

## 8. 石神井川下流域の流域雨量に関する検討

### Study on the Basin Rainfall in the Lower Reaches of the Shakujii River

技術支援課 ○高崎忠勝、枝澤知樹、川合将文

#### 1. はじめに

東京都は、1時間あたり50ミリの降雨によって生じる洪水に対して安全を確保することを目標として中小河川の整備を進めてきたが、近年でも中小河川流域の水害は毎年発生している。水害被害の軽減に向けた河川整備の実施やソフト対策の活用をすすめるために、雨と河川増水の関係を多くの人が正しく理解することが重要である。

近年、都内においても1時間に50ミリを超える雨量がしばしば記録されているが、このような強い雨の範囲は河川流域の一部分だけであることが多い。流域内に降った雨が河川に集まることによって河川増水が生じることから、治水安全性について判断を行うときには一地点の雨量だけではなく流域全体の雨を用いることが望ましい。

河川増水に大きく影響を及ぼす降雨の継続時間は河川の各地点によって異なるが、天気予報等で馴染みのある1時間雨量（60分雨量）と河川水位の関係が示されることで、大雨による河川増水の危険度を多くの人が認識できると思われる。

ここでは、都内中小河川の中では流域面積が大きい石神井川下流域を対象に60分雨量と河川水位の関係を検討する。

#### 2. 検討対象

石神井川は小平市にその源を發し、西東京市、練馬区、板橋区、北区を通り、隅田川に合流する流域面積73.1km<sup>2</sup>、延長25.2kmの荒川水系の中小河川であ

る。雨量と水位の関係を検討する箇所は図-1に示す加賀橋である。加賀橋は板橋区と北区の境付近に位置し、東京都水防災総合情報システム<sup>1)</sup>（以下、水防災システム）の水位観測所がある。加賀橋付近は写真-1に示すように矩形に近い断面となっている。

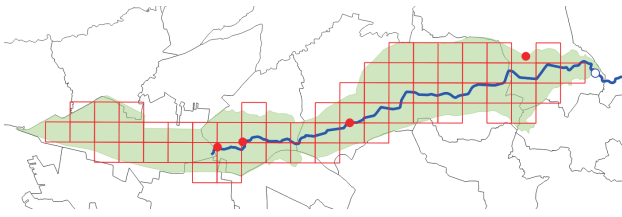
加賀橋の流域面積を下水道処理区の範囲と国土地理院5mDEM（数値標高モデル）をもとに設定すると図-1の範囲となり、面積は約65km<sup>2</sup>となる。図には本検討で用いた雨量観測所（芝久保、田無、石神井、



写真-1 加賀橋水位観測所



図-1 対象流域



図－2 加賀橋流域解析雨量メッシュ

板橋土木) の位置を示した。これらの4箇所の観測所は加賀橋の流域範囲内に位置する水防災システムの観測所である。水防災システムの水位観測所は1cm単位の水位を1分間隔で記録しており、雨量観測所は1mm単位の前1分雨量を1分間隔で記録している。

