

荒川西遷前後における川島町の氾濫特性の変化

埼玉大学大学院 学生会員 ○赤崎 佑太

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. はじめに

水防法改正に伴い水防協力団体内の個々の役割が明確になり、それぞれの力を結集して地域の安全を守っていくことが必要となる。現在多くの市町村で公開されている洪水ハザードマップは、複数の氾濫条件に基づく最大浸水深を包絡するように可視化されており、大きな浸水被害が想定される地域は判断しやすいという利点がある。その一方で、地域住民にとっては実際に任意地点が浸水し、避難すべきタイミングや避難する方向を判断するための時間情報が不足している。

近代改修以前（江戸時代から明治初期）における旧堤防時の河川氾濫を防ぐ能力は現況堤防時に比べて高くなかった。旧堤防時には自動車やバスといった避難ツールはなく徒歩や垂直避難などがほとんどであり、現在のような公助が主体ではなく自助や共助が主流であったと考えられる。近年の河川氾濫被害の増加により、防災のみならず減災の役割が重要視されるようになり、避難対策としても自助・共助と公助のバランスが重要となっている。限られた堤防のみだった旧堤防時の氾濫特性とそれに対するの自助主体の避難特性を理解することは、想定最大規模の洪水時における自助・共助と公助の役割分担を考える上で重要であると考えられる。

そこで本研究では、周囲を河川に囲まれた埼玉県川島町を対象地域として洪水・氾濫流解析モデルを構築する。洪水ハザードマップに記載されていない、河川内を越流するまでの時間、氾濫流が対象地域を水没させるまでの時間を把握することで、現況堤防時、荒川西遷(1629)以前、西遷以後の対象地域における氾濫特性の変化を把握することを目的とする。

2. 解析モデル概要

研究背景に示したように、川島町を含む広範囲の領域における河川内の水位と堤内地の氾濫流を一体的に解析可能な洪水・氾濫流解析モデルの構築が必

要である。将来的な拡張も視野に入れ、**図-1**に示すように領域を A~D 領域の4段階で細分化し大領域の計算結果を小領域に引き継いでいくネスティング手法を用いた計算を行う。まず、グリッドサイズ 1350 m の A 領域では線形長波式を用いて計算を行う。また、B 領域(450 m)、C 領域(150 m)、D 領域(50 m)については非線形長波式を用いて津波計算を行っている(括弧内はグリッドサイズを示している)。非線形長波方程式の連続式を式(1)に、x 方向、y 方向の運動方程式をそれぞれ式(2)、式(3)に示す。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(hV_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hV_y)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} + f_A \left(V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + f_A \left(\frac{\tau_{bx}}{\rho h} \right) + f_E \left(\frac{\sum_{i=1}^2 F_{x,i}}{\rho h} - \frac{E_{Vx}}{h} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial V_y}{\partial t} + f_A \left(V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} \right) + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + f_A \left(\frac{\tau_{by}}{\rho h} \right) + f_E \left(\frac{\sum_{i=1}^2 F_{y,i}}{\rho h} - \frac{E_{Vy}}{h} \right) = 0 \quad (3)$$

$$(F_{x,i}, F_{y,i}) = \gamma_i \frac{1}{2} \rho C_{Di} \times (A_{x,i} V_x \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, A_{y,i} V_y \sqrt{V_x^2 + V_y^2}) \quad (4)$$

ここに、 ζ は水位(m)、 V_x 、 V_y はxおよびy方向の平均流速(m/s)、 h は初期状態の静水深(m)、 $F_{x,i}$ 、 $F_{y,i}$ はxおよびy方向の抗力($i=1, 2$ はそれぞれ樹木、家屋を意味する)、 $A_{x,i}$ 、 $A_{y,i}$ はxおよびy方向の投影面積、 E_{Vx} 、 E_{Vy} はxおよびy方向の渦粘性抗力、 f_A と f_E は領域ごとに異なる係数(A領域:0と0、B~D領域:1と0)、 C_D は抗力係数、 ρ は流体の密度、 g は重力加速度(m/s²)、 τ_{bx} 、 τ_{by} はxおよびy方向の底面せん断応力である。マニングの粗度係数は τ_{bx} 、 τ_{by} の計算に用いている。 E_{Vx} 、 E_{Vy} の計算方法についてはTanaka・Sato¹⁾を参照されたい。

