

(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2010-20776

(P2010-20776A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 6 Q 50/00 (2006.01)	G 0 6 F 17/60 1 3 8	4 C 1 1 7
A 6 1 B 5/00 (2006.01)	G 0 6 F 17/60 1 2 6 Z	
	A 6 1 B 5/00 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2009-164334 (P2009-164334)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成21年7月13日 (2009. 7. 13)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(31) 優先権主張番号	12/172, 495		GENERAL ELECTRIC CO
(32) 優先日	平成20年7月14日 (2008. 7. 14)		MPANY
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
			クタデイ、リバーロード、1 番
		(74) 代理人	100093908
			弁理士 松本 研一
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 医療機器監視方法およびシステム

(57) 【要約】

【課題】装置の監視およびサービス実行を容易にするためのシステムおよび方法を提供すること。

【解決手段】一実施形態では、システム(28)は、少なくとも1つの構成要素(36)と、構成要素の動作データを測定するように構成された監視回路機構(38)とを有する医療装置(30)を含み得る。このシステムは、動作データを分析し、このような分析に基づく報告(68、86、190)を出力するように構成されたデータ処理システム(32)も含むことができる。分析は、動作データに変換を適用すること、および1つまたは複数の実際の係数と閾値係数特性とを比較することを含み得る。

【選択図】図2

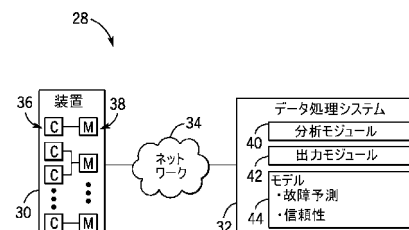


FIG. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

装置構成要素（３６）を含み、関心対象となる医療装置（３０）と、

前記装置構成要素の動作データ（４８、９４、１１０、１１２）を測定するべく構成された監視回路機構（３８）と、

前記装置構成要素の前記動作データの分析に少なくとも部分的に基づき報告（６８、８６、１９０）を出力するように構成されたデータ処理システム（３２）とを備え、

前記動作データの前記分析が、ウェーブレット変換を適用して、前記動作データ中の少なくとも１つの信号成分を分離すること、および前記ウェーブレット変換の係数特性と１つまたは複数の閾値係数特性との比較に少なくとも部分的に基づいて、一定の期間にわたる前記装置の故障率または存続率（１９８）の少なくとも一方を予測することを含むことを特徴とするシステム（２８）。 10

【請求項 2】

対象となる前記医療装置が画像システム（１５０、１６６）を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記画像システムが、装置構成要素（１８０）を有する冷却システム（１７５）を含み、前記動作データが、前記装置構成要素に関する圧力データまたは温度データの少なくとも一方を含むことを特徴とする請求項 2 に記載のシステム。 20

【請求項 4】

前記 1 つまたは複数の閾値係数特性が、対象となる前記医療装置と同様の、一群の追加医療装置の統計的分析から少なくとも部分的に算出されることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

関心対象となる装置（３０）の、関心対象となる特徴を含む動作データを取得するステップ（５２）と、

前記動作データから対象となる前記特徴を抽出するように、変換を適用するステップ（５６）と、

対象となる前記抽出された特徴に関連づけられた変換係数の特性を、対象となる前記装置と同様の一群の追加装置の統計的分析（６２）から少なくとも部分的に導出される閾値（６０）と比較するステップ（５８）と、 30

前記比較に少なくとも部分的に依存して、対象となる前記装置の動作状態を算出するステップ（６６）と、

前記装置の前記動作状態を示す報告（６８、８６、１９０）を出力するステップとを含む方法。

【請求項 6】

故障予測モデル（４４）を用いて、前記閾値を算出し（６２）、有限未来期間における装置故障の確率を算出する（７８）ステップをさらに含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

信頼性モデル（４４）の使用に少なくとも部分的に基づいて、前記装置向けのサービスアクションを選択するステップ（８４）をさらに含み、サービスアクションを選択するステップが、複数の潜在サービスアクションそれぞれの実行に関連づけられた装置故障の確率の期待変化を算出するステップ（８０）を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の方法。 40

【請求項 8】

サービスアクションの実行（９０）に続いて、前記装置から追加動作データ（９４）を受信するステップと、

前記追加動作データおよび前記信頼性モデルにより実行されるサービスアクションの有効性を算出するステップ（９６、９８）とをさらに含むことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。 50

【請求項 9】

前記装置の前記動作データを取得する前記ステップが、関心対象となる事象の起こる前に収集されるところの前記装置の第 1 の動作データセット (1 1 0) と、対象となる前記事象の後に収集されるところの前記装置の第 2 の動作データセット (1 1 2) と、を受信するステップ (1 0 8) を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 および第 2 データセットそれぞれにウェーブレット変換を適用して (1 1 4) 、それぞれ、第 1 および第 2 のウェーブレット係数セットを生成するステップと、

前記第 1 および第 2 のウェーブレット係数セットの間の変化を検出するステップ (1 1 6) と、

前記第 1 および第 2 のウェーブレット係数セットの間の前記変化に依存する、前記装置の推定耐用年数の変化を算出するステップ (1 1 8) とをさらに含むことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記報告 (1 9 0) が、有限未来期間における装置故障確率、潜在サービスアクションの実行に基づく前記装置故障確率の予測変化、または実行されたサービスアクションの有効性の指示の少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 12】

前記報告 (1 9 0) が、装置サービスアクションの実行前後の、対象となる前記装置の存続率の比較を示し、前記存続率が、ウェーブレット変換分析により判定されることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示内容は概して、サービス提供の分野に関する。より詳細には、本開示内容は、装置の監視およびアフターサービスを容易にするためのシステムおよび方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

様々な産業、商業、医療および研究環境において、様々な機器類を日常的に利用して、施設で行われる業務を遂行し、または容易にすることができる。多くの事例において、施設は、機器が動作可能であり使用可能であり続けるようにするために、現場にある機器の一部または全部に対して第三者がアフターサービスを行うことに頼る場合がある。たとえば、産業の状況では、連続して、またはほぼ連続して動作している生産機器またはコンピュータ資源は、必要または要求に応じてアフターサービスを行う、現場にいない関係者によってアフターサービスを行われる場合がある。同様に、病院、医院および研究施設では、必要とされるときと場所において機器が使用可能であり続けるために、別の関係者に、現場にある診断、監視および / または画像機器の一部または全部に対してアフターサービスを行ってもらう場合がある。このような資源または機器の故障は、一部のケースでは、故障したシステムの所有者およびユーザに著しく不便を感じさせる可能性があることに留意されたい。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】米国特許第 6 5 6 7 7 5 2 号公報

【特許文献 2】米国特許第 6 8 2 8 8 8 9 号公報

【特許文献 3】米国特許第 7 1 0 3 5 0 9 号公報

【特許文献 4】米国特許公開第 2 0 0 2 0 1 2 8 7 3 1 号公報

【特許文献 5】米国特許公開第 2 0 0 5 0 1 0 9 0 4 9 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

【 0 0 0 4 】

装置動作を監視し、効率的かつ費用効果が高いやり方でサービス提供を管理するためのシステムおよび方法が必要とされている。装置に対していつアフターサービスを行うべきか、どのようなサービスを実施するべきか、このようなサービスが有効だったかどうかを算定するためのシステムおよび方法も必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本明細書に記載する主題は、上述した必要性および懸案事項に対処するのに利用可能である。当初特許請求する発明と範囲が相応する特定の態様について、後で説明する。こうした態様は、本発明の様々な実施形態が取り得る特定の形の手短な要約を読者に提供するために提示するだけであり、こうした態様は、本発明の範囲を限定することを意図していないことを理解されたい。実際には、本発明は、後で説明されない可能性もある様々な態様を包含し得る。

10

【 0 0 0 6 】

本明細書に記載する主題の一実施形態によると、システムは、少なくとも1つの構成要素を有する医療装置と、装置構成要素の動作データを測定するように構成された監視回路機構とを含む。このシステムは、装置構成要素の動作データを分析し、このような分析に少なくとも部分的に基づく報告を出力するように構成されたデータ処理システムも含み得る。動作データの分析は、動作データ中の相異なる信号成分を分離するために、ウェーブレット変換などの変換を動作データに適用することを含み得る。分析は、変換の実際の係数特性と1つまたは複数の期待係数特性との比較に少なくとも部分的に基づいて、一定期間にわたる装置の故障率または存続率の少なくとも一方を予測することを含み得る。

