

京都大学工学部 学生員 ○田中悠祐
 京都大学防災研究所 正会員 森 信人
 京都大学防災研究所 正会員 間瀬 肇

1. 研究目的 高潮が形成される要因として、台風などの低気圧帯の接近に伴う気圧低下による吸い上げ効果と強風による吹き寄せ効果が挙げられる。一般的な高潮推算においては、流速の鉛直分布を仮定して、水深積分された線形方程式が用いられている。しかし、台風接近時などの強風は海面近傍の強い鉛直混合を引き起こし、物理過程に大きな影響を与える。これらの詳細な物理過程を考慮するために、海面境界過程について、より詳細な情報として波浪の効果も同時に考慮する必要が生じる。

そこで、本研究では3次元海洋モデルに波浪モデルをカップリングした結合モデルを用いて、波浪の影響を考慮した場合に3次元の効果が水位や流速などの推算値に与える影響を評価し、強風時の精度を向上させることを目標とする。

2. モデルの概要 本研究では海洋モデルにROMS(Shchepetkin(2005))を用いた。結合モデルでは双方向カップリングを採用し、波浪モデルSWANをROMSに結合したモデルを用いた。SWANからROMSに波高・波長・波の向き・波浪エネルギー散逸を渡し、ROMSからSWANへは水位上昇と流速を渡す。また、海洋モデルROMSではCharnokの式(1)を用いて海面粗度 z_0 とCraig-Bannerの式(2)でTKE(k)のフラックスを与える。

$$Z_0 = \max\left(\frac{\alpha_{CH}}{g}(u_s^*)^2, z_{0min}\right) \quad (1)$$

$$K_k \frac{\partial k}{\partial z} = \alpha_{CB} u_s^3 \quad (2)$$

ここで K_k はTKEについての鉛直方向の拡散係数、 u_s^* は摩擦速度、 α は係数である。この時 α_{CH} の α_{CB} の理論値はそれぞれ1400と100である。ただし、これらは経験定数であるため、任意性が認められる。

一方、結合モデルにおいては、海面粗度 z_0 とTKE

フラックスを以下の式(3)及び(4)を用いて表す。

$$z_0 = \alpha_{zos} H_s \quad (3)$$

$$K_k \frac{\partial k}{\partial z} = \alpha_{wdiss} \epsilon_{wdiss} \quad (4)$$

ここで、 H_s は有義波高であり、 ϵ_{wdiss} は碎波エネルギー散逸率、 α は係数を表す。

3. テスト地形での計算 海洋における物理過程が高潮・水位・流速などにどのような影響を与えるかを考察するため、単独モデルと結合モデルを用いて、2種類の簡単な地形を用いて数値実験を行った。今回使用した地形は一様水深地形と1/100勾配を持つ一様斜面地形を用いて計算を行った。まず始めに両地形を用いて、風速を変えて計算を行った。次に風速を一定とし、各係数を変えて、計算を実施した。係数 α_{CH} を変えて計算した場合の水位の空間分布の結果を図1に示す。この図より、係数 α_{CH} は、水位の空間分布に影響を与えないことが分かる。また、図2では単独モデルと結合モデルを用いて計算した流速の鉛直分布を表す。

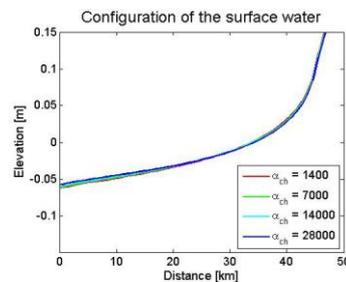


図1 斜面地形での水位の空間分布

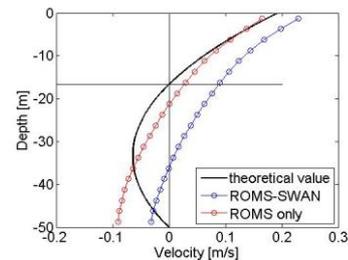


図2 流速の鉛直分布(モデルによる計算値と理論値)

4. 白浜湾での計算 2009年10月に来襲した台風18号(Melor)を対象として、白浜湾地形を用いて推算計算を行う。テスト地形と同様に、両モデルの各係数を変えて計算を行った。

図3は各係数のTKEフラックスの鉛直分布の時間変化を表したものである。台風最接近時刻(JST2009年10月8日0時0分)の6時間前(上段)と台風最接近時刻(下段)を代表例として示した。図3(a)において左端から(a) $\alpha_{CH}=1400$, (b) $\alpha_{CH}=56000$, (c) $\alpha_{CB}=150$ での結果を示す。図3(a)と図3(b)を比較すると鉛直分布に大きな差が見られる。しかし、図3(a)と図3(c)を比較すると、最大値に差が見られ、 $\alpha_{CB}=150$ を与えたときに3割程度増加が見られた。

