

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5149288号  
(P5149288)

(45) 発行日 平成25年2月20日 (2013. 2. 20)

(24) 登録日 平成24年12月7日 (2012.12.7)

|                   |                  |            |      |  |
|-------------------|------------------|------------|------|--|
| (51) Int. Cl.     |                  | F I        |      |  |
| <b>G06T 11/00</b> | <b>(2006.01)</b> | G06T 11/00 | 100A |  |
| <b>G06T 15/04</b> | <b>(2011.01)</b> | G06T 15/04 |      |  |
| <b>G06T 3/00</b>  | <b>(2006.01)</b> | G06T 3/00  | 100  |  |

請求項の数 20 (全 24 頁)

|               |                               |           |                     |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2009-518111 (P2009-518111)  | (73) 特許権者 | 500046438           |
| (86) (22) 出願日 | 平成19年5月11日 (2007. 5. 11)      |           | マイクロソフト コーポレーション    |
| (65) 公表番号     | 特表2009-543192 (P2009-543192A) |           | アメリカ合衆国 ワシントン州 9805 |
| (43) 公表日      | 平成21年12月3日 (2009. 12. 3)      |           | 2-6399 レッドモンド ワン マイ |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2007/011379             |           | クロソフト ウエイ           |
| (87) 国際公開番号   | W02008/005103                 | (74) 代理人  | 100140109           |
| (87) 国際公開日    | 平成20年1月10日 (2008. 1. 10)      |           | 弁理士 小野 新次郎          |
| 審査請求日         | 平成22年5月11日 (2010. 5. 11)      | (74) 代理人  | 100089705           |
| (31) 優先権主張番号  | 11/428, 311                   |           | 弁理士 社本 一夫           |
| (32) 優先日      | 平成18年6月30日 (2006. 6. 30)      | (74) 代理人  | 100075270           |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 弁理士 小林 泰            |
|               |                               | (74) 代理人  | 100080137           |
|               |                               |           | 弁理士 千葉 昭男           |
|               |                               | (74) 代理人  | 100096013           |
|               |                               |           | 弁理士 富田 博行           |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非等長的 (ANISOMETRIC) テクスチャ (TEXTURE) の合成 (SYNTHESIS)

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非等長的テクスチャを合成する方法であって、  
 ピクセルにおけるヤコビアンフィールドと、前の解像度レベルでの合成されたピクセル座標イメージとを入力するステップと、  
 調べる方向を選択するステップと、  
 見本空間の近傍オフセットと前記ピクセルにおけるヤコビアン逆行列とを使用して、合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルを定めるステップと、  
 前記合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルを、1の正規化距離に正規化するステップと、  
 前記合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルの前記正規化距離に基づいて、前記ピクセルの8つの直接近傍のうちのどれにアクセスすべきかを決定するステップと、  
 前の解像度レベルでの前記合成されたピクセル座標イメージから処理中の前記ピクセルに対し前記の選択された方向において最も近い、前記8つの直接ピクセル近傍のうちの1つにアクセスするステップであって、前記合成されたピクセル座標イメージが、ピクセル色を直接含まず、前記ピクセル色が見本テクスチャにおいて取り出されるピクセル座標を含む、ステップと、  
 前記ピクセルにおける前記ヤコビアンフィールドを使用して前記直接ピクセル近傍のピクセル座標を歪曲させ、前記非等長的テクスチャの合成に使用する歪曲させたピクセル座

標を形成するステップと、  
 を実行するプロセッサを有する汎用計算デバイスを使用することを含む、方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、前記歪曲させたピクセル座標を使用して前記見本テクスチャから候補となる少なくとも 1 つのピクセルを選択するステップをさらに含む、方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法であって、前記候補となる少なくとも 1 つのピクセルを選択するステップは、修正技術を使用するステップをさらに含む、方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法であって、前記修正技術はピクセル当たりの近傍マッチング修正技術 ( 2 2 5 ) である、方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の方法であって、前記非等長的合成テクスチャはサーフェス上に存在し、前記非等長的合成テクスチャを前記サーフェス上で前記ヤコビアンフィールドに合わせるステップをさらに含む、方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法であって、  
 複数のテクスチャアトラスチャートを有するテクスチャアトラスパラメータ化のパラメータテクスチャドメインにおいて前記非等長的合成テクスチャを直接合成するステップと

、  
 前記複数のテクスチャアトラスチャート間でジャンプする機能を提供する無方向ポインタを使用するステップと、  
 をさらに含む、方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の方法であって、  
 前記チャートの 1 つの内のチャート境界付近のピクセルのセットを選択するステップと

、  
 前記無方向ポインタを使用して前記チャートの別の 1 つの内部にある他のピクセルをポイントするステップと、  
 をさらに含む、方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法であって、前記ヤコビアンフィールドと合成拡大技術を使用して前記非等長的合成テクスチャを強化して、拡大された高解像度の非等長的合成テクスチャを生成するステップをさらに含む、方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の方法であって、レンダリング時にサーフェスシェーダ内で前記合成拡大技術を実行するステップをさらに含む、方法。

【請求項 10】

コンピュータ実行可能命令が格納されエンコードされたコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、前記コンピュータ実行可能命令は、見本を使ってサーフェスにテクスチャを合成するためのものであり、

ピクセルにおけるヤコビアンフィールドを指定するステップと、

調べる方向を方向コンポーネントに基づいて選択するステップと、

見本空間の近傍オフセットと前記ピクセルにおけるヤコビアン逆行列とを使用して、合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルを定めるステップと、

前記合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルを、1 の正規化距離に正規化するステップと、

前記前記合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルの前記正規化距離に基づいて、前記ピクセルの 8 つの直接近傍のうちのどれにアクセスすべきかを

10

20

30

40

50

決定するステップと、

処理中の前記ピクセルに対し前記方向コンポーネントの方向において最も近い、前記 8 つの直接ピクセル近傍のうちの 1 つにアクセスするステップであって、前記合成されたピクセル座標イメージが、ピクセル色を直接含まず、前記ピクセル色が見本テクスチャにおいて取り出されるピクセル座標を含む、ステップと、

前記ヤコビアンフィールドを使用して前記ピクセルおよびその直接ピクセル近傍のアップサンプリングされたピクセル座標を歪曲させるステップと、

前記ピクセルおよび近傍のピクセルの座標の回転およびスケールリングを可能にするため、前記歪曲させたアップサンプリングされたピクセル座標を前記ヤコビアンフィールドを使用して修正するステップと、

パラメータドメインを前記サーフェスにマッピングすることによって、前記パラメータドメインにわたって前記サーフェスをパラメータ化するステップと、  
を含む、コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 11】

請求項 10 記載のコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、前記テクスチャを前記サーフェス上においてどのように向けるべきかについての入力を受けるステップをさらに含み、前記入力は、(a) 前記サーフェス上の各点における接線ベクトル、(b) 前記サーフェス上の各点における従法線ベクトル、のうちの少なくとも 1 つを含む、コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 12】

請求項 11 記載のコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、見本の標準軸に関し前記接線ベクトルと前記従法線ベクトルとをローカルに特定するステップをさらに含み、コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 13】

請求項 10 記載のコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、無方向ポインタを使用して、パラメータ化されたチャートの不連続なアトラスから前記サーフェス上でシームレスなテクスチャを形成するステップを更に含む、コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 14】

請求項 13 記載のコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、  
前記不連続なアトラスの前記パラメータ化されたチャートの各々のものの周辺の追加スペースのガターを形成するステップと、

前記ガターにおいて前記無方向ポインタを使用して別のチャートの内部にある他のピクセルにポイントするステップと、  
をさらに含む、コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 15】

請求項 14 記載のコンピュータ読み取り可能記憶媒体であって、合成拡大技術を使用するステップをさらに含み、前記合成拡大技術は、前記見本のより高い解像度バージョンを得るために前記ヤコビアンフィールドによって変更される、コンピュータ読み取り可能記憶媒体。

【請求項 16】

非等長的合成テクスチャを見本から合成するための、コンピュータにより実行される方法であって、

ピクセル (p) におけるヤコビアンフィールド  $J(p)$  と、前の解像度レベルでの初期化イメージとを入力するステップと、

前記前の解像度レベルでピクセル座標をアップサンプリングして、前記前の解像度レベルよりもより高い解像度を有する現解像度レベルを発生するステップと、

合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルとして  $J^{-1}(p)$  を定め、ここで  $J^{-1}(p)$  は見本空間近傍オフセットであり、 $J^{-1}(p)$  はピクセル (p) のヤコビアン逆行列である、ステップと、

前記合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルを、1 の正規

10

20

30

40

50

化距離に正規化するステップと、

前記合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍オフセット・ベクトルの前記正規化距離に基づいて、ピクセル近傍を形成する前記ピクセルの8つの直接近傍のうちのどの1つにアクセスすべきかを決定するステップと、

処理中の前記ピクセルに対し選択された方向において最も近い、前記ピクセルの前記8つの直接ピクセル近傍のうちの1つにアクセスするステップと、

前記ヤコビアンフィールドを使用して前記ピクセル近傍の前記アップサンプリングされたピクセル座標を歪曲させるステップと、

前記見本と前記歪曲させたアップサンプリングされたピクセル座標とを使用して前記非等長的合成テクスチャを得るステップと、

を実行するプロセッサを有するコンピュータを使用することを含む、方法。

10

【請求項17】

請求項16記載の方法であって、前記ピクセルおよび近傍のピクセルの座標の回転およびスケールを可能にするため、前記歪曲させたアップサンプリングされたピクセル座標を前記ヤコビアンフィールドを使用して修正するステップをさらに含む、方法。

