

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7436656号
(P7436656)

(45)発行日 令和6年2月21日(2024.2.21)

(24)登録日 令和6年2月13日(2024.2.13)

(51)国際特許分類

F I

| | | | | | |
|---------|-------|-----------|---------|-------|-------|
| G 0 1 N | 22/00 | (2006.01) | G 0 1 N | 22/00 | S |
| G 0 1 S | 13/89 | (2006.01) | G 0 1 S | 13/89 | |
| G 0 1 S | 13/86 | (2006.01) | G 0 1 S | 13/86 | |
| G 0 1 S | 13/88 | (2006.01) | G 0 1 S | 13/88 | 2 0 0 |
| G 0 1 S | 17/86 | (2020.01) | G 0 1 S | 17/86 | |

請求項の数 17 (全20頁)

(21)出願番号 特願2022-526552(P2022-526552)
 (86)(22)出願日 令和3年5月25日(2021.5.25)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2021/019700
 (87)国際公開番号 WO2021/241533
 (87)国際公開日 令和3年12月2日(2021.12.2)
 審査請求日 令和5年1月4日(2023.1.4)
 (31)優先権主張番号 特願2020-94325(P2020-94325)
 (32)優先日 令和2年5月29日(2020.5.29)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74)代理人 100083116
 弁理士 松浦 憲三
 (74)代理人 100170069
 弁理士 大原 一樹
 (74)代理人 100128635
 弁理士 松村 潔
 (74)代理人 100140992
 弁理士 松浦 憲政
 (72)発明者 笠松 直史
 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地
 富士フイルム株式会社内
 (72)発明者 園田 慎一郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 撮影システム、撮影方法、撮影プログラム、及び情報取得方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

可視光を含む光で対象物を撮影して可視光画像を取得する可視光画像撮影装置と、
 ミリ波帯の電磁波で前記対象物を撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影装置と、
 前記対象物までの撮影距離を測定する距離測定装置と、
 前記可視光画像における前記ミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報が前記撮
 影距離に対応して記憶されたメモリと、
 記対象物にレーザ光を照射するレーザヘッドと、
 プロセッサと、
 を備え、
 前記プロセッサは、
 前記メモリを参照して前記撮影距離に対応した前記情報を取得し、
 前記取得した前記情報に基づいて、前記端点及び/またはエッジを示すレーザ光を前記
 レーザヘッドから前記対象物に照射させ、
 前記取得した前記情報に基づいて前記可視光画像と前記ミリ波画像とを重畳させた重畳
 画像を生成する撮影システム。

【請求項2】

前記プロセッサは、前記重畳画像を表示装置に表示させる請求項1に記載の撮影システ
 ム。

【請求項3】

前記プロセッサは、前記情報を前記表示装置に表示させる請求項 2 に記載の撮影システム。

【請求項 4】

前記プロセッサは、前記メモリに記憶された前記情報を内挿または外挿して前記撮影距離に対応した前記情報を取得する請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の撮影システム。

【請求項 5】

前記可視光画像撮影装置は前記レーザー光が照射された前記対象物に対して合焦制御を行って前記可視光画像を撮影する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の撮影システム。

【請求項 6】

前記距離測定装置はミリ波レーダ、レーザー距離計測装置、またはレーザー三角測量装置である請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の撮影システム。

10

【請求項 7】

前記ミリ波画像撮影装置は前記対象物の内部をセンシングする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の撮影システム。

【請求項 8】

前記ミリ波画像撮影装置は前記対象物の内部に存在する損傷をセンシングする請求項 7 に記載の撮影システム。

【請求項 9】

前記可視光画像撮影装置と、前記ミリ波画像撮影装置と、前記距離測定装置と、が移動体に搭載されている請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の撮影システム。

20

【請求項 10】

前記移動体は車両または飛翔体である請求項 9 に記載の撮影システム。

【請求項 11】

前記対象物は社会基盤構造物である請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の撮影システム。

【請求項 12】

可視光を含む光で対象物を撮影して可視光画像を取得する可視光画像撮影ステップと、ミリ波帯の電磁波で前記対象物を撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影ステップと、

前記対象物までの撮影距離を測定する距離測定ステップと、

30

前記可視光画像における前記ミリ波画像の端点及びノまたはエッジを示す情報が前記撮影距離に対応して記憶されたメモリを参照して前記撮影距離に対応した前記情報を取得する情報取得ステップと、

前記取得した前記情報に基づいて、前記端点及びノまたはエッジを示すレーザー光をレーザーヘッドから前記対象物に照射させるレーザー照射ステップと、

前記取得した前記情報に基づいて前記可視光画像と前記ミリ波画像とを重畳させた重畳画像を生成する画像生成ステップと、

を有する撮影方法。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の撮影方法をコンピュータに実行させる撮影プログラム。

40

【請求項 14】

非一時的かつコンピュータ読取可能な記録媒体であって、請求項 13 に記載のプログラムが記録された記録媒体。

【請求項 15】

可視光を含む光で対象物を撮影して可視光画像を取得する可視光画像撮影装置と、ミリ波帯の電磁波で対象物を撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影装置と、を用いた情報取得方法であって、

複数の撮影距離について、前記対象物としてのミリ波反射体を前記可視光画像撮影装置で撮影して前記可視光画像を取得する可視光画像撮影ステップと、

前記複数の撮影距離について、前記ミリ波反射体を前記ミリ波画像撮影装置で撮影して

50

前記ミリ波画像を取得するミリ波画像撮影ステップと、

前記可視光画像及び前記ミリ波画像に基づいて、前記可視光画像における前記ミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報を、前記複数の撮影距離のそれぞれについて生成する情報生成ステップと、

前記情報を撮影距離と関連付けてメモリに記憶させる情報記憶ステップと、
を有する情報取得方法。

【請求項 16】

前記可視光画像撮影ステップ及び前記ミリ波画像撮影ステップでは、撮影距離を一定に維持した状態で前記可視光画像撮影装置及び前記ミリ波画像撮影装置と前記ミリ波反射体とを相対的に移動させながら、前記可視光画像及び前記ミリ波画像を取得する請求項 15 に記載の情報取得方法。

10

【請求項 17】

前記可視光画像撮影ステップ及び前記ミリ波画像撮影ステップでは、撮影が想定される対象物のミリ波反射率に応じたミリ波反射率を有するミリ波反射体を前記ミリ波反射体として用いて前記可視光画像及び前記ミリ波画像を取得し、

前記情報生成ステップでは、前記ミリ波反射体の前記ミリ波反射率に対応させて前記情報を生成し、

前記情報記憶ステップでは、前記情報を前記撮影距離及び前記ミリ波反射率と関連付けて前記メモリに記憶させる請求項 15 または 16 に記載の情報取得方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、可視光及びミリ波で対象物を撮影する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば特許文献 1 には、ミリ波帯の電磁波を用いるイメージングシステムが記載されている。このイメージングシステムでは、可視光で撮影した画像から構造物表面の凹凸の程度を分析し、分析で得られた凹凸の程度に応じた波長を有するミリ波帯の電磁波により構造物の劣化箇所を透視する。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2007 - 183227 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

可視光で撮影した画像（可視光画像）は構造物表面の観察に用いることができ、ミリ波で撮影した画像（ミリ波画像）は構造物の表面及び内部の観察に用いることができる。これら 2 種類の画像を用いる場合は、両画像の位置関係を把握して同一の領域を複数の波長で観察できるようにすることが好ましいが、上述した特許文献 1 に記載の技術はこのような事情を考慮したものではなかった。

40

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みて成されたもので、可視光画像とミリ波画像の位置関係を把握することができる撮影システム、撮影方法、撮影プログラム、及びこれらに用いる情報取得方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第 1 の態様に係る撮影システムは、可視光を含む光で対象物を撮影して可視光画像を取得する可視光画像撮影装置と、ミリ波帯の電磁波で対象物を撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影装置と、対象物までの撮影距離を測定する距離測定装置と、可

50

視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報が撮影距離に対応してあらかじめ記憶されたメモリと、プロセッサと、を備え、プロセッサは、メモリを参照して撮影距離に対応した情報を取得し、取得した情報に基づいて可視光画像とミリ波画像とを重畳させた重畳画像を生成する。

