

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5318202号
(P5318202)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月19日(2013.7.19)

(51) Int.Cl.		F I			
G06T	15/00	(2011.01)	G06T	15/00	100A
G09G	5/00	(2006.01)	G09G	5/00	550X
G09G	5/36	(2006.01)	G09G	5/36	520D
G09G	5/20	(2006.01)	G09G	5/36	530C
			G09G	5/20	

請求項の数 6 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2011-519549 (P2011-519549)
 (86) (22) 出願日 平成22年6月15日(2010.6.15)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/003952
 (87) 国際公開番号 W02010/146828
 (87) 国際公開日 平成22年12月23日(2010.12.23)
 審査請求日 平成24年10月17日(2012.10.17)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-143846 (P2009-143846)
 (32) 優先日 平成21年6月17日(2009.6.17)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100109210
 弁理士 新居 広守
 (72) 発明者 石橋 裕大
 日本国大阪府門真市大字門真1006番地
 パナソニック株式会社内

審査官 田中 幸雄

(56) 参考文献 国際公開第2008/126392 (W
 O, A1)
 特開平5-270093 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像生成装置、画像生成方法及び集積回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ポリゴンを描画することで、グラフィックス画像を生成する画像生成装置であって、
 ポリゴンを構成する頂点の情報を示す頂点データのうち、前記頂点の位置を示す座標データをメモリからロードし、ロードした座標データを座標変換することで、変換済み座標データを生成する座標処理部と、

前記座標処理部によって生成された変換済み座標データを用いて、ポリゴンが描画の対象であるか否かを判定し、描画の対象であると判定されたポリゴンを構成する頂点を示す頂点リストを生成する判定部と、

前記頂点データのうち前記座標データ以外のデータである形態データを格納するための形態データキャッシュと、

前記形態データキャッシュに、前記判定部によって生成された頂点リストが示す頂点の前記形態データが格納されていない場合には、前記メモリから当該形態データをロードし、ロードした形態データを前記形態データキャッシュに格納する形態データ処理部と、

前記座標処理部によって生成された変換済み座標データと、前記形態データキャッシュに格納された形態データとを用いて、ポリゴンを描画するポリゴン描画処理部とを備える画像生成装置。

【請求項2】

前記形態データキャッシュには、前記形態データが処理された演算済みの形態データが格納され、

10

20

前記形態データ処理部は、

前記判定部によって生成された頂点リストが示す頂点の演算済みの形態データが、前記形態データキャッシュに格納されているか否かを判定する形態データ確認部と、

前記形態データ確認部によって前記演算済みの形態データが格納されていないと判定された場合に、前記メモリから前記頂点の形態データをロードする形態データロード部と、

前記形態データロード部によってロードされた形態データを処理することで、前記演算済みの形態データを生成し、生成した演算済みの形態データを前記形態データキャッシュに格納する形態データ演算部とを備える

請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 3】

前記形態データキャッシュは、複数のキャッシュラインを含み、

前記複数のキャッシュラインのそれぞれは、

頂点の ID を示すキャッシュタグと、

前記キャッシュタグが示す頂点の演算済み形態データを格納するためのラインメモリと

、
前記ラインメモリに格納されている演算済み形態データが有効であるか否かを示すフラグとを含み、

前記形態データ確認部は、前記頂点リストが示す頂点の ID が、有効であることを示すフラグに対応するキャッシュタグに格納されているか否かを判定し、

前記形態データロード部は、前記形態データ確認部によって格納されていないと判定された場合に、前記メモリから当該頂点の形態データをロードする

請求項 2 記載の画像生成装置。

【請求項 4】

前記画像生成装置は、さらに、

前記座標処理部によって生成された変換済み座標データを格納するための座標データキャッシュを備え、

前記判定部は、

前記座標データキャッシュに前記変換済み座標データが格納されている場合には、前記座標データキャッシュに格納されている変換済み座標データを用いて、当該変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であるか否かを判定する

請求項 1 記載の画像生成装置。

【請求項 5】

ポリゴンを描画することで、グラフィックス画像を生成する画像生成方法であって、

ポリゴンを構成する頂点の情報を示す頂点データのうち、前記頂点の位置を示す座標データをメモリからロードし、ロードした座標データを座標変換することで、変換済み座標データを生成する座標処理ステップと、

前記座標処理ステップにおいて生成された変換済み座標データを用いて、ポリゴンが描画の対象であるか否かを判定し、描画の対象であると判定されたポリゴンを構成する頂点を示す頂点リストを生成する判定ステップと、

形態データを格納するための形態データキャッシュに、前記判定ステップにおいて生成された頂点リストが示す頂点の前記形態データが格納されていない場合には、前記メモリから当該形態データをロードし、ロードした形態データを前記形態データキャッシュに格納する形態データ処理ステップと、

前記座標処理ステップにおいて生成された変換済み座標データと、前記形態データキャッシュに格納された形態データとを用いて、ポリゴンを描画するポリゴン描画処理ステップとを含む

画像生成方法。

【請求項 6】

ポリゴンを描画することで、グラフィックス画像を生成する集積回路であって、

ポリゴンを構成する頂点の情報を示す頂点データのうち、前記頂点の位置を示す座標デ

10

20

30

40

50

ータをメモリからロードし、ロードした座標データを座標変換することで、変換済み座標データを生成する座標処理部と、

前記座標処理部によって生成された変換済み座標データを用いて、ポリゴンが描画の対象であるか否かを判定し、描画の対象であると判定されたポリゴンを構成する頂点を示す頂点リストを生成する判定部と、

前記頂点データのうち前記座標データ以外のデータである形態データを格納するための形態データキャッシュと、

前記形態データキャッシュに、前記判定部によって生成された頂点リストが示す頂点の前記形態データが格納されていない場合には、前記メモリから当該形態データをロードし、ロードした形態データを前記形態データキャッシュに格納する形態データ処理部と、

前記座標処理部によって生成された変換済み座標データと、前記形態データキャッシュに格納された形態データとを用いて、ポリゴンを描画するポリゴン描画処理部とを備える集積回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンピュータグラフィックス技術に関し、コンピュータグラフィックス画像を生成する画像生成技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

コンピュータグラフィックス(CG: Computer Graphics)画像を生成する処理は計算負荷が大きいため、リアルタイムで画像生成処理を行う情報処理装置では、中央演算処理装置(CPU: Central Processing Unit)とは別に、画像生成処理を専用で行う画像生成装置(グラフィックス処理ユニット)を備えている。

【0003】

図1は、従来一般的な画像生成装置が行う画像生成方法の処理を示すフローチャートである。

【0004】

従来一般的な画像生成装置は、まず、入力ポリゴンモデルの頂点データを情報記憶装置(メモリ)からロードする(S101)。なお、頂点データは、頂点の位置を示す座標データと、座標データ以外のデータである形態データとからなる。次に、頂点データのうち座標データについてワールド座標への座標変換処理を行い、さらに、ワールド座標からディスプレイ座標への座標変換処理を行う(S102)。

【0005】

そして、変換座標データを用いて、ロードした頂点データから構成されるポリゴン毎に、ポリゴンが可視空間に入っているか否かを判定するクリッピング判定、あるいは、ポリゴンが視点から見て表示すべき面を向いているか否かを判定するカリング判定を行うことで、ポリゴン描画が有効かどうかの判定を行う(S103)。有効であると判定されたポリゴンについてのみ、ロードした頂点データのうち、座標データを除くデータ(形態データ)の処理を行う(S104)。

【0006】

そして、演算済みの頂点データを用いてポリゴン描画処理を行う(S105)。以上の処理が全てのポリゴンについて終了したかを判定し(S106)、終了していない場合(S106で「継続」)、各処理(S101~S105)が繰り返される。全てのポリゴンについて終了した場合(S106で「完了」)、画像生成装置は、描画された画像を出力する(S107)。

【0007】

従来一般的な画像生成方法は、上述したように、座標データに対する処理を行った後に、形態データに対する処理を行う。そして、上記のように、座標データと形態データと

10

20

30

40

50

がセットになっているような頂点データを用いる場合には、座標データに対する処理を行う場合であっても、頂点データ、すなわち、座標データと形態データとの両方をロードする必要がある。したがって、本来は不要である形態データもロードしなければならないといった問題がある。また、形態データに対する処理を行う場合であっても、頂点データをロードする必要がある。したがって、本来は不要である座標データもロードしなければならないといった問題がある。

【0008】

したがって、特許文献1には、座標データと形態データとを分けて管理する技術が開示されている。これにより、不要な形態データ又は座標データがロードされてしまうことを防ぐことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際公開第2008/126392号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上記特許文献1では、メモリアクセス又は演算量が十分に低減されないという課題がある。例えば、キャッシュメモリを有効に利用することで、データのロード及びデータの演算の重複を避けて、メモリアクセス又は演算量を低減することができるが、特許文献1には、形態データを記憶しておく形態データキャッシュについて何も記載されていない。そして、この形態データキャッシュをうまく活用しなければ、形態データキャッシュの資源を有効に利用することができない。

【0011】

そこで、本発明は、形態データキャッシュの資源を有効に利用することで、メモリアクセス又は演算量を低減することができる画像生成装置、画像生成方法及び集積回路を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明に係る画像生成装置は、ポリゴンを描画することで、グラフィックス画像を生成する画像生成装置であって、ポリゴンを構成する頂点の情報を示す頂点データのうち、前記頂点の位置を示す座標データをメモリからロードし、ロードした座標データを座標変換することで、変換済み座標データを生成する座標処理部と、前記座標処理部によって生成された変換済み座標データを用いて、前記変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であるか否かを判定する判定部と、前記頂点データのうち前記座標データ以外のデータである形態データを格納するための形態データキャッシュと、前記判定部によって前記変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であると判定された場合で、かつ、前記形態データキャッシュに当該頂点の前記形態データが格納されていない場合には、前記メモリから当該形態データをロードし、ロードした形態データを前記形態データキャッシュに格納する形態データ処理部と、前記座標処理部によって生成された変換済み座標データと、前記形態データキャッシュに格納された形態データとを用いて、ポリゴンを描画するポリゴン描画処理部とを備える。