【請求項18】

請求項17記載の方法であって、

パラメータドメインにわたってサーフェスをパラメータ化するステップと、

前記パラメータドメインを前記サーフェスにマッピングするため前記サーフェスのあらゆる点について前記パラメータドメインのヤコビアンフィールドを決定するステップと、

をさらに含む、方法。

20

【請求項19】

請求項18記載の方法であって、無方向マップを使用して前記サーフェスにシームレスな非等長的合成テクスチャを形成するステップをさらに含む、方法。

【請求項20】

請求項19記載の方法であって、前記見本のより高い解像度バージョンを得るよう前記非等長的合成テクスチャにおける非等長性を明らかにするため、前記ヤコビアンフィールドを使用して合成拡大技術を変更するステップをさらに含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、テクスチャ合成に関する。

【背景技術】

【0002】

テクスチャ合成には、小さなサンプルイメージから大きなテクスチャを自動的に生成するステップが含まれる(テクスチャサンプルまたはテクスチャ見本と呼ばれる)。この見本ベースのテクスチャ合成は、見本を取得し、そうした見本に基づいて追加のコンテンツを生成することによって、見本に含まれるコンテンツよりはるかに大きなコンテンツを作成する。見本ベースのテクスチャ合成を使用すると、コンテンツの領域(expansion)全体を明示的に格納する必要がなくなる。代わりに、はるかに小さい見本から「その場で」コンテンツが生成される。

40

【0003】

従来、見本ベースのテクスチャ合成には、合成された各ピクセルの近傍(neighborhood)を見本の近傍と比較する修正のプロセスが含まれる。次に、合成されたピクセルが変更され、見本のコンテンツと互換可能な合成された近傍が再作成される。ピクセルごとに、ベストマッチング(best-matching)近傍が検出され、さらに現在のピクセルがベストマッチングピクセルに置き換えられる。ベストマッチング近傍は、小さなピクセル格子内のピクセルの色を比較することによって決定される。たとえば、ピクセルごとに、ピクセルの5x5の近傍が調べられ、近傍の誤差は5x5の近傍に含まれる個々のピクセルの赤、緑、および青(RGB:red, green, blue)カラ

50

ベクトルの誤差の合計である。

【0004】

テクスチャ合成は、等長的 ( i s o m e t r i c ) でも非等長的 ( 「等長的」ではないという意味 ) でもよい。等長的テクスチャ合成では、同じパターン、同じスケール、および同じ向きのテクスチャが生成される。一方、非等長的テクスチャ合成では、生成されるテクスチャ内でフィーチャ ( f e a t u r e ) の向きの変化とローカルスケーリングが可能である。

【0005】

修正プロセスの実行中に、現在合成されているテクスチャ内の近傍が収集され、見本の近傍と比較される。非等長的合成を実行するために、現在の技術では収集された近傍を變形する。ヤコビアン逆行列 ( i n v e r s e J a c o b i a n ) は、色をフェッチする前に近傍の座標に適用される変換である。ヤコビアン逆行列は、アフィン変換を使用してピクセル近傍を変換する  $2 \times 2$  の行列である。具体的に、ヤコビアンフィールドが指定された場合に、ピクセル近傍はヤコビアン逆行列を使用して変換される。ヤコビアン逆行列の補正を実行するために、ピクセル近傍の向きとスケールが変更される。つまり、近傍の元の点で色を取得せずに、新しい向きとスケーリングを使用して変換された新しい近傍の点のセットで色が取得される。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

現在の非等長的テクスチャ合成技術にはいくつかの欠点がある。第1の欠点は、メモリコヒーレンシ ( c o h e r e n c y ) の欠如である。具体的には、一部の状況では変換された近傍が大きくなり、拡大される。これは、ピクセルの直接近傍 ( i m m e d i a t e n e i g h b o r ) でなく遠く離れたピクセルにアクセスする可能性があることを意味する。このことによって、よりランダムなメモリアクセスが発生し、メモリアクセスにおいて効率の低下およびコヒーレンシの欠如が発生する可能性がある。

20

【0007】

第2の欠点は、修正プロセス実行中にアクセスされる非ローカルピクセルを再サンプリングする必要があることである。具体的には、変換後にピクセルの値を補間するプロセスでピクセルを再サンプリングする必要がある。この作業は、変換されたピクセルが広い領域に拡散されるために必要である。しかし、この再サンプリングのプロセスは非効率的であり、合成されたテクスチャで視覚的なぼやけ ( v i s i b l e b l u r r i n g ) が発生する可能性がある。

30

【0008】

第3の欠点は、テクスチャコヒーレンシの欠如である。サンプル同士の間隔が広く空いているため、修正プロセスは隣接するピクセルの値には依存しなくなる。このことによって、テクスチャコヒーレンシが大きく低下する可能性がある。こうしたインコヒーレンシ ( i n c o h e r e n c y ) によって、修正プロセスの機能と効果が低下し、場合によってはプロセスが収束しない可能性もある。

【0009】

別の現在の非等長的テクスチャ合成技術では、回転とスケールが異なる複数のバージョンの見本を表示し、こうした見本のバージョンの中から現在のピクセルで望ましいヤコビアンに基づいて選択する。しかし、こうしたアプローチでは、多くのバージョンの見本を格納し、分析するために、多くのメモリを使用する必要がある。さらに、テクスチャコヒーレンシの実現も困難である。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

以下の解決手段では、後述の発明を実施するための最良の形態でより詳細に説明するいくつかの概念を簡略化した形で紹介する。以下に示す解決手段は、請求された主題の重要な機能または必須の機能を示すものではない。また、請求された主題の範囲を限定するた

50

めに使用するものでもない。

【 0 0 1 1 】

本明細書で開示される非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法には、高い効率と最小のオーバーヘッドによる高品質の非等長的テクスチャの生成を可能にするいくつかの技術が含まれる。一般に、非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法は、外観は指定されたサンプルイメージまたは見本と同様であるが、向きとスケールが異なる新しいテクスチャを合成する。こうした向きとスケールは、ヤコビアンフィールドによって指定される。ヤコビアンは、特定の点の線形変換を表す  $2 \times 2$  の行列である。本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法を使用すると、平面内およびサーフェス ( s u r f a c e ) 上に合成されたテクスチャを生成することができる。

10

【 0 0 1 2 】

非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法には、ピクセルの直接近傍のみにアクセスする合成スキームを使用するステップが含まれる。直接近傍のみを使用することによって、メモリとテクスチャの両方のコヒーレンシが向上する。さらに、修正プロセス実行中にアクセスされる非ローカルピクセルを再サンプリングする必要がなくなる。基盤となる合成プロセスは、見本のピクセル座標 (色ではなく) に依存することが想定されている。したがって、合成されたテクスチャに直接色が含まれるのではなく、座標が含まれており、この座標のピクセルの色を見本からフェッチする必要がある。多くのテクスチャ合成スキームでこのアプローチが使用されている。

20

【 0 0 1 3 】

この設定では、指定されたピクセルの直接近傍にはそれぞれ見本内の座標がある。個々の近傍は、現在のピクセルを置き換える候補の予測に使用される。近傍にアクセスする前に非等長的変換を適用する代わりに、非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法では直接近傍にアクセスし、直接近傍から取得した見本座標に後で変換を適用することによって、現在のピクセルを置き換える適切な候補を予測する。このように、直接近傍のみにアクセスするが、変換は修正プロセス実行中に同等に適用される。

【 0 0 1 4 】

目標は、ピクセル  $p$  が指定された場合に、 $p$  の周辺にテクスチャの近傍が構築され、ベストマッチング修正プロセスを使用してこれを見本のそれ以外の近傍と比較することである。直接近傍は、方向コンポーネント ( d i r e c t i o n c o m p o n e n t ) を使用することによって取得される。直接近傍の合成座標が取得されると、オフセットが適用され、ピクセル自体の合成座標であると本方法で予測する座標が取得される。

30

【 0 0 1 5 】

本合成スキームで直接近傍のみを使用するという事実によって、さらにシームレスな非等長的サーフェステクスチャの生成も可能になる。具体的には、三角形メッシュ ( t r i a n g l e m e s h ) として説明されるサーフェスおよびこのサーフェスのテクスチャドメインに関するパラメータ化が指定された場合は、パラメータ化によってメッシュサーフェスはチャートに区分され、各チャートはテクスチャドメインの領域にマップされる。目標は、テクスチャドメイン内のテクスチャを合成し、結果として得られるテクスチャサーフェスがユーザーの指定した外観を備えるようにすることである。もっと正確に言えば、サーフェス上のテクスチャを、サーフェスに関してユーザーが指定したヤコビアンフィールドに合わせる必要がある (回転とスケールの両方の点で)。難題の一部は、メッシュのパラメータ化によってサーフェスが互いに素な ( d i s j o i n t ) チャートに分解されること、およびサーフェステクスチャはこうしたチャートの境界に関してシームレスであるのが望ましいことである。こうしたシームレスなテクスチャを構成するためには、チャート境界に近いピクセルの合成近傍にそれ以外のチャートのサンプルを含める必要がある。こうした要件に対応するために、非等長的テクスチャ合成の方法では、無方向ポイントを使用することによって、1つのアトラスチャート境界から別のテクスチャアトラスチャートにジャンプする機能を提供する

40

【 0 0 1 6 】

50

各チャートの境界の外部にあるピクセルの小規模なセットについて、無方向ポインタを使用して別のチャートの内部にあるそれ以外のピクセルをポイントする。各チャートの周辺には小さな追加のスペース（すなわちガター（gutter））があり、こうした無方向ポインタに従って色を取得できる。こうしたシームレスなサーフェステクスチャを構成する機能は、非等長的修正スキームが固定された範囲の近傍にアクセスする機能を直接利用する。