【0007】

第2の態様に係る撮影システムは第1の態様において、プロセッサは、重畳画像を表示装置に表示させる。

【0008】

第3の態様に係る撮影システムは第2の態様において、プロセッサは、情報を表示装置に表示させる。

【0009】

第4の態様に係る撮影システムは第1から第3の態様のいずれか1つにおいて、プロセッサは、メモリに記憶された情報を内挿または外挿して撮影距離に対応した情報を取得する。

【0010】

第5の態様に係る撮影システムは第1から第4の態様のいずれか1つにおいて、対象物にレーザ光を照射するレーザヘッドを備え、プロセッサはレーザヘッドから対象物にレーザ光を照射させる。

【0011】

第6の態様に係る撮影システムは第1から第5の態様のいずれか1つにおいて、プロセッサは、記憶された情報に基づいて、端点及び/またはエッジを示すレーザ光をレーザヘッドから照射させる。

【0012】

第7の態様に係る撮影システムは第5または第6の態様において、可視光画像撮影装置はレーザ光が照射された対象物に対して合焦制御を行って可視光画像を撮影する。

【0013】

第8の態様に係る撮影システムは第1から第7の態様のいずれか1つにおいて、距離測定装置はミリ波レーダ、レーザ距離計測装置、またはレーザ三角測量装置である。

【0014】

第9の態様に係る撮影システムは第1から第8の態様のいずれか1つにおいて、ミリ波画像撮影装置は対象物の内部をセンシングする。

【0015】

第10の態様に係る撮影システムは第1から第9の態様のいずれか1つにおいて、ミリ波画像撮影装置は対象物の内部に存在する損傷をセンシングする。

【0016】

第11の態様に係る撮影システムは第1から第10の態様のいずれか1つにおいて、可視光画像撮影装置と、ミリ波画像撮影装置と、距離測定装置と、が移動体に搭載されている。

【0017】

第12の態様に係る撮影システムは第11の態様において、移動体は車両または飛翔体である。

【0018】

第13の態様に係る撮影システムは第1から第12の態様のいずれか1つにおいて、対象物は社会基盤構造物である。

【0019】

第14の態様に係る撮影方法は、可視光を含む光で対象物を撮影して可視光画像を取得する可視光画像撮影ステップと、ミリ波帯の電磁波で対象物を撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影ステップと、対象物までの撮影距離を測定する距離測定ステップと、可視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報が撮影距離に対応してあらかじめ記憶されたメモリを参照して撮影距離に対応した情報を取得する情報取得ス

10

20

30

40

50

テップと、取得した情報に基づいて可視光画像とミリ波画像とを重畳させた重畳画像を生成する画像生成ステップと、を有する。第14の態様に係る撮影方法は、第2から第13の態様と同様の構成を備えていてもよい。

【0020】

第15の態様に係る撮影プログラムは、第14の態様に係る撮影方法をコンピュータに実行させる。第15の態様に係る撮影プログラムのコンピュータ読み取り可能なコードを記録した非一時的記録媒体も、本発明の態様として挙げるができる。

【0021】

第16の態様に係る情報取得方法は、可視光を含む光で対象物を撮影して可視光画像を取得する可視光カメラと、ミリ波帯の電磁波で対象物を撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影装置と、を用いた情報取得方法であって、複数の撮影距離について、対象物としてのミリ波反射体を可視光カメラで撮影して可視光画像を取得する可視光画像撮影ステップと、複数の撮影距離について、ミリ波反射体をミリ波画像撮影装置で撮影してミリ波画像を取得するミリ波画像撮影ステップと、可視光画像及びミリ波画像に基づいて、可視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報を、複数の撮影距離のそれぞれについて生成する情報生成ステップと、情報を撮影距離と関連付けてメモリに記憶する情報記憶ステップと、を有する。

10

【0022】

第17の態様に係る情報取得方法は第16の態様において、可視光画像撮影ステップ及びミリ波画像撮影ステップでは、撮影距離を一定に維持した状態で可視光画像撮影装置及びミリ波画像撮影装置とミリ波反射体とを相対的に移動させながら、可視光画像及びミリ波画像を取得する。

20

【0023】

第18の態様に係る情報取得方法は第16または第17の態様において、可視光画像撮影ステップ及びミリ波画像撮影ステップでは、撮影が想定される対象物のミリ波反射率に応じたミリ波反射率を有するミリ波反射体をミリ波反射体として用いて可視光画像及びミリ波画像を取得し、情報生成ステップでは、ミリ波反射体のミリ波反射率に対応させて情報を生成し、情報記憶ステップでは、情報を撮影距離及びミリ波反射率と関連付けてメモリに記憶させる。

【0024】

なお、第16から第18の態様のいずれか1つに係る情報取得方法をコンピュータに実行させる情報取得プログラム、及びそのプログラムのコンピュータ読み取り可能なコードを記録した非一時的記録媒体も、本発明の態様として挙げるができる。

30

【発明の効果】

【0025】

本発明に係る撮影システム、撮影方法、撮影プログラム、及び情報取得方法によれば、可視光画像とミリ波画像の位置関係を把握することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る撮影システムの概略構成を示す図である。

40

【図2】図2は、制御部の機能構成を示す図である。

【図3】図3は、撮影システムを用いて橋梁を撮影（点検）する様子を示す図である。

【図4】図4は、情報取得方法の処理を示すフローチャートである。

【図5】図5は、ミリ波反射体の相対移動の様子を示す図である。

【図6】図6は、可視光画像におけるミリ波画像の端点の座標を示す図である。

【図7】図7は、撮影距離と端点の座標との関係を示す表である。

【図8】図8は、撮影方法の処理を示すフローチャートである。

【図9】図9は、対象物の表面及び内部のセンシングの様子を示す図である。

【図10】図10は、ミリ波の表面反射及び内部反射を示す図である。

【図11】図11は、可視光画像、ミリ波画像、及び重畳画像の例を示す図である。

50

【図 1 2】図 1 2 は、損傷ベクトルの合成画像を示す図である。

【図 1 3】図 1 3 は、第 2 の実施形態に係る撮影システムの概略構成を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、レーザモジュールの構成を示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、レーザ光の照射パターンを示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、レーザ光を照射した状態の画像を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、対象物の表面及び内部のセンシングの様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明の撮影システム、撮影方法、撮影プログラム、及び情報取得方法の一つの実施形態は以下の通りである。説明においては、必要に応じて添付図面が参照される。

10

【0028】

[第 1 の実施形態]

[撮影システムの構成]

図 1 は、第 1 の実施形態に係る撮影システム 10 (撮影システム) の概略構成を示す図である。撮影システム 10 は制御装置 100 (可視光画像撮影装置、ミリ波画像撮影装置、距離測定装置、メモリ、プロセッサ、コンピュータ、表示装置) とドローン 200 (可視光画像撮影装置、ミリ波画像撮影装置、距離測定装置、移動体、飛翔体) を備える。制御装置 100 とドローン 200 との間では、無線通信が行われる。

【0029】

[制御装置の構成]

制御装置 100 は、制御部 110 (プロセッサ) と、RAM 120 (RAM: Random Access Memory) と、ROM 130 (ROM: Read Only Memory) と、HDD 140 (HDD: Hard Disk Drive、メモリ、非一時的記録媒体) と、モニタ 150 (表示装置) と、操作部 160 と、通信 IF 170 (IF: interface) と、を備える。

20

【0030】

制御部 110 は、ROM 130 及び HDD 140 に記憶されたプログラムやデータに従って、本発明に係る情報取得方法及び撮影方法の処理を行う。処理の際は、RAM 120 が一時的な記憶領域として用いられる。HDD 140 には、本発明に係る情報取得方法及び撮影方法を実行するプログラムのコンピュータ読み取り可能なコード、取得した画像や撮影距離等のデータが記憶されている。また、HDD 140 には可視光画像におけるミリ波画像の端点及びノまたはエッジを示す情報 (以下、便宜的に「端点情報」と表記する場合がある) が撮影距離に対応してあらかじめ記憶されている。これらのデータや処理結果等は、液晶ディスプレイ等のモニタ 150 に表示することができる。ハードディスクドライブの代わりに、各種の光磁気ディスクや半導体メモリ等の非一時的記憶媒体を用いてもよい。操作部 160 は図示せぬマウスやキーボード等のデバイスを備え、ユーザはこれらデバイスを介して情報取得方法及び撮影方法の実行、結果表示等の指示を行うことができる。モニタ 150 をタッチパネル型のデバイスとし、タッチパネルを介してユーザの指示を受け付けてもよい。情報取得方法及び撮影方法の実行に際しては、ドローン 200 との間で、通信 IF 170 を介して無線通信が行われる。通信 IF 170 は無線通信用のアンテナ (不図示) を備える。

