

マイクロコンピュータ援用による木材の樹種識別システム(第一報)

いづもと よしろう おじかたけお かきもと とおる わたなべ とおる
井津元世士郎*・小鹿丈夫*・垣本 徹**・渡辺 徹*

*大阪教育大学技術教室・**大阪教育大学データステーション

(昭和61年8月30日 受付)

マイクロコンピュータの検索機能、グラフィック機能の援用により木材の樹種を識別するシステムを試作した。ここでは、対象樹種を本邦産材50種とし、識別するための特徴項目を肉眼及びルーペでの観察による項目に限定した。検索法としては広く用いられている Dichotomous systemを採用している。

このシステムは、専門外の者でも使いやすいうように識別の根拠となる特徴項目と、木口面における細胞構成を模式図としてグラフィックディスプレイに表示し、それにもとづいて検索出来るよう工夫されている。また、特徴項目に用いられる専門用語の解説も要求に応じてディスプレイに表示され、CAIの要素も加味している。

更に、樹種が確定する段階では、各種画像入出力装置により取り込まれている木口面の顕微鏡写真及び材面のカラー写真が表示され、識別の精度を上げるように工夫している。

I. はじめに

木材の樹種を識別し、その特性を知る事はいろんな場で要求されている。例えば、木材を利用するに当たっては、先ずその木材の特性を知った上で適材を適所に用いる事を考える必要がある。また、木製埋蔵文化財の樹種決定は欠くことの出来ないものであろう。このように木材に関する問題を科学的に探求しようとする場合、木材を識別することが先ず必要となってくるであろうし、木材に関する初学者にとっては木材の樹種を識別する過程で多くのものを学び取り教育効果を上げることができる。

こうした木材の識別には従来から広く用いられてきた Dichotomous system と Multiple entry system を用いたカード式の識別法とが主流となっている。Multiple entry system はパンチカードを用いて識別の根拠となる特徴項目によって検索を進めていく方法で、特徴項目を多くすることができる。それだけ、より正確な識別が可能であり、これら特徴項目についていかなる順序からでも検索を進めて行くことができる。さらに、新しい対象樹種を追加するのも容易である等の特長を持っている。すでに本邦産針葉樹材及び広葉樹材の識別に用いられ成果を上げている。^{1),2)} 一方、Dichotomous system は特徴項目の少ない簡易的な識別に広く用いられているが、特徴項目を追って二叉式で検索するルートが固定されているため、特徴項目の順序により識別の正確さが左右されたり、初めに不確実な判定を下した結果最後にとんでもない間違いを招く危険性がある。さらに、新しい対象樹種を追加するためには、検索ルートを最初から組み替えたり全面的に再検討する必要がある。

Multiple entry system, Dichotomous system いずれにしても検索が煩雑であり時間

がかかる。また、特徴項目の確定には長年の経験と勘に頼る部分が多く、専門外の者にとってはあいまいさがつきまとい、不確実な判定をする率が高い。

こうした欠点を改良しようと、マイクロコンピュータを利用して効率良く検索できるシステムの試みがなされている³⁾。こうしたシステムもある程度経験や勘に頼らざるを得ない欠点の改良までは至っていない。

そこで、我々はマイクロコンピュータの援用により専門外の者やこれから木材について学ぼうとする人達を対象にC A Iの要素も加味したシステムを試作した。マイクロコンピュータの検索及びグラフィック機能の活用に加えて、カラー静止画像により木材の特徴項目である材色の識別を容易ならしめている。このシステムにおいては対象樹種を本邦産材50種と限定したためDichotomous systemによる検索法を採用している。

