

画像診断学習情報データベースにおける教材のモデリング

伊藤 佐智子 山北 隆典 下井 文彦 佐々木 敦司 小銭 正尚

学習情報通信システム研究所 (SRL)

画像診断学習を対象に学習情報としての教材モデルを検討した。オブジェクト指向の方法により、画像内容記述モデル、用語辞書モデル、専門書モデルを提案した。画像記述モデルにより画像中の所見の特定部位と所見記述文との対応が表現できた。用語辞書モデルにより画像の所見記述、読影手順、診断法に関する知識を表現できた。専門書モデルによりさまざまな単位での参照要求に対応できる管理法を表現できた。また、これらのモデルをオブジェクト指向データベースに実装した。さらに、利用例として学習支援システムを構築し、データベースの有用性を確認した。

Modeling of tutoring materials
in an object-oriented database
for image diagnostics

Sachiko Ito, Takanori Yamakita, Fumihiko Shimoi,
Atsushi Sasaki and Masahisa Kozeni

Software Research Laboratory
45 Nishi-Nopporo, Ebetsu 069, JAPAN

This paper discusses modeling of multimedia data of learning materials in order to construct a database for tutoring of image diagnostics. Three models which describe medical images, medical terms and books were respectively proposed, according to object-oriented analysis. These models were implemented as complex objects in the object-oriented database (ODID, Object-oriented database for image diagnostics). This paper also reports computer assisted learning for diagnostics in X-ray CT of central nervous system, for an applicational use of the database.

1. はじめに

高度個別型学習情報通信システムの実現にとって学習情報データベースの構築はその基盤的研究課題の一つである[1]。これまで、学習情報の持つ意味、体系に即してどのように教材をモデル化すべきかというテーマのもと、学習情報データベースの検討を重ねてきた[2][3]。

われわれは、「画像診断学」という特化した分野でデータベースを構築することにより教材データのモデルを提案し、併せてデータベース構築技術を確立することを目的にプロトタイプシステムとして「画像診断学習情報データベース」を試作した。

本稿では画像診断学習情報データベースでの教材のモデリングとデータベースへの実装について報告する。また、応用例としての学習支援システムについても報告する。

さて、画像診断学の習得には経験豊富な専門医による指導に加え、学習者が多数の症例（画像）に接する訓練が不可欠である。また、近年の医療情報の電子化に伴い、画像診断の手法も写真フィルムの読影からCRT上での読影へと移行しており、そのための適応訓練が必要である。

このようなニーズに応えるためにコンピュータを利用した新しい学習支援システムを想定するとき、そのデータベースは

- ① 画像情報をマルチメディアで表現できる
- ② 画像所見に基づく診断を論理的に表現できる
- ③ 多数の事実データ（症例）を格納できる

という要件を満たす必要がある。

地理情報、生命科学、絵画情報などの分野で同様の研究が行われている[4][5][6]。こうしたことから、本研究の成果は画像診断学にとどまらず、十分な一般性があり発展性が期待できる。本稿での報告は、主に要件①に関するものである。

2. 教材のモデリング

学習教材データは単純な表形式で表現するには

あまりにもメディアが多様でかつ複雑な構造を持っている。このようなデータを学習者の目的や進展度に適応させて提供できるように管理するには、データと手続きを一体化した部品として管理するオブジェクト指向データベース管理システム（以降OODBMSとする）の利用が適している[7]。そこで、OODBMSへの実装をふまえ、オブジェクト指向によって教材のモデル化を試みた。方法論として特別なものに則っていないが、Coad/Yourdonの方法[8]を参考にした。

なお、データベーススキーマを対象とした分析手法が明確でないため、サービスの定義について様々に議論されている。特に、ユーザインタフェースに関わるサービスとしてどのような機能を定義すべきかが問題となってくる[9]。今回は、後に述べるように学習支援システムのユーザインタフェースとして既存のインタフェースビルダを利用する関係上、ユーザインタフェースに関わるサービスとしてはクラスの持つアトリビュート（属性）やアトリビュートによる導出データを要求もとへ返すように定義した。

モデリングの対象として中枢神経系X線CT診断学をとりあげ、学習教材としては、X線CT画像と診断報告書、標準化された読影手順である検査種固有ファイル[10]、および当該教科の専門書を扱った。

