

# 四国沿岸域における防災総合数値解析システムの構築 ～波浪・高潮推算の入力条件となる海上風推算モデルの作成と検証～

菊地 洋二\*・岡 良\*\*・近藤 徹\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\* 前 (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹

\*\*\* 前 国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 技術開発課長

四国沿岸域で発生する高波・高潮・津波に関する数値解析・関連情報を一括管理する防災総合数値解析システムのうち、波浪推算モデルおよび高潮推算モデルの入力初期条件となる海上風推算モデルを構築し、既往の気象擾乱による観測値と計算値の比較により、海上風推算モデルの精度と特徴を把握した。

キーワード: 海上風推算, 波浪推算, 高潮推算, 防災, 数値解析システム

## 1. はじめに

近年、四国沿岸域において広域にわたる被害を及ぼした高波・高潮や、今後発生が危惧される東南海・南海地震津波について、防災・減災対策が緊急の課題となっている。防災総合数値解析システム（以降、「本システム」と記述）は、このような対策の一つとして、波浪推算、高潮推算、津波計算のプログラムを一括して作動でき、併せて気象・海象情報や推算情報・災害関連情報等を含めて一括管理するツールとして構築している。これにより、四国沿岸域で発生する高波・高潮・津波の現象を迅速かつ簡易に解析するとともに、災害等の関連情報を収集・管理でき、防災・減災対策の効率化を図ることができる。

本報告では、数値解析システムのうち波浪推算モデルおよび高潮推算モデルの入力初期条件となる海上風推算モデルについて、4種類のモデル（台風モデル、ハイブリッドモデル、マスコンモデル、MM5）の計算値と既往の気象擾乱による観測値を比較し、それぞれのモデルの精度検証と特徴について報告する。

## 2. 防災総合数値解析システムの構成

### 2.1 全体構成

本システムは、図-1に示すように5つのサブシステムと支援データベースで構成されている。大きくは、波浪・高潮・津波の計算システム、気象・海象データや地形データ等の支援システム、および解析用の支援データベースの3種類に分類できる。

### 2.2 波浪・高潮推算の処理

今回報告する海上風推算モデルが含まれるシステムは、波浪推算システムと高潮推算システムであり、海上風推算結果がそれらの入力初期条件となる。高潮推算システムの実行処理フローを図-2に示す。

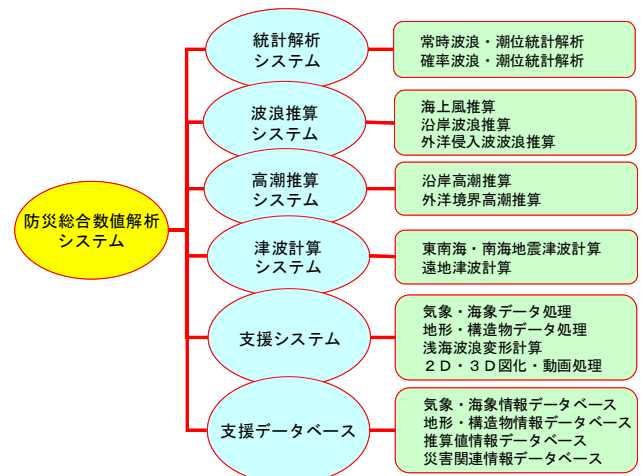


図-1 防災総合数値解析システムの構成

## 3. 海上風推算モデル

波浪推算および高潮推算の精度は、海上風（海面上10m高度の風）の推算精度に大きく依存する。したがって、海上風推算モデルの精度検証を行って、適切なモデル選定と推算条件設定することが重要である。

