

早期避難判断を支援する風水害リスク予測を活用した 防災情報システムの開発

株式会社 建設技術研究所 ○石松 雅大
株式会社 建設技術研究所 由良 英作
株式会社 建設技術研究所 浅井 和彦
株式会社 建設技術研究所 寒川 文雄
株式会社 建設技術研究所 野中 洋佑
株式会社 建設技術研究所 藤田 輝
株式会社 建設技術研究所 山本 健吾

論文要旨

近年、頻発化・激甚化する災害発生を背景に、総合防災情報システムへの関心が高まっており、国、都道府県政令指定都市のみならず、中小の市町村や民間事業者においても、きめ細かな情報発信や早期の避難発令等の迅速かつ的確な災害対応が求められている。この対応として、洪水・内水・高潮・土砂災害を対象とした最大 36 時間先までの被災リスク予測機能を実装し、予測結果に基づく被害発生地区や避難推奨地区を表示して、災害時の避難情報発令や応急復旧対応等を早期に判断できる総合防災情報システムを開発した。

キーワード：総合防災情報システム、避難情報発令支援、被災リスク予測、河川水位・氾濫解析、土砂災害予測解析、高潮浸水

まえがき

近年、風水害や地震災害などの自然災害が各地で甚大な被害をもたらしている。毎年のように頻発する風水害に対しては、局所的、集中的な豪雨により、洪水時の河川水位は急速に上昇し、河川氾濫は短時間で急速に進行する状況である。

一方で、近年の社会環境の変化に伴い、少子・高齢化の進行、独居世帯の増加等が全国的に進行しており、人命確保や被災を回避するために要する時間は増大する傾向である。

このようなことから、災害対応を担う地方公共団体では、災害初動、避難情報発令、応急復旧等の防災業務において早め早めの対応が求められる、これまで以上に、事前の防災対策の充実・強化と初動時、応急対応時の迅速かつ的確な意思決定が必要となってきた。

これらを踏まえ、本論では、迅速かつ的確な災害対応を支援するため、筆者らが開発した総合防災情報システム(以下、本システムと称す)の全体像を紹介するとともに、特徴的な機能である、洪水、土砂災害、高潮の災害リスク予測手法の概要、及び予測に基づく避難情報発令支援機能について紹介する。

1. 総合防災情報システムの概要

(1) 一般的な総合防災情報システムについて

現在、全国の地方公共団体において導入されている総合防災情報システムは、大別して情報収集機能、情報共有・報告機能、情報分析機能、情報発信機能の4つの機能を有していることが多い(表-1)。システム提供者は、これらに加え利用者の要望を踏まえて備蓄資材管理や SNS 分析等の要素機能を追加してシステムを提供している。

表-1 一般的な総合防災システムの主な機能

区分	主な機能	関係機関
情報収集	気象情報(警報注意報、地震津波情報、土砂災害警戒情報、危険度分布等)	気象庁
	雨量・水位、カメラ画像等の観測情報	国土交通省他
	各種観測情報、リスク分析情報等	都道府県
情報共有・報告	被害・通報情報の登録・管理	当該機関
	避難情報・避難所の登録・管理	〃
	クロノロジー登録・管理	〃
情報分析	災害対応指示の発信・共有・報告	〃
	危険情報アラート	〃
	人口・世帯数集計	〃
情報発信	避難情報発令推奨地区の分析	〃
	関連システム連携(情報一括配信) 報告文書・書類作成	関連システム 消防庁他

(2) 被災リスク予測を導入した総合防災情報システム

1) システム機能

本システムは、前述の一般的なシステム機能に加え、災害時の早期の意思決定支援や担当職員の防災業務の効率化、高度化を図る機能として、a)洪水・内水・土砂災害、高潮の被災リスク予測機能、b)類似台風のAI分析機能(過去の台風経路・気圧とその時の被災規模をシステムに登録しておき、襲来中の台風の予想進路・気圧との類似性をAIで比較して今後起こりうる被害様相を分析)、c)防災行動(タイムライン)管理機能等を導入した。機能一覧を図-1に示す。

