

神戸大学工学部 フェロー 神田 徹
神戸大学大学院 学生員 前田 康宏

神戸大学工学部 正会員 神吉 和夫
神戸大学工学部 学生員○高口 将

1. はじめに

本研究では、都市域の流出解析モデルの一つであるSWMMを市街化された小流域に適用し、流域モデルの構成と不透透域の等価粗度係数について検討する。

2. SWMMの概要

本研究では、Runoff Block(地表面雨水流出の追跡)とExtran Block(管渠網における流出の追跡)を用いて流出シミュレーションを行う。Runoff Blockでは、各サブエリアにおける運動方程式、連続式はそれぞれ式(1)、式(2)で表される。

$$\text{運動方程式} \quad Q = W \frac{1}{N} (d - d_p)^{5/3} f^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{連続式} \quad \frac{dd}{dt} = \frac{1}{36} (i - f) - \frac{Q}{A} \quad (2)$$

ここに、 Q :流出量、 W :サブエリアの幅、 d :水深、 d_p :凹地貯留量の深さ、 I :地表面勾配、 i :降雨強度、 f :浸透能、 A :サブエリアの面積である。

3. モデル・パラメータの同定方法

試験流域の土地利用状況を図-1に、各分割流域モデルを図-2に示す。

(1) 単一流域モデル

不透透面積率、不透透域の等価粗度係数・凹地貯留量の3つのモデル・パラメータの適値を、次の評価関数 J をもとに求める。¹⁾

$$J_1 = \frac{|Q_o - Q_c|}{Q_o} \leq 0.05$$

Q_o : 観測値の総流出量(m^3)

Q_c : 計算値の総流出量(m^3)

$$J_2 = \frac{|Q_{op} - Q_{cp}|}{Q_{op}} \leq 0.05$$

Q_{op} : 観測値のピーク流出量(m^3/s)

Q_{cp} : 計算値のピーク流出量(m^3/s)

$$J_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_{oi} - Q_{ci})^2 \leq 0.001$$

Q_{oi} : 観測値の流出量(m^3/s)

Q_{ci} : 計算値の流出量(m^3/s)

N : データ数

(2) 分割流域モデル

各サブキャッチメントの不浸透面積率、不透透域の凹地貯留量を固定値とし、不透透域の等価粗度係数の適値を上述と同じ方法で求める。

a) 不透透面積率

各サブキャッチメントの不浸透面積率は、土地利用状況から明らかに不透透域(駐車場、舗装道路、家屋の屋根など)と判断できるサブキャッチメントの不浸透面積率は100%とする。その他のサブキャッチメントについては、各々の土地利用状況に応じて不透透面積を配分し、全体の不透透面積率が単一流域で求めた適値と等しくなるように、各サブキャッチメントの不浸透面積率の値(固定)を設定した。

b) 不透透域の凹地貯留量

単一流域モデルを使用して求めた凹地貯留量を、そのまま各サブキャッチメントの凹地貯留量と設定し、固定値とする。

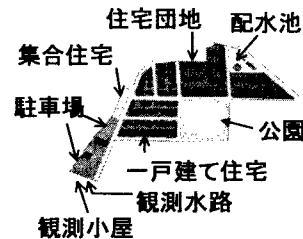


図-1 土地利用図



図-2 (a) 単一流域モデル

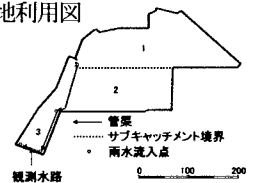


図-2 (b) 3分割流域モデル

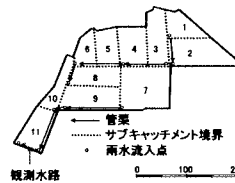


図-2 (c) 11分割流域モデル

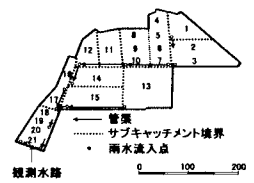


図-2 (d) 21分割流域モデル

4. 仮想降雨による不浸透域の等価粗度係数の感度分析

仮想降雨を用い、流域分割数と不浸透域の等価粗度係数の値を変化させたとき、ピーク流出量とハイドログラフの形がどのような影響を受けるのかという基本的な特性について調べる。図-3に単一、21分割流域モデルで等価粗度係数を変化させたときのハイドログラフを示し、このときのピーク流出量の変化を図-4に示す。等価粗度係数の値 $0.01\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ を基準とした場合の他の等価粗度係数に対する評価関数 J_3 を図-5に示す。この結果から、ピーク流出量、ハイドログラフの形とも、分割数の少ない流域モデルでは、等価粗度係数の変化による影響が大きいのに対し、分割数の多い流域モデルにおいては、影響が小さいことがわかる。つまり、前者においては等価粗度係数の適値の範囲が小さいが、後者では大きい。また、11、21分割流域モデルではほぼ同等の結果が得られた。

