

大川流域における洪水予測精度の検討*

○押切 祐哉 (東北大学工学部)

真野 明 (東北大学大学院工学研究科 災害制御研究センター)

有働 恵子 (東北大学大学院工学研究科 災害制御研究センター)

1. はじめに

近年、大雨が多発傾向にあるという現状において、降雨から流出までの時間が短い中小規模の河川における洪水予測技術の整備が急務となっている。中小河川の洪水予測においては警告や避難の観点から、3時間程度先の流量を精度良く予測することが求められる。正確な洪水予測には高精度の降雨予測が不可欠であるが、現状では高精度の降雨予測は非常に難しい課題である。全国各地の洪水予測現場で利用される予報雨量はリードタイムの長さに応じてレーダー実況補外による予報と数値予報が使い分けられているが、6時間先までの予報雨量としては主に降水ナウキャストや降水短時間予報といった実況補外による予報が用いられている。予報期間の前半である3時間先までは、主に実況補外予測による予報がされているが、実況補外による雨量の予測は一般的に雨雲の急激な発達や衰弱の予報が難しく、予報精度が地形に左右されやすいため、リードタイム増加に伴う予報精度の劣化が大きい。

洪水予測の現場では、より簡易的な手法により、現在よりも精度の良い流量予測が可能となる技術が早急に必要とされている。本来、降水ナウキャスト、降水短時間予報などの実況補外の降雨予報は、対応しにくい目先数時間向けの子報精度向上のために開発された技術であるが、実況補外予測の弱点が度々招く極端な過大予測や過小予測、洪水予測現場に大きな混乱を与えると同時に、洪水予測の信頼を失うことに繋がる。

本研究では宮城県の大川流域を対象に、メソ数値予報モデルの予報値を3時間先までの予報雨量に組み合わせることにより、実況補外による極端な過大予測を抑制し、流量予測の改善を試みる。高精度かつ汎用的な、タンクモデルを基調とする分布型流出モデルおよび気象庁提供の降水ナウキャスト、降水短時間予報、メソ数値予報モデルといった、既存の洪水予測技術の利用法を工夫することによって、簡易に洪水予測の精度の改善を行うことが本研究の目的である。

2. 研究対象

2-1. 対象領域

本研究の対象河川は、気仙沼土木事務所管轄の二級河川大川である。気仙沼市と一関市に流域を持ち、流域面積は168km²、流域最下流の洪水観測地点は大川本町である。本研究で扱う流量は大川本町で観測された流量となり、水防団待機、氾濫注意、避難判断に対応する流量はそれぞれ127m³/s、232m³/s、297m³/sとなっている。降雨のピークから、大川本町における流出のピークの差はおおよそ1~2時間前後である。図1に大川本町と大川流域を示した。

2-2. 対象洪水

対象洪水は、2010年までに発生した洪水のうち、ピーク流量が100m³/sを超えた10の事象を選択した。各

*Examination of the flood prediction accuracy in the Okawa Basin, Tohoku University by Yuya Oshikiri and Disaster Control Research Center Tohoku University by Akira Mano and Keiko Udo

イベントにおける洪水発生日, ピーク流量, 洪水の要因となった気象擾乱については, 表 1 にまとめた.

洪水発生日	ピーク流量(m ³ /s)	気象擾乱
2006年9月18日	119	台風
2006年10月8日	151	温帯低気圧
2006年12月27日	132	南岸低気圧
2007年1月6日	141	南岸低気圧
2007年9月7日	256	台風
2008年5月20日	117	梅雨前線
2009年6月6日	101	梅雨前線
2009年10月8日	108	台風
2009年11月14日	117	日本海低気圧
2010年12月3日	115	日本海低気圧

表 1. 対象洪水

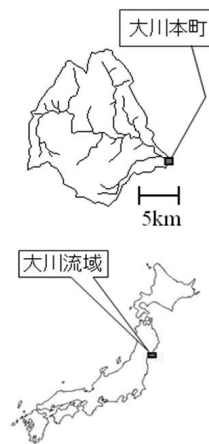


図 1. 大川流域と大川本町

3. 研究方法

3-1. 使用データ

本研究で扱う降雨データは, 降水ナウキャスト, 降水短時間予報, メソ数値予報モデルの3種類の予報データと観測雨量データの計4種類の降雨データである. これらを流出モデルに入力し, 流量予測シミュレーションを行う. シミュレーションでは3時間先までの予測を行うが, 1時間先の予測には降水ナウキャスト, 2時間先, 3時間先の予測には降水短時間予報とメソ数値予報モデルの降雨データを混合し, 補正を行った雨量データを入力する.

