

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4237271号  
(P4237271)

(45) 発行日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(24) 登録日 平成20年12月26日(2008.12.26)

(51) Int.Cl. F I  
G O 6 T 15/00 (2006.01) G O 6 T 15/00 1 0 0 A

請求項の数 5 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平11-510711                  (86) (22) 出願日 平成10年7月16日(1998.7.16)                  (65) 公表番号 特表2001-501349(P2001-501349A)                  (43) 公表日 平成13年1月30日(2001.1.30)                  (86) 国際出願番号 PCT/IB1998/001089                  (87) 国際公開番号 W01999/006957                  (87) 国際公開日 平成11年2月11日(1999.2.11)                  審査請求日 平成17年7月15日(2005.7.15)                  (31) 優先権主張番号 9716251.5                  (32) 優先日 平成9年8月1日(1997.8.1)                  (33) 優先権主張国 英国(GB)</p>	<p>(73) 特許権者                  コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ                  オランダ国 5621 ベーアー アイン                  ドーフェン フルーネヴァウツウェッハ                  1                  (74) 代理人                  弁理士 津軽 進                  (72) 発明者                  ウッド カール ヨゼフ                  オランダ国 5656 アーアー アイン                  ドーフェン プロフ ホルストラーン 6                  (72) 発明者                  パターソン ダグラス ロバート ミラー                  オランダ国 5656 アーアー アイン                  ドーフェン プロフ ホルストラーン 6</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 3Dグラフィックスにおける属性補間のための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像平面上に投影されるべき多数の三角形の画像プリミティブから二次元ピクセル画像をレンダリング処理する画像処理方法であり、当該方法において、三角形の頂点に関して保持された値からの補間によって導出されるピクセル毎の属性値が、前記投影された三角形プリミティブ内の個々のピクセル上にマッピングされる画像処理方法において、各三角形に関して：

投影に先立って、前記三角形は、当該三角形の個々の辺と一致する座標軸(s, t)と前記辺の間の頂点と一致する原点とを備える個々の二次元座標系によってパラメータ表示され；

投影の間に、一般化補間関数が、パラメータ表示座標系に関して適用され、前記二次元座標系に関する前記三角形内の位置におけるパラメータ値を決定し；

投影に続いて、前記三角形内の位置における当該決定されたパラメータ値は、各頂点における1つ以上の属性に関して記憶された値からの寄与分を決定し、各ピクセルにおける属性値を与え；

すべての三角形からの対応するピクセル毎の属性値が、各ピクセルに関する出力カラーを共同で決定し、

zがピクセルの深度値である透視訂正補間  $s/z$ ,  $t/z$  及び  $1/z$  を使用して、当該ピクセルの中心が三角形の内部又は外部にあるのかを決定するために当該ピクセルが試験される画像処理方法。

## 【請求項 2】

場所が三角形の内部又は外部かを決定する前記試験が、前記ピクセル中心の所定の距離内における多数のサンプル点の各々において更に実行されることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理方法。

## 【請求項 3】

2つの三角形の交差によって定められる線は、前記多数のサンプル点における深度の逆数  $1/z$  を使用して、各ピクセルにおいてアンチエイリアシング処理されることを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理方法。

## 【請求項 4】

画像平面上に投影されるべき多数の三角形の画像プリミティブを定めるデータから二次元ピクセル画像をレンダリング処理するように構成される画像処理装置であり、前記三角形の頂点に関して保持された値からピクセル毎の属性値を導出するために配される補間手段と、前記投影された三角形プリミティブ内の個々のピクセルの上に前記ピクセル毎の属性値をマッピングするために配されるデータ処理手段とを包含する画像処理装置において、前記画像処理装置は更に：

投影に先立って、前記三角形プリミティブを定める前記データを入力するために結合され、更に、当該三角形の各辺と一致する座標軸 (  $s, t$  ) と前記辺の間の頂点と一致する原点とを備える個々の二次元座標系によって各三角形をパラメータ表示するために配される計算手段と；

前記二次元座標系に関する三角形内の位置におけるパラメータ値を導出するために、各三角形に対して且つ前記パラメータ表示座標系に関して一般化補間関数を適用すべく機能する投影手段と；

各ピクセルにおける属性値を得るために、更にはすべての三角形からピクセル毎の属性値を結合してピクセル毎のカラー値を出力するために、当該三角形内の位置における前記決定されたパラメータ値から、各頂点における 1 つ以上の属性に関する前記記憶された値からの寄与分を導出すべく構成されるピクセルシェーディング手段とを更に有し、  
各スタックが、個々のピクセルに関連付けられて、当該ピクセルに衝突する 1 つ以上の三角形のパラメータを指定する入力を保持して、多数のデータスタックを保持する記憶手段を更に有し、

前記スタック入力の所定数に達するまで、それらの個々の深度値によって決定される順序で記憶されることを特徴とする画像処理装置。

## 【請求項 5】

処分又は拒絶された候補スタック入力からのデータを現存するスタック入力に選択的に転送する手段を更に含むことを特徴とする請求項 4 に記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 技術分野

本発明は、多数の三角形の画像プリミティブから構成されるグラフィック画像のレンダリングにおけるテクスチャ及びその他の属性を処理するための方法及び装置に関するものであり、排他的ではないが、詳細には、それらの画像が全画像を形成すべく組み立てられる一連の標準ピクセルブロック ( タイル ) として生成されるようにした、タイルベースのレンダリング装置におけるそのような画像のレンダリングに関するものである。

## 背景技術

三次元 ( 3D ) グラフィックスにおける共通の演算は、三角形の頂点での値に基づく三角形の画像プリミティブ内の様々な位置における属性値の計算である。( タイルベースではない ) フルスクリーンレンダリングに関して当該技法を使用するグラフィックスシステムの具体例は、3DO社 ( The 3DO Company ) の国際特許出願 W096/36011 号で提示されている。説明された当該システムにおいて、アプリケーションプログラムは、各三角形の頂点が、3つの空間座標と、4つのカラー値 ( R, G, B 及び混色ファクタ A ) と、二次元テクスチャマップに対する 2つの座標 (  $u, v$  ) とを有するようにして、三角形の画像プリミティブからモデル空間内のモデルを形成する。アプリケーションプログラムは、所望の

10

20

30

40

50

テクスチャマップをテクスチャバッファにロードし、所望通りに当該モデルを変形させる。

前記モデルを画像平面に投影することは、(深度値に関する)等質性除数 $w$ を生み、すべての空間頂点座標がそれによって除算され、仮想深度調節されたテクスチャ空間に対する等質化された空間座標( $u/w$ ,  $v/w$ )を与える。前記アプリケーションプログラムは、その後、頂点毎の $x/w$ ,  $y/w$ ,  $u/w$ ,  $v/w$ , 及び $1/w$ という表示を使用して、頂点命令リストを三角形エンジンに送付する。このセットアップ手順は、三角形の3つの頂点における $1/w$ の値に適用される $w$ に関する値の範囲を最適化し、3つの $1/w$ の値だけでなく $u/w$ 及び $v/w$ の値をもブロック固定する。

