

(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2014-82541

(P2014-82541A)

(43) 公開日 平成26年5月8日(2014.5.8)

(51) Int.Cl.
H04N 19/50 (2014.01)F I
H04N 7/137 Zテーマコード (参考)
5C159

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2012-227262 (P2012-227262)
(22) 出願日 平成24年10月12日 (2012.10.12)(71) 出願人 301022471
独立行政法人情報通信研究機構
東京都小金井市貫井北町4-2-1
(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 110001195
特許業務法人深見特許事務所
(72) 発明者 パナヒブル テヘラニ メヒルダド
東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
行政法人情報通信研究機構内
(72) 発明者 石川 彰夫
東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
行政法人情報通信研究機構内

最終頁に続く

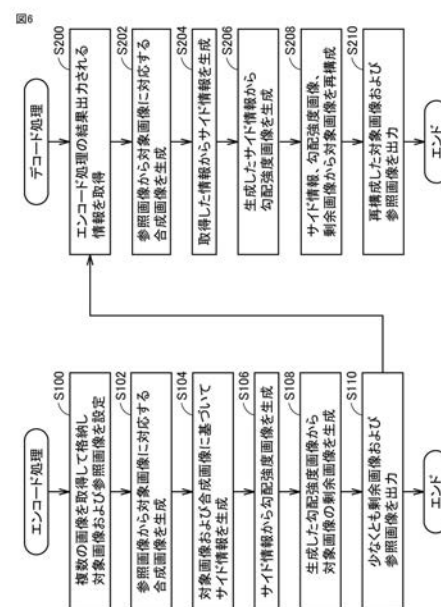
(54) 【発明の名称】 互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減する方法、プログラムおよび装置

(57) 【要約】

【課題】互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズをより効率的に低減する方法、プログラムおよび装置を提供する。

【解決手段】本方法は、第1の参照画像および第2の参照画像に基づいて、対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、対象画像および合成画像の少なくとも一方に基づいて、対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成するステップと、サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成するステップと、対象画像、第1の参照画像、および第2の参照画像を表現する情報として、第1の参照画像、第2の参照画像、および剰余画像を出力するステップとを含む。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減する方法であって、

前記複数画像を取得するとともに、前記複数画像のうち対象画像ならびに前記対象画像に類似した第 1 の参照画像および第 2 の参照画像を選択するステップと、

前記第 1 の参照画像および前記第 2 の参照画像に基づいて、前記対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、

前記対象画像および前記合成画像の少なくとも一方に基づいて、前記対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成するステップと、

前記サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、

10

前記勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、前記対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、前記モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成するステップと、

前記対象画像、前記第 1 の参照画像、および前記第 2 の参照画像を表現する情報として、前記第 1 の参照画像、前記第 2 の参照画像、および前記剰余画像を出力するステップとを備える、方法。

【請求項 2】

前記サイド情報を生成するステップは、前記対象画像の縮小画像と前記合成画像とを組み合わせることで前記サイド情報を生成するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

前記勾配強度画像を生成するステップは、前記サイド情報内のテクスチャー変化がより大きな領域がより大きな輝度をもつような画像を生成するステップを含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記剰余画像を生成するステップは、予め定められた対応関係を参照して、勾配強度に対応する係数を選択するステップを含む、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記選択するステップは、

前記複数画像が多視点画像である場合に、ベースライン距離に基づいて、前記対象画像ならびに前記第 1 の参照画像および第 2 の参照画像を選択するステップと、

30

前記複数画像が映像フレーム列である場合に、フレームレートに基づいて、前記対象画像ならびに前記第 1 の参照画像および第 2 の参照画像を選択するステップとを含む、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

出力された前記第 1 の参照画像、前記第 2 の参照画像、および前記剰余画像を取得するステップと、

前記第 1 の参照画像および前記第 2 の参照画像に基づいて、前記対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、

取得された情報からサイド情報を生成するとともに、前記サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、

40

前記勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、決定した係数を法とし、前記剰余画像の対応する画素位置の値を剰余とする逆モジュロ演算により算出される候補値のうち、前記サイド情報の対応する画素位置の値に対する差が最も小さいものを、前記対象画像の対応する画素位置の輝度値として決定するステップとをさらに備える、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減するプログラムであって、当該プログラムは、コンピュータに、

前記複数画像を取得するとともに、前記複数画像のうち対象画像ならびに前記対象画像

50

に類似した第 1 の参照画像および第 2 の参照画像を選択するステップと、

前記第 1 の参照画像および前記第 2 の参照画像に基づいて、前記対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、

前記対象画像および前記合成画像の少なくとも一方に基づいて、前記対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成するステップと、

前記サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、

前記勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、前記対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、前記モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成するステップと、

10

前記対象画像、前記第 1 の参照画像、および前記第 2 の参照画像を表現する情報として、前記第 1 の参照画像、前記第 2 の参照画像、および前記剰余画像を出力するステップとを実行させる、プログラム。

【請求項 8】

互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減する装置であって、

前記複数画像を取得するとともに、前記複数画像のうち対象画像ならびに前記対象画像に類似した第 1 の参照画像および第 2 の参照画像を選択する手段と、

前記第 1 の参照画像および前記第 2 の参照画像に基づいて、前記対象画像に対応する合成画像を生成する手段と、

前記対象画像および前記合成画像の少なくとも一方に基づいて、前記対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成する手段と、

20

前記サイド情報から勾配強度画像を生成する手段と、

前記勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、前記対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、前記モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成する手段と、

前記対象画像、前記第 1 の参照画像、および前記第 2 の参照画像を表現する情報として、前記第 1 の参照画像、前記第 2 の参照画像、および前記剰余画像を出力する手段とを備える、装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減する方法、プログラムおよび装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、超臨場感コミュニケーションを実現する各種の技術について研究が進められている。このような技術の一つとして、多視点画像を用いて高精細な立体映像を提供する三次元映像技術がある。このような立体映像は、非常に多数の視点（例えば、200 視点）から被写体を撮像して得られる視差画像によって実現される。

40

【0003】

このような立体映像を実用化するための一つの課題として、多視点画像のデータサイズの低減化がある。多視点画像は、多数の視点から被写体をそれぞれ観察した情報を含むので、データサイズが大きくなる。このような課題に対して、各種の提案がなされている。

【0004】

例えば、非特許文献 1 は、多視点画像の適応型分散コーディングと称される方法を開示する。より具体的には、この方法は、モジュロ演算器に基づくものであり、それぞれの視点で得られた画像を、互いの情報を交換することなくエンコードするとともに、デコードする際には、視点間での情報交換を許容する。言い換えれば、非特許文献 1 に開示の方法は、主として、分散ソースコーディングや分散映像フレームコーディングなどへの応用を

50

想定しているため、エンコード処理において、視点間の連携は考慮されていない。これは、非特許文献 1 に開示の方法は、主として、処理能力がそれほど高くない、低消費電力の装置（例えば、携帯端末など）に向けられているからである。

【0005】

また、非特許文献 1 に開示の方法では、エンコード処理およびデコード処理において、サイド情報(side information)を利用する。このサイド情報としては、エンコーダー（符号化器）ではオリジナル画像が用いられ、デコーダーでは、縮小画像もしくは仮想画像(virtual image)、またはそれらの組合せが用いられる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

10

【0006】

【非特許文献 1】 Mehrdad Panahpour Tehrani, Toshiaki Fujii, Masayuki Tanimoto, "The Adaptive Distributed Source Coding of Multi-View Images in Camera Sensor Networks," IEICE Trans, E88-A(10), 2835-2843, (2005)

【非特許文献 2】 R. Szeliski, R. Zabih, D. Scharstein, O. Veksler, V. Kolmogorov, A. Agarwala, M. Tappen and C. Rother, "A comparative study of energy minimization methods for Markov random fields with smoothness-based priors," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 30(6), 1068-1080, (2008)

【非特許文献 3】 Y. Boykov, O. Veksler and R. Zabih, "Fast approximate energy minimization via graph cuts," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 23, 1222-1239, (Nov. 2001) 20

【非特許文献 4】 Y. Mori, N. Fukushima, T. Yendo, T. Fujii and M. Tanimoto, "View generation with 3D warping using depth information for FTV," Signal Process.: Image Commun., 24, 65-72, (Jan. 2009)

【非特許文献 5】 L. Yang, T. Yendo, M. Panahpour Tehrani, T. Fujii and M. Tanimoto, "Probabilistic reliability based view synthesis for FTV," in Proc. ICIP, 1785-1788, (Sep. 2010)

【非特許文献 6】 N. Fukushima, T. Fujii, Y. Ishibashi, T. Yendo, and M. Tanimoto, "Real-time free viewpoint image rendering by using fast multi-pass dynamic programming," in Proc. 3DTV-CON, (June 2010) 30

【非特許文献 7】 A. Smolic, P. Kauff, S. Knorr, A. Hornung, M. Kunter, M. Muller, and M. Lang, "Three-Dimensional Video Postproduction and Processing," in Proc. IEEE, 99(4), 607-625, (Apr. 2011)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本願発明者らは、互いに類似した画像間で情報交換することで、デコード後の画像品質を向上できるとともに、応用範囲をより広げることができるという新たな知見を得た。しかしながら、従来提案されている方法では、デコーダーおよびエンコーダーにおいて、互いに類似した画像間で情報を交換するという事は行なわれておらず、その結果、どのように処理を最適化すればよいかといったことも何ら知られていない。 40

【0008】

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであって、その目的は、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズをより効率的に低減する方法、プログラムおよび装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のある局面に従えば、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減する方法が提供される。本方法は、複数画像を取得するとともに、複数画像のうち対象画像ならびに対象画像に類似した第 1 の参照画像および第 2 の参照画像を選択するステップ 50

と、第 1 の参照画像および第 2 の参照画像に基づいて、対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、対象画像および合成画像の少なくとも一方に基づいて、対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成するステップと、サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成するステップと、対象画像、第 1 の参照画像、および第 2 の参照画像を表現する情報として、第 1 の参照画像、第 2 の参照画像、および剰余画像を出力するステップとを含む。

【 0 0 1 0 】

好ましくは、サイド情報を生成するステップは、対象画像の縮小画像と合成画像とを組み合わせるサイド情報を生成するステップを含む。

【 0 0 1 1 】

さらに好ましくは、サイド情報を生成するステップは、縮小画像をアップサンプリングして得られた画像と合成画像との差に基づいて誤差分布を決定するステップと、誤差が相対的に高い領域に縮小画像をアップサンプリングして得られた画像の情報を割当てるとともに、誤差が相対的に低い領域に合成画像の情報を割当てるとステップとを含む。

【 0 0 1 2 】

あるいはさらに好ましくは、サイド情報を生成するステップは、縮小画像をアップサンプリングして得られた画像と合成画像との差に基づいて誤差分布を決定するステップと、誤差が相対的に高い領域に縮小画像をアップサンプリングして得られた画像の情報をより多く割当てるとともに、誤差が相対的に低い領域に合成画像の情報をより多く割当てるとステップとを含む。

【 0 0 1 3 】

好ましくは、勾配強度画像を生成するステップは、サイド情報内のテクスチャ変化がより大きな領域がより大きな輝度をもつような画像を生成するステップを含む。

【 0 0 1 4 】

好ましくは、勾配強度画像を生成するステップは、サイド情報を構成するカラーコンポーネント別に勾配強度画像を生成するステップを含む。

【 0 0 1 5 】

さらに好ましくは、勾配強度画像を生成するステップは、サイド情報を構成する各カラーコンポーネントのグレイスケール画像に対して、エッジ検出処理、スムージング処理、一連のモルフォロジカル処理、および、スムージング処理を順に適用するステップを含む。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、剰余画像を生成するステップは、予め定められた対応関係を参照して、勾配強度に対応する係数を選択するステップを含む。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、剰余画像を生成するステップは、勾配強度画像の各画素位置について、カラーコンポーネント別に係数を決定する。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、選択するステップは、複数画像が多視点画像である場合に、ベースライン距離に基づいて、対象画像ならびに第１の参照画像および第２の参照画像を選択するステップと、複数画像が映像フレーム列である場合に、フレームレートに基づいて、対象画像ならびに第１の参照画像および第２の参照画像を選択するステップとを含む。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、本方法は、出力された第１の参照画像、第２の参照画像、および剰余画像を取得するステップと、第１の参照画像および第２の参照画像に基づいて、対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、取得された情報からサイド情報を生成するとともに、サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、勾配強度画像の各画素位置につ

いて勾配強度に応じた係数を決定するとともに、決定した係数を法とし、剰余画像の対応する画素位置の値を剰余とする逆モジュロ演算により算出される候補値のうち、サイド情報の対応する画素位置の値に対する差が最も小さいものを、対象画像の対応する画素位置の輝度値として決定するステップとをさらに含む。

