

画像データの蓄積

著者	佐藤 真知子
雑誌名	国立民族学博物館研究報告別冊
巻	017
ページ	163-175
発行年	1992-12-25
URL	http://doi.org/10.15021/00003552

画像データの蓄積

佐藤 真知子*

要旨

画像検索システムにおける画像蓄積は、大量データの蓄積と応答性の確保という2つの条件を満たす必要がある。本稿では、標本画像検索システムの試作に当たり、現在のハードウェア環境でシステムに対する要求を満たすためには、どのような方法で画像を蓄積すべきかを、データの表現方法と蓄積装置の使い分けの両面から検討する。併せて、共同研究で構築した民族学研究用画像検索システム(CIRES)に対する評価を述べ、画像の蓄積一般の問題点を明らかにする。

1 はじめに

デジタル画像の特徴としては、第一にデータ量の多さがある。これは、A4判400字詰め原稿用紙1枚に書かれた文章が、文字データでは数百バイトでデータ化されるのに対し、画像データとすると通常の画質のものでも100キロバイトを超えるデータ量となることから容易に理解されよう。通常の計算機でこのように膨大なデータ量を扱おうとする場合、まず問題になるのはデータの蓄積場所である。従来の磁気テープ、磁気ディスクなどの蓄積装置に加えて、急激に実用化が進んできた光ディスクなど、蓄積装置の環境は改善されつつあるが、画像の蓄積装置としてみた場合、後述するように、どれも決定的とはいえない。このような状況の中では、各種の蓄積装置をどのように使い分けるかを検討することが、画像を蓄積する上で重要な課題である。第二の問題点は、データ量が多いため、画像の伝送や処理に長時間を要することである。例えば、ある画像を蓄積されている大きさの半分の大きさで表示したいという場合、まず画像データを読み出し、大きさを半分にするという処理をした後、表示装置に送るという手順が必要で、読み出しに要する時間、処理に要する時間などそれぞれがデータ量の多さによって長くなるかと思えば、とても実用的な速度での応答は望めない。従って、予め加工処理した画像を蓄積するというような措置が必要になることもある。このように、現在のハードウェア環境で実用システムを構築する場合、画

* 日本アイ・ピー・エム(株)東京基礎研究所(現 東京工芸大学工学部)

像の蓄積に当たっては、どのような画像を、どのような形で、どのような蓄積装置に保管しておくかを慎重に検討する必要がある。

本稿では、民族学研究用画像検索システム *CIRES*¹⁾ の試作に当たって、画像蓄積の方法を上記の観点から検討し、実際に構築したシステムを評価した結果について述べる。2節では、まず、デジタル画像の表現方法と、これが蓄積方法の効率に及ぼす影響を述べ、3節で各種蓄積装置の特徴を検討する。以上の状況を踏まえた上で、4節ではシステムに対する要求を満たすために、試作システムが実際に採用している蓄積・管理方法を述べる。これに対する評価を5節で行なう。

2 画像の表現

デジタル画像とは、通常の絵、写真、文書などを、計算機で処理できるような形式に変換して得られるデータ集合のことで、これは一般に次のような方法で作成される。すなわち、与えられた画像を横方向 M 、縦方向 N の点でサンプリングし、各々の点（画素と呼ばれる）の濃度、あるいは輝度情報を L ビットの階調を持つデジタル値として表現する（図1）。デジタル画像の精度は M, N, L の値によって決定されるが、A4判文書画像ではごく普通の画質を得るのに $M=830, N=1200$ 程度、 $L=1$ が用いられる。この場合のデータ量が約120キロバイトで、この上に書かれた400字の文章が数百バイトのデータ量で表わせることを考えると、デジタル画像がいかに多くのデータ量を占めるかが理解できる。濃淡画像では $L=8$ 、カラー画像で

