

I-8 地形地質情報を用いた交通路における災害予測エキスパートシステムの構築に関する研究

中央大学理工学部	学生員	○飯田 宏章
中央大学理工学部	正 員	榎山 和男
中央大学理工学部		鈴木 隆介
(財) 福島県建設技術センター	フェロー	江花 亮
(株) 日本工営	正 員	大角 恒雄

抄録 本研究では、任意地点において交通路構造物が被りうる災害を定性的に予測するエキスパートシステムの構築を行った。本システムは自然環境と災害の関係をデータベース化し、これをもとに災害の種類を定性的に予測するものである。ユーザーは自然環境の入力を1) 対話型に入力、2) データベースを用いて入力、の2種類から選択し災害の予測を行う。またこのシステムは、パーソナルコンピュータ上でマウスを用いた簡便な操作が行えるようにユーザーインターフェースとして Windows-GUI を採用した。

KeyWords 地形地質情報、災害予測、エキスパートシステム

1. はじめに

我が国における災害の発生は非常に多くまた任意地点に複数種の災害が発生し得る可能性がある。しかし過去においての災害の予測というのは、津波、高潮、洪水、土石流、地滑りなど、各災害種別毎の個々の予測であり、複数種のそれではない。また各種構造物の建設計画や管理・防災対策などに必要なのは、長期的な観点から災害を予測すること、つまり任意地点にどのような災害が発生するかを予測することである。地形、地質学的には任意地点に起こり得る災害は過去においても発生し、災害の結果がその地点の自然環境に因るところが大きい。このことから、災害の種類と環境の特性が、たとえ定性的にも判明している場合には、その地点で発生し得る災害の種類を予測することが可能となる。そこで本研究では、自然環境のデータをもとに災害を予測するエキスパートシステムの構築を試みた。

本研究のベースとなっているのは、中央大学理工学部地学教室の鈴木隆介教授の「航空写真利用による鉄道災害検索システムの研究」¹⁾である。鈴木教授による災害検索のルールをエキスパートシステムの知識ベースとし、これをもとに任意地点における交通路構造物が被りうる災害を定性的に予測するエキスパートシステムの構築を行った。このシステムは、パーソナルコンピュータ上でマウスを用いた簡便な操作が行えるよう、ユーザーインターフェースとして Windows-GUI を採用した。また本システムの構築には、C言語で記述されるウィンドウズアプリケーション作成用ソフトであるマイクロソフト社の「Visual C++」を用いた。

2. 知識ベースの概要

このシステムは、対象地点の災害環境の質問項目に対して、既存の地形図や地質図および航空写真などの地形、

地質情報を用いて回答し、発生し得る災害営力の大きさを定性的に予測するものである。システムの知識ベースは、自然環境と各種災害との関係を示したものである。災害環境は、気候、海岸、河川、地形、地質、植生の6つに大別され、さらに項目が細分化され、その総数は192項目にも及ぶ(図-1)。

また災害営力は、大気圏災害、水圏災害、地表部災害、地殻災害営力の4つに大別され、40種に細別されている。内訳は以下の通りである。

- 大気圏災害——雷、強風、気温(0度以下、25度以上)、霧、豪雨、弱雨、豪雪、弱雪、飛塩、飛砂、降灰
- 水圏災害——鉄砲水、出水、氾濫水、高波、高潮、津波、積雪、雪崩
- 地表部災害——地下水位変化、噴気、噴泥、噴砂、葡行、崩落、地滑り、土石流、陥没、地盤沈下
- 地殻災害——地震、断層運動、波曲運動、破砕物降下、火砕流、溶岩噴出、火山泥流、火山性地震

ここで地表部災害に注目して、その災害に関する知識ベースを整理すると表-1のようになる^{1),2),3),4)}。表中の空白は、その災害環境は災害営力とは無関係であることを示している。災害環境の各項目と災害営力の関係(ルール)は、次の5段階でランク付けされまとめられている。ランク付けは以下の通りである。

