

荒川中流部における広大で植生の多い高水敷上の 氾濫機構に着目した洪水流解析に関する研究

Flood Flow Analysis Focused on the Inundation Mechanism on Wide and Vegetated Flood Channels of the Arakawa River

14N3100038C 福田 匠太
Shota FUKUDA

Key Words : Arakawa River, Laser Profiler, Filtering, Flood Flow Hydrograph

1. はじめに

荒川は埼玉県と東京都を貫流するため、大規模氾濫等の洪水被害が生じるとその被害は計り知れない。洪水被害から人命や資産を守ることを目的として、荒川中流部河道には広大な高水敷上に荒川第一調節地や横堤などの洪水調節施設が設けられている。荒川水系河川整備基本方針では、荒川岩淵地点における基本高水のピーク流量は 14,800 m³/s であり、このうち上流ダム群および中流部の遊水地により 7,800 m³/s を洪水調節し、河道では 7,000 m³/s を受け持つことになっている。図-1 に示すように、寄居 (94.7km) と岩淵 (21.1km) における計画高水流量は 7,000 m³/s とされており、この間に流入する市野川と入間川の洪水流が下流に影響を与えないよう中流部で洪水を調節する機能が求められている。中流部河道が有する洪水調節機能を定量的に把握することは今後の荒川全体の計画を考える上で重要であり、このためには荒川中流部河道における洪水流解析モデルの構築が求められている。

これまで福岡ら¹⁾は、洪水時の抵抗、河道貯留、流量ハイドログラフの変形などの影響が観測水面形の時間変化に現れているとの考えから、主に低水路沿いで測られた縦断面水面形の時間変化に基づいて二次元不定流解析から粗度係数等の流れの抵抗を決定することで、精度の良い流量ハイドログラフを推算する手法を提言している。本研究が対象とする荒川中流部河道は、図-2 に示すように最大幅 2.5km に達する広大な高水敷を有しており、その高水敷上には図-3 に示すような植生域が広がっていることから、低水路から溢れた水が高水敷全域に広がるまでに時間を有する。そのため、低水路の観測水位を再現するように抵抗を決定しても、高水敷上の氾濫機構を適切に再現できなければ、流量ハイドログラフを正しく求めたことにはならない。洪水流の高水敷への氾濫のタイミングや広がり方を再現するために、高水敷上の起伏や道路などの微地形を解析メッシュに取り込む必要がある。このことは、低水路から高水敷までほぼ一気に洪水が広がるこれまで扱ってきた従来の洪水流解析 (以下従来法) とは荒川は大きく異なることに注意しなければならない。

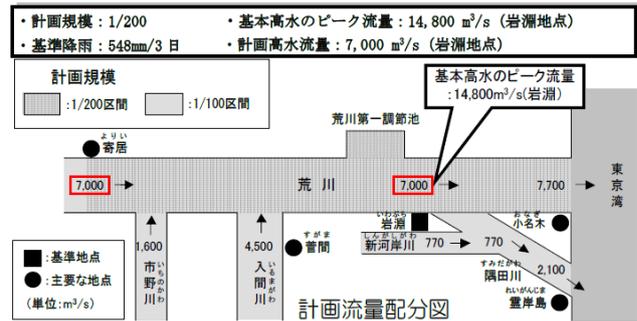


図-1 計画流量配分図



図-2 堤防天端から撮影した広大な高水敷の風景 (治水橋付近)



図-3 高水敷上に密に繁茂する植生 (菅間付近)

本論文では、平成 19 年 9 月洪水を対象に荒川中流部河道の非定常平面二次元解析結果から明らかとなった、広大な高水敷を有する大河川洪水流解析のための地盤高の評価方法と、それによる高水敷上の氾濫機構の変化と解析結果への効果を示す。

