

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04613

研究課題名(和文)d4PDFデータを用いた非定常IDFAカーブの算定(新しい治水計画策定法の提案)

研究課題名(英文)Estimating of unstationary IDFA curve by using d4PDF dataset

研究代表者

葛葉 泰久(Kuzuha, Yasuhisa)

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：50373220

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文): d4PDFデータを用いた非定常IDFAカーブの算定法を提案する。IDFカーブという考え方は、昔から水工計画で用いられてきた。IDFは、降水強度(I)、降水継続時間(D)、頻度(F)の関係をあらかじめ用意しておいて、所定のD、Fに対するIをすぐに算定できるようにするのが目的である。ただし、降水面積(A)もしばしばパラメータとして重要になるので、本研究では、IDFAカーブの求め方について研究を行った。タイトルに含まれている「非定常」については、正直言って十分な成果が得られていないが、非定常な母集団である「d4PDF現在気候」を用いてIDFAカーブを求めたということで、結果に含まれている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

もともと非定常降水量時系列データを使ったIDFAカーブの算定法が主なテーマだったが、解析手法として用いる「確率モデルの母数推定法」「確率モデルの適合度評価」あたりの検討結果で特筆すべきものが得られた。国交省が用いている現在のこれらに関する手法には、色々不都合な点があることを見出し、その改良手法について種々提案した。これは非常に意義あることと考えている。学会賞もいただいた。

研究成果の概要(英文): We investigated a method how to derive IDFA curve which is important when we plan a flood-control system. I is intensity, D is duration, F is frequency and A is area. Moreover we investigated parameter-estimation of stochastic model for deriving IDFA curve and goodness-of-fit (validation) method of stochastic model in detail. As a result, we proposed new method for parameter-estimation and goodness-of-fit of stochastic model.

研究分野：土木工学・水工水理学

キーワード：IDFAカーブ 頻度解析 水文統計学 母数推定法 適合度評価手法 d4PDF 中小河川計画の手引き(案)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

現在、かなりおおざっぱな手法で「100年確率降雨量」のような確率降雨量が求められ、それを目標に治水計画が立案されている。まず、「100年確率降雨量」と言っても、それが「1時間降雨量」であるか、「3時間降雨量」であるか、「24時間降雨量」であるかによって、降雨量は異なる(確率降雨量は「降雨継続時間; “Duration”」の関数であるという意味である)。同じように、観測点の降雨量であるか、ある程度の面積のエリアの平均降雨量かという問題がある(確率降雨量は「面積; “Area”」の関数である)。これにより、ある時間の降雨強度(“Intensity”単位; mm/h)で、リターンピリオド(頻度; “Frequency”)が F のものは、 F, D, A の関数になる。海外では、 I, D, F の関係を規定した IDF カーヴという概念があった。また、日本では、類似の研究として、DAD 解析という手法があった。

行政は、独自に求めた簡単な「 T 年確率降雨量を求めるデータ」を持っているが、その根拠となるのは、既往の降雨量データである。本研究では、非常に標本サイズの大きい「d4PDF 現在気候データ」を用い、IDFA カーヴを算定する手法を提示しようというものである。

2. 研究の目的

上述のように、非常に標本サイズの大きい「d4PDF 現在気候データ」を用い、IDFA カーヴを算定する手法を提示する。その際に、提示の手法も検討する。もともと、IDF カーヴも DAD 曲線も、その関係を、ある一つの式に押し込むことが好まれてきた。しかし、ビッグデータが扱えるようになった現在、データベースを構築し、希望の地域の、希望の F, D, A に対する I (確率降雨量) を取り出すことができれば、その方が簡潔である。「一つの式に押し込める」と、誤差を包含するからである。また、タイトルにある通り、降雨量データの母集団が定常でないと考えた場合の対処法についても、検討を行う。

3. 研究の方法

(1) d4PDF 現在気候データ(1時間降水量データ)を用い、所定の D, A の降雨強度を大量に計算し、頻度も加味した関係式を求める。

(2) (1)の検討において、ある確率密度のモデルを用いる、パラメトリックな手法も用いた。その際に、「確率モデルの母数を求める手法」、「どの確率モデルが最適か評価する手法」が必要になる。その検討も行う。

