

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-500535  
(P2017-500535A)

(43) 公表日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>GO 1 M 13/02</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 M	13/02	2 GO 2 4
<b>F 1 6 H 55/17</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 H	55/17	Z 2 GO 6 4
<b>GO 1 H 17/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 H	17/00	A 3 JO 3 0

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-516523 (P2016-516523)	(71) 出願人	597102912
(86) (22) 出願日	平成26年9月24日 (2014. 9. 24)		シコルスキー エアクラフト コーポレイ ション
(85) 翻訳文提出日	平成28年5月20日 (2016. 5. 20)		S I K O R S K Y A I R C R A F T C O R P O R A T I O N
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/057136		アメリカ合衆国, コネチカット, ストラッ トフォード, メイン ストリート 690 0
(87) 国際公開番号	W02015/048078	(74) 代理人	100086232
(87) 国際公開日	平成27年4月2日 (2015. 4. 2)		弁理士 小林 博通
(31) 優先権主張番号	14/035, 227	(74) 代理人	100092613
(32) 優先日	平成25年9月24日 (2013. 9. 24)		弁理士 富岡 潔
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 歯車故障の検知

(57) 【要約】

実施例は、歯車に関連するシャフトの回転にわたってこの歯車の複数の歯の各々に関連する衝撃エネルギー信号を取得し、プロセッサを備えるコンピューティングデバイスにより、衝撃エネルギー信号のプロファイルを生成し、このプロファイルの分析に基づいて、この複数の歯に含まれる特定の歯に関連する故障を宣言することを対象とする。

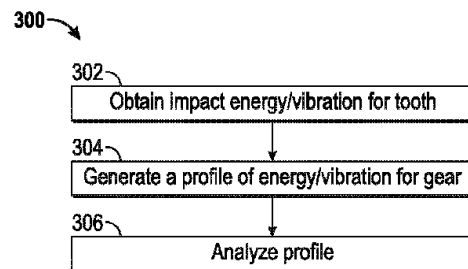


FIG. 3

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

歯車に関連するシャフトの回転にわたって歯車の複数の歯の各々に関連する衝撃エネルギー信号を取得し、

プロセッサを備えるコンピューティングデバイスにより、衝撃エネルギー信号のプロファイルを生成し、

プロファイルの分析に基づいて、複数の歯に含まれる特定の歯に関連する故障を宣言する、

ことを含む、方法。

**【請求項 2】**

複数の歯の各歯に対応する推定衝撃エネルギー信号を生成し、

推定衝撃エネルギー信号を取得された衝撃エネルギー信号と比較し、

推定衝撃エネルギー信号と取得された衝撃エネルギー信号との間の偏差が閾値を超える量であることを示す比較に基づいて、故障を宣言する、

ことをさら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】**

衝撃エネルギー信号を複数の歯に含まれる歯の数と等しいセグメントの数にセグメント化し、

セグメントの数に含まれる各セグメントを積分して、各歯車歯衝撃により解放される全エネルギーを算出する、

ことをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 4】**

信号を時間同期平均信号とランダム信号とに分割し、

ランダム信号を処理して、歯の噛み合いに関連するエネルギー履歴を取得する、

ことをさら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】**

基本周波数および基本周波数の倍数でシャフトに関連するスペクトル相関密度のスライスを計算して、繰り返し周波数領域表現を取得し、

繰り返し周波数領域表現を回転領域に変換して、シャフトの時間 - 周波数表現を生成する、

ことをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 6】**

時間 - 周波数表現からスペクトル周波数を積分して、時間同期分散を取得し、

時間同期分散を使用して、シャフトに関連する故障を検知および分離する、

こと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】**

時間 - 周波数表現から角回転を積分して、時間同期スペクトルを取得し、

時間同期スペクトルを使用して、歯車箱の振動を監視する、

こと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 8】**

実質的に類似の歯車噛み合いの数と等しい特定のスペクトルピークと一致する帯における時間 - 周波数表現からスペクトル周波数を積分し、

積分されたスペクトル周波数を使用して、歯車噛み合いの各々の独自時間同期分散を取得する、

こと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 9】**

装置であって、

少なくとも 1 つのプロセッサと、

命令が記憶されたメモリと、

を備え、

10

20

30

40

50

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
歯車に関連するシャフトの回転にわたって歯車の複数の歯の各々に関連する衝撃エネルギー信号を取得させ、  
衝撃エネルギー信号のプロファイルを生成させ、  
プロファイルの分析に基づいて、複数の歯に含まれる特定の歯に関連する故障を宣言させる、  
ことを特徴とする、装置。

**【請求項10】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
複数の歯の各歯に対応する推定衝撃エネルギー信号を生成させ、  
推定衝撃エネルギー信号を取得された衝撃エネルギー信号と比較させ、  
推定衝撃エネルギー信号と取得された衝撃エネルギー信号との間の偏差が閾値を超える量であることを示す比較に基づいて、故障を宣言させる、  
ことを特徴とする請求項9に記載の装置。

