(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3785700号
(P3785700)
(45)発行日　平成18年6月14日(2006.6.14)　(24)登録日　平成18年3月31日(2006.3.31)

(51)Int.Cl.　F I
G06T 15/00 (2006.01)　G06T 15/00 1OOA
G06T 11/20 (2006.01)　G06T 11/20 1OO

請求項の数 16　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平8-273064
(22)出願日　平成8年9月24日(1996.9.24)
(65)公開番号　特開平9-231401
(43)公開日　平成9年9月5日(1997.9.5)
審査請求日　平成15年2月3日(2003.2.3)
(31)優先権主張番号　特願平7-348403
(32)優先日　平成7年12月18日(1995.12.18)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川６丁目７番３５号
(74)代理人　100082762
弁理士　杉浦　正知
(72)発明者　堀川　順治
東京都品川区東五反田１－１４－１０　株式会社ソニー木原研究所内
(72)発明者　戸塚　卓志
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

審査官　伊知地　和之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】近似化方法および装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の頂点と頂点間に形成されるエッジと複数の前記エッジで規定される面とを有するグラフィックモデルの近似化方法であって、
エッジを除去する際の優先度を使用者が入力する工程と、
除去対象のエッジを選択する、コンピュータにより実行される工程と、
前記除去対象のエッジを除去し、該エッジ両端の頂点を統合する、コンピュータにより実行される工程と
を含み、
前記除去対象のエッジの選択は、使用者が入力した前記優先度に基づいて行われることを特徴とする近似化方法。
【請求項２】
請求項１記載の近似化方法であって、
前記除去対象のエッジの選択は、使用者が入力した前記優先度を反映した評価値に重み付けをした評価値を用いて行われることを特徴とする近似化方法。
【請求項３】
請求項１記載の近似化方法であって、
さらに、近似化されたグラフィックモデルを記憶させる工程を含むことを特徴とする近似化方法。
【請求項４】

請求項１記載の近似化方法であって、
前記統合により生成される頂点の位置は、前記エッジの除去による１または２以上の所定の量の変化量に基づき決定されることを特徴とする近似化方法。
【請求項５】
請求項４記載の近似化方法であって、
前記統合により生成される頂点の位置は、各前記変化量に対して所定の係数が設定される重み付き加算に基づき決定されることを特徴とする近似化方法。
【請求項６】
請求項１記載の近似化方法であって、
前記統合により生成される頂点の位置は、前記両端の頂点の間に配置されることを特徴とする近似化方法。
【請求項７】
請求項１記載の近似化方法であって、
前記エッジの除去および頂点の統合により、その周辺の面が変化することを特徴とする近似化方法。
【請求項８】
請求項１記載の近似化方法であって、
前記除去対象のエッジは、前記グラフィックモデルのエッジの中で、所定の評価値が最も小さなものであることを特徴とする近似化方法。
【請求項９】
請求項１記載の近似化方法であって、
所定の評価値が小さいものから優先的に前記エッジの選択および除去が行われることを特徴とする近似化方法。
【請求項１０】
請求項１記載の近似化方法であって、
さらに、使用者が所望の近似化の精度を選択する工程を含み、
前記精度に応じて、エッジの選択、エッジの除去、頂点の統合が繰り返されることを特徴とする近似化方法。
【請求項１１】
請求項１０記載の近似化方法であって、
前記近似化の精度は、前記グラフィックモデルの見かけの大きさまたは位置または速度に基づいて決定されることを特徴とする近似化方法。
【請求項１２】
請求項１０記載の近似化方法であって、
前記近似化の精度は、前記グラフィックモデル中の視聴者の注目点に基づいて決定されることを特徴とする近似化方法。
【請求項１３】
請求項１記載の近似化方法であって、
前記グラフィックモデルの近似化は、階層的に行われることを特徴とする近似化方法。
【請求項１４】
請求項１３に記載の近似化方法であって、
該近似化の各階層において、さらに、前記近似化されたグラフィックモデルを記憶させる工程を有することを特徴とする近似化方法。
【請求項１５】
複数の頂点と頂点間に形成されるエッジと複数の前記エッジで規定される面とを有するグラフィックモデルの近似化装置であって、
エッジを除去する際の優先度を使用者が入力する手段と、
除去対象のエッジを選択する手段と、
前記除去対象のエッジを除去し、該エッジ両端の頂点を統合する手段と
を含み、

前記除去対象のエッジの選択は、使用者が入力した前記優先度に基づいて行われることを特徴とする近似化装置。

【請求項１６】

請求項１５に記載の近似化装置であって、

近似化の各階層において、さらに、前記近似化されたグラフィックモデルを外部記憶装置に記憶する手段を含むことを特徴とする近似化装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

この発明は、ＣＧ(Computer Graphics) において使用される幾何モデルを、その形状の持つ複雑度を削減することによりデータ量を削減し、ＣＧの描画を高速に行うことが可能な近似化方法および装置に関する。また、この発明は、より違和感を覚えない方法で近似化した形状を変化させるようにされているため、ＣＧを利用するゲームを始め、ＶＲ(Virtual Reality) 、デザインなどに用いて好適な近似化方法および装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

ＣＧでモデルを使って描画を行う場合には、常に同一のモデルを使用するのが一般的である。例えば図１４に示すように、１００％のデータを有する詳細なオリジナルのモデルを作成し、これを使用してディスプレイ上でＣＧを描画する。画面の中でモデルが遠くに配置されて見かけ上は小さくなっても、同一のモデルを使用するためにモデルの詳細度は変わらない。このために、描画に要する時間は、モデルの詳細度とその数に負う。

【０００３】

しかし、モデルが遠くに配置されたことにより画面上で小さくなったり、あるいは画面の注目点から外れたことにより観察者がそのモデルに注目しなくなった場合には、必ずしも同じ詳細度を持ったモデルを使った描画する必要が無くなる。つまり、モデルの持つ頂点数を減らしたりポリゴンの面数を減ずるなどの手法を用いてモデルの詳細度をある程度落とした、似たモデルを使用することで見かけ上は同一のモデルを使っているように見せることが可能である。この例を図１５に示す。モデルが遠くに配置され、画面上での大きさが小さな場合には、例に示したように、オリジナルのモデルに対して、データが例えば５０％，２５％と削減され詳細度を落とされ近似化されたモデルを使用してＣＧの描画を行えば良い。このように、オリジナルモデルに比べてデータ量の少ないモデルを使用することによって、描画の高速化が図れる。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、このようなモデルの近似化は、ＣＧモデルの描画には有用なものである。しかしながら、モデルの詳細度を落とし近似化を行う際に、モデルのデータ量を単純に削減するだけでは観察者がこの近似化モデルを見た際に違和感を感じてしまう。この違和感を抑えることができれば、描画速度と描画品質の両方への要求を満足することができる。そのためには、モデルの持つ大局的な特徴部分を残し、それ以外の部分を削減しながらデータ量を減らすことが望ましい。このようなモデルの近似化は、従来では、多くはデザイナーの手作業によって行われており、この作業には多くの手間と時間が必要とされていた。

【０００５】

また、描画対象となるモデルのモデル面に対して２次元の画像を張り付けて、よりリアルな映像を得ることが一般に行われている。これはテクスチャマッピングと称される。このときに張り付けられる画像をテクスチャと称する。このテクスチャマッピングがなされたモデルに対して上述の形状の近似化を行う際には、モデル面に張られているテクスチャにも注意を払う必要がある。すなわち、近似化時に、テクスチャ形状の崩れによりモデルの見栄えが悪くなってしまうのを防いだり、近似化したモデルに再度テクスチャを張り付けるために全体の作業量が増えるなどの弊害が起こらないようにする必要がある。

