

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6517922号
(P6517922)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int.Cl.

F I

G 0 6 T 17/20 (2006.01)

G 0 6 T 17/20

G 0 6 T 9/00 (2006.01)

G 0 6 T 9/00 1 0 0

請求項の数 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2017-511707 (P2017-511707)
 (86) (22) 出願日 平成27年8月21日 (2015.8.21)
 (65) 公表番号 特表2017-533494 (P2017-533494A)
 (43) 公表日 平成29年11月9日 (2017.11.9)
 (86) 国際出願番号 PCT/CA2015/050803
 (87) 国際公開番号 W02016/029303
 (87) 国際公開日 平成28年3月3日 (2016.3.3)
 審査請求日 平成30年8月21日 (2018.8.21)
 (31) 優先権主張番号 14/473, 242
 (32) 優先日 平成26年8月29日 (2014.8.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 508301087
 エーティーアイ・テクノロジーズ・ユーエ
 ルシー
 A T I T E C H N O L O G I E S U L
 C
 カナダ、オンタリオ エル3ティー 7
 エックス6、マーカム、コマース バリー
 ドライブ イースト 1
 One Commerce Valley
 Drive East, Markha
 m, Ontario, L3T 7X6
 Canada

(74) 代理人 100108833
 弁理士 早川 裕司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MPEG/SC3DMC標準のポリゴンメッシュへの拡張

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ポリゴンメッシュを圧縮するシステムであって、
 プロセッサと、エンコーダと、を備え、
 前記プロセッサは、

トラバース順序に従って、ポリゴンメッシュ内の複数のポリゴンの頂点をトラバースすることであって、前記複数のポリゴンは複数の非三角形ポリゴンを含む、ことと、

前記複数の非三角形ポリゴンを含む前記ポリゴンメッシュを、前記トラバース順序に従って順序付けられたポリゴンのファンのセットに分割することであって、少なくとも1つの前記ポリゴンのファンは複数のポリゴンを有し、各ポリゴンのファンは、前記ポリゴンのファン内の1つ以上のポリゴンの対応する頂点によって定義されており、前記複数のポリゴンを含む少なくとも1つの前記ポリゴンのファンについて、前記少なくとも1つのポリゴンのファン内の前記複数のポリゴンの共通の頂点から前記トラバース順序が開始する、ことと、

前記トラバース順序に従って、前記順序付けられたポリゴンのファンのセット内の非三角形ポリゴンの各々を、前記共通の頂点から非三角形ポリゴンの各々の対応する頂点までの三角形にテッセレーションし、前記トラバース順序に従って順序付けられた三角形のファンのセットを生成することによって、前記複数の非三角形ポリゴンを含む前記ポリゴンメッシュを三角形メッシュに変換することと、を含む動作を実行するように構成されており、

10

20

前記エンコーダは、

前記三角形メッシュ及び前記順序付けられた三角形のファンのセットを受信し、前記三角形メッシュ及び前記順序付けられた三角形のファンのセットを用いて、前記ポリゴンメッシュを圧縮するように構成されている、
システム。

【請求項 2】

少なくとも 2 つの非三角形ポリゴンは共通の辺を共有している、
請求項 1 のシステム。

【請求項 3】

前記分割することは、
付随するポリゴンを前記ポリゴンのファンのセットのうち何れかのポリゴンのファンに追加することを含み、
前記共通の頂点は、前記ポリゴンのファンの中心頂点であり、
前記付随するポリゴンは、巡回されておらず、
前記付随するポリゴンは、前記ポリゴンのファン内で隣接するポリゴンと同じ向きを有しており、又は、前記ポリゴンのファン内で隣接するポリゴンを有していない、
請求項 2 のシステム。

10

【請求項 4】

前記テッセレーションすることは、
前記少なくとも 1 つのポリゴンのファン内の少なくとも 2 つの非三角形ポリゴンについて、前記少なくとも 2 つの非三角形ポリゴンの共通の頂点と、前記少なくとも 2 つの非三角形ポリゴンのうち対応する非三角形ポリゴンの他の頂点との間に、前記他の頂点のトラバース順序に従って少なくとも 1 つの辺を挿入することを含む、
請求項 1 のシステム。

20

【請求項 5】

前記プロセッサは、
前記テッセレーションに基づいて、三角形メッシュを前記エンコーダに出力すること、を含む動作を実行するように構成されている、
請求項 1 のシステム。

【請求項 6】

前記プロセッサは、
前記テッセレーションに基づいて、前記順序付けられた三角形のファンのセットを出力すること、を含む動作を実行するように構成されている、
請求項 1 のシステム。

30

【請求項 7】

前記プロセッサは、
前記トラバース順序に従って、前記複数のポリゴン毎の三角形の数に対応する値のシーケンスを生成することと、
前記ポリゴンのファンのセットのうち何れかのポリゴンのファン内の各ポリゴンの三角形の数を出力することと、を含む動作を実行するように構成されている、
請求項 1 のシステム。

40

【請求項 8】

前記エンコーダは、
前記三角形メッシュ及び前記順序付けられた三角形のファンのセットを受信し、前記三角形メッシュ及び三角形のファンのセットを用いて前記ポリゴンメッシュを圧縮するように構成された第 1 エンコーダと、
前記値のシーケンスを受信して圧縮するように構成されたエントロピーエンコーダと、を備える、
請求項 7 のシステム。

【請求項 9】

50

ポリゴンメッシュを圧縮する方法であって、

トラバース順序に従って、ポリゴンメッシュ内の複数のポリゴンの頂点をトラバースすることであって、前記複数のポリゴンは複数の非三角形ポリゴンを含む、ことと、

前記複数の非三角形ポリゴンを含む前記ポリゴンメッシュを、前記トラバース順序に従って順序付けられたポリゴンのファンのセットに分割することであって、少なくとも1つの前記ポリゴンのファンは複数のポリゴンを有し、各ポリゴンのファンは、前記ポリゴンのファン内の1つ以上のポリゴンの対応する頂点によって定義されており、前記複数のポリゴンを有する少なくとも1つの前記ポリゴンのファンについて、前記少なくとも1つのポリゴンのファン内の前記複数のポリゴンの共通の頂点から前記トラバース順序が開始する、ことと、

10

前記トラバース順序に従って、前記順序付けられたポリゴンのファンのセット内の非三角形ポリゴンの各々を、前記共通の頂点から非三角形ポリゴンの各々の対応する頂点までの三角形にテッセレーションし、前記トラバース順序に従って順序付けられた三角形のファンのセットを生成することによって、前記複数の非三角形ポリゴンを含む前記ポリゴンメッシュを三角形メッシュに変換することと、

前記三角形メッシュ及び前記順序付けられた三角形のファンのセットを用いて、前記ポリゴンメッシュを圧縮することと、を含む、

方法。

【請求項10】

少なくとも2つの非三角形ポリゴンは共通の辺を共有している、

20

請求項9の方法。

【請求項11】

前記分割することは、

付随するポリゴンを前記ポリゴンのファンのセットのうち何れかのポリゴンのファンに追加することを含む、

前記共通の頂点は、前記ポリゴンのファンの中心頂点であり、

前記付随するポリゴンは、巡回されておらず、

前記付随するポリゴンは、前記ポリゴンのファン内で隣接するポリゴンと同じ向きを有しており、又は、前記ポリゴンのファン内で隣接するポリゴンを有していない、

請求項10の方法。

30

【請求項12】

前記テッセレーションすることは、

前記少なくとも1つのポリゴンのファン内の少なくとも2つの非三角形ポリゴンについて、前記少なくとも2つの非三角形ポリゴンの共通の頂点と、前記少なくとも2つの非三角形ポリゴンのうち対応する非三角形ポリゴンの他の頂点との間に、前記他の頂点のトラバース順序に従って少なくとも1つの辺を挿入することを含む、

