

オブジェクト指向データベースの医療への応用

金森吉成、脇山俊一郎*、増永良文**

群馬大学工学部情報工学科

* 仙台電波高専

** 図書館情報大学

オブジェクト指向データモデルにより、医療分野の症例データベースを設計した。症例データは、マルチメディアデータから構築されていて、かつこれらの時間的構造が重要になっている。そこで、時間軸を表すオブジェクトのクラスを導入して、データベースの時間構造を明示的に与えた。次に、図形や画像処理、およびそれらの操作の観点からオブジェクトに必要なメソッドの問題について検討した。また、マルチメディアデータには、様々な処理が要求されるが、ユーザーインタフェース機構とオブジェクトのメソッドとの間での役割についても検討した。

Application of Object-Oriented Databases to Medical Field

Yoshinari Kanamori, Shunichiro Wakiyama* and Yoshifumi Masunaga**

Department of Computer Science, Gunma University

* Sendai National College of Technology

** University of Library and Information Science

This paper describes the design of Object-Oriented Database in the medical field. The case data in the medical field is composed of multimedia and historical data. Especially, time information is important to describe the relationship between multimedia data. The class representing the time is explicitly defined in the class hierarchy and the class composition hierarchy.

The methods of object are discussed from the viewpoints of image and line drawing processings. The role of methods in object is also described in relation to the user interface mechanism.

1. はじめに

最近、オブジェクト指向データベースシステム(OODBMS)が実用化され、市販されている[1]。OODBMSは、従来のデータベースシステムでは効率的に管理運用ができないマルチメディアデータに適していることが知られている[1]。そこで、本研究ではマルチメディアデータベースの具体例として医療分野を対象に選び、オブジェクト指向データベースの有効性について検討する。

医療分野は、データの時間(履歴)情報が極めて重要な意味を持つ典型的な世界でもある。それ故、医療分野はオブジェクト指向データモデルによるデータベース設計の有効性、妥当性を検討する上でも、適当な問題を提供してくれるものと考えられる。

著者らは、歯科矯正学症例を医療分野の具体例として、関係データベースシステムを拡張することによって、マルチメディアデータベースシステムを開発してきた[2]。そこで、この研究でもオブジェクト指向データモデルのアプローチによる歯科矯正学症例データベースの設計を試み、マルチメディアデータベースへの適用における問題を実践的に解析する。

マルチメディアデータベースにおいては、データの管理運用の他に(1)データ(オブジェクト)の可視化、(2)画像、図形処理などのデータ操作との融合、(3)ユーザに提示する際の各メディア間での時間的同期も含む可視化ユーザインタフェース機構の設計、なども重要になっている。

しかし、これらはデータ管理に比べて対象分野毎にかなりの多様性があり、またユーザの要求も様々であるために、現在汎用的な設計方法が確立されるまでに至っていない。問題

毎に個別に対応している状況にあると言えるよう。

(2)は、従来のデータベースシステムでは応用プログラムの問題として扱われてきた。しかし、OODBMSでは、データベースシステムとこのような応用プログラムとの間で境界を設けることが困難な側面をもっている。

すなわち、オブジェクトのメソッドに何を定義するか依存するからである。また、このメソッドの与え方はオブジェクトの可視化、可視化ユーザインタフェース機構の構築にも影響してくる。

ここでは、(1)時間の導入、(2)画像、図形処理のデータ操作、(3)オブジェクトの可視化とユーザインタフェース機構についての問題を具体例を介して検討した。

2. 概念モデル

症例の実世界は、各患者を实体とする患者集合から構成されている。Fig.1は、歯科矯正学症例の概念モデルを示したものである。図に示すように、症例番号、患者名前、性別、生年月日、などの時間独立属性と治療データ(Treatment)、検査データ(Examination)の時間依存属性とから成っている。

ここで、治療における帯状グラフは各治療(UFBS,LFBSなど)を何歳何ヶ月から何歳何ヶ月までしたかの治療期間を表している。一方、検査(Picture,Line Drawingなど)における三角印は、何時検査データを採取したかを表している。

検査データは、画像、図形、音声、ビデオ映像の他に、手術のための治療計画立案のCAD図などのマルチメディアデータから構成されている。この図から一人の患者についての治療、検査データの全体的な時間的相互関係を容易に把握できる。

