

(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2004-212104
(P2004-212104A)

(43) 公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/30	GO 1 B 11/30	2 F 0 6 5
GO 1 N 25/72	GO 1 N 25/72	2 G 0 4 0
// GO 1 J 5/48	GO 1 J 5/48	2 G 0 6 6

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2002-379548 (P2002-379548)	(71) 出願人	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(22) 出願日	平成14年12月27日 (2002.12.27)	(71) 出願人	390034430 小田急建設株式会社 東京都新宿区西新宿4丁目32番22号
		(71) 出願人	000130374 株式会社コンステック 大阪府枚方市大垣内町1丁目1番3号
		(74) 代理人	100105108 弁理士 大川 洋一
		(72) 発明者	羽矢 洋 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財 団法人鉄道総合技術研究所内

最終頁に続く

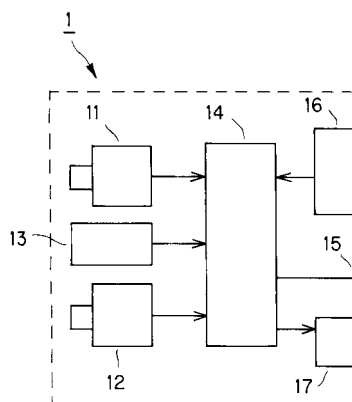
(54) 【発明の名称】 物体表面撮像装置、及び物体表面撮像方法

(57) 【要約】

【課題】 デジタルカメラの画像と赤外線カメラの画像の重ね合わせ合成等が容易に行える物体表面撮像装置、及び物体表面撮像方法を提供する。

【解決手段】 デジタルカメラ11と、赤外線カメラ12と、レーザ測距部13と、演算処理部14を備え、被写体までの距離を検出しつつ、デジタルカメラ11の画像と赤外線カメラ12の画像を重ね合わせ合成するように構成したため、。ダム表面やコンクリート吹付けのり面のように、広大で特徴のない面の場合であっても、欠陥の検出等が容易に行える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体の表面を撮像する物体表面撮像装置であって

前記物体の表面からの光のうち可視領域の光を集光する第 1 レンズと、前記集光された光を光電変換する第 1 撮像素子と、前記光電変換により出力された第 1 アナログ信号を第 1 デジタル信号に変換する第 1 アナログ/デジタル変換部を有するデジタルカメラと、
前記物体の表面からの光のうち赤外領域の光を集光する第 2 レンズと、前記集光された光を光電変換する第 2 撮像素子と、前記光電変換により出力された第 2 アナログ信号を第 2 デジタル信号に変換する第 2 アナログ/デジタル変換部を有する赤外線カメラと、
前記物体の表面にレーザ光を送信するレーザ光送信部と、前記物体の表面で反射されて戻ったレーザ光を受信するレーザ光受信部と、前記受信されたレーザ光に基づいて前記物体の表面までの距離である第 1 距離を検出する距離検出部を有するレーザ測距手段と、
前記第 1 デジタル信号と前記第 2 デジタル信号と前記第 1 距離に基づき、前記物体の表面の可視領域の画像と、前記物体の表面の赤外領域の画像を重ね合わせて合成画像を生成する演算処理手段を
備えたことを特徴とする物体表面撮像装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の物体表面撮像装置において、

前記演算処理手段は、前記デジタルカメラのレンズ画角又は前記赤外線カメラのレンズ画角と、前記第 1 距離に基づき、前記デジタルカメラの画像又は前記赤外線カメラの画像の中の被写体の長さを検出することを
特徴とする物体表面撮像装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 記載の物体表面撮像装置において、

前記演算処理手段は、前記デジタルカメラと前記赤外線カメラの間の水平距離と、前記第 1 距離に基づき、前記デジタルカメラの画像と前記赤外線カメラの画像の間の視差によるズレを検出し補正することを
特徴とする物体表面撮像装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の物体表面撮像装置において、

前記第 1 レンズの収差特性と前記第 2 レンズの収差特性をあらかじめ記憶する記憶手段を有し、
かつ、前記演算処理手段は、前記デジタルカメラの画像の収差を補正するとともに、前記赤外線カメラの画像の収差を補正することを
特徴とする物体表面撮像装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 記載の物体表面撮像装置において、

前記レーザ測距手段と位置決め用標識部材までの距離である第 2 距離を少なくとも 2 個あらかじめ記憶する記憶手段を有し、
かつ、前記演算処理手段は、前記第 2 距離に基づき、前回設置した位置との誤差を検出することを
特徴とする物体表面撮像装置。

