

(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
2017年8月31日(31.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/145900 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 3/28 (2006.01) *F17D 5/00* (2006.01)
F16L 1/00 (2006.01) *G01M 3/24* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005621
- (22) 国際出願日: 2017年2月16日(16.02.2017)
- (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 2016-035123 2016年2月26日(26.02.2016) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高田 宗一郎(TAKATA Soichiro); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気
株式会社内 Tokyo (JP). 久村 孝寛(KUMURA
Takahiro); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1
号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 三宅 乾太
(MIYAKE Kanta); 〒1088001 東京都港区芝五丁目
7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 富永
慎(TOMINAGA Shin); 〒1088001 東京都港区芝五

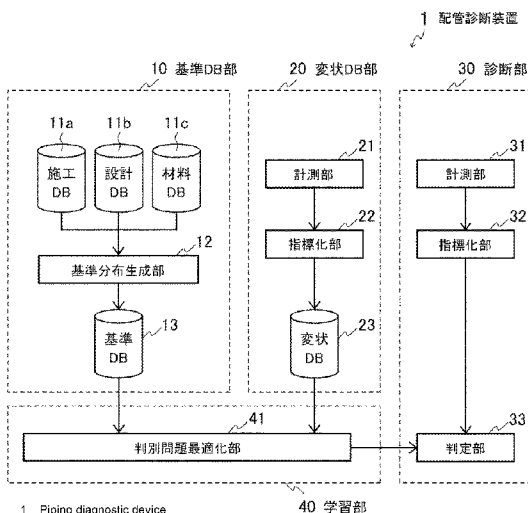
丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 井
上 裕文(INOUE Hirofumi); 〒1088001 東京都港区
芝五丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo
(JP). 篠田 茂樹(SHINODA Shigeki); 〒1088001 東
京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内
Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 下坂 直樹(SHIMOSAKA Naoki); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気
株式会社内 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: PIPING DIAGNOSTIC DEVICE, PIPING DIAGNOSTIC METHOD, DISCRIMINANT-PROBLEM OPTIMIZING DEVICE, DISCRIMINANT-PROBLEM OPTIMIZING METHOD, REFERENCE DISTRIBUTION GENERATING DEVICE, REFERENCE DISTRIBUTION GENERATING METHOD, AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 配管診断装置、配管診断方法、判別問題最適化装置、判別問題最適化方法、基準分布生成装置、基準分布生成方法、及び記憶媒体



- 1 Piping diagnostic device
10 Reference DB unit
11a Construction DB
11b Design DB
11c Material DB
12 Reference distribution generating unit
13 Reference DB
20 Changed-state DB unit
21 Measurement unit
22 Indexing unit
23 Changed-state DB
30 Diagnostic unit
33 Determining unit
40 Learning unit
41 Discriminant problem optimizing unit

(57) Abstract: Provided is a piping diagnostic device applicable to piping even when the normal data of the piping is difficult to acquire in advance. A piping diagnostic device 1 according to an aspect of the present invention is characterized by comprising: a reference distribution generating means 12 that generates a reference distribution which is statistical data of reference data of piping, on the basis of construction information about the piping, design information about the piping, and material information about the piping; a changed-state distribution generating means (a measurement means 21 and an indexing means 22) that generates a changed-state distribution which is statistical data of changed-state data of the piping having changed due to aging, on the basis of at least vibration or dynamic pressure of the piping having changed due to aging; a measurement means 31 that measures at least the vibration or dynamic pressure of the piping; and a determining means 33 that determines deterioration of the piping on the basis of the reference distribution, the changed-state distribution, and at least the vibration or dynamic pressure of the piping.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/145900 A1



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))

正常時のデータを前もって取得することが困難な配管にも適用可能な配管診断装置を提供する。本発明の一態様に係る配管診断装置 1 は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段 1 2 と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段 (計測手段 2 1 及び指標化手段 2 2) と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段 3 1 と、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段 3 3 と、を含むことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：

配管診断装置、配管診断方法、判別問題最適化装置、判別問題最適化方法、基準分布生成装置、基準分布生成方法、及び記憶媒体

技術分野

[0001] 本発明は、配管を診断する技術等に関する。

背景技術

[0002] 異常が発生した場合に、既知の異常であれば直ちにこれを検出して原因を同定することができ、未知の異常であればこれを自動的に学習して以後の診断が可能となる原子力発電プラントの診断方法が提案されている（特許文献1）。この診断方法は、正常時のパワースペクトル密度パターンと原因の分かっている異常時のパワースペクトル密度パターンからプラントが正常か異常か判断できるように前もって学習させておいたニューラルネットを準備しておき、現在のプラントの状態を判定するために求めたパワースペクトルについて、自動学習する方法である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平3－92795号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、前述の診断方法は、正常時及び異常時のデータを前もって取得可能であることを前提としているため、正常時のデータを前もって取得することが困難な装置、設備等には、適用できない。

[0005] そこで、本発明は、正常時のデータを前もって取得することが困難な配管にも適用可能な配管を診断する装置等の提供を目的の1つとする。

課題を解決するための手段

[0006] 前記目的を達成するために、本発明の一態様に係る配管診断装置は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段と、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段と、を含むことを特徴とする。

[0007] 本発明の一態様に係る配管診断方法は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成し、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測し、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する劣化判定を行う、ことを特徴とする。

[0008] 本発明の一態様に係るコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測処理と、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定処理と、をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する。

[0009] 本発明の一態様に係る判別問題最適化装置は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準デー

タの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化手段と、を含むことを特徴とする。

[0010] 本発明の一態様に係る判別問題最適化方法は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成し、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化を行う、ことを特徴とする。

[0011] 本発明の一態様に係るコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化処理と、をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する。

[0012] 本発明の一態様に係る基準分布生成装置は、配管の施工情報を取得する施工情報取得手段と、前記配管の設計情報を取得する設計情報取得手段と、前記配管の材料情報を取得する材料情報取得手段と、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、を含むことを特徴とする。

[0013] 本発明の一態様に係る基準分布生成方法は、配管の施工情報を取得し、前

記配管の設計情報を取得し、前記配管の材料情報を取得し、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行う、ことを特徴とする。

[0014] 本発明の一態様に係るコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、配管の施工情報を取得する施工情報取得処理と、前記配管の設計情報を取得する設計情報取得処理と、前記配管の材料情報を取得する材料情報取得処理と、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する。

[0015] 本発明の一態様に係る配管診断装置は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段と、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段と、を含むことを特徴とする。

[0016] 本発明の一態様に係る配管診断方法は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成を行い、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測し、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する劣

化判定を行う、ことを特徴とする。

[0017] 本発明の一態様に係るコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測処理と、前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定処理と、をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する。

[0018] 本発明は、上述の記憶媒体に格納されたプログラムによっても実現される。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、正常時のデータを前もって取得することが困難な配管にも適用可能な配管診断装置及び配管診断方法を提供可能である。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]図1は、実施形態1の配管診断装置の構成の一例を示す模式ブロック図である。

[図2]図2は、実施形態1の配管診断方法における学習工程の一例を示すフローチャートである。

[図3]図3は、実施形態1の配管診断方法における診断工程の一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、実施形態2の配管診断装置の構成の一例を示す模式ブロック図である。

[図5]図5は、実施形態2の配管診断方法における診断工程の一例を示すフローチャートである。

[図6]図6は、実施形態3の配管診断装置の構成の一例を示す模式ブロック図である。

[図7]図7は、実施形態3の配管診断方法における診断工程の一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、実施例において、施工情報、設計情報及び材料情報にモンテカルロ法を適用した入力分布データを示すグラフである。

[図9]図9は、実施例において生成した基準分布及び変状分布を示すグラフである。

[図10]図10は、実施例において生成した判別基準を示すグラフである。

[図11]図11は、実施例において、水道管の劣化の判定結果に基づいて、基準分布を更新したときの判別基準の変化を示すグラフである。

[図12]図12は、実施形態5の判別問題最適化装置の構成の一例を示す模式ブロック図である。

[図13]図13は、実施形態6の基準分布生成装置の構成の一例を示す模式ブロック図である。

[図14]図14は、実施形態7の配管診断装置の構成の一例を示す模式ブロック図である。

[図15]図15は、本発明の各実施形態に係る装置を実現できるコンピュータの構成を模式的に示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 本発明において、「配管の劣化」とは、例えば、内部に水、石油、ガス等の流体が流れる配管に穴が開き、流体が漏洩している状態をいう。ただし、本発明において、「配管の劣化」は、配管に穴の開いた状態だけでなく、配管が腐食して脆くなっている状態や、隣接する2本の配管の間の接続状態が緩くなっている状態等であってもよい。既に地中に埋設済みの水道管等の配管の診断は、埋設時の配管のパラメータを把握することはできない状態で診断を行わなければならない場合がある。

[0022] 以下、本発明の配管診断装置、配管診断方法、プログラム、記録媒体、判別問題最適化装置、判別問題最適化方法、基準分布生成装置及び基準分布生成工程について、配管が、水道管である場合を例にとり、図面を参照して詳

細に説明する。ただし、本発明は、以下の説明に限定されない。本発明は、水道管以外にも、石油、ガス等の流体が内部を流れる配管等に幅広く利用可能である。なお、以下の図1から図14において、同一部分には、同一符号を付し、その説明を省略する場合がある。また、図面においては、説明の便宜上、各部の構造は適宜簡略化して示す場合があり、各部の寸法比等は、実際とは異なり、模式的に示す場合がある。

[0023] [実施形態1]

図1の模式ブロック図に、本実施形態の配管診断装置の構成の一例を示す。図示のように、本実施形態の配管診断装置1は、基準データベース(database(DB))部10と、変状データベース(DB)部20と、診断部30と、学習部40と、を含む。本実施形態の配管診断装置1において、学習部40は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。

[0024] 基準DB部10は、施工データベース(DB)11aと、設計データベース(DB)11bと、材料データベース(DB)11cと、基準分布生成部12と、基準データベース(DB)13と、を含む。基準DB部10において、施工DB11a、設計DB11b、材料DB11c及び基準DB13は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。施工DB11aには、水道管の施工情報が少なくとも格納されている。設計DB11bには、水道管の設計情報が少なくとも格納されている。材料DB11cには、水道管の材料情報が少なくとも格納されている。施工DB11a、設計DB11b及び材料DB11cとしては、例えば、サーバ等があげられ、それぞれ独立したサーバであってもよいし、1つのサーバ内に全てのデータベースがあってもよい。水道管の施工情報としては、例えば、施工仕様、施工管理、点検、修繕、管理台帳に関する情報等があげられる。水道管の設計情報としては、例えば、設計仕様、設計図面、設計値、設計計算に関する情報等があげられる。水道管の材料情報としては、例えば、材料試験データ等があげられる。基準分布生成部12は、施工情報と、設計情報と、材料

情報と、に基づいて、水道管の基準データの統計データである基準分布を生成する。基準分布生成部 12 における基準分布の生成は、例えば、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法、弾性理論に基づく理論式等を用いて実施可能である。基準 DB 13 には、基準分布が格納される。基準 DB 13 としては、例えば、サーバ等があげられる。

[0025] 変状 DB 部 20 は、計測部 21 と、指標化部 22 と、変状データベース (DB) 23 と、を含む。本例では、計測部 21 及び指標化部 22 が、請求項における変状分布生成部に該当する。変状 DB 部 20 において、変状 DB 23 は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。計測部 21 は、水道管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する。計測部 21 としては、例えば、加速度ピックアップ等の加速度センサ、レーザー変位計等の変位センサ、レーザードップラー計等の速度センサ、水圧計、ハイドロフォン等の動圧センサ等があげられる。指標化部 22 は、計測部 21 によって計測された、水道管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、水道管の判別指標を算出する。指標化部 22 は、さらに、算出された判別指標に基づいて、水道管の変状データの統合データである変状分布を生成する。判別指標としては、例えば、水道管の振動の音速及び固有振動数等があげられる。変状 DB 23 には、変状分布が格納される。変状 DB 23 としては、例えば、サーバ等があげられる。計測部 21 は、例えば、経年変化した水道管として与えられた水道管の、振動及び動圧の少なくとも一方を計測すればよい。その場合に計測の結果として得られる振動及び動圧を、以下の説明では、経年変化した水道管の振動及び動圧とも表記する。この場合に計測された振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、指標化部 22 によって生成された変状分布を、以下の説明では、経年変化した水道管の変状データの統合データである変状分布とも表記する。水道管の使用を開始してから経過した時間に応じて、水道管に、例えば、上述の「配管の劣化」等の変化が生じやすくなる。経年変化した水道管は、例えば、使用を開始してから経過した時間による、状態の変化が生じたとみなされる水道管である。経年変化した

水道管として使用される水道管の状態の変化は、確認されていなくてもよい。すなわち、例えば、使用を開始してから所定時間が経過した水道管が、経年変化した水道管として使用されてもよい。所定時間は、水道管を流れる水の水質、水道管の種類、及び、水道管が使用されていた場所などの少なくともいずれかによって定められてもよい。例えば、作業員の目視などによって、上述の「配管の劣化」が生じたことが確認された水道管が、経年変化した水道管として使用されてもよい。

