

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年12月2日(02.12.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/241535 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/88 (2006.01) *G01N 22/02* (2006.01)
G01N 21/3581 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/019702
- (22) 国際出願日: 2021年5月25日(25.05.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-094327 2020年5月29日(29.05.2020) JP
- (71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目2番30号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 笠松 直史 (KASAMATSU, Tadashi); 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島57番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP). 與那覇 誠(YONAH, Makoto); 〒1068620

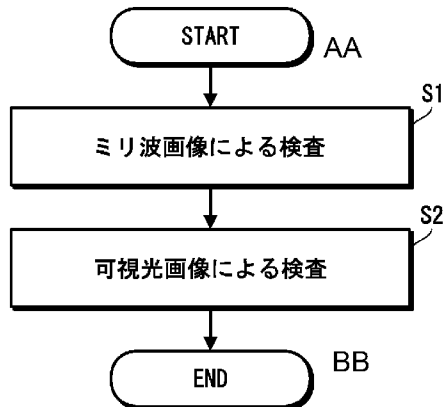
東京都港区西麻布2丁目2番30号 富士フイルム株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 那緒子 (YOSHIDA, Naoko); 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 松浦 憲三 (MATSUURA, Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: STRUCTURE INSPECTION METHOD AND INSPECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 構造物の検査方法及び検査システム



S1 Inspection using millimeter wave image
S2 Inspection using visible light image
AA START
BB END

(57) Abstract: Provided is a structure inspection method and inspection system capable of efficiently inspecting a structure and performing accurate deterioration prediction. This structure inspection method comprises: a step for acquiring information on an internal damage-containing portion in a region to be inspected; and a step for imaging the region to be inspected using a visible light camera a plurality of times while changing the imaged portion, wherein portions other than the internal damage-containing portion are imaged at a first pixel resolution and the internal damage-containing portion is imaged at a second pixel resolution higher than the first pixel resolution. On the basis of the visible light images captured using the visible light camera, a damage appearing on a surface of the structure is detected. The information on the internal damage-containing portion in the region to be inspected is acquired by capturing images of the region to be inspected in which the internal state of the region to be inspected is visualized.

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 構造物を効率よく検査して、精度の高い劣化予測を行うことができる構造物の検査方法及び検査システムを提供する。検査対象領域内で内部に損傷を有する箇所情報を取得するステップと、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップであって、内部に損傷を有する箇所以外は第1の画素分解能で撮影し、内部に損傷を有する箇所は、第1の画素分解能よりも高い第2の画素分解能で撮影するステップと、を含む。可視光カメラで撮影された可視光画像に基づいて、構造物の表面に現れた損傷を検出する。検査対象領域内で内部に損傷を有する箇所情報は、検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影して取得する。

明 細 書

発明の名称： 構造物の検査方法及び検査システム

技術分野

[0001] 本発明は、構造物の検査方法及び検査システムに関する。

背景技術

[0002] 橋梁、トンネル等の鉄筋コンクリート製の構造物の内部を非破壊で検査（点検）する方法として、赤外線写真法（たとえば、特許文献1等）、電磁波レーダ法（たとえば、特許文献2）、超音波法（たとえば、特許文献3）、X線造影撮影法（たとえば、特許文献4）などが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2005-37366号公報
特許文献2：特開2020-051851号公報
特許文献3：特開2019-070627号公報
特許文献4：特開2000-193611号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、構造物の検査では、検査結果に基づいて劣化予測を行い、必要に応じて補修及び補強等を行う必要がある。しかしながら、構造物の内部の検査結果だけでは、精度の高い劣化予測を行うことはできない。構造物の表面に現れた損傷も検査することで、精度の高い劣化予測を行うことが可能になる。しかし、構造物の表面すべてを詳細に検査すると、多大な時間を要するという欠点がある。

[0005] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、構造物を効率よく検査して、精度の高い劣化予測を行うことができる構造物の検査方法及び検査システ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

- [0006] (1) 検査対象領域内で内部に損傷を有する箇所を取得するステップと、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップであって、内部に損傷を有する箇所以外は第1の画素分解能で撮影し、内部に損傷を有する箇所は、第1の画素分解能よりも高い第2の画素分解能で撮影するステップと、を含む構造物の検査方法。
- [0007] (2) 検査対象領域の内部状態を非破壊で計測するステップを更に含む、(1)の構造物の検査方法。
- [0008] (3) 検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影して、検査対象領域の内部状態を非破壊で計測する、(2)の構造物の検査方法。
- [0009] (4) 電磁波又は超音波を用いて検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影する、(3)の構造物の検査方法。
- [0010] (5) ミリ波、マイクロ波又はテラヘルツ波を用いて検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影する、(4)の構造物の検査方法。
- [0011] (6) 検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影する際に、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、検査対象領域を撮影する、(3)から(5)のいずれか一の構造物の検査方法。
- [0012] (7) 検査対象領域の内部状態を非接触音響探査法で計測する、(2)の構造物の検査方法。
- [0013] (8) 可視光カメラで撮影された可視光画像に基づいて、構造物の表面に現れた損傷を検出するステップを更に含む、(1)から(7)のいずれか一の構造物の検査方法。
- [0014] (9) 構造物の内部に損傷を有する箇所として、浮きが発生している箇所を検出する、(1)から(8)のいずれか一の構造物の検査方法。
- [0015] (10) 第1の画素分解能は、可視光カメラで撮影された可視光画像から幅が0.2mmまでのひび割れを検出できる画素分解能であり、第2の画素分解能は、可視光カメラで撮影された可視光画像から少なくとも幅が0.1mmまでのひび割れを検出できる画素分解能である、(1)から(9)のいずれか一の構造物の検査方法。

- [0016] (11) 構造物の検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップと、可視光カメラで撮影された可視光画像に基づいて、構造物の表面に現れた損傷を検出するステップと、特定の損傷が検出された場合に、特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測するステップと、を含む構造物の検査方法。
- [0017] (12) 検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップでは、撮影された可視光画像から少なくとも幅が0.1mmまでのひび割れを検出できる画素分解能で撮影し、特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測するステップでは、幅が0.2mm未満のひび割れが検出された箇所の内部状態を非破壊で計測する、(11)の構造物の検査方法。
- [0018] (13) 特定の損傷が検出された箇所の内部状態を可視化した画像を撮影して、特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測する、(11)又は(12)の構造物の検査方法。
- [0019] (14) 電磁波又は超音波を用いて特定の損傷が検出された箇所の内部状態を可視化した画像を撮影する、(13)の構造物の検査方法。
- [0020] (15) ミリ波、マイクロ波又はテラヘルツ波を用いて特定の損傷が検出された箇所の内部状態を可視化した画像を撮影する、(14)の構造物の検査方法。
- [0021] (16) 特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非接触音響探査法で計測する、(11)又は(12)の構造物の検査方法。
- [0022] (17) 検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップでは、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、検査対象領域を可視光カメラで撮影する、(11)から(16)のいずれか一の構造物の検査方法。
- [0023] (18) 構造物の内部状態を可視化した画像を撮影する第1カメラと、構造物の表面の可視光画像を撮影する第2カメラと、第2カメラで撮影された可視光画像を取得して、構造物の表面に現れた損傷を検出する検出装置と、を備え、第2カメラで構造物の検査対象領域の表面の可視光画像を撮影する場合は、事前に第1カメラで構造物の検査対象領域の内部状態を可視化した

画像を撮影して、内部に損傷を有する箇所の情報を取得し、内部に損傷を有する箇所以外は第 1 の画素分解能で撮影し、内部に損傷を有する箇所は、第 1 の画素分解能よりも高い第 2 の画素分解能で撮影する、構造物の検査システム。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、構造物を効率よく検査して、精度の高い劣化予測を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]検査に使用するシステムの概略構成図
[図2]損傷図作成支援装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図
[図3]損傷図作成支援装置が有する主な機能のブロック図
[図4]浮きを記録した損傷図の一例を示す図
[図5]ひび割れを記録した損傷図の一例を示す図
[図6]浮き及びひび割れの双方を記録した損傷図の一例を示す図
[図7]床版の概略構成を示す平面図
[図8]第 1 実施の形態の構造物の検査方法による検査の手順を示すフローチャート
[図9] 1 つの格間でのミリ波画像の撮影の一例を示す図
[図10] 1 つの格間での可視光波画像の撮影の一例を示す図
[図11]可視光カメラによる撮影の手順を示すフローチャート
[図12]浮きが検出されていない領域での可視光画像の撮影の処理の概念図
[図13]浮きが検出された領域での可視光画像の撮影の処理の概念図
[図14]第 2 の実施の形態の構造物の検査方法による検査の手順を示すフローチャート
[図15]可視光画像による検査で生成されるひび割れの損傷図の一例を示す図

発明を実施するための形態

[0026] 以下、添付図面に従って本発明の好ましい実施の形態について説明する。

[0027] [第 1 の実施の形態]

ここでは、橋梁、トンネル、建築物等の鉄筋コンクリート製の構造物を検査（点検）する場合を例に説明する。

[0028] [検査に使用するシステム]

図1は、検査に使用するシステムの概略構成図である。

[0029] 同図に示すように、本実施の形態の検査に使用するシステム1は、構造物Oの外表面を撮影する可視光カメラ10と、構造物Oの内部状態を可視化したミリ波画像を撮影するミリ波カメラ20と、損傷図の作成を支援する損傷図作成支援装置30と、を備えて構成される。

[0030] [可視光カメラ]

可視光カメラ10は、可視光の波長帯域（一般に380nmから780nm）に感度をもって被写体を撮影するカメラである。可視光カメラ10には、CMOSイメージセンサ（complementary metal-oxide semiconductor device image sensor）、CCDイメージセンサ（charge coupled device image sensor）等を搭載した一般的なデジタルカメラ（携帯端末等に搭載されているものを含む）を使用できる。本実施の形態では、カラー撮影が可能なデジタルカメラが使用される。したがって、可視光画像として、カラー画像が撮影される。カラー画像は、画素単位でR（red；赤）、G（green；緑）及びB（blue；青）の各強度値（輝度値）を有する画像（いわゆるRGB画像）である。

[0031] ユーザ（検査員）は、可視光カメラ10で構造物Oの検査対象領域の外表面を撮影する。撮影された画像（可視光画像）は、構造物Oの外表面に現れた損傷（ひび割れ、剥離、鉄筋の露出、漏水（錆汁を含む）、遊離石灰、コンクリートの変色等）の検出に使用される。特に、本実施の形態では、ひび割れの検出に使用される。可視光カメラ10は、第2カメラの一例である。

[0032] [ミリ波カメラ]

本実施の形態の検査では、いわゆる能動型（アクティブ）のミリ波カメラ（ミリ波イメージング装置）が使用される。ミリ波カメラは、第1カメラの

一例である。能動型のミリ波カメラは、ミリ波を被写体に照射し、その反射波を受信して、被写体の内部状態を可視化した画像（ミリ波画像）を生成する。ミリ波とは、波長が1～10mm、周波数が30～300GHzの電磁波である。ミリ波カメラ20は、たとえば、ミリ波ビームを電子的又は機械的に走査して、画角内の被写体の内部状態を二次元画像化する。複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを使用することで、撮影を高速化することができる。たとえば、複数の受信アンテナを一方向に配列し、配列方向と直交する方向に走査して、二次元画像化することができる。複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを使用する場合は、いわゆるMIMO（Multiple Input Multiple Output）レーダ技術を採用することで、分解能を向上できる。MIMOは、複数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技術である。

[0033] ミリ波カメラ20は、表示部としてのディスプレイを有し、ディスプレイに撮影したミリ波画像が表示される。ユーザは、ディスプレイに表示されるミリ波画像を見て、検査対象領域の内部状況を確認する。本実施の形態では、コンクリートの浮きを検出する。コンクリートの浮きとは、コンクリートの表面付近が浮いた状態のことをいう。コンクリートの浮きは、コンクリートの内部でひび割れが連続するなどして、表面付近のコンクリートが、内部のコンクリートと一体性を失いつつある状態を意味する。

[0034] [損傷図作成支援装置]

