分布型流出モデルの有効性の評価に関する研究

京都大学工学研究科　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　フェロー　宝　馨

1　はじめに 分布型流出モデルは、流域の空間分布情報をモデルに反映させて流出予測の精度向上を目指すモデルである。このモデルを実用化していくためにはどのような条件（流域面積・地形・土地利用・想定する降雨の時空間分解能など）のもとで分布型流出モデルが従来の集中型流出モデルを超える能力を発揮するのか、また、分布型流出モデルを構成する際のモデルの空間分解能や空間的に分布するモデルパラメータの決定方法を明らかにする必要がある。本研究では、分布型流出モデルを用いて流出計算を行う際にモデルパラメータおよび降雨の空間分布が計算流量に及ぼす影響を調査することにより分布型流出モデルの有効性を評価した。用いた分布型モデルは、市川ら [1] によって開発されたモデルを基本とし、流量・流積関係式に不飽和流の効果を加えて洪水低減部も再現し得るモデルを用いた。対象流域は九州電力上椎葉ダム上流域 (211.0km^2) およびそのサブ流域である。解析に用いる降雨データは、地上雨量でキャリブレーションされた江代山レーダーデータ（10 分間隔、1km 分解能）を用いた。

2　モデルパラメータの空間分布が流出計算結果に与える影響 空間的に分布するモデルパラメータ (透水係数、粗度係数、A 層厚) を擬似的に発生させて流出計算を行い、モデルパラメータの空間分布が流出計算結果に与える影響を調査した。

2.1　空間的に分布するモデルパラメータの作成

1. 実測水文データを用いて流出計算を行い、流域全体で同じ値をとると見なした場合のモデルパラメータセットを同定する。
2. 立川ら [2] によって開発された乱数発生プログラムを用いて仮想的に空間分布するモデルパラメータを作成する。
3. 2. で作成した空間分布するパラメータを次に示す方法で加工し、流域内平均値は保ちながら空間分布のしかたの異なるパラメータを作成する。

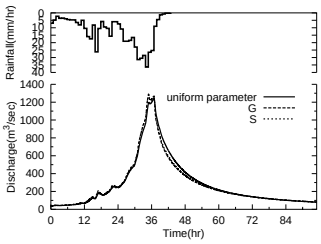

図 1 計算ハイドログラフの違い (平均雨量)

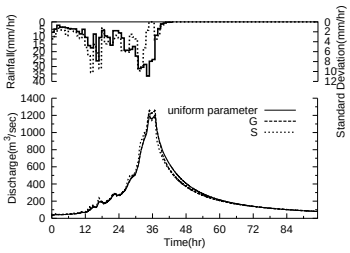

図 2 計算ハイドログラフの違い (レーダー雨量)

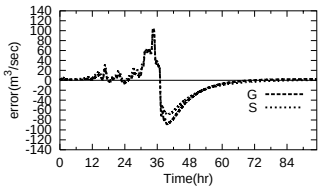

図 3 パラメータが一定の場合と分布する場合の計算流量の差 (平均雨量)

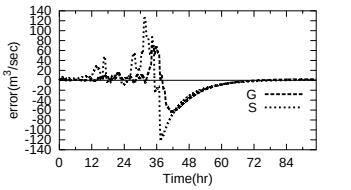

図 4 パラメータが一定の場合と分布する場合の計算流量の差 (レーダー雨量)

- 2. で作成したパラメータを“ standard ”とし、それを東西方向、南北方向、東西・南北方向に反転させる。それぞれ“ x ”、”y ”、”xy ”とする。
- 流域全体でパラメータの配置に傾向を持たせるために、対象流域の最下流端からの距離が近いほどパラメータの値が大きくなるよう、または小さくなるように並べ替える。それぞれを“ g ”、”s ”とする。
- 空間的に分布する透水係数、粗度係数、A 層厚を組み合わせ、すべてのパラメータの配置が“ g ”であるパターン、“ s ”であるパターンを作成する。それぞれを“ G ”、”S ”とする。

2.2　流出計算結果および考察　図 1、図 2 に、空間的に分布するパラメータを組み合わせた場合 (G、S のケース) の計算ハイドログラフの違いを示す。また、図 3、図 4 にパラメータが流域全体で一定とした場合と、パラメータの空間分布が G、S の場合との計算流量の差を示す。図 1、図 3 は流域全体に流域平均雨量を与えた場合の結果を表し、図 2、図 4 は 1km 分解能のレーダー雨量データを与えた場合の結果を表す。図 1、図 3 より、降雨が流域全体で一様な場合はパラメータが一定の場合とパラメータが空間的に分布している場合とを比べると計算流量に差が生じている

キーワード：分布型洪水流出モデル, 降雨分布, モデルパラメータ, 空間分布
宇治市五ヶ庄 tel. 0774-38-4126, fax. 0774-38-4130

