

## 「マルチメディア情報ベース技術の研究」 が目指すもの

植村 俊亮<sup>†</sup> 安達 淳<sup>‡</sup> 有川 正俊<sup>‡</sup> 清木 康<sup>‡</sup> 下條 真司<sup>‡</sup>  
加藤 俊一<sup>◇</sup> 小島 功<sup>◇</sup> 最所 圭三<sup>†</sup> 國島 丈生<sup>†</sup>

<sup>†</sup>奈良先端科学技術大学院大学 <sup>‡</sup>学術情報センター <sup>‡</sup>広島市立大学  
<sup>‡</sup>筑波大学 <sup>‡</sup>大阪大学 <sup>◇</sup>電子技術総合研究所

1996年度に発足する文部省の科学研究費重点領域研究「メディア統合および環境統合のための高機能データベースシステムの研究」における計画研究「マルチメディア情報ベース技術の研究」の構想、研究計画、具体的な研究内容を論じる。

計算機技術、ネットワーク技術の発達により、情報が地球規模で生成、蓄積、消去される広域分散情報資源環境が実現しつつあり、そこで扱われる表現メディアも文字列から画像、音声など人間の感覚に直接訴えるものへと多様化の一途をたどっている。次世代情報ベースシステムは、こうした多種多様で分散したメディアを有機的に統合し、活用する基盤となるべきである。

### *Researches on Multimedia Information-base Technology*

Shunsuke UEMURA<sup>†</sup>, Jun Adachi<sup>‡</sup>, Masatoshi Arikawa<sup>‡</sup>, Yasushi  
Kiyoki<sup>‡</sup>, Shinji Shimojo<sup>b</sup>

Toshikazu Kato<sup>◇</sup>, Isao Kojima<sup>◇</sup>, Keizo Saisho<sup>†</sup>, Takeo Kunishima<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Nara Institute of Science and Technology <sup>‡</sup>National Center for Science Information System  
<sup>‡</sup>Hiroshima City University

<sup>‡</sup>University of Tsukuba <sup>b</sup>Osaka University <sup>◇</sup>Electrotechnical Laboratory

This paper describes a new research project "Multimedia Information-base Technology", which is one of the projects of "Advanced Database Technology", supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas, the Ministry of Education, Science, Sports and Culture. The project aims at establishing technical infra-structure to realize truly integrated multi-media information-base systems, integrated in the sense of both presentation and communication media. Major research areas of the project include researches on multi-media data modelling, 4-dimensional information-base systems, advanced media systems with high-speed information network.

## 1. はじめに

1996年度に発足する文部省の科学研究費重点領域研究「メディア統合および環境統合のための高機能データベースシステムの研究」(領域代表者 上林彌彦)における計画研究「マルチメディア情報ベース技術の研究」(班長 植村俊亮)の構想、研究計画、具体的な研究内容を論じる[1]。

計算機技術、ネットワーク技術の発達により、情報が地球規模で生成、蓄積、消去される広域分散情報資源環境が実現しつつあり、そこで扱われる表現メディアも文字列から画像、音声など人間の感覚に直接訴えるものへと多様化の一途をたどっている。次世代情報ベースシステムは、こうした多種多様で分散したメディアを有機的に統合し、活用する基盤となるべきである。

本研究は、こうした認識にもとづいて、情報表現と、情報交換・通信との両方の意味におけるメディアを取り上げ、各種メディアを統合し、有機的なメディア操作を可能にするモデルとその実現のためのアーキテクチャの研究を行なう。さらに、メディア統合データベース技術と高度ネットワーク環境におけるハイパーメディアシステム技術とを融合させて、真のマルチメディア情報ベースを実現するための基盤技術を確立する。