現在、海上風推算モデルにはいくつかあるが、今回使用したモデルは以下のとおりである<sup>1), 2)</sup>。

- ① 台風モデル
- ② ハイブリッドモデル
  - ・傾度風+台風モデル
  - ・境界層モデル
  - ・SGW
- ③ マスコンモデル
- ④ MM5

なお、本システムの海上風推算で実行可能とするモデルは、台風モデル・ハイブリッドモデル・マスコンモデルであり、MM5については今後の構築を予定している。

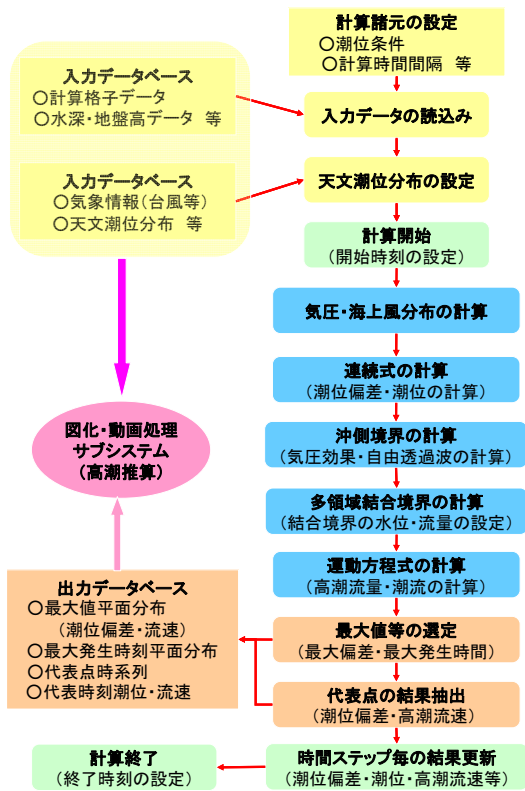


図-2 高潮推算システムの実行処理フロー

(1) 台風モデル

台風モデルは、台風の中心位置、中心気圧、台風半径をパラメータとして計算する。台風の気圧分布の推定式はMyersの式を用いる。

$$P = P_0 + \Delta P \exp(-r_0/r) \quad (1)$$

ここで、 $P$ はある地点の海面気圧、 $P_0$ は台風中心の海面気圧、 $\Delta P$ は中心深度、 $r$ は台風中心からの距離、 $r_0$ は台風中心から最大風速が発生するまでの距離を表す。

台風域内の風は、気圧分布に対応する傾度風 $U_1$ と、低気圧の進行に伴う場の風 $U_2$ の合力として表される。

$$U_1 = C_1 [-f r/2 + \{(f r/2)^2 + \Delta p / \rho_a \cdot r_0 / r \exp(-r_0/r)\}^{1/2}] \quad (2)$$

$$U_2 = C_2 (U_1 / U_{1r_0}) Vr \quad (3)$$

ここに、 $C_1$ 、 $C_2$ は低減率、 $r$ は中心からの距離、 $f$ はコリオリ係数、 $\rho_a$ は大気密度、 $U_{1r_0}$ は $r=r_0$ における $U_1$ 、 $Vr$ は台風の進行速度を表す。

(2) ハイブリッドモデル

傾度風+台風モデルは、同心円で近似できる台風影響範囲を台風モデルで計算し、同心円で近似できないところを傾度風モデルで計算する。両空間を内挿して滑らかに接続する。

境界層モデルは、大気を自由大気と大気境界層に分け、高度とともに風向・風速を変化させるモデルである。

SGW (Super Gradient Wind) モデルは、台風の中心付近では傾度風を超える強風が吹く現象を、台風の中心

からの距離の関数で風速低減係数を与えて考慮したものである。

(3) マスコンモデル

沿岸域や内湾における風場は陸上地形の影響を受けるため、台風モデル等では誤差が大きくなる。マスコンモデルでは、質量保存則を束縛条件とした解析によって、3次元の風場の分布を得るものである。

(4) MM5

局地気象モデルの一種で、大気を格子状に分割し各格子での風速、温度、気圧、降水量などを大気力学・熱力学方程式に基づいて数値的に解く手法である。

4. 海上風推算モデルの精度検証

4.1 検証に用いる気象擾乱

検証に用いる気象擾乱は、近年瀬戸内海沿岸に災害を発生させた台風0416号、台風0418号、および太平洋沿岸に被害をもたらせた台風7010号を選定した(図-3)。台風0416号は、高松港、宇野港などで観測開始以来最も高い潮位を観測した。台風0418号は、広島地方気象台で歴代1位の最大瞬間風速60.2m/sを観測した。台風7010号は、足摺岬、高知、宿毛で当時観測史上最大の最大風速を観測した。いずれも高潮浸水被害が発生したもので、越流や越波を考慮する本システムの検証に用いるには最適のものの一つと考えられる。

