2. 次世代画像データベースとサービス

山 崎 泰 弘[†] 遠 藤 俊 明[†]
中 尾 康 二[†],

1. ま え が き

「百聞は一見にしかず」といわれるように、画像は人間の視覚に直接訴える最もなじみやすい情報であり、人間が入手する情報の大部分は視覚情報であるといわれている。テレビ放送、ファクシミリ通信の普及、増大に見られるように視覚情報の利用分野はますます拡大し、その重要性が高まっている。

画像情報の必要性、重要性が増すにつれ、膨大な画像情報を集中的に管理し、必要な情報を速やかに提供するシステムとして、画像データベースが脚光を浴びている。画像データベースは、従来の文字・記号を対象とした一般のデータベースと比較すると、解決すべき技術的課題も多く残されているが、魅力的な画像通信サービスとして大いに期待される。画像データベースの特徴を要約してみると次のようになる。

- (1) 文字・記号は意味付け、キーワードがはつきり付けやすいが、画像は分類がむずかしく、内容を端的に表現することがむずかしい。
- (2) 画像は、文字・記号に比し、情報量が膨大で検索時間、通信コストがかかる。
- (3) 入手した画像に対し拡大・縮小、回転などの処理を行い、再利用する。
- (4) 画像情報は文字・記号との併用、さらに、音声情報との組合せにより理解しやすい画像形態となりうる。
- (5) 画像は、万国、万人に共通で理解しやすく、国際的な利用も期待できる。
- (6) 画像を扱う通信サービスはすでにファクシミリ、ビデオテックスと数多い。画像データベース

をサービスとして広く普及させるためには、これらの既存サービスとの調和が重要である。

上記のように、画像データベースには優れた特徴が多く見られるが、画像を有効利用するための解決すべき課題も多い。本稿では、主として静止画像を対象とし、その画像処理の観点から要求条件をまとめ、解決の糸口を探ることとする。

2. 画像データベースへの要求条件

画像データベースを利用する場合、膨大な情報の中から所望の情報を検索する段階では、画像をディスプレイ、スクリーンに表示（ソフトコピー）し、所望の情報が見つかった段階で紙面に記録（ハードコピー）する形態が一般的であろう。このため、ソフトコピー通信とハードコピー通信の融合化を図り、使いやすく、経済的な画像データベース通信システムを構築することが肝要である。特にソフトコピー通信では、利用者がディスプレイの前で画面上の情報を見ながら検索していることを考えると、瞬時的効果を高め利用者の心理的負担を軽減する特別な配慮が必要となろう。

2.1 機能の段階的表現

画像情報が多くの利用目的にかなうようにするために、1枚の画面の中に各種の情報が織り込まれる場合がある。この画面だけですべてわかる利点はあるが、ある機能のみを表示した方がシンプルでわかりやすい場合も多い。たとえば水道工事の場合、1枚の画面に道路、家屋配置、水道管、ガス管などの配置がすべて表現されているよりも、道路に水道管のみを表示した方が見やすく、利用しやすい。このためには機能ごとに階層的表現を行うことが有効である。

2.2 画像の階層的表現と高能率符号化

前述のように、画像情報は一般に情報量が多く、これを通信回線を介して伝送した場合、伝送時間と通信コストがかかりすぎる恐れが生ずる。特に画像データ

[†] 国際電信電話株式会社 研究所

“New Aspects for Image Database and Its Service” by Yasuhiro Yamazaki, Toshiaki Endoh and Kouji Nakao (Telematics Laboratory, Research and Development Laboratories, Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd, Tokyo)

ベースからの検索では、検索に時間がかかりすぎ致命的ともなってしまう。これを避けるために、伝送の初期の段階では、品質は粗いがす早く全体画像を表現し、必要な情報が否かをまず判断する。その後、必要に応じて追加情報を加え画質の向上を図る画像の階層的表現が有効である。この結果、検索時間の高速化と通信コストの削減が可能となる。さらに、画像処理の観点からこのような階層的表現に加え、白黒画像、カラー画像を統一的に扱うことができ、データ圧縮効果が高く、情報が保存される高能率符号化アルゴリズムが必要である。

