

5. AHP法・ArcGIS-3D地形判読結果を用いた 愛知県東部周辺における地すべり地形AI自動判読結果の検証

中村吉男・竹内祐太郎・花井了・熊澤辰彦・都築拓真

UGS 宇津木慎司

1. はじめに

急峻な地形・複雑な地質構造を呈する日本においては、近年、異常気象による大規模な土砂災害が散見されるようになった。これらの事象は、地質年代を考慮した時間軸で幾度となく発生していることではあるが、それが今、生活の営みのある場所で起こると災害になる。

土砂災害は、図-1¹⁾に示す、がけ崩れ・土石流・地すべりに区分されており、図-2に示すように、豊田市東部の山間部でも多く想定されている。このうち地すべりは、図-3に示すように、ゆるい傾斜角のすべり面に沿って大きな土塊が一体となって崩れる事象であり、住宅街などで一旦発生すると被害規模が大きくなる。

この地すべり調査・計測については、従前から、専門技術者による地形図判読、現地踏査結果などから発生箇所および発生懸念箇所などが特定され、その危険度や周辺部の状況などに応じて、斜面計測による監視が実施されてきた。しかしながら、広い山中の状況を上記の手法で詳細に把握することは困難であり、人口減少も進む中、技術伝承に関する課題も指摘されている。

これに対して、近年、人工知能による画像認識技術が急速に発展し、図-3に示すような地すべり地形の特徴を学習し、自動判読する取り組みが実装されている。本研究では、愛知県東部周辺部において、人工知能による地すべり評価結果と、現地踏査結果およびArcGISを活用した3D地形図による地すべり地形AHP法定量評価結果とを比較して、人工知能評価の妥当性を検証した。

2. 地すべり地形の概要および地形判読に関する課題

2.1 地すべり地形の概要

地すべり (land-slide) とは、特別な地質状態にある土地の一部が移動する現象であるが、図-1・3に示すように、急峻なすべり面に沿って斜面が崩落するがけ崩れと区別して、ゆるい勾配のすべり面に沿って広範にわたり土地が動くものと定義されている。このため、常時には、すべり面に摩擦力が大きく作用し軽微な動きに留まるが、地震時や豪雨・雪解けに伴う地下水位上昇などに伴い、ゆるく大きく移動するとともに、上部に急峻な



図-1 土砂災害の分類¹⁾



図-2 豊田市3Dハザードマップ

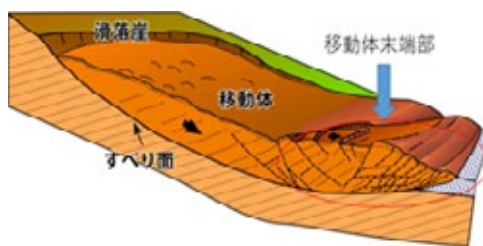


図-3 典型的な地すべり地形

滑落崖が形成される。また、一度移動した不安定な土塊が何度も小規模な地すべりを繰り返すこともあり、その代表的な地形が棚田である。

上述した地すべりの状況を考慮すると、地形図から地すべり地形を読み取る際に、図-4に示すような、等高線の特徴を読み取ることが重要となる。

- ①周りの地形に比べ、等高線が著しく乱れている。
- ②等高線の向きが斜面上部と下部で逆になっている。
- ③斜面上部から最急→最緩→緩→急と変わっている。
- ④急斜面と緩斜面との多段の地形をつくっている。

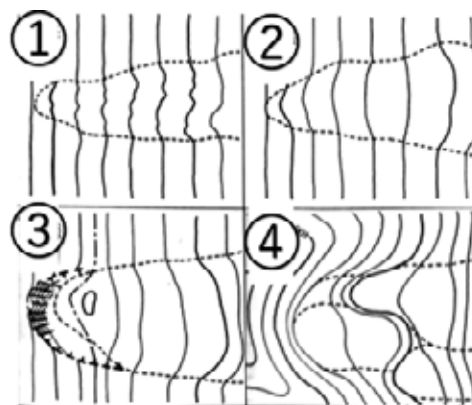


図-4 典型的な地すべり地形

2.2 地すべり地形判読に関する課題

地すべり地形を判読し抽出する手法については、従前、空中写真判読などにより専門技術者が地形判読調査を実施し、現地踏査結果などの確認作業を得て設定されてきたが、近年、LPデータと呼ばれる航空レーザー測量データの利活用が進み、その精度向上が図られている(図-5²⁾)。しかしながら、実際の作業は、専門技術者が山中の広範にわたる地形図より、想定箇所を一箇所ごと目視で評価しており、技術継承や省力化に関する課題が指摘されている。