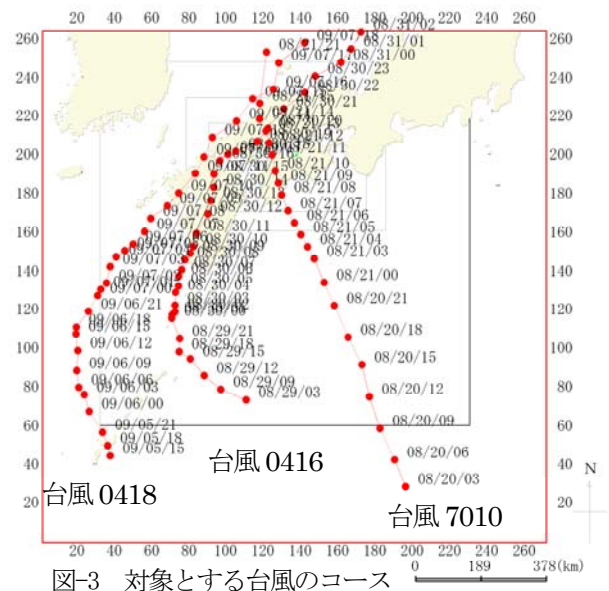


図-3 対象とする台風のコース

4.2 計算の条件

計算領域は、図-4に示すように外洋域の5,400m格子から瀬戸内海を含む四国全域の450m格子を接続する。台風モデルのパラメータは、 $C_1 = C_2 = 0.60$ とし、吹込み角を $30^\circ$ とした。マスコンモデルは、台風モデルにより

推算した風を入力条件とした。MM5 は、気象庁が気象予測モデルの計算結果を格子点ごとに与えている GPV データを入力条件とした。

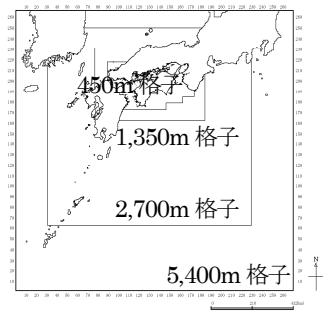


図-4 計算領域と格子間隔

### 4.3 モデルの精度検証と特徴

#### (1) 海上風の平面分布

台風 0416 号の中心が日本海に抜けたときに、瀬戸内海沿岸で風速が最大となった。そのときの台風モデル・マスコンモデル・MM5 の各モデルによる海上風の平面分布を図-5 に示す。

台風モデルでは、台風を中心に反時計回りの風向となり、同心円上では同じ風速となっている。マスコンモデ

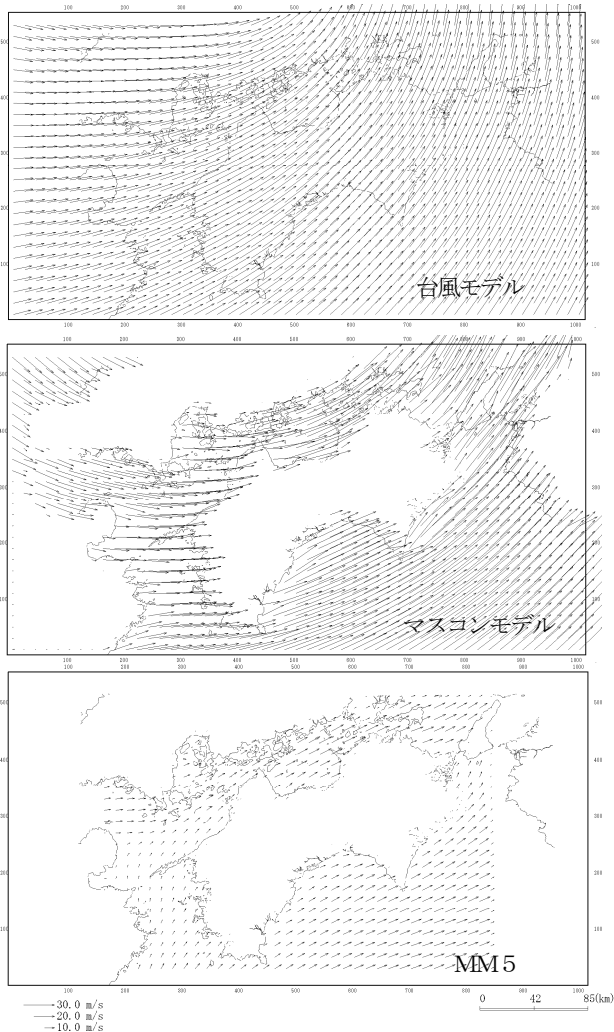


図-5 海上風の平面分布 (台風 0416 号, 2004 年 8 月 30 日 21 時)

