

領域定義による共有仮想空間内での情報交換支援

石川 正敏† 高倉 弘喜‡ 植村 俊亮†

†奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒630-01 奈良県生駒市高山町 8916-5 Tel. 0743-72-5336
{masato-i, uemura}@is.aist-nara.ac.jp
‡京都大学大学院 工学研究科
〒606-01 京都市左京区吉田本町 Tel. 075-753-5398
takakura@kuis.kyoto-u.ac.jp

インターネット上に構築した3次元共有仮想空間を用いて会話等の情報を交換することが、活発に行なわれている。このシステムでは、同時に利用する利用者数が増加すると情報が混乱する問題がある。解決法として、仮想空間内を格子状などに分割した領域で情報の選択を行なう方法がある。しかし、この方法では利用者の要求を満たせない場合がある。本稿では、複数の利用者が仮想空間内で注目する領域を定義し、情報選択を行なう方法を提案する。空間データの表現法、及び、空間関連を定義し、また、利用者の定義した領域を用いた情報交換支援システムについて述べる。

Support for Communication in Shared Virtual Space by User Defined Area

Masatoshi Ishikawa† Hiroki Takakura‡ Shunsuke Uemura†

†Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
8916-5, Takayama, Ikoma, Nara Tel. +81-743-72-5336
{masato-i, uemura}@is.aist-nara.ac.jp
‡Department of Information Science, Kyoto University
Yoshida-honmatsi, Sakyouku, kyoto-city, Kyoto Tel. +81-75-753-5398
takakura@kuis.kyoto-u.ac.jp

Shared virtual space has been utilized for real-time communication systems on internet. In case that many users send their information at same time, a user cannot easily understand such plenty amount of information. Although AOI(Area of Interesting) can be considered on solution, this method cannot satisfy all kind of user's intention. This paper proposes a new approach that a user specifies area of his interest in the shared virtual space and selects information in retrieval by the specification. In order to realize our approach, spatial data expression and spatial relationships are defined. This paper also discusses a system which supports user's communication in shared virtual space.

1. はじめに

共有仮想空間の構築に3次元コンピュータグラフィックスを表現するための言語であるVRML(Virtual Reality Modeling Language)が広く利用され始めている[1]。従来の文字列だけによる情報交換システムに比べ、共有仮想空間では臨場感のある情報交換が可能であり、娯楽分野や商業分野などでの応用が期待される。

共有仮想空間では、利用者の発言やオブジェクトの移動など様々な情報が同時に多数交換される。従来の共有仮想空間を用いた情報交換システムを同時に共有できる利用者は十数名程度であり、一度に交換されるデータ量が少ないため、利用者はすべてのデータを受けとつても情報の内容を理解できるし、クライアント側の負荷も比較的小さい。しかし、仮想空間を共有する利用者の数が数百から数千人規模のシステムでは、一度に交換されるデータ量が多いため、利用者が必要とするデータを選択する機能が必要となる。

データの選択方法の一つとしてAOI(Area Of Interest)法がある[2]。AOI法は、仮想空間を一定の大きさの領域に分割し、同じ領域に存在する利用者間でのみ情報交換を行なう方法である。しかし、AOI法はシステムが領域を決定するため、利用者の要求を常に満たせるとは限らない。

この問題に対し、本稿では利用者が仮想空間内で注目する領域を自由に定義しデータ選択を行なえる方法を提案する。

従来の手法では、利用者の周辺の固定された大きさの領域内の情報しか得られないが、本方式を用いると場合によって自由に領域の大きさを変更できる。また、本方式では利用者から独立した領域も定義できる。利用者から独立した領域を定義することにより、共有仮想空間内の特定の領域から随時情報を得ることができる。

2. 空間データ

2.1 MBB法によるオブジェクトの近似

VRMLを用いて表現された共有仮想空間内の物体をオブジェクトと呼ぶ。オブジェクトは、様々な形状で仮想空間内に多数存在するため、オブジェクトそのものからすべての空間関連を求めていたのでは計算コストがかかりすぎる。近似する方法はいろいろ提案、比較検討されている[3]。本稿では、データ量が少なく近似による誤差の比較的小さいMBB(Minimum

