



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.

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).

- (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,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

ガスタービンの特性評価装置及びガスタービンの特性評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガスタービンの特性評価装置及びガスタービンの特性評価方法に関する。

背景技術

[0002] ガスタービンは、圧縮機と燃焼器とタービンとにより構成されている。そして、空気取入口から取り込まれた空気が圧縮機によって圧縮されることで高温高压の圧縮空気となり、燃焼器にて、この圧縮空気に対して燃料を供給して燃焼させることで高温高压の燃焼ガスを得て、この燃焼ガスによりタービンを駆動し、このタービンに連結された発電機を駆動する。タービンを駆動させた燃焼ガスは、タービンの排気側から排ガスとして排出される。

[0003] 上記のようなガスタービンは、継続して使用することにより、汚れや劣化等が生じて出力が減少することがある。このため、ガスタービンの運転状態の異常を監視したり（例えば、特許文献 1 参照）、ガスタービンにおける特性を評価したりすることが行われている。

[0004] 上記のガスタービンでは、周囲の環境によって特性が変化する場合がある。例えば、大気温度が高くなると、圧縮機に取り込まれる空気の流量が少なくなる。ここで、タービン入口温度の制限があるため、圧縮機に取り込まれる空気の流量が少なくなる場合、圧縮空気に対する燃料の供給量を少なくする必要がある。これにより、ガスタービンの出力が減少する。したがって、汚れや劣化等によるガスタービンの特性の変化を評価しようとする場合、環境条件に起因する特性の変化の影響を排除する必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 0 7 - 1 9 2 1 3 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 従来、環境条件に応じた補正値を予め設定しておき、当該補正値に基づいてガスタービンの特性を補正することで、環境条件に起因する特性の変化の影響を低減することが行われている。しかしながら、予め設定された補正値は、実際の運転データに基づいて設定されたものではないため、実際の特性と当該補正値に基づく補正後のガスタービンの特性との間にはずれが生じる可能性がある。このため、評価の精度が低下する可能性がある。
- [0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、高精度の評価を行うことが可能なガスタービンの特性評価装置及びガスタービンの特性評価方法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

- [0008] 本発明に係るガスタービンの特性評価装置は、空気を圧縮する圧縮機と、燃料が供給され前記圧縮機で圧縮された圧縮空気を燃焼させる燃焼器と、前記燃焼器で生じた燃焼ガスにより回転するタービンと、を備えるガスタービンの特性評価装置であって、前記圧縮機、前記燃焼器及び前記タービンのうち少なくとも1つについての特性を含むガスタービン特性のうち前記ガスタービンが配置される環境条件による影響を補正するための補正値を前記ガスタービンの運転データに基づいて算出し、前記補正値に基づいて補正された前記ガスタービン特性を算出し、補正後の前記ガスタービン特性と所定の基準値とを比較することにより前記ガスタービンの評価を行う処理部を備える。
- [0009] 本発明によれば、ガスタービンの運転データに基づいて環境条件による影響を補正するための補正値を算出するため、精度の高い補正値を得ることができる。この補正値に基づいて補正されたガスタービン特性を算出し、補正後のガスタービン特性と所定の基準値とを比較することによりガスタービンの評価を行うため、高精度の評価を行うことができる。
- [0010] また、前記処理部は、前記運転データに基づいて前記ガスタービン特性の

モデル値を算出し、前記モデル値に基づいて前記補正値を推定してもよい。

[0011] 本発明によれば、運転データに基づいてガスタービン特性のモデル値を算出し、モデル値に基づいて補正値を推定するため、精度の高い補正値を得ることができる。

[0012] また、前記ガスタービン特性は、前記ガスタービンの出力、前記圧縮機の吸気流量、前記圧縮機の効率、前記圧縮空気の圧力のうち少なくとも1つを含んでもよい。

[0013] 本発明によれば、ガスタービンの出力、圧縮機の吸気流量、圧縮機の効率、圧縮空気の圧力についての高精度の評価を行うことができる。

[0014] また、前記運転データは、前記ガスタービンが配置される環境における大気温度、大気圧力、及び前記ガスタービンの運転時間を含んでもよい。

[0015] 本発明によれば、ガスタービンの置かれた環境における大気温度、大気圧力、及びガスタービンの運転時間に基づいて補正値を算出するため、高精度の補正値を得ることができる。

[0016] 本発明に係るガスタービンの特性評価方法は、空気を圧縮する圧縮機と、燃料が供給され前記圧縮機で圧縮された圧縮空気を燃焼させる燃焼器と、前記燃焼器で生じた燃焼ガスにより回転するタービンと、を備えるガスタービンの特性評価方法であって、前記圧縮機、前記燃焼器及び前記タービンのうち少なくとも1つについての特性を含むガスタービン特性のうち前記ガスタービンが配置される環境条件による影響を補正するための補正値を前記ガスタービンの運転データに基づいて算出することと、前記補正値に基づいて補正された前記ガスタービン特性を算出することと、補正後の前記ガスタービン特性と所定の基準値とを比較することにより前記ガスタービンの評価を行うことと、を含む。

[0017] 本発明によれば、ガスタービンの運転データに基づいて環境条件による影響を補正するための補正値を算出するため、精度の高い補正値を得ることができる。この補正値に基づいて補正されたガスタービン特性を算出し、補正後のガスタービン特性と所定の基準値とを比較することによりガスタービン

の評価を行うため、高精度の評価を行うことができる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、高精度の評価を行うことが可能なガスタービンの特性評価装置及びガスタービンの特性評価方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、本実施形態に係るガスタービンを表す模式図である。

[図2]図2は、処理部の構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、ガスタービンの特性評価方法の一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、出力モデル生成部の一例を示すブロック図である。

[図5]図5は、吸気流量モデル生成部の一例を示すブロック図である。

[図6]図6は、圧縮機効率モデル生成部の一例を示すブロック図である。

[図7]図7は、車室圧モデル生成部の一例を示すブロック図である。

[図8]図8は、大気温度についての補正值の一例を示すグラフである。

[図9]図9は、階層型ニューラルネットワークを用いて特性モデルを生成する様子を模式的に示す図である。

[図10]図10は、大気温度についての補正值の一例を示すグラフである。

[図11]図11は、特性モデルを更新する手順を示すフローチャートである。

[図12]図12は、運転時間についての補正值の一例を示すグラフである。

[図13]図13は、出力モデル生成部の一例を示すブロック図である。

[図14]図14は、ガスタービンの運転時間と定期点検からの経過時間との関係を示すグラフである。

[図15]図15は、定期点検が行われる場合における運転時間と補正係数との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明に係るガスタービンの特性評価装置及びガスタービンの特性評価方法の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素

には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

[0021] 図1は、本実施形態に係るガスタービンを表す模式図である。図1に示すように、本実施形態に係るガスタービン1は、圧縮機11と、燃焼器12と、タービン13とを備えている。圧縮機11、燃焼器12およびタービン13の中心部には、ロータ18が貫通して配置され、圧縮機11とタービン13とは、ロータ18により一体回転可能に連結されている。このガスタービン1は、制御装置14によって制御されている。また、ガスタービン1には、発電機15が連結されており、発電可能となっている。また、ガスタービン1は、圧縮機11からタービン13に冷却用空気を供給する冷却用空気供給ライン19を有する。冷却用空気供給ライン19には、冷却用空気制御弁20が設けられている。

[0022] 圧縮機11は、空気取入口から取り込んだ空気Aを圧縮して圧縮空気A1とする。この圧縮機11には、空気取入口から取り込む空気Aの吸気量を調整する入口案内翼（IGV：Inlet Guide Vane：吸気弁）22が配置される。入口案内翼22は、その開度が調整されることで、空気Aの吸気量が調整される。具体的に、入口案内翼22は、複数の翼本体22aと、複数の翼本体22aの翼角度を変更するためのIGV作動部22bとを有し、IGV作動部22bにより翼本体22aの翼角度が調整されることで、入口案内翼22の開度が調整され、空気Aの吸気量を調整する。入口案内翼22は、その開度が大きくなると、空気Aの吸気量が多くなり、圧縮機11の圧力比が増加する。一方で、入口案内翼22は、その開度が小さくなることで、空気Aの吸気量が少なくなり、圧縮機11の圧力比が低下する。

