

水圏災害予測エキスパートシステムの開発について

Design of an Expert System for Hydrospheric Disaster Estimation

中央大学理工学部 大橋 正和 Masakazu OHASHI
広島工業大学工学部 桒山 和男 Kazuo KASHIYAMA
中央大学理工学部 鈴木 隆介 Takasuke SUZUKI

This paper presents hydrospheric disaster estimation by means of expert system. This system make a diagnosis of the type and potential of disaster using the information of topographical and geological features. The present system can be performed by the personal computer.

A knowledge representation method is based on production rules. The certainty factors associated with them. The example of the actual disasters is analyzed by this system.

Keywords: expert system, hydrospheric disaster estimation, personal computer, topographical and geological features

1. はじめに

河川流域の開発や、橋梁等の構造物の建設を計画する場合に計画地域の水災害の発生する可能性の程度（確信度）を予測することは、水工学上重要であると考えられる。そこで、本研究では、災害の発生する因子として任意地点が持つ災害のポテンシャル（位置エネルギー）および災害履歴を災害環境の重要な要因と考えるとともに交通路や土木構造物や流域の開発の計画を作成するするために必要な災害に関する情報を提供するためのエキスパートシステムを作成することを目指すものである。知識ベースとしては、鈴木(1983)が鉄道災害検索のために行った研究に基づき災害環境として任意地点の地形・地質図等から得られる地形・地質情報に着目し水圏における災害の可能性（ポテンシャル）を予測するために、地形・地質情報と災害営力（例、鉄砲水）の関係（ルール）を、知識ベース化したエキスパート・システムの開発を行い、それを災害事例に適用し、その有用性を確かめんとするものである。

2. システムについて

エキスパート・システムの開発にあたりコンピュータは、大型汎用機やミニコンを使用せずどこでも使用可能なパーソナル・コンピュータを用いソフトウェアとしてエキスパート・システム構築用ツール（エキスパート・シェル）を使用した。エキスパートシェルとしてはC言語で記述されている「創玄」を使用した。知識ベースとしてはプロダクションルールを採用した。プロダクションルールは、「IF～THENルール」とも呼ばれ知識を「もし～ならば～である」というルールの形で表現し条件部と結論部の2つに割けて表現する。事象変数は、事実関係と数式を用いて記述した。

推論は、後ろ向き推論としルールを制御するための知識としてメタルールを使用した。

また、複数のルールが同じ事象に対して成立するため各ルールが与える確信度（信頼性係数）（+1.00～-1.00）を計算する必要がある結論部の事象に対しては下記の様なCOMBINATION関係で集計した。CF1をそれまでの集計値、CF2を新しく成立したルールによって与えられた確信度とすると、新しい確信度CF3は、次式で与えられる。

・ (CF2 = +1.00) の場合

$$CF3 = +1.00$$

・ ((CF1 > 0) AND (CF2 > 0)) の場合

$$CF3 = CF1 + CF2 - CF1 \cdot CF2$$

・ ((CF1 · CF2 ≤ 0) AND (|CF2| ≠ 1)) の場合

$$CF1 + CF2$$

$$CF3 = \frac{1 - \min \{|CF1|, |CF2|\}}{2}$$

・ ((CF1 < 0) AND (CF2 < 0)) の場合

$$CF3 = CF1 + CF2 + CF1 \cdot CF2$$

・ (CF2 = -1.00) の場合

$$CF3 = -1.00$$

また、条件部の確信度の計算は、「または」で結合されている条件については最大の確信度を、「かつ」で結合されている条件については最小の確信度を採用する。

3. 知識ベース

本研究では、災害営力として水圏を考えるが他の災害との関連を調べるため大気圏・地表部・地殻についても検討を行うこととした。これら災害営力・災害環境の分類は、鈴木(1983)に従った。災害環境としては、気候・河川・海岸・地形・地質・植生を大区分として考えた。大区分はさらに中区分に分類され気候環境の判別には、災害気候区、季節、河川では、対象地点位置、河川規模、河況、小溪流(3次以下)の特徴、対象河川の数、海岸では、対象地点位置、海岸性状、地形では、低地、段丘、段丘崖・丘陵・山地・火山の斜面、地質では、地質分類、割れ目、風化、地質構造、対火山位置、植生では、荒地、草地、林地、農耕地を中区分として考えた。中区分は、さらに細かく小区分に分類され鉄砲水、出水、氾濫水といった災害営力毎に知識ベースを構成している。たとえば、地形の中の中区分「低地」は、もし人工堤防がなければ数十年に一回程度の確率で起こる洪水や高潮・高波のときに冠水するような相対的に低い緩傾斜な土地を意味し、「低い」という意味が、海拔高度ではなく、隣接する河川や海、湖の水面からの比高が小さいことを意味する。「低地」は、中区分をさらに集団移動低地、河床堆積低地、海・湖成堆積低地、風成低地、侵食低地に分類される。河成堆積低地を例にとれば、単式堆積地形として、河川敷、旧流路跡地、旧砂礫堆、自然堤防、後背低地、後背湿地、複式堆積地形として、谷底低地、閉塞谷底、扇状地、蛇行原、三角州といった小区分に分類される。このように、地形・地質情報を詳細に分類し各災害営力毎にその営力の持つポテンシャルは5段階に分類され知識ベースを構成する。5段階は、

