

## R6 形状特徴を考慮した仮想オブジェクトのマルチスケール表現法

若月 大輔<sup>†</sup>      石井 郁夫<sup>†</sup>      今井 博英<sup>†</sup>      高橋 章<sup>††</sup>      牧野 秀夫<sup>†††</sup>  
<sup>†</sup>新潟大学大学院自然科学研究科      <sup>††</sup>長岡工業高等専門学校      <sup>†††</sup>新潟大学工学部情報工学科

### 1. はじめに

近年、サイバースペースと呼ばれるリアルタイム三次元空間共有に関する研究が盛んである。本論文では、形状操作を伴う遠隔共同作業が可能な広域仮想空間の表現に適した仮想物体形状表現法について提案する。

広域仮想空間では、視点から遠方にある物体は小さく表示されるため概略的な表現でよいが、近づくと細かい形状表現が必要になる。多くのモデルは形状表現の細かさの制御ができないので、遠方の物体に必要な以上の細かさを与えることになり、 unnecessaryな描画処理時間を費やしてしまう。複雑な形状の物体が多数配置された広域仮想空間では極めて非効率な描画処理が行われる。描画処理効率を高めるために、視点とオブジェクト間の距離に応じて形状の細かさを切り換えて表示するLOD (Level Of Detail) がVRMLに実装されている。しかし、簡略形状の作成が自動化されていないことや、レベル数が粗く切り替え時の形状変化が目立つという問題点がある。

本論文では、通常のサーフェスマデルを基にオブジェクトの簡略形状を自動生成できること、簡略形状において必要な形状特徴を損なわずに視点とオブジェクト間の距離に応じて形状の細かさのスムーズな切り換えが可能な形状表現法を述べる。

### 2. 形状モデル

#### 2.1 Octant パッチ

仮想オブジェクトのマルチスケール表現を実現するため、空間を階層化し局所的な処理が可能であるOctreeデータ構造を採用した。提案する形状モデルの元オブジェクトデータとして、ポリゴン面からなるモデルを使用する。

Octreeデータ構造とは1つのノードが8つの子ノードを持つtree構造である。Octreeデータ構造はオブジェクト同士で干渉判定を容易に行える特長があり、集合演算等の形状操作処理にも有効である。Octreeデータ構造のノードをOctantと呼ぶ。根にあたる立方体(1辺の長さ $a$ )をレベル0として順にレベル番号を付す。レベル $L$ では1辺の長さは $a/2^L$ のOctantとなる。

Octantで形状を滑らかに表示するためにOctantに内包される等値面パッチ (Octantパッチ) により形状を生成する[2]。すべてのOctantパッチはOctreeデータ構造によって階層化されるので、描画に用いるOctreeのレベルを制御することで単純なLOD処理が可能で

ある[1][2]。

Octantがオブジェクトのポリゴン面と干渉する場合にOctantパッチを生成する。各Octantに干渉する面の状態について、図1に示すようにOctantの種類を(a)~(f)の6つに分類する。状態(a)~(e)は分割不要なOctantで形状表示可能な等値面データを持つ。状態(f)が生じたときは図1の右図のように、子Octantを作成し状態(a)~(e)に分割する。

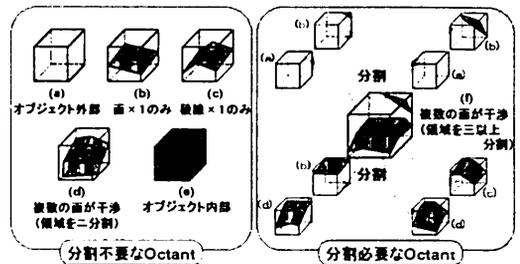


図1: Octantに割り当てられる状態

OctantパッチデータはOctant立方体格子を構成する8頂点のオブジェクト内外データ、及び12の有効稜線の干渉位置データで構成する[2]。しかし、Octant毎にこれらのデータを与えると、図2のようにデータが重複して冗長になる。そこで図3の太線で示す1つの頂点と3つの稜線データのみをOctantに格納し、残りのデータを隣接する7つのOctantより得ることでデータ量を抑える。

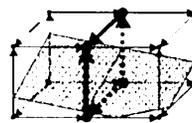


図2: 隣接するOctant同士で、重複するデータ

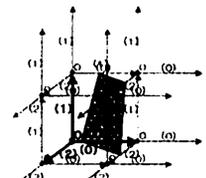


図3: Octantに格納する頂点、稜線データ

#### 2.2 形状特徴量による描画形状制御

人間がオブジェクトの形状特徴を判断する一つの方法として、オブジェクト形状の尖鋭さや緩やかさなどの形状の起伏がある。ここでは図1の(b), (c), (d)についてOctantパッチの形状の起伏を表す形状特徴量 $S$ をそれぞれ式(1), (2), (3)のように定義する。

$$S = L \tag{1}$$

$$S = \frac{(n_1 \cdot n_2) + 1}{2} \times L \tag{2}$$

$$S = \frac{(n_1 \cdot n_j) + 1}{2} \times L \tag{3}$$

$L$  は評価する Octant のレベル数である。式 (2) の  $(n_1 \cdot n_2)$  は 2 つの面の法線ベクトルの内積、式 (3) の  $(n_i \cdot n_j)$  は隣接する面間の法線ベクトルの内積のうち最小の値である。

