

ゴルフ場の芝管理における病虫害診断エキスパートシステムの応用

東海大学開発工学部 **星**

たけ **岳**

ひこ **彦**

住友化学工業(株)アグロ事業部 **貫**

かず **和**

ゆき **之**

三和コンピュータ(株)システム開発事業部 **太**

た **田**

のり **則**

お **夫**

はじめに

1983年にアメリカで報告され、脚光を浴びた農業用エキスパートシステムは、ダイズの病害診断を行うものであった(MICHALSKI et al., 1983)。日本においても、1980年代の第二次人工知能ブームに30程度の農業用エキスパートシステムが開発・試作された(星ら, 1991)。開発された農業用エキスパートシステムは、病虫害・成育の診断を目的とするものが多かった。しかし、当時は、コンピュータ及びエキスパートシステムの価格格・性能的な問題があり、生産者への普及に至らず、ほとんどが試作システムに終わってしまった。

一方、最近のパソコンの低価格化・高性能化は著しく、農業生産者の自宅にもパソコンが普通に見られるようになり、Windowsなどの高性能で使いやすい基本ソフトウェアが普及してきた。さらに、データベース、コンピュータネットワークの普及で、地域の気象観測データ、病虫害情報、市況情報など、生産者は情報の洪水にさらされるようになった。そこで、多くの情報を集約し意思決定を支援する戦略的情報システム(SIS)の要望が高まっている。植物病虫害診断を支援する目的においても、気象観測データ、カラー画像データベース、統計的あるいはシステムダイナミックスの手法による病虫害診断結果などを集約し、植物病虫害診断において注意すべき点を生産者にわかりやすく提示するためのSIS的なエキスパートシステムの応用が今後期待できる。さらに、コンピュータグラフィックス(CG)、バーチャルリアリティ(VR)、マルチメディア、グラフィカルユーザーインターフェース(GUI/Graphical User Interface: コンピュータへの入出力が、従来からの文字での入力や表示ではなく、絵を介してコンピュータと対話を行うインターフェース)との融合によって、対話的・説明的・教育的な機能をさらに強化することも可能である。

このような試みの一つとして、パソコンを用いたゴルフ

場の芝管理システム(商品名:芝博士)の一部に、カラー画像データベースとエキスパートシステムを融合した病虫害診断システムを1992年に開発した(HosHI et al., 1992)。本稿では、システムの概要、導入現場での評価、今後の展望について述べることにする。

I 「芝博士」における芝管理病虫害診断エキスパートシステムの概要

ゴルフ場では、グリーンコンサルタント、グリーンキーパーと呼ばれる専門家が、芝を管理している。彼らは、コースの立地条件、気候条件、芝の管理方法などから、様々な病虫害の発生を予想し、防除に役立てている。また、病徴から診断を行う場合も、色、形、テクスチャ、臭気など、様々な情報を組み合わせて判断している。本エキスパートシステムは、専門家から延べ44時間にわたるインタビューを通じて収集したノウハウを、プロダクションシステムとフレームによる知識表現形式でコンピュータに入力して開発した(図-1)。その後、専門家、モニターゴルフ場の評価を受けてノウハウのチューニングを行い、2回の改版を経て現在に至っている。病虫害診断では、画像情報が重要であり、ハードディスクやCD-ROMに画像を入力した病虫害画像データベースが、これまでに幾つも開発されてきた。しかし、文字情報と異なり、画像情報は検索が簡単にできない。

病虫害の診断に使う場合、データベースの利用者が実際に観察した病斑と似ている画像を検索する必要が生じる。結局は、普通の植物図鑑が植物名と類縁関係からしか検索できないのと同様に、病虫害名から検索するか、コンピュータディスプレイに次々と何枚もの画像を対象作物ごとに提示して片端から探すかになってしまう。これでは、印刷された病虫害写真集を使うのと比較してほとんどメリットのない方法である。本システムでは、エキスパートシステムに入力されているノウハウに画像情報を直接リンクさせ、関連する言葉や病徴が話題になると、自動的に画像を表示できるようにした。

