

## 災害科学におけるデータベースとその利用方法

北大大学院環境科学研究所

加賀屋誠一・山村 悅夫・平野 直樹

### 1. はじめに

最近, われわれの生活の周辺をみると, 情報化の影響が, 確実に大きくなりつつある。例えば, 家庭で最も日常の情報交換システムといえる電話が, ファクシミリによって, 文字情報, 図形情報の付加がなされ, またパソコン通信によって, 相互同時交換も, 可能になっている。これは, 高度情報化が身近かに感じられる最も典型的なものといえるが, 大規模システムに目を転じると, 大量データの実時間での通信電送技術や, 光ファイバーネットワーク等を利用したVANシステムなど, 情報に関する限り, もはや人間の介在する時間, 空間が益々少なくなっているといえる。このように情報の自立化の傾向は, 強まっているが, 逆に情報の氾濫により, 情報の使い方や管理方法など, 今まで以上に注意を払う必要がある。すなわち, 情報に対する目的志向 (Objective-Oriented) や, 問題志向 (Problem-Oriented) の考え方方が強まっているのである。換言すれば, われわれは, 無制限に情報を生み出すだけでなく, 目的あるいは問題を明確にし, それらに関連する情報を, 構造的, 体系的に組みたてる考え方が必要であるといえる。そして, このような組み立てられた, 一連の情報システムによって, 情報のネットワークが形成される。したがって合目的的な情報システムは, 情報の質の悪いもの (ill defined), 数的処理の難しい, むしろ言語的 (linguistic) なものをも取り込んで構築されるべきであると考える<sup>12)</sup>。

災害科学における情報については, これまで, 災害を持たらす素因となるもの, 災害の強度に影響する誘因となるもの, 直接的, 間接的な被害要因となるもの, 社会的心理的な被害要因となるものを, まとめて, 拡大要因という形で位置づけられるのが一般的である。

これらは, 体系的な災害情報関連構造といえるが, また, 典型的な目的志向のシステムといえる。

例えれば, 最近, 河川, 流域情報の収集, 処理, 加工および提供などを行う情報センターの設立, あるいは, 建設者, 北海道開発局などで取り扱われている流域を中心とした地域情報データベースなどは, 水害関係の情報システムとしては, 目的志向の総合的情報システムといえる。

以上のような観点から、ここでは、災害の中で特に水害に着目したデータベースとその利用方法について考え方をまとめ、さらに応用例としてエキスパートシステムの適用について、検討するものである。

## 2. 災害情報—特に水害情報データベースについて

前述したように、災害情報は、素因、誘因、拡大要因という一連の体系的な災害情報連関構造を持つ。水害の場合の情報をこれに対応させて考えると図1のようになる。

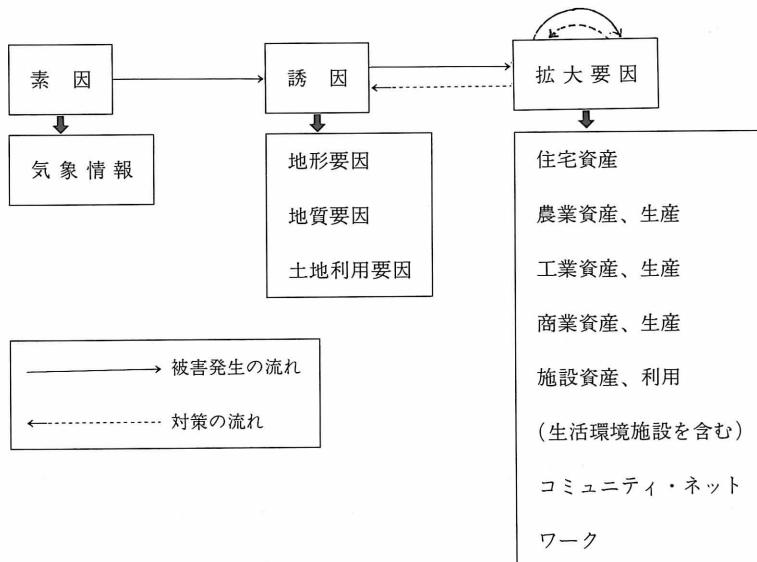


図1 水害の素因情報

### (1) 水害の素因情報

水害の素因情報としては、まず雨量情報、水位情報、水質情報および積雪情報が考えられる。またもし、雨量以前の情報をも考える必要があるならば、気圧や雲等の情報も必要となる。

### (2) 水害の誘因情報

水害の誘因情報としては、大別して、地形要因情報、地質要因情報および土地利用要因情報がある。地形要因情報としては、①地形分類、②標高、③最大、最小傾斜量、④起伏量などが考えられる。また地質要因情報としては、①表層地質分類、②土壤分類、③植生などが考えられる。さらに、土地利用要因情報としては、土地利用分類が考えられる。

### (3) 水害の拡大要因情報

水害の拡大要因としては、①人口分布、②住宅種類、規模、③農業就業構造、農業生産物、農業所得、経済、④産業分類別事業所数、出荷額、⑤産業分類別事業所数、販売額、⑥供給・処理施設、システム、⑦交通網、施設および交通量、⑧生活環境施設量などがある。

これらの情報が水害情報として、有効性を持つためには、次のような条件が必要と考えられる。

- i ) 個々の情報は、地図情報化できることを望ましい。
- ii ) できれば、共通の空間的単位、例えば、メッシュデータとして把握されることが望ましい。
- iii) 独立したデータベースとして簡単な操作で利用でき、また、検索等ができることが望ましい。
- iv) さらに、データベースとして得られた情報は、分析加工が容易でなければならない。
- v ) データの質は、多少悪くとも、トータルシステムとして、全体の構造を形成していなければならない。

以上のような考え方に基づいて、それぞれのデータと、実際の水害の関連性について、次に説明する。

## 3. 地域メッシュ統計データと水害ポテンシャル

上述した条件で最も有用と考えられる情報は、国土数値情報や、国勢調査によって得られるメッシュデータ（しばしば、グリッドデータと呼ばれる）であるといえる<sup>3)</sup>。メッシュデータには、その大きさに 1 km, 500 m, 250 m などの単位でいくつかの種類があり、各データによっては、その大きさが様々である。例えば、国土数値情報では、地形分類、土壤分類など、1 km メッシュで表わされているものや、標高、最大傾斜量など 250 m メッシュで表わされているものなどがある。今メッシュの平滑化によって、500 m メッシュにデータ加工し、そのデータに基づいて、実際の氾濫と、上述したいくつかのデータの関連性について比較を行ってみる。ここで取り上げた氾濫の記録は、1975 年と 1981 年に発生した札幌市および石狩川下流域で発生した大規模な浸水実績であり、具体的には、北海道開発局石狩川開発建設部の調査による結果を下にメッシュデータを作成した。メッシュは、国土数値情報および国勢調査に対応させるために、基準地域メッシュには、1975 年および 1981 年洪水による氾濫の有無を情報として与えている。