【0020】

本発明の別の局面に従えば、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減するプログラムが提供される。本プログラムは、コンピュータに、複数画像を取得するとともに、複数画像のうち対象画像ならびに対象画像に類似した第1の参照画像および第2の参照画像を選択するステップと、第1の参照画像および第2の参照画像に基づいて、対象画像に対応する合成画像を生成するステップと、対象画像および合成画像の少なくとも一方に基づいて、対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成するステップと、サイド情報から勾配強度画像を生成するステップと、勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成するステップと、対象画像、第1の参照画像、および第2の参照画像を表現する情報として、第1の参照画像、第2の参照画像、および剰余画像を出力するステップとを実行させる。

【0021】

本発明のさらに別の局面に従えば、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減する装置が提供される。本装置は、複数画像を取得するとともに、複数画像のうち対象画像ならびに対象画像に類似した第1の参照画像および第2の参照画像を選択する手段と、第1の参照画像および第2の参照画像に基づいて、対象画像に対応する合成画像を生成する手段と、対象画像および合成画像の少なくとも一方に基づいて、対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成する手段と、サイド情報から勾配強度画像を生成する手段と、勾配強度画像の各画素位置について勾配強度に応じた係数を決定するとともに、対象画像の各画素位置の輝度値に対して対応する係数を法とするモジュロ演算を行なうことで、モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像を生成する手段と、対象画像、第1の参照画像、および第2の参照画像を表現する情報として、第1の参照画像、第2の参照画像、および剰余画像を出力する手段とを含む。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズをより効率的に低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法が応用される立体映像再生システム1を示す図である。

【図2】本実施の形態に係る互いに類似した情報を含む複数画像（多視点画像）の一例を示す模式図である。

【図3】本実施の形態に係る互いに類似した情報を含む複数画像（映像フレーム列）の一例を示す模式図である。

【図4】図1に示すエンコーダーとして機能する情報処理装置のハードウェア構成を示す模式図である。

【図5】図1に示すデコーダーとして機能する情報処理装置のハードウェア構成を示す模式図である。

【図6】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法の全体処理手順を示すフローチャートである。

【図7】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理に係る機能構成を示すブロック図である。

【図8】本実施の形態に係る合成画像の生成処理の結果を示す図である。

【図 9】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法においてサイド情報選択に用いられる誤差分布の算出処理を説明するための模式図である。

【図 10】本実施の形態に係る剰余画像の生成に用いられる L o o k u p テーブルの一例を示す図である。

【図 11】本実施の形態に係る剰余画像の生成処理の結果を示す図である。

【図 12】本実施の形態に係る剰余画像の生成処理の結果を示す図である。

【図 13】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理に入力された対象画像の一例を示す。

【図 14】図 13 に示す対象画像から生成された剰余画像の一例を示す。

【図 15】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のデコード処理に係る機能構成を示すブロック図である。

【図 16】本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のデコード処理の概要を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0025】

[A. 応用例]

まず、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法について理解を容易にするため、典型的な応用例について説明する。なお、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法の応用範囲は、以下に示す構成に限定されるものではなく、任意の構成に適用できる。

【0026】

図 1 は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法が応用される立体映像再生システム 1 を示す図である。図 1 を参照して、立体映像再生システム 1 では、複数のカメラ 10 (カメラアレイ) を用いて互いに異なる複数の視点で被写体 2 を撮像することで多視点画像を生成し、この生成した多視点画像を用いて立体表示装置 300 で立体映像を表示する。

【0027】

より具体的には、立体映像再生システム 1 は、複数のカメラ 10 からそれぞれの画像 (視差画像) が入力されるエンコーダーとして機能する情報処理装置 100 と、情報処理装置 100 から伝送されるデータをデコードして多視点画像を立体表示装置 300 へ出力するデコーダーとして機能する情報処理装置 200 とを含む。情報処理装置 100 は、エンコード処理とともに、後述するようなデータ圧縮処理を行なうことで、保存および/または伝送に適したデータを生成する。一例として、情報処理装置 100 は、接続された無線伝送装置 102 を用いて、生成した多視点画像の情報を含むデータ (圧縮データ) を無線伝送する。この無線伝送されたデータは、無線基地局 400 などを通じて、情報処理装置 200 に接続された無線伝送装置 202 で受信される。

【0028】

立体表示装置 300 は、主として拡散フィルム 306 および集光レンズ 308 で構成される表示スクリーンと、表示スクリーンに多視点画像を投影するプロジェクタアレイ 304 と、プロジェクタアレイ 304 の各プロジェクタによる投影画像を制御するためのコントローラ 302 とを含む。コントローラ 302 は、情報処理装置 200 から出力される多視点画像に含まれる各視差画像を対応するプロジェクタに投影させる。

【0029】

このような装置構成によって、表示スクリーンの前にいる観察者には被写体 2 の再生立体像が提供される。このとき、表示スクリーンと観察者との相対的な位置に応じて、観察者の視野に入る視差画像が変化するようにしており、観察者は、あたかも被写体 2 の前にいるような体験が得られる。

【0030】

このような立体映像再生システム 1 は、一般用途としては、映画館やアミューズメント

10

20

30

40

50

施設などで利用され、産業用途としては、遠隔医療システム、工業デザイン設計システム、パブリックビューイング等の電子広告システムとして利用されることが期待されている。

【0031】

[B. 概要]

図1に示すようなカメラアレイで被写体2を撮像することで生成される多視点画像や動画などを考えると、それを構成する画像間は冗長な情報を含み得る。本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、このような冗長な情報を考慮して、それを排除したデータを生成する。すなわち、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、互いに類似した情報を含む複数画像のデータサイズを低減しようとするものである。

10

【0032】

本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、上述したような多視点データ表現(multi-view data representation)に応用できるとともに、分散ソースコーディング(distributed source coding)にも応用できる。あるいは、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、映像フレーム表現(video frames representation)に応用できるとともに、分散映像フレームコーディング(distributed video frames coding)にも応用できる。なお、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、それ単体でも利用されるし、データ伝送前の前処理の一部として利用されることもある。

【0033】

図1に示すようなカメラアレイで撮像された多視点画像を想定すると、そのうちいくつかの画像については元のまま維持されるとともに、他のいくつかの画像は後述する剰余画像へ変換される。撮像されたすべての画像を用いる場合には、元のまま維持される画像についての距離画像が取得(推定)される。

20

【0034】

元のまま維持される画像および距離画像を用いて、剰余画像に変換される画像の位置における仮想的な視野が合成(推定)される。この距離画像は、デコード処理(変換された画像を逆変換する処理/本来の画像形式に戻す処理)においても利用可能である。元のまま維持される画像についての距離画像は、逆変換処理において、その元のまま維持される画像を用いて再構成されてもよい。

【0035】

本実施の形態においては、剰余画像の生成において、変換の対象となる画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報が用いられる。入力される画像が多視点画像である場合には、合成された仮想画像(仮想的な視野)がサイド情報として用いられる。あるいは、元のまま維持される画像および距離画像を用いて仮想画像を合成し、この合成した仮想画像をサイド情報として用いてもよい。

30

【0036】

さらに、剰余画像への変換前において、剰余画像へ変換されることになっている対象の画像そのものをサイド情報として用いてもよい。この場合には、デコード処理において対象の画像をそのまま利用することができないので、合成した仮想画像および/または対象の画像を縮小した画像をサイド情報として用いることになる。

40

【0037】

一方、入力される画像が映像フレーム列である場合には、フレーム同士を内挿または外挿したフレームをサイド情報として用いることができる。

【0038】

サイド情報から剰余画像を生成する際には、勾配強度画像(gradient image)が生成される。それぞれの勾配強度の値は整数値になっており、この整数値を用いて、モジュロ演算または逆モジュロ演算が実行される。

【0039】

図2および図3は、本実施の形態に係る互いに類似した情報を含む複数画像の一例を示す模式図である。図2(a)を参照して、例えば、図1に示すように互いに近接配置され

50

た複数のカメラ（カメラアレイ）を用いて被写体を撮像することで、対応するカメラ位置に応じた視差を有する視差画像群が生成される。これらの視差画像群のうち、ある対象画像170に着目すると、その視野は、近接したカメラ位置にあるカメラを用いて撮像された他の画像（以下「参照画像」とも称す。）の視野と少なくとも部分的には重複している場合が多く、このような視野の重複によって、対象画像170および参照画像172，182の間では冗長な情報が存在する。逆に言えば、このような状況下においては、参照画像172，182が有する情報と何らかの付加情報とから、対象画像170に含まれる情報を再構成できる。

【0040】

本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、対象画像170の情報を近接する参照画像172，182の情報から再構成できるような剰余画像194を生成し、対象画像170に代えてこの剰余画像194を出力する。基本的に、剰余画像194は、対象画像170の有する情報のうち、参照画像172，182が含む情報では不足する情報を補間するものであり、対象画像170をそのまま出力する場合に比較して冗長性を排除できる。そのため、対象画像170および参照画像172，182をそのまま出力する場合に比較して、データサイズを低減できる。

【0041】

後述するように対象画像170および参照画像172，182は、互いに類似した情報を含む限り、任意の間隔で選択することができ、例えば、図2（b）に示すように、同一の参照画像172および182に対して、対象画像170-1，170-2，170-3の各々について剰余画像194-1，194-2，194-3を生成してもよい。すなわち、一对の参照画像について、1または複数の対象画像を剰余画像に変換することができる。

【0042】

また、図3（a）に示すように、映像フレーム列についても同様のロジックを適用できる。すなわち、通常の動画のフレーム周期は十分に短いので、近接するフレームを適切に選択すれば、それに含まれる情報の一部が互いに重複し得る。そこで、あるフレームの画像を対象画像170とし、近接するフレームにある参照画像172，182を参照して剰余画像194を生成することで、データサイズを低減できる。

【0043】

映像フレーム列についても同様に、対象画像170および参照画像172，182は、互いに類似した情報を含む限り、任意のフレーム間隔で選択することができ、例えば、図3（b）に示すように、同一の参照画像172および182に対して、対象画像170-1，170-2，170-3の各々について剰余画像194-1，194-2，194-3を生成してもよい。すなわち、一对の参照画像について、1または複数の対象画像を剰余画像に変換することができる。

【0044】

本実施の形態に係るデータサイズ低減方法は、それ単体でも利用されるし、データ伝送前の前処理の一部として用いられることもある。

【0045】

なお、本明細書において、「撮像」は、現実のカメラを用いて被写体の画像を取得する処理に加えて、例えば、コンピュータグラフィックスのように、仮想空間上に何らかオブジェクトを配置し、この配置されたオブジェクトに対して任意に設定された視点から画像をレンダリングする処理（すなわち、仮想空間上での仮想的な撮像）を含み得る。

【0046】

本実施の形態において、被写体を撮像するカメラアレイにおいてカメラは任意に配置できる。例えば、1次元配列（カメラを直線上に配置）、2次元配列（カメラを行列状に配置）、円状配列（カメラを円周の全部または一部に沿って配置）、らせん配列（カメラをらせん状に配置）、ランダム配置（何らの規則なくカメラを配置）といった任意の配置を採用できる。

10

20

30

40

50

【0047】

[C. ハードウェア構成]

次に、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法を実現するためのハードウェアの構成例について説明する。図4は、図1に示すエンコーダーとして機能する情報処理装置100のハードウェア構成を示す模式図である。図5は、図1に示すデコーダーとして機能する情報処理装置200のハードウェア構成を示す模式図である。

【0048】

図4を参照して、情報処理装置100は、プロセッサ104と、メモリ106と、カメラインターフェイス108と、ハードディスク110と、入力部116と、表示部118と、通信インターフェイス120とを含む。これらの各コンポーネントは、バス122を介して互いにデータ通信可能に構成されている。

10

【0049】

プロセッサ104は、ハードディスク110などに格納されているプログラムを読み出してメモリ106に展開して実行することで、本実施の形態に係るエンコード処理を実現する。メモリ106は、プロセッサ104が処理を実行するためのワーキングメモリとして機能する。

【0050】

カメラインターフェイス108は、複数のカメラ10と接続され、それぞれのカメラ10が撮像した画像を取得する。取得された画像は、ハードディスク110やメモリ106に格納されてもよい。ハードディスク110は、取得された画像を含む画像データ112と、エンコード処理およびデータ圧縮処理を実現するためのエンコードプログラム114とを不揮発的に保持している。エンコードプログラム114がプロセッサ104により読み出されて実行されることで、後述するエンコード処理が実現される。