10

**【請求項11】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
衝撃エネルギー信号を複数の歯に含まれる歯の数と等しいセグメントの数にセグメント化させ、  
セグメントの数に含まれる各セグメントを積分して、各歯車歯衝撃により解放される全エネルギーを算出させる、  
ことを特徴とする請求項9に記載の装置。

20

**【請求項12】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
衝撃エネルギー信号を時間同期平均信号とランダム信号とに分割させ、  
ランダム信号を処理して、歯の噛み合いに関連するエネルギー履歴を取得させる、  
ことを特徴とする請求項9に記載の装置。

**【請求項13】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
基本周波数および基本周波数の倍数でシャフトに関連するスペクトル相関密度のスライス計算して、繰り返し周波数領域表現を取得させ、  
逆フーリエ変換を使用して、繰り返し周波数領域表現を回転領域に変換して、シャフトの時間-周波数表現を生成させる、  
ことを特徴とする請求項9に記載の装置。

30

**【請求項14】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
時間-周波数表現からスペクトル周波数を積分して、時間同期分散を取得させ、  
時間同期分散を使用して、シャフトに関連する故障を検知および分離させる、  
ことを特徴とする請求項13に記載の装置。

**【請求項15】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
時間-周波数表現から角回転を積分して、時間同期スペクトルを取得させ、  
時間同期スペクトルを使用して、歯車およびシャフトに関連する歯車箱の振動を監視させる、  
ことを特徴とする請求項13に記載の装置。

40

**【請求項16】**

命令は、少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、装置に、  
歯車噛み合いの数と等しい特定のスペクトルピークと一致する帯における時間-周波数表現からスペクトル周波数を積分させ、  
積分されたスペクトル周波数を使用して、歯車噛み合いの各々の独自時間同期分散を取得させる、

50

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、歯車故障の検知に関連する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

歯車の歯は劣化し得る。そのような劣化は、様々な要因、例えば、製造時の欠陥、使用による材料の破損などに起因し得る。現在の技法は、目的とする歯車のシャフトに関連する時間同期平均値の統計的または時系列特徴を使用する。これらの技法は、主要な故障を検知することができるが、歯車劣化のより早い段階においては典型的にはうまく機能しない。

10

【0003】

分割トルク歯車箱（例えば、遊星歯車箱）は、複数の負荷経路（例えば、複数の平行負荷経路）間に負荷を分配することができる。分割トルク歯車箱は、同一または実質的に類似のシャフト/歯車構成を平行に組み込み得る。同一または実質的に類似の歯車噛み合い（例えば、同じ歯数の歯車、同じシャフト周波数）が多数存在し得るため、分割トルク歯車箱に関連する振動の監視は困難であり得る。単一の故障した歯車によって生成された振動信号は、例えば同じ歯車噛み合い周波数を有する他の正常な歯車により隠れてしまい、それにより初期の故障の検知および診断を困難にし得る。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0004】

一実施例において、歯車に関連するシャフトの回転にわたってこの歯車の複数の歯の各々に関連する衝撃エネルギー信号を取得し、プロセッサを備えるコンピューティングデバイスにより、この衝撃エネルギー信号のプロファイルを生成し、このプロファイルの分析に基づいて、この複数の歯に含まれる特定の歯に関連する故障を宣言することを含む方法を対象とする。

【0005】

一実施例は、装置であって、少なくとも1つのプロセッサと、命令であって、この少なくとも1つのプロセッサにより実行されると、この装置に、歯車に関連するシャフトの回転にわたってこの歯車の複数の歯の各々に関連する衝撃エネルギー信号を取得させ、この衝撃エネルギーのプロファイルを生成させ、このプロファイルの分析に基づいて、この複数の歯に含まれる特定の歯に関連する故障を宣言させる、命令が記憶されたメモリと、を備える装置を対象とする。

30

【0006】

さらなる実施例が以下に記載される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】例示的なコンピューティングシステムを例示する略ブロック図である。

40

【図2】例示的な歯車を例示する。

【図3】例示的な方法のフローチャートを例示する。

【図4】例示的なシステムのブロック図を例示する。

【図5】例示的な波形を例示する。

【図6】例示的な方法のフローチャートを例示する。

【図7】例示的な方法のフローチャートを例示する。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本開示は、例として例示されており、類似の参考番号が類似の要素を示す添付の図面に制限されない。

50

## 【 0 0 0 9 】

以下の説明および図面（その内容が参照により本開示に含まれる）において要素間に様々な接続が記載されることに留意する。また、これらの接続が、一般に、かつ別途特定されない限り、直接または間接的であってもよく、この点において本明細書が限定的であるようには意図されていないことに留意する。この点で、エンティティ間の結合とは、直接または間接的な接続を意味し得る。

