

画像データベース研究の現状について

横矢 直和

田村 秀行

(電子技術総合研究所)

1. まえがき

近年、図形・画像情報の計算機による処理とその利用範囲の広がりにつれて、大量の画像及び関連情報を統一的に蓄積・管理し、必要な情報を効率的に検索できるシステム——画像データベースシステム——の実現が望まれるようになってきている^(1,2)

画像データベースの研究は、現在、その緒に就いたばかりで、一般的なデータベース構成方式は確立されておらず、画像データを扱う種々の分野で、それぞれの立場から研究が進められている。重立った分野としては、

- (a) 一般のデータベース^(3,4)
- (b) パターン認識・画像処理
- (c) 画像関連応用分野
(例えば、リモートセンシング、ME、地図など)
- (d) コンピュータグラフィックス
- (e) 画像サービス(通信・放送)

を挙げることができよう。

画像データベースシステムの目差すところは、ユーザが画像ファイルの物理的な構造を知らなくてもデータにアクセスできるようなシステムの実現である。これは換言すると、ハードウェアに依存する物理構造をできるだけ隠し、ユーザに見える論理構造にはできるだけ自由度をもたせるということであり、目的とするところは文字・数値情報のみを扱う従来のデータベースシステム^(3,4)と基本的には同じである。

しかしながら、画像データベースでは、画像という扱うデータの特殊性から、従来にはないシステム構成や機能が要求される⁽⁵⁾。データの特殊性は、

- 1つの画像のもつ情報量が極めて大きい。
- 画像は、サイズ(画素数)、倍率、レベル数、バンド数など、タイプが多様である。
- データが本来2次元性を有し、その2次元空間での距離が意味をもつ。
- データが抽象化されておらず、人間の視覚機構を通して始めて抽象化される。

などである。これらのことから、画像データベースは、ハードウェア面では特殊な入出力装置、大容量記憶デバイスなどが必要となり、ソフトウェア面では、画像特有のファイル化技術、画像処理機能、表示機能、画像特徴に基づく検索方式などが重要となる。

本報告では、デジタル画像処理に関連する前述の(a)～(c)の分野を中心として、画像データベースのソフトウェア面から、研究の現状、具体例、技術的な問題点、等について考察する。まず最初に、画像データベースシステムの一般的な特徴と分野ごとの研究開発の現状を眺め(2.)、次いで、画像データベースシステム構成上のいくつかの課題について検討し(3.)、また代表的なシステムを若干詳しく紹介する(4.)。そして最後に、今後の研究課題にも言及する(5.)。

2. 画像データベースの特徴と各種
アプローチ2.1 画像データベースの特徴

画像データベースは様々なタイプのシステムが開発されており、それらを系統的に分類することは極めて難しい。ただ、個々のシステムの特徴づける要因として、(i)対象とする画像の種類、(ii)利用目的、及び(iii)開発・利用分野(1.の(a)～(e))が考えられる。

対象とする画像については次の2つの場合に大別できる。

- 多数の(比較的単純な)画像
 - 複雑な画像——内容の記述が問題となる
- また、利用目的について見てみると、
- ◆ 大量のデータの中から希望するデータを効率的に検索することに重点がおかれているシステム

◆ 画像の処理や表示のための各種の操作が主であるものがある。利用分野 (a) ~ (c) とこれらの特徴との関係を表 1 に示す。

表 1. 画像データベースの特徴

開発利用分野		対象	
		多数の画像	複雑な画像
	(a) 一般のデータベース	△	◎
	(b) 画像処理・理解		△ ◎
	(c) 画像関連応用	○ ○ ○ ○	
		処理操作	検索
		利用目的	

2.2 一般のデータベースからのアプローチ

文字・数値情報を扱うデータベースについては商用のシステムも登場しているが、最近ではエンドユーザ重視の立場から、文字・数値データと同様に画像データを取り扱うための研究が始まっている。

鷹尾⁶⁾ は画像に識別名 (画像名) を与え、この識別名を汎用データベースのデータ要素として追加することを考えている。実際には関係モデルの実験システム SYSTEM-R⁷⁾ によって文字である識別名を管理する方式をとっており、画像ファイルを分離することによって、画像データの重複した格納を避けている。なお、データ操作はコマンド形式で、SEQUENCE (Structured English QUERY Language)⁸⁾ に画像を扱うための変更を加えている。

