

5. 3Dハザードマップを利活用した豊田市における 土砂災害の特徴と防災対策に関する調査・研究 —ArcGISを用いた豊田市と他地域の土石流比較検討—

愛知工業大学 中村吉男・中西琢磨・渡邊拓己・林沢望
UGS 宇津木慎司

1. はじめに

非常に複雑な地質状況を呈し、山地や丘陵が約七割を占める日本では、そのような地形・地質が分布する素因、台風や地震などの誘因により、土砂災害が多く発生してきた。近年、記録的な豪雨による災害が増えるとともに、東日本大震災などの巨大地震に伴う発生事例も確認されており、今後さらなる増加が懸念される。しかしながら土砂災害発生箇所は、発生しやすい地形・地質などが明らかになっており、それに準じたハザードマップが作成されているため、そのような場所に住まない、豪雨時、安全な場所に避難するなどすれば、回避できる災害であるとされている。

これに対して、令和2年度の地域防災研究においては、豊田市における既往の土石流災害実績を確認するとともに、愛知工業大学で利活用されている地図情報システムソフトArcGISを用いて、豊田市の地形・地質および想定される災害の状況を表示できる3Dハザードマップを作成した(図-1)。そして本年度の研究においては、日本全国で発生した土石流災害の実績を調査することにより、土石流の発生しやすい①地形・②地質状況を整理するとともに、これらの状況を考慮した評価基準を設定し、ArcGISを利活用して③豊田市の土石流危険度評価を実施する。

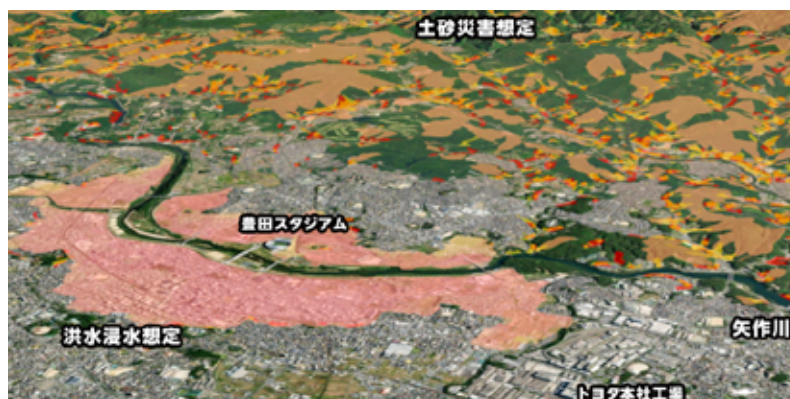


図-1 豊田市における3Dハザードマップ

2. 豊田市の地形・地質および土木地質的特徴

豊田市の東側に分布する山間部においては、領家変成帯に属する花崗岩類が広く認められる(図-2)。この花崗岩類は、マグマが地中でゆっくり冷え固まってできる深成岩の一種であり、新鮮な岩質部が堅硬であるとともに、冷却時に直方体を生成するような方状節理と呼ばれる割れ目が生成するものの、その割れ目間隔が比較的広いことが知られている。このため、地形については、この直角の割れ目に沿って斜面崩壊が発生し、V字の谷として形成される場合が多い。

また、この割れ目に沿って浸透した水により土砂化したマサが、地表付近に比較的厚く分布することが知られ

ている。さらに、割れ目間隔が比較的に広いこと、風化せずに残った残留核（コアストーン）と呼ばれる比較的堅硬な石が内在することが多い（図-3）。

そのため、土地質的特徴として、割れ目が比較的少なく岩質部が堅硬な地山深部においては、ダムなどの土木構造物設置箇所として選定される事例も多くあるが、表層のマサ部については、構造物基礎としての支持力不足や、地すべり・崩壊の素因となりやすい。また、V字状を呈する沢部においては、地表面を流下する雨水が深いV字沢の底に集まり、そこに分布するマサやコアストーンを洗い流すことによって、土石流を誘発する事例が多く発生している（図-4・5）。