20

【 0 0 0 7 】

別の実施形態によると、方法は、装置の動作データを受信することを含み、この動作データは、対象となる特徴を含む。さらに、この方法は、動作データに変換を適用して、対象となる特徴を動作データから抽出することを含み得る。さらに、この方法は、対象となる抽出された特徴に関連づけられた変換係数の特性を、一群の類似装置から導出される閾値と比較することを含み得る。この方法は、比較に少なくとも部分的に基づく、装置の動作状態を示す報告を出力することを含み得る。

【 0 0 0 8 】

さらに別の実施形態によると、製造品は、実行可能命令を格納した1つまたは複数のコンピュータ可読媒体を含む。実行可能命令は、装置の動作データに変換を適用して、動作データから対象となる特徴を抽出するための命令を含み得る。実行可能命令は、対象となる抽出された特徴に関連づけられた変換係数の特性を、一群の類似装置から導出される閾値と比較するための命令と、比較に少なくとも部分的に基づく報告を出力するための命令とをさらに含み得る。

30

【 0 0 0 9 】

本明細書に記載する主題の様々な態様に関連して、上述した特徴の様々な改良があつてよい。それ以上の特徴を、こうした様々な態様に組み込むこともできる。こうした改良および追加特徴は、別個に存在しても、いかなる組合せとして存在してもよい。たとえば、例示する実施形態の1つまたは複数に関連して後で論じる様々な特徴は、上述した本発明の実施形態のいずれにも、単独で、または組み合わせて組み込むことができる。繰返しになるが、上に提示した手短な要約は、特許請求する主題に限定することなく、本明細書における主題の特定の態様および状況を読者に知らせることだけを意図している。

40

【 0 0 1 0 】

本発明のこうしたおよび他の特徴、態様および利点は、添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読めば、より良く理解されよう。図面を通して、同じ符号は同じ部分を表している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

50

【図 1】本明細書に記載する主題による、例示的なプロセッサベースの装置またはシステムの一実施形態を示すブロック図である。

【図 2】本明細書に記載する主題による、医療装置およびデータ処理システムからなる、ネットワーク接続されたシステムの実施形態を示す図である。

【図 3】本明細書に記載する主題による装置監視方法の実施形態を示すフロー図である。

【図 4】本明細書に記載する主題によるサービス提供方法の実施形態を示すフロー図である。

【図 5】ここに記載する主題の一態様による例示的な装置監視方法を示すフロー図である。

【図 6】本明細書に記載する主題の一実施形態に従って監視しアフターサービスを受けることができる、身体機能および状態を表す電気データを獲得する様々な一般的構成要素またはモジュールを含む、例示的なデータ獲得資源を示す概要図表表現である。

【図 7】ここに記載する主題の一実施形態による、データ獲得資源の一部でよい、医用画像システムの特定の機能構成要素を示す概要図表表現である。

【図 8】本明細書に記載する主題の一実施形態に従って利用することができる例示的な磁気共鳴画像システムを示す図表表現である。

【図 9】本明細書に記載する主題の一実施形態による例示的な磁気共鳴画像システムの特定の構成要素およびシステムの概要を表すブロック図。

【図 10】ここに記載する主題の一実施形態による、表示ウィンドウ中で与えられるシステム報告の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここに開示する主題の 1 つまたは複数の具体的な実施形態を、以下で説明する。こうした実施形態を簡潔に説明するために、実際の実装形態のすべての特徴について本明細書において説明するわけではない。このような実際のどの実装形態の開発においても、いかなる工学または設計プロジェクトにおけるのと同様に、実装形態ごとに変わり得る、システム関連および事業関連制約への準拠など、開発者固有の目標を達成するために、実装形態固有の多数の決定を行わなければならないことを理解されたい。さらに、このような開発作業は複雑であり時間がかかり得るが、それにもかかわらず、本開示の利益を受ける当業者にとっては定常的な設計、製作および製造作業であろうことを理解されたい。

【0013】

本発明の様々な実施形態の要素をもち出すにあたり、冠詞「a」、「an」、「the」および「前記」は、そうした要素が 1 つまたは複数存在し得ることを意味することを意図している。「備える」、「含む」および「有する」という用語は、包含的であることを意図しており、列挙した要素以外の追加要素があってもよいことを意味する。さらに、「例示的」という用語は、本明細書において、ここに開示する主題の態様または実施形態の特定の例とのつながりで用いられる場合があるが、こうした例は本来例示的であり、「例示的」という用語は、本明細書において、開示する態様または実施形態に関していかなる優先も要求も指すのに使われるのではないことが理解されよう。さらに、「最上部」、「最下部」、「上」、「下」という用語、位置を表す他の用語、およびこうした用語の変化形のいかなる使用も便宜上行われるが、記載する構成要素の特定のどの方向性も要求するわけではない。

【0014】

ここで図面に移り、最初に図 1 を参照すると、本主題とともに使用するための、プロセッサベースのシステム 10 の実施形態を図示してある。例示的なプロセッサベースのシステム 10 は、本明細書に記載する機能性の全部または一部を実装するソフトウェアを含む様々なソフトウェアを稼働させるように構成された、パーソナルコンピュータなどの汎用コンピュータでよい。あるいは、他の実施形態では、プロセッサベースのシステム 10 は、特に、システムの一部として提供される専用ソフトウェアおよび / またはハードウェアに基づいて、ここに記載する機能性の全部または一部を実装するように構成された、メイ

10

20

30

40

50

ンフレームコンピュータ、分散型コンピューティングシステム、あるいはアプリケーション固有のコンピュータまたはワークステーションを備え得る。さらに、プロセッサベースのシステム 10 は、ここに開示する機能性の実装を容易にするために、一台のプロセッサまたは複数のプロセッサを含み得る。

【0015】

一実施形態では、例示的なプロセッサベースのシステム 10 は、システム 10 の様々なルーチンおよび処理機能を実行する、中央処理装置 (CPU) などのマイクロコントローラまたはマイクロプロセッサ 12 を含む。たとえば、マイクロプロセッサ 12 は、特定のプロセスを遂行するように構成されるとともに、メモリ 14 (たとえば、パーソナルコンピュータのランダムアクセスメモリ (RAM)) や 1 つまたは複数の大容量記憶装置 16 (たとえば、内部もしくは外部ハードドライブ、固体記憶装置、CD-ROM、DVD、または他の記憶装置) など、(少なくとも、ソフトウェアルーチンをまとめて格納する) 1 つまたは複数のコンピュータ可読媒体を含む製造品に格納され、またはそれによって提供される様々なオペレーティングシステム命令ならびにソフトウェアルーチンを実行することができる。さらに、マイクロプロセッサ 12 は、コンピュータベースの実装形態において、本明細書に記載する本主題の一部として提供されるデータなど、様々なルーチンまたはソフトウェアプログラムに入力として提供されるデータを処理する。

10

【0016】

このようなデータは、メモリ 14 または大容量記憶装置 16 に格納しても、それによって提供してもよい。あるいは、このようなデータは、1 つまたは複数の入力装置 18 を介してマイクロプロセッサ 12 に提供してよい。入力装置 18 は、たとえばキーボード、マウスなどの手動入力装置を含み得る。さらに、入力装置 18 は、ネットワーク装置、たとえば有線または無線イーサネット (登録商標) カード、無線ネットワークアダプタ、あるいはローカルエリアネットワークやインターネットなど、適切などの通信ネットワークを介しても他の装置との通信を容易にするように構成された様々なポートまたは装置のいずれを含んでもよい。このようなネットワーク装置を経由して、システム 10 は、システム 10 と近接しているか離れているかにかかわらず、ネットワーク接続された他の電子システムとデータを交換し、通信することができる。

20

【0017】

1 つまたは複数の格納ルーチンに従ってデータを処理することによって取得される結果など、マイクロプロセッサ 12 によって生成される結果は、ディスプレイ 20 および / またはプリンタ 22 など、1 つまたは複数の出力装置を介してオペレータに提供してよい。表示され、または印刷された出力に基づいて、オペレータは、たとえば入力装置 18 を介して、追加または代替処理を要求することも、追加または代替データを提供することもできる。プロセッサベースのシステム 10 の様々な構成要素の間の通信は通常、システム 10 の構成要素を電氣的に接続するチップセットおよび 1 つまたは複数のバスまたは相互接続装置を介して遂行することができる。一実施形態では、例示的なプロセッサベースのシステム 10 は、図 2 ~ 10 を参照して後でより詳細に論じるように、医療システムなど、1 つまたは複数のシステム向けの監視およびサービス提供を容易にするように構成してよい。

30

40

【0018】

プロセッサベースのシステム 10 は、機能システムからの動作データの分析を容易にするように、かつこのようなシステムに関連したサービス提供の管理を容易にするように構成してよい。このような機能システムの 1 つまたは複数の実施形態は、医療システム (たとえば、画像システム、診断システム、監視システムなど) を含み得るが、ここに開示する主題は、非医療システム実施形態にも広く適用可能であり得る。一実施形態では、プロセッサベースのシステム 10 は、システムの動作データから 1 つまたは複数の特徴を抽出するように構成し、後でさらに詳しく説明するように、このような特徴を、システム故障予測およびシステム事象影響分析のための 1 つまたは複数のノンパラメトリック信頼性モデルと組み合わせるように構成してよい。さらに、プロセッサベースのシステム 10 は、

