

## 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 (第二報)

井津元世士郎<sup>いづもとよしろう</sup>・林 昭三<sup>はやし しょうぞう</sup>\*\*

\*大阪教育大学技術教室・\*\*京都大学木材研究所

(平成2年4月 26日)

第一報は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Dichotomous systemを採用して識別するシステムについて報告した。本報ではMultiple entry systemを採用したシステムについて述べている。対象樹種は本邦産針葉樹材39種, 広葉樹材180種とし, 識別するための特徴項目は針葉樹については45項目, 広葉樹については84項目とした。

このシステムは, 識別の根拠となる特徴項目に該当する樹種を検索し, 順次樹種を絞っていく方式である。なお, このシステムには顕微鏡写真の画像データを備え, 識別の根拠となる特徴項目を表わす顕微鏡写真をシステムの利用者が任意に表示する事により専門外の者でも使いやすいシステムとなっている。更に, 検索過程で樹種が10種以下に絞られた段階で各樹種の三断面の顕微鏡写真が表示できる機能も備えている。

### I はじめに

第一報 [1] は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 Dichotomous system を採用して識別するシステムについて報告した。また, 木材識別の専門家 (エキスパート) の知識をルール化してコンピュータに入力し, その専門家の知識を用いて識別を行う樹種識別エキスパートシステム [2, 3, 4] を発表している。第一報のシステムは特徴項目の少ない簡易的な識別に用いられる方法であるため, 樹種を日本産針葉樹・広葉樹合わせて50種に限定し, しかも肉眼あるいは25倍程度のルーペで観察できる特徴項目に限定して識別するシステムである。一方, 文献2, 3, 4のエキスパートシステムはまだプロトタイプのものであるばかりでなく, エキスパートシステムはコンピュータからの指示にしたがって識別者が試料となる木材から識別拠点となる特徴項目を探し, コンピュータの質問に答える必要があり, 専門外の者が識別するには有効なシステムであるが, 専門家が用いるには検索していくルールが固定されているため使い難い面もある。さらに, 識別する対象となる樹種や検索項目等が増えた場合, ルールを組み直すには膨大な時間を要する。したがって, 本格的な識別システムとするには多くの問題を残していた。こうした問題は Multiple entry system を採用することにより解決できる。即ち, 検索項目となる特徴項目及び樹種が増えても問題はなく, 項目の追加, 樹種の追加が容易である。さらにどの項目からでも検索が可能であるため顕微鏡で試料を観察して確認できる項目から検索を始めることができる特徴を持っている。しかし, Multiple entry system によるパンチカード方式では検索に時間がかかる欠点がある。そこでコンピュータを用いた検索が試みられている [5, 6] が, これらは識別拠点となる特徴項目のコード番号を入力することにより検索する方式である。したがって, コード番号を入力する場合には特

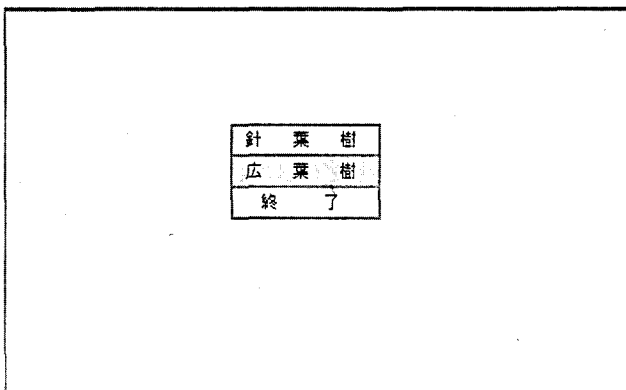
微項目と照らし合わせながら入力する必要がある、煩わしさが伴うと考えられる。本研究ではこれら今までの識別法の欠点を克服するために、コンピュータを用いて、高速かつ容易に精度の高い識別を行うための検索システム「木材の樹種識別システム」の開発を行った。本システムは Multiple entry system の特徴を全て有し、さらに特徴項目等を顕微鏡写真でも説明できるようにし、専門外の者の利用を容易ならしめている。なお開発言語には、グラフィック機能が充実し、データの操作も簡単なMS-DOS版N88日本語BAS I C (86) を用いた。

## II システムの構成

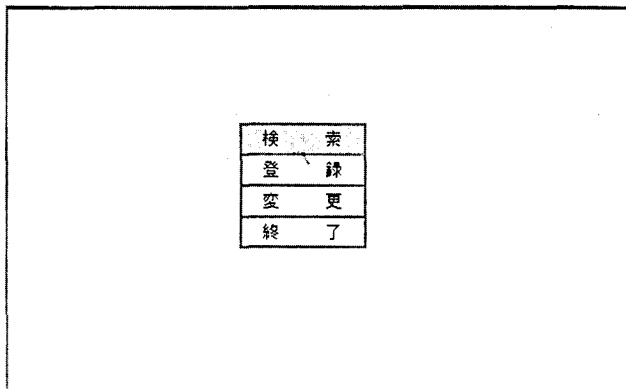
本システムはデータの変更、追加を容易にするためメインプログラムとなるシステム部とデータ部（画像データ及びテキストデータ）を完全に分離している。全体は第1図に示すように針葉樹と広葉樹に分かれ（メインメニュー）、それぞれの構成は、二つの部分に分かれる。一つは、樹種識別を行う検索パートであり、もう一つは、検索データの新規登録および変更を行うエディットパートである。そのサブメニューを第2図に示す。

データ変更パートの構成は、樹種関係の変更、項目関係の変更、検索データの変更の三つのパートで構成されている。樹種関係の変更はさらに樹種の追加、樹種の削除、樹種名の変更、樹種ごとの画像データファイルの変更の機能を持つ。項目関係の変更は、項目の追加、項目の削除、項目名の変更、項目ごとの画像データファイルの変更の機能を持っている。以下本システムの構成を項目ごとに述べる。

