

(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12月7日(07.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/209179 A1

(51) 国際特許分類:

G05B 23/02 (2006.01) F02C 7/00 (2006.01)
F01D 25/00 (2006.01)

LTD.) [JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区
みなとみらい三丁目3番1号 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/020252

(22) 国際出願日: 2017年5月31日(31.05.2017)

(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 2016-110337 2016年6月1日(01.06.2016) JP

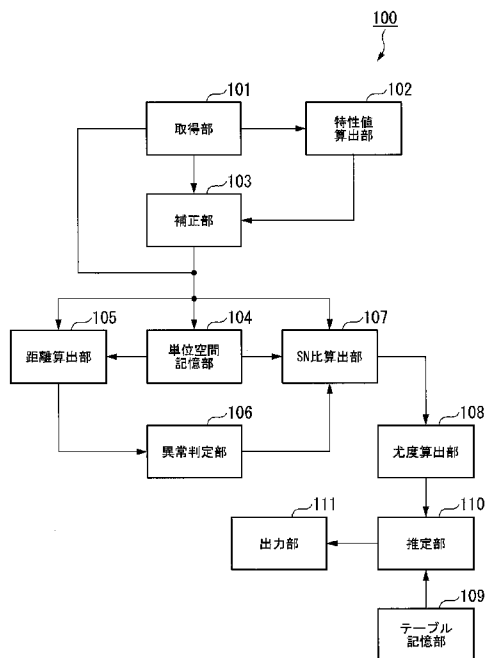
(71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会
社(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS,

(72) 発明者: 永野 一郎(NAGANO Ichiro); 〒2208401
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番
1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
Kanagawa (JP). 青山 邦明(AOYAMA Kuniaki);
〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号
三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 斎藤 真由
美(SAITO Mayumi); 〒1088215 東京都港区港
南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
Tokyo (JP). 熊野 信太郎(KUMANO Shintaro);
〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号
三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 安部 克彦
(ABE Katsuhiko); 〒2208401 神奈川県横浜市西
区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワー

(54) Title: MONITORING DEVICE, METHOD FOR MONITORING TARGET DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 監視装置、対象装置の監視方法、およびプログラム

【図2】



- 101 Acquisition unit
- 102 Characteristic value calculation unit
- 103 Correction unit
- 104 Unit space storage unit
- 105 Distance calculation unit
- 106 Abnormality determination unit
- 107 SN ratio calculation unit
- 108 Likelihood calculation unit
- 109 Table storage unit
- 110 Estimation unit
- 111 Output unit

(57) Abstract: An acquisition unit acquires a measurement value of a target device. The acquired measurement value includes at least: the temperature and the flow rate of an input fluid that is input to the target device; and the temperature and the flow rate of an output fluid that is output from the target device. A correction unit obtains, by thermal equilibrium calculation based on the measurement value, a corrected measurement value which is obtained by correcting the measurement value. A distance calculation unit calculates a Mahalanobis' distance by employing the corrected measurement



システムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 田中 徹 (TANAKA Toru); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 山内 貴洋(YAMAUCHI Takahiro); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 森 隆一郎, 外 (MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

value as a parameter.

(57) 要約: 取得部は、対象装置の計測値を取得する。取得される計測値は、少なくとも対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに対象装置から出力される出力流体の温度および流量を含む。補正部は、計測値に基づく熱平衡計算により、計測値を補正した補正計測値を得る。距離算出部は、補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出する。

明 細 書

発明の名称：監視装置、対象装置の監視方法、およびプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、対象装置を監視する監視装置、対象装置の監視方法、およびプログラムに関する。

本願は、2016年6月1日に日本に出願された特願2016-110337号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] プラントの運転状態を監視するシステムとして、マハラノビス距離を用いるものが知られている（例えば、特許文献1を参照）。特許文献1に記載のシステムは、マハラノビス距離に基づいてプラントの異常の予兆の監視から故障診断までの一連の処理を行う。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-90382号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] マハラノビス距離、およびマハラノビス距離の算出に用いる単位空間を求めるには、プラントを構成する機器である対象装置から収集された状態量が必要となる。状態量の例としては、対象装置を制御するための制御信号の値、および対象装置に設けられたセンサが出力する計測値が挙げられる。

しかしながら、対象装置に設けられるセンサが出力する計測値には、計測誤差が含まれる。そのため、計測値を用いて算出されるマハラノビス距離は、誤差の影響を受ける可能性がある。

本発明の目的は、計測値に含まれる誤差の影響を低減してマハラノビス距離を算出することができる監視装置、対象装置の監視方法、およびプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0005] 本発明の第1の態様によれば、監視装置は、対象装置の計測値であって、少なくとも前記対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに前記対象装置から出力される出力流体の温度および流量を含む計測値を取得する取得部と、前記計測値に基づく熱平衡計算により、前記計測値を補正した補正計測値を得る補正部と、前記補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出する距離算出部と、を備える。
- [0006] 本発明の第2の態様によれば、第1の態様に係る監視装置は、前記距離算出部が、前記計測値および前記補正計測値を諸元として前記マハラノビス距離を算出するものであってよい。
- [0007] 本発明の第3の態様によれば、第1または第2の態様に係る監視装置は、大気圧、大気温度および大気湿度の少なくとも一つを含む大気条件を取得する大気条件取得部と、取得した前記大気条件を用いて、前記計測値または前記補正計測値を標準大気条件下における値に標準化する標準化部とをさらに備え、前記距離算出部が、標準化された前記計測値または標準化された前記補正計測値に基づいて前記マハラノビス距離を算出するものであってよい。
- [0008] 本発明の第4の態様によれば、第1から第3の何れかの態様に係る監視装置は、前記マハラノビス距離が所定値以上である場合に、前記計測値または前記補正計測値に基づいて前記対象装置に生じ得る複数の事象それぞれの発生の尤度を算出する尤度算出部と、前記複数の事象と前記対象装置の異常の発生要因とを関連付けたテーブルを記憶するテーブル記憶部と、前記尤度と前記テーブルとに基づいて前記発生要因を推定する推定部とを備えるものであってよい。
- [0009] 本発明の第5の態様によれば、第1から第4の何れかの態様に係る監視装置は、前記取得部が取得した温度に係る前記計測値について、当該計測値が前記マハラノビス距離の単位空間を構成する温度に係る計測値の最小値以上かつ最大値以下であるか否かを判定する線形性判定部をさらに備え、前記距離算出部は、前記線形性判定部により、前記単位空間における温度に係る計

測値の最小値以上かつ最大値以下でないと判定された場合に、前記計測値に基づくマハラノビス距離の算出を行わないものであってよい。

[0010] 本発明の第6の態様によれば、第1から第5の何れかの態様に係る監視装置は、前記取得部は、前記対象装置の運転開始時点を始点とする所定の始動期間の経過後の時点である始動後時点における前記計測値を取得し、前記距離算出部は、前記始動期間中の時点における計測値を用いて生成された単位空間に基づいて、前記取得部が取得した前記計測値に基づいて前記マハラノビス距離を算出するものであってよい。

[0011] 本発明の第7の態様によれば、監視装置は、対象装置の運転開始時点から所定の始動期間が経過した後の時点である始動後時点に、前記対象装置の計測値を取得する取得部と、前記始動期間中の時点における計測値を用いて生成された単位空間に基づいて、前記取得部が取得した前記計測値に基づいてマハラノビス距離を算出する距離算出部とを備える。

[0012] 本発明の第8の態様によれば、第6または第7の態様に係る監視装置は、前記始動期間は、新品状態の前記対象装置の運転開始時点を始点とする期間であり、前記始動後時点は、前記対象装置の定期点検の完了後の運転開始時点を始点とする所定期間中の時点であるものであってよい。

[0013] 本発明の第9の態様によれば、第6または第7の態様に係る監視装置は、前記始動期間は、新品状態の運転開始時点または定期点検の完了後の運転開始時点のうち直近の時点を開始とする期間であるものであってよい。

[0014] 本発明の第10の態様によれば、対象装置の監視方法は、対象装置の計測値であって、少なくとも前記対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに前記対象装置から出力される出力流体の温度および流量を含む計測値を取得することと、前記計測値に基づく熱平衡計算により、前記計測値を補正した補正計測値を得ることと、前記補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出することと、を含む。

[0015] 本発明の第11の態様によれば、第10の態様に係る対象装置の監視方法は、前記計測値および前記補正計測値を諸元として前記マハラノビス距離を

算出するものであってよい。

[0016] 本発明の第12の態様によれば、第10または第11の態様に係る対象装置の監視方法は、大気圧および大気湿度の少なくとも一方を含む大気条件を取得することと、取得した前記大気条件を用いて、前記計測値または前記補正計測値を標準大気条件下における値に標準化することとをさらに含み、標準化された前記計測値または標準化された前記補正計測値に基づいて前記マハラノビス距離を算出するものであってよい。

[0017] 本発明の第13の態様によれば、対象装置の監視方法は、対象装置の運転開始時点から所定の始動期間が経過した後の時点である始動後時点に、前記対象装置の計測値を取得することと、前記始動期間中の時点における計測値を用いて生成された単位空間に基づいて、取得した前記計測値に基づいてマハラノビス距離を算出することを含む。

[0018] 本発明の第14の態様によれば、プログラムは、コンピュータに、対象装置の計測値であって、少なくとも前記対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに前記対象装置から出力される出力流体の温度および流量を含む計測値を取得することと、前記計測値に基づく熱平衡計算により、前記計測値を補正した補正計測値を得ることと、前記補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出することと、を実行させる。

発明の効果

[0019] 上記態様のうち少なくとも1つの態様によれば、監視装置は、熱平衡計算を行うことで計測値を補正することで、計測値に含まれる誤差を低減することができる。これにより、監視装置は、計測値に含まれる誤差の影響を低減してマハラノビス距離を算出することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]対象装置の一例であるガスタービンの模式図である。

[図2]第1の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係る監視装置の動作を示すフローチャートである。

[図4]第2の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図5]第2の実施形態に係る監視装置の動作を示すフローチャートである。

