

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4646528号
(P4646528)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int.Cl.		F I		
GO1D 21/00	(2006.01)	GO1D 21/00		N
FO2C 9/00	(2006.01)	FO2C 9/00		A
FO1D 25/00	(2006.01)	FO1D 25/00		X

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-48945 (P2004-48945)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成16年2月25日 (2004. 2. 25)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2004-257388 (P2004-257388A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成16年9月16日 (2004. 9. 16)		MPANY
審査請求日	平成19年2月20日 (2007. 2. 20)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	10/375, 649		クタデイ、リバーロード、1番
(32) 優先日	平成15年2月26日 (2003. 2. 26)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切迫センサ故障を検出するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセスシステム内のプロセスパラメータを検知するために用いられるプロセスセンサ(28)の切迫故障を検出するための方法(400)であって、
複数のセンサ(28)から現在信号値を所定の期間にわたってサンプリングし、各センサ(28)の出力信号代表的なサンプルを取得する段階(402)と、
前記所定の期間に特定のセンサの動作範囲のスパンを確定する段階(404)と、
前記特定のセンサのセンサ出力ノイズ成分を確定する段階(406)であって、前記センサ出力ノイズが、感知した値の期待値からの偏倚量として定義される、前記段階(406)と、
前記特定のセンサの確定したスパン範囲及び前記複数のセンサから決定されたプロセスの作動条件に基づいて、前記出力ノイズ成分を履歴センサ出力ノイズシグネチャと比較する段階(408)と、
前記出力ノイズ成分と前記履歴センサ出力ノイズシグネチャとの比較(408)が、所定のかつ選択可能な限界値を超える場合、起こる可能性のある1つ以上の故障モードを決定する段階(412)と、
 を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記確定したセンサノイズ成分を履歴センサノイズシグネチャ・データベースに追加して、各シグネチャが、前記所定の期間における前記センサのスパン範囲及び前記所定の期間

における前記システムの作動条件と関連するようにする段階(410)を更に含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記現在センサ出力ノイズ成分が所定の限界値を超えているかどうかを判定する前記段階が、統計的アルゴリズムを用いて該センサ出力ノイズ成分が前記所定の限界値を超えるかどうかを判定する段階を含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記所定の限界値を超えた各ノイズ成分について、少なくとも1つの関連するセンサ故障モードのタイプを決定する段階(412)を更に含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

保守スケジュールに組み入れるために、前記決定した少なくとも1つの故障モードのタイプを出力に送信する段階(414)を更に含むことを特徴とする、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

少なくとも1つの関連するセンサ故障モードのタイプを決定する前記段階が、センサエレメント故障、センサ送信機故障、トランスデューサ故障、プロセス接続故障、誘導ノイズ故障、及びセンサ環境故障のうちの少なくとも1つに基づいて、少なくとも1つの関連するセンサ故障モードのタイプを決定する段階を含むことを特徴とする、請求項4に記載の方法。

【請求項7】

履歴ノイズ成分を未来時間に補外する段階と、
前記履歴ノイズ成分に基づいて予測ノイズ成分を確定する段階と、
前記予測ノイズ成分を履歴センサ出力ノイズシグネチャと比較して、故障までの推定時間を予測するのを可能にする段階と、
を更に含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的にガスタービンエンジンに関し、より具体的には、切迫センサ故障を検出するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

少なくとも一部の公知のガスタービンエンジンは、圧縮機、燃焼器、及び少なくとも1つのタービンを含む。圧縮機は空気を加圧し、その空気は次ぎに燃焼器に導かれる。加圧空気は、燃焼器内で燃料と混合され点火されて、燃焼ガスを発生し、その燃焼ガスはタービンに導かれる。タービンは、燃焼ガスからエネルギーを取り出して、圧縮機に動力を供給し、同時に飛行中の航空機を推進するか又は発電機などの負荷に動力を供給するような有用な仕事を行う。

【0003】

少なくとも一部の公知のエンジンはまた、エンジンに関する作動条件をモニタするための複数のセンサを含む。例えば、エンジンは、温度、圧力、速度、流量、変位、及び歪みをモニタするセンサを含むことができる。運転中、センサは、極限温度、振動、及び燃焼ガスのような悪い環境条件及び作動条件にされされる可能性がある。時が経過するにつれて、このような条件に継続して曝されることにより、一部のセンサは早期故障を生じる可能性があり、その故障がエンジンの運転及び機体に悪影響を及ぼすおそれがある。エンジンセンサの故障率を低下させるのを促進するために、少なくとも一部の公知のガスタービンエンジンは、重要適用部位における冗長センサ、及び/又はセンサ出力信号をモニタす