Bounding Box)法による近似を用いる。

MBB法では、オブジェクトは各座標軸に平行でオブジェクトに外接した直方体として表現される。本稿では、このような直方体を単にMBBと呼ぶ。MBBは、原点から最も近い点と最も遠い点の2点で表現する。

2.2 向きの近似

オブジェクトの形状の他に重要な属性としてオブジェクトの向きがある。例えば、利用者が実空間で会話を行なう場合、利用者の注目する方向は、直線として表現するより領域として表現した方が直観的に理解しやすい。そのため、方向はベクトルではなく領域として表現する。本稿では、MBBの各面に沿って空間を分割してできる26の領域を方向として定義する。オブジェクトの向きはこの26の領域のいづれかに近似する。

2.3 オブジェクトの傾き

オブジェクトの向きだけで決定できる方向は前後方向だけで、上下、左右の方向を一意に決めることができない。そこで、オブジェクトが座標の水平平面からどの程度傾いているかを、オブジェクトの向きの場合と同様に26の方向を表す領域のいづれかに近似表現する。このとき、オブジェクトの向きと傾きは、直交の関係である。

2.4 オブジェクトの形状記述

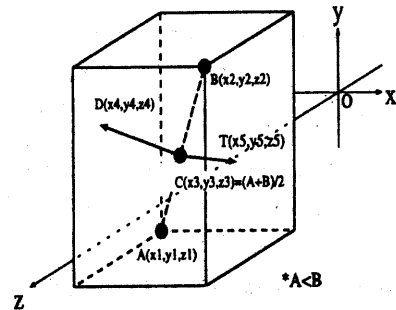


図1 オブジェクトの形状

図1のAとBは、それぞれMBBの最小点と最大点を表す。Cは、MBBの中心を表しオブジェクト間の距離を求めるのに利用する。CはAとBを結ぶ線分の中点として求めることができる。Dはオブジェクトの向きであり、Tはオブジェクトの傾きを表す。

2.5 オブジェクトの構造

空間関連を用いて自動ドアを制御することを考える。ビル全体を表現する MBB をそのまま用いたのでは、自動ドアの領域が不明なため自動ドアの制御に関する記述ができない。

そこで、VRML のデータ構造を利用する。VRML のデータ構造はシーングラフと呼ばれる木構造であり、シーングラフの各ノードは、オブジェクトの構成物の形状や色などの情報と、その詳細な表現のシーングラフが再帰的に表現されている。シーングラフのサブグラフは新たなオブジェクトとして扱える。本稿では、必要に応じてサブグラフの MBB を定義し、サブグラフを用いた空間関連を求めることができる (図 2)。

従って、ビルの構成物である自動ドアの MBB を生成すれば、自動ドアの制御に関する記述が可能となる。

また、ノード間のつながりを管理することで目的のオブジェクトへの検索が容易に行なえる。

ノードのつながりは、部品が属している上位ノードへのポインタとノードに属している下位ノードへのポインタの集合を用いる。

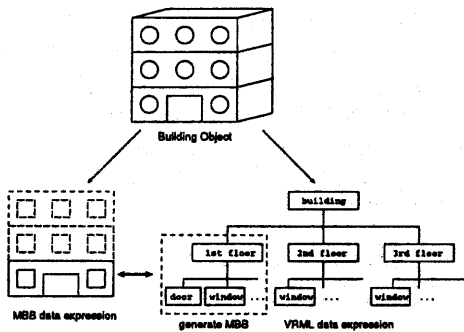


図 2 VRML ファイルと MBB の対応

3. 空間関連

本稿では、オブジェクト間関連を、オブジェクトの向きや位置などに依存しない位相関連、オブジェクトの方向を利用した方向関連、オブジェクトの距離を意味としてとらえる距離関連の三つに分けて議論する。

3.1 位相関連

位相関連は、Egenfoher らによって提案された 9-intersection model をにより図 3 のように

定義する [4]。9-intersection model では、2 つのオブジェクト A, B をそれぞれ内部、境界、外部の 3 領域に分類し、それぞれの領域の交差の有無を記述することで A, B 間の位相関連を表す。

