

1918~1965年の18巨大台風時の瀬戸内海 における海上風分布の再現

WIND DISTRIBUTIONS ON THE SETO INLAND SEA ASSOCIATED WITH
18 HUGE TYPHOONS IN THE 1918-1965 YEAR PERIOD

山口正隆¹・大福 学²・野中浩一³・日野幹雄⁴・畑田佳男⁵
Masataka YAMAGUCHI, Manabu OHFUKU, Hirokazu NONAKA,
Mikio HINO and Yoshio HATADA

¹正会員 工博 愛媛大学名誉教授 (〒790-8577 松山市文京町3)

²愛媛大学工学部技術専門職員 環境建設工学科 (同上)

³正会員 博(工) 愛媛大学工学部契約職員 環境建設工学科 (同上)

⁴正会員 博(工) 株式会社テクノシステム (〒693-0034 島根県出雲市神門町735-3)

⁵正会員 博(工) 愛媛大学大学院理工学研究科講師 生産環境工学専攻 (〒790-8577 松山市文京町3)

Using land-based measurement data called SDP (Surface Data Point) winds data, wind distributions on the Seto Inland Sea, Japan are estimated for each of 18 powerful typhoons in the 1918-1965 year period, which resulted in severe coastal disasters. Year-long winds data at coastal and sea stations are calculated from the SDP data, making use of the correlation between SDP data and measurement data at these stations over a shorter year period. Sea wind distributions on a regular grid are obtained by the application of a spatial interpolation technique to the irregularly-distributed data on the Inland Sea area. Main conclusions are that a reasonable agreement between measurements and estimates at these stations is attained and that the evaluated wind distributions indicate a clear dependence on both the course and intensity of typhoons and the surrounding topography.

Key Words : Land-based measurement wind data, sea wind distribution, Seto Inland Sea, 18 huge typhoons, year period of 1918-1965

1. 緒言

近年, 周辺地形の影響を受けた内湾・内海の海上風分布を推定するために, 地域気象モデル^{1)~3)}が導入されているが, 1970年代以前の巨大台風時に適用された研究事例は大澤ほか¹⁾のものを除いて見当たらない. 一方, 山口ほか⁴⁾は複数の気象官署で1961年以降に取得されてきた風観測資料 (SDP風資料) を用いて, 内湾・内海における海上風分布を比較的高い精度で評価しうる方法をごく最近開発している.

本研究では, この手法を古い時期の巨大台風 (1918~1960年の15ケースと1961~1965年の3ケースの計18ケース) 時の瀬戸内海における海上風分布の推定に適用し, 各台風時における最大風速の空間分布の特性を検討する. 瀬戸内海の沿岸は他の内湾域と同様に, 古来幾多の巨大台風によって甚大な強風・高潮・高波災害を受けてきた事実を考慮すると, 観測資料などが質量ともに限られているとはいえ, これらの資料を用いて古い時期の巨大台風に伴う強風分布を推定する本研究はその当時の高潮・高波を

再現計算するための基本的入力条件を提供するとともに, 今後の防災対策の策定にとっても参照すべき有用な基礎的情報を与えると考えられる.

2. 海上風分布の推定

(1) SDP風資料の調整

1880年代に始まるわが国の気象官署におけるSDP風資料は, 評価時間 (1時間から, 20分間, さらに10分間), 風速計 (4杯式, 3杯式, 風車型), 観測時間の間隔, 設置高度, 設置位置, 気象官署の場所, 風観測地点周辺の状況 (測風環境) などの変化により, 経年的にみて等質性を欠く. 図-1は徳島におけるSDP風資料より得た年別平均風速 $\bar{U}_y$ の経年変化を例示する. 年別平均風速は年ごとの変動に加えて期間別に不連続的变化を与えることから, このままでは等質な風観測資料とみなせない. そこで, 年別平均風速があまり変化しない直近年代の期間 (徳島では1976~2006年) 平均風速とそれ以前の古い年