ここで、本エキスパートシステムにおける画像情報の扱いについて具体的に説明する。図-2は、本エキスパー

An Application of Expert Systems for Diagnosing Plant Diseases and Pests on Turf Management in Golf Links. By Takehiko HosHI, Kazuyuki NUKI and Norio OHTA

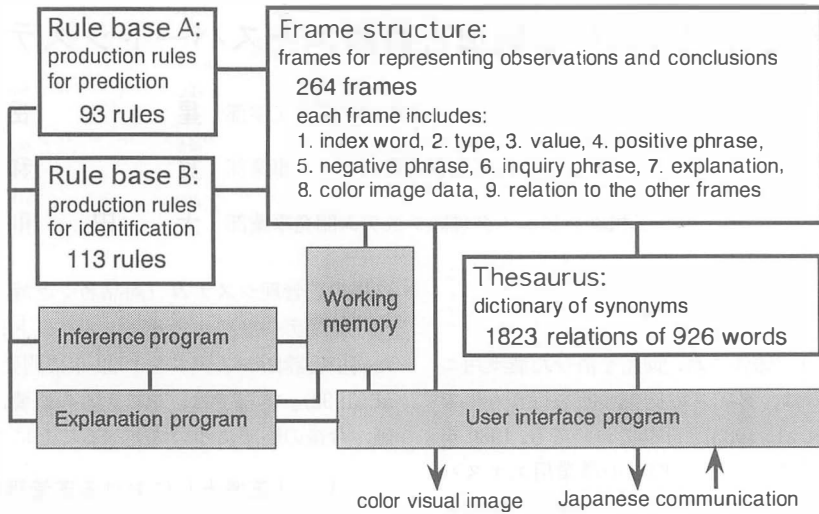


図-1 エキスパートシステムの構成及び入力されている
ノウハウ (Hosui et al., 1992)

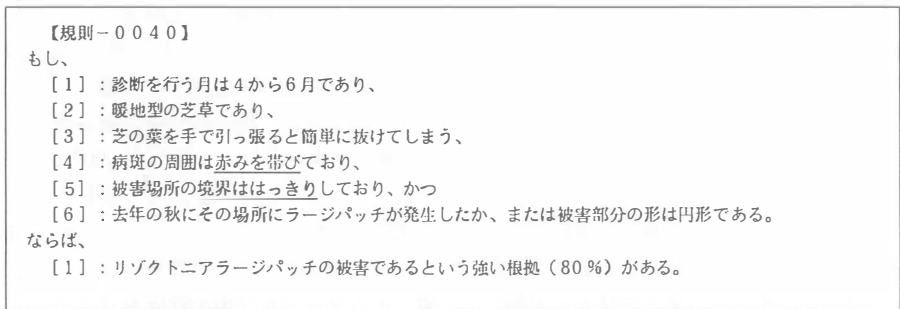


図-2 プロダクションルール

トシステムに入力されているプロダクションルールの一例である。図-2の「もし、」以降が必要に応じてユーザーに質問として提示される。例えば、図中の下線で示した部分、すなわち、「赤みを帯びていますか?」、「境界ははっきりしていますか?」という質問が、ユーザーに提示されたとき、「はい」と答えるか、「いいえ」と答えるか判断に迷う場合が多い。このことは、言葉だけでは十分に表現できない情報を取り扱うことが、病虫害診断に必要なことを示している。そこで、この部分に関連する画像情報を結び付け、質問のつど自動表示する。こうすることによって、専門家が画像を提示しながら質問したり、説明したりする状況に近づき、画像情報をエキスパートシステムに融合させ、かつ、有効に活用することが可能になった。また、画像の表示はほぼ瞬時にいき、ユーザーは、画像の表示待ちにストレスを感じないようにした。

