

高度個別型CAIにおけるデータモデルの開発

谷川 健* 富士 隆* 星原 健二郎* 藤井 誠* 小銭 正尚* 三枝 武男**
*SRL (学習情報通信システム研究所) **北海道情報大学

従来のCAIシステムは、基本的に教え込み型であり個々の学習者の状態に応じた対応が困難である。高度個別型CAIでは、個々の学習者の理解度やメディア特性に応じた教材を提供するために、教材を部品化する枠組みとしてハイパーフレームを提案し試作してきた。今回は、ハイパーフレームの構成要素であるマルチメディア表現実体と教材知識表現の統合化に関して、そのモデル化および試作について報告する。

Data Modeling in Advanced and Individualized CAI system

Takeshi Tanigawa* Takashi Fuji* Kenjiro Hoshihara* Makoto Fujii*
Masahisa Kozeni* Takeo Saegusa**
*Software Research Laboratory *Hokkaido Information University

Current CAI systems are mainly to be led a sequence of presentations, so it is not able to offer instructions dynamically depending individual student's perspective. Advanced and Individualized CAI system is developed by "Hyper-frame" which is framework for storing and reusing instruction compornents, so it is able to offer instructions dynamically depending on each student's understandness and adaptive media. "Hyper-frame" is consisted of multimedia and instruction knowledge. We report on modeling and prototyping integration of multimedia and knowledge representation in instrution components.

1. はじめに

我々は、従来の伝統的CAIや知的CAIの限界を越えるために高度個別型CAIシステムのデータモデルを提案し試作している^{[1][2]}。高度個別型CAIの要件として以下の点を達成しようとしている。

・学習者にあった学習方法の最適化

学習者の学習目標、理解度等を把握し、それにあった学習形態（チュートリアル型、環境型等）や学習順序を決定する。

・学習者にあった教材の提供

学習者の学習履歴、理解度、特性等に適した教材（教材の難易度、メディア特性（文章中心、動画中心等））を選択し提示する。

・学習者の誤り分析

学習者の解答にたいする誤りの原因を分析し、適切な指導を行う。

・学習者の学習意欲の状態把握

学習者の学習態度（集中力、積極性等）を把握し、適切なアドバイスをすることにより学習意欲の増進を図る。

・学習者の問い合わせへの対応

学習者の質問や関連知識探索等の問い合わせにインタラクティブに応答し、学習者主導の学習を可能とする。

今回は、「学習者の誤り分析」や「学習者への問い合わせへの対応」に関わる教材知識と魅力ある教材の提供には不可欠となるマルチメディアデータの統合化について、オブジェクト指向開発方法論（OMT法^[3]）に従って概念モデルを作成し高度個別型CAIの中に実装したので、その概要を報告する。

2. CAIにおける知識表現とマルチメディアデータの統合化の要請

我々は、高度個別型CAIの概念モデルを開発するにあたり、従来の伝統的CAIと知的CAIの長所／短所を洗いだした^[4]。伝統的CAIでは、教材がページめくり的に提示され、学習者の解答の判定もパターン一致方式が多く、「学習者の質

問に答えられない」、「学習者の誤り原因がわからないため適切な指導ができない」等の欠点が指摘された。知的CAIでは、伝統的CAIの欠点を克服するために、教材知識をシステム内に保持し、学習者の質問に答え、学習者の誤り原因に即した指導ができる枠組みを作った。しかし、教材知識による問題解決に力点がおかれたために、魅力ある教材の提示等がおろそかになったり、学習者の自主的な学習活動を阻害することになる等の指摘がなされている。この点を反省して、自主的な学習活動を優先する立場から環境型や発見学習型等のCAIの研究が盛んに行われている^{[5][6]}。

これらの状況を考えると、魅力ある教材を提示するのに欠かせないマルチメディア表現と問題解決能力を有する教材知識を統合化した教材を提供できる枠組みがCAIにおける課題である。この点については、大槻も学習支援システム（CAI）の歴史的な発展を考察し、CAIシステムに於ける知識指向型パラダイム（知的CAIにおける主パラダイム）とマルチメディア指向型パラダイム（環境型CAIにおける主パラダイム）の統合の重要性を指摘している^[7]。