【0017】

非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法には、さらに非等長的合成拡大技術も含まれる。合成拡大には、合成座標を使用して同じ見本の高解像度バージョンを取得するステップが含まれる。合成拡大は、サンプリングの不均一性（nonuniformities）たとえばパラメータ化のゆがみ（distortion）を隠すために使用できる。非等長的テクスチャ合成の方法は、ヤコビアンフィールドを含むように合成拡大スキームを変更する。こうしたヤコビアンは、合成拡大スキームの拡大のステップを変更し、非等長的に明らかにするために使用する。

10

【0018】

代替的实施形態が実現可能であり、特定の实施形態によっては、本明細書で説明するステップおよび要素を変更、追加、または削除できることに留意されたい。こうした代替的实施形態では、本発明の範囲を逸脱することなく、代替的ステップおよび代替的要素を使用でき、構造上の変更を適用することができる。

20

【0019】

ここで図面を参照すると、すべての図面で類似の参照番号は対応する要素を表している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に示す本非等長的テクスチャ合成の方法およびシステムの説明では、本明細書の要素となる添付の図面を参照する。こうした図面には、本非等長的テクスチャ合成の方法およびシステムを実施できる特定の実施例が説明のために示されている。請求された主題の範囲を逸脱することなく、それ以外の实施形態を利用できること、および構造上の変更を適用できることを理解されたい。

30

【0021】

I. システムの概要

本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法は、2次元（2-D）の平面上またはサーフェス上に合成されたテクスチャを生成するために使用できる。本非等長的テクスチャ合成システムおよび方法は、一般に、外観は指定されたサンプルイメージまたは見本と同様であるが、ヤコビアンフィールドによって指定された異なる向きとスケールによる新しいテクスチャを作成する。本明細書で説明する非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法を使用すると、平面またはサーフェスの両方において、シンプルで、効率的で、かつ高品質の2-Dの非等長的テクスチャ合成が可能になる。

【0022】

図1は、本明細書で開示された非等長的テクスチャ合成システムの例示的な実装を示すブロック図である。図1は、本非等長的テクスチャ合成システムを実装でき、使用できるいくつかの手法の1つを示しているにすぎないことに留意されたい。本非等長的テクスチャ合成のシステムは、これ以外のタイプの処理システム（たとえば、中央処理装置（CPU）またはマルチコア処理システム）に実装することもできる。

40

【0023】

図1を参照すると、本非等長的テクスチャ合成システム100はコンピューティングデバイス110（点線で示す）上で動作するように設計されている。本非等長的テクスチャ合成システム100は、さまざまなタイプの汎用または専用のコンピューティングシステム環境または構成（パーソナルコンピュータ、サーバーコンピュータ、ハンドヘルド、ラップトップ、またはモバイルコンピュータを含む）、あるいは通信デバイス（たとえば携

50

帯電話やPDA)、マルチプロセッサシステム、マイクロプロセッサベースのシステム、セットトップボックス、プログラム可能な家庭用電子機器、ネットワークPC、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータ、前述の任意のシステムまたはデバイスを含む分散コンピューティング環境などで動作できることに留意されたい。図1に示すコンピューティングデバイス110は、前述のいずれかおよびそれ以外のタイプのコンピューティングシステム環境または構成の任意の1つを表すように意図されているにすぎない。

#### 【0024】

図1に示すように、コンピューティングデバイス110は、中央処理装置(CPU)120、およびCPUメモリ130を備えている。CPU120は、高速バス(accelerated bus)150を経由してビデオインターフェイス140と通信している。例として、このバス150は特に3-Dグラフィックスのスループットの要求に合わせて設計されたアクセラレーテッドグラフィックスポート(AGP: Accelerated Graphics Port)またはPCI Expressでもよいが、これらに限定はされない。

10

#### 【0025】

ビデオインターフェイス140は、グラフィックス処理装置(GPU)160およびGPUメモリ170を備えている。GPU160は、リアルタイムの3-Dグラフィックス表示を高速化するように設計されている。GPU160は、バス150を経由してCPU120にデータを転送することができる。非等長的テクスチャ合成システム100は、GPU160およびGPUメモリ170とも通信している。非等長的テクスチャ合成システム100は、図1に破線で示されている。図1に示す実装では、システム100にはGPU160上に常駐する非等長的テクスチャ合成システムコード180、およびGPUメモリ170上に常駐する非等長的テクスチャ合成データ190が含まれている。

20

#### 【0026】

##### II. 動作の概要

図2は、図1に示す本非等長的テクスチャ合成システム100の一般的な動作を示す流れ図である。一般に、非等長的テクスチャ合成方法では、ピクセルの直接近傍とヤコビアンフィールドを使用して、見本イメージから非等長的合成テクスチャを生成する。非等長的テクスチャ合成方法は、平面上およびサーフェス上の両方で2-Dテクスチャを生成するために使用できる。

30

#### 【0027】

より具体的には、本非等長的テクスチャ合成方法は、初期設定(initialization)イメージを入力するステップ(ボックス200)で開始される。こうした初期設定イメージには、合成座標が含まれる。これは、前回の解像度レベル、すなわち多重解像度のアプローチによる最も粗いレベルの結果であり、通常はゼロのみが含まれている。初期設定イメージは、前回の解像度レベル、すなわち多重解像度のアプローチの最も粗いレベルにおけるイメージである。

#### 【0028】

さらにヤコビアンフィールドも入力される(ボックス205)。ヤコビアンフィールドは、イメージの向きとスケールを変更するために使用できる。ヤコビアン(通常は記号Jで表される)は、2つのベクトルを含む $2 \times 2$ の行列である。こうした2つのベクトルは、入力されたテクスチャのベクトルをイメージにどうマップすべきかを示している。ヤコビアンフィールドには、元のドメイン(この場合はテクスチャ)をイメージ上に作成するときどう定義すべきかに関する導関数(derivative)情報が記録される。

40

#### 【0029】

前回の解像度レベルによるイメージのピクセル座標をアップサンプリングするステップによって、繰り返しのプロセスが開始される(ボックス210)。最初の繰り返しでは、アップサンプリングされるイメージは初期設定イメージである。後続の繰り返しでは、アップサンプリングされるイメージは前回の繰り返しの出力である。アップサンプリングによって、前回の解像度レベルより精細な解像度レベルである現在の解像度レベルが生成さ

50

れる。換言すると、多重解像度のアプローチで使用する粗いレベルから精細なレベルへのピラミッドで、一連の繰り返しによって解像度レベルは漸進的に精細になる。

【0030】

ここで、処理の対象となるピクセルが選択され、処理の対象となるピクセルの直接近傍にアクセスする(ボックス215)。次に、ピクセルの直接近傍に格納された合成ピクセル座標がヤコビアンフィールドを使用して歪曲(warp)される(ボックス220)。歪曲は、ヤコビアンフィールドによって指定されるように向きとスケールが変更されることを意味する。

【0031】

歪曲された直接近傍の座標を使用して現在のピクセルの候補のセットが予測されると、新しい近傍が構築され、標準のテクスチャ合成の修正プロセスが適用される(ボックス225)。こうした修正プロセスに見本が入力される(ボックス230)。こうした修正のプロセスには、候補の近傍を現在のピクセルに関して計算された近傍と比較するステップが含まれる。ただし、こうした近傍のすべては、ゆがめられていない見本空間内にあることに留意されたい。

10

【0032】

各繰り返しの出力は、合成されたイメージであり、そのピクセルには現在の解像度レベルにおける見本のピクセル座標が含まれる(ボックス240)。ここで、現在の解像度レベルが最も精細な(したがって最後の)解像度レベルであるかどうかの判断が行われる(ボックス245)。現在の解像度レベルが最も精細な解像度レベルでない場合は、もう一度繰り返しが実行される。この場合は、現在の解像度レベルが前回の解像度レベルになる。つまり、現在の解像度レベルで合成されたピクセル座標は、ここで前回の解像度レベルで合成されたピクセル座標になる(ボックス250)。ここで、前述のように最も精細な解像度レベルになるまで繰り返しが実行される(ボックス255)。

20

【0033】

現在の解像度レベルが最も精細な解像度レベルである場合は、合成されたピクセル座標が取得される(ボックス260)。このように合成されたピクセル座標は、それ以外のアプリケーションで処理することができ、または対応する非等長的合成テクスチャを生成することもできる。こうした非等長的合成テクスチャを生成するために、まず、見本をサンプリングすることによって、合成されたピクセル座標が合成された色に変換される(ボックス265)。最終的に、こうした変換のプロセスから、結果として非等長的合成テクスチャが出力される(ボックス270)。

30

【0034】

III. 動作の詳細

ここで、非等長的テクスチャ合成方法の詳細について説明する。図3は、図2に示す非等長的テクスチャ合成方法の特殊なケースについて、漸進的に解像度を高めた場合のインデックスマップが変遷する経過の例を示している。インデックスマップは合成テクスチャ座標のイメージであることに留意されたい。特に、図3はヤコビアンがどこでも $2 \times 2$ の恒等行列(identity  $2 \times 2$  matrix)に等しいという非等長的テクスチャ合成の特殊なケースである。インデックスマップは、そのピクセル値に見本イメージドメインを参照する座標が含まれるイメージである。このような座標は、色として視覚化できる。たとえば、図3を参照すると、座標(0, 0)は黒301として、座標(1, 0)は赤302として、座標(0, 1)は緑303として、座標(1, 1)は黄色304として視覚化され、間はずべて色が補間される。インデックスマップは、色を使用して見本内のピクセルカラーの位置を示すピクセル位置のカラーマップである。さらに、図3は6つの解像度レベルを備える例示的な実装の解像度レベルを示している。長い矢印で示すように、解像度レベルが次第に高くなるにつれて次第に解像度が精細になっている。