[0026] 学習部40は、判別問題最適化部41を含む。判別問題最適化部41は、基準分布と、変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する。判別問題最適化部41としては、例えば、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネル識別器、k-NN識別器、ディープニューラルネット等があげられる。判別基準としては、例えば、サポートベクターマシンによる決定関数、線形判別器による決定関数、カーネル識別器による決定関数、k-NN (k-Nearest Neighbor) 識別器による決定関数、ディープニューラルネットによる決定関数等があげられる。

[0027] 診断部30は、計測部31と、指標化部32と、判定部33とを含む。診断部30において、指標化部32は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。計測部31は、診断時の水道管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する。計測部31としては、例えば、加速度ピックアップ等の加速度センサ、レーザー変位計等の変位センサ、レーザードップラー計等の速度センサ、水圧計、ハイドロフォン等の動圧センサ等があげられる。指標化部32は、診断時の水道管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、診断時の水道管の判別指標を算出する。判別指標としては、例えば、診断時の水道管の振動の音速及び固有振動数等があげられる。判定部33は、判別基準と、判別指標と、に基づいて、配管の劣化を判定する。本例の配管診断装置1が、判別問題最適化部41を有しない場合には、判定部33において、判別基準に代えて、基準分布及び変状分布を用いることができる。また、本例の配管診断装置1が、指標化部32を有しない場合には

、判定部 33 において、判別指標に代えて、診断時の水道管の振動及び動圧の少なくとも一方を用いることができる。

[0028] つぎに、図 2 及び図 3 を用いて、本実施形態の配管診断方法について説明する。本実施形態の配管診断方法は、例えば、図 1 に示す本実施形態の配管診断装置 1 を用いて実施可能である。

[0029] 図 2 は、本実施形態の配管診断方法における学習工程の一例を示すフローチャートである。図示のとおり、この学習工程は、基準 DB 生成工程 S11～S13 と、変状 DB 生成工程 S21～S23 とに分かれる。基準 DB 生成工程では、まず、基準分布生成部 12 は、施工 DB 11a、設計 DB 11b 及び材料 DB 11c から、それぞれ、施工情報、設計情報及び材料情報のデータを読み込む（S11）。つぎに、基準分布生成部 12 は、有限要素法、弾性理論等に適用できる形態に、施工情報、設計情報及び材料情報のデータを、材料定数、寸法、境界条件の数値、モデル等に変換し、ばらつきの程度を与える。さらに、基準分布生成部 12 は、これらのデータに基づいて、有限要素法による応答計算、弾性理論に基づく理論式等を用い、判別指標である水道管の振動の音速、固有振動数等の統計データをモンテカルロ法等により算出する（S12）。つぎに、基準分布生成部 12 は、得られた統計データを、基準分布として、基準 DB 13 に格納する（S13）。

[0030] 変状 DB 生成工程では、まず、計測部 21 は、経年変化した水道管の振動及び動圧を計測する（S21）。つぎに、指標化部 22 は、計測された振動及び動圧に基づいて、水道管の振動の音速、固有振動数等の統計データをモンテカルロ法等により算出する（S22）。つぎに、指標化部 22 は、得られた統計データを、変状分布として、変状 DB 23 に格納する（S23）。つぎに、判別問題最適化部 41 は、基準分布と、変状分布と、に基づいて、判別関数等の判別基準を生成する（S41）。

[0031] 図 3 は、本実施形態の配管診断方法における診断工程の一例を示すフローチャートである。この診断工程では、まず、計測部 31 は、診断時の水道管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する（S31）。つぎに、指標化部

32は、判別指標として、診断時の水道管の振動の音速、固有振動数等の統計データをモンテカルロ法等により算出する（S32）。つぎに、判定部33は、判別基準と、判別指標と、に基づいて、水道管の劣化を判定する（S33）。

[0032] 以上のように、本実施形態によれば、正常時のデータを前もって取得することが困難な既設の水道管等の配管にも適用可能な配管診断装置及び配管診断方法を提供可能である。

[0033] [実施形態2]

図4の模式ブロック図に、本実施形態の配管診断装置の構成の一例を示す。図示のように、本実施形態の配管診断装置1は、診断部30が、さらに、ラベル化部34を含むこと以外、図1に示す実施形態1の配管診断装置1と同様である。

[0034] つぎに、本実施形態の配管診断方法について説明する。本実施形態の配管診断方法は、例えば、図4に示す本実施形態の配管診断装置1を用いて実施可能である。本実施形態の配管診断方法における学習工程は、実施形態1において、図2を用いて説明したのと同様であるため、ここでは、図5を用いて、本実施形態の配管診断方法における診断工程についてのみ説明する。

[0035] 図5は、本実施形態の配管診断方法における診断工程の一例を示すフローチャートである。この診断工程において、S31～S33は、実施形態1において、図3を用いて説明したのと同様である。つぎに、ラベル化部34は、診断時の水道管の劣化の判定結果に基づいて、基準DB13及び変状DB23に格納された基準分布及び変状分布の更新を行う（S34）。つぎに、判別問題最適化部41は、更新後の基準分布と、変状分布と、に基づいて、判別関数等の判別基準を生成することで、判別基準を更新する（S35）。

[0036] 本実施形態によれば、実施形態1で得られる効果に加え、更新により、水道管の劣化の判定精度を自動向上させることが可能である。

[0037] [実施形態3]

図6の模式ブロック図に、本実施形態の配管診断装置の構成の一例を示す

。図示のように、本実施形態の配管診断装置 1 は、診断部 30 が、さらに、異常指標判定部 36 と、原因調査部 37 と、を含むこと以外、図 1 に示す実施形態 1 の配管診断装置 1 と同様である。

[0038] 原因調査部 37 としては、例えば、目視検査、抜き取り検査、破壊検査、非破壊検査等があげられる。

[0039] つぎに、本実施形態の配管診断方法について説明する。本実施形態の配管診断方法は、例えば、図 6 に示す本実施形態の配管診断装置 1 を用いて実施可能である。本実施形態の配管診断方法における学習工程は、実施形態 1 において、図 2 を用いて説明したのと同様であるため、ここでは、図 7 を用いて、本実施形態の配管診断方法における診断工程についてのみ説明する。

[0040] 図 7 は、本実施形態の配管診断方法における診断工程の一例を示すフローチャートである。この診断工程において、S31 及び S32 は、実施形態 1 において、図 3 を用いて説明したのと同様である。つぎに、異常指標判定部 36 は、判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、判別指標が異常か否かを判定する (S36)。判別指標が異常と判定された場合 (No)、原因調査部 37 は、その原因を特定して (S37)、施工 DB11a、設計 DB11b 及び材料 DB11c に格納された施工情報、設計情報及び材料情報の少なくとも一つを書き換えて、更新する (S38)。つぎに、更新された情報を用いて、実施形態 1 において図 2 を用いて説明した学習工程を行い、判別基準を更新する (S39)。

つぎに、判定部 33 により、更新された判別基準と、判別指標と、に基づいて、水道管の劣化を判定する (S33)。一方、判別指標が正常と判定された場合 (Yes)、判定部 33 は、判別基準と、判別指標と、に基づいて、水道管の劣化を判定する (S33)。

[0041] 本実施形態によれば、実施形態 1 で得られる効果に加え、判別指標の異常値を検出し、その原因を調査することで、施工不良、設計変更等を検出し、施工情報、設計情報及び材料情報の少なくとも一つを書き換えることで、水道管の劣化の判定精度を補償することが可能である。

[0042] [実施形態4]

本実施形態のプログラムは、前述の配管診断方法を、コンピュータで実行可能なプログラムである。本実施形態のプログラムは、例えば、CPU (Central Processing Unit)、ネットワークプロセッサ (NP: Network Processor)、マイクロプロセッサ (microprocessor) 等のプロセッサ; マイクロコントローラ (microcontroller); 半導体集積回路 (LSI: Large Scale Integration) 等の回路; 等により駆動処理されてもよい。本実施形態のプログラムは、例えば、記録媒体に記録されていてもよい。記録媒体としては、特に限定されず、例えば、ランダムアクセスメモリ (RAM: Random Access Memory)、読み出し専用メモリ (ROM: Read Only Memory)、ハードディスク (HD: Hard Disk)、光ディスク、フロッピー (登録商標) ディスク (FD) 等があげられる。

[0043] [実施形態5]

図12の模式ブロック図に、本実施形態の判別問題最適化装置の構成の一例を示す。図示のように、本実施形態の判別問題最適化装置2は、基準データベース (DB) 部10と、変状データベース (DB) 部20と、学習部40と、を含む。

[0044] 基準DB部10は、施工データベース (DB) 11aと、設計データベース (DB) 11bと、材料データベース (DB) 11cと、基準分布生成部12と、基準データベース (DB) 13と、を含む。基準DB部10において、施工DB11a、設計DB11b、材料DB11c及び基準DB13は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。施工DB11aには、水道管の施工情報が少なくとも格納されている。設計DB11bには、水道管の設計情報が少なくとも格納されている。材料DB11cには、水道管の材料情報が少なくとも格納されている。施工DB11a、設計DB11b及び材料DB11cとしては、例えば、サーバ等があげら

れ、それぞれ独立したサーバであってもよいし、１つのサーバ内に全てデータベースがあってもよい。水道管の施工情報としては、例えば、施工仕様、施工管理、点検、修繕、管理台帳に関する情報等があげられる。水道管の設計情報としては、例えば、設計仕様、設計図面、設計値、設計計算に関する情報等があげられる。水道管の材料情報としては、例えば、材料試験データ等があげられる。基準分布生成部１２は、施工情報と、設計情報と、材料情報と、に基づいて、水道管の基準データの統計データである基準分布を生成する。基準分布生成部１２における基準分布の生成は、例えば、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法、弾性理論に基づく理論式等を用いて実施可能である。基準ＤＢ１３には、基準分布が格納される。基準ＤＢ１３としては、例えば、サーバ等があげられる。

[0045] 変状ＤＢ部２０は、計測部２１と、指標化部２２と、変状データベース（ＤＢ）２３と、を含む。本例では、計測部２１及び指標化部２２が、後述の付記２９における変状分布生成手段に該当する。変状ＤＢ部２０において、変状ＤＢ２３は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。計測部２１は、経年変化した水道管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する。計測部２１としては、例えば、加速度ピックアップ等の加速度センサ、レーザー変位計等の変位センサ、レーザードップラー計等の速度センサ、水圧計、ハイドロフォン等の動圧センサ等があげられる。指標化部２２は、経年変化した水道管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した水道管の判別指標を算出し、さらに、判別指標に基づいて、経年変化した水道管の変状データの統合データである変状分布を生成する。判別指標としては、例えば、水道管の振動の音速及び固有振動数等があげられる。変状ＤＢ２３には、変状分布が格納される。変状ＤＢ２３としては、例えば、サーバ等があげられる。

[0046] 学習部４０は、判別問題最適化部４１を含む。判別問題最適化部４１は、基準分布と、変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する。判別問題最適化部４１としては、例えば、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネ

ル識別器、 k -NN識別器、ディープニューラルネット等があげられる。判別基準としては、例えば、サポートベクターマシンによる決定関数、線形判別器による決定関数、カーネル識別器による決定関数、 k -NN識別器による決定関数、ディープニューラルネットによる決定関数等があげられる。

[0047] また、本実施形態によれば、配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成工程と、経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成工程と、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化工程と、を含むことを特徴とする、判別問題最適化方法も提供可能である。本実施形態の判別問題最適化装置の各部及び本実施形態の判別問題最適化方法の各工程については、前述の本発明の実施形態の配管診断装置及び配管診断方法における説明を引用できる。

[0048] [実施形態6]

図13の模式ブロック図に、本実施形態の基準分布生成装置の構成の一例を示す。図示のように、本実施形態の基準分布生成装置3は、基準データベース(DB)部10を含む。

[0049] 基準DB部10は、施工データベース(DB)11aと、設計データベース(DB)11bと、材料データベース(DB)11cと、基準分布生成部12と、基準データベース(DB)13と、を含む。基準DB部10において、施工DB11a、設計DB11b、材料DB11c及び基準DB13は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。施工DB11aには、水道管の施工情報が少なくとも格納されている。設計DB11bには、水道管の設計情報が少なくとも格納されている。材料DB11cには、水道管の材料情報が少なくとも格納されている。施工DB11a、設計DB11b及び材料DB11cとしては、例えば、サーバ等があげられ、それぞれ独立したサーバであってもよいし、1つのサーバ内に全てのデ