【０００６】
過去の研究において、Francis J.M.Schmitt, Brian A.Barsky, Wen-Hui Du による"An Adaptive Subdivision Method for Surface-Fitting from Sampled Data"(Computer Graphics Vol.20, No.4, August 1986) では、３次元の形状に対してベジエパッチを張り付けて形状の近似を行っているが、一般的なポリゴンを対象としていないという問題がある。
【０００７】
また、Greg Turk による"Re-Tiling Polygonal Surface"(Computer GraphicsVol.26, No.2, July 1992) では、ポリゴンモデルを階層的に近似する試行を行っている。しかし、この論文におけるアルゴリズムは、丸みを帯びた形状には適用できるが、角張った形状には適さない問題点があり、一般的な形状を対象としていない。さらに物体形状の特徴点を元に形状を近似化することを考慮してない。
【０００８】
さらに、Hugues Hoppeらによる"Mesh Optimization"(Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, SIGGRAPH 1993) では、近似化モデルの評価にエネルギーを導入し、このエネルギーを最小とするようにエッジの除去、パッチの分割、エッジのスワップを繰り返してモデルを近似化している。しかし、この論文の手法では、エネルギーの最小点を見いだすまでに長い反復計算を必要とするばかりでなく、局所的な最小点に陥らないために、他のエネルギー最小問題と同様にsimulated annealing などの解決手法を必要とする。またエネルギー最小点が必ずしも視覚的に最良となる保証もない。
【０００９】
さらにまた、これらの論文においては、近似化時に、モデルに張り付けたテクスチャまでは考慮されていない。このため、これらの論文による方法でのモデルの近似化では、近似化後にテクスチャを改めて近似化モデルに張り付けるというように、２重の処理が必要になるという問題点があった。
【００１０】
このように、過去における研究では、ポリゴン描画の際のモデル近似化に対して問題を含んでいた。すなわち、従来の方法においては、形状近似化の適用が限定されている、近似化のために長い計算時間が必要とされる、また大局的に必要な特徴点を考慮した近似化が行われていないなどといった問題点があった。また、近似化モデルの切り替え時における観察者に与える違和感を考慮に入れた、連続的な階層の切り替えを実現するための図形データの近似化も行われていなかった。
【００１１】
また、テクスチャが張り付けられた幾何モデルに対して近似化を行なう際に、モデルに張り付けたテクスチャの形状保存を行い、近似化後の品質劣化を防ぐことが行われていないという問題点があった。また、近似化後に改めてテクスチャを張り付ける必要を無くすといった対策が取られていないという問題点があった。さらに、テクスチャそのものの存在を考慮した近似化が行われていないという問題点があった。
【００１２】
したがって、この発明の目的は、ＣＧの描画において、描画品質を維持しながら高速な描画を行うような近似化方法および装置を提供することにある。
【００１３】
また、この発明の目的は、テクスチャそのものの存在を考慮した上で、幾何モデルの近似化を行なうような近似化方法および装置を提供することにある。
【００１４】
【発明が解決しようとする課題】
この発明は、上述した課題を解決するために、複数の頂点と頂点間に形成されるエッジと複数のエッジで規定される面とを有するグラフィックモデルの近似化方法であって、エッジを除去する際の優先度を使用者が入力する工程と、除去対象のエッジを選択する、コンピュータにより実行される工程と、除去対象のエッジを除去し、該エッジ両端の頂点を統合する、コンピュータにより実行される工程とを含み、除去対象のエッジの選択は、使

用者が入力した優先度に基づいて行われることを特徴とする近似化方法である。

【００１６】

また、この発明は、上述した課題を解決するために、複数の頂点と頂点間に形成されるエッジと複数のエッジで規定される面とを有するグラフィックモデルの近似化装置であって、エッジを除去する際の優先度を使用者が入力する手段と、除去対象のエッジを選択する手段と、除去対象のエッジを除去し、該エッジ両端の頂点を統合する手段とを含み、除去対象のエッジの選択は、使用者が入力した優先度に基づいて行われることを特徴とする近似化装置である。

【００１８】

上述したように、この発明は、形状データの各エッジの重要度を評価し、この評価に基づき不要なエッジの除去およびエッジが除去された後の新しい頂点が決定され、さらに、新しい頂点位置に合わせて画像データ上の頂点移動を行なうようにされているために、形状データの近似化を、形状モデルに張り付けられた画像データを崩れを押さえつつ、形状の変化が少ないように行なうことができる。

【００１９】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の一形態を、図面を参照しながら説明する。図１は、この発明による、テクスチャマッピングされた幾何（ポリゴン）モデルの階層的近似化のフローチャートを示す。また、図２は、このフローチャートを実行可能な描画装置の構成の一例を示す。

【００２０】

図２に示されるように、この描画装置は、キーボード１，フロッピーディスクドライブ（ＦＤＤ）２，光磁気ディスク（ＭＯ）ドライブ３などのデータ入力デバイス、ＣＰＵ４やＲＡＭ５などによるデータ処理装置，ハードディスク６や半導体メモリ７などの外部記憶装置、およびＣＲＴなどによる表示装置８などから成り、これらのそれぞれがバス９によって互いに接続された、標準的な構成のコンピュータによって構成することができる。なお、入力デバイスとしては、他にマウスなども用いられ、また、フロッピーディスクドライブ２，ＭＯドライブ３は、データ出力デバイスとしても用いられる。さらに、インターネットなどのネットワークからデータの供給を行なうようにすることもできる。なお、この構成は一例であって、実際の描画装置の構成は種々可能である。

【００２１】

先ず、図１に示されるフローチャートにおける処理について、概略的に説明する。ポリゴンの各面には、画像データであるテクスチャが割り当てられ張り付けられる。この発明においては、このポリゴンの近似化を行うために、ポリゴンを構成するエッジの除去を行い、その形状を近似化する。このエッジの除去だけではポリゴンの形状が近似化されるだけであるため、ポリゴンの各面に割り当てられたテクスチャの近似化を行なうために、エッジ除去に伴ったテクスチャの統合とテクスチャ座標の移動による最適化がなされる。

【００２２】

最初のステップＳ１において、オリジナルのポリゴンデータの入力が行われる。そして、この入力されたポリゴンデータに対して、各面にテクスチャが張り付けられる。このデータの入力およびテクスチャの張り付けは、キーボード１から人手によって、あるいは、他所で作成されフロッピーディスクやＭＯディスクに記憶されたデータがＦＤＤ２やＭＯドライブ３において読み出されることによって行われる。また、このポリゴンデータの入力は、例えばインターネットといった、ネットワークを介して行なうようにもできる。

【００２３】

次のステップＳ２では、入力されたポリゴンデータについて、エッジ除去を行うための各エッジの評価が行われる。このステップＳ２でのエッジ評価において、入力されたポリゴンデータにおける各エッジが後述する方法によってそれぞれ数値化され評価値とされる。そして、次のステップＳ３において、ステップＳ２において得られた各エッジの評価値に対してソートが行われ、評価値が最小であるエッジが選択される。そして、処理はステッ

プＳ４に移行する。ステップＳ４では、ステップＳ３で選択された、評価値が最小のエッジの除去が行われる。

【００２４】

ステップＳ４においてエッジの除去が行われると、処理は次のステップＳ５に移行する。このステップＳ５では、ステップＳ４でエッジが除去された後に残る頂点の位置が決定される。そして、ステップＳ６で、エッジ除去に伴って不要になったテクスチャ部分の除去および残ったテクスチャ座標の位置決定が行なわれる。

【００２５】

上述のステップＳ２からこのステップＳ６までの処理で、１段階の精度で近似化された、テクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータが得られる。このステップＳ２からステップＳ６までの処理を繰り返し実行し、エッジの除去および新しい頂点の決定、ならびにこれらの伴うテクスチャの処理を重ねることによって、所望の精度で、テクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータを得ることができる。