50

多数の潜在サービスアクションからの最適サービスアクションの判定、サービスアクションを実施する最適時間の算出（たとえば、予測故障時間に基づく）、および実施されたいのサービスアクションの有効性の分析も容易にし得る。

【0019】

例として、システム28を一実施形態によって図2に示してある。ここに例示する本実施形態では、1つまたは複数の装置30（たとえば、医療装置）は、ネットワーク34を介してデータ処理システム32に通信可能に結合すればよい。データ処理システム32は、図1に示すプロセッサベースのシステム10を含み得るが、他の実施形態では、データ処理システム32は、図1に示すものとは異なる、またはそれに加えて、様々な構成要素またはシステムを含み得ることに留意されたい。さらに、ネットワーク34は、ローカルエリアネットワーク（LAN）またはワイドエリアネットワーク（WAN）（たとえば、インターネット）、ならびにスイッチ、ルータ、サーバまたは他のコンピュータ、ネットワークアダプタ、通信ケーブルなどを含む、通信を容易にする他の様々な構成要素のうち1つまたは複数を含んでよい。

10

【0020】

一実施形態では、装置30は、たとえば磁気共鳴（MR）、コンピュータ断層撮影（CT）、陽電子放射断層撮影（PET）、X線、断層合成など、1つまたは複数のモダリティからなる医用画像装置を含み得る。ただし、本教示はまた、もしくは代わりに、患者モニタ、診断装置、他の医療資源、またはこうした装置およびシステムの何らかの組合せと一緒に用いてよいことを理解されたい。このような他の医療資源は、データ記憶または処理システム（たとえば、コンピュータワークステーションやサーバ）、画像保管通信システム（PACS）、放射線情報システム（RIS）などを含むが、それに限定されない。実際には、上述したように、ここに例示する実施形態は複数の医療装置に関して記述している場合があるが、システム28の他の実施形態は、非医療装置のみを含んでも、医療装置および非医療装置両方を含んでもよい。

20

【0021】

装置30は、装置機能性に寄与するように動作する1つまたは複数の機能構成要素36を含み得る。医療装置では、このような構成要素36は、X線管、磁気コイル、電源、加熱システムの構成要素、冷却システムの構成要素（たとえば、後でより詳細に論じるコールドヘッド）などを含み得る。装置30は、たとえば動作データを収集するように構成されたセンサによって、装置30および構成要素36の動作データを収集するように構成された様々な監視回路機構38も含み得る。ここに例示する実施形態の監視回路機構38は、装置30と統合してよいが、他の実施形態では、監視回路機構38は（および関連するどのセンサも）、装置30とは別個でよいことに留意されたい。

30

【0022】

一方、データ処理システム32は、監視回路機構38によって収集された動作データを処理するためのいくつかのハードウェアおよび/またはソフトウェアモジュールを含み得る。たとえば、一実施形態では、データ処理システム32は、分析モジュール40および出力モジュール42を含み得る。本実施形態では、分析モジュール40は、1つまたは複数の数学モデル44（たとえば、少なくとも一部の実施形態では、ノンパラメトリックモデルでよい故障予測モデル、信頼性モデル、事象効果分析モデルなど）を動作データに適用するように構成してよく、このような処理の結果は、出力モジュール42を介して出力することができる。

40

【0023】

データ処理システム32は、後でより詳細に論じる方法を含むが、それに限定されない、装置を監視しアフターサービスを行う様々な例示的方法の1つまたは複数のステップを実施するように構成してよい。データ処理システム32によって実施されるステップのどの一部または全部も、後で説明するステップを遂行するように適応された格納ルーチンを有するソフトウェアベースかつ/または表計算ベースのアプリケーションの一部として実施することができる。ただし、他の実施形態では、システム32によって実施されるステ

50

ップは、このようなステップを実施するように構成された、アプリケーション固有のハードウェアまたは回路機構を介して実施してよい。さらに、ここに開示する方法の様々な例示的ステップは、適切などの順序で実施してもよく、後で説明する順序で実施する必要はないことが理解されよう。

【0024】

たとえば、例示的な装置監視方法46を一実施形態によって図3に示す。方法46のステップ52で、装置30用の動作データ48を、装置30から、またはデータベース50など、何らかの他のデータソースから直接取得してよい。他の実施形態では、追加の非動作データも、または代わりに、このステップで収集してよい。

【0025】

さらに、ステップ54、56でそれぞれ、1つまたは複数の数学的変換を、このような変換のグループから選択し、収集されたデータに適用してよい。たとえば、選択された数学的変換を、動作データ48に適用して、たとえば具体的な周波数サブバンドだが、それに限定されない、対象となる1つまたは複数の特徴をデータから抽出してよい。いくつかの実施形態では、このような特徴抽出は、監視されるシステムおよび構成要素（たとえば、装置30および構成要素36）のための事象検出および故障予測を容易にし得る。適切な様々な変換のいずれも、動作データ48から所望の特徴を抽出するために適用してよい。たとえば、一実施形態では、ステップ56は、離散ウェーブレット変換（DWT）の適用を含む。ただし、他の実施形態では、適用される変換は、異なるウェーブレット変換、プリンシパル構成要素分析（PCA）変換、フーリエ変換（たとえば、高速フーリエ変換（FFT））などを含み得る。

【0026】

方法46は、ステップ58で、1つまたは複数の変換係数（またはこのような係数から導出されるデータ）を閾値60と比較することも含み得る。一実施形態では、閾値60は、ステップ62で、分析される装置30または構成要素36と同様の他のシステムまたは構成要素に基づく基準点を与えるための故障予測モデルおよびトレーニングデータの使用により判定される。判定された閾値60は、将来のアクセスのためにデータベース64に格納してもよい。一実施形態では、離散ウェーブレット変換を動作データ48に適用して、近似係数および詳細化係数を生成することができ、こうした（装置30の動作を表す）係数のうち1つまたは複数の分散が、期待動作（通常動作、最小または最大性能期待などに基き得る）を示す閾値60と比較されて、装置30の動作が線外値であるかどうかを、期待動作パラメータを参照して判定する。ステップ58の比較はまた、もしくはは代わりに、他の比較プロセスを含んでよい。別の実施形態では、たとえば、故障確率（たとえば、装置30（またはその構成要素36）が所与の期間、たとえば20日以内に故障する確率）を装置30に対して動作データ48から算出し、閾値故障確率と比較して、故障確率が閾値故障確率を超えたときの装置30へのアフターサービスを容易にすることができる。一実施形態では、故障確率モデルは、故障確率の算出を容易にするための、後でより詳細に説明するような比例ハザード予測モデルを含み得る。

【0027】

ステップ66で、ステップ58で実施された比較に基づいて、報告68を生成することができる。たとえば、報告68は、構成要素または装置の切迫した故障の指示を含んでよく、構成要素36または装置30へのアフターサービスを提案することができる。報告68は、様々なやり方で出力してよい。たとえば、報告68は、将来のアクセスまたは処理を容易にするためにデータベース70に出力し、そこに格納してもよく、たとえばディスプレイ20およびプリンタ22を介して、人間が読める形で出力してもよい。

【0028】

最適サービスアクションを判定し、最適サービスアクションの実施の影響を測定する例示的な方法を、一実施形態によって概略的に図4に示してある。例示的な方法76は、ステップ78で装置または構成要素の故障確率を判定することを含み得る。一実施形態では、ある特定の装置30または構成要素36の故障確率の判定を容易にするために、たとえ

ば動作データ48(たとえば、ウェーブレット特徴やそこから抽出される他の特徴)、報告68に含まれるデータなど、様々なデータに特徴ベースの故障予測モデルを適用することができる。このような故障予測モデルは概して、一実施形態では、監視される装置30または構成要素36のデータ傾向および劣化両方を検出することに留意されたい。さらに、故障予測モデルは、監視される装置30または構成要素36の推定耐用年数または故障確率に影響を与える装置事象を検出するのに用いてもよい。

