

本川・支川流域における降雨分布の相異が潜在的氾濫リスク箇所と氾濫タイミングに与える影響

埼玉大学 学生会員 ○伏見 健吾

埼玉大学大学院 学生会員 五十嵐 善哉

埼玉大学大学院（兼）埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

1. 研究背景と目的

近代改修以前の荒川では、およそ10年に1回の頻度で破堤を伴う水害を受ける地域が存在した。近代改修においては、水害常襲地帯である吉見町や川島町の堤防を高くしたが、その代わりに河道内での貯留効果を高める横堤群を設置し、下流に影響が出ないような治水対策がとられた。また、荒川上流部改修に加え、荒川放水路事業により流下能力は大きく改善され、近年は破堤を伴う大規模水害は、荒川の国土交通省管理区間では発生していない。洪水被害のリスクは減少していると考えられるが、その一方で、他の流域における水害では、昔の地形が影響していることがしばしば報告されている。整備方針レベルの洪水が発生した場合に、近代改修以前の氾濫リスク箇所にはどの程度のリスクが残っているのか、また、新たにリスク箇所がどこに生じるかを明らかにすることは重要である。

そこで本研究では、確率規模1/200で降雨特性の異なる3波形を対象として、荒川流域における潜在的な氾濫リスク箇所および氾濫タイミングが降雨特性でどのように変化するかを解明することを目的とする。

2. 洪水氾濫解析モデルの概要

荒川流域を対象として、河川内の水位と堤内地の氾濫流を一体的に解析が可能な洪水氾濫解析モデルを河口まで拡張した。なお支配方程式は、田中ら¹⁾と同様のものを用いた。

地盤高は計算領域全域において5mメッシュのLPデータを50mメッシュに平均化処理を行い作成した。また、河川内は横断面図をもとに、平均河床高まで掘り下げた。川幅が50m以下になるような内水河川は、空隙率を用いて再現した。領域内の粗度係数は、国土地理院の細密数値情報(10mメッシュ土地利用)を参考に土地利用分類ごとの粗度係数を使用した。現況の

堤防を再現するのに、地盤高での再現は困難なため、阻害線を設定し堤防を再現した。河川堤防のほかに現存している控堤(相上堤、横手堤、大工町堤、桜堤、縦土堤、霞堤、長楽堤)も同様に阻害線として設定した。控堤の高さは、現地調査で現存状況を確認し設定した。破堤幅は、「氾濫シミュレーションマニュアル(案)」²⁾を参考に川幅の関数で与えた。しかし、控堤には参考にする川幅がないため、2015年関東東北豪雨における高さ3m程度の茨城県管理河川の決壊幅を参考に、一律で20mとした。破堤条件はHWL破堤とした。ただし、堤防高が約1mと低い大工町堤、荒川第一調節地の越流堤、堤防の分岐・合流部は、破堤しないものとした。また、荒川上流部(80.0km~83.0km)付近ではHWLよりも低くなっている箇所があるため、築堤部は越流破堤とした。

3. 解析モデルの境界条件と初期条件

(1) 河川上流に与える流量ハイドロの設定

本モデルは、平面二次元計算で河川流と氾濫流を一体的に解析するものである。そのため、計算領域の内部に境界条件を設定する必要がある。境界条件として、河川の上流部では水位観測所の位置から下流方向のみに流出するようなプールを設置し、水位ハイドロを与えた(図-1)。ただし、市野川に関して小見野水位観測所ではなく、やや上流の10.6km地点にプールを設定した。小見野水位観測所に設置した場合には、氾濫域に影響を与える可能性があったためである。また、同様の理由で和田吉野川のプールも台地に設置した。

プールサイズは解析に大きな影響は与えなかったが、安定した条件を与えるため川幅より大きくした。荒川河川事務所の実績降雨データをもとに、貯留関数計算を行い各プール位置の流量ハイドロを決定した。各プール出口における流量とプール内水位の水位流量曲線