損傷図作成支援装置30は、たとえば、パーソナルコンピュータ等の汎用のコンピュータで構成される。

[0035] 図2は、損傷図作成支援装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

[0036] 損傷図作成支援装置30は、CPU（Central Processing Unit）31、RAM（Random Access Memory）32、ROM（Read Only Memory）33、HDD（H

ard Disk Drive) 34、操作部35、表示部36、入出力インターフェース (Interface, IF) 37、通信インターフェース38等を備えて構成される。ROM33及び／又はHDD34には、CPU31が実行するプログラム及び各種データが記憶される。操作部35は、たとえば、キーボード、マウス、タッチパネル等で構成される。表示部36は、たとえば、液晶ディスプレイ (Liquid Crystal Display, LCD)、有機ELディスプレイ (Organic Light Emitting Diode display, OLED display) 等で構成される。入出力インターフェース37は、たとえば、USB (Universal Serial Bus) 等で構成される。損傷図作成支援装置30は、入出力インターフェース37を介して外部機器と通信可能に接続される。また、損傷図作成支援装置30は、通信インターフェース38を介してネットワーク (たとえば、インターネット) に接続される。

[0037] 図3は、損傷図作成支援装置が有する主な機能のブロック図である。

[0038] 損傷図作成支援装置30は、主として、画像データ取得部30A、損傷検出部30B、パノラマ合成部30C、及び、損傷図作成部30Dの機能を有する。これらの機能は、CPU31が、所定のプログラムを実行することにより実現される。

[0039] 画像データ取得部30Aは、検査対象領域を撮影して得た可視光画像の画像データを取得する。画像データ取得部30Aは、入出力インターフェース37又は通信インターフェース38を介して、可視光画像の画像データを取得する。取得した可視光画像の画像データは、HDD34に格納される。

[0040] 損傷検出部30Bは、可視光画像を解析し、構造物Oの表面に現れた損傷を検出する。本実施の形態では、損傷として、ひび割れを検出する。なお、本実施の形態の損傷図作成支援装置30は、構造物の表面に現れた損傷を検出する検出機能を有することから、検出装置としても機能する。

[0041] 損傷の検出には、種々の手法を採用できる。たとえば、損傷を含む画像を学習用データとして機械学習した学習済みモデルを用いて、損傷を検出する

手法を採用できる。機械学習アルゴリズムの種類については、特に限定されず、たとえば、RNN (Recurrent Neural Network／再帰型ニューラルネットワーク)、CNN (Convolutional Neural Network／畳み込みニューラルネットワーク) 又はMLP (Multilayer Perceptron／多層パーセプトロン) 等のニューラルネットワークを用いたアルゴリズムを用いることができる。また、たとえば、画像の輝度分布及びRGB値分布に基づいて、損傷を検出する手法を採用することもできる。損傷を有する領域は、他の領域と異なる輝度分布及びRGB値分布となるため、輝度値及びRGB値の変化を探索することにより、画像から損傷を検出できる。

[0042] ひび割れを検出した場合は、幅の計測も行われる。幅の計測には、公知の画像計測の技術が採用される。

[0043] パノラマ合成部30Cは、分割撮影された可視光画像の画像データ群を取得した場合に、パノラマ合成して1枚の画像を生成する。分割撮影とは、検査対象領域を複数の領域に分割し、領域ごとに撮影する手法である。パノラマ合成部30Cは、各領域を撮影した画像を繋ぎ合わせて、1枚の画像を生成する。パノラマ合成自体は、公知の技術であるので、その詳細についての説明は省略する。パノラマ合成部30Cは、必要に応じて、各画像に拡張補正、あおり補正及び回転補正等の補正を施して、パノラマ合成の処理を行う。なお、損傷の検出は、パノラマ合成後の画像に対して行う構成とすることもできる。

[0044] 損傷図作成部30Dは、損傷図を作成する。損傷図は、損傷の発生位置、範囲、状況及び代表的な損傷の主要寸法等を図面（たとえば、CAD (Computer-Aided Design) 等の工業データの図面) に記載したものである。損傷図は、ユーザからの指示に応じて、手動又は自動で作成される。

[0045] 手動で損傷図を作成する場合は、たとえば、検査対象領域の図面を表示部36に表示し、ユーザが操作部35を介して、損傷の発生位置、範囲、状況

及び代表的な損傷の主要寸法等を図面に手動で書き込むことで作成する。

[0046] 自動で損傷図を作成する場合は、損傷検出部 30B の検出結果を利用して作成する。本実施の形態では、損傷検出部 30B で検出されたひび割れをトレースして、損傷図を作成する。

[0047] 本実施の形態では、損傷図がレイヤ構造を有し、損傷の種類ごとにレイヤが分けられて損傷図が作成される。具体的には、浮きとひび割れとを分けて作成される。したがって、浮きのレイヤと、ひび割れのレイヤを重ね合わせることにより、浮きとひび割れの双方が表された損傷図が生成される。

[0048] 図 4 は、浮きを記録した損傷図の一例を示す図である。

[0049] 同図に示すように、検査対象領域の示す図面 1M 内で浮きの発生箇所を円 C で囲み、浮きの発生位置及び範囲を図面上で確認できるようにしている。

[0050] 図 5 は、ひび割れを記録した損傷図の一例を示す図である。

[0051] 同図に示すように、検査対象領域を示す図面 1M 内でひび割れをトレースすることで、ひび割れの発生位置及び状況を図面上で確認できるようにしている。なお、同図では、ひび割れの幅に応じて、トレースする線の太さを変えて表示している。具体的には、幅が 0.2mm 以上のひび割れを太線 L1 で示し、幅が 0.1mm 以上、0.2mm 未満のひび割れを細線 L2 で示している。

[0052] 図 6 は、浮き及びひび割れの双方を記録した損傷図の一例を示す図である。

[0053] 同図に示すように、浮き及びひび割れの双方を記録した損傷図は、双方の損傷図を重ね合わせたものとなる。浮き及びひび割れの双方を記録した損傷図から構造物 O の外表面の状態と内部状態の双方の状態を同時に確認できる。

[0054] 損傷図作成部 30D で作成された損傷図は、表示部 36 に表示される。また、ユーザからの記録の指示に応じて、HDD 34 に記録される。

[0055] [検査方法]

ここでは、橋梁、特に、橋梁の床版を検査（点検）する場合を例に説明す

る。橋梁は、構造物の一例である。また、床版は、鉄筋コンクリート製の構造物の一例である。

[0056] 図7は、床版の概略構成を示す平面図である。

[0057] 一般に床版Fの検査は、格間単位で実施される。格間F1は、床版Fにおいて、主桁F2及び横桁F3によって分けられる一区画である。

[0058] なお、図7では、床版Fの面内で、床版Fの長手方向（主桁F2の方向）をx方向、x方向と直交する方向（横桁F3の方向）をy方向としている。また、床版Fと直交する方向（垂直下方向）をz方向としている。

[0059] 図8は、本実施の形態の構造物の検査方法による検査の手順を示すフローチャートである。

[0060] 同図に示すように、本実施の形態では、まず、ミリ波画像による検査を実施し（ステップS1）、その後、可視光画像による検査を実施する（ステップS2）。

[0061] ミリ波画像による検査とは、ミリ波カメラ20を用いて、検査対象領域を撮影し、得られたミリ波画像に基づいて、検査対象領域の内部状態を詳細確認する検査である。本実施の形態では、ミリ波画像に基づいて、浮きを検出する。ミリ波画像による検査は、検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影して、検査対象領域の内部状態を非破壊で計測する工程の一例である。

[0062] 図9は、1つの格間でのミリ波画像の撮影の一例を示す図である。

[0063] 同図に示すように、本実施の形態では、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、格間F1をミリ波カメラで撮影する。

[0064] 本実施の形態では、格間F1をマトリクス状に分割し、分割した各領域を順番にミリ波カメラで撮影する。なお、図9において、矢印Aは、撮影の移動方向を示している。図9に示すように、格間F1の全体を走査するように撮影する。図9では、点Sから撮影を開始し、点Eで撮影を終了する場合の例が示されている。

[0065] また、図9において、符号Rは、ミリ波カメラの撮影範囲を示している。

図9に示すように、分割する各領域は、ミリ波カメラの撮影範囲よりも狭く設定される。これにより、検査対象領域を漏れなく撮影（検査）できる。

[0066] ミリ波カメラで撮影されるミリ波画像は、構造物の内部状態を可視化した画像である。よって、撮影されたミリ波画像を確認することにより、内部の状態を詳細に確認できる。ユーザは、撮影されたミリ波画像を確認して、浮きの有無を確認する。また、浮きが検出された場合は、その詳細（浮きの発生位置、範囲、状況及び代表的な浮きの主要寸法等）を確認する。

[0067] 検査対象領域のすべての検査が終了した後、ユーザは、検査の結果に基づいて、浮きの損傷図を作成する。損傷図の作成は、損傷図作成支援装置30を用いて行われる。

[0068] ミリ波画像による検査を実施することにより、検査対象領域の内部状態を詳細に確認できる。これにより、検査対象領域内で内部に損傷がある場合には、その損傷の箇所の情報を取得できる。本実施の形態では、浮きの箇所の情報を取得できる。

[0069] ミリ波画像による検査の後、可視光画像による検査を実施する。可視光画像による検査は、可視光カメラ10を用いて、検査対象領域を撮影し、得られた可視光画像に基づいて、検査対象領域の外表面に現れた損傷を検出する。本実施の形態では、格間の外表面に現れたひび割れを検出する。

[0070] 可視光画像の撮影は、ミリ波画像の撮影と同様の手法で行われる。すなわち、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、格間F1を可視光カメラで撮影する。

[0071] 図10は、1つの格間での可視光波画像の撮影の一例を示す図である。

[0072] 同図に示すように、格間F1をマトリクス状に分割し、分割した各領域を順番に可視光カメラで撮影する。図10において、各領域に付された番号（1～32）は、撮影の順番を示している。図10に示すように、格間F1の全体を走査するように撮影する。

[0073] 分割した各領域を撮影する際、本実施の形態では、浮きの有無に応じた画素分解能で可視光画像を撮影する。具体的には、ミリ波画像による検査で浮

きが検出されていない領域は、相対的に低い第1の画素分解能で撮影する。一方、ミリ波画像による検査で浮きが検出された領域は、相対的に高い第2の画素分解能で撮影する。浮きが検出された領域とは、浮きが検出された箇所を含む領域である。図10は、領域23、領域26及び領域31において、浮きが検出された場合の例を示している。この場合、領域23、領域26及び領域31は、第2の画素分解能で撮影し、それ以外の領域は、第1の画素分解能で撮影する。

[0074] ここで、「画素分解能」とは、可視光カメラに搭載されるイメージセンサの1画素当たりの視野の大きさのことをいう。画素分解能は、イメージセンサの1画素が何mmに相当するかを表す。単位は「mm／画素」である。

[0075] 画素分解能は、視野サイズ及び画素数によって定まる。「視野サイズ」は、検査対象物を撮影する範囲（撮影範囲）である。画素分解能、視野サイズ及び画素数の関係は、次の式で表される。

[0076] 垂直方向の画素分解能＝垂直方向の視野サイズ（mm）÷イメージセンサの垂直方向の画素数

水平方向の画素分解能＝水平方向の視野サイズ（mm）÷イメージセンサの水平方向の画素数

イメージセンサの画素が、正方画素の場合、垂直方向の画素分解能と水平方向の画素分解能は同じになる。

[0077] たとえば、垂直方向の視野サイズが30mmであって、イメージセンサの垂直方向の画素数が1200画素の場合、垂直方向の画素分解能は、画素分解能＝30mm÷1200画素＝0.025 [mm／画素] となる。

[0078] 本実施の形態において、第1の画素分解能は、撮影された可視光画像から幅が0.2mmまでのひび割れを検出できる画素分解能に設定される。特に、コンピュータによる画像解析にて幅が0.2mmまでのひび割れを検出できる画素分解能に設定される。撮影された可視光画像から幅が0.2mmまでのひび割れを検出できる画素分解能としては、たとえば、0.6 [mm／画素] である。

[0079] 一方、第2の画素分解能は、撮影された可視光画像から少なくとも幅が0.1 mmまでのひび割れを検出できる画素分解能に設定される。特に、コンピュータによる画像解析にて少なくとも幅が0.1 mmまでのひび割れを検出できる画素分解能に設定される。撮影された可視光画像から少なくとも幅が0.1 mmまでのひび割れを検出できる画素分解能としては、たとえば、0.3 [mm/画素] である。

[0080] 使用する可視光カメラに搭載されたイメージセンサの画素数が、たとえば、垂直方向が3000画素、水平方向が4000画素であるとする。この場合、第1の画素分解能での垂直方向の視野サイズは、0.6 mm×3000画素=1800 [mm]、水平方向の視野サイズは、0.6 mm×4000画素=2400 [mm] となる。第2の画素分解能での垂直方向の視野サイズは、0.3 mm×3000画素=900 [mm]、水平方向の視野サイズは、0.3 mm×4000画素=1200 [mm] となる。