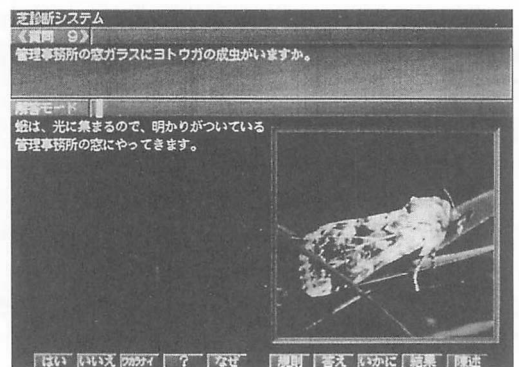


図-3 エキスパートシステムの動作画面例

本エキスパートシステムは、8種類の芝種について、32種の病虫害の診断を行うことができる。診断内容は、現在までの気象条件、成育条件、立地条件から病虫害の

発生を予測すること、病徴や被害状況から病虫種を判定することの2種類である。そして、該当する病虫害の主因・発生条件・防除方法が表示される。

診断の手順は、最初に、診断する場所の芝種・季節・地域・コース部位を入力する。続いて、「はい-いいえ」で質問に答えていくか、感じたことをカタカナの日本語で自由に入力する。質問時のシステムの動作画面例を図-3に示した。そして、有為な診断結果が得られるとそれを表示し、その病虫害に関する詳細な情報が表示される。また、なぜその質問をする必要があるのか、診断結果が得られた理由、用語の解説など、教育的な説明機能も備えられている。

II 導入現場での評価

本エキスパートシステムを、実際のゴルフ場コース管理の現場に導入し、その性能評価を行った。評価は、埼玉、京都、佐賀、愛媛に所在する計4ゴルフ場で実施した。評価用システムとして、「画像情報が登録されていないシステム」(以下、Aシステム)、「画像情報が登録されているシステム」(以下、Bシステム)の2種類を用意した。これら2種の評価用システムを使って、芝に現れる症状から病虫害の主因の診断をベテラングリーンキーパーに試みてもらい、その正答率を調査した。Aシステムの診断結果は、正答率が約40%であったが、Bシステムでは正答率が約80%と、Aシステムに比較して高い値を示した。この結果により、エキスパートシステムと画像情報の融合が、現場での診断に有効であることが示された。質疑応答形式で診断するエキスパートシステムでは、質問によって、色・形など、利用者が判断(システムの質問に対する回答)に迷うケースも多々ある。この迷いによる誤答が、診断結果に大きな影響を与えることが、今回の性能評価においても確認された。性能評価において、Bシステムで利用されている画像情報は、利用者にスムーズな判断を促し、誤答を最小限に抑え、正答率を高めるのに有効に働いたと考える。

性能評価時に寄せられた意見としては、病虫害診断の目の付け所や、どのような条件を組み合わせで判断するかが、説明機能によって解説されるので、グリーンキーパー育成のための研修・教育に大変優れていることを指摘するものが多かった。しかし、実戦での診断システムとしては、もう一步という意見が多かった。その理由として、画像情報によって色・形に関する情報についてより詳細に扱えるようになったが、なお、色については、テレビ画面で表現できないような微妙なものがあり判断に悩むことがあること。また、臭気や、芝の根がなくな

り、手で引っ張ると簡単にターフがはがせることなども、言葉や画像だけでは判断が付かない場合が多く、実際の経験を積んでいないと正確に回答できずに誤診断につながる。さらに、結論が出るまでの質問数が26個前後あり、より少ない質問数で結論が欲しいという指摘も多かった。

