

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011年3月3日(03.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/024249 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 3/00 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)
G06T 3/40 (2006.01) H04N 5/232 (2006.01)
H04N 1/387 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/064716
- (22) 国際出願日: 2009年8月24日(24.08.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): キヤノン株式会社 (CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中田 有一 (NAKADA Yuichi) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 阿部 琢磨, 外 (ABE Takuma et al.); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, AND IMAGE PROCESSING PROGRAM

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラム

[図2]

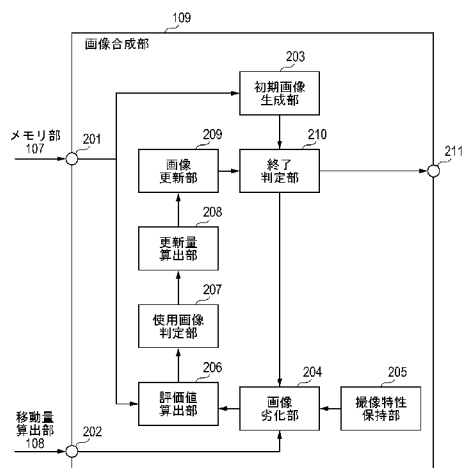


FIG. 2:
107 MEMORY UNIT
108 MOVEMENT AMOUNT CALCULATION UNIT
109 IMAGE SYNTHESIS UNIT
203 INITIAL IMAGE GENERATION UNIT
209 IMAGE UPDATE UNIT
210 END CHECK UNIT
208 UPDATE AMOUNT CALCULATION UNIT
207 USED IMAGE JUDGMENT UNIT
206 EVALUATION VALUE CALCULATION UNIT
204 IMAGE DEGRADATION UNIT
205 IMAGE CHARACTERISTIC HOLDING UNIT

(57) Abstract: It is possible to generate a high-resolution image appropriate for a plurality of input images. Provided is an image processing device including: a means for acquiring a relative movement amount between each of a plurality of first images and a reference image selected from the first images; a means for generating for each of the first images, a third image having a second resolution and a fourth image having a first resolution in accordance with a relative movement amount and an imaging characteristic of the imaging device; a means for acquiring an evaluation value indicating a difference between the fourth image and the first image corresponding to the fourth image for each of the fourth images; and a means for updating the third image by an update value determined by the fourth image in accordance with the evaluation value so as to generate a second image having a second resolution.

(57) 要約: 本発明は、複数の入力画像に対して適切な高解像度画像を生成する。複数の第一の画像から選択した基準画像と第一の画像との相対移動量を第一の画像ごとに取得する手段と、第二の解像度を有する第三の画像と相対移動量と撮像装置の撮像特性とに基づいて第一の解像度を有する第四の画像を第一の画像ごとに生成する手段と、第四の画像と第四の画像に対応する第一の画像との差分を示す評価値を第四の画像ごとに取得する手段と、評価値に基づいて第四の画像により決定される更新値で第三の画像を更新することにより第二の解像度を有する第二の画像を生成する手段とを備える画像処理装置。

明 細 書

発明の名称：

画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、撮像装置で撮像された第一の解像度を有する複数の第一の画像を用いて第二の解像度を有する第二の画像を生成する画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラムに関するものである。

背景技術

[0002] デジタルビデオカメラなどの撮像装置で撮像可能な画像データの解像度は、撮像装置の設計や規格に依存して決定される。しかし、撮像装置で撮影可能な解像度を超える高解像度の画像データを取得したいという要求が存在する。このような要求に対し、2枚以上の画像データを合成することにより、撮像装置で撮像可能な解像度を超えた高解像度の画像データを生成する撮像装置が提案されている。例えば、非特許文献1では、複数枚の位置ずれを有する低解像度画像を合成して、高解像度画像を生成する手法が提案されている。非特許文献2は、MAP (Maximum A Posterior) 推定に基づく方法により高解像度画像を生成する手法を開示している。MAP法は、二乗誤差に高解像度画像の確率情報を付加した評価関数を最小化するような高解像度画像を推定する方法である。高解像度画像に対するある先見情報を利用して、事後確率を最大化する最適化問題として高解像度画像の推定を行う。これらの方法で高解像度画像を生成するため、入力となる低解像度画像は位置ずれを持つ良く似た画像が必要となる。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：青木 伸，“複数のデジタルデータによる超解像処理”，Ricoh Technical Report No. 24, NOVEMBER, 1998年

非特許文献2：Sung C. P. , Min K. P. , " Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview", 米国 IEEE Signal Proc. Magazine, 第26巻, 第3号, p. 21-36, 2003年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、非特許文献1、非特許文献2で提案される方法では、入力される複数の低解像度画像の中に、被写体が変化した画像（例えば、人物の表情など）、ぶれ画像等が含まれる場合は、複数枚の画像間に好ましくない差異が生じる。そのため、良好な高解像度画像が生成できないという課題があった。また、入力画像の位置合わせに失敗した場合にも、同様に良好な高解像度画像が生成できないという課題があった。

[0005] そこで本発明は、入力される複数の低解像度画像を合成して解像度変換を行う際に、複数の低解像度画像の中に、合成処理に不適切な画像が含まれることによる不具合を解消又は低減させ、適切な高解像度画像を生成することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の目的を達成するため、本発明による画像処理装置は以下の構成を備える。即ち、撮像装置で撮像された第一の解像度を有する複数の第一の画像を用いて第二の解像度を有する第二の画像を生成する画像処理装置であって、

前記複数の第一の画像から選択した基準画像と前記第一の画像との複数の相対移動量を、前記第一の画像ごとに取得する第一の取得手段と、

第二の解像度を有する第三の画像と、前記第一の取得手段により取得された前記複数の相対移動量と、前記撮像装置の撮像特性とに基づいて、前記第一の解像度を有する複数の第四の画像を、前記第一の画像ごとに生成する第一の生成手段と、

前記第一の生成手段で生成された前記複数の第四の画像と、前記第四の画像に対応する前記複数の第一の画像との差分に基づく複数の評価値を、前記第四の画像ごとに取得する第二の取得手段と、

前記第二の取得手段で取得された前記複数の評価値に基づいて、前記複数の第四の画像により決定される更新値で前記第三の画像を更新することにより、前記第二の解像度を有する第二の画像を生成する第二の生成手段とを備える。

発明の効果

[0007] 本発明は、入力された複数の低解像度画像を合成して高解像度画像を生成する際に、入力された複数の低解像度画像の中に合成処理に不適切な画像が含まれていることによって生じる、画像がぼけるなどの不具合を解消又は低減し、適切な高解像度画像を生成する効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]実施例1の画像処理装置の構成を示すブロック図である。
- [図2]画像合成部109の構成を示すブロック図である。
- [図3]劣化過程を表す行列を示す図である。
- [図4]画像合成処理の流れを示すフローチャートである。
- [図5]低解像度画像と、それに対する劣化画像を示す図である。
- [図6]評価値算出部で算出される評価値の一例を示す図である。
- [図7]フレーム間の相対移動量を求める方法を説明するためのフローチャートである。
- [図8]有効ブロック判定方法を説明するためのフローチャートである。
- [図9]有効動きベクトル判定方法を説明するためのフローチャートである。
- [図10]ぶれ画像を含む複数枚の入力画像を示す図である。
- [図11]実施例2の画像処理装置の構成に含まれる画像合成部を示すブロック図である。
- [図12]実施例3の画像処理装置の構成に含まれる画像合成部を示すブロック図である。

[図13]実施例4の画像処理装置の構成に含まれる画像合成部を示すブロック図である。

[図14]評価値を取得する際の領域の重みづけを示した図である。

[図15]初期XR画像X0を選択する方法を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] (実施例1)

<画像処理装置の構成図>

図1は、実施例1の画像処理装置の構成を示したブロック図である。撮像部101は、撮像レンズ群とC-MOSやCCD等の半導体撮像素子からなる。撮像部101から出力される映像信号は、A/D変換部102によりデジタル画像に変換され、画像処理部103に入力される。画像処理部103は、入力された画像に対して解像度変換処理を実施し、入力画像の解像度よりも高解像度の画像を生成する。生成された高解像度の画像は、画像表示部104で表示されるか、或いは、画像記録部105で記録媒体に記録される。

[0010] 画像処理部103の処理について説明する。入力端子106は画像処理部103の入力端子であり、A/D変換部102によりデジタル変換された画像を入力する。入力された画像は、メモリ部107に格納される。108は移動量算出部であり、メモリ部107から複数枚の画像を読み出し、画像間の相対移動量の算出を行う。具体的には、読み出された複数枚の画像から一枚の基準画像を選択し、全ての読み出された画像と選択された画像との相対移動量を算出する。次に、画像合成部109において、移動量算出部108から得られる相対移動量を用いて、メモリ部107から読み出した複数の画像を合成し、高解像度画像を生成する。画像合成部109の詳細については後で詳述する。最後に、生成された高解像度画像を出力端子110より出力し、画像処理部103の処理が完了する。なお、各処理部（画像処理部103や画像表示部104）は、中央処理装置（CPU）により制御されている。

。

[0011] なお、画像処理装置は、画像処理を実行するコンピュータや、画像表示インターフェースを有する撮像装置（静止画カメラ、動画カメラ）、テレビなどの表示装置、或いはプリンターなどの印刷装置である。

[0012] <画像合成部の詳細>

図2は、画像合成部109を説明するブロック図である。本実施例では、出力される高解像度画像をHR画像（High Resolution画像）、入力画像をLR画像（Low Resolution画像）と表す。メモリ部107に記憶されている複数枚のLR画像は、画像入力端子201を介して画像合成部109に入力される。移動量算出部108から出力される相対移動量は相対移動量入力端子202を介して画像合成部109に入力される。初期画像生成部203は、複数枚のLR画像の中から選択された一枚のLR画像に基づいて、出力されるHR画像の初期画像として初期HR画像（X0）を生成する。選択されたLR画像は移動量算出部108で相対移動量の算出の基準となる基準画像（後に詳しく述べる）と同一であることが望ましい。画像劣化部204は、撮像特性保持部205から得られる撮像特性と相対移動量入力端子202から得られる相対移動量に基づいて、初期画像生成部203で生成された初期HR画像（X0）又は画像更新部209で生成されたHR画像を劣化させ、劣化画像を生成する。実施例1で扱う劣化条件は、撮像装置における光学系の特性を示す点広がり関数（PSF, Point Spread Function）、センサ画素数の制限によるダウンサンプリング率、相対移動量である。ダウンサンプリング率の劣化条件はダウンサンプリング時の縮小倍率（ $1/s_x$, $1/s_y$ ）により取得される。なお、 s_x , s_y は正の数であるとする。また、これらの劣化条件は画像合成に先立ってあらかじめ規定されているものとする。評価値算出部206は、画像入力端子201から入力されるLR画像と、画像劣化部204から入力される劣化画像とを用いて、LR画像を画像合成処理に使用するか否かを判定するための評価値をLR画像毎に算出する。使用画像判定部207は

、評価値算出部 206 から算出された各 LR 画像の評価値に基づいて各 LR 画像を合成処理に使用するか否かの判定を行う。評価値の算出法及び、判定法については後述する。更新量算出部 208 は、HR 画像を更新するための更新量を算出する。画像更新部 209 は、更新量算出部 208 から取得される更新量を用いて、HR 画像を更新する。具体的には、後述する画像合成処理によって、複数の LR 画像から一の HR 画像を推定すべく、HR 画像の各画素に対する画素値の変化量を示した更新量が算出される。よって、更新量の解像度は HR 画像の解像度と同一となる。更新量に対して更新の度合いを示すパラメータを乗じ、HR 画像に加算することで更新を行う。終了判定部 210 は、初期画像生成部 203 又は、画像更新部 209 で生成された HR 画像の更新処理を終了するか否かを判定する。実施例 1 では更新処理の更新回数に基づいて終了判定を行う。具体的には閾値 t をあらかじめ設定しておき、更新処理の回数が t 以上となった場合に更新処理を終了する。更新処理を終了する場合は、HR 画像を出力端子 211 へ出力する。更新処理を終了しない場合は、更新した HR 画像を画像劣化部 204 へ出力し HR 画像の更新処理を続行する。

[0013] <劣化条件>

撮像装置の劣化条件が、撮像装置の点広がり関数 (PSF) と、センサ画素数の制限による劣化過程であるダウンサンプリングと位置ずれ (相対移動量) である場合について説明する。なお、本実施例では、撮像装置の点広がり関数 (PSF) と、ダウンサンプリング率の条件を撮像特性とよぶ。撮像される LR 画像を Y とすると、(数 1) で定義されるように劣化条件が作用する。