[0081] 検査対象領域である格間F1を分割する場合は、第1の画素分解能で撮影する場合の視野サイズに合わせて分割する。すなわち、第1の画素分解能で撮影する場合に各領域を1回で撮影できるように、各領域のサイズを設定する。したがって、分割する各領域のサイズは、第1の画素分解能で撮影する場合の視野サイズよりも小さく設定される。より詳しくは、第1の画素分解能で撮影する場合の視野サイズよりも小さく設定され、かつ、第2の画素分解能で撮影する場合の視野サイズよりも大きく設定される。また、分割した各領域を第1の画素分解能で撮影した場合に、隣接する領域の画像が、一部重なり合うように設定される。たとえば、30%以上重複するように設定される。

[0082] 図10において、枠R1は、第1の画素分解能で撮影する場合の視野サイズを示している。また、枠R2は、第2の画素分解能で撮影する場合の視野サイズを示している。図10に示すように、第1の画素分解能で撮影する場合の視野サイズは、第2の画素分解能で撮影する場合の視野サイズよりも大きく設定される。

[0083] 画素分解能は、たとえば、焦点距離（ズーム）又は撮影距離（ワーキングディスタンス）を変えることで調整できる。

[0084] 図 1 1 は、可視光カメラによる撮影の手順を示すフローチャートである。

[0085] まず、検査対象領域を分割する（ステップ S 1 1）。本実施の形態では、検査対象領域である格間 F 1 をマトリクス状に分割する。上記のように、分割する各領域のサイズは、第 1 の画素分解能で撮影する場合の視野サイズに合わせて設定される。

[0086] 検査対象領域の分割後、最初の撮影箇所へ移動する（ステップ S 1 2）。すなわち、最初に撮影する領域の撮影箇所へ移動する。

[0087] 次に、撮影する領域が、浮きの領域か否かを判定する（ステップ S 1 3）。すなわち、浮きが検出された領域か否かを判定する。

[0088] 撮影する領域が、浮きの領域ではない場合、当該領域を第 1 の画素分解能で撮影する（ステップ S 1 4）。この場合、1 回で該当領域の撮影が完了する。

[0089] 一方、撮影する領域が、浮きの領域の場合、当該領域を第 2 の画素分解能で撮影する（ステップ S 1 5）。この場合、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、当該領域を撮影する。

[0090] 撮影終了後、検査対象領域のすべての領域の撮影が完了したか否かを判定する（ステップ S 1 6）。すべての領域の撮影が完了した場合は、処理を終了する。一方、すべての領域の撮影が終了していない場合は、次の撮影領域へ移動する（ステップ S 1 7）。そして、ステップ S 1 3 に戻り、浮きの領域か否かを判定し（ステップ S 1 3）、判定結果に応じた撮影を実施する。

[0091] 図 1 2 は、浮きが検出されていない領域での可視光画像の撮影の処理の概念図である。

[0092] 同図に示すように、分割された各領域を第 1 の画素分解能で順番に撮影する。各領域の撮影は、1 ショットで完了する。

[0093] 図 1 3 は、浮きが検出された領域での可視光画像の撮影の処理の概念図である。

[0094] 浮きが検出された領域では、第2の画素分解能で撮影する。第2の画素分解能での視野サイズは、第1の画素分解能での視野サイズよりも小さくなる。よって、同図に示すように、分割された領域内で撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて撮影する。第2の画素分解能は、第1の画素分解能よりも高い画素分解能であるので、撮影された画像からは、より詳細な損傷を検出できる。

[0095] 検査対象領域のすべての撮影が終了した後、ユーザは、損傷図を作成する。損傷図の作成は、損傷図作成支援装置30を用いて行われる。損傷図の作成は、次の手順で行われる。ここでは、撮影した画像から自動で損傷図を作成する場合を例に説明する。まず、撮影した画像群を損傷図作成支援装置30に入力する。損傷図作成支援装置30は、入力された画像を解析し、構造物の表面に現れた損傷を検出する。本実施の形態では、損傷として、ひび割れを検出する。ここで、上記のように、画像は、浮きの有無によって画素分解能を変えて撮影されている。浮きのない領域は、第1の画素分解能で撮影され、浮きのある領域は、第2の画素分解能で撮影されている。第1の画素分解能は、撮影された可視光画像から0.2mmまでのひび割れを検出できる画素分解能である。よって、浮きのない領域では、幅が0.2mmまでのひび割れが検出される。一方、第2の画素分解能は、撮影された可視光画像から少なくとも0.1mmまでのひび割れが検出される。損傷図作成支援装置30は、入力された画像群をパノラマ合成し、検査対象領域を撮影した1枚の可視光画像を生成する。そして、パノラマ合成した画像に基づき、ひび割れをトレースした画像を生成し、損傷図を作成する。本実施の形態では、損傷図をレイヤ構造で作成し、幅が0.2mm以上のひび割れの損傷図と、幅が0.1mm以上、0.2mm未満のひび割れの損傷図とを分けて作成する。これにより、必要に応じて、幅が0.2mm以上のひび割れと、幅が0.1mm以上、0.2mm未満のひび割れとを分けて確認できる。両者を重ね合わせることにより、すべてのひび割れを確認できる（図5参照）。

[0096] 作成されたひび割れの損傷図は、必要に応じて浮きの損傷図と重ねて表示

される。これにより、構造物の内部の浮きと、その外表面に現れたひび割れを一度に確認できる（図6参照）。

[0097] 以上説明したように、本実施の形態の構造物の検査方法によれば、構造物の外表面を検査する際、内部に損傷が検出された領域についてのみ高い画素分解能で可視光画像を撮影する。これにより、可視光画像を撮影する際の全体のショット数を低減でき、効率よく構造物を検査できる。一方、内部に損傷が検出された領域については、高い画素分解能で可視光画像を撮影するので、外表面に現れた損傷を詳細に確認できる。これにより、精度の高い劣化予測を行うことができる。

[0098] [変形例]

上記実施の形態では、検査対象領域の可視光画像を撮影する際、内部の損傷（浮き）が検出された領域を第2の画素分解能で撮影し、その他の領域を第1の画素分解能で撮影する構成としている。内部の損傷が検出された領域を含めすべての検査対象領域を第1の画素分解能で撮影し、内部の損傷が検出された領域について、更に第2の画素分解能で撮影する構成としてもよい。この場合も第2の画素分解能での撮影のショット数を低減できるので、効率よく構造物を検査できる。

[0099] また、上記実施の形態では、1台の可視光カメラで撮影する場合を例に説明したが、複数台の可視光カメラを用いて撮影することもできる。

[0100] [第2の実施の形態]

本実施の形態では、まず、検査対象領域を可視光カメラで撮影し、得られた可視光画像に基づいて、表面に現れた損傷を検出する。表面に特定の損傷が検出された場合、損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測する。

[0101] 本実施の形態では、構造物の表面に現れた損傷としてひび割れを検出する。そして、幅が0.2mm未満のひび割れが検出された場合に、幅が0.2mm未満のひび割れが検出された箇所の内部状態を非破壊で計測する。非破壊で計測する手法としては、内部状態を可視化した画像を撮影する手法が採用される。特に、本実施の形態では、ミリ波画像を撮影して、内部状態を詳

細に確認する。

[0102] 検査に使用するシステムは、上記第 1 の実施の形態のシステム 1 と同じなので、ここでは、検査方法について説明する。

[0103] 図 1 4 は、本実施の形態の構造物の検査方法による検査の手順を示すフローチャートである。

[0104] まず、可視光画像による検査が実施される（ステップ S 2 1）。可視光画像による検査は、検査対象領域を可視光カメラで撮影し、得られた可視光画像から構造物の外表面に現れた損傷（本実施の形態では、ひび割れ）を検出することにより行われる。

[0105] 撮影は、撮影された可視光画像から少なくとも幅が 0.1 mm までのひび割れを検出できる画素分解能で実施される。撮影の際、検査対象領域を一度に撮影できない場合は、検査対象領域を分割して撮影する。すなわち、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、検査対象領域を撮影する。

[0106] 撮影完了後、損傷図を作成する。損傷図の作成は、損傷図作成支援装置 30 を用いて行われる。ユーザは、撮影した可視光画像を損傷図作成支援装置 30 に入力する。損傷図作成支援装置 30 は、ユーザからの指示に応じて、損傷図を自動生成する。すなわち、入力された可視光画像からひび割れを検出し、検出したひび割れをトレースして、損傷図を生成する。また、検出したひび割れの幅を計測し、損傷図に記録する。損傷図は、ひび割れの幅に応じてトレースする線の幅を変えたり、色を変えたりすることが好ましい。本実施の形態では、更に、ひび割れの幅ごとにレイヤを分けて損傷図を作成する。具体的には、幅が 0.2 mm 以上のひび割れを記録したレイヤと、幅が 0.2 mm 未満のひび割れを記録したレイヤ構造で分けて作成する。これにより、ユーザの望む幅のひび割れのみを選択的に表示できる。

[0107] 可視光画像による検査の結果に基づき、内部状態の詳細な検査の要否を判定する。具体的には、幅が 0.2 mm 未満のひび割れの箇所の有無を判定して、内部状態の詳細な検査の要否を判定する（ステップ S 2 2）。幅が 0.2 mm 未満のひび割れが発生している箇所は、内部での損傷（主として浮き

）が懸念される。このため、幅が0.2 mm未満のひび割れが発生している箇所を詳細検査の対象としている。

[0108] 検査対象領域から幅が0.2 mm未満のひび割れが検出された場合は、検出された幅が0.2 mm未満のひび割れの箇所の内部状態を非破壊で詳細に検査する（ステップS23）。

[0109] 図15は、可視光画像による検査で生成されるひび割れの損傷図の一例を示す図である。

[0110] 同図では、幅が0.2 mm以上のひび割れを太線L1で示し、幅が0.1 mm以上、0.2 mm未満のひび割れを細線L2で示している。同図に示す例では、3カ所において、幅が0.2 mm未満のひび割れが検出されている。なお、まとまりを持ったひび割れの箇所を1単位としている。したがって、図15に示す例では、3カ所において、内部状態の詳細な検査が実施される。具体的には、矩形の枠W1～W3で囲われた箇所において、内部状態の詳細な検査が実施される。

[0111] 上記のように、内部状態の詳細な検査は、内部状態を可視化した画像を撮影することにより行われる。本実施の形態では、ミリ波画像を撮影することにより行われる。ユーザは、幅が0.2 mm未満のひび割れが検出された箇所（図15において、枠W1～W3で囲われた箇所）をミリ波カメラ20で撮影し、内部状態を検査する。ミリ波カメラ20で対象箇所を撮影することにより、対象箇所の内部状態を可視化したミリ波画像が得られる。ユーザは、撮影により得られたミリ波画像を確認して、表面からは確認できない内部の状態を詳細に確認する。すなわち、内部で生じている浮き等の損傷の有無を確認する。

[0112] このように、本実施の形態では、可視光画像による検査の結果、特定の損傷（本実施の形態では、幅が0.2 mm未満のひび割れ）が検出された場合にのみ、内部状態を非破壊で詳細に検査する。これにより、真に詳細な検査が必要な箇所についてのみ、内部の詳細な検査が実施されるので、構造物を効率よく検査できる。また、内部に損傷が疑われる箇所について、内部状態

を詳細に検査できる。これにより、精度の高い劣化予測を行うことができる。

[0113] [変形例]

 [特定の損傷]

上記実施の形態では、特定の損傷として、幅が0.2mm未満のひび割れが検出された場合に、幅が0.2mm未満のひび割れが検出された箇所の内部状態を詳細に検査する構成としている。内部状態の詳細な検査が必要な特定の損傷の種類は、これに限定されるものではない。内部に損傷が推定される種類の損傷が検出された場合に、その内部状態を詳細に検査する構成とすることが好ましい。内部に損傷が推定される種類の損傷としては、たとえば、漏水（錆汁を含む）が挙げられる。

[0114] [内部状態を詳細に検査した後の処理]