II. システムの構成

2.1 システムの内容 本システムは大きく分けると (I) Dichotomous systemによる識別、(II) 識別に関する基礎知識、(III) 木材のデーター一覧、(IV) 木口面の顕微鏡写真一覧、(V) 材面のカラー写真一覧、(VI) 用語の解説から構成されている。初めて識別を経験する人は先ず (II) の基礎知識をつけた後、(I) の識別へと進む。識別の途中で意味不明な用語が現れた場合にはその説明が受けられる。識別が完了し樹種が確定すると顕微鏡写真及び材面のカラー写真を見ることができ、さらに必要に応じその樹種に関するデータを表示させることができる。

2.2 Dichotomous systemの構成 対象樹種を代表的な本邦産針葉樹材18種、広葉樹材32種の合計50種とし、識別の根拠となる特徴項目を肉眼及び25倍程度のルーペによる観察で得られる項目に限定した。本システムが専門外の人をも対象にしている関係で特別な装置が必要な顕微鏡レベルまで広げなかった。したがって、顕微鏡にまで広げた場合に比べ特徴項目が少なく、対象樹種も少ないことから識別法としてDichotomous systemを採用している。

材の特徴を表現する二組ないし三組の文で一つの要素を構成するが、この一要素をCELLと呼ぶこととする。これらのCELLに含まれる特徴項目から二者択一ないしは三者択一により次のCELLに分岐し、全体としてTREE構造を形成してその末端にLEAF (ゴール) としての樹種名が位置している。したがって、スタートのCELLから次々に分岐するCELLを供試材の特徴項目に従ってたどって行くと供試材の樹種を決定することができる。このCELLが本識別法の中核をなし、CELLの内容や順序が識別の精度に大きな影響を与える。

2.3 CELLの内容及び順序 木材は生物材料であるだけに特性や細胞構成について変異が多く、供試材料の特徴がその樹種を代表するものとは確信できないところがある。また、木材が不均質な材料であることから小さな供試材料では確実な判定が出来ない可能性もある。例えば、辺材と心材では材色の特徴は著しく異なる。したがって、CELLに盛り込む特徴項目としては、肉眼あるいはルーペで容易に判定できる特徴であって普遍性を有するものでなければならない。同時に、できるだけあいまいな表現を避け、具体的な数値や対象物との比較で具体性を持たせることとした。例えば、木口面での放射組織の幅を表現する場合、道管の直径と比較してその1~2倍、1/2~1/3などと表現し、放射組織の幅が広い、狭いといったあいまいな表現を極力避けた。しかし、一般に肉眼とルーペによ

る観察で得られる特徴項目では項目数が限られ、また変異の多い木材の性質上あいまいな表現を避けることはできなかった。特に細胞構成が単純な針葉樹材ではなおさらである。例えば、早材から晩材への移行の緩急、年輪幅の広狭、肌目の精粗、材色、香などは普遍性をもつ数値で現すことは困難であるが特徴項目として取り入れざるを得なかった。一方、広葉樹材では細胞構成が複雑多様であるため、数値と模式図である程度具体性を持たせたものの、近縁樹種相互間の識別には材色や重さなどあいまいな表現となる特徴もある程度取り入れざるを得なかった。

一方、供試材が木材のどの部位を代表するかが識別の精度に大きく影響する。供試材が心材のみ、辺材のみ、あるいは辺心材の境界である場合が考えられるが、供試材としては心材部と辺材部を同時に含むものが最良である。しかし、その様な材ばかりの識別ではかえって識別の意味が失われるし、辺心材の区別のつかない樹種もある。そこで、辺心材に共通の特徴項目をもつCELLの次に、“識別している材が辺材か心材か区別がつく、つかない”の項目をもつCELLを置き、そのCELLから“区別がつく”を選択した場合には“心材のみ、辺材のみ、辺心材の境界”のCELLに分岐して三項目の中から一項目を選択して次のCELLに進む。この様にして、供試材がどのような部位でも識別できる可能性を追求した。

