

画像診断学習情報データベースにおける 教材オブジェクトの管理と利用

山北 隆典 細川 泰史 下井 文彦 佐々木 敦司 伊藤 佐智子 小銭 正尚

学習情報通信システム研究所 (SRL)

オブジェクト指向データベース上の多様な教材オブジェクトを広域ネットワークを介して種々の計算機環境にある学習者に提供するためのオブジェクト管理方式について述べる。すなわち、1) 基本的なメディアを表現する「基本メディアオブジェクト」を定義し、2) 教材データベース中の教材をその複合オブジェクトで表現する。そして、3) 学習者側では各々の計算機環境に即して同様の「基本メディアオブジェクト」を定義し、このオブジェクトの受け渡しで教材を利用する。この方式によれば、学習者側では限定された「基本メディアオブジェクト」を実装するだけで多様な教材オブジェクトを利用できる。

画像診断学のティーチングファイルを用いてデータベースを構築しこの方式を実装、評価した。

An object management method of learning materials in an object-oriented database for image diagnostics

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

Software Research Laboratory
45 Nishi-Noppo, Ebetsu 069, Japan

This paper presents an object management method for supplying the learning material objects in OODB to users through a wide area network. The characteristic points of the management method are as follows.

- 1) "Basic media objects" to represent each of material media are defined.
- 2) Learning materials are designed as the complex objects of "Basic media objects".
- 3) Suitable "Basic media objects" which depend on user learning environments are also defined.

According to this management method, users can use the material objects from their own terminals in spite of different computer architecture. Evaluations of the object management method in OODB, which includes teaching files for image diagnostics, are also reported.

1. はじめに

オブジェクト指向データベース (OODB) の利点の一つとして、抽象データ型や複合オブジェクトを利用した柔軟なモデリング能力がある。様々なメディアの複雑な関連で表現される学習教材の管理に OODB を利用することは有効である。

我々は、商用のオブジェクト指向データベース管理システム (OODBMS) を用いて「画像診断学習情報データベース (ODID)」を開発した^[1]。ODID は研究所内の LAN 上に実装されており、複数の学習者によるデータベースを利用した学習が実現されている。

しかし、学習教材をより多くの学習者に提供しようとする同一 LAN 内だけでのサービスでは限界がある。広域ネットワーク上のノードとして分散して存在する多数の学習者が教材データベースを利用できる環境が求められ、異なる計算機環境 (ハードウェア、OS、ユーザインタフェース) でも利用できる OODB を構築する必要がある。

本報告では、商用の OODBMS を利用して教材データベースを構築するにあたって、

- ・ 広域ネットワークを介した学習者の利用
- ・ 異なる計算機環境での学習者の利用

という2つの観点から、教材オブジェクトの管理方法、利用方法について述べると共に、その適用事例による評価結果について報告する。

2. システムの形態と問題点

教材データベースを広域ネットワーク上の学習端末から利用する形態としてクライアント/サーバのシステムアーキテクチャを採用する。

ここで、クライアントは教材データベースに格納されている教材と学習実行環境 (ユーザインタフェースも含む) を学習者に提供するプロセスである。サーバはクライアントからの問い合わせ要求を受け取り、教材データベースに検索を依頼し、その結果をクライアントへ渡すプロセスである。

サーバプロセスは専用回線、ISDN等の広域

ネットワークを介してクライアントプロセスに教材オブジェクトを提供する (図1)。

上述の利用形態を想定した場合の問題点は、プロセス間の通信では通常、属性値を受け渡すのみであって、属性値とメソッドをカプセル化した「オブジェクト」をクライアントとサーバとの間で受け渡すことができないことである。

現状の OODBMS で、C++ のようなコンパイル言語を親言語とするシステムではクライアントのプログラム上でデータベース内のオブジェクトを利用するためにデータベース内に定義したコードとクライアントのプログラムとをコンパイル/リンクする必要がある。したがって、オブジェクトの定義はもとよりそのメソッド (手続き) のコードが変更になっただけでも全クライアントのプログラムをネットワークを介して再コンパイルしなければならない。

