

(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2008-209275  
(P2008-209275A)

(43) 公開日 平成20年9月11日(2008.9.11)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
<b>G01C</b>	<b>3/06</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G01C</b>	<b>3/06</b>	<b>110V</b>	<b>2F112</b>
<b>G06T</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G06T</b>	<b>7/00</b>	<b>300B</b>	<b>5B057</b>
<b>G06T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G06T</b>	<b>1/00</b>	<b>315</b>	<b>5L096</b>

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2007-46953 (P2007-46953)  
(22) 出願日 平成19年2月27日 (2007.2.27)

(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 100090033  
 弁理士 荒船 博司  
 (72) 発明者 鳥羽 直人  
 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) 2F112 AC03 AC06 BA05 BA06 BA07  
 CA12 FA03 FA21 FA23 FA35  
 FA45 GA01  
 5B057 AA20 BA02 DA20 DB03 DB09  
 DC30 DC32  
 5L096 AA06 AA09 CA05 FA66 JA03  
 JA09 JA13

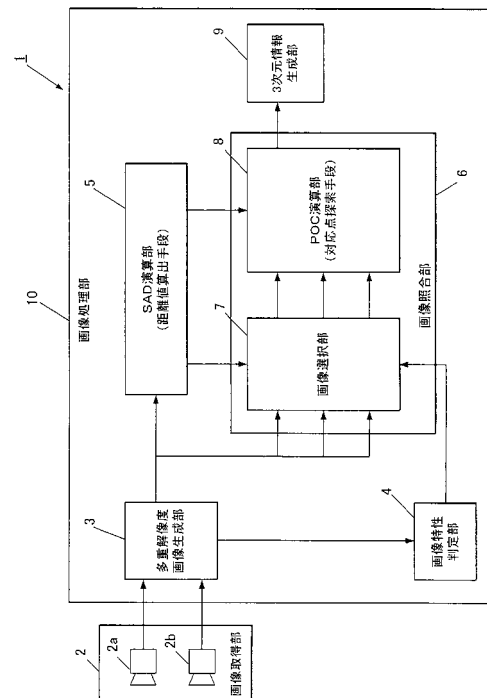
(54) 【発明の名称】 相関演算装置、相関演算方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】複数の画像から対象物の3次元位置情報を得る場合に、高精度かつ高速に処理を行うことのできる相関演算装置、相関演算方法及びプログラムを提供する。

【解決手段】基準画像と参照画像とを取得する画像取得部2と、基準画像及び参照画像について解像度の異なる複数の階層画像を生成する多重解像度画像生成部3と、基準画像と参照画像との視差値に基づいて距離値を算出するSAD演算部5と、階層画像の中から、距離値に基づいて対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択部7と、画像選択部7により選択された階層画像から対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に対応点の探索を繰り返すPOC演算部8とを備えている。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 画像情報と比較対象となる第 2 画像情報とを取得する画像取得手段と、  
前記画像取得手段により取得された前記第 1 画像情報及び前記第 2 画像情報について解像度の異なる複数の階層画像を生成する多重解像度画像生成手段と、

前記第 1 画像情報と前記第 2 画像情報との視差値に基づいて距離値を算出する距離値算出手段と、

前記多重解像度画像生成手段により生成された前記第 1 画像情報及び前記第 2 画像情報の階層画像の中から、前記距離値算出手段により算出された距離値に基づいて、対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択手段と、

前記第 1 画像情報と前記第 2 画像情報とを照合して対応点を探索するものであって、前記画像選択手段により選択された階層画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返す対応点探索手段と、

を備えていることを特徴とする相関演算装置。

**【請求項 2】**

前記多重解像度画像生成部により生成された前記第 1 画像情報及び前記第 2 画像情報の階層画像について、画像の特性を判定する画像特性判定手段をさらに備え、

前記画像選択手段は、前記画像特性判定手段により判定された画像の特性をも加味して、前記対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択することを特徴とする請求項 1 に記載の相関演算装置。

**【請求項 3】**

前記距離算出手段は、SAD 演算法、SSD 演算法、NNC 演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するものであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の相関演算装置。

**【請求項 4】**

前記対応点探索手段は、POC 演算法により対応点を探索するものであることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の相関演算装置。

**【請求項 5】**

第 1 画像情報と比較対象となる第 2 画像情報とを取得する画像取得工程と、  
前記画像取得工程により取得された前記第 1 画像情報及び前記第 2 画像情報について解像度の異なる複数の階層画像をそれぞれ生成する多重解像度画像生成工程と、

前記第 1 画像情報と前記第 2 画像情報との視差値に基づいて距離値を算出する距離値算出工程と、

前記多重解像度画像生成工程により生成された前記第 1 画像情報及び前記第 2 画像情報の階層画像の中から、前記距離値算出工程により算出された距離値に基づいて、対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択工程と、

前記第 1 画像情報と前記第 2 画像情報とを照合して対応点を探索するものであって、前記画像選択工程により選択された階層画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返す対応点探索工程と、

を備えていることを特徴とする相関演算方法。

**【請求項 6】**

前記多重解像度画像生成工程により生成された前記第 1 画像情報及び前記第 2 画像情報の階層画像について、画像の特性を判定する画像特性判定工程をさらに備え、

前記画像選択工程は、前記画像特性判定工程により判定された画像の特性をも加味して、前記対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択することを特徴とする請求項 5 に記載の相関演算方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 7】

前記距離算出工程は、SAD演算法、SSD演算法、NNC演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するものであることを特徴とする請求項5又は請求項6に記載の相関演算方法。

## 【請求項 8】

前記対応点探索工程は、POC演算法により対応点を探索するものであることを特徴とする請求項5から請求項7のいずれか一項に記載の相関演算方法。

## 【請求項 9】

第1画像情報と比較対象となる第2画像情報とについて解像度の異なる複数の階層画像をそれぞれ生成する多重解像度画像生成機能と、

前記第1画像情報と前記第2画像情報との視差値に基づいて距離値を算出する距離値算出機能と、

前記多重解像度画像生成機能により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像の中から、前記距離値算出機能により算出された距離値に基づいて、対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択機能と、

前記第1画像情報と前記第2画像情報とを照合して対応点を探索するものであって、前記画像選択機能により選択された階層画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返す対応点探索機能と、

をコンピュータに実現させることを特徴とするコンピュータ読取可能なプログラム。

## 【請求項 10】

前記コンピュータに、

多重解像度画像生成機能により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像について、画像の特性を判定する画像特性判定機能をさらに実現させるものであり、

前記画像選択機能は、前記画像特性判定機能により判定された画像の特性をも加味して、前記対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択することを特徴とする請求項9に記載のコンピュータ読取可能なプログラム。

## 【請求項 11】

前記距離算出機能は、SAD演算法、SSD演算法、NNC演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するものであることを特徴とする請求項9又は請求項10に記載のコンピュータ読取可能なプログラム。

## 【請求項 12】

前記対応点探索機能は、POC演算法により対応点を探索するものであることを特徴とする請求項9から請求項11のいずれか一項に記載のコンピュータ読取可能なプログラム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は相関演算装置、相関演算方法及びプログラムに係り、特に、複数の画像情報を用いて対象物の3次元位置情報を生成する相関演算装置、相関演算方法及びプログラムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、複数の撮像手段により同一対象物（被写体）を異なる位置から撮像して複数の画像情報を得て、SAD（Sum of Absolute Difference）演算法、SSD（Sum of Squared Difference）演算法等による相関演算を行うことによりこの画像情報の相関度を算出し、相関度に基づいて同一対象物に対する視差値を求め、視差値から対象物の位置（距離）を求める相関演算装置が知られている。

10

20

30

40

50

## 【0003】

また、このような相関演算装置において、解像度の異なる複数の画像を生成して、解像度別に階層構造とし、低解像度の上位層から高解像度の下位層に向かって逐次SAD演算法、SSD演算法等による相関演算を繰り返すことにより3次元位置情報を生成する技術が知られている（例えば、特許文献1から特許文献4参照）。

