

京都大学工学部

学生会員

○岡田啓希

京都大学大学院工学研究科

正会員

立川康人

京都大学大学院工学研究科

正会員

市川温

京都大学大学院工学研究科

正会員

萬和明

1 はじめに 河川整備計画においては、雨量や流量データの確率統計解析を行い、河川の氾濫や決壊などを引き起こす原因となる極端現象の発生確率を適切に予測して、計画に必要な基本量を推定する必要がある。気候変動に伴い極値水文時系列における非定常性を考慮した水文頻度解析の必要性が示唆されている。本研究では、時変母数を導入した確率分布モデルを用いて、九州全域の河川流域の年最大日流量、年最大時間流量の非定常水文頻度解析¹⁾を行う。

2 非定常水文頻度解析 本研究で行う非定常水文頻度解析の手順の概要を以下で説明する。

2.1 入力データ 入力データは、地球温暖化予測情報第8巻²⁾のバイアス補正後の時間降水量を用いて計算された、九州全域における各1km格子(東西方向に336個、南北方向に372個)の年最大日および時間流量である³⁾。実験期間は、現在気候(1981-1999年)、近未来気候(2017-2035年)、将来気候(2077-2095年)である。

2.2 時変母数のモデリング 候補とする分布モデルとして4つの非定常分布モデルを用いる。年最大流量データの非定常性を考慮するために、母数を時間の多項式モデルで表す。この時変母数には、位置母数 μ_i 、尺度母数 σ_i の2つを考え、非定常GEV分布モデル(GEV)、非定常Gumbel分布モデル(GB)、非定常対数正規分布モデル(LN)では、

$$\mu_i = \sum_{k=0}^p \mu_k t_i^k, \quad \sigma_i = \exp\left(\sum_{l=0}^q \sigma_l t_i^l\right)$$

非定常SQRT-ET分布モデル(SQ)では、

$$\mu_i = \exp\left(\sum_{k=0}^p \mu_k t_i^k\right), \quad \sigma_i = \exp\left(\sum_{l=0}^q \sigma_l t_i^l\right)$$

と表すことにする。ここで $t_i = i/(n+1)$, ($i = 1, 2, \dots, n$, $n = 115$)は正規化した時間(年)を表す。対象期間は、各19年間の3実験期間を含む115年間である。用いる流量データには、現在気候から近未来気候で減少、近未来気候から将来気候で増加の傾向が見ら

れることから、時変母数に3次以上の次数を与えても意味はないと考え、時変母数の次数は2次とする。また、時変母数のパラメータ推定には最尤法を用いた。

2.3 モデル選択基準 水文頻度解析では、複数の分布モデルとその中で最も母集団分布と適合度が良いと考えられるモデルを選択するためのモデル選択基準が必要である。本研究では、モデル選択基準としてTIC(Takeuchi Information Criterion, 竹内情報量基準)⁴⁾を適用する。2つの時変母数のパラメータの組み合わせが 3×3 の9通りあり、それぞれの場合において4つの非定常分布モデルが存在するので、合計36通りの候補モデルがある。それらのうちTICの値が最も小さかった時の時変母数と分布モデルを選択する。

3 結果と考察 決定した時変母数と非定常分布モデルから100年確率年最大日流量を推定した。九州全体で最も流域面積の大きい10河川の推定値を3期間にわたって示した(図1)。九州全体で、各セルにおける推定値の増減を、現在気候と近未来気候、将来気候それぞれで比較した(図2, 図3)。ここでは、それぞれの期間の代表年を中間年とした。また、代表10河川における時変母数のパラメータ値を示した(表1)。

代表10河川におけるパラメータの推定値について、

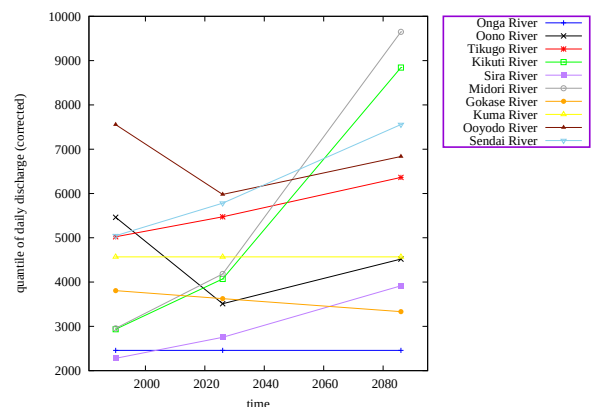


図1 代表10河川の100年確率年最大日流量

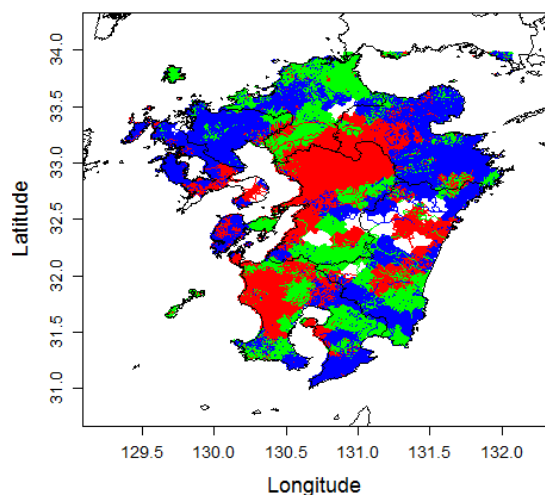


図2 100年確率年最大日流量の現在気候に対する近未来気候の増減(赤:増加, 青:減少, 緑:定常)