[0014] [数 1]

$$(数 1)$$

$$Y = DBM \cdot X$$

[0015] 行列 B は PSF による劣化過程を示す正方行列である。行列 D はダウンサ

ンプリング処理の画像縮小の倍率を反映した行列である。Mは画像間の相対移動量を表す行列である。XはHR画像となる。(数1)は、撮像装置の点像広がり特性と撮像素子によるダウンサンプリング、更に入力LR画像間の位置ずれを高解像度画像に適用して、劣化画像(Y)を取得することを示している。

[0016] 行列M、B、DのサイズはLR画像のサイズによって変化する。LR画像のサイズをW(横画素数)とH(縦画素数)、ダウンサンプリング時の画像縮小の倍率を $(1/s_x, 1/s_y)$ とする場合、(数1)に記載される各行列サイズは図3の通りとなる。HR画像であるXはベクトル記述として扱うため、その行列サイズは $(H \times W) \times 1$ となる。画像間の相対移動量を表す行列Mと、PSFによる劣化処理を行う行列Bは、 $(H \times W) \times (H \times W)$ の正方行列となる。ダウンサンプリング処理を表す行列Dのサイズは、 $(H \times 1/s_x \times W \times 1/s_y) \times (H \times W)$ となる。

[0017] 相対移動量を表す行列Mの生成方法について説明する。行列Mの作成に際しては、後述の相対移動量の算出にて得られる基準画像と対象画像との相対関係を示すアフィンパラメータにより決定される。入力される複数の画像のうち1枚を基準画像と定め、その他の画像を対象画像とする。このとき、画素位置 (x, y) は対象画像上の画素位置に対応し、 (x', y') は基準画像上の画素位置に対応する。推定されたアフィンパラメータから、対象画像上の画素位置 (x, y) が基準画像上のどの座標位置に対応するかを把握することができる。対応の結果、画素位置 (x', y') が基準画像の格子点上にプロットされる場合には、基準画像の画素位置に対応する行列Mの要素を1と規定し、その他の要素に0を代入する。基準画像の格子点上にプロットされない場合には、 (x', y') の周辺画素の画素値から、線形補間等の補間処理を利用して、その重みから行列Mの係数を算出する。このとき、行列Mは、 (x, y) と (x', y') の周辺画素の位置から決定される行及び列の要素に、 (x', y') の周辺画素に割り当てられる重み値をそれぞれ代入する。それ以外の要素に0を代入することで画像間の相対移動量

を表す行列Mを生成する。なお、ブロック単位で相対移動量を算出する手法については後述する。

[0018] <画像合成処理>

実施例 1 での画像合成処理は、非特許文献 2 に開示されているMAP 推定法をベースに行う。MAP 推定法とは、二乗誤差に高解像画像の確率情報を付加した評価関数を最小化することで、高解像画像を推定する方法である。高解像画像に対するある事前情報を利用して、事後確率を最大化する最適化問題として高解像度画像を推定する超解像処理方法である。実施例 1 では、(数 2) に従って複数のLR 画像からHR 画像を推定する。

[0019] [数2]

(数 2)

$$X' = \arg \min \left[\alpha \|CX\|^2 + \sum_k \frac{1}{\sigma_k^2} \|Y_k - DB M_k X\|^2 \right]$$

ここで、X' は推定されたHR 画像、X は後述する初期HR 画像X 0 又はMAP 法の繰返し演算におけるHR 画像、Y_k はLR 画像、C は推定されたHR 画像に適用される線形フィルタである。また、k は各LR 画像のインデックス (通し番号) である。

(数 2) の

[0020] [数3]

$$\|CX\|^2$$

[0021] は、「隣接画素の画素値は類似した値を持つことが多い」という事前情報を加味した拘束項である。実施例 1 では画像全体に平滑化の効果があるラプシアンフィルタを線形フィルタC として使用する。α は結果画像における平滑化度合いを調整するパラメータである。平滑度合いの高い結果画像を得たい場合にはα の値を大きくすることが有効である。

(数 2) の

[0022] [数4]

$$\frac{1}{\sigma_k^2} \|Y_k - DBM_k X\|^2$$

[0023] は、LR画像 Y_k と劣化過程を経て推定された劣化画像との差分値を演算する項である。この差分は、(数1)のHR画像推定の正確性を表しており、(数1)の推定が正しいものであれば、この項はゼロとなる。なお、 σ_k は入力画像 Y_k のノイズ量の標準偏差である。

[0024] (数3)は、(数2)の右辺部を抽出し、画像合成時Iの評価関数として用いる数式である。

[0025] [数5]

(数3)

$$I = \alpha \|CX\|^2 + \sum_k \frac{1}{\sigma_k^2} \|Y_k - DBM_k X\|^2$$

後述するが、上記評価関数の微分値を更新値として高解像度画像を更新する。

[0026] 画像合成部109で行なわれる画像合成方法を図4のフローチャートを用いて説明する。まず、メモリ部107から画像入力端子201を介して複数枚のLR画像 Y_k が入力される(ステップS401)。ここでは、N枚のLR画像 Y_k が入力されるとする。なお、kは入力されたLR画像 Y_k の枚数をカウントするカウンター(インデックス)であり、kの変動範囲は $k = [0, 1, \dots, N-1]$ とする。

[0027] 次に、撮像装置の劣化条件を取得する(ステップS402)。実施例1で扱う劣化条件は、撮像装置の光学系の点拡がり関数(PSF)と、センサ画素数の制限による劣化過程であるダウンサンプリング率と、画像間の位置ずれ(相対移動量)である。

- [0028] ステップS 4 0 3では、前述のMAP推定で必要となる初期HR画像X₀を作成する。初期HR画像X₀は、入力されたLR画像Y_kから選択された一枚のLR画像に基づいて、補間処理によって横画像サイズをs_x倍、縦画像サイズをs_y倍に拡大する。補間処理としては線形補間を使用する（キュービック補間など、その他の補間処理を使用してもよい）。
- [0029] 続いて、ステップS 4 0 4において、処理を終了するか否かの判定を行う。実施例1ではHR画像更新処理の処理回数に基づいて処理を終了するか否かの判定を行う。あらかじめ設定しておいた閾値tを用いて、処理回数がt回より小さい場合はHR画像Xの更新処理を続行し、処理回数がt回以上になったらステップS 4 1 3進む。
- [0030] S 4 0 4で処理を続行する場合について引き続き説明する。続くステップS 4 0 5でカウンターkをk=0に初期化した後、入力された劣化条件を加味しながら、HR画像に基づいて各LR画像Y_kに対応する劣化画像Y'_kを作成する（ステップS 4 0 6）。劣化画像の作成に際しては、（数1）を用いて次式のように計算する。

[0031] [数6]

（数4）

$$Y'_k = DBM_k \cdot X$$

- [0032] M_kは、Y_kについての相対移動量である。入力された全てのLR画像Y_kについて劣化画像Y'_kを生成したか否かを判定し（ステップS 4 0 7）、全てのLR画像について劣化画像Y'_kの生成が完了していないと判定した場合には、カウンターkの値を更新し（ステップS 4 0 8）、ステップS 4 0 6からステップS 4 0 7までの処理を繰り返し行う。一方、ステップS 4 0 7において、劣化画像Y'_kの生成が全てのLR画像Y_kについて完了したと判定した場合には、生成した劣化画像Y'_kを用いて、LR画像Y_kを使用するか否かを判定する評価値e_kを算出する（ステップS 4 0 9）。

評価値 e_k は L R 画像 Y_k と劣化画像 Y'_k の差分を用いて計算する。実施例 1 では（数 5）を用いて各 $Y_k \cdot Y'_k$ に対して計算するものとする。

[0033] [数 7]

（数 5）

$$e_k = \|Y_k - Y'_k\|^2$$

[0034] 評価値 e_k は L R 画像 Y_k と劣化画像 Y'_k の差分画像の二乗和（差分画像の行列ノルム）として表され、L R 画像 Y_k と劣化画像 Y'_k との差分が大きいほど大きな値となる。

[0035] ここで、H R 画像として初期 H R 画像 X_0 を扱う場合を例に、図 5 を用いてどのような L R 画像 Y_k で e_k が大きな画像となるのか説明する。図 5 に 6 枚の L R 画像（ $Y_0 \sim Y_5$ ）と、 $Y_0 \sim Y_5$ から選択した L R 画像 Y_4 を補間拡大して生成した初期 H R 画像 X_0 を示す。 $Y_0 \sim Y_5$ は連続して撮影された複数枚の L R 画像であり、その間に被写体の表情が変化している。L R 画像 Y_4 を含む 4 枚の L R 画像では、被写体の目が開いている（ Y_0 、 Y_1 、 Y_4 、 Y_5 ）が、それ以外の 2 枚の画像では目を閉じている（ Y_2 、 Y_3 ）。各 L R 画像に対応する劣化画像 Y'_k は H R 画像に対して入力された劣化条件を加味して生成される。劣化条件には被写体の表情の変化は含まれないため、H R 画像と被写体の表情が異なる Y_2 、 Y_3 に対する劣化画像 Y'_2 、 Y'_3 は目を開けた画像（開けた画像と閉じた画像の中間的な画像）となる。このため、評価値 e_k を算出した場合、他の L R 画像と比較して Y_2 、 Y_3 は表情の変化分だけ評価値が大きくなる。

[0036] ステップ S 4 1 0 では、ステップ S 4 0 9 で算出した評価値 e_k を基に L R 画像 Y_k を合成処理に使用するか否かを各 Y_k ごとに判定する。この処理では、合成処理に使用する L R 画像 Y_k を選択する。具体的には、閾値 t_h を用いて e_k に対して閾値処理（閾値 t_h との比較による処理）を行い、 e_k が閾値 t_h 以上の場合、L R 画像 Y_k を合成処理に用いないものとする。

実施例 1 において、閾値 t_h はあらかじめ設定しておくものとする。図 6 は、評価値算出部で算出される評価値の一例を示す図である。この場合、 $LR(2)$ と $LR(3)$ にかかる評価値は閾値 t_h を超えるため、合成処理に用いられないこととなる。

[0037] 評価値 e_k が高い LR 画像を合成処理に用いない理由は以下の通りである。図 5 において、初期 HR 画像 X_0 として選択された Y_4 （目が開いている画像）に対して、 LR 画像 Y_2 （目を閉じている画像）を用いて、下に示す方法により HR 画像を推定したとする。そうした場合、推定された HR 画像は、目が開いている画像と、目を閉じている画像との両者から推定され、結果として目の部分がぼやけた画像になってしまう。実施例は、このような問題を回避すべく、あえて Y_2 や Y_3 を合成処理に用いないこととしている。

[0038] なお、上記の説明では、 Y_4 を初期 HR 画像 X_0 としたが、 Y_2 （や Y_3 ）を初期 HR 画像 X_0 とすることも可能である。ただし、 Y_4 を初期 HR 画像 X_0 とした場合であれば、4 枚の LR 画像に基づいて HR 画像を生成できる一方で、 Y_2 を初期 HR 画像 X_0 とした場合であれば、2 枚の LR 画像に基づいて HR 画像を生成することとなる。（数 1）における HR 画像 X の推定の精度を高めるためには、より多くの LR 画像に基づいて HR 画像を生成する方が好ましい。よって、 Y_2 を初期 HR 画像 X_0 とするよりも、 Y_4 を初期 HR 画像 X_0 とする方が望ましい。

[0039] このことから、初期 HR 画像 X_0 を選択する場合、「最も代表的な」画像が選択されることが好適である。例えば、 LR 画像其々に対して、他の LR 画像中、何枚の LR 画像が評価値を満たすかを事前に取得することで、初期 HR 画像 X_0 を選択することが望ましい。図 15 は、初期 XR 画像 X_0 を選択する方法を説明するためのフローチャートである。

[0040] ステップ $S1501$ にて、 k に 0 をセットする。ステップ $S1502$ にて k が $N-1$ か否かを判断する。なお、前述のとおり、 k は LR 画像のインデックス、 N は LR 画像の枚数である。ステップ $S1503$ にて、 Y_k を初期 HR 画像 X_0 として、各 Y_k に対する評価値 e_k を（数 4）、及び（数 5）

に基づいて算出する。ステップS 1 5 0 4にて、何枚のL R画像の評価値が条件を満たすかを取得する。ステップS 1 5 0 5にて、条件を満たしたL R画像の枚数をZ kとして設定する。ステップS 1 5 0 6にて、kを1だけインクリメントする。