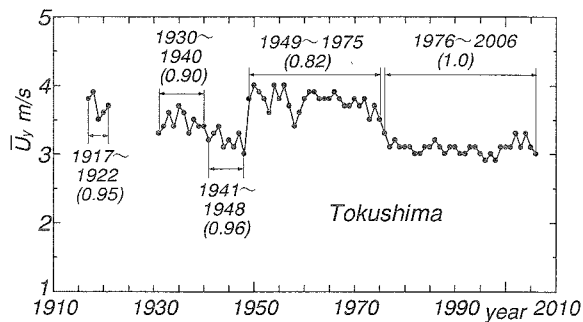


図-1 SDP風資料による年別平均風速の経年変化（徳島）

代の期間（徳島では1949～1975年，1941～1948年，1930～1940年と1917～1922年の4区分）平均風速が等しいと仮定して，図中の括弧内に与えた比率を時別SDP風速資料に乗ずることによりSDP風資料において等質性の大略の確保をはかる．直近年代の期間，古い年代の区分期間と区分数および乗ずるべき比率は，観測地点ごとに異なる．

以上の操作は古い年代からのSDP風速資料を直近年代のSDP風速資料に換算し，種々の要因で生じたSDP風速資料の非等質性を平均的な意味で概略除去することを意味する．この結果，SDP風速の原資料に含まれる傾向変動は人為的に消去されるので，この点に関しては別の方法を今後検討する．また，風向に対する調整は行わない．入力条件とするSDP風資料は10分単位で表した日最大風の出現時刻を考慮して，線形補間により10分間隔で作成する．

(2) 沿岸と海上における観測相当風の推定

山口ほか⁵⁾は内湾・内海の沿岸と海上で取得された観測風資料に対する空間補間法⁶⁾の適用によって海上風分布を推定する方法を開発し，これを入力条件とした高い精度の波浪推算が可能であることを明らかにした．こうした成果を考慮して，緒言で述べたように，山口ほか⁴⁾は陸上のSDP風から沿岸の風や海上の風を推定するための方法を開発した．これは次のように記述される．

①図-2に示すように，瀬戸内海を囲む陸上に位置する最大23ヶ所の気象官署（×印，2灯台地点を含む）におけるSDP風資料に1/7乗則を適用して10m高度風資料としたのち，これらの資料と外洋境界上の7地点（□印）における台風モデル風を埋込んだ表面風再解析（NCEP風）資料に加重1次補間法⁶⁾を適用して，海上（●印）や沿岸（○印）の風観測地点における10m高度風を得る．台風モデル風は楕円型気圧分布を仮定する傾度風と場の移動に伴う風のベクトル和による．また，NCEP風資料が存在しない1947年以前の台風では台風モデル風を用いる．

②補間風速と観測風速の相関を2段階の定数項付きべき乗型回帰式⁴⁾で考慮して，海上や沿岸の観測地点における観測相当風速を推定する．海上や沿岸における補間風向資料と観測風向資料は相関係数が