これらの教材は学部の学生や研修医が利用することを想定しデータベースに格納する。

2.1 画像内容記述モデル

画像診断では画像に描出された所見に基づいて疾患を推定する。すなわち、画像診断学習は画像中の所見を正確に判断し、正しい推論を展開して診断する能力の習得である。

教育用症例データは一枚の診断報告書と複数の画像から構成される[11]。これらはティーチングファイルと呼ばれる。

診断報告書には検査日付や患者データ、検査手法や臨床データ、および画像の医学的評価である

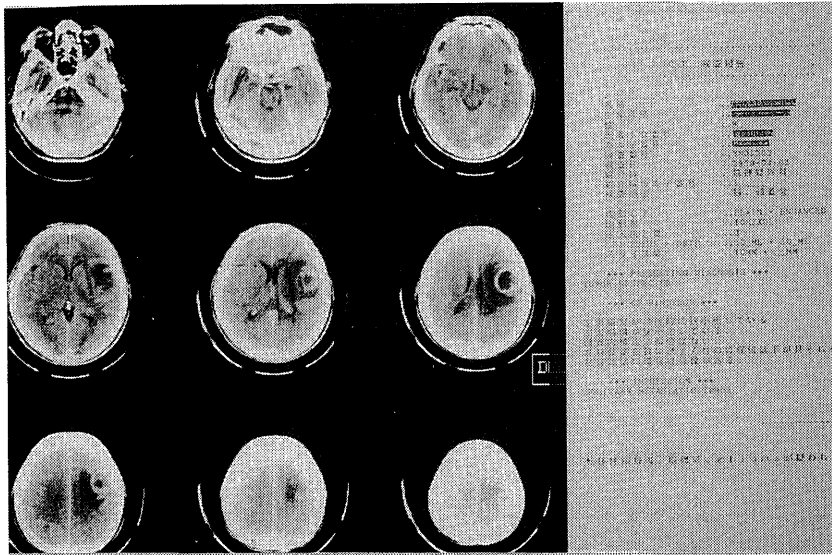


図1 診断報告書とCT画像

所見や画像診断名が記載されている。

また、画像には所見として描出される特定の領域（関心領域、ROI、Region Of Interest）が存在し、テキストで表現された所見とメディア間での関連を持っている（図1）。

したがって、ティーチングファイルを、症例、画像、所見、関心領域、検査手法という部品の複合体ととらえ、図2のように全体-部分関係を使ってモデル化した。

2.2 用語辞書モデル

画像診断の検査法（モダリティ）ごとに疾患、所見、解剖学的部位等の6種類に分類された検査

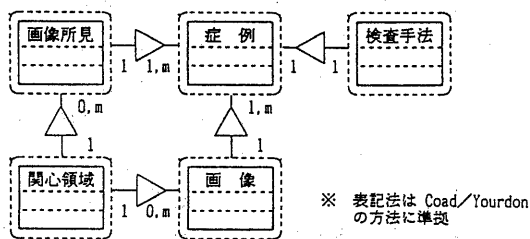
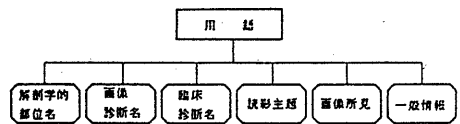


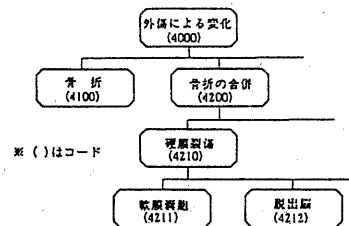
図2 画像内容記述モデルのクラス&オブジェクト層および構造層

種固有ファイルから引用した用語を対象にする。用語は名称（英、和）のほか、その概念的な階層構造を表すように符号化されたコードが付与されており（図3）、ここに説明文、関連語といった情報を追加して用語辞書とする。

