

植生動態モデルにおける新しい流量生成サブモデルの導入と精度の検討

芝浦工業大学大学院 学生員 ○酒巻 史歩
芝浦工業大学工学部 正会員 宮本 仁志

1. 序論

近年、日本の多くの河川で河道内の樹林化が進行し、治水面および環境面で河川管理上の問題となっている。この樹林化は、中・長期にわたって河道形状や植生状況を変化させるため、それら河道特性を考慮した適切な管理が重要となる。この中長期の河川管理課題に対して、筆者らは河道内における流量インパクトの確率過程特性を考慮した植生動態モデル¹⁾を開発してきた。この植生動態モデルは、図-1 に示すように流量生成・河川流解析・数理生態・河川ネットワークの4つのサブモデルから構成される河川環境評価の統合型モデルである。本研究では、そのうち流量生成サブモデルの改良のため、近年までに提案されてきたモデルを調査し、植生動態モデルへの導入を検討した。

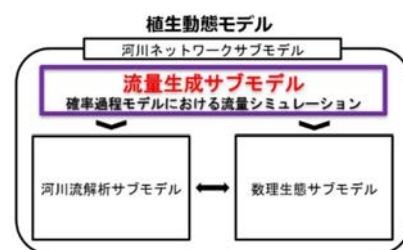


図-1 植生動態モデル¹⁾の概要



図-2 加古川流域と流量観測地点

2. 対象河川

本研究では兵庫県を流れる一級河川加古川を研究対象とした。図-2 に加古川の流域図と流量観測地点を示す。本研究では加古川の観測所のなかで、兵庫県小野市に位置する大島観測所と西脇市の板波観測所、船町観測所の3地点を選定し、国土交通省水文水質データベース²⁾より記録された32年間の日平均流量データを利用した。

3. 研究手法

3-1. 流量生成サブモデルの改良方針

本研究の流量生成サブモデルでは、河道内における植生の流亡・新規参入・成長など植生動態を的確にモデル化するため以下3点がポイントとして挙げられる：(1)ピーク流量の再現性、(2)渇水期の低水流量の再現性、(3)長期間の日平均流量の生成(本研究では100年間を仮定)。筆者らの植生動態モデル¹⁾ではこれまで、Weissのショットノイズモデルを用いて、観測流量から出水規模・逓減率・生起確率を統計的に算出し、流量時系列を疑似生成してきた。このショットノイズモデルは洪水流量のインパクトをよく再現する一方で、渇水期流量の再現性に課題があった。

3-2. 新規モデル

本研究では、流量生成モデルに関して、ショットノイズモデルの後継を含めて最近までに開発されたモデルの体系的な文献調査を行った。その結果、本研究ではBrunnerら³⁾によって開発された流量生成モデルPRSimを選定し、植生動態モデルへの導入のための流量再現特性を検討した。このPRSimモデルは、ヨーロッパやアメリカの河川を対象とした流量予測に用いられ、流量生成に関しては日平均流量を生成できる。

3-3. 流量データセット作成と検証

日平均流量の作成は次の手順で行った：(1)国土交通省水文水質データベース²⁾より対象観測所の日平均流量を取得する、(2)得られた流量データをPRSimモデルへ入力して日平均流量時系列を生成する、(3)流量生成データをグンベル分布に適合させてT年確率流量など極値統計を算出し、流量生成データの高水流量時の精度を検討する。

4. 結果と考察

4-1. 流量生成サブモデルの精度検証

表-1に極値統計の結果を示す。表では、上段にショットノイズモデルから求められた確率流量を、中段に実際のキーワード 河川樹林化、植生動態モデル、流量生成、PRSim model、極値統計

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 宮本仁志 miyamo@shibaura-it.ac.jp

流量観測データから算出した確率流量を、下段に PRSim モデルの確率流量を示している。表よりリターンペリオドの大小に拘らず 3 つの確率流量はほぼ同規模の値となることがわかる。これより今回検討する PRSim モデルは高水流量の精度が検証され、植生動態モデルにおける流量生成サブモデルで必要とされる 3-1(1)ピーク流量の再現性が担保されたといえる。

また、本研究の PRSim モデルは、empirical 分布により得られた流量データを季節性に考慮して日平均流量時系列に再構成している。そのため、渇水期の日平均流量に関しても 3-1(2)の渇水期の低水流量の再現性が担保される。