[図6]第3の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図7]大気条件と標準化係数との関係を表す関数の一例を示すグラフである。

[図8]第4の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図9]少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0021] 〈第1の実施形態〉

以下、図面を参照しながら第1の実施形態について詳しく説明する。

第1の実施形態に係る監視装置100は、ガスタービンTの異常の有無を監視し、異常の発生要因を特定する。ガスタービンTは対象装置の一例である。

[0022] 《対象装置》

図1は、対象装置の一例であるガスタービンの模式図である。

ガスタービンTは、圧縮機T1、燃焼器T2、タービンT3、ロータT5、抽気管T4、および発電機T6を備える。圧縮機T1、タービンT3、および発電機T6は、ロータT5に接合され、ロータT5の軸回りに回転する。圧縮機T1は、回転により空気取入口から空気を取り込み、取り込んだ空気を圧縮して圧縮空気を生成する。燃焼器T2は、圧縮機T1が生成した圧縮空気に燃料を噴射することにより、高温かつ高圧の燃焼ガスを発生させる。また燃焼器T2には、燃焼器T2の冷却のために冷却蒸気が吹き付けられる。

タービンT3は、燃焼器T2が発生させた燃焼ガスの熱エネルギーをロータT5の回転エネルギーに変換して駆動力を発生させる。抽気管T4は、その一端が圧縮機T1に接続され、その他端がタービンT3に接続される。抽気管T4は、圧縮機T1が生成する圧縮空気の一部を抽気し、抽気した圧縮空気（冷却空気）をタービンT3に供給することで、タービンT3を冷却する。発電機T6は、ロータT5の回転エネルギーを電気エネルギーに変換す

る。

[0023] ガスタービンTには図示しない複数のセンサが取り付けられる。各センサが取得するセンサ値の例としては、大気圧、大気温度、大気の相対湿度、圧縮機T1の入口差圧、圧縮機T1の出口空気温度、圧縮機T1の出口空気圧力、燃料圧力、燃料温度、燃料発熱量、燃料組成、燃料流量、冷却蒸気圧力、冷却蒸気温度、冷却蒸気流量、冷却空気の温度、冷却空気の流量、排気温度、吸気圧力損失、排気圧力損失、発電機T6の発電効率、発電電力、発電電流、発電電圧、発電周波数が挙げられる。

[0024] 《構成》

監視装置100の構成について説明する。図2は、第1の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

監視装置100は、取得部101、特性値算出部102、補正部103、単位空間記憶部104、距離算出部105、異常判定部106、SN比算出部107、尤度算出部108、テーブル記憶部109、推定部110、出力部111を備える。

取得部101は、ガスタービンTに設けられたセンサが取得したセンサ値、およびガスタービンTの制御信号の値（指令値）を取得する。なお、取得部101が取得するセンサ値には、上述の通り、少なくともガスタービンTに入力される空気および燃料（入力流体）の温度およびガスタービンTから出力される排気（出力流体）の温度を含む。センサ値は、ガスタービンTの計測値の一例である。

特性値算出部102は、取得部101が取得したセンサ値に基づいて、ガスタービンTの特性を示す特性値を算出する。特性値の例としては、熱効率、圧縮機効率、燃焼効率、タービン効率、圧縮機動力、タービン出力、ガスタービン空気流量、ガスタービン排気流量、圧縮機圧力比、タービンT3の入口燃焼ガス温度が挙げられる。例えば、特性値算出部102は、等エントロピ変化における圧縮機出口エンタルピと圧縮機入口エンタルピの差を、実際の圧縮機出口エンタルピと圧縮機入口エンタルピの差で除算することで、

圧縮機効率（特性値）を算出する。エンタルピは、センサ値である温度および圧力を用いて算出される。特性値は、ガスタービンTの計測値の一例である。なお、特性値算出部102が算出する特性値には、上述の通り、少なくともガスタービンTに入力される空気の流量およびガスタービンTから出力される排気の流量を含む。

[0025] 補正部103は、取得部101が取得したセンサ値および特性値算出部102が算出した特性値をガスタービンTの熱平衡計算に基づいて補正することで、補正計測値を得る。

具体的には、補正部103は、以下の手順で計測値を補正する。まず補正部103は、計測値をガスタービンTに係る熱平衡の式に代入し、当該式が成立するように、各計測値の誤差を算出する。そして補正部103は、計測値ごとに算出した誤差の総和、または誤差の二乗の総和を求め、求められた総和が最小となる計測値ごとの誤差の組み合わせを選択することで、補正計測値を得る。

具体的には、ガスタービンT全体の熱平衡は、以下の式（1）により表される。圧縮機T1の熱平衡は、以下の式（2）により表される。燃焼器T2の熱平衡は、以下の式（3）により表される。タービンT3の熱平衡は、以下の式（4）により表される。以下の式（1）－式（4）において、左辺は入熱量を示し、右辺は出熱量を示す。

[0026] [数1]

$$\begin{aligned} & G1 \times H1C + Gf \times Hf + Gf \times LHV \times \mu_{BURN} + Gst \times Hst1 \\ & = \frac{KWGEN}{4.1868} + G8 \times H2T + Gst \times Hst2 \quad \dots(1) \\ & \mu_{GEN} \end{aligned}$$

[0027] [数2]

$$G1 \times H1C + \frac{KWC}{4.1868} = G2 \times H2C + Gc \times Hc \quad \dots(2)$$

[0028]

[数3]

$$G2 \times H2C + Gf \times Hf + Gf \times LHV \times \mu_{BURN} + Gst \times Hst1 + Gw \times Hw \\ = Gst \times Hst2 + G4 \times H1T \quad \dots(3)$$

[0029] [数4]

$$G4 \times H1T + Gc \times Hc = G8 \times H2T + \frac{KWT}{4.1868} \quad \dots(4)$$

[0030] 変数G 1は、吸気流量を示す。変数H 1 Cは、吸気エンタルピを示す。変数G 2は、圧縮機T 1の出口流量を示す。変数H 2 Cは、圧縮機T 1の出口エンタルピを示す。変数G fは、燃料流量を示す。変数L H Vは、燃料発熱量を示す。変数G s tは、冷却蒸気流量を示す。変数H s t 1は、燃焼器T 2に供給される冷却蒸気のエンタルピを示す。変数H s t 2は、燃焼器T 2から排出される冷却蒸気のエンタルピを示す。変数G cは、冷却空気量を示す。変数H cは、冷却空気エンタルピを示す。変数G 4は、タービンT 3の入口流量を示す。変数H 1 Tは、タービンT 3の入口エンタルピを示す。変数G 8は、排気流量を示す。変数H 2 Tは、排気エンタルピを示す。変数 μ_{GEN} は、発電効率を示す。変数 μ_{BURN} は、燃焼効率を示す。変数K W G E Nは、発電電力を示す。変数K W Cは、圧縮機動力を示す。変数K W Tは、タービン出力を示す。

[0031] 単位空間記憶部104は、ガスタービンTの始動期間（例えば、新品状態のガスタービンTの運転開始時点または定期点検の完了後のガスタービンTの運転開始時点のうち直近の時点から2週間の期間）の間に取得された、ガスタービンTの状態量（計測値、補正計測値および指令値）の組み合わせを、マハラノビス距離の単位空間として記憶する。

距離算出部105は、取得部101が取得したセンサ値および指令値、特性値算出部102が算出した特性値、ならびに補正部103が補正した補正計測値を諸元として、単位空間記憶部104が記憶する単位空間に基づいて、ガスタービンTの状態を示すマハラノビス距離を算出する。マハラノビス距離は、単位空間として表される基準の標本と新たに得られた標本との違い

の大きさを表す尺度である。マハラノビス距離の算出方法については、後述する。

異常判定部 106 は、距離算出部 105 が算出したマハラノビス距離に基づいてガスタービン T に異常が生じているか否かを判定する。具体的には、異常判定部 106 は、マハラノビス距離が所定の閾値（例えば、3.5）以上である場合に、ガスタービン T に異常が生じていると判定する。閾値には、通常 3 以上の値が設定される。

[0032] SN 比算出部 107 は、異常判定部 106 がガスタービン T に異常が生じていると判定した場合に、取得部 101 が取得したセンサ値および指令値、特性値算出部 102 が算出した特性値、ならびに補正部 103 が補正した補正計測値に基づいて、タグチメソッドに係る SN 比 (Signal-Noise Ratio) を算出する。すなわち、尤度算出部 108 は、直交表分析による項目有無の望大 SN 比を求める。SN 比が大きいほど、その状態量（計測値、指令値）の項目に異常がある可能性が高いと判断できる。

尤度算出部 108 は、SN 比算出部 107 が算出した SN 比に基づいて、ガスタービン T に発生し得る複数の事象（性能劣化）それぞれの発生の尤度を算出する。事象の例としては、ガスタービン出力の低下、ガスタービン効率の低下、圧縮機効率の低下、タービン効率の低下、圧縮機入口空気量の低下、排気温度の上昇、圧縮機圧縮比の低下、燃焼効率の低下、タービン入口ガス温度の上昇、排気ガス圧力の上昇などが挙げられる。例えば、尤度算出部 108 は、各事象について、当該事象の発生の有無が SN 比の増減を支配的に関与する状態量との関係を記憶しておき、各事象に関連付けられた状態量それぞれの SN 比の加重和を算出することで、各事象の発生の尤度を算出する。

[0033] テーブル記憶部 109 は、事象と異常の発生要因との関係を表すテーブルを記憶する。

具体的には、テーブル記憶部 109 は、各事象および各発生要因について、当該発生要因による異常が生じたときに、当該事象が確認された回数を記憶

する。例えば、過去に排気ディフューザの損傷（発生要因）による異常が生じたときに、ブレードパス温度の偏差が大きくなっている状態（事象）が確認されたことが、9度あった場合、テーブル記憶部109は、「排気ディフューザの損傷」という発生要因と「ブレードパス温度の偏差が大きい状態」という事象とに関連付けて、「9」という回数を記憶する。テーブル記憶部109が記憶するテーブルは、例えば、ガスタービンTの運用時に保守員によって生成されたFTA（Fault Tree Analysis）のデータに基づいて生成することができる。

