

## 等値面データの情報源符号化に関する一手法

山下 主税<sup>†</sup> 西尾 孝治<sup>†</sup> 小堀 研一<sup>†</sup>

大阪工業大学

## 1. はじめに

近年、計算機の性能向上に伴い、各分野において画像処理技術が、広く用いられるようになってきた。医療分野では X 線 CT や MRI によって撮影された画像が診断のために用いられている。これらの画像から Marching Cubes 法を用いて、等値面と呼ばれるデータを生成しそれを解析することで、診断への応用が行われている。一方で、等値面のデータ量は増加している。そのため、ストレージに保存する際や、ネットワークで転送する際などに問題となる。

等値面データの圧縮を行う手法の 1 つに Yang らの手法<sup>[1]</sup>がある。Yang らは処理対象となる格子を限定し、チェーンコードで格子を接続することで可逆圧縮を行う手法を提案している。しかし、この手法では Marching Cubes 法の規則性を利用することはできない。

そこで、本研究では Marching Cubes 法の規則性を考慮した、情報源符号化の手法を提案する。提案手法では、面のパターン情報の格納方法を改良することで圧縮効率の向上を図る。

## 2. 提案手法

提案手法では、Yang らの手法を改良し、格子間の隣接情報をもとに情報源符号化を行う。本手法では、Marching Cubes 法で使用する 256 通りのパターンの利用頻度や対称性、連続性を利用する。なお本稿では、Marching Cubes 法で用いる格子を cube と定義する。

提案手法による情報源符号化の処理手順を以下に示す。まず、等値面を持たない cube を除外することでデータを削減する。次に、チェーンコードを用いて、cube の位置情報を符号化する。続いて、各 cube が保持するパターンを符号化し、得られた結果を出力する。なお、処理対象となる cube の抽出処理は、既存手法である Yang らの手法と同様の方法で行う。また以降の説明は簡単のため 2 次元の図を用いる。

## 2.1 cube の符号化

チェーンコードを用いて cube の位置情報を符号化する。Yang らの手法では平面上で 2 次元の

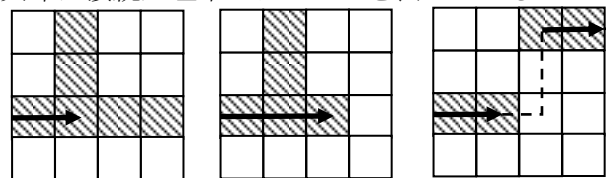
"Isosurface source coding using regularity of Marching cubes table"

<sup>†</sup> Chikara Yamashita, Koji Nishio and Ken-ichi Kobori  
Osaka Institute of Technology

チェーンコードを用いているが、その場合、2 次元平面の選び方によって圧縮率が異なるという問題がある。そこで提案手法では分岐点と終端位置を表す符号を導入し、3 次元のチェーンコードを生成する。

提案手法では、注目位置の近傍に存在する cube に対し、6 近傍で連結数を調べる。本稿において連結数とは、近傍に接しているチェーンで接続していない cube の数とする。処理過程では順次、連結数が最小となる cube に注目位置を移動し、その位置へ向かうための方向コードを格納する。また、より効率的な符号とするため提案手法では差分符号を格納する差分チェーンコードを用いる。提案手法では、3 次元空間で処理を行うために、3 次元差分チェーンコード<sup>[2]</sup>を使用する。

ただし、連結数が 0 となる箇所が多数存在する場合、効率的に符号化できない。そこで、提案手法では、方向コード 6 種類を含めた、合計 9 種類の符号を使用する。新しく提案する 3 種類の符号について図 1 を用いて説明する。同図の矢印は接続処理中のチェーンを表している。



(a) 符号 D (b) 符号 R (c) 符号 J

図 1 cube の符号化に使用する符号

まず、分岐点には符号 D を用いる。これは同図 (a) に示すように、チェーンが分岐点を接続する際に挿入する符号である。次に、終端位置を表す符号として、符号 R と J を用いる。この 2 つの符号は、同図 (b), (c) に示すように、チェーンが終端位置に到達したときに挿入する符号である。ただし、符号 D に戻った場合に、別の分岐からチェーンを接続できる場合は、符号 R を挿入し、それ以外の場合は符号 J を挿入する。

## 2.2 パターンの符号化

前節で算出したチェーンコードの情報をもとに、cube が保持するパターンの符号化を行う。Marching Cubes 法ではボクセルを 2 値化し、256 通りのパターンを当てはめることで三角形面を生成する。このパターンの利用頻度には偏りがあると考えられる。特に、対称性のあるパター