用語辞書は図4に示すように、一つのクラスで一元管理する。

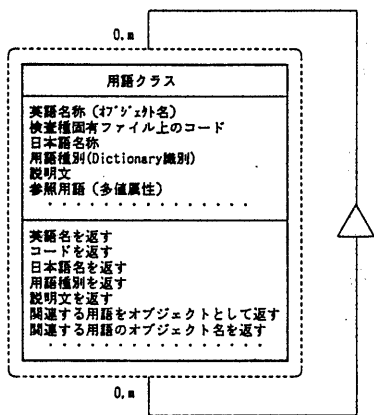


(a) 種別



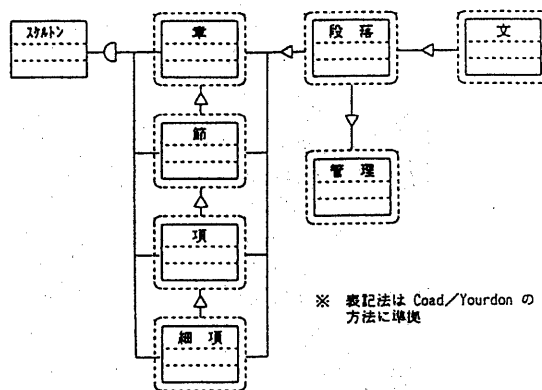
(b) 概念的階層の例

図3 用語辞書の種別と概念的階層構造



※ 表記法は Coad/Yourdon の方法に準拠

図4 用語辞書モデルのクラス&オブジェクト層、構造層、属性層およびサービス層



※ 表記法は Coad/Yourdon の方法に準拠

図5 専門書モデルのクラス&オブジェクト層および構造層

2.3 専門書モデル

専門書として全文テキストを扱う。図5に示すように、章、節、項、細項、段落、文のクラスを定義し、全体一部分関係を持たせた。テキストデータは文クラスのインスタンスに持たせる。

章から文まで任意の単位で専門書を検索できる。

3. データベースの実装

OODBMSとしてONTOS [12]を利用し、SUNワークステーション上に実装した。

3.1 モデルの実装

データベーススキーマは上述のモデルに従って定義し、実装した。

クラス間の全体一部分関係は、オブジェクトへのポインタを直接設定せず、ONTOSが提供しているReferenceクラスを利用して実装した。Referenceクラスを利用することで参照相手がメモリ上にあるかないかを意識せずに取り扱うことができる。

また、参照が1対多の関係を表現するためにはONTOSが提供する集約クラス（主にListクラス）を利用した。

用語辞書については、以下の要件を満たすよう実装した。すなわち、

- ① 英語名称で直接検索ができる
 - ② コードによって直接検索ができる
 - ③ 任意の用語の上位概念語、下位概念語を高速に検索できる
 - ④ 種別間での英語名称の重複を許す
- という4点である。

実装にあたっては英語名称をオブジェクトIDとし、種別ごとにDirectory*1を分けて管理する。これにより、①と④の要件は満たされる。

次に6つの種別それぞれにコードをタグとした集約オブジェクトDictionaryを定義する。

これにより、コードによる直接検索、コードによる範囲指定検索が実現できる。②、③は学習者ではなくシステムの利用形態といえ、その場合には種別が特定できていることを前提とするならこれらの要件も満足できたといえる。

*1ここでのDirectoryとはONTOSがオブジェクトIDを階層的に管理するもので、OSの提供するディレクトリのことではない。しかし、機能的にはファイル名を管理するOSのディレクトリと相似である。

表1 教育用症例の登録件数

症例	確定診断名	画像	ROI	所見
001	髄膜腫	9	26	6
002	悪性膠芽腫	7	15	5
003	聴神経鞘腫	8	20	9
004	慢性硬膜下血腫	9	32	5
005	転移性脳腫瘍	8	8	4
006	動脈瘤	9	7	4
007	副鼻腔腫瘍	9	19	9

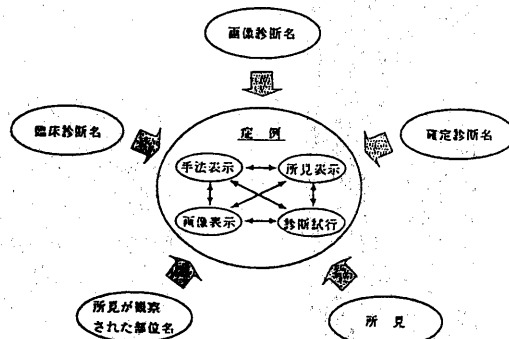


図6 基本的な学習パターン

専門書の実装での汎化-特化の関係はC++の導出クラスによる。

3.2 データの実装

現在登録されている教育用症例は7疾患(表1)であり、データ量(オブジェクトの総量)はおおよそ20MBである。

また、用語の登録数は約2000語、専門書の記事は約170である。

4. 学習支援システム

画像診断学習情報データベースの利用例として、診断の試行と評価が行える学習支援システムを試作している。

ユーザインタフェースには、ONTOSのインタフェースビルダである Studio [13]を利用した。

学習者は確定診断名、画像診断名、臨床診断名、所見の現れた解剖学的部位の名称、画像所見といった様々な視点で該当する教育用症例をデータベースから検索し、学習を開始する。選択した症例の全画像、所見記述文、ROI表示および濃淡調整などの基本的な画像処理や診断の試行を行いながら学習を進める(図6)。