[0034] 推定部110は、尤度算出部108が算出した各事象の発生の尤度と、テーブル記憶部109が記憶するテーブルとに基づいて、ガスタービンTの異常の発生要因を推定する。

具体的には、推定部110は、各事象の発生の尤度を要素とする1行M列のベクトルと、テーブルの値を要素とするM行N列の行列との乗算を行うことで、異常の発生要因の尤度を要素とするN行1列のベクトルを得る。Mは事象の数、Nは発生要因の数を示す。そして、推定部110は、得られたN行1列のベクトルのうち要素の値が大きい行に係る発生要因が、ガスタービンTの異常の発生要因であると推定することができる。

出力部111は、推定部110が推定した発生要因を尤度の順に出力する。出力の例としては、ディスプレイへの表示、外部へのデータの送信、シートへの印刷、音声出力などが挙げられる。

[0035] 《マハラノビス距離》

ここで、一般的なマハラノビス距離Dを計算するための計算式について説明する。

ガスタービンTの状態を表す複数の状態量（計測値、指令値）の項目の数をuとする。

uは2以上の整数である。u項目の状態量をそれぞれ $X_1 \sim X_u$ とする。監視装置100は、基準となるガスタービンTの運転状態（第1の実施形態では、新品状態のガスタービンTの運転開始時点または定期点検の完了後のガ

スタービンTの運転開始時点のうち直近の時点から2週間の運転状態)において、各項目の状態量 $X_1 \sim X_u$ を、それぞれ合計 v 個(2以上)収集する。例えば、各項目の状態量を60個ずつ取得する場合、 $v=60$ となる。運転状態において収集された各項目の j 個目の状態量 $X_1 \sim X_u$ を、 $X_{1j} \sim X_{uj}$ とする。 j は1～ v までのいずれかの値(整数)をとり、それぞれの状態量の個数が v 個であることを意味する。つまり、監視装置100は、状態量 $X_{11} \sim X_{uv}$ を収集する。当該状態量 $X_{11} \sim X_{uv}$ は、単位空間記憶部104に記憶される。

[0036] 監視装置100は、状態量 $X_{11} \sim X_{uv}$ の項目毎の平均値 M_i 及び標準偏差 σ_i (基準データのばらつき度合い)を、式(5)および式(6)により求める。 i は項目数(状態量の数、整数)である。ここでは i は、1～ u に設定され、状態量 $X_1 \sim X_u$ に対応する値を示す。ここで、標準偏差とは、状態量とその平均値との差を2乗したものの期待値の正平方根とする。

[0037] [数5]

$$M_i = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v X_{ij} \quad \dots(5)$$

[0038] [数6]

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{v-1} \sum_{j=1}^v (X_{ij} - M_i)^2} \quad \dots(6)$$

[0039] 前述の平均値 M_i 及び標準偏差 σ_i は、特徴を示す状態量である。監視装置100は、演算された平均値 M_i 及び標準偏差 σ_i を用いて、状態量 $X_{11} \sim X_{uv}$ を、下記の数式(7)によって、基準化された状態量 $x_{11} \sim x_{uv}$ に変換する。すなわち、異常監視装置10は、ガスタービンTの状態量 X_{ij} を、平均0、標準偏差1の確率変数 x_{ij} に変換する。なお、下記の数式(7)において、 j は1～ v までのいずれかの値(整数)をとる。これは、項目毎の状態量の個数が v 個であることを意味する。

[0040]

[数7]

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - M_i}{\sigma_i} \quad \dots(7)$$

[0041] 変量を平均0、分散1に標準化したデータで分析を行うため、監視装置100は、状態量 $X_{11} \sim X_{uv}$ の相関関係を特定する。すなわち、監視装置100は、変量の間に関連性を示す共分散行列（相関行列） R 、及び共分散行列（相関行列）の逆行列 R^{-1} を、下記の数式（8）で定義付ける。なお、下記の数式（8）において、 k は項目数（状態量の数）である。つまり k は u と等しい。また、 i 及び p は、各状態量での値を示し、ここでは $1 \sim u$ の値をとる。

[0042] [数8]

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

$$R^{-1} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \cdots & a_{kk} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}^{-1}$$

$$r_{ip} = r_{pi} = \frac{1}{v} \sum_{j=1}^v X_{ij} X_{pj} \quad \dots(8)$$

[0043] 監視装置100は、このような演算処理の後で、特徴を示す状態量であるマハラノビス距離 D を、下記の数式（9）に基づいて求める。なお、数式（9）において、 j は $1 \sim v$ までのいずれかの値（整数）をとる。これは、項目毎の状態量の個数が v 個であることを意味する。また、 k は項目数（状態量の数）である。つまり k は u と等しい。また、 $a_{11} \sim a_{kk}$ は、上述した数式（8）に示す共分散行列 R の逆行列 R^{-1} の係数である。

[0044] [数9]

$$\begin{aligned}
 D_j^2 &= \frac{1}{k} (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj}) \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ \vdots \\ x_{kj} \end{pmatrix} \\
 &= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{p=1}^k a_{ip} x_{ij} x_{pj} = \frac{1}{k} (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj}) \cdot R^{-1} \cdot \begin{pmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ \vdots \\ x_{kj} \end{pmatrix} \quad \dots(9)
 \end{aligned}$$

[0045] マハラノビス距離Dは基準データである。単位空間のマハラノビス距離Dの平均値は1となる。ガスタービンTの状態量が正常な状態では、マハラノビス距離Dは概ね3以下に収まる。しかし、ガスタービンTの状態量が異常な状態では、マハラノビス距離Dの値は概ね3より大きくなる。このように、マハラノビス距離Dは、ガスタービンTの状態量の異常の程度（単位空間からの離れ度合い）に応じて、値が大きくなるという性質を有する。

[0046] 《ガスタービンの監視方法》

監視装置100によるガスタービンの監視方法について説明する。図3は、第1の実施形態に係る監視装置の動作を示すフローチャートである。

監視装置100は、ガスタービンTの始動期間の間、ガスタービンTの状態量を収集して単位空間記憶部104に状態量の組み合わせを蓄積する。つまり、監視装置100は、取得部101が取得したガスタービンの指令値および補正部103が生成した補正計測値を、関連付けて単位空間記憶部104に記録する。監視装置100は、ガスタービンTの始動期間の経過後、所定の監視タイミング（例えば、1時間おきのタイミング）で、以下に示す監視動作を実行する。監視タイミングは、ガスタービンTの運転開始時点から所定の始動期間が経過した後の時点である始動後時点の一例である。

[0047] 監視装置100が監視を開始すると、取得部101は、ガスタービンTに設けられたセンサが取得したセンサ値、およびガスタービンTの指令値を取

得する（ステップS 1）。

次に、特性値算出部 1 0 2 は、取得部 1 0 1 が取得したセンサ値に基づいて、ガスタービン T の特性を示す特性値を算出する（ステップS 2）。次に、補正部 1 0 3 は、センサ値および特性値をガスタービン T の熱平衡計算に基づいて補正することで、補正計測値を得る（ステップS 3）。

[0048] 次に、距離算出部 1 0 5 は、ステップS 1 で取得したセンサ値および指令値、ステップS 2 で算出した特性値、ならびにステップS 3 で得られた補正計測値を諸元として、単位空間記憶部 1 0 4 が記憶する単位空間に基づいて、マハラノビス距離を算出する（ステップS 4）。次に、異常判定部 1 0 6 は、算出されたマハラノビス距離が所定の閾値以上であるか否かを判定する（ステップS 5）。

[0049] マハラノビス距離が閾値未満である場合（ステップS 5 : NO）、異常判定部 1 0 6 は、ガスタービン T に異常が生じていないと判定して監視処理を終了し、次の監視タイミングを待機する。

他方、マハラノビス距離が閾値以上である場合（ステップS 5 : YES）、異常判定部 1 0 6 は、ガスタービン T に異常が生じていると判定する。

[0050] 異常判定部 1 0 6 がガスタービン T に異常が生じていると判定すると、SN比算出部 1 0 7 は、ステップS 1 で取得した指令値およびステップS 3 で得られた補正計測値のそれぞれについて、タグチメソッドに係るSN比を算出する（ステップS 6）。尤度算出部 1 0 8 は、算出されたSN比に基づいてガスタービン T に発生し得る複数の事象それぞれの発生の尤度を算出する（ステップS 7）。

[0051] 次に、推定部 1 1 0 は、尤度算出部 1 0 8 が算出した各事象の尤度を要素とするベクトルと、テーブル記憶部 1 0 9 が記憶するテーブルの値を要素とする行列との乗算を行うことで、異常の発生要因の尤度を要素とするベクトルを得る（ステップS 8）。次に、推定部 1 1 0 は、各発生要因を、得られたベクトルが表す尤度の降順にソートする（ステップS 9）。そして、出力部 1 1 1 は、推定部 1 1 0 が推定した発生要因を示す情報を、ソートされた

順に出力する（ステップS10）。例えば、出力部111は、最も尤度が高い発生要因をディスプレイに表示させるための信号を出力し、利用者の操作により、次の発生要因の表示指令を受け付けた場合に、次に尤度が高い発生要因をディスプレイに表示させるための信号を出力する。また例えば、出力部111は、発生要因のリストを、尤度の降順にシートに印刷するための信号を出力する。

[0052] 《作用・効果》

このように、第1の実施形態によれば、監視装置100は、ガスタービンTに入力される空気および燃料の温度および流量、ならびにガスタービンTから出力される排気の温度および流量を含む計測値を、熱平衡計算により補正して、マハラノビス距離を算出する。

