する。

2. 海上風分布資料の作成方法の概要

2.1 対象海域と風資料地点

海上風分布の作成対象とする内湾・内海は Fig. 1 に示すように、①駿河湾、相模湾、東京湾とその沖合海域からなる関東沿岸海域、②伊勢湾、③豊後水道から周防灘、伊予灘、燵灘や播磨灘、大阪湾を経て紀伊水道に至る瀬戸内海、の3海域である。これらの海域ではこれを囲む多くの気象庁気象官署が存在し、ここで取得された1961年以降のSDP風資料が電子データとして公表されている。Fig. 2は格子間隔2kmで表した対象3海域にあるSDP風観測地点(図中の×印、豊後水道に位置する佐田岬灯台と土佐

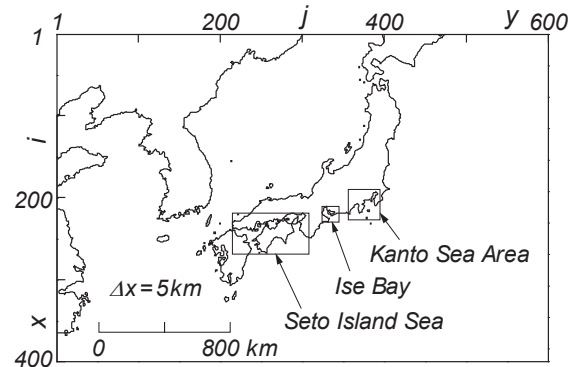


Fig. 1 Sea areas constructing data sets of wind distribution.

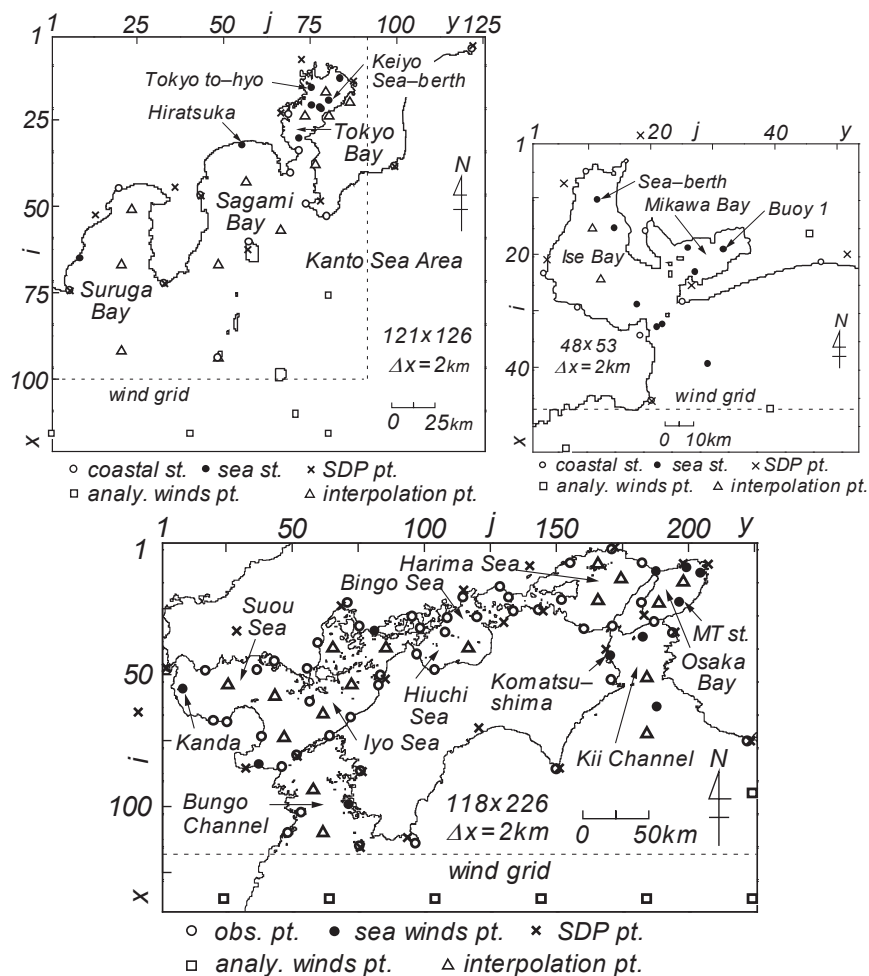


Fig. 2 Location of points where wind data are given on the concerned sea areas for estimating sea wind distribution.

沖ノ島灯台および志摩半島南東端の大王崎灯台を追加), 沿岸部 (○印) と海上部 (●印) の風観測地点および仮想地点 (△印) と表面風再解析資料 (NCEP 風資料) 入力地点の位置を表す。SDP 風資料の地点数は関東沿岸海域で 12, 伊勢湾で 6, 瀬戸内海で 23 である。NCEP 風資料は NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction /National Center for Atmospheric Research) より提供を受けた表面風再解析値資料 (6 時間間隔, 空間解像度約 1.9°) に台風モデル法による風を組込んで格子間隔 80 km で 1 時間ごとに再作成した 10 m 高度海上風資料 (畑田ら^[2]) を指す。

2.2 海上風分布の作成方法

本研究の方法^[1]は, ①SDP 風資料を用いて 3 海域の沿岸部と海上部の風観測地点における観測値相当風を推定する過程, ②観測値相当風から海上風分布を推定する過程, よりなる。①では, まず 3 時間間隔 (1990 年以前) あるいは 1 時間間隔 (1991 年以降) の SDP 風資料に SDP 日最大風資料 (起時は不明) を取込んで, 1 時間間隔の SDP 風資料としたのち, これらと外洋境界上に設けた複数地点における 1 時間間隔の NCEP 風資料に対する加重 1 次補間法^[3]の適用によって沿岸部と海上部の風観測地点における風を計算する。ついで, 計算風速と観測風速について時別値の相関および上位 1/20, 1/10, 1/3, 1/2, 下位 1/3, 全体の平均値の相関を 2 段階で順番に考慮して, 計算風速を観測値相当風速に変換する。風向については計算風向と観測風向の相関が高いので, 計算風向をそのまま観測値相当風向とする。②では, 山口ら^[4]の海上風分布推定法を用いる。すなわち, 地形状況を考慮して経験的に決めた係数 (1.0~1.3) を乗じて海上風に換算した観測値相当風 (計算風) 資料と NCEP 風資料に加重 1 次補間法^[3]を適用して推定した仮想地点における海上風速を, 経験的係数 (1.05~1.2) の乗算によって増幅したのち, これを加えた 3 種類の風資料に再度加重 1 次補間法^[3]を適用して, 格子間隔 2 km で 10 m 高度海上風を 1 時間ごとに計算し, それらのデータセットを作成する。計算の過程では, 10 m 高度風に変換するために 1/7 乗則を適用する。海上風分布の作図領域は各図中の ‘wind grid’ 線より上側の海域 (瀬戸内海および伊勢湾), あるいは上側かつ西側の海域 (関東沿岸海域) である。

