

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-177939

(P2014-177939A)

(43) 公開日 平成26年9月25日(2014.9.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2C 9/26 (2006.01)	FO2C 9/26	
FO2C 9/28 (2006.01)	FO2C 9/28	C
FO2C 9/00 (2006.01)	FO2C 9/00	A
FO2C 7/26 (2006.01)	FO2C 9/00	B
	FO2C 7/26	D

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-48287 (P2014-48287)	(71) 出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(22) 出願日	平成26年3月12日 (2014.3.12)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
(31) 優先権主張番号	13/801,259	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成25年3月13日 (2013.3.13)	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(33) 優先権主張国	米国(US)	(74) 代理人	100113974 弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ガスタービンのチューニング及び制御システム、及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ガスタービンエンジンをチューニングする方法を提供する。

【解決手段】ガスタービンエンジンが第1の動作状態で動作する際に第1の複数の動作パラメータを受信するステップを含む。方法は更に、ガスタービンエンジンを第2の動作状態で動作させて、第2の動作状態での第2の複数の動作パラメータを測定するステップを含む。加えて、方法はガスタービンエンジンを第3の動作状態で動作させて、第3の動作状態での第3の複数の動作パラメータを測定するステップを含み、但し、第1、第2、及び第3の動作状態は互いに異なる。加えて、方法は第1、第2、及び第3の複数の動作パラメータに基づいて補正係数を生成するステップを含む。方法は更に、補正係数に基づいてガスタービンエンジンの動作を調整するステップを含む。

【選択図】図4

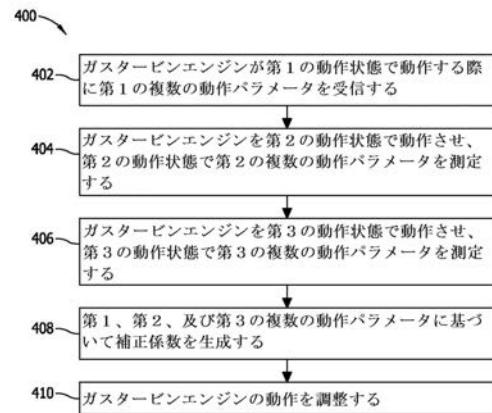


FIG. 4

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- ガスタービンエンジンをチューニングする方法であって、
 (a) ガスタービンエンジンが第1の動作状態で動作する際に第1の複数の動作パラメータを受信するステップ、
 (b) 前記ガスタービンエンジンを第2の動作状態で動作させて、第2の動作状態での第2の複数の動作パラメータを測定するステップ、
 (c) 前記ガスタービンエンジンを第3の動作状態で動作させて、第3の動作状態での第3の複数の動作パラメータを測定するステップ(但し、第1、第2、及び第3の動作状態は互いに異なる)、
 (d) 前記第1、第2、及び第3の複数の動作パラメータに基づいて補正係数を生成するステップ、及び、
 (e) 前記補正係数に基づいて前記ガスタービンエンジンの動作を調整するステップ、を含む方法。

【請求項 2】

前記第1の複数の動作パラメータを受信するステップが、前記ガスタービンエンジンに結合された少なくとも1つの制御センサから前記第1の複数の動作パラメータを受信するステップを含む請求項に記載の方法。

【請求項 3】

前記ガスタービンエンジンが第1の動作状態で動作する際に第1の複数の動作パラメータを受信するステップが、前記ガスタービンエンジンが定格着火温度、定格排気温度、定格パワー出力、及び定格排出量レベルの1つで動作する際の第1の複数の動作パラメータを受信するステップを含む請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

補正係数を生成するステップが、前記第1、第2、及び第3の複数の動作パラメータを、コントローラによって実行される動作境界モデルとスケジューリングアルゴリズムの1つに適用するステップを含む請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記第1、第2、及び第3の複数の動作パラメータに基づいて、前記ガスタービンエンジンの計算された動作状態を判定するステップを更に含む請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記補正係数を生成するステップが、定格動作状態を前記計算された動作状態と比較して差分値を計算するステップを含む請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記定格動作状態を前記計算された動作状態と比較するステップが、前記ガスタービンエンジンに結合されたコントローラを使用して、前記定格動作状態を前記計算された動作状態と比較するステップを含む請求項6に記載の方法。

【請求項 8】

前記ガスタービンエンジンの調整動作が、前記ガスタービンエンジンに結合されたコントローラを前記補正係数で修正するステップを含む請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

複数の補正係数を生成するステップと、
 前記ガスタービンエンジンに使用される前記複数の補正係数の少なくとも1つを選択するステップと、を更に含む請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

ステップ(a)から(e)が前記ガスタービンエンジンの動作中に周期的に反復される請求項1に記載の方法。

【請求項 11】

ステップ(a)、(b)、及び(c)の少なくとも1つが反復される請求項1に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

ステップ(a)から(e)が前記ガスタービンエンジンに結合されたコントローラによって自動的に実行される請求項1に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記ガスタービンエンジンの前記動作の調整が、前記補正係数に基づいて定格動作状態を調整するステップを含む請求項1に記載の方法。

【請求項 1 4】

ガスタービンエンジンのチューニング中に燃焼器の温度制御を調整するためのシステムであって、

前記ガスタービンエンジンに結合され、前記ガスタービンエンジンに関連する少なくとも1つの動作パラメータをコントローラに送信するように構成された少なくとも1つの制御センサと、

前記ガスタービンエンジンに結合され、前記ガスタービンエンジンに関連する少なくとも1つの精密動作パラメータを較正用コンピューティングデバイスに送信するように構成された少なくとも1つの精密センサと、

前記ガスタービンエンジンの動作を制御すると共に、

前記少なくとも1つの動作パラメータを前記少なくとも1つの制御センサから受信するように構成されたコントローラと、

前記少なくとも1つの精密動作パラメータを前記少なくとも1つの精密センサから受信するように構成された較正用コンピューティングデバイスと、を備えるシステム。

【請求項 1 5】

前記較正用コンピューティングデバイスが、信号を前記コントローラに送信するように構成された通信インターフェースを備える請求項14に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記コントローラが更に、前記少なくとも1つの動作パラメータに基づく、定格着火温度と定格排気温度との1つを含む第1の動作状態で前記ガスタービンエンジンの動作を制御するように構成される請求項14に記載のシステム。

【請求項 1 7】

ガスタービンエンジンのチューニング方法であって、

第1の動作状態で前記ガスタービンエンジンを動作させて、前記第1の動作状態で第1の複数の動作パラメータを測定するステップと、

第2の動作状態で前記ガスタービンエンジンを動作させて、前記第2の動作状態で第2の複数の動作パラメータを測定するステップと(但し前記第1の動作状態と前記第3の複数の動作状態は互いに異なる)、

前記補正係数に基づいて、前記ガスタービンエンジンに結合されたコントローラを前記補正係数で修正することを含めて前記ガスタービンエンジンの動作を調整するステップと、を含む方法。

【請求項 1 8】

前記ガスタービンエンジンを第1の動作状態で動作させるステップが、定格着火温度、定格排気温度、定格パワー出力、及び定格排出量レベルの1つで前記ガスタービンエンジンを動作させるステップを含む請求項17に記載の方法。

【請求項 1 9】

少なくとも前記第1の複数の動作パラメータと、前記第2の複数の動作パラメータに基づいて、前記ガスタービンエンジンの計算された動作状態を判定するステップを更に含む請求項17に記載の方法。

【請求項 2 0】

補正係数を生成するステップが、定格動作状態を前記計算された動作状態と比較して差分値を計算するステップを含む請求項19に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は一般にガスタービンエンジンに関し、より具体的にはガスタービンエンジンのチューニングに使用するシステム及び方法に関する。

【0002】

少なくともある種の既知のガスタービンエンジンは、それらの動作を監視し、制御するコントローラを含んでいる。既知のコントローラは、ガスタービンエンジンの燃焼システム、及びエンジンの動作パラメータを用いるガスタービンエンジンのその他の動作態様を管理する。少なくともある種の既知のコントローラは、ガスタービンエンジンの現在の動作状態を示し、物理学ベースのモデル、又は伝達関数によって動作境界を規定し、動作境界モデルに動作パラメータを与える。加えて、少なくともある種の既知のコントローラは更に、スケジューリングアルゴリズムに動作パラメータを与え、誤差項を判定し、1つ又は複数のガスタービンエンジン制御エフェクタを調整することによって境界を制御する。しかし、少なくともある種の動作パラメータは、センサを使用した測定の実行が困難なパラメータなどの非測定パラメータであることがある。このようなパラメータの幾つかには、着火温度（すなわちステージ1のタービンベーン出口温度）、燃焼器出口温度、及び／又はタービンステージ1のノズル入口温度が含まれる。

10

【0003】

少なくともある種の既知のガスタービンエンジン制御システムは、圧縮機入口圧及び入口温度、圧縮機の出口圧力及び出口温度、タービンの排気圧力及び排気温度、燃料流量及び温度、周囲条件、及び／又は発電機出力などの測定パラメータを利用して非測定パラメータを間接的に制御、又は監視する。しかし、間接的パラメータの値には不確実性があり、燃焼ダイナミックス及び排出量を低減するために、関連するガスタービンエンジンをチューニングする必要がある場合がある。非測定パラメータの不確実性のため、このような既知の制御システムを含むガスタービンエンジンには設計マージンが使用される。このような設計マージンを使用すると、最悪の場合の動作境界を防ぎ、これに対処しようと多くの動作条件でガスタービンエンジンの性能を低下させることがある。更に、このような既知の制御システムの多くは、ガスタービンエンジンの着火温度又は排気温度を正確に推定できず、その結果、エンジンの効率が低下し、1基以上のガスタービンエンジンを有する設備で機械ごとの変動を生じことがある。

20

【先行技術文献】

30

【特許文献】**【0004】****【特許文献1】米国特許第8127557号明細書****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

産業用ガスタービンで着火温度の機械ごとの温度変動を低減することは困難であることが実証されている。例えば、着火温度は、ガスタービン及びそれらのアセンブリのコンポーネント内での変動を含めて、多くの異なる変数の関数である。これらの変動は、ガスタービンの部品の製造、据え付け、及び組み立てに必要な許容差に起因するものである。加えて、ガスタービンに動作パラメータを測定するために使用される制御装置及びセンサは、それらの測定の一定量の不確実性を含んでいる。それは、着火温度など、ガスタービンエンジンの非測定動作パラメータの変動を必然的に生じる、測定された動作パラメータ及び機械コンポーネントの変動値を検出するために使用される測定システムの不確実性である。これらの生来の不正確さの組み合わせによって、既知の周囲条件のセットでガスタービンエンジンの設計通りの着火温度を達成することが困難になり、その結果、機械ごとの着火温度の変動が生じる。

