

土壌雨量指数に替わる並列タンクモデルパラメータの調整に関する研究

金沢工業大学 学生会員 ○板橋 瞳
 金沢工業大学 正会員 高原 利幸

1. はじめに

現在土砂災害警戒情報は、60分間積算雨量と直列3段タンクモデルの合計貯留量である土壌雨量指数(Soil Water Index, *SWI*) から判定されている¹⁾。直列3段タンクモデルでは降雨はそのままタンク内に流入し時間遅れが考慮できず、長期間降雨時(長期小雨型)の災害捕捉率を低下させるという問題点があったため、時間遅れを考慮できより単純な「並列タンクモデル」を提案している²⁾。

これまで、並列タンクモデルのパラメータは各降雨パターンで災害が発生した近隣の斜面での地下水位の実測値から求めていたこと³⁾もあり(実測パラメータ)、短期豪雨で土砂災害が発生する短期豪雨型の捕捉率が高くなかったため、本研究では災害事例に合わせたタンクモデルパラメータの調整を試みた(事例パラメータ)。対象事例は2007年から2013年の石川県の災害75事象より、短期豪雨型の災害20事象と、長期小雨型の災害29事象である。

2. 土壌雨量指数と並列タンクモデル指標

図-1(a)に土壌雨量指数の直列3段タンクモデルを、図-1(b)に並列タンクモデルを示す。*SWI*は3つのタンクの貯水量の合計 $SWI=S_1+S_2+S_3$ であり、このうち S_1 は $S_1(t+\Delta t)=(1-\beta\Delta t)S_1(t)-q_1(t)\Delta t+R(t+\Delta t)$ で表される。ここで、 $q_1(t)=\alpha_1\{S_1(t)-L_1\}+\alpha_2\{S_2(t)-L_2\}$, $R(t)$:時刻 t の前 Δt の積算降雨量(mm)である。上式より、全ての降雨は時間遅れなしに *SWI* 値へと変換されるモデルである。パラメータの詳細は参考文献(1)を参照されたい。

一方で、並列タンクモデルは、左側のタンクが土中保持水を表しており、この土中保持水が土中保持容量 L_1 を超えると降雨が右側のタンクに流入し、右側タンクの貯水高さが有効応力を低下させる水位の指標となる *PTI*(Parallel Tank Index)としている。パラメータは、降雨の流入： $R_{input} = \alpha \times R_t$ 、土中保持水の容量： L_1 、土中保持水量： l_t 、土中保持水からの流出： q_t 、地下水位： h_t 、地下水からの流出： p_t であり、式を図-1(b)に示すが、ベルヌーイの法則にある程度従うように設定している。

3. 災害捕捉の定義

土砂災害警戒情報では、横軸に *SWI*、縦軸に60分間積算雨量をとり、降雨に応じてプロットした線をスネークラインと呼ぶ。図-2(a)に示すように2時間後の予測値が *CL* を超える場合土砂災害警戒情報が発表される。しかし、今回の抽出事例では長期小雨型の捕捉率が4%しかなかったため²⁾、スネークラインを採用するが、単純に災害発生日の *SWI* と *PTI* が過去最大であれば捕捉できたと定義した。

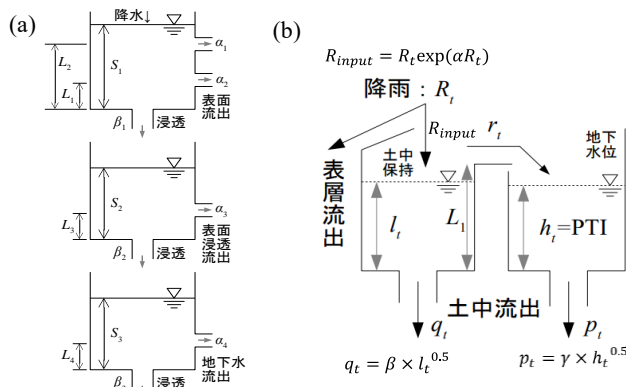


図-1(a) 直列3段タンクモデル, 図-1(b) 並列タンクモデル

表-1 PTIのパラメータ

	短期豪雨型		長期小雨型	
	実測	事例	実測	事例
L_1	3.0	10.0	60	100
α	-0.01	-0.0035	-0.01	-0.01
β	0.100	2.0	0.020	0.020
γ	0.056	0.350	0.050	0.040

表-2 捕捉率の結果

指標	捕捉率(%)	
	短期豪雨型	長期小雨型
<i>SWI</i>	45.0 (9/20)	34.5 (10/29)
<i>PTI</i> (実測パラメータ)	5.0 (1/20)	41.4 (12/29)
<i>PTI</i> (事例パラメータ)	45.0 (9/20)	41.4 (12/29)