ータベースがあってもよい。水道管の施工情報としては、例えば、施工仕様、施工管理、点検、修繕、管理台帳に関する情報等があげられる。水道管の設計情報としては、例えば、設計仕様、設計図面、設計値、設計計算に関する情報等があげられる。水道管の材料情報としては、例えば、材料試験データ等があげられる。基準分布生成部 12 は、施工情報と、設計情報と、材料情報と、に基づいて、水道管の基準データの統計データである基準分布を生成する。基準分布生成部 12 における基準分布の生成は、例えば、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法、弾性理論に基づく理論式等を用いて実施可能である。基準 DB 13 には、基準分布が格納される。基準 DB 13 としては、例えば、サーバ等があげられる。

[0050] また、本実施形態によれば、配管の施工情報を取得する配管情報取得工程と、前記配管の設計情報を取得する設計情報取得工程と、前記配管の材料情報を取得する材料情報取得工程と、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成することを特徴とする、基準分布生成方法も提供可能である。本実施形態の基準分布生成装置の各部及び本実施形態の基準分布生成方法の各工程については、前述の本発明の実施形態の配管診断装置及び配管診断方法における説明を引用できる。

[0051] [実施形態 7]

図 14 の模式ブロック図に、本実施形態の配管診断装置の構成の一例を示す。図示のように、本実施形態の配管診断装置 1 は、基準データベース (DB) 部 10 と、変状データベース (DB) 部 20 と、診断部 30 と、学習部 40 と、を含む。本実施形態の配管診断装置 1 において、学習部 40 は、任意の構成部材であり、有することが好ましいが、有さなくてもよい。

[0052] 基準 DB 部 10 は、施工データベース (DB) 11a と、設計データベース (DB) 11b と、基準分布生成部 12 と、を含む。基準 DB 部 10 にお

いて、施工DB11aには、水道管の施工情報が少なくとも格納されている。設計DB11bには、水道管の設計情報が少なくとも格納されている。施工DB11a及び設計DB11bは、例えば、サーバ等があげられ、それぞれ独立したサーバであってもよいし、1つのサーバ内に全てのデータベースがあってもよい。

[0053] 変状DB部20は、計測部21と、指標化部22と、を含む。本例では、計測部21及び指標化部22が、後述の付記35における変状分布生成手段に該当する。

[0054] 学習部40は、判別問題最適化部41を含む。

[0055] 診断部30は、計測部31と、判定部33とを含む。

[0056] 本実施形態の配管診断装置1の各部については、前述の実施形態1の配管診断装置1における説明を引用できる。

[0057] 実施形態1～7は、本発明の技術思想を逸脱しない範囲内で、組み合わせが可能である。

実施例

[0058] 図4に示す配管診断装置1を用いて、図2及び図5に示す配管診断方法により、数値実験を行った。まず、施工DB11aに格納された施工仕様、設計DB11bに格納された設計仕様、設計図面及び設計値、材料DB11cに格納された材料試験データに基づき、水の体積弾性率（体積弾性係数）の平均値、水の密度の平均値、水道管の弾性係数の平均値、水道管の直径の平均値、水道管の肉厚の平均値及び標準偏差の平均値のデータを、基準分布生成部12に読み込んだ（S11）。ここで、水の体積弾性率（体積弾性係数）の平均値 $K = 2 \times 10^3 \text{ MPa}$ （M e g a P a s c a l）、水の密度の平均値 $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$ （k i l o g r a m / m e t e r³）、水道管の弾性係数の平均値 $E = 160 \text{ GPa}$ （G i g a P a s c a l）、水道管の直径の平均値 $d = 100 \text{ mm}$ （m i l l i m e t e r）、水道管の肉厚の平均値 $t = 5 \text{ mm}$ 、標準偏差は、平均値の1%程度とした。これらのデータを、基準分布生成部12を用いて、疑似乱数列を用いたモンテカルロ法によっ

てシミュレーションした。その結果を、図 8 に示す。疑似乱数は、正規分布に従うものとした。さらに、基準分布生成部 12 において、図 8 に示すデータを入力データとして、式 (1) で表される水道管の振動の音速モデルを用いて、水道管の振動の音速の基準データの統計データである基準分布を生成し (S 12)、基準 DB 13 に格納した (S 13)。

[0059] [数1]

$$v = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho_w}}}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{Et}}} \quad (1)$$

[0060] 前記基準分布を、図 9 の (A) に示す。図示のとおり、前記基準分布は、正規分布に近い分布形状となった。ただし、一般の水道管においては、これが成り立つわけではないことに留意すべきである。

[0061] つぎに、実地試験において、計測部 21 により、経年変化した前記水道管の振動を計測した (S 21)。実地試験に使用した経年変化した水道管は、使用を開始してから所定時間以上が経過した、複数の水道管である。以下では、20 本の経年変化した水道管の各々に対して、20 回ずつ行った実地試験の結果を示す。なお、実地試験に使用する経年変化した水道管の本数及び実地試験の回数は、この例に限られない。経年変化した水道管では、例えば、腐食によって、水道管の肉厚が減少することがある。経年変化した水道管では、例えば、水道管の内壁への、錆、スケール、及び、スライム等の少なくともいずれかの付着によって、水道管の内径が減少することもある。水道管の肉厚が減少した場合、水道管の振動の音速は遅くなる。水道管の内径 (すなわち、上述の直径) が減少した場合、水道管の振動の音速は速くなる。計測の結果、経年変化した前記水道管の振動の音速は、ワイブル (Weibull) 分布に従ったため、ここでは、指標化部 22 において、推定したワイブル分布のパラメータを用いて、モンテカルロ法を用いて疑似標本を作製し (S 22)、これを変状データの統計データである変状分布として変状 D

B 2 3 に格納した (S 2 3)。

前記変状分布を、図 9 の (B) に示す。

[0062] つぎに、前記基準分布と、前記変状分布とに基づき、判別問題最適化部 4 1 として、サポートベクターマシンを用いて、判別基準である判別関数を生成した。前記サポートベクターマシンによる判別関数の生成においては、最小二乗サポートベクターマシンを用い、カーネル関数には、線形カーネルを用いた。前記判別関数を、図 10 に示す。図 10 では、前記判別関数の決定境界を、点線で示している。図示のとおり、基準分布と変状分布との決定境界が作成されていることがわかる。図 10 において、前記水道管の振動の音速が遅い側の前記決定境界よりも前記音速が遅い変状データ、及び、前記水道管の振動の音速が速い側の前記決定境界よりも前記音速が速い変状データは、前記水道管の劣化とみなすことができる。これにより、正常時のデータを前もって取得することが困難な既設の水道管に対しても、前記基準分布と前記変状分布を教師データとして用いることで、劣化を判定可能であることが確認された。

[0063] つぎに、ラベル化部 3 4 により、前記水道管の劣化の判定結果に基づいて、基準 D B 1 3 に格納された前記基準分布を更新し (S 3 4)、判別問題最適化部 4 1 により、更新後の前記基準分布と、前記変状分布とに基づいて、判別基準である判別関数を生成することで、前記判別関数を更新した (S 3 5)。更新された前記判別関数を、図 11 に示す。図 11 において、点線は、前記更新を行わなかったとき、実線は、前記更新を行ったときを示す。図示のように、前記更新を行わなかったときは、前記基準分布の幅が過小に見積もられていたが、前記更新により、前記基準分布の幅が広がり、より適切に決定境界が定まっていた。

[他の実施形態]

本発明の各実施形態に係る装置は、メモリと、そのメモリに格納されたプログラムを実行するプロセッサとを含む、コンピュータによって実現できる。本発明の各実施形態に係る装置は、回路等の専用のハードウェアによって

も実現できる。本発明の各実施形態に係る装置は、上述のコンピュータと、専用のハードウェアとの組合せによっても実現できる。本発明の各実施形態に係る装置は、1つの装置によって実現されてもよい。本発明の各実施形態に係る装置は、互いに通信可能に接続された、複数の装置によって実現されてもよい。

[0064] 図15は、本発明の各実施形態に係る装置を実現できるコンピュータ1000の構成を模式的に示すブロック図である。

[0065] 図15に示すように、コンピュータ1000は、プロセッサ1001と、メモリ1002と、記憶装置1003と、I/O (Input/Output) インタフェース1004とを含む。また、コンピュータ1000は、記憶媒体1005にアクセスすることができる。メモリ1002と記憶装置1003は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ハードディスクなどの記憶装置である。記憶媒体1005は、例えば、RAM、ハードディスクなどの記憶装置、ROM (Read Only Memory)、可搬記録媒体である。記憶装置1003が記憶媒体1005であってもよい。プロセッサ1001は、メモリ1002と、記憶装置1003に対して、データやプログラムの読み出しと書き込みを行うことができる。プロセッサ1001は、I/Oインタフェース1004を介して、例えば、他の装置にアクセスすることができる。プロセッサ1001は、記憶媒体1005にアクセスすることができる。記憶媒体1005には、コンピュータ1000を、配管診断装置1として動作させるプログラムが格納されていてもよい。記憶媒体1005には、コンピュータ1000を、配管診断装置1として動作させるプログラムが格納されていてもよい。記憶媒体1005には、コンピュータ1000を、判別問題最適化装置2として動作させるプログラムが格納されていてもよい。記憶媒体1005には、コンピュータ1000を、基準分布生成装置3として動作させるプログラムが格納されていてもよい。

[0066] プロセッサ1001は、記録媒体1005に格納されているプログラムを

、メモリ１００２にロードする。プロセッサ１００１は、メモリ１００２にロードされたプログラムを実行する。そして、コンピュータ１０００は、配管診断装置１、判別問題最適化装置２、又は、基準分布生成装置３として動作する。

[0067] 以下、基準分布生成部１２、計測部２１、指標化部２２、計測部３１、指標化部３２、判定部３３、ラベル化部３４、異常指標判定部３６、及び、判別問題最適化部４１を含むグループを、第１グループと表記する。施工ＤＢ１１ａ、設計ＤＢ１１ｂ、材料ＤＢ１１ｃ、基準ＤＢ１３、及び、変状ＤＢ２３を含むグループを、第２グループと表記する。第１グループに含まれる各部は、それぞれ、上述のメモリ１００２とプロセッサ１００１とによって実現できる。第２グループに含まれる各ＤＢは、コンピュータ１０００が含むメモリ１００２やハードディスク装置等の記憶装置１００３により実現することができる。言い換えると、施工ＤＢ１１ａ、設計ＤＢ１１ｂ、材料ＤＢ１１ｃ、基準ＤＢ１３、及び、変状ＤＢ２３は、それぞれのデータベースが格納された記憶装置を表す。第１グループに含まれる各部及び第２のグループに含まれる各部の一部又は全部を、専用のハードウェア（例えば、専用の回路）によって実現することもできる。

[0068] 以上、実施形態及び実施例を参照して本発明を説明したが、本発明は、上記実施形態及び実施例に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明のスコープ内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。

[0069] 上記の実施形態及び実施例の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載しうるが、以下には限定されない。

[0070] （付記１）

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年

変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段と、

前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段と、

を含むことを特徴とする、配管診断装置。

[0071] (付記 2)

前記変状分布生成手段は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記変状分布を更新する

ことを特徴とする、付記 1 記載の配管診断装置。

[0072] (付記 3)

前記基準分布生成手段は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記基準分布を更新する

ことを特徴とする付記 1 又は 2 記載の配管診断装置。

[0073] (付記 4)

さらに、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、判別指標を算出する指標化手段と、

前記判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、前記判別指標が異常か否かを判定する異常指標判定手段と、

前記判別指標が異常と判定された場合、その原因を特定して、前記施工情報、前記設計情報及び前記材料情報の少なくとも一つを書き換える原因調査手段と、

を含み、

前記判定手段は、前記判別指標が正常と判定された場合、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、付記 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[0074] (付記 5)

前記判別指標は、前記配管の振動の音速及び固有振動数の少なくとも一方である

ことを特徴とする、付記 4 記載の配管診断装置。

[0075] (付記 6)

前記計測手段は、加速度センサ、変位センサ、速度センサ、水圧計、ハイドロフォン及び動圧センサからなる群から選択される少なくとも一つであることを特徴とする、付記 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[0076] (付記 7)

前記基準分布生成手段において、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、付記 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[0077] (付記 8)

さらに、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化手段を含み、

前記判定手段は、前記判別基準と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、付記 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[0078] (付記 9)

前記判別問題最適化手段は、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネル識別器、k-NN 識別器及びディープニューラルネットからなる群から選択される少なくとも一つである

ことを特徴とする、付記 8 記載の配管診断装置。

[0079] (付記 10)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年

変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成し、
前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測し、
前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する劣化判定を行う、
ことを特徴とする、配管診断方法。

[0080] (付記 1 1)

前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記変状分布を更新することを特徴とする、付記 1 0 記載の配管診断方法。

[0081] (付記 1 2)

前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記基準分布を更新することを特徴とする付記 1 0 又は 1 1 記載の配管診断方法。

[0082] (付記 1 3)

さらに、
前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、判別指標を算出し、
前記判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、前記判別指標が異常か否かを判定し、
前記判別指標が異常と判定された場合、その原因を特定して、前記施工情報、前記設計情報及び前記材料情報の少なくとも一つを書き換え、
前記判別指標が正常と判定された場合、前記劣化判定において、前記配管の劣化を判定することを特徴とする、付記 1 0 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[0083] (付記 1 4)

