

(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2004-308660

(P2004-308660A)

(43) 公開日 平成16年11月4日(2004.11.4)

(51) Int.Cl.⁷

F 0 1 D 5/10

F 0 1 D 5/30

F 0 2 C 7/00

F 0 4 D 29/32

F 0 4 D 29/34

F I

F 0 1 D 5/10

F 0 1 D 5/30

F 0 2 C 7/00

F 0 4 D 29/32

F 0 4 D 29/34

テーマコード (参考)

3 G 0 0 2

3 H 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2004-112684 (P2004-112684)

(22) 出願日 平成16年4月7日(2004.4.7)

(31) 優先権主張番号 10/409,392

(32) 優先日 平成15年4月8日(2003.4.8)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY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 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

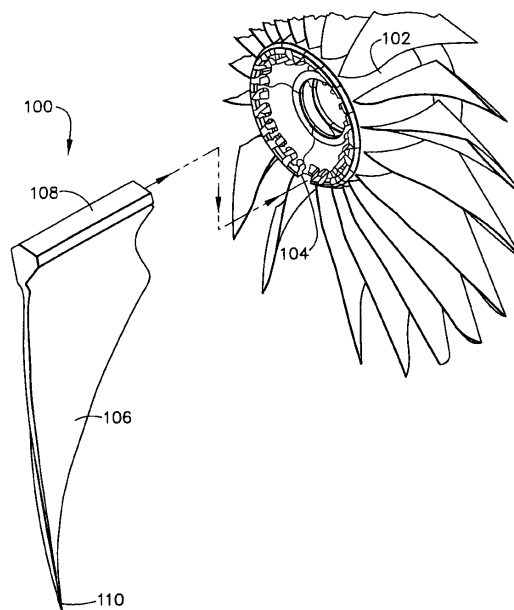
(54) 【発明の名称】 回転機械を組立てるための方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 各ブレード付きロータ内の不均衡を最小にするための、回転機械(10)を組立てるための方法及び装置を提供する。

【解決手段】 この機械は、ロータ(11)から半径方向外向きに延びる複数のブレード(100)を含む。ソフトウェア・プロダクト・コード・セグメントを備えたコンピュータシステム(400)で行うこの方法(300)は、ブレード列内の各ブレードのモーメント荷重を求める段階(302)と、同じブレード列内の各ブレードの幾何学的形状パラメータを求める段階(304)と、モーメント荷重及び幾何学的形状パラメータを用いて各ブレードのマッピング順序を決定する段階(306)とを含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の円周方向に間隔を置いたブレード根元スロット (1 0 4) がその中に形成されたディスク (1 0 2) と、

その各々が、根元 (1 0 8) と、先端 (1 1 0) と、それらの間の翼形部 (1 0 6) とを含み、かつ予め定められたスロット内にブレードマップに基づいて配置された複数のブレード (1 0 0) と、

を含み、前記ブレードマップが、

各ブレードについてのモーメント荷重値を入手し、

各ブレードについての幾何学的形状パラメータ値を入手し、かつ、

前記モーメント荷重値及び前記幾何学的形状パラメータ値に基づいてブレードマップを決定する、

ように構成にされたコンピュータシステム (4 0 0) により作成される、

ことを特徴とするロータ組立体 (1 1) 。

【請求項 2】

前記幾何学的形状パラメータが、各ブレードの空気力学的均衡であることを特徴とする、請求項 1 に記載のロータ組立体。

【請求項 3】

前記複数のブレードが、複合ファンブレードであることを特徴とする、請求項 1 に記載のロータ組立体。

【請求項 4】

前記コンピュータシステムが、各ブレードについて入手した前記モーメント荷重値を用いて、前記ロータのモーメント荷重ベクトル和を計算するように更に構成にされていることを特徴とする、請求項 1 に記載のロータ組立体。

【請求項 5】

前記コンピュータシステムが、各ブレードについて入手した前記モーメント荷重値を用いて、前記ロータのモーメント荷重ベクトル和を最小にするのを可能にするように更に構成にされていることを特徴とする、請求項 1 に記載のロータ組立体。

