

降雨-流出系の誤差分析に関する一考察

京都大学工学部 正 員 高 棹 琢 馬

京都大学工学部 正 員 池 淵 周 一

鹿 島 建 設 正 員 瀨 戸 重 喜

1. はしかり

本研究は、面積雨量誤差およびその応答関数による変換誤差いわゆる流出誤差が、対象面積の規模および形状、降雨観測所数およびその配置、降雨の相関構造さらには解析単位時間との間にどのような構造を有するかを理論的に展開するとともに、そのシミュレートをはかり、その結果について考察したものである。理論的展開については、すでに31回年講で発表しているので、ここでは主に計算結果およびその考察を報告する。

2. 面積雨量誤差および流出誤差

定常入力値の相関関数を $K(\tau)$ 、定常線形系の応答関数を $h(\tau)$ とすると、定常出力値の分散 V は、 $V = \sum_{i,j=0}^{\infty} K(i-j)h(i)h(j) \dots (1)$ で与えられる。いま、 $K(\tau)$ を面積雨量誤差の相関関数、 $h(\tau)$ を流域単位図と考えると、上式から流出誤差が算定される。途中の誘導課程を省略し、 $K(\tau)$ および $h(\tau)$ の最終結果だけを記述すると以下のようである。

$$K_{n,m,M}(\tau) = \sigma^2 \times \left[\sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \{ \rho_i(n\tau+n-1) + 2\rho_i(n\tau+n-2) + \dots + n\rho_i(n\tau) + \dots + \rho_i(n\tau-n+1) \} + \sum_{i,j=0}^{\infty} \left[\rho_i(n\tau+n-1) + 2\rho_i(n\tau+n-2) + \dots + \rho_i(n\tau-n+1) \right] \times \left[\sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \rho_{ij}(0) + (n-1) \sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \{ \rho_{ij}(1) + \rho_{ij}(1) \} + \dots + \sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \rho_{ij}(n-1) \right] + \delta(\tau-0) \left[\sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \rho_{ij}(0) + (n-1) \sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \{ \rho_{ij}(1) + \rho_{ij}(1) \} + \dots + \sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \rho_{ij}(n-1) \right] + \delta(\tau-1) \left[\sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \rho_{ij}(1) + \dots + \sum_{i,j=0}^{\infty} a_i a_j \rho_{ij}(n-1) \right] \dots (2)$$

$h_{n,m,M}(\tau) = h_{n,m,M}(0) = f_1(M, \xi) - f_2(M, \xi) f_3(M, \xi)^{n-1}$; $\tau=0$, $h_{n,m,M}(\tau) = h_{n,m,M}(1) \cdot e^{-(\tau-1)A_{n,m,M}}$, $h_{n,m,M}(1) = g_1(M, \xi) - g_2(M, \xi) f_3(M, \xi)^{n-1}$, $\beta_{n,m,M} = C_1 n + C_2 M + C_3 \xi + C_4$; $\tau \geq 1, \dots (3)$ ここに、 n : 解析単位日数, m : 降雨観測所数, M : $(=A/a)$, A : 対象流域面積, a : 降雨代表面積, σ^2 : 地点雨量の分散, a_i : τ -セン分割比, ξ : 流域形状比 $(=D/B)$, D : 流域長, B : 流域幅, $\rho_i(\tau)$: 地点雨量の時間相関係数 $(=e^{-\sigma^2 \tau})$, $\rho_{ij}(\tau)$: 地点雨量間の地域相関係数 $(= (A+B \cdot C^{\xi}) \delta(\tau-0) + F \delta(\tau-1))$, A, B, C, F : 地域定数, l_{ij} : 地点間距離, $f_1(M, \xi) = A_1 M + A_2 \xi + A_3$, $f_2(M, \xi) = A_4 M + A_5 \xi + A_6$, $f_3(M, \xi) = A_7 M + A_8 \xi + A_9$, $g_1(M, \xi) = B_1 M + B_2 \xi + B_3$, $g_2(M, \xi) = B_4 M + B_5 \xi + B_6$, $g_3(M, \xi) = B_7 M + B_8 \xi + B_9$, $A_1, \dots, A_9, B_1, \dots, B_9, C_1, \dots, C_4$: 単位図の形状パラメータ。なお、上式の展開においては簡単のため、 τ 地点 j 日雨量 X_{ij} の平均値 $E(X_{ij}) = 0$, 分散 $V(X_{ij}) = \sigma^2$ としているが、 $E(X_{ij}) = m_i$, $V(X_{ij}) = \sigma_i^2$ の場合についても同様に展開でき、 σ_i^2 が σ^2 の中に入っていること、 m_i に関する項が付加されてくるだけである。