【0029】

方法76のステップ80は、装置30(または構成要素36)に関して、その装置(または構成要素)の故障確率に対する1つまたは複数の潜在サービスアクションの効果を予測することを含み得る。上述した予測は、いくつかの実施形態では、上述したように、抽出された特徴を統合するノンパラメトリック信頼性モデルにより生成することができる。繰返しになるが、このようなノンパラメトリック信頼性モデルは、所与の期間内での装置の故障確率を判定するための、動作データ48から導出されるウェーブレット係数を用いる比例ハザードモデルを含み得る。さらに、概してブロック82で示すように、方法76は、監視される構成要素36または装置30に関する故障確率に対するいくつかの潜在サービスアクション(たとえば、様々な修理および/または交換オプション)の各サービスアクションの効果を繰返し予測することができる。少なくとも算出されたこうした故障確率に基づいて、最適サービスアクションをステップ84で判定することができる。上述したモデル、またはいくつかの他の数学モデルを用いて、装置30、またはその構成要素36に関する推定故障時間を算出することができ、最適アフターサービス時間(たとえば、装置30または構成要素36の、予期される故障の前の時点)をステップ88で算出することができる。さらに、最適サービスアクションおよび最適サービス時間の一方または両方を、たとえば報告86により出力してよい。

【0030】

一実施形態では、方法76は、ステップ90でサービスアクション(たとえば、判定された最適サービスアクション)を実施することを含み得る。さらに、ステップ92で、このようなサービス実施に続いて、追加動作データ94を装置30から収集することもできる。サービスを受ける装置30または構成要素36に関する更新故障確率を判定するために、最適サービスアクションの実施の後に収集される動作データ94を、ステップ96で分析することができる。この更新故障確率は、最適サービスアクションの実施に先立って収集される動作データ48に基づく故障確率の判定に関して上述したのと同じまたは同様のやり方で算出することに留意されたい。ただし、他の実施形態では、故障確率を判定するステップ78、96の一方または両方を、何らかの適切な他のやり方で実施することができる。

【0031】

さらに、それぞれ最適サービスアクションの実施の前および後で判定される装置故障確率をステップ98で比較することができ、最適サービスアクションの実施の有効性をステップ100で報告することができる。たとえば、(最適サービスアクションの実施に先立って判定される装置故障確率と比較して)最適サービスアクションの実施に続く、装置故障確率の低下は、最適サービスアクションには、サービスを受ける装置の信頼性に対して肯定的影響があったことを示し得る。あるいは、最適サービスアクションの実施後の不変またはより高い装置故障確率は概して、最適サービスアクションが有効でなかったことを示し得る。このような無効性は、一部のケースでは、サービスアクションが不適切に実施されたこと、または交換部分に欠陥があったことを示唆し得る。

【0032】

ここに例示する実施形態は、装置故障確率を比較するステップ98を含むものとして上述したが、他の実施形態では、最適サービスアクションの有効性は、他の比較プロセスおよび基準により判定することに留意されたい。たとえば、一実施形態では、(最適サービスアクションの実施に起因し得る、装置故障確率の予測変化を含み得るが、それに限定されない)ステップ80で予測される最適サービスアクションの影響は、最適サービスア

クシヨンの実際の影響（たとえば、最適サービスアクションの実施から生じる、装置故障確率の実際の变化）と比較してよい。このような比較を用いることにより、装置30または構成要素36に対して実施されるサービスアクションが正しく実施され、装置30または構成要素36の動作を期待レベルまたは範囲まで回復することを保証することができる。

【0033】

さらに、装置30または構成要素36に関する故障確率、残存確率、予期故障時間などに対する、サービス事象や一時的な事象などの事象の影響を測定する例示的な方法106を、一実施形態によって図5に示す。方法106は、対象となる事象の出現に先立って、第1の動作データ110と、対象となる事象の出現に続いて収集される第2の動作データ112とを収集するステップ108を含み得る。ステップ114で、動作データセット110、112の各データセットに変換を適用してよい。一実施形態では、適用される変換は、離散ウェーブレット変換などのウェーブレット変換でよいが、上で概略的に述べたように、他の変換を利用してもよい。方法106は、対象となる事象に起因し得るデータの変化を判定するために、各変換データの各組の係数をそれぞれと比較するステップ116も含んでよく、たとえば推定耐用年数、故障確率、存続率など、様々な装置特性に対する装置事象の影響120をステップ118で算出することができる。さらに、算出された影響120は、将来の参照のためにデータベース122に出力しても格納してもよく、ユーザに対して出力してもよい。

【0034】

上述したように、データ処理システム32は、医療装置を含む様々な装置30の監視および分析を容易にし得る。例として、いくつかの例示的な医療装置および構成要素を、本主題の特定の態様の例示的な実装形態とともに、図6～9に示す様々な実施形態によって以下で論じる。ただし、こうした実施形態は、本主題の可能な特徴の例として挙げているだけであり、他の実施形態は、本明細書において論じる特徴に加えて、またはその代わりに他の特徴を含み得ることに留意されたい。

【0035】

いくつかの実施形態では、例示的な医療装置30は、図6に概要を示すような特定の典型的なモジュールまたは構成要素を有するデータ獲得システム130を含み得る。こうした構成要素は、センサまたはトランスデューサ132を含んでよく、このセンサまたはトランスデューサは、医療事象または病状を示し得る、対象となる特定のパラメータを検出するために、患者134の上または近くに置いてよい。したがって、センサ132は、体または体の部位から発する電気信号、ある特定のタイプの動き（たとえば脈や呼吸）によって生じる圧力、またはたとえば動き、刺激に対する反応などのパラメータを検出することができる。センサ132は、体外の領域に置いてよいが、たとえばカテーテル、注入または摂取される手段、送信機を装備するカプセルを介するなどして、体内への配置も含み得る。

【0036】

センサは、検知されたパラメータを表す信号またはデータを生成する。このような未加工データは、データ獲得モジュール136に送信すればよい。データ獲得モジュールは、サンプリングされた、またはアナログのデータを獲得することができ、たとえばフィルタリング、多重化など、様々な初期動作をデータに対して実施することができる。データは次いで、信号調節モジュール138に送信すればよく、ここで、たとえば追加フィルタリング、アナログデジタルコンバージョン用など、それ以上の処理が実施される。処理モジュール140は次いで、データを受信し、データの簡単な分析または詳細な分析を含み得る処理機能を実施する。ディスプレイ/ユーザインタフェース142は、たとえばスクリーン表示上でのトレース、ハードコピーなど、ユーザが望む形式でデータが操作され、閲覧され、出力されるようにする。処理モジュール140はまた、注釈、限界設定またはラベルづけ用の軸または矢印および他の印が、インタフェース142を介して作成される出力上に現れ得るように、データに印をつけることも、印をつけるためにデータを分析する

こともできる。最後に、アーカイブモジュール 144 は、資源内にローカル、またはリモートにデータを格納するように働く。アーカイブモジュールは、データの再フォーマットまたは回復、データの圧縮、データの圧縮解除などを許可することもできる。図 6 に示す様々なモジュールおよび構成要素の特定の構成は、当然ながら、資源の性質に応じて変わり、画像システムであれば、関与するモダリティに応じて変わることになる。最後に、概して参照番号 34 で表すように、図 6 に示すモジュールおよび構成要素は、ネットワークを介して外部のシステムおよび資源に直接的または間接的にリンクすることができ、こうすることにより、データ獲得システム 130 から他の装置またはシステムへのデータ伝送を容易にすることができる。

【0037】

10

データ獲得システム 130 は、患者から所望のデータを収集することが可能ないくつかの非画像システムを含み得る。たとえば、データ獲得システム 130 は、特に、脳波記録 (EEG) システム、心電図記録 (ECG または EKG) システム、筋電図記録 (EMG) システム、電気インピーダンス断層撮影 (EIT) システム、電気眼振記録 (ENG) システム、神経伝導データを収集するように適応されたシステム、あるいはこうしたシステムの何らかの組合せを含み得る。データ獲得システムはまた、もしくは代わりに、図 7、8 を参照して後で論じるように、様々な画像資源を含んでよい。

【0038】

20

このような画像資源は、軟部組織および硬部組織両方における医療事象および病状を診断するため、かつ具体的な解剖学的組織の構造および機能を分析するために利用することができる。さらに、たとえばアクセスするのが困難な、または視覚化するのが不可能なエリアの中に外科的構成要素をガイドするのを補助するために、外科的介入の最中に用いることができる画像システムが利用可能である。図 7 は、例示的な画像システムの全体の概要を示し、図 8 は、磁気共鳴 (MR) 画像システムの主なシステム構成要素をさらにある程度詳細に示している。

【0039】

30

図 7 を参照すると、画像システム 150 は概して、信号を検出し、この信号を有用データにコンバートする何らかのタイプの撮像機 152 を含む。撮像機 152 は、画像モダリティに応じて、画像データを作成するために様々な物理原理に従って動作し得る。ただし、概して、患者 134 の中の対象となる領域を示す画像データは、写真用フィルムなど、従来の担体中で、またはデジタル媒体中で、撮像機によって作成される。