本研究では、差分は空間的にはスタッガードグリ

ッドで水位と線流量を半格子分ずらした形で計算を行い、時間的にはリーブログ法を用いて、陽解放により水位と線流量を計算した。各領域データ作成に関して、A、B 領域は海域と陸域にそれぞれ10m と 10m のダミーデータを用いている。C 領域は荒川本川部分が存在するグリッドのみ LP データ (5m メッシュ), それ以外の陸域グリッドには 10m のダミーデータを与えている。D 領域については全領域を LP データ (5m メッシュ) より作成している。また D 領域は現況堤防時の地形データのほかに西遷前後の地形データを作成する。西遷前後の河道地形は現況堤防時の地形データを基にして、国土交通省荒川上流河川事務所より提供を受けた資料より、河道位置と河道地盤高を与えた。粗度係数については、河道内に対しては、国土交通省荒川上流河川事務所より提供を受けた資料より、各河川の距離標ごとに低水路、高水敷の粗度係数を分けて与え、河道以外の粗度係数は細密数値情報(10m メッシュ土地利用)より土地利用分類に応じた粗度係数を与えた。

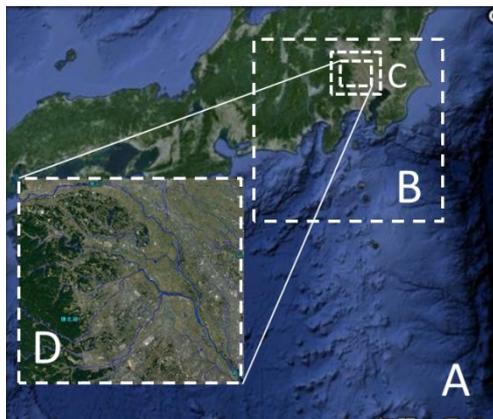


図-1 ネスティングによる各計算領域の範囲

ス 1), 西遷後かつ市野川が新川開削後の位置にあるタイプ(ケース 2), 西遷後かつ市野川が西遷直後の位置にあるタイプ(ケース 3), 西遷前かつ元荒川の流量が 50%のタイプ(ケース 4), 西遷前かつ元荒川の流量が 100%のタイプ(ケース 5)を設定した。境界条件として、図-2 に示す各河川の上流端観測所位置にプールを設置し、6 ケースともに、各プールに図-3 に示す水位を与えた。河道内グリッドの初期水位は各プールにおいて解析開始時間(図-3 の横軸が 0)での水位を与え続けて助走計算を行い、定常状態となった時の値を設定した。

表-1 各ケースの解析条件

ケース名	堤防	河道	荒川の流量 (%)
ケース1	現況	現況	100
ケース2	川島大囲堤3m+ 吉見領囲堤3m	旧荒川	100
ケース3		旧荒川+ 旧市野川	100
ケース4	川島大囲堤3m	旧荒川	50
ケース5			0



図-2 各プール設置位置と水位観測所

3. 解析モデルの初期条件と境界条件の決定

本モデルの検証のため、平成 11 年 8 月出水を対象に解析を実施する。氾濫流を検討するにあたり、同出水を 100 年確率流量規模に引き伸ばした出水波形をベースに、荒川上流端の出水波形のみ変化させた 3 パターン(荒川流量が 100%, 50%, 0%)の上流端境界条件を設定した。現況堤防時の地形条件と西遷前後の地形条件を比較するため、表-1 のようなケース 1~ケース 5 の異なる初期条件と境界条件の解析を行った。各ケースは、現況堤防時のタイプ(ケー

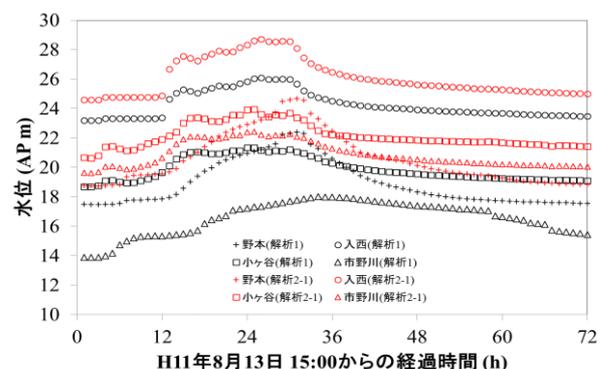


図-3 各プールの境界条件

4. 解析モデルの検証

図-4 に、前述した洪水・氾濫流解析モデルで平成11年8月出水を再現した計算より得られた解析最大水位と実測最大水位との関係を示す。D領域において境界条件として与えた観測所以外の6箇所(図-2)において、解析水位は実測水位を概ね再現できていることがわかる。また、本解析モデルは6河川で構成される複雑な河道網においても洪水流を概ね精度よく再現可能であることが示された。