## 【 0 0 1 0 】

歯車の状態または調子に関するデータを取得するための装置、システム、および方法の例示的な実施例が記載される。このようなデータは、歯車の歯のレベルで分析され得る。いくつかの実施例において、歯車のプロファイルが分析されて、そのプロファイルに関して異常が存在するかを決定することができる。そのような異常が存在する場合、歯車の1つの歯が劣化している可能性があるという決定を下すことができる。

10

## 【 0 0 1 1 】

図1を参照すると、例示的なコンピューティングシステム100が示される。システム100は、メモリ102を含むように示される。メモリ102は、実行可能な命令を記憶してもよい。実行可能な命令は、任意の方法で、任意の抽象化レベルで、例えば、1つまたは複数のアプリケーション、プロセス、ルーチン、手順、方法などに関連して記憶または組織化されてもよい。一実施例として、少なくとも一部の命令が、第1のプログラム104aおよび第2のプログラム104bに関連するものとして図1に示される。

## 【 0 0 1 2 】

メモリ102に記憶された命令は、1つまたは複数のプロセッサ、例えばプロセッサ106により実行されてもよい。プロセッサ106は、1つまたは複数の入出力（I/O）デバイス108に連結されてもよい。いくつかの実施例において、1つまたは複数のI/Oデバイス108は、キーボードまたはキーパッド、タッチスクリーンまたはタッチパネル、ディスプレイ画面、マイクロホン、スピーカー、マウス、ボタン、リモコン、コントロールスティック、ジョイスティック、プリンター、電話またはモバイルデバイス（例えば、スマートフォン）などのうちの1つ以上を含み得る。1つまたは複数のI/Oデバイス108は、ユーザがシステム100と対話できるようにインターフェースを提供するように構成されてもよい。

20

## 【 0 0 1 3 】

示されるように、プロセッサ106は、「n」個のデータベース110-1、110-2、・・・110-nに連結されてもよい。データベース110は、データの保存に使用されてもよい。いくつかの実施例において、そのデータは、歯車に関連し得る。プロセッサ106は、データを操作して、歯車のプロファイルを生成することができる。

30

## 【 0 0 1 4 】

システム100は、例示的なものである。いくつかの実施例において、1つまたは複数のエンティティは、任意である。いくつかの実施例において、図示されない追加のエンティティが含まれ得る。例えば、システム100は、ネットワークの一部であってもよい。いくつかの実施例において、エンティティは、図1に示した方法と異なる様式で配置または組織化されてもよい。例えば、いくつかの実施例において、メモリ102は、1つまたは複数のデータベース110に連結されるか、またはそれと組み合わせられてもよい。

40

## 【 0 0 1 5 】

ここで図2を参照すると、例示的な歯車200が示される。歯車200は、いくつかの歯を含むように示される。これらの歯のうちの数個は、図2で202としてラベル付けされている。歯車200は、追加の歯車250と嵌り合うか、または噛み合うことができる。

## 【 0 0 1 6 】

歯車200、250は、例示的なものである。いくつかの実施例において、歯車は、歯車200または歯車250と異なる大きさまたは寸法を有してもよい。いくつかの実施例において、歯車は、歯車200または歯車250より多いまたは少ない歯を含んでもよい

50

。はずば歯車、かさ歯車などを含むすべての種類の歯車が使用されてもよい。

【0017】

ここで図3を参照すると、例示的な方法300のフローチャートが示される。方法300は、1つまたは複数のシステム、構成要素、またはデバイス、例えば本明細書に記載されるもの（例えばシステム100）により実行されてもよい。方法300を用いて、歯車（例えば、歯車200）のプロファイルを生成することができる。そのプロファイルの分析は、劣化している可能性の高い歯車の1つの歯を特定することができ得る。

【0018】

ブロック302において、歯車は、旋回または回転してもよい。歯車の歯が、例えば第2の歯車（例えば歯車250）の歯と接触するか、または噛み合うときに、この歯車の歯は、衝撃エネルギーまたは振動を受け得る。このエネルギー/振動信号は取得され、データベースまたはメモリに記憶されてもよい。この信号は、その歯車に関連する歯の数と等しいセグメントの数にセグメント化されてもよい。ブロック302の衝撃エネルギーは、実際の物理的なエネルギーに関連し得る。この衝撃エネルギーは、以下でさらに説明される図6によって取得され得る。

10

【0019】

ブロック302は、歯車の各歯に対して繰り返してもよい。

【0020】

ブロック304において、プロファイルは、ブロック302の測定に基づいて生成され得る。このプロファイルは、ある期間にわたって歯車が受けるエネルギーまたは振動に対応してもよい。この歯車の歯が、例えば第2の歯車の歯に衝撃を与えるとき、エネルギー/振動に関して比較的大きなスパイクが存在し得る。

