

## 論文の内容の要旨

### 流域治水に活用するための実時間水面形予測法と本川・支川群を一体とした降雨流出・洪水解析法に関する研究

都市人間環境学専攻 見上哲章

近年の激甚化する豪雨災害に対して、集水域、河川区域、氾濫域の関係者が協働して進めている流域治水の取り組みをより具体的にするためには、次の 2 つの課題検討が必要である。第一は、住民避難の遅れが多く生じている河川の氾濫に対処するための地先単位の水位予測情報を提供する実時間水面形予測手法の開発、第 2 は、流域治水政策においては、流域と本・支川群を一体として豪雨、洪水現象を理解し、ダム、河道、流域に、いつの時点にどの程度の水量が存在しているか水収支分布を明らかにし今後の対策につなげることである。本研究では、これら 2 つの課題について技術的な解決手段を提示し、今後の流域治水対策の方向性を示している

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、研究の背景、目的、本論文の構成を示している。

第 2 章「我が国の治水と流域治水」では、水災害対策の両輪である治水と水防の取り組みの変遷と、転換した流域治水の考え方を示している。

第 3 章「洪水解析とリアルタイム洪水予測に関する既往調査研究と本研究の位置付け」では、洪水予測手法とデータ同化技術に関する既往研究を概観し、課題を整理し、精度の高い観測水面形の時間変化を基にした洪水予測手法と本・支川一体の降雨流出・洪水解析法を提示し、その妥当性を評価することを本研究の位置づけとしている。

第 4 章「観測水面形時間変化を用いた洪水同化解析に基づく洪水予測モデルの開発と適用性の検討」では、上流端流量ハイドログラフ、粗度係数、樹木群透過係数を制御変数とし、観測水面形の時系列情報と平面二次元流解析法に対してアジョイント法を適用することで水面形時間変化を推定する洪水同化解析モデルを開発した。これを利根川上流区間の洪水に適用し、水面形の同化と流量ハイドログラフ及び抵抗特性値の同定が自動的に可能であることを示した。観測水面形時間変化への同化解析より得られた水理量を基に、洪水流の伝播特性を利用して、予測区間の上流端で要する水位伝播時間を予測時間とする洪水解析だけで下流河道区間の水面形を予測可能な手法を提示した。また、予測時間を長く採るため、降雨情報から解析される予測流出量ハイドログラフを用いて観測水面形を説明する流量に対して修正する水面形予測手法を提示した。この 2 つの方法を利根川の洪水に適用した結果、水位伝播時間が定量的に評価され、予測水面形の観測水面形への適合性が高いことが示された。

第 5 章「流域と本・支川を一体とした降雨流出・洪水解析法の検討と流域治水への活用」では、観測水面形に基づく本・支川一体の平面二次元洪水解析法と、その解析水面形を観測水面形に合致するように小流域の降雨流出量をタンクモデルにより評価する流域一体の降雨流出・洪水解析モデルを開発した。上記解析法を令和元年台風 19 号による利根川上流域の本・支川群の洪水流に適用し、1 次支川の観測水面形の時間変化に解析水面形を合致させる方法により、タンクモデルによる 2 次支川の流入量を水位から推定できること、本・支川の一体的な水面形解析により高精度に支川流入量を評価可能であることを示した。雨量、ダム貯水量及び観測水面形を説明した解析流量に基づき作成された流域洪水分担量の水収支分布図が、貯留に適した流域内空間を見出す有力なツールとなり得ること、本研究で提示した降雨流出・洪水解析法に基づく水収支分布の活用は、今後の河川と流域での治水対策の評価及び進め方に対して重要な技術を与えることを示した。

第 6 章「結論」では、本論文で得られた結果を総括した。

流域治水に活用するための実時間水面形予測法と本川・支川群を一体とした降雨流出・洪水流  
解析法に関する研究

都市人間環境学専攻 見上哲章

我が国の多くの河川は整備途上にあり、近年、計画規模を上回る豪雨により甚大な水災害が発生し、国管理区間の洪水氾濫は甚大な人的・経済的被害をもたらしている。一方、整備率の低い都道府県管理の中小河川では水害が多発し、住民避難の逃げ遅れ等による多くの人命が失われている。これまでの水災害対策は治水と水防の両輪で対応してきた。しかし、近年の被害実態から、この両者だけでは気候変動の影響を踏まえた水災害軽減に限界があることが社会に認識され、「流域治水」の取り組みが始まっている。しかし、防災関係者が協働して進めていく流域治水は、技術的に多くの課題がある。洪水時の安全性向上や住民避難のためには、多地点且つ多量な水位データと洪水流解析法を組み合わせた新たな洪水予測解析法の開発及び、流域を構成する本・支川群を一体とし豪雨に対してダム、河道、流域にいつの時点にどの程度の水量が存在しているかを明らかにする水収支分布解析等の技術が必要である。