また、Smalltalk などのインタプリタ言語を親言語とするシステムでは、データベース側とクラ

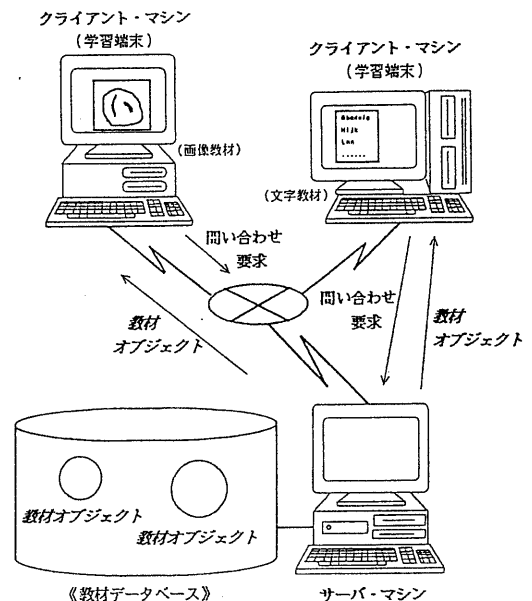


図1 広域ネットワークを介した教材データベースの利用形態

クライアント側でクラス定義の一貫性を維持するために、データベース側で定義したクラスの複製を全クライアントに配布したり、一ヶ所で集中管理したりといった工夫が必要になる。

しかし、広域ネットワークを介した遠隔ノード間でのこのようなオブジェクトの一貫性の維持、管理は現実的ではない。

3. 教材オブジェクトの管理方式

教材オブジェクトの構造や利用形態を整理し、教材データベースの特徴を生かしたOODBMSによる教材オブジェクトの管理方式について述べる。

3.1 教材オブジェクトの構造

学習教材はいくつかの基本的なメディアの複合体とみなされる。基本的なメディアを表すオブジェクトを定義しておけば、学習教材をそれらの複合オブジェクトとしてモデル化できる。ここで基本的なメディアとは具体的には文字メディア、数値メディア、画像メディア、図形メディア等々である。これらのメディアは学習教材を学習者に提示する役割を担う基本単位でもある。

3.2 教材オブジェクトの利用

学習者の教材オブジェクト利用は以下のようである。

クライアントプロセスが学習者の教材データベースへの問い合わせを受け取り、通信路を介してサーバプロセスに送る。サーバプロセスはそれを検索要求コマンドとして教材データベースへ送り、さらに、結果を通信路を介してクライアントプロセスへ渡す。クライアントプロセスは学習者に提示する。

この視点に立つと、クライアントからサーバへ渡す情報は問い合わせ要求だけであり、サーバからクライアントへは検索結果を提示するのに必要な情報が渡ればよいことがわかる。

3.3 管理方式

以上の教材オブジェクト構造、利用に関する分析から、OODBMSを利用して広域ネットワークを介したクライアント／サーバアーキテクチャを実現するために次のような方式を定めた。

(1) OODB上に基本的なメディアを表す永続オブジェクトとして「基本メディアオブジェクト」を定義する。データを表す属性値のほか、通信用のメソッドも定義する。

(2) サーバが扱う(OODBに保持される)教材は「基本メディアオブジェクト」の合成である複合オブジェクトとして表現する。

(3) クライアント側にはOODB上で定義した「基本メディアオブジェクト」に対応したクラスライブラリを準備する。

ここで定義したオブジェクトには、各クライアント固有の動作環境に合わせたデータ変換用のメソッドや提示に関するメソッドを定義する。

この方式に則れば、学習端末(クライアント)では少数の限定されたオブジェクトを定義するのみで多様な教材オブジェクトの提示が可能となる。

4. 教材オブジェクト管理方式の実現

OODBMSとして ONTOS(Release 2.2)、ワークステーションとして Sun SPARCstation2 を利用して、サーバプログラム、クライアントプログラム、そして各々が利用する基本メディアクラスライブラリを開発した。

本方式を用いたシステムの基本構成を図2に示す。なお、ONTOS が提供しているクライアント／サーバアーキテクチャは同一LAN上での実装を想定しており、広域ネットワーク上での利用は現実的ではない。また、クライアントとサーバの計算機アーキテクチャも同一でなければならない。そこで、ONTOS のクライアント／サーバをひとまとめにしてデータベースサーバとする。