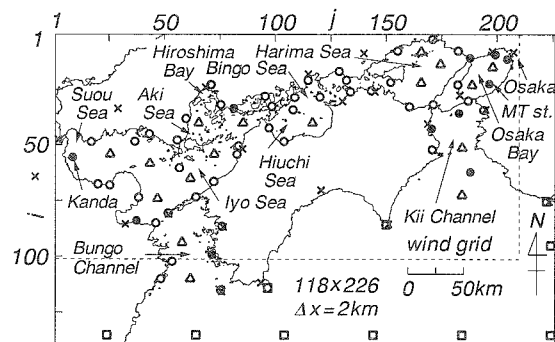


図-2 各種風観測地点と入力風地点の位置

おおむね0.9以上と高い相関をもち，誤差分散平方根値もおおむね30°以内と小さいので，時別補間風向資料をそのまま観測風向資料とみなす⁴⁾．

図-3は高風速時における計算風の精度を検証するために，小松島と荏田における月別最大風速 U_{Mmax} に対する計算値と観測値の比較を示す．両地点とも計算値が観測値よりやや大きい値を与える傾向にあるものの，平均的によく符合する．両者の対応関係は相関係数 $\rho(U_{Mmax}) (= \rho_U)$ と原点を通る相関直線の勾配値 $a_0(U_{Mmax}) (= a_{0U})$ で代表される．図-4は瀬戸内海の全域に分布する観測地点で得た相関係数 ρ_U と勾配値 a_{0U} を表す．勾配値は全般的に1よりやや大きい値をとり，計算値が観測値より5～6%大きめの値を与える傾向にある．相関係数は0.52～0.85の範囲にあり，20地点中15地点で0.7を上まわることから，月別最大風速に対する本手法の精度はかなり高いと言える．なお，神戸で相対的に小さい相関

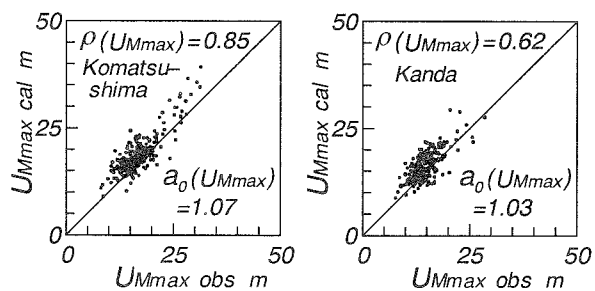


図-3 月別最大風速の比較

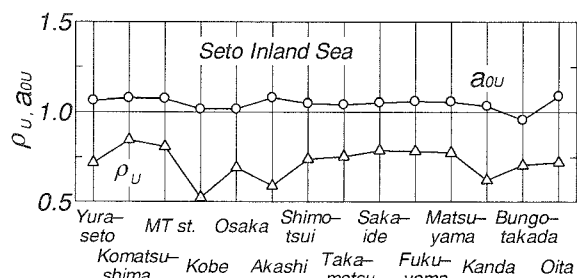


図-4 月別最大風速資料に対する相関係数と勾配値

係数を与えるのは、各データプロット点が比較的狭い範囲で45°直線のまわりに、いわば団子状に集まるためであり、必ずしも計算値と観測値の一致の程度が他の地点の場合と比べて低いことを意味しない。また、山口ほか⁴⁾は海上と沿岸の観測地点における時別の風速や風向、および月別1/3最大平均風速について計算値は観測値とかなりよく符合することを各種誤差指標によって明示しており、とくに風向に対する計算値と観測値の一致の程度は一層良好である。

図-5は海上と沿岸の観測地点におけるストーム別最大風速 U_{smax} に対する計算値と観測値の比較図を瀬戸内海の西部海域（周防灘，伊予灘，広島湾，安芸灘，豊後水道など）と東部海域（大阪湾，播磨灘，紀伊水道）について与える。この場合，計算値と観測値は図-3に与えた月別最大風速資料の場合と異なり，同一のストーム時に対応する。各データプロット点は45°直線のまわりで多少ばらつきを伴い，計算値は観測値よりやや大きめの値を与えるものの，おおむね観測値と符合することが個々のデータの分布状況や図中に与えた相関係数 $\rho(U_{smax})$ と勾配値 $a_0(U_{smax})$ によって示される。