2) システム構成

障害発生時にも防災業務が途絶しないこと、被災リスク予測において24時間365日安定かつ高速な演算処理を行うこと等に配慮し、本システムは、クラウド環境で構築する構成とした。また、アクセス集中時の対応や演算処理サーバの最適化により、運用費用の縮減を図った(図-2)。

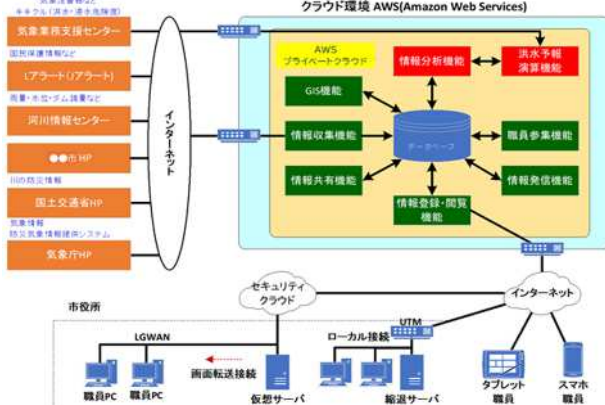


図-2 総合防災情報システムのシステム構成

システムの主な機能

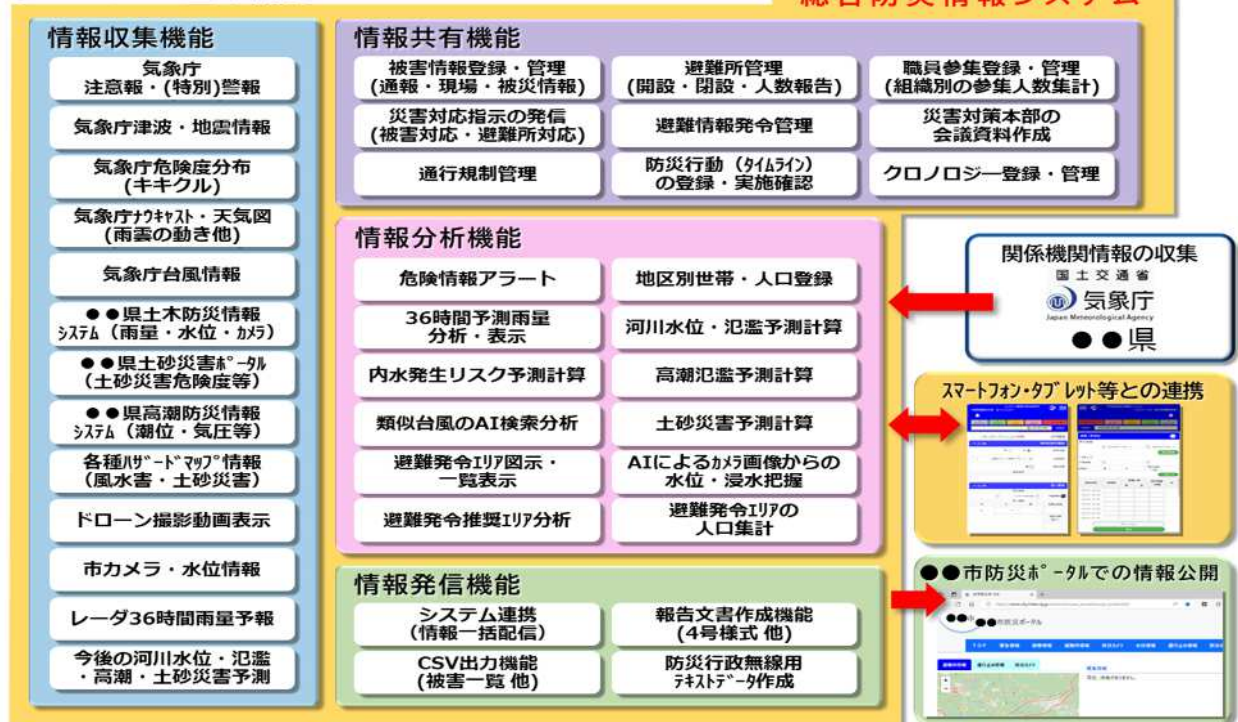


図-1 被災リスク予測を導入した総合防災情報システムの機能

2. 災害リスク予測手法

本システムの特徴的な機能である「a)洪水・内水・土砂災害、高潮の被災リスク予測機能」に関して導入した災害リスク予測手法を以下に述べる。

(1) 河川水位・氾濫予測

1) 河川水位・氾濫解析モデルの概要

本システムの対象自治体(市)を流下する主要河川5河川を対象に、10分間隔でリアルタイム稼働する河川水位・氾濫解析モデルを構築した。予測期間は、演算負荷と予測結果の配信間隔(10分間)を踏まえ、河川水位予測は36時間先まで、氾濫予測は6時間先までとした。解析モデル条件を以下に示す(表-2)。流出解析、河道水位解析、氾濫解析の各要素モデルは国土交通省による洪水予測解析手法や浸水想定区域図作成のための氾濫解析手法を適用した¹⁾²⁾。

表-2 河川水位・氾濫予測解析モデル条件

機能名	機能要件
流出計算	<ul style="list-style-type: none"> レーダ雨量データ(実況・予測)を用いて分布型流出モデルにより流出量を算定 予測雨量に対する流出予測を実施 解析メッシュサイズは250m、計算間隔は10分ピッチ、予測先時間は36時間