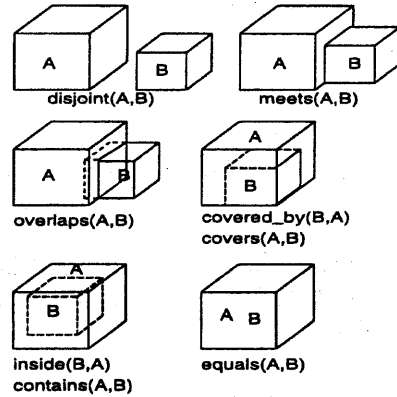


図 3 3次元の位相関連

3.2 方向関連

方向関連は次の 2 種類を用いる。

(1) 絶対的方向関連

北や南などの関連を表す。本稿では、x 軸正の向きを east 関連、x 軸負の向きを west 関連、y 軸正の向きを upper 関連、y 軸負の向きを lower 関連、z 軸正の向きを north 関連、z 軸負の向きを south 関連とし以下のように表現する。

```

<dir> ::= <X> - <Y> - <Z>
<X> ::= north|south|NULL
<Y> ::= east|west|NULL
<Z> ::= upper|lower|NULL
    
```

例えば、A の北に B がある場合、north(A,B) と記述し、A の南東に B がある場合は、south-east(A,B) と記述する (図 4)。

(2) 相対的方向関連

オブジェクトの向きを forward 関連、オブジェクトの傾きの方向を right 関連とする。above 関連は、向きと傾きの 2 方向に対応したベクトルの外積を用いて定義する。それぞれのベクトルの逆ベクトル

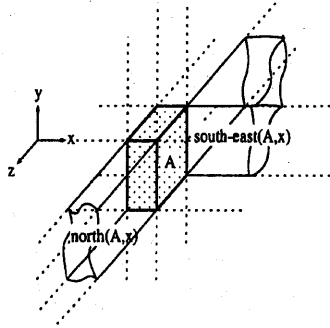


図 4 絶対的方向関連

の関連は, backward, left, below 関連である. 記述は, 次のように表現し, 絶対的方向関連と同様に扱う.

$\langle dir \rangle ::= \langle X' \rangle - \langle Y' \rangle - \langle Z' \rangle$
 $\langle X' \rangle ::= forward|backward|NULL$
 $\langle Y' \rangle ::= right|left|NULL$
 $\langle Z' \rangle ::= above|below|NULL$

一方の MBB が他の MBB を内包している場合は, 方向関連として表現しない.

3.3 距離関連

距離関連には, 次の 2 種類が存在する.

- (1) 意味的な距離関連
“公園より遠い” など意味的な関連
- (2) 数値的な距離関連
“AB 間は 10m 離れている” など具体的な数値を用いる関連

意味的な距離関連においても近い, 遠いなどの基準となる距離を利用者が指定しなければならない. 従って, 意味的な距離関連も数値的な距離関連に変換して扱うことができる.

距離関連は, 二つの MBB の中心を結ぶ線分の長さによって表現する (図 5).

4. 利用者による情報選択の条件

4.1 情報選択条件の記述

情報選択の条件記述には, アクティブデータベースなどで用いられる ECA 規則 (Event-Condition-Action rule) の形式を用いる [5].

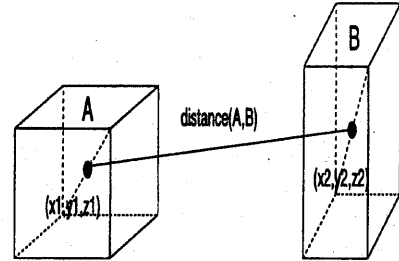


図 5 3次元空間における距離関連

- (1) Event
情報選択の対象となる情報の種類を記述する. 例えば, オブジェクトの話や, オブジェクトの移動などが挙げられる.
- (2) Condition
情報を選択するための条件を記述する. 条件は, 利用者の注目する領域と空間関連を記述する.
- (3) Action
Condition を満たしたオブジェクトから情報を受けとり情報を処理する.