キーワード 氾濫解析, 荒川流域, 降雨分布, 破堤リスク箇所, 破堤タイミング

連絡先〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 TEL048-858-3564 E-mail: tanaka01@mail.saitama-

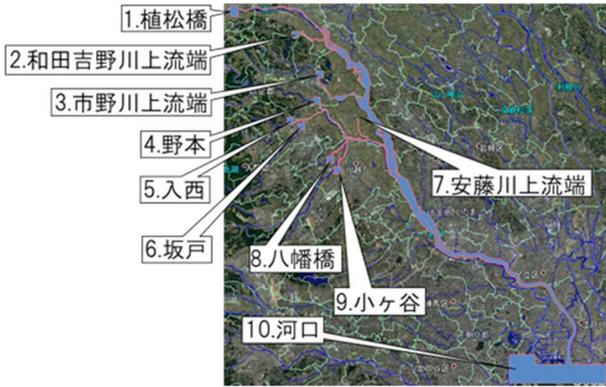


図-1 モデルの全体構造 (プールの設置場所)

を作成し、氾濫解析ではその流量ハイドロになるように、プール内水位を設定した。

(2) 河口における水位ハイドロの設定

各波形での東京湾の潮位が入手できなかったため、大潮かつ台風が接近している際の潮位とした。この条件を満たすものが2016年9月台風16号での東京湾の潮位であり、この潮位になる水位を一律で設定した。

(3) 3つの降雨分布の特性

本川流量が大きい本川型の場合には、支川でピーク流量に達するのが遅く、支川合流部付近では本川によるバックウォーターの影響をより強く受けると考えられる。一方で、支川での流量が大きい支川型の場合、本川でピーク流量に達するのが遅く、支川と本川合流部では支川のピーク流量が大きい。また、ピーク流量のタイミングが本川と支川で大きく異なると考えられる。これらの理由から、本研究では異なる降雨分布を対象として解析を行った。解析では過去の荒川流域の降雨のうち本川・支川ともにピーク流量が大きい本川支川型(昭和22年9月型)、支川のピーク流量が大きい支川型(平成11年8月型)、本川でのピーク流量の大きい本川型(平成19年9月型)を用いた(図-2)。ここで、各降雨で与えた本川、支川のピーク流量(Q_{max} [m³/s]) および、本川のピーク流量時刻を基準とした支川のピーク流量時刻の差(Δt [hr]) を表-1に示す。各プール内の初期水位は解析開始時間(図-2のTimeが0)での流量になる水位を河川の定常状態になるまで助走計算を行った。