このような従来のレンダリング処理は、各三角形を逐次処理するが、タイルベースのレンダリングは、スクリーンの所定の領域(タイル)に衝突するすべての三角形を組み立て、これらをレンダリング処理し、タイルを逐次処理する。従って、タイルベースのレンダリングシステムは、現在処理されているすべての三角形に関する属性(1つの三角形に関する属性だけではない)を維持しなければならない。更に、属性の増分的な補間を使用する場合、このようなシステムは、各三角形に関する中間結果が次のタイルのための開始値として使用されるように、それらの中間結果をセーブして復元(restore)することが可能でなければならない。属性に関するこのセーブと復元は、オフチップ属性メモリとオンチップ属性処理との間のメモリ帯域幅に増大を導くものであり、オンチップキャッシュの使用が役立つが、当該キャッシュは、現在処理されている三角形の合理的な小部分に関して属性を保持することを可能にしなければならない。

いずれのスクリーンピクセルが各三角形内に存在するのかを決定するために、補足的な制御値が、計算されて、三角形の属性と共に増分的に補間される。制御値は、各辺に関して維持されるものであり、典型的には、1つの点から辺までの再短距離の倍数である。アンチエイリアシング(anti-aliasing)を実行するシステムは、それらの内部アンチエイリアシングアルゴリズムに適合させるべく、前記倍数を統一して明示的に設定することになるが、内部-外部試験(I-O testing)は、ピクセルがこの三角形内にあるか否かを決定すべく、制御値の符号のみを要求する。このような制御値は、実際には、計算され、セーブされ、復元されて、補間されるべき補足的な属性である。

発明の開示

従って、本発明の目的は、排他的ではないが、詳細には、タイルベースのレンダリング装置において、計算すべき属性の数を削減することである。

本発明に従って、画像平面上に投影すべき多数の三角形の画像プリミティブからの二次元ピクセル画像をレンダリング処理する画像処理方法を提供し、この方法において、三角形の頂点に関して保持された値から補間によって導出されるピクセル毎の属性値が、この投影された三角形プリミティブ内の個々のピクセルの上にマッピングされるようにした画像補間方法において、各三角形に関して、投影に先立って、前記三角形は、この三角形の個々の辺と一致する座標軸( $s$ ,  $t$ )と前記辺の間の頂点と一致する原点とを備える個々の二次元座標系によってパラメータ表示され、投影の間に、一般化補関数が、パラメータ表示座標系に関して適用され、前記二次元座標系に関する前記三角形内の位置におけるパラメータ値を決定し、投影に続いて、前記三角形内の位置における当該決定されたパラメータ値は、各頂点における1つ以上の属性に関して記憶された値からの寄与分を決定し、各ピクセルにおける属性値を与え、すべての三角形からの対応するピクセル毎の属性値が、各ピクセルに関する出力カラーを共同で決定することを特徴とする画像処理方法が提供されるのである。

後続する例示的な実施例の理解から明らかとなるように、プリミティブ毎の $s$ 及び $t$ によるパラメータ表示は、透視訂正(perspective-correctness)に関する著しい利益を提供する。この三角形内の位置におけるパラメータ値の決定により、三角形の頂点に関して記憶された様々な属性の適用が、かなり簡略化される。

好適には、上述の方法の一部として、ピクセルは、 $z$ がこのピクセルの深度値であるようにして、透視訂正補間 $s/z$ ,  $t/z$ 及び $1/z$ を使用して、このピクセルの中心が三角

10

20

30

40

50

形の内部又は外部にあるのかを決定するために試験可能である。この値  $z$  は視野空間に関する前記深度を好適に指定するが、(W096/36011号の等質性除数  $w$  と同様の) その他の深度関係の使用も可能である。ここでの特殊な利益は、必要とされる変数のすべてが、パラメータ表示の演算から結果として生じるので、既に利用可能であるということである。

精度の向上のために、更には、辺をアンチエイリアシング処理するために、三角形の内部又は外部の場所を決定する上述の試験は、好適には、前記ピクセル中心の所定の距離内における多数のサンプル点の各々において更に実行可能である。更に、(後で説明される) 交差するプリミティブにおける問題を回避するために、2つの三角形の交差によって定められる線は、好適には、前記多数のサンプル点における深度の逆数  $1/z$  を使用して、各ピクセルにおいてアンチエイリアシング処理を受ける。前述と同じく、これもまた、必要とされる変数が既に利用可能であるという利益を有する。

更に、本発明によれば、画像平面上に投影されるべき多数の三角形の画像プリミティブを定めるデータから二次元ピクセル画像をレンダリング処理するように構成される画像処理装置であり、この三角形の頂点に関して保持された値からピクセル毎の属性値を導出するために配される補間手段と、前記投影された三角形プリミティブ内の個々のピクセルの上に前記ピクセル毎の属性値をマッピングするために配されるデータ処理手段とを含む画像処理装置において、この画像処理装置は、更に、投影に先立って、前記三角形プリミティブを定める前記データを入力するために結合され、三角形の個々の辺と一致する座標軸 ( $s, t$ ) と前記辺の間の頂点と一致する原点とを備える個々の二次元座標系によって各三角形をパラメータ表示するために配された計算手段と、前記二次元座標系に関する三角形内の位置におけるパラメータ値を導出するために、各三角形に対して及びパラメータ表示座標系に関して一般化補間関数を適用するように機能する投影手段と、各ピクセルにおける属性値を与えるために、更にはすべての三角形からのピクセル毎の属性値を結合してピクセル毎のカラー値を出力するために、当該二角形内の位置における前記決定されたパラメータ値から、各頂点における1つ以上の属性に関する前記記憶された値からの寄与分を導出するように構成されたピクセルシェーディング手段とを更に含むことを特徴とする画像処理装置が提供される。

このような装置は、各データスタックが、個々のピクセルに関連付けられて、当該ピクセルに衝突する1つ以上の三角形のパラメータを指定する入力を保持するようにして、多数のデータスタックを保持する記憶手段を更に有し、好適には、前記ピクセルの外観に関して著しい影響を何も持たない如何なる三角形パラメータをスタックから排除する手段が設けられる。任意に、前記スタック入力の所定数に達するまで、それらの個々の深度値によって決定される順序で記憶され、更には、入力が処分又は候補が拒絶されるときオーバーフローの問題を避けるために、処分又は拒絶された候補スタック入力からのデータを現存するスタック入力に選択的に転送する手段が設けられる。

#### 【図面の簡単な説明】

ここで、本発明は、以下のような添付図面を実施例のみを参照して、説明される。

第1図は、三角形の画像プリミティブのパラメータ表示を示し、

第2図は、ピクセルフィルタカーネルに衝突する三角形の画像プリミティブを示し、

第3図は、本発明を具体化する画像処理システムのブロック概略図、

第4図は、半分のピクセルのスペーシンググリッド上のサンプル点の配列を示し、

第5図は、第3図の前記システムに供給されるプリミティブデータの収集及び前処理ルーチン生成データを示すフローチャート、

第6図は、第3図の前記システムの主要属性処理ステージの演算を概略的に示し、

第7図は、第3図の前記システムにおける主要属性処理ステージのピクセルフラグメントサブシステムの演算を概略的に示し、

第8図は、第3図の前記システムの補助属性処理ステージの演算を概略的に示している。

発明を実施するための最良の形態

第1図は、座標  $s$  及び  $t$  を有する三角形の内部の点における三角形の視野空間平面の中におけるパラメータ表示を示している。以下に定められるような ( $s, t$ ) は、重心計算に

