

(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1月14日(14.01.2021)



(10) 国際公開番号

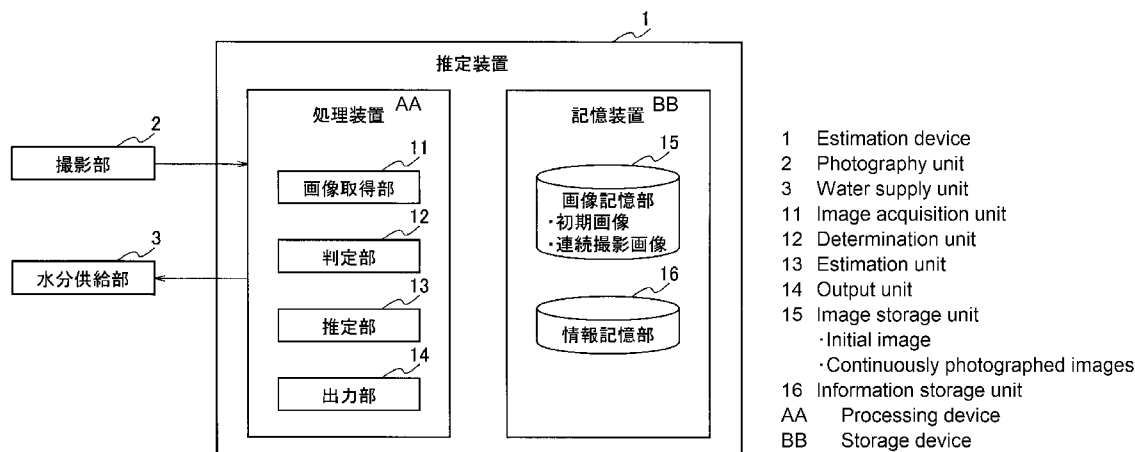
WO 2021/005779 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/88 (2006.01) G01N 33/38 (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/027493
- (22) 国際出願日: 2019年7月11日(11.07.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 竹内 陽祐 (TAKEUCHI Yosuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1
- 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 石井 龍太 (ISHII Ryuta); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 上庄 拓哉 (KAMISHO Takuya); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 津田 昌幸 (TSUDA Masayuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー 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,

(54) Title: NEUTRALIZATION ESTIMATION DEVICE AND NEUTRALIZATION ESTIMATION METHOD

(54) 発明の名称: 中性化推定装置および中性化推定方法

【図1】



(57) Abstract: This invention comprises a determination unit 12 that acquires, from an initial image capturing a concrete surface of a dried reinforced concrete, a characteristic color of the concrete, analyzes a first image capturing the concrete surface after the reinforced concrete has been sprayed with water, and determines that a part having a prescribed color difference to the characteristic color is a crack, and an estimation unit 13 that analyzes a second image capturing the concrete surface after the crack has been impregnated with water and then dried and uses the color around the crack to estimate whether the inside of the crack is neutralized.

(57) 要約: 乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、前記コンクリートの特徴色を取得し、前記鉄筋コンクリートに水分を吹き付けた後に前記コンクリート表面を撮影した第1の画像を解析し、前記特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する判定部12と、前記ひび割れに水分を含浸させ、乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した第2の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を用いて、前記ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する推定部13とを有する。



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

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： 中性化推定装置および中性化推定方法

技術分野

[0001] 本発明は、鉄筋コンクリートの中性化推定装置および中性化推定方法に関する。

背景技術

[0002] 鉄筋コンクリートは、鉄筋をコンクリートが防食する複合構造物である。コンクリートはアルカリ性であるため、健全な鉄筋コンクリートの中の鉄筋は腐食しない。しかし、コンクリートにひび割れが生じた際には、ひび割れ部からコンクリートの中性化が進行し、鉄筋の腐食が進行する。そのため、コンクリートにひび割れが生じたかどうか、および、ひび割れ内部の中性化が進行しているどうかは、鉄筋コンクリートの健全性を判定するための重要な基準である。

[0003] ひび割れの有無は、主に目視による点検項目である。また、画像解析よりひび割れを判定する技術も開発されている（非特許文献1、2参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1：金子，「デジタルカメラ画像を用いたコンクリート構造物のひび割れ検査技術」，N T T 技術ジャーナル，(2011)

非特許文献2：「AIを駆使して社会課題の解決目指す インフラ劣化度検査を省力化する「THE JUDGE!」開発チームの挑戦」、[online]、[2019年3月20日検索]、インターネット<URL：<https://blogos.com/article/356591/>>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 鉄筋の腐食に関し、鉄筋コンクリートのひび割れ内部が中性化したかどうかは、鉄筋コンクリートの健全性を判断するうえで重要な基準となる。しか

し、ひび割れ内部の中性化状況を測定するには、一部のコンクリートを研るなどの破壊を伴う施工が必要となる。

[0006] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、鉄筋コンクリートを破壊する施工を行うことなく、簡便に鉄筋コンクリートの中性化を推定する技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本発明の一態様の中性化推定装置は、乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、前記コンクリートの特徴色を取得し、前記鉄筋コンクリートに水分を吹き付けた後に前記コンクリート表面を撮影した第1の画像を解析し、前記特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する判定部と、前記ひび割れに水分を含浸させ、乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した第2の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を用いて、前記ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する推定部とを有する。

[0008] 本発明の一態様は、中性化推定システムが行う中性化推定方法であって、乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、前記コンクリートの特徴色を取得する取得ステップと、前記鉄筋コンクリートに水分を吹き付ける水分吹付ステップと、水分を吹き付けた後に前記コンクリート表面を撮影した第1の画像を解析し、前記特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する判定ステップと、前記ひび割れに水分を含浸する含浸ステップと、前記含浸ステップの水分を乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した第2の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を用いて、前記ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する推定ステップとを有する。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、鉄筋コンクリートを破壊する施工を行うことなく、簡便に鉄筋コンクリートの中性化を推定する技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]中性化推定システムの全体構成図である。