40

【請求項 6】

物体の表面を撮像する物体表面撮像方法であって

前記物体の表面からの光のうち可視領域の光を集光する第 1 レンズと、前記集光された光を光電変換する第 1 撮像素子と、前記光電変換により出力された第 1 アナログ信号を第 1 デジタル信号に変換する第 1 アナログ/デジタル変換部を有するデジタルカメラと、
前記物体の表面からの光のうち赤外領域の光を集光する第 2 レンズと、前記集光された光を光電変換する第 2 撮像素子と、前記光電変換により出力された第 2 アナログ信号を第 2 デジタル信号に変換する第 2 アナログ/デジタル変換部を有する赤外線カメラと、

50

前記物体の表面にレーザ光を送信するレーザ光送信部と、前記物体の表面で反射されて戻ったレーザ光を受信するレーザ光受信部と、前記受信されたレーザ光に基づいて前記物体の表面までの距離である第1距離を検出する距離検出部を有するレーザ測距手段と、演算処理手段を用い、

前記演算処理手段により、前記第1デジタル信号と前記第2デジタル信号と前記第1距離に基づき、前記物体の表面の可視領域の画像と、前記物体の表面の赤外領域の画像を重ね合わせて合成画像を生成することを特徴とする物体表面撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体の表面の欠陥等の検出を目的とした物体表面撮像装置、及び物体表面撮像方法に関するものである。

【0002】

【従来技術】

近年、トンネル、高架橋等のコンクリート構造物のコンクリートが劣化し、一部が剥落する事故が発生し、問題となっている。このため、コンクリートの健全度を的確に検査し得る非破壊検査方法の確立が求められている。コンクリートの非破壊検査方法としては、赤外線カメラを用いる赤外線写真法(サーモグラフィー)と、デジタルスチルカメラを用いるデジタル写真法が知られている。これらの方法は、安全性、簡便性、高速性の点で優れており、最近、急速に普及している。

20

【0003】

赤外線写真法(サーモグラフィー)は、赤外領域の光によるコンクリート表面の画像から欠陥の有無や程度を把握する方法である。この赤外線写真法(サーモグラフィー)によれば、コンクリート、モルタル、タイル等の浮き、表面付近の内部欠陥(例えば、空洞、ジャンカ)を発見することが可能である(例えば、特許文献1参照)。

【0004】

また、デジタル写真法は、可視領域の光によるコンクリート表面の画像から欠陥の有無や程度を把握する方法である。このデジタル写真法によれば、コンクリート、モルタル、タイル等のひび割れ、表面の欠損を発見することが可能である。

30

【0005】

しかしながら、上記した従来非破壊検査方法においては、以下のような問題点があった。

【0006】

第1に、測定対象であるコンクリート表面までの距離、使用するレンズのレンズ画角等により、検出した欠陥の画像上での大きさは変化する。同一の欠陥であっても、接近して望遠レンズで撮影した場合での欠陥の画像上での大きさは、遠方から広角レンズで撮影した場合での欠陥の画像上での大きさよりも大きい。

【0007】

第2に、赤外線写真法とデジタル写真法を併用する場合、赤外線カメラとデジタルカメラのレンズ画角、撮影位置を完全に同一とすることは困難であるため、それぞれのカメラで撮影された欠陥の画像上の位置にズレが発生する。

40

【0008】

これらの問題点に対する対策としては、通常、以下のような方法がとられる。

【0009】

上記した第1の問題に対しては、撮影した画像上で、水平距離及び垂直距離が既知である2個の点(又は2個の点の組を2組)をプロットし、その2点の間の距離(又は2点間距離を2組)を入力することにより、画像の縮尺を計算することができる。

【0010】

例えば、図9に示す建築物の外壁コンクリートにおいて、窓枠の垂直寸法(1と2

50

の距離)が既知で1メートルであり、窓枠の水平寸法(3と4の距離)が既知で1メートルである場合には、撮影された画像の中の窓枠の寸法値と上記の実際の窓枠寸法値の比によって、画像の縮尺が算出できる。それにより、画像上での欠陥A、欠陥Bの面積から、実際の外壁コンクリートにおける欠陥A、欠陥Bの面積も計算できる。

