

# 水害リスクラインVer.2の開発の取組み ～河川水位予測の更なる精度向上、長時間化を目指して～

土屋修一・諸岡良優・竹下哲也

## 1. はじめに

近年、記録的な豪雨によって各地で水害が頻発化・激甚化している。水害による被害軽減を図るためには、多様な主体が河川氾濫の発生前に避難や水防対策を講ずることが求められる。そのためには、今後の河川の状況変化に関する予測情報が重要な役割を果たす。

また気象庁・国土交通省の「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会報告書」（2021年10月）では「一級水系について、国が水系・流域が一体となった洪水予測を行う仕組みを構築し、洪水に関する予測情報を社会に提供し、精度向上や予報時間の延長、提供河川の拡大を図るべき」こと等が提言<sup>1)</sup>されており、洪水に関する予測の更なる精度向上や長時間化、対象河川の拡大が求められている。

本稿では、国の河川水位予測技術である水害リスクラインについて、現在実装されている水害リスクラインVer.1の概要並びに最新の河川水位予測技術を導入し開発中の水害リスクラインVer.2について述べる。

## 2. 水害リスクラインVer.1の概要

水害リスクラインは、流出モデル+河道モデルで構成される水位予測モデルに、データ同化技術を適用し、水位の予測計算を行い、計算された予測水位と危険水位の関係を危険度として色分けし

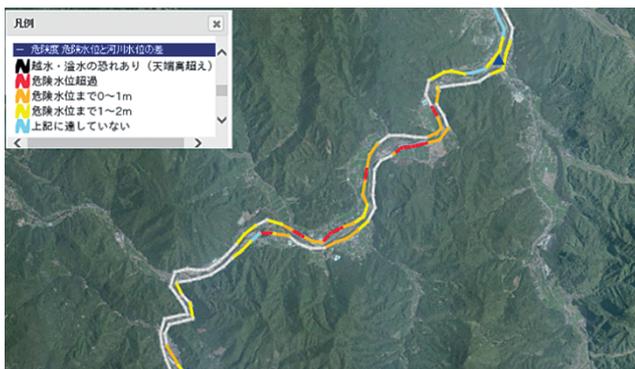


図-1 水害リスクラインによる危険度の表示例

て表示（図-1）するものである。予測計算と予測結果の表示を行う、河川水位予測システムと洪水危険度表示システムから構成される<sup>2)</sup>。

水害リスクラインVer.1の河川水位予測技術は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム<sup>3)</sup>（SIP I期（2014～2018年度））に、国総研が研究実施機関として参画し開発した水位予測技術が用いられている。水害リスクラインVer.1の河川水位予測モデルでは、流出モデルに土研分布モデル、河道モデルに一次元不定流モデルを用い、予測雨量に気象庁降水短時間予報等を用いて河川の断面毎（200～400m間隔）に6時間先までの河川水位を予測している（図-2）。データ同化技術<sup>2)</sup>には、粒子フィルタ<sup>2)</sup>を用いて多地点の観測水位を同化し、予測精度の向上を図っている。また、洪水危険度の表示技術については、関東・東北豪雨（2015年）における鬼怒川氾濫等の水災害の課題から、国総研において発足した洪水危険度見える化プロジェクト<sup>4)</sup>において開発した表示手法が用いられている。

水害リスクラインVer.1は、全国の地方整備局に整備され、2020年度より運用を開始し、全国の一級水系の水位予測を行っている。水害リスクラインの水位予測情報は、事務所等の出水対応等に活用される他、現況情報のみであるがインターネットを通じて一般へ提供されている（川の防災情報：<https://river.go.jp>）。水害リスクラインの

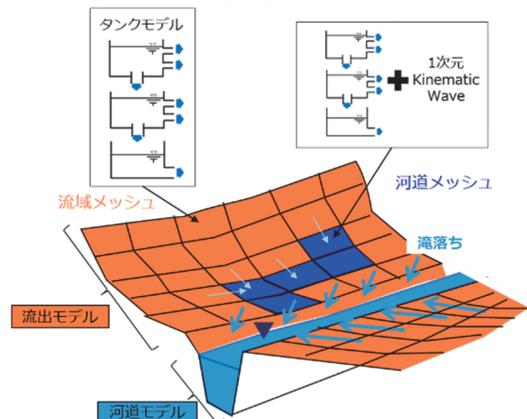


図-2 水害リスクラインVer.1の水位予測モデルのイメージ

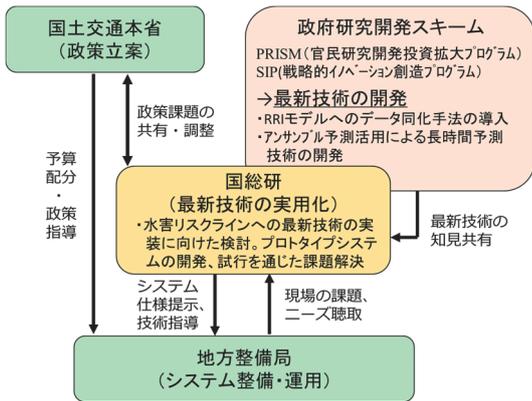


図-3 水害リスクラインVer.2の開発体制

運用開始後においても洪水予報は、河川事務所等構築・運用された既存の洪水予測システムにより、3時間先までの河川水位予測をもとに発表していたが、2022年度より水害リスクラインVer.1による6時間先までの河川水位予測をもとに発表する運用へと変更されている<sup>5)</sup>。