【0013】

これにより、描画に必要と判定された頂点の形態データのみが形態データキャッシュに格納されるので、描画に不要な頂点の形態データをキャッシュしなくて済み、形態データキャッシュの資源を有効に利用することができる。

【0014】

また、前記形態データキャッシュには、前記形態データが処理された演算済みの形態データが格納され、前記形態データ処理部は、前記判定部によって描画の対象であると判定された頂点の演算済みの形態データが、前記形態データキャッシュに格納されているか否

10

20

30

40

50

かを判定する形態データ確認部と、前記形態データ確認部によって前記演算済みの形態データが格納されていないと判定された場合に、前記メモリから前記頂点の形態データをロードする形態データロード部と、前記形態データロード部によってロードされた形態データを処理することで、前記演算済みの形態データを生成し、生成した演算済みの形態データを前記形態データキャッシュに格納する形態データ演算部とを備えてもよい。

【0015】

これにより、演算済み形態データを形態データキャッシュに格納することで、形態データのロード及び演算済み形態データの生成処理が重複して実行されることを防止することができ、メモリアクセス及び演算量を低減することができる。

【0016】

また、前記判定部は、さらに、描画の対象であると判定した頂点のみを示す描画頂点リストを生成し、前記形態データ確認部は、前記判定部によって生成された描画頂点リストが示す頂点の演算済みの形態データが、前記形態データキャッシュに格納されているか否かを判定してもよい。

【0017】

これにより、描画頂点リストが示す頂点の形態データのみをロードすればよく、形態データをロードする、しないの判定を容易に実現することができる。

【0018】

また、前記画像生成装置は、さらに、前記座標処理部によって生成された変換済み座標データを格納するための座標データキャッシュを備え、前記判定部は、前記座標データキャッシュに前記変換済み座標データが格納されている場合には、前記座標データキャッシュに格納されている変換済み座標データを用いて、当該変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であるか否かを判定してもよい。

【0019】

これにより、変換済み座標データをキャッシュに格納することで、座標データのロード及び変換済み座標データの生成処理が重複して実行されることを防止することができ、メモリアクセス及び演算量を低減することができる。

【0020】

なお、本発明は、画像生成装置として実現できるだけでなく、当該画像生成装置を構成する処理部をステップとする方法として実現することもできる。また、これらステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現してもよい。さらに、当該プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能なCD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory) などの記録媒体、並びに、当該プログラムを示す情報、データ又は信号として実現してもよい。そして、それらプログラム、情報、データ及び信号は、インターネットなどの通信ネットワークを介して配信してもよい。

【0021】

また、上記の各画像生成装置を構成する構成要素の一部又は全部は、1個のシステムLSI (Large Scale Integration: 大規模集積回路) から構成されていてもよい。システムLSIは、複数の構成部を1個のチップ上に集積して製造された超多機能LSIであり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM及びRAM (Random Access Memory) などを含んで構成されるコンピュータシステムである。

【発明の効果】

【0022】

本発明に係る画像生成装置によれば、描画に不要な頂点の形態データをキャッシュしなくて済むので、形態データキャッシュを有効利用できるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、従来の画像生成装置の動作を示すフローチャートである。

【図2】図2は、本実施の形態の画像生成装置の構成の一例を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 3】図 3 は、本実施の形態の画像生成装置へ入力される入力データの一例を示す図である。

【図 4】図 4 は、ポリゴン消去判定を説明するための図である。

【図 5】図 5 は、本実施の形態の画像生成装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 6】図 6 は、本実施の形態の処理の流れを示す図である。

【図 7】図 7 は、本実施の形態の処理における形態データアクセス頂点 ID の生成方法の一例を示すフローチャートである。

【図 8】図 8 は、本実施の形態の変換済み座標データキャッシュ及び演算済み形態データキャッシュの構成の一例を示す図である。

10

【図 9】図 9 は、本実施の形態の画像生成装置の各処理部でのデータの流れを示す図である。

【図 10 A】図 10 A は、ポリゴンストリップ形式のポリゴン描画に、本実施の形態の画像生成装置を適用する場合のデータ変換例を示す図である。

【図 10 B】図 10 B は、ポリゴンファン形式のポリゴン描画に、本実施の形態の画像生成装置を適用する場合のデータ変換例を示す図である。

【図 10 C】図 10 C は、独立ポリゴン形式のポリゴン描画に、本実施の形態の画像生成装置を適用する場合のデータ変換例を示す図である。

【図 11】図 11 は、本実施の形態の変形例に係る画像生成装置の構成の一例を示すブロック図である。

20

【図 12】図 12 は、本実施の形態の変形例に係る画像生成装置の構成の別の一例を示すブロック図である。

【図 13】図 13 は、本実施の形態の画像生成装置を備える情報処理装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施の形態における画像生成装置及び画像生成方法について、図面を参照しながら説明する。

【0025】

本発明の実施の形態における画像生成装置は、頂点がポリゴン描画に必要とされるか否かを判定し、必要と判定された頂点のみに対応する演算済み形態データが形態データキャッシュに記憶されているか否かを判断する。形態データキャッシュに記憶されていない場合には、形態データをメモリからロードした後に、ロードした形態データを処理することで、演算済み形態データを生成し、形態データキャッシュに記憶する。また、形態データキャッシュに記憶されている場合には、形態データキャッシュに記憶されている演算済み形態データを用いてポリゴンを描画する。

30

【0026】

つまり、ポリゴン描画に必要とされた頂点のみに対応する演算済み形態データを形態データキャッシュにキャッシュすることで、形態データキャッシュの資源を有効に利用することができるという効果が得られる。

40

【0027】

次に、本発明の実施の形態における画像生成装置の構成について説明する。

【0028】

図 2 は、本実施の形態の画像生成装置 100 の構成の一例を示すブロック図である。同図の画像生成装置 100 は、ポリゴンを描画することで、グラフィックス画像を生成する装置である。具体的には、画像生成装置 100 は、ポリゴン描画に関する入力データ 201 を保持するメモリ 200 から必要なデータを読み出す（ロードする）ことにより、ポリゴン描画を実行する装置である。まず、メモリ 200 が格納する入力データ 201 について、以下に説明する。

【0029】

50

図3は、本実施の形態の画像生成装置100へ入力される入力データ201の一例を示す図である。同図に示すように、入力データ201は、描画命令リスト202と、入力ポリゴンモデルの頂点データリスト203とから構成される。

【0030】

描画命令リスト202は、ポリゴン描画命令に関する様々な情報を示す描画命令204を含む。図3に示すように、描画命令204は、入力ポリゴンの表現形式（ポリゴンストリップ、ポリゴンファン、ポリゴンメッシュ及び独立ポリゴンなど）、各パラメータのロード設定（各種データのアドレス設定）、及び、描画オプションなどを示す。

【0031】

頂点データリスト203は、入力ポリゴンモデルの頂点データのリストであり、頂点IDリスト205と、座標データリスト206と、形態データリスト207とから構成される。なお、頂点データとは、ポリゴンを構成する頂点の情報を示すデータであり、座標データと形態データとからなる。座標データとは、頂点の位置を示すデータである。形態データとは、座標データ以外のデータである。

10

【0032】

図3に示すように、頂点データリスト203は、頂点IDリスト205と、座標データリスト206と、形態データリスト207とへ分割して、それぞれ別のメモリ領域に格納してもよい。これにより、一度のメモリアクセスでメモリアドレスが連続する領域のデータを一括して多くロードするバーストメモリアクセスによって、頂点データリスト203をロードする場合に、座標データとともに不要と判定された形態データまでロードしてしまうことを防ぐことができ、メモリアクセス効率を高めることができる。

20

【0033】

頂点IDリスト205は、入力ポリゴンモデルの各頂点のIDを示す頂点ID208のリストである。頂点ID208は、頂点の座標データ及び形態データを紐付けするIDであり、各頂点ID208に対してそれぞれ座標データ及び形態データが存在する。頂点ID208は、例えば、描画命令204の頂点IDアドレス設定が示すアドレス又はポインタが示す位置に格納されている。

【0034】

座標データリスト206は、入力ポリゴンモデルの各頂点の位置を示す座標データ209のリストである。座標データ209は、1頂点あたり2～4ワードで表現することができる。座標データ209は、例えば、描画命令204の座標データアドレス設定が示すアドレス又はポインタが示す位置に格納されている。

30

【0035】

形態データリスト207は、各頂点の座標データ以外の情報を示す形態データ210のリストである。図3には、形態データ210の一例として、各頂点の法線データ、カラーデータ、及び、テクスチャ座標データを示すが、描画オプションによって増減があり、複雑なシーンの描画を行う場合は、形態データ210は、1頂点あたり数十ワードにもなる。形態データ210の法線データ、カラーデータ、及び、テクスチャ座標データはそれぞれ、描画命令204の法線データアドレス設定、カラーデータアドレス設定、及び、テクスチャ座標データアドレス設定が示すアドレス又はポインタが示す位置に格納されている。

40

【0036】

図2の画像生成装置100は、ホストインタフェース110と、制御部120と、座標データ処理部130と、変換済み座標データキャッシュ140と、判定部150と、形態データ処理部160と、演算済み形態データキャッシュ170と、ポリゴン描画処理部180と、メモリインタフェース190とを備える。

【0037】

ホストインタフェース110は、CPUから入力される描画開始の指示を制御部120へと伝える。

【0038】

50

制御部120は、描画開始の指示を受け取るとメモリバス（図示せず）及びメモリアインタフェース190を介して、メモリ200から描画命令リスト202をロードして、描画命令204を座標データチェック部131、座標データロード部132及び形態データロード部162に伝える。