【0011】

上記した第2の問題に対しては、撮影した赤外線写真画像とデジタル写真画像の中で、同一の点を選び、両者の間のズレを補正することができる。

【0012】

例えば、図10(A)は、あるコンクリート橋梁の床版下表面をデジタルカメラで撮影した画像であり、図10(B)は、同じコンクリート橋梁の床版下表面を赤外線カメラで撮影した画像である。図10(A)のデジタル写真画像は、コンクリート橋梁の直下から直上方向に撮影したものであり、点P1~P4からなる図形は、長形状となっている。一方、図10(B)の赤外線写真画像は、コンクリート橋梁の斜め下方から斜め上方に撮影したものであるため、距離の違いにより、画像がゆがんでおり、点P1'~P4'からなる図形は、逆台形状となっている。図10(B)の赤外線写真画像における符号F1の部分は、コンクリート欠陥部を示している。

10

【0013】

両者の画像においては、点P1と点P1'は、実際には同一の点であることがわかっているとす。同様に、点P2と点P2'、点P3と点P3'、点P4と点P4'も、実際には同一の点であることがわかっているとす。このような条件の場合には、図10(B)の点P1'を点P1に合致させ、点P2'を点P2に合致させ、点P3'を点P3に合致させ、点P4'を点P4に合致させるように、図形P1'~P4'を幾何学的に変形させる。これにより、図10(C)に示すように、デジタル写真と赤外線写真の重ね合わせ合成が可能となる。

20

【0014】

【特許文献1】

特開2001-50921号公報(第1-4頁、図1-4)

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の方法では、画像上での寸法(画像の縮尺)が既知であること、同一であることが既知な点が両方の画像上に存在する、という条件が必要であり、ダム表面やコンクリート吹付けのり面のように、広大で特徴のない面の場合には適用が困難である、という問題があった。

30

【0016】

本発明は上記の問題を解決するためになされたものであり、本発明の解決しようとする課題は、デジタルカメラの画像と赤外線カメラの画像の重ね合わせ合成等が容易に行える物体表面撮像装置、及び物体表面撮像方法を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明に係る物体表面撮像装置は、物体の表面を撮像する物体表面撮像装置であって前記物体の表面からの光のうち可視領域の光を集光する第1レンズと、前記集光された光を光電変換する第1撮像素子と、前記光電変換により出力された第1アナログ信号を第1デジタル信号に変換する第1アナログ/デジタル変換部を有するデジタルカメラと、前記物体の表面からの光のうち赤外領域の光を集光する第2レンズと、前記集光された光を光電変換する第2撮像素子と、前記光電変換により出力された第2アナログ信号を第2デジタル信号に変換する第2アナログ/デジタル変換部を有する赤外線カメラと、前記物体の表面にレーザ光を送信するレーザ光送信部と、前記物体の表面で反射されて戻ったレーザ光を受信するレーザ光受信部と、前記受信されたレーザ光に基づいて前記物体の表面までの距離である第1距離を検出する距離検出部を有するレーザ測距手段と、

40

50

前記第 1 デジタル信号と前記第 2 デジタル信号と前記第 1 距離に基づき、前記物体の表面の可視領域の画像と、前記物体の表面の赤外領域の画像を重ね合わせて合成画像を生成する演算処理手段を備えたことを特徴とする。

【0018】

上記した物体表面撮像装置において、好ましくは、前記演算処理手段は、前記デジタルカメラのレンズ画角又は前記赤外線カメラのレンズ画角と、前記第 1 距離に基づき、前記デジタルカメラの画像又は前記赤外線カメラの画像の中の被写体の長さを検出する。

【0019】

また、上記した物体表面撮像装置において、好ましくは、前記演算処理手段は、前記デジタルカメラと前記赤外線カメラの間の水平距離と、前記第 1 距離に基づき、前記デジタルカメラの画像と前記赤外線カメラの画像の間の視差によるズレを検出し補正する。

【0020】

また、上記した物体表面撮像装置において、好ましくは、前記第 1 レンズの収差特性と前記第 2 レンズの収差特性をあらかじめ記憶する記憶手段を有し、

かつ、前記演算処理手段は、前記デジタルカメラの画像の収差を補正するとともに、前記赤外線カメラの画像の収差を補正する。

【0021】

また、上記した物体表面撮像装置において、好ましくは、前記レーザ測距手段と位置決め用標識部材までの距離である第 2 距離を少なくとも 2 個あらかじめ記憶する記憶手段を有し、