2.1 検索 本システムの中核を成し、ユーザが使用するのはこの部分である。まず、ディスプレイに表示される検索項目（識別の根拠となる特徴項目）のうち一つを選択すると、その項目の特徴を有する樹種が全て表示される。次の検索項目を選択すると最初表示された樹種のうちで次に選ばれた検索項目に該当する樹種が表示される。このように順次検索項目により樹種を絞っていく検索方式を採用し



第1図 メインメニュー



第2図 サブメニュー

ている。運用についての詳細はV章で述べる。

本システムにおいて使用する検索データの形式は、樹種ごとに、いくつかある検索項目（特徴項目）に対して、その検索項目に該当する樹種には1を、該当しない樹種には0を当てはめる。そのため検索データは縦軸に検索項目、横軸に樹種をとったマトリックスを形成し、2次元配列に記憶されている。したがって、樹種を検索する場合は、選択した検索項目について全ての樹種を検索し、1が当てはめられている樹種のみ拾い出す方式である。これらのデータはディスクに、シーケンシャル・ファイルの形式で保存されている。

**2.2 検索データの新規登録** システム構築者は検索用のデータすなわち樹種、検索項目（大区分の項目および小区分の項目となる特徴項目）、画像データのファイル名等のデータを入力する必要がある。それを司るのがこの部分である。

まず最初に第1図の画面で針葉樹または広葉樹を選択すると、第2図の画面が表示される。そこで「登録」を選択すると、大区分の項目数をコンピュータが尋ねてくるので数値で入力する。次に、大区分の項目名を漢字で入力する。漢字入力のところでは自動的に辞書が立ち上がるように設定してある。次に、大区分の項目に属する小区分の検索項目数を入力し、小区分の検索項目名を漢字で入力する。ここで検索項目数は、大区分については1頁10項目まで、小区分については大区分の1項目当たり1頁すなわち10項目が割り当てられているので、 $10 \times 10 = 100$ の検索項目までに対応できる設定となっている。

さらに、樹種の数を入力し、樹種名を漢字で入力する。樹種の場合は針葉樹、広葉樹それぞれ最大200種まで登録できる。

続いて、樹種ごとにそれぞれの検索項目に対して、0か1（検索項目に該当する特徴を持たなければ0を、特徴に該当する場合は1）のデータを入力する。引続き、各検索項目ごとにヘルプ画面で使用する画像データのファイル名を入力する。最後に、各樹種の画像データのファイル名を入力する。全ての入力が終わると”データをファイルに書き込みます”と画面に表示されるので、マウスにより確認できるようになっている。OKと答えるとデータをセーブする。以上の操作により針葉樹、広葉樹それぞれに六つのデータファイルが作成される。

すべての入力が終わると、データに変更を加えるかどうかの確認が行われる。途中で間違えたデータを入力した場合などは、ここから2.3で述べる、登録したデータの変更（訂正）に制御を移す事ができる。

以上の各段階において、全てコンピュータからの指示通りに入力すればよく、また”OK（Y/N）”のメッセージが表示され、マウスあるいはキーボードによりYを押せば次の段階に進み、Nを押せば再び元の質問に戻るようしており、常時確認しながら入力するようにして、システム構築者にミスの無いよう配慮している。

**2.3 登録したデータの変更（訂正）** システムに登録した検索データが間違っていた場合や、データを変更する必要がある場合など、第2図の画面で「変更」を選択する。この部分は、(1)樹種関係の変更、(2)項目関係の変更、(3)データ関係の変更、に分かれる。

**2.3.1 樹種関係の変更** 主に検索データ中の樹種に関する変更を行う部分である。ここには①樹種の追加、②樹種の削除、③樹種名の変更、④画像ファイルの変更の機能が付加されている。

**2.3.1.1 樹種の追加** 登録した樹種よりも、さらに樹種がふえた場合に樹種データの追加を行う部分である。追加する樹種名の入力を漢字入力で行う。入力が終わると、追加した樹種に対して各検索項目ごとのデータの入力を行うモードに制御が移る。データの入

力が終わると、追加を続行する事も可能である。

**2.3.1.2 樹種の削除** 登録した樹種の中で、ある樹種が必要無くなり、樹種データから抹消する場合に樹種データの削除を行う部分である。削除する樹種を選択すると、その樹種の樹種データと、それに関連する検索データ、及び画像データが各ファイルから削除され、データの並び替えが行われる。樹種の削除を続行する事も可能である。

**2.3.1.3 樹種名の変更** 登録した樹種名が間違っていた場合に樹種名の変更（訂正）を行う部分である。樹種名を変更（訂正）する樹種を選択し、正しい樹種名の入力を漢字入力で行う。樹種データに変更が加えられ、樹種名だけが変更される。変更を続行する事も可能である。

**2.3.1.4 画像ファイルの変更** 樹種ごとに登録した画像データが間違っていた場合や、画像データに変更が生じた場合などに画像ファイル名の変更を行う部分である。画像ファイル名を変更する樹種を選択し、正しい画像ファイル名を入力する。画像データに変更が加えられ画像データ名だけが変更される。変更を続行する事も可能である。

**2.3.2 項目関係の変更** 主として検索データ中の検索項目に関する変更を行う部分である。ここには項目の追加、項目の削除、項目名の変更、画像ファイルの変更、の機能が付加されている。

**2.3.2.1 項目の追加** 登録した項目よりも、さらに項目がふえた場合に項目データの追加を行う部分である。この部分の処理は、大区分の項目に関する処理と、小区分の検索項目に関する処理に分かれる。

大区分の項目を追加する場合、まず、大区分の項目名を漢字で入力する。次に追加した大区分の項目に属する小区分の検索項目数を入力する。続いて小区分の検索項目名を漢字で入力する。項目の入力が終了すると、追加した検索項目に対するデータの入力に制御が移る。