【００２６】

ステップＳ６において、所望の精度のテクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータが得られたとされれば（ステップＳ７）、処理はステップＳ８に移行し、この得られたテクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータの表示装置８に対する描画が行われる。また、それと共に、得られたテクスチャマッピングされた近似化ポリゴンデータを、ハードディスク６やメモリ７といった外部記憶装置、ＦＤＤ２に挿入されたフロッピーディスクやＭＯドライブ３に挿入されたＭＯに対して記憶させるようにしてもよい。さらに、得られたデータを、ネットワークを介して他のコンピュータシステムに対して供給し、記憶させるようにもできる。

【００２７】

以上のフローチャートの処理は、図２のハードウェア構成においてＣＰＵ４を中心に行われ、また、処理の中途で必要となる指示などは、キーボード１などからなる入力デバイスからＣＰＵ４に対して行われる。

【００２８】

先ず、まずモデル近似化に関わる処理について説明する。上述したように、ポリゴンモデルの近似は、エッジ除去の繰り返しによって実行される。このとき、モデルが持つ大局的な形状に寄与しない小さな凹凸成分を判断し、この判断に基づき、どのエッジを優先的に除去すべきかの決定がなされる。この、優先的に除去するエッジの選択のために、モデルを構成する各エッジがどれくらい大局的な形状に寄与するか、すなわちエッジの重要度の評価を行い、この評価値が小さなエッジから除去が行われる。ステップＳ２において、このエッジの重要度の評価が行われる。

【００２９】

この評価値を得、除去に適したエッジを選択するために、ポリゴンモデルを構成するエッジのそれぞれがどれ程このポリゴンモデルの形状に寄与しているかを評価する評価関数を導入する。数式（１）にこの評価関数の一例を示し、図３にこの数式（１）を説明するための図を示す。

【００３０】

【数１】

$$F(e)=\sum_{i}|aV_i+bS_i| \qquad \cdots\cdots(1)$$

ただし $V_i=(N_i\cdot E)\times A_i$

$S_i=|E|\times A_i$

【００３１】
図３Ａに示される、各面が三角形で構成された球状のポリゴンモデルの一部を拡大した例が図３Ｂである。数式（１）は、２頂点v_1，v_2から構成されるエッジｅを評価する。ここで、エッジｅ（v_1，v_2）を構成する２頂点v_1，v_2について、これらを頂点として含む面の集合をＳ（v_1），Ｓ（v_2）とした場合、ｉの範囲は、Ｓ（v_1）∪Ｓ（v_2）となる。すなわち、この図３Ｂに示された例では、１≦ｉ≦１０とされる。また、Ｅはエッジｅの向きと長さを持つベクトル、N_iは各面の単位法線ベクトル、A_iは面の面積、｜Ｅ｜はベクトルＥの長さをそれぞれ示す。
【００３２】
数式（１）は、２つの項からなり、第１項V_iは、評価対象となるエッジを除去した場合に変化する体積量を表す。なお、ここでの体積量とは、ポリゴンの形状データで規定される形状の仮想的な体積をいう。第２項S_iは、対象エッジの両脇に存在する面と対象エッジの長さを乗算した値である。これは対象エッジだけを含んだ面の体積変化分を意味する。これらの２つの項には、ａ，ｂの係数がそれぞれかけられており、ユーザは、これらの係数の大小を適当に設定することによって、第１項V_1および第２項S_iの何方の項を優先するかを選択することができる。
【００３３】
第１項のV_iは、評価対象となるエッジの周辺形状に大きく依存する。一方、第２項のS_iは、対象エッジの長さとその両脇に存在する面の面積に依存する。モデル形状が一枚の紙のようにフラットな形状のポリゴンモデルでは、エッジｅ（v_1，v_2）を除去した場合、V_iよりもS_iの項による変化量が大きい。また全ての面が同じような形状と面積の面で構成されているポリゴンモデル、例えば図３Ａに示されたモデルでは、S_iよりもV_iの項による変化量が大きくなる。
【００３４】
ポリゴンモデルを構成する各エッジについてこの数式（１）の値を計算し、各エッジに対する評価値をそれぞれ得る。次のステップＳ３において、その計算値を大きさの順にソートして最も小さな評価値のエッジを選択することによって、エッジ除去時のモデル形状への寄与が最小のエッジが得られる。
【００３５】
また、このステップＳ２におけるエッジの重要度の評価の際に、エッジの長さも考慮して、評価値が同じ場合にはエッジの長さが小さな方から除去対象とするようにしてもよい。
【００３６】
なお、数式（１）は、ポリゴンモデルにおける局所的な評価値であるが、ある注目エッジの評価値に対して、その周辺エッジの評価値を加えた値で、各エッジを評価することもできる。この場合は、１つのエッジ周辺形状のみならず、より広範囲な形状で評価をすることができる。このように使用者の評価したい領域が広ければ、その領域に従って数式（１）の計算範囲を広げることができる。

【００３７】
また、単に数式（１）の計算による評価値だけでなく、使用者が評価値を与えたり、あるいは評価値の大小を操作することもできる。したがって、使用者が形状の中で残したい部分や、逆に早く近似化したい部分がある場合、その部分を指定して近似化の処理にデザイナやオペレータの意向を反映することが可能となる。この場合、使用者の操作した値と計算された評価値とにそれぞれ重み付け係数を与え、重み付き加算を行い評価値の決定を行う。
【００３８】
この場合、重み付け係数の与え方により、例えば使用者が指定した評価値に大きな重みを与えることによって、よりデザイナの意図を強く反映する近似化を行うことができる。逆に、数式（１）の計算による評価値に大きな重みをおけば、形状の体積変化の定量的評価により忠実な近似化を行うことができる。このように、重み付けによって自由に形状の変化を制御することが可能である。
【００３９】
このように、ステップＳ２においてポリゴンデータの各エッジに対する評価値がそれぞれ得られると、次のステップＳ３において、得られた評価値に対してソートが行われ、最小の評価値を有するエッジが選び出される。このエッジのソートには、例えば既知の技術であるクイックソートを利用することができる。勿論、他のソート方法を用いてもよい。この、クイックソートをはじめとするソート方法は、例えば、共立出版株式会社刊の「アルゴリズム辞典」などに詳しく解説されているために、ここではその説明を省略する。そして、次のステップＳ４において、選び出された最小の評価値を有するエッジの除去が行われる。
【００４０】
なお、ここでは、単純に評価値が最小のエッジを除去する例を説明したが、エッジ除去の順番や除去しないエッジを任意に指定するようにしてもよい。エッジを除去しない場合には、その部分の形状変化がない。例えば２つのモデルが接する部分などのように、形状が変化しない方が望ましい場合には、エッジを除去しない部分を設定すればよい。
【００４１】
ステップＳ４でエッジの除去が行われると、そのエッジを構成していた頂点（この例ではv_1，v_2）が喪失される。そのため、次のステップＳ５において、エッジ除去に伴う新たな頂点位置の決定がなされる。図４は、この頂点位置決定の一例について示す。エッジを除去した後には、エッジを構成していた２つの頂点のうち何れか残される。この例では、図４Ａの階層Ｎにおけるエッジｅ（v_1，v_2）が除去され、図４Ｂに示す階層Ｎ＋１とされ、頂点v_1が残され新たな頂点ｖ’とされる。
【００４２】
このとき、残される頂点v_1を何処の位置に置くかによって、エッジ除去後の形状が変化する。図５は、この残される頂点を置く位置を決定する方法の一例について示す。なお、この図５では、ポリゴンデータにおけるエッジ形状の断面を示している。すなわち、図５Ａは、頂点v_1およびv_2で構成されるエッジｅ（v_1，v_2）がv_1およびv_2の外側のエッジに対して凸型に形成されている場合を示し、図５Ｂは、エッジｅ（v_1，v_2）がv_1およびv_2の外側のエッジに対して上下から挟まれＳ字型に形成されている場合を示す。また、図５Ａおよび図５Ｂにおいて、頂点ｖ’は、残される頂点を示す。
【００４３】
これら図５Ａおよび図５Ｂにおいて、斜線で示した領域S_1およびS_2は、エッジｅ（v_1，v_2）が除去され頂点ｖ’が残された場合の、体積変化分を示している。エッジｅ（v_1，v_2）除去後に残される頂点ｖ’の位置は、頂点v_1側での体積変化量S_1と、頂点v_2側での体積変化量S_2とが等しくなる位置に配置される。このように、除去されたエッジｅ（v_1，v_2）の両側の体積変化量が等しくなる位置に頂点を配置することで、エッジ除去後の形状をよりオリジナルの形状に近付けることが可能となる。
【００４４】

