

# ontology を用いた空間形状データの意味情報モデリング

岡田直也<sup>†</sup> 富井尚志<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 横浜国立大学 大学院環境情報学府 情報メディア環境学専攻

<sup>‡</sup> 横浜国立大学 大学院環境情報研究院

E-mail: <sup>†</sup> okada@arislabs.dnj.ynu.ac.jp, tommy@ynu.ac.jp

**あらまし** WEB 3D などの CG 向け仮想空間記述方式の中で、意味情報を取り扱おうと考えた場合、意味情報はオブジェクトの付加属性として表現されることが多い。しかし、この場合には付加属性値が多岐にわたり、かつ意味情報そのものが体系化されていないため、意味情報のメンテナンスや再利用が難しい。そこで、対象世界の概念化、各基本概念間の意味の明示的な定義として ontology を導入し、形状データと ontology とを分離し、中間子によって両者を結びつける。これによって、3D 形状データと、それに付随する意味情報を切り離しながらも相互の参照が実現できるため、意味に基づく質問処理を空間データに対して行うことが可能となる。

また、このモデルを用いて UML によって ontology-mediator-形状オブジェクトデータの対応をスキーマ化し評価を行った。  
**キーワード** ontology、空間 DB、メディアータ

## Semantic information modeling for spatial object data with ontology

Naoya Okada<sup>†</sup> Takashi TOMII<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> <sup>‡</sup> Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan

E-mail: <sup>†</sup> okada@arislabs.dnj.ynu.ac.jp, tommy@ynu.ac.jp

**Abstract** In many cases of dealing with semantic information in virtual space description systems (WEB3D.etc), the semantics is expressed as annotation attribute of an object. However, since such information has various and complex structure, but isn't schematized itself, a maintenance and reuse of original spatial data by its semantics are difficult. Therefore, we introduce modeling with ontology that defines semantics information of objective community explicitly. Spatial data, such as 3-dimensional object shape, are divided from its semantics, which is described as an associative entity between the spatial data and the ontology. By using this modeling, it becomes possible to perform inquiry based on either a meaning or a shape. By using this modeling, we made a schema described in UML for evaluation of this modeling.

**Keyword** ontology、spatial DB、mediator

### 1. はじめに

近年、インターネットのような広域情報ネットワークが発展を背景に、私たちの日ごらの活動は現実社会だけでなくそれらネットワーク上でも行われるようになった。また、ネットワーク上には掲示板やチャットなどのシステムを利用したサイバーコミュニティが成立しつつあり、このサイバーコミュニティに関する研究が数多くなされている[1][2]。更に、多人数参加型の3次元仮想空間サービスとしてユーザーが「アバタ」と呼ばれる化身を使ってコミュニケーションを行うシステム[3]などがある。

また、現実世界の時間的・空間的な情報を計算機上に蓄積するデータベースとして、実世界データベース[4]がある。さらに、データベースシステムの持つ、トランザクション管理や一貫性管理、障害時回復などの機能をVRシステムとコラボレーションシステムさせたシステムとしてVWDB (Virtual World Database system)があげられる[5][6]。これにより、仮想空間をDBによって統合化し、強力な管理機能をVRシステムに持たせることが可能となった。

このような仮想空間の中で、意味情報に基づいて仮想空間内の「物体」(本稿ではモノと呼ぶ)を取り扱う

ことが可能となれば、このような仮想空間の利便性はさらに増すことになる。仮想空間における意味についての研究には[7]などが挙げられる。しかし、3次元仮想空間を構成するWEB3Dなどの仮想空間記述方式の中で、意味情報はオブジェクトの付加属性として表現されることが多い。しかしこの場合には付加属性値が多岐にわたり、かつ意味情報そのものが体系化されていないため、意味情報のメンテナンスや再利用や意味に基づく質問処理が難しい。そこで本論文では、意味情報をオブジェクトから分離することを提案する。あらかじめコミュニティ内に必要である意味情報を抽出し、意味情報間の関係を明示的に定義する。このような「概念化の明示的な規約」はontology[8][9]とよばれる。本稿ではontologyはオブジェクトの「形状」に関する概念とオブジェクトが何に使われるかという「機能」に関する概念から構成する。また、ontologyとポリゴンデータなどの物理データ（本稿ではRaw\_dataと呼ぶ）との対応をとるために、mediator（仲介者）を作成する。これによって、意味情報に基づく質問処理を空間データに対して行うことが可能となることを示す。また、このmediatorにontologyの「機能」に基づいて簡略化されたobjectのポリゴンデータも付加する。これによって、例えば「収納空間をもつモノ（引き出し、棚など）内にあるモノ（書類）を表示する」などの空間的な問い合わせを行う際、計算量の大幅な減少が期待できる。