10

20

30

40

50

るモニタリングシステムを含む。より具体的には、少なくとも一部の公知のガスタービンエンジンは、故障の後に又は所定のセンサ値に基づいて交換されたセンサ、或いは取付けられているセンサの動作性能と関係なく定期スケジュールにより交換されたセンサを用いて運転される。しかしながら、このような方法では、所望の結果が得られない可能性があり、またセンサが故障してそれを交換するのを待つか、或いは動作可能なセンサを一定時間又は運転時間スケジュールに基づいて交換するのは、費用も掛かるし時間も掛かることになる。

【特許文献 1】米国特許第 6314350号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6326758号明細書

【特許文献 3】米国特許第 6439202号明細書

【特許文献 4】米国特許第 6456928号明細書

【特許文献 5】米国特許第 6481210号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0004】

1つの態様では、プロセスセンサの切迫故障を検出するための方法が提供される。この方法は、センサ出力ノイズ成分を確定する段階と、センサのスパン範囲及びプロセスの作動条件のうちの少なくとも1つに基づいて、出力ノイズ成分を履歴センサ出力ノイズシグネチャと比較する段階とを含む。

【0005】

別の態様では、ガスタービンエンジンセンサの切迫故障を検出するための方法が提供される。この方法は、所定の期間にわたりセンサ出力をサンプリングして出力信号の代表的なサンプルを取得する段階と、現在センサ出力信号を測定する段階と、センサのスパン範囲を確定する段階と、センサ出力ノイズ成分を確定する段階と、センサのスパン範囲及びプロセスの作動条件のうちの少なくとも1つに基づいて、出力ノイズ成分を履歴センサ出力ノイズシグネチャと比較する段階とを含む。

【0006】

更に別の態様では、演算装置を含むガスタービンエンジン用の装置が、提供される。この演算装置は、プロセッサと、該プロセッサと通信するように結合されたメモリとを含み、プロセッサは、コンパレータ、データヒストリアン、アイソレータモジュール、及び限界値モジュールを含むソフトウェアプロダクト・コードセグメントを実行するようにプログラムされており、また演算装置は、センサの出力信号ノイズ成分を用いてセンサの切迫故障を検出するようにプログラムされており、またセンサは、演算装置と関連するプロセスのパラメータを検知する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本明細書で用いる場合、「センサノイズ」という用語は、感知した値の期待値からの偏倚量（エクスカージョン）として定義され、このような偏倚量は、正常な信号処理変動又はエンジン運転の過渡事象によって生じるのではなく、実際には、それに限定するのではないが、劣化したセンサ材料、電気接続不良、及び/又は汚れた空気圧ライン或いは検知ラインを含むような要因による可能性がある。本明細書で定義する場合、センサは、制御及び/又はディスプレイ構成部品に対するモニタされたパラメータに比例する信号を送信するように構成された任意の構成要素を含むことができる。更に、ここでは、本発明をガスタービンエンジンに関連させて説明するが、本発明は、他のエンジンセンサ及びあらゆる用途におけるセンサに適用可能であることを理解されたい。従って、本発明の実施は、ガスタービンエンジン用のエンジンセンサに限定されるものではない。加えて、ここでは、本発明を電氣的及び電子的センサに関連させて説明するが、本発明は、空気圧、油圧、及び任意のセンサに適用可能であることを理解されたい。従って、本発明の実施は、電氣的又は電子的センサに限定されるものではない。

【0008】

10

20

30

40

50

図1は、低圧圧縮機12、高圧圧縮機14、及び燃焼器16を含む例示的なガスタービンエンジン10の概略図である。エンジン10はまた、高圧タービン18、及び低圧タービン20を含む。圧縮機12とタービン20とは、第1のロータシャフト24により連結され、また圧縮機14とタービン18とは、第2のロータシャフト26により連結される。エンジン10は、該エンジン10内部のパラメータをモニタするための複数のセンサ28を含む。より具体的には、例えば、ガス温度、ガス圧力、エンジン回転速度、燃料流量、及び静翼位置をモニタするセンサ28をエンジン10内に含むことができる。センサの種類は、単なる事例としてのみ示しており、それらは、ガスタービンエンジン10内で用いることができるセンサの種類について限定するものではない。1つの実施形態では、エンジン10は、オハイオ州シンシナチ所在のGeneral Electric Aircraft Enginesから入手可能なGE90型エンジンである。