MIT では、データベースとのマンマシンインターフェイスの改善を目的として、SDMS (Spatial Data Management System) と呼ばれる興味ある実験システムを開発している^{9,10)}。SDMS は画像データ以外に音声も扱うことができ、データの検索に際しては形式的な言語が存在せず、人間の空

間知覚 (視覚, 聴覚, 触覚) に訴えた方式で情報の検索ができるように、データ構造とハードウェア構成に工夫をこらしている。このプロジェクトは ARPA の補助の下で行なわれたもので、並行して CCA (Computer Corporation of America) でも同様の実用化プロジェクトが走っており、ここではデータ・タイプとして画像データだけを取ったデスクトップ型のシステムを開発している^{11,12)}。CCA の SDMS では SDMS 特有の値向形態以外に、関係モデルデータベースシステム INGRES (INTERACTIVE Graphics and RETRIEVAL System)¹³⁾ の値向言語 QUEL に画像表示用のコマンドを追加した SQUEL (Spatial QUERY Language) が利用できる。

上の 2 つの例では、

- データ要素としての画像の追加

及び

- マンマシンインターフェイスの改善

が主たる目的であり、画像の内容に関する記述や処理・操作については考えられていない。

2.3 画像処理研究用のデータベース

画像処理の分野では、(i) 画像処理アルゴリズムの性能評価、(ii) 画像処理実験の効率化、(iii) 画像処理応用システムの高水準化、等の観点から、画像処理システムへのデータベース機能の付加が注目されている。

我国では (i) のために画像データフォーマットの標準化が行なわれ¹⁴⁾、そのフォーマットに従った標準的な画像データセットの流通がはかられている¹⁵⁾。

電総研では、画像処理実験における画像の処理と管理を明確に分けて、複数の研究グループで共用される画像データを管理するためのシステム EIDES (Etl Image Database for Experimental Studies) を開発している¹⁶⁾。EIDES におけるディスクファイルのフォーマットは上記の標準フォーマットに準じている。この種の多種多様な画像からなる共用データの管理システムは他でもいくつか開発されている^{5,17)}。

Carnegie-Mellon 大学では、画像理解の研究用データベース MIDAS (Multi-sensor Image

Database System)を開発している⁽¹⁸⁾。MIDASのファイルはデータファイルと記述ファイルに分れており、記述ファイルはシーンの内容を階層的に記述したテキストファイルとテキストファイル間の関係と記述した関係形式テーブルとからなる。検索方式としては、関係モデルによる画像名⁽¹⁹⁾の検索とテキストファイルによる特定の画像に関する記述の検索が可能である。

なお、関係モデルによる画像の記述に関する先駆的な研究としては Kunii et al.⁽¹⁹⁾ を挙げる⁽²⁰⁾ことができる。ここでは、カラーヒクスターをもつ複雑な画像を、画像→対象物→部分と階層的に表現する方法が提案されている。

他に画像処理と結合したデータベースシステムには Purdue 大学の REDI (Relational Database system for Images)^(20,22)があるが、これについては後に詳しく紹介する。

画像処理の分野での画像データベースシステムには関係モデルを利用したものが多いが、この理由としては (i) 膨大な画像ファイルを分離して、画像名によって画像データを効率的に管理できることと、(ii) 表形式による画像特徴の表現が従来の慣習になじむことが考えられる。なお今後は、画像データ、画像特徴

ばかりでなく、画像処理アルゴリズム⁽²³⁾をも含めた総合的なシステムの検討が必要となる(図1参照)。

2.4 画像関連応用分野での画像データベース

計算機の利用分野の拡大につれて、リモートセンシング、医学、地質学等、様々な分野で、従来入手にたよっていた大量の画像の管理に計算機を利用することが考えられるようになった。2.2, 2.3 のシステムでは要求される機能が比較的限定されていたが、画像関連の応用分野ではこれを限定することはできない。また、複雑な画像が大量に存在することから、画像データベース本来の問題が含まれている。

リモートセンシング分野では、2次情報による画像のオフライン検索^(24,25)から始まり、LANDSAT 画像の管理を目的とした画像データベースシステムが開発されるようになった。Lienら^(26,27)は LANDSAT 画像を対象として、検索以外に、表示、オーバーレイ、色づけ、一部切り出し等の処理機能をもったシステム IMDS (integrated Image Database System) を開発している。ここで、幾何学的歪み補正された LANDSAT 画像は論理的には