小区分の検索項目を追加する場合、まず、追加したい小区分の検索項目の属する大区分の項目を選択し、追加する小区分の検索項目名を漢字で入力する。入力が終了すると、追加した検索項目に対するデータの入力に制御が移る。大区分・小区分共に、項目の追加を続行する事も可能である。

この検索項目の追加を行う部分では、大区分・小区分共に項目数が最大10に制限されているので、最大値を越えた場合、注意をうながすメッセージが画面に表示される機能を付け加えてある。

**2.3.2.2 項目の削除** 登録した項目が必要無くなったり、樹種識別のための検索において重要で無くなった場合に項目の削除を行う部分である。ここでは、大区分に関する処理と、小区分に関する処理に分かれる。

大区分の削除を行う場合、削除する大区分の項目を選択すると、大区分の項目とそれに属する小区分の検索項目およびそれに関連するデータの全てが削除され、データの並べ替えが行われる。

小区分の削除を行う場合、まず、削除する小区分の検索項目が属する大区分の項目を選択し、削除する検索項目を選択すると、検索項目とそれに関連するデータの全てが削除され、データの並べ替えが行われる。大区分・小区分共に、項目削除の続行も可能である。

**2.3.2.3 項目名の変更** 登録した項目名が間違っていた場合に、項目名の変更（訂正）を行う部分である。ここでは、大区分に関する処理と、小区分に関する処理に分かれる。

大区分の項目名を変更する場合、変更しようとする大区分の項目を選択し、正しい項目



名を漢字で入力する。項目データに変更が加えられ、項目名だけが変更される。

小区分の項目名を変更する場合、変更しようとする小区分の検索項目が属する大区分の項目を選択し、変更しようとする小区分の検索項目を選択する。正しい検索項目名を漢字で入力すると、項目データに変更が加えられ、検索項目名だけが変更される。

大区分・小区分共に、変更の続行も可能である。

**2.3.2.4 画像ファイルの変更** 項目ごとに登録した画像データが間違っていた場合や、画像データに変更が生じた場合などに画像ファイル名の変更を行う部分である。

まず、画像ファイル名を変更する小区分の検索項目が属する大区分の項目を選択し、画像ファイル名を変更する小区分の検索項目を選択する。正しい画像ファイル名を入力すると画像データに変更が加えられ画像データ名だけが変更される。変更の続行も可能である。

**2.3.3 データ関係の変更** 樹種ごとにそれぞれの検索項目に対して登録した、0か1かのデータが間違っていた場合に、検索データそのものの変更を行う部分である。まず、検索データを変更する樹種を選択した後、大区分の項目を選択し、小区分の検索項目を選択する。選択した樹種と検索項目に関する検索データを、0であれば1に、1であれば0に変更する。変更の続行も可能である。

**2.4 使用機器** 一般に広く普及しているパーソナルコンピュータを用いることとした。また、本システムでは画像データ（一画像につき128Kバイト必要）を大量に使用する関係で外部記憶装置として容量の大きな光磁気ディスクを用いているが、一般に普及している大容量のハードディスクを用いれば光磁気ディスク以上の能力を発揮する。本システムのユーザにはコンピュータの操作に慣れていない人も含まれると考えられるので、マウスでの操作を主に考えた。マウスはボタン二つだけの最も単純なコンピュータ用入力装置であるだけに、誤操作も少なく小型で初心者にも使いやすい装置であることを評価して採用した。以下に使用機器の一覧を示す。

- ・コンピュータ…PC-9801RX（メインメモリ640KB NEC製）
- ・ディスプレイ…高精細モード対応機種
- ・マウス…バスマウス
- ・光磁気ディスクドライブ（ヤノ電器(株) C & E コンピュータ製）
- ・光磁気ディスク（最大594MB）

### III 検索用データ

本システムの検索用データは針葉樹、広葉樹それぞれの樹種、識別の根拠となる木材の組織形態的な特徴項目（検索項目）および樹種と検索項目でマトリックスを形成する検索データが主となる。

**3.1 樹種データ** 本システムでは日本産の針葉樹、広葉樹を対象とした。針葉樹39種、広葉樹180種である。これらはシーケンシャルファイルの形式で保存されている。シーケンシャルファイルにすることによりMS-DOSの下で動くエディターやワードプロセッサソフトによるデータの作成や修正、変更が容易である。

**3.2 項目データ** 木材の識別拠点となる組織形態的な特徴項目は小林[7]、須藤[8]等により研究され、それをもとにパンチカードを用いた木材識別カード[9]が発表されている。最近では広葉樹識別のための特徴項目のリストがI A W A（国際木材解剖学会）から発表されている[10, 11]。木材識別に関連した書物も[12, 13]出版されており、

数多く出されている遺跡出土木製品の識別報告書には必ず特徴項目を上げている。これらを参考にしながら日本産の樹種に合う特徴項目を選んだ。識別拠点として重さ、色、香り、味、辺材・心材、はだ目、木理、光沢なども重要な項目であるが、曖昧さが伴い客観性に欠ける面があるし、遺跡出土木材など古材では識別拠点となり難いのでここでは検索項目から外した。

項目データは漢字の文字列であり、1次元配列に記憶されている。これらのデータもシーケンシャルファイルの形式で保存されている。

以下に検索項目の一覧を示す。各項目の見出しは大区分の項目であり、大区分の項目の下に小区分の検索項目（特徴項目）が配置されている。検索項目はできるだけ関連のある項目をまとめるように配慮したが、大区分の下的小区分は1頁当たり10項目という制限があるため検索項目の配置に多少無理が生じた。特に広葉樹では項目数が多いため大区分の項目名が同じでありながら番号を付けて分割せざるを得なかった。その場合大区分の下的小区分の検索項目の内容が分かるように括弧書きを付けた。なお、針葉樹の大区分項目は8項目、検索項目（小区分）は45項目、広葉樹の大区分項目は10項目、検索項目は84項目である。

