

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7272785号  
(P7272785)

(45)発行日 令和5年5月12日(2023.5.12)

(24)登録日 令和5年5月1日(2023.5.1)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 M 99/00 (2011.01)	G 0 1 M 99/00 Z
B 6 4 D 45/00 (2006.01)	B 6 4 D 45/00 Z
B 6 4 F 5/40 (2017.01)	B 6 4 F 5/40

請求項の数 16 (全16頁)

(21)出願番号	特願2018-228263(P2018-228263)	(73)特許権者	503405689 ナプテスコ株式会社 東京都千代田区平河町二丁目7番9号
(22)出願日	平成30年12月5日(2018.12.5)	(74)代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(65)公開番号	特開2020-91188(P2020-91188A)	(72)発明者	奥野 好章 岐阜県不破郡垂井町宮代1110-1 ナプテスコ株式会社 岐阜工場内
(43)公開日	令和2年6月11日(2020.6.11)	(72)発明者	伊藤 浩二 岐阜県不破郡垂井町宮代1110-1 ナプテスコ株式会社 岐阜工場内
審査請求日	令和3年11月4日(2021.11.4)	(72)発明者	本多 宏昭 岐阜県不破郡垂井町宮代1110-1 ナプテスコ株式会社 岐阜工場内
		(72)発明者	五反田 遼祐 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 疲労度算出装置、疲労度算出方法、アクチュエータ、アクチュエータ制御装置および航空機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

異なる運用形態で運用される複数の機器の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、

前記環境情報に基づいて、前記複数の機器の各々の運用状況と、前記複数の機器の各々が受ける負荷が蓄積することによって進行する前記複数の機器の疲労度と、の関係を算出する疲労度算出部と

を備え、

前記疲労度算出部は、算出された前記関係から計算される疲労度に基づいて前記複数の機器の各々の運用を管理し、

前記管理は、前記複数の機器の各々にかかる負荷がそれぞれ異なるとき、前記複数の機器を巡回的に置換して使うものであることを特徴とする疲労度算出装置。

【請求項2】

前記環境情報取得部は、前記機器の運用中に環境情報を取得することを含む請求項1に記載の疲労度算出装置。

【請求項3】

前記環境情報取得部は、前記機器の運用前に環境情報を取得することを含む請求項1または2に記載の疲労度算出装置。

【請求項4】

前記環境情報取得部は、前記機器の運用後に環境情報を取得することを含む請求項1か

ら 3 のいずれか一項に記載の疲労度算出装置。

【請求項 5】

前記環境情報は、温度、湿度、粉塵の量、サージ電圧、化学物質の濃度、放射線被ばく量の少なくとも 1 つを含む請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の疲労度算出装置。

【請求項 6】

前記環境情報取得部は、機器の周囲に設けられたセンサを含む請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の疲労度算出装置。

【請求項 7】

前記環境情報取得部は、気象情報を用いて環境情報を取得することを含む請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の疲労度算出装置。

【請求項 8】

前記疲労度算出部は、所定の関数へのフィッティングまたは機械学習を用いて、機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の疲労度算出装置。

【請求項 9】

前記機器は輸送機器または輸送機器の一部を構成する装置である請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の疲労度算出装置。

【請求項 10】

異なる運用形態で運用される複数の機器の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得ステップと、

前記環境情報に基づいて、前記複数の機器の各々の運用状況と、前記複数の機器の各々が受ける負荷が蓄積することによって進行する前記複数の機器の疲労度と、の関係を算出する疲労度算出ステップと、

前記疲労度算出ステップで算出された前記関係から計算される疲労度に基づいて前記複数の機器の各々の運用を管理する管理ステップと  
を備え、

前記管理は、前記複数の機器の各々にかかる負荷がそれぞれ異なるとき、前記複数の機器を巡回的に置換して使うものであることを特徴とする疲労度算出方法。

【請求項 11】

前記疲労度算出ステップは、所定の関数へのフィッティングまたは機械学習を用いて、機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する請求項 10 に記載の疲労度算出方法。

【請求項 12】

前記疲労度算出ステップで算出された前記関係から計算される疲労度を、所定の閾値と比較することにより評価する評価ステップをさらに備える請求項 10 または 11 に記載の疲労度算出方法。

【請求項 13】

前記機器は輸送機器または輸送機器の一部を構成する装置である請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の疲労度算出方法。

