

## 高度コミュニティ空間のためのインタラクティブなブラウザの実装 Implementation of Interactive Browser for the Advanced Community Space

賀来 健一  
Kenichi Kaku

富井 尚志†  
Takashi Tomii

### 1. はじめに

近年の高度なコンピュータグラフィックス (CG) や広域情報ネットワークの登場により、3次元グラフィックスや VR を用いたサイバーコミュニティ空間が実現されている。これらの仮想空間を DBMS で管理し、DB にオブジェクトの形状データだけでなく、その意味情報も蓄積することにより、利用者が仮想空間内で「半年前から一度も読まれていない本はどれか」などの意味に基づいた検索や更新などの多様な操作が可能になると考えられる。このように、仮想世界、あるいは現実世界の 3次元情報とデータベースを融合させる研究事例がいくつか見られる。例えば、増永らの VWDB[1]では、共有時空間のためのデータモデルを提案している。また、田島らは、DB に蓄積されたオブジェクトに対するアクセス制御に関する提案[2]を行った。そこで我々は、現状のコミュニティ空間についての「意味」(机、棚など) や「意図」(しまう、書くなど) を共有することで、現実世界に近い形での利用者間の意思の疎通が可能である仮想空間「高度コミュニティ空間」[3]の実現をプロジェクトとして取り組んでいる。ここでの「コミュニティ」とは、ある意思統一のもとに共通意識を持った人達の集まりのことを指す。この高度コミュニティ空間のブラウジングには以下のようないくつかの機能が必要であると考えられる。

機能1. DB に蓄積した仮想空間を以下のようにして表示する

- ① データを意味情報付きシーネグラフに変換する
- ② そのシーネグラフに書かれた形状データを読み込む

機能2. 1. で読み込んだ仮想空間の中をウォークスルーでき、さらにマウスなどでオブジェクトの指定・移動ができる

機能3. 利用者が意図を明示的に宣言する操作（明示的操作[4]）を仮想空間に対し（ブラウザ上で）行うことができる

機能4. 利用者がオブジェクトに対して行った操作についてプログラムがその裏にある意図を読み取る（暗示的操作[4]）ことができる

機能5. 複数の利用者がそれぞれのブラウザから一つの仮想空間を共有することができる（マルチクライアント）

そこで、本稿では、従来の仮想空間に意味情報を付加し、利用者が空間だけでなくそこに含まれる意味、意図までも共有することができる高度コミュニティ空間の実装を目指とする。具体的には意味情報付きシーネグラフを用いたインタラクティブな高度コミュニティ空間ブラウザの設計と

† 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

‡ 横浜国立大学大学院環境情報学府研究院

実装、およびそのブラウザ上で利用者が行った操作の意図を DB に反映する明示的操作と暗示的操作の評価を行った。

### 2. 高度コミュニティ空間の構成

本章では、高度コミュニティ空間においての意味や意図とは何か、そしてその意味、意図を用いた操作について説明する。

#### 2.1 意味、意図

従来の CG で表示しただけの仮想空間では視覚的な情報のみが共有され、その空間に存在する暗黙的な意味情報は個々の利用者の認識に任されていた。そこで、コミュニティ空間の情報共有を実現するために、本プロジェクトでは意味情報を三次元形状データと関連付けて DB に蓄積した。それにより、視覚的な情報のみならず、意味情報をも共有することが可能になり、三次元仮想空間内を利用者間で統一された価値基準で、検索することが可能になると考えた。ここで以下の二つの概念を定義する。

- 意味……仮想空間に存在する形を持ったオブジェクトの概念で、機能や役割、目的などをあわせ持つ物体。一般に名詞で表される（例：事務机、本棚など）
- 意図……仮想空間内の操作で、単なる移動や変化だけでなく、その状態の変化に機能や役割、目的などをあわせ持つ操作。一般に動詞で表される（例：置く、しまうなど）