前記判別指標は、前記配管の振動の音速及び固有振動数の少なくとも一方である
ことを特徴とする、付記 1 3 記載の配管診断方法。

[0084] (付記 1 5)

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方の計測に、加速度センサ、変位センサ、速度センサ、水圧計、ハイドロフォン及び動圧センサからなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、付記 10 から 14 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[0085] (付記 16)

前記基準分布生成において、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、付記 10 から 15 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[0086] (付記 17)

さらに、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化を行い、

前記劣化判定において、前記判別基準と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、付記 10 から 16 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[0087] (付記 18)

前記判別問題最適化において、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネル識別器、k-NN 識別器、ディープニューラルネットからなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、付記 17 記載の配管診断方法。

[0088] (付記 19)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、変状

データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、
前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測処理と、
前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定処理と、
をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0089] (付記 20)

前記変状分布生成処理は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記変状分布を更新する

プログラムを記憶する、付記 19 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0090] (付記 21)

前記基準分布生成処理は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記基準分布を更新する

プログラムを記憶する、付記 19 又は 20 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0091] (付記 22)

さらに、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、判別指標を算出する指標化処理と、

前記判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、前記判別指標が異常か否かを判定する異常指標判定処理と、

前記判別指標が異常と判定された場合、その原因を特定して、前記施工情報、前記設計情報及び前記材料情報の少なくとも一つを書き換える原因調査処理と、

をコンピュータに実行させ、

前記判定処理は、前記判別指標が正常と判定された場合、前記配管の劣化を判定する

プログラムを記憶する、付記 19 から 21 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0092] (付記 23)

前記判別指標は、前記配管の振動の音速及び固有振動数の少なくとも一方である

プログラムを記憶する、付記 22 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0093] (付記 24)

前記計測処理は、加速度センサ、変位センサ、速度センサ、水圧計、ハイドロフォン及び動圧センサからなる群から選択される少なくとも一つである

プログラムを記憶する、付記 19 から 23 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0094] (付記 25)

前記基準分布生成処理において、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いる

プログラムを記憶する、付記 19 から 24 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0095] (付記 26)

さらに、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化処理

をコンピュータに実行させ、

前記判定処理は、前記判別基準と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する

プログラムを記憶する、付記 19 から 25 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0096] (付記 27)

前記判別問題最適化処理は、サポートベクターマシン、線形判別器、カー

ネル識別器、 k -NN識別器及びディープニューラルネットからなる群から選択される少なくとも一つである

プログラムを記憶する、付記26記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0097] (付記28)

付記10から18のいずれか1項に記載の配管診断方法をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0098] (付記29)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、

前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化手段と、

を含むことを特徴とする、判別問題最適化装置。

[0099] (付記30)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成し、

前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化を行う、

ことを特徴とする、判別問題最適化方法。

[0100] (付記31)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基

づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、

前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化処理と、

をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0101] (付記 3 2)

配管の施工情報を取得する施工情報取得手段と、

前記配管の設計情報を取得する設計情報取得手段と、

前記配管の材料情報を取得する材料情報取得手段と、

材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、

を含むことを特徴とする、基準分布生成装置。

[0102] (付記 3 3)

配管の施工情報を取得し、

前記配管の設計情報を取得し、

前記配管の材料情報を取得し、

材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行う、

ことを特徴とする、基準分布生成方法。

[0103] (付記 3 4)

配管の施工情報を取得する施工情報取得処理と、
前記配管の設計情報を取得する設計情報取得処理と、
前記配管の材料情報を取得する材料情報取得処理と、
材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、
をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0104] (付記 3 5)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、
経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、
前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段と、
前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段と、
を含むことを特徴とする、配管診断装置。

[0105] (付記 3 6)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、
経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成を行い、
前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測し、
前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する劣化判定を行う、

ことを特徴とする、配管診断方法。

[0106] (付記 3 7)

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測処理と、

前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定処理と、

をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[0107] この出願は、2016年2月26日に提出された日本出願特願2016-035123を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

産業上の利用可能性

[0108] 本発明によれば、正常時のデータを前もって取得することが困難な配管にも適用可能な配管診断装置及び配管診断方法を提供することができる。本発明の配管診断装置及び配管診断方法は、水、石油、ガス等を輸送する配管網を構成する配管をはじめ、各種の配管の診断に、幅広く利用可能である。

符号の説明

- [0109]
- 1 配管診断装置
 - 2 判別問題最適化装置
 - 3 基準分布生成装置
 - 10 基準DB部
 - 11a 施工DB
 - 11b 設計DB
 - 11c 材料DB

- 1 2 基準分布生成部
- 1 3 基準 D B
- 2 0 変状 D B 部
- 2 1、3 1 計測部
- 2 2、3 2 指標化部
- 2 3 変状 D B
- 3 0 診断部
- 3 3 判定部
- 3 4 ラベル化部
- 3 6 異常指標判定部
- 3 7 原因調査部
- 4 0 学習部
- 4 1 判別問題最適化部
- 1 0 0 0 コンピュータ
- 1 0 0 1 プロセッサ
- 1 0 0 2 メモリ
- 1 0 0 3 記憶装置
- 1 0 0 4 I/O インタフェース
- 1 0 0 5 記憶媒体

請求の範囲

- [請求項1] 配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、
- 経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、
- 前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段と、
- 前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段と、を含むことを特徴とする、配管診断装置。
- [請求項2] 前記変状分布生成手段は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記変状分布を更新することを特徴とする、請求項1記載の配管診断装置。
- [請求項3] 前記基準分布生成手段は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記基準分布を更新することを特徴とする請求項1又は2記載の配管診断装置。
- [請求項4] さらに、
- 前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、判別指標を算出する指標化手段と、
- 前記判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、前記判別指標が異常か否かを判定する異常指標判定手段と、
- 前記判別指標が異常と判定された場合、その原因を特定して、前記施工情報、前記設計情報及び前記材料情報の少なくとも一つを書き換える原因調査手段と、
- を含み、
- 前記判定手段は、前記判別指標が正常と判定された場合、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[請求項5] 前記判別指標は、前記配管の振動の音速及び固有振動数の少なくとも一方である

ことを特徴とする、請求項 4 記載の配管診断装置。

[請求項6] 前記計測手段は、加速度センサ、変位センサ、速度センサ、水圧計、ハイドロフォン及び動圧センサからなる群から選択される少なくとも一つである

ことを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[請求項7] 前記基準分布生成手段において、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[請求項8] さらに、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化手段を含み、

前記判定手段は、前記判別基準と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の配管診断装置。

[請求項9] 前記判別問題最適化手段は、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネル識別器、k-NN識別器及びディープニューラルネットからなる群から選択される少なくとも一つである

ことを特徴とする、請求項 8 記載の配管診断装置。

[請求項10] 配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成し、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測し、

前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する劣化判定を行う、

ことを特徴とする、配管診断方法。

[請求項11] 前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記変状分布を更新することを特徴とする、請求項10記載の配管診断方法。

[請求項12] 前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記基準分布を更新することを特徴とする請求項10又は11記載の配管診断方法。

[請求項13] さらに、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、判別指標を算出し、

前記判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、前記判別指標が異常か否かを判定し、

前記判別指標が異常と判定された場合、その原因を特定して、前記施工情報、前記設計情報及び前記材料情報の少なくとも一つを書き換え、

前記判別指標が正常と判定された場合、前記劣化判定において、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、請求項10から12のいずれか1項に記載の配管診断方法。

[請求項14] 前記判別指標は、前記配管の振動の音速及び固有振動数の少なくとも一方である

ことを特徴とする、請求項13記載の配管診断方法。

[請求項15] 前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方の計測に、加速度センサ

、変位センサ、速度センサ、水圧計、ハイドロフォン及び動圧センサからなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、請求項 10 から 14 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[請求項16] 前記基準分布生成において、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、請求項 10 から 15 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[請求項17] さらに、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化を行い、

前記劣化判定において、前記判別基準と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する

ことを特徴とする、請求項 10 から 16 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法。

[請求項18] 前記判別問題最適化において、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネル識別器、k-NN識別器、ディープニューラルネットからなる群から選択される少なくとも一つを用いる

ことを特徴とする、請求項 17 記載の配管診断方法。

[請求項19] 配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測処理と、

前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定処理と、

をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項20] 前記変状分布生成処理は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記変状分布を更新する

請求項プログラムを記憶する、請求項19記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項21] 前記基準分布生成処理は、前記配管の劣化の判定結果に基づいて、前記基準分布を更新する

請求項プログラムを記憶する、請求項19又は20記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項22] さらに、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、判別指標を算出する指標化处理と、

前記判別指標と、所定の閾値と、に基づいて、前記判別指標が異常か否かを判定する異常指標判定処理と、

前記判別指標が異常と判定された場合、その原因を特定して、前記施工情報、前記設計情報及び前記材料情報の少なくとも一つを書き換える原因調査処理と、

をコンピュータに実行させ、

前記判定処理は、前記判別指標が正常と判定された場合、前記配管の劣化を判定する

請求項プログラムを記憶する、請求項19から21のいずれか1項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項23] 前記判別指標は、前記配管の振動の音速及び固有振動数の少なくとも一方である

請求項プログラムを記憶する、請求項22記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項24] 前記計測処理は、加速度センサ、変位センサ、速度センサ、水圧計

、ハイドロフォン及び動圧センサからなる群から選択される少なくとも一つである

請求項プログラムを記憶する、請求項 19 から 23 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項25] 前記基準分布生成処理において、材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いる

請求項プログラムを記憶する、請求項 19 から 24 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項26] さらに、前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化処理

をコンピュータに実行させ、

前記判定処理は、前記判別基準と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する

請求項プログラムを記憶する、請求項 19 から 25 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項27] 前記判別問題最適化処理は、サポートベクターマシン、線形判別器、カーネル識別器、k-NN識別器及びディープニューラルネットからなる群から選択される少なくとも一つである

請求項プログラムを記憶する、請求項 26 記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項28] 請求項 10 から 18 のいずれか 1 項に記載の配管診断方法をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項29] 配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて

、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、

前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化手段と、

を含むことを特徴とする、判別問題最適化装置。

[請求項30]

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成し、

前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化を行う、

ことを特徴とする、判別問題最適化方法。

[請求項31]

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、前記配管の材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、

前記基準分布と、前記変状分布と、に基づいて、判別基準を生成する判別問題最適化処理と、

をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項32]

配管の施工情報を取得する施工情報取得手段と、

前記配管の設計情報を取得する設計情報取得手段と、

前記配管の材料情報を取得する材料情報取得手段と、

材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論

に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、

を含むことを特徴とする、基準分布生成装置。

[請求項33]

配管の施工情報を取得し、

前記配管の設計情報を取得し、

前記配管の材料情報を取得し、

材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行う、

ことを特徴とする、基準分布生成方法。

[請求項34]

配管の施工情報を取得する施工情報取得処理と、

前記配管の設計情報を取得する設計情報取得処理と、

前記配管の材料情報を取得する材料情報取得処理と、

材料定数、寸法定数、境界条件を入力する有限要素法及び弾性理論に基づく理論式からなる群から選択される少なくとも一つを用いて、前記施工情報と、前記設計情報と、前記材料情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

[請求項35]

配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成手段と、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて

、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成手段と、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測手段と、

前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定手段と、を含むことを特徴とする、配管診断装置。

[請求項36] 配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成を行い、

経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成を行い、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測し、

