

2004年7月新潟県刈谷田川洪水・破堤氾濫流 に関する研究

STUDY ON FLOOD OF KARIYATA RIVER IN NIIGATA PREF., AND
FLOODING FLOW DUE TO LEVEE BREAK IN 2004.7

川口広司¹・末次忠司²・福留康智³

Hiroshi KAWAGUCHI, Tadashi SUETSUGI and Yasutomo FUKUDOME

¹正会員 博(工) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 研究官 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

²正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長 (同上)

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 交流研究員 (同上)

Severe flood damage due to the levee break occurred in Nakanoshima area along Kariyata River in Niigata Pref. Especially many houses were broken and many people failed to escape in inundated area. Numerical analysis is important to reduce damage due to flooding flow. Numerical analysis for flooding flow is generally used to predict flooding water depth and to make hazard map for evacuation of people in river basin etc. Objects of the general numerical analysis are not to predict damage due to abrupt flooding flow like levee break.

In this paper, numerical analysis model for abrupt flooding flow and washout of houses is developed. The relationship among the flood in the Kariyata River, flooding flow and swept-away of houses due to levee break by the numerical model is described.

Key Words : Flood, Flooding flow, Levee break, FDS, Kariyata River

1. はじめに

2004年7月12日夜から13日にかけて日本海から東西南部に停滞する梅雨前線の活動が活発化し、特に13日朝から昼過ぎに新潟・福島の間県で豪雨となった。この豪雨に伴い信濃川支川刈谷田川及びその2次支川では6箇所破堤被害が発生した。特に、中之島地先左岸の破堤氾濫流は、破堤部の町内で死者3名、全壊15棟、半壊37棟などの甚大な被害をもたらした。

洪水氾濫流による被害を減じるためには、越流や破堤による氾濫流の予測を行い、その結果から洪水ハザード・マップや浸水想定区域の設定他、避難計画、治水事業の効果算定、流域施設による影響把握などを行い、効果的な治水事業を進めることが今後も重要となる。一般的に用いられている氾濫シミュレーションは広域の浸水深を予測することを目的としており、計算メッシュは50m~250mを対象としている。家屋が氾濫流に及ぼす影響は、栗城・末次¹⁾による家屋占有率と水深に基づく等価粗度係数で評価することが可能である。しかし、従来の氾濫シミュレーションは¹⁾、衝撃波を伴う堤防決壊直後の洪水・破堤氾濫流による家屋流失被害の予測を目的としていない。

福岡・川島²⁾は密集市街地を対象として一般座標系座標を導入した二次元浅水流モデルを構築し、非水没家屋の作用流体力が静水圧近似による上下流面圧力差により再現できること、道路網や家屋などを適切にモデル化することにより氾濫流の流れ場及び家屋の作用流体力を精度良く再現できることを示した。秋山・重枝³⁾は流束差分法 (FDS) 法を用いた二次元浅水流モデルにより非定常な氾濫流を精度良く再現可能であること、氾濫流が及ぼす流体力の時間的な変化を予測できることを示した。高橋・中川⁴⁾は洪水流による流体力と家屋流失との関係に、家屋の変形と地震などによる水平外力との調査結果を適用、氾濫計算に取り込むことにより堤防決壊による家屋流失の危険性を検討した。

本論文では、新潟県刈谷田川の河道 (9km~9.88km) の氾濫後測量データ、氾濫原中之島地区の地形及び家屋データ、デカルト座標、FDS法を用いた洪水・破堤氾濫流の二次元数値解析に家屋流失を取り込んだモデルを構築し、限られた破堤部拡幅条件などの情報の中で、2004年7月13日に発生した洪水・破堤氾濫流と家屋流失の関係について得られた結果を示している。

2. 洪水・破堤氾濫流の数値解析法

(1) 基礎方程式

洪水・破堤氾濫流数値解析モデルに用いた基礎式・離散式は、以下に導かれる特性波を用いた保存型のFDS法による二次元浅水方程式である。破堤直後の洪水及び氾濫流を対象とするため拡散項は他の項と比して小さいとすると、基礎方程式は保存量ベクトル U 、 x 、 y 方向の流束ベクトル E 、 F 、重力及び底面摩擦による発生・消滅項ベクトル S を用いて次のように表される。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} + S = 0 \quad \cdots(1)$$

$$U = \begin{pmatrix} h & uh & vh \end{pmatrix}^T$$

$$E = \begin{pmatrix} uh & u^2h + gh^2/2 & uvh \end{pmatrix}^T$$

$$F = \begin{pmatrix} vh & uvh & v^2h + gh^2/2 \end{pmatrix}^T$$

$$S = \begin{pmatrix} 0 & gh \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \right) & gh \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}} \right) \end{pmatrix}^T$$

