

流出モデルの基準面積と流域面積の関係に関する一考察

京都大学防災研究所 正会員 ○佐山 敬洋
 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 寶 馨

1. 背景と目的

流出計算を行うためには、どの程度正確に水文学量や流域地形などの空間分布する情報を反映する必要があるのか、この問いに対する答えを得ないまま、分布型流出モデルの開発や研究が進められてきた。一方、洪水予測や河川計画などの実務の場面では、モデル構築が比較的簡単で計算負荷も少ない集中型流出モデルを適当な大きさの部分流域に適用し、河川流量を予測することが多い。流域の条件と予測の目的に応じて、流出計算に反映すべき水文学量・流域特性を明らかにし、それに基づく降雨流出モデリングのガイドラインを策定することが重要である。本研究は、とくに空間分布情報の有効性が、流域の大きさに応じてどのように変化するのかに着目する。降雨や流域特性がどこに分布するのかという位置情報を陽に取り扱うことなく集中化できる流域面積・部分流域の面積を基準面積（高棹，1967）と定義し、この大きさを定量評価する。

2. 分析方法

異なる7つの流域（156 – 6,558 km²）を対象に分布型流出モデル（空間分解能：250 m）を構築し、それぞれ10出水の地上・レーダ合成雨量（空間分解能：1,500 m）を入力して流出計算を行う。つぎに各流域を0から5回分割し、分割した内部で雨量を平均化したパターン（一様降雨，Uniform）と、雨のグリッドセルの位置をランダムにシャッフルしたパターン（シャッフル降雨，Shuffle）を入力して流出計算を行う。

3. 降雨と斜面の組み合わせが降雨流出に及ぼす影響

流出モデルの基準面積を考察するにあたり、まず降雨と斜面がどこに位置するかという情報が、流域全体からの降雨流出（河道への流入量，Runoff）を予測するうえでどの程度重要なのかを調べる。図1は、1,469 km²の流域における計算結果であり、この結果から降雨位置のシャッフルが流出量に与える影響が小さいことがわかる。一様降雨を入力すると流出量のピークが低減する。つまり、1,500 km²程度の流域において流域全体からの流出量を予測するうえでは降雨がどこに位置するかという情報が、降雨がどの程度ばらつくかという情報に比べて、その重要性が低いことが分かる。図2と図3は、面積が異なる7つの流域を対象にして、10降雨イベントを入力し、雨をシャッフルすること、平均化することによる流量ピークの相対誤差を示している。降雨の位置を陽に考慮しないことによる流域全体からの流出量の推定誤差は土地利用や土壌特性が同じであれば、流域面積に依存せず約5%であることがわかった。降雨を平均化した場合は、誤差は流域面積に依存し、流域面積が大きいほど誤差も大きくなる。

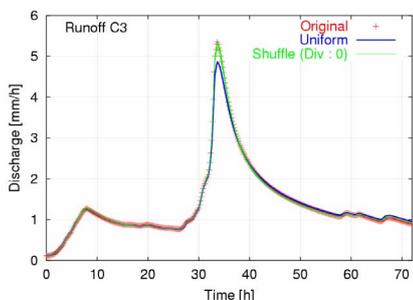


図1. 観測降雨，一様降雨，シャッフル降雨による流域全体からの流出量(1,469 km²)。

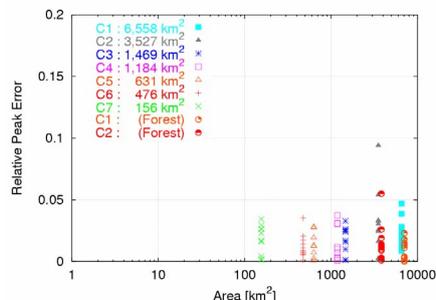


図2. 観測降雨とシャッフル降雨による流出量のピーク相対誤差。

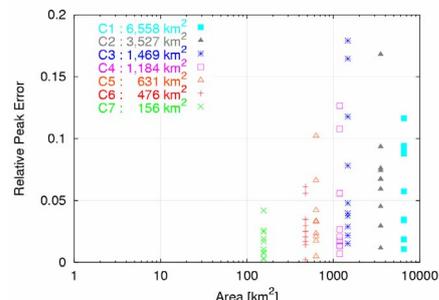


図3. 観測降雨と一様降雨による流出量のピーク相対誤差。

キーワード 基準面積，分布型流出モデル，スケール，流出モデリングのガイドライン

連絡先 〒611-0011 宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所社会防災研究部門 TEL 0774-38-4128

4. 河川への流入場所の違いが下流端の流量に及ぼす影響

流域全体からの降雨流出を推定するうえでは降雨の位置がそれほど重要でないことがわかったが、流域下流端からの流量を推定するうえではどの程度降雨の位置情報が重要となるだろうか。図4はC7の流域(156 km²)とC3の流域(1,469 km²)を対象に、一様降雨を入力した場合の内部の8つの部分流域からの降雨流出(Runoff)と下流端での(各部分流域を起源とする)流量(Discharge)を示している。C3の流域ではC7の流域に比べて各部分流域からのピーク流量の生起時刻のずれが大きく、部分流域の位置によって、流入ハイドログラフから流出ハイドログラフへの形状の変化傾向が異なっている。つまり、流域面積の大きなC7流域の方が、降雨流出が河道のどこに流入したかという位置が流量により大きく影響する。

