

(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2010-286302

(P2010-286302A)

(43) 公開日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
<b>GO1C</b>	<b>3/06</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1C	3/06	110V	2F065
<b>GO6T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6T	1/00	315	2F112
<b>GO1B</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1C	3/06	140	5B057
			GO1B	11/00	H	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2009-139095 (P2009-139095)  
 (22) 出願日 平成21年6月10日 (2009.6.10)

(71) 出願人 000001270  
 コニカミノルタホールディングス株式会社  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号  
 (74) 代理人 100088672  
 弁理士 吉竹 英俊  
 (74) 代理人 100088845  
 弁理士 有田 貴弘  
 (72) 発明者 墨友 博則  
 東京都日野市さくら町1番地 コニカミノ  
 ルタテクノロジーセンター株式会社内  
 Fターム(参考) 2F065 AA04 DD06 FF05 FF09 JJ03  
 JJ05 JJ19 JJ26 QQ16 QQ24  
 QQ25 QQ31 QQ36 QQ38 QQ42  
 UU05

最終頁に続く

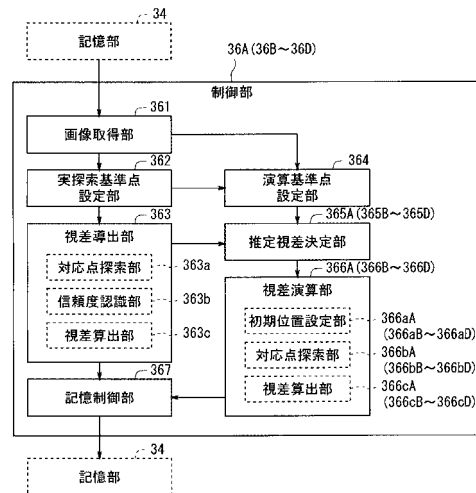
(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能な技術を提供する。

【解決手段】 同一の被写体を各々とらえた第1画像と第2画像とを含む複数の画像を取得し、第1画像に対して第1および第2探索基準点を含む複数の探索基準点を設定する。次に、第2画像について第1探索基準点に対応する第1対応点と第2探索基準点に対応する第2対応点とを探索することで、第1画像と第2画像との間における第1探索基準点に係る第1視差および該第1視差に係る第1信頼度と第2探索基準点に係る第2視差および該第2視差に係る第2信頼度とを導出する。そして、第1視差、第1信頼度、第2視差、および第2信頼度に基づき、第1画像において第1探索基準点と第2探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、第1画像と第2画像との間における推定視差を決定する。

【選択図】 図8



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

同一の被写体をそれぞれとらえた第 1 画像と第 2 画像とを含む複数の画像を取得する取得手段と、

前記第 1 画像に対して第 1 探索基準点と第 2 探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定手段と、

前記第 2 画像について前記第 1 探索基準点に対応する第 1 対応点と前記第 2 探索基準点に対応する第 2 対応点とを探索することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記第 1 探索基準点に係る第 1 視差および該第 1 視差に係る第 1 信頼度と前記第 2 探索基準点に係る第 2 視差および該第 2 視差に係る第 2 信頼度とを導出する導出手段と、

前記第 1 視差、前記第 1 信頼度、前記第 2 視差、および前記第 2 信頼度に基づき、前記第 1 画像において前記第 1 探索基準点と前記第 2 探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における推定視差を決定する決定手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の画像処理装置であって、

前記第 2 画像について前記演算基準点に対応する対応点の探索を前記推定視差を基準として実行することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記演算基準点に係る視差を求める演算手段、

を更に備えることを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 3】**

同一の被写体をそれぞれとらえた第 1 画像と第 2 画像とから、画素ラインをそれぞれ間引いた第 1 間引き画像と第 2 間引き画像とを生成する生成手段と、

前記第 1 間引き画像に対して第 1 探索基準点と第 2 探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定手段と、

前記第 2 間引き画像について前記第 1 探索基準点に対応する第 1 対応点と前記第 2 探索基準点に対応する第 2 対応点とを探索することで、前記第 1 間引き画像と前記第 2 間引き画像との間における前記第 1 探索基準点に係る第 1 視差および該第 1 視差に係る第 1 信頼度と前記第 2 探索基準点に係る第 2 視差および該第 2 視差に係る第 2 信頼度とを導出する導出手段と、

前記第 1 視差、前記第 1 信頼度、前記第 2 視差、および前記第 2 信頼度に基づき、前記第 1 間引き画像において前記第 1 探索基準点と前記第 2 探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第 1 間引き画像と前記第 2 間引き画像との間における推定視差を決定する決定手段と、

前記第 1 画像のうちの前記演算基準点に対応する点を次段の探索基準点として、前記第 2 画像について前記次段の探索基準点に対応する対応点の探索を前記推定視差を基準として実行することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記次段の探索基準点に係る視差を求める演算手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 から請求項 3 の何れか 1 つの請求項に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第 1 探索基準点と前記演算基準点との間の第 1 距離と、前記第 2 探索基準点と前記演算基準点との間の第 2 距離と、前記第 1 および第 2 信頼度とに基づいて、前記第 1 探索基準点に係る第 1 係数と、前記第 2 探索基準点に係る第 2 係数とを算出するとともに、該第 1 および第 2 係数と、前記第 1 および第 2 視差とに基づき、前記推定視差を決定することを特徴とする画像処理装置。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第1係数が前記第2係数よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2係数が前記第1係数よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定することを特徴とする画像処理装置。

【請求項6】

請求項1から請求項3の何れか1つの請求項に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定することを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項7】

請求項1から請求項3の何れか1つの請求項に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第1視差と前記第2視差との差分が閾値以下の場合には、前記第1および第2視差と、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離とを用いた線形補間によって前記推定視差を決定し、前記第1視差と前記第2視差との差分が前記閾値を超える場合には、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きければ前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きければ前記第2視差を前記推定視差として決定することを特徴とする画像処理装置。

20

【請求項8】

請求項2または請求項3に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第1視差と前記第2視差との差分が閾値以下の場合には、前記第1および第2視差と、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離とを用いた線形補間によって前記推定視差を決定し、前記第1視差と前記第2視差との差分が前記閾値を超える場合には、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きければ前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きければ前記第2視差を前記推定視差として決定し、

前記閾値が、

30

前記演算手段による前記推定視差を基準とした対応点の探索可能範囲に応じた値であることを特徴とする画像処理装置。

【請求項9】

請求項2に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離と、前記第1および第2信頼度とに基づいて、前記第1探索基準点に係る第1係数と、前記第2探索基準点に係る第2係数とを算出するとともに、前記第1係数が前記第2係数よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2係数が前記第1係数よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定し、

40

前記演算手段が、

前記演算基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第1および第2視差のうちの前記決定手段によって前記推定視差として決定された一方の視差とは異なる他方の視差を基準として、前記第2画像について前記演算基準点に対応する対応点の探索を実行することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記演算基準点に係る視差を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項10】

請求項2に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

50

前記第 1 信頼度が前記第 2 信頼度よりも大きな場合には、前記第 1 視差を前記推定視差として決定し、前記第 2 信頼度が前記第 1 信頼度よりも大きな場合には、前記第 2 視差を前記推定視差として決定し、

前記演算手段が、

前記演算基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第 1 および第 2 視差のうちの前記決定手段によって前記推定視差として決定された一方の視差とは異なる他方の視差を基準として、前記第 2 画像について前記演算基準点に対応する対応点の探索を実行することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記演算基準点に係る視差を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 1】

10

請求項 3 に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第 1 探索基準点と前記演算基準点との間の第 1 距離と、前記第 2 探索基準点と前記演算基準点との間の第 2 距離と、前記第 1 および第 2 信頼度とに基づいて、前記第 1 探索基準点に係る第 1 係数と、前記第 2 探索基準点に係る第 2 係数とを算出するとともに、前記第 1 係数が前記第 2 係数よりも大きな場合には、前記第 1 視差を前記推定視差として決定し、前記第 2 係数が前記第 1 係数よりも大きな場合には、前記第 2 視差を前記推定視差として決定し、

前記演算手段が、

前記次段の探索基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第 1 および第 2 視差のうちの前記決定手段によって前記推定視差として決定された一方の視差とは異なる他方の視差を基準として、前記第 2 画像について前記次段の探索基準点に対応する対応点の探索を実行することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記次段の探索基準点に係る視差を求めることを特徴とする画像処理装置。

20

【請求項 1 2】

請求項 3 に記載の画像処理装置であって、

前記決定手段が、

前記第 1 信頼度が前記第 2 信頼度よりも大きな場合には、前記第 1 視差を前記推定視差として決定し、前記第 2 信頼度が前記第 1 信頼度よりも大きな場合には、前記第 2 視差を前記推定視差として決定し、

30

前記演算手段が、

前記次段の探索基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第 1 および第 2 視差のうちの前記決定手段によって前記推定視差として決定された一方の視差とは異なる他方の視差を基準として、前記第 2 画像について前記次段の探索基準点に対応する対応点の探索を実行することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記次段の探索基準点に係る視差を求めることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 3】

同一の被写体をそれぞれとらえた第 1 画像と第 2 画像とを含む複数の画像を取得する取得ステップと、

前記第 1 画像に対して第 1 探索基準点と第 2 探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定ステップと、

40

前記第 2 画像について前記第 1 探索基準点に対応する第 1 対応点と前記第 2 探索基準点に対応する第 2 対応点とを探索することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記第 1 探索基準点に係る第 1 視差および該第 1 視差に係る第 1 信頼度と前記第 2 探索基準点に係る第 2 視差および該第 2 視差に係る第 2 信頼度とを導出する導出ステップと、

前記第 1 視差、前記第 1 信頼度、前記第 2 視差、および前記第 2 信頼度に基づき、前記第 1 画像において前記第 1 探索基準点と前記第 2 探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における推定視差を決定する決定ステップと、

を備えることを特徴とする画像処理方法。

50

**【請求項 14】**

同一の被写体をそれぞれとらえた第 1 画像と第 2 画像とから、画素ラインをそれぞれ間引いた第 1 間引き画像と第 2 間引き画像とを生成する生成ステップと、

前記第 1 間引き画像に対して第 1 探索基準点と第 2 探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定ステップと、

前記第 2 間引き画像について前記第 1 探索基準点に対応する第 1 対応点と前記第 2 探索基準点に対応する第 2 対応点とを探索することで、前記第 1 間引き画像と前記第 2 間引き画像との間における前記第 1 探索基準点に係る第 1 視差および該第 1 視差に係る第 1 信頼度と前記第 2 探索基準点に係る第 2 視差および該第 2 視差に係る第 2 信頼度とを導出する導出ステップと、

前記第 1 視差、前記第 1 信頼度、前記第 2 視差、および前記第 2 信頼度に基づき、前記第 1 間引き画像において前記第 1 探索基準点と前記第 2 探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第 1 間引き画像と前記第 2 間引き画像との間における推定視差を決定する決定ステップと、

前記第 1 画像のうちの前記演算基準点に対応する点を次段の探索基準点として、前記第 2 画像について前記次段の探索基準点に対応する対応点の探索を前記推定視差を基準として実行することで、前記第 1 画像と前記第 2 画像との間における前記次段の探索基準点に係る視差を求める演算ステップと、

を備えることを特徴とする画像処理方法。

**【請求項 15】**

画像処理装置に含まれる制御部において実行されることにより、前記画像処理装置を、請求項 1 から請求項 12 の何れか 1 つの請求項に記載の画像処理装置として機能させるプログラム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、画像処理技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

ステレオカメラを用いて異なる視点から撮影された 2 つの画像（基準画像と参照画像）の間で、各画素を相互に対応付ける技術（対応点探索技術）が知られている。この対応点探索技術では、一般的に、基準画像上における或る点に対応する参照画像上の点（対応点）が、参照画像上の何れの位置にあるのか事前には不明であるため、参照画像の全域を対象とした対応点の探索が行われる。しかし、参照画像の全域を対象とした対応点の探索には、膨大な演算処理が必要となり、対応点の探索に長時間を要してしまう。

**【0003】**

そこで、参照画像の全域を対象とした探索の代わりに、基準画像と参照画像とから、複数段階の解像度の画像がそれぞれ生成され、解像度が低い画像から順に対応点の探索が行われることで、対応点の探索領域の絞り込みが行われつつ、対応点の探索が行われる技術（多重解像度探索技術）が提案されている。この技術では、各解像度の画像に対して検出された対応点を示す値が、次の解像度の画像について対応点の探索が開始される際の初期値として用いられる。

**【0004】**

そして、この多重解像度探索技術については、例えば、検出された対応点に関する信頼度が低い場合には、周囲の対応点に関する情報を用いた補正が行われることで、対応点の探索における高精度化が図られる技術が提案されている（例えば、特許文献 1）。また、検出された対応点に関する信頼度が低い場合には、その対応点の周囲に係る視差に基づく補間によって対応点の探索における初期位置が決定され、参照画像のうちの該初期位置の周辺について対応点の探索が再度行われることで、対応点の探索における高精度化が図られる技術が提案されている（例えば、非特許文献 1）。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2001-148012号公報

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Mohammad Abdul MUQUIT, Takuma SHIBAHARA, and Takafumi AOKI 「A-High-Accuracy Passive 3D Measurement System Using Phase-Based Image Matching」, IEICE TRANS. FUNDAMENTALS, VOL. E89-A, NO.3 MARCH 2006, p686-697.

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上記特許文献1および非特許文献1の技術において、対応点の探索の更なる高速化を図るために、基準画像上の一部の画素について参照画像から対応点を検出し、該基準画像上のその他の画素に対応する参照画像上の対応点については、周囲の対応点を基準とした線形補間によって求めることが考えられる。このような一部の画素に係る対応点の探索と線形補間とを組み合わせた対応点探索を、多重解像度探索技術における各解像度の対応点探索に適用することで、対応点の探索の更なる高速化を図ることが考えられる。

【0008】

しかしながら、基準画像および参照画像においてとらえられた被写体に、遠距離に位置する被写体と近距離に位置する被写体とが含まれる場合には、周囲の対応点を基準とした単なる線形補間では、適切な対応点が求められない虞がある。すなわち、対応点の探索精度が低下する虞がある。そして、このような問題は、2以上の画像の間において対応点を探索する技術一般に共通する。

20

【0009】

本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであり、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能な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】

【0010】

上記課題を解決するために、第1の態様に係る画像処理装置は、同一の被写体をそれぞれとらえた第1画像と第2画像とを含む複数の画像を取得する取得手段と、前記第1画像に対して第1探索基準点と第2探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定手段とを備える。また、該画像処理装置は、前記第2画像について前記第1探索基準点に対応する第1対応点と前記第2探索基準点に対応する第2対応点とを探索することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記第1探索基準点に係る第1視差および該第1視差に係る第1信頼度と前記第2探索基準点に係る第2視差および該第2視差に係る第2信頼度とを導出する導出手段を備える。更に、該画像処理装置は、前記第1視差、前記第1信頼度、前記第2視差、および前記第2信頼度に基づき、前記第1画像において前記第1探索基準点と前記第2探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第1画像と前記第2画像との間における推定視差を決定する決定手段を備える。

30

40

【0011】

第2の態様に係る画像処理装置は、第1の態様に係る画像処理装置であって、前記第2画像について前記演算基準点に対応する対応点の探索を前記推定視差を基準として実行することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記演算基準点に係る視差を求める演算手段を更に備える。

【0012】

第3の態様に係る画像処理装置は、同一の被写体をそれぞれとらえた第1画像と第2画像とから、画素ラインをそれぞれ間引いた第1間引き画像と第2間引き画像とを生成する生成手段と、前記第1間引き画像に対して第1探索基準点と第2探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定手段とを備える。また、該画像処理装置は、前記第2間引き

50

画像について前記第1探索基準点に対応する第1対応点と前記第2探索基準点に対応する第2対応点とを探索することで、前記第1間引き画像と前記第2間引き画像との間における前記第1探索基準点に係る第1視差および該第1視差に係る第1信頼度と前記第2探索基準点に係る第2視差および該第2視差に係る第2信頼度とを導出する導出手段を備える。更に、該画像処理装置は、前記第1視差、前記第1信頼度、前記第2視差、および前記第2信頼度に基づき、前記第1間引き画像において前記第1探索基準点と前記第2探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第1間引き画像と前記第2間引き画像との間における推定視差を決定する決定手段を備える。そして、該画像処理装置は、前記第1画像のうちの前記演算基準点に対応する点を次段の探索基準点として、前記第2画像について前記次段の探索基準点に対応する対応点の探索を前記推定視差を基準として実行することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記次段の探索基準点に係る視差を求める演算手段を備える。

10

**【0013】**

第4の態様に係る画像処理装置は、第1から第3の何れか1つの態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離と、前記第1および第2信頼度とに基づいて、前記第1探索基準点に係る第1係数と、前記第2探索基準点に係る第2係数とを算出するとともに、該第1および第2係数と、前記第1および第2視差とに基づき、前記推定視差を決定する。

20

**【0014】**

第5の態様に係る画像処理装置は、第4の態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1係数が前記第2係数よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2係数が前記第1係数よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定する。

**【0015】**

第6の態様に係る画像処理装置は、第1から第3の何れか1つの態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定する。

30

**【0016】**

第7の態様に係る画像処理装置は、第1から第3の何れか1つの態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1視差と前記第2視差との差分が閾値以下の場合には、前記第1および第2視差と、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離とを用いた線形補間によって前記推定視差を決定し、前記第1視差と前記第2視差との差分が前記閾値を超える場合には、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きければ前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きければ前記第2視差を前記推定視差として決定する。

**【0017】**

第8の態様に係る画像処理装置は、第2または第3の態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1視差と前記第2視差との差分が閾値以下の場合には、前記第1および第2視差と、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離とを用いた線形補間によって前記推定視差を決定し、前記第1視差と前記第2視差との差分が前記閾値を超える場合には、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きければ前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きければ前記第2視差を前記推定視差として決定する。そして、該画像処理装置では、前記閾値が、前記演算手段による前記推定視差を基準とした対応点の探索可能範囲に応じた値である。

40

**【0018】**

第9の態様に係る画像処理装置は、第2の態様に係る画像処理装置であって、前記決定

50

手段が、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離と、前記第1および第2信頼度とに基づいて、前記第1探索基準点に係る第1係数と、前記第2探索基準点に係る第2係数とを算出するとともに、前記第1係数が前記第2係数よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2係数が前記第1係数よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定する。そして、該画像処理装置では、前記演算手段が、前記演算基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第1および第2視差のうちの前記決定手段によって前記推定視差として決定された一方の視差とは異なる他方の視差を基準として、前記第2画像について前記演算基準点に対応する対応点の探索を実行することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記演算基準点に係る視差を

10

**【0019】**

第10の態様に係る画像処理装置は、第2の態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定する。そして、該画像処理装置では、前記演算手段が、前記演算基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第1および第2視差のうちの前記決定手段によって前記推定視差として決定された一方の視差とは異なる他方の視差を基準として、前記第2画像について前記演算基準点に対応する対応点の探索を実行することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記演算基準

