

# 同化手法を導入した融雪洪水解析モデルの構築

東北大学 学生会員 ○柏 俊輔  
東北大学大学院 正会員 朝岡 良浩  
建設技術研究所 正会員 菊池 祐二

## 1. はじめに

冬期に積雪貯留された水は、春期に融雪水として河川に流出するため、北日本の河川流量は融雪期に最も豊富となる。このため融雪水は、下流地域においての重要な水資源となるが、同時に洪水などの自然災害の原因となる。したがって融雪期の河川流量の予測は、治水、利水の面において重要な課題である。しかし降雪、積雪、融雪に関しての定量的な観測は十分でなく、他の時期と比べ融雪期の流量予測の精度が低い。

本研究は流出の推定精度に大きく関わる降雪量空間分布のフォーシングデータを AMeDAS の積雪量実測データから同化手法による補正を行うことで、より精度の良い融雪洪水解析モデルを構築した。

## 2. 研究対象領域及びデータセット

対象地域は日本有数の豪雪地帯に位置する米代川水系である。米代川流域は秋田県北部に位置し、幹川流路延長 136km、流域面積 4100km の一級河川である。

使用したデータは、標高データ、土地利用データ、AMeDAS データである。メッシュ幅 250×250m とし、泉ら<sup>1)</sup>にならい SWE モデルを用いることにより 1 時間単位の積雪水量分布を推定した。

### 2-1. 降雪モデル

重み付き距離平均法により降水量分布を作成し、2℃以上を降雨、2℃未満を降雪として降水形態を判別した。

降雪量は泉ら<sup>1)</sup>にならい以下の式による降雪量の補正を行い、降雪の標高依存性を考慮した。

$$SF = SF' \times \{1 + \alpha(\text{elv}_i - \text{elv}_k)\} \quad (1)$$

ここで、SF は標高補正した降雪量(mm/h)、SF' は重み付き距離平均法により求めた降水量(mm/h)、 $\text{elv}_i$  はメッシュ標高値(m)、 $\text{elv}_k$  は観測点標高値(m)、 $\alpha$  は補正係数( $\alpha=0.002$ )である。

### 2-2. 融雪モデル

融雪量の算定は底面融雪を 2.0(mm/day)とし、表面融雪に degree hour 法により 1 時間融雪量を求めた。以下は融雪量算定の式である。

$$SM = K \times T + 2.0/24 \quad (2)$$

ここで、SM は融雪量(mm/h)、T は一時間の時間平均気温(℃)、K は融雪係数(mm/℃・h)である。

融雪係数 K は積雪期間中一定の値と仮定し、モデルによる消雪日が実測値の消雪日と一致するよう値を設定した。

## 3. 流出計算

流出解析は斜面部の流出成分を直接流出と基底流出に分け、直接流層を kinematic wave 法、基底流層を貯留関数法を用い解析した。河道部は kinematic wave 法を用い解析をした。

### 3-1. kinematic wave 法

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = (r_e + SM)B \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{n} B h^{5/3} I^{1/2} \quad (4)$$

ここで、A は流水断面積(m<sup>2</sup>)、B はメッシュ幅(m)、Q は流量(m<sup>3</sup>/s)、 $r_e$  は効降雨量(m/s)、t は時間(s)、x は流下方向の距離(m)、h は水深(m)、n はマンニングの粗度係数(m<sup>-1/3</sup>・s)、I は流路勾配である。

### 3-2. 貯留関数法

$$\frac{ds}{dt} = r' - q \quad (5)$$

$$s = kq^p \quad (6)$$

ここで、s は見かけの貯留高(m)、r' は浸透量(m/s)、q は基底流の流出高(m/s)、k、p はモデル定数(k=150.0、p=0.5)である。浸透量 r' は以下の式により求めた。

$$r' = k_a \times h \quad (7)$$

ここで  $k_a$  はモデル定数( $k_a=5.55 \times 10^{-6}$ )である。

キーワード 分布型流出モデル、積雪、降雪

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL 022-795-7459

#### 4. 解析結果

図1は2005年12月から5月の解析結果である。融雪期の解析は、どの年においても実測値に対して過少推定する結果が得られた。これはモデルの降雪量の過少推定によるものと考えられる。

#### 5. 同化手法

冬季の降雪量の不足を補うため本研究ではアメダス観測所の積雪深の実測データから積雪水量を求め、SWEモデルにより求めた積雪水量と比較し、流域全体の積雪水量の補正を行った。