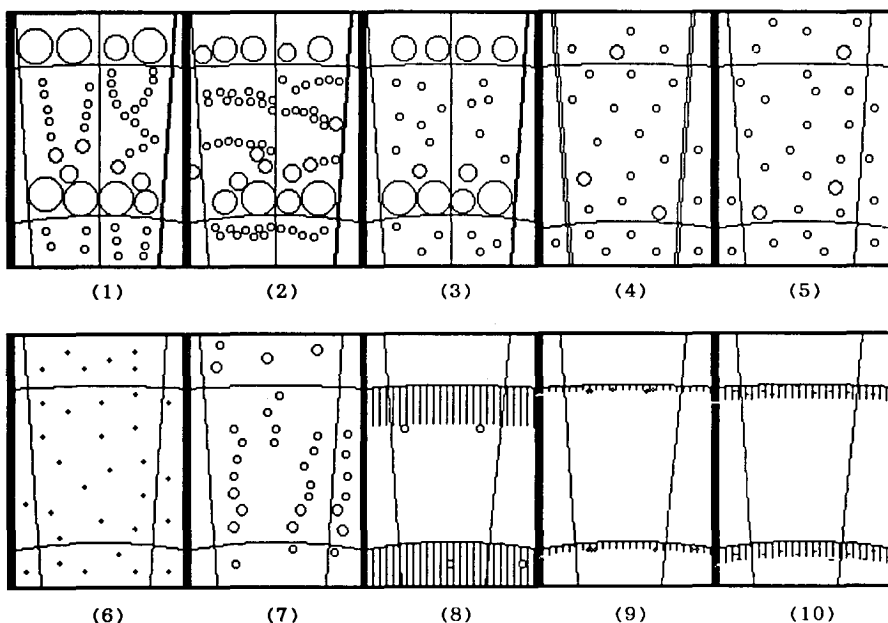
CELLの順序については確実に認識できる特徴を持つものを優先し、あいまいな表現をもつCELLを後に回してある。例えば“道管はある、道管はない”のCELLによって広葉樹と針葉樹に分けられる。広葉樹材に分岐すると、続いて道管配列の特徴によって認識しやすい、“環孔材、散孔材、放射孔材”のCELLとそれに付随する道管配列の模式図により三つに分岐する。樹種が確定する直前の段階では材色、香などの特徴を持ったCELLが主となる。

したがって、CELLの内容となる特徴項目としては、針葉樹の場合には(1)樹脂道の大小と有無、(2)早材から晩材への移行の緩急、(3)晩材部の広狭、(4)辺心材の境界の明、不明、(5)年輪界の明不明、(6)材色、(7)香、(8)重さなどである。一方、広葉樹の場合は、(1)道管配列の形、(2)道管の大小、(3)道管配列の疎密、(4)放射組織の幅、(5)材色、(6)重さ、(7)リップルマークなどである。もちろんこれらの組み合わせも考えられる。

2.4 細胞構成の模式図 CELLの内容がディスプレイに示されると同時に、CELLの内容である材の特徴項目を模式図にしてディスプレイに表示し、視覚に訴えたほうが直感的で、特に専門外の者にとっては特徴がつかみやすい。そこで、コンピュータのグラフィック機能を用いて模式図を描き、必要に応じてCELLの内容と並行して模式図をディスプレイに表示することとした。

第1図に針葉樹材、広葉樹材の模式図の一例を示す。ここでは、木口面をルーペで観察した場合の特徴、特に細胞構成を模式図として表現してある。同図において、(1)から(3)までが環孔材、(4)から(6)までが散孔材、(7)が放射孔材、(8)から(10)までが針葉樹である。針葉樹の場合は仮導管を表現するには無理があるため、早材部と晩材部の違いをタイルパターンで、垂直樹脂道は円で、放射組織は直線で表現してある。一方、広葉樹の場合は、道管を円で、放射組織を直線で、早晩材の境界を円弧で表し、道管の大きさ及び並び方、放射組織の幅などの特徴を表現してある。