## 【0004】

特許文献1から特許文献4に開示されている技術では、演算手法として、高速で処理が可能なSAD演算法、SSD演算法等を用いるとともに、低解像度の上位層から高解像度の下位層に向かって演算を繰り返す際に、低解像度の上位層で得られた視差値に基づいて次の階層における探索領域の設定を行うため、最下層（最高解像度の層）まで演算処理を行う時間を短縮することができる。

しかし、SAD演算法、SSD演算法では、高精度に視差値を算出することは難しいとの問題があった。

## 【0005】

そこで、特に、近年では、より高精度に3次元位置情報を得られる手法として、POC（Phase-Only Correlation；位相限定相関）演算法を用いて基準画像と参照画像との対応点を探索し、両画像の位置ずれ量に基づいて対象物の3次元位置情報を得ることが提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

## 【0006】

POC演算法は、もともになる画像のデータとこれと照合すべき画像のデータとをフーリエ変換で数学的に処理して、振幅（濃淡データ）と位相（像の輪郭データ）とに分解し、このうち位相情報のみを用いて、両画像の相関を求めるアルゴリズムであり、SAD演算法、SSD演算法等、従来の振幅情報を用いた相関演算法と異なって、外乱に強く、高精度な演算結果を得られるとの特色がある。

## 【0007】

さらに、非特許文献1に開示されている技術では、解像度別に階層構造に形成された画像に対して、低解像度の上位層から高解像度の下位層に向かって順次POC演算を行うことにより、より高精度な対応点探索が可能となり、正確な3次元位置情報を得ることができる。

【特許文献1】特開2001-319229号公報

【特許文献2】特開平7-103734号公報

【特許文献3】特開2006-72757号公報

【特許文献4】特開平10-21389号公報

【非特許文献1】A Sub-Pixel Correspondence Search Technique for Computer Vision Applications（東北大学）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0008】

しかしながら、対象物までの距離が離れており基準画像と参照画像との視差がほとんど得られない場合や、画像のコントラストが低い場合等においては、低解像度画像での対応点探索の信頼性は著しく低下する。この点、特許文献1から特許文献4及び非特許文献1に記載されている技術のように、常に最低解像度から演算を開始し、すべての階層について順次演算処理を行うとすると、信頼性の低い結果しか得られない場合にも、演算処理を行うことになり、無駄に処理時間がかかってしまい、効率のよい相関演算処理を行うことができないとの問題がある。

## 【0009】

特に、POC演算法は、高精度な演算結果が得られる反面、演算処理に時間を要する。このため、例えば非特許文献1に開示されている技術のように、常に最低解像度から順にすべての階層についてPOC演算法で処理を行うとすると、処理時間がかかることによる作業効率の低下が顕著である。

10

20

30

40

50

## 【0010】

そこで、本発明は以上のような課題を解決するためになされたものであり、複数の画像から対象物の3次元位置情報を得る場合に、高精度かつ高速に処理を行うことのできる相関演算装置、相関演算方法及びプログラムを提供することを目的とするものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

上記課題を解決するために、請求項1に記載の相関演算装置は、

第1画像情報と比較対象となる第2画像情報とを取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段により取得された前記第1画像情報及び前記第2画像情報について解像度の異なる複数の階層画像を生成する多重解像度画像生成手段と、

前記第1画像情報と前記第2画像情報との視差値に基づいて距離値を算出する距離値算出手段と、

前記多重解像度画像生成手段により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像の中から、前記距離値算出手段により算出された距離値に基づいて、対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択手段と、

前記第1画像情報と前記第2画像情報とを照合して対応点を探索するものであって、前記画像選択手段により選択された階層画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返す対応点探索手段と、

を備えていることを特徴としている。

## 【0012】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の相関演算装置であって、

前記多重解像度画像生成部により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像について、画像の特性を判定する画像特性判定手段をさらに備え、

前記画像選択手段は、前記画像特性判定手段により判定された画像の特性をも加味して、前記対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択することを特徴としている。

## 【0013】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の相関演算装置であって、

前記距離算出手段は、SAD演算法、SSD演算法、NNC演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するものであることを特徴としている。

## 【0014】

請求項4に記載の発明は、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の相関演算装置であって、

前記対応点探索手段は、POC演算法により対応点を探索するものであることを特徴としている。

## 【0015】

請求項5に記載の相関演算方法は、

第1画像情報と比較対象となる第2画像情報とを取得する画像取得工程と、

前記画像取得工程により取得された前記第1画像情報及び前記第2画像情報について解像度の異なる複数の階層画像をそれぞれ生成する多重解像度画像生成工程と、

前記第1画像情報と前記第2画像情報との視差値に基づいて距離値を算出する距離値算出工程と、

前記多重解像度画像生成工程により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像の中から、前記距離値算出工程により算出された距離値に基づいて、対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択工程と、

前記第1画像情報と前記第2画像情報とを照合して対応点を探索するものであって、前記画像選択工程により選択された階層画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させなが

10

20

30

40

50

ら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返す対応点探索工程と、  
を備えていることを特徴としている。

【0016】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の関連演算方法であって、  
前記多重解像度画像生成工程により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像について、画像の特性を判定する画像特性判定工程をさらに備え、  
前記画像選択工程は、前記画像特性判定工程により判定された画像の特性をも加味して、前記対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択することを特徴とする。

10

【0017】

請求項7に記載の発明は、請求項5又は請求項6に記載の関連演算方法であって、  
前記距離算出工程は、SAD演算法、SSD演算法、NNC演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するものであることを特徴とする。

【0018】

請求項8に記載の発明は、請求項5から請求項7のいずれか一項に記載の関連演算方法であって、  
前記対応点探索工程は、POC演算法により対応点を探索するものであることを特徴とする。

【0019】

請求項9に記載の発明は、コンピュータ読取可能なプログラムであって、  
第1画像情報と比較対象となる第2画像情報とについて解像度の異なる複数の階層画像をそれぞれ生成する多重解像度画像生成機能と、  
前記第1画像情報と前記第2画像情報との視差値に基づいて距離値を算出する距離値算出機能と、  
前記多重解像度画像生成機能により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像の中から、前記距離値算出機能により算出された距離値に基づいて、対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択機能と、  
前記第1画像情報と前記第2画像情報とを照合して対応点を探索するものであって、前記画像選択機能により選択された階層画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、最高解像度の階層画像に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返す対応点探索機能と、  
をコンピュータに実現させることを特徴とする。

20

30

【0020】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載のプログラムであって、  
前記コンピュータに、  
多重解像度画像生成機能により生成された前記第1画像情報及び前記第2画像情報の階層画像について、画像の特性を判定する画像特性判定機能をさらに実現させるものであり、  
前記画像選択機能は、前記画像特性判定機能により判定された画像の特性をも加味して、前記対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択することを特徴とする。

40

【0021】

請求項11に記載の発明は、請求項9又は請求項10に記載のプログラムであって、  
前記距離算出機能は、SAD演算法、SSD演算法、NNC演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するものであることを特徴とする。

【0022】

請求項12に記載の発明は、請求項9から請求項11のいずれか一項に記載のプログラムであって、

50

前記対応点探索機能は、POC演算法により対応点を探索するものであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0023】

請求項1、請求項5又は請求項9に記載の発明によれば、距離値算出手段により算出された距離値に基づいて対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択し、当該階層画像から対応点の探索を開始するので、信頼性の低い結果しか得られない可能性の高い階層については処理を行わないとすることができ、対応点の探索を効率的に行って、相関演算の総処理時間の短縮を図ることができるとの効果を奏する。

【0024】

また、解像度の異なる複数の階層画像からなる多重解像度画像を生成して、低解像度の階層画像から高解像度の階層画像に向かって順次対応点の探索処理を繰り返すとともに、低解像度の階層画像について得られた探索結果を次階層における探索に反映させるので、高速かつ高精度の対応点探索を行うことができ、その結果に基づいて対象物の正確な3次元位置情報を得ることが可能となる。