[0041] ステップS 1 5 0 3からステップS 1 5 0 6までの処理をL R画像の枚数分、繰返し行なう。ステップS 1 5 0 2で $k = N - 1$ の条件を満たすと、ステップS 1 5 0 7へ進み、取得されたZ kの中で最大のものを初期HR画像X 0とする。一般的に、合成処理に使用されるL R画像が多ければ多いほど、適切な高解像度画像が得られる。よって、図15に示したフローチャートに基づいて初期HR画像X 0を選択することにより、合成処理に使用されるL R画像の枚数を最適化（最大化）することが可能となる。ステップS 4 1 1では、ステップS 4 1 0にて合成処理に使用すると判定されたL R画像のみに基づいてHR画像の更新処理を行う。L R画像Y kと劣化画像Y' kとの差分値を減少させるために必要となる更新項 ΔX （更新値）を、（数3）をXで微分した（数6）を用いて計算する。

[0042] [数8]

（数6）

$$\Delta X = \frac{\partial I}{\partial X} = \alpha C' C X - \sum_k \frac{2}{\sigma_k^2} (DBM_k Y' [X] - DBM_k Y)$$

[0043] 前述の通り、（数6）の第二項はL R画像と劣化画像との差分値を示す項である。この差分値は、（数1）のHR画像の推定の正確性を表しており、（数1）の推定が正しいものであれば、この項はゼロとなる。 σ_k は入力画像Y kのノイズ量の標準偏差である。（数1）の差分値を示す項だけを用いて更新項を決定すると特に画像のエッジ部分で不自然さが強調されてしまうため、それを第一項の「隣接画素の画素値は類似した値を持つことが多い」という事前情報を加味した拘束項で補償する。実施例1では画像全体に平滑化の効果があるラプラシアンフィルタを線形フィルタCとして使用する。 α は結

果画像における平滑化度合いを調整するパラメータである。平滑度合いの高い結果画像を得たい場合には α の値を大きくすることが有効である。

[0044] 更新項 ΔX の算出が完了したら、ステップS 4 1 2において（数7）を用いてHR画像Xを更新する。

[0045] （数7）

$$X \leftarrow X + \eta \Delta X$$

なお、 η は更新の幅を決定するパラメータである。 η を大きくすれば、最適なHR画像への収束は早くなる。一方で、 η を必要以上に大きくしすぎると、オーバーシュート量が大きくなりすぎて収束に時間がかかってしまう場合もある。そこで、最適な η をステップS 4 0 4で用いられる条件（処理回数）やユーザーによる設定に基づいて決定してもよい。

[0046] 更新画像の作成が完了すると、ステップS 4 0 4で規定される条件（処理回数 $\geq t$ ）を満足するまで、ステップS 4 0 4からステップS 4 1 2の処理を繰り返し行う。最後に、ステップS 4 1 3にて合成画像（即ち、 t 回更新された高解像度画像X）を出力し、複数枚の入力LR画像 Y_k に対する合成処理が完了する。

[0047] 以上の例では、ステップS 4 0 9で評価値を算出する際に、LR画像 Y_k と劣化画像 Y'_k の全体を用いて、評価値 e_k を算出したが、画像中の画素の重要度（注目度）に基づいて重み付けをすることにより評価値を取得することも可能である。

[0048] 図14は、評価値を取得する際の領域の重みづけを示した図である。

[0049] 図14（a）は、画像の中心に位置する領域（ブロック、ピクセル）に対する重みは大きく、周辺に行くほど重みが小さくなることを示している。

[0050] 図14（b）は、顔認識、人物認識、物体認識等の技術により特定された領域（ブロック、ピクセル）に対する重みづけを示している。特定の人物に対して重みを大きくすることにより、相対的に他の領域の評価値による影響を小さくすることを示している。入力画像 Y_k と劣化画像 Y'_k の中の領域を R_{ki} と R'_{ki} とすると（ i は画像中の領域を示す番号、 N は領域数）

、評価値は以下のように求まる。

[0051] [数9]

(数8)

$$e_k = \sum_i^N w_i \|R_k - R'_k\|^2$$

なお、 w_i は各領域の重みである。

[0052] このように画像中の注目領域（例えば、画像中心や人物領域）に応じた重み付けを行なうことにより、

- ・重要でない画像の周辺部で大きな動きがある場合
- ・注目しているのは人物であるにも関わらず、背景に動きがある場合

などで評価値 e_k が大きくなってしまふことにより、適切な評価処理が行えないという問題を回避している。

[0053] <相対移動量の算出>

図7は、移動量算出部108で行なわれるフレーム間の相対移動量を求める方法を説明するためのフローチャートである。ここでは、ブロック毎に動きベクトルを求め、そこから画面全体の動き量をアフィンパラメータとして求める方法について説明する。ブロック毎の動きベクトルを求める際にその前処理としてステップS701の有効ブロック判定を行う。これは正しい動きベクトルが求まらない可能性のあるブロックを除外する処理である。詳細は後述する。ステップS702では、ブロックの動きベクトルを算出する。ここでは一般的なブロックマッチング方法について説明する。ブロックマッチング法では、マッチングの評価値としてブロック内の画素間の差分二乗和もしくは差分絶対値和を用いる。ベクトルを求める対象ブロックを基準画像のサーチ範囲内で順次動かしなら評価値を求めていく。サーチ範囲内で求めた全ての評価値の中から最小の評価値もつ位置が対称ブロックと最も相関の高い位置であり、その移動量が動きベクトルとなる。サーチ範囲を1画素ず

つ求めていく方法はフルサーチと呼ばれている。これに対し、サーチ範囲を間引きながら最小の評価値を求め、次にその近傍に対して細かくサーチする方法は、ステップサーチと呼ばれている。ステップサーチは高速に動きベクトルを求める方法としてよく知られている。次にステップS704にて、有効動きベクトル判定を行う。これは、求めた動きベクトルのうち、算出結果が正しくないと判断されるものを除外する処理である。詳細は後述する。ステップS703で、終了判定を行い、すべてのブロックの処理が終わると、ステップS705にて、有効な動きベクトルから、アフィンパラメータの検出を行う。

[0054] 次に、アフィンパラメータ検出の詳細を説明する。対象ブロックの中心座標が、 (x, y) であり、動きベクトルの算出結果から基準画像におけるブロックの中心座標が (x', y') に移動したとすると、これらの関係は、(数9)のように表すことができる。

[0055] [数10]

$$(数9) \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0056] ここで、 3×3 の行列がアフィン変換行列である。行列の各要素がアフィンパラメータであり、 $a=1$, $b=0$, $d=0$, $e=1$ のとき、この変換は平行移動となり、 c が水平方向の移動量、 f が垂直方向の移動量となる。また、回転角 θ での回転移動は、 $a=\cos \theta$, $b=-\sin \theta$, $d=\sin \theta$, $e=\cos \theta$ で表すことができる。(数9)は一般化した行列の形式で(数10)のように表現することができる。

[0057]

[数11]

$$\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$x' = A \cdot x$$

[0058] ここで x と x' は 1×3 の行列、 A は 3×3 の行列である。有効な動きベクトルが n 個であった場合、対象画像の座標値は、 $\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 1 \end{pmatrix}$ のように $n \times 3$ の行列で表現できる。

[0059] [数12]

$$\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$X = (x_1 \ x_2 \ \cdots \ x_n)$$

[0060] 同様に、移動後の座標値も $\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 2 \end{pmatrix}$ のように $n \times 3$ の行列で表現できる。

[0061] [数13]

$$\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$X' = (x'_1 \ x'_2 \ \cdots \ x'_n)$$

[0062] よって、 n 個の動きベクトルに対しては、 $\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 3 \end{pmatrix}$ のような表現となる。

[0063] [数14]

$$\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

$$X' = A \cdot X$$

[0064] すなわち、 $\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 3 \end{pmatrix}$ におけるアフィン行列 A を求めれば、それが画面全体の位置ずれ量になる。 $\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 3 \end{pmatrix}$ を変形すると、アフィン行列は $\begin{pmatrix} \text{数} & 1 & 4 \end{pmatrix}$ のように求まる。

[0065] [数15]

(数 1 4)

$$A = X' \cdot X^T \cdot (X \cdot X)^T^{-1}$$

[0066] この方式では、動き量が、アフィン変換のパラメータで表現できるため、カメラを保持しているときに起こるシフトぶれ以外にも、面内方向でのロールぶれや前後方向のズームぶれなどにも対応することが可能である。

[0067] ここで、有効ブロック判定方法を図8のフローチャートを用いて説明する。ブロックマッチングによりブロック間の相関を求めようとする場合、ブロック内の画像が何らかの特徴量を持っている必要がある。平坦でほとんど直流成分しか含んでいないブロックでは正しい動きベクトルを求めることはできない。逆に水平方向や垂直方向にエッジを含んでいると、マッチングがとりやすくなると考えられる。図8は、このような平坦部のブロックを除外する一手法である。ここでは1つのブロックに対する処理で説明する。

[0068] まずステップS801で、ブロック内にある水平方向の1つのラインに対し、最大値と最小値の差分値を算出する。例えば、ブロックのサイズが50×50の画素で構成されているとすると、ブロック内における水平方向の50の画素から最大値と最小値を求め、その差分値を算出する。これを水平ライン数分、すなわち50回繰り返す。そして、ステップS803で50の差分値の中から最大の差分値を求める。ステップS804で、あらかじめ設定したT_xと最大差分値の比較を行う。最大差分値が閾値T_xよりも小さければ、水平方向には特徴量を持たないブロックであるとみなし、ステップS805にて、無効ブロックとする。水平方向に特徴量を持つとみなせる場合は、垂直方向で同様の検証を行う。まず、ステップS806で、ブロック内にある垂直方向の1つのラインに対し、最大値と最小値の差分値を算出する。つまりブロック内における垂直方向の50の画素から最大値と最小値を求め、その差分値を算出する。これを垂直ライン数分、すなわち50回繰り返す。

。そして、ステップS808で50の差分値の中から最大の差分値を求める。ステップS809で、あらかじめ設定した T_y と最大差分値の比較を行う。最大差分値が閾値 T_y よりも小さければ、垂直方向には特徴量を持たないブロックであるとみなし、ステップS805にて、無効ブロックとする。水平・垂直両方向に特徴を持つブロックならば、正確なブロックマッチングが行われることが期待できるので、ステップS810にて、有効ブロックと判定する。

[0069] 次に、有効動きベクトル判定方法を図9のフローチャートを用いて説明する。まずは、ステップS901にて動きベクトルを入力し、ステップS902にて、その発生頻度を算出する。ステップS903にて、全ての動きベクトルの発生頻度が求まるまでこの処理を繰り返し、終了するとステップS904にて、最大発生頻度の動きベクトルを求める。次に、ステップS905にて、再度動きベクトルを入力し、ステップS906で、この動きベクトルが最大発生頻度の動きベクトル、もしくはその近傍の動きベクトルであるかどうかの判定を行う。画面全体のぶれが、シフトのみである場合、各ブロックの動きベクトルは、最大発生頻度の動きベクトルにほぼ一致するはずであり、ロールぶれを伴う場合は、最大発生頻度の動きベクトルの近傍に多くの動きベクトルが発生すると考えられる。したがって、これらの値に含まれる動きベクトルは、ステップS907にて、有効動きベクトルと判定し、これらの値から外れている動きベクトルは、ステップS908にて無効動きベクトルと判定する。ステップS909では、すべての動きベクトルに対して処理が終わったかどうかの判定を行い、終了までステップS905からの処理を繰り返す。

[0070] 相対移動量は全ての有効動きベクトルの平均値に基づいて決定される。また、相対移動量の決定方法は、単純平均に限らず、加重平均などに基づいて決定してもよい。

[0071] なお、実施例1では、入力となるLR画像 Y_k を図5に示すように6枚としたが、これに限定されるものではない。2枚、3枚、10枚などでも、実

施例 1 の目的を達成できる。

[0072] また、実施例 1 ではループ処理の終了判定をループ処理の回数に基づいて行っていたが、終了処理の判定基準はこれに限るものではない。(数 3) に示す評価関数の大きさや、(数 6) に示す更新量の大きさを基にループ処理の終了判定を行っても実施例 1 の目的を達成できる。例えば、以下のような終了判定条件を用いても良い。

[0073] [数16]

(1) 評価関数を用いた場合：閾値 $th2$ を用いて $I < th2$ となったら終了

(2) 更新量を用いた場合：閾値 $th3$ を用いて $\|\Delta X\| < th3$ となったら終了

[0074] さらに、実施例 1 では評価値 e_k として、LR 画像と劣化画像との差分画像の二乗和を用いたが、評価値はこれに限るものではない。(A) 平均二乗和や、(B) 差分画像の絶対値などでも、実施例 1 の目的を達成できることは言うまでもない。

[0075] [数17]

