(II－50) 荒川水系の新記録出現理論に基づく大雨と洪水の発生頻度に関する研究

中央大学理工学部　学生員　○関 静香
中央大学理工学部　正会員　　志村 光一　山田 正

1. はじめに：本研究は荒川水系内の雨量観測所(39 地点)における 1938～1998 年(60 年間)のデータを用い、各雨量観測所において最大日降雨量の新記録の発生頻度とその頻度分布を求め、実測データから得られた降雨の新記録の出現頻度と新記録の出現頻度理論に基づく理論解の比較検討を行なったものである。さらに阿賀野川水系についても同様の検討を行なった。

2. 新記録の出現頻度理論：降雨が過去のある年から現在まで観測されたものとし、各年の年最高記録にだけ注目する。このとき、最初の年の最高記録は新記録である。もし降雨の経年変化がなく、各年の最高記録が同一分布に従うものとするならば、i 年目の最高記録が新記録である確率(P_i)は、$1/i$ になる。なぜならば、1,2,…, i 年目のうちどの年の記録が最大になるかはすべて等確率で、その確率は $1/i$ に等しいからである。以下、参考文献(1) に従うと、確率変数 X_i を(1)と定義

$$X_i = 1 : i\text{年目の記録が新記録であるとき} \qquad (1)$$
$$\quad\; 0 : \text{そうでないとき}$$

できる。それらは互いに独立で $P_i\{x_i=1\}=1/i$, $P_i\{x_i=1\}=(i-1)/i$ となる。それらの期待値 $E(x_i)$と分散 $V(x_i)$はそれぞれ(2)と計算される。ここで、

$$E(X_i)=\Pr\{X_i=1\}=1/i$$
$$V(X_i)=E(X_i^2)-E(X_i)^2=P\{X_i=1\}-P\{X_i=1\}^2=(i-1)/i^2 \qquad (2)$$

n 年間の新記録数を R_n とすると、$R_n = X_1+X_2+\cdots+X_n$ であるから、その期待値 $E(R_n)$と分散 $V(R_n)$が (3)と表されることになる。

$$E(R_n)=1+1/2+\cdot\cdot\cdot+1/n$$
$$V(R_n)=1+1/2+\cdot\cdot\cdot+1/n-1-1/2^2-\cdot\cdot\cdot-1/n^2 \qquad (3)$$

さらに新記録数 R_n の確率分布を求める。
いま、$P(r\ ;\ n)=P_r\{R_n=r\}$とおくと、$\{R_n=r\}$という事象は、
$\{R_n=r-1, \text{かつ } X_n=1\}$と$\{R_n=r, \text{かつ } X_n=0\}$という 2 つの排反な事象の和として表されるから(4)という関係が成り立つ。
ただし、$P(0,n)=P(n+1;n)=0(n=1,2,\cdots)$とする。

$$P(1;1)=1$$
$$P(r;n)=1/n\times P(r-1;n-1)+(n-1)/n\times P(r;n-1) \qquad (4)$$
$$(r=1,\cdots,n\ ;\ n=2,3,\cdot\cdot\cdot)$$

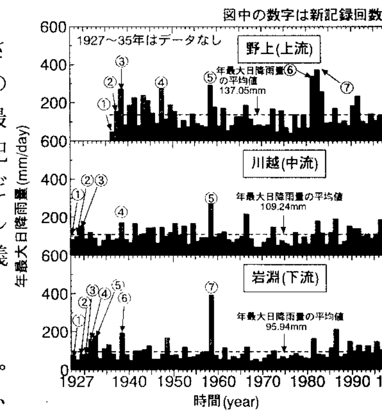

図 1 年最大日降雨量の経年変化 1927 年～1998 年(72 年間)

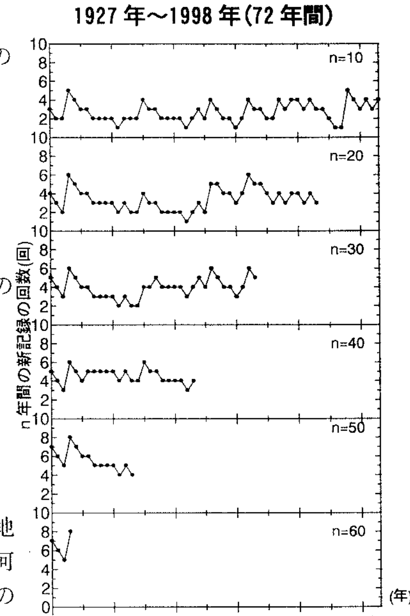

図 2 n 年間における新記録回数の経年変化（野上：1936～1998）

3. 実測データによる新記録の出現頻度：荒川水系内の雨量観測所(39 地点)の中から 3 地点、上流(野上，河口から 100km 付近)、中流(川越，河口から 50km 付近)、下流(岩淵，河口から 20km 付近)を対象とし、その各年の年最大日降雨量データを解析する。上流については 63 年間、中流，下流については 72 年間の年最大日降雨量データを用いる。図 1 は上流、中流、下流の年最大日降雨量の経年変化を示している。年最大日降雨量の平均値は、上流部 137mm、中流部 110mm、下流部 96mm であり、上流部は下流部に比べ、約 40mm 多いことがわかる。これは野上が山地地域に位置するためであると考えられる。図 2 は野上における n(10、20、30、40、50、60)年間の新記録回数の経年変化である。川越、岩淵についても同様の検討を行う。各地点におい

キーワード　水文学、洪水流出、水文統計、新記録
連絡先　　東京都文京区春日 1-13-27　中央大学理工学部　TEL 03-3817-1805　FAX03-3817-1803