このようなコミュニティに存在する意味や意図を体系的かつ明示的に定義しておく手法として、Ontology[5]が用いられる。上記の「意味」を「形状 Ontology」、「意図」を「機能 Ontology」、それらの関係を「関係 Ontology」として定義することで、「書類引き出し（形状 Ontology）」に「（関係 Ontology）ノート（形状 Ontology）」を（関係 Ontology）しまう（機能 Ontology）」といったコミュニティの知識を表現することができる（図 1、太線）。これを用いることで、例えば「机の上においてあるすべての本がしまえる引き出しを検索し、表示せよ」のような役割を入れた空間検索が可能になる。そこで本プロジェクトでは、このような意味情報の DB への蓄積方法として、意味、意図を明示的かつ体系的に定義して蓄積した「意味情報層」、

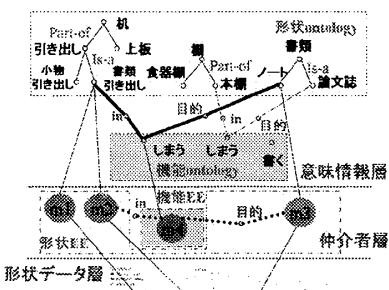


図 1 三層構造

ポリゴンデータのみを蓄積した「形状データ層」というようすに、意味情報と形状データを分離して管理し、その間を仲介者で結ぶモデル化手法(三次元モデル化手法、図1)を提案した[6]。仲介者層の1つのエンティティは仮想空間に存在するオブジェクトやその状態を表す。例えば、図1の太点線は、「仮想空間に存在している書類引き出し m2 にノート m3 がしまわされた状態(m4)である」ということを表している。以下に述べる三次元仮想空間はこれに従って作られた「高度コミュニティ空間」とする。

## 2.2 意図付き操作

前節で述べたように意味や意図をDBに蓄積することで「利用者の意図を反映した操作」が仮想空間内で可能になる。本研究ではこのような操作は以下の二種類があると考えた[4]。

**明示的操作**…利用者が「この部屋にあるすべての書類をこのファイルにまとめろ」のように操作の意図を明示的に宣言する操作。高度コミュニティ空間では、コミュニティ内で行われる操作の意図は意味情報層で明示的かつ体系的に定義したため、利用者が希望した操作に対し、あらかじめ操作の意図を体系的に表現した意味情報層を用いることで、DBおよびコミュニティにその意図に見合った形で反映可能になる。

**暗示的操作**…利用者がオブジェクトに対して行った行動(例えば、机の上のゴミをゴミ箱の中に移動させる)についてプログラムがその操作の裏にある意図(ゴミを捨てた)を読み取る操作。明示的操作と同様に、暗示的操作でも意味情報層を用いる事でその操作の「意図」をDBに反映可能である。

そこで本稿では、この二つの利用者の意図を反映した操作が可能なブラウザの実装を行う。

## 2.3 高度コミュニティ空間の共有

本節ではどのようにして高度コミュニティ空間を利用者間で共有するかを説明する。利用者が高度コミュニティ空間を共有する概念図を図2に示す。DBMSによって管理された仮想空間は、任意の利用者固有のクエリにより作成されるシンググラフ(図3)として各利用者のもとに届く。これは、シンググラフをブラウザとDBの間に挟むことで、DBに蓄積されている仮想空間のデータをCGで扱いやすく、利用者が理解しやすい階層構造に直すためである。また、このシンググラフは固有のIDを参照することによりDBとシンググラフが一意に対応しているため、DBのビューとしての役割も担っている。これを用いることで、各利用者が仮想空間をそれぞれのブラウザに表示する。また、コミュニティ空間に対する各利用者の操作も、このシンググラフに対して行われる。このシンググラフに対する操作をDBに反映し、変更部分をほかのシンググラフに渡すこと、結果的に複数の利用者同士が同一の仮想空間を共有することが可能となり、その上でコミュニケーションをとることで、この仮想空間はコミュニティ空間として機能する。

## 3. 高度コミュニティ空間ブラウザの設計

高度コミュニティ空間をブラウザに表示し、そのブラウザ上で利用者の意図を用いた操作を行うためには1章で述べたような5つの機能が必要になると考えられる。本章で

は、これらの機能を付加したブラウザの設計について以下のアーキテクチャ図(図4)を用いて説明する。

### 3.1 空間表示の設計

本節では、図4の①、②にあたるシングラフの取得、ブラウザの表示について説明する。2.3節で述べた理由により、利用者側のブラウザとサーバ側のDBとのやり取りをシングラフによって行うこととした。ここで点線の矢印はブラウザとDBとのデータのやり取りを表している。また、鎖線の矢印は利用者の操作(Input)を表している。まず利用者はDBにクエリを発行することにより、その結果として、シングラフを得る(図4①)。シングラフには、形状データとオブジェクトに付加する意味情報を記述することにより、仮想空間に意味情報を付加することが可能となる。本研究ではこのようなシングラフのことを意味情報付きシングラフと呼ぶ。

