

気候変動に伴う室蘭地域での斜面災害危険度の推定

Research on slope disaster risk in Muroran area due to climate change

室蘭工業大学 ○学生員 二階堂樹 (Tatsuki Nikaidou)
 室蘭工業大学 学生員 関洵哉 (Junya Seki)
 室蘭工業大学 正員 中津川誠 (Makoto Nakatsugawa)

1. はじめに

近年、集中豪雨の増加等の影響により、日本全国で斜面災害の危険性が増大している。2020年7月の停滞前線による豪雨では、九州、東海地方、及び東北地方で土石流、地すべり、がけ崩れなどの土砂災害が計954件発生した¹⁾。また、2019年10月には台風19号の影響により、東日本と東北地方を中心とした記録的な大雨となり、土石流、地すべり、がけ崩れなどの土砂災害が計952件発生した²⁾。近年、過去に観測されたことのない大雨による斜面災害など、気候変動の影響を実感させる災害事例が相次いでおり、現在、さらには将来起こりうる災害の見通しが望まれる。その一方、災害未経験地域では住民の危機意識の欠如が懸念される。このように、災害未経験地域においては、災害発生リスクと住民の意識に乖離があることが課題である。

気候変動に伴う土砂災害に関連する研究として、服部ら³⁾は、中山峠を対象として、気候変動に伴う融雪期も含めた斜面災害危険度の推定を行い、融雪期が早まることで、冬期の斜面災害発生の可能性を指摘した。また、川越ら⁴⁾は地球温暖化による降雨量増加を考慮した現在気候、将来気候における土砂災害リスクの評価を行い、日本沿岸部や東海地方から四国地方に至る中央構造帯など、日本列島の各地で、気候変動に伴う斜面崩壊の発生確率が著しく上昇することを指摘している。

以上を背景に、傾斜地に住宅が多く、斜面災害が発生すると甚大な被害が予測されるが、歴史的には斜面災害の事例が少ない室蘭地域を対象に斜面災害危険度の推定を行った。まずは、実際に室蘭で斜面災害が発生した1980年の観測データを用いて斜面災害危険度を評価した。次に、気候変動による極端豪雨の増加を考え、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF, database for Policy Decision making for Future climate change) の現在気候、将来気候の大量アンサンブル降雨量データから斜面災害の発生頻度を推算した。以上の結果に基づき、災害経験の乏しい地域を対象に、現在、さらには将来起こりうる斜面災害リスクを定量化することを旨とする。

2. 研究方法

2.1 対象地域の概要

本研究で対象とした室蘭市は、北海道南西部に位置する太平洋に面した都市である。図-1に室蘭市の位置図を示す。面積は80.88 km²、人口は約81,000人 (2020年11月現在)⁵⁾である。市内には急傾斜地が多いため、斜