4. 結果及び考察

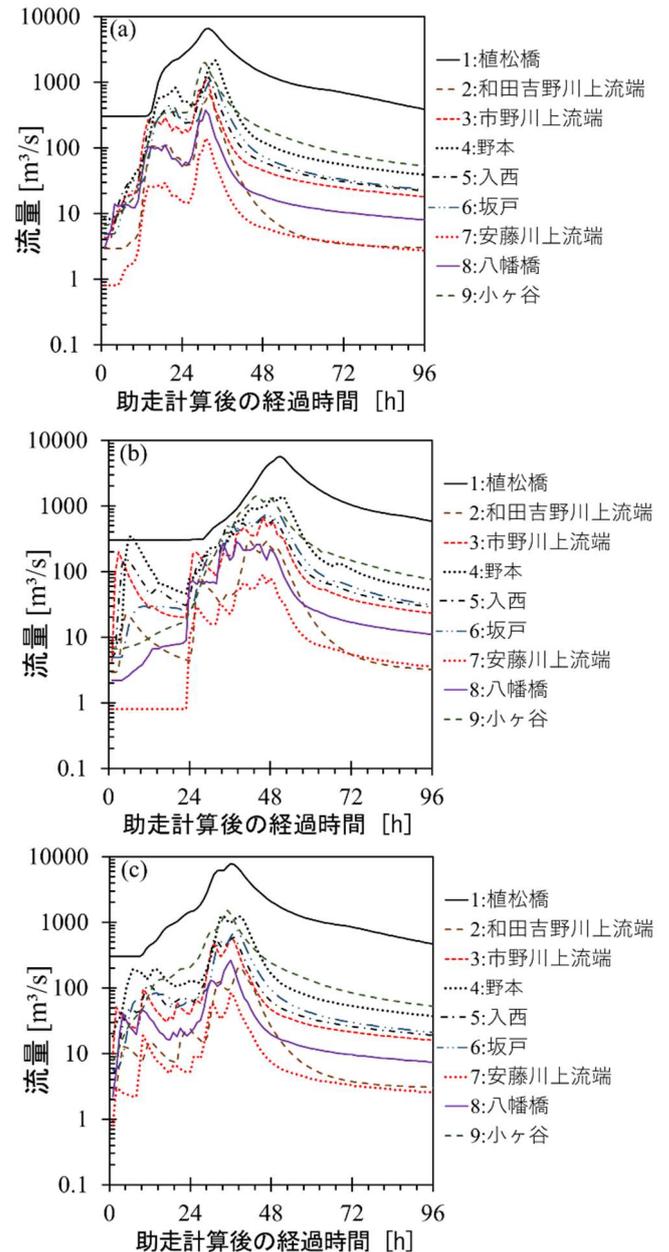


図-2 流量ハイドログラフ(a) 昭和22年9月型(1/200), (b)平成11年8月型(1/200), (c) 平成19年9月型(1/200)

(1) 氾濫解析モデルの検証

深谷市の洪水ハザードマップでは、1/200の降雨で本田地区の浸水深が2.0~5.0mである。また、過去の事例として平成19年9月台風9号、平成29年台風21号では背後地盤までそれぞれ0.5m、1mのところまで水位が上がった。一方、平成29年台風21号で、和田吉野川、都幾川では一部氾濫が見られるなど、降水量が多い際の危険箇所となっている。

本解析においても、本田地区での溢水が確認できた。この時の最大浸水深は1.7mであった。また、和田吉野川で最初の浸水を確認できた。実績降雨での検証はされていたが、整備方針レベルのような大規模な降雨

に関しても、概ね正しい計算であることを確認した。

(2) 各波形における破堤リスク箇所とタイミング

図-3 に各波形での破堤地点と明治 43 年に実際に破堤した地点を示す。荒川の堤防が破堤した地点は M (Main), 支川の堤防が破堤した地点は B (Branch), 控堤が破堤した地点は S (Second embankment)にそれぞれ数字を付して示す。また、(d)の青◎は解析結果と近い付近での既往破堤点を表す。表-2 に各破堤地点の最初に破堤した時刻とピーク時間のとの差[hr], 破堤箇所数, 合計の破堤幅[m]を示す。破堤が起きなかった地点は○で示した。図-4 には、各波形の流量ハイドログラフに表-2 の破堤時刻を示す。

a) 各波形における破堤リスク箇所の相違

本川支川型(a)のみ、破堤地点 B10, B11, B12 で破堤が見られた。この 3 地点は支川(高麗川, 越辺川, 都幾川)の上流部に位置しているため、本川からのバックウォーターの影響ではないと考える。また、本川支川型は 3 波形の中で最も支川(高麗川, 越辺川, 都幾川)の流量が大きいことから、降雨分布の違いからではなく、流量の違いが要因といえる。同様に、M3 の破堤も流量の違いが要因である。これは、本川の流量も 3 波形の中で最大であり、かつ狭窄部の上流であり水位が高くなりやすいためである。

その一方で、破堤地点 M2 では降雨分布の違いが破堤の要因と考える。この地点は、荒川本川と和田吉野川の合流の上流部に位置しており、バックウォーターの影響を受けやすい。支川型(b)では、バックウォーターの影響を受けにくいため破堤しなかったが、本川支川型(a), 本川型(c)では破堤している。また、和田吉野川の流量の大きい本川支川型の方が破堤幅は大きい。