以上を集約すると、今後の改善点として、以下の2点が挙げられる。

(1) 経験に基づく病虫害診断法は、人間の五感を駆使・総合して行われているので、文字情報と画像情報だけでは不十分なことがある。

(2) 仮説を早く立てるか、結論が早く出るように、推論の方法を考える必要がある。

(1)については、臭い、味、手触り、テクスチャなどをコンピュータに情報化する必要性があると考えられる。これらを計測、再現する技術は、計測制御におけるセンサフュージョンや、VRにおけるサイバネティックインターフェースなどが挙げられるであろう。これらの技術は、現在急速に進歩しつつあり、エキスパートシステムと融合することも、近い将来に実現できよう。また、(2)については、エキスパートシステムに入力したノウハウをさらに洗練するとともに、診断場所の微気象を計測・記録することが可能になれば、病虫害の誘因に関連するノウハウを重視することによって、改善が可能であると考えられる。また、エキスパートシステムのノウハウの使い方(推論アルゴリズム)の改善も必要になろう。

III エキスパートシステムとその周辺技術の将来展望

1 コンピュータ技術とエキスパートシステム

この世にコンピュータが産声をあげてから、まだ50年程度しか経過していない。現在50歳以上の人は、生まれたときにはコンピュータがなかったのである。ところが最近では、日常接する事柄の多くにコンピュータが関連している。例えば、人工知能(第五世代)コンピュータ、ニューロコンピュータ(超並列学習型コンピュータ)、Windows-95(パソコンの基本ソフトウェア)などの話題を一度は耳にした方も多いはずである。コンピュータ技術は、たった50年の間にもすごいスピードで発展して、今もそのスピードを維持しつづけている。急速に変化するコンピュータ・パラダイム(パラダイム:モデル、理論、認識、仮定、関係の枠組み)の中で、その行く末を正確に予測することは大変に困難である。そこで、エキスパートシステムを開発するには、デファクトスタンダード(事実上の標準規格)でソフトウェアやハ

ードウェアを選択しなければ、労力とコストをかけて開発しても寿命の短いものになってしまう。しかし、エキスパートシステムの決定的なデファクトスタンダードは、現在のところ存在しない。これからは、ハードウェアのオープン化や、利用者側の要求を踏まえ、デファクトスタンダードの中で構築された、エキスパートシステムの開発が要求される。

2 マルチメディアとエキスパートシステム

コンピュータといえば電子計算機、数字を扱うもの、という印象は過去のものになりつつある。今や、画像、音声、動画、文字といったマルチメディア情報をコンピュータで、対話的に手軽に扱えるようになった。エキスパートシステムにおいても「知識」や「経験」を人間の感覚に近いものとして扱うために、画像の融合は有用であることが示された。

今後は、ハイパーテキスト (hypertext) を知識の表現に取り入れたエキスパートシステムを使った診断システムが考えられる。ハイパーテキストとは、文書やグラフィックデータなどをオブジェクトとして扱い、その間をキーワードなどでいろいろに関連づけて、全体を構成した文章やプログラムのことである (図-4)。例えば、本のある章や段落を読むためには、見出しを調べて自分でページを開かなければならない。また、ワープロの文書では索引機能を使っても文字を捜し出すだけで、関連する章や段落を見つけることはできない。しかし、パソコン上でその文書がハイパーテキスト化されていれば、ある文字列と関連のある文章を、すぐに捜し出し表示することができる。また、関連づけられるのは文字だけではなく、画像や音声などを、統合的に扱うことも可能である。このハイパーテキストでマルチメディアシステムが実現され、例えば、病虫害診断のノウハウを記述することによって、マルチメディアの知識データベースになり

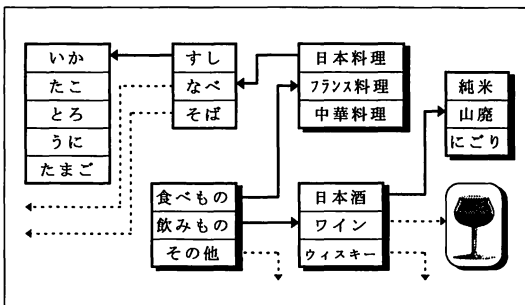


図-4 ハイパーテキストのイメージ図 (宮崎秀規 (1995): 人に聞けないインターネットの使い方 Windows 版 p. 155 を参考に作成)