2.3 文書画像の構造化

画像データベースで扱う画像情報には、出版、医療、リモートセンシングなどの特殊業務で使用することを目的としたものと、オフィス文書、学術文献などの一般的な情報検索を目的にしたものがある。前者は、写真などの画像情報を主体とするデータベースシステムで、検索した画像の価値判断や評価を利用者側で行い、さらに深い画像情報の検索に進むものである。一方後者の場合は、画像情報とその他の情報、たとえば、文字や幾何学図形が混在した情報体系を扱ったデータベースシステム（文書画像データベースと呼ぶ）を対象にしており、最終的に検索される情報は文書

（ドキュメント）と呼ばれるものである。

画像データベースの画像情報において、上記、後者の応用に対応した画像関連技術である文書画像の構造化が重要である。

文書画像の構造化手法で現在最も研究が進んでいるものとして、ODA（オフィスドキュメントアーキテクチャ）がある。ODAでは図1(a)に示すように、情報をレイアウトや論理的な意味合いから幾つかの小片（ブロックなど）に分離し、図1(b)のような木構造化して文書画像を一元的に表現する。本手法を用いることにより、受信側で文書画像の再編集が可能になると同時に、文書そのものに付与されていたプロファイル（キーワード等の属性リスト）により、必要とする文書を検索することが容易となる。

2.4 画像の分散蓄積

画像データベースの情報が膨大となり、内容的にも地域的、分野的な特殊性が顕著になるにつれ情報が分散蓄積されることとなる。この場合、利用者はどの画像データベースにアクセスしてよいか判断がつかず迷うこともある。そこで、分散蓄積化の中にも秩序だった分散化を行い、データベース利用者への負担を極力軽減することが望ましい。

3. 機能別階層化表現^{1)~5)}

地図情報のように、膨大な情報から効率良く望む情報を検索するためには、図2に示すような階層構造が有効である。下層の画像は上層の画像を拡大した詳細なものになっている。たとえば、第1レベルには日本全体が表示されるリモートセンシング画像で、第2レベル、第3レベルはそれぞれ都道府県、市町村レベルの画像である。このような画像の階層化は任意の点のアクセスが容易にでき、さらに、概略的な全体画像のアクセスから詳細な画像のアクセスまで効率良く行う

図 1(a) 2 ページ構成のドキュメントの例

図 1(b) ドキュメント構造の木表現

図 2 画像の階層的表現

* オープンドキュメントアーキテクチャと呼ぶこともある。

図3 地図，図面情報の階層化例

ことができる有効な手段である。

地図，図面データベースは，地形図，地名，道路経路，ガス，電話，水道等の配管経路，建築物，行政区分図などの種々の要素が互いに関係をもったマルチメディアデータベースと捉えられる。地図，図面データベースは，望むデータを高速に検索できる必要がある。また，各種情報の管理システムとして利用されるため，データの更新などが容易に行える必要がある。さらに，統計データを処理し，その結果を地図上に見やすい形で表示するといった利用も考えられる。

このような要求に対処するためには，図3のように，各種情報を部分要素に分割し，論理的な階層構造を持たせるといった方法が有効である。地形や種々の施設の位置，形状を示す地図，図面データとその地図，図面データに付随する属性データが一体化して，部分要素単位で管理される。したがって，データ処理を行った結果を地図情報と重畳させて表示する，といった処理が容易に実現できる。

たとえば，図3のような水道配管図の場合，事故の箇所を指定すれば即座に断水範囲を求め，断水する建物を地図上に表示するなどの処理が容易にできる。さらに，利用しやすいシステムを構築するためには，自然言語理解などのAI技術を導入し，自然言語によるあいまい性のある問合せに対しても，推論検索処理を行い問合せ結果を表示するといった，マンマシンインタフェースの高度化技術の確立が必要である。

4. 画像の階層的表現と高能率符号化⁶⁾

通信回線の拡充に伴い，通信による画像データベースサービスがますます利用されるであろう。画像は一般的に情報量が多いため，文書データベースに比べて

(a)
0.5 秒後

(b)
1.5 秒後

(c)
4.5 秒後

(d)
55 秒後

写真1 階層的画像表示例 (伝送速度 64 kb/s, 画像の大きさ 720×576 画素)