例えば、1975 年での氾濫地域のメッシュを示すと図 2 に示すようになる。

また、氾濫地域メッシュと、各要因との関係について得られた結果を、以下に示す。

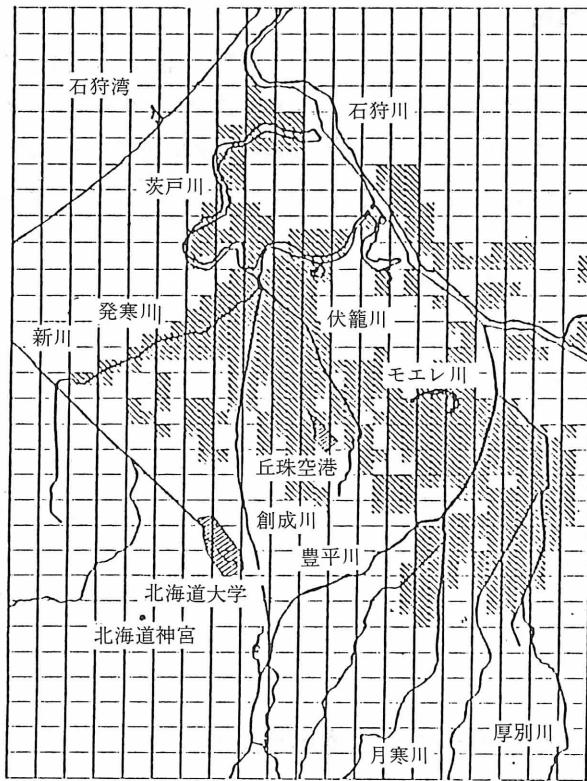


図2 メッシュに分割された、1975年氾濫地域(グリッドは1 kmを表わす)

### (1) 地形要因と、氾濫実績の関係

図3は、地形要因の中で、標高と、氾濫の有無の関係について、氾濫実績ありのメッシュと、各標高との対応関係でみたもので、全メッシュ数に対する割合で表わしたものである。

これによると、標高については、2～5 mの地域メッシュにおいて、割合が高くなっていることがわかる。図4は、同様に最大傾斜度による場合である。この場合、最大傾斜度が小さいほど、割合が高くなっていることがわかる。さらに、図5は、地形分類の場合である。この場合、三角州低地の場合、ほぼ100%と最も高く、続いて、自然堤防、砂州となっている。

### (2) 地質要因と氾濫実績データの関係

図6は、表層地質分類と、氾濫実績データの関係を表わしたものである。これによると最も高い割合を示すのが、粘土質であり、両方のケースとも、60%以上である。またこれに続いているのが泥炭質であり、50%前後となっている。(いずれも、全対象メッシュに対する氾濫があつたメッシュの割合を示す。)

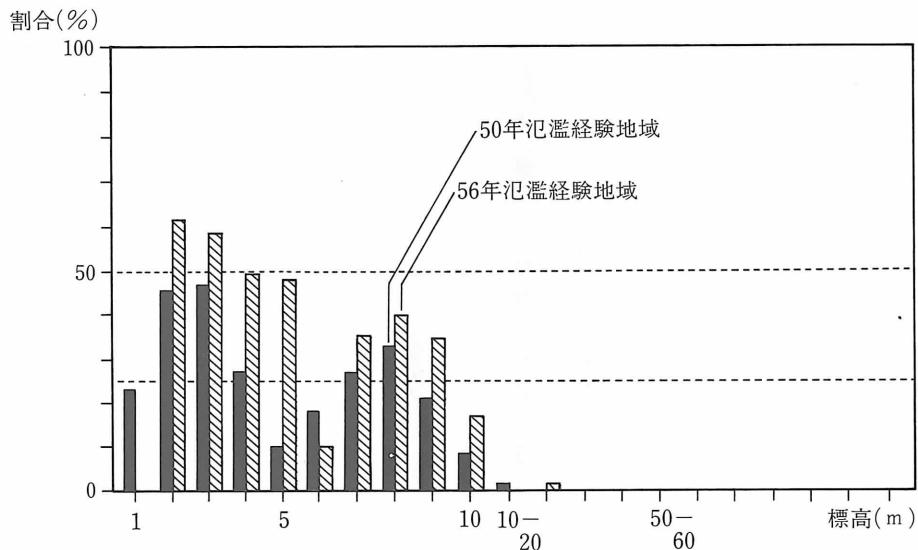


図3 標高と氾濫実績の関係

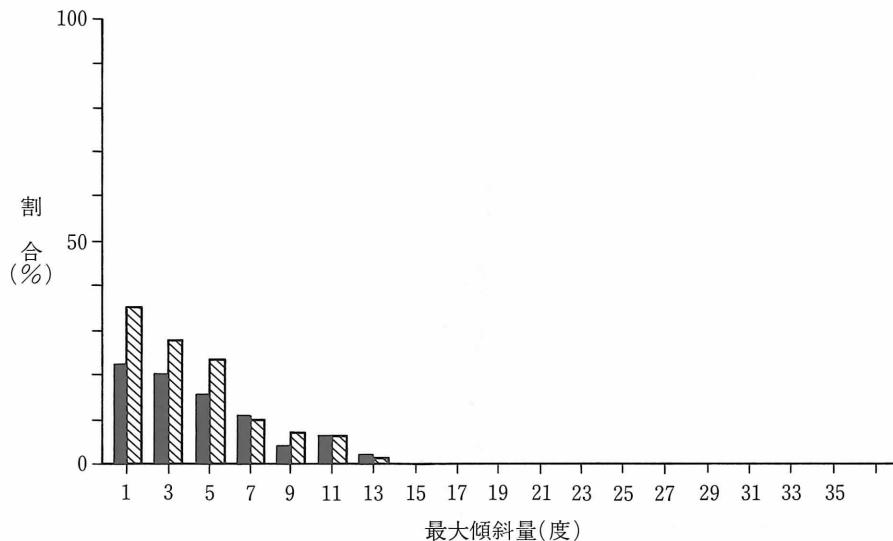


図4 最大傾斜量と氾濫実績（氾濫は図3に対応する）

図7は、土壤分類と氾濫実績データの関係を示している。これによると泥炭性土壌、褐色低地性土壌、灰色低地性土壌などに高い割合がみられることがわかる。

地形要因、地質要因をみると、氾濫実績データに結びつく要因情報の中での成分は限定されており、他の要因情報については、氾濫実績データと結びつく割合が高い成分を見つけることができる。