以下、本論文で提案する3次元仮想空間システムを高度コミュニティ空間と呼ぶ。以下、2章で高度コミュニティ空間について述べ、3章で高度コミュニティ空間へのontologyとmediatorの導入の必要性を述べる。4章でontology-mediator-形状オブジェクトデータモデルのスキーマ定義と評価を行い、最後にまとめを述べる。

## 2. 高度コミュニティ空間

本論文では、VRMLなどの従来の仮想空間記述方式よりも写実性の高い表現機能を持ち、意味による検索が可能な仮想空間をDBMSによって管理するシステムの実現を目指している。本論文では、このシステムが実現した仮想空間を高度コミュニティ空間とよぶ。

高度コミュニティ空間においては、ユーザーは、現実に近い、写実性の高い映像を得ることができ、また、仮想空間内をリアルタイムで移動することが出来、また、現実と同じような感覚でユーザー間のコミュニケーションを行うことが出来る。

これらの機能を統合したシステムを構築するためには、以下の3点の問題を解決する必要がある。

1. 外部（エンドユーザー）から見てシステムがどのようなデータのやり取りを行うか
2. システムの内部でどのような操作、実装をして実現するか
3. システムを概念的にどのような構造でモデル化するか

本稿では、現実と同じような感覚でユーザー間のコミュニケーションを行うためには、ユーザー間の暗黙の前提となっている情報（たとえば、引き出しはモノをしまうためにあるといったような情報）を明示する必要があると考え、ontologyを導入した。そして、高度コミュニティ空間を構築する概念的なモデルとして、ontologyとmediatorを用いた空間形状データの意味情報モデルを提案し、UMLのスキーマを作成することで、その評価を行った。

## 3. ontology と mediator の導入

2章で述べたように現実と同じような感覚でユーザー間のコミュニケーションを行うためには、意味に基づく質問処理が可能なサイバーコミュニティを実現する必要があり、意味情報を取り扱うための、新しい情報構造が必要である。

本章では、VRMLにおける意味情報の取り扱い方を例に、意味情報とポリゴンデータを分離することの必要性を述べ、意味情報とポリゴンデータとの間に対応付けるmediator（仲介者）を導入することの有益性について述べる。

### 3.1 ontology の導入

サイバーコミュニティを構築するモノはVRMLなどの仮想空間記述方式によって、ポリゴンデータとして記述されている。しかし、VRMLなどの仮想空間記述方式では、意味情報は以下のようにモノの付加情報として記述する。

```
Worldinfo {
  title   "Box1.wrl"
  info    ["収納"]
}
```

このように意味を記述すると、意味情報に基づいて質問処理を行おうとした場合、以下3点のような問題が考えられる。

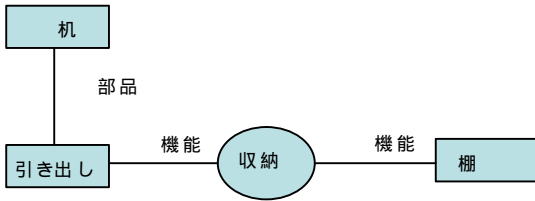


図2 構造を持った意味情報

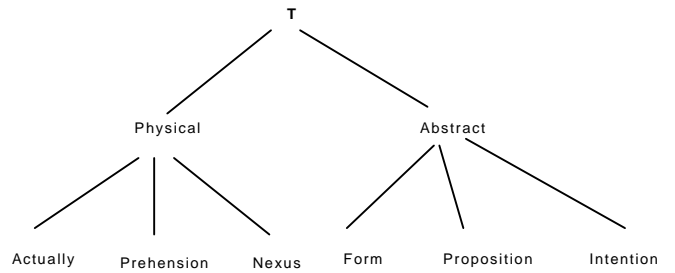


図3 Top-level categories of an ontology

**問題1** 構造を持った意味情報を記述することが出来ない

**問題2** モノの意味が同じであることは付加属性内の文字列マッチングでしか表現できない。

**問題3** モノの数が莫大になったとき、worldinfo ノードの全検索になるので計算コストを強いる。

問題1に関して、たとえば、物体「引き出し」の付加情報として図2のように構造を持った意味情報を考えることが出来る。

- 図2が表している意味の構造は、以下の3点である
- (1)引き出しは机の部品であるという意味を持つ
  - (2)引き出しには収納する機能があるという意味を持つ
  - (3)収納という意味において、棚と引き出しは同一の関係がある。

