

特集報文：水害リスクの低減に向けて

都市の浸水被害軽減に向けた 浸水予測システムの開発と社会実験

三好朋宏・小林正和・板垣 修

1. はじめに

集中豪雨（いわゆるゲリラ豪雨等）により、都市の雨水排水能力を超える量の雨が降ることによる水災害が頻発している。都市域では資産の集積、地下の高度利用等のため浸水発生時の被害が甚大となる傾向にあるが、あらゆる規模の豪雨に対して河川、下水道等の施設整備により浸水発生の可能性をゼロとすることは現実的とは言えない。また、気候変動の影響により過去に経験したことのないような規模の豪雨に襲われる可能性も否定できない。このため、浸水時の被害を軽減するためには、事前の避難や浸水対策（地下街入り口等への止水板設置等）が重要となるが、これらの実施には一定の時間が必要であることから、実施時間の確保につながる浸水予測情報の提供が望まれる。

本報文では、SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の一環として国土技術政策総合研究所が平成26年度より開発中のリアルタイム浸水予測システム及びその社会実験の概要について紹介する（特記なき限り29年9月末時点）。

2. リアルタイム浸水予測システムの概要

2.1 対象流域の概要

本システムの対象流域は東京都内を流れる神田川流域、石神井川流域（荒川水系）の2流域である。これらのうち社会実験の対象としている神田川流域（図-1）は、東京都三鷹市の井の頭池を源とし、支川である善福寺川、妙正寺川等を合流しながら、杉並区、中野区、新宿区等を東流し、台東区柳橋地先で隅田川に合流する延長24.6kmの河川である。

2.2 浸水予測システムの概要

本システムでは、XRAIN雨量観測データ（実績雨量）及び高解像度降水ナウキャスト（NC）データ（1時間先までの予測雨量）並びにテレメータ河川水位情報を10分ごとに入手し、後述

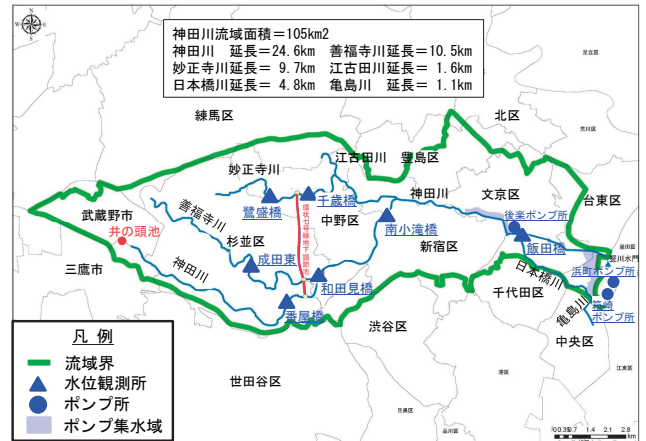


図-1 神田川流域概要図

する浸水予測モデルにより1時間先までの河川水位・浸水深の予測計算を行いリアルタイムデータ受信後10分以内に配信する¹⁾。これにより住民等が避難や止水板設置等の浸水対策を行う時間をより長く確保できると考えられる（図-2）。これらの情報はPCや携帯端末からWEBブラウザを通じて閲覧することができる（10分ごとに更新）。さらに、自宅・職場近く等特定の場所の河川水位・浸水深予測情報の入手を希望する住民等が当該地

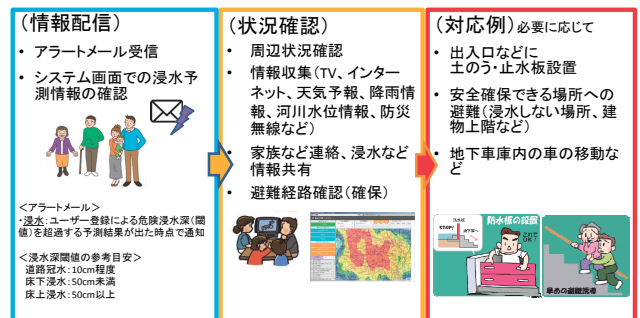


図-2 システム活用イメージ



図-3 アラートメール及び閲覧画面イメージ

Development of an Inundation Forecasting System and a Social Experiment for Urban Flood Damage Reduction