ここに、 h は水深、 u 、 v は x 、 y 方向の流速、 g は重力加速度、 z_b は河道及び氾濫原の地盤標高、 n はマンシングの粗度係数である。

対象とする洪水・破堤氾濫流は移流項が強く影響する流れであるため、移流項の波動構造を明確にできる特性速度を用いた双曲型偏微分方程式に変形する。式(1)は流速ベクトル E 、 F のヤコビアン行列を用いると次のような双曲型の方程式に変形できる⁹⁾。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + J_x \frac{\partial U}{\partial x} + J_y \frac{\partial U}{\partial y} + S = 0 \quad \cdots(2)$$

$$J_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -u^2 + c^2 & 2u & 0 \\ -uv & v & u \end{pmatrix}, \quad J_y = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ -uv & v & u \\ -v^2 + c^2 & 0 & 2v \end{pmatrix}$$

ここに、 $J_x = \partial E / \partial U$ 、 $J_y = \partial F / \partial U$ 、 $c (= \sqrt{gh})$ は波速である。

式(2)は右固有ベクトルを e_x 、 e_y とすると、特性速度ベクトル λ_x 、 λ_y を用いた以下の式に変形できる⁹⁾。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + (e_x \lambda_x e_x^{-1}) \frac{\partial U}{\partial x} + (e_y \lambda_y e_y^{-1}) \frac{\partial U}{\partial y} + S = 0 \quad \cdots(3)$$

$$\lambda_x = e_x^{-1} J_x e_x, \quad \lambda_y = e_y^{-1} J_y e_y$$

$$e_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ u+c & 0 & u-c \\ v & c & v \end{pmatrix}, \quad e_y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ u & -c & u \\ v+c & 0 & v-c \end{pmatrix}$$

$$\lambda_x = \begin{pmatrix} u+c & 0 & 0 \\ 0 & u & 0 \\ 0 & 0 & u-c \end{pmatrix}, \quad \lambda_y = \begin{pmatrix} v+c & 0 & 0 \\ 0 & v & 0 \\ 0 & 0 & v-c \end{pmatrix}$$

式(3)は各方向に特性変量ベクトルの偏分 $\partial \omega_x (= e_x^{-1} \partial U)$ 、

$\partial \omega_y (= e_y^{-1} \partial U)$ を特性波速度で輸送し、元の空間に戻した方程式を意味している。次節に示す式(3)の差分法により離散化された式は、式(1)の有限体積法による離散化式、積分型の有限体積法で考えたFDS法による離散化式³⁴⁾と等価となる。この洪水・破堤氾濫流モデルの数値解析の基礎式は、厳密な多次元空間の特性速度による物理量の輸送が行われてはいない⁷⁾が、本研究の目的とする洪水・破堤氾濫流の進行及びそれによる流体力と家屋流失に対する検討を行うには、同様のモデルを他研究者のものも含む多数の実験と検証した結果³⁴⁾から十分な精度を有していると考える。

(2) 基礎方程式の離散化

基礎式は、デカルト座標においてセル内の平均量を評価するものとし、有限体積法によりセル境界面の数値流束 F_x 、 F_y を評価して離散化する。

$$U_{(i,j)}^{n+1} = U_{(i,j)}^n - \Delta t \left\{ \frac{F_{x(i+1/2,j)} - F_{x(i-1/2,j)}}{\Delta x} + \frac{F_{y(i,j+1/2)} - F_{y(i,j-1/2)}}{\Delta y} + S_{(i,j)} \right\} \quad \cdots(4)$$

洪水中破堤後の河道内から氾濫原へ流れる常流から射流に変わる流れや、破堤部の射流が家屋に衝突して堰上がる時に生じる跳水を含む流れなどは $Fr=1$ を挟む数学的に不連続な流れとなる。計算点間で物理量に不連続な跳びが存在する場合においても物理量の保存性を保証するために、ヤコビアン J_x 、 J_y を局所的に凍結する($\partial E = \tilde{J}_x \partial U$ 、 $\partial F = \tilde{J}_y \partial U$ の関係を満たす)。そのため、セル境界で定義される左右固有ベクトル及び特性速度は次のRoeの方法により流速及び波速を算出する⁹⁾。

$$\tilde{u} = \frac{\sqrt{h_L} u_L + \sqrt{h_R} u_R}{\sqrt{h_L} + \sqrt{h_R}}, \quad \tilde{v} = \frac{\sqrt{h_L} v_L + \sqrt{h_R} v_R}{\sqrt{h_L} + \sqrt{h_R}}, \quad \tilde{c} = \sqrt{g \frac{h_L + h_R}{2}}$$