この規則の使用例として, 共有仮想空間内である領域 A での交通量調査を考える. オブジェクト O が移動するという Event を発した場合, 領域 A とオブジェクト O の空間関連を調べる. それらの空間関連が Condition を満たしていれば, Action に従って交通量を集計する.

また, 領域に対する情報選択条件を複数記述することを許す.

4.2 定義領域の記述

利用者は次の領域を定義できる.

- (1) オブジェクトから独立した領域の定義
領域の定義は, 具体的な座標を入力することで行なう. 入力する座標は 2 点であり, 領域の形状は, その 2 点を対角線とし各座標軸に平行な辺を持つ直方体である.
- (2) オブジェクトを利用した相対的な領域定義
領域の定義は, まず, 対象とするオブジェクトを指定する. 次に, 以下の方法のどちらかを用いて領域定義を行なう.
 - (a) 方向を指定する方法
26 方向のいずれかの方向と奥行きを数値で指定.

(b) 距離を指定する方法

オブジェクトの中心を始点とし数値を用いて指定する。このとき、領域の形状は、距離を半径とした球となる。

4.3 空間関連の判定

MBB の各辺は各座標軸に平行であるため、オブジェクト間の位相関連と方向関連は、MBB を各座標軸に射影して得られる1次元軸上の区間の関連の組として表すことができる。

1次元軸上の2区間の関連の表現には、増永が提案した区間関連を用いる [6]。区間関連には、位相関連と順序関連があり、図6, 7のような定義がなされている。

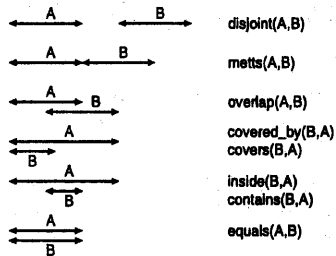


図6 1次元空間における2区間の位相関連

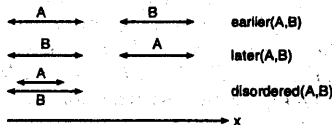


図7 1次元空間における2区間の順序関連

図6は、3次元空間での位相関連を求めるのに利用する。図7は、方向関連を求めるのに利用する。

区間関連は、2区間の始点と終点をそれぞれ比較することで求めることが可能である。区間関連の組を用いて空間関連を求めた方が3次元空間で直接それぞれの関連を求めるより計算コストが少ない。

距離関連は、MBB の中心を結ぶ線分の長さを利用するため3次元空間上で直接求める。

5. 情報交換支援システムアーキテクチャ

本稿で提案するシステムには、次の三つの機能が要求される。

- (1) コミュニケーション
文字列もしくは音声を用いて会話を行なう。
- (2) オブジェクトの交換
仮想空間以外で作成された文章や画像などを仮想空間内でオブジェクトとして表現し利用者間で交換する。
- (3) 情報選択条件の処理
仮想空間で多数交換される情報から利用者の要求する情報を選択する。

また、情報交換支援システムの構成はクライアント/サーバ型である (図8)。

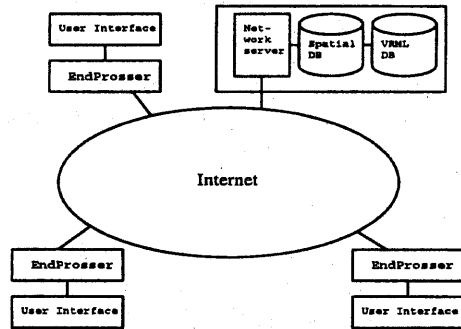


図8 情報交換支援システム構成

5.1 サーバ

サーバは仮想空間内のデータを管理し、利用者の活動を支援する。

サーバは、次の三つの構成要素からなる。

- (1) VRML DB
共有仮想空間で用いる VRML 画像を管理するデータベース。
- (2) Spatial DB
共有仮想空間を管理し情報選択の処理を行なうデータベース。
- (3) Network server
ネットワークの管理を行なうシステム。

ネットワークサーバは、ネットワークからの情報を処理し空間データベースへ渡す。また、空間データベースからの情報に従ってネットワークへ情報を渡す。空間データベースは、ネットワークサーバからの情報に基づき仮想空間の状態を修正し、利用者が要求した情報

