短時間降雨量系列の模擬発生について

九州大学農学部　綿　引　　靖

1．はじめに

短時間降雨資料は，一般に入手困難な場合が多いが，小流域での流出解析においては，不可欠のものである。本研究では，入手容易な日雨量を用い，1時間ごとに変化する雨量系列として模擬発生させる方法を論じた。

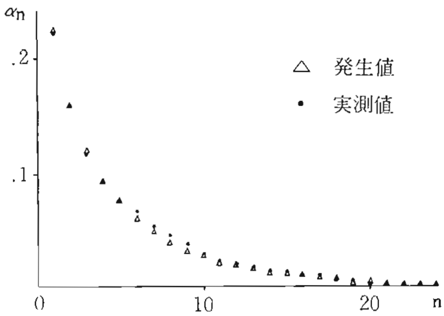
2．方　　法

本方法は，日雨量を1時間ずつに配分した雨量および，それらの値が，増加或いは減少の一方へ推移する場合の継続の長さを，それぞれ実測降雨の性格の分析によって模擬発生させ，前者の配分雨量を後者で与えられる配列規則に従って並べ，雨量時系列を表現するものである。降雨の実測値としては，愛媛大学米野々演習林での観測データより，1969～1977年まで，出水に関与する目安として雨量50mm/day（日界9時）以上を対象に選んだ56日分が用いられる。

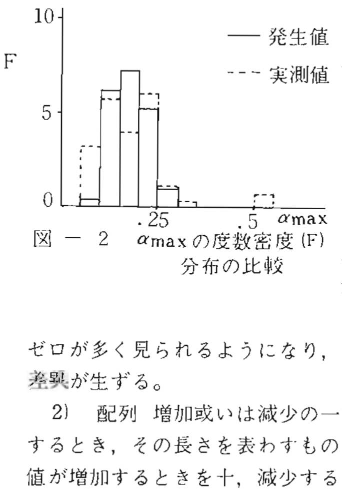
1）時間配分　日雨量をR，1時間ごとの配分雨量および配分率（日雨量に占める割合）をそれぞれ，γ_i，α_i（$i=1,2,\cdots,24$），発生域〔o，a〕の一様乱数をA_i（$i=1,2,\cdots,23$）とし，次の方法を用いる。

$$\alpha_1=A_1\ ,\ \alpha_2=(1-A_1)A_2\ ,\cdots,$$
$$\alpha_i=(1-A_1)(1-A_2)\cdots(1-A_{i-1})A_i,\cdots,$$
$$\alpha_{24}=(1-A_1)(1-A_2)\cdots(1-A_{22})(1-A_{23})$$

このとき，$\sum_{i=1}^{24}\alpha_i=1$が成り立ち，また，$\gamma_i=R\alpha_i$により表わされる。ここでは，Rの大きさは定まらないものとして，以下α_iのみについて考える。乱数の上限値aは，これを用いたα_iの発生結果が実測値の性格に合致するよう試算的に決定される。ここでは，$a=0.32$を採用する。これによる配分結果について，配分率を大きい順に第1位から第24位まで（順位配分率）を，発生値（100組）と実測値とで，それぞれ平均で比較したものが，図-1である。両者に良好な一致が認められる。次に，順位配分率の第1位（α_{max}とする）について，その度数密度分布を比較する。両者がそれぞれヒストグラムで図-2に描かれている。発生値の分布範囲は，やや狭い傾向を示し，実測値に見られる散らばりを表現し得ていないが，ほぼ近似した分布といえる。ところで，実測値においては，配分率ゼロの値が見られるのが一般であるが，本方法では，ゼロの値を発生させることが非常に難かしい。このため，微小な値によってそれが近似される。ここには示すことのできない他の順位配分率についても，上位に関しては第1位の場合と同様の傾向を示すが，下位においては実測値に上述のゼロが多く見られるようになり，発生値との間で若干差異が生ずる。



図－1　順位配分率（α_n）の比較（n：順位）



図－2　α_{max}の度数密度（F）分布の比較

2）配列　増加或いは減少の一方へ値の変化が継続するとき，その長さを表わすものとして連が知られる。値が増加するときを＋，減少するときを－とし，＋の符号がk個続くときを長さkの上昇連，－の符号のときのそれを下降連とそれぞれ呼ぶことにする。実測値からこの連の長さについて，度数分布を求めたものが表-1である。表-1で，N_kおよびF_kは，長さkの連の度数および度数密度をそれぞれ表わす。各連の合計度数は下降側がやや多いが，ほぼ等しいと見なすことができる。なお，＋，－の各場合に属せず値の等しい場合が存在するが，配分率ゼロの状態が続くとき以外に例は稀であることから除外されている。なお，本配分法においては，等しい値の発生することは殆どない。配分率の発生値24個を並べる場合に要する符号数は23であり，これは個々の連の長さを合計した値である。配列