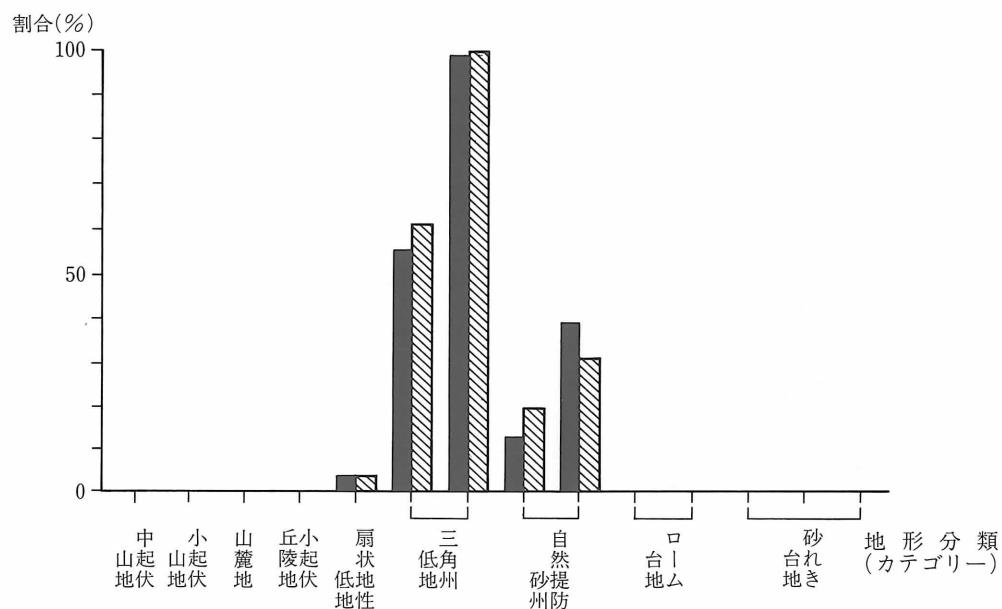


図5 地形分類と氾濫実績（氾濫は図3に対応する）

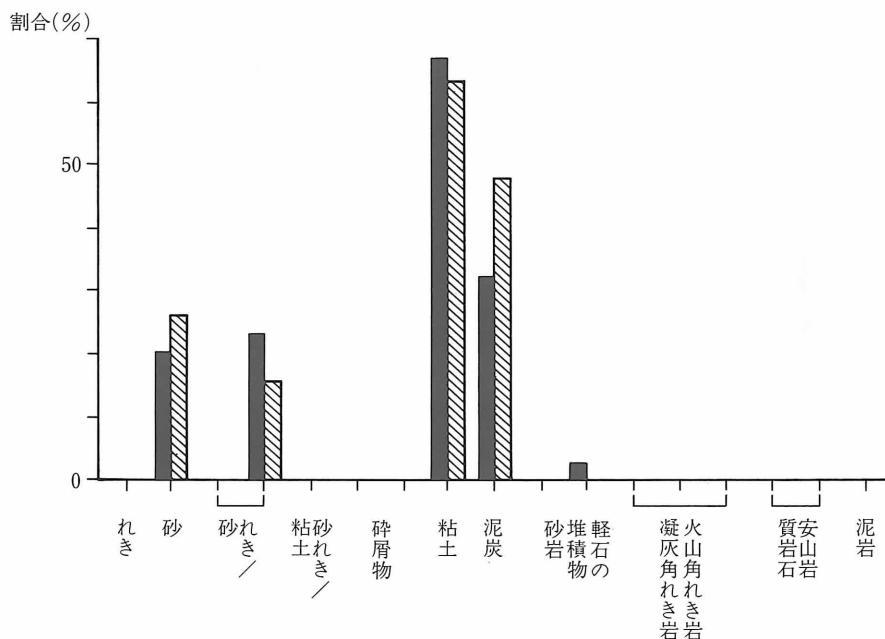


図6 表層地質と氾濫実績の関係（氾濫は図3に対応する）

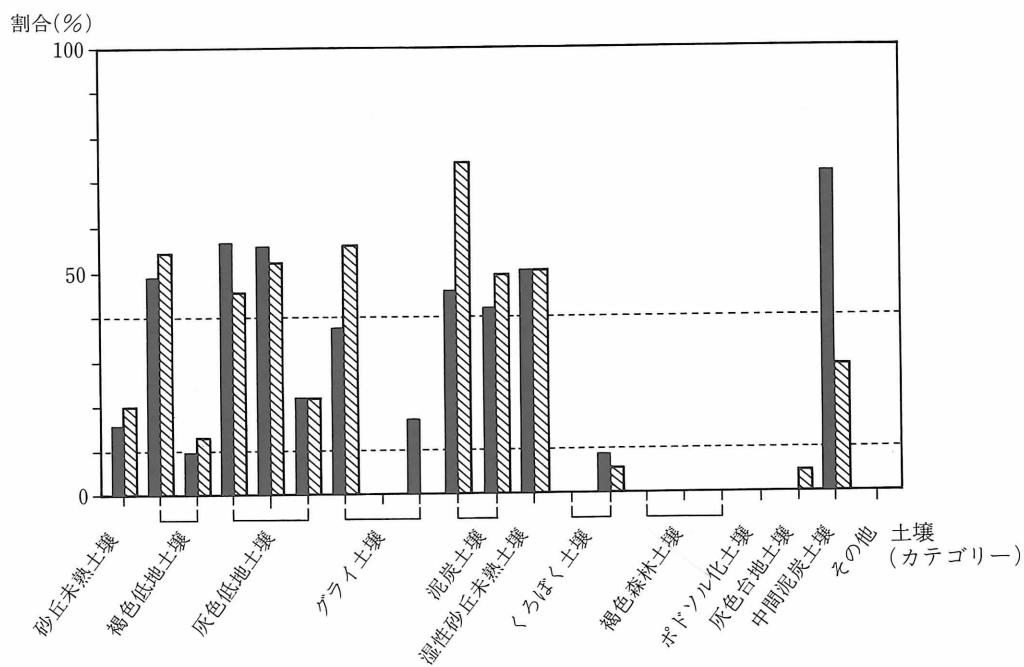


図7 土壤分類と氾濫実績の関係（氾濫は図3に対応する）

また、ここでは、拡大要因においても、同様にメッシュデータと、氾濫実績データの関係を見つけることができる。さらに、地域の治水安全度（治水進捗度）の情報を付加し、それぞれの要因情報に、一定の危険度評価基準を設定し、それらの重ね合せ、あるいは推論システム（論理的システム）を作成すると、水害の総合的な評価が可能となる<sup>4)5)</sup>。

図8は、前述した要因情報に対して、それぞれに一定の危険度評価値を与え、それらの評価値の重ね合わせシミュレーションを行った結果である。図1と、比較するとこのような簡単な方法でも、要因情報の累加の方法によって、氾濫の予測、再現が可能となることがわかる<sup>6)</sup>。

