

マレー半島における流域水文データの頻度解析 および時系列解析に関する研究

岐阜大学工学部 正会員 室 馨
 岐阜大学工学部 正会員 小尻 利治
 京都大学工学部 正会員 椎葉 充晴
 岐阜大学工学部 学生員 ○Tan, Boon Lay

1 目的

ダムや堤防などの土木構造物の設計において考慮すべき外力には死荷重や活荷重のような日常に作用するもののほかに、洪水、台風、地震力などのようにきわめてまれにしか発生しないが、構造物の機能及び安全性に重大な影響を及ぼすものがある。治水計画の策定にあたっては、このように非常時荷重に対して十分安全な構造物を設計しなければならない。

本研究では、マレー半島の年最大比流量による頻度解析および月あるいは年単位の水文データを用いた時系列解析を行う。年最大流量データを用いる頻度解析による方法は洪水の防御に対するだけではなく、不必要な設計規模のチェックを行い構造物材料の節約、設計強度の合理化などにも役にたつだろう。ここでは、設計強度までは評価しないが、極値データの頻度解析による確率分布モデルの適合性及び確率水文量の評価とその地域的特性の明示を目的とする。また、時系列データの特徴を分析することによって、降雨量などの水文データに時系列モデルをあてはめ、周期性や傾向変動（トレンド）などの気候変動の有無を検出する。こうした時系列モデルの作成により、長期の水文現象の予測を行うことが可能になるだろう。

2 方法

2.1 頻度解析の手法

頻度解析の方法としては、下述の六つの手順にしたがって行う。

- データの吟味 (均質性及び時間的独立性) を行う。
- ヒストグラムや分布曲線を描き、分布形を把握した上で、次の 11 種の確率分布モデルを候補とする。

正規分布	(2 母数)	対数正規分布	(2、3 母数)
PEARSON III 型分布	(2、3 母数)	対数 PEARSON III 型分布	(3 母数)
平方根指数最大値分布	(2 母数)	一般化極値 (G.E.V) 分布	(3 母数)
グンベル分布	(2 母数)	対数グンベル分布	(2、3 母数)
- データにそれらのモデルをあてはめ、適合度を評価する、その際、評価指標として、AIC (赤池の情報量規準)、SLSC (標準最小二乗規準)、MLL (最大対数尤度)、COR (相関係数) を用いる。なお、母数は最尤法で推定する。
3. において適合度の悪いものを棄却する。
- Jackknife 法により確率水文量の変動性を調べる。
- 確率水文量の変動性の小さいモデルを最適解として選ぶ。

2.2 時系列解析の手法

本研究では、自己回帰モデルを用いて、時系列解析を行うが、以下に手順を示す。

- 各地域の降雨強度を時間的にプロットして、これらのデータの時間的変化を評価する。
- 時刻 n における時系列の値を y_n として、 y_n と y_{n+k} の自己共分散関数を求める。ただし、 k は遅れ時間である。
- ユール・ウォーカー方程式による自己回帰モデルの係数及び白色雑音の分散を求める。最適な自己回帰モデルの次数の決定は、AIC を用いて評価する。
- 時系列モデルが求められると、カルマンフィルター方法を用いて、長期の水文現象の予測を行う。

3 対象流域の概要

マレー半島の気候は古くから五つの地域降雨特性に分けられていた。本研究では、それらの気候区分を利用して、年最大比流量を用いて頻度解析を行った。実データとしては、西岸地方に属する Perak 流域(1915～1985年、ただし、1944～1947年は欠測)および Pari 流域(1915～1985年、ただし、1941～1946年は欠測)、北西地方に属する Ijok 流域(1915～1985年、ただし、1941～1946年は欠測)および Muda 流域(1947～1985年)、東岸地方に属する Kelantan 流域(1949～1985年)、Portdickson 海岸地方に属する Linggi 流域(1947～1985年)である。しかし、南西地方はデータの数が少ないため、頻度解析の評価はできなかった。時系列解析は五つの気候区分に関する月あるいは年降雨量の水文データを用いて行った。