なお、上述の説明では、ステップＳ５において、除去するエッジ周辺の形状に関係なく、エッジの両端側における体積変化量がそれぞれ等しくなる位置に、残され新たな頂点とされる頂点ｖ’を配置したが、これはこの例に限定されるものではない。例えば、エッジ除去時の体積変化が最小になる位置に、頂点ｖ’を配置するようにしてもよい。このように、エッジ両端側における体積変化量が等しくなるような位置に頂点ｖ’を配置する方法と、体積変化が最小になる位置に、頂点ｖ’を配置する方法とを、使用者の要望に従い使い分けることができる。

【００４５】

また、エッジ周辺の形状を考慮して、形状が凹型あるいは凸型の場合には、エッジ除去後の体積変化が最小になる位置に頂点を配置し、Ｓ字型の場合には、エッジ両端側の体積変化量が等しくなる位置に配置するようにしてもよい。この場合には、頂点ｖ’の位置は、凹型および凸型の場合ではエッジの両端のどちらかに寄ることになるが、Ｓ字型の場合にはＳ字の中間に配置されることになる。したがって、体積変化を抑える効果とＳ字のような連続した変化を面で吸収する効果とを合わせ持つようにすることができる。

【００４６】

例えば、鋸の歯のように小さなＳ字型の変化が続く領域では、大局的な形状では１つの面で近似化することが可能となるうえ、Ｓ字型以外の大きな変化部分は、元の形状により近い形で近似化できる。形状を優先した近似化では、このような設定を行うこともでき、使用者の意図に従って近似化の方法を使い分けることが可能である。

【００４７】

また、エッジ除去後に残る頂点位置を、エッジ除去以前の頂点位置から全く変化させないことも可能である。すなわち、上述の図４に示される例では、エッジｅ（v_1，v_2）が除去された後に、例えば頂点v_1だけを除去前と位置を変えずに新たな頂点ｖ’として残す。これは、注目している頂点が他のモデルとの接点に存在するなどで、その位置をずらさない方が望ましいような場合、有効な手段とされる。

【００４８】

ステップＳ５までででエッジの評価，除去，およびエッジの除去に伴う新たな頂点の決定がなされると、次のステップＳ６で、ポリゴンモデルの各面に張り付けられたテクスチャに関する処理が行なわれる。図６は、ポリゴンモデル上のある面に画像データ（テクスチャ）を割り当てた例を模式的に示す。図６Ａは、頂点v_1～v_8からなるポリゴンモデルそのものを示し、左側の図に示されるモデルから、点線で示されるエッジｅ（v_3，v_6）を除去すると、右側の図に示される形状に近似化されることを示す。

【００４９】

図６Ｂは、図６Ａに示されるポリゴンモデルに対してテクスチャが張り付けられた様子を示す。ここでは、理解に容易なように、人物画に基づく画像データがテクスチャとして用いられている。図６Ｂ中の各座標vt_1～vt_8は、図６Ａにおける頂点v_1～v_8にそれぞれ対応する。したがって、左側の図での各座標vt_1～vt_8が図６Ａにおけるエッジｅ（v_3，v_6）除去に伴い右側に示される図のようになることを示す。

【００５０】

ポリゴンモデルの近似化により頂点v_6が除去され、このモデルにおける２つの頂点v_3およびv_6が１つの頂点v_3に統合される。これに伴い、v_3およびv_6とからなるエッジｅ（v_3，v_6）を除去すれば、このエッジを含む両側の三角形の領域が喪失される。このとき、これらの三角形の領域の喪失を考慮しないと、テクスチャ座標vt_3，vt_4，vt_6からなる画像データと、vt_3，vt_5，vt_6からなる画像データとが喪失されることになる。

【００５１】

したがって、図６Ｂの右側の図のテクスチャに示されるように、エッジ除去の近似化に合わせてテクスチャに統合と位置移動を行う必要がある。これにより、近似化モデル面上での連続した画像データの再生が可能とされる。

【００５２】

この例では、ポリゴンモデル上で頂点v_3とv_6とが統合され頂点v_3が残される。この残された頂点v_3を、頂点v_3’とする。この、頂点v_3’の位置は、近似化前のv_3とv_6とからなるエッジｅ（v_3，v_6）間の座標において、所定の配分ｔで配置されている。この場合、この頂点v_3’の座標は、（１－ｔ）×v_3＋ｔ×v_6として計算することができる。この配分係数ｔは、０≦ｔ≦１であれば、近似化前のエッジｅ（v_3，v_6）のエッジ直線上になり、ｔ＜０あるいは１＜ｔであれば、そのエッジｅ（v_3，v_6）外の位置になる。したがって、このｔの大きさを変化させることによって、エッジ除去によるモデル近似化後の形状変化量を制御できる。

【００５３】

このように、ポリゴンモデル上で頂点v_3と頂点v_6とが統合されて頂点v_3’とされ、この頂点v_3’は、頂点v_3および頂点v_6との間に配置される。したがって、これらの２つの頂点に対応していたテクスチャ座標vt_3および座標vt_6も、近似化後には座標vt_3に統合され座標vt_3’とされる。そして、この座標vt_3’は、近似化前の座標vt_3およびvt_6との間に配置される。

【００５４】

図７は、このエッジ除去に伴う、頂点の統合およびテクスチャ座標の統合について概略的に示す。図７Ａは、エッジｅ（v_3，v_6）の除去に伴い、（１－ｔ）×v_3＋ｔ×v_6で計算される位置に統合された頂点v_3’が配置された例である。残ったテクスチャ座標の配分は、この配分ｔに基づく頂点v_3’の配置と同様にして求めることができる。すなわち、図７Ｂに示されるように、残ったテクスチャ座標vt_3’の配分は、上述の頂点v_3とv_6との間での配分ｔと同じように、（１－ｔ）×vt_3＋ｔ×vt_6とすることで、画像を張り付けるモデル形状の変化に合わせた形で、画像の配分を行うことができる。これにより、図６Ｂの右側の図に示されるように、テクスチャを連続してポリゴンモデルに張り付けることができる。

【００５５】

ここで、若し、ポリゴンモデルでの頂点v_3に対応したテクスチャデータの座標vt_3の位置を、上述のようにモデル形状の変化に合わせて変化させない場合、例えば図６Ｂに示されるテクスチャでは、除去したエッジｅ（v_3，v_6）を含んでいる三角形の面に対応した顔の位置にあたる画像をモデルに張り付けることができなくなる。

【００５６】

例えば、図８Ａに示されるオリジナルのポリゴンモデルに対して、エッジｅ（v_3，v_6）の除去時に消える三角形面に割り当てられていた画像データを考慮せず、エッジｅ除去後の頂点の統合関係から、頂点v_6に割り当てられていたテクスチャ上の座標vt_6を残される頂点v_3側に対応させた場合、図８Ｂに示されるように、顔の部分が消えてしまう。また、エッジｅ除去時の頂点の統合関係を考慮せずに、エッジ除去前のvt_3の座標をエッジ除去後にそのまま継承した場合には、図８Ｃに示されるように、エッジｅ除去後には頂点v_3の座標が変わり、各面の面積が変わっているため、テクスチャを張り付けた結果は、歪んでしまう。すなわち、エッジ除去による面の変化とモデル頂点位置の変化とに合わせて、テクスチャデータも変化させる必要がある。