具体的には、次の三つの研究テーマを中心に研究を進行する。

### (1) メディア統合基盤としてのマルチメディアデータモデルの研究

本研究では、マルチメディア情報ベースを実現するためのデータモデルの基礎研究を行なう。具体的には、マルチメディア情報ベースシステムがもつべき本質的かつ高水準な情報抽出機能、および、メディア情報の統合機能を規定するメディア統合モデルを設計し、そのモデルを核としたマルチメディアデータ探索・統合処理システムの設計および試作を行なう。また、アクティブデータベースをマルチメディア情報と融合するモデルなどについても研究を行なう。

### (2) 時空間情報ベースシステムの研究

本研究では、時間的、空間的に変化する情報を効率よく処理するデータベースシステムの研究を行なう。こうしたマルチメディア情報の特色は、音声や動画像など時間軸の取扱いを必要とすること、連続的な領域をもち、しかもその領域が3次元的に変化的な領域をもち、異なるメディアで表現された情報の協調処理が本質的な重要性を持つこと、などである。ここでは、時間的に変化する情報の例として動画像メディアを、また、空間的に変化する情報の例として、3次元空間情報を取り上げて、時間軸と空間軸とを有する4次元データベースシステム実現のための基礎技術の研究を行なう。さらに、現実の動画像データ、3次元空間データのデータベース化を行ない、4次元情報ベースシステムアーキテクチャを開発する。

### (3) 情報ネットワーク環境における高次メディアシステムの研究

広域ネットワークの発達に伴い、地球規模の広大な情報資源環境が実現しつつあるが、これを活用する手段として現在実用化されているGopher、WAIS、WWWなどは、まだファイルベースの統合の段階にすぎない。「マルチメディア情報の大海原」から、必要な情報資源を効率良く検索、収集する技術は、データベースを核として構築されるべきである。本テーマでは、このような広域分散情報資源を対象として、データベース技術とネットワーク技術との融合によって新たな情報サービス形態を構築するための技術について、次の研究を行なう。

#### (i) 情報ネットワーク環境における分散オブジェクトの管理

#### (ii) 情報ネットワーク環境におけるニュースオンデマンドシステムの研究

#### (iii) 情報ネットワーク環境における耐障害性マルチメディアの研究

#### (iv) 情報ネットワークと画像データベースの融合の研究

## 2. メディア統合基盤としてのマルチメディアデータモデルの研究

### 2.1 メディア統合型データベースシステム

#### 2.1.1 システムの構想

データベースの重要性の増大とともに、情報処理の世界における近年の重要な変化は、対象となるデータの形式の多様化、すなわち、マルチメディアデータのデジタル化による、電子情報化である。文書、画像、音声、図形などの形式で表現された電子化データを格納・操作・出力するためのハードウェアが広く開発され、それら形式のデータを情報システム内に統合するためのハードウェア環境が整いつつある。このような新しいメディアを用いて表現される情報は、質的および量的に、従来の形式のデータがもつ情報を超えている。

データベースシステムの主要な機能が、共有データの一括管理と検索要求に応じたデータの抽出、および、参照であるのに対し、本研究において対象とするシステムの主要な機能は、共有データから目的に応じた情報を抽出し、それらを用いて、その目的に応じた、まとまった新しい情報を編集・生成し、さらにその新しい情報を広く提供することである [2]。

このシステムが保持する主要な情報は、個々のマルチメディアシステムが管理しているマルチメディアデータに保持されている内容を集約したメタ情報、および、利用者が、目的の情報にたどり着くために用いる参照情報である。システムは、個々のマルチメディアシステムに管理されているマルチメディアデータベースを操作対象とするために、それらのマルチメディアデータに関する抽象化情報を集約したメタデータベースを保持する。メタデータベースは、個々のマルチメディアデータに格納されている情報を対象として、検索、編集、統合、出版を行う対象となる適切な情報の抽出を可能にする。

