

1. 概要: 筆者らは, 予測雨量や計画雨量のように特定の期間内の雨量が与えられた場合の最大流量の確率分布の評価といった応用上の目的から, 降雨の時間分布を, 特定の期間内の雨量の時間配分問題として捉え, 各種の雨量配分率の確率分布の形でその統計的特性を把握・表現しようとする立場をとり, 既に応用上の方法論を含めていくつかの成果を発表してきたが, それらは地点降雨のものであり, 応用上は降雨の地域分布を無視し得ることを前提としたものであった。本研究は, その前提が成立する統計的条件を明らかにするために, 最大流量と関連の深い, 等分最大配分率を含めた連続最大配分率の統計的特性に注目し, 面積雨量が地点雨量の単純平均で与えられるとして, 地点数および地点間の毎単位時間雨量の相関係数との関連においてそれがどのように変化するかを, 地点数については相関なしとして単純な数学モデル(ランダム配分モデル)の解析により, 相関係数については京都地点の800ケースの12時間降雨記録と, それに各種の操作を加えて毎時雨量に相関をもたせた仮想地点の仮想降雨との間の2地点平均降雨の解析により, それぞれ検討したものである。

2. 連続最大配分率の定義: 対象流域内に N 個所の観測地点(地点番号 $l=1, 2, \dots, N$)があるとする。各地点に共通な特定の期間 T 内の総雨量が R_k なる降雨について, その期間を n 等分した各部分期間に配分されている雨量時系列を地点 l について $\{r_{k,t}\} (t=1, 2, \dots, n)$ とすると, $z_{k,t} \equiv r_{k,t}/R_k$ を地点 l の期間 T の n 等分雨量配分率といい, 各地点について, $\sum_{t=1}^n z_{k,t} = 1 \dots (1)$ が成立する。 N 点単純平均で与える面積平均的降雨では, 総雨量は $\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_k$, 雨量時系列の要素は $\bar{r}_t = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N r_{k,t}$, よって n 等分雨量配分率は $\bar{z}_{t,N} \equiv \bar{r}_t/\bar{R}$ となり, やはり $\sum_{t=1}^n \bar{z}_{t,N} = 1 \dots (2)$ である。この $\bar{z}_{t,N}$ は $z_{k,t}$ の N 点単純平均とは一般に異なるが, R_k が k にかかわらず一定のときは一致する。このような n 個の雨量配分率の時系列において, 重複を許す n 個の連続和が, 各 $l (l=1, 2, \dots, n-1)$ に対して, それぞれ $(n-l+1)$ 個あるが, 各 l 毎のそれらの最大値を n 等分 l 個連続最大配分率といい, 地点 l のものを $y_{l,k}$, N 点平均降雨のものを $\eta_{l,N}$ と表す。なお, $l=1$ の場合は, 等分最大配分率に当るが, ここでは連続最大配分率の仲間とした。

3. ランダム配分モデルによる検討: ランダム配分モデルとは, (1)式を満足するすべての系列 $\{z_{k,t}\} (t=1, 2, \dots, n)$ が等確率で起るとする数学モデルで, 従来, 1地点のものは, $l=1$ の場合と, $l \geq 2$ の一部について $y_{l,k}$ の理論分布を得ている。多地点平均の場合, 取扱いの容易さから, $\bar{z}_{t,N} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N z_{k,t} \dots (3)$ とし, しかも各地点間に互いの相関なしとして $\eta_{l,N}$ の理論分布を求めようとしたが, $n=2$ の場合と $n=3$, $N=2$ の $l=1$ の場合しか得られなかった。そこで, n と N がある程度大きい場合の近似的な分布をcomputerに乱数を発生させるsimulationによって求めることにした。本研究では, $n=2 \sim 12$, $N=1 \sim 10$ の範囲で, 各地点につき $N_k=10000$ 組の $\{z_{k,t}\} (k=1, 2, \dots, N; t=1, 2, \dots, n)$ をランダム配分モデルの条件を満たすように, かつ独立に発生させ, (3)式によって得られる10000組の $\{\bar{z}_{t,N}\} (t=1, 2, \dots, n)$ から連続最大配分率の分布特性を解析した。図-1は度数分布の例で, $n=6$ の場合の, $N=1$ の $y_{l,k}$ と $N=2$ の $\eta_{l,k}$ の0.01間隔のものを $l=1 \sim 5$ について, それぞれ面積が1になるように示してある。 $N=1$ の場合は理論分布を点線で示してあり, このsimulationがほぼ良好であることがわかる。 $N \geq 3$ の場合は割愛するが, N が増すにつれてsharpになり対称形に近づく。図-2は $n=12$ の場合の累積分布の例で, $l=1, 2, 6$ について, それぞれ $N=1$ のものを $y_{l,k}$ を実線, $N=2$ のものを $(\eta_{l,k})$ を点線, $N=10$ のものを $(\eta_{l,k})$ を一点鎖線で示してある。たとえばmedianに注目すると, $N=1$ と2の差は,

