

II-1 伊勢湾周辺海域における海上風の数値計算に関する研究

名古屋大学大学院 正会員 ○水谷 法美
 名古屋大学大学院 学生会員 吉田 達哉
 名古屋大学大学院 学生会員 吉田 幸一

1.はじめに：波浪・高潮推算は、港湾構造物の設計条件を決定するための基礎資料作成の手段として必要不可欠であるが、推算の外力条件となる海上風の推定によって推算精度は大きく影響を受ける。現在は過去の気象データに基づいて各種構造物などの設計条件の設定が可能であるが、地球規模での気象変動を想定した場合は、設計波の推算のための十分な精度を有する海上風の推定手法の構築が重要である。海上風の推算手法については、マスコンモデルに基づく手法¹⁾や、さらに初期風場を与える経験式を組み合わせたハイブリッドモデル²⁾などが提案されているが、運動方程式を直接解く手法でないため、気圧分布から風場の予測を行うには必ずしも適しているとはいえない。一方、近年、数値気象データとして、GPVデータが入手可能である。これにより、限られた条件ではあるが、格子上の気象データが使用可能であり、数値計算の初期条件や境界条件として利用可能である。そこで本研究では、三次元 SOLA スキームに基づいて連続式と Navier-Stokes の運動方程式を直接解く方法により、伊勢湾周辺海域を対象に海上風のシミュレーションを試みたので、その結果について報告する。

2.数値計算：モデルの基礎方程式は、次に示す 3 次元流れに関する連続式（質量保存則）と Navier-Stokes の運動方程式で表される。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial P}{\partial z} - g + \nu \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] \quad (4)$$

ここで、 P は気圧、 ρ_a は空気密度、 u , v , w はそれぞれ x , y , z 方向の風速、 ν は動粘性係数である。ただし、ここでは平均流を扱い、乱れの効果は粘性係数に渦動粘性係数を採用することにより考慮する。

計算領域にスタッガードメッシュを採用し、時間に前進差分を採用して式(1)～(4)を差分化する。そして、運動方程式から風速の各成分の時間発展を計算し、この風速値が連続式を満たすよう圧力を補正する圧力流速反復法の一つである SOLA スキームを用いた計算手法を採用して風速と圧力の計算を行う。

計算領域は、図-1 に示すように（図中左が北）、伊勢湾を中心とする南北 150km、東西 110km の範囲で、鉛直方向は海面から 1620m までとし、標高は国土地理院発行の数値地図（1km メッシュ）の値を使用した。

格子の寸法を、水平方向に 2km 四方としたが、鉛直方向には、最下層を 20m、それ以外は 200m とした。

ところで、GPV データの格子は本計算格子

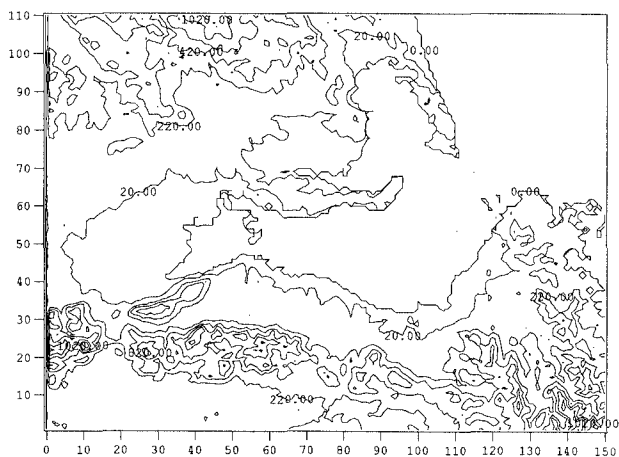


図-1 計算領域

の約 20 倍の大きさであるため、計算にはこれらの値を一次補間によって内挿した値を使用することとした。

3.結果と考察：図-2 と図-3 に、それぞれ通常時（1996 年 9 月 10 日 13 時）と台風接近時（1996 年 9 月 22 日 13 時）に対して本計算モデルにより算出された伊勢湾周辺海域の風速ベクトル分布（海面上 10m の風速）を示す。なお、軸の数字は格子番号である。

