

# 三次元モデルの部分領域記述のための離散方向表現手法

北海道大学大学院情報科学研究科 ○竹内裕昭 小野里雅彦 田中文基

## 要旨

三次元モデルの特定の領域を、位相データ構造に依存せずに記述することは、モデルへの技術情報の付与に必要な技術である。本論文ではモデルの指定領域とモデルの原点を結ぶ半直線とその交差番号により位置を特定し、その半直線を離散的な方向記述により表現する手法を提案する。

## 1. はじめに

三次元モデルに対して何らかの技術情報を付与する場合、その位置や領域を特定する必要があるが、一般的な CAD ソフトウェアのアノテーション機能を用いた場合には、システム固有の位相データ構造を用いて領域が特定されるため、異なるソフトウェア間で情報をやりとりする場合に位置情報が失われてしまう (図 1(a))。

本論文ではモデルの領域を位相データ構造に依存せずに特定する汎用的な手法として、モデルの指定領域とモデルの原点とを結ぶ半直線とその交差番号で領域を表現する手法と、得られた半直線を離散的な方向記述により表現する手法を提案する。離散化には 120 面体と正 20 面体を階層分割する手法を取り上げ、それぞれの利点と欠点を比較検討した。

また、実際に本手法を、複合現実感による三次元入出力デバイスから三次元モデルに情報を埋め込むシステムに適用することで、その有用性を実証した。

## 2. 汎用的な三次元位置表現

三次元モデルの任意の位置  $P$  を下記の手法により表現する。

1. モデルの原点と位置  $P$  を結ぶ半直線  $l$  を求める
2. 半直線  $l$  が原点から見て、位置  $P$  までにモデルと交差する回数  $n$  を求める
3. 半直線  $l$  と交差回数  $n$  により位置  $P$  を表現する

2. において半直線  $l$  とモデルとの交差判定を行うことになるが、交差判定を行う API は多くの CAD ソフトウェアに用意されているため、半直線により汎用的に位置の特定を行うことができる。

本手法により図 1(a) の点  $P$  を表現すると図 1(b) のようになる。

また、位置  $P$  がモデルの  $XY$  平面上にあるような場合には、半直線  $l$  がモデルとの交点を持たないため、交差回数  $n$  が求まらない。この場合には半直線を 2 本用いる。原点  $O$  から点  $P$  以外の方向に半直線  $l_1$  を引き、 $l_1$  とモデルとの  $n_1$  番目の交点  $P_1$  から点  $P$  に向けて半直線  $l_2$  を引く。半直線  $l_2$  とモデルとの交点が存在すれば交差回数  $n_2$  を求める。こうして得られた  $(l_1, n_1, l_2, n_2)$  により位置  $P$  を表現する (図 1(c))。

## 3. 離散方向表現

上で述べた手法により得られた半直線  $l$  を数値化する。  $l$  の開始点は特定できるため、半直線  $l$  の方向を数値化することになる。

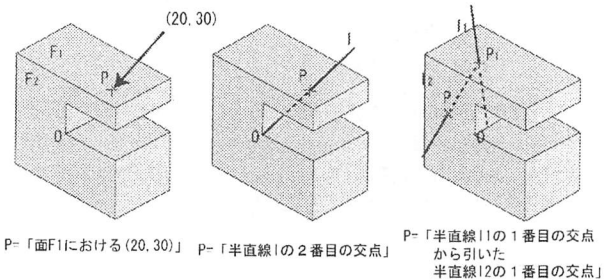


図 1: 位相構造に依存しない位置表現

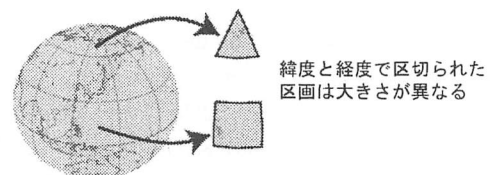


図 2: 極座標表現と方向による分解能の違い

方向の一般的な表現には経緯度の組  $(\theta, \phi)$  のような極座標表現が考えられるが、極座標では  $\theta, \phi$  により区切られた区画の大きさが方向により異なる。例えば図 2 の地球儀を考えると、極付近は赤道付近よりも分解能が高くなってしまい、一定にならないことが分かる。本論文の目的はモデルの任意の位置を表現することであるので、位置によって分解能が異なる極座標表現は利用できない。

そこで、半直線  $l$  の方向表現として、階層球面三角メッシュ (HTM: Hierarchical Triangular Mesh<sup>(1)</sup>) により分割された球面上の三角形の重心を用いる。

HTM は 4 面体の各三角形の 4 分割を繰り返すことで 4 面体を階層的に分割する手法である。本研究ではより均一な三角メッシュを得るため、120 面体や正 20 面体から分割することを試みた。

## 4. 120 面体による階層分割 HTM-120

120 面体は正 8 面体を 5 つ組み合わせた正複合多面体であり、120 個の面と 30 個の頂点により構成される。120 面体を HTM により階層的に分割する手法をここでは HTM-120 と呼ぶ。