40

【0035】

図3に示すように、非等長的テクスチャ合成方法は、解像度レベルが0でのゼロを含むイメージ(真っ黒なイメージ)305を使用するステップで開始される。図2に示す繰り返

50

返しのプロセスが実行され、結果として得られる第1のインデックスマップ310は解像度レベル1である。インデックスマップ間の短い矢印のそれぞれは、図2に示す1回の繰り返しプロセスを示すことに留意されたい。たとえば、ゼロを含むイメージ305と第1のインデックスマップ310の間にある短い矢印315は、本非等長的テクスチャ合成方法の1回の繰り返しプロセスが実行されたことを示している。

#### 【0036】

漸進的に精細になる解像度レベルでこうした繰り返しのプロセスを繰り返すことによって、解像度レベルが高くなり、新しいインデックスマップが生成される。具体的には、レベル1で繰り返しが実行されてレベル2の第2のインデックスマップ320が生成され、レベル2で繰り返しが実行されてレベル3の第3のインデックスマップ325が生成され、さらにレベル3で繰り返しが実行されてレベル4の第4のインデックスマップ330が生成される。レベル5の第5のインデックスマップ335とレベル6の第6のインデックスマップ340も、同様に生成される。

10

#### 【0037】

図4は、図3に示すインデックスマップに対応するテクスチャイメージ（すなわち合成されたカラーイメージ）を示している。テクスチャイメージの色は、合成されたインデックスマップで指定される座標にある見本の色にアクセスすることによって取得される。第1のテクスチャイメージ400は、第1のインデックスマップ310に対応する。同様に、第2のテクスチャイメージ405は第2のインデックスマップ320に対応し、第3のテクスチャイメージ410は第3のインデックスマップ325に対応し、第4のテクスチャイメージ415は第4のインデックスマップ330に対応し、第5のテクスチャイメージ420は第5のインデックスマップ335に対応し、さらに第6のテクスチャイメージ425（すなわち最終的な合成テクスチャ）は第6のインデックスマップ340に対応する。

20

#### 【0038】

図5は、図2、3、および4に示す本非等長的テクスチャ合成プロセスの例を示すブロック図であり、多重解像度のアプローチの前の解像度レベル（レベル $l-1$ ）から現在の解像度レベル（レベル $l$ ）に移行している。図5は、多重解像度のアプローチの各レベルで（および繰り返しごとに）実行される2つの主要なプロセスを示している。たとえば、図3を参照すると、図5は第1のインデックスマップ310から第2のインデックスマップ320に移行するときどのような処理が実行されるかを示している。

30

#### 【0039】

第1のインデックスマップ500は数学的に項 $S_{l-1}$ で示されている。ただし、 $S_{l-1}$ は解像度レベル $l-1$ （すなわち前の解像度レベル）での合成座標出力である。見本510は数学的に項 $E[S_{l-1}]$ で示されている。ただし、 $E[S_{l-1}]$ は見本510を解像度レベル $l-1$ での第1のインデックスマップ500の関数として示している。合成出力はインデックスであり、項 $E[S_{l-1}]$ は座標項 $S$ が指定された場合に見本 $E$ 内の色の参照を示している。このように、合成プロセスによってインデックスマップが生成され、これは色 $E[S_{l-1}]$ に対応する。換言すると、 $S$ は合成インデックスマップであり、 $E[S_{l-1}]$ はこうしたインデックスに対応する色である。

40

#### 【0040】

図5に示すように、解像度レベルごとに、第1のインデックスマップ500で表されるピクセル座標がアップサンプリングされ、アップサンプリングされたピクセル座標を表す第2のインデックスマップ520が生成される。こうしたアップサンプリングによって、解像度レベルはレベル $l-1$ （前の解像度レベル）からレベル $l$ （現在の解像度レベル）に変化する。次に、アップサンプリングされた座標が修正されて解像度レベル $l$ の修正ピクセル座標を表す第3のインデックスマップ530が生成される。

#### 【0041】

インデックスマップに対応するテクスチャイメージも、図5に示されている。具体的には、第1のテクスチャマップ540は第2のインデックスマップ520に対応し、第2の

50

テクスチャマップ550は第3のインデックスマップ530に対応する。インデックスマップは数学的に項 $S_1$ で表されており、各テクスチャイメージは対応するインデックスマップの関数、すなわち項 $E[S_{1-1}]$ として表されている。

#### 【0042】

##### 非等長的合成の修正プロセス

ここでは、本非等長的テクスチャ合成方法についてより詳細に説明する。前述のように、ヤコビアンフィールドを使用すると、ヤコビアンフィールドJに従ってテクスチャのローカルな回転とスケールが可能になる。ヤコビアンフィールドは、本非等長的テクスチャ合成方法のアップサンプリングと修正の両方のプロセスを変更するために使用される。

10

#### 【0043】

それ以外の技術で実行されるように様々なゆがめられた複数のバージョンによる見本テクスチャを定義する代わりに、本非等長的テクスチャ合成方法では、近傍をマッチングする前に、合成された近傍 $N_s$ に非等長的歪曲を適用する。換言すると、合成された近傍がヤコビアンフィールドに従って回転され、スケールされる。

#### 【0044】

さらに、以下で説明するように、ピクセルの直接近傍のみが使用されることによって、テクスチャとメモリのコヒーレンスが向上する。基盤となる合成プロセスは、見本の色ではなくピクセル座標に基づいている。つまり、合成されたテクスチャに直接色が含まれるのではなく、座標が含まれており、この座標のピクセルの色を見本からフェッチする必要がある。指定されたピクセルの直接近傍は、それぞれ見本内に座標が含まれる。個々の近傍は、現在のピクセルを置き換える候補の予測に使用される。近傍にアクセスする前に非等長的変換を適用する代わりに、非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法では直接近傍にアクセスし、後で変換を適用することによって、現在のピクセルを置き換える適切な候補を予測する。このように、直接近傍のみにアクセスするが、変換は修正プロセス実行中に同等に適用される。

20

#### 【0045】

目標は、ピクセル $p$ が指定された場合に、 $p$ の周辺にテクスチャの近傍が構築され、ベストマッチング修正プロセスを使用してこれを見本のそれ以外の近傍と比較することである。直接近傍は、方向コンポーネントを使用することによって取得される。直接近傍の合成座標が取得されると、オフセットが適用され、ピクセル自体の合成座標であると本方法で予測する座標が取得される。

30

#### 【0046】

非等長的テクスチャ合成では、近傍に関してすべての方向でループ処理を実行し、こうした位置の合成座標を取得し、さらに見本の色を参照するだけで、こうした近傍が構築される。このことによって、ピクセル $p$ の近傍が構成される。現在の非等長的アプローチでは、ヤコビアン逆行列を考慮することによって近傍のアクセスを変更する。この方法では、回転とスケールによってアクセスが引き延ばされるため、前述のいくつかの欠点がある。

#### 【0047】

本明細書で開示する非等長的テクスチャ合成方法は、ピクセル $p$ の直接近傍にのみアクセスする。ただし、直接近傍は方向コンポーネントを使用して取得される。したがって、本方法では $p$ の8つの直接近傍の1つ(ただし、選択した方向で最も近いもの)に移動する。本方法では、遠く離れた非ローカルな位置(ピクセル $p$ に対して非ローカル)へのジャンプは許可されていない。直接近傍で合成座標が取得されると、オフセットが適用され、合成座標が $p$ 自体のものであると本方法で予測するものが取得される。このオフセットは、非等長的ゆがみを説明するためにヤコビアンによって変換される。

40

#### 【0048】

数学的には、非等長的テクスチャ合成方法では歪曲された合成近傍が次のように定義される。

50

$$E [ S [ p + \hat{h} ] - J ( p ) \hat{h} + ] \quad ( 1 )$$

ただし、

$$\hat{h} = \text{norm} ( ) \quad ( 2 )$$

および、  $\hat{h} = J^{-1} ( p )$

である。

#### 【 0 0 4 9 】

直接近傍は、見本空間の近傍オフセットによって指定される。これは、式 ( 1 ) ではである。さらに、 $\hat{h}$  は合成空間のヤコビアン逆行列で変換された近傍のオフセットである。非等長的テクスチャ合成方法では、非ローカルピクセルを使用する代わりに、ベクトルの方向に注目し、ベクトルを正規化距離 1 に正規化する。ここで、本方法は  $3 \times 3$  近傍内で 8 つの直接近傍のどれが本方法で調べようとする方向であるかを決定する。式 ( 1 ) の項  $S [ p + \hat{h} ]$  はこの近傍であり、項  $\hat{h}$  はヤコビアンによって変換された近傍の位置の方向コンポーネントである。これで、アクセスする 8 つの近傍のどれかの位置が得られる。

10

#### 【 0 0 5 0 】

次に、合成されたテクスチャはサンプリングすることが望ましい方向の直接近傍でアクセスされる。式 ( 1 ) の次の項は  $J ( p ) \hat{h}$  である。この項は、特定のピクセルでのヤコビアンにヤコビアンで変換された近傍の位置の方向コンポーネントを乗じたものである。  $p$  の直接近傍から取得した合成テクスチャ座標からこの項を減じると、  $p$  自体の合成座標の予測が得られる。最後に、式 ( 1 ) で見本空間の近傍オフセット  $\hat{h}$  を加えることによって、  $p$  の見本空間の近傍オフセット  $\hat{h}$  での合成座標が予測される。

20

#### 【 0 0 5 1 】

直接近傍の合成座標  $S [ p + \hat{h} ]$  がアクセスされる。こうした座標から  $J ( p ) \hat{h}$  を減じることによって、点  $p$  での合成座標を予測する。さらに、こうした直接近傍を使用して  $p$  での合成座標が予測されると、この合成座標に見本空間のオフセット、デルタ (  $\Delta$  ) を加えることによって修正近傍座標が予測される。