20

**【0020】**

第11の態様に係る画像処理装置は、第3の態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1探索基準点と前記演算基準点との間の第1距離と、前記第2探索基準点と前記演算基準点との間の第2距離と、前記第1および第2信頼度とに基づいて、前記第1探索基準点に係る第1係数と、前記第2探索基準点に係る第2係数とを算出するとともに、前記第1係数が前記第2係数よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2係数が前記第1係数よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定する。そして、該画像処理装置では、前記演算手段が、前記次段の探索基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前記第1および

30

**【0021】**

第12の態様に係る画像処理装置は、第3の態様に係る画像処理装置であって、前記決定手段が、前記第1信頼度が前記第2信頼度よりも大きな場合には、前記第1視差を前記推定視差として決定し、前記第2信頼度が前記第1信頼度よりも大きな場合には、前記第2視差を前記推定視差として決定する。そして、該画像処理装置では、前記演算手段が、前記次段の探索基準点に係る視差の信頼度を算出し、該信頼度が所定値未満であれば、前

40

**【0022】**

第13の態様に係る画像処理方法は、同一の被写体をそれぞれとらえた第1画像と第2画像とを含む複数の画像を取得する取得ステップと、前記第1画像に対して第1探索基準点と第2探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定ステップとを備える。また、該画像処理方法は、前記第2画像について前記第1探索基準点に対応する第1対応点と前記第2探索基準点に対応する第2対応点とを探索することで、前記第1画像と前記第2

50

画像との間における前記第1探索基準点に係る第1視差および該第1視差に係る第1信頼度と前記第2探索基準点に係る第2視差および該第2視差に係る第2信頼度とを導出する導出ステップを備える。更に、該画像処理方法は、前記第1視差、前記第1信頼度、前記第2視差、および前記第2信頼度に基づき、前記第1画像において前記第1探索基準点と前記第2探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第1画像と前記第2画像との間における推定視差を決定する決定ステップを備える。

【0023】

第14の態様に係る画像処理方法は、同一の被写体をそれぞれとらえた第1画像と第2画像とから、画素ラインをそれぞれ間引いた第1間引き画像と第2間引き画像とを生成する生成ステップと、前記第1間引き画像に対して第1探索基準点と第2探索基準点とを含む複数の探索基準点を設定する設定ステップとを備える。また、該画像処理方法は、前記第2間引き画像について前記第1探索基準点に対応する第1対応点と前記第2探索基準点に対応する第2対応点とを探索することで、前記第1間引き画像と前記第2間引き画像との間における前記第1探索基準点に係る第1視差および該第1視差に係る第1信頼度と前記第2探索基準点に係る第2視差および該第2視差に係る第2信頼度とを導出する導出ステップを備える。更に、該画像処理方法は、前記第1視差、前記第1信頼度、前記第2視差、および前記第2信頼度に基づき、前記第1間引き画像において前記第1探索基準点と前記第2探索基準点とによって挟まれる演算基準点について、前記第1間引き画像と前記第2間引き画像との間における推定視差を決定する決定ステップを備える。そして、該画像処理方法は、前記第1画像のうちの前記演算基準点に対応する点を次段の探索基準点として、前記第2画像について前記次段の探索基準点に対応する対応点の探索を前記推定視差を基準として実行することで、前記第1画像と前記第2画像との間における前記次段の探索基準点に係る視差を求める演算ステップを備える。

10

20

【0024】

第15の態様に係るプログラムは、画像処理装置に含まれる制御部において実行されることにより、前記画像処理装置を、第1から第12の何れか1つの態様に係る画像処理装置として機能させる。

【発明の効果】

【0025】

第1の態様に係る画像処理装置によれば、演算基準点を挟む2点の視差とその信頼度とに基づいて該演算基準点に係る視差が求められるため、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

30

【0026】

第2の態様に係る画像処理装置によれば、実際の視差に近い推定視差を基準として、演算基準点に対応する対応点の探索が行われるため、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

【0027】

第3の態様に係る画像処理装置によれば、実際の視差に近い推定視差を基準として、演算基準点に対応する対応点の探索が行われるため、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

40

【0028】

第4の態様に係る画像処理装置によれば、周囲の探索基準点と演算基準点との間の距離と、該周囲の探索基準点の視差に係る信頼度とを加味した係数に基づいて、確度の低い情報の影響が低減された視差が求められる。

【0029】

第5および第6の何れの態様に係る画像処理装置によっても、減り張りを付けた視差の導出が可能となる。

【0030】

第7の態様に係る画像処理装置によれば、周辺の見差の状況に応じて、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

50

## 【 0 0 3 1 】

第 8 の態様に係る画像処理装置によれば、周辺の視差の差分が大きいかが否かが、次の段階の対応点の探索が可能な範囲に応じて決められるため、次の段階における視差の算出精度が高められる。

## 【 0 0 3 2 】

第 9 から第 1 2 の何れの態様に係る画像処理装置によっても、次の段階の対応点の探索において基準となる推定視差の決定に誤りがあった場合でも、次の段階における視差の算出精度を確保することができる。

## 【 0 0 3 3 】

第 1 3 の態様に係る画像処理方法によれば、第 1 の態様に係る画像処理装置と同様な効果が得られる。

## 【 0 0 3 4 】

第 1 4 の態様に係る画像処理方法によれば、第 3 の態様に係る画像処理装置と同様な効果が得られる。

## 【 0 0 3 5 】

第 1 5 の態様に係るプログラムによれば、第 1 から第 1 2 の態様に係る画像処理装置と同様な効果が得られる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 6 】

【 図 1 】 第 1 ~ 4 実施形態および変形例に係る情報処理システムの概略構成を示す図である。

【 図 2 】 第 1 ~ 4 実施形態および変形例に係る情報処理システムの要部構成を示すブロック図である。

【 図 3 】 基準画像に対して設定されるウィンドウの設定態様を例示する図である。

【 図 4 】 参照画像に対して設定されるウィンドウの設定態様を例示する図である。

【 図 5 】 基準画像に対する基準領域の設定態様を例示する図である。

【 図 6 】 位相限定相関法を用いた対応点探索処理を説明するための図である。

【 図 7 】 基準領域と比較領域との相関を示す P O C 値の分布を例示する図である。

【 図 8 】 第 1 ~ 4 実施形態に係る制御部の機能的な構成を示す図である。

【 図 9 】 基準画像および参照画像を例示する図である。

【 図 1 0 】 基準画像に対して設定される複数の探索基準点を例示する図である。

【 図 1 1 】 推定視差の決定処理を説明するための図である。

【 図 1 2 】 第 1 ~ 3 の演算基準点の推定視差の決定処理を説明するための図である。

【 図 1 3 】 第 1 ~ 3 の演算基準点の各視差を線形補間によって導出する処理を説明するための図である。

【 図 1 4 】 初期位置を内包する比較領域が参照画像に設定される様子を示す図である。

【 図 1 5 】 第 1 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 1 6 】 第 1 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 1 7 】 第 1 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 1 8 】 第 2 および第 3 実施形態に係る視差の決定処理を説明するための図である。

【 図 1 9 】 第 2 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 2 0 】 第 2 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 2 1 】 第 3 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 2 2 】 第 1 ~ 3 の演算基準点に係る視差の推定処理を説明するための図である。

【 図 2 3 】 第 1 ~ 3 の演算基準点に係る視差の推定処理を説明するための図である。

【 図 2 4 】 第 1 ~ 3 の演算基準点に係る視差の推定処理を説明するための図である。

【 図 2 5 】 第 4 実施形態に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【 図 2 6 】 変形例に係る制御部の機能的な構成を示す図である。

【 図 2 7 】 間引き基準画像および間引き参照画像を例示する図である。

【 図 2 8 】 間引き基準画像および間引き参照画像に係る対応点探索処理を説明するための

10

20

30

40

50

図である。

【図 29】従来技術に係る対応点探索処理を説明するための図である。

【図 30】変形例に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【図 31】変形例に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【図 32】変形例に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0038】

<(1)第1実施形態>

<(1-1)情報処理システムの構成>

図1は、本発明の第1実施形態に係る情報処理システム1Aの概略構成を示す図であり、図2は、情報処理システム1Aの要部構成を示すブロック図である。

【0039】

情報処理システム1Aは、2眼のステレオカメラ2と、ステレオカメラ2に対してデータ伝送可能に接続する情報処理装置3Aとを備える。

【0040】

2眼のステレオカメラ2には、それぞれ撮像素子を有する2つの撮像素子21, 22が設けられる。撮像素子21, 22は、所定方向に沿って離隔配置され、カメラ正面の被写体OBを、同じタイミングで異なる視点から撮像するように構成される。撮像素子21, 22によって同じタイミングで撮像される2つの画像は、いわゆるステレオ画像であり、データ線CBを介して情報処理装置3Aに送信される。

【0041】

なお、ステレオ画像を構成する2画像のうち、撮像素子21によって撮像されて取得される画像を、適宜「第1撮像画像」G1と称し、撮像素子22によって撮像されて取得される画像を、適宜「第2撮像画像」G2と称する。従って、2眼のステレオカメラ2によって、同一の被写体OBがそれぞれとらえられた第1撮像画像G1と第2撮像画像G2を含む複数の画像が取得される。

【0042】

情報処理装置3Aは、例えばパーソナルコンピュータ(パソコン)で構成され、マウスやキーボードを含む操作部31と、例えば液晶ディスプレイ等で構成される表示部32と、ステレオカメラ2からのデータを受信するインターフェース(I/F)部33とを備える。また、情報処理装置3Aは、記憶部34と入出力部35と制御部36Aとを有する。

【0043】

記憶部34は、例えばハードディスク等で構成され、後述する対応点探索処理を行うためのプログラムPGa等が格納される。

【0044】

入出力部35は、例えばディスクドライブを備えて構成され、光ディスク等の記憶媒体9を受け付け、制御部36Aとの間でデータの授受を行う。

【0045】

制御部36Aは、プロセッサとして働くCPU36a、および情報を一時的に記憶するメモリ36bを有し、情報処理装置3Aの各部を統括的に制御する。制御部36Aでは、記憶部34内のプログラムPGaが読み込まれて実行されることで、各種機能や情報処理等が実現される。

【0046】

制御部36Aのメモリ36bには、記憶媒体9に記憶されているプログラムデータを入出力部35を介して格納させることができる。これにより、この格納したプログラムを情報処理装置3Aの動作に反映させることができる。

【0047】

また、制御部36Aは、ステレオカメラ2で取得されたステレオ画像を構成する2画像

10

20

30

40

50

(具体的には、第1および第2撮像画像G1, G2)間において対応点を探索する処理(対応点探索処理)を行う。この対応点探索処理については後述する。更に、制御部36Aは、画像間の対応点から三角測量の原理に基づき、被写体OBの3次元位置を算出する。

【0048】

表示部32では、制御部36Aで算出された被写体OBの3次元位置に基づく被写体OBの3次元画像が可視的に出力される。

【0049】

なお、本実施形態では、説明を簡素化するために、ステレオカメラ2の収差は良好に補正されており、且つ撮像系21, 22は、略平行(好ましくは完全に平行)に設定されている。つまり、撮像系21, 22の光軸が略平行(好ましくは完全に平行)に設定され、第1および第2撮像画像G1, G2で捉えられた被写体は、第1および第2撮像画像G1, G2の外縁に対して略同一の角度関係(好ましくは完全に同一の角度関係)を有する。また、実際のステレオカメラ2の構成が、このような条件にない場合は、画像処理によって同等の条件下で撮像されたステレオ画像に変換されても良い。

【0050】

<(1-2)対応点探索処理>

情報処理装置3Aでは、制御部36Aにおいて、ステレオ画像を構成する2画像間の対応点探索処理が行われる。この対応点探索処理では、簡単には、下記ステップ(I)~(III)の処理が順次に行われる。

【0051】

(I)基準画像としての第1撮像画像G1を構成する全画素のうちの一部の複数の画素が、対応点の探索における基準画素(探索基準点)として設定される。

【0052】

(II)各探索基準点について、参照画像としての第2撮像画像G2を対象として探索基準点と同じ被写体の部分をとらえた該探索基準点に対応する点(対応点)が探索される。これにより、各探索基準点について、第1撮像画像G1と第2撮像画像G2との間における探索基準点の座標とその対応点の座標との間の距離が、視差として導出される。このとき、各視差の信頼性を示す値(信頼度)が導出される。

【0053】

(III)第1撮像画像G1のうちの基準画素(探索基準点)以外の画素が、対応点が演算によって推定される画素(演算基準点)として順次に設定され、演算基準点を挟む2点の探索基準点に係る視差および該視差の信頼度に基づいて、各演算基準点に係る視差の推定値(推定視差)が決定される。

【0054】

ここで、ステップ(II)における対応点探索手法としては、振幅成分を抑制した相関法が知られており、位相限定相関法(POC; Phase Only Correlation)やDC符号限定相関法(参考論文:「画像信号処理と画像パターン認識の融合 - DC符号限定相関とその応用」貴塚仁志)等がある。これらの相関法では、パターンの周波数分解信号から、振幅成分を抑制した位相成分のみの信号を用いて類似度演算が行われる。このため、画像を取得するためのステレオカメラ2における撮影条件の差(ここでは、撮像系21, 22における撮影条件の差)や、ノイズ等の影響を受け難く、欠陥が生じ難い対応点探索が可能である。

【0055】

なお、本実施形態では、位相限定相関法を用いた対応点探索処理が行われるものとする。ここで、位相限定相関法を用いた対応点探索の基本原則について説明する。

【0056】

<(1-2-1)位相限定相関法を用いた対応点探索の基本原則>

ステレオカメラ2の撮像系21, 22によって同期して取得された第1および第2撮像画像G1, G2のうち、第1撮像画像G1が基準画像として設定され、第2撮像画像G2が参照画像として設定される。以下、基準画像G1および参照画像G2とも称する。

## 【 0 0 5 7 】

なお、ここでは、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 は、それぞれ相互に直交する X 方向および Y 方向に沿って多数の画素がマトリックス状に配置されて形成されているものとする。また、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 では、X 方向に沿って所定数 ( N 個 ) の画素が配列されることで長辺が形成され、X 方向とは異なる Y 方向に沿って所定数 ( M 個 ) の画素が配列されることで短辺が形成されているものとする。

## 【 0 0 5 8 】

図 3 は、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間において対応点探索を行う際に、基準画像 G 1 に対して設定されるウィンドウの設定態様を例示する図である。また、図 4 は、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間において対応点探索を行う際に、参照画像 G 2 に対して設定されるウィンドウの設定態様を例示する図である。なお、図 3 および図 3 以降の図では、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 の長辺に沿った X 方向と、短辺に沿った Y 方向とを明示するために、X Y の直交する 2 軸が付されている。

10

## 【 0 0 5 9 】

また、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 では、左下の画素が基準 ( 例えば原点 ) とされるとともに、各画素の位置が X Y の座標 ( X , Y ) で示され、例えば、X 方向に 1 画素ずれると X 座標の値が 1 増加し、Y 方向に 1 画素ずれると Y 座標の値が 1 増加するものとする。

## 【 0 0 6 0 】

更に、ここでは、撮像系 2 1 で取得される基準画像 G 1 で被写体のある部分をとらえた画素の座標と、撮像系 2 2 で取得される参照画像 G 2 で同じ被写体のある部分をとらえた画素の座標とが、Y 方向にはほとんどずれず、X 方向にずれるように、撮像系 2 1 と撮像系 2 2 とが設置されているものとする。

20

## 【 0 0 6 1 】

まず、図 3 で示されるように、基準画像 G 1 上で指定される点 ( 以下「指定点」と称する ) P を中心点として内包するウィンドウ ( 基準領域 ) W 1 が基準画像 G 1 上に設定される。その一方で、図 4 で示されるように、ウィンドウ W 1 のサイズと同じサイズを有するウィンドウ ( 比較領域 ) W 2 が参照画像 G 2 における複数の位置に設定される。

## 【 0 0 6 2 】

ここでは、基準領域 W 1 および比較領域 W 2 では、それぞれ X 方向および Y 方向に沿って複数の画素がマトリックス状に配列される。具体的には、X 方向に沿って所定数  $N_1$  の画素が配列され、Y 方向に沿って所定数  $N_2$  の画素が配列される。

30

## 【 0 0 6 3 】

次に、基準領域 W 1 および各比較領域 W 2 が演算処理の対象となる領域 ( 処理対象領域 ) とされて、基準領域 W 1 と各比較領域 W 2 との相関を示す値 ( 以下「相関値」と称する ) が算出される。そして、各比較領域 W 2 に係る相関値 ( ここでは、後述する P O C 値 ) に基づき、参照画像 G 2 上で指定点 P に対応する点 ( 対応点 ) が検出される。

## 【 0 0 6 4 】

更に、基準画像 G 1 に対して、図 5 の矢印で示されるように、指定点 P を中心として内包する基準領域 W 1 が、上方向 ( + Y 方向 ) から順に、左から右方向 ( X 方向 ) に沿って所定画素ずつずらされながら時間順次に設定され、各指定点 P に対応する対応点が、参照画像 G 2 上で検出される。

40

## 【 0 0 6 5 】

具体的には、基準画像 G 1 については、+ Y 方向から - Y 方向に向けて並んだ X 方向に平行な各画素列に沿って、指定点 P が時間順次に設定される。そして、X 方向に平行な 1 つの画素列に沿った指定点 P の設定が完了すると、1 画素だけ - Y 方向に位置する X 方向に平行な次の画素列に沿って指定点 P が時間順次に設定される。すなわち、指定点を内包する基準領域 W 1 によって基準画像 G 1 の走査 ( スキャン ) が行われる。このスキャンの方向 ( スキャン方向 ) は、X 方向に沿った方向、すなわち X 方向に平行な方向となる。

## 【 0 0 6 6 】

50

各対応点が検出される際には、図4で示されるように、参照画像G2に対して、基準画像G1の指定点PのY座標と同じY座標の点を中心とした比較領域W2が、左から右方向(X方向)に沿って1画素ずつずらされながら時間順次に設定される。すなわち、参照画像G2が比較領域W2によってX方向に沿って走査(スキャン)される。このように、指定点Pに対応する対応点が存在し得る領域が比較領域W2が設定される対象となる領域(設定対象領域)とされ、その限定された領域に比較領域W2が設定されるようにスキャンが行われることが、効率良く対応点が検出される上で好ましい。

【0067】

この設定対象領域については、撮像系21, 22の配置、撮像系21, 22の撮影方向(具体的には光軸の設定)、および撮像系21, 22の撮影範囲(具体的には画角)などといった撮像系21, 22に係る各種設定に従って適宜設定可能である。なお、例えば、図5で示された基準領域W1と同様に、参照画像G2のほぼ全体が比較領域W2によってスキャンされるように、設定対象領域が設定されても構わない。

10

【0068】

図6は、位相限定相関法を用いた対応点探索処理を説明するための図である。

【0069】

位相限定相関法を用いた対応点探索処理では、まず、基準画像G1に対するウィンドウW1の設定処理T0aと、参照画像G2に対するウィンドウW2の設定処理T0bが行われる。このとき、基準画像G1上のウィンドウW1内の画像領域(基準領域)と、参照画像G2上のウィンドウ内の画像領域(比較領域)とがそれぞれ抽出される。これらの画像領域については、次の数1で表されるものとする。