ンが多数利用されている。

そこで提案手法では、パターンを符号化するのではなく、ボクセルを2値化して得られる0,1の値を直接符号化する手法を提案する。図2に示すように、進行方向の矢印と交差する面の4隅の点の情報を1回で符号化する。同図のように対称性のあるパターンでは、進行方向に沿って差分をとると値は0となるため、方向に依存せず同じ符号を格納することができる。

図2に、cubeとチェーンコードとの関係を示す。同図中の矢印が直前のチェーンとすると、cubeを構成する8頂点のうち網掛け部の頂点は、すでに直前の経路で参照している。このため、未参照であるそれ以外の頂点の情報のみを格納する。以後、すでに参照された頂点を確定頂点とし、それ以外の頂点を候補頂点とする。

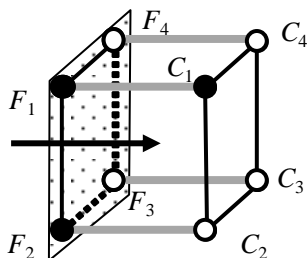


図2 パターンの差分値算出

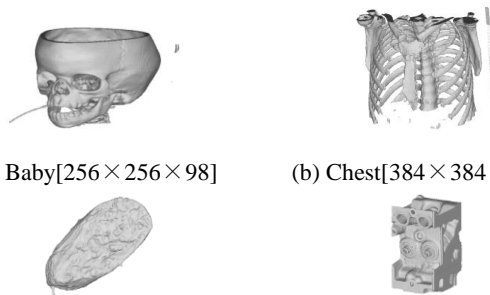
提案手法では、直前の4頂点とこれから記録する4頂点の差分値を記録する。確定頂点と候補頂点に格納されている値に対して排他的論理和を求め、得られた値を符号として格納する。候補頂点と確定頂点が保持する値が完全に一致した場合は符号0を、まったく一致しなかった場合は符号15を割り当てる。それ以外は、頂点の番号付けをもとに決定する。実際にパターンに関する符号sを算出する式を式(1)に示す。Fiは確定頂点、Ciは候補頂点を表す。

$$s = \sum_{i=1}^4 \{(F_i \oplus C_i) \ll (4-i)\} \quad (1)$$

また、対称性のあるパターンは利用頻度が高いだけでなく、連続して用いられることが多いため、同じ符号が連続して格納される。このように符号の偏りが大きくなることから、情報量を大幅に削減することができる。

### 3. 実験と考察

提案手法の有効性を検証するために、情報源符号化を行い、符号化後の情報量を算出した。実験に使用した等値面を図3に示す。括弧内の値はボリュームデータの解像度を表している。また実験では、従来法としてYangらの手法との比較を行った。表1に情報量の測定結果を示す。Rawデータは、提案手法適用前の情報量を表している。



(a) Baby[256×256×98] (b) Chest[384×384×240]

(c) Dualiella[512×512×200] (d) Engine[256×256×256]

図3 実験に使用した等値面

表1 実験結果 [bit]

	Rawデータ	従来法 <sup>[1]</sup>	提案手法
Baby	17,173,940	501,413	347,115
Chest	54,430,280	1,661,470	1,026,335
Dunaliella	30,164,345	801,163	582,902
Engine	70,707,471	953,437	555,572

表1に示すように、提案手法を適用することで、情報量はRawデータの0.8~2.0%に削減されている。また、提案手法は、Yangらの手法と比較すると、58.3~72.8%の情報量となる。この理由として、等値面が持つ連続性や対称性を利用できたことが考えられる。提案手法では、等値面の特性を利用することで、同じパターンが連続して現れる箇所では圧縮率が大きくなる。そのため、従来法と比べて情報量を多く削減できたと考えられる。

### 4. おわりに

本研究では、Marching Cubes法の規則性を用いた等値面データの情報源符号化手法を提案した。提案手法では、3次元差分チェーンコードを用いてcubeを接続することで、面が保持する情報量を削減した。また、パターンの偏りによる特性を利用することで、cubeが保持するパターンに関する情報量を削減した。最後に実験を行い、すべての実験データにおいて1面あたりの情報量が2.0%以下まで削減されたことを確認した。また、既存の情報源符号化手法との比較を行い、提案手法のほうが、情報量の削減率が高いことを示した。

今後の課題として、予測符号化の導入による情報量の削減率向上が挙げられる。

### < 参考文献 >

- [1] Shi-NineYang, Tian-ShengWu, "Compressing isosurfaces generated with marching cubes", The Visual Computer, Vol.18, No.1, pp.54-67, 2002.
- [2] Ernesto Bribiesca, "A chain code for representing 3d curves", Pattern Recognition, Vol.33, No.5, pp.755-765, 2000.