得る。

さらに、現在マルチメディアとして扱われている種類の情報だけでなく、触覚、味覚、臭覚などもやがて情報化が可能になると思われる。既に、食味センサーや物体表面の粗度を伝えるアクチュエータなどが開発されている。これらの多チャンネルの情報を個別に処理するだけでなく、それらを融合して総合的に処理し、再現するシステムが開発できれば、農業生産の様々なノウハウを記録・管理することが可能になる。これは、究極の農業用エキスパートシステムの姿だと考える。

3 情報通信とエキスパートシステム

蓄積されたマルチメディア情報を伝えるために、CD-ROM によるメディアの配布が現在一般的である。それは、郵送や店頭販売のような、従来の流通機構が必要であるものの、安価で手軽に配布できることが最大のメリットになっている。さらに大容量の DVD (Digital Video Disk) など、動画蓄積媒体に適した製品が整えば、この伝え方が当面主流となると思われる。しかし、容量の限界や、更新のたびに新しいメディア (CD-ROM など) が必要であることから、今後、特に研究者と農業指導者間における情報のやりとりにはコンピュータネットワークによる通信を利用した情報伝達が、主流になると予測される。

最近脚光を浴びているインターネット (Internet) は、世界の大学、研究・教育機関、企業などが結びついた、ネットワークのネットワーク (図-5) である。1995年7月現在で世界中の約664万台のコンピュータが接続され、しかも、1年で約2倍の速度で増加し続けている。インターネットは、個々の環境整備やコスト、エレクトロニックコマース (電子的な商取引市場) の確立、放送と

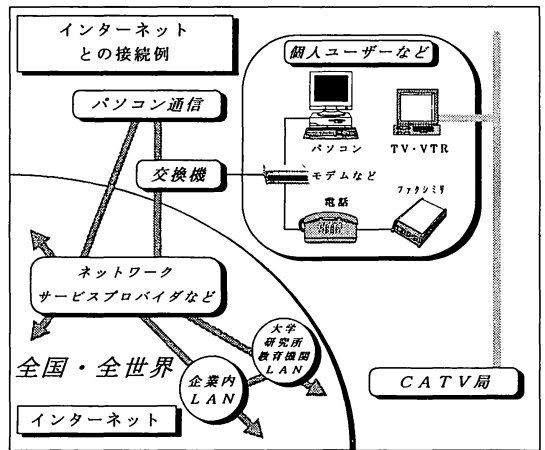


図-5 インターネットとの接続例

通信の融合など、いろいろな問題が残されている。しかしインターネットは、すでに新しい流通機構として盛んに利用されていることから、その諸問題は近い将来解決され、パソコンだけではなく、家庭電化製品までも含めた、一大コミュニケーションに発展すると思われる。本原稿も、共著者が直接合うことなく、インターネットを介して完成された。

インターネットを利用した通信の方法は、多数のものがある。その代表的なものとして、一つは電子メールサービス、もう一つは、ソフトウェアのダウンロードなどに利用されるFTP (File Transfer Protocol) サービス、そしてもう一つは、インターネットの代名詞にもなっているWWW (World Wide Web) である。WWWは、インターネットの上でハイパーテキストを実現したシステムである。インターネット上のすべての情報にアクセスを可能とするシステムで、関連する情報同士を結合し、アクセスした人が簡単に必要な情報にたどり着くことができる。WWWは、マルチメディア情報を統合的に、しかもほぼリアルタイムでの発信と受信を可能にする。

農業の分野においても、各地の専門家や研究者及び各機関とのコミュニケーションが活性化され、精度の高い

情報が作り出される。そして各企業が、それらの情報に基づいたいろいろな形の利用技術を構築し、逐次提供することが、農業情報伝達におけるインフラストラクチャになるとと思われる。現在、アメリカを中心に多くの農業関連情報がインターネット上で公開されている。例えばフロリダ大学のAgriGatorといわれるシステムでは、世界の農業サイトに関する情報を提供しており、それらの情報はすべて無料で、世界中から誰でもアクセスすることが可能である。わが国においても、物理的な距離に関係なく、生産者、普及所、試験場、大学がインターネットによって結ばれ、しかも、マルチメディアでの病虫害診断などの情報交換ができるになれば、このネットワーク全体が一つの大きなエキスパートシステムと考えることができる。また、それがリアルタイムに情報を流通させる、全世界共通の媒体となり得る。