#### 2.1.2 システムアーキテクチャ

本システムの概観を図1に示す。システムの実現に必要な基本機能を次に列挙する。

(1) マルチメディア（文字・数値、文書、画像（静止画、動画）、音声、図形）から成る素材デー

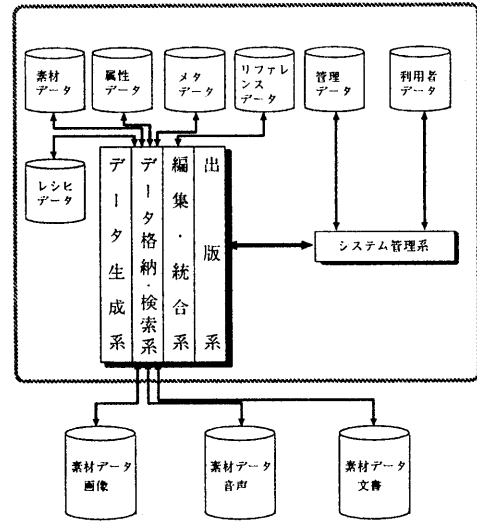


図1 提案システムの構成図

タをデータベースとして格納するための機能。

- (2) 目的に応じたデータ群を抽出する機能。
- (3) 抽出されたデータ群を編集・統合する機能。
- (4) 編集・統合された情報を出力する機能。
- (5) 利用権、著作権、所有権を管理・維持する機能。
- (6) ユーザのデータ操作・利用を支援する機能。

本研究では、こうしたメディア統合システムのモデルおよび基本構成について検討する。とくに、マルチメディア情報の検索、編集、統合について、動画像データを含めて基本設計を行う予定である [3]。

### 2.2 アクティブデータベースによるマルチメディアデータのモデリング

WWWで扱われるような、マルチメディア／ハイパーテキストデータベースをアクティブデータベースにより扱う研究を行なう [4]。具体的な研究項目を次に示す。

- (1) プロセス代数をベースにした、ECA（事象／条件／動作）モデルの構築。
- (2) ECAモデルに基づいた、記述言語システムの開発と検証手法の研究。

(3) それに基づいたマルチメディア/ハイパーテキスト管理と WWW への応用。

既に多くのアクティブデータベース実験システムが提案されているが、その多くは、ECA(Event-Condition-Action) アーキテクチャを基本としている。これに対して、ここで提案するプロセス代数によりモデル化するアプローチは、次のような特徴がある。

- (1) プロセスによる、自然な並行動作の記述。
- (2) プロセス間の通信による、更新や制御の記述とその波及。
- (3) 言語としてのプログラミング能力が高い。
- (4) 等価性や停止性の判定が可能。

したがって、ECA アーキテクチャをプロセス代数の枠組みで扱えば、その検証実行能力を使って規則的並行動作や更新による状態変化を扱うことが期待でき、実際にデータベース上で動く規則を書く利用者を支援できる。

### 2.3 マルチメディア情報再現モデル

Netscape Navigator や HTML 3.0 などの登場により、WWW はオンラインパブリッシングの手段の意味合いを強めてきている。そこでは、発信されたマルチメディア情報を、どのような環境においても製作者の意図通りに再現することが重要である。このためには、製作者の環境、再生する環境などの情報をもとに、マルチメディア情報を補正して再現するような機能を実現し得るマルチメディアデータモデルを研究開発する [5]。

## 3. 時空間情報ベースシステムの研究

### 3.1 時空間情報ベースシステム

#### 3.1.1 時空間モデル

実世界を捕らえる指標として、時間と空間はとくに重要な属性である。現実世界の事象には全て時間と空間の属性を付加することができる。本研究では、過去の情報あるいは変化の少ない情報を (1) 時空間情報ベースと考え、一方、利用者の (2) 実時間と、ネットワークやコンピュータグラフィックスなどのコンピュータ技術により生成された実時間での (3) 仮想空間との三つの時空間を統一するモデルを検討す

