

大規模自然災害の発生危険度評価手法の開発

村岡 洋^{1*}・鈴木 修¹・小林 俊夫¹・鈴木 博人¹

¹東日本旅客鉄道株式会社 防災研究所（〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地）

*E-mail: h-muraoka@jreast.co.jp

自然災害に対する災害発生の危険の高い箇所の抽出に資するものとして、大規模な自然災害（以下、大規模災害とする）の発生危険度を定量的に評価できるEADaS手法の開発に取り組んできた。EADaS手法は、地形学・地質学の知見に基づいて任意箇所における大規模災害の発生危険度を定量的に評価する手法である。EADaS手法により算出される大規模災害の発生危険度の評価点と大規模災害の発生危険度との関連付けを目的とし、過去に大規模災害が発生した箇所と発生していない箇所とでEADaS評価を実施した。そして、それぞれのEADaS評価点の頻度分布を基に、大規模災害の発生危険度が高い箇所を判断できるしきい値について検討した。さらに各大規模災害の危険度を統一的尺度で評価するためにしきい値の規格化も行った。

Key Words : Natural Disaster, geomorphology, geology, risk assessments, threshold

1. はじめに

岩盤崩壊や土石流などの大規模災害は、発生頻度は低いが、発生すると甚大な被害につながる恐れがある。例えば、平成22年に岩泉線で発生した岩盤崩壊によって列車が岩塊に乗り上げて脱線し、平成6年に仙山線で発生した土石流によって90mにわたり盛土が流出した。このような列車の脱線や構造物の破壊といった大きな被害をもたらす大規模災害が発生する可能性のある箇所を事前に把握しておくことは防災計画に重要である。そこで、大規模災害の発生危険度が高い箇所を定量的に評価することのできるEADaS（イーダス）手法の開発に取り組んできた。今回、EADaS手法により算出される大規模災害の発生危険度の評価点（以下、EADaS評価点とする）と大規模災害の発生危険度との関連付けを目的として解析を行った。解析では、過去の大規模災害の発生箇所（以下、既往災害箇所とする）と大規模災害が発生していない箇所（以下、非災害発生箇所とする）でEADaS評価を実施した。その上で、それぞれのEADaS評価点の頻度分布を基に、大規模災害の発生危険度が高い箇所を判断するしきい値について検討した。さらに各大規模災害の発生危険度を統一的尺度で評価するためにしきい値の規格化も行った。

2. EADaS手法の概要と問題点

自然災害は、地形・地質などの素因に、降雨・地震などの誘因が複雑に作用して発生する。これらの素因と自然災害の間には、経験的に関連性があることがわかっている¹⁾。こういった地形学や地質学の知見を数値化し、任意の地点における大規模災害の発生危険度を点数方式で評価する手法がEADaS手法である。

EADaS手法は、災害発生を誘発・抑制する自然環境（例えば気候、河川、海岸、地形など）を意味する災害環境要素（Environment）、施設に被害を生じさせる恐れのある自然災害（例えば地すべり、土石流など）を意味する災害種別（Agent）、災害種別による施設の被害状況（例えば地盤破壊、岩塊堆積など）を意味する災害様式（Disaster）、評価対象箇所に存在する構造物（例えば橋りょう、盛土など）（Structure）の4つの要素を組み合わせ、大規模災害の発生危険度を定量的に評価する手法である²⁾（表-1）。

表-1 EADaS手法の要素

用語	定義	具体例
災害環境要素 (E) 224種類	災害発生を誘発したり、抑制する自然環境	気候、海岸、河川、地形、地質、地下水、植生
災害営力 (A) 90種類	鉄道施設などに被害を発生させる可能性のある自然現象	豪雨、津波、河川氾濫、落石、崩落、地すべり、土石流、地盤液状化、火山噴火、地震
災害様式 (D) 20種類	災害営力によって鉄道施設などがこうむる被害の状況	岩塊堆積、土砂堆積、流水・冠水、地盤破壊、施設破壊、植生消失、施設劣化
検索施設 (S) 135種類	調査箇所に存在する鉄道施設など	鉄道、道路、切取りり面、盛土のり面、橋りょう、トンネル、家屋、電柱