鉄筋コンクリート製の構造物において、浮きが内部で大きくなっている場合は、鉄筋の腐食が進行している可能性がある。

[0115] ミリ波画像等で内部状態を詳細に検査した場合において、所定サイズ以上の浮きが認められた場合、更に、その周辺の鉄筋の健全性を検査することが好ましい。これにより、劣化要因の推定に役立てたり、その後の補修設計の支援に役立てたりできる。たとえば、ミリ波画像等で内部状態を可視化した結果、所定深さの浮き、たとえば、コンクリートのかぶり厚に相当する深さの浮きが認められた場合に、鉄筋の健全性を詳細に検査する。鉄筋の健全性の検査は、非破壊の検査方法が採用される。たとえば、電磁誘導法、電磁波レーダ法等により実施される。電磁誘導法とは、探査機器の磁界発生部から磁力線（一次磁界）をコンクリートに向けて放射し、コンクリート内にある導電性物質（鉄筋）に発生する誘導電流に起因した二次磁界を磁界検知部で検知して、一次磁界と二次磁界の増減を比較することにより、鉄筋を検知し、その位置を測定する手法である。電磁波レーダ法とは、探査機器の送信部からコンクリートに向けて電磁波を放射した場合に、電氣的性質の異なる物質（鉄筋）との境界面で反射される電磁波を受信部によって受信し、鉄筋の

検知を行なう方法である。

[0116] [その他の実施の形態]

 [検査対象領域の内部状態を非破壊で計測する手段]

 上記実施の形態では、ミリ波カメラにより構造物の内部状態を可視化した画像を撮影して、構造物の内部状態を非破壊で計測する構成としている。構造物の内部状態を非破壊で計測する手段及び方法は、これに限定されるものではない。たとえば、マイクロ波、テラヘルツ波等の電磁波を用いて内部状態を可視化する装置（マイクロ波イメージング装置、テラヘルツイメージング等）を使用して、構造物の内部状態を計測する構成とすることもできる（電磁波レーダ法）。また、超音波を用いて内部状態を可視化する装置（超音波イメージング装置等）を使用して、構造物の内部状態を計測する構成とすることもできる（いわゆる、超音波法）。この他、赤外線写真法、X線造影撮影法、非接触音響探査法等の公知の非破壊探査法を採用して、構造物の内部状態を計測する構成とすることができる。

[0117] [検査対象]

 本発明は、橋梁、トンネル、ダム、建築物などの鉄筋コンクリート製の構造物を検査する場合に特に有効に作用するが、本発明の適用は、これに限定されるものではない。この他、たとえば、表面がタイル、レンガ等で構成された構造物にも同様に適用できる。

[0118] また、上記実施の形態では、コンクリートの浮きの有無を検査する場合を例に説明したが、検査対象とする損傷の種類は、これに限定されるものではない。

[0119] [撮影手法]

 可視光カメラ及びミリ波カメラによる撮影は、可視光カメラ及びミリ波カメラを無人航空機（いわゆるドローン）、無人走行車等に搭載して行うこともできる。

[0120] また、可視光カメラ及びミリ波カメラを無人航空機等に搭載して検査対象を撮影する場合は、自動で撮影する構成とすることもできる。たとえば、あ

らかじめ定められたルートを自動で飛行し、検査対象を撮影する構成としてもよい。

[0121] [システム構成]

上記実施の形態では、損傷図作成支援装置が、いわゆるスタンドアローンコンピュータで実現されているが、クライアントサーバ型のシステムで実現することもできる。たとえば、損傷検出部30B、パノラマ合成部30C、及び、損傷図作成部30Dの機能については、サーバが実現する構成としてもよい。この場合、クライアント端末には、サーバに対して画像を送信する機能、サーバから結果（パノラマ合成した画像、損傷図のデータ等）を受信する機能等が備えられる。

[0122] また、損傷図作成支援装置を実現するハードウェアは、各種のプロセッサで構成できる。各種プロセッサには、プログラムを実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサであるCPU及び／又はGPU（Graphic Processing Unit）、FPGA（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, PLD）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）などの特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路などが含まれる。点検支援装置を構成する1つの処理部は、上記各種プロセッサのうちの1つで構成されていてもよいし、同種又は異種の2つ以上のプロセッサで構成されてもよい。たとえば、1つの処理部は、複数のFPGA、あるいは、CPUとFPGAの組み合わせによって構成されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第一に、クライアントやサーバなどのコンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアの組み合わせで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第二に、システ

ムオンチップ (System on Chip, SoC) などに代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC (Integrated Circuit) チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種プロセッサを1つ以上用いて構成される。更に、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。

符号の説明

- [0123] 1 検査に使用するシステム
- 10 可視光カメラ
 - 20 ミリ波カメラ
 - 23 領域
 - 26 領域
 - 30 損傷図作成支援装置
 - 30A 画像データ取得部
 - 30B 損傷検出部
 - 30C パノラマ合成部
 - 30D 損傷図作成部
 - 31 CPU
 - 32 RAM
 - 33 ROM
 - 34 HDD
 - 35 操作部
 - 36 表示部
 - 37 入出力インターフェース
 - 38 通信インターフェース
 - A 撮影の移動方法
 - C 浮きの発生箇所

F 床版

F 1 格間

F 2 主桁

F 3 横桁

I M 検査対象領域の示す図面

L 1 幅が0. 2 m m以上のひび割れ

L 2 幅が0. 2 m m未満のひび割れ

O 構造物

R 1 第1の画素分解能で撮影する場合の視野サイズ

R 2 第2の画素分解能で撮影する場合の視野サイズ

S 1 ～ S 2 構造物の検査の手順

S 1 1 ～ S 1 7 可視光カメラによる撮影の手順

S 2 1 ～ S 2 3 構造物の検査の手順

W 1 ～ W 3 幅が0. 2 m m未満のひび割れが検出された箇所

請求の範囲

- [請求項1] 検査対象領域内で内部に損傷を有する箇所を取得するステップと、
- 撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、前記検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップであって、内部に損傷を有する箇所以外は第1の画素分解能で撮影し、内部に損傷を有する箇所は、前記第1の画素分解能よりも高い第2の画素分解能で撮影するステップと、
- を含む構造物の検査方法。
- [請求項2] 前記検査対象領域の内部状態を非破壊で計測するステップを更に含む、
- 請求項1に記載の構造物の検査方法。
- [請求項3] 前記検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影して、前記検査対象領域の内部状態を非破壊で計測する、
- 請求項2に記載の構造物の検査方法。
- [請求項4] 電磁波又は超音波を用いて前記検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影する、
- 請求項3に記載の構造物の検査方法。
- [請求項5] ミリ波、マイクロ波又はテラヘルツ波を用いて前記検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影する、
- 請求項4に記載の構造物の検査方法。
- [請求項6] 前記検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影する際に、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、前記検査対象領域を撮影する、
- 請求項3から5のいずれか1項に記載の構造物の検査方法。
- [請求項7] 前記検査対象領域の内部状態を非接触音響探査法で計測する、
- 請求項2に記載の構造物の検査方法。
- [請求項8] 前記可視光カメラで撮影された可視光画像に基づいて、前記構造物の表面に現れた損傷を検出するステップを更に含む、
- 請求項1から7のいずれか1項に記載の構造物の検査方法。

- [請求項9] 前記構造物の内部に損傷を有する箇所として、浮きが発生している箇所を検出する、
請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の構造物の検査方法。
- [請求項10] 前記第 1 の画素分解能は、前記可視光カメラで撮影された可視光画像から幅が 0. 2 mm までのひび割れを検出できる画素分解能であり、
前記第 2 の画素分解能は、前記可視光カメラで撮影された可視光画像から少なくとも幅が 0. 1 mm までのひび割れを検出できる画素分解能である、
請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の構造物の検査方法。
- [請求項11] 構造物の検査対象領域を可視光カメラで撮影するステップと、
前記可視光カメラで撮影された可視光画像に基づいて、前記構造物の表面に現れた損傷を検出するステップと、
特定の損傷が検出された場合に、前記特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測するステップと、
を含む構造物の検査方法。
- [請求項12] 前記検査対象領域を前記可視光カメラで撮影するステップでは、撮影された可視光画像から少なくとも幅が 0. 1 mm までのひび割れを検出できる画素分解能で撮影し、
前記特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測するステップでは、幅が 0. 2 mm 未満のひび割れが検出された箇所の内部状態を非破壊で計測する、
請求項 1 1 に記載の構造物の検査方法。
- [請求項13] 前記特定の損傷が検出された箇所の内部状態を可視化した画像を撮影して、前記特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非破壊で計測する、
請求項 1 1 又は 1 2 に記載の構造物の検査方法。
- [請求項14] 電磁波又は超音波を用いて前記特定の損傷が検出された箇所の内部

状態を可視化した画像を撮影する、

請求項 1 3 に記載の構造物の検査方法。

[請求項15] ミリ波、マイクロ波又はテラヘルツ波を用いて前記特定の損傷が検出された箇所の内部状態を可視化した画像を撮影する、

請求項 1 4 に記載の構造物の検査方法。

[請求項16] 前記特定の損傷が検出された箇所の内部状態を非接触音響探査法で計測する、

請求項 1 1 又は 1 2 に記載の構造物の検査方法。

[請求項17] 前記検査対象領域を前記可視光カメラで撮影するステップでは、撮影箇所をずらしつつ複数回に分けて、前記検査対象領域を前記可視光カメラで撮影する、

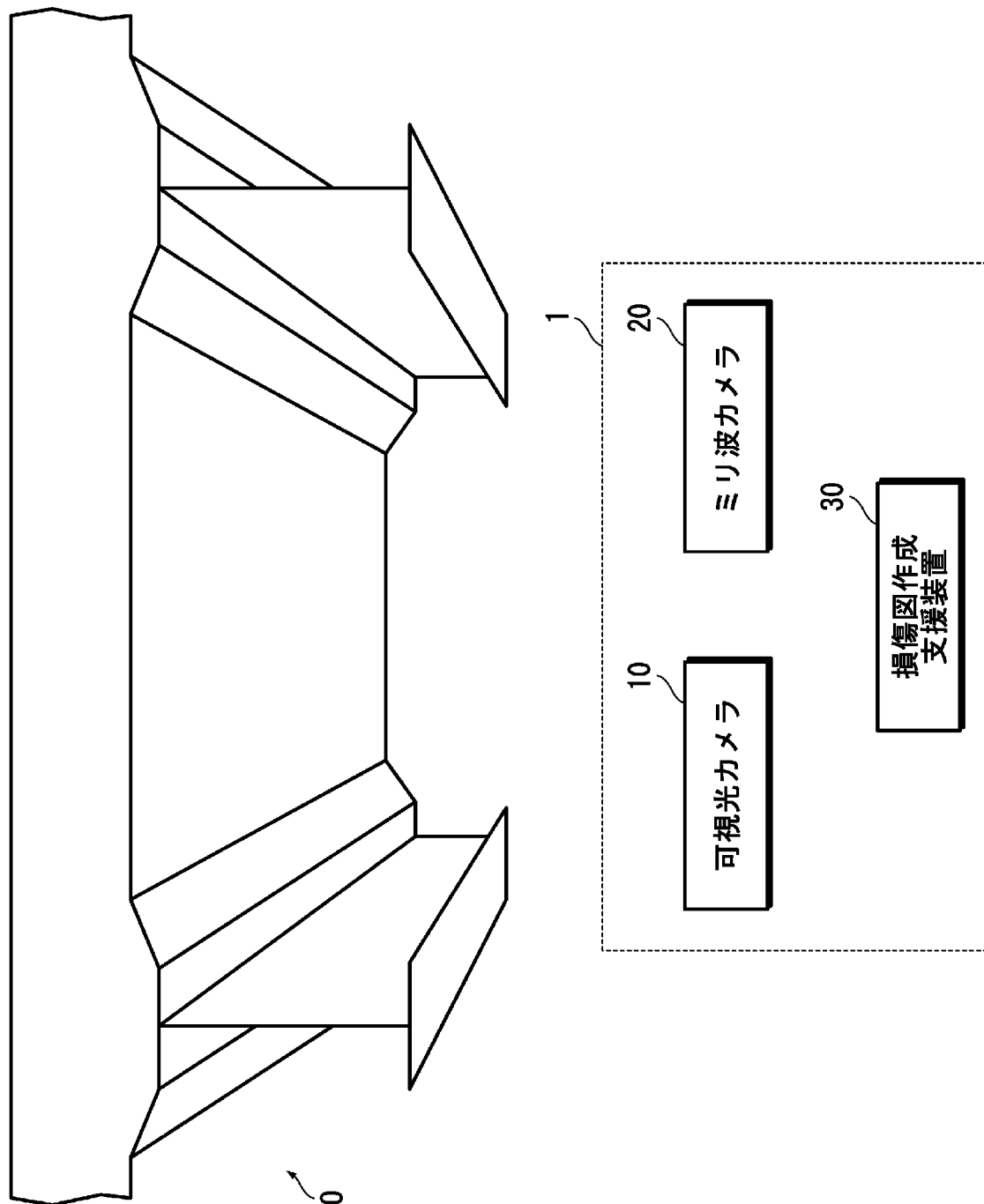
請求項 1 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の構造物の検査方法。