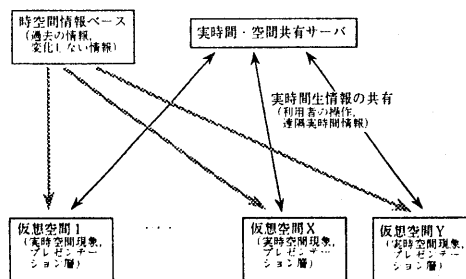


図 2 時空間情報ベース、実時間生情報、仮想空間の関係

る (図 2)。このモデルを元に、情報ベースおよび利用者インタフェースの両方で時空間を基本軸とする新しい形態の情報ベースシステムの可能性を探求する [6]。

本研究では、次の研究課題に焦点を当てる。

- (1) 超高速コンピュータネットワークの利用による仮想空間の共有。
- (2) 時間と空間の両方を持つマルチメディア情報の扱い。
- (3) 大規模な連続空間の取り扱い。

#### 3.1.2 超高速コンピュータネットワークの利用による仮想空間の共有

ATM ネットワークに代表される超高速コンピュータネットワークの低価格化がコンピュータネットワークの世界を変えようとしており、地理的空間を越えて、実時間データの共有が可能となりつつある。たとえば、コンピュータネットワークを通して、多くの人々が CG で造られた仮想美術館に訪れたとしよう。訪れた人は、他に訪問者をお互いに見ることができ、仮想美術館に展示してある絵画に人集りがある事実やある人がある作品に興味があるのだな、ということを実世界と同様に視覚的に認知することができるべきである。情報ベースを複数の利用者で実時間で共有できることを“マルチユーザ化”と呼ぶ。

マルチユーザ化を実現するためには、空間に誰がいるかを管理するサーバが必要になって

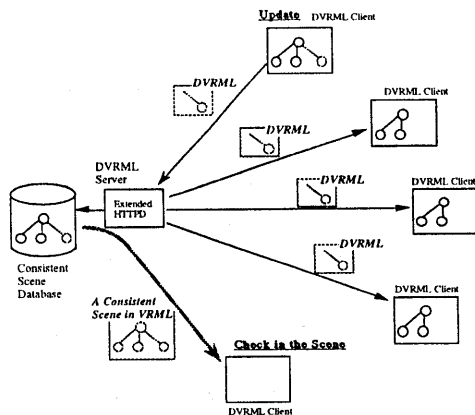


図 3 空間情報ベースのマルチユーザ化

くる。このサーバを実時間・空間共有サーバとよぶ。図3は、3次元CG用のインターネット言語である現在のVRML (Virtual Reality Modeling Language) にマルチユーザ化の機能を追加する方法の例である。この図では、複数の利用者が一つのScene Graphで表現された3次元CG空間を共有している。Scene Graphを更新する言語としては、差分VRML (DVRML)を想定している。

### 3.1.3 大規模な連続空間の取り扱い

現在のVRMLの空間は、WWWのアンカーで3次元空間を連結しており、3次元物体をクリックして、次の3次元空間に移る。この枠組みでは、クリックしてから次の空間へ移るまで、利用者は待たされる。空間相互の移動をなめらかにすることは重要な研究課題である。

利用者の見える範囲の3次元物体の情報を優先的に送ることは、映像生成のQoS (Quality of Service) の保証にもつながる。利用者の視点情報を考慮したQoSは、CGではLoD (Level of Detail) の概念として現れている。本研究では、LoDについても、データ転送とレイヤ構造を持ったマルチメディアデータと関連づけて研究する。

### 3.2 動画情報ベースシステム

圧縮動画データ (音声を含む) を対象とする動画データベースシステムを研究開発す

る。圧縮動画情報の物理モデルから論理モデルまで、一貫したデータモデルを構築し、利用者インタフェースを充実させて、動画情報のデータベースを実現することを目的とする。さらに、このモデルを基本として、3次元空間という視点からこれを拡張し、4次元情報ベースシステム構築のための技術基盤を確立する [3]。

## 4. 情報ネットワーク環境における高次メディアシステムの研究

### 4.1 情報ネットワーク環境における分散オブジェクト管理

#### 4.1.1 オブジェクト識別の体系

広域分散した情報ネットワーク環境で、大規模なマルチメディア文書情報のデータベースを構築する際には、対象となるオブジェクトの検索、同定等が問題になる。本研究は、これを研究の対象とする。具体例としては、インターネット上で分散協調して動作するデジタル図書館のような応用が考えられる。ここではデジタル図書館を、マルチメディア文書を蓄積してネットワーク上に提供するシステムととらえる [7]。こうしたシステム設計時の基本要要求を列挙する。