【００５７】

ところで、ポリゴンモデルにテクスチャを張り付ける場合、１つのみならず複数の異なるテクスチャをモデルに割り当てる場合がある。この場合はあるテクスチャから別なテクスチャに切りかわる境界が存在する。

【００５８】

テクスチャをポリゴンモデルに張り付ける場合、上述したように、テクスチャは、モデルの各頂点に割り当てられる。したがって、テクスチャの境界でも、その境界はモデルのエッジを構成する各頂点に割り当てられている。また、上述したように、モデルの近似化は、エッジ除去を所望の回数だけ繰り返すことによってなされる。このとき、除去対象となったエッジに割り当てられたテクスチャ領域がテクスチャの内部なら、上述の図６および図７で示したように、画像の連続性を保って近似化することができる。

【００５９】
しかし、除去対象となったエッジに割り当てられた画像の領域がちょうど画像の境界に存在する場合は、エッジ除去によってポリゴンモデルが近似化され、頂点位置が移動することによって複数のテクスチャが混ざるようになって、テクスチャの形状が崩れてしまう。これを防ぐために、エッジ除去の際に画像境界が崩れないように判定を行ない、エッジの除去を決定する必要がある。
【００６０】
図９Ａに示されるように、斜線の部分の画像からなるテクスチャと、顔の部分の画像からなるテクスチャの２つの異なるテクスチャが混在して１つのポリゴンモデルに張り付けられている。図９Ｂは、図９Ａに示されるモデルでのある連続したエッジ列を示している。この図９Ａおよび図９Ｂに示されるモデルにおいて、例えば頂点v_4と頂点v_5とからなるエッジｅ（v_4，v_5）を除去し、除去後に頂点v_4が残される場合、除去対象エッジｅ（v_4，v_5）の中間に頂点v_4に基づく頂点v_4’を配置する処理を行うと、図９Ｃに示されるように、エッジの輪郭線部が変化する。
【００６１】
この場合、頂点v_3～頂点v_6までのそれぞれの頂点に対して顔の画像の輪郭部も張り付けられているから、図９Ｄに示されるように、張り付けていた２つの画像の形状が崩れてしまう。この例では、顔の絵の下部分形状が大きく変化し、斜線の画像が増えてしまうことになる。このように、画像の輪郭部が割り当てられているモデルのエッジでは、上述のように単純にエッジ除去を繰り返すと、近似化後の品質を悪化させることになる。
【００６２】
これを防ぐためには、テクスチャの境界部分になるエッジの除去評価関数を導入し、エッジ除去によってテクスチャ境界の形が大きく変わる場合には、次の何れかの手法を用いる必要がある。すなわち、第１の手法としては、そのエッジを除去しない。第２の手法としては、エッジは除去するが、除去後の頂点位置の移動量を調節する。このときの各エッジの除去評価関数には、次に示す数式（２）が用いられる。また、図１０は、この数式（２）を説明するための図を示す。
【００６３】
【数２】

$$F(e)=\sum_i \left|(N_i \cdot E)\times L_i\right| \qquad \cdots\cdots (2)$$

【００６４】
ここで、Ｅはエッジｅの向きと長さを持つベクトル、Ｎｉはエッジの法線ベクトル、Ｌｉはエッジの長さをそれぞれ示す。ｉの範囲は、除去対象となるエッジの前後に存在する境界線のエッジ全体である。この数式（２）の意味するところは、境界部分のエッジを取り除いた場合の面積変化分である。したがって、数式（２）の計算値が大きな場合には、エッジ除去による輪郭線部分の変化が大きくなる。
【００６５】
すなわち、数式（２）の計算値が大きな場合には、テクスチャの輪郭線部での画像変化が大きくなり、結果としてテクスチャ形状の崩れが発生する恐れがあることを示す。これを防ぐためには、上述の第１の手法のように、そのエッジを除去しないという手法もあるが、上述の第２の手法のように、数式（２）の値が指定された値より小さくなる範囲内でエッジ除去後のテクスチャ座標を移動させ、結果として輪郭線部の変化量を小さくさせる手法もある。第２の手法を用いることにより、近似化後のテクスチャの崩れを抑えることが

できる。

【００６６】

以上のようにして、所望の精度を持ったテクスチャを張り付けた近似化ポリゴンモデルを得ることができる。この場合、オリジナルのモデルに対してテクスチャが張り付けられていれば、近似化後に、モデルに対して再度テクスチャを張り付ける必要は無く、自動的にテクスチャ付きの近似化モデルを得ることができる。

【００６７】

上述したように、ステップＳ２からステップＳ６までの処理を繰り返して得られた近似化モデルは、それぞれハードディスク６やメモリ７といった外部記憶装置に記憶されるが、ステップＳ８での表示の際には、この外部記憶装置に記憶された近似化モデルが読み出され描画され表示装置８に表示される。この表示は、上述の従来技術でも説明したように、例えばモデルが遠くに配置されたことにより画面上で小さくなったり、あるいは画面の注目点から外れたことにより観察者がそのモデルに注目しなくなった場合には、より近似化された階層のモデルに切り換えられて行われる。

【００６８】

この近似化モデルの切り替えの際に、近似化の程度が大きく異なるモデルに急に切り替えると、この切り替えの瞬間に、表示されているモデルの形状に急激な変化が生じ、観察者に対して違和感を与えてしまう。

【００６９】

この違和感を与えないためには、近似度を少しずつ変えた多数のモデルを用意し外部記憶装置に記憶させ、これらのモデルを順に切り換えながら表示を行うようにすればよい。しかし、この場合には、記憶するモデルの量が増えてしまい、効率的ではない。そこで、少ないモデル数でもスムーズで連続な変換を実現するため、離散的な階層間でモデルを補間し、中間階層のモデルを得るようにすればよい。

【００７０】

例えば、上述の図４に示した例においては、エッジｅ（v_1，v_2）を除去した後の頂点がｖ’とされているが、この頂点ｖ’は、エッジｅ（v_1，v_2）における頂点v_1およびv_2が互いに近づいて頂点ｖ’となったと考えることができる。すなわち、頂点v_1およびv_2は、結果として頂点ｖ’に統合されている。このように、エッジ除去前後での頂点の対応関係は分かっているから、その頂点の対応関係を利用してエッジ除去前後のデータから、エッジ除去前後の間でのデータを補間により得ることが可能である。

【００７１】

このような、離散的な階層間における中間階層の近似化モデルの形成方法は、先に本発明者の提案にかかる特願平６－２４８６０２号において詳細に説明されている。

【００７２】

図１１は、このように、２つの階層間における頂点の対応関係を利用した、中間階層の近似化モデルの形成を示す。図１１において、エッジ除去前を図１１Ａに示すように階層Ｎ、エッジ除去後を図１１Ｃに示すように階層Ｎ＋１として、この２つの階層から図６Ｂに示す中間階層Ｎ’のモデルを得ている。

【００７３】

この例では、階層Ｎのエッジｅ（v_1，v_2）を構成する頂点v_1およびv_2とが階層Ｎ＋１ではv_1になり、消えた頂点v_2は、v_1に統合されている。この頂点対応関係から、中間階層Ｎ’において階層Ｎのエッジｅ（v_1，v_2）に対応するエッジｅ’（v_1’，v_2’）を構成する頂点v_1’，v_2’の位置は、階層Ｎと階層Ｎ＋１との間における線形補間で得ることができる。ここでは１つの中間階層を得る例を示しているが、所望の中間階層数に応じて、線形補間の度合いを変え、複数の中間階層を得ることができる。この中間階層の近似化モデルの作成は、モデルが表示される状況に応じてリアルタイムに行うことができる。