20

【0070】

【数1】

$$f(n_1, n_2)、\text{ サイズ } N_1 \times N_2、n_1 = -M_1, \dots, M_1$$

$$g(n_1, n_2)、\text{ サイズ } N_1 \times N_2、n_2 = -M_2, \dots, M_2$$

【0071】

ここで、上記の数1における $f(n_1, n_2)$ は、基準画像G1上のウィンドウW1内の基準領域を示し、上記の数1における $g(n_1, n_2)$ は、参照画像G2上のウィンドウW2内の比較領域を示す。また、 $N_1$ および $N_2$ は、例えば $N_1 = 2M_1 + 1$ 、 $N_2 = 2M_2 + 1$ と設定されている。

30

【0072】

次に、基準画像G1および参照画像G2のウィンドウW1, W2内の各画像領域に対し、次の数2で示される演算式を用いた2次元のフーリエ変換処理T1a、T1bが行われる。

【0073】

【数2】

$$F(k_1, k_2) = \sum_{n_1, n_2} f(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2}$$

$$G(k_1, k_2) = \sum_{n_1, n_2} g(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2}$$

$$\text{ただし、} W_p = \text{EXP}\left(-j \frac{2\pi}{p}\right)、k_s = -M_s, \dots, M_s$$

40

【0074】

なお、上記の数2のただし書におけるWの添字Pには、 $N_1$ 、 $N_2$ が代入され、またkの

50

添字 s には、1、2 が代入される。

【0075】

このようなフーリエ変換処理 T 1 a、T 1 b が施された各画像領域に対しては、次の数 3 で示される演算式を用いて、画像の振幅成分を除去するための規格化処理 T 2 a、T 2 b が行われる。

【0076】

【数 3】

$$F'(k_1, k_2) = \frac{F(k_1, k_2)}{|F(k_1, k_2)|}, \quad G'(k_1, k_2) = \frac{G(k_1, k_2)}{|G(k_1, k_2)|} \quad 10$$

【0077】

規格化処理 T 2 a、T 2 b が完了すると、次の数 4 で示される演算式を用いた合成処理 T 3 が行われるとともに、数 5 で示される演算式を用いた 2 次元の逆フーリエ変換処理 T 4 が行われる。これにより、各画像間の相関演算が実施されることとなり、その結果 (P O C 値) が出力される。

【0078】

【数 4】

20

$$R(k_1, k_2) = F'(k_1, k_2) \overline{G'(k_1, k_2)}$$

【0079】

【数 5】

$$r(k_1, k_2) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1, k_2} R(k_1, k_2) W_{N_1}^{-k_1 n_1} W_{N_2}^{-k_2 n_2} \quad 30$$

【0080】

以上の処理により、基準領域 W 1 と比較領域 W 2 との相関を示す演算結果 (P O C 値) が得られ、例えば、図 7 で示されるような結果 (P O C 値) が得られる。

【0081】

図 7 においては、ウィンドウ ( $N_1 \times N_2$ ) 内で相関が高い箇所の P O C 値が大きくなっており、参照画像 G 2 上のウィンドウ W 2 内のうち、P O C 値のピーク J c に対応する位置が、基準画像 G 1 上の基準領域 W 1 の中心点 (指定点) P に対応した参照画像 G 2 上の対応点に相当する。

【0082】

ここでは、1つの基準領域 W 1 と、参照画像 G 2 上に設定された複数の比較領域 W 2 との間で相関演算が行われ、P O C 値のピーク J c が検出される。その結果、基準画像 G 1 上の指定点 P に対応した参照画像 G 2 上の対応点検出される。

40

【0083】

更に、同様な手法により、基準画像 G 1 に対して、指定点 P を中心点として内包する複数の基準領域 W 1 が設定され、各指定点 P に対応した参照画像 G 2 上の対応点検出される。

【0084】

以上のような位相限定相関法を用いた対応点探索処理によれば、画像の振幅成分が除去され、画像の位相成分のみで相関演算が行われるため、輝度変動やノイズの影響が抑制されて対応点が精度良く検出される。

50

## 【0085】

なお、POC値は、離散的に求められるため、隣接画素間で補間演算を行い、ピークJcの位置を1画素のサイズよりも細かいサブピクセルのサイズで推定することで、更に細かく対応点の検出を行うこともできる。補間演算の手法としては、離散的に求められたPOC値の分布から放物線の関数を求める手法等が考えられる。

## 【0086】

ここまで、位相限定相関法による対応点探索の基本原則について説明したが、基準画像G1と参照画像G2との間で、各座標点の対応付けを行うためには、多数回の2次元フーリエ変換を含む2次元演算を行う必要がある。従って、2次元演算を単に繰り返し行ったのでは、演算処理に多大な時間を要してしまい、画像間の各座標点の対応付けを高速で行うことができない。

10

## 【0087】

そこで、本願の発明者らは、基準画像G1の一部の画素(指定点)に対応する参照画像G2上での対応点の探索を行い、その際に得られる指定点と対応点との間の座標間距離(視差)および該視差の信頼度を用いて、基準画像G1の全画素について基準画像G1と参照画像G2との間における視差を求めることで、演算量の低減を図りつつ、画像間における座標点の対応付けを高速かつ高精度で行う技術を創出した。

## 【0088】

以下、本実施形態に係る対応点探索処理の具体的な処理内容について説明する。

## 【0089】

<(1-2-2)対応点探索処理の具体的な処理内容>

図8は、対応点探索処理を実行するための制御部36Aの機能的な構成を示す図である。制御部36Aでは、例えば、記憶部34に格納されるプログラムPgaを読み込んで実行することで、図8で示されるような機能的な構成を実現する。

20

## 【0090】

図8で示されるように、制御部36Aは、機能的な構成として、画像取得部361、実探索基準点設定部362、視差導出部363、演算基準点設定部364、推定視差決定部365A、視差演算部366A、および記憶制御部367を有する。

## 【0091】

画像取得部361は、記憶部34から同一の被写体を同じタイミングでとらえた基準画像G1および参照画像G2を取得する。ここでは、厳密には、基準画像G1および参照画像G2を示すデータが取得されるが、以下では、基準画像G1を示すデータおよび基準画像G1そのものを基準画像G1と総称し、参照画像G2を示すデータおよび参照画像G2そのものを参照画像G2と総称する。

30

## 【0092】

図9は、基準画像G1および参照画像G2を例示する図である。図9では、基準画像G1および参照画像G2として、縦方向(Y方向)に19画素が配列され且つ横方向(X方向)に25画素が配列される格子状の画素配列をそれぞれ有する簡略化された例が示されている。但し、実際には、基準画像G1および参照画像G2は、例えば、縦方向(Y方向)に960画素が配列され且つ横方向(X方向)に1280画素が配列される格子状の画素配列をそれぞれ有する。

40

## 【0093】

実探索基準点設定部362は、画像取得部361によって取得された基準画像G1に対して、位相限定相関法を用いた対応点探索処理が実際に行われる複数の対象画素を、複数の探索基準点 $P_{st}$ として設定する。

## 【0094】

図10は、基準画像G1に対して設定される複数の探索基準点 $P_{st}$ を例示する図である。図10では、基準画像G1のうちの横方向について、4画素毎に1つの探索基準点 $P_{st}$ (図中の斜線ハッチングが付された画素)が設定される様子が示されている。より詳細には、基準画像G1を構成する縦方向に沿った複数の画素列(垂直ライン)のうち、両端の

50

垂直ライン、および4本の垂直ライン毎の1本の垂直ラインを構成する複数の画素が、複数の探索基準点  $P_{s_t}$  として設定される。なお、ここでは、基準画像 G 1 の両端の垂直ラインが複数の探索基準点  $P_{s_t}$  によって構成されるため、実際には、基準画像 G 1 の垂直ラインの本数に応じて、複数の探索基準点  $P_{s_t}$  によって構成される垂直ラインの間隔が適宜調整される。

【0095】

視差導出部 363 は、対応点探索部 363 a、信頼度認識部 363 b、および視差算出部 363 c を有する。

【0096】

対応点探索部 363 a は、上述された位相限定相関法による対応点探索の基本原理に従って、実探索基準点設定部 362 で設定された各探索基準点  $P_{s_t}$  について、順次に参照画像 G 2 上の対応点を探索する。

10

【0097】

信頼度認識部 363 b は、各探索基準点  $P_{s_t}$  について、対応点探索部 363 a において対応点が検出される際に該対応点に対して算出された POC 値を信頼度として認識する。

【0098】

視差算出部 363 c は、各探索基準点  $P_{s_t}$  について、基準画像 G 1 における探索基準点  $P_{s_t}$  の座標と参照画像 G 2 における対応点の座標とのずれ量、すなわち座標間距離が、視差として算出される。

【0099】

このような処理により、視差導出部 363 では、各探索基準点  $P_{s_t}$  について参照画像 G 2 から対応点を探索することで、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における各探索基準点  $P_{s_t}$  に係る視差と該視差の信頼度とが導出される。ここで導出される信頼度は、導出された視差が、どの程度正確であるかのを表す指標となる。

20

【0100】

演算基準点設定部 364 は、基準画像 G 1 のうち、探索基準点  $P_{s_t}$  として設定されなかった各画素を、該画素の近傍に位置する探索基準点  $P_{s_t}$  に係る視差と該視差に係る信頼度とを用いて対応点が演算によって推定される画素（演算基準点）として設定する。

【0101】

推定視差決定部 365 A は、各演算基準点について、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における視差の推定値（推定視差）を決定する。

30

【0102】

図 11 は、推定視差決定部 365 A における推定視差の決定処理を説明するための図である。図 11 では、基準画像 G 1 のうち、最も上の水平方向に並ぶ画素列（画素ライン）の右から2番目の探索基準点  $P_{s_t}$  が第1の探索基準点  $P_A$  として示されるとともに、該画素ラインの最も右の探索基準点  $P_{s_t}$  が第2の探索基準点  $P_E$  として示される。また、図 11 では、基準画像 G 1 に設定される多数の演算基準点のうち、隣り合う第1の探索基準点  $P_A$  と第2の探索基準点  $P_E$  とによって挟まれる3つの画素が、左から順に第1の演算基準点  $P_B$ 、第2の演算基準点  $P_C$ 、および第3の演算基準点  $P_D$  として示される。

【0103】

図 12 は、本実施形態に係る第1～3の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の各推定視差の決定処理を説明するための図である。図 12 では、横軸が X 座標を示し、縦軸が視差を示すとともに、第1の探索基準点  $P_A$  の X 座標が  $X_A$ 、第1の演算基準点  $P_B$  の X 座標が  $X_B$ 、第2の演算基準点  $P_C$  の X 座標が  $X_C$ 、第3の演算基準点  $P_D$  の X 座標が  $X_D$ 、第2の探索基準点  $P_E$  の X 座標が  $X_E$  として示される。ここでは、図 12 で示されるように、視差導出部 363 によって、第1の探索基準点  $P_A$  に係る視差  $a_{ca1}$  および該視差  $a_{ca1}$  の信頼度  $RE_a$  と、第2の探索基準点  $P_E$  に係る視差  $e_{ca1}$  および該視差  $e_{ca1}$  の信頼度  $RE_e$  とが導出されるものとする。

40

【0104】

また、図 13 は、第1～3の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の各視差を線形補間によって導出する

50

処理を説明するための図である。図 1 3 において実線の白抜きの丸印で示されるように、第 1 の探索基準点  $P_A$  と第 2 の探索基準点  $P_E$  の間に順次に配置される第 1 ~ 3 の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の視差が、X 座標の変化に対して単純に比例するものと考えることができる。このような場合には、第 1 の探索基準点  $P_A$  に係る視差  $a_{ca1}$  と第 2 の探索基準点  $P_E$  に係る視差  $e_{ca1}$  と距離とを用いた線形補間の演算によって、第 1 の演算基準点  $P_B$  に係る視差の推定値（推定視差）  $b_{est}$ 、第 2 の演算基準点  $P_C$  に係る視差の推定値（推定視差）  $c_{est}$ 、および第 3 の演算基準点  $P_D$  に係る視差の推定値（推定視差）  $d_{est}$  が求められる。

【 0 1 0 5 】

例えば、第 1 の探索基準点  $P_A$  の X 座標と第 1 の演算基準点  $P_B$  の X 座標との差分、すなわち X 方向に沿った第 1 の探索基準点  $P_A$  と第 1 の演算基準点  $P_B$  との間の距離を  $m (= X_B - X_A)$ 、第 2 の探索基準点  $P_E$  の X 座標と第 1 の演算基準点  $P_B$  の X 座標との差分、すなわち X 方向に沿った第 2 の探索基準点  $P_E$  と第 1 の演算基準点  $P_B$  との間の距離を  $n (= X_E - X_B)$  とすると、第 1 の演算基準点  $P_B$  の推定視差  $b_{est}$  は、一般式としての下式 (1) で示される。

10

【 0 1 0 6 】

$$b_{est} = (n \times a_{ca1} + m \times e_{ca1}) / (m + n) \dots (1).$$

【 0 1 0 7 】

具体的には、第 1 の演算基準点  $P_B$  に係る推定視差  $b_{est}$  は、下式 (2) で示されるとともに、第 2, 3 の演算基準点  $P_C, P_D$  に係る推定視差  $c_{est}, d_{est}$  は、下式 (3) および (4) で示される。

20

【 0 1 0 8 】

$$b_{est} = 0.75 \times a_{ca1} + 0.25 \times e_{ca1} \dots (2)$$

$$c_{est} = 0.50 \times a_{ca1} + 0.50 \times e_{ca1} \dots (3)$$

$$d_{est} = 0.25 \times a_{ca1} + 0.75 \times e_{ca1} \dots (4).$$

【 0 1 0 9 】

しかしながら、図 1 3 において破線の丸印で示されるように、実際には、第 1 の探索基準点  $P_A$  と第 1 の演算基準点  $P_B$  との間で急激に視差が変化している場合も有り得る。つまり、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 とでとらえられた被写体が、遠距離に存在するものと近距離に存在するものとが混在している状態（遠近競合状態）にある場合も有り得る。このような場合には、線形補間によって求められる第 1 ~ 3 の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の推定視差（白抜きの丸印で示された視差）は、実際の第 1 ~ 3 の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の視差（破線の丸印で示された視差）とは大きく異なる。

30

【 0 1 1 0 】

すなわち、被写体が遠近競合状態にある場合には、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差と距離とを用いた線形補間の演算によって求められる該演算基準点に係る推定視差が、該演算基準点に係る実際の視差（実視差）とは大きく異なる頻度が高まる。

【 0 1 1 1 】

そこで、本実施形態に係る推定視差決定部 3 6 5 A では、各演算基準点について、該演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差と距離とに加えて、該 2 つの探索基準点に係る視差の信頼度を用いた演算により、該演算基準点に係る推定視差が求められる。つまり、推定視差決定部 3 6 5 A では、各演算基準点に係る推定視差が、該演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差および該視差の信頼度に基づいて決定される。

40

【 0 1 1 2 】

具体的には、例えば、第 1 の演算基準点  $P_B$  の推定視差  $b_{est}$  は、第 1 の探索基準点  $P_A$  に係る視差  $a_{ca1}$  の信頼度  $RE_a$  と、第 2 の探索基準点  $P_E$  に係る視差  $e_{ca1}$  の信頼度  $RE_e$  とを用いて、一般式としての下式 (5) で示される。

【 0 1 1 3 】

$$b_{est} = (RE_a \times n \times a_{ca1} + RE_e \times m \times e_{ca1}) / (RE_a \times n + RE_e \times m) \dots (5).$$

50

## 【0114】

具体的には、第1の演算基準点 $P_B$ に係る推定視差  $b_{est}$  は、下式(6)で示されるとともに、第2, 3の演算基準点 $P_C, P_D$ に係る推定視差  $c_{est}, d_{est}$  は、下式(7)および(8)で示される。

## 【0115】

$$b_{est} = (RE_a \times 0.75 \times a_{cal} + RE_e \times 0.25 \times e_{cal}) / (RE_a \times 0.75 + RE_e \times 0.25) \dots (6)$$

$$c_{est} = (RE_a \times 0.50 \times a_{cal} + RE_e \times 0.50 \times e_{cal}) / (RE_a \times 0.50 + RE_e \times 0.50) \dots (7)$$

$$d_{est} = (RE_a \times 0.25 \times a_{cal} + RE_e \times 0.75 \times e_{cal}) / (RE_a \times 0.25 + RE_e \times 0.75) \dots (8)。$$

## 【0116】

推定視差決定部365Aでは、上式(5), (6)で示されるように、距離  $m, n$  と、信頼度  $RE_a, RE_e$  とに基づいて、第1の探索基準点 $P_A$ の視差  $a_{cal}$  に係る係数  $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m)$  と、第2の探索基準点 $P_E$ の視差  $e_{cal}$  に係る係数  $RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$  とが算出される。そして、該係数  $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m), RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$  と、距離  $m, n$  と、視差  $a_{cal}, e_{cal}$  とに基づき、第1の演算基準点 $P_B$ に係る推定視差  $b_{est}$  が決定される。なお、推定視差  $b_{est}$  が決定されるに際して、係数  $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m), RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$  は、視差  $a_{cal}, e_{cal}$  の何れを重要視するのかを示す重み付け係数の役割を果たす。

## 【0117】

また、第2, 3の演算基準点 $P_C, P_D$ に係る推定視差  $c_{est}, d_{est}$  についても、第1の演算基準点 $P_B$ に係る推定視差  $b_{est}$  の決定処理と同様に、重み付け係数を利用した演算によって決定される。

## 【0118】

図12では、上式(6)~(8)によって導出される推定視差  $b_{est}, c_{est}, d_{est}$  が、黒丸で示される。

## 【0119】

また、推定視差決定部365Aでは、同様な演算によって、基準画像G1のうちの全ての演算基準点に係る推定視差が順次に求められる。

## 【0120】

なお、ここで説明された推定視差決定部365Aにおける推定視差の決定では、対応点の探索対象となる被写体の部分の近傍において遠距離に存在するものと近距離に存在するものとが混在している程度(すなわち遠近競合の程度)が大きければ大きいほど、信頼度(ここではPOC値の最大値)が低くなることが利用されている。

## 【0121】

ここで、遠近競合の程度が大きい場合に信頼度が低下することについて説明する。図12において実線の白抜きの丸印で示されるように、第1の探索基準点 $P_A$ と第1の演算基準点 $P_B$ との間で、視差が大きく変化している場合を想定する。この場合、第1の探索基準点 $P_A$ を中心点として内包する基準領域 $W1$ には、第1の探索基準点 $P_A$ の周囲の第1および第2の演算基準点 $P_B, P_C$ 等も含まれる。このため、第1の探索基準点 $P_A$ に係るPOC値の最大値が低下する。

## 【0122】

これに対して、図12で示されるように、第2の探索基準点 $P_E$ と第3の演算基準点 $P_D$ との間で、視差がほとんど変化していない場合を想定する。この場合、第2の探索基準点 $P_E$ を中心点として内包する基準領域 $W1$ には、第2の探索基準点 $P_E$ の周囲の第2および第3の演算基準点 $P_C, P_D$ 等も含まれる。このため、第2の探索基準点 $P_E$ に係るPOC値が上昇する。