これにより、監視装置100は、ガスタービンTに設けられるセンサの計測誤差を低減してマハラノビス距離を算出することができる。

[0053] また、第1の実施形態によれば、監視装置100は、ガスタービンTの運転開始時点から所定の始動期間が経過した後の時点である始動後時点に取得された計測値を諸元とし、始動期間中に取得された計測値を単位空間として、マハラノビス距離を算出する。つまり、監視装置100は、監視対象であるガスタービンTそのものの正常な運転状態を単位空間としてマハラノビス距離を算出する。従来は、マハラノビス距離の単位空間として、始動期間を過ぎて劣化が生じているが異常が発生していない運転状態、および他のガスタービンTの運転状態をも含む単位空間に基づいてマハラノビス距離を算出していた。他方、第1の実施形態によれば、監視対象であるガスタービンTそのものの運転状態であって、劣化が生じる以前の運転状態のみを含む単位空間に基づいて、マハラノビス距離を算出する。これにより、監視装置100は、監視対象のガスタービンTについて精度よく異常の検知を行うことができる。

[0054] また、第1の実施形態に係る始動期間は、新品状態の運転開始時点または定期点検の完了後の運転開始時点のうち直近の時点を開始点とする期間である

。つまり、定期点検のたびにマハラノビス距離の単位空間が更新される。これにより、ガスタービンTの定期点検後の正常な運転状態（初回は新品状態における運転状態）を基準として、ガスタービンTの異常の検知を行うことができる。新品状態、すなわち無劣化のガスタービンTの運転状態を単位空間とする場合、定期点検後のガスタービンTの運転状態は正常状態であっても、マハラノビス距離が相対的に大きくなる。これは、ガスタービンTの使用による劣化を定期点検によって完全に修復することが困難なためである。したがって、ガスタービンTの定期点検後の正常な運転状態を基準として、ガスタービンTの異常の検知を行うことで、精度よく運転状態を判定することができる。

[0055] また、第1の実施形態によれば、監視装置100は、ガスタービンTに生じ得る複数の事象それぞれの発生の尤度を算出し、事象と異常の発生要因との関係を示すテーブルと当該尤度とに基づいて、異常の発生要因を推定する。これにより、監視装置100は、観測された事象に基づいて容易に異常の発生要因を出力することができる。なお、他の実施形態の構成は、これに限られない。他の実施形態に係る監視装置100は、異常の発生要因を推定せず、異常が発生したことのみに出力するものであってもよい。また、他の実施形態に係る監視装置100は、事象の異常の発生要因を出力せず、状態量のSN比または生じた可能性の高い事象を利用者に通知するものであってもよい。

[0056] また、第1の実施形態によれば、監視装置100は、計測値、補正計測値、および指令値を諸元としてマハラノビス距離を算出する。これにより、ガスタービンTの劣化等により入熱量と出熱量の平衡が崩れる場合にも、適切にガスタービンTの状態を評価することができる。なお、他の実施形態の構成は、これに限られない。例えば、他の実施形態に係る監視装置100は、計測値を諸元を含めずに、補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出してもよい。また、他の実施形態に係る監視装置100は、指令値を諸元を含めずにマハラノビス距離を算出してもよい。

[0057] 〈第2の実施形態〉

以下、図面を参照しながら第2の実施形態について詳しく説明する。

第2の実施形態に係る監視装置100は、定期点検後のガスタービンTの劣化の状態を監視する。

[0058] 《構成》

第2の実施形態に係る監視装置100の構成について説明する。図4は、第2の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

第2の実施形態に係る監視装置100は、第1の実施形態に係る異常判定部106、SN比算出部107、尤度算出部108、テーブル記憶部109、および推定部110に代えて、劣化推定部112を備える。

劣化推定部112は、距離算出部105が算出したマハラノビス距離に基づいて劣化の程度を推定する。具体的には、劣化推定部112は、マハラノビス距離が大きいほど劣化が進んでいると推定する。例えば、劣化推定部112は、マハラノビス距離が「1.5」未満である場合に、劣化「無」と推定し、マハラノビス距離が「1.5」以上「2.5」未満である場合に、劣化「小」と推定し、マハラノビス距離が「2.5」以上「3.5」未満である場合に、劣化「中」と推定し、マハラノビス距離が「3.5」以上である場合に、劣化「大」と推定する。

[0059] 第2の実施形態に係る単位空間記憶部104は、新品状態のガスタービンTの始動期間（例えば、新品状態のガスタービンTの運転開始時点から2週間の期間）の間に取得された、ガスタービンTの補正計測値および指令値の組み合わせを、マハラノビス距離の単位空間として記憶する。

[0060] 《ガスタービンの監視方法》

監視装置100によるガスタービンの監視方法について説明する。図5は、第2の実施形態に係る監視装置の動作を示すフローチャートである。

監視装置100は、新品状態のガスタービンTの始動期間の間、ガスタービンTの状態量を収集して単位空間記憶部104に状態量の組み合わせを蓄積する。つまり、監視装置100は、取得部101が取得したガスタービン

の指令値および補正部 103 が生成した補正計測値を、関連付けて単位空間記憶部 104 に記録する。監視装置 100 は、ガスタービン T の定期点検の完了後の運転開始時点を始点とする所定期間（例えば、2 週間）中のタイミングで、以下に示す監視動作を実行する。

[0061] 監視装置 100 が監視を開始すると、取得部 101 は、ガスタービン T に設けられたセンサが取得したセンサ値、およびガスタービン T の指令値を取得する（ステップ S 101）。次に、特性値算出部 102 は、取得部 101 が取得したセンサ値に基づいて、ガスタービン T の特性を示す特性値を算出する（ステップ S 102）。次に、補正部 103 は、センサ値および特性値をガスタービン T の熱平衡計算に基づいて補正することで、補正計測値を得る（ステップ S 103）。

[0062] 次に、距離算出部 105 は、ステップ S 101 で取得した指令値およびステップ S 103 で得られた補正計測値を諸元として、単位空間記憶部 104 が記憶する単位空間に基づいて、マハラノビス距離を算出する（ステップ S 104）。次に、劣化推定部 112 は、算出されたマハラノビス距離に基づいて劣化の程度を推定する（ステップ S 105）。そして、出力部 111 は、劣化推定部 112 が推定した劣化の程度を出力する（ステップ S 106）。

[0063] 《作用・効果》

このように、第 2 の実施形態によれば、監視装置 100 は、新品状態のガスタービン T の運転開始時点を始点とする始動期間の状態量を単位空間とし、定期点検後のガスタービン T の運転開始後の時点における状態量を諸元として、マハラノビス距離を算出する。これにより、監視装置 100 は、定期点検によって回復したガスタービン T が新品状態と比較してどの程度劣化したのかを推定することができる。

[0064] なお、第 2 の実施形態に係る単位空間記憶部 104 は、新品状態のガスタービン T の始動期間の間に取得された状態量を、マハラノビス距離の単位空間として記憶するが、これに限られない。例えば、他の実施形態に係る単位

空間記憶部 104 は、ガスタービン T の物理モデルを用いたシミュレーションによって得られる性能予測値を、マハラノビス距離の単位空間として記憶してもよい。

[0065] 《第 3 の実施形態》

以下、図面を参照しながら第 3 の実施形態について詳しく説明する。

第 3 の実施形態に係る監視装置 100 は、補正部 103 が生成した補正計測値を、大気条件に基づいて標準化して、マハラノビス距離を算出する。

[0066] 第 3 の実施形態に係る監視装置 100 の構成について説明する。図 6 は、第 3 の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

第 3 の実施形態に係る監視装置 100 は、第 1 の実施形態の構成に加え、さらに標準化部 113 を備える。

標準化部 113 は、取得部 101 が取得したセンサ値のうち、大気条件（大気圧、大気温度、大気湿度など）を用いて、補正部 103 が生成した補正計測値を標準大気条件下に係る値に標準化する。つまり、取得部 101 は、大気条件を取得する大気条件取得部の一例である。標準化の対象となる補正計測値の例としては、出力電力、熱消費率、排気流量、吸気流量、排気エネルギー、および排気温度が挙げられる。

具体的には、標準化部 113 は、大気条件と補正計測値の標準化のための係数（標準化係数）との関係を表す関数を予め記憶しておき、大気条件を当該関数に代入することで、標準大気条件下に係る標準化係数を特定する。次に、標準化部 113 は、補正計測値に標準化係数を乗算することにより、標準化された補正計測値を特定する。

[0067] ここで、大気条件と標準化係数との関係を表す関数の求め方の例について説明する。予め、ガスタービン T の物理モデルを用いて、所定の定義域において、大気条件に係る変数を変えて計測値を計算することで、当該変数と標準化係数との関係を示す曲線を得ることができる。また、大気条件に係る複数の変数に依存する標準化係数については、変数関数式を生成する。この場合、大気条件に係る変数を 1 つずつ変化させて変数ごとに、変数と標準化係

数との関係を示す式を求める。第1の実施形態に係る大気条件と標準化係数との関係を表す関数の定義域は、ガスタービンTの標準状態または指定基準条件から想定される範囲である。図7は、大気条件と標準化係数との関係を表す関数の一例を示すグラフである。上記手順により、図7に示すような大気条件と標準化係数との関係を表す関数を得ることができる。

[0068] 第3の実施形態に係る距離算出部105は、取得部101が取得した指令値および標準化部113が標準化した補正計測値を諸元として、マハラノビス距離を算出する。このように、第2の実施形態によれば、補正計測値を大気条件で標準化することで、マハラノビス距離の単位空間を単純化することができ、異常判定部106による異常判定の精度を向上させることができる。例えば、大気圧と流量との間には非線形な関係があるため、標準化部113が流量を標準大気圧の条件に標準化することで、マハラノビス距離の線形性を向上させることができる。

[0069] なお、第3の実施形態に係る標準化部113は、補正部103が補正した補正計測値を標準化するが、これに限られない。例えば、他の実施形態に係る標準化部113は、取得部101が取得したセンサ値を、大気条件に係る値に標準化してもよい。この場合、特性値算出部102は、標準化されたセンサ値を用いて特性値を算出し、補正部103は、標準化されたセンサ値および特性値を用いて補正計測値を算出する。

