

島根県における土砂災害発生リスクに関する研究

長岡技術科学大学 野津聖貴
指導教員 陸旻皎

1. 研究背景

土砂災害は、自然災害の中でも、特に人命の危機にさらされる可能性が高い。阪神・淡路大震災及び東日本大震災を除いた場合、昭和42年から平成23年までの自然災害による死者・行方不明者は土砂災害が4割にも及ぶ。この原因のひとつは、土砂災害が特に事前予測の難しい自然災害であることによる。さらに近年、豪雨発生頻度の増加が指摘されており、それに伴い土砂災害の発生も増加すると予測されるため、土砂災害への対策は、国民が安全な暮らしを営むための国土創出にとって非常に重要である。土砂災害は、地形・地質、植生、地下水の状態などの素因と降雨、融雪、火山・地震活動などの誘因が複雑に絡み合うことで発生する。予測が難しいため、土砂災害防止施設整備などのハード面の対策が必要であるが、国土交通省が公表している平成21年度末の整備率は、土石流、地すべり、がけ崩れの3つに対して、いずれも30%に満たない程度である。ハード面の対策には大きな効果が望めるが、今後も多くの時間と費用が必要となる。そのため、まずはソフト面における対策を充実させ、被害の軽減を図るべきだと考える。

2. 研究目的

本研究は、比較的扱いやすい説明変数を用いた場合において、離島を除く島根県における土砂災害発生確率を導くモデルを作成し、ある程度の危険度が判断できるかどうかの検討を目的とする。島根県は、土砂災害危険箇所が全国で2番目に多く、高齢率も常に全国上位の県である。そのため、土砂災害が発生しやすく、また、発生した際には物的被害だけでなく、人的被害が生じる可能性が高いと考えられる。本研究では、2013年1月1日から12月9日までに島根県内で発生した117件の土砂災害データを基に土砂災害発生確率モデルを作成する。地形データと水文データを説明変数とし、地質を年代別に分類することで場所ごとの特性を考慮する。

3. 解析手法及びデータセットの概要

本研究のフローを図3.1に示す。土砂災害の発生確率を導くモデルを作成するため、土砂災害データ、地形・地質データ、水文データのデータセットをつくる。2つの説明変数を用い、多重ロジスティック回帰分析を行い、得られた偏回帰係数から土砂災害の発生確率を求める。

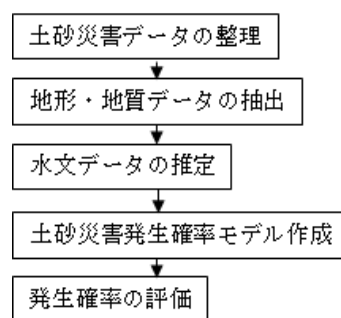


図3.1 本研究のフローチャート

土砂災害データは、いつどこで土砂災害が発生したかを知ることができる。日本工営株式会社が開発した地形解析ソフトNK-GIASを用いて、離島を除く島根県全域を表示したものを図3.2に示す。また、土砂災害発生箇所の座標を読み込み、土砂災害の分布と島根県の標高を示したものを図3.3に示す。赤はがけ崩れ、黄色は土石流を示す。ただし、座標不明の5件を除外したがけ崩れ72件、土石流40件、合計112件の土砂災害を対象として解析を行うこととする。

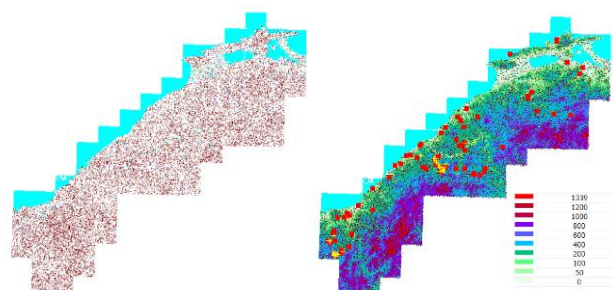


図3.2 島根県の数値地図画像 (左)
図3.3 土砂災害分布及び標高[m] (右)

地形データとして起伏量を用いる。起伏量が大きい場合、侵食の影響を強く受けるために、地形発達が活発に行われるとされる。起伏量は、1km×1km メッシュ内の最高標高値と最低標高値の差をとることで求める。平成 23 年度版「国土数値情報(標高・傾斜度 3 次メッシュデータ) 国土交通省」及び昭和 54 年度版「国土数値情報(土地分類メッシュデータ) 国土交通省」を利用し、起伏量及び表層地質情報を取得する。表層地質は地質年代ごとに分類し、それぞれに対して発生確率を推定する。また、非発生メッシュは発生メッシュの前後左右 4 方向とした。実際には災害が発生していないメッシュであっても、発生メッシュ周辺の危険度は高いと考えられる。そのため、今回の手法で、発生・非発生において危険度の差を表現できるかどうかについても考察を行うこととする。表 3.1 から表 3.3 に、地質分類の結果を示す。