5. 最適分割流域モデルの検討

実降雨を用い、各流域モデルで不浸透域の等価粗度係数を変化させ、評価関数 J_2 、 J_3 からピーク流出量とハイドログラフの形の再現性を検討する。図-6, 7に各実降雨において等価粗度係数を変化させたときの評価関数 J_2 、 J_3 の変化を示す。これらの図から、等価粗度係数が表-1の値をとるとき、ピーク流出量、ハイドログラフの形ともに良く再現していることがわかった。分割数が少ないほど不浸透域の等価粗度係数の適値が小さくなっているが、これは管渠がモデル内に組み込まれていないからである。また、分割数が多くなれば等価粗度係数の適値の範囲は広くなるので、パラメータ同定のための観測資料が少ない場合は、分割数の多いモデル構成を行うことが意味があると考えられる。

<参考文献>

- 1) 神田 徹, 神吉 和夫, 前田 康宏, 谷口 健: SWMM のモデル・パラメータの実用的推定法, 土木学会関西支部年講, 2000.

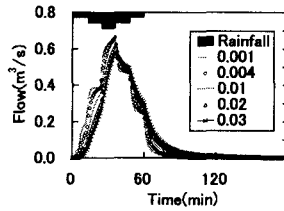


図-3 (a) 単一流域モデル

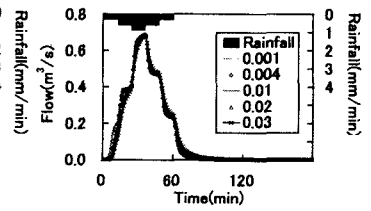


図-3 (b) 21 分割流域モデル

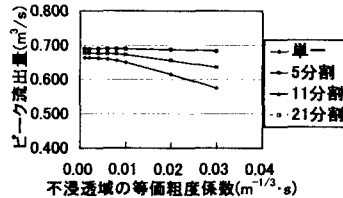


図-4 ピーク流出量の変化

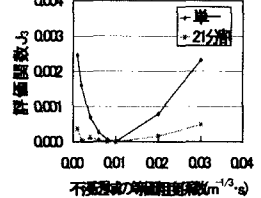
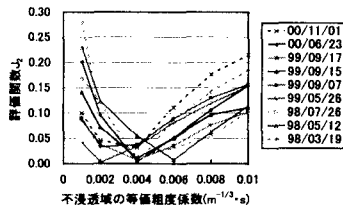
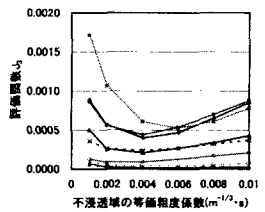


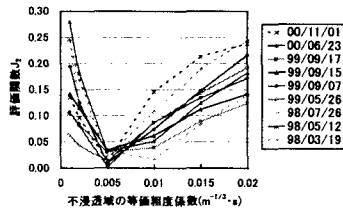
図-5 評価関数 J_3



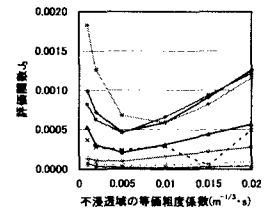
(a) 単一流域モデル



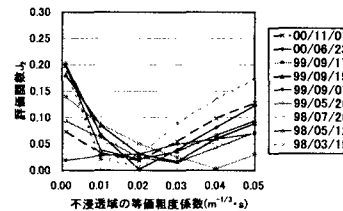
(a) 単一流域モデル



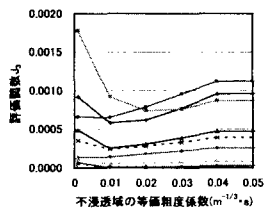
(b) 3 分割流域モデル



(b) 3 分割流域モデル



(c) 11 分割流域モデル



(c) 11 分割流域モデル

図-6 評価関数 J_2 と不浸透域の等価粗度係数の関係

図-7 評価関数 J_3 と不浸透域の等価粗度係数の関係

表-1 各流域モデルにおける不浸透域の等価粗度係数の適値

流域モデル	不浸透域の等価粗度係数 ($\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$)
単一	0.004
3分割	0.005
5分割	0.005
7分割	0.01~0.02
11分割	0.02~0.03
15分割	0.02~0.03
21分割	0.02~0.03