3. 計算風の精度の検討

3.1 時別風速

山口ら^[1]は 2. で述べた方法に従って求めた 3 海域における計算風の精度を累年の風速・風向および月別の各種平均風速に対する誤差指標によって包括的に検討している。しかし紙数の制約のため, その内容はかなり概括的なものになっていることから, ここでは 3 海域で 15 年以上にわたり観測風が得られている海上部観測地点を対象として, 計算風の精度を検討した結果を述べる。対象地点は関東沿岸海域では東京灯標, 京葉シーバース, 平塚, 伊勢湾では三河湾内のブイ 1, 伊勢湾内のシーバース, 瀬戸内海では紀伊水道北部の小松島, 大阪湾内の MT 局, 周防灘の荻田, の 8 箇所である。なお, 山口ら^[1]が示したように, 計算風向と観測風向はいずれの地点でも全体としてよく符合することから, ここでは議論の対象としない。

Fig. 3 は全観測期間に対する計算風速 U_{cal} と観測風速 U_{obs} の散布図を 3 海域における 8 海上部観測地点について示す。計算風速の高度はそれぞれの観測高度 (z m) に相当する。図中には相関係数 ρ_U , 原点を通る相関直線の勾配値 a_{0U} , 2 乗平均平方根誤差 σ_U (m/s) を与える。計算風速はいずれの地点でも観測風速と全般的にかなりよく対応する。誤差指標でみると, 相関係数 ρ_U は 0.67~0.82 と比較的幅広く分布し, ブイ 1 ($\rho_U=0.82$), 東京灯標 (0.80) で相対的に大きく, MT 局 (0.69), 荻田 (0.67) で相対的に小さい。つまり, 東京湾内の地点, 三河湾内のブイ地点および紀伊水道北部の小松島で相関が高く, 相模湾沿岸の平塚や大阪湾内の MT 局, 瀬戸内海西部の周防灘にある荻田で低い。沿岸地形が複雑である瀬戸内海では, 全体として計算風速と観測風速の相関が低い傾向にある。勾配値 a_{0U} は

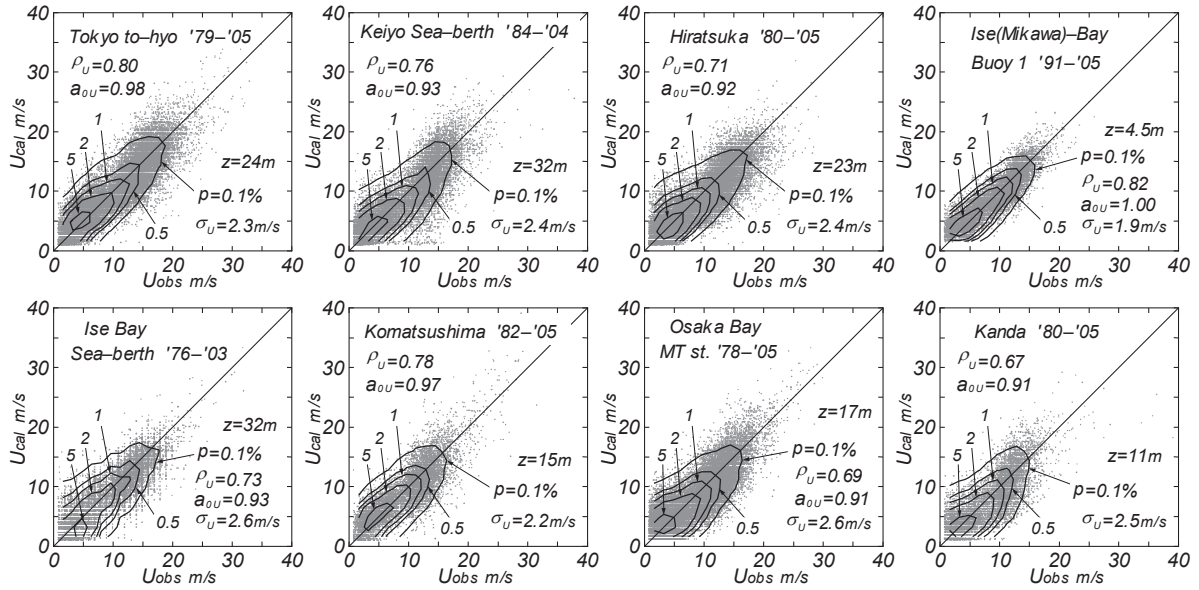


Fig. 3 Scatter diagram between measurements and estimates for wind speed.

ブイ 1 ($a_{0U}=1.00$), 小松島 (0.98), 東京灯標 (0.95) を除いて 0.91~0.93 をとり, 全般的に計算風速 U_{cal} が観測風速 U_{obs} より若干小さい傾向を示す。また 2 乗平均平方根風速誤差 σ_U はブイ 1 ($\sigma_U=1.9$ m/s) や小松島 (2.2 m/s) を除いて, 2.4~2.6 m/s である。8 海上部観測地点の累年平均風速の概略値は 5 ~ 6 m/s であるから, これと比べて 2 乗平均平方根誤差はブイ 1 や小松島ではかなり小さく, 他の地点でも有意な程度に小さいと言える。

3.2 風速統計量

Fig. 4 は観測高度における計算風速と観測風速の同時刻資料より得た上位 1/10, 1/3 および全体の風速資料の平均値 ($U_{1/10}$, $U_{1/3}$, \bar{U}) と全体の風速資料の標準偏差 U_σ の経月変化を東京灯標について示す。これによると, 1 年を周期として複雑な変動を繰り返す各風速統計量の挙動に関して, 計算風速資料と観測風速資料に基づく結果はよく対応するように見える。しかし, その挙動は必ずしも明確

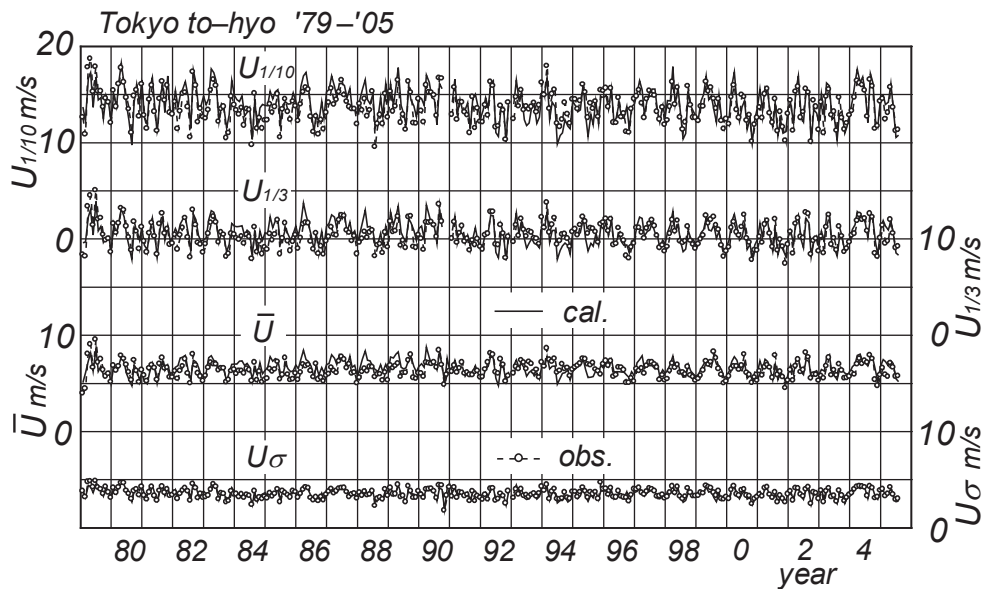


Fig. 4 Interannual variation of monthly-averaged wind speed statistics (Tokyo to-hyo).