また、他の実施形態に係る標準化部113は、大気圧、大気温度、大気湿度の何れか1つまたは2つを用いて、補正計測値または計測値を標準化してもよい。

[0070] なお、他の実施形態では、第2の実施形態と同様に、異常判定部106、SN比算出部107、尤度算出部108、テーブル記憶部109、および推定部110に代えて、劣化推定部112を備える監視装置100が、標準化部113をさらに備えるものであってもよい。

[0071] 《第4の実施形態》

以下、図面を参照しながら第4の実施形態について詳しく説明する。

第４の実施形態に係る監視装置１００は、計測値に基づいてマハラノビス距離を算出するか否かを決定する。

[0072] 第４の実施形態に係る監視装置１００の構成について説明する。図８は、第４の実施形態に係る監視装置の構成を示す概略ブロック図である。

第４の実施形態に係る監視装置１００は、第１の実施形態の構成に加え、さらに線形性判定部１１４を備える。

線形性判定部１１４は、取得部１０１が取得したセンサ値のうち、温度に係るセンサ値Ｔについて、当該センサ値Ｔが単位空間記憶部１０４が記憶するセンサ値Ｔの最小値以上かつセンサ値Ｔの最大値以下であるか否かを判定する。これにより、線形性判定部１１４は、取得したセンサ値に基づいてマハラノビス距離を算出した場合に、当該マハラノビス距離が単位空間において温度と出力の関係の線形性が保たれるか否かを判定する。

線形性判定部１１４により、センサ値が単位空間記憶部１０４が記憶するセンサ値の範囲内にあると判定された場合、距離算出部１０５は、当該センサ値に基づいてマハラノビス距離の算出を行う。他方、線形性判定部１１４により、センサ値が単位空間記憶部１０４が記憶するセンサ値の範囲内にないと判定された場合、距離算出部１０５は、マハラノビス距離の算出を行わず、時期を改めて（例えば、所定時間後に）再度マハラノビス距離の算出を行う。

これにより、第４の実施形態に係る監視装置１００は、温度と出力の関係の線形性が保てない可能性がある場合にマハラノビス距離の算出を行わないことで、異常判定部１０６による誤判定を防ぐことができる。

[0073] なお、他の実施形態では、第２の実施形態と同様に、異常判定部１０６、ＳＮ比算出部１０７、尤度算出部１０８、テーブル記憶部１０９、および推定部１１０に代えて、劣化推定部１１２を備える監視装置１００が、異常判定部１０６をさらに備えるものであってもよい。

[0074] 以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等を行うことが

可能である。

例えば、上述した実施形態に係る対象装置は、ガスタービンTであるが、他の実施形態では、これに限られない。例えば、他の実施形態に係る対象装置は、蒸気タービン、エンジン、または熱的な収支がある他の装置であってもよい。

[0075] 図9は、少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ900は、CPU901、主記憶装置902、補助記憶装置903、インタフェース904を備える。

上述の監視装置100は、コンピュータ900を備える。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式で補助記憶装置903に記憶されている。CPU901は、プログラムを補助記憶装置903から読み出して主記憶装置902に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、CPU901は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域を主記憶装置902に確保する。

[0076] なお、少なくとも1つの実施形態において、補助記憶装置903は、一時的でない有形の媒体の一例である。一時的でない有形の媒体の他の例としては、インタフェース904を介して接続される磁気ディスク、光磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ等が挙げられる。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ900に配信される場合、配信を受けたコンピュータ900が当該プログラムを主記憶装置902に展開し、上記処理を実行してもよい。

[0077] また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。

さらに、当該プログラムは、前述した機能を補助記憶装置903に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

産業上の利用可能性

[0078] 上記態様のうち少なくとも1つの態様によれば、監視装置は、熱平衡計算を行うことで計測値を補正することで、計測値に含まれる誤差を低減することができる。これにより、監視装置は、計測値に含まれる誤差の影響を低減してマハラノビス距離を算出することができる。

符号の説明

[0079] 1 0 0 監視装置
1 0 1 取得部
1 0 2 特性値算出部
1 0 3 補正部
1 0 4 単位空間記憶部
1 0 5 距離算出部
1 0 6 異常判定部
1 0 7 S N比算出部
1 0 8 尤度算出部
1 0 9 テーブル記憶部
1 1 0 推定部
1 1 1 出力部
1 1 2 劣化推定部
T ガスタービン

請求の範囲

- [請求項1] 対象装置の計測値であって、少なくとも前記対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに前記対象装置から出力される出力流体の温度および流量を含む計測値を取得する取得部と、
前記計測値に基づく熱平衡計算により、前記計測値を補正した補正計測値を得る補正部と、
前記補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出する距離算出部と、
を備える監視装置。
- [請求項2] 前記距離算出部が、前記計測値および前記補正計測値を諸元として前記マハラノビス距離を算出する
請求項1に記載の監視装置。
- [請求項3] 大気圧、大気温度および大気湿度の少なくとも一つを含む大気条件を取得する大気条件取得部と、
取得した前記大気条件を用いて、前記計測値または前記補正計測値を標準大気条件下における値に標準化する標準化部と
をさらに備え、
前記距離算出部が、標準化された前記計測値または標準化された前記補正計測値に基づいて前記マハラノビス距離を算出する
請求項1または請求項2に記載の監視装置。
- [請求項4] 前記マハラノビス距離が所定値以上である場合に、前記計測値または前記補正計測値に基づいて前記対象装置に生じ得る複数の事象それぞれの発生の尤度を算出する尤度算出部と、
前記複数の事象と前記対象装置の異常の発生要因とを関連付けたテーブルを記憶するテーブル記憶部と、
前記尤度と前記テーブルとに基づいて前記発生要因を推定する推定部と
を備える請求項1から請求項3の何れか1項に記載の監視装置。

[請求項5] 前記取得部が取得した温度に係る前記計測値について、当該計測値が前記マハラノビス距離の単位空間を構成する温度に係る計測値の最小値以上かつ最大値以下であるか否かを判定する線形性判定部をさらに備え、

前記距離算出部は、前記線形性判定部により、前記単位空間における温度に係る計測値の最小値以上かつ最大値以下でないと判定された場合に、前記計測値に基づくマハラノビス距離の算出を行わない

請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項に記載の監視装置。

[請求項6] 前記取得部は、前記対象装置の運転開始時点を始点とする所定の始動期間の経過後の時点である始動後時点における前記計測値を取得し、

前記距離算出部は、前記始動期間中の時点における計測値を用いて生成された単位空間に基づいて、前記取得部が取得した前記計測値に基づいて前記マハラノビス距離を算出する

請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項に記載の監視装置。

[請求項7] 対象装置の運転開始時点から所定の始動期間が経過した後の時点である始動後時点に、前記対象装置の計測値を取得する取得部と、

前記始動期間中の時点における計測値を用いて生成された単位空間に基づいて、前記取得部が取得した前記計測値に基づいてマハラノビス距離を算出する距離算出部と

を備える監視装置。

[請求項8] 前記始動期間は、新品状態の前記対象装置の運転開始時点を始点とする期間であり、

前記始動後時点は、前記対象装置の定期点検の完了後の運転開始時点を始点とする所定期間中の時点である

請求項 6 または請求項 7 に記載の監視装置。

[請求項9] 前記始動期間は、新品状態の運転開始時点または定期点検の完了後の運転開始時点のうち直近の時点を開始点とする期間である

請求項6または請求項7に記載の監視装置。

[請求項10] 対象装置の計測値であって、少なくとも前記対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに前記対象装置から出力される出力流体の温度および流量を含む計測値を取得することと、

