

## 降雨流出過程のスケール依存性および空間代表性に関する検討

○福島大学共生システム理工学類 非会員 横山 康平  
福島大学共生システム理工学類 正会員 横尾 善之

## 1. はじめに

降雨流出過程は流域固有のものである。同一の河川流域内においても、地形・地質・土壌・土地利用などの空間的不均一性がある。しかし、同一河川の上流から下流に向かって流域面積が増加するように入れ子流域を設定すると、空間的に多様な支流の比流量が流域面積の増加に伴って一定値に集約する傾向があることが分かっている。これは、空間代表性が発現しているためと考えられる。また、流域内の主要な降雨流出過程は、流域面積の増加に伴って変化し、小流域で見られる河川流量変動の高周波成分が大流域では見られなくなることが分かっている。本研究は、千葉・横尾(2015)の降雨流出過程の逆推定法を用いて、このスケール依存性と空間代表性の発現過程を明らかにすることを目的としている。

## 2. 方法

本研究は日本とアメリカの計 107 流域を対象とし、国土交通省の水文水質データベースと United States Geological Survey から河川流量の毎時のデータを取得し、集水面積で除した流出高データを作成した。

流出高データは、日野・長谷部 (1985)のフィルター分離法で成分分離した。フィルターの構築に必要な通減時定数は、流出高の通減部に指数関数をあてはめて求めた。

次に Kirchner (2009)の手法と日野・長谷部 (1985)のフィルター分離法を組み合わせた千葉・横尾 (2015)の手法にならい、雨水貯留量を成分別に推定した。

さらに、Yokoo *et al.* (2017)の手法に基づいて、成分別の毎時の雨水貯留量と流出高のデータを拘束条件としてタンクモデルの構造とパラメータを同定した。

以上の手法で求めたタンクモデルの構造とパラメータが流域面積の変化に伴って変化する様子を調べることで、降雨流出過程のスケール依存性と空間代

表性の発現過程を調べた。

## 3. 結果

図 1 から図 5 は縦軸に流出高の各成分の年平均、横軸に流域面積をそれぞれプロットした結果である。流量 $q_1$ が降雨に対する応答が最も速い成分であり、 $q_5$ が最も遅い成分である。これらの結果から、各成分とも  $100\text{km}^2$  から  $10000\text{km}^2$  の範囲に流出高の最大値が出現することがわかる。

以上の結果から、流域面積が小さいと流域が保持する雨水貯留量が少ないため流出高は少ないが、流域面積が大きくなると降水域の区間スケールに近づき、流出高が最大化されると考えられる。その後の流出高の現象は、流域内に占める降水域の割合が相対的に小さくなるため、蒸発散や深部浸透の効果が卓越して流出高が減少していると考えられる。

図 6 では作成した降雨流出モデルの流量 $q$ 、浸透量 $p$ 、貯留量 $s$ の年間平均、流出係数 $a$ 、浸透率 $b$ 、流出孔の高さ $s_0$ をまとめた。(a)は小流域で同定された 5 段のタンクモデルの平均値、(b)はアメリカの流域面積の大きな河川で見られた 4 段のタンクモデルの平均値である。この図から、大流域では速い流出成分がなくなること、有効降雨(最終的に河川に流出する降水量)が少なく、成分別の流出と浸透が小さくなっていることが分かる。この結果は、降雨流出過程は空間スケールに依存し、それを再現するモデルの構造や振る舞いにも影響していることを証明している。

今後はデータ解析をさらに進め、スケール依存性と空間代表性の発現過程を詳細に調べ、その全貌を明らかにする。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 16K0651, 16KK0142 の助成を受けたものである。データは、USGS, 水文水質データベース, HJ Andrews 試験流域から入手した。