表1 画像データのセグメント化

階調数	解像度 (pels/inch)		
	100	200	400
2	I-1	I-5	I-11
32	I-2	I-6	I-12
64	I-3	I-7	I-13
128	I-4	I-8	I-14
256	I-9	I-10	I-15

通信コストも高く、伝送時間もかかる。したがって、画像データベース検索時に、瞬時性を高め利用者の心理的負担を軽減する画像処理が望ましい。

4.1 クイックルックアップ

写真1(a)～(b)に示すように、画像情報をまず大まかな近似画像から送り、その後必要に応じて順次画品質を向上させるといった階層的な処理が有効である。これにより、利用者は早い時点でその情報が必要か否かを判断でき、不要であれば直ちにその伝送を中止し、次の情報検索に移ることができる。この結果、情報検索の高速化と通信コストの削減が図れる。この例の場合、0.5秒後にはほぼ画像の全体像がつかめ、15秒後には原画とほぼ同等の品質の画像が得られる。55秒後にはカラー原画像と同一の画像が再生できる。

4.2 階層的情報蓄積

クイックルックアップを可能にするためには、階層的処理による符号化データのセグメント化を行い、画像を蓄積すればよい。すなわち、端末の最高の解像度が400 ppi(pels per inch)、最高の階調数が256階調の場合、表1のように符号化情報をセグメント化して蓄積する。I-1は解像度100 ppi、階調数2の画像を再生するために必要な符号化情報を示している。I-2は解像度100 ppi、階調数2の画像を階調数32に向上させるために必要な符号化情報を示している。また、I-5は解像度100 ppi、階調数2の画像の解像度を200 ppiに向上させるために必要な符号化情報を示している。I-1からI-15まで順次符号化データを受信し復号再生すれば、写真1(d)に示すような完全な画像が表示される。

4.3 画品質の適宜選択

画像データベースの普及、画像通信サービスの高度化にともない、利用される画像がますます多様化されることが考えられる。同じ画像でも用途に応じて画品質に対する要求が異なるため、画品質を自由に選択できる画像処理が望ましい。たとえば、印刷を目的とした画

像であれば一般に高い解像度が要求されるが、ディスプレイに表示することを目的とする場合にはそれほど高い解像度は要求されない。また、画像データベースの検索端末の表示能力も、高機能なものから低機能なものまでさまざまである。このような場合、従来の符号化方式を用いると、想定されるアクセス端末の能力に応じた解像度、階調数で符号化を行ってその情報を個々に蓄積するか、あるいは検索端末に応じてそのつど、画像の解像度、階調数を変換したのち、符号化するか、いずれかの処理が必要となり、画像データベースセンタに大きな処理能力が要求されることとなる。

しかし、表1に示すように、符号化情報のセグメント化を行えば、種々の画像品質の要求に対して容易に対応することができる。たとえば、端末の表示能力が解像度200 ppi、階調数128の場合、I-1からI-8の符号化情報を伝送すればよく、解像度400 ppi、階調数32の場合、I-1、I-2、I-5、I-6、I-11、I-12の符号化情報を伝送すればよい。さらに、I-1からI-15まですべての情報を受信すると、原画と同一の画像を再生することができる。カラー画像の場合には輝度および色差信号に分解し、個々に表1のように蓄積すれば、同じような処理が可能である。

このように、符号化のセグメント化を行って蓄積すれば、端末の表示能力に応じて符号化情報のセグメントを選択し伝送するだけでよく、画像データベースセンタの処理が簡単で蓄積容量も削減できる。

4.4 高能率符号化

画情報は情報量が多く、通信コスト、メモリの軽減には符号化ビット数の削減が必要である。したがって、上記のクイックルックアップ機能に加え、最終段階でも符号化ビット数を大幅に削減する高能率符号化方式が望ましい。

