

PSIV-20 地域防災診断問題におけるエキスパートシステムの構築と適用

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋 誠 一
 北海道大学大学院環境科学研究科 正員 山 村 悦 夫
 （株）日本IBM 正員 平 野 直 樹

1. 研究の背景と目的

最近、都市における居住環境システムが、複雑、大規模になり、交通公害や、河川水質汚濁など、顕在化する問題も多くなってきた。都市河川流域における水害発生問題もその1つといえる。この場合は、もともと、急傾斜地や、低平地など、水害危険地域であるところに、近年、急速な都市化がおこり、水害ポテンシャルを、増加させていることが問題である。このような問題解決のためには、関連する地域情報を、量的、質的に整備充実し、その取扱い方を柔軟に考える必要がある。例えば、最近の都市水害情報に関わる問題点をあげると、①都市内小河川の排水不良、湛水による氾濫被害、土石流斜面崩壊などによる被害の増加②そのような小河川での、水文解析、氾濫水理解析などに用いられる定量的なデータの、不足③これらデータの質が、多少悪くても、治水対策や、快適な地域環境の確保のための、現実的な水害危険度評価システムの必要性④特に、不確実な情報を効果的に扱う方法—例えば、過去のデータ、過去の経験などや、専門家の意見に基づく推論システムを考えること—を導入した、情報システムの確立の必要性、などがあげられる。

ここでは、このような観点から、都市水害の不確実な情報と、潜在的な方法をも取り込める、水害危険度評価方法を考え、その利用法を考えていくものとする。実際例を、札幌市東北部、石狩町南部、江別市西部地域550km²について検討した。

2. エキスパートシステムの構成と特徴

上述したように、従来の水文情報などに代表されるwell-definedな情報に加えて、過去の経験、専門家の主観的な知識などill-definedな情報を取り込んで、診断や、評価を行う方法として、エキスパートシステム構築の方法がある。基本的なシステムは、知識ベースと推論機構を別々にもち、ユーザインタフェースによって対話型に推論結果を出力する計算機システムである。この場合の最も大きな特徴は、

複雑な問題解決を目的とする場合、それらに関連する知識を多数の小規模の知識集合として、整理し、それらの関係について、プロダクションシステムを代表とする推論方法によって結合するものである。また、一般に、これらの推論は、不確実性を伴うものが多く、確実性の度合を評価するいくつかの測度が提案されている。

ここでの、地域防災問題のためのエキスパートシステムの構築手順としては、図1のような方法を考えることとする。

問題の定義	システム構築の目標、制約、使える情報、専門家などの役割作成 (危険度評価、避難等意思決定)
要素抽出	問題の部分分割、要素抽出、推論の概念化、知識ベースへの影響などを整理 (決定木、AND・OR構造)
要素と推論の表現	表現方法の選択と、概念と事実データの関係などを作成 (プロダクションシステム、仮説ルール、確実性測度)
試作システムのテスト	部分的な知識ベースの作成、および主推論問題の評価、複雑化とプロトタイプ化 (地域メッシュ情報、専門家情報、シナリオ作成、質問事項へ変換)
知識ベースの改良とシステムの一般化と事例の評価	システムの性能の向上のための知識ベースの改良とシステム適用の事例評価

図1 エキスパートシステム構築のための手順

3. 地域水害危険度診断とエキスパートシステム

ここでの問題は、水害危険度を評価し、その対策として、緊急時避難システムにいかに関与を伝達するか、また、地域の将来の土地政策を含めた、長期的な地域の快適環境に対して、将来の土地利用をど

うするかということにする。そのための、システムとしては、氾濫被害構造からの要因を、いくつか抽出し、整理するものとする。基本的な原因被害の推論ネットワークは、図2のようになる。