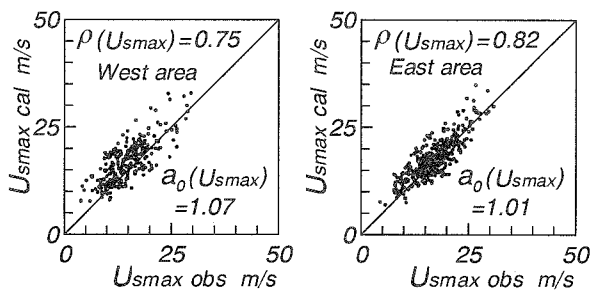


図-5 ストーム別最大風速の比較

(3) 海上風分布の推定法

海上風分布の作成は山口ほか⁵⁾の方法による。すなわち，上記の方法で推定した約50ヶ所の海上・沿

岸観測地点の観測相当風を10m高度海上風に変換したのち，これらと境界上7地点の海上風に加重1次補間法⁶⁾を適用して，海上に設けた仮想地点（図-2の△印）における風を推定し，海上での風速の増強をはかるために経験的係数(1.05~1.20)を乗じて海上風とする。ついで，沿岸と海上の観測地点，仮想地点，境界地点の10m高度海上風資料に再度加重1次補間法⁶⁾を適用して，格子間隔2kmで海上風分布を求める。時間間隔は10分である。周辺地形の影響を含んだ複数地点の観測相当風を空間補間することによって，海上風分布に地形の影響が反映されることになる。

3. 台風時海上風分布の特性

(1) 対象台風の選択

18ケースの台風は大阪をはじめとする各地点の高潮の上位記録，中央气象台および気象庁による異常気象報告書⁷⁾と気象要覧，日本気象協会による台風経路図30年集⁸⁾と気象海象要覧⁹⁾，台風・高潮災害に関する書物^{10)~16)}，災害記事等を参照して決めている。これらは，九州西方海域から九州をN~NE方向に進行したT5612号（エマ台風），T4216号（周防灘台風），T4902号（デラ台風），T5029号（キジア台風）の4ケース，瀬戸内海西部海域をN~NE方向に進行したT4516号（枕崎台風），T5115（ルース台風），T5415号（洞爺丸台風），1918年（大正7年）7月の台風（T18-Jul台風）の4ケース，四国西部から中部をNE方向に進行したT4326号，T3706号，T6420号の3ケース，四国東部をN~NE方向に進行したT3805号，T6523号，T3412号（室戸台風），T6118号（第2室戸台風），T5028号（ジェーン台風）の5ケース，紀伊半島をN~NE方向に進行した1921年（大正10年）9月の台風（T21-Sep台風），T5915号（伊勢湾台風）の2ケースである。図-6は各台風の経路を3つの図に分割して与える。上記の台風が瀬戸内海の沿岸域に高潮，高波のみならず沿岸域と陸