豊田市で1972年に発生した、47.7豪雨災害による土砂災害の様子を図-6に示す。この災害では、斜面崩壊・土石流が多く発生するとともに、河川が決壊し、道路が氾濫水によって寸断されるなど、市内全域で壊滅的な被害を受けた。また、2000年9月11日から9月12日にかけて、秋雨前線と台風14号の影響により記録的な豪雨となり、豊田市内各地で土砂災害が発生し、死者3名、家屋全半壊11棟の被害が発生した。図-7に稲武学区での被害状況を示すが、図-5に示した広島土砂災害同様、V字谷や沢筋で土石流が発生している様子が認められる。

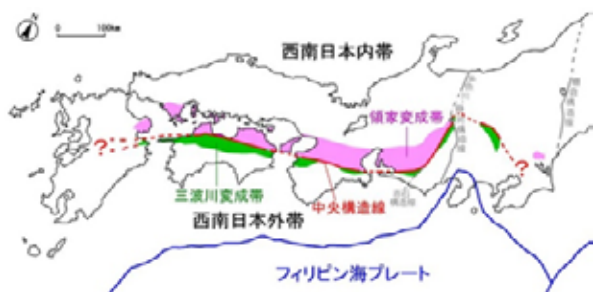


図-2 領家変成帯の分布¹⁾

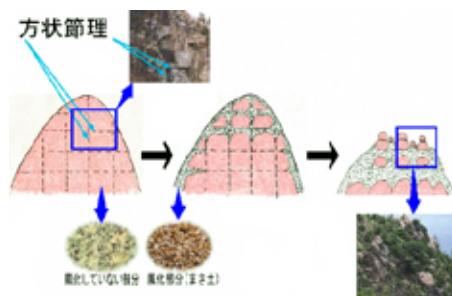


図-3 花崗岩の風化状況模式図²⁾



図-4 土石流の模式図



図-5 花崗岩地帯における土石流の事例（広島市）³⁾



図-6 斜面崩壊によって被害を受けた家屋⁴⁾



図-7 土石流が発生したV字沢⁵⁾

3. 土石流が発生しやすい地形・地質および豊田市の山地における安定性評価

3.1 土石流が発生しやすい地形

土石流は、図-4・5・7に示すように、豪雨時や融雪時などにおいて、崩壊した斜面の土砂や岩塊と沢に分布する堆積物などが、水と一緒に流れ下る土砂災害の一種である。この事象は、がけが崩れて流れ下る土砂の発

生源である山地と、運搬された土砂が堆積する平地の地形と関連しており、図-8に示すような、発生域、流下域、堆積域に区分することができる。

斜面上部の傾斜角が20度以上の領域は発生域となり、豪雨や雪解け時などにおいて斜面崩壊などが発生した際、岩塊・土砂と水とが流速を増して流れ下る箇所である。その下部の10~20度の勾配領域は流下域となり、河床に堆積していた土砂を洗掘し、土石流が成長する。その下部の3~10度の勾配領域では、土石流が減速してやがて停止し、堆積することで扇状地が形成される。ArcGISは、図-9に示すような3D図化した地形図を陰影表示することができるように、任意の箇所における斜面標高・勾配の算定および表示、断面図の作成が実施可能であり、これらの検討図を用いて次項以降に述べる土石流の安定性評価を実施した。