EADaS手法は、1/25,000地形図の読図によって大規模災害の発生危険度を評価する。そのため、地形図の縮尺から必然的に250m程度以上の地形が評価対象になる。EADaS手法では、図-1の実線のような尾根と線路で囲まれた地形小区分での読図結果をシステムに入力すると、自動的にEADaS評価点が算出される²⁾ (図-2)。

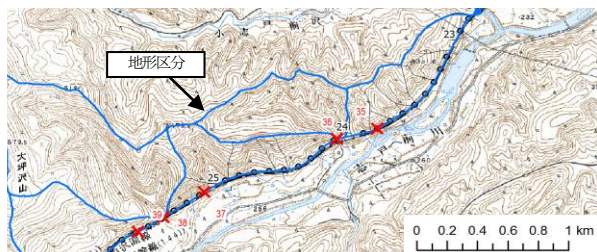


図-1 地形区分例

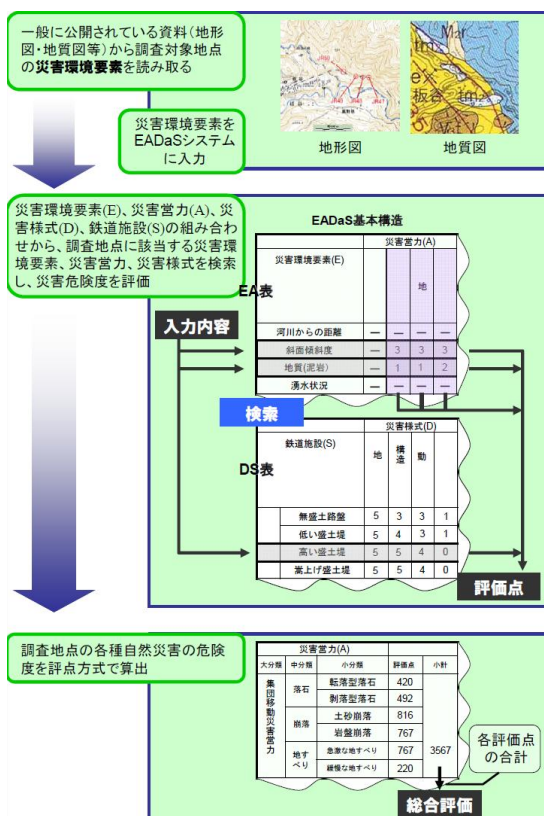


表-2は、前述の岩泉線における岩盤崩壊箇所のEADaS評価点の算出結果である。各大規模災害の発生危険度は評価点が高いほど高い。しかし、何点以上が危険度の高い箇所なのかかわからない。また、EADaS評価点の満点値が異なるため、各大規模災害の危険度を比較することが困難である。

表-2 EADaS評価点の算出結果(岩泉線岩盤崩壊箇所)

災害種別	EADaS評価点	EADaS評価点の満点値
土砂崩落	1632	9588
岩盤崩落	1888	11151
急激な地すべり	1711	10148
緩慢な地すべり	616	3278
土石流	735	8869
土砂流	518	5957
転落型落石	1155	6510
剥離型落石	1312	7175



3. EADaS手法の実務への適用性の検討

(1) 既往災害箇所と非災害発生箇所でのEADaS評価

EADaS手法を実務へ適用するためには、大規模災害の発生危険度の高い箇所をEADaS評価点から絞り込まなければならない。それには、既往災害箇所のEADaS評価点がしきい値以上である割合が高い一方で、非災害発生箇所のEADaS評価点がしきい値以下である割合が高いEADaS評価点のしきい値が存在することを確認する必要がある。そこで、既往災害箇所と非災害発生箇所でのEADaS評価を行った。ただし、EADaS手法で対象とする大規模災害は低頻度であるため、全ての非災害発生箇所のEADaS評価点が高い必要はない。