10

20

30

40

50

使用される形態  $(1 - s - t, s, t)$  の重心座標に類似しているが、明白であるように、本発明を具体化する属性補間技法におけるそれらの使用は、多くのやり方で異なることが留意されるであろう。s 軸はこの三角形の頂点  $V \cdot 0$  及び  $V \cdot 1$  を介して走り、t 軸は頂点  $V \cdot 0$  及び  $V \cdot 2$  を介して走り、原点は頂点  $V \cdot 0$  に置かれ、頂点  $V \cdot 1$  は  $(s, t) = (1, 0)$  にあり、頂点  $V \cdot 2$  は  $(s, t) = (0, 1)$  にある。後に言及されるように、辺 0 は頂点  $V \cdot 0$  から頂点  $V \cdot 1$  に走るものであり、辺 1 は頂点  $V \cdot 1$  から頂点  $V \cdot 2$  に走るものであり、辺 2 は頂点  $V \cdot 2$  から頂点  $V \cdot 0$  に走るものである。

所定の点 P における透視訂正值  $(s, t)$  が与えられると、属性の訂正值  $Q[P]$  は、以下の式から計算されることが可能である：

$$Q[(s, t)] =$$

$$Q[0] + s * (Q[1] - Q[0]) + t * (Q[2] - Q[0])$$

テクスチャが透視訂正であることは、明らかに有益であり、透視訂正でないシェーディングも許容され得るが、良好なライティングモデルが現れる場合には、透視訂正の無いことが特にハイライトにおいて顕著になる。透視訂正は、s 及び t の代わりに  $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  を補間することによって達成される。  $1/z$  を補間することは、単純に z を補間する事例ではない陰面除去透視訂正も行う。

$(s/z, t/z)$  及び  $1/z$  の開始値及びデルタ値は、スクリーンの如何なる点における三角形の視野空間頂点から計算される。以下の3つの事例は、視野空間の中における三角形の平面の向き (orientation) に適合すべく最適化される：

事例 C :

$$\begin{aligned} Kc &= OSx * OTy - OTx * OSy \\ s/z &= [ + OTy * (xs/d - Ox/z) \\ &\quad - OTx * (ys/d - Oy/z) ] / Kc \\ t/z &= [ - OSy * (xs/d - Ox/z) \\ &\quad + OSx * (ys/d - Oy/z) ] / Kc \end{aligned}$$

事例 B :

$$\begin{aligned} Kb &= OTx * OSz - OSx * OTz \\ s/z &= [ - OTz * (xs/d - Ox/z) \\ &\quad + OTx * (1 - Oz/z) ] / Kb \\ t/z &= [ + OSz * (xs/d - Ox/z) \\ &\quad - OSx * (1 - Oz/z) ] / Kb \end{aligned}$$

事例 A :

$$\begin{aligned} Ka &= OTz * OSy - OSz * OTy \\ s/z &= [ - OTy * (1 - Oz/z) \\ &\quad + OTz * (ys/d - Oy/z) ] / Ka \\ t/z &= [ + OSy * (1 - Oz/z) \\ &\quad + OSx * (ys/d - Oy/z) ] / Ka \end{aligned}$$

s 及び t を得るために  $s/z$  及び  $t/z$  を  $1/z$  によって除算するコストは、単一のテクスチャアドレスの透視訂正に匹敵するものであり、三角形毎に1つ以上のテクスチャを使用することが、 $1/z$  による余分な除算を必要とすることなく、透視訂正を残すことが留意される。

$(s, t)$  を使用することは、内部 - 外部試験を簡略化する。視野空間三角形頂点  $(O, S, T)$  に基づく  $(s, t)$  座標が与えられると、t 座標の符号は、三角形の平面をベクトル OS と一致する線に沿って2つに分割する。同様に、s 座標の符号は、当該平面をベクトル OT の一方の側に分割する。これは、3つの辺のうちの2本に関する I-O 試験を提供する。ベクトル S 及び T の間の第3の辺は、方程式  $s + t = 1$  によって定義されるものであり、それ故に、I-O 試験がこの第3の辺に関して実行可能となる。s 及び t は、直接に利用可能ではないが、 $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  は、既に利用可能であり、 $1/z$  の符号が見る人の前面の点に関して一定 (負) であるので、s 及び t の極性に基づく試験は、 $s/z$  及び  $t/z$  を使用することが可能である。これを使用することで、第3の試

10

20

30

40

50

験は、 $s/z + t/z = 1/z$ と書き直され、それらに関する変数は、既に利用可能である。

クリッピングに関して、本アーキテクチャは、直接的なやり方で動作し、 $(s/z, t/z, 1/z)$ がI-O試験に使用されるときに特殊なクリッピングアルゴリズムを必要としない。クリッピングされた三角形を生成することは不要であり、それに関連する属性を計算することも不要である。これは、スクリーン空間頂点に基づくアーキテクチャに関してかなり有利である。

画像は、当該スクリーンの小さな領域(タイル)を逐次独立してレンダリング処理することによってレンダリングされるのであり、その1つの実施例が第2図に示されている。以下の実施例において、タイルは、 $8 \times 8$ ピクセルという寸法を有する。タイルをレンダリング処理するために、どの三角形がタイルに衝突するかに関する初期の決定が行われる。第2図を参照すると、三角形は、それがレンダリングされたタイルに幾らかの視覚的効果を有する場合、即ちこの三角形がタイルに(TR.1として)オーバーラップするか又はオーバーラップしないものが(TR.2として)レンダリングされるタイルに幾らかの視覚的効果を有するほど十分に接近している場合に、タイルに衝突する。タイルのフットプリントFPは、三角形が視覚的効果を有すべき場合に、それがオーバーラップしなければならない領域である。アンチエイリアシングアルゴリズムの選択がタイルフットプリントを決定するが、 $8 \times 8$ ピクセルのタイル及び $9 \times 9$ ピクセルのタイルフットプリントを与える場合には、このタイルエッジから2分の1ピクセルだけ外側に延在するフットプリントによって、満足のいく結果が得られる。

制御機能として、いわゆる「マジック」ポイントが指定される。このマジックポイントは、ピクセルの中心と一致し、連続し増分的に補間されるパラメータの絶対計算に使用され、三角形の境界決めボックスの内側且つスクリーン上にあることが要求される。このマジックポイントは、タイルセグメンテーション手順に関する三角形の一部として決定される。上述のように、三角形は、クリッピングされる必要がないので、前記マジックポイントの計算は、全体がスクリーン上にあると部分的にスクリーン上にあると、すべての三角形に関して同じである。頂点における値は、すべての三角形に関して不変のままである、つまり、いかなるときも新しい頂点即ち新しい三角形を生成する必要はない。