単なるテキストの付加属性では、このような意味構造を表現することが困難である

問題2に関して、たとえば、仮想世界にある引き出しを検索する場合、world ノード内の“引き出し”という文字列の検索となる。上例で述べたように、テキスト表現では表現方法や用語が多岐に渡るため、効果的な検索が難しい。また、問題3のように全検索せざるを得ない。

上述の考察から、本研究では、図2のように構造を持った意味情報をモノから分離して管理する。しかし、意味情報の構造が複雑になった場合、意味情報を整理、体系化する方法が必要となる。意味情報を体系化し、管理するためには、以下の2点を考える必要がある。

- (1)仮想空間コミュニティを構築する上で必要な意味情報の抽出
- (2)意味情報同士の関係の整理

(1)は、図2の例を用いるならば、オフィスを構築するためには机や棚の形状データだけでなく「机」「棚」という概念を抽出する必要があるということである。

(2)は、図2の例を用いるならば、「引き出し」と「棚」

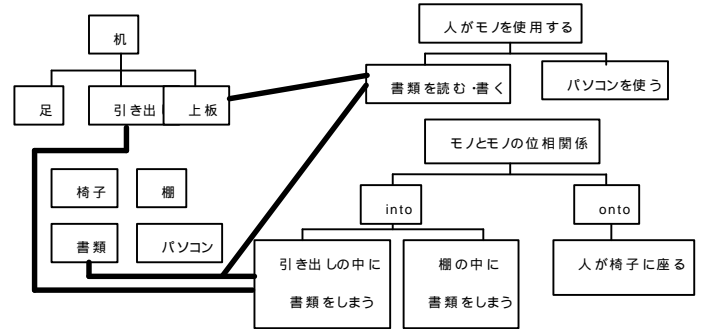


図4 形状 ontology と機能 ontology

という概念は「収納」という概念において結びついているということである。

このような「概念化の明示的な規約」は、ontology[8][9]と呼ばれる。DB内のデータに対し、ontologyを規定した例として、Embleyらの研究[10]などがある。また、文献[10]によれば、一般にontologyは物理的側面と抽象的側面から図3のように分類される。図3の最上位にあるTはentityを示す。この分類に基づいて、実在するコミュニティ空間、たとえばよくあるオフィス为例に、図4のようなontologyを作成した。

ただし、本稿では、オフィスにおいて必要最低限の概念を抽出し、それをを用いて空間形状データの意味情報モデリングを行い、その評価をすることが目的であるため、図4のPhysical、Abstractの分類で十分であり、Actuallyなどにさらに細分化することは行わない。

本稿では、仮想空間において、モノを表現する概念を形状ontology、モノの機能を表現する概念を機能ontologyと呼ぶ。

図4において、形状ontologyには、机、椅子、棚、書類、パソコンを作成し、机については一般的に机は足、引き出し、上板から構成されていることを表す階層構造を持たせた。

機能ontologyには、書類を読む・書く、パソコンを使う、引き出しの中に書類がある状態、棚の中に書類

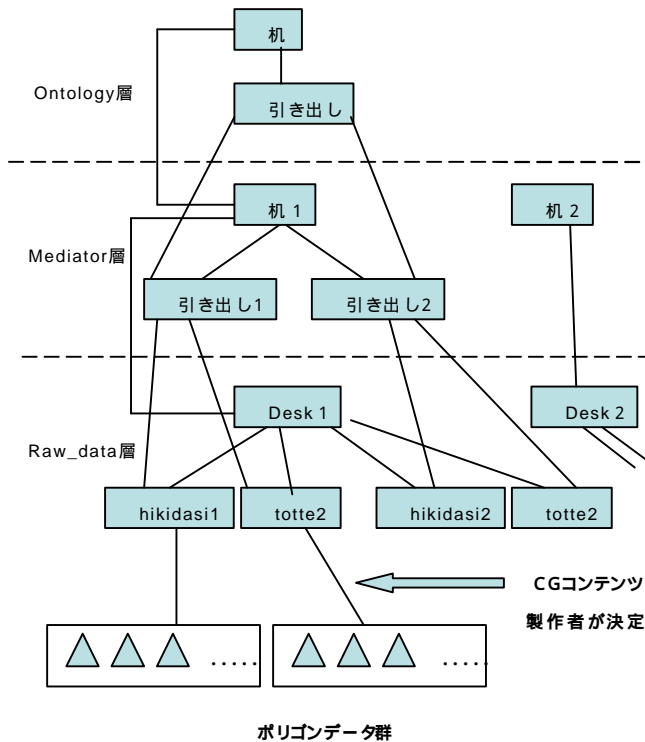


図5 mediator 導入図

mediator は仮想空間に存在するものそのものを現し、これを「人がモノを使用する」と「モノとモノとの位相関係」の二つに分類した。位相関係としては into と onto を作成した。

ontology にこのような階層構造を持たせた理由については 3.2 節で説明する。

また、図3に概念間の関係の一例として太線で表した関係を記述した。この太線の関係が表していることは、形状 ontology の「書類」に注目すると、以下の二つである。

