

愛媛大学工学部 正員○畑田佳男

愛媛大学工学部 正員

山口正隆

東亜建設工業（株）

前川浩章

1. はじめに：超長期の再現期間に対する確率波高を推定する手段の1つとして、過去の異常気象擾乱時の属性を統計的にモデル化し、これと波浪推算モデルを組み合わせる方法が考えられる。台風時については山口らにより確率的台風モデルに基づく波高の極値推算システムが開発されているが、前線を伴い多様な気圧分布をとる低気圧に対する同様の試みは行われていない。そこで、本研究では確率的低気圧モデル、傾度風モデルおよび1点浅海モデルを組み合わせた低気圧時波高の極値推算システムを開発し、日本海側および太平洋側代表地点における1000年間の波浪シミュレーションに基づいて、超長期の再現期間に対する確率波高を推定する。

2. 確率的低気圧モデル：低気圧の気圧分布を楕円型分布で近似し、低気圧属性を図-1に示すように中心位置(X_c, Y_c)、中心気圧 p_c 、遠方場気圧 p_∞ 、楕円長軸の傾き θ 、および低気圧半径 a_1, a_2, b_1, b_2 の9つの量によって代表させる。確率的低気圧モデルは(a)低気圧発生数モデル、(b)境界・領域内低気圧発生モデル、(c)低気圧の発達・移動モデルから構成される。(a)低気圧発生数モデルは低気圧年発生数の累積分布に一樣乱数を与えて各年の低気圧発生数を得るものであり、これを確率的に境界発生数と領域内発生数に配分

する。(b)、(c)の低気圧発生・発達・移動モデルは境界上の低気圧属性とその変化量の平均値を重み付きスプライン関数、対象領域内の低気圧属性諸量の相関関係を回帰式で近似するとともに、平均値からの変動量を資料より求まる累積分布で表示するものである。回帰式および変動量の累積分布は、精度の向上を図るため、図-2に示すように境界および領域を複数個に分割した小区域で別個に作成する。

3. 実低気圧に対する推算結果：図-3は、楕円形気圧分布モデルを仮定する傾度風モデルに基づく海上風分布とECMWF表面風解析値資料による結果の比較を示す。低気圧を中心として反時計回りに渦巻く海上風場が形成されており、モデルおよび資料による結果はかなりよく対応している。これから、楕円形気圧分布に基づく単純なモデルによって、第1次近似的には低気圧の影響が卓越する領域における気圧場および風場を再現できるといえよう。図-4は、柏崎港における有義波時系列の比較図で

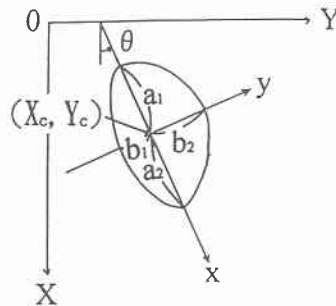


図-1

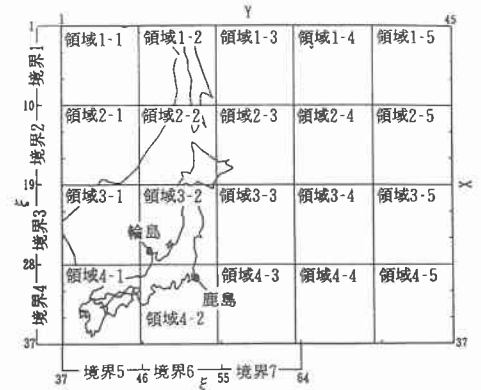


図-2

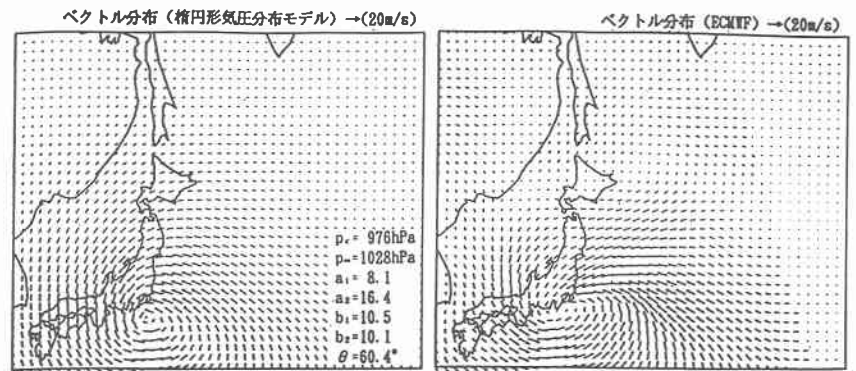


図-3

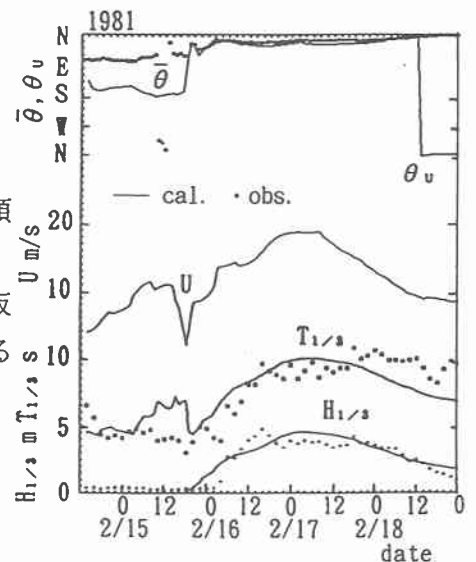


図-4

あり、平均波向および風速・風向の推算結果も併せて示す。例示するように、対象低気圧に伴う風浪が卓越する場合には、推算結果と観測結果の比較的良好な一致が得られるが、二つ玉低気圧ケースに対する再現性は多くの場合十分とはいえない。