キーワード 通減特性, 集中型降雨流出モデル, 雨水貯留量変動

連絡先 〒960-1296 福島市金谷川 1, 電話: 024-548-5241

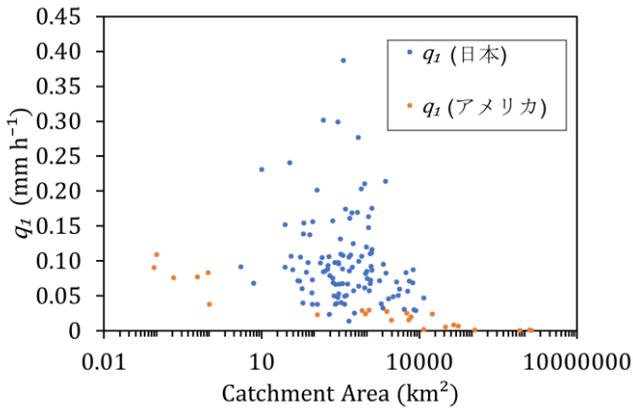


図1 流域面積と $q_1$ の年間平均の関係

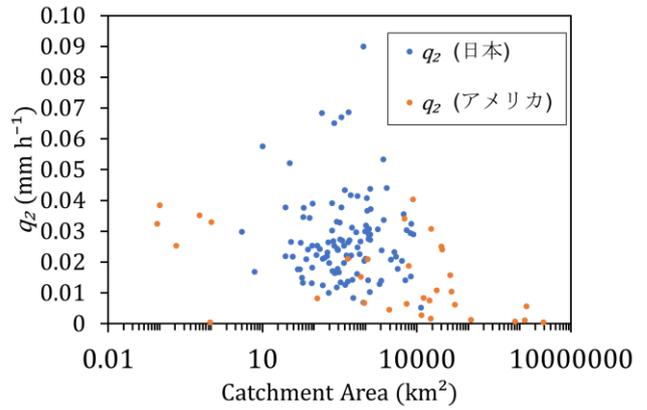


図2 流域面積と $q_2$ の年間の平均値の関係

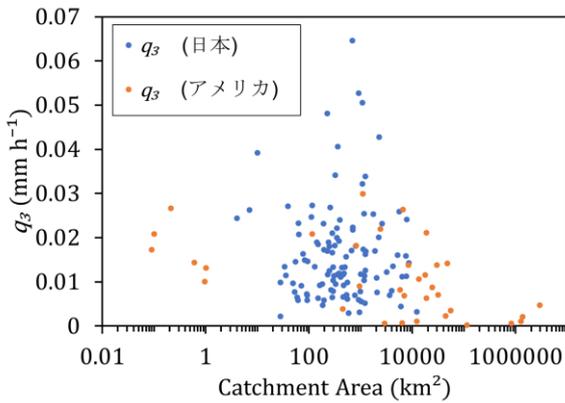


図3 流域面積と $q_3$ の年間の平均値の関係

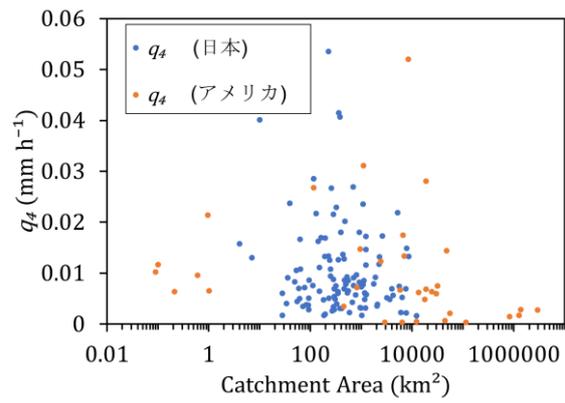


図4 流域面積と $q_4$ の年間の平均値の関係

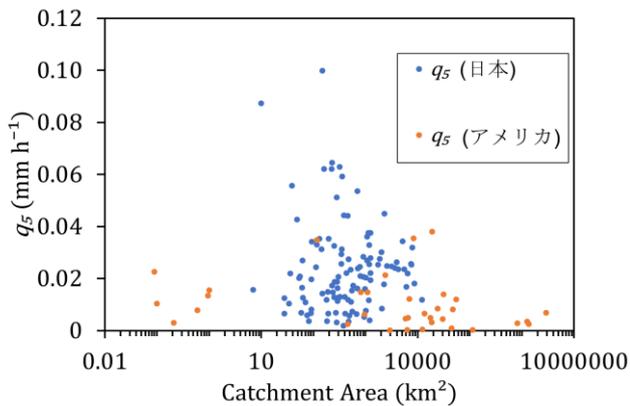


図5 流域面積と $q_5$ の年間の平均値の関係

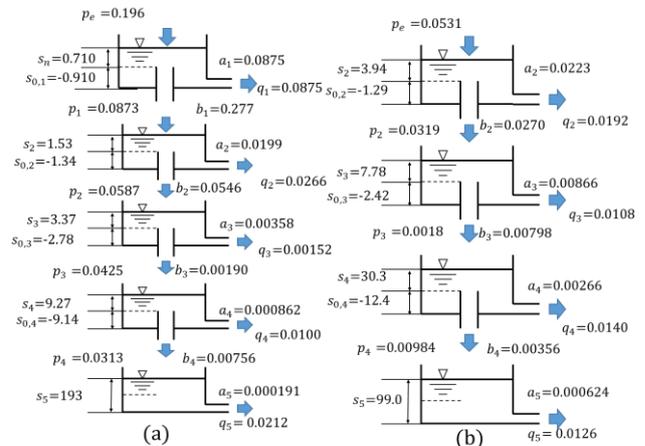


図6 タンクモデルの年間の平均値の比較 ( $q$ と $p$ の単位は  $\text{mm h}^{-1}$ ,  $s$ と $s_0$ の単位は  $\text{mm}$ )

参考文献

Kirchner, J.W. (2009) Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-modeling, and doing hydrology backward, *Water Resource Research*, 45, W02429, DOI: 29/2008WR006912.

Yokoo, Y., Chiba, T., Shikano, Y., Leong, C. (2017) Identifying dominant runoff mechanisms and their

lumped modeling: a data-based modeling approach, *Hydrological Research Letters*, 11, 128-133. DOI: 10.3178/hrl.11.128.

日野幹雄, 長谷部正彦 (1985) 水文流出解析—FORTRANとBASICによる, 森北出版, 254pp.

千葉宇彦, 横尾善之 (2015) 流域スケールの雨水貯留量推定法の理論的修正とその効果, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, No.4, pp.I\_289-I\_294.