

斜面安定解析による斜面崩壊予測における雨量の感度分析

東北大学大学院 学生会員 ○阿部 祐太
 東北大学大学院 学生会員 Sartsin Phakdimek
 東北大学大学院 学生会員 中村 雅志
 東北大学大学院 正会員 小森 大輔

1.背景・目的

斜面崩壊は深刻な自然災害の1つであり、人命等に大きな影響をもたらす。記録的な豪雨により、令和2年7月豪雨における熊本県、令和元年東日本台風における宮城県丸森町において多数の斜面崩壊が発生し、家屋への被害など多くの被害が発生した。また、斜面崩壊に流木が含まれることにより家屋の破壊や橋梁の閉塞が生じた。

斜面崩壊など土砂災害を防ぐために、適切な対策が重要となる。そのため、斜面崩壊の発生の予測精度の向上が重要である。Sartsin *et al.*は、令和元年東日本台風における宮城県丸森町において、解析雨量を用いて斜面安定解析による斜面崩壊のモデル計算を行った¹⁾。その結果、降水量データの正確な空間分布が、斜面崩壊の発生の予測精度の向上に寄与することが推察された。そこで本研究は、解析雨量（解像度 1km）より空間解像度が高い XRAIN（解像度 250m）を用いて、斜面崩壊の発生の予測の精度検証を行った。

2.対象地域

図-1 に対象地域および令和元年東日本台風における斜面崩壊発生範囲（国土地理院）²⁾を示す。対象地域は、令和元年東日本台風において多くの斜面崩壊が確認された宮城県丸森町を選定した。

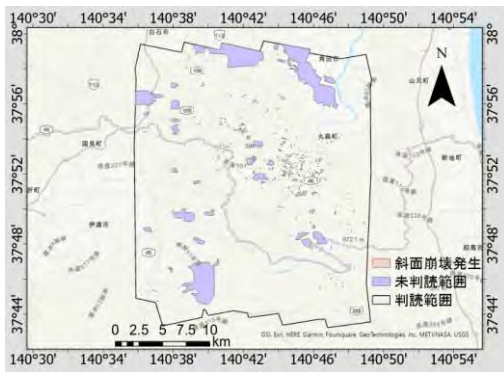


図-1 対象地域および令和元年東日本台風における斜面崩壊発生範囲（国土地理院）

3.手法

(1)使用データ

a) 傾斜度

国土地理院より提供される 10m 解像度の数値標高モデル(DEM)を用いて算出した。

b) 土質

アメリカ合衆国農務省(USDA)の土壌分類をもとに、土壌分布図を国際土壌照合情報センター(ISRIC)が公開する解像度 250m のデータから作成した。表層土厚 $z(m)$ は、Sauliner *et al.*による Z-model³⁾を用いて、式(1)より推定した。

$$D_i = D_{max} - \frac{Z_i - Z_{min}}{Z_{max} - Z_{min}} (D_{max} - D_{min}) \quad (1)$$

ここで、 D_i : i 地点における土層厚(m)、 D_{max} :領域内の最大土層厚(m)、 D_{min} :領域内の最小土層厚(m)、 Z_{max} :領域内の最高標高(m)、 Z_{min} :領域内の最小標高(m)である。なお、 D_{max} および D_{min} はそれぞれ 5.0m、0.5m と仮定した。

作成した土壌分布図および土壌ごとの間隙率 n の参考値をもとに、飽和度 $S_r=0.75$ 、土粒子比重 $G_s=2.70$ 、水の単位体積重量 $\gamma_w = 9.81(kN/m^3)$ と仮定し、間隙比 e 、飽和単位体積重量 $\gamma_{sat}(kN/m^3)$ 、水中単位体積重量 $\gamma_{sub}(kN/m^3)$ を算出した。そして、内部摩擦角 ϕ (度)および粘着力 $c'(kN/m^2)$ は、土質分布ごとに Young *et al.*⁴⁾の値を参考値として用いた。

c) 降水量

解析雨量（解像度 1km）および XRAIN(解像度 250m)を用いた。ただし、解析雨量および XRAIN は、対象イベント時における各メッシュの最大 12・16・24 時間降水量を算出した。図-2 に、最大 24 時間降水量の XRAIN および解析雨量の差を示す。この図は、XRAIN の方が小さい降水量を示した場合、負の値となる。

d) 斜面崩壊痕

斜面崩壊痕データは、国土地理院提供のデータを用いた。

キーワード
連絡先

斜面崩壊, XRAIN, 丸森町

〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 人間環境系 308 号 水環境システム学研究室

また、モデル計算範囲は、斜面崩壊痕の判読範囲とし、雲による未判読範囲は除外した。

(2)地下水浸透高

Rosso *et al.*⁵⁾に基づき、表層土における地下水浸透高 h を次のように算出した。

$$ap - q = \frac{dS}{dt} = a \times \frac{e}{1+e} \times (1 - S_r) \times \frac{dh}{dt} \quad (h \leq D) \quad (2)$$