40

【課題を解決するための手段】**【0006】**

一態様では、ガスタービンエンジンの動作をチューニングする方法が提供される。方法

50

は、ガスタービンエンジンが第1の動作状態で動作する際に、第1の複数の動作パラメータを受信するステップを含んでいる。方法は更に、第2の動作状態で第2の複数の動作パラメータを測定するために、第2の動作状態でガスタービンエンジンを動作させるステップを含んでいる。方法はそれに加えて、第3の動作状態で第23複数の動作パラメータを測定するために、第3の動作状態でガスタービンエンジンを動作させるステップを含んでおり、第1、第2及び第3の動作状態は互いに異なっている。方法は更に、第1、第2及び第3の複数の動作パラメータに基づいて補正係数を生成するステップを含んでいる。方法は又、補正係数に基づいてガスタービンエンジンの動作を調整するステップを含んでいる。

【0007】

10

別の態様では、ガスタービンエンジンのチューニング中に燃焼器の温度制御を調整するシステムが提供される。システムは、ガスタービンエンジンに結合された少なくとも1つの制御センサを含んでいる。少なくとも1つの制御センサは、ガスタービンエンジンに関連する少なくとも1つの動作パラメータをコントローラに送信するように構成されている。システムは又、前記ガスタービンエンジンに結合されて少なくとも1つの精密センサを含んでいる。少なくとも1つの精密センサは、ガスタービンエンジンに関連する少なくとも1つの精密な動作パラメータを較正用コンピューティングデバイスに送信するように構成されている。加えて、システムは、ガスタービンエンジンの動作を制御し、少なくとも1つの制御センサから少なくとも1つの動作パラメータを受信するように構成されたコントローラを含んでいる。システムは更に、較正用コンピューティングデバイスを含んでいる。較正用コンピューティングデバイスは、精密センサによって送信された精密動作パラメータを受信するように構成されている。

20

【0008】

更に、別の態様では、ガスタービンエンジンの動作をチューニングする代替方法が提供される。方法は、第1の動作状態で第1の複数の動作パラメータを測定するために、ガスタービンエンジンを第1の動作状態で動作させるステップを含んでいる。方法は更に、第2の動作状態で第2の複数の動作パラメータを測定するために、ガスタービンエンジンを第2の動作状態で動作させるステップを含み、第1の動作状態と第2の動作状態とは互いに異なる。方法は更に、第1の複数の動作パラメータと、第2の複数の動作パラメータの少なくとも1つに基づいて、較正用コンピューティングデバイスを使用して補正係数を生成するステップを含んでいる。方法は又、補正係数に基づいて、ガスタービンエンジンに結合されたコントローラを補正係数で修正することを含め、ガスタービンエンジンの動作を調整するステップを含んでいる。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】例示的制御システムを含む例示的ガスタービンエンジンの概略図である。

【図2】図1に示すガスタービンエンジンの動作を制御するために図1の制御システムに使用し得る例示的制御アーキテクチャの概略図である。

【図3】図1の制御システムによって使用されるガスタービンエンジンのモデルを使用して、統計的に有意な数の図1のガスタービンエンジンの動作状態の確率的シミュレーションを示すグラフである。

40

【図4】図1に示すガスタービンエンジンのチューニング中に燃焼器の温度制御を調整するように実装してもよい例示的方法のフローチャートである。

【図5】図1に示すガスタービンエンジンを定格パワー出力まで運転することによって、着火温度の変動をどのように低減するかを示す図3の確率的シミュレーションのグラフである。

【図6】4つの象限に区分された図5に示す境界線の間に位置する定格パワー出力線を示すグラフである。

【図7】較正用コンピューティングデバイスを含む図1に示すガスタービンエンジンの代替実施形態の概略図である。

50

【図8】それに限定されないが図1のガスタービンエンジンの動作パラメータの監視など、いずれかの装置、システム及びプロセスの監視を実行するために使用されてもよい図7の較正用コンピューティングデバイスのブロック図である。

【図9】図1に示すガスタービンエンジンのチューニング中に燃焼器の温度制御を調整するために実装されてもよい代替方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1は、例示的制御システム18を含む例示的ガスタービンエンジン10の概略図である。例示的実施形態では、ガスタービンエンジン10は、圧縮機12と、燃焼器14と、圧縮機12に駆動的に結合されたタービン16と、コンピュータ制御システムは又はコントローラ18とを含んでいる。圧縮機12への入口ダクト20は空気、及び場合により注入水を圧縮機12に流入させる。ダクト20は、ダクト、フィルタ、スクリーン、又は入口ダクト20を経て圧縮機12の入口ガイドベーン(IGV)21へと流れる周囲空気の圧力損失の一因となる吸音デバイスを含んでもよい。ガスタービンエンジン10からの燃焼ガスは、排気ダクト22を通って誘導される。排気ダクト22は吸音材と、ガスタービンエンジン10に背圧を誘発する排気制御デバイスとを含んでもよい。入口圧力損失及び背圧の量は、入口ダクト20及び排気ダクト22にコンポーネントを追加することにより、且つ/又は入口ダクト20及び排気ダクト22にそれぞれ塵や埃が詰まる結果、経年と共に変動することがある。例示的実施形態では、ガスタービンエンジン10は、電力を生成する発電機24を駆動する。

10

20

【0011】

例示的実施形態では、複数の制御センサ26がガスタービンエンジン10、発電機24の様々な動作条件、及び/又はガスタービンエンジン10の動作中の周囲環境を検出する。多くの場合、複数の冗長制御センサ26が同じ動作条件を測定してもよい。例えば、一群の冗長温度制御センサ26が周囲温度、圧縮機排気温度、タービン排気ガス温度、及び/又はガスタービンエンジン10を通るガス流(図示せず)のその他の動作温度を監視してもよい。同様に、別の冗長圧力制御センサ26の一群が周囲圧力、圧縮機12での静圧及び動圧レベル、タービン16の排気、及び/又はガスタービンエンジン10内のその他のパラメータを監視してもよい。制御センサ26は、それらに限定されないが、流量センサ、速度センサ、火炎探知器センサ、バルブ位置センサ、ガイドベーン角度センサ、及び/又はガスタービンエンジン10の動作中に様々な動作パラメータを検出するために使用されるその他のデバイスを含んでもよい。

30

【0012】

本明細書で用いられる「パラメータ」という用語は、温度、圧力、及び/またはガスタービンエンジン10内の所定位置でのガス流量などの、ガスタービンエンジン10の動作条件を定義するために使用できる特性を指す。ある種のパラメータは測定され、すなわち、検出され、直接知ることができるが、一方、別のパラメータはモデルによって計算され、したがって推定され、間接的に判明する。ある種のパラメータは最初にコントローラ18によって入力されてもよい。測定され、推定され、又はユーザーにより入力されるパラメータは、ガスタービンエンジン10の所与の動作状態を表す。

40

【0013】

燃料制御システム28は、燃料供給源(図示せず)から燃焼器14への燃料流量、及び一次燃料ノズルと二次燃料ノズル(図示せず)との間のスプリットの量、及び燃焼器14に流入する二次空気との混合量を調整する。燃焼制御システム28は更に、燃焼器14内で使用される燃料のタイプを選択してもよい。燃料制御システム28は別個のユニットでもよく、又はコントローラ18のコンポーネントでもよい。

【0014】

コントローラ18は、少なくとも部分的に制御センサ26の入力、及びオペレータ要員の命令に基づいてガスタービンエンジン10の動作を制御する動作を実行する、少なくとも1つのプロセッサ(図示せず)及び少なくとも1つのメモリデバイス(図示せず)を含

50

むコンピュータシステムでよい。コントローラは、例えばガスタービンエンジン10のモデルを含んでもよい。コントローラ18によって実行される動作には、動作パラメータの検出及びモデリング、動作境界のモデリング、動作境界モデルの適用、又は燃焼器14への燃料流量を調整することなどによりガスタービンエンジン10の動作を制御するスケジューリングアルゴリズムの適用が含まれてもよい。コントローラ18は、それに限定されないが着火温度などの制御出力を生成するために、ガスタービンエンジン10の動作パラメータを、ガスタービンエンジン10が使用する動作境界モデル、又はスケジューリングアルゴリズムと比較する。コントローラ18によって生成される指令は、ガスタービンエンジン10上の燃料アクチュエータ27に燃料流量、燃料スプリット、及び／又は燃料供給源と燃焼器14との間を流される燃料のタイプを選択的に調整させる。アクチュエータ29にIGV21の相対位置を調整させ、入口抽気熱を調整させ、又はガスタービンエンジン10でのその他の制御設定を起動させる別の指令が生成されてもよい。

10

【0015】

動作パラメータは一般に、ガスタービンエンジン10内の所定位置、及び所定の動作状態での温度、圧力、及びガス流量などのガスタービンエンジン10の動作状態を示す。ある種のパラメータは測定され、すなわち、検出され、直接知ることができるが、一方、別のパラメータはモデルによって計算され、したがって推定され、間接的に判明する。推定され、又はモデリングされる動作パラメータは推定動作パラメータとも呼ばれ、それらに限定されないが、例えば着火温度、及び／又は排気温度を含んでもよい。動作境界は、ガスタービンエンジン10の1つ又は複数の物理的境界によって画定されてもよく、したがって、各々の境界でのガスタービンエンジン10の最適な状態を表してもよい。更に、動作境界モデルは、いずれかのその他の境界又は動作条件とは独立していてもよい。スケジューリングアルゴリズムを使用してタービン制御アクチュエータ27、29の設定を決定し、ガスタービンエンジン10を所定限度内で動作させてもよい。通常は、スケジューリングアルゴリズムは最悪のシナリオを防ぎ、ある動作状態で組み込まれた前提を有している。境界制御は、コントローラ18などのコントローラが、ガスタービンエンジン10を好みの状態で動作させるようにタービン制御アクチュエータ27、29を調整できるプロセスである。