#### 木材の樹種識別検索用特徴項目一覧

##### 針葉樹

###### 樹脂道

正常樹脂道（垂直、水平共に）存在  
 垂直樹脂道が単独で大型  
 垂直樹脂道が単独または数個連接で小型  
 エピセリウム細胞が厚い（顕著）  
 エピセリウム細胞が薄い（不鮮明）  
 エピセリウム細胞が5～6個存在  
 エピセリウム細胞が7～12個存在  
 チロソイド存在  
 傷害樹脂道存在

###### 分野壁孔

早材部における分野壁孔の形状は窓状  
 早材部における分野壁孔の形状はスギ型  
 早材部における分野壁孔の形状はヒノキ型  
 早材部における分野壁孔の形状はトウヒ型  
 1分野中の分野壁孔の個数は2個  
 1分野中の分野壁孔の個数は2～4個  
 1分野中の分野壁孔の個数は3～6個

###### 仮道管

螺旋肥厚存在  
 螺旋肥厚が単独で存在  
 螺旋肥厚が2本が対で存在  
 螺旋肥厚の傾斜が緩

螺旋肥厚の傾斜が急  
有縁壁孔の列数が部分的に2列  
細胞間隙の存在が顕著  
早材部仮道管の壁孔の孔口はレンズ状

軸方向柔細胞

軸方向柔細胞 (樹脂細胞) 存在  
軸方向柔細胞が多数存在  
軸方向柔細胞が少数存在  
軸方向柔細胞が年輪の後半部でやや接線状に並ぶ  
軸方向柔細胞が年輪内に散在  
軸方向柔細胞が年輪界に点在  
軸方向柔細胞の末端壁はじゅず状

放射仮道管

放射仮道管存在  
放射仮道管の内壁に鋸歯状肥厚が存在  
螺旋肥厚存在

放射柔細胞

細胞壁が厚く単壁孔の断面顕著 (多い)  
細胞壁が薄く単壁孔が不鮮明  
じゅず状末端壁存在  
内容物存在  
インデンチャー存在

木口面の概観

早晚材の移行が緩やか  
早晚材の移行が急  
晩材幅が狭い  
晩材幅が広い  
年輪界が不明瞭

その他 (異形細胞)

異形細胞存在

広葉樹

道管 I (道管の配列, 散孔材道管の分布数)

道管の配列 環孔材である  
道管の配列 半環孔材である  
道管の配列 散孔材である  
道管の配列 放射孔材である  
道管の配列 接線孔材である  
道管の配列 紋様孔材である  
道管の配列 無孔材である (道管がない)  
散孔材道管の  $1\text{ mm}^2$  当りの分布数は極めて少数 (5 個以下) である  
散孔材道管の  $1\text{ mm}^2$  当りの分布数は少数 (5 ~ 15 個) である

散孔材道管の  $1\text{ mm}^2$  当りの分布数は多数 (15個以上) である

道管 II (孔圏道管の列数, 環孔材道管径の移行, 道管径の大きさ)

環孔材の孔圏道管の列数はおおむね単列である

環孔材の孔圏道管の列数はおおむね多列である

環孔材の道管径の移行は急に減少する

環孔材の道管径の移行は徐々に減少する

道管径は非常に小さい ( $50\text{ }\mu\text{m}$  以下)

道管径は小さい ( $50\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ )

道管径は中庸である ( $100\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ )

道管径は大きい ( $200\sim 300\text{ }\mu\text{m}$ )

道管径は非常に大きい ( $300\text{ }\mu\text{m}$  以上)

道管 III (散孔材道管の複合の仕方, 環孔材の孔圏外道管の配列)

散孔材道管の複合の仕方はおおむね単独 (孤立) である

散孔材道管の複合の法方は放射方向に 4 個以下で複合する

散孔材道管の複合の法方は放射方向に 5 個以上で複合する

散孔材道管の複合の法方は斜め方向に複合する

散孔材道管の複合の法方は多数が房状である

環孔材の孔圏外道管の配列は放射 (火炎・紋様) 状である

環孔材の孔圏外道管の配列は散在状である

環孔材の孔圏外道管の配列は接線 (斜線・波) 状である

環孔材の孔圏外道管の配列は団塊 (房) 状である

道管 IV (穿孔の形, 螺旋肥厚, 有縁壁孔の配列, チロース, 着色物質)

道管の穿孔は単穿孔である

道管の穿孔は階段数の多い階段穿孔である

道管の穿孔は階段数の少ない階段穿孔である

道管の穿孔は網状穿孔である

道管に螺旋肥厚が存在する (環孔材は孔圏外道管について)

道管の有縁壁孔の配列は階段壁孔である

道管の有縁壁孔の配列は対列壁孔である

道管の有縁壁孔の配列は交互壁孔である

道管の内腔にチロースがある

道管の内腔に着色物質がある

軸方向柔組織 I (柔組織の種類, 独立柔組織の配列)

独立柔組織がある

随伴柔組織がある

軸方向柔組織が無い (不鮮明)

独立柔組織の配列は散在状柔組織である

独立柔組織の配列は独立带状柔組織である

独立柔組織の配列は矩接線状柔組織である

独立柔組織の配列は網状 (階段状) 柔組織である

独立柔組織の配列はターミナル柔組織である

独立柔組織の配列はイニシアル柔組織である

軸方向柔組織 II（随伴柔組織の配列，結晶を含む，油細胞）

- 随伴柔組織の配列は周囲状柔組織である
- 随伴柔組織の配列は随伴散在柔組織である
- 随伴柔組織の配列は翼状柔組織である
- 随伴柔組織の配列は連合翼状柔組織である
- 随伴柔組織の配列は随伴带状柔組織である
- 随伴柔組織の配列は帽状柔組織である
- 細胞内に結晶を含む
- 軸方向柔細胞に油細胞がある