ものの、パラメータの空間分布パターンがGの場合とSの場合とを比べると計算流量の差は小さいことがわかる。一方、図2、図4より、レーダー雨量データを与えた場合には、パラメータの空間分布パターンがGの場合とSの場合の計算流量に大きな差が生じていることがわかる。このことから、降雨が空間的に一様な場合にはパラメータの空間分布に関する情報はあまり重要ではないが、降雨が空間的に分布する場合にはパラメータの空間分布と降雨の空間分布の組み合わせにより、流出計算結果に大きな影響を与えると考えられる。

3 降雨の空間分布が流出計算結果に与える影響

1km 分解能の観測雨量データをもとに、時間ごとの面積雨量を保存しつつ、降雨分布のしかたの異なる仮想的な降雨場を作成して流出計算を行い、降雨の空間分布が流出計算結果に与える影響を調査した。

3.1 空間分布のしかたの異なる降雨データの作成

case1 観測雨量データを“ observed ”とし、それを東西方向、南北方向、東西・南北方向に反転させる。それぞれ“ rain-x ”、”rain-y ”、”rain-xy ”とする。

case2 ケース1で作成した、rain-x と rain-y の同時刻・同地点での降雨強度を足し合わせ、それを2で除する。この降雨データを“ rain-a ”とする。また、 今回観測レーダー雨量データは対象流域を覆う 15km × 25km の領域のみ利用可能であったため、その領域の外側は領域の境界に対して領域の内側と対象な降雨場があると仮定して、より広範囲な降雨データを仮想的に作成する。さらに、そのデータの雨域をずらして観測データとは雨域の異なる降雨データを作成する。この降雨データを“ rain-b ”とする。

case3 ケース1、ケース2で作成した、observed、rain-xy、rain-b の各時刻、各時点での降雨強度を1.25乗する。それぞれの降雨データを“ observed$^{1.25}$ ”、”rain-xy$^{1.25}$ ”、”rain-b$^{1.25}$ ”とする。

3.2 流出計算結果および考察

図5、図7、図9に、それぞれケース1、ケース2、ケース3での空間分布パターンが異なる降雨を与えた場合の計算ハイドログラフの違いを示す。また、図6、図8、図10に、それぞれケース1、ケース2、ケース3での各時刻の降雨の空間分布の標準偏差と、流域全体に流域平均雨量を与えた場合の計算流量と各降雨パターンでの計算流量との差を示す。これらの図より、降雨の空間分布の標準偏差が大きくなるにつれて、降雨が流域全体で一様な場合との計算流量の差が大きくなることがわかる。このことから、降雨が空間的にどの程度偏って降っているかという情報が流出計算結果に与える影響は非常に大きいと考えられる。

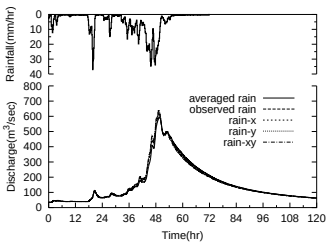

図5 ケース1における計算ハイドログラフの違い

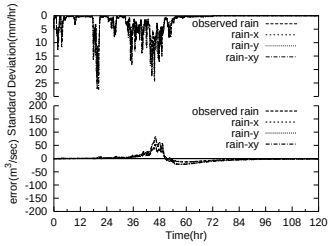

図6 降雨分布の標準偏差と計算流量の差 (ケース1)

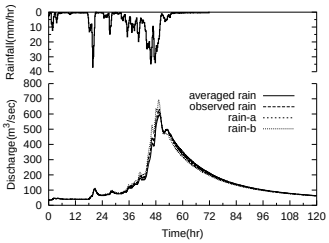

図7 ケース2における計算ハイドログラフの違い

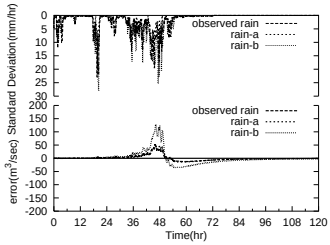

図8 降雨分布の標準偏差と計算流量の差 (ケース2)

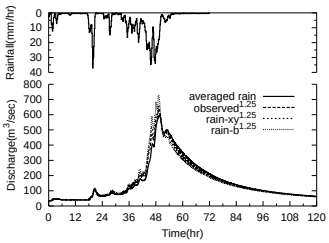

図9 ケース3における計算ハイドログラフの違い

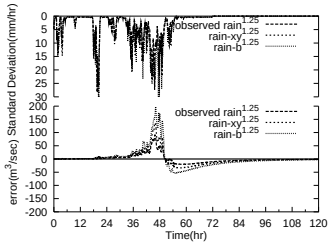

図10 降雨分布の標準偏差と計算流量の差 (ケース3)

4 結論

本研究では分布型流出モデルについて、モデルパラメータおよび降雨の空間分布が計算流量に及ぼす影響を調査した。その結果、降雨が空間的に分布している場合にはパラメータの空間分布のしかたが計算流量に大きく影響すること、降雨の空間的なばらつきが大きいほど、降雨の空間分布のしかたが計算流量に大きく影響すること、を明らかにした。

謝辞:本研究で用いたレーダー雨量および観測流量等のデータは（株）九州電力様から提供していただきました。ここに記して謝意を表します。

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システムの開発，土木学会論文集，第691号， -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， -52, pp.44-45,2000.