でないことから、両者の対応関係をより明解にみるために、1/3 最大平均風速 $U_{1/3}$ の月別値について、計算結果と観測結果の散布図を示したのが Fig. 5 である。図中には月別平均統計量に対する誤差指標として、相関係数 $\rho(U_{1/3})$ と原点を通る相関直線の勾配値 $a_0(U_{1/3})$ を与える。他の風速統計量についても同様の図の作成が可能であるが、Fig. 5 でこれを代表させる。

相関係数 $\rho(U_{1/3})$ は 0.67~0.96 とかなり幅広く分布し、ブイ 1 ($\rho(U_{1/3})=0.96$) と伊勢湾シーバース (0.93) で 1 に近く、平塚 (0.81), 京葉シーバース (0.79) でも 0.8 前後をとる一方、東京灯標 (0.73), 大阪湾 MT 局 (0.72), 小松島 (0.69), 荻田 (0.67) でやや小さい。勾配値 $a_0(U_{1/3})$ は 0.98~1.02 でほぼ 1 を与えることから、平均的な対応はかなりよい。つまり、個々のデータ値が完全相関を表す 45° 直線のまわりを多少の幅をもってばらつくとしても、全体として平均的挙動でみれば、計算結果と観測結果はよく符合する。月別の平均統計量でみても、両者の対応は伊勢湾や関東沿岸海域の観測地点でよく、瀬戸内海の観測地点で相対的にやや低い。

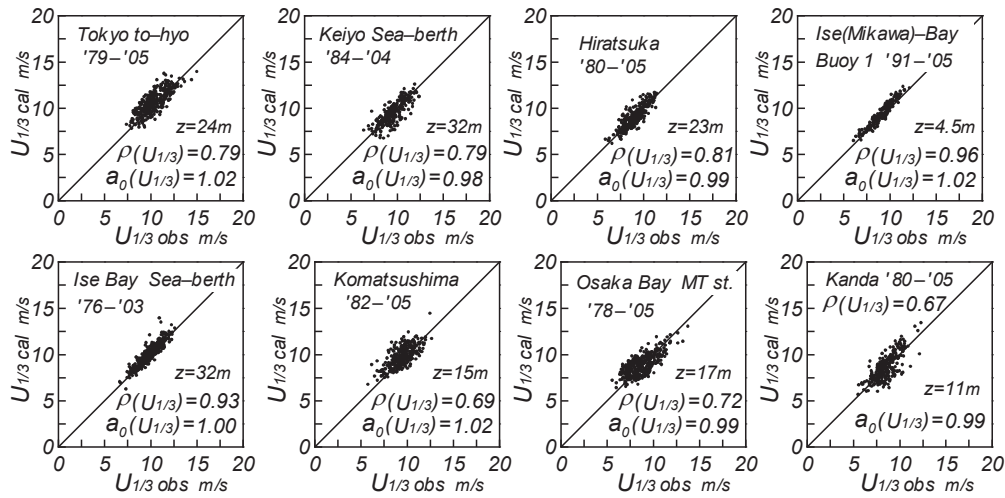


Fig. 5 Scatter diagram between measurements and estimates for monthly-averaged wind speed statistics.

つぎに、観測高度における年別の各種平均風速の経年変化について推算結果と観測結果の比較を東京灯標、平塚、伊勢湾シーバース、大阪湾 MT 局の 4 地点で示したのが Fig. 6 である。1/10 最大平均

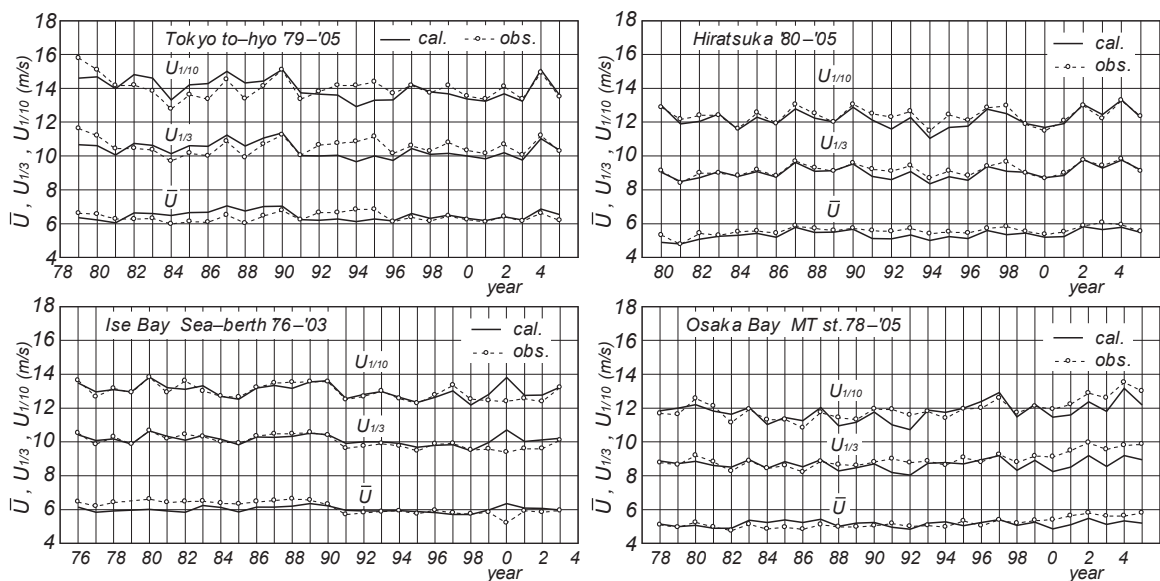


Fig. 6 Interannual variation of yearly-averaged wind speed statistics.

風速 $U_{1/10}$ や平均風速 \bar{U} は 1/3 最大平均風速 $U_{1/3}$ とおおむね類似した挙動を与えることから、1/3 最大平均風速 $U_{1/3}$ で各平均統計量の挙動を代表させる。地点別にみると、東京灯標では、計算結果は東京や千葉における SDP 風速資料の特徴を反映して、1987～1990 年で大きく 1991～2003 年で小さい値を取り、比較的大きい経年変動を伴う。計算結果は長期間の変動に対して観測結果とある程度類似した年別変化を与えるけれども、1992～1995 年や 1979 年で観測結果よりやや乖離している。平塚では、計算結果と観測結果は 1991～1998 年で若干の隔たりを生じるけれども、おおむね符合しており、いずれの結果も一定値をとる傾向を与える。伊勢湾シーバースでも、2002 年に推算結果と観測結果の間に相違がある点を除くと、両者はよく符合する。ここでの 1/3 最大平均風速はとくに観測結果について全体的に減少傾向を示す。大阪湾 MT 局では、計算結果は 1999 年以前で観測結果とおおむねよく対応するが、2000 年以降では観測結果と比べて 1 m/s 近く小さい値をとる。このため、計算結果はほとんど増加傾向を与えないのに対して、観測結果は有意な増加傾向を示す。

以上のように、計算風速資料を求めた風観測地点は、1/3 最大平均風速の年別値に関して計算結果と観測結果がよく対応する地点と乖離を生じる地点に分かれ、結果的に地点間で統一性を欠くことから、ここでは 45 年間の計算風速資料に基づく風速の傾向変動の検討を差し控える。