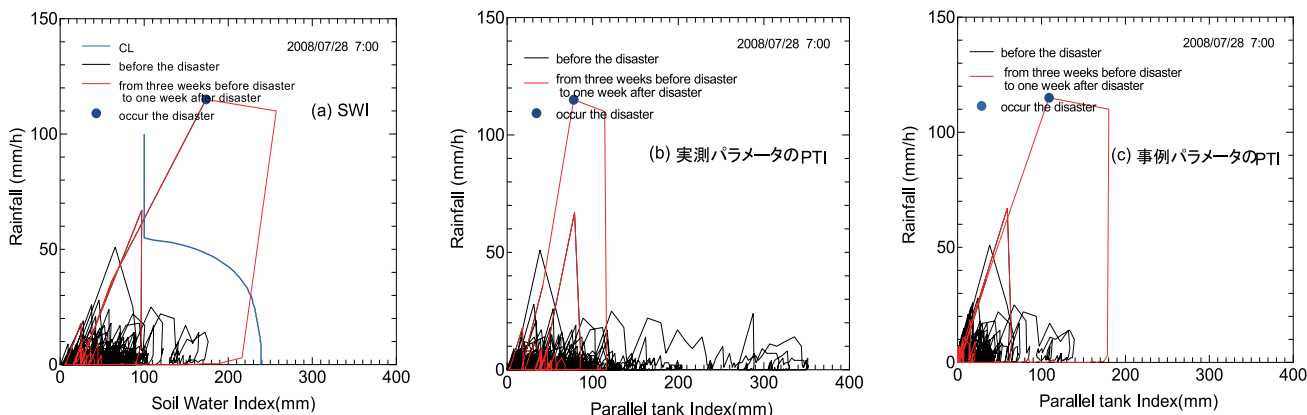


図-2(a)~(c) 短期豪雨型のSWIおよびPTIによるスネークライン
(a)SWI, (b)実測パラメータによるPTI, (c)事例パラメータによるPTI

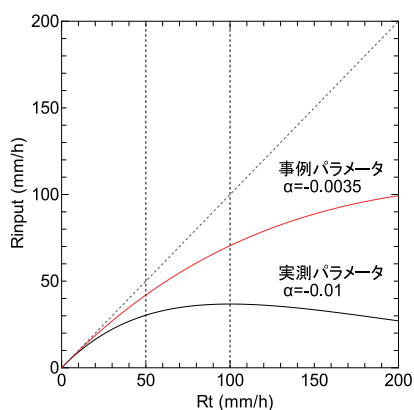


図-3 α による R_{input} の変化

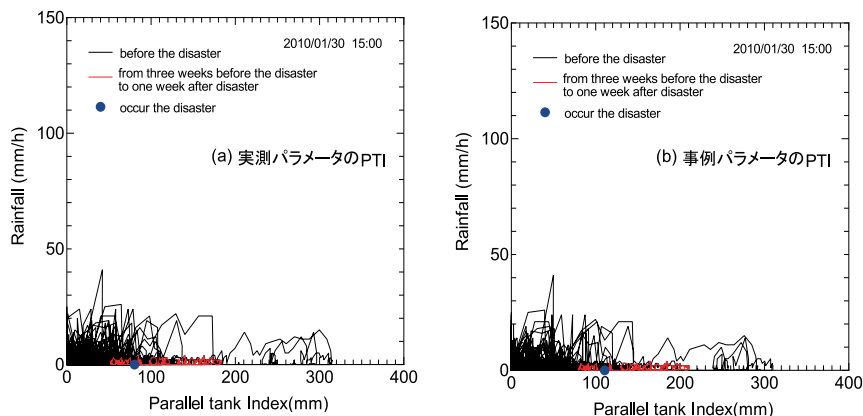


図-4(a),(b) 長期小雨型のPTIの変化
(a)実測パラメータ, (b)事例パラメータ

図-2(a)~(c)では黒実線が災害発生前、赤実線が災害発生前後1か月を表しており、赤線が黒線よりも右に大きくなると捕捉できたということになる。

4. タンクモデルのパラメータ設定

4.1 短期豪雨型 図-2(a)よりSWIは捕捉できているが、図-2(b)の実測パラメータではPTIが捕捉できていない。そこで図-3に示すとおり、降雨の流入 R_{input} に関わる係数 α をより多く降雨がタンクに流入するように変更した。その結果、図-2(c)のように災害発生時を捕捉できるようになった。

パラメータの詳細を表-1、捕捉率を表-2に示す。実測パラメータのPTIでは捕捉率はわずかに5%であったが、事例パラメータでは45%、20事象中9事象の災害が捕捉できた。

4.2 長期小雨型 長期小雨型は実測パラメータでも十分な捕捉率であったが、図-4(a)のように降雨が非常に小さいが災害が発生している例が6件ほど確認されている。事例パラメータにより捕捉率は向上しなかったが、図-4(b)に示すように過去最大ではないがPTIが大きくなっており、災害の捕捉可能性が示された。

5. おわりに

今後は短期・長期どちらの災害とも分類し難い災害事例や、2014年以降の災害への適用性を検討する。

参考文献

- 1) 気象庁, 土壌雨量指数, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>
- 2) 高原利幸, 近藤健太, 上野勝利, 並列タンクモデルを用いた災害時降雨パターンを考慮した土砂災害警戒基準の作成に関する研究, 第61回地盤工学シンポジウム, 2018.12, pp1-8
- 3) 高原利幸, 上野勝利, 並列タンクモデルのパラメータの検討, 第55回地盤工学研究発表会, 2020.07