

モードスプリット法とネスティング計算法に基づく新しい三次元河川流モデルの開発

(株)ドーコン 河川部 正会員 ○佐藤慶太
 東京理科大学 土木工学科 正会員 二瓶泰雄
 東京建設コンサルタント(株) 技術第3部 非会員 町田佳隆

1. はじめに

現在の河川流モデルの多くは一次元・平面二次元解析をベースとしており¹⁾、また、現地河川における計算対象領域としては、河川全域とせず局所的な領域（セグメント）のみとすることがほとんどである。このため、二次流や並列らせん流等に起因する流れの三次元的特長を反映しつつ、広範囲の河川区間に関する数値シミュレーションを実施するためには、計算効率性に配慮した三次元河川流モデルの開発が必要不可欠となる。

そこで本研究では、計算機負荷を減らしつつ、広範囲の河川区間の流動計算をするために、計算効率性の高い新しい三次元河川流モデルを開発することを試みた。本モデルでは、数値モデルを平面二次元・三次元計算に分離して計算を進めるモードスプリット法²⁾と、領域サイズや空間解像度の異なる複数の計算領域を同時並行的に計算する、というネスティング計算法³⁾を導入している。著者らはこれらの2つの計算法が抱える問題点を解消する新しい手法⁴⁾をそれぞれ提案しており、ここではそれらを適用している。本報では、上記の河川流モデルに基づいて江戸川洪水流を対象とした流動計算を実施し、本流動計算の基本的な有効性を検討するために、高精度・高分解能の超音波ドップラー流速分布計（ADCP）を用いて別途実施した江戸川洪水流調査結果⁵⁾と本計算結果を比較する。

2. 数値解析の概要

(1) 計算方法

本計算では、新しいモードスプリット法により、平面二次元計算 100 回に対して三次元計算を 1 回実施している。また、新しいネスティング計算法に基づいて、大領域（低解像度）の計算結果は小領域（高解像度）全体に取り込まれ、小領域計算結果は小領域とオーバーラップする大領域全体にわたり反映される形となっている⁴⁾。

(2) 計算条件

台風 0310 号による洪水時に江戸川中流部（玉葉橋）において実施された現地観測結果⁵⁾と比較するために、江戸川中流部を対象とし、大小 2 つの計算領域を設定した（Grid1・2、図 - 1）。空間解像度としては、Grid1、2 の主流・横断方向の格子幅をそれぞれ 100m と 10m、25m と 10m とし、主流方向のみ空間分解能を向上させている。なお、水平・鉛直方向の基礎方程式系にはそれぞれ直交曲線・ η 座標系を適用し、Grid1 は平面二次元、Grid2 のみ三次元計算とした。洪水流の駆動力としては、Grid1 上流部に位置する野田水位観測所における実測データを与えている。ここでは、本河川流モデルに基づく Grid1、2 の計算（case1 と呼ぶ）に加えて、Grid1 のみを対象とした平面二次元計算（case2 と呼ぶ）を実施し、両ケースの結果を現地観測結果と比較する。

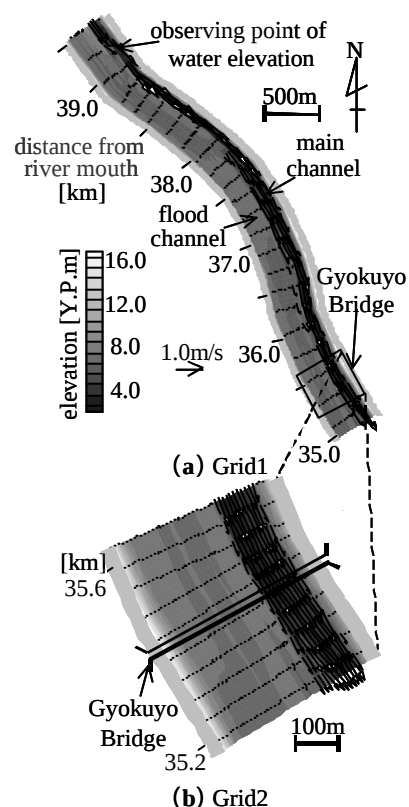


図 - 1 計算領域と水位ピーク期の平面流況（case1, 2003/8/10 20:00）

3. 計算結果と考察

(1) 平面流況

本河川流モデルに基づく case1 の結果のうち、水位ピーク期における水平流速ベクトル分布図を図 - 1 に示す。これらの結果を見ると、低水路内の流速レベルは概ね 1.0m/s であるのに対して、高水敷では低水路よりも 1~2 オーダー小さくなっており、今回対象とした洪水流は単断面流れに近いことが推察される。

キーワード：三次元河川流モデル，モードスプリット法，ネスティング計算法，江戸川，洪水流

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 土木工学科 Tel.04-7124-1501（内 4031）Fax.04-7123-9766