かつ、前記演算処理手段は、前記第 2 距離に基づき、前回設置した位置との誤差を検出する。

【0022】

また、本発明に係る物体表面撮像方法は、物体の表面を撮像する物体表面撮像方法であって

前記物体の表面からの光のうち可視領域の光を集光する第 1 レンズと、前記集光された光を光電変換する第 1 撮像素子と、前記光電変換により出力された第 1 アナログ信号を第 1 デジタル信号に変換する第 1 アナログ/デジタル変換部を有するデジタルカメラと、

前記物体の表面からの光のうち赤外領域の光を集光する第 2 レンズと、前記集光された光を光電変換する第 2 撮像素子と、前記光電変換により出力された第 2 アナログ信号を第 2 デジタル信号に変換する第 2 アナログ/デジタル変換部を有する赤外線カメラと、

前記物体の表面にレーザ光を送信するレーザ光送信部と、前記物体の表面で反射されて戻ったレーザ光を受信するレーザ光受信部と、前記受信されたレーザ光に基づいて前記物体の表面までの距離である第 1 距離を検出する距離検出部を有するレーザ測距手段と、

演算処理手段を用い、前記演算処理手段により、前記第 1 デジタル信号と前記第 2 デジタル信号と前記第 1 距離に基づき、前記物体の表面の可視領域の画像と、前記物体の表面の赤外領域の画像を重ね合わせて合成画像を生成することを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る物体表面撮像装置の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0024】

図 1 は、本発明の一実施形態である物体表面撮像装置の構成を示す図である。

【0025】

図 1 に示すように、この物体表面撮像装置 1 は、デジタルカメラ 11 と、赤外線カメラ 12 と、レーザ測距部 13 と、演算処理部 14 と、出力端子 15 と、操作部 16 と、記録部

10

20

30

40

50

17を有して構成されている。

【0026】

次に、図2を参照しつつ、上記のデジタルカメラ11の構成を説明する。図2に示すように、デジタルカメラ11は、第1レンズ21と、第1撮像素子22と、第1アナログ/デジタル変換部23と、出力端子24を有している。

【0027】

第1レンズ21は、可視領域の光を透過可能な光学ガラス等の光学素材からなり、物体の表面S1からの光L1のうち可視領域の光L1'を集光する。第1レンズ21は、複数のレンズを組み合わせて構成されてもよい。

【0028】

第1撮像素子22は、CCD(Charge Coupled Device:電荷結合素子)等からなり、第1レンズ21により集光された光L1'を光電変換し、電気信号である第1アナログ信号を出力する。第1アナログ/デジタル変換部23は、A/D変換器等からなり、光電変換により出力された第1アナログ信号を2値化し、第1デジタル信号に変換し、出力端子24に出力する。

【0029】

次に、図3を参照しつつ、上記の赤外線カメラ12の構成を説明する。図3に示すように、赤外線カメラ12は、第2レンズ31と、第2撮像素子32と、第2アナログ/デジタル変換部33と、出力端子34を有している。

【0030】

第2レンズ31は、赤外領域の光を透過可能な素材からなり、物体の表面S2からの光L2のうち赤外領域の光L2'を集光する。第2レンズ31の素材としては、ゲルマニウムなどが使用可能である。第2レンズ31は、複数のレンズを組み合わせて構成されてもよい。

【0031】

第2撮像素子32は、CCD(Charge Coupled Device:電荷結合素子)等からなり、第2レンズ31により集光された光L2'を光電変換し、電気信号である第2アナログ信号を出力する。第2アナログ/デジタル変換部33は、A/D変換器等からなり、光電変換により出力された第2アナログ信号を2値化し、第2デジタル信号に変換し、出力端子34に出力する。

【0032】

次に、図4を参照しつつ、上記のレーザ測距部13の構成を説明する。図4に示すように、レーザ測距部13は、レーザ光送信部41と、光学系42と、レーザ光受信部43と、距離検出部44と、出力端子45を有している。

【0033】

レーザ光送信部41は、レーザ光(レーザビーム)B1を発生させ、物体の表面S3にレーザ光(レーザビーム)B1を送信する。光学系42は、レーザ光B1を物体の表面S3へ向けレーザ光B2として射出する。また、光学系42は、物体の表面S3で反射されて戻ってきたレーザ光B3をレーザ光受信部43へレーザ光B4として送る。レーザ光受信部43は、レーザ光B4を受信して検出する。距離検出部44は、受信されたレーザ光B4の性質、例えば変調波の位相のズレ等に基づき、物体の表面S3までの距離(以下、「第1距離」という。)を検出し、出力端子45に出力する。