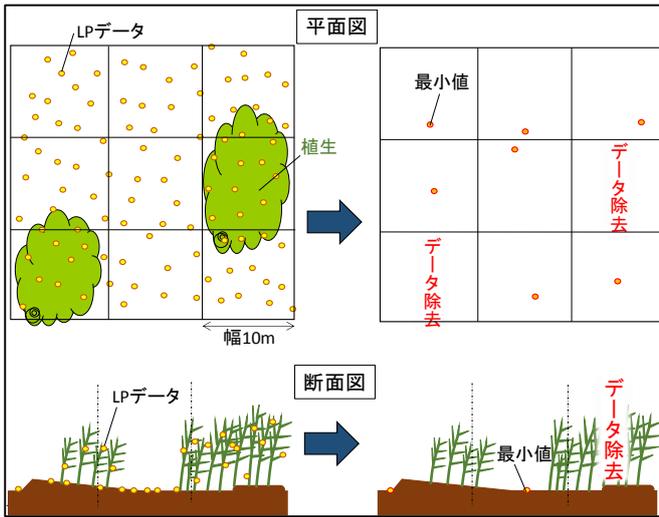


図-4 LPデータのフィルタリングのイメージ図



図-6 洪水後に水田や運動場に溜まる水 (平成 27 年 9 月)

2. 高水敷地盤高の評価方法

(1) レーザプロファイラを活用した高水敷地盤高の評価

荒川中流部の高水敷は地形の起伏があり、横堤や道路等の構造物が設けられているため、高水敷地盤高を評価するためにはレーザプロファイラ (LP) の利用が不可欠である。一般に河川の洪水流解析では LP のオリジナルデータから建物や樹木群を除去したグラウンドデータが利用されるが、植生が密に繁茂している領域やオギ等の比較的植生高の低いものは植生高も含めて地盤高として評価されているケースが見られる。LP データと定期横断測量成果の比較から、植生が繁茂する領域では LP データの方が高い標高値を示し、標準偏差が比較的高いことがわかった。ここで、LP データから高水敷地盤高のみを抽出するフィルタリングの方法を図-4 に示す。まず、対象区間を 10m 幅の格子に分割し、格子内の LP データ群の標準偏差から植生域と思われる範囲のデータを除去する。さらに、ある領域内で最も標高の低い LP データが高水敷地盤高を捉えている可能性が高いため、各格子内で最も標高の低い LP データを抽出した。解析メッシュに取り込む時は、メッシュ格



図-5 横断測量成果と LP の比較

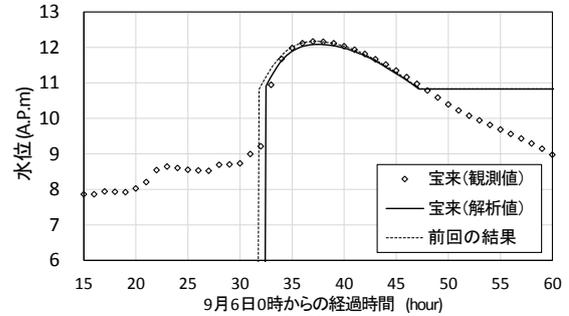


図-7 堤防沿いの樋管の観測水位を用いた
氾濫水の到達時間の検証

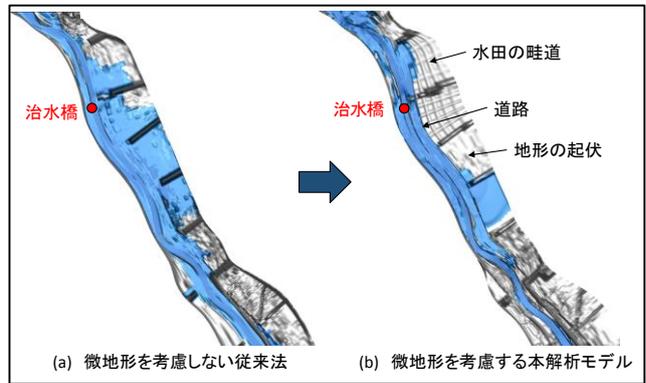


図-8 微地形を考慮することで変化する氾濫機構

子内の抽出された LP データ群の平均値を適用し、メッシュ格子内に LP データが存在しない場合は上下流のメッシュから距離の逆数で平均した値を適用する。横断測量成果、フィルタリングを行う前の LP データの横断分布、フィルタリングを行った後の LP データの横断分布を図-5 に示す。フィルタリングを行った後の LP データは、横断測量成果とよく一致しており、地盤高を捉えている。低水路際や堤防等の斜面部はフィルタリングにより低く評価されてしまうが、低水路と堤防は横断測量データに置き換えるため問題は無い。