### 3. 最新の河川水位予測の技術開発の取組み

2018年7月豪雨（西日本豪雨）等、大規模水害が頻発する中、「逃げ遅れゼロ」実現のため避難行動のリードタイム確保が更に求められている。2018～2022年度にかけて、総合科学技術・イノベーション会議のSIP II期<sup>6)</sup>並びに官民研究開発投資拡大プログラム<sup>7)</sup>（PRISM）では、リードタイム確保のための水位予測の技術開発の取組みが行われており、国総研も前者は協力機関として、後者は研究実施機関として参画してきた。

SIP II期、PRISM双方の水位予測に関する技術開発では、降雨を入力し、流域内の斜面流下、河道流下、氾濫による水の移動を一体的に解析する流出モデルであるRRIモデル<sup>8)</sup>（Rainfall-Runoff-Inundation model）が用いられている。以下に、SIP II期、PRISMにおける水位予測に関する技術開発の概要を述べる。

#### 3.1 SIP II期の水位予測技術の概要

SIPの「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」の課題である「スーパー台風被害予測システムの開発」において、取り組まれている「長時間洪水予測システムの開発」（河川情報センター等）では、長時間先の予測を、不確実性も考慮し避難判断に活用するため、大河川を対象に、長時間アンサンブル洪水予測技術の開発を行っている。

SIP II期の水位予測技術では、RRIモデルと一

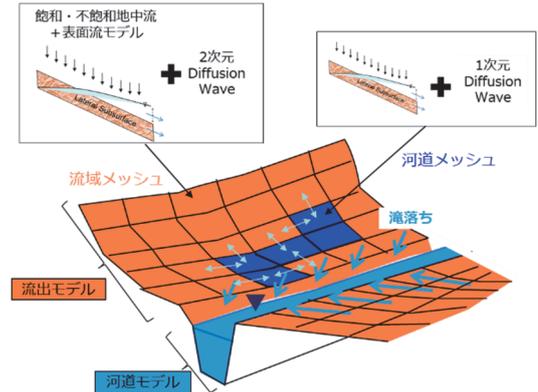


図-4 水害リスクラインVer.2の水位予測モデルのイメージ

次元不定流モデルを組み合わせ、相互の連携を詳細に考慮した水位予測モデルを開発している。また、全球アンサンブル数値予報等を用いて、最大120時間先の河川水位を、幅のある予測としてパーセンタイル表示して提供するシステムの開発を行っている。

#### 3.2 PRISMの水位予測技術の概要

PRISMの「革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術領域」の施策である「観測水位を活用した傾向分析による中小河川の水位情報提供システムの開発」（土木研究所等）では、中小河川を対象に、約2時間前に避難の呼びかけに必要な水位を予測できる短時間で計算可能・安価・簡便な水位予測技術の開発を行っている。

PRISMの水位予測技術では、RRIモデルに粒子フィルタを適用し、RRIモデルの状態量を逐次修正することで、予測精度の向上を図っている。この他にも、様々な特徴を有する中小河川の水位予測に対応するための種々の水位予測技術の開発を行っている。

### 4. 水害リスクラインVer.2の概要

水害リスクラインVer.1（以下「Ver.1」という。）が洪水予報等に活用され、今後、更なる精度向上や長時間化、対象河川の拡大が求められる中、国総研ではSIP II期、PRISMで開発された技術を活用し、Ver.1を更に高度化した水害リスクラインVer.2の開発を国土交通本省や地方整備局と連携し実施している（図-3）。以下、概要を示す。

#### 4.1 水害リスクラインVer.2の要素技術の概要

水害リスクラインVer.2（以下「Ver.2」という。）においても流出モデル及び河道モデルに、

データ同化技術を適用することとした。Ver.2の流出モデルについては、RRIモデルを用いるものとし、河道モデルは、Ver.1と同様に、一次元不定流を用いる（図-4）。データ同化技術についても、同様に、粒子フィルタを用いて、観測水位を同化するものとした。

