

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4954006号  
(P4954006)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月23日(2012.3.23)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO 1 B</b>	<b>11/14</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 B 11/14 H
<b>GO 1 B</b>	<b>11/30</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 B 11/30 A
<b>GO 1 B</b>	<b>11/04</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 B 11/04 H

請求項の数 9 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2007-256488 (P2007-256488)	(73) 特許権者	000001889
(22) 出願日	平成19年9月28日 (2007.9.28)		三洋電機株式会社
(65) 公開番号	特開2009-85785 (P2009-85785A)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(43) 公開日	平成21年4月23日 (2009.4.23)	(74) 復代理人	100117064
審査請求日	平成22年8月31日 (2010.8.31)		弁理士 伊藤 市太郎
		(74) 代理人	100133514
			弁理士 寺山 啓進
		(74) 代理人	100122910
			弁理士 三好 広之
		(72) 発明者	井上 貴博
			大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	小寺 明仁
			大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 クラック幅計測システム、操作装置、クラック幅計測方法、及びクラック幅計測プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像装置を具備し、撮像対象物を撮像する移動体と、  
前記移動体を遠隔操作する操作装置と  
を備え、

撮像対象物の表面に生じたクラックの幅を計測するクラック幅計測システムであって、  
前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得する  
撮像画像取得部と、

クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得する  
計測用画像取得部と、

前記撮像画像取得部によって取得された前記撮像画像のデータと、前記計測用画像取得  
部によって取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像デー  
タを生成する画像合成部と、

前記画像合成部によって生成された前記合成画像データに応じて、前記撮像画像及び前  
記計測用画像を表示する表示部と

を備え、

前記画像合成部は、前記表示部において前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示  
されるように、前記合成画像データを生成することを特徴とするクラック幅計測システム

【請求項2】

ユーザからの入力を受付ける操作受け部と、  
前記操作受け部が受付けた入力に応じて、前記計測用画像を操作する計測用画像操作部と

をさらに備え、

前記計測用画像操作部は、

前記計測用画像の種別の選択、

前記計測用画像に付された線画の拡大又は縮小、

前記計測用画像が表示される表示領域の移動、

前記計測用画像の回転、

又は前記計測用画像が表示される表示領域内における前記計測用画像の移動の少なくとも1つを実行することを特徴とする請求項1に記載のクラック幅計測システム。

10

【請求項3】

撮像スケールに基づいて、表示スケールを調整する表示スケール調整部をさらに備え、  
前記撮像スケールは、前記撮像画像の1画素に対する、前記撮像装置が撮像した範囲内における撮像対象物の実際の長さの比であり、

前記表示スケールは、前記計測用画像の1画素に対する、前記計測用画像が示す実際の長さの比であり、

前記表示スケール調整部は、前記表示スケールと前記撮像スケールとが一致するように、前記表示スケールを調整することを特徴とする請求項1又は2に記載のクラック幅計測システム。

20

【請求項4】

表示スケールと撮像スケールとに基づいて、前記撮像装置のズーム率を制御するズーム率調整部をさらに備え、

前記表示スケールは、前記計測用画像の1画素に対する、前記計測用画像が示す実際の長さの比であり、

前記撮像スケールは、前記撮像画像の1画素に対する、前記撮像装置が撮像した範囲内における撮像対象物の実際の長さの比であり、

前記ズーム率調整部は、前記撮像スケールと前記表示スケールとが一致するように、前記ズーム率を調整することを特徴とする請求項1又は2に記載のクラック幅計測システム。

30

【請求項5】

平面視において、前記撮像装置の光軸と、撮像対象物とのなす角度を計測する角度計測部と、

前記角度計測部によって計測された角度に応じて、前記撮像装置の光軸と撮像対象物とのなす角度が許容角度範囲内に収まるように前記移動体を制御する移動体制御部とをさらに備えることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のクラック幅計測システム。

【請求項6】

前記撮像画像上に前記計測用画像が重ねて表示された状態の画像である合成画像のデータを記録する合成画像記録部をさらに備えることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のクラック幅計測システム。

40

【請求項7】

撮像対象物を撮像する移動体を遠隔操作する操作装置であって、

前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得する撮像画像取得部と、

クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得する計測用画像取得部と、

前記撮像画像取得部によって取得された前記撮像画像のデータと、前記計測用画像取得部によって取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像デー

50

タを生成する画像合成部と、

前記画像合成部によって生成された前記合成画像データに応じて前記撮像画像及び前記計測用画像を表示する表示部と

を備え、

前記画像合成部は、前記表示部において前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを特徴とする操作装置。

【請求項 8】

撮像対象物を撮像する移動体と、

前記移動体を遠隔操作する操作装置と

を用いたクラック幅計測方法であって、

前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得するステップと、

クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得するステップと、

取得された前記撮像画像のデータと、取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成するステップと、

生成された前記合成画像データに応じて、前記撮像画像及び前記計測用画像を表示するステップと

を備え、

前記生成するステップでは、前記表示するステップにおいて前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを特徴とするクラック幅計測方法。

【請求項 9】

撮像対象物を撮像する移動体を遠隔操作する操作装置として機能するコンピュータに、

前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得する手順と、

クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得する手順と、

取得された前記撮像画像のデータと、取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成する手順と、

生成された前記合成画像データに応じて、前記撮像画像及び前記計測用画像を表示する手順と

を実行させ、

前記生成する手順では、前記表示する手順において前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを特徴とするクラック幅計測プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像対象物の表面に生じたクラックの幅を計測するクラック幅計測システム、操作装置、クラック幅計測方法、及びクラック幅計測プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、住宅の高品質化を目指す国策や、家屋リフォームの要求、防災に対する関心の高まりから、住宅や家屋などの建造物の点検を行う機会が増加している。また、建造物の床下や天井裏等については、人目に触れにくい一方で建造物の基幹部分であるため、点検のニーズが高い。

【0003】

しかし、建造物の床下や天井裏等は、一般的に非常に狭い空間であり、衛生状態も悪い。このため、移動体（移動ロボット）を導入し、当該移動体を遠隔操作することによって

10

20

30

40

50

建造物の床下や天井裏を点検（撮像）することが望まれている。他にも、原子力発電所の内部や、地中設備の中、地中の土管の中など、人が入るのが困難なところ、あるいは人が入れないところの点検（撮像）も望まれている。

【0004】

また、建造物に多用されるコンクリートなどの表面においては、経年劣化などによってクラック（すなわち、ひび割れ）が生じることがある。建造物の健全性を診断する上で、クラックの幅（以下、クラック幅）を計測することは重要な点検項目である。その理由は、クラック幅が壁や建造物自体の強度の指標となるためである。

【0005】

このような背景から、画像処理技術を利用して、クラック幅を計測するシステムが提案されている（特許文献1参照）。具体的には、特許文献1の手法では、コンクリート表面の画像からクラックが存在する箇所を抽出し、表示画面上に表示されたクラックスケールによってクラックの幅が特定される。なお、クラックスケールとは、クラック幅の計測に用いられる計測器具である。

【特許文献1】特開2005-310044号公報（[0009]段落）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1では、表示画面上に表示されたクラックスケールに関して、具体的な表示方法や操作内容について述べられていない。つまり、表示画面上に表示されたクラックスケール（計測用画像）を用いてクラック幅を計測する手法には、クラック幅を計測する精度を向上する点において、改善の余地があった。

【0007】

そこで、本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、表示画面上に表示された計測用画像を用いてクラック幅を計測する場合において、クラック幅を計測する精度を向上することが可能なクラック幅計測システム、操作装置、クラック幅計測方法、及びクラック幅計測プログラム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】

【0008】

本発明の特徴は、撮像装置（カメラ211）を具備し、撮像対象物（例えば、壁面WS）を撮像する移動体（床下点検ロボット200）と、前記移動体を遠隔操作する操作装置（ロボット操作装置100）とを備え、撮像対象物の表面に生じたクラック（クラックCR）の幅を計測するクラック幅計測システムであって、前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像（撮像画像P）のデータを取得する撮像画像取得部（制御部130、通信装置110）と、クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像（クラックスケール画像SC）のデータを取得する計測用画像取得部（図形描画部160）と、前記撮像画像取得部によって取得された前記撮像画像のデータと、前記計測用画像取得部によって取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成する画像合成部（画像合成部170）と、前記画像合成部によって生成された前記合成画像データに応じて、前記撮像画像及び前記計測用画像を表示する表示部（表示部180）とを備え、前記画像合成部は、前記表示部において前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを要旨とする。

【0009】

このような特徴によれば、撮像画像中のクラック上に計測用画像を重ね、撮像画像中のクラックに計測用画像を近接させた状態でクラック幅を計測可能となり、計測誤差が低減する。したがって、クラック幅の計測精度を向上可能なクラック幅計測システムを提供できる。

【0010】

本発明の特徴は、上記の特徴に係るクラック幅計測システムにおいて、ユーザからの入

10

20

30

40

50

力を受付ける操作受け部（入力部 1 2 0）と、前記操作受け部が受付けた入力に応じて、前記計測用画像を操作する計測用画像操作部（制御部 1 3 0、演算部 1 5 0、図形描画部 1 6 0）とをさらに備え、前記計測用画像操作部は、前記計測用画像の種別の選択、前記計測用画像に付された線画の拡大又は縮小、前記計測用画像が表示される表示領域（表示ウィンドウ）の移動、前記計測用画像の回転、又は前記計測用画像が表示される表示領域内における前記計測用画像の移動の少なくとも 1 つを実行することを要旨とする。

【 0 0 1 1 】

このような特徴によれば、ユーザからの入力に応じて、計測用画像、及び計測用画像が表示される表示領域を操作可能となり、撮像画像中のクラックに適した計測用画像を用いてクラック幅を計測可能となり、クラック幅の計測精度が向上する。また、ユーザの利便性も向上する。

10

【 0 0 1 2 】

本発明の特徴は、上記の特徴に係るクラック幅計測システムにおいて、撮像スケールに基づいて、表示スケールを調整する表示スケール調整部（制御部 1 3 0、演算部 1 5 0、図形描画部 1 6 0）をさらに備え、前記撮像スケールは、前記撮像画像の 1 画素に対する、前記撮像装置が撮像した範囲内における撮像対象物の実際の長さの比であり、前記表示スケールは、前記計測用画像の 1 画素に対する、前記計測用画像が示す実際の長さの比であり、前記表示スケール調整部は、前記表示スケールと前記撮像スケールとが一致するように、前記表示スケールを調整することを要旨とする。

【 0 0 1 3 】

20

このような特徴によれば、表示スケールと撮像スケールとが一致するように、表示スケールを調整するので、計測用画像を撮像スケールと同一スケールの表示スケールとすることができ、クラック幅の計測精度が向上する。