◎：しばしば大規模に、あるいは強く発生する。

○：中程度に発生する。

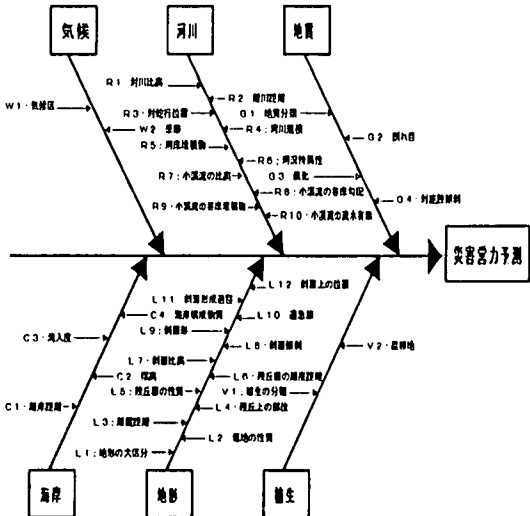
△：まれに小規模に、あるいは弱く発生する。

×：発生しない。

空白：その環境項目とは無関係に発生する。

このルールの総数は7680(災害項目40@環境項目192)に

及ぶ。



図ー 1 知識モデル図

表ー 1 知識ベース図（地表部災害）

災害営力	災害環境					
	気候	海岸	河川	地形	地質	植生
地下水位変化				L1, 2, 4-6, 11, 12	G1-3	V2
噴気・温泉				L1, 2, 4, 5, 11	G7	
噴泥				L1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12	G1	V2
噴砂				L1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12	G1	V2
崩行				L1-12	G1-4	V1, 2
崩落・落石				L1-12	G1-4	V1, 2
地滑り				L1-12	G1-4	V1, 2
土石流			R7-10	L1-11	G1-3	V1
陥没				L1, 2, 4-6, 11, 12		
地盤沈下			R5, 6	L1, 2, 4-6, 10, 11	G1	V2

3. エキスパートシステムの概要

システムの構築には、パーソナルコンピューターを使用し、プログラム環境としてはC言語を開発言語とし、ビジュアルなシステム構築に優れている Microsoft VisualC++ を用いる。この開発環境を選択したことにより、本システムは Windows95 標準のユーザーフレンドリーなグラフィカルインターフェースを備えることができる。

本システムでは、検索手法として災害環境の入力を1) 対話的に入力、2) 災害環境データベースを作成し災害環境を入力、の2通りから選択できる。

対話型入力では、災害検索ポイントの災害環境データをユーザーが事前に用意し、システム上で対話的にデータを入力していく。そのため複数ポイントの災害検索を行う場合には、各ポイント毎に災害環境を入力せねばならず非常に手間がかかる。

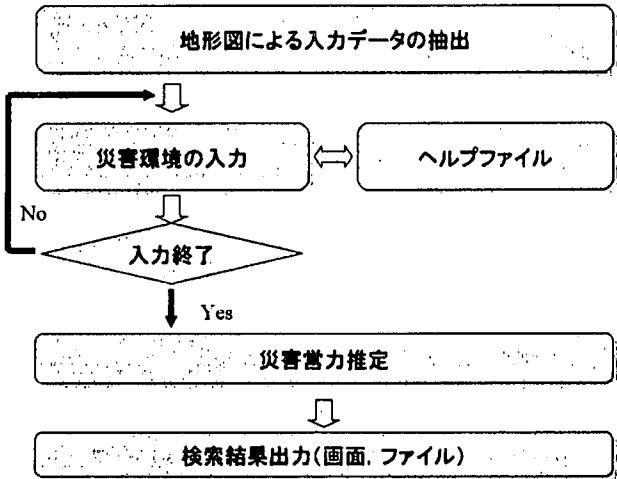
一方、災害環境データベースを作成する入力方法では、事前に複数検索ポイントにおける災害環境データをデータベース化し、このデータベースをもとに検索を行う。この入力システムは、複数検索ポイントの災害検索を行う際に

は非常に有用である。しかし対話的な災害環境の入力が不可能であるので、ユーザは各災害環境データに対応する災害環境区分等を自分で判断し、データベースの作成をしなければならない。

3.1. 対話型入力システム

以下に対話型入力システムの流れを示す(図ー 2 参照)。まずユーザーは既存の地形図等から入力データである災害環境データを抽出する。このデータをもとにシステムからの質問項目に対して回答する。