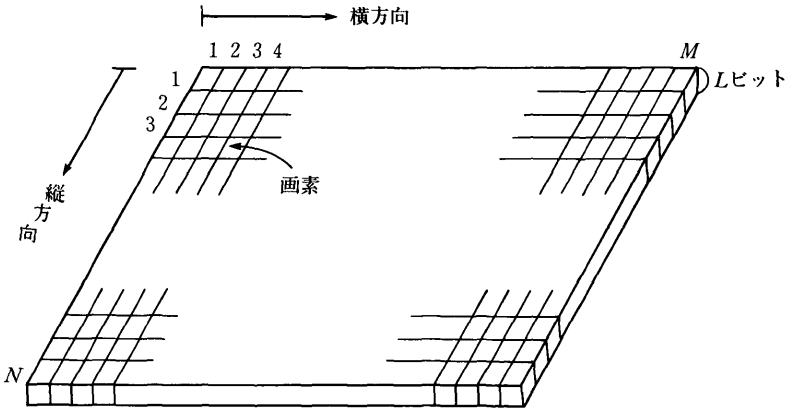


図1 デジタル画像

1) 本書「共同研究の概略——方法と成果——」参照。

は R, G, B 各々に対し $L=8$ 程度の値が必要になるので、データ量は更に多くなる。

このようなデータの蓄積を考える場合、計算機内で画像がどのように表現されるべきかを検討する必要がある。最も自然で直感的なデジタル画像の表現方法は、データのサンプリングの方法をそのまま利用して、 $M \times N$ の要素を持つ2次元配列と考えることである（2次元配列表現）。この方法は、多くの画像処理における画像表現の基本となっているが、蓄積に関しては、データ量の大きいことが欠点である。このために、データ量を減らす様々な方法が考えられてきた。これらをまとめて、画像の圧縮表現と呼ぶ。圧縮の方法は対象となる画像の性質、及び使用目的に応じて様々なものがあるが、これについては別稿が設けられているので²⁾、ここでは触れない。圧縮表現によれば、画像のデータ量は原画像の情報の保存の割合によって、通常、元の60-70%から数十分の1程度にまで削減できる。しかし、画像本来の2次元的な構造が失われるため、直感性に乏しく処理がしにくい。また、圧縮表現に変換する符号化、圧縮表現から原画像に戻す復号化のための時間が必要である。

データの量と同様に、データの利用しやすさという点も画像表現を考える上で重要な要素である。例えば、1つの画像を空間解像度の低いものから高いものに順に階層的に構造化したものは、任意の解像度の画像を即座に取り出すことができるため、全体を大まかに把握し、必要に応じて細かい部分の処理をするような利用の仕方に適している。また、対象物を視点を変えて撮影した画像や時系列画像など、関連ある画像を構造化して管理することによって、円滑に利用ができるようになる場合が多い [坂内・大沢 1987; 横矢・田村 1984; 篠田 他 1983]。以上のように、画像の表現方法は、蓄積方法の効率を決定する大きな要因となるために、十分に検討されなければならない。

3 蓄積系ハードウェア環境³⁾

画像の表現とともに、画像蓄積方法の良否を左右する要因となるのは、記憶装置の使用法である。本節では、現在、画像を蓄積する能力を持つ記憶装置の特徴を明らかにする。

デジタル画像は、A4の文書画像で1枚当たり約100キロバイト、カラー写真では数メガバイトのデータ量を持ち、データベースのようなシステムでは数万枚から数

2) 本書「画像の表示とその圧縮」参照。

3) 文献 [鈴木 1987; 産業リサーチ 1985; 日経エレクトロニクス 1987] 参照。

十萬枚の画像を扱うのが普通である。このような膨大なデータは、従来価格の面から磁気テープに保管されるのが一般的であった。ところが、磁気テープ1本当たりの記憶容量がせいぜい百メガバイト程度であるため、データ全体を記憶するには多数のテープが必要になり、これらの保管に要する場所が無視できない。それと同時に、テープの管理を効率的に行なわないと、必要なデータが記録されているテープを捜すのに時間がかかるなどの不都合を生じる。更にアクセス方式がシーケンシャルであるため、データのアクセス時間が長く（10秒から数十秒）、テープの掛け替えに人手を要するなど、オンラインシステムの記憶装置としては不適當な点が多い（図2）。