(A) 平均二乗和場合：L を画像 Y の画素数として $e_k = \frac{\|Y_k - Y'_k\|^2}{L}$

(B) 差分絶対値の場合： $e_k = \|Y_k - Y'_k\|$

[0076] さらに、実施例 1 では、表情の変化に着目し説明を行ったが、図 10 に示すように入力画像に手ぶれなどによるぶれ画像が含まれる場合であっても、同様に処理することが可能である。図 10 において、LR (2) と LR (3) はぶれ画像である。初期 HR 画像 X_0 を LR (2) と LR (3) 以外の LR 画像を選択するという条件の下、図 4 に示される処理と同一の処理を行う。LR (2) と LR (3) のぼけは、撮像装置の PSF による劣化過程で生じるぼけとは異なるため、それぞれに対応する評価値 e_k は大きなものとなり、LR (2) と LR (3) は HR 画像生成過程において用いられないものとなる。また、相対移動量算出部 108 で、相対移動量の算出に失敗した場合 (例えば、画像中の特徴量を誤検出した場合) であっても、同様に処理す

ることが可能である。すなわち、相対移動量の算出が誤っている場合、評価値 e_k の値が大きくなるため、誤って算出された相対移動量に基づいた劣化画像 Y_k や HR 画像 X の生成を防ぐことができる。

[0077] さらに、実施例 1 では MAP 法を用いて高解像度画像を生成したが、他のループ処理を含む高解像度画像生成手法を使用しても構わない。例えば、POCS 法、POCS-ML 法、Back Projection 法などが挙げられる。

[0078] 実施例 1 では、画像合成処理前後で画像の解像度が拡大する処理方法について説明したが、画像合成処理前後で画像フレームの解像度が縮小、或いは不変の場合でも構わない。解像度を縮小する場合には、画像合成時の劣化条件の一項目であり、図 2 の撮像特性保持部 205 で規定されるダウンサンプリング率をアップサンプリング率に置き換え、その時の画像拡大倍率を (s_x, s_y) とすれば実現可能である。なお、 s_x 、 s_y は正の数であるとす。また、解像度を不変とする場合には、前記拡大倍率を $(1, 1)$ とすれば実現可能である。

[0079] 以上説明したように、実施例 1 によれば、入力される複数の LR 画像と、その LR 画像に基づいて撮像特性や相対移動量に基づいて生成される劣化画像との差分に基づく評価値により、高解像度画像の画質に寄与する低解像度画像を特定することが可能となる。また、一部の低解像度画像に対して位置合わせが失敗した場合（不適切な相対移動量を算出した場合）にも、適切な高解像度画像を生成することを目的とする。

[0080] そして、特定された低解像度画像のみを用いて、或いは特定された低解像度画像に重みをつけて画像を合成することにより、生成された高解像度画像がぼけてしまうことを回避することが可能となる。

[0081] （実施例 2）

実施例 1 において、画像合成処理は MAP 推定等のループ処理を含む方法によって実現されていた。実施例 2 では、複数画像間の位置補正後に補間処理を用いて高解像度画像を生成する構成とする。

[0082] 実施例 2 である画像処理装置の構成は図 1 に示す画像処理装置と比較して画像合成部 109 が異なる。図 11 は、実施例 2 における画像合成部 1101 を示したブロック図である。実施例 2 は、図 2 で示した画像合成部 109 のブロック図と比較し、特に以下の点で異なる。

(1) 画像間の相対位置を補正し加算合成処理を行う加算合成部 1102 が実施例 2 では追加されている点

(2) 初期画像生成部 203、画像修正部 209 が実施例 2 では存在しない点

実施例 2 による高解像度画像の生成方法は、実施例 1 とは異なり、ループ処理を必要としないため、終了判定部 210 は構成にない。

[0083] 実施例 2 の処理を図 11 を用いて説明する。メモリ部 107 から画像入力端子 201 を介して複数枚の LR 画像が入力される。そして、入力された複数枚の LR 画像の中から選択された一枚の LR 画像に対して、初期画像生成部 203 により初期画像が生成される。画像劣化部 204 は、相対移動量入力端子 202 から得られる相対移動量と、撮像特性保持部 205 に保持されている撮像特性とを (数 5) に基づいて初期画像に適用することにより劣化画像を生成する。実施例 1 と同様に、評価値算出部 206 は、評価値を各劣化画像に対して算出する。使用画像判定部 207 は、算出された評価値に基づいて次の加算合成処理を行う LR 画像を選択する。加算合成処理部 1102 は、選択された LR 画像と相対移動量であるアフィンパラメータに基づいて、全 LR 画像の位置合わせを行う。そして、位置合わせが完了した LR 画像に対して画像合成を行う。画像合成は補間処理によって実現される。

[0084] この合成処理では、まず、折り返し成分を含む高周波成分を全て透過する帯域の広いローパスフィルタを用いて補間処理を行い、劣化画像を再サンプリングする。再サンプリングした各画像を画像間の相対移動量を考慮しながら加算合成することで、サンプリング時の折り返し成分を打ち消した高解像度画像を生成する。

[0085] 実施例 2 は、実施例 1 と同様に、画像合成を行う前に、適切な低解像度画

像を選択することに特徴がある。すなわち、実施例 2 によれば、相対移動量と撮像特性に基づいて評価値を算出する。そして、算出された評価値に基づいて、高解像度画像の画質に寄与する低解像度画像を特定し、適切な高解像度画像を生成することが可能となる。これにより、不要な低解像度画像により高解像度画像がぼやけてしまうことが回避可能となる。

[0086] また、実施例 2 では、繰返し計算を必要としないため、計算コストを押さえつつ高解像度画像を得ることが可能となる。

[0087] (実施例 3)

実施例 1 では、評価値 e_k を基に入力画像の選択を行っていた。実施例 3 では、評価値を基に入力される複数枚画像に対する重み値を算出し、この重み値を考慮して複数枚画像を合成し高解像度画像を生成する構成とする。

[0088] 実施例 3 である画像処理装置の構成は図 1 に示す画像処理装置と比較して画像合成部 109 が異なる。図 12 は、実施例 3 における画像合成部 1201 を示したブロック図である。図 2 で示した画像合成部 103 のブロック図と比較し、使用画像判定部 207 の代わりに入力される各画像の重みを算出する重み値算出部 1202 が追加され、修正量算出部 208 が修正値算出部 1203 に変更される。重み値の算出は評価値を基に行い、評価値が大きなほど小さな重みとする。例えば、評価値 e_k の逆数を画像合成処理に使用する画像枚数で正規化した値を重み値 w_k として用いる方法が挙げられる。具体的には(数 15)のように表される。

[0089] [数18]

$$(数 15)$$

$$w_k = \frac{1}{e_k \cdot E}$$

ここで、E は正規化するための定数である。

[0090] 重み値算出部において算出された重み値は、続く修正値算出部 1203 に

において修正値を算出する際に使用する。L R画像 Y_k の重みを w_k とした場合、具体的には（数 16）のように修正値 ΔX を計算する。

[0091] [数19]

（数 16）

$$\Delta X = \frac{\partial L}{\partial X} = 2XC^T CX - \sum_k w_k \frac{2}{\sigma_k^2} (DB_k M_k)^T [Y_k - DB_k M_k X]$$

[0092] 算出した修正値 ΔX を用いて画像修正部 209 において H R 画像を修正する。

[0093] 以上説明したように、実施例 3 によれば、評価値を基に画像合成時に使用する各入力 L R 画像 Y_k の重み値 w_k を算出し画像合成処理を行う。重み値 w_k は、高解像度画像の画質に寄与する割合を示していることから、画質に寄与する L R 画像には大きな重みを設定し、そうでない L R 画像には小さな重みを設定するという制御が可能となる。この制御により、適切な高解像度画像を生成することが可能となる。

[0094] （実施例 4）

実施例 2 では、評価値を基に入力画像の選択を行っていた。実施例 4 では、評価値を基に入力される複数枚画像に対する重み値を算出し、この重み値を考慮して複数枚画像を加算合成し高解像度画像を生成する構成とする。

[0095] 実施例 4 である画像処理装置の構成は図 1 に示す画像処理装置と比較して画像合成部 109 が異なる。図 13 は、実施例 4 における画像合成部 1301 を示したブロック図である。図 11 で示した画像合成部 1101 のブロック図と比較し、使用画像判定部 207 の代わりに入力される各画像の重みを算出する前述の重み値算出部 1202 が追加され、さらに重み付け画像生成部 1302 が追加される。重み付け画像生成部 1302 は、重み値算出部で算出された各 L R 画像の重み値を基に、全 L R 画像に対して重み付け画像を生成する。具体的には各画像の重み値 w_k を各 L R 画像 Y_k に掛けることで重み付け画像を生成する。その後、この重み付け画像を用いて加算合成部 1

102において合成処理を行い高解像度画像を生成する。

[0096] 以上、説明したように画像合成を行なう前に、適切な低解像度画像を選択することに特徴がある。すなわち、実施例4によれば、相対移動量と撮像特性に基づいて評価値を算出する。そして、算出された評価値に基づいて、高解像度画像の画質に寄与する低解像度画像を特定し、重み付け処理をすることにより、適切な高解像度画像を生成することが可能となる。これにより、不要な低解像度画像による要因により、高解像度画像がぼやけてしまうことが回避可能となる。また、実施例4では、繰返し計算を必要としないため、計算コストを押さえつつ高解像度画像を得ることが可能となる。

[0097] (実施例5)

上述の実施例は、入力画像全体に対して解像度変換することとなっている。本実施例は画像の一部の領域に対して、実施例1-4の処理を行なっても良い。その画像の一部の領域とは、以下のようなものが考えられる。

- (1) 固定領域（例えば、画像中の右上1/4領域）
- (2) フォーカスが合っている領域
- (3) 顔認識、物体認識などで特定される領域

以上説明したように、画像の一部分のみで解像度変換処理を行なうことにより、計算負荷を軽減しつつ高解像度画像を得ることが可能となる。

[0098] (実施例6)

上述した実施例の機能（例えば、図4、図7、図8、図9のフローチャートにより示される機能）を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、システム或いは装置に供給することによっても実現できる。この場合、そのシステム或いは装置のコンピュータがコンピュータが読み取り可能に記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することにより、上述した実施例の機能を実現する。

請求の範囲

[請求項1] 撮像装置で撮像された第一の解像度を有する複数の第一の画像を用いて第二の解像度を有する第二の画像を生成する画像処理装置であって、

前記複数の第一の画像から選択した基準画像と、前記複数の第一の画像のそれぞれとの相対移動量を取得する第一の取得手段と、

前記複数の第一の画像のそれぞれに対して、前記複数の第一の画像のそれぞれに対応する前記相対移動量と、前記第二の解像度を有する第三の画像と、前記撮像装置の撮像特性とに基づいて、前記第一の解像度を有する第四の画像を生成する第一の生成手段と、

前記第一の生成手段で生成された前記複数の第四の画像のそれぞれと、前記複数の第四の画像のそれぞれに対応する前記第一の画像との差分に基づく評価値を取得する第二の取得手段と、

前記第二の取得手段で取得された前記複数の評価値に基づいて、前記複数の第四の画像により決定される更新値を用いて前記第三の画像を更新することにより、前記第二の解像度を有する前記第二の画像を生成する第二の生成手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

[請求項2] 前記第二の生成手段で生成された前記第二の画像を、前記第三の画像として更新する更新手段を更に有し、

前記第一の生成手段は、前記更新手段で更新された第三の画像と、前記第一の取得手段により取得された前記複数の相対移動量と、前記撮像装置の前記撮像特性とに基づいて、前記第一の解像度を有する前記複数の第四の画像を、前記第一の画像ごとに生成することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

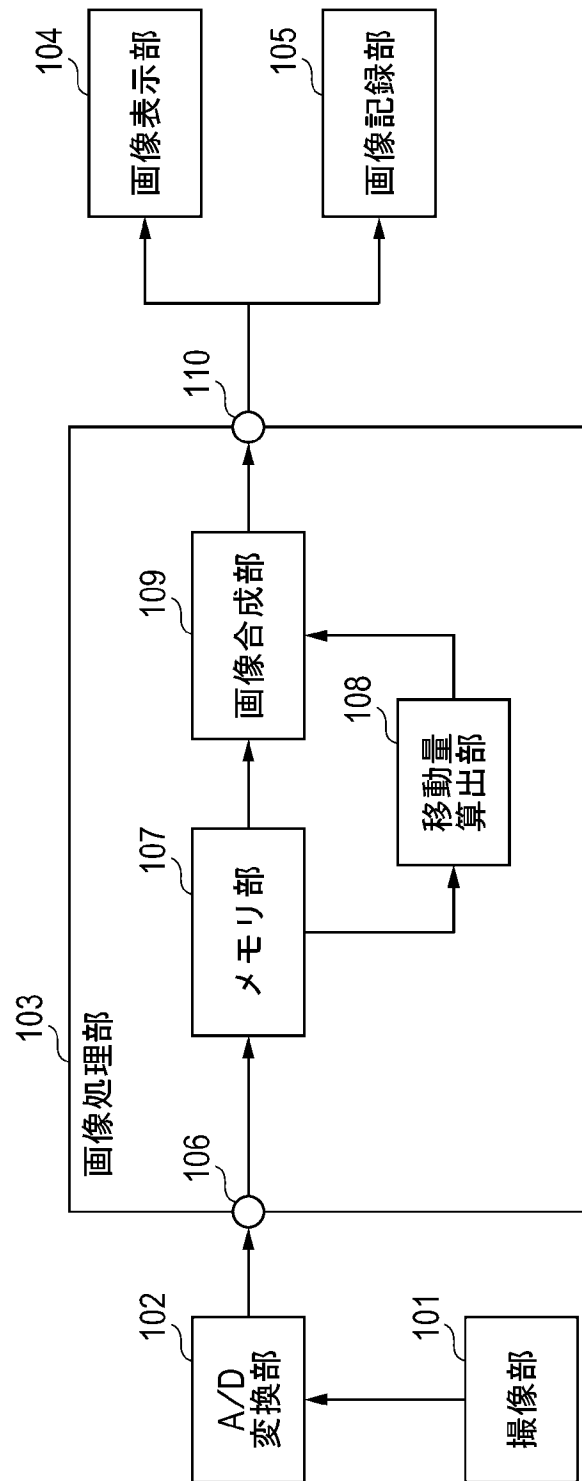
[請求項3] 初期の前記第三の画像は、前記複数の第一の画像のうちから選択された一の第一の画像を補間処理することによって取得することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