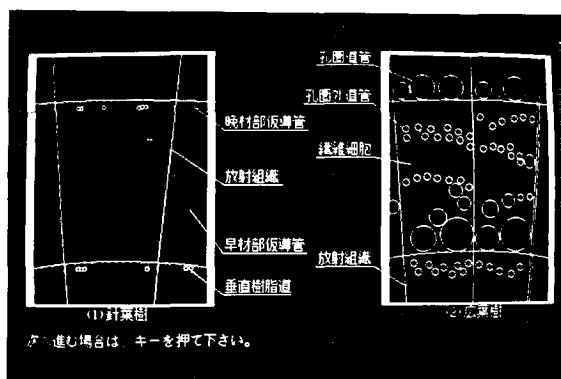
2.5 識別に関する基礎知識 本システムは、初めて使う人や木材に関して専門外の人に、このシステムの使用方法あるいは模式図を使って細胞構成を説明するための機能を持っている。こうした機能に加え、用語の解説、木材のデータ、顕微鏡写真などとあいまって、本



第1図 模式図の一例

システムが単に識別だけにとどまらず、識別過程で木材に関する学習ができるように配慮した。第2図にその例を示す。しかし、この部分が不必要な場合もあるので、初期画面に表示されるメニューにより選択できるようになっている。

2.6 木材のデータ メニューにより“木材の一覧”を選択すると第3図のように50種の木材一覧が表示される。そこから必要な樹種を選択すると木口面の顕微鏡写真



第2図 模式図の説明

レイの左半分に表示され、右半分にはその木材に関するデータ⁵⁾が表示される(第11図参照)。データの内容は植栽、肉眼的構造、顕微鏡的構造、物理特性、用途等10項目にわたっており、データベースとしての利用も可能である。また、メニューの選択により材面のカラー写真が表示され、色に関するデータも直接目で確かめることができる。この写真は木材標本(木材加工技術協会)をビデオカメラで撮影したものである。これらのデータは識別によって樹種が確定した場合にも必要に応じて表示される。

2.7 機器の構成 第4図にシステムの機器構成を示す。同図において、マイクロコンピュータ本体にはPC-9801 UV2 (NEC製)を使用した。ディスプレイはコンピュータのディスプレイであると共にカラー写真を表示するディスプレイを兼ねる必要がある、ここでは、RGB入力とビデオ入力付きのディスプレイPC-TV452 (NEC製)を使用している。

RGBとビデオの切替はRS-232Cの出力信号で制御する。

画像入出力装置として使用したテレビフォトシステムR3000(富士写真フィルム製)は、ビデオカメラで撮ったカラー静止画像を最大52枚ディスクに書込、読み出しができ、しかもインタフェースを介してコンピュータと接続することにより、ランダムアクセスが可能となる装置で、材面のカラー写真の表示に使用される。また、イメージスキャナーPC-IN502(NEC製)は、木材木口面の顕微鏡写真をコンピュータに取込み、ファイルするために使用される画像入力装置である。

Ⅲ. プログラムの構造

各種データの更新、追加、訂正が容易にでき、更には、画像入出力装置との接続を考慮して、ここでは、開発言語としてN88日本語

BASICを用いている。この言語はマイクロコンピュータの分野では広く普及しているマイクロソフト系のBASICを基本としているため他機種への移植も容易であり広く利用できる可能性がある。

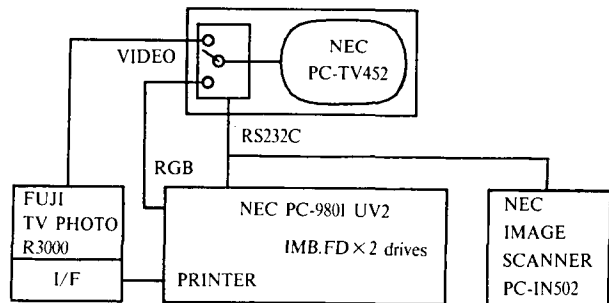
本システムの利用者には、コンピュータの操作に馴れていない人も含むと想定し、できるだけ使いやすいものをつくるように心掛ける必要がある。そのため、CELLの内容と模式図に加え、操作の方法がディスプレイに表示され、その指示に従ってキーボードを操作して次の段階へ進むように配慮してある。