【0039】

座標データ処理部130は、頂点データのうち座標データ209をメモリ200からロードし、ロードした座標データ209を座標変換することで、変換済み座標データを生成する。図2に示すように、座標データ処理部130は、座標データチェック部131と、座標データロード部132と、座標変換部133とを備える。

【0040】

座標データチェック部131は、ポリゴンを構成する頂点の変換済み座標データが変換済み座標データキャッシュ140に格納されているか否かを判定する。具体的には、座標データチェック部131は、描画命令204に従って頂点データリスト203のうち頂点IDリスト205にアクセスし、頂点ID208をロードする。そして、座標データチェック部131は、ロードした頂点ID208が示す頂点の変換済み座標データが、変換済み座標データキャッシュ140に格納されているか否かをチェックする。そして、座標データチェック部131は、変換済み座標データが格納されていない場合のみ、座標データロード部132へ頂点ID208を出力する。

【0041】

座標データロード部132は、座標データチェック部131によって変換済み座標データが格納されていないと判定された場合に、メモリ200から当該頂点の座標データ209をロードする。具体的には、座標データロード部132は、座標データチェック部131から頂点ID208を受け取った場合、描画命令204に従って頂点データリスト203のうち座標データリスト206にアクセスし、頂点毎の座標データ209をロードして、ロードした座標データ209を座標変換部133へ出力する。

【0042】

座標変換部133は、座標データロード部132によってロードされた座標データを座標変換することで、変換済み座標データを生成する。具体的には、座標変換部133は、入力された座標データ209に対して座標変換処理を行い、変換済み座標データを変換済み座標データキャッシュ140へ出力する。座標変換処理とは、座標データ209をワールド座標及びディスプレイ座標に変換することである。つまり、変換済み座標データは、ディスプレイ座標において頂点の位置を示す座標データである。

【0043】

変換済み座標データキャッシュ140は、座標データ処理部130によって生成された変換済み座標データを格納するためのキャッシュメモリである。変換済み座標データキャッシュ140は、座標データチェック部131から頂点ID208を受け取り、該当頂点の変換済み座標データが格納されていない場合は、座標データロード部132及び座標変換部133により変換済み座標データを要求して、座標変換部133から出力された変換済み座標データを格納する。また、変換済み座標データキャッシュ140は、該当頂点の変換済み座標データが存在している場合は、これらの処理を省略して、ポリゴン消去判定部151へ変換済み座標データを出力する。

【0044】

判定部150は、座標データ処理部130によって生成された変換済み座標データを用いて、変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であるか否かを判定する。図2に示すように、判定部150は、ポリゴン消去判定部151と、頂点消去判定部152と、形態データアクセス頂点ID生成部153とを備える。

【0045】

ポリゴン消去判定部151は、変換済み座標データを用いてポリゴンが描画の対象であるか否か、すなわち、ポリゴン描画が有効かどうかを示すフラグ（以下、ポリゴン描画有効フラグ）を生成する。具体的には、まず、ポリゴン消去判定部151は、判定対象のポ

10

20

30

40

50

リゴンを構成する頂点の変換済み座標データを用いてポリゴン描画が有効か否かの判定（以下、ポリゴン消去判定）を行う。

【 0 0 4 6 】

そして、ポリゴン消去判定部 1 5 1 は、判定結果に基づいてポリゴン描画有効フラグを生成して、頂点消去判定部 1 5 2 へと出力する。ポリゴン描画有効フラグは、対応するポリゴンが有効であれば真、対応するポリゴンが無効であれば偽を示す。ポリゴン消去判定の具体例については後述する。

【 0 0 4 7 】

頂点消去判定部 1 5 2 は、ポリゴン描画有効フラグを用いて頂点が無効かどうかを示すフラグ（以下、頂点有効フラグ）を生成する。具体的には、まず、頂点消去判定部 1 5 2 は、ポリゴン消去判定部 1 5 1 から出力されたポリゴン描画有効フラグを用いて、ポリゴン消去判定対象のポリゴンを構成する頂点が無効であるか否かを判定する。そして、判定結果に基づいて頂点有効フラグを生成して、形態データアクセス頂点 ID 生成部 1 5 3 へ出力する。頂点有効フラグは、対応する頂点が無効であれば真、対応する頂点が無効であれば偽を示す。

【 0 0 4 8 】

形態データアクセス頂点 ID 生成部 1 5 3 は、頂点消去判定部 1 5 2 から出力された頂点有効フラグを参照して、有効な頂点データについてのみ、座標データチェック部 1 3 1 で用いた頂点 ID 2 0 8 を形態データチェック部 1 6 1 へ出力する。

【 0 0 4 9 】

形態データ処理部 1 6 0 は、判定部 1 5 0 によって変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であると判定された場合で、かつ、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に当該頂点の演算済み形態データが格納されていない場合には、メモリ 2 0 0 から形態データ 2 1 0 をロードし、ロードした形態データ 2 1 0 を処理することで、演算済み形態データを生成する。そして、形態データ処理部 1 6 0 は、生成した演算済み形態データを演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に格納する。図 2 に示すように、形態データ処理部 1 6 0 は、形態データチェック部 1 6 1 と、形態データロード部 1 6 2 と、形態データ演算部 1 6 3 とを備える。

【 0 0 5 0 】

形態データチェック部 1 6 1 は、判定部 1 5 0 によって描画の対象であると判定された頂点の演算済み形態データが、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に格納されているか否かを判定する。具体的には、形態データチェック部 1 6 1 は、形態データアクセス頂点 ID 生成部 1 5 3 から出力された頂点 ID 2 0 8 を取得して、取得した頂点 ID 2 0 8 が示す頂点の演算済み形態データが演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に格納されているか否かをチェックする。そして、形態データチェック部 1 6 1 は、演算済み形態データが格納されていない場合のみ形態データロード部 1 6 2 へ頂点 ID 2 0 8 を出力する。

【 0 0 5 1 】

形態データロード部 1 6 2 は、形態データチェック部 1 6 1 によって演算済み形態データが格納されていないと判定された場合に、メモリ 2 0 0 から当該頂点の形態データ 2 1 0 をロードする。具体的には、形態データロード部 1 6 2 は、形態データチェック部 1 6 1 から頂点 ID 2 0 8 を受け取った場合、描画命令 2 0 4 に従って頂点データリスト 2 0 3 のうち形態データリスト 2 0 7 にアクセスし、形態データ 2 1 0 をロードして、ロードした形態データ 2 1 0 を変換済み座標データとともに形態データ演算部 1 6 3 へ出力する。

【 0 0 5 2 】

形態データ演算部 1 6 3 は、形態データロード部 1 6 2 によってロードされた形態データ 2 1 0 を処理することで、演算済み形態データを生成し、生成した演算済み形態データを演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 へ格納する。具体的には、形態データ演算部 1 6 3 は、入力された形態データ 2 1 0 に対して形態データ演算を行い、演算済み形態データを演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 へ出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

形態データ演算とは、光源計算を行って演算済みのカラー値を求める演算処理、テクスチャ座標計算を行って演算済みのテクスチャ座標値を求める演算処理など、上記の座標変換処理以外の頂点データに対して行う演算処理のことを指す。演算済み形態データは、上記の座標変換処理以外の演算処理が実施された演算済みの形態データである。

【 0 0 5 4 】

演算済み形態データキャッシュ 170 は、演算済み形態データを格納するためのキャッシュメモリである。演算済み形態データキャッシュ 170 は、形態データチェック部 161 から頂点 ID 208 を受け取り、該当頂点の演算済み形態データが格納されていない場合は、形態データロード部 162 及び形態データ演算部 163 により演算済み形態データを要求して、形態データ演算部 163 から出力された演算済み形態データを格納する。また、演算済み形態データキャッシュ 170 は、該当頂点の演算済み形態データが格納されている場合は、これらの処理を省略して、ポリゴン描画処理部 180 へ変換済み座標データと演算済み形態データとを出力する。

10

【 0 0 5 5 】

ポリゴン描画処理部 180 は、座標データ処理部 130 によって生成された変換済み座標データと、形態データ処理部 160 によって処理された演算済み形態データとを用いて、ポリゴンを描画する。具体的には、ポリゴン描画処理部 180 は、入力された頂点データ（変換済み座標データ及び演算済み形態データ）を用いてポリゴン描画処理を行い、ポリゴン画像を生成する。ポリゴン描画処理は、コンピュータグラフィックス処理で用いられる一般的な処理により実行される。ポリゴン描画処理部 180 は、メモリインタフェース 190 を介して生成したポリゴン画像をメモリ 200 へと出力する。

20

【 0 0 5 6 】

メモリインタフェース 190 は、画像生成装置 100 が備える各処理部とメモリ 200 との間でデータのやり取りを行う。

【 0 0 5 7 】

続いて、ポリゴン消去判定部 151 が行うポリゴン消去判定について説明する。図 4 は、ポリゴン消去判定を説明するための図である。ポリゴン消去判定とは、複数の頂点から構成されるポリゴンが画像生成時に用いられるか否かを判定する処理である。

30

【 0 0 5 8 】

なお、本実施の形態では、ポリゴンは 3 つの頂点から構成される例について説明するが、ポリゴンは 4 つ以上の頂点から構成されてもよい。

【 0 0 5 9 】

コンピュータグラフィックスの描画処理においては、各フレームの描画開始時にシーンのカットとして、ユーザの原点を表す視点 301 と、ユーザの視点 301 から見たときの視界の 3 次元空間を表す六面体であるビューボリューム 302 とが、それぞれ座標値としてグラフィックス処理ユニット（本実施の形態における画像生成装置 100）に与えられる。

【 0 0 6 0 】

ポリゴン消去判定では、視点 301 を原点とした座標系（ディスプレイ座標系）へ変換した座標データ（変換済み座標データ）を用いる。ポリゴン消去判定は、クリッピング判定及びカリング判定により行う。