【請求項 6】

前記コンピュータシステムが、各ブレードについて入手した前記幾何学的形状パラメータ値を用いて、前記ロータの幾何学的形状パラメータベクトル和を計算するように更に構成にされていることを特徴とする、請求項 1 に記載のロータ組立体。

【請求項 7】

前記コンピュータシステムが、各ブレードについて入手した前記幾何学的形状パラメータ値を用いて、前記ロータの幾何学的形状パラメータベクトル和を最小にするのを可能にするように更に構成にされていることを特徴とする、請求項 6 に記載のロータ組立体。

【請求項 8】

前記コンピュータシステムが、計算されたモーメント荷重ベクトル和及び計算された幾何学的形状パラメータベクトル和に基づいて前記ロータのブレードマップを決定するように更に構成にされており、前記マップが、各前記ブレードと各前記スロットとの間の一対一対応を示していることを特徴とする、請求項 1 に記載のロータ組立体。

【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、ガスタービンエンジンの回転構成部品の組立てに関する。

【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、直列流れ配置の状態でファン組立体とエンジンに流入する空気流を加圧する高圧圧縮機とを有するコアエンジンを含む。燃焼

10

20

30

40

50

器により、燃料空気混合物が点火され、該混合物は、次にタービンノズル組立体を通して低圧及び高圧タービンに向かって導かれ、該低圧及び高圧タービンの各々は、燃焼器を流出する空気流から回転エネルギーを取り出す複数のロータブレードを含む。ガスタービンは、航空機に推力を供給するための及び／又は地上設置及び海上輸送の両方の動力システムにおいて動力を発生するためのような異なる運転環境において用いられる。

【0003】

正常運転時、ガスタービンエンジンは、高回転速度になることができる。ロータの不均衡により、ロータの振動が生じ、ロータ軸受及び支持構造体に応力を生じさせる可能性がある。長期間にわたって、このような応力を伴った状態で連続運転すると、軸受、軸受支持構造体、及び／又はロータ構成部品に破損を招くおそれがある。エンジンシステム内の構成部品の破損は、該システム及び／又は該システム内の他の構成部品を損傷させる可能性があり、また破損した構成部品が交換又は修理される間、システムの運転を一時停止することを必要とする可能性がある。より具体的には、この構成部品がターボファン式ガスタービンエンジンのファンブレードである場合には、ブレードが外れた状態になると、離脱したブレードの下流にあるブレードに損傷を引き起こすおそれがある。

10

【0004】

少なくとも一部の公知のターボファン式ガスタービンエンジンは、複数のファンブレードがそれから半径方向外向きに延びているファン基部を含む。運転の間、ファンの不均衡を最小にするのを可能にするために、公知のファン組立体は、管理された方法で組立てられる。例えば、ファンロータを組立てる際に用いることができる1つの管理は、ファンの各ブレードをファン基部内の特定のスロット内にマッピングすることである。他の公知のファン組立体内部では、各ブレードのモーメント量（荷重）が求められ、その求められたモーメント量（荷重）を用いて各ブレードを特定のファン基部スロット内にマッピングする。しかしながら、隣接するブレードの幾何学的形状が異なる場合があるので、ロータは、運転の間に各ブレードのモーメント荷重とは関連しない均衡の変動（シフト）を依然として受ける可能性がある。

20

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

1つの態様では、回転機械を組立てる方法が提供される。この機械は、ロータから半径方向外向きに延びる複数のブレードを含む。この方法は、ブレード列の各ブレードのモーメント荷重を求める段階と、同じブレード列内の各ブレードの幾何学的形状パラメータを求める段階と、モーメント荷重及び幾何学的形状パラメータを用いて各ブレードのマッピング順序を決定する段階とを含む。

30

【0006】

別の態様では、ロータ組立体が提供される。このロータは、複数の円周方向に間隔を置いたブレード根元スロットがその中に形成されたディスクと、その各々が、根元と、先端と、それらの間の翼形部とを含み、かつ予め定められたスロット内にブレードマップに基づいて配置された複数のブレードとを含む。ブレードマップは、各ブレードについてのモーメント荷重値を入手し、各ブレードについての幾何学的形状パラメータ値を入手し、かつモーメント荷重値及び幾何学的形状パラメータ値に基づいてブレードマップを決定するように構成にされたコンピュータシステムにより作成される。