【 0 0 1 4 】

本発明の特徴は、上記の特徴に係るクラック幅計測システムにおいて、表示スケールと撮像スケールとに基づいて、前記撮像装置のズーム率を制御するズーム率調整部（カメラ制御装置 2 1 6、制御部 1 3 0）をさらに備え、前記表示スケールは、前記計測用画像の 1 画素に対する、前記計測用画像が示す実際の長さの比であり、前記撮像スケールは、前記撮像画像の 1 画素に対する、前記撮像装置が撮像した範囲内における撮像対象物の実際の長さの比であり、前記ズーム率調整部は、前記撮像スケールと前記表示スケールとが一致するように、前記ズーム率を調整することを要旨とする。

30

【 0 0 1 5 】

このような特徴によれば、撮像スケールと表示スケールとが一致するように、撮像装置のズーム率を調整するので、表示スケールと同一スケールの撮像スケールとすることができ、クラック幅の計測精度が向上する。また、計測用画像の表示の際、表示画素数が元画像の画素数よりもかなり小さいと精度が落ちる一方、元画像の画素数での表示が最も精度が良く、元画像の画素数の整数倍でも精度は保たれる。このため、計測用画像を元画像の画素数の整数倍で表示させ、その表示スケールに撮像スケールを合わせるようにズーム率を調整することで、クラック幅の計測精度がより向上する。

【 0 0 1 6 】

40

本発明の特徴は、上記の特徴に係るクラック幅計測システムにおいて、平面視において、前記撮像装置の光軸と、撮像対象物とのなす角度を計測する角度計測部（カメラ制御装置 2 1 6、制御部 1 3 0）と、前記角度計測部によって計測された角度に応じて、前記撮像装置の光軸と撮像対象物とのなす角度が許容角度範囲内に収まるように前記移動体を制御する移動体制御部（カメラ制御装置 2 1 6、移動制御装置 2 5 0、制御部 1 3 0）とをさらに備えることを要旨とする。

【 0 0 1 7 】

このような特徴によれば、撮像装置の光軸が撮像対象物表面の法線方向に一致するように移動体を制御するので、計測誤差が低減し、クラック幅の計測精度が向上する。

【 0 0 1 8 】

50

本発明の特徴は、上記の特徴に係るクラック幅計測システムにおいて、前記撮像画像上に前記計測用画像が重ねて表示された状態の画像である合成画像のデータを記録する合成画像記録部（記憶部140）をさらに備えることを要旨とする。

【0019】

このような特徴によれば、撮像画像上に計測用画像が重ねて表示された状態の画像である合成画像のデータを記録するので、精度良く計測されたクラック幅の計測結果が記録可能となり、ユーザの利便性が向上する。また、クラック幅の計測結果を人手によって記録する場合と比較して、記録ミスが生じることを回避できる。

【0020】

本発明の特徴は、撮像対象物を撮像する移動体を遠隔操作する操作装置であって、前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得する撮像画像取得部と、クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得する計測用画像取得部と、前記撮像画像取得部によって取得された前記撮像画像のデータと、前記計測用画像取得部によって取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成する画像合成部と、前記画像合成部によって生成された前記合成画像データに応じて前記撮像画像及び前記計測用画像を表示する表示部とを備え、前記画像合成部は、前記表示部において前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを要旨とする。

10

【0021】

このような特徴によれば、撮像画像中のクラック上に計測用画像を重ね、撮像画像中のクラックに計測用画像を近接させた状態でクラック幅を計測可能となり、計測誤差が低減する。したがって、クラック幅を計測する精度を向上させることが可能な操作装置を提供できる。

20

【0022】

本発明の特徴は、撮像対象物を撮像する移動体と、前記移動体を遠隔操作する操作装置とを用いたクラック幅計測方法であって、前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得するステップと、クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得するステップと、取得された前記撮像画像のデータと、取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成するステップと、生成された前記合成画像データに応じて、前記撮像画像及び前記計測用画像を表示するステップとを備え、前記生成するステップでは、前記表示するステップにおいて前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを要旨とする。

30

【0023】

このような特徴によれば、撮像画像中のクラック上に計測用画像を重ね、撮像画像中のクラックに計測用画像を近接させた状態でクラック幅を計測可能となり、計測誤差が低減する。したがって、クラック幅を計測する精度を向上させることが可能なクラック幅計測方法を提供できる。

【0024】

本発明の特徴は、撮像対象物を撮像する移動体を遠隔操作する操作装置として機能するコンピュータに、前記移動体が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像のデータを取得する手順と、クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像のデータを取得する手順と、取得された前記撮像画像のデータと、取得された前記計測用画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成する手順と、生成された前記合成画像データに応じて、前記撮像画像及び前記計測用画像を表示する手順とを実行させ、前記生成する手順では、前記表示する手順において前記計測用画像が前記撮像画像上に重ねて表示されるように、前記合成画像データを生成することを要旨とする。

40

【0025】

このような特徴によれば、撮像画像中のクラック上に計測用画像を重ね、撮像画像中のクラックに計測用画像を近接させた状態でクラック幅を計測可能となり、計測誤差が低減

50

する。したがって、クラック幅を計測する精度を向上させることが可能なクラック幅計測プログラムを提供できる。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、表示画面上に表示された計測用画像を用いてクラック幅を計測する場合において、クラック幅を計測する精度を向上することが可能なクラック幅計測システム、操作装置、クラック幅計測方法、及びクラック幅計測プログラムを提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

次に、図面を参照して、本発明の第1～第5実施形態を説明する。以下の第1～第5実施形態における図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。

10

【0028】

以下の第1～第5実施形態では、住宅や家屋などの建造物の床下を点検する床下点検ロボット（移動体）を用いた床下点検システムにおいて、床下に存在するクラックの幅を計測する場合について説明する。

【0029】

[第1実施形態]

本実施形態では、(1)床下点検システムの概略構成、(2)床下点検システムの詳細構成、(3)表示画面の構成例、(4)クラックスケール、(5)クラックスケール画像、(6)クラックスケール画像操作手順、(7)画像保存処理、(8)床下点検システムの概略動作、(9)作用・効果について説明する。

20

【0030】

(1)床下点検システムの概略構成

図1は、本実施形態に係る床下点検システムの概略構成図である。

【0031】

本実施形態に係る床下点検システムは、ロボット操作装置（操作装置）100及び床下点検ロボット（移動体）200を備える。

【0032】

ロボット操作装置100は、床下点検ロボット200と無線通信を実行し、床下点検ロボット200を遠隔操作する。図1では、ロボット操作装置100としてノートPCを例示している。

30

【0033】

床下点検ロボット200は、建造物の床下空間A1を点検する。具体的には、床下点検ロボット200は、建造物の床下空間A1内を撮像し、撮像して得られた撮像画像データをロボット操作装置100へ送信する。

【0034】

ロボット操作装置100は、床下点検ロボット200から受信した撮像画像データに基づき、撮像画像を表示部180上にリアルタイムに表示する。ロボット操作装置100は、ユーザからの入力操作に応じて、床下点検ロボット200を操作する操作コマンド（カメラ制御コマンド、移動制御コマンドなど）を床下点検ロボット200へ送信する。

40

【0035】

また、床下点検ロボット200は、前輪202Fと、後輪202Rと、前輪202F及び後輪202Rに掛け渡されたクローラ201とを備える。クローラ201は、前輪202F及び後輪202Rの回転に伴って回転する。床下点検ロボット200は、クローラ201の回転により、前進、後進、その場旋回を組み合わせて移動する。

【0036】

床下点検ロボット200は、上方に突出して設けられたカメラユニット210を備える。以下においては、床下点検ロボット200においてカメラユニット210を除く本体部分を適宜「車体」と呼ぶ。カメラユニット210は、車体とは独立して、パン方向及びチ

50

ルト方向に回動可能である。

【 0 0 3 7 】

次に、図 2 を用いて、床下空間 A 1 内の環境の一例について説明する。

【 0 0 3 8 】

床下空間 A 1 は、高さ 3 2 c m ~ 3 7 c m 程度の空間であり、基礎により長方形の区画に区切られている。床下点検ロボット 2 0 0 は、基礎に形成されている通気口を通過して隣の区画へ移動する。

【 0 0 3 9 】

床下点検ロボット 2 0 0 は、ロボット操作装置 1 0 0 の制御下で、基礎、配管、ケーブル・パイプ、束、束基礎などを撮像する。

10

【 0 0 4 0 】

基礎は、コンクリートによって形成されている。基礎の壁面（表面）W S には、経年劣化などによりクラック C R が生じる。床下点検ロボット 2 0 0 は、ロボット操作装置 1 0 0 の制御下で、基礎の壁面 W S に生じたクラック C R を撮像する。

【 0 0 4 1 】

（ 2 ）床下点検システムの詳細構成

次に、床下点検ロボット 2 0 0 及びロボット操作装置 1 0 0 の構成について説明する。

【 0 0 4 2 】

（ 2 . 1 ）床下点検ロボットの構成

図 3 は、床下点検ロボット 2 0 0 の機能ブロック構成図である。図 3 に示すように、床下点検ロボット 2 0 0 は、カメラユニット 2 1 0、通信装置 2 2 0、センサ部 2 3 0、走行用モータ 2 4 0、移動制御装置 2 5 0、及び電源装置 2 6 0 を備える。

20

【 0 0 4 3 】

通信装置 2 2 0 は、例えば無線 L A N 方式に準拠して構成され、無線通信を実行する。センサ部 2 3 0 は、障害物センサや、前輪 2 0 2 F や後輪 2 0 2 R の回転を検出するエンコーダ、車体の向き（進行方向）を検出するジャイロセンサなどを備える。

【 0 0 4 4 】

走行用モータ 2 4 0 は、電源装置 2 6 0 から電力が供給され、前輪 2 0 2 F や後輪 2 0 2 R を駆動する。移動制御装置 2 5 0 は、ロボット操作装置 1 0 0 から送信された移動コマンドに応じて、走行用モータ 2 4 0 を制御する。電源装置（バッテリー）2 6 0 は、床下点検ロボット 2 0 0 が動作する電力源である。

30

【 0 0 4 5 】

カメラユニット 2 1 0 は、カメラ（撮像装置）2 1 1、パン用モータ 2 1 2、チルト用モータ 2 1 3、ズーム機構 2 1 4、フォーカス機構 2 1 5、及びカメラ制御装置 2 1 6 を備える。なお、床下空間 A 1 内を照明する照明装置が、カメラユニット 2 1 0 に備えられていてもよい。