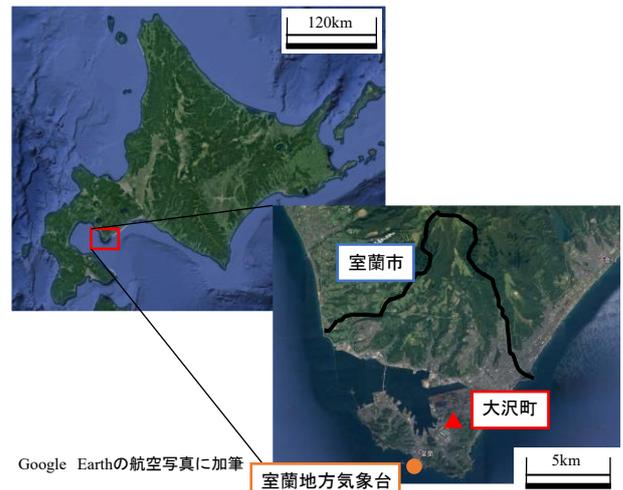


図-1 室蘭市の位置図

面災害に対する脆弱性を有しており、急傾斜地の崩壊の可能性のある土砂災害警戒区域は222箇所、土砂災害特別警戒区域は210箇所存在する。同様に土石流の可能性のある土砂災害警戒区域は56箇所、土砂災害特別警戒区域は17箇所⁶⁾となっており、人家も斜面の付近に集まっているため斜面災害による被害が発生しやすい。実際に1980年には、同市内の大沢町で、土砂崩れにより家屋の被害が1,555件⁷⁾発生した。一方、大雨の頻度が少ないため、災害に対する危機意識が高いとは言えない。なお、隣接する登別市では、1980年や1983年に豪雨に伴う斜面災害が発生しており、室蘭市においても同様の事例が発生する可能性は十分にあると考えられる。

2.2 使用データ

(1) 観測雨量データ

本研究では、1980年の大沢町の斜面災害の再現計算を行うため、気象庁が提供している1980年6月1日から9月30日までの室蘭地方気象台の時間雨量データを使用した。

(2) d4PDF

d4PDFとは、全世界および日本周辺でそれぞれ60 km、20 kmメッシュの高解像度大気モデルを使用した高精度モデル実験出力のことである。実験は全球実験と日本周辺の領域実験に大別され、過去の気候状態と、将来において全球平均気温が4℃上昇した気候状態でモデル実験が行われた。データは過去3,000年分 (過去60年×50ケース、以降現在気候と称する) と4℃上昇時の5,400年分 (将来60年×90ケース、以降将来気候と称する) が存在する。

