

地域への適用性を考慮した斜面崩壊発生確率アウトプット利用の検討

福島大学大学院共生システム理工学研究科 学生会員 齋藤 洋介  
 長野県環境保全研究所 非会員 富樫 均  
 福島大学共生システム理工学類 正会員 川越 清樹

表 1 使用した気候モデル一覧

GFDL-CM3	HadGEM2-ES
MIROC5	MRI-CGCM3
CSIRO-Mk3-6-0	IPSL-CM5A-LR

伏量係数,  $hydY_h$ : 動水勾配,  $reliefY_r$ : 起伏量である。

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う記録的豪雨や無降雨期間の長期化、豪雨頻度の増加が記録されている。IPCC 第 5 次報告書によると日本を含む北半球中緯度の陸域では降水量が 1901 年以降増加している。昨今の土砂災害による被害は深刻化しており、特に平成 30 年 7 月豪雨の土砂災害発生件数は 1,716 件、死者行方不明者 118 名と過去 10 年間で最も大きい被害であった。また、将来においても再現期間 20 年の日降水量が 21 世紀末には約 8 年に短縮すると予測が示されている。以上のことから将来の土砂災害リスクも考慮した対策の強化が望まれており、特に対策を実際に行う県や市町村スケールの土砂災害リスク情報整備が必要である。近年は気候変動が土砂災害に与えるリスク評価研究が盛んに進められている。例えば川越らは気候モデルを用いて温暖化によって見込まれる土砂災害被害額を推計し、適応策の検討を試みた<sup>2)</sup>。齋藤らは川越らが開発した斜面崩壊発生確率モデルを地域に適用可能に高度化した<sup>3)</sup>。そこで本研究はこれらの先行研究の発展として、土砂災害警戒区域と斜面崩壊発生確率モデルを組み合わせることで土砂災害のリスクを見積もった。更に気候モデルアウトプットを用いた将来気候における降水量を推計し、将来の土砂災害リスクも推計した。対象地域は長野県全域および現地踏査を行った長野市、小川村、飯田市、高森町とし全域および市町村ごとの評価を実施した。なお、本要旨には市町村の評価は割愛させて頂く。

2. 解析手法およびデータセット

① 斜面崩壊発生確率と土砂災害警戒区域の重ね合わせ

長野県の斜面崩壊発生確率分布を国土数値地理情報より取得した土砂災害警戒区域を重ね合わせ、警戒区域内の斜面崩壊発生確率を抽出した。日降水量 100mm, 200mm, 300mm を斜面崩壊発生確率モデル式に入力し警戒区域内の発生確率の変動を考察した。用いた斜面崩壊発生確率モデル式を式(1)に示す。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_h \cdot hydY_h + \beta_r \cdot reliefY_r)]} \dots (1)$$

ここで  $P$ : 崩壊発生確率,  $\beta_0$ : 動水勾配係数,  $\beta_h$ : 起

② 現地踏査

2017 年に長野市および小川村、2018 年に飯田市および高森町を対象に現地踏査を実施した。既存資料を基に踏査地点を計 27 箇所選定し既存資料と踏査結果の比較を行った。

③ 実績極大降水量解析

牛山らが開発したアルゴリズムと川越らの降雨極値変換法から長野県全域の実績極大降水量(以下 AR)を把握した。長野県内アメダスのうち 1986-2015 年までの 30 年分の日降水量観測データのある 29 地点と、隣接している隣接県(新潟, 群馬, 埼玉, 山梨, 静岡, 愛知, 岐阜, 富山)の各 1 地点の計 37 地点のデータを用いて、暖候期(4-10 月)日降水量と既往最大日降水量の関係性から i) 広域規則性と ii) 地域固有性の直線式を導出した。これらを重み付け距離平均法により降水量のメッシュ補間を行うことで長野県の現在気候 AR を算定した。

④ 可能最大降水量と想定最大降水量解析

可能最大降水量(以下 PMP)は降水量の最大ポテンシャルを表したものである。Clausius-Clapeyron 式(以下 CC 式)に基づいて日平均気温と 99 パーセントイル以上の降水量を散布図に表し、得られた指数曲線式を PMP 推定式とした。以下に PMP 推定式を示す。

$$PMP = a \cdot \exp(b \cdot t) \dots (2)$$

ここで、 $a$ : 係数,  $b$ : 1°Cあたりの豪雨強度変化率,  $t$ : 日平均気温である。式(2)に国土数値地理情報より気候値メッシュ 2010 の日平均気温を入力して現在気候 PMP を求め、複数の気候モデルアウトプットを用いて近未来気候(2050 年)および将来気候(2070 年)の PMP を推計した。使用した気候モデルは表 1 の通り。想定最大降水量(以下 AR) は実績最大降水量と現在気候 PMP の比をとることで得られる実績係数を近未来 PMP と将来 PMP に乗ずることで実際に起こる可能性の高い降水量として求めた。