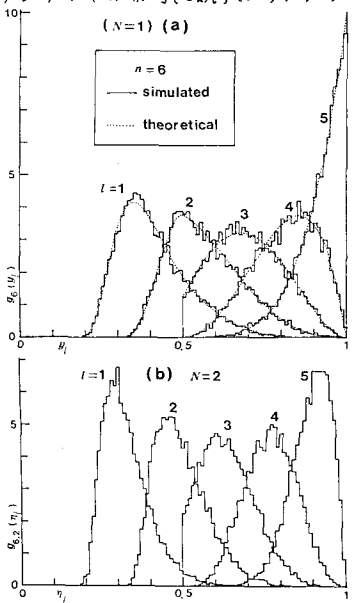


図-1. 連続最大配分率の度数分布の例

$N=10$ との差の50%近くも占めることがわかる。図-3は $n=12$ の場合の $\bar{y}_{2,N}$ の平均値と $\bar{y}_2$ の関係を N をパラメータとして示したもので、点線は $N=\infty$ に相当する理論的下限値である。平均値も $N=1$ から2に倍することにより急激に低下することがわかる。なお、白丸印は京都地点の12時間降雨資料の解析によるもので、ランダム配分モデルによる

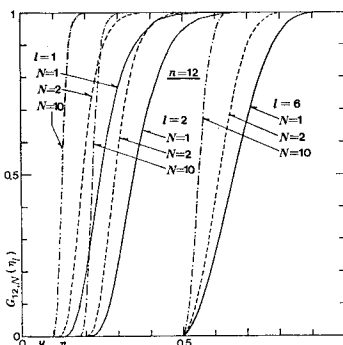


図-2. 連続最大雨分率の累積分布の N による変化(例:ランダム配分モデル)

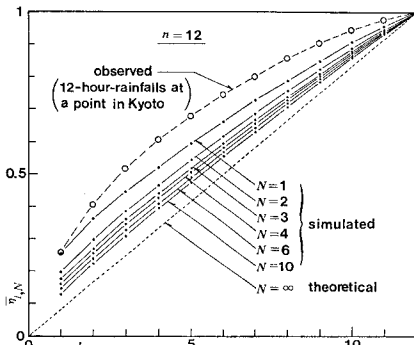


図-3. 連続最大雨分率の平均値 $\bar{y}_{2,N}$ と連続最大雨分率の関係

$N=1$ のものより、 $l=1$ の場合を除いてかなり大きくなっており、実際の降雨が時系列的にはランダムでないことを示していることは以前にも発表した通りである。以上は単純なモデルの相関のない場合の検討であったが、 $N=2$ で変化の大勢が決するという有用な示唆を与えてくれた。

4. 実測降雨と仮想降雨との2地点平均による検討: 実測降雨は、昨年度の年譜でも示した京都地点の12時間降雨の毎時雨量記録から抽出した $N_d=800$ のもので、これを $\{r_{1,t}\}_j$ ($t=1,2,\dots,12$; $j=1,2,\dots,N_d$)と表わす。仮想地点の仮想降雨はこれ