【 0 0 4 6 】

カメラ 2 1 1 は例えば C C D カメラであり、カメラ 2 1 1 から得られた撮像画像データは、カメラ制御装置 2 1 6 及び通信装置 2 2 0 を介してロボット操作装置 1 0 0 に送信される。

40

【 0 0 4 7 】

チルト用モータ 2 1 3 は、カメラ 2 1 1 をチルト方向に回動させる。パン用モータ 2 1 2 は、カメラ 2 1 1（カメラユニット 2 1 0 全体）をパン方向に回動させる。

【 0 0 4 8 】

ズーム機構 2 1 4 は、カメラ 2 1 1 のズーム率を変更する。ズーム機構 2 1 4 としては例えば光学ズームが利用できる。フォーカス機構 2 1 5 は、カメラ 2 1 1 をフォーカス制御する。

【 0 0 4 9 】

カメラ制御装置 2 1 6 は、ロボット操作装置 1 0 0 から送信された撮像コマンドに応じて、カメラユニット 2 1 0 全体を制御する。

50

## 【 0 0 5 0 】

## ( 2 . 2 ) ロボット操作装置の構成

図 4 は、ロボット操作装置 1 0 0 の機能ブロック構成図である。図 4 に示すように、ロボット操作装置 1 0 0 は、通信装置 1 1 0、入力部 1 2 0、制御部 1 3 0、記憶部 1 4 0、演算部 1 5 0、図形描画部 1 6 0、画像合成部 1 7 0、及び表示部 1 8 0 を備える。

## 【 0 0 5 1 】

通信装置 1 1 0 は、例えば無線 LAN 方式に準拠して構成され、無線通信を実行する。入力部 1 2 0 は、ユーザからの入力を受付ける。

## 【 0 0 5 2 】

制御部 1 3 0 は、ロボット操作装置 1 0 0 全体を制御するとともに、床下点検ロボット 2 0 0 に各種コマンドを送信したり、床下点検ロボット 2 0 0 から各種情報を取得したりする。演算部 1 5 0 は、制御部 1 3 0 と連携して、各種の演算処理を実行する。

## 【 0 0 5 3 】

通信装置 1 1 0 及び制御部 1 3 0 は、床下点検ロボット 2 0 0 が撮像対象物を撮像することによって得られた撮像画像データを取得する撮像画像取得部として機能する。

## 【 0 0 5 4 】

図形描画部 1 6 0 は、クラック幅の計測に用いられる線画及び数字が付された計測用画像（以下、クラックスケール画像）のデータを取得する計測用画像取得部として機能する。また、図形描画部 1 6 0、演算部 1 5 0、及び制御部 1 3 0 は、入力部 1 2 0 が受付けた入力に応じて、クラックスケール画像を操作する計測用画像操作部として機能する。当該計測用画像操作部は、以下の（ a ）～（ e ）の少なくとも 1 つを実行する。

- （ a ）クラックスケール画像の種別の選択
- （ b ）クラックスケール画像に付された線画の拡大又は縮小
- （ c ）クラックスケール画像が表示される表示領域（表示ウィンドウ）の移動
- （ d ）クラックスケール画像の回転
- （ e ）クラックスケール画像が表示される表示領域内におけるクラックスケール画像の移動

## 【 0 0 5 5 】

画像合成部 1 7 0 は、撮像画像のデータと、クラックスケール画像のデータとを合成することによって、合成画像データを生成する。具体的には、画像合成部 1 7 0 は、表示部 1 8 0 においてクラックスケール画像が撮像画像上に重ねて表示されるように、合成画像データを生成する。

## 【 0 0 5 6 】

表示部 1 8 0 は、画像合成部によって生成された合成画像データに応じて、撮像画像及びクラックスケール画像を表示する。なお、表示部 1 8 0 は、床下点検ロボット 2 0 0 から受信したセンサデータも表示してよい。

## 【 0 0 5 7 】

記憶部 1 4 0 は、撮像画像上にクラックスケール画像が重ねて表示された状態の画像である合成画像のデータを記録する合成画像記録部として機能する。

## 【 0 0 5 8 】

## ( 3 ) 表示画面の構成例

図 5 は、ロボット操作装置 1 0 0 の表示部 1 8 0 における表示画面構成の一例を示す図である。

## 【 0 0 5 9 】

図 5 の例では、表示部 1 8 0 において、クラック CR を含む撮像画像 P が表示されている。また、クラックスケール画像 SC が表示されるクラックスケール表示領域（表示ウィンドウ）SA が、撮像画像 P 上に位置している。

## 【 0 0 6 0 】

ロボット操作装置 1 0 0 では、制御部 1 3 0、演算部 1 5 0、及び図形描画部 1 6 0 は、入力部 1 2 0 が受付けたユーザ入力に応じて、クラックスケール画像 SC を操作する。

10

20

30

40

50

これにより、クラックスケール画像 S C を用いて、撮像画像 P 中のクラック C R の幅が計測可能となる。なお、図 5 では、クラック C R の幅が 0.5 mm であると計測される。

【 0 0 6 1 】

( 4 ) クラックスケール

クラックスケール画像 S C の説明の前に、計測器具としてのクラックスケールについて簡単に説明する。

【 0 0 6 2 】

一般的なクラックスケールは、図 6 ( a ) に示すように、透明樹脂板に、幅寸法が異なる複数の直線 (線画) と、各直線の幅を示す数字とが印刷されたものである。作業者がクラックスケールを用いてクラック幅を計測する際には、図 6 ( b ) に示すように、クラックを有する壁面にクラックスケールを押し当てることによって、クラック幅が計測される。

10

【 0 0 6 3 】

本実施形態では、このようなクラックスケールを画像として表示・操作可能とすることにより、従来と同様の操作感でクラック幅を計測可能としている。

【 0 0 6 4 】

( 5 ) クラックスケール画像

図 7 は、クラックスケール画像 S C の構成例 (表示例) を示す図である。

【 0 0 6 5 】

( 5 . 1 ) クラックスケール画像の構成例 1

図 7 ( a ) 及び図 7 ( b ) は、スキャナなどで取り込んだ画像や予め C A D 等を用いて作成されたクラックスケール画像 S C を表示する例である。

20

【 0 0 6 6 】

図 7 ( a ) に示すクラックスケール画像 S C は、従来のクラックスケールと同様に、幅寸法が異なる複数の直線 (線画) と、各直線の幅を示す数字とを含む。クラックスケール画像 S C は、表示部 1 8 0 において、クラックスケール表示領域 S A 内に表示される。

【 0 0 6 7 】

( 5 . 2 ) クラックスケール画像の構成例 2

図 7 ( b ) に示すクラックスケール画像 S C には、図 7 ( a ) の構成に加え、クラックスケール画像 S C の表示スケールを拡大する拡大ボタン B 1 と、クラックスケール画像 S C の表示スケールを縮小する縮小ボタン B 2 とが追加されている。具体的には、クラックスケール画像 S C は、クラックスケール画像 S C を元画像サイズの整数倍 (或いは任意倍率) に変更可能である。

30

【 0 0 6 8 】

( 5 . 3 ) クラックスケール画像の構成例 3

図 7 ( c ) は、ソフトウェアによって画素単位で描画された線画を含むクラックスケール画像 S C を表示する例である。

【 0 0 6 9 】

具体的には、図 7 ( c ) に示すクラックスケール画像 S C では、まず線画の線幅がチェックボックスにより選択され、次いで拡大ボタン B 1 及び縮小ボタン B 2 により線幅を画素単位で変更する。

40

【 0 0 7 0 】

図 7 ( c ) に示すクラックスケール画像 S C は、線幅を画素単位で描画するため精度が高い。ただし、画素単位未満の線幅の描画はできないため、チェックボックスによって線幅を切り替えて 1 本ずつ描画する。また、クラック C R を線幅と比較する際に、他の線幅も表示した方がより正確にクラック幅を特定可能となるので、図 7 ( c ) に示すように比較用の線幅を表示してもよい。ここで、1 画素以下での描画を行えないことにより比較用の線幅は表示精度が低下している可能性があるため、その旨を知らせるために、例えば比較用の線幅は異なる色で表示しても良い。

【 0 0 7 1 】

50

なお、ユーザ入力によって、図7(a)～図7(c)の各クラックスケール画像SCを任意に切り替えて使用してもよい。

【0072】

また、図7(a)～図7(c)に示すクラックスケール画像SCにおいて、線画の幅を示す数字が、クラックスケール画像SCが示す実際の長さに相当する。

【0073】

(6)クラックスケール画像操作手順

図8は、クラックスケール画像操作手順を説明するための図である。ここでは、図7(a)に示したクラックスケール画像SCを用いる場合について説明する。

【0074】

(6.1)手順1

まず、図8(a)に示すように、撮像画像P上において、クラックスケール表示領域SAを移動する。その際、例えばマウスカーソルCによってクラックスケール表示領域SAを選択・移動することができる。図8(a)の例では、クラックスケール表示領域SAが、マウスカーソルCを用いて撮像画像Pの右上方向に移動している。

【0075】

(6.2)手順2

次に、図8(b)に示すように、クラックスケール表示領域SA内において、クラックスケール画像SCを回転し、クラックスケール画像SCを撮像画像P中のクラックCRの方向に一致させる。その際、例えばマウスカーソルCによってクラックスケール画像SCを回転することができる。図8(b)の例では、クラックスケール画像SCが、マウスカーソルCを用いて反時計回りに回転している。

【0076】

(6.3)手順3

次に、図8(c)に示すように、クラックスケール表示領域SA内において、クラックスケール画像SCを移動する。すなわち、撮像画像P中のクラックCRの幅に一致するクラックスケール画像SCの線幅を選択する処理である。その際、例えばマウスカーソルCによって、クラックスケール表示領域SA内においてクラックスケール画像SCを移動することができる。

【0077】

なお、図8(b)及び図8(c)の各手順は、逆であってもよく、繰り返してもよい。また、クラックCRは、垂直方向に生じることが多いので、図8(b)の手順を省略しても構わない。

【0078】

(7)画像保存処理

図9は、画像保存処理を説明するための図である。ロボット操作装置100では、図9に示すように、撮像画像P上にクラックスケール画像SCが重ねて表示された状態の画像である合成画像を記録する。

【0079】

図9(a)は、図7(a)に示したクラックスケール画像SCを用いた場合の合成画像を示し、図9(b)は、図7(c)に示したクラックスケール画像SCを用いた場合の合成画像を示している。

