

分布型リアルタイム土砂災害予測モデルにおける 学習型フィードバック手法の研究

国土交通省六甲砂防事務所 木下篤彦、神野忠広
日本工営株式会社 ○一言正之、小野寺勝、桜庭雅明

1. はじめに

豪雨による土砂災害による被害を軽減するには斜面崩壊・河床上昇による氾濫エリアのリアルタイム予測を行い、警戒避難体制を整備することが求められている。著者らは分布型モデルを用いたリアルタイム予測システムを構築してきた¹⁾⁴⁾が、予測と観測の誤差を補正する手法の適用が課題の一つとなっていた。本研究では、学習型フィードバック手法により予測誤差をモデルに取り込み補正する手法を開発し、著者らがこれまでに構築した氾濫モデル¹⁾⁴⁾と合わせて六甲山系住吉川を対象としたリアルタイム予測へと適用した。

2. 土砂災害予測モデルの概要

2.1. モデルの構成

本研究で用いる土砂災害予測モデルは(1)分布型流出解析モデル、(2)斜面安定解析モデル、(3)土石流氾濫モデルの3つの要素モデルから構成される。計算は流出解析から順に開始され、斜面安定解析は流出解析の結果を受けて行われ、さらに土石流氾濫解析は流出解析・斜面崩壊解析の両方の計算結果を入力条件として行われる。従って予測モデルの精度向上のためには、流出解析における地下水・河道水の適切な表現が特に重要となる。本論で述べる学習型フィードバック手法は、(1)流出解析の精度向上を対象としたものである。

2.2. 流出解析モデル

本研究で用いた流出解析モデルは、①鉛直浸透流、②斜面表面流、③飽和側方流、④河道流、の4つから構成される。モデルの概念を図1に示す。地形モデルには流域形状や斜面勾配をより柔軟に表現可能な三角形の非構造格子を用いた。鉛直浸透には一次元リチャーズ式^{4,5)}、斜面表面流には二次元Diffusion Waveモデル、飽和側方流には二次元ダルシー式、河道流は一次元Dynamic Waveモデルを適用した。上記①②③に領域分割型の並列計算を適用し、計算高速化を図った。

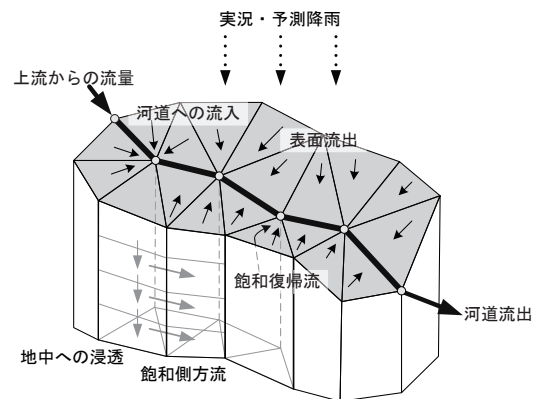


図1 流出解析モデルの概念図

3. 学習型フィードバックモデルの構築

3.1. フィードバック手法の概要

流出解析においては、モデルの精度やパラメータ付与、予測降雨の時空間的な精度など様々な誤差要因が含まれ、予測の信頼性向上が課題となる。本研究で構築した学習型フィードバック手法は、観測水位などの情報を元に、過去の計算誤差率からモデルの土壌水分率を補正するものである。フィードバック手順の概念図は図2に示す通りである。具体的には①予測と実測の誤差が閾値を超過した時刻を補正開始時刻とする、②過去直近の予測-実測の誤差率から、現時刻に乘じる補正率を推定する、③現時刻の状態量を補正率した上で予測計算を実施する、という順に処理を行うものとした。

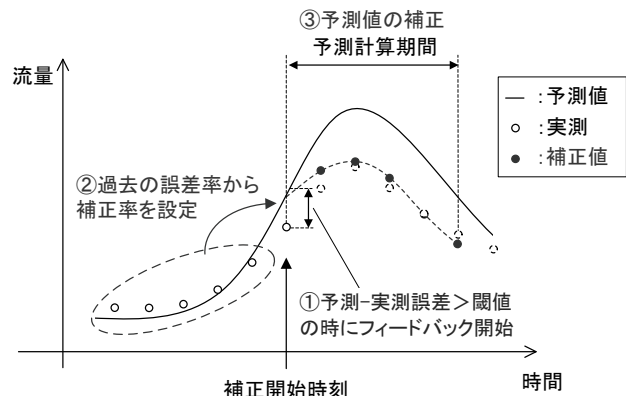


図2 フィードバック手順の概念図

なお過去の誤差率から補正率を設定するため、本研究では過去の事例を後述のニューラルネットワークによって学習させるものとした。

3.2. 逆解析による土壌水分補正率の同定

土壌水分率を補正する手法として逆解析が挙げられる。六甲山系の住吉川を対象として、代表的な出水の2事例を用いて、1時間毎に計82回の逆解析を行った。なお、1回の逆解析期間は1時間、逆解析対象は土壌水分率の初期値、目的関数は10分毎の計算流量と観測流量の差の二乗和とした。図3の計算例のように、逆解析により計算誤差は十分に小さくなる事が確認された。ただし、本計算は実時間と同程度以上の計算時間を要するため、このままでは予測システムに適用できない。