各スクリーン上の三角形は、曲面識別子(face identifier)として整数値を割り当てられる。三角形がタイルに衝突する場合、前記曲面識別子は、このタイルに衝突する全ての三角形の曲面識別子を保持するタイルフラグメントスタックに押し下げられる。このタイルフラグメントスタックが読み取られるとき、曲面識別子は、その三角形の属性にアクセスするために使用される。各タイルフラグメントスタックは、タイルサイズのスクリーン領域に対応し、それらのタイルフラグメントスタックは、集合的には、タイルフラグメントバッファを有する。各タイルフラグメントスタックは、必要に応じてピクセルアドレスを生成するために使用される前記タイルフラグメントバッファの中に(x,y)アドレスを有する。タイルフラグメントは、曲面識別子及びスタック(x,y)アドレスから構成される。タイルフラグメントスタックは、概念的にはタイルフラグメントのスタックであるが、実際には、それはスタック(x,y)アドレスに関連する曲面識別子のスタックである。

それらのタイルは、独立して如何なる順序でレンダリングされることも可能であるが、偶数番号の行を左から右に走査し、奇数番号の行を右から左に走査し、対の行を頂部から底部に向かって走査するようにした、頂部左側からスタートするジグザグのラスタ走査順序でタイルフラグメントを読み取ることによって、タイル間のコヒーレンスを利用することが好適である。リアルタイムの実施では、十分な数のタイルがレンダリングされたとき、まだレンダリングされていないピクセルを読み取るようにすることを心配することなく、それらが読み取られ、表示器に送られる。これは、前記レンダリングされたタイルを保持するためのFIFOバッファを必要とするが、フルスクリーンのフレームバッファのコストは回避することになる。

本発明を具体化する画像処理装置が、別個に処理される主要属性及び補助属性を備えた2

10

20

30

40

50

ステージ装置を有し、第3図に示されている。各ステージは、それぞれの属性バッファ14, 16と連結されるプロセッサ10, 12(各々にローカルキャッシュ10A, 12Aを備える)を有し、主要属性プロセッサ10は、画像を作り上げる三角形ポリゴンのインデックス付き曲面集合の形式でデータを入力する入力部を有し、この主要属性は、三角形の頂点に関する3D(視野空間)座標から構成される。第5図を参照して後で説明されるように、プロセッサ10への供給に先立って、或いはその間に、導入ルーチンが、前記入力データに適用され、幾らかの基礎計算を実行し、主要属性記憶部14又は(破線で示されたように)補助属性記憶部16の適切な方に供給すべく三角形属性を分割する。

前記処理された主要属性データは、補助ステージに出力されるべく、データ及び深度バッファ18に送られる。この補助ステージは、この一般化補間を受け取り、それを種々の補助属性(例えば、マップ記憶部20からのテクスチャマッピング、カラーリング、曲面標準)の各々に適用し、フレームバッファに供給し、そこからディスプレイに供給するのに適した出力ピクセル値を生成する。

主要属性バッファ14は、オフチップであり、そのマジックポイントにおいて評価されるようにレンダリングされるべき各三角形に関するアンチエイリアシング及びZバッファに使用される増分的に補間された属性を保持する。主要属性キャッシュ10Aは、オンチップであり、タイル間にセーブされ復元されるように現在レンダリングされている各三角形に関する増分的に補間された属性を保持する。三角形からタイルへの変換手順は、幾つのタイルが各三角形によって衝突されるのかを指定するので、各三角形に関する基準カウントを維持することが可能である。この基準カウントは、三角形がタイルの一部として処理される度に減少する。この基準カウントがゼロに達すると、前記三角形の属性は、もはや必要とされず、キャッシュ10Aから消却される。タイルは、ラスタ走査順序で読み出されるので、背の高い三角形は、前記フレームを処理するのにかかる時間のかなり大きい割合で、前記キャッシュの中に残留する。ある状況では、その基準カウントがゼロではない場合でも、前記三角形の属性をキャッシュから消却する必要があるかもしれない。増分的に補間された属性の現在の値をオフチップ属性バッファに戻すように書き込むことは不都合であるので、この属性が前記キャッシュによって次にリクエストされるときに、マジックポイントにおける値が与えられると、最後に補間されたときのそれらの値を復元するようにした機構が設けられる。

本アーキテクチャにおいて、前記マジックポイントにおける三角形パラメータは、タイルの内部における各衝突したピクセルに関して値が生成されるまで、隣接ピクセルをそこから他の隣接ピクセル等に増分的に補間されることが可能である。その後、この補間された値は、前記三角形によって衝突された次のタイルにおいて使用するために準備され、主要属性キャッシュに記憶される。その後、主要属性キャッシュから検索される先行して増分的に補間された値は、現在のタイルの内部のピクセルで終端する通路に沿って増分的に補間され、その結果、増分補間が、現在のタイル内の衝突したピクセルに対して進行する。ジグザグ走査シーケンスは、三角形によって衝突された現在のタイルが、先行するそのようなタイルにしばしば水平方向に隣接して、常に近傍に位置するようであり、結果として、この通路に沿って移動して浪費される時間は、最小化される。増分補間は、x及びyにおいて1つのピクセルステップを使用する。単純なシフトは、2つのピクセルの累乗におけるステップを許容するものであり、タイルの寸法に対応するステップを使用することは、タイルにおける第1ピクセルを捕捉するのにかかる時間を最小化するタイル探索モードを容易にする。これは、主要属性キャッシュ10Aから早期に消却された後に、補間された属性値を復元するために使用される機構である。

値が各ピクセルにおいて増分的に補間されるので、それらは、いわゆるピクセルフラグメントを定める。前記三角形によって衝突されたピクセルフラグメントは、ピクセルフラグメントバッファに送られ、それらは、そこで、受け入れられる(結果として最終的な画像に寄与する)又は(それらが閉塞されることで)拒絶される。前記三角形に衝突しないピクセルフラグメントは、拒絶される。このピクセルフラグメントが受け入れられると、増分的に補間された $s/z$ 及び $t/z$ の値は、 $s$ 及び $t$ を得るために $1/z$ によって除算さ

10

20

30

40

50

れ、 $s$  及び  $t$  は、その後、当該ピクセルフラグメントバッファに記憶される。 $1/z$  による除算は、各ピクセルフラグメントが増分補間によって形成される度を実施されなければならない。

$s$  及び  $t$  を得るための除算プロセスは、優先待ち行列 (priority encorder) によってスタートし、 $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  の整数値を浮動小数点数値に変換する。次に、 $1/z$  の仮数部の上位ビットが、小さな (例えば 5 12 ワードの) ルックアップテーブルに送られ、 $z$  及び  $z^2$  の粗い値を得る。このテーブルによって供給される  $z$  の値は、 $1/z$  の逆数のテイラー級数展開の第 1 項である。このテーブルによって供給される  $z^2$  の値は、 $1/z$  の仮数部の下位ビットによって乗算され、テイラー級数展開の第 2 項を得る。続いて、それらの第 1 項及び第 2 項が、加算されて、 $z$  対 15 の分数ビットの仮数部を提示する。続いて、 $z$  の仮数部が、 $s/z$  及び  $t/z$  の仮数部によって乗算され、 $s$  及び  $t$  の仮数部を提示する。その後、 $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  の指数部が結合されて、 $s$  及び  $t$  の指数部を得る。最後に、 $s$  及び  $t$  の整数値が、それらの仮数部をそれらの個々の指数部に比例して上下に桁送りすることによって得られる。