【0040】

40

撮像機 152 は、システム制御回路機構 154 の制御下で動作し得る。システム制御回路機構 154 は、たとえば放射線源制御回路、タイミング回路、患者または移動表と連動してデータ獲得を調整する回路、放射線源または他の源および検出装置の位置を制御する回路など、広範な回路を含み得る。撮像機 152 は、画像データまたは信号の取得に続いて、たとえばデジタル値へのコンバージョンのために信号を処理することができ、画像データをデータ獲得回路機構 156 にフォワードする。写真用フィルムなどのアナログ媒体のケースでは、画像システム 150 は概して、フィルム用の担体、ならびにフィルムを現像し後でデジタル化することができるハードコピーを生じる機器を含み得る。デジタルシステムの場合、データ獲得回路機構 156 は、所望される場合、デジタルダイナミックレンジの調節、データの平滑化または鮮明化、ならびにデータストリームおよびファイルの編纂など、広範な初期処理機能を実施してよい。データは次いで、データ処理回路機構 158 に転送され、ここで追加処理および分析が実施される。写真用フィルムなど、従来の媒体の場合、データ処理システムは、フィルムにテキスト情報を印加し、かつ特定の注記または患者識別情報を添付してよい。利用可能な様々なデジタル画像システムの場合、データ処理回路機構は、データの本質的分析、データの並べ替え、鮮明化、平滑化、特徴認識などを実施する。

【0041】

50

最終的に、画像データは、閲覧および分析のために、何らかのタイプのオペレータイン

タフェース 160 にフォワードされる。閲覧に先立って、画像データに対して動作を実施することができるが、オペレータインタフェース 160 は、どこかの時点で、収集された画像データに基づく復元された画像を閲覧するのに有用になる。写真用フィルムのケースでは、画像は通常、放射線医師および担当医に画像シーケンスをより簡単に読ませ、注釈をつけさせるために、ライトボックスまたは同様のディスプレイ上に掲示されることに留意されたい。画像は、画像保管通信システムなど、本目的のために概してインタフェース 160 に含まれるものと見なされる短期または長期記憶装置に格納してもよい。画像データは、ネットワーク 34 を介して離れた場所に転送してもよい。一般的な立場から、オペレータインタフェース 160 は、通常はシステム制御回路機構 154 とのインタフェースを介して、画像システムの制御を可能にすることにも留意されたい。さらに、一台より多くのオペレータインタフェース 160 を提供してよいことにも留意されたい。したがって、オペレータインタフェース 160 は、画像データ獲得手順に関与するパラメータを規制するために、画像スキャナまたはステーションの所にインタフェースを含み、生じた復元画像を操作し、強調し、閲覧するための異なるインタフェースをさらに含み得る。

【0042】

本明細書に記載する様々な例示のプロセスに従って監視し、かつ/またはサービスを受けることができる画像システム 150 のより詳細な例に移ると、磁気共鳴画像システム 166 の全体的図表表現が図 8 に示されている。システム 166 は、画像データ取得のために患者 134 がその中に置かれるスキャナ 168 を含む。スキャナ 168 は概して、患者 134 の体内の磁気回転物質に影響する磁場を生成する、磁石 170 (図 9) などの一次磁石を含む。磁気回転物質、通常は水および代謝産物が磁場に合わせた整列を試みると、互いに対して直角に配向される追加磁場を勾配コイルが生じる。勾配磁場は、撮像のために患者の内部を通して組織の断面を効果的に選択し、その回転の位相および頻度に従って断面中の磁気回転物質をエンコードする。スキャナ内の無線周波数 (RF) コイルは、高周波パルスを生成して磁気回転物質を励起し、物質がそれ自体を磁場に合わせて整列し直すことを試みると、無線周波数コイルによって収集される磁気共鳴信号が放射される。

【0043】

スキャナ 168 は、勾配コイル制御回路機構 170 に、かつ RF コイル制御回路機構 172 に結合される。勾配コイル制御回路機構 170 は、画像データを生成するのに用いられる撮像または検査方法論を定義する、様々なパルス列の規制を認める。勾配コイル制御回路機構 170 により実装されるパルス列記述は、具体的な断面、解剖学的組織を撮像するように、かつ血液および拡散体など、移動する組織の具体的な撮像を許可するように設計される。パルス列は、たとえば様々な器官または特徴の分析、ならびに 3 次元画像回復のために、多数の断面の連続撮像を可能にする。RF コイル制御回路機構 172 は、RF 励起コイルへのパルスの適用を認め、生じた検出 MR 信号を受信し部分的に処理するように働く。具体的な解剖学的組織および目的のために、一定の範囲の RF コイル構造を利用してよいことにも留意されたい。さらに、RF パルスの伝送のために、1 本の RF コイルを使ってもよく、その際、異なるコイルが、生じた信号を受信するように働く。

【0044】

勾配および RF コイル制御回路機構 170、172 は、システムコントローラ 174 の指示の下で機能する。システムコントローラ 174 は、画像データ獲得プロセスを定義するパルス列記述を実装する。システムコントローラ 174 は概して、オペレータインタフェース 160 による、検査シーケンスのある程度の調整または設定を認めることになる。

【0045】

データ処理回路機構 176 は、検出された MR 信号を受信し、こうした信号を処理して回復用データを取得する。概して、データ処理回路機構 176 は、受信された信号をデジタル化し、こうした信号に対して 2 次元の高速フーリエ変換を実施して、MR 信号がそこから発せられた選択断面中の具体的な場所をデコードする。生じた情報は、様々な場所で発する MR 信号の強度または断面中のボリュームエレメント (ボクセル) を示す。各ボクセルは次いで、回復のために画像データ中のピクセル強度にコンバートすればよい。デー

10

20

30

40

50

タ処理回路機構 176 は、たとえば画像強調、ダイナミックレンジ調節、強度調節、平滑化、鮮明化などのために、他の広範な機能を実施することができる。生じた処理済み画像データは通常、閲覧のためにオペレータインタフェースに、かつ短期または長期記憶装置にフォワードされ、あるいは追加処理のためにデータ処理システムにフォワードしてもよい。上記画像システムのケースでのように、MR 画像データは、スキャナの場所でローカルに閲覧することも、たとえばネットワーク 34 を介して、施設内および施設から離れたどちらでもよい離れた場所へ送信することもできる。

【0046】

それ以上の例として、スキャナ 168 の例示的な構成要素を概略的に、一実施形態によって図 9 に示してある。こうした例示的な構成要素は、説明目的で挙げているだけであり、実際のスキャナは、個々に示すものとは異なる、またはそれに加えて、他の構成要素を含み得ることに留意されたい。スキャナ 168 は、超伝導電磁石などの磁石 170 を含み得る。一実施形態では、磁石 170 は、電気がこのようなループの中を通る際に磁場を生成する、コイル状ワイヤーのループを含み得る。さらに、このような磁石はしばしば、寒材容器または低温槽 172 内など、寒材溶液中に配置されて、低温を保ちコイル状ワイヤーの抵抗を低下させ、そうすることによって磁場強度を高め、制御を可能にする。しばしば、磁石 170 は、液体ヘリウムにより冷却されるが、他の寒材を用いてもよいであろう。

10

【0047】

磁石 170 を所望の温度範囲内に（かつ低温槽 172 を所望の圧力範囲内に）保つために、スキャナ 168 は、冷却システム 174 および加熱システム 176 を含んでもよい。一実施形態では、冷却システム 174 は、圧縮装置 178 およびコールドヘッド 180 を含んでよく、これらは、組み合わせられて、周囲の熱により蒸発する寒材を圧縮するように、かつ気体を液体状態に冷却し再凝結するように作用する。加熱システム 176 は、寒材容器 172 内の温度および圧力を高めるように構成された抵抗加熱要素など、さらにいくつかの構成要素を含み得る。さらに、スキャナ 168 は、スキャナ 168 の構成要素のうち任意のものの温度、寒材容器 172 内の圧力、寒材容器 172 内の寒材の量、加熱システム 176 のデューティサイクルなどを含む、スキャナ 168 の様々なパラメータを監視するための監視回路機構 182 を含み得る。

20

【0048】

繰返しになるが、ここに開示する監視および分析プロセスは、幅広いシステムまたは構成要素のいずれとも、それに対するサービス実行を容易にするために用いることができる。それ以上の例として、コールドヘッド 180 にかかわるこのようなプロセスの特定の態様の代表的実装形態を、一実施形態によって後で説明する。ただし、本主題は、コールドヘッドとの使用にも、この代表的例の特定の实装形態の詳細にも限定されないことに留意されたい。