[請求項18] 構造物の内部状態を可視化した画像を撮影する第 1 カメラと、
前記構造物の表面の可視光画像を撮影する第 2 カメラと、
前記第 2 カメラで撮影された前記可視光画像を取得して、前記構造物の表面に現れた損傷を検出する検出装置と、
を備え、

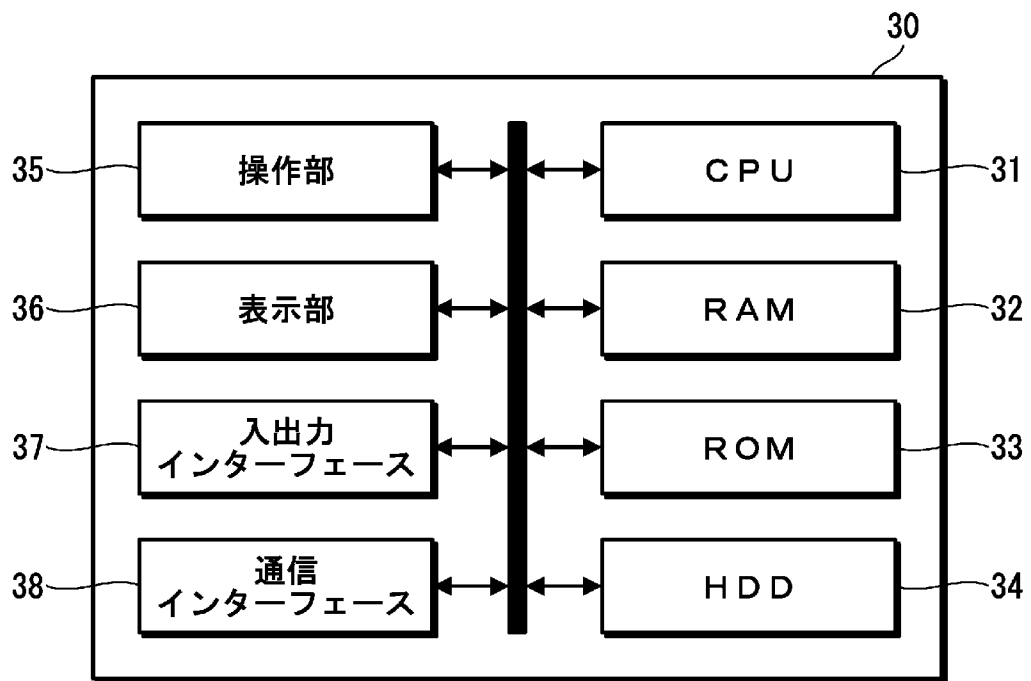
前記第 2 カメラで前記構造物の検査対象領域の表面の前記可視光画像を撮影する場合は、事前に前記第 1 カメラで前記構造物の検査対象領域の内部状態を可視化した画像を撮影して、内部に損傷を有する箇所の情報を取得し、内部に損傷を有する箇所以外は第 1 の画素分解能で撮影し、内部に損傷を有する箇所は、前記第 1 の画素分解能よりも高い第 2 の画素分解能で撮影する、

構造物の検査システム。

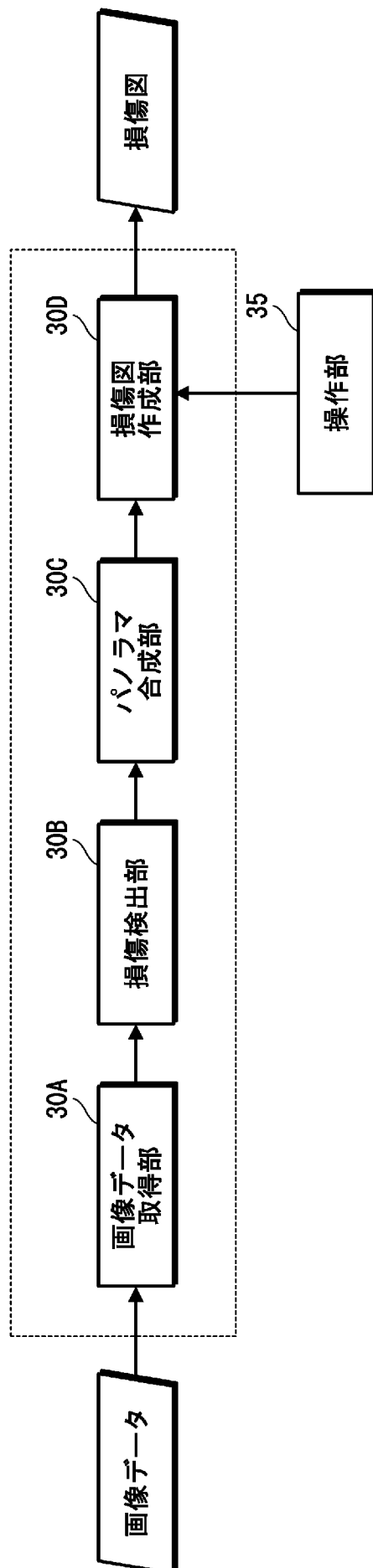
[図1]



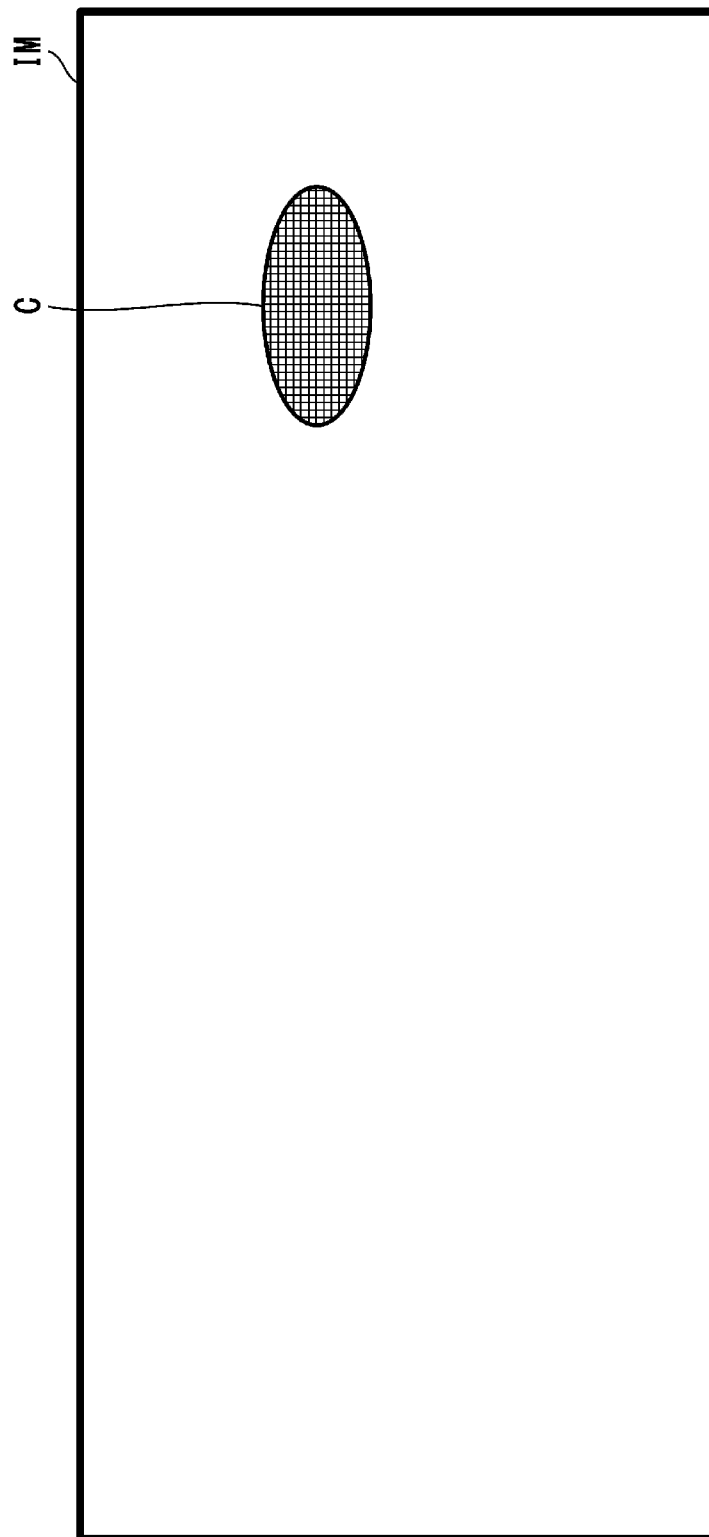
[図2]



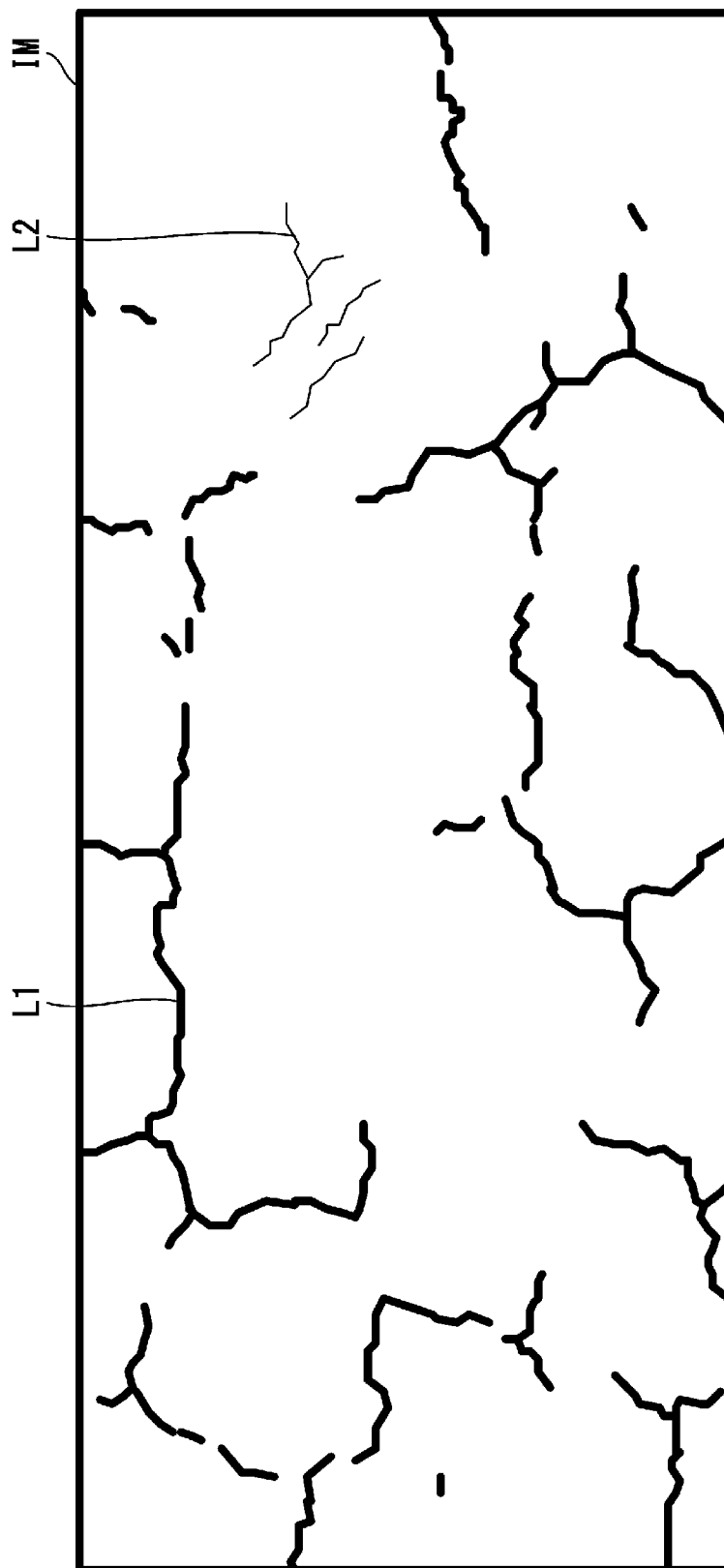
[図3]