【0080】

以下においては、クラックスケール画像SCを用いたクラック幅の計測・保存機能を適宜「クラックスケール機能」という。

【0081】

(8)床下点検システムの概略動作

次に、図10に示すフローチャートを参照して、本実施形態に係る床下点検システムの概略動作について説明する。

【0082】

10

20

30

40

50

ステップS100において、床下点検ロボット200は、前方距離センサを用いて壁面WSとの間の距離を計測する。そして、床下点検ロボット200又はロボット操作装置100は、床下点検ロボット200に設けられたカメラ211の光軸と、壁面WSとのなす角度を算出する。ステップS100の詳細については、第4実施形態において説明する。

【0083】

ステップS200において、床下点検ロボット200又はロボット操作装置100は、ステップS100において得られた距離及び角度に基づき、クラックスケール機能の精度が保証されるか否かを判定する。

【0084】

クラックスケール機能の精度が保証できないと判定された場合、ステップS400に処理が進む。ステップS400において、ロボット操作装置100は、精度が保証できない旨を表示、又はクラックスケール機能を使用不可とする。ステップS400の詳細については、第5実施形態において説明する。

10

【0085】

一方、クラックスケール機能の精度が保証できると判定された場合、ステップS300に処理が進む。ステップS300において、床下点検ロボット200又はロボット操作装置100は、ステップS100において得られた角度に基づき、誤差対応動作を実行する。ステップS300の詳細については、第3実施形態において説明する。

【0086】

ステップS500において、ロボット操作装置100は、クラックスケール画像SCを表示し、クラック幅を計測する。ここで、ロボット操作装置100及び床下点検ロボット200は、撮像画像Pの撮像スケールと、クラックスケール画像SCの表示スケールとを一致させる処理を実行する。当該処理の詳細については、第2実施形態において説明する。

20

【0087】

ステップS600において、ロボット操作装置100は、撮像画像P及びクラックスケール画像SCの合成画像を保存するか否かを判定する。撮像画像P及びクラックスケール画像SCの合成画像を保存すると判定された場合、ステップS700に処理が進む。

【0088】

ステップS700において、ロボット操作装置100は、撮像画像P及びクラックスケール画像SCの合成画像を保存する。

30

【0089】

(9)作用・効果

本実施形態によれば、床下点検ロボット200は、カメラユニット210を具備し、撮像対象物(床下構造物)の表面(壁面WS)を撮像する。ロボット操作装置100は、クラックスケール画像SCを、床下点検ロボット200が撮像した撮像画像P上に重ねて表示する。

【0090】

したがって、撮像画像P中のクラックCR上にクラックスケール画像SCを重ね、撮像画像P中のクラックCRにクラックスケール画像SCを近接させた状態でクラック幅を計測可能となり、計測誤差が低減する。したがって、クラック幅の計測精度を向上させることができる。

40

【0091】

また、本実施形態によれば、ユーザからの入力に応じて、クラックスケール画像SC、及びクラックスケール画像SCが表示される表示領域(表示ウィンドウ)SAを操作可能となり、撮像画像P中のクラックCRに適したクラックスケール画像SCを用いてクラック幅を計測可能となり、クラック幅の計測精度が向上する。また、ユーザの利便性も向上させることができる。

【0092】

本実施形態によれば、撮像画像P上にクラックスケール画像SCが重ねて表示された合

50

成画像のデータを記録するので、精度良く計測されたクラック幅の計測結果が記録可能となり、ユーザの利便性が向上する。また、クラック幅の計測結果を人手によって記録する場合と比較して、記録ミスが生じることを回避できる。

【 0 0 9 3 】

[ 第 2 実施形態 ]

本実施形態では、撮像画像 P の撮像スケールと、クラックスケール画像 S C の表示スケールとを一致させる動作について説明する。当該動作は、図 7 に示したクラックスケール画像 S C に応じて異なったものとなる。

【 0 0 9 4 】

具体的には、図 7 ( a ) 又は図 7 ( b ) に示したクラックスケール画像 S C では、以下の ( A ) 又は ( B ) のいずれかが適用できる。

【 0 0 9 5 】

( A ) クラックスケール画像 S C の表示スケールと撮像画像 P の撮像スケールとが一致するようにクラックスケール画像 S C の表示スケールを調整する。

【 0 0 9 6 】

ここで、表示スケールとは、クラックスケール画像 S C の 1 画素に対する、クラックスケール画像 S C の実際の長さの比である。撮像スケールとは、撮像画像 P の 1 画素に対する、カメラ 2 1 1 が実際に撮像した範囲内における撮像対象物の実際の長さの比である。

【 0 0 9 7 】

( B ) 撮像画像 P の撮像スケールとクラックスケール画像 S C の表示スケールとが一致するように、カメラ 2 1 1 のズーム率を調整する。

【 0 0 9 8 】

一方、図 7 ( c ) に示したクラックスケール画像 S C では、上記 ( B ) のみが適用可能である。

【 0 0 9 9 】

以下においては、図 7 ( a ) 又は図 7 ( b ) に示したクラックスケール画像 S C における上記 ( A ) の動作を「動作パターン 1」と呼ぶ。図 7 ( a ) 又は図 7 ( b ) に示したクラックスケール画像 S C における上記 ( B ) の動作を「動作パターン 2」と呼ぶ。図 7 ( c ) に示したクラックスケール画像 S C における上記 ( B ) の動作を「動作パターン 3」と呼ぶ。

【 0 1 0 0 】

なお、本実施形態において、床下点検口ポット 2 0 0 の制御部 1 3 0、演算部 1 5 0、及び図形描画部 1 6 0 は、表示スケールと撮像スケールとが一致するように、表示スケールを調整する表示スケール調整部を構成する。

【 0 1 0 1 】

また、本実施形態において、床下点検口ポット 2 0 0 の制御部 1 3 0、及び床下点検口ポット 2 0 0 のカメラ制御装置 2 1 6 は、撮像スケールと表示スケールとが一致するように、カメラ 2 1 1 のズーム率を調整するズーム率調整部を構成する。

【 0 1 0 2 】

( 1 ) スケール調整動作

次に、図 1 1 ~ 図 1 4 を参照して、撮像画像 P の撮像スケールと、クラックスケール画像 S C の表示スケールとを一致させる動作について説明する。

【 0 1 0 3 】

具体的な動作説明の前に、図 1 1 を用いて、当該動作において用いられる用語について説明する。

【 0 1 0 4 】

図 1 1 ( a ) に示すように、平面視において、壁面 W S ( 撮像対象物 ) に対し、カメラ 2 1 1 の光軸が直交する場合、撮像画像 P の実横長さ  $W_r$  は、以下のようにして算出される。

$$W_r = 2 L \tan(\theta / 2) \quad \dots (1)$$

10

20

30

40

50

## 【 0 1 0 5 】

ここで、 $\theta$  はカメラ 2 1 1 の水平画角であり、 $L$  はカメラ 2 1 1 と壁面  $W S$  との間の距離である。また、実横長さとは、カメラ 2 1 1 が撮像した範囲内における撮像対象物の実際の長さを意味する（例えば、 $\sim$  mm 等）。

## 【 0 1 0 6 】

なお、距離  $L$  を算出する方法としては、例えばカメラ 2 1 1 のフォーカス値を距離に換算する方法や、光学距離センサを用いる方法がある。フォーカス値を距離に換算する場合、カメラ 2 1 1 が実際に撮像する対象物のフォーカスが合っている点までの距離  $L$  を確実に求めることができる。

## 【 0 1 0 7 】

図 1 1 ( b ) に示すように、撮像スケール  $S 1$  を、撮像画像  $P$  の 1 画素あたりの実長さ  $W_r$  とすると、

$$S 1 = W_r / W_p \quad \dots ( 2 )$$

となる。ここで、 $W_r$  は撮像画像  $P$  の横実長さであり、 $W_p$  は撮像画像  $P$  の横画素数である。同様にして、縦方向においても撮像スケール  $S 1$  を算出可能である。この場合、撮像画像  $P$  の縦実長さ  $H_r$  と、撮像画像  $P$  の縦画素数  $H_p$  によって撮像スケール  $S 1$  が算出される。

## 【 0 1 0 8 】

図 1 1 ( c ) に示すように、図 7 ( a ) 又は図 7 ( b ) に示したクラックスケール画像  $S C$  においては、表示スケール  $S 2$  は、

$$S 2 = ( 1 / R ) \cdot ( D_r / D_p ) \quad \dots ( 3 )$$

となる。ここで、 $R$  はクラックスケール画像  $S C$  表示時の拡大倍率であり、 $D_r$  はクラックスケール画像  $S C$  の実横長さであり、 $D_p$  はクラックスケール画像  $S C$  の横画素数である。なお、 $D_r / D_p$  は、クラックスケール画像  $S C$  毎に定まる固定値である。

## 【 0 1 0 9 】

図 1 1 ( d ) に示すように、図 7 ( c ) に示したクラックスケール画像  $S C$  においては、表示スケール  $S 2$  は、

$$S 2 = d_r / d_p \quad \dots ( 4 )$$

となる。ここで、 $d_r$  はクラックスケール画像描画線幅  $L 1$  の実長さであり、 $d_p$  はクラックスケール画像描画線幅  $L 1$  の画素数である。なお、図 7 ( c ) に示したクラックスケール画像  $S C$  では、 $d_r$  をチェックボックスを選択することで固定し、 $d_p$  を拡大・縮小ボタンで変化させることになる。

## 【 0 1 1 0 】

## ( 1 . 1 ) 動作パターン 1

次に、図 1 2 のフローチャートを参照して、上述した動作パターン 1 について説明する。

## 【 0 1 1 1 】

ステップ  $S 5 1 1$  において、ロボット操作装置 1 0 0 は、カメラ 2 1 1 のズーム率を任意に設定する。

## 【 0 1 1 2 】

ステップ  $S 5 1 2$  において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ  $S 5 1 1$  において設定されたズーム率により現水平画角  $\theta$  を算出する。

## 【 0 1 1 3 】

ステップ  $S 5 1 3$  において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ  $S 5 1 2$  において算出された水平画角  $\theta$  と、距離  $L$  から、式 ( 1 ) に従って撮像画像  $P$  の実横長さ  $W_r$  を算出する。

## 【 0 1 1 4 】

ステップ  $S 5 1 4$  において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ  $S 5 1 3$  において算出された実横長さ  $W_r$  と、撮像画像  $P$  の横画素数  $D_p$  とから、式 ( 2 ) に従って撮像スケール  $S 1$  を算出する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 5 】

ステップ S 5 1 5 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ S 5 1 4 において算出された撮像スケール S 1 と、クラックスケール画像 S C の横実長さ D<sub>r</sub>、クラックスケール画像 S C の横画素数 D<sub>p</sub> とから、クラックスケール画像 S C 表示時の拡大倍率 R を算出する。

