

地形地質情報による水害予測エキスパートシステムの構築

中央大学 ○樫山和男
中央大学 大橋正和
中央大学 鈴木隆介

1. はじめに

近年、土木工学における計画、設計、施工、管理などの諸活動を支援するために、種々のエキスパートシステムの導入及び構築が行われるようになってきている^{1), 2)}。河川・海岸域において、建設計画や防災対策を行う場合には、まず、その地点に発生し得る水害の種類を予測する必要がある。これまで、水害発生予測に関する研究は、氾濫水、鉄砲水、土石流、津波、高潮など、災害の種類毎に個別に扱うものが多かった。しかし、自然災害の多い日本では、任意地点に複数種の災害が発生し得る可能性がある。地形地質学的には、任意地点において発生し得る災害は、過去においてもその地点で発生し、その結果がその地点の環境（気候、河川、海岸、地形、地質、植生、土地利用などの特性）に反映している場合が大きい。このことから、災害の種類と環境特性との関係が、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。

上記のような観点から、著者の一人である鈴木は任意地点における地形・地質情報を用いてその地点に発生し得る災害を予測するという検索システムを提案し、日本列島の任意地点における鉄道災害の予測に適用し得ることを確認した³⁾。しかし、このシステムは、環境特性の判別項目が多岐にわたり、また、その判別には高度の専門知識を要し、推論の論理も複雑であった。そこで、本研究では、このシステムのうち水害に関する部分だけをとりあげて、知識ベースエキスパートシステムの構築を行った。

2. システム概要

本システムで対象とする水害の種類は、鉄砲水、出水、氾濫水、高波、高潮、津波、積雪、雪崩、土石流、地盤沈下の10種類である。また、災害発生に起因する環境特性の項目は、気候、海岸、河川、地形、地質、植生に区分され、その総数は174項目にのぼる。災害発生の可能性（災害営力）は、環境特性の項目ごとに5段階にランク付けされ、図-1のようにまとめられている³⁾。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。×：発生することはない。空白：その災害環境項目とは無関係に発生

水害名	災 害 環 境						気 候	地 形
	気 候 W1, W2	海 岸 C1-C4	河 川 R1-R10	地 形 L1-L11	地 質 G1-G3	植 生 V1, V2	W1: 気候区 W2: 季節 海岸 C1: 離岸距離 C2: 標高 C3: 湾入度 C4: 海岸構成物質 河川 R1: 対川比高 R2: 離川距離 R3: 対蛇行位置 R4: 河川規模 R5: 河床堆積物 R6: 河泥特異性 R7: 小渓流の比高 R8: 小渓流の谷床勾配 R9: 小渓流の谷床堆積物 R10: 小渓流の流水有無	L1: 地形の大区分 L2: 低地の性質 L3: 段丘上の部位 L4: 段丘面の性質 L5: 段丘面の離崖距離 L6: 斜面比高 L7: 斜面傾斜 L8: 斜面型 L9: 遡急線 L10: 斜面形成過程 L11: 斜面上の位置 地質 G1: 地質分類 G2: 割れ目 G3: 風化 植生 V1: 植生の分類 V2: 農耕地
鉄砲水	W2		R1-10	L1-3, 8, 10, 11				
出水	W2		R1-8, 10	L1-3, 8, 10, 11				
氾濫水	W2		R1-8, 10	L1-3, 8, 10, 11		V1, 2		
高波		C1-4	R5, 6	L1-3, 10				
高潮		C1-4	R5, 6	L1-3, 10				
津波		C1-4	R5, 6	L1-3, 10				
積雪	W1, 2			L1				
雪崩	W1, 2		R8	L1-3, 5-8, 11		V1		
土石流			R7-10	L1-11	G1-3	V1		
地盤沈下			R5, 6	L1-5, 10, 11	G1	V1, 2		

図-1 知識ベース構成表

する。なお、ルール（災害営力と環境特性との関係）の総数は、1740（水害項目10@環境項目174）である。本システムは、これらの災害環境の質問項目に対して、地形図、地質図及び航空写真などを用いて解答し⁴⁾、各水害の災害営力を予測するものである。

システムの構築には、パーソナルコンピュータ（NEC PC-9801）を使用し、エキスパートシェルとしては、COMEX（富士電機）を用いた。COMEXの知識の表現方法は、クライテリア方式⁵⁾が採用されており、各災害（結論仮説）毎にクライテリアフレームの定義を行った。クライテリアフレームの構造は、図-2のようになっている。図中、主項目は表-1中の評価が◎と○のルールであり、補助項目はその評価が△のルールである。また、除外項目はその評価が×のルールを表している。災害営力の確信度の決定ランクは、営力大、営力中、営力小の3段階で表示した。ただし、除外項目のルールが1つでも選ばれた場合には、その災害営力の確信度はゼロとなる条件を付加している。質問項目は全てディスプレイ上に表示され、解答はキーボードより会話的に入力する。なお、質問文の語句及び意味が不明の場合は、説明文がディスプレイ上に表示される。