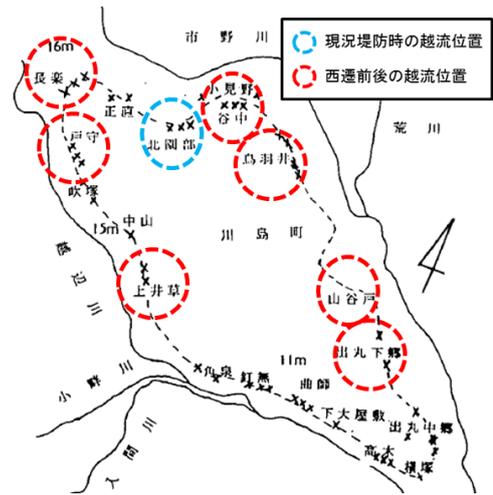


図-5 現況堤防時と西遷前後の越流位置の変化 (参考文献(3)を基に作成)

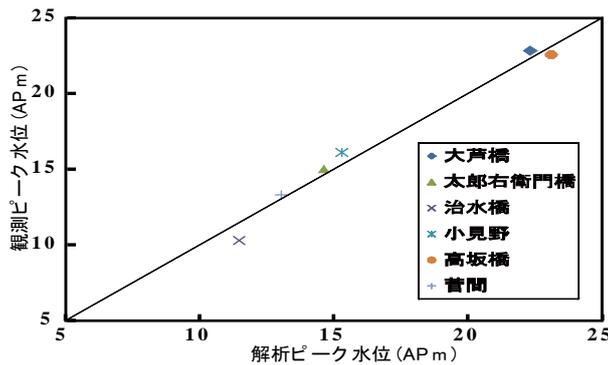


図-4 各水位観測所の解析最大水位と実測最大水位の比較

表-2 各ケースの越流位置

ケース名	越流位置						
	戸守	上井草	北園部	谷中	鳥羽井	山谷戸	出丸下郷
ケース1	×	×	○	×	×	×	×
ケース2	○	×	×	○	○	×	×
ケース3	○	×	×	○	○	×	×
ケース4	○	×	×	○	○	○	○
ケース5	○	○	×	×	×	×	×

表-3 解析結果より得られた最大浸水深と浸水にかかわる時間

解析ケース	川島町内部への越流開始時間(h)	川島町全域浸水時間(h)	浸水開始から全域浸水まで(h)	最大浸水深(m)
ケース1	41	59	18	3~4
ケース2	6.25	17.5	11.25	5~6
ケース3	6	18	12	5~6
ケース4	6.5	20.5	15	4~5
ケース5	14.25	33	18.75	3~4

5. 結果及び考察

図-5 に解析結果より得られたケース1からケース5で越流が発生した位置を示す。図-5よりケース1(現況堤防時)の越流位置は北園部であり、ここは過去に堤防決壊が生じた箇所である。西遷前後のケース2~ケース5についても過去に決壊があった箇所であり、計算上も越流が発生していることから、その時代における河川の法線(堤防幅の変化)や合流点の特性に応じた氾濫しやすい箇所があり、実際にそこで越流をきっかけとした洪水氾濫が生じていたことがわかる。表-2に各ケースの越流が発生した箇所の有無を示す。表-2より現況堤防時の越流発生箇所は1箇所と全ケースの中で最も少なく、各河川の流下能力向上と河川合流点処理(背割堤など)の成果がみてとれる。

である。元荒川の流量が50%のケース4が元荒川100%であるケース2とケース3よりも越流箇所数が多くなっている。これはケース4には吉見大囲堤がないため、市野川上流で発生した越流による氾濫水が堰き止められず市野川下流に流れ込み、荒川との合流点による背水影響を強く受けたためである。

表-3より最大浸水深が低いケースはケース1とケース5である。これはほかのケースに比べて越流が発生する箇所数が少なかったためである。西遷後のケースの中でケース2とケース3の浸水深が最も大きくなったのは元荒川の流量が100%であったため

表-3より西遷前後の川島町内部への越流開始時間は現況堤防時に比べて約35~25時間程度早くなっている。川島町への浸水が開始してから全域が浸水するまでに要する時間はケース1とケース5が長く、ケース2が最も短かった。ケース2とケース3に違いが生じたのは市野川と荒川本川の合流点付け替えの影響である。

