

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-123800

(P2012-123800A)

(43) 公開日 平成24年6月28日 (2012.6.28)

(51) Int.Cl.
G06T 19/00 (2011.01)

F I
G06T 17/40 A

テーマコード (参考)
5B050

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2011-264975 (P2011-264975)
 (22) 出願日 平成23年12月2日 (2011.12.2)
 (31) 優先権主張番号 61/419,501
 (32) 優先日 平成22年12月3日 (2010.12.3)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504139662
 国立大学法人名古屋大学
 愛知県名古屋市千種区不老町1番
 (74) 代理人 110000578
 名古屋国際特許業務法人
 (72) 発明者 楊 路
 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大
 学法人名古屋大学内
 (72) 発明者 ウィルダブラ メインダード オノ
 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大
 学法人名古屋大学内
 (72) 発明者 パナヒフル テヘラニ、メヒルダド
 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大
 学法人名古屋大学内

最終頁に続く

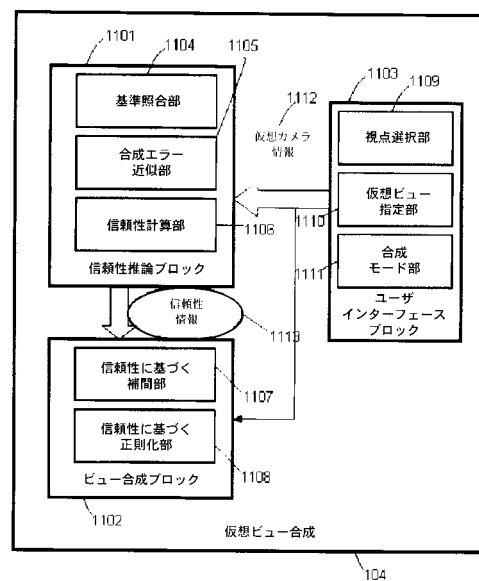
(54) 【発明の名称】 多視点画像合成方法及び多視点画像合成システム

(57) 【要約】

【課題】アーチファクトが少ない多視点画像合成技術を提供する。

【解決手段】複数の視点に設置したカメラにより取得した基準画像中の形状情報を取得し、取得した形状情報を、信頼性推論ブロック1101において、基準画像を構成する各ピクセル位置に対応する形状情報に変換し、基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報1113として生成する。ビュー合成ブロック1102では、カメラにより取得した基準画像、信頼性ブロック1101において得られた形状情報と信頼性情報1113に基づき、ユーザインターフェースブロック1103から入力される仮想カメラ情報1112（仮想視点の位置と方向）に基づき、仮想視点の位置と方向から観た多視点画像を合成する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の視点から取得した画像情報に基づき、仮想視点から見た仮想視点画像を合成する多視点画像合成方法であって、

複数の視点に設置した複数の画像取得手段から、前記仮想視点画像の基準となる基準画像を取得する基準画像取得工程と、

前記基準画像取得工程において取得した前記基準画像中の形状情報を取得し、該取得した形状情報を、前記基準画像を構成する各ピクセル位置に対応する形状情報に変換する形状情報変換工程と、

前記仮想視点の位置及び該位置における視点の方向を取得する仮想視点情報取得工程と

10

、
前記基準画像取得手段で取得した前記基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成する信頼性情報生成工程と、

前記基準画像取得工程で取得した前記基準画像、前記形状情報変換工程で変換した前記形状情報及び前記信頼性情報生成工程で生成した前記信頼性情報に基づいて、前記仮想視点情報取得工程で取得した仮想視点の位置と方向から見た多視点画像を合成する画像合成工程と、

により、多視点画像を合成することを特徴とする多視点画像合成方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の多視点画像合成方法において、

20

前記信頼性情報生成工程は、

前記複数の画像取得手段で取得した前記基準画像を 前記仮想視点情報取得工程で取得した前記仮想視点の位置にワープすることによって行う基準照合工程と、

前記基準照合工程において生じる合成エラーを近似するエラー近似工程と、

前記エラー近似工程において近似された合成エラーに基づいて信頼性を計算する信頼性計算工程と、

により前記基準画像取得手段で取得した前記基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成することを特徴とする多視点画像合成方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の多視点画像合成方法において、

30

前記画像合成工程は、

前記信頼性情報生成工程において生成された信頼性に基づき、前記合成された画像に対し、画像の補間及び画像の正則化のうち少なくとも 1 つをさらに行うことを特徴とする多視点画像合成方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の多視点画像合成方法において、

前記画像の補間は、

前記信頼性情報生成工程において生成された信頼性情報を前記基準画像の各ピクセルに割り当て、該信頼性情報を割り当てた基準画像を前記仮想視点にワープし、前記ワープした基準画像を重み付け補間することにより行うことを特徴とする多視点画像合成方法。

40

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の多視点画像合成方法において、

前記画像の正則化は、

前記信頼性情報生成工程において生成した信頼性情報を用いて、前記仮想視点をワープした仮想画像に関する画像合成エネルギーを定式化する定式化工程と、

最適化手法を用いて前記定式化工程により定式化されたエネルギーを最小化する最小化工程と、

により前記画像を正則化することを特徴とする多視点画像合成方法。

【請求項 6】

複数の視点から取得した画像情報に基づき、仮想視点から見た仮想視点画像を合成する

50

多視点画像合成システムであって、

前記複数の視点に設置した画像取得手段と、

前記画像取得手段から、前記仮想視点画像の基準となる基準画像を取得する基準画像取得手段と、

前記基準画像取得手段において取得した前記基準画像中の形状情報を取得し、該取得した形状情報を、前記基準画像を構成する各ピクセル位置に対応する形状情報に変換する形状情報変換手段と、

前記仮想視点の位置及び該位置における視点の方向を取得する仮想視点情報取得手段と、

前記基準画像取得手段で取得した前記基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成する信頼性情報生成手段と、

前記基準画像取得手段で取得した前記基準画像、前記形状情報変換手段で変換した前記形状情報及び前記信頼性情報生成手段で生成した前記信頼性情報に基づいて、前記仮想視点情報取得手段で取得した仮想視点の位置と方向から見た多視点画像を合成する画像合成手段と、

を備えたことを特徴とする多視点画像合成システム。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の多視点画像合成システムにおいて、

前記信頼性情報生成手段は、

前記複数の画像取得手段で取得した前記基準画像を前記仮想視点情報取得手段で取得した前記仮想視点の位置にワープすることによって行う基準照合手段と、

前記基準照合手段において生じる合成エラーを近似するエラー近似手段と、

前記エラー近似手段において近似された合成エラーに基づいて信頼性を計算する信頼性計算手段と、

により前記基準画像取得手段で取得した前記基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成することを特徴とする多視点画像合成システム。

【請求項 8】

請求項 6 又は請求項 7 に記載の多視点画像合成システムにおいて、

前記画像合成手段は、

前記信頼性情報生成手段において生成された信頼性に基づき、前記合成された画像に対し、画像の補間及び画像の正則化のうち少なくとも 1 つをさらに行うことを特徴とする多視点画像合成システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の多視点画像合成システムにおいて、

前記画像の補間は、

前記信頼性情報生成手段において生成された信頼性情報を前記基準画像の各ピクセルに割り当て、該信頼性情報を割り当てた基準画像を前記仮想視点にワープし、前記ワープした基準画像を重み付け補間することを特徴とする多視点画像合成システム。

