



- (51) 国際特許分類:
G01N 25/18 (2006.01) **G01B 21/08** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/007483
- (22) 国際出願日: 2018年2月28日(28.02.2018)
- (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: 富士通株式会社(FUJITSU LIMITED)
[JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 谷口 淳(TANIGUCHI, Jun); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 添田 武志(SOEDA, Takeshi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). ▲高▼須庸一(TAKASU, Yoichi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 片山 修平 (KATAYAMA, Shuhei); 〒1040031 東京都中央区京橋1-6-1 三井住友海上テプコビル 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, 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,

(54) Title: PIPE DIAGNOSTIC METHOD, PIPE DIAGNOSTIC DEVICE, AND PIPE DIAGNOSTIC SYSTEM

(54) 発明の名称: 配管診断方法、配管診断装置、及び配管診断システム

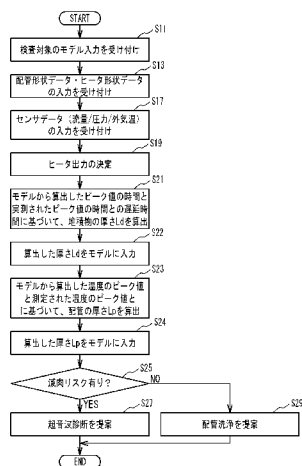


図6

S11 Accept input of inspection target model
S13 Accept input of pipe shape data/heater shape data
S17 Accept input of sensor data (flow rate/pressure/outside air temperature)
S19 Determine heater output
S21 Calculate thickness Ld of sediment on the basis of delay time between time of peak value calculated from model and time of actually measured peak value
S22 Input calculated thickness Ld to model
S23 Calculate thickness Lp of pipe on the basis of temperature peak value calculated from model and measured temperature peak value
S24 Input calculated thickness Lp to model
S25 Is there risk of pipe wall thinning?
S27 Propose ultrasonic testing
S29 Propose pipe cleaning

(57) Abstract: In order to predict the condition of a pipe in a precise manner, the present invention provides a pipe diagnostic method in which a computer executes the following processing. In a model in which the heat transfer behavior inside a pipe containing sediment is modeled with an equivalent circuit, the condition of the pipe is diagnosed from the model updated on the basis of: a temperature change of the pipe which is calculated from the model when the pipe is heated; and a temperature change of the pipe which is measured when the pipe is heated.

(57) 要約: 配管の状態を精度よく予測するため、配管診断方法は、堆積物を含む配管内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルにおいて前記配管を加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化と、前記配管を加熱した場合に測定された前記配管の温度変化と、に基づいて更新された前記モデルから前記配管の状態を診断する、処理をコンピュータが実行する。

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：

配管診断方法、配管診断装置、及び配管診断システム

技術分野

[0001] 本発明は、配管診断方法、配管診断装置、及び配管診断システムに関する。

背景技術

[0002] ビルや工場などに設置された配管の減肉状態を予測することが行われている（例えば、特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 0 6 - 2 8 4 4 1 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記技術では、配管をヒータにより加熱した後、配管が冷却されていく際の配管の温度を温度センサにより検出し、その温度変化に基づいて配管の減肉状態を予測している。しかしながら、例えば、配管に堆積物が堆積している場合、配管が減肉しているにもかかわらず、配管が減肉していない状態と同様の温度変化が検出される場合もあり、予測精度が十分でない可能性がある。

[0005] 1 つの側面では、本発明は、配管の状態を精度よく診断できる配管診断方法、配管診断装置、及び配管診断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] 一つの態様では、配管診断方法は、堆積物を含む配管内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルにおいて前記配管を加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化と、前記配管を加熱した場合に測定され

た前記配管の温度変化と、に基づいて更新された前記モデルから前記配管の状態を診断する、処理をコンピュータが実行する配管診断方法である。

発明の効果

[0007] 配管の状態を精度よく診断できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、一実施形態に係る配管診断システムを概略的に示す図である。

[図2]図2は、情報処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図3]図3は、情報処理装置の機能ブロック図である。

[図4]図4（A）は、堆積物が堆積し、減肉した配管の一例を示す断面図であり、図4（B）は、図4（A）に示す配管の伝熱挙動をモデル化した等価回路であり、図4（C）は、図4（B）に示す各要素が表す区画を表す。

[図5]図5（A）は、堆積物が堆積し、減肉した配管の別例を示す断面図であり、図5（B）は、図5（A）に示す配管の伝熱挙動をモデル化した等価回路であり、図5（C）は、図5（B）に示す各要素が表す区画を表す。

[図6]図6は、情報処理装置が実行する配管診断処理のフローチャートである。

[図7]図7（A）は図6のステップS21の処理を説明するための図であり、図7（B）は、図6のステップS23の処理を説明するための図である。

[図8]図8は、図6のステップS25の処理を説明するための図である。

[図9]図9は、配管診断システムの変形例を概略的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、一実施形態に係る配管診断システムについて、図1～図8に基づいて詳細に説明する。

[0010] 図1には、一実施形態に係る配管診断システム100の構成が概略的に示されている。図1に示すように、配管診断システム100は、測定装置としての温度センサ31及び温度検出装置33と、加熱装置としてのヒータ35と、ヒータ制御装置37と、配管診断装置としての情報処理装置10と、を備える。

- [0011] 配管診断システム１００は、ヒータ３５により配管Ｐ１０を加熱した場合に堆積物を含む配管Ｐ１０の内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルから算出される配管Ｐ１０の温度変化を、測定された配管の温度変化と比較することにより、モデルの精度を高め、当該モデルを用いて配管Ｐ１０の状態を診断する装置である。より具体的には、配管診断システム１００は、ヒータ３５の出力を周期的に変化させ、配管Ｐ１０に周期的な温度変化を与えた場合の配管Ｐ１０の周期的な表面温度の変化から導出される所定のパラメータを、測定された配管Ｐ１０の周期的な表面温度の変化から導出される所定のパラメータに近づけることによって、実際の配管の状態に適合したモデルを得て、当該モデルから減肉リスクを判定する。
- [0012] 温度センサ３１は、ヒータ３５から配管の長さ方向に所定距離離れた地点の配管Ｐ１０の表面温度を測定するよう、配管Ｐ１０の表面上に配置される。温度センサ３１の出力信号は、温度検出装置３３に入力される。温度検出装置３３は、温度センサ３１の出力信号から配管Ｐ１０の温度を検出し、検出結果を情報処理装置１０に出力する。温度センサ３１とヒータ３５との間の距離は、ヒータ３５の性能や配管Ｐ１０の厚さ等を考慮して適宜設定すればよい。また、温度センサ３１の数は、１つでもよいし、複数でもよい。
- [0013] ヒータ制御装置３７は、後述する情報処理装置１０が設定した出力及び周波数 f に基づいて、ヒータ３５の出力を周期的に変化させる。ヒータ３５は、ヒータ制御装置３７の制御の下、配管Ｐ１０を周波数 f で周期的に加熱する。
- [0014] 情報処理装置１０は、配管Ｐ１０の伝熱挙動をモデル化した等価回路（モデル）、配管Ｐ１０の形状、ヒータ３５の形状、配管Ｐ１０を流れる流体の種類、流体の圧力、流体の流量、及び外気温のデータの入力を受け付ける。なお、流体の圧力、流体の流量、及び外気温は、配管Ｐ１０に設置されたセンサ（不図示）から情報処理装置１０に入力される。
- [0015] 情報処理装置１０は、受け付けたモデル及び各種データに基づいて、ヒータ３５の出力及び周波数 f を決定し、ヒータ制御装置３７に設定する。なお

、情報処理装置 10 は、決定した出力及び周波数 f を情報処理装置 10 が備える表示装置 119 等に表示し、当該表示を確認したユーザが、出力及び周波数 f をヒータ制御装置 37 に設定してもよい。