既往災害箇所は、当社管内をはじめ、他の鉄道事業者や道路などで発生した大規模災害を対象とし、土砂崩落88箇所、岩盤崩落18箇所、地すべり18箇所、土石流45箇所、落石25箇所を対象とした。一方、非災害発生箇所はモデル線区における既往災害箇所を除いた全斜面を考え、秋田新幹線(盛岡・秋田間)、山形新幹線(福島・新庄間)の全地形小区分である670箇所を対象とした。図-3および図-4には、例として土石流と土砂崩落に対する既往災害箇所と非災害発生箇所のEADaS評価点の頻度分布図を示した。

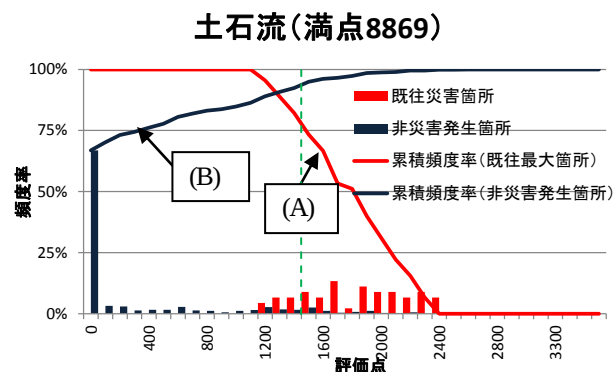


図-3 頻度分布図(土石流)

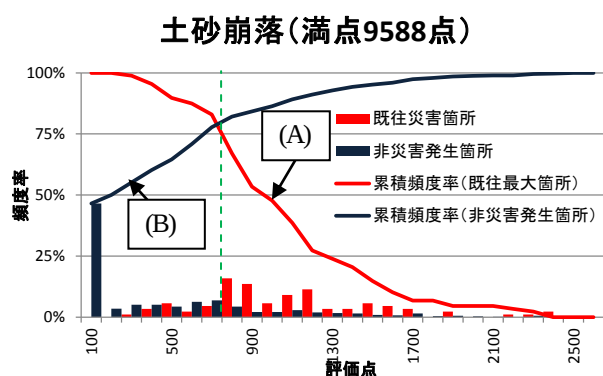


図-4 頻度分布図（土砂崩落）

(2) EADaS評価点のしきい値

しきい値は、既往災害箇所と非災害発生箇所の累積頻度の分布の関係から検討した。累積頻度は、既往災害箇所が図-3および図-4のようにEADaS評価点が高い方から、非災害発生箇所が低い方からの累積である。ただし、それぞれの累積頻度は異なることから、規格化した累積頻度率を用いることとする。なお、既往災害箇所の累積頻度率は、過去に発生した大規模災害の捕捉率と考えることができる。

しきい値は、経済学の分野で用いられている相反関係にある需要と供給を足し合わせて、その最大値を示す価格や数量を最適値とする手法を準用して検討した。ここでは、相反関係にある図-3および図-4の既往災害箇所の累積頻度率(A)と非災害発生箇所の累積頻度率(B)の合計が最も大きくなるEADaS評価点とその時の累積頻度率(A)を求めた(表-3)。

表-3 累積頻度率の合計が最大となるEADaS評価点と既往災害箇所の累積頻度率および既往災害箇所の累積頻度率75%でのEADaS評価点と非災害発生箇所の累積頻度率の余事象

災害種別		累積頻度率の合計が最大		既往災害箇所の累積頻度率75%	
		EADaS評価点	既往災害箇所の 累積頻度率(A)	EADaS評価点 (C)	非災害発生箇所の 累積頻度率(B) の余事象
崩落	土砂崩落	700	80%	700	18%
	岩盤崩落	1000	100%	1400	5%
地すべり	急激な地すべり	1100	90%	1300	10%
	緩慢な地すべり	400	75%	400	11%
土石流	土石流	1200	100%	1500	5%
	土砂流	700	95%	800	10%
落石	転落型落石	500	95%	700	8%
	剥離型落石	700	90%	800	8%
				平均	9%