#### 【 0 0 5 2 】

デルタ (  $\Delta$  ) は近傍オフセットを表している。いくつかの実施形態では近傍は  $5 \times 5$  の近傍であり、一方で他の実施形態では近傍は  $3 \times 3$  の近傍であり、場合によっては点  $p$  の周辺の直交する 4 つの点である。例として、  $3 \times 3$  の近傍の場合は、  $\Delta = ( - 1 , - 1 )$  ,  $( - 1 , 0 )$  ,  $( - 1 , 1 )$  ,  $( 0 , - 1 )$  ,  $( 0 , 0 )$  ,  $( 0 , 1 )$  ,  $( 1 , - 1 )$  ,  $( 1 , 0 )$  ,  $( 1 , 1 )$  である。別の例として、直交する 4 つの点で構成される近傍は、  $\Delta = ( 1 , - 1 ) ( - 1 , 1 ) ( - 1 , - 1 ) ( 1 , 1 )$  で構成される。

30

#### 【 0 0 5 3 】

本非等長的テクスチャ合成方法では、  $p + \hat{h}$  の座標が予測される。4 ピクセルの近傍は、  $\Delta = ( 1 , - 1 ) ( - 1 , 1 ) ( - 1 , - 1 ) ( 1 , 1 )$  で構成される。重要な概念は、見本空間で  $p$  の候補が取得されると、任意のオフセット、デルタ (  $\Delta$  ) を適用することによって、見本空間の別の位置での候補が得られることである。このようにして、見本空間内の 4 つの候補、すなわちデルタ (  $\Delta$  ) ごとに 1 つの候補が得られる。

#### 【 0 0 5 4 】

さらに、デルタ (  $\Delta$  ) ごとに特定の数のピクセルの値が平均され、  $p + \hat{h}$  における外観のより優れた予測が得られる。これで、デルタ (  $\Delta$  ) のごとの特定数のピクセルの貢献 ( *contribution* ) を平均することによって、近傍の品質が向上する。いくつかの実施形態では、ピクセルの数は 3 に等しい。他の実施形態では、ピクセルの数は 3 に等しくても、3 より多くても少なくともよい。

40

#### 【 0 0 5 5 】

非等長的合成のアップサンプリングプロセス

本非等長的テクスチャ合成方法のアップサンプリングプロセスも、ヤコビアンフィールドを使用して変更される。これで、粗い合成から精細な合成へと移行する間に、非等長的に説明するように個々のアップサンプリングパスを変更することによって、テクスチャコ

50

ヒーレンシが維持される。個々の子ピクセルは親の合成座標を継承しており、ヤコビアンによるオフセットはヤコビアンと子の相対的な位置を乗じた値である。この概念は数学的に次の式で表される。

$$S_i[p] := S_{i-1}[p - \mathbf{v}] + J(p), \quad \mathbf{v} = (\pm 1/2 \quad \pm 1/2)^T \quad (3)$$

【0056】

式(3)は、 $p$ の合成 $S_i$ (すなわち子の合成座標)は、親に関する子の相対的な位置( $\mathbf{v}$ )をヤコビアンで変換した値を親の合成座標に加えたものに等しいことを示している(ただし、 $S_{i-1}$ は親を表す)。2Dベクトル $\mathbf{v}$ の各座標は $+1/2$ または $-1/2$ であり、これは親ごとに2つの子を持つようなピラミッド構造があることを意味する。このように、個々の子の親に対する相対的な位置は、各座標に関して $+1/2$ または $-1/2$ である。

10

【0057】

図6は、本明細書で開示された非等長的テクスチャ合成の第1の結果の例を示している。具体的には、非等長的合成テクスチャ600は、非等長的テクスチャ合成プロセスと見本610を使用して生成される。不均一な(一定でない)ヤコビアンフィールドが非等長的合成テクスチャ600全体に渡って指定されている。これは、非等長的合成テクスチャ600の中心で卵が大きくなっていく様子、また端で小さくなっていく様子に注目することによって理解できる。

【0058】

図7は、本明細書で開示された非等長的テクスチャ合成プロセスの第2の結果の例を示している。非等長的合成テクスチャ700は、非等長的テクスチャ合成プロセスと見本710を使用して生成される。この場合も、一定でないヤコビアンフィールドが合成テクスチャ700全体に渡って指定されている。これは、見本710内でシマウマの縞が真っ直ぐで垂直に近い様子、また、非等長的合成テクスチャ700内で変形され、回転されている様子に注目することによって理解できる。

20

【0059】

サーフェステクスチャの合成

非等長的テクスチャ合成の1つの重要なアプリケーションは、サーフェステクスチャの生成である。ここで、非等長的テクスチャ合成方法に関するこうしたアプリケーションに固有のさまざまな改善や機能強化に関連付けながら、こうしたアプリケーションについて説明する。

30

【0060】

ヤコビアンフィールドは、合成テクスチャをどう変形するかを指定する。サーフェスのケースでは、テクスチャがサーフェス上に表示される場合に、適正に見えるようにテクスチャを変形することが望まれる。図8は、サーフェステクスチャアプリケーションに使用するヤコビアンフィールドの導関数を示している。一般に、サーフェスはパラメータ化によって説明される。サーフェス $M$ はパラメータドメイン( $parametric\ domain$ ) $D$ でパラメータ化され、 $2-D$ にどう平面化すべきかを示す座標がサーフェス上にあることを意味する。これはテクスチャマッピングのプロセスであり、サーフェス上のすべての三角形について、イメージの一部がテクスチャドメインから取得される。サーフェス上のすべての点について、パラメータ化のヤコビアンフィールドを決定できる。これは、パラメータドメインがサーフェスにどうマップされるかを示している。サーフェスジオメトリは複雑になる可能性があるので、サーフェスは910に示すように複数のチャートにパラメータ化されるのが一般的である。換言すると、サーフェスは複数のチャートに分割され、こうしたチャートのそれぞれはテクスチャドメインに個々にマップされる。

40

【0061】

図8からわかるように、必要となるもう1つの入力はテクスチャの向きである。この入力は、ユーザーが指定することも自動的に実行することもできる。ユーザーが指定する場合は、ユーザーはユーザーインターフェイスを使用してサーフェス上に向きを描くように要求される。図8に示すように、これは結局のところ、サーフェス上の各点でベクトル $t$

50

(接線ベクトル (tangent vector)) と b (法線ベクトル (binormal vector)) を指定することになる。さまざまなタイプのユーザーインターフェイスを使用してこのタスクを実行できる。

【0062】

図8に示す項 b (チルデ) 800 と t (チルデ) 810 は、ベクトル t と b のパラメータ化による「プレイメージ (pre-images)」と呼ばれる。入力は t と b であり (ユーザー指定の場合も自動の場合も)、b (チルデ) 800 と t (チルデ) 810 は、こうしたベクトル t と b のパラメータドメインへのマップを指定するプレイメージである。サーフェステクスチャ合成時に使用する最後のヤコビアンは、b (チルデ) 800 と t (チルデ) 810 を見本 E の標準の軸

10

【0063】

【数1】



【0064】

820 と

【0065】

【数2】



20

【0066】

830 にマップするヤコビアンである。このように、サーフェスが指定された場合に、各点の2つベクトル t と b はユーザーインターフェイスを使用して、または自動的に指定される。次に、t と b を使用して合成イメージのヤコビアンフィールドが計算される。これは、前述の非等長的テクスチャ合成方法の入力として使用される。

【0067】

数学的に、目標はサーフェスベクトル t と b が見本の標準の軸

【0068】

【数3】



30

【0069】

820 と

【0070】

【数4】



【0071】

830 を使用してローカルに識別されるパラメータドメイン内で非等長的テクスチャ合成を行うことである。もう一度図8を参照すると、(t b) = J\_f J^-1 I が示されている。ただし、J\_f はサーフェスパラメータ化 f : D -> M の 3 x 2 のヤコビアンであり、J は合成マップ S : D -> E の望ましい 2 x 2 のヤコビアンである。したがって、J は次の式で検出される。

40

J = (t b)^+ J\_f = ((t b)^T (t b))^-1 (t b)^T J\_f (4)

ただし、“+” は擬似逆行列 (matrix pseudo inverse) を表す。(t b) が直交する場合は (t b)^+ = (t b)^T である。パラメータ化は区分線形 (piecewise linear) であるため、J\_f は個々の三角形内で区分的に一定である。これに対して、接空間 (t b) はピクセルごとに変化する。

【0072】

図9は、本非等長的テクスチャ合成方法を使用してサーフェステクスチャ合成を実行し

50

た結果の例を示している。具体的には、見本 900 は本非等長的テクスチャ合成への入力として使用され、非等長的合成テクスチャ 910 が生成される。前述のサーフェステクスチャ合成プロセスと後述の無方向マップを使用して非等長的サーフェステクスチャ 920 が生成される。

#### 【0073】

##### 無方向マップ

現在の技術では、通常は不規則メッシュの頂点で色を合成することによって、サーフェス上のテクスチャを合成する。これに対して、本非等長的テクスチャ合成方法では、テクスチャアトラスパラメータ化のパラメータテクスチャドメイン内で直接テクスチャを合成する。サーフェステクスチャのパラメータ化されたチャートの不連続なアトラス上でシームレスなテクスチャを構成するために、チャート境界に近いピクセルの合成近傍には、それ以外のチャートのサンプルを含める必要がある。このように、非等長的テクスチャ合成の方法では、無方向ポインタを使用することによって、1つのアトラスチャート境界から別のテクスチャアトラスチャートにジャンプする機能が提供される。さらに、本方法には、チャートが連続的であることを確認する追加のステップが含まれる。これは、無方向マップを使用して実現される。

