

京都大学工学部 学生員 ○八尾浩史 京都大学大学院工学研究科 学生員 永谷言
 京都大学防災研究所 正会員 立川康人 京都大学防災研究所 正会員 宝馨

1 はじめに 分布型流出シミュレーションモデルは数値地形情報を利用して実地形になるべく忠実な形で流出計算を行なうことができる。さらに、分布型モデルは場所ごとに異なるモデルパラメータを設定することができるため、適切なモデルパラメータ値を与えることができれば、より信頼のおけるモデルを構築することができる。しかし、現実には水文観測データから場所ごとに異なるモデルパラメータ値を同定することは困難であり、通常は山地域であれば流域一様の粗度係数や透水係数を設定せざるを得ない。本来モデルパラメータは空間的に分布させて与えることが適切と思われるが、流域一様として扱うことがどのように流出計算結果に現われるかを知っておくことはモデル構築の上で重要な知見を与えるものとする。そこで本研究では、透水係数に着目してその空間分布の仕方が計算結果に及ぼす影響を調査した。

2 数値シミュレーションの手法 分布型流出モデルを構成する際には、いくつかの基本となるサイズがある。ここではそのサイズとして(1)対象とする流域の大きさ、(2)降雨の空間分解能、(3)モデルパラメータの空間分布スケールを考え、それらのサイズの組合せの中で透水係数の分布の仕方が流出計算結果にどのように影響するかを分析する。そこで異なる流域面積をもつ流域を考え、その流域に対しさまざまなパターンの透水係数分布を与え、市川ら[1]が開発した分布型流出モデルを用いて行なった流出シミュレーション結果を比較する。

対象とする流域は九州電力管内上椎葉ダム上流域(211.0km²)およびそのサブ流域(40.9km²)とした。また解析に用いる降雨データには1997年9月15日1時10分から16日20時00分までの江代山レーダー10分雨量データを用いた。降雨の空間分解能は1kmである。

流域に与える透水係数は、対数正規分布に従い、空間相関構造がガウス関数によって定まる確率場を発

生させて与えた。確率場の発生には立川・椎葉[2]のアルゴリズムを用いた。発生させた確率場は、平均値1.0(cm/s)、標準偏差1.0(cm/s)とし相関距離については降雨の分解能が1kmであることを考え、それより小さい相関距離300m、同じ相関距離1km、長い相関距離4kmとして各々5パターンずつ発生させた場合を用いた。

3 結果と考察 図1～図6は相関距離および面積の異なる2流域の流出シミュレーション結果であり、1つの図には5パターンの発生させた透水係数場に対するハイドログラフを示している。なお、実線のハイドログラフは標準偏差を0(cm/s)、すなわち流域で同じ値を与えた場合の計算結果である。

全体的に見てシミュレーション結果のばらつきは流域面積が大きくなる程小さく、透水係数の相関距離が大きくなる程に大きくなる傾向にあるように思われる。そこで s という指標を考える。 $s(t)$ は、ある透水係数の空間パターン i を設定した時に得られる流出高を $q_i(t)$ として、各時刻における流出高の標準偏差を求めたものである。式で表すと次のようになる。

$$s(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 q_i(t)^2}{5} - \mu^2} \quad (\text{ただし、} \mu = \frac{\sum_{i=1}^5 q_i(t)}{5})$$

図7、図8は $s(t)$ を示したものである。やはりシミュレーション結果のばらつきは流域面積が大きくなる程小さく、透水係数の相関距離が大きくなる程に大きくなる傾向にあることがわかる。

ピーク流量を示す130000秒付近に着目すると、 s の値は最大の値となる面積40.9km²、 $\alpha = 4000\text{m}$ の場合でも1mm/hr程度であり、透水係数の空間分布の仕方が流出計算結果に与える影響は非常に小さい。

また、図8から、相関距離が300mの場合では流域面積が200km²を超えるとシミュレーション結果のばらつきはほとんど見られない。ここでは図に示していないが相関距離が300mの場合では流域面積が100km²を超えると最大でも0.22mm/hr程度、ピーク流量を示す130000秒付近では0.1mm/hr未満と値は

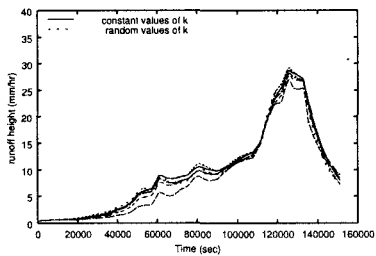
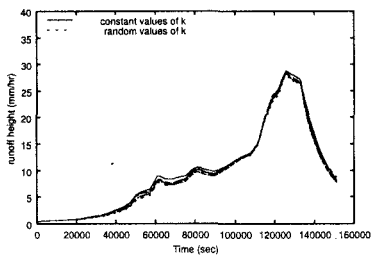
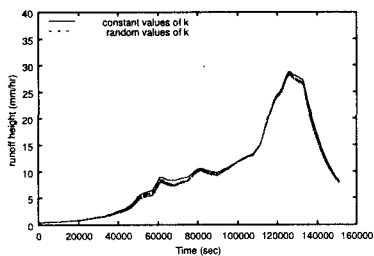


