

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

大福 学

愛媛大学工学部等技術部

1. はじめに

山口¹⁾らは東京湾を含む関東沿岸海域、伊勢湾、および大阪湾を含む瀬戸内海の沿岸部と海上部の多数の観測地点における風観測資料の空間補間に基づいて 1 時間ごとの海上風分布のデータセットを作成し、長期波浪推算の入力条件としてきた。しかし、その資料期間は最長のもので 26 年であり、それ以前では適切な風観測資料が多数地点で得られないので、この方法を適用できない。一方、当該海域を囲む各地の気象庁気象官署で取得された 1961 年以降の時日別値風観測資料 (Surface Data Point : SDP 風資料) が電子データとして公表されていることから、この資料の適切な利用によって、より長い期間で良質の海上風分布資料の作成が可能になると考えられる。

本報告では、SDP 風資料から相関解析を通じて上述した各海域の沿岸部と海上部の風観測点における風特性を推定したのち、山口ら(2009)が用いた 2 段階の空間補間の方法に従って 45 年間(1961~2005 年)の各海域における海上風分布のデータセットを作成し、その特性を調べる。

2. 海上風分布資料の作成方法

2.1 対象海域と風資料地点

図 1 は格子間隔 $\Delta x = 2 \text{ km}$ で示した対象 3 海域における気象庁 SDP 風観測地点(図中の \times 印)、沿岸部(\circ 印)と海上部(\bullet 印)の風観測地点および仮想地点(\triangle 印)と表面風再解析資料入力地点(\square 印)の位置を示す。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。SDP 風資料は 1990 年以前で 3 時間間隔、1991 年以降で 1 時間間隔の平均風速・風向と日最大の風速・風向からなり、その起時は与えられていない。そこで 3 時間間隔資料については、線形補間によって 1 時間ごとの資料としたのち、これから得た時別日最大風速と日最大風速の比較に基づいて日最大風速・風向を時別日最大風速時点あるいはその前後の時点に組み込み、さらに線形補間により日最大風速時点と 3 時間ごとの定時の中間時点における風速と風向を再計算する。1 時間間隔資料については、時別の日最大風速・風向資料を日最大風資料に置き換えることにより、日最大風資料の取り込みを行う。これは SDP 風資料の風速が小さい特性を補うためである。

また、ここで用いる表面風再解析資料(NCEP 風資料)は、NCEP/NCAR(National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research)より提

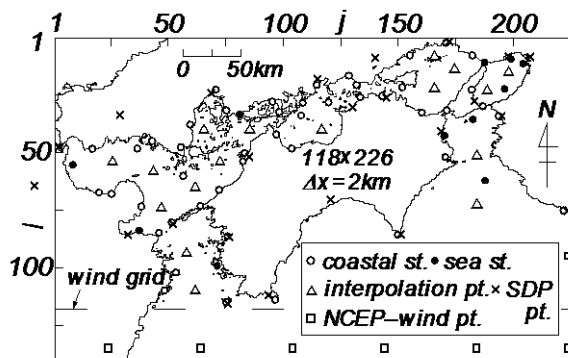
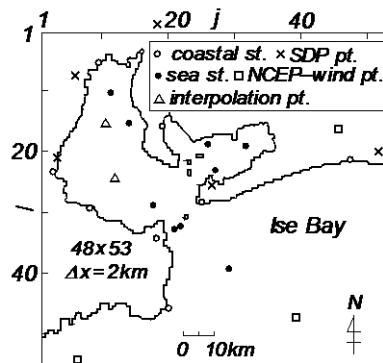
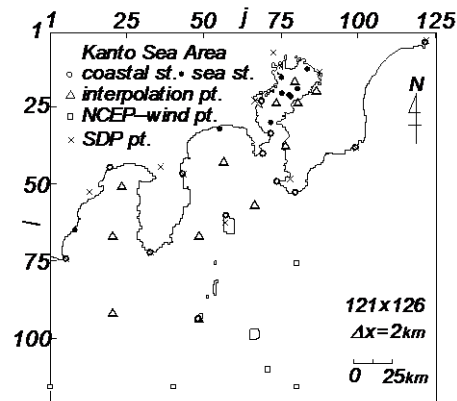