10

#### 【0074】

各チャートの境界の外部にあるピクセルの小規模なセットについて、無方向ポインタを使用して別のチャートの内部にある他のピクセルをポイントする。各チャートの周辺には小さな追加のスペース（すなわちガター）があり、こうした無方向ポインタに従って色を取得できる。

20

#### 【0075】

無方向ポインタは、非等長的修正スキームが固定された範囲（fixed extent）の近傍にアクセスする機能を利用する。それぞれのアクセス  $S[p]$  を  $S[l[p]]$  で置き換えることによって、レベルごとの無方向マップ  $l$  を使用してチャート全体からサンプルが読み出される。こうした無方向マップは、サーフェスのパラメータ化のみに依存しており、チャートの境界全体を移動することによって事前に計算される。アトラス構築時に、各チャートの周辺に必要な 2 ピクセル幅の無方向ポインタのスペースが予約される。

#### 【0076】

図 10 は、レベル 1 ~ 6 の多重解像度合成ピラミッド 1000（第 1 のレベル 1010、第 2 のレベル 1020、第 3 のレベル 1030、第 4 のレベル 1040、第 5 のレベル 1050、および第 6 のレベル 1060 を備える）を示している。図 10 に示すように、すべての解像度レベルで同じアトラスパラメータ化を使用するため、ピラミッドの最も精細なレベルでは無方向ポインタ用に追加のガタースペースが予約される。具体的には、図 10 に示すように、レベル 4 ~ 6（1040、1050、1060）では無方向ポインタ用にイメージの周辺のガタースペースが次第に増加している。

30

#### 【0077】

##### 非等長的合成拡大

アトラス内でテクスチャを合成する上での 1 つの難題は、多くの場合、何らかのパラメータ化のゆがみが不可避であり、アンダーサンプリング領域が発生することである。こうした不均一なサンプリングを隠す 1 つの方法は、合成拡大スキームを使用することである。合成拡大では、合成座標を使用して同じ見本の高解像度バージョンにアクセスする。

40

#### 【0078】

少なくとも 1 つの現在の合成拡大スキームの背後にある主要な概念は、合成座標  $S$  を使用してより高解像度の見本  $E_H$  にアクセスすることである。具体的には、連続的な座標  $p$  のピクセル値は、次のように 4 つの最も近い合成ピクセルの組合せによって取得される。

#### 【0079】

【数5】

$$\text{Mag}_{E_H}(p) = \sum_{\Delta=p-\lfloor p \rfloor-\delta, \delta \in \left\{ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \right\}} w(\Delta) E_H[S[p-\Delta]+\Delta] \quad (5),$$

【0080】

ただし、 $w(\quad) = |x| \cdot |y|$  はバイリニア補間 (bilinear interpolation) の重みである。サーフェステクスチャ合成では、目的は必ずしもより高解像度の見本  $E_H$  に拡大することではなく、アンダーサンプリング領域で失われる細部を復元することである。

【0081】

本非等長的テクスチャ合成方法は、前述の合成拡大スキームを変更することによって非等長的に明らかにする。換言すると、ヤコビアンが導入され、使用されることによって、前述の合成拡大スキームにおける拡大のステップを変更する。これは、次の式で表されるヤコビアンマップにアクセスすることによって実現する

【0082】

【数6】

$$\text{Mag}_{E_H}(p) = \sum_{\Delta=p-\lfloor p \rfloor-\delta, \delta \in \dots} w(\Delta) E_H[S[p-\Delta]+J(p-\Delta)\Delta] \quad (6).$$

【0083】

非等長的合成拡大は、レンダリング実行時にサーフェスシェーダ (surface shader) で実行でき、これによって若干コストが増大する。

【0084】

図11は、本非等長的合成拡大の例を示している。図11に示すように、テクスチャサーフェスは馬の形1100をしている。ヤコビアン情報を含む合成拡大を使用すると、テクスチャサーフェス1100の一部1110が拡大される。中央のイメージ1120には、一部1110が合成拡大なしで表示されている。右のイメージ1130には、一部1110に合成拡大を適用したものが表示されている。

【0085】

IV. 例示的な動作環境

本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法は、コンピューティング環境で動作するように設計されている。以下の記述は、本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法を実装できる適切なコンピューティング環境を簡単かつ一般的に説明することを目的としている。

【0086】

図12は、本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法を実装できる適切なコンピューティングシステム環境の例を示している。コンピューティングシステム環境1200は適切なコンピューティング環境の1つの例にすぎず、本発明の使用または機能の範囲に関するいかなる制限を示すものでもない。また、コンピューティング環境1200は、例示的な動作環境に示すコンポーネントの任意の1つまたは組合せに関して、いかなる依存性も要件もないと解釈されるものとする。

【0087】

本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法は、それ以外のさまざまな汎用または専用のコンピューティングシステム環境または構成にも適用できる。本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法と使用するのに適した周知のコンピューティングシステム、環境、および/または構成の例には、パーソナルコンピュータ、サーバーコンピュータ、ハンドヘルド、ラップトップもしくはモバイルコンピュータ、または携帯電話やPDAなどの通信デバイス、マルチプロセッサシステム、マイクロプロセッサベースのシステム、セットトップボックス、プログラム可能な家庭用電子機器、ネットワークPC、ミニコンピュータ、メインフレームコンピュータ、前述の任意のシステムまたはデバイスを含む分

10

20

30

40

50

散コンピューティング環境などが含まれるが、これらに限定はされない。

【0088】

本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法は、プログラムモジュールなどのコンピュータで実行可能な命令をコンピュータで実行する一般的なコンテキストで説明できる。一般に、プログラムモジュールには、ルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造体などがあり、特定のタスクを実行するものや、特定の抽象データ型を実装するものが含まれる。本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法は、通信ネットワークを介してリンクするリモート処理装置でタスクを実行する分散コンピューティング環境でも実施できる。分散コンピューティング環境では、メモリ記憶装置を含むローカルとリモートの両方のコンピュータ記憶媒体にプログラムモジュールを格納できる。図12を参照すると、本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法を実施する例示的なシステムには、コンピュータ1210の形で汎用のコンピューティングデバイスが配置されている。

10

【0089】

コンピュータ1210のコンポーネントには、処理装置1220（たとえば、中央処理装置CPU：central processing unit）、システムメモリ1230、およびシステムメモリを含むさまざまなシステムコンポーネントを処理装置1220に接続するシステムバス1221が含まれることができるが、これらに限定はされない。システムバス1221は、さまざまなバスアーキテクチャのいずれかを使用したメモリバスまたはメモリコントローラ、周辺バス、およびローカルバスを含む各種バス構造のいずれでもよい。こうしたアーキテクチャには、例として、ISA（Industry Standard Architecture）バス、MCA（Micro Channel Architecture）バス、EISA（Enhanced ISA）バス、VESA（Video Electronics Standards Association）ローカルバス、およびPCI（Peripheral Component Interconnect）バス（メザニン（Mezzanine）バスとも呼ばれる）が含まれるが、これらに限定はされない。

20

【0090】

コンピュータ1210は、通常はさまざまなコンピュータ可読媒体を備えている。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ1210からアクセスできる任意の使用可能な媒体でよい。また、揮発性と不揮発性の両方、および取り外し可能と不可能の両方の媒体が含まれる。例として、コンピュータ可読媒体にはコンピュータ記憶媒体および通信媒体を含めてもよいが、これらに限定はされない。コンピュータ記憶媒体には、コンピュータ可読の命令、データ構造、プログラムモジュール、またはそれ以外のデータなどの情報を記憶する任意の方法または技術で組み込まれた、揮発性と不揮発性、および取り外し可能と不可能の媒体が含まれる。

30

【0091】

コンピュータ記憶媒体には、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュメモリまたはそれ以外のメモリ技術、CD-ROM、デジタル多用途ディスク（DVD：digital versatile disk）またはそれ以外の光ディスク記憶装置、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスクまたはそれ以外の磁気記憶装置、あるいは必要な情報を格納でき、コンピュータ1210からアクセスできるそれ以外の任意の媒体が含まれるが、これらに限定はされない。通信媒体は、通常、搬送波やそれ以外の搬送メカニズムなどの変調データ信号に含まれるコンピュータ可読の命令、データ構造、プログラムモジュール、またはそれ以外のデータなどを具体化したものであり、任意の情報伝達媒体を含んでいる。

40

【0092】

「変調データ信号」という用語は、信号に含まれる情報を符号化するように1つまたは複数の特性を設定または変更された信号を意味することに留意されたい。通信媒体には、例として、有線ネットワーク、直接ワイヤ接続などの有線媒体と、音、RF、赤外線など

50

の無線媒体が含まれるが、これらに限定はされない。上記の任意の組合せも、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるものとする。

【0093】

システムメモリ1230には、読み取り専用メモリ(ROM: read only memory)1231やランダムアクセスメモリ(RAM: random access memory)1232などの揮発性および/または不揮発性メモリという形をとるコンピュータ記憶媒体が含まれる。起動時などにコンピュータ1210の構成要素間の情報転送を支援する基本ルーチンを含む基本入出力システム1233(BIOS: basic input/output system)は、通常はROM1231に格納されている。RAM1232には、通常は処理装置1220から直ちにアクセスできる、かつ/または処理装置1220で現在動作しているデータおよび/またはプログラムモジュールが格納されている。例として、図12にはオペレーティングシステム1234、アプリケーションプログラム1235、それ以外のプログラムモジュール1236、およびプログラムデータ1237が示されているが、これらに限定はされない。