主項目（○と◎の項目）	補助項目（△の項目）		
1.	1.		
2.	2.		
:	:		
	営力大	営力中	営力小
クライテリア	○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

図-2 クライテリアフレーム

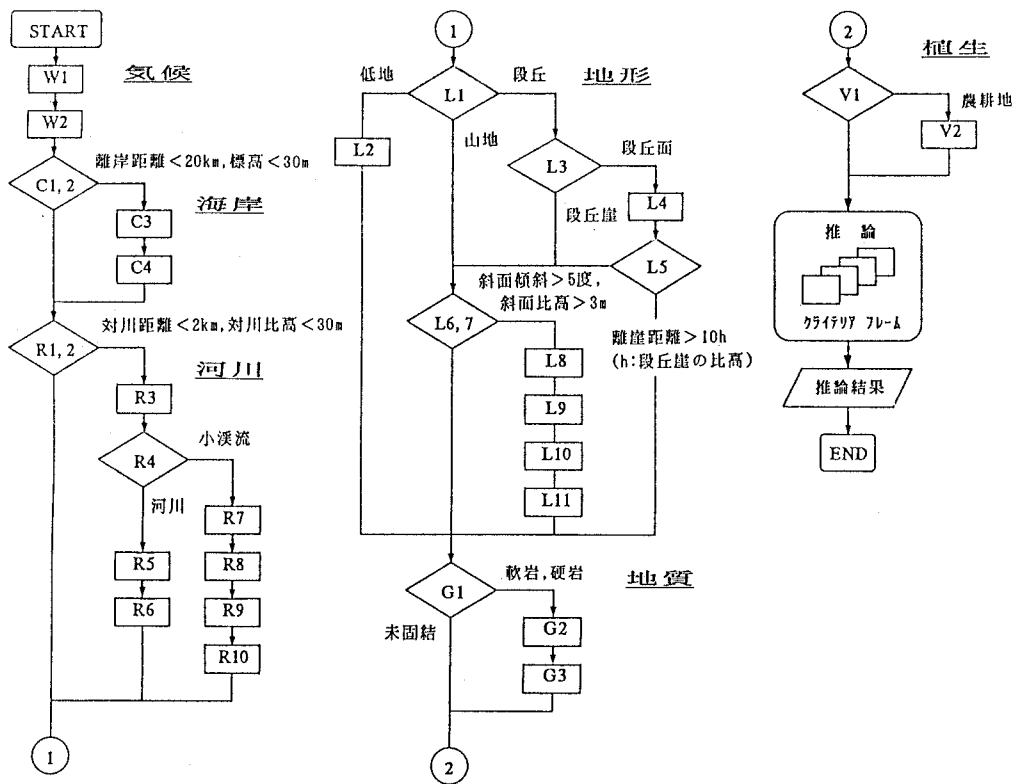


図-3 フローチャート

図-3に本システムの推論過程を表すフローチャートを示す。なお、システムの構築は容量の関係から、低地・段丘及び山地・火山の2つの地形地域に分類して行った。

3. 適用例

本システムの妥当性及び有効性を検討するため、1988年7月20日～21日に広島県北西部に発生した豪雨災害^{6)・8)}に本システムを適用した。適用地区は、最も土石流による被害の大きかった加計町江内地区を選んだ。図-4に、解析対象領域を示す。そして、図中の格子の重心位置における地形地質情報を、地形図、地質図