$1/z$  ( $z$  ではない) の指数部及び仮数部は、ピクセルフラグメントバッファの内使用される深度値の逆数を形成すべく一緒にパックされて、ピクセルフラグメントの前から後への順序付けを決定する。この表示は、通常の整数表示よりも好適である。何故なら、透視の効果は、浮動小数点仮数部の使用が原因で起こる深度分解における変化によって反映されるからである。

更に第 3 図を参照して、補助属性バッファ 16 は、オフチップであり、陰面除去の後まで必要とされない属性、即ち、例えば記憶部 20 に対するテクスチャマップアドレスであるテクスチャ処理及びシェーディング処理に必要とされる属性を保持する。補助属性キャッシュ 12A は、オンチップであり、現在テクスチャ処理及びシェーディングされている各三角形に対する属性を保持する。連続的なピクセルフラグメントが前記ピクセルフラグメントバッファから読み取られるタイルベースのレンダリング手段が、種々の三角形に適用されるので、キャッシュは致命的である。

出力画像において所望の粒状度を達成するために、各ピクセルは、点ではなく領域として考慮される。多数の I-O 試験が、このピクセル領域の何分の 1 が三角形によってカバーされるのかを決定すべく、当該ピクセル中心に接近する種々のサンプリング点において実行される。多数の I-O 試験の統合された結果は、内部ビットベクトルと呼ばれ、このベクトル内のビット  $N$  は、 $N$  番目のサンプリング点における当該 I-O 試験の結果である。本アーキテクチャは、ピクセル毎に 32 個のサンプリング点を使用する。ピクセル毎の 8 個のサンプリング点の基本的なパターンは、4 つの斜め方向の各々に並進されて、ピクセルフットプリントをカバーする 32 個の点を提示する。第 4 図は、この 32 個のサンプリング点のパターンの図面表示である。

本アーキテクチャは、ピクセル中心 (マジックポイント) での  $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  の値を導出するために増分補間を使用する。増分補間デルタから導出されたオフセット値をこのピクセル中心における  $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  の現在の値に加算することは、各サンプリング点での  $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  の値を提供する。これらの値は、結合されて、各サンプリング点での I-O プールを提示する。結果生じるプールは、連結されて、内部ビットベクトルを提示する。この内部ビットベクトルの増分補間は、タイル間にセーブされ復元される追加の値を必要としないことが留意される。サンプリング点における値は、32 個のサンプリング点の位置の認識が与えられると、ピクセル中心における値及びそれに関連する三角形毎 (タイル毎) の増分補間デルタから得られる。

陰面除去に使用するために、前記ピクセルフラグメントバッファは、二重にバッファを設けられる。一方のバッファは、現在のタイルに衝突するそれらのすべてのピクセルフラグメントを組み立てるものであり、最終的な画像に対し視覚的に寄与すると予測されるものでもある。他方のバッファは、先行するタイルに関して組み立てられたピクセルフラグメントを保持し、これらのものをテクスチャ処理されシェーディングされるべく供給する。通例、拒絶される幾らかのピクセルフラグメントが原因によって、それから読み取られる

10

20

30

40

50



ものよりも多くのピクセルフラグメントが、ピクセルフラグメントバッファに提示されることになる。

このピクセルフラグメントバッファは、1つのタイルにおける各ピクセルに対して1つのスタックであって、各スタックが多数のピクセルフラグメントを保持するピクセルフラグメントスタックの二次元配列として配される。これらのピクセルフラグメントは、前記スタックにおける連続的なフラグメントがその視野原点から単調に増大する深度を有するようにしてソートされる。1つのピクセルフラグメントが前記スタックに収容するように提示されるとき、その深度の逆数(1/z)は、当該スタックにおける各フラグメントの深度の逆数と比較されなければならない。しかも、これは、処理能力を維持すべく並列に実施されなければならない。多数の深度の比較は、前記スタックの内容が比較器の配列の中にロードされることを要求し、当該スタックがそれらの新しい位置におけるフラグメントによって書き直されることをも要求するものであり、場合によって、当該提示されたフラグメントを収容し、先に当該スタックにあるフラグメントの1つを拒絶する。前記スタックがオフチップメモリへの如何なるアクセスをも必要とせずに全体としてオンチップで実行されるようにして、タイルベースのレンダリングを命令するのがこの演算である。それらのピクセルフラグメントもまた、部分的にカバーするピクセルフラグメントから成る隣接するブロックが存在し、2つの完全にカバーするピクセルフラグメントから成る隣接するブロックが後に続くように配される。これは、前記ピクセルをビューアによって観察されるようにモデル化するものであり、部分的にカバーするピクセルフラグメントは、それらの背後のフラグメントが部分的に現われることを許容し、完全にカバーするピクセルフラグメントは、それらの背後のあらゆるものを閉塞させる。2つの完全にカバーするピクセルフラグメントを記憶する理由は、以下で議論される。

フルピクセルフラグメント(full pixel fragment)は、その内部のフラグ(サンプル点毎のI-O試験の結果)のすべてが真であるピクセルフラグメントである。フルピクセルフラグメントの背後にある如何なるピクセルフラグメントが完全に閉塞され、即ちこのフルピクセルフラグメントによって完全に覆い隠されることになる。部分的なピクセルフラグメントは、その内部のフラグの幾つかが真であるピクセルフラグメントである。このピクセルフラグメントバッファがリセットされるとき、部分的ピクセルフラグメントは、ヌルピクセルフラグメント(null pixel fragment)、即ちそれらの内部のフラグのいずれもが真でないピクセルフラグメントに置き換えられる。

更なるフラグメント分類は、前記三角形の一部がピクセルの内部にあり、より正確には、当該部分がピクセルのフットプリントの内部にあることを説明するために、カーネル(kernel)によって三角形から生成される提示のピクセルフラグメントという分類である。提示のピクセルフラグメントは、フルピクセルフラグメント又は部分的ピクセルフラグメントのいずれかとして分類されるが、決してヌルピクセルフラグメントとして分類されない。この提示のピクセルフラグメントがフルピクセルフラグメントである場合、それは前記ピクセルフラグメントの中心における深度値の逆数を基礎として前記スタックにおけるフルピクセルフラグメントのすべてに対して比較される。その後、それは、以下の判定基準に従ってスタックに挿入又は拒絶される：

- 挿入判定基準1： 前記提示のピクセルフラグメントが前記スタックにおける如何なるフルピクセルフラグメントの前にあるならば、それは連続的なスタック入力に関する深度の逆数において単調な減少を維持する如何なる位置においても当該スタックの中に挿入される。

- 拒絶判定基準1： 前記提示のピクセルフラグメントが前記スタックにおける如何なるフルピクセルフラグメントの背後にある場合、それは完全に閉塞されるので拒絶される。

当該提示のピクセルフラグメントが部分的ピクセルフラグメントである場合、それは前記スタックにおける部分的ピクセルフラグメントの全てに対して比較され、当該ピクセルフラグメントの中心における深度値の逆数を基礎として当該スタックにおける最も近いフルピクセルフラグメントに対しても比較される。その後、それは、以下の判定基準に従って

10

20

30

40

50

当該スタックの中に挿入又は拒絶される：

- 拒絶判定基準 2： 前記提示のピクセルフラグメントが前記スタックにおける最も近いフルピクセルフラグメントの背後にある場合、それは完全に閉塞されるので拒絶される。

