

4 地形・地質に関する素因と災害履歴との検証

4.1 地形・地質情報にみられる特性と災害履歴にみられる特性整理

主題図を被覆面積率によってラスター化、メッシュ化した地形・地質の素因情報の検証にあたり、地形・地質情報にみられる特性と災害履歴の特性について整理した。

■特性 1：災害種別により位置情報の性質が異なる

対象とする土石流・がけ崩れ・地すべりの 3 つの災害種別では被害範囲の広がりには違いがある。そのため、災害種別に応じて、災害位置情報が持つ特性が異なる可能性がある。例えば、がけ崩れや地すべり災害は発生場所と被害域が近接することが多いが、土石流災害は発生した土石流が流下し、下流に被害を生じる。そのため、発生場と被害域が大きく離れることによるずれが生じることがある。

■特性 2：一定の位置誤差を前提とした 3 次メッシュ処理である

土石流災害では、崩壊等の発生場と被害域が離れ、報告される災害位置と土砂移動の発生場にずれが生じることがある。さらに、報告される災害位置には座標変換時の誤差を含むなど、一定の位置誤差が生じている可能性がある。そのため、災害位置のピンポイントで地形・地質情報を分析することが不適当な場合がある。そこで、処理単位を 3 次メッシュ（1km メッシュ）とすることで、位置情報のズレや精度の影響を比較的小さくすることができる。

【地形・地質の素因と災害履歴との検証方法】

このような特性を踏まえ、各地形・地質の素因とその組合せについて、災害履歴の適中率や捕捉率を指標として検証した。また、検証対象とする災害としては、降雨による土砂災害(国土交通省保有の 16,218 箇所の災害資料)と顕著な大規模崩壊をそれぞれ用いた。

4.2 災害履歴と地形・地質の素因との該当状況整理

地形・地質の素因データと災害履歴を比較整理した。日本全体における各素因の分布状況を図 4.1 のベン図に、降雨による土砂災害が発生したメッシュにおける素因の該当状況を図 4.2 のベン図に示した。また、大規模崩壊が発生したメッシュにおける素因の該当状況を図 4.3 のベン図に示した。ここでは、土砂災害の発生の多寡や有無と強い相関を示す素因を把握するため、比較的広く該当する土砂災害警戒区域 (Y) と地すべり地形分布図、深層崩壊推定頻度マップ (特に高い+高い) の3つの素因に対して整理した。

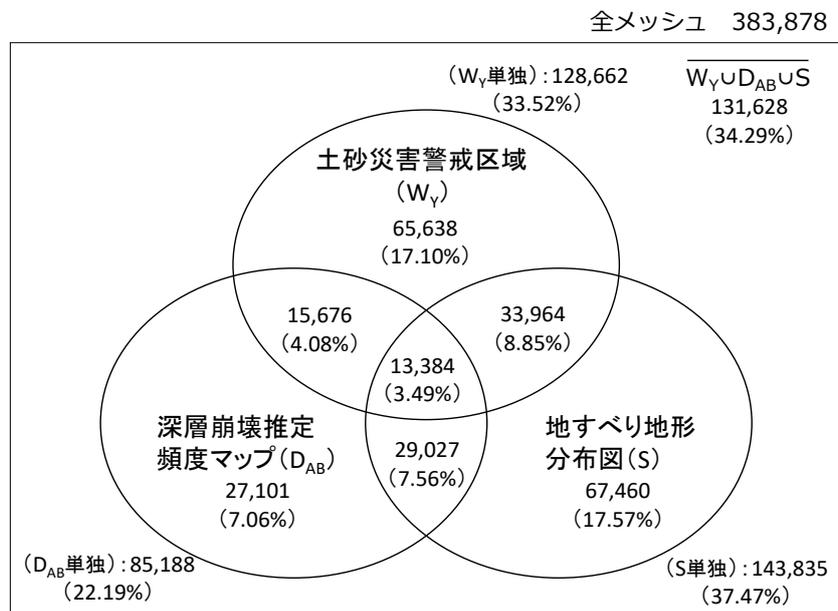


図 4.1 日本全国における素因の分布状況

対象とする日本全国の3次メッシュは、383,878メッシュあり、そのうち、土砂災害警戒区域に該当するメッシュは128,662メッシュで全体の33.52%を占める。また、地すべり地形分布図に該当するメッシュは143,835で全体の37.47%を占め、ほぼ同程度の割合となっている。一方、深層崩壊推定頻度マップ (特に高い+高い) に該当するメッシュは85,188メッシュで全体の22.19%を占め、他の素因と比べてやや少ない。さらに、そのうちの2/3が土砂災害警戒区域や地すべり地形分布図と重複し、深層崩壊推定頻度マップのみが該当するメッシュは全体の約7%と少ない (図 4.1)。

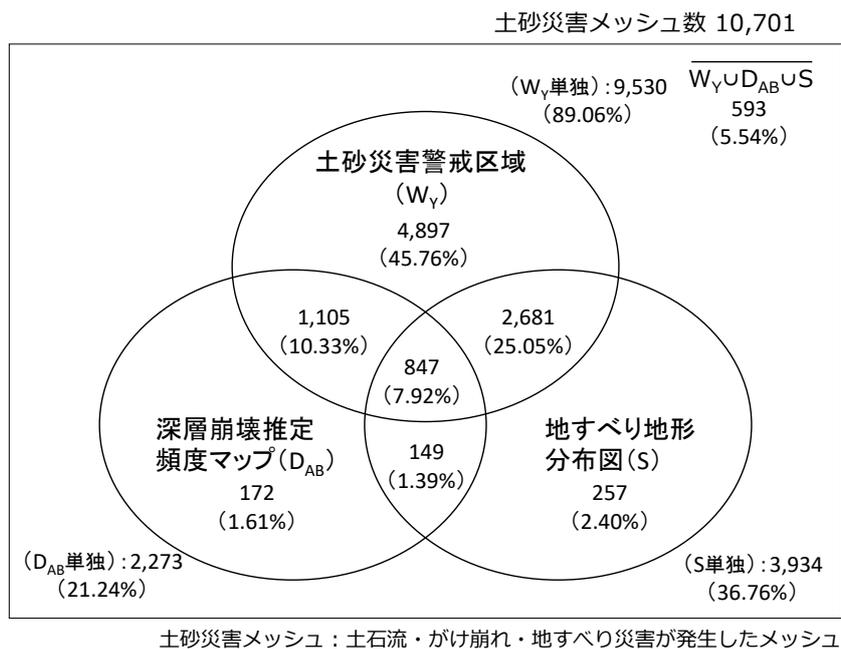


図 4.2 日本全国の土砂災害メッシュにおける素因該当状況

日本全国の降雨による土砂災害（土石流・がけ崩れ・地すべり）が発生したメッシュ（土砂災害メッシュ）は10,701メッシュある。素因の該当状況で最も多いものが、土砂災害警戒区域（9,530メッシュ）で、全体の89.06%を占める。次いで、地すべり地形分布図に該当するメッシュが多く、3,934メッシュで全体の36.79%を占める。深層崩壊推定頻度マップが最も低く、2,273メッシュで全体の21.24%を占める（図4.2）。土砂災害警戒区域に該当するメッシュは全体の90%近くを占め、図4.1に示す日本全体のメッシュにおける土砂災害警戒区域の該当率（33.52%）と比べて、約2.7倍となっており、災害発生域とよい一致を示す素因である。

顕著な大規模崩壊メッシュ：206

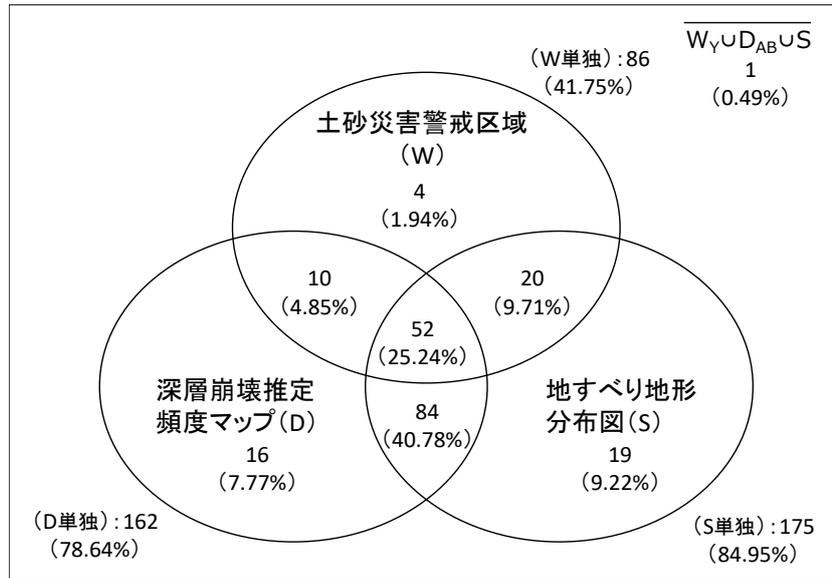


図 4.3 顕著な大規模崩壊毎の素因該当状況

顕著な大規模崩壊が該当するメッシュは全 206 メッシュである。そのうち、205 メッシュがなんらかの素因に該当（全体の 99.5%）しており、極めて高い一致を示している。また、素因を単独で見ると、土砂災害警戒区域に該当するメッシュは 86 メッシュで全体の 41.75% を占める。深層崩壊推定マップは 162 メッシュで全体の 78.64% を占める。さらに、地すべり地形分布図は 175 メッシュで全体の 84.95% を占める（図 4.3）。このように、図 4.1 に示す日本全体のメッシュにおける素因の該当率と比較して、すべての素因において該当率が高くなっている。特に深層崩壊推定頻度マップは、日本全体のメッシュ率（22.19%）と比較して、3.5 倍の高い該当率を示しており、災害履歴と良い一致を示している。