【請求項 10】

請求項 8 又は請求項 9 に記載の多視点画像合成システムにおいて、

前記画像の正則化は、

前記信頼性情報生成手段において生成した信頼性情報を用いて、前記仮想ビューに関するビュー合成エネルギーを定式化する定式化手段と、

最適化手法を用いて前記定式化手段により定式化されたエネルギーを最小化する最小化手段と、

により前記画像を正則化することを特徴とする多視点画像合成システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多視点で取得した画像を合成するための基づく多視点画像合成方法及び多視

10

20

30

40

50

点画像合成システムに関する。

【背景技術】

【0002】

多視点ビデオ画像は、種々の位置で複数のカメラを使用して同じ被写体及びその背景を撮影することによって得られるビデオ画像である。以下で「仮想視点画像」とは、多視点ビデオ画像から生成される画像である。仮想視点画像は、仮想位置において実際のカメラによって撮影されたかのように見える。

【0003】

例えば、対象及び背景は、2台のカメラによって撮影される。そのとき、2台の実際のカメラの間の位置から撮影されたかのように見える画像が生成される。この画像は「仮想視点画像」と呼ばれる。この画像を生成するプロセスは、「レンダリング」又は「ビュー合成」と呼ばれる。以下で、「視点画像」は、指定された視点から撮影された画像であり、実際のカメラによるかあるいはビュー合成のプロセスを通じて生成される。さらに、本明細書で、「画像」という語は、画像ピクセルからなるデジタル画像を指す。

10

【0004】

人は、各々の目で異なるビューを見るので深度を感知することができる。最新の3Dビデオシステム(3D-TV又は自由視点TVなど)の原理は、各々の目に対して1つの、2視点画像を生成することである。

【0005】

視点に自由度を持たせるためには多くの視点画像が必要である。3Dシーンの情報は、多くの方法で得られて表現され得る。よく使用される3Dシーン表現は、深度画像がシーン形状を表現するNビュー及びN深度画像に基づいている。

20

【0006】

図1は、複数のビュー及び形状に基づく多視点画像合成システムの一般化されたシステム図である。複数のカラービューは、一般に、複数の同期カメラによって撮影される。形状情報は、例えば、3Dモデル又はパーピクセル深度画像によって表現され得る。深度画像に基づくレンダリング(例えば、非特許文献1参照)を使用すると、実際のカメラで撮影されているように思われる無数の仮想視点画像が所与の範囲内で合成され得る。深度画像に基づくレンダリングは、パーピクセル深度値を用いて所与の視点画像の画像ピクセルを別の視点画像に投影する仮想ビュー合成プロセスである。この投影は、一般に、3Dワーピングと呼ばれる。Nビュー及びN深度表現の長所の一つは、受信機側における所要の処理が比較的低いことである。さらに、所要の送信/記憶帯域幅が抑制され得る。例えば、3Dディスプレイが20の視点画像を必要とする場合、20の視点画像を送信しなくても2つまたは3つのビュー及び対応する深度マップを送信すれば十分であり得る。

30

【0007】

多視点画像合成システムでは、高品質のビュー合成が非常に重要である。合成された妥当な仮想ビューを提供するために、潜在的な合成エラー(アーチファクト及びノイズ)は最小化されるべきである。

【0008】

一般に、先に記載されたような形状情報は、エラー、例えば、深度推定エラー、深度符号化、又は深度アップサンプリングエラー(該当する場合)を含む。したがって、このようなエラーに対して堅固で信頼性の高いビュー合成方法が重要である。

40

【0009】

最も従来型のビュー合成方法では、深度エラーが積極的に検討されていない。代替的な方策は信頼性に基づくビュー補間である。例えば、非特許文献4及び非特許文献5では、キャニーエッジ検出器を介して境界を抽出することによる信頼性を提案している。

【0010】

非特許文献4及び非特許文献5に記載の発明では、境界領域をそれぞれ前景及び背景に分割している。背景境界は、不確かな領域と見なされて新しいビューに別々に投影されている。信頼性の高いピクセルは既に境界の大部分を占めているので、不確かな境界によっ

50

て生じるアーチファクトは回避され得る。しかしながら、境界の近くでは不確かなピクセルも制限されている。同様に、非特許文献6に記載の発明では、背景境界層を不確かな領域と見なしている。非特許文献4、非特許文献5及び非特許文献6に記載の発明では、境界を検出するために閉塞孔を使用して深度値によって背景を認識している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】C. Fehn, 「Depth - image - based rendering (DIBR), compression and transmission for a new approach on 3D - TV (3D - TVに関する新しいアプローチのための、深度画像に基づくレンダリング(DIBR)、圧縮、及び送信)」、Proc. SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems, XI, pp. 93 - 104 (Jan. 2004) 10

【非特許文献2】S. Shimizu, M. Kitahara, H. Kimata, K. Kamikura, 及びY. Yashima, 「View scalable multiview video coding using 3 - D warping with depth map (深度マップを使用した3Dワーピングを用いるビュースケラブル多視点映像符号化)」、IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 17, pp. 1485 - 1495, November 2007 20

【非特許文献3】K - J. Oh, S. Yea, A. Vetro, Y - S. Ho, 「Depth Reconstruction Filter and Down/Up Sampling for Depth Coding in 3 - D Video (3 - Dビデオにおける深度符号化のための深度再構成フィルタ及びダウン/アップサンプリング)」、IEEE signal processing letters, vol. 16, No. 9, Sept. 2009, p747 - 750

【非特許文献4】A. Smolic, K. Mueller, K. Dix, P. Merkle, P. Kauff及びT. Wiegand, 「Intermediate view interpolation based on multi - view video plus depth for advanced 3D video systems (先進3Dビデオシステム用多視点ビデオ及び深度に基づく中間ビュー補間)」、Proc. IEEE Conf. ICIP, pp. 2448 - 2451 (2008) 30

【非特許文献5】K. Mueller, A. Smolic, K. Dix, P. Kauff及びT. Wiegand, 「Reliability - based generation and view synthesis in layered depth video (階層化深度ビデオにおける信頼性に基づく生成及びビュー合成)」、Proc. IEEE International workshop on Multimedia Signal Processing, pp. 34 - 39 (2008)

【非特許文献6】C. Lee及びY. S. Ho, 「Boundary filtering on synthesized views of 3D video (3Dビデオの合成ビューに関する境界フィルタリング)」、Proc. Second International Conference on Future Generation Communication and Networking Symposia, pp. 15 - 18 (2008) 40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

ところが、上記従来型の多視点画像合成方法の問題として、不正確な形状及びレンダリングノイズによって生じるアーチファクトが対処されないこと、背景アーチファクトの低 50

減が所定の境界に限定されること、及び前景のアーチファクトが排除されないことが挙げられる。

【0013】

本発明は、こうした問題に鑑みなされたもので、アーチファクトが少ない多視点画像合成技術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】

【0014】

上記「発明が解決しようとする課題」において述べた問題を解決するためになされた請求項1に記載の発明は、

複数の視点から取得した画像情報に基づき、仮想視点から見た仮想視点画像を合成する多視点画像合成方法であって、

複数の視点に設置した複数の画像取得手段から、仮想視点画像の基準となる基準画像を取得する基準画像取得工程と、

基準画像取得工程において取得した基準画像中の形状情報を取得し、該取得した形状情報を、基準画像を構成する各ピクセル位置に対応する形状情報に変換する形状情報変換工程と、