【0034】

次に、図5を参照しつつ、上記の演算処理部14の構成を説明する。図5に示すように、演算処理部14は、入力インタフェース51と、CPU52と、ROM53と、RAM54と、出力インタフェース55を有している。

【0035】

入力インタフェース51は、外部から入力された信号をCPU52に送る。CPU(Central Processing Unit:中央演算処理装置)52は、演算処理部14の各部を統括し、各種演算やプログラム実行等の処理を行う部分である。ROM(R

10

20

30

40

50

read Only Memory : 読出し専用メモリ) 53 は、CPU 52 を制御するための制御プログラムや各種データ等を格納している部分である。RAM (Random Access Memory : 随時書込み読出しメモリ) 54 は、CPU 52 により演算された途中のデータ等を一時記憶する部分である。出力インタフェース 55 は、CPU 52 の演算処理結果等を外部へ出力する。

【0036】

出力端子 15 には、画像表示装置、プリンタ等が接続可能であり、演算処理部 14 によって処理されて出力された画像信号やデータ信号等を画像として表示、あるいは文字等として印字出力させることができる。

【0037】

操作部 16 は、ボタン、キー、スイッチ等を有し、演算処理部 14 への命令信号 (撮影開始信号など) 等を外部から入力するために操作者が操作する部分である。

【0038】

記録部 17 は、各種の記録用ディスク、カード等の記録媒体を挿入し、演算処理部 14 によって処理されて出力された画像信号やデータ信号等をこの記録媒体に記録させるための部分である。

【0039】

次に、図 6 ないし図 9 を参照しつつ、上記した物体表面撮像装置 1 の作用を説明する。まず、図 6 について説明する。上記した物体表面撮像装置 1 には、デジタルカメラ 11 とともにレーザ測距部 13 が設けられている。この場合、レーザ測距部 13 とデジタルカメラ 11 との位置関係は、既知であり、演算処理部 14 の ROM 53 に格納されている。レーザ測距部 13 とデジタルカメラ 11 との位置関係とは、物体表面撮像装置 1 上の点を基準原点とした三次元座標などである。

【0040】

レーザ測距部 13 は、測定対象物とレーザ測距部 13 の間の距離をリアルタイムで測定し、演算処理部 14 へ出力する。演算処理部 14 の CPU 52 は、これにより、測定対象物とデジタルカメラ 11 の間の距離 L をリアルタイムで演算し、RAM 54 等に記憶する。

【0041】

図 6 に示す角度 θ_1 は、デジタルカメラ 11 の水平方向のレンズ画角 (画像の両端の間の角度) を表している。レンズ画角 θ_1 は、デジタルカメラ 11 の既知の値であり、演算処理部 14 の ROM 53 に格納されている。

【0042】

図 6 に示す距離 A1 は、デジタルカメラ 11 が、距離 L の場合に撮像できる水平方向の最大範囲を示す値である。この距離 A1 は、上記した距離 L とレンズ画角 θ_1 から下式 (1) により計算することができる。この計算は、演算処理部 14 の CPU 52 によって実行される。

$$A1 = 2L \times \tan(\theta_1 / 2) \quad \dots \dots \dots (1)$$

【0043】

一方、デジタルカメラ 11 が撮影した画像は、画素によって構成されており、水平方向の画素数 m と、垂直方向の画素数 n は、既知の値である。この場合は、デジタルカメラ 11 が撮影した画像は、m x n 個の画素の集合により構成されることになる。

【0044】

したがって、この場合には、測定対象物の水平方向撮影範囲の距離 A1 は、デジタルカメラ 11 内の画像上では、m 個の画素に対応している。このため、水平方向の 1 個の画素は、測定対象物の水平方向撮影範囲の距離 A1 において、

$$a1 = A1 / m \quad \dots \dots \dots (2)$$

で表される距離 a1 に相当している。

【0045】

例えば、測定対象物がコンクリート表面であった場合で、欠陥部 (被写体) の水平方向距離 (水平方向長さ) が図 6 における D1 の場合には、デジタルカメラ 11 の画像上での水

10

20

30

40

50

平方向の画素の個数を検出する。この画素個数が5であった場合には、 $5 \times a_1$ の演算を行うことにより、 D_1 の値を算出することができる。この計算は、演算処理部14のCPU52によって実行される。

