

面積雨量のシミュレーション法とその流出モデル評価への適用

京都大学防災研究所 正員 池淵周一
建設省 正員 谷本光司
竹中土木 正員 小嶋平三
阪急電鉄 正員 三宅良明

1. はじめに、流出モデルは分布型とあれ集中型とあれ、流出場を一樣な流出パラメータで説明している以上、その入力となる降雨は当然面積雨量を与えなければならない。現在面積雨量の算定法としてティーンセン法などが用いられているが、これらは降雨の時、空間分布特性とくに確率構造をとり入れているとはいえない。そこで本研究では、降雨事象が2次元過程であるとして、まず地点雨量の時・空間相関構造を解析し、こうした構造を保持した形での面積雨量シミュレーション法を展開するとともに、流出モデル評価への適用法について考察する。

2. 時間雨量データの時・空間分布構造、解析に用いたデータは芥津川上流域の4ヶ所のテレメータ雨量観測地点における1975~1977年の時間雨量データである。これを解析した結果は次のようである。(一)確率分布形状はほぼ対数正規型である。(二)平均値・標準偏差の時間的変動パターンは全流域にわたって一様である。(三)地域相関係数は等方向性を有しており、その値は適当な時間分割の範囲内では定常である。(四)地域相関係数はベッセル型で、時間相関係数は指数型で説明される。(五)時・空間同時相関は時間相関と空間相関の分離性として表現可能である。

3. 面積雨量のシミュレーション 地点 u の地点雨量は(1) $R(u,t) = O(t) \sqrt{\lambda} \sum_{i=1}^N \cos(u^T y_i w_i + \theta_i) g_i(t) + m(t)$ によって上述の時・空間分布特性のすべてを保持してシミュレートされる。さらに地点 u を中心とする面積 $A (=L \times l_2)$ の長方形における面積雨量は(2) $A(u,t) = O(t) \sqrt{\lambda} \sum_{i=1}^N \lambda_A(w_i y_i) \times \cos(u^T y_i w_i + \theta_i) g_i(t) + m(t)$ によってシミュレートされる。ここで $m(t)$ 、 $O(t)$ は適当な時間分割内では一定の各地点の平均値および標準偏差、 θ は $0 \sim 2\pi$ の一樣乱数である。 w, y の分布、 $g_i(t)$ の具体的な関数形および N については参考文献(1),(2)を参照されたい。(2)式より面積雨量の挙動は $\lambda_A(wy)$ の性質によって特徴づけられること

表 - 1

がわかる。 $\lambda_A(wy)$ は(3) $\lambda_A(wy) = 4 \times \sin(wy l_1/2) \sin(wy l_2/2) / wy_1 y_2 l_1 l_2$ によって定義される。表1にそれぞれ面積、縦横比をかつ長方形について、ベッセル関数のパラメータ値をかえたときの $\lambda_A(wy)$ の期待値を示す。これより(一)長方形の面積、縦横比が大きくなるほど $\lambda_A(wy)$ の期待値は小さくなる。(二)パラメータ値が大きくなるほど期待値は小さくなるなどの特徴が見られるが、実流域ごとのパラメータ値はほぼ0.04~0.1程度でありこの範囲では $\lambda_A(wy)$ はパラメー

PARAMETER OF BESSEL FUNCTION		0.01	0.04	0.08	0.1	0.5
L_1	L_2					
5.0	5.0	0.999	0.992	0.970	0.956	0.842
4.0	6.2	0.999	0.988	0.966	0.960	0.617
2.5	10.0	0.998	0.983	0.947	0.926	0.506
9.0	9.0	0.998	0.977	0.919	0.897	0.375
6.0	13.5	0.998	0.964	0.912	0.886	0.357
4.0	20.0	0.995	0.952	0.869	0.872	0.266
12.0	12.0	0.996	0.961	0.885	0.845	0.282
9.0	16.0	0.992	0.957	0.885	0.841	0.275
6.0	24.0	0.991	0.927	0.825	0.765	0.214
20.0	20.0	0.991	0.913	0.762	0.708	0.127
50.0	50.0	0.953	0.713	0.437	0.328	0.021