[図2]中性化推定システムの動作を示すフローチャートである。

[図3]中空の鉄筋コンクリートのコンクリートポールの断面図の一例である。

[図4]白華が生じた画像と、中性化推定領域を示す画像の例である。

[図5]コンピュータの構成図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。図面の記載において、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

[0012] (中性化推定システムの全体構成)

図1は、本実施形態の中性化推定システムの全体構成図である。中性化推定システムは、鉄筋コンクリート（鉄筋コンクリート構造物）の中性化を推定する。鉄筋コンクリートには、コンクリートの内部に複数の鉄筋が配置されている。本実施形態の中性化推定システムは、推定装置1と、撮影部2と、水分供給部3とを備える。

[0013] 撮影部2（撮影装置）は、鉄筋コンクリートのコンクリート表面の画像（静止画または動画）を撮影するカメラである。撮影部2は、コンクリート表面に生じた微細な（例えば、0.1mm幅程度の）ひび割れを捕捉可能な画像が取得できる位置に、固定して設置される。撮影部2は、撮影した画像を推定装置1に送信する。

[0014] 撮影部2は、少なくとも連続撮影機能を有し、例えば、インターバル撮影機能、動画から所定のタイミングで画像を取り出す機能等を有してもよい。インターバル撮影の撮影間隔は、1秒間隔から1時間間隔の任意の時間を設定可能である。

[0015] 本実施形態では、撮影部2は、最初に、乾燥した状態のコンクリート表面を撮影した初期画像を推定装置1に送信する。その後、撮影部2は、所定の間隔でインターバル撮影した静止画の複数の画像、または、動画を、連続撮影画像として推定装置1に送信する。

[0016] 水分供給部3（水分供給装置）は、推定装置1の制御に従って、鉄筋コン

クリートのコンクリート表面に水分を供給する。なお、本実施形態では、水分の供給は、推定装置 1 および水分供給部 3 により行うが、降雨を活用してもよい。また、人がひび割れに水分を供給してもよい。

[0017] 推定装置 1 は、撮影部 2 が鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した画像を、画像解析し、ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する。図示する推定装置は、処理装置と、記憶装置とを有する。処理装置は、画像取得部 1 1 と、判定部 1 2 と、推定部 1 3 と、出力部 1 4 とを有し、記憶装置は、画像記憶部 1 5 と、情報記憶部 1 6 とを有する。

[0018] 画像取得部 1 1 は、撮影部 2 から送信または配信される画像を画像記憶部 1 5 に記憶する。撮影部 2 は、初期画像と、その後の連続撮影機能を用いて撮影した複数の画像（連続撮影画像）とを送信する。画像取得部 1 1 は、初期画像および連続撮影画像を受信し、画像記憶部 1 5 に記憶する。

[0019] 判定部 1 2 は、乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、コンクリートの特徴色を取得し、情報記憶部 1 6 に記憶する。判定部 1 2 は、鉄筋コンクリートに水分を吹き付けた後の乾燥過程においてコンクリート表面を撮影した画像（第 1 の画像）を解析し、特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する。なお、判定部 1 2 は、連続撮影画像の中で、特徴色の部分が所定の割合を超えた画像（第 1 の画像）を用いて、ひび割れを判定する。

[0020] 推定部 1 3 は、水分供給部 3 を制御して、ひび割れに水分を含浸させ、乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した画像（第 2 の画像）を解析し、ひび割れ近傍の色を用いて、ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する。具体的には、推定部 1 3 は、ひび割れ内部の中性化を判定するために、ひび割れ内部に十分に水分を含浸させるのに必要な水分量を算出する。推定部 1 3 は、乾燥させた後の画像（第 2 の画像）のひび割れ近傍の色を特徴色と比較し、ひび割れ近傍の色が特徴色より白く変化している場合、ひび割れ内部は中性化していないと推定する。

[0021] 推定部 1 3 は、含浸後の乾燥初期状態の前記コンクリート表面を撮影した

画像（第3の画像）を解析し、ひび割れ近傍の色を特徴色と比較し、特徴色より黒く変化している領域を中性化領域と推定する。

[0022] 出力部14は、判定結果および推定結果を、ディスプレイ、プリンタなどの出力装置に出力する。また、出力部14は、ネットワークを介して他の装置に判定結果および推定結果を送信してもよい。

[0023] 画像記憶部15には、初期画像と、連続撮影機能により撮影された複数の画像（連続撮影画像）が記憶される。情報記憶部16には、コンクリートの特徴色、ひび割れ位置、ひび割れ幅、含浸水分量、中性化推定結果、中性化領域などの各種情報が記憶される。

[0024] （中性化推定システムの動作）

本実施形態では、鉄筋コンクリートへpH7-8の中性水を含浸させ、その後の乾燥過程の色変化を観測することでひび割れ内部が中性化しているか否かを推定し、中性化領域を推定する。ひび割れのないコンクリート表面は水にぬれることでやや濃いグレーに変色するが、ひび割れが発生している部分（ひび割れ部）のコンクリート表面と比較して水分含浸が進みにくい。そのため、ひび割れのないコンクリート表面は、乾燥も短い時間で終了し、もとのコンクリートの色（グレー）に戻る。一方、ひび割れ部のコンクリート表面には、水分が多く滞留しており、乾燥も長時間を要する。

[0025] そのため乾燥過程においては、コンクリート表面の大部分が乾燥しながら、ひび割れ部のコンクリート表面のみに水分が滞留する時間が存在し、この時間を用いてひび割れ部の検出および中性化を判定する。ひび割れのないコンクリート表面の乾燥状態の色は、水分含浸前のコンクリートの画像情報を事前を取得しておくことで判定すればよい。また乾燥は常温大気放置で乾燥しても、温風吹付等による乾燥促進を実施してもかまわない。

