

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7290221号
(P7290221)

(45)発行日 令和5年6月13日(2023.6.13)

(24)登録日 令和5年6月5日(2023.6.5)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 M 13/045 (2019.01) G 0 1 M 13/045
G 0 6 N 20/00 (2019.01) G 0 6 N 20/00 1 3 0

請求項の数 3 (全10頁)

(21)出願番号	特願2019-180234(P2019-180234)	(73)特許権者	504176911 国立大学法人大阪大学 大阪府吹田市山田丘1番1号
(22)出願日	令和1年9月30日(2019.9.30)	(73)特許権者	000102692 N T N株式会社 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(65)公開番号	特開2021-56124(P2021-56124A)	(74)代理人	100109210 弁理士 新居 広守
(43)公開日	令和3年4月8日(2021.4.8)	(72)発明者	福井 健一 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学 法人大阪大学内
審査請求日	令和4年4月4日(2022.4.4)	(72)発明者	北井 正嗣 大阪府吹田市山田丘2番1号 センテラ ス402室 国立大学法人大阪大学 大学 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 余寿命予測システム、余寿命予測装置、および余寿命予測プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一部材、および第二部材が相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間である余寿命を予測する余寿命予測システムであって、

学習用動作機構を動作限界まで動作させ、動作限界までの各時刻における学習用第一部材、および学習用第二部材の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報、前記学習用動作機構の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命を取得する学習情報取得部と、

前記学習特徴量ベクトル、および前記学習劣化量情報に基づき劣化量を推定する第一回帰モデルを育成する第一回帰モデル育成部と、

前記学習劣化量情報、および前記学習余寿命に基づき余寿命を推定する第二回帰モデルを育成する第二回帰モデル育成部と、

前記学習用動作機構と同種の評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する評価情報取得部と、

前記評価特徴量ベクトルを入力とし、前記第一回帰モデル育成部により育成された前記第一回帰モデルにより前記評価用動作機構の評価劣化量情報を推定し、得られた前記評価劣化量情報を入力とし、前記第二回帰モデル育成部により育成された前記第二回帰モデルにより前記評価用動作機構の余寿命を導出する余寿命導出部と、

を備える余寿命予測システム。

【請求項2】

第一部材、および第二部材が相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間である余寿命を予測する余寿命予測装置であって、

評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する評価情報取得部と、
前記評価特徴量ベクトルを入力とし、学習用動作機構の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および動作限界までの各時刻における学習用第一部材、および学習用第二部材の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報に基づき育成された第一回帰モデルにより前記評価用動作機構の評価劣化量情報を推定し、得られた前記評価劣化量情報を入力とし、前記学習劣化量情報、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命に基づき育成された第二回帰モデルにより前記評価用動作機構の余寿命を導出する余寿命導出部と、
を備える余寿命予測装置。

10

【請求項 3】

第一部材、および第二部材が相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間である余寿命を予測する余寿命予測プログラムであって、

コンピュータを、

評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する評価情報取得部と、
前記評価特徴量ベクトルを入力とし、学習用動作機構の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および動作限界までの各時刻における学習用第一部材、および学習用第二部材の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報に基づき育成された第一回帰モデルにより前記評価用動作機構の評価劣化量情報を推定し、得られた前記評価劣化量情報を入力とし、前記学習劣化量情報、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命に基づき育成された第二回帰モデルにより前記評価用動作機構の余寿命を導出する余寿命導出部として
機能させるための余寿命予測プログラム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2つの部材が接触状態で相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間を予測する余寿命予測システム、余寿命予測装置、および余寿命予測プログラムに関する。