て n(10、20、30、40、50、60)年間を変えた 6 ケースそれぞれについて、新記録回数の平均値を算出した。それらの平均値と新記録の発生頻度理論から得られる期待値を比較し、図 3 に示す。その結果、実測データから得た新記録数の平均値は理論による新記録数の期待値の許容に属している。岩淵については、実測から得られた新記録回数の平均値と出現頻度理論による新記録数の期待値は、全ケースともに良く一致している。

4. 実測データによる新記録の度数分布及び新記録発生理論に基づいた確率分布：図 4 は荒川水系の上、中、下流において n を 30 年とし、その実測データから得られた新記録の発生頻度理論の確率分布と、理論値から得る発生頻度の確率分布を示している。実測データから得られた確率分布は、新記録出現回数の発生頻度のピークに多少の差異はあるものの、理論値の分布形状と全体的に良く一致している。さらに、荒川水系とは気候が異なる荒川と同じ一級河川である阿賀野川水系についても同様に解析を行なった。対象とする雨量観測所を、その中流に位置する東山観測所（河口から 150km 付近）とする。図 5 より $n=10,20,30$ 年においての理論値と実測データから得られる。新記録出現回数の発生頻度の分布図は全体的に一致している。

5. 新記録の待ち時間：前述より実測データから得られた新記録の発生頻度分布と、理論のそれとを比較した結果が良く一致しており、各地への本理論の適応性が確認できた。そこで対象とする岩淵雨量観測所において 1958 年に観測された最大日降雨量 393.1mm に対して、今後この記録が更新されるまでの期間を予測する。D. Haghighi-Tab & C. Wright より、r 回目から (r+1) 回目の新記録がでるまでに要する年数 (W_r) は、新記録出現回数の発生頻度分布図の median で考える。この関係は $W_{r+1}/W_r=e=2.718\cdots$ の等比級数で表される。ここで対象降雨を $N_7=30$ (N_i : *i 回目の新記録が発生する期間(年)*) と考えると $N_8=80$ となり、対象とする 1958 年の年最大日降雨量の記録を次に抜くのは $W_7=N_8-N_7=50$ 年となり、1958 年から 50 年後の 2008 年と予想できる。

6. まとめ：(1) 図 1 より荒川水系の年最大日降雨量の平均値を比較すると上流部 137mm、中流部 110mm、下流部 96mm であり、上流部は下流部に比べ、約 40mm 多いことがわかる。これは野上が山地地域に位置するためであると考えられる。(2) 上流部、中流部、下流部地点において n を変えた 6 ケースで全 18 ケースの新記録回数の平均を算出し、理論解の期待値と比較した結果、実測データから得た新記録数の平均値は出現頻度理論による新記録数の期待値の許容範囲内に属し、新記録の期待値によく一致している。(3) D. Haghighi-Tab & C. Wright の新記録の発生頻度理論において、対象とする荒川水系の岩淵雨量観測所既往最大の日降雨量 390mm の記録を次に抜くのは、50 年後の 2008 年と予想できる。

7. 参照文献：
1)竹内 啓・藤野和建：スポーツの数理科学、共立出版株式会社、PP.1〜10、1988　2)吉川秀夫：河川工学、朝倉書店、PP.17〜31、1990　3)建設省河川局編 日本河川協会：流量年表 等

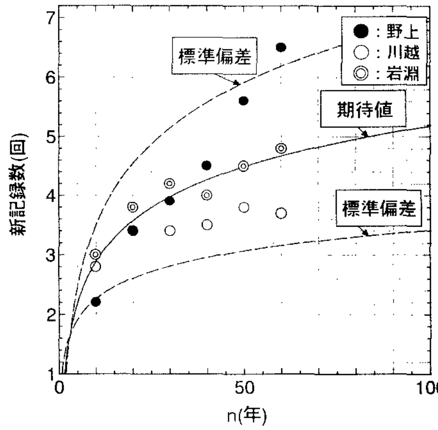

図 3 新記録数の期待値と実測データから得た新記録数の平均値との比較

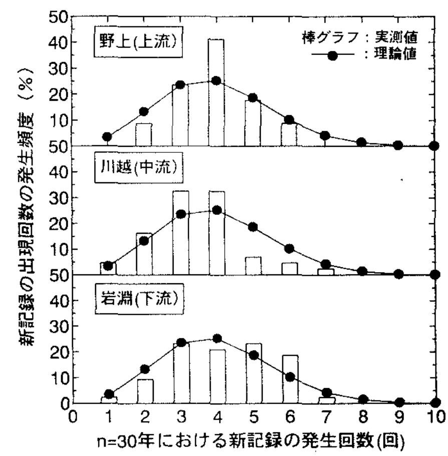

図 4 n=30 年としたときの新記録回数の発生頻度理論に基づく理論値と実測値の分布図

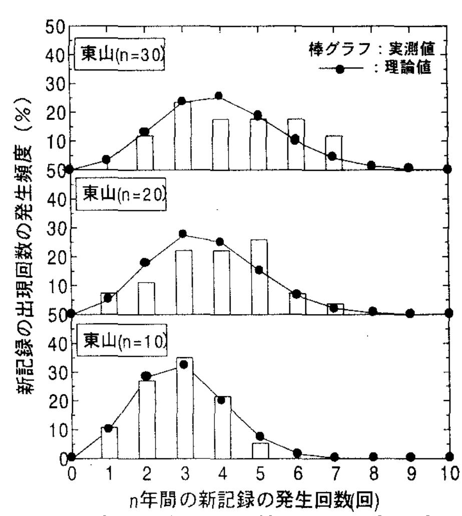

図 5 n 年間の新記録回数の発生頻度理論に基づく理論値と実測値の分布図（東山：1952 年〜1981 年）