

1911～1972年の17巨大台風時の関東沿岸海域および 伊勢湾における海上風分布の再現

Wind Distributions on the Kanto Sea Area and Ise Bay Associated
with 17 Powerful Typhoons in the 1911-1972 Year Period

山口正隆¹・大福 学²・野中浩一³・畑田佳男⁴・日野幹雄⁵

Masataka YAMAGUCHI, Manabu OHFUKU, Hirokazu NONAKA, Yoshio HATADA and Mikio HINO

Using land-based SDP winds data, wind distributions on the Kanto Sea Area and Ise Bay, are estimated for each of 17 powerful typhoons in the 1911-1972 year period. Winds data during the typhoons at coastal and sea stations are calculated from the SDP data, making use of the correlation between SDP data and measurement data. Sea wind distributions on a regular grid are obtained by the application of a spatial interpolation technique to the irregularly-distributed data on the concerned areas. Main conclusions are that a reasonable agreement between measurements and estimates at these stations is attained and that the strongest winds of Tokyo Bay were brought about by the two typhoons in 1917 and 1938, while the effect of the typhoon in 1959 on wind intensity of Ise Bay is overwhelming compared with the other typhoons.

1. 緒言

巨大台風時において高潮や高波のみならず、それらの成因となる強風の時空間分布を適切に評価することは防災対策上重要な課題である。しかし、1960年代以前の台風についての検討結果は伊勢湾台風時の伊勢湾(大澤ら, 2001)を除き、論文としてほとんど公表されていない。

ここでは、対象海域の周辺陸上部に位置する気象官署で取得された観測風(SDP風)資料から海上風分布を簡便かつ比較的高い精度で推定しうる山口ら(2009b)の方法を、東京湾から伊勢湾に至る沿岸海域における1911～1972年の17ケースの異常台風に適用して各台風時の海上風分布を再現し、その特性を調べる。この結果は沿岸域の開発や防災に有用な基礎資料になると考えられる。

2. 海上風分布の推定

(1) SDP風資料の調整および対象領域

SDP風資料には、等質性、地点数、測定時間間隔の不均一などの問題がある。図-1はSDP風速資料に基づく年別平均風速 $\bar{U}_y$ の経年変化を横浜と名古屋について示す。これらの例にみるように、SDP風資料における最大の問題は、風向・風速計の種類(4杯風速計と矢羽根式風向計, 3杯風速計, 風車型風向・風速計), 設置高度, 設置場所, 評価時間(1時間から20分間, 10分間)および測

風環境の、年の経過に伴う変化に起因する風資料の非等質性である。ここでは最近の海上・沿岸観測風資料と陸上SDP風資料との相関関係を利用することから、SDP風資料において傾向変動がほぼみられない直近の5～32年の期間平均風速とそれ以前の古い時期で年平均風速があまり変化しない期間(できれば5年以上)平均風速が等しくなるように決めた期間別変換係数(図-1の図中の括弧内の数値)を古い期間の特別SDP風速資料に乗じて古い期間のSDP風速資料を期間別に調整し、等質性の大略の確保をはかる。この操作によって、SDP風速資料に本

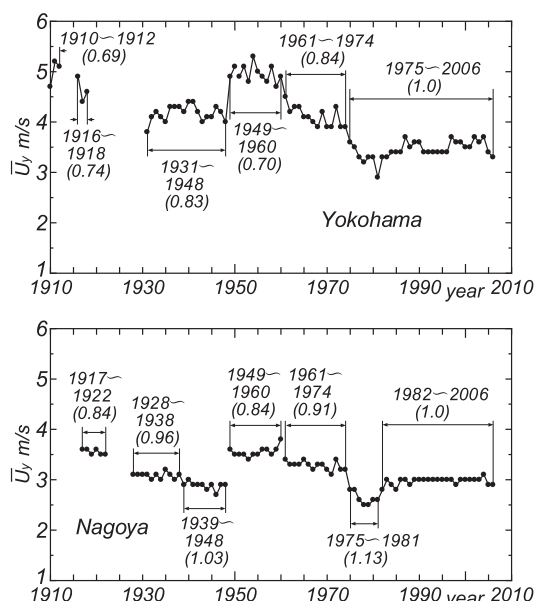


図-1 SDP風資料による年別平均風速の経年変化

1 正会員 工博 愛媛大学名誉教授
2 愛媛大学技術専門職員工学部
3 正会員 工(博) 愛媛大学契約職員工学部
4 正会員 工(博) 愛媛大学講師大学院理工学研究科
5 正会員 工(博) (株)テクノシステム代表取締役