[0026] 図2は、本実施形態の推定システムの動作を示すフローチャートである。

[0027] 本実施形態では、撮影部2は、対象とする鉄筋コンクリートのコンクリート表面を、連続撮影機能を用いて撮影し、撮影した画像を推定装置1に送信する。本実施形態の撮影部2は、所定の撮影間隔（例えば1秒間隔～1時間

間隔)でインターバル撮影した複数の画像を推定装置1に送信する。なお、撮影部2は、ウェブカメラなどであって、コンクリート表面の映像(動画)を撮影し、推定装置1に配信してもよい。この場合、推定装置1は、配信された映像の中から所定の撮影間隔で静止画を取り出し、画像記憶部15に記憶し、画像解析してもよい。

[0028] まず、推定装置1は、撮影部2から送信される初期状態(最初)の初期画像を受信し、当該初期画像を画像解析して、乾燥した状態のコンクリートの特徴色を抽出する(S11)。なお、推定装置1は、特徴色を、RGB、CMYKなどのデジタル情報とし、情報記憶部16に記憶する。なお、推定装置1は、撮影部2から送信される画像を、画像記憶部15に記憶する。

[0029] コンクリート表面のひび割れ(ひび割れ位置、ひび割れ幅)を、事前に目視で確認できる場合は(S12:ひび割れあり)、推定装置1はS16に進み、水分含浸による中性化推定に移行する。この場合、作業者は、確認したひび割れの位置およびひび割れ幅を推定装置1に入力し、情報記憶部16に記憶する。

[0030] コンクリート表面のひび割れを事前に確認できない場合は(S12:ひび割れ不明)、推定装置1はS13に進み、水分吹付けによりひび割れを可視化する。微小なひび割れ(0.1mm幅以下の)が存在する場合は、目視での確認が困難であるためである。

[0031] ひび割れの可視化では、推定装置1は、水分供給部3に制御信号を送信する。水分供給部3は、推定装置1の制御に従って、対象のコンクリート表面に水分を吹き付ける(S13)。ひび割れの開口部に捕捉された水分は、捕捉された位置での光の吸収を強める。これにより、推定装置1は、コンクリート表面を撮影した画像を解析することで、乾燥したコンクリートの特徴色よりも暗い色の部分を、ひび割れ部として検出し、この暗い部分の幅をひび割れ幅と推定することができる。

[0032] 水分供給部3による水分吹付は、霧吹き程度の水の吹きかけで十分であり、対象範囲のコンクリート表面を十分に濡らす程度、すなわち、対象範囲の

表面積に約0.1mm厚の水膜が生じるのに十分な水分を吹きかければよい。

[0033] その後、第1の乾燥過程に移行する（S14）。乾燥は、常温大気中に放置して乾燥しても、乾燥装置（不図示）により温風吹付等による乾燥を促進してよい。

[0034] 第1乾燥過程において、推定装置1は、撮影部2から所定の撮影間隔で送信される各画像を画像解析し、コンクリート表面が乾燥して初期画像に近づいたときの画像（第1の画像）を用いて、ひび割れの有無を判定する（S14）。初期画像に近づいたときの画像は、画像の中で初期画像の特徴色が所定の割合（例えば、90%）を超えた画像である。

[0035] 推定装置1は、初期画像に近づいたときの画像において、特徴色と所定の色差が生じた部分がある場合はひび割れがあると判定し、特徴色と所定の色差が生じた部分がない場合、ひび割れがないと判定する。すなわち、推定装置1は、S11で取得した乾燥したコンクリートの特徴色と比較して、特徴色よりも暗い色の部分を、ひび割れ部として検出し、この暗い部分の幅（暗い部分の線の太さ）を、ひび割れ幅と推定する。ひび割れがあると判定した場合、推定装置1は、検出したひび割れの位置およびひび割れの幅を、前記画像を解析することで取得し、情報記憶部16に記憶する。

[0036] ひび割れがない場合（S15：なし）、推定装置1は処理終了する。ひび割れがある場合（S15：あり）、推定装置1は、ひび割れ内部の中性化を判定するために、ひび割れ内部に十分に水分を含浸させるのに必要な水分量を算出する（S16）。推定装置1は、必要最低限の水分量を、S14で取得したひび割れ幅と、鉄筋コンクリートの構造から推定されるひび割れ深さを用いて算出し、算出した必要最低限の水分量以上を、含水水分量とする。必要最低限の水分量以上を含水水分量とすればよいことから、ひび割れ深さは構造物のコンクリート厚さ全長とするなど、想定されるひび割れの最大深さとすればよい。

[0037] 例えば、図3に示す中空のコンクリートの半周分に幅0.1 mmのひび割れが生じた場合、推定装置1は、そのひび割れ領域の面積（107cm²）を、以下の式

より算出する。

[0038] $\{(23/2)^2 \times \pi - (16/2)^2 \times \pi\} / 2 = 107\text{cm}^2$

[0039] そして、推定装置 1 は、ひび割れ領域の面積（107cm²）に、ひび割れ幅（0.01cm）を乗算し、ひび割れの空間（107cm²×0.01cm=1.07 cm³）を算出する。推定装置 1 は、約1.07 cm³の空間が生じているため、これを満たすのに十分な水分量として、1.07gを算出する。

[0040] 本実施形態では、S 1 3 の水分吹付と同様に、対象のコンクリート表面全体に水分を含浸させる。そのため、推定装置 1 は、単位面積（cm²）あたりに換算した値（ここでは約3g/cm²）を、測定対象のコンクリート表面の面積に乗算することで含浸水分量の総量を算出する。単位面積あたりに換算した値（約3g/cm²）は、コンクリートの半周分の長さ（23×π/2=36.13cm）に、幅0.1mmのひび割れを乗算し（36.13×0.01=0.36cm²）、ひび割れの空間を満たす水分量を前記乗算した値で除算した値（1.07g/0.36cm²=2.96g/cm²）である。

