

広域高解像度流出氾濫モデルの地形補正および水門モデルの導入による氾濫再現性向上の試み

京都大学 正会員 ○山田 真史
 京都大学 正会員 佐山 敬洋
 京都大学 非会員 Jhe Youngmin

1. はじめに

近年我が国では大規模な豪雨・洪水災害が頻発し、気候変動の影響の顕在化が議論されている。大規模水害の特徴として、被害が単一の流域に留まらず複数の流域・地域に跨ることや、主要大河川から地方自治体管理の中小河川に至るまでの様々なスケールの河川で氾濫被害が同時多発的に発生していることが指摘される。このような広域で領域的に生じる河川水害に対しては、同様に広域を対象として河道網を網羅的に再現し、その上で流出・氾濫現象を再現する高解像度分布型水文モデルの構築と適用が一つの方策となる。筆者らは分布型水文モデルの Rainfall-Runoff-Inundation モデル（以下、RRI モデル）を日本全体に適用した 5 秒(ca.150m)解像度 Japan RRI モデル（以下、JRRI モデル）¹⁾を構築し、広域・多イベントでの流出パラメタ最適化や実測量断面の広域導入²⁾を通じて、流量・水位の双方の観点から流出再現性の向上を図ってきた。一方で広域での氾濫域・氾濫被害の再現については、未だ十分な検討に至っていなかった。そこで本研究では、令和元年台風 19 号 Hagibis による関東地方での流出氾濫現象を例に、氾濫域の再現性の検証を実施する。また、氾濫現象に顕著に影響すると考えられる、(a)氾濫原に誤って残存された堤防・河道掘込の除去、(b)支川・本川合流部の水門の再現、の 2 点のモデル改良を通じて、氾濫域再現性の向上を試みる。

2. 手法

本研究で用いるベースモデルは、国管理区間について実測量河道断面を導入した JRRI モデル²⁾である。実測量断面が導入されていない河道では、流域面積に基づく河積・河道形状推定式³⁾に基づき $a = 1.5$ の河道を用いた。流出パラメタについて、森林部では流入量データが利用可能な国交省・水資源機構が保有する全国 100 のダムを対象とした多イベントでの較正に基づいて決定した。また、都市域・畑地・水田については RRI Manual の標準パラメタ(Silty Clay Loam)を用いた。放流量データが公表されている国・機構管理ダムでは、実放流量を境界流量として設定した。その他条件は実測量河道断面導入 JRRI モデル²⁾と同様である。

日本時間 2019 年 10 月 11 日 9 時から 10 月 14 日 9 時を対象期間とし、解析降雨を入力とした流出氾濫解析を以下の 3 ケースで実施した。

Case 1 (デフォルト) : ベースモデルに新たな改良を加えずに解析を実施。

Case 2 (地形修正) : DEM 上に誤って再現されている河道の掘込、堤防を除去したモデルで解析を実施

Case 3 (地形修正+水門) : 地形修正に加え、主要な河川沿いでの水門を導入したモデルで解析を実施

RRI モデルは河道ラスタと地形ラスタの 2 層構造のモデルである。堤防高や河道掘込などの河道断面形状は河道ラスタに付与される情報であるため、地形ラスタ上に河道部の掘り込みや堤防が残存する場合、これらの影響が二重に反映されてしまう。**Case 2** では近者ら⁴⁾の方法に基づく地形修正により堤防と河道掘込を地形ラスタの DEM 上から除去した。また、デフォルトの RRI モデルの合流点は自然合流であり、河川規模が大きく異なる合流点では背水・逆流が生じるおそれがあるため、**Case 3** では本川水位が支川水位より高い場合に、本川側から支川側への流入を阻止し、指定した排水量を支川側から本川側へ排水する水門モデルを導入した。

3. 結果

図-1 に実際の浸水域(国土地理院発表)を、図-2 から図-4 に各ケースでの浸水域をそれぞれ示した。RRI モデルは通常の表面流出現象も浸水として表現されるため、本研究では最大浸水深が 0.3 m 以上となったセルに

Keywords: RRI モデル, 広域高解像度分布型水文モデル, 浸水再現性, 地形修正, 水門, 令和元年台風 19 号

Address: 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 防災技術政策研究分野 TEL: 0774-38-4330