点及び目安となる河川水位・浸水深（例 浸水深30cm）を本システムに登録しておくことにより、当該地点の河川水位・浸水深が当該目安の値を超過すると予測された場合にアラートメールが当該住民等に配信される（図-3）。

2.3 浸水予測計算モデルの概要

浸水予測計算モデルは、雨水流出、下水道、河川、地表面氾濫の各モデルから構成され、これらを統合することで下水管渠・河川からの氾濫を一体的に計算することができる（図-4）。

雨水流出モデルは、下水道マンホール位置に基づくティーセン分割により流域を区分し、雨量データに基づき合理式により各区域の雨水流出量を算出し当該マンホールに流入させるものである。

下水道モデルは、予測計算時間の短縮と浸水深の再現性をにらみ管径600mm相当以上の下水管渠をモデル化している。下水管渠内の流れは一次元不定流とし、管渠の天端に幅の狭い隙間とそれを挟む垂直壁（プライスマンスロット²⁾）を仮定（管渠断面がプラスチックの鉛直断面のようになる）し、満管状態の管渠の圧力を水頭で表し、全て開水路と考えることで、計算を簡単化している。

河川モデルは一次元不定流計算とし実測水位に基づくデータ同化を粗度係数を対象パラメータとして行い予測精度を高めている。

地表面氾濫モデルは25mメッシュの平面二次元不定流計算を行うものである。

3. 社会実験の概要

実験は28年度から実施しており、実験参加者数は自治体から紹介された50名程度（地域住民17名、施設管理者等14名、自治体職員14名など）である。実験参加者にIDとパスワードを配付し、システムを実際に利用してもらい、アンケート又は聞き取りにより本システムの活用可能性、改良すべき点等について調査している。

4. 社会実験参加者等からの意見・要望

社会実験を通じて得られた社会実験参加者等からの意見や要望について以下に述べる。

4.1 地域住民

地域防災会等から地域住民としての意見・要望を収集した。高齢者の中にはPCや携帯端末を所有していない又は所有していてもWEBブラウザ

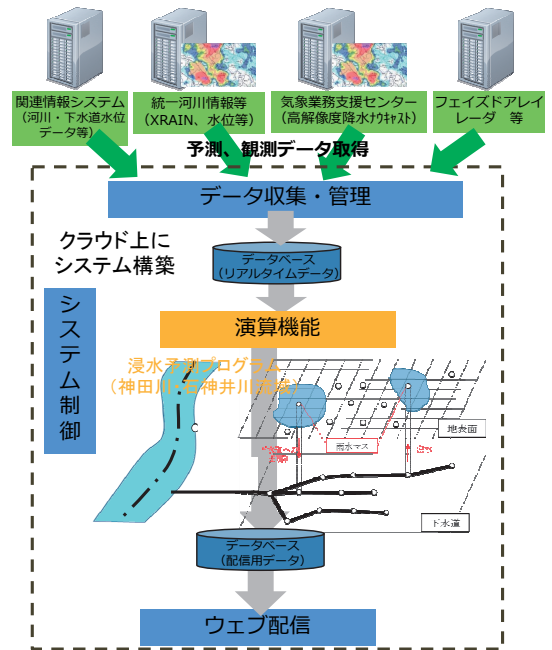


図-4 浸水予測システムイメージ

の閲覧など本システムの活用に困難を覚える方がいる、若者は携帯端末などで情報を得ており若者から高齢者に情報が伝わるので浸水予測情報の提供には意味がある、閲覧できる情報が多くわかりづらい、直接住民に情報を配信するのではなく自治体を経由した情報配信の方が良い、との意見があった。

4.2 要配慮者利用施設管理者、教職員

要配慮者利用施設管理者、教職員は施設利用者や生徒の安全を確保するため浸水被害低減に関する意識が高かった。豪雨時の施設利用者の避難判断・リードタイムの確保、登下校の判断には難しいものがあり浸水予測情報に対するニーズが強かった。

4.3 自治体防災担当者

浸水予測情報に基づき避難勧告等を行う場合、空振りになると避難に要した労力が無駄になり場合によっては経済損失に繋がるため相応の精度を求められた。また、既存の防災情報伝達システムがある中で情報が錯綜することを懸念する意見があった。