4.3 災害履歴の多いメッシュにおける地形・地質の素因の該当状況分析

先の結果から、地形・地質に関する主題図に基づく素因が、単独、或いは複合して、降雨による土砂災害履歴の有無と関係していることが伺えた。素因が災害発生率に寄与しているのであれば、災害履歴の多いメッシュでは、素因がより密接に関係していると考えられる。そこで、国土交通省保有の 16,218 箇所の災害資料を用いて、標準地域メッシュの 3 次メッシュ毎に災害箇所数を集計し、土砂災害の発生確率の高い（災害履歴の多い）上位 100 メッシュ（同数の災害箇所はメッシュコード順にソート）を抽出し、メッシュ毎の素因の該当数を整理した（図 4.4）。なお、図 4.4 の棒グラフは、一つ一つが各 3 次メッシュを示しており、縦軸に該当する災害箇所数を示し、横軸に左から災害箇所数が多い順に並べ、該当する地形・地質の素因数を色分けして示したものである。ここでは該当状況の概要を把握するため、先の整理と同様に、土砂災害警戒区域（ W_Y ）と深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」（ D_{AB} ）、地すべり地形分布図（ S ）の 3 つの素因の該当状況と災害箇所数について整理した。

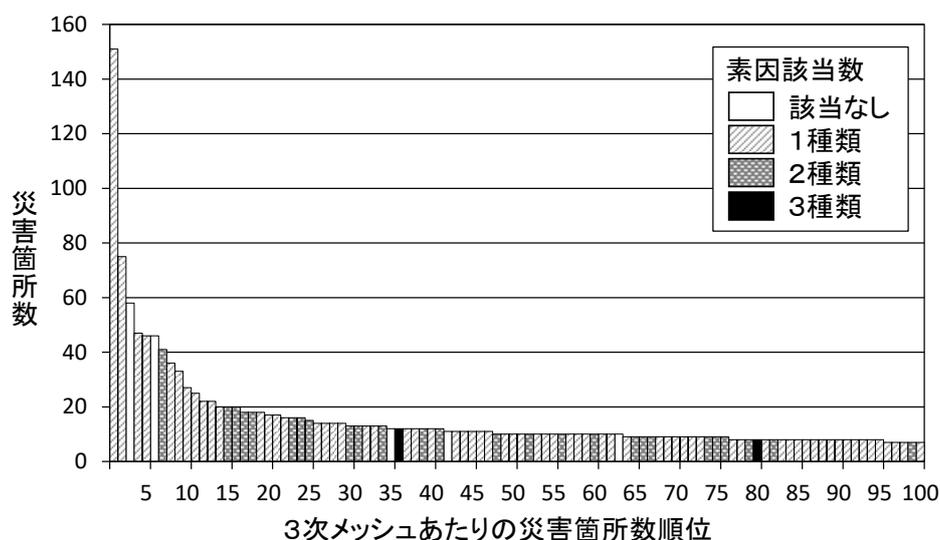


図 4.4 災害毎の素因該当状況

- メッシュ単位での該当災害箇所数は最大で 140 回を超えており、上位 10 位にかけて急激に減少し、その後は緩やかに減少する傾向がみられる。
- 素因が土砂災害の発生に寄与しているのであれば、災害履歴の多いメッシュでは、素因の該当率が高いと考えられる。災害箇所数が上位 100 位までのメッシュでは、その多くが 1 つ以上の素因を有している。

また、各素因との該当状況を把握するため、災害箇所数が上位 100 位までの素因別の該当状況を図 4.5～図 4.7 整理した。これから、最も広く該当する素因は土砂災害警戒区域であり、次いで地すべり地形分布図、最後に深層崩壊推定頻度マップであることがわかる。該当する素因の多くが土砂災害警戒区域であることもわかる。

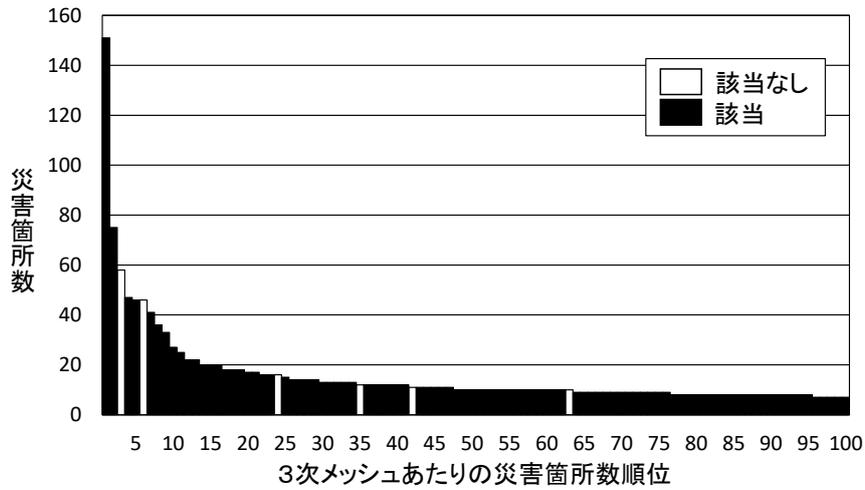


図 4.5 土砂災害警戒区域による素因該当状況

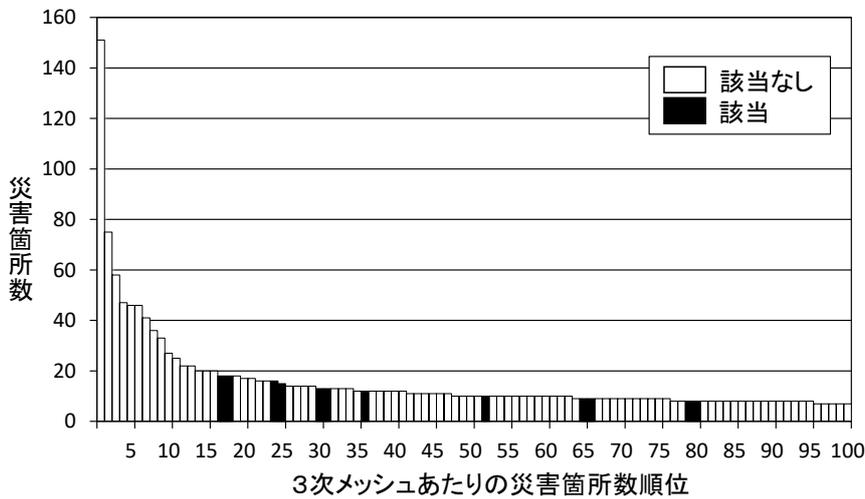


図 4.6 深層崩壊推定頻度マップによる素因該当状況

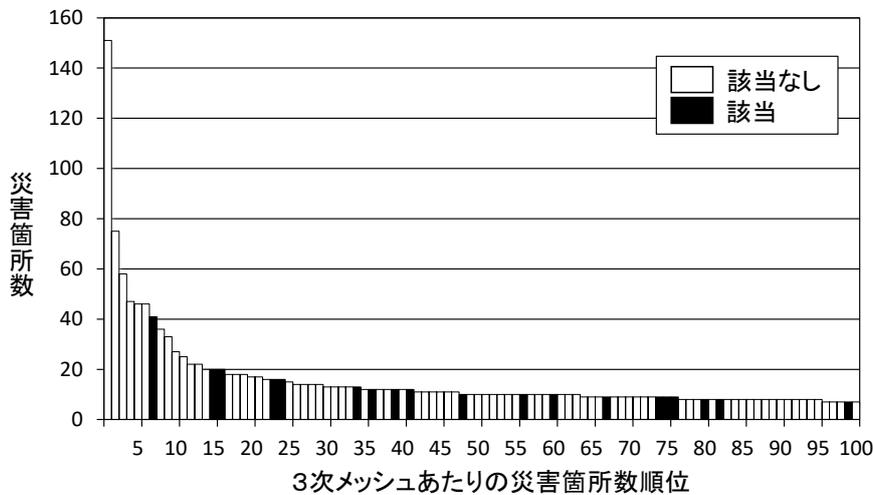


図 4.7 地すべり地形分布図による素因該当状況

ここで、災害箇所数が上位 100 位のうち、100 位と同率となるメッシュを除く 95 のデータ（災害箇所数 8 件以上）を、特に災害の多く発生しているメッシュにとらえ、素因の該当率（＝素因による災害捕捉率）を整理した結果が表 4.1 のとおりである。

表 4.1 災害履歴の多い災害メッシュ及び全メッシュにおける素因の該当状況

対象メッシュ数：95	素因いずれか	W_Y	D_{AB}	S
素因該当メッシュ数	90	89	12	18
素因による捕捉率	94.74%	93.68%	12.63%	18.95%