10

【0009】

運転中、空気は、低圧圧縮機12を流れて、加圧された空気が、該低圧圧縮機12から高圧圧縮機14に供給される。加圧空気は、次に燃焼器16に送られて、該圧縮機16からの空気流が、タービン18及び20を駆動する。センサ28は、モニタされたパラメータを表す信号を発生し、そのような信号は、電子制御装置(図示せず)に送信される。

【0010】

図2は、図1に示すエンジン10に用いることができる例示的なエンジン制御ユニット(ECU)200のデータ流れ図である。ECU200は、それに限定するのではないが、汎用コンピュータ及び/又はシングルボード・マイクロプロセッサベースの装置を含むことができる専用単能演算装置を含む任意の適当な演算装置又は論理回路とすることができる。ECU200は、モニタリング・ロジック202とフィルタ204とを含む。1つの実施形態では、モニタリング・ロジック202及びフィルタ204は、ECU200の不揮発性メモリ内に格納されたソフトウェアに具現化されている。ECU200は、少なくとも1つのセンサ28と通信するよう結合されており、エンジン10から遠く離れた場所に設置することが可能であり、各センサ28が、ECU200と通信するよう結合されるようになる。モニタリング・ロジック202は、エンジン10上に或いは該エンジン10に近接して取付けられた少なくとも1つのセンサ28からの入力信号を受信し、これら入力信号が、様々なエンジン作動パラメータを表している。モニタリング・ロジック202はまた、それに限定するのではないが、機体に取り付けられたセンサ28からのエンジン出力要求のような入力信号を受信し、各信号の少なくとも一部分をフィルタ204に送信する。モニタリング・ロジック202は、センサ・データを収集し、内部アルゴリズム及びセンサ28からの出力に基づいて、フィルタ204及び特徴エキストラクタ206が用いることができる形式に該センサ・データをフォーマット化する。フィルタ204は、モニタリング・ロジック202からの収集されたセンサ・データを用いて、プロセス作動条件をデータヒストリアン208及び限界値モジュール210に供給する。

20

30

【0011】

センサ出力が基準を外れて高くなるか又は基準を外れて低くなるかのいずれかのセンサ故障は、オフスケール故障と呼ばれ、比較的検出し易い。オンスケール故障は、センサの出力が正常範囲内に留まっているが、センサ測定値が不正確であるようなセンサ故障である。オンスケール故障は、送信機自体とは関連しておらず、むしろ測定システムの残りの部分と関連している傾向がある。一部の公知のセンサは、動作応力がより低い応力レベルに低下すると正確な動作に戻るような特定の動作モード時のセンサ故障である、「ソフト故障」のような故障モードに直面する。オンスケール故障及びソフト故障は、センサ出力信号上に特性ノイズシグネチャを示す場合があり、この特性ノイズシグネチャは、センサオフスケール故障の前に検出することができる。ECU200は、センサ28により供給されたセンサ出力信号を分析し、該信号のノイズ成分を確定し、履歴として該ノイズ成分の傾向をみて、該ノイズ成分に対する許容偏差範囲を格納するようにプログラムされている。確定されたデータは、データ通信回線又はチャネル211により出力されることがで

40

50

きる。

【 0 0 1 2 】

特徴エキストラクタ 2 0 6 が、モニタリング・ロジック 2 0 2 の出力を評価して、データのノイズコンテンツに関するメトリックス (m e t r i c s) を判定する。特徴エキストラクタ 2 0 6 はまた、予測されかつ観測されたセンサ出力及びノイズシグネチャの統計的分析を進める。

【 0 0 1 3 】

E C U 2 0 0 は、コンパレータ 2 1 2、データヒストリアン 2 0 8、及びアイソレータモジュール 2 1 4 を含む。ヒストリアン 2 0 8 の結果は、データ通信回線又はチャンネル 2 1 5 により限界値モジュール 2 1 0 に結合される。限界値モジュール 2 1 0 は、データ回線又はチャンネル 2 1 7 によりコンパレータ 2 1 2 に通信するよう結合される。ヒストリアン 2 0 8 の結果は、限界値モジュール 2 1 0 によりコンパレータ 2 1 2 に供給される限界値を更新するのに用いることができる。