[0023] 燃焼器12は、圧縮機11で圧縮された圧縮空気A1に対して燃料Fを供給し、圧縮空気A1と燃料Fとを混合して燃焼することで、燃焼ガスを生成する。タービン13は、燃焼器12で生成された燃焼ガスによって回転する。タービン13は、ロータ18と、複数段の静翼と、複数段の動翼とを有している。複数段の静翼と複数段の動翼とは、ロータ18の軸方向に交互に設

けられている。

[0024] ロータ 18 は、軸方向の両端部が図示しない軸受部により回転自在に支持されており、軸心を中心として回転自在に設けられている。そして、ロータ 18 の圧縮機 11 側の端部には、発電機 15 の駆動軸が連結されている。発電機 15 は、タービン 13 と同軸上に設けられ、タービン 13 が回転することで発電することができる。

[0025] 従って、圧縮機 11 の空気取入口から取り込まれた空気 A は、入口案内翼 22 を経て圧縮機 11 の内部を通過して圧縮されることで高温・高圧の圧縮空気 A1 となる。この圧縮空気 A1 に対して燃焼器 12 から燃料 F が供給され、圧縮空気 A1 と燃料 F とが混合され燃焼することで、高温・高圧の燃焼ガスが生成される。そして、燃焼器 12 で生成された高温・高圧の燃焼ガスが、タービン 13 の内部を通過することにより、タービン 13 を作動（回転）させてロータ 18 を駆動回転し、このロータ 18 に連結された発電機 15 を駆動する。これにより、ロータ 18 に連結された発電機 15 は、回転駆動されることで発電を行う。一方、タービン 13 を駆動した燃焼ガスは、排ガスとして熱を回収し、大気に放出される。

[0026] 上記ガスタービン 1 には、車室圧力計 51、吸気状態検出器 52、ブレードパス温度計 53、排ガス温度計 54 及び流量計 55 が設けられている。車室圧力計 51 は、圧縮機 11 から燃焼器 12 に向けて圧縮空気 A1 が流通するラインに設けられ、具体的に、燃焼器 12 の車室内部に設けられ、圧縮空気 A1 の圧力（車室圧）を計測する。吸気状態検出器 52 は、圧縮機 11 に取り込まれる空気 A の吸気温度と吸気圧力とを検出する。ブレードパス温度計 53 は、タービン 13 から排出される排ガスが流通するラインに設けられ、タービン 13 の排ガスの流れ方向の下流側に設けられる最終段のブレードを通過した排ガスの温度を計測する。排ガス温度計 54 は、ブレードパス温度計 53 の下流側に設けられ、排ガスの温度を計測する。流量計 55 は、冷却用空気供給ライン 19 を流れる冷却用空気の流量を計測する。さらに、ガスタービン 1 には、ガスタービン 1 の出力（負荷）を検出するための出力計

５６が設けられている。そして、車室圧力計５１、吸気状態検出器５２、ブレードパス温度計５３、排ガス温度計５４、流量計５５及び出力計５６により計測された信号が、制御装置１４に入力される。

[0027] 制御装置１４は、制御部６１と、記憶部６２と、処理部（ガスタービンの特性評価装置）６３とを有している。制御部６１は、車室圧力計５１、吸気状態検出器５２、ブレードパス温度計５３、排ガス温度計５４及び流量計５５等の計測結果に基づいて、入口案内翼２２及び燃料調整弁３５等を制御して、ガスタービン１の運転を制御する。また、制御部６１は、ガスタービン１の出力（発電機１５の出力）に応じて、ガスタービン１の運転を制御する。

[0028] また、制御部６１は、車室圧力計５１、吸気状態検出器５２、ブレードパス温度計５３、排ガス温度計５４、流量計５５及び出力計５６の計測結果に基づいて、ガスタービン特性や、入口圧力ロス、出口圧力ロス、回転数、相対湿度、運転時間等の運転データを算出可能である。ガスタービン特性は、圧縮機１１、燃焼器１２及びタービン１３のうち少なくとも１つについての特性を含む。例えば、ガスタービン特性としては、ガスタービン１の出力、圧縮機１１の吸気流量、圧縮機１１の効率、車室圧等を含む。

[0029] 記憶部６２は、ガスタービン１の運転に関する各種プログラムやデータ等を記憶する。

[0030] 図２は、処理部６３の構成を示すブロック図である。図２に示すように、処理部６３は、特性モデル生成部６４と、補正部６５と、評価部６６とを有している。特性モデル生成部６４は、ガスタービン１の運転データに基づいてガスタービン特性のモデル値を算出する。

[0031] また、特性モデル生成部６４は、出力モデル生成部６４ａと、吸気流量モデル生成部６４ｂと、圧縮機効率モデル生成部６４ｃと、車室圧モデル生成部６４ｄとを有している。出力モデル生成部６４ａは、ガスタービン１の出力特性のモデルを生成する。

[0032] 図４は、出力モデル生成部６４ａの一例を示すブロック図である。図４に

示すように、出力モデル生成部64aは、運転データとして、大気温度、大気圧力、相対湿度、回転数、入口圧力ロス、出口圧力ロス、及び運転時間が入力される。出力モデル生成部64aは、これらの各運転データに基づいて、ガスタービン1の出力特性のモデルである出力モデルF X 1を生成し、生成した出力モデルF X 1に基づいて各運転データの補正値を算出する。出力モデル生成部64aは、線形重回帰分析、非線形重回帰分析、ニューラルネットワーク、アンサンブル学習等、公知の手法を用いることができる。

[0033] 本実施形態では、線形重回帰分析を用いる場合を例に挙げて説明する。運転データの測定値及び基準値（測定値、基準値）を、それぞれ、大気温度（ T , T_0 ）、大気圧力（ P , P_0 ）、相対湿度（ H , H_0 ）、回転数（ R , R_0 ）、入口圧力ロス（ P_i , P_{i0} ）、出口圧力ロス（ P_e , P_{e0} ）、及び運転時間（ A , A_0 ）とすると、出力モデルF X 1は、以下の式で表される。

$$[0034] \quad F X 1 = -a (T - T_0) - b (P - P_0) - c (H - H_0) - d (R - R_0) \\ - e (P_i - P_{i0}) - f (P_e - P_{e0}) - g (A - A_0) + h$$

[0035] なお、 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 及び h は、定数である。なお、 h については、基準となる出力（単位：MW）である。また、運転データの基準値 T_0 、 P_0 、 H_0 、 R_0 、 P_{i0} 、 P_{e0} 及び A_0 は、出力特性の評価の基準となる環境条件における値である。基準値については、予め設定することができる。出力モデル生成部64aは、生成した出力モデルに基づいて、線形重回帰分析を用いて各運転データの補正値を求めることができる。

[0036] 図8は、大気温度についての補正値の一例を示すグラフである。図8の縦軸は補正係数（補正値）であり、横軸が大気温度である。図8に示すように、線形重回帰分析によって得られた大気温度の直線101は、例えば大気温度が高くなるほど補正係数が小さくなるような直線状である。なお、直線101の傾き等の特性については一例であり、これに限定されるものではない。

。

[0037] 図5は、吸気流量モデル生成部64bの一例を示すブロック図である。図5に示すように、吸気流量モデル生成部64bは、運転データとして、大気温度、大気圧力及び運転時間が入力される。吸気流量モデル生成部64bは、出力モデル生成部64aと同様に、これらの各運転データに基づいて、圧縮機11の吸気流量のモデルである吸気流量モデルF X 2を生成する。

[0038] 吸気流量モデル生成部64bは、例えば線形重回帰分析、非線形重回帰分析、ニューラルネットワーク、アンサンブル学習等、公知の手法を用いて吸気流量モデルを生成し、生成した吸気流量モデルに基づいて、線形重回帰分析を用いて各運転データの補正値を求めることができる。

[0039] 図6は、圧縮機効率モデル生成部64cの一例を示すブロック図である。図6に示すように、圧縮機効率モデル生成部64cは、運転データとして、大気温度、大気圧力及び運転時間が入力される。圧縮機効率モデル生成部64cは、出力モデル生成部64aと同様に、これらの各運転データに基づいて、圧縮機11の効率のモデルである圧縮機効率モデルF X 3を生成する。

[0040] 圧縮機効率モデル生成部64cは、例えば線形重回帰分析、非線形重回帰分析、ニューラルネットワーク、アンサンブル学習等、公知の手法を用いて圧縮機効率モデルを生成し、生成した圧縮機効率モデルに基づいて、線形重回帰分析を用いて各運転データの補正値を求めることができる。

