

## 階層的な3次元物体形状の高効率符号化

2D-5

鳥山 裕史 岸野 文郎  
(株)ATR通信システム研究所

## 1. はじめに

臨場感通信会議など、通信回線を介して仮想現実感を実現するためには、3次元物体形状などの情報を効率良く伝送、蓄積する技術が不可欠である。このような分野では、高品質な仮想現実感を得るため、また、多種多様な物体形状情報を容易に得るために、実在物体の形状計測データを用いる必要性が高く、特にこれらの情報を効率的に表現する技術が重要となってくる。形状情報の表現方法としては、入力(計測データ)、出力(レンダリングアルゴリズム)とマッチングの良い方法が望ましいが、計測データにはボクセルの3次元配列による表現などが有利で、一方、高速にレンダリングするためにはパッチなど幾何学的な表現が有利であり、どちらも最適とはいえない。最近ではボクセル表現を直接レンダリングする方法についても研究が進められており<sup>1) 2)</sup>、ボクセル表現のまま伝送し、それを直接レンダリングするという方法が優位に立っている可能性がある。このようなボクセル集合を効率的に表現する方法にoctree<sup>3) 4)</sup>と呼ばれる方法がある。octreeでは、物体の表面積に比例する情報量ですみ、また、解像度に対する階層性を有するという特長があるが、木構造をしているためそのままでは伝送に向きである。

ここでは、octreeの階層構造を保存したまま、効率的に可逆符号化する方法について検討を行った。参照モデルとしては、近傍のoctreeノード値に対する条件付き生起確率を用い、その符号器の規模に関する検討、コンテキスト数削減方法に関する検討を行った。実際のデータを用いた実験の結果、octreeのノードあたりのエントロピは約4ビットとなり、参照モデルを用いない時の60%程度となることがわかった。

## 2. Octree上での参照モデル

octreeは、3次元空間を物体があるかないかに従って階層的に8分割することによって表現を行う方法である。各ノードは、その部分空間に物体がない、物体を含む、全て物体で占められる、の3値(0、Mixed、1)をとる。ここでは、octreeの階層性を損なわずに符号化を行うため、上位階層から順に、親を共有する8ノードを一括符号化(無歪みのベクトル符号化)していく方法を用いることにする<sup>5)</sup>。この場合、参照可能なノードは上位階層の全てのノード、および同一階層にある符号化済みノードであるが、ここではコンテキスト数(参照ノードの状態数)を現実的な範囲に抑えるため、参照ノードは6近傍のものに限定することとして議論を進める。この方法で、図1の $[n_0, n_1, \dots, n_7]$ を一括符号化する場合、 $n_0$ 等より一つ上位のレベルに属する、 $[r_0, r_1, \dots, r_5]$ の6ノードが参照され、コンテキスト数は、 $3^6 = 729$ となる。この条件付確率モデルに基づき、各ノード値を多値算術符号などによってエントロピ符号化することによって、階層性を保ったまま高効率な符号化を行うことができる。

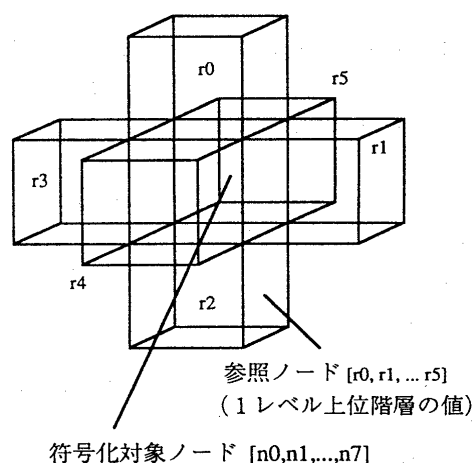


図1. 参照モデル

### 3. コンテキストの統合

エントロピ符号器の条件付き生起確率表のサイズは符号語数とコンテキスト数の積に比例するため、コンテキスト数を削減することは重要である。このとき、コンテキスト数に応じたペナルティとエントロピの和を最小化することが理想である。エントロピをあまり増加させずにコンテキスト数を削減するには、(1)出現頻度が低く、総エントロピに対する寄与度が低いコンテキストを統合する、(2)符号語分布が類似するコンテキストを統合する、などの方法が利用できる。さらに、コンテキストによって一意に決定できる可逆変換を用い、その変換後の符号語分布によって統合を行うことも可能である。ここでは、符号語が空間的に隣接するノードの直積であること着目し、(3)ノード値のビット位置の入れ換えを許し、この変換後の符号語分布が類似するコンテキストを統合する、という方法を用いることにする。この場合、符号化の流れとしては、コンテキストに応じた変換によって符号語を変換したものを、統合されたコンテキストによって条件付きエントロピ符号化し、復号側ではその逆変換によって正しい符号語を取り出すことになる。

統合の組合せは、大量のサンプルを用意し統計的に求める、等方性などの仮定から作成する、といった方法がとれる。それぞれについて実現方法の例を次に示す。

[1]あるコンテキストに着目し、このコンテキストで生起する符号語を変換(8!種類)し、別のコンテキストに統合した時のエントロピ増加分を求める。これを全てのコンテキストに対して求め、増加分が最小となるコンテキスト対と変換の組合せによって統合を行う。これを増加分とコンテキスト数に応じたペナルティが均衡するまで繰り返す。

[2]3次元空間上での回転によって一致するコンテキストを統合する。空間上での回転パターンは全部で24種類あり、これを用いることによってコンテキスト数729が、57に削減できる。

[1]の方が一般性が高いが、大量のサンプルデータを用意しないとサンプルのばらつきにより、適切でない統合が行われる可能性がある。実験は[2]の方法について行った。

表1. エントロピの比較

	対象ノード数	本方式 (bit)	参照なし (bit)
obj1:	695480	281578.98	544049.63
obj2:	303784	114527.54	211996.21
obj3:	184368	56879.88	125329.24
obj4:	126200	34977.56	76849.90

### 4. 実験結果

実験には、回転型3次元ディジタイザ(光切断法)によって測定した距離データをボクセルマップに変換したものを4種類使用した。なお、この方法によっても上部、下部のデータが欠落するが、これは複数の方向から計測したデータを合成することによって補っている。データは、一辺0.8mmのボクセルが512×512×512個、データ量は128メガビットである。

最下位レベルノードに本方式を適用した場合のエントロピーと、参照を行わない場合のエントロピーの比較を表1に示す。参照モデルのサイズを考慮しても、本方式によって、情報量を40%程度削減できるという結果を得ている。

### 5. むすび

octreeによって階層的に表現された3次元物体形状情報を効率的に符号化する方法を提案した。実験の結果、この方法を適用することにより、マルコフモデルを用いない場合に比べ40%程度情報量を削減できる可能性が示された。今後、さらに一般性の高い符号化モデル縮小方法についても検討を進める予定である。

### 6. 参考文献

- [1] 新谷、「レンダリング技術の研究動向」、信学技報、IE89-94、1989.
- [2] 山本、「計算量から見たレンダリングアルゴリズムの比較」、信学技報、IE90-98、1990.
- [3] C.L.Jackins and S.L.Tanimoto, Oct-Trees and Their Use in Representing Three-Dimensional Objects, Computer Graphics and Image Processing, 14, 1980.
- [4] Geometric Modeling Using Octree Encoding, Computer Graphics and Image Processing, 19, 1982.
- [5] 鳥山、「Octree表現された3次元物体形状の高効率符号化」、TV学会技報、ICS'92-19、1992