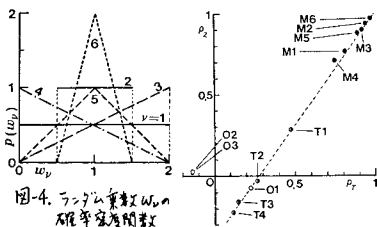


図-4. ランダム変数 W_r の確率密度関数

に種々の操作を加えたもので、これを $\{r_{2,t}\}_j$ と表わすと、つぎのようである。
 $O1; \{r_{2,t}\}_j = \{r_{1,12-t}\}_j$, $O2; \{r_{2,t}\}_j = \{r_{1,t}\}_{N_d-j+1}$, $O3; \{r_{2,t}\}_j = \{r_{1,12-t}\}_{N_d-j+1}$,
 $T1(\nu=1,2,3,4); \{r_{2,t}\}_j = \{r_{1,t+\nu}\}_j$ (for $t=1,2,\dots,12-\nu$), $= \{r_{1,t+\nu-12}\}_j$ (for $t=11-\nu,10-\nu,\dots,12$),
 $M\nu(\nu=1,2,\dots,6); \{r_{2,t}\}_j = \{W_r \cdot r_{1,t}\}_j$ (W_r は図-4に示す確率分布に従うランダム変数)。この13種の仮想降雨と京都のものとの毎時雨量の相関係数 P_r 、および毎時雨量配分率の相関係数 P_g の間には図-5に示すように $O2, O3$ のものを除けば、ほぼ直線関係がある。図-6は $P_r=0.474$ となった $T1$ の場合の累積分布の例で、 y_2 の分布(点線)は y_1 の分布(実線(京都)、一点鎖線(仮想))より左へ偏り、その程度は l が大きくなるにつれて小さくなっている。図-7は次式で定義される2地点平均の効果の指標 $C_e = 100 \sqrt{y_{2,1} + y_{2,2}} / 2 \dots (4)$ と P_r の関係を

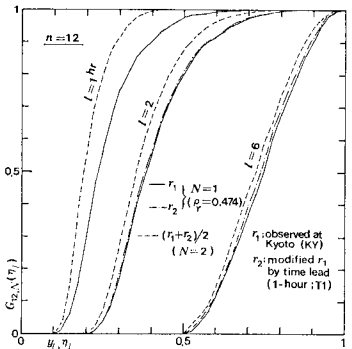


図-5. P_r と P_g の関係

すもので、3.で得た $n=12, N=2$ の場合のものも一応 $P_r=0$ のところに示してある。 C_e が100(%)に近いほど効果が小さいわけで、 P_r と C_e には一義的關係はないが、一般に l が大きければ2地点平均の効果は小さく、12時間降雨なら $l \geq 6$ (hr)で、 $P_r=0.5$ 程度以上 l の效果はわずかであること、また、 $P_r=0.8$ 程度以上なら、 l にかかわらず2地点平均の効果はごくわずかであること等がわかり、3.の結果と考へ合わせて、応用上有用な示唆となる。

図-6. 累積分布の2地点平均による変化例

5. おわりに: 以上、本研究は、近接2地点の同時毎時雨量資料数の不足と問題の複雑さのために苦肉の策を用いて行なった

初步的な研究であるが、2,3の有用な示唆を与えてくれたと思う。なお、降雨原因別の差の問題が残されている。

[文献] 1) 石原友杉: 降雨時間配分に関する確率論的研究, 京大防災研年報, 14B, 1971. 2) 石原友杉: 雨量の時間配分に関する統計的考察, 26周年誌. 3) 石原友杉・佐藤: 連続最大降雨に関する確率論的研究, 27周年誌. 4) 石原友杉: 雨量の確率分布と最大流量の確率分布を推定する方法について, 28周年誌. 5) 石原友杉: 2つの治水操作に関する研究—降雨量が与えられた場合—, 京大防災研年報, 17号B, 1974. 6) 友杉: 降雨の時間分布の統計的構造に関する研究—雨量配分率の分布特性—, 京大防災研年報, 20B-2, 1977. 7) 友杉・高橋: 降雨最盛期の雨量の時間配分特性について, 32周年誌.

図-7. 2地点平均の効果 C_e と毎時雨量の相関係数 P_r の関係