[0041] なお、水分供給部 3 が、ひび割れ領域にのみ水分を含浸させる機構を有する場合は、上記1gを水分量として算出してもよい。

[0042] 推定装置 1 は、算出した含浸水分量を含む制御信号を、水分供給部 3 に送信する。水分供給部 3 は、推定装置 1 の制御に従って、対象のコンクリート表面に、含浸水分量の水分を含浸する（S 1 7）。なお、屋外に設置された鉄筋コンクリートに関しては、降雨による水分含浸等を活用してもよい。また、推定装置 1 は、ひび割れ領域にのみ水分を含浸させる場合、制御信号にひび割れ位置を含めてもよい。

[0043] ひび割れ領域を含むコンクリート表面全体への十分な水分の含浸後、第 2 の乾燥過程に移行する（S 1 8）。乾燥は、常温大気中に放置して乾燥しても、乾燥装置（不図示）により温風吹付等による乾燥促進を実施してよい。

[0044] ひび割れ内部の水分には、ひび割れ内部からコンクリート成分が溶解する。このとき、ひび割れ内部が未中性化状態の場合、水酸化カルシウムが水分に溶解する。水酸化カルシウムが溶解した水分は、ひび割れ外部のコンクリート表面へと漏洩し、その後、水分が蒸発する。これにより、ひび割れ部近

傍のコンクリート表面は、白華（エフロレッセンス）と呼ばれる白い析出物が生じる状態となる。

[0045] 一方、ひび割れ内部が中性化していた場合には、ひび割れ内部で水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化し、水分への溶解度が小さくなる。このため、水分には白華する成分は溶解せず、中性の水分がひび割れ外部のコンクリート表面に漏洩し、蒸発する。ひび割れ部に中性の水分が保持された状態の領域は、光の反射量が減少するため、他の領域に比べ黒く見える。

[0046] また、ひび割れ部が中性化している場合、コンクリートに含まれていたアルカリ成分が漏出した後の状態であるため、未中性化領域のコンクリートと比較して粗な状態となっており、水分を強く保持する。そのため、コンクリート表面においてもひび割れ近傍で中性化した領域で水分を強く保持され黒く変色して観測されるため、黒く変色した部分を中性化領域と推定できる。

[0047] このように、第2の乾燥過程において、ひび割れ部からコンクリート表面に水分が浸みだし、蒸発する際にアルカリ成分を含むか否かが、白い析出物により判別可能である。したがって、白い析出物の有無により、ひび割れ内部の中性化の判別が可能となる。

[0048] 含浸後の第2乾燥過程において、推定装置1は、コンクリート表面を撮影した画像（第3の画像）を解析し、ひび割れ近傍の色をコンクリートの特徴色と比較し、特徴色より黒く変化している領域を中性化領域と推定する（S18）。

[0049] 具体的には、推定装置1は、S14の第1乾燥過程と同様に、撮影部2から所定の撮影間隔で送信される各画像（連続撮影画像）を画像解析し、コンクリート表面が乾燥して初期画像に近づいたときの画像（第3の画像）を用いて、中性化領域を推定する。初期画像に近づいたときの画像は、画像の中で初期画像の特徴色が所定の割合（例えば、90%）を超えた画像である。

[0050] 水分を含浸し、乾燥が開始されたコンクリート表面では水分の蒸発が進み、S14と同様に、ひび割れに捕捉された水分が残った状態となる。白華は、ひび割れ内部の水分の蒸発が進んだ段階で生じるため、第2の乾燥過程の

初期画像に近づいたときの画像（第3の画像）にはひび割れが黒く検出される。S 17で十分な水分を含浸させていることから、推定装置1は、この画像を解析し、特徴色と所定の色差を有する部分（すなわち、特徴色より黒い部分）を中性化領域と仮に推定し、情報記憶部16に記憶する（S 18）。

[0051] その後、乾燥が十分に進んだ際には白華の判別が可能となる。このとき、推定装置1は、含浸させた水分を乾燥させた後にコンクリート表面を撮影した画像（第2の画像）を解析し、ひび割れ近傍の色を用いて、ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する。すなわち、推定装置1は、含浸した水分がひび割れ内部においても蒸発し、ひび割れ内部が乾燥した状態の画像を用いて、ひび割れ内部の中性化を推定する。乾燥後の画像（第2の画像）は、連続撮影画像の中でひび割れ近傍の色が、コンクリート表面の特徴色と同じ、または、白色となった画像である。

[0052] 色を用いた画像解析については、例えば、非特許文献1などに記載されている。本実施形態では、推定装置1は、前記画像（第2の画像）のひび割れ近傍の色を、コンクリート表面の特徴色と比較する（S 19）。

[0053] 例えば、推定装置1は、暗色を背景としたグレースケール表示にて0-255の値で表現する場合、コンクリートの特徴色よりも50以上大きい場合に白色と判定し、30以上小さい場合に黒色と判定する。

[0054] 推定装置は、ひび割れ近傍の色が特徴色より白く変化している場合（S 19：白）、ひび割れ内部は中性化していないと推定する（S 21）。この場合、推定装置1は、S 18で推定した中性化領域を破棄する。一方、推定装置は、ひび割れ近傍の色が白以外の場合（S 19：白以外）、ひび割れ内部は中性化していると推定し、中性化領域をS 18で推定した領域とする（S 20）。推定装置1は、推定結果を情報記憶部16に記憶する。

[0055] 図4は、コンクリート表面のひび割れにおいて、未中性化を示す白華が生じた画像と、中性化推定領域を示す画像の模式図である。図4（a）は、コンクリート表面のひび割れの位置を示す。図4（b）は、ひび割れの位置の近傍に、未中性化を示す炭酸カルシウムの析出による白華が生じた場合の画