表 3.1 古・中生代の地質

年代	地質	発生メッシュ数	非発生メッシュ数
古・中生代	花崗岩質岩石	16	57
	ハンレイ岩質岩石	3	12
	黒色片岩	2	10
	結晶片岩	3	4
	合計	24	83

表 3.2 第三紀の地質

年代	地質	発生メッシュ数	非発生メッシュ数
第三紀	礫岩	0	1
	砂岩	1	4
	泥岩	5	22
	集塊岩及び凝灰角礫岩	5	14
	凝灰岩質岩石	47	58
	流紋岩質岩石	3	0
	安山岩質岩石	2	13
	合計	63	112

表 3.3 第四紀の地質

年代	地質	発生メッシュ数	非発生メッシュ数
第四紀	礫	0	1
	砂	2	3
	泥	15	35
	礫、砂	7	17
	ローム	1	0
	火山碎屑物	0	1
	合計	25	57

水文データは、土砂災害を考える上では欠かせない情報である。本研究では、水文データに日降水量と土壌水分量を用いる。日降水量は県内の AMeDAS 観測所のデータを取得し、土壌水分量の推定には、XAJ3SF モデルを用いる。これは土壌を上層・下層・深層の 3 層に分割し、

蒸発によって減少する土壌水分量を評価するものである。土壌水分量は、長期間の気象条件によって変化するため、2012 年 1 月 1 日から 2013 年 12 月 31 日の降水量データを用いて推定する。そこで必要となる蒸発能 E_p は、日本では推定を行っていないため、ペンマン法による蒸発能 E_{PEN} を算出する。その際、AMeDAS 観測所で測定されている平均気温、湿度、風速、日照などのデータが必要となるが、同一県内において蒸発能に大差は生じないことと、島根県ですべてのデータが揃う観測所は松江のみであることから、蒸発能は松江の数値をその他の地点にも適用する。モデル内で設定する蒸発に関するパラメータ C_{ep} は、県内を流れる 3 つの一級河川のデータを利用して概算する。その 3 つの C_{ep} の値を各地点に適用して土壌水分量を推定する。そして、土砂災害が発生した当日の土壌水分量を抽出する。例として、松江の日降水量と蒸発能の関係及び土壌水分量の変化を図 3.3 及び図 3.4 に示す。これを、その他の土砂災害が発生した地点においても同様に求める。

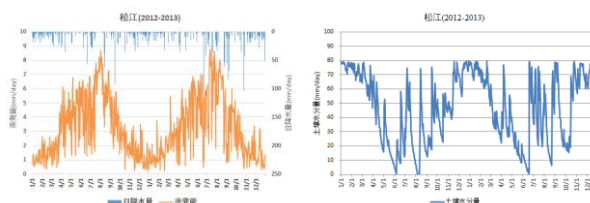


図 3.3 日降水量と蒸発能の関係 (左)

図 3.4 土壌水分量の変化 (右)

4. 土砂災害発生確率モデル

発生確率モデル作成には、多重ロジスティック回帰分析を用いる。これは、心疾患のリスク評価を目的に、アメリカで初めて用いられた手法で、疾患発症の有無や、リスクの影響力の検討などが可能である。ある事象の発生・非発生のような 1 か 0 という 2 値データを扱う際、重回帰式を求めると負の値、または 1 よりも大きな値をとるため不相当であり、その際ロジスティック関数を用いると発生確率 P は 0~1 の範囲に収まる。

土壌水分量 (soil moisture) と起伏量 (relief energy) を説明変数とする土砂災害発生確率モデルをモデル (I)、日降水量 (precipitation) と起

伏量を説明変数とする土砂災害発生確率モデルをモデル(II)とする2つのモデルを作成する。今回はモデル(I)の式のみを(4.1)式として示す。

$$P = \frac{1}{1 + \exp\{-(a + b_s x_s + b_r x_r)\}} \quad (4.1)$$

ここで、P：発生確率、a：切片、b：偏回帰係数、x：説明変数であり、添字は説明変数の頭文字に対応する。

5. 解析結果及び指標としての検討

今回は一例として、土壌水分量と起伏量を説明変数に用いて作成したモデル(I)の解析結果を示す。多重ロジスティック回帰分析によって得られた切片a及び偏回帰係数bを表5.1に示し、その値を用いて求めた発生確率と説明変数の関係を地質年代ごとに図に示す。3軸の図に関して、赤は発生データ、青は非発生データを示す。また、土壌水分量と発生確率に着目したxz平面、起伏量と発生確率に着目したyz平面の図を示す。