(2) 航空写真や地形図、樋管等を活用した高水敷地盤高の評価

メッシュ形状により取り込むことができない道路や窪地等の微地形は 1/5,000 地形図を参考に与える。図-6 に平成 27 年 9 月洪水直後の高水敷上の水溜りを撮影した航空写真を示す。水田や窪地に水が溜まっている様子から、解析で考慮すべき起伏や畦道等の微地形を明確にし、地形図を参考に微地形を解析に取り込む。例えば、河道中央に縦断的に設けられた道路は、河道を左右に分断し水田や運動

場に水を貯留させている。このことから道路が途切れないうように地形メッシュに道路高さを与える。

解析水位と堤防沿いの宝来樋管で測られた水位の比較を図-7に示す。洪水経過時間32~33時間において観測水位が不連続になっていることから、その時間帯に宝来樋管へ氾濫水が到達したと考えられる。高水敷上の観測水位を用いて氾濫プロセスが再現できているか検証し、地盤高や植生域での抵抗評価の修正を繰り返すことで正しい地盤高を評価する。

微地形を取り込む前と取り込んだ後の解析結果を図-8(a)(b)に示す。両者の治水橋地点における解析水位が同じ時の結果を比較しているが、微地形を考慮している(b)では道路により流れが阻害され、氾濫域が変化していることがわかる。氾濫域が変化すると流下する流量も変化し、この現象が河道全体で連動する。

3. 解析概要

実測データを用いて水面形の時間変化を解とした非定常平面二次元解析を適用し、平成19年9月洪水の再現を試みる。平成19年9月洪水は、熊谷水位観測所において氾濫危険水位を越え観測開始以来の最高水位を記録し、支川では都幾川の野本水位観測所、高麗川の坂戸水位観測所でも氾濫危険水位を越えた。対象区間は図-9に示す熊谷(76.5km)から西新井(13.5km)とし、区間内には市野川、入間川、小畔川、越辺川、都幾川の流入、岩淵水門からの隅田川への分派、高水敷上の荒川第一調節池と横堤群、排水機場や樋管等からのポンプ流入、第一調節池のさくらそう水門の開閉を考慮する。境界条件は、各河川の上流端に観測水位ハイドログラフを、下流端は西新井の観測水位ハイドログラフを与える。抵抗は粗度係数と樹木群透過係数で考慮する。

荒川中流部の河道内に繁茂する植生は、ヨシやオギ等の高茎草本が大半を占める。洪水時は流れによってヨシ・オギが倒伏し、流れの抵抗が時間的に変化することが考えられ、本検討ではヨシ・オギの倒伏による抵抗の変化を考慮する。ヨシ・オギが繁茂する範囲を植生図と航空写真から特定し、その範囲の粗度係数を $n=0.1$ とする。その範囲内の計算点の水深が2mを越えた場合は、ヨシ・オギが倒伏したとして粗度係数を0.05程度に変化させ、倒伏高さの0.7mだけ地盤高を高くする。一度倒伏したヨシ・オギは洪水中倒伏したままとする。減水期に水深が0.3m以下となった場合は地盤高を0.7m低くし元の地盤高に戻す。

洪水が低水路から溢れ、小さい水深で高水敷を広がる時、地形の凹凸や植生により流れを阻んだり貯留したりすることが考えられる(図-10)。解析ではメッシュ以下のスケールの微地形を評価することができないため、最低水深(本検討では30cm)以下の水深である場合は計算を行わないことで、これらを考慮する。