放射組織 I（放射組織の細胞構成，放射組織の分布）

- 放射組織の細胞構成は単列同性型である
- 放射組織の細胞構成は単列異性型である
- 放射組織の細胞構成は異性 I 型である
- 放射組織の細胞構成は異性 II 型である
- 放射組織の細胞構成は異性 III 型である
- 放射組織の細胞構成は同性型である
- 放射組織の分布は散在放射組織である
- 放射組織の分布は集合放射組織である
- 放射組織の分布は複合放射組織である

放射組織 II（放射組織の幅，道管放射組織間壁孔の形状）

- 放射組織の幅は極めて細い（1～2列）
- 放射組織の幅は細い（2～5列）
- 放射組織の幅はやや広い（5～10列）
- 放射組織の幅は広い（10列以上）
- 道管放射組織間壁孔は小円状である
- 道管放射組織間壁孔は楕円状（卵円状）である
- 道管放射組織間壁孔は柵状（垂直状）である
- 道管放射組織間壁孔は階段状（水平状）である

放射組織 III（鞘細胞，細胞内の結晶，リップルマーク，水平樹脂道の存在）

- 鞘細胞がある
- 細胞内に結晶を含む
- 層階状配列（リップルマーク）がある
- 水平樹脂道が存在する

木繊維・仮道管・木口面（螺旋肥厚，ピスフレックス，その他）

- 隔壁木繊維がある
- 木部繊維に螺旋肥厚がある
- 有縁壁孔が顕著である
- 繊維状仮道管がある
- 周囲仮道管が顕著である
- ピスフレックスが顕著である
- 傷害樹脂道が存在する
- 年輪界に白色の線帯が顕著である

3.3 検索データ 「2.1.1 検索用データの形式」の項でも述べたように、各々の樹種について検索項目が該当する場合は1を、該当しない場合は0をデータとして入力している。このデータは種々の文献 [7, 8, 9, 12, 13], 遺跡出土木製品の識別報告書などを参考にしながら、筆者等の経験も加えて決定した。その場合組織形態的な特徴のあるものは0か1かの何れか明らかであるが、数値などで表現された項目は変異の多い木材だけにどの項目に該当するか曖昧な場合がでてくる。そのような場合は一つの検索項目に限定せず、ある幅をもたせ複数の項目に1を入力し、どの項目を選択してもその樹種を拾い上げるようにして、曖昧さに対処している。

#### IV 画像データ

本システムに用いる画像データは識別拠点となる検索項目を顕微鏡写真で説明するための画像データと各樹種の三断面（木口面、柾目面、板目面）の顕微鏡写真の画像データから成る。木材組織の画像は光学顕微鏡に取り付けたビデオカメラ（CCD）で撮った映像を画像処理装置で処理した後、本システムに合うデータ形式に変換したものをを用いる。模式図などはグラフィックツールの描画データをやはりシステムに合うデータ形式に変換して用いる。以下その概要について述べる。

4.1 プレパラートの作製 検索項目を視覚に訴えて説明できる画像データを作成するためには木材のプレパラートが必要となる。木材試料をあらかじめ三断面の切片が切り出し易いように切断し、これらの試料を先ず圧力釜で数時間煮沸した後ミクロトームで厚み20~25 $\mu\text{m}$ の切片に切り出す。切片は木口面、柾目面、板目面の三断面とし、サフランンで染色した後アルコールシリーズで脱水し、最後にキシレンで透化して、ビオライトで封入した。

4.2 画像データの作成 識別拠点となる木材の組織構造は光学顕微鏡によって20~1000倍で観察しなければならない。作製したプレパラートを用いて木材組織を三眼式顕微鏡（オリンパス BHS）で適当な倍率に拡大し、顕微鏡に取り付けたビデオカメラ（CCD）で撮った映像を画像処理装置（LA-500 ピアス製）で処理する。即ち、画像処理装置に取り込んだ画像にダイナミックレンジの拡大、画像強調、輝度移動、画像縮小などの処理を施した後、本システムのグラフィックエリアに入る大きさにウィンドウ（縦247ドット、横最大464ドット）をきってトリミングする。また、必要に応じて複数の画像をグラフィックエリアに入るように編集する。このように画像処理したものをフロッピーディスクに画像データとして記録する。その後、データ形式変換用のユーティリティを用いて本システムに合うデータ形式に変換したものを画像データとして用いる。模式図などはグラフィックツール（Z's STAFF Kid 98 株式会社ツァイト）の描画データをやはりシステムに合うデータ形式に変換して用いる。このように全ての画像データは特定のフォーマットで画像ファイルとしてディスクに記録されている。

4.3 画像データファイルの変換 画像処理装置ではビデオカメラから画像を取り込み、アナログ量をデジタル量に変換した後、種々の画像処理を施してディスプレイ上の512×512ドットの面に各画素が白黒256階調で表現されている。この画像データを本システムのデータとして直接使用すれば鮮明な画像が表現できる。しかし、システムがBASICで開発され、4096色中・16色モードを使用しているものの、白黒で表現できるのは16色しかない。従って、256階調で表現されている画像処理装置のデータを16階調で表現せざるを得

ない。ところで、用いる画像はほとんどが木材の細胞を透過型光学顕微鏡で観た画像であり、階調はそれほど多くを必要としない。実際16階調、256階調それぞれで表現した画像をディスプレイ上で比較しても際だった画質の低下は見られなかった [14]。そこで画像処理装置の画像データを本システムの画像データとして用いることにしたが、データ形式が異なるためデータを変換するソフトウェアが必要となる。しかし、画像データファイル変換用ユーティリティプログラムは既に開発済み [14] のものに本システムに合うよう少し変更を加えただけで基本的には同じものである。

