

東京工業大学 学生会員 原 輝彦
 東京工業大学 正会員 日野 幹雄
 東京工業大学 正会員 長谷部 正彦

1. はじめに

入力の降雨が定常白色雑音とみなせる場合には、降雨-流出系の入力^(2,2)は定常確率過程で表現できる。日降雨は、一般に入力が定常白色雑音として扱うことができるが、時間単位降雨の入力は非定常確率過程であるので、前記の場合の白色雑音のようには考えにくい。しかしながら、出力である流出量をフィルターにより、流出成分に分離し、これにAR or ARMAモデルを、入力が零となる洪水逆減部に適用することにより時間単位に拡張できる。本解析でのシステム構成を図-1に示す。

2. AR or ARMAモデル

時系列解析におけるARMAモデル(Autoregressive Moving Average)は下記の式である。

$$a_0 y_i - a_1 y_{i-1} - \dots - a_p y_{i-p} = b_0 x_i + b_1 x_{i-1} + \dots + b_q x_{i-q} + E_i \quad (1)$$

ここに、 y_i ; 流量時系列, x_i ; 降雨時系列, E_i ; 雑音

(1) 式の x_i の項をすべて0とするとARモデルである。

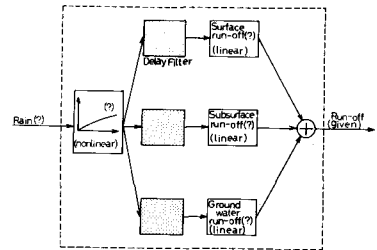


図-1 システム構成

3. 流量時系列の分離

流量時系列の分離の周波数の決定には、Linsley地や竹内あるいは吉川Sの洪水hydrographの逆減部による方法を用いる。分離の周波数 f_c [= 0.024 cycle/hour] が決定されると数値フィルターにより2つの流出成分(地下水流出成分, 表面流出成分)に分離する。(図-2)

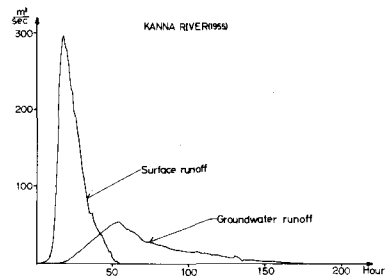


図-2 分離後の流量系列

4. 流域の応答特性

分離した成分 $\{y_i^{(l)}, l = 1, 2, \dots\}$ に、サファイクス1, 2の区別は、地下水流出, 表面流出の区別を意味する。を(1)式のARMAモデルに適用する。

$$y_i^{(l)} = a_1 y_{i-1}^{(l)} + \dots + a_p y_{i-p}^{(l)} + b_0 x_i^{(l)} + b_1 x_{i-1}^{(l)} + \dots + b_q x_{i-q}^{(l)} + E_i \quad (2)$$

上式において、自己回帰係数 $a_1^{(l)}, \dots, a_p^{(l)}$ はhydrographの逆減部の流量により決定する。また、本報告では、 $b_0 = 0, b_2 = b_3 = \dots = b_q = 0$ 、即ち、降雨による応答が1時間ステップ後にはじまる。

(2) 式の係数が決定されると、unit hydrographが(3)式により求まる。(図-3)

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= 0, h_1 = 1/r^{(l)}, h_2 = a_1/r^{(l)} \\ h_3 &= (a_1^2 + a_2)/r^{(l)}; h_m = \sum_{j=1}^m h_{m-j} a_j \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、 $r^{(l)}$ は単位変換係数である。

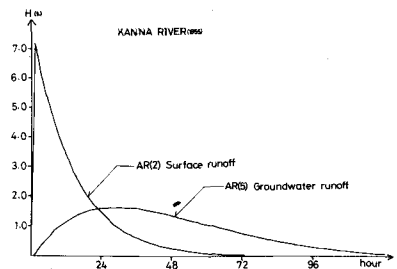


図-3 応答関数

$$r^{(0)} = \frac{3.6}{A(1 - a_1 - \dots - a_p)} \quad (4)$$

ここに、A；流域面積 (km²)，図-3 から地下水流出は 120 時間位，表面流出は 50 時間位で流出している。AR 次数は、表面流出では 2 次、地下水流出では 5 次である。