20

【0051】

入力部116は、典型的には、マウスやキーボードなどを含み、ユーザからの操作を受け付ける。表示部118は、処理結果などをユーザへ通知する。

【0052】

通信インターフェイス120は、無線伝送装置102などと接続され、プロセッサ104による処理の結果出力されるデータを無線伝送装置102へ出力する。

【0053】

図5を参照して、情報処理装置200は、プロセッサ204と、メモリ206と、プロジェクタインターフェイス208と、ハードディスク210と、入力部216と、表示部218と、通信インターフェイス220とを含む。これらの各コンポーネントは、バス222を介して互いにデータ通信可能に構成されている。

30

【0054】

プロセッサ204、メモリ206と、入力部216、および、表示部218は、図4に示すプロセッサ104、メモリ106と、入力部116、および、表示部118とそれぞれ同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

【0055】

プロジェクタインターフェイス208は、立体表示装置300と接続され、プロセッサ204によってデコードされた多視点画像を立体表示装置300へ出力する。

40

【0056】

通信インターフェイス220は、無線伝送装置202などと接続され、情報処理装置100から送信される画像データを受信し、プロセッサ204へ出力する。

【0057】

ハードディスク210は、デコードされた画像を含む画像データ212と、デコード処理を実現するためのデコードプログラム214とを不揮発的に保持している。デコードプログラム214がプロセッサ204により読み出されて実行されることで、後述するデコード処理が実現される。

【0058】

50

図4および図5に示す情報処理装置100および200のハードウェア自体およびその動作原理は一般的なものであり、本実施の形態に係るエンコード処理／デコード処理を実現するための本質的な部分は、ハードディスクなどの記憶媒体に格納されたエンコードプログラム114やデコードプログラム214などのソフトウェア（命令コード）である。エンコードプログラム114および／またはデコードプログラム214は、OS(Operating System)が提供するモジュールを用いて処理を実行するように構成してもよい。この場合には、エンコードプログラム114および／またはデコードプログラム214は、一部のモジュールを含まないことになるが、このような場合であっても、本願発明の技術的範囲に含まれる。

【0059】

10

情報処理装置100および／または情報処理装置200の全部または一部の機能をASIC(Application Specific Integrated Circuit)などの専用の集積回路を用いて実現してもよいし、FPGA(Field-Programmable Gate Array)やDSP(Digital Signal Processor)などのプログラム可能なハードウェアを用いて実現してもよい。

【0060】

また、後述するように、画像を管理するデータサーバなどにおいては、エンコード処理およびデコード処理を単一の情報処理装置が実行することになる。

【0061】

[D. 全体処理手順]

次に、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法の全体処理手順について説明する。図6は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法の全体処理手順を示すフローチャートである。図6に示すデータサイズ低減方法は、主としてエンコード処理からなるが、実用的には、エンコードされたデータから元の画像を再構成するためのデコード処理を含む。図1に示すような立体映像再生システム1では、エンコード処理およびデコード処理はそれぞれ異なる情報処理装置によって実行される。一方、画像を格納するためのサーバシステムなどでは、単一の情報処理装置がエンコード処理およびデコード処理を実行することになる。すなわち、データ格納前の前処理としてエンコード処理が実行され、データ再構成時にデコード処理が実行される。いずれの場合であっても、典型的には、プロセッサがプログラムを実行することで、各ステップの処理が実現される。

20

【0062】

30

図6を参照して、エンコード処理として、ステップS100～S110の処理が実行される。具体的には、プロセッサ104は、互いに類似した情報を含む複数の画像を取得し、その取得した画像を所定の記憶領域に格納するとともに、取得した複数の画像のうち1つの画像を対象画像に設定し、当該対象画像に類似する少なくとも2つの画像を参照画像に設定する（ステップS100）。すなわち、プロセッサ104は、互いに類似した情報を含む複数の画像を取得するとともに、複数の画像のうち、対象画像および対象画像に類似した2つの参照画像を選択する。続いて、プロセッサ104は、設定した2つの参照画像から対象画像に対応する合成画像を生成する（ステップS102）。

【0063】

続いて、プロセッサ104は、対象画像および合成画像の一部または全部に基づいて、サイド情報を生成する（ステップS104）。すなわち、プロセッサ104は、対象画像および合成画像の少なくとも一方に基づいて、対象画像の位置における仮想的な視野の情報であるサイド情報を生成する。サイド情報は、剰余画像および参照画像から対象画像を再構成するために必要な情報を含む。

40

【0064】

続いて、プロセッサ104は、生成したサイド情報から勾配強度画像を生成する（ステップS106）。そして、プロセッサ104は、生成した勾配強度画像から対象画像の剰余画像を生成する（ステップS108）。

【0065】

最終的に、プロセッサ104は、対象画像および参照画像に対応する情報として、少な

50

くとも、剰余画像および参照画像を出力する（ステップS110）。すなわち、プロセッサ104は、対象画像および2つの参照画像を表現する情報として、2つの参照画像および剰余画像を出力する。

【0066】

デコード処理として、ステップS200～S210の処理が実行される。具体的には、プロセッサ204は、エンコード処理の結果出力される情報を取得する（ステップS200）。すなわち、プロセッサ204は、少なくとも出力された2つの参照画像および剰余画像を取得する。

【0067】

続いて、プロセッサ204は、取得した情報に含まれる参照画像から対象画像に対応する合成画像を生成する（ステップS202）。 10

【0068】

続いて、プロセッサ204は、取得した情報からサイド情報を生成する（ステップS204）。そして、プロセッサ204は、生成したサイド情報から勾配強度画像を生成する（ステップS206）。

【0069】

そして、プロセッサ204は、サイド情報、勾配強度画像、および剰余画像から対象画像を再構成する（ステップS208）。最終的に、プロセッサ104は、再構成した対象画像および参照画像を出力する（ステップS210）。 20

【0070】

[E. エンコード処理]

次に、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理（図6のステップS100～S110）の詳細について説明する。

【0071】

（e1：機能構成）

図7は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理に係る機能構成を示すブロック図である。図7を参照して、情報処理装置100は、その機能構成として、入力画像バッファ150と、距離情報推定部152と、距離情報バッファ154と、サブサンプリング部156と、画像合成部158と、サイド情報選択部160と、勾配強度画像生成部162と、係数選択部164と、Look upテーブル166と、モジュロ演算部168とを含む。 30

【0072】

（e2：入力画像および距離画像の取得）

図6のステップS100に示す画像取得処理は、図7の入力画像バッファ150、距離情報推定部152、および距離情報バッファ154によって実現される。具体的には、情報処理装置100は、複数のカメラ10（カメラアレイ）によって撮像された複数の視差画像からなる多視点画像を受信し、入力画像バッファ150に格納する。あるいは、情報処理装置100は、フレーム順に配置された画像からなる一連の映像を受信し、入力画像バッファ150に格納してもよい。これらの入力画像が処理対象になる。説明の簡略化のため、1つの対象画像170と2つの参照画像172、182とのセットに着目して説明するが、要求されるデータサイズの低減率や情報処理装置100の処理能力などに応じて、任意の数のセットに対して、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法を適用すればよい。 40

【0073】

また、対象画像170および参照画像172、182は、互いに類似した情報を含んでいなければならないので、多視点画像については、対象画像170および参照画像172、182は、そのベースライン距離に基づいて選択されることが好ましい。すなわち、その間に生じる視差に応じて、対象画像170および参照画像172、182が選択される。また、映像フレーム列（動画像）については、フレームレートに基づいて、対象となるフレームが選択される。すなわち、図6のステップS100の処理は、複数画像が多視点 50

画像である場合（図 2 参照）に、ベースライン距離に基づいて、対象画像 170 および参照画像 172, 182 を選択する処理と、複数画像が映像フレーム列である場合（図 3 参照）に、フレームレートに基づいて、対象画像 170 および参照画像 172, 182 を選択する処理とを含む。

【0074】

図 7 において、対象画像 170 については、対象画像 170 が表現する対象視野(target view for representation)を意味する「VT」と表し、対象画像 170 の右側に位置する参照画像 172 については、対象画像 170 の右側にあるオリジナル視野(original view at the right side of VT)を意味する「VR」と表し、対象画像 170 の左側に位置する参照画像 182 については、対象画像 170 の左側にあるオリジナル視野(original view at the left side of VT)を意味する「VL」と表す。なお、右側および左側という表現は、説明の便宜上のものであり、現実のカメラ配置とは必ずしも一致しない場合もある。

10

【0075】

本実施の形態に係るデータサイズ低減方法では、後述するように、参照画像 172 および 182 の距離画像を利用して、対象画像に対応する合成画像 176 を生成する場合もある。そのため、任意の方法を用いて、参照画像 172 の距離画像 174 および参照画像 182 の距離画像 184 が取得される。

【0076】

例えば、図 1 に示すようなカメラアレイを用いる場合には、被写体を示す画像の取得に加えて、距離画像を同時に取得できる場合がある。エンコード処理における対象画像 170 の再構成処理を考慮すると、参照画像と対応する距離画像との間で視野が不変であることが好ましい。そのため、可能であれば、このようなカメラアレイを用いてそれぞれの距離画像を取得することが好ましい。この場合、参照画像および対応する距離画像が同時に情報処理装置へ入力される。そのため、参照画像に対応する距離画像を取得できる場合には、図 7 に示す距離情報推定部 152 を必ずしも実装する必要はない。

20

【0077】

図 7 において、参照画像 172 に対応する距離画像 174 については、その位置における距離画像(depth map at the location of VR)を意味する「DR」と表し、参照画像 182 に対応する距離画像 184 については、その位置における距離画像(depth map at the location of VL)を意味する「DL」と表す。

30

【0078】

入力される複数画像が多視点画像である場合であって、視野についての距離画像を利用できないときや、距離カメラを利用できないときには、距離情報推定部 152 が参照画像 172 および 182 にそれぞれ対応する距離画像 174 および 184 を生成する。距離情報推定部 152 による距離画像の推定方法としては、非特許文献 2 に開示されるようなエネルギー最適化を併用した、ステレオマッチングに基づく各種の方法を採用できる。例えば、非特許文献 3 に開示されるようなグラフカットを用いて最適化することもできる。

【0079】

距離情報推定部 152 によって生成された距離画像 174 および 184 は、距離情報バッファ 154 に格納される。

40

【0080】

なお、入力される複数画像が映像フレーム列（動画像）である場合には、必ずしも距離画像を取得する必要はない。

【0081】

以下の説明では、典型例として、入力データの一つのセットが対象画像 170、参照画像 172 および対応する距離画像 174、ならびに参照画像 182 および対応する距離画像 184 を含む場合について主として説明する。

【0082】

（e3：合成画像の生成）

50

図6のステップS102に示す合成画像の生成処理は、図7の画像合成部158によって実現される。より具体的には、画像合成部158は、参照画像172および対応する距離画像174、ならびに、参照画像182および対応する距離画像184を用いて、対象画像170の位置における仮想的な視野を示す合成画像176を生成する。図7において、この合成画像176については、対象視野の仮想視野を意味する「VT(virtual)」と表す。このような画像合成としては、例えば、非特許文献4および非特許文献5に開示されるような方法を採用できる。また、距離画像の精度が低い場合には、非特許文献6および非特許文献7に開示されるような、内挿処理を用いることで、合成画像176を生成できる。

【0083】

図8は、本実施の形態に係る合成画像の生成処理の結果を示す図である。図8に示すように、参照画像172および対応する距離画像174、ならびに、参照画像182および対応する距離画像184から、対象画像170に対応する合成画像176が生成される。

【0084】

また、入力される複数画像が映像フレーム列（動画）である場合には、2つの参照画像172および182に対応するフレームの情報から内挿処理または外挿処理を行なうことで、対象画像170に対応するフレームの情報を生成し、合成画像176として使用できる。

【0085】

（e4：サイド情報の生成）

図6のステップS104に示すサイド情報の生成処理は、図7のサブサンプリング部156およびサイド情報選択部160によって実現される。上述したように、サイド情報190は、対象画像170の位置における仮想的な視野の情報であり、対象画像170、対象画像170の縮小画像、合成画像176、および、対象画像170の縮小画像と合成画像176とを組合せた画像などを用いて生成される。サイド情報選択部160は、入力される情報（画像）を適宜選択してサイド情報190を出力する。図7において、サイド情報190を「VT(side information)」と表す。

【0086】

サブサンプリング部156は、対象画像170から縮小画像178を生成する。図7において、この縮小画像178については、対象画像170をサブサンプリングして得られたことを意味する「VT(sub-sampled)」と表す。

【0087】

サブサンプリング部156における縮小画像178の生成処理は、任意の方法を採用できる。例えば、対象画像170から所定間隔毎に画素情報を抽出することで、縮小画像178として出力することができる。

