

水田除草剤検索システムの開発

愛知県農業総合試験場 野々山利博
(現: 愛知県立農業大学校)

はじめに

愛知県の水稲作付面積は平成2年度約4万haです。発生する雑草は依然としてノビエが最も多く、作付面積の約40%にもほり、次いでウリカワ、ホタルイ、ミズガヤツリの順になっています。また、現在の防除体系においてもノビエ、クログワイなどの草種は、なおいっそう効果の高い防除対策が必要と考えられています(昭和63年度普及所調査)。

一方、近年の水田除草剤の開発はめざましく、次々に新しい除草剤が市販されている状況であり、現場ではこれら多数の水田除草剤の中から使用条件に合った薬剤を選定し、適切に使用することが困難になってきています。

そこで、愛知県の平たん部を対象として水田除草剤の適正な使用を図るために、パソコン(PC-9800シリーズ)を利用して現場での使用条件に適した除草剤を選定するエキスパートシステムを開発しました。

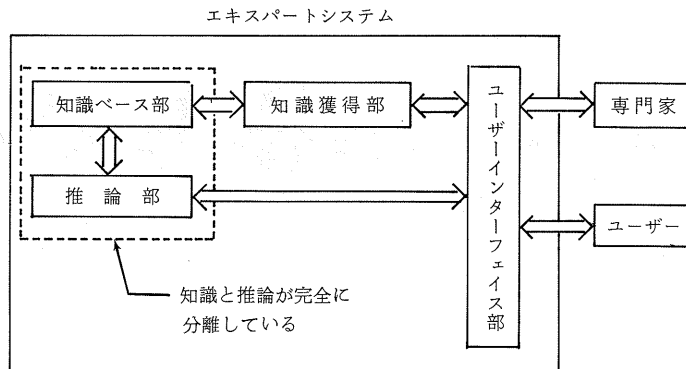
本システムの作成に利用したのは日本語エキスパートシェル「創玄」と呼ばれるエキスパートシステム構築用ツールであり、特にプログラミングの知識がなくても容易にシステムの作成ができるものです。また、ユーザ

ーとしては普及所や農協の指導員及び一般農家を対象としており、特に水田除草剤の知識を必要とせずに除草剤の選定ができるように設定しました。

まだ、エキスパートシステムと名付けるほど完成されたものではなく、改良する点も多く、「植調」の読者からすれば稚拙なものではありますが、一応システムとしての体裁が整ったのでその概要を紹介させていただきます。

エキスパートシステムについて

まず、エキスパートシステムと呼ばれるものは、「ある特定な分野において、専門家(エキスパート)のもつ専門知識をルールとしてコンピュータの中に入れておき、一般の人がコンピュータと対話しながら、専門家の持っている専門知識を使って専門家に匹敵した問題解決をす



第1図 エキスパートシステムの構造(マニュアルから抜粋)

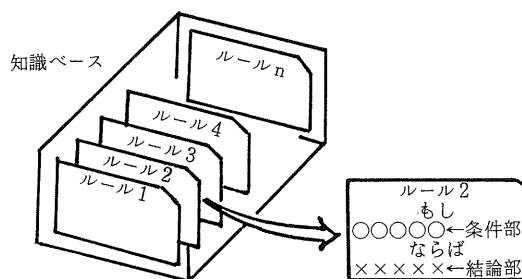
る」ためのプログラムです。これには人工知能が利用され、医療診断、生産・工場管理、事務処理などの分野で実用化されています。

実際のエキスパートシステムの構造を第1図に示しました。エキスパートシステムには専門家の知識・ノウハウを取り込む知識獲得部、そのノウハウをルールとして貯えておく知識ベース部、その知識を組み合わせる推論部、ユーザーと専門家との対話がスムーズに行えるようにするユーザーインターフェイス部の4つの構成要素から成り立っています。エキスパートシステムは知識ベース部と推論部が明確に分離されており、知識ベース部のルールを変更、追加するだけで簡単に機能変更、機能アップが可能で、この部分の構造を変えるだけで、いろいろな分野のエキスパートシステムが作成できます。