30

40

【0031】

図 2 は制御部 110 の機能構成を示す図である。画像取得部 110A は後述する可視光カメラ 230 及びミリ波レーダ 240 (図 1 参照) を制御して可視光画像及びミリ波画像を取得させる。距離測定部 110B は、LiDAR センサ 250 の測定結果に基づいて撮影距離を算出する。画像処理部 110C は、取得された可視光画像及びミリ波画像からひび割れや浮き等の損傷を検出する (センシングする) とともに、可視光画像とミリ波画像とを重畳させた重畳画像を生成する。表示制御部 110D は、取得及びノまたは生成した画像や損傷の抽出結果等をモニタ 150 に表示させる。ドローン制御部 110E は、決められた飛行計画に従ってドローン 200 を飛行させる。通信制御部 110F は、通信 IF 170 を介してドローン 200 との無線通信を行い、制御装置 100 からの指示やドロー

50

ン 2 0 0 が取得した画像等を送受信する。

【 0 0 3 2 】

上述した制御部 1 1 0 の機能は、各種のプロセッサ (processor) 及び記録媒体を用いて実現できる。各種のプロセッサには、例えばソフトウェア (プログラム) を実行して各種の機能を実現する汎用的なプロセッサである C P U (Central Processing Unit)、画像処理に特化したプロセッサである G P U (Graphics Processing Unit)、F P G A (Field Programmable Gate Array) などの製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device : P L D) も含まれる。各機能は 1 つのプロセッサにより実現されてもよいし、同種または異種の複数のプロセッサ (例えば、複数の F P G A、あるいは C P U と F P G A の組み合わせ、または C P U と G P U の組み合わせ) で実現されてもよい。また、複数の機能を 1 つのプロセッサで実現してもよい。これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子などの回路素子を組み合わせた電気回路 (circuitry) である。

10

【 0 0 3 3 】

上述したプロセッサあるいは電気回路がソフトウェア (プログラム) を実行する際は、実行するソフトウェアのコンピュータ (例えば、制御部 1 1 0 を構成する各種のプロセッサや電気回路、及び / またはそれらの組み合わせ) で読み取り可能なコードを R O M 1 3 0 や H D D 1 4 0 等の非一時的記憶媒体 (メモリ) に記憶しておき、コンピュータがそのソフトウェアを参照する。実行の際は、必要に応じて記憶装置に記憶された情報が使用される。また、実行の際は、例えば R A M 1 2 0 (メモリ) が一時的記憶領域として用いられる。

20

【 0 0 3 4 】

制御装置 1 0 0 は、例えばパーソナルコンピュータ、スマートフォン、タブレット端末等の装置 (コンピュータ) に本発明に係る情報取得プログラム及び撮影プログラムをインストールすることにより実現することができる。なお、本発明の撮影システムにおいて、「ミリ波画像の端点及び / またはエッジを示す情報 (端点情報) が撮影距離に対応して記憶されたメモリ」は H D D 1 4 0 のように撮影 (検査) の前に情報があらかじめ記憶された媒体でもよいし、R A M 1 2 0 のように撮影方法の実行に際して一時的に情報が読み込まれた媒体でもよい。

【 0 0 3 5 】

なお、制御装置 1 0 0 の構成、機能をクラウド上のコンピュータ等により実現してもよい。例えば、制御装置 1 0 0 はネットワークとの間での画像やデータの送受信、結果表示等を行い、損傷の検出や画像の重畳等をクラウド上のコンピュータが行ってもよい。このような態様では、クラウド上のコンピュータを含めて本発明の撮影システムが構成される。

30

【 0 0 3 6 】

[ドローンの構成]

図 1 に戻り、ドローン 2 0 0 (移動体、飛翔体) の構成を説明する。ドローン 2 0 0 は複数のプロペラ 2 2 2 を備え、飛行制御部 2 2 0 がプロペラ 2 2 2 を制御することにより飛行する。ドローン 2 0 0 には、可視光画像を取得する可視光カメラ 2 3 0 (可視光カメラ、可視光画像撮影装置)、ミリ波画像を撮影するミリ波レーダ 2 4 0 (ミリ波レーダ、ミリ波画像撮影装置)、対象物までの撮影距離を測定するための L i D A R センサ 2 5 0 (L i D A R : Light Detection and Ranging、距離測定装置、レーザ距離計測装置) が搭載されている。ドローン 2 0 0 と制御装置 1 0 0 との通信は、通信 I F 2 1 0 (I F : interface) を介して行われる。通信 I F 2 1 0 は無線通信用のアンテナ (不図示) を備える。

40

【 0 0 3 7 】

可視光カメラ 2 3 0 は、図示せぬズームレンズ、フォーカスレンズ、及び撮像素子を備える。メカニカルシャッターや電子シャッター、絞りを備えていてもよい。C M O S (C o m p l e m e n t a r y M e t a l - O x i d e S e m i c o n d u c t o r)、C C D (C h a r g e - C o u p l e d D e v i c e) 等の様々な光電変換素子を可視光力

50

メラ 230 の撮像素子として用いることができ、合焦制御用の画素（例えば、像面位相差方式の合焦制御に用いる画素）が撮像素子の決められた方向に配設されていてもよい。撮像素子は、R（赤）、G（緑）、または B（青）のカラーフィルタが設けられ各色の信号に基づいて被写体のカラー画像を取得することができるカラー撮像素子でもよい。C M O S 型の撮像素子では、A F E（Analog Front End）、A / D 変換器、及びデジタル信号処理部がチップ内に組み込まれている場合がある。なお、可視光カメラ 230 での撮影の際には、必要に応じストロボ 232 が用いられる。

【0038】

ミリ波レーダ 240 はミリ波帯（30GHz～300GHz）の電磁波を対象物に照射して表面及び内部のセンシング（対象物の種類、レーダの波長や出力等の条件にも依存する）を行う装置で、ミリ波発信器及び送信アンテナで照射したミリ波の反射波を受信アンテナ及び検波器で受信する方式を用いることができる。また、複数のアンテナから信号を送信することで、実装されている受信アンテナ数以上の仮想受信アンテナを生み出すことができる技術（MIMO：Multiple-input-multiple-output）を用いてもよい。ミリ波として、例えば 60GHz 帯、76GHz 帯、79GHz 帯の電波を用いることができる。なお、「ミリ波レーダ」はミリ波カメラ、ミリ波スキャナと同義である。

10

【0039】

L i D A R センサ 250 は、レーザ光を対象物に照射してその散乱や反射光を観測することにより、対象物までの距離の測定や対象物の性質の特定を行うためのデータを取得する。制御装置 100 の距離測定部 110 B はこのデータから撮影距離を算出することができるが、L i D A R センサ 250 が距離測定（算出）の機能を有していてもよい。

20

【0040】

[社会基盤構造物等の撮影]

図 3 は、撮影システム 10 を用いて橋梁 20（対象物、社会基盤構造物）を撮影（点検）する様子を示す図である。橋梁等の社会基盤構造物では損傷（ひび割れ、浮き、剥離、鉄筋露出、漏水等）の有無や程度について定期的な点検が必要であるが、構造物が長大で点検に多大な時間や手間を要することも多く、近年、効率的な点検を行うための技術が求められている。なお、「社会基盤構造物」は「社会的構造物」あるいは「社会インフラ構造物」（『インフラ』はインフラストラクチャの略語である）などと呼ばれることもあり、橋梁の他に道路、堤防、ダム、トンネル、パイプライン、建築物等を挙げることができる。社会基盤構造物はコンクリート構造物や金属構造物であってもよい。図 3 の例では、ドローン 200 により例えば床板 22 や橋脚 24 を撮影して可視光画像及びミリ波画像を取得し、取得した画像に基づいて損傷を検出することができる。

