

EADaS手法に基づく 災害危険度評価システムの開発



増井 洋介*



外狩 麻子*

ある地点で発生し得る災害の種類や発生頻度と、その地点の地形・地質的特徴との間には、関連性のあることが経験的・実験的にわかっている。その関連性を低性的知識も含めて数値化し、任意地点における任意の自然災害の危険度を評価する手法を、中央大学との共同研究により開発した。これをEADaS（イーダス：Environment、Agent、Disaster and Structure）手法と呼ぶ。現在は、このEADaS手法を実務者が扱うためのソフトウェア（以下、EADaSシステムとする）を構築し、自然災害危険度評価ツールとして用いることができるよう開発を進めている。

●キーワード：EADaSシステム、災害危険度評価点、読図

1. はじめに

従来の災害危険度評価では、土砂災害や落石といった特定の災害別に、あるいは路線の限定された範囲を対象に行われることが多く、各路線各地点で発生する可能性のあるすべての自然災害の危険度を比較することができなかった。そこで、2002年度から中央大学との共同研究を開始し、任意地点における任意の自然災害危険度を定量的に評価できるEADaS手法を開発した。これにより、あらゆる災害形態に対して、同一の尺度でその危険度が評価できるようになり、防災対策の投資順序の検討や、降雨時の警備区間の設定検討などが定量的に行えることとなる。

2007年度は、このEADaS手法をソフト化したEADaSシステムについて、実務運用を意識したユーザーガイダンス機能の搭載を行った。現在は、EADaS手法の理解を促進するためのEADaS教育プログラムの検討を行っている。本報告では、EADaS手法やEADaSシステムの概要、開発の進捗状況について紹介する。

2. EADaSシステム

2.1 EADaS手法の概要

本報告で使用する用語を、表1のように定義する。EADaS手法は、災害環境要素（自然環境、E:Environment）と災害営力（自然現象、A:Agent）の相関を点数化したEA表、災害営力と災害様式（被害状況、D:Disaster）の相関を点数化したEAD表、災害様式と検索施設（鉄道施設、

S:Structure）の相関を点数化したDS表で構成されている。

災害危険度を評価したい地点の自然環境が詳細に特定されると、従来の知見を論拠に、その環境下で発生する頻度が高い自然現象から、ほとんど発生し得ない自然現象までに分類することができる。EA表ではこの頻度を定性的に4階級（0～3点）で評価し、それぞれの自然環境項目に対して90種類の自然現象すべての発生頻度を整理している（図1）。同様に、ある自然現象が発生した場合に鉄道施設が受ける被害状況について、その程度および規模を11階級（0～10点）で評価・整理したものがEAD表となる（図2）。

表1 用語の定義

用語	定義	具体例
災害環境要素(E) 約220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、河川氾濫、落石、崩落、地すべり、土石流、地盤液状化、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われる 被害状況	岩塊堆積、土砂堆積、流水・冠水、地盤破壊、施設破壊、植生消失
検索施設(S) 135種類	調査箇所が存在する 鉄道施設 など	鉄道、道路、切取のり面、盛土のり面、橋りょう、トンネル、家屋、電柱

それぞれの表で計算された評価点の合計から、その地点における災害危険度評価点が自然現象ごとに算定できるようになっている（図3）。自然現象ごとの災害危険度評価点を合算したものが総合災害危険度評価点であり、その点数を百の位で四捨五入して1000分の1とした値を総合評価点としている。

災害環境要素(自然環境)		災害営力(自然現象)				
調査内容	調査結果	剥落型落石	土石流	岩盤崩落	地すべり	...
		—	3	—	—	—
河川距離	0.2km以下	—	3	—	—	—
起伏量	小起伏地	2	2	2	3	—
斜面傾斜	60°以上	3	—	3	3	—
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
評価点合計		54	30	54	35	—

図1 EA表の一部の例示

災害様式(被害状況)		災害営力(自然現象)				
災害様式(被害状況)		剥落型落石	土石流	岩盤崩落	地すべり	...
		5	5	7	2	—
土砂堆積		5	5	7	2	—
施設破壊		9	9	10	10	—
施設劣化		2	2	2	3	—
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
評価点合計		41	49	59	59	—