さらに、次に、以上のようなデータ情報によって、論理的システムを構築し、エキスパー-

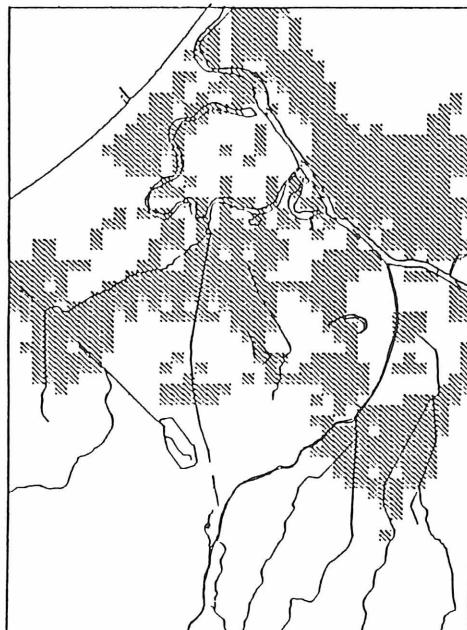


図8 要因の重ね合わせによるシミュレーション結果

トシステムとして利用する方法について考えていくものとする。

#### 4. エキスパートシステムによる地域水害危険度診断法

前述したように、メッシュデータによる、水害要因情報の重ね合わせが、地域水害規模の再現性に、有用であることが明らかとなった。これは、水害要因情報が、比較的整備された場合の分析としては、有効である。さらに、水文情報、氾濫解析等の情報を加えることによって、さらに的確なシミュレーションを行うことができる。しかしながら、水文的な情報が少なく、さらに小規模河川流域などのような狭い地域での解析の場合、上記のような重ね合わせでの直接的方法より、それらの情報に基づいた、推論システムによる危険度診断法が有効であると考えられる<sup>7)</sup>。

ここでは、そのような経験則を重視した、災害情報利用方法について考えていくこととする。

##### (1) エキスパートシステムによる診断法

エキスパートシステムは、ここ数年の人工知能（Artificial Intelligence）の研究から生み出された情報科学の一分野である。このシステムは、ある問題領域でのエキスパートの知識を用いて推論を行い、複雑な問題を解決するコンピュータシステムであるともいえる。したがって次のような条件を持っている必要がある<sup>8)</sup>。

- ①問題領域の専門知識を数多くもっていること。
- ②エキスパートあるいは、実際の現象から獲得された知識であること。
- ③十分に複雑な問題に対応することができ、しかも、やわらかいシステムでの対応ができること、（ここでのやわらかいシステムとは、記述的、主観的情報を取り込み、概念モデルとして組み立てられる推論システムである。）
- ④システムの能力が、エキスパートと同等であり、同意の得られる案の実行が可能であることなどである。

そして、一般的に、図9に示されるようなソフト構造をコンピュータ内に持っている。すなわち、①専門知識を表現でき、かつ管理する機能をもっていること——知識ベース。

②知識ベース内の知識を利用して推論を実行する機能を持っていること——推論エンジン。

③ユーザとの応答を行うための機能を持っている。——インタフェース。

その他に、エキスパートから専門知識を獲得し、知識ベースを構築し、必要に応じて改訂する作業を支援する機能——知識獲得支援機構や、結論に対する補完的な説明機構なども必要である。

そして、エキスパートシステムにとって、これらの知識ベースシステムでの、それぞれの

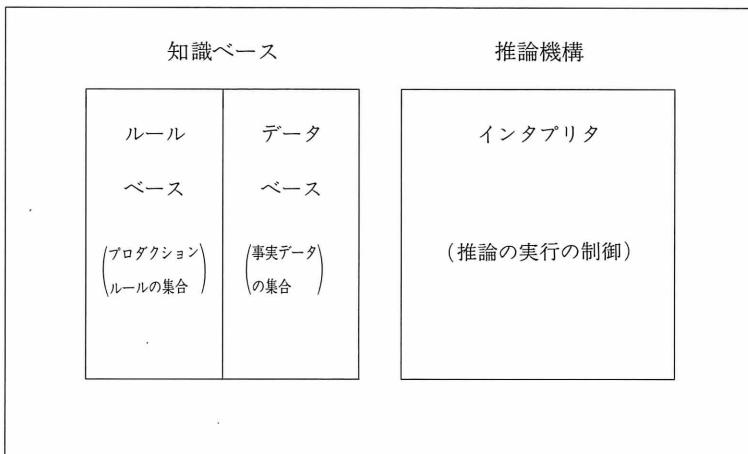


図9 エキスパートシステムの内部構造

機能は完全に独立していることであり、しかも、必要な部分の推論がわかりやすい表現でできることである。前述した ill-defined な問題の解決とは、表現が不完全であったり、事実として、完全に認識されなくても、その意味をつかんだり、理解できる場合をいう。したがって、たとえば、水害の場合、「時間雨量 50 mm の雨が降り、総雨量で 300 mm 程度になるだろう」という情報に基づいて、経験、常識等を使って、システムの中での欠落した情報を補い、危険度の予測を行えるということになる。したがって、ここでは知識の表現の形式、必要な知識の選択、利用の方法、くり返しによる学習の利用などの方法を考えなければならない。

## (2) エキスパートシステム構築の方法

エキスパートシステムを構築するための最も重要で基本的なことは、知識を一定の形式で表現することである。これには、代表的なものとして、プロダクションルールを用いるもの、迷語論理によるもの、フレームおよび意味ネットワークを用いるものなどがある。

ここでは、紙面の都合から、最も用いられている方法であるプロダクションルールと、それに基づく知識ベース推論エンジンからなるプロダクションシステムについて簡略に述べ、そのシステムを利用した地域水害危険度診断法を紹介することとする。

推論の方式として、原因から結果を導き出す前向き推論と、結果から原因を探る後向き推論がある。これらの推論は、システムの要因の結合関係より、全体的な結果(あるいは目標状態)に到達するため、副目標に分割され、それぞれの副目標から次の副目標という形で状態を変換することで、はじめて成立する。したがって、数理計画的な方法としての動的計画法(Dynamic Programming)と同じアナロジーを持つと考えられる。

前向き推論は、外部からのデータによって駆動するのでデータ駆動型推論ともいい、後向き

推論は、目標から出発するので目標駆動型ともいわれる。

プロダクションシステムの基本は、データ駆動型である。プロダクションシステムは、IF-THEN型ルールの集合を管理するルールベース、事実や対象を管理するデータベース、および推論を制御するインタプリタから構成される。推論の制御の方法、次のような形になる。まず、図10のような、システムがあるとすれば、次のように実行される。