3. 地すべり地形AI自動判読結果の検証方法

3.1 地すべり地形AI自動判読方法

地すべり移動体を深層学習で出力させるために、先行研究³⁾でも使用された地すべり地形分布図とCS立体図を使用して、教師データ・検証データを作成した。地すべり地形分布図は、防災科学技術研究所(以下、防災科研と称す)が作成したものをを使用した。CS立体図は、図-6のように、光源や視点の位置の影響を受けることなく立体を表現する図法で描かれた地形図の一種であり、等高線による地形図からは判読が難しい微地形を表現している。

図-7は、対象エリアの地質図、CS立体図、地すべり移動体の位置図である。このエリアの地盤は主に中生代に形成された地盤である。地質的には、西側は、花崗岩など火成岩の地盤が広がっており、固く安定しているため地すべりは少ない。一方、東側は、堆積岩や変成岩の地盤が広がっており、層状に剥がれやすく、地すべりが起きやすい地質であり、地すべり移動体(図-7右上の黒色の箇所)が広く分布している。本研究では、地すべりの素因である地質を事前学習する転移学習を検討した。地質分布を学習させてから、それで導かれたパラメータを初期値として、地すべ

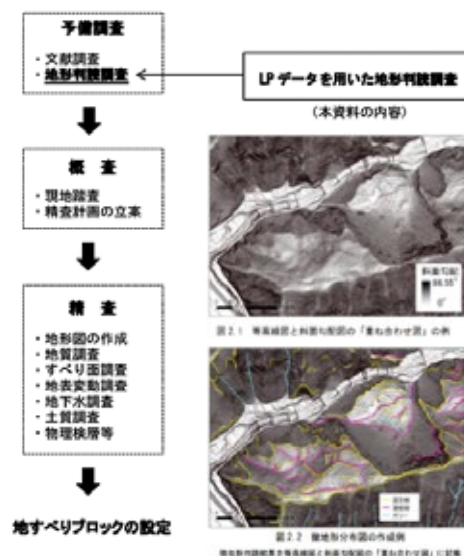


図-5 既往の地すべり地形判読²⁾



図-6 CS立体図の作成

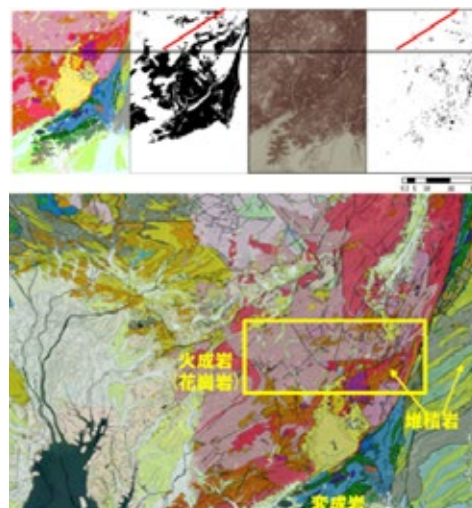


図-7 検討地点の概要

りの学習を行い、これで作成されたモデルの性能を検証した。地質の教師データは地すべりが起きやすい地質（第三紀地盤など）を黒とした420枚の画像である。この教師データにおいて、1枚ずつ事前学習（epoch=420回、バッチサイズ1）させた。これで得たパラメータを初期値として、地すべり移動体とCS立体図で学習を行った。

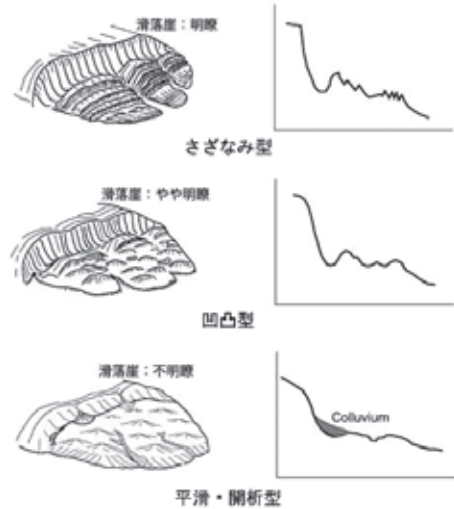


図-8 滑落崖の明瞭度⁴⁾

3.2 AHP法による地すべり地の危険度評価

AHP法とは1976年にThomas L. Saatyが提唱した意思決定法である。この手法の最大の特徴は、判断基準となる項目間の相対的な影響力の強さを測定できるため、曖昧な判断基準を明確に定量化することができることである。