前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する劣化判定を行う、

ことを特徴とする、配管診断方法。

[請求項37] 配管の施工情報と、前記配管の設計情報と、に基づいて、前記配管の基準データの統計データである基準分布を生成する基準分布生成処理と、

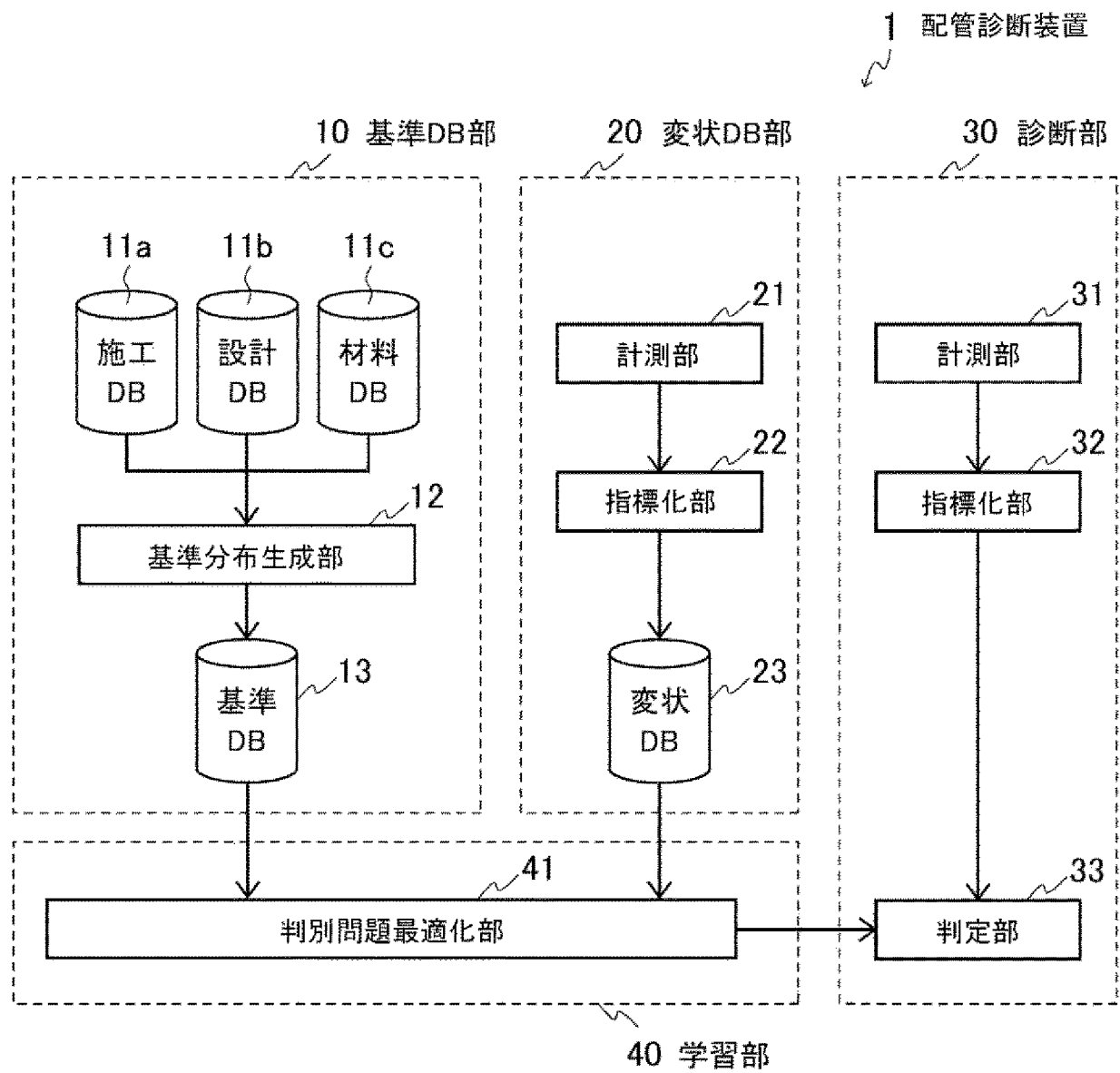
経年変化した前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方に基づいて、経年変化した前記配管の変状データの統計データである変状分布を生成する変状分布生成処理と、

前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方を計測する計測処理と、

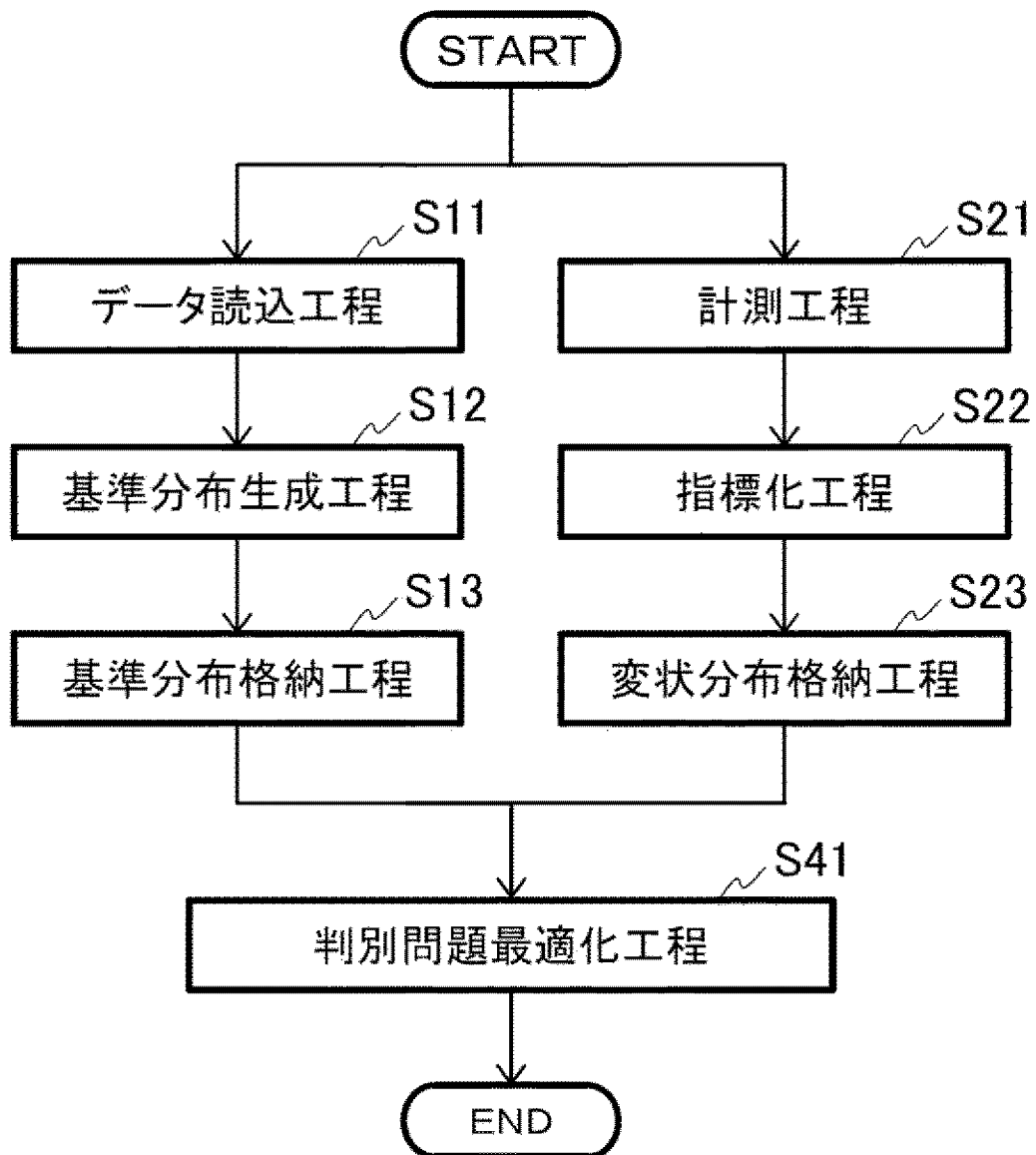
前記基準分布と、前記変状分布と、前記配管の振動及び動圧の少なくとも一方と、に基づいて、前記配管の劣化を判定する判定処理と、

をコンピュータに実行させるプログラムを記憶する、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

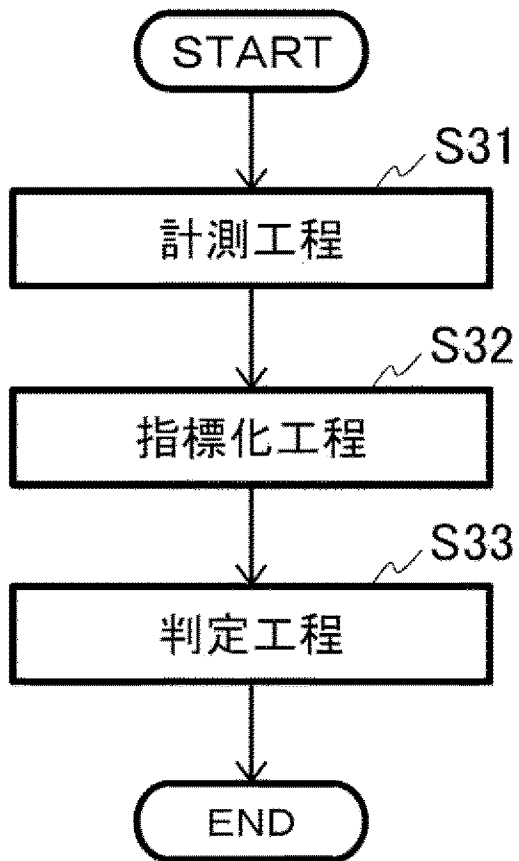
[図1]



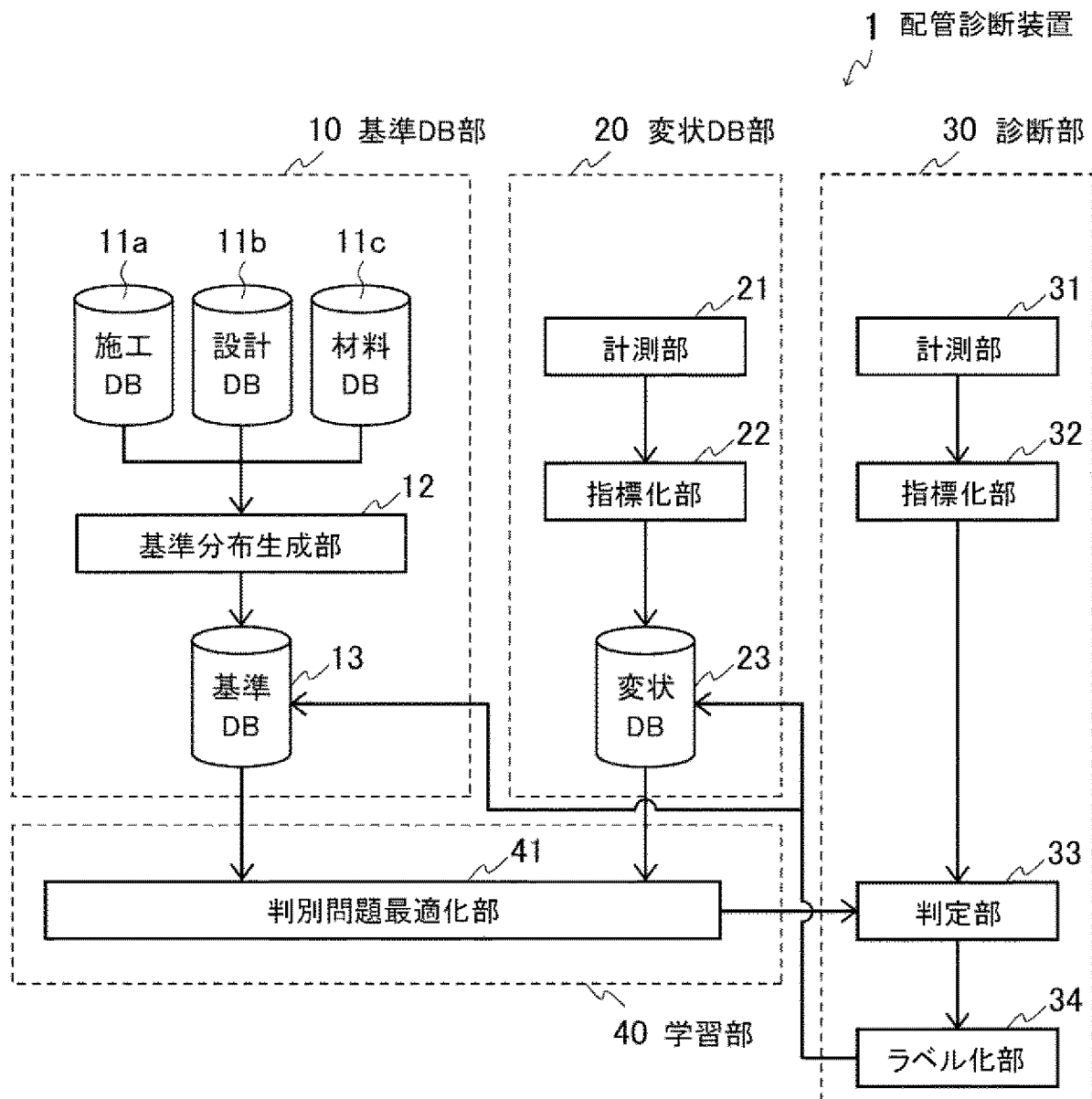
[図2]