【背景技術】

30

【0002】

転がり軸受の外輪と転動体、内輪と転動体のように、第一部材と第二部材が相対的に動作する動作機構について、使用限界までの時間、いわゆる寿命の推定が行われている。

【0003】

例えば、特許文献1には、振動センサから得られる特徴量をもとに軸受の欠損レベル、残存寿命を推定する手法が記載されている。また特許文献2には、センサの出力データから算出される状態変数を故障度合いと関連付けて機械学習による訓練を行い、故障予知を行う手法が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【文献】特開2017-219469号公報
特許第6148316号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、劣化進展の初期から末期で劣化の進展速度が変化するような条件下においては振動特徴量から直接余寿命を推定することは困難である。

【0006】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、劣化の進展速度が変化するような動作機

50

構でも動作限界までの寿命を高い精度で推定できる余寿命予測システム、余寿命予測装置、および余寿命予測プログラムの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の1つである余寿命予測システムは、第一部材、および第二部材が相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間である余寿命を予測する余寿命予測システムであって、学習用動作機構を動作限界まで動作させ、動作限界までの各時刻における学習用第一部材、および学習用第二部材の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報、前記学習用動作機構の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命を取得する学習情報取得部と、前記学習特徴量ベクトル、および前記学習劣化量情報に基づき劣化量を推定する第一回帰モデルを育成する第一回帰モデル育成部と、前記学習劣化量情報、および前記学習余寿命に基づき余寿命を推定する第二回帰モデルを育成する第二回帰モデル育成部と、前記学習用動作機構と同種の評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する評価情報取得部と、前記評価特徴量ベクトルを入力とし、前記第一回帰モデル育成部により育成された前記第一回帰モデルにより前記評価用動作機構の評価劣化量情報を推定し、得られた前記評価劣化量情報を入力とし、前記第二回帰モデル育成部により育成された前記第二回帰モデルにより前記評価用動作機構の余寿命を導出する余寿命導出部と、を備える。

10

【0008】

また上記目的を達成するために、本発明の1つである余寿命予測装置は、第一部材、および第二部材が相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間である余寿命を予測する余寿命予測装置であって、評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する評価情報取得部と、前記評価特徴量ベクトルを入力とし、学習用動作機構の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および動作限界までの各時刻における学習用第一部材、および学習用第二部材の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報に基づき育成された第一回帰モデルにより前記評価用動作機構の評価劣化量情報を推定し、得られた前記評価劣化量情報を入力とし、前記学習劣化量情報、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命に基づき育成された第二回帰モデルにより前記評価用動作機構の余寿命を導出する余寿命導出部と、を備える。

20

30

【0009】

また上記目的を達成するために、本発明の1つである余寿命予測プログラムは、第一部材、および第二部材が相対的に動作する動作機構の動作限界までの時間である余寿命を予測する余寿命予測プログラムであって、評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する評価情報取得部と、前記評価特徴量ベクトルを入力とし、学習用動作機構の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および動作限界までの各時刻における学習用第一部材、および学習用第二部材の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報に基づき育成された第一回帰モデルにより前記評価用動作機構の評価劣化量情報を推定し、得られた前記評価劣化量情報を入力とし、前記学習劣化量情報、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命に基づき育成された第二回帰モデルにより前記評価用動作機構の余寿命を導出する余寿命導出部と、をコンピュータに実現させる。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、劣化の進展速度が変化するような動作機構でも動作限界までの余寿命を動作機構の動作から得られる特徴量ベクトルに基づき高い精度で推定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、実施の形態において用いられる学習情報生成装置の主要部を示す図であ

50

り、(a)部に示す図は学習情報生成装置の正面図、(b)部に示す図は(a)部に対応する断面側面図である。

【図2】図2は、実施の形態に係る余寿命予測システムの構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、本発明に係る余寿命予測システム、余寿命予測装置、および余寿命予測プログラムの実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の位置関係、および接続状態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、以下では複数の発明を一つの実施の形態として説明する場合があるが、請求項に記載されていない構成要素については、その請求項に係る発明に関しては任意の構成要素であるとして説明している。また、図面は、本発明を説明するために適宜強調や省略、比率の調整を行った模式的な図となっており、実際の形状や位置関係、比率とは異なる場合がある。