【0046】

上記の方法とまったく同様にして、デジタルカメラ11の測定対象物における被写体の垂直方向（上記した A_1 に対して垂直な方向）の距離又は長さについても、デジタルカメラ11の画像上での垂直方向の画素の個数から、算出することができる。この場合、デジタルカメラ11の垂直方向のレンズ画角が θ_2 である場合には、上式(1)における θ_1 のかわりに θ_2 を代入することにより、測定対象物の垂直方向撮影範囲の距離を算出することができる。この計算は、演算処理部14のCPU52によって実行される。

10

【0047】

また、上記の方法とまったく同様にして、赤外線カメラ12の測定対象物における被写体の水平方向の距離又は長さ、赤外線カメラ12の測定対象物における被写体の垂直方向の距離又は長さについても、赤外線カメラ12の画像上での水平方向の画素数、又は垂直方向の画素数から、算出することができる。この計算は、演算処理部14のCPU52によって実行される。

【0048】

上記のような演算処理により、デジタルカメラ11又は赤外線カメラ12で撮像した欠陥、例えばコンクリートの浮き、ひび割れの実際の長さや幅、面積等を算出することができる。

20

【0049】

また、本実施形態の物体表面撮像装置1では、デジタルカメラ11と赤外線カメラ12が並べて配置されている。このような場合には、デジタルカメラ11の撮影範囲と、赤外線カメラ12の撮影範囲の間にズレが生じる。このズレを、視差（パララックス）という。本実施形態の物体表面撮像装置1では、この視差を補正することができる。以下に、図7を参照しつつ、その方法を説明する。

【0050】

図7に示すように、デジタルカメラ11と赤外線カメラ12が並べて配置されている場合を考える。カメラのレンズ画角は、いずれも水平方向が 30° 、垂直方向が 20° であるとする。また、デジタルカメラ11と赤外線カメラ12の水平方向の位置ズレ量を 10 cm とする。この場合、レンズの前方 50 cm にある被写体を撮影するときには、上式(1)にそれぞれ値を代入すると、水平方向の撮影範囲の長さは、 26.8 cm となり、垂直方向の撮影範囲の長さは、 17.6 cm となる。この場合、水平方向のカメラの位置ズレ量（ 10 cm ）は、水平方向の撮影範囲の長さ 26.8 cm に対して、 37.3% という大きな比率となることがわかる。以下、この比率（%）をパララックス量（撮影範囲全体に対する画像のズレの割合）という。

30

【0051】

一方、被写体までの距離が 5 m の場合には、上式(1)にそれぞれ値を代入すると、水平方向の撮影範囲の長さは、 2.68 m となり、垂直方向の撮影範囲の長さは、 1.76 m となる。この場合、水平方向のカメラの位置ズレ量（ 0.1 m ）のパララックス量は、水平方向の撮影範囲の長さ 2.68 m に対して、 3.73% となり、パララックス量の値は相対的に小さいことがわかる。

40

【0052】

すなわち、デジタルカメラ11と赤外線カメラ12の位置ズレの影響は、被写体までの距離によって異なり、撮影する物体が近い場合には非常に大きな影響がでるが、遠方の物体を撮影する場合には、ほとんど無視できる。

【0053】

上記したデジタルカメラ11と赤外線カメラ12の位置ズレ長さを d とし、水平方向の撮影範囲を A_1 とすると、パララックス量を P は、下式(3)によって算出できる。この計算は、演算処理部14のCPU52によって実行される。

50

$$P(\%) = (d / A1) \times 100 \quad \dots \dots \dots (3)$$

【0054】

水平方向のレンズ画角が等しく、かつ垂直方向のレンズ画角が等しい2台のカメラを平行に並べて同一方向の被写体を撮影した場合、2台のうちのいずれかのカメラの撮影画像を、水平方向にパララックス量の分だけ移動させることにより、2台のカメラの撮影画像を重ね合わせ、合致させた画像を合成することができる。

【0055】

しかし、カメラのレンズには、「歪曲収差」と呼ばれるゆがみが発生する性質がある。これは、図8(A)に示すように、撮影後の画像が、点G1、点G2、点G3、及び点G4で示されるような樽状にゆがむ現象である。この歪曲収差が生じると、2台のカメラの撮影範囲が一致していても、撮影された画像の内部の画素の位置にズレが生じる。