仮想視点の位置及び該位置における視点の方向を取得する仮想視点情報取得工程と、

基準画像取得手段で取得した基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成する信頼性情報生成工程と、

基準画像取得工程で取得した基準画像、形状情報変換工程で変換した形状情報及び信頼性情報生成工程で生成した信頼性情報に基づいて、仮想視点情報取得工程で取得した仮想視点の位置と方向から見た多視点画像を合成する画像合成工程と、

により、多視点画像を合成することを特徴とする多視点画像合成方法である。

【0015】

このような、多視点画像合成方法によれば、深度信頼性を考慮することによってビュー合成品質を向上させる。信頼性は、潜在的なビュー合成エラーに基づく。本発明の方法は、深度エラーによって生じる（例えば、符号化又は送信エラーに起因する）合成アーチファクトの低減に有効である。結果として、主観的及び客観的ビュー合成品質はいずれも向上し得る。

【0016】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の多視点画像合成方法において、信頼性情報生成工程は、複数の画像取得手段で取得した基準画像を仮想視点情報取得工程で取得した仮想視点の位置にワープすることによって行う基準照合工程と、基準照合工程において生じる合成エラーを近似するエラー近似工程と、エラー近似工程において近似された合成エラーに基づいて信頼性を計算する信頼性計算工程と、により基準画像取得手段で取得した基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成することを特徴とする多視点画像合成方法。

【0017】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の多視点画像合成方法において、画像合成工程は、信頼性情報生成工程において生成された信頼性に基づき、合成された画像に対し、画像の補間及び画像の正則化のうち少なくとも1つをさらに行うことを特徴とする多視点画像合成方法である。

【0018】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の多視点画像合成方法において、画像の補間は、信頼性情報生成工程において生成された信頼性情報を基準画像の各ピクセルに割り当て、該信頼性情報を割り当てた基準画像を仮想視点にワープし、ワープした基準画像を重み付け補間することにより行うことを特徴とする多視点画像合成方法である。

【0019】

請求項5に記載の発明は、請求項3又は請求項4に記載の多視点画像合成方法において、画像の正則化は、信頼性情報生成工程において生成した信頼性情報を用いて、仮想視点

10

20

30

40

50

をワーブした仮想画像に関する画像合成エネルギーを定式化する定式化工程と、最適化手法を用いて定式化工程により定式化されたエネルギーを最小化する最小化工程と、により画像を正則化することを特徴とする多視点画像合成方法である。

【0020】

請求項6に記載の発明は、

複数の視点から取得した画像情報に基づき、仮想視点から見た仮想視点画像を合成する多視点画像合成システムであって、

複数の視点に設置した画像取得手段と、

画像取得手段から、仮想視点画像の基準となる基準画像を取得する基準画像取得手段と

、

基準画像取得手段において取得した基準画像中の形状情報を取得し、該取得した形状情報を、基準画像を構成する各ピクセル位置に対応する形状情報に変換する形状情報変換手段と、

仮想視点の位置及び該位置における視点の方向を取得する仮想視点情報取得手段と、

基準画像取得手段で取得した基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成する信頼性情報生成手段と、

基準画像取得手段で取得した基準画像、形状情報変換手段で変換した形状情報及び信頼性情報生成手段で生成した信頼性情報に基づいて、仮想視点情報取得手段で取得した仮想視点の位置と方向から見た多視点画像を合成する画像合成手段と、

を備えたことを特徴とする多視点画像合成システムである。

【0021】

このような、多視点画像合成システムによれば、請求項1に記載の多視点画像合成方法と同様な効果を得ることができる。

請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の多視点画像合成システムにおいて、信頼性情報生成手段は、複数の画像取得手段で取得した基準画像を仮想視点情報取得手段で取得した仮想視点の位置にワーブすることによって行う基準照合手段と、基準照合手段において生じる合成エラーを近似するエラー近似手段と、

エラー近似手段において近似された合成エラーに基づいて信頼性を計算する信頼性計算手段と、により基準画像取得手段で取得した基準画像を構成する各ピクセルの重みを信頼性情報として生成することを特徴とする多視点画像合成システムである。

【0022】

請求項8に記載の発明は、請求項6又は請求項7に記載の多視点画像合成システムにおいて、画像合成手段は、信頼性情報生成手段において生成された信頼性に基づき、合成された画像に対し、画像の補間及び画像の正則化のうち少なくとも1つをさらに行うことを特徴とする多視点画像合成システムである。

【0023】

請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の多視点画像合成システムにおいて、画像の補間は、信頼性情報生成手段において生成された信頼性情報を基準画像の各ピクセルに割り当て、該信頼性情報を割り当てた基準画像を仮想視点にワーブし、ワーブした基準画像を重み付け補間することを特徴とする多視点画像合成システムである。

【0024】

請求項10に記載の発明は、請求項8又は請求項9に記載の多視点画像合成システムにおいて、画像の正則化は、信頼性情報生成手段において生成した信頼性情報を用いて、仮想ビューに関するビュー合成エネルギーを定式化する定式化手段と、最適化手法を用いて定式化手段により定式化されたエネルギーを最小化する最小化手段と、により画像を正則化することを特徴とする多視点画像合成システムである。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】複数のビュー及び形状に基づく多視点画像合成システムの一般化されたシステム図である。

10

20

30

40

50

【図2】仮想ビュー合成サブシステムの概略の構成を示すブロック図である。

【図3】基準照合のプロセスを例示する図である。

【図4】基準照合部で実行される基準照合処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】種々の視点に対応するビュー及び形状情報によってシミュレートしたときの図である。

【図6】種々の視点における境界領域に関するシミュレーションの結果を示す図である。

【図7】合成エラー近似において、不完全な形状情報によって境界をシミュレートする場合の説明図である。

【図8】ビュー合成処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】ビデオシーケンス「Champagne_tower」に関するPSNRを従来方法と本発明に係る方法とで比較した図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明が適用された実施形態について図面を用いて説明する。なお、本発明の実施の形態は、下記の実施形態に何ら限定されることはなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の形態を採りうる。

【0027】

図1は、多視点画像合成システム100の概略の構成を示すシステム図である。多視点画像合成システム100は、図1に示すように、多視点撮影サブシステム101、形状生成サブシステム102、送信/記憶サブシステム103及び仮想ビュー合成サブシステム104を備えている。

20

【0028】

多視点撮影サブシステム101は、図示しない複数のカメラにより静的又は動的のいずれかの画像を取得するマルチカメラ撮像システム10を含んでいる。このマルチカメラ撮像システム10を構成するカメラは、モノモーダル又はマルチモーダルのビデオ画像を撮像することができるものである。

【0029】

マルチカメラ撮像システム10で撮影されたビデオ画像は、較正又は修正によって前処理され、多視点画像105として、形状生成サブシステム102及び送信/記憶サブシステム103に出力される。

30

【0030】

なお、多視点撮影サブシステム101における較正又は修正の方法は、従来技術によればよいため、説明を省略する。

形状生成サブシステム102は、多視点画像105を用いて形状情報106を生成する。形状生成サブシステム102においては、曇り点形状情報(point cloud geometry information)又は3D形状情報がステレオ又は3D再構成によって推定される。