- ・ しばしば、大規模に、あるいは強く発生する
- ・ 発生することはない
- ・ 中程度にはっせいする
- ・ 要素とは無関係に発生する
- ・ まれに、小規模に、あるいは弱く発生する

また、地形・地質図から情報を得るために鈴木(1977~1984)の研究を参照した。図-1は、知識ベースの構造を図示したもので図中の知識ベースは5段階表示されたルールから構成されている。しかし、災害営力は、気候、海岸、河川といった他の災害環境とも複雑なルールで結び付いておりフォートランやベーシック等の通常の言語(手続き型言語)を直接使用したシステムでは知識ベース部と推論部を分離出来ないため災害発生の可能性の程度(確信度)の予測を推論することは、不可能である。そこで本研究では、災害を予測するという観点から推論形式として後ろ向き推論、知識ベースの表現方法としてプロダクションルールとメタルールを併用して用いた。また、数値データや曖昧なデータに関しては入力時に可能性線形回帰分析をモデルとしたファジィ線形回帰分析を行い精度の向上に努めた。

			災 害 環 境					
			気 候	海 岸	河 川	地 形	地 質	植 生
			W1~W2	C1~C4	R1~R11	L1~L13	G1~G7	V1~V2
			1~n (14)	1~n (13)	1~n (38)	1~n (85)	1~n (36)	1~n (17)
災 害 営 力	F 1	性	知 識 ベ ー ス 40×203=8120項目					
	F 40	質						

図-1 知識ベース構成表

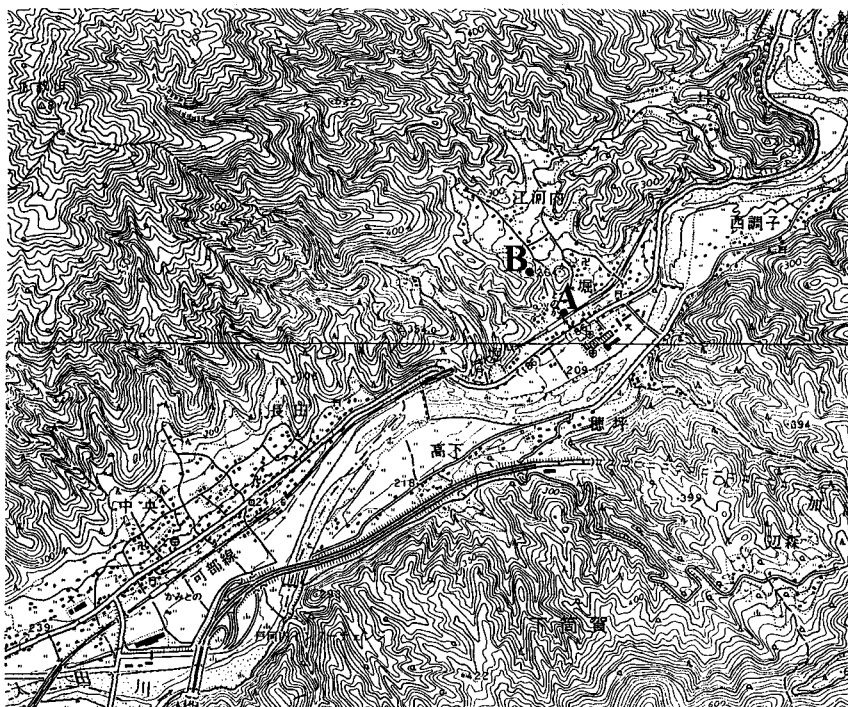
4. 適用例

本研究で開発されたエキスパート・システムにより昭和63年7月20日～21日に発生した広島県北西部豪雨災害の複数地点に適用した。特に、河川に関する災害と考えられる加計町江内谷川（地図-1）での災害に対して数地点を選び地形地質情報をデータ化し本システムで解析した。A地点への入力データは下記の様である。