30

【0041】

なお、本発明の撮影システム等の適用対象は社会基盤構造物に限定されず、農産物の生育状況把握や水分計測、車両や飛行機の障害物検知等にも適用することができる。

【0042】

[情報取得方法の処理]

撮影システム 10 では、検査のための撮影を行う前に、本発明に係る情報取得方法により可視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報（端点情報）を取得し、撮影距離に対応させて H D D 140 等の記憶デバイス（メモリ）に記憶しておく。具体的には、以下に説明するように、対象物としてのミリ波反射体をドローン 200（可視光カメラ 230、ミリ波レーダ 240）と相対的に移動させながら可視光画像及びミリ波画像を取得し（可視光画像撮影ステップ、ミリ波画像撮影ステップ）、これら画像から情報を生成する（情報生成ステップ）。

40

【0043】

図 4 は情報取得方法の処理を示すフローチャートである。これらの処理は、制御装置 100（プロセッサ）が、H D D 140 に記録された情報取得プログラムに基づいてドローン 200 を制御して行うことができる。

【0044】

50

まず、撮影距離を設定する（ステップ S 1 0 0）。例えば、制御装置 1 0 0 は、ドローン 2 0 0 を飛行させて、コンクリート構造物に設置された金属板（ミリ波反射体）との間で、設定された撮影距離を確保する。撮影距離の設定の際には、距離測定部 1 1 0 B が L i D A R センサ 2 5 0 のデータに基づいて撮影距離を測定することができる。なお、ミリ波反射体は鉛直方向に設置してもよいし、水平面内に設置してもよい。

【 0 0 4 5 】

制御装置 1 0 0 は、ステップ S 1 0 0 で設定された撮影距離を一定に維持した状態で、ミリ波反射体とドローン 2 0 0 とを相対移動させる（ステップ S 1 1 0：可視光画像撮影ステップ、ミリ波画像撮影ステップ）。例えば、後述する図 9 の状況では、X Z 面内で相対移動を行う。相対移動に際しドローン 2 0 0 を移動（飛行）させてもよいし、別の車両やドローン等によりミリ波反射体を移動させてもよい。

10

【 0 0 4 6 】

図 5 はミリ波反射体の相対移動の様子を示す図である。図 5 の（ a ）部分はミリ波反射体 5 2 0 の全体が可視光画像 5 0 0 及びミリ波画像 5 1 0 の撮影範囲に入っている状態を示し、同図の（ b ）部分はミリ波反射体 5 2 0 の一部が可視光画像 5 0 0 及びミリ波画像 5 1 0 の撮影範囲から外れている状態を示し、同図の（ c ）部分はミリ波反射体 5 2 0 がミリ波画像 5 1 0 の撮影範囲から完全に外れている状態を示す。このような相対移動により、ミリ波反射体 5 2 0 によるレーダ反射強度をミリ波レーダ 2 4 0 で検出できなくなる点（ミリ波画像 5 1 0 の端点）を特定できるようにする。なお、相対移動は広い範囲で少しずつ行うことが好ましい。

20

【 0 0 4 7 】

制御装置 1 0 0 は、可視光カメラ 2 3 0 及びミリ波レーダ 2 4 0 により、可視光画像及びミリ波画像を撮影する（ステップ S 1 2 0：可視光画像撮影ステップ、ステップ S 1 3 0：ミリ波画像撮影ステップ）。一つの撮影距離について、複数の可視光画像及び複数のミリ波画像を取得することが好ましい。

【 0 0 4 8 】

制御装置 1 0 0 は、ステップ S 1 1 0 ~ S 1 3 0 までの処理を、一つの撮影距離に対応する情報を生成するのに必要な画像を取得するまで（ステップ S 1 4 0 で Y E S になるまで）繰り返す（可視光画像撮影ステップ、ミリ波画像撮影ステップ）。制御装置 1 0 0 はさらに、ステップ S 1 0 0 ~ S 1 4 0 までの処理を、決められた全ての撮影距離（複数の撮影距離）について繰り返す（ステップ S 1 5 0：可視光画像撮影ステップ、ミリ波画像撮影ステップ）。

30

【 0 0 4 9 】

複数の撮影距離について撮影が終了したら、ドローン 2 0 0 から制御装置 1 0 0 に、取得した画像を送信する（ステップ S 1 6 0：可視光画像撮影ステップ、ミリ波画像撮影ステップ）。そして、制御装置 1 0 0（画像処理部 1 1 0 C；プロセッサ）は、可視光画像及びミリ波画像に基づいて、可視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報を、複数の撮影距離のそれぞれについて生成し（ステップ S 1 7 0：情報生成ステップ）、HDD 1 4 0 に記憶させる（ステップ S 1 8 0：情報記憶ステップ）。HDD 1 4 0 に記憶させた情報は、詳細を後述するように、本発明に係る撮影方法の処理で参照される。なお、図 4 のフローチャートでは決められた全ての撮影距離についての撮影が終了した後で画像を送信し情報を生成しているが、1つの撮影距離が終了するごとに画像の送信及び情報の生成を行ってもよい。

40

【 0 0 5 0 】

図 6 は、可視光画像 5 0 0 におけるミリ波画像 5 1 0 の端点（端点 A ~ 端点 D）の座標（上述した「情報」の一例；端点情報）を示す図である。端点 A ~ 端点 D は、ミリ波反射体によるレーダ反射強度がミリ波レーダ 2 4 0 で検出できなくなる点である。図 7 は、撮影距離と端点の座標との関係を示す表の例であり、複数の撮影距離について 4 つの端点の座標が保持される。HDD 1 4 0 にはこのようなテーブルをそのまま記憶してもよいし、撮影距離と各端点の X 座標、Y 座標との関係を示す方程式（例えば、複数の座標から最小

50

自乗法により導出できる)の係数を記憶してもよい。なお、ミリ波画像510のエッジは、端点の座標から得ることができる。表示制御部110D(プロセッサ)は、図6のような視覚的な態様により、あるいは図7のようなテーブル形式により、端点情報をモニタ150(表示装置)に表示させることができる。

【0051】

[検査対象物の種類とミリ波反射体のミリ波反射率との関係]

なお、本発明に係る情報取得方法では、「撮影(検査)が想定される対象物のミリ波反射率」に応じたミリ波反射率を有するミリ波反射体を用いて上述した情報を生成し、生成した情報を撮影距離だけでなく対象物の種類及び/またはミリ波反射率と関連付けてHDD140等(メモリ)に記憶させてもよい。具体的には、橋梁等のミリ波反射率が低いコンクリート構造物の検査を行う場合は、ミリ波反射率が高い素材(例えば、アルミニウム等の金属板)をミリ波反射体として用いて撮影を行うことが好ましい。逆に、金属製のタンクやパイプライン等のミリ波反射率が高い金属構造物の検査を行う場合は、ミリ波反射率が低い素材(例えば、木材、紙類、布類、電波吸収体等)をミリ波反射体として用いて撮影を行うことが好ましい。すなわち、ミリ波反射体と検査対象物とでミリ波反射率が大きく異なることが好ましく、そのようなミリ波反射体を対象物の種類に合わせて選択して情報を生成することが好ましい。そのようにして生成した情報は、検査対象物の種類やミリ波反射率と関連付けてHDD140(メモリ)等に記憶することができる。

10

【0052】

[撮影方法の処理]

図8は本発明に係る撮影方法の処理を示すフローチャートであり、図9は対象物の表面及び内部のセンシングの様子を示す図である。図9は鉛直方向に存在するコンクリート構造物600(対象物、コンクリート構造物、社会基盤構造物)の壁面605を撮影する場合の例であり、鉛直方向が+Z、水平方向(壁面に向かって右側)が+X、奥行き方向が+Yである。

20

【0053】

[画像の撮影及び距離データの取得]

制御装置100は、ドローン200を制御して撮影場所に移動させ(ステップS200)、LiDARセンサ250の情報に基づき撮影距離を測定(ステップS210:撮影距離測定ステップ)してから、可視光カメラ230及びミリ波レーダ240により、可視光画像及びミリ波画像をそれぞれ撮影する(ステップS220~S230:可視光画像撮影ステップ、ミリ波画像撮影ステップ)。

30

【0054】

[表面及び内部のセンシング]