図 1 海域別の SDP 風観測地点、沿岸部と海上部の風観測地

供を受けた時間間隔 6 時間、空間解像度約 1.9° の 10 m 高度風資料を原資料として、その 1 時間間隔の線形補間値を北西太平洋上に設けた格子間隔 80 km の格子網上に双 1 次補間したのち、楕円型気圧分布を仮定する台風モデル風の 1 時間間隔値をこれに組込んで作成している。

2.2 風観測地点における風資料の作成

SDP 風資料と NCEP 風資料を用いて、沿岸部や海上部の風観測地点における風資料を次の手順で求める。

①資料期間が 45 年に及ぶ SDP 風資料には風速計の設置高度や機種の変更などに伴う不連続的変化がみられる地点も見出されることから、風速資料に対する高度などの補正を行い、不自然な挙動をできるだけ除外する。

②1/7 乗則の適用によって地点別 SDP 風資料を 10 m 高度風資料としたのち、これらと境界上代表地点における NCEP 風資料に加重

1 次補間法(塩野ら, 1985)を適用して、沿岸部と海上部の風観測地点における風速と風速 2 成分(風向)を 1 時間ごとに求める。

③後述するように、風観測地点における補間風向と観測風向の相関はかなり高いので、補間風向をそのまま風観測地点における風向とする。

④計算風速と観測風速との相関を 2 段階で利用して、計算風速を観測相当風速に変換する。すなわち、第 1 段階では 2 m/s ごとに区間分けした SDP 風速資料の平均値を横軸、この区間に入る同時刻の観測風速資料の平均値と SDP 風速資料の平均値の比を縦軸としたべき乗型回帰式を作成する。係数の決定は非線形最小 2 乗法による。ついで、この回帰式が特別の風速資料についても成立すると仮定して、風観測地点における 10 m 高度 SDP 風速の特別値から風速計高度(m)の観測風相当 SDP 風速の特別値を得る。図-2 の上側の図は東京湾の最奥部に位置する東京灯標について、上記の回帰式を示す。

⑤第 2 段階では、回帰式を用いて推定した計算風速(観測風相当 SDP 風速)と観測風速の各資料について別々に上位 1/20, 1/10, 1/3, 1/2, 全体および下位 1/3 の資料の平均値を得たのち、計算風速の各平均統計量を横軸、観測風速の各平均統計量と計算風速の各平均統計量の比を縦軸として再びべき乗型回帰式をあてはめたのち、これが特別値に対しても成立すると仮定して計算風速の特別値に適用し、計算風速(観測相当風速)の最終的な特別推定値とする。図-2 の下側の図は東京灯標についてこの場合の回帰式を表す。

⑥瀬戸内海における風観測地点では、推定値の精度向上を目的として⑤の操作を再度行う。

なお瀬戸内海の対象地点では、別途作成した夏季(6~9 月)における回帰式も適用して計算風を得たのち、2 種類の計算風から観測風との相関が高い方を地点別に採用する。この場合、6~9 月以外の月では全期間の資料を用いて作成した回帰式を適用する。

2.3 計算風資料の精度の検討

上述の手順で推定した各地点の計算風(観測相当風)の精度を観測風との比較により検討する。

図 3 は東京灯標における 36 年間(1970~2005 年)の特別計算風と観測風の間を風速と風向について示しており、両者の対応はそれぞれかなり良好である。因みに、誤差指標のうち相関係数は風速で 0.80, 風向で 0.98, 原点を通る相関直線の勾配値は 0.95, 1.01, 観測値を真値とする 2 乗平均