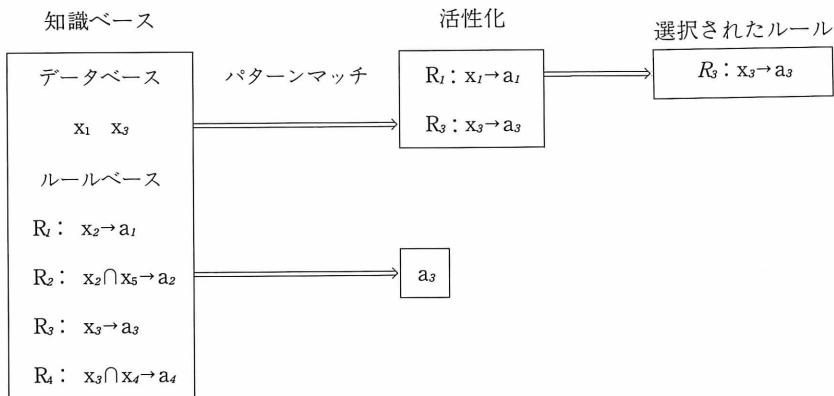
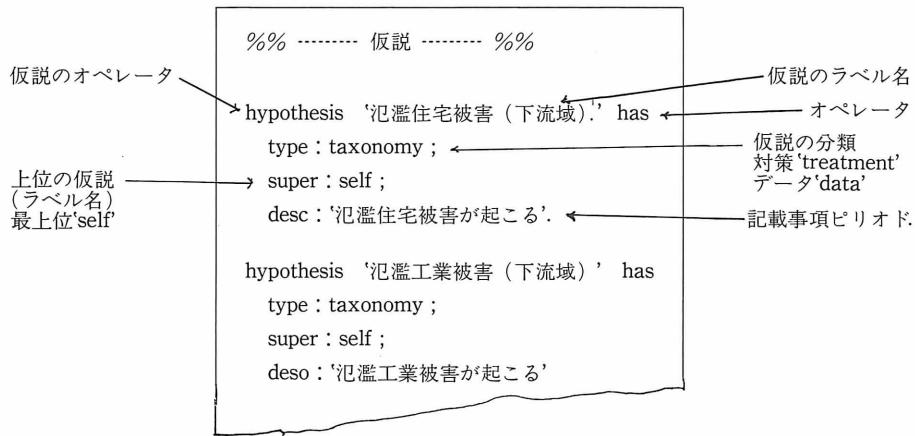


図10 プロダクションシステムの活性化

データベースの初期の状態として、 $x_1$  と  $x_3$  が与えられると、ルールベースにより、 $R_1$  と  $R_3$  のルールが活性化（パターンマッチ）され、競合ルールの集合が選び出される。次に競合しているルールについては、その解消の処理が実行され、ルール  $R_3$  が選択される。その結果、 $a_3$  目標となり、データベースの内容が更新され、新しい状態へ移行していく。このくり返しによってデータベースが更新され、活性化がくり返され、条件がなくなった時に、問題解決が行われる。この場合の競合ルールの優先順位は、それぞれのエキスパートシステムのツール（方法）によって異なるが、本研究で導入された SHELL-KABA ツールでは、活性化されたルールすべてが実行される。

### (3) SHELL-KABA での各表現形式

(a) 仮説（仮説の分類、対策、データ）の表現→ここでの仮説とは、上述したデータベースの中に含まれるもので、データ、および、各要因の結合関係を示す仮説、および対策を表わすものである。仮説の分類の例を以下に示す。プログラム言語は、Prolog-KABA である。



### (b) ルールの表現方法

ルールは、プロダクションルールを、一般的に次のような形で表現する。

IF 条件 THEN 結論／行為 (CF 値)

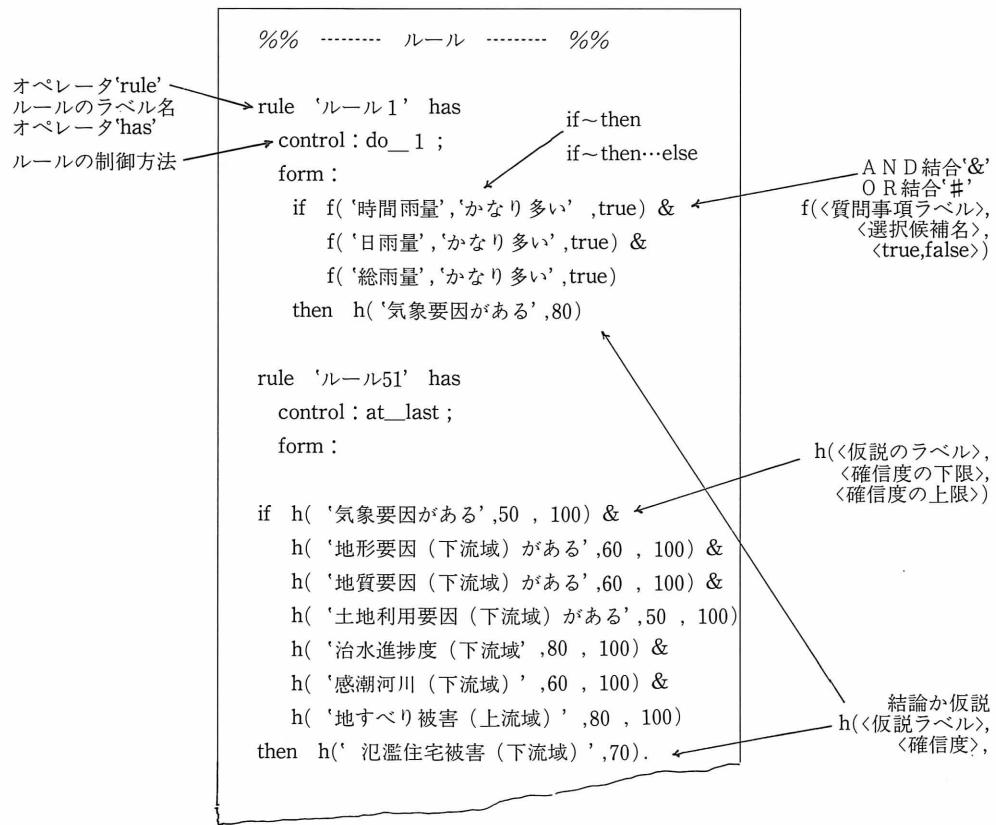
この場合、各ルールの条件は、そのルールの結論をどの程度の強さで支持しているかの尺度として、CF 値を定める。CF 値とは、確信度 (certainty factor) と呼ばれるもので、ルールのあいまいさの評価尺度である。

これは、各ルールごとに、それぞれのルールの強さを -1 から 1 までの間で評価するものである。すなわち、ルールが完全に真であれば 1、完全に偽であれば -1 を与える。本研究では、前述の全体に対する氾濫実績の割合を実際のデータ、および、専門家への調査を通じて評価するものとする。