図9の(a)部分に示すように、可視光画像、ミリ波画像はそれぞれ画角620,630を有する(撮影距離をdとする)。また、ミリ波内部センシング領域640に内部欠陥610(ひび割れ、浮き等)が存在している。図9の(b)部分は撮影範囲の正面斜視図であり、可視光画像500の撮影範囲内にミリ波画像510の撮影範囲が存在し、内部欠陥610が撮影されている様子を示す。また、図9の(c)部分は、ミリ波が壁面605で反射された反射波650と、内部欠陥610で反射された反射波660を示している。ミリ波レーダ240では、ミリ波画素ごとに、反射波650及び反射波660の反射強度(奥行き情報)を取得することができる。

40

【0055】

図10はミリ波の表面反射及び内部反射を示す図であり、同図に示すように、表面での反射波650の反射強度は一般に内部からの反射波660の反射強度よりも高くなる。また、ミリ波を照射してから反射波が得られるまでの時間は、反射波660の方が反射波650よりも短い。撮影システム10では、このような性質を利用して内部欠陥610の奥行き情報を取得することができ、また反射波650,660の一方のみを用いたミリ波画像、及び双方を用いたミリ波画像を生成することができる。

【0056】

50

画像及びデータを取得したら、ドローン 200 は、取得した画像を無線通信により制御装置 100 に送信する（ステップ S 240）。

【0057】

[損傷の検出及び撮影距離の算出]

受信した画像及びデータに基づいて、制御装置 100 の画像処理部 110 C（プロセッサ）は損傷を検出する（ステップ S 250：損傷検出ステップ）。

【0058】

[端点情報の取得]

画像処理部 110 C（プロセッサ）は、算出された撮影距離に基づいて HDD 140（メモリ）を参照し、可視光画像におけるミリ波画像の端点及び／またはエッジを示す情報（端点情報）を取得する（ステップ S 260：情報取得ステップ）。画像処理部 110 C は、算出された撮影距離が端点情報のテーブル（図 7）における撮影距離のいずれかと一致している場合はその撮影距離に対応した端点の座標を取得し、一致していない場合は記憶された端点情報を内挿または外挿して撮影距離に対応した端点情報を取得する。例えば、画像処理部 110 C は、算出された撮影距離が d_1 である場合は座標 $(X_{1A}, Y_{1A}) \sim (X_{1D}, Y_{1D})$ を取得し、撮影距離が d_2 と d_3 の中間である場合は d_2, d_3 の端点情報を内挿して座標を取得し、撮影距離が d_1 より短い場合は d_1, d_2 の端点情報を外挿して座標を取得することができる。

10

【0059】

[重畳画像の生成及び表示]

画像処理部 110 C（プロセッサ）は、取得した情報（端点情報）に基づいて可視光画像とミリ波画像とを重畳させ、重畳画像を生成する（ステップ S 270：画像生成ステップ）。表示制御部 110 D（プロセッサ）は、生成された重畳画像をモニタ 150（表示装置）に表示させる（ステップ S 280：画像表示ステップ）。表示制御部 110 D は、操作部 160 を介したユーザの指示等に応じて、可視光画像やミリ波画像を個別に表示させてもよい。

20

【0060】

図 11 は可視光画像、ミリ波画像、及び重畳画像の例を示す図である。図 11 の（a）部分は可視光画像の例（可視光画像 500）であり、画像中にひび割れ 502, 504, 506（構造物の表面に生じた損傷）が写っている。図 11 の（b）部分はミリ波画像の例（ミリ波画像 510）であり、画像中に内部欠陥 512（ひび割れ）が写っている。図 11 の（c）部分は可視光画像 500 とミリ波画像 510 を重畳させた重畳画像 501 の例である。

30

【0061】

画像処理部 110 C は、表面反射及び／または内部反射（図 9, 10 を参照）に基づくミリ波画像を可視光画像に重畳させることができる。なお、画像処理部 110 C は、可視光画像とミリ波画像の解像度が異なる場合は、可視光画像及び／またはミリ波画像で画素の補間を行い、解像度を擬似的に合わせて重畳画像を生成することができる。

【0062】

表示制御部 110 D は、損傷（表面及び／または内部）の検出結果をモニタ 150 に表示させることができる（ステップ S 290）。また、損傷をベクトルあるいはベクトル群として表示させてもよい。図 12 は損傷ベクトルの合成画像（合成画像 503）を示す図であり、合成画像 503 にはベクトル化されたひび割れ 502A, 504A, 506A, 512A が写っている。

40

【0063】

制御装置 100 は、決められた撮影範囲についての処理が終了するまで（ステップ S 295 で YES になるまで）上述の処理を繰り返す。

【0064】

[第 1 の実施形態の効果]

以上説明したように、第 1 の実施形態に係る撮影システム 10、情報取得方法、及び撮

50

影方法によれば、可視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示す情報を取得し、この情報に基づいて可視光画像とミリ波画像とを重畳させた重畳画像を生成する。このため、可視光画像とミリ波画像とで画角が異なる場合や組み立て誤差等により撮影方向が異なりこれにより撮影範囲にずれが生じる場合でも、本発明の情報取得方法及び撮影方法により重畳させる（重ね合わせる）ことができ、同一の領域を異なる波長で観察することができる。

【0065】

なお、第1の実施形態では移動体がドローン200（飛翔体）である場合について説明したが、本発明の撮影システムにおいて移動体は車両や移動可能なロボットでもよい。また、ミリ波レーダ240等のミリ波レーダやレーザ三角測量装置を距離計測に用いてもよい。可視光カメラを2台用いてステレオ画像を取得し、このステレオ画像を用いて距離を計測してもよい。

10

【0066】

また、可視光カメラ230、ミリ波レーダ240、LiDARセンサの向き（撮影方向、距離計測方向）は側方でもよいし、鉛直上方や鉛直下方、あるいは斜め方向でもよい。撮影方向や距離計測方向を変更できるようにしてもよい。

【0067】

[第2の実施形態]

[撮影システムの構成]

図13は第2の実施形態に係る撮影システム11の概略構成を示す図である。撮影システム11では、ドローン201は、可視光画像におけるミリ波画像の端点及び/またはエッジを示すレーザ光を照射するためのレーザモジュール245（レーザヘッド）を備える。他の構成は第1の実施形態に係る撮影システム10と同様なので詳細な説明を省略する。

20

【0068】

図14はレーザモジュール245の構成を示す図である。レーザモジュール245は、レーザ光を発生するレーザ光源246とレーザヘッド247（レーザヘッド）を備える。レーザヘッド247は、レーザ光を決められたパターンを有するパターン光として照射する光学素子248を備える。図14の（a）部分に示す例では、ビーム角度の広がりを持つライン状のパターン光（光軸L）を照射し、同図の（b）部分に示す例では、レーザモジュール245は光学素子249を備え、ビーム幅Wのライン状のパターン光（光軸L）を照射する。

30

【0069】

光学素子248、249としては、例えばレーザラインジェネレータ、ロッドレンズ、シリンドリカルレンズ、回折格子を用いることができる。また、レーザ光の出力は0.39mW以上1.0mW以下（JIS C 6802のクラス2）とすることができる。

【0070】

[レーザ光のパターン]

図15はレーザ光の照射パターンを示す図である。図15の（a）部分はスポット状のレーザ光を照射するレーザモジュール245Aを示し、同図の（b）部分はライン状のレーザ光を照射するレーザモジュール245Bを示し、同図の（c）部分は複数のラインがクロスしたレーザ光を照射するレーザモジュール245Cを示す。

40

【0071】

[端点、エッジの表示例]

ドローン制御部110E及び通信制御部110F（プロセッサ）は、HDD140（メモリ）に記憶された情報（図7等を参照）に基づいて、ミリ波画像の端点及び/またはエッジを示すレーザ光をレーザモジュール245（レーザヘッド247）から照射させることができる。図16はレーザ光を照射した状態の画像を示す図であり、同図の（a）部分はミリ波画像510の端点を示すスポット状のパターン530を照射した様子を示し、同図の（b）部分はミリ波画像510のエッジ（コーナー部分）を示すクロスライン状のパターン532を照射した様子を示す。照射するパターンは、スポット、ライン、その組み

50

合わせでよい（図 15 を参照）。図 17 は対象物の表面及び内部のセンシングの様子を示す図（第 1 の実施形態における図 9 と同様）であり、ミリ波画像 510 のエッジ（コーナ一部分）を示すパターン 530, 532 を照射した様子を示している。

