

等価粗度係数に及ぼす流域分割の影響について

鳥取県 正会員 ○前田 康宏 神戸大学工学部 フェロー 神田 徹
 神戸大学工学部 正会員 神吉 和夫 住友銀行 正会員 高口 将

1. はじめに

都市域の流出解析モデル SWMM の適用にあたり、筆者らはモデル・パラメータの決定法について検討しているが¹⁾、本文は不浸透域の等価粗度係数の適値が流域モデルの構成、ここでは流域分割によってどのように異なるかを検討したものである。

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),(2)に示す。Extran Block については省略する。

$$Q = \frac{W}{N} (h - d_p)^{5/3} I^{1/2} \quad (1) \quad \frac{dh}{dt} = i - \frac{Q}{A} \quad (2)$$

ここに、 Q ：サブエリアの流出量、 W ：サブエリアの幅、 I ：勾配、 A ：サブエリアの面積、 N ：サブエリアの地表面の等価粗度係数、 d_p ：凹地貯留の深さ、 h ：水深、 i ：有効降雨強度(降雨強度－浸透能)

3. 対象流域と流域のモデル化

対象とする流域は、図-1 に示すように、面積 4.81ha、地表面勾配 2～11% の都市小流域である。本研究では、対象流域を一つのキャッチメントとする単一流域モデルと、土地利用状況を考慮し流域を 11 個のサブキャッチメントに分割した分割流域モデルを扱う。各流域モデルを図-2(1),(2)に示す。

4. 不浸透域の等価粗度係数の適値と流域分割の関係について

最適同定手法マーカート法を使用し、19 の観測降雨事象について不浸透域の等価粗度係数 N_i の適値を求めた。 N_i 以外のモデル・パラメータは以下のように設定する。

a) 不浸透面積率 0.8mm/10min 以上の降雨強度の継続時間(T_d)を流域の湿潤化の指標として降雨を 3 つの降雨パターンに分類し、各降雨パターンに対する不浸透面積率を表-1 のように定めた。分割流域モデルでは、土地利用図(図-1)から得られる各サブキャッチメントの浸透域の面積に比例して不浸透面積率を変化させ、全体の不浸透面積率が表-1 の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を設定する。

b) その他のモデル・パラメータ 表-2 に示す値を各サブキャッチメントに設定する。

同定した N_i の適値を図-3 に示す。 N_i の適値の平均値は、単一流域モデルで $0.004m^{-1/3} \cdot s$ 、分割流域モデルでは $0.008m^{-1/3} \cdot s$ であり、分割流域モデルの N_i の適値が大きい。これは、両流域モデルで管渠の効果が異なるためである。また、単一流域モデルでは N_i の適値の範囲は狭いが、分割流域モデルでは単一流域モデルに比べ広い範囲に分布している。このように、流域分割により N_i の適値の範囲が異なる原因について、まずピ

キーワード：流出解析, SWMM, 等価粗度係数, 流域分割

連絡先 : 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 Tel 078-881-1212 Fax 078-803-6069

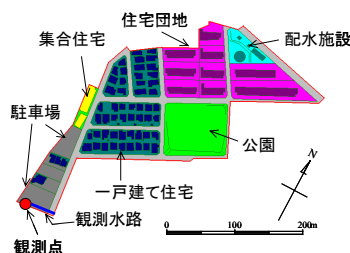


図-1 対象流域の土地利用図



図-2(1) 単一流域モデル

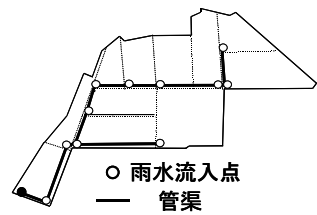


図-2(2) 分割流域モデル

表-1 不浸透面積率

	降雨特性	流域全体の不透 透面積率(%)
降雨パターン1	$T_d < 60(\text{min})$	74%
降雨パターン2	$60(\text{min}) \leq T_d < 240(\text{min})$	80%
降雨パターン3	$240(\text{min}) \leq T_d$	91%

表-2 その他のパラメータ

浸透域の等価粗度係数 ($m^{-1/3} \cdot s$)	0.1
不浸透域の凹地貯留量 (mm)	1.5
浸透域の凹地貯留量 (mm)	4
初期浸透能 (mm/hr)	20
最終浸透能 (mm/hr)	5
浸透能の低減係数 (s^{-1})	0.00115
直接流出域の割合 (%)	25

ーク降雨強度が異なる三角波形の仮想降雨(Case1~5)を用いて検討した。

各流域モデルについて、ハイドログラフの再現性に関する N_i の感度分析を行った結果を図-4(a),(b)に示す。各流域モデルにおける N_i の最適値は、図-3 から得られる N_i の適値の平均値を採用し、この最適値によるハイドログラフと N_i を変化させたときのハイドログラフの一致度を次式の J の値で評価している。

$$J = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (q_{oi} - q_{ci})^2 \quad (3)$$

ここに、 q_{oi} : N_i の最適値による流出量(m^3/s)

q_{ci} : N_i を変化させた場合の流出量(m^3/s)