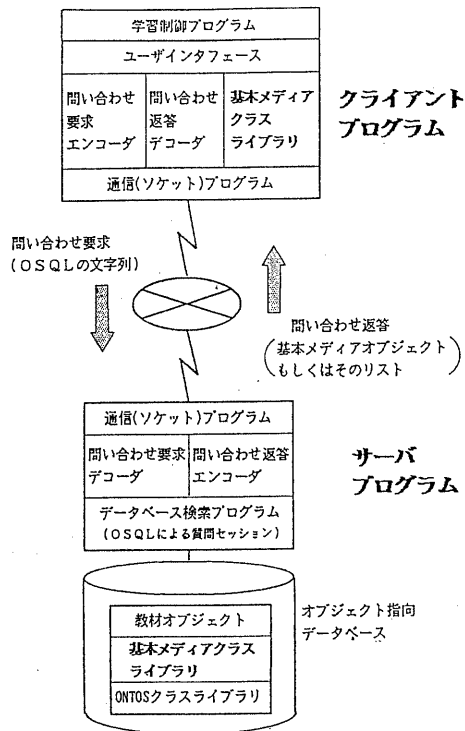


図2 基本的なシステム構成

4.1 サーバプログラム

クライアントプロセスがサーバマシンのリモートシェルを呼び出して起動をかけると、1つのクライアントに対し1つのサーバプロセスが生成され起動される。サーバプロセスが起動するとデータベースをオープンし、トランザクション処理が開始される。

サーバが受け取る問い合わせ要求には、ONTOSの提供する問い合わせ言語 OSQL (ONTOS Object SQL) を利用する。OSQL は属性値の参照だけでなく メソッド (ONTOS では procedure と呼ぶ) を呼び出して実行させることもできる^[2]。今回は、カプセル化の観点からメソッドによる利用のみに制限して使用する。

プロセス間の通信はソケットを用いて行われ、

受け取った問い合わせ要求は OSQL の文字列にデコードして検索プログラムへ送る。検索結果は基本メディアオブジェクトもしくはそれらのリストで返されるものとする。基本メディアオブジェクトは通信用にエンコードされ、単独の場合はそのまま、リストの場合は個々のオブジェクトを定められた規約に従ってパックし、ソケットを通じてクライアントへ送る。デコード、エンコードは各基本メディアのメソッドとしてライブラリに定義しておく。

サーバはクライアントから終了コマンドを受けるとき、データベースをクローズして消滅する。

なお、複数サーバに対する並行処理制御はデータベース管理システムによって行われる。

4.2 クライアントプログラム

サーバマシンのリモートシェルを呼び出してサーバプロセスを起動する。ユーザインタフェース部から得た OSQL の文字列を通信用にエンコードしてソケット通信でサーバに送る。サーバから受け取ったデータは、定められた規約に沿って基本メディア属性値ごとにアンパックし、メディアに応じたデコードメッセージを送ることにより基本メディアオブジェクトを生成して、ユーザインタフェースへ渡す。生成された各オブジェクトに対しユーザインタフェースが適切なメッセージを送り学習者に提示する。

サーバの起動/終了、OSQL 文の送信やサーバからのデータの受信、アンパック、基本メディアオブジェクト生成という一連の検索処理を支援する関数ライブラリを開発し、アプリケーションプログラム (学習制御プログラム作成者) に提供する。

クライアントプログラムは、シンセティックメディアシステム「IntelligentPad^[3]」、および ONTOS の提供するインタフェースビルダ「Studio^[4]」を利用した2つの動作環境を対象に開発を試みた。

4.3 サーバ用基本メディアオブジェクト

現在、整数型、文字列型、静止（矩型）画像型の3種類の基本メディアオブジェクトをデータベースに定義している（図3）。

COM_Byte は各基本メディアの実体を可変長オブジェクトとして扱うためのオブジェクトである。

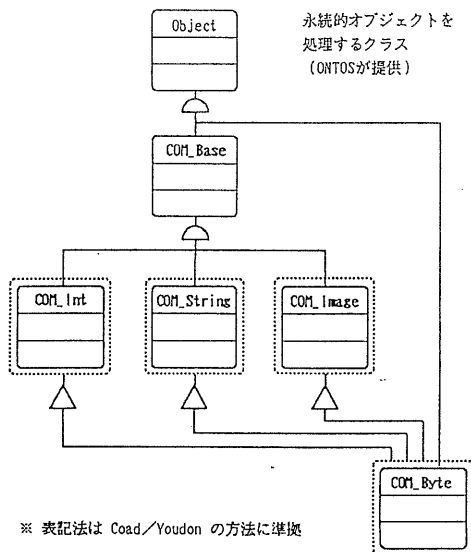


図3 サーバメディアクラスのクラス&オブジェクト層および構造層^[5]