- ・「書類」と「引き出し」という概念は、「しまう」という概念において関係があるということ
- ・「書類」と机の部品である「上板」が「読む・書く」という概念において関係があるということ

概念間のその他の関係については、4章でスキーマとともに示す。

### 3.2 mediator の導入

意味情報による空間的問い合わせを実現するために、ontology によって定義された意味情報を形状データと結びつける必要がある。本稿では、ontology と形状データを直接結びつけるのではなく、図5に示すように ontology と形状データとの間を対応付ける mediator(仲介者)を作成することを提案する。mediator は、仮想空間におけるモノ一つ一つに作成する。よって、



図6 3 ds max を用いて作成した机

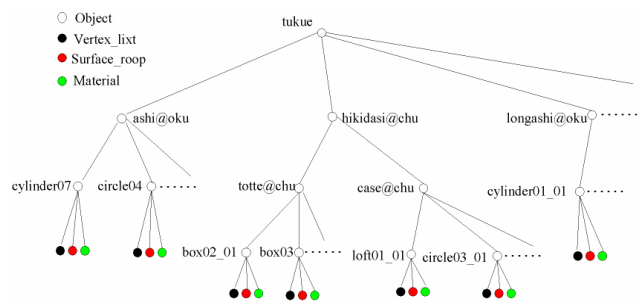


図7 図6の机の製作者がポリゴン群に付加した「意味」の構造

mediator は仮想空間に存在するものそのものを現す entity であると言える。このように、意味情報とポリゴンデータを結びつけるために、mediator を用いる手法は[11]で行われている。この mediator を導入する利点は以下の3点がある。

#### 利点1:「意味」の統一

一般に 3 ds max のような一般の仮想空間デザインツールではどのポリゴン群がどのような「意味」を持っているか、ということはCGコンテンツの製作者が決定している。しかし、一般に製作者が作成した「意味」はCGの表示時には保持されていない。そのため、CGコンテンツで構成された仮想空間において、問い合わせ処理に、この「意味」を利用することが出来ない。この例として、実際に 3ds max を用いて製作してもらった実在する「事務机」を用いて述べる。図6に 3 ds max を用いて作成した机を示し、図7にこの机の製作者がポリゴン群に付加した「意味」の構造を示す。図7で示される形状の「意味」は、「机(tukue)は足(asi@oku, longasi@oku...)や、引き出し(hikidasi@chu...)などのノードから成る。奥にある足(asi@oku)は、円柱(cylinder07)や、円(circle04)などの基本形状によって構成される」という設計意図を表している。

このように、図7に見るように、ポリゴン群が持つ「意味」はCGコンテンツの製作者が決定しているた

め、この「意味」の名称は特殊であり、また、構造が複雑で統一性がないため、製作者以外がこの「意味」を利用しようとしても難しいことが分かる。

そのため、「意味」を用いて問い合わせ処理を行うためには、どのようなポリゴン群を仮想空間内で、「引き出し」という意味を持つモノとして扱うかに対しての統一表現が必要である。たとえば、「『引き出し』という意味を持つ、モノの容量を比較する」という問い合わせ処理を行うためには、どのポリゴンデータ群が「引き出し」という意味に対応するかという統一された情報が必要である。

そこで、本稿では、図5に示すように ontology とポリゴンデータとの間に対応付ける mediator を作成することで、CGコンテンツの製作者が作成した「意味」に統一性を持たせ、「意味」を空間検索に用いることを試みた。

この、mediator 層の構造は、形状 ontology によって決定される。

また、mediator を導入することによって、raw\_data が3次元スキャナで取得されたデータのように、まったく意味を持たないポリゴンデータ群であった場合でも、特定のポリゴン群に意味を付加することが可能となる。