10

【0013】

余寿命予測システム100は、動作機構が機械要素としての所定の機能が発揮できなくなる動作限界までの時間である余寿命を予測するシステムである。動作機構の種類は、第一部材、および第二部材が接触状態で相対的に動作する機構であれば特に限定されるものではない。本実施の形態の場合、動作機構として転がり軸受を例示している。また、第一部材として転がり軸受の転動体を、第二部材として転がり軸受の内輪を例示している。なお、転がり軸受は、転動体、および内輪の他に外輪、および保持器など複数の部材を備えており、第一部材、および第二部材として採用する部材の組み合わせは任意であるが、動作機構の動作によって劣化を示す欠損が顕著に現れ、欠損の量の測定が容易な部材の組み合わせを採用することが好ましい。この点において、転がり軸受の内輪は、外周面に欠損が発生し欠損の量の測定が容易であるため、第二部材として好適である。

20

【0014】

余寿命予測システム100は、人工知能を用いて余寿命を予測するものであるため、モデルを育成する学習段階と、学習済みのモデルを用いて余寿命を予測する予測段階が存在する。そこで、学習に用いる動作機構を学習用動作機構200、学習用動作機構200が備える第一部材を学習用第一部材201、第二部材を学習用第二部材202と記載する。また、予測対象の動作機構を評価用動作機構(不図示)、評価用動作機構が備える第一部材を評価用第一部材、第二部材を評価用第二部材と記載する。

30

【0015】

次に、学習段階においてモデルを育成するための学習劣化量情報、学習余寿命を取得する学習情報生成装置300を説明する。図1は、実施の形態に係る学習情報生成装置の主要部を示す図であり、(a)部に示す図は学習情報生成装置の正面図、(b)部に示す図は(a)部に対応する断面側面図である。

【0016】

同図に示すように、学習情報生成装置300は学習用第二部材202を保持、固定する固定部材305と、軸体301からなる。軸体301は駆動装置302および駆動制御装置330と、を備える。

40

【0017】

固定部材305は、学習用第二部材202を支持する構造であり、軸体301とは独立している。

【0018】

軸体301は、学習用動作機構200の内輪に適合する形状であれば、材質や長さなど特に限定されるものではないが、評価用動作機構の実際の使用態様にできる限り合致させることが好ましい。

【0019】

学習用動作機構200は、測定対象の転がり軸受である。学習用動作機構200は、前述の通り限定されるものではないが、本実施の形態の場合、学習用動作機構200は、こ

50

る軸受である。

【 0 0 2 0 】

本明細書、および特許請求の範囲において「劣化」とは、動作機構を使用したことにより発生し、動作機構の余寿命に関連する事象を意味するものとして用いており、「欠損」は「劣化」の1つであるとして記載している。具体的に劣化とは、例えば疲労はく離、疲労損傷、潤滑油劣化、シール不具合による面荒れなどを挙示することができる。

【 0 0 2 1 】

また、「劣化量」とは、剥離、摩耗、圧痕、フレーキング、焼き付きなど、第一部材と第二部材との摺動、転がり摺動などにより第一部材表面、または第二部材表面に発生する不具合を定量的に示すものである。具体的には欠損が発生している領域の長さ、幅などの一次元の情報、面積などの二次元の情報、大きさなどの三次元の情報、またはこれらと関連する情報である。また、第一部材と第二部材との摺動に基づき劣化していくグリースなどの動作機構以外の部材の劣化も、劣化度合いが定量化でき、動作機構の劣化と相関があるものは「劣化量」の文言に含まれるものとしている。

10

【 0 0 2 2 】

駆動装置 3 0 2 は、軸体 3 0 1 を回転駆動させる装置である。駆動装置 3 0 2 の種類などは特に限定されるものではないが、本実施の形態の場合、駆動装置 3 0 2 は、サーボモータであり、サーボモータの回転軸体は継手を介して軸体 3 0 1 に接続されている。駆動装置 3 0 2 は、駆動制御装置 3 3 0 により制御されている。