20

【0021】

ブロック306において、このプロファイルは、異常が存在するかを決定するために分析されてもよい。例えば、歯車の歯が同様に構築/配置された場合、このプロファイルは、歯車の歯が第2の歯車の歯と接触するときにエネルギー/振動に関して比較的大きなスパイク、およびその後の比較的低い量のエネルギー/振動を特徴とする、一貫した、または認識可能なパターンを示し得る。このプロファイルが、ある閾値を超える量で一貫したパターンから逸脱する場合、恐らく関連する歯が劣化している可能性があり（例えば、その歯は、ある閾値を超える量で劣化している可能性が高くあり得る）、故障が宣言され得る。

30

【0022】

この逸脱は、振幅または大きさに関する逸脱に相当し得る。例えば、歯車の特定の歯が劣化している場合、その特定の歯は、歯車の他の歯が受ける衝撃エネルギー/振動より実質的に低いまたは高い衝撃エネルギー/振動を受け得る。この逸脱は、時間に関する逸脱に相当し得る。例えば、歯車の特定の歯が劣化している場合、その特定の歯は、歯車の他の歯が受ける衝撃エネルギー/振動のタイミングよりずれた衝撃エネルギー/振動を受け得る。

【0023】

ブロック306の一環として、予想歯衝撃エネルギーの経験的推定値が歯車の各歯に対して生成され得る。この経験的推定値は、隣接歯の衝撃エネルギーを使用し生成してもよく、隣接歯が生成するエネルギーの平均値または3次スプライン補間に潜在的に基づき得る。測定/算出された衝撃エネルギーが隣接歯から得た推定値とは有意に異なる場合、歯車の歯の故障が宣言され得る。

40

【0024】

方法300は、例示的なものである。いくつかの実施例において、1つまたは複数のブロックまたは動作（またはその一部）は、任意であってもよい。いくつかの実施例において、図示されない追加の動作が含まれ得る。いくつかの実施例において、動作は、図3に示す順序または順番と異なる順序または順番で実行されてもよい。

【0025】

50

ここで図4を参照すると、システム400が示される。システム400を使用して、歯車箱の振動源の観点での分離を提供することができる。

【0026】

図4に示されるように、駆動モータ402は、モータシャフト406を介して第1の負荷歯車箱404に連結されてもよい。そのモータシャフトは、エンコーダ408およびタコメータ410を含んでもよく、またはそれらに連結されてもよい。

【0027】

第1の負荷歯車箱404は、アイドルシャフト414を含んでもよく、またはそれに連結されてもよい。

【0028】

第1の負荷歯車箱404は、潜在的に入力シャフト422を経由して、第1のテスト歯車箱420に連結されてもよい。第1のテスト歯車箱420は加速度計424を含んでもよく、またはそれに連結されてもよい。第1のテスト歯車箱420はアイドルシャフト426を含んでもよく、またはそれに連結されてもよい。

【0029】

第1のテスト歯車箱420は、第2のテスト歯車箱430に連結されてもよい。そのような連結の一環として、入力シャフト422は、第1のテスト歯車箱420と第2のテスト歯車箱430との間に延在してもよい。

【0030】

第2のテスト歯車箱430は、負荷歯車箱440に連結されてもよい。

【0031】

負荷歯車箱440は、負荷モータ450に連結されてもよい。

【0032】

図4に示されるように、第1の負荷歯車箱404、第1のテスト歯車箱420、第2のテスト歯車箱430、および第2の負荷歯車箱440は、いくつかの歯車を備えてもよい。例えば、モータシャフト406は、例えば19歯(19T)を有する第1の歯車を経由して、第1の負荷歯車箱404に連結されてもよい。次いで、その第1の歯車は、例えば72歯(72T)を有する第2の歯車に連結されてもよい。次いで、その第2の歯車は、アイドルシャフト414に連結されてもよく、アイドルシャフト414は、例えば19歯(19T)を有する第3の歯車に連結されてもよい。次いで、その第3の歯車は、例えば48歯(48T)を有する第4の歯車に連結されてもよい。

【0033】

ここで図5を参照すると、いくつかの例示的な波形500が示される。波形500は、システム400の使用に基づいて生成されてもよい。図5に示されるように、波形500は、シャフトにより、決定論的な波形または信号とランダムな波形または信号とに分割されてもよい。ランダムな波形は、従来、歯車の調子監視の目的のために無視され得る。

【0034】

波形502で表される第1の波形500は、加速度計424により記録された信号に対応し得る。図5に示されるように、信号502のランダムな部分は、信号502の決定論的な部分より強くてよい。