〈名前, 画像配列, チャネル, 4つの経緯度, スケール・ファクター, 日付, 説明〉

の7つ組で表現されており、7つ組の各項目を指定することによって検索される。

経緯度の指定による検索は地図との対応からなじみ易いが、東芝総研の LIMS (Land-sat Image Management System)⁽²⁸⁾では、都市、河川、鉄道等の地図情報を付属情報として持つことによって、検索をさらに容易にしている。

地図情報と LANDSAT 画像の解析を統合したシステムには JPL の IBIS (Image Based Information System)^(29,30)がある。また、地図・地理情報そのもののデータベース化も重要な課題であり、最近研究が盛んである^(31,32)。

医用画像処理の分野では、これまで、眼底写真⁽³⁵⁾、胸部X線像⁽³⁶⁾、頭蓋骨画像⁽³⁷⁾等についてデータベース化の研究が行なわれている。

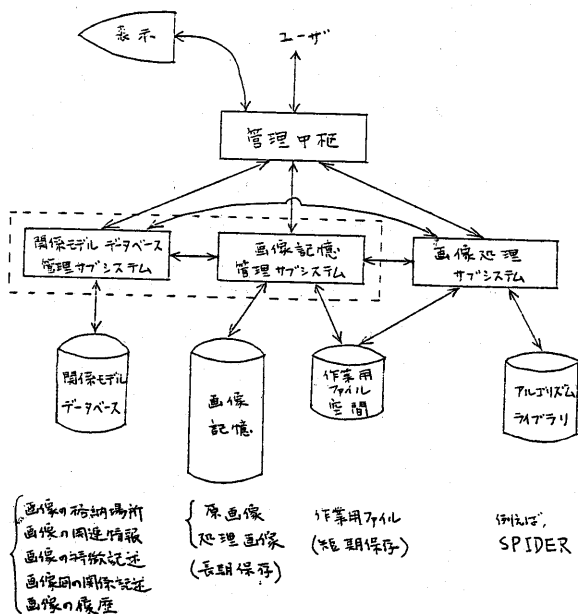


図1. 画像処理システムにおけるデータベース

以上の他に、画像データベース化の有用なものに、民族学標本³⁸⁾、オフィスにおける図面等がある。京都大学では、名刺画像を対象として、画像データベースの観点から興味あるシステムを開発している^{39,40)}。蓄積された名刺画像から姓名部を抽出し、これを検索インデックスとする。そして、キーインされたコードから発生された文字パターンまたは手書き文字をキーとして、両者の特徴パラメータのマッチングによって、所定の名刺画像を検索することができる。これは画像データベース特有の検索方式である(画像特徴に基づく)similarity retrievalを実現した例として注目される。

2.5 その他の画像データベース

画像データを扱う分野には上記の他に、CADを中心とするコンピュータ・グラフィックス^{41,42)}及び通信・放送における画像サービス^{43,44)}がある。これらの分野は実用化の観点からは最も進んでいるが、ここでは詳しくは述べてない。

3. 画像データベース構成上のいくつかの話題

3.1 扱うデータの種類の

画像データベースには様々なデータが含まれている。これまでに研究開発されているシステムで扱っているデータ及び今後その扱いが必要となるデータの種別を整理すると以下のようになる。

(1) 画像データ

概念的には2次元配列で表現され、実際の格納に際してはデータ圧縮のために種々の符号化が行なわれる。画像が大きい場合や複雑な場合には、特徴抽出結果であるアブストラクト画像が用いられることもある^{36,45,46)}。

(2) 画像処理結果

処理結果は画像である場合と、ヒスト

グラムや同時生起行列のような非画像の場合とがある。

(3) 画像の識別子

個々の画像につけられた名前や番号であり、画像データの管理には最低限必要である。

(4) 付属情報

画像の検索や検索後の利用のために付加された情報で、LANDSAT 画像データベースの場合には、経緯度、地理情報、日付、気象条件などがこれに相当する。

(5) 画像の特徴記述

画像内容に基づく検索要求を受け付けるシステムには欠くことができない。また、画像理解の研究用データベースでは、知識の習得のために、特徴記述の管理そのものが主たる目的となる⁴⁷⁾。

(6) 画像処理アルゴリズム

アルゴリズム・ライブラリ²³⁾として蓄積され、今後その検討が必要である。

3.2 画像検索のレベル

画像データベースシステムにおける画像の検索方式を眺めると、次のように大別できる。

(1) 画像識別子による検索

最も初歩的な検索方式である。ユーザは名前(または番号)を覚えていなければならない。負担が大きい。ただし、メニュー方式を採れば若干改善される。

(2) 付属情報による検索

気象条件をキーとした LANDSAT 画像の検索のような、画像に付属した情報による検索が必要になることも多い。また、地理情報に基づく検索²⁸⁾なども検索のレベルとしてはこの範囲に入る。