## 【 0 1 1 6 】

具体的には、撮像画像 P の撮像スケール S 1 とクラックスケール画像 S C の表示スケール S 2 とが等しい場合、式 ( 2 ) 及び式 ( 3 ) より、

$$W_r / W_p = ( 1 / R ) \cdot ( D_r / D_p )$$

$$R = ( W_p / W_r ) \cdot ( D_r / D_p ) \quad \dots ( 5 )$$

が成り立つ。よって、式 ( 5 ) より、クラックスケール画像 S C 表示時の拡大倍率 R を算出することができる。

10

## 【 0 1 1 7 】

ステップ S 5 1 6 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ S 5 1 5 において算出された拡大倍率 R に応じて、クラックスケール画像 S C を拡大又は縮小する。

## 【 0 1 1 8 】

( 1 . 2 ) 動作パターン 2

次に、図 1 3 のフローチャートを参照して、上述した動作パターン 2 について説明する。

## 【 0 1 1 9 】

ステップ S 5 2 1 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、クラックスケール画像 S C 表示時の拡大倍率 R を任意に設定する。

20

## 【 0 1 2 0 】

ステップ S 5 2 2 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ S 5 2 1 において設定された拡大倍率 R に基づき、クラックスケール画像 S C を拡大又は縮小する。

## 【 0 1 2 1 】

ステップ S 5 2 3 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、拡大倍率 R と、クラックスケール画像 S C の横実長さ D<sub>r</sub> と、クラックスケール画像 S C の横画素数 D<sub>p</sub> と、撮像画像 P の横画素数 W<sub>p</sub> とにより、撮像画像 P の実横長さ W<sub>r</sub> を算出する。

## 【 0 1 2 2 】

具体的には、撮像画像 P の撮像スケール S 1 とクラックスケール画像 S C の表示スケール S 2 とが等しい場合、実横長さ W<sub>r</sub> は、式 ( 2 ) 及び式 ( 3 ) より、

$$W_r / W_p = ( 1 / R ) \cdot ( D_r / D_p )$$

$$W_r = W_p \cdot ( 1 / R ) \cdot ( D_r / D_p ) \quad ( R = 1 , 2 , 3 , \dots ) \quad \dots ( 6 )$$

となる。よって、式 ( 6 ) より、実横長さ W<sub>r</sub> を算出することができる。

30

## 【 0 1 2 3 】

ステップ S 5 2 4 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、距離 L、実横長さ W<sub>r</sub> より、カメラ 2 1 1 の水平画角  $\theta$  を算出する。具体的には、水平画角  $\theta$  は、式 ( 1 ) より、

$$\theta = 2 \tan^{-1} \{ ( 1 / 2 L ) \cdot W_r \} \quad \dots ( 7 )$$

となる。式 ( 7 ) より、水平画角  $\theta$  を算出することができる。

40

## 【 0 1 2 4 】

ステップ S 5 2 5 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ S 5 2 4 において算出された水平画角  $\theta$  より、カメラ 2 1 1 のズーム率を算出する。

## 【 0 1 2 5 】

ステップ S 5 2 6 において、ロボット操作装置 1 0 0 及び床下点検ロボット 2 0 0 は、ステップ S 5 2 5 において算出されたズーム率に基づき、カメラ 2 1 1 のズーム率を自動制御する。

## 【 0 1 2 6 】

( 1 . 3 ) 動作パターン 3

50

次に、図 14 のフローチャートを参照して、上述した動作パターン 3 について説明する。

【 0 1 2 7 】

ステップ S 5 3 1 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、クラックスケール描画線幅 L 1 の実長さ  $d_r$  を任意に設定する。

【 0 1 2 8 】

ステップ S 5 3 2 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、クラックスケール描画線幅 L 1 の画素数  $d_p$  を任意に設定する。

【 0 1 2 9 】

ステップ S 5 3 3 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、クラックスケール描画線幅 L 1 の画素数  $d_p$  の線幅にてクラックスケールを描画する。

10

【 0 1 3 0 】

ステップ S 5 3 4 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、実長さ  $d_r$ 、画素数  $d_p$ 、横画素数  $W_p$  より、実横長さ  $W_r$  を算出する。

【 0 1 3 1 】

具体的には、撮像画像 P の撮像スケール S 1 とクラックスケール画像 S C の表示スケール S 2 とが等しい場合、実横長さ  $W_r$  は、式 ( 2 ) 及び式 ( 4 ) より、

$$W_r / W_p = d_r / d_p$$

$$W_r = W_p \cdot ( d_r / d_p ) \quad \dots ( 8 )$$

となる。よって、式 ( 8 ) より、実横長さ  $W_r$  を算出することができる。

20

【 0 1 3 2 】

ステップ S 5 3 5 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、距離 L、実横長さ  $W_r$  より、式 ( 7 ) に従ってカメラ 2 1 1 の水平画角 を算出する。

【 0 1 3 3 】

ステップ S 5 3 6 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ S 5 3 5 において算出された水平画角 より、カメラ 2 1 1 のズーム率を算出する。

【 0 1 3 4 】

ステップ S 5 3 7 において、ロボット操作装置 1 0 0 は、ステップ S 5 3 6 において算出されたズーム率に基づき、カメラ 2 1 1 のズーム率を自動制御する。

【 0 1 3 5 】

30

( 2 ) 作用・効果

本実施形態によれば、表示スケールと撮像スケールとが一致するように、表示スケールを調整するので、クラックスケール画像 S C を撮像スケールと同一スケールの表示スケールとすることができ、クラック幅の計測精度が向上する。

【 0 1 3 6 】

また、本実施形態によれば 撮像スケールと表示スケールとが一致するように、カメラ 2 1 1 のズーム率を調整するので、表示スケールと同一スケールの撮像スケールとすることができ、クラック幅の計測精度が向上する。

【 0 1 3 7 】

さらに、クラックスケール画像 S C の表示の際、表示画素数が元画像の画素数よりもかなり小さいと精度が落ちる一方、元画像の画素数での表示が最も精度が良く、元画像の画素数の整数倍でも精度は保たれる。このため、クラックスケール画像 S C を元画像の画素数の整数倍で表示させ、その表示スケールと撮像スケールとを合わせるようにズーム率を調整することで、クラック幅の計測精度がより向上する。

40

【 0 1 3 8 】

ただし、光学ズームを利用する場合には、図 7 ( b ) 及び ( c ) の動作パターン 2 及び 3 において表示スケールと撮像スケールとを合わせるようにズーム率を調整する際、最大光学ズーム倍率を超える場合もあり得る。その場合、光学ズームの不足分を補うようにデジタルズームを併用しても良い。また、撮像対象物までの距離が近いなどの理由により、光学ズームでズームアップした際にフォーカスが合わなくなる場合もある。その際は、光

50

学ズームにてフォーカスが合う所までズームアップし、それ以降はデジタルズームを用いても良い。

【0139】

[第3実施形態]

本実施形態では、図10のステップS300の詳細な処理内容、具体的には、クラックスケール機能の精度が不十分である場合のクラック幅の誤差対応動作について説明する。

【0140】

図15(a)に示すように、平面視において、カメラ211の光軸と壁面WSとのなす角度 $\theta_p$ が $\theta_a/2$ でない場合、図15(b)に示すように、 $A(1 - \sin \theta_p)$ の誤差、つまり、 $(1 - \sin \theta_p) \times 100\%$ の誤差が生じる。

10

【0141】

そこで、カメラ211の光軸と壁面WSとのなす角度 $\theta_p$ が許容角度 $\theta_a$ 未満の場合には、誤差対応動作が実行される。例えば、クラック幅の誤差を5%許容する場合、 $\theta_a$ は、 $\sin^{-1}(0.95)$ 、つまり $71.8[\text{deg}]$ となる。なお、壁の強度の観点から、クラック幅の誤差許容範囲が定められる。

【0142】

誤差対応動作としては、以下の(A)及び(B)のいずれかが適用される。

【0143】

(A)カメラ211の光軸と壁面WSとのなす角度が許容範囲内となるように、床下点検口ポット200を移動する(動作パターン1)。

20

【0144】

(B)カメラ211の光軸が壁面WSに正対するように撮像画像Pを補正する(動作パターン2)。

【0145】

なお、本実施形態において、床下点検口ポット200のカメラ制御装置216と、ロボット操作装置100の制御部130とは、カメラ211の光軸と、撮像対象物(壁面WS)とのなす角度を計測する角度計測部として機能する。

【0146】

また、本実施形態において、床下点検口ポット200の移動制御装置250及びカメラ制御装置216と、ロボット操作装置100の制御部130とは、角度計測部によって計測された角度に応じて、カメラ211の光軸が撮像対象物(壁面WS)表面の法線方向に一致するように床下点検口ポット200を制御する移動体制御部として機能する。

30

【0147】

(1)誤差対応動作

次に、図16~図19を参照して、誤差対応動作の動作パターン1及び動作パターン2について説明する。

【0148】

(1.1)動作パターン1

図16は、誤差対応動作の動作パターン1を説明するための概念図である。

【0149】

図16(a)に示すように、平面視において、カメラ211の光軸と壁面WSとのなす角度 $\theta_p$ が許容角度範囲( $\theta_a - \theta_p$   $\theta_a$ )に収まっていない場合、図16(b)に示すように、角度 $\theta_p$ が許容角度範囲に収まるように、床下点検口ポット200を移動させる。ここで、床下点検口ポット200は、カメラ211をパン方向に回動させることによって、カメラ211の光軸を常に撮像点Pに合わせることができる。

40

【0150】

また、床下点検口ポット200の車体自体は壁面WSに正対する必要はなく、カメラ211の光軸が壁面WSと直交(壁面WSの法線方向に一致)すればよい。なお、チルト方向の誤差については対応できないが、クラックCRは垂直方向に沿って生じることが一般的であり、大きな支障はない。

50

## 【 0 1 5 1 】

図 1 7 は、誤差対応動作の動作パターン 1 の手順を示すフローチャートである。

## 【 0 1 5 2 】

ステップ S 3 1 1 において、床下点検ロボット 2 0 0 及びロボット操作装置 1 0 0 は、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度  $\theta_p$  が許容角度範囲 ( $\theta_a - \theta_p - \theta_a$ ) に収まっているか否かを判定する。角度  $\theta_p$  が許容角度範囲に収まっていないと判定された場合、ステップ S 3 1 2 に処理が進む。

## 【 0 1 5 3 】

ステップ S 3 1 2 において、床下点検ロボット 2 0 0 及びロボット操作装置 1 0 0 は、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度  $\theta_p$  が許容角度範囲 ( $\theta_a - \theta_p - \theta_a$ ) に収まるよう、床下点検ロボット 2 0 0 の移動を制御する。