入力データ

W1: 気候区	瀬戸内	W2: 季節	梅雨
C1: 離岸距離	20km以遠	C2: 交通路標高	30m以遠
R1: 対川比高	0～5m	R2: 位置	提外地（河川敷）
R3: 対蛇行位置	直線部	R4: 河川規模	小河川
R5: 河床堆積物	角礫（砂利）	R6: 河況の特異性	なし
R11: 対象河川	1本		
K: 位置	低地	L1: 低地	河成堆積
L2a: 河成堆積低地	扇状地	L2b: 河成堆積低地	河川敷
L6: 離麓距離	3h～10h		
G1: 支持地盤	未固結地盤	G1c: 未固結地盤	礫質
G4: 傾斜	水平層	G5: 地質構成	同種の地質
G6: 活断層位置	0.1～1km	G7: 対火山位置	風上域
V1: 植生	農耕地	V6: 農耕地	水田
V7: 水田	乾田		

この様なデータの入力作業は、画面上で対話形式で行われ、その結果エキスパートシステムが推論した災害営力の名称とその確信度（信頼性係数）が出力される。



地 図- 1 (かけ、つぼの、(1/25000) 国土地理院)

推論結果の出力

(1) A地点

検索を終了しました。次に結果を表示します。

大気圏では

- | | | |
|--------|-------------------------|---------------|
| (1.01) | 降水・豪雨 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.46) |
| (1.02) | 強風 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.36) |
| (1.03) | 気温 25℃ 以上 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.36) |
| (1.04) | 雷 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.36) |
| (1.05) | 降水・弱雨 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.36) |
| (1.06) | 霧 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.28) |
| (1.07) | 飛砂 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = -0.12) |
| (1.08) | 飛塩 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = -0.30) |

水圏では

- | | | |
|--------|----------------|---------------|
| (2.01) | 鉄砲水 が起る可能性がある。 | (確信度 = +0.90) |
| (2.02) | 出水 が起る可能性がある。 | (確信度 = +0.88) |
| (2.03) | 氾濫水 が起る可能性がある。 | (確信度 = +0.88) |

(2) B地点

地表部に関する結論仮説

状態変化に関する結論仮説

- | | | |
|--------|----------------------|---------------|
| (3.01) | 地下水位変化 による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.46) |
|--------|----------------------|---------------|

集団移動に関する結論仮説

- | | | |
|--------|---------------------|---------------|
| (4.01) | 崩落(落石)による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.92) |
| (4.02) | 匍行による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.91) |
| (4.03) | 地滑りによる災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.91) |
| (4.04) | 土石流による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.80) |
| (4.05) | 陥没による災害が起るでしょう。 | (確信度 = +0.43) |

変動に関する結論仮説

- | | | |
|--------|-------------------|---------------|
| (6.01) | 断層運動による災害がおこるでしょう | (確信度 = +0.10) |
| (6.02) | 流曲運動による災害がおこるでしょう | (確信度 = +0.10) |

火山活動に関する結論仮説

- | | | |
|--------|-------------------|---------------|
| (7.01) | 破碎物降下による災害が起るでしょう | (確信度 = +0.28) |
| (7.02) | 火山泥流による災害が起るでしょう | (確信度 = +0.28) |
| (7.03) | 火山性地震による災害が起るでしょう | (確信度 = +0.28) |
| (7.04) | 火砕流による災害が起るでしょう | (確信度 = +0.20) |
| (7.05) | 溶岩噴出による災害が起るでしょう | (確信度 = +0.20) |

その結果鉄砲水・土石流等の災害営力のポテンシャルが非常に高い地点が集中的に被害を受けていることがわかり本システムによる地形・地質情報より災害営力の可能性を予測する方法の妥当性を検証した。本システムにより水圏内に構造物の建設を計画する場合に災害の可能性の程度を予測することにより、安全な計画案を作成することが可能となる。

謝辞

本研究のエキスパートシステム構築にあたり熱心に協力された中央大学数学科学生高橋浩一君に深甚な謝意を表する。

参考文献

1. 鈴木隆介(1983)航空写真利用による鉄道災害検索システムの研究、(unpublished)
2. 鈴木隆介(1977-1984)建設技術者のための地形図読図入門、「測量」
3. Ed. D. T. Pham, "Expert System in Engineering", IFS Publication and Springer-Verlag, 1988.
4. Ed. C. N. Kostem and M. L. Maher, "Expert Systems in Civil Engineering" A. S. C. E., 1986.
5. 県北西部豪雨災害(速報版)(1988)広島県土木建築部
6. 田中英夫、和多田淳三、林勳(1986)計測自動制御学会論文集、Vol. 22、No. 10、pp. 1051~1057
7. 「創玄」マニュアル、エー・アイ・ソフト(株)、1988