本システムにおけるプログラムには、(1)識別に関するモジュール(プログラムの集合)、(2)画像取込用モジュール、(3)画像データをファイルするモジュール、(4)模式図を描くモジュールなどがある。その他に、(5)これらのプログラムを構築するにあたっての支援用プログラムを含めると膨大なものになるが、ここでは識別に関与するプログラムの流れについて述べるにとどめる。

識別に関与するモジュールを更に大別すれば、(1)CELLを検索するプログラム、(2)模式図を描くプログラム、(3)ファイルされている顕微鏡写真、(4)各樹種のデータ、(5)用語の解説、及び(6)カラー写真の読み出しのプログラムに分けられる。これら全てのプログラムをCPU上に常駐させておくとアクセス時間が短く有利であるが、メモリ容量(384KB)の制限がある。RAMディスクやメモリを増設すれば解決するが、汎用性に欠けるため、ここでは検索用プログラムを針葉樹材の検索と広葉樹材の検索用の二つに分け、それぞれ

*** 木材の一覧 ***		
★ 針葉樹	★ 広葉樹	★ 広葉樹
1 イチイ	19 ドノ	36 クリ
2 カヤ	20 オク	37 シノ
3 ママ	21 サク	38 ミス
4 モミ	22 ハン	39 ハル
5 ツツ	23 メ	40 ケヤ
6 トド	24 ミ	41 ヤマ
7 カン	25 マ	42 イロ
8 フ	26 カ	43 ヒロ
9 ツ	27 カ	44 ハリ
10 マ	28 ホ	45 ヤ
11 ク	29 オ	46 ア
12 マ	30 ク	47 シ
13 ツ	31 ク	48 キ
14 マ	32 ク	
15 ツ	33 ク	
16 マ	34 ク	
17 ツ	35 ク	
18 マ	36 ク	
	37 ク	
	38 ク	
	39 ク	
	40 ク	
	41 ク	
	42 ク	
	43 ク	
	44 ク	
	45 ク	
	46 ク	
	47 ク	
	48 ク	
	49 ア	
	50 シ	

第3図 木材の一覧



第4図 機器の構成

をメインプログラムとCHAINで結合することにより、メモリ容量内におさまるようにしてある。

3.1 検索プログラムの内容

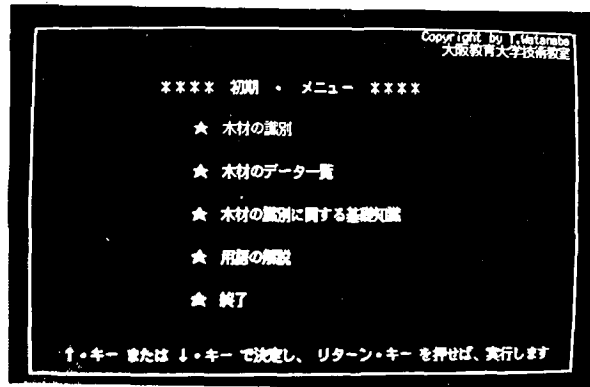
検索システムにどのような機能を持たせるかがプログラムの内容に影響する。ここでは、その内容として、(1)二叉式でCELLを検索する、(2)検索中に用語の解説が受けられる、(3)ある段階に於ける樹種の候補を知ることができる、(4)検索中あるいは樹種が決定した後、疑問がある場合には前画面に戻ることが可能、等の機能を持たせている。