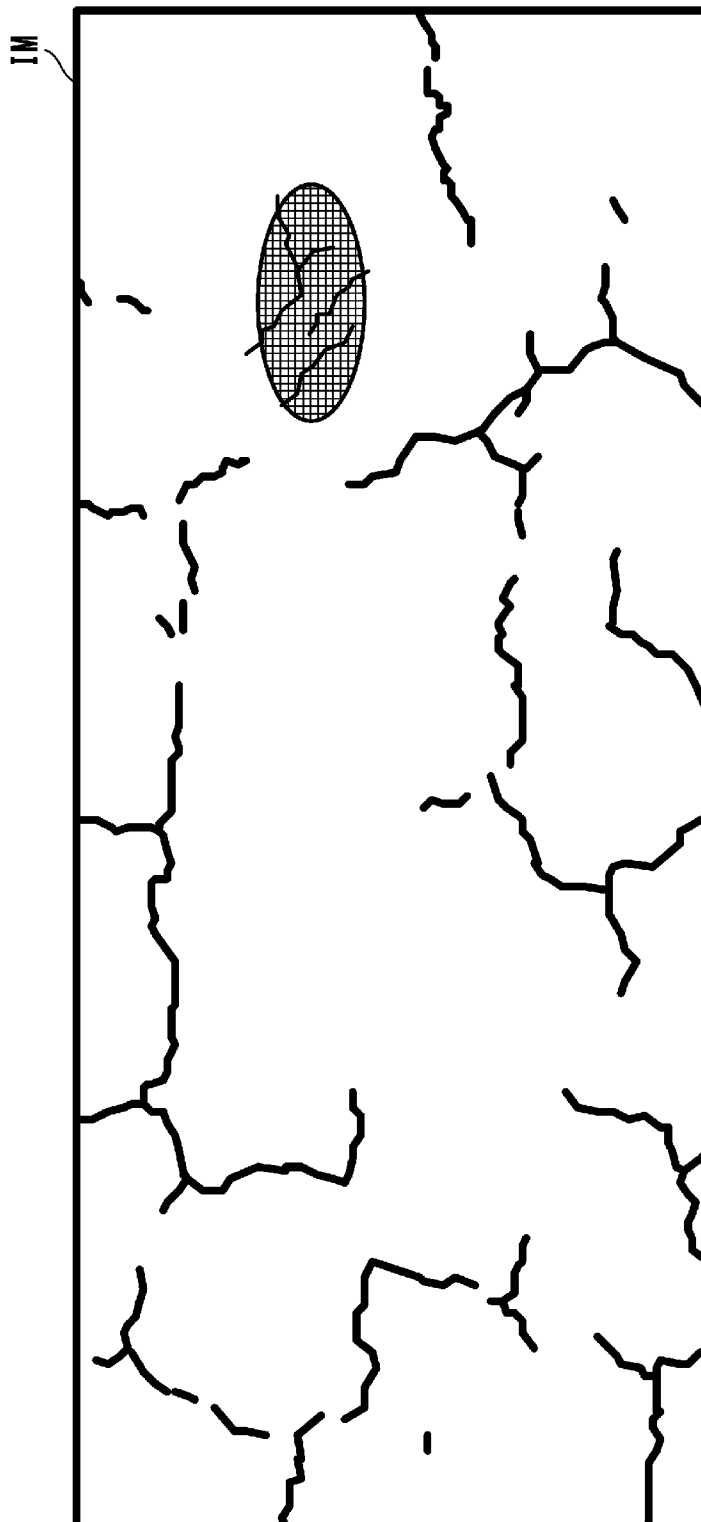
[図4]



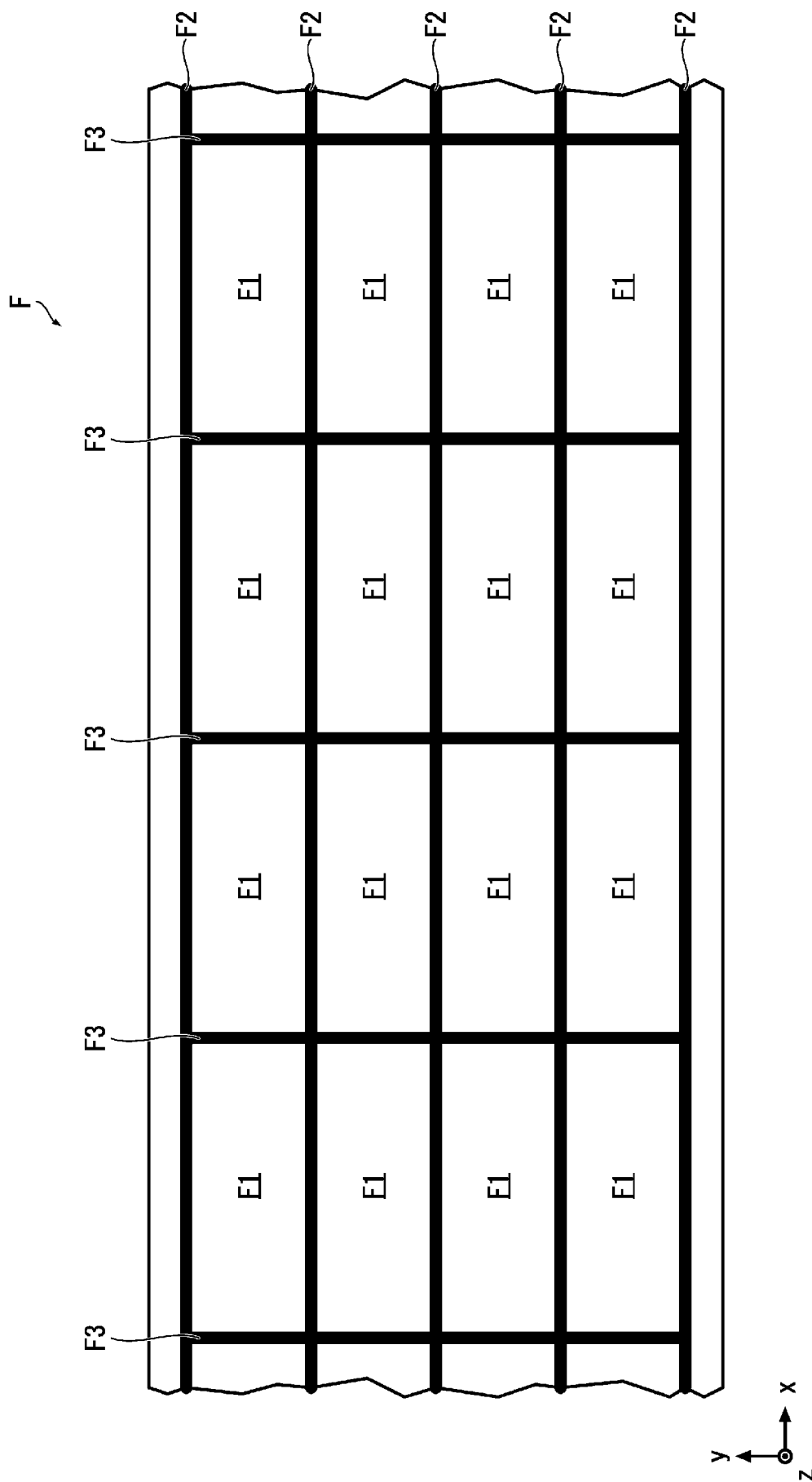
[図5]



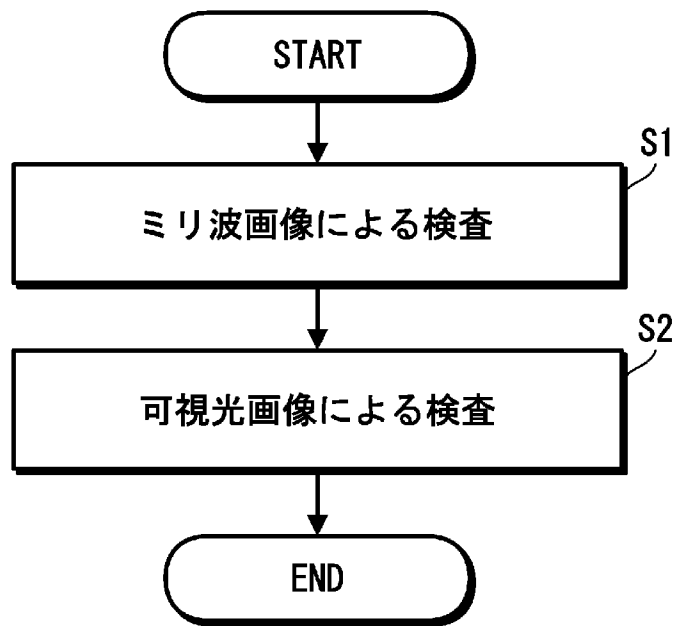
[図6]



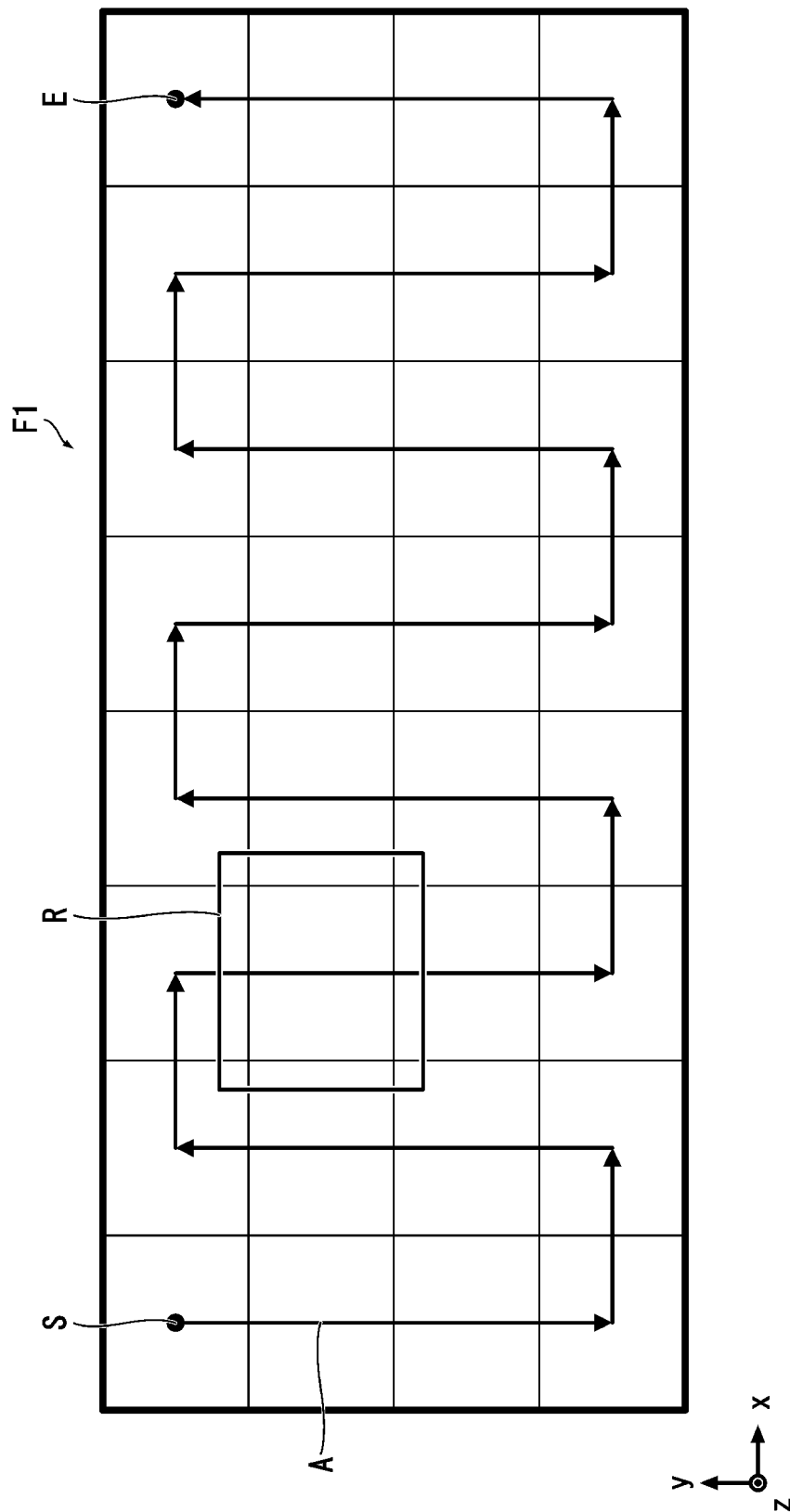
[図7]