【請求項 14】

力を出力する異なる運用形態で運用される複数の出力部と、

前記複数の出力部の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、

前記環境情報取得部で取得した前記環境情報に基づいて、前記複数の出力部の各々の運用状況と、前記複数の出力部の各々が受ける負荷が蓄積することによって進行する前記複数の出力部の疲労度と、の関係を算出する疲労度算出部と

を備え、

前記疲労度算出部は、算出された前記関係から計算される疲労度に基づいて前記複数の出力部の各々の運用を管理し、

前記管理は、前記複数の出力部の各々にかかる負荷がそれぞれ異なるとき、前記複数の出力部を巡回的に置換して使うものであることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

力を出力する出力部を制御する異なる運用形態で運用される複数の制御部と、  
前記複数の制御部の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、  
前記環境情報取得部で取得した前記環境情報に基づいて、前記複数の制御部の各々の運用状況と、前記複数の制御部の各々が受ける負荷が蓄積することによって進行する前記複数の制御部の疲労度と、との関係を算出する疲労度算出部と  
を備え、

前記疲労度算出部は、算出された前記関係から計算される疲労度に基づいて前記複数の制御部の各々の運用を管理し、

前記管理は、前記複数の制御部の各々にかかる負荷がそれぞれ異なるとき、前記複数の制御部を巡回的に置換して使うものであることを特徴とするアクチュエータ制御装置。

10

【請求項 16】

複数の装置から構成される異なる運用形態で運用される飛翔可能な複数の機体と、  
前記複数の装置の少なくとも一つまたは前記機体の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、

前記環境情報に基づいて、前記複数の装置の少なくとも一つまたは前記機体の各々の運用状況と、前記複数の機体の各々が受ける負荷が蓄積することによって進行する前記複数の装置の少なくとも一つまたは前記機体の疲労度との関係を算出する疲労度算出部と  
を備え、

前記疲労度算出部は、算出された前記関係から計算される疲労度に基づいて前記複数の機体の各々の運用を管理し、

20

前記管理は、前記複数の機体の各々にかかる負荷がそれぞれ異なるとき、前記複数の機体を巡回的に置換して使うものであることを特徴とする航空機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、疲労度算出装置、疲労度算出方法、アクチュエータ、アクチュエータ制御装置および航空機に関する。

【背景技術】

【0002】

航空機などの輸送機器は、安全な運航のため、機器本体や部品が適切なタイミングでメンテナンスを受ける必要がある。特許文献1には、機械の動作中において、当該機械の部品の状態に関するセンシングデータを収集し、当該センシングデータから算出されたアノマリスコアに基づいて、異常検知情報をネットワークに送信するメンテナンスシステムが記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2015-142654号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

現在多くの現場では、機器のメンテナンスは定期検査ベースで行われている。しかしながら通常機器の疲労度は、運用形態、例えば運用中の外部環境などによって異なる。このような状況に対して一律に定期検査ベースのメンテナンスを適用すると、機器によってメンテナンスが遅れて故障が発生するとか、逆にメンテナンスが早すぎてコストが増加するなどの問題が生じる。

【0005】

特許文献1に記載の技術は、動作中に収集された部品の状態に関するセンシングデータをリアルタイムに分析し、当該センシングデータが所定の閾値を超えたような場合これを異常として検知する。すなわちこの技術では、機器の劣化がある程度進行した部品の状態

50

がセンシングデータとして収集され、その程度に応じて異常が検知される。しかしながらこの技術では、実際の機器の劣化が始まる前に、運用形態などをもとに将来の劣化の進行を予測することはできない。

【0006】

本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、機器の運用形態をもとに当該機器の疲労度を予測することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の疲労度算出装置は、機器の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、環境情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する疲労度算出部と、を備える。

10

【0008】

本発明の別の態様は、疲労度算出方法である。この方法は、機器の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得ステップと、環境情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する疲労度算出ステップと、を備える。

【0009】

本発明のさらに別の態様は、アクチュエータである。このアクチュエータは、力を出力する出力部と、出力部の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、環境情報取得部で取得した環境情報に基づいて出力部の運用状況と出力部の疲労度との関係を算出する疲労度算出部とを備える。

20

【0010】

本発明のさらに別の態様は、アクチュエータ制御装置である。このアクチュエータ制御装置は、力を出力する出力部を制御する制御部と、制御部の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、環境情報取得部で取得した環境情報に基づいて制御部の運用状況と制御部の疲労度との関係を算出する疲労度算出部とを備える。