4.5 統一的符号化アルゴリズム

対象となる画像は白黒2値画像、中間調画像、カラー画像と多種多様である。このような多種類の画像に各々、固有の信号処理を施すことなく、同一のアルゴリズムで処理できる符号化が望ましい。たとえば、符号化の初期段階で2値画像であるが、中間段階で中間調、最終段階でカラー画像となる手法である。このような処理により、利用者は対象とする画像を見ながら必要に応じ、2値画像、中間調画像、カラー画像を適宜選択することも可能である。

4.6 情報保存性

画像の幅広い適用領域を考えると、画像処理の途中段階はともかく、最終段階で情報の欠落がなく完全に保存される画像処理であることが望ましい。

5. 文書画像の構造化⁷⁾⁸⁾

5.1 オフィスドキュメントアーキテクチャ(ODA)

近年の CCITT/ISO の研究においては、文書(画像情報を含む)の効率良い相互通信の他に、受信した文書に対して編集等の処理をすることも考えられている。これを実現するためには、文書に含まれる複数メディアを独立に処理し、その相互関係を明確にすることが重要となる。すなわち、文書の構造と内容の構造(ドキュメント/コンテンツ・アーキテクチャ)を定義するとともに、この構造を相手側に効率良く転送する交換フォーマットの規定が必要である。

具体的には、各検索端末で扱っている文書が、画像データベースの有する文書構造と全く異なっているとすると、文書検索通信を行うことは難しくなる。そこで、お互いに通信をするために交換する文書の構造、すなわちオフィスドキュメントアーキテクチャ(ODA)をあらかじめ決めておく必要があり、画像データベースと検索端末は、ODAに従って文書の構造を表現することが肝要となる。

画像データベースにおける ODA の役割としては、以下に示す 4 点が考えられる。

- (1) ODA は、文書構造の観点から文書表現の共通化を目的としているため、公衆ネットワークにおける画像データベースサービスにとって非常に有力なインタフェースを提供する。ビデオテキストでは、すでに検索情報を ODA 手法に基づき(文書応用プロファイル)共通的に表現している。
- (2) ODA には、文書の特徴をリストした文書プロフィール情報(キーワード、作成年月日等)が規定されている。この情報を、検索のための参照情報として画像データベースで管理し、利用者からの検索インデックス情報(キーワード等)として使用することができる。
- (3) 文書内容を複数のユニットに分離して管理できるため、4 節で述べた画像の階層処理と ODA との対応が容易につく。
- (4) 受信側における検索情報に対する処理/編集が容易になる。具体的には、検索した文書に対しページ番号や論理的な識別子を用いて自由なサーチ(文書内部探索)を可能とする。また、文書の一部を削除し新しいものを追加する場合にも、体系的な文書構造を有

することで一元的な編集作業が可能となる。

以上のように ODA は、画像データベースを検索する利用者に対し、共通の文書表現インタフェースを提供することができる。

ODA は、大きくわけて 2 つのアーキテクチャ、すなわち、ドキュメントアーキテクチャとコンテンツアーキテクチャにより規定される。前者は、文書の情報を入れる、いわば箱(オブジェクト)の相互関係を示すものであり、後者は、文書の内容そのものの符号化法、表示法などの表現形式を示すものである。

5.2 ドキュメントアーキテクチャ

文書は、ページ等のレイアウト処理や、パラグラフ等の論理処理を施したり通信後の処理をしやすいするため、また、用いる符号化方式が異なっている等の理由により、いろいろな見地からの小片に分割される。これらの小片とその関係の記述が、ドキュメントアーキテクチャである。ドキュメントアーキテクチャには次の 2 種類の構造がある。

(a) レイアウト構造——ページ、ブロック等の文書の物理的な分割関係。文書の内容をレイアウトオブジェクトと対応づけ、表示媒体上で位置決める。

(b) 論理構造——章、節、パラグラフ、脚注、図等の文書の論理的な分割関係。文書の内容を論理オブジェクトに対応づける。

また文書には、複数のページで共通に使用されるレイアウトオブジェクト(社章、著作権注等)がある。このような場合、これらのレイアウトオブジェクトは、ジェネリック(一般)レイアウト構造で定義され、各文