【0031】

なお、形状生成サブシステム102において生成される形状情報106は、不完全な形状生成によって生じるエラーを含んでいる可能性がある。

40

送信/記憶サブシステム103は、多視点撮影サブシステム101において生成された多視点画像105及び形状生成サブシステム102において生成された形状情報106に対して、必要に応じて圧縮あるいは符号化を行い、基準画像107及び形状情報108として仮想ビュー合成サブシステム104に送信する。この際、圧縮または符号化は、送信ノイズの増加の原因となる。

【0032】

送信/記憶サブシステム103の出力として、送信された基準画像107及び形状情報108はいずれも、最初の多視点撮影サブシステム101による撮影、形状生成サブシステム102による形状抽出及び送信/記憶サブシステム103による送信に由来する不可避なエラーを含む。

50

【 0 0 3 3 】

次に、図 2 に基づき、仮想ビュー合成サブシステム 1 0 4 の詳細について説明する。図 2 は、仮想ビュー合成サブシステム 1 0 4 の概略の構成を示すブロック図である。

仮想ビュー合成サブシステム 1 0 4 は、ユーザインターフェースブロック 1 1 0 3、信頼性推論ブロック 1 1 0 1 及びビュー合成ブロック 1 1 0 2 の 3 つのサブブロックを備えている。

【 0 0 3 4 】

ユーザインターフェースブロック 1 1 0 3 は、実際のユーザ又は仮想プロキシのいずれかから予め定められた仮想視点命令を受け取る。仮想視点は、視点選択部 1 1 0 9 によって選択される。

【 0 0 3 5 】

仮想ビュー指定部 1 1 1 0 では、相対的な仮想ビューが指定される。また、合成モード部 1 1 1 1 は、視点選択部 1 1 0 9 及び仮想ビュー指定部 1 1 1 0 に関する事前情報を提供するアプリケーションの種類を表す。所要の仮想カメラ情報 1 1 1 2 は、信頼性推論ブロック 1 1 0 1 に送られる。

【 0 0 3 6 】

基準照合部 1 1 0 4 における基準照合は、仮想カメラ情報 1 1 1 2 に近接した種々の基準視点に対して形状情報 1 0 8 を用いて基準画像 1 0 7 をワーブすることによって実行される。

【 0 0 3 7 】

ここで、図 3 に、基準照合のプロセスの例を示す。カメラ 1 2 0 1、カメラ 1 2 0 3 及びアンカー基準カメラ 1 2 0 4 は、基準画像 1 0 7 の基準カメラである。

仮想カメラ 1 2 0 2 及び仮想カメラ 1 2 0 5 は、仮想カメラ情報 1 1 1 2 (図 2 参照) によって決定される。

【 0 0 3 8 】

カメラ 1 2 0 3 を仮想カメラ 1 2 0 5 に対して照合するために、カメラ 1 2 0 3 は仮想カメラ 1 2 0 5 に最も近接したカメラであるアンカー基準カメラ 1 2 0 4 にワーブされる。

【 0 0 3 9 】

アンカー基準カメラ 1 2 0 4 は、仮想カメラ 1 2 0 5 の 2 番目に最も近接したカメラ 1 2 0 3 によって照合される。他の照合 1 2 0 6 は、各仮想ビューに対する各基準カメラに対して同様に行われる。

【 0 0 4 0 】

3 Dワーピングは、形状情報 1 0 8 (図 2 参照) を用いて基準ビューにおけるピクセルを 3 D空間に投影し、続いて、投影されたピクセルを目標カメラに投影することによって実行される。

【 0 0 4 1 】

次に、図 4 に基づき、基準照合部 1 1 0 4 で実行される基準照合処理について説明する。図 4 は、基準照合処理の流れを示すフローチャートである。

基準照合処理では、S 1 0 0 にて、基準画像 1 0 7、形状情報 1 0 8 及び仮想カメラ情報 1 1 1 2 が入力される。

【 0 0 4 2 】

続く S 1 0 5 では、S 1 0 0 において入力された基準画像 1 0 7、形状情報 1 0 8 及び仮想カメラ情報 1 1 1 2 に基づいて、相違計算が行われる。つまり、基準視点 R と仮想視点 V の相違 S_{RV} は、カメラパラメータ空間 C におけるこれらの距離： $S_{RV} = || C_R - C_V ||$ によって決定することができ、式中、 C_R 及び C_V はそれぞれ R 及び V のカメラパラメータである。 $|| \cdot ||$ は任意のノルムであってよい。

【 0 0 4 3 】

続く S 1 1 0 では、類似性分類処理が行われる。具体的には、S 1 0 5 において計算した基準視点 R と仮想視点 V の相違 S_{RV} に基づいて、類似性分類が行われる。つまり、最小

10

20

30

40

50

の S_{RV} を仮想ビューに最も近接した基準として有するアンカー基準 1308 が定義される。

【0044】

S115 及び S120 では、ワーブ処理が行われる。S115 及び S120 のワーピング手順は、これらの形状情報 106 を有する基準画像 107 に基づく。S110 に複数のアンカー基準が存在する場合、マルチワーピングが S115 及び S120 において採用され得る。

【0045】

続く S125 では、ワーブされた基準とアンカー基準の差分画像を生成する。

続く S130 では、S125 において生成された差分画像が結合される。そして、続く S135 において、各仮想視点に対する各基準に関する固有の照合エラーマップが計算される。

【0046】

S135 において計算された照合エラーマップは、各入力基準画像 107 とその形状情報に対応する潜在的な合成エラーを近似するために使用され得る。

合成エラー近似部 1105 (図2参照) は、基準照合部 1104 で得られた最初の照合エラーマップを仮想視点 V に投影することによって効率的に実行される。推定される潜在的な合成エラーは、基準視点 R と仮想視点 V の間のベースラインに基づいて調整される。

【0047】

ここで、図5及び図6に基づき、基準照合方法の詳細について説明する。図5は、種々の視点 1401, 1402, 1403 を対応するビュー 1404, 1405, 1406 及び形状情報 1407, 1408 によってシミュレートしたときの図であり、図6は、種々の視点における境界領域に関するシミュレーションの結果を示す図である。

【0048】

視点 1401, 1403 は、基準画像 107 から得られ、視点 1402 を生成するために選定される。形状情報 1407, 1408 は、種々の視点におけるピクセル間の対応関係である。

【0049】

なお、最初の 3D 座標に基づく形状情報は対応情報に変換される。形状情報は、通常、不正な対応の原因となるエラーを境界付近に含む。対応関係は形状情報の表現である。

ここで、図6に示すように、境界領域 1501, 1502 は、2つの典型的な境界パターンである。境界領域 1501 では、背景が左側にあり、前景が右側にある。境界領域 1502 では、前景が左側にあり、背景が右側にある。

【0050】

ピクセル 1503, 1506 は、視点 1401 (基準視点) における境界領域である。ピクセル 1504, 1507 は、視点 1402 (仮想視点) における境界領域である。ピクセル 1505, 1508 は、視点 1403 (基準視点) における境界領域である。

【0051】

なお、図6における形状情報は、各ピクセルの対応として表され、エラーのない完全なものであると見なされるが、実際には、図7に示されるように必ずしもエラーのない健全な対応付けができていないとは限らない。

【0052】

図7は、合成エラー近似において、不完全な形状情報によって境界をシミュレートする場合の説明図である。

境界領域 1502 は、一般性を失わずに、基準照合部 1104 によって照合されて不完全な形状情報 1601 によって生じる潜在的な合成エラーを推論する。

【0053】

合成エラー近似部 1105 では、仮想視点における潜在的な合成エラーは、基準照合部 1104 で実行される基準照合処理の S135 において得られる照合エラー 1307 を仮想視点に正しく投影することによって近似されてよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