【 0 0 2 3 】

学習用動作機構 2 0 0 は、固定部材 3 0 5 を介して外部から負荷を与えられる。負荷は評価用動作機構の使用態様に近づけることが好ましい。

20

【 0 0 2 4 】

センサは、特に限定されるものではなく、音を測定するセンサなどでもかまわないが、本実施の形態の場合、センサは、軸体 3 0 1 の回転により学習用動作機構 2 0 0 に起因する振動（振動加速度）を測定するセンサである。ただし、学習用動作機構 2 0 0 にセンサを直接取り付けるとは、一般的に困難であると考えられるため、本実施の形態の場合、振動センサは固定部材 3 0 5 に取り付けられており、学習用動作機構 2 0 0 の振動ばかりでなく、他の要因により発生する振動も測定する。

【 0 0 2 5 】

センサの種類は、特に限定されるものではなく、実機 4 0 0 に取り付けられるセンサと同種のセンサを採用することが好ましい。本実施の形態の場合、センサは一軸方向の振動加速度を測定するセンサが採用されている。また、センサを学習情報生成装置 3 0 0 に取り付けるとは、場所も限定されるものではないが、本実施の形態の場合、軸体 3 0 1 の軸方向に対する放射方向であって学習用動作機構 2 0 0 に加えられる負荷の方向（図中 Z 軸方向）の振動を測定する第一センサ 3 2 1 と、放射方向であって第一センサ 3 2 1 が測定する振動の方向と直交する方向であって、水平面内であり装置外部からの拘束力が弱い方向（図中 Y 軸方向）の振動を測定する第二センサ 3 2 2 とを備えている。

30

【 0 0 2 6 】

本実施の形態の場合、評価用動作機構を含む動作機構がころ軸受であるため、軸方向（図中 Z 軸方向）の振動と余寿命とに強い相関がないと考え、軸体 3 0 1 の軸方向の振動を取得するセンサを配置していないが、例えば動作機構が球軸受、クロスローラーベアリング等の場合、軸方向の振動を取得する第三センサを設置してもかまわない。

40

【 0 0 2 7 】

記録装置 3 0 6 は、センサからの信号を記録する装置である。本実施の形態の場合、第一センサ 3 2 1、第二センサ 3 2 2 からの信号を個別に記録している。具体的に例えば、記録装置 3 0 6 は、センサからのアナログ信号をサンプリング周波数 5 0 k H z でデジタル化し記録している。また、記録装置 3 0 6 は、駆動制御装置 3 3 0 が駆動装置 3 0 2 を制御するための指令値など駆動装置 3 0 2 の出力トルクを示す値なども記録している。

【 0 0 2 8 】

50

図 2 は、実施の形態に係る余寿命予測システムの構成を示すブロック図である。同図に示すように、余寿命予測システム 100 は、学習情報取得部 110、第一回帰モデル育成部 120、第二回帰モデル育成部 150、評価情報取得部 130、および余寿命導出部 140 を備えている。また、学習情報取得部 110、第一回帰モデル育成部 120、および第二回帰モデル育成部 150 は、学習装置 101 として機能し、評価情報取得部 130、および余寿命導出部 140 は、余寿命推定装置 109 として機能している。

【0029】

学習情報取得部 110 は、学習情報生成装置 300 を用いて例えば新品の学習用動作機構 200 を動作限界まで動作させ、動作限界までの各時刻における学習用第一部材 201、および学習用第二部材 202 の少なくとも一方における動作により生じる劣化の量を示す学習劣化量情報、学習用動作機構 200 の動作から得られる学習特徴量ベクトル、および情報を取得した時刻から動作限界までの時間である学習余寿命を取得する。