特性速度の方向に応じてセル間の流束差を配分する⁹⁾と、例えば、 x 方向のセル境界面での数値流束 F_x は次式となる。常流の時は上下流に流束差が配分され、射流の時は下流にのみ流束差が配分されるように離散化される。

$$F_x = \left(E_L + E_R - \tilde{e}_x |\tilde{\lambda}_x| \tilde{e}_x^{-1} \Delta U \right) / 2 \quad \cdots(5)$$

$$(\tilde{e}_x \tilde{\lambda}_x \tilde{e}_x^{-1}) \frac{\partial U}{\partial x} = \tilde{e}_{x(i-1/2)} \frac{\tilde{\lambda}_{x(i-1/2)} + |\tilde{\lambda}_{x(i-1/2)}|}{2} \tilde{e}_{x(i-1/2)}^{-1} \frac{\Delta U_{(i-1/2)}}{\Delta x} + \tilde{e}_{x(i+1/2)} \frac{\tilde{\lambda}_{x(i+1/2)} - |\tilde{\lambda}_{x(i+1/2)}|}{2} \tilde{e}_{x(i+1/2)}^{-1} \frac{\Delta U_{(i+1/2)}}{\Delta x}$$

ただし、式(5)の数値流束はエントロピー条件を満たさないため、特性速度 $|\tilde{\lambda}_x|$ を関数 $\Psi(|\tilde{\lambda}_x|)$ で置き換えることにより非物理的な膨張衝撃波を処理する³⁴⁾。

$$\Psi(|\tilde{\lambda}_x|) = \begin{cases} |\tilde{\lambda}_x| & \text{if } |\tilde{\lambda}_x| \geq 0.5d_x \\ \tilde{\lambda}_x^2 d_x^{-1} + 0.25d_x & \text{if } |\tilde{\lambda}_x| < 0.5d_x \end{cases}$$

$$d_x = \max[0, 4(\lambda_{xR} - \lambda_{xL})]$$

y 方向の数値流束も同様に離散化を行う。重力項は圧力項と同様に特性速度の方向で風上化して離散化する³⁸⁾。

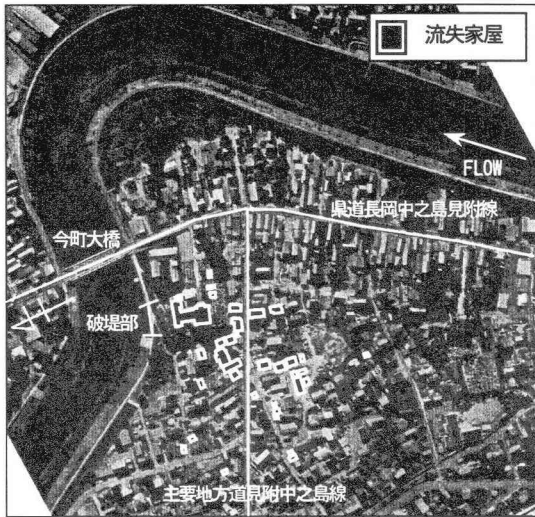


写真-1 刈谷田川中之島氾濫原及び流失家屋位置

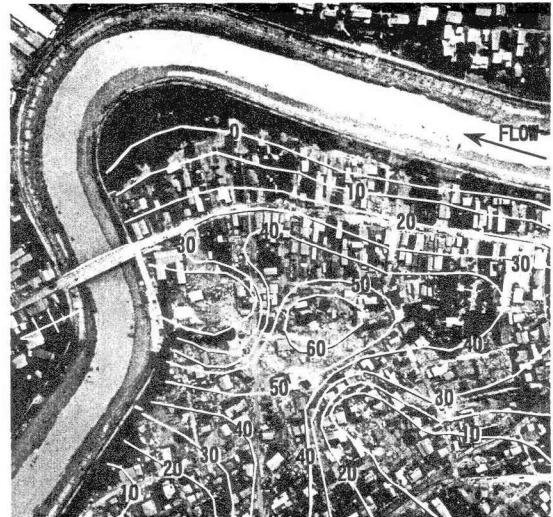


写真-2 氾濫被災後状況及び土砂堆積高コンター (単位:cm)