- [請求項4] 前記更新手段は、設定されている条件を満たすまで前記第二の画像を前記第三の画像として更新することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記設定されている条件は、前記更新手段による更新回数であることを特徴とする請求項4に記載の画像処理装置。
- [請求項6] 前記第二の生成手段は、前記第二の取得手段で取得された前記複数の評価値に基づいて、前記複数の第四の画像の一部を選択し、選択された画像のみを前記複数の第四の画像として前記更新値を決定し、前記第二の画像を生成することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の画像処理装置。
- [請求項7] 前記第二の生成手段は、前記第二の取得手段で取得された前記複数の評価値に基づく重み付けを用いて前記更新値を決定することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の画像処理装置。
- [請求項8] 前記撮像装置の撮像特性は、前記撮像装置の点広がり関数と、前記第二の解像度から前記第一の解像度へのダウンサンプリング率であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の画像処理装置。
- [請求項9] 撮像装置で撮像された第一の解像度を有する複数の第一の画像を用いて第二の解像度を有する第二の画像を生成する画像処理方法であって、
前記複数の第一の画像から選択した基準画像と、前記複数の第一の画像それぞれとの相対移動量を取得する第一の取得ステップと、
前記複数の第一の画像のそれぞれに対して、前記複数の第一の画像のそれぞれに対応する前記相対移動量と、前記第二の解像度を有する第三の画像と、前記撮像装置の撮像特性とに基づいて、前記第一の解像度を有する第四の画像を生成する第一の生成ステップと、
前記第一の生成ステップで生成された前記複数の第四の画像のそれぞれと、前記複数の第四の画像のそれぞれに対応する前記第一の画像との差分に基づく評価値を取得する第二の取得ステップと、

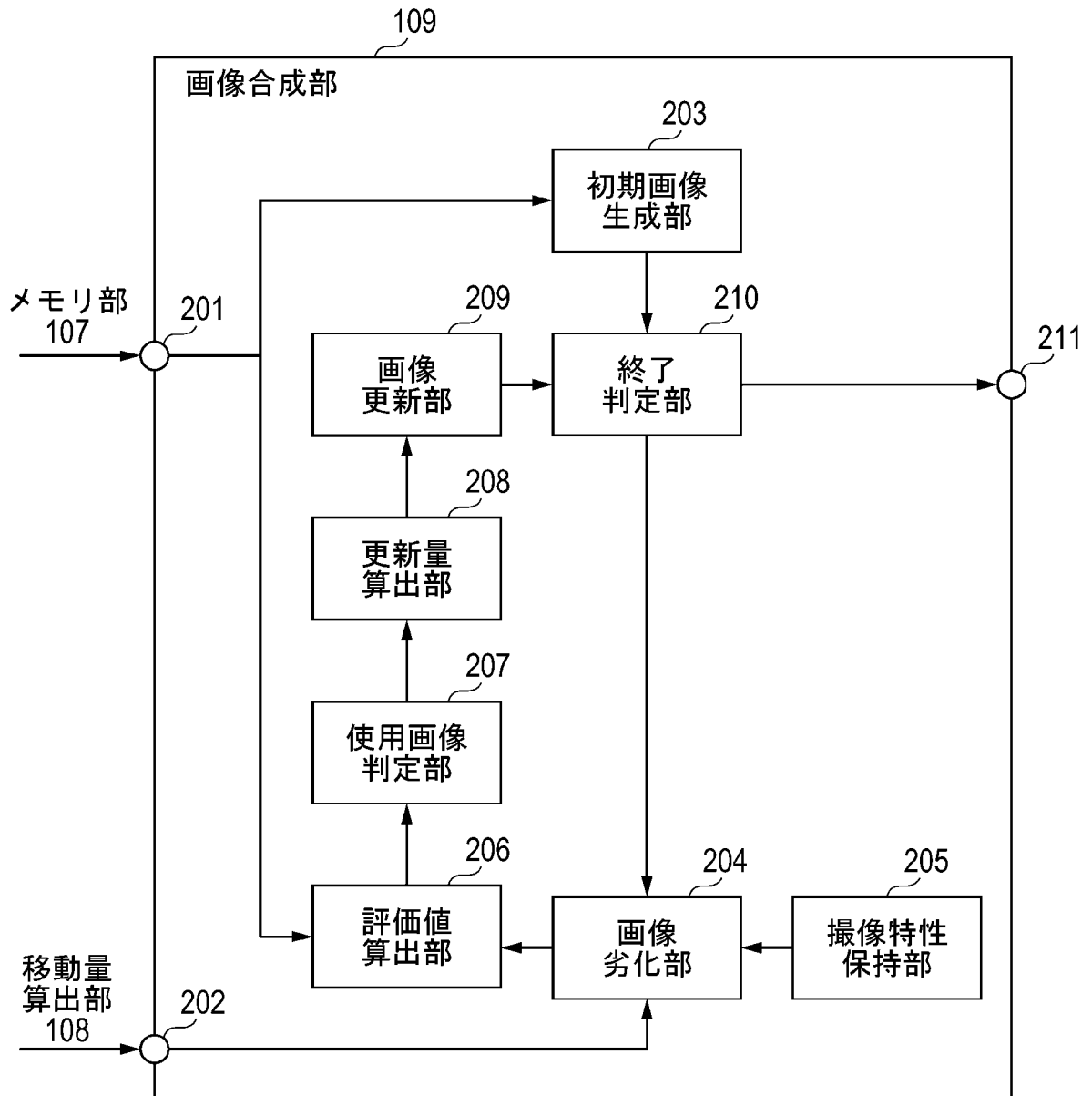
前記第二の取得ステップで取得された前記複数の評価値に基づいて、前記複数の第四の画像により決定される更新値を用いて前記第三の画像を更新することにより、前記第二の解像度を有する前記第二の画像を生成する第二の生成ステップと
を備えることを特徴とする画像処理方法。

[請求項10] コンピュータを、請求項1乃至8に記載の画像処理装置の各手段として機能させるための画像処理プログラム。

[図1]



[図2]

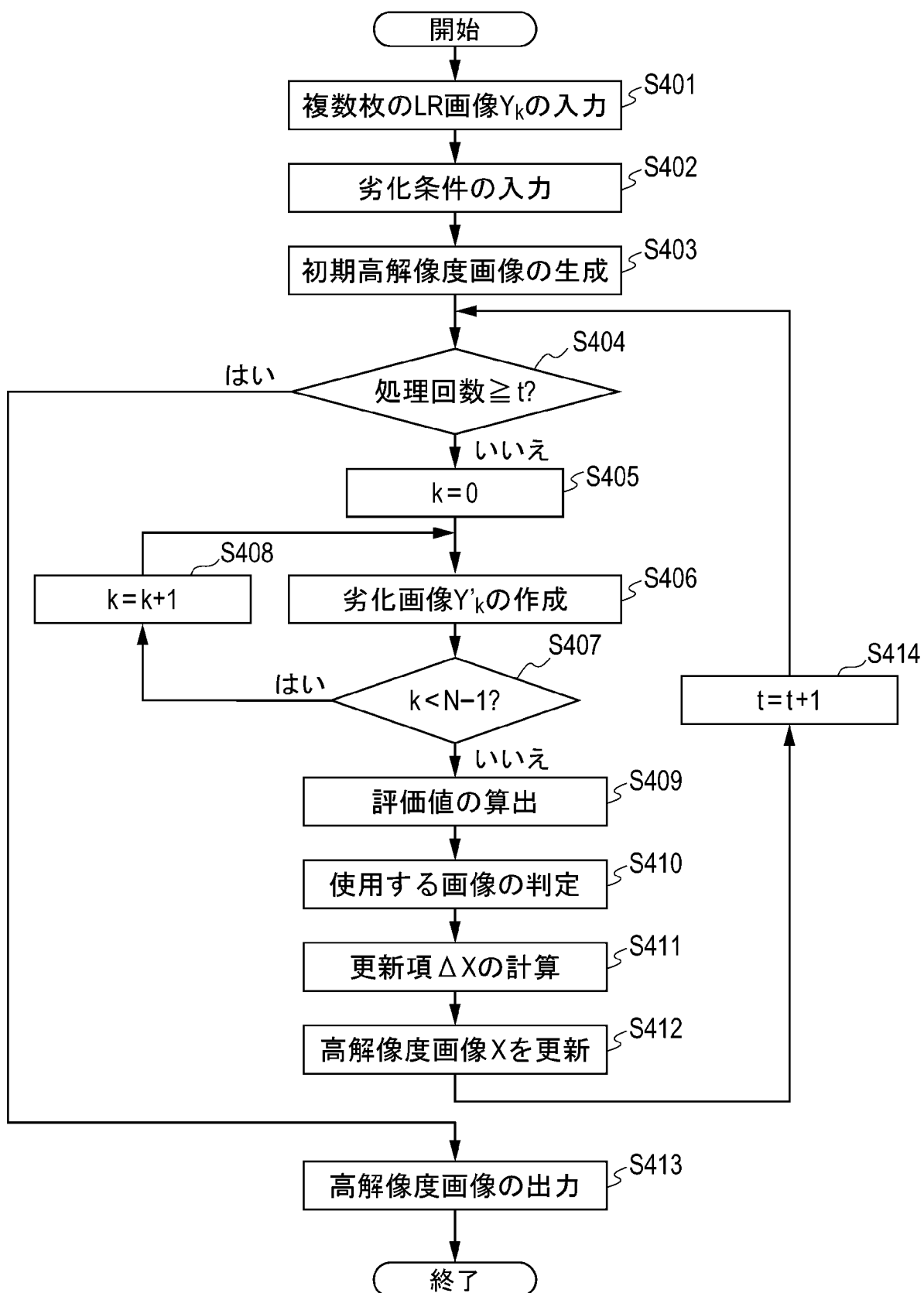


[図3]