像例である。図4（c）は、ひび割れの位置の近傍に中性水が滞留し、黒くなっている場合の画像例である。推定装置1は、この黒くなっている部分を中性化領域と推定する。

[0056] なお、過去の白華がすでにコンクリート表面に現れている場合には、本実施形態による白華との判別が困難となることから、過去の白華を除去しておくことが望ましい。

[0057] 以上説明した本実施形態の推定装置1は、乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、前記コンクリートの特徴色を取得し、前記鉄筋コンクリートに水分を吹き付けた後に前記コンクリート表面を撮影した第1の画像を解析し、前記特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する判定部12と、前記ひび割れに水分を含浸させ、乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した第2の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を用いて、前記ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する推定部13とを有する。

[0058] すなわち、鉄筋コンクリートのひび割れ部分では、水分を強く捕捉し、ひび割れのない部分と比較し、顕著な色の変化が生じる。また、ひび割れに捕捉された水分は、コンクリートの表面で蒸発し、白い析出物の有無で内部の中性化状態を推定できる。このことから、本実施形態では、水分含浸後の乾燥過程において、ひび割れ部の色を判別することで、非破壊で簡便な中性化判定を実現することができる。

[0059] 本実施形態では、ひび割れの中性化または未中性化を判定できるため、ひび割れ後の鉄筋コンクリート構造物の健全性が判定可能となり、適切な設備保全を実現することができる。

[0060] 本実施形態では、推定装置1は、含浸後の乾燥初期状態の前記コンクリート表面を撮影した第3の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を前記特徴色と比較し、前記特徴色より黒く変化している領域を中性化領域と推定する。

[0061] コンクリート表面の中性化領域の大きさは、ひび割れの奥行き方向にかけて最大の中性化領域であるため、コンクリート中に埋設された金属の最大腐

食面積とみなすことができる。コンクリート中の金属腐食を電気化学的に調査する場合、特に腐食速度の評価には腐食面積を明らかにする必要があることから、本実施形態では、腐食速度の推定に活用可能な情報を得ることが出来る。

[0062] なお、上記説明した推定装置 1 には、例えば、図 5 に示すような汎用的なコンピュータシステムを用いることができる。図示するコンピュータシステムは、CPU (Central Processing Unit、プロセッサ) 901 と、メモリ 902 と、ストレージ 903 (HDD : Hard Disk Drive、SSD : Solid State Drive) と、通信装置 904 と、入力装置 905 と、出力装置 906 とを備える。メモリ 902 およびストレージ 903 は、記憶装置である。このコンピュータシステムにおいて、CPU 901 がメモリ 902 上にロードされた所定のプログラムを実行することにより、推定装置 1 の各機能が実現される。また、推定装置 1 は、1 つのコンピュータで実装されてもよく、あるいは複数のコンピュータで実装されても良い。また、推定装置 1 は、コンピュータに実装される仮想マシンであっても良い。

[0063] 推定装置 1 のプログラムは、HDD、SSD、USB (Universal Serial Bus) メモリ、CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disc) などのコンピュータ読取り可能な記録媒体に記憶することも、ネットワークを介して配信することもできる。

