

洪水流金解析のための降雨型に関する研究

建設省東北地方建設局正員
佐々木賀一
工修 ○尾田栄章

§1 はじめに

本研究の目的は、河川計画論における重要な概念である降雨の超過生起確率と浸水流出と結合した形で統一的に把握する事、および、Digital Computerの使用を考慮してからかく群操作のための手法を開発する事である。この第一歩として、本研究では降雨量をテンソル量 $[R_{ij}]$ として明確に把握し、 $[R_{ij}]$ を用いた降雨の洪水流出への変換機構の表現を試みる。この時 Unit Graph法による変換系の時間独立性と合わせられる。次に簡単なモデルにより河道配列や降雨と流出の関係に及ぼす影響について考察し、同一地点に対する降雨確率と流量確率のズレや河道配列による差を示唆し、最後に、確率論的考察の一階層と二階層降雨を考慮したLagrange相関を用い、北上川上流域の浸水降雨を例にとり降雨時間分布型の考察をおこなう。

§2 降雨量の表示と流出への変換系

大流域でも河川の流出解析では、降雨特性を次の2種類のテンソル量として明確に把握する事が必要である。

$$[R_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1N} \\ & \ddots & \\ r_{M1} & \cdots & r_{MN} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

$$\begin{cases} r_{ij} : 時刻 i における分割流域番号 j の降雨量 \\ M : 全降雨時間 \\ N : 全分割流域番号 \end{cases}$$

$$[R_i] = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{iN}] \quad (2-2)$$

$$[R'_j] = \begin{bmatrix} r'_{1j} \\ \vdots \\ r'_{Mj} \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

$[R_i]$ ：時刻 i における全流域の降雨分布型を示す Vector

$[R'_j]$ ：流域番号 j の全降雨時間を通じての降雨型を示す Vector

$[R_i]$ の各要素は、気象条件、地形条件により Lagrange 相関を有し、 $[R'_j]$ の各要素の時系列を互に自己相関を有する。

降雨よりの流金は単位流域に対する第1項を変換率を掛けてと考へられ。



ここで、原単位流域とし仮想的な流域、降雨が始め2水筋を下る流域を考えどおり、Output量を直接測定できない量がある事に注意しなければならない。我々が直接測定可能な降雨と流量、水位の関係は Fig 2 のように図示される。

Fig 2

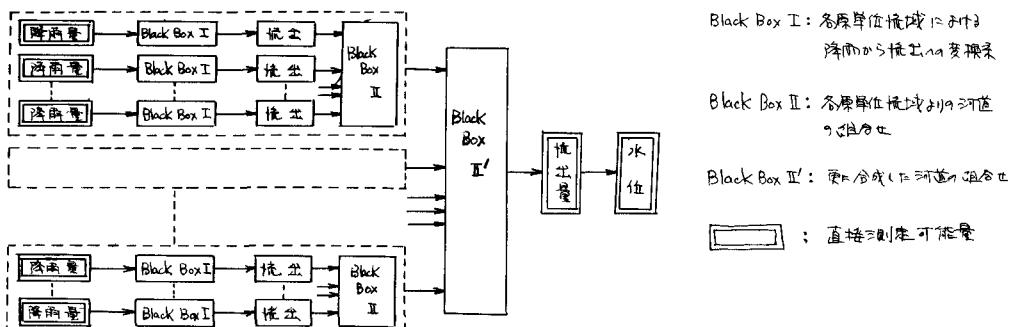


Fig 2 で $[R_{ij}]$ を用いて表現すると次のようになります。

水位、流量を次のように表示する。

$$H = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ H_N \end{bmatrix} \quad Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_M \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