図2 EAD表の一部の例示

		災害営力(自然現象)				
		剥落型落石	土石流	岩盤崩落	地すべり	...
①自然環境・自然現象の評価点		54	30	54	35	
②自然現象・被害状況の評価点		41	49	59	59	
③災害危険度評価点(①×②)		2214	470	3186	2065	...
合計		15230点				総合災害危険度評価点
自然現象ごとの評価点		15				総合評価点

図3 評価点の算出の一部の例示

2.2 EADaSシステムを用いた評価の流れ

図4に、EADaSシステムを用いた評価のフローを示す。EADaSシステムでは、評価対象地点の自然環境を特定するための数々の質問を、系統的かつ自動的にシステム操作者に問いかけるようになっている。操作者が地形図や地質図などを見ながら、その質問の回答を選択することにより、その地点のEA表、EAD表が作成され、評価点が自動的に算出される仕組みとなっている。

2.3 EADaSシステムの使用例

実際に、EADaSシステムを用いた評価について、図5の丸印地点を例として紹介する。この地点では、過去に岩盤崩落による災害が発生している。

EADaSシステム自体はサーバにインストールし、インターネット回線を通じてEADaSのウェブページにアクセスしてシステムを利用する作業法を想定している。システムにアクセ

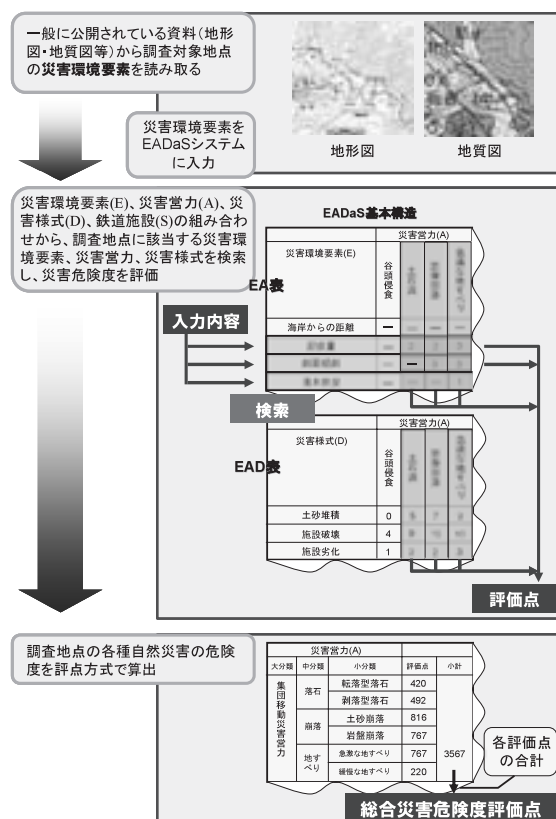


図5 事例紹介地点

スすると、調査地点の基本情報(線区、キロ程、駅間など)を登録する画面となり、登録を完了するとその地点の自然環境を特定する質問が出される画面に切り替わる。

表2に、その質問と回答のいくつかを例示する。基本的に、質問の内容は地形図や地質図から読み取れるものが多いが、現場を確認しなければわからない質問もいくつかある。その場合は、回答を「ワカラナイ」として回答内容を一度保存し、現地調査を行ったのちに、その回答内容に調査結果を追加入力していくことができる。「ワカラナイ」という回答を残したままでも、災害危険度評価点は算出されるが、「ワカラナイ」とした項目を0点とするため、過小評価となる。したがって、「ワカラナイ」とした項目をできる限り少なくして、評価点の信頼性を上げる必要がある。