将来の地すべり活動に強く影響すると考えられる地形要素として、図-8⁴⁾に示す滑落崖の明瞭度や、移動体表面形状、移動体位置、亀裂位置、移動体末端状況が挙げられる。本AHP法は表-1⁴⁾に示すように、上述した地形要素ごと、既往の実績に基づいて設定された評価基準、重みづけに準じて、地すべりの危険度を定量評価するものである⁴⁾。

表-1 地すべり危険度評価のためのAHP階層構造⁴⁾

階層レベルI 目的	階層レベルII 項目	階層レベルIII 項目	階層レベルIV 項目	ウェイト	重み係数	得点	
地すべり発生危険度評価	滑落崖の明瞭度	0.040	明瞭	.....	0.603	0.028	2.8
			やや明瞭	.....	0.228	0.010	1.0
			不明瞭	.....	0.169	0.008	0.8
			さざなみ型	.....	0.652	0.130	13.0
	移動体の表面形状	0.200	凹凸型	.....	0.188	0.038	3.8
			平滑・開析型	.....	0.160	0.032	3.2
			東縁	.....	0.547	0.073	7.3
	移動体の位置	0.133	中間	.....	0.220	0.029	2.9
			陸部	.....	0.096	0.013	1.3
			孤立	.....	0.137	0.018	1.8
			下部	.....	0.600	0.151	15.1
			上部	.....	0.250	0.063	6.3
	亀裂の位置	0.251	上部	.....	0.150	0.038	3.8
			なし	.....	0.000	0.000	0.0
			強い	.....	0.350	0.130	13.0
			侵食の受けやすさ	.....	0.120	0.044	4.4
移動体末端の状況	0.370	弱い	.....	0.030	0.011	1.1	
		なし	.....	0.000	0.000	0.0	
		急・比高大	.....	0.350	0.130	13.0	
		急or比高大 緩or比高小	.....	0.150	0.056	5.6	
				0.000	0.000	0.0	

3.3 地すべり地形AI判読結果とAHP法との比較検証方法

ここで図-9に、検討地点における防災科研が指定している地すべり分布図と人工知能による評価結果を示す。これを見ると、両者の適合率が約80%であり、地すべりが多くある東側で多く出力され西側で少ない傾向が認められた。

上述したAI自動判定結果の検証方法として、まず、①国の評価とAI判定結果が一致している箇所（地点①・②）、②両者の相関が中位な箇所（地点③）、③両者の相関があまりない箇所（地点④）に分類した。そして、上記分類箇所の現地踏査により地すべりの状況を直接確認するとともに、図-10~12に示すArc-GISの3D地形図を活用したAHP法による定量評価を実施することにより、AI評価の妥当性を検証した。