形状特徴量は Octree のレベルに関連付けられて設定されている。Octree の最大レベル数を  $L_m$  とすると、 $S$  は  $0 \leq S \leq L_m$  の値をとり、Octant 内の面が先鋭なほど小さな値をとる。

簡略化形状を得るには、形状特徴量の閾値を与えて、順に Octree を辿り、閾値<形状特徴量となる Octant を選択し、それらの Octant パッチ群より形状を得る。その際、表示に必要な細かすぎるレベルの Octant は選択しないようにレベルを制限する。形状特徴量の閾値を視点とオブジェクトの距離に応じて変えることによって、距離に応じた簡略形状を得ることができる。距離によって Octant のレベルを直接切り替える方法よりも多段階で滑らかな形状切り替えが実現できる。

### 2.3 表示の細かさ

仮想空間の表示においては、オブジェクトの大きさが実世界の場合とほぼ等しくなるように透視投影変換を行う [2]。視点とオブジェクトとの距離をオブジェクト形状の細かさにリニアに対応させる。オブジェクトの最も精細な形状表示を行う距離  $d_s$ 、Octree 形状モデルの最大レベル  $L_m$ 、視点とオブジェクトまでの距離  $d$  とする場合、形状特徴量に関する閾値  $L_v$  を式 (4) で求める。

$$L_v = L_m + \log_2 \left( \frac{d_s}{d} \right), \quad (0 \leq L_v \leq L_m) \quad (4)$$

### 3. 実験・結果

実験環境は SGI VWS 320 (Pentium II 550MHz)、描画は OpenGL を用いた。対象オブジェクトのポリゴンの数は 5804 である。オブジェクトを包み込む立方体の一辺の長さを約 250mm、最小の Octant の細かさを 1mm とすると Octree の最大レベル数は 8 となる。Octree 形状モデルへの変換時間は 36 秒で、データ量は約 35MByte であった。

マルチスケール表現を施さない通常モデルの場合 (図 4、5)、Octree のレベルのみで階層化した形状簡略化法 [1][2] (レベル制御方式) (図 6、7)、本方式 (特徴量制御方式) (図 8、9) の表示比較結果を示す。レベル制御方式の簡略形状で尾や足などの一部が欠けてしまうが (図 7)、特徴量制御方式では形状が保存されている (図 9)。特徴量制御方式はレベル制御方式に比べて簡略時のポリゴン数が多いが、通常モデルよりは大幅に削減されている。特徴量制御方式は簡略形状を形状の局部特徴量で制御するので、距離の変化に応じ

て滑らかで自然なスケール変更が可能である。

### 4. まとめ

オブジェクト形状の起伏など局所的な形状特徴量を導入して、視点からの距離に応じて描画の細かさを制御できる形状モデルを提案した。距離に応じて形状の細かさを滑らかで自然に変更でき、簡略形状でも形状特徴が保存できることが確認された。視点からの距離と描画の細かさの関係は式 (4) の  $L_v$  によって制御されるが、必要以上にポリゴン量が多くならないように最適化について検討する必要がある。また、Octree 形状モデルは境界データだけでなくボリュームデータの取り扱いも可能であることから、今後はボリュームの効率的な取り扱い方について検討したい。

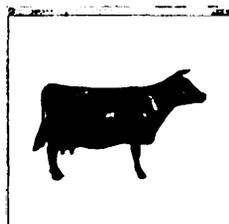


図 4: 通常モデル (距離 1m, 面数 39395)

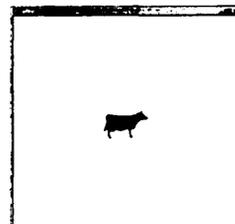


図 5: 通常モデル (距離 4m, 面数 39395)

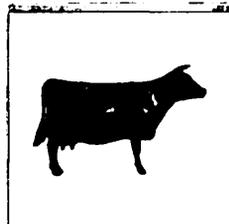


図 6: レベル制御方式 (距離 1m, 面数 13192)



図 7: レベル制御方式 (距離 4m, 面数 880)



図 8: 特徴量制御方式 (距離 1m, 面数 22888)



図 9: 特徴量制御方式 (距離 4m, 面数 5326)

#### 参考文献

- [1] WANG, Shengjin. SATO, Makoto. KAWARADA, Hiroshi: Multiresolution Model Construction from Scattered Range Data by Hierarchical Cube Based Segmentation, IEICE, VOL.E80-D, NO.8, pp.780-787 (1997)
- [2] 若月大輔, 石井郁夫, 今井博英, 高橋章: 広域仮想空間提示の一方法と空間中のオブジェクトのモデリング法, 日本バーチャルリアリティ学会第4回大会論文集, pp.355-358 (1999年9月)