以上の機能を満足させ、しかも効率的で分かりやすいプログラムとするために各CELLには規則性のある固有の番号を割り付けてある。即ち、検索の最初のCELLに1の番号を、そのCELLから分岐する二つのCELLに、それぞれ10, 11の番号を与える。このように二進数の番号が、CELLが分岐する毎に一桁ずつ増加し、しかも最下位桁は0と1の番号が与えられることになる。なお、三つに分岐する場合はダミーのCELLを置くことにより解決した。更に、この番号はサブルーチンとなっている各CELLのラベルにもなっている。以下にプログラムの基本的な書式を示す。

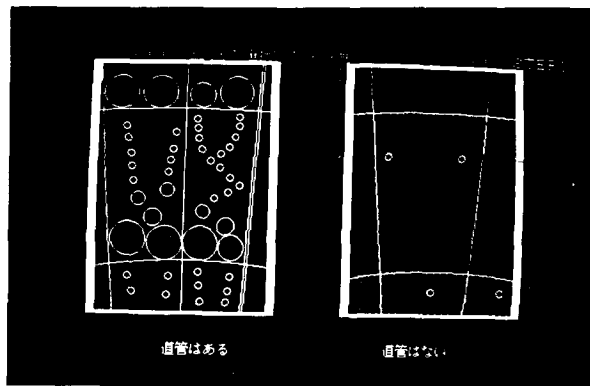
```

1000 *CELL11011111:NUMBER=11011111
1010 GOSUB *LEFT:GOSUB *KAN1:GOSUB *RIGHT:GOSUB *KAN6
1020 LOCATE 5,23:PRINT "孔圏道管はほとんど単列"
1030 LOCATE 45,23:PRINT "孔圏道管はほとんど多列"
1040 RETURN

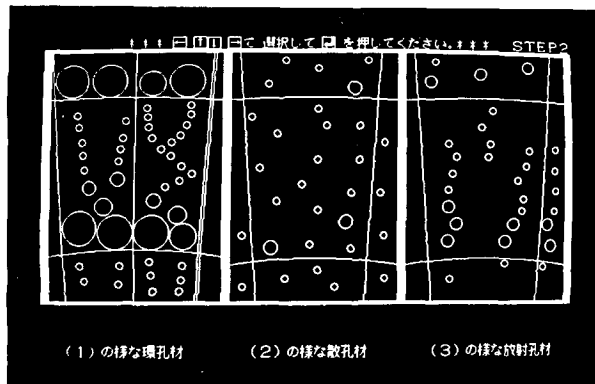
```



第5図 初期メニュー



第6図 識別の第一画面



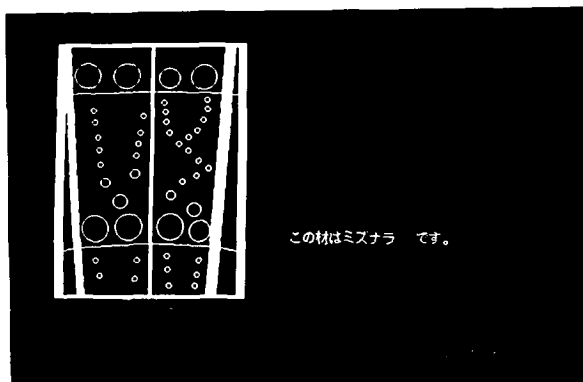
第7図 識別の第二画面例

ここで、1000行はラベル及びCELLナンバーを与える。1010行は“KAN1”のラベルがついた模式図をディスプレイの左に、“KAN6”の模式図を右に表示する。1020行と1030行はCELLの内容を示し、模式図の下に表示される。

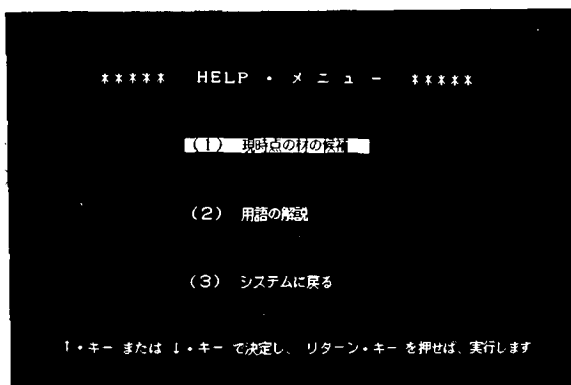
検索はサブルーチンのラベルを順次呼出して進められる。一段階進む場合にはCELLの内容の選択によって（NUMBER×10）即ち11011110のラベルがついたサブルーチンへ進む場合と、（NUMBER×10+1）即ち11011111へ進む場合がある。前画面に戻る場合は（INT（NUMBER/10））によって得られた番号のついたCELLを検索する。