10

【0030】

学習劣化量情報、学習特徴量ベクトル、および学習余寿命の取得方法は、特に限定されるものではないが、本実施の形態の場合、以下のようにして学習劣化量情報、学習特徴量ベクトル、および学習余寿命を取得している。

【0031】

学習劣化量情報は、学習情報生成装置 300 を用いて新品の学習用動作機構 200 を所定の時間動作させた後、学習用第二部材 202 である内輪を取り出して、作業者が測定した劣化量を入力することにより学習情報取得部 110 が取得する。本実施の形態の場合、欠損の周方向の長さを学習劣化量情報としている。また、学習余寿命を算出させるために、学習情報生成装置 300 を動作させた時間を時刻として学習劣化量情報と対応付けて学習情報取得部 110 に入力する。

20

【0032】

次に学習用動作機構 200 を学習情報生成装置 300 に戻して所定の時間動作させ、学習劣化量情報と時刻を同様に学習情報取得部 110 に入力する。このような所定時間の動作と入力とを動作限界まで繰り返すことにより、学習情報取得部 110 は、各時刻の学習劣化量情報を取得する。なお、動作限界に達した時刻も学習情報取得部 110 に入力しておく。

【0033】

明細書、および特許請求の範囲で用いる「時刻」とは、実際の時の流れの中の各瞬間を意味するのではなく、動作機構が実際に動作している時間の累積の中の各瞬間（例えば動作中断直前の瞬間）を意味している。

30

【0034】

学習余寿命は、作業者により入力された動作限界に達した時刻と学習劣化量情報の入力と対応して入力された時刻との差分を学習余寿命として学習情報取得部 110 が算出することにより取得する。

【0035】

学習特徴量ベクトルは、学習情報生成装置 300 に取り付けられたセンサの値などに基づき学習情報取得部 110 が生成することにより取得する。本実施の形態の場合、学習情報取得部 110 は、記録装置 306 に記録されている第一センサ 321、第二センサ 322 などから得られる特徴量に基づき学習特徴量ベクトルを生成する。具体的には、劣化量を測定するために学習情報生成装置 300 を停止させる直前の所定時間（例えば 20 秒間）における第一センサ 321、および第二センサ 322 から得られる振動を示す波形に基づき、測定値である時間領域情報、エンベロープ処理された時間領域情報を高速フーリエ変換して得られる周波数領域情報、エンベロープ処理された周波数領域情報をそれぞれ高速フーリエ変換して得られるケフレンシ領域情報の 3 種類の情報に基づき学習情報取得部 110 は特徴量を生成している。

40

【0036】

具体的な特徴量の種類、および生成する個数は、特に限定されるものではない。例えば

50

各種統計量などを選定して用いることができる。統計量の具体的な特徴量としては、実効値、最大値、波高率、尖度、歪度などである。また、時間領域情報をバンドパスフィルタなどを用いて複数の周波数帯域に区分し、それぞれの区分について周波数領域情報、ケプレンシ領域情報を生成し、これらそれぞれについて算出された統計量を特徴量としてもかまわない。

【 0 0 3 7 】

なお、第一センサ 3 2 1、および第二センサ 3 2 2 から得られる情報ばかりでなく、駆動制御装置 3 3 0 から得られるトルクを示す電流値など、動作機構の動作に関連する情報を特徴量として採用してもかまわない。

【 0 0 3 8 】

第一回帰モデル育成部 1 2 0 は、各時刻において学習情報取得部 1 1 0 が取得した学習用動作機構 2 0 0 の動作から得られる特徴量ベクトルである学習特徴量ベクトル、および学習特徴量ベクトルに対応した学習劣化量情報に基づき、劣化量を推定するための第一回帰モデルを育成する。

【 0 0 3 9 】

第一回帰モデルは、特に限定されるものではないが、例えば、Random Forest、Support Vector Machine、Kernel Ridge、およびDeepNeural Networkなどを例示することができる。またこれらを組み合わせてもかまわない。