本稿では、知識指向型パラダイムとマルチメディア指向型パラダイムの統合を主として教材データベースの構造にターゲットをあてて考察した。

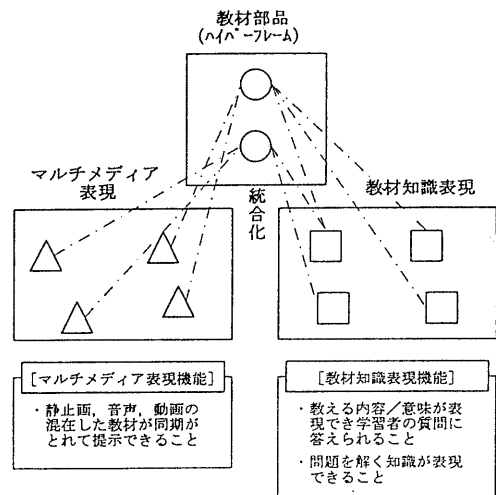


図1 マルチメディアと知識の統合化のイメージ

3. 知識表現とマルチメディア表現の統合化

3.1 学習課程の考察

教材として求められる要件を整理するために学習者が学習する過程を考察する。学習過程をモデル化すると、図2の左側ようになる。この時、CAIシステムが何を支援できるかについて検討する。

学習者に問題提起あるいは説明をする時(図2の(1))には、種々のタイプ(文章中心、動画中心等)の表現方法で情報を提供することが学習者の学習意欲を高めるのに役立つであろう。

学習者が与えられた情報を理解する時(図2の(2))には、学習者の内容に関する質問に答えられると学習の進捗がスムーズにいくと期待できる。このためには、問題や説明を学習テーマに沿った視点で知識表現されていて、その知識を使って質問に答える機構が必要である。

学習者が問題を解いた時(図2の(3))には、システムが設定された問題の知識表現から回答を出す知識(解き方知識)を持っていれば、学習者の解答について評価が可能となり、間違った原因を同定することもできる。

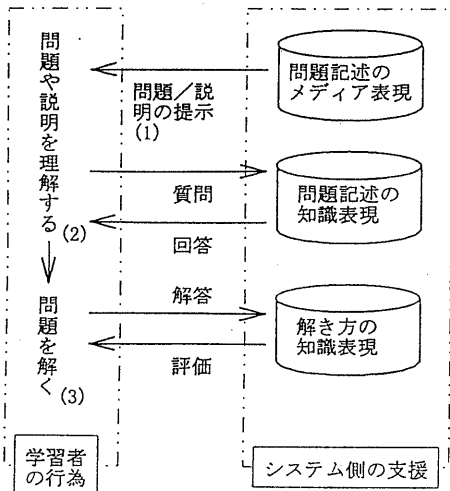


図2 学習過程

3.2 マルチメディアと知識の統合化モデル

前節で考察した学習過程においてシステム側で

用意すべき要素を整理すると以下のようになる。

- ・テキスト、音声、静止画、動画等のマルチメディア表現が可能なこと
- ・提示している教材に対して質問解答能力があること
- ・与えられた問題が解けること(対象領域における問題解決能力があること)

我々は上記の要素を整理し、OMT法に基づいて図3に示すような概念モデルを作成した。主な機能としては、以下のものがある。

[マルチメディア表現実体クラス]

問題提起説明のために提示する教材を表現するためのものである。テキスト、音声、静止画、動画、アニメーション等のマルチメディアデータで構成される教材を提示する。詳細は、3.3で述べる。

[知識表現クラス]

問題領域の知識を記述したり、解き方に関する知識を記述するための知識表現を統合する。

[問題記述知識表現クラス]

マルチメディア表現実体クラスで表現されたものを、学習させたい目標で整理した知識を管理する。学習者からの質問に答える能力を有する。詳細は、3.4で述べる。

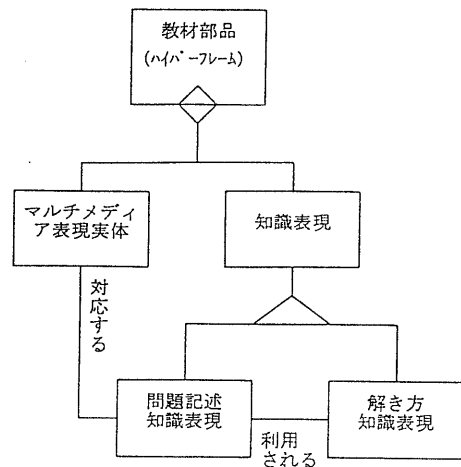


図3 教材部品データモデル

[解き方知識表現クラス]

