

神戸大学工学部 正会員 神田 徹 神戸大学工学部 正会員 神吉 和夫
神戸大学大学院 学生員 ○前田 康宏 神戸大学工学部 学生員 谷口 健

1. はじめに

本稿では、SWMM の主要モデル・パラメータである不浸透域の凹地貯留量、等価粗度係数、不浸透面積率がシミュレーションハイドログラフに及ぼす影響を明らかにし、その結果をもとに実測ハイドログラフを用いて逐次モデル・パラメータを修正しながら求める実用的推定法を提案する。その適用性について検討する。なお、流域モデルは図-1 に示す単一流域モデルである。

2. モデル・パラメータがシミュレーションハイドログラフに及ぼす影響

各モデル・パラメータの評価は、1) 総流出量、2) ピーク流出量、3) ハイドログラフの形状について、表-1 に示すモデル・パラメータを初期値としてシミュレーションを行ったとき、各モデル・パラメータを変化させたときを比較することにより行う。また、モデル・パラメータの影響性については、降雨パターン別に行う。

1) 総流出量に関する評価関数 J_1

$$J_1 = \frac{|Q_s - Q_c|}{Q_c} \quad \begin{array}{l} Q_s: \text{パラメータを変化させたときの総流出量} \\ Q_c: \text{初期値に対する総流出量} \end{array}$$

2) ピーク流出量に関する評価関数 J_2

$$J_2 = \frac{|q_{sp} - q_{cp}|}{q_{cp}} \quad \begin{array}{l} q_{sp}: \text{パラメータを変化させたときのピーク流出量} \\ q_{cp}: \text{初期値に対するピーク流出量} \end{array}$$

3) ハイドログラフの形状に関する評価関数 J_3

$$J_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (q_{si} - q_{ci})^2 \quad \begin{array}{l} q_{si}: \text{パラメータを変化させたときの流出量} \\ q_{ci}: \text{初期値に対する流出量} \end{array}$$

モデル・パラメータの評価結果を降雨パターン(一山型、二山型、長時間型、台風型)別に表-2 に示す。

モデル・パラメータのハイドログラフへの影響について、既往の研究結果¹⁾と表-2 より次のことがいえる。

・不浸透面積率は全ての降雨パターンについて、ピーク流量および総流出量に影響する。

・不浸透域の等価粗度係数は、その値を大きくするとピーク流出量は増加し、小さくするとピーク流出量は減少する。等価

粗度係数の変化は全ての降雨パターンで総流出量に影響しない。ハイドログラフの形状に関しては、その値を大きくするとハイドログラフはフラットになり、小さくするとハイドログラフはシャープな形状になる。

・不浸透域の凹地貯留量は、一山型、二山型降雨では総流出量およびピーク流出量に影響する。また、ハイドログラフの立ち上がり部の形状に影響する。

3. モデル・パラメータの実用的推定法

2. の結果をもとに、各モデル・パラメータの適値を求めるための実用的推定法を示す。まず、不浸透面積率を修正して総流出量を合わせ、次に不浸透域の等価粗度係数を修正してピーク流出量を調節する。最後に、不浸透域の凹地貯留量を修正してハイドログラフの立ち上がり部を適合させる。図-2 に、この方法のフローチャートを示す。図-2

Thoru KANDA, Kazuo KANKI, Yasuhiro MAETA, Takeshi TANIGUCHI

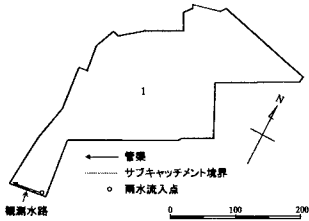


図-1 流域モデル

表-1 SWMM パラメータの初期値

不浸透面積率 (%)	62
等価粗度係数(不浸透域) (m ^{-1/3} s)	0.01
等価粗度係数(浸透域) (m ^{-1/3} s)	0.1
凹地貯留量(不浸透域) (mm)	1.5
凹地貯留量(浸透域) (mm)	4.0
初期浸透能 (mm/hr)	20.0
最終浸透能 (mm/hr)	5.0
浸透能の低減係数 (sec ⁻¹)	0.00115

表-2 モデル・パラメータの評価結果

降雨 パターン	不浸透域の凹地貯留量			不浸透域の等価粗度係数			不浸透面積率		
	総流出量	ピーク流量	グラフ形状	総流出量	ピーク流量	グラフ形状	総流出量	ピーク流量	グラフ形状
一山型	△	△	△	×	○	○	○	○	○
二山型	△	△	△	×	○	○	○	○	○
長時間型	×	×	×	×	△	×	○	○	△
台風型	×	×	×	×	△	△	△	△	○

○: 大きく影響する △: 影響する ×: 影響が少ない

において、各ステップの判定基準 J を満たすことにより、次のステップに移行する。各ステップでのモデル・パラメータの修正方法、判定基準は以下の通りである。

ステップ 1: 実測総流出量に比べて計算総流出量が多い場合は不浸透面積率を小さくし、逆に小さな場合は不浸透面積率を大きくする。不浸透面積率を変化させても判定基準を満たさない場合、そこで計算は終了する。判定基準: $J_4 \leq 0.05$ (J_4 は実測値と計算値の総流出量の相対誤差)

