流出・氾濫解析による被災時の河川水位の推定手法

馬目　凌
Ryo Manome
防災技術研究部
地盤防災研究室
研究員

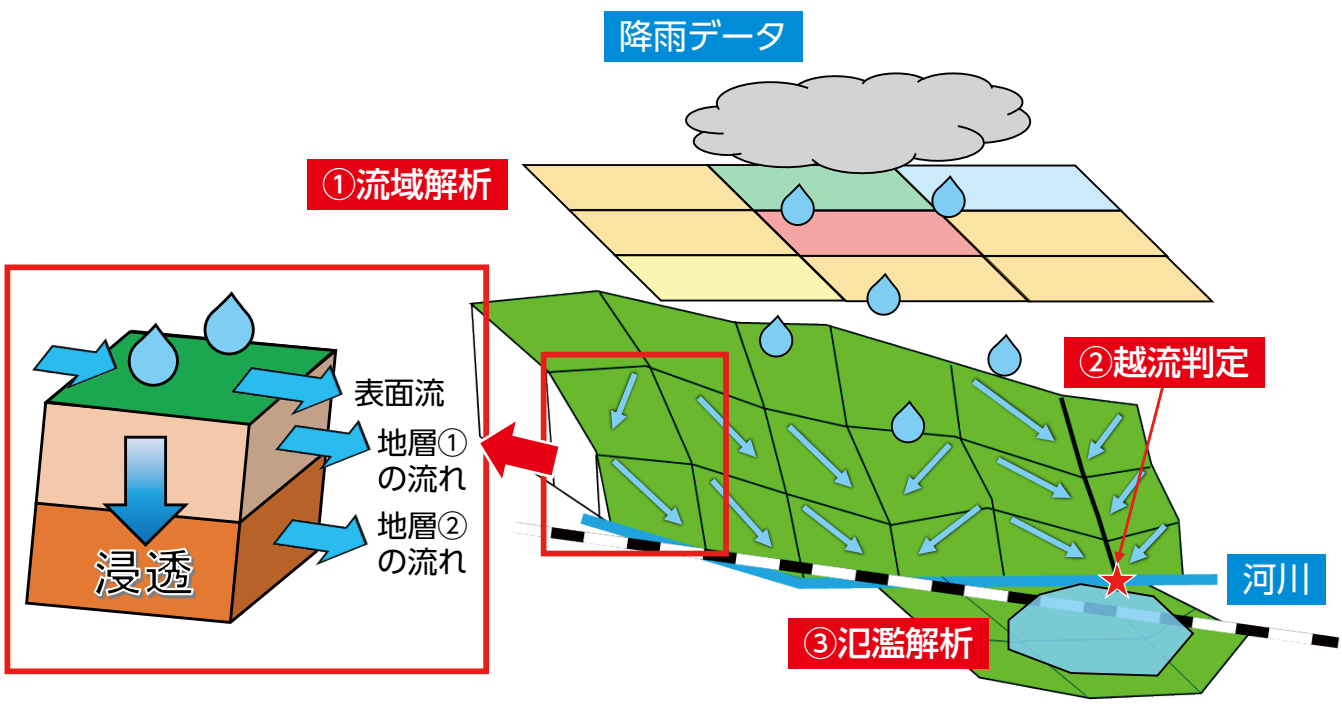
渡邉　諭
Satoshi Watanabe
防災技術研究部
地盤防災研究室長

深野　雄三
Yuzo Fukano
防災技術研究部
地盤防災研究室
研究員

1. はじめに

近年，記録的な豪雨が全国で頻発しており，これにともなう河川水位の上昇によって国が管理している一級河川も氾濫するなど，これまで想定していないような自然災害が増加しています。鉄道においても，河川からの氾濫水により鉄道施設が浸水するなどの被害が懸念されています。そこで，とくに短時間の豪雨に着目した面的な氾濫・浸水解析を実施し，氾濫・浸水ハザードを短時間で予測する手法の開発を行っています。ここでは，氾濫・浸水解析の概要を説明するとともに，この解析の精度向上を目的として実施した，過去に氾濫が発生した河川を対象とした再現解析例を紹介します。