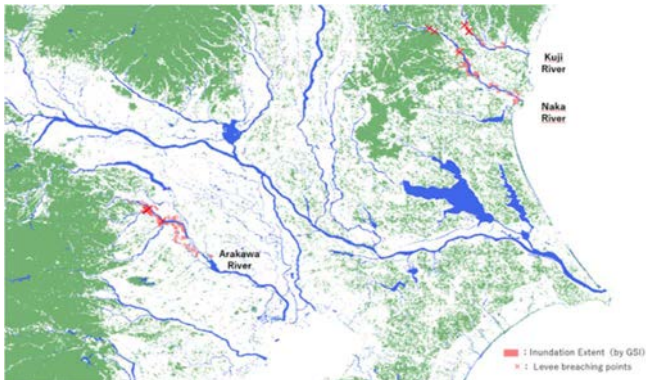


図-1 実際の氾濫域（国土地理院）

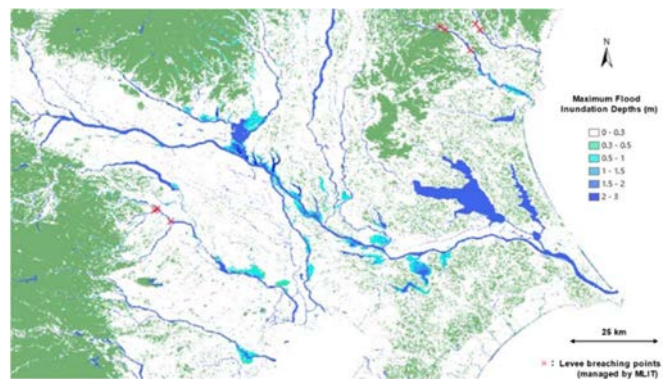


図-2 Case 1（ベースモデル）の氾濫域



図-3 Case 2（地形修正）の氾濫域

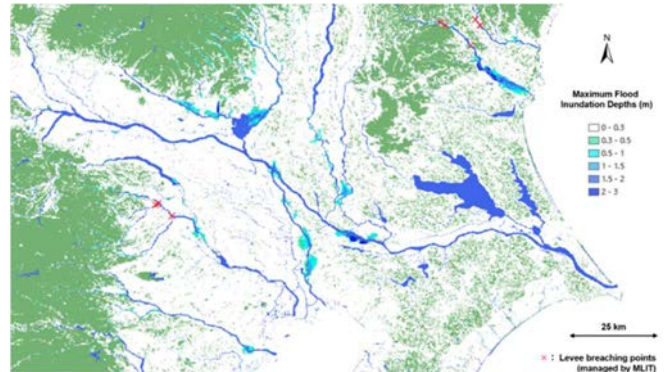


図-4 Case 3（地形修正+水門導入）の氾濫域

ついて、河川水害による浸水が生じたと判定した。

図-1 と図-2 の比較から、ベースモデルでは本川沿いで大きな氾濫が生じ、特に中下流域における浸水域を過大算定していることが分かる。また、江戸川分派以降の利根川本川では、氾濫水が河道に沿って流下し浸水が生じている。この原因は氾濫水が地形ラスタ上に誤って再現された河道の掘込や堤防によって河道沿いに閉じ込められたためと考えられる。

図-2 と図-3 の比較から、Case 2 の地形補正モデルでは浸水域が拡大している。この理由として、地形ラスタ上に誤って再現されていた河道の掘込と堤防が除去されたことで、氾濫水が本来の氾濫原の地形に従って広がったためと考えられる。

図-3 と図-4 の比較から、Case 3 の地形補正+水門反映モデルでは浸水域が大きく縮小している。この変化は、Case 1 および Case 2 での氾濫水の由来の大部分が本川・支川合流部における背水・逆流によるものであることを示唆するものである。一方、渡良瀬川・江戸川・那珂川など複数の河川では現実には生じなかった浸水域が残っており、流量・水位など様々な観点から要因の検討が必要である。

表-1 に各ケースでの浸水面積、及び水害統計に基づく実際の浸水面積と解析の浸水面積との比率を示す。ベースモデルで過大推定の傾向があった浸水面積・比率は、地形補正により一旦は更に増大するものの、水門導入によってベースモデルより減少している。浸水の生じ方や浸水域の全体的なパターンについても本研究での改良により現実に近づいており、今後は個々の浸水域の再現性の検討・改善を進めていきたい。

参考文献：1) Sayama, T. et al, PEPS, 2020, doi:10.1186/s40645-020-00391-7. 2) 山田ら, 土木学会論文集 B1, 2022, doi:10.2208/jscejhe.78.1_7. 3) 山田ら, 河川技術論文集, Vol.23, pp.211-216, 2020. 4) 近者ら, 土木学会論文集 B1, 2019, doi:10.2208/jscejhe.75.2_I_1321.

謝辞：JSPS 科研費(19H02248, 21J01854), 及び内閣府 SIP（スーパー台風被害予測, 代表：立川康人）に拠る。

表-1 各ケースの浸水面積の比較

水害統計	Case 1		Case 2		Case 3		
	面積 [km ²]	解析/実際	面積 [km ²]	解析/実際	面積 [km ²]	解析/実際	
茨城県	56.0	80.2	1.4	151.6	2.7	76.0	1.4
栃木県	50.9	85.8	1.7	119.0	2.3	115.9	2.3
群馬県	19.5	6.9	0.4	25.4	1.3	12.3	0.6
埼玉県	49.3	58.6	1.2	188.6	3.8	49.4	1.0
千葉県	0.01	83.9	5998.2	91.1	6513.0	33.8	2419.4
東京都	0.4	20.8	57.1	24.1	66.3	16.2	44.5
神奈川県	0.2	17.2	72.0	17.8	74.5	15.4	64.5
山梨県	0.02	1.7	78.8	3.5	163.1	3.5	163.1
全域	176.5	355.1	2.0	621.2	3.5	322.5	1.8