

東京工業大学 正 長谷部 正彦
 “ 正 日 野 幹雄

1 はじめに

著者等は、前回の報告で、降雨-流出系の非線型性は降雨の分離則の非線型に起因しているものとして、入力が平均降雨のまわりの Gauss 分布である場合について日流出量のスペクトルの誘導を試みた。しかしながら、日降雨量に上記の仮定は不自然である。一般に水文量の頻度(確率)分布曲線は、非対称性を示ることが多いとされ、日単位の降雨量の確率分布も、一般には指数分布、対数正規分布等が適用されている。本報告では、負の降雨を含めた Gauss 分布する仮想降雨があり、これが正值領域のフィルターを通ることにより、正規分布の一部であることを日単位の実測資料を用いて検討する。このシステムの概念図を図-1 に示す。

2 日降雨量の確率分布特性

日降雨量の確率分布を調べるために、神流川(S27~S35)の日降雨量の実測資料によるヒストグラムを示す(刻み=2mm/day)(図-2)。この頻度図からでは、降雨量の確率分布は正規分布とみなしがいと思われる。

(a) 非線型伝達要素を通過した出力の確率分布特性

今、不規則信号 x として図1のよ
うな非線型伝達要素を通過した後の
出力 y_t の確率分布を推定する。

$$y_t = \begin{cases} b \cdot x_t & (x_t \geq 0) \\ 0 & (x_t < 0) \end{cases} \quad \dots (1)$$

ここで、 $b = \text{const.}$ 。このような非
線型フィルターを通過した出力 y の確
率分布関数は、(2) 式である。

$$P(y_t \leq y) = \begin{cases} P(x_t \leq \frac{y}{b}) & y \geq 0 \\ 0 & y < 0 \end{cases} \quad \dots (2)$$

(2) 式を入力の変数密度関数 $p_x(x_t)$ を用いて表わすと (3) 式になる。

$$P(y_t \leq y) = \begin{cases} P(x_t < 0) + \int_0^{y/b} p_x(x_t) dx_t & y \geq 0 \\ 0 & y < 0 \end{cases} \quad \dots (3)$$

(3) 式を y に関して微分すると出力の変数密度関数 $p_y(y_t)$ が求まる。

$$p_y(y_t) = P(x_t < 0) \delta(y_t) + \frac{1}{b} p_x(x_t = \frac{y_t}{b}) U(y_t) \quad \dots (4)$$

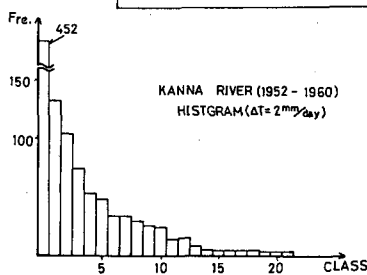
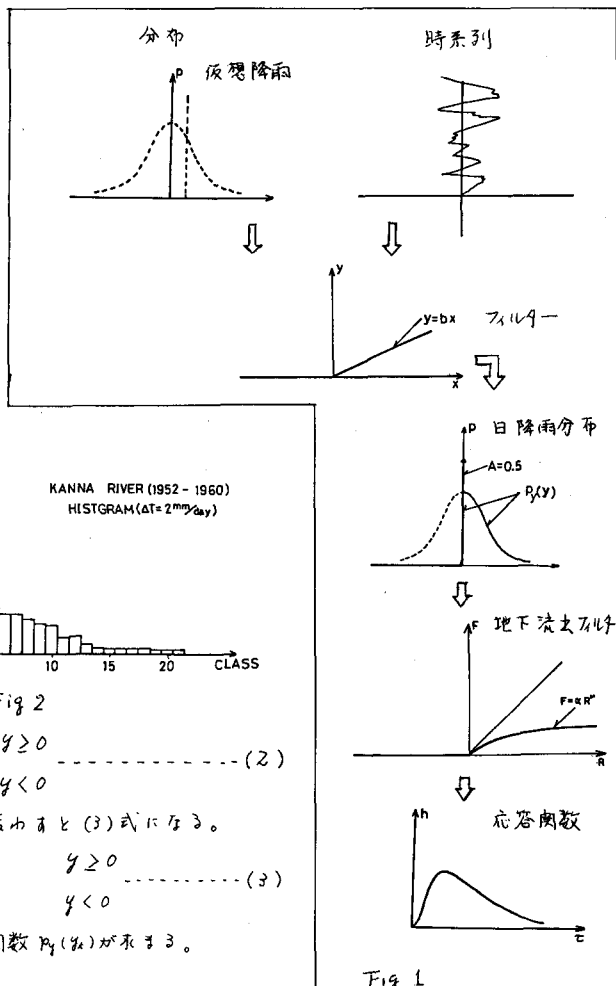