(3) 画像特徴による検索

内容依存検索とも呼ばれ、この種の検索には、(i) 検索したい画像の特徴をユーザが指定する方式と (ii) 画像パターンを検索キーとして呈示する方式、とがある。(i) の場合にはユーザに自由度を持たせたことが逆に負担になることがあり、

マンマシンインターフェイスに打する配慮が重要である。(ii)の場合にはシステムが自動的に特徴抽出を行なう必要があり、画像処理機能が不可欠である。またこの場合には、類似したものを検索する機能——similarity retrieval——も重要であり、処理時間、アクセス時間を考えると、原画像の圧縮(アブストラクト画像の生成)と(2次元)マッチング方式に関する検討が必要である^{46,47)} similarity retrievalについては、その必要性は強調されているが^{38,48)} 実現例は極めて少ない。

3.3 質問言語に関する話題

画像データベースシステムの質問言語は、対話型のコマンド形式が主流である。その中で最も多いのは、従来の汎用データベースシステムの質問言語に画像ファイルの操作や画像の表示のためのコマンドを追加したものである^{11,22)}。基礎となっている言語には関係モデルによるものが多く、QBE (Query-By-Example)^{48,49)}、SEQUEL⁸⁾、QUEL¹³⁾ などがあ

る。このような形式言語に對して、画像データベースシステムの中には、マンマシンインターフェイス部分で形式言語を必要としないものがある。いくつかある。例えば、LANDSAT画像の検索における、地理に関する一般的知識の利用²⁸⁾や人間の空間知識を利用したSDMS方式^{9~12)}等である。これらは、画像の2次元性と実世界との対応をうまく利用したもので、画像データベースに特有の質問形態である。

3.4 画像のデータ構造

画像は本来2次元の構造をもっており、しかも、そのデータ量が膨大なことから、画像のアクセス・表示を効率的に行なうためには、データベースの内部レベルでの符号化とファイル化に関する技術が重要である。松山ら⁴⁰⁾は図面・地図のデータベース化において

画像を分割してファイル化する場合の最適配置(近接性をファイル構造に反映させる)について検討している。

画像処理との関連で現在研究が盛んなヒラミッド構造¹¹⁾等の階層的なデータ構造についても、今後、データベースの概念レベル及び内部レベルでの検討が必要となる。

3.5 データベース・モデルに関する話題——画像データベースへの関係モデルの適用——

画像データベースのデータベース・モデルとして関係モデルがよく利用されている。文字・数値データを扱うためのモデルとして提案された関係モデルが画像データベースにも適用されている裏には、このモデルの汎用性の高さもさることながら、次のような理由が考えられる。

- (1) 画像データの管理では、画像そのもの(画像ファイル)と2次情報を分けて管理した方が検索効果がよく、文字・数値情報である2次情報の管理は従来のデータベースシステムで十分である。
- (2) 関係モデルによるデータベースは研究・開発が進み、実用段階に入っており、商用ベースのシステムが利用できる。
- (3) 関係モデルの表形式は簡単で理解し易いと同時に、画像処理における特徴記述の形式とよく一致する。

4. 画像データベースシステムの事例

ここでは実際の画像データベースシステムを2例、構成方式及び検索方法を中心に眺める。

4.1 GRAIN

Illinois大学のS.K.Changらは眼耳鼻病院における眼底写真処理用の画像データベースシステムGRAIN(Graphics-oriented Relational Algebraic Interpreter)を用

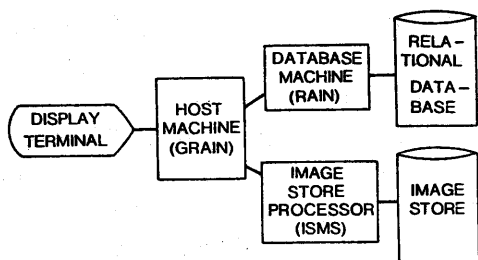


図2. GRAINのシステム構成

察している⁵¹⁾。GRAINでのデータの管理は、検査用の関係モデルデータベースシステム(RAIN)と画像ファイル管理システム(ISMS)に分れており、それぞれ、バッチ・エンド・プロセッサになっている(図2参照)。