3-2. 雨量補正方法

莫大なサンプル数の時間雨量1つ1つの過大, 過小に着目して予報雨量を修正するのは難しいが, 洪水期間中の累加雨量が観測値と予報値で同程度になれば最終的な予測流量も観測値に近づく. この観点から, 以下の式(1)を用い, メソ数値予報モデルを加味した予報雨量の作成を行った.

各対象洪水における観測累加雨量, 降水ナウキャストによる1時間先予報値の累加雨量, 降水短時間予報における2時間先予報値の累加雨量, 3時間先予報値の累加雨量, メソ数値予報モデルの予報値による累加雨量を図3~6に示した.

$$R_i = \frac{b_i(a_i r_i) + b_m(a_m r_m)}{b_i + b_m} \quad (i=1,2,3) \quad \dots \quad (1)$$

R_i : 最終的な補正予報雨量

$a_i r_i, a_m r_m$: 予報値 r_1, r_2, r_3, r_m のそれぞれを補正した雨量

b_i, b_m : 補正雨量 $a_i r_i$ と $a_m r_m$ の重み係数

降水ナウキャストによる1時間後予報値の累加雨量とレーダー観測累加雨量について, 予報雨量分析と同様

に 10 の事象の結果をプロットする。予報値の累加雨量を目的変数に、レーダー観測累加雨量を説明変数にとって線形回帰分析を行った際の回帰係数(切片 0)の逆数を a_1 とする。同様に降水短時間予報による 2 時間後、3 時間後の予報累加雨量とレーダー観測累加雨量から a_2 を求める。メソ数値予報モデルにおいても、リードタイム 1~3 時間の予報値から求めた累加雨量とレーダー観測累加雨量から同様に a_m を求める。算出されたそれぞれの予報累加雨量にこの a_1 から a_m をかけ合わせることで、10 の対象洪水を通じた観測累加雨量と予報累加雨量の比は全体的に 1 に近づく。各時刻で発表される 1 時間後の予報値、2 時間後の予報値、3 時間後の予報値、および予報時刻に対応するメソ数値予報モデルの予報値(それぞれ時間雨量)をそれぞれ r_1, r_2, r_3, r_m とし、 a_1 から a_m とかけ合わせることで、予報時間雨量が補正される。さらに、補正された予報時間雨量 $a r_i (i=1,2,3)$ と $a_m r_m$ に重みをつけて利用することで式(1)に示すような、降水ナウキャストおよび降水短時間予報の予報値にメソ数値予報モデルの予報値を加味した新たな予報時間雨量 $R_i (i=1,2,3)$ が得られる。予報値 R_i を 1~3 時間後の予報雨量として流量計算に用いる。

式(1)における重み係数 $b_i (i=1,2,3)$ 及び b_m の値は $b_i + b_m = 1$ とし、 $b_i : b_m$ の比を 1 : 0, 0.9 : 0.1, 0.8 : 0.2, ..., 0 : 1 と 0.1 刻みで 11 通り設定する。11 通りのうち 2 時間先、3 時間先のお予報雨量それぞれにおいて、10 の事象を通じて平均誤差が最も小さくなる時の b_i 及び b_m の値を採用する。11 通りの様子を図 7 に示した。各補正係数をまとめたものを表 2 に示した。

3-3. 流量計算方法

流量計算には流出モデルを使用する。使用する流出モデルはスーパータンクモデルであり、必要なパラメータは非常に少なく簡易であるという特徴を持つ。入力データと流出モデルから洪水予測のシミュレーションを行い、その結果を実際に観測された流量と比較し結果の検証を行う。栗原(2010)¹⁾は、メソ数値予報のデータを対象流域全体に対し一様な値の予報降雨データを流出モデルに入力していたが、本研究では分布させた形のデータを作成し、それを入力することで洪水予測精度の改善を図った。この点が本研究のオリジナリティーである。分布の様子を表したものを図 2 に示した。

4. 結果と考察

4-1. 結果

補正を行った予報雨量の誤差については、表 3 に示した。予測流量計算結果は、対象とした 10 イベントのうち精度良く予測できたものと誤差が大きかったものを抜粋し、6 イベントを図 8~13 に示した。また、表 4 に 10 イベントの平均ピーク流量誤差と再現流量誤差を示した。