20

【0016】

図2は、(図1に示す)ガスタービンエンジン10の動作を制御するために(図1に示す)コントローラ18に使用されてもよい例示的制御アーキテクチャ200の概略図である。より具体的には、例示的実施形態では、制御アーキテクチャ200はコントローラ18内に実装され、モデルベースの制御(MBC)モジュール56を含んでいる。MBCモジュール56は頑強で、ガスタービンエンジン10の忠実度が高く、物理学ベースのモデルである。MBCモジュール56は、測定された条件を入力動作パラメータとして受信する。このようなパラメータ48には、それらに限定されないが、周囲圧力及び周囲温度、燃料流量及び燃料温度、入口抽気熱、及び／又は発電機の電力損失が含まれる。MBCモジュール56は、定格着火温度50(又は定格動作状態428)を判定するために、入力動作パラメータ48をガスタービンモデルに適用する。MBCモジュール56は、本明細書に記載のように、制御アーキテクチャ200とガスタービンエンジン10の動作を可能にする任意のプラットフォームに実装されてもよい。

30

【0017】

更に、例示的実施形態では、制御アーキテクチャ200は、ガスタービンエンジン10のある特定の動作パラメータを推定する適応リアルタイムエンジンシミュレーション(ARES)モジュール58を含んでいる。例えば、一実施形態では、ARESモジュール58は、制御アルゴリズムで使用される、制御センサ26によって生成される動作パラメータなどの直接検出されない動作パラメータを推定する。ARESモジュール58は又、測定された動作パラメータを推定して、推定された条件と測定された条件とを比較できるようにする。この比較の結果は、ガスタービンエンジン10の動作を中断せずにARESモジュール58を自動的にチューニングするために用いられる。

40

50

【0018】

ARESモジュール58は、それらに限定されないが、周囲圧力及び周囲温度、圧縮機の入口ガイドベーンの位置、燃料流量、入口抽気熱の流れ、発電機の電力損失、入口ダクト及び排気ダクトの圧力損失、及び／又は圧縮機の入口温度などの入力動作パラメータ48を受信する。次いでARESモジュール58は、それらに限定されないが、排ガス温度62、圧縮機の排気圧力、及び／又は圧縮機の排気温度などの推定動作パラメータ60を生成する。例示的実施形態では、ARESモジュール58は、入力動作パラメータ48と合わせて推定動作パラメータ60をガスタービンモデルへの入力として使用して、例えば計算された着火温度64などの出力を生成する。

【0019】

例示的実施形態では、コントローラ18は入力として、計算された着火温度52を受信する。コントローラ18は比較器70を使用して、計算された着火温度52を定格着火温度50と比較し、補正係数54を生成する。補正係数54は、MBCモジュール56は内の定格着火温度50を調整して、補正された着火温度66を生成するために使用される。コントローラ18は比較器74を使用して、ARESモジュール58からの制御出力とMBCモジュール56からの制御出力を比較して差分値を生成する。この差分値は次いでカルマンフィルタ利得マトリクス（図示せず）に入力され、ARESモジュール58の制御モデルを継続的にチューニングするためにコントローラ18に供給される正規化された補正係数を生成することによって、ガスタービンエンジン10の増強された制御を促進する。代替実施形態では、コントローラ18は入力として排気温度補正係数68を受信する。排気温度補正係数68は、ARESモジュール58内の排気温度を調整するために使用されてもよい。

【0020】

図3は、コントローラ18によって使用される、ガスタービンエンジンのモデルを使用した図1のガスタービンエンジン10の統計的に有意な数の動作状態の確率的シミュレーションを示すグラフである。グラフは、ガスタービンエンジン10のパワー出力と着火温度の対比を表している。線300は、複数のデータポイント308での線形回帰モデルである。線302は、データポイント308に対応する99%の予測区間を表す。更に、線304はガスタービンエンジン10での定格、又は設計上の着火温度を表し、線306はガスタービンエンジン10での定格、又は設計上のパワー出力を表す。例示的実施形態では、図2に示す確率的シミュレーションは、80の単位の着火温度の近似変動を示している。この変動は、ガスタービンエンジン10のコンポーネントの公差と、コントローラ18及び制御センサ26の測定の不確実性に起因する。

【0021】

本明細書には、ガスタービンエンジン10のパワー出力、排出量、及び寿命の変動の低減を促進する、ガスタービンエンジン10の実際の動作状態、例えば着火温度及び／又は排気温度などの変動の低減を促進する、ガスタービンエンジン10のチューニング方法が記載される。方法は、ガスタービンエンジン1の設置中に、又は様々な周期でチューニングする個別プロセスとして実装されてもよく、又は所定の間隔で周期的に動作するように、及び／又はガスタービンエンジン10の動作中に継続的に動作するようにコントローラ18内に実装されてもよい。前述のように、着火温度は推定パラメータであるため、この方法はガスタービンの着火温度を直接測定しない。しかし、この方法は、ガスタービンエンジン10の着火温度の強力な指標である直接測定されたパラメータを生み出す。

【0022】

図4は、（図1に示す）ガスタービンエンジン10のチューニング中に燃焼器の温度を調整するように実装されてもよい例示的方法400のフローチャートである。チューニングプロセスを促進するため、例示的実施形態では、コントローラ18はガスタービンエンジン10を制御して、コントローラ18によって測定される現在の周囲条件のセットでの第1の動作状態420、例えば定格、又は設計上の着火温度50、又は定格、又は設計上の排気温度62で動作するようにガスタービンエンジンに指令する。ガスタービンエンジ

10

20

30

40

50

ン 1 0 のコンポーネントの公差により、又、コントローラ 1 8 及び制御センサ 2 6 の測定の不確実性により、第 1 の動作状態 4 2 0 、例えばガスタービンエンジン 1 0 の動作着火温度は未知である。しかし、図 2 に示す確率的シミュレーションデータは、99 % の確率でガスタービンエンジン 1 0 の着火温度の変動を表す。前述のように、着火温度は直接測定可能な数値ではない。しかし、タービンのパワー出力及びタービンの排出量は適正な精度で直接測定可能な数値であり、着火温度と相関される。ガスタービンエンジン 1 0 に第 1 の動作状態 4 2 0 で、すなわち定格着火温度で動作するように指令した後、コントローラ 1 8 は制御センサ 2 6 を使用して、それらに限定されないが、タービンのパワー出力、及びタービンの排出量を含む入力動作パラメータ 4 8 を受信する (402)。あるいは、コントローラ 1 8 がガスタービンエンジン 1 0 に第 1 の動作状態 4 2 0 で動作するように指令し、入力動作パラメータ 4 8 を受信するプロセスは、更に 1 回以上反復されてもよい。受信された複数の入力動作パラメータ 4 8 は次いで、ガスタービンエンジン 1 0 のコンポーネントの公差により、又、コントローラ 1 8 及び制御センサ 2 6 の測定の不確実性により、入力動作パラメータ 4 8 に関連する不確実性の低減を促進するために統計的に分析されてもよい。

【0023】

例示的実施形態では、コントローラ 1 8 によって受信された直接測定可能な入力動作パラメータ 4 8 、例えばタービンのパワー出力及びタービンの排出量などがガスタービンエンジン 1 0 の着火温度と相関される。しかし、単一のデータでは、ガスタービンエンジン 1 0 が所望の温度レベルで動作しているかどうかに関してかなりの不確実性を生じる。例示的実施形態では、図 4 に示すように、ガスタービンエンジン 1 0 の正確なチューニングを更に促進するため、コントローラ 1 8 はガスタービンエンジン 1 0 に第 2 の動作状態 4 2 2 、例えば定格、又は設計上のパワー出力 3 0 6 で動作するように指令する (404)。コントローラ 1 8 は制御センサ 2 6 を使用して、それに限定されないがタービンの排出量を含む入力動作パラメータ 4 8 、及びそれに限定されないが、推定着火温度を含む推定動作パラメータ 6 0 を受信する。あるいは、第 1 のプロセスに関して前述したように、コントローラ 1 8 がガスタービンエンジン 1 0 に第 2 の動作状態 4 2 2 で動作するように指令し、入力動作パラメータ 4 8 及び推定動作パラメータ 6 0 を受信する第 2 のプロセスは更に 1 回以上反復されてもよい。受信された複数の入力動作パラメータ 4 8 及び推定動作パラメータ 6 0 は、次いで入力動作パラメータ 4 8 及び推定動作パラメータ 6 0 に関連する不確実性を低減するために、統計的に分析されてもよい。図 5 は、ガスタービンエンジン 1 0 を第 2 の動作状態 4 2 2 で、又は定格パワー出力 3 0 6 で動作させることによって着火温度の変動をどのように低減するかを示す図 3 の確率的シミュレーションのグラフである。例示的実施形態では、データポイント 5 0 2 及び 5 0 4 は、特定のガスタービンエンジン 1 0 を表している。例えば、データポイント 5 0 2 で表されるガスタービンエンジン 1 0 は、定格パワー出力 3 0 6 より多くのパワー出力を有している。ポイント 5 0 4 で表されるガスタービンエンジン 1 0 は、定格パワー出力 3 0 6 よりも少ないパワー出力を有している。コントローラ 1 8 が (いずれかのデータポイント 3 0 8 に対応する) ガスタービンエンジン 1 0 に定格パワー出力 3 0 6 で動作するように指令すると、動作条件、例えばガスタービンエンジン 1 0 の着火温度は、データポイント 5 0 2 及び 5 0 4 では矢印で示すように変化する。言い換えると、ガスタービンエンジン 1 0 の着火温度は変化して、線 3 0 0 に平行な線を辿る。全てのデータポイント 3 0 8 が前述のように、定格パワー出力 3 0 6 に調整されると、全てのデータポイント 3 0 8 は、線 5 0 6 と線 5 0 8 との間の定格パワー出力 3 0 6 の線上に位置する。図 5 に示すように、全てのデータポイント 3 0 8 での温度変動は約 1 / 2 に低減されるため、排出量、及びタービン寿命の変動が低減される。

【0024】

第 1 の動作状態 4 2 0 、すなわち定格着火温度 5 0 で、及び第 2 の動作状態 4 2 2 、すなわち定格パワー出力 3 0 6 で動作するガスタービンエンジン 1 0 に対応する、コントローラ 1 8 によって受信される入力動作パラメータ 4 8 及び 6 0 は実際の着火温度変動の低

10

20

30

40

50

減を促進するために使用できるものの、これらの値は特定のガスタービンエンジン 10 の出力が線 506 と 508 との間で定格パワー出力 306 の線に沿って位置することはできない。着火温度の変動を更に低減するには、特定のガスタービンエンジン 10 の出力が線 506 と 508 との間で定格パワー出力 306 の線に沿って位置するようとする必要がある。特定のガスタービンエンジン 10 を定格パワー出力 306 の線に沿って位置させることを更に促進するためには、着火温度と相關する第 3 の変数が必要である。