40

【0007】

更に別の態様では、ブレード付きロータ内の不均衡を最小にするためのソフトウェア・プロダクト・コード・セグメントを含むコンピュータシステムが提供される。セグメントは、ロータ内に取付けられる各ブレードについてのモーメント荷重値を入手し、ロータ内に取付けられる各ブレードについての幾何学的形状パラメータ値を入手し、その入手した値に基づいてロータ上のブレード位置を計算し、かつその計算した位置に基づいてブレードマップを作成するように構成にされている。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 0 8 】

図 1 は、低圧圧縮機 1 2 と、高圧圧縮機 1 4 と、燃焼器 1 6 とを備えたロータ 1 1 を含む例示的なガスタービンエンジン 1 0 の概略図である。エンジン 1 0 は更に、高圧タービン 1 8 と、低圧タービン 2 0 と、排気フレーム 2 2 と、ケーシング 2 4 とを含む。第 1 のシャフト 2 6 が、低圧圧縮機 1 2 と低圧タービン 2 0 とを結合し、また第 2 のシャフト 2 8 が、高圧圧縮機 1 4 と高圧タービン 1 8 とを結合する。エンジン 1 0 は、該エンジン 1 0 の上流側 3 4 から後方に該エンジン 1 0 の下流側 3 6 まで延びる対称軸線 3 2 を有する。1 つの実施形態では、ガスタービンエンジン 1 0 は、オハイオ州シンシナチ所在の General Electric Company から市販されている G E 9 0 型エンジンである。

【 0 0 0 9 】

運転中、空気は低圧圧縮機 1 2 を通って流れ、加圧された空気が高圧圧縮機 1 4 に供給される。高度に加圧された空気は、燃焼器 1 6 に送られる。燃焼器 1 6 からの燃焼ガス 3 8 は、タービン 1 8 及び 2 0 を駆動する。軸線 3 2 の周りで、高圧タービン 1 8 は、第 2 のシャフト 2 8 及び高圧圧縮機 1 4 を回転させ、一方、低圧タービン 2 0 は、第 1 のシャフト 2 6 及び低圧圧縮機 1 2 を回転させる。

【 0 0 1 0 】

図 2 は、ガスタービンエンジン 1 0 に用いることができる例示的な複合ブレード 1 0 0 及びファンロータディスク 1 0 2 の分解斜視図である。複数の円周方向に間隔を置いて配置されたブレード 1 0 0 は、ダブテールスロット 1 0 4 を介してロータディスクすなわちドラム 1 0 2 により支持される。各ブレード 1 0 0 は、ダブテール根元 1 0 8 とブレード先端 1 1 0 との間で延びる翼形部 1 0 6 を含み、各ブレード 1 0 0 は、ダブテール根元 1 0 8 及びダブテールスロット 1 0 4 を介してロータ 1 0 2 によって支持されるようになっている。ブレード 1 0 0 は、該ブレード 1 0 0 の測定されたパラメータに基づいて各々が特定のスロット 1 0 4 内にマッピングされた複数の円周方向に間隔を置いて配置されたブレード 1 0 0 の代表的なものを示す。この例示的な実施形態では、各ブレード 1 0 0 は、複数の層状複合プライ（図示せず）を備えた複合翼形部 1 0 6 を含む。より具体的には、各ブレード 1 0 0 は、翼形部 1 0 6 における第 1 の複数の構造及び荷重支持翼形部プライと根元 1 0 8 における第 2 の複数の根元プライとを含む。

【 0 0 1 1 】

図 3 は、タービン 1 0（図 1 に示す）のような回転機械を組立てる例示的な方法 3 0 0 の工程フロー図である。この例示的な実施形態では、この機械は、エンジンの長手方向の対称軸線を中心に回転可能である、図 1 に示すロータ 1 1 のようなロータを含むガスタービンエンジンである。ロータは、ブレードを受けるための円周方向に間隔を置いて配置されたスロットを含み、ブレードがスロットから半径方向にブレード根元とブレード先端との間で延びようになっている。