図1 面積 40.9km²、相関距離 300m 図2 面積 40.9km²、相関距離 1000m 図3 面積 40.9km²、相関距離 4000m

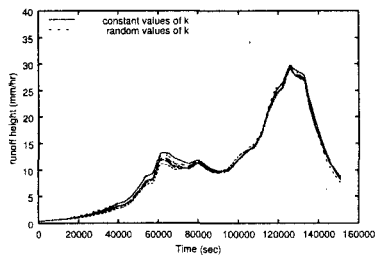
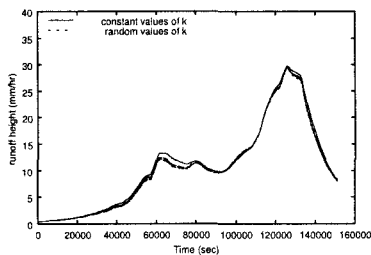
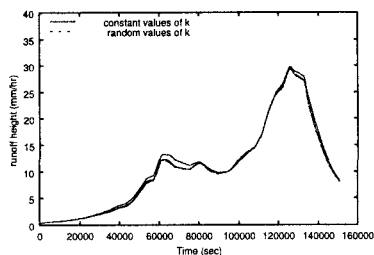


図4 面積 211.0km²、相関距離 300m 図5 面積 211.0km²、相関距離 1000m 図6 面積 211.0km²、相関距離 4000m

極めて小さくなる。このことから流域面積が 100km² を超えれば透水係数の各地点における具体的な値は必要なく、領域内の全体的な透水係数の分布がハイドログラフの形状を決めていることが分かる。ただし、図1、図4からわかるように、透水係数の空間分布パターンの異なる場合のハイドログラフの相違は極めて小さくなる傾向にあるが、それらは分散をゼロにした場合のハイドログラフに一致していくわけではない。したがって、流域一様と仮定して同定されるパラメータ値はパラメータ値の空間分布を考慮するような等価なパラメータであることがわかる。

4 結論 流域面積が大きくなるにしたがい、また透水係数の相関距離が小さくなるにしたがってシミュレーション結果の相違は小さくなる傾向にある。特に、透水係数の相関距離が 300m の場合には各シミュレーション結果の差が見られなかったことから、仮に透水係数の相関距離が 300m である場合には具体的にどの地点の透水係数がどれだけであるかという情報は不要であることが分かる。

謝辞：本研究で用いた江代山レーダー雨量データは九州電力(株)土木部水力運営グループより提供していただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 市川温・村上将道・立川康人・椎葉充晴：流域地形の新たな数理表現形式に基づく流域流出系シミュレーション

ンシステムの開発, 土木学会論文集, 第 691 号, II-57, pp.43-52, 2001.

- [2] 立川 康人・椎葉 充晴: 共分散行列の平方根分解をもとにした正規確率場および対数正規確率場の発生法, 土木学会論文集, 第 656 号, II-52, pp. 44 - 45, 2000.

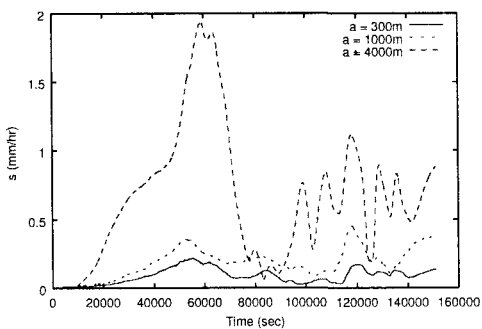


図7 面積 40.9km² の場合の標準偏差

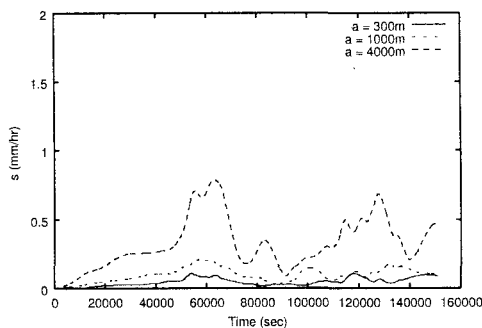


図8 面積 211.0km² の場合の標準偏差