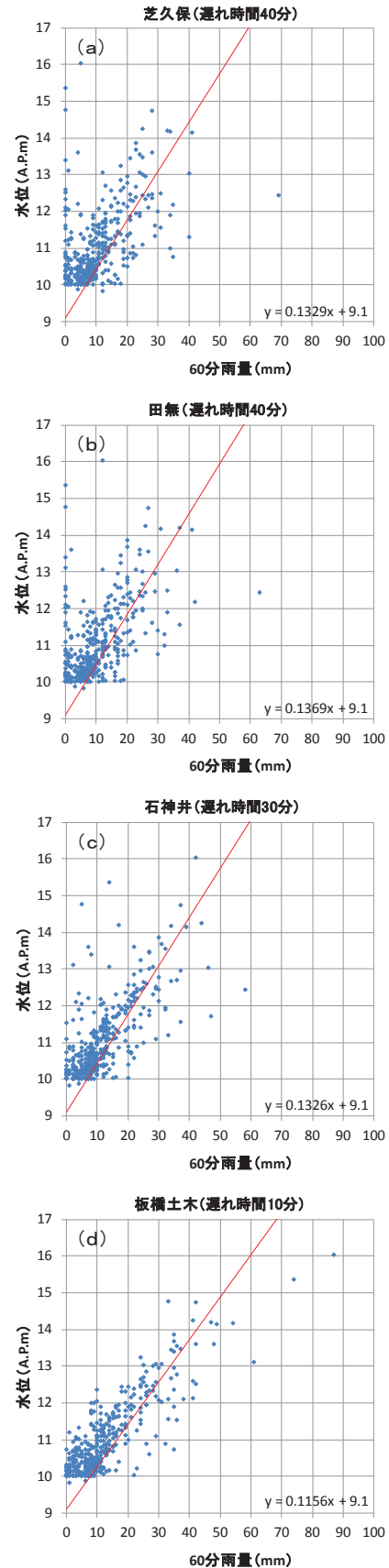
本検討では流域範囲における雨量の空間分布を考慮するため、前述した雨量観測所データの他に気象庁の解析雨量を用いる。解析雨量は日本全域の1時間降水量の空間分布を解析したもので、2006年からは国土数値情報3次メッシュと同じ約1km四方の解像度となっている<sup>2)</sup>。加賀橋の流域範囲に該当する解析雨量メッシュは図－2に示す62メッシュとした。

加賀橋地点の水位（以下、加賀橋水位）は、増水していない時にはA.P.+9.1m程度であることから、雨量と水位の関係を検討するに際しては、最大水位がA.P.+12m以上となった洪水を対象に、洪水期間中に水位がA.P.+10m以上、かつ、解析雨量データが存在する時刻のデータを用いた。なお、検討に用いた洪水は2006～2017年のものとし、各洪水についてハイドログラフを作成し、水位データの妥当性を目視で確認し、異常だと判断した水位データの時刻は除外した。このように水位データに異常値が含まれることがあるので、洪水流出等の検討を行う際はデータ照査が必要である。

### 3. 地点雨量と水位

図－1に示した雨量観測所の前60分雨量と加賀橋水位を比較し関係を検討する。雨量と水位の比較に際しては、降雨流出と流下に要する時間を遅れ時間として考慮し、雨量を観測した時刻に遅れ時間を加えた時刻の水位を用いる。10分間隔で0～180分の遅れ時間を用いて雨量と水位の相関係数を算定する。各雨量観測所について相関係数が最大となった遅れ

時間を適用した散布図を図－3に示す。図中には線形近似による雨量と水位の関係式を示しており、関



図－3 地点60分雨量と水位

係式の切片の値は増水していない時の水位を考慮して設定した。

各観測所の相関係数の最大値は、芝久保0.50、田無0.51、石神井0.69、板橋土木0.85であり、加賀橋から離れる程、相関係数が小さくかつ遅れ時間が大きくなる。4箇所雨量観測所の中で加賀橋に最も近い板橋土木の60分雨量は、加賀橋水位との相関が高く、雨量によって河川増水の程度を表すことができる。ただし、水位がA.P.15m以上になると雨量増加に対する水位増加の割合が小さくなるので、大きな雨量を取り扱う際には注意を要する。

板橋土木よりも加賀橋から離れている他の雨量観測所の60分雨量は、加賀橋水位との相関が低く、増水の程度を判断するには不適である。また、加賀橋の流域範囲内における強雨であっても、加賀橋から離れた場所で発生した場合、加賀橋の増水への影響は小さいと判断される。

#### 4. 流域平均雨量と水位

強雨時の雨量の空間分布について、板橋土木の60分雨量が93mmとなった2010年7月5日20:30の解析雨量の値を図-4に示す。図において各メッシュ内の数値は60分雨量をmm単位で表しており、赤丸は雨量観測所の位置を示している。