問題記述知識を用いて解を求めるための知識を管理する。学習者の解答の誤りが同定できる。詳細は3.4で述べる。

3.3 マルチメディア表現実体概念モデル

マルチメディア表現実体を管理する概念モデルを作成するにあたり、以下の要件を満足することを想定した。

- ・扱うメディア
魅力ある教材を作成するために、現在扱えるメディアであるテキスト、静止画、音声、動画が扱えるようにする。
- ・メディアの同期

上記メディアが任意のタイミングで開始/終了できる。許されるタイミングとしては、あるイベントからの相対時間で、イベントとは各メディアの開始および終了である。

・データの管理と表示を分離

マルチメディアデータをOODBで管理する時、特定の環境でしか表示できないことを回避する為に、脇山等^[8]が提案しているように、マルチメディアデータが持つべき不変的なデータをOODBで管理し、表示の機能は分離することにする。

上記の要件を考慮し、図4に示すようにマルチメディア表現実体の概念モデルを作成した。

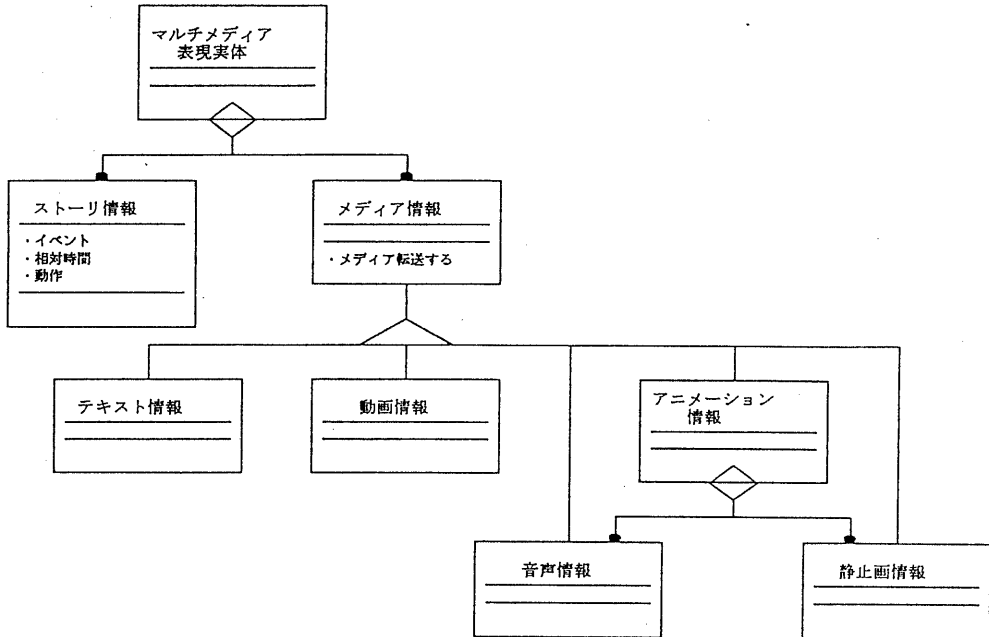


図4 マルチメディア表現実体モデル

マルチメディア表現実体モデルの主な機能は、以下の通りである。

[マルチメディア表現実体クラス]

マルチメディア表現実体の利用者からの要求を一括して処理し、同期に必要なストーリー情報やメディアデータを利用者に転送し、教材の提示を管理する。

[ストーリー情報クラス]

各種メディアの提示のタイミングを定義するもので、同期をとる時の基礎データとなる。ストーリー情報は、

[イベント][相対時間][動作]

の形式で定義される。[イベント]は、メディアの表示開始や終了を示し、[相対時間]はそのイ

イベントから何ミリ秒後に[動作]を行うかを指定する。[動作]は、メディアの表示開始や終了の指示を規定する。

実際には、このイベント情報に従って、マルチメディア教材を表示する機構により同期がとられる。

[メディア情報クラス]

メディア表示要求がにあった時、今回管理するメディアの転送を同一メッセージで処理可能なように、メディア転送用の仮想サービスを保持する。実際のメディア転送用のサービスは、各具象化された各クラス（テキスト情報クラス等）で定義される。

