

神戸大学大学院 学生員 前田 康宏 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 三菱信託銀行 正会員 谷口 健

1. はじめに

都市小流域において、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、不浸透面積率の適値を求める実用的推定法を提示し、その方法で得られた適値が降雨条件、流域の地被状態とどのような関係にあるかを検討した。

2. SWMM の概要

本研究では、地表面流出の計算には SWMM の Runoff Block を、管渠内における流量の計算には Extran Block を使用する。Runoff Block で使用している基礎式を式(1)~(3)に示す。Extran Block については省略する。

$$Q = W \frac{1}{N} (h - d_p)^{5/2} I^{1/2} \quad (1) \quad \frac{dh}{dt} = i - \frac{Q}{A} \quad (2) \quad f = f_{\infty} + (f_0 - f_{\infty}) \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (3)$$

ここに、Q:サブエリアの流出量、W:サブエリアの幅、N:サブエリアの地表面の等価粗度係数、A:サブエリアの面積、h:水深、 d_p :凹地貯留の深さ、I:勾配、i:有効降雨強度(降雨強度 - 浸透能)、f:浸透能、 f_{∞} :最終浸透能、 f_0 :初期浸透能、k:逓減係数

3. 対象流域と観測システム

本研究で対象とする流域は、面積 4.81ha、地表面勾配 2~11%の都市小流域である。図-1 は土地利用図であり、流域のほとんどが不浸透性の住宅、駐車場、舗装道路からなっており、この土地利用図をもとに求めた不浸透面積率: F_0 は 72%である。

流域末端の水路で、水位、流速、流量を観測し、同じ場所で降雨量を観測した。諸量の測定時間間隔は 1 分間である。

4. SWMM のモデル・パラメータについて

図-2 に示すように流域を分割せず、単一流域で SWMM を適用する。観測降雨事象のうち、2 山波形を呈する降雨を対象とする。まず降雨を前半と後半に分割せずにモデル・パラメータの適値を求める。次に、降雨を分割して、前半の降雨と後半の降雨でそれぞれモデル・パラメータの適値を求め、降雨条件がモデル・パラメータに与える影響について検討する。なお、降雨分割は降雨量が 0mm かつ流出量が最も小さくなる時刻をもって、前・後半に分ける。

(1)モデル・パラメータの実用的推定法

主要モデル・パラメータの計算ハイドログラフへの影響の検討結果¹⁾をもとに、3つのモデル・パラメータ:不浸透域の凹地貯留量 $d_{p,i}$ 、不浸透域の等価粗度係数 N_i 、不浸透面積率 F の適値を求める実用的推定法を示す。図-3 に、この方法のフローチャートを示す。

ステップ 1: F を修正して総流出量を合わせる。実測総流出量に比べて計算総流出量が多い場合は F を小さくし、逆に小さい場合は F

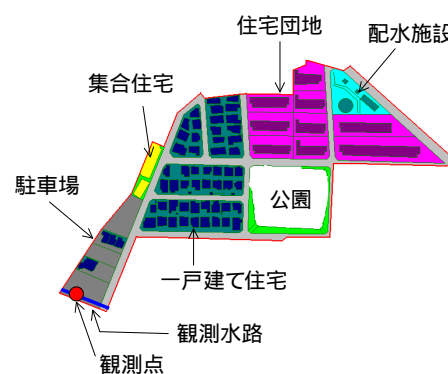


図-1 流域の土地利用図

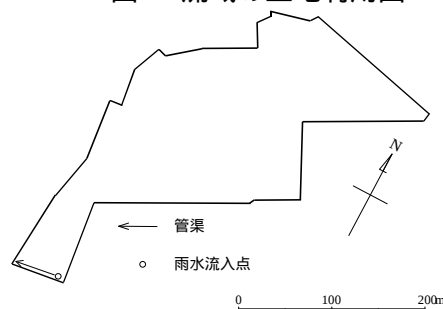


図-2 流域モデル

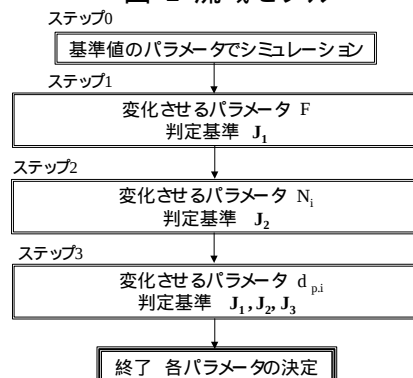


図-3 実用的推定法のフローチャート

キーワード：流出解析，SWMM，モデル・パラメータ，不浸透面積率，実用的推定法

連絡先：〒657-8501 神戸市六甲台町 1-1 Tel 078-881-1212 Fax 078-803-6069

を大きくする．判定基準 J_1 (実測値と計算値の総流出量の相対誤差)が満たされれば，ステップ 2 に移る．
 ステップ 2: 次に， N_i を修正してピーク流出量を調節する．実測ピーク流出量に比べ計算ピーク流出量が大
 きい場合は N_i を大きくし，逆に小さな場合は N_i を小さくする．判定基準 J_2 (実測値と計算値のピーク流出
 量の相対誤差)を満足しない場合はステップ 1 にもどり，新たな F を設定し計算を進める．