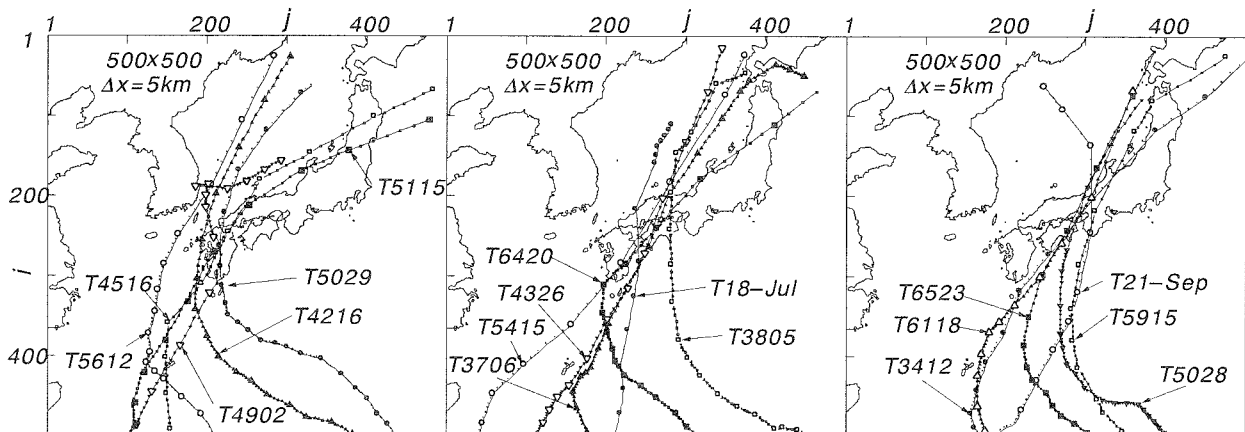


図-6 検討対象とする18ケースの巨大台風の経路

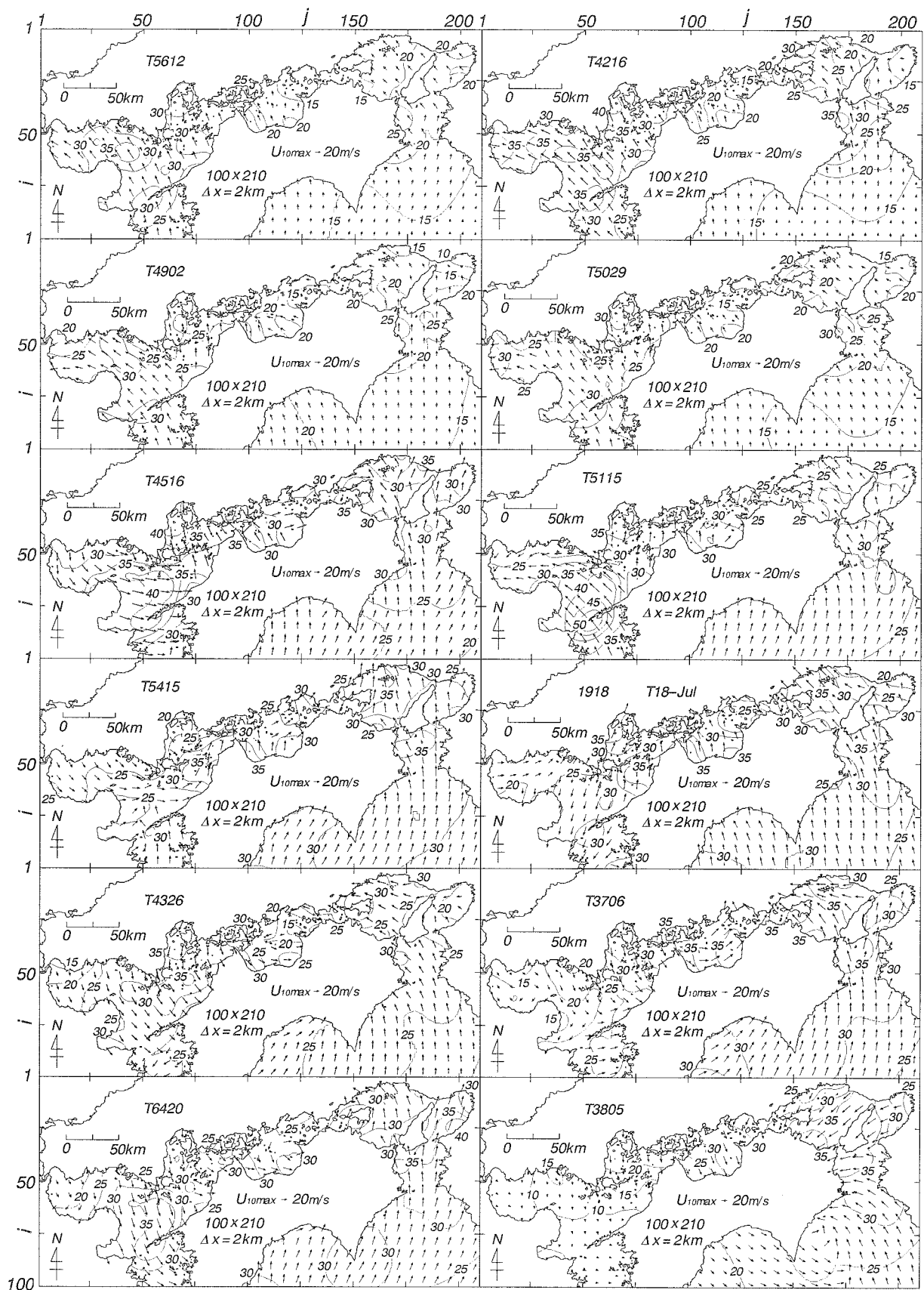


図-7 台風時最大風速・風向の空間分布(1)