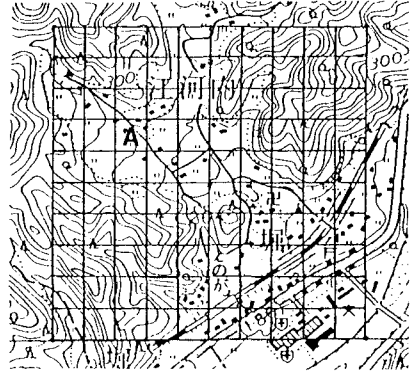


図-4 解析対象領域

W1：気候区は次のどれですか？

- 1) 北海道・三陸区 2) 東日本区 3) 内陸区 4) 関東区
5) 黒潮区 6) 瀬戸内区 7) 九州区
* 6

W2：季節は次のどれですか？

- 1) 春 2) 梅雨 3) 夏 4) 秋霜 5) 秋 6) 初冬
7) 厳冬
* 2

C1：離岸距離は次のどれですか？

- 1) 20 km以上 2) 2～20 km 3) 0.1～2 km
4) 0.1 km以下
* 1

C2：標高は次のどれですか？

- 1) 30 m以上 2) 5～30 m 3) 0～5 m
4) 0 m以下
* 1

R1：対川比高は次のどれですか？

- 1) 30 m以上 2) 5～30 m 3) 0～5 m
4) 0 m以下
* 3

R2：対川距離は次のどれですか？

- 1) 2 km以上 2) 0.1～2 km 3) 0.1 km以下
4) 堤外地（河川敷）
* 3

R3：対蛇行位置は次のどれですか？

- 1) 滑走部 2) 直線部 3) 攻撃部
* 2

R4：河川規模は次のどれですか？

- 1) 大河川 2) 中河川 3) 小河川 4) 小溪流
* 4

R7：小溪流の比高は次のどれですか？

- 1) 10 m以下 2) 10～50 m 3) 50 m以上
* 3

R8：小溪流の河床勾配は次のどれですか？

- 1) 1度以下 2) 1～5度 3) 5度～15度
4) 15度以上
* 3

R9：小溪流の河床堆積物の厚さは次のどれですか？

- 1) 1 m以下 2) 1 m以上
* 2

R9-2：小溪流の河床堆積物は次のどれですか？

- 1) 砂泥質 2) 礫質
* 2

R10：小溪流の流水の有無は次のどれですか？

- 1) 有水谷 2) 無水谷
* 1

L1：地形の区分は次のどれですか？

- 1) 低地 2) 段丘 3) 山地
* 1

L2：低地は次のどれですか？

- 1) 集団移動低地 2) 河成堆積低地 3) 海・湖成堆積低地
4) 風成低地 5) 侵食低地 6) 埋立地
* 2

L2-2：河成堆積低地は次のどれですか？

- 1) 河川敷 2) 旧流路跡地 3) 自然堤防 4) 後背低地
5) 後背湿地 6) 谷底低地 7) 閉塞低地 8) 扇状地
9) 蛇行原 10) 三角州
* 8

G1：支持地盤は次のどれですか？

- 1) 未固結地盤 2) 軟岩 3) 硬岩
* 1

G1-2：未固結地盤は次のどれですか？

- 1) 礫質 2) 砂質 3) 泥質 4) 有機性 5) シラス
6) ローム
* 1

V1：植性は次のどれですか？

- 1) 荒地 2) 草地 3) 人工林 4) 自然林 5) 農耕地
* 5

V2：農耕地は次のどれですか？

- 1) 果樹園・桑畑・茶園 2) 普通畑 3) 水田
* 3

V2-2：水田は次のどれですか？

- 1) 乾田 2) 湛田 3) 沼田 4) 千枚田・不整田
* 1

図-5 A地点に対する質問項目

*** 推論結果 ***

- 1) 災害営力大 土石流による災害がおこるでしょう。
- 2) 災害営力大 鉄砲水による災害がおこるでしょう。

図-6 A地点に対する推論結果

		2		2				2	
3	2		2	3		2	1		
2	3	3	3	2		2	1		
1	2	3	3	3	2		1	1	
1		2	3	2	2	2	1		
				2	2	2	2	2	2
1		1		1		2	3	3	3
		2		2	2	3	3	3	3
2		2	2	2	2	3	3	3	2
2	2	1		2	2	2	2	2	2

図-7 土石流災害営力分布

					2				
3	2			3	2	2			
2					3				
2	2								2
					3		2		3
				3	2			3	3
				2				3	2
		2		2		3	3	3	3
2			2			3	3	3	3
3				2	2	2	3	3	3

図-8 出水災害営力分布

及び航空写真を用いてデータ化し推論を行った。本システムの推論過程を明らかにするために、図-5にA地点(図-4参照)に対する質問項目とその解答を示す。図中、*印の後の数字が入力した解答である。そして、図-6にその推論結果を示す。図-7に土石流の災害営力分布図、図-8に出水の災害営力分布図を示す。なお、図中の数字は、災害営力の大きさを表しており、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。これらの結果は、実際の結果^{6)、7)}と定性的に良い一致を示している。

4. おわりに

地形・地質情報による各種水害の発生予測エキスパートシステムの構築を行った。本システムの妥当性及び有効性を検討するため、実際に災害の発生した地点に本システムを適用した。その推論結果は、実際の結果と定性的に良い一致を示した。本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水害の災害営力が大きいかを予測することが可能となり、土木構造物の安全な計画および管理を行う上での一助となり得ると考えられる。

謝辞：本研究を行うにあたり、富士電機株式会社の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Expert System in Civil Engineering(1986), Proc.of 1st Symp. on Expert System in Civil Engineering, (Eds. C.N.Kostem and M.L.Maher), ASCE, Seattle.
- 2) 中村秀治, 寺野隆雄(1987), 土木構造物エキスパートシステム, 199p., オーム社
- 3) 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(未発表)
- 4) 鈴木隆介(1977-1984), 講座 建設技術者のための地形図読図入門, 測量
- 5) 上野晴樹(1985), 知識工学入門, 208p., オーム社
- 6) 県北西部豪雨災害(速報版), 49p., 広島県土木建築部
- 7) 集中豪雨を追う(1989), 108p., 中国新聞社編
- 8) 大橋正和, 檜山和男, 鈴木隆介(1990), 水圏災害予測エキスパートシステムの開発について, 水工学論文集, 第34巻, pp.613-617