4. シミュレーション結果：図-5は20年間（1976～1995年）の低気圧モデル風資料に対する極値統計解析に基づいて推定した50年確率風速 U_{50} (m/s)の平面分布を、図-6はECMWF風資料より得た低気圧期年最大風速資料に基づく結果を示す。両者の50年確率風速は西から東に向かって増大する傾向を示し、海上部では風速の絶対値を含めて相互に比較的对応しているが、ECMWF資料は地形の影響を含むことから、日本本土や大陸でかなり低い値をとる。図-7は、確率的低気圧モデルによって発生した1000年間約35000個の低気圧に伴う年最大風速資料に基づく50年確率風速の平面分布である。50年確率風速は東北地方東方海域の40m/s域を中心に同心円状に減少する。こうした空間変化パターンは、風速が5m/s程度大きい点を除いて、ECMWF風資料に基づく推定結果と定性的に一致し、また、局所的な高風速域を除いて、実低気圧モデル風資料に基づく推定結果とも符合する。つぎに、1000年間にわたり発生した低気圧に対する波浪推算を日本海側の輪島と太平洋側の鹿島において実施し、これから得た年最大波高資料に対する極値統計解析に基づいて、再現期間50～1000年に対する確率波高を推定した。表-1はシミュレーション資料、既往の気象擾乱に対する波浪推算資料（30年）、観測資料（16年）からそれぞれ得られた年最大波高資料に対する極値統計解析結果の一覧を輪島について示す。シミュレーション資料による100年確率波高とその標準偏差は 9.5 ± 0.2 mであり、波浪推算資料による 9.7 ± 0.5 mとほぼ一致することから、本システムの有効性が確認される。また観測資料による結果は 7.6 ± 0.3 mであり、上述の結果より2m程度小さい。これは、短い観測期間のために、たとえば1970年1月の異常波浪記録が含まれず、確率波高が低目に評価されることを主な要因とする。また、資料数が多いシミュレーション資料では、最適分布の適合度が高く、しかも確率波高の標準偏差も小さいことから、確率波高の推定精度が高いといえる。再現期間1000年の確率波高（11.8m）は、100年確率波高に比べて24%大きい程度であり、10倍の再現期間に対しても、異常な増加率を示さない。太平洋沿岸の鹿島においても同様の結果が得られた。

5. まとめ：本システムは再現期間50年の確率気圧および確率風速の平面分布や、太平洋側および日本海側沿岸代表地点における確率波高に関して、既往資料に基づく結果と同程度の値を与える。また、超長期の再現期間に対して得られるそれらの再現期待値の標準偏差も小さい。したがって、低気圧を対象とする場合、本システムは超長期の再現期間に対する確率気圧や確率風速のみならず確率波高の推定に有用であると判断される。

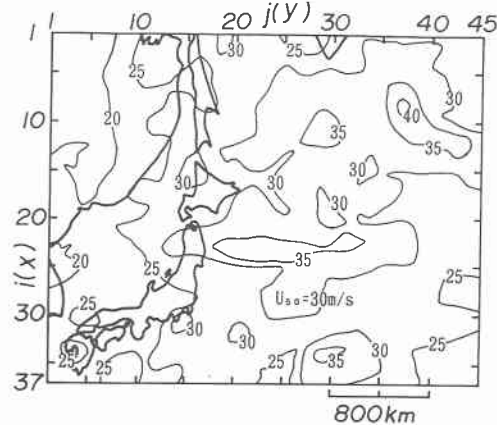


図-5

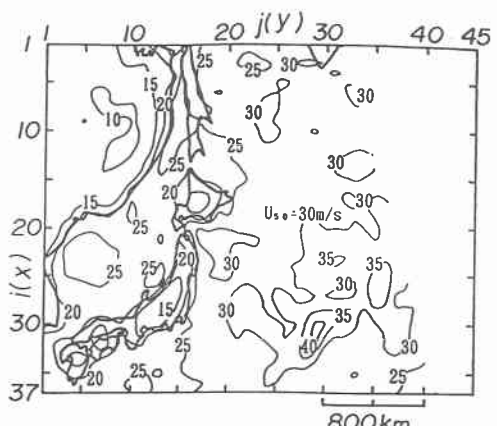


図-6

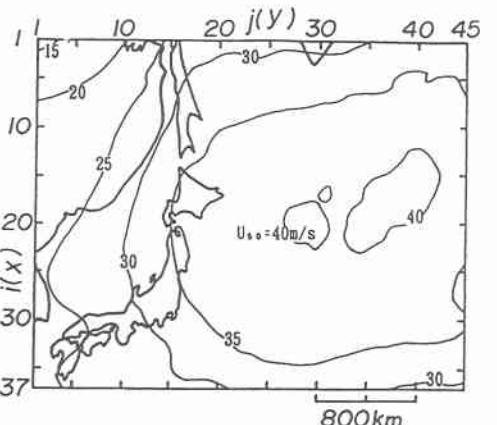


図-7

表-1

	シミュレーション	推算資料	観測資料
水深 (m)	50	50	50
年数	1000	30	16
資料数	900	30	16
相関係数 ρ	0.998	0.993	0.990
$H_{100} \pm H_{\sigma 100}$ m	9.50 ± 0.19	9.66 ± 0.50	7.61 ± 0.31
$H_{1000} \pm H_{\sigma 1000}$ m	11.77 ± 0.27		