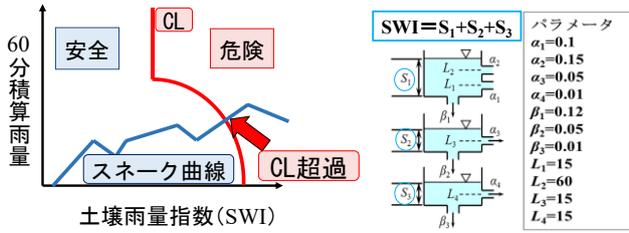


図-2 土砂災害危険度判定の模式図
～CLとスネーク曲線～

図-3 タンクモデル

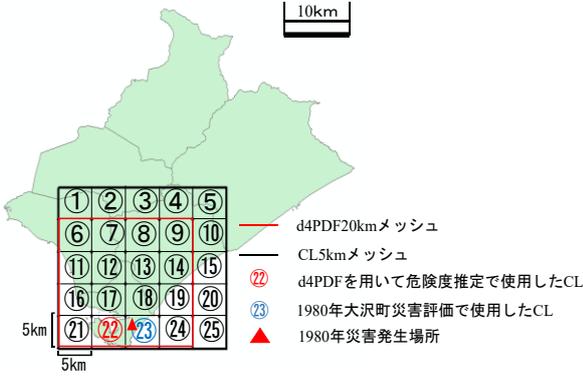


図-4 室蘭地域における CL メッシュ

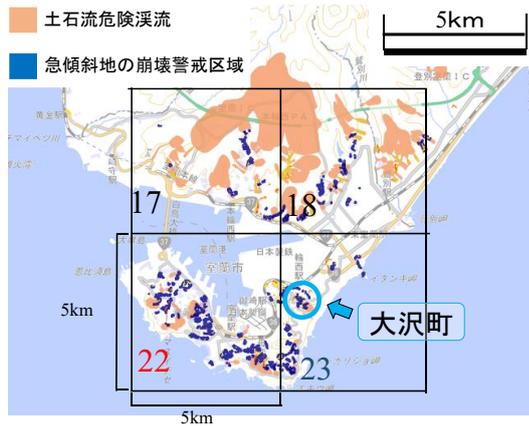


図-5 国土地理院ハザードマップと CL の位置

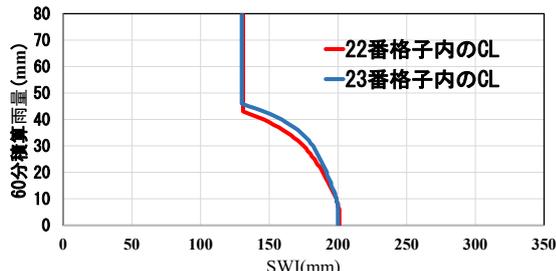


図-6 格子番号 22 番と 23 番の CL

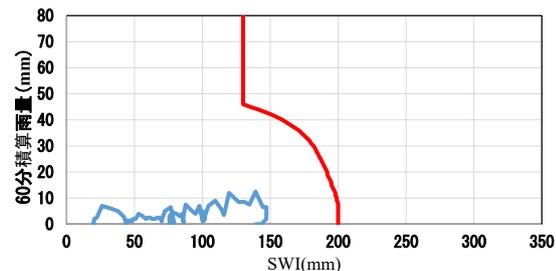


図-7 室蘭市大沢町における CL と 1980 年の災害時におけるスネーク曲線

本研究では長期間の降雨データから斜面災害発生危険度の評価を行うため、通年のデータが公開されている d4PDF20 km メッシュの室蘭地域での降雨データを使用し、現在気候と将来気候の両面から斜面災害危険度の推定を行った。なお、推定対象とした期間は、夏期の大雨に起因する事例に着目し、現在気候 (1951～2010 年)、将来気候 (2051～2110 年) の 6 月～10 月とした。

(3) SWI 算出方法とスネーク曲線による災害発生危険度の評価方法

現在北海道における土砂災害警報の発表には、危険度判定図 (スネーク曲線) が用いられており、北海道の土砂災害発生基準線 (Critical Line, 以下 CL)、各気象台の短期降雨指標である 60 分雨量、長期降雨指標である土壤雨量指数 (SWI) の 3 つの要素から判断⁸⁾されている。具体的には、図-2 のような模式図において、60 分雨量と SWI のプロット (スネーク曲線) が CL を超過するかどうかで土砂災害危険度の判定が行われている。SWI は、図-3 に示す直列 3 段タンクモデル⁹⁾に時間雨量を入力することで算出される。

室蘭地域における CL の 5 km メッシュ (「北海道建設部土木局河川砂防課」提供資料) の格子を図-4 に示す。1980 年に斜面災害が発生した大沢町は図中の 23 番メッシュに属している。しかし、図-5 に示す国土地理院ハザードマップポータルサイト¹⁰⁾においては隣接する 22 番メッシュにおいて、急傾斜地の崩壊警戒区域の指定箇所が多い。そこで、22 番と 23 番メッシュにおける CL の比較を行った。図-6 に両メッシュの CL を示すが、22 番メッシュの CL の方が図の内側 (値の小さい側) を通っており、若干安全側の評価となる。従って、本研究の d4PDF を用いた予測では 22 番メッシュの CL を、1980 年の再現計算では対象地が含まれる 23 番メッシュの CL を用いて評価することとした。

3. 結果と考察

3.1 観測データを用いた SWI の結果

1980 年の災害時の室蘭市大沢町におけるスネーク曲線と CL を図-7 に示す。この事例では、247 mm/72 h を観測し、72 時間雨量としては室蘭地方気象台での過去最大となっているものの、スネーク曲線は CL を超過していないことがわかる。とはいえ、脆弱な斜面が多いことになり変わりなく、将来の気候変動により、さらなる大雨の増加も懸念されるため、室蘭市における斜面災害の危険性は低いとは言えない。

3.2 d4PDF20 km メッシュによる現在気候と将来気候の降雨量

図-8 は室蘭市における d4PDF20 km メッシュ (図-4 の赤枠) の現在気候、将来気候での年最大 72 時間降雨量のヒストグラムの比較である。この結果より、d4PDF 現在気候の最大値が観測最大値を超過しているため、現在の室蘭市においても過去に観測されなかったような大雨が発生する可能性が推測される。また、将来気候ではさらに激しい降雨が発生する可能性があることがわかる。

