

# ベクトル量子化と DCT を用いたボリュームデータの圧縮\*

1R-02

春山 晃一 梅津 信幸†  
茨城大学 工学部‡

## 1 はじめに

現在、コンピュータ・グラフィックスや各種シミュレーションにおいては、ボリュームモデルよりもサーフェスモデルが主流であるが、サーフェスモデルによる取扱いが困難である圧力や流体などの対象には、ボリュームモデルが用いられている。特に、物体の表面情報だけでなく内部情報まで必要とする処理には、ボリュームモデルの方が適している。しかし、内部情報を保持することができる特性ゆえに、ボリュームモデルはデータ量が膨大であり、近年のコンピュータのハードウェア性能の向上をもってしても、未だにリアルタイムの処理や伝送は実現できていない。

そこで、ボリュームデータに対する圧縮・符号化方式が必要となる。本研究では、離散コサイン変換(DCT: Discrete Cosine Transform)を用いた圧縮・符号化方式を開発した [1]。この DCT 方式よりも更に高い圧縮性能を実現するには、原理的に異なるアルゴリズムが必要である。本研究では、ベクトル量子化 (VQ: Vector Quantization) を用いて圧縮処理を行うのに加えて、ベクトル量子化処理で生成されたコードブックを DCT 処理することによってデータ量を減らすハイブリッドな圧縮手法を提案する。

## 2 本手法の圧縮の流れ

本手法の圧縮処理は、大別すると、ベクトル量子化をする処理とコードブックを生成する処理、そしてエントロピー符号化/復号化の 3 つに分類することができる。

本研究における圧縮処理の流れを図 1 に示す。

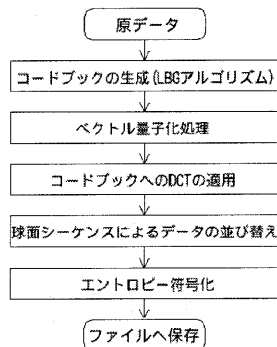


図 1: 本手法の処理の流れ図

\*Volume Data Compression Using Vector Quantization and Discrete Cosine Transform

†Koichi HARUYAMA, Nobuyuki UMEZU

‡Faculty of Engineering, Ibaraki University

## 2.1 ベクトル量子化のアルゴリズム

ベクトル量子化は、複数のスカラーデータを 1 組にまとめてベクトルとして扱い、それをコードブック中の最も類似したベクトルに置き換えて近似する手法であり、様々なデータに対して優れた符号化性能 (特に高圧縮率時) を示すことが情報理論の立場から明らかにされている [2]。

例として、図 2 に示した 2 次元画像についてベクトル量子化の概念を説明する。2 次元の場合、まず原画像を  $N^2$  個の画素からなるブロック (ベクトル一つに相当) に分割する。あらかじめ作成されているコードブック中のベクトルで、入力ベクトルと最も類似するものをマッチングにより決定し、その入力ベクトルをコードブック中のコードを示す番号に置き換える。結果として各ブロックのデータはコード番号へ変換され、データ圧縮が達成される。

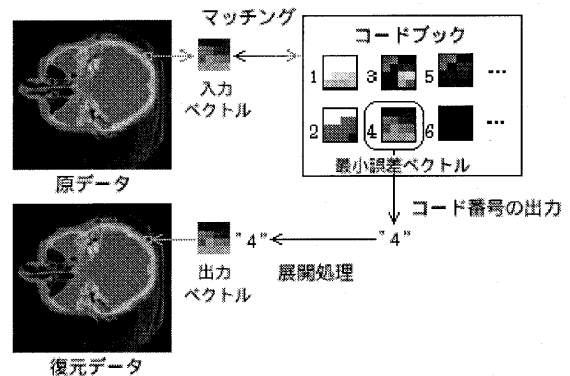


図 2: ベクトル量子化の概念図 (2 次元)

本研究では、原データから抜き出されたサブボリューム (2 次元でのブロックに相当) とマッチングするコードブックが「似通っているか」という類似度測定には、ベクトルの次元を  $K$  とし、コードブックのサイズを  $M$  としたとき式 (1) に示す平均二乗誤差で評価している。

$$d(x, \hat{x}_i) = \frac{1}{K} \sum_{m=1}^K [x(m) - \hat{x}_i(m)]^2 \quad (1)$$

$m = 1, 2, \dots, K$

## 2.2 コードブックの生成アルゴリズム

ベクトル量子化において、量子化に用いられるコードブックは圧縮性能を左右する最も大切なものである。本研究では、コードブックの生成に LBG アルゴリズムを用いる [3]。

### 2.2.1 LBG アルゴリズム

LBG アルゴリズムは、以下の手順に従う。

1. コードブックに登録すべき候補ベクトルの初期値をベクトル空間内に適宜定める
2. 各入力ベクトルと候補ベクトルとのマッチングを行い、両者の誤差(量子化誤差)が最小となる候補ベクトルで入力ベクトルを代表させる
3. 一つの候補ベクトルで代表された複数の入力ベクトルの平均を求め、その値を新たな候補ベクトルとする
4. 以降、量子化誤差の総和の減少が収束したとみなされるまで処理 2,3 を繰り返す