災害が特に多い上位 95 メッシュにおいて、素因のいずれかが該当するメッシュは 90 メッシュで全体の 94.74%である。なお集計対象のメッシュはすべて災害履歴のあるメッシュであるため、ここでの素因の該当率は、特に災害が多く発生しているメッシュにおける素因による捕捉率と言い換えることができる。この観点から見ると、土砂災害警戒区域（ W_Y ）は 89 メッシュが該当し、素因による捕捉率が 93.68%であり、素因のいずれかが該当する場合とほとんど変わらない。深層崩壊推定頻度マップ（ D_{AB} ）および地すべり地形分布図（S）は、該当数に大きな違いがなく素因による捕捉率は 12~19%であった。

ここで、図 4.2 に示される日本全体の土砂災害メッシュにおける素因による捕捉率（該当率）と、上記の結果を比較する。土砂災害メッシュにおける各素因の捕捉率（該当率）は、土砂災害警戒区域（ W_Y ）で 89.06%、深層崩壊推定頻度マップ（ D_{AB} ）で 21.24%、地すべり地形分布図（S）で 36.76%であった（図 4.2）。それに対して、災害が特に多く発生しているメッシュにおける捕捉率は、土砂災害警戒区域で 93.68%と 5%程度高いものの、深層崩壊推定頻度マップで 12.63%、また地すべり地形で 18.95%とそれぞれ 10%程度低い値となっている（表 4.1）。

これらの災害が多発しているメッシュは、火山などの荒廃域から毎年のように土石流が発生している溪流や小さな急傾斜地を多数含むメッシュが多かった。このように災害が多発する場所は土砂災害防止法に関する基礎調査が優先的に実施されているほか、地形的危険性が高い場所として土砂災害警戒区域等が多数指定されている可能性が高い。これらの要因のため土砂災害警戒区域（ W_Y ）による捕捉率が高くなりやすいためではないかと考えられる。一方、現在荒廃が進んでいるような新しい火山地域では、地すべり地形はまれであり、地すべり地形の該当状況が低くなる傾向が生じているものと考えられる。

4.4 地形・地質の素因の被覆面積率の変化と災害メッシュ率の変化

地形・地質の素因と災害との関係性を把握するため、各素因について被覆面積率毎の災害メッシュ率の変化を整理・分析した。地形・地質の素因が土砂災害の発生に寄与している場合には、素因の被覆面積率が高くなるほど、被覆面積率区間内の災害メッシュ率が高まると想定される。

ここで、災害メッシュ率はある条件におけるメッシュ数に対する災害が発生したメッシュの割合として定義すると、被覆面積率区間毎の災害メッシュ率は以下の式で示される。

$$\text{災害メッシュ率} = \frac{\text{任意の被覆面積率区間における災害メッシュ数}}{\text{任意の被覆面積率区間のメッシュ総数}}$$

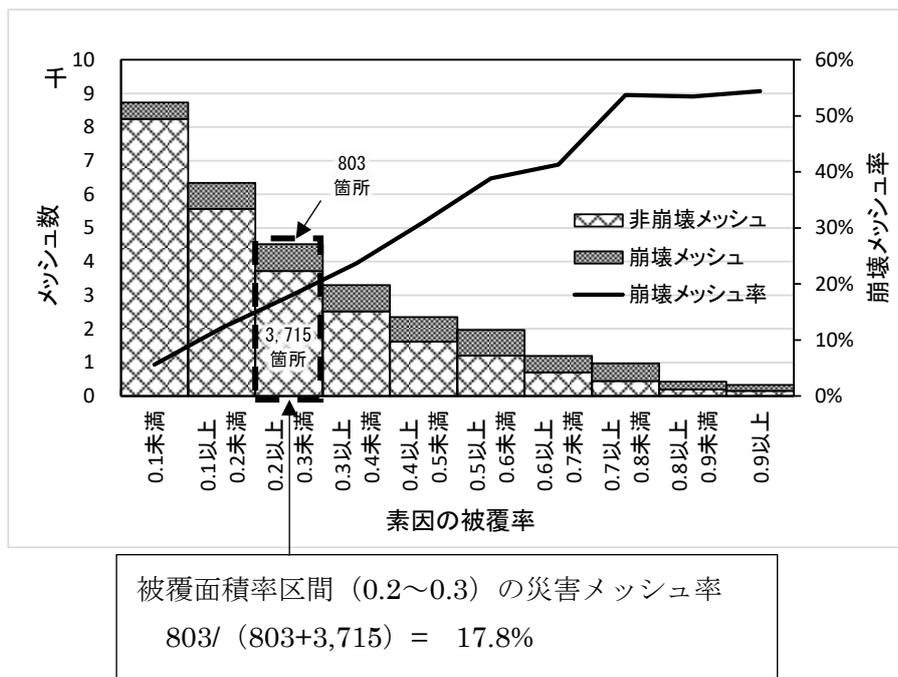
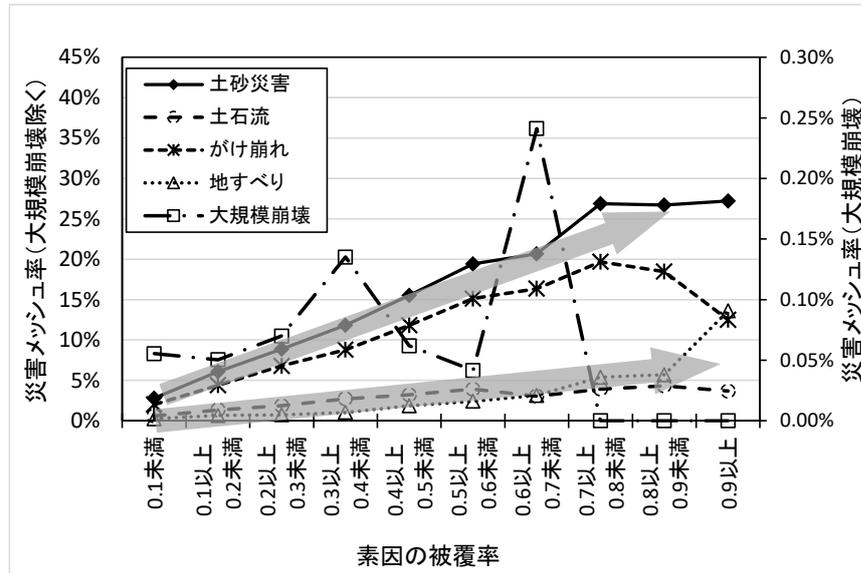


図 4.8 被覆面積率区間ごとの災害メッシュ率算出方法

1) 土砂災害警戒区域の被覆面積率 (W_T) と災害メッシュ率の関係

土砂災害警戒区域における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を散布図に示すと図 4.9 の通りである。



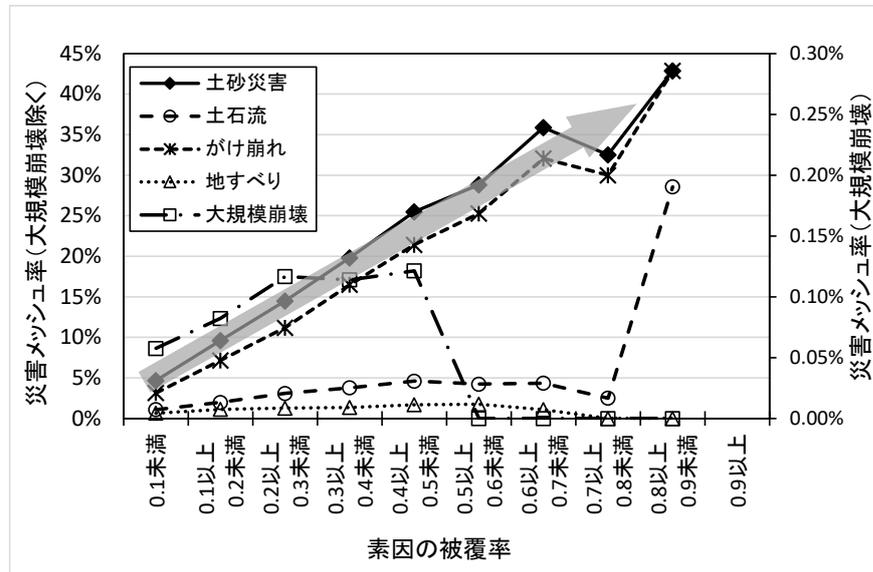
※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 4.9 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化 (土砂災害警戒区域)

ここで、土砂災害とは土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す。土砂災害では、素因の被覆面積率の増加に伴い、災害メッシュ率が増加する傾向が顕著にみられる。また、災害種別毎にみると、がけ崩れが 0.8 以上の高い被覆面積率の区間において、一部減少がみられるものの、全体的には被覆面積率の増加に伴い災害メッシュが顕著に増加する傾向がみられる。さらに、地すべりと土石流についても、増加の傾きが小さいものの、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュが増加する傾向がみられる。一方、大規模崩壊に関しては明瞭な傾向は確認できない。

2) 土砂災害特別警戒区域の被覆面積率 (W_R) と災害メッシュ率の関係

土砂災害特別警戒区域における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.10 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