## 【0123】

10

20

30

40

50

図 8 に戻って説明を続ける。

【 0 1 2 4 】

視差演算部 3 6 6 A は、初期位置設定部 3 6 6 a A、対応点探索部 3 6 6 b A、および視差算出部 3 6 6 c A を有する。

【 0 1 2 5 】

初期位置設定部 3 6 6 a A は、各演算基準点について視差を求める際に、推定視差決定部 3 6 5 A で決定された該演算基準点に係る推定視差を基準となる初期視差とし、該初期視差に応じて、参照画像 G 2 において比較領域 W 2 を設定する際に基準となる位置（初期位置）を設定する。具体的には、参照画像 G 2 のうち、基準画像 G 1 における演算基準点の X 座標から推定視差の分ずれた X 座標の位置が初期位置として設定される。

10

【 0 1 2 6 】

対応点探索部 3 6 6 b A は、各演算基準点について、位相限定相関法による対応点探索の基本原則に従って、順次に参照画像 G 2 上の対応点を探索する。対応点探索部 3 6 6 b A では、基準画像 G 1 に対して、演算基準点を中心点として内包する基準領域 W 1 が設定されるとともに、図 1 4 で示されるように、参照画像 G 2 に対して、該演算基準点に係る初期位置  $P_{pr}$  を中心点として内包する比較領域 W 2 が設定される。そして、対応点探索部 3 6 6 b A では、基準領域 W 1 と比較領域 W 2 との相関を示す相関値（ここでは POC 値）が算出され、POC 値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

【 0 1 2 7 】

20

ここでは、参照画像 G 2 のうち、演算基準点に対応する対応点の近傍に位置すると推定される初期位置  $P_{pr}$  を中心点として内包する比較領域 W 2 が設定される。このため、1 つの演算基準点に係る対応点を探索する際に、参照画像 G 2 に対して比較領域 W 2 を 1 回設定すれば、精度良く対応点検出される。つまり、対応点探索における演算量を低減することが可能であり、対応点探索の精度が維持されつつ該対応点探索の迅速化が図られる。

【 0 1 2 8 】

視差算出部 3 6 6 c A は、各演算基準点について、演算基準点と対応点探索部 3 6 6 b A によって検出される対応点との間の座標間距離（視差）を算出する。

【 0 1 2 9 】

30

このようにして、視差演算部 3 6 6 A では、参照画像 G 2 について演算基準点に対応する対応点の探索が推定視差決定部 3 6 5 A によって決定された推定視差が基準とされて実行される。その結果、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における演算基準点に係る視差が求められる。

【 0 1 3 0 】

記憶制御部 3 6 7 は、視差導出部 3 6 3 によって各探索基準点に係る視差が導出される度に、探索基準点と該探索基準点に係る視差とが関連付けられたデータを記憶部 3 4 に記憶する。また、記憶制御部 3 6 7 は、視差演算部 3 6 6 A によって各演算基準点に係る視差が導出される度に、演算基準点と該演算基準点に係る視差とが関連付けられたデータを記憶部 3 4 に記憶する。

【 0 1 3 1 】

40

なお、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間で視差が求められれば、該視差と、ステレオカメラ 2 における撮像系 2 1 の光軸と撮像系 2 2 の光軸との距離（基線長）を含むカメラパラメータとに基づいて、被写体の各部分までの距離を求めることが可能となる。

【 0 1 3 2 】

< (1-2-3) 対応点探索処理の動作フロー >

図 1 5 から図 1 7 は、本実施形態に係る制御部 3 6 A において実行される対応点探索処理の動作フローを示すフローチャートである。本動作フローは、制御部 3 6 A がプログラム P G a を読み込んで実行することで実現される。なお、本動作フローは、例えば、操作部 3 1 からの指示に応じて開始されて、図 1 5 のステップ S a 1 に進む。

【 0 1 3 3 】

50

ステップ S a 1 では、画像取得部 3 6 1 によって、記憶部 3 4 から基準画像 G 1 と参照画像 G 2 とが取得される。

【 0 1 3 4 】

ステップ S a 2 では、実探索基準点設定部 3 6 2 によって、基準画像 G 1 を構成する全画素のうち、位相限定相関法を用いた対応点探索処理が実際に行われる複数の画素が、複数の探索基準点として設定される。

【 0 1 3 5 】

ステップ S a 3 では、視差導出部 3 6 3 によって、各探索基準点に係る視差が導出される処理が行われる。具体的には、図 1 6 で示される動作フローが実行される。

【 0 1 3 6 】

図 1 6 のステップ S a 3 1 では、視差導出部 3 6 3 によって、ステップ S a 2 で設定された複数の探索基準点から、対応点探索処理の対象となる 1 つの探索基準点が指定される。なお、ステップ S a 3 1 では、ステップ S a 3 4 から戻ってくる度に、ステップ S a 2 で設定された複数の探索基準点のうちで、対応点探索処理の対象として未だに指定されていない探索基準点が指定される。

【 0 1 3 7 】

ステップ S a 3 2 では、対応点探索部 3 6 3 a によって、参照画像 G 2 を対象として、ステップ S a 3 1 で指定された探索基準点に対応する対応点の探索が行われる。ここでは、位相限定相関法を用いた対応点探索処理が行われ、POC 値が最も大きくなる位置が対応点として検出される。また、この POC 値の最大値が、信頼度認識部 3 6 3 b によって、検出された対応点の信頼度として認識される。

【 0 1 3 8 】

ステップ S a 3 3 では、視差算出部 3 6 3 c によって、ステップ S a 3 1 において基準画像 G 1 上で指定された探索基準点の座標と、ステップ S a 3 2 において検出された対応点の座標との間の距離（座標間距離）が、該探索基準点に係る視差として導出される。また、このステップ S a 3 3 では、探索基準点に係る視差が導出される度に、記憶制御部 3 6 7 によって、探索基準点と該探索基準点に係る視差とが関連付けられたデータが記憶部 3 4 に記憶される。

【 0 1 3 9 】

ステップ S a 3 4 では、視差導出部 3 6 3 によって、ステップ S a 2 で設定された全ての探索基準点について、ステップ S a 3 1 ~ S a 3 3 の処理によって視差が導出されたか否かが判定される。ここで、全ての探索基準点に係る視差の導出が完了していなければ、ステップ S a 3 1 に戻り、全ての探索基準点に係る視差の導出が完了していれば、図 1 5 のステップ S a 4 に進む。

【 0 1 4 0 】

図 1 5 のステップ S a 4 では、演算基準点設定部 3 6 4、推定視差決定部 3 6 5 A、および視差演算部 3 6 6 A によって、各演算基準点に係る視差が導出される処理が行われる。具体的には、図 1 7 で示される動作フローが実行される。

【 0 1 4 1 】

図 1 7 のステップ S a 4 1 では、演算基準点設定部 3 6 4 によって、基準画像 G 1 のうち、ステップ S a 2 で探索基準点として設定されなかった全画素が、演算基準点として設定される。

【 0 1 4 2 】

ステップ S a 4 2 では、推定視差決定部 3 6 5 A によって、ステップ S a 4 1 で設定された複数の演算基準点から、視差の導出対象となる 1 つの演算基準点が指定される。なお、ステップ S a 4 2 では、ステップ S a 4 8 から戻ってくる度に、ステップ S a 4 1 で設定された複数の演算基準点のうちで、視差の導出対象として未だに指定されていない演算基準点が指定される。

【 0 1 4 3 】

ステップ S a 4 3 では、推定視差決定部 3 6 5 A によって、ステップ S a 4 2 で指定さ

10

20

30

40

50

れた演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との間の距離と、ステップS a 3 2で導出された該2つの探索基準点に係る視差の信頼度とに基づき、該2つの探索基準点の視差に係る係数（ここでは重み付け係数）が算出される。

【0144】

ステップS a 4 4では、推定視差決定部365Aによって、ステップS a 4 3で算出された2つの探索基準点の視差に係る係数と、ステップS a 3 2で導出された該2つの探索基準点の視差とに基づき、ステップS a 4 2で指定された演算基準点に係る推定視差が決定される。

【0145】

ステップS a 4 5では、初期位置設定部366aAによって、ステップS a 4 4で決定された演算基準点に係る推定視差が初期視差として設定され、参照画像G 2のうち、ステップS a 4 2で指定された演算基準点のX座標から該初期視差の分ずれたX座標の位置が、初期位置として設定される。

10

【0146】

ステップS a 4 6では、対応点探索部366bAによって、ステップS a 4 2で指定された演算基準点について、参照画像G 2上の対応点が探索される。ここでは、基準画像G 1に対して、ステップS a 4 2で指定された演算基準点を中心点として内包する基準領域W 1が設定されるとともに、参照画像G 2に対して、ステップS a 4 5で設定された初期位置を中心点として内包する比較領域W 2が設定される。そして、基準領域W 1と比較領域W 2との相関を示す相関値（ここではPOC値）が算出され、POC値のピークJ cに

20

【0147】

ステップS a 4 7では、視差算出部366cAによって、ステップS a 4 2で指定された演算基準点について、該演算基準点とステップS a 4 6で検出された対応点との間の座標間距離（視差）が導出される。また、このステップS a 4 7では、演算基準点に係る視差が導出される度に、記憶制御部367によって、演算基準点と該演算基準点に係る視差とが関連付けられたデータが記憶部34に記憶される。

【0148】

ステップS a 4 8では、視差演算部366Aによって、ステップS a 4 1で設定された全ての演算基準点について、ステップS a 4 2～S a 4 7の処理によって視差が導出されたか否か判定される。ここで、全ての演算基準点に係る視差の導出が完了していなければ、ステップS a 4 2に戻り、全ての演算基準点に係る視差の導出が完了していれば、本動作フローが終了する。

30

【0149】

以上のように、第1実施形態に係る情報処理システム1Aでは、基準画像G 1と参照画像G 2との間において、演算基準点を挟む2点の視差とその信頼度とに基づいて該演算基準点に係る推定視差が求められる。このため、基準画像G 1と参照画像G 2の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

【0150】

また、実際の視差に近い推定視差を基準として、演算基準点に対応する対応点の探索が行われる。このため、2つの画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

40

【0151】

また、演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との間の距離と、該2つの探索基準点の視差に係る信頼度とを加味した重み付け係数に基づいて、確度の低い情報の影響が低減された演算基準点に係る推定視差が求められる。

【0152】

<(2)第2実施形態>

上記第1実施形態では、演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との間の距離と、該2つの探索基準点の視差に係る信頼度とを加味した重み付け係数を用いて、演算

50

基準点に係る推定視差が決定された。これに対して、第2実施形態では、演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との間の距離と、該2つの探索基準点の視差に係る信頼度とに基づいて算出される該2つの探索基準点に係る係数のうち、相対的に大きな係数に対応する探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る推定視差として決定される。

【0153】

第2実施形態に係る情報処理システム1Bは、上記第1実施形態に係る情報処理システム1Aと比較して、推定視差決定部365Aおよび視差演算部366Aが、処理動作が異なる推定視差決定部365Bおよび視差演算部366Bに変更され、該変更に伴って、制御部36Aが制御部36Bに変更されるとともに、情報処理装置3Aが情報処理装置3Bに変更されたものとなっている。従って、第2実施形態に係る情報処理システム1Bのうち、第1実施形態に係る情報処理システム1Aと同様な構成については同じ符号を付して説明を省略する。

10

【0154】

以下、第2実施形態に係る情報処理システム1Bのうち、第1実施形態に係る情報処理システム1Aと異なる部分、具体的には推定視差決定部365Bおよび視差演算部366Bについて説明する。

【0155】

<(2-1)対応点探索処理の具体的な処理内容>

図18は、推定視差決定部365Bにおける第1~3の演算基準点 $P_B \sim P_D$ (図11)に係る推定視差の決定処理を説明するための図である。図18では、図12と同様に、横軸がX座標を示し、縦軸が視差を示すとともに、第1の探索基準点 $P_A$ のX座標 $X_A$ 、第1~3の演算基準点 $P_B, P_C, P_D$ のX座標 $X_B, X_C, X_D$ 、第2の探索基準点 $P_E$ のX座標 $X_E$ 、第1の探索基準点 $P_A$ に係る視差 $a_{ca1}$ 、第2の探索基準点 $P_E$ に係る視差 $e_{ca1}$ 、X方向に沿った第1の探索基準点 $P_A$ と第1の演算基準点 $P_B$ との間の距離 $m$ 、およびX方向に沿った第2の探索基準点 $P_E$ と第1の演算基準点 $P_B$ との間の距離 $n$ がそれぞれ示される。

20

【0156】

推定視差決定部365Bは、上記第1実施形態に係る推定視差決定部365Aと同様に、距離 $m, n$ と、信頼度 $RE_a, RE_e$ とに基づいて、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{ca1}$ に係る係数 $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ と、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{ca1}$ に係る係数 $RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ とを算出する。そして、推定視差決定部365Bは、該2つの係数 $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m), RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ のうち、相対的に大きな係数に対応する探索基準点の視差を、第1~3演算基準点 $P_B \sim P_D$ に係る推定視差として決定する。

30

【0157】

例えば、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{ca1}$ に係る係数 $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ が、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{ca1}$ に係る係数 $RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ よりも大きな場合には、第1の探索基準点 $P_A$ に係る視差 $a_{ca1}$ が、第1~3演算基準点 $P_B \sim P_D$ に係る推定視差 $b_{est}, c_{est}, d_{est}$ として決定される。つまり、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = a_{ca1}$ の等式が成立する。

40

【0158】

一方、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{ca1}$ に係る係数 $RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ が、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{ca1}$ に係る係数 $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ よりも大きな場合には、第2の探索基準点 $P_E$ に係る視差 $e_{ca1}$ が、第1~3演算基準点 $P_B \sim P_D$ に係る推定視差 $b_{est}, c_{est}, d_{est}$ として決定される。つまり、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = e_{ca1}$ の等式が成立する。図18では、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = e_{ca1}$ の等式が成立する場合における推定視差 $b_{est}, c_{est}, d_{est}$ が、黒丸で示されている。

【0159】

このように、推定視差決定部365Bでは、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{ca1}$ および

50

該視差  $a_{ca1}$  に係る信頼度  $RE_a$  と、第 2 の探索基準点  $P_E$  の視差  $e_{ca1}$  および該視差  $e_{ca1}$  に係る信頼度  $RE_e$  とに基づき、基準画像  $G_1$  において第 1 の探索基準点  $P_A$  と第 2 の探索基準点  $P_E$  とによって挟まれる第 1 ~ 3 演算基準点  $P_B \sim P_D$  について、基準画像  $G_1$  と参照画像  $G_2$  との間における推定視差  $b_{est}$ 、 $c_{est}$ 、 $d_{est}$  が決定される。

【0160】

また、推定視差決定部 365B では、同様な演算によって、基準画像  $G_1$  のうちの全ての演算基準点に係る推定視差が順次に求められる。このような各演算基準点に係る推定視差の決定により、減り張りを付けた、推定視差の決定が可能となる。

【0161】

推定視差決定部 365B における推定視差の決定では、基準画像  $G_1$  のうちの探索基準点の近傍でとらえられた被写体の部分における遠近競合の程度が大きければ大きいほど、該探索基準点に係る視差の信頼度（ここでは  $POC$  値）が低くなることが利用されている。

10

【0162】

但し、推定視差決定部 365B において、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差のうち、一方の視差を該演算基準点に係る推定視差として決定した場合には、決定された演算基準点に係る推定視差が実際の視差から大きく外れる可能性もある。このような問題に対して、本実施形態では、視差演算部 366B における演算基準点に係る視差の演算処理に工夫が施されている。以下、視差演算部 366B における処理について説明する。

【0163】

視差演算部 366B は、初期位置設定部 366aB、対応点探索部 366bB、および視差算出部 366cB を有する。

20

【0164】

この初期位置設定部 366aB は、各演算基準点について視差を求める際に、推定視差決定部 365B で決定された該演算基準点に係る推定視差を基準となる初期視差とする。このとき、初期位置設定部 366aB は、該初期視差に応じて、参照画像  $G_2$  において比較領域  $W_2$  を設定する際に基準となる位置（初期位置）を設定する。具体的には、参照画像  $G_2$  のうち、基準画像  $G_1$  における演算基準点の  $X$  座標から推定視差の分ずれた  $X$  座標の位置が初期位置として設定される。

【0165】

対応点探索部 366bB は、各演算基準点について、位相限定相関法による対応点探索の基本原則に従って、順次に参照画像  $G_2$  上の対応点を探索する。対応点探索部 366bB では、基準画像  $G_1$  に対して、演算基準点を中心点として内包する基準領域  $W_1$  が設定されるとともに、図 14 で示されたように、参照画像  $G_2$  に対して、該演算基準点に係る初期位置  $P_{p1}$  を中心点として内包する比較領域  $W_2$  が設定される。そして、対応点探索部 366bB では、基準領域  $W_1$  と比較領域  $W_2$  との相関を示す相関値（ここでは  $POC$  値）が算出され、 $POC$  値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

30

【0166】

但し、ある演算基準点について、参照画像  $G_2$  に対して上記初期位置を中心点として内包するように設定される比較領域  $W_2$  と、基準画像  $G_1$  に設定される基準領域  $W_1$  との相関値（ここでは、 $POC$  値）の最大値が所定値未満となれば、初期位置設定部 366aB は、推定視差決定部 365B において算出された相対的に小さな係数に係る探索基準点の視差を、第 1 ~ 3 演算基準点  $P_B \sim P_D$  に係る初期視差として設定し直す。このとき、初期位置設定部 366aB は、該初期視差に応じて、参照画像  $G_2$  において比較領域  $W_2$  を設定する際に基準となる初期位置を再設定する。そして、対応点探索部 366bB では、参照画像  $G_2$  に対して再設定された初期位置を中心点として内包するように設定される比較領域  $W_2$  と、基準画像  $G_1$  に設定される基準領域  $W_1$  との相関値（ここでは、 $POC$  値）が算出され、 $POC$  値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

40

50

## 【0167】

視差算出部366cBは、各演算基準点について、演算基準点と対応点探索部366bBによって検出される対応点との間の座標間距離（視差）を算出する。

## 【0168】

このようにして、視差演算部366Bでは、参照画像G2について演算基準点に対応する対応点の探索が推定視差決定部365Bによって決定された推定視差が基準とされて実行される。但し、検出された対応点に係る視差の信頼度（ここでは、POC値）が所定値未満であれば、視差演算部366Bでは、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、推定視差決定部365Bによって決定された一方の視差とは異なる他方の視差が基準とされて、参照画像G2について演算基準点に対応する対応点の探索が実行される。その結果、基準画像G1と参照画像G2との間における演算基準点に係る視差が求められる。

10

## 【0169】

<(2-2)対応点探索処理の動作フロー>

図15、図16、図19、および図20は、本実施形態に係る制御部36Bにおいて実行される対応点探索処理の動作フローを示すフローチャートである。本動作フローは、制御部36BがプログラムPGbを読み込んで実行することで実現される。また、本動作フローは、上記第1実施形態に係る対応点探索処理の動作フローと比較して、ステップSa4の第2の視差の導出処理（図17）が、ステップSb4の第2の視差の導出処理（図19および図20）に変更されたものとなっている。従って、以下では、異なる処理内容である図19および図20で示される動作フローについて説明する。