$$ap - q - r = 0 \quad (h > D) \quad (3)$$

ここで、 a : 表面積 (mm²)、 p : 降水量 (mm/day)、 q : 地下水流出量 (mm³/day)、 S : 貯留量 (mm³)、 e : 間隙率(-)、 S_r : 飽和度(-)、 h : 表層土の地下水浸透高 (mm)、 D : 表層土厚 (mm)、 r : 地表面流出量 (mm³/day) である。また、ダルシー則より、式 (7) が成り立つ。

$$q = (wh \cos \beta) K \tan \beta \quad (4)$$

ここで、 w :幅 (mm)、 β :傾斜度 (rad)、 K :透水係数 (mm/day) である。さらに、式 (2)、(4) を用いて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、地下水位浸透高 h は式 (5) のように表される。

$$h = \frac{ap}{Kw \sin \beta} \left[1 - \exp \left(- \frac{1+e}{e - eS_r} \frac{Tw \sin \beta}{aD} t \right) \right] \quad (5)$$

(3)安全率

Chaithong *et al.*⁶⁾に基づき、式 (6) を用いた。

$$FS = \frac{c' + [(h\gamma_{sat}) + (D-h)\gamma_t - (\gamma_w h)] \cos^2 \beta \tan \phi}{[(h\gamma') + (D-h)\gamma_t + (\gamma_w h)] \sin \beta \cos \beta} \quad (6)$$

解像度は 10m とし、各メッシュにおいて FS が 1 以下となった箇所を斜面崩壊箇所とした。

(4)精度検証

モデルの計算結果および斜面崩壊痕のデータの比較から、真陽性率と偽陽性率の関係を表現した ROC 曲線より算出した AUC の値を用いて精度検証を行った。

4. 結果

図-3 に、各降水量データにおける ROC 曲線を示す。また、これらから、解析雨量を用いた場合と比較して、XRAIN を用いて斜面崩壊の予測の精度向上は見られなかった。

謝辞

本研究は、国土交通省水管理・国土保全局河川・河川砂防技術研究開発、国際共同研究加速基金(代表: 小森大

輔:19KK0362)の支援により実施された。利用した降水量データである XRAIN は、国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」データ統合・解析システム(DIAS)の枠組みの下で収集・提供されたものである。

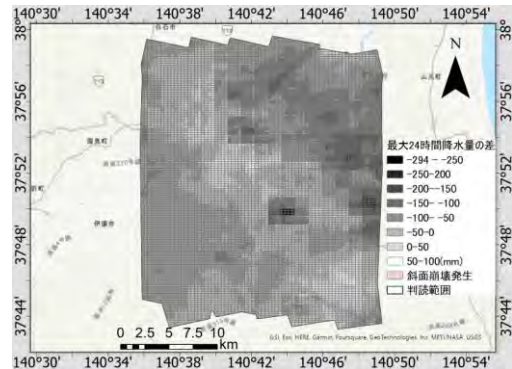


図-2 対象地域の最大 24 時間降水量の分布

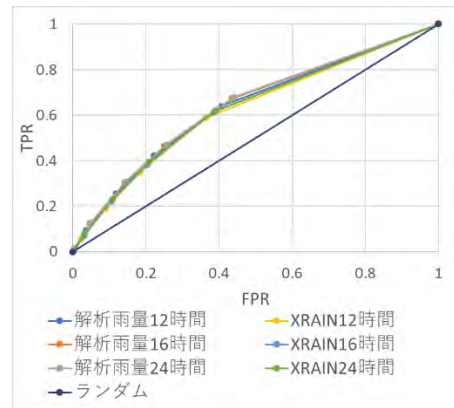


図-3 各降水量における斜面崩壊の予測の ROC 曲線

参考文献

- 1)Sartsin PHAKDIMEK, Masashi NAKAMURA, Yuta ABE and Daisuke KOMORI : The Influence of Spatial Variation Soil Thickness and Rainfall on Shallow Landslide Triggering Patterns, 土木学会論文集 G(環境),
- 2)令和元年台風 19 号に伴う斜面崩壊・堆積分布図：国土地理院
- 3) Sauliner, GM., Beven K., and Obled, C. : Including spatially variable effective soil depths in TOPMODEL, J Hydrol 202pp.158-172, 1997.
- 4) Young, R., Farrar, J., Howard, A. : Earth Manual Part 1,3 den. US Government Printing Office.U.S.Department of the Interior Bureau of Reclamation,1998.
- 5) Rosso,R., Rulli,M.C., and Vannucchi,G. : A physically based model for the hydraulic control on shallow landsliding, Water Resources Research Special Collection vol.42, W06410, 2006.
- 6) Chaithong,T. and Komori,D. : 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. 1_223 1_228, 2017.

キーワード 斜面崩壊, XRAIN, 丸森町

連絡先 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 人間環境系 308 号 水環境システム学研究室