40

【 0 0 6 1 】

クリッピング判定は、ユーザの視界に存在するポリゴンのみ描画するために、各ポリゴンに含まれる頂点の変換済み座標データがビューボリューム 302 の中に入っているかどうかを判定する処理である。ポリゴンを構成する頂点のうち全ての頂点の座標がビューボリューム 302 の外に存在していれば、当該ポリゴンの描画は無効となる。つまり、ポリゴンを構成する頂点のうち 1 つでもビューボリューム 302 内に存在していれば、当該ポリゴンの描画は有効になる。例えば、ポリゴン 305 のように完全にビューボリューム 302 の外に存在するポリゴンは、クリッピング判定により描画が無効となる。

50

【 0 0 6 2 】

一方、カリング判定は、物体を構成するポリゴンのうち物体の外側（表面）を向いたポリゴンだけを描画するために、ビューボリューム 3 0 2 の中に入っているポリゴンについて視点から見たときのポリゴン面が表向きかどうかを判定する処理である。カリング判定は、ポリゴンを構成する頂点の座標から面の向きを表す面法線ベクトル N を求め、ポリゴンから視点方向を向いた視点方向ベクトル V との内積 $N \cdot V$ の符号を確認することでポリゴンの表裏を判定することができる。

【 0 0 6 3 】

具体的には、視点 3 0 1 から見て裏向き（ $N \cdot V < 0$ ）であれば、ポリゴン描画は無効となる。例えば、ポリゴン 3 0 6 のようにポリゴン面が視点 3 0 1 から見て裏向きであるポリゴンは、カリング判定により描画が無効となる。

10

【 0 0 6 4 】

ポリゴン 3 0 4 のように、クリッピング判定及びカリング判定で無効と判断されなかったポリゴンについてのみ、ポリゴン消去判定部 1 5 1 は、ディスプレイ面 3 0 3 に投影して描画することができる有効なポリゴンと判定する。

【 0 0 6 5 】

以上が、本発明の実施の形態における画像生成装置 1 0 0 の構成についての説明である。

【 0 0 6 6 】

次に、本発明の実施の形態における画像生成装置 1 0 0 の動作について説明する。

20

【 0 0 6 7 】

図 5 は、本実施の形態の画像生成装置 1 0 0 の動作の一例を示すフローチャートである。本実施の形態の画像生成処理は、まず、ホストインタフェース 1 1 0 を介して CPU から描画命令 2 0 4 を制御部 1 2 0 が受け取ることで開始する。

【 0 0 6 8 】

制御部 1 2 0 からの指示に基づいて、座標データチェック部 1 3 1 は、入力ポリゴンモデルの頂点データのうち頂点 ID 2 0 8 のロードを行う（S 2 0 1）。続いて、座標データチェック部 1 3 1 は、変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 に、ロードした頂点 ID 2 0 8 を用いて問い合わせを行う（S 2 0 2）。すなわち、座標データチェック部 1 3 1 は、ロードした頂点 ID 2 0 8 が示す頂点の変換済み座標データが変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 に格納されているか否かを確認する。

30

【 0 0 6 9 】

頂点 ID 2 0 8 に対応する頂点の変換済み座標データが格納されていた場合（S 2 0 2 で「データ有り」）、メモリ 2 0 0 からの当該頂点の座標データ 2 0 9 のロード及び座標変換処理は実行しない。これにより、座標データをキャッシュにより再利用できるので、ロード時間の短縮になるという効果が得られる。

【 0 0 7 0 】

また、頂点 ID 2 0 8 に対応する頂点の変換済み座標データが存在しない場合（S 2 0 2 で「データ無し」）、メモリ 2 0 0 からの当該頂点の座標データ 2 0 9 のロード及び座標変換処理を実行するために、座標データロード部 1 3 2 へ頂点 ID 2 0 8 を出力する。

40

【 0 0 7 1 】

座標データロード部 1 3 2 は、入力ポリゴンモデルの頂点データのうち頂点 ID 2 0 8 に対応する座標データ 2 0 9 のロードを行う（S 2 0 3）。座標変換部 1 3 3 は、ロードされた座標データ 2 0 9 をワールド座標及びディスプレイ座標へ変換することで変換済み座標データを生成し、生成した変換済み座標データを変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 へ格納する（S 2 0 4）。

【 0 0 7 2 】

ポリゴン消去判定部 1 5 1 は、判定対象のポリゴンを構成する頂点の変換済み座標データを用いてポリゴン消去判定を行う（S 2 0 5）。具体的には、ポリゴン消去判定部 1 5 1 は、図 4 を用いて説明したクリッピング判定及びカリング判定を行う。

50

【 0 0 7 3 】

頂点消去判定部 1 5 2 は、判定対象の頂点を含むポリゴンのポリゴン消去判定結果、例えば、ポリゴン有効フラグを用いて頂点消去判定を行う（S 2 0 6）。判定対象のポリゴン消去判定結果で、ポリゴン描画が有効であった場合（S 2 0 6 で「頂点有効」）、判定対象のポリゴンに含まれる頂点は有効な頂点データであると判定する。また、ポリゴン描画が無効であった場合（S 2 0 6 で「頂点無効」）、無効な頂点データであると判定する。

【 0 0 7 4 】

形態データアクセス頂点 ID 生成部 1 5 3 は、頂点消去判定部 1 5 2 により生成された頂点消去判定結果、例えば、頂点有効フラグを参照して、有効とされた頂点データについてのみ頂点 ID 2 0 8 を形態データチェック部 1 6 1 へ出力する（S 2 0 7）。これにより、描画に不要な頂点の形態データをキャッシュしなくて済むので、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 を有効利用できる。なお、形態データアクセス頂点 ID 生成部 1 5 3 の詳細な動作については、後で説明する。

10

【 0 0 7 5 】

そして、形態データチェック部 1 6 1 は、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に、形態データアクセス頂点 ID 生成部 1 5 3 から受け取った頂点 ID 2 0 8 を用いて問い合わせを行う（S 2 0 8）。頂点 ID 2 0 8 に対応する頂点の演算済み形態データが存在した場合（S 2 0 8 で「データ有り」）、メモリ 2 0 0 からの当該頂点の形態データ 2 1 0 のロード及び形態データ演算は実行しない。

20

【 0 0 7 6 】

頂点 ID 2 0 8 に対応する頂点の演算済み形態データが存在しない場合（S 2 0 8 で「データ無し」）、メモリ 2 0 0 からの当該頂点の形態データ 2 1 0 のロード及び形態データ演算を実行するために、形態データロード部 1 6 2 へ頂点 ID 2 0 8 を出力する。

【 0 0 7 7 】

形態データロード部 1 6 2 は、入力ポリゴンモデルの頂点データのうち頂点 ID 2 0 8 に対応する形態データ 2 1 0 のロードを行う（S 2 0 9）。形態データ演算部 1 6 3 は、ロードされた形態データ 2 1 0 を用いて演算を行うことで演算済み形態データを生成し、生成した演算済み形態データを演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 へ格納する（S 2 1 0）。

30

【 0 0 7 8 】

ポリゴン描画処理部 1 8 0 は、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 から受け取った頂点データ（変換済み座標データ及び演算済み形態データ）を用いて、ポリゴン描画処理を行う（S 2 1 1）。

【 0 0 7 9 】

以上の処理が全てのポリゴンについて終了したかを判定し（S 2 1 2）、終了していない場合（S 2 1 2 で「継続」）、上記の各処理（S 2 0 1 ~ S 2 1 1）が繰り返される。全てのポリゴンについて終了した場合（S 2 1 2 で「完了」）、画像生成装置 1 0 0 は、描画された画像を出力する（S 2 1 3）。

【 0 0 8 0 】

以上のようにして、本実施の形態の画像生成装置 1 0 0 は、変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 へは全ての頂点 ID によるアクセスが発生するのに対して、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 へのアクセスは、有効な頂点と判定された頂点に対応するものだけに限られる。このため、ポリゴン描画に使用する必要最小限の頂点データによって、キャッシュメモリを割り当てることができ、キャッシュメモリの資源を有効に利用することができる。

40

【 0 0 8 1 】

これにより、従来の画像処理装置よりもさらに、入力ポリゴンデータのロードに関するメモリアクセスマン量及び演算量を低減することができる。また、本実施の形態の画像生成装置 1 0 0 は、画像の描画処理と並行して、頂点がポリゴン描画に必要であるか否かを判定

50

するため、インタラクティブ用途にも適用することができる。

【0082】

以下では、より具体的に本発明の実施の形態の画像生成装置100について説明する。ここでは、ポリゴンの表現形式がポリゴンメッシュの場合について説明する。

【0083】

図6は、入力ポリゴンモデルがポリゴンメッシュ形式で構成されている場合の処理の流れを示す図である。ポリゴンメッシュ形式は、内部の多くのポリゴンで頂点の共有が行われる形式である。

【0084】

同図に示すように、ポリゴンメッシュ401の頂点データは、例えば、P0(V0、V1、V2) P1(V1、V3、V2) P2(V2、V3、V4) P3(V0、V2、V5) P4(V5、V2、V6) P5(V2、V4、V6)の順で指定される。なお、ポリゴンメッシュは自由度の高い形式であり、必ずしもこの順番で指定されるとは限らない。また、図6に示す例においては、ポリゴンP0、P3及びP4が有効なポリゴンであり、ポリゴンP1、P2及びP5が無効なポリゴンであるとする。

10

【0085】

タイムチャート402は、頂点IDのロードから演算済み形態データの生成までの処理の流れを示すタイムチャートである。以下では、タイムチャート402に沿ってポリゴンメッシュ形式の処理の流れについて説明する。

【0086】

座標データチェック部131は、頂点データのうち頂点ID Vi(i=0~6)のロードを行い、ロードしたViを用いて変換済み座標データキャッシュ140へ問い合わせを行う。