[0016] 情報処理装置 10 は、情報処理装置 10 が決定したヒータ 35 の出力及び周波数 f で配管 P10 を周期的に加熱した場合に、配管 P10 の伝熱挙動のモデルから算出される配管 P10 の表面温度の周期的な変化と、実際に測定された配管 P10 の表面温度の周期的な変化と、に基づいて、配管 P10 内部の堆積物の厚さや、配管 P10 の厚さを算出し、モデルを更新し、実際の配管の状態に適合するモデルを得る。そして、情報処理装置 10 は、更新したモデルを用いて、配管 P10 の減肉リスクを判定する。また、情報処理装置 10 は、減肉リスクの判定結果に基づいて、配管 P10 の超音波診断に関する情報や、配管 P10 の洗浄に関する情報を報知する。

[0017] 情報処理装置 10 は、図 2 に示すようなハードウェア構成を有する。具体的には、情報処理装置 10 は、図 2 に示すように、Central Processing Unit (CPU) 111、Read Only Memory (ROM) 112、Random Access Memory (RAM) 113、記憶装置 (Hard Disk Drive: HDD) 114、ネットワークインタフェース 115、可搬型記憶媒体 116 に記憶されたデータを読み取り可能な可搬型記憶媒体用ドライブ 117、入力装置 118、及び表示装置 119 等を備えている。これら情報処理装置 10 の構成各部は、バス 120 に接続されている。入力装置 118 は、例えば、キーボード、マウス、及びタッチパネル等であるが、これらに限定されるものではない。CPU 111 は、ROM 112 あるいは HDD 114 に格納されているプログラム、或いは可搬型記憶媒体用ドライブ 117 が可搬型記憶媒体 116 から読み取ったプログラムを実行することで、情報処理装置 10 を図 3 の各部として機能させる。

[0018] 具体的には、図 3 に示すように、CPU 111 がプログラムを実行することにより、情報処理装置 10 は、データ受付部 11、決定部 12、診断部 13、並びに判定部及び報知部としての判定部 15 として機能する。

[0019] データ受付部 11 は、例えば入力装置 118 を介し、ユーザから、配管 P10 の伝熱挙動をモデル化した等価回路（モデル）の入力を受け付ける。ここで、配管 P10 の伝熱挙動をモデル化した等価回路について説明する。

[0020] 図 4（A）は、堆積物が堆積し、減肉した配管の一例を示す断面図である。配管 P11 内を流体が矢印 A1 で示す方向に流れているものとする。配管 P11 の上流側にはヒータ 35 が取り付けられ、下流側には温度センサ 31 が取り付けられている。配管 P11 の下流側には、堆積物 L10 が堆積している。

[0021] 図 4（A）において、ヒータ 35 からの熱が、配管 P11 を流れる流体及び配管 P11 を介して温度センサ 31 に伝わる伝熱経路を等価回路で表すと、例えば、図 4（B）となる。ここで、図 4（B）に示すモデルは、図 4（C）に示すように、配管 P11 の下半分をモデル化したものであり、配管 P11 の内部を流れる流体、配管 P11 の内部に堆積した堆積物、及び配管 P11 の熱コンダクタンスを表す要素を含む。図 4（B）の各要素に隣接して記載した数字は、各要素がモデル化した図 4（C）の各区画を表している。

[0022] ここで、配管 P11 の熱コンダクタンス、堆積物 L10 の熱コンダクタンス、及び流体の熱コンダクタンスは、以下の式（1）で求められる。

[0023] [数1]

$$G = \lambda \frac{A}{L} \quad (1)$$

ここで、G は熱コンダクタンスを表し、 λ は熱伝導率を表し、A は面積を表し、L は長さ（又は厚さ）を表す。

[0024] なお、図 5（A）に示すように、ヒータ 35 を設置した箇所にも堆積物 L10 が存在する場合には、図 4（B）に示す等価回路の該当箇所に堆積物 L10 の熱コンダクタンスを表す要素を追加して、図 5（B）に示すような等価回路に修正する。モデルは毎回作成する必要はなく、ある配管に対して作成したモデルを、配管の凹凸や曲がりなどが同等な配管に流用することがで

きる。さらに、モデルをデータベースとしてHDD 114等の記憶装置に登録しておくことが好ましい。

[0025] 図3に戻り、データ受付部11は、入力装置118を介し、ユーザから配管の物性データの入力を受け付ける。具体的には、データ受付部11は、配管の形状、ヒータ35の形状、配管を流れる流体の種類の入力をユーザから受け付ける。また、データ受付部11は、配管に設置された各種センサ（不図示）から、流体の圧力、流体の流量、及び外気温の入力を受け付ける。データ受付部11は、受け付けたモデル及び各種データを決定部12及び診断部13に出力する。また、データ受付部11は、温度検出装置33から、温度センサ31が測定した、配管の表面温度のデータを受け付け、診断部13に出力する。

[0026] 決定部12は、受け付けたモデル及び各種データに基づいて、ヒータ35の出力及び周波数 f を決定し、ヒータ制御装置37に設定する。

[0027] 診断部13は、配管の伝熱挙動をモデル化したモデルに対して、各種データを入力し、熱回路網解析を行う。診断部13は、配管を周期的に加熱した場合にモデルから算出される配管の表面温度の変化の周期内のピーク値における時間と、温度センサ31により測定された配管の表面温度の変化の周期内のピーク値における時間と、の遅延時間に基づいて、配管内部の堆積物の厚さ L_d を算出する。

[0028] さらに、診断部13は、堆積物の厚さが L_d である場合にモデルから得られる配管の表面温度のピーク値と、温度センサ31により測定された配管の実際の表面温度のピーク値とに基づいて、配管の厚さ L_p を算出する。診断部13は、算出した堆積物の厚さ L_d 及び配管の厚さ L_p を判定部15に出力する。

[0029] 判定部15は、堆積物の厚さが L_d であり、配管の厚さが L_p である場合のモデルにおける配管の熱コンダクタンスを算出する。判定部15は、閾値DB16に登録されている閾値と、算出した熱コンダクタンスを比較して、減肉リスクが存在するか否かを判定する。閾値DB16には、過去に他の同

様の配管系統において配管を交換した際の配管の熱コンダクタンスに基づいて決定された閾値が格納されている。例えば、判定部 15 は、算出した熱コンダクタンスが閾値以上である場合に、減肉リスクが存在する（配管の交換が必要なほど配管が減肉している可能性が高い）と判定する。判定部 15 は、例えば、減肉リスクが存在すると判定すると、超音波診断に関する情報を報知し、そうでない場合には、配管洗浄に関する情報を報知する。

[0030] 次に、情報処理装置 10 が実行する配管診断処理の一例について説明する。図 6 は、情報処理装置 10 が実行する配管診断処理の一例を示すフローチャートである。図 6 の処理は、例えば、定期的（6 か月おき）に実行される。なお、図 6 の処理を、例えば、配管設備の管理者が指定するタイミングで実行してもよい。以下の説明では、前回配管を交換してから 6 年経過した配管系統 A について診断を行う場合を例に説明する。配管系統 A は、配管の外径が 100 mm、初期厚さ 5 mm であり、流量センサによって測定された、配管内を流れる水の流速は 2 m/s であるとする。また、配管内を流れる水の流速分布が均一で、かつ、流速が一定であると仮定し、配管及び堆積物の熱の伝わり方は一定であると仮定する。

[0031] 図 6 の処理において、まず、データ受付部 11 は、検査対象となる配管の伝熱挙動をモデル化したモデルの入力を受け付ける（ステップ S 11）。

[0032] 次に、データ受付部 11 は、配管形状データ及びヒータ形状データの入力を受け付ける（ステップ S 13）。また、データ受付部 11 は、センサデータ（流量／圧力／外気温）の入力を受け付ける（ステップ S 17）。

[0033] 次に、決定部 12 は、ヒータ 35 の出力及び周期を決定する（ステップ S 19）。例えば、決定部 12 は、ヒータ 35 の加熱サイクルの周期を 6000 秒と決定する。ヒータ 35 は、決定された出力及び周期で、配管の周期的な加熱を開始する。

[0034] 次に、診断部 13 は、配管の加熱周期とモデルから算出される配管の表面温度の変化の周期内のピーク値における時間と、測定された配管の表面温度の変化の周期内のピーク値における時間と、の遅延時間に基づいて、モデル