来的に含まれる傾向変動も消去されることから、傾向変動については別途つぎの研究段階として検討する。

SDP風観測地点の数は古い時期ほど少なくなる。その極端な例が、東京湾周辺の5地点程度でしか資料が得られない1911年（明治44年）7月（T11-Jul）台風であり、この場合には信頼性のある海上風分布の推定結果は東京湾近辺に限られる。ほかの台風についても、古い時期のものほどSDP風観測地点の数が少ないけれども、少なくとも東京湾内の海上風を推定するための観測地点の数は確保されている。同様に伊勢湾においても、1950年以前ではSDP風地点は名古屋、津、浜松の3地点にすぎないけれども、3地点は伊勢湾を囲むように位置するので、ここでのSDP風資料から異常な挙動を伴わない海上風を推定することが可能である。また、SDP風資料の測得時間間隔は地点によっては3～6時間と粗く、必ずしも等間隔でないが、日最大風の生起時刻が10分あるいはこれ以下の単位で与えられるので、日最大風をSDP風資料に組み込んだのち線形補間によって10分間隔資料とする。

図-2は、格子間隔 $\Delta x = 2\text{km}$ で表した関東沿岸海域（東京湾・相模湾・駿河湾とその沖合海域）および伊勢湾を示す。図中には、SDP風観測地点（×印）、沿岸風観測地点（○印）、海上風観測地点（●印）、海上の補間風速を増強するために人為的に設けた仮想地点（△印）、境界近くで入力風を与える地点（□印）を表す。SDP風観測地点は関東沿岸海域で最大11地点、伊勢湾で最大5地点である。境界入力風は1949年以前では気圧分布をMyers式で近似する台風モデル風を、1949年以降ではNCEP表面風解析値に台風モデル風を埋込んだ風による。SDP風資料と同様に、台風モデル風の入力条件とする台風属性（中心位置、中心気圧、台風半径）の推定も過去に遡るほど困難になる。ここでは気象要覧の記載事項、日本周辺の天気図（1日2回）、台風経路近くにある地点で取得された気圧観測値やMyers式などを利用して台風属性を決定した。その精度は台風が日本に接近する時点ほど向上する。

(2) 海上・沿岸観測地点における観測相当風の推定

対象海域（関東沿岸海域、伊勢湾）周辺に位置する陸上地点でのSDP風資料（傾向変動を除去）から、海上・沿岸観測地点における観測相当風を推定する手順（山口ら、2009b）はつぎのようである。

- ① SDP風と境界入力風に加重1次補間法（塩野ら、1985）を適用して、海上・沿岸観測地点の風を求める。
- ② 海上・沿岸観測地点におけるSDP風速と観測風速の相関を2段階で考慮して、SDP風速を観測相当風速に変換する。第1段階の相関関係は 2m/s 区間のSDP風速の平均値と同時刻における観測風速の平均値の比 y をSDP風速平均値 x の定数項付きべき乗型回帰式

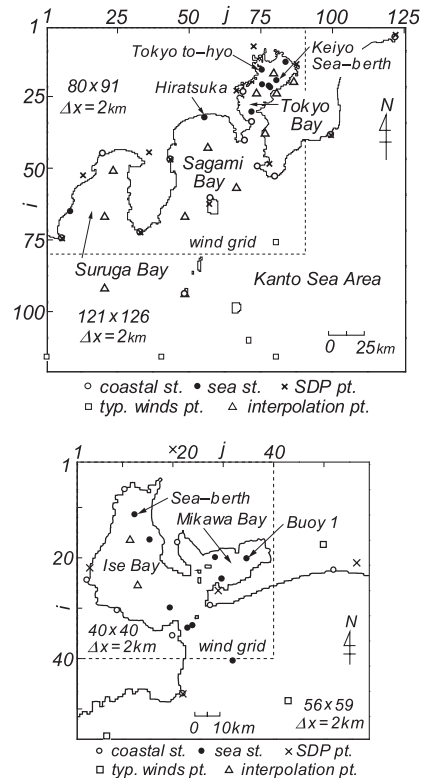


図-2 SDP風地点、観測風地点、境界入力風地点

($y = ax^b + c$) で表した近似式、第2段階の相関関係は観測風速と観測相当風速の特別値に対する6種類の平均値（上位1/20, 1/10, 1/3, 1/2, 下位1/3と全体の平均値）の比を観測相当風速の定数項付きべき乗型回帰式で表した近似式により考慮する。