前記計測値に基づく熱平衡計算により、前記計測値を補正した補正計測値を得ることと、

前記補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出することと、
を含む対象装置の監視方法。

[請求項11] 前記計測値および前記補正計測値を諸元として前記マハラノビス距離を算出する

請求項10に記載の対象装置の監視方法。

[請求項12] 大気圧および大気湿度の少なくとも一方を含む大気条件を取得することと、

取得した前記大気条件を用いて、前記計測値または前記補正計測値を標準大気条件下における値に標準化することと

をさらに含み、

標準化された前記計測値または標準化された前記補正計測値に基づいて前記マハラノビス距離を算出する

請求項10または請求項11に記載の対象装置の監視方法。

[請求項13] 対象装置の運転開始時点から所定の始動期間が経過した後の時点である始動後時点に、前記対象装置の計測値を取得することと、

前記始動期間中の時点における計測値を用いて生成された単位空間に基づいて、取得した前記計測値に基づいてマハラノビス距離を算出することと

を含む対象装置の監視方法。

[請求項14] コンピュータに、

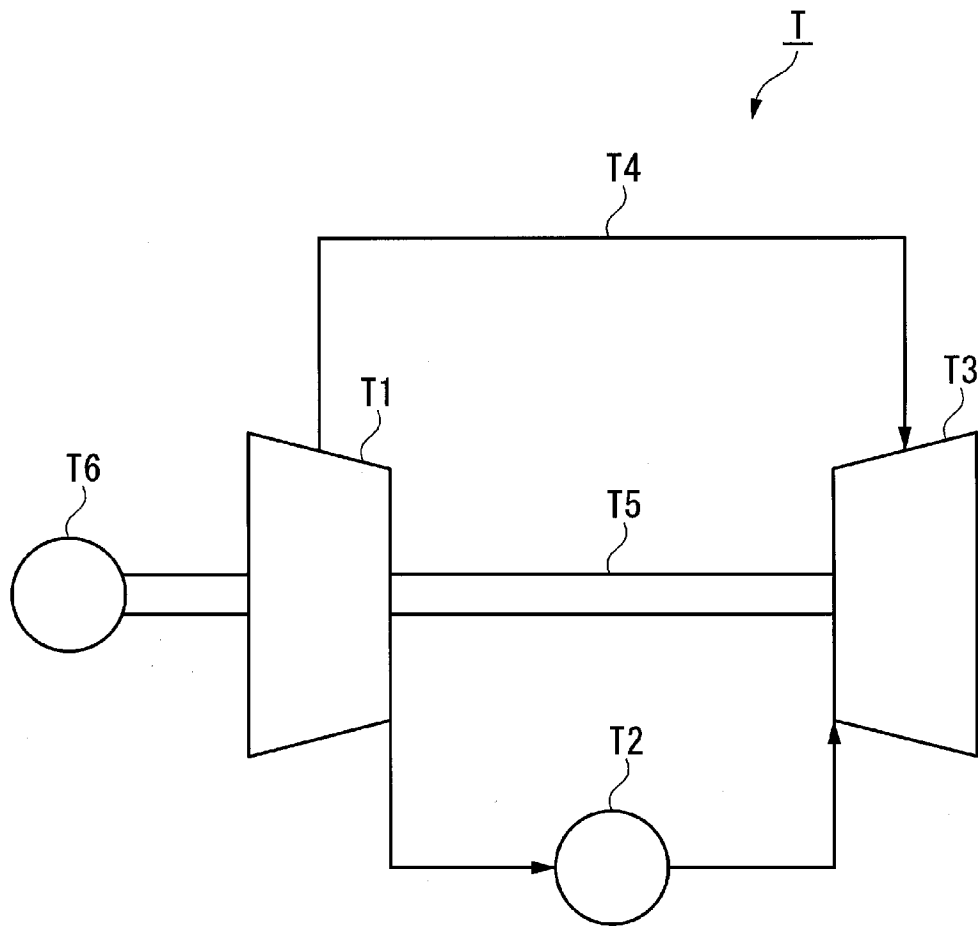
対象装置の計測値であって、少なくとも前記対象装置に入力される入力流体の温度および流量、ならびに前記対象装置から出力される出

力流体の温度および流量を含む計測値を取得することと、

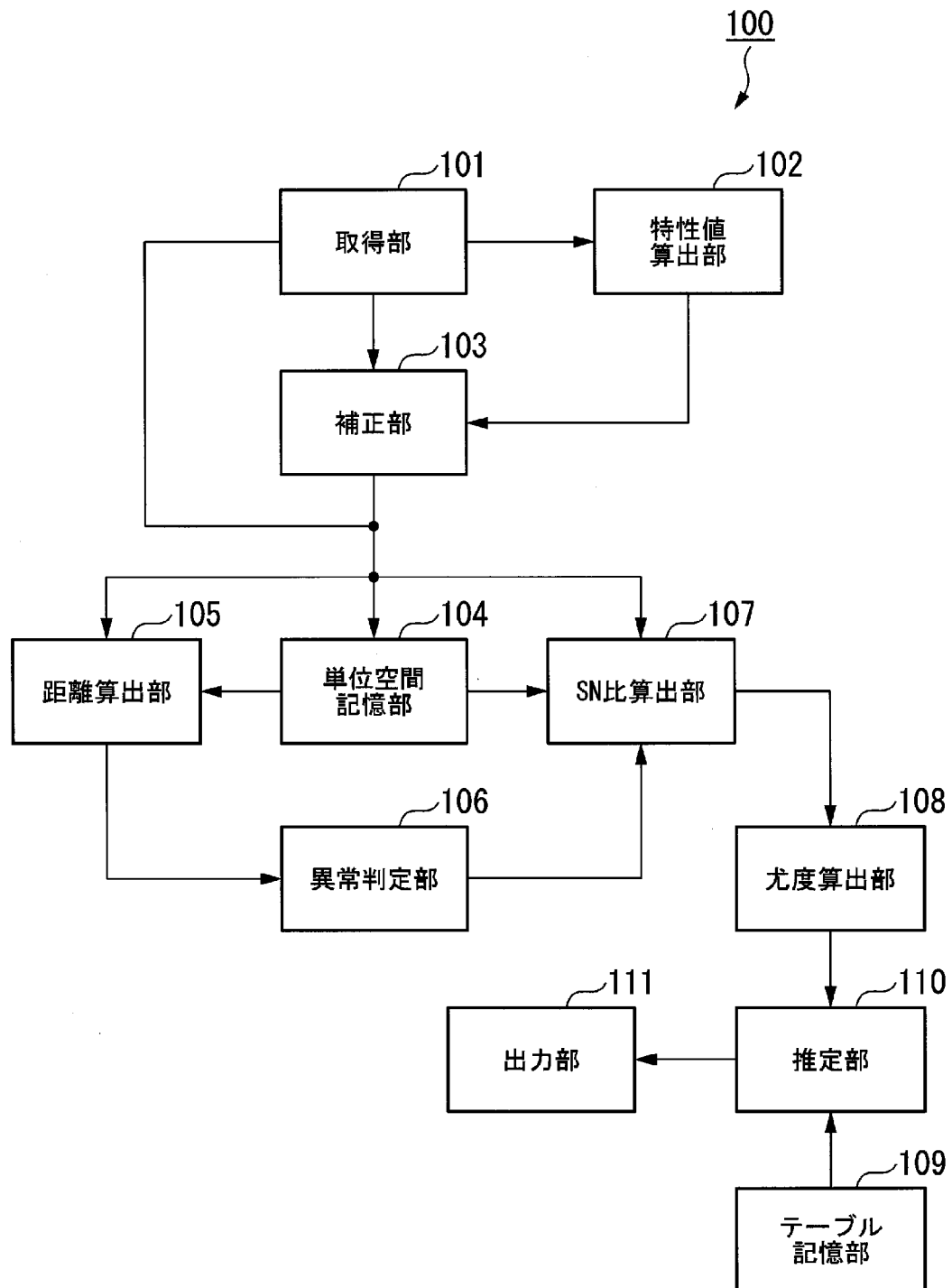
前記計測値に基づく熱平衡計算により、前記計測値を補正した補正計測値を得ることと、

前記補正計測値を諸元としてマハラノビス距離を算出することと、
を実行させるためのプログラム。

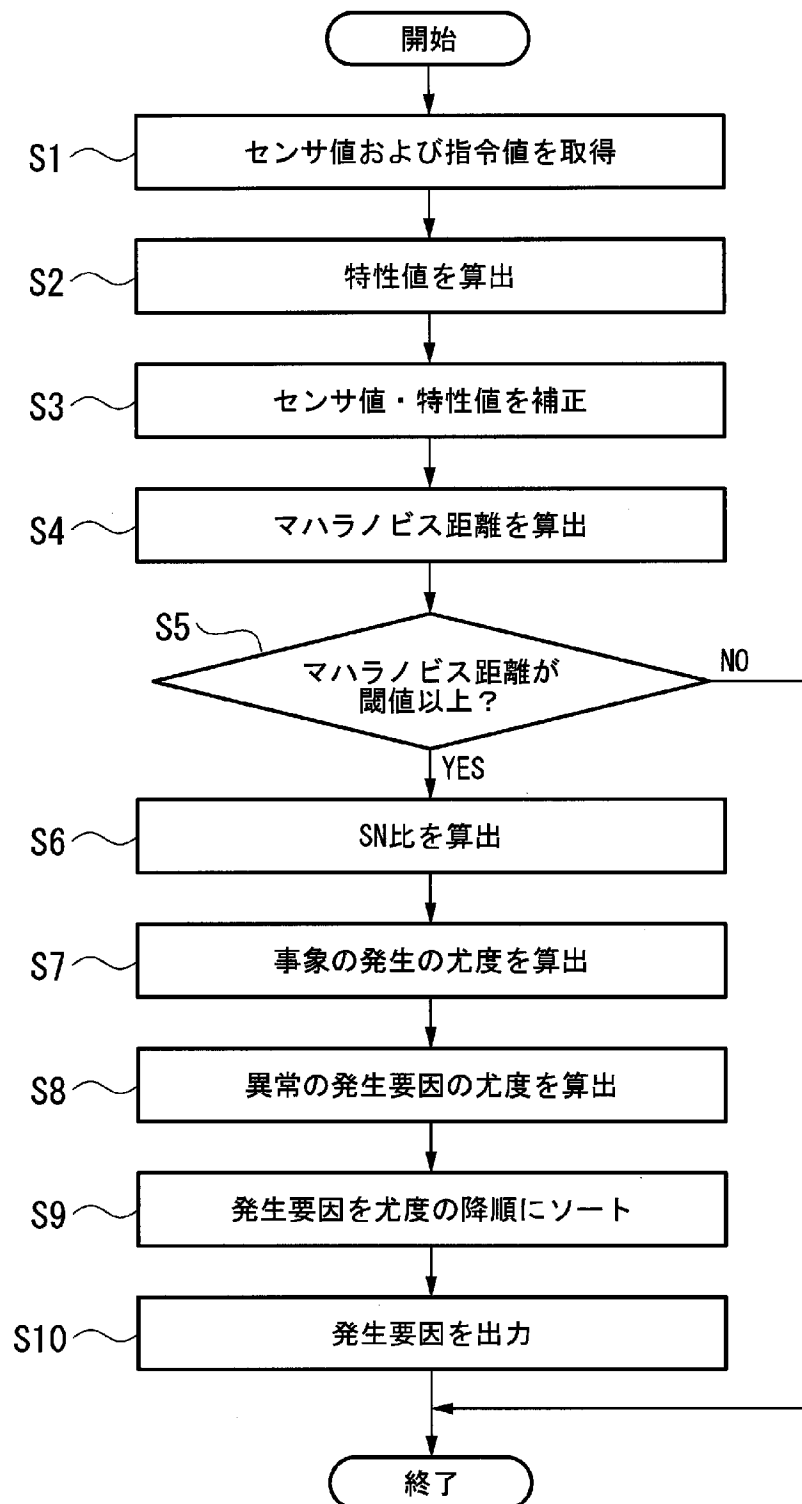
[図1]