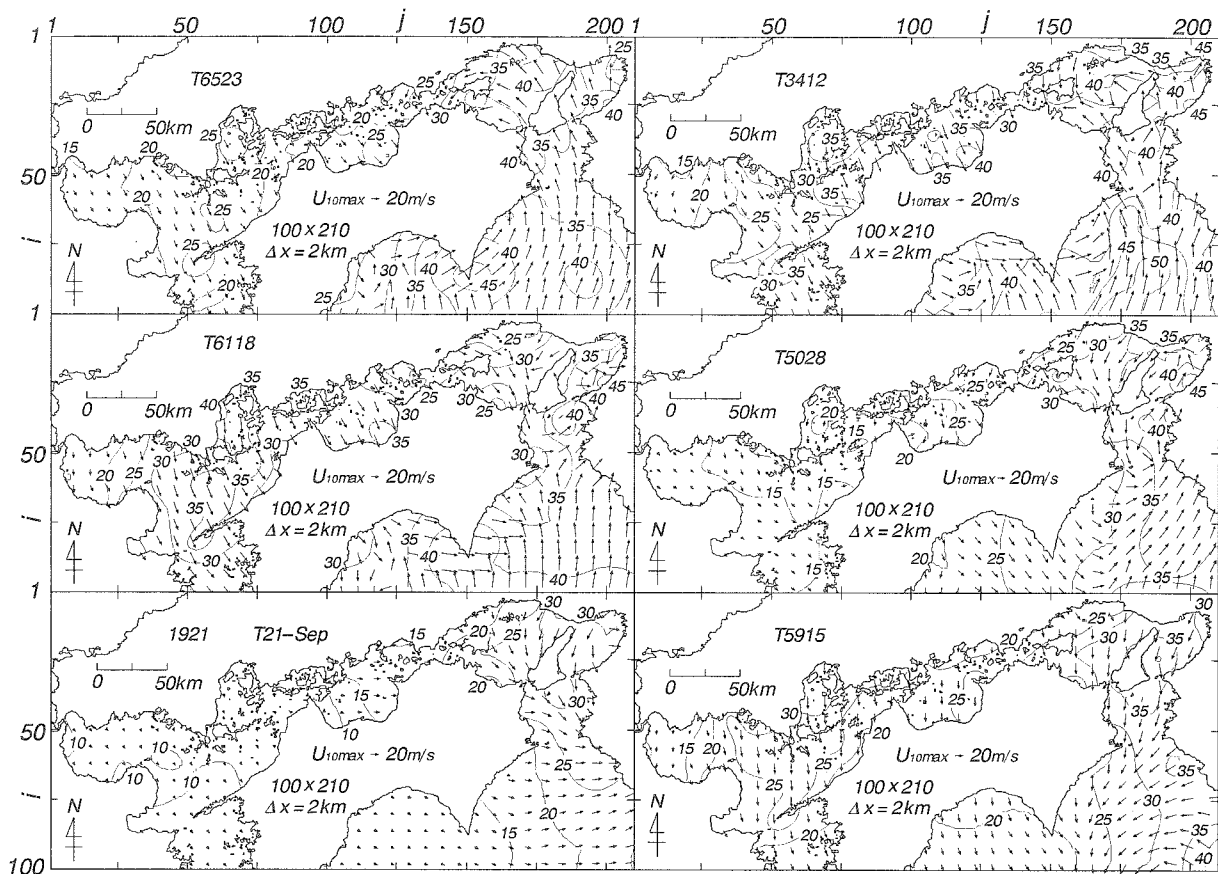


図-7 台風時最大風速・風向の空間分布(2)