【００７４】

なお、ここでは、この中間階層の近似化モデルは、モデルの表示を行いながらリアルタイ

ムに作成され表示されるように説明したが、これはこの例に限定されるものではない。例えば、中間階層の近似化モデルを予め作成し外部記憶装置に記憶しておき、表示の際にこの記憶された中間階層の近似化モデルを読み出すようにしてもよい。

【００７５】

ここでは、１つのエッジを除去した場合を例としてあげたが、実際のモデルの近似化においてはエッジの除去を複数回繰り返すため、ある階層の１頂点は、よりオリジナルモデルに近い別な階層の複数の頂点に対応する。このような２つの階層間における頂点の対応関係を利用すれば、全ての階層間でモデルの頂点を対応付けすることが可能となる。こうして得た頂点の対応関係に基づいて、中間階層のモデルを得る。

【００７６】

また、上述したように、テクスチャでの画像データ座標は、それぞれモデルの各頂点に割り当てられているから、このモデル頂点の場合と同様にして頂点v_1と頂点v_2とにそれぞれ割り当てられたテクスチャ座標vt_1およびvt_2の補間により、中間階層でのテクスチャを張り付けたモデルを得ることが可能である。この処理により、スムーズにオリジナルから最も近似化したモデルまでを連続して得ることができる。

【００７７】

以上の処理により、離散的な階層的近似化モデルが得られると共に、その中間階層のモデルも得ることが可能となる。このようにして得られ、記憶された近似化モデルは、ステップＳ８において、表示装置８における画面での見かけのモデルの大きさ、位置、速度、視聴者の注目点に応じて切り替えられ表示される。図７は、この実施の一形態により得られた近似化モデルの例を示す。

【００７８】

図１２は、この実施の一形態による処理結果の一例を模式的に示す。この例では、オリジナルモデルは１８２個の頂点，３６０個の面，２７９個のテクスチャ座標からなる球体である。この球体に、テクスチャとして地球の画像が張り付けられている。そして、オリジナルモデルに対して頂点数比較で６０％ずつ減少させて近似化している。図１３は、同じ近似化モデルのテクスチャを張らない場合のモデルのワイヤーフレーム状態を示す。図１２では、画像が一貫して保たれているために、どれほど近似化されているかがわかりにくいが、図１３に示されるような、テクスチャ画像を張り付ける前の近似化状態では、近似化の進行がはっきりと見て取れる。

【００７９】

また、図１３により具体的に示されるように、この発明を用いることにより、頂点数を、オリジナルモデルの３６％や２１．６％にまで落とした場合でも、オリジナルモデルが持つ大局的な形状を損なうこと無く階層的近似化モデルを得ることができる。

【００８０】

なお、上述では、ポリゴンモデルにテクスチャ画像を張り付けた場合について説明したが、この発明は、勿論、テクスチャ画像を張り付けない場合についても適用することが可能である。この場合には、上述の図１に示されるフローチャートにおいて、ステップＳ６を省略することができる。

【００８１】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、ＣＧに使用する例えばポリゴンデータといった幾何データに対して画像データ（テクスチャ）を張り付けた場合、テクスチャ形状の崩れや見た目の品質悪化を防ぎながら所望の詳細度に近似化することが可能となる。またモデルを近似化した後に改めてテクスチャを張り付ける手間も省くことができる。

【００８２】

したがって、この発明によれば、ＣＧに使用する幾何モデルを、テクスチャを張り付けた状態で近似化することができる効果がある。また、単に近似化するだけでなく、近似化結果におけるテクスチャの形状崩れを抑えることができる効果がある。

【００８３】

また、この発明に基づく方法によって近似化した幾何モデルを使用することにより、ＣＧの描画において、高速かつ高画質での描画の要求を満たすことが可能となる効果がある。

【００８４】

さらに、この発明によれば、ＣＧに使用する幾何モデルを構成する各エッジの重要度を評価値によって評価することができる。そして、このエッジの評価値が低いエッジを優先的に除去することによって幾何モデルの近似化を行うことができる効果がある。

【００８５】

また、この発明によれば、大局的な形状の変化を抑えるように、エッジを除去した後に残る頂点の位置を決定することができる。これにより、近似化したモデルを使って描画する際の見た目の違和感を抑えることができる効果がある。

【００８６】

また、この発明によれば、ＣＧで使用する図形データを複数の解像度で近似化することが可能であり、この発明によって得られた図形データを使うことによって、高速描画と高品質描画とを同時に満足することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明による、テクスチャマッピングされたポリゴンモデルの階層的近似化のフローチャートである。

【図２】この発明に適用可能な描画装置の一例を示す図である。

【図３】数式（１）を説明するための略線図である。

【図４】頂点位置決定の一例について示す略線図である。

【図５】残される頂点を置く位置を決定する方法の一例について示す略線図である。

【図６】ポリゴンモデル上のある面にテクスチャを割り当てた例を模式的に示す図である。

【図７】エッジ除去に伴う頂点およびテクスチャ座標の統合について概略的に示す図である。

【図８】頂点の統合によりテクスチャに変化を来すことを説明するための図である。

【図９】２つの異なるテクスチャが１つのポリゴンに張り付けられた場合を説明するための図である。

【図１０】数式（２）を説明するための略線図である。

【図１１】中間階層の近似化モデルの形成の方法の例を示す略線図である。

【図１２】この実施の一形態による処理結果の一例を概略的に示す模式的である。

【図１３】この実施の一形態による処理結果の一例を概略的に示す模式的である。

【図１４】従来方法によるＣＧ描画の例を示す略線図である。

【図１５】望ましいＣＧ描画の例を示す略線図である。

【符号の説明】

Ｓ２　エッジ評価のステップ

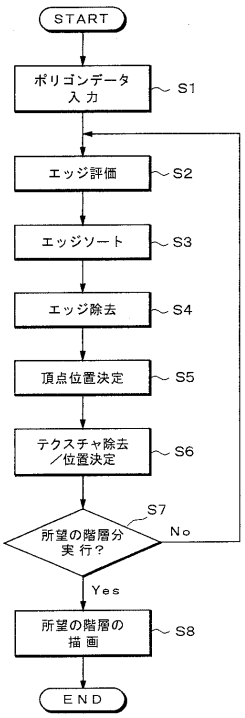
Ｓ３　エッジソートのステップ

Ｓ４　エッジ除去のステップ

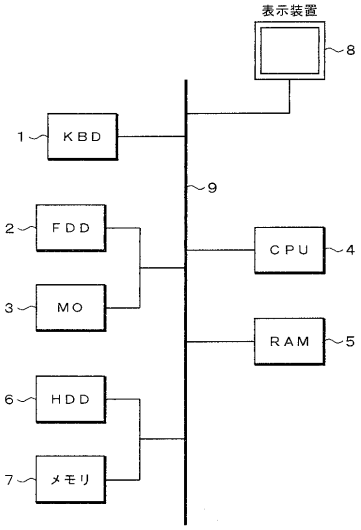
Ｓ５　頂点位置決定のステップ

Ｓ６　テクスチャ除去およびテクスチャ座標位置決定のステップ

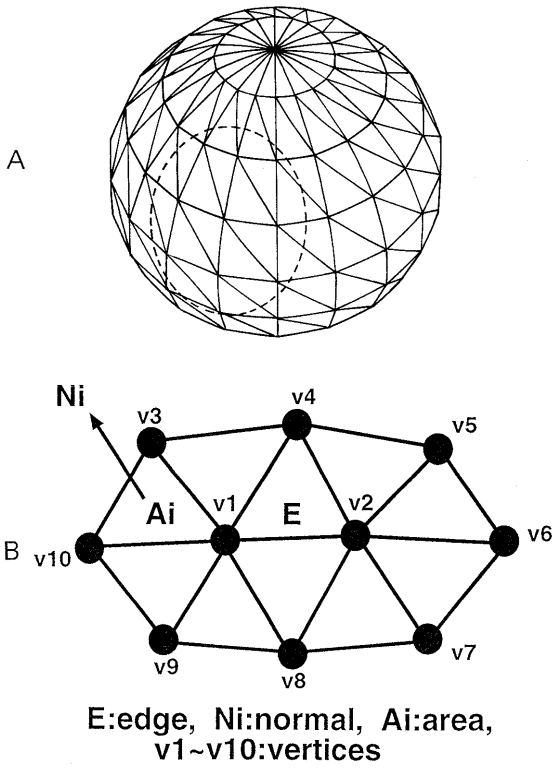
【図１】


START
ポリゴンデータ入力
S1
エッジ評価
S2
エッジソート
S3
エッジ除去
S4
頂点位置決定
S5
テクスチャ除去／位置決定
S6
S7
所望の階層分実行？
No
Yes
所望の階層の描画
S8
END