【0035】

波形504で表される第2の波形500は、モータシャフト406の振動に対応し得る。

【0036】

波形506で表される第3の波形500は、アイドルシャフト414の振動に対応し得る。

【0037】

波形508で表される第4の波形500は、入力シャフト422の振動に対応し得る。図5に示されるように、5.2kHzの可撓体振動モードが入力シャフト振動508において受けられ得る。入力シャフト422の1回の回転にわたって、23歯(23T)の衝

10

20

30

40

50

撃がはっきりと明らかであり得る。

【 0 0 3 8 】

波形 5 1 0 で表される第 5 の波形 5 0 0 は、アイドルシャフト 4 2 6 の振動に対応し得る。図 5 に示されるように、アイドルシャフト 4 2 6 の 1 回の回転にわたって、4 4 歯 ( 4 4 T ) の衝撃がはっきりと明らかであり得る。

【 0 0 3 9 】

ここで図 6 を参照すると、例示的な方法 6 0 0 のフローチャートが示される。方法 6 0 0 は 1 つまたは複数のシステム、構成要素、またはデバイス、例えば本明細書に記載されるもの ( 例えば、システム 1 0 0 、システム 4 0 0 ) により実行されてもよい。方法 6 0 0 を用いて、特定の歯車箱シャフトに関連する決定論的振動を分離することができる。この点において、方法 6 0 0 は、目的とする各シャフトに対して実行してもよい。

10

【 0 0 4 0 】

ブロック 6 0 2 において、振動データは、振動データが時間ではなくシャフト角回転に関する一定のサンプリング速度を有するようにサンプリングまたは再サンプリングされてもよい。

【 0 0 4 1 】

ブロック 6 0 4 において、振動データに対応する全信号は、決定論的信号とランダム信号とに分割されてもよい。

【 0 0 4 2 】

ブロック 6 0 6 において、スペクトル相関密度のスライスシャフトの基本周波数およびその整数倍数で、ブロック 6 0 4 において取得されたランダム信号に基づき得る十分に大きな倍数 ( 例えば、良好な解像度を得るために閾値を超える量の倍数 ) まで、計算され得る。これらの倍数は、歯車噛み合い位数の多数の倍数を含み得る。

20

【 0 0 4 3 】

ブロック 6 0 8 において、繰り返し周波数領域は、逆フーリエ変換を使用して、シャフト回転 ( 擬似時間 ) 領域に変換されて、1 回のシャフト回転にわたってシャフトの時間 - 周波数の表現 ( ウィグナー・ビレ ( W i g n e r - V i l l e ) スペクトル ) を生成することができる。

【 0 0 4 4 】

ブロック 6 1 0 において、スペクトル周波数は、ウィグナー・ビレスペクトルから積分されて、時間同期分散を得ることができる。この時間同期分散は、1 回の回転にわたって、回転角度の関数としてシャフト回転により生成されるランダムエネルギーまたは衝撃エネルギーの測定値に対応し得る。

30

【 0 0 4 5 】

ブロック 6 1 2 において、時間同期分散の特徴を使用して、シャフトに特有の故障を検知および分離することができる。

【 0 0 4 6 】

ブロック 6 1 4 において、角回転は、ウィグナー・ビレスペクトルから積分されて、時間同期スペクトルを得ることができる。この時間同期スペクトルは、シャフトにより生成されるランダム振動に関連するパワースペクトルの推定値に対応し得る。時間同期スペクトルは、図 5 で「シャフト X ランダム信号」と命名されたグラフに対応してもよく、ここでは「X」は番号である。

40

【 0 0 4 7 】

ブロック 6 1 6 において、時間同期スペクトルの特徴は、歯車箱振動の監視に使用してもよい。

【 0 0 4 8 】

方法 6 0 0 は、例示的なものである。いくつかの実施例において、1 つまたは複数のブロックまたは動作 ( またはその一部 ) は、任意であってもよい。いくつかの実施例において、図示されない追加の動作が含まれ得る。いくつかの実施例において、動作は、図 6 に示す順序または順番と異なる順序または順番で実行されてもよい。

50

## 【 0 0 4 9 】

方法 6 0 0 を用いて、時間同期平均値に類似した様式で、歯車シャフトに特有のランダム振動を分離することができる。シャフトに特有のランダム振動を分離する能力は、微視的現象、例えば、摩擦、消耗、孔食などに関連する故障の検知および分離の改善を可能にし得る。

## 【 0 0 5 0 】

方法 6 0 0 を用いて、残留信号またはランダム信号を取得することができる。例えば、全信号は、時間同期平均信号とランダム信号とに効果的に分解され得る。ランダム信号を分析または処理して、歯車の歯の噛み合いに関連するエネルギー履歴を取得することができる。