請求項9の方法。

【請求項13】

前記テッセレーションに基づいて、三角形メッシュをエンコーダに出力すること、を含む、

40

請求項9の方法。

【請求項14】

前記テッセレーションに基づいて、前記順序付けられた三角形のファンのセットを出力すること、を含む、

請求項9の方法。

【請求項15】

前記トラバース順序に従って、前記複数のポリゴン毎の三角形の数に対応する値のシーケンスを生成することと、

前記ポリゴンのファンのセットのうち何れかのポリゴンのファン内の各ポリゴンの三角形の数を出力することと、を含む、

50

前記圧縮することは、

前記三角形メッシュ及び三角形のファンのセットを用いて前記ポリゴンメッシュを圧縮することと、

前記値のシーケンスを圧縮することと、を含む、

請求項 9 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、2014年8月29日に出願された米国特許出願第14/473,242号の優先権を主張する。 10

【0002】

本開示は、概して、グラフィックス圧縮に関する。より具体的には、本開示は、ポリゴンメッシュ圧縮に関する。

【背景技術】

【0003】

より現実的な3Dコンピュータグラフィックスを作成したいという要望が近年増加している。より現実的な3Dコンピュータグラフィックスを作成するためには、一般的に、3Dオブジェクトを、より細かい粒度のポリゴンメッシュによって表現する必要がある。

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ポリゴンメッシュは、オブジェクトの形状を定義する頂点、辺及び表面の集合である。メッシュによって表現される頂点、辺及び表面が多くなると、オブジェクトがより現実的に見える。しかしながら、頂点、辺及び表面の数が増えると、より多くのメモリが必要になる。これは、メモリ又は帯域幅が制限されている環境においては重大な問題になる。したがって、ポリゴンメッシュを圧縮する方法を見出すことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

実施形態は、トラバース順序に従ってポリゴンメッシュをトラバースし、前記トラバース順序に基づいて、ポリゴンメッシュをポリゴンのファン(fan)のセットに分割し、前記トラバース順序に基づいて、前記ポリゴンのファンのセットを三角形にテッセレーションする技術を含む。このメカニズムによって、スケーラブルコンプレキシティ3Dメッシュ圧縮-トライアングルファン(SC3DMC-TFAN: Scalable Complexity 3D Mesh Compression-Triangle-Fan)標準を用いて、ポリゴンメッシュを圧縮及び解凍することが可能になる。この結果、このメカニズムにより、SC3DMCエンコーダ及びデコーダを最大限に再利用することが可能になる。 30

【0006】

本明細書で説明される実施形態は、SC3DMC-TFAN標準を用いてポリゴンメッシュを圧縮及び解凍するためのシステム、コンピュータ可読媒体、及び、コンピュータによって実行される方法を含む。本実施形態のさらなる特徴及び利点、並びに、本実施形態の構造及び動作は、添付図面を参照して以下で詳細に説明される。本実施形態は、本明細書に記載の特定の実施形態に限定されないことに留意されたい。かかる実施形態は、例示的な目的のためだけに本明細書にて提示される。本明細書に含まれる教示に基づいて、さらなる実施形態が当業者において明らかであろう。 40

【0007】

本明細書に組み込まれ本明細書の一部を形成する添付図面は、実施形態を示しており、以下の説明とともに、本実施形態の原理を説明し、開示された実施形態を当業者が行い、使用できるようにすることにおいて役立つ。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 8 】

【図 1】一実施形態による、ポリゴンメッシュを圧縮するシステムのブロック図である。

【図 2】一実施形態による、ポリゴンメッシュを解凍するシステムのブロック図である。

【図 3】一実施形態による、ポリゴンメッシュを圧縮する例示的な方法のフローチャートである。

【図 4】一実施形態による、ポリゴンメッシュを解凍する例示的な方法のフローチャートである。

【図 5】一実施形態による、圧縮目的でポリゴンメッシュの頂点をトラバースする例示的な順序を示す図である。

【図 6】一実施形態による、圧縮目的でポリゴンをポリゴンのファンに分割する例を示す図である。

【図 7】一実施形態による、圧縮目的でポリゴンのファンを三角形にテッセレーション処理する例を示す図である。

【図 8】本実施形態を実施可能な例示的なコンピュータシステムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

以下の詳細な説明において、「一実施形態」、「実施形態」、「例示的な実施形態」等の言及は、説明された実施形態が特定の特徴、構造又は特性を含むことを示しているが、必ずしも特定の特徴、構造又は特性を含む必要はない。また、かかる語句は、必ずしも同一の実施形態を指しているわけではない。さらに、特定の特徴、構造又は特性が実施形態に関連して説明される場合、明確に説明されるか否かに関わらず、他の実施形態と関連してかかる特徴、構造又は特性に影響を与えることは当業者の知識の範囲内であると受け入れられる。

【 0 0 1 0 】

「実施形態」という用語は、全ての実施形態が、考察された特徴、利点又は動作モードを含むことを必要としない。実施形態の範囲から逸脱することなく、代替的な実施形態が考察されてもよい。また、実施形態の周知の要素は、詳細に説明されなくてもよいし、実施形態の関連する詳細を曖昧にしないように省略されてもよい。また、本明細書で使用される専門用語は、特定の実施形態を説明することのみを目的とするものであり、実施形態を限定することを意図するものではない。例えば、本明細書で使用されるように、単数形「a」、「an」及び「the」は、文脈において明確に示されない限り、複数形も含むことが意図される。「comprises（備える）」、「comprising（備えている）」、「includes（含む）」及び／又は「including（含んでいる）」は、本明細書で使用される場合、記載された特徴、整数、ステップ、動作、要素及び／又は構成要素の存在を特定するものであるが、1つ以上の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素及び／又はこれらのグループの存在又は追加を排除するものではない。

【 0 0 1 1 】

本開示は、ポリゴンメッシュを圧縮するためのシステム及び方法に関連する実施形態を対象とする。メッシュ圧縮には、いくつかの標準が存在する。最も一般的な標準の1つは、MPEG / SC3DMC (Moving Picture Experts Group/Scalable Complexity 3D Mesh Compression) 標準である。この標準は、三角形メッシュを圧縮するための種々のアルゴリズムを定義している。SC3DMC Triangle-Fan (TFAN) アルゴリズムは、最良の圧縮比を提供する。しかしながら、SC3DMC-TFAN アルゴリズムは、任意のn面（又はn次）ポリゴンメッシュを圧縮するために使用することができない。むしろ、SC3DMC-TFAN アルゴリズムは、三角形メッシュ（すなわち、n = 3のn面ポリゴン）でしか機能しない。