【0025】

請求項2、請求項6又は請求項10に記載の発明によれば、画像特性判定手段によって判定された画像の特性をも加味して対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択するので、例えばコントラストの低い画像の場合等、低解像度の画像について対応点探索を行っても信頼性が低い場合に、対応点の探索を効率的に行うことができ、信頼性の高い高精度の演算結果を得ることができるとの効果を奏する。

【0026】

請求項3、請求項7又は請求項11に記載の発明によれば、SAD演算法、SSD演算法、NNC演算法のうちのいずれかにより距離値を算出するので、高速で距離値を得ることができ、この距離値に基づいて対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択するので、対応点の探索を効率的に行うことができ、相関演算の総処理時間の短縮を図ることができることのできるとの効果を奏する。

【0027】

請求項4、請求項8又は請求項12に記載の発明によれば、高精度、かつ、外乱に強くロバストな演算手法であるPOC演算法により対応点を探索するので、信頼性の高い高精度の演算結果を得ることができるとの効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、図1から図10を参照しつつ、本発明に係る相関演算装置の一実施形態について説明する。ただし、発明の範囲を図示例に限定するものではない。

【0029】

本実施形態に係る相関演算装置1は、2つの画像を照合して位置ずれ量を算出し、算出した位置ずれ量に基づいて3次元位置情報を生成するものである。

【0030】

相関演算装置1は、例えば、図1に示すように、画像取得部2、画像取得部2により取得された画像データに基づいて相関演算を行い対象物の3次元位置情報を生成する画像処理部10を備えている。

【0031】

画像取得部2は2つの撮像手段2a, 2bを備えて構成されており、画像取得部2は撮像手段2a, 2bにより同一対象物を異なる視点から撮像して画像情報としての画像データを取得する。画像取得部2に取得される画像情報は、基準となる基準画像に基づく基準画像データ(第1画像情報)と、比較対象となる画像(以下、「参照画像」とする)に基づく参照画像データ(第2画像情報)である。

【0032】

ここで、2つの撮像手段2a, 2bを用いて同一対象物を撮像して基準画像データ(第

10

20

30

40

50

1 画像情報)と参照画像データ(第2画像情報)とを取得する場合には、撮像手段2a, 2bの光軸は互いに平行であることが好ましい。また、画像取得部2にメモリ等の記憶手段を複数備え、参照画像データを記憶させておくこととしてもよい。なお、画像取得部2により取得された画像データには、画像を平行化する処理、歪み等を補正する処理等が施されることが好ましい。

#### 【0033】

画像処理部10は、CPU(Central Processing Unit)、MPU(Micro Processing Unit)、DSP(Digital Signal Processor)等の処理装置と、システムプログラム、後述する相関演算処理を行うための相関演算処理プログラム等、各種の制御プログラム等を格納するROM(Read Only Memory)と、各種データを一時記憶するRAM(Random Access Memory)と(いずれも図示せず)、等により構成されるコンピュータであり、画像取得部2により取得された画像データから解像度の異なる複数の階層画像(後述)を生成する多重解像度画像生成部3、画像の特性を判定する画像特性判定部4、距離値算出手段としてのSAD演算部5、画像データの照合を行う画像照合部6、及び3次元情報生成部9が備えられている。

10

#### 【0034】

多重解像度画像生成部3は、前記画像取得部2により取得された基準画像データ(第1画像情報)と参照画像データ(第2画像情報)について、解像度の異なる複数の画像が、解像度の低いものから解像度の高いものに順に階層構造となった多重解像度画像を生成するものである。なお、各階層における画像を、以下「階層画像」と称する。

20

#### 【0035】

図2は、例えば、多重解像度画像生成部3が第0層から第2層までの3層の階層画像からなる多重解像度画像を生成する場合の画像データの構造を模式的に示したものである。

この場合、多重解像度画像生成部3により生成される多重解像度画像は、図2に示すように、例えば第0層目が当該画像データの最高解像度(すなわち、もとの画像データと同じ解像度)の階層画像、第2層目が最低解像度の階層画像、第1層目が両者の中間程度の解像度の階層画像となっている。

#### 【0036】

なお、多重解像度画像生成部3が何層構造の多重解像度画像を生成するか、最低解像度をどの程度の解像度とするかは特に限定されない。例えば、もとの画像データが $80 \times 60$ 程度の低解像度の画像であれば、第0層目が $80 \times 60$ の解像度の階層画像、第1層目が $40 \times 30$ の解像度の階層画像というように2層から3層程度の少ない階層構造となる。また、もとの画像データが $1280 \times 960$ のように高解像度の画像であり、最低解像度をもとの画像データの $1/32$ の解像度である $40 \times 30$ の解像度とする場合には、第0層目が $1280 \times 960$ の解像度の階層画像、第n層目が $40 \times 30$ の解像度の階層画像であり、第0層目から第n層目までの間に、解像度の異なる複数の階層画像が生成されて、多くの階層を有する多重解像度画像が生成される。

30

また、後述するように、本実施形態においては、対応点探索においてフーリエ変換を行うので、フーリエ変換のウィンドサイズが $30 \times 30$ 程度である場合、 $30 \times 30$ 程度の解像度を最低解像度とする多重解像度画像を生成するようにすれば、一度の演算で対象領域のほぼ全域について演算処理を行うことができ、便宜である。

40

なお、多重解像度画像生成部3により生成される多重解像度画像の構造はもとの画像データの解像度等に応じて予めデフォルトで設定されていてもよいし、ユーザが任意に設定できるようにしてもよい。

#### 【0037】

画像特性判定部4は、基準画像、参照画像のコントラスト、テクスチャ(質感等)等の画像特性を判定するものである。

本実施形態において、例えば、図示しない記憶部に画像のコントラストに関する所定の閾値が記憶されており、画像特性判定部4は、この閾値と画像データのコントラストとを比較して、画像データのコントラストが所定の閾値以下であるか否か等の判定を行う。ま

50



た、例えば、図示しない記憶部に予めテクスチャについて所定のパターン等が記憶されており、画像特性判定部4は、画像データのテクスチャが当該パターンに該当するか否かを判定する。

画像特性判定部4による判定結果は、画像照合部6の画像選択部7に出力されるようになっている。

#### 【0038】

SAD演算部5は、画像取得手段2によって取得された画像データのうち、いずれか一方を基準画像とし、他方を参照画像とした場合に、基準画像と参照画像との相関度をSAD (Sum of Absolute Differences: 絶対誤差合計) 演算法により相関演算し、参照画像中、基準画像の演算対象領域と相関度の最も高かった領域について、基準画像と参照画像とのずれ量(視差値)を求める視差値算出処理を行う。そして、算出された視差値に基づいて対象物までの距離値を求めるようになっている。

なお、SAD演算部5による演算を行う階層画像は特に限定されないが、処理時間を短縮するため、低解像度の階層画像に対してSAD演算処理を行うことが好ましい。

#### 【0039】

基準画像と参照画像との相関演算について図3を参照しつつ説明する。図3(a)は基準画像を表し、図3(b)は参照画像を表している。図3において、各マスは1画素を表しており、基準画像及び参照画像の全画面は、ともに、X軸方向(横方向)が26画素、Y軸方向(縦方向)が20画素で構成されている場合を例としている。

#### 【0040】

相関演算を行う場合には、SAD演算部5は、基準画像を所定の単位面積に分割し、基準画像中のある領域を視差値を算出する位置(演算対象領域)として設定する。演算対象領域の設定は、例えば図3(a)の左上( $X = 1, Y = 20$ )を基点として所定の範囲の領域が順次設定される。

#### 【0041】

すなわち、ある領域(例えば $X = 1 \sim 5, Y = 16 \sim 20$ の25画素)が演算対象領域として設定され、当該演算対象領域についての相関演算が完了すると、例えばX軸方向(画像の水平方向)に1画素ずつ順次ずらして次の演算対象領域(例えば $X = 2 \sim 6, Y = 16 \sim 20$ の25画素)が設定され、相関演算が行われる。X軸方向の全画素(図3(a)において26画素)についてすべての相関演算が完了すると、Y軸方向に1画素ずらして次の演算対象領域(例えば $X = 1 \sim 5, Y = 15 \sim 19$ の25画素)が設定され、相関演算が行われる。当該演算対象領域について相関演算が完了すると、さらに、演算対象領域をX軸方向に1画素ずつ順次ずらして次の演算対象領域(例えば $X = 2 \sim 6, Y = 15 \sim 19$ の25画素)が設定され、相関演算が行われる。