表 5.1 多重ロジスティック回帰分析の結果

モデル(I)	年代	a	b _s	b _r
	古・中生代	-3.237	0.033	-0.003
	第三紀	-7.139	0.072	0.005
	第四紀	0.260	-0.022	0.006

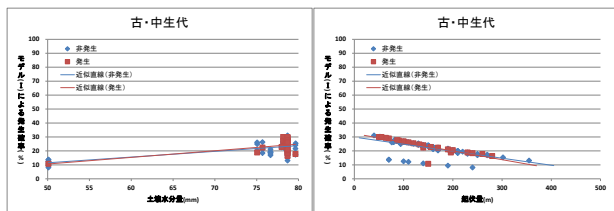
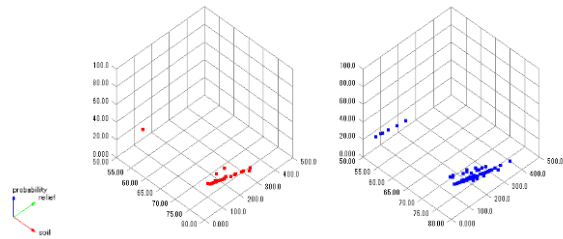


図 5.1 古・中生代の解析結果 (発生) (左上)

図 5.2 古・中生代の解析結果 (非発生) (右上)

図 5.3 古・中生代の土壌水分量と発生確率 (左下)

図 5.4 古・中生代の起伏量と発生確率の関係 (右下)

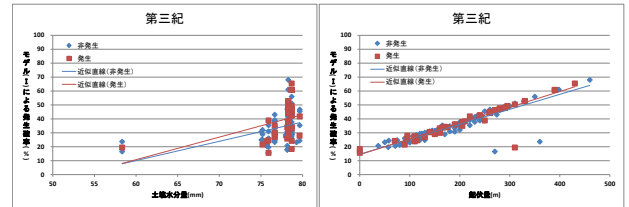
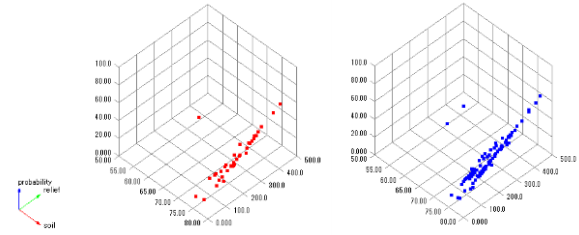


図 5.5 第三紀の解析結果 (発生) (左上)

図 5.6 第三紀の解析結果 (非発生) (右上)

図 5.7 第三紀の土壌水分量と発生確率 (左下)

図 5.8 第三紀の起伏量と発生確率 (右下)

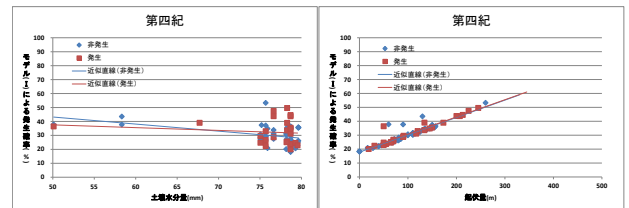
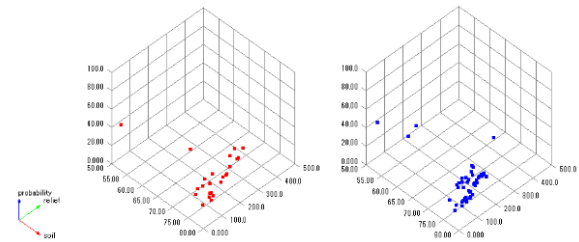


図 5.9 第四紀の解析結果 (発生) (左上)

図 5.10 第四紀の解析結果 (非発生) (右上)

図 5.11 第四紀の土壌水分量と発生確率 (左下)

図 5.12 第四紀の起伏量と発生確率 (右下)

最後に、発生・非発生予測の判定を、仮に 50% の基準で考えたときの的中率を表 5.2 に示す。

表 5.2 判定基準 50%とした的中率

年代	災害データ	モデル(I)			メッシュ数
		判定基準	的中数	的中率	
古・中生代	発生	50%	0	0%	24
	非発生		83	100%	83
第三紀	発生		8	13%	63
	非発生		105	94%	112
第四紀	発生		0	0%	25
	非発生		56	98%	57