解析雨量62メッシュの平均は30.9mmであり、板橋土木で観測された93mmは流域範囲全域の平均的な雨量より極めて大きい。強雨時の地点雨量は流域範囲の平均的な雨量を表していないことがある。

62メッシュの雨量の平均値を流域平均雨量とし、これを加賀橋水位と比較する。地点雨量と同様に遅れ時間を考慮するが、解析雨量が30分間隔のデータであることから遅れ時間は0分、30分、60分、90分の4ケースとする。

各ケースの相関係数を計算した結果、それぞれ、0.66、0.83、0.57、0.22となった。相関係数の値は遅れ時間を30分としたときに最も大きく、地点雨量（板橋土木）の相関係数より若干小さくなった。図-5に遅れ時間を30分としたときの散布図を示す。

60分雨量と水位の関係について、図-3（d）の地点雨量と図-4の流域平均雨量を比較すると、ば

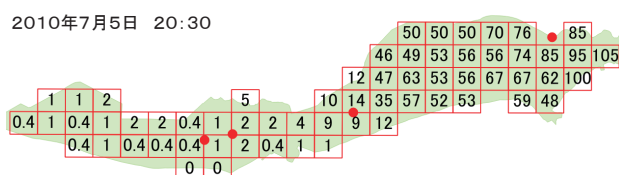


図-4 強雨時の雨量空間分布

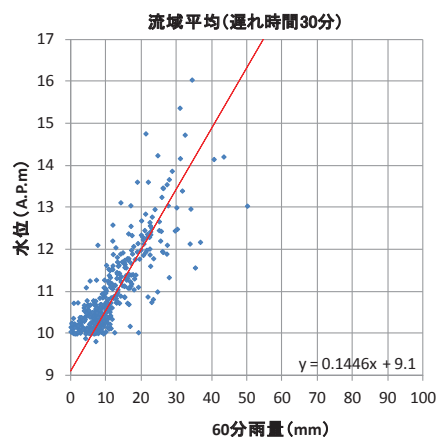


図-5 流域平均60分雨量と水位

らつきの程度は変わらないものの、A.P.15m以上の水位に対応する雨量が大きく異なる。流域平均雨量を用いると雨量増加に対する水位増加の割合に大きな変化は見られず、雨量と水位の関係をより適切に表現しているものと判断される。

#### 5. 降雨流出特性に関する検討

流域平均雨量の60分雨量は、加賀橋の増水時水位をある程度表現しており、線形近似式を用いて60分雨量を用いて概ねの増水時水位を推定できる。

ただし、雨量と水位の散布図をみるとばらつきが大きく、雨量から推定した水位が観測水位と大きく異なることもある。

このため加賀橋の降雨流出特性を解析し、得られた降雨流出特性をもとに、増水時水位との関係の大きい流域雨量の算定方法を検討する。

降雨流出特性の検討は、水位データと各メッシュの雨量時系列データを用いて機械学習の一種であるランダムフォレスト<sup>3)</sup>により、データ間の関連性を分析する。ランダムフォレストの計算には統計ソフトRのrandomForestパッケージを用いた。入力データは水位と同時刻、30分前、60分前・・・360分前まで

の各メッシュの60分雨量とし、出力データは水位とした。2006～2017年のデータを用いて学習を行い、学習後に各入力項目の寄与度を算定する。学習の妥当性を確認するため、学習後に学習データに対する水位推定を行った。また、検証計算として1年分のデータを除外した上で学習を行ったランダムフォレストにより除外データに対する水位推定を行った。

図-6にランダムフォレストによって雨量から水位を推定した結果を示す。図-6(a)に示したように学習データに対する水位推定結果を示しており、学習データに対して推定した水位(計算水位)は観測水位を極めて良好に再現している。また、図-6(b)に示したように検証データに対する推定は学習データと比べると精度が低下するものの相関係数は0.94であり観測値と高い相関を有する。これらからランダムフォレストの学習が適切に行われたものと判断した。