また、質問には地形学、地質学の専門用語が使われてい

表2 質問・回答例

質問 No	質問事項	回答
1	気候区	北関東区
2	評価する季節	通年(季節不問)
3	評価地点の海岸からの距離(km)	20km以上
4	河川と評価地点の間の地形	河川に向かって低下する斜面
5	河川との距離(D、km)	$0.2 > D \geq 0.02$
6	河川の規模(本流の長さL、km)	中河川($50 > L \geq 10$)
...	...	...
17	評価地点のある斜面の斜面型	尾根型・凹形斜面
18	評価地点の斜面傾斜(θ 、度)	$90 > \theta \geq 60$
...	...	...
31	活火山に対する評価地点の位置	評価地点の西方(火山からみて風下)に活火山がある
32	評価地点の西方の活火山までの距離(D、km)	$50 \geq D > 20$
33	評価対象とする火山の活動性	活火山ランクA
...	...	...
47	地層の傾斜(α 、度)	$5 > \alpha \geq 1$
48	斜面の傾斜方向と地層の傾斜方向による斜面分類	流れ盤斜面
...	...	...
56	湧水状況	降雨時のみ
57	自由地下水面の深さ	ワカラナイ
58	植生環境の大分類	無植生
59	無植生地の中の分類	がけ(岩)
60	至近の顕著な遷緩線までの距離	存在しない



図6 EADaS画面とユーザーガイダンス機能

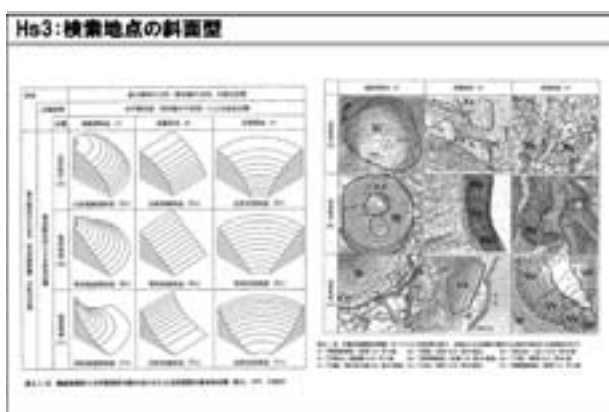


図7 ユーザーガイダンス機能の例

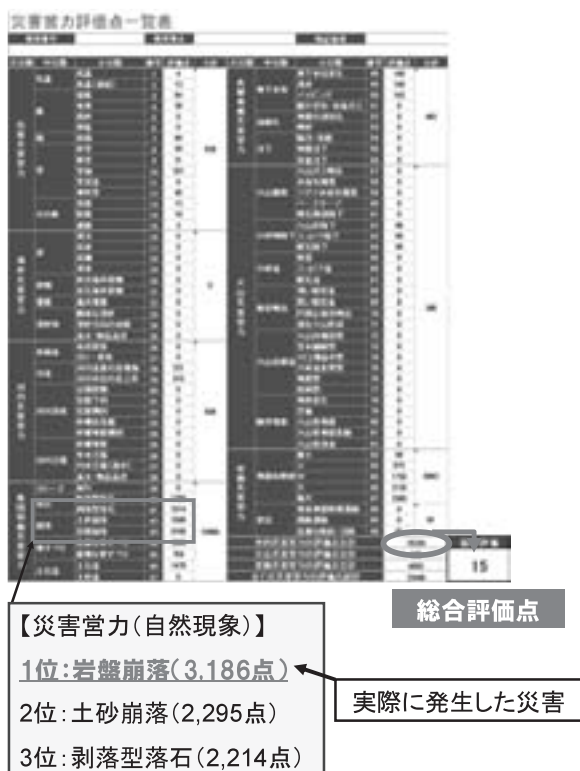
るが、ユーザーガイダンス機能を利用することにより、用語の意味や地形図などから読み取らなければならない情報を確認しながら回答することを可能にしている(図6、7)。

なお、今回の事例紹介地点では質問数は60問となっているが、質問の回答内容によって次に出される質問内容が自動的に変わるため、対象地点によってこの質問内容、質問数は異なってくる。

2.4 災害危険度評価点の意味

図5の事例紹介地点を評価した結果を図8に示す。これまで、50地点以上で災害危険度評価を行い、EADaSシステムの評価点と実際の発生災害との関係を検証した結果から、評価点には次のような傾向があることがわかっている。

- (1) 過去の災害は、総合災害危険度評価点が2,500点以上(総合評価点3点以上)の地点で発生していること。
- (2) 発生する災害は、評価点上位3位までに含まれる自然現象に起因していること(図5の事例では、岩盤崩落、土砂崩落、剥落型落石が上位3位の自然現象であり、発生したのは岩盤崩落)。
- (3) (1) のような地点でも災害がない地点は、防災対策として効果のある構造物が設置されていること。