10

【0094】

コンピュータ1210には、さらにそれ以外の取り外し可能/不可能、揮発性/不揮発性のコンピュータ記憶媒体を含めてもよい。図12には、単に例として、取り外し不可能な不揮発性の磁気媒体の読み出しまたは書き込みを行うハードディスクドライブ1241、取り外し可能な不揮発性の磁気ディスク1252の読み出しまたは書き込みを行う磁気ディスクドライブ1251、CD-ROMまたはそれ以外の光媒体などの取り外し可能な不揮発性の光ディスク1256の読み出しまたは書き込みを行う光ディスクドライブ1255を示している。

20

【0095】

例示的なオペレーティング環境で使用できる上記以外の取り外し可能/取り外し不可能、揮発性/不揮発性のコンピュータ記憶媒体には、磁気テープカセット、フラッシュメモリカード、デジタル多用途ディスク、デジタルビデオテープ、ソリッドステートRAM、ソリッドステートROMなどが含まれるが、これらに限定はされない。ハードディスクドライブ1241は、通常はインターフェイス1240などの取り外し不可能なメモリインターフェイスを介してシステムバス1221に接続し、磁気ディスクドライブ1251と光ディスクドライブ1255は、通常はインターフェイス1250などの取り外し可能なメモリインターフェイスを介してシステムバス1221に接続する。

30

【0096】

図12に示す前述のドライブとこれに対応するコンピュータ記憶媒体には、コンピュータ可読の命令、データ構造、プログラムモジュール、およびそれ以外のコンピュータ1210のデータを格納できる。たとえば、図12を参照すると、ハードディスクドライブ1241には、オペレーティングシステム1244、アプリケーションプログラム1245、それ以外のプログラムモジュール1246、およびプログラムデータ1247が格納されている。こうしたコンポーネントは、オペレーティングシステム1234、アプリケーションプログラム1235、それ以外のプログラムモジュール1236、およびプログラムデータ1237と同じでもよいし、異なってもよいことに留意されたい。ここでは、オペレーティングシステム1244、アプリケーションプログラム1245、それ以外のプログラムモジュール1246、およびプログラムデータ1247には異なる番号を付けて、少なくとも別の複製であることを示している。ユーザーは、キーボード1262やポインティングデバイス1261(一般に、マウス、トラックボール、またはタッチパッドと呼ばれる)を使用してコンピュータ1210にコマンドや情報を入力できる。

40

【0097】

それ以外の入力装置(図示せず)には、マイクロフォン、ジョイスティック、ゲームパッド、サテライトディッシュ(satellite dish)、スキャナ、無線レシーバ、あるいはテレビジョンまたはブロードキャストビデオレシーバなどを含めてもよい。これらの入力装置およびそれ以外の入力装置は、多くの場合にシステムバス1221に接

50

続されたユーザー入力インターフェイス1260を介して処理装置1220に接続するが、たとえば、パラレルポート、ゲームポート、またはユニバーサルシリアルバス（USB：universal serial bus）などのそれ以外のインターフェイスやバス構造によって接続してもよい。モニター1291またはそれ以外のタイプの表示装置も、ビデオインターフェイス1290などのインターフェイスを介してシステムバス1221に接続される。さらに、コンピュータには出力周辺インターフェイス1295を介して接続できるスピーカー1297やプリンタ1296など、モニター以外の出力周辺デバイスが含まれていてもよい。

#### 【0098】

コンピュータ1210は、リモートコンピュータ1280などの1台または複数台のリモートコンピュータへの論理接続を使用してネットワーク環境で動作できる。リモートコンピュータ1280は、パーソナルコンピュータ、サーバー、ルータ、ネットワークPC、ピアデバイス、またはそれ以外の一般のネットワークノードでよい。通常は、コンピュータ1210に関連して上で説明したエレメントの多くまたはすべてが含まれるが、図12にはメモリ記憶装置1281のみが示されている。図12に示す論理接続には、ローカルエリアネットワーク（LAN：local area network）1271とワイドエリアネットワーク（WAN：wide area network）1273が含まれるが、それ以外のネットワークを含めてもよい。このようなネットワーキング環境は、オフィス、エンタープライズ規模のコンピュータネットワーク、イントラネット、およびインターネットではきわめて一般的である。

#### 【0099】

LANネットワーキング環境で使用した場合、コンピュータ1210はLAN 1271にネットワークインターフェイスまたはアダプタ1270を介して接続する。WANネットワーキング環境で使用する場合、コンピュータ1210は一般にインターネットなどのWAN 1273を介して通信を確立するためのモデム1272またはそれ以外の手段を備えている。モデム1272（内蔵でも外付けでもよい）は、ユーザー入力インターフェイス1260またはそれ以外の適切なメカニズムを使用してシステムバス1221に接続できる。ネットワーク環境では、コンピュータ1210またはその一部に関連して説明したプログラムモジュールをリモートメモリ記憶装置に格納できる。例として、図12にメモリデバイス1281に常駐するリモートアプリケーションプログラム1285を示すが、これには限定されない。図示されたネットワーク接続は例示的なものであり、コンピュータ間の通信リンクを確立するそれ以外の手段を使用してもよいことは理解されよう。

#### 【0100】

以上に示す発明を実施するための最良の形態は、例示と説明を目的として示されている。以上の教示に照らして、多くの変更や変形が可能である。本発明のすべてを記述する意図はなく、本明細書で説明された主題を開示された特定の形に限定する意図もない。本主題について、構造上の機能および/または方法論的な動作に固有の言語で説明してきたが、添付の請求項で定義された本主題は必ずしも前述の特定の機能または動作には限定されないことを理解されたい。むしろ、前述の特定の機能および動作は、本明細書に添付された請求項の例示的な実施の形態として開示されている。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0101】

【図1】本明細書で開示された非等長的テクスチャ合成システムの例示的な実装を示すブロック図である。

【図2】図1に示す本非等長的テクスチャ合成システムの一般的な動作を示す流れ図である。

【図3】図2に示す本非等長的テクスチャ合成方法の特殊なケースについて、漸進的に解像度を高めた場合のインデックスマップ（インデックスマップは合成されたテクスチャ座標のイメージである）が変遷する経過の例を示す図である。

【図4】図3に示すインデックスマップに対応するテクスチャイメージ（すなわち合成さ

10

20

30

40

50

れたカラーイメージ)を示す図である。

【図5】図3および4に示す本非等長的テクスチャ合成プロセスの特殊なケースの例を示すブロック図である。

【図6】本明細書で開示された非等長的テクスチャ合成プロセスの第1の結果の例を示す図である。

【図7】本明細書で開示された非等長的テクスチャ合成プロセスの第2の結果の例を示す図である。

【図8】サーフェステクスチャアプリケーションに使用するヤコビアンフィールドの導関数(derivation)を示す図である。

【図9】本非等長的テクスチャ合成方法を使用してサーフェステクスチャ合成を実行した結果の例を示す図である。

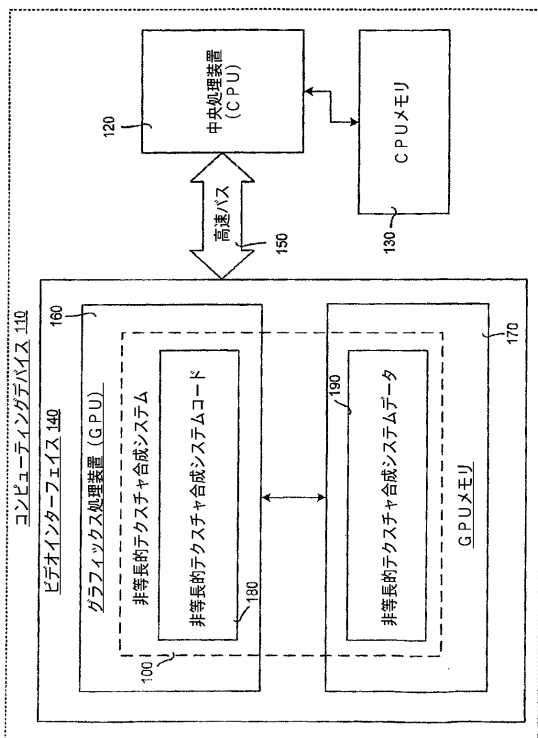
【図10】多重解像度合成ピラミッド(multi-resolution synthesis pyramid)の複数のレベルを示す図である。

【図11】本非等長的合成拡大スキームの例を示す図である。

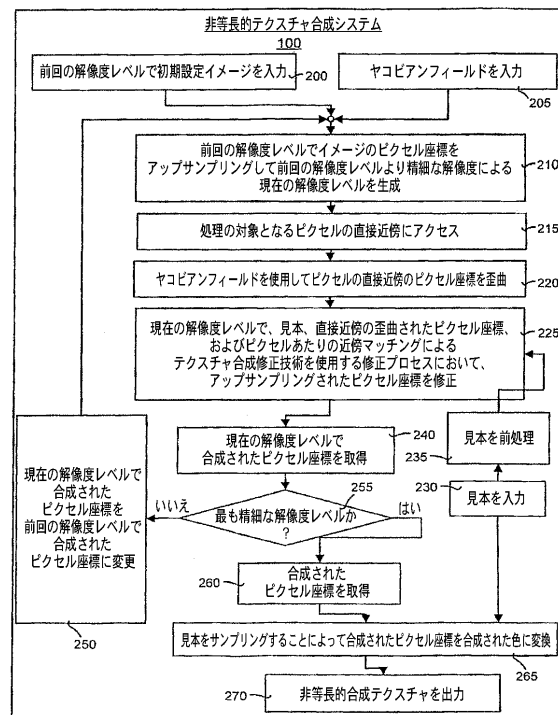
【図12】本非等長的テクスチャ合成のシステムおよび方法を実装できる適切なコンピューティングシステム環境の例を示す図である。