30

【0049】

一実施形態では、データ処理システム 32 は、パラメータの平均値の変化に先立って、コールドヘッド 180 などの構成要素 36 の劣化を検出することができ、実際の構成要素故障からの一時的現象の分離を容易にすることができる。さらに、一実施形態では、データ処理システム 32 は、寒材容器 172 の圧力を所望の範囲内に保つための、コールドヘッド 180 の能力（または無能力）を分析することができる。通常、寒材容器 172 内の圧力は、閉ループ方式で制御され、ここで、加熱システム 176 は、寒材容器圧力を高めるように動作し、コールドヘッド 180 は、寒材容器圧力を低下させるように動作する。その結果、寒材容器 172 内の圧力は概して、所望の動作範囲内で周期的になるが、様々な加熱および冷却構成要素が古くなり、あるいは劣化すると、データ信号の周期性性質は、時間とともに変化する。

40

【0050】

一実施形態では、データ処理システム 32 は、コールドヘッド 180 の劣化を示す、寒材容器圧力を示すデータ信号の、このような時間経過に伴う変化を検出するように動作さ

50

ることができる。所与の期間にわたる寒材容器 172 内の圧力を表すデータ信号は、上で概論したように、大きい周期的成分を含み得るが、データ信号は、コールドヘッド 180 の劣化に対応し得るより小さい非定常特性（たとえば、傾向または突然の変化）および一過性特性も含み得ることに留意されたい。非定常特性および一過性特性は、コールドヘッド故障予測、ならびに一時的現象検出および影響分析を容易にするために、周期的成分から分離することができる。

【0051】

たとえば、一実施形態では、圧力データ中の具体的な周波数サブバンドの変化は、コールドヘッドの劣化を早期に（たとえば、故障の数日または数週間前）示すことができ、容器圧力の上昇傾向は、切迫した故障を示すことができる。このような指示は、実際に故障する前に、所望のサービスアクション（たとえば、寒材再充填、コールドヘッド交換など）を判定し実施する時間を見越せばよい。別の実施形態では、コールドヘッド 180 の動作耐用年数に影響を与え得る一過性の事象（たとえば、圧縮装置 178 のリセットや停止）を検出し、こうした一過性事象を分類し、このような一過性事象を、コールドヘッド 180 の測定パラメータにおける傾向とは区別し、コールドヘッド 180 の耐用年数に対するこのような一時的現象の影響を（たとえば、事象検出およびモデリングにより）評価するのに、抽出されたデータ信号特徴を用いてもよい。

10

【0052】

正常なコールドヘッド 180 および劣化した（ただし依然として機能している）コールドヘッド 180 は両方とも、平均寒材容器圧力を所望の範囲内（たとえば、約 27 kPa ~ 約 28 kPa）に保つことが可能であり得ることが理解できよう。したがって、それぞれの正常および劣化したコールドヘッド 180 の測定平均圧力のみに注力する典型的な故障モデルは、コールドヘッドが故障し始める（たとえば、平均圧力が所望の最大範囲を超えるとき）まで、劣化したコールドヘッド 180 と正常コールドヘッド 180 との間の違いを検出することが可能でない場合がある。ただし、ここに開示する主題の一実施形態では、データ処理システム 32 は、周期的データの頻度および性質の違いを検出することができ、このような違いを用いて、以前の故障モデルと比較して、コールドヘッドの劣化および拡張予測範囲をより早期に検出することができる。

20

【0053】

一実施形態では、データ処理システム 32 は、ウェーブレットベースの手法を利用して、信号の周期的性質をモデル化し、信号の傾向および不連続点を検出することができる。ウェーブレットは、非定常および過渡信号を分析するための時間周波数分解能をもたらす、固定マザーウェーブレット関数の翻訳型および拡張型バージョンである局所化基底関数であり、比較的大きい反復信号中の比較的小さい情報提供成分を抽出するのに用いることができることに留意されたい。説明のために与えられる以下の非限定的例では、ウェーブレット分解は、データ信号を分解し対象となる特徴を抽出するのに用いることができる。

30

【0054】

一実施形態では、単一のシステムから取得される容器圧力測定値は、

【0055】

【数 1】

40

【数 1】

$$\mathbf{y} = (y(t_1), \dots, y(t_N))'$$

$$\mathbf{y} = (y(t_1), \dots, y(t_N))'$$

【0056】

で表すことができ、上式は、等間隔時間離散点 $t = t_i$ で取得される。観察されるデータ

50

は、

【 0 0 5 7 】

【 数 2 】

【数 2】

$$y(t) = f(t) + \varepsilon_t$$

$$y(t) = f(t) + \varepsilon_t$$

10

【 0 0 5 8 】

の実行結果であると仮定することができ、上式で、

【 0 0 5 9 】

【 数 3 】

【数 3】

$$\varepsilon_t$$

20

$$\varepsilon_t$$

【 0 0 6 0 】

は、独立かつ一様分布したノイズである。 y の離散ウェーブレット変換 (D W T) は、 $d = W y$ で定義することができ、ここで W は、

【 0 0 6 1 】

【 数 4 】

【数 4】

$$W = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdot & h_{1N} \\ h_{21} & h_{22} & \cdot & h_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ h_{N1} & h_{N2} & \cdot & h_{NN} \end{bmatrix}$$

30

$$W = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdot & h_{1N} \\ h_{21} & h_{22} & \cdot & h_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ h_{N1} & h_{N2} & \cdot & h_{NN} \end{bmatrix}$$

40

【 0 0 6 2 】

【 数 5 】

【数 5】

$$d = (c_i, d_i, d_{i+1}, \dots, d_j)',$$

$$d = (c_i, d_i, d_{i+1}, \dots, d_j)',$$

50

【 0 0 6 3 】

という形の $N \times N$ の正規直交ウェーブレット変換行列であり、ここで、

【 0 0 6 4 】

【 数 6 】

【 数 6 】

$c_i, d_i, \dots, d_j$

10

c_j

【 0 0 6 5 】

,

d_j

【 0 0 6 6 】

, ...,

d_j

20

【 0 0 6 7 】

は、様々なスケールでのウェーブレット係数である。さらに、 c_1 は、低周波振動（近似）を表すことができ、 d_j は、高周波振動（成分）を表すことができる。DWTではなく、上述したPCAやFFTなど、他の変換を用いてもよいことに留意されたい。

【 0 0 6 8 】

特定の用途のために、様々な最適ウェーブレット関数および分解レベルを選択できることにも留意されたい。一実施形態では、コールドヘッド180の通常動作中に、約27kPaと28kPaの間の、容器圧力の一定の急な遷移が、システムの閉ループ性質により起こり得る。こうした急な遷移は概して、具体的な詳細化ウェーブレット係数（影響を受けた周波数サブバンドに基づく）中に比較的大きい値を生じ得る。コールドヘッド180が劣化すると、コールドヘッドが短い持続期間内に容器圧力を下げることができないことにより遷移は変化する場合があり、所与の期間にわたる周期の数が低下する場合があり、結果として、選択されたウェーブレット係数値が変化する。選択されたウェーブレット係数値の変化を分析して、コールドヘッド180の劣化を検出し測定することができる。一実施形態では、適切なウェーブレット係数の選択は、コールドヘッド周期の遷移の検出の最大化（すなわち、この違いを最大化する詳細化ウェーブレット係数）に基づき得る。ウェーブレット関数のより高い可微分性により、急な遷移と滑らかな遷移との間の係数値の違いがより大きくなり、このような遷移の分解能がより優れたものとなる。ただし、増大した可微分性は、ウェーブレットのための担体サイズをより大きくする可能性があり、特異性を検出する能力を低下させる可能性がある。

30

40

【 0 0 6 9 】

また、コールドヘッド180の耐用年数における一時的事象は、他の寒材冷却構成要素（圧縮装置の故障やリセットなど）によって引き起こされる特異性（比較的不足しているサンプル数にわたる大きな変化など）に対応し得る。いくつかの事例では、こうした事象は、短い持続期間での容器圧力の大規模な増大を引き起こし得る。一実施形態では、こうした一時的事象は、単体サイズが比較的小さいウェーブレットを使用して、よりうまく検出し、実際の故障から分離することができる。さらに、一実施形態では、コールドヘッド180に関する測定圧力データの傾向を検出して、コールドヘッドの故障を予測することができる。傾向などのデータの長期進化は、信号の低周波成分に対応し、この成分は、低周波数の、ゆっくりと変化する粗い特徴を測定する近似によってモデル化できることに留

50

意されたい。

【0070】

したがって、一実施形態では、最適ウェーブレットの選択は、劣化、一時的事象および傾向検出の個々の基準の可微分性および担体サイズに基づき得る。また、分解レベルは、対応する詳細化ウェーブレット係数の使用を提案し得る、コールドヘッド周期の周波数にも関係し得る。一実施形態では、「レベル5」分解を有するC o i f 3ウェーブレット関数をデータ処理システム32によって用いて、ここに開示する機能性を提供することができる。

