

3次元グラフィクスモデルのデータ圧縮

Data Compression of 3D Graphics Model

早瀬 和也[†]

Kazuya Hayase

山崎 俊彦[†]

Toshihiko Yamasaki

相澤 清晴[†]

Kiyoharu Aizawa

1. はじめに

コンピュータグラフィクスの分野において、写真のような写実的なモデルを生成することは、中心的な課題の一つである。物体のモデルをより写実的にするには、ポリゴンデータ、テクスチャデータの二種類だけではなく、物体の質感を示すための多くの“属性データ”が必要となる。従って、文化財など、写実性が求められる物体を対象とした場合には、モデルのデジタル保存や高速レンダリングを考慮すると、そのモデルデータ量の圧縮が求められる。

現在までに一般的な物体モデルを対象としたポリゴンデータ、テクスチャデータのデータ圧縮手法はそれぞれ提案されてきている。しかし、これら以外の属性データを考慮したデータ圧縮手法は、現在までに検討された例は少ない。属性データの一つとして挙げられるバンプマップに関しては、ATIのグラフィクスボード内で利用する低圧縮率の手法 [1] の例はあるものの、十分な検討は行われていない。本論文では、この属性データの代表的な一つとして挙げられるバンプマップデータの圧縮手法について、考察を記す。

2. 属性データ

3Dモデルをより写実的にするために必要な、質感を示す付加的データを総称して「属性データ」と呼ぶ。

写実性を決定する要素としては、

- 光学法則に基づく輝度計算

- 複雑な形の正確な表示

という二点が主に重要になる。

前者に挙げた、光学的特性は、主に物質の素材に依存する。属性データとして、物体表面での反射率、光沢を示すハイライト値などのパラメータが挙げられる。

一方、後者においては、凸凹形状を表現するバンプマッピングが有効な技術の一つとして考えられる。バンプマッピングとは、単純形状のポリゴンの上に物体の表面の法線データ(バンプマップ)をマッピングし、その法線の値に従って照光による輝度値を計算することで、比較的データ量を少なく、凸凹形状を再現することができる技術である [2]。この法線データを含んだバンプマップも、同様に属性データの一つとして挙げられる。

3. バンプマップの圧縮

近年、バンプマッピングの技術は、その有効性から3Dゲームなどにも取り入れられるようになり、また最新のATIグラフィクスボード「RADEON X800」内では、このバンプマップのデータを圧縮する機能が搭載されるようになった。しかし、この圧縮手法は、低い圧縮率にとどまっており、バンプマップの圧縮手法としては、さらなる検討が必要になると思われる。

3.1 法線データ

通常、バンプマップの法線ベクトルデータは、長さ1に正規化されている。次式によりRGBの画素値に変換され、図1(a)のような画像の形式で与えられる。

$$(x, y, z) = \frac{2}{255}(R, G, B) - 1$$

全体的に青の要素が強く見られるのは、この例では、画像平面に対して垂直な向きにとられたz方向に、法線ベクトルの多くが向いているためである。

3.2 圧縮実験

図1(a)に示すバンプマップ(512×512:24bitフルカラー)に対して、以下の3点に示す圧縮アルゴリズムを適用し、比較検討を行う。

- 既存静止画圧縮(JPEG)
- Block Truncation Coding(BTC)
- ベクトル量子化

JPEG

バンプマップは画像の形式で与えられることから、一般的な静止画圧縮手法の適用が可能である。本論文ではJPEGを適用した。

Block Truncation Coding(BTC)

RADEON内の圧縮には4x4のBTCを用いている [1]。まず、RGBの値が正規化されていることを利用し、次元数をRGの2次元に削減し、RG各々の値に対してBTCを適用する。Bは正規化条件より算出する。

ベクトル量子化(VQ)

RGB各々を4x4のブロックに分割し、16次元のVQを行った。ここで本論文では、二つのケースを考えた。一つはRGB各々を同ビットレートで量子化するケース、もう一つはRGのみを量子化し、正規化条件を利用してBの値を導出するケース、の二つを想定した。量子化器の設計にはLBGアルゴリズム [3]を用いた。

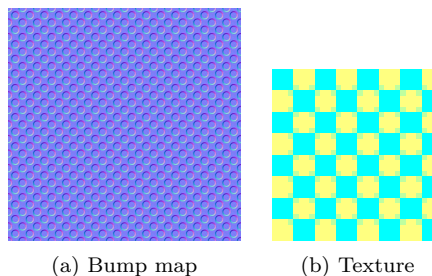


図1: Data for experiment

[†]東京大学大学院 新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻

3.3 結果および考察

図2に、それぞれの手法により圧縮したバンプマップ画像のPSNRの比較を、図3に、圧縮したバンプマップを円環のポリゴンにマッピングした一部分の結果を示す。テクスチャは図1(b)に示すデータを使用した。