【 0 0 1 2 】

方法 3 0 0 は、ロータ内に取付けられることになる各ブレードのモーメント荷重を求める段階 3 0 2 を含む。モーメント荷重は、モーメント荷重を測定するように設計された装置内にブレードの根元で該ブレードを水平方向に支持することによって求めることができる。モーメント荷重は、ブレードの総重量に基づくだけでなくブレード根元とブレード先端との間で延びる半径方向距離に沿ったブレードの重量分布にも基づくものである。回転機械では、ロータの周りで間隔を置いて配置された各ブレードのモーメント荷重の一樣でない分布は、ロータの均衡状態に影響を及ぼすことになる。

【 0 0 1 3 】

一部の公知のロータは、高速回転においてファン不均衡の突然のシフトを受ける可能性がある。ロータによっては、このようなシフトは、特定のファンの修正速度で生じる場合があり、またブレード間の翼形部幾何学的形状の差異及び/又は空気力学的均衡と関連する可能性がある。具体的には、高回転速度におけるファン不均衡の突然のシフトは、エンジン運転に悪影響を及ぼす可能性がある。時の経過と共に、このような不均衡により生じる振動は、エンジン内部の構成部品を過早に摩耗させ、整備の必要が高まる原因になる可

10

20

30

40

50

能性がある。ブレード間の翼形部差異の影響による不均衡を最小にするのを可能にするために、ロータ内に取付けられる各ブレードの幾何学的形状パラメータの測定値が求められる304。この例示的な実施形態では、このような測定は、ロータ組立ての間に直接なされる。別の実施形態では、この測定は、ブレードのパラメータを検出及び/又は推測するセンサを含む測定装置を用いることにより間接的に行うこともできる。更に別の実施形態では、ブレードの幾何学的形状パラメータの測定は、組立て後に試験段階の間に行うことができる。

【0014】

ロータディスク上にブレードを配置するのに先だって、マッピング順序が決定される306。マッピング順序は、ロータ内に組立てられることになる各ブレードに対する特定の10 スロットを示す。マッピング順序、すなわちブレードマップを決定する306のために、各ブレードのモーメント荷重値のベクトル和と幾何学的形状パラメータ値のベクトル和とが組合わされる。この例示的な実施形態では、ブレードは、各ブレードが特定のスロット位置に対して個々に評価された状態で、モーメント荷重のベクトル和と空気力学的又は幾何学的形状パラメータのベクトル和とを最小にするのを可能にするように、ロータスロットに対して選択されマッピングされる。別の実施形態では、ベクトル和の組合せに基づいて、ロータディスク上で180°離れて配置される各ブレード対に対してオフセット補正を行うようにブレードを選択する。更に、空気力学的又は幾何学的形状パラメータをオフセ20 ャットする状態のブレードは、相補的な空気力学的又は幾何学的形状パラメータを有するブレードに隣接して配置されて、高回転速度による均衡の望ましくないシフトを減少させるのを可能にすることができる。更に、均衡のシフトを更に悪化させる可能性があるブレードの空気力学的又は幾何学的形状パラメータを、ロータディスク上で更に遠く離して配置して、このような影響を軽減するのを可能にすることができる。マッピング順序を決定する306のを可能にするために、ブレードを選択及び選択解除するように構成にされたプログラム・コード・セグメントを含むコンピュータを利用することができる。具体的には、ブレードが相補的な対として選択される場合に、第1のブレードは、モーメント荷重と空気力学的又は幾何学的形状パラメータとに基づいて特定のスロット内に配置されるもの30 として選択されることができる。次に相補的な第2のブレードが、第1のブレードから180°離れて設置されたスロットに対するものとして選択されることができる。コンピュータプログラムは、利用可能なブレードを順次インタラクティブに選択し、それらを各選択されたブレードから180°離れて配置されることになる相補的なブレードと対にする。コンピュータは、ロータディスク上に配置される全ブレードのモーメント荷重のベクトル和とロータディスク上に配置される全ブレードの幾何学的形状パラメータのベクトル和との組合せを最小にするのを可能にする順序になるようにブレードを選択する。ベクトル和の組合せを最小にする過程の間に、ブレードの対からブレードを選択解除して、選択したブレードを配列し直す必要がある場合がある。その時、コンピュータシステムは、得られたブレードマップを表示し、選択過程を詳細に示す報告を作成することができる。その上、ブレードパラメータの手入力及びブレードマップの再計算が、サポートされる。