- ③ 観測相当風向と観測風向の相関は相関係数がおおむね0.9を越えて、かなり高いことから、観測相当風向をそのまま観測風向とみなす。

図-3は月別最大風速 U_{Mmax} に対する計算値と観測値から得られる相関係数 $\rho(U_{Mmax}) = \rho_U$ と原点を通る相関直線の勾配値 $a_0(U_{Mmax}) = a_{0U}$ を関東沿岸海域と伊勢湾の地点別に与える。風速に対する推定精度は対象領域全体でも高い。因みに、 ρ_U は0.53～0.89の範囲にあり、26地点中19地点で0.7以上、 a_{0U} は0.92～1.10、16地点で0.95～1.05である。なお、計算値と観測値は必ずしも同じストームで生じていない。図-4は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を東京湾内の海上風4観測地点および伊勢湾の沿岸風2観測地点と海上風6観測地点の計8地点についてそれぞれ合わせて示す。図には、 U_{smax} についての相関係数と勾配値を与える。東京湾内では計算値が観測値よりやや小さめの値を、伊勢湾海域ではやや大きめの値を与える傾向にあるけれども、計算値と観測値の全般的な対応は悪くない。

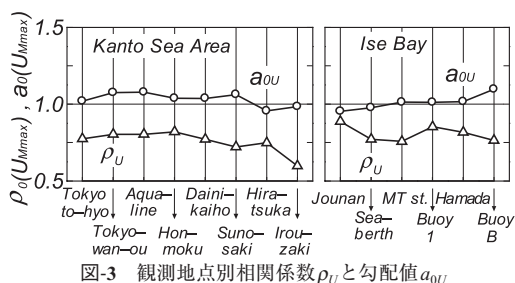
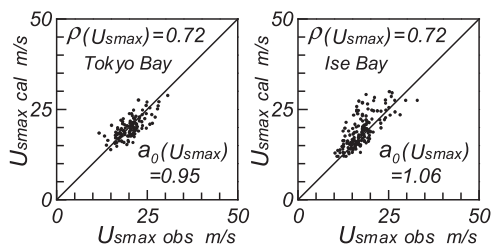
図-3 観測地点別相関係数 ρ_U と勾配値 a_{0U} 

図-4 ストーム別最大風速の比較

(3) 海上風分布の推定方法

海上風分布資料の作成は山口ら (2009a) の方法による。すなわち、対象海域にある海上・沿岸観測地点の観測相当風と境界入力風に加重1次補間法 (塩野ら, 1985) を適用して仮想地点 (図-2の△印) の風を算出し、経験的に決めた定数 (1.05~1.2) を乗じて海上風としたのち、観測相当風、境界入力風および中間地点における海上風に再度加重1次補間法を適用して、格子間隔2kmの格子網上で海上風分布を求める。時間間隔は10分である。

3. 台風時海上風分布の特性

(1) 対象台風の選択

対象台風は関東沿岸海域で1911年 (明治44年) 7月 (T11-Jul) 台風, 1917年 (大正6年) 10月 (T17-Oct) 台風, 1932年 (昭和7年) 11月 (T32-Nov) 台風, 台風 (T) 3412号 (室戸台風), 1938年 (昭和13年) 9月 (T38-Sep) 台風, T4910号 (キティ台風), T5811号, T5821号, T5822号 (狩野川台風), T5915号 (伊勢湾台風) の10ケ

ース, 伊勢湾で1921年 (大正10年) 9月 (T21-Sep) 台風, T3412号, T5028号 (ジェーン台風), T5313号 (テス台風), T5915号, T6118号 (第2室戸台風), T7220号の7ケースとする。これらは、東京と名古屋におけるそれぞれ最上位およびその近くに位置する高潮偏差記録, 中央气象台および気象庁による異常気象報告書と気象要覧, 日本気象協会による台風経路図30年集と気象海象要覧, 台風・高潮災害に関する書物 (饒村, 1993; 宮崎, 2003) などを参照して決めている。因みに、観測記録に基づく第1位から第3位までの最大高潮偏差は東京ではT38-Sep台風時の220cm, T17-Oct台風時の190cm, T4910号時の140cm (第4位はT11-Jul台風時の130cm), 名古屋ではT5915号時の345cm, T6118号時の197cm, T7220号時の196cm, である。図-5 (a), (b) は関東沿岸海域を対象とする10ケースの台風の経路を、図-5 (c), (d) は伊勢湾を対象とする7ケースの台風の経路を示す。