【 0 0 1 2 】

三角形メッシュは、ポリゴンメッシュの特殊なケースである。具体的には、3Dオブジェクトは、ポリゴンの集合としてではなく、三角形の集合として表現される。しかしなが

10

20

30

40

50

ら、三角形メッシュがポリゴンメッシュの特殊なタイプであるものの、ポリゴンメッシュは、依然として、3Dオブジェクトをモデル化する場合に非常に有用である。四角形、五角形、六角形及び高次のポリゴンによって、3Dモデラは、3Dオブジェクトをより容易且つ正確にモデリングすることができる。

【0013】

上述したように、SC3DMC-TFAN標準を用いてポリゴンメッシュを圧縮及び解凍することの可能なシステム及び方法が必要とされている。かかるシステム及び方法によって、SC3DMC-TFAN標準の既存の実装の使用を可能にすることが望ましい。

【0014】

図1は、SC3DMC-TFAN標準を使用してポリゴンメッシュを圧縮するシステムの例示的な機能ブロック図である。ブロック図100は、前処理モジュール120と、SC3DMCエンコーダ160と、エントロピーエンコーダ170と、MUX180と、等の種々の要素を含む。これらの要素は、ハードウェア又はソフトウェアで実装されてもよい。

10

【0015】

前処理モジュール120は、ポリゴンメッシュ110を受信する。前処理モジュール120は、ポリゴンメッシュ110をテッセレーションする。ポリゴンメッシュ110をテッセレーションすることによって、SC3DMC-TFAN標準を用いてポリゴンメッシュ110を圧縮することができる。このテッセレーションは、特定の方法で実行され、三角形メッシュ130と、三角形のファンのセット140と、シーケンス150と、を生成する。

20

【0016】

三角形メッシュ130は、三角形の集合としてのポリゴンメッシュ110の表現である。換言すれば、ポリゴンメッシュ110内の各ポリゴンは、1つ以上の三角形に分割される。

【0017】

三角形のファンのセット140は、三角形のファンのセットとしての三角形メッシュ130の表現である。三角形のファンは、記憶空間を節約する、3Dコンピュータグラフィックのプリミティブ(primitive)である。具体的には、三角形のファンは、1つの中心頂点を共有する、接続された三角形のセットを記述する。ファン内の三角形の数がNである場合、三角形のファンを記述するのに必要な頂点の数は $N + 2$ であるため、三角形のファンは記憶空間を節約する。これは、三角形を別々に記述するのに $3 \times N$ 個の頂点が必要であることに対する改善である。三角形のファンのセット140は、三角形メッシュ130を圧縮する場合にSC3DMCエンコーダ160を案内するために使用される。

30

【0018】

シーケンス150は、一連の数字であり、各数字は、ポリゴンメッシュ110内の各ポリゴンを構成する三角形の数を表している。シーケンス150を送信することによって、三角形メッシュ130からポリゴンメッシュ110を再構築することが可能になる。

【0019】

SC3DMCエンコーダ160は、三角形メッシュ130と、三角形のファンのセット140との両方を受信する。SC3DMCエンコーダ160は、SC3DMC-TFAN標準に従って、三角形メッシュ130の圧縮バージョンを生成する。SC3DMCエンコーダ160は、三角形メッシュを圧縮するように設計されている。したがって、SC3DMCエンコーダ160は、三角形メッシュ130と三角形のファンのセット140とを前処理モジュール120から受信するので、ポリゴンメッシュ110を圧縮することができる。

40

【0020】

エントロピーエンコーダ170は、シーケンス150を受信して、圧縮する。当業者に理解されるように、種々の圧縮アルゴリズムが使用されてもよい。例えば、シーケンス150は、シーケンス内の統計的相関に基づいて圧縮されてもよい。

50

【 0 0 2 1 】

M U X 1 8 0 は、三角形メッシュ 1 3 0 の圧縮バージョンを S 3 C D M C エンコーダ 1 6 0 から受信する。また、M U X 1 8 0 は、シーケンス 1 5 0 の圧縮バージョンをエントロピーエンコーダ 1 7 0 から受信する。M U X 1 8 0 は、両方の情報を圧縮ストリーム 1 9 0 に多重化する。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、圧縮ストリーム 2 1 0 を解凍するためのシステムの例示的な機能ブロック図 2 0 0 である。圧縮ストリーム 2 1 0 は、ポリゴンメッシュ 1 1 0 及びシーケンス 1 5 0 の各々の圧縮バージョンを表す。ブロック図 2 0 0 は、D e - M u x 2 2 0 と、S C 3 D M C デコーダ 2 3 0 と、エントロピーデコーダ 2 4 0 と、後処理モジュール 2 7 0 と、等の種々の要素を含む。これらの要素は、ハードウェア又はソフトウェアで実装されてもよい。

10

【 0 0 2 3 】

D e - M u x 2 2 0 は、圧縮ストリーム 2 1 0 を受信する。D e - M U X 2 2 0 は、圧縮ストリーム 2 1 0 を三角形メッシュ 1 3 0 の圧縮バージョンに逆多重化する。三角形メッシュ 1 3 0 の圧縮バージョンは、S C 3 D M C デコーダ 2 3 0 に送信される。また、D e - M U X 2 2 0 は、圧縮ストリーム 2 1 0 をシーケンス 1 5 0 の圧縮バージョンに逆多重化する。シーケンス 1 5 0 の圧縮バージョンは、エントロピーデコーダ 2 4 0 に送信される。

【 0 0 2 4 】

S C 3 D M C デコーダ 2 3 0 は、三角形メッシュ 1 3 0 の圧縮バージョンを受信して、三角形メッシュ 2 5 0 を生成する。三角形メッシュ 2 5 0 は、三角形メッシュ 1 3 0 と同一である。同様に、エントロピーデコーダ 2 4 0 は、シーケンス 1 5 0 の圧縮バージョンを受信して、シーケンス 2 6 0 を生成する。シーケンス 2 6 0 は、シーケンス 1 5 0 と同一である。

20

【 0 0 2 5 】

後処理モジュール 2 7 0 は、シーケンス 2 6 0 に基づいて、三角形メッシュ 2 5 0 からの三角形をポリゴンに統合（マージ）する。具体的には、後処理モジュール 2 7 0 は、前処理モジュール 1 2 0 によって指定されたトラバース順序に従って、三角形メッシュ 2 5 0 内の頂点をトラバースする。各ステージにおいて、現在の頂点（current vertex）に伴う（incident to）全ての三角形は、これらの復号化順序で順序付けされる。次いで、次のポリゴンを構成する三角形の数がシーケンス 2 6 0 から読み込まれる。その後、対応する数の三角形が単一のポリゴンに統合される。この操作は、現在の頂点に伴う全ての三角形が巡回されるまで繰り返される。

30

【 0 0 2 6 】

図 3 は、一実施形態による、ポリゴンメッシュを圧縮するための方法 3 0 0 を示すブロック図である。上記で示唆され、以下でさらに詳細に説明されるように、方法 3 0 0 は、ソフトウェア又はハードウェアで実施されてもよい。図 3 に示す動作をより良く理解するために、図 5 に示す例示的なポリゴンメッシュ 5 0 0 と、図 6 に示すポリゴンのファンに分割されるポリゴンメッシュ 6 0 0 と、図 7 に示すポリゴンメッシュ 7 0 0 のポリゴンのファンのテッセレーションと、が参照される。