局所的ではあるが計算結果には陸上地形の起伏の影響を受けて風向が変化している傾向が認められた。特に、渥美半島では陸上地形に沿うように風向が偏向しており、これは伊勢湾の定性的な風速・風向出現特性と一致する。このことから、SOLA スキームに基づく本モデルはその特色である複雑な陸上地形の影響を推算結果に反映させることが可能であると考えられる。また、図-3 では太平洋沖で南東から北西に向かって強い風が吹いている。この時には台風 9617 号の中心が伊勢湾の南東沖約 350km にあることから、この風向は等圧線と平行に風が吹くという一般的な風向の特性を再現していると言える。しかし、表-1 に示すように、本計算手法は、風速の代表値を過大評価する傾向があり、その定量的な精度には改良の余地が多く残されており、今後の検討課題である。

4.おわりに：本研究では、三次元 SOLA スキームに基づいた風速場の直接数値計算手法を開発し、GPV データを使用して伊勢湾周辺海域における海上風の予測を試みた。その結果、本計算は地形による局所的な風場の変化まで再現可能であることを確認したが、風速値の精度に問題が残された。今後、計算精度の改善を行っていく所存である。なお、最後になるが、本研究を行うに当たり、文部省科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）（代表者 豊橋技術科学大学 青木伸一助教授）および文部省科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）（代表者 茨城大学 三村信男教授）の補助を得たことを付記する。

<参考文献>

- 1)気象庁予報部：予測作業指針その 8、量的予報（気温、風）、1970。
- 2)後藤・柴木：海上風の特性和陸上地形の影響を考慮した海上風推算モデル、港湾技術研究所報告、第 33 巻、第 3 号、1983。

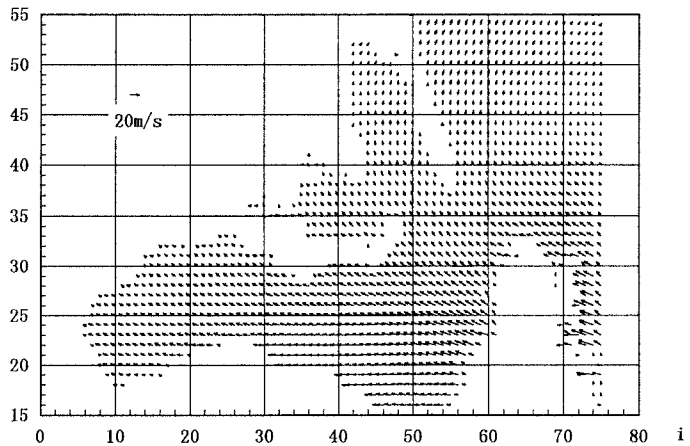


図-2 1996 年 9 月 10 日 13 時（通常時）の風速ベクトルの空間分布

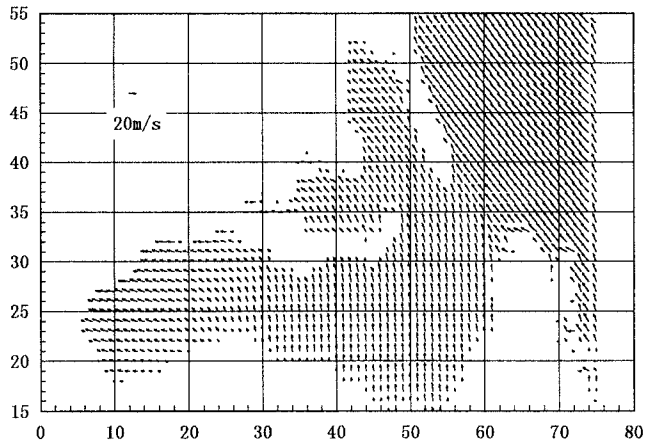


図-3 1996 年 9 月 22 日 13 時（台風接近時）の風速ベクトルの空間分布

表-1 伊良湖地区における代表風速の比較例

	通常時		台風接近時	
	計算値	観測値	計算値	観測値
平均風速	8.0m/s	5.2m/s	26.1m/s	11.3m/s
瞬間最大風速	15.8m/s	9.0m/s	35.4m/s	20.8m/s