20

【0087】

そして、該当頂点の変換済み座標データが無い場合、座標データロード部132は、頂点データのうち座標データMiのロードを行う。次に、座標変換部133は、ロードされた座標データMiの座標変換を行うことで、変換済み座標データDiを生成する。そして、座標変換部133は、変換済み座標データDiを変換済み座標データキャッシュ140へ格納する。

【0088】

該当頂点の変換済み座標データDiがある場合は、ポリゴンメッシュ上の同じ頂点の座標データを参照することになるので重複して処理を行わない。図6の例では、頂点IDは、V0 V1 V2 V1 V3 V2 V2 V3 V4 V0 V2 V5 V2 V6 V5 V2 V4 V6の順にロードされるが、座標データについての処理、すなわち、座標データのロード及び座標変換は、V0 V1 V2 V3 V4 V5 V6の順に行い、重複して問い合わせのあった頂点については、再処理を行わない。つまり、座標データのロード及び座標変換は、各頂点について1回のみ実行される。

30

【0089】

例えば、図6に示すように、ポリゴンP1に含まれる頂点のうち、座標データM1及びM2はロードされず、したがって、座標データM1及びM2の座標変換(変換済み座標データD1及びD2の生成)は実行されない。なお、これらの処理は、ポリゴンP0の処理時に実行されている。

40

【0090】

ポリゴン消去判定部151は、ポリゴンPj(j=0~5)を構成する頂点の変換済み座標データDiを変換済み座標データキャッシュ140から読み出して、読み出した変換済み座標データDiを用いてポリゴン描画有効フラグFPjを生成する。なお、上述したように、ポリゴン描画有効フラグFPjは、対応するポリゴンが有効であれば真(T)、対応するポリゴンが無効であれば偽(F)である。図6の例では、ポリゴン消去判定をP0 P1 P2 P3 P4 P5の順に行う。

【0091】

50

頂点消去判定部 152 は、ポリゴン描画有効フラグ $F P_j$ を用いて、頂点 V_k ($k = 0 \sim 15$) について頂点消去判定を行う。すなわち、以下の(式1)に示すように、頂点 V_k が含まれる、ポリゴンのポリゴン描画有効フラグ $F P_j$ が真となれば、頂点 V_k の頂点有効フラグ $F V_k$ も真とする。

【0092】

$$F V_k = (F P_j \& (V_k \ P_j)) \quad \dots \text{(式1)}$$

なお、頂点消去判定において、頂点 V_k は、頂点消去判定部 152 に $k + 1$ 番目に入力された頂点 ID が示す頂点である。例えば、頂点消去判定において頂点 V_0 は、1 番目に入力された頂点 ID が示す頂点、すなわち、ポリゴン P_0 を構成する頂点 V_0 である。また、頂点 V_4 は、5 番目に入力された頂点 ID が示す頂点、すなわち、ポリゴン P_1 を構成する頂点 V_3 である。

10

【0093】

したがって、図6に示すように、頂点消去判定部 152 に入力された頂点の数だけ、頂点有効フラグ $F V_k$ が生成される。つまり、同じ頂点について複数の頂点有効フラグ $F V_k$ が生成される。

【0094】

図6の例では、頂点消去判定部 152 は、頂点 V_k ($k = 0 \sim 15$) についての頂点消去判定を行うとき、ポリゴン消去判定部 151 が生成したポリゴン描画有効フラグ $F P_j$ を $T \ F \ F \ T \ T \ F$ の順に受け取る。そして、頂点消去判定部 152 は、ポリゴン P_j ($j = 0 \sim 5$) を構成する頂点 V_k ($k = 0 \sim 15$) についてそれぞれ上記の(式1)に基づいて、頂点有効フラグ $F V_k$ が、 $T \ T \ T \ F \ F \ F \ F \ F \ T \ T \ T \ T \ T \ F \ F \ F$ の順に生成される。

20

【0095】

形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、頂点有効フラグ $F V_k$ を用いて、形態データチェック部 161 にアクセスする頂点 ID の生成を行う。図7に形態データアクセス頂点 ID の生成方法のフローチャートを示す。

【0096】

まず、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、座標データ処理部 130 がロードして使用した元の頂点 ID を取得する ($S301$)。次に、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、該当頂点の頂点有効フラグ $F V_k$ が真かどうか判定する ($S302$)。

30

【0097】

頂点有効フラグ $F V_k$ が真ならば ($S302$ で「真」)、入力された頂点 ID を形態データアクセス頂点 ID として出力する ($S303$)。頂点有効フラグ $F V_k$ が偽ならば ($S302$ で「偽」)、入力された頂点 ID を出力しない。

【0098】

すなわち、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、頂点有効フラグ $F V_k$ が真となる頂点についてのみ、頂点 ID を形態データチェック部 161 へ出力する。図6の例では、形態データチェック部 161 へ出力される頂点 ID は、 $V_0 \ V_1 \ V_2 \ V_0 \ V_2 \ V_5 \ V_2 \ V_6 \ V_5$ の順に生成される。

【0099】

以上のように、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、描画の対象であると判定された頂点のみを示す描画頂点リストを生成する機能を有する。描画頂点リストは、例えば、図6に示すような、 $V_0 \ V_1 \ V_2 \ V_0 \ V_2 \ V_5 \ V_2 \ V_6 \ V_5$ として示されるリストである。

40

【0100】

形態データチェック部 161 は、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 が生成した頂点 ID V_i ($i = 0 \sim 6$) を用いて、演算済み形態データキャッシュ 170 へ問い合わせを行う。言い換えると、形態データチェック部 161 は、描画頂点リストが示す頂点の演算済み形態データが、演算済み形態データキャッシュ 170 に格納されているか否かを判定する。

50

【 0 1 0 1 】

そして、該当頂点の演算済み形態データが無い場合、形態データロード部 1 6 2 は、頂点データのうち形態データ N_i のロードを行う。次に、形態データ演算部 1 6 3 は、ロードされた形態データの N_i の演算を行うことで、演算済み形態データ C_i を生成する。そして、形態データ演算部 1 6 3 は、演算済み形態データ C_i を演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 へ格納する。

【 0 1 0 2 】

該当頂点の演算済み形態データ C_i がある場合は、ポリゴンメッシュ上の同じ頂点の形態データを参照することになるので重複して処理を行わない。図 6 の例では、頂点 ID は、 V_0 V_1 V_2 V_0 V_2 V_5 V_2 V_6 V_5 の順に生成されるが、形態データについての処理、すなわち、形態データのロード及び演算は、 V_0 V_1 V_2 V_5 V_6 の順に行い、重複して問い合わせのあった頂点については再処理を行わない。つまり、形態データのロード及び演算は、各頂点について 1 回のみ実行される。

10

【 0 1 0 3 】

例えば、図 6 に示すように、ポリゴン P_3 に含まれる頂点のうち、形態データ N_0 及び N_2 はロードされず、したがって、形態データ N_0 及び N_2 の演算（演算済み形態データ C_0 及び C_2 の生成）は実行されない。なお、これらの処理は、ポリゴン P_0 の処理時に実行されている。

【 0 1 0 4 】

図 8 は、変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 及び演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 の構成を示す図である。各キャッシュの構成は、キャッシュメモリをキャッシュラインという単位に分けて、キャッシュライン毎に一意的なエントリ番号を割り当てる。図 8 に示すように、各キャッシュラインは、エントリ番号と、頂点 ID （キャッシュタグ）と、参照カウンタと、キャッシュライン有効フラグと、キャッシュラインメモリとを含む。

20

【 0 1 0 5 】

エントリ番号は、キャッシュ内のデータの紐付けを行うための識別子である。頂点 ID （キャッシュタグ）は、キャッシュライン内で管理されている頂点を特定する頂点 ID である。参照カウンタは、現在データを参照している参照頂点数をカウントするカウンタである。キャッシュライン有効フラグは、キャッシュラインに有効なデータが格納されているかどうかを示すフラグ情報である。キャッシュラインメモリは、それぞれ変換済み座標データ又は演算済み形態データを格納するデータ格納部である。

30

【 0 1 0 6 】

参照カウンタが 0 のときは、キャッシュラインが空とみなして新たな頂点 ID の登録を行うことができる。参照カウンタは、頂点 ID が必要とされる度に、具体的には、頂点 ID の問い合わせが実行される度に、インクリメントされる。逆に、参照カウンタは、対応する変換済み座標データ又は演算済み形態データを用いてポリゴンが描画される度にデクリメントされる。図 8 に示す例は、図 6 に示すポリゴン $P_0 \sim P_5$ の処理が完了し、まだポリゴンの描画が行われていない場合のキャッシュについて示している。

【 0 1 0 7 】

また、キャッシュライン有効フラグが偽（ F ）のときは、まだ有効なデータがキャッシュラインメモリに格納されていないので、キャッシュラインメモリからのデータのロードはブロックする。

40

【 0 1 0 8 】

図 8 の各キャッシュ（変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 又は演算済み形態データキャッシュ 1 7 0）の動作を説明する。

【 0 1 0 9 】

まず、キャッシュは、頂点 ID の問い合わせが発生すると、参照カウンタが 0 でないこと、及び、キャッシュライン有効フラグが真であることのいずれかの条件を満たしたキャッシュラインの頂点 ID を検索することで、同じ頂点 ID の値を持つキャッシュラインが存在するかどうか確認する。

50

【 0 1 1 0 】

頂点IDの値が同じキャッシュラインが存在する場合は、キャッシュは、該当キャッシュラインの参照カウンタを+1して、データの再ロード及び再計算は行わない。頂点IDの値が同じキャッシュラインが存在しない場合は、キャッシュは、参照カウンタが0のキャッシュラインを検索して、問い合わせのあった頂点IDを登録し、参照カウンタを1に設定する。そして、キャッシュは、キャッシュライン有効フラグを偽(F)に設定して、データのロード及び演算が行われるのを待機する。そして、演算後のデータがキャッシュに入力されると、キャッシュは、演算後のデータをキャッシュラインメモリに格納して、キャッシュライン有効フラグを真(T)に設定する。