【0011】

本発明のさらに別の態様は、航空機である。この航空機は、複数の装置から構成される飛翔可能な機体と、複数の装置の少なくとも一つまたは機体の周囲の環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、環境情報に基づいて複数の装置の少なくとも一つまたは機体の運用状況と複数の装置の少なくとも一つまたは機体の疲労度との関係を算出する疲労度算出部と、を備える疲労度算出装置を備える。

30

【0012】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや、本発明の構成要素や表現を方法、装置、プログラム、プログラムを記録した一時的なまたは一時的でない記憶媒体、システムなどの間で相互に置換したのももまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、機器の運用形態をもとに、当該機器の疲労度を予測することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】異なる運用形態で運用された複数の機体のフライト数と、当該機体のアクチュエータの故障発生頻度との関係を示すグラフである。

40

【図2】図1の運用形態で運用された複数の機体のフライト数と、当該機体のアクチュエータの疲労スコアとの関係を示すグラフである。

【図3】第1実施形態に係る疲労度算出装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図4】第2実施形態に係る疲労度算出装置の環境情報取得部とその周辺の機器を示す模式図である。

【図5】第3実施形態に係る疲労度算出方法のフロー図である。

【図6】第4実施形態に係る疲労度算出方法のフロー図である。

【図7】第5実施形態に係る疲労度算出方法のフロー図である。

50

【図 8】図 7 の実施形態に係る機体の運用管理を示す図である。

【図 9】図 8 の運用管理を行ったときの各機体の疲労スコアの蓄積を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明を好適な実施の形態を基に図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。

【0016】

具体的な実施形態を説明する前に、先ず基礎となる知見を説明する。

【0017】

機器の疲労は、運用中に機器が受ける負荷が蓄積することによって進行する。こうした機器の疲労度は、運用形態、例えば運用中の外部環境などによって異なる。以下、航空機の飛行制御に用いられるアクチュエータを例に、運用形態（例えば外部環境）と運用状況（例えばフライト回数や頻度）との関係について説明する。

【0018】

本明細書において「運用中」とは、機器の機能が使用可能な状態となっている期間または状態のことをいう。例えば航空機の場合、飛行中や滑走路を走行中（牽引中を含む）の期間または状態である。また「運用前」とは、機器が一時的に保管されている期間または状態であって、運用中になる前の状態のことをいう。例えば航空機の場合、空港で乗客を搭乗させるために駐機している期間または状態である。さらに「運用後」とは、機器が一時的に保管されている期間または状態であって、運用中の後の状態のことをいう。例えば航空機の場合、空港で乗客を降ろすために駐機している期間または状態である。パイロットなどの搭乗員が降りている期間または状態を「運用後」に含めてもよい。

【0019】

地上と上空との温度差に起因して発生する水分の混入は、負荷となってアクチュエータに疲労を生じさせる。疲労はフライト回数が増えるにつれて進行し、やがてはアクチュエータの絶縁抵抗不良を引き起こす。従ってアクチュエータの絶縁抵抗不良は、外部の湿度が高いほど、また地上と上空との温度差が大きいほど早期に発生する。ここで「疲労」とは、機器が所期の性能を発揮することを阻害する要因や状態のことをいう。

【0020】

例えば熱帯地域は、寒冷地域より地上と上空との温度差が大きい。従って熱帯地域で運航された機体と寒冷地域で運航された機体とを比較すると、同じフライト回数であっても、前者の方が後者よりも疲労度、すなわち蓄積されている疲労の大きさは大きいものとなる。この疲労度が所定の閾値を超えると、機器が所期の性能を発揮することが大きく阻害されている状態となり、故障発生の確率が高くなる。このように、運用状況（フライト回数）と故障発生リスクとの関係は、運用形態（温度などの外部環境）によって異なるものとなる。

【0021】

図 1 は、異なる地域 A、B および C で運航された複数の機体に関するフライト回数と、これらの機体のアクチュエータの故障発生頻度との関係を示すグラフである。ここで、地域 A は熱帯地域、地域 B は温暖地域、地域 C は寒冷地域といったように、地域 A、B、C の順にアクチュエータにかかる負荷が大きい、すなわち疲労度が大きいものとする。NA、NB および NC は、それぞれの地域において最も故障発生頻度が大きくなる時のフライト回数である。図 1 に示されるように、アクチュエータにかかる負荷が大きいほど、より早期に故障が発生する。

【0022】

各地域 A、B および C で運航された複数の機体のフライト回数と故障発生頻度のデータを解析することにより、運航地域に応じた、フライト回数とアクチュエータの疲労度との関係を算出することができる。