土砂災害発生確率モデル(I)は、説明変数に土壌水分量と起伏量を用いている。多重ロジスティック回帰分析を行い、得られた切片及び偏回帰係数から土砂災害の発生確率を推定したが、発生・非発生を問わず、確率は全体的に低い結果となった。発生・非発生予測の判定を、仮に50%の判定基準とする場合、表5.2に示すように、発生を予測できていないという結果となる。これは、非発生メッシュの数が発生メッシュに比べ非常に多いため、結果も非発生側に引っ張られる形となったと考えられる。このままでは、ある程度の危険度を判断する材料としても使用することができない。そこで、発生・非発生メッシュの数の違いを考慮するため、累積頻度を縦軸に、モデルの推定値である発生確率を横軸にとる図を作成する。累積頻度が0.5を示し、発生の的中率が約5割となることを発生・非発生の判定基準として用いると、そこで採用した指標とモデルの推定値とを比較することによって、ある程度の危険度を判断することができる。図5.13から図5.15に、累積頻度とモデルの推定値の関係を地質年代ごとに示す。また、最後に、判定基準を考慮した場合の的中率を表5.3に示す。

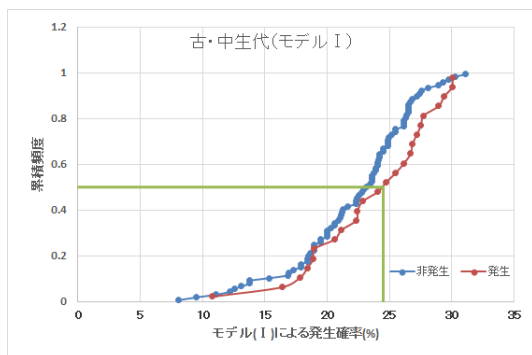


図 5.13 古・中生代における判定基準

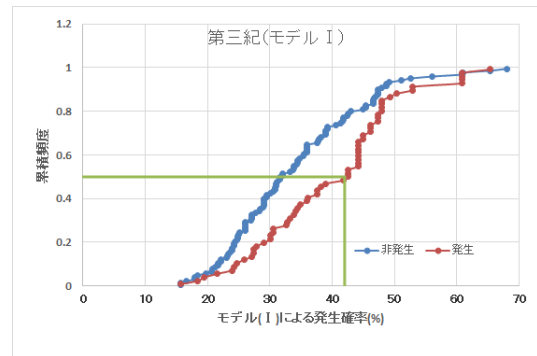


図 5.14 第三紀における判定基準

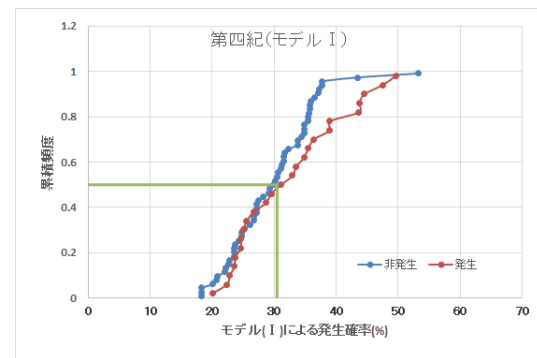


図 5.15 第四紀における判定基準

表 5.3 判定基準を考慮した場合の的中率

年代	災害データ	モデル(I)			メッシュ数
		判定基準	的中数	的中率	
古・中生代	発生	24.5%	12	50%	24
	非発生		54	65%	83
第三紀	発生	42%	32	51%	63
	非発生		87	78%	112
第四紀	発生	30.5%	13	52%	25
	非発生		31	54%	57

6. 結論

モデル推定による土砂災害の発生・非発生の差は大きく現れることはなかったが、発生データの方がおおむね傾きは大きく、危険側を示した。発生・非発生におけるメッシュ数の違いを考慮した累積頻度とモデルの推定値の関係からは発生・非発生の差が現れ、発生データが危険側であった。また、今回の災害データにおける、地質年代ごとにそれぞれの説明変数が発生確率に及ぼす影響の違いがわかった。しかし、このモデルを発生リスクの判断材料として扱うためには、表5.3に示したように的中率が約5割となるところで発生・非発生の判定基準を設ける必要がある。それをモデルの推定値と比較することで土砂災害発生の危険度をある程度判断することができる。