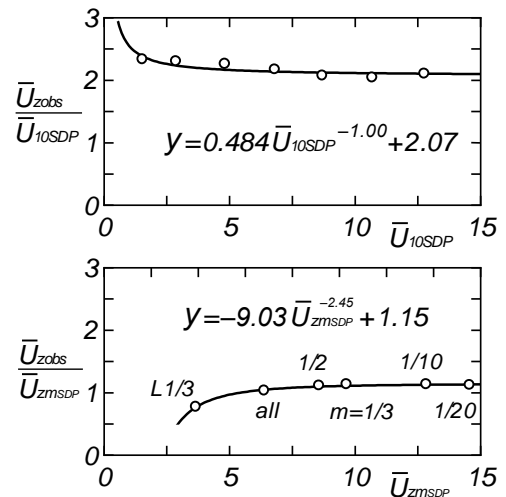


図 2 SDP 風速と観測風速の回帰式

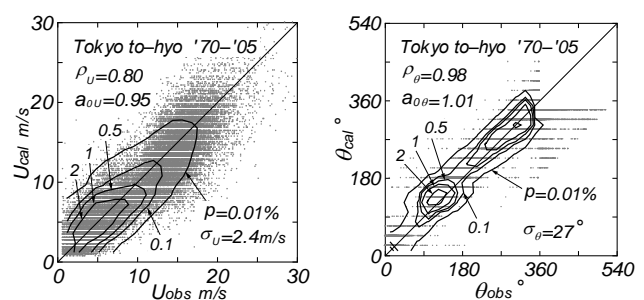


図 3 風速・風向の散布図

平方根誤差は 2.4 m/s, 27° をとることから, 計算風と観測風の良い対応が示唆される. 図 4 は全観測資料期間の風速

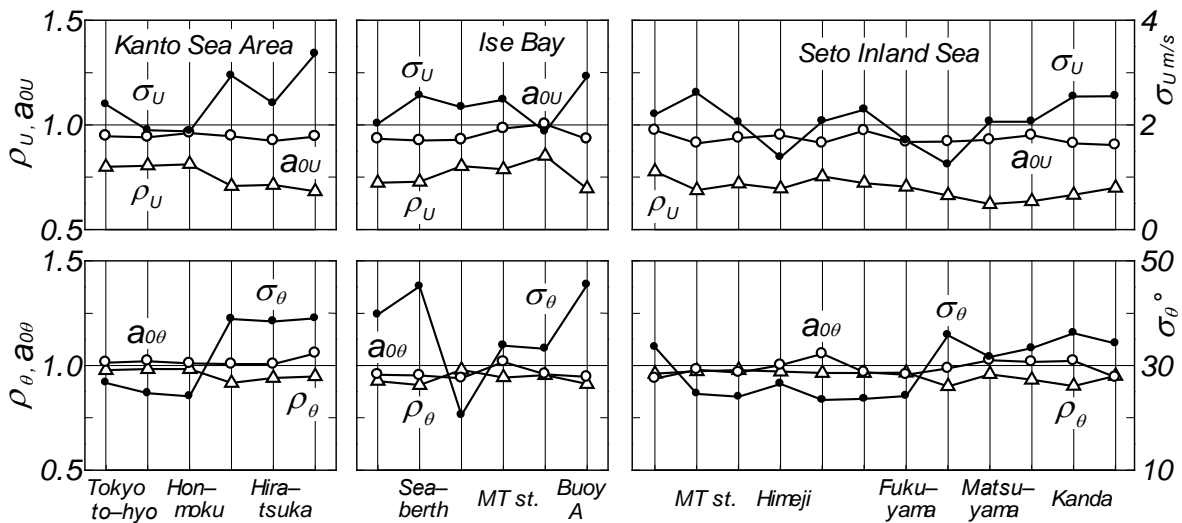


図 4 海域別の累年風速・風向誤差指標

および風向に対する誤差指標を 3 海域で代表地点別に示す. 風向に関して, いずれの海域でも相関係数は全地点で 0.9 以上, 2/3 の地点で 0.95 以上をとり, 勾配値も 1 に近く, もほぼ 40° 以下であるから, 計算風向と観測風向は全体としてよく符合すると言える.