さらに、ルールの結合の際の CF 値を次のように定義している。

$$CF_{\text{comb}}(X, Y) = \begin{cases} X+Y(1-X)(X>0, Y>0) \\ (X+Y)/(1-\min(X,Y))(X<0 \text{ or } Y<0) \\ -CF_{\text{comb}}(-X, -Y)(X<0, Y<0) \end{cases} \quad (1)$$

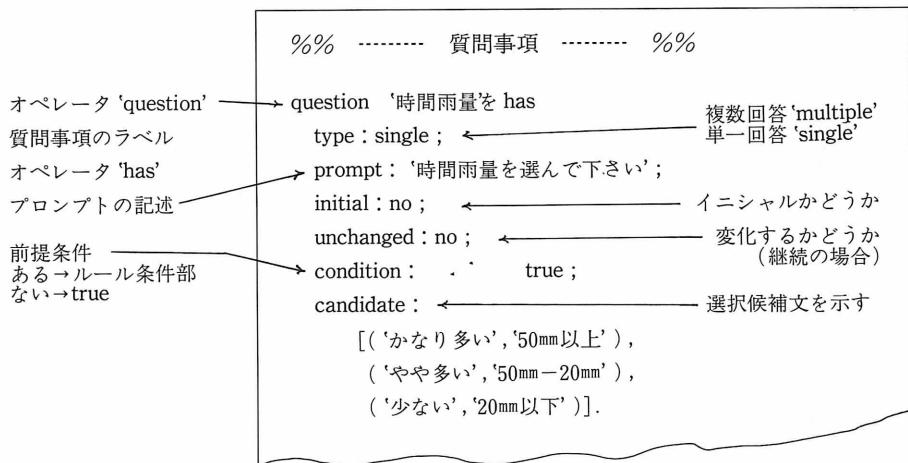
SHELL-KABA で定義するルールは、Prolog-KABA 言語によって次のように書かれる。



### (c) ユーザインターフェイスの表現

データ駆動型の場合、条件を設定して、データとして与える作業を、SHELL-KABA では質問事項という形で与える。

下の例は、その質問事項の例である。プログラム言語は、同様 Prolog-KABA で作成している。



#### (d) エキスパートシステム構築ツールの位置付け

エキスパートシステムに代表される AI システムをコンピュータ導入のための代表的な言語として、LISP と PROLOG がある。これらの言語は、いずれも記号処理、推論向きのものである。またエキスパートシステム開発支援ツールは、シェルとも呼ばれているが、知識表現の部分を、シンタックス（統一形）に従って、（前述）記述するものである。また知識ベースを定義するための対話型エディタ、デバッグ、テストを定義するための対話型エディタ、デバッグ、

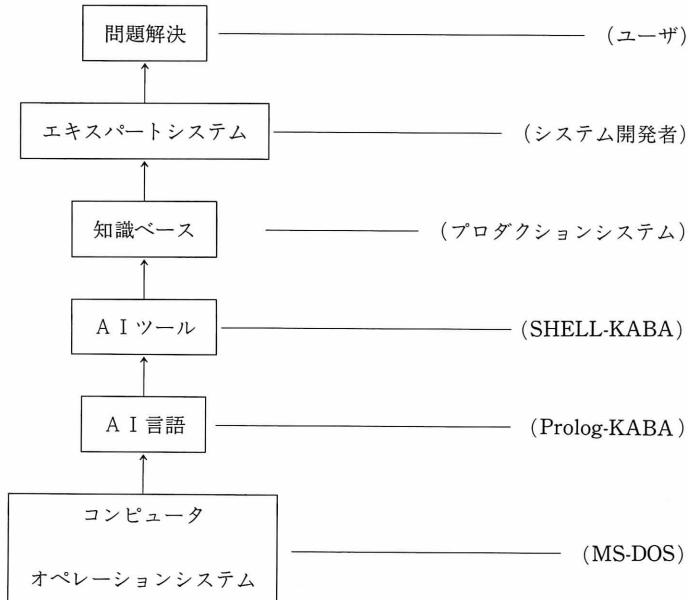


図11 AI言語の位置づけと導入されたシステム

テストなどの機構、推論のみちすじを説明したり、様々な補助的な機構を持ち合わせている。AI言語とツールとの関係は図11のような位置づけとなる。

### (3) 水害危険度診断システムの構築システムの構築とケーススタディ

前述した方法と手順にしたがって水害危険度診断システムの構築を試みる。対象地域としては、登別市を選定し、市の中心地区幌別地区（地区A）と、農業を主体とする札内地区（地区B）の2地区を含む地域の危険度診断システムを考えた。この地域においては、丘陵地、山岳斜面地域における斜面崩壊、地すべりなどの被害と、低平地を中心とする浸水被害が、再々発生しており、複合的な水害発生の構造を考える必要がある。

#### a) 原因と被害の構造と要因の選択

前述した水害要因情報の構造をベースとして、特に対象地域において必要な水害要因情報について抽出、整理することとした。その手順については要約すると、図12に示すようになり、過去における降雨実績、氾濫実績、および被害実績について収集し、さらに、各水害要因情報についても、3に示した方法に基づき収集し、また、相互ルールについて専門家への調査と、実績に基づき、確信度を決定する方法をとった<sup>9)10)</sup>。

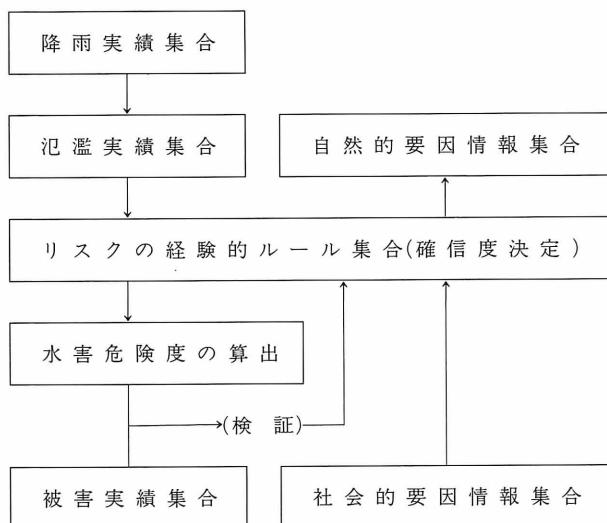


図12 水害危険度診断システム構築の作業フローチャート

その結果、水害要因情報の構造は、表1のような要因となり、これらの要因と、被害要因とで、推論システムが形成される。図13は、それらの要因の組合せを、プロダクションルールで、ネットワークされた基本システムを表したものである。