この図のような治療と検査データに関するタイムチャートは、歯科矯正学症例に限らず医学一般の症例に共通して認められる特徴である。従って、オブジェクト指向データモデルを用いてこの実世界のデータベースを設計することは、医療分野における汎用的なデータベース設計問題の基礎にもなり、十分な一般性がある。

専門医がデータベースを利用する際には、時間軸上での治療、検査データの相互関係を総合的に把握できることをシステムに対して要求している。それ故に、設計ではこの実世界の構造をできるだけ忠実に表現しなければならない。

3. オブジェクト指向データベースの設計

3.1 時間の導入

Fig.1で説明したように、症例データは治療

と検査に関する履歴データの構造になっている。それ故、時間軸をどのように表現するかが重要な設計課題となる [3]。

Snodgrass [4] は、時間を導入したデータベースをデータの持つ時間軸の意味的、構造的違いを考慮して4種類

(Snapshot, Rollback, Historical, and Temporal Databases)に分類している。

この定義に従えば、本研究対象の症例データベースはValid Timeの時間軸を持つHistorical Databaseに相当するものと考えることができる。

但、症例データにおいては、更新がほとんどなく時間の経過に伴うデータの追加のみがあると言う前提を置いた場合である。この仮定は、医療分野の症例データベースにおいて一般的に妥当であろう。