GRAINの特徴は、画像の検索のために論理画像(logical picture)の概念を導入したことで、生の画像は物理画像(physical picture)と呼ばれる。論理画像は物理画像から興味ある部分だけを抽出するためのマスクに相当している。そして、RAINが(i)論理画像の属性と論理画像間の包含関係を記述した表POT(Picture Object Table)、(ii)論理画像の定義表PCT(Picture Contour Table)、及び(iii)論理画像から物理画像へのマッピングを定義した表PPT(Picture Page Table)、の3種の表によって画像を管理している。なお、物理画像は、画像ファイルにページ単位に分割・格納されている。

論理画像の検索はコマンド形式のRAIN言語によって実行され、画像の内容に依存した検索が可能である。物理画像は論理画像の検索結果に従って、ISMSを介して表示される。そのために、GRAINでは、RAINの提供するコマンド以外に、論理画像及び物理画像の表示用コマンドが用意されている。

最近 GRAINは、一般化ズーム機能(垂直ズーム、水平ズーム、斜角ズーム)を追加して、地理情報データベースシステムへの拡張も考えられている⁵²⁾。

4.2 REDI

Purdue大学のN.S. Changらは、LANDSAT画像を対象として、画像処理とデータベース管理を結合したシステムREDI(Relational Database system for Images)を開発している²⁰⁻²²⁾。画像の登録情報と特徴記述(画像処理結果)は関係モデルデータベースに格納され、原画像は別に画像ファイルとして格納される。システムのブロック・ダイアグラムを図3に示す。このシステムの主たる目的は、画像処理結果を研究者や応用ユーザにとって利用し易くすることであり、画像内容に関する問い合わせや、(地理的)内容に基づく処理結果の検索が可能である。

REDIはその値向言語にも特色がある。値向言語QPE(Query-by-Pictorial-Example)は、ディスプレイ端末を利用した関係モデルによる述語論理型のデータベース用言語として高い評価を得ているQBE^{48,49)}を基礎にしている。QPEではQBEの機能以外に、

- (1) 特徴抽出のための画像処理アルゴリズムの適用
- (2) 特徴抽出結果の表形式への変換

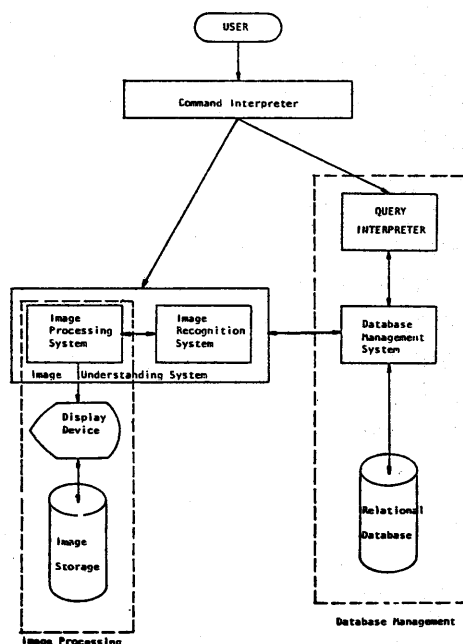


図3. REDIのブロック・ダイアグラム

(3) ディスプレイ画面上での pictorial example の指定

(4) similarity retrieval

等のための命令が追加されている。

次の2つの関係を用いた質問例について考える。

ROADS (FRAME, ROID, X1, Y1, X2, Y2)

RONAME (FRAME, ROID, NAME)

「ディスプレイ画面上で指示した道路の名前を求めよ」という質問に対しては、関係名ROADS及びRONAMEを指定した後、表示された表の項目欄に、

ROADS	FRAME	ROID	X1	Y1	X2	Y2
	*	<u>3</u>	@	@	@	@

RONAME	FRAME	ROID	NAME
	*	<u>3</u>	P.MAIN

とキーインすればよい。ここで、“—”はろ及びMAINが例示変数 (example element variable) であることと表しており、“*”は現在表示されている画像のフレーム番号を用いることを意味する。“@”はディスプレイ画面からの読み込み (pictorial example) をシステムに指示するための記号である。従って上の質問例は、「現在表示されている画像について、画面上で端点の座標を指定した道路のIDを仮に3として、その道路の名前をプリントせよ (命令P.)」という意味になる。

REDIでは、QPEによって、画像の登録情報と画像特徴の両方を操作することができ、内容に依存した検索や部分画像の検索も可能である。また、簡単なsimilarity retrievalも考えられており、画像間の類似度計算は特徴のマッチングによって高速化を計っている。