40

【 0 0 2 7 】

図 3 を参照すると、方法 3 0 0 は、前処理モジュール 1 2 0 がポリゴンメッシュを受信するステップ 3 1 0 から開始する。ポリゴンメッシュは、3 D コンピュータグラフィックにおいて多面体オブジェクトの形状を定義する頂点、辺及び表面の集合である。例えば、図 5 では、7 つのポリゴン（すなわち、P 1 ~ P 7 から構成されるポリゴンメッシュ 5 0 0）を示している。ポリゴンメッシュの各ポリゴンは、頂点のセットによって定義され、各頂点は、元のインデックスを有する。例えば、図 5 のポリゴン P 1 は、インデックス v 0 , v 7 , v 6 , v 4 , v 5 , v 1 を有する頂点によって定義されている。

【 0 0 2 8 】

50

ステップ320では、前処理モジュール120は、ポリゴンメッシュの頂点をトラバースする。好ましい実施形態では、前処理モジュール120は、頂点の隣接間決定論的トラバース (neighbor-to-neighbor deterministic traversal) を実行する。基本的な考え方は、ポリゴンメッシュをポリゴンのファンのセットに分割するために、頂点を一意の順序でトラバースすることである。

【0029】

ポリゴンのファンは、対応するポリゴンのセットを個別に表現するのに比べて記憶空間を削減する、3Dコンピュータグラフィックのプリミティブである。ポリゴンのファンは、三角形のファンの一般化されたケースであり、1つの中心頂点を共有する、接続されたポリゴンのセットを定義する。例えば、図5では、ポリゴンP1, P2, P3, P4を含む中心頂点v0を有するポリゴンのファンを示している。

10

【0030】

ポリゴンのファンは、その頂点のトラバース順序によって定義されてもよい。具体的には、ポリゴンのファンは、その中心頂点から開始する、順序付けられた頂点のシーケンスとして定義されてもよい。例えば、図5では、ポリゴンP1, P2, P3, P4を含む中心頂点v0を有するポリゴンのファンを示している。このポリゴンのファンは、頂点v0, v7, v6, v4, v5, v1, v0, v1, v3, v2, v0, v2, v13, v12, v0, v12, v8, v7, v0という、順序付けられた頂点のシーケンスによって定義されてもよい。この順序付けられた頂点のシーケンスは、ポリゴンのファンを定義する。

20

【0031】

ポリゴンのファンは、いくつかの特性を有する。第1に、ポリゴンのファンの全てのポリゴンは、中心頂点を共有する。中心頂点は、ポリゴンのファンの所謂中心である。第2に、ポリゴンのファン内の連続する2つのポリゴンの各々は、共通の辺を共有するという意味で隣接している。例えば、図6のポリゴンメッシュ600のポリゴンP1, P2は、共通の辺(すなわち、(v0, v1))を共有している。第3に、隣接するポリゴンは、同じ向きを有する。具体的には、隣接する2つのポリゴンは、これらの共通の辺がポリゴンのファンに対して反対方向にトラバースされる場合、同じ向きを有する。例えば、上記のトラバース順序に基づいて、ポリゴンP1, P2の共通の辺(v0, v1)は、反対方向にトラバースされる。

30

【0032】

ステップ320に従ってポリゴンメッシュをポリゴンのファンのセットに分割するために、前処理モジュール120は、ポリゴンメッシュの頂点の一意のトラバース順序を定義する。上述したように、好ましい実施形態では、前処理モジュール120は、ポリゴンメッシュの頂点の隣接間決定論的トラバースを実行する。基本的な考え方は、隣接間決定論的トラバースに基づいて、ポリゴンメッシュの各頂点インデックスを再ラベル付けすることである。

【0033】

好ましい実施形態では、前処理モジュール120は、以下のように隣接間決定論的トラバースを実行する。最初に、ポリゴンメッシュ内の頂点のセット全体が巡回されていないとみなされる。次に、ポリゴンメッシュから任意の頂点が選択される。選択された頂点は、好ましくは、先入れ先出し(FIFO)データ構造(例えば、F)に記憶される。各ステージにおいて、頂点は、Fから抽出され、そのトラバース順序に基づいて再ラベル付けされる。

40

【0034】

前処理モジュール120は、抽出された頂点の各々に対して、未だ検討されていない付随するポリゴンのセットを決定する。次いで、この付随するポリゴンのセットは、ステップ330に従ってポリゴンのファンのセットに分割される。ポリゴンのファンの各頂点は、その後、トラバースされ、Fに挿入され、巡回されたものとしてマークされる。さらに、頂点は、そのトラバース順序に従って再ラベル付けされる。この処理は、Fが空になり

50

、ポリゴンメッシュの全ての頂点が巡回されたものとしてマークされたときに終了する。

【 0 0 3 5 】

好ましい実施形態では、頂点をそのトラバース順序に基づいて再ラベル付けするために、カウンタが使用される。具体的には、カウンタは、ゼロに初期化されており、巡回されていない新たな頂点が F から抽出される毎にインクリメントされる。したがって、カウンタの値は、ポリゴンメッシュ内の頂点のトラバース順序を定義する。例えば、F から抽出された j 番目の頂点は、j に等しいトラバース順序を有する。

【 0 0 3 6 】

付随するポリゴンのセットをポリゴンのファンのセットに分割するためのいくつかの異なる方針が検討されてもよい。好ましい実施形態では、反復的アプローチが使用される。この好ましい実施形態は、以下のステップ 3 3 0 で説明される。当業者は、他の手法を使用してもよいことを理解するであろう。

【 0 0 3 7 】

ステップ 3 3 0 では、前処理モジュール 1 2 0 は、ポリゴンメッシュをポリゴンのファンのセットに分割する。換言すると、ステップ 3 2 0 において抽出された各頂点について、抽出された頂点に付随するポリゴンのセットがポリゴンのファンのセットに分割される。

【 0 0 3 8 】

具体的には、F から抽出された j 番目の頂点を考える。これは、巡回された j 番目の頂点であり、 $v'j$ で示される。各反復 n において、 $v'j$ に付随するポリゴン $P1(j)$ から開始するポリゴンのファン $PF(n)(j)$ が生成され、 $P1(j)$ は、最小数の隣接するポリゴンを有する。 $PF(n)(j)$ 内の $P1(j)$ に隣接するポリゴンは、 $P1(j)$ と辺を共有するポリゴンであって、巡回されておらず、 $P1(j)$ と同じ向きを有するポリゴンである。次に、 $P1(j)$ は、ポリゴンファンの $PF(n)(j)$ に追加され、巡回されたものとしてマークされる。

【 0 0 3 9 】

そして、この手順が繰り返される。例えば、巡回されておらず、 $P1(j)$ に隣接し、 $P1(j)$ と同じ向きを有する、 $v'j$ に付随するポリゴンが、ランダムに選択される。次に、この付随するポリゴンは、ポリゴンファン $PF(n)(j)$ に追加され、巡回されたものとしてマークされる。

【 0 0 4 0 】

付随するポリゴンがポリゴン $PF(n)(j)$ に追加される毎に、その頂点が F に追加される。これらの頂点は、(巡回されていない場合) そのトラバース順序に基づいて抽出され、トラバースされ、再ラベル付けされ、さらには、巡回されたものとしてマークされる。好ましい実施形態では、ポリゴンの頂点は、時計回りにトラバースされる。また、前処理モジュール 1 2 0 は、以前に巡回されていない抽出された頂点毎に、付随するポリゴンのセットを決定する。また、この付随するポリゴンのセットの頂点は、F に追加される。