[0064] また、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

符号の説明

- [0065] 1 : 推定装置
11 : 画像取得部
12 : 判定部
13 : 推定部
14 : 出力部
15 : 画像記憶部

1 6 : 情報記憶部

2 : 撮影部

3 : 水分供給部

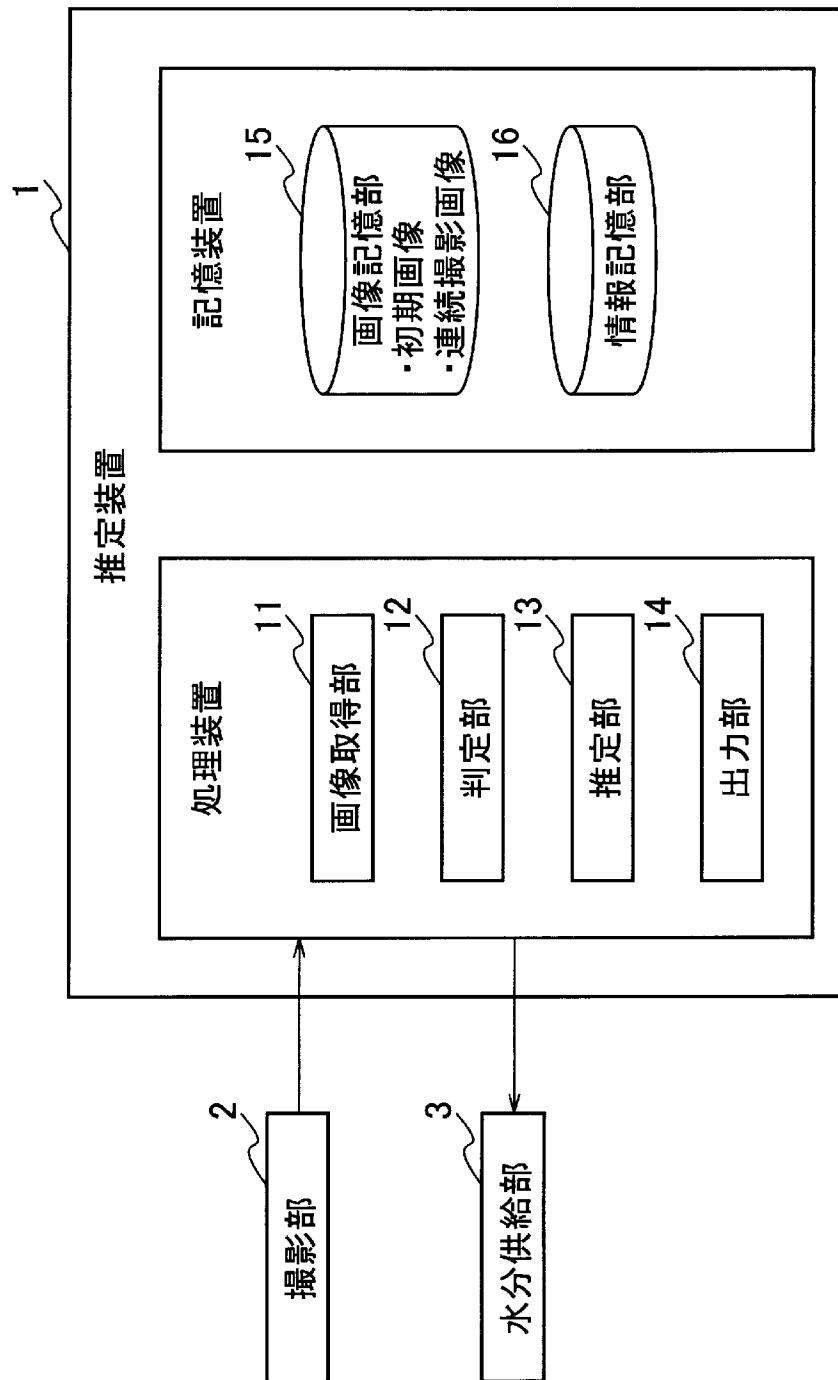
請求の範囲

- [請求項1] 乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、前記コンクリートの特徴色を取得し、前記鉄筋コンクリートに水分を吹き付けた後に前記コンクリート表面を撮影した第1の画像を解析し、前記特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する判定部と、
- 前記ひび割れに水分を含浸させ、乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した第2の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を用いて、前記ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する推定部と
- を有する中性化推定装置。
- [請求項2] 前記推定部は、第2の画像の前記ひび割れ近傍の色を前記特徴色と比較し、前記ひび割れ近傍の色が前記特徴色より白く変化している場合、前記ひび割れ内部は中性化していないと推定する
- 請求項1記載の中性化推定装置。
- [請求項3] 第1の画像は、前記特徴色の部分が所定の割合を超えた画像である
- 請求項1または2記載の中性化推定装置。
- [請求項4] 前記推定部は、含浸後の乾燥過程で前記コンクリート表面を撮影した第3の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を前記特徴色と比較し、前記特徴色より黒く変化している領域を中性化領域と推定する
- 請求項1から3のいずれか1項に記載の中性化推定装置。
- [請求項5] 中性化推定システムが行う中性化推定方法であって、
- 乾燥した状態の鉄筋コンクリートのコンクリート表面を撮影した初期画像から、前記コンクリートの特徴色を取得する取得ステップと、
- 前記鉄筋コンクリートに水分を吹き付ける水分吹付ステップと、
- 水分を吹き付けた後に前記コンクリート表面を撮影した第1の画像を解析し、前記特徴色と所定の色差を有する部分をひび割れと判定する判定ステップと、
- 前記ひび割れに水分を含浸する含浸ステップと、

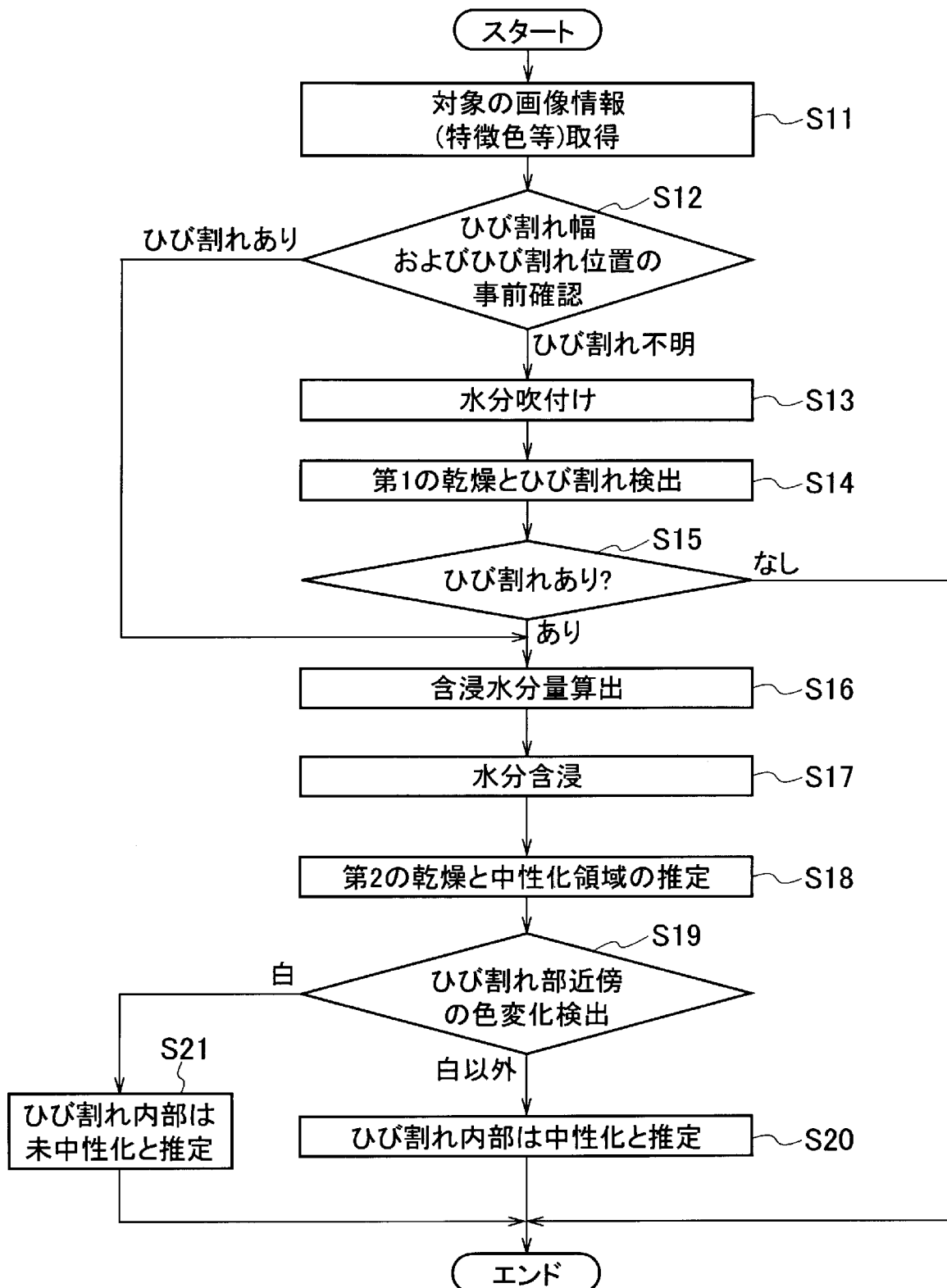
前記含浸ステップの水分を乾燥させた後に前記コンクリート表面を撮影した第2の画像を解析し、前記ひび割れ近傍の色を用いて、前記ひび割れ内部が中性化しているか否かを推定する推定ステップとを有する中性化推定方法。