3.2 プログラムの流れ プログラムがスタートすると第5図のような“初期メニュー”が提示される。“木材の識別”を選択すると第6図のように最初のCELLと模式図が表示される。左の広葉樹を選択すると第7図に示すCELL

へと進む。最終的に第8図に示すように樹種が決定される。このような流れの途中で、HELPキーを押すと第9図のような“HELPメニュー”が提示され、その段階における材の候補を知ることができる。また、必要に依りて用語の解説あるいは元の画面に戻すこともできる。樹種が決定した後リターン・キーを押すと、第10図に示す“木口面・材面選択メニュー”が提示され、選択によって、第11図の木口面の顕微鏡写真と木材のデータあるいは第12図の材面のカラー写真を表示させることが容易にできる。



第8図 識別の最終画面例



第9図 HELPメニュー

IV. おわりに

この度、木材の樹種識別用ソフトウェア群、マイクロコンピュータ、各種の画像入出力装置及びこれらを制御するプログラムからなる、総合的な樹種識別システムを試作し、実用化できる段階に至っている。

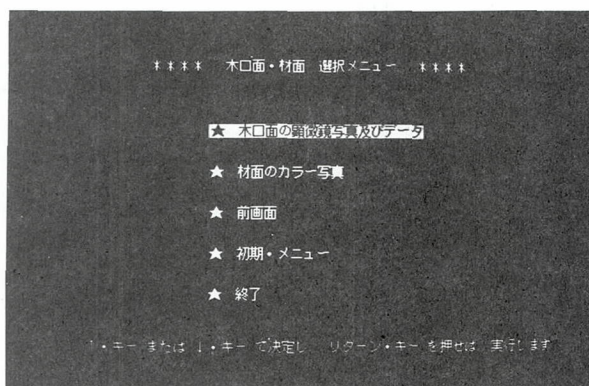
本システムの主な特徴を要約すれば、

- (1) 対象樹種を広く利用されている本邦産主要木材50種とし、識別の根拠となる項目を、肉眼あるいはルーペによる観察に限定している。
- (2) これらの特徴項目にもとづいて、従来から広く採用されている、Dichotomous systemを用いて樹種を判定している。

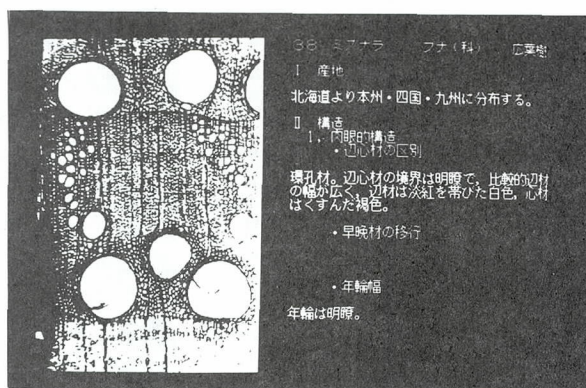
- (3) 木材の特徴をCELLに盛り込むに当たっては、極力あいまいな表現をさけ、かつ具体的な数値を与えるように配慮してある。
- (4) また、木材の特徴項目を抽出した模式図を導入し、グラフィックディスプレイに表示することにより、木材の大きな特徴をつかみ易くしてある。
- (5) ビデオカメラからテレビフォトシステムに書込まれた材面のカラー写真を容易にアクセスして、グラフィックディスプレイに表示することができる。
- (6) 更に、画像入力装置であるイメージスキャナーにより、コンピュータに取り込まれた木材の木口面の顕微鏡写真も、必要に応じて容易にグラフィックディスプレイに表示することができ、模式図及び材面のカラー写真とあいまって、樹種を判定する上での一助となるように配慮されている。
- (7) 樹種識別過程において、専門用語など識別に要する基礎知識も、HELP機能により容易に参照することができる。なおこれらの基礎知識は、初学者が木材の学習をするためにも利用することができる。
- (8) 各CELLには、規則性のある固有の番号を割り付けることにより、検索効率を高めるように配慮してある。また、必要に応じて前の画面へ容易に戻ることもできる。