3. 破堤による氾濫原被害状況と家屋流失モデル

写真-1は洪水氾濫前の刈谷田川中之島地域の航空写真に洪水氾濫流により流失した家屋及び倉庫の位置を示したものである。写真-2は洪水氾濫後に撮影された氾濫原の状況に地盤標高からの土砂堆積高コンターを重ねたものである。流失家屋は破堤部近くと主要地方道見附中之島線沿いに集中していた。破堤氾濫流により形成された落堀部の形状は刈谷田川左岸堤防破堤部から氾濫原を見て右に向き、土砂堆積高は破堤部から堤防の法線方向と主要地方道見附中之島線沿いで高くなっていることがわかる。図-1は氾濫後のレーザープロファイラーデータ、写真-2に示す土砂堆積高、2004年4月までの地図データを含む市販の電子地図ソフトによる家屋情報から、中之島氾濫原地盤標高と家屋位置を作成したものである。この情報と航空写真より判断できる流失家屋は破堤部近くのお寺を含む16棟であった。同図に示す家屋及び堤防は計算上非越流不透過な物体のあるメッシュ (以下、物体メッシュ) として取り込んでいる。図中の県道長岡中之島見附線と刈谷田川左岸堤防を挟む領域は、家屋流失、土砂堆積が多かった区域より1m程度以上地盤が高くなっている。破堤氾濫流は、破堤直後に水面勾配が大きくなる破堤部の左岸堤防と垂直な方向、氾濫流に対する抵抗が小さい主要地方道見附中之島線沿いを進む二つの流れがあったと考えられる。

図-2は破堤部の拡大状況を2004年9月末までに得られた確かな目撃証言に基づいて整理したものである。計算上取り込んだ破堤幅幅条件は、メッシュ幅2mごとに拡大させた。破堤時に土嚢の積み上げ作業に駆けつけていた人は、「堤防は土が流され、内側のコンクリートブロック面だけがむき出しのまま残った。結局支え切れず、ブロック面の倒壊とともに、濁流は一気に住宅街のみ込んだ。直撃したお寺の本堂は目の前で崩れ落ちていった。」と証言している。また、破堤は下流に向かって進行したことが目撃されている。

家屋流失は破堤後一気に流れ出た洪水氾濫流が家屋前面で急激な水位上昇を引き起こすことにより生じたと考えられる。家屋流失モデルは、周辺の水深から算出され

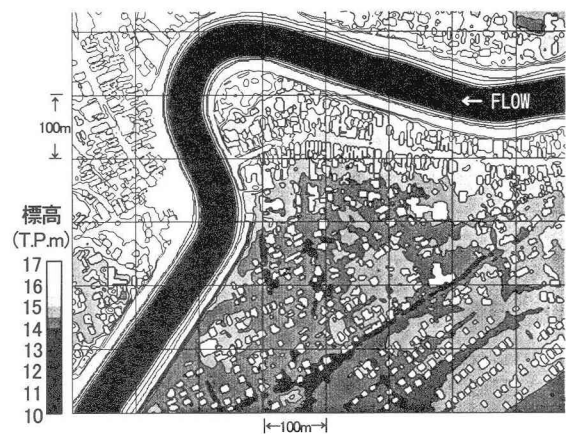


図-1 刈谷田川沿い中之島地区氾濫原地形

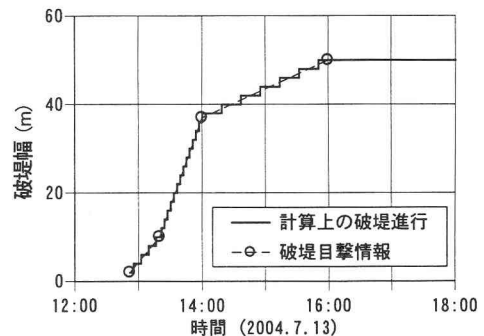


図-2 破堤目撃情報及び計算上の破堤進行

る家屋の基礎に作用するモーメントが閾値を越えると家屋が流失するとして洪水氾濫流の数値解析モデルに取り込んだ⁵⁾。閾値は7/13の13:00頃に撮影された破堤部近くのニュース映像により、計算による家屋流失結果と同時刻の家屋被災状況とを検証しながら決定した。家屋が流失したと判定された場合には、家屋のある非越流で不透過な物体メッシュを水深、流量及び運動量のある流体メッシュに変更させて計算させた。家屋に働く流体力 F 、モーメント M は次式により算出した。