【0025】

例示的実施形態では、ガスタービンエンジン 10 の排気の排出量レベルは確信をもって測定することができる。これらの放出量はガスタービンエンジン 10 の着火温度と相關する。あるいは、着火温度と相關するガスタービンエンジン 10 のいずれかの入力動作パラメータ 48 を使用して、ガスタービンエンジン 10 の温度変動の低減を促進することができる。例示的実施形態では、図 4 を参照すると、コントローラ 18 はガスタービンエンジン 10 に第 3 の動作状態、例えば特定の燃料スプリットで定格、又は設計上の排出量レベルで動作するように指令する。次いでコントローラ 18 は、それらに限定されないが、推定着火温度及びタービンのパワー出力を含む入力動作パラメータ 48 及び 60 を受信する。あるいは、コントローラ 18 がガスタービンエンジン 10 に第 3 の動作状態 424 で動作するように指令し、入力動作パラメータ 48 及び 60 を受信するプロセスは、更に 1 回以上反復されてもよい。受信された複数の入力動作パラメータ 48 及び 60 は次いで、ガスタービンエンジン 10 のコンポーネントの公差により、又、コントローラ 18 及び制御センサ 26 の測定の不確実性により、入力動作パラメータ 48 に関連する不確実性の低減を促進するために統計的に分析されてもよい。

10

20

30

40

【0026】

例示的実施形態では、コントローラ 18 は第 1 の動作状態 420、第 2 の動作状態 422、及び第 3 の動作状態 424 から受信した入力動作パラメータ 48 及び 60 を結合して、ガスタービンエンジン 10 の計算された着火温度 52（又は計算された動作状態 426）を判定する。コントローラ 18 は比較器 70 を使用して、ガスタービンエンジン 10 の定格着火温度 50 と計算された着火 52 との差分値を判定して、着火温度相関係数 54 を生成する（408）。着火温度相関係数 54 は、コントローラ 18 及び制御センサ 26 に関連するエラーを示す。コントローラ 18 は、補正された着火温度 66 を生成するために温度補正係数 54 で修正される。代替実施形態では、較正デバイス 30 が定格排気温度 62 を補正された排気温度 66 と比較して、差分値又は排気温度補正係数 68 を計算する。

【0027】

図 6 は、4 つの象限に区分された図 5 に示す線 506 と 508 との間に位置する定格パワー出力線 306 を示すグラフである。象限 A に位置するガスタービンエンジン 10 の動作着火温度は、他の 3 つの象限、すなわち象限 B、C 及び D に位置するガスタービンエンジン 10 よりも測定可能な程度に低い排出量レベルを有している。したがって、象限 A に位置するガスタービンエンジン 10 の動作着火温度は、ガスタービンエンジンが象限 B 又は C のいずれかに移動するように上方調整されることがある。象限 D に位置するガスタービンエンジン 10 からの排出量レベルは、象限 A、B 及び C 内のガスタービンエンジンの排出量レベルよりも測定可能な程度に高く、したがって、ガスタービンエンジン 10 が象限 C 又は象限 B に移動するようにその動作着火温度は下方調整されることがある。図 6 に示すように、ガスタービンエンジン 10 の記載のチューニング方法を使用することによって、着火温度の変動を全体として約 1/4 まで低減することができる。前記の複数の動作条件から測定された動作パラメータ 48 を使用することで、ガスタービン 10 の真の動作ポイントを理解する上でその不確実性が大幅に低下し、このポイントを用いてガスタービンエンジン 10 の基準ラインの動作条件を固定することができる。このように、再び図 4 を参照すると、コントローラ 18 は、着火温度補正係数 54 に基づいて、指令された着火温度、又は定格着火温度 50 を調整するように修正される（410）。

【0028】

例示的実施形態では、方法 400 の好適な実行は、方法がいったん開始されるとユーザ

50

ーの介入なく最初から最後まで複数の動作状態及びその後の判定、及びコントローラ 18 への補正係数 54 の適用を経て進行する。しかし、例示的方法 400 の実行はユーザーの介入を排除するものではない。前述のように、幾つかの入力動作パラメータ 48 及び 60 はユーザーによってコントローラ 18 に入力されてもよい。入力されたこれらの動作パラメータ 48 及び 60 は、ガスタービンエンジン 10 の動作状態の 1 つでコントローラ 18 によって受信された入力動作パラメータ 48 及び 60 を置き換えることを含め、方法 400 の実行中の任意の時点でユーザーによって入力されてもよい。加えて、方法 400 の実行は、既に完了した方法 400 のステップを反復することをコントローラ 18 に要求することを含め、ユーザーが介入してコントローラ 18 に追加の指示を与えることを排除するものではない。ユーザーの介入中、コントローラ 18 はガスタービンエンジン 10 の様々な動作状態で制御センサ 26 から受信された入力動作パラメータ 48 及び 60 を保存する。コントローラ 18 は、介入するユーザーの要求を実行した後、方法 400 の実行を継続する。

10

20

30

40

50

【0029】

前述のように、ガスタービンエンジン 10 のチューニング中に燃焼器の温度制御を調整する例示的方法 400 は、設置中に、及びオペレータにより決定された様々な周期でガスタービンエンジン 10 をチューニングする個別のプロセスとして実装されてもよく、又は、方法 400 は、所定の周期で、及び / 又はガスタービンエンジン 10 の動作中に継続的にコントローラ 18 内で実行される自動プロセスとして実装されてもよい。ガスタービンエンジン 10 の動作中に方法 400 を自動的且つ継続的に実行することの 1 つの利点は、コンポーネント及び制御センサ 26 は経年と共に劣化するため、ガスタービンエンジン 10 の正確なチューニングを促進するために、補正係数 54 を継続的に調整することにある。しかし、前述のように、例示的方法 400 の自動的な実行はユーザーの介入を排除するものではない。方法 400 の個別的な実行と同様に、幾つかの入力動作パラメータ 48 及び 60 はユーザーによってコントローラ 18 に入力されてもよい。これらの入力動作パラメータ 48 及び 60 は、ガスタービンエンジン 10 の動作状態の 1 つでコントローラ 18 によって受信される入力動作パラメータ 48 及び 60 の置き換えを含み、方法 400 の自動的な実行中の任意の時点でユーザーによって入力されてもよい。加えて、方法 400 の自動的な実行は、ユーザーが介入して、既に完了して方法 400 のステップを反復することをコントローラ 18 に要求するなどの追加の指示をコントローラ 18 に与えることを排除するものではない。ユーザーの介入中、コントローラ 18 は、ガスタービンエンジン 10 の様々な動作状態で制御センサ 26 から受信した入力動作パラメータ 48 及び 60 を保存する。コントローラ 18 は、ユーザーが介入する要求を実行した後は、方法 400 の自動的な実行を継続する。

【0030】

図 7 は、較正用コンピューティングデバイス 30 を含む図 1 のガスタービンエンジン 10 の代替実施形態の概略図である。例示的実施形態では、較正用コンピューティングデバイス 30 は、ガスタービンエンジン 10 、発電機 24 、及び周囲環境に様々な観察可能な条件を精密動作パラメータ 33 として検出する精密センサ 32 を使用して、初期設置中に、及びガスタービンエンジン 10 のチューニング時にガスタービンエンジン 10 を監視してもよい。センサ 32 は、それらに限定されないが、流量センサ、速度センサ、火炎探知器センサ、バルブ位置センサ、ガイドベーン角度センサ、及び / 又はガスタービンエンジン 10 の調整動作に関わる様々な動作パラメータを検出するために使用される他のデバイスを含んでもよい。センサ 32 は一般に、コントローラ 18 に使用される制御センサよりも大幅に精密である。

【0031】

較正用コンピューティングデバイス 30 は、精密センサ 32 からの入力に少なくとも部分的に基づいてガスタービンエンジン 10 の動作を実行する少なくとも 1 つのプロセッサを含むコンピュータシステムでよい。較正用コンピューティングデバイス 30 は、例えばガスタービンエンジン 10 のモデルを含んでもよい。較正用コンピューティングデバイス

30 によって検出される動作パラメータには、それらに限定されないが、圧縮機の入口圧力及び入口温度、圧縮機の出口圧力及び出口温度、タービンの排気圧力及び排気温度、燃料流量及び燃料温度、周囲条件、及び / 又は発電機の出力が含まれてもよい。較正用コンピューティングデバイス30は、それに限定されないが、着火温度などの制御センサ出力の生成を促進するために、ガスタービンエンジン10に動作境界モデル、又は少なくとも1つのスケジューリングアルゴリズムへの動作パラメータを適応してもよい。

【0032】

図8は、それに限定されないが、ガスタービンエンジンの10動作パラメータの監視など、いずれかの装置、システム及びプロセスの監視を実行するために使用されてもよい(図7に示す)較正用コンピューティングデバイスのブロック図である。例示的実施形態では、較正用コンピューティングデバイス30は、メモリデバイス34と、メモリデバイス34に結合されたプロセッサ36とを含んでいる。プロセッサ36は、それに限定されないが、マルチコア構成などの1つ又は複数の処理ユニットを含んでもよい。幾つかの実施形態では、実行可能命令はメモリデバイス34に格納されている。較正用コンピューティングデバイス30は、プログラミングプロセッサ36によって本明細書に記載の1つ又は複数の動作を実行するように構成可能である。例えば、プロセッサ36は、動作を1つ又は複数の実行可能命令としてエンコードし、メモリデバイス34に実行可能命令を与えることによってプログラムされてもよい。例示的実施形態では、メモリデバイス34は、実行可能命令又はその他のデータなどの情報を記憶し、検索可能な1つまたは複数のデバイスである。メモリデバイス34には、それらに限定されないが、ランダムアクセスメモリ(RAM)、ダイナミックRAM、スタティックRAM、ソリッドステートディスク、ハードディスク、リードオンリメモリ(ROM)、消去可能プログラマブルROM、電気的に消去可能なプログラマブルROM、又は不揮発性RAMメモリなどの1つまたは複数のコンピュータ読み取り可能媒体を含まれてもよい。上記のメモリのタイプは例示であるに過ぎず、したがってコンピュータプログラムの格納に使用できるメモリのタイプを限定するものではない。

10

20

30

40

【0033】

本明細書で用いられる「コンピュータ」という用語、及び「コンピューティングデバイス」などの関連用語は、当技術分野でコンピュータと呼ばれる集積回路に限定されるものではなく、更にマイクロコンピュータ、プログラマブル論理コントローラ(PLC)、特定用途向け集積回路、及びその他のプログラム可能回路として広義に用いられ、これらの用語は本明細書では同じ意味で用いられる。