このマルチメディア表現実体モデルを利用して教材が提示される様子は、4. 1で示す。

3.4 知識表現概念モデル

3. 2で述べたように、教材知識には問題を記述したり説明の内容を表現したりするもの（問題記述知識）と、解き方を表現するもの（解法知識）がある。いくつかある知識表現の方法の中から今回学習対象領域として選択した情報処理教育に適した表現方法を選択した。

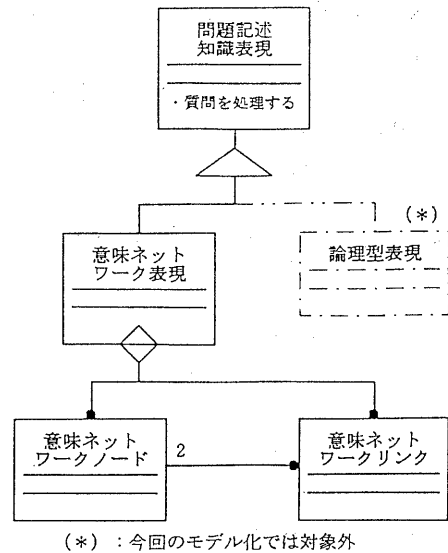
問題記述知識の表現方法を選択するにあたり、以下の要件を考慮した。

- ・学習者からの質問に答えられる
 - ・情報処理分野の分析工程をターゲットにするため、分析課題の知識表現が可能であること
- 今回は、課題の記述能力が優れていて、質問にも答えられる意味ネットワーク表現を用いる。図5に、意味ネットワーク表現の概念モデルを示す。

このモデルの主体となる意味ネットワーク表現クラスは、以下の機能を有する。

- ・意味ネットワーク表現が格納できるように、意味ネットワークノードと意味ネットワークリンクを保有する。
- ・意味ネットワーク表現で表現された内容に関しての質問に解答できる。解答できる質問は、「あるノードにある関係（リンク）があるノードは、何か」「あるノードと他のあるノード

の関係（リンク）は何か」等である。



(*) : 今回のモデル化では対象外

図5 意味ネットワーク表現概念モデル

一方、解法知識表現の選択にあたっては以下の点を考慮した。

- ・問題記述知識を用いて正解が出せる
- ・正解以外の解答が出てくる理由を示せる（誤り同定）
- ・学習者の途中経過に応じてヒントを出せる

以上の要件と、今回は学習領域を情報分野の分析等の上流工程とすることを考慮し、解法には経験則等が重要となるので、プロダクションルール表現を用いることにした。図6に、作成したプロダクションルール表現の概念モデルを示す。

プロダクションルール表現モデルの主な機能を以下に示す。

[プロダクションルール表現クラス]

解き方のルールを保持し、優先順位に従ってルールを評価する。また、ルールの条件部にクラスが指定されていた場合は、そのクラスに属するすべてのオブジェクトを評価対象とするような機構を有し、オブジェクトを推論対象として扱うことを可能とした。

[ルールクラス]

解き方の詳細を条件部とアクション部で表現したものである。条件部の評価を行い条件部の結果が真であれば、アクション部を発火する。

[条件部クラス]

以下の値の比較 (>, <, =, ≤, ≥) およびその論理和、論理積が定義でき、与えられた変数値やオブジェクトの検索等により条件を評価する。

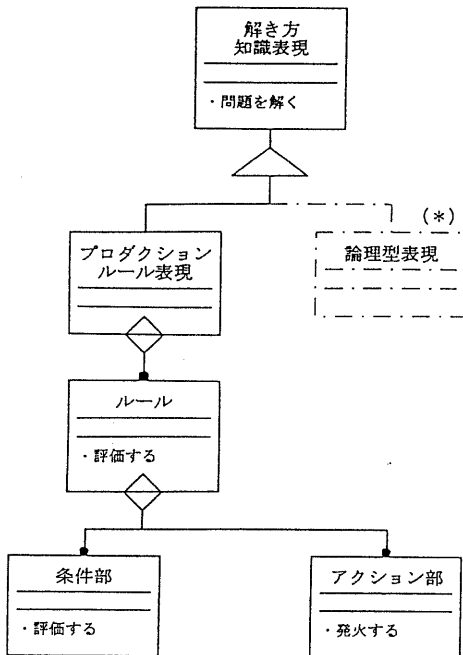
- ・定数（整数，文字列）
- ・オブジェクトの属性値
- ・オブジェクトに対するメッセージの結果

