

都市における河川・排水路のモデル化手法が内水氾濫解析に及ぼす影響 Impacts of Modeling Approaches for Urban Rivers and Drainage Channels on Pluvial Flood Simulations

○松井春樹・小柴孝太・和田桂子・川池健司

○Haruki MATSUI, Takahiro KOSHIBA, Keiko WADA, Kenji KAWAIKE

Urban pluvial flood simulation models still face significant challenges in achieving high accuracy for a wide range of cities, mainly due to insufficient sewer data availability and the complexity of urban drainage systems. Most existing models have been developed with a focus on large metropolitan areas, where underground sewer networks dominate the drainage process. In contrast, small- to medium-sized cities characterized by extensive open channels and minor urban rivers have not been sufficiently discussed in the literature. For such cities, the treatment of open-channel drainage plays a critical role in flood simulation; however, common approaches either simplify these channels as locally lowered topography or neglect them entirely by considering surface flow alone. This study reviews existing modeling approaches for open-channel drainage in urban flood simulations and aims to clarify how different representations of open channels affect pluvial flood analysis results. (140 words).

1. はじめに

都市の排水容量を超過して発生する内水氾濫の解析には、下水道データや複雑な排水機構を考慮した数値解析モデルが求められる。しかし、下水道データの整備状況は自治体間でばらつきが大きく、排水機構の構成も都市ごとに異なるため、汎用的かつ高精度に内水氾濫を予測可能なモデルは十分に整備されていない。

一般に、内水氾濫解析モデルは、都市化が進んだ地域において地下に整備された暗渠型下水道を基盤とする排水機構を対象としたものが主流である。これは、比較的資本が集中していることや、水害対策に十分な予算が投入されてきたことなどが背景にある。一方で、中小規模の都市に多くみられる地表に露出した開渠型排水機構を対象とした解析モデルについては、これまで十分な議論がなされているとは言い難い。こうした都市を対象とした解析では、地表面流れのみを考慮する手法¹⁾や、主要な排水路を地盤高の低下として簡略的に表現する手法²⁾が採用されることが多いが、開渠排水路をどの程度の詳細度でモデル化すべきかを定量的に示した研究はほとんど見当たらない。

そこで本研究では、開水路ベースの排水路や中小河川のモデル化手法の違いが内水氾濫解析の結果にどの程度影響するのかを定量的に示すことを目的とする。

2. 既往の解析モデル概要

本章では、前章で触れたような開渠ベースの排水機構を有する都市に対する既往のモデル化手法についてまとめている。

(1) 2D モデル

中小規模の開渠流れは支配的ではないとして、地表面の流れのみを平面二次元的に解くか主要排水路を地盤高の低下として簡略的に表現する方法である。下水道のデータが無くても一定の浸水予測が可能であることが長所であるといえる。

(2) 1D-2D モデル

支川規模の河川を 1D で解き、氾濫原を 2D で解き連成するような手法³⁾である。いずれの流れも水理的に解くことができる点が長所であるが、どの程度の規模の河川・排水路までを 1D で解くべきかを検証する研究は確認できない。

(3) 準 1D-2D モデル (サブグリッドモデル)

基本的には地表面流れを平面二次元的に解くが計算格子では解像できない河道や用水路を独立した 1D 方程式として解くのではなく、2D 浅水流計算の内部に 1D 的な水理特性として埋め込む手法⁴⁾である。

3. 本研究で検討する解析モデル概要

本研究では河道よりもメッシュサイズの方が大きい場合、サブグリッド的に解く手法は導入せず、

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Surface 2D	2D shallow water equations (2D hydraulic model)			
Open Channel 1D	DEM-based (Simply lowering the elevation)	Saint-Venant equation (1D hydraulic model)	DEM-based (Simply lowering the elevation)	Saint-Venant equation (1D hydraulic model)
Sewer Part	Not considered		Pipe flow: Preissmann slot model	