5. 降雨時系列の逆推定と分離則

(2) 式により各サブシステムの降雨時系列は、(5) 式により推定できる。

$$\hat{x}_{i-1}^{(0)} = r^{(0)} \{ a_1 \hat{y}_{i-1}^{(0)} - a_2 \hat{y}_{i-2}^{(0)} - \dots - a_p \hat{y}_{i-p}^{(0)} - \varepsilon_i^{(0)} \} \quad (5)$$

ここに、 $\hat{y}_{i-1}^{(0)}$ は計算流量である。

更に、システムの妥当性のために、推定された $\hat{x}_{i-1}^{(0)}$ により、逆に計算流量 \hat{y}_i を求めて、実測流量と比較したものを図-4 に示す。

(5) 式により、逆推定を行なった降雨時系列が求まる。図-5 は遅延フィルター (6 時間) を通して前に移動した逆推定の降雨時系列と有効降雨時系列と比較したものである。

最後に、降雨の分離則について、流出に寄与する累加降雨 ($\sum_{i=0}^{bM} \hat{x}_i^{(0)}$) と地下水流出に寄与する累加降雨 ($\sum_{i=0}^{bM} \hat{x}_i^{(0)}$) により分離則を示す。

(図-6) ただし、b は一雨の降雨の始まり時間で M は降雨の終わりの時間である。

6. おわりに

逆推定降雨を前に移動させたことは、降雨を非線形フィルターにより各成分に分離したのちに、さらに遅延フィルターを通すようなシステム構成を示すものと考えられる。また、日単位と同様にこの解析では各サブシステムは線形に扱われ、非線形に扱う必要はなかった。このことは、図-6 で示された様に降雨の分離のしがたに非線形性があるためであると思われる。

参考文献

- 1) 日野幹雄, 長谷部正考; 流量時系列のみによる降雨時系列, 流域の流出特性および流出分離の推定について; 第 23 回水理講演会論文集 1979
- 2) 日野幹雄, 長谷部正考, 原輝考; 流量時系列のみによる降雨時系列, 流域の流出特性および流出分離の推定 その(2); 第 24 回水理講演会論文集 1980
- 3) 吉川考夫, 砂田憲吾, ゲン・ソン・フン; 洪水流量逆推曲線の特性を考慮した流出モデルに関する研究; 土木学会論文集 第 283 号 1979
- 4) 竹内俊雄; 水資源講座 2, 地表水, 土木学会誌 46 巻 No. 11, 1961
- 5) Linsley, Jr. R. K., Kohler, M. A. & Paulhus, J. L. H; Applied Hydrology, Mc Grawhill Book Comp., Inc, 1949

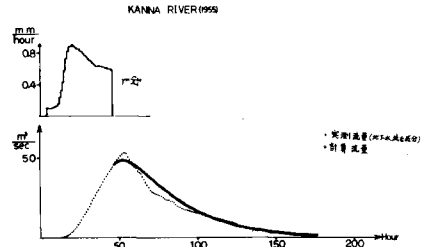


図-4 計算流量と実測流量

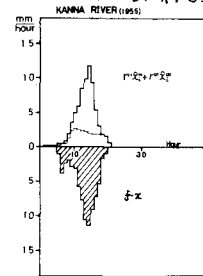


図-5 逆推定降雨と有効降雨

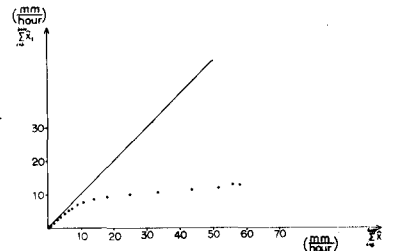


図-6 降雨の分離則