

巻頭言

治水に関わる全ての皆様へ

京都大学名誉教授

田中茂信

気象災害の中でも降雨による災害は頻度も多く、身近である。これまでの経験からある程度の降雨までは、大禍なく終わることが多いのは実感するところである。海の大潮のように月に2度の頻度で同じように起これば、普通、人はその影響範囲内は対策なしに住むことはしない。この大潮に高潮が重なると1959年の伊勢湾台風のように重大な災害になる。大潮と高潮は原因が異なる現象が重畳して甚大な災害外力なる。

さて、雨の場合に戻ろう。大雨による災害は降り始めからいきなり大災害になるのではなく、強い雨が継続することにより初めて災害となる。この際、雨の強さや継続時間によって流出に関係する部分（あるいは土中に蓄積される部分）が異なり、これまでに経験したようなものであるのかを判断するのが難しい。また、観測者の位置に降る雨だけでは洪水になるかどうかの判断は難しい。上流域の雨で洪水が発生することもある。災害毎に雨の時空間分布が異なるので、狭い地域の記録や記憶で流域内の降雨状況を判断することは適切でない。流域内の降雨の時空間分布を継続的に把握する必要がある。気象庁のWebサイトには、土壌雨量指数、表面雨量指数、流域雨量指数を用いた現在の危険度情報¹⁾が公開されており、参考になる。

気象庁は令和4年6月から線状降水帯予測を開始した²⁾。これにより大雨の予測が行われ、直前までの降雨に加えて少し先まで見えるようになってきた。大雨による災害が頻発する中で災害対策に光が見えるように思える。早めの避難につなげるため、たとえば、「半日後に、九州北部で発生」といった予測を気象庁が開始する。これにより、深夜や未明の状況を予想して、明るいうちに避難の心構えができるようになる。

災害対策上、避難は重要であるあることは言うまでもない。避難は重要であるが、避難だけでは十分でない。災害関連死の状況からは避難場所から帰宅後、従前と似たような環境で生活できることが重要である。

洪水災害を対象にした治水計画は、既往の洪水資料や降雨資料から、外力の大きさとそ

の事象の生起頻度の関係を表す確率分布関数をあてはめて、これまでに経験していない小さい頻度で起こる大きな極端事象を推定し、その外力から流域の人命や資産を守ろうとするものである。

本稿では、筆者が防災計画に関わる外力の頻度解析に携わってきた経験から、治水に係る方々にご留意願いたいことを書き留める。

1. 確率分布の選択

極値頻度解析では、既往の洪水事象が従う確率分布を見出し、その分布を用いて計画規模まで外挿し、未経験規模の事象を推定する。確率分布を選択する際、既往の極値資料に対し、当てはめる確率分布の適合度と確率水文学の安定性を見る。適合度や安定性は良いに越したことがないが、選ばれた確率分布の特性も重要である。年最大値資料の解析によく用いられる一般極値分布 (Generalized Extreme Value Distribution, GEV) は3種類の分布に対応しており、位置母数、尺度母数および形状母数を有している。形状母数の符号で分布の特性が大きく異なる^[1]。図1に赤色で示した分布は上限を有している。一般に災害外力については際限がないと言われているが、この分布が適合する場合、注意が必要である。この分布を選択することは、災害外力に上限があることとして、計画規模に相当する外力を求めることになる。災害外力について際限などないと言いながら上限がある確率分布を用いて検討するのは矛盾していることになる。ゲンベル確率紙上でゲンベル分布より左側にプロットされ、下に凸のグラフとなるものには注意すべきである。角屋³⁾はこのような場合はゲンベル分布を用いるべきであると述べている。

図2は河川整備基本方針⁴⁾の資料から読み取った数値を用いて作成した吉野川と芦田川の基準点における流域平均雨量とピーク流量の確率プロットである。一般に雨量の記録は流量より古くから蓄積されているが、ここでは雨量は流量と同じ期間の資料を用いている。