[0041] 図7は、車室圧モデル生成部64dの一例を示すブロック図である。図7に示すように、車室圧モデル生成部64dは、運転データとして、大気温度、大気圧力及び運転時間が入力される。車室圧モデル生成部64dは、出力モデル生成部64aと同様に、これらの各運転データに基づいて、圧縮空気A1の圧力特性（車室圧特性）のモデルである車室圧モデルF X 4を生成する。

[0042] 車室圧モデル生成部64dは、例えば線形重回帰分析、非線形重回帰分析、ニューラルネットワーク、アンサンブル学習等、公知の手法を用いて車室圧モデルを生成し、生成した車室圧モデルに基づいて、線形重回帰分析を用

いて各運転データの補正値を求めることができる。

[0043] 図2に示す補正部65は、各ガスタービン特性について、それぞれ環境条件による影響度を除去又は低減させた補正後のガスタービン特性を求める。ここでは、ガスタービン特性として、ガスタービン1の出力を例に挙げて説明する。算出された補正値のうち、大気温度についての補正値をK1とし、大気圧力についての補正値をK2とし、相対湿度についての補正値をK3とし、回転数についての補正値をK4とし、入口圧力ロスについての補正値をK5とし、出口圧力ロスについての補正値をK6とし、及び運転時間についての補正値をK7とし、出力計56の検出結果をGとすると、基準とする環境条件における出力G'は、例えば以下のように求めることができる。

$$[0044] \quad G' = G / (K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 \cdot K6 \cdot K7)$$

[0045] また、各種測定器等で測定又は制御部61で算出されたガスタービン特性のうち、吸気流量の値をXとし、圧縮機効率の値をYとし、車室圧の値をZとすると、基準とする環境条件における吸気流量X'、圧縮機効率Y'、及び車室圧Z'は、同様に以下のように求めることができる。

$$[0046] \quad X' = X / (K1 \cdot K2 \cdot K7)$$

$$[0047] \quad Y' = Y / (K1 \cdot K2 \cdot K7)$$

$$[0048] \quad Z' = Z / (K1 \cdot K2 \cdot K7)$$

[0049] 評価部66は、求めた補正後のガスタービン特性を評価する。補正部65で補正された出力G'は、環境条件による影響が除去又は低減された値である。したがって、評価部66は、例えば補正部65で求めた出力G'に基づいて、汚れや劣化等によるガスタービン1の出力の変化等を評価することができる。この場合、基準の環境条件におけるガスタービン1の出力の基準値を予め求めておき、当該基準値と比較することで評価を行うことができる。

[0050] この基準値としては、例えば、基準の環境条件において汚れや劣化等のない状態、又は汚れや劣化等が所定の閾値未満である状態のガスタービン1の出力とすることができる。また、評価部66は、当該基準値とガスタービン1の出力の測定値との差に基づいて、出力変化の要因を評価してもよい。

[0051] また、評価部 66 は、吸気流量、圧縮機効率、及び車室圧についても同様に、補正部 65 で補正された各ガスタービン特性に基づいて、汚れや劣化等によるガスタービン特性の変化や、ガスタービン特性の変化の要因等を評価することができる。

[0052] なお、本実施形態では、線形重回帰分析を用いて各特性モデルを生成している。このため、出力モデル生成部 64a、吸気流量モデル生成部 64b、圧縮機効率モデル生成部 64c、及び車室圧モデル生成部 64d にそれぞれ大気温度等の運転データを入力した場合には、理論値としての特性（出力、吸気流量、圧縮機効率、及び車室圧）が算出される。この特性は、補正值に基づいて補正されたガスタービン特性に相当する値である。したがって、評価部 66 は、これら出力、吸気流量、圧縮機効率、及び車室圧の測定値と、線形重回帰分析で算出される理論値とを比較することにより、評価を行ってもよい。

[0053] また、特性モデル生成部 64 の各部には、運転データとして、運転時間の値が入力される。このため、運転時間の経過によってガスタービン特性が変化する度合い、すなわち、劣化によるガスタービン特性の変化の度合いが算出されることになる。したがって、評価部 66 は、補正されたガスタービン特性と、算出された劣化によるガスタービン特性の変化の度合いとを比較することにより、劣化についての評価を行ってもよい。

[0054] 次に、上記のように構成されたガスタービン特性を評価する方法を説明する。図 3 は、ガスタービンの特性評価方法の一例を示すフローチャートである。図 3 に示すように、処理部 63 は、環境条件によるガスタービン特性への影響を補正するための補正值を算出する（ステップ S10）。ステップ S10 において、特性モデル生成部 64 は、ガスタービン 1 の各特性についての特性モデルを生成し、生成した特性モデルに基づいて運転データの補正值を算出する。

[0055] 次に、処理部 63 は、算出した補正值に基づいてガスタービン特性を補正する（ステップ S20）。ステップ S20 において、補正部 65 は、ガスタ

ービン特性毎に算出された補正值に基づいて、基準とする環境条件における補正後のガスタービン特性を求める。補正後のガスタービン特性は、環境条件による影響が除去又は低減された値となる。

[0056] 次に、処理部63は、補正後のガスタービン特性に基づいて評価する（ステップS30）。ステップS30において、評価部66は、補正後のガスタービン特性と、ガスタービン特性の実測値とを比較することにより、ガスタービン特性の評価を行う。環境条件による影響が除去又は低減されたガスタービン特性に基づく評価であるため、高精度の評価が得られる。

[0057] 以上のように、本実施形態に係るガスタービンの特性評価装置は、ガスタービン1の運転データに基づいて、環境条件による影響を補正するための補正值を算出するため、精度の高い補正值を得ることができる。この補正值に基づいてガスタービン特性を補正し、補正後のガスタービン特性と所定の基準値とを比較することによりガスタービン特性の評価を行うため、高精度の評価を行うことができる。

[0058] また、本実施形態に係るガスタービンの特性評価装置は、劣化によるガスタービン特性の変化の度合いを算出することができる。したがって、ガスタービン1毎の置かれた環境条件や、ガスタービン1毎の個別の運転データに応じた劣化特性を評価することができるため、高精度の評価を行うことができる。

[0059] 本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更を加えることができる。例えば、上記実施形態においては、特性モデル生成部64が線形重回帰分析を用いて特性モデルを生成する場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではなく、非線形の手法によって特性モデルを生成してもよい。

[0060] 特性モデル生成部64は、非線形の手法として、例えばニューラルネットワークを用いて特性モデルを生成することができる。図9は、階層型ニューラルネットワークを用いて特性モデルを生成する様子を模式的に示す図である。図9では、特性モデル生成部として、出力モデルF X 1を出力する出力

モデル生成部64eを例に挙げて説明する。出力モデル生成部64eは、入力層である第1層L1と、中間層である第2層L2、第3層L3及び第4層L4と、出力層である第5層L5とを有している。なお、出力モデル生成部64eは、中間層が3層となっている構成であるが、これに限定されるものではなく、中間層が2層以下又は4層以上となっている構成でもよい。第1層L1、第2層L2、第3層L3、第4層L4及び第5層L5は、1つまたは複数のノードnを有している。

[0061] 第1層L1は、7つのノードn（n1、n2、n3、n4、n5、n6、n7）を有している。ノードn1には、大気温度が入力される。ノードn2には、大気圧が入力される。ノードn3には、相対湿度が入力される。ノードn4には、回転数が入力される。ノードn5には、入口圧力ロスが入力される。ノードn6には、出口圧力ロスが入力される。ノードn7には、運転時間が入力される。第1層L1の7つのノードnは、第2層L2の各ノードnに対して信号を出力する。

[0062] 第2層L2は、例えば6つのノードnを有している。第2層L2の6つのノードnは、第1層L1の7つのノードnから出力された信号が入力される。第2層L2の6つのノードnは、第3層L3の各ノードnに対して信号を出力する。なお、第2層L2において、ノードnの数は6つに限定されるものではなく、5つ以下又は7つ以上であってもよい。

[0063] 第2層L3は、3つのノードnを有している。第3層L3の3つのノードnは、第2層L2の6つのノードnから出力された信号が入力される。第3層L3の6つのノードnは、第4層L4の各ノードnに対して信号を出力する。なお、第3層L3において、ノードnの数は3つに限定されるものではなく、2つ以下又は4つ以上であってもよい。

[0064] 第4層L4は、6つのノードnを有している。第4層L4の6つのノードnは、第3層L3の3つのノードnから出力された信号が入力される。第4層L4の6つのノードnは、第5層L5のノードnに対して信号を出力する。なお、第4層L4において、ノードnの数は6つに限定されるものではない。