[請求項6] 前記推定ステップは、第2の画像の前記ひび割れ近傍の色を前記特徴色と比較し、前記ひび割れ近傍の色が前記特徴色より白く変化している場合、前記ひび割れ内部は中性化していないと推定する請求項5記載の中性化推定方法。

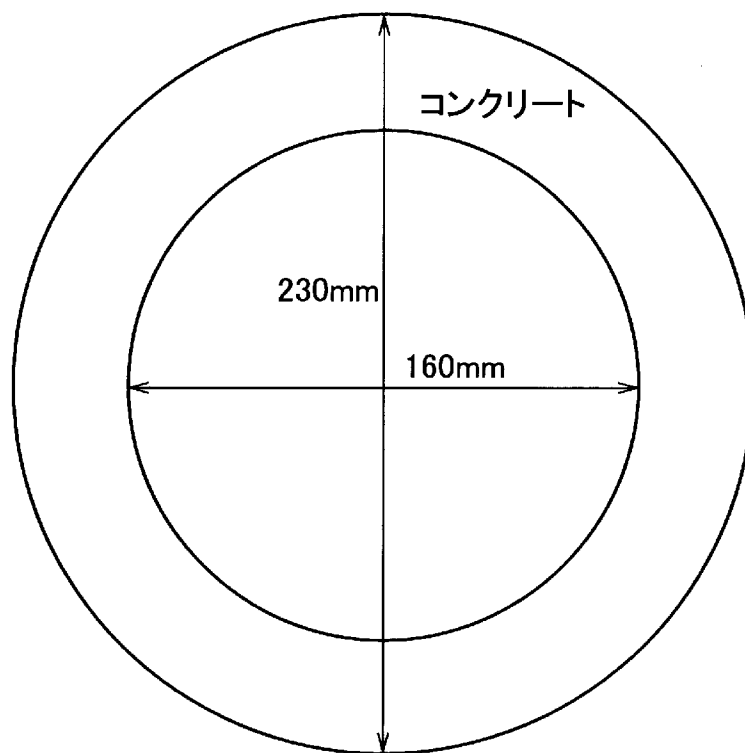
[図1]



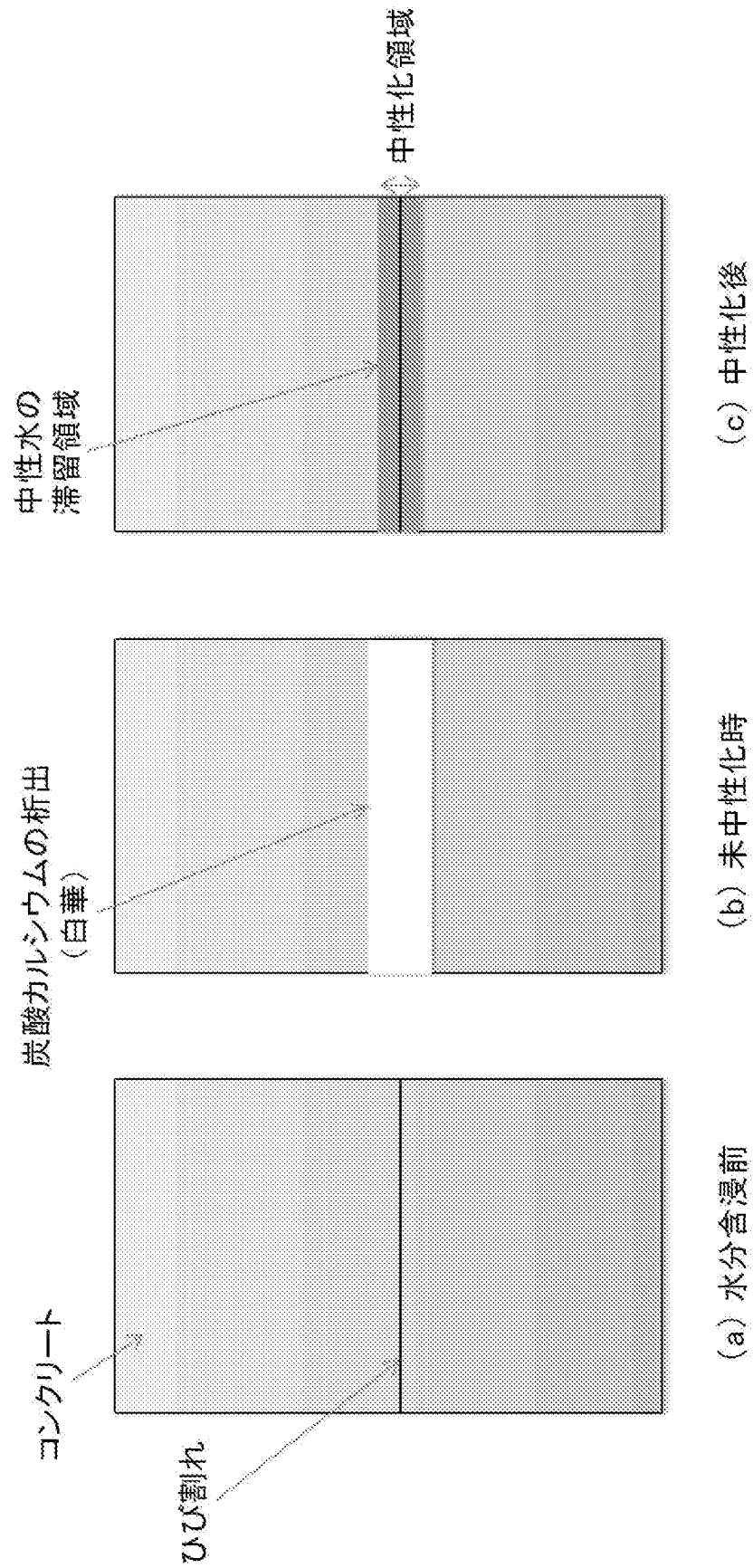
[図2]