3.3 確率風速

Table 1 は 20 年間以上の観測資料が得られる海上部観測地点の東京灯標、平塚、伊勢湾シーバース、大阪湾 MT 局、荻田の 5 箇所について、1961～2005 年の 45 年間の計算風速資料から得た極大 (POT) 風速資料および観測資料の期間に相当する極大 (POT) 風速資料に Yamaguchi・Hatada^[5]の極値統計解析モデルを適用して推定した 50 年確率風速 U_{50} とその標準偏差 $U_{50\sigma}$ などを示す。表中の記号は YS：最初の 2 桁 (19) を除く資料開始年、YE：最初の 2 桁 (20) を除く資料最終年、 K ：資料年数、 N ：資料数、 N_T ：事象 (資料) 総数、 U_{\max} ：第 1 位風速、 W ：Weibull 分布、 k ：最適分布として選択された Weibull 分布の形状母数、 ρ ：相関係数、である。解析は $N_T=N$ として行っている。表中には、観測風資料に対する解析結果^[6]を各欄の第 1 行に与えている。風速はいずれの場合も 1/7 乗則によって 10 m 高度風速に変換している。また、荻田における観測資料は 1 年相当分の資料を欠いているが、その値

Table 1 Estimates of 50-year return wind speed and its standard deviation at each of 5 stations.

station		YS	YE	K yrs.	N	N_T	U_{\max} m/s	k	ρ	U_{50} m/s	$U_{50\sigma}$ m/s
Tokyo to-hyo	obs. POT	70	04	35	346	346	30.9	W1.0	0.9971	31.6	0.8
	SDP POT	70	04	35	70	70	28.3	W1.4	0.9798	30.0	0.8
	SDP POT	61	05	45	90	90	30.9	W1.2	0.9865	31.6	0.9
Hiratsuka	obs. POT	80	05	26	122	122	26.0	W1.1	0.9916	27.6	0.8
	SDP POT	80	05	26	52	52	28.1	W0.9	0.9936	27.7	1.7
	SDP POT	61	05	45	90	90	28.1	W1.0	0.9980	27.4	0.9
Ise Bay Sea-berth	obs. POT	76	03	28	100	100	26.5	W0.8	0.9866	28.0	1.7
	SDP POT	76	03	28	56	56	29.8	W1.0	0.9794	31.5	1.8
	SDP POT	61	05	45	90	90	32.6	W1.1	0.9892	33.0	1.5
Osaka Bay MT st.	obs. POT	79	05	27	141	141	27.8	W1.2	0.9952	29.5	1.0
	SDP POT	79	05	27	54	54	37.5	W0.9	0.9902	37.8	2.8
	SDP POT	61	05	45	90	90	42.3	W0.8	0.9929	40.8	2.9
Kanda	obs. POT	81	06	26	180	180	32.6	W0.8	0.9935	32.6	2.4
	SDP POT	81	05	25	50	50	33.8	W1.1	0.9812	35.3	2.0
	SDP POT	61	05	45	90	90	33.8	W1.0	0.9790	34.6	1.6

は不明であることから、これらの年の資料は観測資料から得られた POT 資料より小さいと仮定する下限 censoring 条件のもとで解析を行っている。

表によると、観測期間を合致させた計算風速資料に基づく確率風速 U_{50} は観測風速資料に基づく値と比べて平塚、東京灯標であまり相違を伴わず、荻田、伊勢湾シーバースでやや大きい程度である。これは資料の種類によっても第 1 位風速 U_{\max} がそれほど異ならない特徴を反映する。一方、大阪湾 MT 局では計算風速資料に基づく確率風速がかなり大きい。これは計算風速資料における第 1 位風速が観測風速資料における第 1 位風速よりかなり大きいためである。また、標準偏差 $U_{50\sigma}$ は計算風速資料に基づく場合に平塚と大阪湾 MT 局で 2 倍以上大きい反面、荻田で小さく、東京灯標と伊勢湾シーバースで同程度の値をとる。ついで、45 年間の資料に基づく 50 年確率風速は資料期間がより短い観測資料相当期間の資料に基づく値と比べて、東京灯標、平塚、荻田でほとんど変わらず、大阪湾 MT 局で大きい。これは計算風速資料に台風 6118 号（第 2 室戸台風）など 1960 年代の異常台風に伴う最大級の強風資料が含まれるためである。同様に伊勢湾シーバースでも、より大きい 50 年確率風速の推定値を与えるけれども、40 m/s 前後の強風が生じた台風 5915 号（伊勢湾台風）時の風速資料を追加するならば、50 年確率風速の推定値はさらに大きくなる。

以上のように、資料期間の拡大によっても第 1 位風速がそれほど大きくならない地点では 50 年確率風速の推定値もあまり変化しないが、第 1 位風速などの上位値が大きく更新される地点では、50 年確率風速の推定値も劇的に増大することから、確率風速などの極値事象の解析においては、できるだけ長期間の資料の利用が必須であることが示唆される。

4. 海上風分布資料の特性

4.1 異常気象擾乱時の海上風分布

Fig. 7 は 1979 年 10 月 19 日 11 時の 10 m 高度海上風分布を 3 海域について示す。当該時点は台風 7920 号が和歌山県白浜付近に上陸した時点（9 時 40 分頃）の約 1 時間半後にあたり、台風中心は名古屋市付近にある。台風 7920 号は南方洋上で中心気圧が 870hPa に低下した超大型で異常な勢力をもつ台風であり、白浜付近から本州を NE 方向に縦断している。台風の進行に合わせて図を右から左へ順にみると、瀬戸内海では風向場は台風通過後の N~W 寄りをとっている。風速 U は西部海域で 10~20 m/s、中部海域で 10~15 m/s、東部海域で 15~20 m/s を与え、とくに大阪湾の北西部から播磨灘の北東部で強い。伊勢湾では風向は S~SSW、風速は 15~25 m/s であり、伊勢湾口から三河湾で 25 m/s を越える。関東沿岸海域では台風中心が到達していないことから、風向は SSW~SSE をとり、風速は 15~20 m/s である。東京湾では風向 SSW、風速 20 m/s 前後の比較的強い風の間になっている。このように、SDP 風資料に基づいて推定した海上風分布は強風時においても合理的挙動を示すと言える。

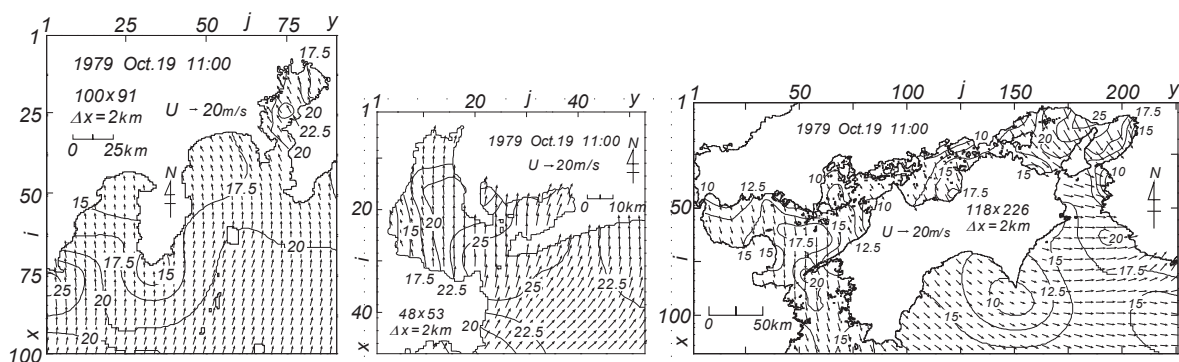


Fig. 7 An example of estimated sea wind distribution.