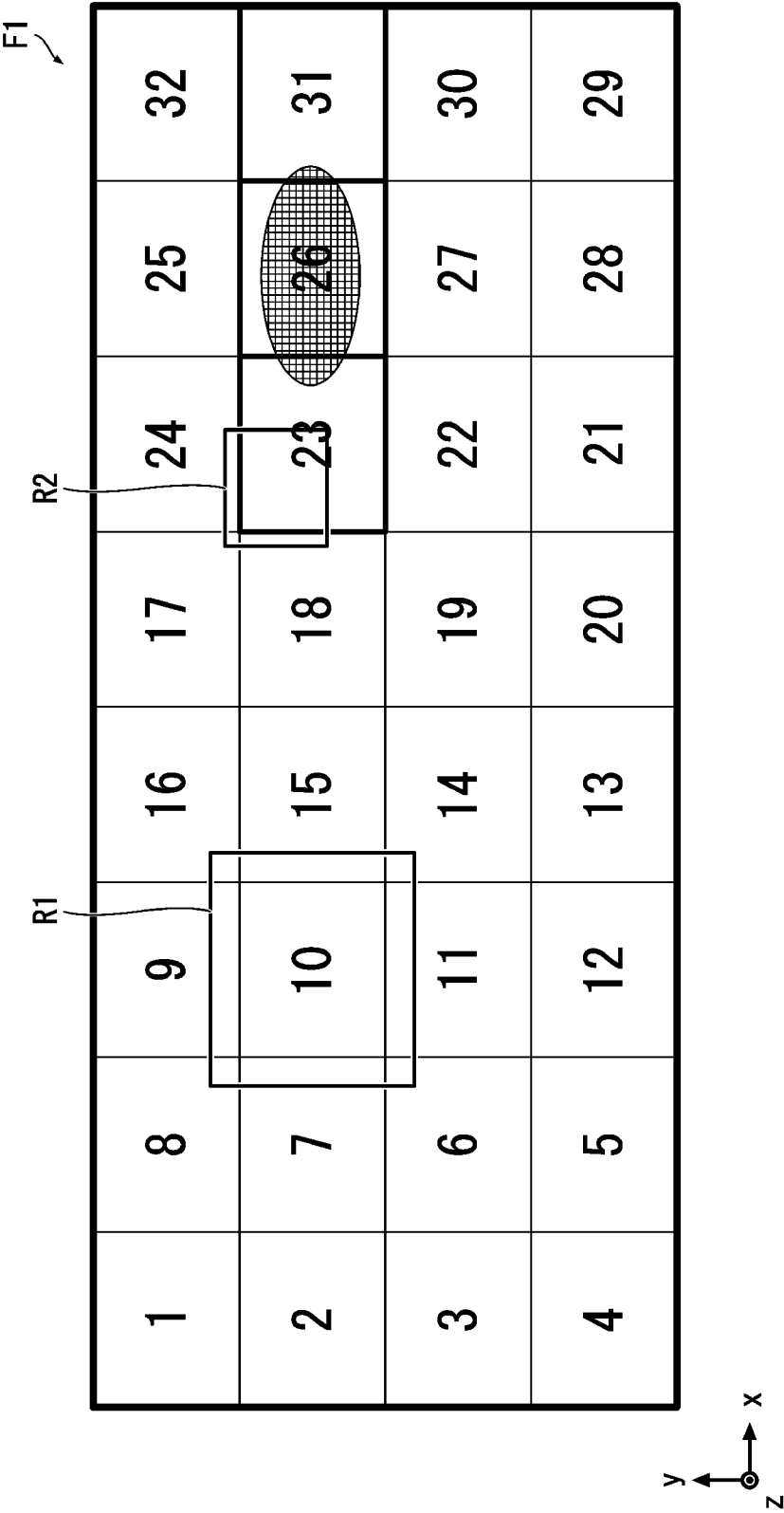
[図8]



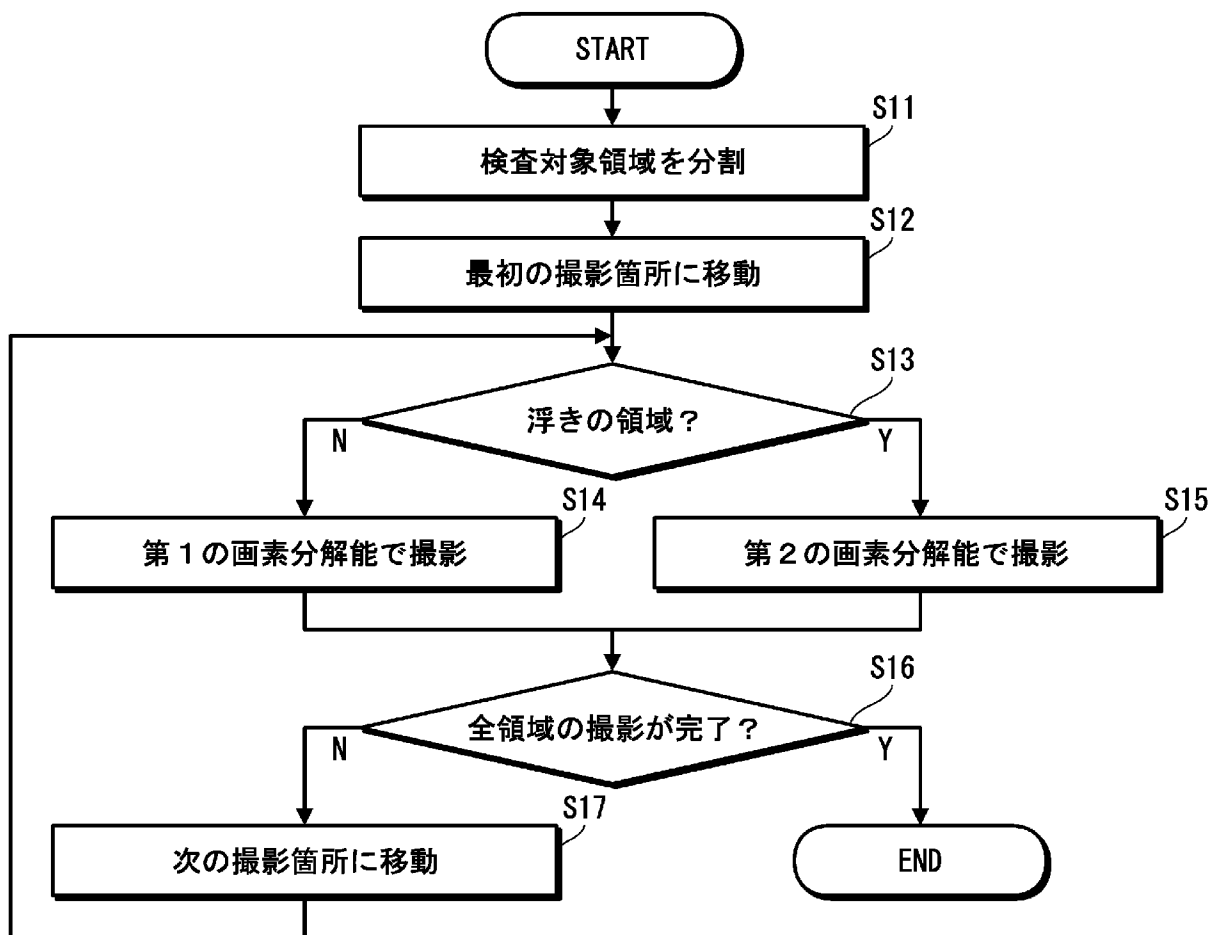
[図9]



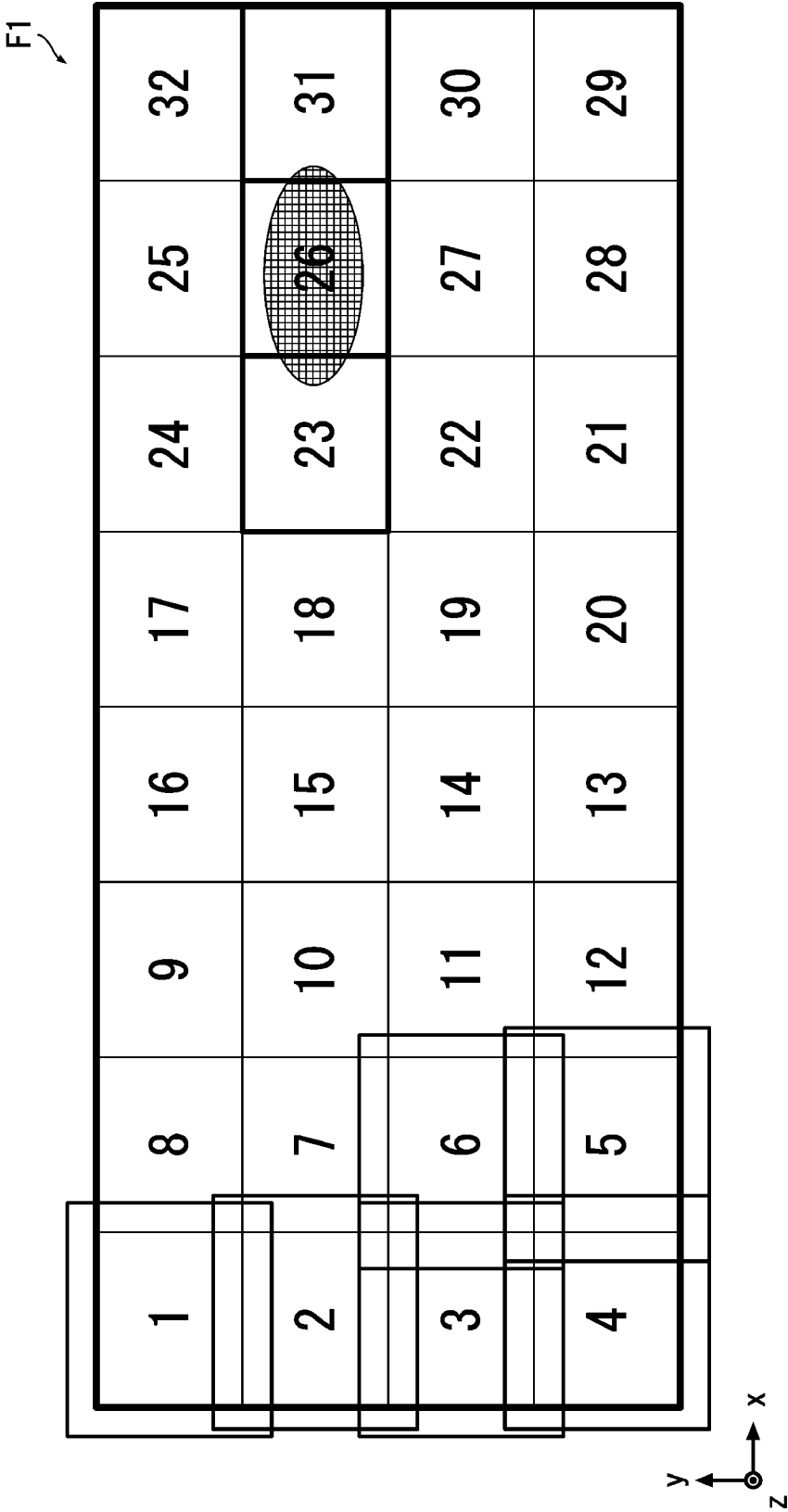
[図10]