10

## 【 0 0 5 1 】

上述のように、分割トルク歯車箱に係る初期故障の検知および診断は困難であり得る。歯車噛み合いの力積は、歯車箱の構造体における機械的な波の反射に関連する減衰するランダム信号を生成し得る。信号は、搬送周波数を有してもよく、それは、特性長で割った材料における波の速度と等しくあり得る。その特性長は、歯車箱の構造および加速度計の配置または位置によって決定されてもよい。他の意味で同一である歯車は、1つの加速度計の位置において測定したとき、特性長および搬送周波数が異なり得る。

## 【 0 0 5 2 】

ここで図 7 を参照すると、例示的な方法 7 0 0 のフローチャートが示される。方法 7 0 0 は、例えば本明細書に記載のものなどの 1 つまたは複数のシステム、構成要素、またはデバイスにより実行されてもよい。方法 7 0 0 を用いて、同一または類似の歯車噛み合いの各々の時間同期分散を計算することができる。

20

## 【 0 0 5 3 】

ブロック 7 0 2 において、振動データは、振動データが時間ではなくシャフト角回転に関する一定のサンプリング速度を有するようにサンプリングまたは再サンプリングされてもよい。

## 【 0 0 5 4 】

ブロック 7 0 4 において、振動データに対応する全信号は、決定論的な信号とランダム信号とに分割されてもよい。

## 【 0 0 5 5 】

ブロック 7 0 6 において、スペクトル相関密度のスライスをシャフトの基本周波数およびその整数倍数で、十分に大きな倍数（例えば、良好な解像度を得るために閾値を超える量の倍数）まで、計算され得る。これらの倍数は、歯車噛み合い位数のいくつかの倍数を含み得る。

30

## 【 0 0 5 6 】

ブロック 7 0 8 において、繰り返し周波数領域は、逆フーリエ変換を使用して、シャフト回転（擬似時間）領域に変換されて、1回のシャフト回転にわたってシャフトの時間 - 周波数の表現（ウィグナー・ビレスペクトル）を生成することができる。

## 【 0 0 5 7 】

ブロック 7 1 0 において、角回転は、ウィグナー・ビレスペクトルから積分されて、時間同期スペクトルを得ることができる。この時間同期スペクトルは、シャフトにより生成されるランダム振動に関連するパワースペクトルの推定値に対応し得る。

40

## 【 0 0 5 8 】

ブロック 7 1 2 において、歯車噛み合いの数と等しい数のスペクトルピークを特定してもよい。

## 【 0 0 5 9 】

ブロック 7 1 4 において、特定のスペクトルピークと一致する帯におけるスペクトル周波数は、ウィグナー・ビレスペクトルから積分され、歯車噛み合いの各々の独自時間同期分散（1回のシャフト回転にわたってのエネルギー）を得る。

## 【 0 0 6 0 】

50

方法700は、例示的なものである。いくつかの実施例において、1つまたは複数のブロックまたは動作（またはその一部）は、任意であってもよい。いくつかの実施例において、図示されない追加の動作が含まれ得る。いくつかの実施例において、動作は、図7に示す順序または順番と異なる順序または順番で実行されてもよい。

【0061】

方法700を用いて、単一の歯車噛み合いが生成する振動エネルギーを監視することができる。振動エネルギーは、他の歯車噛み合いとともに生成される信号から分離されてもよい。

【0062】

本明細書に記載の例示的な実施例および実例は、本開示の態様を歯車、シャフトおよび歯車箱に関連付ける。本開示の態様は他の状況にも、例えば軸受に関する場合に、応用されてもよい。

10

【0063】

本明細書に記載されるように、いくつかの実施例において、様々な機能または行為が所定の位置および/または1つまたは複数の装置、システム、またはデバイスの動作に関連して起こり得る。例えば、いくつかの実施例において、所定の機能または行為の一部が第1のデバイスまたは位置で実行され得る一方で、その機能または行為の残りは、1つまたは複数の追加のデバイスまたは位置で実行され得る。

【0064】

実施例は、1つまたは複数の技術を使用して実施されてもよい。いくつかの実施例において、装置またはシステムは、1つまたは複数のプロセッサと、その1つまたは複数のプロセッサにより実行されると、その装置またはシステムに、本明細書に記載の1つまたは複数の方法論的行為を実行させる、命令が記憶されたメモリと、を含み得る。いくつかの実施例において、当業者に知られている様々な機械的構成要素を使用することができる。

20

【0065】

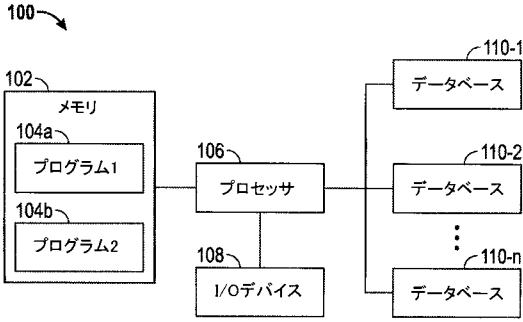
実施例は、1つまたは複数の装置、システム、および/または方法として実施され得る。いくつかの実施例において、命令は、1つまたは複数のコンピュータ可読媒体、例えば一時的および/または非一時的コンピュータ可読媒体に記憶され得る。実行されると、これらの命令は、エンティティ（例えば、装置またはシステム）に本明細書に記載の1つまたは複数の方法論的行為を実行させ得る。