において堆積物の熱コンダクタンスを表す要素における堆積物の厚さ L_d を算出する（ステップS21）。具体的には、診断部13は、配管の厚さ L_p を初期厚さ5 mmであるとし、堆積物の厚さ L_d を変化させて、モデルと実測との遅延時間が最小となる堆積物の厚さ L_d を算出する。配管内部に堆積物が堆積すると、配管内部を流れる流体から温度センサ31への熱の伝わり方が遅くなり、配管の加熱周期内のピークに遅延が生じるため、遅延時間を、配管内部の堆積物の厚さ L_d を算出するのに用いることができる。

[0035] 例えば、診断部13は、モデルにおいて堆積物の厚さを0 mm、13.5 mm、及び27 mmとした場合の配管の表面温度の温度変化の周期内のピーク値における時間と、実際に測定された温度変化の周期内のピーク値における時間との遅延時間を算出する。診断部13は、モデルから算出されたピーク値における時間と、実測されたピーク値における時間と、の遅延時間が最小となる堆積物の厚さ L_d を算出する。例えば、図7（A）に示すように、堆積物の厚さを0 mm、13.5 mm、及び27 mmと仮定した場合にモデルから算出されたピーク値における時間がそれぞれ1500秒、1875秒、及び2250秒であったとする。この場合において、実測されたピーク値における時間が2000秒であった場合、診断部13は、堆積物の厚さ L_d として18 mmを算出する。実測値に基づいて、堆積物の厚さ L_d を算出するので、精度の高い L_d を算出することができる。

[0036] なお、堆積物の厚さに代わり、配管の閉塞率に対して、配管の表面温度の温度波形を算出してもよい。例えば、外径100 mm、初期厚さ5 mmの配管の場合、堆積物の厚さが13.5 mmであれば、閉塞率は30%となり、堆積物の厚さが27 mmであれば、閉塞率は60%となる。

[0037] 図6に戻り、診断部13は、ステップS21で算出した堆積物の厚さ L_d をモデルに入力し、モデルを更新する（ステップS22）。これにより、実際に配管内部に堆積した堆積物の状態がモデルに反映される。すなわち、モデルが、実際の配管の状態に適合したモデルに更新されるので、モデルの精度が向上する。

[0038] 次に、診断部 13 は、厚さ L_d を入力した（反映した）モデルから算出した配管の表面温度のピーク値と、測定された配管の実際の表面温度のピーク値とに基づいて、モデルにおいて配管の熱コンダクタンスを表す要素における配管の厚さ L_p を算出する（ステップ S 23）。具体的には、診断部 13 は、配管の厚さ L_p を変化させて、モデルから算出されたピーク値と実測されたピーク値との差を最小とする配管の厚さ L_p を算出する。配管が厚いほど、ヒータ 35 からの熱が拡散して配管の表面温度のピーク値が低くなるため、配管の表面温度のピーク値を、配管の厚さ L_p を算出するのに用いることができる。

[0039] 診断部 13 は、例えば、ステップ S 21 で算出した堆積物の厚さ L_d を入力したモデルにおいて、配管の厚さ L_p を 1 mm 及び 5 mm とした場合の配管の表面温度のピーク値を算出する。そして、診断部 13 は、モデルから算出されたピーク値と、測定された配管の実際の表面温度のピーク値との差を最小とする配管の厚さ L_p を算出する。例えば、図 7（B）に示すように、配管の厚さ L_p を 1 mm 及び 5 mm としたときにモデルから算出される配管の表面温度のピーク値が、それぞれ 37.0℃、36.0℃であったとする。この場合において、実際に測定された配管の表面温度のピーク値が 36.6℃である場合、診断部 13 は、配管の厚さ L_p として、およそ 3 mm を算出する。実測値に基づいて配管の厚さ L_p を算出するので、精度の高い L_p を算出することができる。

[0040] 図 6 に戻り、診断部 13 は、ステップ S 23 で算出した配管の厚さ L_p をモデルに入力し、モデルを更新する（ステップ S 24）。これにより、実際の配管の減肉の状態がモデルに反映される。すなわち、モデルが、実際の配管の状態に適合したモデルに更新されるので、モデルの精度が向上する。

[0041] なお、ステップ S 21 及びステップ S 23 において、モデルでは、配管内の流体の流速分布が均一でかつ流速が一定であると仮定しており、さらに、配管及び堆積物の熱の伝わり方も一定であると仮定していることから、モデルからの算出結果に誤差が含まれる可能性がある。したがって、堆積物がな

い、配管設置初期に実験を行って配管の表面温度のデータを取得することが好ましい。実験データに基づいてモデルから算出した値を補正することによって、算出精度を向上させることができる。

[0042] 次に、判定部 15 は、減肉リスクがあるか否かを判定する（ステップ S 25）。具体的には、堆積物の厚さ L_d 及び配管の厚さ L_p が入力された（反映された）モデルにおいて、配管の熱コンダクタンスを算出する。判定部 15 は、算出した熱コンダクタンスが、閾値 $DB16$ に登録されている閾値以上である場合、減肉リスクがあると判断する。例えば、図 8 に示すように、前回配管を交換してから半年ごとに配管診断処理を行ったときに算出した配管の熱コンダクタンスは、閾値である 17.0 W/K を越えていなかったが、今回（配管交換後 6 年）配管の熱コンダクタンスを算出すると、閾値である 17.0 W/K を越えていたとする。この場合、判定部 15 は、減肉リスクがあると判定する。

[0043] 減肉リスクがあると判定した場合（ステップ S 25 / YES）、判定部 15 は、超音波診断に関する情報を報知し（ステップ S 27）、図 6 の処理を終了する。例えば、判定部 15 は、超音波診断の実施を推奨する旨のメッセージを情報処理装置 10 の表示装置 119 に表示する。これにより、ユーザ（例えば、配管設備の管理者）は、超音波診断に必要な機材及び人員を確保することができる。一方、減肉リスクがないと判定した場合（ステップ S 25 / NO）、判定部 15 は、配管洗浄に関する情報を報知し（ステップ S 29）、図 6 の処理を終了する。例えば、判定部 15 は、配管洗浄を推奨する旨のメッセージを情報処理装置 10 の表示装置 119 に表示する。これにより、ユーザは、配管洗浄に必要な機材及び人員を確保することができる。

[0044] 以上詳細に説明したように、本実施形態によれば、情報処理装置 10 は、堆積物を含む配管内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルにおいて配管を加熱した場合にモデルから算出される配管の温度変化と、配管を加熱した場合に測定された配管の温度変化と、に基づいて更新されたモデルから配管の状態を診断する診断部 13 を備える。モデルから算出される温度変化

と実測された温度変化とを用いるので、モデルの精度が向上し、モデルを用いた配管の状態の診断精度も向上する。

[0045] また、本実施形態によれば、モデルは、配管内部を流れる流体、配管内部に堆積した堆積物、及び配管を表す要素を含み、診断部 13 は、配管を周期的に加熱した場合にモデルから算出される配管の温度変化の周期内のピーク値における時間と、測定された配管の温度変化の周期内のピーク値における時間と、の遅延時間に基づいて、配管内部に堆積した堆積物の状態を算出する。モデルと実測との遅延時間を用いることで、配管に堆積した堆積物の状態（堆積物の厚さ）を算出することができる。これにより、モデルの精度が向上し、モデルを用いた配管の状態の診断精度も向上する。

[0046] また、本実施形態によれば、診断部 13 は、算出した配管に堆積した堆積物の状態でモデルを更新し、配管を周期的に加熱した場合にモデルから算出される配管の表面温度のピーク値と、測定された配管の表面温度のピーク値と、に基づいて、配管の減肉の状態を算出する。モデルから算出したピーク値と、実測されたピーク値とを用いることで、配管の減肉の状態（配管の厚さ）を算出することができる。これにより、モデルの精度が向上し、モデルを用いた配管の状態の診断精度も向上する。

[0047] また、本実施形態において、情報処理装置 10 は、算出した配管の減肉の状態モデルを更新し、更新されたモデルから算出したコンダクタンス値と、配管を交換したときのコンダクタンス値に基づいて定めた閾値とに基づいて、減肉リスクを判定する判定部 15 を備える。過去に配管を交換した際のコンダクタンス値との比較によって、減肉リスクを判定するため、精度よく減肉リスクを判定できる。