- (1) 分散 — すべての文書を集中して蓄積する方式よりも、アクセス負荷、運用等を勘案すると、分散させた方が好ましい。
- (2) 複製の存在 — 同一の文書が複数のサイトに蓄積される。
- (3) 位置透明な検索機能 — 情報の所在を知らずに検索可能でなければならない。

この際に、ネットワーク全体での情報識別子の一意性、不完全な属性情報からの情報所在位置の特定などの実現が必要になる。

現在のWWWでは、URL (Uniform Resource Locator) を用いて分散ハイパーリンクを構成しているが、これは基本的にはファイル名などの情報の所在と一意に対応しているために、いろいろな問題を発生している。ローカルなシステム運用の都合により、情報の蓄積場所の変更が行われても、過去に古いURLでリンクを持っている他の情報にその変更が伝搬しないので、ハイパーリンクが切れてしまう。ま

た、名前の中に情報オブジェクトの属性を示すものを埋め込む表現形式になっているので、名前付けの自由度がない上に、属性の変更や管理が困難である。

本研究では、URL の持つ本質的な制約を再検討して、今後形成される大規模な分散マルチメディア情報ベースにおける情報オブジェクトの識別、同定、検索等の問題について、包括的な検討を行う。

#### 4.1.2 オブジェクト識別子とオブジェクトの記述

オブジェクトを管理、同定、識別するために統一的な識別子として URI(Uniform Resource Identifier, 情報オブジェクト識別子) が必要になる。さらに、情報アクセス機能を実現する際には、オブジェクトを検索する際にオブジェクトの持つ標準的な属性を記述する方法として URS(Uniform Resource Specification, 情報オブジェクト記述) という概念を設ける。また、URS を URI に写像するメカニズムが必要になる。これらによって、分散した情報ベース間で名前を解決し、情報獲得を実現可能になる。

本研究では、複数の情報ベースサイトで自律的に情報の管理が行われている環境を前提とする。次の研究課題が重要である。

- (1) 情報オブジェクトの識別の方法と URI の付与、管理。
- (2) 異なるサイト間での URI の調整方法。
- (3) URS の仕様と同定、探索等の機能の実現手法。
- (4) 名前解決のアルゴリズム。
- (5) 分散サーバの構成方法とアクセス手法。

このような構想に沿って、まず、基本的な枠組を設計してプロトタイプを実装し、その評価を踏まえて複合的なオブジェクトに対しても対応できる仕様を構成する。

## 4.2 情報ネットワーク環境におけるニュースオンディマンドシステムの研究

### 4.2.1 ニュースオンディマンドシステム

WWW のような分散型のマルチメディアアプリケーションのアーキテクチャにおいて、デー

タベースとネットワークは、重要な構成要素である。しかし、現在のマルチメディアアプリケーションは情報の内容に立ち入らないいわば第 1 世代のものであって、映像や音声の内容、それらを組み合わせて出来上がった構造に基づいて情報を検索したり、ナビゲーションを行ったりということができない。

同様にネットワークを通して遠隔のマルチメディア情報を取り出すとき、映像が転送しおわるまで待たされたり、途中で映像や音声途切れるといった品質の劣化を体験する。これも第 1 世代の証拠といえよう。

ここでは高速広域ネットワーク環境におけるニュースオンディマンドシステムを例にとり、システムを開発しながら、新しいマルチメディアシステムのアーキテクチャを明らかにすることを目的とする [8]。環境としてマルチメディアパソコンやワークステーションが ATM や FDDI のような高速 LAN に多数つながっている環境を考える。このような環境は近年 LAN 環境の整った大学で多く見かけることができる。