本明細書における潜在的な合成エラーは、効率的に近似されており、信頼性計算部 1 1 0 6 において信頼性情報を計算するために利用されることになる。

各仮想視点に対する各基準 R_i ($i = 1, 2, \dots, N$) に対して、固有の近似エラーマップ e_i が合成エラー近似部 1 1 0 5 において生成される。エラーマップ e_i における 1 つのピクセル p は e_{ip} である。

【 0 0 5 5 】

この後、基準 R_i を有する仮想ピクセル p の信頼性 r_{ip} が $r_{ip} = f(e_{ip})$ と定義される。 f は e_{ip} に関する減少関数である、つまり、信頼性は潜在的な合成エラーに逆比例する。

10

【 0 0 5 6 】

関数 f の形式は、潜在的な合成エラーの統計的分布に依存する。ワーブされた基準 R_i が I_i として示される場合、明らかに、 f 、 I_i 、及び e_i は $f = I_i + e_i$ という測定値関係を有する。 e_{ip} がゼロ平均及び分散 σ_{ip}^2 を有するパーピクセルガウス分布である場合、信頼性は、下記式 1 に示すようにベイズ推論を用いて f の尤度を最大化することによって生成される。

【 0 0 5 7 】

【 数 1 】

$$P_{Likelihood}(f) = P(I_i | f, \sigma_i) P(\sigma_i) = \prod_P \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{ip}^2}} \exp\left(-\frac{e_{ip}^2}{2\sigma_{ip}^2}\right) * \prod_P \Gamma\left(\frac{1}{\sigma_{ip}^2}, \alpha, \beta\right) \quad \dots \text{式 1} \quad 20$$

【 0 0 5 8 】

ここで、 P は画像全体のピクセルの集合であり、 α 、 β は分布のハイパーパラメータである。尤度確率を最大にすることは、確率が下記式 2 及び式 3 で表される場合に負の対数である尤度エネルギーを最小にすることと同等である。

【 0 0 5 9 】

【 数 2 】

$$E_{likelihood} = \sum \left(\left(\frac{e_{ip}^2}{2} + \beta \right) \frac{1}{\sigma_{ip}^2} + (2\alpha - 1) \ln \sigma_{ip} \right) \quad \dots \text{式 2} \quad 30$$

【 0 0 6 0 】

【 数 3 】

$$\sigma_{ip}^2 = \text{Min}_{\sigma_{ip}} E_{likelihood} = \frac{e_{ip}^2 + 2\beta}{2\alpha - 1} \quad \dots \text{式 3}$$

【 0 0 6 1 】

40

なお、合成されたビュー f に関する尤度エネルギーは、基本的に下記式 4 で表される。

【 0 0 6 2 】

【 数 4 】

$$E_{likelihood}(f) = \sum_P \frac{1}{2\sigma_{ip}^2} (f_p - I_{ip})^2 \quad \dots \text{式 4}$$

【 0 0 6 3 】

それゆえ、信頼性は、下記式 5 で定義される。

【 0 0 6 4 】

50

【数5】

$$r_{ip} = \frac{1}{2\sigma_{ip}^2} = \frac{a}{e_{ip}^2 - b}, (a = \alpha - 0.5, b = 2\beta) \quad \dots \text{式5}$$

【0065】

最終的な信頼性計算式は、 $r_{ip} = a / (e_{ip} * e_{ip} + b)$ であり、式中、 a 及び b は信頼性の影響を調整するために使用され得るユーザパラメータである。なお、非ガウス合成エラーを有する信頼性は同様に定義されてよい。

【0066】

上記の信頼性定義を使用すると、信頼性計算部1106は、仮想視点に対する各基準ピクセルに関して固有の信頼性数値 r_{ip} を生成する。信頼性情報1113は、各仮想視点に有する各基準に対して空間的に変化している。2進信頼性は、 $r_{ip} = 0$ ($e_{ip} > \text{閾値}$)、かつ $r_{ip} = 1$ ($e_{ip} < \text{閾値}$)と定式化することができる。合成エラーの閾値は、有意な強度差分値であるように設定される。

【0067】

ビュー合成ブロック1102は、基準画像107、形状情報108、仮想カメラ情報1112及び信頼性情報1113を用いて2種類の信頼性に基づくビュー合成ソリューションを提供する。

【0068】

ここで、図8に基づき、ビュー合成ブロック1102において実行されるビュー合成処理について説明する。図8は、ビュー合成処理の流れを示すフローチャートである。

ビュー合成処理では、図8に示すように、まずS500において、基準画像107、形状情報108、仮想カメラ情報1112及び信頼性情報1113が取得される。

【0069】

続くS505において、S500において取得された基準画像107、形状情報108、仮想カメラ情報1112及び信頼性情報1113に基づいて、各基準画像107を仮想視点にワーブさせる。

【0070】

つまり、S505において、各基準 R_i が、最終ビュー合成のために I_i として仮想視点にワーブされる。

続くS510では、ユーザインターフェースブロック1103からスイッチ命令を取得する。

【0071】

続くS515では、S510において取得したユーザインターフェースブロック1103のスイッチ命令に応じて、処理の分岐が「信頼性に基づく補間(図2の信頼性に基づく補間部1197に相当)」か「信頼性に基づく正則化(信頼性に基づく正則化部1108に相当)」(ユーザアプリケーション要件又は自動アプリケーション要件のいずれかによって)が決定される。

【0072】

スイッチ命令が信頼性に基づく補間の場合(S515: Yes)、処理がS520へ移行され、信頼性に基づく正則化の場合(S515: No)、処理がS525へ移行される。

【0073】

S520における信頼性に基づく補間のソリューションは、前景アーチファクト及び背景アーチファクトの両方を効率的に低減し得る。主観的品質は著しく改善されるが、客観的品質も改善される。仮想視点におけるピクセル p の合成された色強度 f_p は、下記式6で表される。

【0074】

10

20

30

40

【数 6】

$$f_p = \frac{\sum_{i=1}^N (r_{ip} I_{ip})}{\sum_{i=1}^N r_{ip}} \quad \dots \text{式 6}$$

【0075】

S 5 2 5 における信頼性に基づく正則化のソリューションは、マルコフ確率場によって残留合成ノイズを正則化し得る。仮想ビューの主観的品質及び客観的品質はいずれも著しく改善される。これは、極めて高い品質の仮想ビュー f を生成する。合成された f は下記式 7 及び式 8 によって生成される。

10

【0076】

【数 7】

$$f = M_f \text{in} E \quad \dots \text{式 7}$$

【0077】

【数 8】

$$E = \sum_{i=1}^N \sum_{p \in P} r_{ip} (f_p - I_{ip})^2 + \sum_{p \in P} |f_p - f_q| \quad \dots \text{式 8}$$

20

【0078】

ここで、 P は仮想ビューの全ピクセル集合である。 q は p の隣接するピクセルである。この隣接に基づく正則化は、残留ノイズだけでなくアーチファクトも抑制する。正則化項は、任意の適切な先行する項 (prior term) によってさらに置き換えられ得る。最近の最適化手法 (グラフカット法、信念伝播、ダイナミックプログラミングなど) がエネルギー最小化を解決するために採用されてよい。