吉野川では、雨量の確率プロットで GEV が上限を有しているのに対し、流量ではほぼ

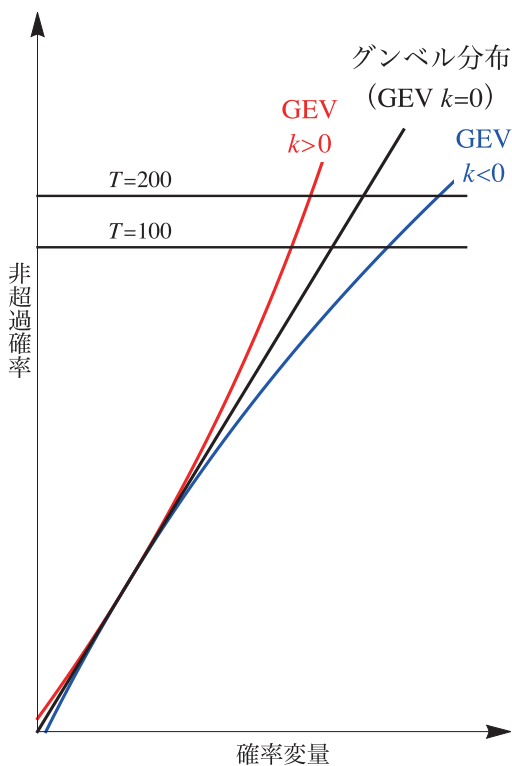


図1 一般極値分布の3つの形態 (ゲンベル確率紙)

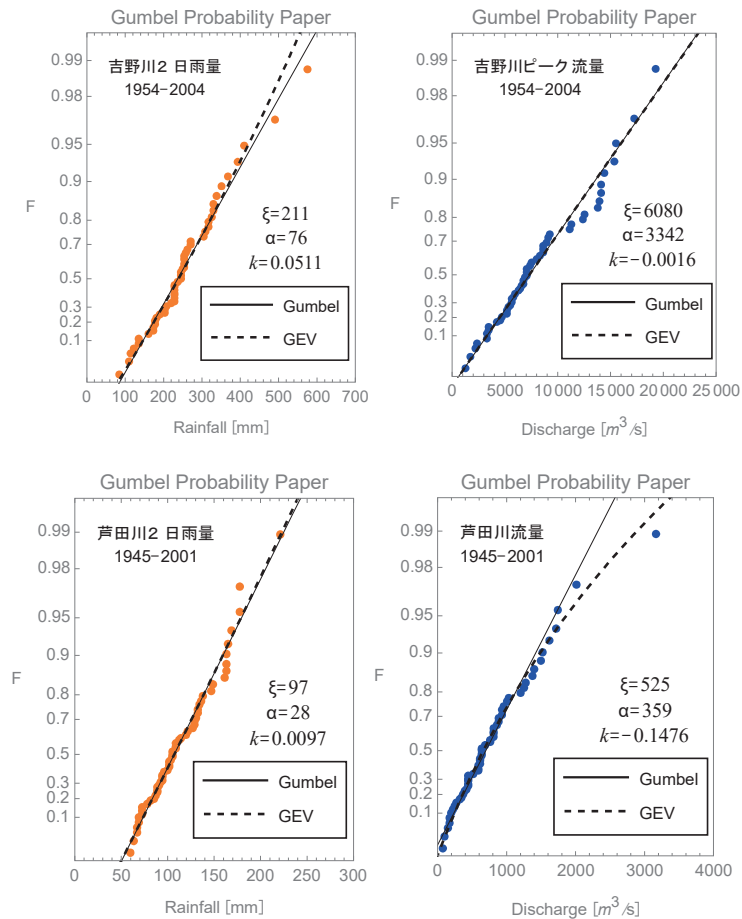


図2 吉野川岩津地点(上)と芦田川山手地点(下)の流域平均2日雨量とピーク流量の確率プロット

ゲンベル分布に重なっている。芦田川では、雨量の確率プロットは直線状で、ゲンベル分布がよく適合しているが流量の確率プロットは少し上に凸になっており GEVの方がよく適合している。

2. 流量確率と降雨確率

戦後、確率論が治水計画に導入された頃、流量の超過確率で河川間の安全度のバランスを取ろうとしていた。なぜなら、治水の根幹施設は土でできている堤防であり、河川内の洪水水位が破堤に大きく関係しているから、水位と関係の深い流量を用いたと考えられる。しかしながら、その後、水資源開発の必要性が高まったこと、既に低平地の土地利用が進み、河道の拡幅などの対策が困難となり、再度災害防止のために、計画流量を大きくする場合の具体的な対策の提案などの観点から、降雨をもとに洪水の貯留と流下を再現すると