【0071】

選択された近似係数および詳細化係数に基づき、トレーニングデータを用いて故障予測モデルを、劣化および/または故障識別のためにウェーブレット特徴に関する閾値を判定するように発展させることができる。一実施形態では、コールドヘッド劣化は、選択された詳細化係数の分散と、対象となるコールドヘッド180が同様の経年数であるコールドヘッドと比較される線外値であるかどうかを識別するために判定された閾値との比較により識別することができる。後で説明する比例ハザード予測モデルを用いて、所与の期間内、たとえば20日間の故障の確率を、ウェーブレット特徴を用いて判定することができる。故障の確率が所定の閾値まで上がると、データ処理システム32は、コールドヘッド180が故障しそうだと判定してよく、サービスアクション(上で判定された最適サービスアクションなど)を実施することができる。

【0072】

さらに、上述したような、データ信号の1つまたは複数の抽出された特徴を、ノンパラメトリック信頼性モデル中で、監視されるシステムまたは構成要素における事象の影響をモデル化するのに用いることができる。一実施形態では、このようなモデルを使用することにより、経年数に対するシステムまたは構成要素(たとえば、コールドヘッド180)のベースライン劣化と、システム内で起こる個々の事象の効果との合成が容易になる。このような合成により、概して、データ処理システム32は、故障を予測し、一時的事象の影響を判定し、サービスアクションの有効性を測定することができるようになる。

【0073】

一実施形態では、選択されたウェーブレット係数特徴に基づいて、データ処理システム32は、所与の係数値と、故障のハザード関数との関係をモデル化することができる。基線ハザード関数は、コールドヘッドの耐用年数を、一群の類似コールドヘッド180の観察信頼性に基づく、コールドヘッド180の経年数に関係づけることができる。基線ハザード関数は次いで、共変量Xの加算によって倍数的に修正することができる。コールドヘッド180の場合、こうした共変量は、詳細化係数の標準偏差および近似係数の傾斜を表すことができ、ウェーブレット係数の観察劣化を、ハザード関数に、かつしたがって、コールドヘッド180の推定故障時間に直接関係づけさせることができる。共変量に関する係数 β は、トレーニングデータを用いて推定することができる。さらに、モデルは、異なる経年数の類似コールドヘッドからのサンプルデータに基づくモデルを構築することによって、コールドヘッド180の異なる経年数におけるコールドヘッドハザード関数の様相を取り込ませることができる。一実施形態では、モデルは、

$$h(t) = h_0(t) \exp(X\beta)$$

で記述することができ、予測故障時間、およびコールドヘッド180の耐用年数に対する事象の効果を算出するのに用いることができる。

【0074】

上述したように、一時的事象(たとえば、圧縮装置のリセット)は、ウェーブレット分析を用いて自動的に検出することができる。ただし、コールドヘッド180の耐用年数に対するこうした検出された事象の影響はさらに、観察されるハザード関数中の変化の分析により判定することができる。たとえば、 X_B 、 X_A が事象の出現前後の共変量測定値である場合、事象によるハザード関数における変化は、すぐ上で説明したモデルを用いて判定することができる。さらに、予測されるコールドヘッド故障に基づいて、コールドヘッ

ド耐用年数を拡張するために（たとえば、圧縮装置の再充電）、またはコールドヘッド 180 を置き換えるために、修正サービスアクションを実施することができる。コールドヘッド周期の回復という点でのサービスアクションの有効性は、コールドヘッドの更新程度（概して、 X_B 、 X_A に基づくハザード率の減少に対応し得る）を判定するのに用いることができる。各サービスアクションの推定更新に基づいて、上で論じたように、最適サービスアクションを判定することができる。最適サービスアクションは、コールドヘッド 180 の経年数および動作状態に依存し得ることに留意されたい。たとえば、圧縮装置の再充電は、比較的年数の経っていないコールドヘッド 180 にとっては最適サービスアクションになり得るが、比較的古いコールドヘッド 180 にとっては、交換が最適サービスアクションになり得る。

10

【0075】

最後に、推奨サービスアクションが実施された後で、コールドヘッド 180 の実際の更新を、コールドヘッド 180 の予測更新と比較して、サービスアクションの有効性を判定することができる。このような比較は、コールドヘッド 180 が別のコールドヘッド 180 と交換された際に行うことも可能であり得る。たとえば、交換されたコールドヘッドのハザード関数を、新しいコールドヘッドの推定されるハザードと（コールドヘッド交換のトレーニングデータに基づいて）比較して、交換が有効に行われたかどうか、新しいコールドヘッド 180 の性能が推定される限度ないかどうか判定することができる。したがって、欠陥のあるどのコールドヘッド 180 または交換支給物も、この分析に基づいて識別することができる。

20

【0076】

上で概論したように、様々なデータ、予測および結果を、それぞれ、ディスプレイ 20 またはプリンタ 22 を介したこのような項目の表示または印刷を含むが、それに限定されない適切な方式でユーザに報告することができる。一例では、このような情報は、一実施形態によって図 10 に示すように、ディスプレイ 20 のウィンドウ 190 に表示すればよい。ここに例示する本実施形態において、スキャナ 168 などのシステムに関する存続率予測が、ウィンドウ 190 の領域 192 内で与えられる。ウィンドウ 190 の領域 194 は、システム上で実施することができる潜在サービスアクションのリスト 196、ならびにこのようなサービスアクションに続くシステムの期待存続率のリスト 198 を含み得る。一実施形態では、潜在サービスアクション 196 の指示に加えて、データ処理システム 32 は、上で概論したように所望または最適なサービスアクションを判定し、チェックマーク 200 で示すようにある特定のサービスアクションを推奨してよい。こうした潜在サービスアクション 196 の 1 つまたは複数がシステム上で実施されると、1 つまたは複数のサービスアクション 196 の有効性を、上述したように判定し、次いで領域 202 に表示することができる。さらに、たとえば提案されるサービス時間、技術者向け注記など、他のデータを、ウィンドウ 190 の領域 204 に表示することができる。ここでは情報をウィンドウ 190 中のテキストの形で示してあるが、ウィンドウ 190 中の情報は、グラフィカルな形式など、他の何らかの形式でも提供してよいことに留意されたい。さらに、ここではある特定のタイプの情報を図 10 に示してあるが、他の実施形態は、動作耐用年数の予測される延長または本明細書に記載する他の情報を含む、異なる情報または付加情報を含み得ることに留意されたい。

30

40

【0077】

いくつかの実施形態では、本主題の技術的効果は、特に、装置または構成要素劣化の早期検出、および装置または構成要素向けの最適サービスアクションの判定を含み得る。さらに、別の技術的効果は、装置または構成要素の推定故障時間の判定、および実施されるサービスアクションの有効性の算出を含み得る。さらに、追加技術的効果は、一時的現象検出およびこのような事象の、監視される装置または構成要素の耐用年数に対する影響の判定を含み得る。

【0078】

本記載内容では、本発明を開示するために、また、どの当業者も本発明を実施すること

50

、たとえばどの装置またはシステムも作成し利用し、どの組込み方法も実施することを可能にするために、最良の形態を含む例を用いている。本発明の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が考えつく他の例を含み得る。このような他の例は、特許請求の範囲の文言とは違わない構造要素を有する限り、または特許請求の範囲の文言との違いが本質的ではない等価構造要素を含む限り、特許請求の範囲の範囲内であることを意図している。

【符号の説明】

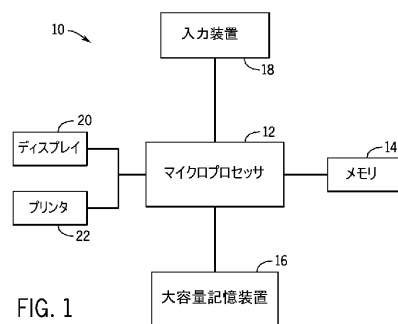
【 0 0 7 9 】

1 0	システム	
1 2	マイクロプロセッサ	10
1 4	メモリ	
1 6	大容量記憶装置	
1 8	入力装置	
2 0	ディスプレイ	
2 2	プリンタ	
2 8	システム	
3 0	装置	
3 2	データ処理システム	
3 4	ネットワーク	
3 6	構成要素	20
3 8	監視回路機構	
4 0	分析モジュール	
4 2	出力モジュール	
4 4	数学モデル	
4 6	方法	
4 8	動作データ	
5 0	データベース	
1 3 0	データ獲得システム	
1 3 2	センサ	
1 3 4	患者	30
1 3 6	データ獲得モジュール	
1 3 8	信号調節モジュール	
1 4 0	処理モジュール	
1 4 2	ディスプレイ / ユーザインタフェース	
1 4 4	アーカイブモジュール	
1 5 0	画像システム	
1 5 2	撮像機	
1 5 4	システム制御回路機構	
1 5 6	データ獲得回路機構	
1 5 8	データ処理回路機構	40
1 6 0	オペレータインタフェース	
1 6 6	システム	
1 6 8	スキャナ	
1 7 0	勾配コイル制御回路機構	
1 7 1	磁石	
1 7 2	R F コイル制御回路機構 (T / R)	
1 7 3	寒材容器	
1 7 4	システムコントローラ	
1 7 5	冷却システム	
1 7 6	データ処理回路機構	50