災害能力評価点一覧表

順位	災害能力(自然現象)	総合評価点
1位	岩盤崩落(3,186点)	
2位	土砂崩落(2,295点)	
3位	剥落型落石(2,214点)	

【災害能力(自然現象)】

1位:岩盤崩落(3,186点)
2位:土砂崩落(2,295点)
3位:剥落型落石(2,214点)

総合評価点

実際に発生した災害

図8 評価結果の一覧表の例

以上のことから、今回の事例紹介地点においても、これまでの評価点の傾向と同様の結果が確認できた。

3. EADaSシステムへの付加機能

EADaSシステムでは、これまでに紹介したユーザーガイド機能のほかに、次のような機能拡張を進めている。

3.1 グーグルアース&レールウェイ¹⁾との連携

2007年度の開発により、災害危険度評価を行う線区名、キロ程を入力すると、その地点の衛星画像が3D表示されるようにした。これは、グーグルアース&レールウェイを利用した機能であり、無料公開されているGoogle Earth²⁾上に高解像度衛星写真や線路平面図、キロ程情報、高さ情報を持たせている。この機能により、操作者は評価地点を任意の方向から任意の角度で見ることができ、現地の状況を視覚的に把握することができる(図9)。また、このグーグルアース&レールウェイ画面上にキロ程、橋りょうや伏びなどの構造物の位置などを表示することも可能である(ただし、これらの機能はグーグルアース&レールウェイが使用できる端末でのみ利用できる)。

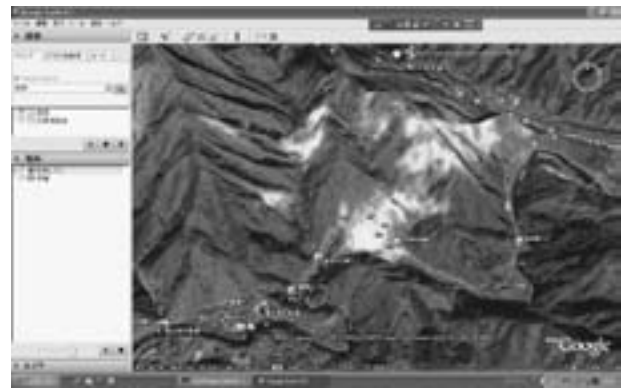


図9 グーグルアース&レールウェイの画面

3.2 危険度評価結果のデータベース化

2008年度の開発により、災害危険度評価結果をEADaSサーバに登録できるようになる。また、その登録した評価結果を、線区名やキロ程などから検索してダウンロードすることや、評価結果情報をグーグルアース&レールウェイ上に表示することも可能となる。これにより、複数地点における災害危険度評価点の比較が容易になる。

4. 今後について

土木構造物の設計においては、考慮される環境条件はその構造物周囲の狭い範囲に限定されがちである。しかしながら防災業務においては、対象地点を中心とした数kmもの範囲の地形図を見て、災害発生に至る自然環境を読み取る(読図する)必要がある。

読図に関する知識や経験があれば、EADaSシステムを用いた災害評価の精度、および信頼性の向上や、実務面での多岐にわたる応用が期待できる。一例としては、斜面の張コンクリートに変状が発生した場合に、施工不良などといった非常に狭い範囲で起きている変状か、あるいは張コンクリートのある斜面自体が地すべり地形にあり斜面全体が滑動し始めたために起きた変状か、を判断することができるようになる。

このような技術を若手社員に継承していくことが重要であり、EADaSシステムはその教育ツールとしての役割も果たせるものと考えている。

今後は、EADaSシステムを活用した、現場社員の技術力向上の方策を検討するとともに、EADaSシステムをより使いやすいシステムとするための改善も行っていく。

¹⁾EADaSシステムと連携しているグーグルアース&レールウェイは、ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)が開発した、各種鉄道情報と高解像度衛星画像の配信サービスである。
²⁾Google EarthはGoogle Inc.が提供するサービスである。