【0088】

あるいは、任意のフィルタリング処理（例えば、最近傍法、内挿法、バイキュービック法、バイラテラルフィルタを用いて縮小画像178を生成してもよい。例えば、対象画像170を所定サイズの領域（例えば、 2×2 画素、 3×3 画素など）に分割し、各領域において、その領域に含まれる複数の画素の情報に対して線形または非線形の補間処理をすることで、任意のサイズの縮小画像178を生成できる。

【0089】

サイド情報190を生成する方法としては、典型的には、以下に示す（a）－（d）の4つの方法の中から任意に選択できる。

【0090】

（a）サイド情報190として対象画像170そのものが用いられる場合：

サイド情報選択部160は、入力された対象画像170をそのままサイド情報190として出力する。また、デコード処理において対象画像170そのものを利用できないので、参照画像から生成される合成画像がサイド情報として用いられる。

【0091】

10

20

30

40

50

(b) サイド情報 190 として対象画像 170 の縮小画像 178 が用いられる場合：
サイド情報選択部 160 は、サブサンプリング部 156 により生成された縮小画像 178 をそのまま出力する。

【0092】

(c) サイド情報 190 として合成画像 176 が用いられる場合：
サイド情報選択部 160 は、画像合成部 158 により生成された合成画像 176 をそのまま出力する。

【0093】

(d) サイド情報 190 として縮小画像 178 と合成画像 176 との組合せが用いられる場合：

サイド情報選択部 160 は、後述するような方法に従って、サイド情報 190 を生成する。すなわち、図 6 のステップ S104 に示すサイド情報の生成処理は、対象画像 170 の縮小画像 178 と合成画像 176 とを組み合わせるサイド情報 190 を生成する処理を含む。

【0094】

より具体的には、サイド情報選択部 160 は、まず、組み合わせに用いる重み係数を算出する。この重み係数は、対象画像 170 の縮小画像 178 に対する合成画像 176 の信頼度分布に関連付けられる。すなわち、合成画像 176 と縮小画像 178 (対象画像 170) との間の誤差 (あるいは、両者の一致度合い) に基づいて、重み係数が決定される。算出される誤差分布は、信頼度分布を反転させたものに相当し、誤差が小さいほど信頼度が高いと考えることができる。すなわち、誤差が大きい領域ほど、合成画像 176 の信頼性が低いと考えられるので、このような領域については、縮小画像 178 (対象画像 170) の情報がより多く割当てられる。一方、誤差が小さい領域ほど、合成画像 176 の信頼度が高いと考えられるので、より冗長性の低い合成画像 176 の情報がより多く割当てられる。

【0095】

図 9 は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法においてサイド情報選択に用いられる誤差分布の算出処理を説明するための模式図である。図 9 を参照して、サイド情報選択部 160 は、対象画像 170 の縮小画像 178 (VT(sub-sampled)) をアップサンプリングして得られた拡大画像 179 と、合成画像 176 (VT(virtual)) との間で、対応する画素間で輝度値の絶対値の差分をとることで、誤差分布 R を決定する。縮小画像 178 をアップサンプリングするのは、合成画像 176 とサイズを一致させるため、および対象画像 170 を再構成する処理における処理を想定して誤差を算出するためである。

【0096】

このように、サイド情報選択部 160 は、(d) の方式を選んだ場合には、縮小画像 178 をアップサンプリングして得られた拡大画像 179 と合成画像 176 との差に基づいて誤差分布を決定する。サイド情報選択部 160 は、決定した誤差分布 R に基づいて、縮小画像 178 (あるいは、拡大画像 179) と合成画像 176 とを組み合わせるサイド情報 190 を生成する。算出された誤差分布 R を用いてサイド情報 190 を生成する方法としては、種々の方法が考えられるが、例えば、以下のような処理例が採用できる。

【0097】

(i) 処理例 1 : 2 値化重み付け組合せ法(binary weighted combination)

本処理例においては、算出された誤差分布 R を任意のしきい値を用いて 2 つの領域に分類する。典型的には、その誤差がしきい値より高い領域を H i 領域とし、その誤差がしきい値より低い領域を L o 領域とする。そして、サイド情報 190 の各画素には、誤差分布 R の H i 領域および L o 領域に対応して、縮小画像 178 (実質的には、拡大画像 179) または合成画像 176 の情報が割当てられる。より具体的には、誤差分布 R の H i 領域に対応するサイド情報 190 の画素位置には、縮小画像 178 をアップサンプリングして得られた拡大画像 179 の対応する画素位置の値が割当てられ、誤差分布 R の L o 領域に対応する画素位置には、合成画像 176 の対応する画素位置の値が割当てられる。

【0098】

すなわち、拡大画像179（縮小画像178をアップサンプリングした画像）をSS、合成画像176をSYと表せば、サイド情報190（「SI」と表す）の画素位置（x，y）における値は、所定のしきい値THを用いて、以下ようになる。

【0099】

$$\begin{aligned} SI(x, y) &= SS(x, y) \{if R(x, y) \geq TH\} \\ &= SY(x, y) \{if R(x, y) < TH\} \end{aligned}$$

このように、本処理例において、サイド情報選択部160は、誤差が相対的に高い領域に縮小画像178をアップサンプリングして得られた拡大画像179の情報を割り当てるとともに、誤差が相対的に低い領域に合成画像176の情報を割り当てると

10

【0100】

（ii）処理例2：離散化重み付け組合せ法(discrete weighted combination)

本処理例においては、算出された誤差分布Rを（n-1）個のしきい値を用いて、n種類の領域に分類する。分類された領域の番号kを誤差が低い方から1，2，…，nとすると、サイド情報190（SI）の画素位置（x，y）における値は、分類された領域の番号kを用いて、以下ようになる。

【0101】

$$SI(x, y) = (k/n) \times SY(x, y) + (1 - k/n) \times SS(x, y)$$

このように、本処理例において、サイド情報選択部160は、誤差が相対的に高い領域に縮小画像178をアップサンプリングして得られた拡大画像179の情報を割り当てるとともに、誤差が相対的に低い領域に合成画像176の情報を割り当てると

20

【0102】

（iii）処理例3：連続重み付け組合せ法(continuous weighted combination)

本処理例においては、画素位置の誤差の逆数を重み付け係数とみなし、これを用いて、サイド情報190を算出する。具体的には、サイド情報190の画素位置（x，y）における値SI（x，y）は以下ようになる。

【0103】

$$SI(x, y) = (1/R(x, y)) \times SY(x, y) + (1 - 1/R(x, y)) \times SS(x, y)$$

このように、本処理例において、サイド情報選択部160は、誤差が相対的に高い領域に縮小画像178をアップサンプリングして得られた拡大画像179の情報を割り当てるとともに、誤差が相対的に低い領域に合成画像176の情報を割り当てると。本処理例においては、誤差が高いほど拡大画像179（縮小画像178）が優位になり、誤差が低いほど合成画像176が優位になる。

30

【0104】

（e5：勾配強度画像の生成）

図6のステップS106に示す勾配強度画像の生成処理は、図7の勾配強度画像生成部162によって実現される。より具体的には、勾配強度画像生成部162は、サイド情報190から画像空間上の変化を示す勾配強度画像192を生成する。勾配強度画像192は、サイド情報190内のテクスチャー変化がより大きな領域がより大きな輝度をもつような画像を意味する。図7において、勾配強度画像192を「VT(gradient)」と表す。勾配強度画像192の生成処理としては、任意のフィルタリング処理を用いることができる。また、勾配強度画像192の各画素の値は所定範囲内（例えば、0～255）のいずれかの整数値をとるように正規化される。

40

【0105】

典型的には、以下のような処理手順で勾配強度画像192が生成される。

（a）サイド情報190を出力される剰余画像の画像サイズにリサイズする。

【0106】

（b）リサイズ後のサイド情報に対してノイズ除去のためにガウシアンフィルタを適用する（ガウシアンスムージング処理）。

50

【0107】

(c) フィルタ後のサイド情報をカラーコンポーネント別に分離する（すなわち、カラーコンポーネントの別にグレイスケール画像を生成する）。

【0108】

(d) 各カラーコンポーネントのグレイスケール画像について、(d1)～(d4)の処理を実行する。

【0109】

(d1) エッジ検出処理

(d2) (1回以上の) ガウシアンスムージング処理（あるいは、メディアンフィルタ処理）

(d3) 一連のモルフォロジカル処理（例えば、(1回以上の) 膨脹処理、(1回以上の) 収縮処理、(1回以上の) 膨脹処理）

(d4) (1回以上の) ガウシアンスムージング処理

以上のような処理によって、サイド情報190を構成するカラーコンポーネント別に勾配強度画像が生成される。すなわち、図6のステップS106に示す勾配強度画像192の生成処理は、サイド情報190を構成する各カラーコンポーネントのグレイスケール画像に対して、エッジ検出処理、スムージング処理、一連のモルフォロジカル処理、および、スムージング処理を順に適用する処理を含む。このような処理によって、サイド情報190に含まれるカラーコンポーネントの数だけグレイスケール画像が生成され、それぞれのグレイスケール画像について勾配強度画像が生成される。

【0110】

ここに示した処理手順は一例であって、ガウシアンスムージング処理やモルフォロジカル処理の処理内容や処理手順などは適宜設計できる。

【0111】

さらに、疑似的な勾配強度画像を生成する処理を採用してもよい。すなわち、サイド情報190内のテクスチャー変化がより大きな領域がより大きな輝度をもつような画像を生成できれば、どのようなフィルタリング処理を採用してもよい。

【0112】

(e6：剰余画像の生成)

図6のステップS108に示す剰余画像の生成処理は、図7の係数選択部164、Look upテーブル166、およびモジュロ演算部168によって実現される。剰余画像194は、勾配強度画像192の各画素位置における値をモジュロ演算して得られる剰余を示す。このモジュロ演算にあたって、勾配強度画像192の各画素位置の値に応じて、法となる係数Dが選択される。係数選択部164は、勾配強度画像192の各画素位置の値に応じて係数Dを選択する。

【0113】

このように、図6のステップS108に示す剰余画像の生成処理は、勾配強度画像192の各画素位置について勾配強度に応じた係数Dを決定するとともに、対象画像170の各画素位置の輝度値に対して対応する係数Dを法とするモジュロ演算を行なうことで、モジュロ演算によって算出される各画素位置の剰余からなる剰余画像194を生成する処理を含む。

【0114】

係数Dの選択方法としては任意の方法を採用できる。例えば、勾配強度画像192の値そのものを係数Dとして選択してもよい。但し、デコード後の画像品質を向上させるために、本実施の形態においては、勾配強度画像192に対して非線形に係数Dを決定する。具体的には、Look upテーブル166を参照して、勾配強度画像192の各画素位置に対応する係数Dを選択する。ここで、係数Dは、勾配強度画像192に含まれる各カラーコンポーネントの各画素位置について決定される。

【0115】

このように図6のステップS108に示す剰余画像の生成処理は、予め定められた対応

10

20

30

40

50

関係を参照して、勾配強度に対応する係数Dを選択する処理を含む。このとき、勾配強度画像192の各画素位置について、カラーコンポーネント別に係数Dが決定される。

【0116】

図10は、本実施の形態に係る剰余画像の生成に用いられるLook upテーブル166の一例を示す図である。図10(a)に示すように、複数の段階に離散化されており、勾配強度画像192の各画素位置の値に対応する係数Dが選択される。図10(a)に示すLook upテーブル166では、モジュロ演算の法となる値が2のべき乗になるように設計される。このように係数Dの割当てを行なうことで、モジュロ演算を高速化できる。Look upテーブル166は、任意に設計でき、例えば、図10(b)に示すような、段階数をより少なくしたLook upテーブル166を採用してもよい。さらに、Look upテーブルを必ずしも使用する必要はなく、予め定められた関数などを用いて、係数Dを決定してもよい。

10

【0117】

図7に戻って、係数選択部164は、勾配強度画像192の各画素位置について、カラーコンポーネント別に係数Dを選択する。勾配強度画像192に応じて決定される係数Dを用いて、モジュロ演算部168は、対象画像170に対してモジュロ演算を行ない、剰余画像194を生成する。

【0118】

モジュロ演算部168は、対応する係数Dを法として各画素位置の輝度値に対するモジュロ演算を行なう。より具体的には、各画素位置の輝度値 $P = q \times D + m$ （但し、 $q \geq 0$ 、 $D > 0$ ）が成立する最小のmが決定される。ここで、qは商であり、mは剰余である。

20

【0119】

後述する対象画像170の再構成処理（デコード処理）では、「輝度値 $P = k \times D + m$ 」が算出されるので、各画素位置において算出されるカラーコンポーネント別の剰余mが剰余画像194として保存される。すなわち、各画素位置の剰余mが剰余画像194を構成する。図7において、剰余画像194を「VT(Remainder)」あるいは「Rem」と表す。