ダム計算	<ul style="list-style-type: none"> ダムの予測流入量に対して予測貯水位と予測放流量を算定 操作ルールは操作規則・細則に準拠 計算間隔は10分ピッチ、予測先時間は36時間
河道水位計算	<ul style="list-style-type: none"> 予測流出量に対して不定流計算により河道の予測水位を算定 河道横断測線は200m間隔を基本とし、計算間隔は10分ピッチ、予測先時間は36時間
氾濫計算	<ul style="list-style-type: none"> 河道の予測水位に対して堤防からの越流量を算定し、越流量に基づき平面二次元不定流計算により堤内地の浸水深を算定 解析メッシュサイズは25m、計算間隔は10分ピッチ、予測先時間は6時間

解析モデルの構築に際しては、対象自治体で甚大な被害が発生した平成 30 年 7 月豪雨時の河川水位と浸水範囲を検証対象としてパラメータ調整し、モデル精度を確保した(図-3)。

なお、本モデルでは、計算負荷の低減の観点から国土交通省水害リスクラインにおける洪水予測解析等で適用されているデータ同化手法や不定流解析に基づく水位縦断補正等は導入していない。本システム導入後、現時点までに生じた洪水では一定の予測精度が確認されているが、今後、継続的な精度検証及びモデル改良が必要であると考えている。

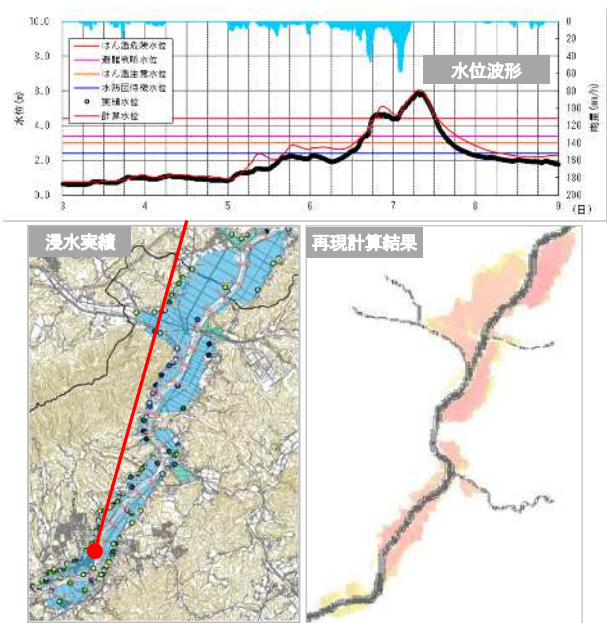


図-3 河川水位・氾濫解析モデルの再現 (H30.7 洪水)