図 4 ドキュメントアーキテクチャ

書に特有の内容のレイアウトオブジェクトからなるスペシフィック(特定)レイアウト構造によって呼び出され、リンクされる。同様に、前もって定義されたオブジェクトや構造化ルールからなるジェネリック論理構造も考えられる。ジェネリック構造の利点は、①伝送効率の向上、②受信側での編集時の文書の一貫性、③新しい文書の作成時の容易さ、などが挙げられる。

ジェネリック構造とスペシフィック構造、論理構造とレイアウト構造の関係を、図4を例にとり示す。論理構造もレイアウト構造と同様に木構造をとる。ジェネリック論理構造(左上)ではドキュメントクラス“報告書”が、タイトル、複数のセクション(セクションはさらにセクションタイトルとパラグラフ、図の組合せからなる)、要約として定義される。実際の報告書は、このジェネリック論理構造に基づいて、2つのセクション(第1セクションは2つのパラグラフ、第2セクションは2つのパラグラフと1つの画像情報)からなるスペシフィック論理構造(右上)で表現される。一方、ジェネリックレイアウト構造(左下)として、タイトルページのヘッダとフッタおよび残りのページのフッタが定義され、これを呼び出し、4ページからなるスペシフィックレイアウト構造(右下)が定義される。スペシフィック論理構造とスペシフィックレイアウト構造は、内容を媒介として対応づけられている。

5.3 コンテンツアーキテクチャ

基本レイアウトオブジェクトに含まれる文書の内容情報そのものの構造と表現法がコンテンツアーキテクチャで、文字/ジオメトリック/ラスタ情報などのグラフィック要素、属性、制御機能とその符号化表現により規定される。これらのコンテンツアーキテクチャの中にも、編集可能なものとそうでないものがある。編集可能なものの例としては、文字コンテンツがはいっているブロックの属性(大きさ)を変更することにより、文字のはいり方がブロックの大きさに追従して変わるといったものである。

5.4 文書構造の転送順序づけ⁹⁾

画像データベースの効率的な検索を行うには、情報提供者側で内容の重要度に応じて転送の順序付けを行う必要がある。これらの内容の重要度に対応した情報は、上述の文書の構造化手法(ODA)に基づき分割されたブロック等に各々対応づけられる。具体的な例としては、図5で示すように、「大見出し」のブロックを最優先に転送し、その後「小見出し」のブロックを送出する。さらに必要であれば、「図」、「キャプション」等のブロックを転送していくといった利用形態である。このように、利用者の必要な情報をいち早く表

図5 文書構造の転送順序付け

示する場合にも ODA による構造化が有効となる。

6. 画像の分散蓄積

画像情報の分散化手法には、以下の3通りが考えられる。

- (1) 情報の種類の観点から情報を分散する。この場合、情報種別のデータベースの他に情報種別のガイダンスを司るセンタ(ディレクトリ)データベースが必要となる。このセンタにより利用者の情報種別に関する要求を的確に判断し、利用者の要求に沿って検索を誘導することを実現する。
- (2) 利用者の使用頻度の観点から情報を分散する。本方式は、使用頻度の高いものをデータベース利用者の最寄りにおき、情報量の観点からデータベースシステムの処理を軽減する方式である。
- (3) 画像内容に対して4章で述べたような階層的な処理を施すことにより情報を分散する。すなわち、各種データベースの粗い画像情報のみを蓄積したデータベースを利用者の近くに置き、初期検索をそこでを行い、必要となった情報の詳細な画像を得る場合は、実際のデータベース(主ファイル)へアクセスし差分情報を転送するもので、画像データベース特有の分散手法である。

図6に分散蓄積ネットワークの例を示す。具体的には、利用者は身近にあるデータベース(2次ファイル)にアクセスし、粗い画像により検索する。この中から所望の情報が見つかり詳細情報を要求すると、2次ファイルは自動的に主ファイル(1次ファイル)から詳細データを読み出し利用者に転送する。この結果、利用者は主ファイルの物理的形態を知らずとも、2次ファイルにアクセスするのみで所望の情報を経済的に入手できることになる。