#### 4.1.1 RRIモデルと一次元不定流モデルの結合

SIP II期では、RRIモデルと一次元不定流モデルの結合において、モデル間で相互に水が移動する手法を開発している。しかし、これにデータ同化を適用した場合に、計算不安定が懸念されることから、Ver.2においては、SIP II期の初期に採用されていた「滝落ち（流域から河道への流入について水位差等を考慮せずに全量を流入）」により結合し、RRIモデルから一次元不定流モデルへの水の移動のみとすることとした。なお、Ver.1の一次元不定流モデルでは、いわゆる「壁立て計算」により氾濫は考慮されていない。Ver.2では、一次元不定流モデルに、越水による河道内の流量変化が考慮できるように、越流モデルを組み込み、河道外へ氾濫水が排除されるようにしている。

#### 4.1.2 RRIモデルへの粒子フィルタの適用

PRISMでは、RRIモデルに粒子フィルタを適用し、RRIモデルの状態量である斜面水深を逐次修正している。Ver.2においても、このノウハウを取り入れ、斜面水深を逐次修正することとしている。また、Ver.1と同様にカスケード同化<sup>2)</sup>によりリアルタイムで多地点の観測水位を同化するものとしている。

#### 4.1.3 長時間アンサンブル水位予測の導入

SIP II期で実施されている長時間アンサンブル洪水予測と同様に、Ver.2においても、アンサンブル水位予測を行うものとした。アンサンブル水位予測は、気象庁メソアンサンブル予報<sup>9)</sup>、全球アンサンブル予報<sup>9)</sup>の予測雨量を水位予測計算の入力とし、3日程度先までの河川水位予測を行う。また、アンサンブル予測雨量の21～51パターン<sup>9)</sup>の予測雨量を与えることで、予測幅のある水位予測を行うものとし、予測幅をパーセンタイル値で表示するものとした。

### 4.2 水害リスクラインVer.2の特徴

Ver.2では、氾濫を考慮した計算が可能なRRIモデルを流出モデルに用い、河道モデルにおいても越流モデルを組み込むことで、越水による河道

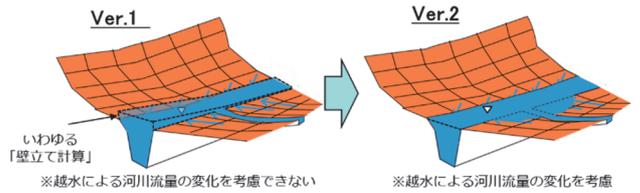


図-5 水害リスクラインVer.1とVer.2の差異のイメージ

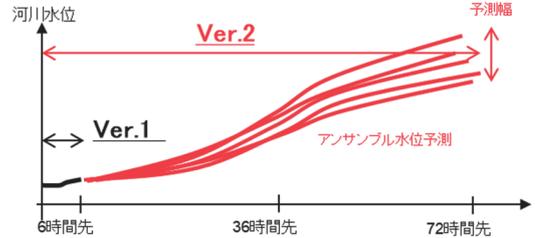


図-6 水害リスクラインVer.1とVer.2の差異のイメージ

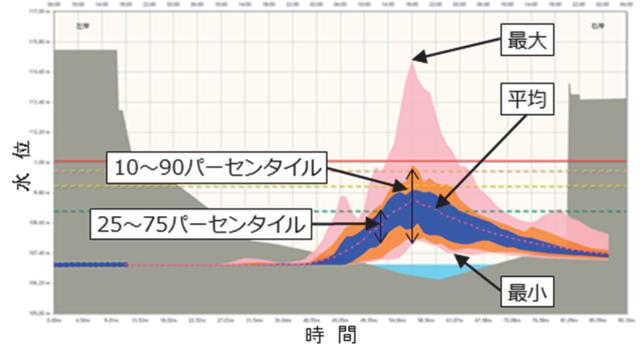


図-7 アンサンブル水位予測の表示例

内の流量変化を考慮できることが特徴の一つである（図-5）。河川上流の越水による流量変化を踏まえて下流の水位予測を行うことが可能となり、予測精度の向上が期待される場所である。また、長時間アンサンブル水位予測の導入によって、3日程度先までの予測水位を、予測の信頼幅と併せて示すことができることが特徴となる（図-6）。図-7は、アンサンブル水位予測の表示例で、3日先までの予測水位と予測の幅を示している。図中の赤の曲線は、各パターンの予測雨量で計算された予測水位の平均、赤の帯の最大と最小は、それぞれ予測水位の最大、最小を示している。青の帯の上限～下限の幅は25～75パーセンタイルの幅を、橙の帯は10～90パーセンタイルの幅を示し、幅の大きさにより予測の不確実性を示している。