- 拒絶判定基準 3： 前記提示のピクセルフラグメントが前記スタックにおける最も近いフルピクセルフラグメントの前にあるが、当該スタックにおける部分的ピクセルフラグメントの全ての背後にある場合、それは拒絶される。

- 挿入判定基準 2： 前記提示のピクセルフラグメントが前記スタックにおける最も近いフルピクセルフラグメントの前であり、その他の理由で拒絶されなかった場合、それは連続的なスタック入力に対する深度の逆数において単調な減少を維持する如何なる位置においても当該スタックの中に挿入される。

- 拒絶判定基準 4： 提示のピクセルフラグメントが前記スタックに挿入され、その後、その背後におけるそれらの部分的ピクセルフラグメント又はヌルピクセルフラグメントが、当該スタックに沿って再編成される場合、最も離れた部分的ピクセルフラグメント又はヌルピクセルフラグメントが拒絶される。

上述の拒絶判定基準を適用すれば、部分的ピクセルフラグメントが拒絶されるとき、最終的な画像に対するその視覚的な寄与は、失われることになる。その視覚的な効果は、背景カラーが前景オブジェクト中に漏れ出し、しばしば当該オブジェクトの表面にマークとして現われることである。当該背景が暗くて、当該オブジェクトが明るい場合、それらのマークは、隙間又は穴のように見えることになる。オーバーフロー補償は、この拒絶された部分的フラグメントが、この最も離れた部分的フラグメントと共通の辺を共有し、当該拒絶されたフラグメントの内部フラグを当該最も離れた部分的フラグメントのフラグに論理的に融合させるものであると想定する。

起こり得る 1 つの問題は、三角形が交差するように指定される点で発生する。1 つの具体例として、各々が多数の三角形から構成される個々の身体の部位から構成されるようにして、アニメーション処理される人物が考慮される。これらの部位は、その後、各部位に異なった変換を施すことによって、関節結合される。様々な部位の間に隙間を空けてしまうことを避けるために、モデルは、構成部位が関節部で部分的に重なるようにして構成される。結果は、当該モデルが、2 つのオブジェクトの接合部に沿った共通の辺によって正確に嵌合する構成部からモデル化されたように見える。部分的に重なる三角形からのフルピクセルフラグメントが、それらの中心における深度の逆数に従ってソートされる場合、ただ 1 つのフラグメントだけが各ピクセルにおいて寄与することが可能であり、その結果は、前記交差部に沿ったギザギザのエッジという外観であることになる。本アーキテクチャは、数多くのサンプリング点における I-O 試験を評価することで、三角形の辺においてアンチエイリアシングを実行するが、同様なやり方で交差部をアンチエイリアシング処理することは実行可能でない。

しかしながら、I-O 試験が  $s/z$ 、 $t/z$  及び  $1/z$  を使用して実行される場合、多数の深度値の逆数が利用可能である。2 つの最も近いフルピクセルフラグメントに関する多数の深度の逆数を比較して、その結果を前記内部フラグの順序に対応する順序でビットベクトルの中にパックすれば、深度比較の当該ビットベクトルとの当該内部フラグの組合せは、当該交差するフラグメントを、共通の辺を共有する 2 つの相補的な部分的ピクセルフラグメントへと効果的に変換することになり、これによって、ギザギザの交差部を取り除き、それらを滑らかな接合に置き換えるのである。

前記スタックにおける各フラグメントに関する多数の深度値の逆数を記憶することは、費用がかかり、従って交差補償は、見る者に最も近い 2 つのフルピクセルフラグメントにのみ適用されることが好適である。この最も近いフルピクセルフラグメントに関する深度の逆数を記憶することだけが必要である。提示のピクセルフラグメントが最も近いフルピクセルフラグメントに置き換わる場合、その深度値の逆数は、それらの I-O 試験から利用可能であり、従って、深度値の逆数の 2 つの組が比較されるべく利用可能なのである。

すべての提示のピクセルフラグメントが処理された後、各スタックは、最も近いピクセル

10

20

30

40

50

フラグメントでスタートする前から後への順番で読み取られる。各ピクセルフラグメントの可視のカバー範囲、即ち各フラグメントの可視の（閉塞されない）部分のカバー範囲を決定するために、アキュムレータが、先行して読み取られたフラグメントの内部フラグから形成されるビットベクトルのビット方向のOR、即ち現在のフラグメントの累積したカバー範囲を維持する。現在のフラグメントの可視のカバー範囲は、その後、当該累積したカバー範囲の補数でその内部フラグから形成されたビットベクトルをビット方向にAND処理することによって得られる。当該可視のカバー範囲が得られた後、前記アキュムレータは、次のフラグメントのために準備すべく更新される。結局、前記アキュムレータは、すべてのものに関するビットベクトルを包含する。すべてのフラグメントが読み取られてしまう前に、当該累積したカバー範囲が、すべてのものになる場合、当該スタックにおける残りのフラグメントは、完全に閉塞されるので、不可視なものとして処分される。

10

上述のことから、フルフラグメントの役割は、既に明白である。それらは、当該スタックにおける全てのフラグメントが読み取られた後に、当該累積したカバー範囲が、全てのものになることを保証するのである。当該スタックの中に挿入されたフラグメント中に1つのフルフラグメントもない場合には、当該スタックが初期化されるときにそこに配置されるフルフラグメントは、当該累積したカバー範囲が全てのものでないならば、最終的なピクセルカラーに寄与することになる。このような事例では、当該フルフラグメントは、高感度なデフォルト背景カラーを提供すべく選択される属性を備えた特殊な三角形を参照して配される。

ピクセルのテクスチャ処理は、プロセッサとテクスチャメモリの間に多くのメモリアクセスと高いメモリ帯域幅とを要求する。完全に閉塞されてしまったことを見つけるためだけに、ピクセルフラグメントをテクスチャ処理することは無駄である。本アーキテクチャは、完全に閉塞されたフラグメントを無視して、可視のピクセルフラグメントのみをテクスチャ処理するものであり、テクスチャメモリ（第3図の参照番号20）からのトラフィックを削減する。

20

本文において言及されるシェーディングは、従来のな（固定式の）シェーディングアルゴリズムだけでなく、プログラム可能なシェーディング及び手順テクスチャ処理をも含み、それらのすべては、ピクセル毎に実行される計算を包含する。本アーキテクチャは、完全に閉塞されたフラグメントを無視して、可視のピクセルフラグメントのみをシェーディングするので、より多くの計算がピクセル毎に実行され、これらの計算によって要求される属性を供給するために使用されるバッファへの不要なアクセスもまた回避される。

30

第5図から8図は、本アーキテクチャによって実施される上述の手順及び演算を要約して、初期の受取り及び準備からピクセル値毎の出力までのデータの処理を示す補足的なフローチャートである。

一般のデータ準備ルーチンは、第5図に示され、適当な供給源（例えばインターネットを経由して入手されるVRMLデータファイル）からデータを入手するようにして、501から始まる。当該データは、例えばテクスチャ及び/又は三角形の頂点におけるカラー値、曲面標準などを指定する補助データで三角形の頂点座標を位置付ける圧縮データファイルを有するインデックス付きの曲面集合の形式とする。502において、前記圧縮データファイルは、拡張され、当該補助属性データは、503において引き出され記憶される。502の拡張されたデータからは、各三角形の視野空間頂点データが、（504において）読み取られ、それらの三角形は、続いて、505において二次元スクリーン空間に投影される。