く、5つ以下又は7つ以上であってもよい。

[0065] 第5層L5は、1つのノードnを有している。第5層L5の3つのノードnは、第4層L4の6つのノードnから出力された信号が入力される。第5層L5のノードnは、例えば出力モデルF×1を出力する。なお、第5層L5において、ノードnの数は1つに限定されるものではなく、2つ以上であってもよい。

[0066] なお、ここでは、出力モデル生成部64eがニューラルネットワークを用いて出力モデルF×1を出力する構成を例に挙げて説明したが、これに限定されるものではない。例えば、吸気流量モデルF×2を出力する吸気流量モデル生成部、圧縮機効率モデルF×3を出力する圧縮機効率モデル生成部、車室圧モデルF×4を出力する車室圧モデル生成部についても、上記のようなニューラルネットワークを用いて各特性モデルを出力する構成としてもよい。この場合、入力層のノード数、中間層の層数及び各層のノード数については、入力信号の種類に応じて適宜変更することができる。

[0067] また、図9では、階層型ニューラルネットワークが用いられる場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではなく、階層型ニューラルネットワークとは異なるニューラルネットワーク、例えば相互結合型ニューラルネットワーク等が用いられる構成であってもよい。

[0068] 図10は、大気温度についての補正值の一例を示すグラフである。図10の縦軸は補正係数（補正值）であり、横軸が大気温度である。図10に示すように、大気温度の曲線102は、曲線状であり、例えば大気温度が高くなるほど補正係数の減少量が小さくなっている。このように、図9に示すニューラルネットワーク等の非線形の手法を用いることにより、直線状には限られず、曲線状の曲線102についても得ることができたため、より高精度な補正值を得ることができる。例えば、運転時間に対するガスタービン1の出力の変化など、予め特性を把握することが困難な場合であっても、より高精度な補正值を得ることができる。

[0069] また、上記実施形態の構成において、特性モデル生成部64は、ガスター

ビン特性の特性モデルを逐次的に更新するようにしてもよい。図 11 は、特性モデルを更新する手順を示すフローチャートである。図 11 に示すように、特性モデル生成部 64 は、特性モデルを更新するフラグの有無を検出する（ステップ S40）。ステップ S40 において、特性モデルを更新するフラグとしては、例えば所定期間が経過した場合（例えば、1 日経過した場合、1 週間経過した場合、1 か月経過した場合、等）や、所定の定期点検が行われた場合等に発生させることができる。フラグが検出されない場合（ステップ S40 の No）、特性モデル生成部 64 はステップ S40 を繰り返し行う。

[0070] フラグが検出された場合（ステップ S40 の Yes）、特性モデル生成部 64 は、ガスタービン特性の特性モデルを更新する（ステップ S50）。ステップ S50 において、特性モデル生成部 64 は、入力される運転データに基づいて特性モデルを新たに生成する。生成された特性モデルは、前回特性モデルが生成されてからの運転データが蓄積された状態で新たに生成されるため、より高精度な特性モデルとなる。特性モデル生成部 64 は、生成した特性モデルに基づいて、運転データ毎に補正値を算出する。補正部 65 は、新たに算出された補正値に基づいてガスタービン特性を補正する。評価部 66 は、新たな補正値に基づいて補正されたガスタービン特性に基づいて評価を行う。このため、高精度の評価が得られる。

[0071] 特性モデルを更新した後、特性モデル生成部 64 は、ガスタービン 1 の動作が終了しない場合には（ステップ S60 の No）、ステップ S40 からの動作を繰り返し行う。また、ガスタービン 1 の動作が終了する場合（ステップ S60 の Yes）、特性モデル生成部 64 は上記処理を終了する。

[0072] このように、特性モデル生成部 64 は、特性モデルを更新することにより、蓄積された運転データに基づいて補正値を算出することができる。これにより、当該補正値に基づいて補正されたガスタービン特性を評価した場合、高精度の評価が得られる。

[0073] また、上記実施形態の構成において、特性モデル生成部 64 は、求めた補

正值に基づいて将来の補正値を予測して算出してもよい。図 12 は、運転時間についての補正値の一例を示すグラフである。図 12 の縦軸は補正係数（補正値）であり、横軸が運転時間である。図 12 に示すように、例えば特性モデル生成部 64 が特性モデルを生成した時刻 t_1 においては、運転時間の補正値として、時刻 t_1 までの補正値が算出されている。直線 103 は、例えば線形重回帰分析によって得られた補正値である。曲線 104 は、例えば非線形の手法によって得られた補正値である。いずれの場合においても、時刻 t_1 までの補正値が算出されている。

[0074] この状態において、特性モデル生成部 64 は、直線 103 及び曲線 104 の傾向に基づいて、将来の補正値、例えば時刻 t_1 よりも後の時刻 t_2 までの補正値を予測してもよい。直線 103 a 及び曲線 104 a は、直線 103 及び曲線 104 に基づいて予測された補正値を示す。この場合、補正部 65 は、予測された補正値に基づいてガスタービン特性を補正することで、将来の補正後のガスタービン特性を算出してもよい。また、評価部 66 は、算出された将来の補正後のガスタービン特性に基づいて評価を行ってもよい。これにより、将来のガスタービン特性に関する評価を得ることができる。

[0075] また、上記実施形態では、例えば出力モデル生成部 64 a は、運転データとして、大気温度、大気圧力、相対湿度、回転数、入口圧力ロス、出口圧力ロス、及び運転時間が入力される構成を例に挙げて説明したが、これに限定するものではなく、他の運転データが入力される構成であってもよい。

[0076] 図 13 は、出力モデル生成部 64 a の一例を示すブロック図である。図 13 に示すように、出力モデル生成部 64 a は、上記の運転データに加えて、定期点検からの経過時間のデータが入力される構成であってもよい。出力モデル生成部 64 a は、これらの各運転データに基づいて、ガスタービン 1 の出力特性のモデルである出力モデル $F \times 1 a$ を生成し、生成した出力モデル $F \times 1 a$ に基づいて各運転データの補正値を算出する。

[0077] 図 14 は、ガスタービン 1 の運転時間と定期点検からの経過時間との関係を示すグラフである。図 14 に示すように、ガスタービン 1 の定期点検は、

例えば運転開始からの時刻 t_3 、 t_4 、 t_5 及び t_6 において、定期的に行われる。折れ線 105 は、定期点検ごとに経過時間がリセットされる状態を示している。定期点検には、例えば燃焼器 12 の点検である燃焼器点検と、タービン 13 の点検であるタービン点検と、メジャー点検とがある。タービン点検を行うことにより、燃焼器点検も併せて行われる。メジャー点検を行うことにより、タービン点検及び燃焼器点検も併せて行われる。

[0078] 図 15 は、定期点検が行われる場合における運転時間と補正係数との関係を示すグラフである。ガスタービン 1 においては、定期点検が行われる度に、例えば出力の低下が改善される、つまり、定期点検が行われる度に出力が上昇する。したがって、汚れや劣化等の評価を行う場合、定期点検による出力増加の影響を除外又は低減する必要がある。そこで、図 15 に示すように、出力モデル生成部 64a は、運転開始から定期点検が行われる時刻 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 のそれぞれにおいて、出力上昇の影響が除外又は低減されるように補正値を算出する。このため、補正値を示す折れ線 106 の形状は、例えば時刻 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 において急激に上昇した状態となる。このように、定期点検が出力等のガスタービン特性に与える影響を反映させることにより、より高精度の補正値、ひいては評価が得られることになる。

符号の説明

- [0079] 1 ガスタービン
- 11 圧縮機
 - 12 燃焼器
 - 13 タービン
 - 14 制御装置
 - 15 発電機
 - 18 ロータ
 - 19 冷却用空気供給ライン
 - 20 冷却用空気制御弁
 - 22 入口案内翼