明治 43 年には、川島町の南東の入間川と荒川本川の合流地域で破堤が多く確認されているが、氾濫解析では破堤が起こらなかった。これは、合流部に背割堤が整備され合流部でバックウォーターの影響を受けにくくした効果といえる。破堤幅に関しては、流量に比例し大きくなるほど、破堤幅も長くなっている。これらのことから、破堤地点の有無、破堤幅の長さは降雨分布の違いよりも支川、本川に流れる流量の違いが大きく影響している。

b) 各波形における破堤タイミングの相違

表-1 各降雨で与えたピーク流量および本川(植松橋)と支川のピーク流量時刻の差

| | S22型 (本川支川型) | | H11型 (支川型) | | H19型 (本川型) | |
|------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|
| | Q _{max} [m ³ /s] | Δt [hour] | Q _{max} [m ³ /s] | Δt [hour] | Q _{max} [m ³ /s] | Δt [hour] |
| 1:植松橋 | 6550.1 | 0 | 5688.1 | 0 | 7829.6 | 0 |
| 2:和田吉野川上流端 | 680.8 | 0 | 294.4 | -9 | 209.7 | 3 |
| 3:市野川上流端 | 1099.6 | -1 | 681.6 | -5 | 587.3 | 0 |
| 4:野本 | 2154.6 | 2 | 1366.9 | 1 | 1247.9 | -2 |
| 5:入西 | 1188.9 | 0 | 707.3 | -5 | 590.3 | 1 |
| 6:坂戸 | 1238.5 | 1 | 764.4 | -4 | 754.2 | 2 |
| 7:安藤川上流端 | 140.8 | -1 | 89.9 | -5 | 83.9 | 0 |
| 8:八幡橋 | 372.2 | -1 | 286.3 | -13 | 263.9 | 0 |
| 9:小ヶ谷 | 1975.9 | -1 | 1440.2 | -7 | 1519.6 | -1 |

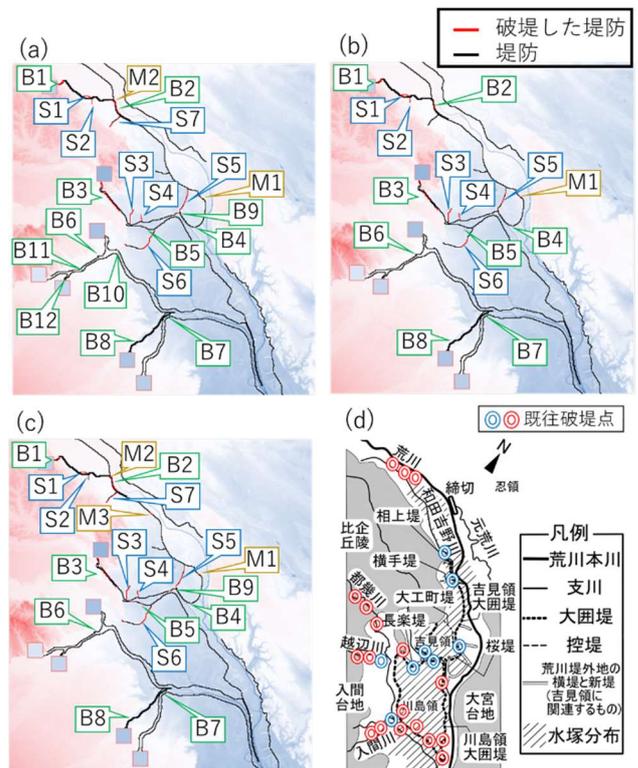


図-3 破堤地点(a): 昭和 22 年 9 月型, (b): 平成 11 年 8 月型, (c): 平成 19 年 9 月型, (d): 明治 43 年での破堤箇所