[アクション部クラス]

条件部が真の時、発火する処理を定義する。現在定義可能なものは、

- ・変数への値の設定
- ・オブジェクトへのメッセージの送信
- ・推論の中断

である。



(*) : 今回のモデル化では対象外

図6 プロダクションルール表現概念モデル

4. マルチメディアと知識表現の統合化概念モデルの実装

4.1 オブジェクト指向データベースによる実装

当初、マルチメディア表現実体と知識表現の実装は、それぞれマルチメディア構築ツールとエキスパート支援ツールを用いたが、以下のような問題点が明らかになった。

[マルチメディア構築ツールによる実装の問題点]

- ・マルチメディアデータをオブジェクト指向データベース (OODB) で管理し、表示する時にマルチメディア構築ツールを使用しようとしたが、ツールがファイルからのデータしか表示できないために、表示に数10秒の時間を要することになった。

[エキスパートシステム支援ツールによる実装の問題点]

- ・推論対象となるデータがOODBで管理されており、推論をする毎に支援ツールのワーキングメモリに転送する必要があり、推論対象データが増加すると効率に問題が生じる。

[共通の問題点]

- ・ツールとOODBでデータを二重管理するために、データのフォーマット等に変更があると管理が複雑になる。

この問題点を解決するために、マルチメディア表現実体モデルと知識表現モデルをOODBのクラスとして実装した。このことにより、データの一元管理が可能となり、ツールによる制約が回避できて効率の点でも有効であった。

マルチメディア表現実体モデルを利用し教材を提示する部分をGUI構築ツールおよびC++で試作し、高度個別型CAIの中に組み入れた。マルチメディア表現実体モデルを使ってマルチメディア教材を提示する仕組みを図7に示す。マルチメディア教材は、以下のように提示される。

- ・マルチメディア表現実体の指示で提示する教材のストーリー情報が通信制御クラスを通じてマルチメディア表示制御機構に送られる。
- ・マルチメディア表示制御機構では、ストーリー情報を解釈して、マルチメディア表示機構に

メディア受信の指示を与え、メディア表示の同期をとる。

- マルチメディア表示機構では、指示のあったメディアデータを通信制御クラスを通じてマルチメディア表現実体から受け取り表示する。

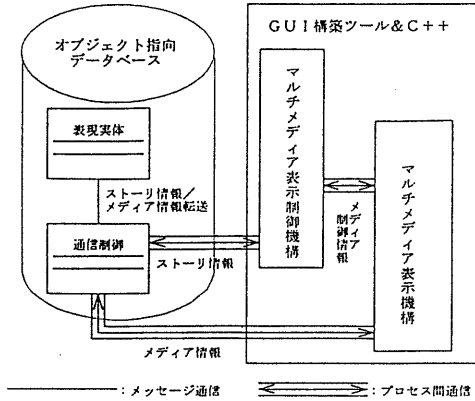


図7 マルチメディア表現実体の提示

4.2 シミュレーション教材への適応

マルチメディア表現実体と教材知識表現のモデルを実装した高度個別型CAIにおいてシミュレーション教材を作成し、モデルの有効性を確認した。

作成したシミュレーション教材は、ERモデルを疑似作成するものである。ERモデルを作成するには、対象となる課題を与える必要がある。この課題の提示用として、システムエンジニアが顧客にインタビューする風景をビデオで作成したものと、その時に作成されたインタビューメモをテキスト表現したものを用意した。また、インタビュー内容を意味ネットワークで表現したものを用意し、質問に解答する時や解き方知識でERモデルを作成する時に使用する。今回用意した意味ネットワーク知識表現の一部を図8に示す。

