

水文特性の空間分布が降雨流出に及ぼす影響

中央大学大学院 学生員

○織田 賢太

中央大学大学院 学生員

岡部 真人

University of California, Davis 正会員

呉 修一

中央大学理工学部 フェロー会員

山田 正

1. はじめに

人口増加、経済発展に伴い世界的に水需要が高まる今日において、降雨流出機構を明らかにすることは水資源の確保のみならず洪水・土砂災害を予測する上で非常に重要である。流出モデルとして分布系流出モデルが提案されているが、水文特性の空間分布をどの程度まで考慮すれば良いのかという問題が生じる。本論文は、水文特性の平均値を流域一様に与えた際と分布させた際に算出される流出ハイドログラフの比較検討を行い水文特性の空間分布の分解能を評価することを目的としている。

2. 本論分で用いた計算手法の概要

流域は土壌や降雨といった水文特性の分布、また河道の有無など非常に複雑なシステムで構成されている。著者らは複雑な降雨流出機構の解明のために、雨が地に落ち斜面を流れ河道に至るまでの斜面流出計算と河道を流れ流域末端に至るまでの河道計算と大きく2つに大別して計算を行った。斜面と河道の概念図を図-1に示す。斜面流出計算は著者らが従来から提案している山田・呉モデルを使用し、河道計算は一次元不定流計算を行った。表面流、中間流、鉛直浸透流および湛水深に関する4元連立常微分方程式を解くことにより、土壌・地形特性と降雨強度の関係から表面流の発生を表現可能な斜面流出計算が行える。これが著者らのグループが従来から提案している手法の概容である。詳細に関しては文献1),2)などを参照されたい。

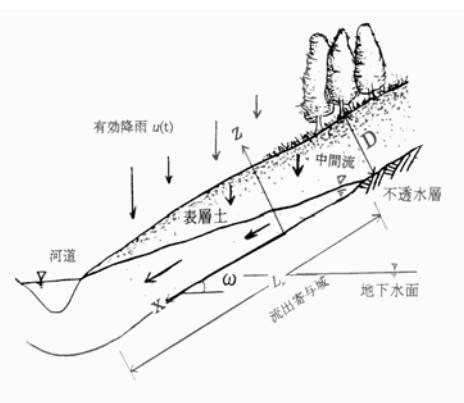


図-1 斜面と河道の概念図

3. 水文特性の空間分布が降雨流出に与える影響

実流域において水文特性の空間分布が降雨流出に与える影響がどの程度かを解明することを目的として降雨流出計算を行った。実流域（流域面積 2621[km²]）を対象とし支川と残流域ごとに流域を分割することで81のサブ流域に分割した。

図-2に流域分割の概念図を示す。81のサブ流域ごとに対数正規分布に従う乱数で発生させた値の異なる飽和透水係数を与えることで、水文特性の分布を表現している。3種の異なる対数正規分布を用いることによって81個の飽和透水係数の平均値がそれぞれ0.01[cm/s], 0.1[cm/s], 1.0[cm/s]になる乱数を発生させ、各サブ流域に与え降雨流出計算を行った。分布の発生パターンの1例として図-3に飽和透水係数の平均値が1.0[cm/s]の乱数を発生させる際に用いた対数正規分布およびヒストグラムを示す。河道部における洪水追跡に関しては、横流入を考慮した一次元不定流計算を行った。サブ流域における飽和透水係数以外の土壌地形特性

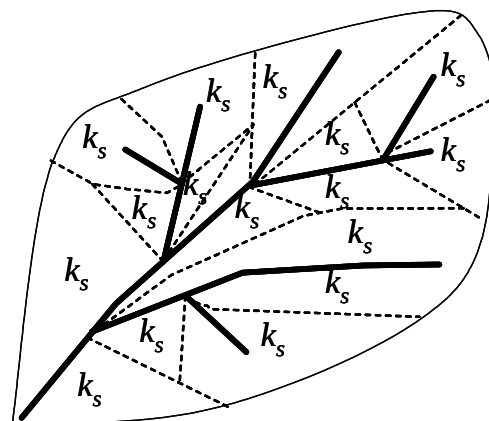


図-2 流域分割の概念図

として斜面長 $L=30$ [m], 表層土層厚 $D=20$ [cm], 有効空隙率 $w=0.42$, 斜面勾配 $i=15^\circ$, 抵抗則 $m=4$, 初期流出高 0.1 [mm/h], 総降雨量 270 [mm], ピーク降雨強度 45 [mm/h]の降雨を各サブ流域に一様に与えた。

3.1 飽和透水係数の空間分布が降雨流出に与える影響

キーワード： 水文特性, 空間分布, 降雨流出

連絡先： 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL:03-3817-1805 FAX:03-3817-1803

飽和透水係数の空間分布が降雨流出に与える影響を評価するため、飽和透水係数の平均値が 0.01[cm/s], 0.1[cm/s], 1.0[cm/s]の乱数を発生させ、各サブ流域に与え計算を行った。図-4を見ると飽和透水係数の平均値の相違によらず飽和透水係数の平均値を流域一様に与えた際と分布させた際においてハイドログラフはほとんど差異は見られず、ピーク流出高の差異は無視できる程度少ないことがわかる。これにより飽和透水係数の空間分布が降雨流出に与える影響は小さいことを示した。