図1　氾濫・浸水解析の概要図



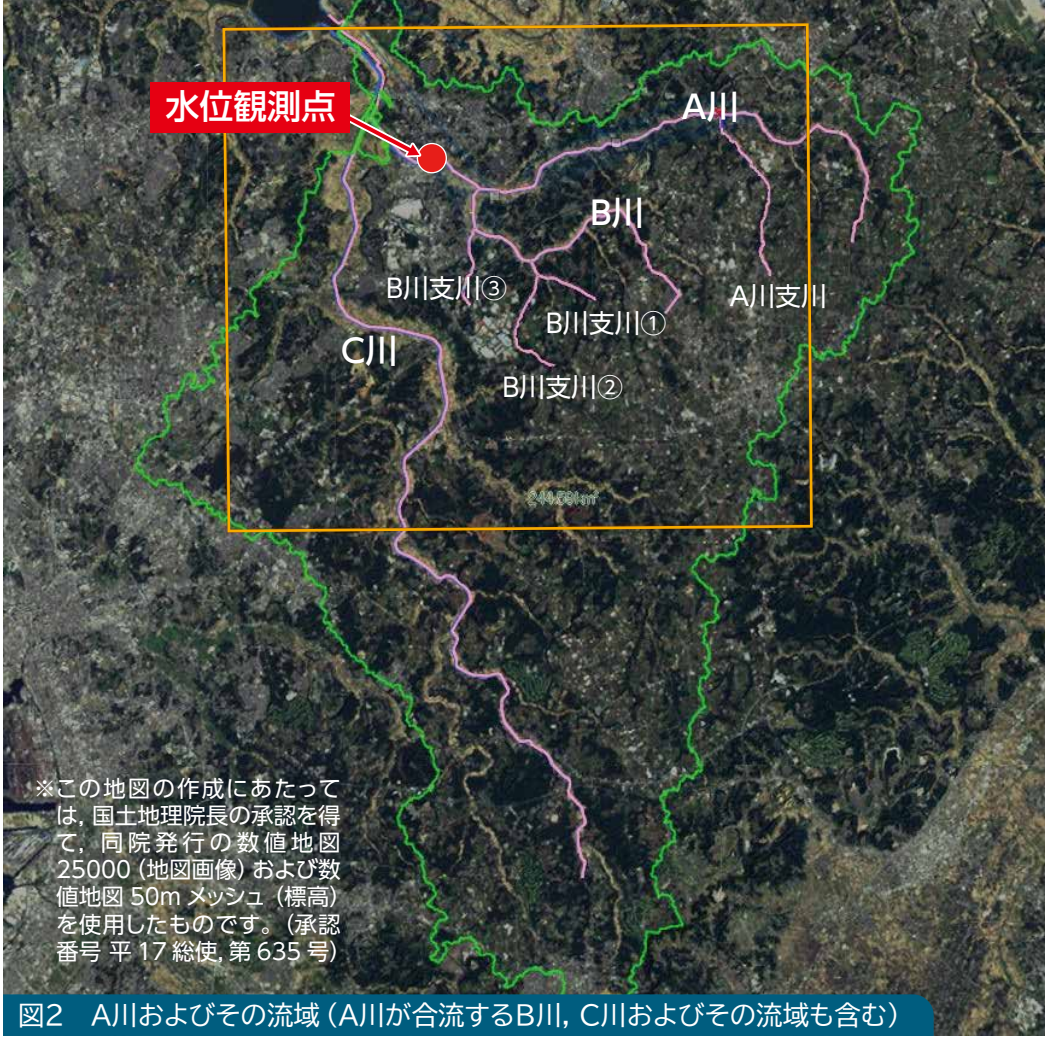


図2　A川およびその流域（A川が合流するB川，C川およびその流域も含む）

☞ Digital Elevation Model（DEM：数値標高モデル）

DEMデータは，地表面を等間隔の正方形に区切り，それぞれの正方形に中心点の標高値をもたせたデータです。地上の5mは2万5千分の1地形図の図上では0.2mmになります。5mのDEMの場合，2万5千分の1地形図の1cm正方には2,500のDEMデータが含まれます。（国土地理院HPより引用，https://www.gsi.go.jp/KIDS/KIDS16.html）