質問項目はコンピュータの画面上にインターフェースとともに表示され、ユーザーはダイアログボックスのインターフェース上に用意された回答をマウスでクリックすることによって災害環境を選択していく。各項目ごとにユーザーインターフェースとヘルプファイルが用意されており、ユーザーは表示された質問に答えるだけで、システムの流れを意識しないですむ。このことにより直感的な操作によって会話的に質問に対する回答を入力することが可能となっている。



図ー 2 対話型入力システムの概要

また災害環境に関するヘルプを用意し、ユーザーの入力項目である災害環境に関する質問に対して、ヘルプファイルとリンクさせることにより回答を画面上に出力できるようになっている。

ユーザーの入力が完了すると、システムはその入力データをもとに、発生しうる災害営力を予測する。発生する災害の災害営力の大きさは、営力大、営力中、営力小の3段階に分けて表示される。

表ー 2 に判定構造を示す。図中、主項目はランクが◎と○のルールの集合であり、補助項目はその評価が△のルールの集合である。また、除外項目はその評価が×のルールの集合を表わしている。除外項目のルールが一つでも選ばれた場合には、その災害は発生し得る災害の種類から除外される。

検索結果は、入力した災害環境データおよび出力の災害営

カデータがEXCELやLotus1-2-3などの表計算ソフト汎用フォーマットであるCSV形式のファイルとして保存され、災害検索のデータ整理が容易に行えるようになっている。

表-2 判定構造

主項目 (○と◎の項目)	補助項目 (△の項目)		
	営力大	営力中	営力小
判定基準	○が全項目の2/3以上 ◎が全項目の1/3以上	○が全項目の1/3以上 ◎が1以上	○が1以上
除外項目	×が1以上	×が1以上	×が1以上

3.2. データベースを用いた入力システム

次にデータベースを用いた入力システムの流れを示す(図-3参照)。

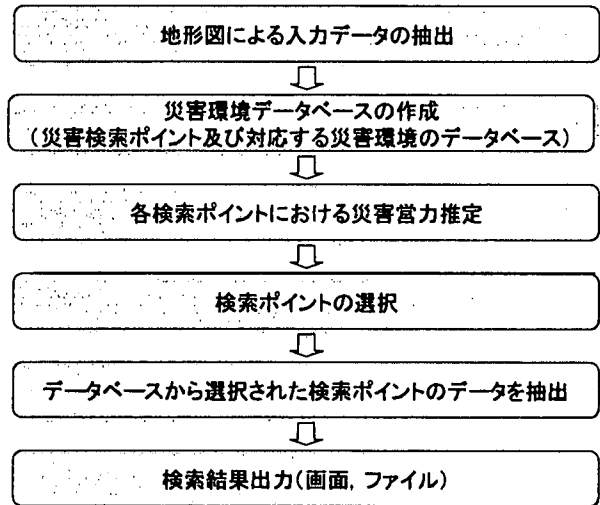


図-3 データベースを用いた入力システムの概要

まず検索ポイントを設定し、各検索ポイントにおける災害環境データを前出のCSV形式で作成する。データベースのデータは、対話型入力における選択肢に相当するものである。ユーザーの入力は検索したいポイントの選択のみであり、あらかじめ災害環境をデータベースとして保持することにより、入力の手間を省くことができる。

営力推定及び検索結果の出力は対話型入力システムと同様である。

4. 適用例

4.1. その1 対話型入力システム

本システムの妥当性および有効性を検討するため、福島県西部の福島県主要地方道喜多方西会津線の山都町付近におけるシステムの適用を行った。適用地区は、過去において地滑りが発生している地域である。