## V システムの運用結果及び考察

システムを立ち上げると第1図の画面が表示されるので針葉樹、広葉樹の何れかを選択する。ここでは広葉樹を例にとって述べる。広葉樹をマウスで選択すると広葉樹に関連したデータがロードされた後、第2図の画面に変わる。「検索」をマウスで選択すると第3図の画面が表示される。この画面が大区分の項目である。まず、この画面で検索したい検索項目の属する大区分の項目を選択すると、第4図のように検索項目1頁分が表示される。ここで、選択したい検索項目

の上にマウスカーソルをもっていき、マウスの左ボタンをクリックすると検索項目が決定し、第5図のように選択した検索項目が表示されるので、それを確認した上で、「OK」をクリックすると第6図のように先ほど選択した検索項目の特徴を持つ樹種数および樹種が全て表示される。1画面に表示できない場合はマウスの左ボタンをクリックする事により残りが次画面に表示される。表示を終えたと次の検索項目選択のために大区分の画面（第3図）に戻り、検索を繰り返して実行する。検索を実行するごとに樹種は次第に絞られていく。その様子を第7図に示す。検索のために選択された検索項目の一覧が表示され、その全ての検索項目に該当する樹種がその下に表示される（プリントアウトも可）。この樹種が10種以下に絞られた段階で

検索項目（大区分）を選んで下さい。	左クリックで決定
道管Ⅰ（道管の配列、散孔材道管の分布数）	
道管Ⅱ（孔圏道管の列数、環孔材道管径の移行、道管径の大きさ）	
道管Ⅲ（散孔材道管の複合の仕方、環孔材の孔圏外道管の配列）	
道管Ⅳ（穿孔の形、螺旋肥厚、有縁壁孔の配列、チロース、着色物質）	
軸方向柔組織Ⅰ（柔組織の種類、独立柔組織の配列）	
軸方向柔組織Ⅱ（随伴柔組織の配列、結晶を含む、油細胞）	
放射組織Ⅰ（放射組織の細胞構成、放射組織の分布）	
放射組織Ⅱ（放射組織の幅、道管放射組織間壁孔の形状）	
放射組織Ⅲ（鞘細胞、細胞内の結晶、リップルマーク、水平樹脂道存在）	
木繊維・仮道管・木口面（螺旋肥厚、ビスフレックス、その他）	
検 索 終 了	

第3図 大区分の項目画面

検索項目を選んで下さい。 左=決定 右=ヘルプ	★道管Ⅰ（道管の配列、散
道管の配列	環孔材である。
道管の配列	半環孔材である。
道管の配列	散孔材である。
道管の配列	放射孔材である。
道管の配列	接線孔材である。
道管の配列	紋様孔材である。
道管の配列	無孔材である（道管がない）。
散孔材道管の1mm <sup>2</sup> 当りの分布数は極めて少数（5個以下）である。	
散孔材道管の1mm <sup>2</sup> 当りの分布数は少数（5～15個）である。	
散孔材道管の1mm <sup>2</sup> 当りの分布数は多数（15個以上）である。	
C A N C E L	

第4図 検索項目画面の一例



各樹種の三断面の顕微鏡写真をマウスの右ボタンをクリックする事により表示することができる。その様子を第8図に示す。検索の段階で検索項目を画像で確認したい場合はその検索項目をマウスで選び、右ボタンをクリックすると、ヘルプのモードに入り、第9図に示すようにその検索項目の特徴を表わす顕微鏡写真が表示される。

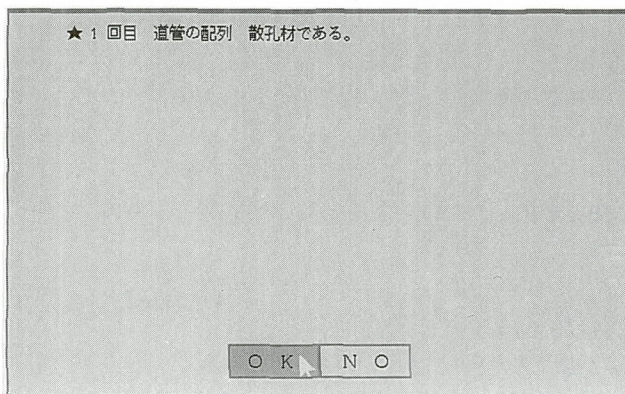
検索過程で検索項目が決定されると、選択した検索項目には検索項目の頭に★が付き、同じ項目を二度選択するような誤操作を防いでいる。もし以前に検索した検索項目と同じ検索項目を選択した場合には、警告メッセージが表示され、検索項目を選び直すよう指示される。また、検索項目の頁を間違えて選択した場合は「CANCEL」により検索項目の頁を選び直すことができる。

検索が終わると「検索終了」を選択することにより第2図のメニューに戻る。

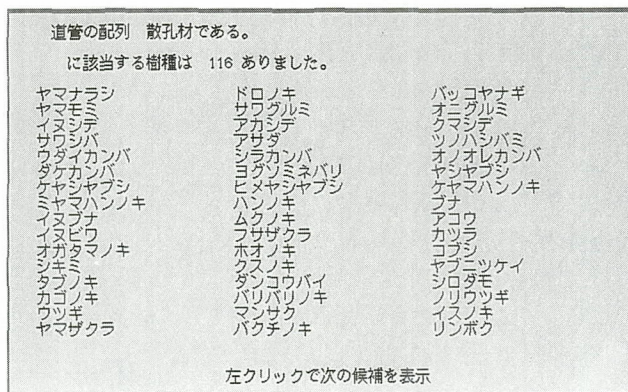
変更については最もよく使用すると考えられる「データ関係の変更」を例にとり説明する。

第2図の「変更」を選択するとメニューが表示される。そこで「データ関係の変更」を選択すると第10図に示すように樹種の一覧が表示される。この樹種一覧は一頁30種で複数頁にわたっているの

