

奥行き手がかりを考慮に入れた奥行き情報圧縮

小林 潤†

吉田 謙一‡

高橋 成雄‡

†東京大学理学部

‡東京大学大学院新領域創成科学研究科

1 はじめに

近年の情報爆発の時代において、可視化の対象となるデータのサイズは、計算機性能の向上に伴い増加の一途をたどっている。一方、われわれがデータを可視化できるディスプレイなどの表示部分はその空間に限りがあることに加え、我々の視覚そのものにも限界があり、データの可視化自体が大きな制約を受ける現状がある。このような状況下において、限られた表示領域に視覚的にわかりやすく3次元情報を提示することは、可視化の対象となるデータ規模の制約を大きく緩和することにつながる。本稿では、限られた情報提示スペースに効率よく3次元情報を埋め込むための、奥行き情報圧縮手法を提案する。人が奥行きを感じる主要な手がかりとして、前後の物体の遮蔽がある。本手法は、この遮蔽情報に伴う奥行き情報を適切に圧縮することで、その圧縮の視覚的な影響をなるべく低減しながら、通常のディスプレイから近年開発が進んでいる3次元ディスプレイ [1] にまで広く利用できる3次元情報提示アルゴリズムの構築を目的とする。

2 提案方式

今回は、Weyrichら [2] の手法を拡張することで、新たな奥行き情報の圧縮法を提案する。この手法は、レリーフの作成が主目的であり、正面から見た際の遮蔽情報を圧縮することで、奥行き情報の圧縮を実現している。そのため、オブジェクトを正面から見たときでは遮蔽部分が見えないため、オブジェクトの見えが圧縮前とあまり変わらないが、視点を少し移動すると正面から見て遮蔽を起こす部分の奥行きが、視覚的に不自なほどつぶれて見えることになる。そこで本研究では、正面以外の視点位置からのオブジェクトに従来の圧縮法を施し、それらの結果をマージすることで、正面から視点位置がある一定範囲内で移動しても対応できるようにした。まず、与えられたオブジェクトを中心にくるように設定し、その点から奥行き方向と垂直にX軸Y軸を定める。x軸を中心に θ 回転させ、y軸に対して ϕ 回転させる回転演算子を $R(\theta, \phi)$ とする。このときオブ

ジェクトを O としたときにできるオブジェクトを O' としたとき、

$$O' = R(\theta, \phi)O \quad (1)$$

とする。その後 [2] の手法で圧縮を行う。これは、オブジェクトの奥行き値 (Z座標) の変化量を微分により求め、その変化量を圧縮し、これをポアソン方程式を解くことで積分し、圧縮オブジェクトを生成する。圧縮する際に閾値を設けある値より大きいときは、圧縮する部分の奥行き値に大きなギャップが存在しているとして変化量を0にするという操作を行っている。これにより、圧縮後の見えが不自然になってしまうことがある。

変化量の圧縮後、この値を元に圧縮オブジェクトの復元を行う。スクリーン座標 (x, y) におけるデプスバッファに格納される値、つまり奥行き値を $h(x, y)$ としたとき、

$$g(x, y) = \left(\frac{\partial h}{\partial x}, \frac{\partial h}{\partial y} \right) \quad (2)$$

と定義し、

$$\nabla^2 h = \text{div } g \quad (3)$$

というポアソン方程式を解いている。これは、

$$h(x, y) = \text{argmin} \int \int \|\nabla h(x, y) - g(x, y)\| dx dy \quad (4)$$

という積分を計算しているのと同値である。これにより O' に圧縮を施したものを O'' とする。ここで圧縮後の (a, b) における奥行き値を $h'(a, b)$ を求め、これを中心に戻す方向に回転したオブジェクトを O''' とすると、

$$O''' = R(\theta, \phi)O'' \quad (5)$$

となる。回転角 θ, ϕ を変えて、繰り返し同様の操作を行うことで、複数の視点の異なる圧縮オブジェクトを作った後これらをマージする。なお回転角は共に0度から15度が望ましい。これにより作ったn個のオブジェクトに i という指標を付け O_i として (x, y) における奥行き値を $h_i(x, y)$ とし、さらに重み関数 $w_i(x, y)$ を設定し、これをもとにマージ後の (x, y) における奥行き値を $H(x, y)$ としたとき、