20

## 【0170】

図19のステップSb41では、図17のステップSa41と同様な処理が行われる。

## 【0171】

ステップSb42では、図17のステップSa42と同様に、推定視差決定部365Bによって、ステップSb41で設定された複数の演算基準点から、視差の導出対象となる1つの演算基準点が指定される。なお、ステップSb42では、ステップSb49から戻ってくる度に、ステップSb41で設定された複数の演算基準点のうちで、視差の導出対象として未だに指定されていない演算基準点が指定される。

30

## 【0172】

ステップSb43では、推定視差決定部365Bによって、各演算基準点に係る初期視差の選択および初期位置の設定が行われる。具体的には、図20で示される動作フローが実行される。

## 【0173】

図20のステップSb431では、推定視差決定部365Bによって、第1の探索基準点 $P_A$ と演算基準点との距離（例えば、 $m$ ）と、第2の探索基準点 $P_E$ と演算基準点との距離（例えば、 $n$ ）と、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{ca1}$ に係る信頼度 $RE_a$ と、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{ca1}$ に係る信頼度 $RE_e$ とに基づいて、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{ca1}$ に係る係数（例えば、 $RE_a / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ ）と、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{ca1}$ に係る係数（例えば、 $RE_e / (RE_a \times n + RE_e \times m)$ ）とが算出される。

40

## 【0174】

ステップSb432では、推定視差決定部365Bによって、ステップSb431で算出された2つの係数の比較が行われる。

## 【0175】

ステップSb433では、推定視差決定部365Bによって、ステップSb432における比較結果に基づいて、2つの係数のうち、相対的に大きな係数に対応する探索基準点の視差が、演算基準点に係る推定視差として選択される。

## 【0176】

ステップSb434では、初期位置設定部366aBによって、ステップSb433で

50

選択された演算基準点に係る推定視差が初期視差として設定され、参照画像 G 2 のうち、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点の X 座標から該初期視差の分ずれた X 座標の位置が、初期位置として設定される。

【 0 1 7 7 】

ステップ S b 4 4 では、対応点探索部 3 6 6 b B によって、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点について、参照画像 G 2 上の対応点が探索される。ここでは、基準画像 G 1 に対して、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点を中心点として内包する基準領域 W 1 が設定されるとともに、参照画像 G 2 に対して、ステップ S b 4 3 4 で設定された初期位置を中心点として内包する比較領域 W 2 が設定される。そして、基準領域 W 1 と比較領域 W 2 との相関を示す相関値（ここでは P O C 値）が算出され、P O C 値のピーク J c に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。また、このとき、P O C 値の最大値が信頼度として認識される。

10

【 0 1 7 8 】

ステップ S b 4 5 では、対応点探索部 3 6 6 b B によって、ステップ S b 4 4 で認識された信頼度（ここでは、P O C 値の最大値）が、所定値未満であるか否か判定される。ここで、P O C 値の最大値が所定値未満であれば、ステップ S b 4 6 に進み、P O C 値の最大値が所定値未満でなければ、ステップ S b 4 8 に進む。

【 0 1 7 9 】

ステップ S b 4 6 では、初期位置設定部 3 6 6 a B によって、ステップ S b 4 3 3 で選択されなかった他方の探索基準点に係る推定視差が初期視差として選択され、参照画像 G 2 のうち、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点の X 座標から該初期視差の分ずれた X 座標の位置が、初期位置として再設定される。

20

【 0 1 8 0 】

ステップ S b 4 7 では、対応点探索部 3 6 6 b B によって、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点について、参照画像 G 2 上の対応点が探索される。ここでは、基準画像 G 1 に対して、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点を中心点として内包する基準領域 W 1 が設定されるとともに、参照画像 G 2 に対して、ステップ S b 4 6 で再設定された初期位置を中心点として内包する比較領域 W 2 が設定される。そして、基準領域 W 1 と比較領域 W 2 との相関を示す相関値（ここでは P O C 値）が算出され、P O C 値のピーク J c に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

30

【 0 1 8 1 】

ステップ S b 4 8 では、視差算出部 3 6 6 c B によって、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点について、視差が導出される。ここでは、ステップ S b 4 5 から進んで来た場合には、演算基準点とステップ S b 4 4 で検出された対応点との間の座標間距離（視差）が導出される。一方、ステップ S b 4 7 から進んで来た場合には、演算基準点とステップ S b 4 7 で検出された対応点との間の座標間距離（視差）が導出される。なお、このステップ S a 4 8 では、演算基準点に係る視差が導出される度に、記憶制御部 3 6 7 によって、演算基準点と該演算基準点に係る視差とが関連付けられたデータが記憶部 3 4 に記憶される。

【 0 1 8 2 】

ステップ S b 4 9 では、視差演算部 3 6 6 B によって、ステップ S b 4 1 で設定された全ての演算基準点について、ステップ S b 4 2 ~ S b 4 8 の処理によって視差が導出されたか否か判定される。ここで、全ての演算基準点に係る視差の導出が完了していなければ、ステップ S b 4 2 に戻り、全ての演算基準点に係る視差の導出が完了していれば、本動作フローが終了する。

40

【 0 1 8 3 】

以上のように、第 2 実施形態に係る情報処理システム 1 B では、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差のうち、該演算基準点と該 2 つの探索基準点との距離と、視差に係る信頼度とに基づいて算出される係数が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択される。そして、該初期視差を基準とした対応点探索処理が

50

行われる。このため、減り張りを付けた視差の導出が可能となる。

【0184】

また、一旦選択された初期視差を基準とした対応点探索処理によって導出される視差に係る信頼度が所定値未満である場合には、選択されなかった他方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として再選択される。このため、次の段階の対応点の探索において基準となる視差の選択に誤りがあった場合でも、次の段階における視差の算出精度が確保される。

【0185】

なお、演算基準点に係る初期視差が再選択され、該初期視差を基準とした対応点探索処理によっても、所定値以上の信頼度が得られない場合には、第1～3の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の各視差が上述した線形補間によって導出されても良い。

10

【0186】

<(3)第3実施形態>

上記第2実施形態では、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との距離と、視差に係る信頼度とに基づいて算出される係数が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択された。これに対して、第3実施形態では、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択される。

【0187】

第3実施形態に係る情報処理システム1Cは、上記第2実施形態に係る情報処理システム1Bと比較して、推定視差決定部365Bおよび視差演算部366Bが、処理動作が異なる推定視差決定部365Cおよび視差演算部366Cに変更され、該変更に伴って、制御部36Bが制御部36Cに変更されるとともに、情報処理装置3Bが情報処理装置3Cに変更されたものとなっている。

20

【0188】

以下、第3実施形態に係る情報処理システム1Cのうち、第2実施形態に係る情報処理システム1Bと異なる部分、具体的には推定視差決定部365Cおよび視差演算部366Cについて説明する。なお、第3実施形態に係る情報処理システム1Cのうち、第2実施形態に係る情報処理システム1Bと同様な構成については同じ符号を付して説明を省略する。

30

【0189】

<(3-1)対応点探索処理の具体的な処理内容>

推定視差決定部365Cは、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、視差導出部363で導出された信頼度(ここでは、POC値)が大きな方の探索基準点に係る視差を、演算基準点に係る初期視差として選択する。

【0190】

例えば、第1の探索基準点  $P_A$  の視差  $a_{cal}$  に係るPOC値が、第2の探索基準点  $P_E$  の視差  $e_{cal}$  に係るPOC値よりも大きな場合には、第1の探索基準点  $P_A$  に係る視差  $a_{cal}$  が、第1～3演算基準点  $P_B \sim P_D$  に係る推定視差  $b_{est}$  ,  $c_{est}$  ,  $d_{est}$  として決定される。つまり、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = a_{cal}$  の等式が成立する。

40

【0191】

一方、第2の探索基準点  $P_E$  の視差  $e_{cal}$  に係るPOC値が、第1の探索基準点  $P_A$  の視差  $a_{cal}$  に係るPOC値よりも大きな場合には、第2の探索基準点  $P_E$  に係る視差  $e_{cal}$  が、第1～3演算基準点  $P_B \sim P_D$  に係る推定視差  $b_{est}$  ,  $c_{est}$  ,  $d_{est}$  として決定される。つまり、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = e_{cal}$  の等式が成立する。図18では、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = e_{cal}$  の等式が成立する場合における推定視差  $b_{est}$  ,  $c_{est}$  ,  $d_{est}$  が、黒丸で示されている。

【0192】

このように、推定視差決定部365Cでは、第1の探索基準点  $P_A$  の視差  $a_{cal}$  および

50

該視差  $a_{cal}$  に係る信頼度と、第 2 の探索基準点  $P_E$  の視差  $e_{cal}$  および該視差  $e_{cal}$  に係る信頼度とに基づき、基準画像 G 1 において第 1 の探索基準点  $P_A$  と第 2 の探索基準点  $P_E$  とによって挟まれる第 1 ~ 3 演算基準点  $P_B \sim P_D$  について、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における推定視差  $b_{est}$  ,  $c_{est}$  ,  $d_{est}$  が決定される。

【 0 1 9 3 】

また、推定視差決定部 3 6 5 C では、同様な演算によって、基準画像 G 1 のうちの全ての演算基準点に係る推定視差が順次に求められる。このような各演算基準点に係る推定視差の決定により、減り張りを付けた、推定視差の決定が可能となる。

【 0 1 9 4 】

推定視差決定部 3 6 5 C における推定視差の決定では、基準画像 G 1 のうちの探索基準点の近傍でとらえられた被写体の遠近競合の程度が大きければ大きいほど、該探索基準点に係る視差の信頼度（ここでは P O C 値）が低くなることが利用されている。

10

【 0 1 9 5 】

但し、推定視差決定部 3 6 5 C において、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差のうち、一方の視差を該演算基準点に係る推定視差として決定した場合には、決定された演算基準点に係る推定視差が実際の視差から大きく外れる可能性もある。このような問題に対して、本実施形態では、上記第 2 実施形態と同様に、視差演算部 3 6 6 C における演算基準点に係る視差の演算処理に工夫が施されている。以下、視差演算部 3 6 6 C における処理について説明する。

【 0 1 9 6 】

視差演算部 3 6 6 C は、初期位置設定部 3 6 6 a C、対応点探索部 3 6 6 b C、および視差算出部 3 6 6 c C を有する。

20

【 0 1 9 7 】

この初期位置設定部 3 6 6 a C は、各演算基準点について視差を求める際に、推定視差決定部 3 6 5 C で決定された該演算基準点に係る推定視差を基準となる初期視差とする。このとき、初期位置設定部 3 6 6 a C は、該初期視差に応じて、参照画像 G 2 において比較領域 W 2 を設定する際に基準となる位置（初期位置）を設定する。具体的には、参照画像 G 2 のうち、基準画像 G 1 における演算基準点の X 座標から推定視差の分ずれた X 座標の位置が初期位置として設定される。

【 0 1 9 8 】

対応点探索部 3 6 6 b C は、各演算基準点について、位相限定相関法による対応点探索の基本原則に従って、順次に参照画像 G 2 上の対応点を探索する。対応点探索部 3 6 6 b C では、基準画像 G 1 に対して、演算基準点を中心点として内包する基準領域 W 1 が設定されるとともに、参照画像 G 2 に対して、図 1 4 で示されるように、該演算基準点に係る初期位置  $P_{pr}$  を中心点として内包する比較領域 W 2 が設定される。そして、対応点探索部 3 6 6 b C では、基準領域 W 1 と比較領域 W 2 との相関を示す相関値（ここでは P O C 値）が算出され、P O C 値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

30

【 0 1 9 9 】

但し、ある演算基準点について、上記初期位置を中心点として内包する様に参照画像 G 2 に設定される比較領域 W 2 と、基準画像 G 1 に設定される基準領域 W 1 との相関値（ここでは、P O C 値）の最大値が所定値未満となれば、初期位置設定部 3 6 6 a C は、推定視差決定部 3 6 5 B において選択されなかった相対的に小さな信頼度に係る探索基準点の視差を、第 1 ~ 3 演算基準点  $P_B \sim P_D$  に係る初期視差として設定し直す。このとき、初期位置設定部 3 6 6 a C は、該初期視差に応じて、参照画像 G 2 において比較領域 W 2 を設定する際に基準となる初期位置を再設定する。そして、対応点探索部 3 6 6 b C では、再設定された初期位置を中心点として内包するように設定される比較領域 W 2 と、基準画像 G 1 に設定される基準領域 W 1 との相関値（ここでは、P O C 値）が算出され、P O C 値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

40

【 0 2 0 0 】

50

視差算出部 3 6 6 c C は、各演算基準点について、演算基準点と対応点探索部 3 6 6 b C によって検出される対応点との間の座標間距離（視差）を算出する。

【0201】

このようにして、視差演算部 3 6 6 C では、参照画像 G 2 について演算基準点に対応する対応点の探索が推定視差決定部 3 6 5 C によって決定された推定視差が基準とされて実行される。但し、検出された対応点に係る視差の信頼度（ここでは、POC 値）が所定値未満であれば、視差演算部 3 6 6 C では、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差のうち、推定視差決定部 3 6 5 C によって決定された一方の視差とは異なる他方の視差が基準とされて、参照画像 G 2 について演算基準点に対応する対応点の探索が実行される。その結果、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における演算基準点に係る視差が求められる。

10

【0202】

<(3-2)対応点探索処理の動作フロー>

図 1 5、図 1 6、図 1 9、および図 2 1 は、本実施形態に係る制御部 3 6 C において実行される対応点探索処理の動作フローを示すフローチャートである。本動作フローは、制御部 3 6 C がプログラム P G c を読み込んで実行することで実現される。また、本動作フローは、第 2 実施形態に係る対応点探索処理の動作フローと比較して、ステップ S b 4 3 の初期視差の選択処理（図 2 0）が、ステップ S c 4 3 の初期視差の選択処理（図 2 1）に変更され、その他の処理については同様な処理を行うものとなっている。従って、以下では、異なる処理内容である図 2 1 で示される動作フローについて説明する。

20

【0203】

図 2 1 のステップ S c 4 3 1 では、推定視差決定部 3 6 5 C によって、第 1 の探索基準点  $P_A$  の視差  $a_{c a 1}$  に係る信頼度  $R E_a$  と、第 2 の探索基準点  $P_E$  の視差  $e_{c a 1}$  に係る信頼度  $R E_e$  との比較が行われる。

【0204】

ステップ S c 4 3 2 では、推定視差決定部 3 6 5 C によって、ステップ S c 4 3 1 における比較結果に基づいて、2 つの信頼度  $R E_a$ 、 $R E_e$  のうち、相対的に大きな信頼度に対応する探索基準点の視差が、演算基準点に係る推定視差として選択される。

【0205】

ステップ S c 4 3 3 では、初期位置設定部 3 6 6 a C によって、ステップ S c 4 3 2 で選択された演算基準点に係る推定視差が初期視差として設定され、参照画像 G 2 のうち、ステップ S b 4 2 で指定された演算基準点の X 座標から該初期視差の分ずれた X 座標の位置が、初期位置として設定される。

30

【0206】

以上のように、第 3 実施形態に係る情報処理システム 1 C では、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択される。そして、該初期視差を基準とした対応点探索処理が行われる。このため、減り張りを付けた視差の導出が可能となる。

【0207】

また、一旦選択された初期視差を基準とした対応点探索処理によって導出される視差に係る信頼度が所定値未満である場合には、選択されなかった他方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として再選択される。このため、次の段階の対応点の探索において基準となる視差の選択に誤りがあった場合でも、次の段階における視差の算出精度が確保される。

40

【0208】

なお、演算基準点に係る初期視差が再選択され、該初期視差を基準とした対応点探索処理によっても、所定値以上の信頼度が得られない場合には、第 1 ~ 3 の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の各視差が上述した線形補間によって導出されても良い。

【0209】

<(4)第 4 実施形態>

50

上記第3実施形態では、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択された。これに対して、第4実施形態では、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差の差分が閾値以下の場合には、演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との距離と、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差とを用いた線形補間によって、該演算基準点に係る初期視差が決定される。また、第4実施形態では、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差の差分が閾値を超える場合には、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択される。

【0210】

第4実施形態に係る情報処理システム1Dは、上記第1～3実施形態に係る情報処理システム1A～1Cと比較して、推定視差決定部365A～365Cおよび視差演算部366A～366Cが、処理動作が異なる推定視差決定部365Dおよび視差演算部366Dに変更され、該変更に伴って、制御部36A～36Cが制御部36Dに変更されるとともに、情報処理装置3A～3Cが情報処理装置3Dに変更されたものとなっている。

【0211】

以下、第4実施形態に係る情報処理システム1Dのうち、第1～3実施形態に係る情報処理システム1A～1Cと異なる部分、具体的には推定視差決定部365Dおよび視差演算部366Dについて説明する。なお、第4実施形態に係る情報処理システム1Dのうち、第1～3実施形態に係る情報処理システム1A～1Cと同様な構成については同じ符号を付して説明を省略する。

【0212】

<(4-1)対応点探索処理の具体的な処理内容>

図22および図23は、推定視差決定部365Dにおける第1～3の演算基準点 $P_B \sim P_D$ (図11)に係る推定視差の決定処理を説明するための図である。図22および図23では、図12と同様に、横軸がX座標を示し、縦軸が視差を示すとともに、第1の探索基準点 $P_A$ のX座標 $X_A$ 、第1～3の演算基準点 $P_B, P_C, P_D$ のX座標 $X_B, X_C, X_D$ 、第2の探索基準点 $P_E$ のX座標 $X_E$ 、第1の探索基準点 $P_A$ に係る視差 $a_{ca1}$ 、第2の探索基準点 $P_E$ に係る視差 $e_{ca1}$ 、X方向に沿った第1の探索基準点 $P_A$ と第1の演算基準点 $P_B$ との間の距離 $m$ 、およびX方向に沿った第2の探索基準点 $P_E$ と第1の演算基準点 $P_B$ との間の距離 $n$ がそれぞれ示される。

【0213】

推定視差決定部365Dは、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差の差分が閾値以下の場合には、演算基準点と該演算基準点を挟む2つの探索基準点との間の距離と、該2つの探索基準点に係る視差とを用いた線形補間によって推定視差を決定する。また、推定視差決定部365Dは、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差の差分が閾値を超える場合には、第3実施形態に係る推定視差決定部365Cと同様に、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の視差を、演算基準点に係る推定視差として決定する。

【0214】

なお、ここで言う「閾値」は、視差演算部366Dによる推定視差を基準とした対応点の探索可能範囲に応じた値となっている。例えば、図24で示されるように、比較領域W2が、初期位置 $P_{pr}$ を中心とした一辺の長さが $L_{21}$ である正方形の領域である場合には、対応点の探索を精度良く行うことが可能な領域は、初期位置 $P_{pr}$ を中心とした一辺の長さが $L_{21}$ の略半分( $L_{22} = L_{21} / 2$ )の正方形の領域となる。このとき、閾値は、比較領域W2の一辺の長さ $L_{21}$ の1/4の値( $L_{21} / 4$ )となる。図22および図23では、対応点の探索可能範囲が太線の矢印(双方向矢印)で示されている。なお、ここでは、参照画像G2において、初期位置 $P_{pr}$ を中心として比較領域W2が設定される場合について説明したが、初期位置 $P_{pr}$ 以外の点も中心として比較領域W2が設定される場合には、複数箇所順次に設定される比較領域W2のずれ量も考慮して、閾値が設定されれば良い。

