

伊勢湾周辺海域における風場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 番場 豊和

1.はじめに：防波堤や海岸堤防などの従来の耐波設計は過去の観測記録から統計解析によって求められた設計波に基づいて行われるが，気候変動が生じ，気象・海象の定常性が満たされなくなると設計波の決め方が問題となる．一方，波浪にともなう海浜変形などは，常に波との相互作用によって生じており，耐波安定性のように設計波に基づく予測は困難で，作用波の時空間変化を考慮した取扱が必要と考えられる．

近年，第三世代の波浪推算モデルが実用化され，さらに浅海域への拡張も試みられている¹⁾．しかし，風波は風を外力として発生・発達するものであり，風波の予測精度は風場の予測精度に依存する．海上風の推算手法の一つに力学方程式に基づく数値的解法があるが，この手法では，いかに精度の良い初期値・境界値を与えるかがその精度を支配する一要因となる．本研究では，著者らが検討を加えている力学方程式モデルに基づく海上風予測手法²⁾の初期値と境界値を，数値気象データ（GPV）の風速値にマスコンモデルを適用して補正することで数値計算の予測精度の向上を試みたので，その結果について報告する．

2. マスコンモデル：GPV の格子点は本計算格子よりも粗いため，初期値と境界値を空間的に補間する．この際，マスコンモデルを採用し，質量保存則を満たすよう調整を行う．質量保存則は，非圧縮性気体を考えると次式となる．なお， x と y は北→南，西→東の水平軸， z は鉛直軸で， u, v, w は各方向の風速である．

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

マスコンモデルでは，一般に調整値（＝補正後の値と初期の値の差），すなわち次式で定義される真値からの誤差の2乗和を最小とするように補正風場を計算する方法がとられる．

$$E(u, v, w, \lambda) = \int_V \left[\alpha_1^2 (u - u^0)^2 + \alpha_1^2 (v - v^0)^2 + \alpha_2^2 (w - w^0)^2 + \lambda \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right] dx dy dz \quad (2)$$

ここに， u_0, v_0, w_0 は調整前の初期風速， λ はラグランジュの未定乗数， α_1 と α_2 はガウスの精度係数である．式(2)で定義される誤差を最小にする条件から，質量保存則を満たすように調整された u, v, w が得られ，これを初期値と境界値として，力学方程式に基づく数値計算^{2),3)}を行った．なお，支配方程式は式(1)の質量保存則と Navier-Stokes の運動方程式である．

3.計算条件：計算領域にスタaggerドメッシュを採用し，時間に前進差分を採用して支配方程式を差分化する．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った．

計算領域は，伊勢湾周辺海域の南北方向に北緯 34 度 20 分～同 35 度 40 分，東西方向に東経 136 度 15 分～同 137 度 30 分の範囲とした．格子間隔は，水平方向は東

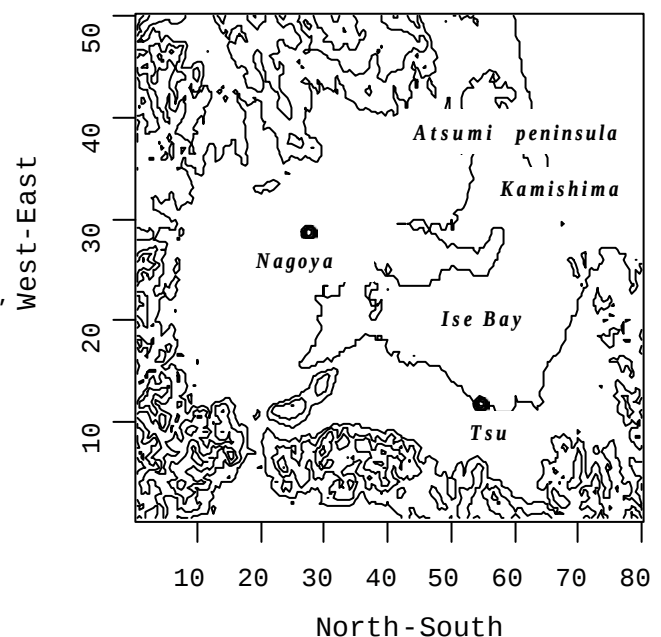


図-1 計算領域

西および南北方向ともに 2km 間隔とし、鉛直方向には、地表面 ($z=0\text{m}$) から 50m 間隔で 20 層まで対象とした。また、計算の時間間隔は 1 秒間とし、1 時間の風場の時間変化を計算した。図-1 は計算領域の等高線を示したものである。地形の標高値は、国土地理院発行の 1km メッシュの数値地図を用いた。なお、図では鉛直方向に 50m 間隔の等高線を示しており、低地の影響で 0m の線は実際の海岸線とは一致していない。