(2) 台風時最大風速・風向の空間分布

図-6は関東沿岸海域を対象とした10ケースの台風のうち、紙数の制約のためT3412号とT5915号を除く8ケースの台風時における最大風速・風向の空間分布を示す。T3412号とT5915号の台風経路は関東沿岸海域から西方にずれているため、最大級の強風は生じていない (山口ら, 2010)。これらの図によると、風速は、東京で第1位と第2位の高潮偏差を生起したT38-Sep台風やT17-Oct台風時に最大45m/s, 東京湾内においても35~40m/sに達する。風向はおおむねS寄りをとるが、T38-Sep台風時に一部でNE方向を与える。第3位と第4位の高潮偏差を生起したT4910号とT11-Jul台風時には、風速は東京湾内で30~35m/sであり、東京湾の湾口部や浦賀水道、相模湾で大きい。風向は東京湾でS寄りを与える。1958年7~9月にかけて、伊豆半島付近に相次いで上陸し、伊豆半島を中心に洪水・強風などによる大災害をもたらした3つの巨大台風 (T5811号, T5821号, T5822号) 時では、東京湾や相模湾において風速は20~25m/sあるいは25~30m/sであり、房総半島沖合を除いて極端な強風場を形成していない。とくに、T5822号は関東沿岸海域の沖合

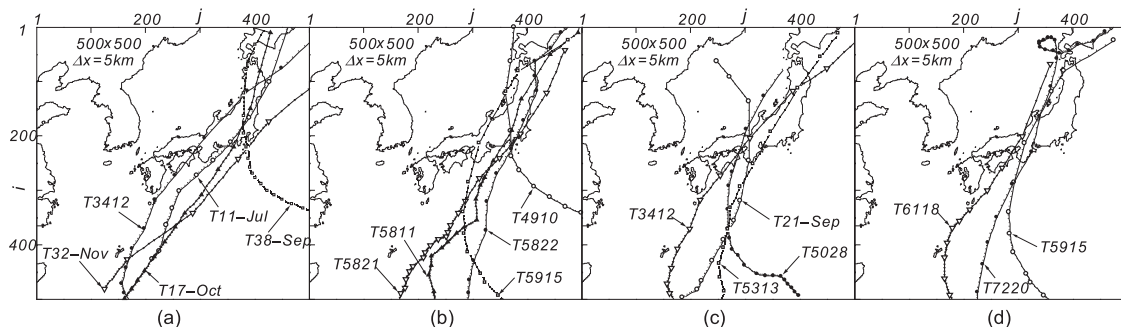


図-5 台風経路 (関東沿岸海域 (a), (b), 伊勢湾 (c), (d))

南方海域で中心気圧877hPaの超々巨大台風であったが、伊豆半島への接近に伴い急速に勢力を減じたことから、風速は東京湾においても30m/s程度である。要するに、これら3つの巨大台風時には房総半島沖合海域を除いてそれほどの強風は出現していない。観測資料に基づく東京の高潮偏差はT5822号時の58cmに対してT5811号時の114cmである。また、T32-Nov台風は房総半島をNE方向に通過し、中心気圧945hPaをとった巨大台風であり、その経路特性のために、房総半島周辺海域で風速45～50m/s、東京湾南部、浦賀水道、相模湾で40m/s、東京湾内でも30～40m/sの強風となっているが、風向はN寄りを与える。

図-7は伊勢湾における7ケースの台風時の最大風分布

を与える。わが国の近代史上最悪の高潮災害をもたらしたT5915号時には、渥美半島周辺海域で風速が45m/sを越え、伊勢湾奥でも40m/sに達するなど、T6118号以下の6ケースの台風時風速を5m/s以上上まわる。風向は湾口部と三河湾でS方向、伊勢湾内でSE方向が卓越する。他の6ケースの台風のうち、T6118号とT7220号時には伊勢湾内で37.5～40m/s、T21-Sep台風時には35～40m/sで、いずれもかなりの強風が吹送している。風向はおおむねS～SEである。大阪湾を中心に大被害をもたらすとともに、名古屋で第2位の高潮偏差197cmを生じたT6118号時や第2伊勢湾台風と呼ばれるほどの高潮偏差（196cm）をもたらしたT7220号、さらに紀伊半島に上陸しN方向に進行したため、伊勢湾と大阪湾の沿岸部に甚大な高潮被