日本語エキスパートシェル「創玄」について

今回構築した水田除草剤検索システムに利用した「創玄」はエキスパートシェルと呼ばれるエキスパートシステム構築用ツールで、エキスパートシステムのうち知識ベース部を除く知識獲得部、推論部、ユーザーインターフェイス部を提供するソフトウェアです。したがって、人工知能言語やプログラミングの知識がなくても、その分野の専門知識やノウハウを有し、知識ベース部を作成すれば、エキスパートシステムの構築が可能です。

さて知識ベース部の作成には第2図に示すようなプロダクションルールを採用しており、これは専門知識を「もし～ならば～である」という形で表現したものです。この形をルールと呼び、条件部（もし～ならば）と結論部（～である）の2つの部分に分かれています。



第2図 プロダクションルールについて
(マニュアルから抜粋)

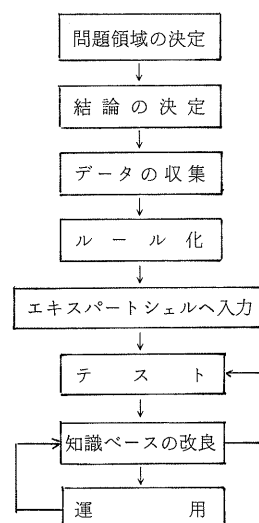
次に推論部ですが、「後ろ向き推論」と呼ばれる方式を採用しています。この方式は与えられた事実や推論の過程で得られる事実をルールに次々と適用し結論に至る「前向き推論」と異なり、まず結論を仮定し、それを満足させる事実を調べていく方式で、結論から追いかけて1つでも成立しないルールがあるとそこでその結論に対する推論が終了し、次の結論の推論を始めます。

また、エキスパートシステムでは曖昧さの表現として「確信度」という概念を使っています。この確信度は+1.0から-1.0までの値をとり、-1.0は100%の「偽」、+1.0は100%の「真」を表しています。水田除草剤検索システムにおける確信度は、使用条件に対する適合度と考えて頂ければよいと思います。

水田除草剤検索システムについて

水田除草剤検索システムは第3図に示すような手順で構築を進めました。

まず、問題領域と



第3図 エキスパートシステム構築の手順
(マニュアルから抜粋)

しては作成当初は水田除草剤のうち最初に使用する初期剤、開発が盛んな初期一発処理剤及び初中期一発処理剤の範囲にとどめました。これらの薬剤は数も多く、スルフォニルウレア混合剤の登場により薬剤間の特性が解りにくいという現場の声もあり、これらの薬剤の範囲を設定しました。しかし、システムが一応完成した後、現場の普及員等の助言により中・後期剤に加え、畦畔や休耕田などを除く移植水稻用除草剤全般を範囲としています。

次に結論の決定です。問題領域として移植水稻用除草剤全般を対象としましたが、薬剤数が多くなりすぎるため、結論として選定した除草剤は愛知県病害虫防除基準1989年版に搭載されている薬剤を基準にしました。また、その後多数の薬剤が登録されており、これらの扱いには苦慮しましたが、本年が防除基準の改訂年次に当たるため、その原稿を基に薬剤を掲載しました。但し、中・後期剤についてはシステムが一応完成した後項目を追加し、改良に時間がかかったため掲載されている薬剤数は防除基準より少なくなっていますが、今後追加する予定です。また、キンクロラック混合剤についてもシステムの完成後に販売が中止されたため、現在のシステムではこれらの薬剤は削除されていません。これらについても削除する予定です。

データの収集については、過去の水稲作除草剤適Ⅱ試験を中心とする試験成績や農薬要覧、除草剤カタログなどを利用しました。特に、雑草の葉齢については気象データをユーザーが入力し有効積算温度から推定するような数学的なものでなく、経験的なものから推測できるように、過去の適Ⅱ試験における移植期、代かき後日数と雑草の葉齢のデータの蓄積が本システムの中心的なデータとなります。また、除草効果

についても、例えばこの草種についてはA剤よりB剤の方が効果が高いとか、C剤はこの草種に登録はあるがあまり効果が期待できないといった試験担当者の経験的なデータもありますが、客観性に欠ける点もあるので本システムには採用しないことにしました。なお、有効成分の殺草スペクトラムによる除草効果の差異についても考慮せず、登録内容を重視しました。