10

## 【 0 1 5 4 】

( 1 . 2 ) 動作パターン 2

図 1 8 は、誤差対応動作の動作パターン 2 を説明するための概念図である。

## 【 0 1 5 5 】

図 1 8 に示すように、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度  $\theta_p$  が許容角度範囲 ( $\theta_a - \theta_p - \theta_a$ ) に収まっていない場合、床下点検ロボット 2 0 0 又はロボット操作装置 1 0 0 は、画像処理技術によって、撮像画像 P を補正する。具体的には、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とが直交する場合の撮像画像 P となるように補正される。

## 【 0 1 5 6 】

20

図 1 9 は、誤差対応動作の動作パターン 2 の手順を示すフローチャートである。

## 【 0 1 5 7 】

ステップ S 3 2 1 において、床下点検ロボット 2 0 0 及びロボット操作装置 1 0 0 は、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度  $\theta_p$  が許容角度範囲 ( $\theta_a - \theta_p - \theta_a$ ) に収まっているか否かを判定する。角度  $\theta_p$  が許容角度範囲に収まっていないと判定された場合、ステップ S 3 2 2 に処理が進む。

## 【 0 1 5 8 】

ステップ S 3 2 2 において、床下点検ロボット 2 0 0 及びロボット操作装置 1 0 0 は、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度  $\theta_p$  が許容角度範囲に収まるよう、撮像画像 P を補正する。

30

## 【 0 1 5 9 】

( 2 ) 作用・効果

本実施形態によれば、カメラ 2 1 1 の光軸が撮像対象物 ( 壁面 W S ) 表面の法線方向に一致するように床下点検ロボット 2 0 0 を制御するので、計測誤差が低減し、クラック幅の計測精度が向上する。

## 【 0 1 6 0 】

また、本実施形態によれば、カメラ 2 1 1 の光軸が撮像対象物 ( 壁面 W S ) に正対するように撮像画像 P を補正するので、計測誤差が低減し、クラック幅の計測精度が向上する。

## 【 0 1 6 1 】

40

[ 第 4 実施形態 ]

本実施形態では、図 1 0 のステップ S 1 0 0 の詳細な処理内容、具体的には、カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度  $\theta_p$  ( 以下、適宜「傾斜角」という ) の算出動作について説明する。

## 【 0 1 6 2 】

( 1 ) 傾斜角算出動作

次に、図 2 0 ~ 図 2 5 を参照して、傾斜角算出動作の動作パターン 1 ~ 3 について説明する。

## 【 0 1 6 3 】

( 1 . 1 ) 動作パターン 1

50

図20は、傾斜角算出動作の動作パターン1を説明するための概念図である。

【0164】

動作パターン1では、カメラ211のフォーカス値を、壁面WSとの距離に換算する。あるいは、カメラ211とともに移動する距離センサを用いて壁面WSとの距離を計測してもよい。

【0165】

また、床下点検ロボット200は、カメラ211をパン方向に回転することによって、クラックCRが存在する撮像点Pの方向を含む複数の方向に対して距離計測を行う。図20(a)及び図20(b)の例では、3方向に対して距離計測が行われている。

【0166】

図20(c)の側面視において、カメラチルト角度  $\theta_t$ 、チルト方向の傾斜角  $\theta_t$  には、以下の関係が成り立つ。

$$\theta_t = (\theta / 2) - \theta_t \quad \dots (9)$$

【0167】

また、壁面WSとの投影距離  $l_n$  は、

$$l_n = r_n \cos \theta_t \quad \dots (10)$$

によって算出される。 $l_n$  と  $p_n$  によって  $p$  が算出される。

【0168】

図21は、傾斜角算出動作の動作パターン1の手順を示すフローチャートである。

【0169】

ステップS111において、床下点検ロボット200は、カメラ211中心からクラックCRまでの距離を計測するとともに、その時点におけるカメラ211のパン角度及びチルト角度(A)を記録する。

【0170】

ステップS112において、床下点検ロボット200は、カメラ211をパン方向に回転し、ステップS111と異なる方向に対して、カメラ211中心からクラックCRまでの距離を計測するとともに、その時点におけるカメラ211のパン角度及びチルト角度(B)を記録する。

【0171】

ステップS113において、床下点検ロボット200は、ステップS111において計測した距離及び記録されたパン角度及びチルト角度(A)と、ステップS112において計測した距離及び記録されたパン角度及びチルト角度(B)とに基づき、傾斜角を算出する。

【0172】

ステップS114において、床下点検ロボット200は、車体の進行方向F(図20(a)参照)に対する壁面WSの傾斜角と、ステップS111において記録されたパン角度及びチルト角度(A)より、カメラ211の光軸に対する壁面WSの傾斜角を算出する。

【0173】

(1.2) 動作パターン2

図22は、傾斜角算出動作の動作パターン2を説明するための概念図である。

【0174】

動作パターン2では、まず、床下点検ロボット200の車体前端の両側部に配置された距離センサSR, SLを用いて、床下点検ロボット200の車体進行方向Fに対する壁面WSの傾斜角を計測する。

【0175】

具体的には、車体進行方向Fに対する壁面WSの傾斜角  $\theta$  は、図22の平面視において、

$$\theta = \tan^{-1} \{ W / (l_r - l_l) \} \quad \dots (11)$$

により算出される。

【0176】

10

20

30

40

50

次いで、クラック撮像時のカメラ 2 1 1 のパン・チルト角度より、カメラ 2 1 1 の光軸に対する壁面 W S の傾斜角が算出される。傾斜角  $\rho$  は、式 ( 1 1 ) の  $\rho$  を用いて、

$$\rho = \rho - \rho \quad \dots ( 1 2 )$$

となる。その他の動作は、動作パターン 1 と同様である。

【 0 1 7 7 】

図 2 3 は、傾斜角算出動作の動作パターン 2 の手順を示すフローチャートである。

【 0 1 7 8 】

ステップ S 1 2 1 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、クラック C R 撮像時のカメラ 2 1 1 のパン角度及びチルト角度を記録する。

【 0 1 7 9 】

ステップ S 1 2 2 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、距離センサ S R , S L を用いて、壁面 W S までの距離を計測する。

【 0 1 8 0 】

ステップ S 1 2 3 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、ステップ S 1 2 2 において計測された各距離計測結果より、車体に対する壁面 W S の傾斜角を算出する。

【 0 1 8 1 】

ステップ S 1 2 4 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、ステップ S 1 2 3 において算出された車体に対する壁面 W S の傾斜角と、ステップ S 1 2 1 において記録したカメラ 2 1 1 のパン・チルト角度とによって、カメラ 2 1 1 の光軸に対する壁面 W S の傾斜角を算出する。

【 0 1 8 2 】

( 1 . 3 ) 動作パターン 3

図 2 4 は、傾斜角算出動作の動作パターン 3 を説明するための概念図である。

【 0 1 8 3 】

動作パターン 3 では、床下点検ロボット 2 0 0 は、距離センサ S R , S L の一方のみを使用する。床下点検ロボット 2 0 0 は、車体をその場旋回して、クラック C R の方向を含む複数の方向に対して距離を計測することで、車体に対する壁面 W S の傾斜角を算出する。

【 0 1 8 4 】

そして、床下点検ロボット 2 0 0 は、クラック撮像時のカメラ 2 1 1 のパン・チルト角度より、カメラ 2 1 1 の光軸に対する壁面 W S の傾斜角を算出する。

【 0 1 8 5 】

図 2 4 の平面視において、車体旋回方向中心から距離センサ測定点へのベクトル  $b_n$  は、

$$b_n = a + l_n \quad \dots ( 1 3 )$$

によって算出される。

【 0 1 8 6 】

また、動作パターン 1 における  $\rho_n$  を  $\rho$  に置き換え、動作パターン 1 における  $l_n$  を  $|b_n|$  に置き換えると、動作パターン 1 と同様にして、傾斜角  $\rho$  が算出可能となる。

【 0 1 8 7 】

図 2 5 は、傾斜角算出動作の動作パターン 3 の手順を示すフローチャートである。

【 0 1 8 8 】

ステップ S 1 3 1 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、クラック撮像時におけるカメラ 2 1 1 のパン角度及びチルト角度 ( A ) を記録する。

【 0 1 8 9 】

ステップ S 1 3 2 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、距離センサを用いて、車体中心から壁面 W S までの距離を計測する。

【 0 1 9 0 】

ステップ S 1 3 3 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、車体をその場旋回させて距離

10

20

30

40

50

を計測し、その時点におけるカメラ 2 1 1 のパン角度及びチルト角度 ( B ) を記録する。

【 0 1 9 1 】

ステップ S 1 3 4 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、計測した距離及び記録されたパン角度及びチルト角度 ( A ) , ( B ) より、車体に対する壁面 W S の傾斜角を算出する。

【 0 1 9 2 】

ステップ S 1 2 4 において、床下点検ロボット 2 0 0 は、車体に対する壁面 W S の傾斜角、及び記録されたパン角度及びチルト角度 ( A ) より、カメラ 2 1 1 の光軸に対する壁面 W S の傾斜角を算出する。

【 0 1 9 3 】

( 3 ) 作用・効果

本実施形態によれば、カメラ 2 1 1 のフォーカス値や、距離センサ S R , S L、カメラ 2 1 1 のパン・チルト角度を用いて、カメラ 2 1 1 の光軸に対する壁面 W S の傾斜角を精度良く算出することができる。

【 0 1 9 4 】

[ 第 5 実施形態 ]

本実施形態では、図 1 0 のステップ S 4 0 0 の詳細な処理内容、具体的には、クラックスケール機能の精度を保証できない場合の動作について説明する。

【 0 1 9 5 】

表示されるクラックスケール画像 S C の精度が保証できない場合として、以下の ( A ) 及び ( B ) の 2 種類がある。

【 0 1 9 6 】

( A ) 壁面 W S までの距離がある一定以上遠い場合、カメラ 2 1 1 のフォーカス値から換算した距離の誤差が大きくなり、また距離センサ S R , S L の計測誤差も大きくなる。

【 0 1 9 7 】

( B ) カメラ 2 1 1 の光軸と壁面 W S とのなす角度が小さいと、撮像画像 P 中のクラック C R が小さく表示され、クラック C R に相当する画素数が減少し、画素数が減少することで補正前画像中のクラックの表示精度が低下するため、撮像画像 P を精度良く補正することができなくなる。

【 0 1 9 8 】

したがって、このような場合には、その旨を表示する、又はクラックスケール機能を停止することによって、クラック幅の計測が高精度であることを保証することができる。

【 0 1 9 9 】

[ その他の実施形態 ]