【 0 0 4 0 】

第二回帰モデル育成部 1 5 0 は、各時刻において学習用動作機構 2 0 0 から得られる学習劣化量情報、および学習劣化量情報の取得時刻に対応した学習余寿命に基づき余寿命を推定する第二回帰モデルを育成する。

【 0 0 4 1 】

第二回帰モデルは、特に限定されるものではないが、例えば、Random Forest、Support Vector Machine、Kernel Ridge、およびDeepNeural Networkなどを例示することができる。またこれらを組み合わせてもかまわない。また、第一回帰モデルと第二回帰モデルとしては異なるモデルを採用してもよく、同じモデルを採用してもかまわない。

【 0 0 4 2 】

評価情報取得部 1 3 0 は、学習用動作機構 2 0 0 と同種の評価用動作機構の動作から得られる評価特徴量ベクトルを取得する。評価特徴量ベクトルは、実機 4 0 0 に搭載された評価用動作機構を動作させることにより取得する。具体的には、学習情報生成装置 3 0 0 に取り付けられた第一センサ 3 2 1、および第二センサ 3 2 2 と同じ種類のセンサを実機 4 0 0 の対応する位置に取り付けて測定値を得る。取得した測定値に基づき評価特徴量ベクトルを取得する。評価特徴量ベクトルを構成する特徴量の種類は、第一回帰モデルの育成に用いた特徴量の種類と同じである。

【 0 0 4 3 】

余寿命導出部 1 4 0 は、実機 4 0 0 に基づき評価情報取得部 1 3 0 が取得し生成した評価特徴量ベクトルを入力とし、第一回帰モデル育成部 1 2 0 において育成された第一回帰モデルにより実機 4 0 0 に搭載されている評価用動作機構の評価劣化量情報を推定する。余寿命導出部 1 4 0 は、第一回帰モデルを用いて推定した評価劣化量情報を入力とし、第二回帰モデル育成部 1 5 0 において育成された第二回帰モデルにより評価用動作機構の余寿命を導出する。

【 0 0 4 4 】

動作機構の動作に基づく特徴量ベクトルを入力として第一回帰モデルにより動作機構の劣化量を高い精度で推定し、推定された劣化量を入力として第二回帰モデルにより余寿命を推定することで、高い精度で動作機構の余寿命を推定でき、動作限界ぎりぎりまで動作機構を使用することが可能となる。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

特に、転がり軸受などの動作機構が回転精度を要求されない使用条件下においては、動作機構は欠損が発生した後も継続して使用される場合がある。欠損発生後の使用による欠損の進展に伴い第一部材と第二部材の変位は増加し、変位が許容値を超えると、動作機構が取り付けられている装置自体が破壊されるような動作限界に達する。本実施の形態に係る余寿命予測システム100では、劣化の進展の形態が変化する場合でも劣化進展の初期段階から、使用限界に近い劣化進展末期までの全域において余寿命を正確に推定することが可能となる。

【0046】

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、本明細書において記載した構成要素を任意に組み合わせ、また、構成要素のいくつかを除外して実現される別の実施の形態を本発明の実施の形態としてもよい。また、上記実施の形態に対して本発明の主旨、すなわち、請求の範囲に記載される文言が示す意味を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例も本発明に含まれる。

10

【0047】

例えば、学習情報生成装置300は、実施の形態に示すものに限定されものではなく、余寿命を予測する対象の動作機構が取り付けられる実機400や実機400を模したモデルであっても良い。

【0048】

また、特徴量ベクトルを構成する特徴量は、実施の形態で示した全てを備えなくともよい。例えば、余寿命の推定に強く寄与する特徴量を選定して特徴量ベクトルを構成してもかまわない。寄与度の高い特徴量を抽出する方法は、特に限定されるものではないが、人工知能により各特徴量の寄与度を算出し、寄与度の上位から所定個数（例えば10個）を抽出などしてもよい。また、特徴量には駆動装置302の出力トルクやこれに関連する電流値、電力値、その他グリース内の異物混入量などが含まれていてもよい。