風速に関して, 関東沿岸海域にある全 12 地点のうち東京湾内の 7 地点で相関係数は 0.80, 東京湾外の 5 地点で 0.70 前後をとり, 勾配値も 0.92~0.96 と 1 にかなり近く, 2 乗平均平方根誤差もほぼ 3 m/s 以下に収まる. これは, 関東沿岸海域の各風観測地点では風向のみならず風速に対する計算風の観測風に対する再現性が高いことを表す. 伊勢湾でも, 全 14 地点では 0.70~0.85, そのうち 4 地点で 0.80~0.85, は 0.92~1.0, そのうち 4 地点で 0.95~1.0, は 1.8~3.1 m/s, そのうち 6 地点で 1.8~2.0 m/s であるから, 関東沿岸海域と同様に全体的に高い精度を与える.

瀬戸内海では, 41 地点のうち 36 地点で 3 m/s の範囲に収まるものの, 0.75 の地点数が 4 と少なく, 0.70~0.75 の地点数が 8, 0.60~0.70 と 0.55~0.60 の地点数がそれぞれ 14 および 9 と多い. 勾配値も 9 地点で 0.95~1.05, 15 地点で 0.90~0.95, 13 地点で 0.85~0.90 を与えることから, 関東沿岸海域や伊勢湾に比べて計算風速の精度はやや低い可能性が示唆される. こうした傾向を小海域別にみると, 大阪湾や播磨灘では相対的に精度が高く, 紀伊水道南部, 瀬戸内海の中中部海域(燧灘や備後灘など)や西部海域(安芸灘, 伊予灘, 周防灘, 豊後水道)で相対的に低い. 周辺地形が複雑かつ多様な瀬戸内海のうちでも, 中部海域や西部海域では海上風観測地点がほとんど存在しないことと相まって, 計算風速の精度は必ずしも十分に高いとは言えない.

2.4 海上風分布資料の作成

海上風分布の作成は山口ら(2009)が用いた方法による. すなわち, まず図-1 に示す沿岸部の風観測地点における計算風速を 1/7 乗則の適用により 10 m 高度風速に変換したのち, 観測地点ごとに地形条件などを考慮して経験的に決めた係数(1.0~1.3)を乗じて 10 m 高度海上風速とする. 1/7 乗則の適用は海上部の風観測地点における計算風速に対しても行う. 風向に対する高度補正や海上風補正は行わない. ついで, 各海域の沿岸部と海上部の風観測地点における計算(海上)風と外洋境界上代表地点における NCEP 風に加重 1 次補間法(塩野ら, 1985)を適用して, 海上部に設けた仮想地点(図-1 の各海域に与える△印)における風を推定し, これに経験的に決めた増幅係数(1.05~1.20)を乗じて海上風としたのち, 全地点の計算風に対して再び加重 1 次補間法を適用して格子間隔 2 km で海上風分布を算出する. 増幅係数の乗算は海上部で風速が増強される特性を概略的な近似で考慮するためである. 期間は 1961~2005 年の 45 年, 時間間隔は 1 時間である.

3. 海上風分布資料の特性

図5は3海域における45年間の累年平均風速・風向の空間分布を示す。日本の周辺海域では夏季を除いてNW寄りの風が卓越することから、3海域における累年平均風の空間分布にこの特徴が現われている。これを海域別にみると、関東沿岸海域では風向は外海部でNW寄り、駿河湾でW寄り、相模湾でNW寄り、東京湾でNNW寄りをとり、小海域ごとにやや異なる。また、伊豆大島周辺海域ではS寄りの風向場となっており、その範囲が房総半島に及ぶ。この小海域の風向場は伊豆大島および野島崎における風観測地点の計算風を反映したものであり、観測風資料に対する空間補間の結果(山口ら, 2009)においても同様の特性がうかがえる。風速は駿河湾内で湾奥の4 m/sから湾口部の5.5 m/s, 相模湾で5~5.5 m/s, 東京湾で4.5~6 m/sをとり、外海部に向けて6 m/s以上に増加する。

伊勢湾では日本海側の若狭湾から伊勢湾に至る地峡が風の通り道になっている特性を反映して、風向は海域全体でNW方向(夏季のSE方向を除く)をとり、風速は湾奥部の5 m/sから湾口部の7 m/s, 湾外の8 m/sに増大する。