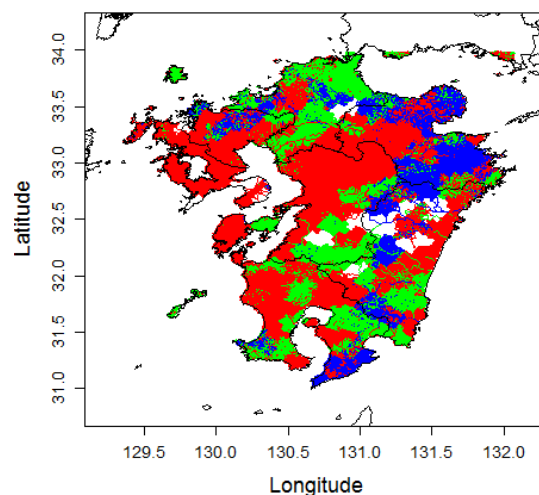


図3 100年確率年最大日流量の現在気候に対する将来気候の増減(赤:増加, 青:減少, 緑:定常)

大野川や五ヶ瀬川で μ_1 が負の値であるが、これは図1で近未来気候で減少していることと整合的である。位置母数は定常となっている場合が多いのに対して、尺度母数は1次関数となっている場合が多い。

10河川の推定値について、現在気候から将来気候で最も増加率が大いなのは菊池川と緑川で、それぞれ約3倍に増加している。減少し、次に増加に転じるのは、大野川と大淀川である。基本的な特徴として、九州地方東側で減少、西側で増加の傾向が見られる。

図2、図3の九州全体の各セルにおける推定値の増減について、現在気候に対して、近未来気候より将来気候の方が増加を示すセルが多くなっている。地球温暖化予測における気候モデルによるシミュレーション結果には、温室効果ガスの増加等の外部強制力に対する応答と大気や海洋に内在する自然要因の変動が現れる。これらは、それぞれ長期変動、短期変動と呼ばれる。増加の割合が多い要因は、外部強制力に対する応答が長期変化傾向として現れたことが考えられる。また、気候モデルでは、外部強制力に対する応答としての気候変化を予測することは可能であるが、数年以上先の自然変動の振幅や位相までを正確に予測することは難しい。図2、図3でともに、東側で減少、西側で増加の傾向が現れたが、東側における減少傾向は自然要因の変動が原因で、降水量データの予測期間において、台風の影響が少なかったためと考えられる。

表1 時変母数のパラメータ推定値

パラメータ	μ_0	μ_1	μ_2	σ_0	σ_1	σ_2	モデル
遠賀川	6.38	0	0	-0.491	0	0	LN
大野川	3.42	-1.10	0	-4.11	2.31	-2.33	SQ
筑後川	1690	0	0	6.55	0.408	0	GB
菊池川	6.90	0	0	-0.833	0.846	0	LN
白川	849	0	0	5.66	0.921	0	GB
緑川	6.88	0	0	-0.810	0.874	0	LN
五ヶ瀬川	3.32	-0.726	0	-3.58	0	0	SQ
球磨川	1420	0	0	6.53	0	0	GB
大淀川	2040	0	0	7.24	-1.94	1.77	GB
川内川	7.51	0	0	-0.866	0.405	0	LN

4 まとめ 本研究では、九州全体の流域において年最大日および時間流量の非定常水文頻度解析を行った。その結果、100年確率年最大日流量について、現在気候に対して、近未来気候では、東で減少、西で増加の傾向が見られ、将来気候では、全体的に増加傾向が現れた。また、図2、図3ともに、九州の東側で減少、西側で増加の傾向が現れた。100年確率年最大時間流量についても同様の結果となった。

参考文献

- 1) 林 敬大, 立川 康人, 椎葉充晴: 時変母数による非定常水文頻度解析手法のモデル選択に関する考察, 土木学会論文集, B1(水工学), Vol. 71, No. 1, 28-42, 2015.
- 2) 気象庁: 地球温暖化予測情報 第8巻, 2013.
- 3) 小泉有輔: 超高解像度の地球温暖化予測情報を用いた河川流量の再現と予測, 京都大学工学研究科社会基盤工学専攻, 修士論文, 2015.
- 4) 小西貞則, 北川源四朗: 情報量基準, pp26-27, 朝倉書店, 2004.