破堤時刻は、降雨分布によって大きく異なった。支川型(b)では、支川上流部で、早い段階で破堤している。これは、早い段階で流量が大きくなっているためである。その後、支川型では本川のピーク時刻 3 時間前付近から支川の中流部で破堤が生じ、ピーク直前から本川が破堤している。比べて本川型(c)では、支川型と同様に支川上流部で初めに破堤しているが、破堤時刻は遅くなっている。その後、本川のピーク前後で多くの地点の破堤が生じている。本川型の特徴として、破堤地点 S2 の破堤が遅くなっている。これは、和田吉野川の流量が小さいことや、M2 での破堤があり、そこからの流出が多く、破堤地点 S2 であまり流出し

なかったためである。

表-2 破堤地点の詳細

| | 破堤時刻 [hr] | | | 破堤個数 | | | 合計破堤幅 [m] | | |
|-----|-----------|--------|-------|------|-----|-----|-----------|------|------|
| | S22 | H11 | H19 | S22 | H11 | H19 | S22 | H11 | H19 |
| M1 | -0.84 | 0.05 | -2.85 | 1 | 1 | 1 | 300 | 300 | 300 |
| M2 | -0.57 | ○ | -1.75 | 1 | ○ | 1 | 600 | ○ | 150 |
| M3 | ○ | ○ | -0.66 | ○ | ○ | 1 | ○ | ○ | 350 |
| B1 | -19.15 | -26.18 | -6.77 | 4 | 2 | 3 | 1150 | 1000 | 800 |
| B2 | -2.53 | -1.9 | -4.95 | 1 | 1 | 1 | 1250 | 1000 | 1650 |
| B3 | -14.27 | -14.33 | -7.3 | 7 | 9 | 9 | 3950 | 2400 | 2300 |
| B4 | 2.11 | 2.37 | -0.17 | 1 | 1 | 1 | 150 | 150 | 150 |
| B5 | -3.21 | -2.6 | -2.06 | 1 | 1 | 2 | 200 | 50 | 300 |
| B6 | -1.7 | -6.1 | -3.79 | 1 | 1 | 1 | 150 | 50 | 50 |
| B7 | -3.35 | -8.66 | -2.27 | 1 | 1 | 1 | 50 | 50 | 50 |
| B8 | -4.24 | -18.45 | -2.33 | 1 | 1 | 1 | 50 | 50 | 50 |
| B9 | 11.24 | ○ | 4.66 | 1 | ○ | 2 | 200 | ○ | 400 |
| B10 | 0.55 | ○ | ○ | 1 | ○ | ○ | 300 | ○ | ○ |
| B11 | -2.29 | ○ | ○ | 1 | ○ | ○ | 50 | ○ | ○ |
| B12 | -0.64 | ○ | ○ | 1 | ○ | ○ | 50 | ○ | ○ |
| S1 | -17.15 | -24.15 | -4.82 | 1 | 1 | 1 | 700 | 700 | 700 |
| S2 | 0.15 | -0.81 | 11.83 | 1 | 2 | 1 | 350 | 300 | 50 |
| S3 | 4.45 | 6.49 | 1.72 | 1 | 1 | 1 | 1300 | 1200 | 1300 |
| S4 | 3.6 | 4.99 | 1.14 | 1 | 1 | 1 | 550 | 550 | 550 |
| S5 | 0.03 | 0.8 | -2.18 | 4 | 6 | 3 | 1850 | 1500 | 1950 |
| S6 | -0.25 | 0.79 | 0.29 | 4 | 1 | 5 | 2250 | 1150 | 2350 |
| S7 | 0.28 | ○ | -0.51 | 3 | ○ | 3 | 800 | ○ | 750 |

5. 結論

本研究で検討した 3 つの異なる降雨分布について、本川型、本川支川型では支川（特に和田吉野川）との合流部でバックウォーターの影響による破堤点が確認された。ただし、支川の上流部では支川のピーク流量により破堤点に差異が生じた。破堤タイミングについては、本川型では本川ピーク前後で支川、本川の堤防が短時間で破堤する。一方で、支川型は本川のピーク流量までに支川から徐々に破堤が生じる。