そして、この意味情報付きシングラフに書かれている形状データを高度コミュニティ空間ブラウザ上に表示する(図4②)。

実装の手段として、意味情報付きシングラフの記述には表現能力が非常に高く、APIが充実しているXMLを用いた。また、シングラフから仮想空間を描画するためのグラフィックAPIとして、OpenGLを用いた。これは、OpenGLがプラットフォームに依存せず、かつグラフィックスハードウェアにアクセスするプログラムを書くことが

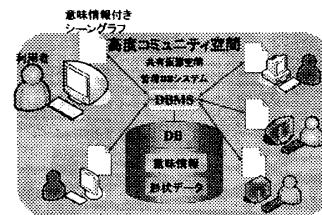


図2 高度コミュニティ空間共有の概念図

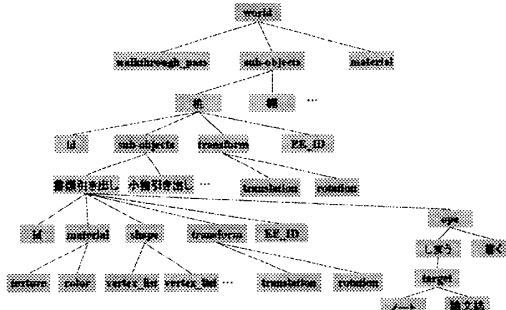


図3 意味情報付きシングラフの構造

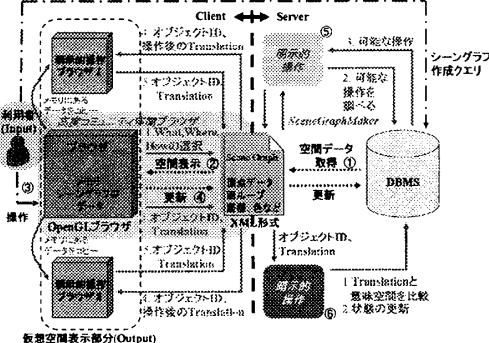


図4 アーキテクチャ図

でき、さらに機能 2にあたるブラウザ上でのオブジェクトの指定（ピッキング）に適した機能も持っているためである。また、シンググラフの記述には XML を用いているため、XML の読み取りには XML の階層構造も考慮できる DOM を用いて形状データを取得した。

### 3.2 明示的操縦の設計

機能 2にあたる利用者が仮想空間内をウォークスルーしたり、オブジェクトの指定（ピッキング）や移動（図 4③）したりすることができなければ、利用者は仮想空間内で行動することができない。よって、これらの機能はブラウザには最低限付いてなければならない機能である。そして、それら機能 2が可能になることによって、機能 3にあたる明示的操縦と機能 4にあたる暗示的操縦が可能になる。本節では機能 3にあたる明示的操縦（図 4⑤）について説明する。

明示的操縦は以下のようなデータの流れによって可能になると考へた。

- (1) 利用者は明示的操縦 GUI で操作の対象(What), 操作先(Where), 行いたい操作(How)を選択する。もしくは、高度コミュニティ空間表示部からオブジェクトをピックすることで What を選択する
- (2) それら(What, Where, How)を用いてそのオブジェクト(What)に対して可能な操作の候補が DB で検索される
- (3) DB がその可能な操作の候補（操作対象のオブジェクト(What)固有の ID と操作後の Translation）を返す
- (4) (3)で取得した値を用いて、操作後の空間を別のブラウザに表示する
- (5) 利用者はそのブラウザ上で候補を選択する
- (6) 高度コミュニティ空間ブラウザとシンググラフ、DB が更新される

明示的操縦の例として、「机の上のすべてのモノをその机の引き出しにしまえ」などが挙げられる。DB への更新操作を簡便にするために、ブラウザとのデータのやり取りはできるだけシンプルなほうが望ましいので、オブジェクト固有の ID と Translation のみとした。