一方、3-1(3)長期間の日平均流量の生成については、本研究で用いた PRSim モデルは与年数と同じ年数分の日平均流量予測を生成するものであった。本研究では 32 年間の日平均流量時系列に対して、同年間の日平均流量が生成可能であったため、任意の長期間日平均流量時系列は生成されなかった。

4-2. ショットノイズと PRSim の合成流量モデル

4-1 で挙げられた課題に対応するために、本研究ではショットノイズモデルと PRSim モデルの双方の利点を活用し、両者の生成流量を合成することで長期間の日平均流量の生成を試みた。上述のようにショットノイズモデルはピーク流量の再現性と長期間の日平均流量生成が担保され、一方で、PRSim モデルは高水・渇水流量の再現性が一定精度で検証される。両者の合成方法として、本研究では、ショットノイズモデルでの生成流量のうち、低水流量以下の流量を PRSim モデルでの流量に置換することとした。

図-3 に合成流量モデルにより生成した 100 年間の日平均流量を例示する。ここでは、ショットノイズモデルにおいて課題となっていた渇水期の低水量の再現性が改善されている。それに伴って、図-4 の赤枠で示されるように、ショットノイズモデルでは低水位時に微小流量となっていた流量生成の課題も PRSim モデルの使用により改善された。以上より、本研究で検討したショットノイズと PRSim の合成モデルは、実河川の流量特性を長期間にわたり擬似生成できることが確認される。なお、両モデルの流量合成手法については現在簡便な方法を用いており、今後詳細に検討する予定である。

5. 結論

本研究では、植生動態モデルにおける流量生成サブモデルの改良のために既存モデルの文献調査を行い、PRSim モデルの導入を検討した。その結果、PRSim モデルはピーク流量の良い再現性は示したものの、長期間の時系列生成に課題があった。そのためショットノイズと PRSim の合成流量モデルを提案し、実河川の流量特性を長期間にわたり擬似生成できることを確認した。今後は、合成流量モデルにおける合成手法を詳細に検討する予定である。

参考文献: 1) Miyamoto, H., and R. Kimura (2016), Tree population dynamics on a floodplain: A tradeoff between tree mortality and seedling recruitment induced by stochastic floods, *Water Resour. Res.*, 52, doi:10.1002/2015WR018528. 2)国土交通省 水文水質データベース <http://www1.river.go.jp/> (2023/3/29 接続確認) 3) Brunner, M. I., Bárdossy, A., and Furrer, R. (2019), Technical note: Stochastic simulation of streamflow time series using phase randomization, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 23, 3175–3187, <https://doi.org/10.5194/hess-23-3175-2019>.

表-1 極値統計の解析結果

大島観測所 流量 (m/s)	1.5年確率流量	3年確率流量	5年確率流量	10年確率流量	20年確率流量	30年確率流量
既存モデル ショット ノイズ	673	989	1158	1352	1523	1617
観測データ	485	863	1089	1373	1645	1802
新規モデル PRSim	533	861	1057	1305	1542	1678

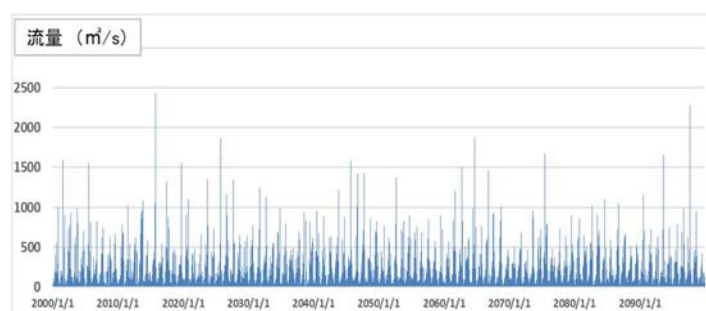


図-3 生成した 100 年間の日平均流量

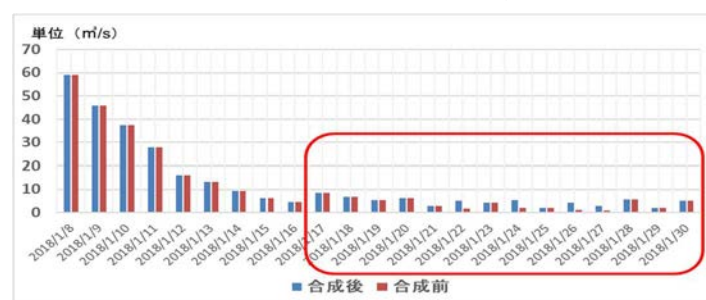


図-4 合成前後のモデルにより生成した流量時系列の比較