以上より、脆弱な斜面が多い室蘭市において、降雨により斜面災害が発生する危険性は高く、将来的にはそれ

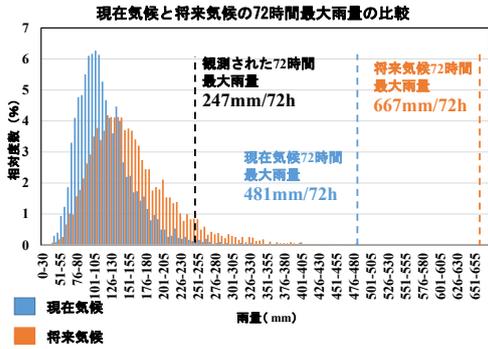


図-8 72時間最大降雨量のヒストグラム

表-1 現在気候と将来気候の超過時間と超過回数及び発生頻度

現在気候				将来気候			
No	年数	月	超過時間 (h)	No	年数	月	超過時間 (h)
1	HPB_m048_1967	8月	15	1	HFB_MR_m105_2091	8月	22
2	HPB_m082_1961	8月	8	2	HFB_GF_m115_2108	8月	17
3	HPB_m061_1980	8月	6	3	HFB_MP_m101_2053	7月	17
4	HPB_m007_1970	9月	4	4	HFB_HA_m109_2061	8月	14
5	HPB_m004_1958	8月	3	5	HFB_MR_m107_2061	7月	13
6	HPB_m002_1966	8月	2
7	HPB_m047_1991	8月	2	200	HFB_MI_m106_2055	10月	1
超過時間合計 (h)			40	超過時間合計 (h)			610
超過回数合計 (回)			7	超過回数合計 (回)			200
発生頻度 (回/50年)			0.1	発生頻度 (回/50年)			1.9

表-2 月別の超過回数の比較

	超過期間					合計
	6月	7月	8月	9月	10月	
現在気候	0	0	6	1	0	7
将来気候	2	39	112	46	1	200

単位: 回

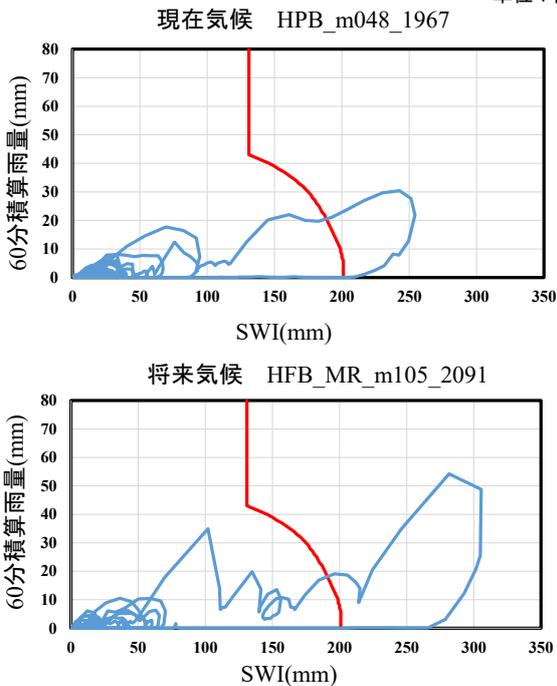


図-9 超過時間が最も長いケースにおける災害危険度評価

表-3 超過時間1位事例の各項目における順位

	現在気候 HPB_m048_1967	将来気候 HFB_MR_m105_2091
72h最大雨量	1位 (481 mm/72h)	1位 (667 mm/72h)
1h最大雨量	29位 (30 mm/h)	45位 (54 mm/h)
SWI最大値	1位 (254 mm)	1位 (306 mm)

がさらに高まると考えられる。

3.3 現在気候と将来気候の超過時間と超過回数及び発生頻度の比較

表-1は現在気候3,000年と将来気候5,400年分のSWIを計算し、スネーク曲線がCLを超過したケースの超過時間と超過回数及び発生頻度をまとめたものである。ここで、超過時間とはスネーク曲線がCLを超過した総時間であり、超過回数とはスネーク曲線がCLを超過した回数である。