$$F = f(\rho g h^2 / 2) n ds, \quad M = f(\rho g h^3 / 6) n ds$$

ここに、 n は家屋境界内向きを正とする単位ベクトル、 ds 家屋境界周囲の微分である。ここに家屋に作用する浮力は考慮しておらず、今後の課題である。

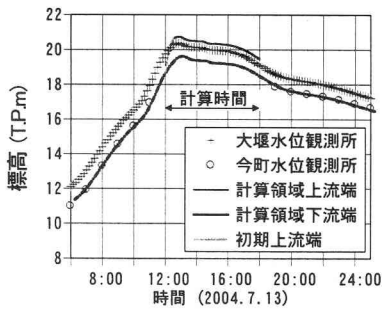


図-3 上下流端水位条件

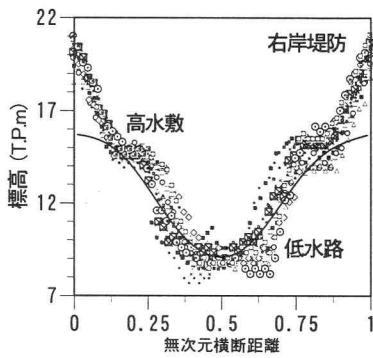


図-4 河道横断形状



写真-3 刈谷田川左岸破堤部

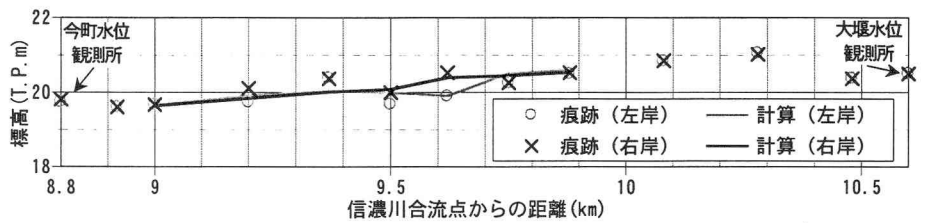


図-5 河道内洪水痕跡水位と計算最大水位

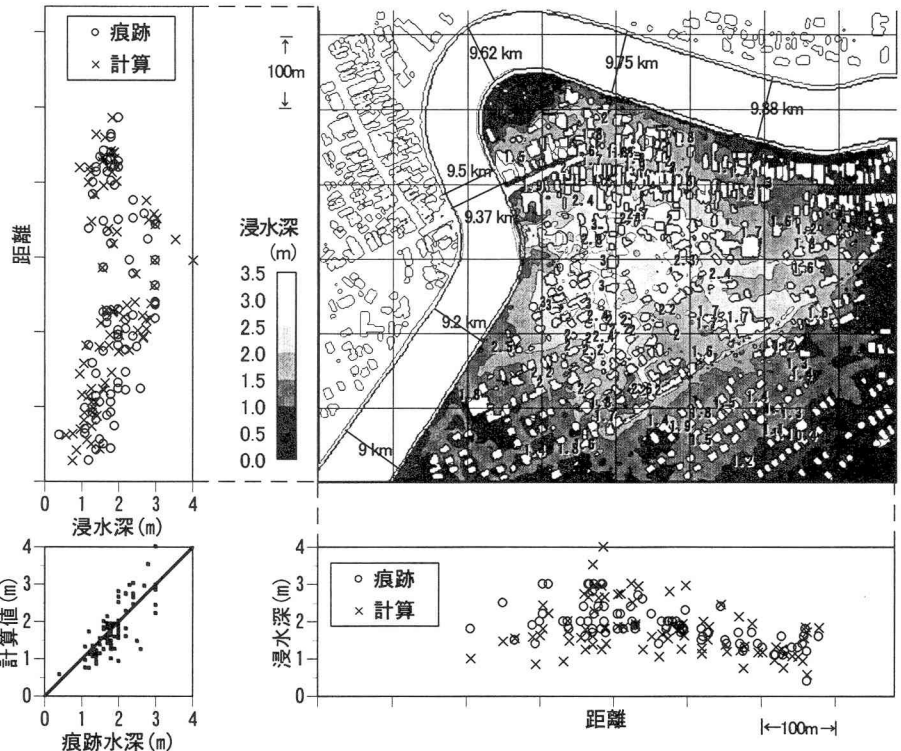


図-6 氾濫原痕跡水深と計算最大浸水深 (破堤3時間14分後)

4. 計算条件及び河道洪水流及び氾濫流の再現性

破堤部が下流に拡幅したこと、落堀が破堤部から右に曲がっていることから洪水流の運動量が破堤氾濫流に及ぼす影響が大きかったと推察されるため、FDS法による二次元浅水流モデルを適用した計算領域は信濃川合流点から9kmからの9.88kmの河道(図-5)及び氾濫流により家屋が流失した地区を含む680m×634mの領域(図-6)とした。計算時間は7/13の12:00から18:00(図-3)とした。計算条件は、 $dx=dy=2m$ 、 $dt=0.05sec$ であった。マンニングの粗度係数 n は河道内を0.035、氾濫原を0.02とした。

計算領域の河道における上下流端境界条件は、図-3に示すように、計算領域より約600m上流にある大堰水位観測所と計算域下流約200mの今町水位観測所のデータから求めた水位を与えた。上流端境界条件は大堰観測所付近の川幅が比較的大きく、痕跡水位はその下流のものと比較して低いことから河道痕跡水位と大堰水位より、下流端条件は計算時間内の今町水位観測所の欠測から大堰・今町水位より与えた。その他上流端には、流量勾配0、流速分布一様、下流端には流速勾配0を与えた。