2. 氾濫・浸水解析の概要

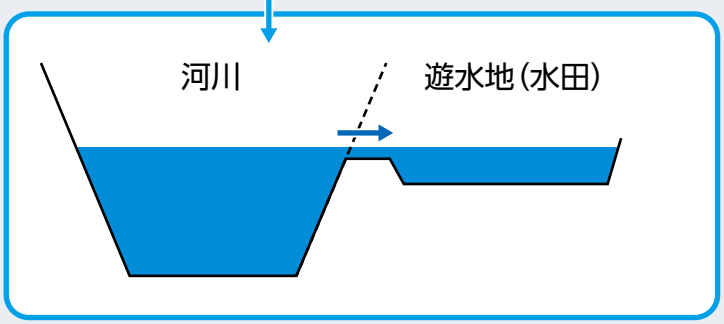
ここで使用した氾濫・浸水解析の概要を図1に示します。この解析では，デジタル化された地図データのうち，地表の各地点の標高を値としてもつ数値標高モデル（以下，DEMという）☞の上に，断面形状を再現した河川をモデル化します。河川に雨水が流れ込む流域はDEMがもつ標高値をもとに地形の傾斜に沿って対象河川に流れ込む範囲を自動的に定義します。そして，①地形の傾斜に沿って対象河川に流入する雨水の量を計算します（流域解析）[1]。なお，この過程では土中への水の浸透なども考慮しています。②次に，この雨水の量を入力値として河川流量と水位を計算し，その結果から越流の有無を判定します。③そして，越流することにより発生する氾濫水の地表面への面的な拡散あるいは湛水（たんすい）を時系列的に計算します[2]。

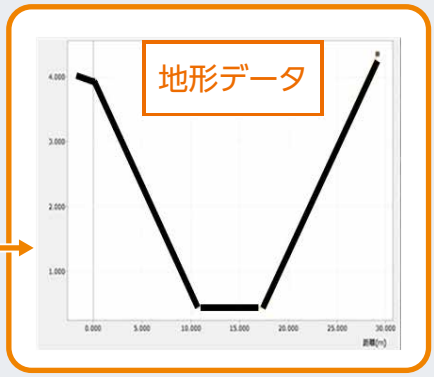
本解析は，河川堤防から水があふれて家屋や田畑が浸水する現象（外水氾濫）を対象とした計算です。内水氾濫とよばれる，河川へ排水する下水路の排水能力の不足などが原因で引き起こされる氾濫は対象としていません。

3. 対象河川・流域および地理的特徴

解析の対象は，2019年に河川氾濫によって浸水被害が発生したA川およびその流域です（図2）。A川は鉄道と交差しています。流域の特徴としては，河川周辺の標高が比較的低く，標高が低い箇所に水田を中心とした耕作地が多く存在することがあげられます。そのため，実際に河川が氾濫した際には，氾濫水が河川周辺の耕作地に貯留されている様子がこの流域では確認されました。この現象を解析により再現するために，雨水や氾濫水が河川周辺の耕作地の任意の範囲に到達した際に，その一定量を貯留しておく機能を解析モデルに実装しました。

ケース名	遊水地設定	流域解析パラメーター	河川断面
ケースA	無	文献値	DEM(簡易)
ケースB	有	観測水位による フィッティング	測量(詳細)