磁気テープに代わる蓄積装置としては、磁気ディスクがある。メインフレーム用の磁気ディスク装置は1装置当たり数ギガバイト程度の記憶容量を持っている。また、直接アクセスが可能で、アクセス時間、データ転送速度とも他の記憶媒体より優れているので（図2、図3）、画像を蓄積するための装置としては十分な性能を備えているといえる。しかし、単位情報量当たりの価格が高く（表1）、媒体の交換ができないため装置の占める床面積が大きくなるなど、非常に大量なデータの蓄積には不適當な面を持っている。

光ディスク技術は、ここ数年の間に急速に実用化が進んできた。大別して5.25インチの小型のものと10-12インチの大型のものがあるが、濃淡画像、カラー画像の蓄積には容量の大きい大型のものが対象になろう。このクラスの光ディスクの記憶容量は1枚当たり数ギガバイトと磁気ディスク装置1台分、磁気テープ数十本分に匹敵す

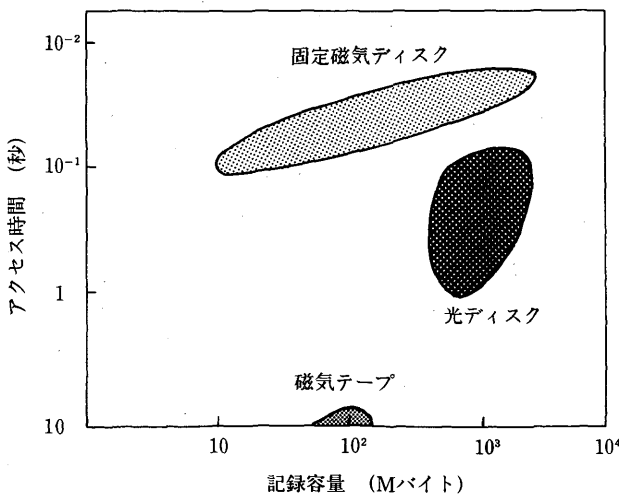


図2 蓄積装置のアクセス時間と容量の関係 [産業リサーチ 1985]

表1 蓄積媒体のコスト例 (単価には装置価格は含まない)

蓄積媒体	単価 (1Mバイト当り)
追記型光ディスク	20~30円
消去可能型光ディスク	約50円
磁気ディスク	約750円
磁気テープ	約45円

る。また媒体自体の大きさはカセットに入れた状態でディスク直径を1辺とする薄い正方形とコンパクトである上、1メガバイト当たりの媒体価格は20-30円と磁気ディスクの750円は言うに及ばず、磁気テープの45円と比べても十分安いので、画像の蓄積装置の本命であるとみなされている (図2, 図3, 表1)。ただし、現在実用になっているものは、追記型と呼ばれる1度データを書き込むと訂正のきかない方式のもので、蓄積するデータの性質や記憶方式を十分検討する必要がある。書き換え可能型の光ディスクも市場に出始めてはいるが、価格面でまだ実用的とはいえない。光ディスクを画像蓄積装置として用いる場合に問題になるのは、消去不可能という点より、むしろデータのアクセス時間、転送速度の遅さである。図2, 図3が示すように、ダイレクトアクセス装置でありながら、磁気ディスクに比べて1桁以上性能が劣る。

このように、現在利用できる蓄積系のハードウェアは、どれも一長一短という状況で、実際に画像を蓄積する際には、種々の蓄積装置の効率のよい使い分けを考えることが、蓄積装置上でのデータ表現とともに重要である。