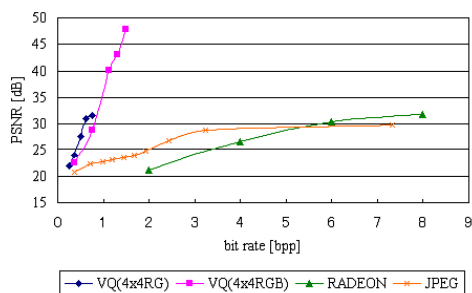
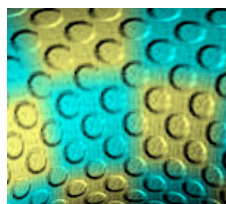
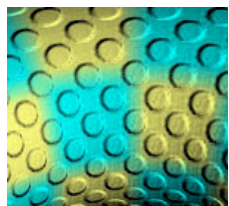


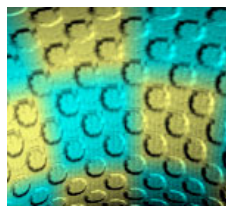
図 2: Comparison of compression



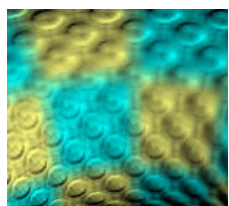
(a) Non-Compress



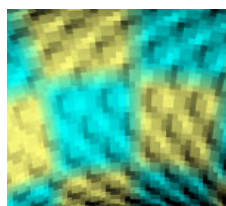
(b) VQ (RG)



(c) VQ (RGB)



(d) JPEG



(e) RADEON

図 3: Bump-mapped torus model

(Bit rate: (b)-(d):0.75bpp (RADEON(e):2bpp))

圧縮率・品質

JPEGは一般的な静止画圧縮手法として高い性能をもつが、バンプマップを対象とした場合には、凸凹形状の再現が十分に行われず、圧縮率・品質の面から見ても良好な手法とは言い難い。これは、JPEGが人間に気付きにくい間引きなどを含む手法であることが原因である。人間の目には感知されにくいデータを間引くことで、原画像と画素値のずれは生じるものの、大幅な圧縮率を実現している。しかし、バンプマップでは、画素値は法線のベクトル値であり、自然画像ではその画素値のずれは

見た目に影響しないが、照光計算下では法線ベクトルの値のずれは、外観に大きな影響を及ぼしてしまう。

一方、RADEON内の圧縮手法を見ると、JPEGのようなサブサンプリングの影響はないものの、アルゴリズムの限界から高い圧縮率は得られず、また量子化による影響も大きい。

VQによる圧縮の効果を見てみると、他の圧縮手法より、比較的良好な圧縮率及び品質が得られており、外観も大きく損ねていないことが確認できる。また、RGB各々を用いる方法とRGのみから復元する方法を比較すると、後者のほうが、僅かに性能が良いが、これはバンプマップに各々の画素値の分布に因るところが大きい。正規化条件を元にBの値を復元するため、Bの量子化誤差は、RG両方の量子化誤差の影響を受け、大きくなってしまふ。従って、RGの分布が広範囲に渡る場合には、RGBを各々用いて量子化する方法のほうが効果的になるであろう。

ここに見られるVQの高い品質は、RADEONのケースと同様にJPEGのようなサブサンプリングの影響がなく、またバンプマップの画素値変化が少ないという特徴から、代表ベクトルの選び方が効率よく行われたことによるものと考えられる。

計算コスト

VQは図2,3の結果に見られる高い品質の反面、エンコードに計算コストが比較的多くかかる。しかし、デコードにはほとんど演算が不要である。従って、「RADEON X800」のようなハードウェア内のリアルタイム性が要求される圧縮の場合にも適用が可能と考えられる。

汎用性

RADEON内に用いられているBTCは、対象バンプマップに因らない方法であるため汎用的である。JPEGは、量子化テーブル等、自然画像に最適化されている箇所をバンプマップについて最適化されたものに交換すれば、高い汎用性が実現できると思われる。VQに関しては、予測VQなど汎用性を高くするための工夫を検討するとともに、多くのバンプマップのデータを解析する必要があると考えられる。

4. まとめ

物体の3次元モデルに質感を保持させるための属性データの一つバンプマップの圧縮について考察し、3つの手法の比較検討を行った。今後は、この検討をもとに、効果的な圧縮アルゴリズムを考案し、2章に挙げた、他の属性データの圧縮についても考慮していく。

参考文献

- [1] <http://mirror.ati.com/products/radeonx800/3DcWhitePaper.pdf>
- [2] J.F.Blinn: "Simulation of Wrinkled Surfaces", Proceedings of SIGGRAPH '78, pp.286-292 (1978)
- [3] Y.Linde, A.Buzo, R.M.Gray: "An Algorithm for Vector Quantizer Design", IEEE Trans. Commun., COM-28, 1, pp.84-95 (1980)