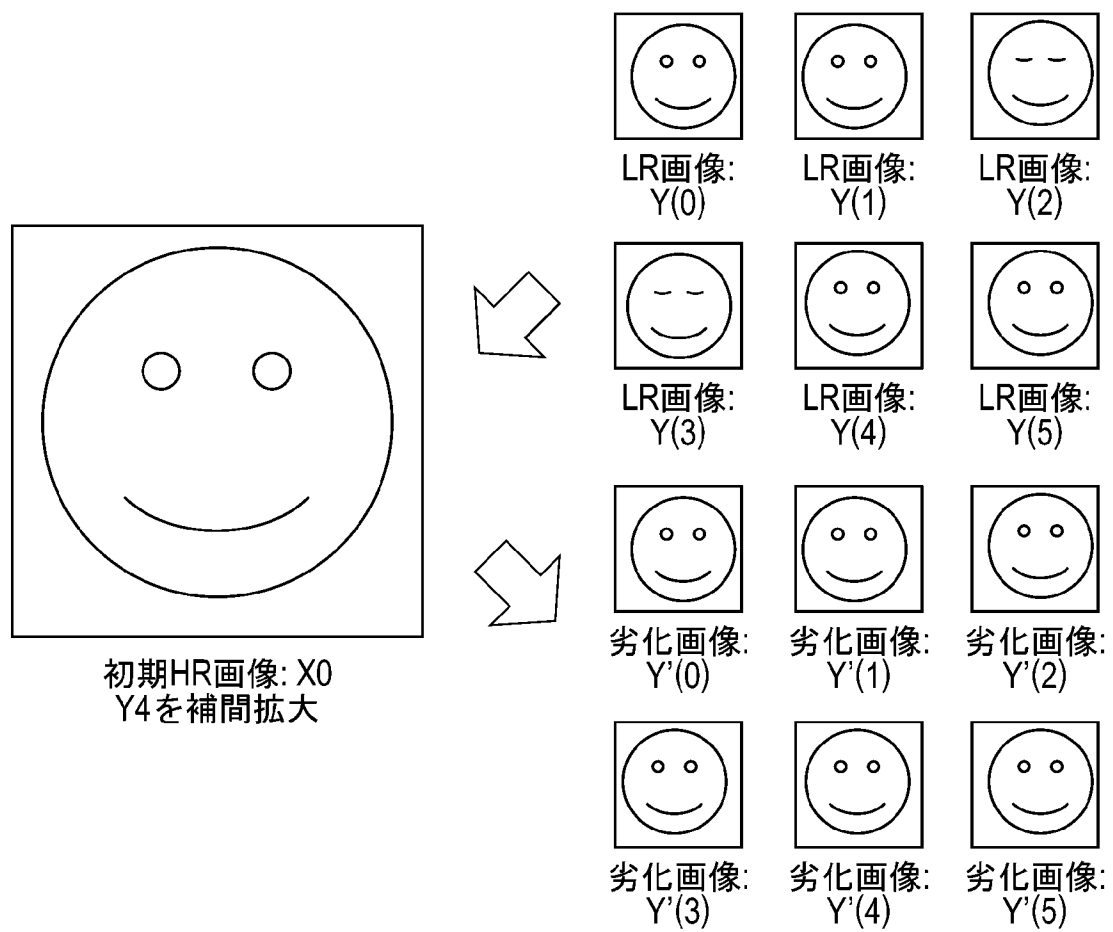
$$Y = D \quad B \quad M \quad X$$

$$\begin{array}{c}
 H \times (1/s_y) \times W \times (1/s_x) \\
 \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 H \times (1/s_y) \times W \times (1/s_x) \\
 \begin{array}{|c|} \hline H \times W \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 H \times W \\
 \begin{array}{|c|} \hline M \times H \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 H \times W \\
 \begin{array}{|c|} \hline M \times H \\ \hline \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 1 \\
 \begin{array}{|c|} \hline M \times H \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

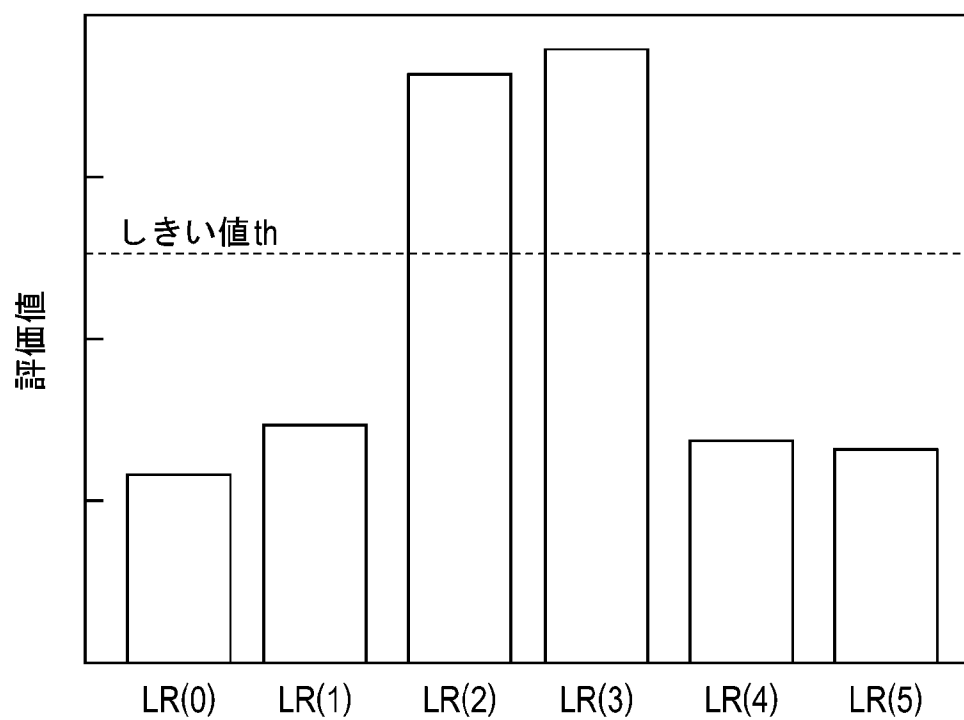
[図4]



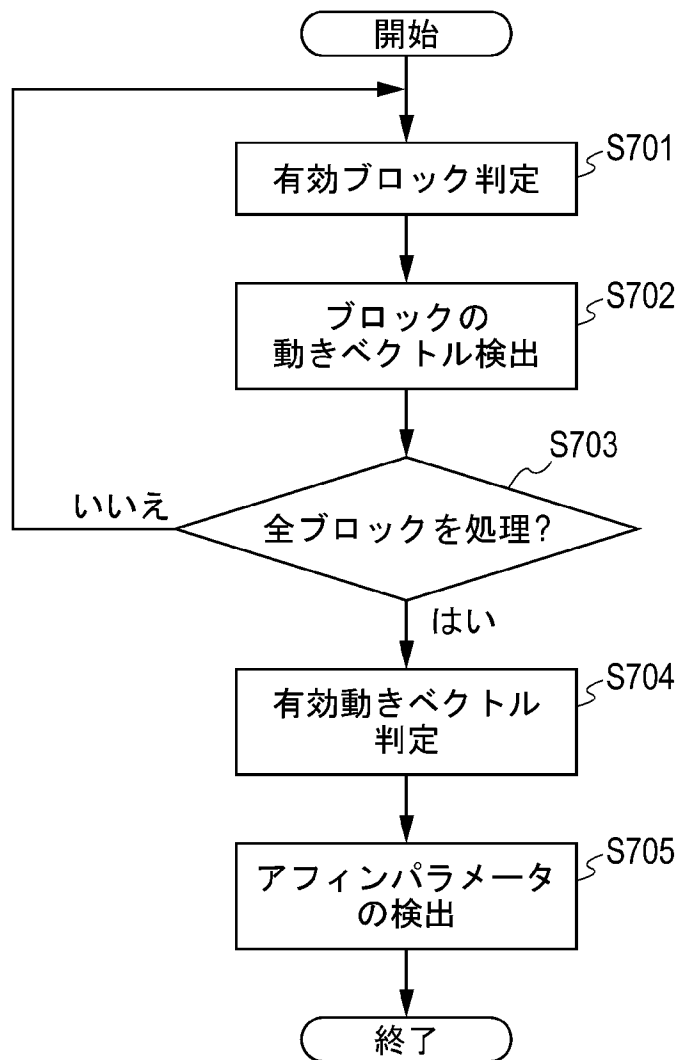
[図5]



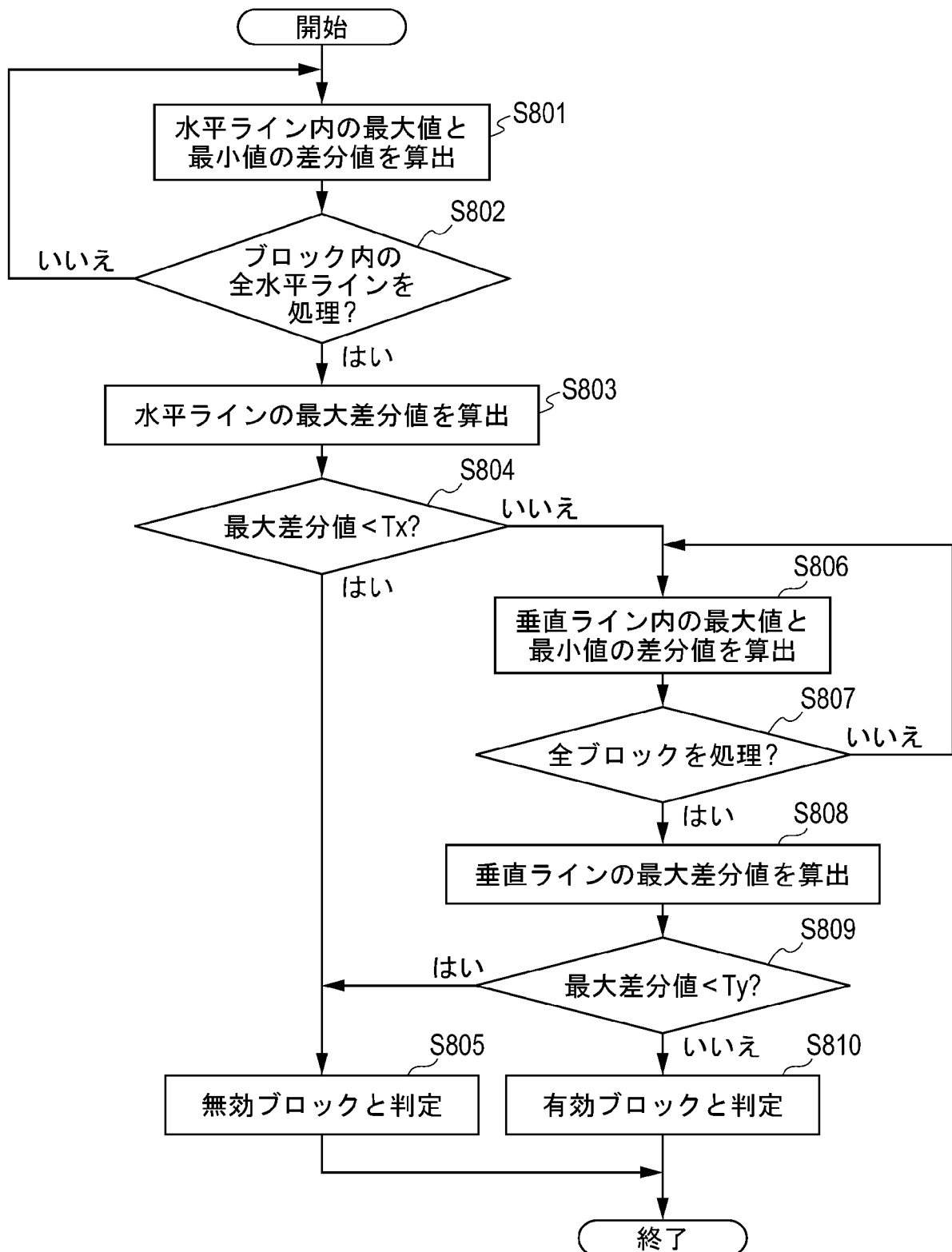
[図6]



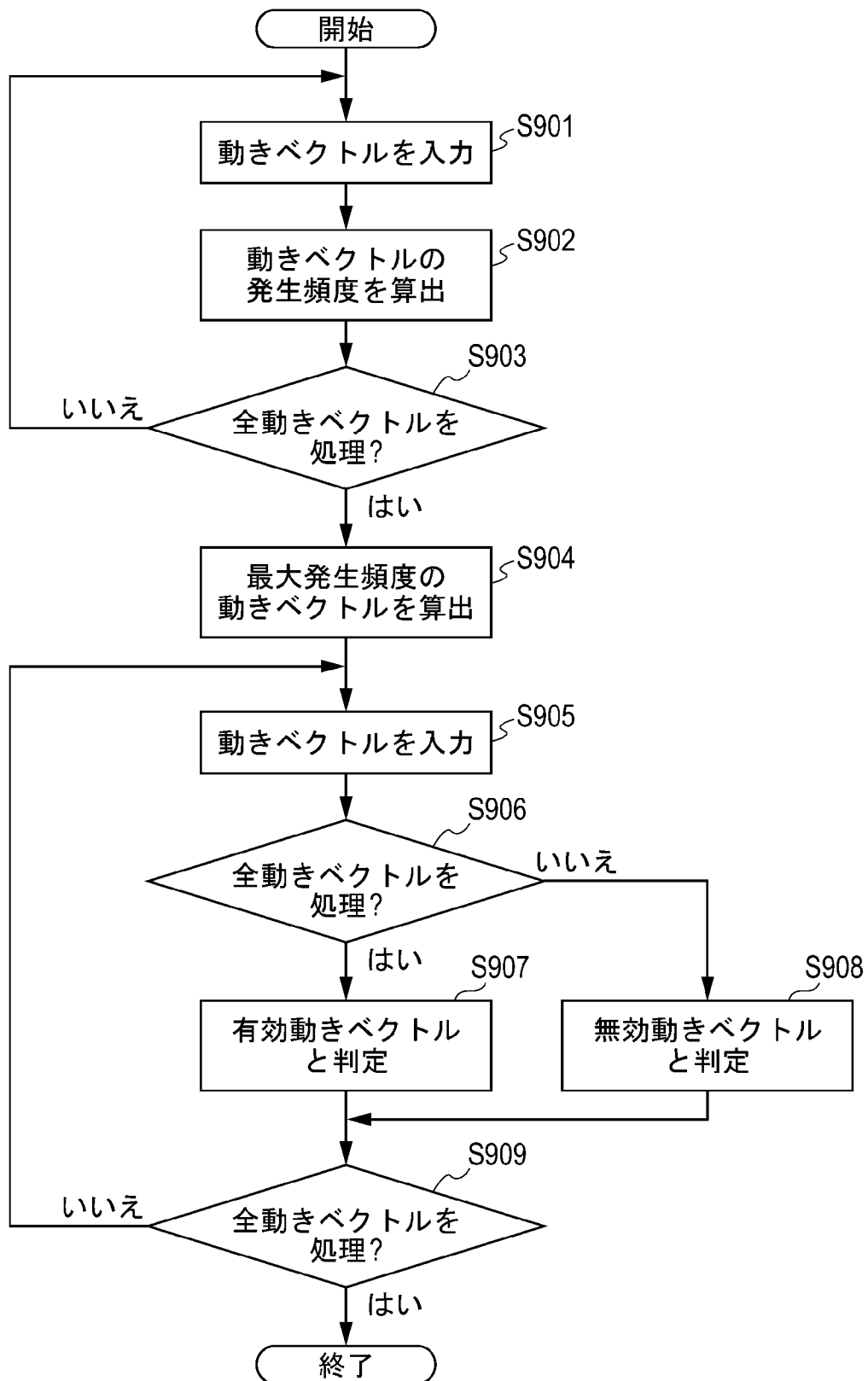
[図7]