10

【0056】

本実施形態の物体表面撮像装置1では、このレンズ収差を補正することができる。以下に、その方法を説明する。

【0057】

この場合には、アフィン変換が用いられる。このアフィン変換は、ユークリッド幾何学的な線形変換と平行移動の組み合わせによる図形や形状の移動又は変形を行う方法であり、 4×4 の行列演算で表現できる移動、回転、左右反転、拡大、縮小、シアアの座標変換である。このアフィン変換は、元の図形で直線上に並ぶ点は変換後も直線上に並び、平行線は変換後も平行線であるなど、幾何学的性質が保たれる変換方式である。このため、レンズの歪みの性質(レンズの収差特性)をデータとして採取しておき、演算処理部14のROM53などに記憶させておけば、CPU52の演算により、レンズの収差による歪みを除去した画像を得ることができる。

20

【0058】

上記において、レーザ測距部13は、特許請求の範囲におけるレーザ測距手段に相当している。また、演算処理部14は、特許請求の範囲における演算処理手段に相当している。また、ROM53は、特許請求の範囲における記憶手段に相当している。

【0059】

なお、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではない。上記した実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

30

【0060】

例えば、物体表面に位置決め用標識部材を配置しておき、レーザ測距手段と位置決め用標識部材までの距離(第2距離という。)を少なくとも2個あらかじめ記憶手段(例えばROM53)に記憶させておき、演算処理手段(例えばCPU52)が、第2距離に基づき、前回設置した位置との誤差を検出して出力するように構成してもよい。

【0061】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の物体表面撮像装置又は物体表面撮像方法によれば、デジタルカメラと赤外線カメラに加え、レーザ測距手段を備え、演算処理手段により2台のカメラの画像を重ね合わせ合成するように構成したので、ダム表面やコンクリート吹付けのり面のように、広大で特徴のない面の場合であっても、欠陥の検出等が容易に行える、という利点を有している。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である物体表面撮像装置の構成を示す図である。

【図2】図1の物体表面撮像装置におけるデジタルカメラの構成を示す図である。

【図3】図1の物体表面撮像装置における赤外線カメラの構成を示す図である。

【図4】図1の物体表面撮像装置におけるレーザ測距部の構成を示す図である。

【図5】図1の物体表面撮像装置における演算処理部の構成を示す図である。

50

【図6】図1の物体表面撮像装置における作用を説明する第1の図である。

【図7】図1の物体表面撮像装置における作用を説明する第2の図である。

【図8】図1の物体表面撮像装置における作用を説明する第3の図である。

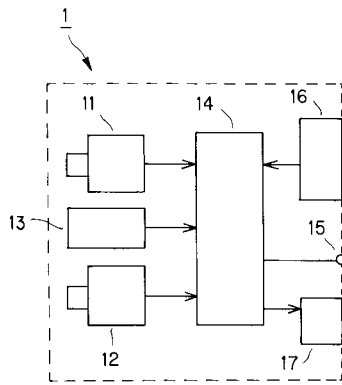
【図9】従来のコンクリート表面の撮像における問題を説明する第1の図である。

【図10】従来のコンクリート表面の撮像における問題を説明する第2の図である。

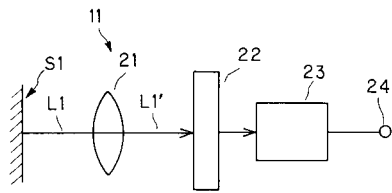
【符号の説明】

1	物体表面撮像装置	
1 1	デジタルカメラ	
1 2	赤外線カメラ	
1 3	レーザ測距部	10
1 4	演算処理部	
1 5	出力端子	
1 6	操作部	
1 7	記録部	
2 1	第1レンズ	
2 2	第1撮像素子	
2 3	第1アナログ/デジタル変換部	
2 4	出力端子	
3 1	第2レンズ	
3 2	第2撮像素子	20
3 3	第2アナログ/デジタル変換部	
3 4	出力端子	
4 1	レーザ光送信部	
4 2	光学系	
4 3	レーザ光受信部	
4 4	距離検出部	
4 5	出力端子	
5 1	入力インタフェース	
5 2	C P U	
5 3	R O M	30
5 4	R A M	
5 5	出力インタフェース	
B 1 ~ B 4	レーザビーム	
G 1 ~ G 4、G 1' ~ G 4'	画像上の点	
L 1、L 2	光線	
S 1 ~ S 3	物体表面	