したがってルール化についても、結論として決定した除草剤の登録内容を基にルールを作成しています。また、エキスパートシェルに入力する際に確信度も入力しますが、基本的には適用草種が多く、処理適期幅が広い初中期一発処理剤で高く、初期剤で低くなるように設定してあります。

このような手順で構築した水田除草剤検索システムをテストしながら知識ベースの改良を繰り返しているのが現状です。特に確信度については専門家のイメージに合ったものにするまでには何度もテストを繰り返し、改良する必要があります。

さて、水田除草剤検索システムの概要や機能について説明します。

本システムを実行するためには第1表に示すようなハードウェアが必要です。また、ソフトウェアとして日本語エキスパートシェル「創玄」のランタイムプログラム（エキスパートシステムの実行用プログラム）が必要です。

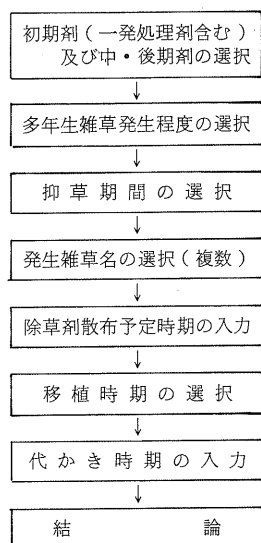
システムの概要については第4図のフローチ

第1表 本システムの実行に必要なハードウェア

項 目	内 容
適 用 機 種	PC-9800シリーズ
内部メモリー	384KB以上
ディスクドライブ	FDD1基以上
C R T	カラーディスプレイ
プ リ ン タ	漢字プリンタ

チャートのとおりですが、前述したように推論の方式に「後ろ向き推論」を採用し、結論に不要な質問はしないため、必ずしもフローチャートのような順番にはなりませんし、中・後期剤の場合は質問がやや異なります。

本システムの具体的な入力項目を第2表に示しました。こ



第4図 システムの概要

第2表 本システムの入力項目

事象変数

- 1 除草剤散布は〔選択肢〕である。
 - 1) 1回目
 - 2) 2～3回目
- 2 多年生雑草が〔選択肢〕
 - 1) 問題になる。
 - 2) あまり問題にならない。
- 3 雑草防除で問題となる雑草は〔選択肢〕です。
 - 1) ノビエ
 - 2) ホタルイ
 - 3) ウリカワ
 - (以下 省略)
- 4 抑草期間は〔選択肢〕です。
 - 1) 移植後30～40日
 - 2) 移植後40日以上
 - (以下 省略)

数値変数

- 1 除草剤散布予定日は移植後何日ですか？
- 2 代かき日は移植前何日ですか？

入力できない事象変数及び数値変数

- 1 使用する除草剤は〔選択肢〕が最適です。
 - 1) ロンスター乳剤
 - 2) デルカット乳剤
 - 3) MO粒剤
 - (以下 省略)
- 2 除草剤散布時のノビエの葉齢は
(以下 省略)

の入力項目は、与えられた選択肢の中から1つ又は複数を選ぶ事象変数と呼ばれるものとユーザーが直接質問に対する答えを数値で入力する数値変数に分けられます。また、最近登場したいわゆる一発処理剤は適用草種幅が広く、効果も高いため、種々の使用場面にも適用できると考えられ、多くの使用場面でこれらの薬剤を選定すれば除草効果の面からは問題はないと考えられます。しかし、水田除草剤の使用合理化の面から雑草の発生草種や発生量が少ない場合等では必ずしもこれらの薬剤を使用しなくても雑草防除が可能な場合もあるので、これらを考慮した入力項目を設定し、旧来の薬剤が選定できるようにしました。具体的には事象変数の2, 4番がそれに当たります。更にユーザーが入力できない、または入力する必要のない事象変数及び数値変数もあります。例えば結論の除草剤名とか雑草の葉齢がそれに当たります。

これらの事象変数や数値変数を組み合わせてルールを作成します。この部分に前述したプロダクションルールが採用されており、条件部と結論部から成り立っており、事象が複数の場合は「かつ」及び「または」の接合子で結びつけられています。また、事象以外にも数式を入れることも可能です。本システムのルールの一部を第5図に示しました。現在本システムは203のルールによって機能しています。しかし、接合子などによる改良によりルールを減らす作業を進めています。