【0072】

第 2 の実施形態に係る撮影システム 11 では、このようなレーザ光を、一部の端点及び/またはエッジに照射してもよい。例えば、4 つの端点のうち対角線上にある 2 つの端点にレーザ光を照射することができる。

【0073】

[レーザ光を用いた合焦制御]

上述した橋梁 20 等の橋梁や、トンネル等の社会基盤構造物は暗い場所に観察対象が存在することが多く、このような場合、（可視光画像の）撮影時に正確な合焦制御が困難になる可能性がある。このような問題に対し、撮影システム 11 では、ミリ波画像の端点及び/またはエッジを示すためのレーザ光をフォーカス補助光としても用いることができる。

10

【0074】

具体的には、画像取得部 110A 及びドローン制御部 110E（プロセッサ）はレーザモジュール 245（レーザヘッド 247）から対象物（床板 22、橋脚 24 等）にレーザ光を照射させ、可視光カメラ 230（可視光画像撮影装置）は、レーザ光が照射された対象物に対して合焦制御を行って可視光画像を撮影する。なお、画像取得部 110A 及びドローン制御部 110E は撮影の際（撮像素子の露光期間中）にレーザ光の照射を停止させてもよく、また必要に応じてストロボ 232 を発光させることができる。

20

【0075】

撮影システム 11 によれば、このようにレーザ光をフォーカス補助光として用いることで、対象物に高精度に合焦した画像を取得することができる。

【0076】

なお、フォーカス補助光として用いる場合、レーザ光は、可視光カメラ 230 の撮像素子が有する合焦制御用の画素に配設された光学フィルタの透過波長帯域と少なくとも一部が重複する波長帯域を有することが好ましい。例えば、合焦制御用の画素が G 画素（緑色（Green）のカラーフィルタが配設された画素）である場合、緑色のレーザ光（495 nm ~ 570 nm の波長帯域と少なくとも一部が重複する波長帯域）であることが好ましい。また、レーザ光をフォーカス補助光として用いる場合、照射するパターンは、撮像素子に配設された合焦制御用の画素の配設方向に応じたパターンであることが好ましい。例えば、合焦制御用の画素が撮像素子の（あるいは撮像装置本体の）水平方向に配設されている場合は、鉛直方向（配設方向と直交する方向）に伸びるパターンであることが好ましい。例えば、図 16 の（b）部分に例示するパターン 532 は、直交する複数のラインにより構成されるので、合焦制御用の画素がいずれの方向に配設されていても配設方向と直交する成分を有する。このため、可視光カメラ 230 はパターン 532 を認識して高精度な合焦制御を行うことができる。

30

【0077】

[第 2 の実施形態での撮影等]

上述した構成の撮影システム 11 においても、第 1 の実施形態に係る撮影システム 10 と同様に本発明の情報取得方法及び撮影方法を実行し、端点情報を取得して対象物の撮影や重畳画像の生成、損傷の検出等を行うことができる。これにより、可視光画像とミリ波画像とで画角が異なる場合や組み立て誤差等により撮影方向が異なり撮影範囲にずれが生じる場合でも、本発明の情報取得方法及び撮影方法により重畳させる（重ね合わせる）ことができ、同一の領域を異なる波長で観察することができる。

40

【0078】

以上で本発明の実施形態について説明してきたが、本発明は上述した態様に限定されず、本発明の精神を逸脱しない範囲で種々の変形が可能である。

【符号の説明】

【0079】

50

| | | |
|---------|---------------|----|
| 1 0 | 撮影システム | |
| 1 1 | 撮影システム | |
| 2 0 | 橋梁 | |
| 2 2 | 床板 | |
| 2 4 | 橋脚 | |
| 1 0 0 | 制御装置 | |
| 1 1 0 | 制御部 | |
| 1 1 0 A | 画像取得部 | |
| 1 1 0 B | 距離測定部 | |
| 1 1 0 C | 画像処理部 | 10 |
| 1 1 0 D | 表示制御部 | |
| 1 1 0 E | ドローン制御部 | |
| 1 1 0 F | 通信制御部 | |
| 1 2 0 | R A M | |
| 1 3 0 | R O M | |
| 1 4 0 | H D D | |
| 1 5 0 | モニタ | |
| 1 6 0 | 操作部 | |
| 1 7 0 | 通信 I F | |
| 2 0 0 | ドローン | 20 |
| 2 0 1 | ドローン | |
| 2 1 0 | 通信 I F | |
| 2 2 0 | 飛行制御部 | |
| 2 2 2 | プロペラ | |
| 2 3 0 | 可視光カメラ | |
| 2 3 2 | ストロボ | |
| 2 4 0 | ミリ波レーダ | |
| 2 4 5 | レーザモジュール | |
| 2 4 5 A | レーザモジュール | |
| 2 4 5 B | レーザモジュール | 30 |
| 2 4 5 C | レーザモジュール | |
| 2 4 6 | レーザ光源 | |
| 2 4 7 | レーザヘッド | |
| 2 4 8 | 光学素子 | |
| 2 4 9 | 光学素子 | |
| 2 5 0 | L i D A R センサ | |
| 5 0 0 | 可視光画像 | |
| 5 0 1 | 重畳画像 | |
| 5 0 2 | ひび割れ | |
| 5 0 2 A | ひび割れ | 40 |
| 5 0 3 | 合成画像 | |
| 5 0 4 | ひび割れ | |
| 5 0 4 A | ひび割れ | |
| 5 0 6 | ひび割れ | |
| 5 0 6 A | ひび割れ | |
| 5 1 0 | ミリ波画像 | |
| 5 1 2 | 内部欠陥 | |
| 5 2 0 | ミリ波反射体 | |
| 5 3 0 | パターン | |
| 5 3 2 | パターン | 50 |

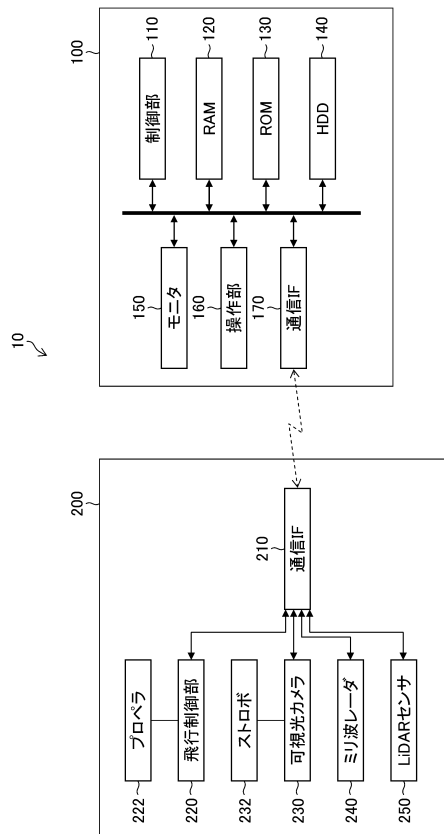
- 6 0 0 コンクリート構造物
- 6 0 5 壁面
- 6 1 0 内部欠陥
- 6 2 0 画角
- 6 3 0 画角
- 6 4 0 ミリ波内部センシング領域
- 6 5 0 反射波
- 6 6 0 反射波
- A 端点
- D 端点
- L 光軸
- W ビーム幅
- ビーム角度