10

20

30

40

50

## 【0215】

具体的には、図22で示されるように、第1の探索基準点 $P_A$ に係る視差 $a_{cal}$ と第2の探索基準点 $P_E$ に係る視差 $e_{cal}$ との差分が、閾値（ここでは、 $L_{21}/4$ ）以下の場合には、例えば、視差 $a_{cal}$ 、 $e_{cal}$ と、第1～3の演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ と第1および第2の探索基準点 $P_A$ 、 $P_E$ との間の距離を用いた線形補間によって、第1～3の演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に係る推定視差（図22の実線で描かれた白抜きの丸印）が決定される。そして、視差演算部366Dにおいては、各演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に係る推定視差を初期視差として各演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に対応する対応点の探索処理が行われる。このとき、図22で示されるように、初期視差を基準として、視差 $a_{cal}$ と視差 $e_{cal}$ との間の全ての値域範囲を含む視差に対応する対応点の探索が可能となる。従って、対応点の探索を精度良く行うことが可能となる。

10

## 【0216】

これに対して、図23で示されるように、第1の探索基準点 $P_A$ に係る視差 $a_{cal}$ と第2の探索基準点 $P_E$ に係る視差 $e_{cal}$ との差分が、閾値（ここでは、 $L_{21}/4$ ）以上の場合には、例えば、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{cal}$ に係るPOC値が、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{cal}$ に係るPOC値よりも大きければ、第1の探索基準点 $P_A$ に係る視差 $a_{cal}$ が、第1～3演算基準点 $P_B$ ～ $P_D$ に係る推定視差 $b_{est}$ 、 $c_{est}$ 、 $d_{est}$ として決定される。つまり、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = a_{cal}$ の等式が成立する。

## 【0217】

一方、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{cal}$ に係るPOC値が、第1の探索基準点 $P_A$ の視差 $a_{cal}$ に係るPOC値よりも大きければ、第2の探索基準点 $P_E$ に係る視差 $e_{cal}$ が、第1～3演算基準点 $P_B$ ～ $P_D$ に係る推定視差 $b_{est}$ 、 $c_{est}$ 、 $d_{est}$ として決定される。つまり、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = e_{cal}$ の等式が成立する。図23では、 $b_{est} = c_{est} = d_{est} = e_{cal}$ の等式が成立する場合における推定視差 $b_{est}$ 、 $c_{est}$ 、 $d_{est}$ が、実線の白抜きの丸印で示されている。

20

## 【0218】

ここで、仮に、視差 $a_{cal}$ 、 $e_{cal}$ と、第1～3の演算基準点と第1および第2の探索基準点 $P_A$ 、 $P_E$ との間の距離を用いた線形補間によって、第1～3の演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に係る推定視差（図23の破線で描かれた白抜きの丸印）が決定される場合を想定する。このような場合には、各演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に係る実際の視差が、第2の探索基準点 $P_E$ の視差 $e_{cal}$ と近い値を示すものとする、各演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に係る推定視差を初期視差として各演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に対応する対応点の探索処理が行われれば、図23で示されるように、第1～3の演算基準点 $P_B$ 、 $P_C$ 、 $P_D$ に係る実際の視差が、探索可能範囲には含まれない。従って、対応点の探索を精度良く行うことが出来ない。

30

## 【0219】

また、推定視差決定部365Dでは、同様な演算によって、基準画像G1のうちの全ての演算基準点に係る推定視差が順次に求められる。

## 【0220】

但し、推定視差決定部365Dにおいて、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差のうち、一方の視差を該演算基準点に係る推定視差として決定した場合には、決定された演算基準点に係る推定視差が実際の視差から大きく外れる可能性もある。このような問題に対して、本実施形態では、上記第2および第3実施形態と同様に、視差演算部366Dにおける演算基準点に係る視差の演算処理に工夫が施されている。以下、視差演算部366Dにおける処理について説明する。

40

## 【0221】

視差演算部366Dは、初期位置設定部366aD、対応点探索部366bD、および視差算出部366cDを有する。

## 【0222】

この初期位置設定部366aDは、各演算基準点について視差を求める際に、推定視差

50

決定部 3 6 5 D で決定された該演算基準点に係る推定視差を基準となる初期視差とする。このとき、初期位置設定部 3 6 6 a D は、該初期視差に応じて、参照画像 G 2 において比較領域 W 2 を設定する際に基準となる位置（初期位置）を設定する。具体的には、参照画像 G 2 のうち、基準画像 G 1 における演算基準点の X 座標から推定視差の分ずれた X 座標の位置が初期位置として設定される。

【 0 2 2 3 】

対応点探索部 3 6 6 b D は、各演算基準点について、位相限定相関法による対応点探索の基本原理に従って、順次に参照画像 G 2 上の対応点を探索する。対応点探索部 3 6 6 b D では、基準画像 G 1 に対して、演算基準点を中心点として内包する基準領域 W 1 が設定されるとともに、参照画像 G 2 に対して、図 1 4 で示されるように、該演算基準点に係る初期位置  $P_{p_i}$  を中心点として内包する比較領域 W 2 が設定される。そして、対応点探索部 3 6 6 b D では、基準領域 W 1 と比較領域 W 2 との相関を示す相関値（ここでは P O C 値）が算出され、P O C 値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

10

【 0 2 2 4 】

但し、第 1 の探索基準点  $P_A$  に係る視差  $a_{c_{a1}}$  と第 2 の探索基準点  $P_E$  に係る視差  $e_{c_{a1}}$  との差分が、閾値（ここでは、 $L_{21} / 4$ ）以下の場合には、ある演算基準点について、上記初期位置を中心点として内包する様に参照画像 G 2 に設定される比較領域 W 2 と、基準画像 G 1 に設定される基準領域 W 1 との相関値（ここでは、P O C 値）の最大値が所定値未満となれば、初期位置設定部 3 6 6 a D は、推定視差決定部 3 6 5 D において選択されなかった相対的に小さな信頼度に係る探索基準点の視差を、第 1 ~ 3 演算基準点  $P_B \sim P_D$  に係る初期視差として設定し直す。このとき、初期位置設定部 3 6 6 a D は、該初期視差に応じて、参照画像 G 2 において比較領域 W 2 を設定する際に基準となる初期位置を再設定する。そして、対応点探索部 3 6 6 b D では、参照画像 G 2 において再設定された初期位置を中心点として内包するように設定される比較領域 W 2 と、基準画像 G 1 に設定される基準領域 W 1 との相関値（ここでは、P O C 値）が算出され、P O C 値のピーク  $J_c$  に対応する位置が、該演算基準点に係る対応点として検出される。

20

【 0 2 2 5 】

視差算出部 3 6 6 c D は、各演算基準点について、演算基準点と対応点探索部 3 6 6 b D によって検出される対応点との間の座標間距離（視差）を算出する。

30

【 0 2 2 6 】

このようにして、視差演算部 3 6 6 D では、参照画像 G 2 について演算基準点に対応する対応点の探索が推定視差決定部 3 6 5 D によって決定された推定視差が基準とされて実行される。但し、検出された対応点に係る視差の信頼度（ここでは、P O C 値）が所定値未満であれば、視差演算部 3 6 6 D では、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差のうち、推定視差決定部 3 6 5 D によって決定された一方の視差とは異なる他方の視差が基準とされて、参照画像 G 2 について演算基準点に対応する対応点の探索が実行される。その結果、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における演算基準点に係る視差が求められる。

40

【 0 2 2 7 】

< (4-2) 対応点探索処理の動作フロー >

図 1 5、図 1 6、図 2 0、および図 2 5 は、本実施形態に係る制御部 3 6 D において実行される対応点探索処理の動作フローを示すフローチャートである。本動作フローは、制御部 3 6 D がプログラム P G d を読み込んで実行することで実現される。また、本動作フローは、第 1 実施形態に係る対応点探索処理の動作フローと比較して、ステップ S a 4 の第 2 の視差の導出処理（図 1 7）が、ステップ S d 4 の第 2 の視差の導出処理（図 2 5）に変更されたものとなっている。従って、以下では、異なる処理内容である図 2 5 で示される動作フローについて説明する。

【 0 2 2 8 】

図 2 5 のステップ S d 4 1 では、図 1 7 のステップ S a 4 1 と同様な処理が行われる。

50

## 【0229】

ステップS d 4 2では、図17のステップS a 4 2と同様に、推定視差決定部365Dによって、ステップS d 4 1で設定された複数の演算基準点から、視差の導出対象となる1つの演算基準点が指定される。なお、ステップS d 4 2では、ステップS d 5 5から戻ってくる度に、ステップS d 4 1で設定された複数の演算基準点のうちで、視差の導出対象として未だに指定されていない演算基準点が指定される。

## 【0230】

ステップS d 4 3では、推定視差決定部365Dによって、ステップS d 4 2で指定された演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差の差分が算出される。

## 【0231】

ステップS d 4 4では、推定視差決定部365Dによって、ステップS d 4 3で算出された視差の差分が、閾値以下であるか否か判定される。ここで、視差の差分が閾値を超えているのであれば、ステップS d 4 5に進み、視差の差分が閾値以下であれば、ステップS d 5 1に進む。

## 【0232】

ステップS d 4 5～S d 5 0では、図19のステップS b 4 3～S b 4 8と同様な処理が行われて、ステップS d 5 5に進む。但し、ステップS d 4 5～S d 5 0では、図19のステップS b 4 3～S b 4 8と比較して、処理を行う推定視差決定部365B、視差演算部366B、初期位置設定部366aB、対応点探索部366bB、および視差算出部366cBが、推定視差決定部365D、視差演算部366D、初期位置設定部366aD、対応点探索部366bD、および視差算出部366cDに変更され、ステップS b 4 2で指定された演算基準点が、ステップS d 4 2で指定された演算基準点に変更されたものとなっている。

## 【0233】

ステップS d 5 1では、推定視差決定部365Dによって、ステップS d 4 2で指定された演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差と、該演算基準点と該2つの探索基準点との間の距離とを用いた線形補間の演算により、該演算基準点に係る推定視差が決定される。

## 【0234】

ステップS d 5 2～S d 5 4では、図17のステップS a 4 5～S a 4 7と同様な処理が行われて、ステップS d 5 5に進む。但し、ステップS d 5 2～S d 5 4では、図17のステップS a 4 5～S a 4 7と比較して、処理を行う推定視差決定部365A、視差演算部366A、初期位置設定部366aA、対応点探索部366bA、および視差算出部366cAが、推定視差決定部365D、視差演算部366D、初期位置設定部366aD、対応点探索部366bD、および視差算出部366cDに変更され、ステップS a 4 2で指定された演算基準点が、ステップS d 4 2で指定された演算基準点に変更されたものとなっている。

## 【0235】

ステップS d 5 5では、図17のステップS a 4 8と同様に、視差演算部366Dによって、ステップS d 4 1で設定された全ての演算基準点について、ステップS d 4 2～S d 5 4の処理によって視差が導出されたか否か判定される。ここで、全ての演算基準点に係る視差の導出が完了していなければ、ステップS d 4 2に戻り、全ての演算基準点に係る視差の導出が完了していれば、本動作フローが終了する。

## 【0236】

以上のように、本発明の第4実施形態に係る情報処理システム1Dでは、演算基準点を挟む2つの探索基準点に係る視差の差分が閾値以下であれば、線形補間を用いて演算基準点に係る推定視差が決定され、該差分が閾値を超えているのであれば、2つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択される。このため、演算基準点の周辺の視差の状況に応じて、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 3 7 】

また、演算基準点の周辺の視差の差分が大きいかが否かが、次の段階の対応点の探索が可能な範囲に応じて決められる。このため、次の段階における視差の算出精度が高められる。

## 【 0 2 3 8 】

なお、演算基準点に係る初期視差が再選択され、該初期視差を基準とした対応点探索処理によっても、所定値以上の信頼度が得られない場合には、第 1 ~ 3 の演算基準点  $P_B \sim P_D$  の各視差が線形補間によって導出されても良い。

## 【 0 2 3 9 】

< 変形例 >

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更、改良等が可能である。

## 【 0 2 4 0 】

例えば、上記第 1 ~ 4 実施形態では、演算基準点について推定視差が決定された後に、該推定視差を初期視差として、該演算基準点に係る対応点探索処理が行われることで、該演算基準点に係る視差が導出されたが、これに限られない。例えば、演算基準点について決定される推定視差を、該演算基準点に係る視差としても良い。

## 【 0 2 4 1 】

また、上記第 4 実施形態では、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差の差分が閾値を超えているのであれば、2 つの探索基準点に係る視差のうち、信頼度が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択されたが、これに限られない。例えば、演算基準点を挟む 2 つの探索基準点に係る視差の差分が閾値を超えているのであれば、上記第 3 実施形態と同様に、演算基準点と該演算基準点を挟む 2 つの探索基準点との距離と、視差に係る信頼度とに基づいて算出される係数が大きな方の探索基準点に係る視差が、演算基準点に係る初期視差として選択されても良い。

## 【 0 2 4 2 】

また、上記第 1 ~ 4 実施形態では、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間で対応点探索が行われる際に、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 とがそのまま採用されたが、これに限られない。例えば、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 から、同様なルールに従って画素が間引かれた間引き基準画像 G e 1 と間引き参照画像 G e 2 とが生成され、間引き基準画像 G e 1 と間引き参照画像 G e 2 との間で対応点探索が行われた結果が用いられて、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間で対応点探索が行われても良い。このような構成が採用されても、実際の視差に近い推定視差を基準として、演算基準点に対応する対応点の探索が行われるため、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

## 【 0 2 4 3 】

ここで、本変形例に係る情報処理システム 1 E を構成する情報処理装置 3 E について具体的に説明する。

## 【 0 2 4 4 】

図 2 6 は、変形例の対応点探索処理に係る制御部 3 6 E の機能的な構成を示す図である。変形例に係る制御部 3 6 E の機能的な構成は、記憶部 3 4 に格納されるプログラム P G e が読み込まれて実行されることで実現される。なお、本変形例に係る情報処理システム 1 E のうち、第 1 ~ 4 実施形態に係る情報処理システム 1 A ~ 1 D と同様な構成については、同じ符号を付して説明を省略する。

## 【 0 2 4 5 】

図 2 6 で示されるように、変形例に係る制御部 3 6 E は、機能的な構成として、画像取得部 3 6 1 E、間引き画像生成部 3 6 2 E、第 1 実探索基準点設定部 3 6 3 E、第 1 視差導出部 3 6 4 E、第 1 演算基準点設定部 3 6 5 E、第 1 推定視差決定部 3 6 6 E、第 2 実探索基準点設定部 3 6 7 E、第 2 視差導出部 3 6 8 E、第 2 演算基準点設定部 3 6 9 E、第 2 推定視差決定部 3 7 0 E、視差演算部 3 7 1 E、および記憶制御部 3 7 2 E を有する

10

20

30

40

50

。

## 【0246】

画像取得部361Eは、上記第1～4実施形態に係る画像取得部361と同様に、記憶部34から同一の被写体を同じタイミングでとらえた基準画像G1および参照画像G2を取得する。

## 【0247】

間引き画像生成部362Eは、画像取得部361Eによって取得された基準画像G1から所定のルールに従って画素ラインが間引かれた画像（間引き基準画像）Ge1を生成するとともに、画像取得部361Eによって取得された参照画像G2から所定のルールに従って画素ラインが間引かれた画像（間引き参照画像）Ge2を生成する。なお、ここでは、「所定のルール」が、例えば、縦方向（Y方向）に沿った隣接する2本の画素ラインのうちの一方の画素ラインが間引かれる、すなわち縦方向の画素ラインが、2本の画素ライン毎に1本の画素ラインが間引かれるようなルールであるものとする。

10

## 【0248】

図27は、間引き基準画像Ge1および間引き参照画像Ge2を例示する図である。図27では、縦方向（Y方向）に19画素が配列され且つ横方向（X方向）に13画素が配列される格子状の画素配列をそれぞれ有する簡略化された例が示されているが、実際には、例えば、縦方向（Y方向）に960画素が配列され且つ横方向（X方向）に640画素が配列される格子状の画素配列をそれぞれ有する。

20

## 【0249】

第1実探索基準点設定部363Eは、間引き画像生成部362Eによって生成された間引き基準画像Ge1に対して、位相限定相関法を用いた対応点探索処理が実際に行われる複数の対象画素を、複数の探索基準点 $P_{e_{st}}$ として設定する。

## 【0250】

図28は、間引き基準画像Ge1および間引き参照画像Ge2に係る対応点探索処理を説明するための図である。図28で示されるように、間引き基準画像Ge1のうちの横方向について、4画素おきに探索基準点 $P_{e_{st}}$ （図中の斜線ハッチングが付された画素）が設定される。より詳細には、間引き基準画像Ge1を構成する縦方向に沿った複数の画素列（垂直ライン）のうち、両端の垂直ライン、および4本の垂直ライン毎の1本の垂直ラインを構成する複数の画素が、複数の探索基準点 $P_{e_{st}}$ として設定される。なお、ここでは、間引き基準画像Ge1の両端の垂直ラインが複数の探索基準点 $P_{e_{st}}$ によって構成されるため、実際には、間引き基準画像Ge1の垂直ラインの本数に応じて、複数の探索基準点 $P_{e_{st}}$ によって構成される垂直ラインの間隔が適宜調整される。

30

## 【0251】

第1視差導出部364Eは、上記第1～4実施形態に係る視差導出部363と同様な機能を有し、第1実探索基準点設定部363Eによって設定された複数の探索基準点 $P_{e_{st}}$ について、間引き基準画像Ge1と間引き参照画像Ge2との間における視差および該視差の信頼度を導出する。

## 【0252】

第1演算基準点設定部365Eは、間引き基準画像Ge1のうち、探索基準点 $P_{e_{st}}$ として設定されなかった画素を、該画素の近傍に位置する探索基準点 $P_{e_{st}}$ に係る視差と該視差に係る信頼度とを用いて対応点が演算によって推定される画素（演算基準点）として設定する。ここでは、図28で示されるように、探索基準点 $P_{e_{st}}$ からなる縦方向に沿って伸びる2本の画素ラインの中間に位置する縦方向に沿って伸びる画素ラインを構成する画素が演算基準点 $P_{ca1}$ として設定されるものとして説明する。

40

## 【0253】

第1推定視差決定部366Eは、第1演算基準点設定部365Eによって設定された各演算基準点 $P_{ca1}$ について、間引き基準画像Ge1と間引き参照画像Ge2との間における推定視差を決定する。第1推定視差決定部366Eでは、上記第1～4実施形態に係る推定視差決定部365A～365Dと同様な処理により、演算基準点 $P_{ca1}$ を挟む第1お

50

よび第2の探索基準点  $P_{e_{st}}$  の視差および該視差の信頼度に基づき、該演算基準点  $P_{ca1}$  について、間引き基準画像  $G_{e1}$  と間引き参照画像  $G_{e2}$  との間における推定視差が決定される。ここでは、図28で示されるように、演算基準点  $P_{ca1}$  を挟む2つの探索基準点  $P_{e_{st}}$  の視差および該視差の信頼度に基づき、該演算基準点  $P_{ca1}$  に係る推定視差が決定される。