#### 利点2：モノ固有の情報の表現

一般の仮想空間記述方式では、仮想空間に存在するモノそのものを表現している情報がない。そのため、モノ固有の情報を表現することが出来ない。

モノ固有の情報とは、例えば、「引き出し1」の移動可能領域は、x軸方向に30cmであり、「引き出し2」の移動可能領域は、y軸方向に40cmである、といった情報である。

一方、mediator は、仮想世界におけるモノ一つ一つに作成される。すなわち、mediator は仮想空間に存在するモノそのものを表す entity である。そのため mediator にモノ固有の情報を付加することが出来る。

#### 利点3：計算量の減少

mediator は仮想空間にモノが存在することを表す entity であるので、モノを表すポリゴンデータに近似した、簡単なポリゴンデータをその mediator の属性値として付加することが可能である。この簡単なポリゴンデータを用いて、個別のモノ同士の一計算を仮想空間上で簡略化して行えるため、データベースにおける質問処理の際に有効である。mediator を用いた質問処理に関する理論、定量的評価については[11]で述べられている。

## 4. 高度コミュニティ空間におけるスキーマ定

## 義

本稿の目的は、3.2節で述べた mediator を用いて、ontology と raw\_data の対応づけをデータモデリングを実現し、その評価を行うことである。そこで、汎用的な設計手法としてUMLを用いてスキーマを作成し、情報表現を試みた。

### 4.1 「ontology」-「mediator」-「Raw\_data」3層構造スキーマ

高度コミュニティ空間の例として単純化して表現したオフィスのスキーマを図8に示す。図8において、仮想空間の情報を ontology と mediator と Raw\_data の3層に分けてモデリングした。この情報構造を ontology-mediator-Raw\_data 3層構造とよぶ。本章ではこの ontology-mediator-Raw\_data 3層構造スキーマが表現している情報を述べる。図8において、クラス間を結ぶ線は、互いに参照可能である

以下で、このスキーマであらわされる情報について詳述する。まず、3.2節で述べたように、ontology-mediator-Raw\_data の層に分類し、それぞれの層を構成させた。以下で、それぞれの層について述べる。

#### 1) ontology 層

3.1節で述べたように、図8の ontology 層で意味は形状と機能の二つの概念に分類されている。「形を持ち、意味あるモノ」である概念を「形状 ontology」とし、「モノの機能を表す」概念を「機能 ontology」として区別した。

図8において、形状 ontology と機能 ontology のリンクによって表現される意味は、以下の5点である。

- ・机の部品である上板において、人は書類を読む・書くことができる。
- ・机の部品である上板において、人はパソコンを使うことができる
- ・机の部品である引き出しの内部に、書類は収納することができる
- ・棚の内部に、書類は収納することができる
- ・椅子に、人は座ることができる

また、ontology 層のクラスの1つのインスタンスはクラスの概念の存在を示す。この属性値として表現言語を持たせると、異種言語観の概念統一が出来る。たとえば、「書類」クラスのインスタンスに日本語「本」、英語「book」などを用意することで、日本語圏、英語圏の人が「書類」という概念を共有することが出来る。