このように、画面の左上から右下にかけて、X軸方向、Y軸方向それぞれ1画素ずつずらして順次演算対象領域が設定され、全画面の全画素について相関演算が完了するまで、各演算対象領域についての相関演算が繰り返される。なお、相関演算を行う順序(演算対象領域の設定の仕方)は、ここに例示したものに限定されない。

#### 【0042】

次に、相関演算の具体的手法について説明する。

例えば、図3(a)に示すように、基準画像中の破線で囲んだ範囲( $X = 9 \sim 13, Y = 9 \sim 13$ の25画素)が演算対象領域として設定され、相関演算が行われる場合、SAD演算部5は、参照画像中、演算対象領域と同じY軸範囲( $Y = 9 \sim 13$ )についてX軸方向(画像の水平方向)に順次比較対照領域を設定し、順次相関演算を行うことにより、演算対象領域と各比較対照領域との相関度を算出する。これにより参照画像中、演算対象領域と最も相関度の高い領域を探索する。

#### 【0043】

すなわち、SAD演算部5は、まず、演算対象領域を構成する各画素(図3(a)中の $X = 9, Y = 13, X = 10, Y = 13 \dots$ の全25画素)の画像データ値を算出する。また、参照画像の中で演算対象領域に対照させるものとして設定した比較対照領域内の

10

20

30

40

50

各画素（例えば、図3（b）中の破線で囲んだ範囲（ $X = 9$  ,  $Y = 13$ 、 $X = 10$  ,  $Y = 13$ ・・・の全25画素））の画像データ値を算出する。そして、演算対象領域を構成する各画素の画像データ値から、比較対照領域を構成する各画素の画像データ値を減算して、その絶対値を算出する。

例えば、演算対象領域内のある画素（図3（a）中の $X = 9$  ,  $Y = 10$ ）の画像データ値が100であり、これに対応する比較対照領域内の画素が図3（b）における $X = 9$  ,  $Y = 10$ の画像データ値が50である場合には、 $100 - 50 = 50$ となり、絶対値50となる。

また例えば、演算対象領域内のある画素（図3（a）中の $X = 13$  ,  $Y = 10$ ）の画像データ値が50であり、これに対応する比較対照領域内の画素が図3（b）における $X = 13$  ,  $Y = 10$ の画像データ値が90である場合には、 $50 - 90 = -40$ となり、絶対値40となる。

このような画像データ値の減算及び絶対値の算出を演算対象領域及び比較対照領域を構成する25画素全てについて行う。なお、この演算は、各画素について順次行われてもよいし、当該領域内の全画素について同時進行的に行われてもよい。

#### 【0044】

さらに、SAD演算部5は、算出された結果（絶対値）を全て加算する。そして加算後の値が小さければ小さいほど相関度が高く、同じ画像である場合には、限りなく0に近づく。例えば、図3の場合、図3（a）中の破線で囲んだ範囲（ $X = 9 \sim 13$  ,  $Y = 9 \sim 13$ の25画素）と、図3（b）中の一点鎖線で囲んだ範囲（ $X = 12 \sim 16$  ,  $Y = 9 \sim 13$ の25画素）とは同じ画像であり、前者を構成する各画素の画像データ値から後者を構成する各画素のうち対応するものの画像データ値をそれぞれ減算して絶対値を求め、算出結果を加算すると、限りなく0に近づく。

#### 【0045】

このようにして、参照画像中、基準画像の演算対象領域と相関度の最も高い領域（相関演算により相関度の極値が得られた領域）を検索すると、SAD演算部5は、当該相関度の最も高い領域が、基準画像の演算対象領域とどの程度ずれているかのずれ量（視差値）を算出し、相関度の最も高い領域がどの視差値に対応するかを求める。

すなわち、図3の例によれば、演算対象領域（図3（a）中の $X = 9 \sim 13$  ,  $Y = 9 \sim 13$ の25画素）と、相関度の最も高い領域である図3（b）中の一点鎖線で囲んだ範囲（ $X = 12 \sim 16$  ,  $Y = 9 \sim 13$ の25画素）とは、 $X$ 軸方向に3画素ずれている。したがって、この場合の視差値は3となる。

#### 【0046】

また、視差値と距離値との関係は、距離値 = 定数 / 視差値であり、距離値は視差値の逆数に比例するとの関係にある。すなわち、視差値が小さくなるほど距離は遠くなり、視差値が大きくなるほど距離が近くなるという関係にある。このため、SAD演算部5は、前記相関演算により視差値を求め、視差値の逆数を求めることにより、距離値を取得するようになっている。

#### 【0047】

画像照合部6は、対応点探索手段としてのPOC演算部8と、POC演算部8における対応点の探索を開始するのに最適な解像度の階層画像を選択する画像選択部7とを備えている。

#### 【0048】

画像選択部7には、SAD演算部5による演算結果である距離値が送られるようになっており、画像選択部7は、この距離値に基づいて、多重解像度画像生成部3により生成された基準画像データ及び参照画像データの複数の階層画像の中から、POC演算部8による対応点探索を開始するのに最適な解像度（最適最低解像度）の階層画像（以下、「最適最低解像度画像」と称する。）を選択するようになっている。

#### 【0049】

すなわち、POC演算部8による対応点探索は低解像度の画像から開始して順次高解像

10

20

30

40

50

度の画像について行うことが好ましいが、対象までの距離が遠く、視差値が小さい場合には、解像度の低い画像に対して P O C 演算を行っても信頼性の高い結果が得られない。このため、効率的に演算処理を行うためには、距離値に応じて、何層目の画像を最適最低解像度画像とするかを選択することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

そこで、本実施形態では、例えば、多重解像度画像生成部 3 によって 3 層構造の多重解像度画像が生成される場合に、図 4 に示すように、距離が遠い（距離値が大きい）場合には、閾値 T H 0、距離が近い（距離値が小さい）場合には、閾値 T H 2、両者の中間であれば閾値 T H 1 という 3 つの閾値が予め定められており、記憶部等に記憶されている。そして、画像選択部 7 は、S A D 演算部 5 によって算出された距離値がこれら所定の閾値を

10

【 0 0 5 1 】

具体的には、画像選択部 7 は、S A D 演算部 5 によって算出された距離値が閾値 T H 0 を超えている場合（最も距離が遠い場合）には最高解像度である第 0 層の階層画像を最適最低解像度画像とし、距離値が閾値 T H 1 を超えている場合には第 1 層の階層画像を最適最低解像度画像とし、距離値が閾値 T H 1 以下である場合（最も距離が近い場合）には最低解像度である第 2 層の階層画像を最適最低解像度画像として選択する。

【 0 0 5 2 】

また、画像選択部 7 には、画像特性判定部 4 によって判定された画像データの画像特性に関する判定結果が送られるようになっており、画像選択部 7 は、この判定結果を加味して、S A D 演算部 5 による演算結果の信頼性を判断するようになってい

20

【 0 0 5 3 】

すなわち、例えば、画像選択部 7 は、画像のコントラストが所定の閾値よりも低い場合や、画像のテクスチャが所定のものに該当する場合には、S A D 演算部 5 による演算結果の信頼性が低いと判断する。なお、画像選択部 7 がいかなる場合に S A D 演算部 5 による演算結果の信頼性が低いと判断するかの判断基準はここに例示したものに限定されない。

【 0 0 5 4 】

そして、例えば、画像特性判定部 7 による判定の結果等から S A D 演算部 5 による演算結果の信頼性が低いと判断される場合には、画像選択部 7 は、例えば S A D 演算部 5 による演算結果にかかわらず、最低解像度画像から P O C 演算部 8 による対応点探索を開始する等、予め定められた設定事項等に従って対応点探索を開始する最適最低解像度画像を選択するようにしてもよい。