[0048] また、本実施形態において、情報処理装置 10 の判定部 15 は、診断した配管の状態に基づいて、配管に対する作業に関する情報を報知する。これにより、情報処理装置 10 のユーザは、配管の超音波診断、洗浄等に必要な器具及び人員のアサインを行うことができる。

[0049] なお、上記実施形態では、配管を周期的に加熱した場合にモデルから算出

される配管の周期的な表面温度の変化と、実際に測定された配管の周期的な表面温度の変化と、に基づいて、配管の状態を算出しモデルに反映させていたが、これに限られるものではない。例えば、配管を加熱した後、配管が冷却されていく際にモデルから算出される配管の表面温度の変化と、実際に測定された配管の表面温度の変化と、に基づいて、配管の状態を算出しモデルに反映させてもよい。この場合も、モデルから算出された所定のパラメータ値を実測値に近づけることで、配管の実際の状態にモデルを適合させることができる。

[0050] なお、上記実施形態において、情報処理装置 10 はクラウドであってもよい。作業者は、図 9 に示すように、インターネット、Local Area Network (LAN)、Wide Area Network (WAN) 等、有線又は無線のネットワーク NW を介して作業者端末 20 と接続された情報処理装置 10 上で提供されるサービスによって配管診断を行うことができる。

[0051] なお、上記の処理機能は、コンピュータによって実現することができる。その場合、処理装置が有すべき機能の処理内容を記述したプログラムが提供される。そのプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体（ただし、搬送波は除く）に記録しておくことができる。

[0052] プログラムを流通させる場合には、例えば、そのプログラムが記録された DVD (Digital Versatile Disc)、CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory) などの可搬型記憶媒体の形態で販売される。また、プログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することもできる。

[0053] プログラムを実行するコンピュータは、例えば、可搬型記憶媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、自己の記憶装置に格納する。そして、コンピュータは、自己の記憶装置から

プログラムを読み取り、プログラムに従った処理を実行する。なお、コンピュータは、可搬型記憶媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することもできる。また、コンピュータは、サーバコンピュータからプログラムが転送されるごとに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することもできる。

[0054] 上述した実施形態は本発明の好適な実施の例である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施可能である。

符号の説明

[0055] 1 0 情報処理装置
 3 1 温度センサ
 3 3 温度検出装置
 3 5 ヒータ
 1 3 診断部
 1 5 判定部
 1 0 0、1 0 0 ′ 配管診断システム

請求の範囲

- [請求項1] 堆積物を含む配管内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルにおいて前記配管を加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化と、前記配管を加熱した場合に測定された前記配管の温度変化と、に基づいて更新された前記モデルから前記配管の状態を診断する、
処理をコンピュータが実行する配管診断方法。
- [請求項2] 前記モデルは、前記配管内部を流れる流体、前記配管内部に堆積した堆積物、及び前記配管を表す要素を含み、
前記配管の状態を診断する処理は、前記配管を周期的に加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化の周期内のピーク値における時間と、測定された前記配管の温度変化の周期内のピーク値における時間と、の遅延時間に基づいて、前記配管内部に堆積した堆積物の状態を算出する処理を含む、
請求項 1 に記載の配管診断方法。
- [請求項3] 前記配管の状態を診断する処理は、算出した前記配管に堆積した堆積物の状態で前記モデルを更新し、前記配管を周期的に加熱した場合に更新された前記モデルから算出される前記配管の表面温度のピーク値と、測定された前記配管の表面温度のピーク値と、に基づいて、前記配管の減肉の状態を算出する処理を含む、
請求項 2 に記載の配管診断方法。
- [請求項4] 前記配管の状態を診断する処理は、算出した前記配管の減肉の状態で前記モデルを更新し、更新された前記モデルから算出したコンダクタンス値と、配管を交換したときのコンダクタンス値に基づいて定めた閾値とに基づいて、減肉リスクを判定する処理を含む、
請求項 3 に記載の配管診断方法。
- [請求項5] 前記配管の状態に基づいて、前記配管に対する作業に関する情報を報知する、

処理をコンピュータに実行させる請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の配管診断方法。

[請求項6] 堆積物を含む配管内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルにおいて前記配管を加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化と、前記配管を加熱した場合に測定された前記配管の温度変化と、に基づいて更新された前記モデルから前記配管の状態を診断する診断部、
を備える配管診断装置。

[請求項7] 前記モデルは、前記配管内部を流れる流体、前記配管内部に堆積した堆積物、及び前記配管を表す要素を含み、
前記診断部は、前記配管を周期的に加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化の周期内のピーク値における時間と、測定された前記配管の温度変化の周期内のピーク値における時間と、の遅延時間に基づいて、前記配管内部に堆積した堆積物の状態を算出する、
請求項 6 に記載の配管診断装置。

[請求項8] 前記診断部は、算出した前記配管に堆積した堆積物の状態で前記モデルを更新し、前記配管を周期的に加熱した場合に更新された前記モデルから算出される前記配管の表面温度のピーク値と、測定された前記配管の表面温度のピーク値と、に基づいて、前記配管の減肉の状態を算出する、
請求項 7 に記載の配管診断装置。

[請求項9] 前記配管の状態を診断する処理は、算出した前記配管の減肉の状態で前記モデルを更新し、更新された前記モデルから算出したコンダクタンス値と、配管を交換したときのコンダクタンス値に基づいて定めた閾値とに基づいて、減肉リスクを判定する判定部、
を備える請求項 8 記載の配管診断装置。

[請求項10] 前記配管の状態に基づいて、前記配管に対する作業に関する情報を

報知する報知部、

を備える請求項 6 ～ 9 のいずれか一項に記載の配管診断装置。

[請求項11]

配管を加熱する加熱装置と、

前記配管の表面温度を測定する測定装置と、

堆積物を含む配管内部の伝熱挙動を等価回路でモデル化したモデルにおいて前記配管を加熱した場合に前記モデルから算出される前記配管の温度変化と、前記配管を加熱した場合に測定された前記配管の温度変化と、に基づいて更新された前記モデルから前記配管の状態を診断する診断部と、

を備える配管診断システム。

[図1]