ステップ 2: 実測ピーク流出量に比べて計算ピーク流出量が多い場合は等価粗度係数を小さくし、逆に小さな場合は等価粗度係数を大きくする。判定基準を満たさない場合はステップ 1 にもどり、新たな不浸透面積率を設定し計算を進める。判定基準: $J_5 \leq 0.05$ (J_5 は実測値と計算値のピーク流出量の相対誤差)

ステップ 3: 実測ハイドログラフの立ち上がりに比べて計算ハイドログラフの立ち上がりが緩やかな場合は凹地貯留量を小さくし、逆に急な場合は凹地貯留量を大きくする。凹地貯留量の修正によって総流出量、降雨パターンによりピーク流出量に変化することから、不浸透面積率、等価粗度係数の修正のフィードバックも合わせて、総合的に修正し最適値を決定する。判定基準: $J_4, J_5 \leq 0.05, J_6 \leq 0.001$ (J_6 は実測値と計算値の時々刻々の流出量の2乗基準)

〈実用的推定法検証事例〉

上述した実用的推定法の検証事例として'98年8月25日に観測された実降雨を用いた場合を以下に示す。

- 1) 初期値によるシミュレーションハイドログラフの総流出量は実測値の総流出量より大きいので、不浸透面積率を小さくして総流出量を修正する (図-3(a))。
- 2) 不浸透面積率を43%とした場合 $J_4 \leq 0.05$ となる。シミュレーションハイドログラフのピーク流出量は実測値のピーク流出量より小さく、また、実測ハイドログラフに比べてフラットなので、不浸透域の等価粗度係数を小さくして、ピーク流出量を調整し、両ハイドログラフを相似形にさせる (図-3(b))。
- 3) 不浸透域の等価粗度係数を $0.003\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ とした場合 $J_5 \leq 0.05$ となる。この時、 $J_6 \leq 0.001$ も同時に満たす (図-3(c))。
- 4) 1)～3) までの修正により適値を得る。

図-3(a)と(c)を比べると、初期値のモデル・パラメータのシミュレーション結果より、実用的推定法で求めたモデル・パラメータによるハイドログラフの方が実測ハイドログラフに近いことが分かる。この実用的推定法をその他の実降雨に適用した結果を表-4に示す。

表-4に示すように、不浸透面積率については、降雨事象毎にその適値を変化させた方が、シミュレーションハイドログラフと実測ハイドログラフの適合度が良いことが分かる。現在、降雨事象毎に不浸透面積率が変化することに関して検証中である。

〈参考文献〉 1) 神田, 神吉, 上村, 武田: 小流域でのSWMMのパラメータの検討, 土木学会関西支部年講, 1997

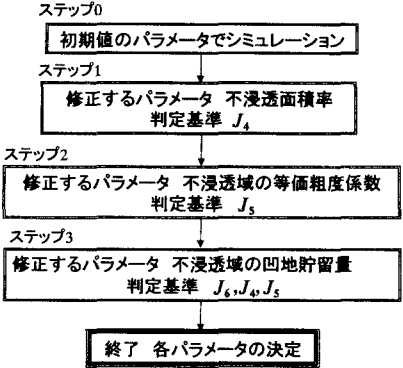


図-2 実用的推定法のフローチャート

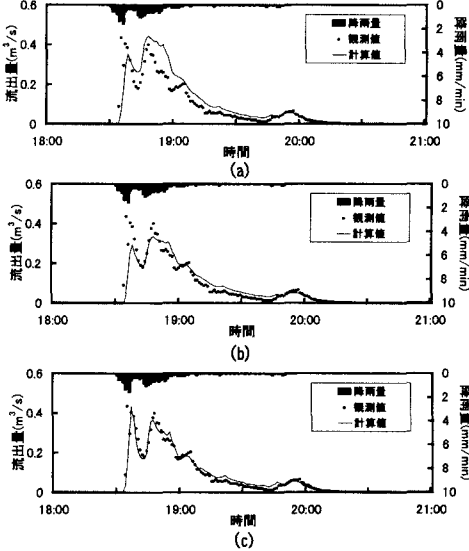


図-3 検証計算結果

表-3 検証結果

段階	不浸透面積率(%)	不浸透域の等価粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	不浸透域の凹地貯留量(mm)	J ₄	J ₅	J ₆
(a) 初期値	62	0.010	1.5	0.244	0.190	0.0024
(b) 不浸透面積率の修正	43	0.010	1.5	0.018	0.312	0.0014
(c) 等価粗度係数の修正	43	0.003	1.5	0.017	0.005	0.0007

表-4 実用的推定法の適用結果

降雨観測日	不浸透面積率(%)	不浸透域の等価粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	不浸透域の凹地貯留量(mm)
98年5月16日	90.0	0.0250	1.5
98年7月10日	49.0	0.0020	1.5
98年7月11日	80.0	0.0005	1.5
98年7月24日	49.6	0.0025	1.5
98年8月07日	70.0	0.0040	1.5
98年9月24日	46.0	0.0040	1.5
98年9月25日	74.0	0.0100	0.1