【0120】

剰余画像194は、公知のダウンサンプリング方法またはアップサンプリング方法を用いて、任意の大きさにリサイズされてもよい。

【0121】

図11および図12は、本実施の形態に係る剰余画像の生成処理の結果を示す図である。図11には、合成画像176から勾配強度画像192を生成した例を示し、この勾配強度画像192に基づいて、Look upテーブル166を参照して、カラーコンポーネント毎の各画素位置の係数Dが選択される。そして、図12に示すように、選択された係数を法とするモジュロ演算が対象画像170に対して実行される。これによって、剰余画像194が生成される。

30

【0122】

本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理の最終出力として、少なくとも、入力されたままの参照画像172および182と、処理結果である剰余画像194とが保存される。オプションとして、参照画像172の距離画像174、および参照画像182の距離画像184が出力されてもよい。また、オプションとして、剰余画像194とともに縮小画像178が出力されてもよい。これらのオプションとして付加される情報（画像）は、デコード処理における処理内容に応じて適宜選択される。

40

【0123】

上述の説明においては、1つの対象画像170と2つの参照画像172、182とのセットに着目して説明したが、入力される複数の画像（多視点画像または映像フレーム列）に対して設定されるすべての対象画像およびそれぞれに対応する参照画像に対して、同様の処理が実行される。

【0124】

（e7：処理例）

50

以下、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理の処理例を示す。

【0125】

図13は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のエンコード処理に入力された対象画像170の一例を示す。図14は、図13に示す対象画像170から生成された剰余画像194の一例を示す。図13に示すような高精細な対象画像170であっても、図14に示すように、剰余画像194の多くの部分が黒色になっており、情報量が低減されていることがわかる。

【0126】

[F. デコード処理]

次に、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のデコード処理（図6のステップS200～S210）の詳細について説明する。基本的には、エンコード処理の逆処理であるので、同様の処理についての詳細な説明は繰返さない。

【0127】

(f1: 機能構成)

図15は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のデコード処理に係る機能構成を示すブロック図である。図16は、本実施の形態に係るデータサイズ低減方法のデコード処理の概要を説明するための模式図である。図15における表記は、図7における表記に準じている。

【0128】

図15を参照して、情報処理装置200は、その機能構成として、入力データバッファ250と、距離情報推定部252と、距離情報バッファ254と、画像合成部258と、サイド情報選択部260と、勾配強度画像生成部262と、係数選択部264と、Look upテーブル266と、逆モジュロ演算部268とを含む。

【0129】

情報処理装置200は、エンコード処理された情報（参照画像172および182、ならびに剰余画像194）を用いて、元の対象画像170を再構成する。例えば、図16に示すように、参照画像172、182と剰余画像194とが交互に配置されており、情報処理装置200は、剰余画像194の各々に対して、対応する参照画像172、182を用いてデコード処理を行なうことで、元の対象画像に対応する再構成画像294を復元する。図16に示すように、1つの参照画像が複数の対象画像に関連付けられる場合もある。

【0130】

(f2: 入力データおよび距離画像の取得)

図6のステップS200に示すエンコード処理の取得処理は、図15の入力データバッファ250と、距離情報推定部252と、距離情報バッファ254によって実現される。具体的には、情報処理装置200は、上述のデコード処理によって生成された、参照画像172および182ならびに剰余画像194を少なくとも受信する。上述したように、参照画像172および182にそれぞれ対応する距離画像174および184が併せて送信される場合には、これらの距離画像もデコード処理に用いられる。

【0131】

一方、距離画像174および184が入力されない場合には、距離情報推定部252が参照画像172および182にそれぞれ対応する距離画像174および184を生成する。距離情報推定部252における距離画像の推定方法は、上述した距離情報推定部152（図7）における距離画像の推定方法と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。距離情報推定部252によって生成された距離画像174および184は、距離情報バッファ254に格納される。

【0132】

(f3: 合成画像の生成)

図6のステップS202に示す合成画像の生成処理は、図15の画像合成部258によって実現される。より具体的には、画像合成部258は、参照画像172および対応する

距離画像 174、ならびに、参照画像 182 および対応する距離画像 184 を用いて、対象画像 170 の位置における仮想的な視野を示す合成画像 276 を生成する。画像合成部 258 における合成画像の生成方法は、上述した画像合成部 158 (図 7) における合成画像の生成方法と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。なお、受信された複数画像が映像フレーム列 (動画像) である場合には、2 つの参照画像 172 および 182 に対応するフレームの情報から内挿処理または外挿処理を行なうことで、対象画像 170 に対応するフレームの情報を生成できる。

【0133】

(f4: サイド情報の生成)

図 6 のステップ S204 に示すサイド情報の生成処理は、図 15 のサイド情報選択部 260 によって実現される。より具体的には、サイド情報選択部 260 は、縮小画像 178 (入力データに含まれている場合)、合成画像 276、およびこれらの組合せに基づいて、サイド情報 290 を生成する。

【0134】

上述したように、入力データに縮小画像 178 が含まれない場合もあり、この場合には、サイド情報選択部 160 は、画像合成部 258 により生成された合成画像 276 に基づいてサイド情報 290 を生成する。

【0135】

一方、入力データに縮小画像 178 が含まれている場合には、サイド情報選択部 160 は、縮小画像 178 をサイド情報 290 として用いてもよいし、縮小画像 178 と合成画像 276 との組合せによってサイド情報 290 を生成してもよい。このような縮小画像 178 と合成画像 276 との組合せによるサイド情報の生成処理としては、上述したような誤差分布を用いて、2 値化重み付け組合せ法、離散化重み付け組合せ法、および連続重み付け組合せ法などを採用できる。これらの処理については、上述したので、詳細な説明は繰返さない。

【0136】

(f5: 勾配強度画像の生成)

図 6 のステップ S206 に示す勾配強度画像の生成処理は、図 15 の勾配強度画像生成部 262 によって実現される。より具体的には、勾配強度画像生成部 262 は、サイド情報 290 から画像空間上の変化を示す勾配強度画像 292 を生成する。勾配強度画像生成部 262 における勾配強度画像の生成方法は、上述した勾配強度画像生成部 162 (図 7) における勾配強度画像の生成方法と同様であるので、詳細な説明は繰返さない。

【0137】

(f6: 対象画像の再構成)

図 6 のステップ S208 に示す対象画像の再構成処理は、図 15 の係数選択部 264、Look up テーブル 266、および逆モジュロ演算部 268 によって実現される。対象画像の各画素位置の輝度値は、入力データに含まれる剰余画像 194 の対応する画素位置の値 (剰余 m) と、剰余画像 194 を生成する際に用いられた係数 D とから、逆モジュロ演算によって推定される。

【0138】

この逆モジュロ演算にあたって、エンコード処理において剰余画像 194 を生成する際に用いられた係数 D が、勾配強度画像 292 に基づいて推定 (選択) される。すなわち、係数選択部 264 は、勾配強度画像 292 の各画素位置の値に応じて係数 D を選択する。この係数 D の選択方法としては任意の方法を採用できるが、本実施の形態においては、Look up テーブル 266 を参照して、各画素位置の係数 D を選択する。Look up テーブル 266 は、エンコード処理において用いられる Look up テーブル 166 (図 10) と同様である。係数選択部 264 は、Look up テーブル 266 を参照して、勾配強度画像 292 の各画素位置について、カラーコンポーネント別に係数 D を選択する。

【0139】

逆モジュロ演算部 268 は、各画素位置についての選択された係数 D および剰余 m、な

10

20

30

40

50

らびにサイド情報 290 の対応する値 $S I$ を用いて、逆モジュロ演算を行なう。より具体的には、逆モジュロ演算部 268 は、再構成画像 294 の輝度値についての候補値 $C(q')$ のリストを $C(q') = q' \times D + m$ (但し、 $q' \geq 0$, $C(q') < 256$) に従って算出し、この算出された候補値 $C(q')$ のうち、サイド情報 290 の対応する値 $S I$ に対する差が最も小さいものが、再構成画像 294 の対応する輝度値として決定される。

【0140】

例えば、係数 $D = 8$ 、剰余 $m = 3$ 、サイド情報 290 の対応する値 $S I = 8$ の場合を考えると、候補値 $C(q')$ としては、以下のようになる。

【0141】

候補値 $C(0) = 0 \times 8 + 3 = 3$ ($S I$ との差 = 5)
 候補値 $C(1) = 1 \times 8 + 3 = 11$ ($S I$ との差 = 3)
 候補値 $C(2) = 2 \times 8 + 3 = 19$ ($S I$ との差 = 11)
 ...

これらの候補値 $C(q')$ のうち、サイド情報 290 の対応する値 $S I$ との差が最も小さくなる候補値 $C(1)$ が選択され、再構成画像 294 の対応する輝度値は「11」に決定される。このようにして、再構成画像 294 の各画素位置の輝度値がカラーコンポーネント別にそれぞれ決定される。

【0142】

このように図 6 のステップ S208 に示す対象画像の再構成処理は、勾配強度画像 292 の各画素位置について勾配強度に応じた係数 D を決定するとともに、決定した係数 D を法とし、剰余画像 194 の対応する画素位置の値を剰余 m とする逆モジュロ演算により算出される候補値 $C(q')$ のうち、サイド情報 290 の対応する画素位置の値に対する差が最も小さいものを、対象画像 170 の対応する画素位置の輝度値として決定する処理を含む。

【0143】

本実施の形態に係るデコード処理の最終出力として、少なくとも、処理の結果得られた再構成画像 294 と、入力されたままの参照画像 172 および 182 とが出力および／または保存される。オプションとして、参照画像 172 の距離画像 174、および参照画像 182 の距離画像 184 が出力されてもよい。さらに、再構成画像 294 は、元の対象画像 170 および／または剰余画像 194 との大きさの違いに応じて、任意の大きさにリサイズされてもよい。

【0144】

上述の説明においては、1つの対象画像 170 と2つの参照画像 172, 182 とのセットに着目して説明したが、入力される複数の画像（多視点画像または映像フレーム列）に対して設定されるすべての対象画像およびにそれぞれ対応する参照画像に対して、同様の処理が実行される。

【0145】

[G. 利点]

本実施の形態によれば、従来に比較してより適切なサイド情報を生成できるとともに、本実施の形態に係るサイド情報を用いることで、再構成画像の品質を高めることができる。

【0146】

本実施の形態は、多視点画像のデータ表現、画像圧縮前の新たなデータフォーマットといった、画像処理システムの様々なアプリケーションへ応用できる。

【0147】

本実施の形態によれば、大規模な多視点画像のための、剰余ベースのデータフォーマットを用いることで、より効率的な表現が可能になる。また、変換されたデータフォーマットは、モバイル機器のような電力容量の小さい装置に対して用いることができる。そのため、本実施の形態によれば、モバイル機器や低消費電力の機器上で三次元像をより簡単に