ニュースオンディマンドシステムは、次の五つのサブシステムからなるものと考える。

- (1) マルチメディアデータベースサブシステム
- (2) 配送サブシステム
- (3) 編集サブシステム
- (4) 分析サブシステム
- (5) 表示サブシステム

### 4.2.2 システム構築上の研究課題

これまでのマルチメディアシステムでは、TV ニュースなどの素材をマルチメディアデータベースに蓄積する際、人手によって構造化する、あるいはテキストによってタグ付けをするということが行われていた。また、蓄積されたデータを取り出すときの品質がまったく考慮されていなかった。

ここではこれらの問題を解決するための技術を開発することを目標し、システムの中心となるマルチメディアデータベースサブシステムを核に、とくに次の二つの研究項目に取り組む。

- (1) メディアに内在する情報の扱い — これまでのマルチメディアデータベースの研究

では、メディア内在する情報をどのように取り出し、どのように扱うかについて、ほとんど議論されていない。本研究ではこれまで画像処理などで提案されている手法を用いてメディアに内在する情報を取り出し、このような情報を扱うためのデータモデル、問い合わせについて明らかにしたい。

(2) メディアの品質の扱い — 取り出したデータをどのような品質でクライアント側に届けるかについてもデータベースで扱うべきである。ここでいう品質とは映像の細かさといった空間的解像度や frame per second といった時間的解像度、問い合わせを行ってから、実際に映像が表示されるまでの時間、映像と音声、テキスト情報の同期のずれなどを含む。利用者に届けられ、表示されたときのメディアの品質は、クライアント、サーバー、ネットワークで利用できる資源のバランスによって決まる。したがって、マルチメディアデータベースは蓄積されているメディアデータといっしょに品質に関するデータを管理することが必要であり、また利用者からの問い合わせには品質に対する要求が含まれていなければならない。すなわち、データベースで品質を扱うためには、(1) 利用者の要求する品質を記述する方法、(2) 品質を含めた問合せ、(3) 要求された品質を実現するためのアーキテクチャ。(4) データベースにおける品質情報の管理。などの研究課題に取り組まなければならない。

#### 4.3 耐障害性マルチメディア

ビデオなどのような長時間の連続メディアをネットワークを通じてサービスするためには、実時間性だけでなくサーバやネットワーク等の障害にも強くなければならない。本テーマにおいては、ネットワークに障害や負荷の変動が生じて、情報が途切れないようにサーバからクライアントに情報を転送する方法について研究する [9]。具体的には、情報の複製により耐障害性を持たせる、同じ複製を持つサーバに同時に接続することにより実時間性を確保することを検討する。

(1) 情報の複製 — 単純に複製する、サーバによって情報の品質を落としてデータ量を少

なくして保存するなどが考えられ、この二つの方法のトレードオフを中心に研究を行なう。

(2) 複製を持つサーバへの同時接続 — 実時間性が要求される場合の障害回復では、障害からサービスの再開までの時間が問題になる。連続メディアを扱う場合は復旧のための時間が発生しないことが理想的である。そこで、同じ情報の複製を持つサーバに同時に接続し、同時に情報を受けとり、デッドラインを満たす情報で最も品質の高いものを選択することを考える。この方法を実現するためには、データの品質が途中で変化しても(動画であれば密度が変化する、音声であれば周波数帯域が変化するなど)、メディア情報の連続性を保証しなければならない。

#### 4.4 情報ネットワークと画像データベースの融合の研究

ここでは、インターネット上での運用を前提に画像データベースサーバを構築し、利用者ノードの機種や OS の種類によらずに画像データベースを操作するためのヒューマンインタフェースとして多感覚ビューアの開発を行うと共に、内容検索(例:類似画検索、感性検索等)を可能とする技術を確認する。また、開発・公開する画像データベースサーバの運用を通じて、画像データやこれに対する視覚心理データ等の主観的情報を自動的に収集し、より高度なヒューマンインタフェースや、ヒューマンメディア情報ベース研究の実データに供する [10]。