表-3によると、累積頻度率(A)と(B)の合計が最も大きくなるときの累積頻度率(A)は75～100%であった。ここで、累積頻度率(A)を75%とすると、表-3のように累積頻度率(B)の余事象の平均は9%となる。累積頻度率(B)の余事象は、現在までに大規模災害が発生していないが、

大規模災害の発生危険度が高い要注意箇所の割合と考えることができる。したがって、しきい値を既往災害箇所の累積頻度率75%、つまり過去に発生した大規模災害の捕捉率75%となるEADaS評価点に設定すると、非災害発生箇所の累積頻度率の余事象を9%、つまり現在までに大規模災害は発生していないが発生危険度が高い要注意箇所を9%に絞り込むことができる。当社では、土木建造物の検査において、健全度ランクを危険度が高い順にA, B, C, Sの4段階に区分している³⁾。この中でAランクは、「運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、またはそのおそれのある変状等があるもの」と定義されており、当社管内の土工等設備のAランクの割合は約5%である。今回絞り込んだ大規模災害の発生危険度が高い要注意箇所の割合は、当社管内の土工等設備のAランクの割合と概ね一致するため、しきい値を既往災害箇所の累積頻度率が75%となるEADaS評価点とした。さらに、各大規模災害の危険度を統一的尺度で評価するために、しきい値を規格化した。しきい値は、既往災害箇所の累積頻度率75%となるEADaS評価点(表-3の(C))が100点になるように規格化した。また、任意の箇所のEADaS評価点は、以下の式で規格化した(式-1)。

規格化したEADaS評価点

$$= \text{EADaS評価点} \times \frac{100}{\text{既往災害箇所の累積頻度率が75\%となるEADaS評価点}} \quad (\text{式-1})$$

そして、ここでは規格化したEADaS評価点が100点を超えると大規模災害の発生危険度が高いと考えることにする。

過去の重大災害発生箇所をEADaS手法により評価した結果を表-4に示す。いずれの災害も規準化したEADaS評価点が規格化したしきい値である100点をを超えており、一定の評価ができると考えられる。

表-4 過去の重大災害の評価点

区間	線名	駅名	災害種別と最大値		備考
			災害種別	最大値	
重大災害箇所	上越線	津久田・岩本間	落石	148	S52年 落石(佐渡号)
	岩泉線	押角・岩手大川間	岩盤崩落	134	H22年 岩盤崩落
	日豊本線	竜ヶ水構内	土石流	148	H5年 土石流災害
	奥羽本線	大滝構内	土石流	130	S50年 土石流災害

4. まとめと今後の展開

既往災害箇所と非災害発生箇所のEADaS評価点の累積頻度分布を分析した結果、既往災害箇所の累積頻度率(災害の捕捉率)75%をしきい値とすると、非災害発生箇所での累積頻度率の余事象(要注意箇所)を10%程度

にまで絞り込むことができることがわかった。さらに、このしきい値を規格化し、各大規模災害の発生危険度を比較できるようにした。今後は災害評価数を増やし、しきい値の検討を続け、実務への適用性のさらなる向上を目指していきたい。

参考文献

- 1)大島竜二ほか：EADaSシステムを用いた鉄道沿線の災害危険度の評価，日本機械学会 第19回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，2012
- 2)東日本旅客鉄道株式会社：土木構造物等全般検査マニュアル，2008

DEVELOPMENT OF RISK ASSESSMENT METHOD OF LARGE-SCALE NATURAL DISASTERS

Hiroshi MURAOKA, Osamu SUZUKI, Toshio KOBAYASHI and Hiroto SUZUKI

The large-scale natural disasters such as landslides and debris flows, occur with low frequency, but cause extensive damage. In order to avoid train accident caused by the large-scale natural disasters, EADaS method that can quantitatively evaluate the occurrence risk of large-scale natural disasters at any point on the basis of the knowledge of geomorphology and geology have developed. The purpose of the association with the occurrence risk rating point and large-scale disaster occurs the risk of large-scale disasters, which is calculated by EADaS method, the EADaS evaluation at a place where it does not occur to the point where large-scale disaster has occurred in the past carried out.