10

20

30

40

50

提供する可能性を高めることができる。

【0148】

今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

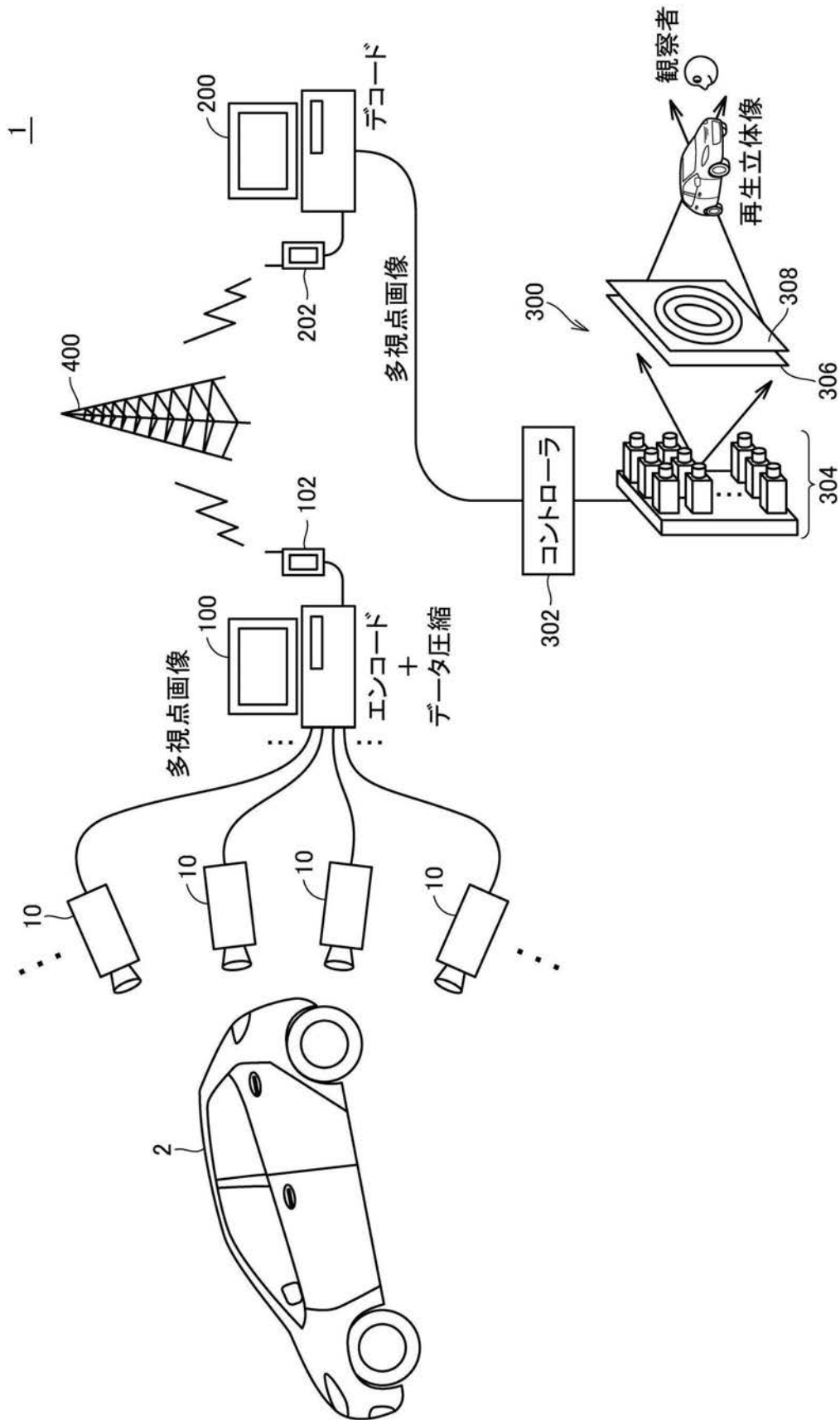
【符号の説明】

【0149】

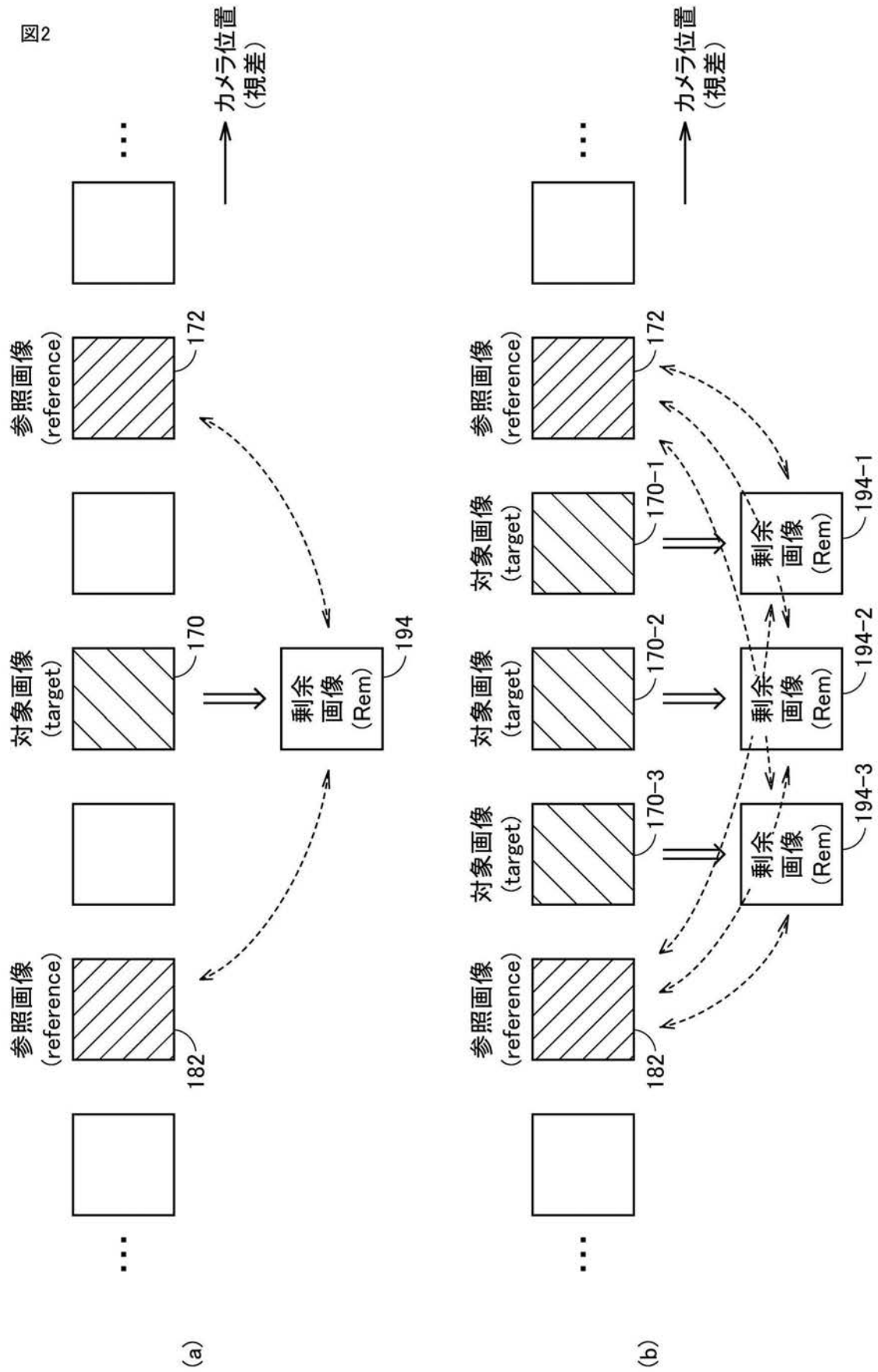
10 カメラ、100, 200 情報処理装置、102, 202 無線伝送装置、104, 204 プロセッサ、106, 206 メモリ、108 カメラインターフェイス、110, 210 ハードディスク、112, 212 画像データ、114 エンコードプログラム、116, 216 入力部、118, 218 表示部、120, 220 通信インターフェイス、122, 222 バス、150 入力画像バッファ、152, 252 距離情報推定部、154, 254 距離情報バッファ、156 サブサンプリング部、158, 258 画像合成部、160, 260 サイド情報選択部、162, 262 勾配強度画像生成部、164, 264 係数選択部、166, 266 Look upテーブル、168 モジュロ演算部、170 対象画像、172, 182 参照画像、174, 184 距離画像、176, 276 合成画像、178 縮小画像、179 拡大画像、190, 290 サイド情報、192, 292 勾配強度画像、194 剰余画像、208 プロジェクタインターフェイス、214 デコードプログラム、250 入力データバッファ、268 逆モジュロ演算部、294 再構成画像、300 立体表示装置、302 コントローラ、304 プロジェクタアレイ、306 拡散フィルム、308 集光レンズ、400 無線基地局。

