

信州大学工学部 正員 荒木 正夫

信州大学工学部 正員 寒川 典昭

信州大学大学院 学生員 ○新村 亮

1. 概要

雨量観測所配置の問題は古くから統計論的、情報理論的考察や実測データにもとづく検討が行なわれてきた。現在、一部の地域では、レーダー雨量計が実用化され空間的降雨分布が観測できるようになったが、精度、普及度等の面で、まだまだ従来の観測網に依存せざるをえないであろう。本研究はこのような現状に対処するため Nielsen¹⁾による情報損失理論を面積雨量の算定過程に応用し推定面積雨量のパラメータの精度から雨量観測網、及び面積雨量算定法の評価を行おうとするものである。

2. 面積雨量の統計的性質と情報損失の評価

ある流域内の任意の P 点における時刻 t での降雨強度を $r(t, p)$ 、流域面積を A とした場合、真の面積雨量 $R(t)$ は、

$$R(t) = \frac{1}{A} \int_A r(t, p) ds \quad (1)$$

となる。一方、推定面積雨量 $\hat{R}(t)$ は流域内の n 点の観測所で得られた地点雨量 $r_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, n$) の荷重平均で表される。ここで、降雨強度分布 $r(t, p)$ が時間的、空間的に定常で、流域内の 2 点間の相互相関は距離とラグタイムだけに依存すると仮定すれば、 $R(t)$ 、 $\hat{R}(t)$ の平均は $r(t, p)$ の平均と一致し $R(t)$ 、 $\hat{R}(t)$ の自己相関関数は、

$$C_R(\tau) = \frac{1}{A^2} \int_A \int_A C_r(\tau, d) ds_1 ds_2 \quad (2)$$

$$\hat{C}_{\hat{R}}(\tau) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \frac{1}{\Delta t^2} \int_0^{\Delta t} \int_0^{\Delta t} C_r(u_1 - u_2 - \tau, d_{ij}) du_1 du_2 \quad (3)$$

となる。 C_r は $r(t, p)$ の相互相関関数、 d は任意の 2 点間の距離、 d_{ij} は i, j 観測所間の距離、 w_i は、各観測所にかかる重みである。(3) 式中の積分は Δt 間隔で観測されることによって生じる時間的 Averaging の効果を表している。さて、 $R(t)$ のあるパラメータを α 、 $\hat{R}(t)$ の同じパラメータを $\hat{\alpha}$ とすれば、 $\hat{R}(t)$ 推定によって生じる α のバイアスは、

$$B_E = \alpha_E - \alpha \quad (4)$$

$\hat{R}(t)$ を Δt 間隔でサンプリングし α の推定統計量 $\hat{\alpha}$ を求める時に生じるバイアスは、

$$B_S = E[\hat{\alpha}] - \alpha_E \quad (5)$$

となる。従って、 $\hat{\alpha}$ の全バイアス $B_E + B_S$ 、及び $\hat{\alpha}$ の分散が求められ、情報損失、

$$L = E[|\hat{\alpha} - \alpha|] \quad (6)$$

を求めることができる。パラメータとして、平均、分散、自己相関関数、平均連数、平均連長、平均連面積、極値確率を推定する時のバイアス、分散、情報損失の詳しい算定式は文献 2) を参照されたい。

3. 実流域への適用

ここでは、千曲川水系杭瀬下流域 (2595.9km²) への適用を行なった。同流域には図1のような雨量観測所があるが、この中の建設省所管9観測所の1980~82年の時間雨量データから、1, 2月, 3, 4月, 5, 6月, 7, 8月, 9, 10月, 11, 12月における各観測所間の相互相関係数を求めた。これに、

$$C_r(\tau, d) = e^{-C_1 d} e^{-C_2 |\tau|} \cos(C_3 \tau) \quad (7)$$

$$C_r(\tau, d) = e^{-C_1 d} \{C_4 e^{-C_2 |\tau|} + (1 - C_4) e^{-C_3 |\tau|}\} \quad (8)$$

の2つの式を非線形回帰であてはめ、残差平方和の小さい方を採用し、これを降雨強度の真の相互相関係数と仮定した。求められた係数の値を表1に示す。図2はこれらより、ティーセン法による

面積雨量算定における情報損失を求めた結果である。時間面積雨量の各パラメータの情報損失は観測点数を増やすほど小さくなっている。これは観測点数が少ないほど、変動の大きい地点雨量の効果が大きくなり推定面積雨量の変動が真の面積雨量より大きくなるためである。

また、観測所数5ヶ所以下での情報損失の減少が著しいことから、この流域では最低500km²に1ヶ所の観測所が必要ながわかった。しかし、日雨量から求めた面積雨量のパラメータの推定精度は観測点数にあまり影響されない。これは、時間的平滑化のためせん鋭化した推定面積雨量の変動が押さえられるためである。一方、各地点雨量の算術平均によって面積雨量を求めたところ、この流域の観測所の配置ではティーセン法と、ほとんど違いが見られず、実用上どちらを用いても問題はないことがわかった。

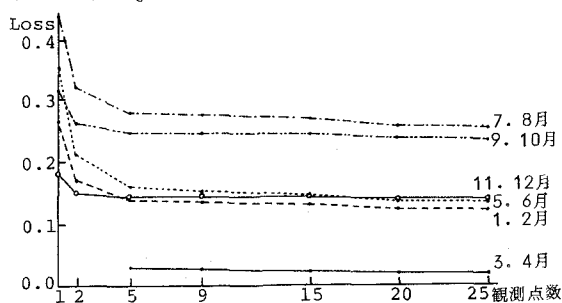
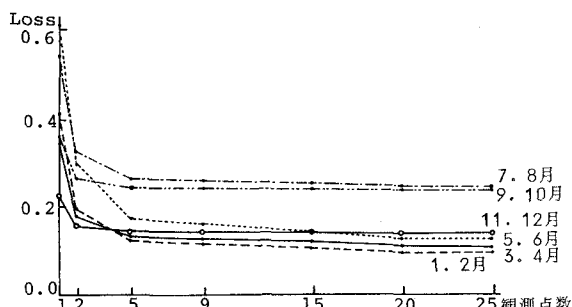


図2. a) 時間面積雨量の平均推定に関する情報損失



b) 時間面積雨量の分散推定に関する情報損失

4. あとがき

今後、観測地点の分布状況と情報損失との関係、地域、季節の気象条件との関係などを検討していきたい。実用的には降雨強度の相互相関に雨域の移動、スケールなど地域的気象要因も組み込み、より適合度の高いものにしていく必要がある。

1) M. D. Nielsen : Loss of information by discretizing Hydrologic Series ,

H. P. Colorado State University Fort Collins Colorado , 1972 .

2) 荒木、寒川、新村 : 水文観測における情報損失, 第37 同年次学術講演会, 昭和57年10月.