- (9) これらの樹種識別用ソフトウェア群、各種画像入出力装置制御用プログラムなどは、全て計算機言語BASICで記述され、かつモジュール化されている。と言えよう。

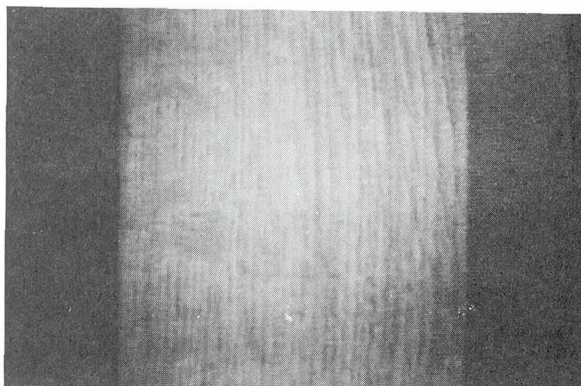
今後、Multiple entry systemとの比較、さらに優れたアルゴリズムあるいは他の言語



第10図 木口面・材面選択メニュー



第11図 木口面の顕微鏡写真及び木材のデータ



第12図 材面のカラー写真

によるシステムの構築も課題となる。何れにしても使用者の反応をみながら改良する必要がある、究極的にはエキスパート・システムとしての機能を持つものにしたい。

謝 辞

本システムを構築するに当たり、「木の事典」掲載の顕微鏡写真の使用について快諾頂いた東京大学名誉教授 平井信二先生および職業訓練大学助教授 菅野国男先生に厚くお礼申し上げる。さらに、テレビ・フォトシステムの提供にご尽力頂いた富士写真フィルムK.K.の前田茂氏と藤沢滋氏に心から感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 小林弥一 (1957) 本邦における針葉樹材のカード式識別法 林業試験場研究報告 98: 1—84.
- 2) 須藤彰司 (1959) 本邦産広葉樹材の識別 (識別カードを適用して) 林業試験場研究報告 118: 1—138.
- 3) 長谷川益夫 (1984) パソコン (BASIC言語) による国産広葉樹材識別システム 富山県木材試験場季報 59: 9—12.
- 4) 平井信二 (1979) 木の事典 かなえ書房 東京.
- 5) 木材工業編集委員会編 (1966) 日本の木材 日本木材加工技術協会 東京.

Identification System of Wood Assisted by Microcomputer

Yoshiro IZUMOTO*, Takeo OJIKI*, Tohru KAKIMOTO** and Tohru WATANABE*

*Department of Technology, Osaka Kyoiku University, Osaka 543, Japan

**Department of Data Station, Osaka Kyoiku University, Osaka 543, Japan

An identification system of wood by a microcomputer with a graphic display and a set of image processing units has been developed. The kinds of Japanese woods that were chosen as the subject for this system are limited to fifty.

The items of physical characteristics that were obtained by observation with a magnifying glass or the naked eyes, were used for the references of this system in which the dichotomous system is used.

The user can interactively determine the name of a wood efficiently by (1) giving the several items as for the wood, (2) looking at the schematic diagram or the microscope photos of cross section, which are in the memory of the microcomputer, and (3) referring the technical terms in the system if necessary.