図-4に示すのが検索ポイントおよび検索結果の1部である地滑りの災害営力検索結果である。

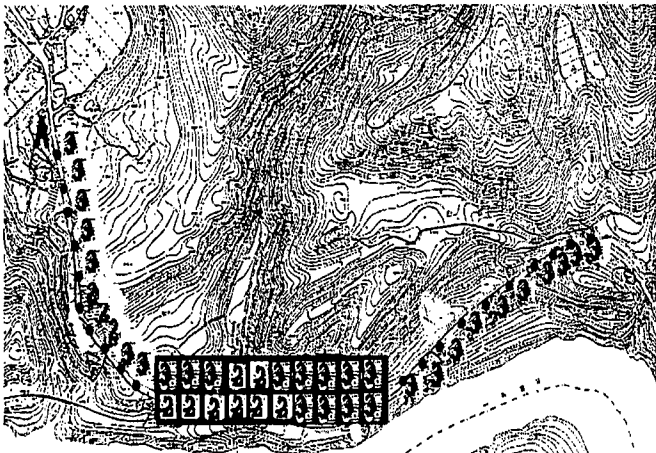


図-4 地滑り災害営力の検索結果及び検索ポイント

図中の数字はそれぞれ3は営力大、2は営力中、1は営力小を表している。中央の格子は、50m×50mの正方形である。この格子の重心における地形、地質情報を地形図等から読みとり、これをもとに災害営力の検索を行っていく。また同様に図中の格子点の左右に位置する検索ポイントは、対象道路の50mごとに設定した検索ポイントである。そのポイントにおける地形、地質情報を地形図、地質図等を用いてデータ化し、各ポイントにおける災害検索を行った。

またA地点においても同様に検索を行った。表-3にシステムの質問項目とA地点における回答を示す。

表-3 A地点におけるシステムの質問項目と回答

質問項目	回答	質問項目	回答
災害気候区	裏日本区	選定線	不明瞭
季節	限定せず	斜面分類	地滑り斜面
離岸距離	20km以上	斜面部位	斜面中部
標高	30m以上	地質分類	風化性岩
対川比高	30m以上	割れ目	選択せず(詳しい現地調査が必要)
河川の部位	攻撃部	風化	選択せず(詳しい現地調査が必要)
河川規模	大河川(阿賀)	対施設傾斜	選択せず(詳しい現地調査が必要)
河川の特異性	特異性なし	活断層位置	0.1~1km
地形地域の大区	山地	地生	人工林(有下生え)
斜面比高	3~30m		
斜面傾斜	15~35度		
斜面形状	凹型谷		

以上のデータをもとに検索を行った。検索結果をまとめると表-4のようになる。

表-4 A地点における災害検索結果

災害営力階	災害営力
大	匍行、地滑り、崩落(落石)、震度6~7、震度4~5、震度0~3
中	雷、豪雪、弱雪、積雪、雪崩、土石流
小	強風、気温0度以下、気温25度以上、霧、豪雨、弱雨

4.2. その2 喜多方西会津線のデータベース作成

次に前出の喜多方西会津線における災害環境データベースの作成を行う。

まず道路上に検索ポイントを100mごとに設置する。ポイントの総数は335ポイントである。ただし2万5千分の1の地形図上では100mが実寸4mmとなってしまうユーザーがポイントを画面上で特定することが難しい

ため、喜多方西会津線を中区分として14区分に分割する
図-5の矩形が中区分を示している。

システム内には、各ポイントごとに災害環境データと、
現地観測時にパナソニック社製のデジタルビデオカメラ3
CCD DIGICAM NV-DJ100で撮影した映像より、専用ソ
フトでパーソナルコンピュータ上に取り込んだ画像を用
意する。

システムを利用する際、ユーザーはまず図-5の中区分
を選択することにより拡大された地形図から検索ポイント
を選択する。ユーザーがポイントを選択すると、画面上に
選択ポイントにおける災害検索及び現地画像を表示する。
このことによりユーザーは、現地に赴くまでもなく現地の
様子がパーソナルコンピュータ上で確認できる。

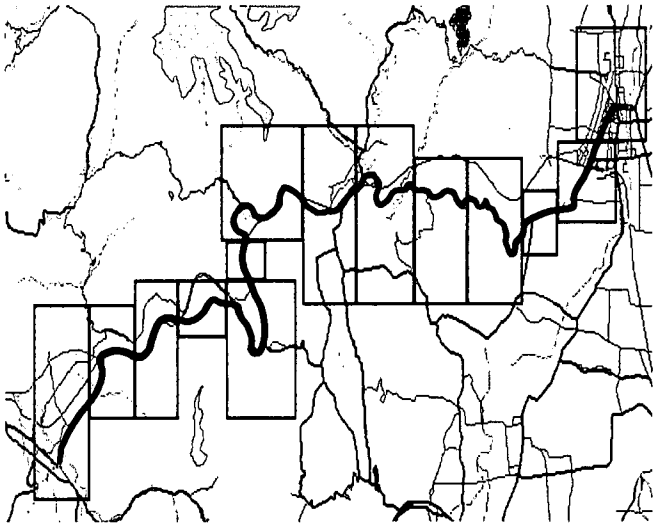


図-5 喜多方西会津線中区分図

5. CAD技術を用いたデータ入力自動化に関する検討

現在の対話型システムでは、ユーザーがすべての環境
項目に関して手作業で入力をしていかなければならない。
システムの質問項目は1カ所の検索に対して相当数に及ぶ
ため、複数箇所の検索に対してのユーザーの手入力の負担
は大きい。そこでCAD技術を用いたデータ入力自動化に
関する検討を行う。