(2) 土砂災害予測

1) 土砂災害予測モデルの概要

土砂災害予測モデルは、気象庁による「土砂災害警戒情報の発表基準³⁾」に適用された予測手法(以下、気象庁モデル)を参考に、予測解像度250mメッシュとし、現時刻から6時間後までの土砂災害リスクを予測可能な解析モデルを構築した。気象庁モデルと本モデルとのモデル条件の対比を以下に示す(表-3)。なお、解析に適用する雨量情報は、6時間後までに対応するため、気象庁公開の各種予測雨量を組み合わせ、予測雨量データを作成した(図-4)。

表-3 気象庁モデルと本検討モデルとの比較

項目	気象庁モデル	本検討モデル
メッシュ分割	1km	250m
土壌雨量指数	タンクモデル	同左
タンクモデルパラメータ	全国一律で設定	同左
土砂災害危険基準線(CL)	1kmメッシュで設定(令和元年前は5km)	1kmメッシュで設定
予測時間	2時間先までの降雨による現時点	6時間先までの降雨による現時点、2時間先、4時間先

2) 土砂災害予測モデルの精度確認

土砂災害予測モデルの検証は、土砂災害警戒避難基準雨量の指標(60分間積算雨量、土壌雨量指数)及び土砂災害危険

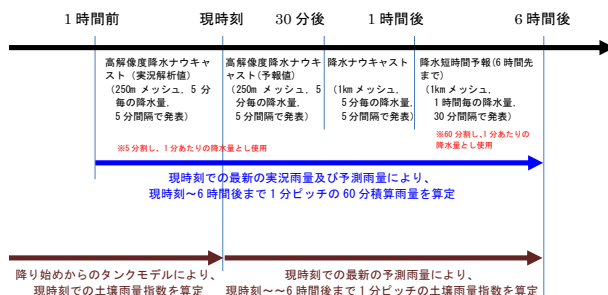


図-4 土砂災害予測に適用する予測雨量

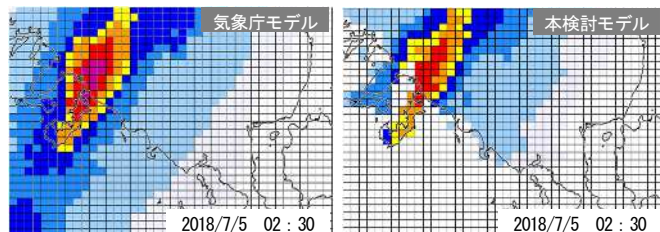


図-5 土砂災害予測モデルの妥当性確認

度情報の判定結果を対象として、平成 30 年 7 月豪雨時の雨量気象庁モデルでの解析結果との比較した。なお、当時の気象庁解析は 5kmメッシュであるため、本検討モデルの解析結果を 5kmメッシュ平均化した土砂災害危険度情報の平面分布図で確認した。その結果、両解析の危険度情報の分布状況は概ね整合しており、本検討モデルの精度は妥当と判断した。

(3) 高潮浸水予測

本システムを導入する自治体(市)が位置する県では、最大120時間先までのリアルタイム高潮予測が運用・公開されている。このため、本システムでは県の高潮予測結果を取得し、これを陸域側にレベル湛水して最大72時間先までの高潮による浸水範囲を表示する機能を構築した。

3. 被災リスク予測結果のシステム上での表示

2. で構築した、洪水、土砂災害・高潮の予測解析結果を災害時にも速やかに検索、確認できるよう、地図上に災害リスク情報の平面分布を表示するとともに、グラフ等を用いて、数時間先までのリスク変化を確認できるように工夫した。特に、河川水位・氾濫予測については、越水による氾濫の危険性をわかり易く表示するため、河川縦断方向に警戒レベルを設定し、色分けしたリスクライン情報として表示した(図-6)。