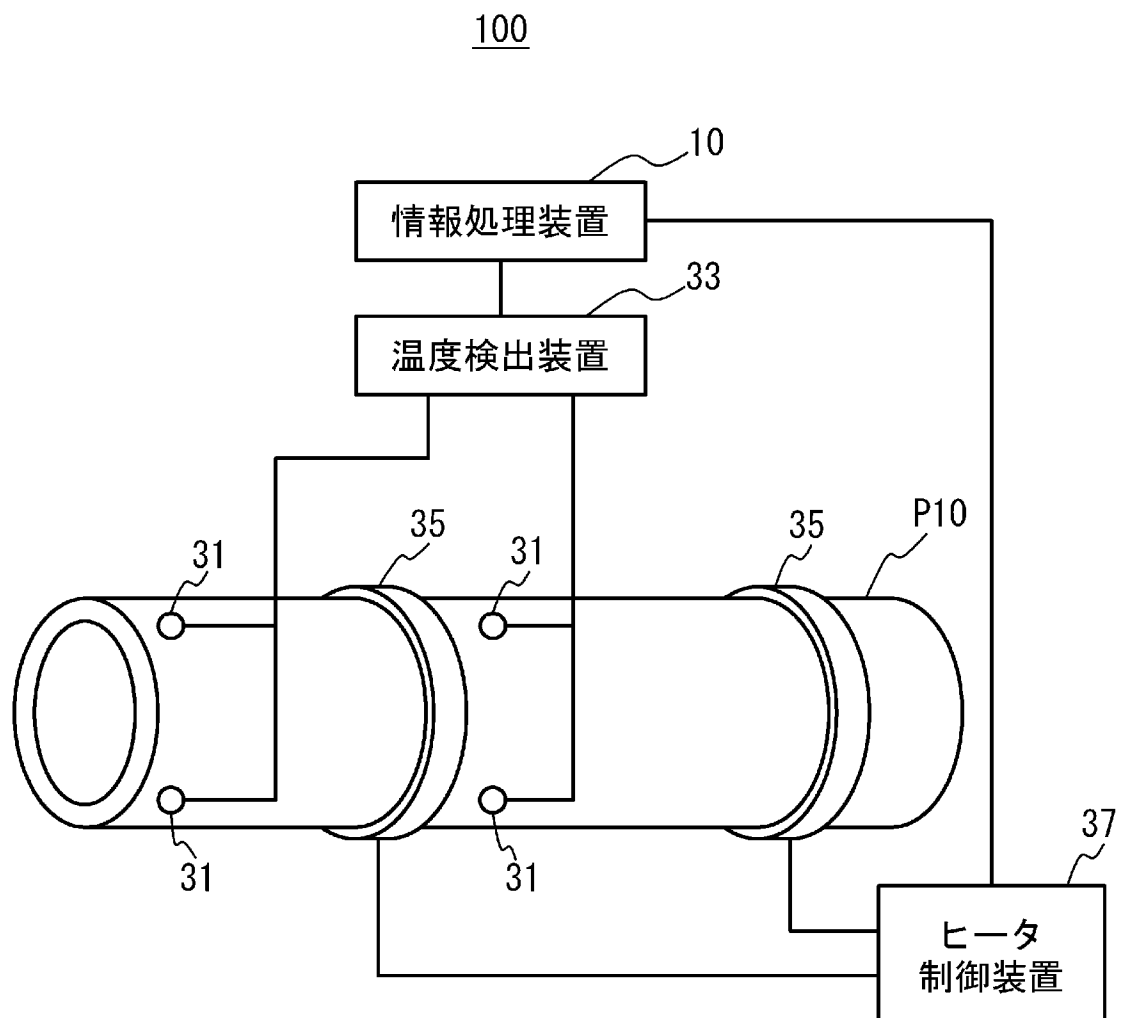


図 1

[図2]

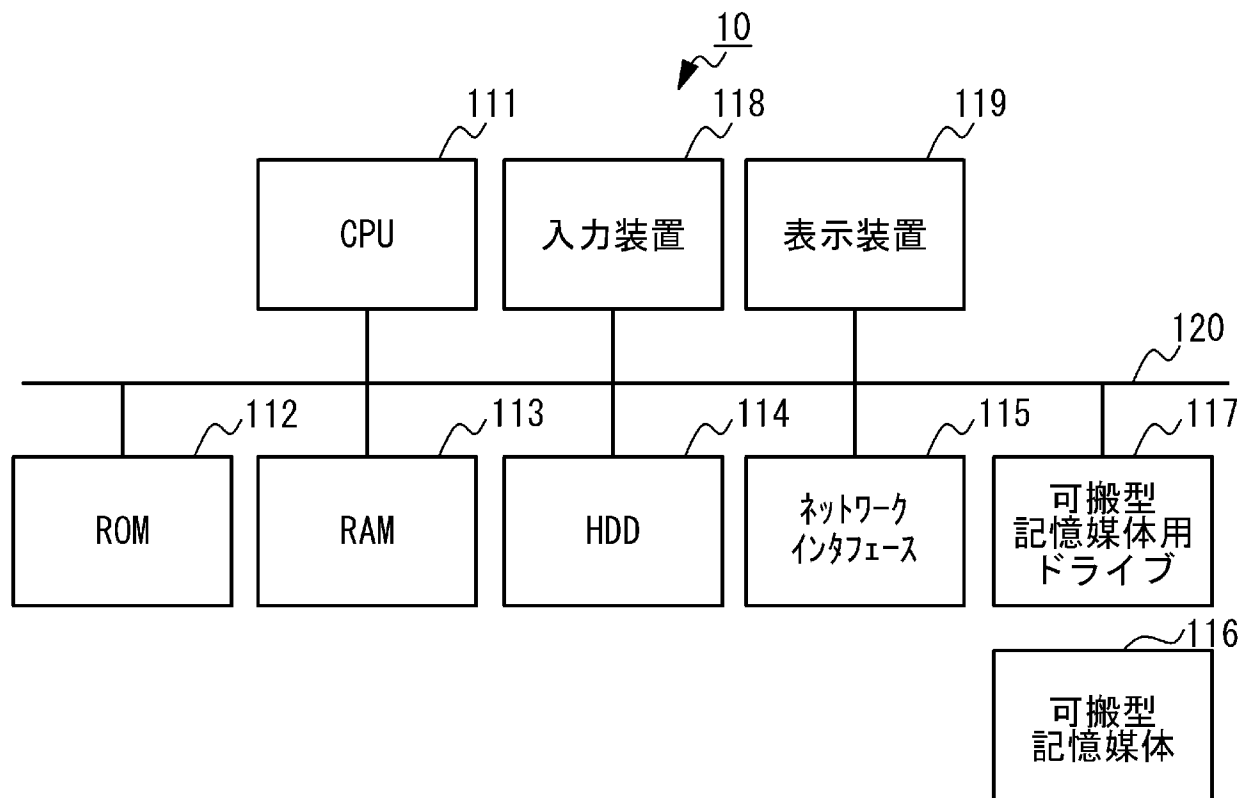


図 2

[図3]

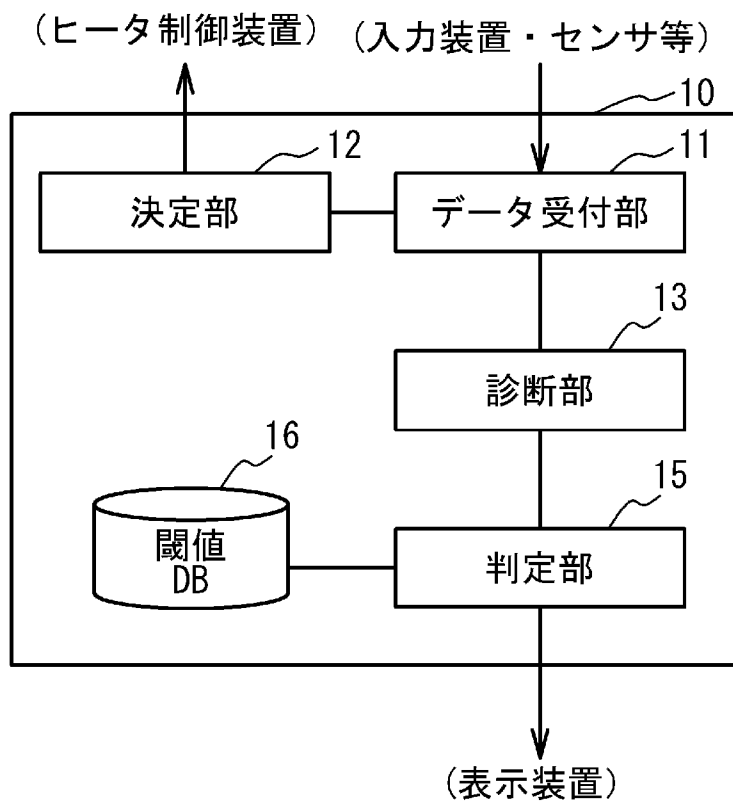


図 3

[図4]

(A)