図-9 解析対象区間

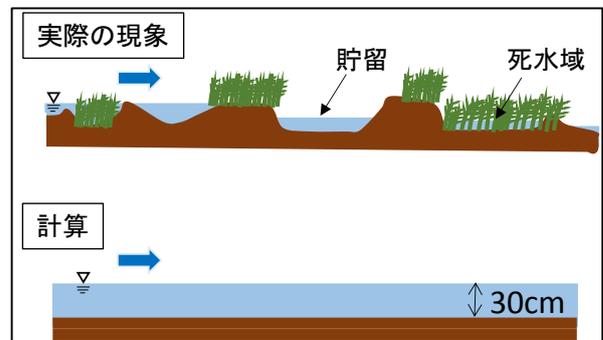


図-10 水深の浅い流れの取り扱い

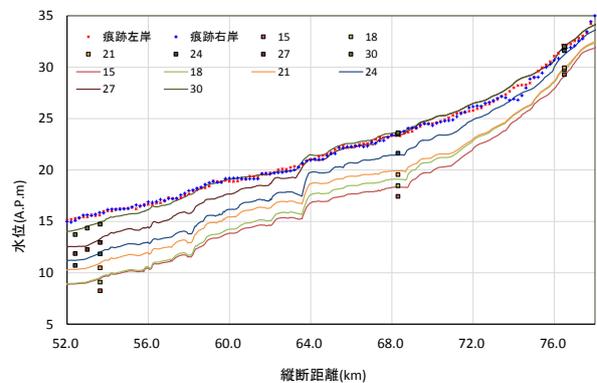


図-11 熊谷-太郎右衛門橋間の水面形

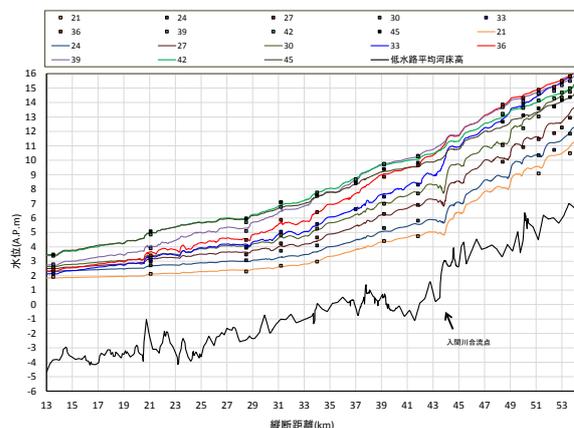


図-12 太郎右衛門橋-西新井間の水面形

4. 解析結果と考察

図-11及び図-12に荒川本川の水位縦断分布の時系列を観測値はプロットで、解析値は実線で示す。図-11の熊谷-太郎右衛門橋間の水位観測地点は大芦橋のみであるが、解析ピーク水位は痕跡水位を縦断的に概ね捉えている。図-12の太郎右衛門橋-西新井間の解析水面形は観測水面形を概ね再現している。

主要な地点の水位ハイドログラフの比較を観測値はプロットで、解析値は実線で図-13から図-15に示す。点線で示す従来法とは、フィルタリングや地盤高の修正を行わない場合の解析結果である。荒川本川の太郎右衛門橋や治水橋では従来法からの変化は無く、解析は観測水位ハイドログラフを説明している。笹目橋より下流では水位上昇期に変化が見られた。従来法では解析水位ハイドログラフの立ち上がりが急になる傾向にあったが、本解析モデルでは解析の水位の立ち上がりが観測値に近づいた。観測水位と解析水位に差がある時間帯は、洪水が高水敷上を広がる時間帯であるため、今後も高水敷地盤高を修正することでさらに改善されることが見込める。支川では越辺川の落合橋における水位ハイドログラフが、従来法では観測値を再現することができなかったが、本検討では水位ハイドログラフの波形が変化し、水位上昇期が改善された(図-15)。全域に植生が繁茂する越辺川は、フィルタリングにより地盤高が大きく変化し、水位ハイドログラフの変形に至った。高水敷の氾濫機構を再現することで、対象区間全域において水位上昇期に改善が見られたが、水位下降期の解析水位は観測水位を説明できていない。解析では水位ピーク時から水位下降速度が速いため、高水敷地盤高の評価方法が原因ではないと考えられる。観測値よりも速く水位が下降する傾向は、対象区間の下流部と入間川流域に見られ、特に越辺川が顕著である。解析結果から、越辺川で速く水位が下降しているために、入間川と荒川においても水位が速く下降していると見られる。越辺川における河道内貯留量を過少に見積もっていると考えられ、河道内の大部分に繁茂する植生の抵抗評価を検討することが課題である。流量ハイドログラフは対象区間全域において観測値を概ね説明できているが、図-16に示す荒川本川の太郎右衛門橋における流量ハイドログラフは、観測値と解析値に差がある。しかし、低水路流量を比較すると解析は観測値を説明できている。太郎右衛門橋は横堤の直下流で浮子流量観測が行われており、横堤を回りこむ流れがあるため高水敷上の浮子流量観測に観測誤差が生じたと考えられる。