4.2 海上風分布の気候学的特性

山口ら^[4]はSDP風資料を用いて推定した3海域における45年間の10m高度海上風分布資料を用いて、その累年平均値の空間分布および年別平均風速の累年較差の空間分布の特徴を議論している。ここでは、季節別平均風やその累年較差の空間分布および年代別の累年平均風の空間分布の特徴をみる。

Fig. 8は3海域における45年間の季節別平均風速と風向を冬季(12~2月)と夏季(6~8月)について示す。冬季をみると、関東沿岸海域では駿河湾のWNW方向の風を除いて、NW方向の風となっており、風速は沿岸部の4~5 m/sから外海の7.5 m/sに向けてSE方向に増大する。この挙動は伊勢湾においてより明瞭であり、領域全体で風向NWをとりつつ、風速が湾奥の5 m/sから湾外の10 m/sに向けてSE方向に大きくなる。瀬戸内海でも全体として風向NWの場となっていて、風速も領域の北側(本州側)沿岸部の4~5 m/sから南東側(四国側、和歌山県側)沿岸部の6 m/sに向けてSE方向に増大し、外海では7 m/sを越える。それぞれの南側外洋境界付近では風向はNW方向をとり、風速は四国西部沖合の6 m/sから紀伊半島沖合の7 m/s、伊勢湾の湾外沖合で10 m/s、関東沿岸海域沖合で7.5 m/sに変化する。つまり、若狭湾から伊勢湾にかけて風の通り道になる伊勢湾の湾外沖合で風速が他の沖合海域より大きい特徴が明らかである。

夏季には、いずれの海域でもS寄りの風向場が形成されるが、細部においてはそれぞれの地形特性に応じて相違が生じる。風速は関東沿岸海域のうち外海で5 m/s、東京湾内で4.5~6 m/s、駿河湾内で4~4.5 m/sをとり、東京湾内で大きい。相模湾や駿河湾では風速は夏季より冬季に大きいものに対して、東京湾内では風速は冬季と夏季であり異ならないのが特徴的である。伊勢湾では風速は湾外の6.5 m/sから湾奥の4 m/sへと小さくなり、風向も湾外のS方向から湾奥のSSE方向に若干傾く。風速は湾奥では冬季よりやや小さい程度であるが、湾外に向うほど冬季に比べて小さくなる。瀬戸内海では複雑な周辺地形によって風場が強く影響を受け、しかも風速が小さいことから、風向の場は小海域ごとにより異なる。すなわち、風向は大阪湾でSW方向、播磨灘でSE方向、周防灘でE方向、伊予灘東部から燧灘にかけてSW~W方向をとる。風速も大阪湾内では湾口から湾奥に向けて、周防灘では東側海域から西側の灘奥に向けて4 m/sから5 m/sに増大する、伊予灘から燧灘を経て播磨灘では、

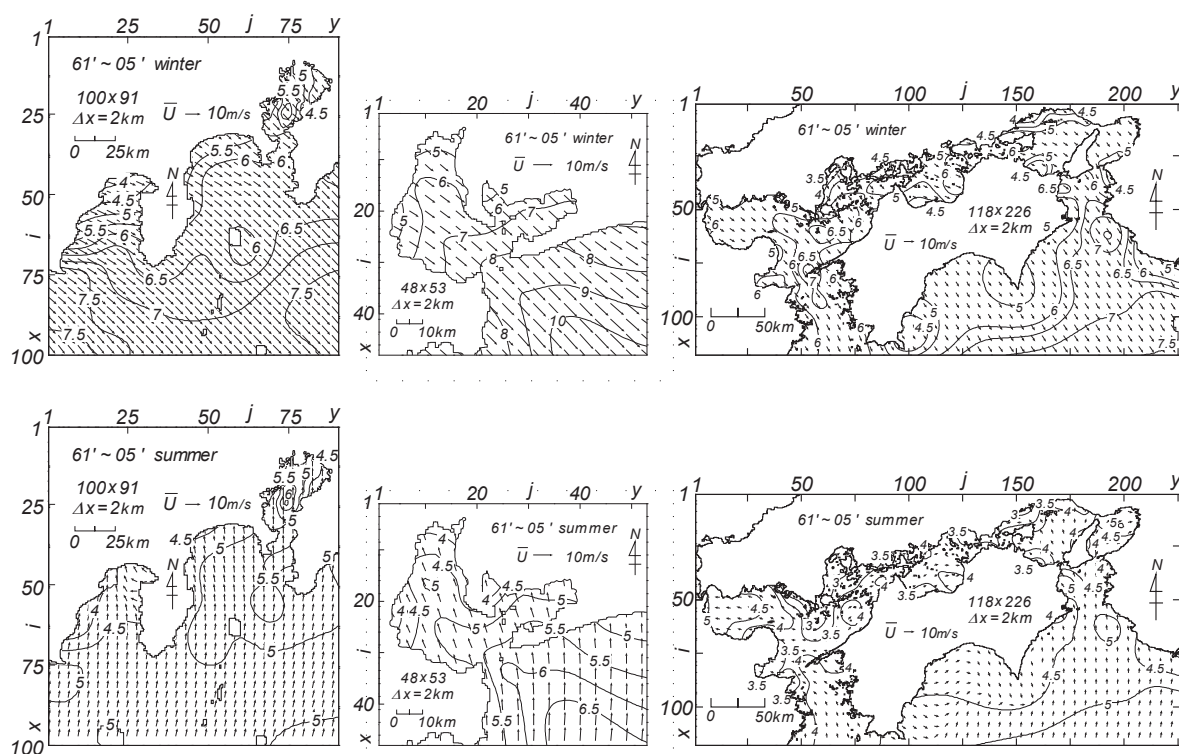


Fig. 8 Spatial distribution of season-averaged wind speed (winter and summer).

風速は 3.5～4 m/s の範囲にあり、小海域ごとにあまり変化しない。また外海では、風速は豊後水道で 4～4.5 m/s、紀伊水道で 4.5～5 m/s をとり、冬季と同様に豊後水道より紀伊水道で風速が大きい。

なお、風向の場が N 寄り (NW～NE) をとるといふ特徴は関東沿岸海域の春季 (3～5 月) を除き、3 海域ともに秋季 (9 月～11 月) や春季 (3～5 月) にも出現するけれども、関東沿岸海域の春季には風向は外海で W 方向、駿河湾、相模湾、東京湾でおおむね SW 方向をとるのが特徴的である。春季における外海での W～WSW 方向の風の場合は伊勢湾の湾外でもみられる。