治療、検査の経過を表現するために、時間軸をここでは年齢AGEに正規化して以後説明をする。

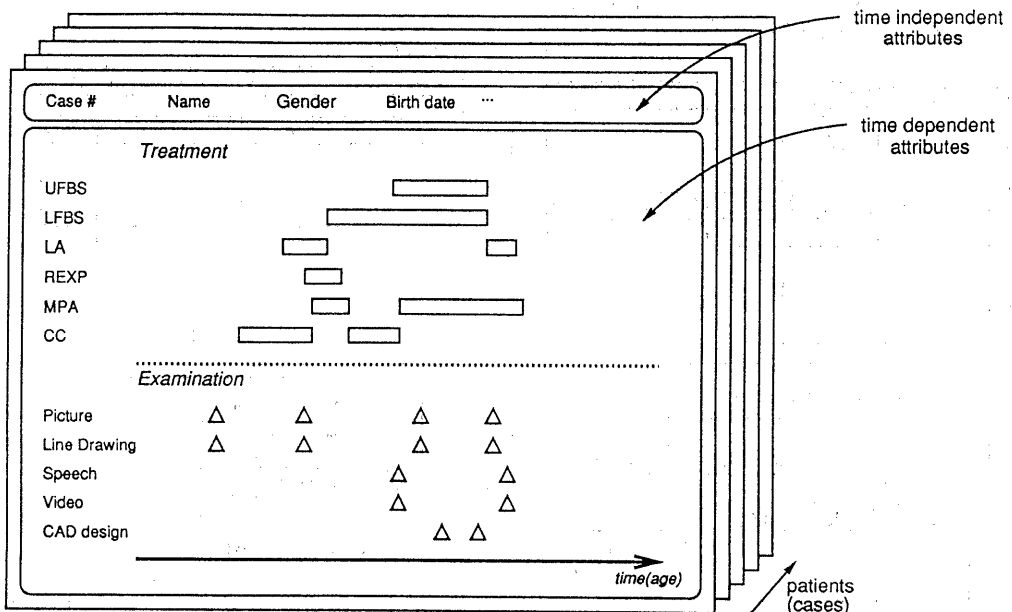


Fig.1 Conceptual Model for Real World

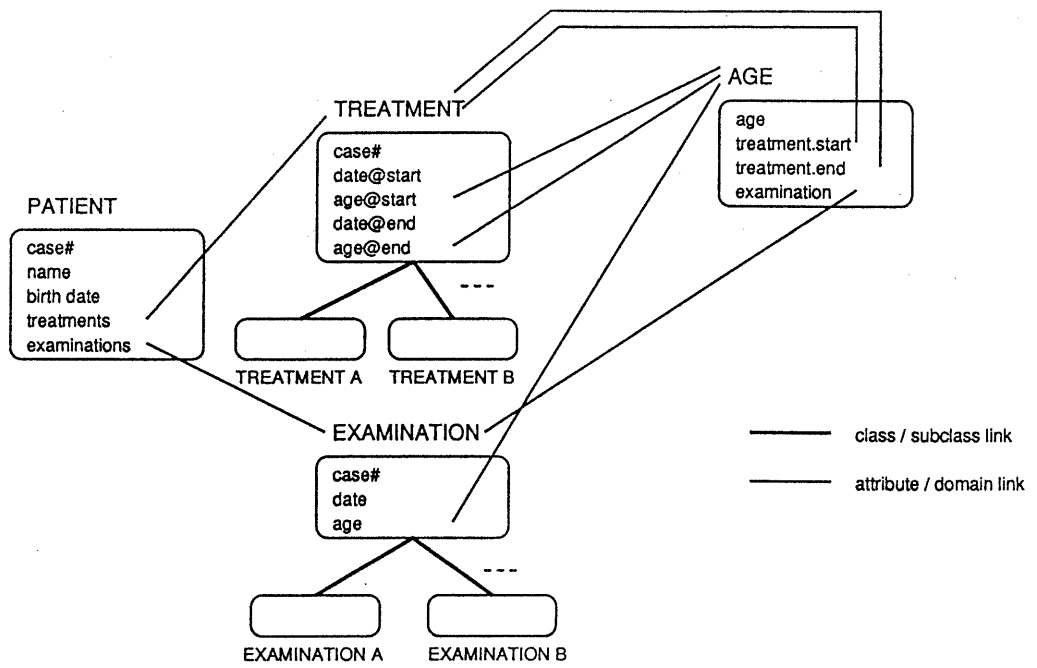


Fig.2 Class Hierarchy and Class-Composition Hierarchy

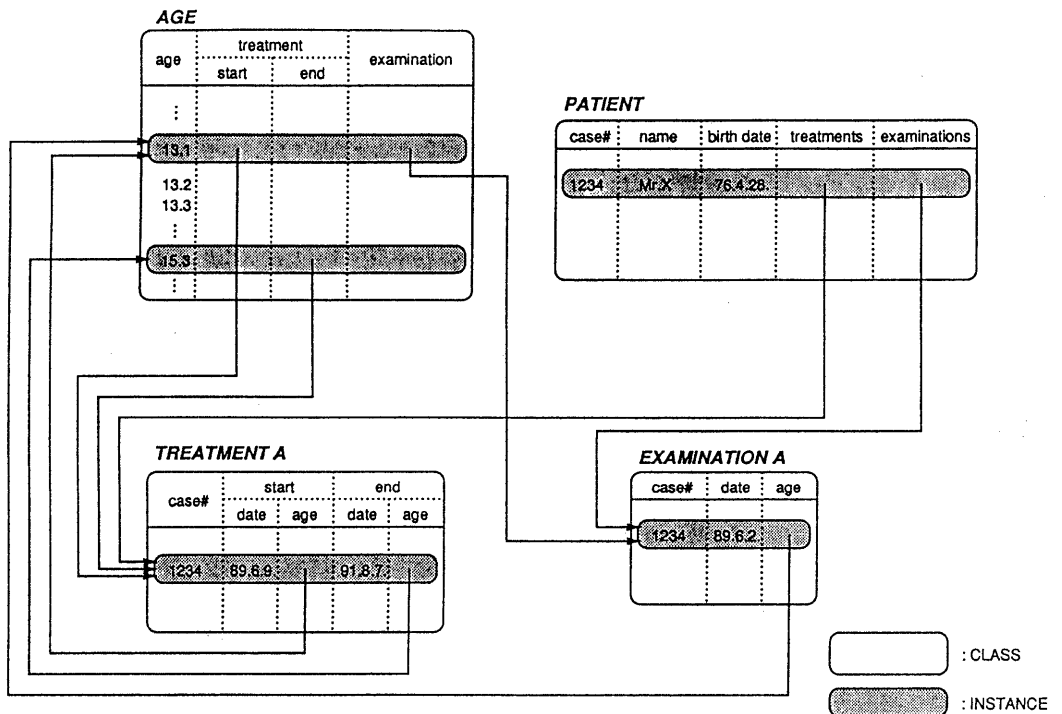


Fig.3 Class and Instance

Fig.2は、オブジェクト指向データモデルによる症例データの世界を記述したときのクラス階層を表す [5]。

患者クラス (PATIENT)、治療クラス

(TREATMENT)、検査クラス

(EXAMINATION)、年齢クラス (AGE)の間のクラス/サブクラスリンクと属性/ドメインリンクを示す。クラスの四角枠内には、それぞれのクラスの属性を記してある。