【0015】

図4は、ブレードマッピング・コンピュータシステム400の簡略ブロック図である。40 本明細書で用いる場合、「コンピュータ」という用語には、マイクロコントローラ、縮小命令セット回路(RISC)、特定用途向け集積回路(ASIC)、論理回路、及び本明細書に記載する機能を実行することができるあらゆる他の回路又はプロセッサを用いるシステムを含む、任意のプロセッサベース又はマイクロプロセッサベースのシステムが含まれることができる。上述の例は、単に例示しただけであり、「コンピュータ」という用語の定義及び/又は意味を決して限定することを意図するものではない。コンピュータシステム400は、データ記憶用のディスク記憶ユニット413を含むサーバシステム412と、該サーバシステム412に接続された、クライアントシステム414とも呼ばれる複数のクライアントサブシステムとを含む。1つの実施形態では、クライアントシステム414は、ウェブブラウザを含むコンピュータであり、サーバシステム412がインターネ50

ットを介して該クライアントシステム４１４にアクセス可能になるようになっている。クライアントシステム４１４は、ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）又は広域ネットワーク（ＷＡＮ）、ダイヤルイン接続、ケーブルモデム、及び専用の高速ＩＳＤＮラインのようなネットワークを含む多くのインターフェースを介してインターネットに相互接続される。クライアントシステム４１４は、ウェブベース電話、携帯情報端末（ＰＤＡ）、又は他のウェブベース接続可能機器を含むインターネットに相互接続することができる任意の装置とすることができる。データベース・サーバ４１６が、エンジン構成部品に関する情報を含むデータベース４１８に接続される。１つの実施形態では、集中データベース４１８は、サーバシステム４１２に格納され、クライアントシステム４１４の１つを介してサーバシステム４１２にログインすることにより該クライアントシステム４１４の１つにおいて潜在的ユーザがアクセス可能である。別の実施形態では、データベース４１８は、サーバシステム４１２から遠く離れて格納され、分散式とすることができる。

10

【００１６】

上述のブレードマッピングシステムは、１つより多いパラメータを用いてブレードマップを決定して回転機械を組立てるのを可能にするための、費用効果がありかつ高い信頼性がある手段である。各システムは、各ブレードについてのモーメント荷重値を入手し、各ブレードについての幾何学的形状パラメータ値を入手し、その入手した値に基づいてロータ上のブレード位置を計算し、かつその計算した位置に基づいてブレードマップを作成するように構成にされている。従って、本発明のブレードマッピングシステムは、機械、特にガスタービンエンジンの組立て、運転、及び整備を費用効果がありかつ信頼性がある方法で可能にする。

20

【００１７】

ブレードマッピングシステム構成要素の例示的な実施形態を、上に詳細に説明している。この構成要素は、本明細書中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、本明細書中に記載した他の構成要素とは独立してかつ別個に用いることができる。各ブレードマッピングシステム構成要素はまた、他のブレードマッピングシステム構成要素と組合せて用いることも可能である。

【００１８】

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、本発明は、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範囲を実施例に限縮するものではない。

30

【図面の簡単な説明】

【００１９】

【図１】例示的な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に用いることができる例示的なファンロータ及びブレード配列組立体の斜視図である。