【 0 0 4 1 】

この処理は、巡回されていない同じ向きの隣接するポリゴンを選択することが不可能になるまで継続する。これが発生した場合、新たなポリゴンのファンが生成される必要がある。前処理モジュール 1 2 0 は、考察されていない付随するポリゴンを有する次の抽出された頂点 $v'k$ から開始する新たなポリゴンのファンを生成する。抽出された頂点 $v'k$ について付随するポリゴン $P1(k)$ を識別した後、 $P1(k)$ がポリゴンのファン $PF(n)(k)$ に追加され、巡回されたものとしてマークされる。また、 $P1(k)$ に関連付けられた頂点が F に追加される。

【 0 0 4 2 】

上述した動作をより良く理解するために、図 5 のポリゴンメッシュ 5 0 0 を参照してステップ 3 2 0, 3 3 0 を説明する。上述したように、図 5 は、7 つのポリゴン (すなわち、 $P1 \sim P7$) から構成されるポリゴンメッシュ 5 0 0 を示している。ポリゴンメッシュ

10

20

30

40

50

500は、頂点のセット(すなわち、 $v_1 \sim v_{13}$)によって定義されている。しかしながら、これらの頂点のインデックスは、ポリゴンのファンのセットに対しては勿論、ポリゴンに対してトラバース順序を定義していない場合がある。例えば、ポリゴンP2は、頂点 v_0, v_1, v_3, v_2 によって時計回りに定義されている。しかしながら、これらのインデックスは、P2のトラバース順序を定義していない。したがって、ポリゴンメッシュ500の頂点を再ラベル付けする必要がある。

【0043】

ステップ320では、頂点 v_0 が任意に選択され、 v'_0 に再ラベル付けされる。これは、 v_0 が、トラバースされた最初の頂点であったためである。ポリゴンP1, P2, P3, P4は、頂点 v'_0 に付随する。したがって、これらの付随するポリゴンは、ステップ330に従って、ポリゴンのファンのセットに分割される。

10

【0044】

ステップ330では、ポリゴンのファン0が、 v'_0 に付随するポリゴンP1から開始して生成される。P1は、ポリゴンのファン0に追加される。また、P1の頂点は、Fに追加される。P1からの各頂点がFから抽出されるので、各頂点はそのトラバース順序に基づいて再ラベル付けされる。好ましい実施形態では、P1の頂点は、時計回りにトラバースされる。

【0045】

加えて、前処理モジュール120は、抽出された頂点の各々に対して、新たな付随するポリゴンを決定する。例えば、頂点 v_7 は、Fから抽出され、 v'_1 として再ラベル付けされ、トラバースされた第2の頂点となり、巡回されたものとしてマークされる。 v'_1 は、2つの付随するポリゴン(すなわち、P1, P4)を有しており、これらのポリゴンが既に v'_0 に関して検討されているので、これらに関連する頂点がFに追加されないことに留意されたい。それぞれ v'_2, v'_3, v'_4, v'_5 として再ラベル付けられた頂点 v_6, v_4, v_5, v_1 でのトラバースが継続する。次いで、ポリゴンP1は、巡回されたものとしてマークされる。P1のトラバースの後に、付随するポリゴンP2は、ポリゴンのファン0に包含されるために考察される。P2は、ポリゴンのファンに包含される特性を満たすため、ポリゴンのファン0に追加される。特に、P1及びP2は、中心頂点(すなわち、 v_0)を共有している。また、P2は、P1と辺(すなわち、(v_0, v_1))を共有しているため、P1の隣接ポリゴンである。最後に、P2は、P1と共通する辺(v_0, v_1)が反対方向にトラバースされるため、P1と同じ向きを有している。上記を検討すると、P2が巡回されないため、P2は、ポリゴンのファン0に追加され、巡回されたものとしてマークされる。

20

30

【0046】

次に、P2の頂点がFに追加され、その後トラバースされる。P2の頂点は、Fから抽出されるため、トラバース順序に基づいて再ラベル付けされる。しかしながら、頂点 v_0, v_1 は、既に巡回されているため、再ラベル付けされない。換言すると、巡回されていない頂点のみが再ラベル付けされる。したがって、P2の場合、 v_0, v_1 は、再ラベル付けされたインデックス v'_0, v'_5 を保持する。一方、 v_3, v_2 は、巡回されていないため、それぞれ v'_6, v'_7 に再ラベル付けされる。結果として、P2の頂点は、 v'_0, v'_5, v'_6, v'_7 として再ラベル付けされる。

40

【0047】

上記の処理は、巡回されていない同じ向きの隣接するポリゴンを得ることが不可能になるポイントまで継続することに留意されたい。このポイントに達すると、新たなポリゴンのファンを作成する必要がある。例えば、ポリゴンP3は、P2に隣接するポリゴンであり、巡回されておらず、P2と同じ向きを有している。したがって、ポリゴンP3は、ポリゴンのファン0に追加され、巡回されたものとしてマークされる。しかしながら、ポリゴンP4をポリゴンのファン0に追加した後は、P4に対して、同じ向きを有し、巡回されていない、隣接するポリゴンが存在しない。実際、ポリゴンP1, P2, P3, P4の完全なファンが生成されている。この結果、新たなポリゴンを生成する必要がある。

50

【 0 0 4 8 】

v 1 3 で開始する新たなポリゴンのファン 1 が生成される。各頂点がトラバースされるにつれて、各頂点が F に追加されることに留意されたい。さらに、各頂点が F から抽出されると、抽出された頂点に付随するポリゴンのセットが検討されることに留意されたい。次いで、これらの付随するポリゴンの頂点は、トラバースされ、F に挿入される。但し、新たな付随するポリゴンのみが検討される。したがって、頂点 v 7 が抽出されると、P 1 , P は、v 0 に対して付随するポリゴンとして既に検討されているため、検討されない。

【 0 0 4 9 】

一方、v 1 3 が抽出されると、ポリゴン P 5 は、v 0 に付随するポリゴンの一部ではなかった。このため、ポリゴン P 5 に対応する頂点が、抽出のために F に追加される。同様に、v 1 2 が抽出されると、P 6 , P 7 は、検討されていない付随するポリゴンであることから、これらの頂点が F に追加される。

【 0 0 5 0 】

上述したように、ステップ 3 2 0 , 3 3 0 は、F に頂点がなくなったときに完了する。図 5 は、頂点の最終的なトラバース順序を示しており、図 6 は、ポリゴンのファンのセットを示している。具体的には、図 6 のポリゴンメッシュ 6 0 0 は、3 つのポリゴンのファン（すなわち、ポリゴンファン 0、ポリゴンファン 1 及びポリゴンファン 2）を有している。ポリゴンファン 0 はポリゴン P 1 ~ P 4 を含む。ポリゴンファン 1 はポリゴン P 5 を含む。ポリゴンファン 2 はポリゴン P 6 及び P 7 を含む。

【 0 0 5 1 】

図 5 のポリゴンメッシュ 5 0 0 は、一意の頂点のトラバース順序を有するポリゴンのファンのセットに分割されるが、依然として、S C 3 D M C エンコーダ 1 6 0 による圧縮に適していない。これは、ポリゴンメッシュ 5 0 0 がポリゴンのファンに分割されており、ポリゴンメッシュ 5 0 0 が、依然として、三角形というよりもむしろポリゴンから構成されているためである。したがって、ポリゴンメッシュ 5 0 0 のポリゴンのファンのセットを、三角形にテッセレーションする必要がある。