ROIウィンドウでは画像と所見との関係が表現されており、画像ウィンドウではROIの領域指示子(矩型、番号)によってROIと所見との

対応関係が明確に提示される(図7)。

また、学習者は随時用語を指定し、その説明文を表示したり、当該用語の上位概念語、下位概念語、関連用語を参照できる。

任意の教育用症例に対して実際に読影を試み、その評価を受けることもできる(図8)。

専門書も学習者が随時参照できるように設計を進めているがまだ実装には至っていない。指定された部分の参照機能だけではなく、簡単なキーワード検索の機能を実装する予定である。

以上の機能が、画像診断学習情報データベースを利用して実現できた。学習支援機能の概略を表2に示す。

5. 今後の展開

5.1 スキーマの発展

今後は、検査法(モダリティ)の異なる画像や、専門書等の図表を取り入れ、それらを統一的に管理できるようにスキーマを発展させていく必要がある。現在検討を進めている。また、症例について時系列管理を取り入れることで学習の幅を広げることができる。

また、データベースは多数の学習者による共同利用を目的として構築されるので、膨大で複雑な構造になる。学習者にはデータベース全体を見せるのではなく、個々の学習者の目的や進捗度に応

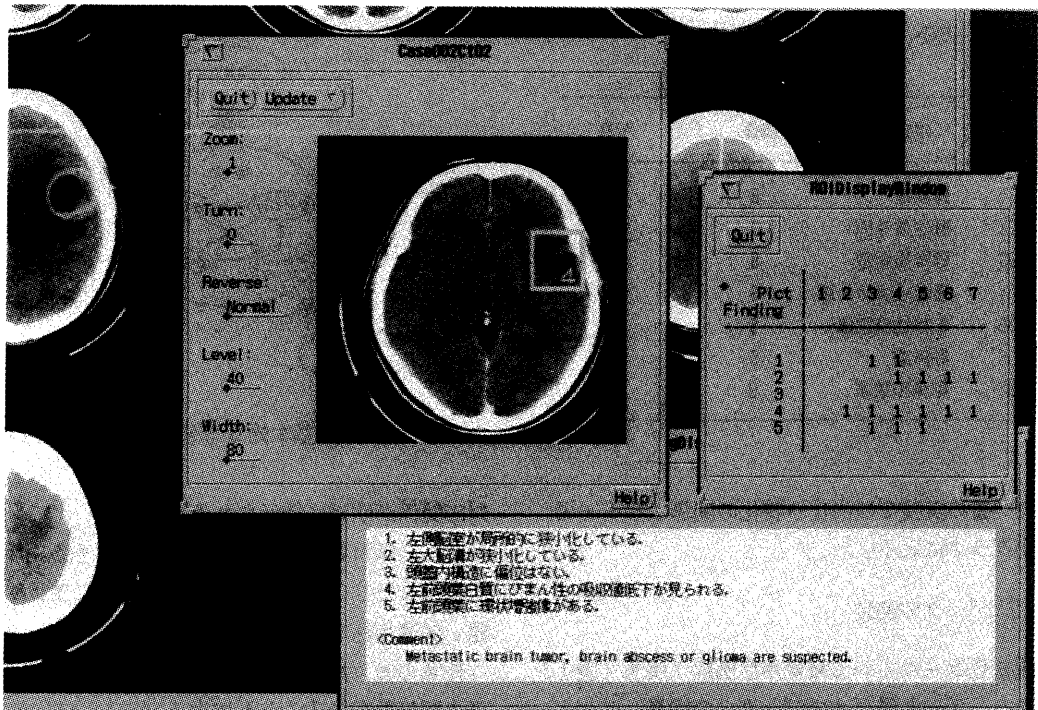


図7 全画像、所見、画像およびROIウィンドウ表示例

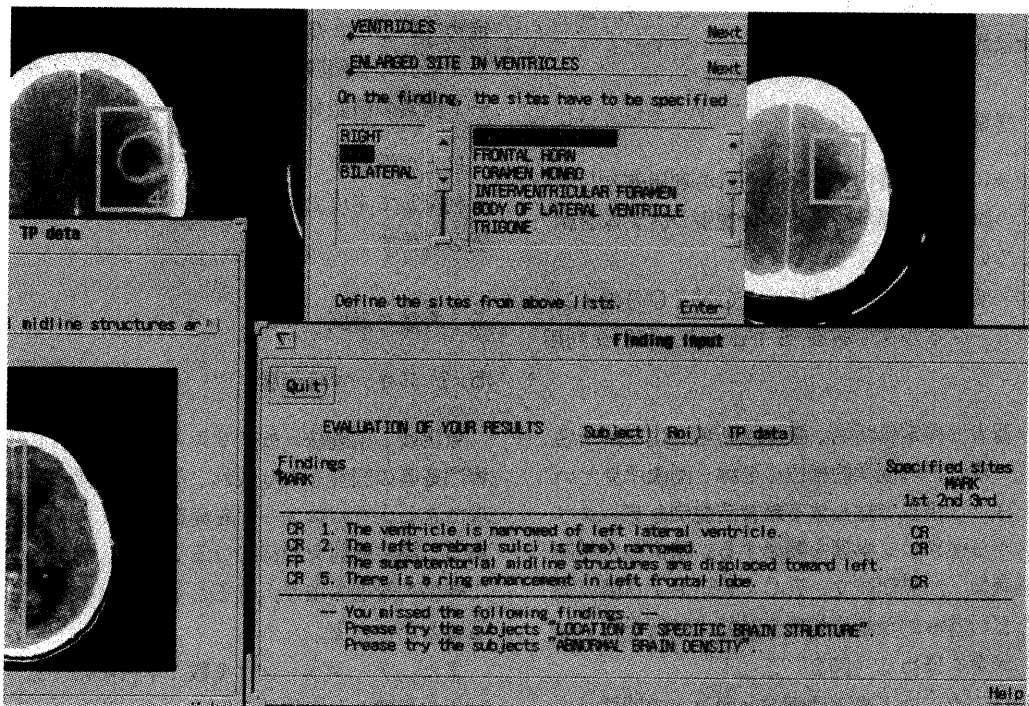


図8 診断の試行と評価のユーザインタフェース例

表2 学習支援機能の概要

機能	学習内容