- 177 加熱システム
- 178 圧縮装置
- 180 コールドヘッド
- 182 監視回路機構
- 190 ウィンドウ
- 192 領域
- 194 領域
- 196 潜在サービスアクション
- 198 期待存続率
- 200 チェックマーク
- 202 領域
- 204 領域

10

【図1】



【図2】

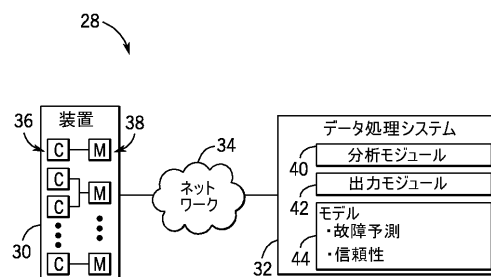


FIG. 2

【図3】

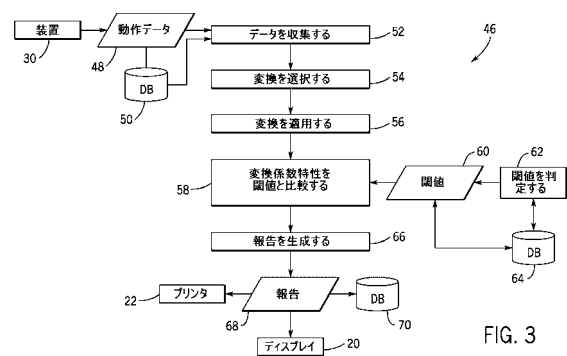
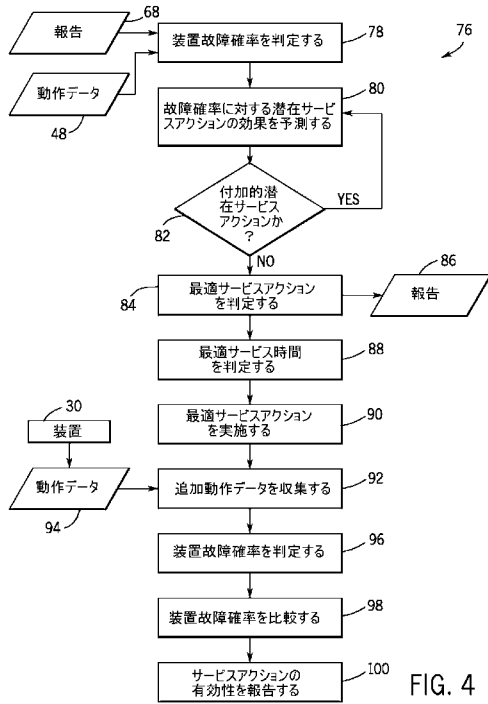


FIG. 3

【図 4】



【図 5】

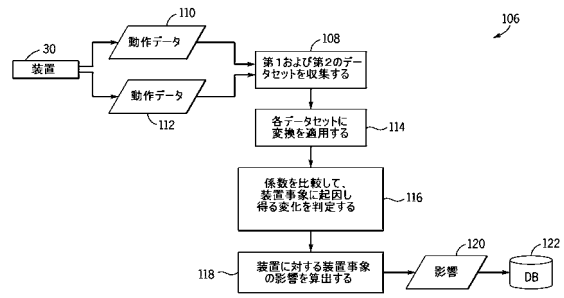


FIG. 5

【図 6】

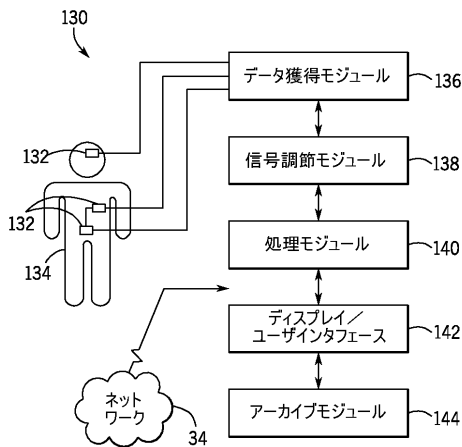


FIG. 6

【図 7】

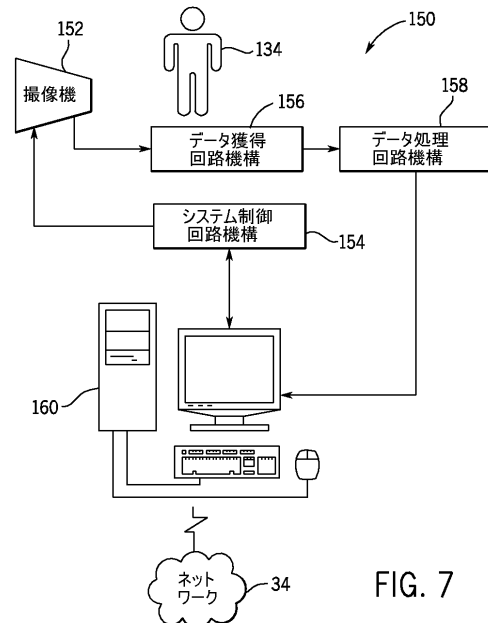


FIG. 7

【図 8】

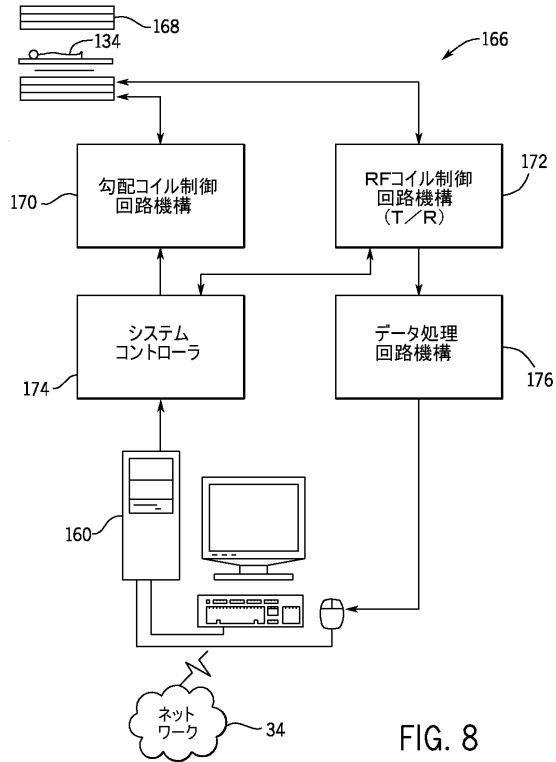


FIG. 8

【図 9】

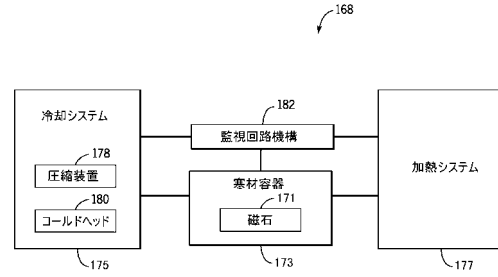


FIG. 9

【図 10】

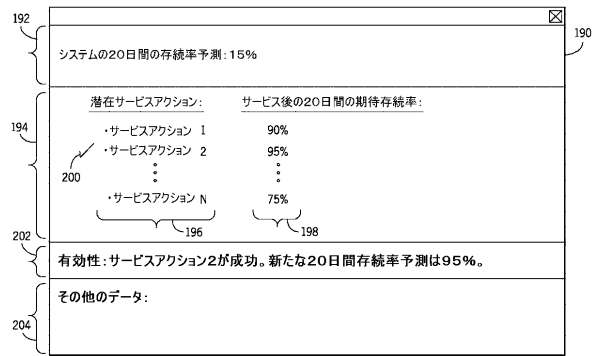


FIG. 10

フロントページの続き

(72)発明者 カマル・マンナー

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、パイウォーキー、ポール・ロード、エヌ 2 5 ・ダブリュー 2
3 2 5 5

(72)発明者 ダグラス・イー・スタラシニシュ

アメリカ合衆国、イリノイ州、クレスト・ヒル、スザンナ・ウェイ、 2 2 2 0 番

F ターム(参考) 4C117 XA10 XB03 XE42 XE44 XE45 XF01 XF03 XQ17 XR07 XR08
XR10