

9. 谷密度から斜面崩壊規模を予測する

Estimation of the size of rain-fall triggered landslides from drainage density

○長谷川修一（香川大学）、三村亨（鹿島建設）

山中稔（香川大学）、野々村敦子（香川大学）

Shuichi Hasegawa, Toru Mimura, Minoru Yamanaka, Atsuko Nonomura

1. はじめに

土砂災害の被害を軽減するためには、土砂災害がいつ発生するのか（時間）、土砂災害が発生する場所はどこか（場所）、土砂災害が発生する規模はどの程度か（規模）を予測して早めに避難することが求められている。

土砂災害の発生する時間については、気象庁がこれまでの大雨警報に加えて、レーダーアメダス解析雨量とタンクモデルを併用した土壌雨量指数を用いることによって、大雨による土砂災害危険情報を提供している（岡田（2006））。また、過去の雨量データと災害発生履歴の蓄積によって、気象庁と県の砂防担当部署が連携し、地域別の土砂災害警戒情報を提供するようになってきている（気象庁，2009）。土砂災害の発生する場所については、土砂災害防止法の施行によって、土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域が順次指定されており、土砂災害ハザードマップの整備も進んでいる。また、近年では、航空レーザ測量や数値標高モデル

（DEM）の活用によって土砂災害ハザードマップの精度も向上している。これに対して、ある地域で発生する土砂災害の規模については、未だ満足する予測手法が確立されていない。

長谷川ら（2008）は、瀬戸内沿岸の丘陵斜面では表層崩壊が多発し、四国山地の大起伏山地で大規模崩壊が発生する違いとして、両地域の斜面構成物質の水理地質構造が異なることを示し、谷密度が豪雨による斜面崩壊規模の有望な指標になる可能性を指摘した。すなわち、谷密度が高い地域では降雨小規模崩壊が多発するのに対して、谷密度が低い地域ではより大きな降雨になって、大規模な崩壊が発生すると推定した。

本研究では四国を中心に過去の豪雨による土砂災害資料から、斜面崩壊規模が既知である地域を対象に谷密度を算出し、斜面崩壊規模と谷密度との関係を検討した。

2. 谷密度の測定

本研究では、等高線の入れ込みが幅より大きいものを谷と定義し、地形図上で屈脚部分が直線になる個所までを谷頭とした。また、単位面積当たりの谷の長さを谷密度と定義した。

谷密度の測定箇所を図-1に示す。谷密度の測定箇所は2万5千分の1地形図を使用して谷密度を算出した。香川県で7か所、徳島県で4か所、高知県で2か

所、愛媛県で3か所、宮崎県で5か所、三重県で3か所の計24か所測定した。谷密度測定結果を表-1に示す。

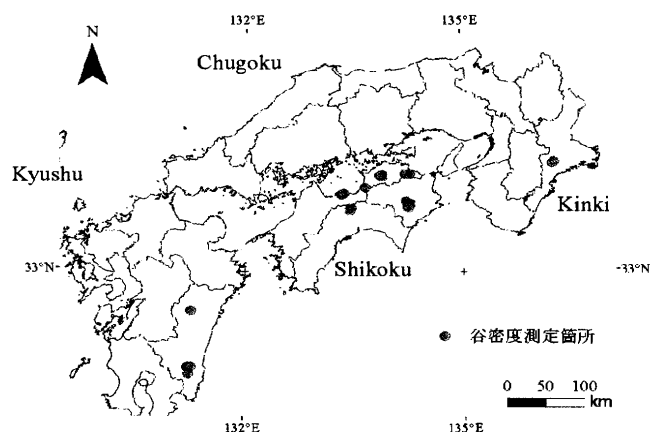


図-1 検討対象地域

表-1 谷密度測定結果

No.	都道府県	測定箇所	水系(km)	面積(km ²)	谷密度(km ⁻¹)
1	愛媛	新居浜市又野川	13.19	1.07	12.3
2	愛媛	新居浜市東楠崎川	18.71	1.49	12.5
3	愛媛	新居浜市三杭川	22.22	2.01	11.1
4	香川	大野原・豊浜町	105.01	9.61	10.9
5	香川	中讃大高見峰	71.38	4.92	14.5
6	香川	中讃城山	14.05	1.54	9.1
7	香川	中讃竜山	18.90	1.70	11.1
8	香川	中讃猫山	25.14	1.93	13.0
9	香川	さぬき市門入	28.09	2.03	13.8
10	香川	さぬき市森行	49.73	3.37	14.7
11	高知	土佐町	71.00	7.11	10.0
12	高知	鈴ヶ谷周辺	41.16	4.89	8.4
13	徳島	那賀町小島	75.04	7.17	10.5
14	徳島	那賀町大用知	49.94	4.99	10.0
15	徳島	那賀町阿津江	18.05	2.29	7.9
16	徳島	那賀町海川	55.62	5.21	10.7
17	三重	宮川村小滝	34.69	2.93	11.8
18	三重	宮川村滝谷周辺	14.51	1.53	9.5
19	三重	宮川村春日谷	107.28	11.49	9.3
20	宮崎	耳川流域	274.61	38.05	7.2
21	宮崎	槻之河内川	17.63	2.64	6.7
22	宮崎	大淀川境川天神山	48.89	6.33	7.7
23	宮崎	片井野川流域	57.22	6.94	8.2
24	宮崎	別府田野川朝陣野	100.34	12.87	7.8

3. 崩壊規模と谷密度との関係

図-1の各地区の斜面崩壊規模について、矢田部ら（2005）、増田ら（2006）、西村ら（2006）、西野ら（2006）、西野ら（2006）岩男ら（2005）、村井ら（2005）、日浦ら（2004）、田村ら（2006）、林ら（2004）、近藤ら（2005）、