2 2 a 翼本体

2 2 b IGV作動部

3 5 燃料調整弁

5 1 車室圧力計

5 2 吸気状態検出器

5 3 ブレードパス温度計

5 4 排ガス温度計

5 5 流量計

5 6 出力計

6 1 制御部

6 2 記憶部

6 3 処理部

6 4 特性モデル生成部

6 4 a, 6 4 e 出力モデル生成部

6 4 b 吸気流量モデル生成部

6 4 c 圧縮機効率モデル生成部

6 4 d 車室圧モデル生成部

6 5 補正部

6 6 評価部

1 0 1, 1 0 3, 1 0 3 a 直線

1 0 2, 1 0 4, 1 0 4 a 曲線

1 0 5, 1 0 6 折れ線

A 空気

A 1 圧縮空気

F 燃料

H 0, P 0, R 0, T 0, P e 0, P i 0 基準値

F X 1, F X 1 a 出力モデル

F X 2 吸気流量モデル

F X 3 圧縮機効率モデル

F X 4 車室圧モデル

L 1 第1層

L 2 第2層

L 3 第3層

L 4 第4層

L 5 第5層

n, n 1, n 2, n 3, n 4, n 5, n 6, n 7 ノード

t 1, t 2, t 3, t 4, t 5, t 6 時刻

請求の範囲

- [請求項1] 空気を圧縮する圧縮機と、
 燃料が供給され前記圧縮機で圧縮された圧縮空気を燃焼させる燃焼器と、
 前記燃焼器で生じた燃焼ガスにより回転するタービンと、
 を備えるガスタービンの特性評価装置であって、
 前記圧縮機、前記燃焼器及び前記タービンのうち少なくとも1つについての特性を含むガスタービン特性のうち前記ガスタービンが配置される環境条件による影響を補正するための補正値を前記ガスタービンの運転データに基づいて算出し、前記補正値に基づいて補正された前記ガスタービン特性を算出し、補正後の前記ガスタービン特性と所定の基準値とを比較することにより前記ガスタービンの評価を行う処理部を備える、ガスタービンの特性評価装置。
- [請求項2] 前記処理部は、前記運転データに基づいて前記ガスタービン特性のモデル値を算出し、前記モデル値に基づいて前記補正値を推定する請求項1に記載のガスタービンの特性評価装置。
- [請求項3] 前記ガスタービン特性は、前記ガスタービンの出力、前記圧縮機の吸気流量、前記圧縮機の効率、前記圧縮空気の圧力のうち少なくとも1つを含む請求項1又は請求項2に記載のガスタービンの特性評価装置。
- [請求項4] 前記運転データは、前記ガスタービンが配置される環境における大気温度、大気圧力、及び前記ガスタービンの運転時間を含む請求項1から請求項3のいずれか一項に記載のガスタービンの特性評価装置。
- [請求項5] 空気を圧縮する圧縮機と、
 燃料が供給され前記圧縮機で圧縮された圧縮空気を燃焼させる燃焼器と、
 前記燃焼器で生じた燃焼ガスにより回転するタービンと、
 を備えるガスタービンの特性評価方法であって、

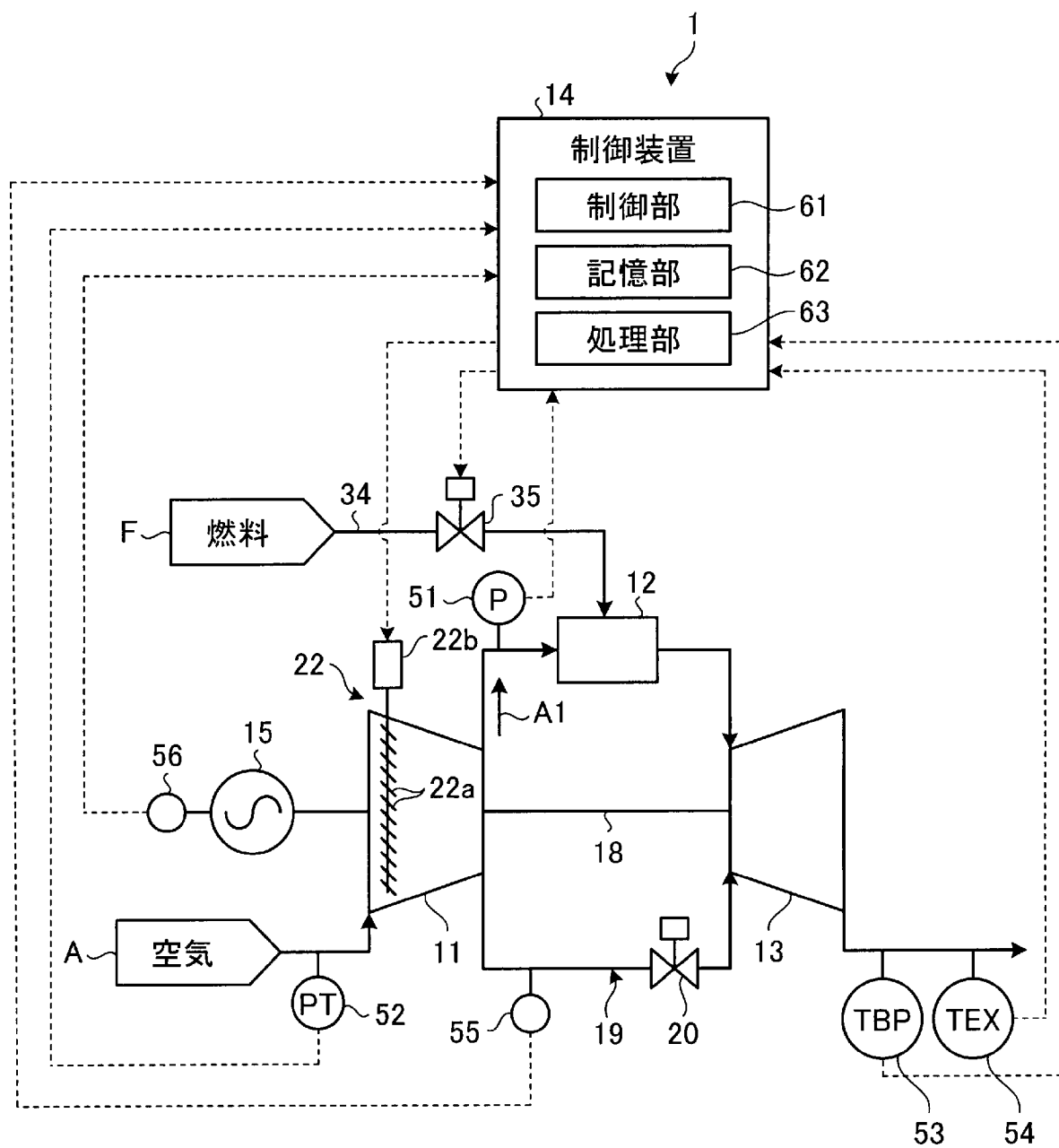
前記圧縮機、前記燃焼器及び前記タービンのうち少なくとも1つについての特性を含むガスタービン特性のうち前記ガスタービンが配置される環境条件による影響を補正するための補正値を前記ガスタービンの運転データに基づいて算出することと、

前記補正値に基づいて補正された前記ガスタービン特性を算出することと、

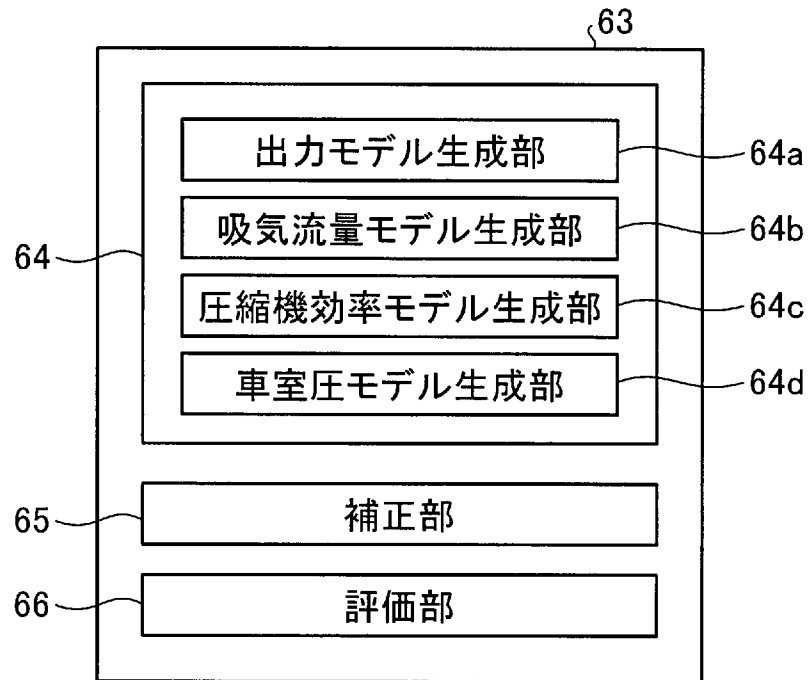
補正後の前記ガスタービン特性と所定の基準値とを比較することにより前記ガスタービンの評価を行うことと、