10

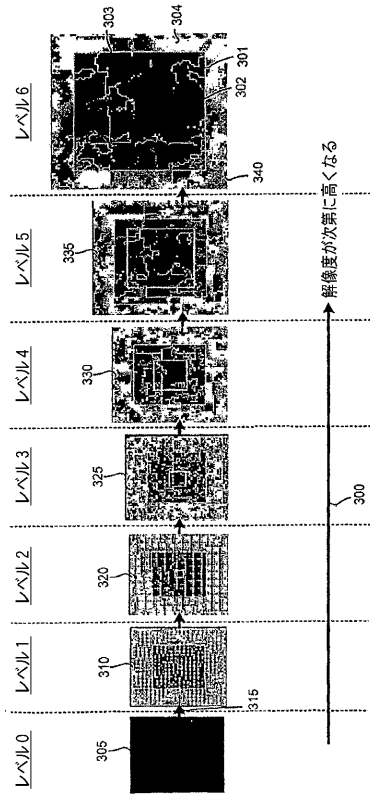
【図1】



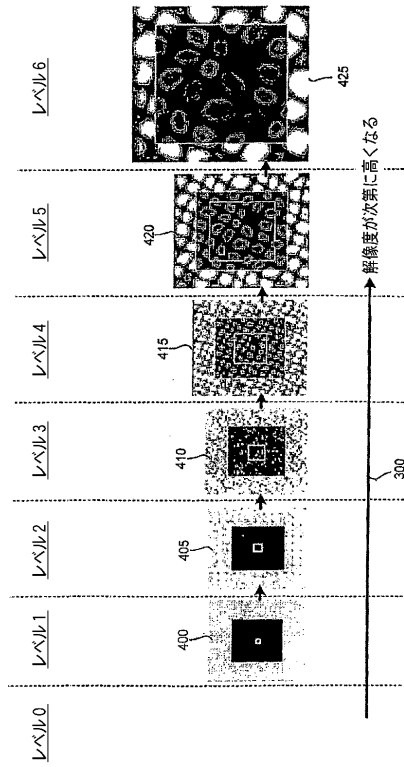
【図2】



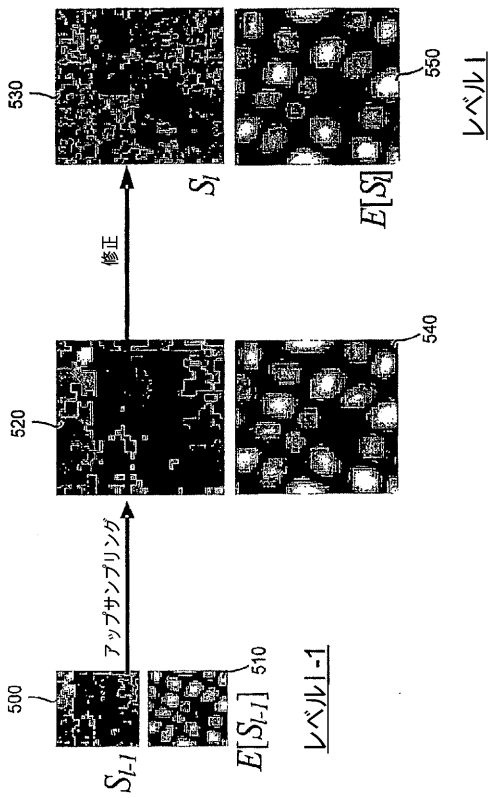
【図3】



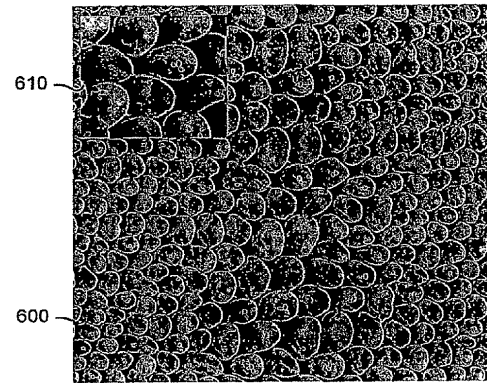
【図4】



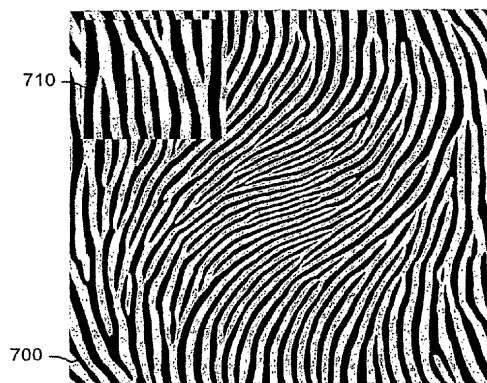
【図5】



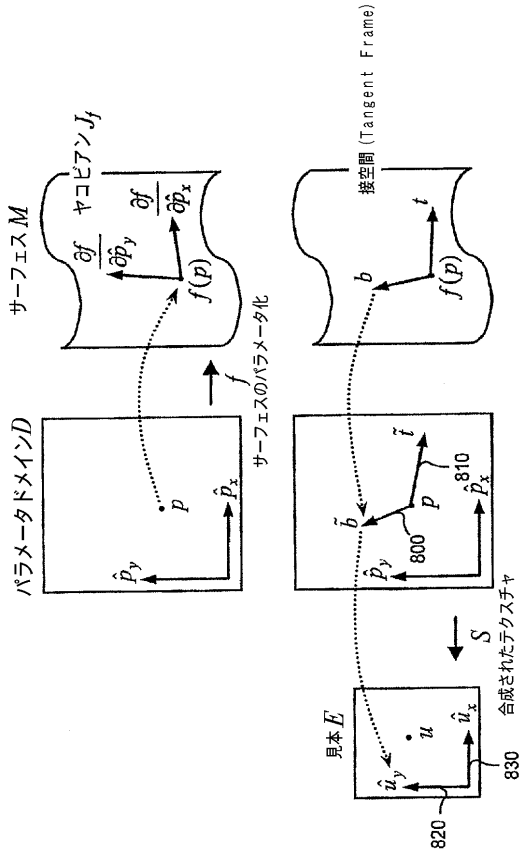
【図6】



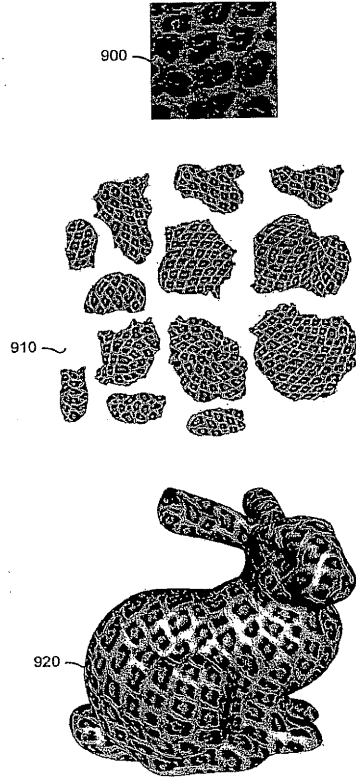
【図7】



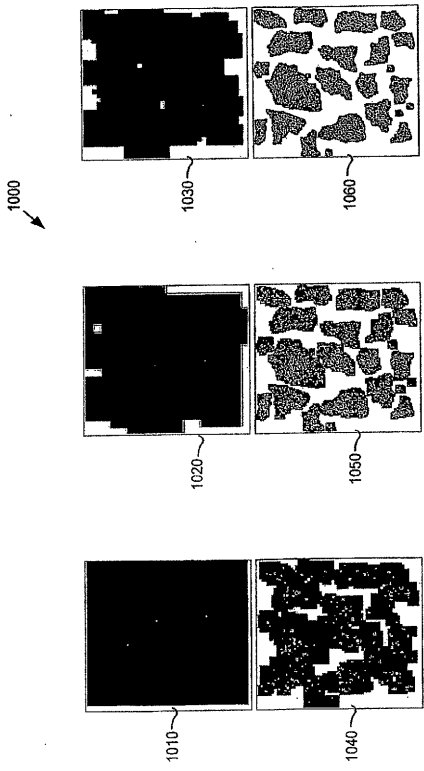
【図8】



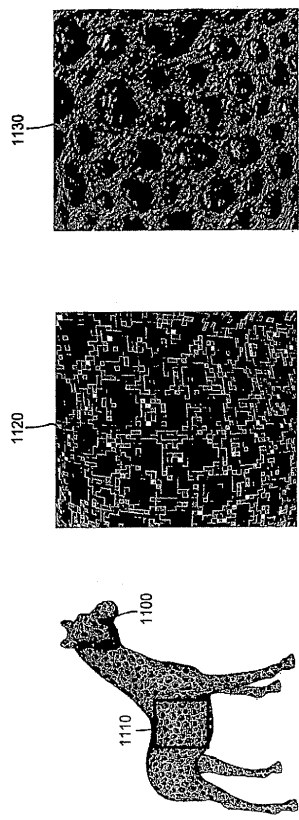
【図9】



【図10】



【図11】





---

フロントページの続き

(74)代理人 100091063

弁理士 田中 英夫

(74)代理人 100153028

弁理士 上田 忠

(74)代理人 100120112

弁理士 中西 基晴

(74)代理人 100113974

弁理士 田中 拓人

(72)発明者 シルバン ルフェーブル

アメリカ合衆国 9 8 0 5 2 ワシントン州 レッドモンド ワン マイクロソフト ウェイ マ  
イクロソフト コーポレーション インターナショナル パテント内

(72)発明者 ユーグ エイチ . ホッパ

アメリカ合衆国 9 8 0 5 2 ワシントン州 レッドモンド ワン マイクロソフト ウェイ マ  
イクロソフト コーポレーション インターナショナル パテント内

審査官 岡本 俊威

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G06T 11/00-11/40

G06T 15/00-15/87

G06T 3/00