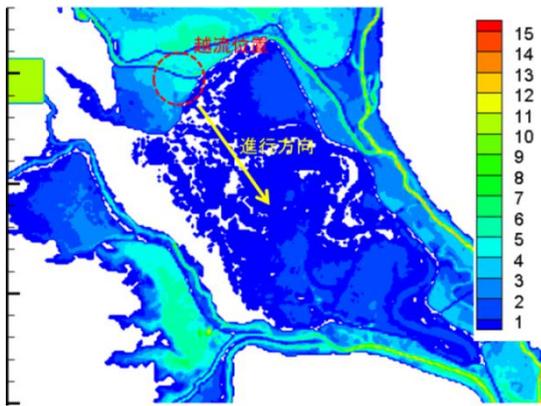


図-6 ケース 1 の浸水深分布(氾濫計算開始から 59 時間後)

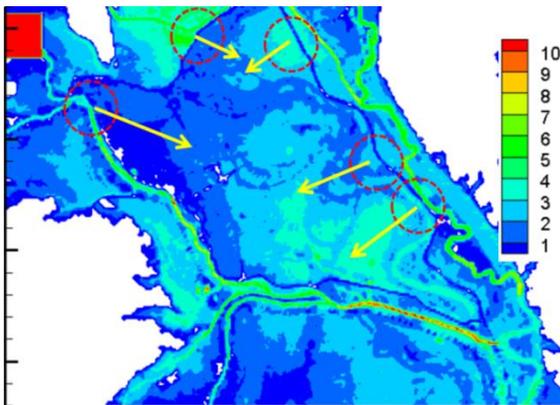


図-7 ケース 4 の浸水深分布(氾濫計算開始から 20.5 時間後)

ここでは現況堤防時の氾濫状況(ケース 1)と西遷前後の中で最も越流箇所が多かったケース(ケース 4)を基に避難方法についてまとめる。図-6 にケース 1(現況堤防時)の川島町が水没した時の浸水深分布と氾濫水の進行方向を示す。図-6 より氾濫水は北側から南側に向かって進行しており、南側の浸水深が 3m～4m 程度の高さになっている。そのため、南側の住民は垂直避難が難しく、浸水がない北側に避難する必要がある。北側の住民は浸水深が 1m～2m 程度であるため建物の 2 階以上に避難するという選択肢がある。ただし、越流が発生している付近では氾濫水の流速が速いと考えられるため、垂直避難だけではなく西側への避難も考慮すべきである。図-7 にケース 4(最も越流箇所が多かったケース)の川島町が水没した時の浸水深分布と氾濫水の進行方向を示す。図-7 より 5 箇所で越流が発生しているため、総越流量が多く全体的に浸水深が高くなっており、最大で 5-6m 程度の高さになっている。川島町には明確な自然堤防の後があり、地盤高は水田より 2m 程度高くな

っている。同町の集落はこの自然堤防上に発達しており、さらにその地盤を 1-2m 盛土した場所に蔵などに使用される水塚が発達している。本研究の対象洪水ではないが、明治 43 年の洪水では住民は水塚の二階部に避難し、水塚に避難した牛の腹のあたりまで水が来たということから、浸水深は水田面からは約 5m 程度あったことが想定される。当時、そうした大規模洪水においても垂直避難機能を有していたことは重要である。同地域の水塚の発達時期は江戸時代以降とされる。このことより、水塚は荒川の西遷後に垂直避難という自己防衛機能として発達してきたことが推定される。ただし、近代改修が始まって以降、水塚の新築は少ないことから、垂直避難機能そのものも減退している可能性がある。また、公的な避難所も収容人数に限られる。氾濫特性を踏まえた早期避難や、避難所・避難丘の整備が望まれる。

6. 結論・今後の課題

本研究により、現況堤防時と西遷前後の対象地域における避難形態の変遷や氾濫特性の変化を把握することができた。

謝辞 本研究を行なうにあたり、国土交通省関東地方整備局荒川上流河川事務所、川島町、彩の川研究会に多くの資料を提供頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Tanaka, N., Sato, M.: Scoured depth and length of pools and ditches generated by overtopping flow from embankments during the 2011 Great East Japan Tsunami, *Ocean Engineering*, vol.109, pp.72-82,2015.
- 2) 埼玉県川島町洪水(内水)ハザードマップ (http://town.kawajima.saitama.jp/kurashi/bousai/bousai_hazard_map/naisui_hazardmap.pdf)
- 3) 田中修三. Landsat の捉えた埼玉県川島町の地理的特徴への水理学的考察. *日本リモートセンシング学会誌*, 1992, 12.2: 157-167.