域に強風，豪雨，土砂崩れ，土石流，洪水などを伴い，それぞれ甚大な被害をもたらしてきたことは言うまでもない。

(2) 台風時最大風速の空間分布

図-7は18ケースの台風について台風時最大風速 U_{10max} と風向の空間分布を西から東に向けての台風コースの順に与える。これらは瀬戸内海の全域に強風をもたらしたT4516号，T18-Jul台風，T5415号，T6420号，T3412号，T6118号，主に西部海域に強風をもたらしたT5612号，T4216号，T4902号，T5029号，T5115号，T4326号，東部海域に強風をもたらしたT3706号，T3805号，T6523号，T5028号，T21-Sep台風，T5915号に分けられる。瀬戸内海全域に強風をもたらした6ケースの台風のうち，T4516号時には西部海域で，T6420号，T3412号，T6118号時には東部海域でとくに風が強い。また中部海域（燧灘，備後灘など）ではT18-Jul台風，T3706号，T3412号，T6118号に伴い強風が生じている。

もう少し詳しくみると，西部海域では，台風が東シナ海あるいは九州をN～NE方向に進行したT5612号，T4216号，T4902号，T5029号時に豊後水道で風向がS～SE，伊予灘から周防灘でSE～Eの強風，九州をNNE方向に縦断し周防灘を通過したT4516号やT5415号時に風向がNWからSWの強風を与えるが，上記2台風と

似たコースをとったT5115号時にはむしろ前述の4台風と同様のS～Eの風向を示す。台風が豊後水道をN方向に進行したT18-Jul台風，四国西部をNE方向に進行したT4326号やT6420号時あるいは四国東部をNE方向に進行したT3412号やT6118号時には，風向はNあるいはNWをとる。風速はT4516号時に佐田岬周辺海域や広島湾・安芸灘北部で40m/sを越え，T5115号時には佐田岬付近の海域でさらに大きい。これは佐田岬灯台で観測された60m/sを超える最大風速（現地高度）を反映する。周防灘や伊予灘では風速は30～35m/sであり，佐田岬周辺海域や広島湾よりやや小さい。台風別では，山口県沿岸で高潮による多数の死者を生じた台風4216号（周防灘台風）時には西部海域全域で35m/sの強風が吹送するが，漁船・船舶被害に加えて漁民や船舶乗客に多数の死者が出た台風4902号（デラ台風）時の最大風速は30m/s程度とあまり大きくない。さらに，T6420号，T3412号，T6118号は西部海域にも35m/sに及ぶ強風を生起している。

中部海域では，T18-Jul台風，T3706号時に風向W～Sを，T3412号，T6118号時にNW方向をとる。風速はT4516号，T5415号時を含めて30～35m/sであるが，T3412号時には一部の海域で40m/sに達する。

東部海域では，豊後水道をNE方向に進行したT4516号，T5415号，N方向に進行したT18-Jul台風，

燧灘をNE方向に進行したT3706号、播磨灘をNE方向に通過したT6420号、NNE方向に進行したT6523号時に風向はS～SE、淡路島付近をNE方向に通過したT3412号、T5028号、T6118号時に、風向は紀伊水道でS、大阪湾でのSEから反時計回りに播磨灘でN寄りを与え、紀伊半島をNE方向に通過したT5915号時に風向はN～NE、紀伊半島をNNE方向に通過したT21-Sep台風時に風向は播磨灘・大阪湾でN方向、紀伊水道でNW～Wになっている。風速は東部海域全域でT4516号、T5415号、T18-Jul台風、T3706号、T3805号、T5915号の各台風時に30～35m/s、T6420号（大阪湾のみ）とT6523号時に35～40m/sをとり、T3412号時は伊予灘東部や広島湾から東側の広い海域で35～40m/sあるいは45m/sの暴風が吹送している。

図-8は18ケースの台風時最大風速分布から得た全対象台風時最大風速 $\tilde{U}_{10max}$ の空間分布を示す。図-7と併せてみると、次のことが言える。