【 0 0 5 2 】

ステップ 3 4 0 では、ステップ 3 3 0 で生成されたポリゴンのファンの各々が、頂点のトラバース順序に基づいて、前処理モジュール 1 2 0 によって 1 つ以上の三角形にテッセレーションされる。これにより、S C 3 D M C - T F A N アルゴリズムに従って三角形メッシュを圧縮する S C 3 D M C エンコーダ 1 6 0 が、ポリゴンメッシュ 5 0 0 を確実に圧縮することができる。

【 0 0 5 3 】

基本的な考え方は、ポリゴンのファンの各々に適切な追加の辺を導入することである。具体的には、前処理モジュール 1 2 0 は、ポリゴンのファン内の三角形ではない各ポリゴンに対して、最小のトラバース順序を有するポリゴンの頂点と、ポリゴンのファンの中心頂点と、の間に追加の辺を導入する。これにより、ポリゴン全体が三角形にテッセレーションされる。追加の辺を導入するこの処理は、ポリゴンのファン全体が三角形のファンに変形するまで継続する。この処理は、その後のポリゴンのファンに対しても繰り返される。

【 0 0 5 4 】

前処理モジュール 1 2 0 は、ポリゴンを、当該ポリゴンに関連する頂点がトラバースされる順序でテッセレーションする。換言すると、頂点 v ' 0 , v ' 1 を含むポリゴンは、テッセレーションされる最初のポリゴンである。また、各ポリゴンがテッセレーションされた後、ポリゴンを構成する三角形の数は、解凍を目的としてメモリに記憶される。換言すると、前処理モジュール 1 2 0 は、シーケンスを生成する。シーケンス内の各数字は、対応するポリゴン内の三角形の数を表す。したがって、例えば 3、5、2 というシーケンスは、トラバース順序に基づくポリゴンメッシュの 1 番目（最初）のポリゴンが 3 つの三角形を含み、2 番目のポリゴンが 5 つの三角形を含み、3 番目（最後）のポリゴンが 2 つの三角形を含むことを示している。この生成されたシーケンスは、得られた三角形メシ

ユを元のポリゴンメッシュに再構築するのを可能にする。

【 0 0 5 5 】

例として、図 7 は、ポリゴン P 1 ~ P 4 を含むポリゴンのファン 0 を示している。ポリゴン P 1 について、追加の辺が、頂点 $v' 0$ から反対側の頂点 $v' 2$, $v' 3$, $v' 4$ に導入される。これにより、P 1 は、全体的に三角形、特に 4 つの三角形から構成されることになる。テッセレーションは、ポリゴン P 2 , P 3 , P 4 の各々に対して繰り返される。この結果、ポリゴンのファン 0 は、10 個の三角形から構成される、中心頂点 $v 0$ を有する三角形のファンになる。次いで、この処理が、ポリゴンのファン 1 とポリゴンのファン 2 とに対して繰り返される。

【 0 0 5 6 】

ポリゴンのファン 1 は、既に三角形のみで構成されている。したがって、テッセレーションは実行されない。しかしながら、ポリゴンのファン 2 は、テッセレーションされていない。具体的には、ポリゴンのファン 2 は、ポリゴン P 6 , P 7 を含む。ポリゴン P 6 は三角形であるが、ポリゴン P 7 は三角形ではない。したがって、前処理モジュール 1 2 0 は、頂点 $v' 9$ と $v' 13$ との間に辺を導入する。これにより、P 7 が 2 つの三角形にテッセレーションされることになる。図 7 に基づいて、ポリゴンごとの三角形の数を表す生成されたシーケンスは、{ 4 , 2 , 2 , 2 , 1 , 1 , 2 } である。

【 0 0 5 7 】

ステップ 3 5 0 では、圧縮ストリームが出力される。圧縮ストリームは、2 つの情報 (すなわち、ステップ 3 4 0 で生成された圧縮三角形メッシュと、ポリゴン毎の三角形の数を表す圧縮シーケンスと) を含む。

【 0 0 5 8 】

図 4 は、一実施形態による、ポリゴンメッシュを解凍するための方法 4 0 0 を示すブロック図である。以下でさらに詳細に説明するように、方法 4 0 0 は、ソフトウェア又はハードウェアで実施されてもよい。

【 0 0 5 9 】

図 4 を参照すると、方法 4 0 0 は、`de-mux 2 2 0` が、圧縮ストリームを受信するステップ 4 1 0 から開始する。圧縮ストリームは、ポリゴンメッシュを表す、`SC3DMC` エンコーダ 1 6 0 によって圧縮された三角形メッシュを含む。また、圧縮ストリームは、ポリゴンメッシュ内のポリゴン毎の三角形の数を表す、エントロピーエンコーダ 1 7 0 によって圧縮されたシーケンスを含む。

【 0 0 6 0 】

ステップ 4 2 0 では、`de-mux 2 2 0` は、圧縮ストリームを、その構成部分に逆多重化する。`SC3DMC` デコーダ 2 3 0 は、圧縮三角形メッシュを三角形メッシュ 2 5 0 に復号する。エントロピーデコーダ 2 4 0 は、ポリゴン毎の三角形の数を表す圧縮シーケンスをシーケンス 2 6 0 に復号する。両方の情報は、元のポリゴンメッシュを再構築するために後処理モジュール 2 7 0 に送信される。

【 0 0 6 1 】

ステップ 4 3 0 では、後処理モジュール 2 7 0 は、前処理モジュール 1 2 0 によって指定されたトラバース順序に従って、三角形メッシュ 2 5 0 の頂点をトラバースする。具体的には、後処理モジュール 2 7 0 は、再ラベル付けされたインデックスの順に頂点をトラバースする。

【 0 0 6 2 】

後処理モジュール 2 7 0 は、各頂点を順に検討する。各ステップにおいて、現在の頂点に付随する全ての三角形は、それらの復号順序で順序付けられる。換言すると、現在の頂点に付随する三角形は、それらの対応する再ラベル付けされた頂点に基づいて順序付けられる。例えば、図 7 では、頂点 $v' 0$ は、検討される最初の頂点である。 $v' 0$ は、10 個の付随する三角形を有する。頂点 $v' 0$, $v' 1$, $v' 2$ によって定義される三角形は、復号順序 1 番目の付随する三角形である。同様に、頂点 $v' 0$, $v' 2$, $v' 3$ によって定義される三角形は、復号順序 2 番目の付随する三角形である。現在の頂点に対し付随

10

20

30

40

50

する三角形を識別した後、後処理モジュール 270 は、ステップ 440 を実行する。

【0063】

ステップ 440 では、付随する三角形が 1 つ以上のポリゴンに統合される。具体的には、後処理モジュール 270 は、シーケンス 260 における次の番号 N を読み込む。次に、後処理モジュール 270 は、次の N 個の付随する三角形を単一のポリゴンに統合する。次いで、N 個の付随する三角形が、巡回されたものとしてマークされる。そして、この動作が、現在の頂点に付随する全ての三角形が巡回されるまで繰り返される。