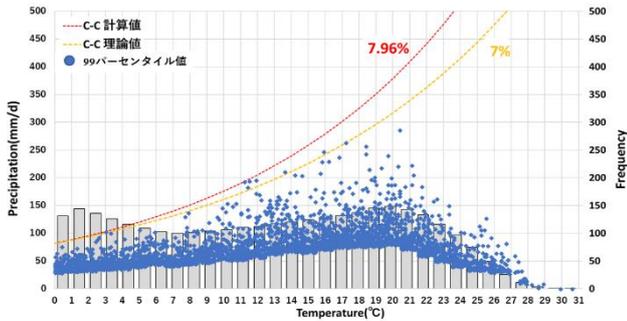


図1 CC式作成に用いた散布図

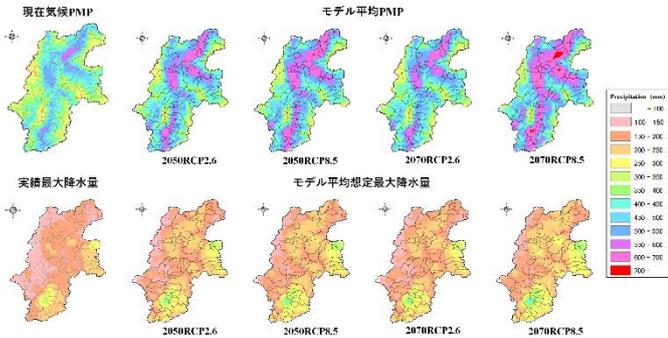


図2 モデル平均の各降水量

将来気候について比較しやすい RCP2.6 と RCP8.5 シナリオを設定した。

⑤ 斜面崩壊リスク評価

③, ④で得られた降水量を斜面崩壊発生確率モデル式に入力することで現在気候および将来気候の斜面崩壊発生確率を求め、土砂災害リスク評価を実施した。評価は長野県全体と現地踏査を実施した4市町村を対象に行った。

3. 解析結果

① 斜面崩壊発生確率と土砂災害警戒区域の重ね合わせ結果

斜面崩壊発生確率分布を土砂災害警戒区域で抽出した結果、広域の警戒区域において発生確率が低い結果が得られた。小規模の警戒区域では確率のバリエーションが豊かに表れ、対策の優先度が導ける可能性が示唆された。しかしながら警戒区域内の発生確率はそこに含まれるメッシュごとの確率の平均値をとっているため、広域の警戒区域は相対的に低くなる傾向がある。従って広域警戒区域については、より詳細な調査が必要である。

② 現地踏査結果

現地踏査を行い既存資料と比較した結果、効果の無い対策工が全27箇所中5つ存在した。このことを踏まえると長野県全体でも相当数の効果の無い対策工が設置されていると考えられる。

③ 実績最大降水量と現在気候 PMP 解析

PMP 推定式は CC 式に基づき作成した図1から式(3)のように設定された。

$$PMP = 81.858 \exp(0.0766t) \dots\dots(3)$$

式(3)に気候値メッシュ 2010 の気温を入力して得られた現在気候および将来気候 PMP 分布を図2に示す。盆地のような標高の低い地域では PMP が大き

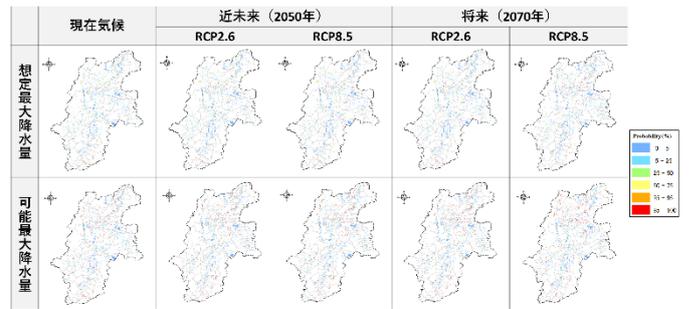


図3 シナリオごとの警戒区域の発生確率  
く、標高の高い山地では PMP が低い結果となった。AR に関して飯田市と軽井沢町で 300mm 以上の降水が確認された。最大日降水量は 336.2mm とアメダス観測による最大日降水量の 325.3mm と近い結果が得られた。

④ 可能最大降水量と想定最大降水量解析結果

③と同様に式(3)に気候モデルアウトプットの気温を入力することで得られた PMP と AR の分布図を図2(下部)に示す。なお、結果は全モデルの平均値の空間分布を示している。PMP に関して、2070年 RCP8.5 では長野市、上田市、飯田市の一部地域において 700mm 以上の降水が推計された。また、現在気候 PMP と比較して平均+80mm, 最大+122mm が見込まれる。AR に関して、2070年 RCP8.5 までに現在気候と比較して平均で+12mm, 最大で+29mm となった。

⑤ 斜面崩壊リスク評価結果

各降水量における斜面崩壊発生確率結果を図3に示す。PMP と AR とともに小規模区域で確率の変動が明瞭に表れ、危険な斜面が多く存在していることが確認された。また、降水量が大幅に増加しても確率変動しない区域も多数存在したことから元来崩れにくい斜面も警戒区域に存在することが示唆された。

4. まとめ

長野県単位で見ても将来的に降水量の増加は明らかであり、それに伴い斜面崩壊に起因する土砂災害リスクも増大していくため、将来も考慮した気候変動対策を講じていく必要がある。今後は長野県をモデルケースとして全国への適用を検討していく意向である。

謝辞: 本研究は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)および長野県環境保全研究所の協力により実施された。ここに謝意を示す。

参考文献:

- 1) IPCC: Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.: SREX, Cambridge Univ. Press, 2012.
- 2) 川越清樹・風間聡・沢本正樹: 数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, 自然災害科学, 27, 69-83, 2008.
- 3) 齋藤洋介・Thuy Thi Thanh LE・川越清樹: 地域への汎用性をふまえた斜面崩壊発生確率モデルとアウトプットの開発, 土木学会論文集 G(環境), Vol.73, 229-237, 2017