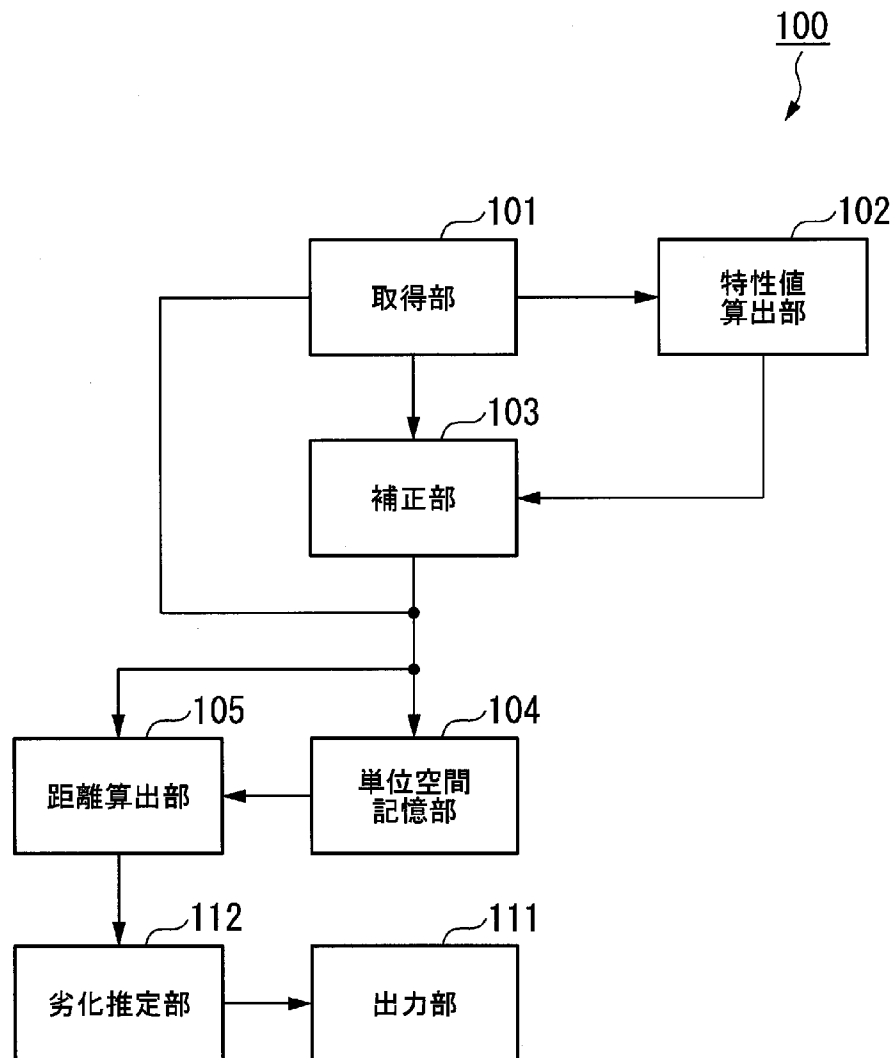
[図2]



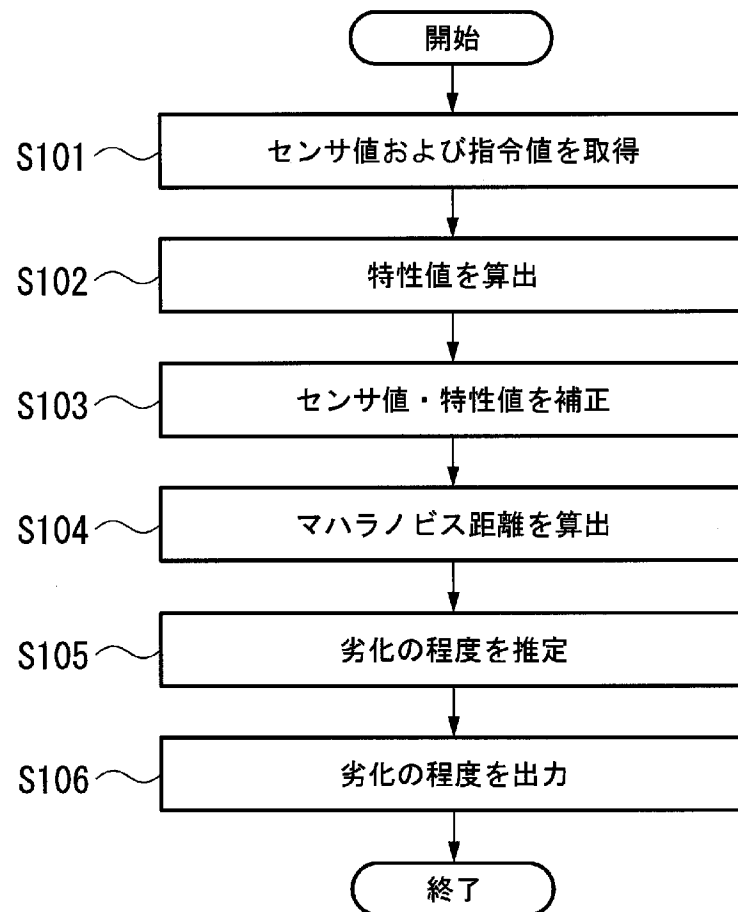
[図3]



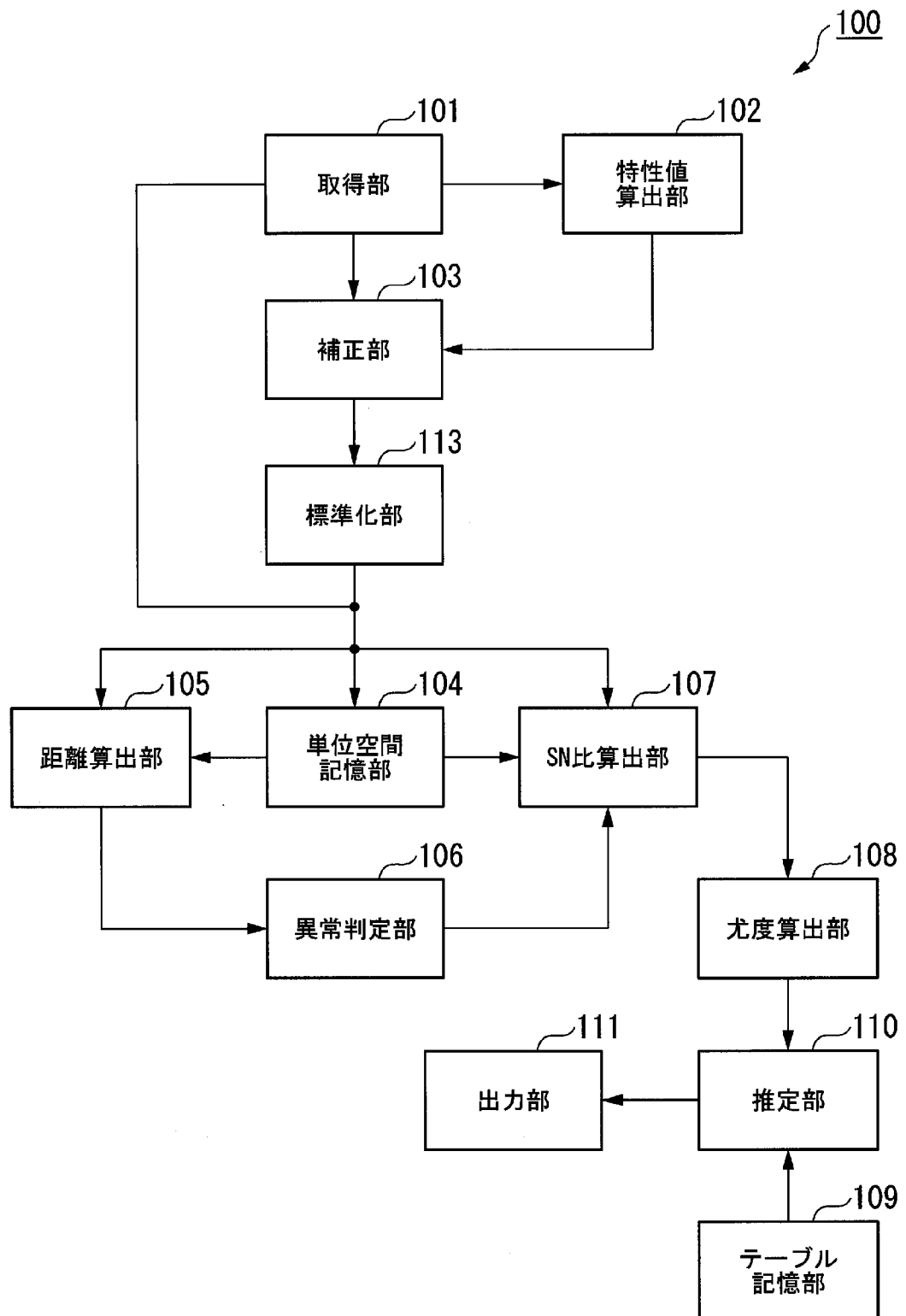
[図4]



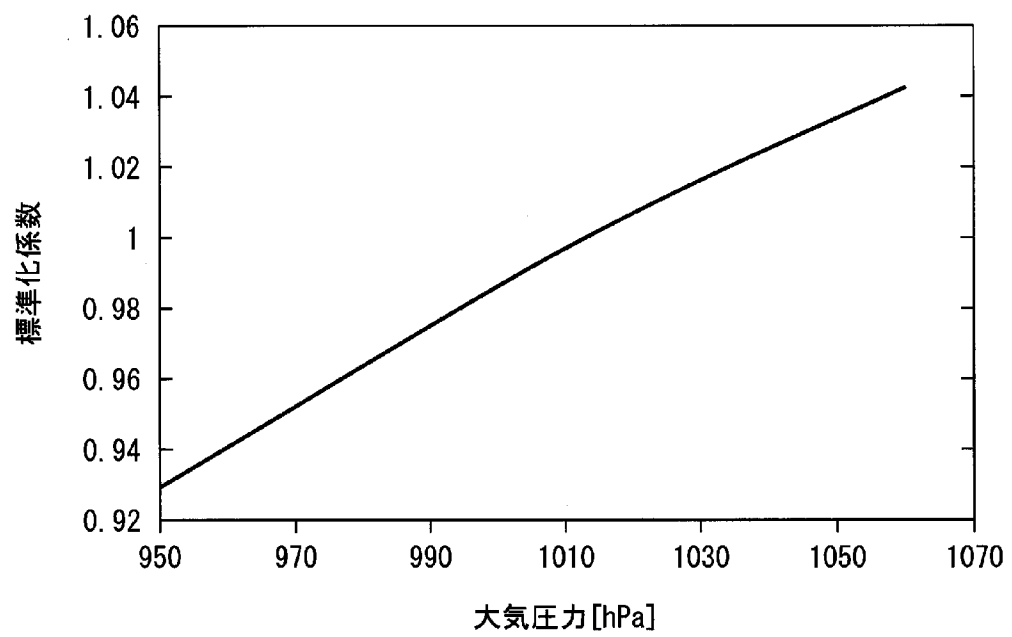
[図5]