図-4 に示すように、単一流域モデルでは N_i が最適値から変わると J の値は急激に大きくなる。このことから、ハイドログラフを良好に再現するには N_i の適値の範囲は狭くなると考えられる。これに対して、分割流域モデルでは、 N_i が変化しても J の値はあまり変化しない。つまり、ハイドログラフを再現する N_i の適値は相対的に広い範囲を持つことがわかる。ここで、図-4 の結果をもとに、 $J \leq 0.0001$, 0.001 に対する N_i の範囲を示せば図-5 のようである。この図からも、流域分割により N_i の適値の範囲が異なることが確認される。

次に、観測降雨・流出量について、 N_i の感度分析を上述と同様に行った。図-6 に示すように、単一流域モデルでは N_i の適値の前後で J の値が大きく変化しており、分割流域モデルでは J の値はあまり変化していない。これは、上記の仮想降雨の結果(図-4(a),(b))と同じである。したがって、実際の降雨事象についても単一流域モデルでは N_i の適値の範囲は

狭く、分割流域モデルでは N_i の適値の範囲は広くなり、図-3 のような結果が得られたと考えることができる。

以上の結果より、あるレベルでハイドログラフを再現しようとする場合、流域を小スケールのサブキャッチメントに分割すれば各降雨事象の N_i の適値の範囲が広がることが確認された。これは、流域の分割によりサブ流域の斜面長が短くなるため、 N_i の変化がハイドログラフの形状に及ぼす影響が少なくなることによるものである。このことから、流域分割を適切に行うことによって種々の降雨事象に適用できる N_i を定めることが可能となると考えられる。

〈参考文献〉 1) 神田, 神吉, 渡辺, 前田: 都市小流域への SWMM の適用におけるモデル・パラメータの値について, 水工学論文集, 第 45 巻, pp. 79-84, 2001.

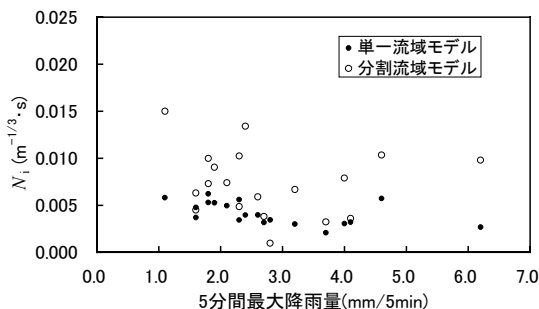


図-3 各流域モデルの N_i の適値

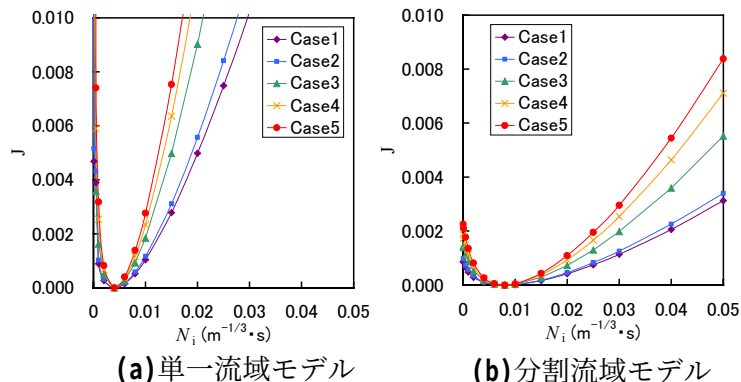


図-4 仮想降雨による N_i の感度分析

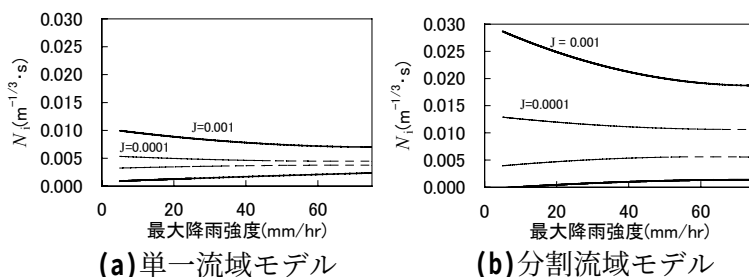


図-5 仮想降雨における N_i の適値の範囲

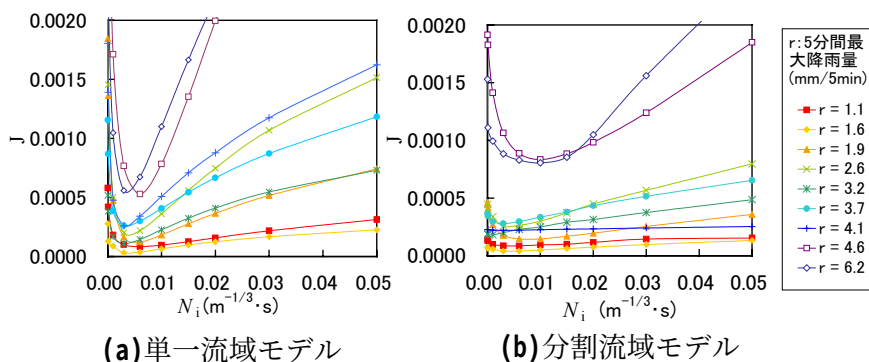


図-6 実降雨による N_i の感度分析