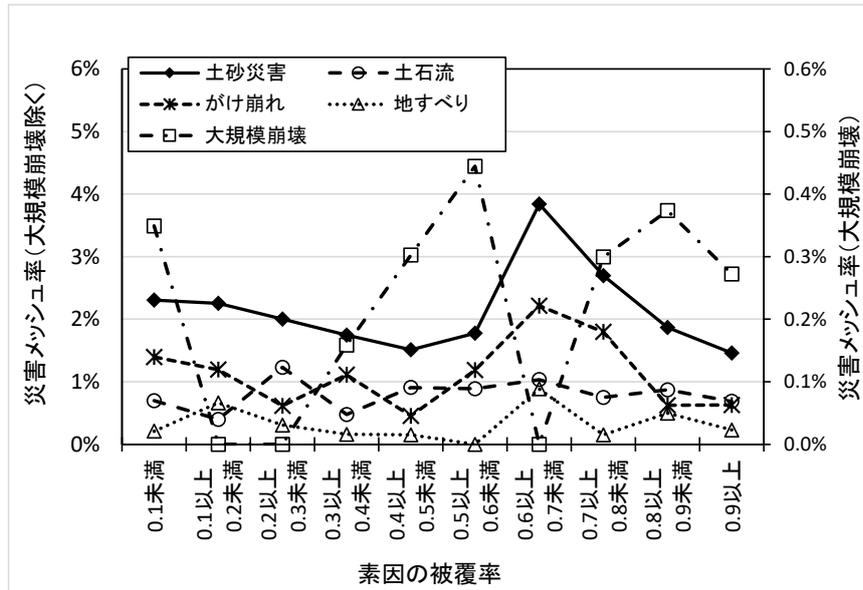
図 4.10 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化（土砂災害特別警戒区域）

土砂災害全体及びがけ崩れでは、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率の増加傾向が顕著で、その変化の傾きも大きい。また、大規模崩壊では、被覆面積率が 0.5 付近までは増加傾向がみられるものの、その後、急激に減少する。土石流については、0.5 未満の被覆面積率では緩やかな増加傾向がみられるが、0.5 以上の被覆面積率では減少傾向や急上昇などが確認される。

これは、土石流の発生場及び災害地点は主に山間地に点在する溪流であり、1km メッシュの広範囲が土砂災害特別警戒区域で占められることは極めてまれな為、高い被覆面積率のデータ数が少なく、値の信頼性が低くなっているためと考えられる。また、地すべり及び大規模崩壊では、被覆面積率の増加に伴う傾向は認められない。

3) 深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率（「特に高い」：DA）と災害メッシュ率の関係

深層崩壊推定頻度マップ（特に高い）における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.11 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

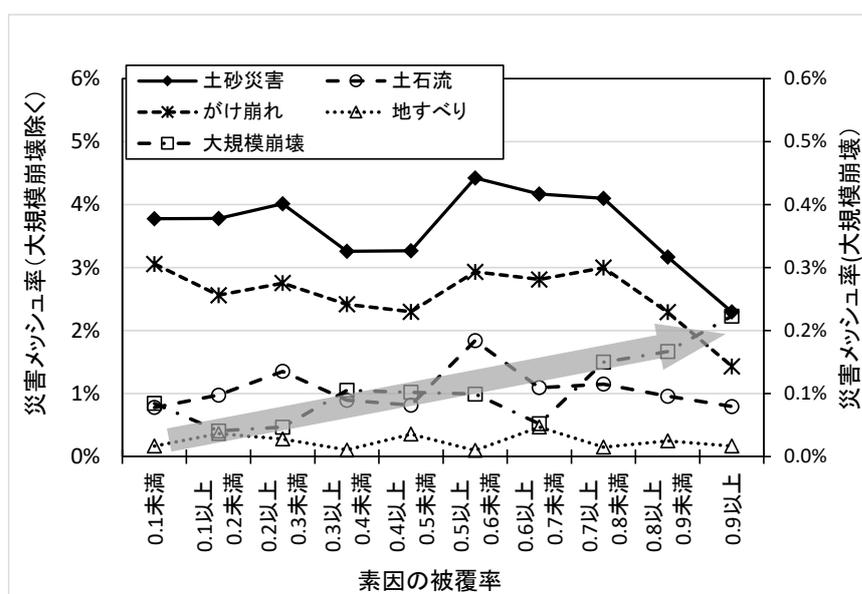
図 4.11 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化

(深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」)

すべての災害事象ではほぼ横ばいか、傾向を示さない乱高下の変化をしている。つまり、深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」に関しては、素因の被覆面積率の増加に伴う災害発生率の変化は確認されなかった。これは、当該素因が他の土砂災害警戒区域や地すべり地形分布図とは異なり、被覆面積率 0.9 以上のメッシュに集中する傾向があるため、素因の被覆面積率と崩壊との関係性が確認できなかった可能性も考えられる。

4) 深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率（「特に高い+高い」：D_{AB}）と災害メッシュ率の関係

深層崩壊推定頻度マップ（特に高い）における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.12 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

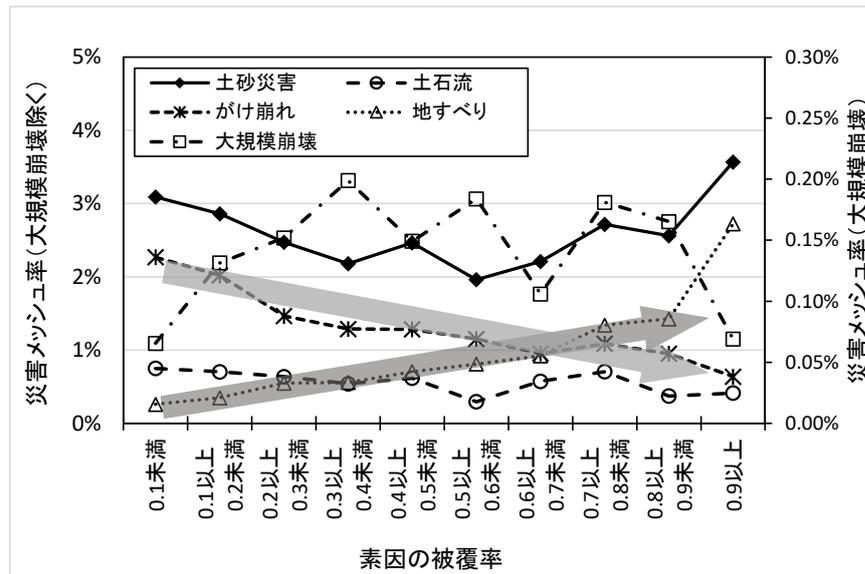
図 4.12 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化

(深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」)

当該素因は深層崩壊推定頻度マップの被覆面積率「特に高い」と同様に、ほとんどの災害事象で、ほぼ横ばいの変化となっており、関係性は確認できなかった。ただし、大規模崩壊に関しては、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュが増加する右上がりの傾向がみられ、当該素因の大規模崩壊に対する寄与が比較的高いことがわかった。

5) 地すべり地形分布図による被覆面積率 (S) と災害メッシュ率の関係

地すべり地形分布図における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.13 に示す。



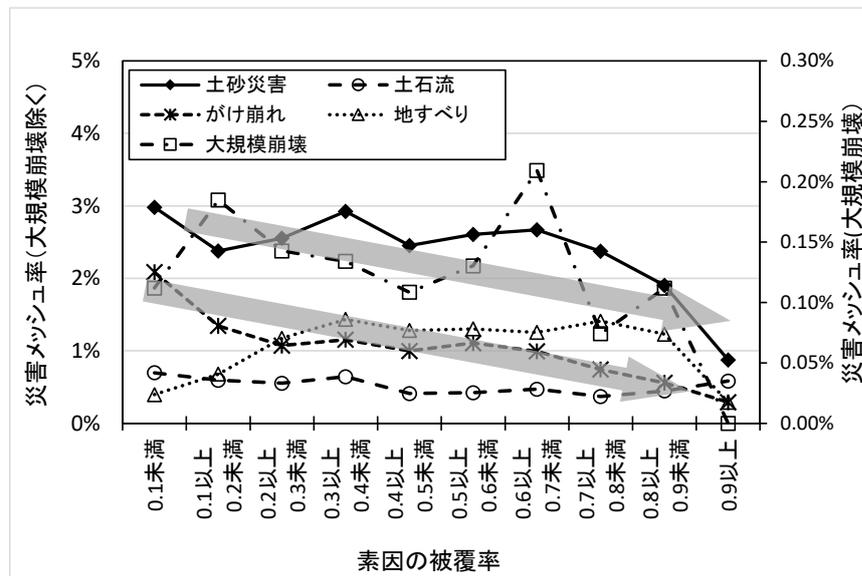
※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 4.13 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化 (地すべり地形分布図)

当該素因は、多くの災害事象において、ほぼ横ばいの変化となっているが、がけ崩れと地すべりについては傾向が確認された。がけ崩れ災害では、素因の被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が減少する傾向がみられ、素因の被覆面積率の増加が崩壊の発生率に寄与していない結果となっている。また、地すべりでは、明瞭な右上がりの傾向を示しており、素因の増加が崩壊の発生率に寄与していることがわかる。

6) 地すべり地形分布図（土志田,2015）の被覆面積率（S'）と災害メッシュ率の関係

地すべり地形分布図（土志田,2015）における区間毎の被覆面積率と災害メッシュ率の関係を図 4.14 に示す。



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

図 4.14 被覆面積率区分ごとの災害メッシュ率の変化

(地すべり地形分布図（土志田,2015）)