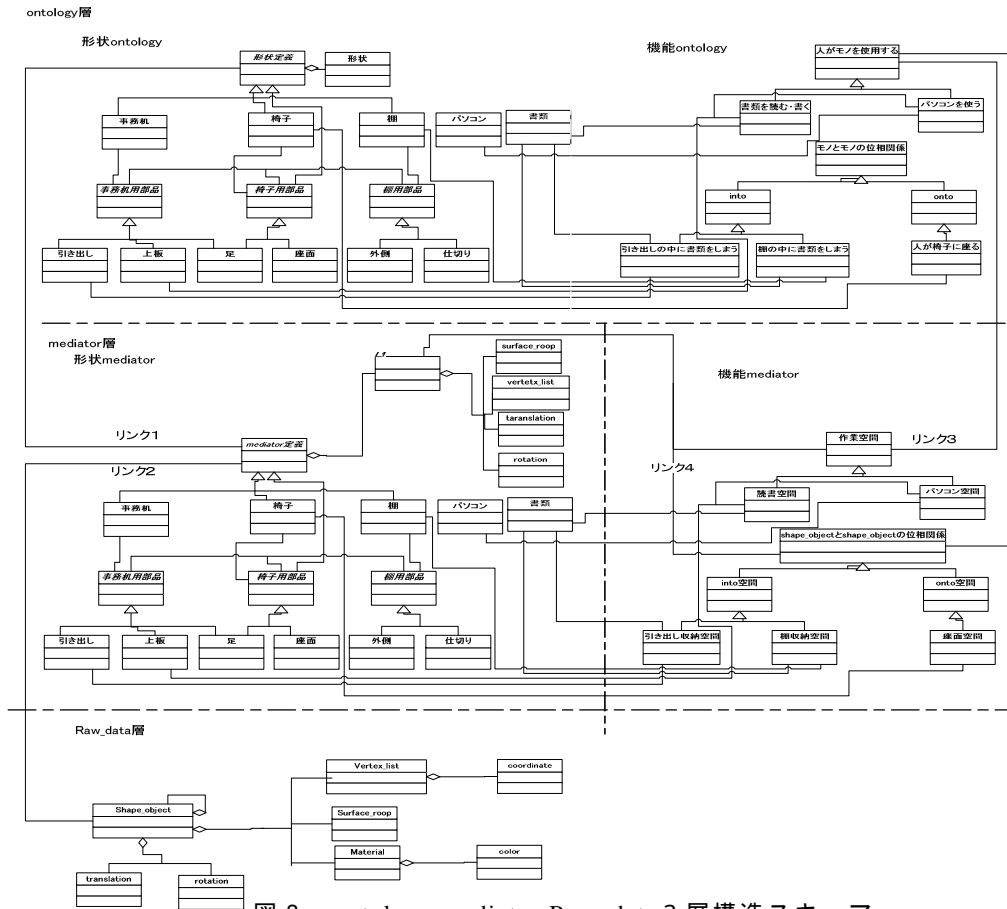


図 8 ontology-mediator-Raw\_data 3 層構造スキーマ

## 2) Raw\_data 層

形状データ層では「shape\_object」は頂点リスト、面ループ、相対座標、相対角度、マテリアルで構成されたポリゴンデータによって構成されていることが示されている。三次元形状データはここに格納される。

## 3) mediator 層

mediator 層も ontology 層と同様に形状 mediator と機能 mediator から構成される。mediator 層の形状層のスキーマの構造は ontology 層の形状層のスキーマと同じ構造を持ち、形状 mediator 層のクラスは object のポリゴンデータに近似した単純なポリゴンデータを属性として持つ。例えば、100面のポリゴンで構成された引き出しは6面の直方体で近似される。機能 mediator 層のクラスは機能に関する空間的な問い合わせに必要とされる属性を持つ。例えば、機能 mediator クラス「引き出し収納空間」は「空間的にどこにどのくらいの大きさの引き出し収納空間があるのか」ということを示すために、頂点リスト、面ループ、相対座標、相対角度を属性として持つ。これは図6におけるリンク4によって示されている

以下で、図8の mediator 層のスキーマが表現して

いる情報を説明する。

3.2 節で述べたように、形状 mediator クラス「引き出し」のインスタンスはコミュニティの中に「引き出し」というオブジェクトが存在していることと1対1に対応している。

また、形状 mediator と機能 mediator とのリンクが表現している情報は、形状 ontology と機能 ontology が表現している情報に頂点リスト、面ループ、相対座標、相対角度のような空間情報を付加した情報である。

図8において、その他の特徴的なリンク(リンク1、リンク2、リンク3)について個別に述べる。

### リンク1 ontology 層の「形状定義」クラスと mediator 層の「mediator 定義」クラスのリンク

ontology 層のクラスは、mediator 層のクラスと相互に参照可能であることを示している。

形状 mediator は仮想空間に存在するモノそのものを現す entity であるので、リンク1によって仮想空間に存在するモノそのものの意味を表現できる。たとえば、形状 mediator クラス「引き出し」というタイプに属する entity の形が表す意味は「引き出し」であるということ表現する。

**リンク 2 mediator 層の「mediator 定義」クラスと、Raw\_data 層の「shape\_object」クラスとのリンク**  
mediator 層のクラスは、Raw\_data 層のクラスと相互に参照可能であることを示している。

mediator からのリンクによって、生のポリゴンデータが、参照可能であることを示している。リンク 1 とリンク 2 によって ontology 層のクラスから生のポリゴンデータが参照できる。

**リンク 3 ontology 層の「人がモノを使用する」クラスと、mediator 層の「作業空間」クラスとのリンク**

mediator 層のクラス「作業空間」というタイプに属する entity は、「人がモノを使用する」という概念を有するということを示している。

以上をまとめると、ontology-mediator-Raw\_data 3 層のそれぞれは、次のことを示す。

- ontology : 対象とする世界に存在する意味の規定
- Raw\_data : 対象とする世界から計測、生成されたデータ、たとえば、3次元形状データ
- mediator : ontology と Raw\_data の仲介、すなわち、規定された意味が、その対象とする世界に形状などを伴って存在することを表す