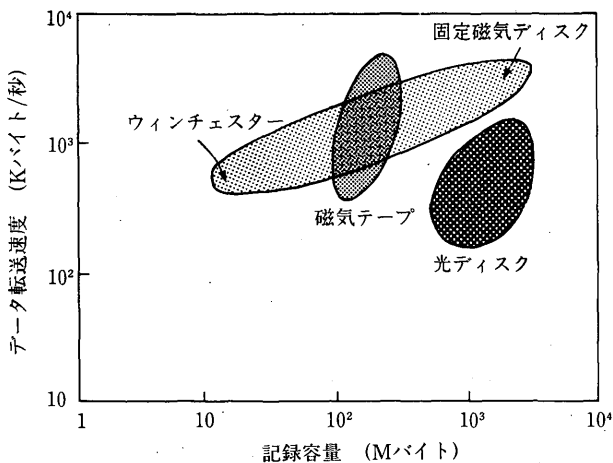


図3 蓄積装置のデータ転送速度と容量の関係 [産業リサーチ 1985]

4 試作システムにおける画像の蓄積・管理

実際のシステムにおける画像データの蓄積・管理の目的は、上記のようなハードウェア環境の中で、大量の画像データを効率よく蓄積し、要求される画像を高速に提供することにある。この目的を実現するためには、システムに対する要求事項を検討し、どのようなデータを、どのような形で、どこに蓄積するか、すなわち蓄積すべき画像とその表現方法、及びそれらに適する蓄積装置の最適な選択を行なわなくてはならない。本節では、試作した CIRES における画像の蓄積方法を決定するために、システムの要件と使用されるデータの特徴を明らかにし、蓄積すべきデータの論理的な構造を決定する。更に、これを効率よく実現するための蓄積装置の使い方と、その上での表現方法について述べる。

4.1 画像データの論理構造

画像入力装置によってデジタル化され、試作システムで使用する画像の原型として与えられるのは、1 件の標本に対して次の 5 種類である。

- カラー鳥瞰画像 (1024×1024画素, R, G, B 各 8 ビット)
- 濃淡鳥瞰画像 (1024×1024画素, 8 ビット)
- 濃淡正面画像 (1024×1024画素, 8 ビット)
- 濃淡平面画像 (1024×1024画素, 8 ビット)
- 濃淡側面画像 (1024×1024画素, 8 ビット)

これらの画像に対して、試作システムでは次のような機能を実現することが要求されている。

1. 表示

濃淡鳥瞰画像を除く 4 種類の画像は、十分な空間、階調解像度で表示できなければならない。また、1 つの標本に対するこれら 4 種類の画像は同一画面上に表示できなければならない。

2. 比較

同一画面上に異なる標本に対する画像を複数個表示して、比較ができなければならない。この時、1 枚の画像のサイズ、従って同一画面上に表示できる枚数は必要に応じて選択できることが望ましい。

3. 検索

画像の属性情報である文字・数値による検索によって絞りこまれた候補については、同一画面上になるべく多くの標本に対する画像を表示して、画像を見ながら標本の取捨選択が行なえなければならない。

以上の機能的な要求に加えて、これらが高速に表示できること、簡単な操作で実行できることが、不可欠な要素として挙げられている。

蓄積効率、及びデータの装置独立性という観点から考えれば、入力装置によって得られた画像を情報量を失わないような方式で圧縮表現し、蓄積するのが望ましい。この場合、サイズや階調の変更処理はデータを読み出した後に行なうことになる。しかし、情報量を保存する圧縮方式の圧縮率が60-70%であることを考えれば、標本のカラー鳥瞰画像のデータ量は圧縮後も2メガバイトを有することになり、データアクセス、転送速度で最も優れた性能を持つ磁気ディスクに蓄積したとしても、蓄積装置からの読み出しだけで1-2秒を要することになる。更にこの後、サイズや表示装置の特性に合わせた色数変更処理を行なうとすれば、とても実用に耐える速度での応答は望めない。従って試作システムでは、使用される画像をすべて使用時のサイズ、色数(階調)に合わせて予め処理作成したものを蓄積することとした。表2に標本1件につき蓄積すべき画像の種類を示す。これにより、システムに蓄積されるデータは元の情報量を失うことになるが、特に応答性が要求される場合においては、現在のハードウェア環境ではやむを得ない選択といえる。