何歳何ヶ月のときに治療が始まり (age@start)、何歳何ヶ月のときに終了 (age@end)したか、何歳何ヶ月のときに検査データを採取 (age)したかの年齢を陽に記述するためにクラスAGEを定義している。

この図での治療のサブクラスTREATMENT A,Bは、Fig.1.でのUFBS, LFBS, etc.を、また同様に、検査のサブクラスEXAMINATION A,Bは、Fig.1でのPicture, Line Drawing, etc.を意味している。

その他に、診断の違いによる患者クラスのサブクラスがあるが、時間構造に直接関係しないのでこの図には省略してある。

このようなクラス階層構造を持っていると、例えば、

(1) "治療CCを10歳から始めて15歳に終了し、かつ治療UFBS,LFBSを1年半継続した症例を見つけよ"

(2) "(1)で見つけた症例の検査データ Pictureの初診と最終時の画像を見せよ"

などの時間が導入された質問を素早く処理できる。

Fig.3には、各クラスに具体的なインスタンスを入れたときの例を示す。時間に関する属性のみを記入してあり、その他は簡潔にするため省略してある。各インスタンスの間では、年齢がどのように参照されているかを表している。上記のような質問の際には、イン

スタンス間のリンクを巡航することになる。

3.2 複合オブジェクト

検査データの画像Pictureをもっと詳細に書くとしてFig.4のように3種類の写真データからなっている (Fig.1では、簡潔に表現するためにPictureと1つにまとめて便宜上記した)。

ある時点の年齢 (三角印) で採取した検査データは、複数枚の写真集合から構成される。すなわち、複合オブジェクトの形になっている。これらは正面、側面など角度を変えて撮影された顔写真、口くう内写真、模型写真である。

Fig.1で示したその他の検査データも三角印に対応する年齢時データは、すべて複合オブジェクトで与えられる。

治療においても同様に、ある年齢時に複数の治療を同時に受けているから複合オブジェクトになる。このように一般的に複合オブジェクトで与えられることが医療分野の症例データベースの特徴の1つである。

3.3 マルチメディアデータ

3.3.1 図形データ

図形データは、頭部のX線写真をトレースして作成した線画である。図形処理システムにおいて図形パターンの構造を解析して、特徴点、特徴量を抽出した後、データベース化している。