【0064】

最後に、ステップ 450 では、結果として生じるポリゴンメッシュが出力される。結果として生じるポリゴンメッシュは、上述した前処理モジュール 120 によって処理されるポリゴンメッシュと同一である。

10

【0065】

本明細書に提示された実施形態又はその一部は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、及び/又は、これらの組み合わせで実施されてもよい。

【0066】

本明細書で提示された実施形態は、2 つ以上のデバイスの間又は 1 つのデバイスのサブコンポーネント内の任意の通信システムに適用される。本明細書で説明した代表的な機能は、ハードウェア、ソフトウェア、又は、これらのいくつかの組み合わせで実施されてもよい。例えば、代表的な機能は、本明細書で与えられた説明に基づいて当業者によって理解されるように、コンピュータプロセッサ、コンピュータ論理、特定用途向け集積回路 (ASIC)、デジタルシグナルプロセッサ等を用いて実装されてもよい。したがって、本明細書で説明された機能を実行する任意のプロセッサは、本明細書で提示される実施形態の範囲及び趣旨内のものである。

20

【0067】

以下に、本明細書で提示された開示の実施形態を実施するために使用され得る汎用コンピュータシステムを説明する。本開示は、ハードウェアにおいて、又は、ソフトウェアとハードウェアとの組み合わせとして実施されてもよい。したがって、本開示は、コンピュータシステム又は他の処理システムの環境において実施されてもよい。かかるコンピュータシステム 800 の一例を図 8 に示す。コンピュータシステム 800 は、プロセッサ 804 等の 1 つ以上のプロセッサを含む。プロセッサ 804 は、専用又は汎用のデジタルシグナルプロセッサであってもよい。プロセッサ 804 は、通信インフラストラクチャ 802 (例えば、バス又はネットワーク) に接続されている。この例示的なコンピュータシステムの観点から、種々のソフトウェアの実装形態が説明される。この説明を読めば、他のコンピュータシステム及び/又はコンピュータアーキテクチャを使用して本開示をどのように実施するかが、当業者に明らかになるであろう。

30

【0068】

また、コンピュータシステム 800 は、メインメモリ 806 (例えば、ランダムアクセスメモリ (RAM)) を含み、補助メモリ 808 も含むことができる。補助メモリ 808 は、1 つ以上の例えば、ハードディスクドライブ 810 及び/又はリムーバルストレージドライブ 812 (フロッピー (登録商標) ディスクドライブ、磁気テープドライブ、光ディスクドライブ等を表す) を含んでもよい。リムーバルストレージドライブ 812 は、リムーバルストレージユニット 816 に対して、周知の方法で読み込み及び/又は書き込みを行う。リムーバルストレージユニット 816 は、フロッピー (登録商標) ディスク、磁気テープ、光ディスク等を表し、リムーバルストレージドライブ 812 によって読み書きされる。当業者に理解されるように、リムーバルストレージユニット 816 は、コンピュータソフトウェア及び/又はデータが記憶されたコンピュータ利用可能記憶媒体を含む。

40

【0069】

他の実装形態では、補助メモリ 808 は、コンピュータプログラム又は他の命令をコンピュータシステム 800 にロードさせるための他の同様の手段を含んでもよい。かかる手段は、例えば、リムーバルストレージユニット 818 及びインタフェース 814 を含んで

50

もよい。かかる手段の例は、プログラムカートリッジ及びカートリッジインタフェース（ビデオゲームデバイスで見られるもの等）、リムーバブルメモリチップ（ＥＰＲＯＭ又はＰＲＯＭ等）、並びに、関連ソケット、サムドライブ及びＵＳＢポートを含んでもよいし、ソフトウェア及びデータをリムーバルストレージユニット８１８からコンピュータシステム８００に転送させることの可能な他のリムーバルストレージユニット８１８及びインタフェース８１４を含んでもよい。

【００７０】

また、コンピュータシステム８００は、通信インタフェース８２０を含んでもよい。通信インタフェース８２０は、ソフトウェア及びデータを、コンピュータシステム８００と外部デバイスとの間で転送させることができる。通信インタフェース８２０の例は、モデム、ネットワークインタフェース（イーサネット（登録商標）カード等）、通信ポート、ＰＣＭＣＩＡスロット及びカード等を含んでもよい。通信インタフェース８２０を介して転送されるソフトウェア及びデータの信号形式は、電気信号、電磁気信号、光信号、又は、通信インタフェース８２０によって受信され得る他の信号であってよい。これらの信号は、通信経路８２２を介して通信インタフェース８２０に提供される。通信経路８２２は、信号を搬送するものであって、ワイヤ又はケーブル、光ファイバー、電話回線、携帯電話リンク、ＲＦリンク及び他の通信チャネルを用いて実装可能である。

【００７１】

本明細書で使用される場合、「コンピュータプログラム媒体」及び「コンピュータ可読媒体」という用語は、概して、リムーバルストレージユニット８１６、８１８又はハードディスクドライブ８１０に取り付けられたハードディスク等の有形の記憶媒体を総称するために用いられる。これらのコンピュータプログラム製品は、ソフトウェアをコンピュータシステム８００に提供するための手段である。

【００７２】

コンピュータプログラム（コンピュータ制御論理とも呼ばれる）は、メインメモリ８０６及び／又は補助メモリ８０８に記憶される。また、コンピュータプログラムは、通信インタフェース８２０を介して受信することもできる。かかるコンピュータプログラムは、実行されると、コンピュータシステム８００に対して、本明細書で説明した実施形態を実施させることができる。具体的には、コンピュータプログラムは、実行されると、プロセッサ８０４に対して、本明細書で説明した何れかの方法等の本開示の実施形態の処理を実施させることができる。したがって、かかるコンピュータプログラムは、コンピュータシステム８００のコントローラを表す。本開示がソフトウェアを用いて実施される場合、ソフトウェアは、コンピュータプログラム製品に記憶されてもよいし、リムーバルストレージドライブ８１２、インタフェース８１４又は通信インタフェース８２０を用いてコンピュータシステム８００にロードされてもよい。

【００７３】

他の実施形態では、本開示の特徴は、例えば、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）及びゲートアレイ等のハードウェアコンポーネントを用いて、主にハードウェアで実施される。また、本明細書で説明した機能を実行するためのハードウェアステートマシンの実装形態も当業者には明らかであろう。

【００７４】

本発明の概要及び要約は、発明者によって検討された、全てではないが１つ以上の例示的な実施形態を示しているが、本実施形態及び添付の特許請求の範囲を限定することを意図するものでは決してない。

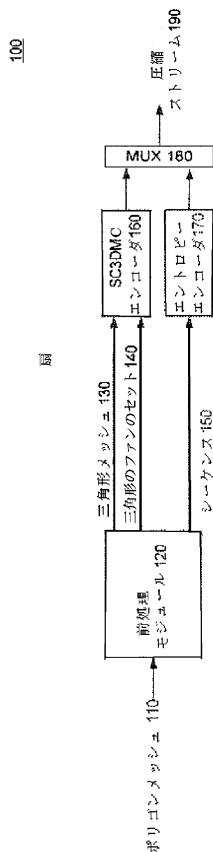
【００７５】

本明細書における実施形態は、特定の機能の実装及びその関連を示す機能構成ブロックを用いて上述されている。これらの機能構成ブロックの境界は、説明の便宜上、本明細書において任意に定義されている。特定の機能及びそれに関連するものが適切に実行される限り、他の境界が定義されてもよい。