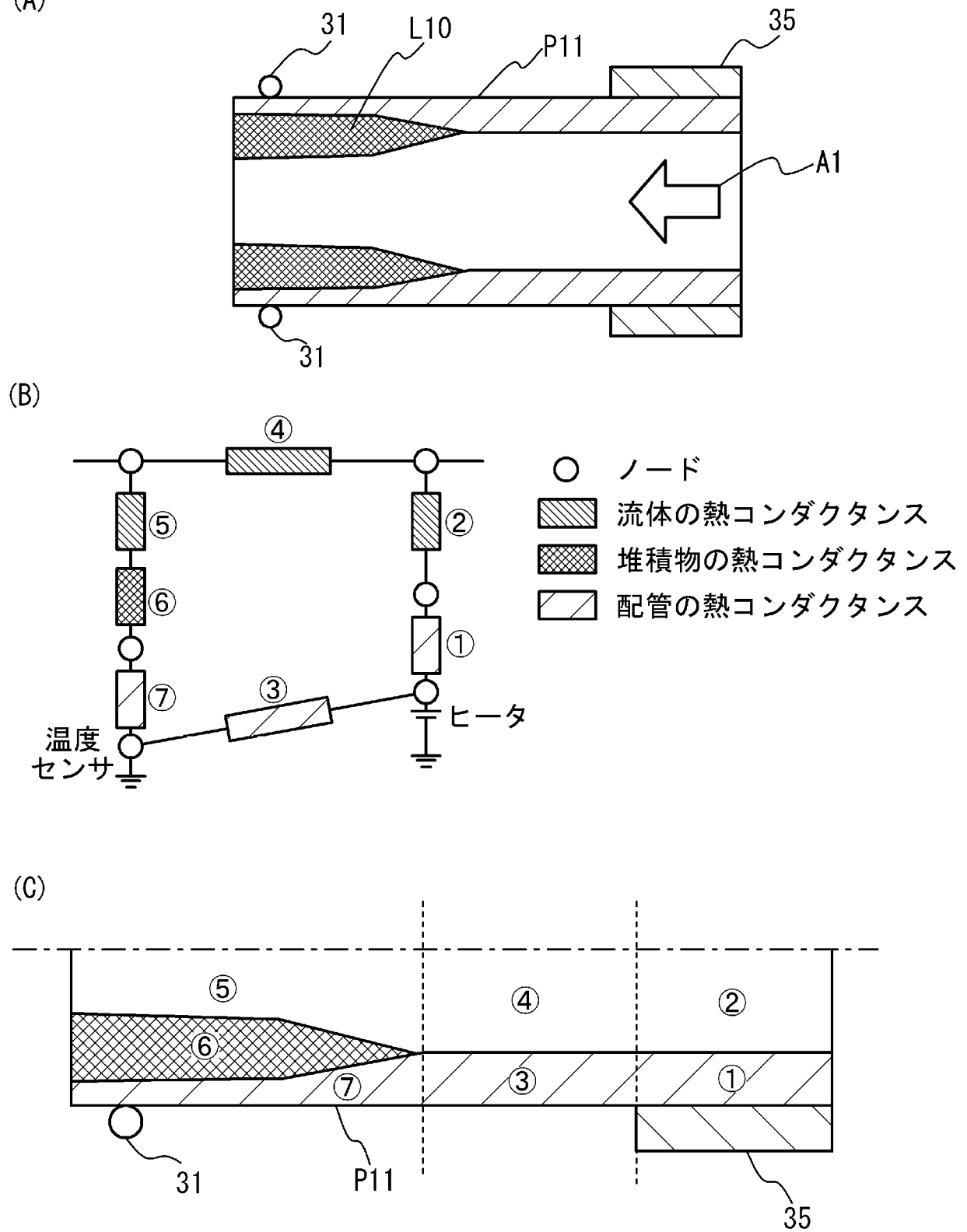


图 4

[図5]

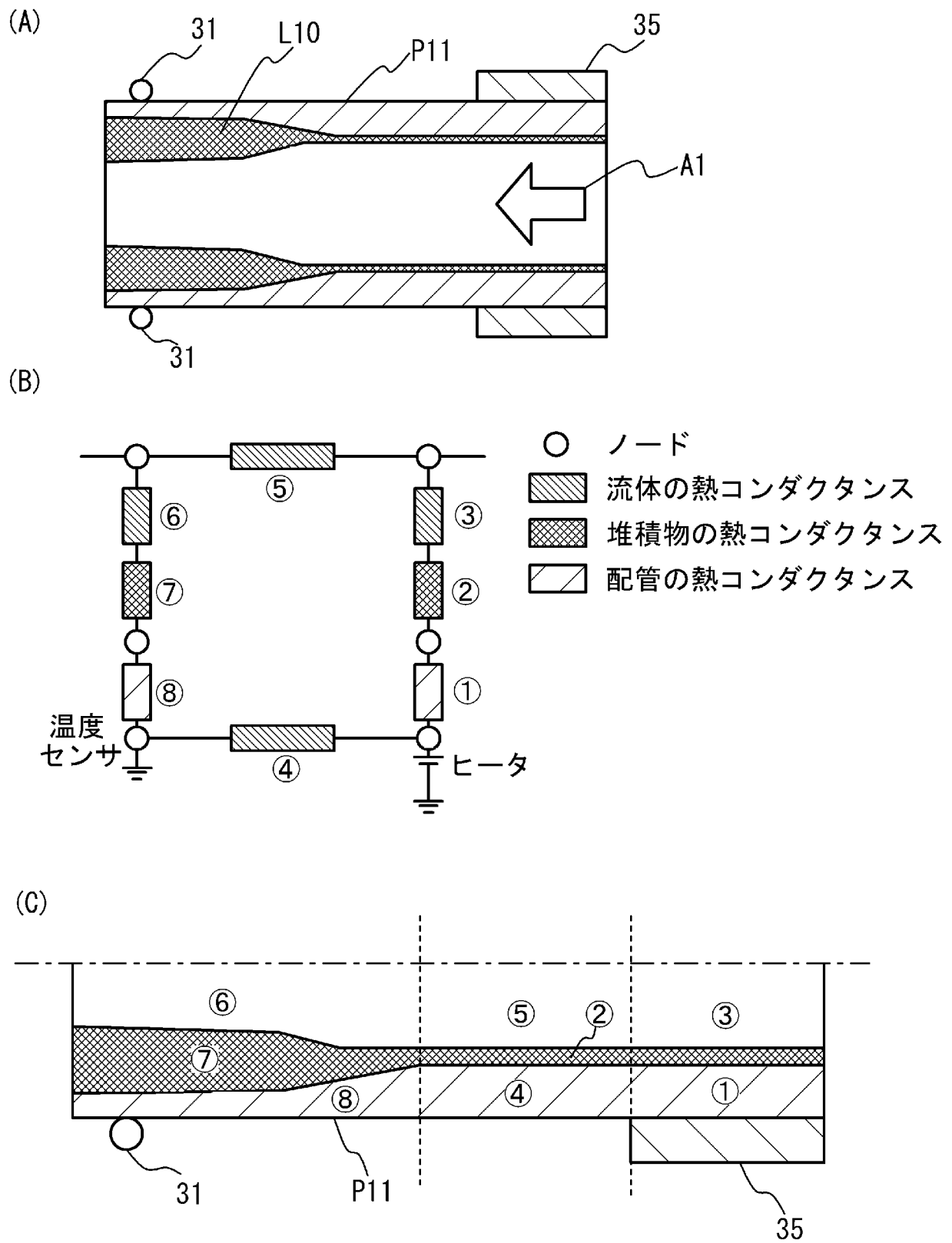


図 5

[図6]