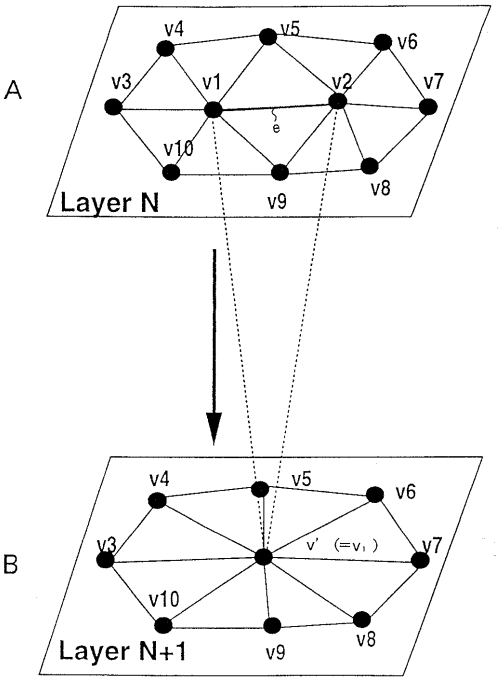
【図２】


表示装置
8
1
KBD
9
2
FDD
CPU
4
3
MO
RAM
5
6
HDD
7
メモリ

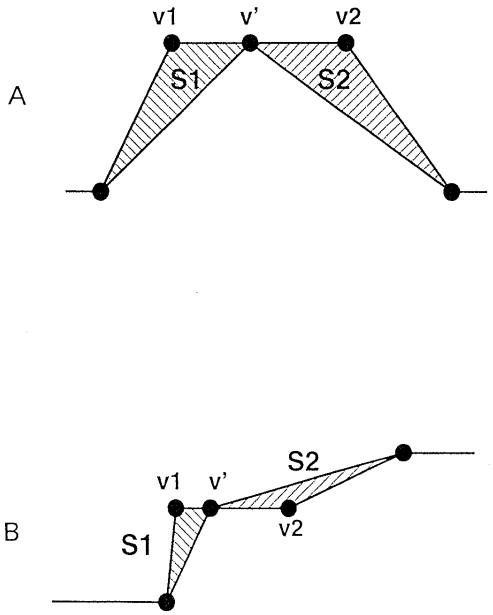
【図３】


A
Ni
v3
v4
v5
Ai
v1
E
v2
B
v10
v6
v9
v8
v7
E:edge, Ni:normal, Ai:area,
v1~v10:vertices

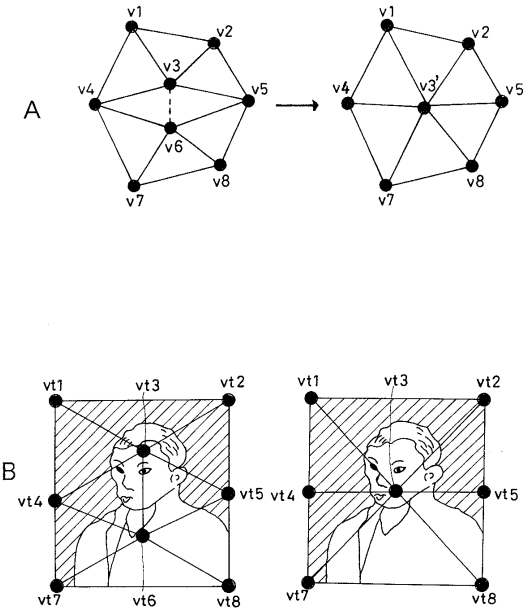
【図４】


A
v4
v5
v6
v3
v1
v2
v7
e
v10
v9
v8
Layer N
B
v4
v5
v6
v3
v' (=v1)
v7
v10
v9
v8
Layer N+1

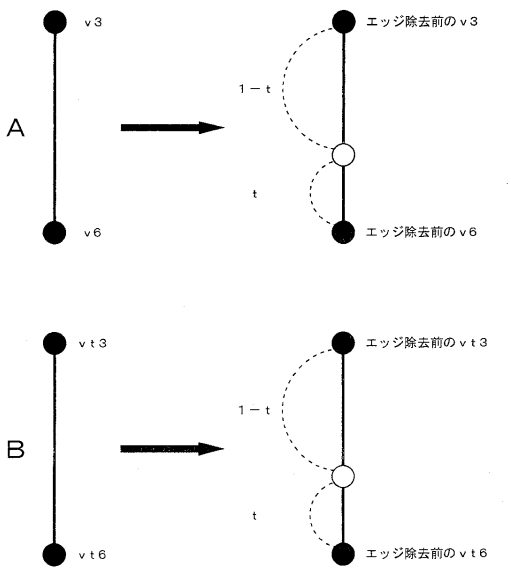
【図５】


A
v1
v'
v2
S1
S2
B
v1
v'
S2
S1
v2

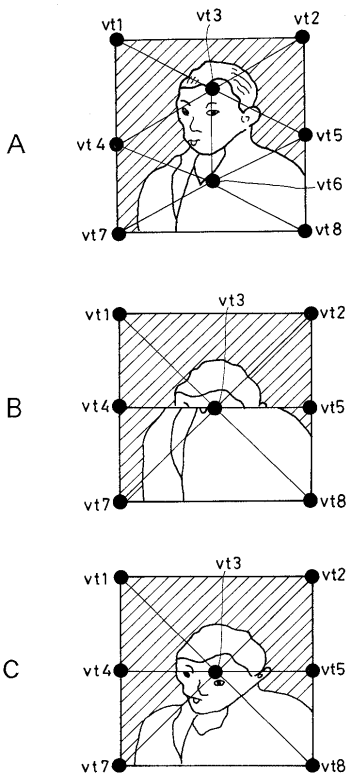
【図６】


A
v1
v2
v3
v4
v5
v6
v7
v8
v1
v2
v3'
v4
v5
v7
v8
B
vt1
vt3
vt2
vt4
vt5
vt7
vt6
vt8
vt1
vt3
vt2
vt4
vt5
vt7
vt8