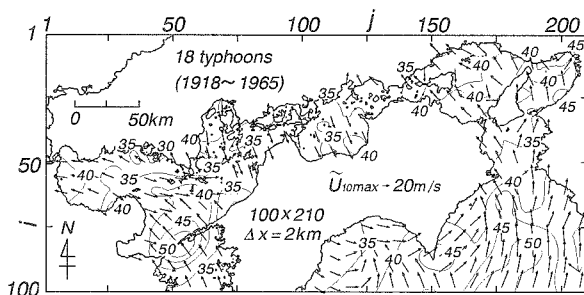


図-8 全対象台風時最大風速・風向の空間分布

①瀬戸内海において対象期間中に最大級の強風をもたらした台風はT4516号、T5115号、T3412号、T6118号、T6523号である。

②海域別には、西部海域で最大風速は40m/s程度であるが、豊予海峡部では地形の影響により50m/sを越える。最大風速はT4516号とT5115号時に生起している。中部海域では最大風速は35～40m/sで、とくにT3412号時に40m/sに達する。東部海域では最大風速は40～45m/sでT3412号、T6118号、T6523号時に生起している。

4. 結語

以上の検討結果は次のようにまとめられる。

- (1)本研究で適用した海上風・沿岸風の推定方法は有意な精度をもつ。
- (2)SDP風資料から推定した台風時最大風速の空間分布は各台風の特徴と地形特性を反映したものとなっており、合理的挙動を与える。
- (3)1918～1965年の異常台風時最大風速は40m/s程度であるが、大阪湾や局所地形の影響を受ける豊予海峡付近で45m/sあるいはそれ以上に達し、一方、周辺地形の影響の大きい中部海域（燧灘・備後灘）で

5m/s程度小さい。

今後、これらの海上風分布を入力条件とする波浪・高潮計算を実施し、とくに高潮に関して観測値との比較を通じて、その精度を明らかにするとともに、波高・高潮の時空間分布の特性や被災箇所の地域分布との関連を調べる予定である。

参考文献

- 1)大澤輝夫、竹山剛生、安田孝志：メソ気象モデルと台風ボーガスを用いた伊勢湾台風時の風の場のシミュレーション、海岸工学論文集、第48巻、pp.281-285、2001。
- 2)橋本典明、杉本彰、川口浩二、宇都宮好博：局地気象モデルと第三世代波浪推算モデルの内湾波浪推算への適用、海岸工学論文集、第49巻、pp.201-205、2002。
- 3)李 漢洙、山下隆男、駒口友章、三島豊秋：瀬戸内海の台風気象場、高潮、波浪の再解析、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol.B2-65、No.1、pp.441-445、2009。
- 4)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、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol.B2-65、No.1、pp.186-190、2009。
- 5)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。
- 6)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。
- 7)たとえば中央气象台：室戸台風調査報告、中央气象台彙報、第9冊、616p.、1935。
- 8)(財)日本気象協会：1940～1970 台風経路図 30年集、日本気象協会、139p.、1973。
- 9)たとえば(財)日本気象協会：気象海象要覧 大阪湾、港湾気象海象シリーズ④、531p.、1995。
- 10)黒田静夫、石綿知治：防災工学ー台風に対する海岸と港湾の防災、453p.、山海堂、1960。
- 11)本間 仁(編)：海岸防災、防災科学技術シリーズ6、402p.、共立出版、1973。
- 12)高橋 博、竹田 厚、谷本勝利、郡司嘉宣、磯崎一郎：沿岸災害の予知と防災ー津波・高潮にどう備えるかー、408p.、白亜書房、1988。
- 13)饒村 曜：続・台風物語、295p.、(財)日本気象協会、1993。
- 14)宮澤清治：近・現代日本気象災害史、325p.、イカロス出版、1999。
- 15)力武常次、竹田 厚(監)：日本の自然災害、637p.、国会資料編纂会、1999。
- 16)宮崎正衛：高潮の研究 その実例とメカニズム、134p.、成山堂書店、2003。