このような画像情報の分散蓄積を行うことにより、

図 6 分散蓄積ネットワーク

膨大な情報量をもつ画像データベースの効率的な運用を実現することが可能となり、このような分散技術は将来のデータベース設計において極めて有効となろう。

7. 画像データベースサービス

7.1 画像データベースのネットワーク化

画像データベースの利用者は、新聞、図書、書籍では満たされない性能を画像データベースに求めるはずである。通信回線を利用した検索時間の迅速性は画像データベースの最大の特徴であるが、内容的には情報の完全性（全部が揃っている）と、斬新性（最新の情報が揃っているもの）も要求されよう。

そのためには、画像データベースがネットワークを構築し、網全体として情報の包括性を高めるとともに、常に最新情報で更新していく必要がある。

7.2 画像通信サービスとの調和

画像を扱う通信サービスとしてファクシミリ、ビデオテックス、テレコンファレンス、将来的には電子図書館も出現してこよう。画像データベースの情報をファクシミリで受信したり、テレコンファレンスの途中、画像データベースからの情報をもとに議論が発展することも充分考えられる。ビデオテックス、電子図書館は画像データベースの一種とも考えられる。したがって、画像データベースが広く利用され、普及するためには、既存の画像通信サービスと調和をとり、不足する機能については国内的にも国際的にも標準化を進めていくことが肝要である。

8. む す び

情報がますます膨大となる情報化社会において、画像データベースの観点からは、利用者が必要とする情報をいかに短時間で探し求めるかという効率性と、必要と判断された情報をいかに所望の形態（ソフトコピー／ハードコピー、または白黒2値／中間調／カラー画像）、あるいは所望の品質（低解像度／中解像度／高解像度）で入手できるかという柔軟性が重要な要素となろう。このためには、基本的要求条件を満たし、かつ、全体的に調和のとれた画像データベースの設計が必要である。

本稿で述べた情報の階層的表現およびドキュメントの構造化技術は、ソフトコピー通信、特に画像データベースの検索に有効な技術であり、標準化が進むとともに、画像データベースにも導入されていくものと期待される。

(昭和 63 年 3 月 8 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) W. C. Donelson: "Spatial Management of Information", SIGGRAPH '87
- 2) 木戸出正継: "画像データベース", オーム社 (1986)
- 3) 宮内: "期待される地図情報処理", PIXEL, No. 54 (Mar., 1987)
- 4) 木戸出ほか: "画像情報処理におけるマルチメディアデータベース", 情報処理, 28, 6 (June, 1987)
- 5) 嶋田: "地図・図形情報処理におけるマルチメディアデータベース", 情報処理, 28, 6 (June, 1987)
- 6) 遠藤, 山崎: "多値画像の順次再生符号化方式", 信学論誌, J-70-B, 1 (Jan., 1987)
- 7) 蓮池, 中尾: "テレマティックサービスのためのドキュメントインタチェンジプロトコル", 国際通信の研究 (Oct., 1985)
- 8) CCITT 勧告 T. 400 シリーズ (Feb., 1988)
- 9) 山崎, 遠藤, 中尾: "ファクシミリをベースにした会話形画像通信システム", 画像電子学会研究会 (Feb., 1983)

やまざき やすひろ
山崎 泰弘 昭和 48 年、東京大学工学部電気工学科大学院博士課程修了。同年、国際電信電話㈱に入社。以来、国際ファクシミリ通信の研究に従事。現在、同社上福岡研究所テレマティック研究室長、CCITTSGVIII G4FAX 担当作業部会議長を務める。工学博士。

えんどう としあき
遠藤 俊明 昭和 56 年、九州大学工学部電子工学科大学院修士課程修了。同年、国際電信電話㈱に入社。現在、同社上福岡研究所テレマティック研究室において、ファクシミリ画像等の静止画像の符号化方式の研究、テレマティック通信の研究等に従事。

なかお こうじ
中尾 康二 昭和 54 年、早稲田大学教育学部数学科卒業。55 年、国際電信電話㈱に入社。現在、同社上福岡研究所テレマティック研究室において、テレマティック通信、ビデオテックス、ネットワーク・アーキテクチャ、情報セキュリティ等の研究に従事。