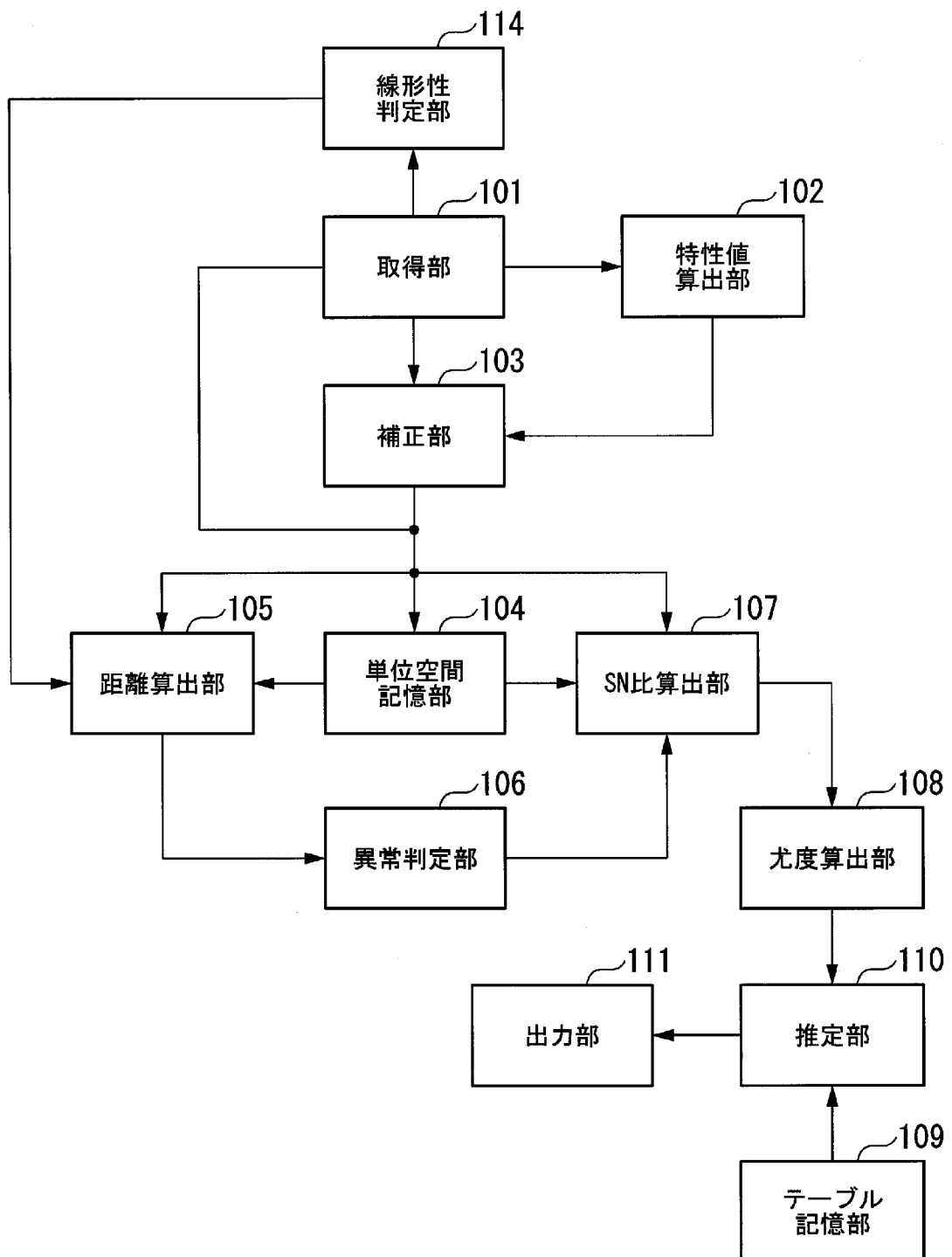
[図6]



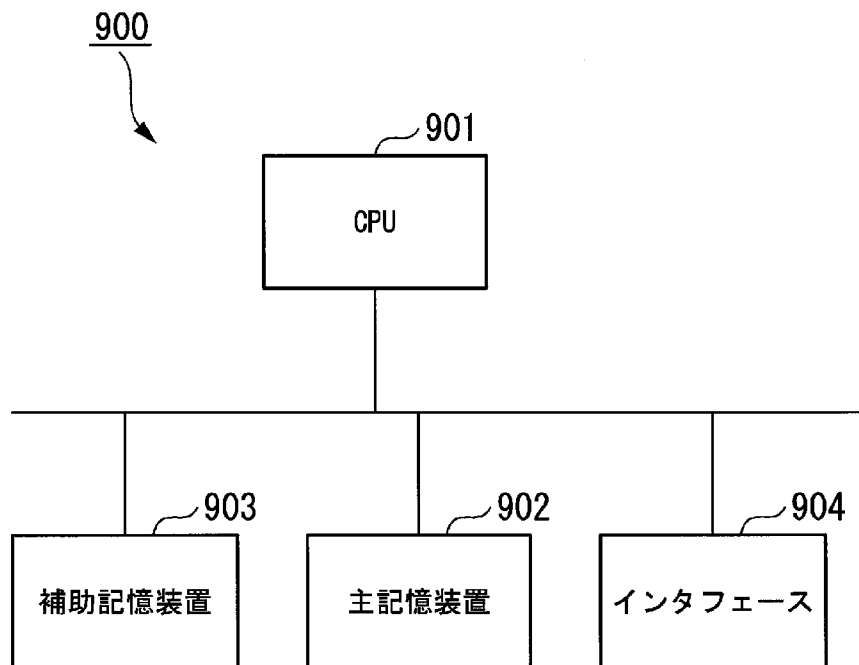
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/020252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B23/02(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(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)

G05B23/02, F01D25/00, F02C7/00

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.
Y	JP 2011-90382 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 06 May 2011 (06.05.2011), paragraphs [0017] to [0057]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-14
Y	JP 2005-293169 A (Toshiba Corp.), 20 October 2005 (20.10.2005), paragraphs [0009], [0013] to [0014], [0021]; fig. 1 (Family: none)	1-6, 8-12, 14
Y	JP 2011-106467 A (Hitachi, Ltd.), 02 June 2011 (02.06.2011), paragraphs [0031] to [0032] (Family: none)	3-6, 8-9, 12

☒ 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
03 August 2017 (03.08.17)

Date of mailing of the international search report
15 August 2017 (15.08.17)

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/JP2017/020252

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2016-6594 A (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.), 14 January 2016 (14.01.2016), paragraphs [0078] to [0079]; fig. 9 (Family: none)	4-6, 8-9
Y	WO 2016/063772 A1 (Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.), 28 April 2016 (28.04.2016), paragraphs [0044] to [0048]; fig. 5 & JP 2016-80286 A & KR 10-2017-0024607 A & CN 106662417 A	5-6, 8-9
Y	JP 5031088 B2 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 19 September 2012 (19.09.2012), paragraphs [0035] to [0036]; fig. 1, 2 & JP 2012-67757 A & US 2010/0198555 A1 paragraphs [0056], [0057]; fig. 1, 2 & US 2014/0278237 A1 & EP 2187283 A1 & EP 2806321 A1 & KR 10-2010-0034766 A & CN 101779171 A	6-9, 13
Y	JP 2000-259222 A (Hitachi, Ltd.), 22 September 2000 (22.09.2000), paragraphs [0128] to [0135]; fig. 7 (Family: none)	8-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05B23/02(2006.01)i, F01D25/00(2006.01)i, F02C7/00(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. G05B23/02, F01D25/00, F02C7/00

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	1971-2017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
Y	JP 2011-90382 A（三菱重工業株式会社） 2011.05.06, 段落[0017]-[0057], 図1-6 (ファミリーなし)	1-14
Y	JP 2005-293169 A（株式会社東芝） 2005.10.20, 段落[0009], [0013]-[0014], [0021], 図1 (ファミリーなし)	1-6, 8-12, 14

☒ 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

03.08.2017

国際調査報告の発送日

15.08.2017

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）

影山 直洋

3U

5785

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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 2011-106467 A (株式会社日立製作所) 2011.06.02, 段落[0031]-[0032] (ファミリーなし)	3-6, 8-9, 12
Y	JP 2016-6594 A (三菱日立パワーシステムズ株式会社) 2016.01.14, 段落[0078]-[0079], 図 9 (ファミリーなし)	4-6, 8-9
Y	WO 2016/063772 A1 (三菱日立パワーシステムズ株式会社) 2016.04.28, 段落[0044]-[0048], 図 5 & JP 2016-80286 A & KR 10-2017-0024607 A & CN 106662417 A	5-6, 8-9
Y	JP 5031088 B2 (三菱重工業株式会社) 2012.09.19, 段落[0035]-[0036], 図 1, 2 & JP 2012-67757 A & US 2010/0198555 A1, 段落[0056], [0057], 図 1, 2 & US 2014/0278237 A1 & EP 2187283 A1 & EP 2806321 A1 & KR 10-2010-0034766 A & CN 101779171 A	6-9, 13
Y	JP 2000-259222 A (株式会社日立製作所) 2000.09.22, 段落[0128]-[0135], 図 7 (ファミリーなし)	8-9