【0034】

メモリデバイス34は、それらに限定されないが、リアルタイム及び過去の動作パラメータ値、又は任意のその他のタイプのデータを含む動作パラメータを格納するように構成されてもよい。幾つかの実施形態では、プロセッサ36はデータの経年に応じてメモリデバイス34からデータを削除、又は「ページ」する。例えば、プロセッサ36は後続の時間又は事象に関連する以前に記録され、格納されたデータを上書きしてもよい。それに加えて、又はその代わりに、プロセッサ36は所定期間を経過したデータを削除してもよい。それに加えて、メモリデバイス34は、それに限定されないが精密センサ32を含むガスタービンエンジン内のコンポーネントの監視及び制御を促進するため、それらに限定されないが、十分なデータ、アルゴリズム、及びコマンドを含んでいる。

【0035】

本明細書で用いられる「リアルタイム」という用語は、関連事象の発生時間、所定のデータの測定及び収集時間、データを処理する時間、及びシステムが事象や環境に応答する時間の少なくとも1つの時間を指す。本明細書に記載の実施形態では、これらの活動や事象は実質的に瞬時に行われる。

【0036】

幾つかの実施形態では、較正用コンピューティングデバイス30は、プロセッサ36に結合された掲示インターフェース38を含んでいる。掲示インターフェース38は、ユー

50

ザーインターフェースなどの情報をユーザー 40 に掲示する。一実施形態では、掲示インターフェース 38 は、陰極線管 (CRT)、液晶ディスプレー (LCD)、有機 LED (OLED) ディスプレー、又は「電子インク」ディスプレーなどのディスプレーアダプタ (図示せず) を含んでいる。幾つかの実施形態では、掲示インターフェース 38 は、1つまたは複数のディスプレーデバイスを含んでいる。それに加えて、又はその代わりに、掲示インターフェース 38 は、それらに限定されないが、オーディオアダプタ、スピーカ、又はプリンタ (図示せず) などの音声出力デバイス (図示せず) を含んでいる。

【0037】

幾つかの実施形態では、較正用コンピューティングデバイス 30 は、ユーザー入力インターフェース 42 を含んでいる。例示的実施形態では、ユーザー入力インターフェース 42 はプロセッサ 36 に結合され、ユーザー 40 からの入力を受ける。ユーザー入力インターフェース 42 は、それらに限定されないが、キーボード、ポインティングデバイス、マウス、スタイルス、それに限定されないがタッチパッド又はタッチスクリーンなどの接触感知パナル、及び / 又は、それに限定されないがマイクロフォンなどの音声入力インターフェースを含んでもよい。タッチスクリーンなどの単一のコンポーネントが、掲示インターフェース 38 とユーザー入力インターフェース 42 の両方のディスプレーデバイスとして機能してもよい。

10

【0038】

例示的実施形態では、通信インターフェース 44 がプロセッサ 36 に結合され、精密センサ 32 などの1つまたは複数の別のデバイスと通信可能に結合され、且つ入力チャネルとしての動作を行いつつ入力及び出力動作を実行するように構成されている。例えば、通信インターフェース 44 は、それらに限定されないが、有線ネットワークアダプタ、無線ネットワークアダプタ、モバイル通信アダプタ、シリアル通信アダプタ、又はパラレル通信アダプタを含んでもよい。通信インターフェース 44 は、データ信号を1つ又は複数のリモートデバイスから受信し、又はリモートデバイスに送信してもよい。例えば、代替実施形態では、較正用コンピューティングデバイス 30 はデータ信号をコントローラ 18 に送信し、又はコントローラ 18 から受信してもよい。

20

【0039】

掲示インターフェース 38 及び通信インターフェース 44 は両方とも、情報をユーザー 40 又はプロセッサ 36 に提供するなど、本明細書に記載の方法で使用するのに適する情報を提供することができる。したがって、掲示インターフェース 38 及び通信インターフェース 44 を出力デバイスと呼んでもよい。同様に、ユーザー入力インターフェース 42 及び通信インターフェース 44 を、本明細書に記載の方法で使用するのに適する情報を受信することができ、入力デバイスと呼んでもよい。

30

【0040】

図 9 は、(図 1 に示す) ガスタービンエンジン 10 のチューニング中に燃焼器の温度制御を調整するように実装されてもよい代替方法のフローチャートである。チューニングプロセスを促進するため、コントローラ 18 はガスタービンエンジン 10 を制御し、第1の動作状態 420、例えばコントローラ 18 によって測定される現在の周囲条件のセットでの定格、又は設計上の着火温度 50 で動作するようにガスタービンエンジンに指令する (902)。ガスタービンエンジン 10 のコンポーネントの公差により、又、精密センサ 32 の測定の不確実性により、実際の動作状態、例えばガスタービンエンジン 10 の動作着火温度は未知である。しかし、図 2 に示す確率的シミュレーションデータは、99% の確率でガスタービンエンジン 10 の着火温度の変動を表す。前述のように、着火温度は直接測定可能な数値ではない。しかし、タービンのパワー出力及びタービンの排出量は適正な精度で直接測定可能な数値である。ガスタービンエンジン 10 に定格着火温度 50 で動作するように指令した後、較正用コンピューティングデバイス 30 は、制御センサ 26 を使用して、それらに限定されないが、タービンのパワー出力、及びタービンの排出量を含む入力動作パラメータ 48 を受信する。あるいは、コントローラ 18 がガスタービンエンジン 10 に第1の動作状態 420 で動作するように指令し、入力動作パラメータ 48 を受信

40

50

するプロセスは、更に1回以上反復されてもよい。受信された複数の入力動作パラメータ48は次いで、ガスタービンエンジン10のコンポーネントの公差により、又、コントローラ18及び精密センサ32の測定の不確実性により、入力動作パラメータ48に関連する不確実性の低減を促進するために統計的に分析されてもよい。

【0041】

図9に示すように、コントローラ18は次いでガスタービンエンジン10に、第2の動作状態、例えば定格、又は設計上のパワー出力306で動作するように指令する。コントローラ18がガスタービンエンジン10に定格パワー出力で動作するように指定した後、較正用コンピューティングデバイス30は、精密センサ32を使用して、それに限定されないが、タービンの排出量を含む入力動作パラメータ48、及びそれに限定されないが、推定着火温度を含む推定動作パラメータ60を受信する。あるいは、第1のプロセスに10
関して前述したように、コントローラ18がガスタービンエンジン10に第2の動作状態422で動作するように指令し、入力動作パラメータ48と推定動作パラメータ60とを受信する第2のプロセスは更に1回以上反復されてもよい。受信された複数の入力動作パラメータ48及び推定動作パラメータ60は次いで、入力動作パラメータ48及び推定動作パラメータ60に関連する不確実性の低減を促進するために統計的に分析されてもよい。

【0042】

更に、コントローラ18はガスタービンエンジン10に第3の動作状態、例えば定格排出量レベルで動作するように指令してもよい。較正用コンピューティングデバイス30は次いで、それらに限定されないが、推定着火温度及びタービンのパワー出力を含む入力動作パラメータ48及び60を受信してもよい。あるいは、コントローラ18がガスタービンエンジン10に第3の動作状態424で動作するように指令し、複数の入力動作パラメータ48及び60を受信するプロセスは、更に1回以上反復されてもよい。受信された複数の入力動作パラメータ48及び60は次いで、ガスタービンエンジン10のコンポーネントの公差により、又、コントローラ18及び精密センサ32の測定の不確実性により、入力動作パラメータ48及び60に関連する不確実性の低減を促進するために統計的に分析されてもよい。較正用コンピューティングデバイス30は次いで、少なくとも指令された第1の動作状態420及び第2の動作状態422から受信した入力動作パラメータ48及び60を結合して、ガスタービンエンジン10の着火温度を判定する。あるいは、較正用コンピューティングデバイス30は、第3の動作状態424で受信した入力動作パラメータ48及び60を、第1の動作状態420及び第2の動作状態422で受信したパラメータと結合してもよい。較正用コンピューティングデバイス30は、定格着火温度50を調整する(908)ようにコントローラ18を修正する際に使用するための着火温度補正係数54を生成するため(906)、ガスタービンエンジン10の定格着火温度50と判定された動作着火温度との間の差分値を判定する。較正用コンピューティングデバイス30は更に、コントローラ18で使用される制御センサ26よりも一般に大幅に精密な精密センサ32を使用して、ガスタービンエンジン10内の着火温度変動の低減を促進する。

【0043】

本明細書に記載のシステム及び方法は、コントローラセンサのエラー及びコンポーネントの製造公差によるガスタービンエンジンの着火温度及び排気温度変動の低減を促進する。特に、着火温度及び/又は排気温度のエラーを自動的に調整するガスタービンエンジンコントローラを製造するため、高忠実度の物理学ベースのガスタービンエンジン、及び関連する精密装置及びプロセスのモデルがプロセッサにプログラミングされる。したがって、これらのエラーを調整しない公知のコントローラとは異なり、本明細書に記載のシステム及び方法は、ガスタービンエンジンの着火温度及び排気温度のエラーの低減を促進し、且つ複数のガスタービンエンジンを設定する際の機械ごとの変動の低減を促進する。

【0044】

本明細書に記載のシステム及び方法の例示的な技術的効果には、(a)ガスタービンエンジンの動作パラメータを受信して正確な着火温度を判定すること、(b)ガスタービン

10

20

30

40

50

エンジンの着火温度の補正係数を決定すること、及び(C)補正係数に基づいてガスタービンエンジンコントローラを修正することによって、ガスタービンエンジンの動作を調整することの少なくとも1つが含まれる。

【0045】

本明細書に記載のシステム及び方法は、本明細書に記載の特定の実施形態に限定されない。例えば、各々のシステムのコンポーネント、及び/又は各々の方法のステップは、本明細書に記載の別のコンポーネントの及び/又はステップと独立して、別個に使用され、且つ/又は実施されてもよい。加えて、各々のコンポーネント及び/又はステップは、別のアセンブリ及び方法と共に使用され、且つ/又は実施されてもよい。

