令和2年7月豪雨における熊本県阿蘇郡小国町・南小国町の斜面崩壊箇所の推計

東北大学大学院工学研究科	学生会員	○中村	雅志
東北大学工学部	学生会員	阿部	祐太
東北大学大学院工学研究科	正会員	小森	大輔

1 背景

近年,地球温暖化による気候変動により,豪雨災害の 頻発化が指摘されている.豪雨災害は低平地において洪 水をもたらすだけではなく,山間部においては斜面崩壊 が多発するなど,社会的に大きな問題となる.特に,降 水量が多いアジアモンスーン,および環太平洋造山帯に 位置する日本を含むアジアでは重要な問題であり,日本 では土砂災害の発生頻度が増加している.

こうした背景より、土砂災害の発生リスク評価の重要 性が増している.そこで本研究は、令和2年7月豪雨に おいて多くの斜面崩壊が確認された熊本県阿蘇郡小国 町・南小国町を対象として、Renzo Rozzo *et al.*¹⁾および Thapthai and Komori²⁾をもとにした斜面崩壊モデルによ り斜面崩壊箇所の推計を行った.

2. 対象地域・使用データ

2.1. 傾斜度データ

基盤地図情報が公開する解像度 10m の DEM データ を、GIS において逆距離加重法を用いて内挿処理するこ とによりラスタデータ化した.そして、平均化により解 像度 50mへ変換し、GIS 上で傾斜度を算出することに よって傾斜度データを作成した(図-1A).

2.2. 降水量データ

小国町・南小国町隣接の南小国,阿蘇乙姫,椿々 鼻, 玖珠の4ヵ所のAMeDAS 観測所における,災害 期間7月3日から7月31日までの平均24時間最大降 水量を算出した.そして,平均24時間降水量を記録 した時間における4ヵ所の24時間降水量を抽出し, GISにおいて逆距離加重法を用いて内挿することによ り,解像度50mのラスタデータを作成した(図-18).

2.3. 土壌データ

Nilo Lemuel J. Dolojan *et al*.³⁾を参考に,アメリカ合衆国 農務省(以下 : USDA)の土壌分類をもとに,土壌分布図を



図-1 A: 傾斜度(解像度 50m), B: 降水量(解像度 50m), C: 土壌分布図(解像度 250m), D:
 湿潤単位体積重量(解像度 250m)

<mark>表−1</mark> 土壌パラメータ

土壤	透水係数 K(mm/ day)	間隙比 e	水中単位 体積重量 γ _{sub} (kN/ m ³)	飽和単位 体積重量 γ _{sat} (kN/ m ³)	内部摩擦 角 Ø(degree)	粘着力 <i>c</i> (kN/ m ³)
壤土	60	0.83	9.12	18.93	28.1	15.2
砂質埴壤土	19.2	0.66	10.04	19.85	32.7	19.3
埴壌土	9.6	0.87	8.93	18.75	28.1	15.2

国際土壌照合情報センター(以下: ISRIC) が公開する解 像度 250m のデータから作成した(図-1C). 湿潤単位体 積重量γ_t(kN/m³)は, ISRIC が公開する解像度 250m の ラスタデータを用いた(図-1D).

作成した土壌分布図および土壌ごとの間隙率nの参 考値 $\frac{40}{7}$ をもとに,飽和度 S_r =0.80,土粒子比重 G_s =2.70, 水の単位体積重量 γ_w =9.81 (kN/m³)と仮定し,式(1) より間隙比e,式(2)より飽和単位体積重量 γ_{sat} (kN/m³), 式(3)より水中単位体積重量 γ_{sub} (kN/m³)を算出した.

$$e = \frac{n}{100 - n} \tag{1}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \times \gamma_w \tag{2}$$

$$\gamma_{sub} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \times \gamma_w \tag{3}$$

そして,内部摩擦角Ø(度)および粘着力*c*(kN/m³)は Young *et al.*⁵の値を参考値として用いた.