それ故、図形データベースは、図形そのものを構成する線分の点列(X,Y)座標値、特徴点の(X,Y)座標値、特徴量の値、の3種類のデータから構成される。

線分、特徴点、特徴量は、意味的には図形クラス(LINE DRAWING)の属性である。図形クラスは検査クラスのサブクラスである。こ

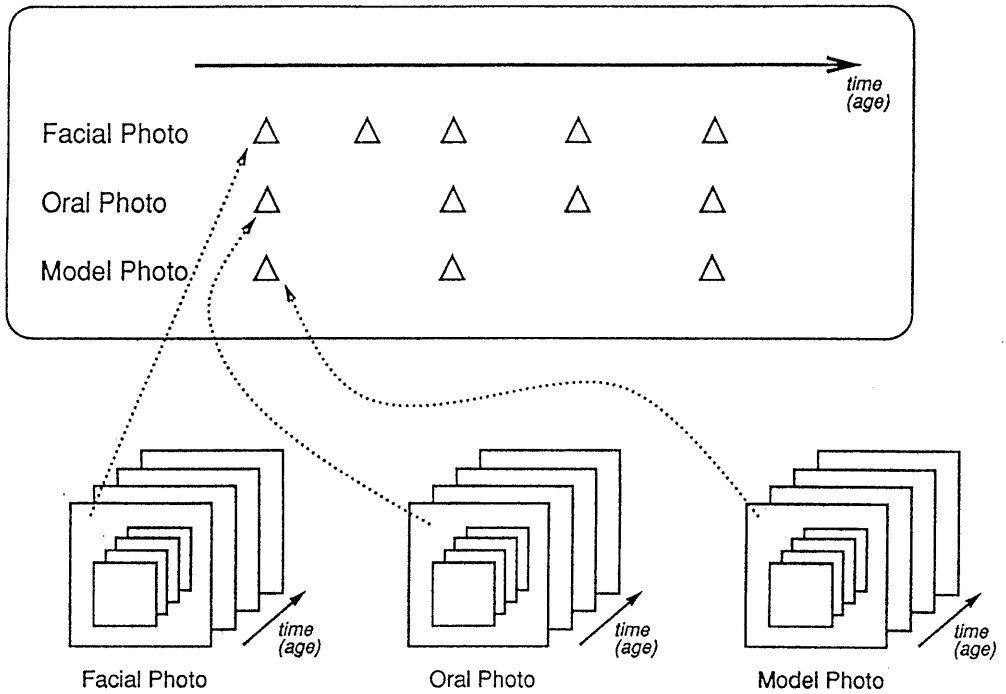


Fig.4 Complex Object

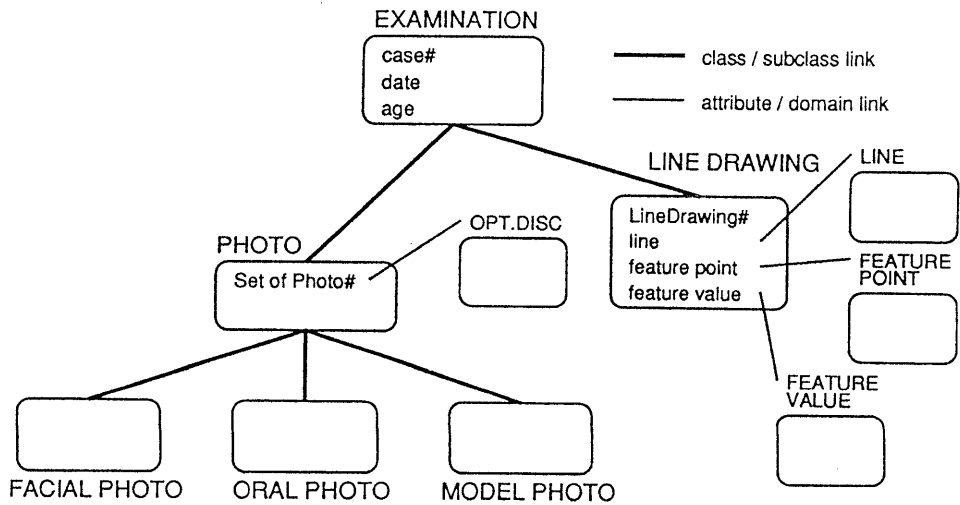


Fig.5 Class Hierarchy of Line Drawing and Photography

の関係をFig.5に示す。線分クラス (LINE)、特徴点クラス (FEATURE POINT)、特徴量クラス (FEATURE VALUE)と図形クラスとの間には属性/ドメインリンクを張る。

次に、マルチメディアデータの場合にどのようなデータ処理操作が必要になるかを例に基づき考えてみる。

図形に関する質問の例として、

- (1) ”手術後に特徴量ABCが10mm短くなった症例を見つけ、手術前後の2枚の図形を重ねて表示せよ”、
 - (2) ”手術後に特徴量ABCが10mm短くなった症例を見つけ、手術前後の2枚の図形の特定部分(下顎骨)のみを重ねて表示せよ”
 - (3) ”10歳のテンプレート図形と比較して、特徴量DEFが10度大きい症例を見つけよ”、
 - (4) ”10歳のテンプレート図形と比較して、特徴量DEFが10度大きい症例を見つけ、図形と特徴点を重ねて表示せよ”
- などを挙げるができる。

図形検索は、質問(3)の単なる検索よりも、(1)、(2)、(4)のように検索結果に図形オブジェクトの処理操作が加わる場合が多い。Fig.6, 7, 8に、それぞれ質問(1)、(2)、(4)の結果の例を与える。