上記のように、本発明は第 1 ~ 第 5 実施形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が明らかとなる。

【 0 2 0 0 】

上述した実施形態では、クローラを備える床下点検ロボット 2 0 0 について説明したが、クローラを備えず、車輪によって走行する車両型の移動体であってもよい。

【 0 2 0 1 】

上述した実施形態では、基礎の壁面 W S に生じたクラックの幅の計測について主に説明したが、基礎に限らず、配管、ケーブル・パイプ、束基礎などに生じたクラックの幅を計測してもよい。

【 0 2 0 2 】

なお、床下の点検に限定されるものではなく、例えば建造物の天井裏等であっても適用可能であることは勿論である。更には、原子力発電所の内部や、地中設備の中、地中の土管の中など、人が入るのが困難なところ、あるいは人が入れないところの点検にも適用可能である。

【 0 2 0 3 】

10

20

30

40

50

さらに、床下点検ロボット 200 とロボット操作装置 100 が有線通信可能であってもよい。

【0204】

また、図 7 に示したクラックスケール画像 SC に限らず、物差し状の画像を計測用画像として用いてもよい。具体的には、図 6 (a) 中の範囲 “M” に示すような物差しを画像として表示した物差し状の画像を用いることができる。この場合、線画の間隔（距離）が、計測用画像が示す実際の長さに相当する。

【0205】

上述した各実施形態で説明した各処理・手順において、床下点検ロボット 200 が実行すると説明した各処理・手順をロボット操作装置 100 が実行してもよく、ロボット操作装置 100 が実行すると説明した各処理・手順を床下点検ロボット 200 が実行してもよい。

【0206】

なお、上述した各実施形態で説明した各処理・手順をコンピュータプログラムとして実装し、PC 等を実行させることが可能である。

【0207】

このように本発明は、ここでは記載していない様々な実施形態等を包含するということが理解すべきである。したがって、本発明はこの開示から妥当な特許請求の範囲の発明特定事項によってのみ限定されるものである。

【図面の簡単な説明】

【0208】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る床下点検システムの概略構成図である。

【図 2】床下空間内の環境の一例について説明する。

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る床下点検ロボットの機能ブロック構成図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態に係るロボット操作装置の機能ブロック構成図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態に係るロボット操作装置の表示部における表示画面構成の一例を示す図である。

【図 6】計測器具としてのクラックスケールを示す図である。

【図 7】本発明の第 1 実施形態に係るクラックスケール画像の構成例（種別）を示す図である。

【図 8】本発明の第 1 実施形態に係るクラックスケール画像操作手順を説明するための図である。

【図 9】本発明の第 1 実施形態に係る画像保存処理を説明するための図である。

【図 10】本発明の第 1 実施形態に係る床下点検システムの概略動作について説明するフローチャート。

【図 11】本発明の第 2 実施形態に係るスケール調整動作において用いられる用語について説明するための図である。

【図 12】本発明の第 2 実施形態に係るスケール調整動作の動作パターン 1 を示すフローチャートである。

【図 13】本発明の第 2 実施形態に係るスケール調整動作の動作パターン 2 を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の第 2 実施形態に係るスケール調整動作の動作パターン 3 を示すフローチャートである。

【図 15】本発明の第 3 実施形態に係る誤差対応動作を説明する概念図である。

【図 16】本発明の第 3 実施形態に係る誤差対応動作の動作パターン 1 を説明するための概念図である。

【図 17】本発明の第 3 実施形態に係る誤差対応動作の動作パターン 1 の手順を示すフローチャートである。

【図 18】本発明の第 3 実施形態に係る誤差対応動作の動作パターン 2 を説明するための概念図である。

10

20

30

40

50

【図19】本発明の第3実施形態に係る誤差対応動作の動作パターン2の手順を示すフローチャートである。

【図20】本発明の第4実施形態に係る傾斜角算出動作の動作パターン1を説明するための概念図である。

【図21】本発明の第4実施形態に係る傾斜角算出動作の動作パターン1の手順を示すフローチャートである。

【図22】本発明の第4実施形態に係る傾斜角算出動作の動作パターン2を説明するための概念図である。

【図23】本発明の第4実施形態に係る傾斜角算出動作の動作パターン2の手順を示すフローチャートである。

【図24】本発明の第4実施形態に係る傾斜角算出動作の動作パターン3を説明するための概念図である。

【図25】本発明の第4実施形態に係る傾斜角算出動作の動作パターン3の手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

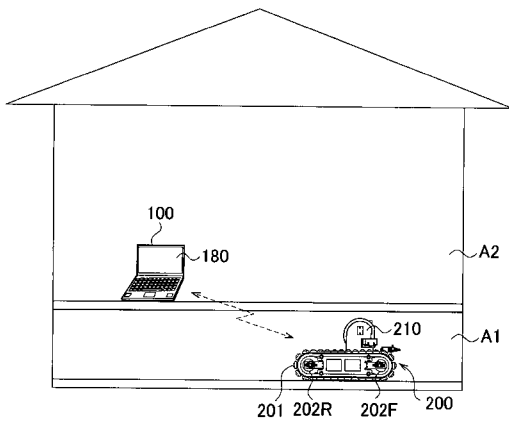
【0209】

100...ロボット操作装置、110...通信装置、120...入力部、130...制御部、140...記憶部、150...演算部、160...図形描画部、170...画像合成部、180...表示部、200...床下点検口ロボット、201...クローラ、202F...前輪、202R...後輪、210...カメラユニット、211...カメラ、212...パン用モータ、213...チルト用モータ、214...ズーム機構、215...フォーカス機構、216...カメラ制御装置、220...通信装置、230...センサ部、240...走行用モータ、250...移動制御装置、260...電源装置

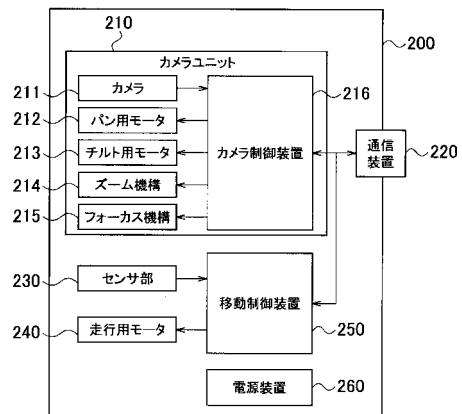
10

20

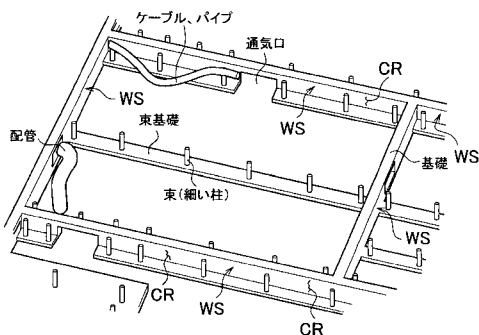
【図1】



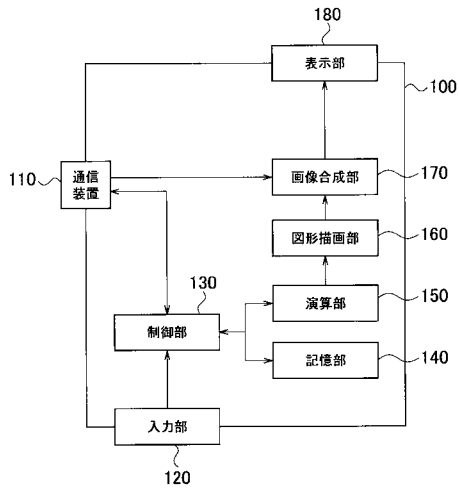
【図3】



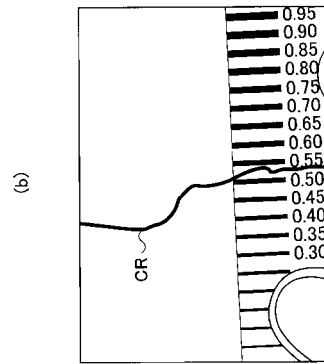
【図2】



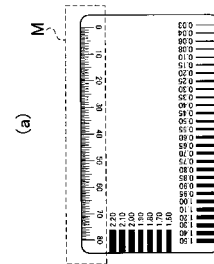
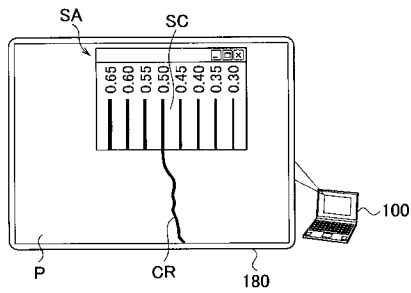
【図4】



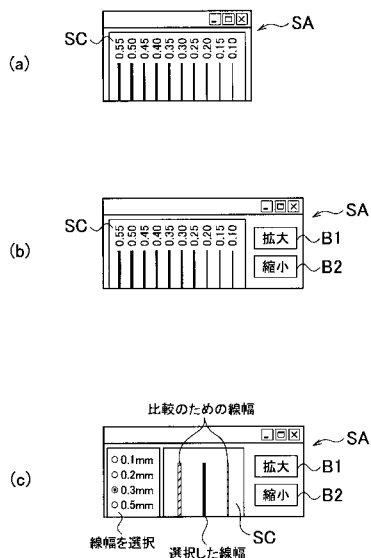
【図6】



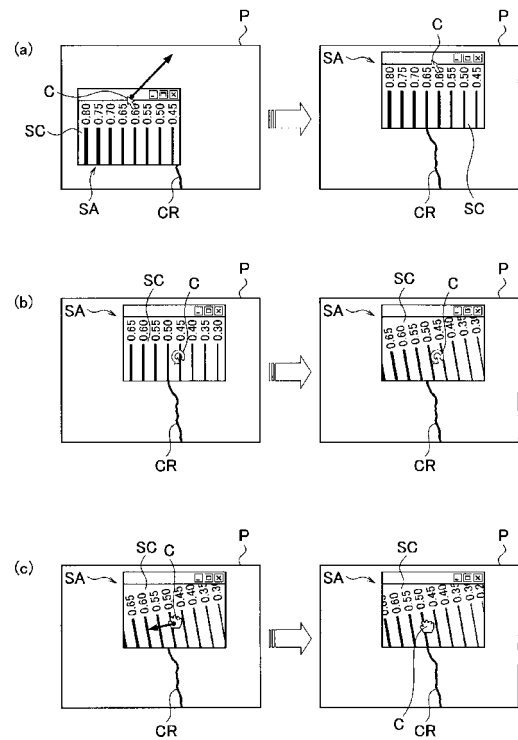
【図5】



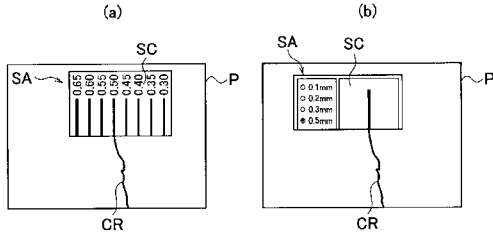
【図7】



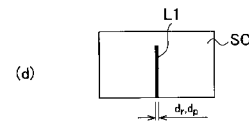
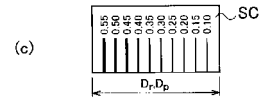
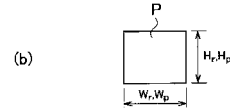
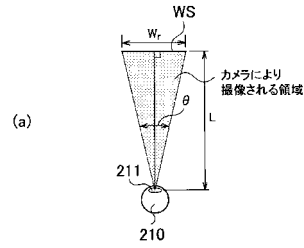
【図8】



