

熊本地震後の土砂災害発生危険基準線の設定

熊本大学工学部 学生会員 ○志賀健太郎

熊本大学大学院 正会員 柿本竜治

1. はじめに

平成 28 年 4 月 16 日に発生した熊本地震は、阿蘇地域の山々の山腹にも大きなダメージを及ぼしており土砂災害が起こりやすい状況になっている。そのため土砂災害警戒情報の発令基準である土砂災害発生危険基準線(以下、CL)の見直しの必要性が高まっている。現在、熊本県の CL は降雨指標に実効雨量が用いられているが、本研究では実効雨量よりも土中の水分状況を精度よく評価できる土壌雨量指数と時間雨量を用いて CL の設定を行う。熊本地震前の降雨で設定した CL と現行 CL の精度を比較するとともに、地震後の降雨を評価し、土砂災害の予測精度の向上を図る。

2. タンクモデルのパラメータ同定

(1) 同定タンクモデルの概要

本研究では、土壌雨量指数に用いられる直列 3 段タンクモデル(図-1)を同定解析の対象とする。土壌雨量指数はタンクモデルを用いて算出したタンク内貯留高の合計値であるが、気象庁が用いるタンクモデル¹⁾(以下、JMA モデル)は地域の流出特性を考慮した指標ではないためタンクモデルの同定を行った。同定するパラメータは流出孔($\alpha_1 \sim \alpha_4$)、浸透孔($\beta_1 \sim \beta_3$)、流出孔位置($L_1 \sim L_4$)及び各タンクの初期水位($S_1 \sim S_3$)である。

(2) SCE-UA 法によるパラメータ同定

タンクモデルパラメータの同定手法として大域的手法である SCE-UA 法を用いる。最適解の探索範囲は、既往研究²⁾と同じ、上限を JMA モデルの 3 倍、下限を 0.01 とする。目的関数には、ハイドロ全体における各時刻の流量誤差を評価する Nash 指標(式(1))を用いる。

$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum (Q_o - Q_s)^2}{\sum (Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad (1)$$

ここで、 Q_o : 観測流量(m^3/sec)、 Q_s : 計算流量(m^3/sec)である。

(3) 対象地域、使用データ

対象地域は熊本地震により大規模崩壊が起こった阿蘇地方(阿蘇市、南阿蘇村、高森町)とし、観測流量は

国土交通省立野観測所の観測データを用いる。流域平均雨量は、流域内にある 18 観測所の雨量データよりテューセン法を用いて算出した。使用した降雨イベントは、2001 年 6 月 26 日～29 日(降雨イベント 1)、2009 年 7 月 19 日～23 日(降雨イベント 2)、2013 年 8 月 22 日～26 日(降雨イベント 3)の 3 降雨である。前後 24 時間無降雨で区切られたひとまとまりの降雨を降雨イベントとした。

(4) 同定結果

同定したタンクモデルパラメータを表-1 に示す。同定した流出係数は、JMA モデルとあまり差はないが、浸透係数については、本研究の係数の方が大きい。すなわち、阿蘇の火山性堆積物で覆われていて浸透しやすい特性を表せていると考えられる。

また降雨イベント 1 の観測流量、計算流量(図-2)をみると JMA モデルよりも再現性が高いと言える。

表-1 同定結果

パラメータ	同定結果	JMA
α_1	0.071	0.1
α_2	0.163	0.15
α_3	0.091	0.05
α_4	0.011	0.01
β_1	0.253	0.12
β_2	0.115	0.05
β_3	0.016	0.01
L_1	21.1	15
L_2	121.8	60
L_3	9.2	15
L_4	25.3	15

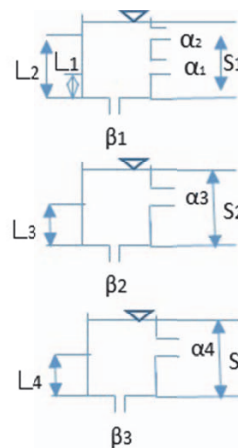


図-1 直列 3 段タンクモデル

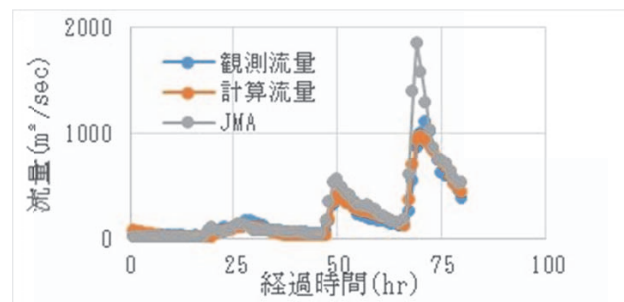


図-2 降雨イベント 1 計算流量と観測流量

3. 同定したタンクモデルを用いた CL

(1) CL 設定

CL の設定に用いる降雨データはタンクモデルパラメータ同定と同じ 18 観測所を用い、2008 年～2016 年 4 月 13 日までの 8 年とした。

CL 設定範囲は熊本県の現行 CL と同じブロック³⁾とし、同定したタンクモデルパラメータを用い、土砂災害非発生降雨の中で土壌雨量指数が最大の点、時間雨量が最大の点の上限を通る直線を CL とした。(以下、阿蘇 CL)