30

【 0 0 5 5 】

P O C 演算部 8 は、P O C (Phase-Only Correlation; 位相限定相関) 演算法により、基準画像データと参照画像データのそれぞれから抽出、設定された演算対象領域について両画像データの対応点を探索し、位置ずれ量を算出して相関値を得る対応点探索手段である。

【 0 0 5 6 】

P O C 演算部 8 には、図 5 に示すように、窓関数部 8 1 a , 8 1 b、F F T (Fast Fourier Transform: 高速フーリエ変換) 部 8 2 a , 8 2 b、位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b、合成部 8 4、I F F T (Inverse Fast Fourier Transform: 逆高速フーリエ変換) 部 8 5、及び相関値演算部 8 6 が備えられている。

40

【 0 0 5 7 】

窓関数部 8 1 a , 8 1 b は、基準画像データと参照画像データの演算対象領域に対応する信号に窓関数をかけるものである。窓関数の種類に特に制限はなく適宜変更可能である。ここで、基準画像データに基づく信号に対して窓関数をかけたものを f 1、参照画像データに基づく信号に対して窓関数をかけたものを f 2 とする。窓関数部 8 1 a , 8 1 b は、窓関数をかけた信号 f 1、f 2 をそれぞれ F F T 部 8 2 a , 8 2 b に出力するようになっている。

50

## 【 0 0 5 8 】

F F T 部 8 2 a , 8 2 b は、信号  $f_1$ 、 $f_2$  に対してフーリエ変換処理を施して位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b に出力するものである。詳しくは、F F T 部 8 2 a は、信号  $f_1$  に対して 2 次元離散的フーリエ変換を施し、基準画像に基づくフーリエ画像データ  $F_1$  を得る。また、F F T 部 8 2 b は、信号  $f_2$  に対して 2 次元離散的フーリエ変換を施して参照画像に基づくフーリエ画像データ  $F_2$  を得るようになっている。なお、フーリエ変換処理に特に制限は無く、2 次元離散的フーリエ変換については、「コンピュータ画像処理入門、日本工業技術センター編、総研出版(株)発行、P 4 4 ~ 4 5」を参照した。

## 【 0 0 5 9 】

位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b は、F F T 部 8 2 a , 8 2 b から出力された信号に対して振幅成分を除去して位相情報を抽出するものである。つまり、位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b は、フーリエ変換された信号  $F_1$ 、 $F_2$  に対して位相限定処理を行ない、フーリエ画像データ  $F_3$ 、 $F_4$  を得るものである。位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b は、得られたフーリエ画像データ  $F_3$ 、 $F_4$  を合成部 8 4 に出力する。

なお、位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b が位相情報のみを抽出する手法は特に限定されず、振幅を 1 として位相のみを抽出するものであってもよいし、 $\log$  処理や 処理等によって振幅成分を除去することとしてもよい。

## 【 0 0 6 0 】

合成部 8 4 は、フーリエ変換された信号  $F_1$ 、 $F_2$  から位相情報のみを抽出して得られたフーリエ画像データ  $F_3$ 、 $F_4$  を合成し、合成フーリエ画像データ  $F_5(u, v) = F_3 * (u, v) \cdot F_4(u, v)$  を得るものである。なお、式中「 $*$ 」は複素共役を表し、 $(u, v)$  はフーリエ空間の座標を示す。合成部 8 4 は、得られた合成フーリエ画像データ  $F_5$  を I F F T 部 8 5 に出力するようになっている。

## 【 0 0 6 1 】

I F F T 部 8 5 は、合成部 8 4 で得られた合成フーリエ画像データ  $F_5$  に対して逆フーリエ変換を施し合成逆フーリエ画像データ  $f_5$  を得るものである。I F F T 部 8 5 は、合成逆フーリエ画像データ  $f_5$  を相関値演算部 8 6 に出力するようになっている。

## 【 0 0 6 2 】

相関値演算部 8 6 は、合成逆フーリエ画像データ  $f_5$  より、 $\max_{x, y} f_5(u, v)$  として相関値を算出するものである。ここで、 $\max_{x, y}$  は、全ての  $x, y$  に対する最大値、つまり、相関値は  $f_5(x, y)$  の最大値である。

図 6 に、P O C 演算法によって各画像間の相関演算を実施することにより得られる結果を示す。相関値演算部 8 6 は、相関値が 0 の場合には、基準画像と参照画像が一致しており位置ずれ量はゼロと算出するようになっている。また、相関値が 0 以外の値をとる場合には、その相関強度画像のピークの現れる位置(図 6 において J c)を 2 つの画像の位置ずれ量とするようになっている。

相関値演算部 8 6 は、位置ずれ量を算出すると、この位置ずれ量から候補座標を算出する。そして、当該対応点探索を行った階層画像が最高解像度画像でない場合には、この候補座標に基づいて次の階層の対応点探索における演算対象領域が決定される。

## 【 0 0 6 3 】

また、P O C 演算部 8 には、画像選択部 7 によって選択された階層画像の情報が送られるようになっており、P O C 演算部 8 は、画像選択部 7 によって選択された階層画像を、対応点探索を開始する最適最低解像度画像として設定する。

## 【 0 0 6 4 】

本実施形態において、P O C 演算部 8 は、画像選択部 7 により選択された最適最低解像度画像から前記対応点の探索を開始し、当該階層画像についての探索が終了すると当該階層画像についての探索結果を次の探索に反映させながら順次解像度の高い階層画像について前記対応点の探索を行い、もとの画像の解像度(最高解像度)の階層画像(本実施形態では第 0 層の階層画像)に至るまで順に前記対応点の探索を繰り返すようになっている。

P O C 演算部 8 は、1 つの階層画像について演算処理が完了するごとに、次の階層の階

10

20

30

40

50

層画像を対応点探索の対象として設定する。

【0065】

また、POC演算部8には、SAD演算部5による演算結果が送られるようになっており、POC演算部8は、このSAD演算部5による演算の結果、最も相関度の高かった点（候補座標）及びその周辺の所定領域を演算対象領域として設定するようになっている。本実施形態では、候補座標を中心として5画素×5画素分の領域が演算対象領域として設定される。

なお、POC演算部8に、画像選択部7による画像特性判定部4の判定結果に関する評価も送られるようになっていてもよい。この場合、例えば、画像選択部7によってSAD演算部5による演算結果の信頼性が低いとの評価がなされている場合には、POC演算部8は、例えば画像の全領域を演算対象領域として対応点探索を行うようにする等、SAD演算部5による演算結果に基づかずに演算対象領域を設定してもよい。

10

【0066】

また、2回目（2階層目）以降の対応点探索においては、POC演算部8は、直前の階層における演算処理によって得られた相関値に基づく候補座標を次階層における演算対象範囲として設定する。

すなわち、POC演算部8は、対応点探索処理が行われるごとに、当該対応点探索処理で得られた相関値の頂点を候補座標として算出するようになっており、2回目以降の対応点探索処理の際にはその直前の対応点探索処理で得られた候補座標（ $x_0, y_0$ ）及びその周辺の領域を次の階層画像における対応点探索処理の演算対象領域として設定するようになっている。本実施形態においては、（ $x_0, y_0$ ）を中心として5画素×5画素分の領域を抽出し演算対象領域として設定する。

20

【0067】

3次元情報生成部9は、POC演算部8における基準画像データと参照画像データとの位置ずれ量の演算結果に基づいて対象物の3次元位置情報の画像データを生成する。

【0068】

次に、図7から図10を参照して本実施形態における相関演算装置1による相関演算方法について説明する。

【0069】

図7に示すように、相関演算装置1によって3次元位置情報を得るための相関演算を行う場合には、まず、画像取得部2は、2つの撮像手段2a, 2bにより対象物を撮像し、基準画像、参照画像の画像データを取得する（ステップS1）。撮像手段2a, 2bにより取得された基準画像、参照画像の画像データは、A/D変換され、歪み補正や画像平行化処理等が施されて、画像処理部10に送られる。そして、コンピュータである画像処理部10と前記相関演算処理プログラムとの協働により、以下のような相関演算処理が実現される。