10

【 0 0 1 4 】

データヒストリアン 2 0 8 は、時間経過にわたるセンサ 2 8 の出力におけるノイズ成分シグネチャ及びシグネチャ傾向データを格納することができるが、サンプリング間隔は、時定数又は各センサがモニタされる期間に合わせて変化させかつ適当になるようにすることができる。1つの実施形態では、履歴ノイズシグネチャ・データは、新しいデータで上書きされる前に、一定期間にわたり循環ファイル内に格納されることができる。履歴データはまた、格納される前にフィルタ処理されることができ、また圧縮されることも可能である。

20

【 0 0 1 5 】

ヒストリアン 2 0 8 は、現在シグネチャ及び履歴データを未来に投影する補外機能を含む。限界値モジュール 2 1 0 からの適当な限界値とヒストリアン 2 0 8 の補外機能によりコンパレータ 2 1 2 に供給された投影値とを用いて、コンパレータ 2 1 2 は、投影されたノイズシグネチャのいずれかが未来において許容限界値から外れるかどうかを判定する。投影データが許容限界値から外れている場合、コンパレータ 2 1 2 は、出力回路 2 1 1 により警報信号及びノ又は保守メッセージを出力することができる。

【 0 0 1 6 】

ヒストリアン 2 0 8 により行われる投影は、センサ 2 8 の現在動作範囲、他の関連センサの動作範囲、及びエンジン作動条件に基づいた高性能信号補外法を含む。限界値モジュール 2 1 0 は、フィルタ 2 0 4 から供給されたプロセス作動条件に基づいて、ノイズメトリックスにおける許容限界値をコンパレータ 2 1 2 に供給する。これらの限界値は、ヒストリアン 2 0 8 から入手可能な履歴傾向に基づいて、時間経過にわたって更新されることができる。

30

【 0 0 1 7 】

コンパレータ 2 1 2 は、特徴エキストラクタ 2 0 6 から供給された実ノイズメトリックスを限界値モジュール 2 1 0 から供給されたノイズメトリックス限界値と対照して評価する。コンパレータ 2 1 2 は、超過があったセンサについては該センサの切迫故障の警報を出力する。

40

【 0 0 1 8 】

コンパレータ 2 1 2 により発せられた警報に基づいて、アイソレータ 2 1 4 は、その超過の原因となる可能性がある特定の故障のタイプを識別する。1つの実施形態では、この機能は、ニューラル・ネットワークにより実行される。

【 0 0 1 9 】

ニューラル・ネットワークは、パターン認識、データ採取、分類、及びプロセスモデル化のようなタスクを実行するのを可能にするプログラム及びデータ構造のシステムである。この例示的な実施形態では、ニューラル・ネットワーク (アイソレータ) 2 1 4 は、複数の並列プロセッサによってではなくソフトウェアで実行される。ニューラル・ネットワーク (アイソレータ) 2 1 4 を用いて、故障を特定のタイプに分離することができる。

50

【 0 0 2 0 】

図3は、図2に示すECU200によりモニタすることができる例示的なセンサ出力信号302のグラフ300である。グラフ300は、モニタリング・ロジック202により受信されたモニタパラメータの大きさを表すことができるy軸304を含む。x軸306は、それにわたって信号302をモニタすることができる独立した時間パラメータを表すことができる。信号302は、オフセットエラー、ドリフトエラー、線形性エラー、及びヒステリシスエラーを含む、センサ28によりモニタされたプロセスパラメータに比例する信号部分308を含む。信号302はまた、ノイズ部分310を含み、このノイズ部分310は、例えば電磁妨害雑音(EMI)ピックアップ、センサ電子機器ソフト故障、センサエレメント劣化、及び/又はモニタパラメータへのセンサ28の不良或いは断続的結合のために、信号部分308が変調された部分である。例えば、温度センサへの疎結合は、モニタ温度と感知エレメントにおける温度との間に局所的差異を生じさせる可能性がある。このような疎結合は、センサの振動或いはセンサ又はプロセス構成部品の熱膨張により、感知エレメントにおける温度とモニタ温度との間の間欠的偏差を生じさせる可能性がある。