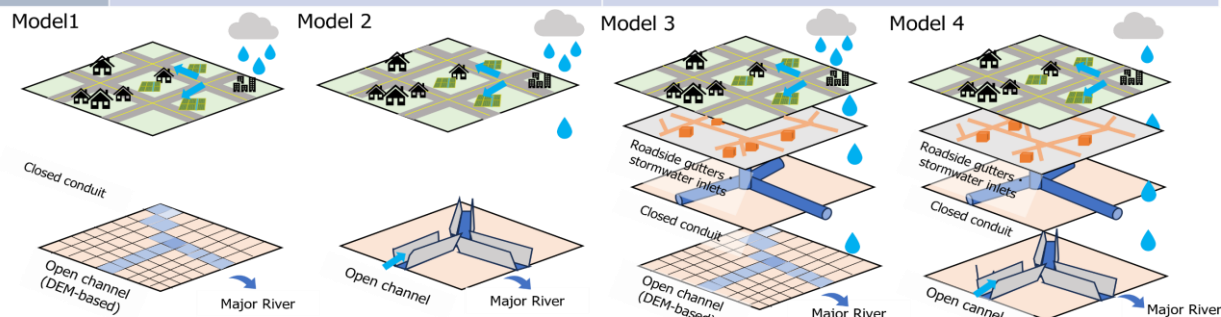


図-1 本研究で比較する，排水路・下水道の扱いが異なる内水氾濫解析モデル

1D-2D 的に解く手法を中心に検討する。

本研究で扱う解析モデルの概略を図-1にまとめる。全モデル共通で地表面流れは二次元浅水流方程式を基礎式とし非構造格子を用いて解析する。モデル1, 2は下水道（ここでは雨水枡，暗渠の排水施設を指す）を含まないモデルであり，モデル3, 4は下水道流れを含むモデルである。ここで下水道内の一次元流れ解析については圧力流れと開水路流れを同一の方程式群で扱える Preissmann slot model を採用している。また，河道部の扱いについては，モデル1, 3は河道部分の地盤高を下げることで簡易的に表現し，基礎式は地表面流れの解析に従う。モデル2, 4は河道部に Saint-Venant 式を採用して一次元不定流として解析している。

4. 展望

本要旨では，開渠ベースの排水機構を有する都市に対する既往のモデルを整理するとともに，本研究で検討する複数のモデルを示した。モデル間の解析結果自体は講演にて詳述するが，展望を示しておく。排水機構を自由に設計可能な図-2のような仮想都市を対象に4モデルで解析を実施し，モデル間の差異を明らかにする。特に，氾濫原の最大浸水深や氾濫ピーク時のタイミング等の違いを明らかにする。

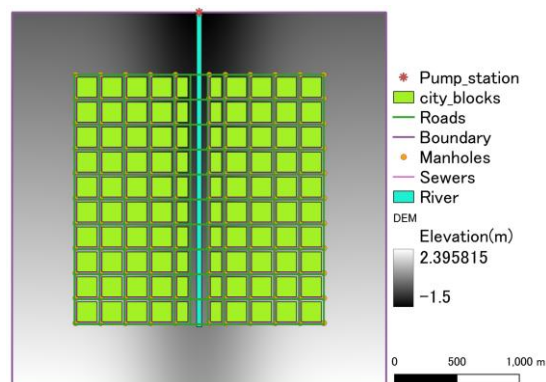


図-2 モデルの検証用の仮想都市

参考文献

- 1) Bates, P. D., Horritt, M. S., and Fewtrell, T. J.: A Simple Inertial Formulation of the Shallow Water Equations for Efficient Two-dimensional Flood Inundation Modelling, *J. Hydrology*, 387, 33–45, 2010.
- 2) Mignot, E., Paquier, A., and Haider, S.: Modelling Floods in a Dense Urban Area Using 2D Shallow Water Equations, *J. Hydrology*, 327, 186-199, 2006.
- 3) Niroshinie, M.A.C., Nihei, Y., Ohtsuki, K. and Okada, S.: Flood Inundation Analysis and Mitigation with a Coupled 1D-2D Hydraulic Model: A Case Study In Kochi, Japan, *J. Disaster Research* vol.10, No.6, 2015.
- 4) Nithila Devi, N., and Kuiry, S. N.: A Novel Local-Inertial Formulation Representing Subgrid Scale Topographic Effects for Urban Flood Simulation, *Water Resources Research*, 60, 2024.