表2の7種類の画像は、同一の対象を表わすデータで連続してアクセスされる可能性が高いため、試作システムではこれらをまとめて構造化管理する。実際には標本番号をプライマルキーとし、各画像のロケーション、サイズを項目とする画像蓄積表を関係データベースで管理することによって、これを実現している⁴⁾。

表2 蓄積される画像データ (表中の数値は1画素あたりのビット数。—は蓄積されていないことを示す)

	1024×1024	512×512	256×256	128×128
鳥瞰図 (カラー)	8	8	8	4
正面図 (濃淡)	—	4	—	—
平面図 (濃淡)	—	4	—	—
側面図 (濃淡)	—	4	—	—

4) 本書「属性情報を用いた標本検索」参照。

4.2 画像データの物理構造

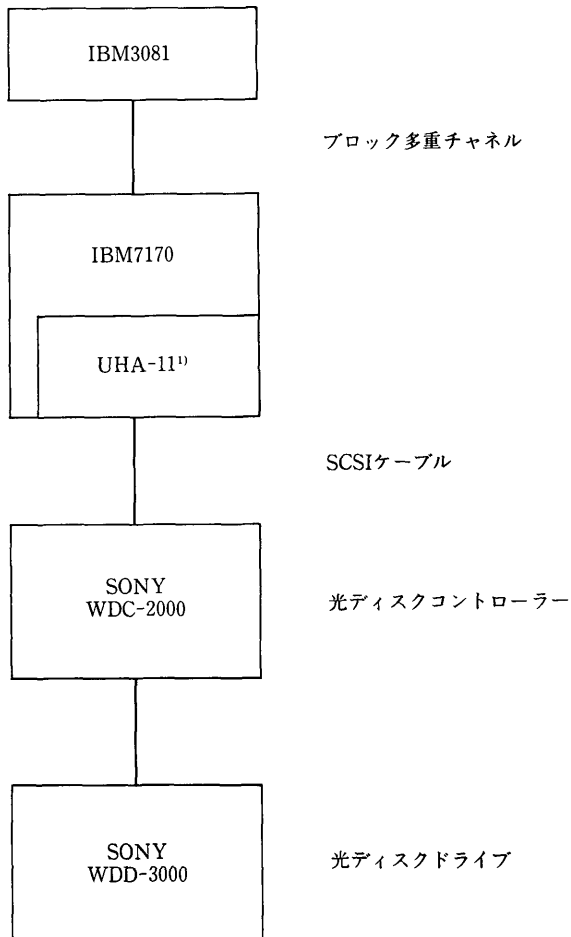
前節の管理方法によれば、実際に画像が蓄積される場所がどこであっても論理的な構造自体に影響を及ぼすことはない。各画像の記憶場所、記憶装置上での表現形式、ファイリングの方法は画像の用途によって最適なものを選択すればよい。

表2の画像のうち、サイズの最も小さい128×128画素のカラー画像は、検索のための概略画像として使われるため、アクセス頻度が高く、高速表示が要求される。また、1枚当たりのデータ量は比較的少ないので、記憶装置としては、アクセス速度、転送速度の速い磁気ディスク装置が適している。磁気ディスク上での表現形式は、高速転送を可能とするため圧縮方式を採用した。画像は圧縮処理した後、ホスト計算機のOS（オペレーティングシステム）が管理する通常の1ファイルとしてまとめて保管される。これは、各画像をそれぞれ別ファイルとして保管する際に生じる、OSによるファイル管理のオーバーヘッドを省くために用いられた方法で、ファイル内のレコード番号、レコード数が画像蓄積表に記録されている。

