

## 事前シミュレーションとリアルタイム浸水情報の同化によるハザードマッピング Hazard Mapping by a Data Assimilation with Preliminary Conducted Multiple Simulations and Real-time Inundation Information

○小林 亮祐・佐山 敬洋・寶 馨

○R. KOBAYASHI, T. SAYAMA, K. TAKARA

Real-time hazard mapping on flood inundation is essential for counter measures and evacuation behaviors. The importance of local information collections was particularly realized after the Kanto-Tohoku Heavy Rain in September 2015. One way to estimate flood inundation conditions on real-time is a data assimilation with local flood information and preliminary conducted multiple simulations of flood inundations. This study validates the data assimilation technique based on a case study of the Kanto-Tohoku Heavy Rain. The purpose is confirming how preliminary simulations correspond to the local flood information including various uncertainties. This study also discusses some methods to calculate likelihoods in case of overtopping happens at two points.

### 1. はじめに

洪水発生時に、浸水状況をリアルタイムで把握することは、災害対応と避難行動の両面において重要である。しかし、現行の洪水予報は河川水位や流量の予報がほとんどであり、リアルタイムで浸水の広がりや予報する取り組みは利根川や信濃川など一部の指定河川を除き行われていない。浸水状況を正確に予報するためには、事前シミュレーションだけでなく、実際に起きている浸水情報を迅速に取り入れ、活用する必要がある。

リアルタイムで浸水を推定する方法として、佐山ら<sup>1)</sup>が提案している現地浸水情報同化技術がある。本論では、この同化技術を平成27年9月関東・東北豪雨に適用し、検証を行う。本論における目的は、1)事前の氾濫シミュレーションと現地情報の同化によって、どの程度実際の浸水状況を再現できるかを検証すること、2)複数箇所でも越水・溢水が起きた際の、最適な事前シミュレーションの方法を明らかにすることである。

### 2. 同化技術によるハザードマッピング手法

#### (1) 現地浸水情報の同化技術の概要<sup>1)</sup>

本手法は第一次推定と第二次推定から成る。

##### a) 第一次推定

条件の異なる複数のシミュレーション結果と現地情報を比較して、各氾濫シミュレーション結果が実際の現象にどの程度近いかを表現する尤度を推定する。各氾濫シミュレーションの尤度は逐次

更新され、求めた尤度の重み付き平均によって浸水深分布の第一次推定結果を得る。

##### b) 第二次推定

事前に求められた多数の氾濫シミュレーション結果から地点間の分散共分散行列を求めておき、各地点の水位変動の相関を求め、関連性の強い場所には観測情報の影響を色濃く反映させるよう第二次推定を行う。

#### (2) 本研究で検討する手法の改良

第一次推定については、各氾濫シミュレーション結果の中で、まだ浸水が発生していないものについては対象から除外し、残ったものの中で尤度計算を行う。また第二次推定については、グリッドセル間に空間相関を取り入れる。

### 3. 検証条件と結果

#### (1) 真値

本論では真値として、大槻ら<sup>2)</sup>が実施した鬼怒川洪水の計算結果を用いた。また、浸水地点における氾濫流量の境界条件にも大槻ら<sup>2)</sup>の想定氾濫流量を使用している。

#### (2) 計算条件

計算のグリッドセルは100m分解能とする。計算時間は9/10 5:00から9/11 8:00までの27時間、初期水深はゼロである。

事前計算では、氾濫流量の境界条件を、大槻ら<sup>2)</sup>の想定氾濫流量を基準として0.5倍から2.0倍まで0.1刻みに16通り設定した。また、粗度係数

を 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4  $m^{-1/3}/s$  の 5 通り設定した。これらの条件のシミュレーションを、越水地点・破堤地点の 2 箇所それぞれ実行した。事前計算は全部で 160 通りとなる。この結果には 1.0 m の標準偏差を与えている。

リアルタイムの観測情報として、(1) で使用した真値から任意の位置における浸水深の時間変化を 16 点ピックアップし使用している。現地観測情報には 0.1 m の標準偏差を与えている。