【図 1】

図 1

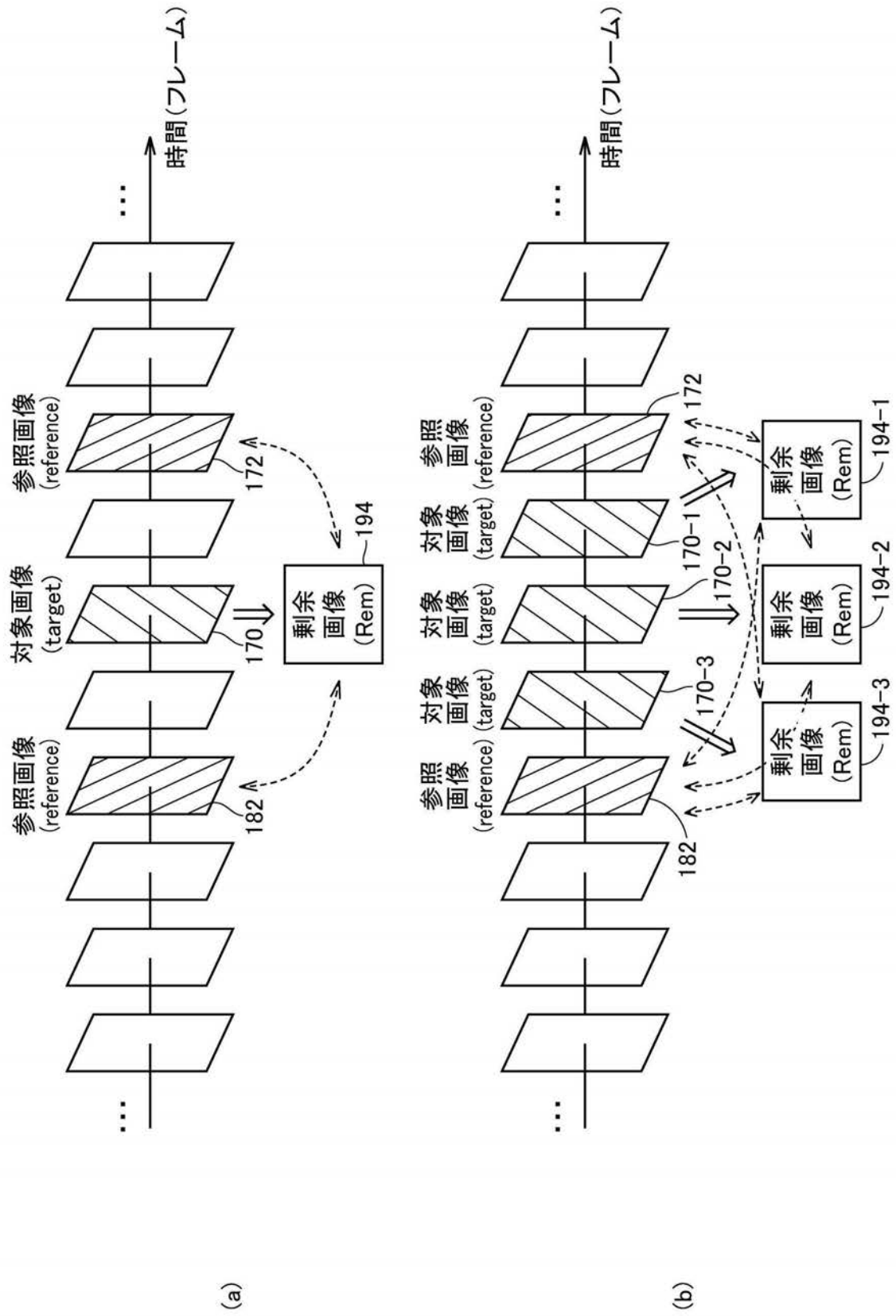


【図 2】



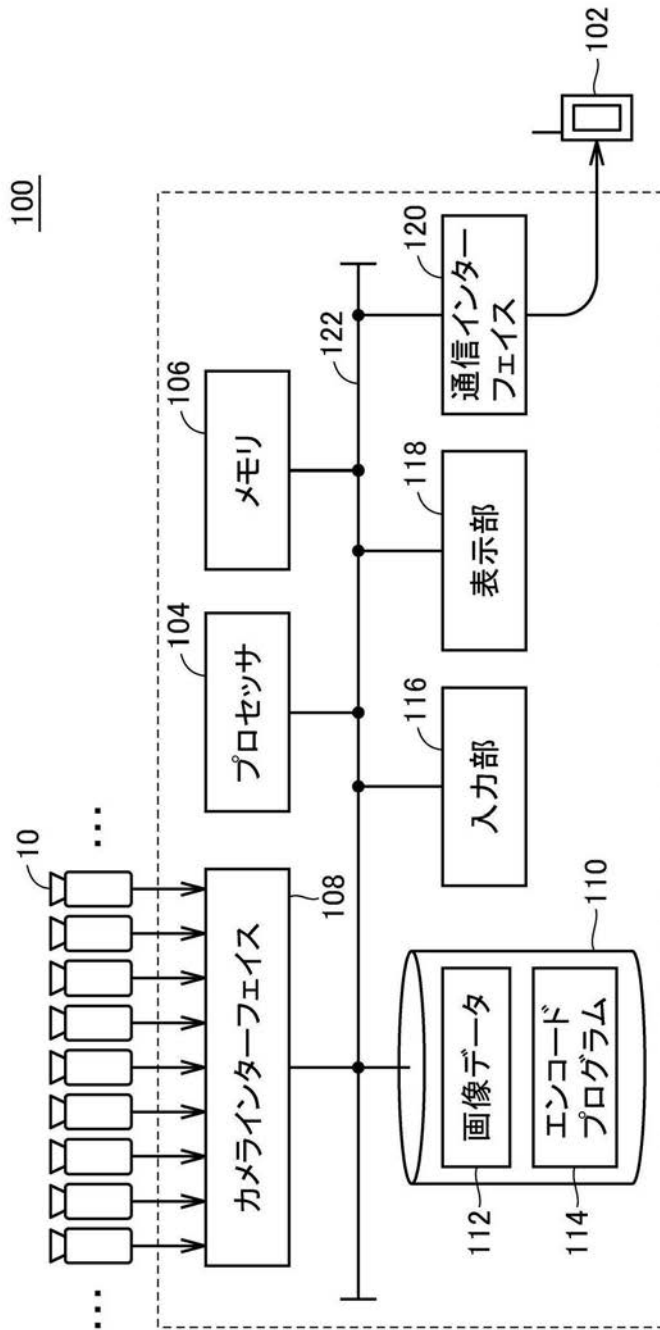
【図 3】

図3



【図 4】

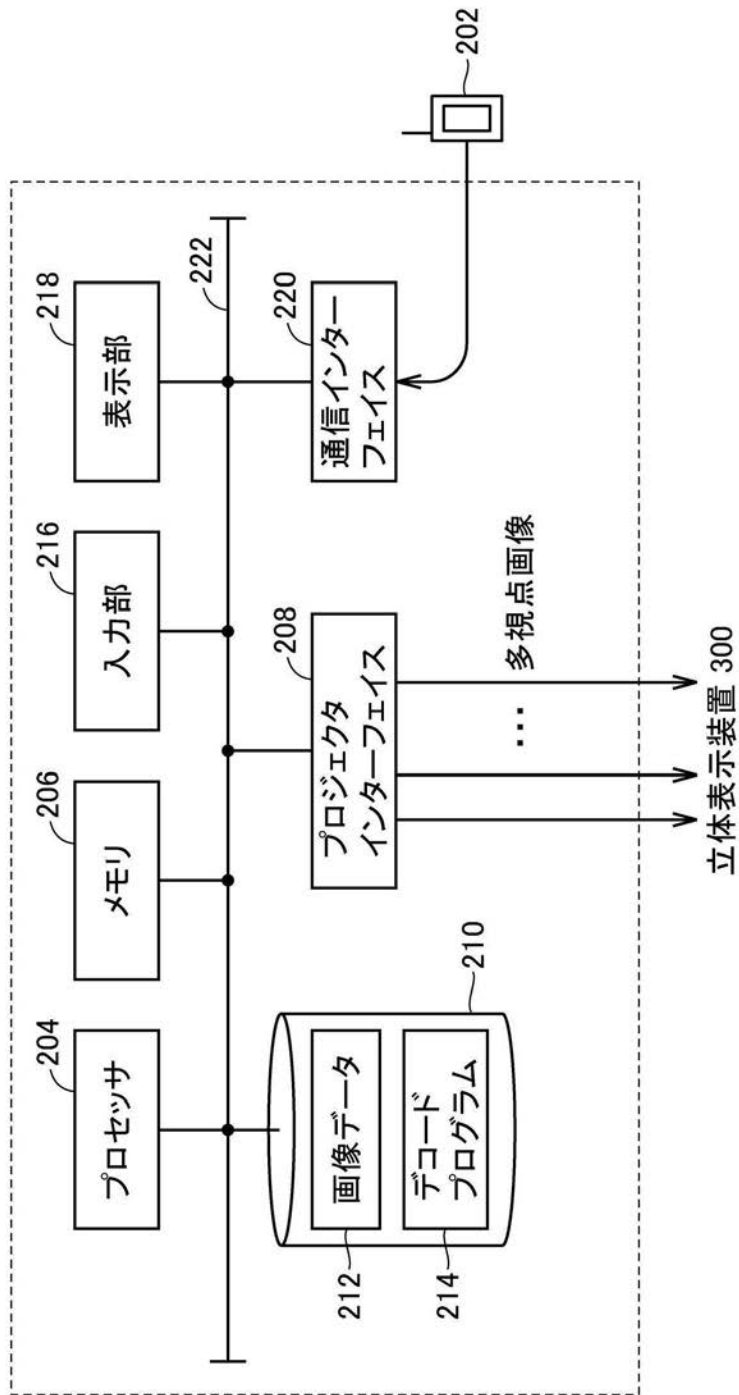
図4



【図 5】

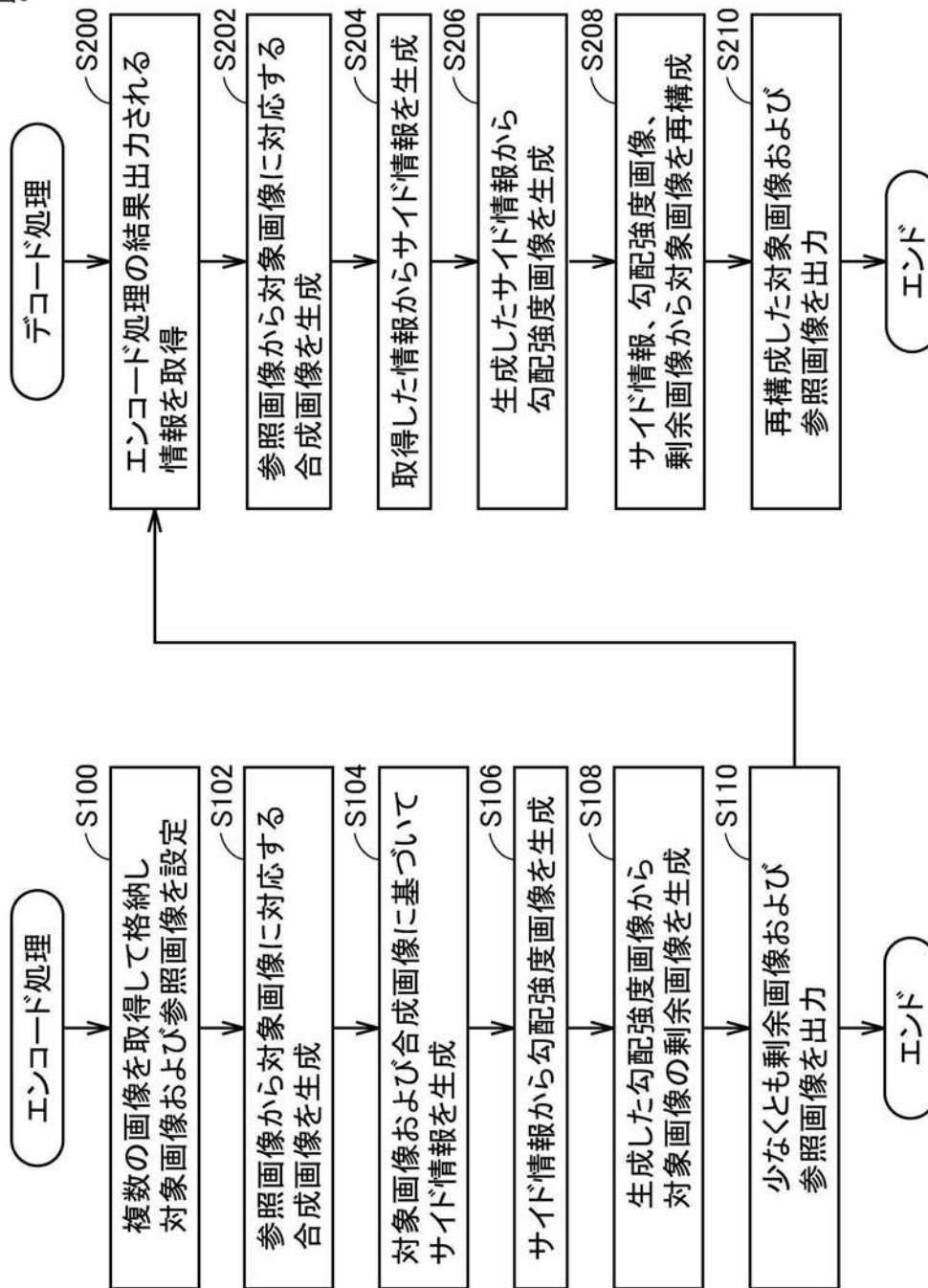
図5

200

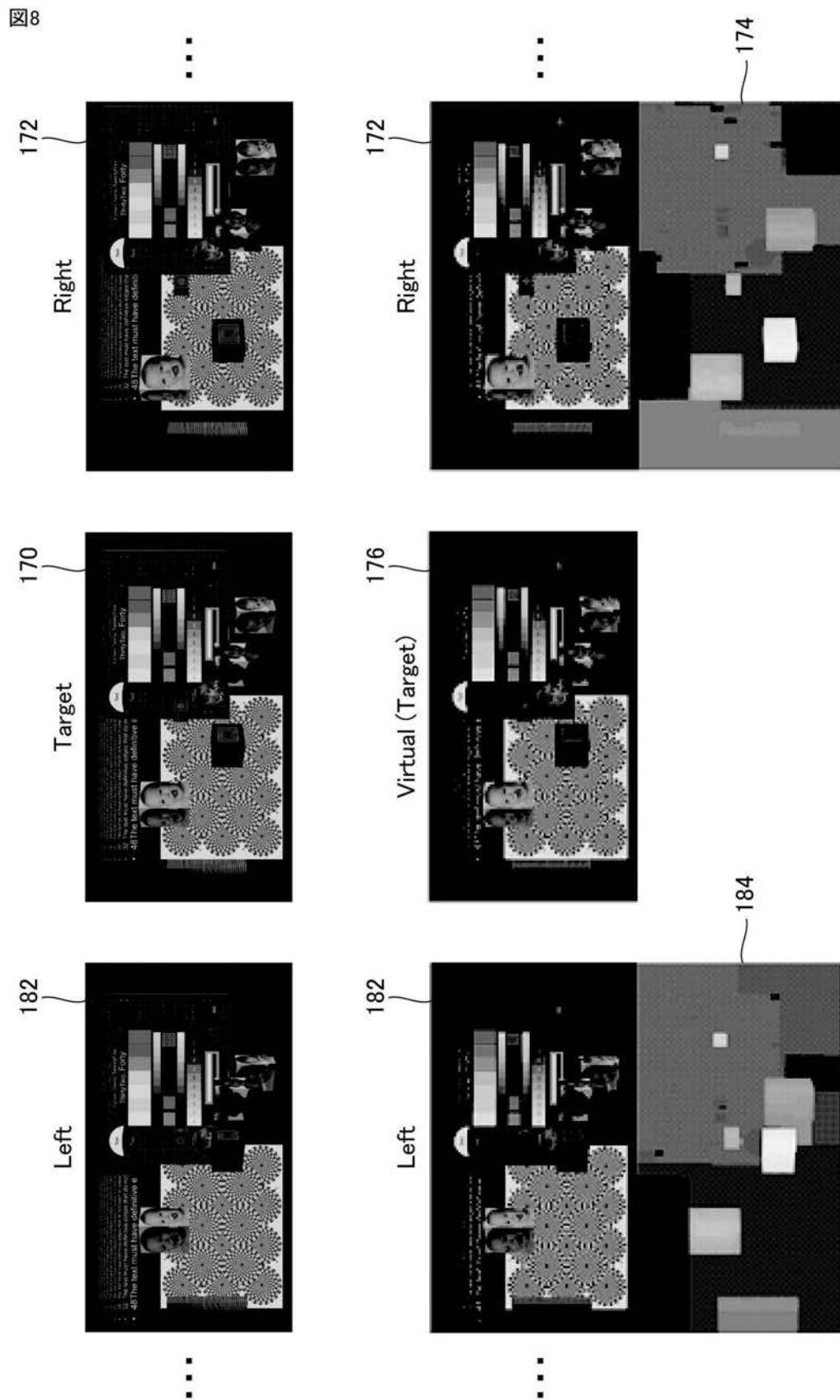


【図6】

図6



【 図 8 】



【 図 9 】

図9

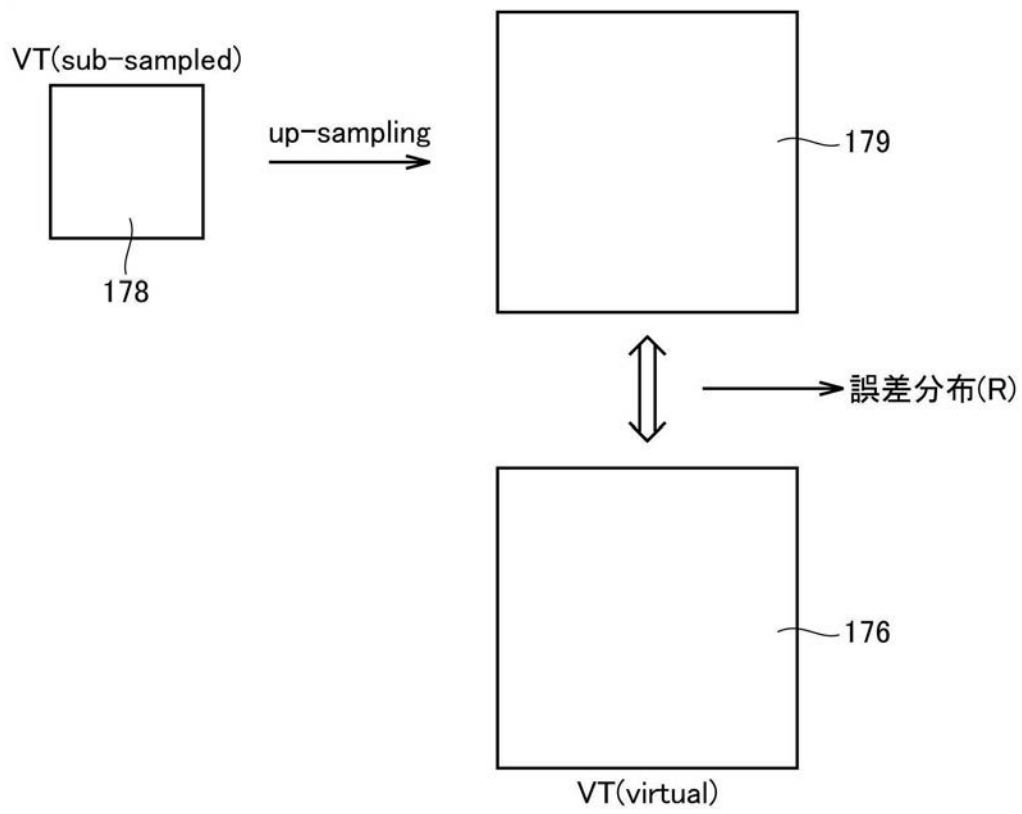


図10

1644

Gradient Range	0	1	2-3	4-7	8-15	16-31	32-63	64-127	128-255
D	1	2	4	8	16	32	64	128	256

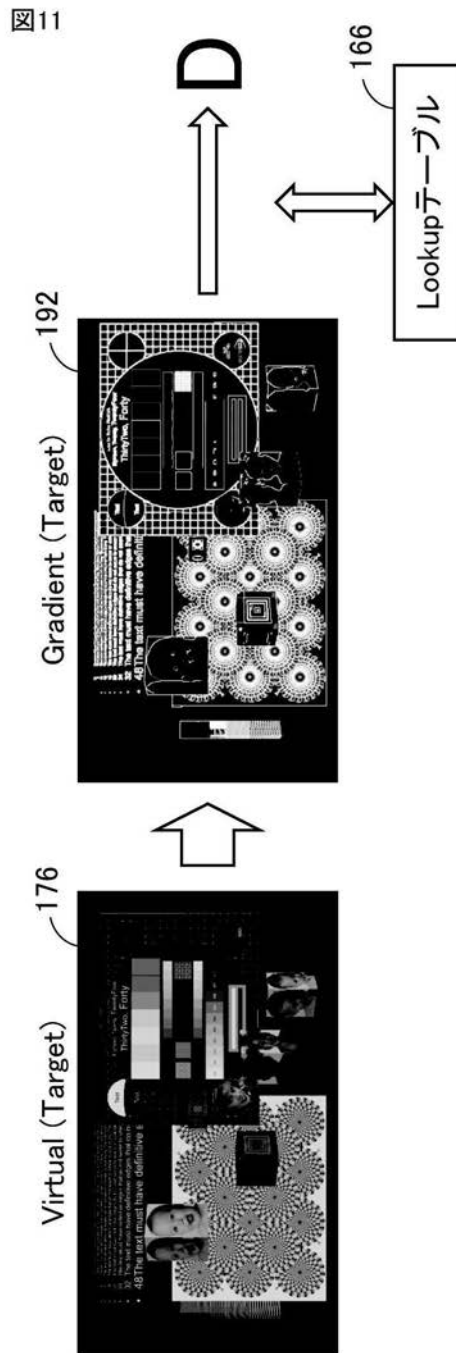
(a)

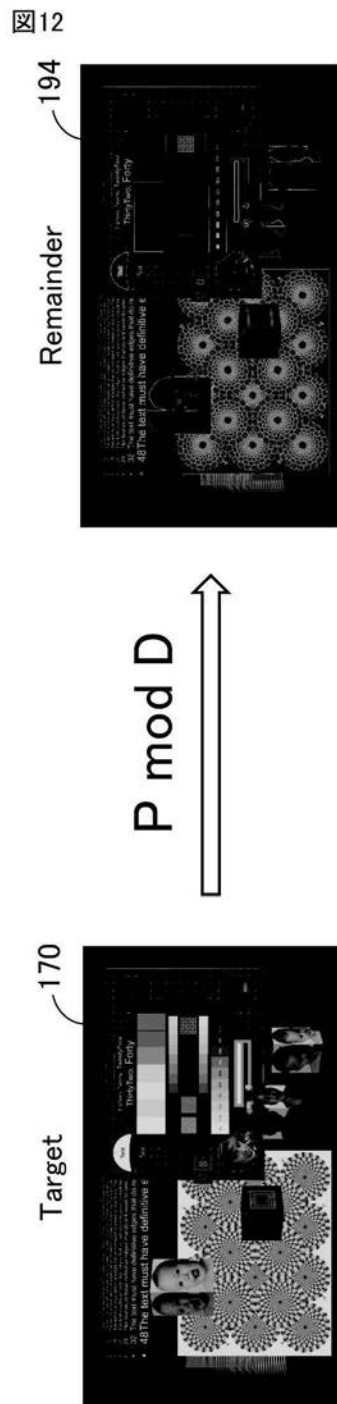
1644