5. あとがき

本報告では、最近関心が高まっている画像データベースについて、ソフトウェア面から考察

した。

従来、主としてハードウェア面の制約から、画像データベースについてはデータの集合としての“データベース”は存在しても、それをオンラインで管理する“データベースシステム”は少なかった。しかし近年、大容量記憶デバイス及び画像入出力装置の発展とともに研究が盛んになってきている。ただし、実用化の観点からはまだ問題が山積しているように思われる。話しを本報告の範囲に限っても次のような問題についての研究が必要である。

(1) 画像を扱うことの利点を生かした質問言語

画像データベース用言語では特に、画像入出力装置の機能を十分にサポートできるように設計する必要がある。

(2) 画像特有のファイル化技術

一般的な2次元データのファイル化も重要であるが、さらに (i) 画像内の空間的な近接性を内部構造にどう反映するか、(ii) 画像間の類似性を内部構造にどう反映するか、といった問題がある。これらはハードウェアとも密接に関係してくる。

(3) similarity retrieval

一致したもの、あるいは似たものを求めるといった検索方式は画像データベースに特有のものである。そこには、(i) 画像のアブストラクト化 (特徴抽出) や (ii) データの2次元性を保持した高速マッチング等、パターン認識・画像処理の観点からは研究的にも興味深い問題を含んでいる。ただ、similarity retrievalは精度、検索時間等の点で問題も多く、実用面では検討を要する。

画像データベースの発展の方向として、汎用画像データベースシステムなるものは当面、実用的には難しいように思われる。その理由としては、(i) 画像のタイプが多様なこと、(ii) 応用分野でシステムに要求される機能が異なること、などがあげられる。従って今後は、数値・文字データの管理については従来のデータベースと整合をとりながら、まずは、目的ごとに汎用化 (一般化) を計り、個々