3.2 飽和透水係数の平均値が遅れ時間に及ぼす影響

飽和透水係数の平均値が遅れ時間に及ぼす影響を評価するため、河道部における一次元不定流計算を含まない斜面流出計算結果におけるピーク流量発生時刻と河道部における一次元不定流計算を含むピーク流量発生時刻の差を遅れ時間と定義し、飽和透水係数の平均値ごとに算出した。計算結果を図-5に示す。懸案地点を上流から下流に移動させ支川が本川に入ることにより流域面積が増加している。図-5から飽和透水係数の平均値が 1.0[cm/s]と 0.1[cm/s]の遅れ時間は流域面積 1500[km²]以下まで差異は少なく 0.01[cm/s]の遅れ時間と 20[min]程度の差異があり、流域面積が 1500[km²]以上になると遅れ時間が大きくなることが分かる。これにより流域面積 1500[km²]以下であれば飽和透水係数の平均値が遅れ時間に及ぼす影響は小さいことがわかる。

4. まとめ

(1)空間スケール（流域面積 2621[km²]）では、飽和透水係数の空間分布が降雨流出に与える影響は少なく平均値として飽和透水係数を扱えることを示した。

(2)飽和透水係数の平均値が遅れ時間(河道部における一次元不定流計算を含まない斜面流出計算結果におけるピーク流量発生時刻と河道部における一次元不定流計算を含むピーク流量発生時刻の差)に及ぼす影響は飽和透水係数の平均値が 0.01[cm/s]~1.0[cm/s]の範囲で流域面積 1500[km²]以下であれば小さいことを示した。

以上により流域面積 1500[km²]以下であれば飽和透水係数の空間分布が降雨流出に及ぼす影響が小さいことを示した。

参考文献

- 1)呉修一, 山田正, 吉川秀夫: 表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究, 土木学会水工学論文集, Vol. 49.
- 2)呉修一, 山田正: 降雨流出における斜面と河道の効果に関する研究, 土木学会水工学論文集, Vol. 50.

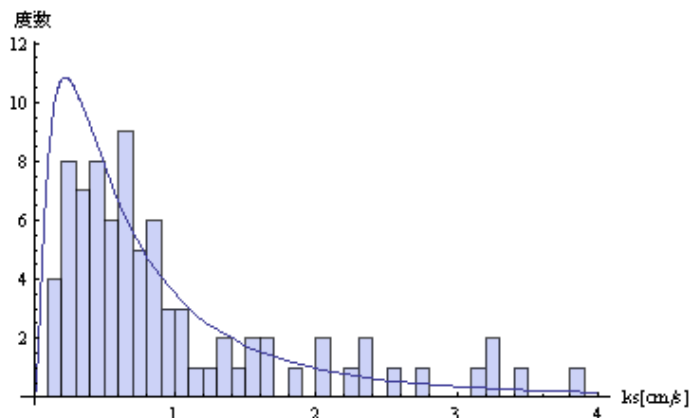


図-3 乱数発生に用いた対数正規分布とヒストグラム

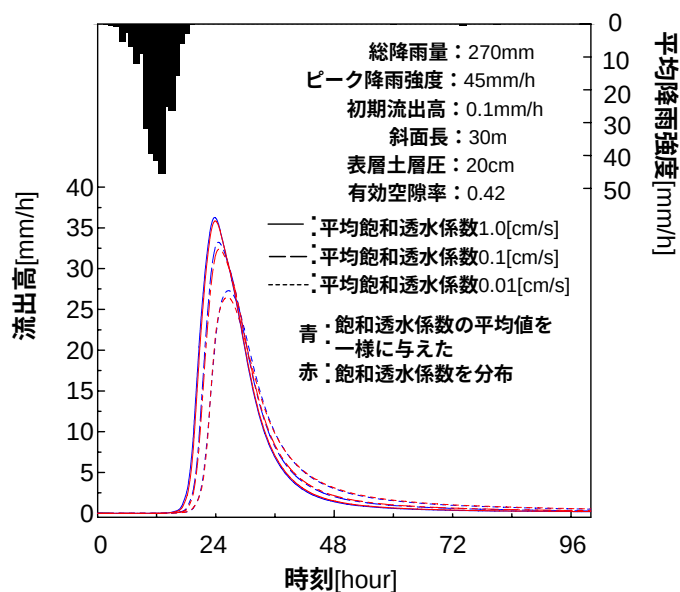


図-4 飽和透水係数の空間分布が降雨流出に与える影響

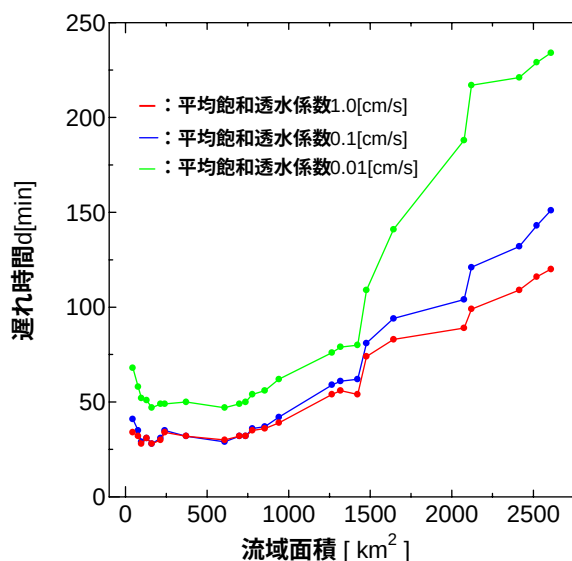


図-5 飽和透水係数の平均値と遅れ時間の関係