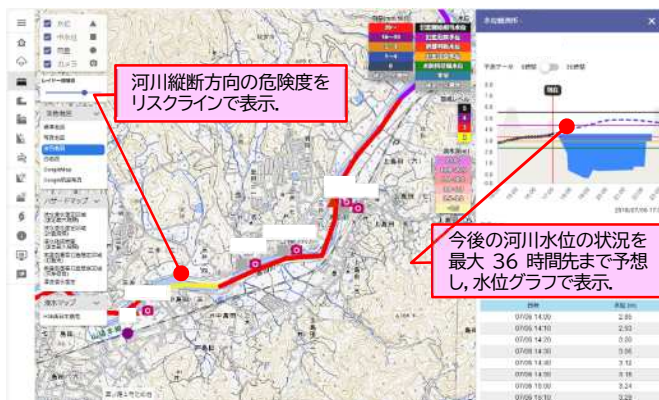


図-6 河川水位・氾濫予測結果の表示イメージ

4. 被災リスク予測に基づく避難情報発令支援機能

前述の河川水位・氾濫予測、土砂災害予測、高潮氾濫予測の解析結果をもとに、避難情報発令の推奨エリアを分析、表示する機能を構築し、本システムに導入した。

避難情報発令推奨エリアは、災害種別(洪水、土砂災害、高潮)別に、自治体で定める避難情報判断マニュアルに基づく実況観測値による推奨エリアの他、災害種別ごとの予測結果に基づく推奨エリアを表示した。

- ・洪水：6時間先予測、15時間先予測
- ・土砂災害：4時間先
- ・高潮：6時間先予測、15時間先予測

洪水、高潮において15時間先予測を参照する理由としては、自治体の行う避難情報発令は、危険の伴う夜間の避難行動を回避するため、夕方16時頃を発令リミットとしている。深夜に被害発生が予想された場合には、前日の16時までに避難情報発令判断を決定する必要があり、これを考慮して15時間先予測を採用した。

なお、洪水、高潮の予測計算については、36時間先、72時間先までを対応しているため、システム利用者のニーズに合わせた予測結果を適用することが可能である。

避難情報発令推奨エリアの表示例を以下に示す(表-4、図-7)。

表-4 避難情報発令推奨エリアの一覧表示例

種別	現在発令レベル		避難情報レベル		避難理由			世帯数	人数
	発令種別 (無被害時)	発令種別 (被害発生時)	発令種別 (無被害時)	発令種別 (被害発生時)	発令種別 (被害発生時)	発令種別 (被害発生時)	発令種別 (被害発生時)		
小学校	現在発令レベル	避難情報レベル	避難理由	避難理由	避難理由	避難理由	避難理由	避難理由	



図-7 避難情報発令推奨エリアの情報提供画面

あ と が き

激甚化、頻発化する風水害による被害から人命、資産を守るため、災害時の迅速かつ確かな判断を含めた、災害対応オペレーションの高度化、効率化が求められており、洪水、土砂災害、高潮等の災害の発生リスクを予測し、それを災害対応に活用していくことが有効な手段と考える。

令和5年11月に気象業務法及び水防法の一部を改正する法律が施行され、これまで河川管理者以外ができなかった洪水予報を、予報業務許可をとることで民間事業者でも洪水予報が行えることとなった。これにより、地方公共団体が実施する、災害対応や住民への啓発においてリスク予測情報の活用が浸透していくものと想定される。

筆者らが本論で紹介した、風水害リスク予測を活用した総合防災情報システムは、現状の技術レベルに基づいた災害リスク予測をリアルタイムで実行し、災害対応時の実務への適用性を踏まえて、操作性、視認性、機能性を工夫したものである。

しかし、災害リスク予測精度のさらなる向上や、将来想定される地域住民への予測情報の周知・伝達方法など、残された課題も多い。これらの課題の解決に向けた検討を継続実施し、より有効かつ実用的な総合防災情報システムに改善していきたい。

参考文献

- 1) 公益社団法人 土木学会：水理公式集(2018版)、平成31年3月、p.71~p.74
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版(一部変更))、平成29年10月
- 3) 国土交通省河川局砂防部・気象庁予報部・国土交通省国土技術政策総合研究所：国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案)、平成17年6月