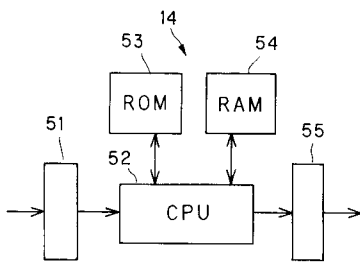
【 図 1 】



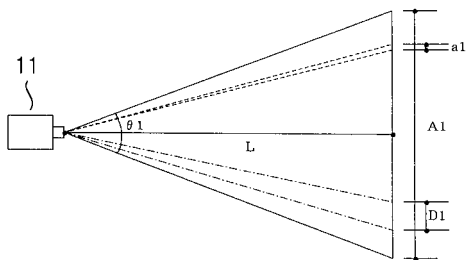
【 図 2 】



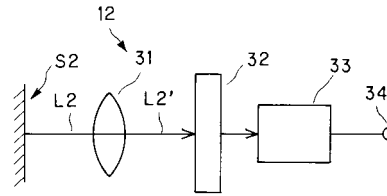
【 図 5 】



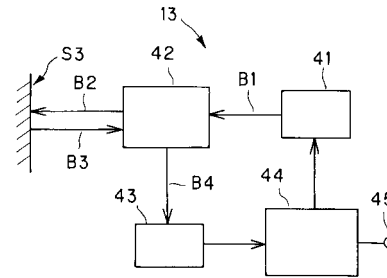
【 図 6 】



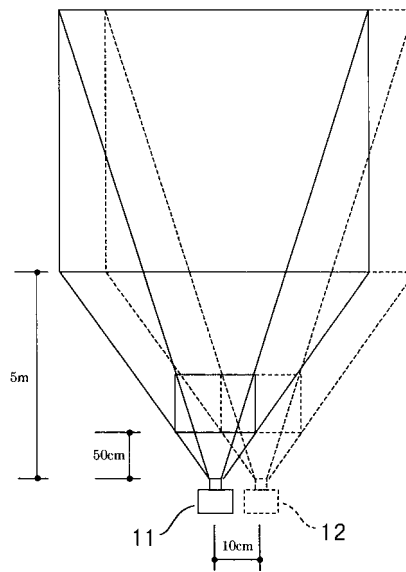
【 図 3 】



【 図 4 】

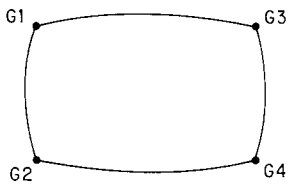


【 図 7 】

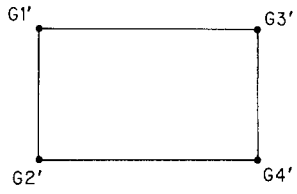


【 図 8 】

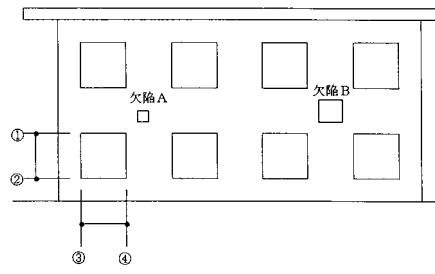
(A)



(B)

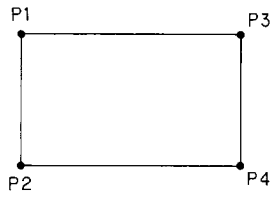


【 図 9 】

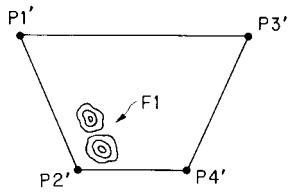


【 図 10 】

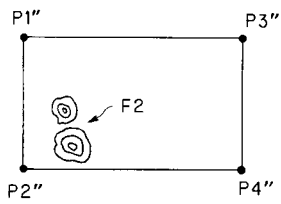
(A)



(B)



(C)



フロントページの続き

(72)発明者 稲葉 智明

東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 和田 光弘

東京都新宿区西新宿四丁目 3 2 番地 2 2 小田急建設株式会社内

(72)発明者 込山 貴仁

大阪府大阪市西区立売堀 6 - 7 - 5 1 株式会社コンステック内

F ターム(参考) 2F065 AA21 AA49 CC14 CC40 EE08 GG04 GG21 JJ03 JJ26 QQ00

QQ03 QQ24 SS01

2G040 AA05 AB08 BA25 DA06 HA02

2G066 AC09 BA60 BC21 CA02 CA04 CA11