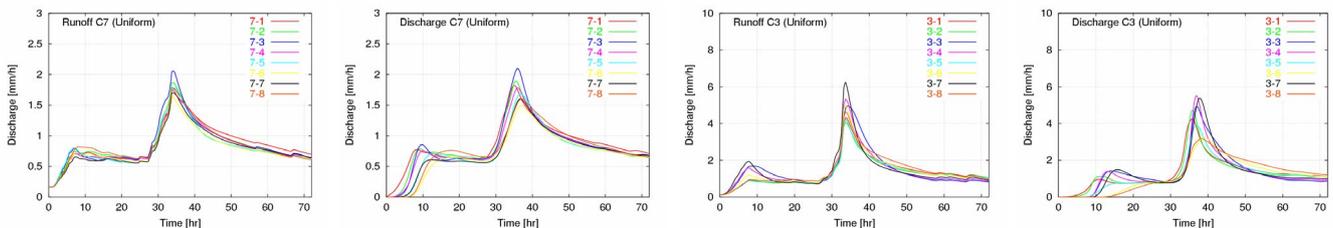


図4. 一様降雨を入力した場合の8部分流域からの河川への流入量(Runoff)と、各部分流域を起源とする下流端流量(Discharge)(C7:156 km², C3:1,469 km²)。下流端の流量がどの部分流域を起源にするかを分離するため、雨水移動の空間履歴追跡手法を適用している。

降雨の位置をシャッフルすることによる流量のピーク相対誤差が流域面積によってどのように異なるのかを図5に示す。また、図6には、各流域を0回から5回分割してその内部で雨をシャッフルした場合のピーク相対誤差を示している。150 km²から1,500 km²の流域では、図6の各包絡線がピーク相対誤差2%の幅で重なっている。つまり、誤差の大きさは流域面積に関わらず、分割した部分流域の大きさによって決まる。この結果は、ある許容誤差を設定すれば、その内部で降雨の位置情報を陽に取り扱う必要がない面積(=基準面積)を決定できることを意味する。さらに、この図には流域を分割しない場合の結果を含んでおり、流域面積が基準面積より小さい場合は、降雨分布の統計的性質を反映する限りにおいて、流域全体で集中化してもピーク流量の誤差は許容誤差を越えないことを意味する。流域面積が1,500 km²より大きくなるC1流域、C2流域では、同じピーク相対誤差に対して分割すべき面積は大きくてよいこともわかる。これはダンピングの効果により場所ごとにピーク生起時刻がずれる効果を打ち消すためであることが別途研究より明らかになっている。

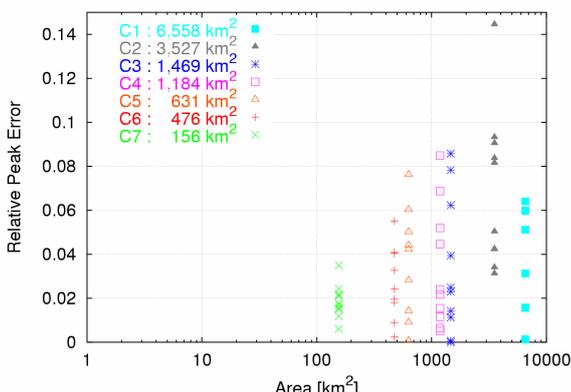


図5. 観測降雨と一様降雨による下流端流量のピーク相対誤差

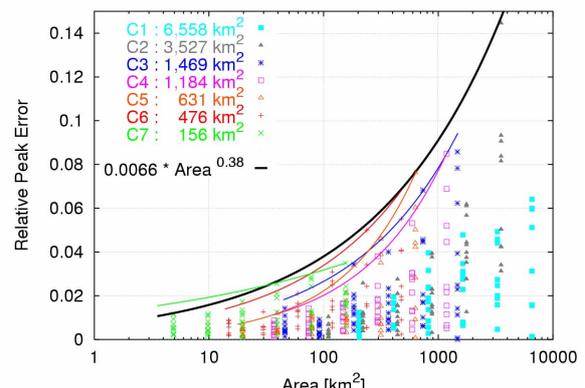


図6. 流域を分割し、その内部で雨をシャッフルすることによる流量のピーク相対誤差。横軸は分割域の面積。

5. まとめ

基準面積(MBU: Model Building Unit)の大きさは、図6の包絡線よりピーク相対誤差(PE)の関数として表現でき、流域面積が150 km²から1,500 km²の大きさでは、流域面積に依存せず絶対的な面積で規定できる。 $MBU = 5.5 PE^{-2.63} \times 10^5$ [km²]の関係があり、PEの許容誤差を5%とするとMBUは200 km²、7%とするとMBUは500 km²、10%とするとMBUは1,300 km²と許容誤差に応じて定量的に評価できることが明らかになった。