【0023】

10

20

30

40

50

図2は、このようにして算出された、地域A、BおよびCで運航された機体のフライト回数とアクチュエータの「疲労スコア」との関係を示すグラフである。ここで疲労スコアとは、疲労度を所定の形式で数値化したものである。

【0024】

各地域におけるフライト回数が図1のNA、NBおよびNCであるときの疲労スコアを「基準疲労スコア」と名付ける。基準疲労スコアは、それ以上疲労が進行するとアクチュエータの故障発生の確率が所定の基準よりも高くなる疲労度を示す一種の閾値と考えられる。

【0025】

図2のグラフは、疲労スコアがフライト回数の一次関数となることを仮定して、統計学的に直線をフィッティングすることにより算出したものである。しかしながら、フライト回数と疲労スコアとの関係は一次関数に限られず、折れ線やその他の曲線で表される任意の好適な関数形を仮定してもよい。あるいはフライト回数と疲労スコアとの関係は、事前に特定の関数形を仮定することなく、機械学習や人工知能などを用いて、モデルとなる関数形を生成しながら算出してもよい。あるいはフライト回数と疲労スコアとの関係は、グラフで表される関数に代えて、ルックアップテーブルの形で算出してもよい。

10

【0026】

以上述べたように、本発明の技術的特徴は、機器の劣化が進行した結果として観測されるセンシングデータの異常等から故障を予測するのではなく、疲労や劣化を引き起こす原因となる機器の運用形態に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を予測するところにある。

20

【0027】

以下のすべての実施形態において、疲労度算出の対象となる機器は任意の機器であってよく、特に航空機などの輸送機器または輸送機器の一部を構成する装置であってよい。

【0028】

[第1実施形態]

図3は、第1実施形態に係る疲労度算出装置1の構成を示す機能ブロック図である。疲労度算出装置1は、環境情報取得部10と、疲労度算出部11と、を備える。

【0029】

環境情報取得部10は、機器の周囲の環境に関する環境情報を取得する。環境情報は例えば、温度、湿度などの気象情報、粉塵の量、雷等によるサージ電圧、光化学オキシダントなどの化学物質の濃度、宇宙線等の放射線被ばく量などであってよい。ここで「周囲」とは、機器が配置されている位置における環境情報と実質的に同一の環境情報が取得できる範囲のことをいう。これは、例えば機器が配置されている位置の近傍の他、機器が配置されている空間と同じ空間や機器が配置されている空間と接続されている別の空間も含む概念である。また「実質的に同一」とは、疲労度を算出するにあたり実質的に同じ結果が得られる範囲のことをいう。

30

【0030】

環境情報取得部10は、環境情報を、当該環境情報に適した公知の方法で取得することができる。

40

【0031】

例えば環境情報取得部10は、機器の運用中に環境情報を取得してもよい。この場合、環境情報取得部10は、機器の周囲に設けられたセンサを用いて環境情報を取得してもよい。

【0032】

あるいは環境情報取得部10は、機器の運用前に環境情報を取得してもよい。この場合、環境情報取得部10は、運航記録や故障記録に基づいてオペレータが環境情報を入力することにより、環境情報を取得してもよい。あるいは機器が運用されるごとに環境情報が蓄積されていくデータベースが構築され、このデータベースから環境情報取得部10に一定のタイミングでデータがアップロードされてもよい。その他、温度や湿度など気象庁等

50

が発表する環境情報については、当該発表された情報を利用してよい。

【 0 0 3 3 】

あるいは環境情報取得部 1 0 は、機器の運用後に環境情報を取得してもよい。例えば環境情報取得部 1 0 は、運航中に記録された詳細な環境情報を運航の翌日に取得してもよい。このような実際に記録された環境情報は、正確であるがゆえに、疲労度に基づいた確かな運航管理などを実現する上で有用である。

【 0 0 3 4 】

疲労度算出部 1 1 は、環境情報取得部 1 0 が取得した環境情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する。

【 0 0 3 5 】

疲労度算出部 1 1 は、任意の仕方では機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出してよい。

【 0 0 3 6 】

算出は、例えば重回帰分析などの統計学的手法に基づいて、所定の関数へフィッティングすることによりされてもよい。あるいは算出は、機械学習、ディープラーニングまたは人工知能に基づいてされてもよい。