表-1に示すように、地表部災害の主要因となる自然環
境は地形によるものである。そこで検索する災害を地表部
災害に限定し、スキャナーを用い地形図から地形データ
を読みとり、このデータを元に起こりうる地表部災害を予測
する。

図-6にCAD技術を用いたデータ入力自動化システ
ムの流れを示す。

まず既存の地形図をスキャナーで読みとりラスタデータ
を作成する。このラスタデータから等高線データをを
CADソフト上でラスタベクトル変換を行い、ベクトル
データとし、データをCADソフトの汎用フォーマットで
あるDXF形式ファイルに出力する。このDXFファイル
を元にDelaunay法を用いて対象領域を三角形要素分割す
る。

このデータを用い、ユーザーが画面上で検索地点をマ
ウスで指定すると、検索対象地点の幾何学的地形特性（斜
面傾斜、斜面比高等）をシステム上で測定する。その結果
ユーザーは検索地点を指定するだけで検索が行え、入力が
半自動化される。

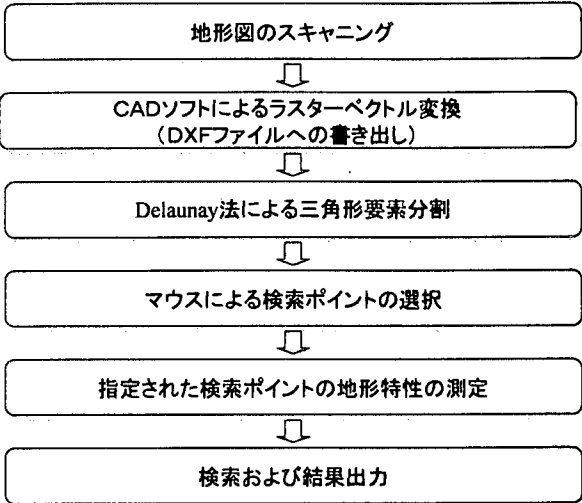


図-6 CAD技術を用いた入力自動化システムの概要

6. おわりに

本論文により任意地点において発生しうる災害の種別
を予測するエキスパートシステムを提案した。その結果、
以下の結論を得た。

- 1) これまでは対応表を見ながら除外項目を手作業で消去
しながら検索していたものを、パーソナルコンピュータ
上で対話式に行うことができるようになった。また、検索
結果に関しても過去における災害と定性的によい一致を示
しており、本システムの有効性が確認できた。
- 2) このシステムを用いることにより、任意地点において
どのような災害が発生する可能性があるかを予測すること
ができ、土木構造物の安全な計画及び管理を行う上での一
助となりうる。

今後の課題としては、より検索が行いやすいシステムの
完成を目指すため、ユーザーインターフェースの改良、さ
らなるデータ入力自動化に関する検討を行っていく予定
である。

参考文献

- 1) 鈴木隆介: "航空写真利用による鉄道災害検索システムの研
究" (未発表), (1983)
- 2) 鈴木隆介: "建設技術者のための地形図読図入門, 第1巻, 読
図の基礎" 古今書院, (1997)
- 3) 鈴木隆介: "建設技術者のための地形図読図入門, 第2巻, 低
地" 古今書院, (1998)
- 4) 樫山和男, 大橋正和, 鈴木隆介: "河川・海岸域における水
害発生予測エキスパートシステムの構築について", 第45
回年次学術後援会2-64, pp180-181
- 5) 鈴木隆介: "地質工学基礎図表集" 創造社, (1991)
- 6) 落合重紀: "新・DXFリファレンスガイド", 日経BP社,
(1997)
- 7) Microsoft Corporation: "Microsoft Developer Studio
Books Online", Microsoft Corporation, (1994-1997)