

フィルタード・ポイント過程を用いた日流出量の確率応答に関する研究

徳島大学大学院 学生員 ○矢部雅紀
 徳島大学工学部 正 員 端野道夫
 徳島大学大学院 学生員 岳 生

1. はじめに

本研究は間欠的生起特性を有する日単位の降雨時系列から適当な線形応答関数を介して、日流出量時系列の積率特性を推定することを目的としている。その推定するモデルとして、ショット・ノイズ過程と呼ばれるモデルがある。^{1) 2)} しかし、このモデルの基本仮定には無理があると考え、本研究では、日降水発生の確率分布はその平均と分散の大小関係を基に、二項分布、ポアソン分布、負の二項分布のいずれかで表す。日降水量は実測データの3次の積率までを考慮する。線形応答関数としてタンクモデル型のものを使うものとしてあつかわれたプロセスをフィルタード・ポイント過程として提案する。

2. フィルタード・ポイント過程としての流出量の積率

本研究では、直列タンクモデル、並列タンク付加モデルの流出量の積率を与える式を誘導した。右にその式を示す。また式中の複合±の正符号は日降水発生が負の二項分布に従うとき、負符号は二項分布に従うときに、ポアソン分布に従うときはkを含む項は無視する。

λ ; 降水発生率, k ; (負の) 二項分布のパラメータ

$E(u), E(u^2), E(u^3)$; 雨の1次, 2次, 3次モーメント

$h(s)$; 直列モデルの応答関数

$E(u_e), E(u_e^2), E(u_e^3)$; 並列タンクに入ってくる雨の1次, 2次, 3次モーメント

$h_1(s)$; 並列タンクを除いた応答関数

$h_2(s)$; 全体の応答関数

$Pr_1, Pr_2, Pr_3, Pr_{cov}$; 並列タンクから流出が起こる確率

3. 採用するタンクモデルの構造とその応答関数

本研究で採用するタンクモデルは、直列3段タンクモデル、直列4段タンクモデル、並列タンク付加モデルの3種類である。これらのタンクモデルの構造はフィルタード・ポイント過程の前提条件である線形応答関数になるようにその構造を設定する。それらの構造は図-1に示すとおりである。それぞれの応答関数の具体的な形は省略するが、どの応答関数も低減係数が異なった指数関数の和で与えられる。例として、直列3段タンクモデルの応答関数を(7)式に示す。ここに、 $c_1=a_1+b_1, c_2=a_2+b_2, c_3=a_3$, であり、 $D_{0i}, D_{1i}, D_{2i}, D_{3i}, (i=1, 2)$ はパラメ

直列タンクの流出量の積率

$$r_1(y_i) = E(u) \cdot \int_0^t \lambda \cdot h(s) ds \quad (1 \text{ 次の積率}) \quad \dots(1)$$

$$r_2(y_i) = E(u^2) \cdot \int_0^t \lambda \cdot h(s)^2 ds \pm r_1(y_i)^2/k \quad (2 \text{ 次の積率}) \quad \dots(2)$$

$$r_3(y_i) = E(u^3) \cdot \int_0^t \lambda \cdot h(s)^3 ds \pm 3 r_2(y_i) r_1(y_i)/k - r_1(y_i)^3/k^2 \quad (3 \text{ 次の積率}) \quad \dots(3)$$

$$\text{Cov}(y_i, y_{i+\tau}) = E(u^2) \cdot \int_0^t \lambda \cdot h(t-\tau) \cdot h(t+J-\tau) d\tau \pm r_1(y_i)^2/k \quad \dots(4)$$

並列タンク付加モデルの流出量の積率

$$r_1(y_i) = \lambda \cdot E(u) \cdot \int_0^t h_1(s) ds + E(u_e) \cdot Pr_1 \int_0^t h_2(s) ds \quad (1 \text{ 次の積率}) \quad \dots(5)$$

$$r_2(y_i) = \lambda \cdot E(u^2) \cdot \int_0^t h_1(s)^2 ds + E(u_e^2) \cdot Pr_2 \int_0^t h_2(s)^2 ds \pm r_1(y_i)^2/k \quad (2 \text{ 次の積率}) \quad \dots(6)$$

$$r_3(y_i) = \lambda \cdot E(u^3) \cdot \int_0^t h_1(s)^3 ds + E(u_e^3) \cdot Pr_3 \int_0^t h_2(s)^3 ds \pm 3 r_2(y_i) r_1(y_i)/k - r_1(y_i)^3/k^2 \quad (3 \text{ 次の積率}) \quad \dots(7)$$

$$\text{Cov}(y_i, y_{i+\tau}) = E(u^2) \cdot \int_0^t \lambda \cdot h_1(t-\tau) \cdot h_1(t+J-\tau) d\tau + E(u_e^2) \cdot Pr_{cov} \int_0^t h_2(t-\tau) \cdot h_2(t+J-\tau) d\tau \pm r_1(y_i)^2/k \quad \dots(8)$$