【 0 0 3 7 】

本実施形態によれば、疲労や劣化を引き起こす原因となる機器の運用形態に基づいて、機器の運用状況と機器の疲労度との関係を予測することができる。

【 0 0 3 8 】

[ 第 2 実施形態 ]

第 2 実施形態に係る疲労度算出装置 1 の全体構成は、図 3 の疲労度算出装置 1 の全体構成と同じである。特に第 2 実施形態では、環境情報取得部は、航空機のアクチュエータのマニホールドに取り付けられた温度センサおよび湿度センサである。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、第 2 実施形態に係る疲労度算出装置の環境情報取得部 1 0、アクチュエータ 1 5、マニホールド 1 6 および電気コネクタ 1 7 を示す模式図である。環境情報取得部 1 0 は、温度センサ 1 3 および湿度センサ 1 4 を備える。温度センサ 1 3 および湿度センサ 1 4 はそれぞれ、マニホールド 1 6 の周囲の温度および湿度をセンシングして取得する。

【 0 0 4 0 】

マニホールド 1 6 には L V D T と呼ばれるセンサ（図示せず）や E H S V と呼ばれるバルブ（図示せず）などの電気部品が組み込まれている。こうした電気部品の配線が集まる電気コネクタ 1 7 は、水分混入の経路となりやすい。前述のように水分の発生は地上と上空との温度差に起因するところが多い。また湿度は水分に関する直接的な情報である。従って水分の混入による絶縁抵抗不良など電気的な劣化によって発生する故障を予測するためには、電気コネクタ 1 7 の周囲の正確な温度および湿度を取得することが望ましい。

【 0 0 4 1 】

なお環境情報取得部は温度センサや湿度センサに限られず、機器の周囲に設けられた任意の好適なセンサであってよい。

【 0 0 4 2 】

また環境情報取得部はセンサに限られず、機器の周囲の環境にさらされている任意の好適な装置であってよい。

【 0 0 4 3 】

本実施形態によれば、電気コネクタの周囲の正確な温度および湿度を取得することができる。

【 0 0 4 4 】

[ 第 3 実施形態 ]

図 5 は、第 3 実施形態に係る疲労度算出方法のフロー図である。本方法は、環境情報取得ステップ S 1 と、疲労度算出ステップ S 2 と、を備える。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

環境情報取得ステップ S 1 で本方法は、機器の周囲の環境に関する環境情報を取得する。環境情報は例えば、温度、湿度、粉塵の量、サージ電圧、化学物質の濃度、放射線被ばく量などであってよい。

【 0 0 4 6 】

環境情報取得ステップ S 1 で本方法は、任意の方法で環境情報を取得することができる。

【 0 0 4 7 】

例えば環境情報取得ステップ S 1 で本方法は、機器の運用中に環境情報を取得してもよい。この場合、環境情報取得ステップ S 1 で本方法は、機器の周囲に設けられたセンサを用いて環境情報を取得してもよい。

【 0 0 4 8 】

環境情報取得ステップ S 1 で本方法は、機器の運用前に環境情報を取得してもよい。この場合、環境情報取得ステップ S 1 で本方法は、運航記録や故障記録に基づいてオペレータが環境情報を入力することにより、環境情報を取得してもよい。あるいは機器が運用されるごとに環境情報が蓄積されていくデータベースが構築され、このデータベースから環境情報取得ステップ S 1 で一定のタイミングでデータがアップロードされてもよい。

【 0 0 4 9 】

疲労度算出ステップ S 2 で本方法は、環境情報取得ステップ S 1 で取得した環境情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する。

【 0 0 5 0 】

疲労度算出ステップ S 2 で本方法は、任意の仕方で機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出してよい。

【 0 0 5 1 】

算出は、例えば重回帰分析などの統計学的手法に基づいて、所定の関数へフィッティングすることによりされてもよい。あるいは算出は、機械学習、ディープラーニングまたは人工知能に基づいてされてもよい。

【 0 0 5 2 】

本実施形態によれば、疲労や劣化を引き起こす原因となる機器の運用形態に基づいて、機器の運用状況と機器の疲労度との関係を予測することができる。

【 0 0 5 3 】

[ 第 4 実施形態 ]

図 6 は第 4 実施形態に係る疲労度算出方法のフロー図である。図 6 の疲労度算出方法は、図 5 の疲労度算出方法のステップに加えて、評価ステップ S 3 を備える。