【0046】

幾つかの実施形態には、1つ又は複数の電子デバイス又はコンピューティングデバイスの使用が含まれてもよい。このようなデバイスには通常は、汎用中央処理ユニット(CPU)、グラフィックス処理ユニット(GPU)、マイクロコントローラ、縮小命令セットコンピュータ(RISC)プロセッサ、特定用途向け集積回路(ASIC)、プログラマブル論理回路(PLC)、及び/又は本明細書に記載の機能を実行可能なその他の任意の回路又はプロセッサが含まれる。本明細書に記載の方法は、それらに限定されないが、ストレージデバイス及び/又はメモリデバイスを含むコンピュータ読み取り可能媒体に内蔵されている実行可能命令としてエンコードされてもよい。このような命令はプロセッサによって実行されると、本明細書に記載の方法の少なくとも一部をプロセッサに実施させる。上記の例は例示的なものに過ぎないため、プロセッサという用語の定義及び/又は意味を限定することを意図しない。

10

20

30

40

50

【0047】

本発明を様々な特定の実施形態に関して記載したが、本発明はクレームの真の趣旨及び範囲内で修正して実施できることが当業者には理解されよう。

【符号の説明】

【0048】

1 0	ガスタービンエンジン	
1 2	圧縮機	
1 4	燃焼器	
1 6	タービン	
1 8	コントローラ	
2 0	入口ダクト	
2 1	入口ガイドベーン(IGV)	
2 2	排気ダクト	
2 4	発電機	
2 6	制御センサ	
2 7	アクチュエータ	
2 8	燃料制御システム	
2 9	アクチュエータ	
3 0	較正用コンピューティングデバイス	
3 2	制御センサ	
3 3	精密動作パラメータ	
3 4	メモリデバイス	
3 6	プロセッサ	
3 8	掲示インターフェース	
4 0	ユーザー	
4 2	ユーザー入力インターフェース	
4 4	通信インターフェース	
4 8	入力動作パラメータ	
5 0	定格着火温度	

5 2	計算された着火温度	
5 4	補正係数	
5 6	M B C モジュール	
5 8	A R E S モジュール	
6 0	推定動作パラメータ	
6 2	排気ガス温度	
6 4	計算された着火温度	
6 6	補正された着火温度	
6 8	排気温度補正係数	
7 0	比較器	10
7 4	比較器	
2 0 0	例示的制御アーキテクチャ	
3 0 0	線	
3 0 2	線	
3 0 4	定格着火温度の線	
3 0 6	定格パワー出力の線	
3 0 8	データポイント	
4 0 0	方法	
4 0 2	第1の複数の動作パラメータを受信する	
4 0 4	ガスタービンを動作させる	20
4 0 6	ガスタービンを動作させる	
4 0 8	補正係数を生成する	
4 1 0	動作を調整する	
4 2 0	第1の動作状態	
4 2 2	第2の動作状態	
4 2 4	第3の動作状態	
4 2 6	計算された動作状態	
4 2 8	定格動作状態	
5 0 2	データポイント	
5 0 4	データポイント	30
5 0 6	線	
5 0 8	複数の線	
9 0 0	方法	
9 0 2	ガスタービンエンジンを動作させる	
9 0 4	ガスタービンエンジンを動作させる	
9 0 6	補正係数を生成する	
9 0 8	動作を調整する	

【図1】

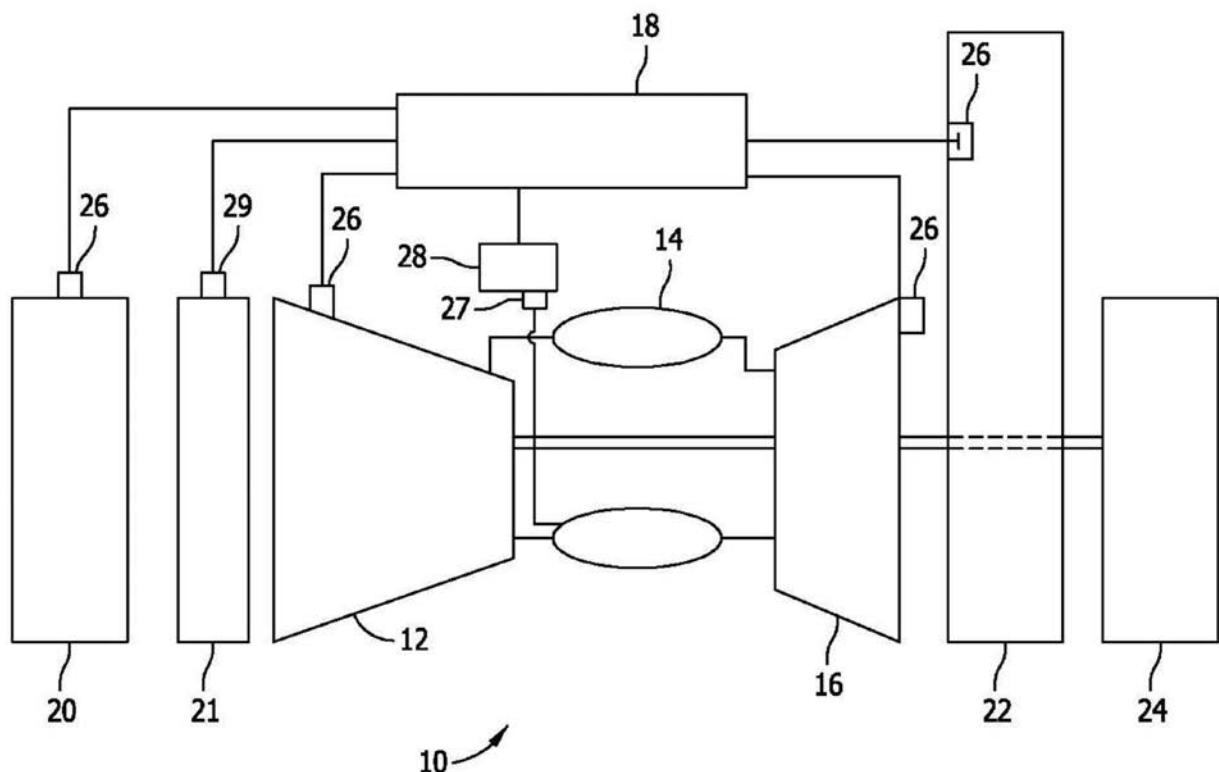
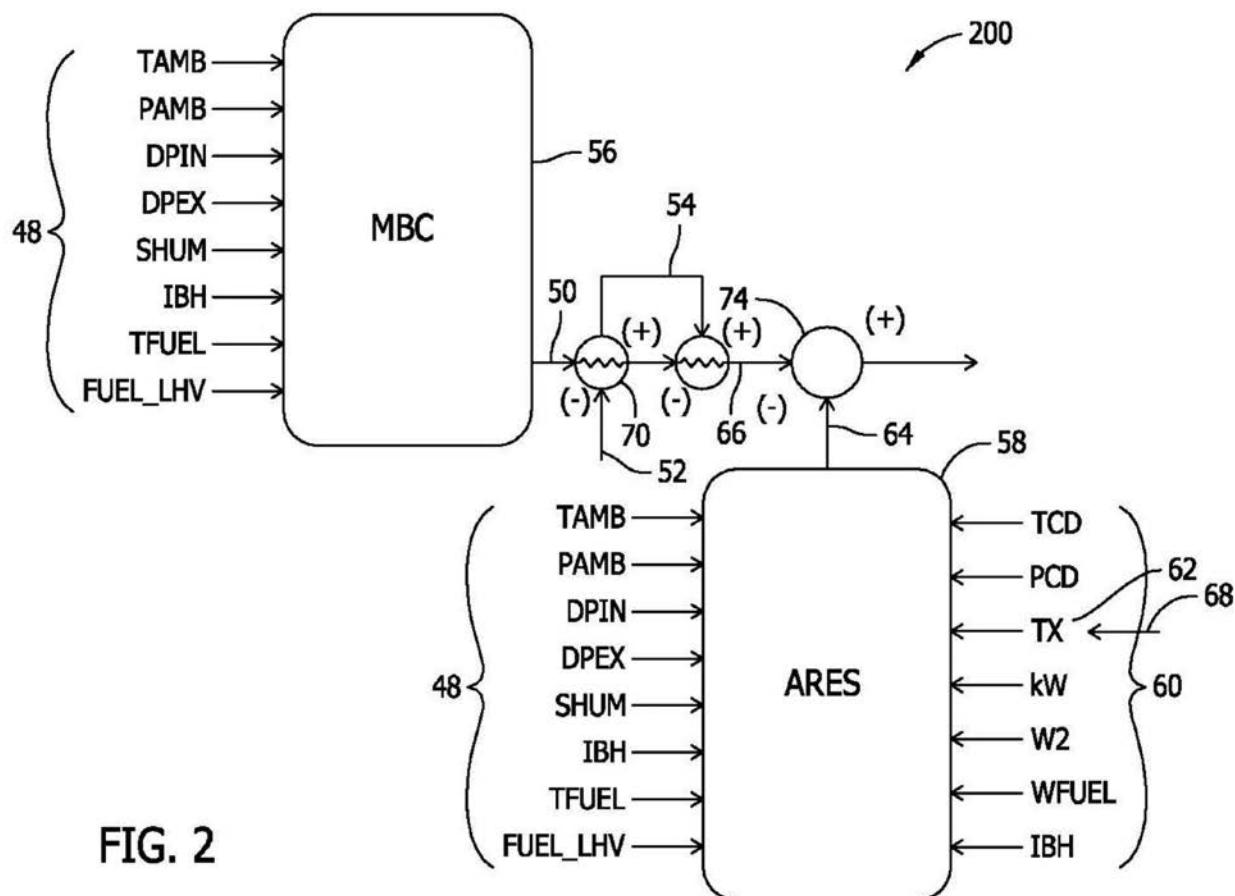