Ikebuchi shuichi, Tanimoto Kouji, Kojima Heizo, Miyake Yoshiaki

夕通に鑑みずなく、むしろ面積の効果パラメータの影響を減少させているといえよう。以上のことから面積雨量は地点雨量よりも変動が小さく相関が高いことがわかる。面積が大きくなるほどこの傾向は強く、またパラメータ値の推定誤差に鈍感であることは本方法の大きな長所である。図-1に面積と相関の関係を示す。

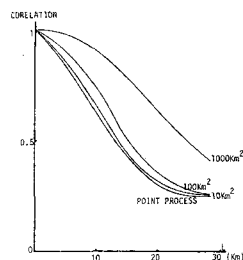
4 実流域への適用 (A) (B)式に従ってシミュレートされる降雨はともに正規分布に従う。したがって実降雨の確率分布形状が正規分布化できない場合この方法を直接用いることには大きな誤差を伴う可能性がある。そこで述べたように本津川流域の時間雨量は対数正規分布に従っており対数変換を用いることによって本方法の適用が可能となる。シミュレーションの結果(1)地点雨量については平均値・標準偏差・時間相関係数・地域相関係数とも実データと良好一致を示す、(2)面積雨量においては平均値は保存され相関はわずかに大きくなるほどがわかり、(3)の考察が裏付けられた。図-2はシミュレートされた面積雨量(理論値)と地点雨量のティエセン評価の比較図である。図中○印は地点雨量に $\sqrt{E\{X^2(wy)\}}$ を乗じて得られる推定面積雨量である。三者はほぼ同様の値を示しており、この程度の流域では面積雨量算定法としてティエセン法、推定面積雨量法とも実用性をもつといえよう。

5 流出モデル評価 流出モデルは流出ハイドログラフの再現流量および予測誤差で評価されるを考慮して、次の手順でモデル評価を行う。まず既往の降雨・流量データをともにモデルパラメータを同定する。このとき出水ごとのパラメータ値の安定性などを検証してモデルの誤差分析を行う。次にシミュレーション雨量データを入力して流出予測を行う。対応する流量真値は流域をより忠実に表現するモデルを講成しその出力を代用する。これをともに予測誤差を比較してモデルの総合評価を行う。本研究ではkinematic-wave法に基礎をおいた高樺らのモデルを用いて、本津川上流の室生ダム流域および青蓮寺ダム流域においてパラメータ同定を行った。しかしパラメータの安定性は得られたものの再現精度は十分ではなく、流量真値を再現するモデルとして用いるには問題があることがわかり、このため各種流出モデルの総合評価にはいたらなかった。

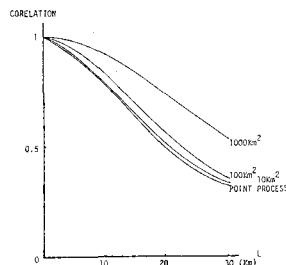
今後他流域での面積雨量シミュレーション法の適用の可能性を研究するとともに、流出モデル評価法の確立を目指したい。

(参考文献) (1)高樺政夫、池瀬用一：時間雨量・時空間確率構造と面積雨量シミュレーション法 第16回自然災害シンポジウム 589

(2)José H. Mejía, Lemcio Rodríguez-Iturbe: On the Synthesis of Random Field Sampling From the Spectrum: An Application to the Generation of Hydrologic Spatial Processes W.R.E. Vol.10 No.4 Aug. 1974



(A) $b = 0.06$



(B) $b = 0.1$

図 - 1

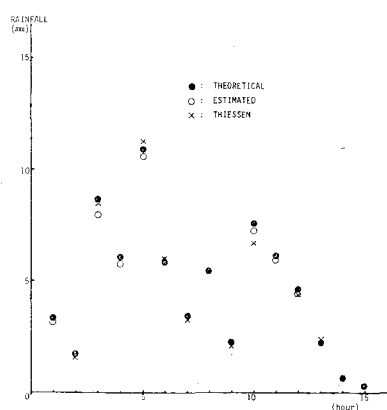


図 - 2