### (3) 計算結果

図-1 に浸水域内の 2 点における浸水深の時系列変化、浸水域全体の RMSE を示す。1 つ目の浸水深図は浸水域上流部、2 つ目は浸水域下流部のものである。

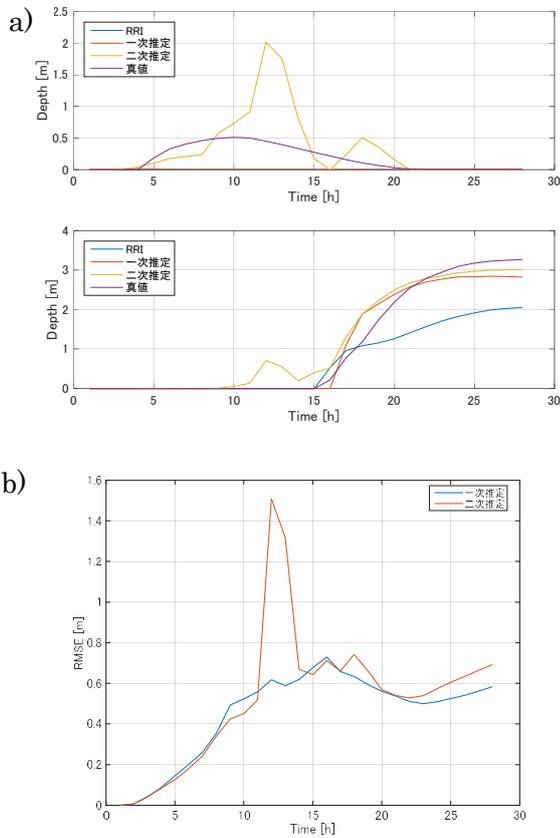


図-1 a) 浸水域内の 2 対象点における浸水深  
b) 第一次推定と第二次推定による RMSE の違い

### (4) 本研究で検討する同化技術の改良

計算のグリッドセルや計算時間、事前計算の諸条件は(1) b) に記載したものと同様である。

空間相関には以下のシグモイド関数を用いた。

$$f(x) = -\frac{\tanh\left\{a\left(x - \frac{r}{2}\right)\right\} - 1}{2}$$

本研究では、 $a:0.005$ ,  $r$ (補正半径):2000m とした。

図-2 に示すのは、浸水域内の 2 点における浸水深の時系列変化、浸水域全体の RMSE である。

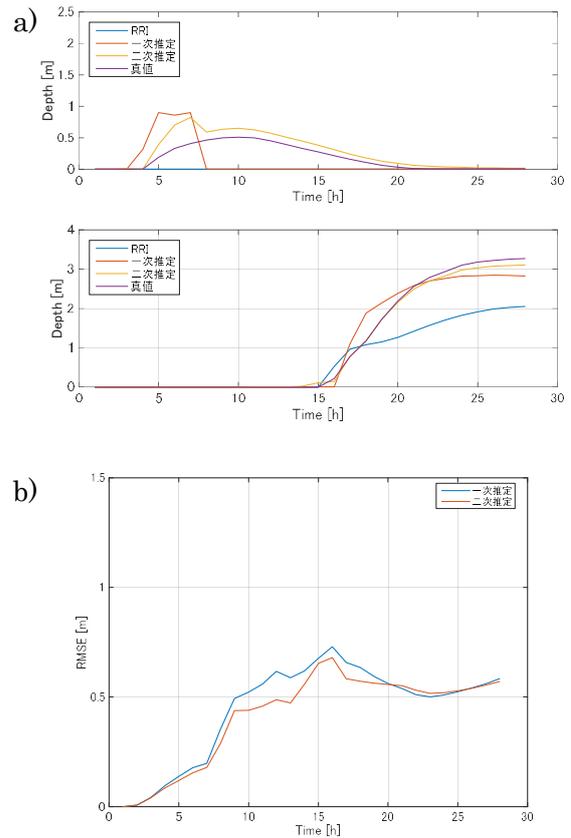


図-2 a) 浸水域内の 2 対象点における浸水深  
b) 第一次推定と第二次推定による RMSE の違い

### 4. 考察および結論

第一次推定については、浸水深変化に着目すると特に浸水域上流部で補正の効果が表れている。これは、2 つの浸水地点がある場合において、事前シミュレーションの方法が改善されたことを示している。第二次推定については、浸水深変化、RMSE の両面から第一次推定を補完し、真値に近づける補正を行えていることが分かる。

これらの結果から、本研究で提案する手法によって、複数地点での浸水事象についても概ね妥当に浸水深を推定できることを明らかにした。

### 5. 参照

- 1) 佐山敬洋, 寶馨: リアルタイム浸水ハザードマッピングのための現地情報同化技術, 土木学会論文集 B1(水工学), 2018 (印刷中).
- 2) 大槻順朗, 二瓶泰雄, M. A. C Niroshinie: 2015 年関東・東北豪雨における鬼怒川氾濫による常総市の洪水氾濫状況, 河川技術論文集, 第 22 巻, pp. 315-320, 2016