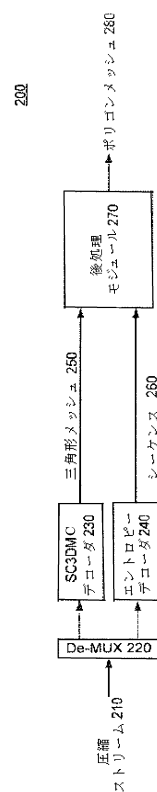
【００７６】

特定の実施形態の上述した説明は、当業者の知識を適用することによって、過度の実験をすることなく、本実施形態の一般的な概念から逸脱することなく、かかる特定の実施形態を種々の適用のために容易に修正及び／又は適合させることができる、本実施形態の一般的な性質を十分に表している。したがって、そのような適用及び修正は、本明細書で提示された教示及び指導に基づいて、開示された実施形態の均等物の意味及び範囲内にあることが意図される。本明細書の表現又は専門用語は、説明を目的とするものであって、限定を目的とするものではない。したがって、本明細書の専門用語又は表現は、教示及び指導の観点から当業者によって解釈されるものであることを理解されたい。

【図 1】

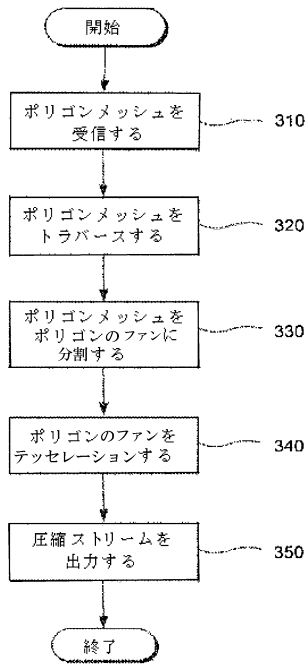


【図 2】



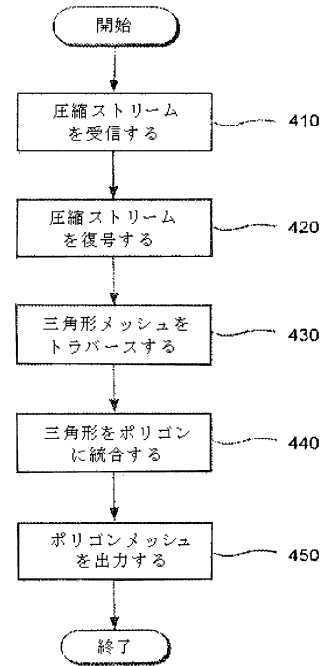
【図 3】

300



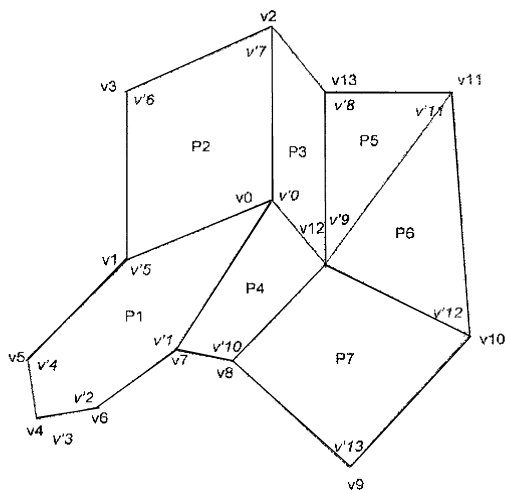
【図 4】

400



【図 5】

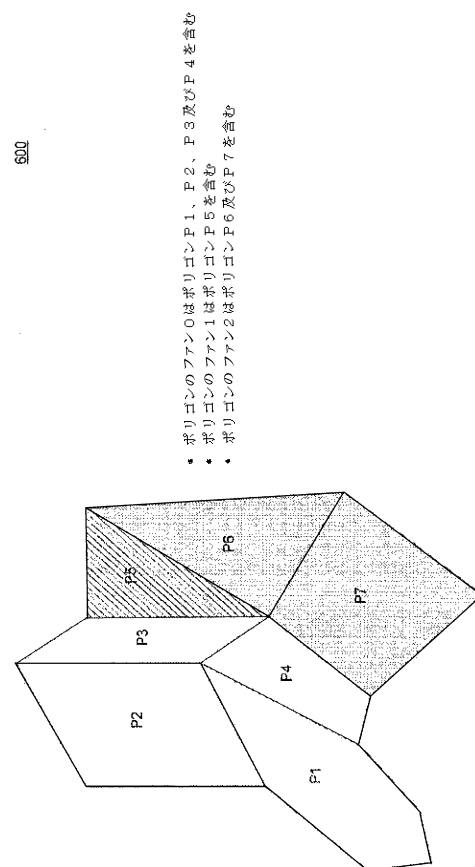
500



v x : 元の頂点インデックス
 v 'x : 決定論的トラバース順序に基づく頂点インデックス

【図 6】

600



【図 7】

700

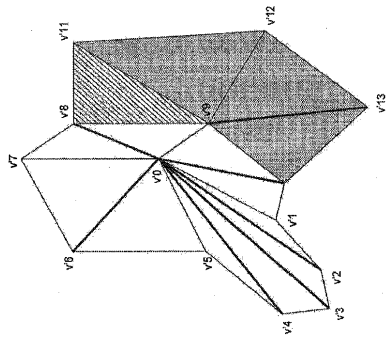
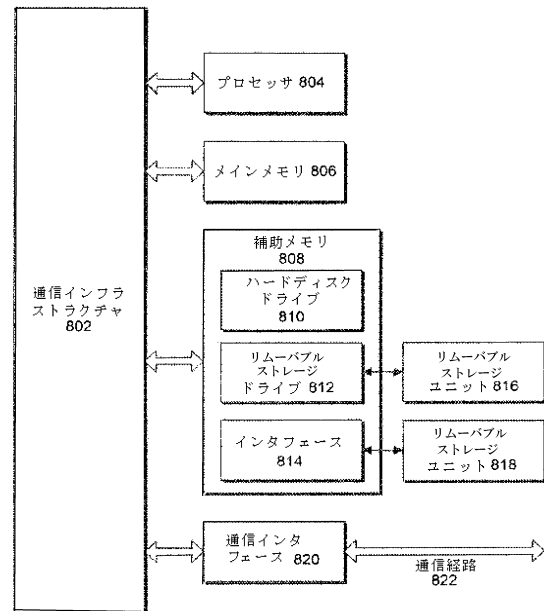


FIG. 7

【図 8】

800



フロントページの続き

(74)代理人 100111615

弁理士 佐野 良太

(74)代理人 100162156

弁理士 村雨 圭介

(72)発明者 カーレド マンモー

カナダ国 L 3 T 7 Y 6 オンタリオ州、ソーンヒル、サンクレスト ブールバード 62、ア
パートメント 107

審査官 千葉 久博

(56)参考文献 特開2010-186479(JP, A)

特開2006-187015(JP, A)

特開2005-56083(JP, A)

特開2002-163665(JP, A)

特表2012-530990(JP, A)

特表2012-527676(JP, A)

米国特許出願公開第2013/0120391(US, A1)

米国特許第6452596(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 17/20

G06T 9/00