10

【 0 0 2 1 】

x軸306は、信号302がセンサ28からの比較的一定の信号出力として表される第1の期間312を含む。信号302は、一定の大きさの信号部分308と、特性比率で変化するノイズ部分310とを含む。ノイズ部分310が変化するこの特性比率は、特定の位置における特定のセンサについての固有シグネチャを表す。x軸306の第2の期間314は、センサ28によりモニタされたモニタパラメータの大きさが増大するのを表している。この例示的な実施形態では、ノイズ部分310は、点316での振幅が振幅318まで増大するように示されている。別の実施形態では、ノイズ部分310はまた、比率及び/又は周波数が増加する可能性がある。ノイズ部分310の点310での振幅の変化は、センサ28内の欠陥が明白であるセンサ28の動作スパン範囲でのセンサ動作による可能性がある。信号302の振幅が点316から局部最大値320まで増大するとき、図示するように、ノイズ部分310の振幅は、振幅318でほぼ一定に留まっている。局部最大値320において、信号302の例示的な大きさが、x軸306の第3の期間324における局部最小値322まで低下しているのが示されている。この例示的な実施形態では、図示されているように、局部最小値322における信号302の大きさは、点316での信号302の大きさよりも大きい。x軸306の第4の期間326において、信号302は、局部最大値328まで増大している。期間326において、ノイズ部分310は、振幅が一定の比率で振幅330まで増大しているのが示されている。その後、x軸306の第5の期間332において、信号302の大きさは点334まで低下し、この点334において、信号302は、期間312における信号302の大きさにほぼ等しい大きさに戻る。期間332において、ノイズ部分310は、一定比率で期間312におけるノイズ部分の大きさにほぼ等しい振幅まで低下する。

20

30

【 0 0 2 2 】

グラフ300は、変化するプロセスパラメータに対するセンサ28の例示的な応答を示す。ノイズ部分310の振幅の変化は、センサ28の変化する動作範囲及び動作条件に対して起こり得る応答を例示するものである。

40

【 0 0 2 3 】

図4は、センサ出力信号ノイズを追跡することにより切迫センサ故障を検出するための、ECU200又は他のコンピュータ内部で実行されるコンピュータプログラム内に組み込むことができる例示的な工程400のフローチャートである。このコンピュータプログラムは、それに限定するのではないが、Basic(登録商標)、Java(登録商標)、C、C++、又はラダー論理のような言語を含む任意の適当なコンパイラ型又はインタープリタ型プログラムとすることができる。ステップ402において、各モニタパラメータ信号は、更新されて、現在信号値を取得する402ことができる。現在信号値は、信号のノイズ成分を特徴付けるのに十分な長さの所定の期間にわたって各センサ28からサン

50

プリングされる。モニタ信号は、アナログ又はディスクリット・センサを直接読み取ることにより更新することができる。ディスクリット又はバイナリ・センサにより、スイッチ接点が振動及びノイズ又は衝撃により瞬間的に閉じると起こる可能性があるようなノイズ及びノイズ又は信号バウンスを特徴付けることができる。

【0024】

センサ信号ノイズ成分を特徴付けるのを可能にするために、信号のスパン範囲が、確定される404。センサ28は、その出力スパンの異なる範囲で動作するとき異なるノイズシグネチャを示すことができる。例えば、センサのより低いスパン範囲におけるよりもより高いスパン範囲におけるより大きい振幅ノイズ成分は、センサエレメントの切迫故障を表すことができる。センサ信号ノイズ成分が、確定され406、履歴データベースから検索された履歴ノイズ成分と比較される408。履歴ノイズ成分は、現在センサスパン範囲とエンジン作動条件とに基づいて選択されて、現在ノイズ成分と現在作動条件を表している履歴ノイズシグネチャとの間で比較408が行われるようになる。エンジン作動条件は、他のエンジンセンサ及び機体センサからの入力から確定することができる。現在ノイズ成分を類似の範囲及び作動条件のパラメータを共有する履歴ノイズ成分と比較する408ことで、類似の潜在的ノイズ発生条件が両方の比較された408信号に共通であるという点で、その比較408は有効であることが保証される。履歴ノイズ成分は、未来に投影されるか又は補外されて、予測ノイズ成分を確定することができ、次に、この予測ノイズ成分は、履歴ノイズ成分と比較されて408、故障するまでの推定時間を予測することを可能にする。その後、現在ノイズ成分は、将来の比較に備えて履歴データベースに追加される410。

【0025】

比較408が、所定のかつ選択可能な限界値を超えるような、現在ノイズ成分と履歴ノイズ成分との間の差異を生じる場合には、起こる可能性のある1つ又は複数の故障モードが決定される412。公知のノイズ成分症候を有する故障モードが、各症候に関連する保管故障モードデータのデータベースから選択される。決定された故障モードは、ECU200のディスプレイ、コンピュータ、制御装置、及びノイズ又は他のモジュールに出力される414ことができる。