40

タイルベースのレンダリングが使用されるので、走査変換が、506において引き受けられ、各三角形を一連のタイルに変換する。当該スクリーンの縁においてピクセルカーネルのフットプリントマージンにのみ現われる三角形に関するような余分なデータは、507での除去演算によって取り除かれる。次に、508において、識別子が各三角形に対して割り当てられ、三角形の1つ以上のフラグメントを担持するタイルは、（509において）タイルバッファの中に挿入される。

三角形に対する識別子の割当てに続いて、そのマジックポイントが、510において選択

50

され、当該ポイントに関しては、 $s/z$ 、 $t/z$ 及び $1/z$ が、対応する増分値（デルタ）の512での計算の前に、（511において）計算される。これらの計算された値は、主要属性を有し、導入手順の最終ステージ513が、それらを主要属性記憶部（第13図の参照番号14）の中にロードする。

主要属性の処理は、第6図及び第7図に示されている。第6図の頭部に示されたように、ステップ513でロードアップされた主要属性バッファ14に加えて、キャッシュメモリ10Aが、（509でロードアップされた）三角形フラグメントを含むタイルに対するバッファ24で共に設けられる。キャッシュ10Aは、外部バッファ14、24からロードアップされる高速ローカル（オンチップ）メモリを提供するものであり、第1の演算601は、タイルバッファ24からキャッシュ10Aへのフラグメントの読取りである。次に、前記キャッシュからは、 $s/z$ 、 $t/z$ 及び $1/z$ の値が、602において、各サンプリング点に関して計算される。603において、 $s/z$ 、 $t/z$ 及び $1/z$ の値が、補間され、それらの結果は当該キャッシュに戻される。

補間中に、I-O試験が、604において、各サンプリング点に関して実行され、それらが三角形の境界線の内部又は外部に位置するのかを決定し、これに続いて、当該点における $1/z$ の値が、対応して位置決めされる他の三角形からのサンプル点の値と比較され（605）、前記ピクセルに三角形の寄与が考慮されるか又は拒絶されるかを決定する（606）。当該 $1/z$ の比較が成功である場合、前記ピクセルフラグメントは、607においてフルフラグメント又は部分的フラグメントとして分類される。

当該フラグメントに対する $1/z$ の値及び前記スタックにおけるその他のピクセルフラグメントの値、更には、当該スタックが既に一杯であるか否かに依存して、当該ピクセルフラグメントの寄与が、当該スタックに追加される。当該スタックが既に一杯である場合、608での当該スタックに空間を作るという作業は、オーバーフロー（概ね最も後部のフラグメントの排除）を生じることになり、これがサンプル点をカバーせずに残る場合、前記オーバーフローは、一貫性を維持すべく、補償609に問題の当該又は各サンプル点を新しい最後のフラグメントのタイルに移動させることを要求する。当該オーバーフローの問題が解決されると、最新のフラグメントが、適切な位置において（深度でソートされる入力で）当該スタックの中に挿入され（610）、 $1/z$ に対して記憶された値は、611で更新される。607に続いて、当該スタックがまだ満たされないことが明らかになる場合、単純な空間形成演算612が実行され、新しいフラグメントよりも大きな深度を有する入力を1つだけ下に移動させ、それに続いて、挿入（610）及び更新（611）が前と同様に進行する。

I-O試験から先への上記演算が先行している間に、603からの補間されたデータは、613における優先待ち行列から始まって、614における $1/z$ に関する逆数の計算（即ち $z$ を復元すること）へと続く、更なる演算処理を受けることになる。 $z$ の値を用いることで、 $s$ 及び $t$ の値が、 $(s/z) * z$ 及び $(t/z) * z$ を計算することによって615において元に戻され、 $s$ 及び $t$ に関する整数値は、616において確定される。これらの値は、その後、第7図の頭部に示されるように、当該フラグメントと共にピクセルフラグメントバッファ26に記憶される。

前記フラグメントバッファからは、ピクセルフラグメントの各スタックが、701において引き出され、当該フラグメントデータは、702において補助処理部におけるキャッシュメモリ12Aに読み取られる。703において、前記三角形フラグメントによるタイルの可視のカバー領域の範囲が計算され、当該フラグメントスタックは、704において更新される。

各タイル（フラグメント）は、このフラグメントがすべてのサンプル点をカバーするか否かに従って、705においてフルフラグメント又は部分的フラグメントとして分類される。部分的なものであるならば、このサンプル点に関する $1/z$ の値が、706において比較され、前記三角形による可視のカバー領域の範囲は、707において修正される。フルフラグメントのための705からの修正されないカバー範囲、又は708においてフィルタに適用される707からの修正されたカバー範囲を使用して、値が得られる。709

10

20

30

40

50

において、 は、補助属性処理ステージにおけるピクセルシェーディングステージに出力される。

第8図の補助属性処理ステージは、第4図及び5図の主要属性ステージと同様に、単独チップの上に設けられるものとして意図され、オンチップキャッシュ12Aは、前記準備されたタイルデータを主要ステージから入力するために設けられ、補助属性は、インデックス付きの曲面集合の展開において503において引き出される。図示されたように、各々異なる種類の属性は、801における各三角形の頂点に関するテクスチャ空間座標( $u$ ,  $v$ )によって指定されるテクスチャ値から始まって、並列に処理される。これらは、テクスチャバッファ(マップ記憶部)20と結合されるビットマップテクスチャ処理ステージ803に送られる出力を備えるパラメータ表示座標系を使用して、( $s$ ,  $t$ )において補間(802)される。プロセッサ803からの出力は、ピクセルシェーディングステージ804に送られる。図示されたように、805において指定される頂点毎の垂線もまた、806において同様に補間され、同様に、ピクセルカラーもまた、807において三角形の頂点に関して指定されて、808において補間される。その他の属性の一般的な事例は、809において示され(これらは、( $s$ ,  $t$ )において評価されるものでもある810)、三角形毎の属性は、811において示される。プロセッサ803の場合と同様に、806, 808, 810, 及び811の出力は、先行して計算された の値と共に、シェーディング装置804に対する入力を提供する。

前記シェーディング装置の出力は、812におけるシェーディングされたピクセルフラグメントに関するアキュムレータに進み、813におけるピクセルのガンマ補正がそれに続き、このシェーディングされたピクセルは、814において出力される。ガンマ補正は、アンチエイリアシングのためのガンマ補正が、低輝度において最も重要なので、ワークステーションにおいて一般に行われる場合のように、表示ドライバに放置されない。カラー成分毎に通常の8ビットまで切り捨て、その後ガンマ補正を施すことが、アンチエイリアシング処理される縁に沿って著しい凹凸を与えることがわかったが、切捨て前にガンマ補正を実行することが、滑らかな縁を復元する。