4.4 消防署

消防署の水防活動従事者は、その活動の適否が住民の生命・財産被害に直結するため浸水予測情報に高い精度を求めている。また、現場において個人の携帯端末を使用できないことや、災害時には電話が鳴りやまずシステムを閲覧する余裕がな

いなど、本システムの情報提供方法では活用が難しい状況が明らかになった。

5. 浸水深予測事例

平成29年8月19日に社会実験対象地区内で降雨による浸水が発生した。住民からの情報によると浸水深は70cm程度、現地踏査時に街角で見かけた浸水記録では浸水時刻は16時30分頃と記載されていた。図-5に付近の雨量(実績値)及び浸水深(予測雨量に基づく10分ごとの1時間予測値及び実績雨量に基づく再現計算値)を示す(異なる時刻において予測された浸水開始時刻が同じ場合には予測浸水深の立ち上がりが一部重なっている)。付近をアラートメールの対象地点として登録していた社会実験参加者には16時2分にアラートメールが配信され、浸水発生前に浸水予測情報が提供されたと推定される。実績雨量に基づく浸水深の再現計算結果によると、浸水開始は17時頃、ピーク浸水深は126cm(17時30分に発生)であった。予測雨量に基づく予測浸水深は最大220cm程度であり、実績雨量に基づく再現計算結果との差異は1m程度であった。図-6に付近の累加雨量(XRAINによる実績値)と1時間予測雨量(高解像度降水NCによる予測値)を示す。予測値が実績値を大きく上回っており、それに対応して浸水深(予測値)も大きくなっている。

6. システム改良に向けて

浸水予測情報の活用を促進するには予測精度、わかりやすさ、使いやすさの向上を引き続き図っていくことが重要であることから、アラートメールの配信・システムの閲覧記録並びに社会実験参加者からの意見等を踏まえて、次のとおり取り組んでいる。

6.1 浸水深予測計算モデルの誤差の低減

浸水深予測に誤差が生じる原因の一つとして、下水管渠・河川モデル化に伴う誤差が考えられる。同誤差を小さくするには予測計算結果と実際の浸水深データ等との比較に基づく計算モデルのキャリブレーション等が必要となるが、雨水排水が困難なために生じた比較的短時間の局所的浸水の浸水深データの入手は難しい場合が多い。このため下水管渠内水位の観測データに基づくデータ同化等を行うことで浸水深の予測精度向上を図るべく

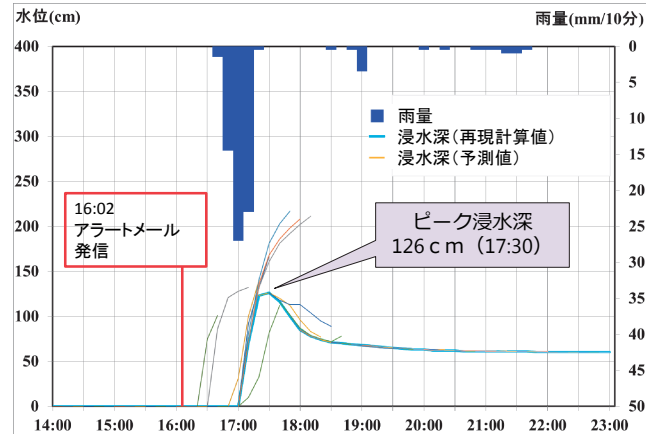


図-5 浸水予測事例

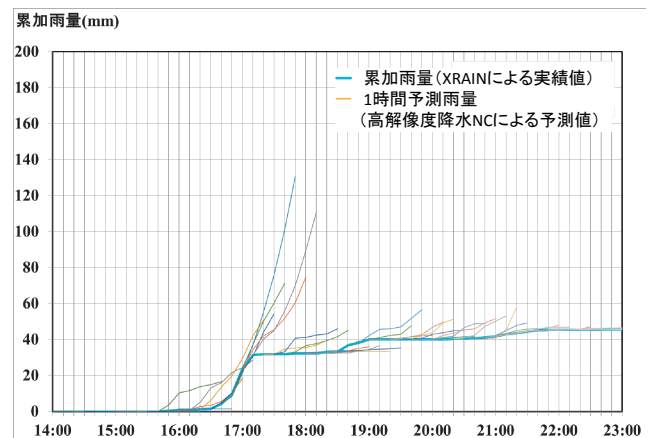


図-6 雨量予測事例

システム改良の検討を進めている。

6.2 雨量予測誤差の低減

浸水深予測誤差のもう一つの原因として、予測雨量の誤差が考えられる。本研究ではMP-PAWR(マルチパラメータフェーズドアレイレーダ)による予測雨量データを今後活用することを計画している。