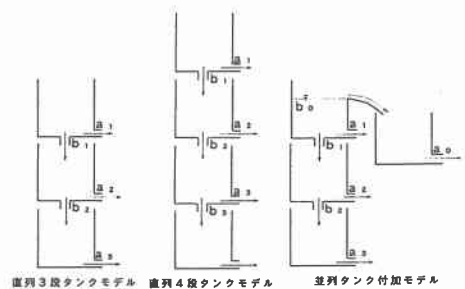


図-1 タンクモデルの構造

ータ a_1, b_1, a_2, b_2, a_3 の関数である。

$$\left. \begin{aligned} h(s) &= D_{01} + D_{11}\exp(-c_1s) + D_{21}\exp(-c_2s) + D_{31}\exp(-a_3s) \quad (0 < s < 1) \\ h(s) &= D_{02} + D_{12}\exp(-c_1s) + D_{22}\exp(-c_2s) + D_{32}\exp(-a_3s) \quad (s > 1) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

4. 適用結果

高知県の早明浦ダム流域(472km²)を対象とし、ダムサイト直下流の本山での降水量データを基に解析を行った。タンクモデルのパラメータを同定する際、これ以外に2つのパラメータを加えた。月平均気温を用いて流域蒸発散量をHamon式により推定するときの補正係数と本山降水量を代表降水量とするための補正係数である。また、解析期間として冬期(1, 2, 12月), 台風期(7, 8, 9月), とその他(3-6, 10, 11月)の3つに分割しそれぞれについて、シンプレックス法によるパラメータ同定を1978-1989年の各年に実施した。その結果の1例を図-2に示す。この図から見ると、低水の区間では直列3段タンク, 直列4段タンク, 並列タンク付加モデルのいずれも精度は良い。しかし、高水が発生しているところでは、直列3段タンク, 直列4段タンクは十分な精度を得ていない。それに対して、並列タンク付加モデルは高水ピーク部分の精度も良い。このことより、並列タンク付加モデルの並列タンクは表面流出成分を十分再現していると考えられ、応答関数として、並列タンク付加モデルが妥当であると判断される。よって、(5)~(8)式を用いて計算し、5日平均流量の平均, 分散, 歪み係数, 自己相関係数を実測値と比較すると、表-1のようになる。この表より、平均, 分散の場合は実測値とほぼ同じ値をとっているの、理論式の2次の積率までは、再現できていると判断する。歪み係数, 自己相関係数では、不十分な結果となった。この原因として考えられるのは、降雨の持続性を考慮していない点であると考えられる。

5. あとがき

本研究では、2, 3日降り続く雨でも日単位の雨として互いに独立であるとみなしてきた。よって、今後の課題として、一雨単位での解析を行うつもりである。

参考文献

- 1) Weiss, G: Shot noise model for the generation of synthetic streamflow data, WRR, Vol. 13, No. 1, 1977 pp. 101-108
- 2) 神田 徹: ショット・ノイズ過程の基礎特性と流量時系列への適用性, 第27回水理講演会論文集, 1983, pp435-442

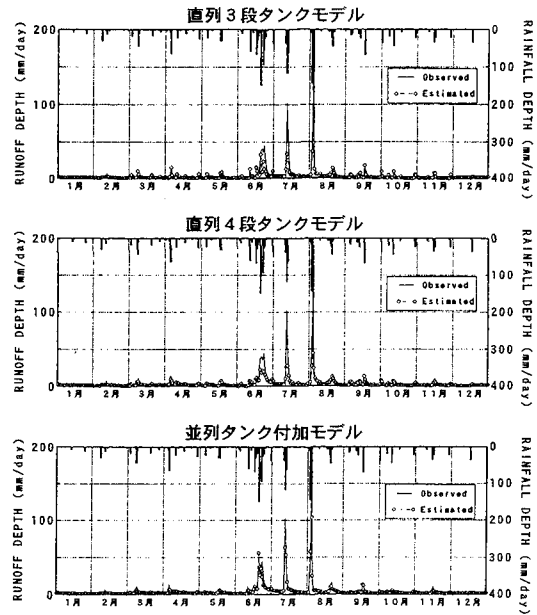


図-2 ハイドログラフ (1978)

表-1 実測値と計算値の比較

月	平均	分散	歪み係数	自己相関係数
1	1.6	2.1	3.579	0.688
2	1.4	2.8	3.185	0.581
3	2.2	5.2	4.600	0.597
4	2.0	6.0	3.328	0.526
5	3.8	19.0	7.386	0.517
6	3.4	19.7	4.549	0.577
7	5.2	24.7	5.528	0.440
8	4.3	27.9	4.425	0.530
9	5.7	58.5	9.511	0.419
10	4.6	57.3	5.591	0.448
11	7.4	104.1	5.618	0.361
12	6.4	132.6	3.936	0.460
1	8.3	257.3	8.196	0.219
2	11.0	222.0	3.747	0.357
3	10.8	977.3	7.493	0.234
4	13.6	771.2	4.206	0.226
5	11.5	1224.8	7.248	0.215
6	13.1	864.1	3.985	0.189
7	5.8	425.5	12.208	0.236
8	5.7	195.5	5.899	0.117
9	2.7	36.5	18.355	0.322
10	2.5	23.1	5.918	0.257
11	1.9	9.8	11.464	0.410
12	1.7	13.0	11.220	0.657

(上段: 実測値, 下段: 計算値)