各基本メディアオブジェクトは、サーバマシンが提供するプリミティブな型（例えば、intとかchar等）で表現されている。メソッドとしては、プリミティブ型の属性値の変更、参照、比較などの教材オブジェクトのモデル化や検索に必要な機能、クライアント／サーバ間の通信規約によるエンコード／デコード機能が定義されている。

基本メディアオブジェクトは、教材の部品としての役割を持つので ONTOS の提供する永続的なオブジェクト（Object）を継承している。

表1に主な機能を示す。

4.4 クライアント用基本メディアオブジェクト

基本的には、サーバの基本メディアオブジェクトに対応したクラスを定義し、エンコード、デコード用のメソッドを定義する。基本メディアオブジェクトの提示は、当該オブジェクトの属性値をグラフィカルユーザインタフェース（GUI）へ渡すことで実現できる。したがって、オブジェクトの提示に必要な属性値を取り出す機能も定義する。また、計算機アーキテクチャの違いによる属性値のデータ変換はエンコード／デコード処理の中で行う（表1）。

具体的な開発例を以下に述べる。

表1 基本メディアオブジェクトの機能

分類	区分	COM_Int	COM_String	COM_Image
モデル化機能	サーバ	整数値設定 設定値変更 整数加算 整数減算 整数乗算 整数除算	文字列設定 文字列（部分）置換 文字列挿入 文字列（部分）削除	画像設定 画像置換 画像ペースト 画像カット
検索機能	サーバ	等値比較 大小比較	等値比較 大小比較 文字パターン検索	等値比較 大小比較（情報量）
通信機能	クライアント・サーバ	エンコード デコード	エンコード デコード	エンコード デコード
情報提供機能	クライアント	データ取得 データ長取得	データ取得 データ長取得 コード取得 コード変換	データ取得 データ長取得 フォーマット取得 画素数取得 量子化レベル数取得 各種画像処理

4.4.1 IntelligentPad クライアント用

IntelligentPad は Smalltalk 上に構築されたユーザインタフェース環境である。Smalltalk ではすでに Integer、String、Image といったクラスがライブラリとして用意されているので利用できる。しかし Image についてはオブジェクト生成時にサイズ、ビット列（データ本体）だけではなくカラーパレットも指定しなければならないため、画像処理操作を柔軟に行うには都合が悪い。そこで、各種画像処理を行い提示する機能を持つ静止画像クラスをライブラリとして用意した。

4.4.2 Studio クライアント用

基本メディアオブジェクトは提示のためのオブジェクトなので、非永続的オブジェクトとして定義する。また、画像処理用のメソッドは、戻り値を XImage 構造体として COM_Image クラスに実装している。

なお、「Studio」を利用したクライアントは、GUI 部品をデータベース (CONTOS) に格納するがサーバの利用するデータベースとは関連しない。

5. 画像診断学習情報データベースへの適用

中枢神経系X線CT診断学を対象とした教材データベースに適用し、本管理方式の機能的な評価を試みた。

5.1 教材オブジェクトの定義

画像診断学の学習で利用される教材に、ティーチングファイルがある。これは教育用に選ばれた症例に関する検査報告書と複数枚のCT画像から構成される。ODIDでは、ティーチングファイルを「画像内容記述モデル」で表現した。今回はそのモデルを構成する、症例、画像、画像所見、関心領域、検査手法といったオブジェクトの定義に基本メディアオブジェクトを利用した。