具体的には、電子技術総合研究所で研究開発を進めている画像データベースプロトタイプ(商標意匠データベース、電子美術館、地図認識システム)を、HTML や VRML プロトコルによるクライアントサーバ方式の構成に改造してインターネット上に公開する。インターネット上の任意のノードと双方向に画像データ等(例示画と検索結果等)を通信することで、画像データの登録・内容検索・主観的情報の自動収集を可能とする。また、検索結果のブラウジングを直感的に行なうために、検索結果を3次元空間に配置し、視覚と力覚を統合した多感覚ビューアを新たに開発する。

なお、次のような画像データベースサービスの公開を計画している。

#### (1) 商標意匠データベースサーバ

既存の商標意匠データベースに、独自に収集している図形や海外の商標図形をも合わせてデータベース化し、これを例示画検索・類似画検索の機能を持った画像データベースサーバとして公開する。

#### (2) 電子美術館サーバ

例示画検索や感性検索の実問題として構築した電子美術館をサーバ化することにより、作者から作品をポストされるとデータベースに作品を自動的登録し(その際、同時に、書誌事項等と共に、構図パターンや色彩等の画像特徴を自動抽出して、マルチメディア索引に追加する)、インターネット上の利用者からの例示画検索・感性検索の対象として提供する。この枠組みにより、これらの作品が適確に検索されて、見たい人に提示されるようになる。電子美術館サーバは、新しい作品を発表する場を提供し、インターネット文化の発展に貢献するであろう。

### 5. おわりに

文部省の科学研究費による計画研究「マルチメディア情報ベース技術の研究」の構想、研究計画、具体的な研究内容を報告した。この研究は、1996年度から3年間の計画で実施される。

### 参考文献

- [1] 植村俊亮, 安達 淳, 有川正俊, 清木康, 下條真司, 加藤俊一, 小島 功, 最所圭三, 國島丈生: “マルチメディア情報ベース技術の研究が目指すもの”, Dec. 1995 (本研究会資料の詳細版) .
- [2] Y. Kiyoki, T. Kitagawa and T. Hayama, “A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, ACM SIGMOD Record, (referred as the invited paper for special issue on metadata for digital media), Vol.23, No. 4, pp.34-41, Dec. 1994.
- [3] 小川正行, 石川佳治, 植村俊亮: “圧縮映像データベースシステムにおける映像演算と実現手法”, 情報処理学会データベースシステム研究会資料, Jan. 1996.
- [4] 小島功: “アクティブデータベースの応用へのインパクトについて”, 電子情報通信学会データ工学研究会, DE94-79 Nov. 1994.
- [5] 國島丈生, 上林弥彦: “ワークフロー管理システム WorkFlowBase におけるワークフローデータモデル”, 情報処理学会データベースシステム研究会 104-41, 319-326, Aug. 1995.
- [6] 有川正俊, 開和生, 中村泰明: “大規模仮想3次元マルチユーザ空間の実現”, 電子情報通信学会研究会技術報告資料, Vol. 95, No.287, DE95-10, pp. 65 - 72, Oct. 1995.
- [7] Jun Adachi and Hiromichi Hashizume: “NACSIS Electronic Libraray System: Its Features and Implications for Academia”. The 4th International Conference on Japanese Information in Science, Technology, Industry and Business, Newcastle upon Tyne, UK, pp.344-349, Sept. 1995.
- [8] Kazutoshi Fujikawa, Shinji Shimojo, Hisashi Shimamura, Yuuichi Teranishi, Toshio Matsuura, Hideo Miyahara: “Application Level QoS Modeling for A Distributed Multimedia System”, Pacific Workshop on Distributed Multimedia System, pp. 44-51, Mar. 1995.
- [9] Masayuki Kuwayama, Keizo Saisho and Akira Fukuda: “Organization Scheme of System Servers in Microkernel-based Operating Systems - Multi-process and Multi-thread Methods -”, COMPSAC'94, pp. 307-312, 1994.
- [10] <http://www.etl.go.jp:8080/etl/taiwa/HumanMedia/HM-ETL/>