これを50年間での発生頻度に換算すると、現在気候では50年に0.1回、将来気候では50年に1.9回となる。つまり、室蘭市においては将来的に50年に約2回は斜面災害が発生する事態が推測され、現在気候の0.1(50年に1回)に対し、著しく危険性が高まるといえる。表-2ではCL超過の発生月を示した。結果を見ると、現在気候、将来気候ともに8月に超過回数が集中しており、警戒が必要であることが示唆される。

3.4 現在気候と将来気候の最も超過時間の長い年におけるスネーク曲線

表-1より、現在気候、将来気候の超過時間が最も長いケースでスネーク曲線とCLを用いて災害危険度の評価を行った。結果を図-9に示す。HPB_m048_1967が現在気候、HFB_MR_m105_2091が将来気候で最大の超過時間を記録したケースである。また、表-3ではHPB_m048_1967とHFB_MR_m105_2091での72時間最大雨量、1時間最大雨量、SWI最大値の順位を示した。この結果、現在気候と将来気候のどちらも年最大72時間雨量、SWI最大値は1位であるが、1時間最大雨量の順位が低いことがわかる。ここで、1時間最大雨量が1位のケースで斜面災害危険度判定を行うと、現在気候ではCLを超過せず、将来気候では超過時間2時間であった。これより、降雨が短時間に集中するより、72時間雨量やSWIの大きい、長時間にわたる降雨が斜面災害を引き起こしやすいと推測される。

また、HFB_MR_m105_2091ではCLを超過した後もさらに雨量が増えていることがわかり、CLを超過し、斜面災害が発生してもなお雨量が増え続け、危険な状態を繰り返すことが考えられる。

以上の結果から、過去に観測された降雨量ではスネーク曲線を超過するような大雨は発生していないものの、現実に1980年には斜面災害が発生していることから、現在でも十分に斜面災害が発生する危険性があり、将来的にはさらにその危険性が増すことが推測される。従って、そのような地域では砂防事業や斜面对策といったハード対策に加え、避難体制の強化などのソフト対策の充実が求められる。特に、長期的な降雨予測の精度を向上

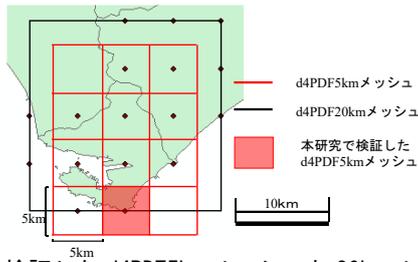


図-10 検証した d4PDF5km メッシュと 20km メッシュ

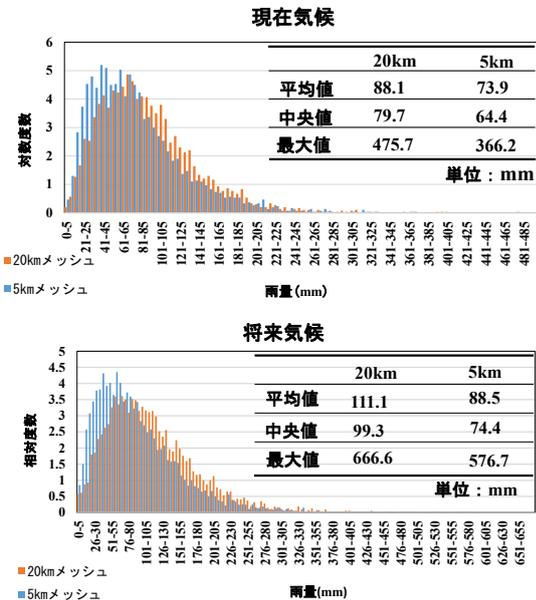


図-11 72時間最大雨量の20kmメッシュと5kmメッシュの比較

させることで、より早い段階で斜面災害発生危険度を判定し、市民に適切な情報提供を行うなどの方策が重要であるといえる。

3.5 考察

本研究では、d4PDF20 km メッシュの降雨データを使用した。近年の研究では山田ら¹¹⁾により北海道周辺のd4PDF データが5 km メッシュまで力学的ダウンスケーリング(以下、DS)されている。これにより、より局地的な豪雨の評価が可能となった。しかし、5 km メッシュのDSデータは15日分のみのデータであり、長期的な土砂災害危険度評価が難しいため、本研究では使用しなかったが、室蘭市における降雨の再現において、5 km メッシュと20 km メッシュでどの程度違いが表れるのかを検証してみた。