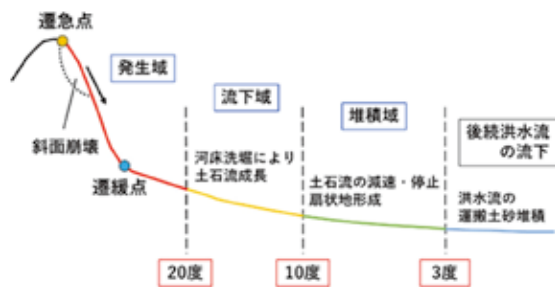


図-8 土石流の発生・流下・堆積の勾配領域

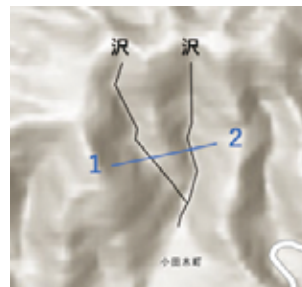


図-9 ArcGISによる地形3D表示例

3.2 土石流が発生しやすい地質

図-10は、産業技術総合研究所が配信している全国のシームレス地質図⁶⁾をArcGISにWebマップとして保存し、国土交通省が開示する2011年から2020年の土石流発生地151ヶ所をピン留めして表示したものである。この図をもとに、土石流が発生した箇所の地質状況を確認した。

表-1は土質工学会が1972年から1977年に起こった土石流発生箇所を地質別に分けたもの、表-2は2011年から2020年までに発生した状況をまとめたものである。それぞれの地質について、①土石流発生件数とその割合、②日本国内における分布面積、そして発生件数を分布面積で割った値を用いて比較している。これを見ると、発生時の雨量や積雪などとの関係は不明であるが、深成岩類である花崗岩と火山岩の分布面積が日本全体の1/3であるのに対し、土石流発生件数の約6割以上を占めることが明らかになった。

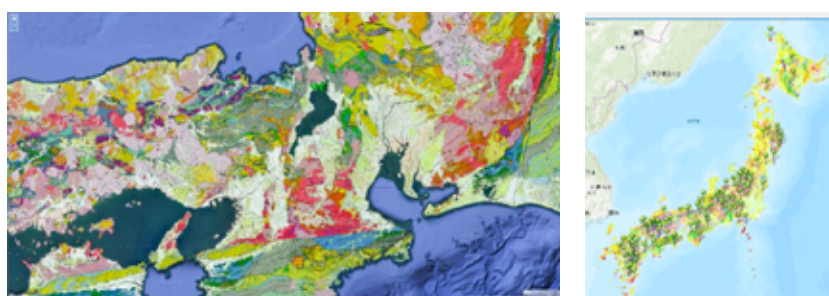


図-10 シームレス地質図と土石流発生地⁶⁾

表-1 1972~1977年の土石流発生状況

地質	①土石流発生件数	②分布面積	①/②
1 広域変成岩	36	9.3%	3.6%
2 花崗岩	180	46.3%	13.3%
3 塩基性および超塩基性貫入岩	—	—	1.6%
4 第三紀および第四紀の火山岩	50	12.9%	20.4%
5 古生代堆積岩	38	9.8%	12.2%
6 中生代堆積岩	9	2.3%	9.3%
7 第三紀堆積岩	55	14.1%	18.4%
8 第四紀堆積岩	21	5.40%	20.7%

表-2 2011~2012年の土石流発生状況

地質	①土石流発生件数	②分布面積	①/②
1 広域変成岩	5	3.3%	3.6%
2 花崗岩	37	24.5%	13.3%
3 塩基性および超塩基性貫入岩	—	—	1.6%
4 第三紀および第四紀の火山岩	57	37.7%	20.4%
5 古生代堆積岩	14	9.3%	12.2%
6 中生代堆積岩	17	11.3%	9.3%
7 第三紀堆積岩	9	6.0%	18.4%
8 第四紀堆積岩	12	7.9%	20.7%
合計	151	100%	

3.3 豊田市の山地における安定性評価

表-3は、国鉄時代に制定された「土木建造物の取替の考え方」(1974年8月)の「土石流発生危険度の評価点」であり、これに7防護設備、8被害規模の指標を加え、豊田市の土石流渓流の評価を行っていく。今回は避難所に指定されているにも関わらず、土砂災害警戒区域に設定されている、表-4で4つに色分けしたの避難所周辺の土石流渓流リスク評価について、図-11のようなArcGIS地形処理図を用いて行った。これを見ると、最も危険と判定された則定小eと稲武老fの渓流は、実際に広島県で発生した土石流の点数と1点しか変わらないため、近年増え続けている豪雨時などにおいて、土石流が発生し被害をもたらす危険性が高いことがわかる。