Fig. 9 は各年の季節別平均風速の累年較差 (その最大値と最小値の差) を累年季節別平均風速で除した値 $\Delta\tilde{U}$ (%値, ここではこれを単に累年較差と呼ぶ) を 3 海域について示す。累年較差の 1/2 が年ごとの季節別平均風速の、累年季節別平均風速からの最大変動範囲におおむね相当する。冬季において、関東沿岸海域では累年較差は大体 12～18 % の範囲にあり、東京湾で小さく駿河湾で大きい。平均風速は東京湾で大きく駿河湾で小さいことから、無次元量である累年較差にこの特徴が現われる。伊勢湾では、累年較差は 10～14 % と空間的にあまり変化しないが、湾外で小さく湾内で大きいし、W 方向に向けて大きくなる。瀬戸内海では、累年較差は 6～24 % と広い変動範囲をもつ。最大値は燧灘を中心とする瀬戸内海中央部海域に出現し、その西側の伊予灘や東側の播磨灘で 12 % とやや低下する。また累年較差は豊後水道から伊予灘で 12 % から 10 % に、伊予灘から周防灘で 10 % から 6 % に減少する一方、紀伊水道で 6～8 %, 大阪湾で湾口の 8 % から湾奥の 10 % に増大する。これらの挙動は平均風速と反対の挙動を与える。たとえば、平均風速の小さい燧灘では他の海域と同程度の累年較差の絶対値が無次元化によって増幅されるため、累年較差の無次元値 $\Delta\tilde{U}$ は大きい値をとる。

夏季において、累年較差は関東沿岸海域のうち外海から東京湾内で 6～10 %, 相模湾と駿河湾で 4～6 % をとり、外海と東京湾で大きい。伊勢湾では、三河湾周辺で 3～4 %, 湾外で 7～8 %, 伊勢湾西岸で 7 % をとる。このように、三河湾周辺海域では累年較差が他の小海域より小さい特徴がみられる。瀬戸内海では、累年較差は 6～14 % であり、小海域ごとに大きい変化を伴う。燧灘などの中央部海域ではその値は冬季と異なって 8 % と、瀬戸内海における夏季の累年較差の平均値程度の値をとる、

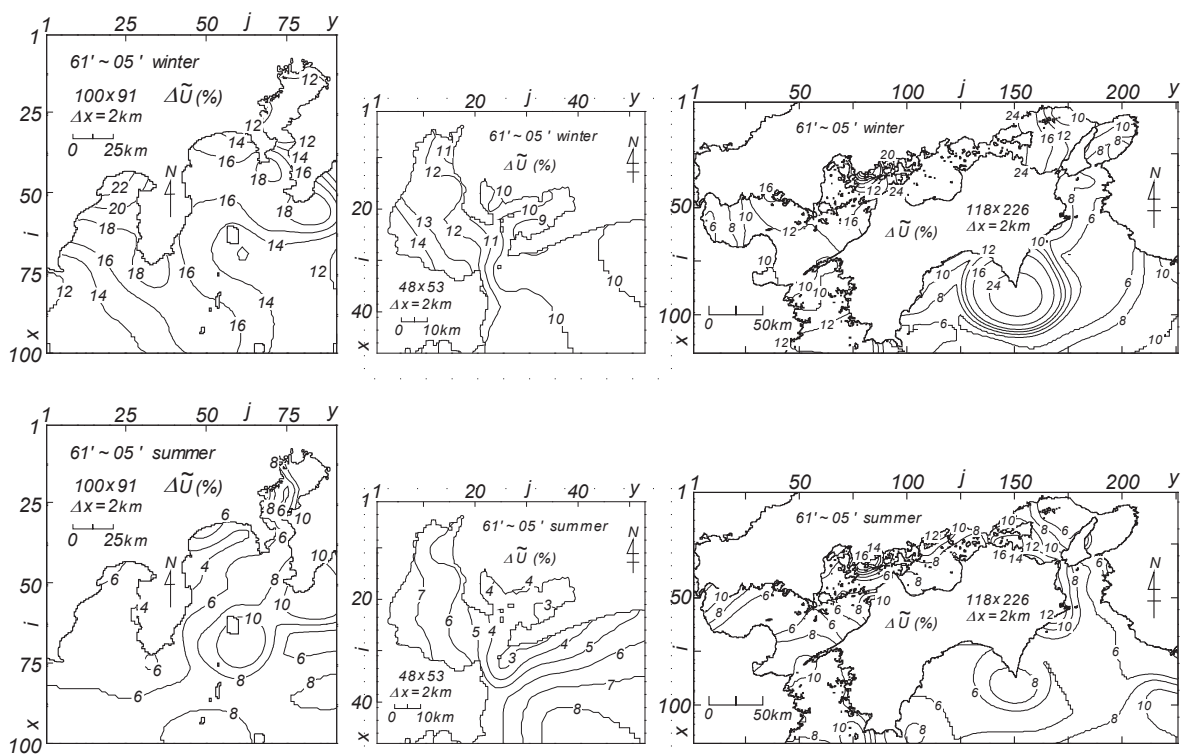


Fig. 9 Spatial distribution of interannual range of season-averaged wind speed (winter and summer).

むしろ播磨灘南西部で 10～14 % と大きい。豊後水道から伊予灘、周防灘に至る瀬戸内海西部海域と紀伊水道を比べると、累年較差は西部海域でやや大きい。

以上のように、累年較差の無次元値は平均風速の小さい夏季よりも平均風速の大きい冬季に相対的に大きい変動を伴うことがわかる。

さらに、1961～2005 年の 45 年間を 1961～1975 年、1976～1990 年、1991～2005 年の各 15 年間に分けて、それぞれの年代別累年平均風速と風向の空間分布を 3 海域について示したのが Fig. 10 である。まず関東沿岸海域では、3 つの年代いずれにおいても風速は東京湾内の沿岸部で 5 m/s、中心部で 6 m/s をとり、他の海域では沿岸部の 4～5 m/s から外海の 6 m/s に向けて SE 方向に増加する。45 年間にわたる累年平均風速分布^[4]と比べても、その差は 1961～1975 年の 15 年間の累年平均風速の場合に最大で 0.2 m/s (東京湾の湾口付近) を与えるにすぎず、また各年代間の累年平均風速の差も最大で 0.3 m/s であるから、年代間の平均風速の差は小さい。風向についても、1961～1975 年の年代と他の 2 つの年代で伊豆大島を中心とする海域において相違がみられる以外、他の海域では 3 つの年代の間で類似する。伊勢湾では、いずれの年代においても風向は海域全体で NW 方向をとり、風速は湾奥の 5 m/s から湾外の 8 m/s に向けて SE 方向に増大する。45 年間の平均風速との差の最大値は 1961～1975 年の