【0079】

S 5 3 0 では、後処理が行われる。後処理は、S 5 2 0 での「信頼性に基づく補間」及び S 5 2 5 での「信頼性に基づく正則化」における以前のソリューションの間にハイブリッドソリューションを組み入れることによって合成品質を効率的にさらに改善し得る。

30

【0080】

S 5 3 0 における後処理によって得られる出力が仮想ビュー 109 である。

仮想ビュー 109 は、3DTV、自由視点 TV (FTV)、多視点ビデオ符号化及び他の視覚アプリケーション (仮想現実、仮想ナビゲーション、画像に基づくレンダリング) などに不可欠である。

【0081】

図 9 は、ビデオシーケンス「Champagne_tower」に関する PSNR を従来方法と本発明に係る方法とで比較した図である。図 9 において、黒点で従来の PSNR を示し、白抜きの点で本発明による PSNR を示している。

40

【0082】

図 9 に示すように、本発明に係る方法によれば、従来の方法に比べ、PSNR が約 31.25 [dB] から約 33 [dB] へと 1.75 [dB] ほど改善されていることが分かる。

【その他の実施形態】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、本実施形態に限定されるものではなく、種々の態様を採ることができる。

(1) 信頼性は、潜在的な合成エラーの関数として定義されるものであり、上記実施形態において定義した関数以外のものであってもよい。

50

(2) 信頼性に基づくビュー補間は正規化された空間的に変化する信頼性を用いて各ピクセルに重み付けすることによって仮想ビューを生成するものであればよい。

(3) また、信頼性に基づく正規化は、様々な大域的最適化手法(グラフカット法、信念伝播、動的プログラミングなど)によって解かれ得るエネルギー関数に信頼性を組み入れ可能なものであればよい。

【符号の説明】

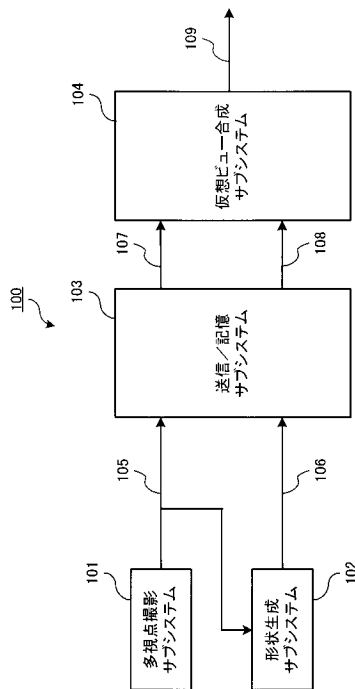
【0083】

10 ... マルチカメラ撮像システム、100 ... 多視点画像合成システム、101 ... 多視点撮影サブシステム、102 ... 形状生成サブシステム、103 ... 送信/記憶サブシステム、104 ... 仮想ビュー合成サブシステム、105 ... 多視点画像、106 ... 形状情報、107 ... 基準画像、108 ... 形状情報、109 ... 仮想ビュー、401 ... アップサンプリングサブシステム、1101 ... 信頼性推論ブロック、1102 ... ビュー合成ブロック、1103 ... ユーザーインターフェースブロック、1104 ... 基準照合部、1105 ... 合成エラー近似部、1106 ... 信頼性計算部、1107 ... 信頼性に基づく補間部、1108 ... 信頼性に基づく正規化部、1109 ... 仮想視点選択部、1110 ... 仮想ビュー指定部、1111 ... 合成モード部、1112 ... 仮想カメラ情報、1113 ... 信頼性情報、1201 ... カメラ、1203 ... カメラ、1204 ... アンカー基準カメラ、1205 ... 仮想カメラ、1206 ... 照合、1208 ... 正規化、1307 ... 照合エラー、1308 ... アンカー基準、1401 ... 視点(基準視点)、1402 ... 視点(仮想視点)、1403 ... 視点(基準視点)、1406 ... ビュー、1407 ... 形状情報、1408 ... 形状情報、1502 ... 境界領域、1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508 ... ピクセル、1601 ... 形状情報。