### 3.3 暗示的操縦の設計

ブラウザに対し利用者がマウスを用いてオブジェクト群を選択し、移動させるという操作にも、操作の「意図」は明示的ではないが背後には何らかの「意図」が存在している。これは機能 4の暗示的操縦（図 4⑥）にあたる操作である。しかし、暗示的操縦は明示的操縦とは違い、操作の「意図」が明らかにはされていない。よって、暗示的操縦では、オブジェクトを移動した際に、DB が更新されるオブジェクト固有の ID とそのオブジェクトの移動後の Translation を semantic space (ブラウザで見える世界としては存在していないが、暗に存在する意味を持った空間例：収納空間や作業領域など) と比較することで、その操作の「意図」を DB に反映させるという方法を取った。途中の状態遷移は、今回は考慮していない。暗示的操縦の例として、利用者がブラウザに対し本をピックし、棚の中に移動させると「しまった」状態ととらえられる、などが挙げられる。そして 3.2 同様、ブラウザとのデータのやり取りは、オブジェクト固有の ID と Translation のみとした。また、図 4 の④は機能 3、機能 4に必要であるシングラ

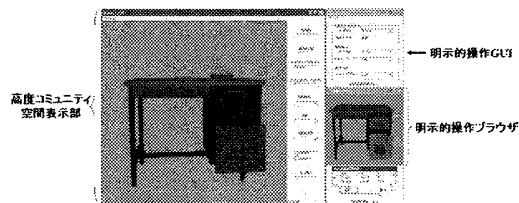


図 5 高度コミュニティ空間ブラウザ

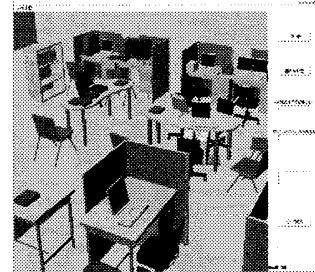


図 6 評価対象

の更新を表しており、シンググラフがまず更新されることにより、DB が更新される設計とした。

## 4. 高度コミュニティ空間ブラウザの評価

以上に述べた方針に基づいて、明示的操縦と暗示的操縦を実現できる仮想空間表示器である「高度コミュニティ空間ブラウザ」を実装した。このブラウザの動作画面を図 5 に示す。

本章では、実装した高度コミュニティ空間ブラウザの評価を行う。

### 4.1 空間表示の評価

本節では、実装した高度コミュニティ空間ブラウザでシンググラフを DB から取得するまでにかかる時間と、シンググラフを用いて仮想空間をブラウザに表示するまでにかかる時間を測定し、どれくらい実用性があるかを評価した。

測定対象として、以下のようなオフィス（本研究室）の仮想空間（図 6）で評価を行った。

- 全オブジェクト数：139 個
- 全ポリゴンの数：39772 個（1 オブジェクトあたりの平均ポリゴン数：286.13 個）

この状況下でシンググラフの取得、仮想空間の表示にかかる時間は以下のようになった。

- シンググラフの取得：平均 1 分 17 秒
- 仮想空間の表示：平均 8.2 秒

仮想空間の表示時間は XML を読み込む時間も含まれているので、8.2 秒という時間は実用に耐え得るものであった。一方、シンググラフの取得には、時間がかかる。しかし、基本的にシンググラフの取得は一回しか行わず、あとは差分のみで仮想空間の更新を行っていくので大きな問題はないと考えられる。また、DOM 以外の API を用いての評価は今後の課題である。

### 4.2 明示的操縦の評価

本節では、実装した明示的操縦を行うとブラウザにどのように表示されるかを実際に示し、それを用いて明示的操縦の実現可能性を評価する。

明示的操縦は以下の順番で行う。

- (1) 利用者は「何を(What)どこに (で) (Where)どうする(How)」を選択する。この例では、明示的操縦 GUI のプルダウンメニューを用いて「空間内のすべての

本を本棚に片付ける」という選択をしている(図7(a))

- (2) 表示された操作の候補(図7(b))の仮想空間内で透明になっている操作対象のオブジェクト(What)をピックすることで操作を決定し、DBを操作後の状態に更新する