4.結果と考察：紙面の都合上、図示していないが、マスコンモデルを使って補正する前の初期風場に見られた GPV 格子の境界付近の風の不連続性が、同モデルを使用して補正することによって解消され、滑らかな分布となることが明らかとなった³⁾。さらに、補正された風速ベクトルは陸上地形の影響を受けて偏向する傾向も確認されており³⁾、初期値の信頼性は高くなったと判断できる。

図-2 は、このようにして求めた初期値と境界値を力学方程式モデルに使用して得られた 1 時間後の風場の推算値である。本計算は、1997 年

9 月 17 日 3:00 の風場を初期値として同日 4:00 の風場を予測したもので、このとき台風 9717 号の中心が計算領域の北西である日本海沖にある。図-2 より、台風の中心方向へ吹き込む南からの風が確認できる。さらに、渥美半島沖などでは陸上地形の影響を受けて、風向が若干東向きに偏向していることも確認できる。表-1 は、伊勢湾口部の神島での観測値と本計算値を比較した結果を示したものである。通常時、台風接近時のいずれも計算値は実験値に近いことが確認できる。以上のように、マスコンモデルを使って補正した風場を初期値と境界値に使用して力学方程式モデルを使用すると、かなり観測結果に近い風場を推算可能であるといえる。

5.おわりに：本研究では、GPV にマスコンモデルを使って補正した風場

を初期値と境界値に使用した力学方程式モデルに基づく風場の時空間変化の数値計算を試みた。その結果、これまでの著者らの手法に比べて計算精度が改善された。しかし、紙面の都合上図示していないが、風速の鉛直方向分布などに改善の余地が残された。今後、更に計算手法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 茨城大学 三村信男教授）および文部省科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）（代表者 豊橋技術科学大学 青木伸一助教授）の補助を得たことを付記する。

<参考文献>

- 1)宇都宮ら(1999)：第三世代波浪推算モデルの浅海域への適用，海講論文集，第 46 巻，pp.266-270。
- 2)水谷ら(1999)：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，第 54 回年講講演集 II，pp.1-2。
- 3)水谷ら(2000)：RSM-GPV を使用した伊勢湾岸域の海上風の計算に関する考察，平成 11 年度中部支部研究発表概要集，pp.157-158。

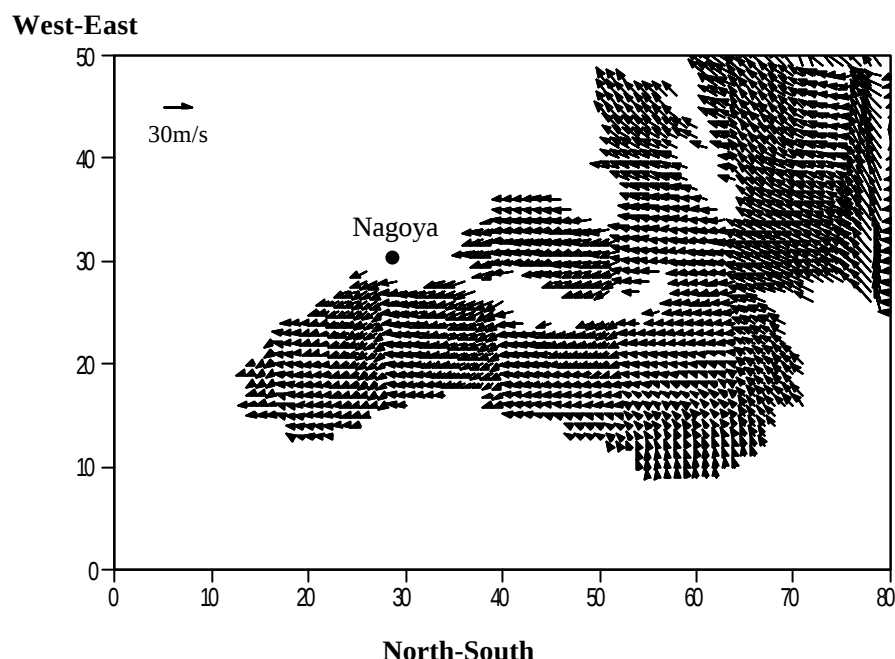


図-2 台風時の風速ベクトルの推算値（1997 年 9 月 17 日 4:00）

表-1 神島における代表風速の比較例

日時	計算値		観測値	
	風速	風向	風速	風向
通常時(1997.9.7 1:00)	5.6m/s	SE	5.7 m/s	E
台風時(1997.9.17 4:00)	29.2 m/s	NE	27.9 m/s	E