4. 研究成果

以下、3.の(1),(2)に分けて結果を報告する。

4.1 IDFA カーヴ(計算結果)

これについては、2023年6月1日現在で、結果の公表の準備中であり、刊行された論文等はない。そこで、いくつかの図を挙げる。いずれも、d4PDF 現在気候データで作ったものである。つまり、そもそものデータが20km四方メッシュのエリアの平均値なので、点降水量と比較して「極値」が小さい。

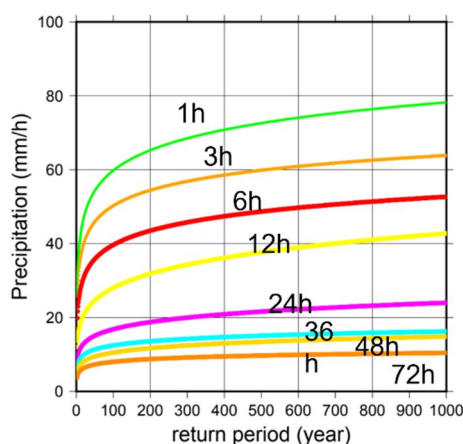


図1: ある観測点で作った、半径10kmのエリア(A)の降水強度(I, 縦軸), リターンピリオド(F, 横軸), 降水継続時間(D, 1h~72h)の関係を表した図である。

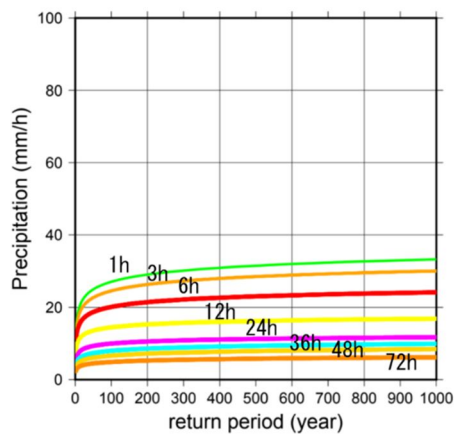


図2： 図1と同じ．ただし，半径100kmのエリア（A）の降水強度（I，縦軸），リターン
 ピリオド（F，横軸），降水継続時間（D, 1h～72h）の関係を表した図である．

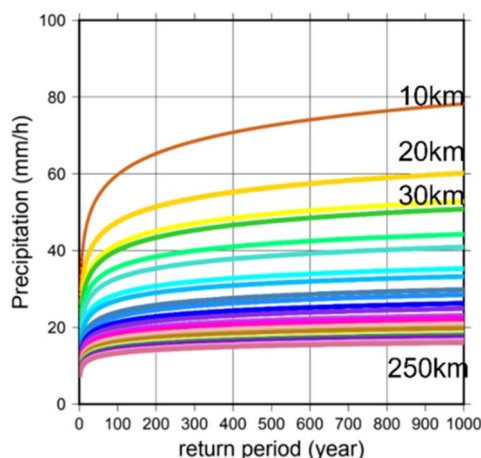


図3： 図1，図2と異なり，降水継続時間(D)を1hで固定し，面積（円の半径, A）
 を変化させて，降水強度IとリターンピリオドFの関係を表した図．

2.2 IDFA カーブ作成手法の結論

図1, 2, 3のような図は，求められればいつでも描くことができる．ただし，作成したデータベースを利用し，所定の A, D, F に対する降水量（I, mm/h）を提示する方が効率的である．なお，データとして，非定常な標本（3,000年分のデータがあるので，母集団と考えることも可能）を用いたので，非定常を前提とした結果にはなっているが，明確に「非定常なデータの対処法」を提案できるところまで，研究を進めることはできなかった．

4.2 母数推定法と適合度評価法の高度化

これについては，4つの査読論文を公表したので，その abstract を示す．なお，論文1, 2で2022年9月に水文・水資源学会賞（論文賞）をいただいている．

(1) 確率水文学算定手法の改良と従来からの手法の問題点指摘 - 修正 SLSC 法を含む手法 -
 国土交通省をはじめ，多くの行政機関が河川計画策定時に「中小河川計画の手引き（案）」という資料を用いている．しかし，ここ数年著者らが指摘しているように，この手引きの T 年確率水