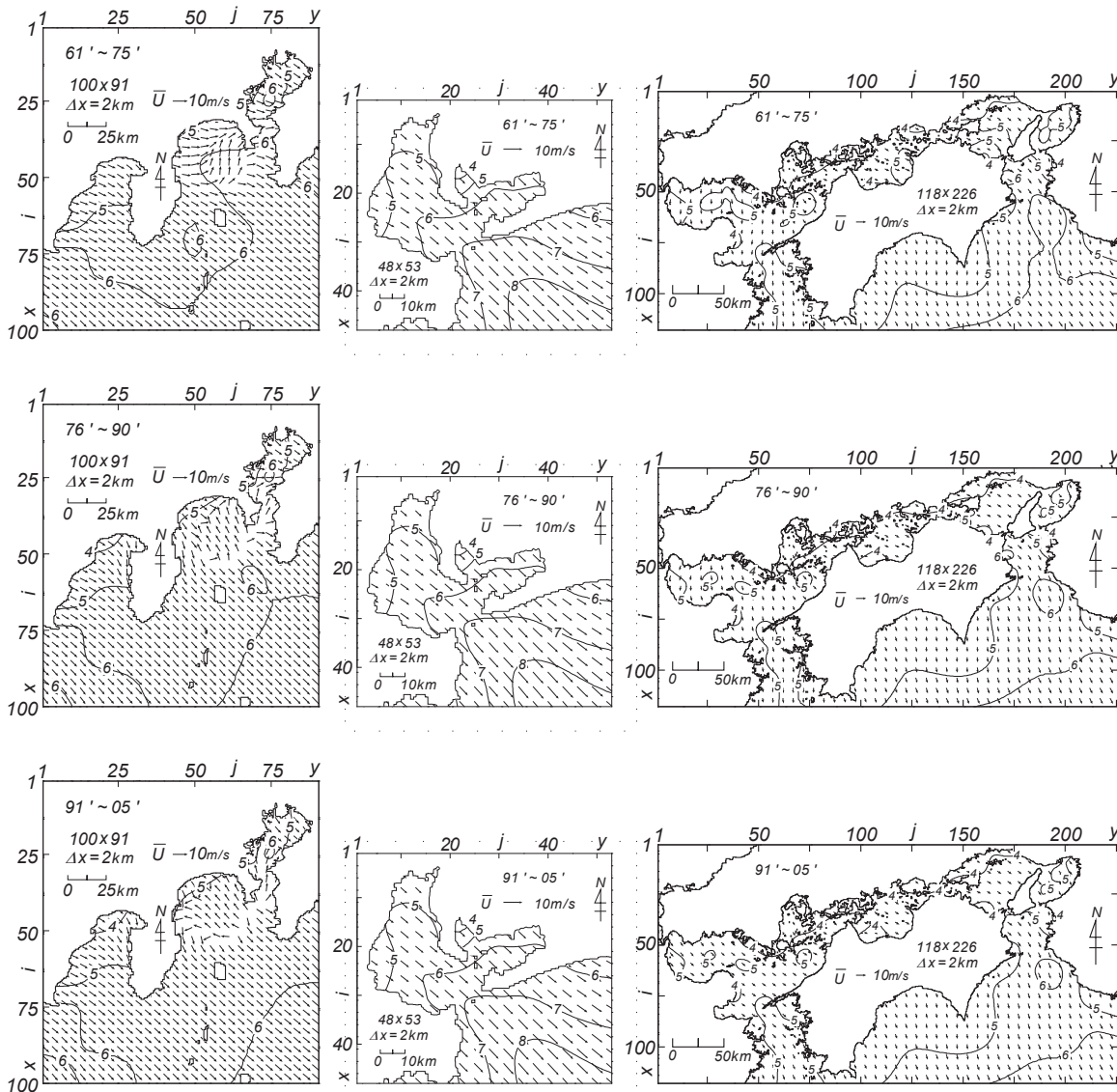


Fig. 10 Spatial distribution of interannually-averaged wind speed in 3 year-portions.

年代で湾外において 0.1 m/s に達するに過ぎず、また各年代間の平均風速の差も 0.2 m/s を最大とすることから、それぞれの差は関東沿岸海域の場合より一層小さい。瀬戸内海では、3年代ともに風速は内海域で $4 \sim 5 \text{ m/s}$ 、豊後水道で $5 \sim 5.5 \text{ m/s}$ 、紀伊水道で 5 m/s から 6 m/s となっており、内海部より外海で、外海では豊後水道より紀伊水道で大きい。風向は $N \sim NW$ をとり、小海域ごとに多少変化する。45 年間の累年平均風速の空間分布^[1]と比べても、両者の差の最大値は 1961～1975 年代に備後灘で 0.3 m/s 、燧灘から播磨灘の南部で 0.2 m/s を生じるに過ぎず、また各年代間の差もせいぜい播磨灘南西部の 0.4 m/s である。したがって、3年代ともにほとんど変らない風速の空間分布を与える。風向は $N \sim NW$ をとり、小海域ごとに多少変化するが、年代ごとの挙動はよく似ている。しかし、1991～2005 年の年代の風向は周防灘から伊予灘西部および豊後水道にかけて NW から N に変化するのに対して、他の 2つの年代の風向はほぼ N をとる点でかなり相違する。

要するに、15 年を単位とする平均風速の年代間の差は関東沿岸海域で 0.3 m/s 、伊勢湾で 0.2 m/s 、瀬戸内海で 0.4 m/s を限度としており、平均風速の年代間の差は小さい。また、風向に関する年代間の差も伊豆大島周辺海域（1961～1975 年）や瀬戸内海西部海域（周防灘，伊予灘西部，豊後水道）（1991～2005 年）でみられる程度であり、全般的に小さい。

4.3 確率風速の空間分布

3 海域における 1 時間ごとの 10 m 高度風速資料から、基準風速を年別最大値の最小値として各ストームごとのピーク風速を取り出し、極大（POT）風速資料を作成した。ついで、この POT 資料に Yamaguchi・Hatada^[5]のモデルを適用して、確率風速とその標準偏差の推定を行った。解析において必要となる資料総数 N_T を POT 資料数 N の 2 倍としている。Fig. 11 は 3 海域について 50 年確率風速 U_{50} とその変動係数 $\tilde{U}_{50\sigma}$ （50 年確率風速の標準偏差 $U_{50\sigma}$ を 50 年確率風速 U_{50} で除した値の % 値）の空間分布を示す。関東沿岸海域では、50 年確率風速 U_{50} は $25 \sim 35 \text{ m/s}$ と幅広く分布する。このうち、東京

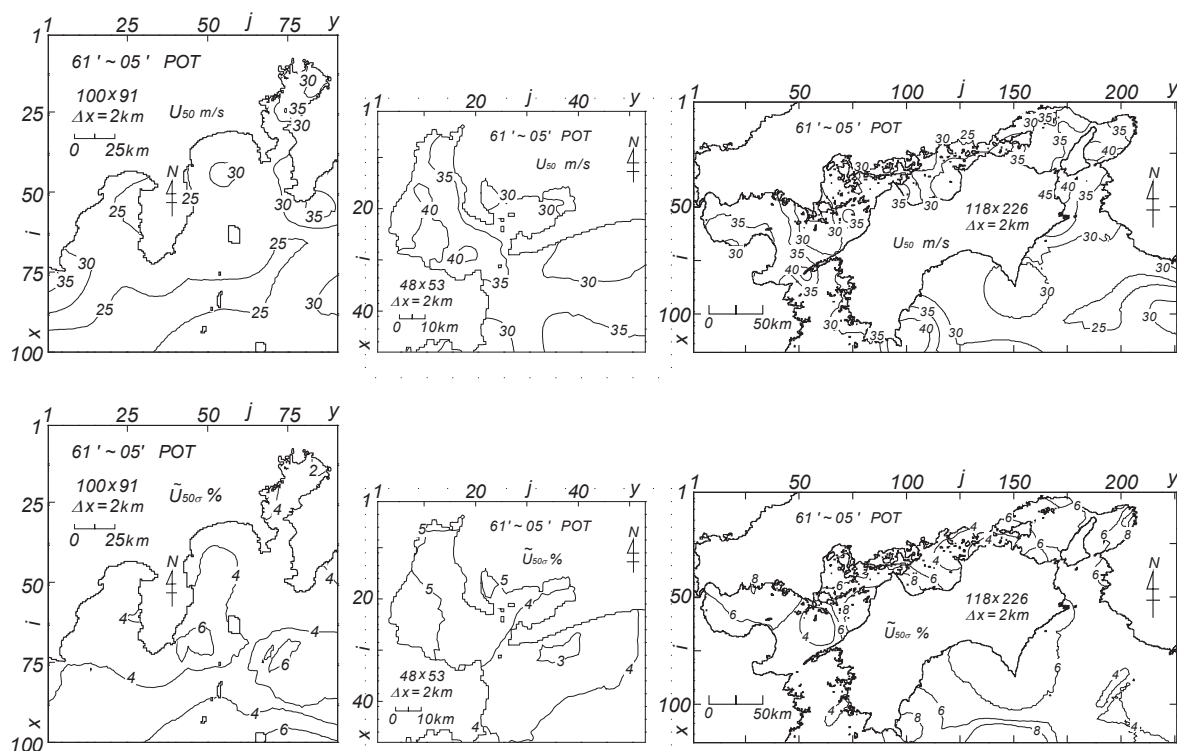


Fig. 11 Spatial distribution of 50-year return wind speed and its coefficient of variation.