第6, 7図に事象変数及び数値変数の入力画面の例を示しましたが、入力画面には下段にすべて解説画面が付けられて、入力内容及び具体的な入力方法が説明されているため、誰にでも容易に入力ができます。また、過去の試験データの蓄積からシステムの内部で雑草の葉齢を推

定させているため、気温などの観測データをユーザーが入力する必要がなく、代かき、移植時期などの作業予定時期や発生雑草名を入力するだけで、最適な除草剤を選定できます。

第8図に結論画面の表示例を示しました。結

論画面は水田除草剤の適正使用を図るために最初の画面ではまず水田除草剤の使用に関する一般的注意事項のみを表示し、その後次画面で結論である除草剤名とそれぞれの除草剤の使用基準及び使用上の注意を表示します。除草剤名は

ルール番号	1 2 5	ルールの編集	最終ルール番号	2 0 3
もし	1) 1である.	(+1.00<=確信度<=+1.00)		
かつ	2) 使用する除草剤の分類は従来の一発処理剤です.	(+0.20<=確信度<=+1.00)		
かつ	3) 雑草防除で問題となる雑草はノビエです.	(+1.00<=確信度<=+1.00)		
かつ	4) 雑草防除で問題となる雑草はクログワイです.	(-1.00<=確信度<=-1.00)		
かつ	5) 雑草防除で問題となる雑草はセリです.	(-1.00<=確信度<=-1.00)		
かつ	6) 雑草防除で問題となる雑草は藻類です.	(-1.00<=確信度<=-1.00)		
かつ	7) 除草剤散布予定日は移植後何日ですか? >=1	(+0.20<=確信度<=+1.00)		
かつ	8) 除草剤散布時のノビエの葉令は <=1.5	(+0.20<=確信度<=+1.00)		
ならば	9) 使用する除草剤はクサカリン粒剤が最適です.	(確信度=+0.85)		
	10) 解 説			
ファンクションキーを押して編集機能を選択して下さい.				
↑: ルール124 ↓: ルール126				
追 加 挿 入 削 除 移 動 変 更				
RETURN: 追 加 選 択 ヘルプ 終 了				

第5図 本システムのプロダクションルール

ファイル名	JOSO12. EXP	事象データ入力画面	除草剤検索システム
多年生雑草が			
(1) 問題になる.			
(2) あまり問題にならない.			
〔 解 説 〕			
多年生雑草とは			
ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、			
オモダカ、ヘラオモダカ、クログワイなどです.			
これらの雑草が問題となっている場合は (1)を			
そうでない場合は (2)を押してください.			
適切な項目を一つ選択して下さい.			
↑↓: 移動			
番号〔 1 〕			
再実行 値不明			
RETURN: 選 択			
キャンセル ヘルプ 入力終了			

第6図 事象変数の入力画面

ユーザーの入力条件に対する適合度（確信度）の高いものから順に適合したものをすべて表示します。更に、それぞれの除草剤の10 a 当たりの価格も表示するため、ユーザーは経済性を考慮に入れながら除草剤を選定することもできます。この除草剤の価格については、当初入力項目をして設定しましたが、ユーザーが安価で効果の高い薬剤を要望するため、条件に適合する薬剤を選定できない場合が多くなったので、結論画面に表示することにしました。また、ユーザーが複数の結論の中から1つを選定すること

が困難な場合には、編集用プログラムのモードの切り換えにより最も確信度の高いものだけ表示することや設定した確信度以上のものを表示させるように変更することもできます。結論画面については第9図のように印刷して利用することもできます。

お わ り に

以上のように本システムは水田除草剤に対する知識がなくても、作業予定時期などを入力するだけで、パソコンにより専門家並の情報、判

あなたの設定した条件に合う除草剤名及び使用基準を以下に示します。

価格なども考慮して作業に合う除草剤を決定してください。

◎ 除草剤使用上の一般的注意事項

1. 散布時の湛水深は3～5cmで、散布後3～4日はその水深を保ち、掛け流しはしない。
2. 砂質田及び漏水田、軟弱苗を移植した水田、極端な浅植えをした水田では使用を避ける。

なお、印刷したい場合は、f・3キーを

条件を変えて再実行したい場合は、f・10キーを押してください。

(1.01) 使用する除草剤はザークD粒剤17が最適です。(確信度=+0.90)

