

(株)建設技術研究所 正会員 ○西岡昌秋
京都大学防災研究所 正会員 宝 馨

1. はじめに

本研究は、わが国の豪雨や洪水といった明確な季節性をもつ水文極値事象の発生過程と、水文統計解析で仮定されるポアソン過程との関係を示したものである。極値事象の生起時間間隔に着目し、事象の発生過程が季節性を持ち、ポアソン過程とは異なることを示した。極値事象の生起時間間隔と極値水文量の大きさにしたがうモンテカルロシミュレーションを行った。シミュレーションの結果にもとづき、ポアソン過程から導かれる一般化パレート分布と一般化極値分布の形状母数の互換性について評価した。

2. ポアソン過程と GP 分布—GEV 分布

(1) ポアソン過程

水文事象の生起時間間隔と生起個数については、ポアソン過程が成立するといわれている。単位時間内における事象の到着率を λ とすると、ある期間 t における事象の生起個数は、平均を λt とするポアソン分布にしたがう、事象の生起時間間隔が指数分布にしたがう。

(2) GP 分布と GEV 分布

ポアソン過程にしたがう事象において、水文量の大きさが一般化パレート (GP) 分布にしたがうとき、これから抽出された AMS は一般化極値 (GEV) 分布にしたがう¹⁾。GP 分布と GEV 分布の形状母数は互換性がある。

3. わが国の極値水文量の発生過程

(1) 生起時間間隔と生起個数

本研究で使用したデータは、河川流域における流域平均 2 日雨量と洪水ピーク流量である。

洪水ピーク流量の一年間の生起個数の頻度分布に、ポアソン分布をあてはめた(図-1)。 χ^2 検定を行った結果、ポアソン分布にしたがうと判断された。生起時間間隔の頻度分布に指数分布をあてはめた(図-2)。300 日付近で極大値をもつような分布形となっており、単調減少の指数分布とはならない。 χ^2 検定を行った結果、指数分布にしたがわないと判断された。

流域平均 2 日雨量の一年間の生起個数と生起時間間隔に関して同様の検討を行った。 χ^2 検定の結果は、生起個数の分布、生起時間間隔の分布について、ともにポアソン分布、指数分布にしたがうと判断されない。生起時間間隔の分布は、ピーク流量と比較して、300 日付近の極大値の頻度が小さくなっている(図-3)。これは、一年間の平均生起個数がピーク流量と比較して多い(ピーク流量は 2.5 個、2 日雨量は 4.0 個)ことから、相対的に頻度が小さくなっているためである。一年間の生起個数が多くなると、ポアソン過程にしたがうようになることが予想される。

以上のように、事象の生起個数はポアソン分布にしたがう場合があるものの、事象の生起時間間隔は季節性を持ち指数分布とはならない。このことから、わが国の極値水文事象は、ポアソン過程とは異なる過程から発生していることがわかる。

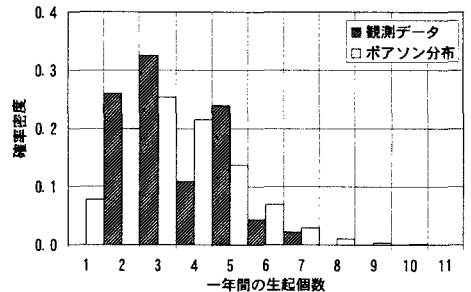


図-1 一年間の生起個数の頻度分布
(ピーク流量)

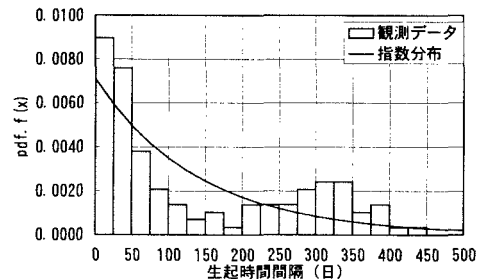


図-2 生起時間間隔の頻度分布 (ピーク流量)

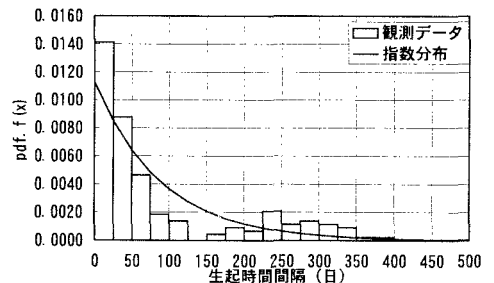


図-3 生起時間間隔の頻度分布 (2 日雨量)