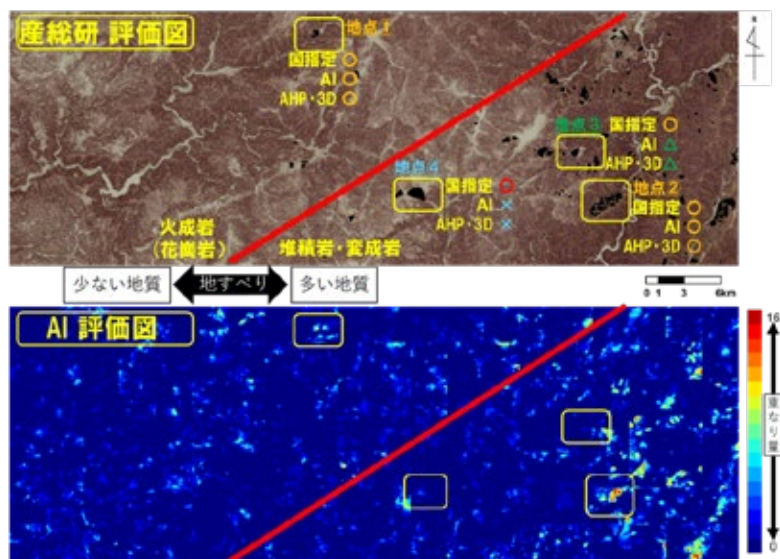


図-9 産総研とAIによる地すべり評価結果

4. 地すべり地形AI自動判読結果の検証結果

ここで、図-10に両者の評価結果が合致する地点①の結果、図-11・12に合致しない結果を示す。まず図-10においては、地すべりの少ない火成岩（花崗岩）についてもAIがしっかり地すべりを評価していることがわかる。これに対して、図-11においては、国が地すべり地形と判定しているにもかかわらず、AI、AHP法とも中位の評価をしているが、現地を調査すると、地形勾配が30度以上ある、やや急峻な土砂災害であるがけ崩れと判断されたため、AIが事前に学習した典型的な地すべり地形との差異を評価できた可能性がある。また、図-12においては、国が大きな地すべりを指定している箇所について、AHP法、AI法とも低位の評価をしているが、当該地点は牧場・スキー場構築のための造成工事が行われて箇所であり、それにより平坦になった地形をAIが認識できたと考ええる。

5. おわりに

本研究では、愛知県東部周辺で実施した人工知能による地すべり自動判読結果について、既往の国が指定した箇所を80%程度の正解率で特定した結果と、現地踏査結果、ArcGISによる3D地形図を用いたAHP法地すべり定量評価結果とを比較した。その結果、明瞭な地すべり地形をしっかりと判読できているとともに、すべり面が急峻でがけ崩れと評価される箇所や、土地開発により地形改変されていることをしっかりと認識できている可能性があることを示した。

今後、このような不確実性を考慮しながら検討事例を増やしていくとともに、人工衛星などによる広域の斜面計測結果などを併用することにより、即時性のある高度な評価結果を検討していく所存である。

参考文献

- 1) 内閣府：土砂災害に備える https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/79/special_02.html
- 2) 土木研究所：航空レーザ測量データを用いた地すべり地形判読用地図の作成と判読に関する手引き https://www.pwri.go.jp/jpn/results/db/doken_kankoubutu/doken_shiryou/files/doken_shiryou_4344_00.pdf
- 3) 古木宏和：3次元地形情報を用いた深層学習による地すべり移動体抽出，日本地すべり学会誌，Vol.58, No.2, pp.65-72, 2021.
- 4) 八木浩司他：空中写真判読とAHP法を用いた地すべり地形再活動危険度評価手法の開発と阿賀野川中流域への適用 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jls/45/5/45_5_358/_pdf

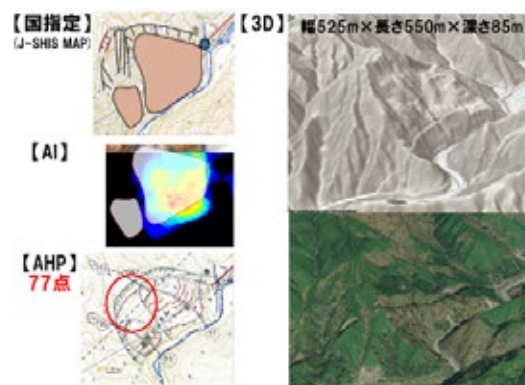


図-10 国の評価とAI判定結果が一致している地点①の状況

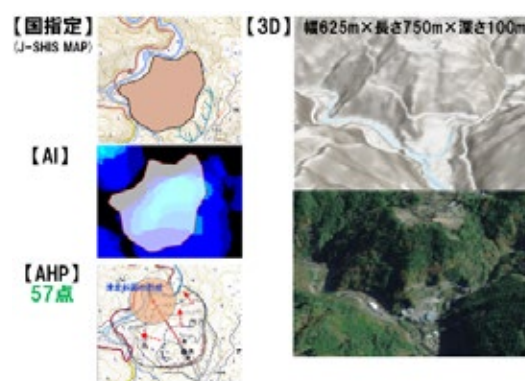


図-11 国の評価とAI判定結果の相関が中位な地点③の状況

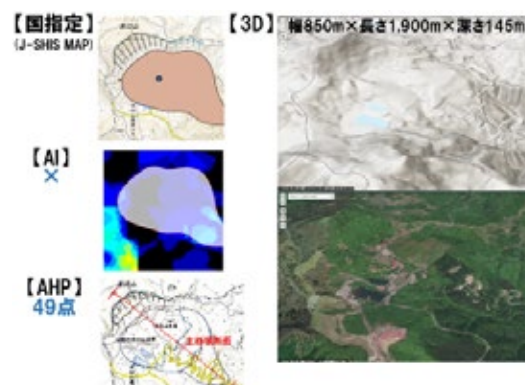


図-12 国の評価とAI判定結果の相関があまりない地点④の状況