地すべり地形分布図と同様に、多くの災害種別において、ほぼ横ばいの傾向がみられる。特に、地すべりについても明瞭な右上がりの傾向がみられず当該素因は、地すべりへの寄与が比較的低いことがわかる。また、土砂災害全体およびがけ崩れでは、被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が右下がりの傾向を示す。

さらに特筆すべきは、多くの災害種別において、0.7以上の高い被覆面積率区間において、災害メッシュ率が減少する傾向がみられることである。これは、当該素因が滑落崖を除く地すべり土塊のみで評価しているため、高い被覆面積率の区間において該当メッシュが極めて少なくなり、値の信頼性が低下しているものと考えられる。

これらの結果から、地形・地質の素因の被覆面積率区分と災害メッシュ率の関係について定性的に整理すると表 4.2 のとおりである。

地形・地質の素因のうち、土砂災害警戒区域（ W_Y ）または土砂災害特別警戒区域（ W_R ）は、土砂災害全体及びがけ崩れに対して大きく寄与しており適合性が高い結果が得られた。土石流は土砂災害警戒区域（ W_Y ）と、地すべり災害は土砂災害警戒区域（ W_Y ）または地すべり地形分布図（ S ）との適合性が良いことがわかった。さらに、大規模崩壊は、深層崩壊推定頻度マップ（特に高い+高い）（ D_{AB} ）と適合性が良いことがわかった。

表 4.2 地形・地質特性を示す素因の被覆面積率区分と災害メッシュ率の関係性評価結果

災害種別	地形・地質特性					
	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'
土砂災害	◎	◎	△	△	△	×
がけ崩れ	◎	◎	△	△	×	×
土石流	○	△	△	△	△	△
地すべり	○	△	△	△	◎	○
大規模崩壊	×	△	△	◎	△	△

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

- ◎：適合性「高」⇒被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率の増加が顕著（傾きが大きい）
- ：適合性「やや高い」⇒被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が増加（傾き小さい）
- △：判断つかず ⇒被覆面積率の増加に対して、災害メッシュ率が横ばいや乱高下し、適合性が判断できない
- ×：適合性「低」⇒被覆面積率の増加に伴い災害メッシュ率が減少傾向

被覆面積率の増加に応じて災害メッシュ率が増加傾向を示す場合（特に増加率が頭打ちとなる場合など）には、素因の被覆面積率に閾値を設けることで、災害との適合性がより高くなることが期待できる。

しかし、深層崩壊推定頻度マップによる素因（ D_A や D_{AB} ）や地すべり地形分布図による素因（ S や S' ）では、ほとんどの災害種別において（土砂災害全体を対象とした場合でも）、被覆面積率と災害メッシュ率の変化について、横ばいを示すなど適合性の判断がつかない場合が多かった。また、深層崩壊推定頻度マップでは、該当するメッシュのほとんどが0.8以上（ほぼ1に近い）の被覆面積率となっており、被覆面積率の分布の歪も大きい。

4.5 素因の組合せと災害適中率と捕捉率

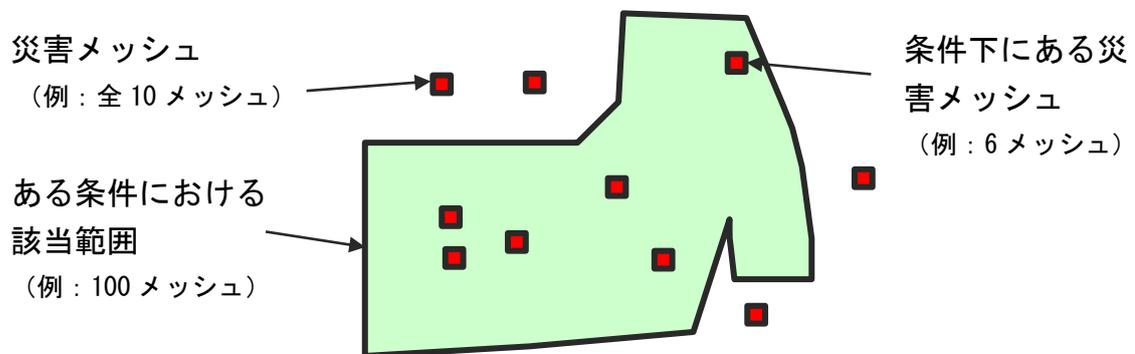
地形・地質の素因の被覆面積率区分と災害メッシュ率の関係から、災害事象ごとに地形・地質の素因との適合性が把握された。しかし、深層崩壊推定頻度マップにおいて広域に素因が分布するため、被覆面積率が高いメッシュと該当しないメッシュに二分されやすく、分布に偏りが生じている。そのため、素因の被覆面積率に着目した閾値設定により素因による適合性を飛躍的に向上することは難しいと考えられる。そこで、**1kmメッシュごとの地形・地質の素因の該当有無に着目し**、各素因の組合せと国土交通省の保有する災害情報の関係について、適中率及び捕捉率を指標として分析を行った。

ここで災害の適中率と捕捉率は以下の通り定義される。

なお、各素因別の被覆面積率を閾値とした適中率と捕捉率の変化については巻末の資料に示した。

$$\text{適中率} = \frac{\text{任意条件下の災害メッシュ数}}{\text{任意条件による該当メッシュ数}}$$

$$\text{捕捉率} = \frac{\text{任意条件下の災害メッシュ数}}{\text{全崩壊メッシュ数}}$$



上の例では

$$\text{適中率} = 6 \text{ メッシュ} / 100 \text{ メッシュ} = 6\%$$

$$\text{捕捉率} = 6 \text{ メッシュ} / 10 \text{ メッシュ} = 60\%$$

図 4.15 素因の有無に着目した災害の適中率と捕捉率の算出方法

4.5.1 地形・地質素因の単独評価

各素因の該当メッシュと災害メッシュの算出結果を表 4.3 に示す。また、この算出結果から、災害種別毎の素因ごとの適中率と捕捉率を算出した（表 4.4）。

表 4.3 各地形・地質素因別の該当メッシュと災害メッシュの算出結果

メッシュ数		W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'	全数
素因該当メッシュ		128,662	102,631	32,293	85,188	143,835	129,388	383,878
災害メッシュ	土砂災害	9,530	8,146	525	2,273	3,934	3,597	10,701
	土石流	1,979	1,730	229	733	919	827	2,258
	がけ崩れ	7,094	6,064	242	1,498	2,437	2,203	7,886
	地すべり	1,057	898	81	159	876	850	1,191
	大規模崩壊	86	74	85	162	175	167	206

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

表 4.4 地形・地質素因別の適中率と捕捉率

(a)

適中率	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'
土砂災害	7.41%	7.94%	1.63%	2.67%	2.74%	2.78%
土石流	1.54%	1.69%	0.71%	0.86%	0.64%	0.64%
がけ崩れ	5.51%	5.91%	0.75%	1.76%	1.69%	1.70%
地すべり	0.82%	0.87%	0.25%	0.19%	0.61%	0.66%
大規模崩壊	0.07%	0.07%	0.26%	0.19%	0.12%	0.13%

(b)

捕捉率	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	S'
土砂災害	89.06%	76.12%	4.91%	21.24%	36.76%	33.61%
土石流	87.64%	76.62%	10.14%	32.46%	40.70%	36.63%
がけ崩れ	89.96%	76.90%	3.07%	19.00%	30.90%	27.94%
地すべり	88.75%	75.40%	6.80%	13.35%	73.55%	71.37%
大規模崩壊	41.75%	35.92%	41.26%	78.64%	84.95%	81.07%

※赤囲みは、元資料毎の素因種別間の比較で十分大きいと考えられるもの。

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

ここで、素因毎の災害履歴に対する適中率と捕捉率により素因の適合性を確認した。

1) 土砂災害警戒区域等

土砂災害警戒区域 (W_Y) と土砂災害特別警戒区域 (W_R) の両者を比較すると、適中率は土砂災害全体・がけ崩れにおいて W_R の方がやや高い値を示すものの、その他には大きな差がみられない。それに対して捕捉率は、明らかに W_Y の方が大きいことがわかる (表 4.4)。ただし、 W_Y の捕捉率は、他の素因と比較すると高い値を示しており、両者の災害との適合性については優劣を判断しがたい。

2) 深層崩壊推定頻度マップ

深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) と「特に高い+高い」(D_{AB}) を比較すると、適中率は土砂災害全体で D_{AB} が、地すべりおよび大規模崩壊では D_A がやや高い結果が得られた。一方、捕捉率では、すべての災害事象で D_{AB} が比較的高い結果となった (表 4.4)。この指標も同様に、両者の災害との適合性について優劣をつけがたい。

3) 地すべり地形分布図

本手法による地すべり地形分布図の被覆面積率 (S) と土志田 (2015) の手法による地すべり地形分布図の被覆面積率 (S') を比較すると、適中率はほとんど差がないことがわかる。また、捕捉率は、すべての災害事象で S の方が高い結果となった (表 4.4)。そのため、本手法による地すべり地形分布図 (S) のほうが災害との関係性が高いといえる。

上記の結果の通り、土砂災害警戒区域および深層崩壊推定頻度マップの種別 (素因) については、災害種別により適合性が異なるため、一意に優劣を判断できなかった。一方、地すべり地形分布図では、適中率ではほとんど差がないが、捕捉率では本研究の手法による被覆面積率 (S) のほうが災害との適合性が比較的高かった。