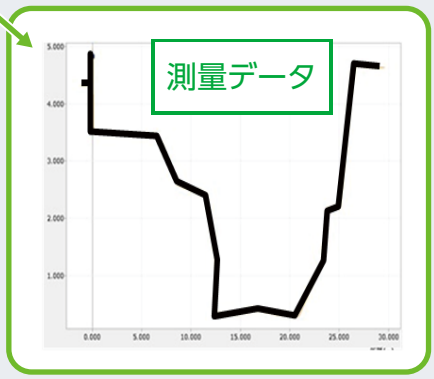


図3　ケースA，Bの解析条件

4. 解析条件

浸水・氾濫解析においては，ⓐ流域解析のパラメーターや，3章で述べたⓑ耕作地への氾濫水の貯留の有無，そしてⓒ河川モデルにおける河川断面の精微さが，河川水位や浸水範囲・深さの再現結果に影響します。そこで，本解析手法をほかの河川へ適用することを考慮して，ⓐ流域解析のパラメーターは，(i)既往の文献値の値，(ii)氾濫した増水データにフィッティングして求めた値の2パターンとしました。ⓑ氾濫水の耕作地への貯留（遊水池設定）については，貯留機能の設定の有無としました。ⓒ河川断面については，5mメッシュDEMによる簡易な断面と測量による詳細な断面の2パターンとしました。そのうえで，これらの条件を組み合わせた簡易な解析モデル（ケースA），詳細な解析モデル（ケースB）を作成しました（図3）。

また，流域解析（図1の①），氾濫解析（図1の③）において影響するDEMのメッシュサイズは地形の起伏の細かさを表しており，一般的に小さくなるほど解析の精度は向上し，解析に要する時間は大きくなります。ここでは，氾濫・浸水ハザードを短時間で予測することを目的としているため，一定の解析精度を確保しつつ解析時間を短縮できるメッシュサイズを検討し，25mとしています。

5. 解析に用いた降雨条件

ここでの解析に用いた降雨条件を図4に示します。時間雨量の最大は52.5mm，総雨量は約18時間で248.5mmとなっており，この降雨にともなって対象河川が増水・氾濫しました。観測された降水量がどの程度の期間に一度起こるかを表す再現期間☞は，時間雨量が約14年に1度，24時間雨量☞が約28年に1度と記録的な豪雨となっています。