を含むガスタービンの特性評価方法。

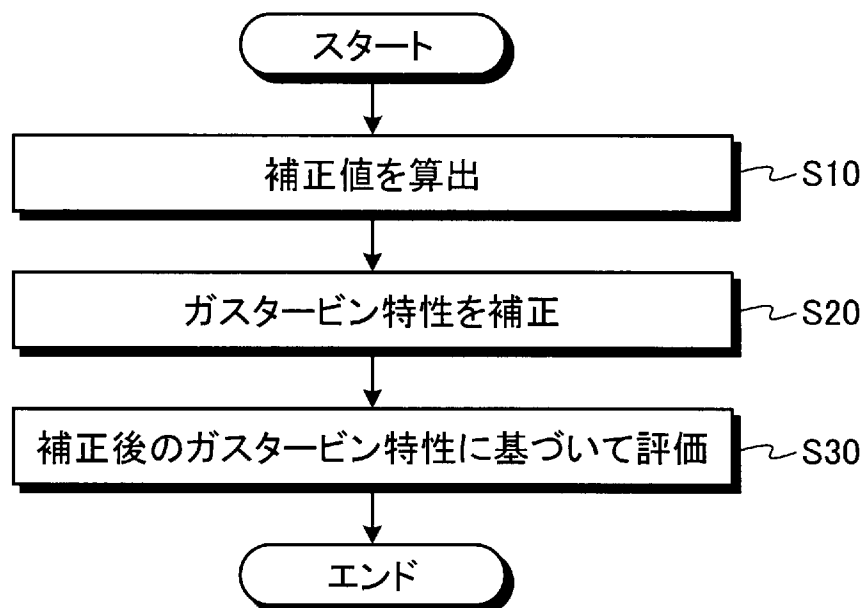
[図1]



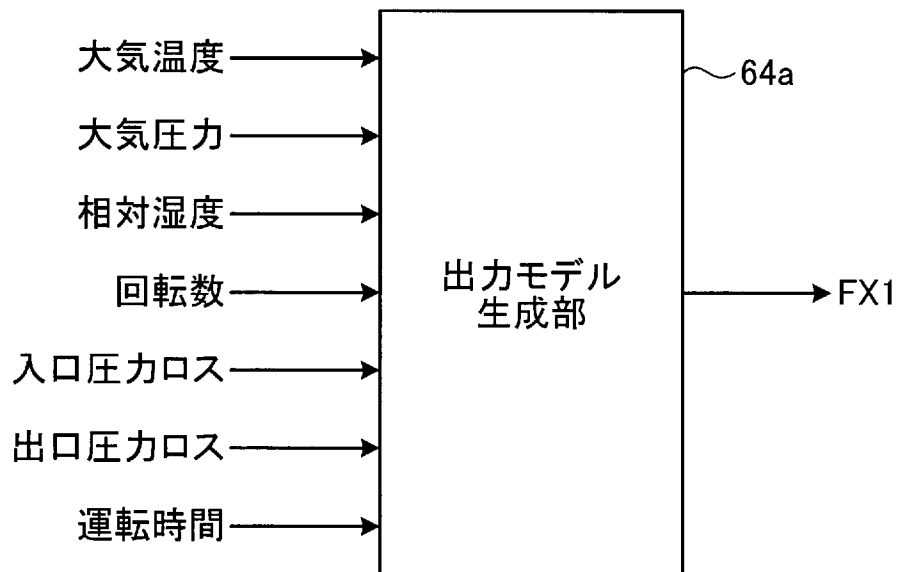
[図2]



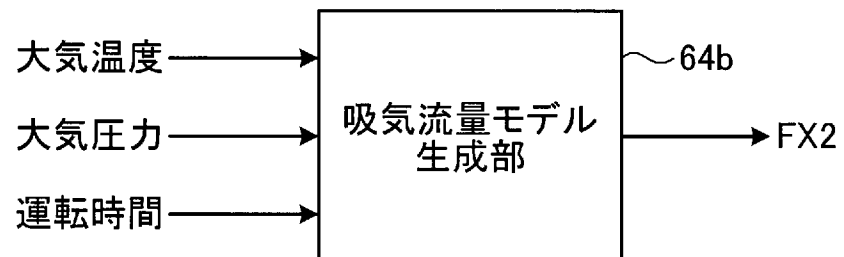
[図3]



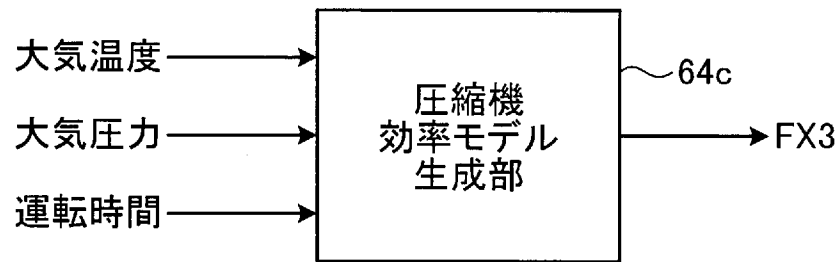
[図4]



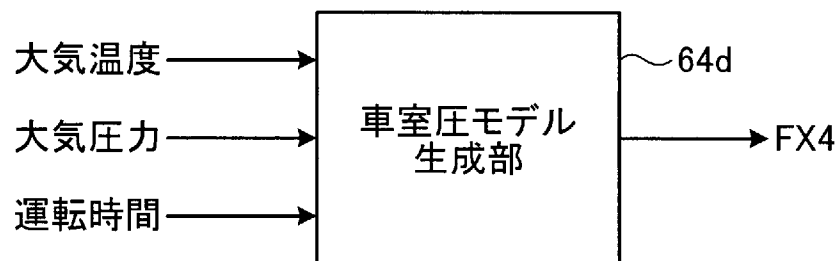
[図5]



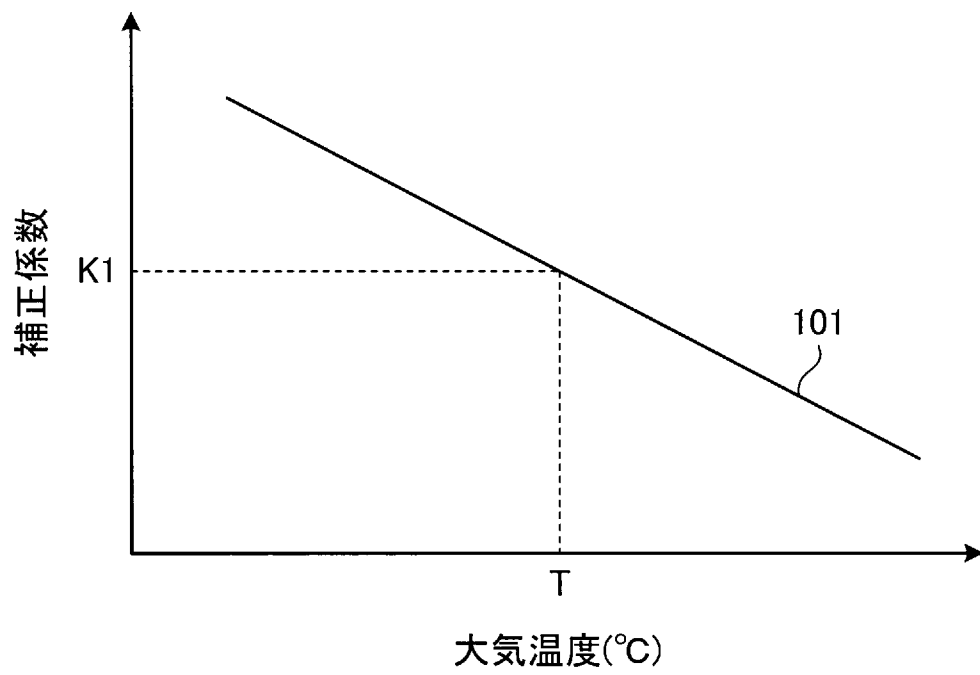
[図6]