【0254】

第2実探索基準点設定部367Eは、基準画像G1に対して、位相限定相関法を用いた対応点探索処理が実際に行われる複数の対象画素を、次の段階（次段）の複数の探索基準点  $P_{st}$  として設定する。ここでは、図10で示されるように、基準画像G1のうち、全ての探索基準点  $P_{e_{st}}$  および全ての演算基準点  $P_{ca1}$  に対応する複数の画素が、次段の探索基準点  $P_{st}$  として設定される。

10

【0255】

第2視差導出部368Eは、上記第1～4実施形態に係る視差演算部366A～366Dと同様な処理により、第2実探索基準点設定部367Eによって設定された複数の探索基準点  $P_{st}$  について、基準画像G1と参照画像G2の間における視差および該視差の信頼度を導出する。但し、第2視差導出部368Eでは、各探索基準点  $P_{st}$  について、対応する探索基準点  $P_{e_{st}}$  または演算基準点  $P_{ca1}$  に係る視差が基準の視差（初期視差）とされて、参照画像G2について探索基準点  $P_{st}$  に対応する対応点の探索が実行される。つまり、参照画像G2では、初期視差に応じた初期位置を中心とした比較領域W2が設定されることで、対応点の探索が行われる。その結果、基準画像G1と参照画像G2の間における次段の探索基準点  $P_{st}$  に係る視差が求められる。

20

【0256】

第2演算基準点設定部369Eは、基準画像G1のうち、探索基準点  $P_{st}$  として設定されなかった全ての画素を、該画素の近傍に位置する探索基準点  $P_{st}$  に係る視差と該視差に係る信頼度とを用いて対応点が演算によって推定される画素（演算基準点）として設定する。

【0257】

第2推定視差決定部370Eは、第2演算基準点設定部369Eによって設定された各演算基準点について、基準画像G1と参照画像G2の間における推定視差を決定する。第2推定視差決定部370Eでは、上記第1～4実施形態に係る推定視差決定部365A～365Dと同様な処理により、演算基準点を挟む第1および第2の探索基準点  $P_{st}$  の視差および該視差の信頼度に基づき、該演算基準点について、基準画像G1と参照画像G2の間における推定視差が決定される。ここでは、例えば、図11で示されるように、第1～3演算基準点  $P_B \sim P_D$  を挟む第1および第2探索基準点  $P_A, P_E$  の視差および該視差の信頼度に基づき、第1～3演算基準点  $P_B \sim P_D$  に係る推定視差が決定される。

30

【0258】

視差演算部371Eは、上記第1～4実施形態に係る視差演算部366A～366Dと同様な処理により、参照画像G2について演算基準点に対応する対応点の探索が推定視差決定部370Eによって決定された推定視差が基準とされて実行される。その結果、基準画像G1と参照画像G2の間における演算基準点に係る視差が求められる。

40

【0259】

記憶制御部372Eは、第2視差導出部368Eによって各探索基準点に係る視差が導出される度に、探索基準点と該探索基準点に係る視差とが関連付けられたデータを記憶部34に記憶する。また、記憶制御部372Eは、視差演算部371Eによって各演算基準点に係る視差が導出される度に、演算基準点と該演算基準点に係る視差とが関連付けられたデータを記憶部34に記憶する。

【0260】

なお、本変形例に係る情報処理システム1Eでは、図28で示されたように、演算基準点  $P_{ca1}$  を挟む第1および第2の探索基準点  $P_{e_{st}}$  の視差および該視差の信頼度に基づき、該演算基準点  $P_{ca1}$  について、間引き基準画像  $G_{e1}$  と間引き参照画像  $G_{e2}$  との間に

50

おける推定視差が決定される。これに対して、従来では、図 29 で示されるように、間引き基準画像  $G_{e1}$  において、全ての探索基準点  $P_{e_{st}}$  と全ての演算基準点  $P_{ca1}$  とに対応する画素を探索基準点  $P_{f_{st}}$  とし、各探索基準点  $P_{f_{st}}$  について位相限定相関法等を用いた対応点探索処理が行われる。従って、本変形例に係る情報処理システム 1E では、図 29 で示される従来技術と比較して、間引き基準画像  $G_{e1}$  と間引き参照画像  $G_{e2}$  との間における対応点探索処理に係る探索基準点の数が半減する。このため、演算量の大幅な削減が図られる。

【0261】

図 30 ~ 図 32 は、本変形例に係る対応点探索処理のフローを示すフローチャートである。本動作フローは、制御部 36E がプログラム PGe を読み込んで実行することで実現される。なお、本動作フローは、例えば、操作部 31 からの指示に応じて開始されて、図 30 のステップ Se1 に進む。

10

【0262】

ステップ Se1 では、画像取得部 361E によって、図 15 のステップ Sa1 と同様に、記憶部 34 から基準画像  $G_1$  と参照画像  $G_2$  とが取得される。

【0263】

ステップ Se2 では、間引き画像生成部 362E によって、基準画像  $G_1$  および参照画像  $G_2$  から、間引き基準画像  $G_{e1}$  および間引き参照画像  $G_{e2}$  が生成される。

【0264】

ステップ Se3 では、第 1 実探索基準点設定部 363E によって、対応点の探索対象として、間引き基準画像  $G_{e1}$  および間引き参照画像  $G_{e2}$  が採用される。

20

【0265】

ステップ Se4 では、第 1 実探索基準点設定部 363E によって、図 28 で示されるように、間引き基準画像  $G_{e1}$  に対して複数の探索基準点  $P_{e_{st}}$  が設定される。

【0266】

ステップ Se5 では、第 1 視差導出部 364E によって、第 1 の視差の導出処理が行われる。ここでは、第 1 視差導出部 364E によって、図 16 で示されたものと同様な処理が行われる。

【0267】

ステップ Se6 では、第 1 演算基準点設定部 365E および第 1 推定視差決定部 366E によって、第 2 の視差の導出処理が行われる。このステップ Se6 では、図 31 で示される動作フローが実行される。

30

【0268】

ステップ Se61 では、第 1 演算基準点設定部 365E によって、間引き基準画像  $G_{e1}$  のうち、探索基準点  $P_{e_{st}}$  として設定されなかった複数の画素が、演算基準点として設定される。

【0269】

ステップ Se62 では、第 1 推定視差決定部 366E によって、ステップ Se61 で設定された複数の演算基準点から、視差の導出対象となる 1 つの演算基準点が指定される。なお、ステップ Se62 では、ステップ Se65 から戻ってくる度に、ステップ Se61 で設定された複数の演算基準点のうちで、視差の導出対象として未だに指定されていない演算基準点が指定される。

40

【0270】

ステップ Se63 では、第 1 推定視差決定部 366E によって、ステップ Se62 で指定された演算基準点と該演算基準点を挟む 2 つの探索基準点との間の距離と、ステップ Se5 で導出された該 2 つの探索基準点に係る視差の信頼度とに基づき、該 2 つの探索基準点の視差に係る係数（ここでは重み付け係数）が算出される。

【0271】

ステップ Se64 では、第 1 推定視差決定部 366E によって、ステップ Se63 で算出された 2 つの探索基準点の視差に係る係数と、該 2 つの探索基準点の視差とに基づき、

50

ステップ S e 6 2 で指定された演算基準点に係る推定視差が決定される。この推定視差の決定方法としては、例えば、上記第 1 実施形態の方法等が挙げられる。

【 0 2 7 2 】

ステップ S e 6 5 では、第 1 推定視差決定部 3 6 6 E によって、ステップ S e 6 1 で設定された全ての演算基準点について、ステップ S e 6 2 ~ S e 6 4 の処理によって推定視差が決定されたか否かが判定される。ここで、全ての演算基準点に係る推定視差の決定が完了していなければ、ステップ S e 6 2 に戻り、全ての演算基準点に係る推定視差の決定が完了していれば、図 3 0 のステップ S e 7 に進む。

【 0 2 7 3 】

ステップ S e 7 では、第 2 実探索基準点設定部 3 6 7 E によって、対応点の探索対象として、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 が採用される。

10

【 0 2 7 4 】

ステップ S e 8 では、第 2 実探索基準点設定部 3 6 7 E によって、基準画像 G 1 のうち、間引き基準画像 G e 1 で設定された探索基準点  $P_{e_{st}}$  と演算基準点  $P_{e_{cal}}$  とに対応する画素が、次段の探索基準点  $P_{st}$  として設定される。

【 0 2 7 5 】

ステップ S e 9 では、第 2 視差導出部 3 6 8 E によって、ステップ S e 8 で設定された全ての探索基準点  $P_{st}$  について、初期視差が設定される。ここでは、各探索基準点  $P_{st}$  に対して、対応する探索基準点  $P_{e_{st}}$  (または演算基準点  $P_{e_{cal}}$ ) に係る視差 (または推定視差) が、初期視差として設定される。また、各探索基準点  $P_{st}$  について、参照画像 G 2 のうち、探索基準点  $P_{st}$  の X 座標から初期視差の分ずれた X 座標の位置が、初期位置として設定される。

20

【 0 2 7 6 】

ステップ S e 1 0 では、第 2 視差導出部 3 6 8 E によって、第 3 の視差の導出処理が行われる。このステップ S e 1 0 では、図 3 2 で示される動作フローが実行される。

【 0 2 7 7 】

ステップ S e 1 0 1 では、第 2 視差導出部 3 6 8 E によって、ステップ S e 8 で設定された複数の探索基準点  $P_{st}$  から、対応点探索処理の対象となる 1 つの探索基準点が指定される。なお、ステップ S e 1 0 1 では、ステップ S e 1 0 4 から戻ってくる度に、ステップ S e 8 で設定された複数の探索基準点のうちで、対応点探索処理の対象として未だに指定されていない探索基準点が指定される。

30

【 0 2 7 8 】

ステップ S e 1 0 2 では、第 2 視差導出部 3 6 8 E によって、参照画像 G 2 を対象として、ステップ S e 1 0 1 で指定された探索基準点に対応する対応点の探索が行われる。ここでは、参照画像 G 2 においてステップ S e 9 で設定された初期位置を中心点として包含する比較領域 W 2 と、基準画像 G 1 においてステップ S e 1 0 1 で指定された探索基準点を中心として包含する基準領域 W 1 との間の相関を取る位相限定相関法を用いた対応点探索処理が行われる。なお、P O C 値が最も大きくなる位置が対応点として検出され、この P O C 値の最大値が信頼度として認識される。

【 0 2 7 9 】

ステップ S e 1 0 3 では、第 2 視差導出部 3 6 8 E によって、ステップ S e 1 0 1 において基準画像 G 1 上で指定された探索基準点の座標と、ステップ S e 1 0 2 において検出された対応点の座標との間の距離 (座標間距離) が、該探索基準点に係る視差として導出される。また、このステップ S e 1 0 3 では、探索基準点に係る視差が導出される度に、記憶制御部 3 7 2 E によって、探索基準点と該探索基準点に係る視差とが関連付けられたデータが記憶部 3 4 に記憶される。

40

【 0 2 8 0 】

ステップ S e 1 0 4 では、第 2 視差導出部 3 6 8 E によって、ステップ S e 8 で設定された全ての探索基準点について、ステップ S e 1 0 1 ~ S e 1 0 3 の処理によって視差が導出されたか否かが判定される。ここで、全ての探索基準点に係る視差の導出が完了してい

50

なければ、ステップ S e 1 0 1 に戻り、全ての探索基準点に係る視差の導出が完了していれば、図 3 0 のステップ S e 1 1 に進む。

【 0 2 8 1 】

ステップ S e 1 1 では、第 2 演算基準点設定部 3 6 9 E、第 2 推定視差決定部 3 7 0 E、視差演算部 3 7 1 E、および記憶制御部 3 7 2 E によって、第 4 の視差の導出処理が行われる。このステップ S e 1 1 では、第 1 実施形態に係るステップ S a 4 ( 図 1 7 )、第 2 実施形態に係るステップ S b 4 ( 図 1 9 )、第 3 実施形態に係るステップ S c 4 ( 図 1 9 )、および第 4 実施形態に係るステップ S d 4 ( 図 2 5 ) のうちの何れか 1 つの動作フローと同様な処理が実行される。このステップ S e 1 1 では、基準画像 G 1 のうち、探索基準点として設定されなかった全ての画素が演算基準点として設定され、各演算基準点 10 に係る視差が順次に導出される。また、演算基準点に係る視差が導出される度に、記憶制御部 3 7 2 E によって、演算基準点と該演算基準点に係る視差とが関連付けられたデータが記憶部 3 4 に記憶される。

【 0 2 8 2 】

なお、上記ステップ S e 6 では、第 1 実施形態における推定視差の決定方法と同様な方法によって、間引き基準画像 G e 1 の各演算基準点  $P_{ca1}$  に係る推定視差が決定されたが、これに限られない。例えば、第 2 ~ 4 実施形態のうちの何れか 1 つの実施形態における推定視差の決定方法と同様な方法によって、間引き基準画像 G e 1 の各演算基準点  $P_{ca1}$  15 に係る推定視差が決定されても良い。

【 0 2 8 3 】

また、ここでは、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 から、解像度が低減された間引き基準画像 G e 1 および間引き参照画像 G e 2 が生成され、解像度が低い間引き基準画像 G e 1 と間引き参照画像 G e 2 との間における対応点探索処理の結果が、基準画像 G 1 と参照画像 G 2 との間における対応点探索処理に用いられたが、これに限られない。例えば、基準画像 G 1 および参照画像 G 2 から、解像度が多段階で低減された間引き基準画像および 20 間引き参照画像が生成され、最も解像度が低い間引き基準画像と間引き参照画像との間における対応点探索処理から開始され、対応点探索処理の結果が、解像度が 1 段階高い画像を対象とした次段の対応点探索処理に用いられる処理が繰り返されても良い。

【 0 2 8 4 】

また、解像度を多段階で低減させる態様としては、例えば、横方向に 6 4 0 個の画素および縦方向に 4 8 0 個の画素が並ぶ基準画像および参照画像から、横方向に 1 6 0 個の画素および縦方向に 4 8 0 個の画素が並ぶ間引き基準画像および間引き参照画像、横方向に 4 0 個の画素および縦方向に 4 8 0 個の画素が並ぶ間引き基準画像および間引き参照画像、横方向に 1 0 個の画素および縦方向に 4 8 0 個の画素が並ぶ間引き基準画像および間引き参照画像が生成されるような態様が考えられる。 30

【 0 2 8 5 】

なお、ステップ S e 6 に第 4 実施形態に係るステップ S d 4 ( 図 2 5 ) が採用される場合には、第 4 実施形態で言う「閾値」は、間引き度合いに応じて設定される。例えば、1 段階の解像度の低減において横方向の画素数が 1 / 4 となるように画素が間引かれる場合には、閾値も 1 / 4 となる。例えば、比較領域 W 2 の一辺の長さが  $L_{21}$  である場合には、 40 閾値は、 $L_{21} / 4$  の更に 1 / 4 である  $L_{21} / 16$  となる。

【 0 2 8 6 】

また、上記第 1 ~ 4 実施形態では、対応点探索手法として、位相限定相関法 ( P O C ; Phase Only Correlation ) が採用されたが、これに限られない。例えば、対応点探索手法として、S A D ( Sum of Absolute Differences ; 差分絶対値和 ) 法等が採用されても 45 良い。

【 0 2 8 7 】

また、上記第 1 ~ 4 実施形態では、同一の被写体を同じタイミングでとらえた基準画像 G 1 および参照画像 G 2 について、各画素の視差が求められたが、これに限られない。例えば、同一の被写体を同じタイミングでとらえた基準画像 G 1 と参照画像 G 2 とを含む 50

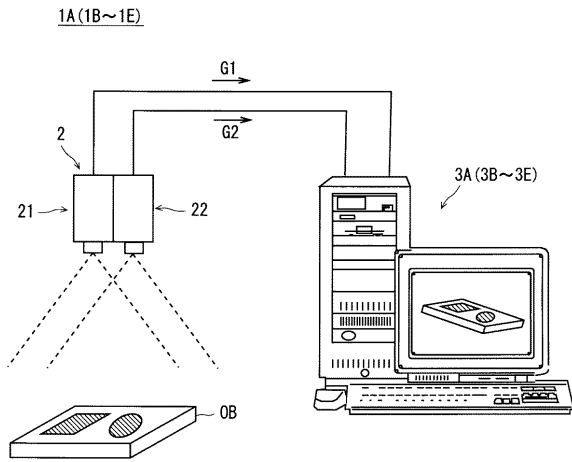
3以上の画像について、各画素の視差が求められても良い。このような構成によれば、2以上の画像の間において対応点を迅速且つ精度良く探索することが可能となる。

【符号の説明】

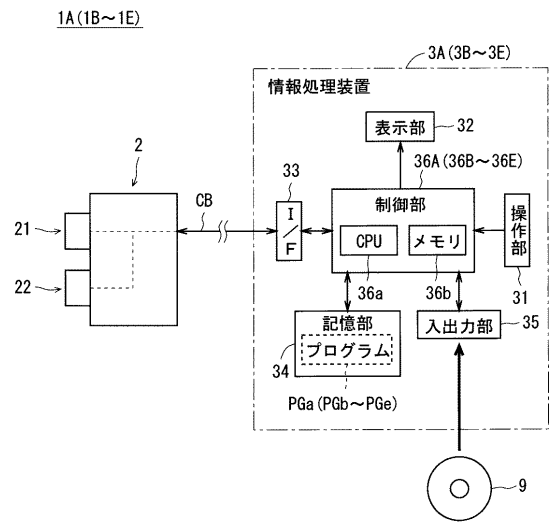
【0288】

1 A ~ 1 E	情報処理システム	
2	ステレオカメラ	
3 A ~ 3 E	情報処理装置	
3 6 ~ 3 6 E	制御部	
3 6 1 , 3 6 1 E	画像取得部	
3 6 2	実探索基準点設定部	10
3 6 2 E	間引き画像生成部	
3 6 3	視差導出部	
3 6 3 E	第1実探索基準点設定部	
3 6 4	演算基準点設定部	
3 6 4 E	第1視差導出部	
3 6 5 A ~ 3 6 5 D	推定視差決定部	
3 6 5 E	第1演算基準点設定部	
3 6 6 A ~ 3 6 6 D	視差演算部	
3 6 6 E	第1推定視差決定部	
3 6 7 E	第2実探索基準点設定部	20
3 6 8 E	第2視差導出部	
3 6 9 E	第2演算基準点設定部	
3 7 0 E	第2推定視差決定部	
3 7 1 E	視差演算部	
3 6 7 , 3 7 2 E	記憶制御部	
G 1	基準画像 (第1撮像画像)	
G 2	参照画像 (第2撮像画像)	
G e 1	間引き基準画像	
G e 2	間引き参照画像	
P G a ~ P G e	プログラム	30