#### 4.2 「ontology」-「mediator」-「Raw\_data」3層構造スキーマに対する検索例

この節では、図 8 に示された ontology-mediator-Raw\_data 3層構造スキーマを用いて、意味情報に基づいた空間形状データに対する問い合わせ、集合演算の例を述べる。

**問い合わせ例 1 モノを収納可能なモノを赤く表示し、その収納可能容積を求めよ。また内部にあるモノを青く表示せよ**

この問い合わせ例は、図 9 のに示される手順でおこなえば良い。図 9 の手順は以下の 1 から 9 の順番で行われる。

1. 機能 ontology クラス「into」のインスタンス「収納」を参照し、「収納」という意味を取得する
2. 機能 ontology クラス「into」のインスタンス「引き出し」から参照可能なリンクを取得する
3. 参照可能なリンクより、形状 ontology クラス「引き出し」「棚」のインスタンス「引き出し」「棚」を取得する
4. 形状 ontology クラス「引き出し」「棚」のインスタンス「引き出し」「棚」から参照可能参照

可能なリンクを取得する

5. 参照可能なリンクより、形状 mediator クラス「引き出し」「棚」のインスタンス「引き出し 1」「棚 1」を取得する
6. 形状 mediator クラス「引き出し」「棚」のインスタンス「引き出し 1」「棚 1」から参照可能なリンクを取得する
7. 参照可能なリンクより、Raw\_data クラス「shape\_object」のインスタンス「hikidasi」を取得する
8. Raw\_data クラス「shape\_object」のインスタンス「hikidasi」より参照可能なリンクを取得する
9. Raw\_data クラス「material」クラスのインスタンス「RGB」を取得し、赤に変更する。

手順 1 から 6 のようにリンクを参照することで、「収納」という意味をもつ形状 mediator を宣言的に検索できる。意味がモノの付加属性であった場合は、付加情報の文字列マッチングを逐次的に行って意味を検索するしかなく、検索時間の違いは明らかである。

同様に、収納可能容積を求めるためには、機能 mediator クラス「引き出し収納空間」「棚収納空間」のインスタンスに付加された簡易ポリゴンを用いて容積を導出すればよい。

内部にあるモノを検出するためには、機能 mediator クラス「引き出し収納空間」「棚収納空間」のインスタンスと形状 mediator クラス「書類」のインスタンスのリンクの有無を取得すればよい。たとえば、機能 mediator クラス「引き出し収納空間」のインスタンス「引き出し収納空間 1」と形状 mediator クラス「書類」のインスタンス「書類 1」のリンクが存在することは、「引き出し収納空間 1」に付加されたポリゴンで表された 3次元空間の内部に、形状 mediator クラス「書類」のインスタンス「書類 1」が存在していることを表している。これは、機能 ontology クラス「引き出しの中に書類をしまう」によって、引き出しの内部にあるのは、書類であることが示されているからである。

さらに、機能 ontology によって定義されていないモノとモノの位相関係に対する空間的問い合わせ、たとえば、「棚の内部にある机を赤く表示する」と言ったような空間的問い合わせは、mediator の近似ポリゴンを用いてモノどうしの位置関係を算出することによって実現できる。

このように、「引き出しの内部に書類を収納する」といったような頻度の高い問い合わせに関しては、ontology にその概念を用意し、「棚の内部にパソコンを収納する」といったような頻度が低い問い合わせに