症例検索	5つの視点から学習開始、 学習者主導の自由検索
画像処理操作	濃淡調整（ウインドウレベル、幅）、 ROI領域指示子（矩型、所見ID）表示 拡大、回転
スライス、所見関連表示	読影、診断
所見記述文表示	読影、診断
診断試行、評価	読影、診断
関連用語検索	用語説明、上位/下位概念用語検索 随時可能
専門書検索	（実装中）

じて必要な一部分を提示する必要がある。このような個別化機能は、学習者が主導的にデータベースに対してはたらきかけて学習するスタイルの学習システムでは重要な意味を持つ。なぜなら、システム主導の学習システムの場合には事前にシステムの都合の良いスキーマを作り込んでおけるからである。このように、スキーマの一部を取り出し、提供する仕組みを検討している（図9）。

5.2 広域ネットワークを介した利用

今回試作したプロトタイプシステムは、一つのLAN上で稼働している。しかし、本来の目的である高度個別型学習情報システムでのデータベースは一つのLAN内にとどまらず、広域ネットワークを介して様々な学習者が利用できなければならない（図10）[1]。

これまでOODBMSの利用例としてはCADに代表されるように、比較的少数のユーザが比較的少ない頻度でアクセスするがアクセスの際の情報量が多い、という形態での利用を想定していることが多かった[14]。

しかし、学習情報データベースは地理的に広範囲に存在する多数のユーザがアクセスするところに大きな違いがある。現在の商用OODBMSでは、特定の機種、特定のネットワークプロトコル、特定のOSのもとでしか動作せず、異なったものどうしでの共同利用ができないなど、われわれの