### 2.2.2 DCT

LBG アルゴリズムによって生成されたコードブックに DCT(Discrete Cosine Transform: 離散コサイン変換) を適用することで、データを空間周波数成分別に分解し、人間の視覚特性を利用した効率的なデータの削減を行う [4]。

3次元 DCT のアルゴリズムはサイズ  $N^3$  のボリュームデータに対し、単純に実装すると計算量が  $O(N^6)$  となり、現実的ではない。そこで、Chen らによって開発された 1次元高速 DCT アルゴリズム [5] を各座標軸に連続して適用することによって 3次元 DCT とする方法を用いた。この方法により  $O(N^3 \log N)$  と大幅に計算量が軽減された。

### 2.2.3 球面シーケンスとエントロピー符号化

ランレングス符号化を適用する場合、3次元に配置されたデータを 1次元のデータ列に並び替える必要がある。このとき、なるべくランレングスが長くなるような順序で並び替えることで、高い圧縮率が実現できる。DCT によって周波数領域に変換されたデータは、定常成分を原点としたとき、原点から遠い位置のデータほど 0 の出現頻度が高くなる。本研究では、JPEG で汎用的に使われているジグザグシーケンスを 3次元に拡張したアクセスの方法ではなく、より 0 の並ぶ傾向を考慮した図 3 のような定常成分に近いデータから並び替えてアクセスする方法を用いた。

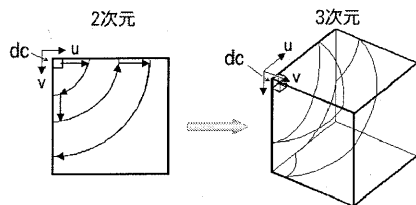


図 3: 球面シーケンスの概念図

並び替えられた 1次元の列データをランレングス符号化した後、さらにブロックソートを使った符号化プログラム bzip2 で可逆的な圧縮を加える。

## 3 実験結果と考察

MRI によって得られたボリュームデータに対し、提案した圧縮アルゴリズムを適用した結果を示す(デー

タの提供は筑波大学巨瀬研究室のご厚意による)。

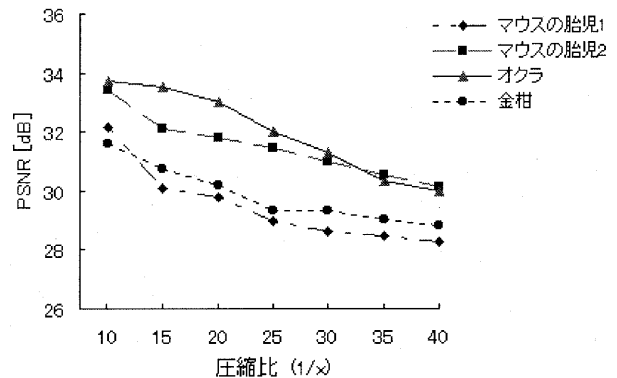


図 4: 圧縮率と SN 比の関係

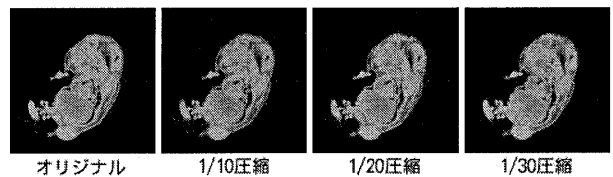


図 5: マウスの胎児 2 のスライスデータ

本研究ではコードブック生成に LBG アルゴリズムを用いたが、精度的にはその有効性が示されたものの、実行時間の面では大いに改善の余地が見られた。この点を解決するには、候補ベクトルの初期値の決定方法や処理全体の並列化などさらなる改良が必要であると考えられる。

## 4 おわりに

ベクトル量子化と DCT を用いた圧縮手法をボリュームデータに適用し、実験を行った。その結果、データの品質をある程度保ちながら元のデータの約 1/20 まで圧縮ができ、本手法の有効性を実証できた。

今後の課題としては、更なる高品質・高い圧縮率の実現とコードブック生成処理の高速化が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 春山晃一, “ボリュームデータのための汎用圧縮フォーマット”, 茨城大学卒業論文, pp.24-51, Mar. 2000
- [2] A.Gersho, “Asymptotically Optimum Block Quantization”, IEEE Trans. Inf. Theory, IT-25, 4, pp.373-380, July. 1979
- [3] Y.Linde, A.Buzo and R.M.Gray, “An Algorithm for Vector Quantizer Design”, IEEE Trans. Commun., COM-28, 1, pp.84-95, Jan. 1980
- [4] K.R.Rao and P.Yip, “画像符号化技術-DCT とその国際標準”, オーム社, pp.231-264, July. 1992
- [5] W.H.Chen, C.H.Smith, and S.C.Fralick, “A fast computational algorithm for the discrete cosine transform”, IEEE Trans. Commun., vol.COM-25, pp.1004-1009, Sept. 1977