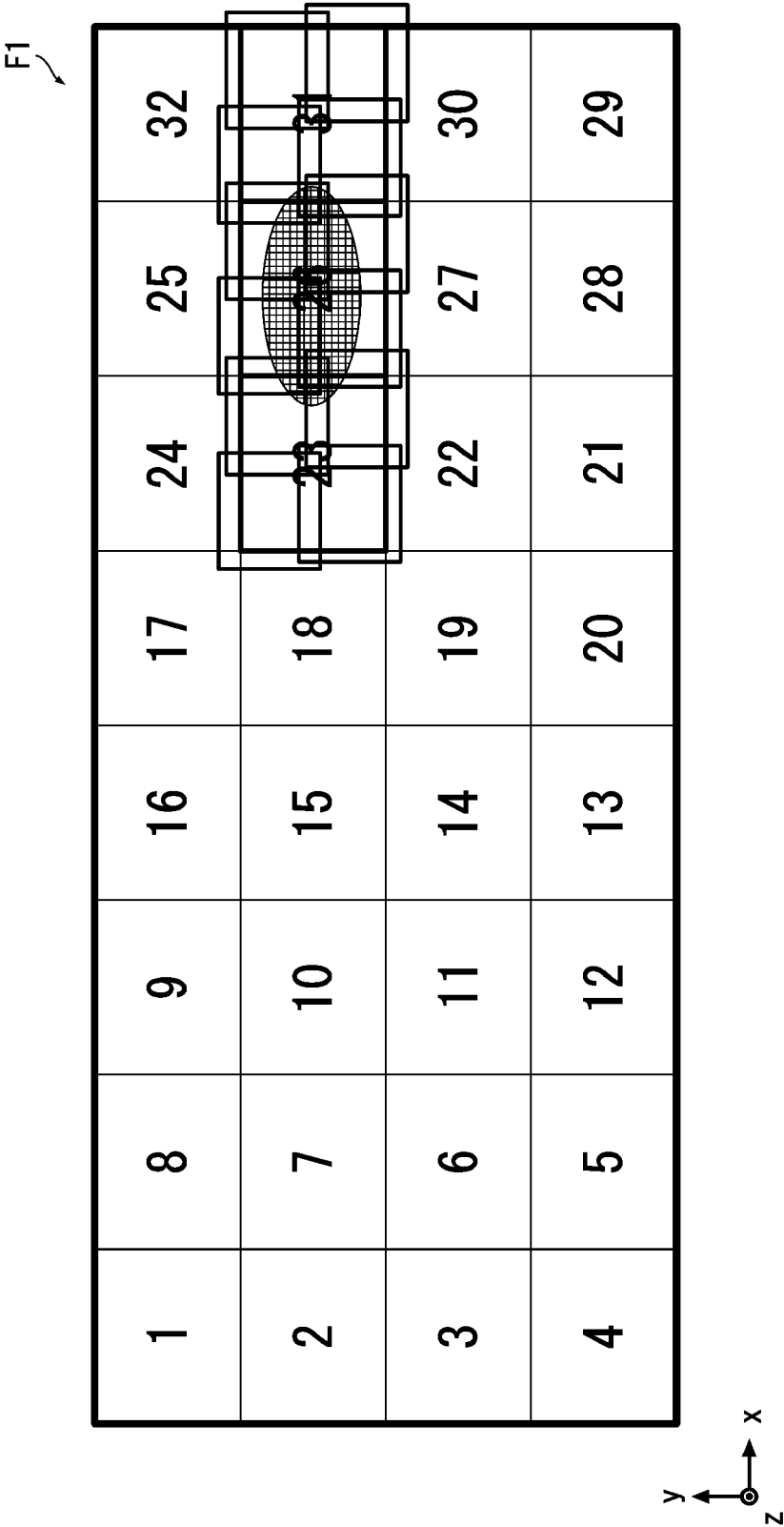
[図11]



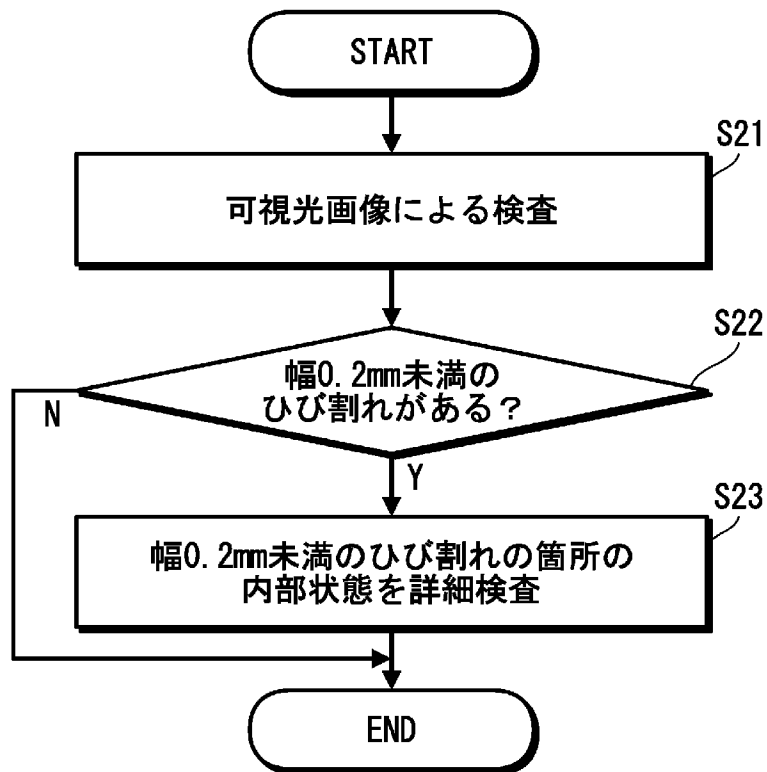
[図12]



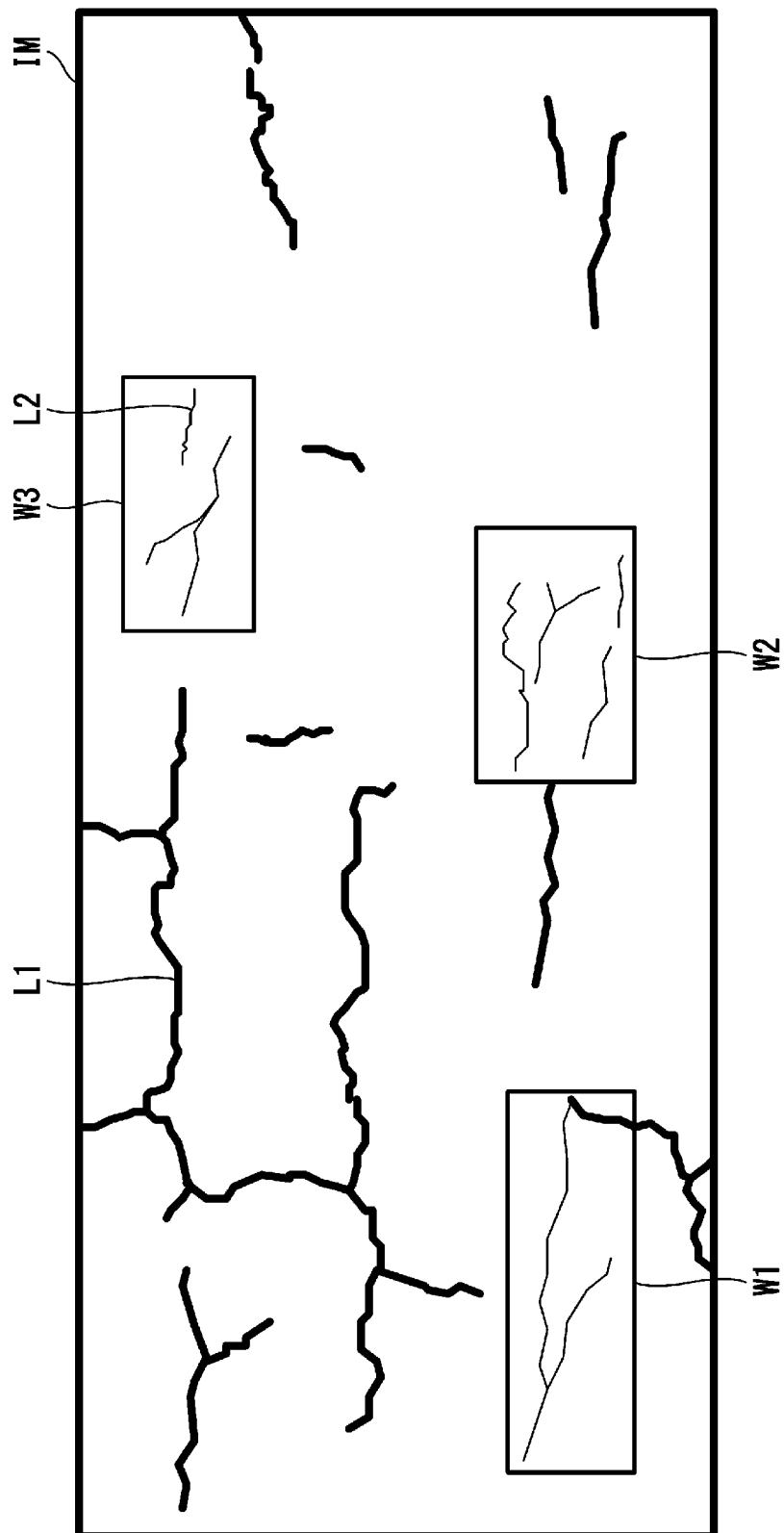
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/019702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N21/88 (2006.01) i, G01N21/3581 (2014.01) i, G01N22/02 (2006.01) i
FI: G01N21/88Z, G01N21/3581, G01N22/02A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01N21/84-21/958, G01N22/00-22/04, G01S13/00-13/95, G01M99/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-27908 A (TONTON INC.) 21 February 2019 (2019-02-21), paragraphs [0060]-[0062], [0111], [0154], fig. 7	1-10, 18
Y	JP 2019-158793 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 19 September 2019 (2019-09-19), paragraphs [0020], [0057], [0058]	1-10, 18
Y	JP 2020-16667 A (TOKYU CONSTRUCTION CO., LTD.) 30 January 2020 (2020-01-30), paragraph [0049]	1-10, 18
Y	JP 11-83754 A (MITSUI HIGH TEC INC.) 26 March 1999 (1999-03-26), paragraphs [0006]-[0008], [0060]	1-10, 18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 August 2021

Date of mailing of the international search report
17 August 2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/019702

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004-325246 A (TOSHIBA CORPORATION) 18 November 2004 (2004-11-18), paragraphs [0002], [0011], [0016], [0022], fig. 3, 6	11-17
A	JP 2002-257744 A (TAKENAKA CORPORATION) 11 September 2002 (2002-09-11), entire text, all drawings	1-18
A	JP 2007-178384 A (AICHI MACHINE INDUSTRY CO., LTD.) 12 July 2007 (2007-07-12), entire text, all drawings	1-18
A	US 2005/0110672 A1 (L-3 COMMUNICATIONS SECURITY AND DETECTION SYSTEMS, INC.) 26 May 2005 (2005-05-26), entire text, all drawings	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/019702

JP 2019-27908 A	21 February 2019	(Family: none)
JP 2019-158793 A	19 September 2019	(Family: none)
JP 2020-16667 A	30 January 2020	(Family: none)
JP 11-83754 A	26 March 1999	(Family: none)
JP 2004-325246 A	18 November 2004	(Family: none)
JP 2002-257744 A	11 September 2002	(Family: none)
JP 2007-178384 A	12 July 2007	(Family: none)
US 2005/0110672 A1	26 May 2005	WO 2005/086620 A2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 21/88(2006.01)i; G01N 21/3581(2014.01)i; G01N 22/02(2006.01)i FI: G01N21/88 Z; G01N21/3581; G01N22/02 A		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01N 21/84-21/958; G01N 22/00-22/04; G01S 13/00-13/95; G01M99/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2019-27908 A（株式会社T o n T o n）21.02.2019（2019-02-21） 段落 [0060] - [0062], [0111], [0154]、図7	1-10, 18
Y	JP 2019-158793 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）19.09.2019（2019-09-19） 段落 [0020], [0057] - [0058]	1-10, 18
Y	JP 2020-16667 A（東急建設株式会社）30.01.2020（2020-01-30） 段落 [0049]	1-10, 18
Y	JP 11-83754 A（株式会社三井ハイテック）26.03.1999（1999-03-26） 段落 [0006] - [0008], [0060]	1-10, 18
X	JP 2004-325246 A（株式会社東芝）18.11.2004（2004-11-18） 段落 [0002], [0011], [0016], [0022]、図3, 6	11-17
A	JP 2002-257744 A（株式会社竹中工務店）11.09.2002（2002-09-11） 全文、全図	1-18
A	JP 2007-178384 A（愛知機械工業株式会社）12.07.2007（2007-07-12） 全文、全図	1-18
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 05.08.2021		国際調査報告の発送日 17.08.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 田中 洋介 2W 3009 電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2005/0110672 A1 (L-3 COMMUNICATIONS SECURITY AND DETECTION SYSTEMS, INC.) 26.05.2005 (2005 - 05 - 26) 全文、全図	1-18

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/019702

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-27908	A	21.02.2019	(ファミリーなし)	
JP	2019-158793	A	19.09.2019	(ファミリーなし)	
JP	2020-16667	A	30.01.2020	(ファミリーなし)	
JP	11-83754	A	26.03.1999	(ファミリーなし)	
JP	2004-325246	A	18.11.2004	(ファミリーなし)	
JP	2002-257744	A	11.09.2002	(ファミリーなし)	
JP	2007-178384	A	12.07.2007	(ファミリーなし)	
US	2005/0110672	A1	26.05.2005	WO	2005/086620 A2