丈量算定の手法を表すフローチャートには重大な誤りがある。特に、本邦で長く使われてきた SLSC について、標本数・確率分布に関してフェアでないことが問題となる。そこで本稿では、従来の方法からそれほど大きく変わらない手続きを提案する。つまり、

- 1) 何らかの手法でいくつかの分布関数の母数推定を行う。
- 2) それぞれの分布関数に関して SLSC を求める。
- 3) モンテカルロ・シミュレーションによって生成させた乱数を用いて SLSC を多数発生させ、それぞれの確率分布について、SLSC の分布関数を求める。
- 4) 最初に求めたそれぞれの分布の SLSC の非超過確率を求め、それが小さい（つまり「より有意」、すなわち確率密度関数の「より左の裾」にある）ものを「優秀な分布」と考える。

というようなものである。

この手法で d4PDF 過去実験データの年最大 1 時間降水量の、最適な確率分布を選定したところ、SLSC そのものを用いる場合と、本稿で提案する手法を用いる場合では、結果が若干異なることが分かった。著者らはこの手法により、よりフェアな適合度評価ができると考える。

(2) AIC を使用した確率水文学推定に関する研究

本報は、葛葉・水木 (2021a) (前報) を補足するものである。前報では、T 年確率水文学量の算定手順に関し、修正 SLSC 法を用いた手法を提示した。しかし、その手法では、そこで問題にした「2 重の規準の問題」は解決できない。通常、我々は、A-規準 (L-moment, 対数尤度など) によって母数を推定し、B-規準 (SLSC, AIC など) によって確率分布間の優劣を評価して最適な確率分布を選定する。しかし、A-規準と B-規準が異なるのは問題である。これを解決するために、最尤法で母数を推定して AIC などの情報量による規準値で確率分布間の比較をすればよいことは、最尤法と AIC 等の情報量規準の関係ゆえ、おそらく多くの研究者が気づいていると考える。

本報では、前報に引き続いて、中小河川計画の手引き (案) について考えた。上述のように最尤法と AIC を用い、安定性評価と称したりサンプリング法による評価を行わないのが良いと考える。

(3) SLSC の問題点の証明 平均値の準解析解を使った平易な解説

著者らは、中小河川計画の手引き (案) に間違いがあると主張してきた。SLSC を適合度の比較に用いるのは適切でないからである。ところが、この主張がなかなか行政の解析者に理解されない。そこで本論文では、理論的に求めた SLSC の平均値を使って平易な説明をしようと思う。平均値は順序統計量の同時確率密度関数を用いて求めた。

(4) SLSC 法に関わるいくつかの論点と母数推定・適合度評価のガイドライン

著者らは、長年、中小河川計画の手引き (案) に掲載されている適合度評価に関わる手順には不適切な点があるので、同文書を改訂すべきと主張している。我々の主張は学術的には正しいのだが、同時に行政の都合、つまり「施策の継続性ゆえ、この手の手法をすぐには変えられない」というのも理解はできる。そこで、本論文では従来からの手法を元にした手法を継続的に用いる場合に考慮すべき論点を提示したい。特に、3 母数の確率分布や江藤らの分布の SLSC について詳述する。最後に、我々の今までの知見を集約した母数推定・適合度評価のガイドラインを示したい。