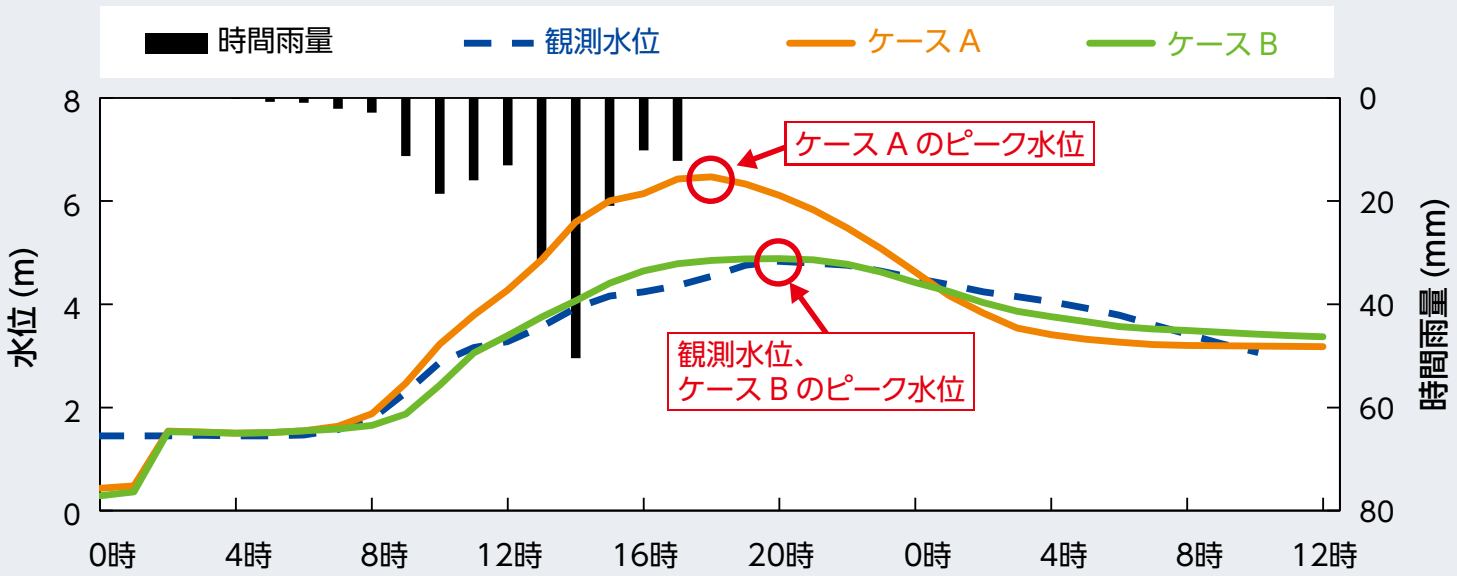


図4　時間雨量と河川水位の経時変化

6. 解析結果

降雨時の水位観測点における水位の経時変化を時間雨量とともに図4に示します。河川水位は観測水位，解析水位ともに降雨が発生してから4,5時間後に上昇を開始し，降雨のピークが過ぎてから数時間後に河川水位もピークを迎え，そこから下降する傾向を示しています。観測水位と解析水位を比較すると，ケースAは解析水位が2m以上大きくなり，また水位がピークを迎える時刻が2時間ほど早くなる結果となりました。一方で，ケースBはピーク水位の誤差は10cm未満，ピークを迎える時間はほぼ同時刻となり，観測水位を精度良く再現することができました。

次に，ケースBにおける一連の解析結果より，この再現解析における降雨や氾濫などの特徴がわかる状況を抜粋したものを時系列で図5に示します。降雨により河川が増水し，多くの箇所で氾濫が発生しており（図中の赤い×），降雨が降り止んだ後もC川周辺の耕作地に氾濫水が拡散する様子が解析上では表現されています。なお，実際の氾濫現象を観測するのは難しいですが，本解析結果などを活用することにより実際の氾濫現象を推察する手掛かりになると考えています。

また，ケースBにおける最大浸水範囲を図6

☞ **再現期間**

ある現象がふたたび発生するまでの期間を再現期間といいます。例えば，再現期間100年の降雨であれば，100年に一度発生する程度の降雨ということになります。また，降雨においては，この再現期間に1回起こると考えられる降雨を確率雨量，確率降水量などとよび，過去の雨量データを統計分析することで算出します。