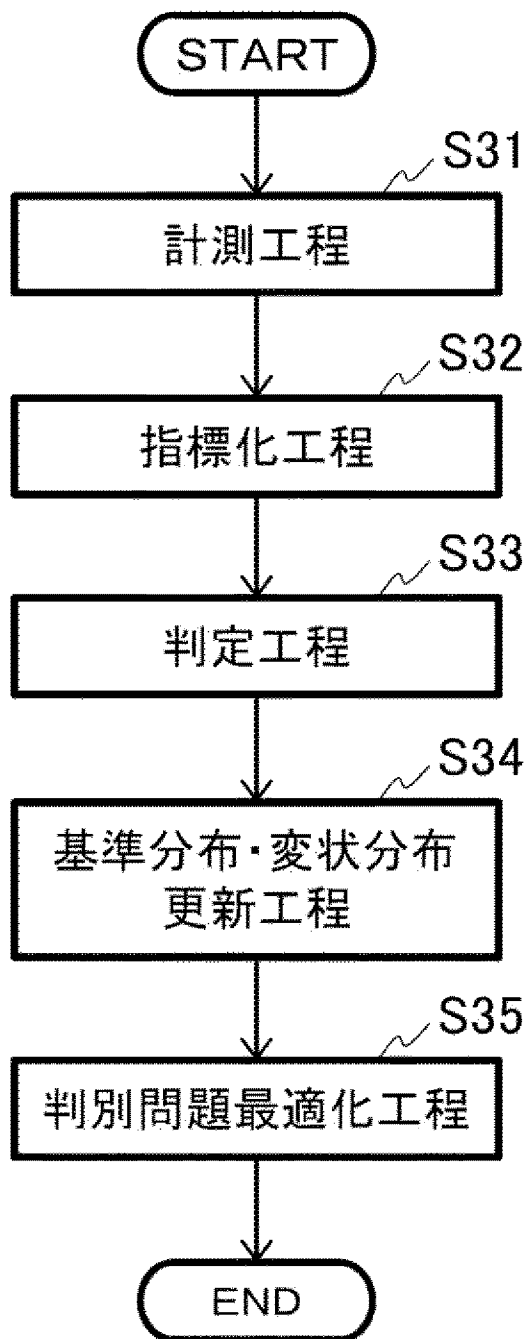
[図3]



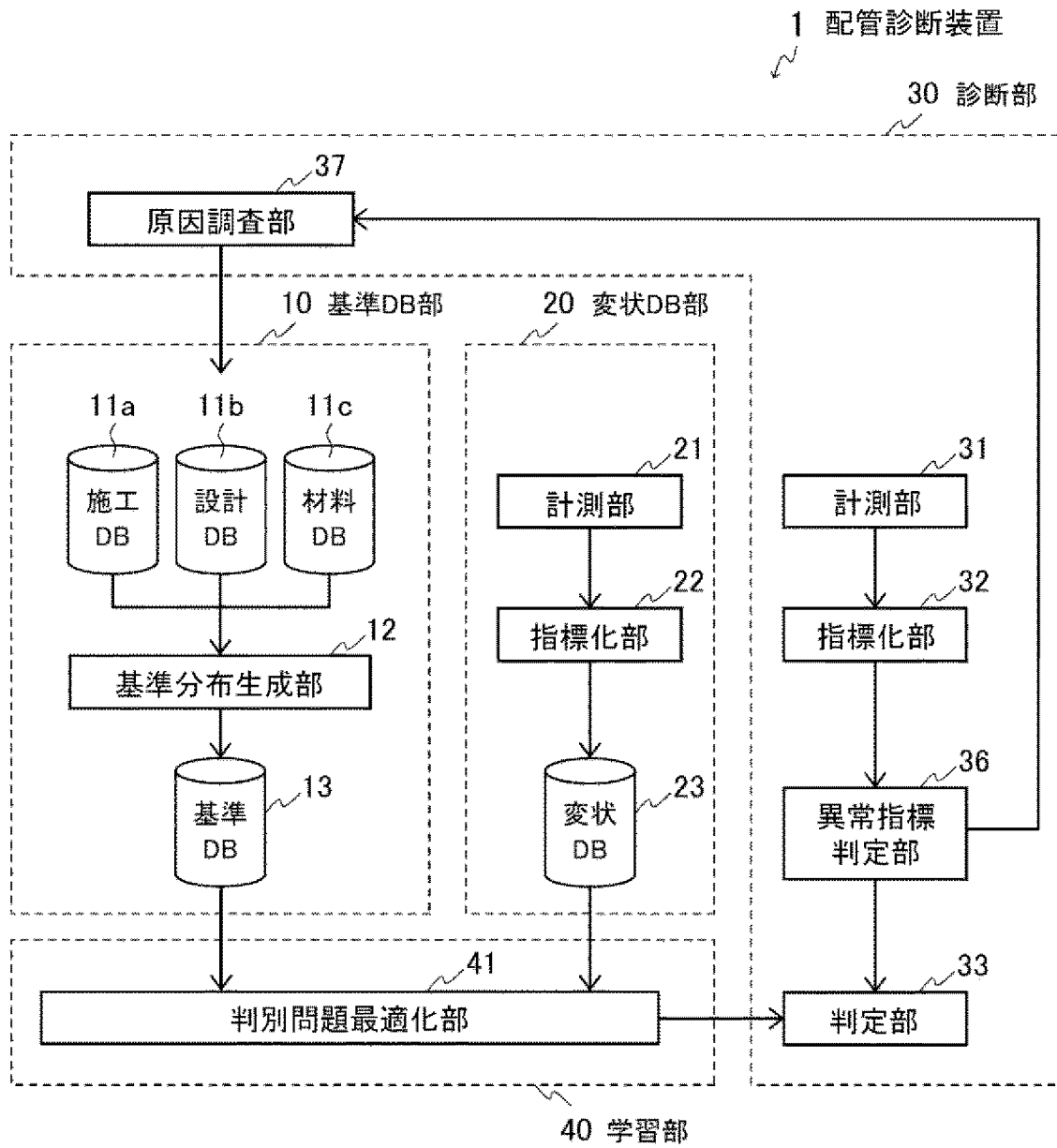
[図4]



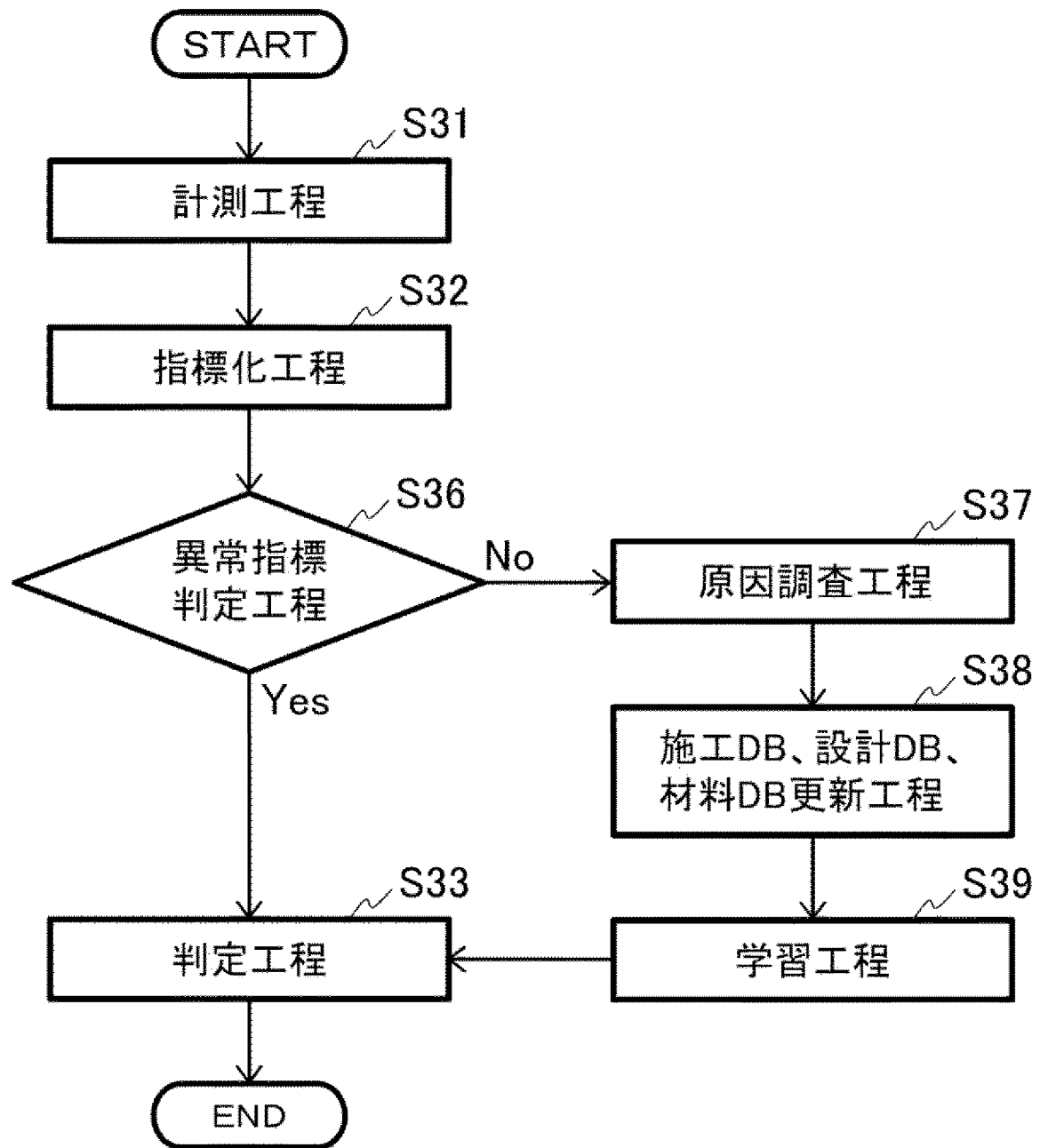
[図5]



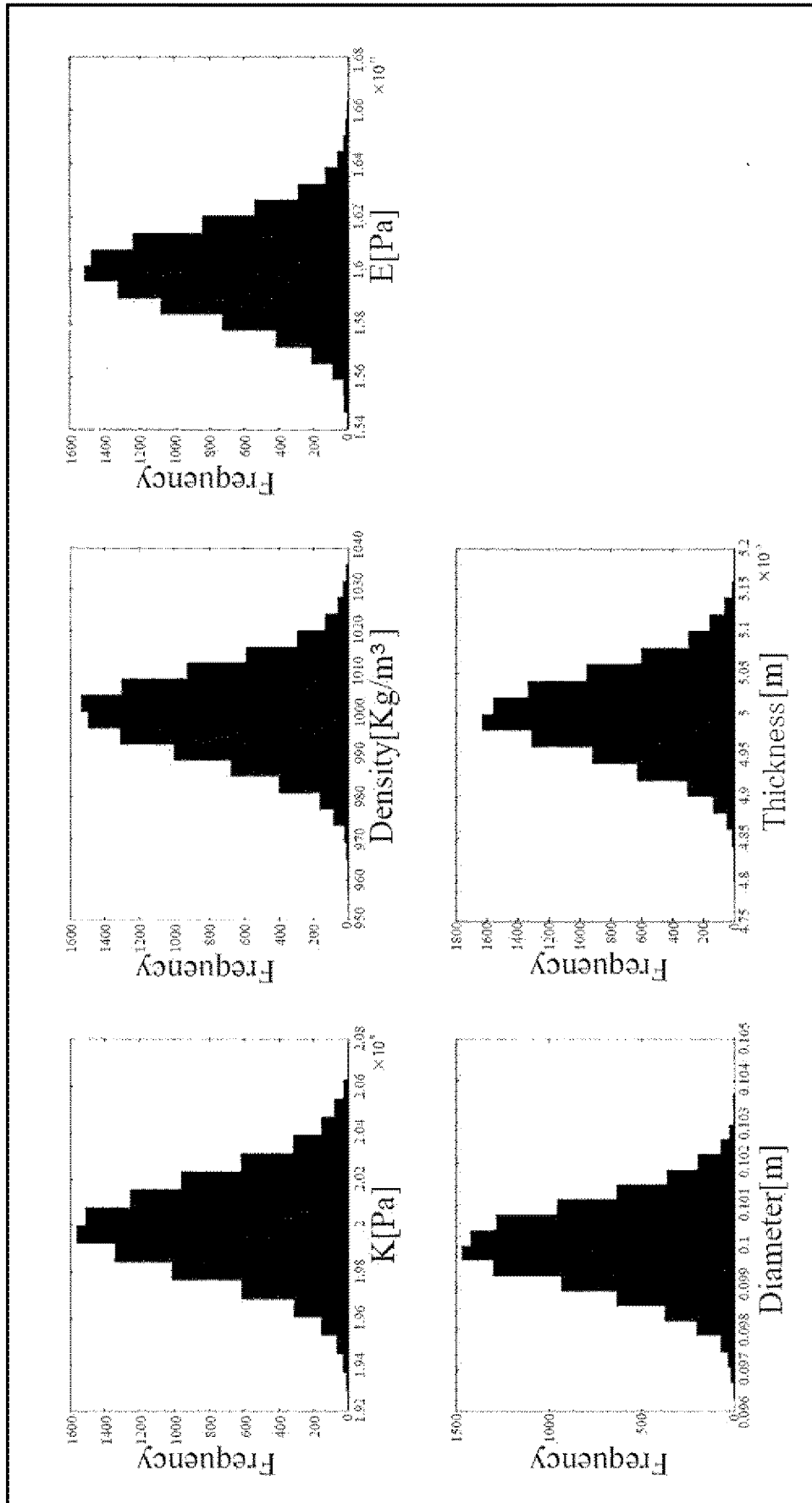
[図6]