【 0 0 5 4 】

評価ステップ S 3 で本方法は、疲労度算出ステップ S 2 で算出された関係から計算される疲労度を、所定の閾値と比較することにより評価する。

【 0 0 5 5 】

例えば図 2 に示される基準疲労スコアを閾値とすることにより、アクチュエータの故障発生の高くなる疲労度を評価することができる。閾値は基準疲労スコアそのものに限られず、基準疲労スコアに所定の値を掛けたものや、基準疲労スコアに所定の値を加算または減算したものであってもよい。評価ステップ S 3 で評価された評価結果は、一例として機器のメンテナンス時期の決定に使うことができる。例えば、疲労度が閾値に一致したときをメンテナンス時期とするとか、疲労度と閾値との差が所定の値より小さくなったときをメンテナンス時期にするなどといったことが可能となる。これにより、異なる運用形態で使われた機器のそれぞれに対して、適切なメンテナンス時期を設定することができる。

【 0 0 5 6 】

本実施形態によれば、機器の運用形態に基づいて、故障発生の高くなる機器の疲労度を評価することができる。

【 0 0 5 7 】

[ 第 5 実施形態 ]

10

20

30

40

50



図 7 は、第 5 実施形態に係る疲労度算出方法のフロー図である。図 7 の疲労度算出方法は、図 5 の疲労度算出方法のステップに加えて、管理ステップ S 4 を備える。

【 0 0 5 8 】

管理ステップ S 4 で本方法は、疲労度算出ステップ S 2 で算出された関係から計算される疲労度に基づいて機器の運用を管理する。

【 0 0 5 9 】

機器の運用管理は、複数の機器の疲労度が均等になるように、これらの機器の運用形態を置換するようなものであってよい。図 8 および図 9 を用いて、このような運用管理の一例を説明する。

【 0 0 6 0 】

図 8 は、管理ステップ S 4 による機体の運用管理を示す図である。

【 0 0 6 1 】

図 9 は、図 8 の運用管理を行ったときの各機体の疲労スコアの蓄積を示すグラフである。

【 0 0 6 2 】

本例では、3機の機体 1、2 および 3 を 3 つの異なる地域 A、B および C で運航するものとする。そして地域 A は熱帯地域、地域 B は温暖地域、地域 C は寒冷地域といったように、地域 A、B、C の順に機体にかかる負荷が大きいとする。

【 0 0 6 3 】

図 8 に示されるように、本運用管理によれば、期間 ( a ) では、機体 1 は地域 A、機体 2 は地域 B、機体 3 は地域 C で運航するように管理される。次の期間 ( b ) では、機体 1 は地域 B、機体 2 は地域 C、機体 3 は地域 A で運航するように管理される。さらに次の期間 ( c ) では、機体 1 は地域 C、機体 2 は地域 A、機体 3 は地域 B で運航するように管理される。以後、このような運用形態の巡回的な置換が繰り返される。

【 0 0 6 4 】

上記の運用管理を行ったときの各機体の疲労スコアの蓄積が図 9 に示される。左図には期間 ( a ) に蓄積された各機体の疲労スコアが示される。中央図には期間 ( a ) から期間 ( b ) に蓄積された各機体の疲労スコアが示される。右図には期間 ( a ) から期間 ( c ) に蓄積された各機体の疲労スコアが示される。

【 0 0 6 5 】

図 9 に示されるように、機器の運用形態を巡回的に置換する運用管理を行うことにより、各機体に蓄積される疲労度は、期間 ( c ) までに均等なものとなる。これにより、機体ごとの疲労度が平準化され、例えばメンテナンス時期を同時期に集中させることができる。

【 0 0 6 6 】

図 8 および図 9 の例では、各機体の疲労度が均等になるように、これらの機器の運航地域を巡回的に置換する例を示したが、運用管理はこれに限られない。

【 0 0 6 7 】

例えば、各機体の疲労度を平準化することに代えて、各機体の疲労スコアが基準疲労スコアに達する時期を調整するような運用管理を行ってもよい。すなわち、機体 1 の疲労スコアが基準疲労スコアに達した後、機体 2 および機体 3 の疲労スコアが一定の間隔で基準疲労スコアに達するような運用管理を行ってもよい。この場合、機体 1、機体 2、機体 3 を一定の間隔でメンテナンスすることができるため、メンテナンス設備を効率的に使うことができる。

【 0 0 6 8 】

あるいは、地域ごとのフライト頻度 (一定期間当たりのフライト数) が異なる場合は、フライト頻度を考慮して機体の運航地域を変更することにより、各機体のメンテナンス時期を調整してもよい。