4 結果と考察

各地域の最大比流量データを用いて、最尤法による母数推定を行い、11種類の確率分布モデルをあてはめ、10、20、30、50、100、200、300、500年での再現確率水流量を求めた。AIC、SLSC、MLL、CORの四つの評価規準で求められた適合度の良い分布モデルは各地域によって4～6の分布モデルがあった。その際、モデルの良否が適合度のみによって評価するのは難しいため、本研究では、Jackknife法によって確率水流量の推定誤差を求めた。表は各地域ごとの確率分布の良いモデル、リータンピリオドの再現確率水流量である。()内は推定誤差を表している。確率水流量の推定誤差の小さい分布モデルは、西岸地方に属する Perak と Pari の流域では、平方根指数最大値分布、Pearson III 型分布、東岸地方に属する Kelantan 流域では平方根最大指数分布、北西地方に属する Muda と Ijok 流域では両流域ともグンベル分布(2母数)、Portdickson 海岸地方に属する Kesang と Linggi 流域では平方根指数分布、対数正規分布(3母数)である。それらの確率分布モデルによる確率最大比流量の推定値を比べると、Kelantan 流域の推定比流量が他の地方よりも多くなったのは、東岸地方の年降雨量が他の地方よりも多かったが原因であろう。その他の詳細と時系列解析の結果は講演時に述べる。

表：Jackknife法によって求められた確率水流量の推定値と推定誤差

	PERAK	PARI	KELANTAN	MUDA	IJOK	KESANNG	LINGGI
R・P	S.E.M (2PAR)	PEARSON (2PAR)	S.E.M (2PAR)	GUMBEL (2PAR)	GUMBEL (2PAR)	G.E.V (3PAR)	LG-NORMAL (3PAR)
10	0.337 (0.0398)	0.447 (0.0240)	0.732 (0.1015)	0.274 (0.0227)	0.386 (0.0179)	0.188 (0.0325)	0.247 (0.0363)
20	0.422 (0.0539)	0.502 (0.0291)	0.916 (0.1342)	0.316 (0.0274)	0.440 (0.0215)	0.246 (0.0583)	0.293 (0.0563)
30	0.474 (0.0628)	0.533 (0.0321)	1.030 (0.1549)	0.340 (0.0302)	0.471 (0.0236)	0.287 (0.0798)	0.321 (0.0716)
50	0.543 (0.0749)	0.571 (0.0360)	1.180 (0.1826)	0.370 (0.0336)	0.510 (0.0263)	0.349 (0.1153)	0.357 (0.0950)
100	0.642 (0.0926)	0.619 (0.0413)	1.398 (0.2232)	0.411 (0.0383)	0.563 (0.0300)	0.451 (0.1830)	0.408 (0.1351)
200	0.749 (0.1119)	0.666 (0.0467)	1.632 (0.2673)	0.452 (0.0430)	0.615 (0.0337)	0.583 (0.2808)	0.463 (0.1858)
300	0.815 (0.1239)	0.692 (0.0498)	1.776 (0.2947)	0.475 (0.0458)	0.646 (0.0360)	0.676 (0.3562)	0.497 (0.2208)
500	0.902 (0.1398)	0.725 (0.0537)	1.965 (0.3310)	0.505 (0.0493)	0.685 (0.0388)	0.815 (0.4756)	0.541 (0.2710)

参考文献

1. 宝・高棹(1988): 水文頻度解析における確率分布モデルの評価規準、土木学会論文集、第393号/II-6、pp.133 - 141
2. 伊藤 学・亀田 弘行・黒田 勝彦・藤野 陽三(1988): 土木・建築のための確率・統計の応用、丸善株式会社
3. 国友 直人・山本 拓(1991): 時系列モデル解析入門、東京大学出版会