

降雨流出過程のスケール依存性の発生機構に関する検討

○福島大学共生システム理工学類 学生員 本田 樹
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

降雨流出機構における「スケール問題」は1995年に広く注目されて以来、20年経過した現在でも未解決のままである。「スケール問題」を包括的に取りまとめた Kalma & Sivapalan (1995)は、河川流量などの水文量の空間的ばらつきが流域面積の増加に伴って減少することを示す「空間代表性」と、時空間スケールの変化に伴って主要な降雨流出機構が変化することを示す「スケール依存性」の2つで構成していると報告している。「空間代表性」の発生機構に関する研究は多く存在するが、「スケール依存性」の発生機構に関してはほとんど研究されていない。そこで本研究は、降雨流出過程のスケール依存性の発生機構の解明に向けて、流域面積の大きさと流域内の貯留量の関係性について研究を行った。

2. 方法

本研究は日本とアメリカの流域面積のことなる流域を対象とし、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て、河川流量を日野・長谷部 (1985) が提案した成分分離を用いて成分分離した。日野・長谷部 (1985) が提案した手法では、まず流出高データを片対数プロットし、流出高の逓減部から傾きの異なる複数の逓減部を特定した。次に、この逓減部に指数関数をあてはめて求めた逓減係数の逆数の時定数 T_c を利用して各成分に分離した。

成分分離の後、千葉・横尾 (2015) にならい、Kirchner (2009) の手法を用いて貯留量を以下の手順で推定した。まず毎時の河川流量データの逓減部を対象に、流量減少量と流量の関係を調べた。次に、両者の関係に線形関係を仮定し、その傾きを求めた。この傾きを利用することで、流量減少量と流量の関係を導くことができる。なお、流量減少量と流量の関係を求める際には、無降雨の時間帯を対象にして、蒸発散量が流量よりもはるかに小さいことを条件にデータを選別することで、水収支中の降雨と蒸発散量を無視する。この場合、流量減少量と流量の関係式を積分することで、流域スケールの雨水貯留量と流量の関係式が導かれる。得られた貯留量を用いて、流域面積の大きさとの関係性を解析し、スケール依存性の発生機構を調べた。

3. 結果

図-1 は各流域の発現した降雨流出プロセスの結果である。縦軸の $\log_5 T_c$ は値が小さいほど流出が速いプロセス、値が大きいほど流出が遅いプロセスに相当する。加藤・横尾 (2016) では、流域面積が 1 km^2 以下の流域では流出が最も遅い成分は得られないという結果だったが、本研究では算出することができた。加藤・横尾 (2016) よりも細かい期間で流量の逓減部の特定を行ったためだと考えられる。また、加藤・横尾 (2016) と同様に流域面積が 10000 km^2 以上の流域では流出が早い成分が得られなかった。これにより、流域面積が 10000 km^2 以下の流域では、プロセス数は一定になると考えられる。

図-2 から図-6 は、縦軸に各成分の貯留量の一年の平均、横軸に流域面積を示した結果である。 S_5 - S_{05} から S_4 - S_{04} 及び S_2 - S_{02} は、流域面積 2065 km^2 で貯留量の最大値をとるように分布している。また、 S_3 - S_{03} は流域面積が 6398 km^2 で最大になるように分布している。しかし、最も流出が早い成分である S_1 - S_{01} においては、流域面積が 34 km^2 で貯留量が最大になるように分布している。これにより、貯留量は流域面積に依存している可能性がある。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP16K0650100, JP16K0650100 の助成を受けたものである。