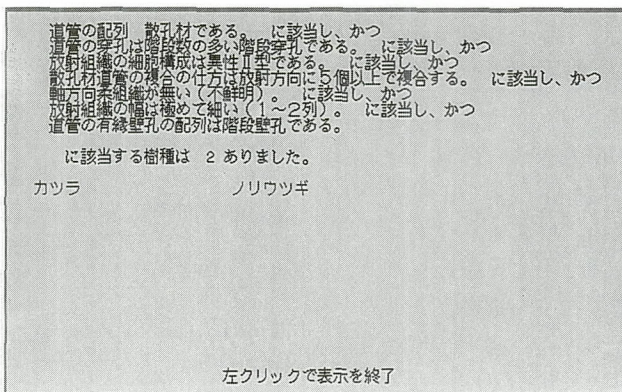
で「次頁」、「前頁」を選び目的の変更しようとする樹種を選ぶ。次に変更しようとする検索項目の属する大区分の項目を第3図の画面で選択すると、検索項目が表示される(第4図)。



第5図 検索項目確認画面の一例



第6図 検索結果の一例



第7図 検索結果の一例



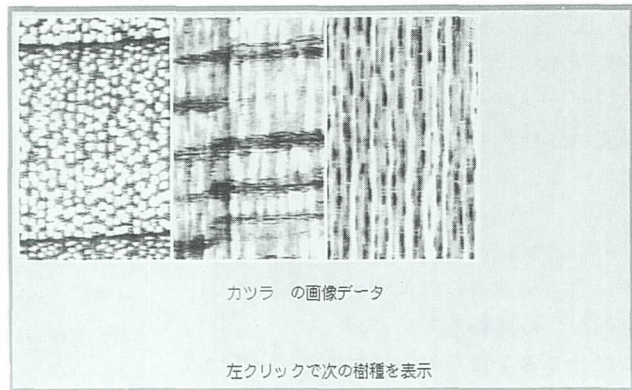
そこで検索項目を選択すると第11図に示す画面が表示され、検索データが1の場合には0に、0の場合には1に変更される。

実際に本システムを運用してみた結果、ハード面ではコンピュータは広く普及している機種であるものの、外部記憶装置としての光磁気ディスクは一般に普及しておらず汎用性に欠ける面がある。しかし、画像データを大量に管理できる利点を持っている。

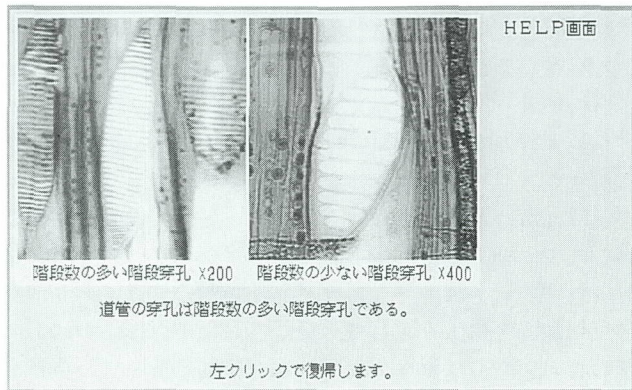
ソフト面では針葉樹、広葉樹それぞれ最大200樹種、100項目のデータをカバーできるので、国内産樹種の検索には十分なシステムであると言える。検索項目が項目の羅列でなく、大区分の項目の下に小区分の検索項目を配置した階層状を採ることにより検索項目を見つけ易くしている。また、検索過程で、「ヘルプ」により検索項目の顕微鏡写真が表示されたり、樹種が絞られた段階で表示させる事のできる画像データも非常に有効である。画像の表示もデータ形式にBASICの機械語ファイルを用いているため、表示速度も非常に高速である。さらに、光磁気ディスクをシステムに組み込む事により、大量の画像データが利用でき、システムの利用価値を向上させている。

また、エキスパートシステ

ムと違い、ルールに従った検索では無く、顕微鏡等で発見した特徴項目をすぐに検索できると言った、臨機応変な、柔軟性に富んだ検索ができる。これは、専門家にとっては煩わしさが無く、非常に便利な検索方法である。そして、検索のたびに検索された樹種が画面



第8図 検索結果の画像例



第9図 検索項目の画像例

樹種を選んで下さい。 左クリックで決定		
ヤマナラシ	サワシバ	ヒメヤシヤブシ
ドロノキ	アサダ	ケヤマハンノキ
バコヤナギ	ツノハシバミ	ミヤマハンノキ
ヤマモミ	ウダイカンバ	ハンノキ
ノグルミ	シラカンバ	ブナ
サワグルミ	オノオレカンバ	イヌブナ
オニグルミ	ダケカンバ	アカガシ
イヌシデ	ヨグソミネバリ	ハナガガシ
アカシデ	ヤシヤブシ	ツクバネガシ
クマシデ	ケヤシヤブシ	イチイガシ
前頁 ◀◀◀◀	CANCEL	▶▶▶▶ 次頁

第10図 樹種の一覧（一頁分）

上に表示されたり、もし、間違っ二重に検索項目を選択した場合には、注意を促すメッセージが表示される等の機能は、効率の良い、スピーディーな検索に一役買っている。

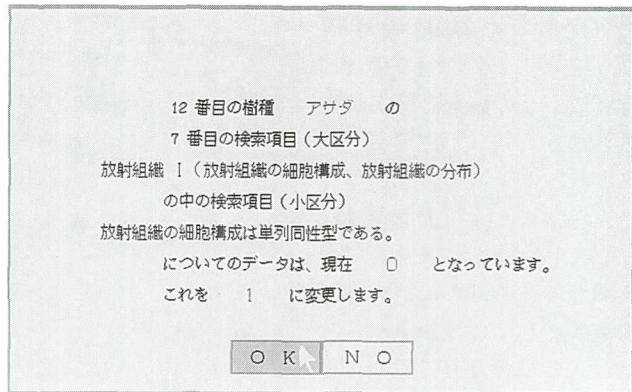
ディスプレイの画面については白黒16諧調の画像データを使用する関係でモノクロームにせざるを得なかった。画面は全体に中間色を用いており、目が疲れ易い黒地に白文字や白地に黒文字といった不