図-4は、計算区間に含まれる横断測線(図-6)において洪水後に測量された河床高の標高と計算上に取り込んだ破堤部近くの測線における河道地形である。計算の安

定性から、計算上の河道地形データは堤防を鉛直壁として図-4のような低水路と高水敷を与える簡易なものとした。洪水後の破堤部の状況は写真-3のように破堤部上下流で高水護岸が一部残っており、高水敷は洗掘されていなかった。計算上、破堤後の地盤高は破堤部に最も近い堤内地メッシュの地盤高を与えた(図-1)。

図-5は横断測線での河道痕跡水位と計算による最大水位を示している。実際の洪水流は複断面の湾曲流れとなるため二次元浅水流モデルで考慮していない二次流が影響するため詳細は異なるが、計算結果は痕跡水位による水面の縦断分布及び9.6km付近湾曲部の遠心力に起因する左右岸の水位差は概ね再現できている。

図-6は、主に新潟県により測量された氾濫原の痕跡水深⁹⁾と計算最大浸水深を示している。下と左の図は、浸水深の平面分布図を各軸に投影した図である。氾濫原の最大浸水深は破堤3時間14分後の分布であった。この時までに流失したと計算された家屋位置では浸水深と家屋形状が示されている。構築した数値解析モデルは、破堤部近くの浸水深、破堤直後に水面勾配が大きくなる破堤部左岸堤防の法線方向、図中上下に伸びる主要地方道見附中之島線付近の浸水深分布を精度良く再現している。