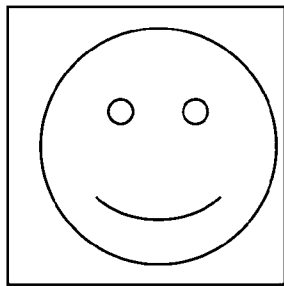
[図8]



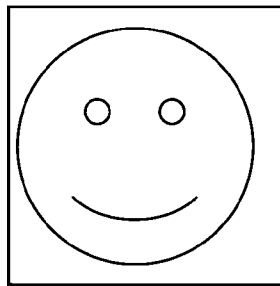
[図9]



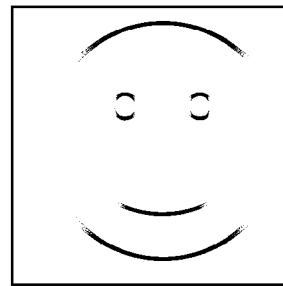
[図10]



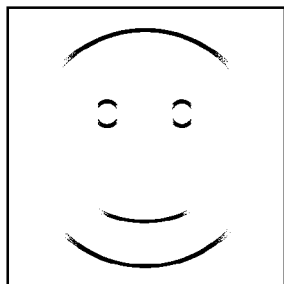
LR(0)



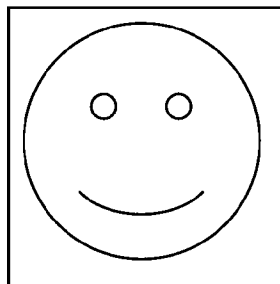
LR(1)



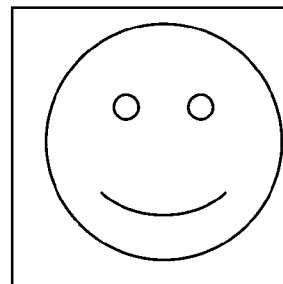
LR(2)



LR(3)

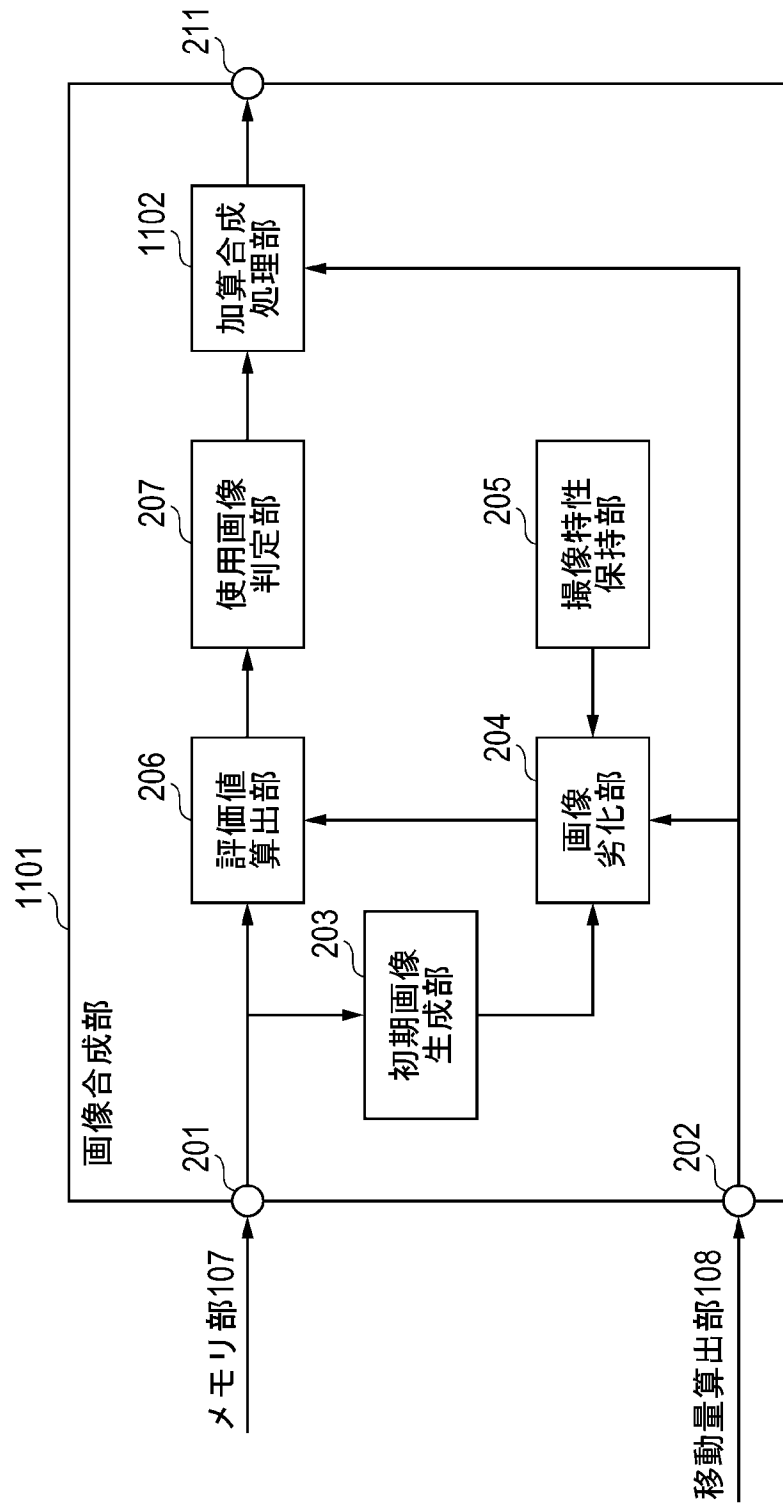


LR(4)

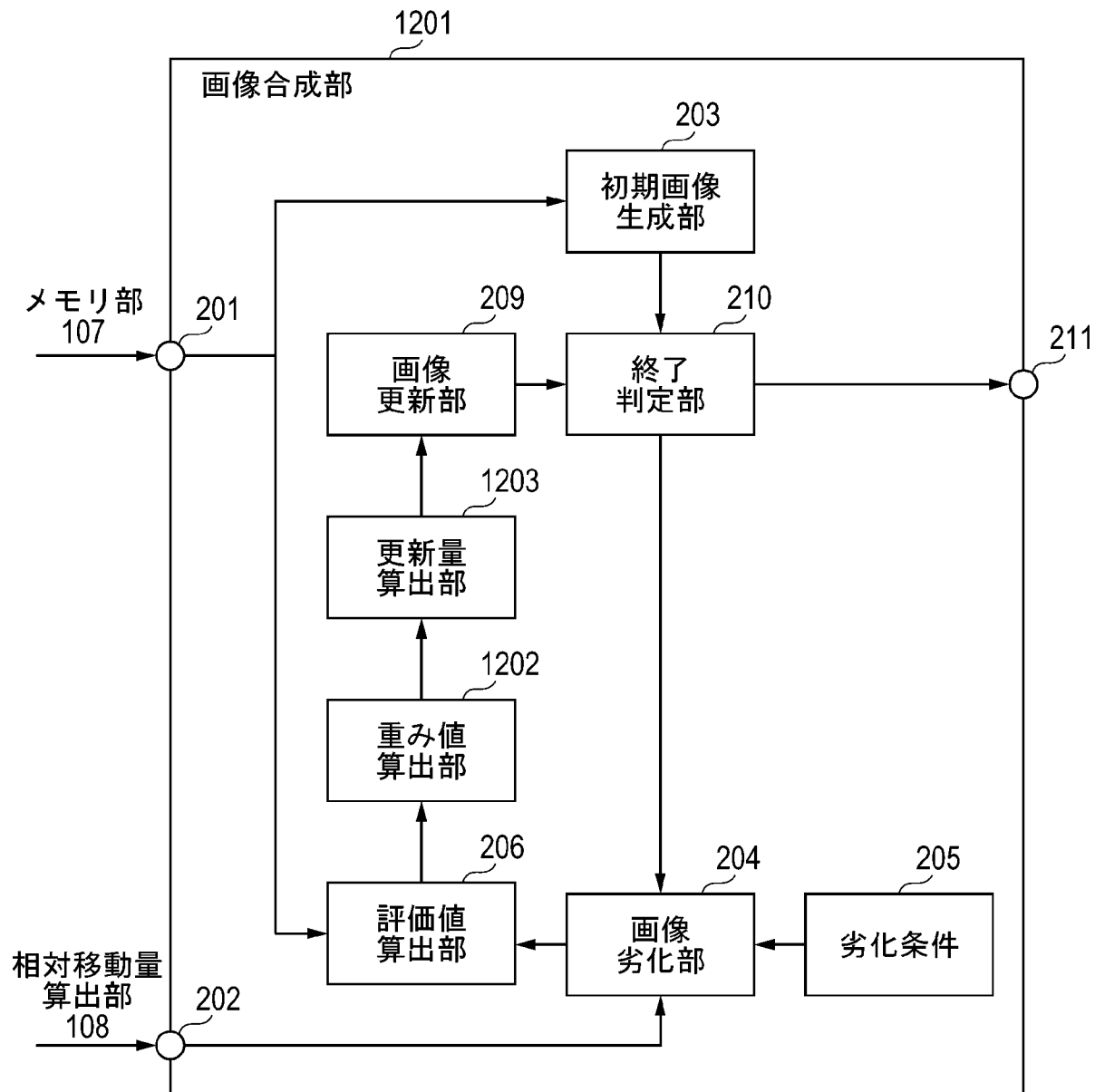


LR(5)