表−1 に斜面崩壊モデルにおいて用いた土壌ごとの土 壌パラメータを示す. なお, 土層厚はz = 2.5m として設 定した.

3. 研究手法

3.1. 地下水浸透高

斜面崩壊を考える上では、地下水浸透高を考慮する 必要がある.そこで、Renzo Rosso *et.al.*¹に基づき、表 層土における地下水の流出について蒸発量と基礎地盤 への浸透量が無視できると仮定し、表層土における地 下水浸透高*h*を式(4)より算出した.

$$h = \frac{apz}{Kzwsin\beta} \left[1 - \exp\left(-\frac{1+e}{e-eS_r}\frac{Kzwsin\beta}{aD}t\right) \right] + h_i \exp\left(-\frac{1+e}{e-eS_r}\frac{Kzwsin\beta}{aD}\right)$$
(4)

ここで, *a*: 表面積 (m²), *p*: 降水量 (m/s), *h*: 表層 土の地下水浸透高 (m), *t*: 降雨継続時間 (s), *D*: 土厚 (m), *w*: 幅 (m), *β*: 傾斜度 (rad), *K*: 透水係数 (m/s), *h_i*: 表層土の初期地下水浸透高 (m) である. また, 初期状態において表層土に地下水が浸透してい ない状態を仮定し, *h_i*=0 とした.

斜面崩壊箇所の特定にあたり, Thaptai and Komori²⁾に 基づき,式(5)を用いて安全率 FS を算出した.そし て,地下水浸透高hおよび安全率FSは解像度 50m で計 算を行い,斜面崩壊箇所をFS < 1.0 となった箇所を斜 面崩壊箇所とした.

$$FS = \frac{c + [(h\gamma_{sat}) + (z - h)\gamma_t - (\gamma_w h)]cos^2\beta tan\phi}{[(h\gamma_{sub}) + (z - h)\gamma_t + (\gamma_w h)]sin\beta cos\beta}$$
(5)

3.2. 検証手法

抽出精度の検証には, ROC 曲線および AUC を用い て斜面崩壊地の判別能の評価を行った.検証に用いる 土砂崩壊発生箇所のデータは,国土交通省より提供い ただいたポリゴンデータの判読結果をラスタデータに 変換することにより作成し,使用した.



4. 結果

ROC 曲線の結果を図-2 に示す. AUC は 0.54 であった. なお, 検証範囲は Nilo Lemuel J. Dolojan *et al.*³⁾に倣 い, 傾斜度が 25 度以上の範囲に限定して行った.

謝辞:本研究は、一般財団法人河川情報センター、科 学研究費補助金(代表:小森大輔:19H02395)の支援に より実施された.ここに謝意を表する.

参考文献

- Renzo Rosso, Maria Christa Rulli, Giozanni Vannucchi : A physically based model for the hydraulic co ntrol on shallow landsliding Water Resources Research Special Collection vol.42, W06410, doi : 10.1029/2005WR004369, 2006
- Thaipthai Chaithong and Daisuke Komori : Hydrological Geotechnical Model to Assess the Extreme Rainfall Induced Shallow Landslides, 地球 環境研究論文集 Vol.73, No.3, pp. l_223 l_228, 2017
- Nilo Lemuel J. Dolojan, Shuji Moriguchi, Masakazu Hashimoto, Kenjiro Terada : Mapping method of rainfall-induced landslide hazards by infiltration and slope stability analysis, Landslides(2021) 18:2039-2057, doi: 10.1007/s10346-020-01617-x
- Maidment, D.R., et al.: Handbook of hydrology, vol. 9780070. McGraw-Hill New York (1993)
- Young, R., Farrar, J., Howard, A.: Earth Manual Part
 1, 3 den. US Government Printing Office (1998). U.S.
 Department of the Interior Bureau of Reclamation.