ともに、ダムなどの施設や氾濫がなかった場合の洪水の状況を再現する必要性が高まった。このような要請に加えて、降雨流出モデルの開発・発展、雨量観測の発展などもあり、現在では、基本高水の検討を行う際、計画降雨継続時間内の流域平均雨量を用いて流出解析を行い、ピーク流量を推定することが基本となっている⁵⁾。

上流に洪水調節施設や洪水時に氾濫する場所がない場合、洪水位や流量のピーク値を直接頻度解析すればモデルを介して得られるものより信頼性が高いと考えられるかもしれない。しかしながら、ピーク流量の値が小さい領域では降雨損失の影響が大きく、降雨量とは確率プロットが異なる。具体的にはグンベル確率紙上で流量が小さい部分のプロットが上に凸になる。これが既往の最大記録を超えて外挿する確率水文量に影響を与える。仮に、図1で降雨の確率分布がグンベル分布で表される場合でもピーク流量の確率分布は青色で示すようになり、外挿する確率水文量が大きく評価される⁶⁾。図2の芦田川の事例はこのことを示している。吉野川の方は異なるように見えるが、形状母数が負に向けて変化する点は同様である。

3. 想定最大外カクラスの降雨

国土交通省は全国を15地域に分け、各地域内の既往の降雨に基づいて想定最大外力⁷⁾を設定しており、これを用いたハザードマップも作成・公表されている。ハザードマップを見るときは外力をぜひ確認していただきたい。この想定最大の雨量は流域によっては既往の最大値に比べ途方もなく大きく戸惑ってしまうかもしれないが、2019年の東日本台風による豪雨では、これを超えているところがある^{8,9)}ので、無視せず、そういう状況になったらいかに対応すべきかを考えておく必要がある。

筆者は2004年9月29日、三重県中南部を襲った大雨の時、津に在住していたが、3時間で270 mmの雨で、河川の氾濫とは関係なく、周辺より低いだけで湛水・浸水する状況であった。降雨流出モデルを構築する際、窪地の処理をして降雨が円滑に流下するように地形データを処理することが多いが、使用するモデルがどんな現象を再現しようとしているのかをチェックしておくことも重要である。

4. 気候変動の影響

気候変動の影響は、これまでより今後の方が深刻である。気温の変化に比べ降水量の変化は複雑である。例えば、日降水量200 mm以上の年間日数¹⁰⁾について、AMeDAS(1976～)と気象官署51地点(1901～)の資料を比較してみると、それぞれでの長期のトレンドは異なっている。気候変動の影響は非定常になるであろうが、単調に増加するものでないので、計画にどう反映するのかが大きな課題である。明治時代や戦後に甚大な水災害が発生して

いることも念頭に、大雨の動向を注視し続ける必要がある。

参考文献

- 1) 気象庁：気象警報・注意報, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/warning.html>, 2022.05.28閲覧.
- 2) 気象庁：線状降水帯予測の開始について, 2022, https://www.jma.go.jp/jma/press/2204/28a/senjokousuitaiyosoku_20220428.pdf, 2022.05.28閲覧.
- 3) 角屋睦：水文統計論, 水工学シリーズ, 土木学会水理委員会, 64-02, p.59, 1964.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局：河川整備基本方針・河川整備計画, https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/index.html#map, 2022.5.20閲覧.
- 5) 中小河川計画検討会：中小河川計画の手引き（案）, 洪水防御計画を中心として, (一般) 国土技術研究センター, p.242, 1999.
- 6) 田中茂信・小林健一郎・北野利一：流量および雨量の極値資料の形状母数から見える治水計画上の留意点, 土木学会論文集 B1 (水工学), (投稿中).
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局：浸水想定（洪水, 内水）の作成等のための想定最大外力の設定手法, 2015, https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/pdf/shinsuisoutei_honbun_1507.pdf, 2019.12.20閲覧.
- 8) 科学研究費補助金特別促進費, 令和元年台風19号および台風21号による広域災害に関する総合研究所報告書, 研究代表者：二瓶泰雄, p.295, 2020.
- 9) 田中茂信：治水計画の変遷と降水量極値の変化, 土木学会, 水工学委員会・海岸工学委員会, 2021年度（第56回）水工学に関する夏期研修会講義集, A-3, 2021.
- 10) 気象庁：大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html, 2022.6.02閲覧.

補注

- [1] GEV の定義は Handbook of Hydrology に倣っており, 形状母数の符号が正の場合, 変数は上限を有し, 負の場合上側に裾の厚い分布となる。