

神戸大学大学院 学生員 ○木村諒・盛岡淳二, 正会員 宮本仁志  
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一, 学生員 魚谷拓矢  
 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥康治, 学生員 大地洋平・阿河一穂・檜達也

1.はじめに

近年、日本の多くの河川で樹林化が顕在化している。河道内の樹林化は出水時の疎通能低下による局所的な水位上昇や流木被害を引き起こすため、その適切な管理が求められる。自然営力に基づく樹林管理を目指し、筆者ら<sup>1)</sup>は植生動態の確率モデルを構築してきた。このモデルでは、植生の外力項として出水によるインパクトを流量時系列データより与える。本報では一級水系加古川を対象として、流域内の任意の河道における流量時系列の再現手法を提案する。

2.対象流域と観測流量の概要

図1に加古川流域を流量観測所とともに示す。河口距離 23.2~23.8km では2008年より継続的に現地植生観測を実施し、植生動態モデルのパラメータを同定してきた<sup>1)</sup>。観測資料には国土交通省の日平均流量を用いた。観測年数はそれぞれ、別所橋：19年、大島・万願寺：20年、小野前・古川：23年、船町：28年、板波・国包：34年である。

3.ショットノイズモデルの概要

流量時系列はショットノイズモデル<sup>2)</sup>を用いて生成する。ショットノイズ過程は式(1)で与えられる。

$$Q(t) = \sum_{m=N(-\infty)}^{N(t)} y_m \exp[-b(t - \tau_m)] \quad (1)$$

ここに、 $N(t)$ : 単位時間あたりの出水事象の生起率が $\nu$ であるポアソン過程、 $y_m$ : 降水により時刻 $\tau_m$ で起こり始める出水の規模で、平均が $\theta$ の指数分布  $f(y) = 1/\theta \exp(-y/\theta)$  に従う確率変数、 $b$ : 出水事象の平均減衰率、である。本報では上記3つのパラメータ、平均ジャンプ高 $\theta$ 、イベント発生率 $\nu$ 、減衰率 $b$ を水系全体で推定し、流量時系列を日単位で生成する。パラメータ推定は植生動態モデルにおける季節性を考慮し、月単位で行う<sup>1)</sup>。

4.ショットノイズモデルのパラメータ推定

平均ジャンプ高 $\theta$ は出水の規模を規定するため、まずは確率流量による推定を検討した。 $\theta$ の推定式は確率流量の線形関数で与える。確率年は高水敷に水が浸入する限界の流量<sup>3)</sup>である1.5年確率以上の規模とし、1.5, 3, 5, 10, 20, 30年確率を採用した。図2に $\theta$ と確率流量の関係を示す。図には凡例の色と対応した決定係数を併記した。これより、両者に明確な線形関係が成り立つことがわかる。

次に、確率流量を河道地形の特性量の一つであるマグニチュードから推定し、 $\theta$ をマグニチュードの関数で表現することを検討した。Horton-Strahler<sup>4)</sup>の河道位数則より、確率流量とマグニチュードの間に式(2)の関係を仮定する。

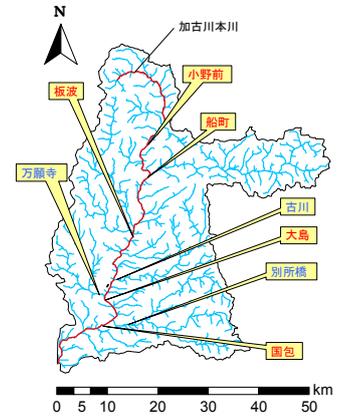


図1 加古川流域図

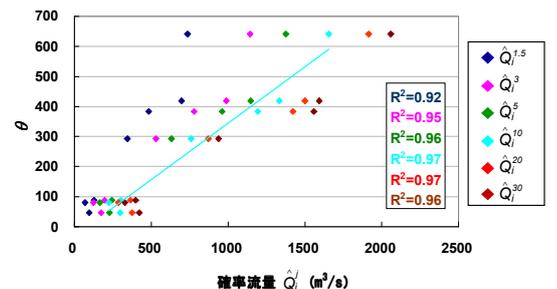


図2 確率流量と $\theta$ の関係(9月)

