

流域治水計画検討のための降雨流出氾濫(RRI)モデルと非構造格子二次元不定流(UNST-2D)モデルの連成解析法の検討

○山村孝輝¹⁾・西野 駿治²⁾・山田 真史³⁾・佐山 敬洋³⁾・川池 健司³⁾・瀧 健太郎²⁾

1) 建設技術研究所東京本社河川部 2) 滋賀県立大学環境科学部 3) 京都大学防災研究所

背景・論点

近年の気候変動により極端豪雨や大規模洪水が頻発し、2022年の流域治水関連法制定を受けて全国で流域治水プロジェクトが本格化している。

流域治水では河川管理者だけでなく様々な主体が関わるため、「流域全体の水収支把握」と「地先レベルの氾濫現象」を同時に評価できる解析モデルが求められている。

流域治水検討用の統合水理モデル(滋賀県版)

- 合成合理式(集水域)・一次元河道・二次元氾濫(氾濫域)を結合した統合水理モデル¹⁾
- 計算結果を多段階で整理し、「地先の安全度」マップを作成²⁾
- 流出、氾濫、統合型など水理モデルの高度化が進んでいる³⁾

「RRIモデル」×「UNST-2Dモデル」で
滋賀県モデルの高度化を意識

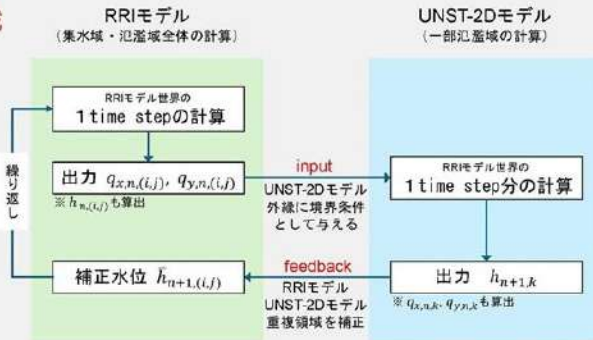


方法

計算格子の設定

- 全域にRRIモデルの構造格子を配置し、基盤となる計算領域を確保
- 任意の範囲にUNST-2Dモデルの非構造格子を重ねて配置し、詳細計算を実行
- 縁端部の格子をRRIモデル格子と同サイズ・同位置に設定

精度検証の対象とした九頭竜川流域

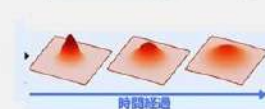


各モデルの特徴

RRIモデル⁴⁾

流出系

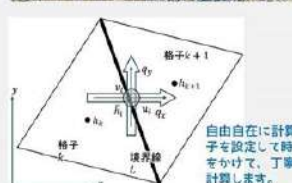
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r - f$$
$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial u q_x}{\partial x} + \frac{\partial v q_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho_w}$$
$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial u q_y}{\partial x} + \frac{\partial v q_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho_w}$$



伝播波近似で高速で計算します。
広域での大雑把な解析向き

UNST-2Dモデル⁵⁾

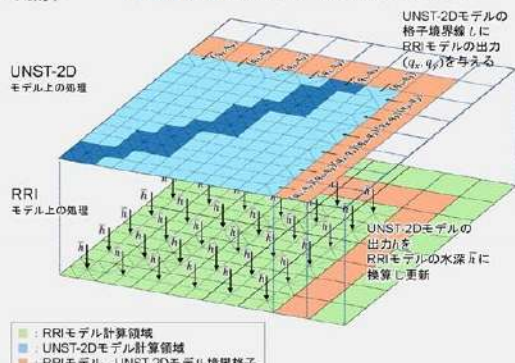
洪水流系



UNST-2Dモデル→RRIモデル

計算水深の更新

- 斜面セル: 重複する非構造格子群の平均水深を採用し、地形の複雑さを反映
- 河川セル: 重複格子群の中で河川かつ最低標高の格子水深を採用し、河道の特性を保持

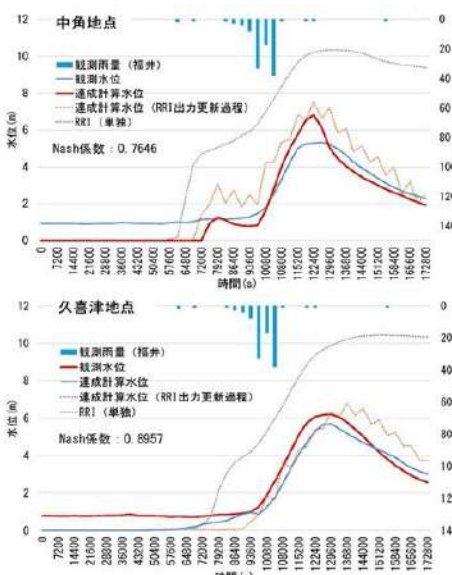


結果&考察

最大浸水深図 (UNST-2Dモデル)



最大流速分布図 (UNST-2Dモデル)



水位再現精度の向上

- 2つのモデルを連成させることで、実測水位が良好に再現された(Nash係数 中角: 0.76 久喜津: 0.89, 2023年7月豪雨時)

微地形を考慮した洪水流解析

- 移流項考慮と高解像度非構造格子により、河川域・氾濫域の微地形や日野川の緩勾配による九頭竜川の背水影響など、詳細な洪水流の特徴を表現できることが確認された

今後の展開

柔軟な領域分割による用途別モデル配置

- 検討した連成解析法により、流域の特性に応じて様々な組み合わせパターンが可能
- 例えば狭窄部を挟む盆地と扇状地を持つ流域では、両方の氾濫域をUNST-2Dで扱う場合(①)、片方のみ(②、③)、または一部分のみ(④)をUNST-2Dで扱う場合まで、目的に応じて柔軟に設定

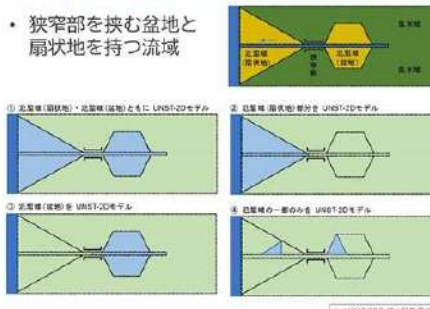
効率的な計算資源の活用

- モデリングの手間と計算コストを必要な部分に集中

治水計画への応用

- RRIモデルで基本的な水収支を管理しながら、個別の流域治水対策効果をUNST-2Dで評価して流域全体で統合することで、既存の河川計画との整合性を保つ

さまざまな結合パターン



参考文献

- 瀧健太郎・他(2010) 中小河川群の氾濫域における減災型治水システムの設計. 河川技術論文集, 16: 477-482
- 瀧健太郎・他(2009) 中小河川群の氾濫域における超過洪水を考慮した減災対策の評価方法に関する研究. 河川技術論文集, 15: 49-54
- 例えば、三井望・他(2025) 降雨流出解析法と河川・氾濫流用平面二次元解析法の融合(RRI-RF2D)モデルの開発と応用. 土木学会論文集, 81(16), 24-16020
- 佐山敬洋・岩見洋一(2014) 降雨流出氾濫(RRI)モデルの開発と応用. 土木技術資料, 56-6, pp.18-21
- 川池健司・他(2002) 都市域の氾濫解析モデルの開発. 土木学会論文集, 698, II-58, pp.1-10