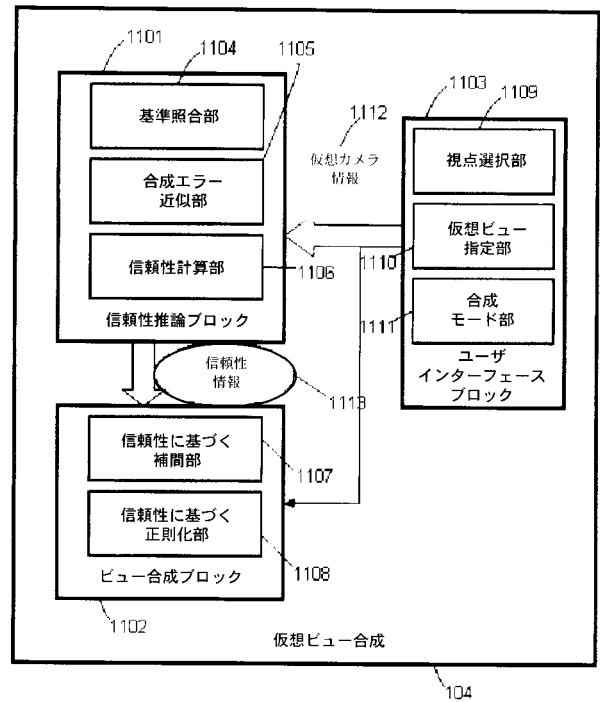
10

20

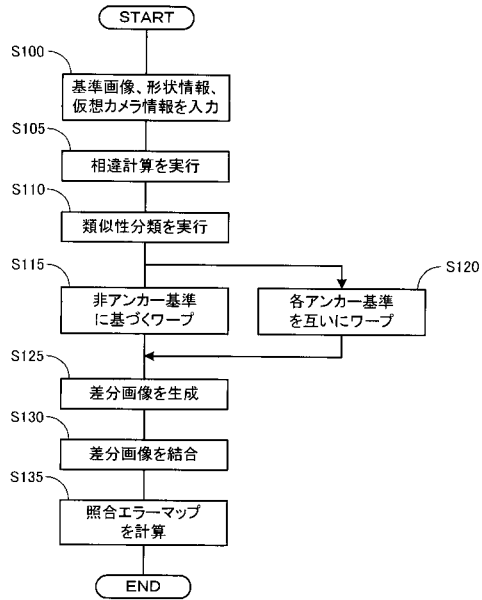
【図1】



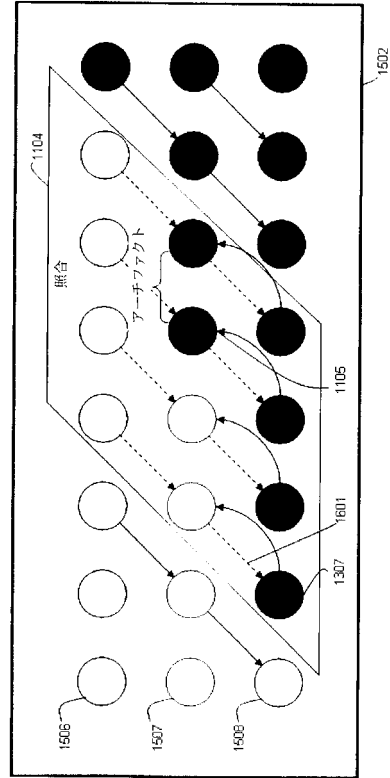
【図2】



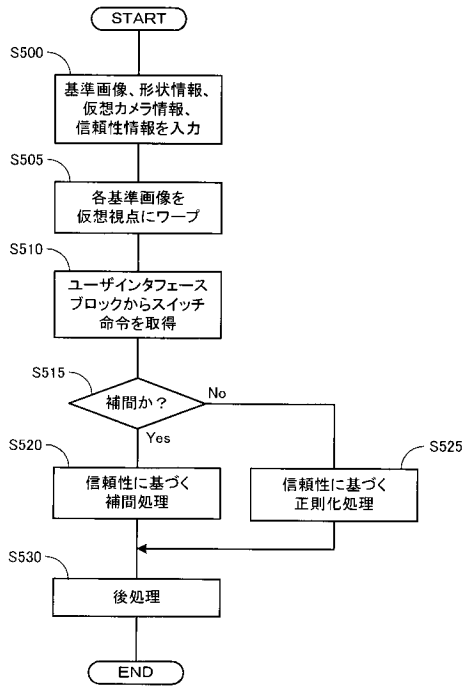
【 図 4 】



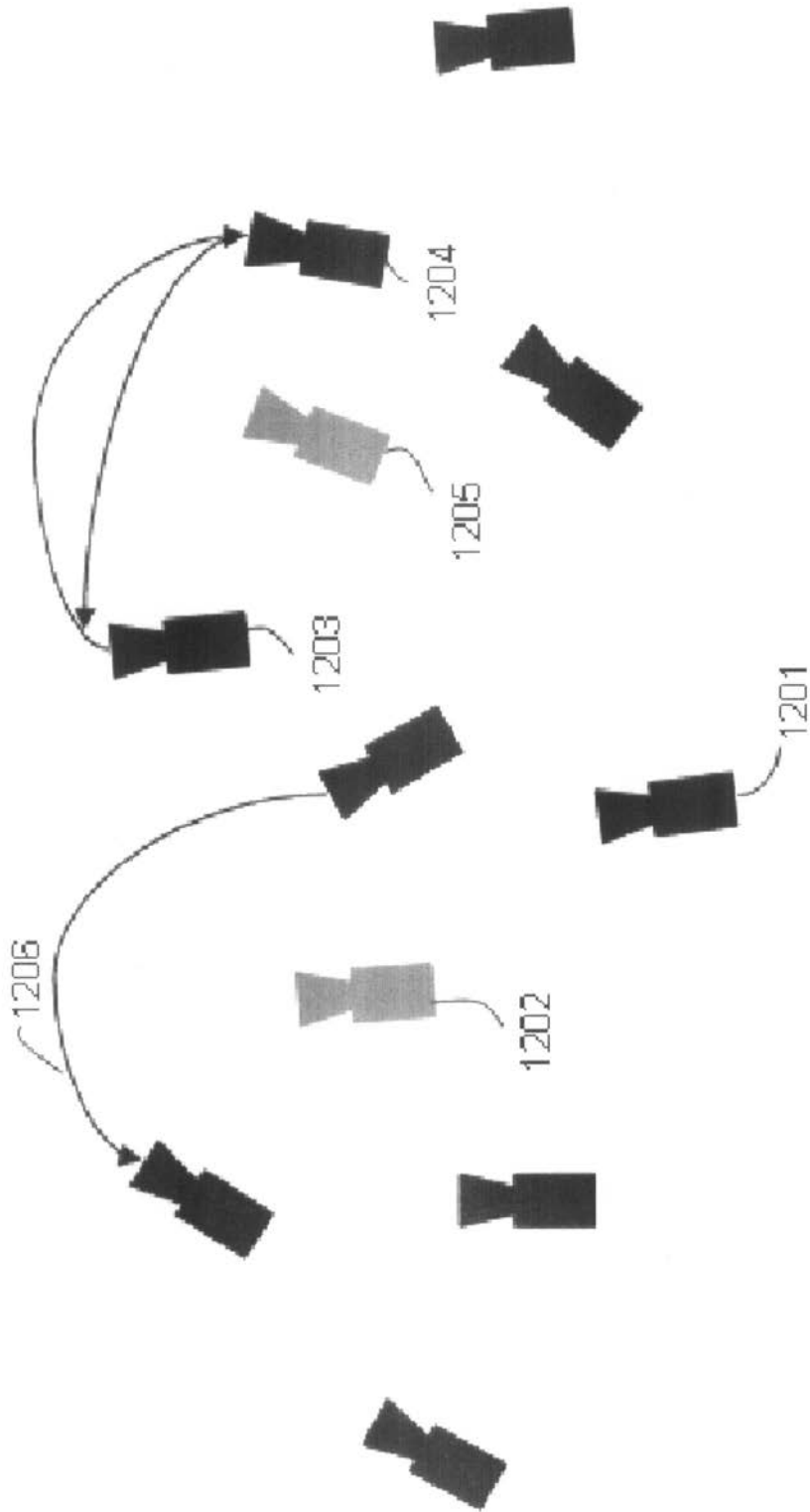
【 図 7 】



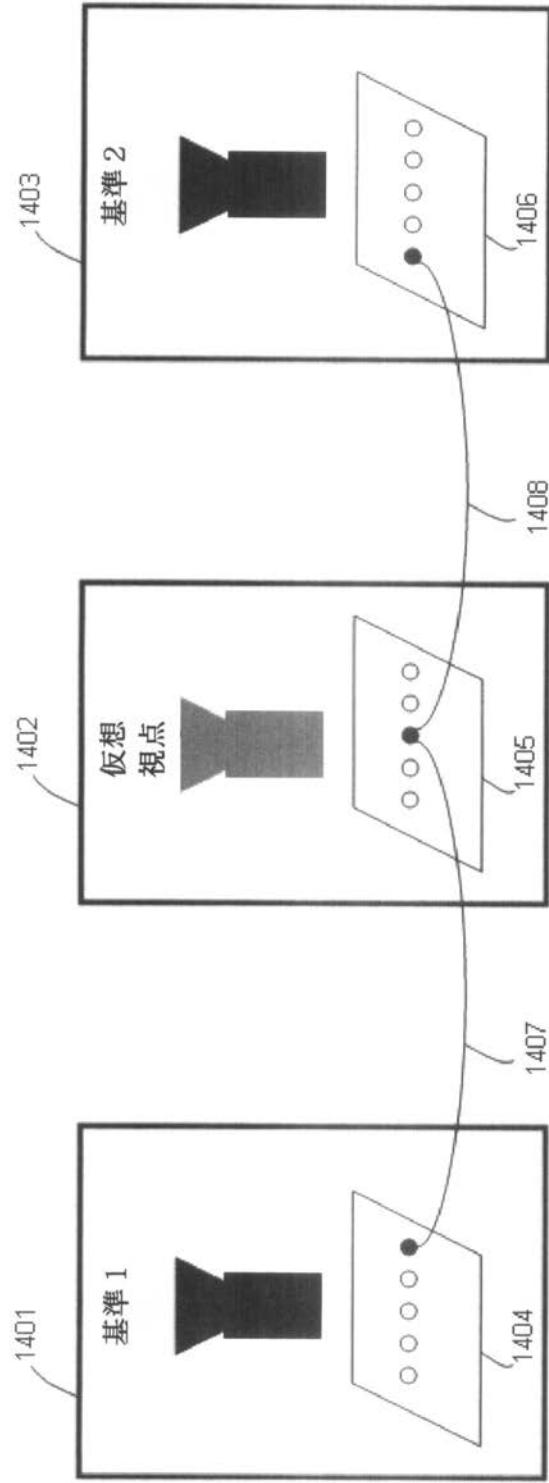
【 図 8 】



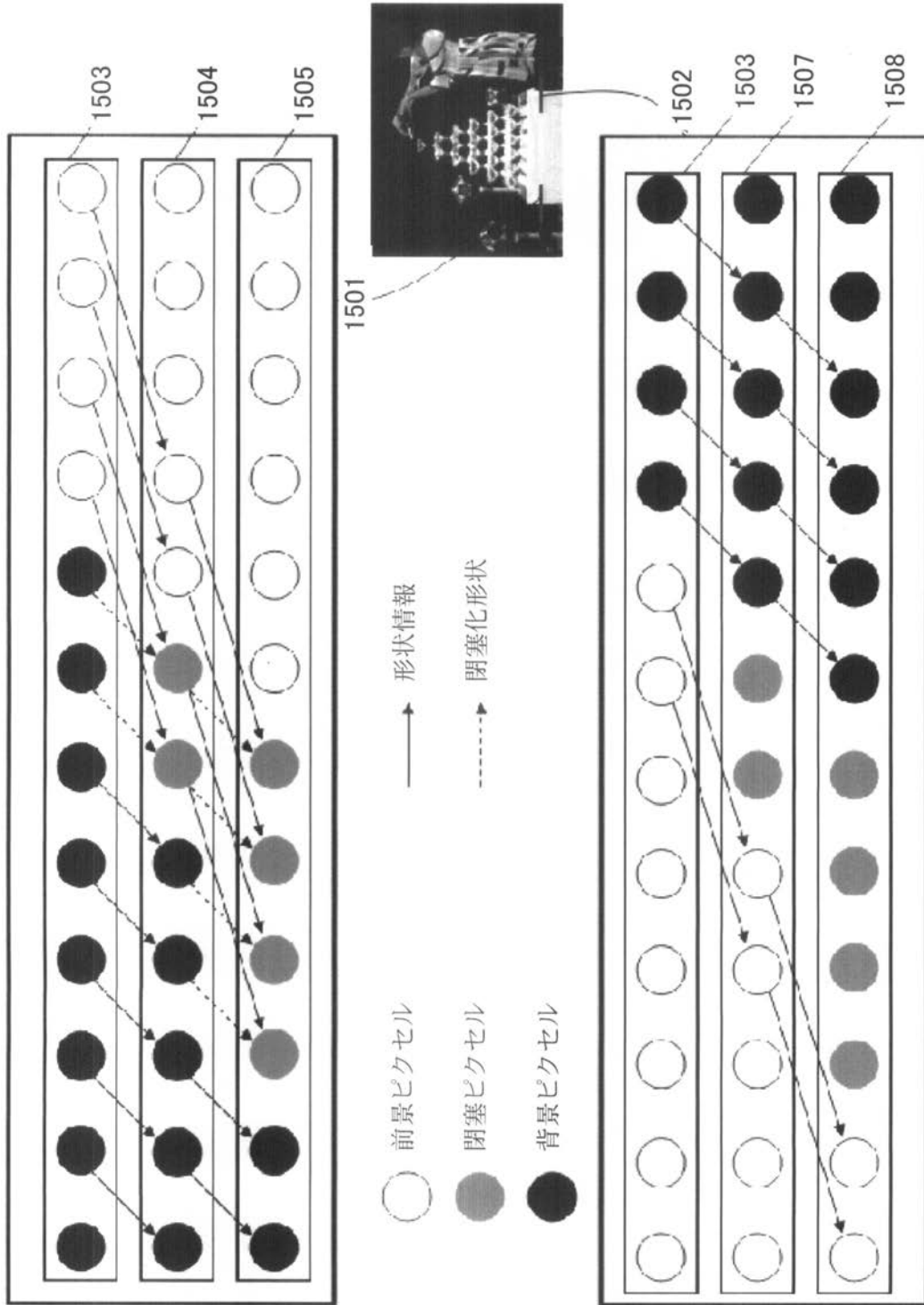