【 0 0 6 9 】

本実施形態によれば、機器の運用形態に基づいて、機器の適切な運用管理をすることができる。

【 0 0 7 0 】

10

20

30

40

50

## [ 第 6 実施形態 ]

第 6 実施形態は、疲労度算出装置を備えるアクチュエータ（図示せず）である。疲労度算出装置は、環境情報取得部と、疲労度算出部と、を備える。環境情報取得部は、アクチュエータの周囲の環境に関する環境情報を取得する。疲労度算出部は、環境情報取得部が取得した環境情報に基づいて、アクチュエータの運用状況とアクチュエータの疲労度との関係を算出する。

【 0 0 7 1 】

## [ 第 7 実施形態 ]

第 7 実施形態は、疲労度算出装置を備えるアクチュエータ制御装置（図示せず）である。疲労度算出装置は、環境情報取得部と、疲労度算出部と、を備える。環境情報取得部は、アクチュエータ制御装置の周囲の環境に関する環境情報を取得する。疲労度算出部は、環境情報取得部が取得した環境情報に基づいて、アクチュエータ制御装置の運用状況とアクチュエータ制御装置の疲労度との関係を算出する。

【 0 0 7 2 】

## [ 第 8 実施形態 ]

第 8 実施形態は、疲労度算出装置を備える航空機（図示せず）である。疲労度算出装置は、環境情報取得部と、疲労度算出部と、を備える。環境情報取得部は、航空機の周囲の環境に関する環境情報を取得する。疲労度算出部は、環境情報取得部が取得した環境情報に基づいて、航空機の運用状況と航空機の疲労度との関係を算出する。

【 0 0 7 3 】

以上、本発明の実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、いろいろな変形および変更が本発明の特許請求の範囲内で可能なこと、またそうした変形例および変更も本発明の特許請求の範囲にあることは当業者に理解されるところである。従って、本明細書での記述および図面は限定的ではなく例証的に扱われるべきものである。

【 0 0 7 4 】

## [ 変形例 ]

以下、変形例について説明する。変形例の説明では、実施の形態と同一または同等の構成要素、部材には、同一の符号を付する。実施の形態と重複する説明を適宜省略し、実施の形態と相違する構成について重点的に説明する。

【 0 0 7 5 】

前述の実施形態では、運用形態は、温度、湿度、粉塵の量、サージ電圧、化学物質の濃度、放射線被ばく量といった物理的な外部環境であった。しかしながら、運用形態はこれらに限定されない。

【 0 0 7 6 】

## ( 変形例 1 )

運用形態は、機器の運用期間であってもよい。実際には航空機が運航されていない期間が含まれていたとしても、運用が開始されてからの時間的経過は、経年劣化に伴う機体の疲労を進行させる負荷となる。従って、運用期間の長い機体と運用期間の短い機体とを比較すると、同じフライト回数であっても前者の方が、疲労度は大きいものとなる。

【 0 0 7 7 】

本変形例に係る疲労度算出装置の環境情報取得部は、前述の環境情報に代えてまたは追加して、機体の運用期間に関する情報を取得する。そして疲労度算出部は、運用期間を含む情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する。本変形例に係る疲労度算出装置のその他の構成は、前述の実施形態の疲労度算出装置と共通である。

【 0 0 7 8 】

本変形例によれば、疲労度の算出に運用期間の長短を反映することで、機器の運用状況と機器の疲労度との関係をより正確に予測することができる。

【 0 0 7 9 】

## ( 変形例 2 )

運用形態は、機体の飛行距離であってもよい。航空機が離着陸動作をしない水平飛行中

10

20

30

40

50

に受ける負荷も、機体の疲労を進行させる負荷となる。従って、飛行距離の長い機体と飛行距離の短い機体とを比較すると、同じフライト回数であっても前者の方が、疲労度は大きいものとなる。

【 0 0 8 0 】

本変形例に係る疲労度算出装置の環境情報取得部は、前述の環境情報に代えてまたは追加して、機体の飛行距離に関する情報を取得する。そして疲労度算出部は、飛行距離を含む情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する。本変形例に係る疲労度算出装置のその他の構成は、前述の実施形態の疲労度算出装置と共通である。

【 0 0 8 1 】

本変形例によれば、疲労度の算出に飛行距離の長短を反映することで、機器の運用状況と機器の疲労度との関係をより正確に予測することができる。

10

【 0 0 8 2 】

(変形例 3)

