三次元形状の位相情報を用いた電子透かしに関する研究

指導教官:市川周一　学籍番号:953701　氏名:赤羽和彦

1. はじめに

近年, 三次元グラフィックスの普及に伴い, 三次元形状データがインターネットなどを通じて流通するようになっている. このような形状データを不正な複製や改ざんから守る手段として, 電子透かし技術が注目されている[1]. 本研究では, 三角形分割された三次元ポリゴンモデル(以下, 三次元形状)に, 頂点間の接続関係を記述する位相情報の冗長性を利用した電子透かしの一手法について述べる.

2. 透かし埋め込み手法

一般にポリゴンからなる三次元形状[2]は, 物体の頂点座標値を示す幾何情報と, 頂点間の接続関係を示す位相情報から構成されている. 本研究では位相情報を用いて, １つの三角形に仮想的に定義した辺番号をもとに, 隣接する２つの三角形で共有された辺の連結関係を変更することによって透かしを埋め込む.

2.1. 辺番号の定義方法

辺番号は, 図1のように位相情報で[A, B, C, −1,]という記述がある場合にA, Bの記述部分を辺①, B, Cの記述部分を辺②, そしてC, Aの記述部分を辺③と定義する.

面を構成する位相情報は, 面の向きを定義するためにその並びの順序を左回りか右回りで統一すること以外は, どの頂点番号から記述するかは任意である. 例えば, 図1の位相情報で記述[A, B, C, −1,]は, [B, C, A, −1,], [C, A, B, −1,]とも記述することもできる.

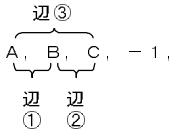

図1. 辺番号の定義

2.2. 透かし情報の構成

透かし情報は, 図2に示すように2つの三角形で共有された辺において辺番号の定義と頂点番号記述順序の冗長性により位相情報の記述方法を変更することによって構成する. 例えば, [1, 2, 3, −1,]と[3, 2, 4, −1,]という記述では, 頂点2と3を結ぶ辺が共有されており, 辺番号の定義から辺②と辺①が接続していることになる. このような組合せは9通りが存在し, 3ビットの2進数では, $(000)_2$〜$(111)_2$までの表現が可能となる. 文字列などを表現するには幾つかの三角形をつないで使用する必要が, そのためには3ビット単位の情報に順序(番号)をつけなければならない. その方法を次に述べる.

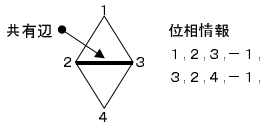

図2. 埋め込みデータの構成方法

2.3. 埋め込みと取り出し方法

まず, 未だ埋め込みに使用していない図3(a)のような接続関係を持つ三角形列(三角形16個)を三次元形状中より選ぶ. この16個の三角形を用いて8ビットの情報を埋め込む.

選んだ三角形列において第2. 2節で示した透かし情報の構成方法を用い, 図3(b)のように太線で示した辺を共有するように接続関係を変更し, マーカ, 透かし情報, そして順序を埋め込む. マーカは, 透かし情報の表現方法9種類のうち, 使用していない残りの1つで表現する.

また, 図3(b)に示した埋め込みに使用する三角形の接続関係では, 位相情報中に順序とデータの両方を埋め込むのでどちらが順序かデータなのかを区別する必要がある. その区別には, 情報を構成する三角形の組み合わせで構成する9ビット中の1ビットを用いてその区別を行う.

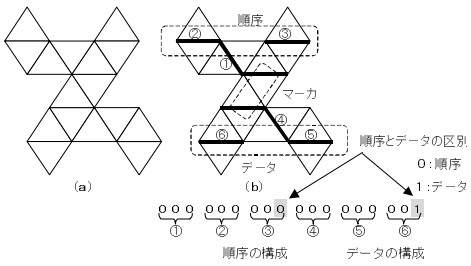

図3. 透かしに使用する三角形の接続関係と情報の構成

透かし情報の取り出しでは, まずマーカが埋め込まれた三角形を探す. それから, 図3(b)のようにあらかじめ決めておいた規則で順序とデータを読み出す.

2.4. 実行結果

上記の手法により, 幾つかの三次元形状に透かしを埋め込んだ結果を表1に示す. また, 透かし情報を埋め込む前と後の三次元形状の表示結果を図4(a), (b)に示す. そして, 透かしを埋め込んだ形状に対して切り取り操作(図4(c), 図4(d))を行った後に取り出すことができた情報を図4の下部に示す.

表1. 3次元形状と埋め込めた文字数

モデル名	頂点数	三角形数	埋め込み可能な文字数
scud.wrl	136	240	8
chess1.wrl	389	772	27
gumby.wrl	406	760	26
x_wing.wrl	3099	6084	210

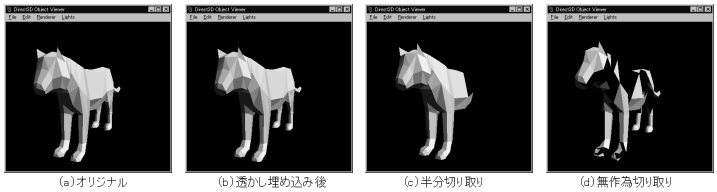

図4. 提案手法で透かし情報を埋め込んだ三次元形状表示

3. おわりに

三次元形状の位相情報の冗長性を利用して, 三次元形状に透かし情報を埋め込めることを示した. 三次元形状への妨害に関しても, 切り取り操作などに対して, ある程度の耐性がある方法を示した.

今回提案した手法では, 三角形の頂点番号の記述順序を変更されると透かし情報が消えてしまう. 今後はさらに頑強な手法を検討していく必要がある.

参考文献

[1] 大渕 竜太郎, 増田 宏, 青野 雅樹, “3次元形状への情報の埋め込み, ” 1997 年 Visual Computing / Graphics & CAD 研究会合同発表会.

[2] ISO/IEC JTC1 SC24/N1596 CD #14772 Virtual Reality Modeling Language (VRML 2.0) .