S 1 0 0 ~ S 1 9 5 情報取得方法の各ステップ

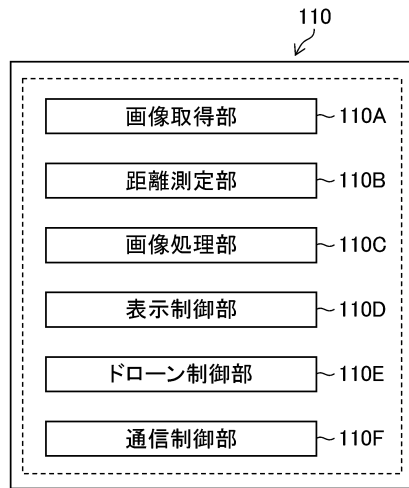
S 2 0 0 ~ S 2 9 0 撮影方法の各ステップ

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

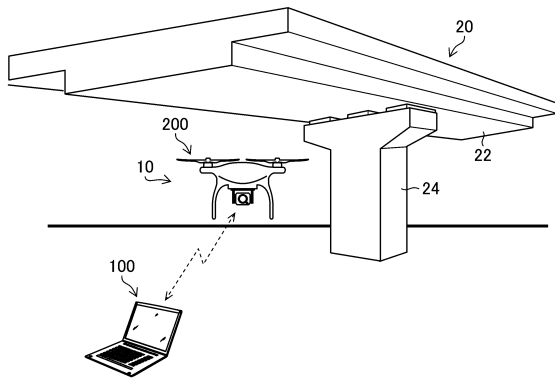
20

30

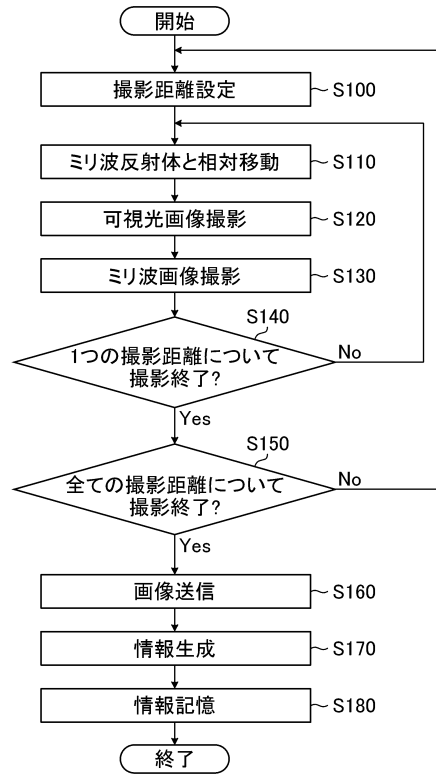
40

50

【図3】



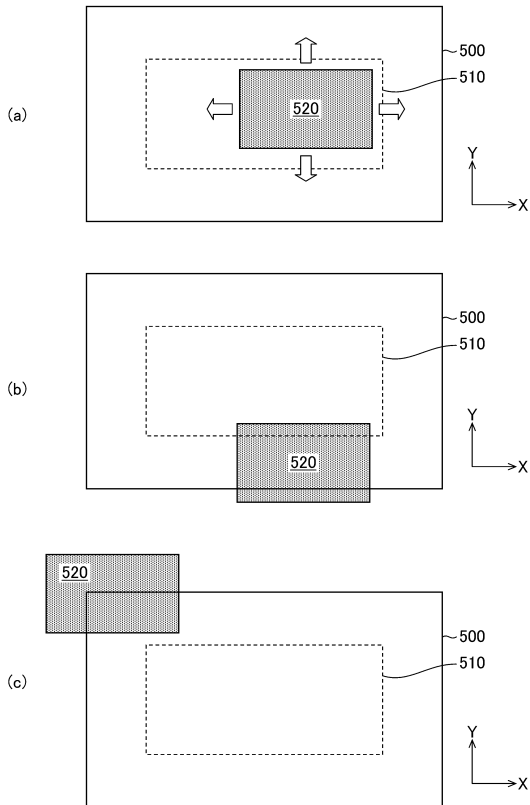
【図4】



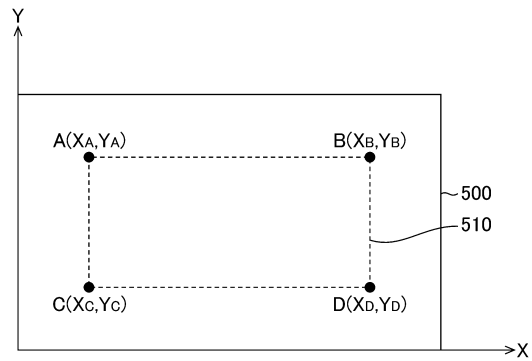
10

20

【図5】



【図6】



30

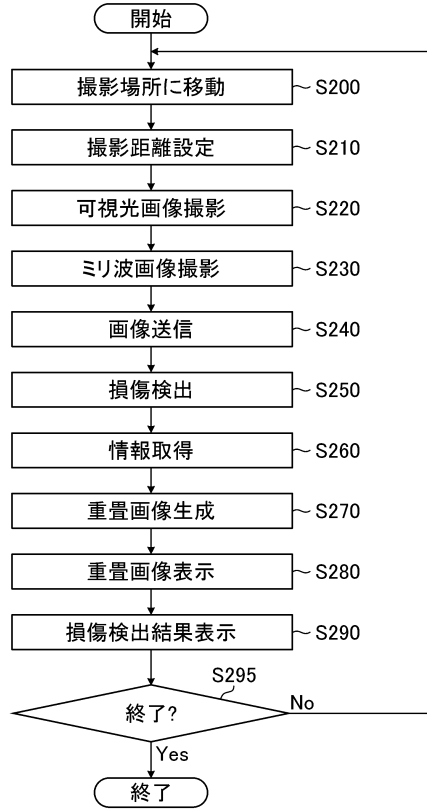
40

50

【図7】

| 撮影距離 | 端点の座標 (X, Y) | | | |
|------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | 端点A | 端点B | 端点C | 端点D |
| d1 | (X1 _A , Y1 _A) | (X1 _B , Y1 _B) | (X1 _C , Y1 _C) | (X1 _D , Y1 _D) |
| d2 | (X2 _A , Y2 _A) | (X2 _B , Y2 _B) | (X2 _C , Y2 _C) | (X2 _D , Y2 _D) |
| d3 | (X3 _A , Y3 _A) | (X3 _B , Y3 _B) | (X3 _C , Y3 _C) | (X3 _D , Y3 _D) |
| d4 | (X4 _A , Y4 _A) | (X4 _B , Y4 _B) | (X4 _C , Y4 _C) | (X4 _D , Y4 _D) |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