【 0 1 1 1 】

次に、ポリゴン描画の問い合わせのあった頂点IDのデータをキャッシュラインメモリからロードして、ロードが完了したら該当キャッシュラインの参照カウンタを-1する。

【 0 1 1 2 】

上記で説明した動作を行う図8のキャッシュで、本発明の実施の形態の処理を実行した場合、変換済み座標データキャッシュ140へは、頂点IDリスト全てのアクセスが発生するため、ポリゴン描画の有効無効に関わらず一度は各頂点の座標データの処理が行われ、キャッシュラインメモリへの格納が行われる。一方で、演算済み形態データキャッシュ170へは、描画に必要な頂点の頂点IDでのみアクセスが発生するため、形態データの処理及びキャッシュラインメモリへの格納は、必要最小限にのみ実行される。したがって、キャッシュラインメモリの領域を有効に利用することができ、従来の画像処理装置に比べてメモリアクセス及び演算量を低減することができる。

【 0 1 1 3 】

以下では、上述した処理が実行される様子を、本実施の形態の画像生成装置100が備える各処理部でのデータの流れに基づいて説明する。

【 0 1 1 4 】

図9は、本実施の形態の画像生成装置100が備える各処理部でのデータの流れを示す図である。同図に示すように、メモリ200上に、入力ポリゴンモデルの頂点IDリスト501、座標データリスト502及び形態データリスト503が配置されているとする。さらに、メモリ200は、ポリゴン描画処理部180が出力する出力画像504も保持する。

【 0 1 1 5 】

座標データチェック部131は、メモリ200上の頂点IDリスト501にアクセスして、頂点ID505をロードする。そして、座標データチェック部131は、変換済み座標データキャッシュ140へ問い合わせを行い、該当頂点の変換済み座標データが無い場合は、頂点ID505を座標データロード部132へ出力する。

【 0 1 1 6 】

座標データロード部132は、メモリ200上の座標データリスト502にアクセスして、頂点ID505に該当する座標データ506をロードし、ロードした座標データ506を座標変換部133へ出力する。

【 0 1 1 7 】

座標変換部133は、座標データ506を座標変換することで、変換済み座標データ507を生成し、生成した変換済み座標データ507を変換済み座標データキャッシュ140へ格納する。

【 0 1 1 8 】

ポリゴン消去判定部151は、変換済み座標データキャッシュ140から判定対象のポリゴンの頂点の頂点ID及び変換済み座標データをデータ508として受け取り、ポリゴン描画有効フラグを生成する。そして、ポリゴン消去判定部151は、頂点ID、変換済み座標データ及びポリゴン描画有効フラグをデータ509として頂点消去判定部152へ出力する。

【 0 1 1 9 】

頂点消去判定部 152 は、ポリゴン消去判定部 151 から出力された頂点 ID、変換済み座標データ及びポリゴン描画有効フラグ(データ 509)を用いて頂点有効フラグを生成する。そして、頂点消去判定部 152 は、頂点 ID、変換済み座標データ及び頂点有効フラグをデータ 510 として形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 へ出力する。

【0120】

形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、頂点消去判定部 152 から出力された頂点 ID、変換済み座標データ及び頂点有効フラグ(データ 510)を参照する。そして、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 は、頂点有効フラグが真であるときのみ、頂点 ID 及び変換済み座標データをデータ 511 として、形態データチェック部 161 へ出力する。

10

【0121】

形態データチェック部 161 は、形態データアクセス頂点 ID 生成部 153 から出力されたデータ 511 の頂点 ID を用いて、演算済み形態データキャッシュ 170 へ問い合わせを行う。そして、形態データチェック部 161 は、該当頂点の演算済み形態データが無い場合は、データ 511 に含まれる頂点 ID 及び変換済み座標データをデータ 512 として形態データロード部 162 へ出力する。

【0122】

形態データロード部 162 は、メモリ 200 上の形態データリスト 503 にアクセスして、頂点 ID 及び変換済み座標データ(データ 512)の頂点 ID に該当する形態データをロードする。そして、形態データロード部 162 は、変換済み座標データ及びロードした形態データをデータ 513 として形態データ演算部 163 へ出力する。

20

【0123】

形態データ演算部 163 は、変換済み座標データ及び形態データ(データ 513)を用いて、演算済み形態データ 514 を計算する。そして、形態データ演算部 163 は、演算済み形態データ 514 を演算済み形態データキャッシュ 170 へ格納する。

【0124】

ポリゴン描画処理部 180 は、演算済み形態データキャッシュ 170 から描画対象のポリゴンの頂点の変換済み座標データ及び演算済み形態データ(データ 515)を受け取り、ポリゴン描画処理を行い、メモリ 200 上の出力画像 504 を生成する。

【0125】

本実施の形態の画像生成装置及び画像生成方法によれば、入力ポリゴンモデルの頂点データのうち座標データ以外の形態データを保持する演算済み形態データキャッシュへアクセスは、頂点消去判定で頂点が有効と判断された頂点 ID についてのみ行われる。

30

【0126】

これにより、メモリからグラフィックス処理ユニット(画像生成装置)への、入力ポリゴンモデルの頂点データのロードに関するメモリアクセス量及び演算量を低減することができる。したがって、従来の画像処理装置に比べて、低メモリバンド幅、低演算能力の情報処理装置の場合でも、入力ポリゴン数の多い高精度なポリゴン描画処理をリアルタイムで行うことができる。

【0127】

以上が、本発明の実施の形態における画像生成装置の動作についての説明である。

40

【0128】

以上、本発明の画像生成装置及び画像生成方法について、上記の実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を実施の形態に施したものや、実施の形態の変形例における構成要素を組み合わせる形態も本発明の範囲内に含まれる。

【0129】

例えば、入力ポリゴンモデルの表現形式についても、上記で示したポリゴンメッシュ形式以外の他の表現形式が含まれてもよい。また、頂点 ID リストについても画像生成装置 100 内部又は外部で生成してもよい。

50

【 0 1 3 0 】

図 1 0 A ~ 図 1 0 C は、ポリゴンメッシュ形式以外の表現形式（ポリゴンストリップ、ポリゴンファン、独立ポリゴン）からポリゴンメッシュ形式への変換の一例を示したものである。

【 0 1 3 1 】

ポリゴンストリップ 6 0 1、ポリゴンファン 6 0 2 又は独立ポリゴン 6 0 3 の形式で与えられた頂点 ID リスト 6 0 4、6 0 7 又は 6 1 0 は、それぞれポリゴンメッシュ形式の頂点 ID リスト 6 0 5、6 0 8 又は 6 1 1 に変換することが可能である。また、予め指定された頂点 ID リストが存在しない場合（座標データ及び形態データは先頭メモリアドレスから順にロードされることになる）においても、それぞれポリゴンメッシュ形式の頂点 ID リスト 6 0 6、6 0 9、6 1 2 を生成することが可能である。

10

【 0 1 3 2 】

なお、図 1 0 A において、頂点 ID リスト 6 0 5 及び 6 0 6 に示される矢印は、ポリゴンストリップ形式の場合の頂点リストと順番が逆転していることを意味する。

【 0 1 3 3 】

また、上記の実施の形態では、頂点の座標データ及び形態データの紐付けに頂点 ID を用いたが、頂点 ID の代わりに頂点の座標データ及び形態データへのメモリアドレスポインタなど別のデータを用いてもよい。

【 0 1 3 4 】

また、ポリゴン消去判定部 1 5 1 は、クリッピング判定及びカリング判定を用いているが、描画オプションによってどちらか一方しか用いなくともよい。

20

【 0 1 3 5 】

また、クリッピング判定として、3次元空間内の任意の平面を境界とした消去判定が含まれてもよい。あるいは、ディスプレイ面 3 0 3 上の任意の領域を境界とした消去判定が含まれてもよい。

【 0 1 3 6 】

また、カリング判定として、ディスプレイ面 3 0 3 に投影したときに 1 ドットに満たないポリゴンの消去判定や、ビューボリューム 3 0 2 内の他のポリゴン描画によって視点 3 0 1 から全く見えなくなるポリゴンの消去判定が含まれてもよい。

【 0 1 3 7 】

また、図 2 の画像生成装置 1 0 0 に含まれる各ブロックは、一部又は全部を並列化又はパイプライン処理化してもよいし、複数のブロックを 1 つのブロックに統合してもよい。

30

【 0 1 3 8 】

また、図 2 の画像生成装置 1 0 0 に含まれる座標データチェック部 1 3 1 や変換済み座標データキャッシュ 1 4 0 の機能は実施の形態によっては、形態データチェック部 1 6 1 や演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に含まれたり、省略したりしてもよい。

【 0 1 3 9 】

また、図 2 の画像生成装置 1 0 0 は、演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 を備え、演算済み形態データを演算済み形態データキャッシュ 1 7 0 に格納する構成について示したが、メモリ 2 0 0 から読み出した形態データをキャッシュに格納してもよい。つまり、図 1 1 に示すように、演算後の形態データをキャッシュに格納せずに、演算前の形態データをキャッシュに格納してもよい。

40

【 0 1 4 0 】

図 1 1 は、本発明の実施の形態の変形例に係る画像生成装置 7 0 0 の構成の一例を示すブロック図である。

【 0 1 4 1 】

図 1 1 に示すように、画像生成装置 7 0 0 は、座標データ処理部 1 3 0 と、判定部 1 5 0 と、形態データ処理部 7 6 0 と、形態データキャッシュ 7 7 0 と、ポリゴン描画処理部 1 8 0 とを備える。なお、図 2 と同様の構成については、同じ参照符号を付している。

【 0 1 4 2 】

50

座標データ処理部 130 は、頂点データのうち座標データをメモリ 200 からロードし、ロードした座標データを座標変換することで、変換済み座標データを生成する。

【0143】

判定部 150 は、座標データ処理部 130 によって生成された変換済み座標データを用いて、変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であるか否かを判定する。