【図３】図２に示すファンロータ及びブレード配列組立体に用いることができる例示的な工程のブロック図である。

【図４】例示的なブレードマッピング・コンピュータシステムの簡略ブロック図である。

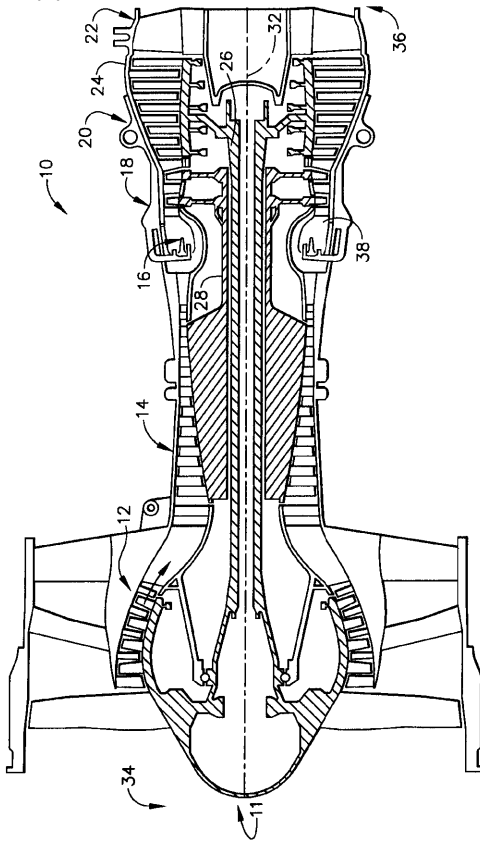
40

【符号の説明】

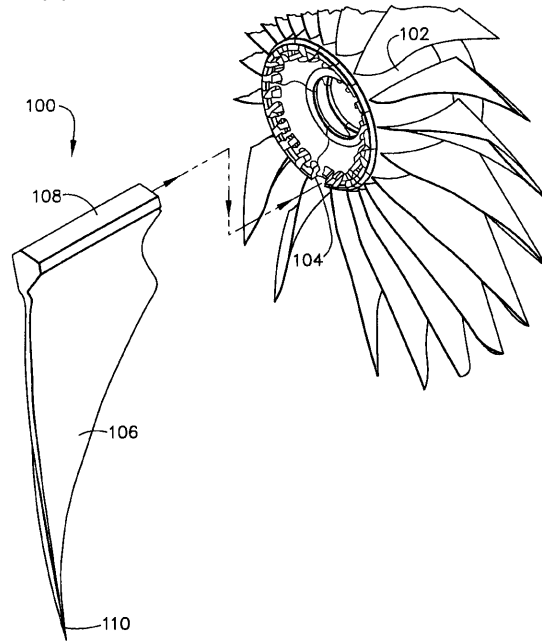
【００２０】

- １００ ブレード
- １０２ ファンロータディスク
- １０４ ダブテールスロット
- １０６ ブレード翼形部
- １０８ ブレード根元
- １１０ ブレード先端

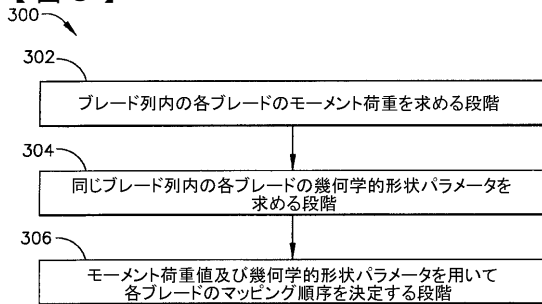
【図 1】



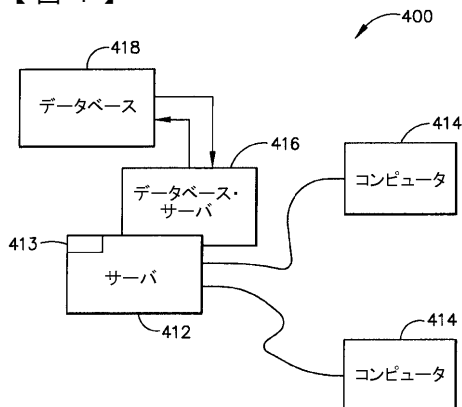
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 トマス・リチャード・ヘニング
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、エーピーティー・7、オブザーバトリー・アベニュー、2860番
- (72)発明者 ガート・ジェイ・ファン・デ・メルヴェ
アメリカ合衆国、オハイオ州、モンロー、メドウランズ・ドライブ、50番
- (72)発明者 ウィリアム・カール・ルール
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ベリーヒル・レーン、4299番
- (72)発明者 ダニエル・エドワード・モールマン
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ゴスリング・ロード、11212番

Fターム(参考) 3G002 AA02 AB06 FA03 FA04

3H033 AA02 AA16 BB03 BB05 BB08 CC01 CC06 DD01 DD02 DD12
DD13 DD17 DD18 EE06 EE11 EE14 EE16