引用文献

- 1) 星 岳彦ら (1991): バイオエキスパートシステムズ, コロナ社, pp. 208.
- 2) HOSHI, T. et al. (1992): ACTA Hort 319: 635~640.
- 3) MICHALSKI, R. S. et al. (1983): Plant Disease 67 (4): 459~463.
- 4) 宮崎秀規 (1995): 人に聞けないインターネットの使い方 Windows版, 株式会社アスキー, pp. 155.

人事消息

農水省では、11月1日付で大幅な機構改革が行われた。植物防疫課をはじめ野菜を除く生産原課が設置されていた「農蚕園芸局」は、繭糸課及び蚕業課を蚕糸課に統合するとともに、食品流通局野菜振興課を移籍し、「農蚕園芸局」を「農産園芸局」と改称した。名称変更や新設部課の数は20余で、昭和47年12月以来の大規模な改正となった。今回の機構改革は、食糧管理法の53年目の廃止、新食糧法の施行に合わせたもので、農蚕園芸局の改称は、昭和43年に当時の蚕糸局と園芸局が統合され蚕糸園芸局に改称、昭和47年にはこれを農蚕園芸局に改称するなど、時代の流れの中で蚕糸関係が縮小されてきたが、今回は関係課も繭糸課と蚕業課を蚕糸課1課に統合、局名からもその文字が消えた。また、従来市場対策の観点であった野菜を生産対策の観点から見直し、野菜振興課を食品流通局から農産園芸局に移籍した。これにより、農産園芸局は、稲、麦、畑作物、果樹、花き類、種苗類、そして野菜の農作物全体を扱う生産原局となった。

(植物防疫課, 11月1日付)

企画班を新設

高橋孝雄氏 (農産園芸局企画課企画官兼植物防疫課) は植物防疫課課長補佐 (企画班担当) に

塚本和彦氏 (植物防疫課検疫第一班国際企画係長) は企画班企画調整係長に

鶴崎一郎氏 (植物防疫課企画係長) は企画班法令係長に

小島浩司氏 (経済局保険業務課総務班総括係長) は防除班防除係長農産課併任に

古畑 徹氏 (植防課防除班防除係長) は環境庁出向 (水

質保全局土壤農薬課土壤調査係長に)

(農林水産省, 11月1日付)

猪股敏郎氏 (環境庁水質保全局土壤農薬課長) は構造改善局計画部資源課長に

西川孝一氏 (大臣官房企画室技術調整室長) は環境庁出向 (水質保全局土壤農薬課長に)

(11月1日付)

中島征夫氏 (農研センター総合研究官) は農研センター企画調整部長に

西尾道德氏 (農研センター企画調整部長) は農環研環境研究官に

清野 裕氏 (農環研環境資源部気象管理科長) は農環研環境管理部資源・生態管理科長に

真木太一氏 (農研センター耕地利用部気象災害研究室長) は農環研環境資源部気象管理科長に

岡田齋夫氏 (農環研環境研究官) は退職

〔省際基礎研究のための併任〕(特記以外平成8年3月31日まで)

清水 進氏 (京都工芸繊維大学教授繊維学部付属農場) は農研センター病害虫防除部併任に

長谷川斐子氏 (国立予防衛生研感染症疫学部主研) は同

石川啓一郎氏 (工業技術院物質工学工業技術研究所極限反応部レーザー反応研究室主研) は同

上野節子氏 (農業生物資源研分子育種部主研 (生育遺伝子研)) は同 (8年2月29日まで)

梶原英之氏 (農業生物資源研分子育種部 (適応性遺伝子研)) は同