30

【0070】

基準画像、参照画像の画像データが画像処理部10に送られると、多重解像度画像生成部3において、最低解像度画像からもとの画像と同じ解像度の最高解像度画像までの複数の階層画像が順に階層構造となった多重解像度画像が生成される（ステップS2）。生成された多重解像度画像はSAD演算部5に送られて、基準画像データと参照画像データとの視差値から距離値を算出するSAD演算処理が行われる（ステップS3）。

40

【0071】

SAD演算部5による演算結果はPOC演算部8に送られ、POC演算部8はSAD演算部5による演算結果に基づいて、最も相関度の高かった点（候補座標）を演算対象画素とし、その周辺を演算対象領域として設定する（ステップS4）。

また、SAD演算部5による演算結果は画像選択部7にも送られ、画像選択部7では、SAD演算部5による演算によって得られた演算対象画素及び演算対象領域の距離値に基づいてPOC演算部8による対応点探索処理を開始する最適最低解像度画像を選択する（ステップS5）。

50

## 【 0 0 7 2 】

ここで、ステップ S 5 の処理について図 8 を参照しつつ説明する。

図 8 に示すように、画像選択部 7 は、S A D 演算部 5 から演算対象画素及び演算対象領域の距離値の情報が送られると、記憶部等に格納されている最適最低解像度画像の選択に関する閾値を読み出して、演算対象画素及び演算対象領域の距離値 X が閾値 T H 0 を超えるものであるか否かを判断する（ステップ S 2 1）。そして、距離値 X が閾値 T H 0 を超えている場合（ステップ S 2 1 ; Y E S）には、第 0 層目の階層画像を P O C 演算処理における最適最低解像度画像として選択するようになっている（ステップ S 2 2）。他方、距離値 X が閾値 T H 0 を超えていない場合（ステップ S 2 1 ; N O）には、画像選択部 7 は、さらに、距離値 X が閾値 T H 1 を超えるものであるか否かを判断する（ステップ S 2 3）。そして、距離値 X が閾値 T H 1 を超えている場合（ステップ S 2 3 ; Y E S）には、画像選択部 7 は、第 1 層目の階層画像を P O C 演算処理における最適最低解像度画像として選択する。また、距離値 X が閾値 T H 1 以下である場合（ステップ S 2 3 ; N O）には、画像選択部 7 は、第 2 層目の階層画像を P O C 演算処理における最適最低解像度画像として選択する。

なお、画像選択部 7 には、画像特性判定部 4 から、その判定結果も送られるようになっており、画像選択部 7 は、画像特性判定部 4 による判定結果も加味した上で最適最低解像度画像を選択するようになっている。

## 【 0 0 7 3 】

次に、図 7 に戻って、画像選択部 7 により P O C 演算部 8 による対応点探索処理を開始する最適最低解像度画像が選択された場合（ステップ S 5）には、P O C 演算部 8 は当該最適最低解像度画像から対応点探索処理を開始し、最高解像度画像に至るまで、多重解像度画像の各階層画像について順次 P O C 演算処理を行う（ステップ S 6）。

## 【 0 0 7 4 】

ここで、P O C 演算部 8 による P O C 演算処理（ステップ S 6 の処理）について、図 9 を参照しつつ説明する。

画像選択部 7 によって複数の階層画像の中から最適最低解像度画像が選択されると、P O C 演算部 8 は、画像選択部 7 により選択された階層画像を対応点の探索処理を開始する最適最低解像度画像として設定し（ステップ S 3 1）、当該最適最低解像度の階層画像の中の演算対象領域の画像データに対して P O C 演算処理（図 1 0 参照）を行う（ステップ S 3 2）。

## 【 0 0 7 5 】

最適最低解像度画像についての P O C 演算が終了すると、P O C 演算部 8 は、最高解像度画像まで P O C 演算処理が終了したか否か（当該階層画像が最高解像度画像か否か）を判断する（ステップ S 3 3）。そして、最高解像度画像（もとの画像と同じ解像度の画像）まで処理が終了している場合（ステップ S 3 3 ; Y E S）には、P O C 演算部 8 による P O C 演算処理を終了する。

他方、最高解像度画像まで処理が終了していない場合（さらに高解像度の次階層がある場合、ステップ S 3 3 ; N O）には、P O C 演算部 8 は、次階層の階層画像を演算対象として設定するとともに、直前の階層における演算結果に基づいて演算対象領域を設定し、当該階層画像について P O C 演算処理（図 1 0 参照）を行う（ステップ S 3 4）。そして、処理が終了するとステップ S 3 3 に戻って、最高解像度画像まで処理が終了したか否かの判断を行い、最高解像度画像（もとの画像と同じ解像度の画像）について処理が終了するまで、以下の処理を繰り返す。

## 【 0 0 7 6 】

図 1 0 を参照しつつ、P O C 演算部 8 による P O C 演算処理を具体的に説明する。

P O C 演算処理においては、まず、窓関数部 8 1 a , 8 1 b が画像データに基づく信号に対して窓関数をかけ、F F T 部 8 2 a , 8 2 b が中心画素以外の  $2 4 ( 5 \times 5 - 1 )$  画素について 1 画素ずつ  $3 2 \times 3 2$  のブロックサイズでフーリエ変換処理を行なう。つまり、窓関数部 8 1 a が基準画像に基づく信号 f 1 を作成し、この信号 f 1 について 8 2 a が

フーリエ変換処理を行って信号  $f_1$  を信号  $F_1$  に変換する（ステップ S 4 1）。また、窓関数部 8 1 b が基準画像に基づく信号  $f_2$  を作成し、この信号  $f_2$  について 8 2 b がフーリエ変換処理を行って信号  $f_2$  を信号  $F_2$  に変換する。（ステップ S 4 2）。

【 0 0 7 7 】

その後、位相情報抽出部 8 3 a , 8 3 b は、信号  $F_1$  ,  $F_2$  に基づき、その振幅成分を除去して信号  $F_1$  から位相情報  $F_3$  を、信号  $F_2$  から位相情報  $F_4$  をそれぞれ抽出する（ステップ S 4 3）。さらに、位相情報のみの信号  $F_3$  ,  $F_4$  は、合成部 8 4 によって合成され、合成信号  $F_5$  が生成される（ステップ S 4 4）。合成信号  $F_5$  は合成部 8 4 から I F F T 部 8 5 に出力され、I F F T 部 8 5 はこの合成信号  $F_5$  に対して、逆フーリエ変換処理を施し  $f_5$  に変換する（ステップ S 4 5）。その後、相関値演算部 8 6 は、 $f_5$  に基づいて相関値  $\max_{x, y} f_5(u, v)$  を算出し（ステップ S 4 6）、さらに、対応点の候補座標を算出する（ステップ S 4 7）。

10

【 0 0 7 8 】

次に、図 7 に戻って、最適最低解像度画像から最高解像度画像（もとの画像と同じ解像度の画像）まで、P O C 演算処理が終了すると（図 9 のステップ S 3 3 ; Y E S）、3 次元情報生成部 9 によって 3 次元位置情報が生成される。

【 0 0 7 9 】

以上のように、本実施形態によれば、高速での処理が可能な S A D 演算処理を行う S A D 演算部 5 によって基準画像と参照画像との視差値を求め、およその距離値を取得して、この距離値に基づいて P O C 演算部 8 による対応点の探索処理を開始するのに最適な最低解像度を選択し、当該最適最低解像度画像から対応点の探索を開始する。

20

このため、信頼性の低い結果しか得られない可能性の高い階層画像については処理を行わないとすることができ、演算に時間を要する P O C 演算部 8 による P O C 演算処理を効率的に行うことができるので、信頼性の高い高精度の演算結果を得ることができるとともに、対応点探索処理の演算時間の短縮を図ることができる。