この重ね合わせ操作には、図形の座標変換、図形構成成分へのズーム、図形と特徴点のような異種オブジェクトの組み合わせ表示、などの処理が含まれている。

そこで、図形オブジェクトのメソッドとして何を与えて、図形処理の操作をどこまでやらせるかが問題になってくる。

このようなデータ操作は、従来の関係データベースシステムなどでは応用プログラムとしてデータベースシステムの利用者が作成し

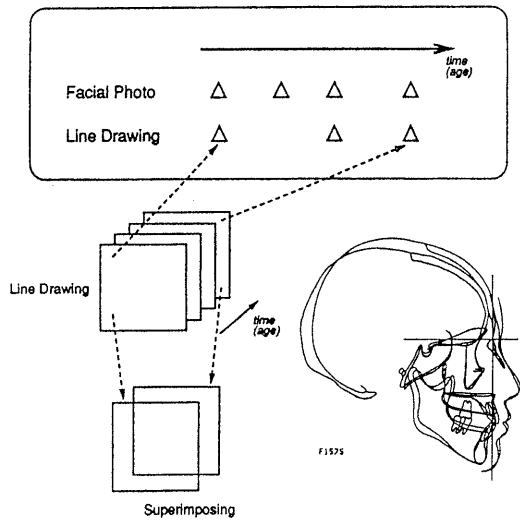


Fig.6 Superimposing between two objects of Line Drawing

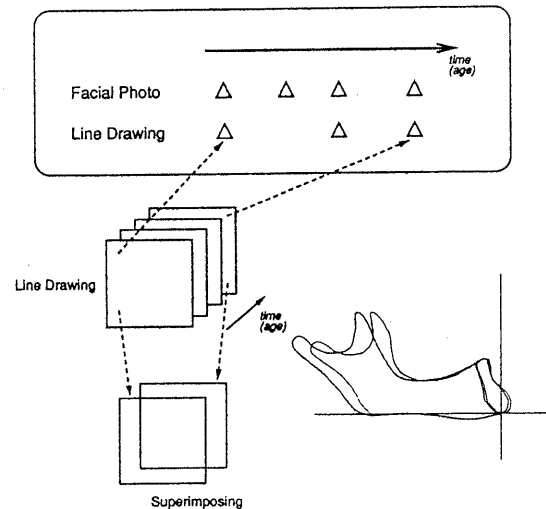


Fig.7 Superimposing between two zooming objects

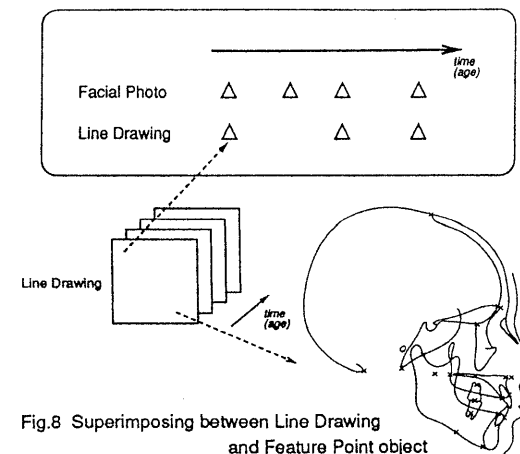


Fig.8 Superimposing between Line Drawing and Feature Point object

ていた。我々の開発したシステム [2] においても、ユーザインタフェース機構から応用プログラムに起動をかける方法で、上記と同様なデータ操作ができるようになっている。オブジェクト指向データモデルでは、データとメソッドがカプセル化されるところに特長があるので、メソッドを定義しなければならないが、将来要求されるであろうあらゆる処理操作をすべてメソッドとして準備することは困難である。

一方、データベースのオブジェクトとしての汎用性を考慮すると、メソッドの追加、修正は避けなければならない。

また、ユーザインタフェース機構との役割分担も関係してくる。この部分を次に説明したい。

質問 (1)、(2)、(4) での下線付斜体表記の部分をユーザインタフェース機構の操作にする場合である。すなわち、検索した症例番号をユーザインタフェース機構に渡すと、それが症例番号に相当する Fig.1 に示すようなタイムチャートを表示し、ユーザに希望する処理操作の選択と実行を促す [2]。

そこで、ユーザはマウスで処理操作を表すアイコンをクリックし、次に図形を表す三角印の部分をクリックすると言った操作をして求める結果を得ることができる。

このような機構を用意する場合には、図形オブジェクトとして必要なメソッドはかなり限定されてくる。ユーザによるデータベースの利用形態も様々であるから、基本的なメソッドのみを図形オブジェクトに用意して、その他はすべてユーザインタフェース機構のオブジェクトに任せてしまう方が拡張性、柔軟性の観点からより優れているように思う。

3. 3. 2 画像、音声、ビデオデータ

画像データは、3. 2 で説明した 3 種類の写真である。写真は、Fig.5 に示すクラス階層を持っている。これらを光ディスクファイルに格納する。

PHOTO は光ディスククラス OPT.DISC と属性 / ドメインリンクを持つ。クラス OPT.DISC は光ディスクのデバイスを意味する。

写真データは、検索して見ることが主体であるが、図形と写真を重ね合わせる処理がある。この例を Fig.9 で説明する。

写真 FACIAL PHOTO のある年齢で採取した複数枚の中で、側面から撮影した顔写真のみを取り出して、同一年齢での図形と重ね合わせる操作である。すなわち、骨の線図をカラー顔写真に重ねて表示する。