千木良(2006)、古関ら(2006)、高谷・鈴木(2007)を基に推定した。

谷密度と崩壊規模の関係を図-2に示す。崩壊サンプル数は427カ所である。谷密度が高くなるにつれて崩壊規模は小さくなり、谷密度が低くなるにつれて崩壊規模は大きくなる傾向にある。また、谷密度は崩壊規模の上限を規定する指標となる可能性があり、その関係式は、 $V(\text{Volume}[\text{m}^3])=3 \times 10^{17} \times D(\text{Drainage density}[\text{km}^{-1}])^{-12}$ が得られた。ただし、豪雨による斜面崩壊の場合、崩壊規模は有限であるため、崩壊規模が $1 \times 10^7 [\text{m}^3]$ あたりで頭打ちになると考えられる。

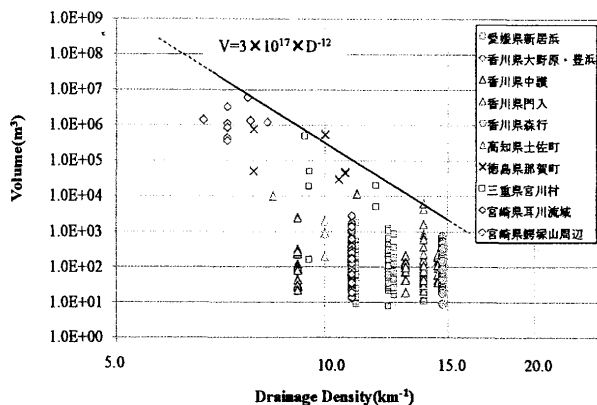


図-2 谷密度と崩壊規模の関係

4. 考察

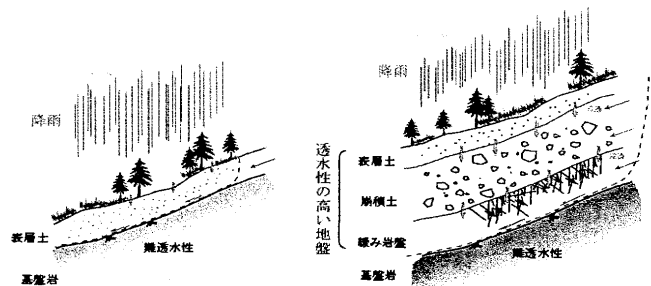
一般的に谷密度の増加に伴い斜面崩壊密度は増加すると指摘されている(例えば、恩田(1989)、東ら(1993)、水田ら(2001))。Onda(1993)は、古生層地域と花崗岩地域における水理地質構造の違いによって中古生層地域では崩壊数が少ないのに対して、花崗岩地域は崩壊数が多く発生すること、中古生層地域で谷密度が低く、花崗岩地域で谷密度が高いことを報告している。さらに、恩田(1996)は、花崗閃緑岩・花崗岩の両地域で風化層の厚さの違いが、両地域における斜面崩壊発生数の違いに影響を及ぼしていることを指摘している。

一方、千木良(2006)は高透水層の地質の下位に低透水層の地質があるような水理地質構造の個所は深層崩壊が発生する可能性が高いと指摘している。また、檜垣(2000)によれば、岩盤クリープによって斜面が深くまで緩んで高透水層が斜面を構成しているような場合は、その斜面の谷は発達が悪くなり、谷密度が低くなる。さらに、八反地(2003)が既往の深層崩壊を対象にして崩壊発生が遅れ時間と崩壊土量および崩壊の深さの関係を分析し、遅れ時間が大きいほど崩壊規模は大きくなると指摘している。

上述の斜面の水理地質構造と崩壊及び谷密度の内容から、次のような作業仮説を立てることができる。

谷密度が高い斜面は、透水性の高い表層土(風化土、崩積土)が斜面に薄く堆積し、その下位に難透水性の基盤岩が分布している場合で、降雨が岩盤まで浸透しにくいいため、表層土中の間隙水圧の上昇が早く、表層崩壊が多発しやすい。また、表層崩壊の多くは谷頭部で発生するので、0次谷に沿ってガリー侵食が形成され、谷が形成されやすいと推測できる。またこの場合、崩壊は少ない雨量かつ早い時間帯で発生し、崩壊規模も比較的小さいと考えられる(図-3(a))。

これに対して、谷密度が低い斜面は、透水性の高い厚い斜面構成物質(崩積土、緩み岩盤)から構成され、降雨が地下深部に浸透しやすく、表面流出による侵食および表層崩壊は発生しにくい。その結果、谷ができにくく谷密度は低くなると考えられる。しかしながら、斜面の岩盤中には、粘土を伴う断層や変質粘土脈があれば、すべり面や遮水帯となって大規模な崩壊が発生すると考えられる(図-3(b))。この場合崩壊発生時の総雨量は大きくなり、また崩壊発生までの時間もよりかかると推測される。



(a) 谷密度が高い斜面 (b) 谷密度が低い斜面

図-3 斜面水理地質構造と谷密度

5. まとめ

本研究では、流域の谷密度と斜面崩壊規模との関係を検討し、谷密度が流域の最大崩壊規模を予測する指標になることを示した。また、谷密度は斜面の水理地質構造の違いを反映している可能性を指摘した。

今後は、谷密度の異なる斜面において透水性調査を実施し、水理地質構造の違いを把握し、得られた斜面モデル例から飽和-不飽和浸透流および安定解析を行い、斜面崩壊を再現することが課題である。

謝辞

本研究の一部に、社団法人四国建設弘済会第11回(平成19年度)建設業の技術開発に関する研究助成事業および日本学術振興会平成19年度科学研究費補助金(課題番号19510191)を使用した。ここに記して感謝申し上げます。

文献

紙面の都合で省略する。