FIG. 1

【図2】



【図3】

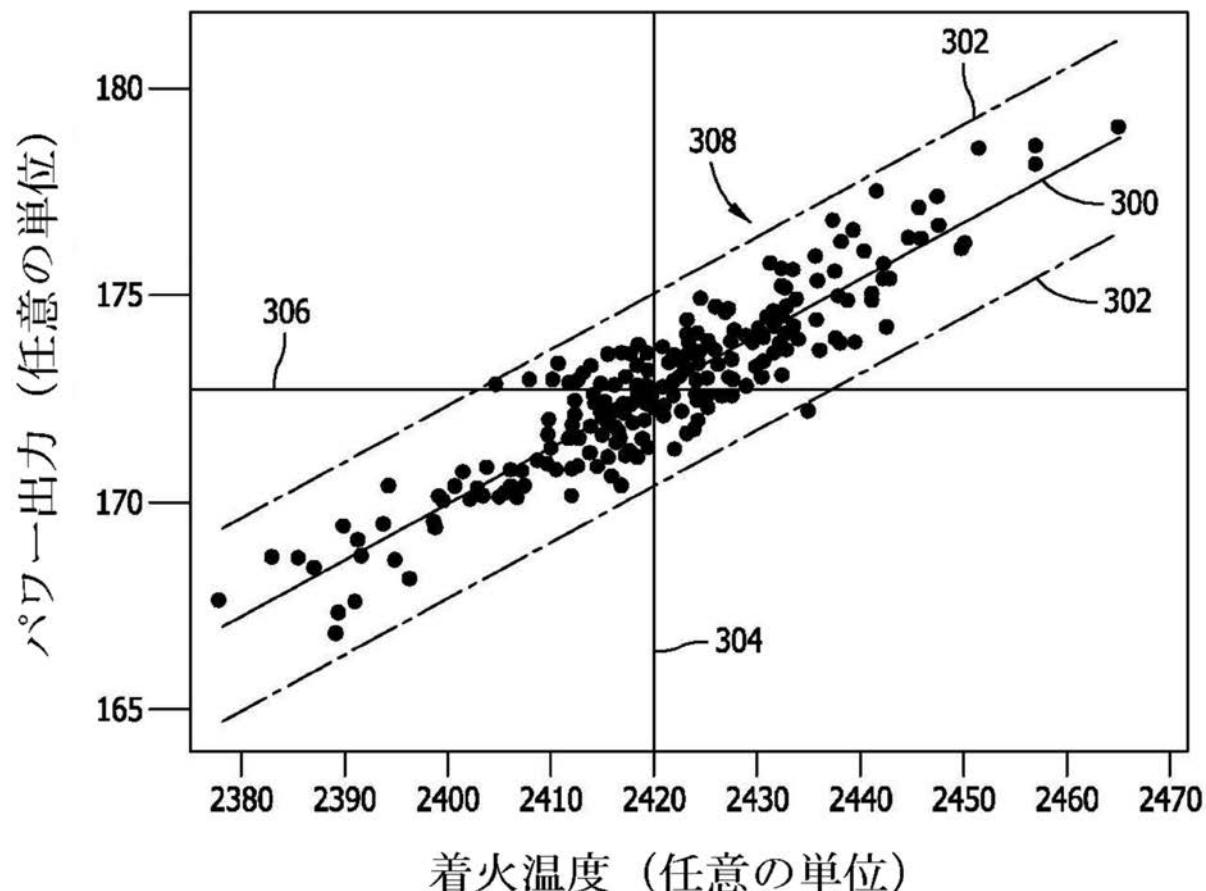


FIG. 3

【図4】

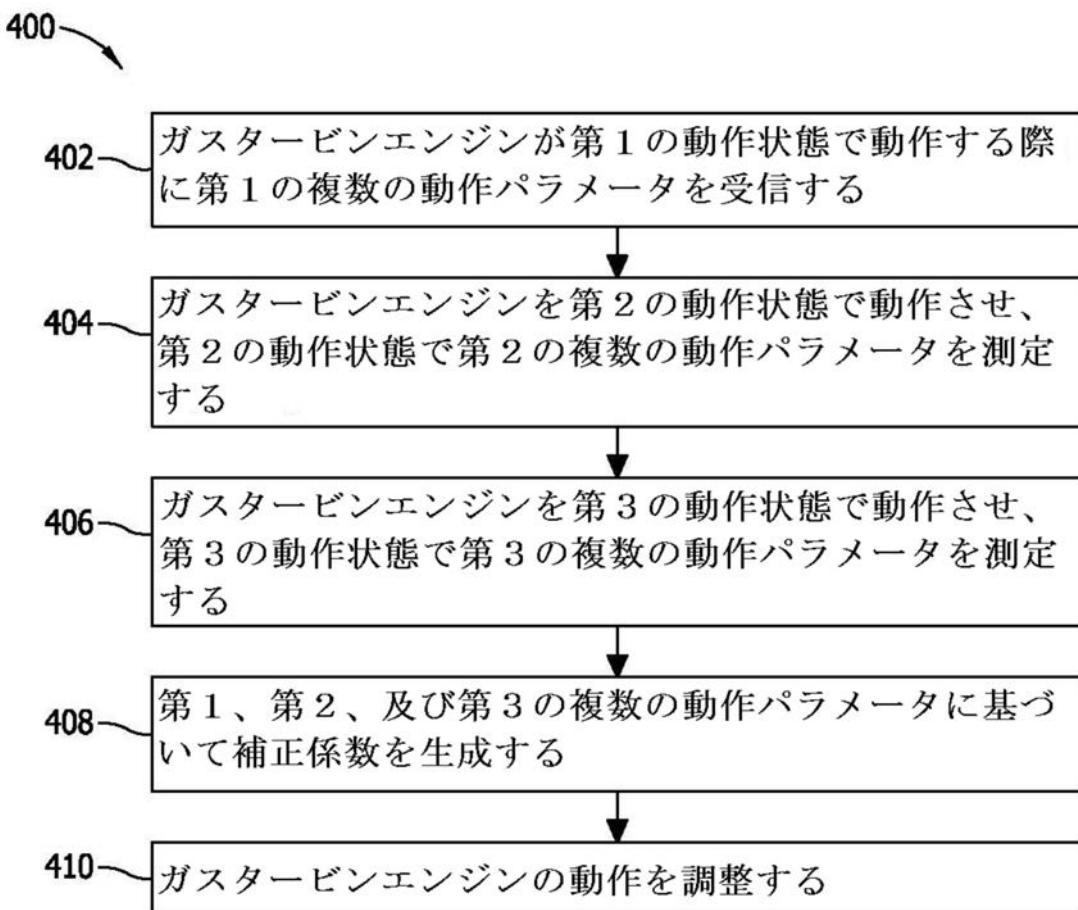


FIG. 4

【図 5】

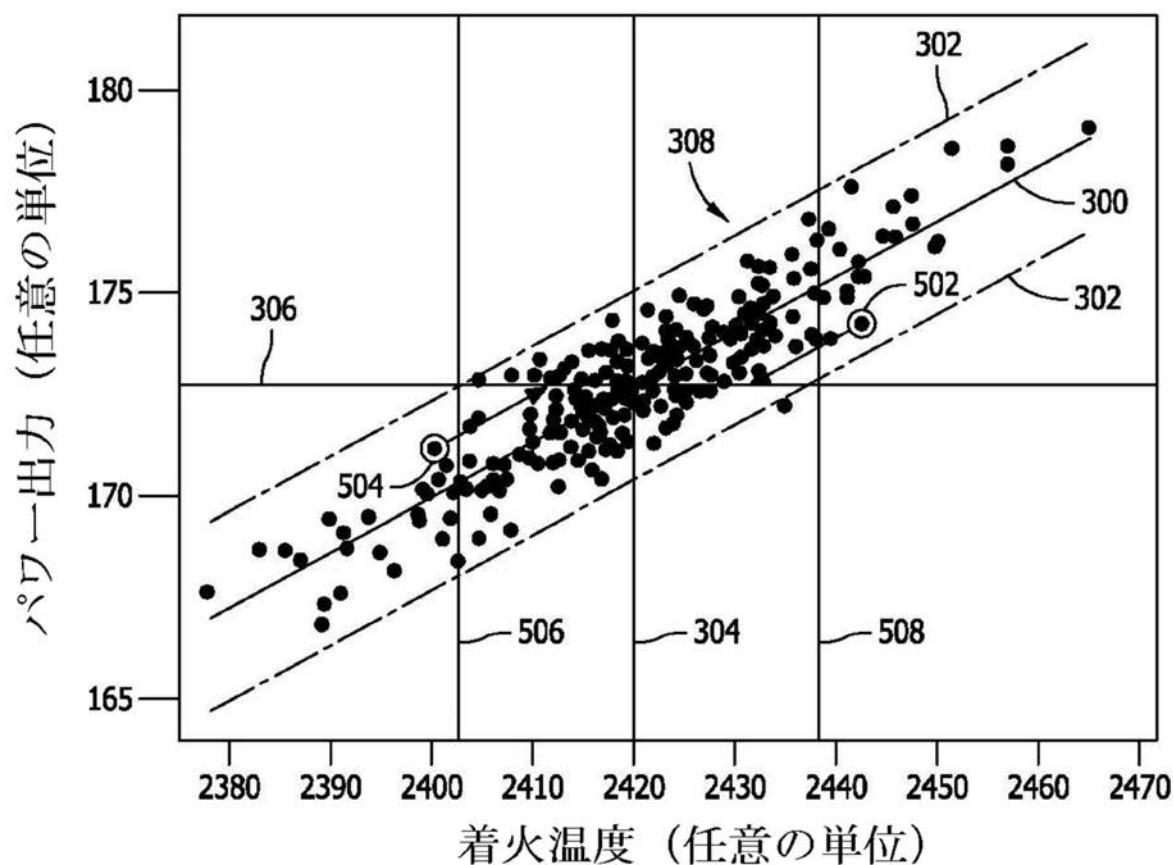


FIG. 5

【図 6】

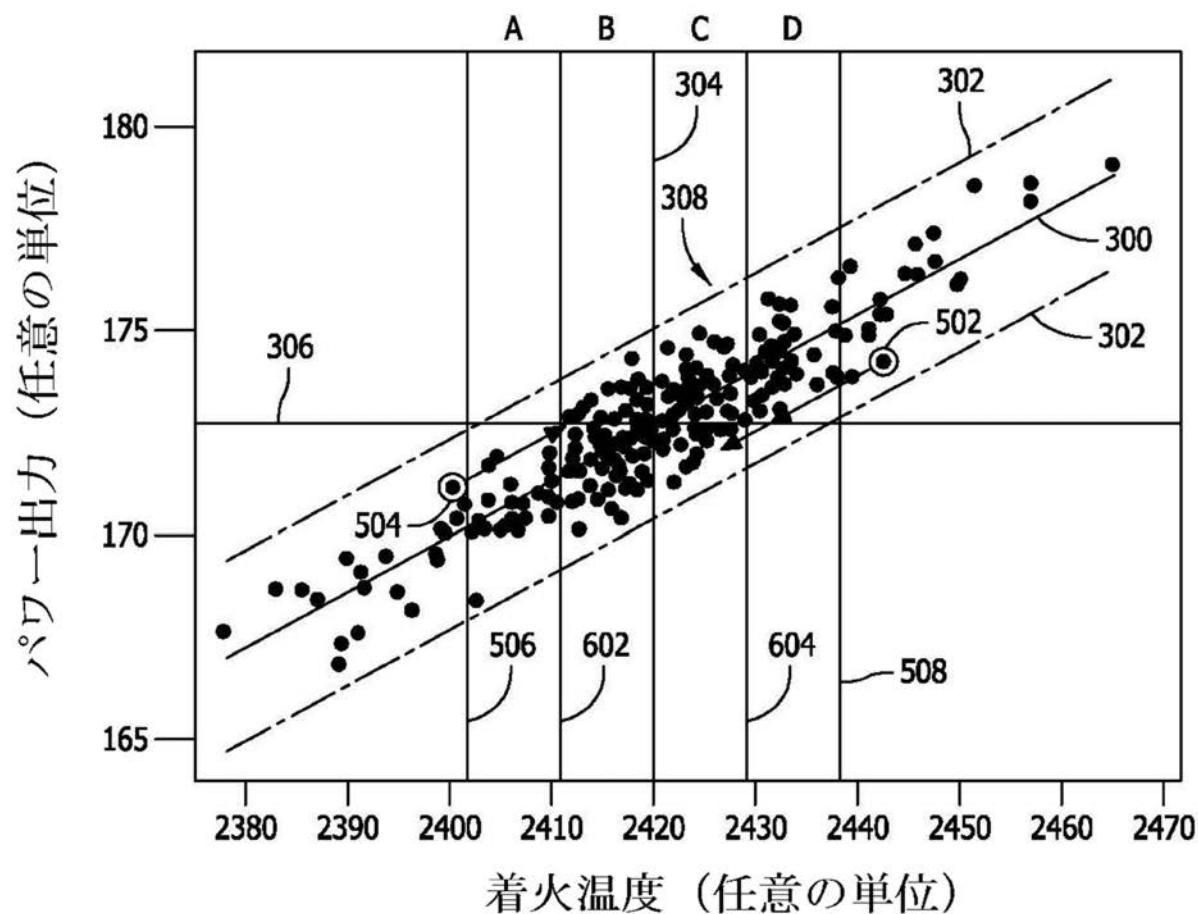


FIG. 6

【図7】

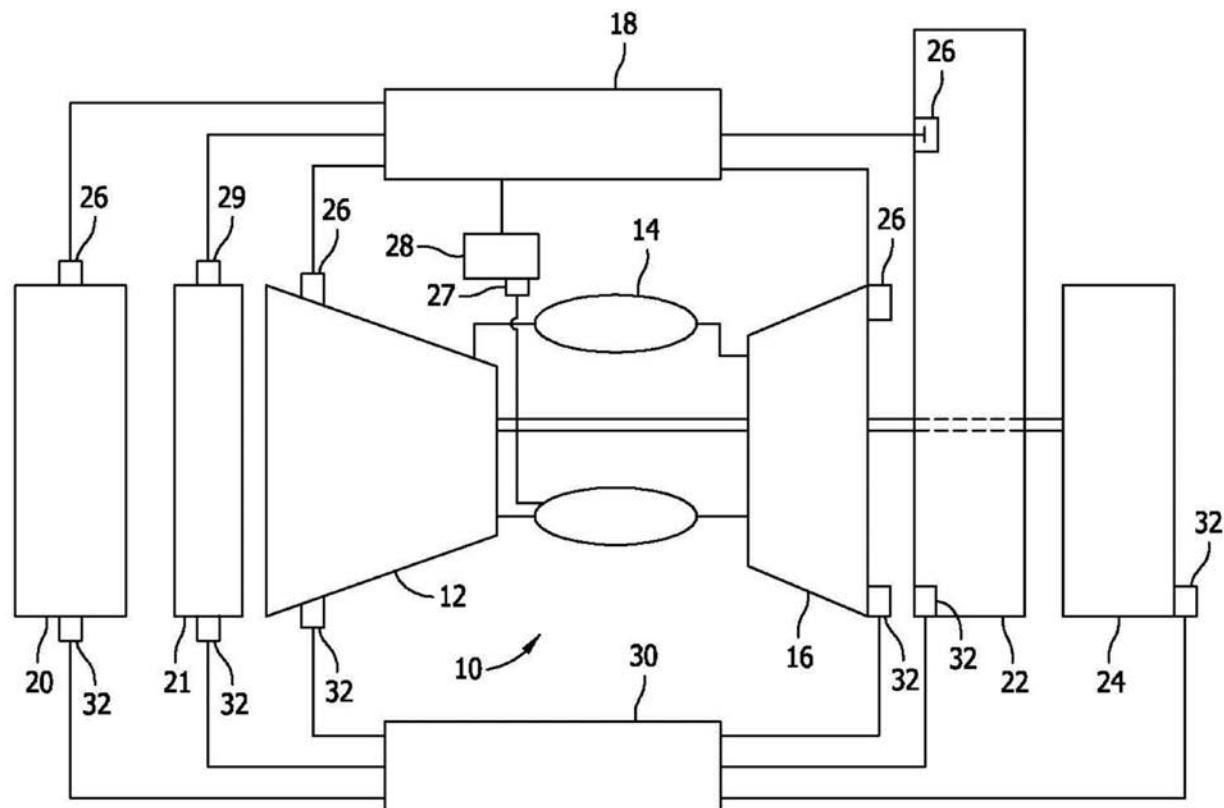


FIG. 7

【図8】

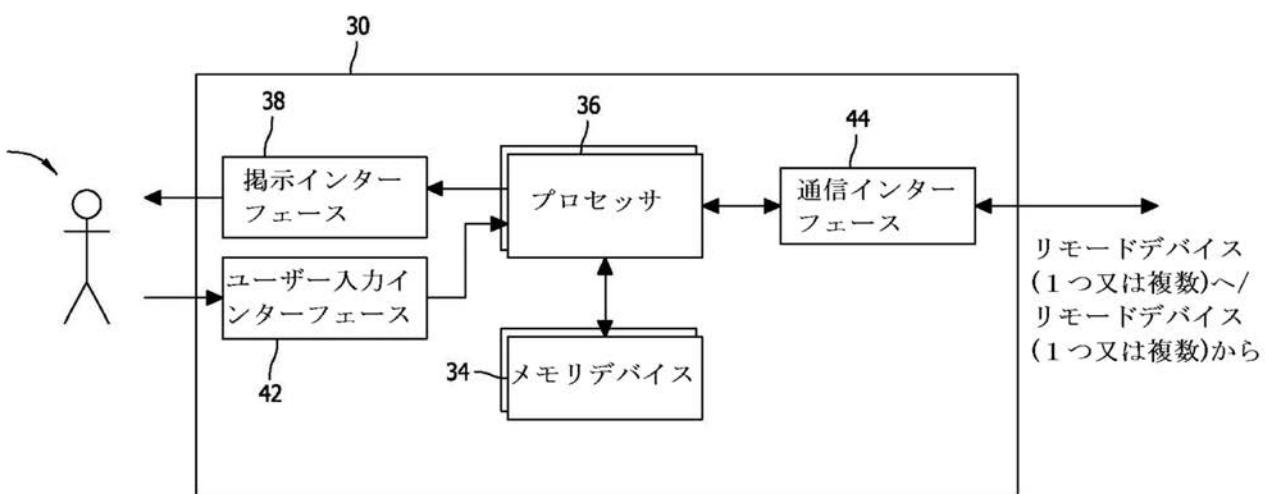


FIG. 8

【図9】

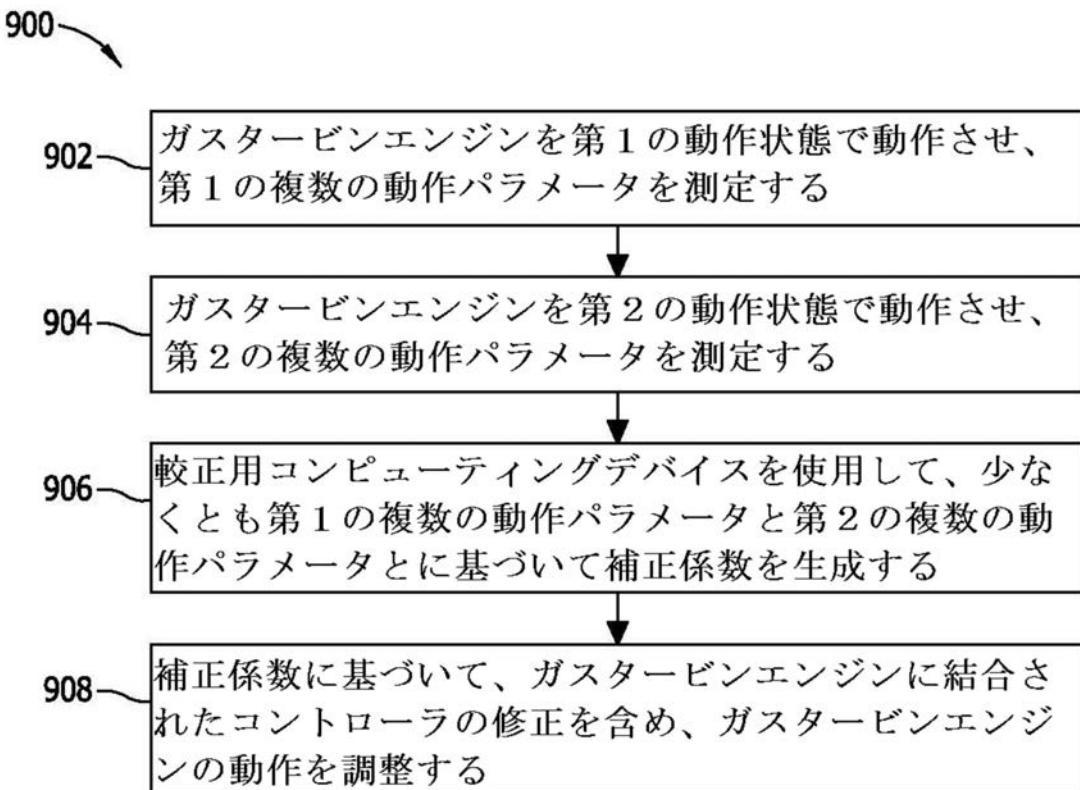


FIG. 9

フロントページの続き

(51) Int.CI.	F I	テーマコード(参考)
	F 0 2 C 9/00	C
	F 0 2 C 9/28	Z

(72)発明者 ルイス・パークレー・デイヴィス
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバー・ロード、1番
(72)発明者 レックス・アレン・モーガン
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
(72)発明者 ハロルド・ラマール・ジョーダン
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
(72)発明者 スコット・リチャード・ペイカー
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

【外國語明細書】

2014177939000001.pdf