

河道の任意地点における実時間洪水予測

Real-time Flood Forecasting at Arbitrary Points in the River Channel

工藤 亮治・近森 秀高・永井 明博

KUDO Ryoji, CHIKAMORI Hidetaka, NAGAI Akihiro

1.はじめに 著者らはこれまで河道の任意地点を対象とした流量予測を行うため、集中型流出モデルと河道流モデルを組み合わせた流出モデルに、拡張カルマンフィルタおよび粒子フィルタを併用した実時間洪水予測システムを構築しその予測精度を検討してきた。このモデルには、河道流モデルにより河道の複数地点の流量が予測できる、分布型流出モデルに比べ扱うデータが少ない、また状態量が少ないため状態修正も比較的容易であるといった利点がある。これまで、このシステムを用いて複数の流量観測点の予測精度を検証し、実用上十分な精度が得られることを示したが(工藤ら, 2008), 流量観測点以外の河道の任意の地点で得られる予測精度については、検討していない。そこで、ここでは、まず、河道の流量観測点から少数の参照観測点を選び、これらの点における観測データを最適同定や状態修正に用い実時間予測を行った。参照観測点以外の点は、検証観測点として流量観測が行われていない任意の地点として扱い、予測精度の検討対象とした。

2.対象流域と解析資料 対象流域は江の川の谷住郷流域(流域面積 3799km²)とした(Fig.1)。対象出水は、流域下流端の谷住郷地点において 2003 年および 2004 年に観測されたピーク流量 1000m³/s 以上の 8 出水とした。

解析には 9 地点で観測された時間流量および 29 地点で観測された時間雨量を用いた。解析に際しては、Fig.1 に示すように、流域を上流域(栗屋, A 地点), 2つの支流域(南畑敷, B 地点; 三次, C 地点), 下流域の 4 つに分割した。

3.解析モデルの構成 モデルの概要を Fig.2 に示す。流域内の降雨 - 流出の応答の計算には集中型流出モデルの 1 つである長短期流出両用モデル(LST モデル)の第 1 段タンクを用いた。また河道流モデルとして kinematic wave モデルを用いた。上流域, 支流域には LST モデルのみを適用

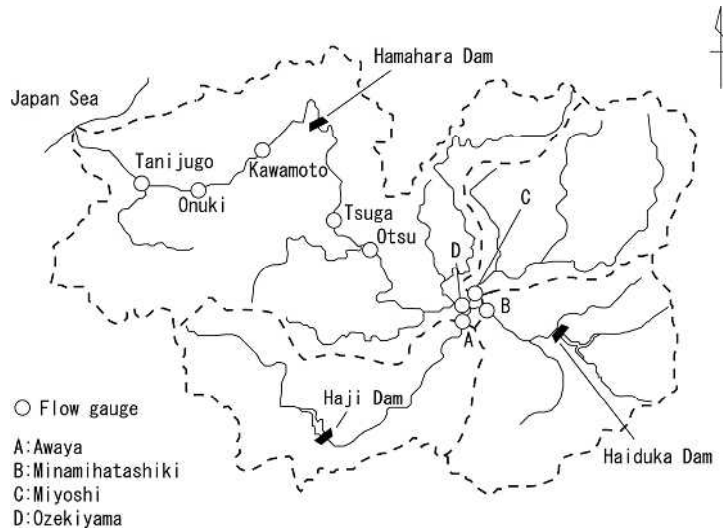


Fig.1 Gouno river basin.

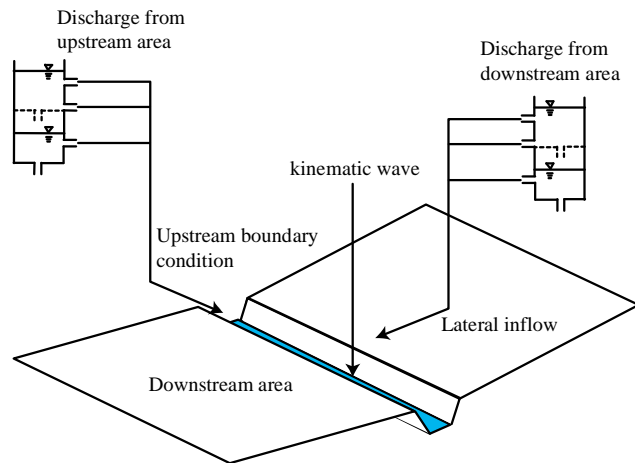


Fig.2 Analytical model.

