

II-40

洪水氾濫モデルによる地形変動解析

京都大学防災研究所 正員 大久保賢治

京都大学防災研究所 正員 村本 嘉雄

1. はじめに 洪水時の河床変動や氾濫による地形変動解析では、流域や洪水規模によって解析の難易度や問題点が変わり、基礎式や項の表現（スキームや流砂量式）にも選択性があるために、本解析までに時間を要するのが現状と思われる。モデル作成と解析の効率化には、地形入力、境界条件の変更、即時の図化など解析の前・後処理の強化とともにモデル自体の安定性が重要である。本研究では、実用的計算速度も考慮し実河川の地形変動についての検討を行ったが、ここでは、2種の単純流れの計算安定性について考察する。

2. 氾濫モデル 正方形格子の陽解差分モデルに限定し、流砂の連続式では芦田・道上の掃流砂式を用いる。地形や構造物の影響をみるため空間差分12.5mの小格子モデル¹⁾を考える。この程度の格子で地形は詳細に表せるが、数値粘性を得るのに時間刻みを小さく取るので計算時間を要する。しかし、国土基本図の縮尺やその画像取込み分解能を考慮すると実河川への適用では扱いやすい格子長といえる。基本的に常流を扱うが、急勾配支川の合流などでは弱跳水下の河床変動が不安定を引起す場合があり、段落ち流れを限界流に限定し極端な射流を排除した。地形変動解析について、非定常性の強い流れは上流差分による非線形解析により、一方、準定常流については水平粘性係数を与えることによって計算の安定・平滑化を図った。それぞれの例として、貯水池決壊に伴う流れ及び複断面流れの特性をもつ無堤越流氾濫の計算結果を示す。

3. 計算結果 貯水池決壊流れは流下方向に83格子、横断方向5格子に分割した。上流16格子を貯水池とし、その初期水深は8mとした。水路部（16格子以降）に1/125の勾配を与え、下流端の反射の影響が上流に伝播しないよう下流端から4格子上流側に大きな落差工を設けた。計算時間間隔 $\Delta t = 0.02$ 秒、平均粒径10mm、Manning 粗度係数 $n = 0.03$ とした。こうした不定流では十分な数値粘性が得られるので水平粘性係数 $\epsilon = 0.0004 \text{ m}^2/\text{s}$ で一定とした。水路部に10cmの初期水深をおき、計算開始後2秒間は固定床、以後は移動床として5分間計算を行った。図-1は水面形と河床縦断形状及び初期河床からの変位(Δz)を表す。図-2は各流下位置での水深変化を示し、多段階陽解法で粗度係数の変化を与えて計算した場合²⁾と類似の特性が得られた。フロント水深は約2.4mで、その流下に伴って約5cmの堆積が水路部に生じた。フロントは約90秒で下流の落差工に到達し、その速度は約5.1m/sであった。なお、上流端の境界条件を変更して部分決壊過程の解析が可能であることも確認している。