20

【0049】

また、動作機構は、転がり軸受に限定されるものではなく、ボールねじや、直動ガイドなどでもかまわない。

【0050】

また、余寿命予測システム100として説明したが、学習装置101と余寿命推定装置109とは別体の装置として存在してもかまわない。

30

【0051】

また、学習装置101が実行する内容は、動作機構の余寿命を推定するための第一回帰モデル、および育成された第二回帰モデルの製造方法である。

【0052】

また、余寿命予測システム100、および余寿命推定装置109が備える各処理部は、コンピュータにプログラムを実行させることにより実現することが可能である。

【0053】

また、センサにより測定される信号は、振動加速度に限定されるものではなく、振動の変位、振動の速度などでもかまわない。また、振動ばかりでなく、音などを測定して信号としてもよい。

40

【産業上の利用可能性】

【0054】

軸受、ボールねじ、直動機構、減速機など第一部材、および第二部材が相対的に動作するあらゆる種類の動作機構の余寿命推定に利用可能である。

【符号の説明】

【0055】

100 余寿命予測システム

101 学習装置

109 余寿命推定装置

110 学習情報取得部

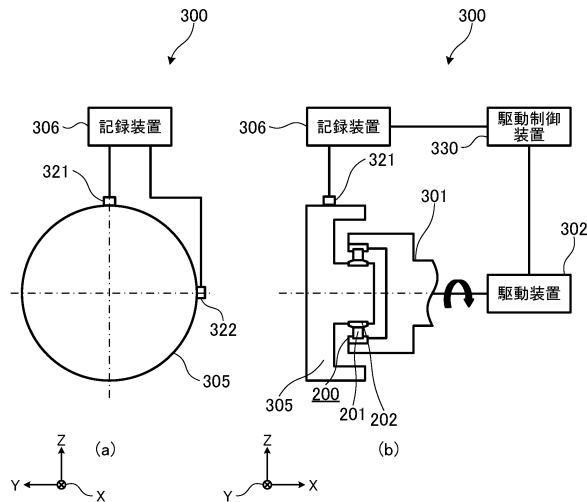
50

- 1 2 0 第一回帰モデル育成部
- 1 3 0 評価情報取得部
- 1 4 0 余寿命導出部
- 1 5 0 第二回帰モデル育成部
- 2 0 0 学習用動作機構
- 2 0 1 学習用第一部材
- 2 0 2 学習用第二部材
- 3 0 0 学習情報生成装置
- 3 0 1 軸体
- 3 0 2 駆動装置
- 3 0 5 固定部材
- 3 0 6 記録装置
- 3 2 1 第一センサ
- 3 2 2 第二センサ
- 3 3 0 駆動制御装置
- 4 0 0 実機

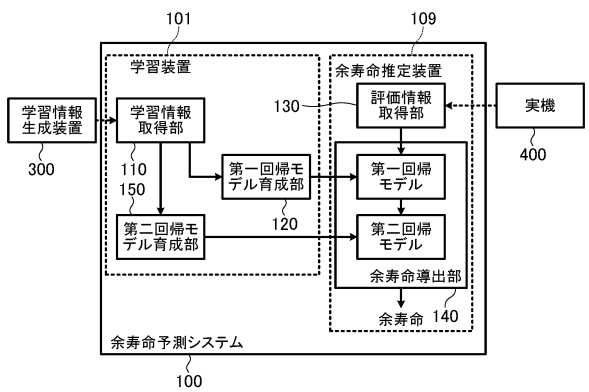
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



20

30

40

50

フロントページの続き

院工学研究科 NTN次世代協働研究所内

審査官 山口 剛

- (56)参考文献 国際公開第2019/044496(WO, A1)
特開2018-004473(JP, A)
中国特許出願公開第109460618(CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01M 13/00 - 13/045
G01M 99/00
G06N 20/00