この意味ネットワーク知識表現を用意することにより例えば

「講師と講座の関係は？」

「会員番号と関係のあるものは？」

等の質問が可能となる。

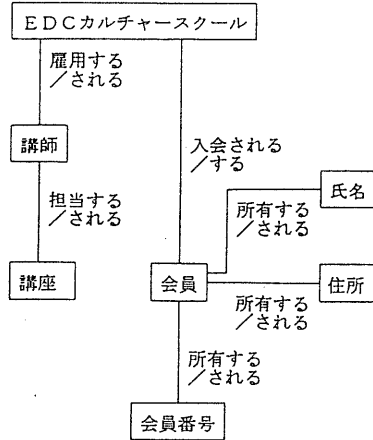


図8 課題に対する意味ネットワーク例

また、解き方知識としては、意味ネットワーク知識表現を対象にERモデルを導く知識を定義した。例えば

```
IF node1.link = "所有される" then
  #node1は、エンティティ対象から外す
  send_message node1 resetcandidateflag()
```

等のルールでエンティティを絞りこんでいく。この解き方知識を用意することにより、学習者の作成したERモデルの正しさを評価したり、どのルールで誤った答を出したかが同定できる。

このようにして適応したERモデル作成のシ

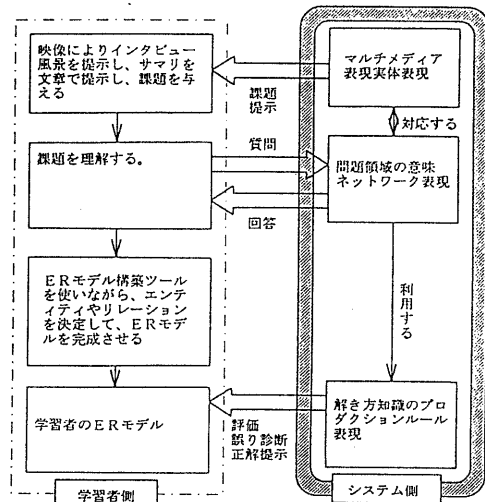


図9 シミュレーション教材の学習の流れ

ュレーション教材の学習の流れは、図9のようになる。

5. まとめ

高度個別型CAIにおいて、マルチメディア表現実体と教材知識表現のモデル化を示し、マルチメディアで表現された教材が知識表現を合わせて持つことにより、質問に答えられかつマルチメディア表現された教材を提示できることを示した。また、解き方知識を持つことにより学習者の誤り診断も可能となった。このような仕組みをデータベース上に持つことにより大量の知的で表現力豊かな教材データベースを構築する枠組みができた。

今後は、以下の課題に取り組んでいく予定である。

- ・学習領域の拡大を図り、教材部品モデルの汎用性を高める。
- ・教材作成過程に多大な時間がかかることが指摘されている。教材作成の効率化を図るためにマルチメディア表現実体と知識表現の統合教材部品の再利用の方法を検討していく。

謝辞 日頃ご指導頂いている図書館情報大学の増永教授に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 富士隆, 谷川健, 星原健二郎, 藤井誠, 小銭正尚, 三枝武男: “ハイパーフレームを用いた知的マルチメディアCAIの開発”, 情報学シンポジウム(1994)
- [2] 富士隆, 谷川健, 星原健二郎, 藤井誠, 小銭正尚, 三枝武男: “学習情報データベースの高度個別化について”, 信学技報, DE93-56, pp. 9-16 (1994)
- [3] Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W.: “OBJECT-ORIENTED MODELING AND DESIGN”, Prince-Hall(1991); 羽生田栄一監訳, “オブジェクト指向方法論OMT”, トッパン(1992)
- [4] 富士隆, 谷川健, 星原健二郎, 伊藤佐智子, 小銭正尚, 三枝武男: “オブジェクト指向による高度個別型CAIの概念モデル”, 情報処理学会研究会報告93-CE-25, Vol. 93, No. 9, pp. 21-29 (1993)
- [5] 大槻説子: “発見学習過程のモデル化と実現”, 知識科学の最前線シンポジウム論文集, pp. 54-61(1993)
- [6] 三好克美, 林敏浩, 矢野米雄: “漢字熟語学習のための環境型知的CAIシステムの構築(3)”, 情報処理学会研究会報告93-CE-26, Vol. 93, No. 31, pp. 51-58(1993)
- [7] 大槻説子: “知識科学とメディア技術に基づく知的教育支援”, 人工知能学会研究会資料, SIG-IES-9401-3(1994)
- [8] 脇山俊一郎, 大津浩二, 福田紀彦, 金森吉成, 増永良文: “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”, 情報処理学会研究会報告93-DBS-94, Vol. 93, No. 65, pp. 185-193(1993)