し、下流域には河道への横流入量を求める LST モデルと kinematic wave モデルを適用した。下流域の LST モデルの最適同定には、江の川本川沿いの 6 観測点のうち中流域の都賀地点と下流端の谷住郷地点の観測値を用いた(以下参照観測点とする)。また、下流域の状態修正にも参照観測点における観測値のみを用いた。他の 4 地点は、予測精度を検証する検証観測点として使い、河道の任意の地点として扱った。最適同定には 8 出水のうち 1 出水のみを用いた。状態修正には、上流域および支流の LST モデルには拡張カルマンフィルタ(EKF)を用い、河道流モデルを含む下流域モデルには非線形モデルにも直接適用できる粒子フィルタ(PF)を用いた。粒子フィルタはベイズ理論を応用したモンテカルロ法的状態修正法であり、観測値 y_t が得られた後の状態量 x_t の事後分布 $p(x_t|y_t)$ を多数のサンプル(粒子)で近似し状態修正を行うものである。なお状態修正は各流域の LST モデルの第 1 段タンク上層の水深を対象とした。

4.実時間洪水予測結果 Table 1 に参照観測点 検証観測点における 8 出水の RMSE(m^3/s 単位)の平均値を示す。参照観測点では、下流域で状態修正を行わない場合(Case A)に比べ、下流域で状態修正を行った場合(Case B)では各予測先行時間で 7 ~ 50%程度 RMSE が減少している。特に 1~4 時間先までは 40%以上減少し、予測精度が大幅に向上している。また、検証観測点でも各予測先行時間で 6~43%程度予測 RMSE が減少しており、参照観測点における状態修正が任意点における予測精度を向上させていることが分かる。Fig.3, Fig.4 にそれぞれ参照観測点である谷住郷地点(流域下流端)と検証観測点である川本地点の 4 時間先の予測例を示す。両地点ともに、Case A に比べて、Case B で予測精度が大幅に改善され、参照観測点のみならず検証観測点でも良好な結果が得られており、特にピーク流量付近で状態修正の効果が大きく現れていることが分かる。以上のように、河道の任意地点と仮定した検証観測点でも良好な予測精度が得られており、この実時間予測システムにより河道の任意地点でもある程度の予測精度が得られると言える。

引用文献 工藤ら(2008)：降雨流出モデルと河道流モデルによる実時間洪水予測,農業農村工学会論文集,(投稿中)

Table 1 Forecasting accuracy at reference stations and verification stations. (RMSE, m^3/s)

Lead time	Reference sta.		Verification sta.	
	Case A	Case B	Case A	Case B
1hour-ahead	250	126	212	121
2hour-ahead	252	130	217	127
3hour-ahead	255	142	220	134
4hour-ahead	258	156	230	152
5hour-ahead	285	197	263	198
6hour-ahead	356	286	331	279
7hour-ahead	468	413	447	404
8hour-ahead	619	577	597	563

Case A:EKF to upstream area.

Case B:EKF to upstream area and PF to down-stream area.

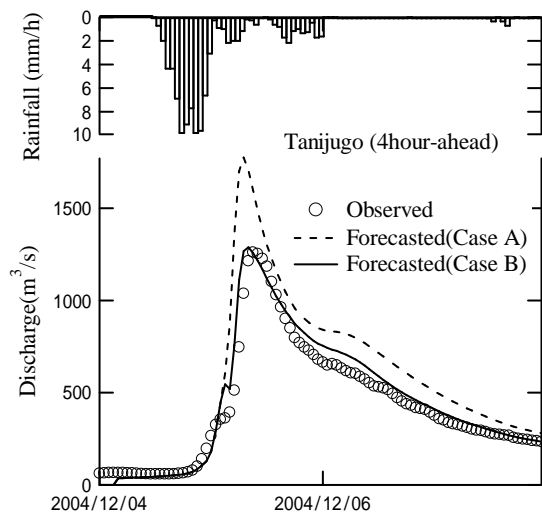


Fig .3 Example of forecasted hydrograph. (Reference station, Tanijugo)

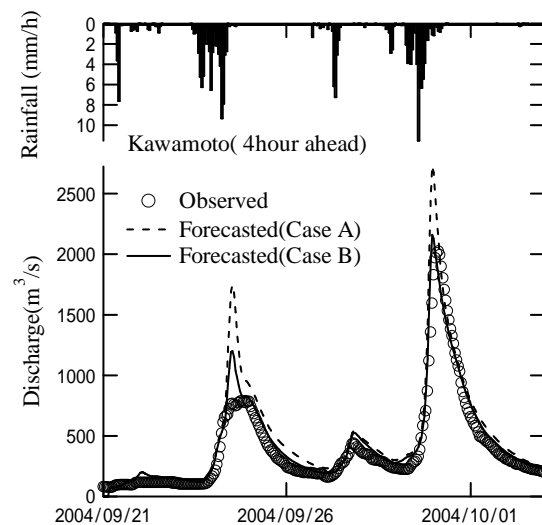


Fig .4 Example of forecasted hydrograph. (Verification station, Kawamoto)