つぎに複断面流れは河道左岸に台形の氾濫原がある場合を考えた。勾配は1/250、氾濫原は河床

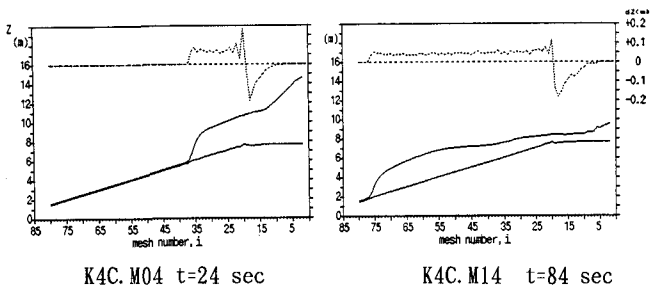


図-1 水面形と河床縦断形状（実線）
及び初期河床からの変位（点線）

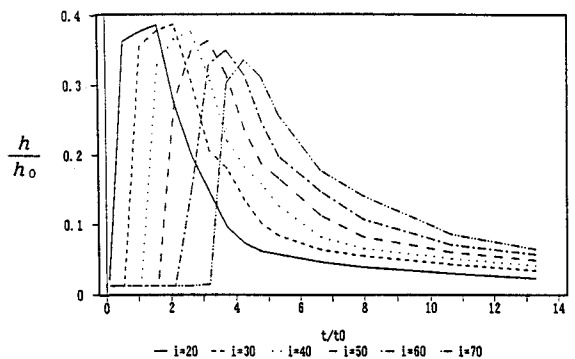
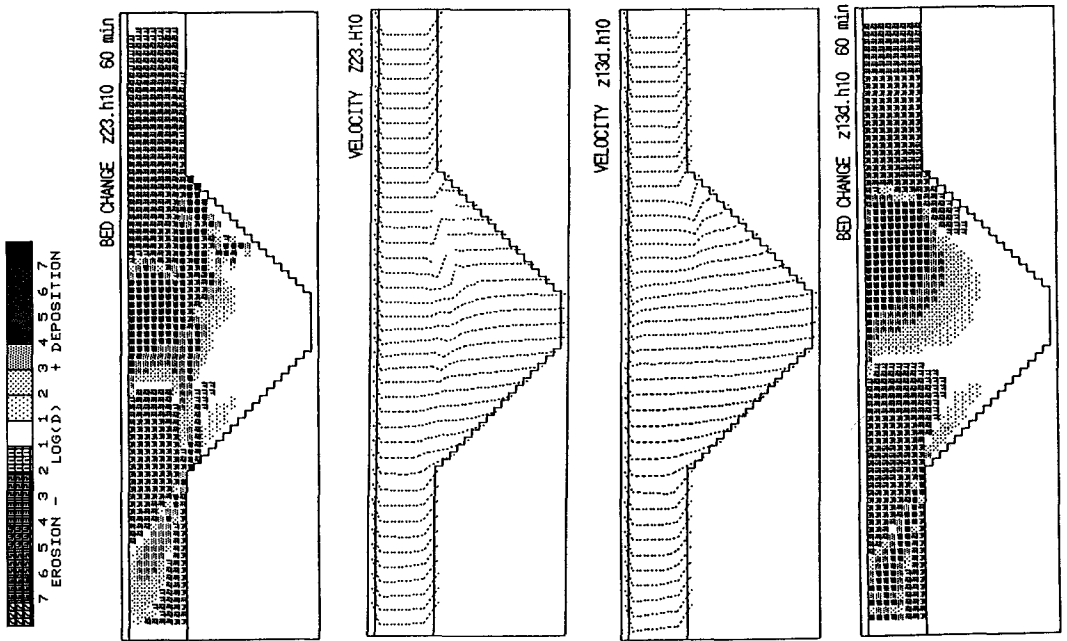


図-2 各流下位置における水深変化
 $h_0 = 8 \text{ m}$; 貯水池初期水深、 $t_0 = L/(gh_0)^{1/2}$
 $L = 200 \text{ m}$; 貯水池の長さ



(a) 高低差(氾濫原)のある場合

(b) 河幅のみ変化する場合

図-3 幅の変化を伴う河道の流速横断分布と侵食・堆積分布

より1.5m高く、 $dt=0.1$ 秒、平均粒径3mm、 $n=0.03$ 、流量は $800\text{m}^3/\text{s}$ で一定とした。比較のため河幅のみ変化する場合も計算した。水平粘性は水深平均の鉛直渦動粘性係数 $(1/6)\kappa u_* h$ で与えた³⁾。定常な流況を得るために境界条件を固定して1時間の固定床計算を行った後、1時間の移動床計算を行った。図-3には氾濫原がある場合とない場合の流速横断分布、侵食・堆積分布を示す。水深が10cm以下の場合には流速を表示していないが、氾濫原上流域の水平渦の周辺がそうした箇所に相当し、かなり堆積が起こる。一方、氾濫原下流側は洗掘域となり、中流の河道・氾濫原境界に自然堤防の形成がみられる。境界部にやや大きな流速がでるが、河道と氾濫原にわたる横断流速分布をよく表しており、拡幅のみの場合との違いも顕著であって、水平粘性係数が適切な範囲にあると判断された。また、氾濫原の植生域の有効掃流力は、粗度域の鉛直分布モデル⁴⁾で検討しえるが、浮遊砂濃度分布モデルとも結合し、その堆積過程を検討していくつもりである。

4. まとめ 段波を伴う1次元の急変流及び一部複断面となる2次元性の強い流れに小格子の氾濫モデルを適用した例を示した。計算はCFL条件より小さな計算時間間隔を用い、初期を除いて安定に計算できることが判った。また、準定常流の水平粘性係数は鉛直粘性係数の程度でよい点も確認した。モデルの解析環境を整えるにあたってデータ形式を統一し、計算結果も整数化し直ちに平面分布に変換できるようにしているが、ファイルから計算を続行することも可能であった。

本研究は文部省科学研究費(重点領域研究・洪水氾濫のサブモデル化とその統合環境の研究・3201220)の補助を受けたことを付記する。

参考文献: 1) 大久保・村本・李: 第33回水講、337-342, 1989.

2) 村本・大久保・李・松井: 京大防災研年報、第33号B-2, 385-402, 1990.

3) Shimizu・Itakura: JHE, ASCE, Vol.115, No.3, 367-384, 1989.

4) 大久保・村本: 第46回水講、574-575, 1991.