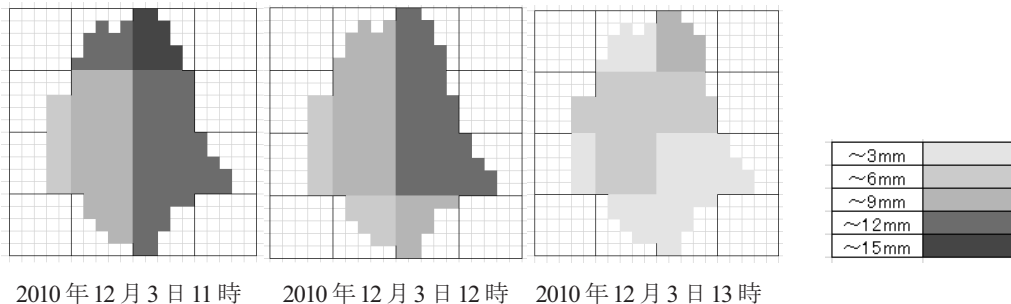


図 2. メソ数値予報モデルの分布

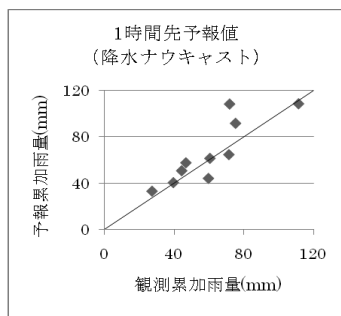


図3

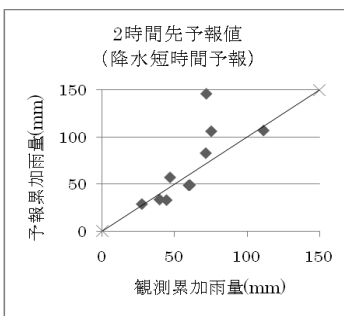


図4

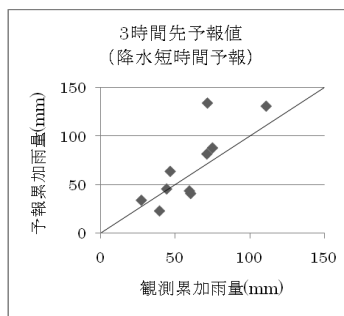


図5

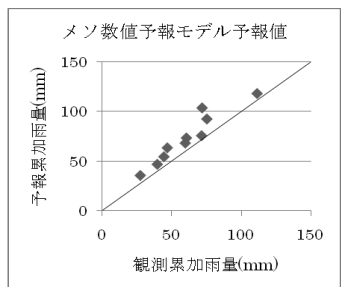


図6

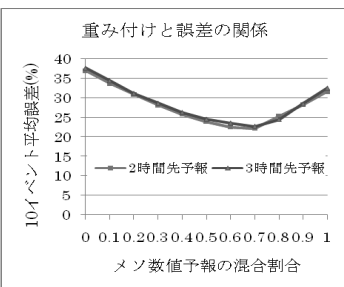


図7

図3,4,5,6,7 累加雨量の比較と重み付け係数の決定

a_1	1.0	b_1	1	b_m	0
a_2	0.79	b_2	0.3	b_m	0.7
a_3	0.73	b_3	0.3	b_m	0.7
a_m	0.97				

表2. 各補正係数

	補正後予報雨量誤差
2時間先	22.1%
3時間先	22.7%

表3. 補正後予報雨量誤差

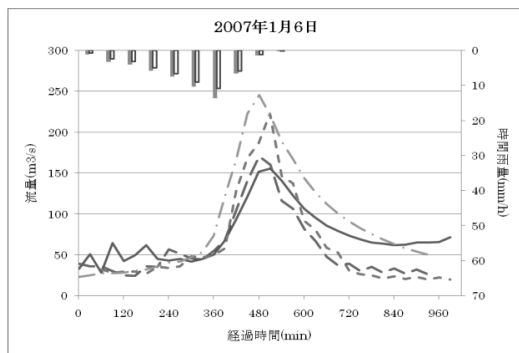


図8

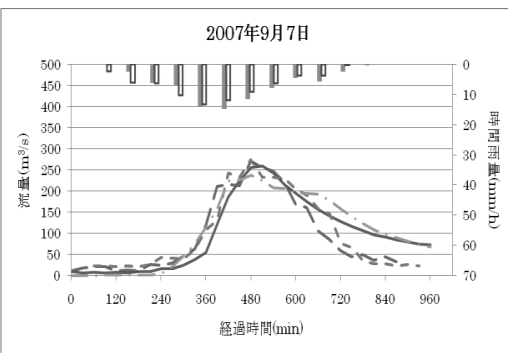


図9

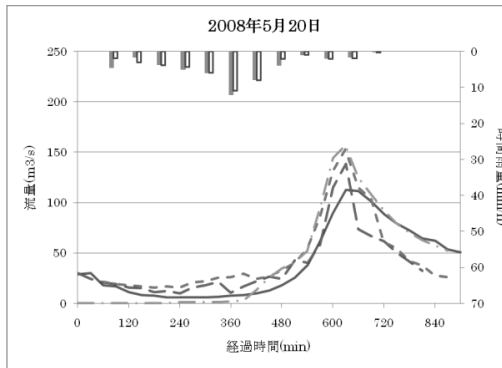


図 10

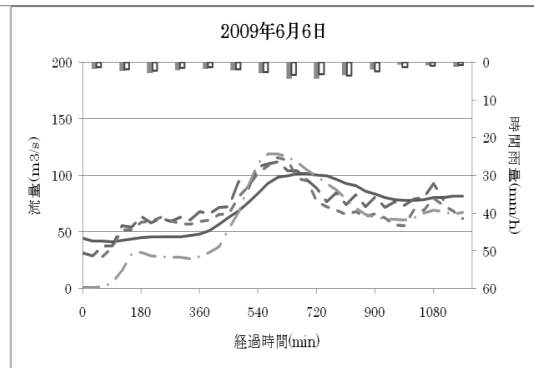


図 11

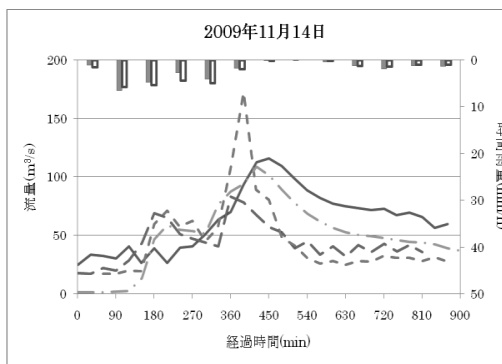


図 12

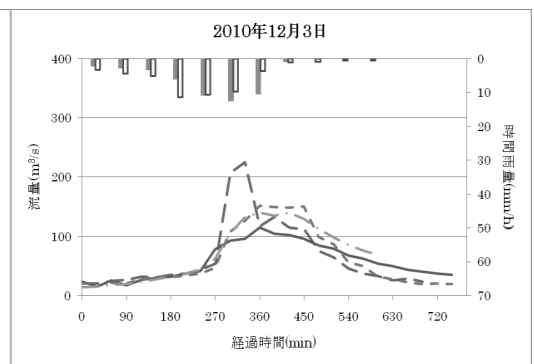


図 13

■ 観測雨量 □ 補正後雨量 — 観測流量 - - 2時間先 - - 3時間先 — 再現流量

図 8,9,10,11,12,13 予測流量計算結果

	誤差平均	誤差平均 (栗原)
2 時間先	24.6%	30%
3 時間先	28.5%	31%