これ以上の解像度を持つ画像（表2）は、主に確認表示用として蓄積されている。これら6種類の画像のデータ量を合計すると1.72メガバイトで、民博が所有する17万件的標本がすべて登録された場合、磁気ディスク116台（IBM-3380の場合）を必要とする量となる。同じデータを光ディスクに蓄積すると92枚（SONY WDD-3000の場合）が必要になるが、光ディスクはオートチェンジャーと呼ばれるジュークボックス方式の管理システムでの一括管理が可能で、例えば、SONY社のオートチェンジャーの場合は1台で50枚のディスクを収容できるため、このデータを管理するには2台が必要になる。磁気ディスク装置の外形寸法は幅113 cm×奥行82 cm×高さ179 cmであるのに対し、光ディスクのオートチェンジャーは幅70 cm×奥行110 cm×高さ180 cmであるため、光ディスクを使用する場合、画像蓄積装置の設置面積は磁気ディスク装置を用いる場合の1/70ですむことになる。この数値が示すように記憶装置の占める空間という観点では、光ディスクがはるかに優れている。特に本システムが扱う標本データのように、今後の増加が予想されるものに対しては媒体の交換可能という面も含めて光ディスクの使用が理想的には望ましい。光ディスクの欠点は3節でも述べたとおり、一度書き込んだデータの書き換えができないことと、アクセス時間、データ転送速度が磁気ディスクに比べて劣ることである。前者は本システムが扱うデータのように更新する必要のないデータに対しては、ほとんど問題にならない。しかし、アクセス時間、データ転送速度はシステムの応答性に直接影響を及ぼす要素

であるために、光ディスクの使用を決定する場合には慎重に検討する必要がある。

図4に本システムにおける光ディスクの接続方法を示す。この方法でのデータの読み出し速度は毎秒平均150キロバイトであった。従って表2の画像のうち、最大のデータ量を持つ1024×1024画素のカラー鳥瞰画像を読み出すのに要する時間は約7秒で、1枚の画像の許容表示時間といわれる3秒 [SHNEIDERMAN 1984] を超えている。しかし、本システムで光ディスクに蓄積される可能性のある画像は確認用に表示されるため、応答性に対する要求が比較的弱く、表示の頻度もそれほど高くはないことを考



1) A Unibus Interface for SCSI Disk Controllers (TD System Inc.)

図4 光ディスク接続例

えれば、この程度は許容できる範囲と考えるとよい。また、各画像データのアクセス頻度は、検索用のものに比べてはるかに低いものと予想されるため、高価な磁気ディスク装置をこのような画像の蓄積に当てるのは、コストパフォーマンス的に好ましくない。以上のような検討の結果、本システムでは高画質の画像蓄積用には光ディスクが最適であると判断した。

光ディスク上での画像の表現形式は、読み出し速度の遅さを少しでも補うために、伝送速度を最優先して決定した。すなわち、復号時間と圧縮後のデータの伝送時間の和が元のデータを伝送するのに要する時間より少ない場合には、圧縮形式で蓄積し、そうでない場合は元の形式のまま記録する。光ディスク上での各画像ファイルは入力順に追記され、ファイルの先頭アドレス、ファイルサイズ及びディスクの面番号が画