湾で U_{50} は 30~35 m/s, 相模湾で 25~30 m/s, 駿河湾で 25~30 m/s であるから, 東京湾でやや大きい。また沖合海域では, U_{50} が 25 m/s 以下の海域もみられるが, これは外洋境界近くで入力条件として与えた NCEP 風資料の風速が過小評価されていることに起因する。 U_{50} の変動係数 $\tilde{U}_{50\sigma}$ は 2~6% の範囲にあり, 東京湾で 2~4% と小さい。

伊勢湾では, U_{50} は 30~40 m/s と幅広い値をとり, 渥美半島沿岸部の 30 m/s 以下の値や三河湾湾奥の 30 m/s から伊勢湾西岸の 40 m/s に向けて W 方向に, また渥美半島沿岸部の 30 m/s 以下の値から湾外沖合の 35 m/s に向けて S 方向に大きくなる。しかし, 今回の POT 資料には台風 5915 号(伊勢湾台風)時の異常風速が含まれないことから, 伊勢湾では確率風速が低めに評価されている可能性も十分にある。変動係数は 3~5% であり, 渥美半島沿岸部の 3% から同心円上に増加し, 伊勢湾の西岸で 5%, 湾外の沖合で 4% を越える。

瀬戸内海では, U_{50} は 25~40 m/s の値をとるが, 紀伊水道南部では時空間解像度の低い NCEP 風資料を主体として海上風分布が推定されていることから, 確率風速は過小評価されている。小海域別では U_{50} は内海部の大阪湾で 35~40 m/s, 播磨灘で 30~35 m/s, 燧灘で 25~35 m/s, 広島湾, 伊予灘, 周防灘で 30~40 m/s であり, とくに大阪湾および瀬戸内海西部海域の佐田岬から山口県沿岸に向けた伊予灘西部と周防灘東部の海域で 35~40 m/s と大きい。一方, 外海部にあたる豊後水道で 30~35 m/s, 紀伊水道で 25~40 m/s であり, 大阪湾に続く紀伊水道の北部で 35~40 m/s と大きい。また, 紀伊水道の南部では上述のように, 入力資料の過小評価によって U_{50} は 30 m/s 以下となっている。変動係数 $\tilde{U}_{50\sigma}$ は大部分の海域で 4~8% であり, 伊予灘東部から燧灘西部にかけて 8% を越える。

これらの結果を観測風資料を用いて推定した結果^[4]と比べると, 関東沿岸海域(26 年間の観測風資料)では, U_{50} の空間分布は定性的のみならず定量的にもかなりよく符合する。伊勢湾(9 年間の観測風資料)では, 両者は定性的に類似した分布を与えるものの, 資料期間が長い SDP 風資料を基礎とする本研究による 50 年確率風速が約 5 m/s 大きい。瀬戸内海(23 年間の観測風資料)では, 瀬戸内海西部海域や燧灘で両者は同程度の値を与える一方, 大阪湾・紀伊水道と播磨灘で本研究による 50 年確率風速が 5 m/s 以上大きい値を生じる。これは SDP 風資料を基礎とする本研究の資料には 1960 年代の異常台風(台風 6118 号, 6420 号, 6523 号など)に伴う最大級の風速が含まれるためである。

5. 結 語

本研究では 45 年間(1961~2005 年)の SDP 風資料に基づいて推定した関東沿岸海域, 伊勢湾, 瀬戸内海の 3 海域における 1 時間ごとの海上風分布資料を解析して, つぎの知見を得た。

- 1) SDP 風資料に基づく計算風資料は 3 海域にある複数の海上部観測地点において, 風向のみならず風速の時別値および月別値に関して観測風資料に基づく結果とよく符合する結果を与えるが, 複雑な地形状況にある瀬戸内海ではその対応はやや低下する傾向にある。また確率風速に関しては, 計算風資料に基づく値が観測風資料に基づく値とよく符合する地点や, やや大きい値を与える地点, および大阪湾 MT 局のように, 過大な値を与える地点に分かれ, 両者の対応は検討対象地点ごとに異なる。
- 2) 3 海域における冬季および夏季の平均風速場はそれぞれ NW 方向および S 方向の風の場合という各季節特有の空間分布を与えるが, 風速および風向の場の細部においては小海域ごとに異なる。また季節別平均風速で除した無次元量では, 平均風速の大きい冬季の累年較差が平均風速の小さい夏季の累年較差より大きい。その値はおおむね冬季で 12% 以下, 夏季で 8% 以下である。
- 3) 15 年間の平均値でみれば, 45 年間の SDP 風資料に基づく海上風分布資料はその 3 年代の間ではほとんど差異を示さない。
- 4) 3 海域における 50 年確率風速の空間分布は, より短い期間の観測風資料に基づいて推定した結

果とそれぞれ定性的には符合するけれども、絶対値は観測資料期間以前に最大級の異常風速が生じた伊勢湾や大阪湾・紀伊水道などにおいて観測風資料に基づく推定値より大きい値をとり、観測期間中の最大風速を上まわる異常風速がほとんど生起していない関東沿岸海域や瀬戸内海西部海域のような海域では同程度の値を与える。

5) SDP 風資料に基づいて推定した3海域における45年間の海上風分布資料は比較的高い信頼性をもつことが観測風資料に基づく結果との良好な対応から言える。

参 考 文 献

- [1] 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男・日野幹雄：SDP 風資料を用いた内湾・内海における45年間の海上風分布データセットの作成，海岸工学論文集，第56巻，2009（印刷中）。
- [2] 畑田佳男・山口正隆・大福 学・高橋秀典：表面風再解析資料を用いた波浪の長期推算システムの適用性の向上，海岸工学論文集，第52巻，pp.141-145，2005。
- [3] 塩野清治・弘海原 清・升本真二：パソコンで不規則に分布するデータを格子点データに変換してコンターマップを作成する方法(1)ー加重一次補間法，情報地質(10)，pp. 65-78，1985。
- [4] 山口正隆・大福 学・日野幹雄・野中浩一・畑田佳男：内海・内湾における風候と確率風速の評価，水工学論文集，第53巻，pp.1477-1482，2009。
- [5] Yamaguchi, M. and Y. Hatada : An extremal analysis system and its application to the estimation of extremes of meteorological and oceanographic elements around the coasts of Japan, Proc. WAVES97, Vol.2, pp.932-946, 1997.
- [6] 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男：内湾・内海における観測資料を用いた確率風速と確率波高の推定，工学ジャーナル（愛媛大学工学部），第8巻，pp.118-128，2009。