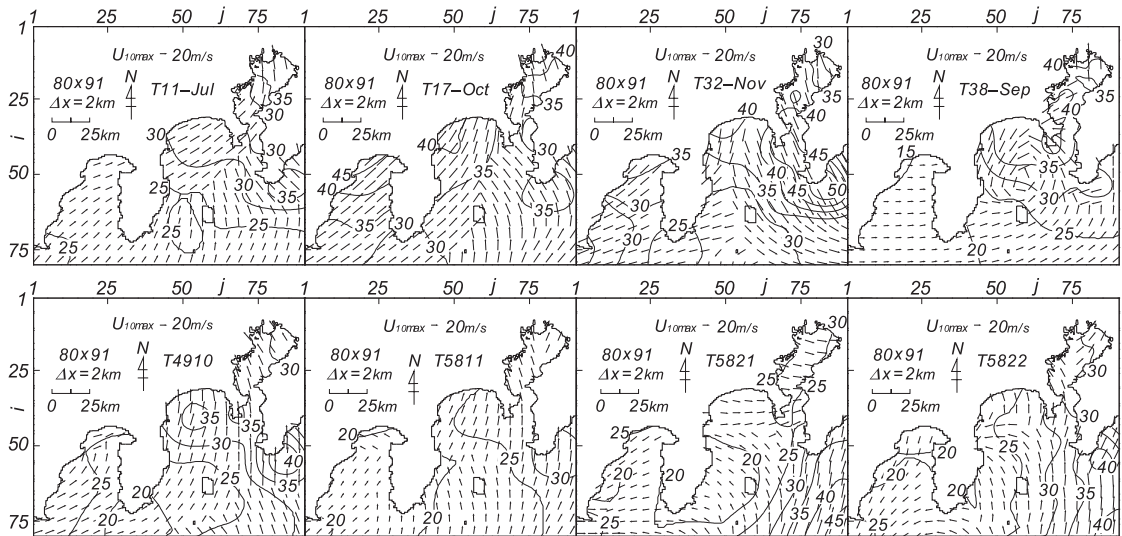


図-6 台風時最大風速・風向分布（関東沿岸海域）

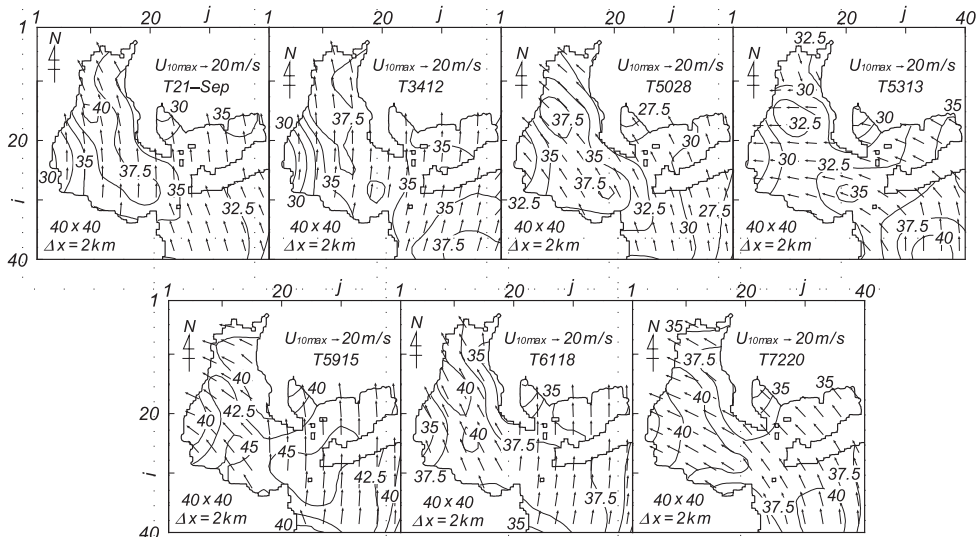


図-7 台風時最大風速・風向分布（伊勢湾）

害を生じたT21-Sep台風時(饒村, 1993)に暴風が吹送していたことがわかる。同様に, 大阪湾に未曾有の高潮災害をもたらしたT3412号やT5028号時にも伊勢湾内で32.5~37.5m/sの強風が吹いている。風向はS~SEである。一方, T5915号以前で伊勢湾一帯に深刻な高潮・高波災害を生じし, 三面張りの堤防形式の導入や1956年の海岸法の制定の契機となったT5313号時には, 伊勢湾内で風速は30~35m/sを与え, 他の6ケースの台風時に比べて風速が小さいのに対して, 伊勢湾外では風速は40m/sに達する。これは志摩半島から知多半島を通過したT5313号の経路特性による。

図-8は関東沿岸海域で10ケース, 伊勢湾で7ケースの台風時最大風速・風向を重ねて得たそれぞれの海域における期間最大風速・風向の空間分布を示す。関東沿岸海域のうち, 東京湾ではT17-Oct台風の影響が最も強く, T38-Sep台風がこれに次ぐが, 房総半島先端の周辺海域ではT32-Nov台風の影響が卓越し, 風速は45~50m/sに達する。伊勢湾海域では期間最大風速・風向の空間分布はT5915号時のそれとほぼ同じであり, しかも上述のよ

うにT5915号時の最大風速は他の6ケースの台風時最大風速より5m/s以上大きいことから, 期間最大風速に関してT5915号の影響が他を圧することがわかる。

4. 結語

本研究で得られた知見はつぎのように要約される。

- ①陸上観測地点のSDP風資料と海上・沿岸観測地点の観測風資料の相関関係を利用して海上・沿岸観測地点の観測相当風を推定する手法は有意な精度をもつ。