キーワード タンクモデル, 成分分離, 流量, 逆推定, 貯留量, 逓減解析

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

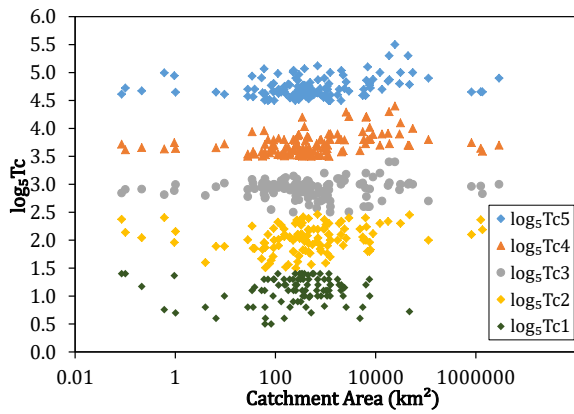


図-1 流域面積と発現するプロセス数の関係

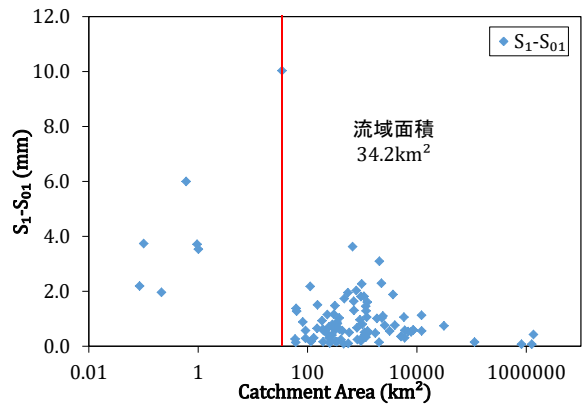


図-2 流域面積と S_1-S_{01} の年間の平均値の関係

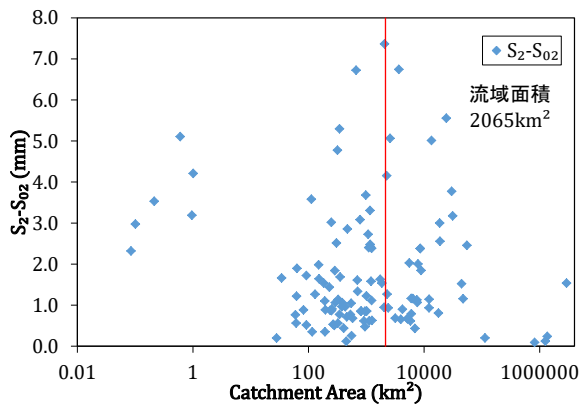


図-3 流域面積と S_2-S_{02} の年間の平均値の関係

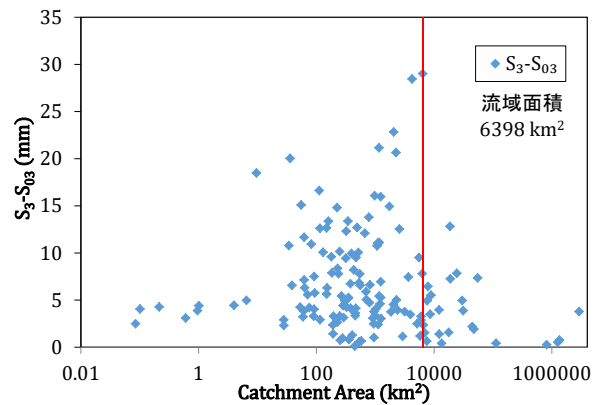


図-4 流域面積と S_3-S_{03} の年間の平均値の関係

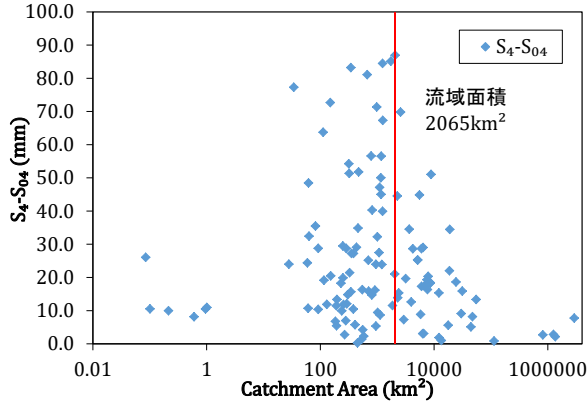


図-5 流域面積と S_4-S_{04} の年間の平均値の関係

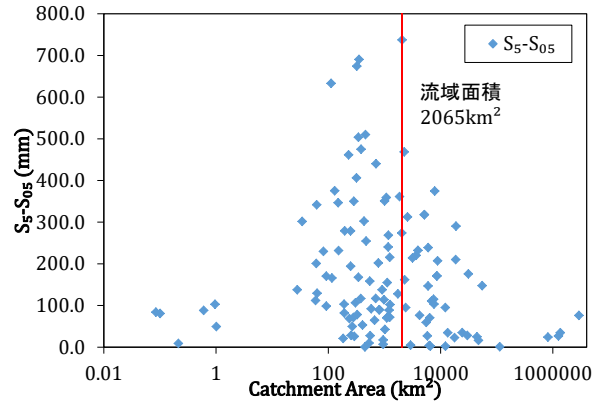


図-6 流域面積と S_5-S_{05} の年間の平均値の関係

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.
- Sivapalan, M, Kalma, J.D. (1995) *Scale issues in hydrological modelling*, John Wiley and Sons, Chichester, UK, 489pp.
- 日野幹雄, 長谷部正彦 (1985), 水文流出解析, 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.
- 加藤光, 横尾善之 (2016) 東北地方の流域における降雨流出機構のスケール依存性, 東北地域災害研究, 第 52 巻, pp.19-24.