自然な配色を止め、灰色の地に黒文字を用いており、長時間使用する場合の目の疲れに対する配慮がなされている。しかし、特に注意を要するメッセージや検索した結果表示される樹種一覧（第6図）の文字は色を付けて視認性の向上を計っている。

システムの操作性の面では、主に使用されると思われる検索パートにおいて、全ての操作がマウスで行えるようになっている。そうすることによって、コンピュータに関しての初心者には煩わしいと思われるキーボード操作の必要が全く無くなり、非常に簡単で使いやすいシステムであると言える。また、マウスカーソルの存在する領域が他の領域に較べて暗い灰色で表示され、マウスカーソルがどの位置にあり、どのような処理が行われるかが一目で判別できるようにして、視認性および操作性の向上を計っている。さらに、操作に関係のない領域にはマウスカーソルが移動しないし、項目を選択する段階から樹種を決定するまでに、何度も確認を行うことで、誤操作を未然に防いでいる。

システム構築者にとっては専用エディタ（エディットパート）を装備している事により、データの追加・変更が容易にできる。しかも、全てコンピュータからの指示にしたがって入力すればよく、頻繁に確認が行われ、入力ミスを防いでいる。また、数値入力・文字（漢字）入力など、マウスを用いて操作するよりも、キーボードを用いた方が入力がスムーズに、かつスピーディーに操作が行える場合に限り、一部にキーボード操作を採用している。

このキーボード操作の場合にも、漢字入力を行う部分において操作性の向上を計るため、システムが漢字入力を要求してきた場合に、自動的に辞書を起動して漢字入力モードに入るという工夫を凝らして、操作性の向上を計っている。



第11図 検索データ変更画面の一例

## VI おわりに

本研究において開発した「木材の樹種識別用検索システム」は日本産針葉樹材39種、広葉樹材180種を対象とし、検索項目は針葉樹で45項目、広葉樹で84項目である。本システムは検索項目を顕微鏡写真で説明する画像データを備え、専門外の者にとっても有効で扱いやすいシステムとなっている。木材の識別を行うにあたり、検索速度、画像表示速度、操作性、視認性については、満足できるものである。データエディタ、画像データ変換ユーティリティも充実したものとなり、検索システム使用者にとっても、システム構築者にとっ

でも使い易いものであると言える。また、周辺機器として光磁気ディスクあるいはハードディスクを用いる事により、大容量のデータの管理が可能になり、針葉樹・広葉樹の画像データまでを含めた全データを、システムによって管理する事が容易にできるようになった。

### 謝 辞

本システムの開発に当たり、光磁気ディスクドライブをご提供頂いたヤノ電器株式会社 C & E コンピュータ事業部 常務取締役 矢野孝一氏に深謝の意を表する。また、本システムのプログラム開発ならびに画像データ作成に協力頂いた当時大阪教育大学技術教室 4 回生であった川西孝次、田中大作両君にはここに記して感謝の意を表する。

### 参考文献

- [1] 井津元世士郎, 小鹿丈夫, 垣本徹, 渡辺徹 (1986) 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) 大阪教育大学紀要 第Ⅲ部門 35:193-201.
- [2] 井津元世士郎, 小鹿丈夫, 橋本孝之 (1987) 木材の樹種識別エキスパート・システム (第一報) 大阪教育大学紀要, 第Ⅲ部門 36:39-46.
- [3] 井津元世士郎, 小鹿丈夫, 橋本孝之, 樋口真光 (1987) 木材の樹種識別エキスパート・システム (第二報) 大阪教育大学紀要 第Ⅲ部門 36:201-209.
- [4] 井津元世士郎, 小鹿丈夫, 橋本孝之, 樋口真光 (1988) 木材の樹種識別エキスパート・システム (第三報) 大阪教育大学紀要 第Ⅲ部門 37:65-74.
- [5] 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.
- [6] KURODA, K. (1987) Hardwood identification using a microcomputer and IAWA codes IAWA Bull. n.s., 8:69-77.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 小林弥一, 須藤彰司 (1960) 木材識別カード 日本林業技術協会
- [10] IAWA Committee. (1981) Standard list of characters suitable for computerized hardwood identification IAWA Bull. n.s., 8:99-110.
- [11] IAWA Committee. (1989) IAWA List of microscopic features for hardwood identification IAWA Bull. n.s., 10:219-332.
- [12] 島地謙, 伊東隆夫 (1982) 図説木材組織 地球社
- [13] 島地謙, 他 (1985) 木材の構造 文永堂出版
- [14] 井津元世士郎, 川西孝次 (1986) 木材組織学用CAIコースウェアの開発 (第一報) —CAIコースウェア構築用シェルー 大阪教育大学紀要 第Ⅴ部門 38:87-97.

## Identification System of Wood Assisted by Microcomputer(Ⅱ)

Yoshiro IZUMOTO\* and Shozo HAYASHI\*\*

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

*\*\*Wood Research Institute, Kyoto University, Uji 611, Japan*

In the 1st paper, the authors reported about dichotomous wood identification system by using a microcomputer. This paper reports development of computerised wood identification system based on Multiple entry system.

The kinds of Japanese wood which become the object of this system are 39 as softwood and 180 as hardwood in number.

For wood identification, this system has 45 anatomical features for softwood and 84 features for hardwood.

At the first stage of this system, the kinds of wood which have some anatomical features are searched and then the kind of wood is selected in order.

This system has image data of microphotographs which show anatomical features, and any user of this system can observe microphotographs at pleasure. Therefore, this system is helpful to persons who are familiar with wood structure but who do not have enough knowledge to identify woods.