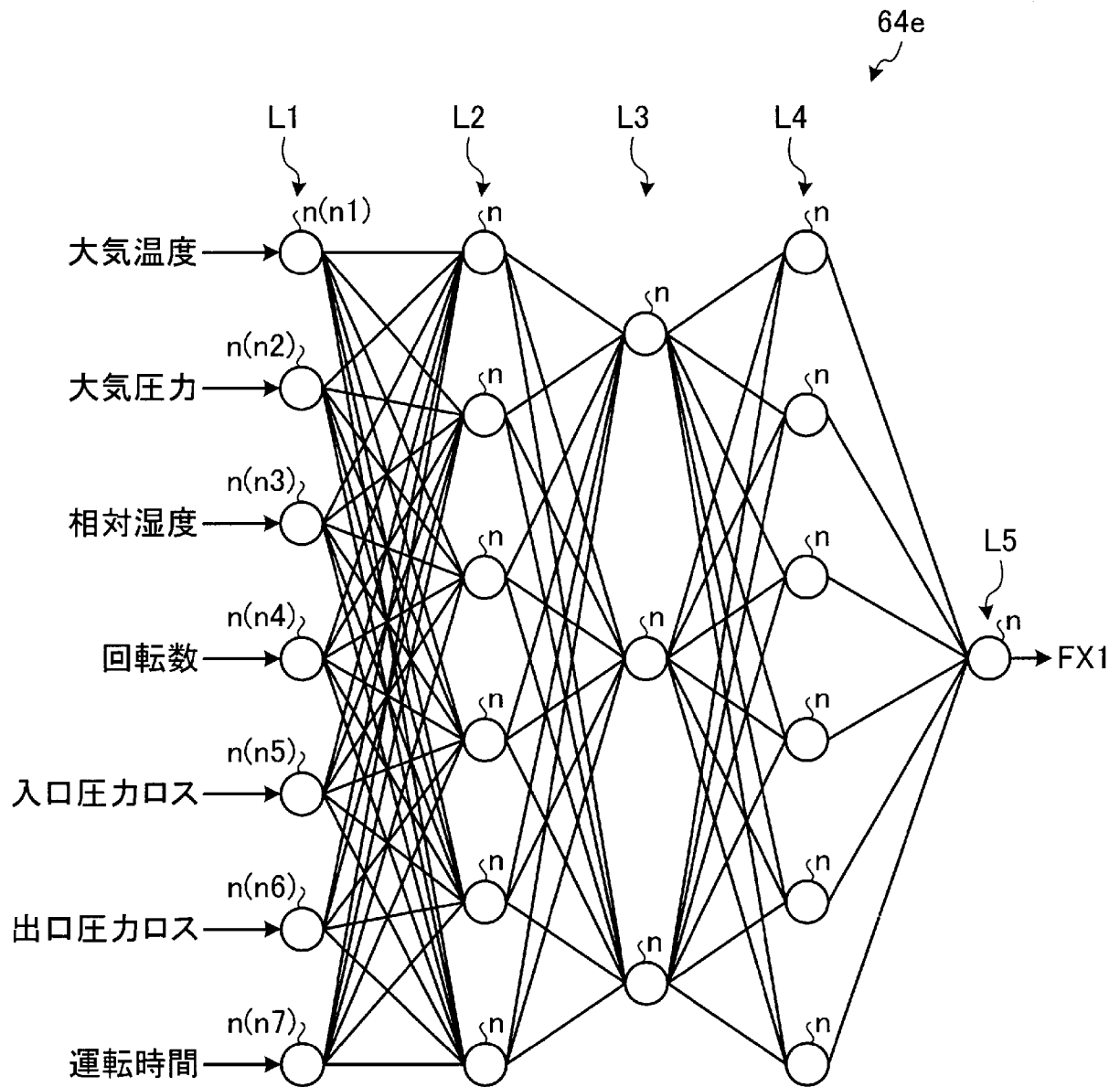
[図7]



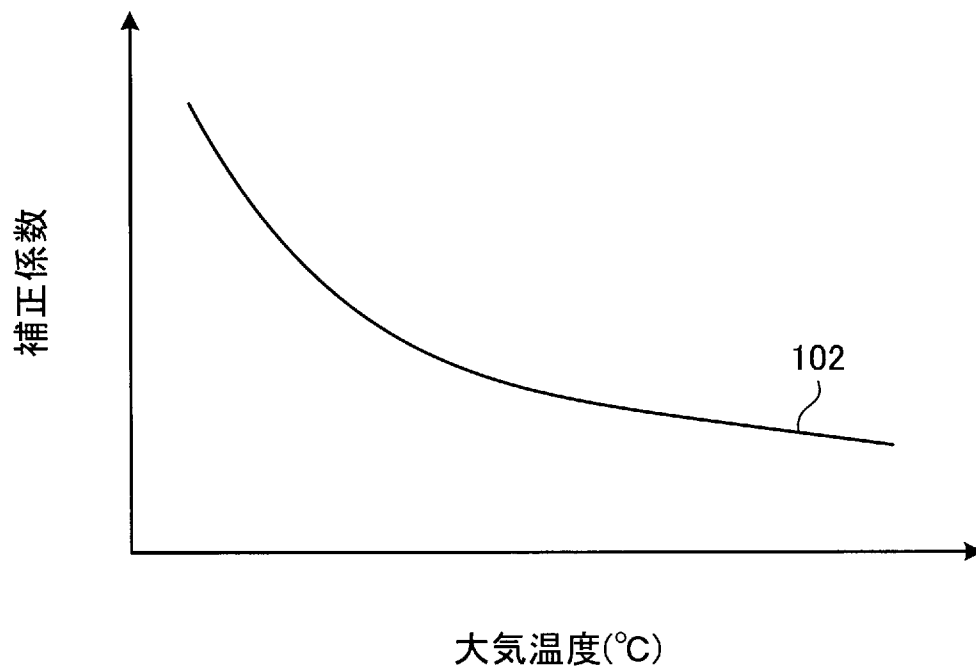
[図8]



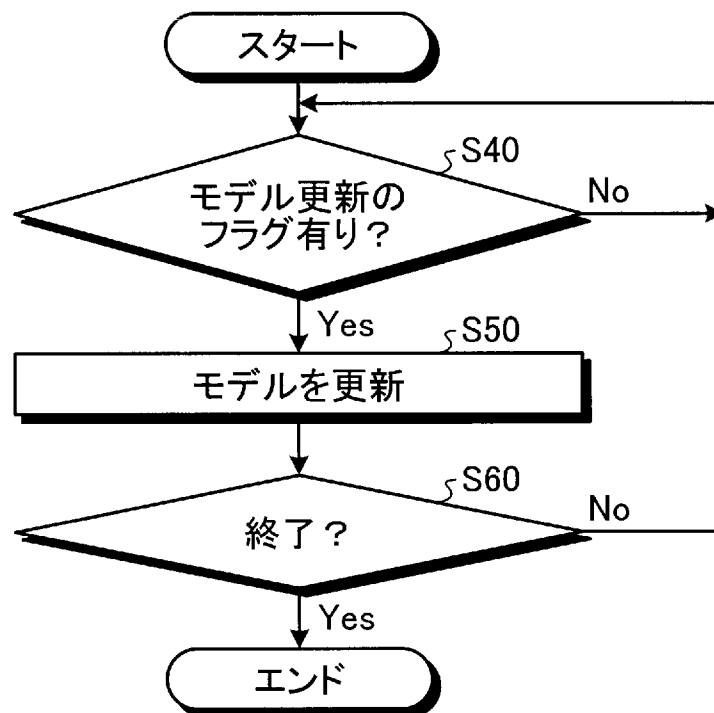
[図9]



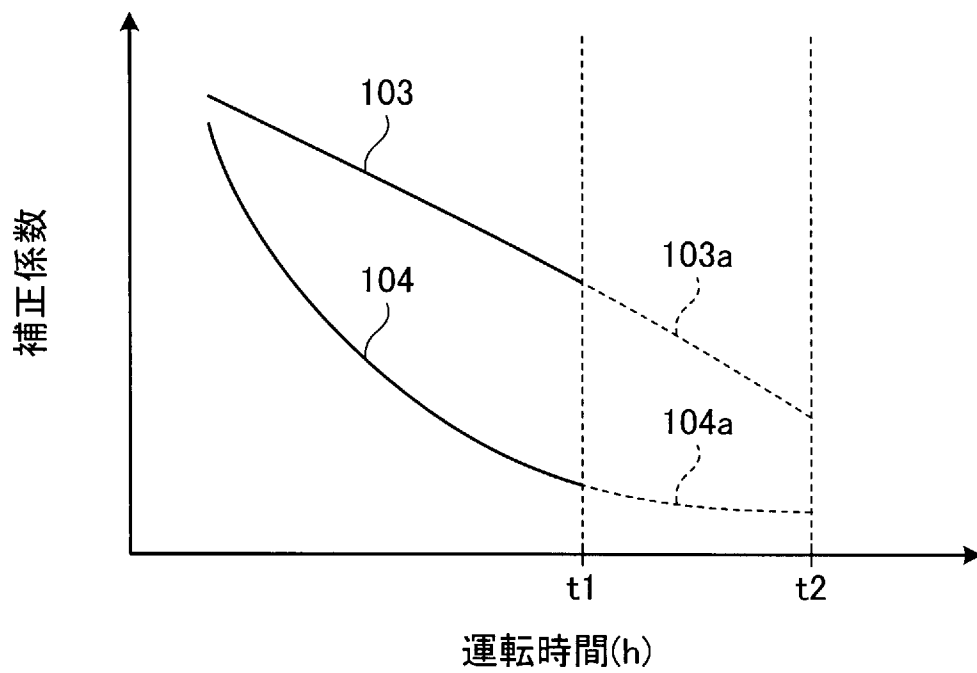
[図10]