ルでは、地形の影響を受けていることから瀬戸内海で W 系の風向になっている。MM5 では、地形の影響を受けているものの、マスコンモデルよりも台風モデルに近い風向を示している。ただし、他のモデルに比べて風速が小さい。

ハイブリッドモデルによる平面分布は、台風モデルのものとはほぼ同じ傾向である。また、台風 0418 号の際の平面分布も、台風 0416 号のものと同様の傾向を示している。

#### (2) 風速・風向の経時変化

各モデルによる風速・風向の経時変化の代表例として、台風 0416 号の際の今治 (瀬戸内中部)、多度津 (瀬戸内東部) および宿毛 (太平洋岸) の 3 地点のものを図-6 に示す。

SGW およびマスコンモデルの風速が他のモデルに比べて速くなっており、とくにピーク時に速い風速を示している。MM5 は他のモデルよりも風速が遅くなっているが、観測値とは最も一致している。ただし、ここで比較している観測値は、気象台・アメダス等の陸上風のデータであることに注意が必要である。(海上風との比較は、次節で述べる。)

風向については、各モデルによる台風来襲前の風向が、観測値に比べ全体的に 1~2 方位 W 系にずれる結果となっている。

## 5. 台風モデルの低減率と精度検証

### 5.1 低減率による推算値の比較

本システムの構築趣旨一つに、迅速かつ簡易に波浪推算・高潮推算の解析ができることがある。そのためには、入力条件やデータの設定が容易であることが必要である。台風モデルの式 (2) (3) の低減率  $C_1$ ,  $C_2$  もそのひとつで、システムにデフォルト値を設定しておくことが望ましい。ここでは、 $C_1=C_2=0.60, 0.65, 0.70$  の 3 ケースで推算した結果を、図-7 に示す。

その結果、低減率  $C_1$ ,  $C_2$  が 0.70, 0.65, 0.60 の順で風速が速い。因みに 0.70 と 0.60 を比較すると、推算値の風速が最大となる時刻で 5m/s の差が生じている。すべての条件で吹込み角を  $30^\circ$  としているため、風向の違いは見られない。

### 5.2 海上風の観測値による精度検証

前節では推算値と観測値に乖離が見られたが、陸上風の観測データと比較したことが影響していると考えられる。そこで、観測値として海上風により近いと考えられる観測点のデータとの比較を行った。観測点は、灯台 (海上保安庁)・橋 (道路会社) などに位置した 32 箇所である。図-6 と同様に台風 0416 号の際の推算値と比較したものを図-7 に示す。