表-3 土石流危険渓流抽出判定表

ランク	-2	-1	0	1	2
1. 流域内の崖線の有無	多い	わずかにある	なし		
2. 崖線の状況(河床状況)	河床に崖線がない	河床に崖線が少なく	河床に崖線が多い	河床に崖線が豊富	
3. 崖線の種類	崩落が多い	崩落が少なく	崩落が多い	崩落が豊富	
4. 傾斜角	40度以上	40-30度	30-25度	25-20度	20度以下
5. 地質的条件	特に悪い		その他		
6. 崖線の状況		小規模あり 傾斜角緩和あり		平直である 傾斜角緩和なし	
7. 防護設備	なし	半分	あり	半分	なし
8. 発生した過去の被害	大規模	小規模	監視程度	軽微なし	なし

表-4 土石流渓流のリスク評価結果表

項目	中金小a	中金小b	西広小c	西広小d	則定小e	稲武老f	稲武老g
①	0	0	0	0	0	0	0
2	-1	-1	1	1	-1	-1	-1
3	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
④	-2	-1	2	1	-1	-2	-1
⑤	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
⑥	1	1	1	1	1	1	1
7	-2	-2	-1	-1	-2	-2	1
⑧	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2
合計点	-6	-5	0	-1	-7	-7	-4
危険度	要注意	要注意	注意	注意	要注意	要注意	要注意

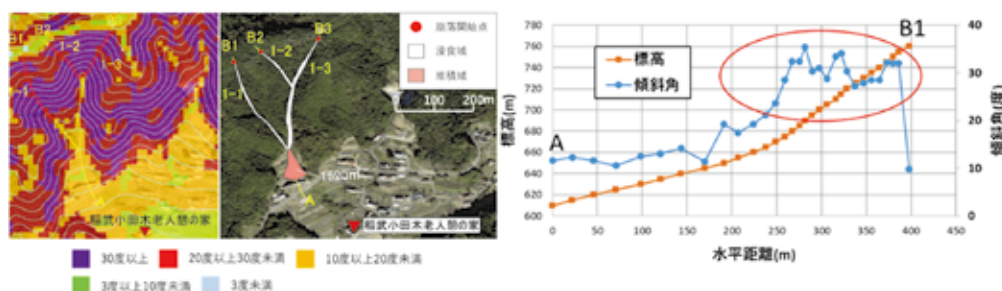


図-11 稲武小田木老人憩いの家の沢f.gにおけるArcGIS地形処理図

4. おわりに

本研究では、既往の全国各地における土石流発生状況を参照し、危険度の高い①地形・地質を整理するとともに、その結果をもとに安定性評価手法を設定し、豊田市の避難所において、ArcGISを用いた詳細な検討を実施した。今後の展開としては、3.3項で述べた検討手法による、個々の避難所やインフラ設備における評価事例を増やしていくとともに、並行して実施しているAIによる危険地形自動評価システムなどとも連動していく所存である。

参考文献

- 1) 高橋裕平：「広島地域の地質」、地質調査所、pp.5、1991.
- 2) 倉敷市自然史博物館：(最終閲覧日2022年3月25日)
<http://www2.city.kurashiki.okayama.jp/musnat/geology/rock/igneousrock/granite.html>
- 3) 平成30年7月豪雨に関する情報、国土地理院：(最終閲覧日2022年3月25日)
<https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30.taihuu7gou.html>
- 4) 昭和47年7月災害 愛知県：(最終閲覧日2022年3月25日)
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/sabo/0000021335.html>
- 5) 平成元年9月豪雨 愛知県：(最終閲覧日2022年3月25日)
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/sabo/0000021338.html>
- 6) 産総研 地質図Navi：(最終閲覧日2022年3月25日)
<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>