ステップ 3: $d_{p,i}$ 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．実測ハイドログラフの立ち上がり
 に比べ計算ハイドログラフの立ち上がりが緩やかな場合
 は $d_{p,i}$ を小さくし，逆に急な場合は $d_{p,i}$ を大きくする． $d_{p,i}$
 を修正すれば総流出量，降雨パターンによりピーク流出
 量が変化することから， F ， N_i の修正のフィードバック
 も併せ，総合的に修正し最適な値を決定する．判定基準
 は J_1 ， J_2 ， J_3 (J_3 は実測値と計算値の時々刻々の流出量の 2
 乗基準)

(2)パラメータの適値とその検証

上述の推定法を 25 の降雨事象に適用した適用結果の
 例を図-4 に示す．図-4(a)は降雨分割なし，図-4(b)は降
 雨分割あり(図中破線部)の結果である．得られた各パラ
 メータの適値の平均値(N_i についてはその範囲も)を表-1
 に示す．また，降雨分割なし，降雨を分割したときの前半・後半部における F の度数分布を図-5(a) ~ (c)に示す．

まず，降雨分割なしの場合は，図-5(a)に示すように F
 は土地利用図による不浸透面積率 F_0 (72%)よりも大きな
 値をとる結果となっている．また， N_i ， $d_{p,i}$ の平均値は他
 の試験流域で得られた値とほぼ同じ値をとっている．

一方，降雨を前半部と後半部に分けた計算結果による
 と，前半部の F の平均値は F_0 とほぼ同じ値であるが，後
 半部の F はそれより約 10%大きな値をとっている．また，
 図-5(b)と(c)からも明らかなように降雨の前半部と後半部の F の分布が
 異なっている．これは，流域の浸透域が前半部の降雨により湿潤状態と
 なり浸透性が低下した結果，後半部の降雨に対しては浸透域の一部を不
 浸透域に置き換えて計算する方がハイドログラフの適合性がよくなった
 ことによると考えられる．このように，降雨後半部における F が土地利用
 図から求まる F_0 よりも大きな値をとるため，上述のように，降雨分割
 なしで同定した場合の F が F_0 より大きな値になったのであろう．また，
 $d_{p,i}$ については，前半部の $d_{p,i}$ の平均値は降雨分割なしの結果から得られ
 た平均値とほぼ同じ値をとるが，後半部の平均値は小さい値となってい
 る．これは，前半部の降雨により地表面に雨水が残っていることに対応
 していると考えられる． N_i については前半・後半部とも殆ど同じ値をと
 っており，またその分布の範囲もほぼ同じであることから，前半部の降
 雨の影響を受けていないといえよう．

<参考文献> 1)神田，神吉，前田，谷口：SWMM のモデル・パラメータの
 実用的推定法，関西支部年講，2000.

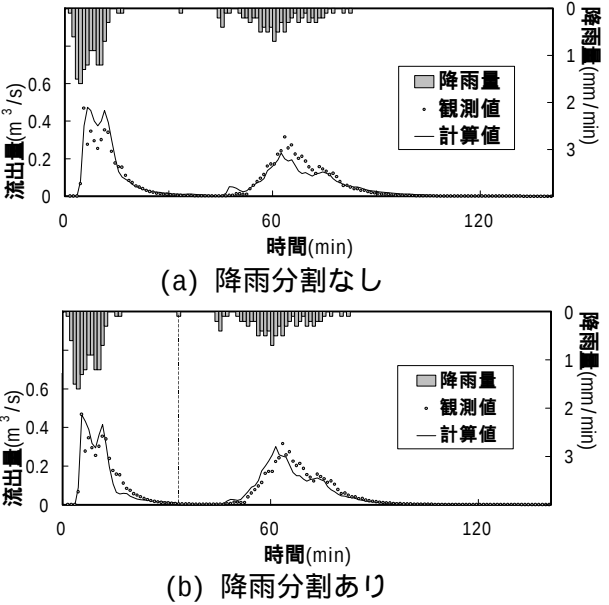


図 - 4 計算結果の比較

表 - 1 各モデル・パラメータの平均値

	$F(\%)$	$N_i (m^{-1/3} \cdot s)$	$d_{p,i} (mm)$
降雨分割なしの場合 のパラメータの平均値	72.9	0.0029 (0.001 ~ 0.005)	1.45
降雨前半部における パラメータの平均値	68.4	0.0031 (0.001 ~ 0.006)	1.22
降雨後半部における パラメータの平均値	82.2	0.0034 (0.001 ~ 0.005)	0.84

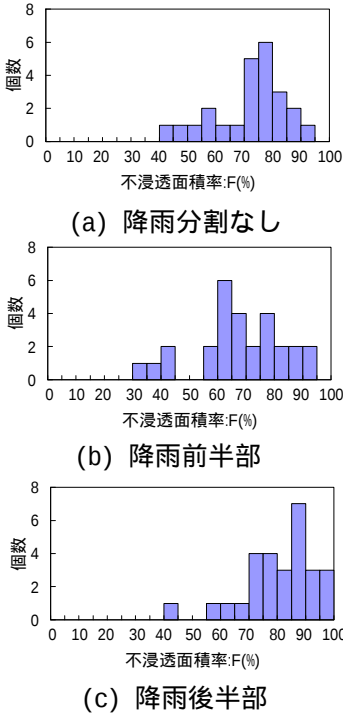


図 - 5 F の度数分布