本研究では、流域内の時空間的な降雨分布による流出量、本・支川等の水面形時間変化、それより定まる支川流入量、さらには本川上流と支川群から形成される流量と水収支の時間変化を一体的に評価する高精度な流出解析法と洪水流解析法を開発し、それに基づく本川と支川流域単位の水収支分布図を作成し、これらを用いた流域治水対策の方向性を提示する。

本論文は6章で構成される。各章の内容と成果の概要は以下のとおりである。

第1章「序論」では、研究の背景、目的、本論文の構成を示している。

第2章「我が国の治水と流域治水」では、水災害対策の両輪である治水と水防の取り組みの変遷と、転換した流域治水の考え方を示している。また、アメリカにおける保険制度を利用した先進的な氾濫原管理と施策を示し、わが国への適用に際しての課題を論じている。

第3章「洪水解析とリアルタイム洪水予測に関する既往調査研究と本研究の位置付け」では、洪水予測手法とデータ同化技術に関する既往研究を概観し、課題を整理している。降雨流出・洪水流解析の既往研究は、観測水位に比べて精度の低い流量を基にした検討が多いことから、本・支川等の精度の高い観測水面形の時間変化を基にした洪水予測手法と本・支川一体の降雨流出・洪水流解析法を提示し、その妥当性を評価することを本研究の位置づけとしている。

第4章「観測水面形時間変化を用いた洪水流同化解析法とそれに基づく洪水予測モデルの開発および適用性の検討」では、洪水時の早期の住民避難に役立てることを目的に、観測水面形時間変化を基にしたアジョイント法による洪水流同化解析モデルを構築し、観測水面形の同化解析データを利用した新たな洪水予測手法を提示している。上流端流量ハイドログラフ、粗度係数、樹木群透過係数を制御変数とし、観測水面形の時系列情報と平面二次元流解析法に対してアジ

ョイント法を適用することで開発した洪水流同化解析モデルを利根川上流区間の洪水に適用し、水面形の同化と流量ハイドログラフ及び抵抗特性値の同定が自動的に可能であることを示した。河道の下流区間について、観測水面形時間変化への同化解析より得られた水理量を基に、洪水流の伝播特性を利用して、予測区間の上流端に要する水位伝播時間を予測時間とする洪水流解析だけで水面形を予測可能な手法を提示した。また、予測時間を長く採るため、降雨情報から解析される予測流出量ハイドログラフに対して観測水面形を説明する流量によって修正する水面形予測手法を提示した。これら2つの方法を利根川の洪水に適用した結果、水位伝播時間が定量的に評価され、開発された解析法による予測水面形が観測水面形を適切に説明できることを示した。

**第5章 「流域と本・支川を一体とした降雨流出・洪水流解析法の検討と流域治水への活用」**では、本・支川の観測水面形の時間変化は、流域に降った雨量の時空間の流出特性や洪水流特性を表していることに着目し、観測水面形に基づく本・支川一体の平面二次元洪水流解析法と、その解析水面形を観測水面形に合致するように小流域の降雨流出量をタンクモデルにより評価する流域一体の降雨流出・洪水流解析モデルを開発した。上記解析法を利根川上流域の本・支川群の令和元年台風19号出水に適用し、1次支川の観測水面形の時間変化に解析水面形を合致させる方法により、タンクモデルによる2次支川の流入量を水位から推定できること、本・支川の一体的な水面形解析により高精度に支川流入量を評価可能であることを示した。雨量、ダムへの洪水貯留量及び河川の観測水面形を説明した解析流量に基づき流域における本川と支川群の水収支分布図を作成した。得られた水収支分布図は、流域内に降った豪雨がいつ、どこに、どのような状態で、どの程度の量が存在しているかを示すものであり、流域内の貯留に適した空間を見出すうえで、有力なツールとなることを示した。また、上記洪水の本川と支川群の水収支分布と流下能力分布から、流出特性を踏まえた今後の流域治水の方向性を示した。本研究で示した降雨流出・洪水流解析法に基づいて水収支分布を活用することは、今後の河川と流域での治水対策の評価及び進め方に対して重要な技術的考え方を与えることを明らかにした。

**第6章 「結論」**では、本論文で得られた結果を総括した。

以上本論文は、同化解析水理データに基づく洪水流の伝播と降雨情報から洪水流の観測水面形を説明する水面形予測手法を提示し、観測水面形に基づく本・支川一体の平面二次元洪水流解析から、1次支川、本川の流量ハイドログラフを高精度に推定可能であることを示した。提示された降雨流出・洪水流解析法に基づき導かれた流域内の水収支分布図の評価法は、流域治水対策の重要な技術となることが示された。これにより、豪雨時の流域貯留量、ダム貯留量、河道貯留量等の評価から提案された水収支分布図によって、洪水ピーク流量到達までに検討地点の河川分担量を減少させ、ピーク水位を効果的に低減させるための新しい流域治水の政策及び対策を推進する技術、考え方を提示しており、その工学的、学術的価値は非常に高い。

よって本論文は、博士（工学）の学位授与に値すると判断する。