この操作も図形処理と同様なユーザインタフェース機構の下で、検索された症例について、ユーザが見て写真と図形オブジェクトを選択し、処理操作を起動する。選択された写真のみが処理のためにデジタル化されて取り込まれる。

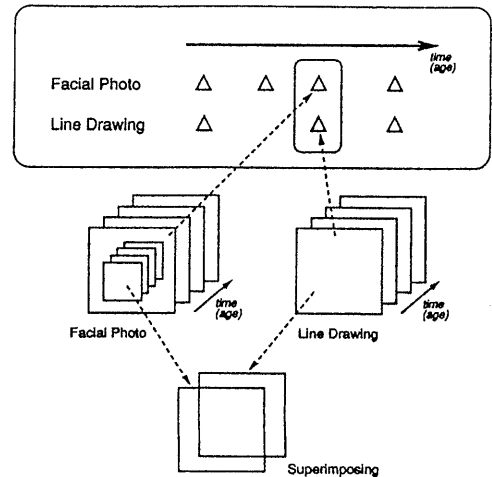


Fig.9 Superimposing between Line Drawing and Facial Photo object

両オブジェクトの座標系、サイズが違うので座標変換と拡大縮小が必要になる。これらの処理もオブジェクトのメソッドとして与えなければならない。

音声、ビデオ（具体的には話し中の口周辺部の動きを撮影）についても光ディスクファイルに格納する。それ故、メディア間での時間的同期はハード的に行う。

音声には、舌の調音運動を表すパラトグラムデータも同時に提示するが、詳細については今回の報告で省略する。

3. 3. 3 PACS

医療画像のための専用ファイルシステムとして、PACS(Picture Archiving and Communication System)が実用化されてきている [6]。

医療画像は、X線を始めすべてデジタル化されてきているので、様々な医用画像装置をLANに接続して、それらから光ディスクファイルにデータを転送し、それを病院内で共有するシステムになっている。

PACSでは、画像の格納、検索と処理が専用のハードウェアシステムの下で行われている。特に、画像表示、画像処理を専用のグラフィックシステムで実行している。

現段階では、PACSはまだデータベースシステムとしての機能をほとんど持っていないが、医療分野にOODBMSを適用するためには、今後汎用のOODBMSとPACSを接続して、分散処理システムを構築しなければならないであろう。

この分散処理システムでは、画像オブジェクトのメソッドをどのように用意するか、どのようなユーザインタフェース機構を構築するかなどの新たな問題が生じる。

4. おわりに

オブジェクト指向データモデルにより、医療分野の症例データベースを設計した。

症例データは、特に履歴構造が重要であるので、時間軸を表すクラスを導入して、データベースの時間構造を明示的に与えた。

また、症例データベースはマルチメディアデータから構築されているので、図形や画像処理、あるいは操作の視点から、図形、画像オブジェクトにおけるメソッドの問題を検討した。

マルチメディアの世界では、様々な処理が要求されるので、オブジェクトのメソッドとユーザインタフェース機構との間での役割の分担を考慮しなければならない。

メソッドとオブジェクトの可視化ユーザインタフェース機構の問題は、現在検討中である。

現在設計している症例データベースを、商用のOODBMSであるONTOS [7] を用いて実装する計画である。

本研究の共著者、脇山は本研究に対して財団法人日本科学協会の笹川研究助成を受けた。

参考文献

- [1] 増永良文：次世代データベースシステムとしてのオブジェクト指向データベースシステム、情報処理、Vol.32, No.5, pp.490-499 (1991)
- [2] 金森吉成、増永良文：画像データベースシステムSORIDにおける空間型履歴検索言語GQL、情報処理学会データベースシステム研究会資料、49-2 (1985)
- [3] Richard Snodgrass: Temporal Databases Status and Research Directions, pp.83-89, SIGMOD RECORD, Vol.19, No.4 (1990)
- [4] Richard Snodgrass, Ilsoo Ahn: Temporal Databases, IEEE Computer, Vol.19, No.9, pp.35-42 (1986)
- [5] Won Kim: Introduction to Object-Oriented Database, MIT Press (1990)
- [6] 喜多絃一：MIPS規格について, O plus E No.130, pp.87-94 (1990)
- [7] Ontologic Inc.: ONTOS Developer's Guide, Ontologic Inc. (1991)