

流域治水対策の評価に向けた氾濫解析モデルの開発

Development of the Inundation Analysis Model for the Evaluation of Watershed Flood Control Measures.

○岩村祐暉*・田嶋カオル*・吉川夏樹**・宮津進**・高野陽平***

Yuki IWAMURA Kaoru TAJIMA Natsuki YOSHIKAWA Susumu MIYAZU Yohei TAKANO

1. 研究背景および目的

近年頻発する大規模な降雨イベントに対して国は流域治水関連法を施行し、流域一体となった洪水対策「流域治水」への転換を推進している。特に雨水の貯留浸透対策の強化において、田んぼダムやため池の事前排水といった対策が活発になると予想される。早急な対策実施のためには、事業効果の迅速な試算が求められる。

吉川ら¹⁾によって開発された内水氾濫解析モデルは、田んぼダムの効果算定をはじめその利用が広まりつつあるものの、地形勾配の緩慢な低平地に適用が限定されている。そこで、本研究では流域治水対策の評価を目指し、傾斜地に対応した氾濫解析モデルの開発を目的とした。

2. 傾斜地適用上の課題

内水氾濫解析モデルが傾斜地に適用できない理由は以下の2つである。

第1に、1次元不定流の移流項に中心差分を用いていたことである。近似式に移流速の2乗に比例した逆拡散項が出現するため、移流速が大きくなる射流の計算時に数値振動が発生した。

第2に、傾斜地において排水区域に属するセルと接続先の水路メッシュとの水位差に不整合が生じることである。本モデルは、1次元不定流を任意距離(Δx)に離散化した計算格子(メッシュ)を用いて計算する。各メッシュは排水区域と呼ばれる領域を持ち、この範囲内の土地(セル)からの流出は横流入量として与えられる。土地からの流出は仮想的に設けた末端排水路水位とセル水位の大小から流出形態が決定し、末端排水路水位は排水区域が接続する水路メッシュ水位と一致すると仮定している。そのため、接続先の水路メッシュ渠底標高よりも低標高のセルが一箇所でも排水区域内に存在すると、そのセルに排水路からの逆

流が常に生じる(図1)。この対策として、排水区域内セル-接続先水路メッシュ間に十分な標高差をもつように区域を作成する方法が考えられるが、作業に多大な労力を要する。

3. 常射流混在計算手法の導入

1次元不定流の計算に有限体積法および風上差分法を導入した。

3.1 有限体積法

コントロールボリューム内において、体積積分の形で表した偏微分方程式を離散化することで近似解を得る手法である。跳水といったテイラー展開が不可能な不連続現象においても物理量の保存が満足する点に特徴がある。

3.2 風上差分法

空間に関する導関数を常に基準点とその上流側の値を用いて差分近似する方法である。近似式に拡散項が含まれるため、安定的に計算結果を得ることができる。

4. 排水区域自動設定手法の開発

セル標高値をもとに排水区域を自動生成する手法を開発した。任意の水路メッシュの排水区域として適切なセルを次の3つの条件をもとに検索することで設定する。(1)セルが対象とする水路メッシュの集水域内部に存在する。(2)セル標高値が水路渠底-田面間の最小標高差よりも大きい。(3)対象としている水路メッシュの重心点を通り、水路メッシュの重心点間を結ぶ線分に対して垂直な直線によって示される2つの領域のうち、水路メッシュの上流側と定義された領域内にセルの重心座標が位置する。これらの条件を満たすセルを自動検索するプログラムを開発し、水路渠底と十分な標高差を有した排水区域を効率的に設定することが可能となった。

* 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate school of science and technology, Niigata University

** 新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

***株式会社ナルサワコンサルタント NARUSAWA CONSULTANT CO.,LTD.

キーワード：氾濫解析 流域治水 田んぼダム

5. 新たなモデルの妥当性の検証

常時流混合計算手法および排水区域自動設定手法を導入した氾濫解析モデルを栃木県田川流域に適用し、本手法の妥当性を検証した。

5.1 対象降雨

解析対象降雨は令和元年東日本台風である(2019/10/12-13)。本降雨は気象庁宇都宮気象台において24時間雨量325.5mm、6時間雨量213.6mmを観測し、概ね1/150-1/200年確率規模の降雨イベントである。

5.2 妥当性の検証結果

図2に東橋水深観測所地点における実績水深と計算水深を示す。降雨初期のハイドログラフ立ち上がり部に実績と計算水深に乖離が確認されているが、概ね良好な再現結果が得られた。