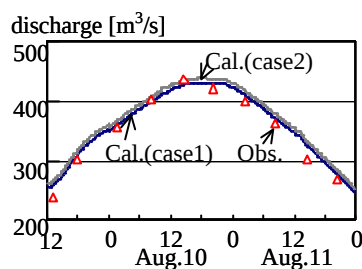
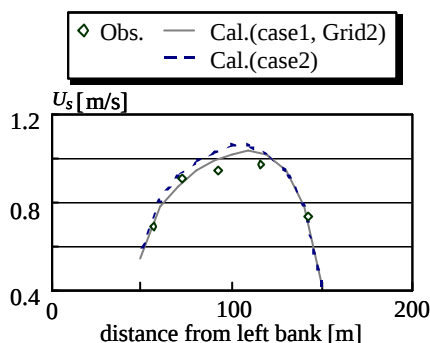
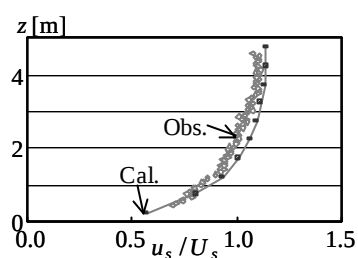
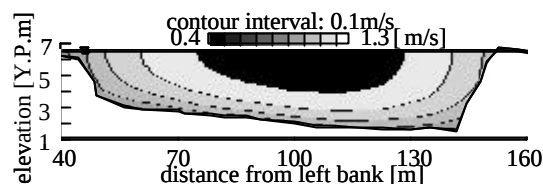
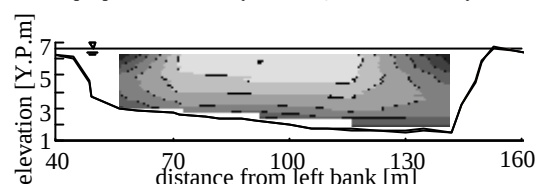


図 - 2 玉葉橋断面流量の時間変化

図 - 3 水深平均主流速 U_s の横断分布
(増水期 (8/10 16:54-18:00), 低水路)図 - 4 無次元低水路主流速 u_s / U_s の鉛直分布
(水位ピーク期 (8/10 15:00), case1, Grid2)

(a) 計算結果 (case1, 8/10 20:00)



(b) 観測結果 (8/10 19:54-20:33)

図 - 5 玉葉橋断面における低水路主流速コンター図

(2) 計算結果と現地観測結果の比較

a) 流量の時間変化：玉葉橋における流量の時間変化に

ついて計算・現地観測結果を比較する（図 - 2）。これを見ると，case1の方がcase2の結果よりも現地観測結果により近く，ネスティング計算を介して，Grid1の流量の計算結果が良好に修正されていた。

b) 水深平均流速の横断分布：次に，水深平均された低水路主流速 U_s の横断分布を図 - 3に示す。これを見ると，平面二次元計算結果（case2, Grid1）よりも本河川流モデルの三次元計算結果（case1, Grid2）の方が観測値により一致しており，計算精度が向上していることが分かる。また，平面二次元計算である Grid1の結果に関して，case1, 2を比較すると，case1がcase2よりも観測値に近づいており，三次元計算結果が平面二次元計算結果を良好に修正していることも確認された。

c) 主流方向速度の鉛直構造：さらに，水深平均された流速で無次元化した低水路主流速の鉛直分布に関する計算結果（case1, Grid2）と現地観測結果を図 - 4に示す。これを見ると，鉛直分布に関して両者は概ね一致していることが分かる。しかしながら，現地観測結果においては，流速の鉛直勾配が時間的に変化する様子も捉えられているのに対して，本計算では再現できなかった。これは，並列らせん流のような複雑な三次元流動構造を本計算では再現できていないためであり，今後より細かい格子を用いたネスティング計算を実施することが必要である。また，図 - 5は，水位ピーク期（8/10 20時頃）における低水路横断面内の流速コンターの計算結果と観測値である。これを見ると，計算結果と現地観測結果ともに低水路中央部の表層部に流速ピークが現れており，概ね類似した低水路流速コンターとなっている。これらの結果より，本河川流モデルの洪水流シミュレーションへの適用性が示された。

4. おわりに

計算機効率性を考慮しつつ，広範囲の河川区間の流動計算をするために，モードスプリット法とネスティング手法を導入した新しい三次元河川流モデルを開発した。このモデルに基づいて江戸川洪水流シミュレーションを実施し，計算結果と現地観測結果は概ね一致しており，本モデルの基本的な有効性が示された。

参考文献

- 1) 渡辺，西村：河川技術論文集，Vol.6，2000，2) Blumberg and Mellor: *Geophys. Res.*, Vol.88, 1983，
- 3) Birchfield: *J. Meteor.*, Vol.17, 1960，4) 二瓶，佐藤，町田：土木学会論文集，2004（投稿予定），5) 佐藤，二瓶，木水，飯田：水工学論文集，Vol.48, 2004。