d4PDF5 km メッシュの位置図を図-10 に示す。選択した5 km メッシュは、室蘭地域南部に斜面災害発生の危険性が高く、1980年の災害現場から近いことも勘案し、設定した。5 km メッシュでの72時間最大降雨量と、それと同時刻の20 km メッシュの降雨量のヒストグラムを図-11 に示して比較する。結果をみると、5 km メッシュの方が雨量の多い事例もあるが、平均値や中央値をみると、むしろ20 km メッシュの方が大きいことがわかる。これは、20 km メッシュは室蘭市全体を包括しているのに対し、選択した5 km メッシュは海岸の1メッシュのみで、山側の降雨特性が反映されていないことが理由に考えられる。より細かい地域の局地的な降雨特性を

考慮した評価については今後検討していきたい。

4. 結論

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) 現在気候と将来気候で降雨量を比較したことで、災害の経験の少ない室蘭市においても降雨量が増加することが示された。
- 2) 現在気候と将来気候で CL の超過時間を比較し、将来気候では降雨量の増加に伴い CL 超過時間が長くなり、斜面災害の危険性が高まることが推定された。
- 3) CL の超過時間が長くなる要因を分析し、短期的な大雨よりも長期的に降り続く雨で斜面災害の危険度が高まることが推定できた。

今後、同様の方法を他の地域に発展し、気候の不確実性に基づく斜面災害リスクの評価に活用していきたい。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費(課題番号 20H02404, FY2020~2023)の助成を受けたものである。また、北海道大学の山田朋人氏、星野剛氏、ならびに(一財)日本気象協会の松岡直基氏には、データ提供をしていただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省: 令和二年7月における土砂災害発生状況, https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r2dosha/r2_07gouu.html (閲覧日: 2020/12/4)
- 2) 国土交通省: 令和元年台風19号による土砂災害概要, http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r1dosha/r1_typhoon19.html (閲覧日: 2020/12/4)
- 3) 服部有吾ら: 気候変動に伴う積雪寒冷地の融雪期における斜面災害危険度の評価の研究, 土木学会北海道支部, 第76号, C-09, 2019.
- 4) 川越清樹ら: 温暖化に対する土砂災害の影響評価, 地球環境, Vol.14, No.2, pp.143-152, 2009.
- 5) 室蘭市: 住民基本台帳人口統計資料, https://www.city.muroran.lg.jp/main/org3600/toukei_mokuji.html (閲覧日: 2020/12/11)
- 6) 室蘭市: 土砂災害警戒区域の指定, <https://www.city.muroran.lg.jp/main/org7200/dosha6.html> (閲覧日: 2020/12/11)
- 7) 室蘭市: 市政だより 9月15日号, http://www.city.muroran.lg.jp/main/org1400/1980_shisci.html (閲覧日: 2020/12/11)
- 8) 北海道庁: 北海道土砂災害警戒情報システム, <http://www.njwa.jp/hokkaido-sabou/others/vocabulary.do> (閲覧日: 2020/12/7)
- 9) Ishihara, Y. & Kobotake, S.: Runoff Model for Flood Forecasting, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Vol.29, No.1, pp.27-43, 1979.
- 10) 国土地理院: ハザードマップポータルサイト, <https://disaportal.gsi.go.jp> (閲覧日: 2020/12/9)
- 11) 山田朋人ら: 北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化, 土木学会河川技術論文集, 第24巻, pp.391-396, 2018.