上記にて説明された( $s$ ,  $t$ )の技法は、深度バッファ入力のサイズを縮小するので、多数のテクスチャ、手順テクスチャ及びプログラム可能なシェーディング装置の使用が、属性の不足によって妥協されず、それどころか、アンチエイリアシングの能力が、テクスチャ処理及びシェーディングによって妥協されない。補間すべき必要な属性の数は、 $s/z$ ,  $t/z$  及び  $1/z$  の3つに減らされるのに対し、三角形の内部-外部(I-O)試験、深度バッファリング及び後続する据置きテクスチャ処理及びシェーディングステージに対する欠点のないインターフェースを提供する。

本開示を読めば、その他の修正は、当業者にとって明らかとなるであろう。そのような修正は、当該設計、製造及び画像処理装置とその機器及び構成部分との使用において既に公知であり、既に説明された特徴の代わり又はそれに加えて使用されるその他の特徴を含んでもよい。請求項は、本出願において特定の特徴の組合せに明確に述べられるが、本出願の開示の範囲は、それが何れかの請求項において現在請求されているのと同じ発明に係るか、及びそれが本発明と同じ技術的問題の何れか又はすべてを軽減するかを、本文において明示的又は暗示的に開示された何らかの新規な特徴又は新規な特徴の組合せ、或いはそれらの何らかの一般化を包含するものと理解されるべきである。本出願人は、ここに、新しい請求項が本出願又はそこから導出される如何なる更なる出願の遂行中に、そのような特徴及び/又はそのような特徴の組合せに対して明確化されることも可能であると指摘する。

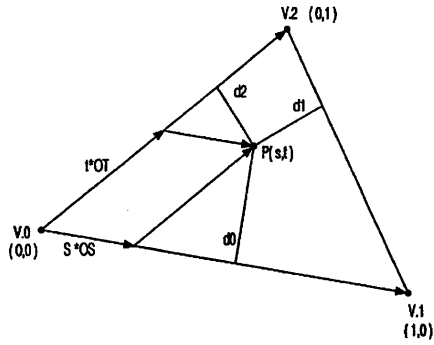
10

20

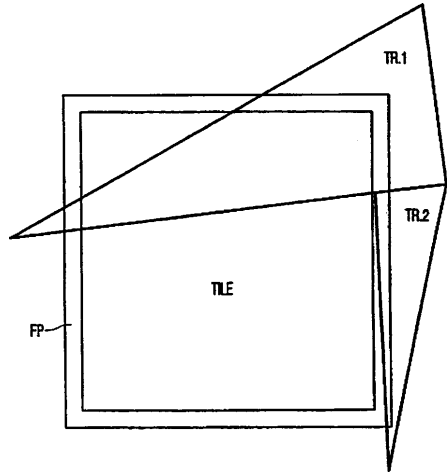
30

40

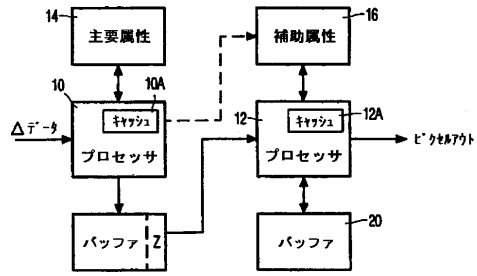
【図1】



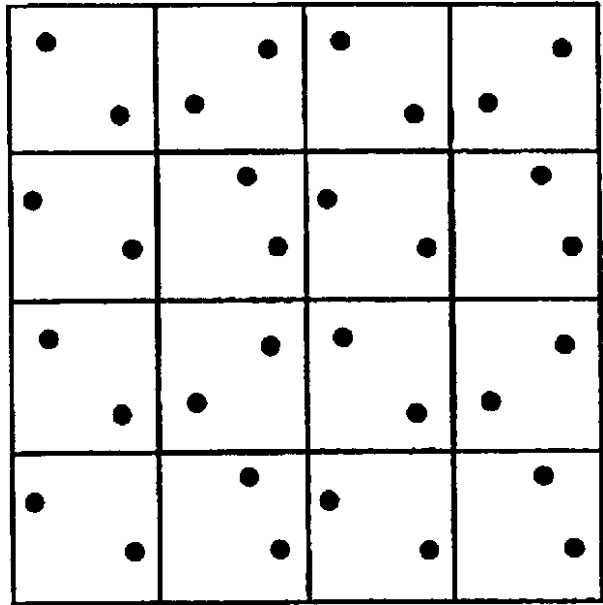
【図2】



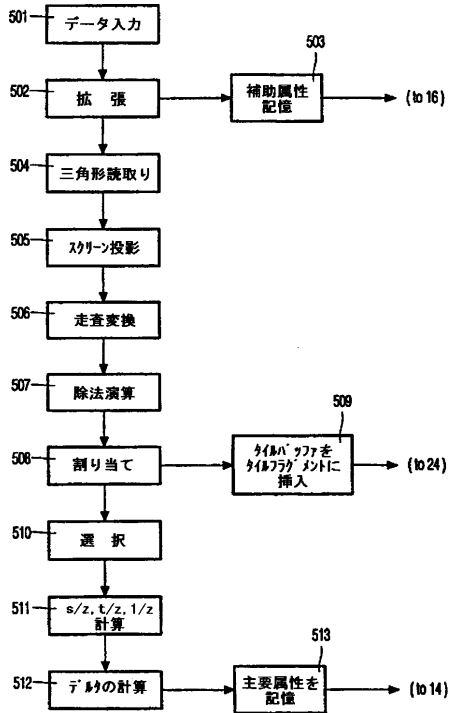
【図3】



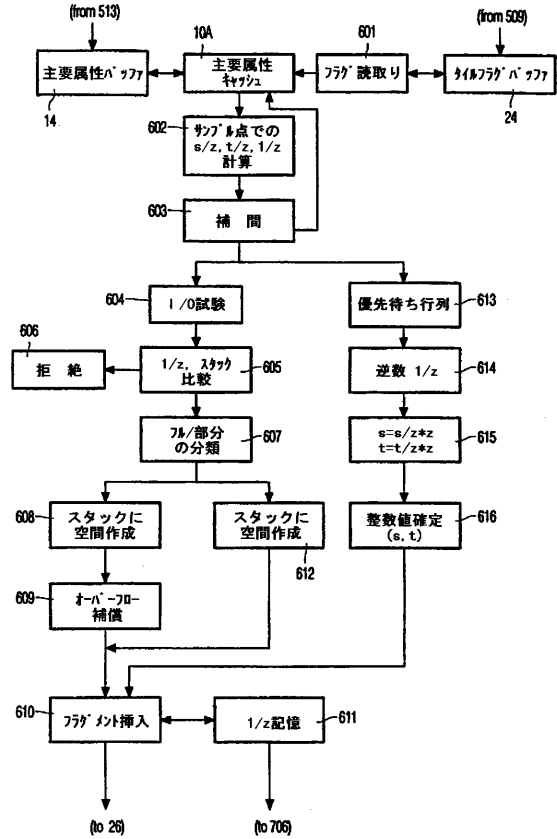
【図4】



【図5】



【図6】





---

フロントページの続き

審査官 伊知地 和之

- (56)参考文献 特開平06 - 028491 (JP, A)  
特開平03 - 129486 (JP, A)  
特開平04 - 220783 (JP, A)  
特開平04 - 222074 (JP, A)  
特開平07 - 200868 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G06T 15/00 - 17/40  
CSDB(日本国特許庁)