に用いる連の長さを，次の方法により発生させる。上昇，下降各連のF_kの値に表-1を適用し，発生域〔0,1〕の一様乱数Bを用い

$$\sum_{k=1}^{k_1-1} F_k \le B < \sum_{k=1}^{k_1} F_k$$

を満たす$k=k_1$を求める。この値によって，表-1の度数密度分布に一致する連の長さが与えられる。なおkの値が，上昇，下降各連の場合をそれぞれk^+, k^-と表示する。この方法を用いて，kの値を最初任意の一方の連より，そして各連交互に，それらの合計が23になるまで発生させる。しかし，もし累計21の次に$k=5$が生ずるというように，23で切れない場合については，全部棄却し，再度繰り返すものとする。なお，最初の連は，各場合がそれぞれ同等になるようにする。

表 — 1　連の長さkの分布

k	上昇連 N_k	上昇連 F_k	下降連 N_k	下降連 F_k
1	163	.542	163	.519
2	93	.309	99	.315
3	28	.093	27	.086
4	9	.030	19	.061
5	4	.013	6	.019
6	4	.013		
計	301	1.000	314	1.000

上記方法で発生された連により配列規則がつくられ，これに従い配分率の値を並べ模擬系列がつくられることになる。その実例が下記に示されている。

配分率（$\times 10^{-2}$）

19.77　2.56　3.06　15.07　4.78　15.76　3.94　8.23
1.42　4.86　3.60　2.30　1.25　0.35　3.17　2.24
0.65　0.78　1.76　0.16　0.30　0.40　0.98　2.61

配列規則

$1^+ 1^- 3^+ 1^- 1^+ 1^- 2^+ 1^- 1^+ 1^- 3^+ 1^- 1^+ 2^- 1^+ 2^-$

模擬系列（$\times 10^{-2}$）

0.98　1.76　0.78　2.24　3.17　3.60　1.42　8.23
3.94　15.76　19.77　0.40　0.65　0.35　1.25　2.30
4.86　4.78　15.07　3.06　2.56　2.61　0.30　0.16

ここで模擬系列は，試行錯誤的に求められる。その解は1つとは限らないが，ここでは新たな系列を，配分率，配列規則をそれぞれ変え，多数発生させることとし，これにより，多様な場合が表現されることから，限定されている。

3．考　　察

模擬発生結果について，ここでは，雨量系列の性格を表わす代表的な値として，連続最大配分率を取り上げ考察する。これは，連続な時間t（=1,2,…,24）で最大となる配分率（αtとする）であり，模擬発生（100系列）および実測のそれぞれの場合について，平均値を比較したものが，図-3である。実測値の場合，αtの値が短時間に大きくなり，全般に大きな値をとることから，配分が集中する傾向がうかがわれる。模擬発生値では，6時間程度まで実測値との差が小さく，この時間まではその傾向が比較的良く表現されるものと考えられる。図に見られるような両者の相異については，その要因として，実測値に見られる配分率ゼロに対し，模擬発生での近似度の良くないこと，また適用された連の度数密度分布がゼロの時間を除いて求められたものであることなどが考えられる。さて，古くからの経験式である物部式によれば，$\alpha t = (t/24)^{1/3}$により表わされる。この値が図-3に曲線で描かれている。実測値，模擬発生値ともに，この曲線に近い傾向にある。特に，模擬発生値は曲線の変化に良く対応しており，これは本方法による雨量系列の表現が有効であることを示唆するものであるといえる。

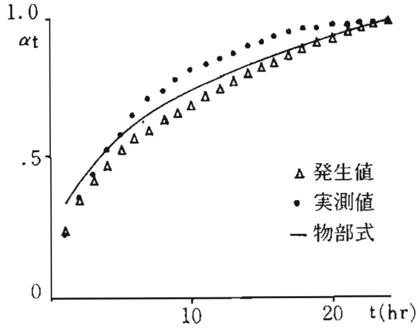


図 — 3　連続最大配分率（αt）の比較

4．おわりに

本方法では，乱数の持つバラツキにより多様な場合が表現されるが，流出解析等への利用に際しては，目的に沿うもの，たとえばハイドログラフで最も大きなピークを与えるものを試算により選ぶという方法がある。大雨が数日続くような場合，利点としてその期間連続した分布が求められる。しかしながら，このような目的とする系列を求めるにあたり，どのくらい模擬発生させれば十分であるかについては，今後検討されねばならない。ここで基本となる配分率および連の長さについて，限られた範囲の実測値が参照されていることから，それらが普遍性を持つかどうかについて，さらには，日雨量の大きさならびに降雨原因の違いにより，それらの値が異なった性格を示すかどうかについて，それぞれ今後検討される必要がある。

本研究を行うにあたり，実測資料の提供を賜わった愛媛大学付属演習林助手江崎次夫氏に，深甚なる謝意を表する。