メソッドの戻り値は基本メディアオブジェクト、もしくはそのリストとして定義した。例えば、

has-a 関係のあるオブジェクトを取得する場合は、そのオブジェクト名 (COM_String 型) を戻り値とするように定義してある (このような教材オブジェクトの has-a 関係に関わるメソッド群は各教材オブジェクトのスーパークラスで定義されているので、教材作成者はそれを利用する)。図4に教材オブジェクト定義の記述例を、図5にティーチングファイルのクラス構成をそれぞれ示す。

```
class Finding : public Material {  
  
private:  
    Reference id;      // COM_Int type  
    Reference subj;    // COM_String type  
    Reference find;    // COM_String type  
    Reference anat1;   // COM_String type  
  
    .....  
  
    Reference anat6;   // COM_String type  
  
public:  
    Finding(COM_String* in_title, COM_String* in_by,  
            COM_String* in_on,   COM_String* in_memo,  
            COM_String* oname);  
  
    .....  
  
    OC_Boolean setFinding(COM_Int* in_id, COM_String* in_subj,  
                          COM_String* in_find, List* in_anat);  
  
    OC_Boolean Id(COM_Int* in_id);  
    OC_Boolean SubjCode(COM_String* in_subj);  
    OC_Boolean FindCode(COM_String* in_find);  
    OC_Boolean AnatCode(List* in_anat);  
  
    COM_Int* Id();  
    COM_String* SubjCode();  
    COM_String* FindCode();  
    List* AnatCode();  
  
    COM_String* Subj(int); // arg=0:English arg=1:Japanese  
    COM_String* Find(int);  
    List* Anat(int);  
    COM_String* FindText(int);  
  
    void putObject(OC_Boolean deallocate=FALSE);  
    void deleteObject(OC_Boolean deallocate=TRUE);  
  
    .....  
};
```

図4 画像所見 (Finding) クラスの記述例

5.2 クライアントの応用プログラム

ティーチングファイルを学習者が自由に検索できる環境を提供する。

この応用システムでのGUI、クライアントおよびサーバ間での情報のやりとりを図6に示す。

また、IntelligentPad クライアントの学習における検索例を図7に示す。

5.3 適用例による管理方式の評価

クライアント側で教材オブジェクトのメソッドを実装しなくとも、少数の限定された基本メディアオブジェクトを実装することで、クライアントがOODBによる教材データベースを利用できることが機能的に確かめられた。また、異なる実装言語、異なるGUIという動作環境においても、利用可能であることが確かめられた。

評価試験では実際に広域ネットワークを利用せず、研究所内のLAN上で実施した。これは、転送データを圧縮していないこと、またOSQLをそのまま利用していることによってクライアントとサーバとの間で通信量が大きくなることや、ネットワークへの接続/切断方法についての検討が不十分であることなどによる。しかし、本方式を機能的に評価するにはLAN上での試験でも可能である。

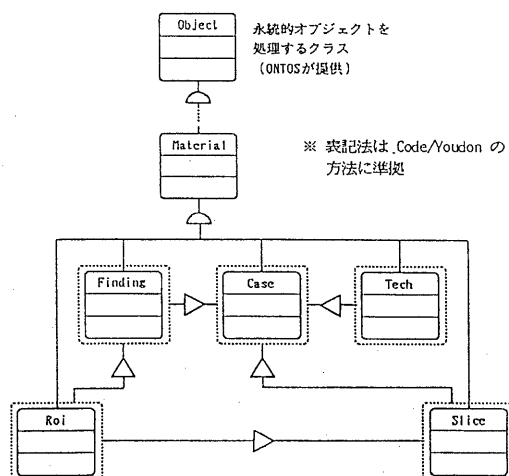


図5 ティーチングファイルのクラス&オブジェクト層及び構造層

6. まとめ

広域ネットワークを介した教材オブジェクトの受け渡しに着目して、OODB上での教材オブジェクトの管理方式を考案し、画像診断学習情報データベースを用いて機能評価した結果、異なる計算機環境にある学習者の教材オブジェクトの利用に有用であると判断された。

今後の課題として、転送データの圧縮、効率的な学習用問い合わせ、広域ネットワークへの接続方法、図形、音声、動画も含めたマルチメディア統合化等がある。さらに、多人数による利用が可能になると障害対策、アクセス負荷等からデータベースの分散等も考慮すべき課題である。