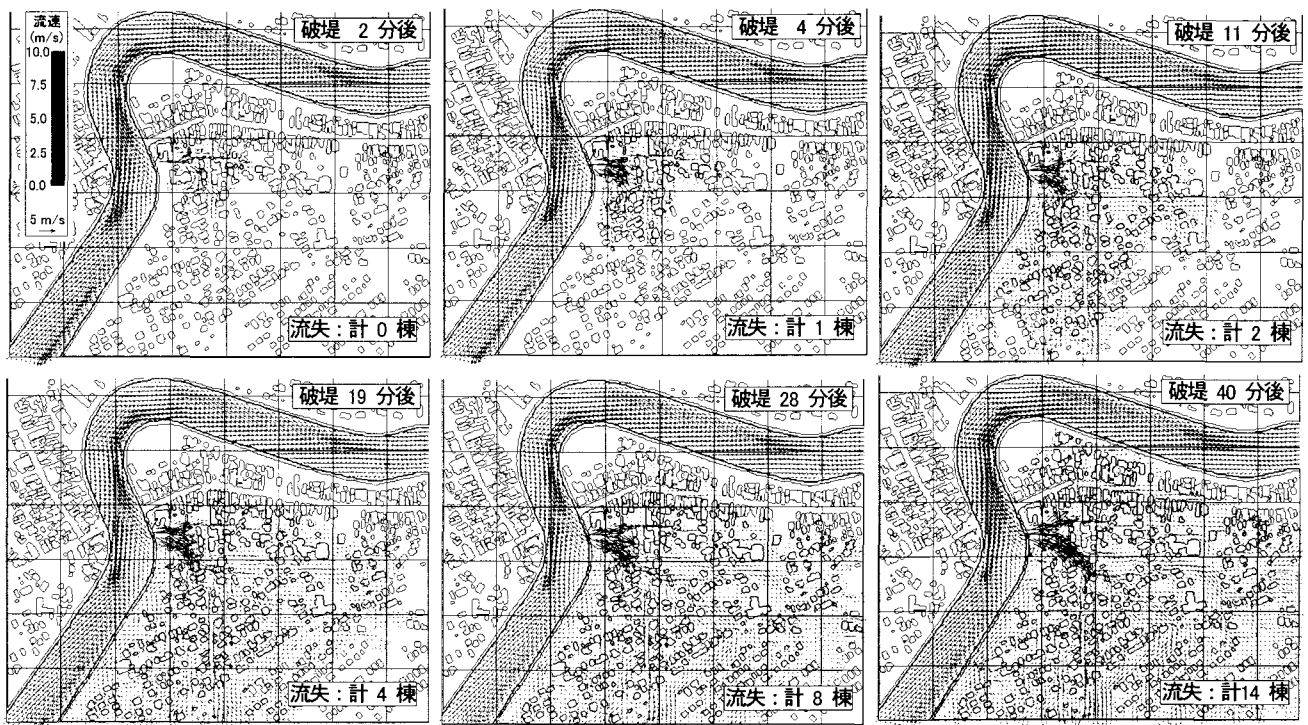


図-7 破堤直後の洪水・氾濫流の水深平均流速ベクトルと浸水区域の計算結果（破堤2分～40分後）

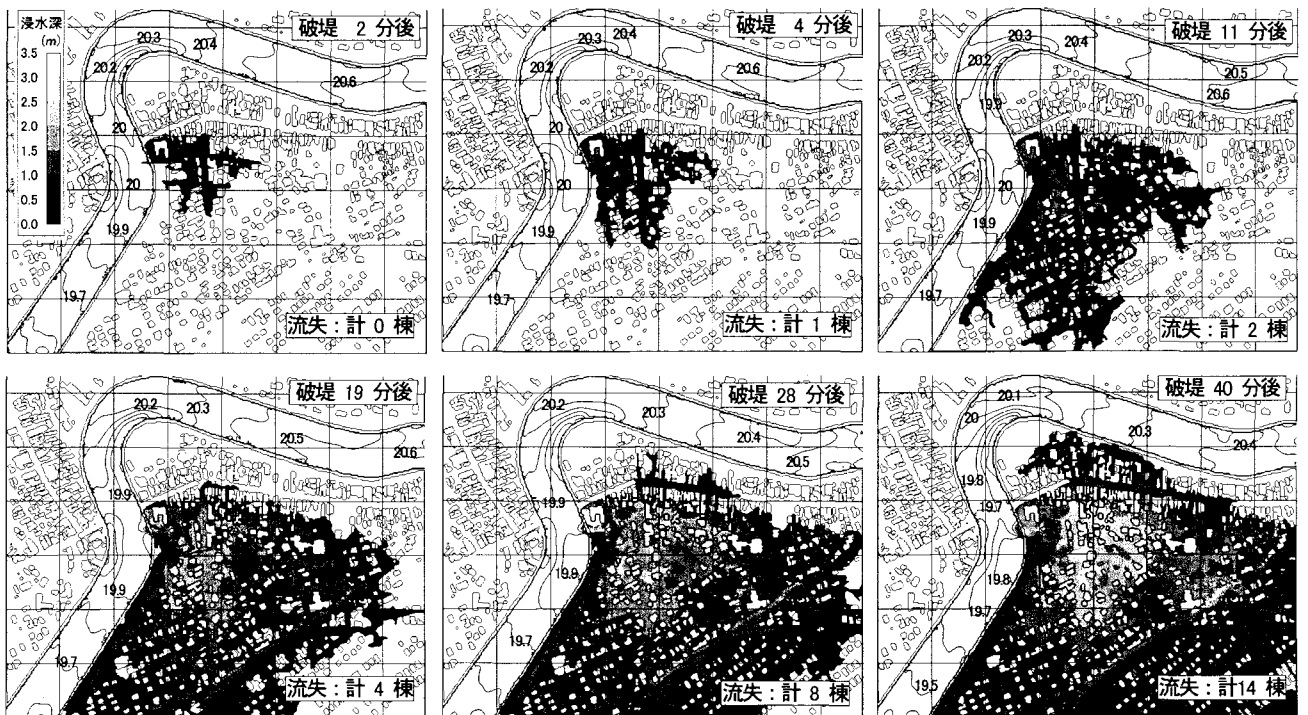


図-8 破堤直後の河道内水位コンターと氾濫原浸水深分布の計算結果（破堤2分～40分後）

5. 洪水氾濫流による家屋流失

図-7は、破堤直後の洪水・氾濫流の水深平均流速ベクトルと浸水区域の計算結果（破堤2分～40分後）を示している。流速ベクトルは流速の大きさに応じて長さと色を変えている。破堤部より洪水が流れ出る箇所は7m/s以上の流速、河道湾曲部内岸では3m/s程度の流速が発生している。

解析モデルにおいては、氾濫流がメッシュに到達して水深が閾値(0.003m)を越えると流体の計算を行っており、ここに示す浸水区域とは浸水深0.003m以上の領域である。図-8は、破堤直後の河道内水位コンターと氾濫原浸水深分布（破堤2分～40分後）を示したものである。河道内には10cm間隔の水位コンター線を示している。実際と同様に、家屋は氾濫流により水没しないとしているため流失していない家屋は白く表示されている。

破堤2分後、氾濫流はお寺の（破堤部から堤防法線方向に氾濫原を見て、以下略記）左をとおり流下している。また流速ベクトルも左に向いている。破堤4分後、お寺は流失し破堤部近傍の流速ベクトルは右に向いている。同2時刻での河道内の水面形を比較すると、河道内左岸破堤部上流で流下方向の水面勾配が大きくなり、下流で水面勾配が小さくなっていることがわかる。その後も破堤部近傍の流速ベクトルは家屋流失を伴い破堤部から右向きに大きくなる傾向が強くなり、河道内の水面形も上述の傾向が強くなっていく。破堤後に氾濫流が左から右向きに変化するの、(1) 破堤直後は河道の流れと堤防線形から法線方向に破堤部近傍の氾濫流の水面勾配が大きくなっているが、(2) 破堤幅が拡幅し始めると、河道内破堤部付近の水面が低下し、その上流で流下方向の水面勾配が大きく、その下流で水面勾配が小さくなることによる。破堤部近くの氾濫流は河道内流れに大きな影響を受けている。