†VISIBILITY-BASED DEPTH COMPRESSION OF 3D SCENES

†Jun Kobayashi ‡Kenichi Yoshida ‡Shigeo Takahashi

†Faculty of Science, Univ. of Tokyo

‡Grad. School of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo

$$H(x,y) = \frac{\{\sum_{k=1}^n w_i(x,y) \times h_i(x,y)\}}{\{\sum_{k=1}^n w_i(x,y)\}} \quad (6)$$

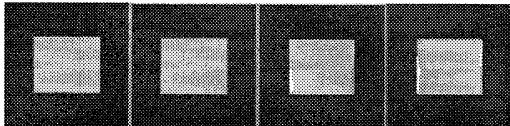
としてマージを行う。今回は重み関数 $w_i(x,y) = 1$ と定率にした場合と、回転角 θ, ϕ 毎に値を変えた

$$w_i(x,y) = \exp\left(-\frac{(x-d_i)^2 + (y-e_i)^2}{2\pi\sigma^2}\right) \quad (7)$$

で行った。ここで d_i, e_i は定数で回転角により決める。圧縮前に回転した状態のときに正対して見える点となるように設定する。これにより、正対する点に近いほど重みが増すことになる。今回は θ, ϕ を $0, 10, -10$ に変化させて9視点からのマージを行った。 σ は x, y による値の重み関数変化量を変えるために設定する。20 から100 が適切である。

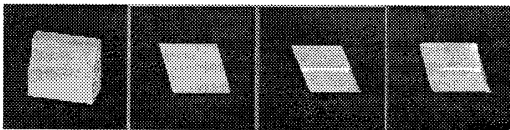
3 結果

これらの作られた圧縮オブジェクトの比較を図に示す。L字型のイスを圧縮した場合である。左から、重み関数を定率1とした場合、次に7の重み関数で行った場合、次に [2] の手法による圧縮。最後がオリジナルのオブジェクトである。この手法により、作られた圧縮オブジェクトの比較を図に示す。L字型のイスを圧縮した場合である。左から、重み関数を定数とした場合、次に7の重み関数で行った場合、次に [2] の手法による圧縮。最後がオリジナルのオブジェクトである。



(a) オリジナル (b)[2] による圧縮結果 (c) 重み定率の結果 (d) 視点で重み変えた結果

図1 視点を正面にしてL字型のイスを見た図



(a) オリジナル (b)[2] による圧縮結果 (c) 重み定率の結果 (d) 視点で重み変えた結果

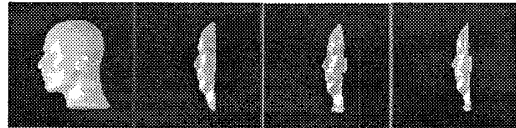
図2 視点を左上にして圧縮したL字型のイスを見た場合

図1を比較するとわかるように、正面を向いているときは [2] とオリジナルの物体は同様に見えるが図2のように視点ずらすと段差が無くなっていることがわかる。これは大きな傾きを持つ部分は変化量0とみなすために段差が認識できなかったが、多視点からマージすることにより、段差を認識し残すことができるようになった。ここでさらにより複雑な他のオブジェクトの圧縮を行い、その違いを以下に示す。



(a) オリジナル (b)[2] による圧縮結果 (c) 重み定率の結果 (d) 視点で重み変えた結果

図3 視点を正面にして圧縮した顔のオブジェクトを見た場合



(a) オリジナル (b)[2] による圧縮結果 (c) 重み定率の結果 (d) 視点で重み変えた結果

図4 視点を真横にして圧縮した顔のオブジェクトを見た場合

図4の (b) と (c)(d) を見比べると首元がきれいに分かれるようになったことがわかる。これも首元の奥行きの変化量が大きく [2] ではうまく認識されず、首と顎の奥行き値のギャップが大きいため生じてしまっている。しかし、この手法の問題点は、ポアソン方程式を反復法で解かなければならないことであり、視点数の倍数だけの時間がかかってしまうという欠点があり、リアルタイムで圧縮を行うには、高速化が求められる。しかし、Grossman ら [1] により、Volumetric Display が他のディスプレイよりも奥行き情報の知覚に適していることが示されており、今後も奥行き情報の圧縮は重要性を増していくと考えられる。

参考文献

- [1] Tovi Grossman and Ravin Balakrishnan. An evaluation of depth perception on volumetric displays. In *AVI*, pp. 193–200, 2006.
- [2] T. Weyrich, J. Deng, C. Barnes, S. Rusinkiewicz, and A. Finkelstein. *ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH)*, Vol. 26, No. 3, 2007.