大規模水害時の広域避難等において、十分なリードタイムの下、不確実性も考慮した避難判断に活用されることが期待される。

### 4.3 水害リスクラインVer.2とVer.1の水位予測計算の比較

図-8に、Ver.2とVer.1に実績雨量を与えて、予測シミュレーションを行い、比較した結果を示す。

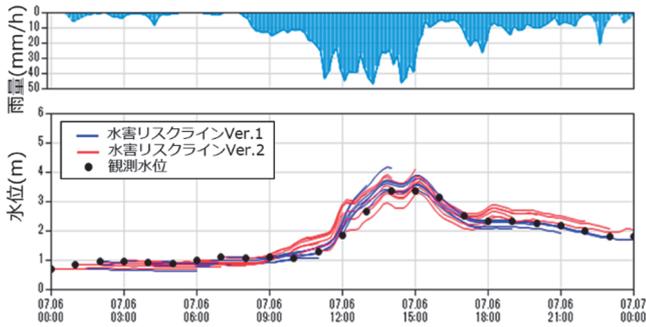


図-8 水害リスクラインVer.2とVer.1の予測計算の比較  
 観測値から伸びる線は、観測値の時刻を予測開始時刻とする6時間先までの予測水位を示している。Ver.2の予測水位は、観測水位を概ね良く予測しているが、Ver.1の予測水位と比較して、立ち上がりやピーク以降でやや過大傾向を示している。これらの差異については、Ver.1の流出モデルのモデルパラメータの最適化に過去出水5事例が用いられていることに対してVer.2では3事例であり、今後、さらに事例を追加し、パラメータの最適化を進めていくことや、Ver.2の流出モデルに適用した粒子フィルタのノイズ幅の設定等の最適化を進めて行くことで、差異が縮小され、Ver.2は、Ver.1と同等程度の予測精度を有することができると考えている。なお、Ver.2では、氾濫による河道内の流量変化を考慮することが可能であり、仮想的な降雨を与え、氾濫を発生させた際に、上流の氾濫により下流の水位が低下することが計算できていることを確認している。今後は、実際に氾濫が生じた事例により検証を行う予定である。

## 5. まとめ

最新の河川水位予測技術を導入し開発している水害リスクラインVer.2では、流出モデルにRRIモデルを用いる等して、氾濫による河道内の流量変化の考慮や予測の幅を持った長時間予測を目指しているが、RRIモデルを用いたことや長時間予

測によって計算負荷が増大しており、水位予測の更新間隔の時間内（10分以内）に計算が終了しないことが懸念されている。このため、現在、流域を分割し並列計算する等の工夫により計算を高速化すること等の検討を行っている。

各地方整備局で運用されている水害リスクラインVer.1は、今回紹介した技術開発により、2023～2025年度内にVer.2へアップデートし、防災対応や避難を支援することを目指している。引き続き、Ver.2への本格運用に向けて、関係機関と連携し技術開発を継続していく。

## 参考文献

- 1) 洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会、[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kentoukai/arikata/20210106\\_arikata.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kentoukai/arikata/20210106_arikata.html)
- 2) 土屋修一、川崎将生「データ同化技術を導入した実用的な河川水位予測手法の開発」、土木技術資料、第61巻、第9号、pp.8～11、2019.
- 3) 戦略的イノベーション創造プログラム、レジリエントな防災・減災機能の強化、課題②豪雨・竜巻予測、[http://www.jst.go.jp/sip/k08\\_team2.html](http://www.jst.go.jp/sip/k08_team2.html)
- 4) 土屋修一、川崎将生：洪水危険度の見える化に向けた河川縦断水位の把握・予測技術の開発、土木技術資料、第59巻、第12号、pp.14～17、2017.
- 5) 報道発表資料：「自らの命は自らが守る」社会の構築に向けて、[http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03\\_hh\\_001064.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_001064.html)
- 6) 戦略的イノベーション創造プログラム、国家レジリエンス（防災・減災）の強化、テーマ6：スーパー台風被害予測システムの開発、[https://www.nied-sip2.bosai.go.jp/research-and-development/t\\_heme\\_6.html](https://www.nied-sip2.bosai.go.jp/research-and-development/t_heme_6.html)
- 7) 官民研究開発投資拡大プログラム、革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術領域、気象・水位情報の提供による応急対応促進、<https://www8.cao.go.jp/cstp/prism/seika/kensetu.html>
- 8) 佐山敬洋、岩見洋一：降雨流出氾濫（RRI）モデルの開発、土木技術資料、第56巻、第6号、pp.18～21、2014.
- 9) 気象に関する数値予報モデルの種類、気象庁、<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-4.html>

土屋修一



国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部水循環研究室  
 主任研究官、博士（工学）  
 Dr. TSUCHIYA Shuichi

諸岡良優



国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部水循環研究室  
 研究官、博士（工学）  
 Dr. MOROOKA Yoshimasa

竹下哲也



国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部水循環研究室  
 室長、博士（工学）  
 Dr. TAKESHITA Tetsuya