Gradient Range	0-7	8-127	128-255
D	8	128	256

(b)

【図 11】





【図 13】

図13

170



【図 1 4】

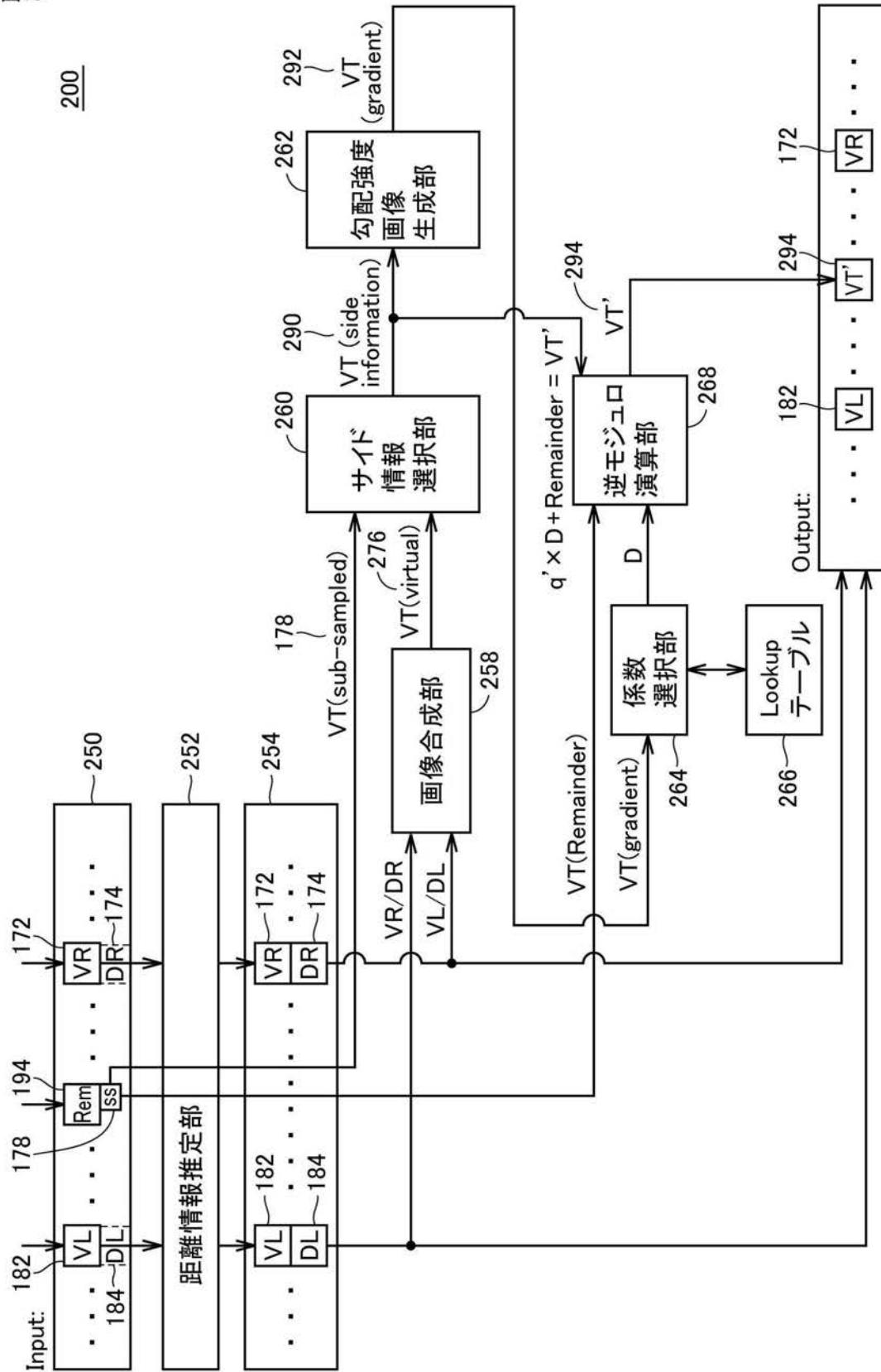
図14

194

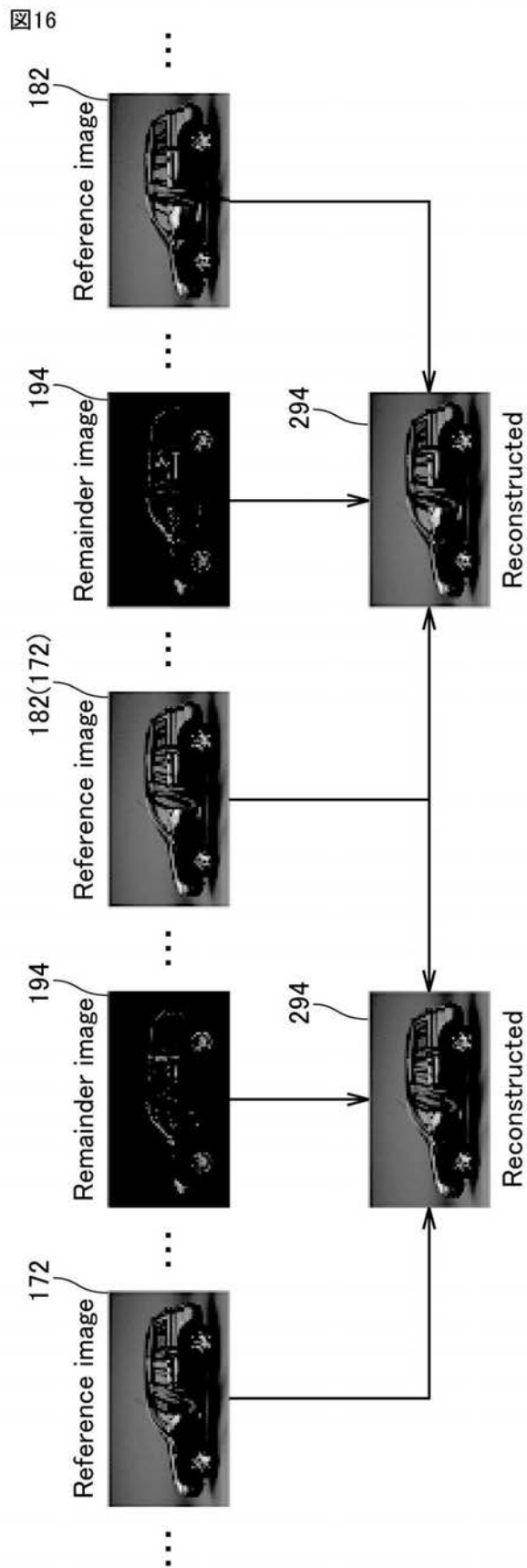


【図 15】

図15



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 河北 真宏

東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内

(72)発明者 井ノ上 直己

東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立行政法人情報通信研究機構内

(72)発明者 藤井 俊彰

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) 5C159 LB05 MA05 MA12 MA16 MA19 PP03 PP04 PP13 PP14 RA04
SS26 TA30 TC03 TD12 UA02 UA05