

防府市におけるタンクモデルの構築とそれを用いた土砂災害発生危険基準線の設定

山口大学大学院理工学研究科 正会員○杉原 成満 正会員 朝位 孝二 フェロー会員 古川 浩平
 前田道路(株) 非会員 福田 慎哉(研究時所属:山口大学大学院理工学研究科)
 中電技術コンサルタント(株) 正会員 倉本 和正 正会員 荒木 義則

1. はじめに

土砂災害警戒情報の発表基準として用いられている土砂災害発生危険基準線(Critical Line: 以下, CL)は, その降雨指標に 60 分間積算雨量と土壌雨量指数が用いられている. 土壌雨量指数の算出に用いられる直列3段タンクモデルは, 各タンクが複数のパラメータを有していることから, 地域の流出特性を高い精度で表現できる可能性が高いが, 土壌雨量指数の算出は, 全国一律のタンクモデルで行われているため, 現状ではその特性を十分に活かされているとは言い難い.

そこで, 本研究では, 防府市真尾地区における観測データに基づいたタンクモデルの構築を試みた. その上で, 構築したタンクモデルを用いて算出した土壌雨量指数を用いて CL の設定を行い, 構築したタンクモデルの有用性について検討を行った.

2. タンクモデル構築手法の概要

(1)タンクモデルの概要

同定解析で対象とするタンクモデルは, 土壌雨量指数の算出に用いられている直列3段タンクモデルとした(図-1 参照). 当該モデルにおいて同定すべきパラメータは, 流出孔($\alpha_1 \sim \alpha_4$), 流出孔位置($L_1 \sim L_4$), 浸透孔($\beta_1 \sim \beta_3$), および各タンクの初期水位($S_1 \sim S_3$)の計14定数である.

(2)解析手法

タンクモデルパラメータの同定解析には, 探索出発点の良否に影響されず大域的な解を求められ, かつ探索効率がよい大域的探索手法として提案されている SCE-UA 法(Shuffled Complex Evolution Method developed at the University of Arizona)を用いた^{1),2)}.

(3)解析条件

最適解の探索範囲は, 表-2 に示すとおり上限を土壌雨量指数の算出に用いられている値の3倍とし, 下限は有効数字を踏まえ 0.01 とした. なお, 初期水位については十分大きな値として一律 100mm とした.

目的関数は, 観測流出量と同定したパラメータを用いた計算流出量との平均二乗誤差を最小とすることとした(式(1)参照).

$$RMS = \frac{1}{N} \sum \sqrt{(Q_0 - Q_c)^2} \rightarrow \min \quad \text{式(1)}$$

RMS : 観測流出量と計算流出量との平均二乗誤差

N : データ数

Q_0 : 観測流出量

Q_c : 計算流出量

本検討では, 防府市佐波川流域において観測された雨量・流量データ(1980年~2009年, 国土交通省真尾観測所)のうち, 防府市で過去に土砂災害が複数件発生した総雨量180~297mmの4つの降雨イベントを用いてタンクモデルパラメータの同定解析を行う.

ここで, 収束判定は, 計算回数が 50,000 回に達した時点とし, その時点で得られた解を最適解とした.