HTM-120 では半直線  $l$  が 120 個の面のうち、どの面を通過するかを高速に判定することが可能である。図 3 の場合、 $l$  と 30 個の頂点との内積をとり、最大となる頂点が  $V_1$ 、2 番目に大きい頂点が  $V_2$  となるため、半直線  $l$  が通過する面は、面  $F$  であることが分かる。

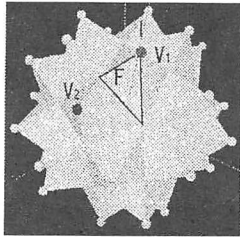


図 3: 120面体と半直線の通過面の判定

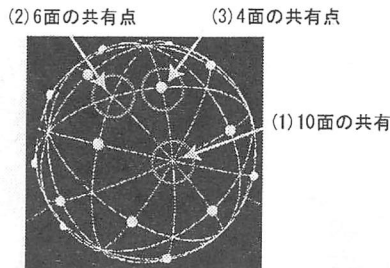


図 4: 120面体の球体への射影と三角形形状

面  $F$  をコード化する場合には、 $V_1$  を表す [0-29] の数値とその周りの4点のうちどの点が  $V_2$  であるかを表す [0-3] の数値でコード化することで、コードから面  $F$  を特定することができる。

しかし120面体には次のような問題がある。120面体を球に射影したとき、球面の接続点は(1)10個の球面の共有点、(2)6個の球面の共有点、(3)4個の球面の共有点の3種類が存在する。そのため、球面三角形は正三角形から大きくはなれた形状になり、頂点間の距離が異なるため、方向表現として利用する上で問題となる(図4)。

## 5. 正20面体による階層分割 HTM-20

正20面体は正三角形で構成され、正多面体の中でもっとも大きな多面体である。正20面体をHTMにより階層的に分割する手法をHTM-20と呼ぶ。

HTM-20は半直線  $l$  と交差する面の判定を幾何学的に行う必要があるため計算コストは高くなるが、正三角形を元としているためにHTM-120よりも頂点間の距離の違いは少ない(図5)。

HTM-20により半直線  $l$  を次の手順でコード化する。半直線  $l$  と正20面体の各面との交差判定を行い、交差する面のコードを[00-19]の範囲で求める。次に、三角メッシュの4分割を繰り返し、直線と交差する面を判定してその面の番号を[0-3]の数値に割当て、コードに順次追加していくことで次元の数値列に変換する。必要な精度が得られた時点で繰り返しを終了し、モデルとの交差番号を  $[-n]$  として追加する。

復元時には、コードの先頭から順に三角メッシュをたどることで半直線  $l$  を復元し、モデルの原点から  $l$  の方向にモデルとの  $n$  番目の交点を求めることで、3次元の位置を復元することができる(図6)。

## 6. 情報付与システムへの応用

3章で述べた位置の離散方向表現を情報付与システムに適用した。開発した情報付与システムは、複合現実感により視覚と触力覚を融合したデバイスであるXEONA<sup>(2)</sup>

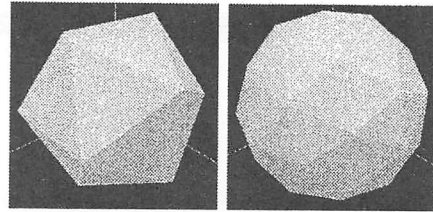


図 5: 正20面体による階層球面分割

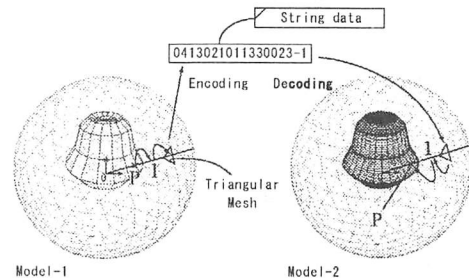


図 6: 位置 P のコード化と復元



図 7: 情報付与システムへの応用

を用いて、3DCADソフトウェアで作成したモデルに対して直感的に情報の埋め込み点や抽出点を指示することができ、また情報の入力には音声入力を可能としている(図7)。

本システムでモデルにテキスト情報を埋め込む際に、埋め込み点の位置情報を本手法によりコード化し、テキスト情報を含むXMLデータの属性として与える。抽出の際にはコードから変換されたモデル上の位置にスタイラスで触れることで情報がディスプレイに提示される。

## 7. まとめ

モデルの位置と原点を結ぶ半直線と交差番号で位置を表現し、またその半直線を離散的な方向記述により表現する手法を提案した。離散化には120面体と正20面体を階層分割する手法を比較し、正20面体から階層分割する手法を採用した。また、実際に本手法を、モデルへの情報付与システムに適用することで、その有用性を実証した。

今後は本手法を拡張することにより、モデルの領域を位相データ構造に依存せずに指定する手法を開発する。

## 参考文献

- (1) P. Z. Kunszt, A. S. Szalay, A. R. Thakar, *The Hierarchical Triangular Mesh*, Dept. of Physics and Astronomy, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21218 (2001)
- (2) 中川, 小野里, マルチモーダル型3Dユーザインタフェースの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム'99, pp. 303-308 (1999)