30

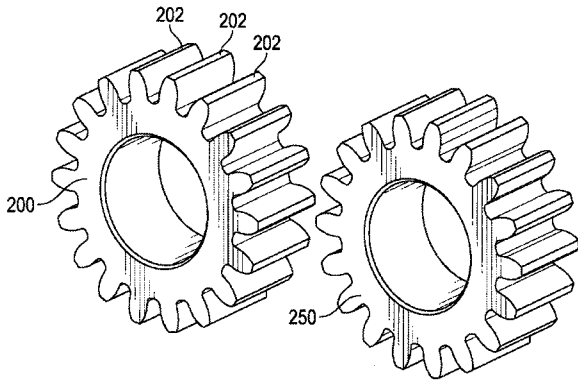
【0066】

本開示の態様は、その例示的な実施例の観点で説明されてきた。本開示の概説により、当業者であれば、添付の特許請求の範囲および精神内で、多くの他の実施例、修正、および変更を思い付くであろう。例えば、当業者であれば、例示的な図面とともに説明された手順が列挙された順序以外でも実行されてもよく、例示された1つまたは複数の手順が任意であり得ることを理解するであろう。

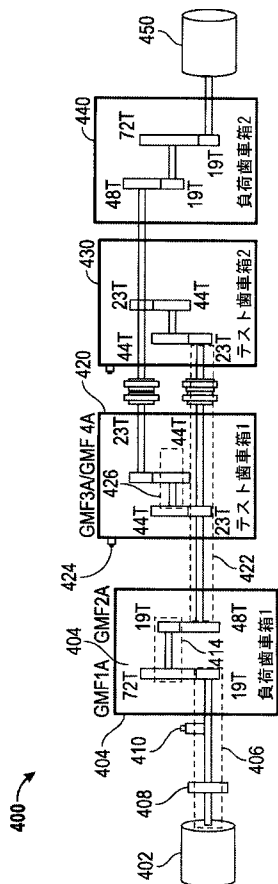
【 図 1 】



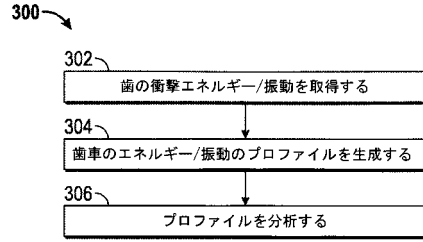
【 図 2 】



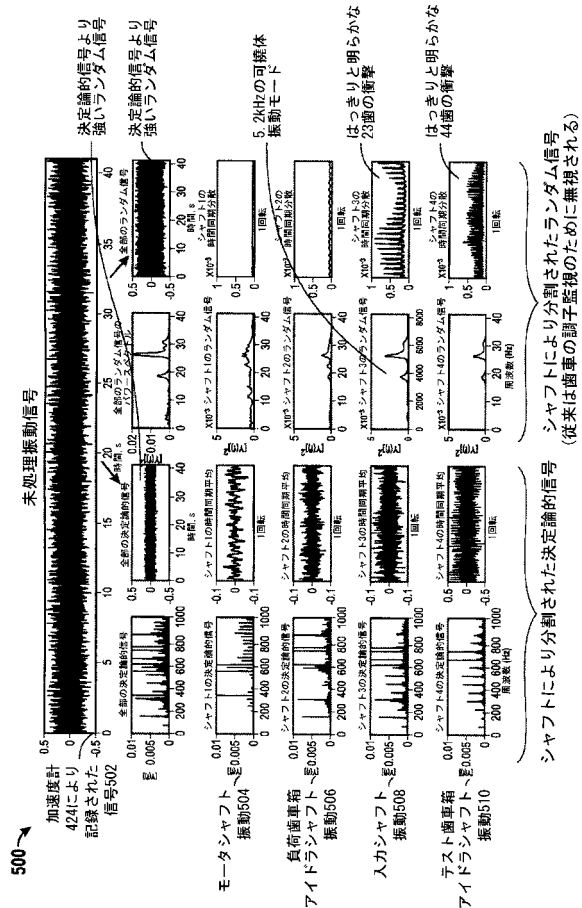
【 図 4 】



【 図 3 】



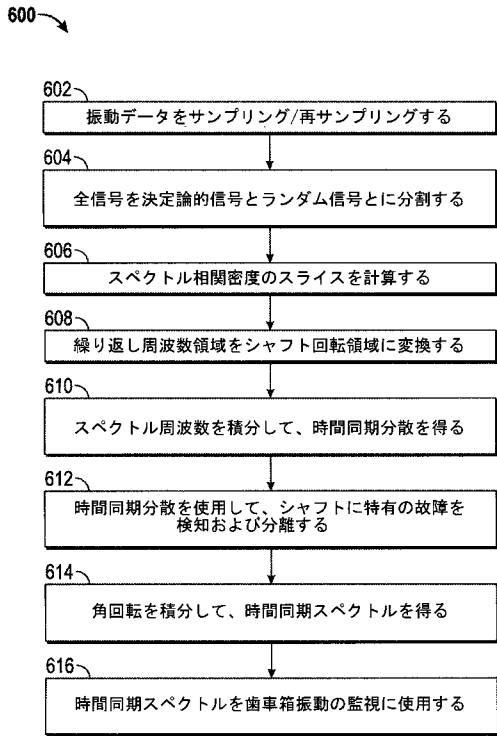
【 図 5 】



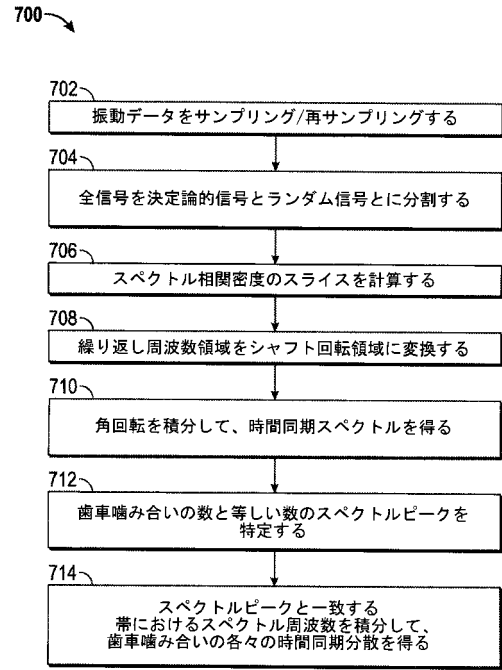
シャフトにより分割されたランダム信号  
(従来は歯車の調子監視のために無視される)

シャフトにより分割された決定論的信号

【 図 6 】



【 図 7 】



【 国際調査報告 】

PCT/US2014/057136 24.12.2014

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2014/057136
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - G01M 13/02 (2014.01) CPC - G01M 13/021 (2014.12) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - G01M 13/02 (2014.01) CPC - G01M 13/021 (2014.12) (keyword delimited)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC - 73/593, 602, 659, 660; 74/640; 324/166; 340/438, 686.3; 475/158; 701/51; 702/33, 34, 56		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBasa, Google Scholar Search terms used: impact, energy, gear, teeth, tooth, signal, fault, processor, controller, ECU, ECM, computer, microprocessor, vibrate, shock, estimate, compare, segment, integrate, time, synchronous, average, random, history, record, spectral, correlation, density		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,895,857 A (ROBINSON et al) 20 April 1999 (20.04.1999) entire document	1, 9