再現流量	28.7%	

表 4. ピーク流量平均誤差

4-2. 考察

本研究では、流域に対してメソ数値モデルの予報降雨を分布させて流出モデルに入力したが、それによってよりよい計算結果を得ることができた。出力する流量データの精度が入力する雨量データの精度に大きく依存するという観点から、予報降雨の精度を改善できたことは非常に意味のあることであると考えられる。

また、再現流量の誤差と同等まで誤差を小さくすることができたが、精度よく予測されたイベントがある一方で、過大評価が目立ったイベントもいくつかあった。特に2009年11月14日、2010年12月3日に大きく過大評価されている部分が見られるが、降水短時間予報の予報値において大きく過大評価されていたことが原因だと考えられる。入力データの精度が、予測流量計算結果に大きく影響を与えることを示したイベントであ

ると言えるだろう。また、全てのイベントにおいて観測流量と予測流量のピークのずれに大きな誤差は見られなかったため、ピーク時刻の予測は精度良くなされていたと考えられる。

5. まとめ

メソ数値予報モデルの予報値を、対象流域に分布させて考えることで入力する予報降雨の精度を向上させることができた。また、その予報値を利用することで栗原の行った研究に比べ、予測の精度にも改善が見られた。降水短時間予報の過大評価が数か所で見られたことにより流量計算に影響を及ぼしている部分がいくつか見受けられたが、その他の部分では補正の効果により、良い精度で結果を得ることができたと言えるだろう。今後は、精度良く予測できたイベントとそうでないイベントの結果から、予報降雨と予測流量の関係を探っていきたいと思う。

6. 参考文献

1) Taro KURIHARA : Construction of Flood Run Off Model Utilizing Rainfall Forecasts from JMA, 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文, 2010