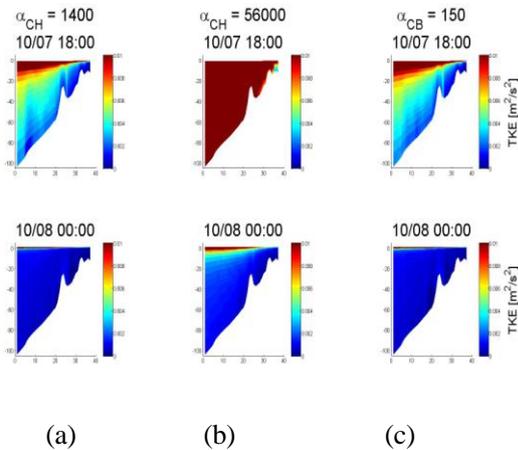


図3 TKE 鉛直分布の時間変化(単独モデル)

ついで、結合モデルを用いた場合の観測値との比較を図4, 5に表す。図4は台風最接近時の流速における観測値と計算値の比較を行った結果を示し、図5は対象期間を10月7日から10月8日として、両者の流速の時間変化の相関係数を各水深でプロットしたものである。図4に注目してみると中層部において理論値($\alpha_{zos}=0.50$)及び $\alpha_{wdiss}=0.125$ が観測値と良く適合している。また、下層部では計算値の方が、観測値より流速が大きくなる傾向が表れた。図5において、相関係数は $\alpha_{zos}=0.125$ の時が最も高い結果となっている。その他の係数では、初期値との差が1割程度に収まっている。また、 $\alpha_{zos}=0.25$ の場合の流速に関するも相関係数が、TKEフラックスを変えた場合よりも高くなっていることから、海面粗度の方が大きな影響を及ぼすことが分かった。

Current Vertical-Profile on St.6 Compared with Obs.-Coupling 10/8 0:03

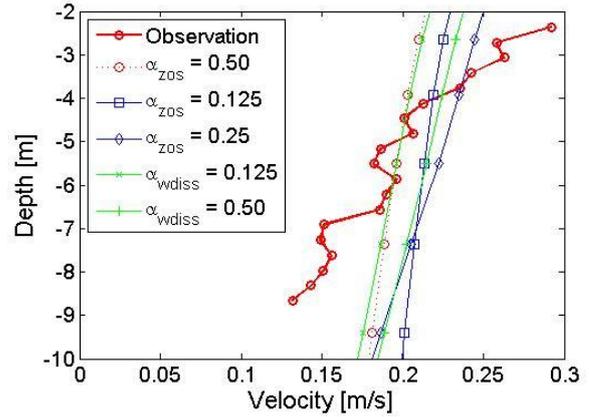


図4 観測値と計算値と流速の鉛直分布の比較 10月8日0:03(結合モデル)

Correlation Coefficient of Current from 10/5 to 10/8 -Coupling

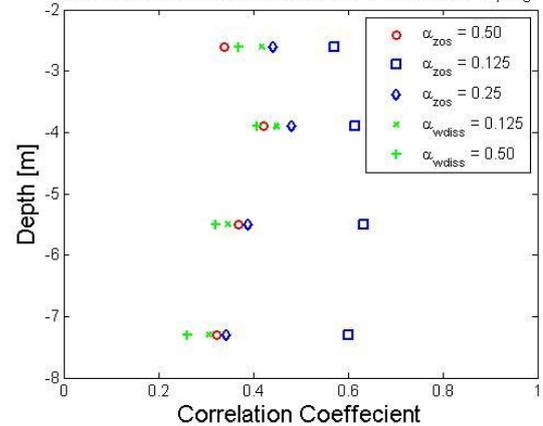


図5 観測値と計算値の流速の時間変化の相関係数 (結合モデル)

5. まとめ

1. 各係数の水位に対する影響はほとんど見られないことが確認できた。
2. TKE 鉛直分布には係数 α_{CH} が大きな影響を与え、最大値には α_{CB} が影響を及ぼすことが確認できた。
3. 結合モデルの水温及び流速の時間変化の相関係数を用いて評価を行った結果、係数 $\alpha_{zos}=0.125$ の場合が最も再現性が高い結果が得られた。

参考文献

1) 森信人・高田理絵・安田誠宏・間瀬肇(2010):3次元海洋モデルにおける強風時の表層物理過程の取り扱いと高潮推算への影響,土木学会論文集 B2, Vol66, No.1, 2010 pp.306-310.
 2) A. F. Shchepetkin and J.C.McWilliams (2005) : The regional Ocean Modeling System : A split-explicit, free-surface, topography following coordinates ocean model.Vol.9, pp.347-404.