実測積雪深データから積雪水量に変換するための全層積雪密度の推定は風間<sup>2)</sup>のモデルを用い、求めた積雪水量を真値とした。積雪深データの存在するアメダス観測点において(真値の積雪水量/SWEモデルの積雪水量)の比を求め、重み付き距離平均法により空間内挿した比をSWEモデルから求めた各メッシュの積雪水量に乘じることにより積雪水量の修正を行った。修正は降雪期である12月、1月、2月に対し2日、12日、22日の午前5時の時刻にのみ行った。

図2は阿仁合地点における補正の効果を実測積雪深データを用いて表したものである。補正により積雪深は増加しており、補正しないケースと比較して降雪モデルの精度の向上が確認できる。より精度の良い積雪密度推定を行うことでより適した補正值を与えることができるため、積雪密度推定モデルの精度の向上が流出解析の精度向上に影響を与える。

なお補正による積雪水量の増加のためモデルによる消雪日と実測の消雪日に不一致が生じた。そのため3月からの融雪期については実測とモデルによる消雪日が一致するよう融雪係数のパラメータを大きくした。

図3は補正を行った冬季から融雪期にかけての流出解析である。融雪期の流量を過少推定する欠点が改善され実測値により近い結果が得られた。

#### 6. まとめ

本研究から得られた結果のまとめと今後の課題は以下の通りである。

(1)積雪深実測データを用いて補正することによる冬季の降雪の不確実性を補うことができ、流量推定の向上が確認された。

(2)積雪密度推定モデルの精度の向上が重要である。

(3)積雪水量の修正に対し融雪係数の値の修正が生じた。

融雪係数、積雪密度推定モデルのパラメータを積雪深の実測データの同化により算出し、地域、時期に応じた値を用いることが今後の課題である。

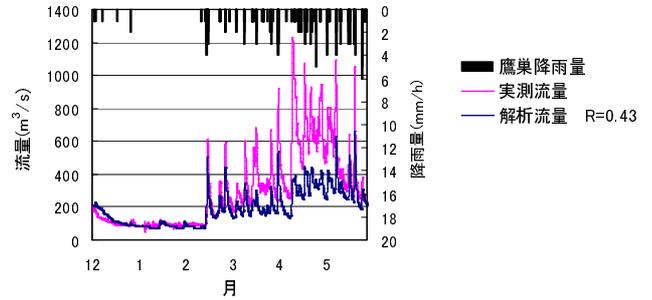


図1 降雪・融雪を含む時期の流量解析  
(2005年12月～2006年5月 ニツ井)

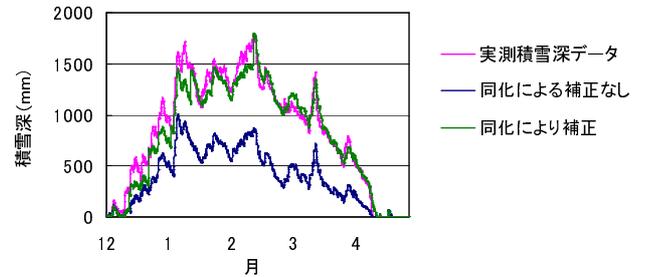


図2 同化による積雪深の補正効果  
(2005年12月～2006年4月 阿仁合)

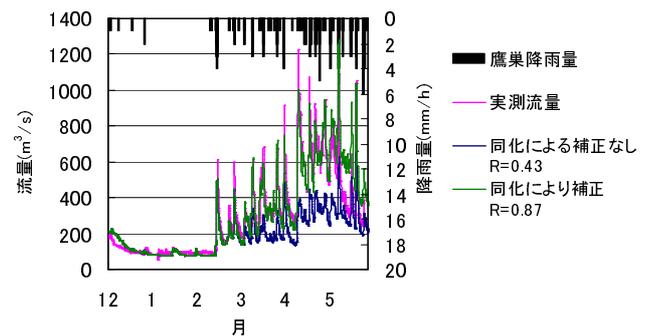


図3 同化を組み込んだ流出解析  
(2005年12月～2006年4月 ニツ井)

#### 参考文献

- 1) 泉宏和, 風間聡, 戸塚岳大, 沢本正樹: 全日本の積雪水量, 積雪深, 全層積雪密度分布推定, 水工学論文集, 第49巻, pp301-306, 2005.
- 2) 風間聡: 広域における積雪全層密度推定に関する研究, 水工学論文集, 第41巻, pp245-250, 1997.