

リアルタイム浸水域予測が可能な高速氾濫解析モデルの鬼怒川洪水への適用

中央大学 学生会員 ○諸岡 良優
中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

近年、日本全国で毎年のように洪水が発生し、大規模な浸水被害がもたらされている。2015年9月関東・東北豪雨では利根川水系鬼怒川流域において溢水及び堤防決壊が発生し、茨城県常総市(2015年10月1日現在の人口64,854人、23,170世帯)で40km²が浸水した¹⁾。日中の災害であったにもかかわらず、逃げ遅れた住民約4,300人¹⁾がボートやヘリコプターで救助され、避難の遅れが問題となった。筆者らが常総市の浸水区域及び避難指示・勧告の発令区域の住民に行ったヒアリング調査²⁾では、今後、避難判断を行う際に欲しい情報は、「避難指示・勧告」や「河川水位」の他に、「浸水しそうな区域」や「堤防が決壊しそうな箇所」のような予測情報であることが明らかになった。そこで、本研究では住民の適確な避難行動を誘導するためのリアルタイム浸水域予測を行うための基礎的な検討として、常総市内の浸水域を対象に、高精度かつ高速演算が可能な「地形適合格子モデル」による氾濫解析を行った。

2. 地形適合格子モデルの概要

安田・山田ら³⁾は、従来の氾濫解析手法と同精度かつ高速で計算を行うことが可能である地形適合格子による高速洪水氾濫予測モデルを提案している。地形適合格子を用いた解析法は、任意の多角形格子の使用が可能であるうえ、座標軸に依存することなく柔軟に格子を構成することができる。さらに、同

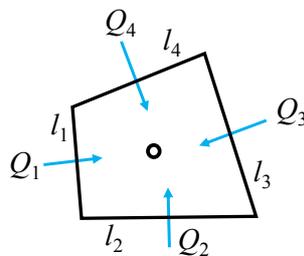


図-1 連続式の変数定義

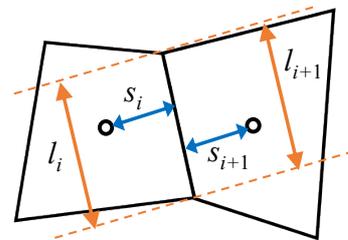


図-2 運動方程式の変数定義

じ計算領域内において異なる格子長及び形状による格子分割が可能であるため、地形形状の近似度を格段に向上させられるだけでなく、一様な格子間隔の細分化された矩形格子を用いた場合よりも効率的に格子分割でき、格子数が大幅に減少するため計算時間の大幅な短縮が可能である。一般に拡散型の氾濫において移流項は他の項と比較して小さなオーダーであり、非線形項であるため計算時間を要するため、高速演算が目的である地形適合格子を用いた氾濫予測モデルの基礎式は、浅水流方程式から移流項を除いた式を拡張した(1)、(2)式である。ここにA:格子面積、l:格子辺長、Q:隣接格子からの流入量、s:隣接格子の図心間距離、η:深水位、h:水位、g:重力加速度であり、格子上における変数の定義を図-1、図-2に示す。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{1}{A} \left(\sum_{i=1}^N Q_i \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + ghl \frac{\partial \eta}{\partial s} = - \frac{gn^2 |Q| Q}{h^{7/3} l} \quad (2)$$

3. 対象洪水の概要

対象洪水は2015年9月関東・東北豪雨災害における鬼怒川洪水であり、大規模な浸水被害の発生した常総市内について氾濫解析を行った。本水害時の氾濫現象の特徴は、氾濫水が市内を流れる支川の八間堀川を伝って、下流へ早く伝播した点であり、著者らの行った矩形格子を用いた氾濫解析でも再現できている。一般に氾濫解析において、道路やアゼはその幅員や周囲の地盤高との高低差によって、流路の役割を果たす場合と、氾濫水伝播の障害と考える場合とに分類して考える必要があるが、常総市内には幅員が広くその両縁に建築物が林立する道路はほとんど存在しないため、道路やアゼ等の線状境界は壁として格子辺上に組み込んだ。また、従来は地形形状を見ながら手作業で格子分割を行っていたため長い時間を要していたが、本研究ではOSM財