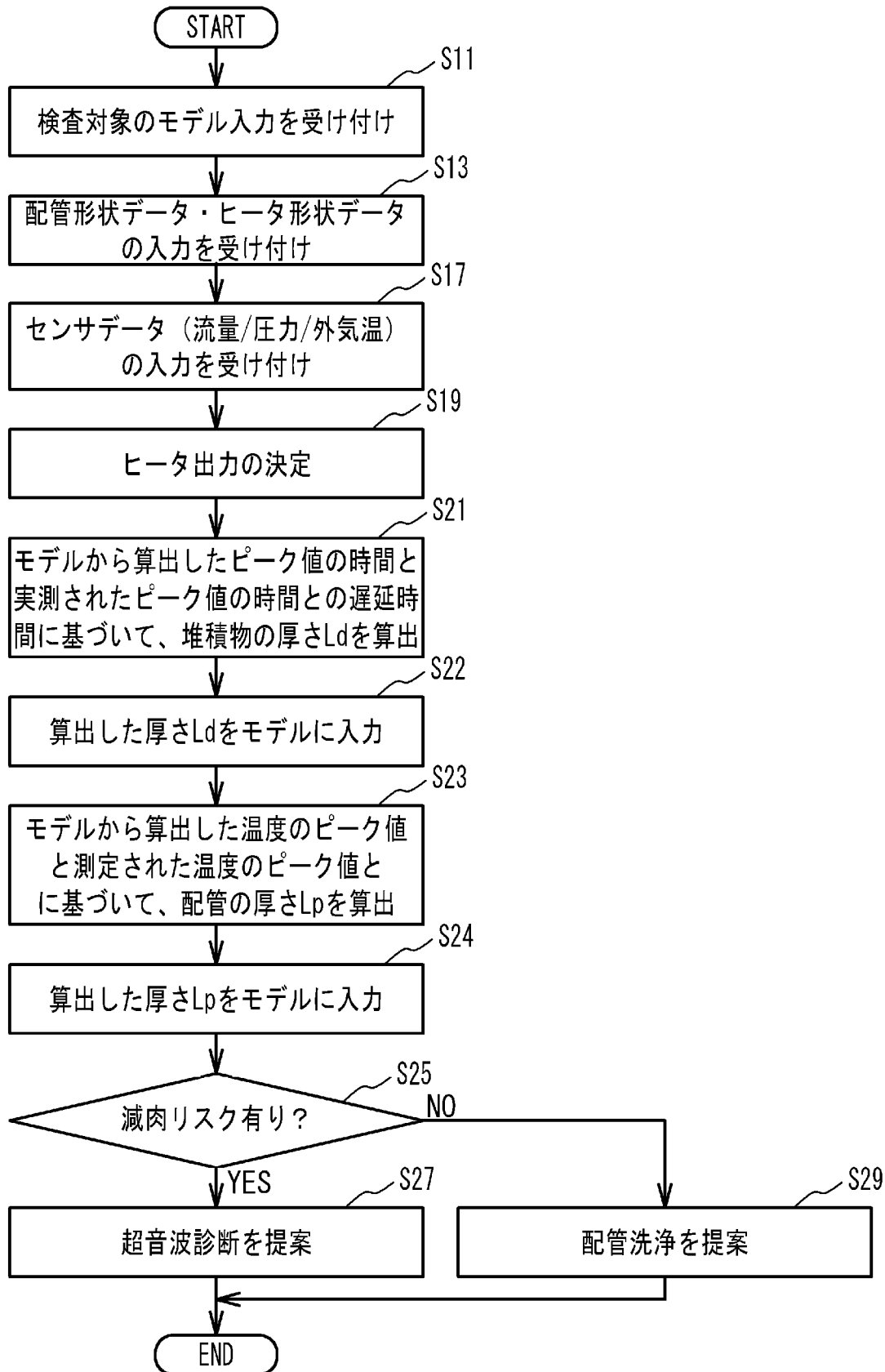
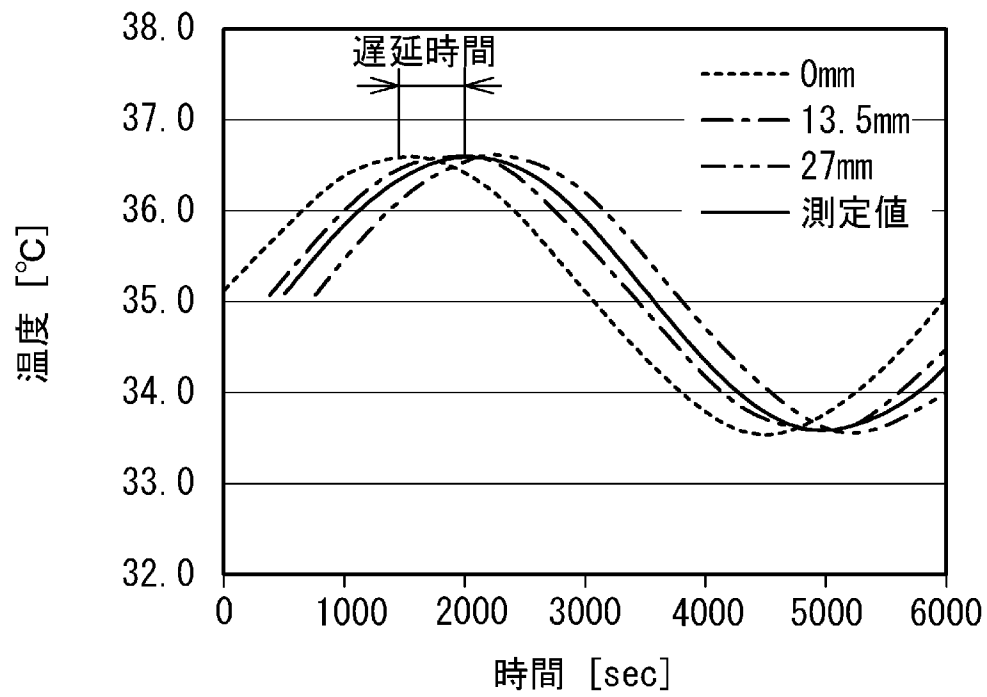


図 6

[図7]

(A)



(B)

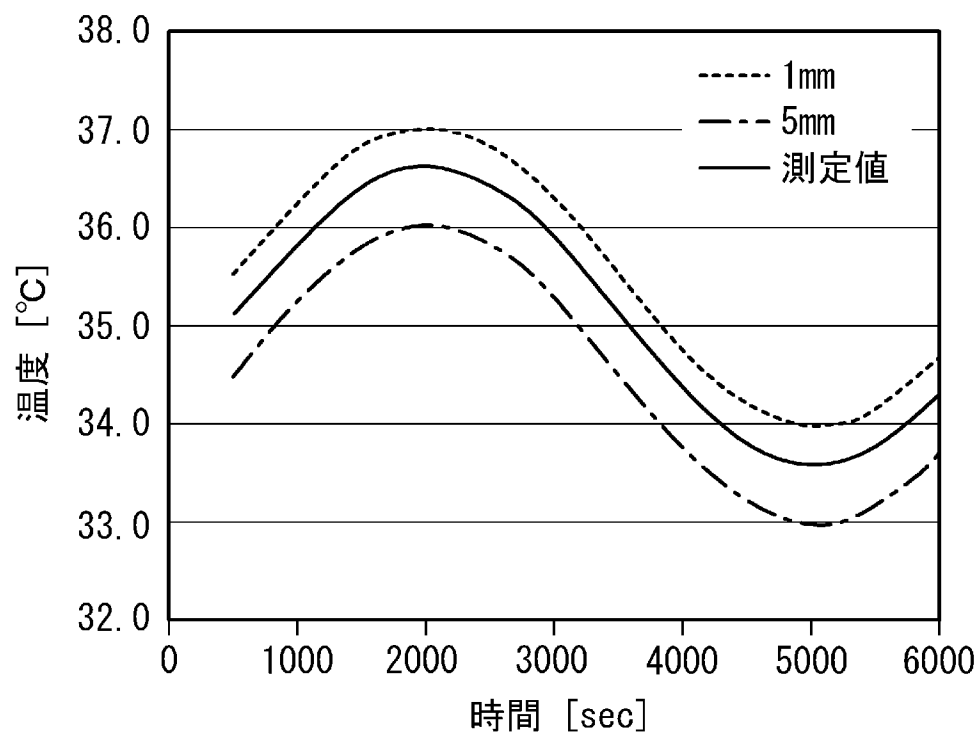


図 7

[図8]