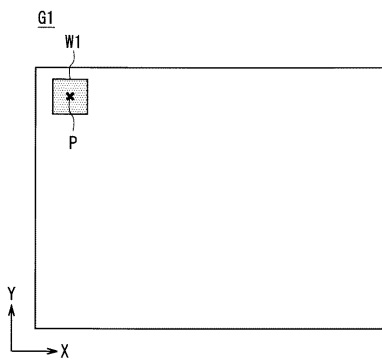
【 図 1 】



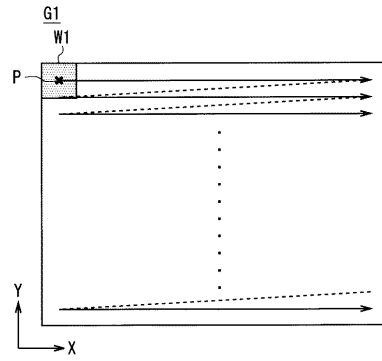
【 図 2 】



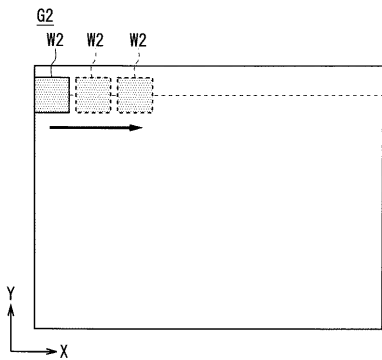
【 図 3 】



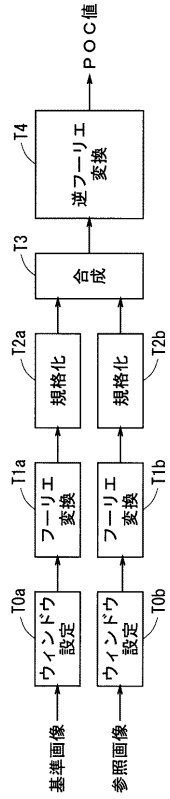
【 図 5 】



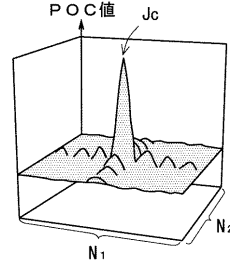
【 図 4 】



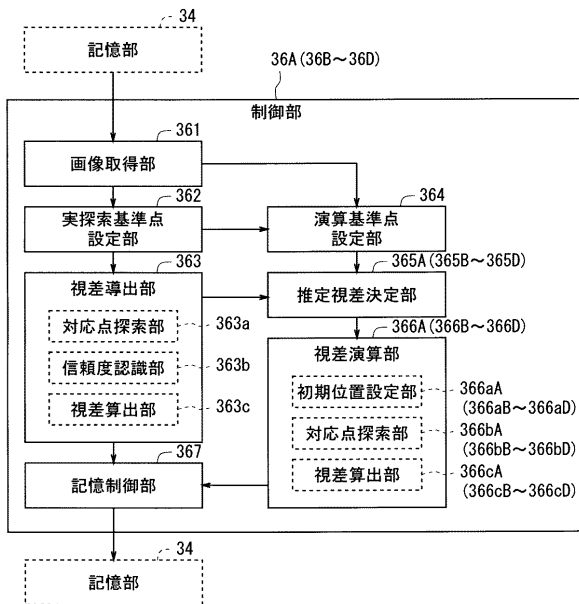
【 図 6 】



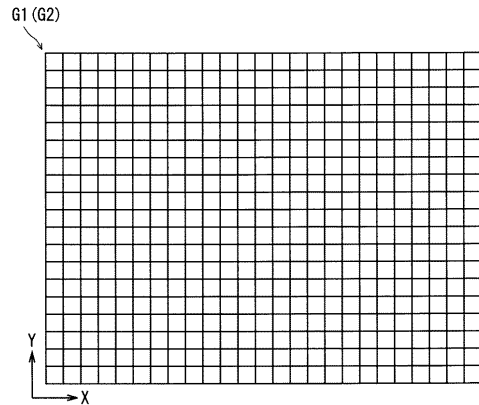
【 図 7 】



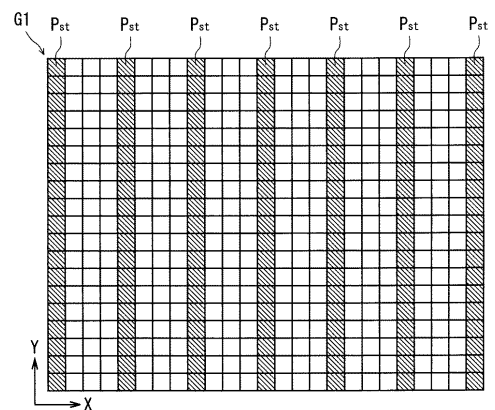
【 図 8 】



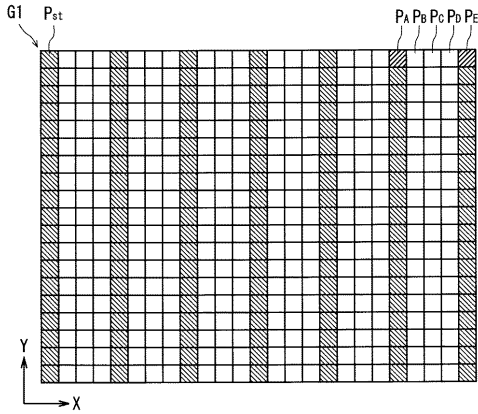
【 図 9 】



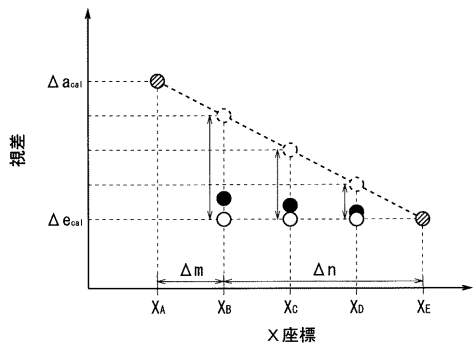
【 図 10 】



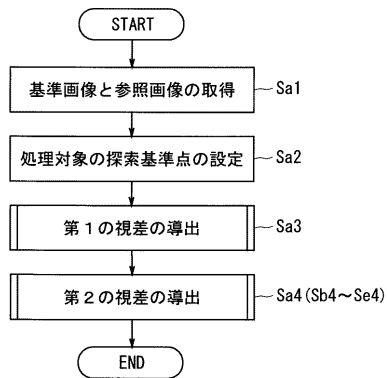
【図 1 1】



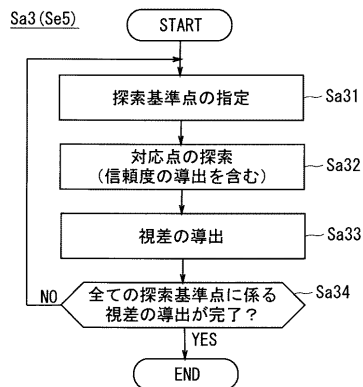
【図 1 2】



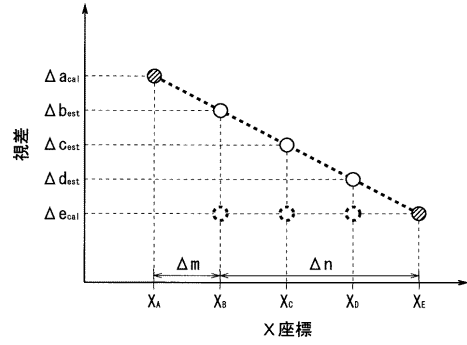
【図 1 5】



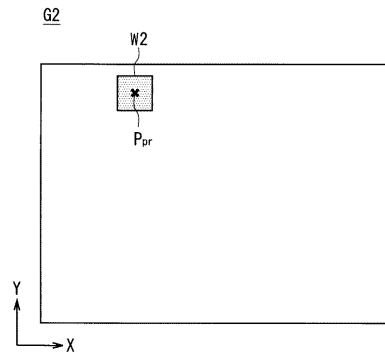
【図 1 6】



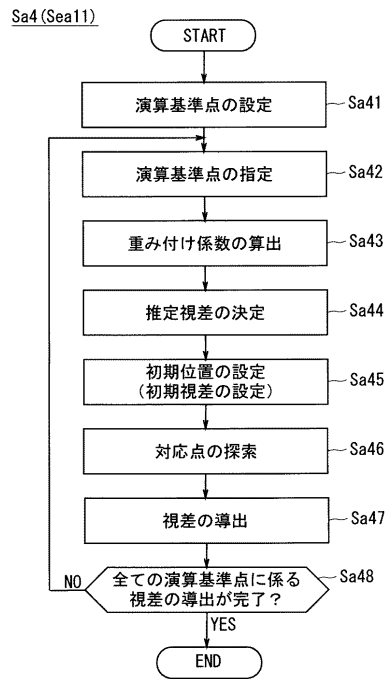
【図 1 3】



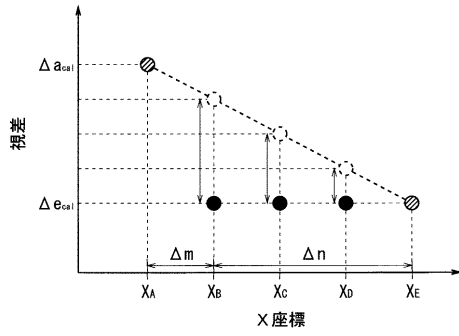
【図 1 4】



【図 1 7】

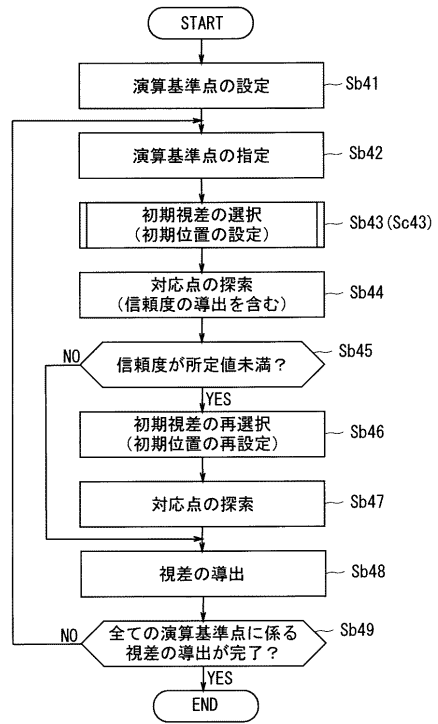


【 図 1 8 】



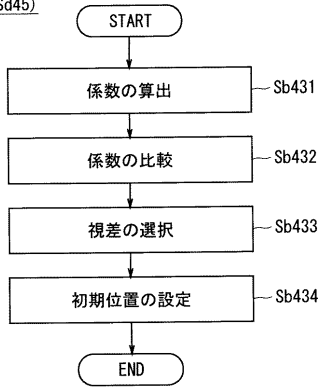
【 図 1 9 】

Sb4 (Sc4, Seb11, Sec11)

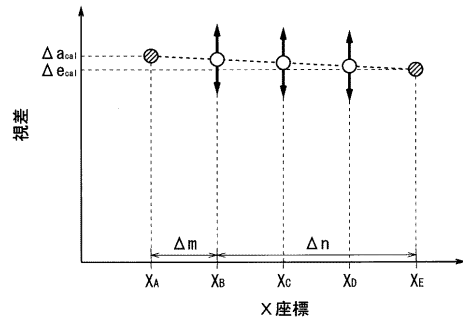


【 図 2 0 】

Sb43 (Sd45)

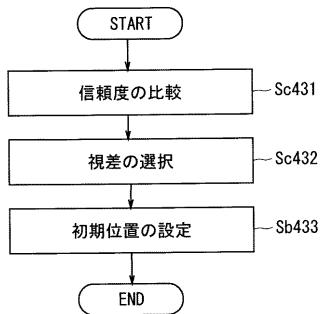


【 図 2 2 】

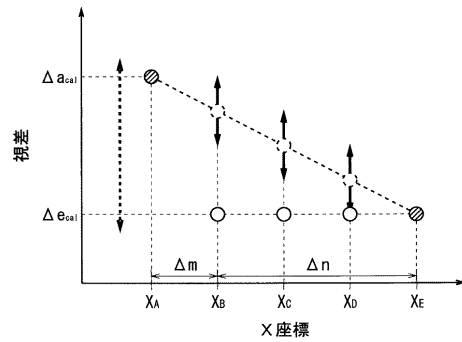


【 図 2 1 】

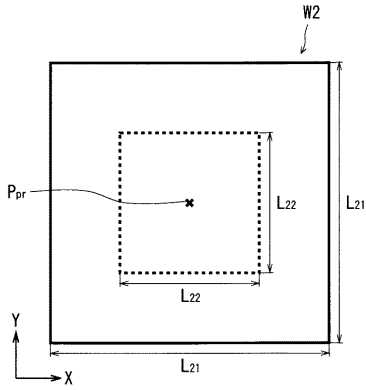
Sc43



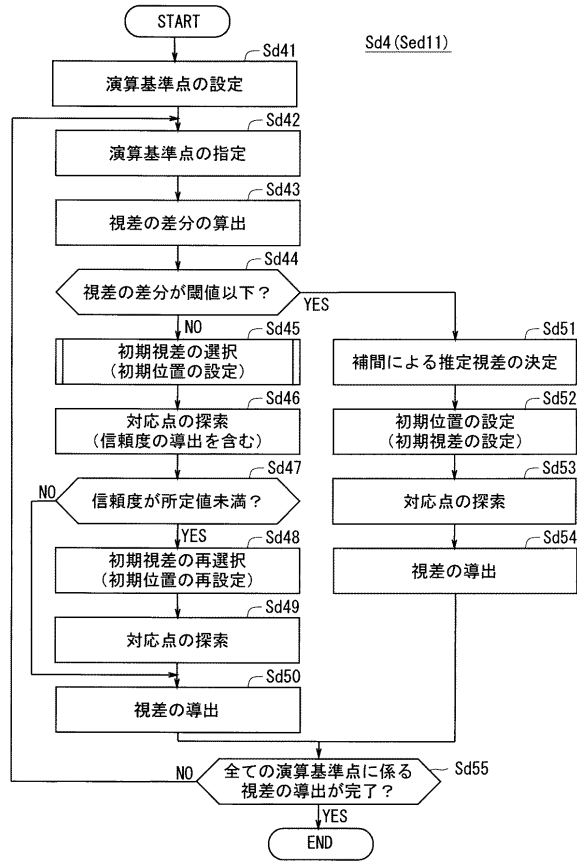
【 図 2 3 】



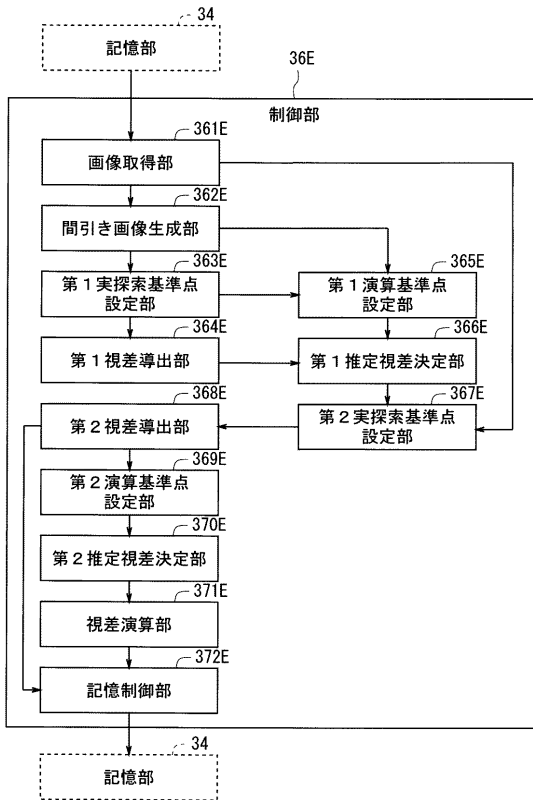
【図 2 4】



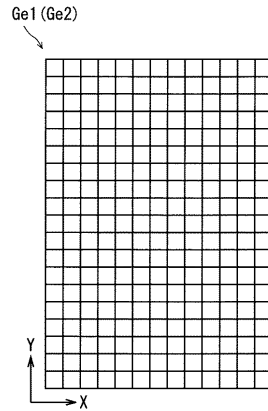
【図 2 5】



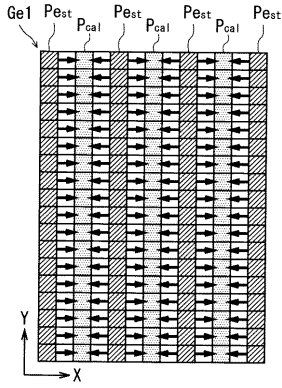
【図 2 6】



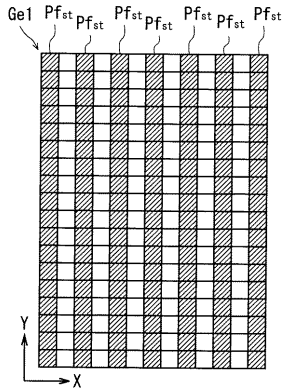
【図 2 7】



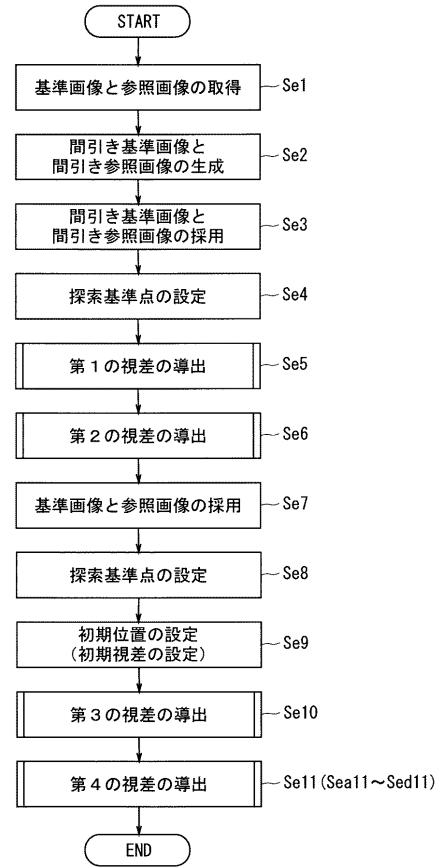
【 図 2 8 】



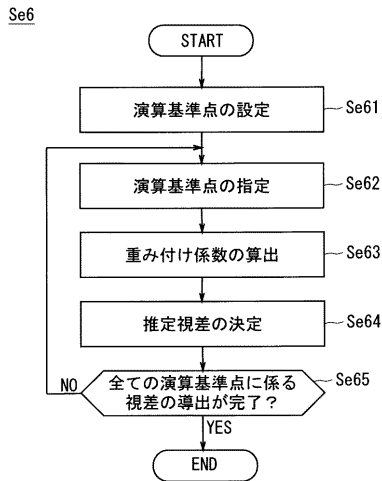
【 図 2 9 】



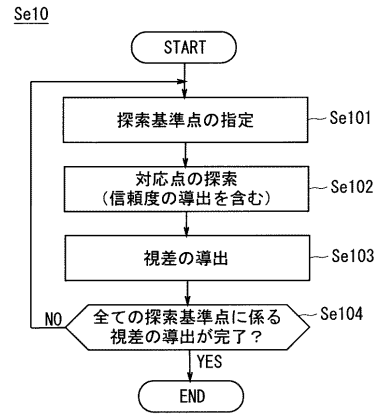
【 図 3 0 】



【 図 3 1 】



【 図 3 2 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2F112 AC06 BA05 BA06 CA12 FA03 FA21 FA35 FA36 FA38 FA50  
GA01  
5B057 BA12 DA20 DB02 DB09 DC22 DC32