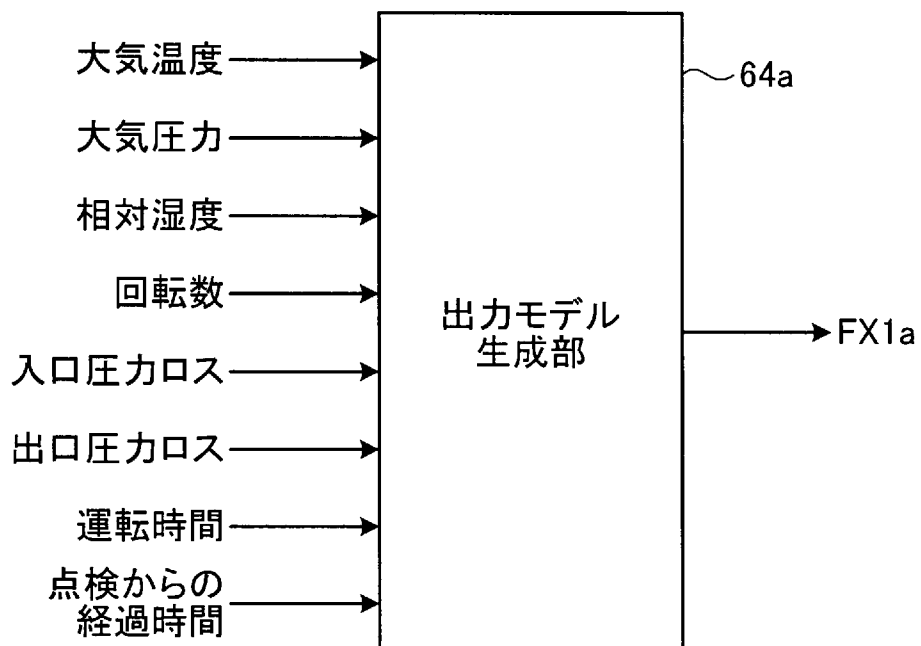
[図11]



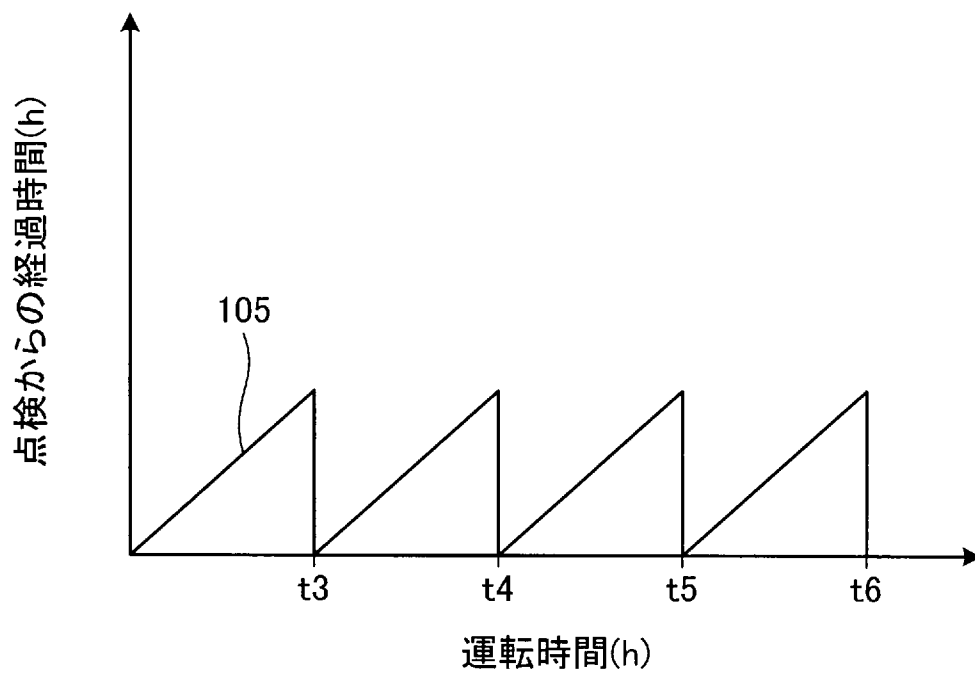
[図12]



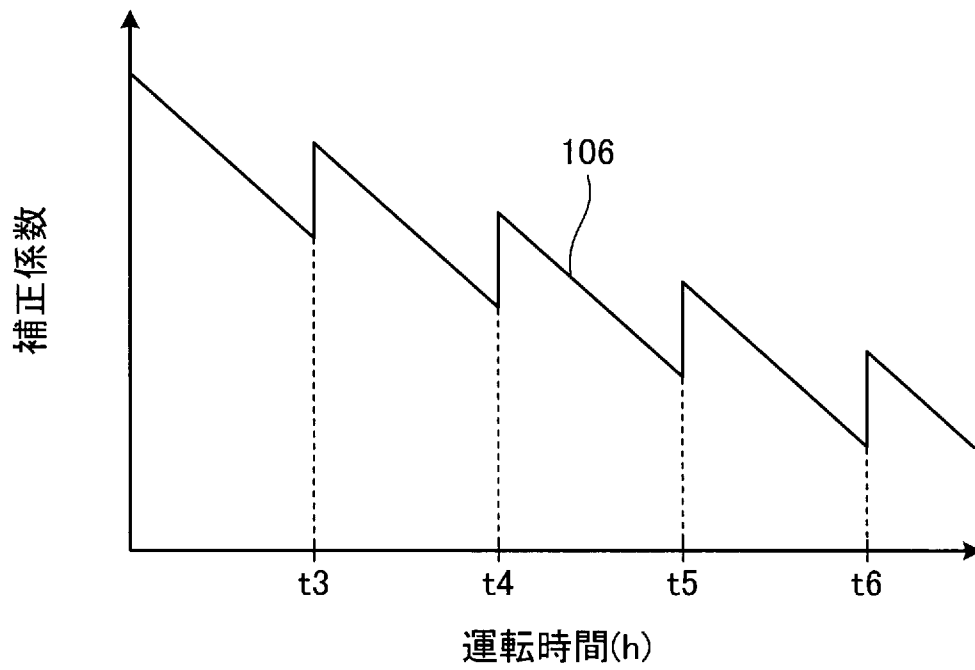
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/085176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

F02C7/00, F01D25/00, G01M99/00

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.
X Y	JP 2003-83089 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 19 March 2003 (19.03.2003), paragraphs [0001] to [0021]; fig. 1 to 4, 6 (Family: none)	1-2, 4-5 3
Y	JP 2002-73156 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 12 March 2002 (12.03.2002), paragraphs [0028], [0047] to [0048] (Family: none)	3

☐ 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
02 February 2017 (02.02.17)

Date of mailing of the international search report
14 February 2017 (14.02.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F02C7/00(2006.01)i, F01D25/00(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. F02C7/00, F01D25/00, G01M99/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017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
X Y	JP 2003-83089 A（石川島播磨重工業株式会社） 2003.03.19, 段落[0001]-[0021], 図1-4, 6 (ファミリーなし)	1-2, 4-5 3
Y	JP 2002-73156 A（川崎重工業株式会社） 2002.03.12, 段落[0028], [0047]-[0048] (ファミリーなし)	3

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

02.02.2017

国際調査報告の発送日

14.02.2017

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）

瀬戸 康平

3S

6210

電話番号 03-3581-1101 内線 3391