瀬戸内海では風は海峡部に集中して吹送するなど、地形の影響が強くなることから、風向は豊後水道や紀伊水道でNNW寄りをとり、西部海域の伊予灘や中部海域の燧灘、東部海域の播磨灘・大阪湾のNW寄りの場から時計方向に1方位程度傾く。風速は西部海域で4.5~5 m/s, 安芸灘で3.5~4.5 m/s, 中部海域で4~4.5 m/s, 東部海域の播磨灘で4~5 m/s, 大阪湾で4.5~5 m/s, 紀伊水道で5.5~6 m/sを与える。また、南側境界付近の外海部では、風速は九州の影響によって西側の4.5~5 m/sから東側(潮岬沖合)の6 m/sに向けて増加する。このように、周辺地形の複雑な瀬戸内海では小海域別に風特性が異なることが明らかになる。

以上の結果は観測風資料より求めた山口ら(2009)の結果やNEDO(2006)による結果と類似しており、内海・内湾部から外海に向けての風速の増大や海峡部における風の局所的な増強の挙動などがうかがえる。

4. 結語

内湾・内海を囲む気象官署におけるSDP風資料と当該海域の沿岸部および海上部の風観測地点における風観測資料の相関関係を利用することにより、SDP風資料から対象風観測地点の風特性を有意な精度で推定できる。したがって、観測風を利用する場合(山口ら, 2009)と同様に、計算風の空間補間を通じて当該海域における45年間1時間ごとの良質な海上風分布資料のデータセットの作成が可能になる。

参考文献

- 1)山口正隆・大福 学・日野幹雄・野中浩一・畑田佳男 (2009): 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.

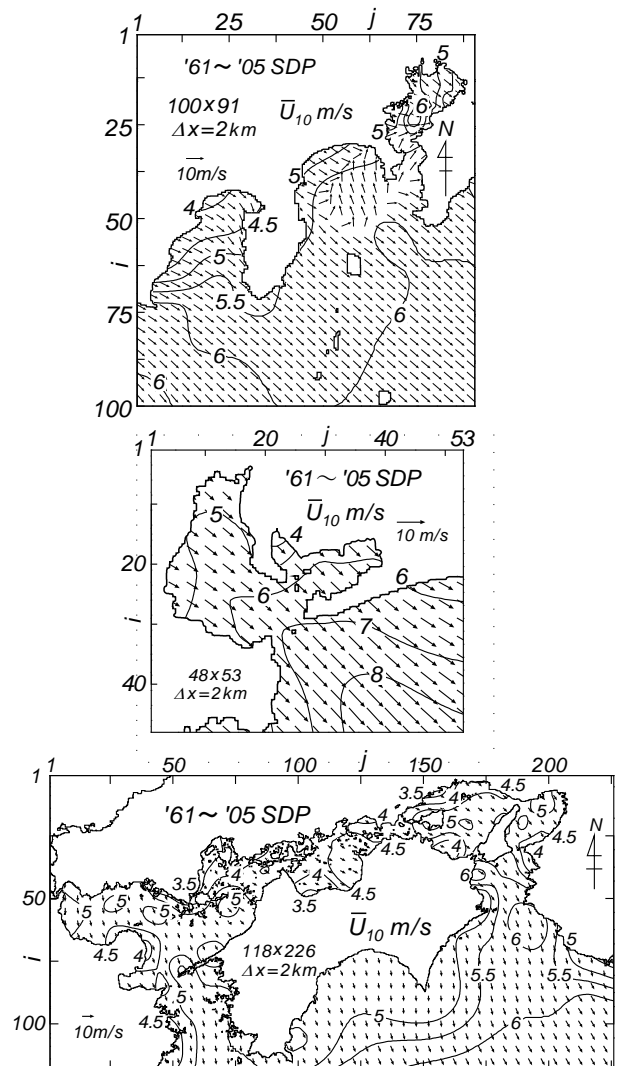


図5 海域別の累年平均風速・風向の空間分布