図3に氾濫実績および計算浸水域を示す。氾濫実績データが宇都宮市街地に限られていたため、結果の描画は市街地部のみとした。一部、氾濫実績に記録されていない地点の浸水表現しているが、概ね氾濫実績を良好に再現した。

6. 田んぼダムが河川流況へ与える影響

田川流域における田んぼダムの効果を解析した。入力降雨は令和元年東日本台風で、流域内の全水田が田んぼダムを実施すると仮定し、畦畔を20cmとした場合と30cmに嵩上げした場合の2シナリオでシミュレーションした。

6.1 河川流量の低減効果

表1に東橋地点におけるピーク流量およびピーク流量低減率を示す。ピーク流量低減率は畦畔20cmのとき4%、畦畔30cmの場合で10%と計算された。

6.2 浸水被害の低減効果

図4に田んぼダム実施時の床上浸水面積およびその減少率を示す。畦畔高20cmのときに田んぼダム実施を実施すると、床上浸水面積が21%低減し、田んぼダムに加え畦畔高を30cmに嵩上げた場合は、床上浸水面積を約6割に抑えることが明らかになった。

7. おわりに

常流・射流混在流れの計算アルゴリズムの導入および適切な排水区域を自動設定する手法を開発したことで、内水氾濫解析モデルを地形勾配が1/200程度の流域への適用を可能にした。今後はより多くの傾斜地流域にモデルを適用しその適用性を検証するとともに手法の改良を試みる。

参考文献

1) 吉川夏樹, 宮津進, 安田浩保, 三沢眞一 (2011):

低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発, 土木学会論文集, Vol67, No.4, pp.991-996

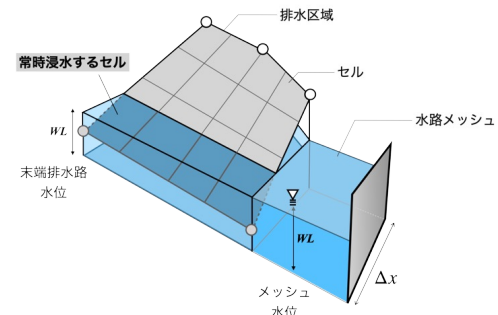


図1. 水路メッシュ水位と土地標高の逆転

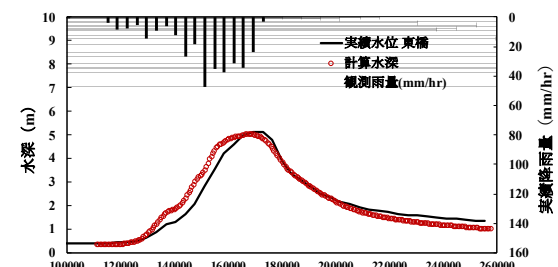


図2. 実績水深と計算水深の比較

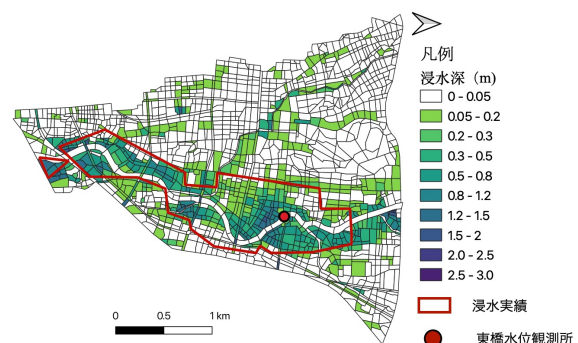


図3. 氾濫実績と計算最大浸水区分図の比較
表1. ピーク流量およびピーク流量減少率

	田んぼダム非実施	田んぼダム実施 (畦畔20cm)	田んぼダム実施 (畦畔30cm)
ピーク流量 (m³/s)	1160	1103	1029
流量減少量 (m³/s)		57	131
減少率 (%)		5	11

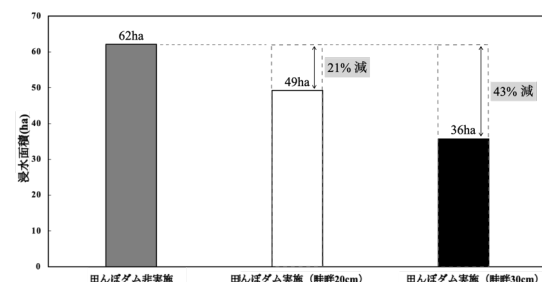


図4. 床上浸水面積および面積減少率