6.3 ユーザビリティの向上

社会実験参加者のシステム利用状況(利用した機能、利用したタイミング、情報入手後の行動など)を分析し、提供情報の充実又は簡略化、携帯端末向けアプリの開発等について検討する。

浸水予測情報の伝達経路については、経路が複雑になると伝達に掛かる時間が長くなり浸水前に避難等に使える時間が短くなってしまいうため、引き続き自治体及び住民に並行して情報提供する必要があると考えられる。

7. 他地域への展開に向けて

7.1 他地域への展開に向けた課題

本システムの他地域への導入を検討する際には、

システム構築等に必要となる費用が課題となると考えられる。本システムでは下水管渠・河川をモデル化し浸水予測計算を行っているが、モデルの精緻さや提供情報の内容等により費用は上下すると考えられる。「閲覧できる情報が多くわかりづらい」との意見もあることから、提供情報の絞りこみなどにより利用者のニーズを最低限満たしたより安価な浸水予測情報提供システムについて検討することが考えられる。地域特性に応じて、あるべき予測精度・提供情報・リードタイム等について明らかにする必要がある。

7.2 水害リスク特性に応じた予測精度等の選択

図-7に浸水予測モデルの特性とその導入がふさわしいと考えられる地域の水害リスク特性との関係のイメージを示す。同図左の簡略モデルは導入費用等が比較的安価であり所要予測計算時間が短い、予測精度が低く、一方、同右の詳細モデルは導入費用等が比較的高価であり所要予測計算時間が長いが予測精度が高い傾向にある。このため地下街がある等水害リスクが相対的に大きい地域では詳細モデルの導入が妥当と考えられ、水害リスクが相対的に小さい地域では簡略モデルが妥当である傾向があると考えられる。

したがって、地域ごとの水害リスク特性にふさわしい浸水予測モデルを適切に選択できるように、いくつかの異なる予測精度等に対応した浸水予測モデルの組合せを提供していくことが必要である。



図-7 予測モデルの特性と水害リスク特性との関係

8. まとめ

詳細な地形、河川網、下水管網をモデルで表現した上で、降雨予測、レーダによる実績雨量、河川水位情報をモデルに入力し、リアルタイムで浸水予測を行うシステムを開発するとともに、実際の情報を用いて神田川流域を対象に社会実験を行った。社会実験の結果からは、浸水発生前にアラートを配信できた事例と、浸水予測が降雨予測に大きく影響されるため、アラートによって確保できるリードタイムが降雨予測の精度に依存することが確認できた。正確な降雨予測が得られれば、本システムを利用することで、浸水予測を高精度で行うことが可能となると考えられる。今後、実績を重ねることで、自治体や住民等からの信頼が得られれば、危機管理がより有効に実行されることが期待できる。また、事前に種々の降雨パターンなど異なるシナリオに基づく浸水状況の予測が可能であることから、地域の水害リスク特性を把握する検討にも利用できる。

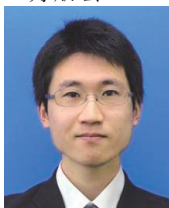
謝 辞

社会実験の協力先をご紹介いただいた武蔵野市役所、中野区役所をはじめ、社会実験に協力いただいている神田川流域の方々に対してここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 大沼克弘、伊藤弘之、小林正和、堀江真、五十嵐孝浩、松原健二、小林隆洋、飯田進史：高速演算モデルを使った浸水予測情報配信システムの構築、河川技術論文集、第23巻、pp.103～108、2017
- 2) 財団法人下水道新技術推進機構：流出解析モデル活用マニュアル、pp.10～11、2003

三好朋宏



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室研究官
Tomohiro MIYOSHI

小林正和



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室研究官
Masakazu KOBAYASHI

板垣 修



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室長
Osamu ITAGAKI