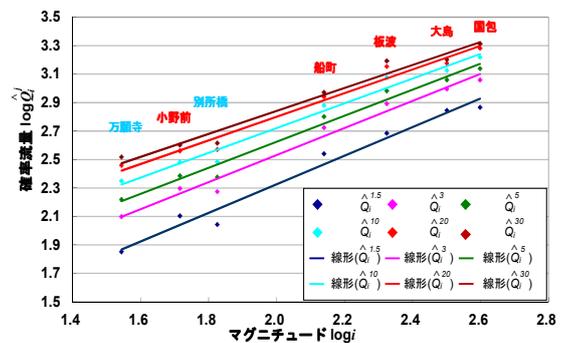


図3 確率流量とマグニチュードの関係

$$\hat{Q}_i^j = a_1^j \cdot i^{a_2^j} \quad (2)$$

ここで、 $\hat{Q}_i^j$  : マグニチュード  $i$  の河道における  $j$  年確率流量 ( $m^3/s$ )、 $a_1^j$ 、 $a_2^j$  : パラメータ、である。図 3 に確率流量と  $i$  との関係を示す。これより、両者には明確な線形関係が確認される。以上より、 $\theta$  は流域における任意河道位置のマグニチュード  $i$  から推定可能となった。

図 4 に、観測所ごとのイベント発生率  $\nu$  と減衰率  $b$  の月間推移を示す。図では、観測所間での両パラメータのバラつきは小さい。これは、今回検討した観測点は主流沿いの中下流部に位置し、加古川の流域スケール ( $1,730km^2$ ) がそれほど大きくないため、上下流での出水特性の差異が  $\nu$  や  $b$  に顕著に反映されなかったためと推察される。これより、本報では両パラメータを平均値で与えることにした。

以上のパラメータ推定から、ショットノイズモデルが流域全体に拡張され、任意の河道での流量時系列が再現される。

### 5. 流量時系列データの再現性

本報では流量時系列を再現する地点を国包観測所とし、観測資料と生成流量を

比較する。また、この生成流量においては、基底流出成分の加算補正により再現性の向上を別途図っている。図 5 に、観測流量と生成流量によるヒドログラフをそれぞれ例示する。これより、出水の季節性や規模・頻度がよく再現されていることがわかる。一方、出水後の流量低減は十分に再現されない傾向にある。図 6 は、観測資料と生成流量から算出した  $b$ 、 $\nu$ 、 $\theta$  の比較である。 $\theta$  と  $\nu$  は両者で変化傾向と値が概ね一致する。ただし、1月の  $\nu$  で値の開きが顕著である。これは、1月は観測資料に欠測が多く、パラメータが適切に推定されていないためと考えられる。一方、 $b$  については両者間で傾向は概ね再現されるが、生成流量による推定値が全体的に過大である。これは、先述した基底流出成分の再現性が不十分であることに起因すると考えられる。しかし、植生動態解析において死亡率の推定目的で生成流量を使用する限り、 $b$  の過大評価傾向の影響は小さく、本報で提案する流量時系列シミュレーションは十分な再現性が得られるものと判断できる。

### 6. おわりに

ショットノイズモデルのパラメータ推定を行い、流域内の任意の河道での流量時系列の再現手法を提案した。生成流量は消長解析を行うのに十分な再現性があることが確認された。今後は、パラメータ変化による消長評価の感度分析や、低水流量における生成流量時系列の再現性向上を検討する予定である。

【参考文献】 1) 宮本他: 流量変動のインパクトを考慮した河道内樹林動態の確率モデル, 水工学論文集, 第 55 巻, 2011(印刷中). 2) Weiss, G.: Shot noise models for the generation of synthetic streamflow data, *Water Resources Research*, Vol.13, No.1, pp.101-108, 1977. 3) Leopold, L.B.: A view of the river, Harvard University Press, 294p., 1994. 4) Strahler, A.N.: Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, in *Handbook of Applied Hydrology*, Chow, V.T.ed., Section 4-II, Geology, pp.4-39-4-76, McGrawHill, 1964.