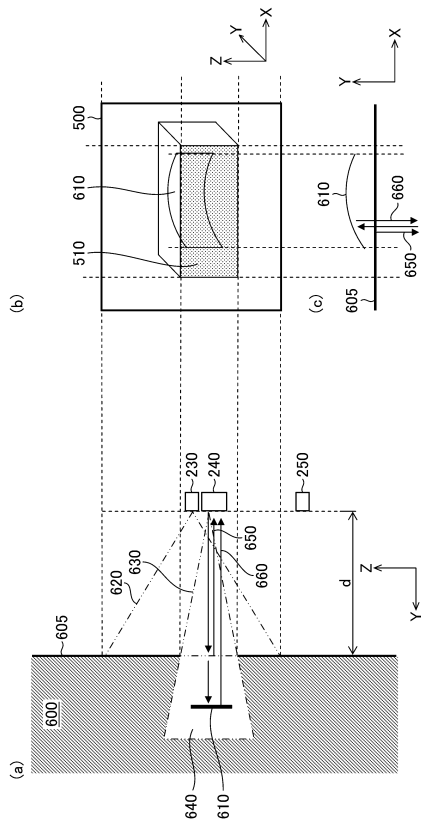
【図8】



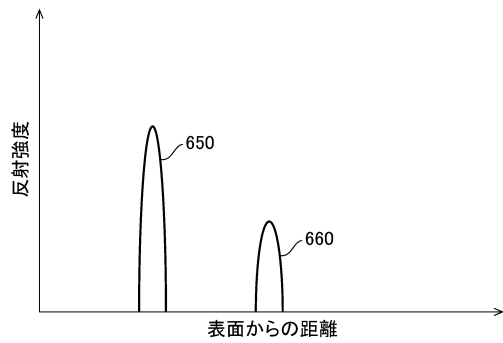
10

20

【図9】



【図10】

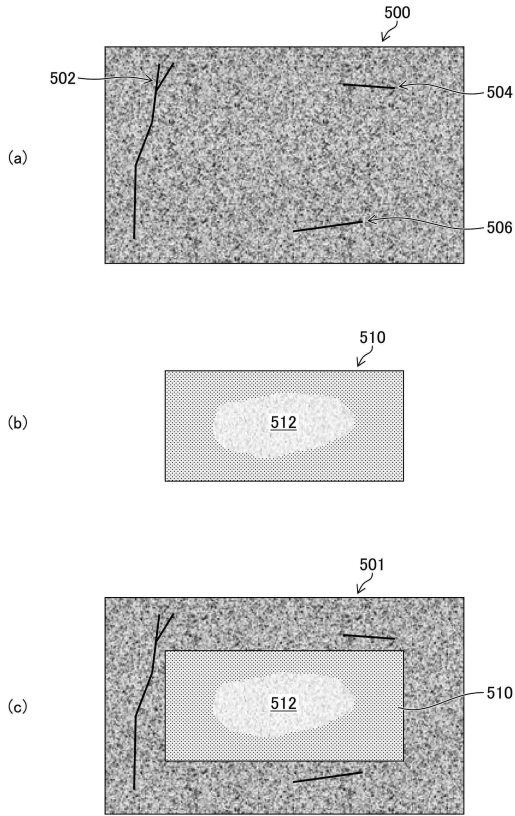


30

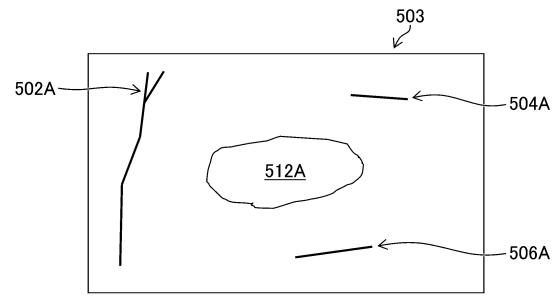
40

50

【図 1 1】



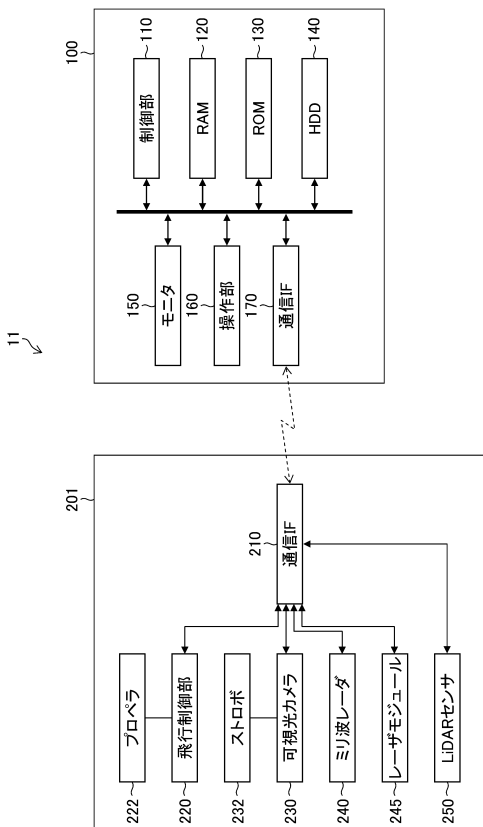
【図 1 2】



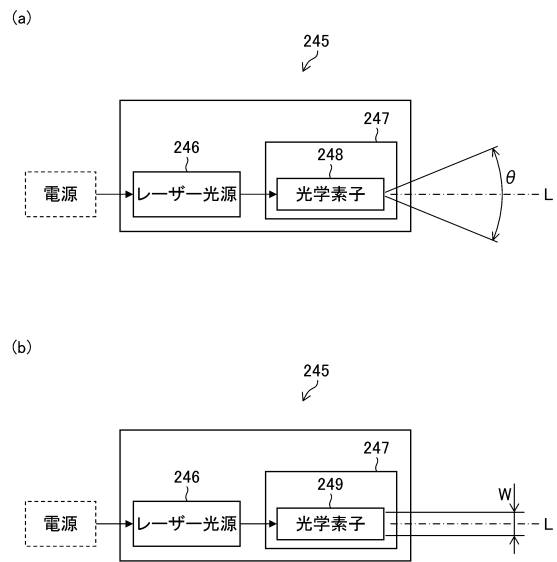
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

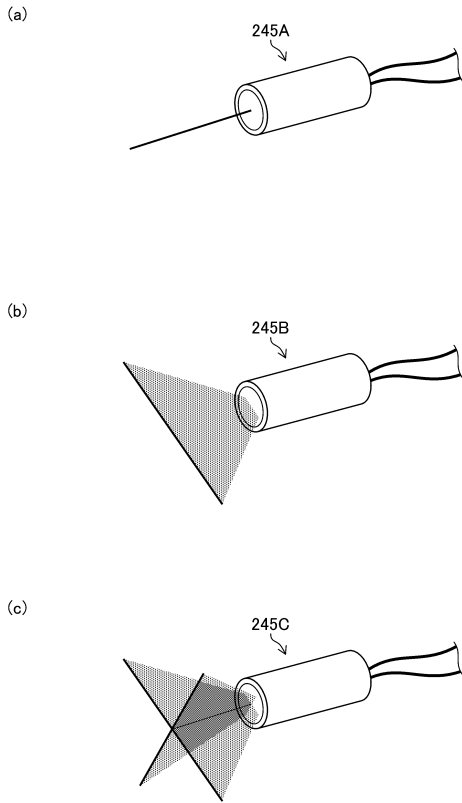


30

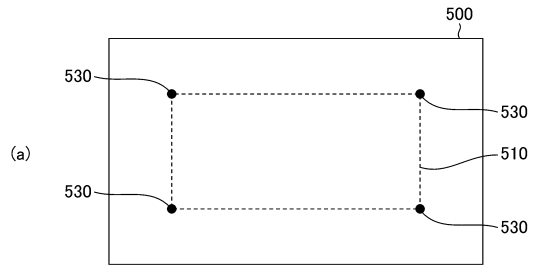
40

50

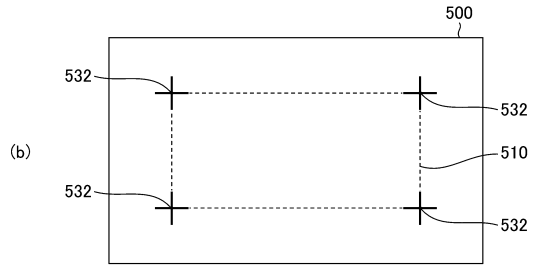
【 15 】



【 16 】

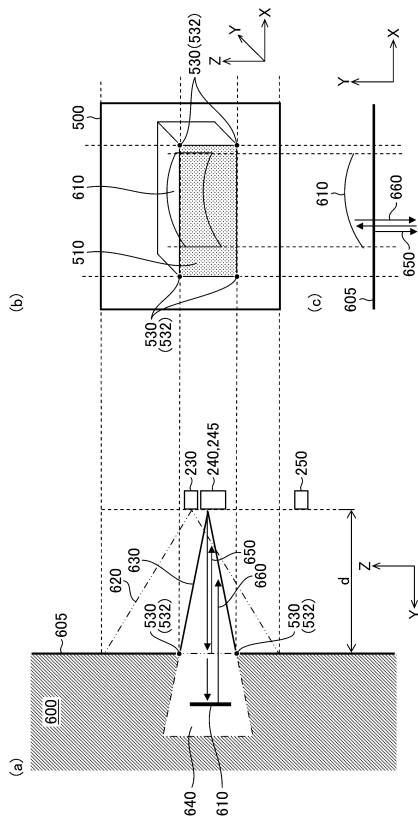


10



20

【 17 】



30

40

50

フロントページの続き

神奈川県足柄上郡開成町牛島 5 7 7 番地 富士フイルム株式会社内

(72)発明者 與那覇 誠

東京都港区西麻布 2 丁目 2 6 番 3 0 号 富士フイルム株式会社内

審査官 田中 洋介

(56)参考文献

特開平 1 1 - 0 8 3 9 9 6 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 0 1 6 9 9 5 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 1 2 1 0 4 (J P , A)

特開 2 0 1 9 - 0 2 7 9 0 8 (J P , A)

特表 2 0 2 0 - 5 0 4 8 1 1 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 2 / 0 7 3 7 2 2 (W O , A 1)

特開 2 0 0 6 - 1 0 8 4 7 3 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 1 1 0 6 7 2 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 N 2 2 / 0 0 - 2 2 / 0 4

G 0 1 N 2 1 / 8 4 - 2 1 / 9 5 8

G 0 1 S 1 3 / 0 0 - 1 3 / 9 5

G 0 1 M 9 9 / 0 0