Fig 2

Fig 1

ここに、 $\delta(y_t)$ はデルタ関数、 $U(y_t)$ は unit step function である。また、入カエの不規則信号の確率分布が正規分布

$$P_x(x_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_x} \exp\left(-\frac{x_t^2}{2\sigma_x^2}\right) \quad \text{----- (5)}$$

とすれば、 y の出力の確率密度関数は、(6) 式になる。

$$P_y(y_t) = \frac{1}{2} \delta(y_t) + \frac{U(y_t)}{\sqrt{2\pi} b \sigma_x} \exp\left[-\frac{y_t^2}{2b^2 \sigma_x^2}\right] \quad \text{----- (6)}$$

(6) 式の確率密度関数は、図 1 に示す。

(b) 実測河川への適用

神流川の日降雨で 2 mm/day 以下の降雨は、図 3 に示すように有効降雨とは考えにくいとし 0 降雨にする。このようにして実測データのヒストグラムを求め、この日降雨量の確率分布は、正規分布の一部で近似できる。(図 4) このことは、正規分布する正・負の降雨をもつ仮想降雨が図 1 のような非線型フィルターを通過した出力(実日降雨量)の確率分布特性を表わしているものと推定される。

次に、流出スペクトルの誘導は、降雨の非線型分離則である地下水流出フィルター(図 1)を通過し、分離後の降雨の自己相関関数を特性関数法により計算し($\psi_x(\tau)$)、 $\psi_x(\tau)$ をフーリエ変換して地下水流出系(表面流出系)のシステム関数($H_2(f)$)を求め、さらに地下水流出系(表面流出系)のシステム関数($H_2(f)$)から出力のスペクトル(流出量)を求めることによってなされる。

$$S_y(f) = |H_2(f)|^2 S_x(f) \quad \text{----- (7)}$$

応答関数は システム関数をフーリエ変換して求める。

$$h(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(\omega) e^{i\omega\tau} d\omega \quad \text{----- (8)}$$

あとがき

前回の報告では、入カが平均降雨のまわりにガウス分布していると仮定して、特性関数法を用いて流出スペクトルを誘導した。実測の日降雨量資料を用いて、日降雨の確率特性を調べると、平均値のまわりには Gauss 分布してゐるとは仮定しにくい。そこで本報告では、負を含めた仮想降雨を入力と仮定し、非線型フィルターを通過することにより、実測の日降雨量が正規分布の一部であることが検討された。今後は、実際の降雨の非線型分離則を推定して、その分離則を用いて、流出スペクトル(地下水流出、中間流出、表面流出及び)を推定し、降雨-流出系の流出機構を検討していく必要があると思われる。

参考文献

日野幹雄、長谷部正孝：特性関数法による非線型流出系の流出スペクトルの理論、第 34 回年報。

Davenport & Root : An Introduction to the theory of random signals and noise, International Student edition.

Rice ; 雑音理論, (宮脇-男訳) 電気書院

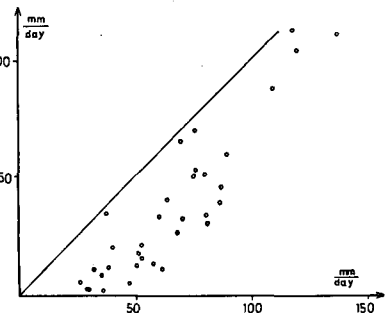


Fig 3

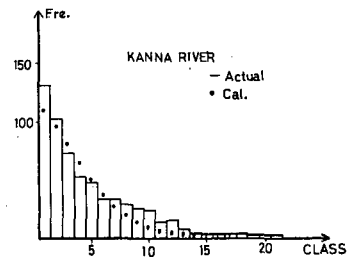


Fig 4