これらの利用者の操作に合わせて以下のような流れシステムが動作する。

- A) 選択された意図を用いてクエリを発行することでその操作の候補を明示的操縦ブラウザに表示する。この例では、外に出ていたすべての本がひとつの引き出しにしまうことができる事を示している
- B) DBが更新されると図6の仮想空間が図8のように更新される。この例では外に出ていたすべての本が本棚にしまわれたことをあらわしている

実際の流れは(1)→A)→(2)→B)となる。以上より、動的なコミュニティに対して、利用者の「意図」を明示的に宣言する操作である明示的操作が可能であることを示した。

#### 4.3 暗示的操作の評価

本節では、実装した暗示的操作を行うとブラウザにどのように表示されるかを実際に示し、それを用いて暗示的操作の実現可能性を評価する。

- (1) 高度コミュニティ空間ブラウザでオブジェクトをピックし、移動させる(図9)。この例ではフロッピーディスク(以下、FDと記す)を一番上の引き出しの中に移動させている
- (2) DBの状態を調べるために、引き出しの中にしまわれているオブジェクトのIDを返すSQLを発行した様子が図10である。この例では、図10より、操作をする前は引き出しの中には入っていなかったFDが、操作後のDBでは、引き出しの中に入った状態に更新されていることがわかる

以上、(1)~(2)より、利用者が行った操作の「意図」を読み取ってDBを更新する暗示的操作を行うことができる事を示した。

#### 5.まとめ

本プロジェクトでは、従来の仮想空間に意味情報を付加し、利用者が空間だけでなくそこに含まれる「意味」、「意図」までも共有することができる「高度コミュニティ空間」の提案と実装を行っている。そこで、本稿では意味情報付きシーケンスグラフを用いたインタラクティブな高度コミュニティ空間ブラウザの設計と実装と、そのブラウザ上で利用者が行った操作の「意図」を読み取る明示的操縦と暗示的操作の評価を行った。今後の課題としては、使用可能な操作の種類を増やす。また、機能5であるマルチクライアントにより複数の利用者が空間および意図を共有できるような仕組みも考え、その上で複数の利用者による協調作業等の実験を行っていく必要がある。

#### 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14780197)の支援による。

#### 参考文献

[1] 渡辺智恵美,増永良文,“仮想世界データベースシステムにおける仮想世界同期法”, TOD, Vol.43, No.SIG9(TOD18), 2003

[2] 田島 敬史, 依田 和也, 田中 克己: “複数詳細度を持つCGデータのためのアクセス制御とアクセス権管理”, 信学論, J-82-D-1, pp.193-200, 1999年1月

[3] 富井尚志, “高度コミュニティ空間の構成方式”, 情処学研報, DBS-131(II), pp.33-40, Aug, 2003

[4] 高木良成,岡田直也,竹島広人,谷岡洵,富井尚志, “DBで管理された3次元仮想コミュニティにおける意図付操作モデルの導入”, 信学技法, Vol.103, No.356, DE2003-111, pp.1-6, Oct, 2003

[5] 溝口理一郎, “オントロジー研究の基礎と応用”, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6, Nov, 1999

[6] 岡田直也, 富井尚志, “ontologyを用いた空間形状データの意味情報モデリング”, Proc. of Data Engineering workshop, DEWS2003, 信学会データ工学研究会, Mar, 2003

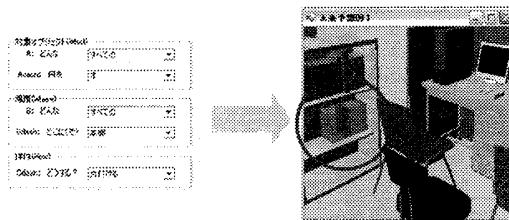


図7 明示的操作

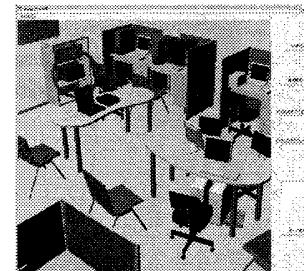


図8 明示的操作後



図9 暗示的操作

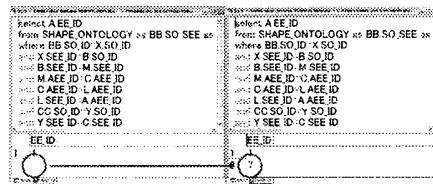


図10 DB更新の確認