

京都大学工学部 正員
京都大学工学部 正員高棹琢馬
立川康人京都大学工学部 正員 椎葉充晴
福岡市役所 正員 ○原口 明

1. はじめに

近年の電子計算機の飛躍的な発展に伴って、国土数値情報等の数値地形情報をもとに、流域地形に即した流域場モデルが構築されるようになってきた。

本研究の目的は、流域地形に即した流域場の数値表現をもとに、そこでの雨水の流れを追跡する流出シミュレーションモデルを構築し、流域地形のどのような地形量が雨水流出にどの程度影響しているのかに關しての考察を行なうことである。

2. 流域地形の数値表現

地表面の標高を数値的に表して地形を表現するモデルをDEMと呼ぶ。地表面の標高データを利用し地形形状をモデル化する手法として、等高線図モデル、グリッドモデルおよび三角形網モデルが従来より提案されている。本研究では、流れのモデルと結合することを前提として流域場を実地形に忠実に表現する手法としては、地表面を面として近似する三角形網モデルが最も適していると考え、高棹らが開発した三角形網モデル[1]を用いて流域を表現した。

3. スプライン関数による斜面形状の表現

三角形網モデルと雨水流追跡モデルとを結びつけるために、河道区分の一部に寄与する流出寄与域ごとに、縦断形状・平面形状とも3次スプライン補間によって、斜面特性である斜面勾配・斜面幅の変化を表現した。3次スプライン補間関数によって分割斜面を表現するためには、3点以上の分割斜面の上端からの水平距離、標高および斜面幅が必要である。本研究では、三角形網モデルよりこれらのデータを生成する。図1は、これらのデータを使ってスプライン補間を行なった模式図である。また、本研究では、各斜面要素を矩形近似する手法も用意している。これらの斜面要素の近似によって、流域は河道網構造に各斜面要素が有機的につながっているネットワーク構造を有することになる。

4. 雨水流追跡モデル

雨水流追跡モデルは斜面のモデルと河道のモデル

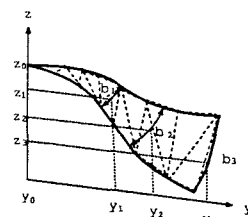


図1 スプライン関数による斜面要素表現

からなる。実地形形状に即した雨水の流れをモデル化するためには、斜面勾配・斜面幅の変動を考慮した計算が必要となる。本研究では、斜面勾配・斜面幅の変動を考慮し、中間流と地表面流を統合的に表す流量流積関係式を用いた Kinematic waveモデル [2] を斜面のモデルに用いた。河道も斜面のモデル同様に、河道勾配・河道幅の変動を考慮した地表面流のみを対象とする Kinematic waveモデルを適用する。

5. 東京大学愛知演習林白坂試験地への適用

本研究で開発したシミュレーションシステムを愛知県瀬戸市にある東京大学愛知演習林白坂試験地(0.88km²)に適用した。

本研究で開発した2つの流域場モデルに対して、それぞれ雨水流追跡モデルを適用して実際の出水に対するシミュレーションを行なった。パラメータは、A層厚 50cm 透水係数は 1.4(cm/sec)、有効間隙率は 0.15、粗度係数は斜面では 0.247(sec/m^{1/3})、河道では、0.05(sec/m^{1/3})、初期損失量は 5mm、河道幅は位数ごとに 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0m を与えた。白坂試験地の最下流端における計算値(流出高)および観測値(流出高)を図2に示す。なお、ここで用いた観測値は李[3]を参考にした。斜面要素を矩形近似した計算した結果は、観測値やスプライン近似による計算結果よりも流出高がかなり多い結果となった。これに対して、スプライン近似した計算した結果は、ハイドログラフの立ち上がり部分を除けば非常に良好なものであった。

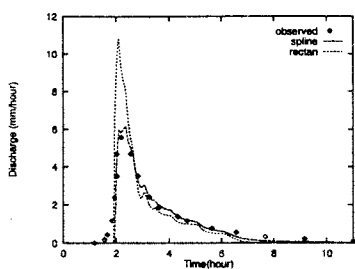


図2 流出高の計算値および観測値果

6. 流域面積と流出高との関係に関する考察

流域面積によって流出高がどのように変動するかを探ることを目的として、以下のシミュレーションを行なった。白坂試験地のすべての河道区分における流出高を求めて、それらを上流からの流域面積が全流域面積の0.05%, 0.1%, 1%, 2%, ...をしめる河道区分に分類し、各グループごとにハイドログラフの平均値を求める。そして、各グループごとに平均ハイドログラフからのばらつきを調べるために、平均ハイドログラフに対する標準偏差を時間ステップごとに求める。各平均ハイドログラフに対する標準偏差を図3および図4に示す。

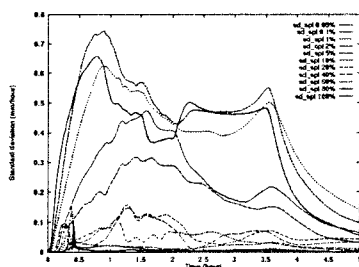


図3 標準偏差(スプライン近似)

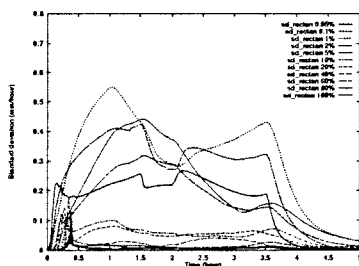


図4 標準偏差(矩形近似)

図3および図4から分かる特徴を以下に列挙する。

- 各平均ハイドログラフに対する標準偏差に関し

て、スプライン近似と矩形近似を比較すると、スプライン近似の方がばらつきが多い。これは、与えられたパラメータは同じであるため、実際のさまざまな斜面形状をスプライン近似の方が忠実に表現しているためと思われる。

- スプライン近似および矩形近似の両方とも流域面積が 0.1km^2 以上になると標準偏差はおよそ0.1以下になり、 0.5km^2 以上になると標準偏差はほぼ0になる。
- スプライン近似および矩形近似の両方とも流域面積が 0.01km^2 以下の河道はピーク流量付近の標準偏差がそれ以外の時間の標準偏差よりも小さくなっているが、流域面積が 0.01km^2 をこえた河道は逆にピーク流量付近の標準偏差がそれ以外の時間の標準偏差よりも大きくなっている。これは、流域面積が大きくなるほど、河道による遅れ効果が大きくなることを示している。
- スプライン近似と矩形近似間で同じグループの波形を比較すると、流域面積が 0.01km^2 以下の波形は全く異なっているが、流域面積が 0.01km^2 をこえた波形はほぼ一致した。これは、流域面積が 0.01km^2 をこえると斜面形状の近似手法の差異よりも河道の効果が卓越してくるが、流域面積が 0.01km^2 以内の流域を対象にする場合には斜面形状の近似手法により標準偏差が異なってくるので、斜面形状をより忠実にモデルに組み込む必要がある、ということを示している。

7. おわりに

以上のように、流域地形形状に即した流出シミュレーションモデルを開発することができ、また、流域面積と流出との関係に関する定量的な評価をすることができた。

参考文献

- [1] 高埴・椎葉・立川・大江：T I N-D E Mデータ形式を用いた流域場情報システムの開発，水工学論文集，第36巻，pp. 677-684, 1992.
- [2] 高埴・椎葉・立川：流域微地形に対応した準3次元流出モデル，京都大学防災研究所年報，第31号B-2, 1988.
- [3] 李 憲浩：林相の経年変化が水流出特性に及ぼす影響，東京大学農学部附属演習林林刊，第86号, 1991.