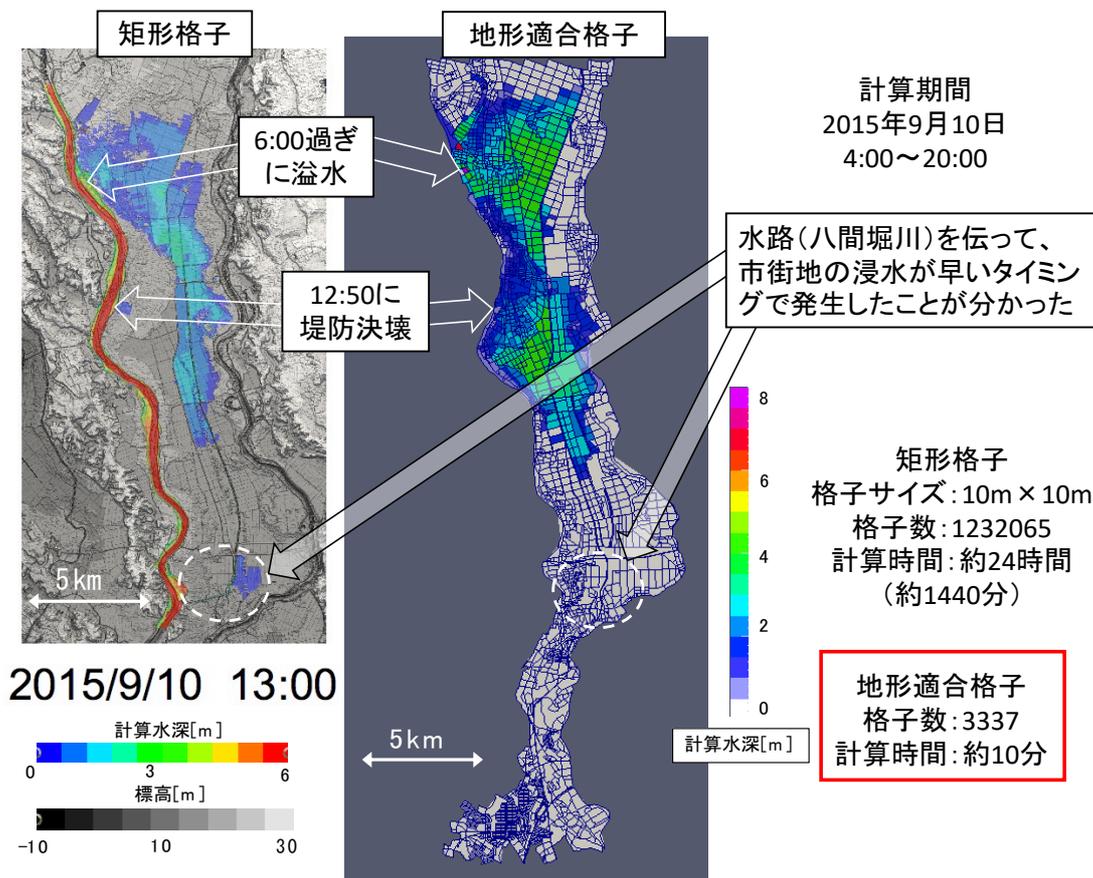


図-3 浅水流モデルによる計算結果(左)と地形適合格子モデルによる計算結果(右)

団が公開しているライセンスフリーのデータベースである Open Street Map の「道路中心線」データにより対象領域を分割することで、格子分割に要する時間を大幅に短縮した。

4. 結果と考察

著者らが実施した矩形格子を用いた浅水流モデルによる再現計算結果と地形適合格子モデルによる再現計算結果を図-3 に示す。道路中心線により格子を分割した地形適合格子モデルによる再現計算でも、氾濫水のフロントを概ね再現できることが確認できる。16 時間の再現期間を浅水流モデルでは約 24 時間、地形適合格子モデルでは約 10 分計算時間を要する。つまり、地形適合格子モデルによる再現計算は浅水流モデルと比較して約 150 倍の高速計算が可能であり、例えば 6 時間先の浸水域の予測は数分で実施できるため、本モデルはリアルタイムの浸水域予測に適用できると言える。浅水流モデルによる再現計算は支川を伝って下流へ氾濫水が早く伝播したことが確認できるが、本稿では地形適合格子モデルは道路のみを考慮しているため下流における早期の浸水が確認できない。また、粗度係数は流域内で一様に $0.03[m^{-1/3}s]$ としているため、格子内の土地利用に応じた値を与えることや、水路を格子とすることで再現精度を向上できると考えられる。

5. まとめ

本研究では、高速演算が可能な氾濫予測モデルを鬼怒川洪水に適用し従来の解析手法と結果を比較した。また、公開データを用いることで格子生成に要する時間を大幅に削減した。今後は、日本全国で高精度のリアルタイム浸水予測を誰でも行えるように CommonMP 上に本解析モデルを実装する予定である。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：『平成 27 年 9 月関東・東北豪雨』に係る洪水被害及び復旧状況について，2016.
- 2) 諸岡良優・郷津勝之・寺井しおり・布村明彦・山田正：「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨時における住民の情報取得状況及び避難行動の実態調査」，河川技術論文集，Vol.22，pp.345-350，2016.
- 3) 安田浩保・白土正美・後藤智明・山田正：「水防活動の支援を目的とした高速演算が可能な浸水域予測モデルの開発」，土木学会論文集，No.740/II-64，pp.1-17，2003.