4.5.2 地形・地質素因の組合せによる適中率と捕捉率

単独指標による適中率と捕捉率の検討の結果、土砂災害警戒区域および深層崩壊推定頻度マップのそれぞれの素因種別同士の比較において、土砂災害の多寡や有無との適合性には優劣がつかなかった。しかし、地すべり地形分布図では差がみられ、本手法による被覆面積率 (S) の方が土砂災害の多寡や有無と適合性の高い結果が得られた。そこで先の 6 種類の素因情報のうち、地すべり地形分布図の土志田 (2005) の手法を除いた 5 種類の素因を対象に組み合わせによる適中率と捕捉率を整理した。

ここで、5つの素因のうち土砂災害警戒区域および深層崩壊推定頻度マップの要素は、それぞれ包含関係にある (土砂災害特別警戒区域 (W_R) は土砂災害警戒区域 (W_Y) に包含され、深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) は深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」(D_{AB}) に包含される)。そのため、同一の主題図から得られる素因の組み合わせについては検討対象外とした。

深層崩壊推定頻度マップに基づく素因として、D_A を選択した場合の他の素因との組み合わせによる適中率と捕捉率の算出結果を表 4.5 に示す。また、深層崩壊推定頻度マップに基づく素因として、D_{AB} を選択した場合の適中率と捕捉率の算出結果を表 4.6 に示す。

表 4.5 素因の組み合わせによる適中率と捕捉率 (その 1)
深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) とその他の素因の組合せ事例

適中率	W _Y ND _A	W _Y NS	W _R ND _A	W _R NS	D _A NS	W _Y ND _A NS	W _R ND _A NS
土砂災害	5.55%	7.45%	5.83%	8.22%	1.76%	5.65%	5.93%
土石流	2.36%	1.70%	2.59%	1.89%	0.73%	2.25%	2.55%
がけ崩れ	2.69%	4.69%	2.77%	5.21%	0.76%	2.58%	2.55%
地すべり	0.82%	1.66%	0.83%	1.80%	0.37%	1.21%	1.28%
大規模崩壊	0.34%	0.15%	0.30%	0.16%	0.36%	0.47%	0.40%

捕捉率	W _Y ND _A	W _Y NS	W _R ND _A	W _R NS	D _A NS	W _Y ND _A NS	W _R ND _A NS
土砂災害	3.93%	32.97%	3.50%	28.66%	3.27%	2.58%	2.21%
土石流	7.93%	35.56%	7.35%	31.22%	6.47%	4.87%	4.52%
がけ崩れ	2.59%	28.14%	2.26%	24.66%	1.93%	1.60%	1.29%
地すべり	5.21%	66.08%	4.45%	56.34%	6.13%	4.95%	4.28%
大規模崩壊	12.62%	34.95%	9.22%	29.13%	34.47%	11.17%	7.77%

適中率	W _Y UD _A	W _Y US	W _R UD _A	W _R US	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土砂災害	6.28%	4.41%	6.46%	4.31%	2.63%	4.24%	4.13%	0.49%	1.00%
土石流	1.32%	0.93%	1.40%	0.93%	0.64%	0.90%	0.90%	0.10%	0.18%
がけ崩れ	4.65%	3.25%	4.77%	3.13%	1.62%	3.12%	3.00%	0.38%	0.80%
地すべり	0.70%	0.51%	0.72%	0.53%	0.57%	0.49%	0.51%	0.03%	0.05%
大規模崩壊	0.09%	0.08%	0.11%	0.09%	0.12%	0.09%	0.09%	0.00%	0.00%

捕捉率	W _Y UD _A	W _Y US	W _R UD _A	W _R US	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土砂災害	90.03%	92.85%	77.53%	84.23%	38.40%	93.13%	84.58%	6.87%	15.42%
土石流	89.86%	92.78%	79.41%	86.09%	44.38%	93.40%	86.94%	6.60%	13.06%
がけ崩れ	90.44%	92.72%	77.71%	83.13%	32.04%	92.87%	83.31%	7.13%	16.69%
地すべり	90.34%	96.22%	77.75%	92.61%	74.22%	96.64%	93.12%	3.36%	6.88%
大規模崩壊	70.39%	91.75%	67.96%	91.75%	91.75%	97.09%	97.09%	2.91%	2.91%

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

(赤が各災害事象別の適中率または捕捉率の最大値、橙が 2 位、緑が 3 位の値を示す)

深層崩壊推定頻度マップの「特に高い」(D_A) とその他の素因の組合せ事例では、適中率は W_Y∩S や W_R∩S の組合せで比較的高い値を示しており、捕捉率も約 25%～約 66%と比較的高い。また、多くの災害種別で捕捉率は W_Yの組合せの方が良い。つまり、災害全体では、土砂災害警戒区域と地すべり地形分布図との組み合わせが良いことがわかる。また、大規模崩壊は、D_A∩S など深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図の組み合わせで高い適中率となる傾向がみられる。一方、捕捉率では、W_Y∩US、W_R∩US、D_A∩US、W_Y∩D_A∩US、W_R∩D_A∩US など地すべり地形分布図 (S) との組合せで高い値となりやすいことがわかる。

表 4.6 素因の組み合わせによる適中率と捕捉率 (その 2)

深層崩壊推定頻度マップ「特に高い+高い」(D_{AB}) とその他の素因の組合せ事例

適中率	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土石流	2.20%	1.70%	2.42%	1.89%	0.83%	2.21%	2.48%
がけ崩れ	4.47%	4.69%	4.63%	5.21%	1.33%	3.68%	3.86%
地すべり	0.44%	1.66%	0.45%	1.80%	0.32%	0.81%	0.85%
大規模崩壊	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%

捕捉率	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
土石流	28.26%	35.56%	24.93%	31.22%	15.68%	13.11%	11.69%
がけ崩れ	16.47%	28.14%	13.63%	24.66%	7.14%	6.25%	5.21%
地すべり	10.66%	66.08%	8.73%	56.34%	11.25%	9.15%	7.56%
大規模崩壊	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

適中率	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩US	D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US
土砂災害	5.33%	4.41%	5.33%	4.31%	2.79%	4.01%	3.91%	0.45%	0.92%
土石流	1.12%	0.93%	1.15%	0.93%	0.70%	0.85%	0.85%	0.10%	0.16%
がけ崩れ	3.95%	3.25%	3.94%	3.13%	1.81%	2.95%	2.85%	0.34%	0.73%
地すべり	0.59%	0.51%	0.58%	0.53%	0.48%	0.46%	0.46%	0.03%	0.05%
大規模崩壊	0.10%	0.08%	0.11%	0.09%	0.11%	0.08%	0.09%	0.00%	0.00%

捕捉率	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩US	D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US	W _Y ∩D _{AB} ∩US	W _R ∩D _{AB} ∩US
土砂災害	92.06%	92.85%	82.01%	84.23%	48.70%	94.46%	87.53%	5.54%	12.47%
土石流	91.85%	92.78%	84.15%	86.09%	57.48%	94.42%	89.64%	5.58%	10.36%
がけ崩れ	92.48%	92.72%	82.26%	83.13%	42.76%	94.36%	86.57%	5.64%	13.43%
地すべり	91.44%	96.22%	80.02%	92.61%	75.65%	96.64%	93.12%	3.19%	6.47%
大規模崩壊	90.29%	91.75%	88.83%	91.75%	97.57%	99.51%	99.51%	0.49%	0.49%

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計

(赤が各災害事象別の適中率または捕捉率の最大値、橙が 2 位、緑が 3 位の値を示す)

深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB}) を選択した場合の組合せにおける適中率と捕捉率を先の深層崩壊推定頻度マップ「特に高い」(D_A) を選択した場合の組合せと比較すると、適中率及び捕捉率が高くなる組合せの傾向はほぼ同じで、土砂災害全体では W_Y∩S や W_R∩S の組合せで適中率が高い傾向は同じである。また大規模崩壊では、D_{AB}∩S などの深層崩壊推定頻度マップと地すべり地形分布図の組合せで適中率が高くなる傾向がみられる。また、捕捉率でも同じ傾向がみられ、地すべり地形分布図 (S) との組合せで高い値となりやすいこ

とがわかる。

つまり、深層崩壊推定頻度マップは、通常の降雨による土砂災害よりも大規模崩壊の予測に有効な指標であると言える。大規模崩壊についての適中率と捕捉率に限定すれば、 $D_A \cap S$ (適中率: 0.36%、捕捉率: 34.47%) に対して、 $D_{AB} \cap S$ (適中率: 0.32%、捕捉率 66.02%) となっており、 D_{AB} では適中率がほぼ同一でありながら捕捉率が2倍程度大きくなることから、深層崩壊推定頻度マップにおいては、「特に高い+高い」(D_{AB})の方が有効性の高い場合が多いと考えられる。

4.6 災害と関係性の高い素因の整理

これまでの検討の結果、土石流・がけ崩れ・地すべりの3現象別およびこれらを統合した土砂災害全体では、土砂災害警戒区域 (W_Y) と地すべり地形分布図 (S)、または土砂災害特別警戒区域 (W_R) と地すべり地形分布図 (S) の組み合わせが災害事例との適合性が高い傾向を示した。一方、顕著な大規模崩壊については、深層崩壊推定頻度マップ (D_{AB}) と地すべり地形分布図 (S) の組み合わせにより、適合性が高い結果が得られた。このように、降雨による土砂災害と顕著な大規模崩壊では、適合性の高い素因が異なっていることがわかった。