(2) CL 精度比較

CL の精度比較には南阿蘇村の 6 観測所を用い、阿蘇 CL (図-3)、現行 CL (図-4) を災害捕捉率(式(2))、空振り率(式(3))を用いて比較する。

$$\text{災害捕捉率} = \frac{\text{CL 超過後に発生した災害件数}}{\text{全災害件数}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{空振り率} = \frac{\text{CL を超過した非発生降雨数}}{\text{CL を超過した降雨数}} \times 100 \quad (3)$$

阿蘇 CL、現行 CL の精度比較を表-2 に示す。災害捕捉率についてはどちらも 100% となっているが、空振り率に着目すると現行 CL では 66.7% に対し、阿蘇 CL は 58.3% と抑制されており、CL 超過降雨数の減少も見られた。

表-2 精度比較

	阿蘇CL	現行CL
CL超過降雨数	12	15
土砂災害発生降雨数	5	5
災害捕捉率(%)	100	100
空振り率(%)	58.3	66.7

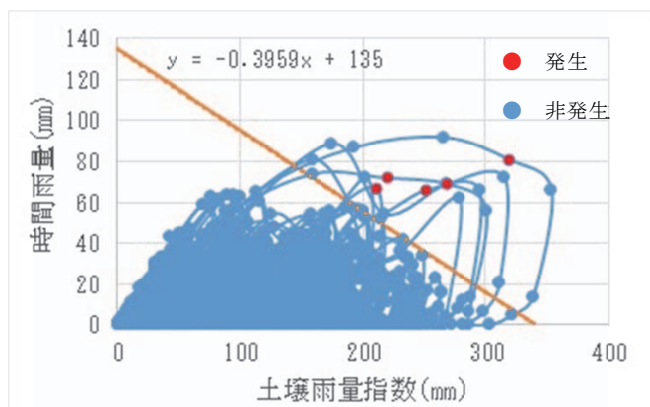


図-3 阿蘇 CL 南阿蘇村スネーク曲線

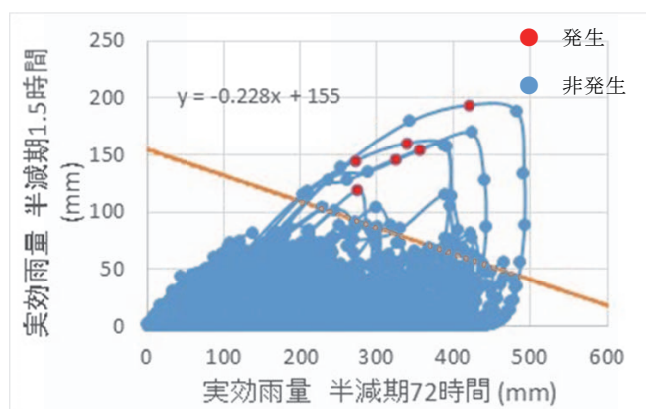


図-4 現行 CL 南阿蘇村スネーク曲線

(3) 熊本地震後

熊本地震後、4 月 21 日、6 月 21 日に土石流の発生が確認されており、そのどちらでも土石流が発生した長陽雨量観測所のスネーク曲線(図-5)をみると 4 月 21 日の降雨では災害捕捉できないが、6 月 21 日では災害捕捉することができた。

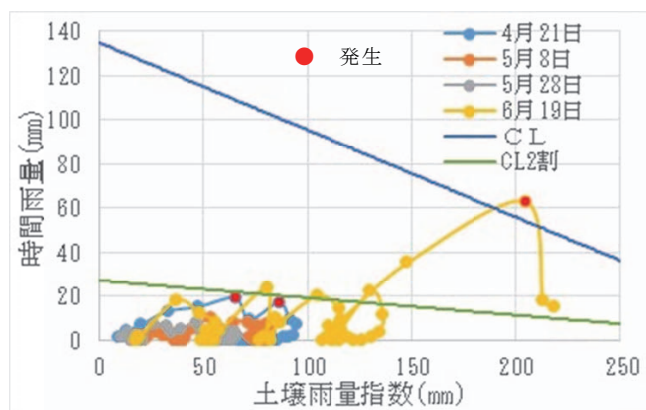


図-5 地震後降雨 長陽

4. おわりに

今回作成した CL では現行 CL と比較して精度が上がったといえる。地震後降雨では 4 月 21 日の土石流は 8 割減 CL でも捕捉することができなかった。これは崩れ残った部分が土石流になったと考えられる。大規模崩壊を起こした地域周辺では地震後 1 か月以上は大幅な CL の引き下げが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) Ishihara, Y. and Kobatake, S.: Runoff Model for Flood Forecasting, Bull.D.P.R.I, Kyoto Univ.,29,pp.27-43,1979
- 2) 杉原成満ら: SCE-UA 法を用いた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
- 3) 平成 27 年度 熊本県地域防災計画書