【0026】

エンジンを参照して本発明を説明しているが、多数の他の用途が意図されている。本発明は、センサ出力信号を収集し分析することができる、故障し易いセンサを備えたセンサ試験機能を含む任意のシステムに適用可能であることを想定している。

【0027】

上述のセンサ故障検出システムは、センサの切迫故障を判定するのに、費用効果がありかつ高い信頼性がある。より具体的には、本明細書に記載した方法及びシステムは、ソフト故障、及び将来のセンサ故障を示す可能性がある徴候を判定することを可能にする。その上、上述の方法及びシステムは、従来型の保守及び試験手段が警報を出すことができる前に、切迫センサ故障の早期警告を出すことを可能にする。その結果、本明細書に記載した方法及びシステムは、費用効果がありかつ信頼性がある方法で保守費用を削減することを可能にする。

【0028】

センサ故障検出システムの例示的な実施形態を、上に詳細に説明している。このシステムは、本明細書に記載した特定の実施形態に限定されるものではなく、むしろ、各システムの構成要素は、本明細書に記載した他の構成要素から独立して別個に利用することができる。各システムの構成要素はまた、他のシステム構成要素と組み合わせられて使用することもできる。

【0029】

本発明を、様々な特定の実施形態に関して説明してきたが、本発明が特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内の変更で実施可能であることは、当業者には明らかであろう。なお、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的

10

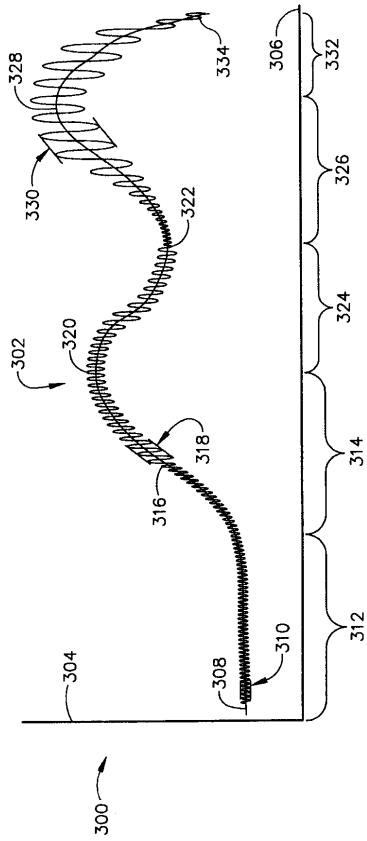
20

30

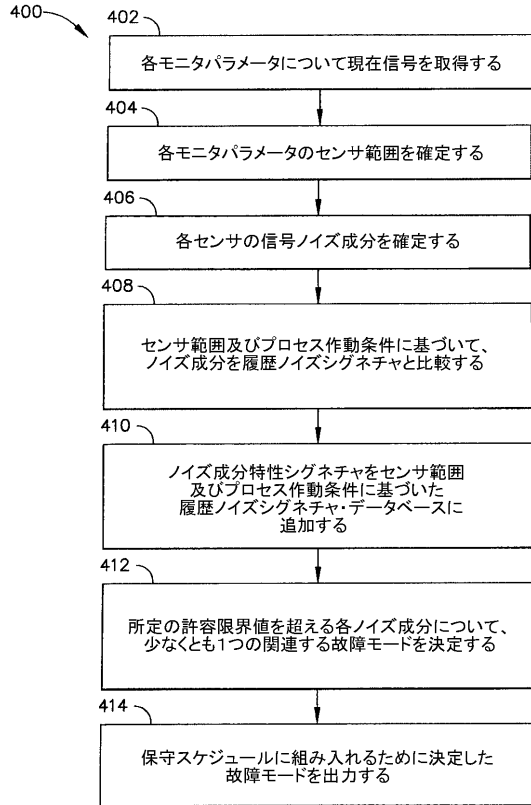
40

50

【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 リチャード・フランシス・シュースター
アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、マイアミ・トレイルズ・ドライブ、6619番
- (72)発明者 マルコム・ジョン・アシュビー
アメリカ合衆国、オハイオ州、ハミルトン、アシュトン・サークル、2755番
- (72)発明者 マシュー・ウィリアム・ワイスマン
アメリカ合衆国、オハイオ州、フェアフィールド、チャールトン・コート、345番

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 米国特許第6049283 (US, A)
特開昭59-168599 (JP, A)
特開2002-285904 (JP, A)
特表2002-522837 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01D18/00 - 21/02
F01D25/00
F02C 9/00