10 a 当たり価格: 約 2,800 円

使用基準

作物名	適用雑草名	使用時期	10 a 当り使用量
移植水稲	水田一年生雑草及びマツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、ヘラオモダカ、オモダカ、クログワイ、セリ、藻類など	移植後5～15日 但し ノビエ2.5葉期まで	3 kg

使用上の注意

1. 散布後数日間著しい高温が続くときは初期生育が抑制されることがあるので注意する。
2. 散布後に多量の降雨が予想される場合は、除草効果が低下することがあるので使用は避けてください。
3. オモダカ、クログワイの多発田では有効な薬剤との体系で使用すると効果が安定する。

(1.02) 使用する除草剤はフジグラス粒剤17が最適です。(確信度=+0.88)

10 a 当たり価格: 約 2,700 円

使用基準

作物名	適用雑草名	使用時期	10 a 当り使用量
移植水稲	水田一年生雑草及びマツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ミズガヤツリ、オモダカ、クログワイ、セリ、藻類など	移植後5～15日 但し ノビエ2.5葉期まで	3 kg

使用上の注意

1. 散布後に多量の降雨が予想される場合は、除草効果が低下することがあるので使用は避けてください。
2. オモダカ、クログワイの多発田では有効な薬剤との体系で使用すると効果が安定する。

第9図 結論の印刷例

断を得ることができるエキスパートシステムとして開発を進めてきました。しかし、エキスパートシステムとして十分な機能を果たすには問題点や改良点が残されています。まず、薬剤の効果に対する評価の仕方ですが、前述したように現状では登録内容を重視して作成されています。しかし、登録を有していても薬剤間には効果の差があるので、これらを客観的に評価する方法が必要です。また、同じ薬剤でも使用時期の範囲内で除草効果に差異があるのでこの点についても考慮する必要があります。要するに本システムで曖昧さを表現している「確信度」の改良が大きな問題であり、ここに専門家、試験担当者のノウハウが生かされると考えられます。

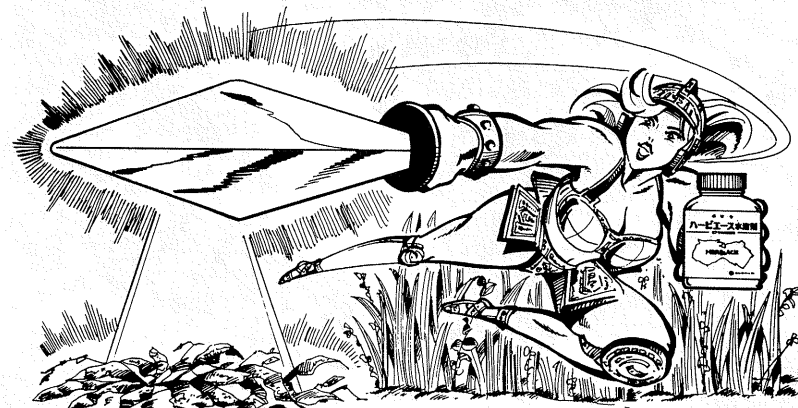
また、本システムは愛知県の平たん部を対象として開発しましたが、本県と気象的に類似す

る温暖地東部地域では概ねそのまま利用が可能と考えられますし、移植時期、代かき後日数と雑草の葉齢のデータがあれば、その部分を改良すればどの地域にも適用することができます。但し、普及上の大きな問題としてシステムの実行には日本語エキスパートシェル「創玄」ランタイムプログラムが必要です。知識ベース部については本県で開発したため問題はないのですが、その他の部分についてはソフトハウスとの著作権の問題があり現場への普及が困難なのが現状です。

引用文献

- 1) 日本語エキスパートシェル「創玄」操作マニュアル (1988).







500g
250g

**自然には、
自然から生まれたバイオ除草剤**

りんご、なし園の下草防除によるハタニ類の防除に適用拡大!

明治ハービエース水溶剤

果樹園、野菜畑、桑園、水田、非農耕地に!

●確かな効きめです。
●効き目が速く、長続きます。
●土壌を汚染しません。
●果樹等の根元まで除草できます。
●より高い安全性を追求しました。
●新製剤——顆粒状水溶剤です。

明治製薬株式会社