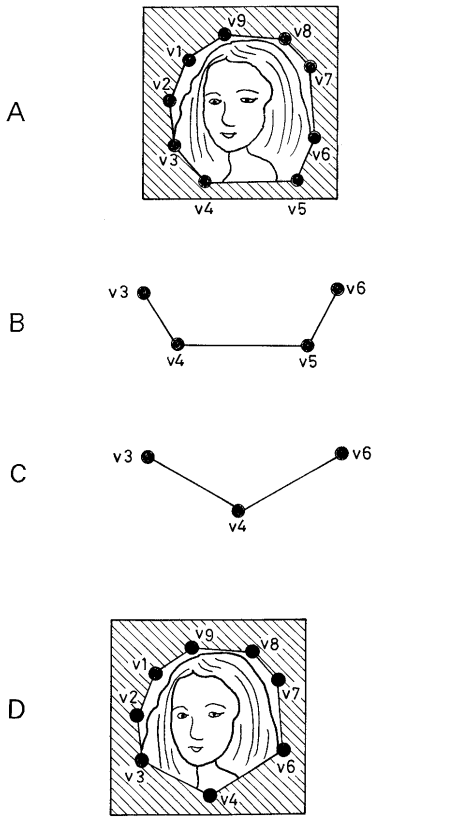
【図７】


A
v3
v6
1－t
t
エッジ除去前のｖ3
エッジ除去前のｖ6
B
ｖｔ3
ｖｔ6
1－t
t
エッジ除去前のｖｔ3
エッジ除去前のｖｔ6

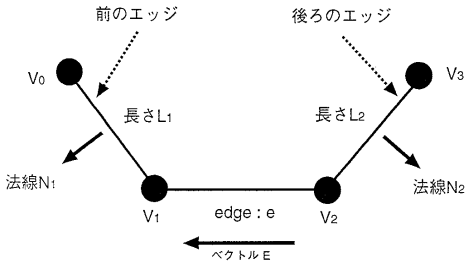
【図８】


A
vt1
vt3
vt2
vt4
vt5
vt6
vt7
vt8
B
vt1
vt3
vt2
vt4
vt5
vt7
vt8
C
vt1
vt3
vt2
vt4
vt5
vt7
vt8

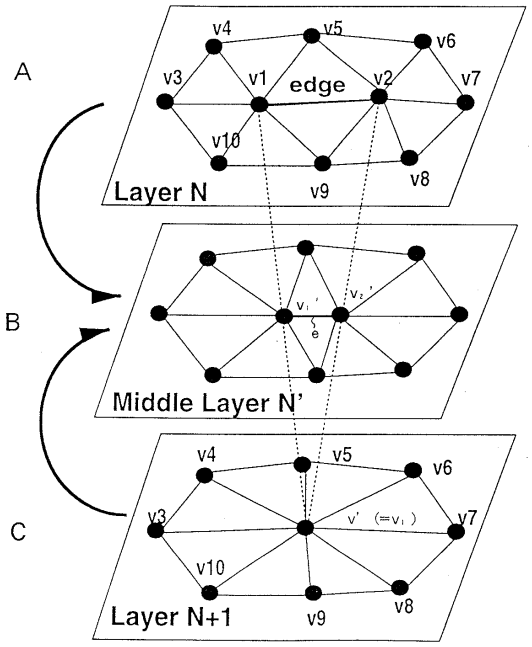
【図９】



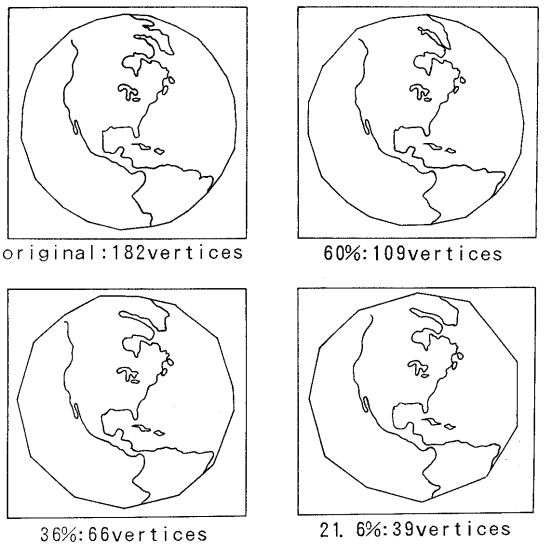
【図１０】



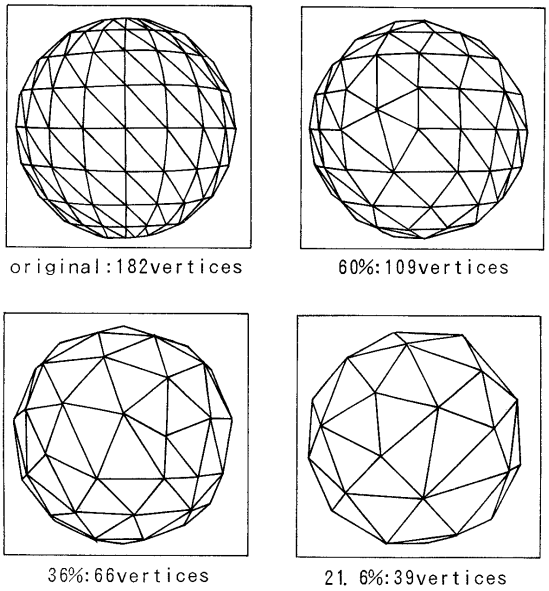
【図１１】



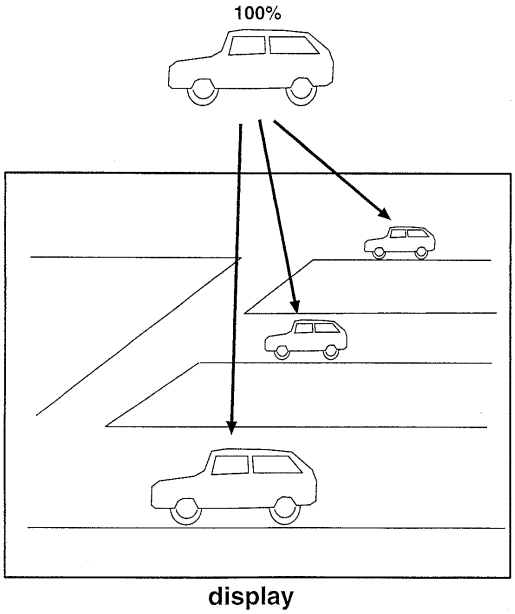
【図１２】



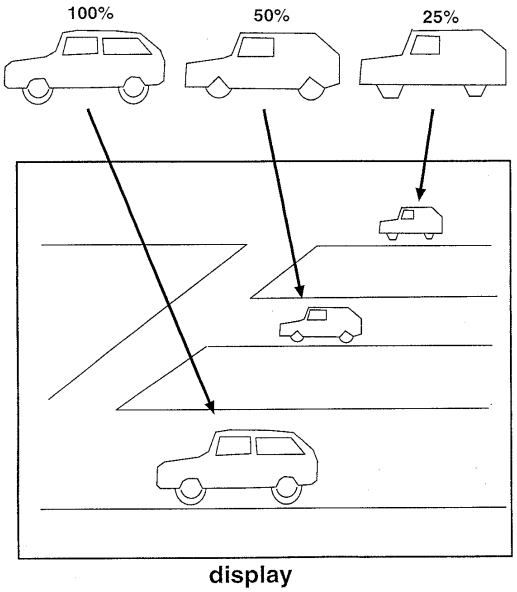
【図１３】


original:182vertices
60%:109vertices
36%:66vertices
21.6%:39vertices

【図１４】


100%
display

【図１５】


100%
50%
25%
display

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０５－２６６２１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２５０４４５（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２６６２１３（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２３１２７６（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１９８５２４（ＪＰ，Ａ）
山本裕之　外２名，”３次元形状モデリングのためのドロネー網生成法”，電子情報通信学会論文誌（情報・システムＩＩ－情報処理），社団法人電子情報通信学会，１９９５年　5月２５日，第Ｊ７８－Ｄ－ＩＩ巻，第５号，ｐ．７４５－７５３
鄭文濤　外１名，”不変特徴に基づく三次元曲面の表現”，テレビジョン学会技術報告（画像通信システム　画像応用），社団法人テレビジョン学会，１９９４年　2月２５日，第１８巻，第１５号，ｐ．３１－３８
内山晋二　外２名，”距離画像からの階層化適応型パッチ生成法”，情報処理学会論文誌，社団法人情報処理学会，１９９５年　2月１５日，第３６巻，第２号，ｐ．３５１－３６１

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G06T 15/00
G06T 11/20
G06F 17/50
CSDB(日本国特許庁)