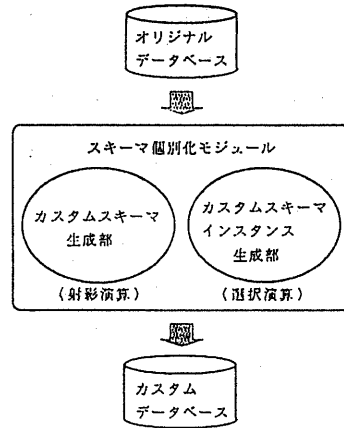


図9 スキーマの個別化

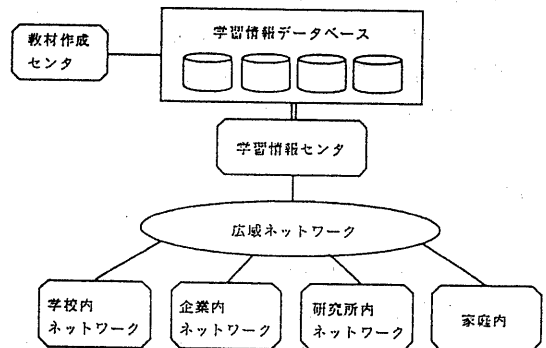


図10 学習情報システムの概念図

目指す形態での利用には問題点が多い。今後の大きな課題である。

6. むすび

画像診断学習の教材を対象とし、画像、診断報告書、用語辞書および専門書をオブジェクト指向によりモデリングを行い、画像内容記述モデル、用語辞書モデル、専門書モデルを提案した。

画像内容記述モデルにより、画像中の所見の特定部位と所見記述文との対応を表現できた。用語辞書モデルにより、画像の所見記述、読影手順および診断法に関する知識を表現できた。専門書モデルにより、さまざまな単位での参照要求に対応できる管理法を表現できた。

画像診断学習情報データベースのスキーマをこれらのモデルに基づき設計し、実装した。さらに、画像診断学習情報データベースの利用例として学習支援システムを試作した。これにより、CRT診断に対応した画像診断学習の支援が可能になったと評価できた。

課題として、スキーマの個別化、広域ネットワーク上での利用方法の検討が残されている。

また、今回のモデリングをより一般化するためにも他の領域でのモデル化に応用して行きたい。

謝辞 本プロトタイプシステムの開発にあたり、貴重な助言をいただいた図書館情報大学の増永良文教授、北海道大学医学部の宮坂和男教授、高橋千尋医師をはじめ関係各位の皆様には感謝の意を表します。また、データベースに実装した画像データ等は北海道大学医学部付属病院放射線科より提供いただきました。感謝いたします。

文献

[1] 小銭正尚他：高度に個別化されたネットワーク型の学習情報通信システムに関する試験研究、平成4年電気学会全国大会論文集分冊1、pp. 3 (1992)

- [2] 伊藤佐智子他：学習情報システムの構成要素としてのデータベース—画像診断学習システムの試案—、情報研報、Vol. 92、No. 61、pp. 51-55 (1992)
- [3] 伊藤佐智子他：画像診断学習支援のためのデータベース構築、1993年電子情報通信学会春季大会講演論文集分冊1、pp. 300
- [4] 岡崎彰夫：画像データベース概論、情報処理、Vol. 33、No. 5、pp. 448-456 (1992)
- [5] 加藤俊一、栗田多喜夫：画像の内容検索、情報処理、Vol. 33、No. 5、pp. 466-477 (1992)
- [6] 西原栄太郎：医用画像データベースの現状と将来、情報処理、Vol. 33、No. 5、pp. 478-485 (1992)
- [7] 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、情報処理、Vol. 32、No. 5、pp. 490-499 (1991)
- [8] Peter Coad、Edward Yourdon：Object-Oriented Analysis (Second Edition)、Prentice Hall (1991)
- [9] 脇山俊一郎他：オブジェクト指向データベースシステムにおける画像オブジェクトの構成と実装、情報研報、Vol. 93、No. 65、pp. 185-194 (1993)
- [10] Ito S.：A radiologic reporting system for computer-aided diagnosis with associated database、Acta Radiologica 32(4)、pp. 329-336 (1991)
- [11] 下井文彦他：オブジェクト指向による画像内容記述法の検討、情報処理北海道シンポジウム'93 講演論文集、pp. 44-45 (1993)
- [12] Ontologic Inc.：ONTOS DB 2.2 Developer's Guide、Ontologic. (1992)
- [13] Ontologic Inc.：ONTOS Studio 1.0 User's Guide、Ontologic. (1992)
- [14] 特集 オブジェクト指向データベースとその応用、Computer Today 1992. 11号、No. 52 (1992)