- ②1911~1959年間で関東沿岸海域のうち東京湾に最大級の強風をもたらした台風は1917年(大正6年)10月の台風および1938年9月の台風であり, 風速は40m/sに達する。風向はおおむねS~SSEである。また, 房総半島周辺の海域では, 房総半島をNE方向に中心気圧945hPaで通過した1932年11月台風時に45~50m/s, 風向NWの異常風速が生起している。
- ③1921~1972年間で伊勢湾に最大級の風速をもたらした台風5915号時には, 風速が45m/sを越える海域も出現し, 他の台風時風速を5m/s以上上まわるなど, その影響は圧倒的である。

今後, 本研究で推定した海上風分布や別途推定した気圧分布を波浪推算や高潮推算に利用し, 波浪や高潮の時空間分布を調べる予定である。

参考文献

- 大澤輝夫・竹山剛生・安田孝志(2001): 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.
- 塩野清治・弘海原 清・升本真二(1985): 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)―加重一次補間法, 情報地質(10), pp. 65-78.
- 饒村 曜(1993): 続・台風物語, (財)日本気象協会, 295p.
- 宮崎正衛(2003): 高潮の研究 その実例とメカニズム, 成山堂書店, 134pp.
- 山口正隆・大福 学・日野幹雄・野中浩一・畑田佳男(2009a): 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.
- 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男・日野幹雄(2009b): 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.
- 山口正隆・大福 学・野中浩一・日野幹雄・畑田佳男(2010): 昭和の3大台風に伴うわが国の内湾・内海における海上風分布の再現, 水工学論文集, 第54巻, pp. 1567-1572.

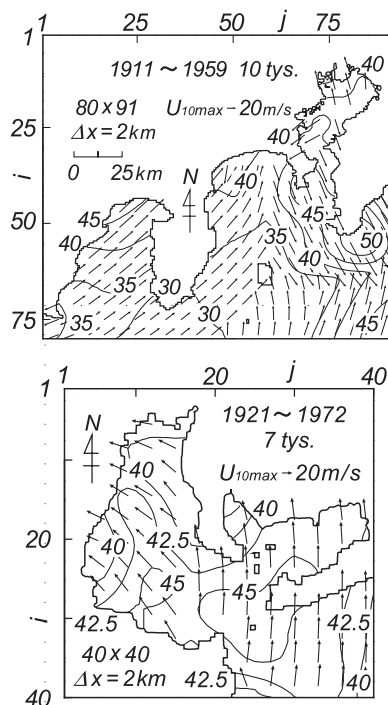


図-8 期間最大風速・風向分布(関東沿岸海域, 伊勢湾)