【0144】

形態データ処理部 760 は、判定部 150 によって変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であると判定された場合に、形態データをポリゴン描画処理部 180 へ出力する。

【0145】

具体的には、形態データ処理部 760 は、判定部 150 によって変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であると判定された場合で、かつ、形態データキャッシュ 770 に当該頂点の形態データが格納されていない場合には、メモリ 200 から形態データをロードし、ロードした形態データを形態データキャッシュ 770 に格納する。また、形態データ処理部 760 は、判定部 150 によって変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であると判定された場合で、かつ、形態データキャッシュ 770 に当該頂点の形態データが格納されている場合には、当該形態データを形態データキャッシュ 770 からポリゴン描画処理部 180 へ出力させる。

【0146】

ポリゴン描画処理部 180 は、座標データ処理部 130 によって生成された変換済み座標データと、形態データキャッシュ 770 に格納された形態データとを用いて、ポリゴンを描画する。

【0147】

以上の構成に示すように、本発明の実施の形態の変形例に係る画像生成装置 700 は、メモリ 200 からロードした形態データをそのまま形態データキャッシュ 770 に格納する。これにより、メモリ 200 へのアクセスを低減することができる。また、上記の画像生成装置 700 は、形態データの演算が必要でない場合にも有効である。

【0148】

また、図 12 に示すように、本発明に係る画像生成装置は、図 11 に示す構成に、さらに、変換済み座標データキャッシュを備える構成とすることもできる。図 12 は、本発明の実施の形態の変形例に係る画像生成装置 800 の構成の別の一例を示すブロック図である。

【0149】

図 12 に示すように、画像生成装置 800 は、図 11 に示す画像生成装置 700 と比較して、さらに変換済み座標データキャッシュ 140 を備える点が異なっている。図 2 及び図 11 と同じ構成については、同じ参照符号を付し、以下では説明を省略する。

【0150】

判定部 150 は、変換済み座標データキャッシュ 140 に変換済み座標データが格納されている場合には、変換済み座標データキャッシュ 140 に格納されている変換済み座標データを用いて、当該変換済み座標データが示す頂点が描画の対象であるか否かを判定する。

【0151】

また、本発明は、図 2、図 11 又は図 12 の画像生成装置 100、700 又は 800 を含む情報処理装置として実現することができる。

【0152】

図 13 は、図 2 の画像生成装置 100 を含む情報処理装置 900 の構成を示すブロック図である。同図に示す情報処理装置 900 は、集積回路 901 と、メモリ 908 と、ディスプレイ 909 とを備える。

【0153】

集積回路 901 は、例えば、システム L S I などであり、CPU 902 と、グラフィッ

10

20

30

40

50

クス処理ユニット903(図2の画像生成装置100)と、メモリコントローラ904と、ディスプレイコントローラ905と、CPUバス906と、メモリバス907とを備える。

【0154】

CPU902は、描画命令リスト202及び頂点データリスト203を、メモリバス907とメモリコントローラ904とを介してメモリ908に格納する。また、CPUバス906を介して描画の指示をグラフィックス処理ユニット903へ伝える。

【0155】

グラフィックス処理ユニット903は、メモリバス907とメモリコントローラ904とを介して、メモリ908に格納されている描画命令リスト202及び頂点データリスト203にアクセスして、上述した画像生成処理を行う。生成した画像は、メモリバス907とメモリコントローラ904とを介してメモリ908に格納する。メモリ908に格納された生成画像は、ディスプレイコントローラ905を介してディスプレイ909へと出力される。

【0156】

なお、CPU902による、頂点データリスト203のメモリ908への格納については、頂点データリスト203を、必ずロードされる頂点IDリスト205と、重複する場合はロードされない座標データリスト206と、頂点消去判定結果で頂点が無効又は重複する場合はロードされない形態データリスト207とへ分割して、それぞれ別のメモリ領域に格納してもよい。これにより、メモリバス907及びメモリコントローラ904がバーストメモリアクセスによりメモリ908上の頂点データリスト203をロードする場合に、座標データとともに不要と判定された形態データまでロードしてしまうことを防ぐことができ、メモリアクセス効率を高めることができる。

【0157】

また、図13の集積回路901のCPU902、グラフィックス処理ユニット903などの各機能ブロックは個別に集積回路化してもよいし、一部又は全部を含むように1つの集積回路としてもよい。集積回路901には、AV(Audio Visual)処理ユニットやストリーミング処理ユニットなど他の機能ブロックが含まれていてもよい。メモリ908は、集積回路901の内部に搭載してもよいし、集積回路901の内部、外部を問わず複数個搭載してもよい。

【0158】

なお、本発明の実施の形態の画像生成装置は、典型的には半導体集積回路であるLSIとして実現される。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように1チップ化されてもよい。ここではLSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。

【0159】

また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリプログラマブル・プロセッサを利用してもよい。

【0160】

さらには、半導体技術の進歩又は派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。バイオ技術の適応などが可能性として有り得る。

【0161】

さらに加えて、本発明の実施の形態の画像生成装置を集積化した半導体チップと、画像を描画するためのディスプレイとを組み合わせて、様々な用途に応じた描画機器を構成することができる。携帯電話やテレビ、デジタルビデオレコーダ、デジタルビデオカメラ、カーナビゲーション等における情報描画手段として、本発明を利用することが可能である。ディスプレイとしては、ブラウン管(CRT: Cathode Ray Tube)の他

10

20

30

40

50

、液晶やPDP（プラズマディスプレイパネル）、有機EL（Electroluminescence）などのフラットディスプレイ、プロジェクターを代表とする投射型ディスプレイなどと組み合わせることが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0162】

本発明の実施の形態の画像生成装置は、様々な用途に利用可能である。例えば、携帯電話や携帯音楽プレーヤー、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ等の電池駆動の携帯表示端末や、テレビ、デジタルビデオレコーダ、カーナビゲーション等の高解像度の情報表示機器におけるメニュー表示やWebブラウザ、エディタ、EPG（Electronic Program Guide）、地図表示等における情報表示手段として利用価値が高い。