【 0 0 8 0 】

また、解像度の異なる複数の階層画像からなる多重解像度画像を生成して、低解像度の階層画像から高解像度の階層画像に向かって順次 P O C 演算部 8 による対応点の探索処理を繰り返すとともに、低解像度の階層画像について得られた探索結果を次階層における探索に反映させて、演算対象領域を設定する。これにより、高速かつ高精度の対応点探索を行うことができ、その結果に基づいて対象物の正確な 3 次元位置情報を得ることが可能となる。

30

【 0 0 8 1 】

また、画像特性判定部 4 によって判定された画像の特性をも加味して最適最低解像度画像を選択するので、例えばコントラストの低い画像の場合等、低解像度の画像について対応点探索を行っても信頼性が低い場合に、対応点の探索を効率的に行うことができ、信頼性の高い高精度の演算結果を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

なお、本実施形態においては、2 つの撮像手段 2 a , 2 b を備えて各撮像手段 2 a , 2 b により同一対象物を撮像して基準画像データ（第 1 画像情報）と参照画像データ（第 2 画像情報）とを取得する構成としたが、画像取得部 2 の構成はこれに限定されない。画像取得部 2 は少なくとも 1 つの撮像手段を備えて構成されていればよく、1 つの撮像手段により同一対象物を異なるタイミングで撮像して基準画像データと参照画像データとを取得するものでもよいし、2 つ以上の撮像手段を備えて各撮像手段により同一対象物を撮像して基準画像データと参照画像データとを取得するものでもよい。

40

【 0 0 8 3 】

また、本実施形態においては、相関演算装置 1 の構成要素として画像取得部 2 を備える場合について説明したが、画像取得部を相関演算装置 1 の外部に設けて、相関演算装置 1 に外部から基準画像データ（第 1 画像情報）と参照画像データ（第 2 画像情報）が入力され、この画像データに基づいて相関演算等の処理が行われるようにしてもよい。

50

## 【 0 0 8 4 】

また、本実施形態においては、画像特性判定部 4 を備え、画像特性判定部 4 によって判定された画像データのコントラスト等の画像特性を画像選択部 7 における画像選択の際に参照するように構成したが、画像特性判定部 4 は、相関演算装置 1 の必須の構成要素ではない。

また、画像特性判定部 4 によって判定される事項は、画像データのコントラスト、テクスチャに限定されず、相関演算結果の信頼性に影響を与えるような他の画像特性について判定するものであってもよい。

## 【 0 0 8 5 】

また、本実施形態においては、距離値算出手段として、SAD 演算法により距離値を求める SAD 演算部 5 を設けたが、距離値算出手段は高速に距離値を求める処理を行うことができるものであればよく、これに限定されない。例えば、距離値算出手段として、SSD (Sum of Squared Differences) 演算法や、NNC (Normalized Cross-Correlation) 演算法により距離値を求める演算部を設けてもよい。

10

## 【 0 0 8 6 】

また、本実施形態においては、対応点探索手段として、POC 演算法により対応点を探索する POC 演算部 8 を設けたが、対応点探索手段は高精度に対応点の探索を行うことのできるものであればよく、POC 演算法によるものに限定されない。

また、対応点探索手段として、SAD 演算法、SSD 演算法、NNC 演算法等の相関演算を行う演算部と、POC 演算法等による相関演算を行う演算部とを備えていてもよい。この場合には、低解像度の階層については高速で処理が可能な SAD 演算法等によって対応点の探索を行い、高解像度の階層については高精度の処理が可能な POC 演算法等により対応点の探索を行うようにする。

20

## 【 0 0 8 7 】

また、本実施形態においては、画像処理部 10 が、CPU 等と ROM、RAM 等のメモリで構成されるコンピュータである場合を例として説明したが、画像処理部 10 の全体又は一部を専用ハードウェアで構成してもよい。

すなわち、例えば POC 演算部 8 は、位相限定相関処理を行なう専用のハードウェアで構成されていることが好ましい。専用のハードウェアとしては、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等が適用可能である。

30

## 【 0 0 8 8 】

その他、本発明が上記実施の形態に限らず適宜変更可能であるのは勿論である。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 8 9 】

【 図 1 】 本実施形態に係る相関演算装置の全体構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 本実施形態における多重解像度画像の構造を模式的に示した説明図である。

【 図 3 】 図 3 ( a ) は、本実施形態における基準画像の例を示した図であり、図 3 ( b ) は、本実施形態における参照画像の例を示した図である。

【 図 4 】 図 4 ( a ) は、画面上の対象の距離の違いを色の濃淡で表した図であり、図 4 ( b ) は、本実施形態における距離値の閾値を示す説明図である。

40

【 図 5 】 図 1 に示す POC 演算部の構成を示すブロック図である。

【 図 6 】 POC 演算処理によって得られる結果の例を示す説明図である。

【 図 7 】 本実施形態における相関演算処理を表すフローチャートである。

【 図 8 】 図 7 に示す最適最低解像度画像の選択処理を表すフローチャートである。

【 図 9 】 図 7 に示す各階層についての POC 演算処理を表すフローチャートである。

【 図 10 】 図 9 に示す POC 演算処理を表すフローチャートである。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 9 0 】

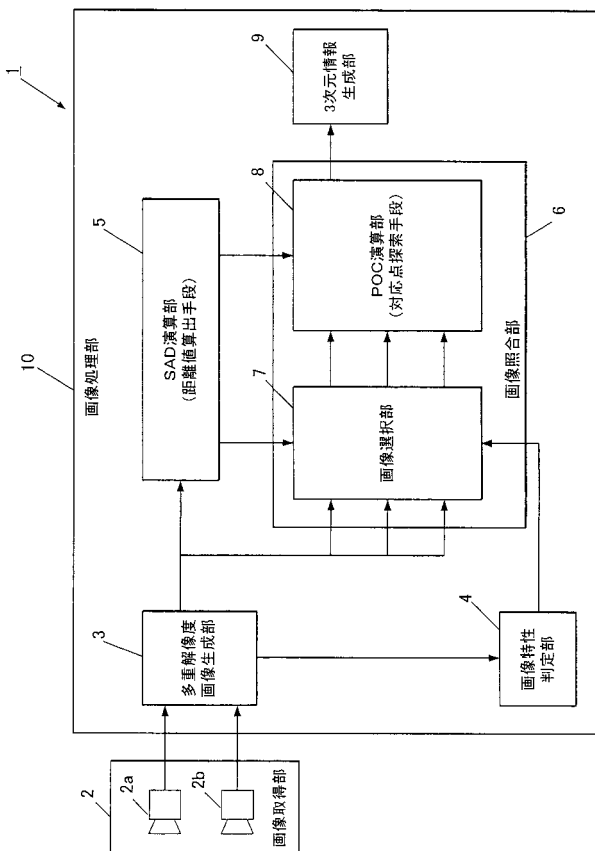
1 相関演算装置

50

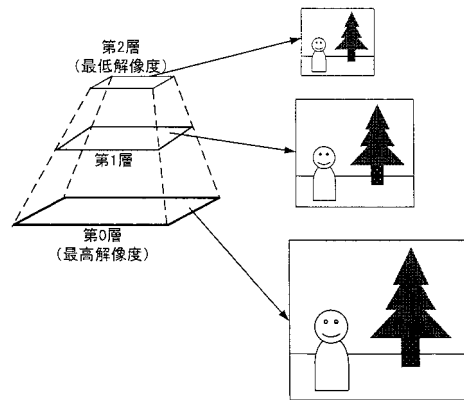


- 2 图像取得部 (图像取得手段)
- 2 a , 2 b 摄像手段
- 3 多重解像度图像生成部 (多重解像度图像生成手段)
- 4 图像特性判定部 (图像特性判定手段)
- 5 S A D演算部 (距离值算出手段)
- 6 图像照合部
- 7 图像选择部 (图像选择手段)
- 8 P O C演算部 (对应点探索手段)
- 9 3次元情报生成部
- 10 图像处理部
- 8 1 a , 8 1 b 窓関数部
- 8 2 a , 8 2 b F F T部
- 8 3 a , 8 3 b 位相情报抽出部
- 8 4 合成部
- 8 5 I F F T部
- 8 6 相关演算部