なお、ここでのデータソースとしては、過去の災害記録16ケースと、専門家50名への調査、

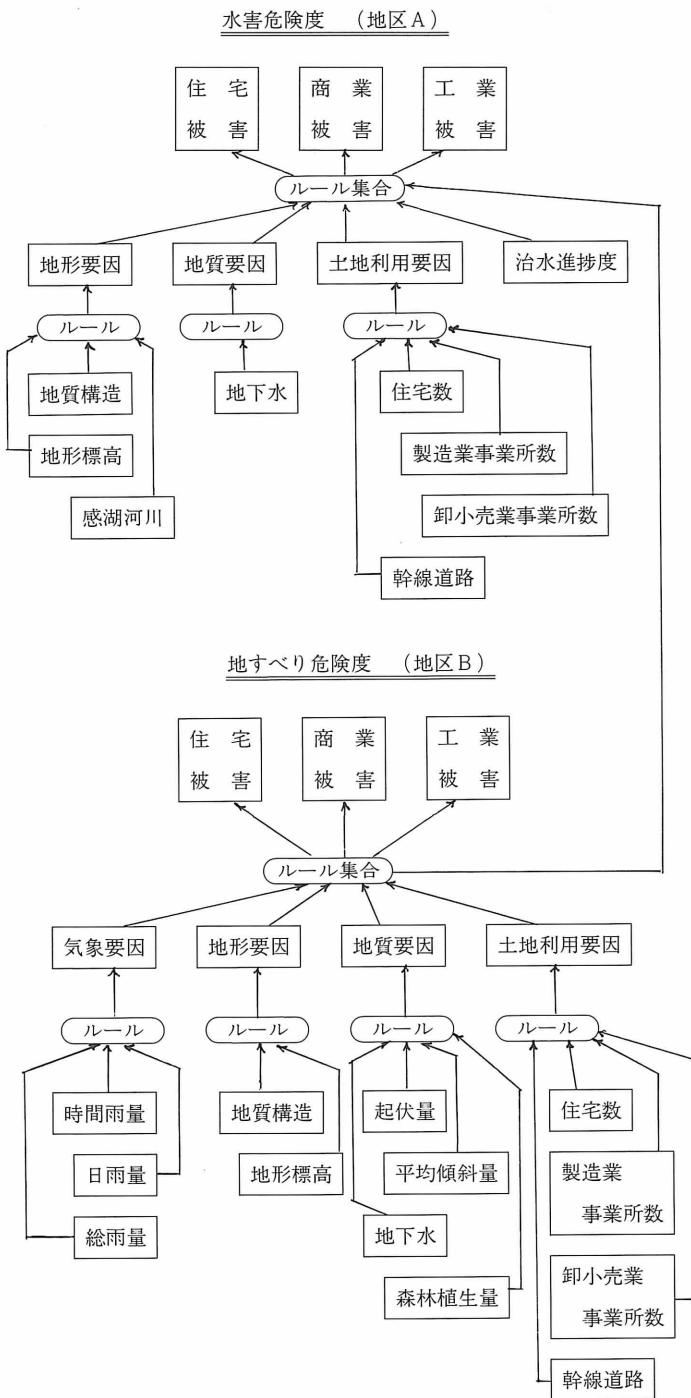


図13 水害危険度診断のためのプロダクションシステム

表1 原因・被害要因の抽出とその変数名

	要因	変数名	要因	変数名
素因的 要因	総雨量	A 11	住宅被害	B 1
	時間最大雨量	A 12	工業被害	B 2
誘因的 要因	地質構造	A 13	商業被害	B 3
	平均傾斜度	A 14		
	森林植生状態	A 15		
	感潮河川の影響	A 16		
	地形標高	A 17		
	治水進捗度	A 18		
	治山進捗度	A 19		
	被覆度	A 20		
被害 発生 要因	地すべり	A D 1	注) 対象となる被害は、現実として、農業、道路、河道などの被害も計測すべきであるが、ここでは上記の3種に限定した。	
	土石流	A D 2		
	浸水	A D 3		
	破堤、溢水	A D 4		
	内水	A D 5		

国土数値情報データ、国勢調査データ、市町村統計データ等である。またここでは、上流地区の影響が下流地区に与えられるものとして、連続的なシステムを考えている。また、これらのプロダクションシステムは、75個のプロダクションルールを持つ構造である。

この診断システムによっていくつかのシミュレーションを実施してみる。

ここで提案されたシナリオは、次の4つのケースである。

ケース1…1981年8月に発生した異常降雨に伴う水害を再現したシナリオ

ケース2…地区Aに200~300mmの総降水量、地区Bにも、同様に200~300mmの総降水量、また時間最大降水量25mm、日最大降水量を200mmと設定した場合

ケース3…地区Aに100mm程度の総降水量があり、その時の時間最大降水量は10mm、日最大降水量は80mmであると設定した場合

ケース4…気象要因がケース3の場合で地区Aに土地利用要因に高度化がおこった場合

得られた、診断結果の例についてケース2の住宅被害の場合を表わしたもののが表2である。

また、4つのケースについてのシミュレーション結果を表3に示す。

表2 診断結果

日 時 :	
ファイル名 :	
診断回数 :	
ユーザー名 :	
コメント :	ケース2ノケッカデス 初期データ
1. 地質構造（上流域）のタイプを選んで下さい	+シルト質系地質
2. 地質構造（下流域）のタイプを選んで下さい	+シルト質系地質
3. 地形標高（上流域）のタイプを選んで下さい	-300 m以上 +300 m-100 m -100 以下
4. 地形標高（上流域）のタイプを選んで下さい	-0 m以下 +0 -10 m -10 m-20 m -20 m以上
5. 起伏量（上流域）はどの程度ですか	-400 m以上 -400-150 m -150 以下
6. 平均傾斜置（上流域）はどの程度ですか	-30 度以上 +30 度-15 度 -15 度以下
7. 地下水位（上流域）はどうですか	-湧水がある +湧水がない
8. 地下水（下流域）はどの程度ですか	+湧水がある -湧水がない
9. 森林植生量（上流域）はどの程度ですか	-荒れ地/造成地など +畑地/果樹園など -針葉樹/広葉樹等の森林
10. 住宅数（上流域）はどの程度ですか	+50戸/ha以上 -50戸-25戸/ha -25戸-5戸/ha - 5戸/ha以下
11. 住宅数（下流域）はどの程度ですか	+50戸/ha以上 -50戸-25戸/ha -25戸-5戸/ha - 5戸/ha以下