の応用分野で現れる画像特有の問題を解決して行くといった方向での研究が必要であろう。

References

- 1) 篠田, 不才, "画像データベース", 信学誌, Vol.63, No.12, pp.1274-1283, 1980.
- 2) 桑原 啓治, "画像データベースへの関係モデルの応用が進む", 日経エレクトロニクス, No.206, pp.56-71, 1979.
- 3) G.J.Date, "An Introduction to Database Systems," 2nd edition, Addison-Wesley, 1977.
- 4) 植野伊俊晃, "データベースシステムの基礎", オーム社, 1979.
- 5) 坂内正夫, "画像データベース", 昭55 電学会会大, No. S.13-2, 1980.
- 6) 鷹尾, 伊藤, 飯坂, "画像データベース・システム", 昭53 情研会会大, No. 2A-9, 1978.
- 7) M.M.Astrahan, "System R: Relational approach to database management," ACM Trans. Database Systems, Vol.1, No.2, pp.97-137, 1976.
- 8) M.M.Astrahan, "Implementation of a structured English query language," CACM, Vol.18, No.10, pp.580-588, 1975.
- 9) W.C.Donelson, "Spatial management of information," Computer Graphics, Vol.12, NO.3, pp.203-209, 1978.
- 10) R.A.Bolt, "Spatial data-management," MIT, 1979.
- 11) C.F.Herot, "A prototype spatial data management system," Computer Graphics, Vol.14, No.3, pp.63-70, 1980.
- 12) C.F.Herot, "Spatial management of data," ACM Trans. Database Systems, Vol.5, No.4, pp.493-514, 1980.
- 13) M.R.Stonebraker, G.D.Held and E.Wong, "INGRES --- A relational data base system," Proc. AFIPS, Vol.44, pp.409-416, 1975.
- 14) 尾上 他, "イメージプロセッシングの振興と標準化", 情報処理, Vol.21, No.6, pp.645-659, 1980.
- 15) M.Onoe, M.Sakauchi and Y.Inamoto, "SIDBA --- Standard image data base," MIPC Report 79-1, University of Tokyo, 1979.
- 16) 田村秀行, "パターン情報処理研究のための画像データベースとその管理", 信学技報, PRL 77-73, 1978.
- 17) 大沢, 坂内, "多様な画像を扱うデータベースシステム(MIBAS)の構成", 信学技報, IE 80-88, 1980.
- 18) P.M.Mckeown, Jr. and D.R.Reddy, "A hierarchical symbolic representation for an image database," Proc. of Workshop on Picture Data Description and Management, pp.40-44, 1977.
- 19) T.Kunii, S.Weyl and J.M.Tenenbaum, "A relational data base schema for describing complex pictures with color and texture," Proc. 2nd IJGPR, pp.310-316, 1974.
- 20) N.S.Chang and K.S.Fu, "A query language for relational image database systems," Proc. of Workshop on Picture Data Description and Management, pp.68-73, 1980.
- 21) N.S.Chang and K.S.Fu, "An integrated image analysis and image database management system," Purdue Univ. Technical Report TR-EE 80-20, 1980.
- 22) N.S.Chang and K.S.Fu, "Query-by-pictorial-example," IEEE Trans., Vol.SE-6, No.6, pp.519-524, 1980.
- 23) 田村, 喜田, 坂根, 横矢, 坂上, 金子, "SPIDER --- 多様性の高い画像処理ソフトウェア・パッケージ", 電機研究報, Vol.44, No. 7/8, pp.413-433, 1980.
- 24) "IISS user's guide: Databank access of ERTS imagery," Canada Centre for Remote Sensing, 1974.
- 25) 江森, 豊田, 森合, 安田, 飯坂, 藤沢, "リモートセンシングの画像データベース", 第6回画像工学コンファレンス, pp.113-116, 1975.
- 26) Y.E.Lien and D.F.Utter, Jr., "Design of an image database," Proc. of Workshop on Picture Data Description and Management, pp.131-136, 1977.
- 27) Y.E.Lien (Ed.), "A database system to support image algorithm evaluation," Final Technical Report, NASA Research Grant NSG-8046, Univ. of Kansas, 1977.
- 28) 篠田, 近藤, 沼上, 澤田, 不才, "LANDSAT 画像データベースとその検索", 昭54 信学総会大, No.1350, 1979.
- 29) N.A.Bryant and A.L.Zobrist, "An image based information system: Architecture for integrating satellite imagery and cartographic data base," Mapping Software and Cartographic Data Bases, pp.43-48, Harvard Univ., 1979.
- 30) A.L.Zobrist, "Mapping with census data and LANDSAT imagery," in Data Base Techniques for Pictorial Applications, A.Blaser, Ed., Springer-Verlag, pp.49-64, 1980.
- 31) J.C.Davis and M.J.McCullagh (Eds.), "Display and Analysis of Spatial Data," John Wiley & Sons, 1975.
- 32) 森, 金子, 若菜, "国土画像情報管理実験システムの検討", 情研会研資, コンピュータビジョン14-3, 1981.
- 33) 松山, 三根, ハオ, 長尾, "関係的検索機能をもつ地理情報システム MILES", 情研会研資, コンピュータビジョン14-4, 1981.
- 34) 坂内, 大沢, "背景地図画像と中国媒体図形を用いた地理情報システム TOGIS", 情研会研資, コンピュータビジョン14-5, 1981.
- 35) S.K.Chang, N.Donato, B.H.McCormick, J.Reuss and R.Rocchetti, "A relational database system for pictures," Proc. of Workshop on Picture Data Description and Management, pp.142-149, 1977.
- 36) 関, 長谷川, 福村, 島脇, "グラフィック端末による胸部X線画像データベースのためのスケッチ情報の管理", 信学技報, PRL 80-105, 1981.
- 37) 金森, 増永, 城戸, 野口, "関係モデルによる頭蓋骨図形処理用データベースシステムの論理設計", 昭54 信学情研会会大, No.455, 1979.
- 38) ハナカミ三郎, "民族学標本資料に現れる文様図形のデータベース化", 昭56(前) 情研会会大, No.3D-5, 1981.
- 39) 森, 大田, 坂井, "名刺画像の構造化蓄積と特徴パラメータによる検索", 昭56(前) 情研会会大, No.3D-6, 1981.
- 40) 大田, 森, 坂井, "漢字パターン列の特徴パラメータによる検索 --- 名刺画像における姓名の場合 ---", 信学技報, PRL 80-108, 1981.
- 41) 松本 英雄, "設計活動 援助 統合化システム", 日本機械学会誌, Vol.79, No.692, pp.673-678, 1976.
- 42) 桑原 啓治, "分野別に図形データベースの構成と応用を見る", 日経エレクトロニクス, No.199, pp.90-106, 1978.
- 43) 中川, 有藤, 猪瀬, "画像データベースのオンラインリモートアクセスシステム", 信学論(D), Vol.163-D, No.1, pp.17-24, 1980.
- 44) 磯崎, 大越, "キャプテンシステム", 信学誌, Vol.64, No.8, pp.834-840, 1981.