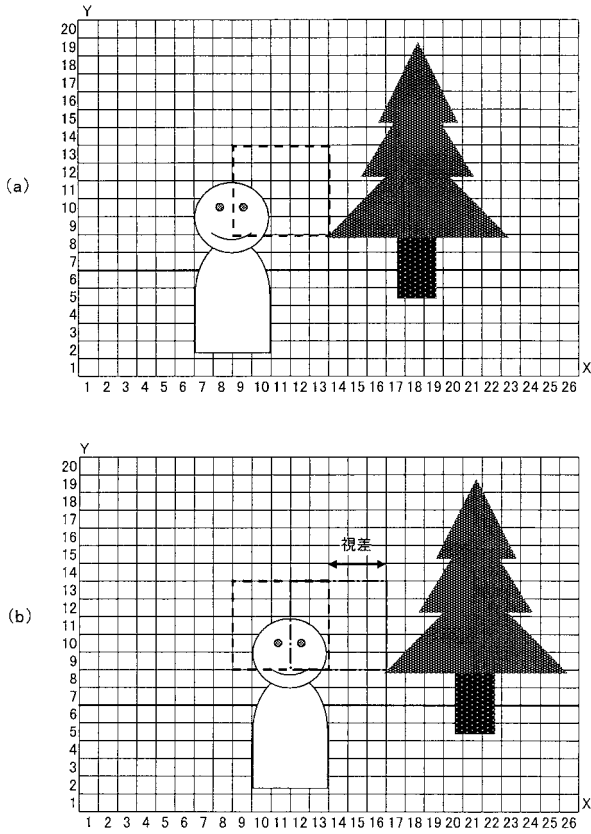
【图 1】



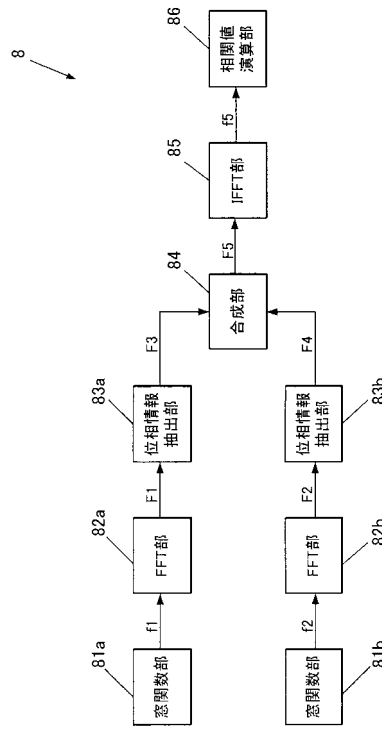
【图 2】



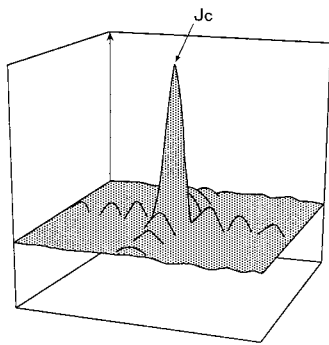
【 図 3 】



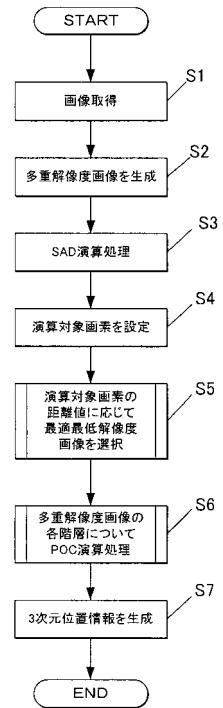
【 図 5 】



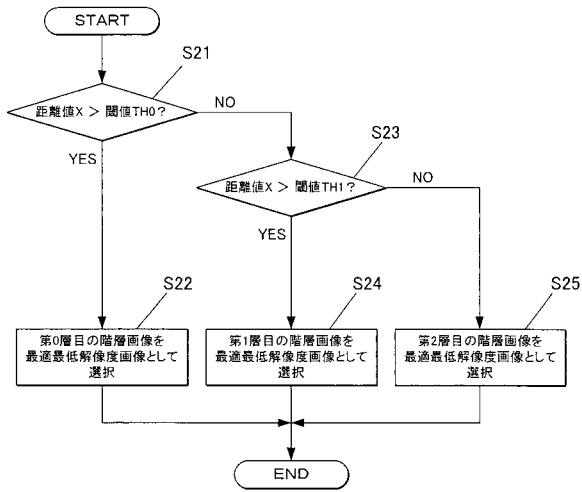
【 図 6 】



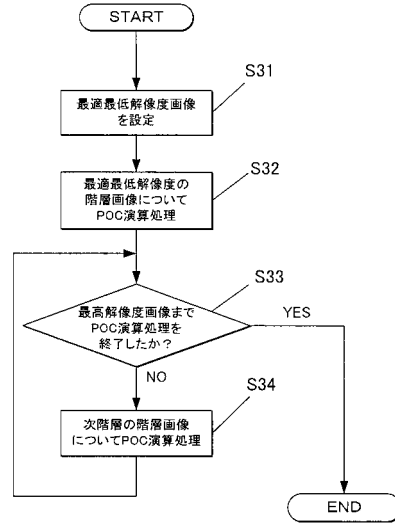
【 図 7 】



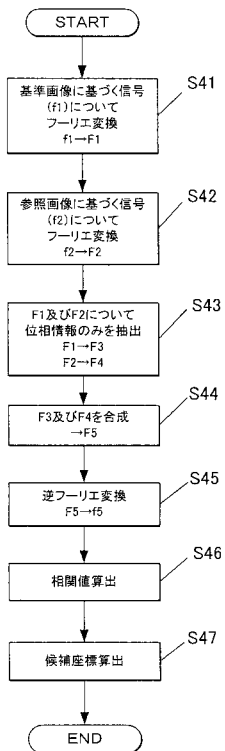
【 図 8 】



【 図 9 】

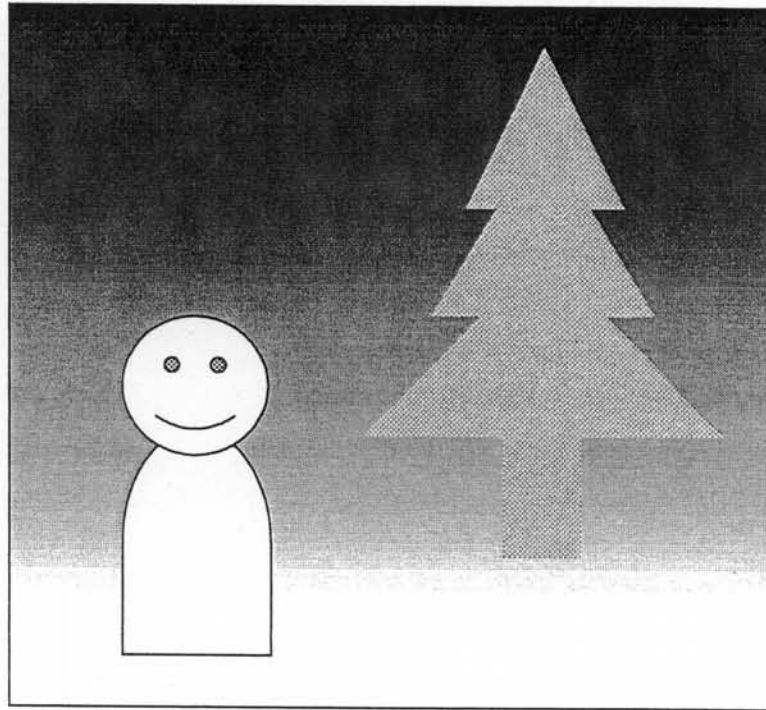


【 図 10 】



【 図 4 】

(a)



(b)