計算上の家屋の流失は、破堤4分後にお寺、11分後に累積合計2棟、19分後に計4棟、28分後に計8棟、40分後に計14棟である。流失した家屋の上流では水位が堰上がっており、さらに上流では水深が小さくなっている。河道から破堤部で射流となった洪水氾濫流が家屋により堰上げられ常流に変化する家屋上流面で水深及び圧力が大きくなり、家屋は流失すると計算されている。

氾濫流は、大きく破堤点から堤防の法線方向を直進する家屋の少ない方向と主要地方道見附中之島線を図中下向きに向かう流れの2つに分かれている。共に破堤部近くの密集している家屋で堰上げられた流れが抵抗の小さな方向へ進むためである。

6. おわりに

2003年7月13日に発生した新潟県刈谷田川破堤氾濫流による家屋流失について、刈谷田川河道及び氾濫原である中之島地区の地形と家屋データを用いたデカルト座標におけるFDS二次元浅水流解析に家屋流失モデルを取り込んだ数値解析モデルを構築し、検討を行った。

河道内の流れ、水面の変化は洪水氾濫流に大きな影響を及ぼすこと、刈谷田川中之島地区で洪水氾濫後に確認された合計16棟の流失家屋のうち計14棟が大きな水位差を伴う洪水氾濫流により破堤後40分間で流失する計算結果となった。

本論文で用いた破堤幅の拡幅に関する目撃証言などの計算条件は、2004年9月末までの限られた情報であり、条件の変化で各家屋が流失する時間などの結果が異なる

ことは十分にあり得る。

また、破堤点で落堀が形成され、その下流で土砂が堆積していた実際の洪水氾濫流においては、底面圧力勾配が流れに抵抗する方向に作用し、破堤部近傍の浸水深は今回の計算結果と異なると考えられる。

今後、計算条件、落堀と土砂堆積の影響について模型実験を含めた検討を行う予定である。

謝辞：森明巨先生（北海道大学）及び西本直史氏（日本建設コンサルタント）にはFDS法について、服部敦氏（国土交通省国土技術政策総合研究所）には家屋の倒壊状況などについて、それぞれ多大なる御助言を頂いた。また、国土交通省北陸地方整備局、新潟県には貴重なデータを提供して頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 栗城稔・末次忠司・海野仁・田中義人・小林裕明：氾濫シミュレーション・マニュアル(案) -シミュレーションの手引き及び新モデルの検証, 土木研究所資料, 第3400号, 1996.
- 2) 福岡捷二・川島幹雄・横山洋・水口雅教：密集市街地の氾濫シミュレーションモデルの開発と洪水被害軽減対策の研究, 土木学会論文集, No.600/II-44, pp.23-36, 1998.
- 3) 秋山壽一郎・重枝未玲・浦勝：非構造格子を用いた有限体積法に基づく1次及び2次精度平面2次元洪水流数値モデル, 土木学会論文集, No.705/II-59, pp.31-43, 2002.
- 4) 重枝未玲・秋山壽一郎・浦勝・小林俊彦：洪水氾濫流と構造物に働く流体力の数値シミュレーション, 水工学論文集, 第46巻, pp.833-838, 2002.
- 5) 高橋保・中川一・西崎丈能：堤防決壊による洪水危険度の評価に関する研究, 京大防災研究所年報, 第29号B-2, pp.431-450, 1986.
- 6) 大川秀典・清水康行・森明巨：FDSを用いた開水路における流れの数値解析, 土木学会論文集, No.614/II-46, pp.37-49, 1999.
- 7) R.Struijs, H.Deconinck, P.de Palma, P.L.Roe and K.G.Powell : Progress on Multidimensional Upwind Euler Solvers for Unstructured Grids, AIAA 91-1550, 1991.
- 8) 西本直史・森明巨・板倉忠興・金澤克己：FDS法による1次元開水路流れの数値解析, 土木学会論文集, No.670/II-54, pp.25-36, 2001.
- 9) 牛山素行：平成16年7月新潟・福島豪雨災害研究関係情報-現地調査資料- 主要浸水箇所の浸水深分布- 中之島町中心部, <http://www.disaster-i.net/disaster/20040713/inundation-depth.html>

(2004. 9. 30 受付)