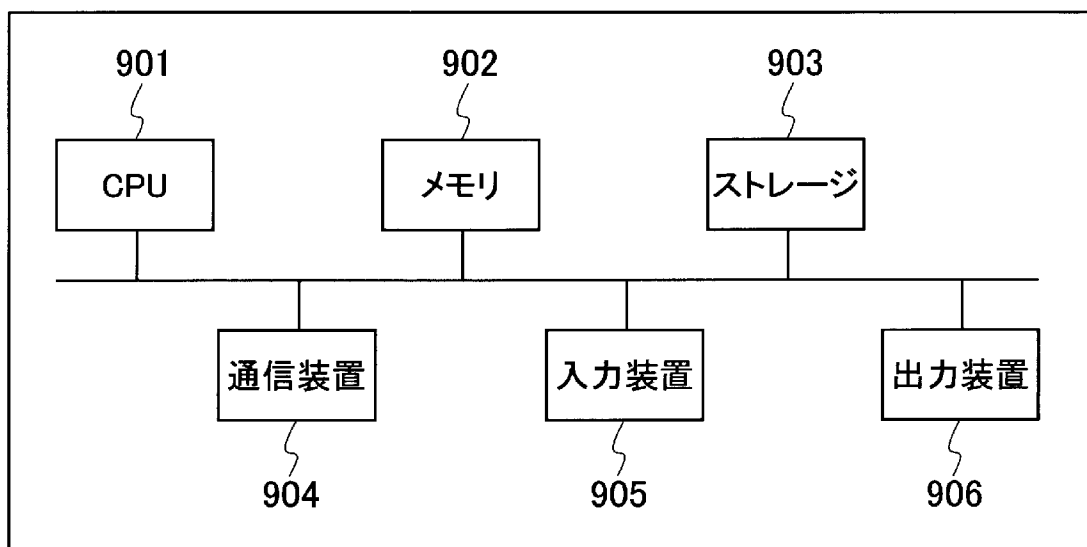
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/027493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N21/88 (2006.01) i, G01N21/17 (2006.01) i, G01N33/38 (2006.01) i

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, G01N21/17-21/61, G01N33/38, G01B11/30, E04G23/00-23/08, E01D1/00-24/00, G01M3/00-3/40

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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

JSTPlus (JDreamIII), JSTChina (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-202859 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 22 October 2012 (Family: none)	1-6
A	JP 7-280743 A (KUBOTA CORPORATION) 27 October 1995 (Family: none)	1-6
A	JP 2000-28542 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 28 January 2000 (Family: none)	1-6



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
25.09.2019

Date of mailing of the international search report
08.10.2019

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/JP2019/027493

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-95198 A (IHI INFRASTRUCTURE SYS CO., LTD.) 26 May 2016 (Family: none)	1-6
A	WO 2017/047315 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 23 March 2017 & EP 3352129 A1 & CN 108027948 A	1-6
A	KR 10-1848067 B1 (UNIV NAT CHONNAM IND FOUND) 11 April 2018 (Family: none)	1-6
A	JP 2013-238415 A (KAJIMA CORPORATION) 28 November 2013 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N21/88(2006.01)i, G01N21/17(2006.01)i, G01N33/38(2006.01)i

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））

Int.Cl. G01N21/84-21/958, G01N21/17-21/61, G01N33/38, G01B11/30, E04G23/00-23/08, E01D1/00-24/00, G01M3/00-3/40

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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）

JSTPlus(JDreamIII), JSTChina(JDreamIII), JST7580(JDreamIII)

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	JP 2012-202859 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）2012.10.22,（ファミリーなし）	1-6
A	JP 7-280743 A（株式会社クボタ）1995.10.27,（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2000-28542 A（石川島播磨重工業株式会社）2000.01.28,（ファミリーなし）	1-6

☒ 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矛盾するものではなく、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

25.09.2019

国際調査報告の発送日

08.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

横尾 雅一

2W

1128

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 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	JP 2016-95198 A (株式会社 I H I インフラシステム) 2016. 05. 26, (ファミリーなし)	1-6
A	WO 2017/047315 A1 (富士フイルム株式会社) 2017. 03. 23, & EP 3352129 A1 & CN 108027948 A	1-6
A	KR 10-1848067 B1 (UNIV NAT CHONNAM IND FOUND) 2018. 04. 11, (フ ァミリーなし)	1-6
A	JP 2013-238415 A (鹿島建設株式会社) 2013. 11. 28, (ファミリーな し)	1-6