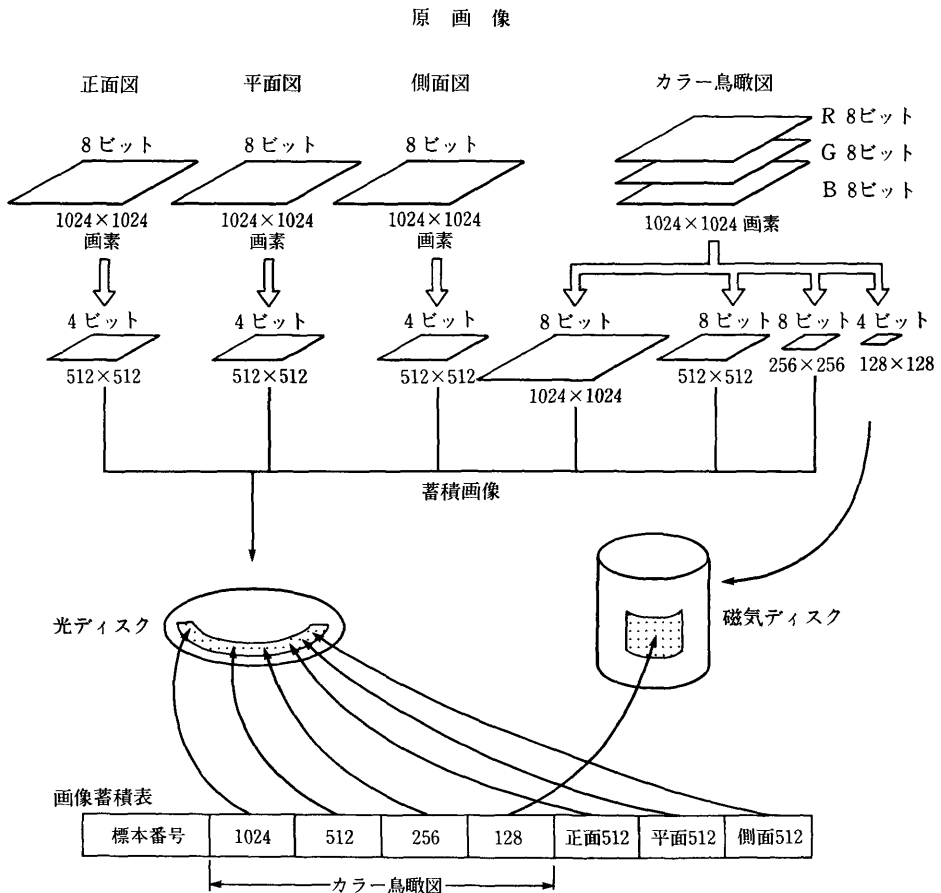


図5 民族学研究用画像検索システムにおける画像の蓄積と管理

像蓄積表に記録される。

試作システムにおける画像の蓄積・管理の方法を図式化したものを図5に示す。

5 評価と課題

試作システムに登録されている標本件数は2716件で、この程度の件数であれば、すべての画像データを磁気ディスクに蓄積することも可能である。しかし、民博はすでに17万点の標本を所蔵しており、毎年1万点ずつの増加が見込まれることを考えれば、より記録密度が高く、実用度の高い記憶媒体が必要になることは明らかである。試作システムでは解像度の高い画像の蓄積用に光ディスクを採用し、検索システムにおける画像蓄積装置としての可能性を評価した。この結果は以下のようにまとめられる。

1. 標本画像データのように膨大なデータをコンパクトに蓄積でき、ランダムアクセスが可能であるため、磁気テープに比べてはるかに使いやすい。また、磁気ディスク装置に比べて記憶装置の設置に要する面積は小さくてすむ。

試作システムはオートチェンジャーを使用していないので、12インチの光ディスク3面に記録されたデータを読み出す際、人手によるディスク面の交換が必要になる場合があるが、より大量のデータに対してはオートチェンジャーを使用することにより、人手の介入を全く必要としないシステムの構築が可能である。

2. データの Read/Write の速度が不十分である。

磁気ディスクより劣る現在のアクセス時間、データ転送速度で、データ量の多い画像を伝送・表示しようとするのは、応答時間の点からいって無理がある。ところが、光ディスクはその大容量性から、解像度が高く、従ってデータ量の多い画像などの蓄積に使われてこそ、その価値が発揮されるので、このようなデータに対しても十分な応答性を得るためには、データ処理時間の高速化が不可欠である。