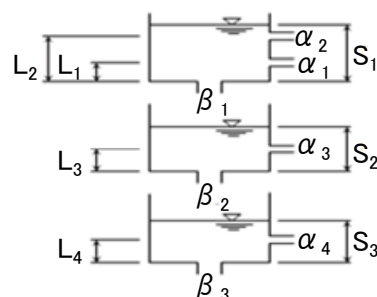


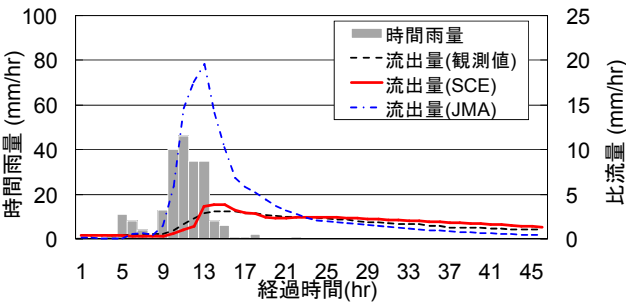
図-1 直列3段タンクモデル

表-1 最適解の探索範囲および同定解析結果

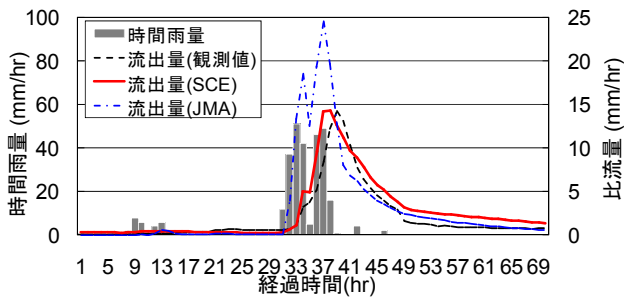
パラメータ	探索範囲		同定解析 最適パラメータ	参考 JMA使用モデル
	上限	下限		
α_1	0.30	0.01	0.01	0.1
α_2	0.45	0.01	0.10	0.15
α_3	0.15	0.01	0.15	0.05
α_4	0.03	0.01	0.03	0.01
β_1	0.36	0.01	0.02	0.12
β_2	0.15	0.01	0.02	0.05
β_3	0.03	0.01	0.01	0.01
L_1	45	0.01	45.00	15
L_2	180	0.01	166.97	60
L_3	45	0.01	39.68	15
L_4	45	0.01	45.00	15

キーワード SCE-UA 法, タンクモデル, 土砂災害発生危険基準線

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 TEL: 0836-85-9328(直)



(a)1993/8/2～1993/8/3 の降雨イベント



(b)2009/7/19～2009/7/22 の降雨イベント

図-2 観測流出量と計算流出量の比較結果

3. タンクモデルパラメータの同定解析結果

同定した最適パラメータを表-1に示す。また、同定解析に用いた降雨における観測流出と計算流出量との比較結果の一例を図-2に示す。

図より、計算流出量は、ピーク時の流出量が観測流出量と若干異なるものの、立ち上がりや減衰等、流出量の変動傾向は概ね一致している。また、土壌雨量指数の算出に用いられている気象庁使用モデルよりも観測流出量の再現性が高いモデルが構築されている。

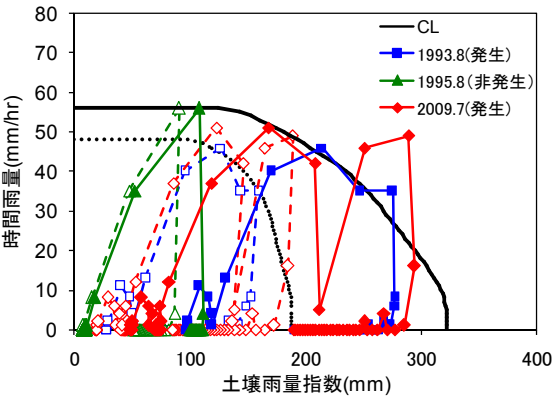
4. タンクモデルの有用性の評価

ここでは、構築したタンクモデルによって算出した土壌雨量指数を用いてCLの設定を行い、構築したタンクモデルの有用性について検討を行う。ここで、CLの設定に用いる降雨データは、国土交通省真尾観測所における1991年～2005年の観測データとし、CLの詳細な設定手順は「国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(2005)」に従うものとした。

構築したタンクモデルを用いて設定したCL(以下、MANAO-CL)と従来のタンクモデルを用いて設定したCL(以下、JMA-CL)の精度の比較結果を表-2に示す。表より、災害の予測精度を示す災害捕捉率はともに100%となっているものの、空振り率はJMA-CLの87.5%に対してMANAO-CLでは83.3%と若干では

表-2 CLの精度比較

	MANAO-CL	JMA-CL
災害捕捉率(%)	100.0	100.0
空振り率(%)	83.3	87.5
超過頻度(回/年)	0.40	0.53



※実線：MANAO、破線：JMA

図-3 CLと発生降雨・非発生降雨との関係

あるが精度が向上している。この理由としては、JMA-CLではタ立などにみられる先行雨量が少ない非発生降雨の土壌雨量指数と1993年8月の発生降雨におけるCL超過時の土壌雨量指数が類似していることに対し、MANAO-CLでは発生降雨と非発生降雨とで土壌雨量指数が明確に異なることから、降雨指標の分離性が向上していることが考えられる(図-3参照)。

5. まとめ

過去に土砂災害を引き起こした降雨イベントを対象として構築したタンクモデルは、気象庁のタンクモデルよりも観測流出量の再現性が高いモデルであることが確認された。当該タンクモデルを用いて新たなCLの設定を行った結果、災害の発生と非発生の判別精度が向上することが確認された。このことから、地域の流出特性を考慮したタンクモデルの構築を行うことにより、CLの精度を向上させることができるものと推察される。

参考文献

- 1) Duan,Q.,Sorooshin,S.and Gupta,V.K. : Effective and Efficient Global Optimaiation for Conceptual Rainfall-Runoff Models, Water Resources Reserch, Vol.28, No.4, pp.1015-1031, 1992.
- 2) 倉本和正, 杉原成満, 荒木義則 : 大域的探索によるタンクモデルパラメータの同定手法に関する一考察, 平成18年度 砂防学会研究発表会概要集, 194-195, 2006