ランダムフォレストを用いることで、河川増水に及ぼす影響の大きいメッシュ位置および遅れ時間を寄与度として把握することができる。遅れ時間0～90分における各メッシュの寄与度を図-7に示す。遅れ時間0分の寄与度は0～12.9、遅れ時間30分の寄与度は0～26.9、遅れ時間60分の寄与度は0.1～0.5、遅れ時間90分の寄与度は0～0.7となっており、寄与度が大きいメッシュは遅れ時間0分と遅れ時間30分のみ存在する。

加賀橋の増水への影響が大きいメッシュを寄与度によって判定する。寄与度の閾値を1と5に設定し、各遅れ時間において寄与度が閾値以上のメッシュの雨量を平均した流域雨量を算定し、加賀橋水位との散布図を作成する。

図-8に流域雨量と水位の散布図を示す。寄与度の閾値が異なる2つの図に大きな違いはみられず、相関係数はそれぞれ0.911、0.907であり、地点雨量(板橋土木)や流域平均雨量より相関が高い。

ここでは、寄与度が1以上のメッシュが河川増水に影響が大きいものとして関する検討をすすめる。遅れ時間0分・30分には寄与度1以上のメッシュがあるが、遅れ時間が60分以上になると寄与度が1以上となるメッシュがないことから、雨量の期間60分と遅れ

時間30分を加えた90分間の降雨が、加賀橋の増水時の水位を決定すると判断される。

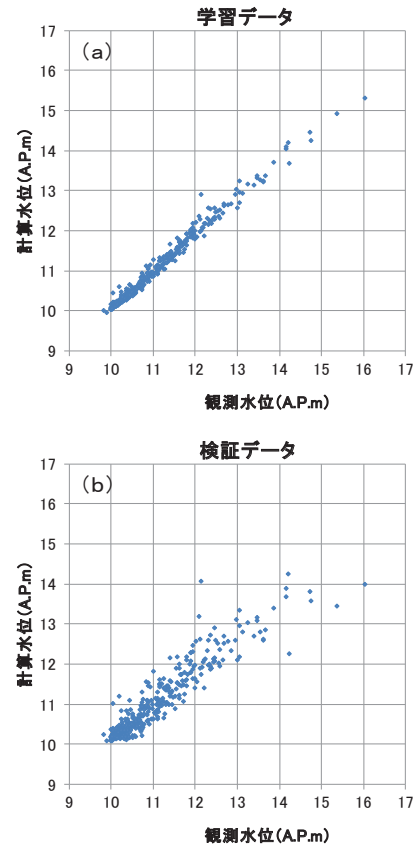


図-6 ランダムフォレストによる水位推定

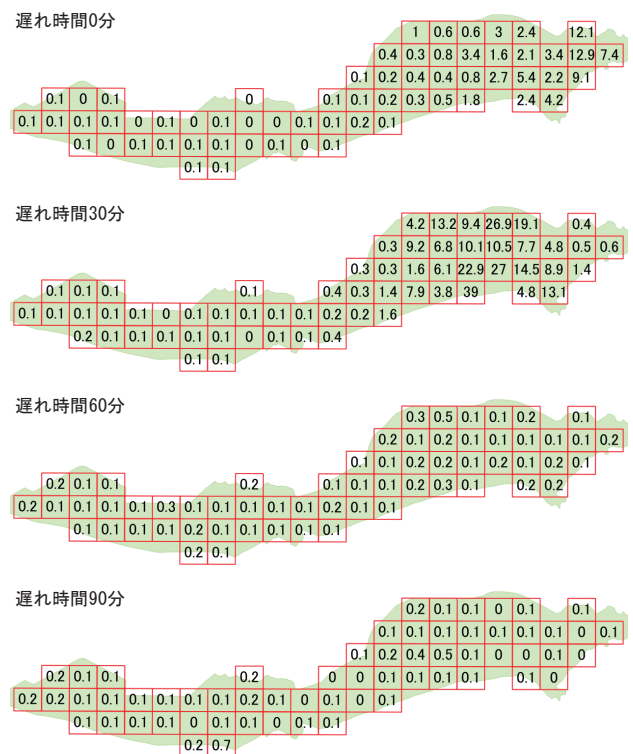
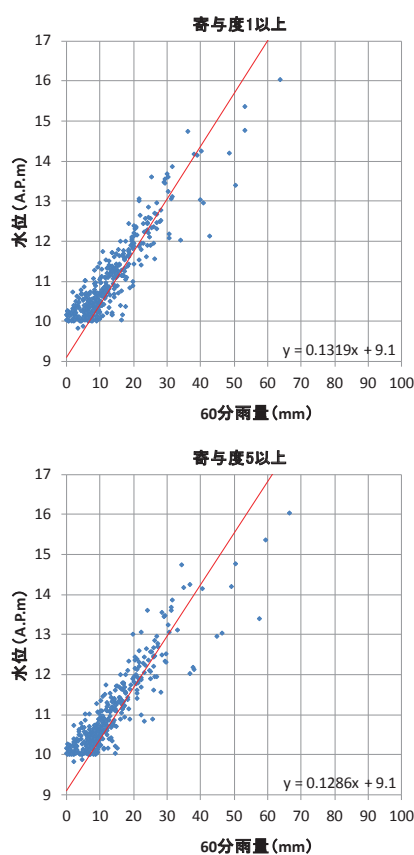