- 45) 坂内, 大沢, 石井, "圧縮画像を検索手段とする画像データ検索システムの構成——住宅画像を例として," 昭55信学総会大, No. 1073, 1980.
- 46) 越田, 大沢, 坂内, "画像のアブストラクト化のための主要特徴線抽出の方式," 信学技報, IE 80-87, 1980.
- 47) C.M.Bjorklund and D.L.Milgram, "Edge structures for image matching," Proc. of Workshop on Picture Data Description and Management, pp.48-53, 1980.
- 48) M.M.Zloof, "Query by example," Proc. AFIPS, Vol.44, pp.431-438, 1975.
- 49) M.M.Zloof, "QBE/OBE: A language for office and business automation," Computer, Vol.14, No.5, pp.13-22, 1981.
- 50) 松山, ハオ, 吉田, 長尾, "空間的近接性に基づくファイル分類アルゴリズムの性能評価," 信学技報, IE 81-14, 1981.
- 51) A.Rosenfeld, "Quadrees and pyramids for pattern recognition and image processing," Proc. 5th ICPR, pp.802-811, 1980.
- 52) S.K.Chang, B.S.Lin and R.Walser, "A generalized zooming technique for pictorial database system," in Pictorial Information Systems, S.K.Chang and K.S.Fu, Eds., Springer-Verlag, pp.257-287, 1980.

付録. 主な画像データベースシステムの一例を以下に示す.

システム名 (研究機関)	対象・目的	質問言語	システム構成	特長	文献
IMDS (Univ. Kansas)	幾何学的歪み補正された LANDSAT 画像 I/O bound な処理のシステム	IQ 言語 (コマンド形式) データ項目に対する definition manipulation, display の機能をもつ	PDP-11/45 (128KB) <OS---RSX-11D> ディスク---600MB	画像の操作・表示が中心	26, 27)
MIDAS (CMU)	画像理解研究用のデータベース	(コマンド形式)	PDP-11/40E <OS---UNIX>	画像の階層的記述 machine independent な設計	18)
EIDES (電総研)	画像処理実験用のデータ管理システム	{ CREID (コマンド形式) メイン・プログラム サブルーチン	TOSBAC-5600 VAX 11/780 COSMO 700 など	画像処理とデータ管理を明確に分離 移植性の高さ	16)
REDI (or IMAID) (Purdue Univ.)	LANDSAT 画像 画像処理とデータ管理の結合	QPE (C言語で記述)	PDP-11/45 <OS---UNIX>	画像処理結果の管理 関係モデル	20~22)
IBIS (JPL)	LANDSAT 画像の解析結果と地図情報を統合したシステム	(コマンド形式)	IBM 360/65 (ミニコン版も作成中)	画像処理システム VICAR と対して使う	29, 30)
GRAIN (Univ. Illinois)	眼底写真 地図情報データベースに活用	(コマンド形式) (C言語で記述)	PDP-11/40 <OS---UNIX>	画像の論理画像表現	35)
LIMS (東芝)	幾何学的歪み補正された LANDSAT 画像	地理情報データベースとして検索	TOSBAC-40C ディスク---200MB x 3	検索・表示が中心	28)
IDBS (日本IBM)	通常の関係モデルデータベースのデータ要素として画像 (識別子) を追加	SEQUEL をもとにしたコマンド形式	IBM 370	汎用 DBMS の利用 関係モデル	6)
SDMS (MIT)	非画像データを含めた複合データの空間的管理 (音声データを含む)	SDMS 方式---視覚, 聴覚, 触覚の利用	Interdata model 7/32 ディスク---(300MB x 2 20MB x 2)	形式多様な質問言語を必要としない	9, 10)
(CCA)	データを視覚データに限定 desk-top type の試作	{ SDMS 方式 QUEL にコマンドを追加して SEQUEL とする (C言語で記述)	PDP-11/70 <OS---UNIX> ディスク---176MB	SDMS の実用化	11, 12)
<スケッチデータベース> (石大)	胸部X線画像 特徴抽出結果 (スケッチ) の医学用語による検索	キーワード (医学用語) による検索を目指す	FACOM-M200	現在のところ, スケッチへの抽出情報の書き込みが主	36)
<石割画像データベース> (京大)	手書き文字入力による石割の検索	手書き文字をキーとした similarity retrieval	PANAFACOM U-300 FAX 入力	similarity retrieval 特徴パラメータのマッチング	37, 40)