さて、ここでは、上述の論文で示した、いくつかの重要な図表を示したいと思う。

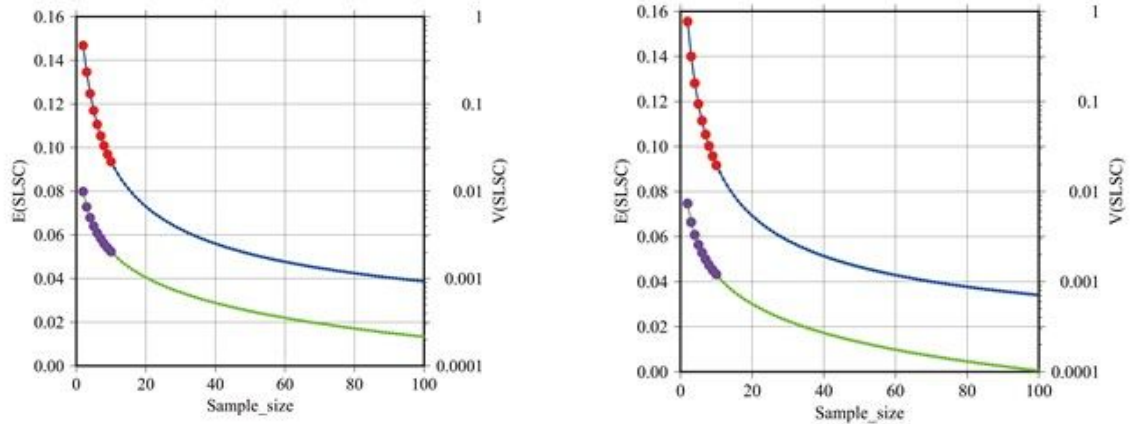


図1 ゲンベル分布の SLSC の平均（青線，左軸）と分散（緑線，右軸）。 は準解析解。

図2 図1と同じ。ただし正規分布に関する

上述の図でわかることは、国交省が好んで用いる「中小河川計画策定の手引き（案）」で使われてきた SLSC という適合度評価法は、「標本サイズが変わると変化する」「確率分布に関してフェアでない」ものだという事である。最後に、上述論文で、提案者が提案した「解析者に向けたガイドライン」を示す。

- 1) Kullback-Leibler 情報量に基づく最尤法と AIC 法を使用することでシームレスな母数推定・適合度評価をすべきである。手引きの手法はやめるべきである。
- 2) 施策の継続性のために SLSC を使わざるを得ない場合は、文献 3,4 で示したように、「今求めた」SLSC の非超過確率をモンテカルロ・シミュレーションで算定し、SLSC の非超過確率で比較する方が良い。
- 3) GEV 分布と江藤らの分布を用いたい場合は、本論文で示したような、線形でない標準変量への変換をする方が、「母数に関してアンフェア」にならない。
- 4) しかし、確率分布や標準変量の定義ごとに SLSC の平均や意味が違うので、2)を検討すべきである。
- 5) 解析者は「なぜその規準で適合度の比較をしているのか」を説明するべきである。そういう意味では、同じ「確率紙上の評価」であっても、上田・河村の評価法についても検討するのが良い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 葛葉泰久・水木千春	4. 巻 34
2. 論文標題 確率水文学算定手法の改良と従来からの手法の問題点指摘 - 修正SLSC法を含む手法 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 水文・水資源学会誌	6. 最初と最後の頁 283～302
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3178/jjshwr.34.283	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 葛葉泰久・水木千春	4. 巻 35
2. 論文標題 AICを使用した確率水文学推定に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 水文・水資源学会誌	6. 最初と最後の頁 pp.134-147
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3178/jjshwr.35.134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 葛葉泰久, 水木千春	4. 巻 78
2. 論文標題 SLSC法に関わるいくつかの論点と母数推定・適合度評価のガイドライン	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	6. 最初と最後の頁 I_487～I_492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.78.2_I_487	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 葛葉泰久, 水木千春	4. 巻 78
2. 論文標題 SLSCの問題点の証明 平均値の準解析解を使った平易な解説	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	6. 最初と最後の頁 I_481～I_486
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.78.2_I_481	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 葛葉泰久・水木千春
2. 発表標題 「中小河川計画の手引き（案）」を使って算定された確率水文量は「間違い」です
3. 学会等名 水文・水資源学会 2021年研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦利昭・葛葉泰久
2. 発表標題 勢田川（伊勢市岡本地区）における水位と降水量の関係について
3. 学会等名 水文・水資源学会 2021年研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 葛葉泰久・水木千春
2. 発表標題 「中小河川計画の手引き（案）」を使って算定された確率水文量は「間違い」です（2）
3. 学会等名 水文・水資源学会 2022年研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 葛葉泰久	4. 発行年 2021年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 6
3. 書名 従来からの統計処理法（水文・水資源ハンドブックの7章一節）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

10.3178/jjshwr.34.283 と 10.3178/jjshwr.35.134 によって、水文・水資源学会の学会賞（下述）を受賞した。

2022年度 論文賞（水文・水資源学会）
受賞者：葛葉泰久

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------