☞ **24時間雨量**

雨の降った量を表す雨量指標の一つであり，ある時刻から24時間に降った雨の量を指します。

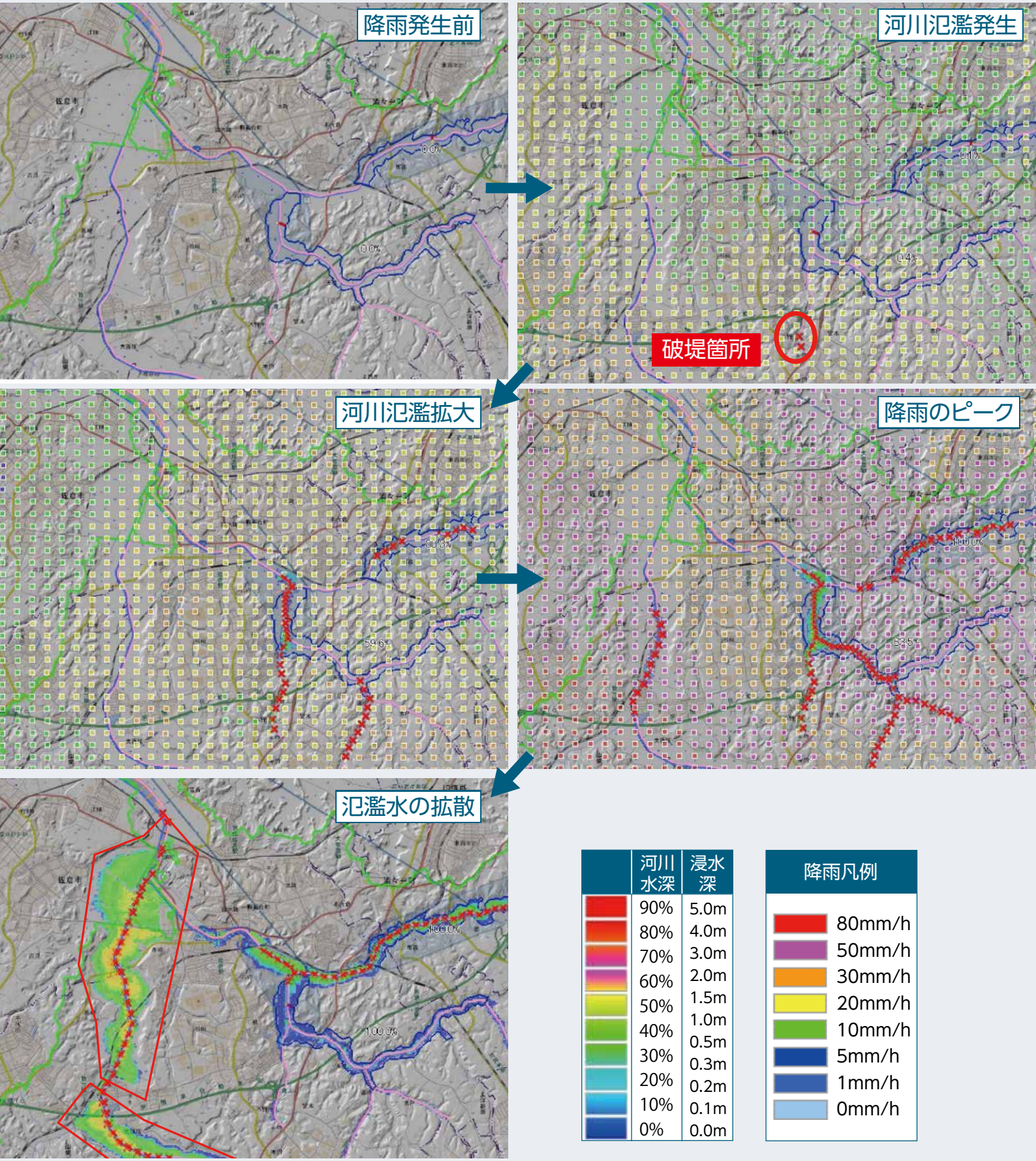


図5　氾濫・浸水解析の面的な結果の例

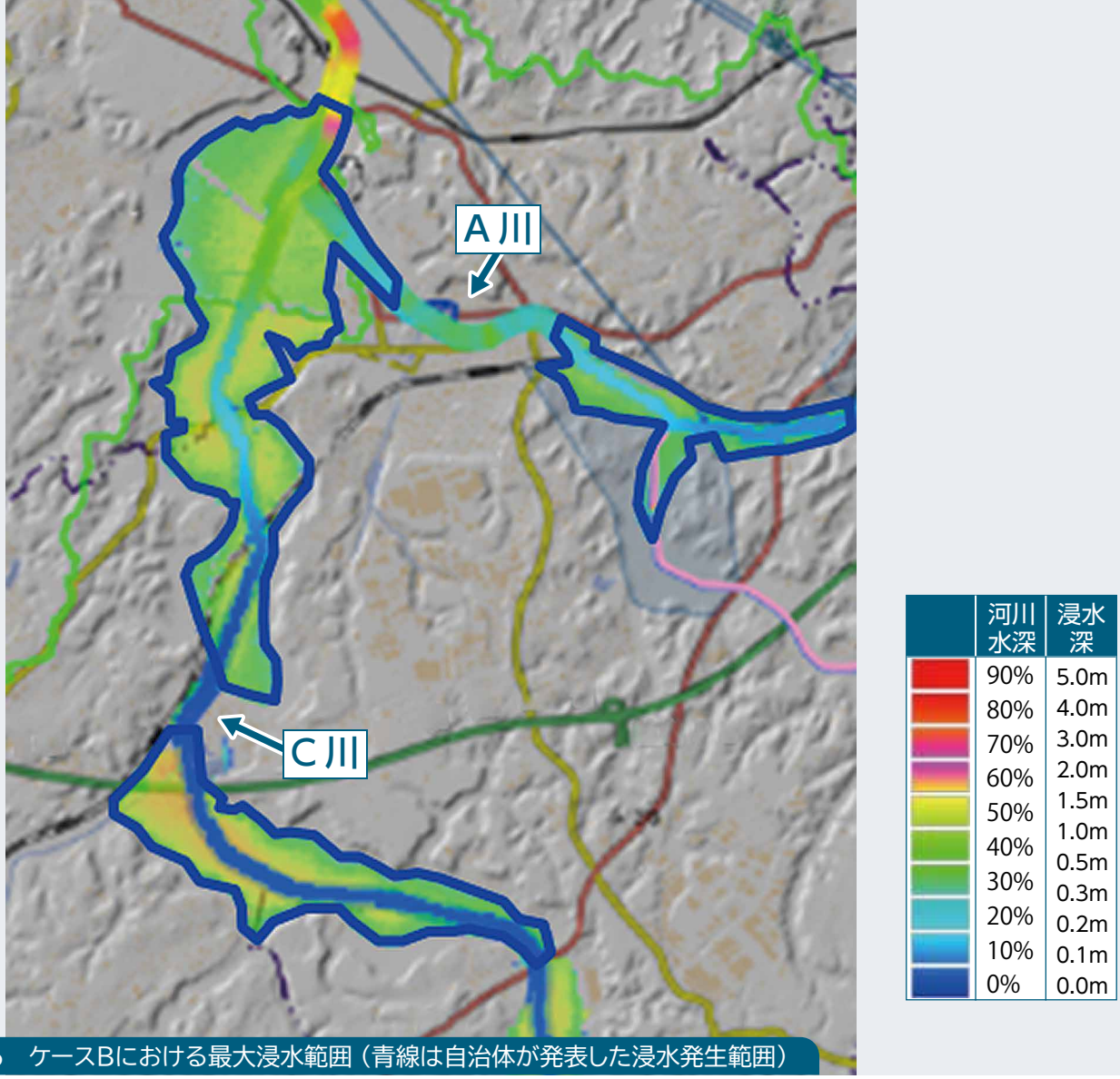


図6　ケースBにおける最大浸水範囲（青線は自治体が発表した浸水発生範囲）

に示します。対象としたA川およびC川の周辺の耕作地に広範囲にわたって浸水しており，自治体が発表した浸水発生範囲と比較すると，ほぼ同範囲となりました。

7. まとめ

ここでは，氾濫・浸水解析の概要を説明するとともに，過去に氾濫が発生した河川を対象として，流域解析の解析パラメーター，氾濫水の耕作地への貯留機能の有無，河川断面の取得方法の組み合わせを変更した2ケースの解析事例を紹介しました。解析モデルを簡易に作成したケースAでは実際の河川水位との乖離（かいり）が大きくなる一方で，解析モデルを詳細に作成したケースBでは実際の河川水位を精度良く再現することができました。このことから，ここで比較した流域解析のパラメーター，耕作地への氾濫水の貯留の有無，河川モデルにおける河川断面の精微さの3つの解析パラメーターは解析の再現精度に大きく影響する可能性が高いことがわかりました。今後は，再現精度がよい氾濫・浸水解析モデルを既往のデータから効率的に作成する手法について検討していきたいと考えています。RRR

文　献

1）立川康人，永谷言，寶馨：飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発,水工学論文集，vol.48，pp.7-12，2004
2）馬目凌，渡邉諭，河村祥一，山口悟史，楠田尚史：鉄道運行支援のための河川水位・氾濫域予測モデルの開発,土木学会第75回年次学術講演会，Vol.75，No.2-134，2020