10

【符号の説明】

【0163】

100、700、800 画像生成装置

110 ホストインタフェース

120 制御部

130 座標データ処理部

131 座標データチェック部

132 座標データロード部

133 座標変換部

20

140 変換済み座標データキャッシュ

150 判定部

151 ポリゴン消去判定部

152 頂点消去判定部

153 形態データアクセス頂点ID生成部

160、760 形態データ処理部

161 形態データチェック部

162 形態データロード部

163 形態データ演算部

170 演算済み形態データキャッシュ

30

180 ポリゴン描画処理部

190 メモリインタフェース

200、908 メモリ

201 入力データ

202 描画命令リスト

203 頂点データリスト

204 描画命令

205、501 頂点IDリスト

206、502 座標データリスト

207、503 形態データリスト

40

208、505 頂点ID

209、506 座標データ

210 形態データ

301 視点

302 ビューボリューム

303 ディスプレイ面

304、305、306 ポリゴン

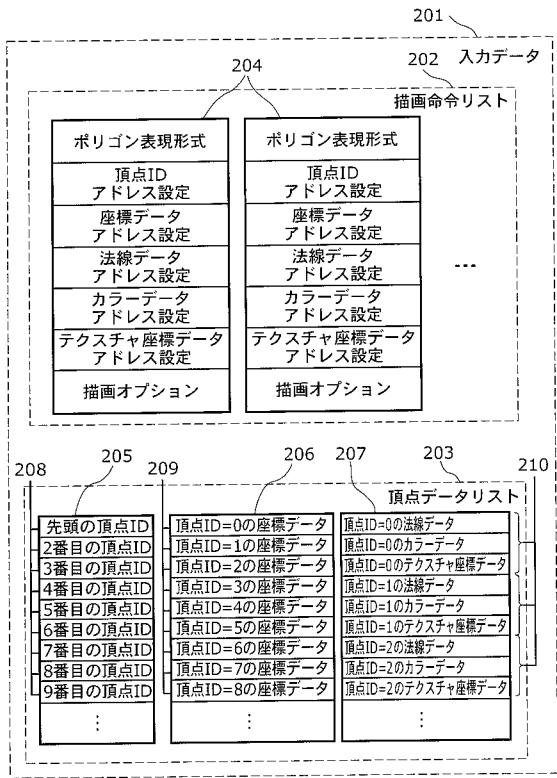
401 ポリゴンメッシュ

402 タイムチャート

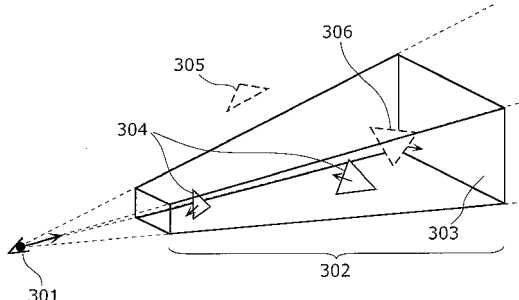
504 出力画像

50

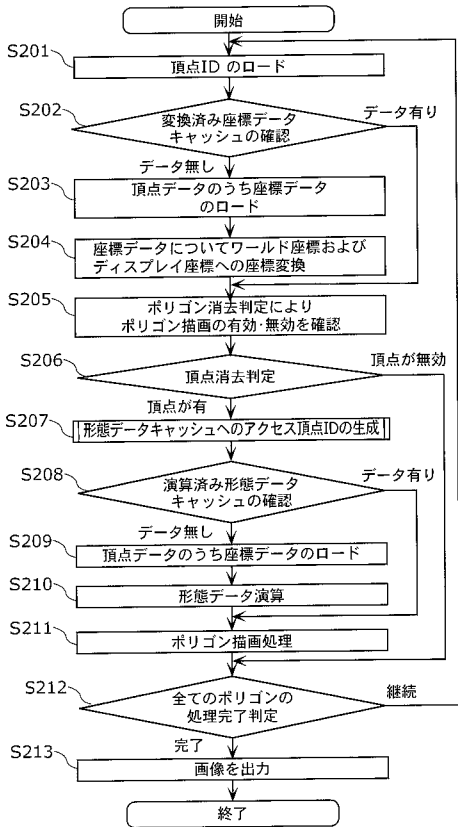
【図3】



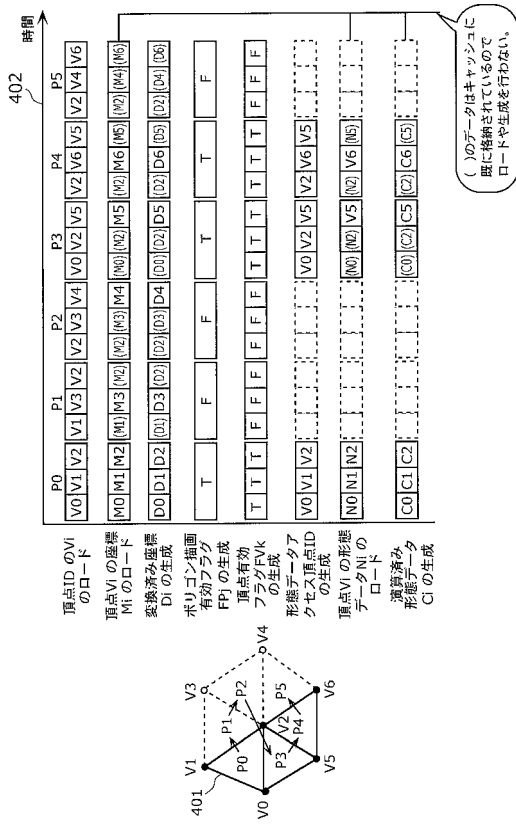
【図4】



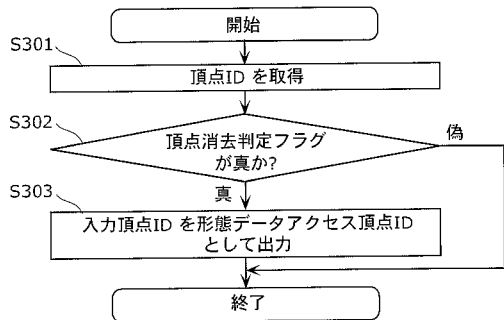
【図5】



【図6】



【図 7】

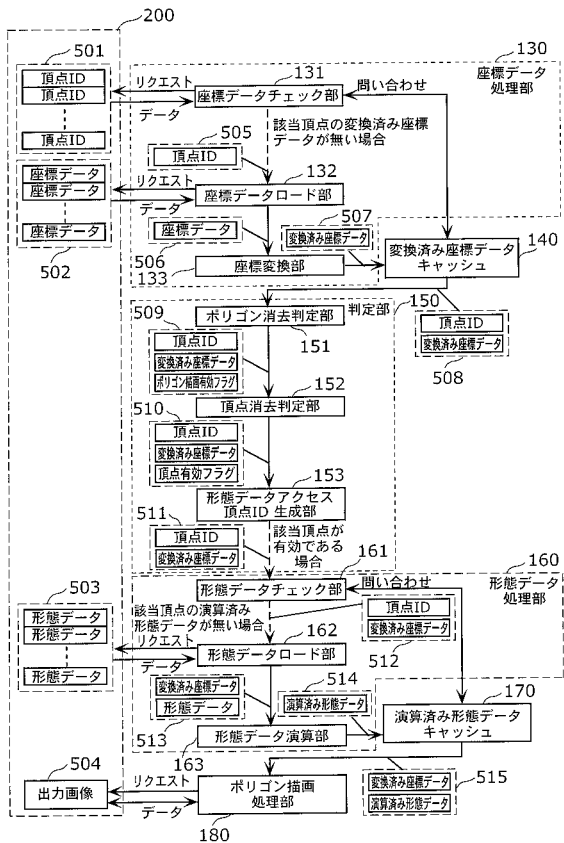


【図 8】

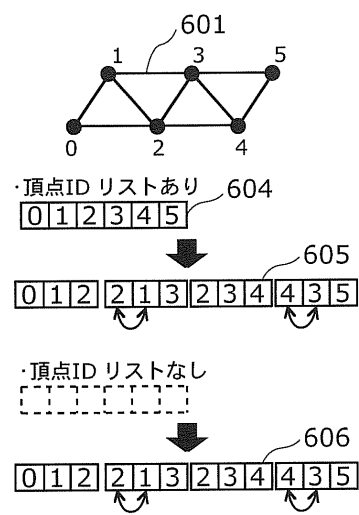
140		キャッシュライン有効フラグ		キャッシュラインメモリ	
エントリ番号	頂点ID (キャッシュタグ)	参照カウンタ	キャッシュカウンタ	頂点ID	変換済み座標データ
0	V0	2	T	頂点V0	頂点V0の変換済み座標データD0
1	V1	2	T	頂点V1	頂点V1の変換済み座標データD1
2	V2	6	T	頂点V2	頂点V2の変換済み座標データD2
3	V3	2	T	頂点V3	頂点V3の変換済み座標データD3
4	V4	2	T	頂点V4	頂点V4の変換済み座標データD4
5	V5	2	T	頂点V5	頂点V5の変換済み座標データD5
6	V6	2	T	頂点V6	頂点V6の変換済み座標データD6
...

170		キャッシュライン有効フラグ		キャッシュラインメモリ	
エントリ番号	頂点ID (キャッシュタグ)	参照カウンタ	キャッシュカウンタ	頂点ID	演算済み形態データ
0	V0	2	T	頂点V0	頂点V0の演算済み形態データM0
1	V1	1	T	頂点V1	頂点V1の演算済み形態データM1
2	V2	3	T	頂点V2	頂点V2の演算済み形態データM2
3	V5	2	T	頂点V5	頂点V5の演算済み形態データM5
4	V6	1	T	頂点V6	頂点V6の演算済み形態データM6
5		0	F		
6		0	F		
...

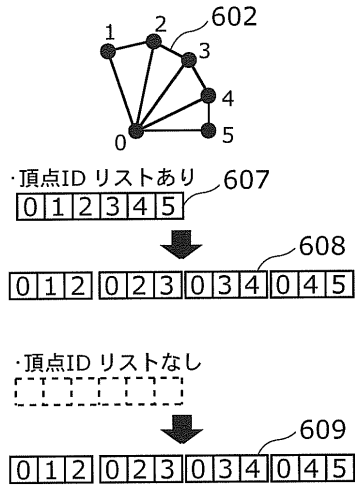
【図 9】



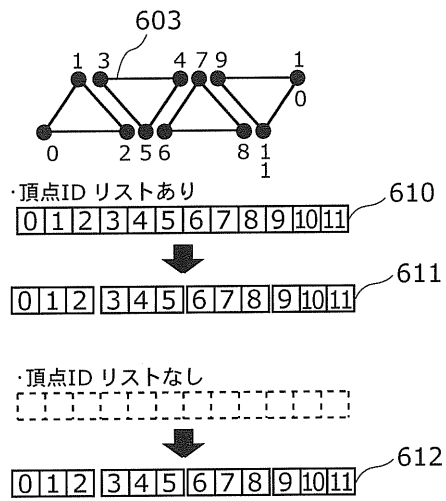
【図 10 A】



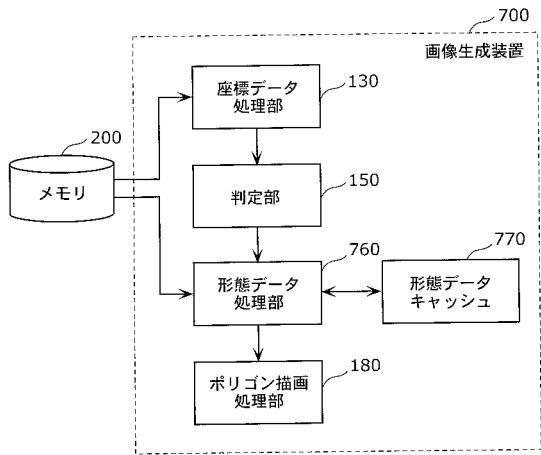
【図10B】



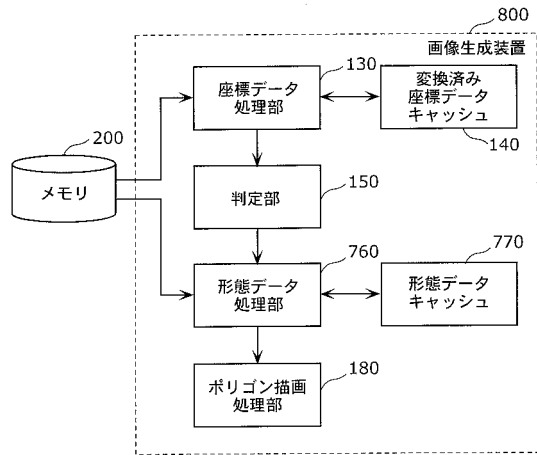
【図10C】



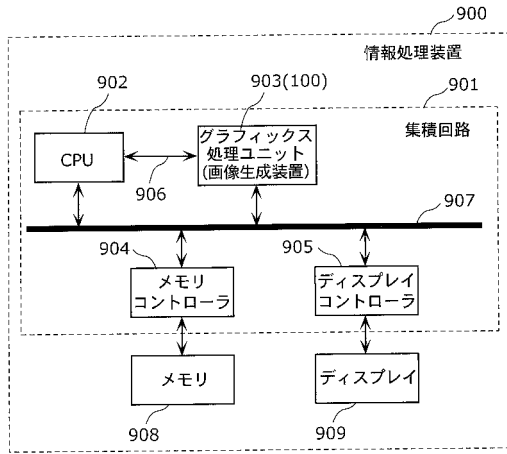
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 6 T 1 5 / 0 0

G 0 9 G 5 / 0 0