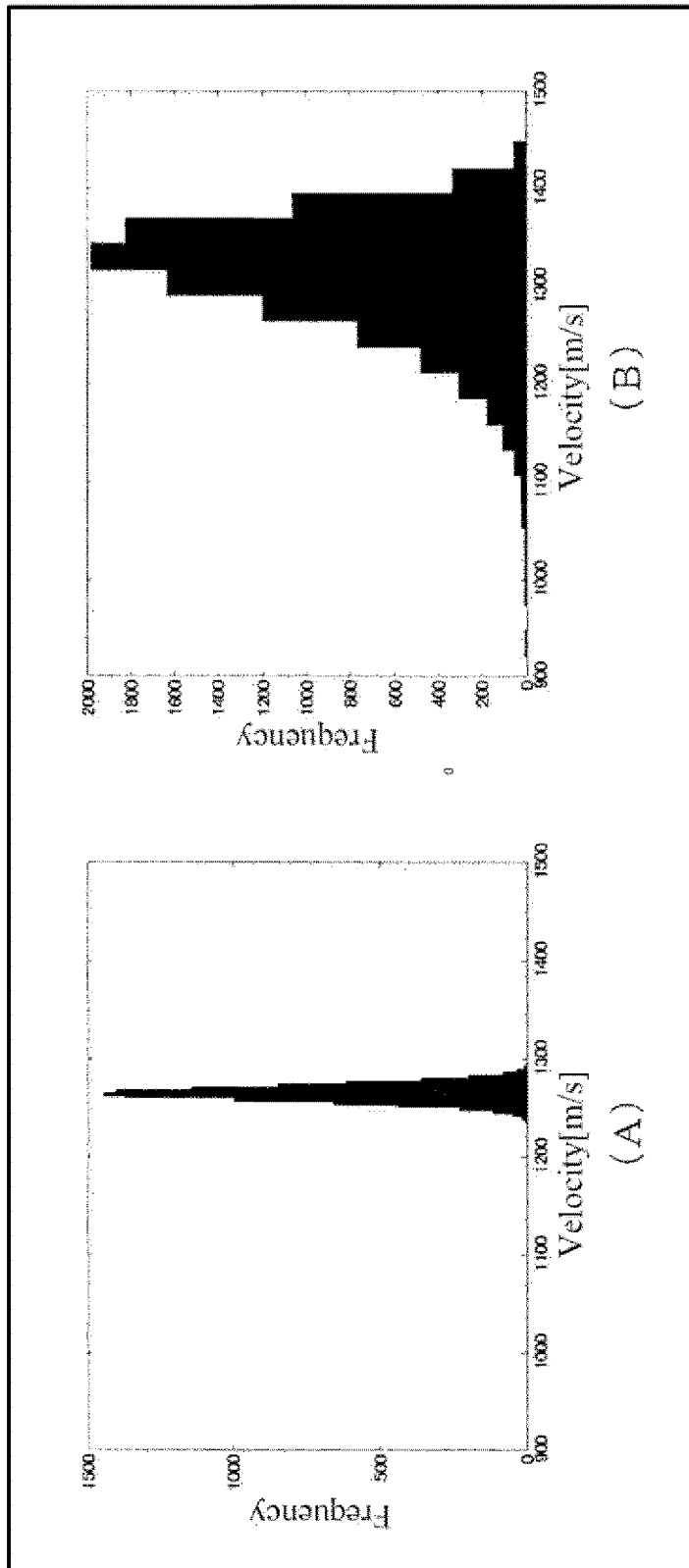
[図7]



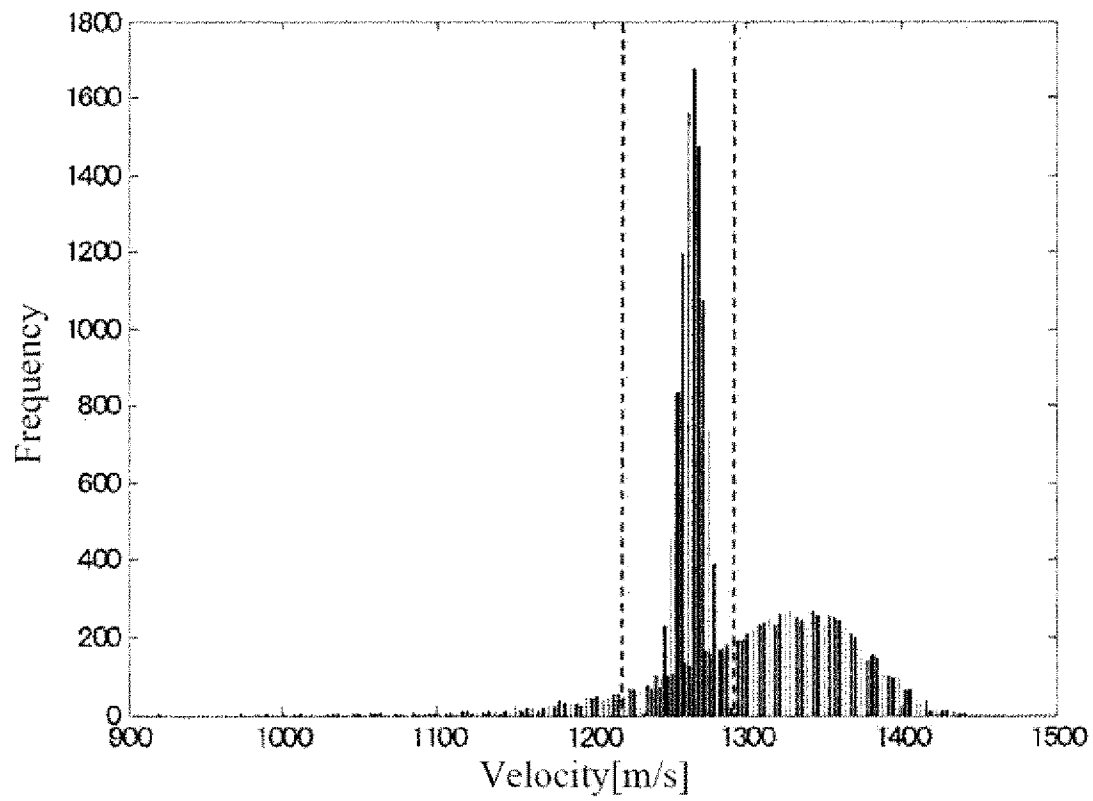
[図8]



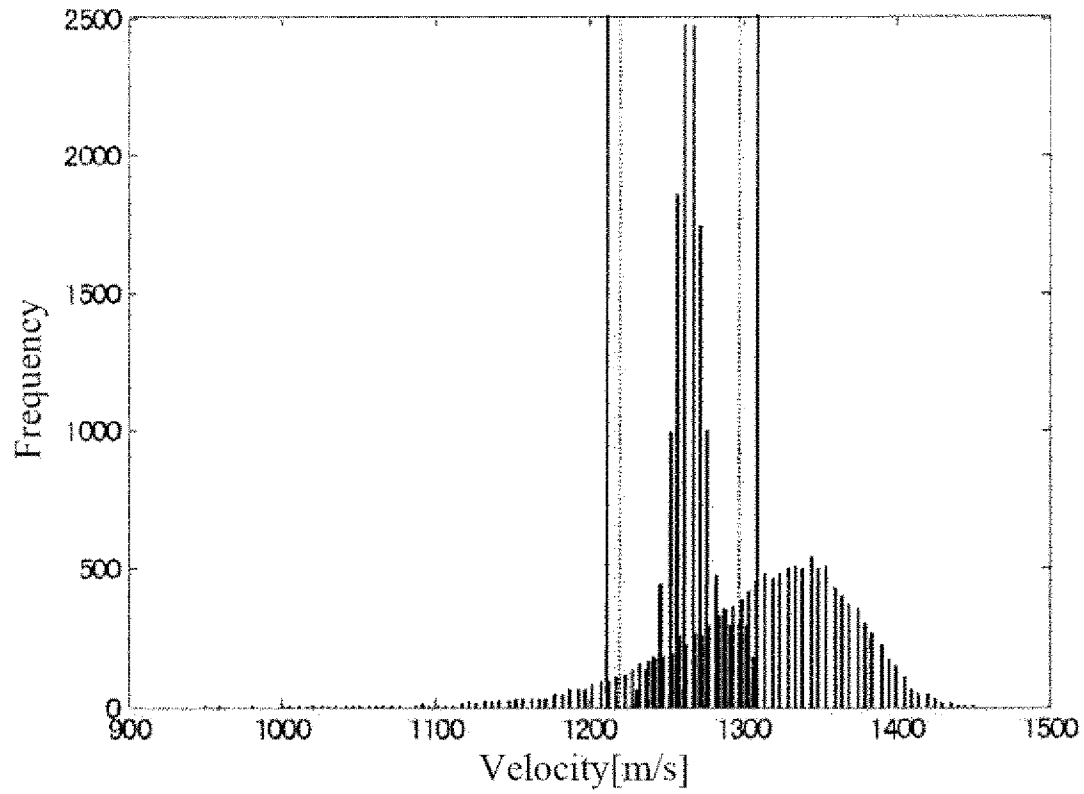
[図9]



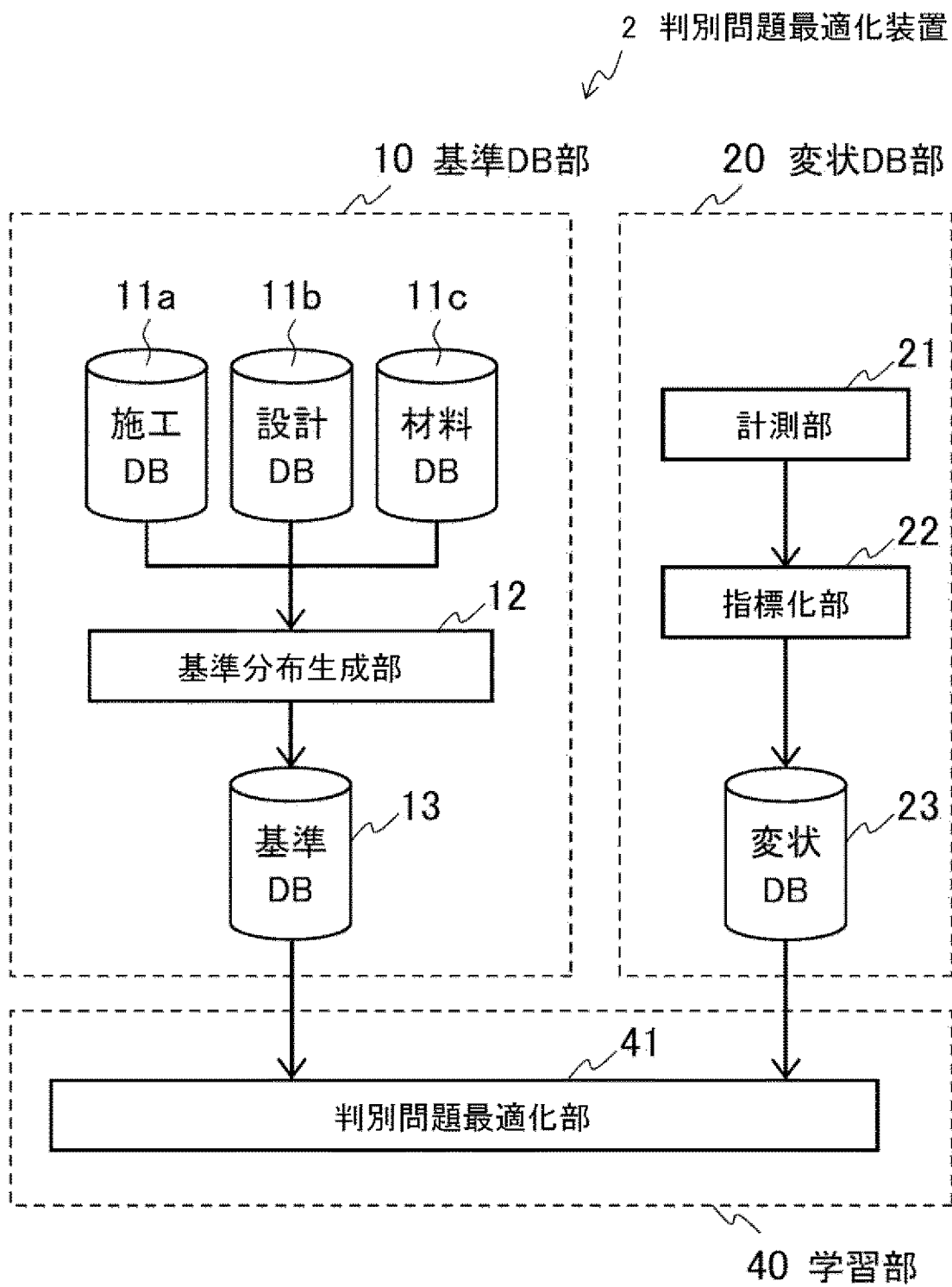
[図10]