12. 幹線道路（上流域）がありますか  
-幹線道路がある  
+幹線道路がない
13. 幹線道路（下流域）がありますか +幹線道路がある  
-幹線道路がない
14. 感潮河川（下流域）がありますか  
+感潮河川がある  
-感潮河川がない
15. 治山進捗度（上流域）はどの程度ですか  
-整備目標の 80%以上  
+整備目標の 80%-50%  
-整備目標の 50%-20%  
-整備目標の 20%以下
16. 治水進捗度（下流域）はどの程度ですか  
-整備目標の 80%以上  
+整備目標の 80%-50%  
-整備目標の 50%-20%  
-整備目標の 20%以下
- 観察データ
17. 時間雨量を選んで下さい  
-50 mm以上  
+50 mm-20 mm  
-20 mm以下
18. 日雨量を選んで下さい  
-300 mm以上  
+300 mm-100 mm  
-100 mm以下
19. 総雨量を選んで下さい  
-400 mm以上  
+400 mm-200 mm  
-200 mm以下
- 仮説
- 氾濫被害（下流域）[93%]
  - 土地利用要因（下流域）がある [60%]
  - 地すべり被害（上流域）[60%]
  - 土地利用要因（上流域）がある [50%]
  - 気象要因がある [30%]
  - 地形要因（上流域）がある [20%]
  - 地質要因（下流域）がある [10%]
  - 地質要因（上流域）がある [10%]
  - 地形要因（下流域）がある [10%]
  - 感潮河川（下流域）[10%]
  - 治水進捗度（下流域）[10%]
  - 治山進捗度（上流域）[-10%]

表3 シミュレーション結果

		ケース1 C F 値	ケース2 C F 値	ケース3 C F 値	ケース4 C F 値
地区A	B 1	96	93	72	81
	B 2	83	68	55	72
	B 3	89	78	68	85
地区B	B 1	64	60	28	68
	B 2	28	—	—	28
	B 3	49	28	28	60
影響を与える原因(強さの順)		土地利用(上下) 気象 治水 治山 地質(上下)	土地利用(上下) 気象 地形上 地質(上下) 感潮	土地利用(下) 地形(下) 土地利用(上) 地質(上下) 地形(上)	土地利用(上下) 地形(下) 地質(上下) 地形(上) 感潮

これをみると、次のような点がわかる。

①ケース1は、このシステムの検証としても位置づけられるが、地区Aでは、CF値が80以上と、どの被害についても大きく、相当の被害が想定される。それに対して、地区Bにおいては、住宅被害は、64と高いことがわかるが、その他の被害については、50以下で、被害があっても軽微であることが予想される。その原因としては、土地利用要因、気象要因、治水、治山要因などが寄与する度合が高い。このケースの場合、まず土地利用（上下流）が、被害を起こしやすい形になっていること、雨量が記録的に多かったこと、また、治山、治水進捗度が高くないことなどが考えられ、実際の氾濫実績を反映していることがわかる。

②ケース2の場合は、ケース1の場合に比べ危険度評価のCF値は、やや低くなっているが、それでも、住宅被害を中心に危険度が高いといえる。その原因としては、治水、治山については、その後の整備が進んでいるため相対的に低くなっているが、土地利用の高度化の影響、地形、地質要因、あるいは感潮河川の影響が考えられる。

③ケース3の場合は、気象要因は、条件のように低いが、土地利用要因によって、危険度が、前2ケースに比べ低いが、なお被害が起きる可能性を残している。そして、ケース4にみられるように、土地利用高度化を進めた場合、危険度が増えることが予想される。原因としては、地形、地質上問題のあるところに局所的な被害が予想される。

以上のように、危険度診断システムは、様々な要因による総合的な地域水害危険度診断を行うことが特徴である。そして、得られた結果では、土地利用要因のウエイトが高く現われてい

る。このことについては、やや高すぎるくらいがあるが、この地域では、土地利用管理と、治水治山対策のバランスのとれた計画が望まれることを強く示唆しているといえる。

## 6. まとめと課題

以上、災害情報の中で特に水害情報の目的志向の情報収集、整理の方法、および、得られた構造的情報の利用方法について、基本的な考え方と、その具体例について示した。

これらについてまとめると次のようになる。

①われわれは、地域の情報として量的にも質的にも様々なデータを持ち合わせているが、活用されないデータも多い。今後、さらにデータ量が増えることが予想されるが、目的志向的に情報の構造を作成し、それらによって多少、質の悪いデータをも取りこんで、情報を利用する考え方が必要である。

②そのようなデータを取りこみ、災害危険度を評価する方法として、1つは、オーバーレイによる方法、他の1つは、エキスパートシステムがあり、それぞれ方法の利用のしかたによって、かなり有向な利用方法ができる。

③特に、これらの方には、従来の固定したシステムとしてではなく、ヒューリスティックな推論システムの適用が可能であり、より弾力的に危険度診断ができる。

一方、問題点としては、情報については、そもそも、不確実な部分が多く、またその関連性についても、あいまい性が多い<sup>11)</sup>。また、実際に、危険度評価ができるとしても、それを意思決定、政策決定にどう結びつけるかなどの問題がある。

今後、推論システムを、より人間の考え方へ近づけたといわれる。ファジーエキスパートシステムの適用を考えた、地域危険度評価について同様の検討を行ないたいと考えている。なお、演算には、NEC-PC9801VX、言語は、PROLOG-KABAを用い、エキスパートツールは、SHELL-KABAを用いた。

## 参考文献

- 1) M. E. Hawley and R. H. McCuen; Elements of a Comprehensive Stormwater Management Program, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, VOL. 113. No. 6, November, 1987, (pp793-809)
- 2) E. C. Penning-Rowsell, J. B. Chatterton, et al. ; Comprehensive Aspects of Computerized Flood plain Data Management, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, VOL. 113, NO. 6, November, 1987 (pp. 725-744)
- 3) 国土庁計画、調整局、建設省国土地理院編；国土数値情報、昭和 62 年
- 4) S. Kagaya; Multiobjective Analysis for Determining Optimal Scale of Residential Development in Flood-Prone Urban Areas, VOI. 3, December 1987, pp95-110.
- 5) S. Kagaya; Operational Control Modeling for Land use Development of Flood Estimated Areas in Small Scale Basins, Environmental Science, Hokkaido, VOI7, No. 2. December 1984(pp161-177)
- 6) 平野直樹、加賀屋誠一、山村悦夫；メッシュデータを用いた都市化地域の水害危険度評価法、土木学会北海道支部論文報告集、第 45 号、1989、pp 421-426
- 7) 中山義光、加賀屋誠一、山村悦夫；FUZZY 推論による地域防災診断に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、第 43 号、1987、pp 423-428.
- 8) 上野晴樹；エキスパートシステム—知識工学とその応用—、オーム社、1986.
- 9) 加賀屋誠一；地域環境診断におけるエキスパートシステムの適用と課題、土木学会北海道支部論文報告集、第 44 号、1988、pp 493-498
- 10) F. Hayes-Roth, et al. ; Building Expert Systems, Addison-Wesley, 1983, pp61-189.
- 11) C. V. Nagoita; Expert System and Fuzzy Systems 1983, pp15-116.