ここで、日本全体における災害メッシュ率は、素因を考慮しない場合の平均的な災害確率 (データ集計年間 (24年間) で1回以上の災害が発生する確率) ととらえることができる。一方で、災害発生率に寄与する素因であれば、その素因を持つエリアを抽出すれば災害が集中する傾向がみられ、災害確率が高まることが想定される。つまり、災害発生に寄与する素因の組合せでは適中率が高くなると考えられる。そこで災害事象毎に素因の組合せによる適中率を求め、日本の平均的な適中率 (素因を考慮しない場合の適中率) に対する倍率として整理した。さらにそれらを5段階に区分して適合性を評価した。また、適中率と捕捉率はトレードオフの関係があり、条件を厳しく設定することで適中率は高まるが捕捉率が低下する場合が多い。災害事例と適合性の高い素因は、適中率が高く、かつ捕捉率も高いものと考えることができる。そこで、捕捉率についても5段階の評価を行い、災害事象別の適合性の高い素因を整理した。

4.6.1 素因の組合せによる適中率の倍率による評価

日本全体の災害事象別の災害メッシュ率 (=素因を考慮しない場合の平均的な適中率) は、表 4.3 に示される。土砂災害全体が 2.79%、土石流が 0.59%、がけ崩れが 2.05%、地すべりが 0.31%である。また大規模崩壊は、0.05%であり、通常の土砂災害と比較して一桁小さい値である。

さらに各事象の素因の組み合わせ別の適中率について、日本全体の災害事象別の平均的な適中率に対する倍率で示した表が表 4.7 及び表 4.8 である。

表 4.7 平均的な適中率に対する素因の組合せによる適中率の倍率

(深層崩壊推定頻度マップ：D_A)

適中率(倍率)	W _Y ∩D _A	W _Y ∩S	W _R ∩D _A	W _R ∩S	D _A ∩S	W _Y ∩D _A ∩S	W _R ∩D _A ∩S
土砂災害	1.99	2.67	2.09	2.95	0.63	2.03	2.13
土石流	4.01	2.88	4.40	3.21	1.25	3.83	4.34
がけ崩れ	1.31	2.28	1.35	2.54	0.37	1.26	1.24
地すべり	2.64	5.36	2.66	5.79	1.18	3.89	4.11
大規模崩壊	6.39	2.83	5.52	3.00	6.65	8.77	7.45

適中率(倍率)	W _Y UD _A	W _Y US	W _R UD _A	W _R US	D _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US	W _Y UD _A US	W _R UD _A US
土砂災害	2.25	1.58	2.32	1.55	0.94	1.52	1.48	0.18	0.36
土石流	2.25	1.58	2.37	1.58	1.09	1.53	1.52	0.17	0.30
がけ崩れ	2.26	1.58	2.32	1.53	0.79	1.52	1.46	0.18	0.39
地すべり	2.26	1.64	2.32	1.70	1.82	1.58	1.63	0.09	0.16
大規模崩壊	1.76	1.56	2.03	1.68	2.25	1.59	1.70	0.08	0.07

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す

表 4.8 平均的な適中率に対する素因の組合せによる適中率の倍率

(深層崩壊推定頻度マップ：D_{AB})

適中率(倍率)	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害	2.41	2.67	2.54	2.95	0.84	2.27	2.43
土石流	3.73	2.88	4.12	3.21	1.42	3.76	4.22
がけ崩れ	2.18	2.28	2.25	2.54	0.65	1.79	1.88
地すべり	1.41	5.36	1.44	5.79	1.02	2.62	2.73
大規模崩壊	3.98	2.83	4.25	3.00	5.98	7.24	7.53

適中率(倍率)	W _Y UD _{AB}	W _Y US	W _R UD _{AB}	W _R US	D _{AB} US	W _Y UD _{AB} US	W _R UD _{AB} US	W _Y UD _{AB} US	W _R UD _{AB} US
土砂災害	1.91	1.58	1.91	1.55	1.00	1.44	1.40	0.16	0.33
土石流	1.91	1.58	1.96	1.58	1.18	1.44	1.44	0.16	0.28
がけ崩れ	1.92	1.58	1.92	1.53	0.88	1.44	1.39	0.16	0.36
地すべり	1.90	1.64	1.87	1.70	1.56	1.47	1.49	0.09	0.17
大規模崩壊	1.88	1.56	2.07	1.68	2.01	1.51	1.60	0.01	0.01

※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す

土石流・がけ崩れ・地すべりの合計である土砂災害全体では、各素因の組合せにおいて、「AND」の条件では概ね2～3倍程度の適中率となっており、素因による絞り込みの感度が高いことがわかる。特に土砂災害警戒区域等と地すべり地形分布図の組合せ（W_Y∩S・W_R∩S）の倍率が高く（約2.7倍～3.0倍）を示す。次いで土砂災害警戒区域等と深層崩壊推定頻度マップの組合せ（W_Y∩D_A、W_R∩D_A、W_Y∩D_{AB}、W_R∩D_{AB}）の倍率が高い（約2.0～2.5倍）。また、土石流においては、土砂災害警戒区域等と深層崩壊推定頻度マップの組合せの倍率が高く、その倍率が約3.7倍～4.4倍である。がけ崩れにおいては、土砂災害全体とほぼ同様の結果となっている。地すべりについては、土砂災害全体と適中率の高い素因の組合せは土砂災害全体と同じであるが、その倍率は5倍を超え、絞り込みの感度がより高い結果となっている。大規模崩壊については、D_AやD_{AB}を含む組合せで高い倍率となる傾向がみられる。

4.6.2 災害と関係性の高い素因の組合せ一覧表

一般的に被覆面積率の閾値を検討する際に、閾値の条件を厳しくすることにより適中率の増加が見込まれるもの、捕捉率が急激に減少する場合が多い。ここで、災害との関係性の高い素因として、被覆面積率による閾値の設定も考えられるが、先に述べた通り、データの偏りなどにより有効性の高い閾値の設定が困難であるため、本研究においては、素因の有無に着目して素因と災害の関係性を整理した。

なお、捕捉率は、素因を考慮しない場合（＝日本全体を対象とした場合）には、100%となることから、20%刻みで評価を分類した。分類基準および評価区分は図 4.16 のとおりである。また、評価した結果を表 4.9 および表 4.10 に示す。

【適中率】：素因を考慮しない場合の災害メッシュ率（＝適中率）を基準としてその倍数に着目して（0.5 倍刻み）で分類		
【捕捉率】：素因を考慮しない場合の捕捉率（＝100%）を基準として、20%刻みで分類		
適中率区分	捕捉率区分	⇒素因考慮なしの適中率
2.5 倍以上 : ◎	80～100% : ◎	➤ 災害全体 : 2.79%
2.0～2.5 倍 : ○	60～80% : ○	➤ 大規模崩壊 : 0.05%
1.5～2.0 倍 : △	40～60% : △	➤ 土石流 : 2.05%
1.0～1.5 倍 : ▲	20～40% : ▲	➤ がけ崩れ : 0.31%
1.0 倍未満 : ×	20%未満 : ×	➤ 地すべり : 0.05%
※素因を考慮しない場合の適中率からの倍率で区分		

図 4.16 適中率と捕捉率の区分について

表 4.9 素因の組合せによる適中率・捕捉率及び組合せ評価結果（土砂災害全体・大規模崩壊）

単独指標	W _Y	W _R	D _A	D _{AB}	S	条件なし平均
災害全体(適中率)	7.41%	7.94%	1.63%	2.67%	2.74%	2.79%
災害全体(捕捉率)	89.06%	76.12%	4.91%	21.24%	36.76%	-
大規模土砂災害(適中率)	0.07%	0.07%	0.26%	0.19%	0.12%	0.05%
大規模土砂災害(捕捉率)	41.75%	35.92%	41.26%	78.64%	84.95%	-

D _A との組合せ	W _Y ∩D _A	W _R ∩D _A	D _A ∩S	W _Y ∩D _A ∩S	W _R ∩D _A ∩S
土砂災害(適中率)	5.55%	5.83%	1.76%	5.65%	5.93%
土砂災害(捕捉率)	3.93%	3.50%	3.27%	2.58%	2.21%
大規模崩壊(適中率)	0.34%	0.30%	0.36%	0.47%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	12.62%	9.22%	34.47%	11.17%	7.77%

D _A との組合せ	W _Y ∪D _A	W _R ∪D _A	D _A ∪S	W _Y ∪D _A ∪S	W _R ∪D _A ∪S
土砂災害(適中率)	6.28%	6.46%	2.63%	4.24%	4.13%
土砂災害(捕捉率)	90.03%	77.53%	38.40%	93.13%	84.58%
大規模崩壊(適中率)	0.09%	0.11%	0.12%	0.09%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	70.39%	67.96%	91.75%	97.09%	97.09%

D _{AB} との組合せ	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害(適中率)	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土砂災害(捕捉率)	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
大規模崩壊(適中率)	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%
大規模崩壊(捕捉率)	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