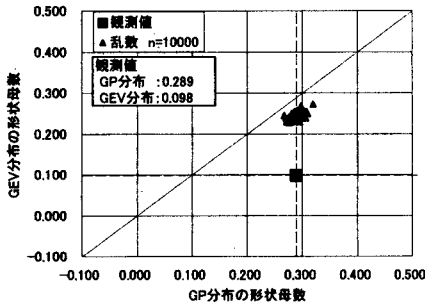


図-4 形状母数の比較（ピーク流量：指数分布）

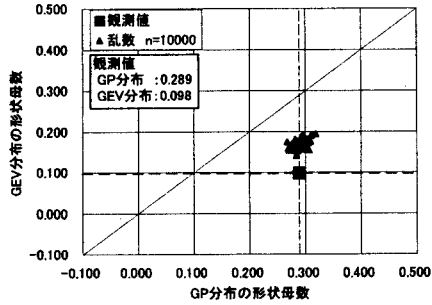


図-5 形状母数の比較（ピーク流量：経験分布）

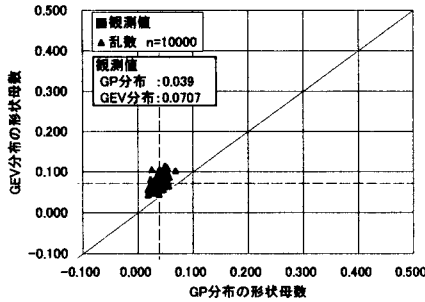


図-6 形状母数の比較（2日雨量：指数分布）

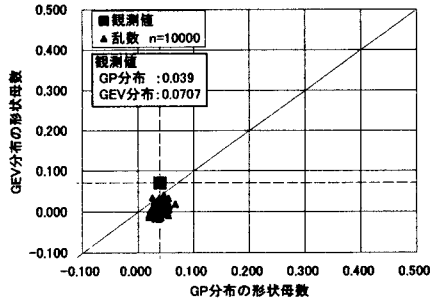


図-7 形状母数の比較（2日雨量：経験分布）

(2) 水文量の大きさ

流域平均 2 日雨量と洪水ピーク流量の大きさに関して、水文統計解析を行った。PDS 解析と AMS 解析を行った結果、PDS は一般化パレート（GP）分布、AMS は一般化極値（GEV）分布にしたがうことがわかった。

4. シミュレーション

(1) 方法

水文事象の生起時間間隔の分布と、水分量の大きさの分布にしたがうように、モンテカルロシミュレーションを行い、極値水文量の発生を行った。生起時間間隔については、ポアソン過程にもとづく指数分布にしたがう場合と、季節性をもつように経験分布にしたがう場合の 2 通りを考えた。水文量の大きさについては GP 分布にしたがうように発生させた。生起時間間隔と水文量の大きさは独立と考えた。このシミュレーションから得られる極値水文量は PDS である。これから AMS を抽出した。生起個数は 10,000 個とした。

(2) 結果

シミュレーションから得られる PDS に GP 分布を、AMS に GEV 分布をあてはめた。それぞれの分布の形状母数の関係を図-4～図-7 に示す。理論的には GP 分布の形状母数と GEV 分布の形状母数は互換性をもつ。すなわち、母集団の形状母数は、図上の対角線上にプロットされることとなる。指数分布にしたがい発生させた結果をみると、GP 分布に関する形状母数は標本と一致している。シミュレーションの精度が高いことがわかる。GP 分布と GEV 分布の形状母数は、対角線上付近にプロットされている。シミュレーションから得られた極値水文量がポアソン過程にしたがって発生していることがわかる。季節性をもつ経験分布にしたがい発生させた場合、GP 分布の形状母数は標本と一致している。GP 分布と GEV 分布の形状母数は対角線上から離れている。シミュレーションから得られた水文量はポアソン過程にしたがっていない。このような水文量に対しては、GEV 分布と GP 分布の形状母数の互換性は成立しない。また、このような標本に GEV 分布をあてはめて確率水文量を推定すると、母集団の確率水文量とは異なる値を推定する可能性があることを示している。

参考文献

- 1) David R. Maidment: Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, 1993