3. 現在市販されている光ディスクを、試作システムのような画像検索システムの蓄積装置として使う場合は、画像データの用途に応じて磁気ディスクと併用する必要がある。

基本的には、画像を表示しながら会話的に検索を進めるといった目的に使われる画像の

ように、アクセス頻度が高く、データ量が比較的少ない画像は磁気ディスクに、また、確認用に表示される画像のように高画質でデータ量が多く、アクセス頻度の低い画像は光ディスクに蓄積することにより、会話的処理における応答性を確保し、大容量データをコンパクトに保管することができた。また、追記型であるためにディスク上のファイル管理には磁気ディスクを用いるのが効率的である。

このように、試作システムでは光ディスクと磁気ディスクを併用することによって、大量な画像データを扱うシステムが効率よく構築できることを示した。しかし、画像データの扱い方に問題がないわけではない。システムでは、データ量を削減するために画像の階調を落としたデータを作成し、これを蓄積しているが、この方法では、例えば画像表示装置をより高機能なものに替えた場合、表示装置の機能を活かすためにデータを作り直さなければならないような事態を引き起こす恐れがある。4節でも述べたように、基本的にデータはハードウェアから独立した形で蓄積されるべきであるが、現在の光ディスクの性能では、前述のように応答性の確保が難しい。また、光ディスク上のファイル管理情報を光ディスク内に持っていないことは、可搬性、及び障害時の対応という面で問題を残している。追記型の媒体はデータの書き換えができないため、ファイル管理のためのディレクトリを作成するには特殊な物理構成が必要となり、ファイル探査の効率が悪化する恐れがある。このために試作システムでは、磁気ディスク上の画像蓄積表を用いて光ディスク上の画像を管理しているが、磁気ディスクに何らかの障害が発生してファイル管理情報が破壊された場合、この方式では光ディスク上のデータが使用できなくなる可能性がある。また、別のシステムとデータを共有することも難しい。この問題は、書き換え可能型の光ディスクの実用化が進めば解決することで、上述の性能面での改善とともに、光ディスク技術の発展が待たれる。

6 おわりに

本稿では、現在一般的に使用可能なハードウェアを用いて画像検索システムを構築する場合、どのような画像データを、どのような形で、どのような蓄積装置に蓄積すべきかを検討し、実際に試作されたシステムに対して評価を行なった。

大量な画像データを蓄積し、オンラインシステムとして満足できる応答性を得るために、画像蓄積装置として追記型光ディスクと磁気ディスクを併用し、1つの標本に関する画像は構造化し、伝送速度を最優先して蓄積することによって、実用システム

として使用しうるシステムを構築することができた。しかし、画質の高い画像の表示では、応答時間のいっそうの短縮が指摘されていることも事実で、効率的なデータ管理とともに、光ディスクなど、記録技術の発展・確立が望まれる。

文 献

日経エレクトロニクス

1987 「消去・再書き込み可能な CD や次世代モデルが発表された OSA 光ディスク国際会議」『日経エレクトロニクス』418: 69-71。

坂内正夫・大沢祐

1987 『画像データベース』昭見堂。

産業リサーチ

1985 『光ディスクの最新動向と市場実態：R & D レポート』産業リサーチ出版。

SHNEIDERMAN, B.

1984 Response Time and Display Rate in Human Performance with Computers. *Computing Surveys* 16(3): 265-285.

篠田英範・近藤隆志・澤田順夫・沼上英雄・木戸出正継

1983 「ランドサット MSS 画像データベースシステムの開発と評価」『情報処理学会論文誌』24(6): 867-876。

鈴木健司

1987 「マルチメディアデータベースのハードウェア環境」『情報処理』28(6): 705-709。

横矢直和・田村秀行

1984 「病理標本画像データベース・システム PIMAS の開発」『情報処理学会論文誌』25(6): 1055-1063。