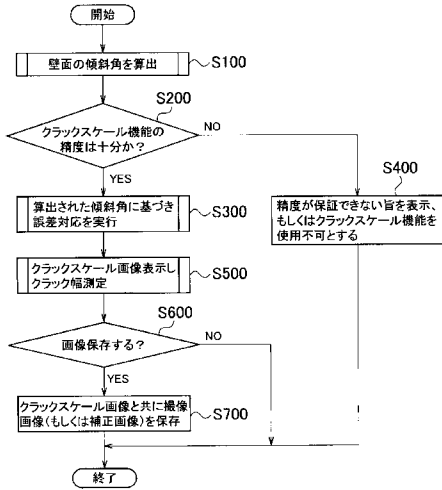
【図9】



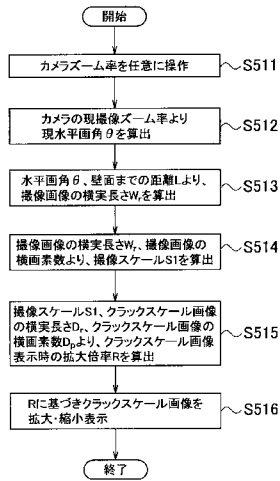
【図11】



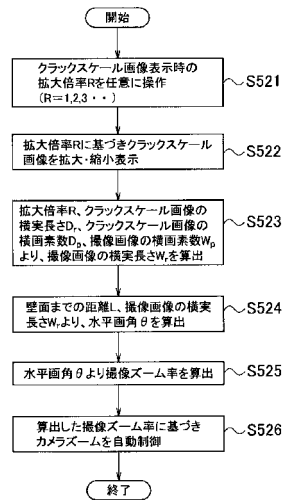
【図10】



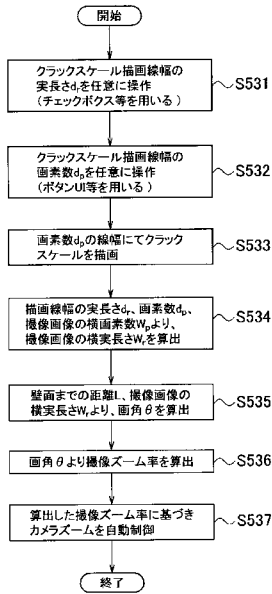
【図12】



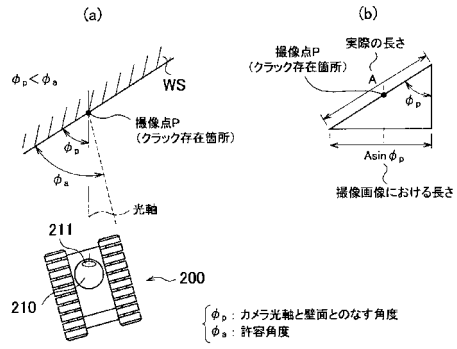
【図13】



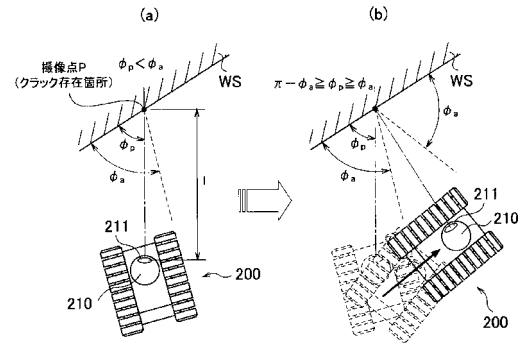
【図14】



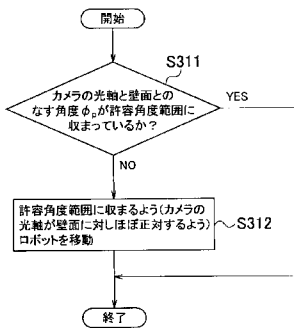
【図15】



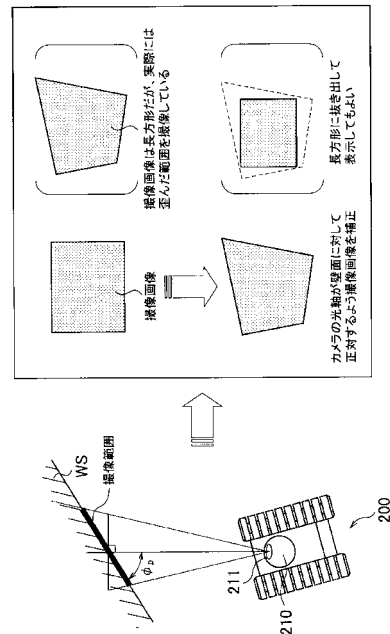
【図16】



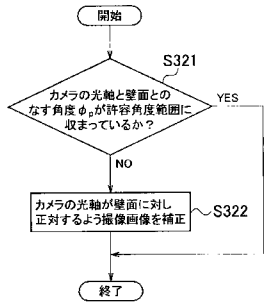
【図17】



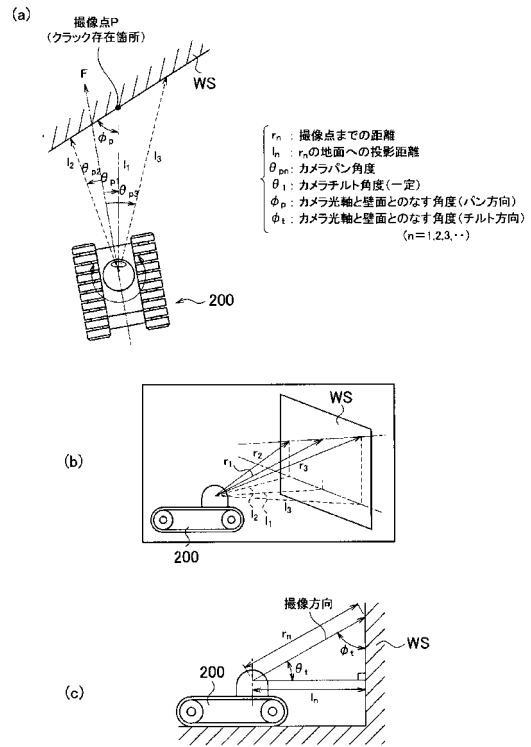
【図18】



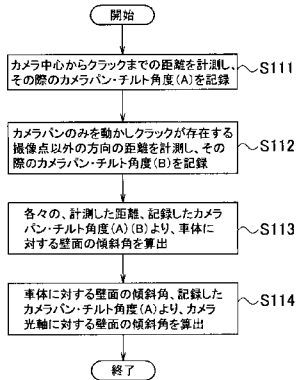
【図19】



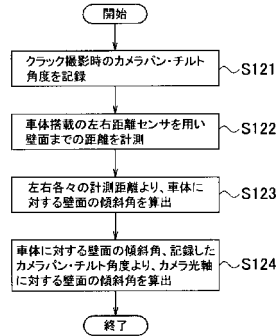
【図20】



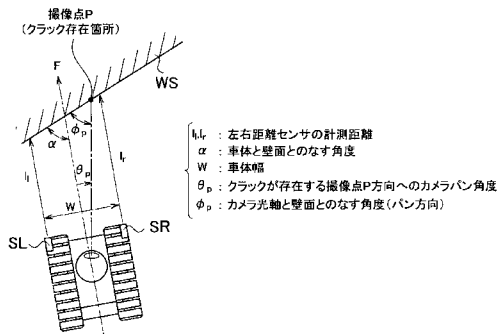
【図21】



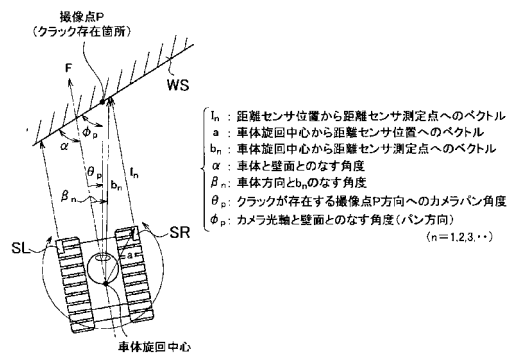
【図23】



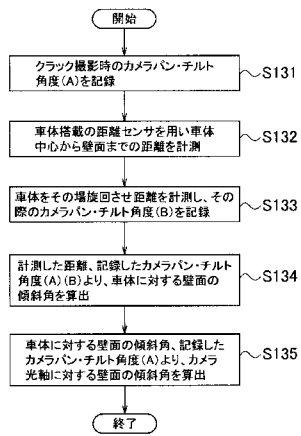
【図22】



【図24】



【図 25】



## フロントページの続き

- (72)発明者 東條 直人  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
- (72)発明者 村上 誠治  
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

審査官 有家 秀郎

- (56)参考文献 特開平5 - 87534 (JP, A)  
特開平3 - 13805 (JP, A)  
特開平7 - 55426 (JP, A)  
特開平1 - 195351 (JP, A)  
特開2001 - 280960 (JP, A)  
特開2003 - 214827 (JP, A)  
特開平1 - 291382 (JP, A)  
特開2005 - 310044 (JP, A)  
特開2002 - 162361 (JP, A)  
特開平4 - 105005 (JP, A)  
特開昭63 - 307305 (JP, A)  
特開平10 - 281728 (JP, A)  
特開2001 - 359126 (JP, A)  
特開2007 - 147506 (JP, A)  
岡林隆敏, "高解像度デジタルカメラによるコンクリートのクラック幅検出法", 長崎大学工学部研究報告, 2003年 7月, 第33巻第61号, 第143 - 147頁

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B 11/00 - 11/30