3.3. ニューラルネットワークの構築

逆解析によって得られた土壌水分補正率と、解析10分前の観測流量/計算流量(誤差率)の相関分布を図4に示す。土壌水分補正率と過去直近の誤差率には正の相関関係が見られる。こうした関係を表現するため、過去の誤差率を入力層、土壌水分補正率を出力層としたニューラルネットワークを構築し学習を行った。これにより、過去の誤差から適切な土壌水分率を即座に求めることが可能となった。

3.4. モデルの精度検証

構築したニューラルネットワークを用いて、10分毎に土壌水分率を補正しながら予測計算を行う学習型フィードバックモデルを構築した。計算結果の例を図5に示す。このように、フィードバック手法を取り入れることにより計算誤差を格段に小さくできることが確認された。

4. おわりに

本研究では、土砂災害予測モデルの精度向上を目的として、分布型流出解析モデルの計算誤差を補正する学習型フィードバック手法の開発を行った。構築したモデルによりを六甲山系の住吉川に適用し、予測精度の向上を確認した。今後は、本研究で構築したモデルを現在運用中の六甲砂防事務所のリアルタイムハザードマップシステムに適用し、予測の精度向上を図る予定である。

参考文献：

- 1) 杉山実, 他: リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み, 砂防学会研究発表会概要集, pp.12-13, 2007.
- 2) 杉山実, 他: リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み(その2), 砂防学会研究発表会概要集, pp.238-239, 2008.
- 3) 杉山実, 他: リアルタイム土砂災害予測システム構築の試み(その3), 砂防学会研究発表会概要集, pp.160-161, 2009.
- 4) 一言正之, 他: 飽和・不飽和浸透流解析を適用した非構造分布型モデルによるリアルタイム斜面崩壊予測手法の研究, 砂防学会研究発表会概要集, pp.196-197, 2011.
- 5) 田方智, 他: 新規細粒火山灰が堆積した流域における分布型流出解析モデルの検討, 砂防学会誌, 第60巻, 第4号, pp.15-24, 2007.

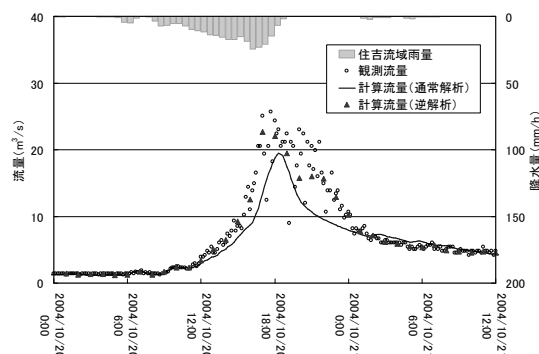


図3 逆解析による土壌水分率補正結果

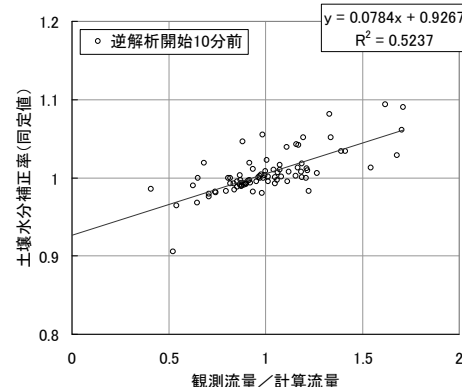


図4 土壌水分補正率と観測流量-計算流量比との相関分布図

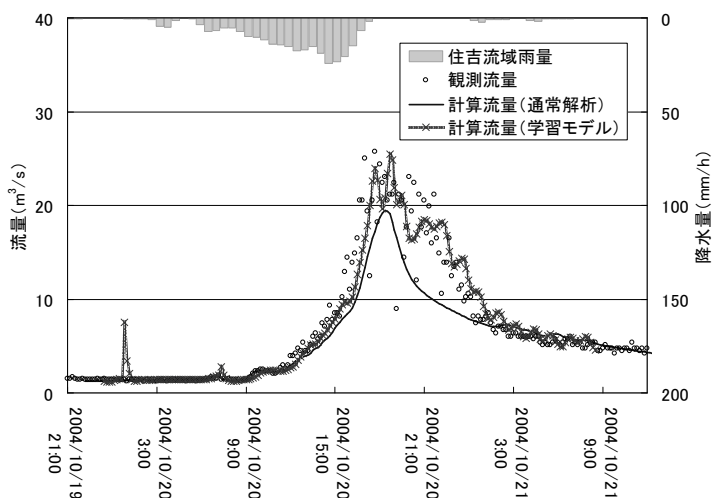


図5 学習モデルの計算結果(住吉川)