【 図 3 】



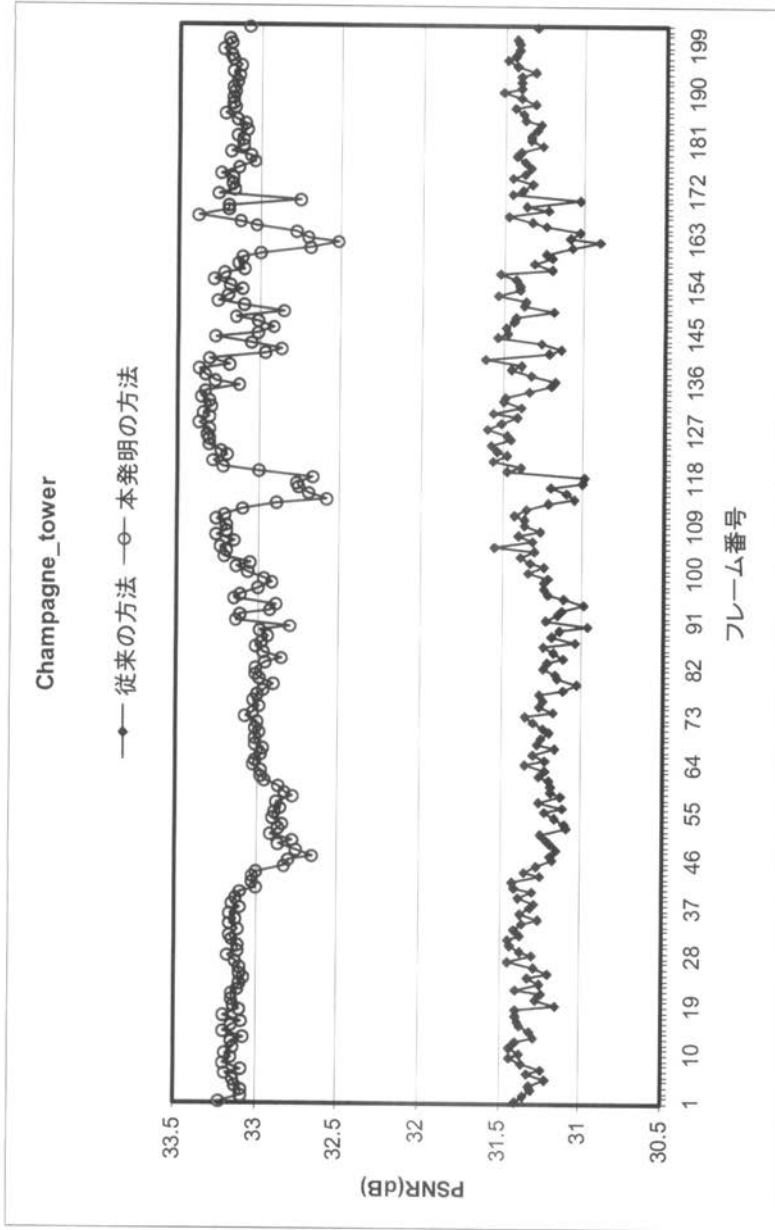
【 図 5 】



【図6】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 圓道 知博

愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内

(72)発明者 谷本 正幸

愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内

Fターム(参考) 5B050 AA08 BA09 DA01 DA07 EA17 EA19 EA26 FA02 FA05