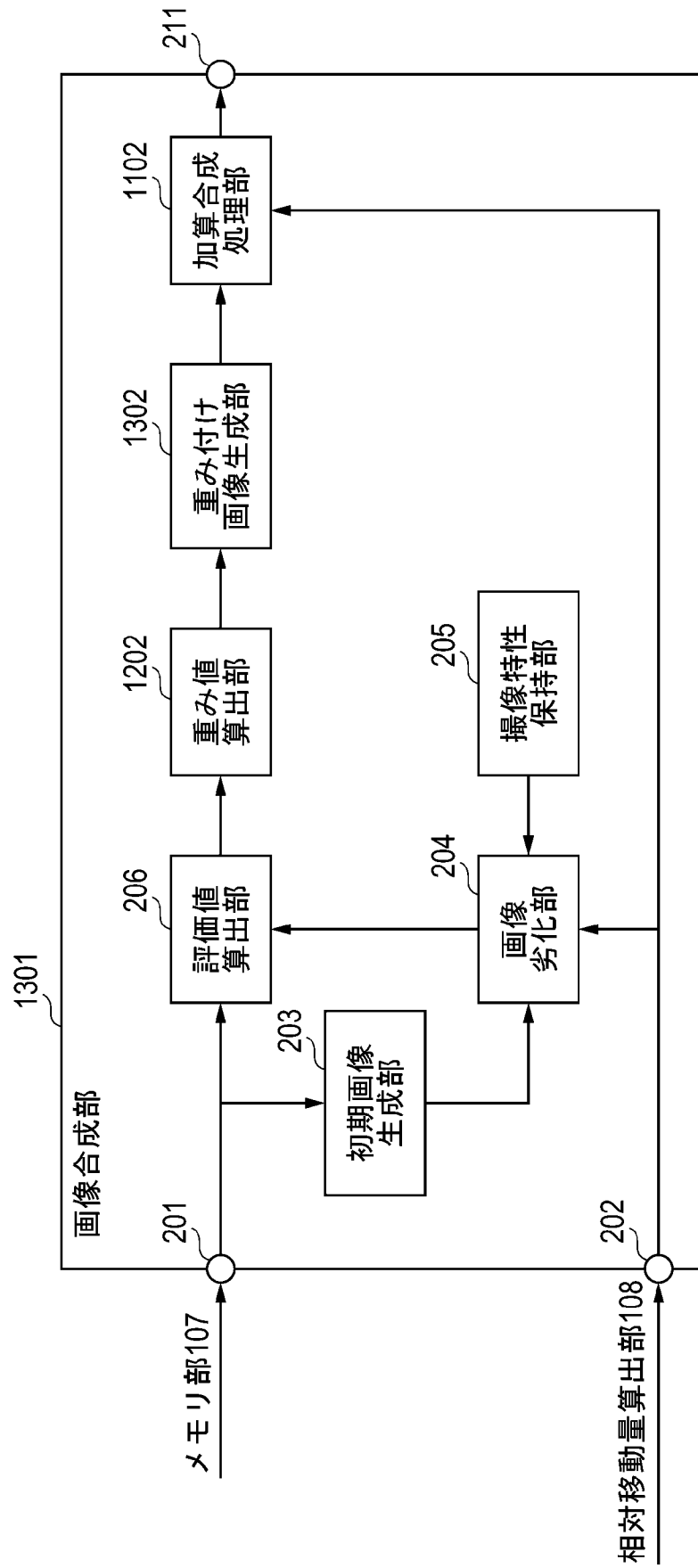
[図11]



[図12]

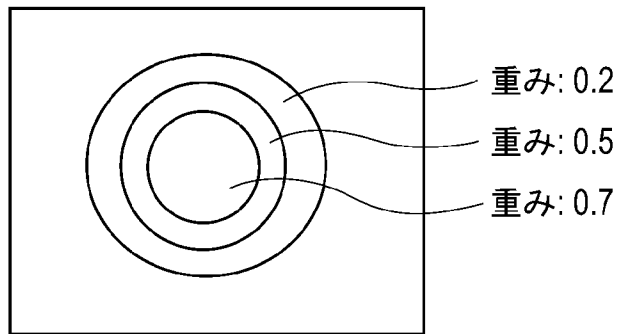


[図13]

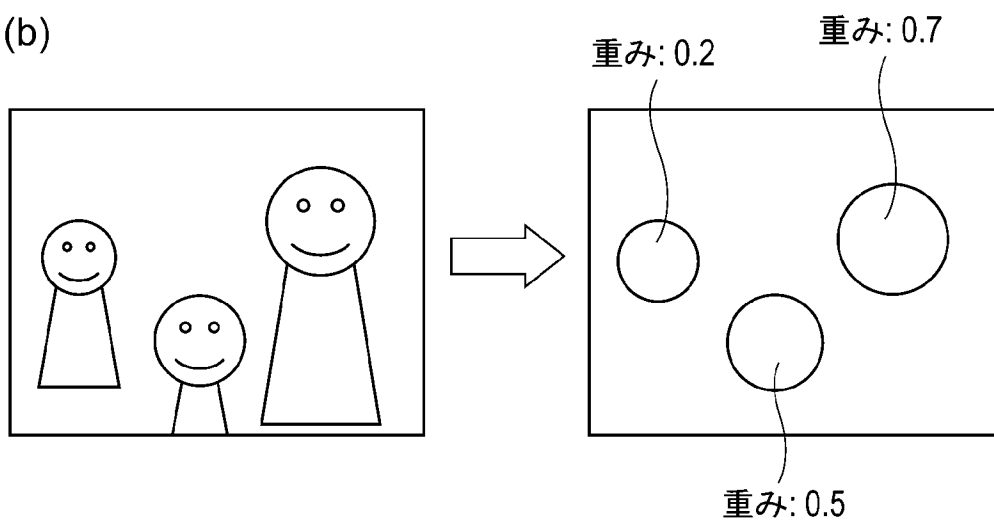


[図14]

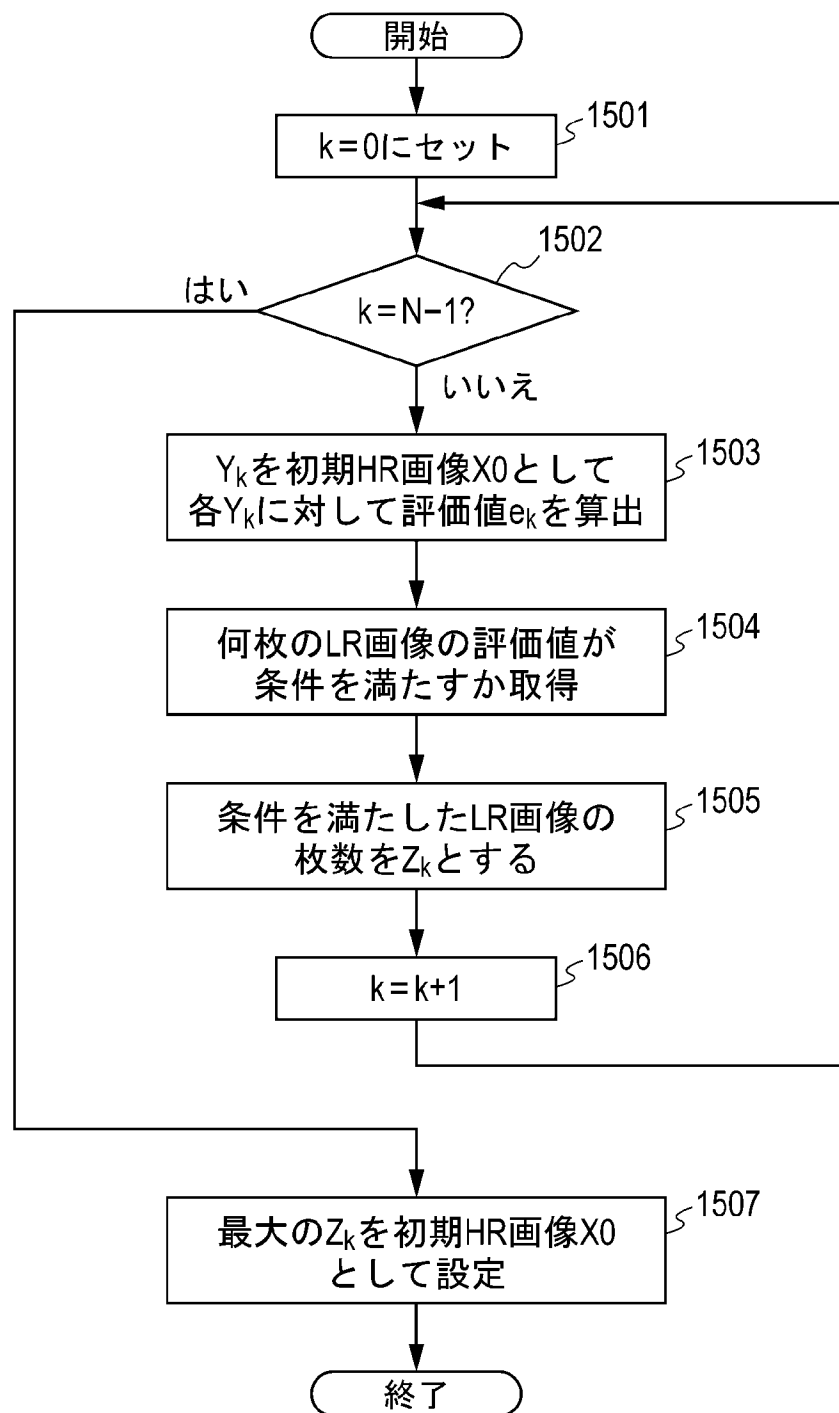
(a)



(b)



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/064716

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T3/00(2006.01)i, G06T3/40(2006.01)i, H04N1/387(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T3/00, G06T3/40, H04N1/387, H04N5/225, H04N5/232

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2009-048487 A (Olympus Corp.), 05 March 2009 (05.03.2009), paragraphs [0002] to [0005], [0026] to [0048]; fig. 6 to 7 (Family: none)	1-4, 8-10 6-7 5
Y A	JP 2008-177641 A (Seiko Epson Corp.), 31 July 2008 (31.07.2008), paragraph [0059] & US 2008/0175435 A1	6-7 1-5, 8-10
X A	JP 2008-293185 A (Olympus Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), paragraphs [0025] to [0056], [0077] to [0081]; fig. 8, 12 & WO 2008/143360 A1	1-5, 8-10 6-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 October, 2009 (13.10.09)

Date of mailing of the international search report
27 October, 2009 (27.10.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/064716

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2008-306651 A (Olympus Corp.), 18 December 2008 (18.12.2008), paragraphs [0032] to [0078]; fig. 9 to 12 & WO 2008/153167 A1	1-5, 8-10 6-7
X A	WO 2009/078437 A1 (Sharp Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0006] to [0038], [0087]; fig. 22 & JP 2009-147830 A	1-4, 8-10 5-7
X A	Shigeki SUGIMOTO, Masatoshi OKUTOMI, "Gazo no Cho Kaizodoka Shori", Journal of the Robotics Society of Japan, 15 April 2005 (15.04.2005), vol.23, no.3, pages 33 to 37	1-4, 8-10 5-7
X A	Yoichi YAGUCHI, Masayuki TANAKA, Masatoshi OKUTOMI, "Occlusion ya Akarusa Henka ni Robust na Cho Kaizo Shori", Information Processing Society of Japan Kenkyu Hokoku, 14 May 2007 (14.05.2007), vol.2007, no.42, pages 51 to 56	1-4, 8-10 5-7
X A	Masato TODA, Masato TSUKADA, Noboru INOUE, "Registration Gosa o Koryo shita Cho Kaizo Shori", FIT2006 Dai 5 Kai Forum on Information Technology Ippan Koen Ronbunshu, separate vol.3, Gazo Ninshiki·Media Rikai Graphics·Gazo Human Communication & Interaction, 21 August 2006 (21.08.2006), pages 63 to 64	1-4, 8-10 5-7
A	JP 2006-033232 A (Seiko Epson Corp.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0105] to [0114]; fig. 17 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T3/00(2006.01)i, G06T3/40(2006.01)i, H04N1/387(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T3/00, G06T3/40, H04N1/387, H04N5/225, H04N5/232

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2009-048487 A（オリンパス株式会社）2009.03.05, 段落【0002】－【0005】、段落【0026】－【0048】、図6－7（ファミリーなし）	1-4, 8-10
Y		6-7
A		5
Y	JP 2008-177641 A（セイコーエプソン株式会社）2008.07.31, 段落【0059】 & US 2008/0175435 A1	6-7
A		1-5, 8-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 3 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐田 宏史

電話番号 03-3581-1101 内線 3531

5 H

4 1 8 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2008-293185 A (オリンパス株式会社) 2008.12.04, 段落【0025】－【0056】、段落【0077】－【0081】、図8、図12 & WO 2008/143360 A1	1-5, 8-10 6-7
X A	JP 2008-306651 A (オリンパス株式会社) 2008.12.18, 段落【0032】－【0078】、図9－12 & WO 2008/153167 A1	1-5, 8-10 6-7
X A	WO 2009/078437 A1 (シャープ株式会社) 2009.06.25, 段落[0006]－[0038]、段落[0087]、図22 & JP 2009-147830 A	1-4, 8-10 5-7
X A	杉本 茂樹、奥富 正敏, “画像の超解像度化処理”, 日本ロボット学会誌, 2005.04.15, Vol.23, No.3, p.33-37	1-4, 8-10 5-7
X A	矢口 陽一、田中 正行、奥富 正敏, “オクルージョンや明るさ変化にロバストな超解像処理”, 情報処理学会研究報告, 2007.05.14, Vol.2007, No.42, p.51-56	1-4, 8-10 5-7
X A	戸田 真人、塚田 正人、井上 晃, “レジストレーション誤差を考慮した超解像処理”, FIT2006 第5回情報科学技術フォーラム 一般講演論文集 第3分冊 画像認識・メディア理解 グラフィクス・画像 ヒューマンコミュニケーション&インタラクション, 2006.08.21, p.63-64	1-4, 8-10 5-7
A	JP 2006-033232 A (セイコーエプソン株式会社) 2006.02.02, 段落【0105】－【0114】、図17 (ファミリーなし)	1-10