図-7 遅れ時間別寄与度



図一 8 寄与度を考慮した流域雨量と水位

寄与度 1 以上のメッシュ位置をみると加賀橋寄りの 31メッシュのみとなっており、加賀橋寄りの約 30 km<sup>2</sup>における降雨が加賀橋の増水規模を決定すると判断される。

また、遅れ時間 30 分における寄与度 1 以上のメッシュ上にある強雨域が 30 分間に東方向に 2~3km 移動するような降雨が加賀橋において大きな増水となる。

地点雨量を検討した 4 箇所雨量観測所の中で水位との相関が高い板橋土木の位置は、遅れ時間 0 分・30 分の寄与度 1 以上のメッシュに近接しており、板橋

土木の遅れ時間 10 分と整合が取れている。また、相関が低い芝久保、田無、石神井の周辺には寄与度 1 以上のメッシュが存在していない。流域平均雨量は増水への影響が小さいメッシュを含むことによって水位との相関を低下させていると考えられる。

## 6. まとめ

都内中小河川の中では約 65km<sup>2</sup>と大きな流域面積を有している石神井川下流域の加賀橋を対象に、流域内の雨量と増水時の水位の関係について検討した。多くの人にとって馴染みのある 60 分雨量を用いて加賀橋地点の河川増水の程度を表現できることを確認した。

地点雨量を用いる場合、増水への影響の大きい地域に位置する雨量観測所を選択する必要があり、また、雨量観測所が時間 50mm を超えるような強雨を記録した際には、強雨域が観測所周辺の限られた範囲である可能性が高いことを考慮する必要がある。

流域平均雨量を用いることで地点雨量を用いた際に問題となるような強雨時においても雨量と水位の関係を適切に表現できる。

流域範囲内の降雨流出特性を分析し、河川増水への影響が大きい地域の雨量のみを用いて流域雨量を算定することで、雨量と水位の相関を高くすることができる。

降雨流出特性の分析に際してはランダムフォレストを用いることで、降雨が河川増水に大きく影響を及ぼす地域や大きな増水になりやすい強雨域の移動等を比較的容易に把握することができる。

## 参 考 文 献

- 1) 東京都建設局河川部防災課 (2019) : 平成 31 年度東京都水防計画
- 2) 梶原靖司 (2007) : 「解析雨量」と「降水短時間予報」について-気象庁における雨量の実況解析と短時間予測-、第 6 回都市水害に関するシンポジウム
- 3) 竹内泰裕、高崎忠勝、河村明、天口英雄 (2019) : ランダムフォレスト法によるバーチャルハイドログラフ再現性に関する一考察、第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会