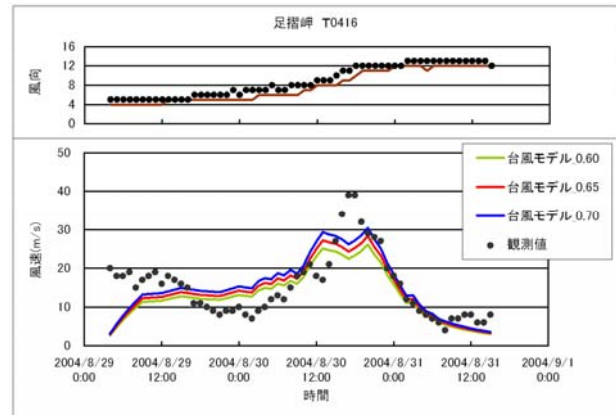
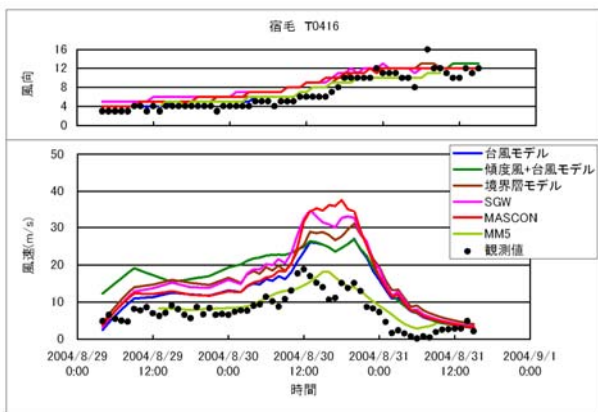
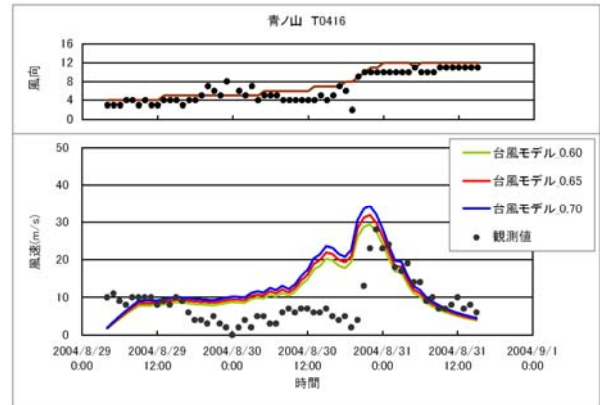
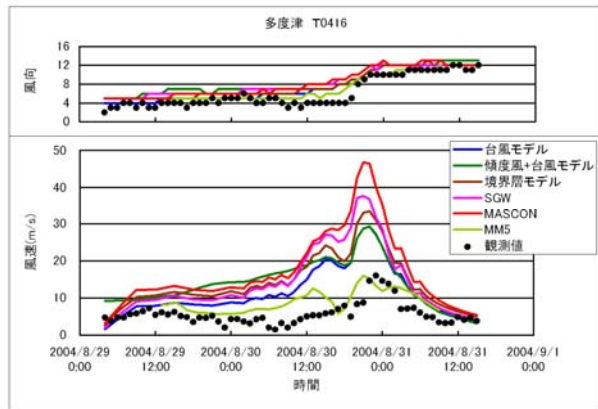
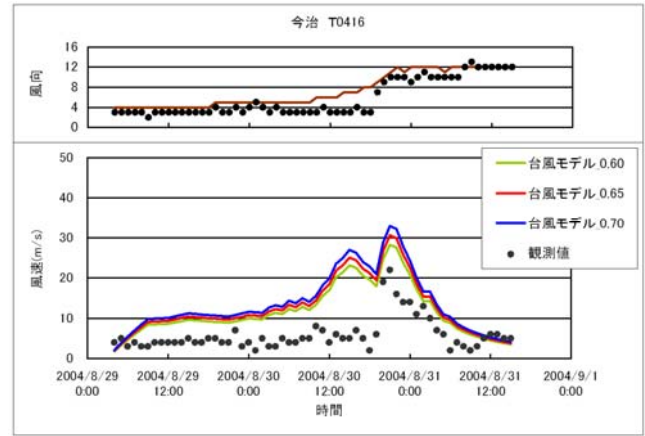
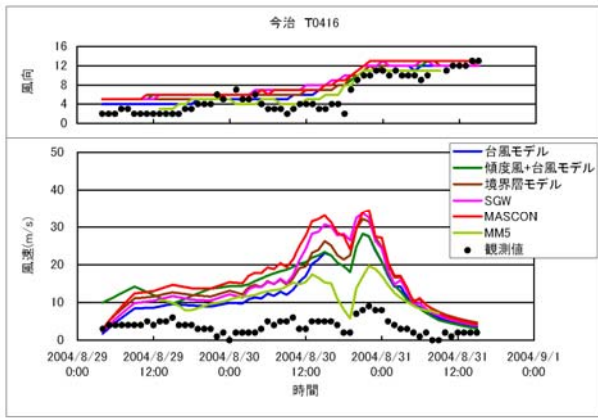


図-6 風向・風速の経時変化 (台風0416号, 今治, 多度津, 宿毛)

図-7 風向・風速の経時変化 (台風0416号, 今治, 青ノ木, 足摺岬) 観測値: 海上風観測地点

陸上風の観測値に比べ海上風に近い観測値の方が推算値に合っている傾向が見える。観測値に比べ推算値の方が概ね風速が速いが、観測値の方が速いケースも見られる。とくに太平洋岸でその傾向が強いようである。

## 6. おわりに

防災総合数値解析システムの構築にあたって、波浪推算・高潮推算の入力初期条件となる海上風推算モデルについて、数種類のモデルの推算値と既往の気象擾乱における観測値との比較を行った。今後、より多くの気象擾乱を対象に海上風推算モデルの精度確認を行い、波浪推

算・高潮推算の推算値の精度検証を進めていく予定である。

## 参考文献

- 1) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説, 2-25p, 平成16年6月
- 2) 河合弘泰・川口浩二・大釜達夫・友田伸明・萩元幸将・中野俊夫: 経験的台風モデルと局地気象モデルの風を用いた瀬戸内海の高潮推算精度, 海岸工学論文集, 第54巻 PP286-290, 2007.