謝辞

本研究の実施にあたり、国土交通省関東地方整備局荒川上流河川事務所に河川横断などの資料を提供頂いた。また、河川財団の平成 29 年度河川基金研究助成（代表・田中規夫）を使用した。記して謝意を表します。

参考文献

1) 田中 規夫, 五十嵐 善哉, 伏見 健吾: 荒川中流域の潜在的氾濫リスクと現存する江戸時代の旧堤防群が果たす減災効果, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.4, 2018 (印刷中)

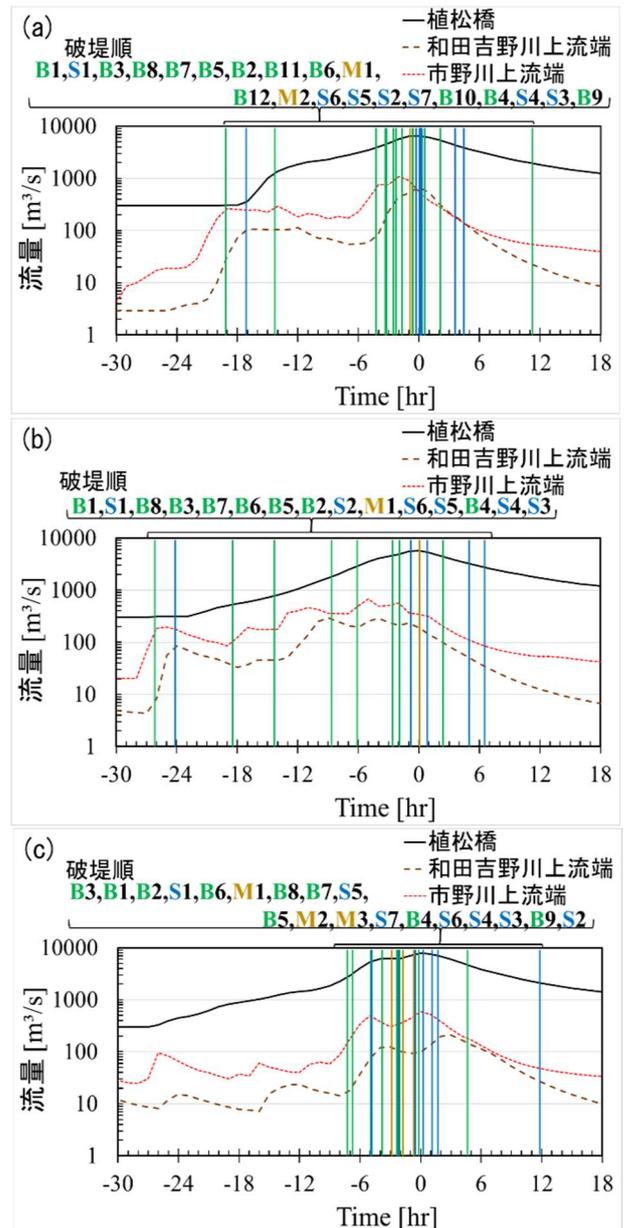


図-4 破堤のタイミング (M: 本川堤防、B: 支川堤防、S: 控堤) (a): 昭和 22 年 9 月型, (b): 平成 11 年 8 月型, (c): 平成 19 年 9 月型

2) 栗城稔, 末次忠司, 海野仁, 田中義人, 小林裕明: 氾濫シミュレーション・マニュアル (案) —シミュレーションの手引き及び新モデルの検証—, 土研資料, 3400 号, 1996.

3) 八木澤順治, 大窪和明, 田中規夫, 赤崎佑太, 奈良優: 埼玉県川島町を対象とした洪水氾濫解析に基づく避難支援バスの最適運行経路の検討, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, I-313 - I-318, 2017.

4) 赤崎裕太, 田中 規夫: 荒川支川群に囲まれた川島町の内水氾濫の有無による氾濫特性の変化, 平成 29 年度土木学会全国大会 第 72 回年次学術講演会, II-016, pp. 31-32, 2017.