D _{AB} との組合せ	W _Y ∪D _{AB}	W _Y ∪S	W _R ∪D _{AB}	W _R ∪S	D _{AB} ∪S	W _Y ∪D _{AB} ∪S	W _R ∪D _{AB} ∪S
土砂災害(適中率)	5.33%	4.41%	5.33%	4.31%	2.79%	4.01%	3.91%
土砂災害(捕捉率)	92.06%	92.85%	82.01%	84.23%	48.70%	94.46%	87.53%
大規模崩壊(適中率)	0.10%	0.08%	0.11%	0.09%	0.11%	0.08%	0.09%
大規模崩壊(捕捉率)	90.29%	91.75%	88.83%	91.75%	97.57%	99.51%	99.51%

単独指標	W _Y	W _R	D _A	D _{AB}	S
災害全体(適中率)	⊙	⊙	×	×	×
災害全体(捕捉率)	⊙	○	×	▲	▲
大規模土砂災害(適中率)	▲	▲	⊙	⊙	○
大規模土砂災害(捕捉率)	△	▲	△	○	⊙

D _A との組合せ	W _Y ∩D _A	W _R ∩D _A	D _A ∩S	W _Y ∩D _A ∩S	W _R ∩D _A ∩S
土砂災害(適中率)	△	○	×	○	○
土砂災害(捕捉率)	×	×	×	×	×
大規模崩壊(適中率)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
大規模崩壊(捕捉率)	×	×	▲	×	×

D _A との組合せ	W _Y ∪D _A	W _R ∪D _A	D _A ∪S	W _Y ∪D _A ∪S	W _R ∪D _A ∪S
土砂災害(適中率)	○	○	×	△	▲
土砂災害(捕捉率)	⊙	○	▲	⊙	⊙
大規模崩壊(適中率)	△	○	○	△	△
大規模崩壊(捕捉率)	○	○	⊙	⊙	⊙

D _{AB} との組合せ	W _Y ∩D _{AB}	W _Y ∩S	W _R ∩D _{AB}	W _R ∩S	D _{AB} ∩S	W _Y ∩D _{AB} ∩S	W _R ∩D _{AB} ∩S
土砂災害(適中率)	○	⊙	⊙	⊙	×	○	○
土砂災害(捕捉率)	×	▲	×	▲	×	×	×
大規模崩壊(適中率)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
大規模崩壊(捕捉率)	▲	▲	▲	▲	○	▲	▲

D _{AB} との組合せ	W _Y ∪D _{AB}	W _Y ∪S	W _R ∪D _{AB}	W _R ∪S	D _{AB} ∪S	W _Y ∪D _{AB} ∪S	W _R ∪D _{AB} ∪S
土砂災害(適中率)	△	△	△	△	▲	▲	▲
土砂災害(捕捉率)	⊙	⊙	⊙	⊙	△	⊙	⊙
大規模崩壊(適中率)	△	△	○	△	○	△	△
大規模崩壊(捕捉率)	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙



※土砂災害：土石流・がけ崩れ・地すべりの合計を示す

表 4.10 素因の組合せによる適中率・捕捉率及び組合せ評価結果（災害事象別）

単独指標	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S	条件なし平均
土石流(適中率)	1.54%	1.69%	0.71%	0.86%	0.64%	0.59%
土石流(捕捉率)	87.64%	76.62%	10.14%	32.46%	40.70%	-
がけ崩れ(適中率)	5.51%	5.91%	0.75%	1.76%	1.69%	2.05%
がけ崩れ(捕捉率)	89.96%	76.90%	3.07%	19.00%	30.90%	-
地すべり(適中率)	0.82%	0.87%	0.25%	0.19%	0.61%	0.31%
地すべり(捕捉率)	88.75%	75.40%	6.80%	13.35%	73.55%	-

D_A との組合せ	$W_Y \cap D_A$	$W_R \cap D_A$	$D_A \cap S$	$W_Y \cap D_A \cap S$	$W_R \cap D_A \cap S$
土石流(適中率)	2.36%	2.59%	0.73%	2.25%	2.55%
土石流(捕捉率)	7.93%	7.35%	6.47%	4.87%	4.52%
がけ崩れ(適中率)	2.69%	2.77%	0.76%	2.58%	2.55%
がけ崩れ(捕捉率)	2.59%	2.26%	1.93%	1.60%	1.29%
地すべり(適中率)	0.82%	0.83%	0.37%	1.21%	1.28%
地すべり(捕捉率)	5.21%	4.45%	6.13%	4.95%	4.28%

D_A との組合せ	$W_Y \cup D_A$	$W_R \cup D_A$	$D_A \cup S$	$W_Y \cup D_A \cup S$	$W_R \cup D_A \cup S$
土石流(適中率)	1.32%	1.40%	0.64%	0.90%	0.90%
土石流(捕捉率)	89.86%	79.41%	44.38%	93.40%	86.94%
がけ崩れ(適中率)	4.65%	4.77%	1.62%	3.12%	3.00%
がけ崩れ(捕捉率)	90.44%	77.71%	32.04%	92.87%	83.31%
地すべり(適中率)	0.70%	0.72%	0.57%	0.49%	0.51%
地すべり(捕捉率)	90.34%	77.75%	74.22%	96.64%	93.12%

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土石流(適中率)	2.20%	1.70%	2.42%	1.89%	0.83%	2.21%	2.48%
土石流(捕捉率)	28.26%	35.56%	24.93%	31.22%	15.68%	13.11%	11.69%
がけ崩れ(適中率)	4.47%	4.69%	4.63%	5.21%	1.33%	3.68%	3.86%
がけ崩れ(捕捉率)	16.47%	28.14%	13.63%	24.66%	7.14%	6.25%	5.21%
地すべり(適中率)	0.44%	1.66%	0.45%	1.80%	0.32%	0.81%	0.85%
地すべり(捕捉率)	10.66%	66.08%	8.73%	56.34%	11.25%	9.15%	7.56%

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cup D_{AB}$	$W_Y \cup S$	$W_R \cup D_{AB}$	$W_R \cup S$	$D_{AB} \cup S$	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	$W_R \cup D_{AB} \cup S$
土石流(適中率)	1.12%	0.93%	1.15%	0.93%	0.70%	0.85%	0.85%
土石流(捕捉率)	91.85%	92.78%	84.15%	86.09%	57.48%	94.42%	89.64%
がけ崩れ(適中率)	3.95%	3.25%	3.94%	3.13%	1.81%	2.95%	2.85%
がけ崩れ(捕捉率)	92.48%	92.72%	82.26%	83.13%	42.76%	94.36%	86.57%
地すべり(適中率)	0.59%	0.51%	0.58%	0.53%	0.48%	0.46%	0.46%
地すべり(捕捉率)	91.44%	96.22%	80.02%	92.61%	75.65%	96.64%	93.12%



単独指標	W_Y	W_R	D_A	D_{AB}	S
土石流(適中率)	○	○	▲	▲	▲
土石流(捕捉率)	○	○	×	▲	△
がけ崩れ(適中率)	○	○	×	×	×
がけ崩れ(捕捉率)	○	○	×	×	▲
地すべり(適中率)	○	○	×	×	△
地すべり(捕捉率)	○	○	×	×	○

D_A との組合せ	$W_Y \cap D_A$	$W_R \cap D_A$	$D_A \cap S$	$W_Y \cap D_A \cap S$	$W_R \cap D_A \cap S$
土石流(適中率)	○	○	▲	○	○
土石流(捕捉率)	×	×	×	×	×
がけ崩れ(適中率)	▲	▲	×	▲	▲
がけ崩れ(捕捉率)	×	×	×	×	×
地すべり(適中率)	○	○	▲	○	○
地すべり(捕捉率)	×	×	×	×	×

D_A との組合せ	$W_Y \cup D_A$	$W_R \cup D_A$	$D_A \cup S$	$W_Y \cup D_A \cup S$	$W_R \cup D_A \cup S$
土石流(適中率)	○	○	▲	△	△
土石流(捕捉率)	○	○	△	○	○
がけ崩れ(適中率)	○	○	×	△	▲
がけ崩れ(捕捉率)	○	○	▲	○	○
地すべり(適中率)	○	○	△	△	△
地すべり(捕捉率)	○	○	○	○	○

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土石流(適中率)	○	○	○	○	▲	○	○
土石流(捕捉率)	▲	▲	○	▲	×	×	×
がけ崩れ(適中率)	○	○	○	○	×	△	△
がけ崩れ(捕捉率)	×	▲	×	▲	×	×	×
地すべり(適中率)	▲	○	▲	○	▲	○	○
地すべり(捕捉率)	×	○	×	△	×	×	×

D_{AB} との組合せ	$W_Y \cup D_{AB}$	$W_Y \cup S$	$W_R \cup D_{AB}$	$W_R \cup S$	$D_{AB} \cup S$	$W_Y \cup D_{AB} \cup S$	$W_R \cup D_{AB} \cup S$
土石流(適中率)	△	△	△	△	▲	▲	▲
土石流(捕捉率)	○	○	○	○	△	○	○
がけ崩れ(適中率)	△	△	△	△	×	▲	▲
がけ崩れ(捕捉率)	○	○	○	○	△	○	○
地すべり(適中率)	△	△	△	△	△	▲	▲
地すべり(捕捉率)	○	○	○	○	○	○	○