4. 結論

従来法では説明できない広大で植生の多い高水敷を有する河川における洪水流解析法を構築した。そのためのLPデータ及び洪水時の航空写真や樋管等の水位を活用した地盤高の評価方法を示した。これにより幅が広く植生が多い高水敷を有する特異な河道構造を持った荒川における洪水流の

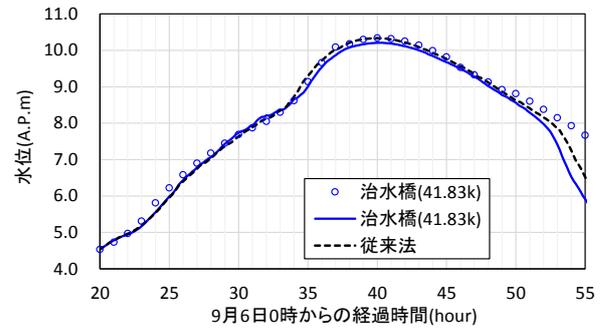


図-13 水位ハイドログラフの比較 (荒川・治水橋)

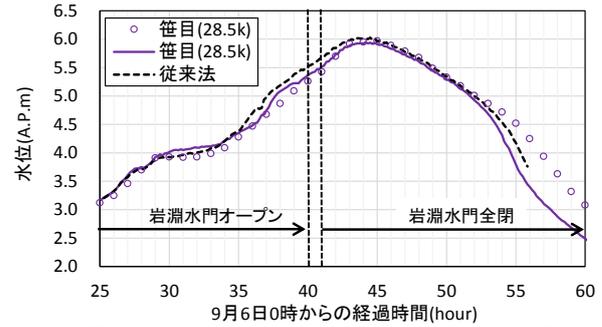


図-14 水位ハイドログラフの比較 (荒川・笹目橋)

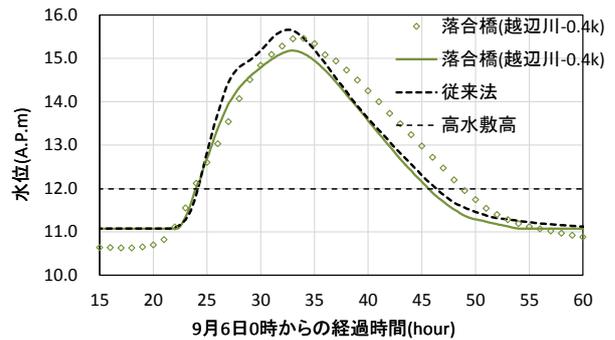


図-15 水位ハイドログラフの比較 (越辺川・落合橋)

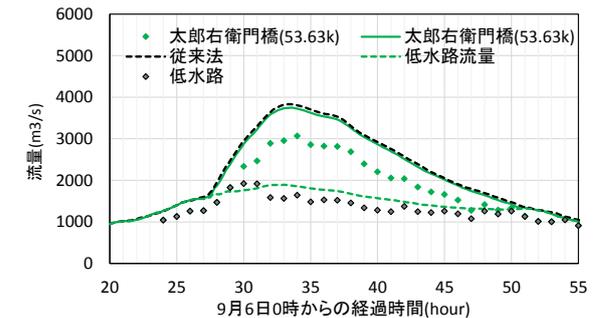


図-16 流量ハイドログラフの比較 (荒川・太郎右衛門橋)

変形・伝播を説明出来た。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 渡邊明英, 原俊彦, 秋山正人: 水面形の時間変化と非定常二次元解析を用いた洪水流量ハイドログラフと貯留量の高精度推算, 土木学会論文集, No. 761, II-67, pp. 45-56, 2004.