以上の課題をひとつひとつ解決しながら、実際にISDN等を利用した性能評価につなげていきたい。

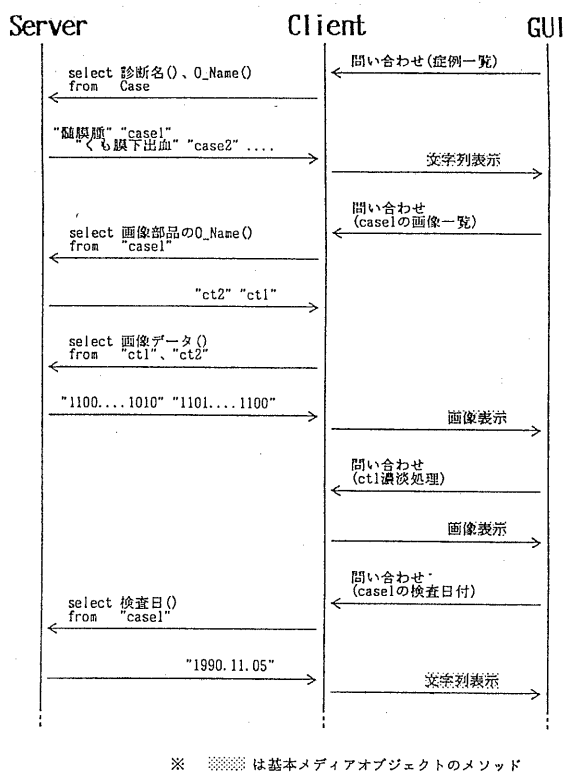


図6 応用システムでの情報のやりとり

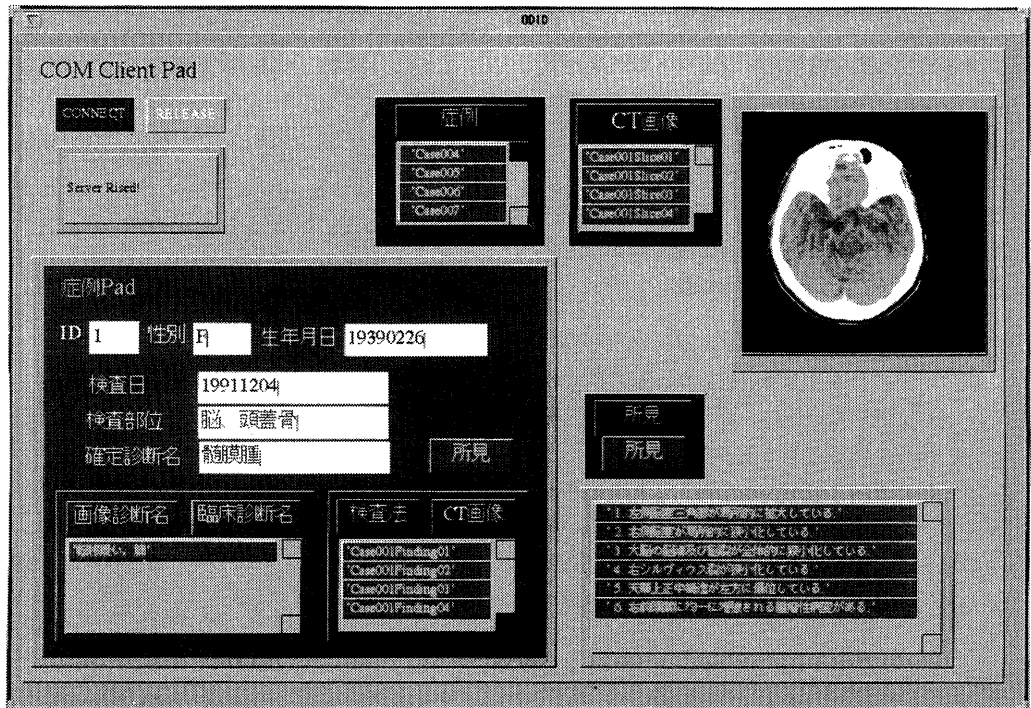


図7 IntelligentPad クライアントによる学習例

謝辞

IntelligentPad は北海道大学工学部、田中研究室より無償で提供を受け、指導をいただきました。感謝いたします。

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。

参考文献

- 1) 伊藤佐智子他：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、情処研報 Vol. 93、No. 96、pp. 9-16 (1993)
- 2) ONTOS, Inc. : ONTOS Object SQL Guide、ONTOS (1992)
- 3) 田中譲：シンセティック・メディア・アーキテクチャ、情処研報 Vol. 91、No. 57、pp. 1-8 (1991)
- 4) ONTOS, Inc. : ONTOS Studio 1.0 User's Guide、ONTOS (1992)
- 5) P. Coad、E. Yourdon : Object-Oriented Analysis (Second Edition)、Prentice Hall (1991)