ここで、 $[R_{ij}]$ と $[H]$, $[Q]$ は変換演算子 T により次のようになります。

$$H = T_1([R_{ij}]) \quad (2-5)$$

$$Q = T_2([R_{ij}]) \quad (2-5)$$

一般に時刻 t における水位 H_t は

$$H_t = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{k_j} R_{ij} \cdot t_{ij} \quad (2-6)$$

$$= \sum_{j=1}^N (r_j \cdot t_j) \quad (2-7)$$

$$= \sum_{j=1}^N (r_j^t \cdot t_j^t) \quad (2-8)$$

ここで、変換率 $[t_{ij}]_k$ が $[R_{ij}]$ と $[H_i]$ の変換を決定する3次元テンソルであり、2次元が座標である。一般に用いられる Unit Graph では、変換テンソルは次の様になります。

$$[t_{ij}]_k = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ d_1 & \beta_1 \\ \vdots & \vdots \\ d_k & \beta_k \end{bmatrix} \quad (\text{右行}) \quad (\alpha_1, \dots, \alpha_k), \dots, (\beta_1, \dots, \beta_k) \text{ は } k \times k \text{ 独立な分割}$$

(2-9)

§ 3 河道配列

Fig 2 における Black Box II'、II の流入入射影響を示す目的で、Fig 3 に本モデルを用い、開閉口未

す単位雨量強度の雨域を持つ雨量単位速度分布圖で、河道流出後下流下速度と雨量移動速度に対し 2, 0.5, 1, 2 にてり、変換系を 1.2(2-9) が形を用ひて式(2-8)により電子計算機 FACOM 230-10 を用ひて第 3 次元の雨水流出率分布を算出し、左図は降雨水率分布を示す。右図は変換系 $[t_{ij}]_k$ 及び降雨水率 $[R_{ij}]_k$ の例を示す。計算結果を Fig. 4, 5, 6 に示す。

Fig. 4, 5, 6 より、絶降雨量が同じでも、 $T = k$ では、 $t_{ij} = k$ の流量、流出波形も不可避かである。 ΣR_{ij} は降雨確率と水位確率を結合する為に降雨量と R_{ij} 、 $[R_{ij}]_k$ をとる必要がある事を示すと共に、Black Box I の非線型性を考慮して、Black Box II, II' からより降雨確率と水位確率のズレに大きく影響するよううたはれられる。しかし、其に適して更に検討を加える必要がある。

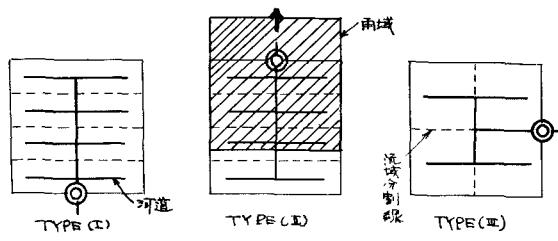
3.4 降雨型の検討

3.2 で述べたように降雨確率と水位確率の結合には、降雨確率と 1.2、 $[R_{ij}]_k$ の生起確率を求めることを必要とする。 $[R_{ij}]_k$ の生起確率を求める事が必要となる。 $[R_{ij}]_k$ の生起確率を (MN) 元確率と 1.2 解析方法を想定して困難である。そこで各列の確率の和をヒリ、各流域の N 確率を考へ才様や考へ得る。この為、第一歩として 3.2 で式(2-3)の R_{ij}' と R_{ik}' の相関性を算出する事とする。 R_{ij}' と R_{ik}' の相関性は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \text{④}(j, k) &= -\frac{\bar{Y}_j \cdot \bar{Y}_k}{\sqrt{\bar{Y}_j^2} \cdot \sqrt{\bar{Y}_k^2}} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^M (r_{ij} - \bar{Y}_j)(r_{ik} - \bar{Y}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M (r_{ij} - \bar{Y}_j)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^M (r_{ik} - \bar{Y}_k)^2}} \quad (4-1) \\ \bar{Y}_j &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M r_{ij} \quad \bar{Y}_k = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M r_{ik} \end{aligned}$$