A	US 2004/0200283 A1 (BLUNT) 14 October 2004 (14.10.2004) entire document	1-16
A	US 2013/0180319 A1 (KLEIN-HITPASS et al) 18 July 2013 (18.07.2013) entire document	1-16
A	US 2010/0256932 A1 (KAR) 07 October 2010 (07.10.2010) entire document	1-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* 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 04 December 2014		Date of mailing of the international search report <b>24 DEC 2014</b>
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OBP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

## フロントページの続き

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, 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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, 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

- (72) 発明者 イソム, ジョシュア ディー .  
アメリカ合衆国, ペンシルヴェニア, アレンタウン, トゥリーライン ドライブ 1048
- (72) 発明者 チョードリー, ザッファー エー .  
アメリカ合衆国, コネチカット, サウス グラストンベリー, エス.ミル ドライブ 118
- (72) 発明者 チェン, ヤン  
アメリカ合衆国, コネチカット, サウス ウィンザー, フェザント ウェイ 77
- (72) 発明者 ジャン, ギカイ  
中華人民共和国, ミンハン ディストリクト, シャンハイ, ヘ チン ロード, レーン 560,  
ナンバー 53-702
- (72) 発明者 サン, ファンピン  
アメリカ合衆国, コネチカット, グラストンベリー, グッデール ヒル ロード 422
- (72) 発明者 シャシャンカ, マドゥスダナ  
アメリカ合衆国, コネチカット, マンチェスター, ベッラ ヴィスタ レーン 279
- Fターム(参考) 2G024 AB02 BA12 BA15 BA21 BA22 BA27 CA13 DA12 EA14 FA02  
FA04 FA06  
2G064 AA11 AB01 AB02 AB04 AB06 AB09 AB22 BA02 CC01 CC42  
CC47 CC52  
3J030 AC10 BA01 BC02 CA10