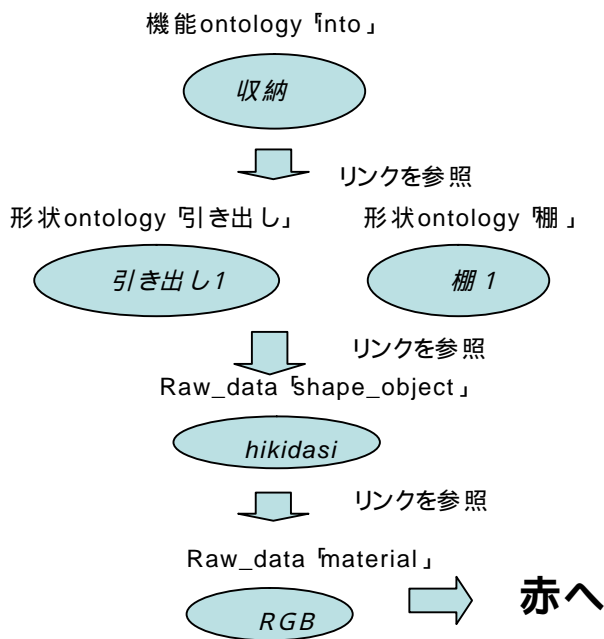


図9 意味情報に基づく形状データの問い合わせ手順例

関しては、mediatorの近似ポリゴンを用いた位置関係の算出で対応できる。

高度コミュニティ空間においては、多人数が同時に問い合わせを行う可能性があるため、このような計算コストを減少させる手法は重要である。

#### 問い合わせ例2 オフィス内の作業空間の平均を求め、平均より小さい作業空間を赤く表示する

検索例1と同様にリンクを参照することで、機能mediatorクラスのインスタンスを取得する。

取得したインスタンスは簡易ポリゴンデータで表された空間情報であるので、これに対して集合演算を行い、問い合わせ例1の手順9と同様に、モノを赤く変更する。

### 5. まとめ

本稿では、はじめに高度コミュニティ空間の提案を行い、高度コミュニティ空間において意味に基づく空間的問い合わせを宣言的に行うために、まず、コミュニティにおける意味情報をontologyとして定義し、仮想空間におけるオブジェクトに1対1に対応するentityとしてmediatorを導入した。次に、ontology-mediator-Raw\_data 3層構造スキーマを作成し、その評価を行った。そして、ontology-mediator-Raw\_data 3層構造によって意味情報に基づく空間的な問い合わせが宣言的に行えることを示した。関連研究として、4章で述べたontology-mediator-Raw\_data 3層構造ス

キーマをSQLサーバー2000に実装し、評価を行っている研究に[12]、またこのDBからの検索結果をシーングラフとして取り出し、表示、更新をする研究に[13]がある。今後の課題として、高度コミュニティ空間をさらに有用な仮想空間とするために、いかなるontologyが必要であるかを考察する必要がある。

### 謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金(課題番号40313473)および、財団法人横浜工業会研究助成による。また実装にあたり、「日本データベース学会・マイクロソフト株式会社共催2002年度データベース研究支援プログラム」の支援を得た。ここに記して謝意を表する。

### 文献

- [1] 原田裕明、川口尚久、岩川明則、松井一樹、大野敬史、“場の共有アーケティクチャに基づく3次元仮想空間コミュニティ。”電子情報通信学会誌 D- vol.j81-D- No.5 pp.972-981 May.1998
- [2] 吉田 仙、亀井剛次、服部文夫、“インターネットにおけるコミュニティ形成支援。”信学技報 OF98-21, AI98-30, 1998
- [3] C.Morningstar and F.R.Farmer, "The Lessons of Lucasfil's Habitat." In CYBERSPACE: First Steps, M. Benedikt, ed, The MIT Press, 1991.
- [4] 有澤博 “リアルワールドデータモデリングについての考察。”信学技報 DE 96-4, May 1996.
- [5] 渡辺智恵美, 大杉あゆみ, 佐藤こずえ, 増永良文 “仮想世界データベースシステムにおけるスキーマ・ドメイン定義言語の設計”, 2001 データ工学ワークショップ
- [6] 渡辺知恵美, 増永良文, “仮想世界データベースシステムにおけるマルチモーダル問合せ言語の設計に向けて”, 情報処理学会データベースシステム研究会報告, Vol125, No.71, pp.289-296 2001
- [7] Chaomei Chen, Linda Thomas, Janet Cole, Chialdda Chennawain Brunel University, "Representing the Semantics of Virtual Spaces", IEEE Multimedia, April-June, 1999
- [8] JOHN F. SOWA, "Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations", Brooks/Cole, 2000
- [9] Gruber, Thomas R. "A translation approach to portable ontology specifications. In Knowledge Acquisition, vol.5, pp199-220, 1993.
- [10] David W. Embley, Cui Tao, Stephen W. Liddle, "Automatically Extracting Ontologically Specified Data from HTML Tables of Unknown Structure", ER2002 LNCS2503, pp.323-337, 2002
- [11] 富井尚志, 小林みな子, 有澤博 “仮想CG空間へのマッピングによる現実シーンデータベースの設計”電子情報通信学会論文誌, D-1, Vol.J82-D-I, No.1, pp.211-222, jan, 1999.
- [12] 高木良成 “DBMSを用いた仮想CG空間の空間情報管理とその評価”, DEWS2003 発表資料, 2003.
- [13] 竹島広人, 富井尚志 “意味つきシーングラフによる仮想空間の統合化と表示方法”, DEWS2003 発表資料, 2003.