3. 計算結果および考察

(2) および (3) 式で与えられるモデル構成および各式中のパラメータは由良川および淀川流域での日雨量、日流量データの解析結果から決定した。表-1 に降雨の時・空間相関構造に関する6つのケースを、表-2 に単位図の形状パラメータを一括して示す。なお、対象流域の大きさおよび形状・降雨観測所の数および配置の組み合わせは、4-1(9), 4-2(16), 4-3(9), 9-1(14), 9-3(23), 9-6(16), 16-1(16), 16-4(25), 16-8(22), 16-12(13), の10箇のタイプを考えている。各タイプの最初の数字は流域面積の大きさを、次の数字は観測所数を、最後のか、こ内は流域形状、観測所配置によるパターン数を意味している。その一例は図-1 に示されている。

図-1(a)は9ユニット6観測所の場合について、その面積雨量誤差の単位日数による相関関数の変化と、(b)は流域形状および観測所配置による変化を例示的に示したものである。また図-2(a),(b)は各タイプによる流出誤差の最大値および最小値を単位日数とともに示したものである。その他の計算結果とも総合して考察すると、以下の点が指摘できる。

1) 降雨観測所を1つ設ける場合には、できるだけ流域重心に、2個以上ではその支配率たとえばThiessen分割率が一様で適当に散らばっているほうが面積雨量誤差は小さい。2) 同じ箇数の観測所を設けるにしても、流域形状が細長い場合には流域の縦横比が1に近い場合よりも面積雨量誤差は大きく、とくにその配置が流域縁辺に集中した場合は大きい。同じ面積雨量誤差を確保するためには、細長い流域では流域形状が1に近い流域よりも多くの観測所を設ける必要がある。3) 対象面積が大きくなると、た場合、それに比例して観測所を多く設けなくとも、それより少ない観測所でもその配置に考慮を払えば、それ相当の面積雨量精度をうることができる。4) 流域面積が大きくなると、流域の貯留効果が大きくなり、面積雨量誤差は吸収され、流出誤差への影響は小さくなる。5) 単位時間の増加にとともに、面積雨量誤差は小さくなるが流出誤差は大きくなる。6) 降雨の相関構造が空間的にも時間的にも独立に近いほど、そのランピングは流出誤差を大きくし、とくに観測所配置の偏在はこうした傾向を助長する。7) 流出解析をする場合には、その要求精度に見合、た空間的・時間的ランピングが必要であり、対象流域の大きさおよび形状、降雨観測所の数および配置降雨の相関構造などを十分に勘案してモデル構成をしなければならぬ。このことは同時に、構成したモデルがもつ誤差からみた有効性、限界性を認識しなければならないことを意味している。

4. あとがき

以上、面積雨量誤差および応答関数による流出誤差について考察したが、今後は、実際流域への適用をはか、て本研究の有効性を高めるとともに、応答関数の誤差内容についても研究し、流出解析の要求精度に見合、たモデル構成法を展開していきたい。

表-1

観測所数	流域形状	観測所配置	面積雨量誤差	流出誤差
1	1	1	1.000	1.000
2	1	2	0.500	0.500
3	1	3	0.333	0.333
4	1	4	0.250	0.250
5	1	5	0.200	0.200
6	1	6	0.167	0.167
7	1	7	0.143	0.143
8	1	8	0.125	0.125
9	1	9	0.111	0.111

表-2

観測所数	流域形状	観測所配置	流出誤差最大値	流出誤差最小値
1	1	1	1.000	1.000
2	1	2	0.500	0.500
3	1	3	0.333	0.333
4	1	4	0.250	0.250
5	1	5	0.200	0.200
6	1	6	0.167	0.167
7	1	7	0.143	0.143
8	1	8	0.125	0.125
9	1	9	0.111	0.111

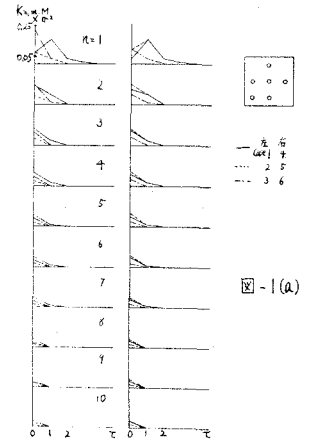


図-1(a)

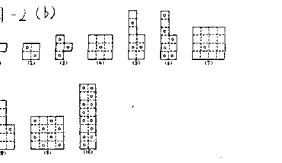
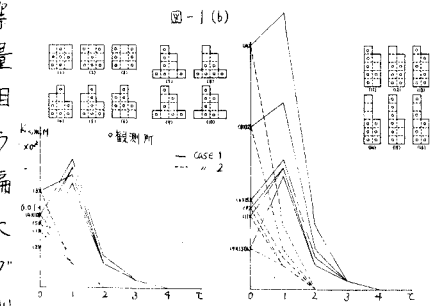


図-2(a)

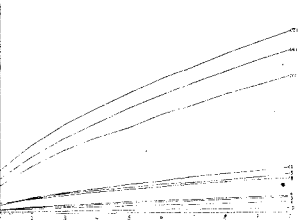


図-2(b)