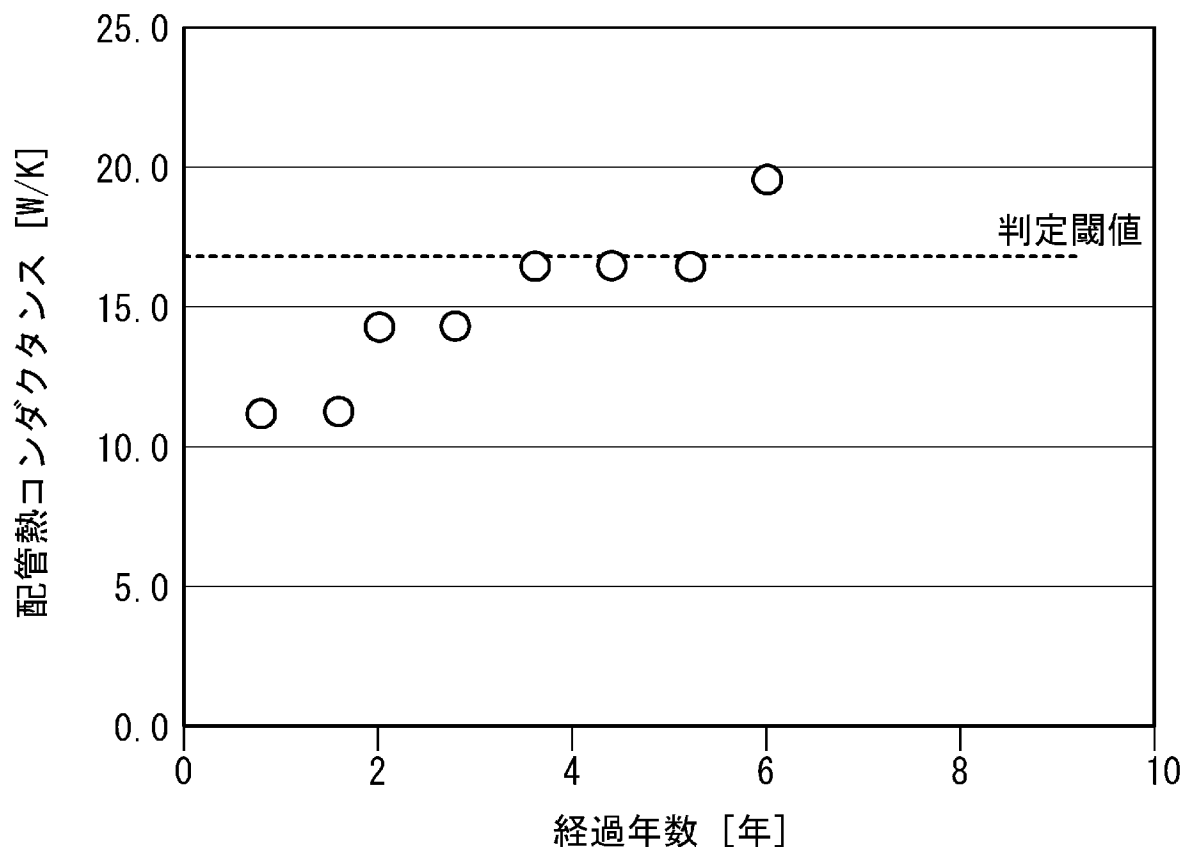


図 8

[図9]

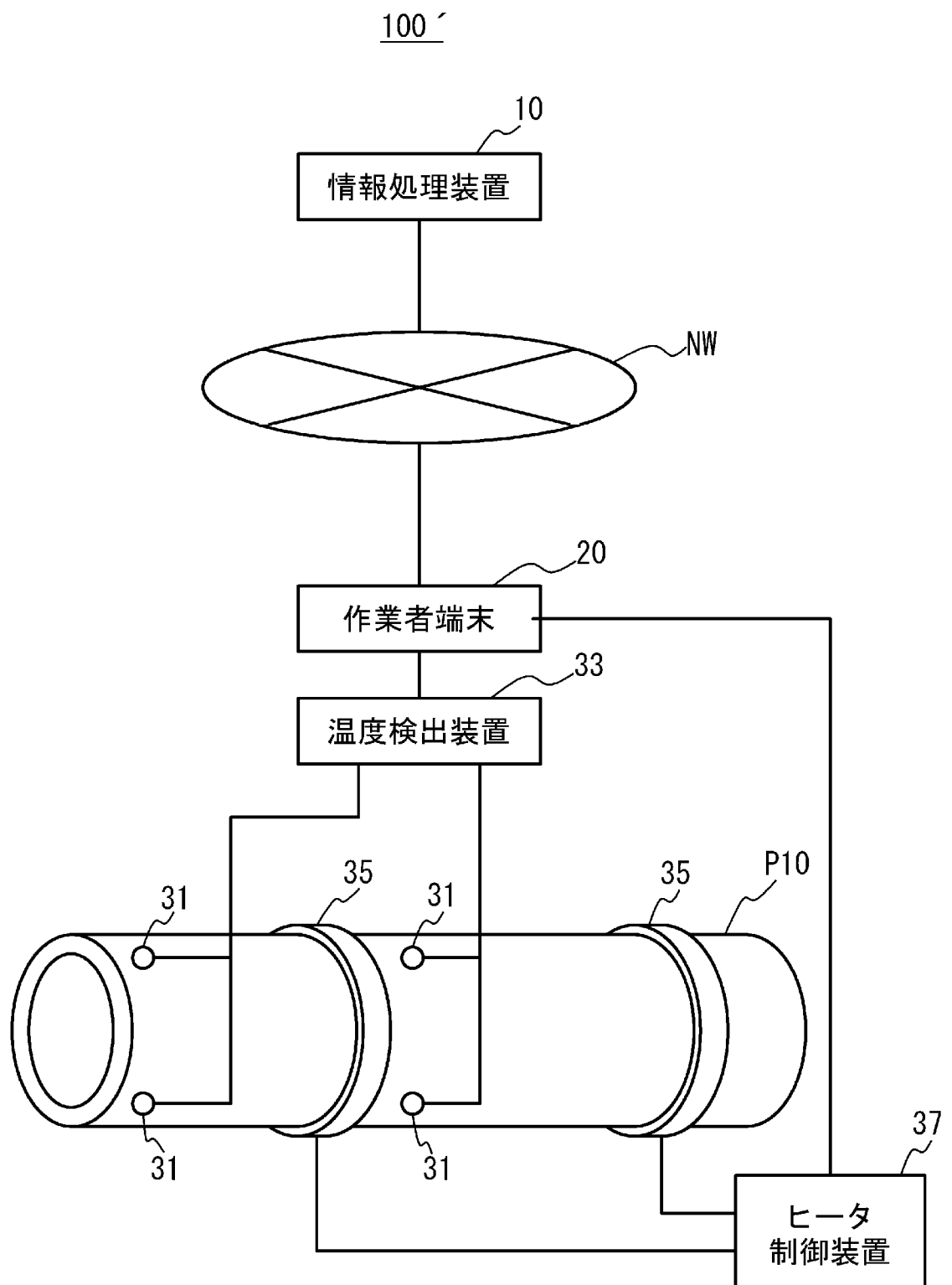


図9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/007483

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01N25/18 (2006.01) i, G01B21/08 (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. G01N25/18, G01B21/08

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 A	US 6886393 B1 (ROMANET, Thierry et al.) 03 May 2005, column 1, lines 28-60, column 3, line 44 to column 5, line 20, fig. 1-3 & WO 2001/025680 A1 & EP 1216380 A1 & FR 2799261 A1 & AU 7532200 A & NO 20021439 A & CA 2386354 A1 & AT 402371 T	1, 5-6, 10-11 2-4, 7-9
Y	JP 64-013445 A (FUJITSU LTD.) 18 January 1989, page 3, upper right column, line 12 to lower right column, line 12 (Family: none)	1, 5-6, 10-11
Y	JP 2001-176729 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 29 June 2001, paragraph [0013] (Family: none)	1, 5-6, 10-11



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
07.05.2018

Date of mailing of the international search report
22.05.2018

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/JP2018/007483

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 61-026809 A (SUMITOMO LIGHT METAL INDUSTRIES, LTD.) 06 February 1986, page 2, upper right column, line 15 to page 3, lower left column, line 10 (Family: none)	1-11
A	JP 2016-024174 A (SAITAMA UNIVERSITY) 08 February 2016, paragraphs [0036]-[0048] (Family: none)	2, 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N25/18(2006.01)i, G01B21/08(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. G01N25/18, G01B21/08

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	US 6886393 B1 (ROMANET Thierry et al.) 2005.05.03, 第1欄第28-60行;第3欄第44行-第5欄第20行, FIG. 1-3	1, 5-6, 10-11
A	& WO 2001/025680 A1 & EP 1216380 A1 & FR 2799261 A1 & AU 7532200 A & NO 20021439 A & CA 2386354 A1 & AT 402371 T	2-4, 7-9
Y	JP 64-013445 A (富士通株式会社) 1989.01.18, 第3頁右上欄第12行-右下欄第12行 (ファミリーなし)	1, 5-6, 10-11

☒ 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

07.05.2018

国際調査報告の発送日

22.05.2018

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）

福田 裕司

2 J

9109

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
Y	JP 2001-176729 A (三菱電機株式会社) 2001. 06. 29, [0013] (ファミリーなし)	1, 5-6, 10-11
A	JP 61-026809 A (住友軽金属工業株式会社) 1986. 02. 06, 第2頁右上欄第15行-第3頁左下欄10行 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2016-024174 A (国立大学法人埼玉大学) 2016. 02. 08, [0036]-[0048] (ファミリーなし)	2, 7