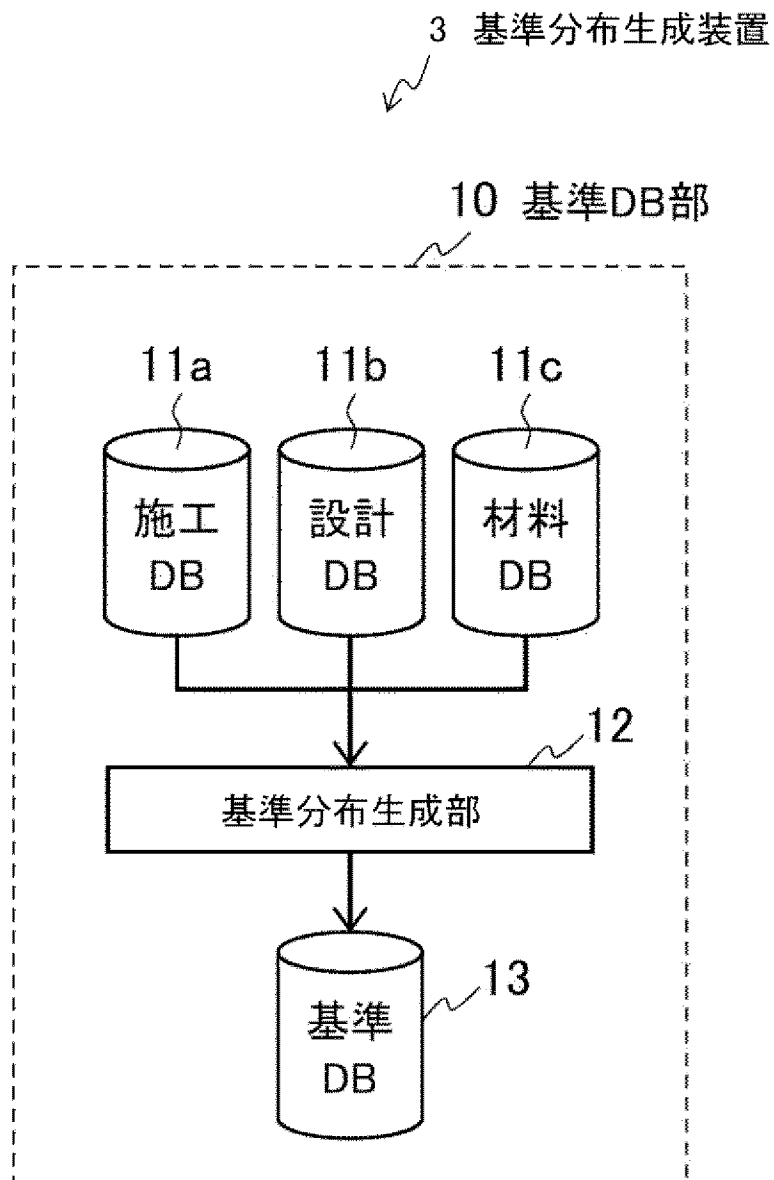
[図11]



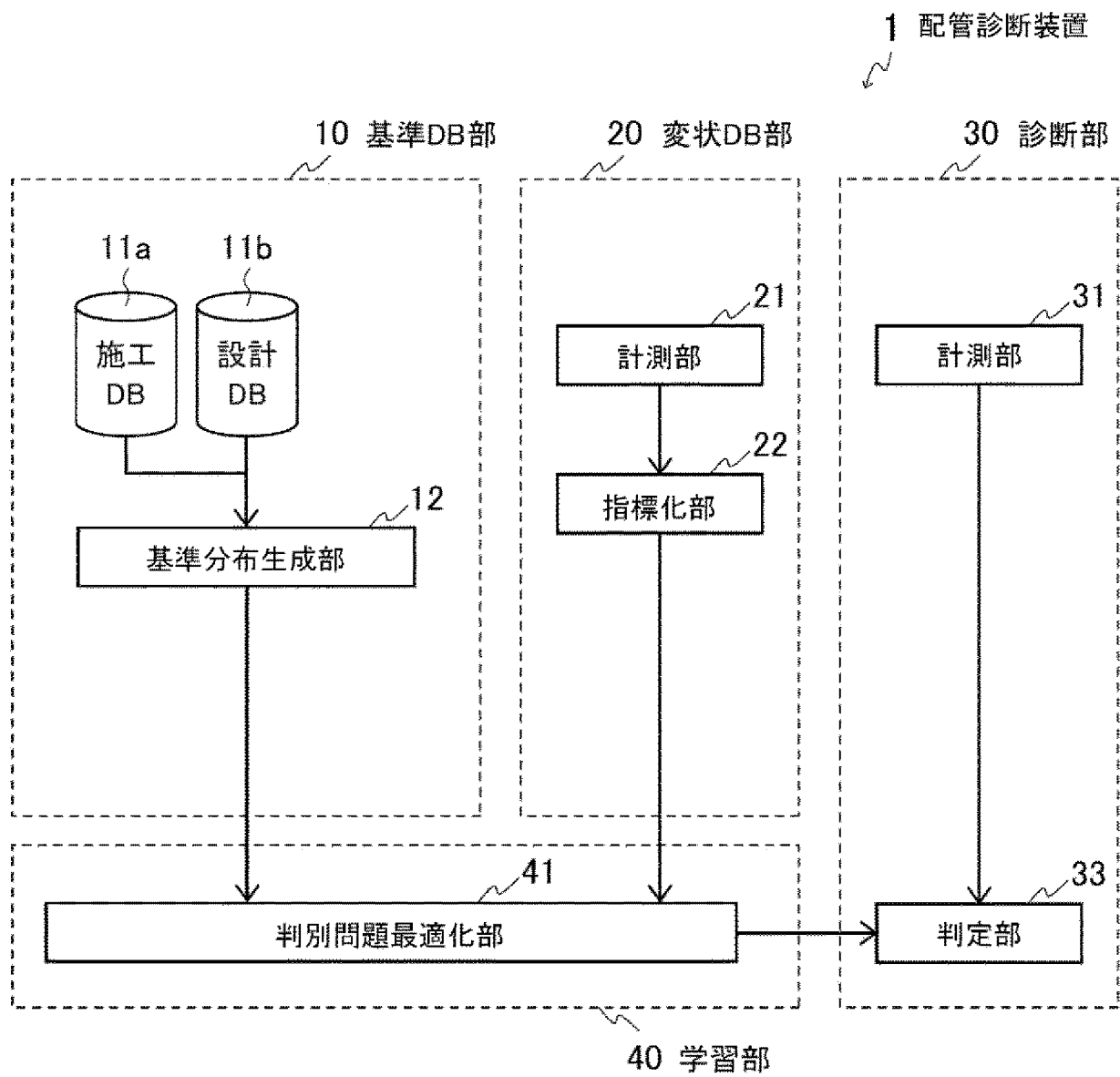
[図12]



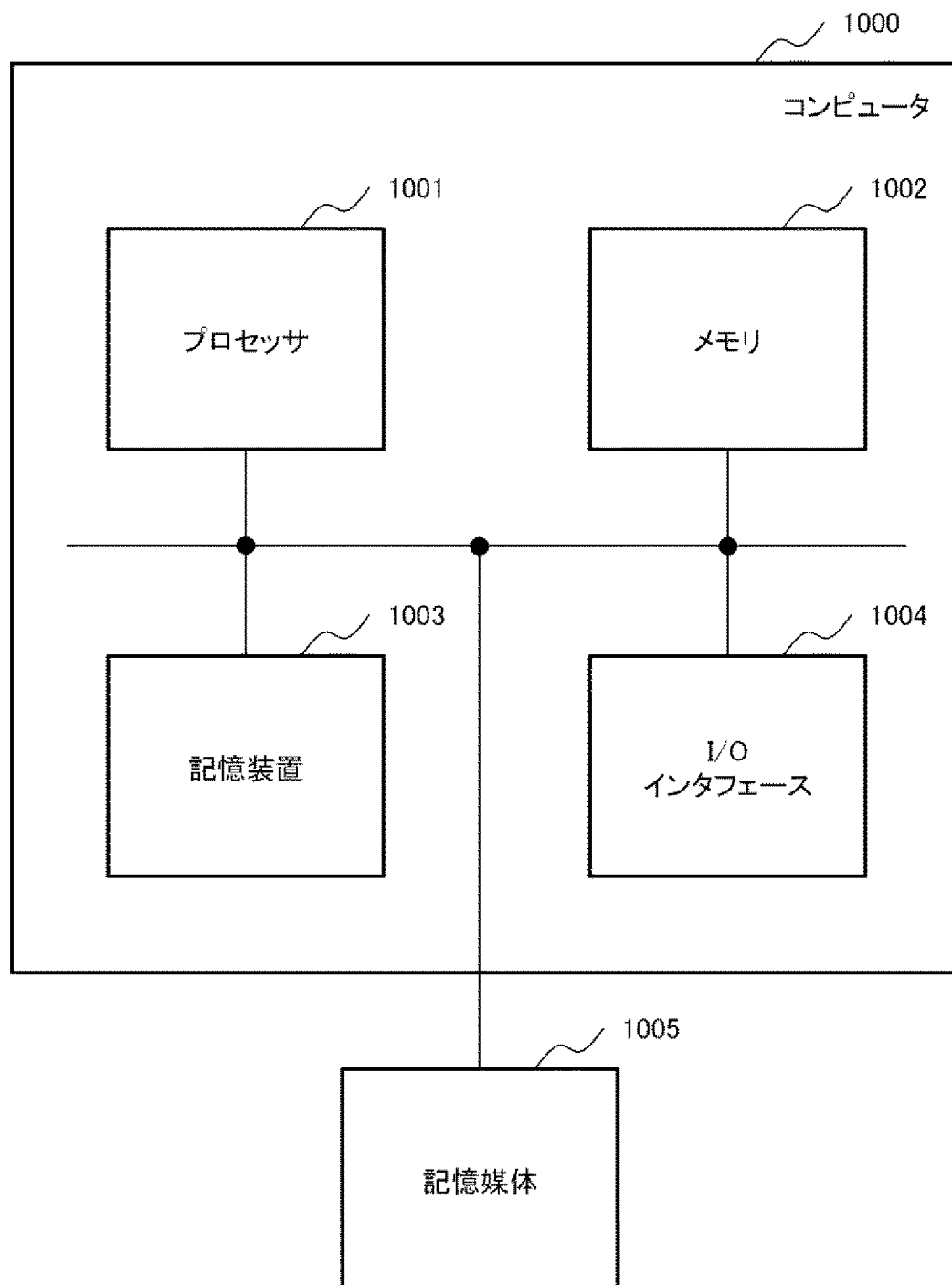
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005621

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M3/28(2006.01)i, F16L1/00(2006.01)i, F17D5/00(2006.01)i, G01M3/24(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)

G01M3/28, F16L1/00, F17D5/00, G01M3/24

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 8-304124 A (President of Hokkaido University), 22 November 1996 (22.11.1996), entire text; all drawings & US 5798459 A & WO 1996/035926 A1 & EP 770854 A1 & DE 69621739 T & DK 770854 T & KR 10-0426227 B	1-37
A	JP 2000-292302 A (Mitsubishi Electric Corp.), 20 October 2000 (20.10.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-37
A	JP 2000-221098 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 August 2000 (11.08.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-37

☒ 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
21 April 2017 (21.04.17)

Date of mailing of the international search report
09 May 2017 (09.05.17)

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/JP2017/005621

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 2010-25715 A (Nippon Oil Corp.), 04 February 2010 (04.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-37
A	WO 2013/183314 A1 (NEC Corp.), 12 December 2013 (12.12.2013), entire text; all drawings & US 2015/0114121 A1	1-37

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01M3/28(2006.01)i, F16L1/00(2006.01)i, F17D5/00(2006.01)i, G01M3/24(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. G01M3/28, F16L1/00, F17D5/00, G01M3/24

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 8-304124 A（北海道大学長）1996. 11. 22, 全文全図 & US 5798459 A & WO 1996/035926 A1 & EP 770854 A1 & DE 69621739 T & DK 770854 T & KR 10-0426227 B	1-37
A	JP 2000-292302 A（三菱電機株式会社）2000. 10. 20, 全文全図 （ファミリーなし）	1-37

☒ 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

21.04.2017

国際調査報告の発送日

09.05.2017

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）

素川 慎司

2 J

4844

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

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 2000-221098 A (三菱電機株式会社) 2000.08.11, 全文全図 (ファミリーなし)	1-37
A	JP 2010-25715 A (新日本石油株式会社) 2010.02.04, 全文全図 (ファミリーなし)	1-37
A	WO 2013/183314 A1 (日本電気株式会社) 2013.12.12, 全文全図 & US 2015/0114121 A1	1-37