更に R_{ij}' と R_{ik}' のズレを検討するため、次のズレ時間と考慮して相関を考へねばならない。ズレ時間と考慮して相関

Fig. 3



(2-10) TYPE(I) 流下速度 1

$$[R_{ij}]_k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 1.0 & 1.0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.5 & 0 \\ 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0 \\ 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.5 \\ 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0.5 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0.5 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0 & 0.5 & 1.0 & 1.0 \\ 0 & 0 & 1.0 & 1.0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad [t_{ij}]_k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.05 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.05 \\ 0 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.125 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.25 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.375 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.5 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.625 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.75 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.875 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 1.0 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.5 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \end{bmatrix}$$

Fig. 4 流下速度 0.5

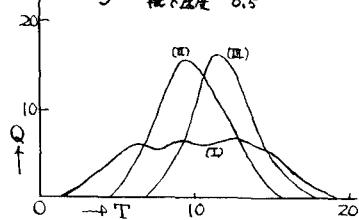


Fig. 5 流下速度 1.0

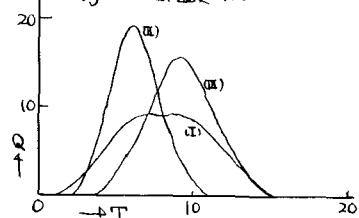
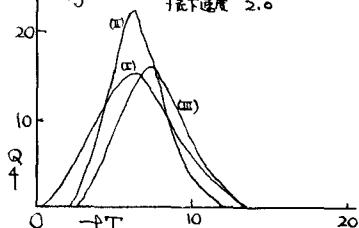


Fig. 6 流下速度 2.0



$$R(j, k, T) = \frac{\frac{1}{(M-T)} \sum_{i=1}^B (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{i-T, k} - \bar{r}_k)}{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \cdot \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (r_{ik} - \bar{r}_k)^2} \quad (4-2)$$

$$\begin{array}{ll} T \geq 0 & A = T+1, \quad B = M, \\ T < 0 & A = 1, \quad B = M+T, \end{array}$$

と定義。

北上川上流域を例にとり、解析対象降雨として降雨原因により台風型、梅雨型における、台風型とし S33.9 降雨、梅雨型とし S30.6 降雨、観測所として Fig. 7 に示す観測所より降雨型の検討を行なった。もし時間 T とし -5~5 をヒリ、(4-2) 式により電子計算機 FACOM 230-10 により計算をおこなう。結果の一例を Fig. 8, 9 に示した。

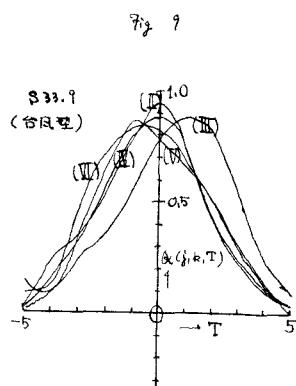
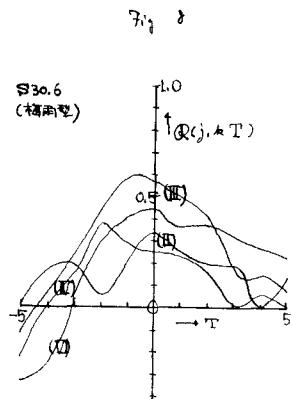


Fig. 8, 9 の流域内相間を示す。台風性の場合には相間性が高く、かつ $|T|$ が下まつて相間が小さくなるほどより、大きなピークをもつ。梅雨型の相間は流域全体に亘り、2~3 倍かかれる。降雨のスレ時間の相間は数日最大で平均時間と一致すると言えられるが、台風性、梅雨性ともにスレ時間は明確にはみられない。

以上の考察より、單一洪水の解析結果によるものであり、更に多くの資料の解析検討にておこなうものが多。

§5 結論

§2, §3, §4 の内容より、現在建設省岩手工事部所が行なうる北上川の流量検討、その他の仕事と並んで 22 号台の工作である。より正確に地下水の侵出機構と降雨との関係について理解するため、更に研究を進める。最後に討論を進める。以下に洪水予報課、諸氏に感謝する。参考文献。