(VRML 画像, 会話等) をネットワークサーバに返す。VRML データベースは, 空間データベースの要求に従い VRML 画像もしくは MBB を返す。

5.2 クライアント

クライアントは, 共有仮想空間内で利用者が活動するためのインタフェースを提供し, 利用者の操作をサーバが効率的に処理に処理できるような前処理を行なう。

クライアントの構成は次のとおりである。

- (1) 利用者インタフェース
利用者が共有仮想空間を閲覧するためのインタフェースと情報選択条件の入力インタフェースがある。
- (2) エンドプロセッサ
利用者の向きを利用した方向から絶対的方向への変換などの情報選択に必要な前処理を行なうシステム。

6. 考察

インターネットのような世界的規模のネットワークでは, LAN などの局所的なネットワークに比べ帯域幅が狭く, 遅延が大きい。また, 電子メールや動画など様々なデータが交換されている。このようなネットワーク環境でリアルタイムな情報交換を行なうには, ネットワークの負荷を減らす必要がある。本稿で提案するシステムでは, サーバ側ですべての情報選択の処理を行うため, 情報を必要とする利用者だけに送信することで, ネットワークへの負担を減らすことができる。また, このシステムで選択する情報は, 会話だけに限定したものではない。従って, 仮想空間での Level of Details (LoD) のような画像の質に関する操作も利用者が任意に定義できる。

7. まとめ

本稿では, 共有仮想空間内で利用者の注目する領域を任意に定義することで, 大量に交換される情報から利用者が必要とする情報だけを選択する方法を提案した。本稿で提案した方法では, 利用者の定義した領域とオブジェクトの空間関連を調べることで情報を選択する。オブジェクト間の空間関連を求めるのに, オブジェクトの形状から直接求めていたのでは, 計算コストがかかるので, MBB 法を用いてオブジェクトを近似表現した。また, オブジェクトの向

きも, 26 の方向のいずれかに近似する。次に, 情報選択の条件記述のための位相関連, 方向関連, 距離関連の三つの空間関連を定義した。空間関連を利用した情報選択の条件記述法と領域定義法を提案した。最後に, 本稿で提案するシステムの構成と機能を示し考察を加えた。これにより, 従来の手法に比べてより自由度の高い情報選択が可能となる。

今後の課題として, 本稿で提案した手法の実装と, 情報選択の条件に矛盾があった場合の処理について考察を行なう。

謝辞: 本稿の作成にあたり, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科の清光英成氏には様々な議論に参加して頂き感謝致します。植村研究室の皆様には, 本論文を作成するにあたり数々の御助言を頂き, 感謝致します。

参考文献

- [1] VRML Architecture Group: "VRML2.0", <http://vag.vrml.org/VRML2.0/FINAL/>, 1996, 8.
- [2] Michael R. Macedonia, Michael J. Zyda, David R. Pratt, Donald P. Brutzman, Paul T. Braham: "Exploiting Reality with Multicast Groups: A Network Architecture for Large-scale Virtual Environments", *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 38-45, September 1995.
- [3] T. Brinkhoff, H.-P. Kriegel, R. Schneider: "Comparison of Approximations of Complex Objects Used for Approximation-Based Query Processing in Spatial Database Systems", *Proc. IEEE Int'l. Conf. on Data Eng.*, pp.40-49, Vienna, Austria, apr. 1993.
- [4] M. J. Egenhofer: "Point-set topological relations", *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 161-174, Taylor&Francis, 1991.
- [5] Jennifer Widom, Stefano Ceri: *Active Database Systems Triggers and Rules For Advanced Database Processing*, Chapter 1 Introduction to Active Database Systems, pp. 1-40, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1996.
- [6] Yoshifumi Masunaga: "An Interval-Based Approach to Spatio-Temporal Data Model for Virtual Collaborative Environments", *Proceedings International Symposium on Cooperative Database Systems for Advance Applications*, Vol. 2, pp. 341-348, Dec. 5-7, Heian Shrine, Kyoto.