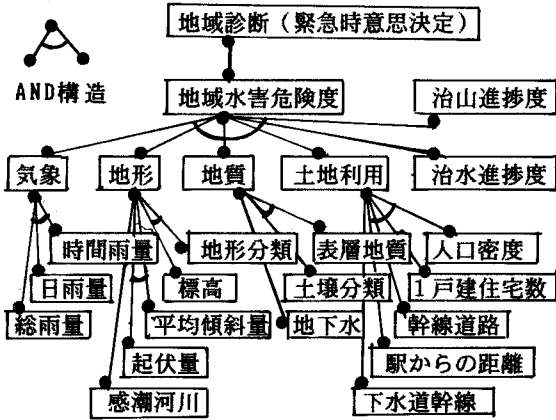


図2 水害危険度診断推論ネットワーク

ここでの、推論方法は、基本的に3段階の分析型問題として考えている。これは、図2でも明かなように、あらかじめ仮説の設定が容易で、その中から、与えられた状況に最もよく説明できる仮説を選択できるプロセスを採用できるからである。ここでは、状況（質問事項）と、仮説を結合する評価規則を、知識ベースとして作成しておき、それらの間のパターンマッチングによって、結論を見いだす方法を、シェルを利用して行うものとする。ここで示す、AND-OR決定木は、前向き推論のプロダクションシステムを表している。

4. 知識ベースの構築のための支援システム(800)

各知識ベースは、自然的要因については、国土数値情報、社会的要因については、国勢調査、都市計画基礎調査等の既存データを用いた。また、過去の氾濫被害記録を用いて推論の妥当性評価を行うこととした。知識ベースは、小地区の災害情報を得るために、メッシュデータに基づいて収集した。既存のグリッドデータの単位として、いくつかの種類があったが、ここでは、500Mメッシュに統一し、加工した。それらのメッシュデータについては、氾濫記録で得られた、メッシュごとの氾濫強度との対応を行い、各要因のプロダクションルールにおける確信度を算出し、システムに導入した。確信度は、次の式によって算出するものとした。

$$CF_k^{i1} = a - b \cdot \exp(-c \cdot rx_k^{i1}), \quad rx_k^{i1} = \frac{\sum_{j \in A} n_j / \sum_{j \in A} n_j}{\sum_{j \in A} n_j} \quad (1)$$

ただし、 $C = \{j | (m_k^{i1} \wedge m_{Dj}^{i2})\}$, $A = \{j | (m_k^{i1} \wedge m_{Dj}^{i2})\}$ ここで、 CF_k^{i1} : k要因の確信度、 rx_k^{i1} : 各要因の危険度に対する寄与率で、総メッシュデータ個数の内、各要因 m_k^{i1} -被害発生 m_{Dj}^{i2} の和集合に対する、積集合の割合から求めることとする。ただし、 $i1, i2$ は、それぞれのカテゴリーを表す。また、 a, b, c は、定数である。さらに j は、メッシュ番号を表す。

5. エキスパートシステムの実行

構築されたエキスパートシステムによって、さまざまなケースを想定したシミュレーションを実施した。表1は、任意に抽出したメッシュにおける、シミュレーション結果の例である。ケース1は、1975年洪水の時の条件を与えた場合、ケース2は、1981年洪水の時の条件を与えた場合の再現結果であり、ケース3は、気象条件をケース1の状態にし、土地利用条件、治水条件を、1987年の状態にした場合の想定危険度である。また、ケース4は、ケース3の条件で、降雨のみ1/50程度の確率を考えた場合である。表1 シミュレーション結果の例 (CF値で表現)

メッシュNo.	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
1011	96	82	72	33
(以前氾濫危険地域であったが、近年治水進捗度の向上により、危険度減少) ケース1(土地利用-気象-治水-地形の順)				
1618	88	80	77	60
(排水不良による湛水被害がよくおきる所であり、気象要因が低くても危険度が高い) ケース4(土地利用-下水道-地形)				
1820	84	88	80	65
(最も、地形的に条件が悪い地域であるが、人口密度が低いため、危険度も大きな変化がみられない地域) ケース3(地形-気象-土地利用-治水)				

注) ケース以下の記述は、影響要因の強さの順を示す。

ちなみに、本システムでの、対象地域における、既往洪水に対する再現性については、表2のようにメッシュの斉合性の検証結果が得られている。

表2 過去の水害と本システムの再現性の検証

水害例	メッシュ数(1km ²)		
	実績値	再現値	積集合/和集合
1975年洪水	107	134	0.67
1981年洪水	98	111	0.72

注) 再現値は、CF値0.8をしきい値として判定。

なお、ここでの、エキスパートシステムは、PROLOG-KABAで作成し、SHELL-KABA上で推論を行った。より詳細な結果については、発表時に行いたい。