運用形態は、異なる複数の環境情報の組み合わせに基づいてクラス分けされた「環境クラス」であってもよい。

【 0 0 8 3 】

例えば異なる複数の環境情報として、温度と湿度とを利用する場合を考える。このとき、温度と湿度との組み合わせに基づいて、以下の4つのクラスにクラス分けした環境クラスを定義する。

クラス A : 高温度かつ高湿度

クラス B : 低温度かつ高湿度

クラス C : 高温度かつ低湿度

クラス D : 低温度かつ低湿度

この場合機体にかかる負荷は、クラス A、B、C、Dの順に大きいものとなる。

20

【 0 0 8 4 】

各クラス A、B、C および D で運航された複数の機体のフライト回数と故障発生頻度のデータを解析することにより、環境クラスに応じた、フライト回数と機体の疲労度との関係を算出することができる。

【 0 0 8 5 】

本変形例に係る疲労度算出装置の環境情報取得部は、前述の環境情報に代えてまたは追加して、機体が運航された環境クラスに関する情報を取得する。そして疲労度算出部は、環境クラスを含む情報に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出する。本変形例に係る疲労度算出装置のその他の構成は、前述の実施形態の疲労度算出装置と共通である。

30

【 0 0 8 6 】

なお異なる複数の環境情報としては、前述の温度や湿度の他、最高気温、最低気温、露点温度、風速、降水量、雷など、任意の好適な気象情報を利用してもよい。

【 0 0 8 7 】

本変形例によれば、運用形態として異なる複数の環境情報の組み合わせを考慮することで、機器の運用状況と機器の疲労度との関係をより正確に予測することができる。

40

【 0 0 8 8 】

以上の例では、運用形態を表す様々な環境情報を説明した。環境情報取得部は、これらの環境情報の一部または全部を取得してもよい。そして疲労度算出部は、これらの環境情報の一部または全部に基づいて機器の運用状況と機器の疲労度との関係を算出してもよい。

【 0 0 8 9 】

(変形例 4)

本変形例に係る疲労度算出方法は、図 5 の疲労度算出方法のステップに加えて、査定ステップを備える。

【 0 0 9 0 】

査定ステップで本方法は、疲労度算出ステップで算出された関係から計算される疲労度

50

をもとに、機器の価値を査定する。査定は例えば、蓄積された疲労度と機体や部品の価格との関係を示すテーブルを自動参照することによりされてよい。

【0091】

前述のように、疲労スコアが大きいことは、機体や部品の疲労や劣化の程度が大きい、すなわち故障に至るまでのフライト数が少ないことを意味する。逆に疲労スコアが小さいことは、機体や部品の疲労や劣化の程度が小さく、故障に至るまでのフライト数が多いことを意味する。すなわち、疲労スコアが大きい機体や部品は価値が低いと評価でき、逆に、疲労スコアが小さい機体や部品は価値が高いと評価できる。そこで、疲労スコアに基づいて、機体や部品の中古価格を査定することができる。

【0092】

また、複数の部品が装備された機体などでは、各部品の疲労スコアの合計値や重みづけ合計値に基づいて、機体全体の中古品価格を査定してもよい。

【0093】

ある部品が修理や交換された場合には、その部品の疲労スコアが下がるため、機体全体の疲労スコアの合計値も下がる。従ってこの場合は、機体全体の中古品価格が高くなるような査定をしてもよい。

【0094】

本変形例によれば、機器の運用状況と機器の疲労度との関係から算出された疲労度に基づいて、機器の価値を適切に査定することができる。

【0095】

上述した各実施形態と変形例の任意の組み合わせもまた本発明の実施形態として有用である。組み合わせによって生じる新たな実施形態は、組み合わせられる各実施形態および変形例それぞれの効果をあわせもつ。

【符号の説明】

【0096】

1・・・疲労度算出装置、 10・・・環境情報取得部、 11・・・疲労度算出部、 S1・・・環境情報取得ステップ、 S2・・・疲労度算出ステップ、 S3・・・評価ステップ、 S4・・・管理ステップ

10

20

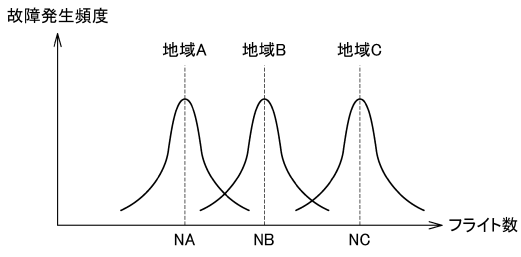
30

40

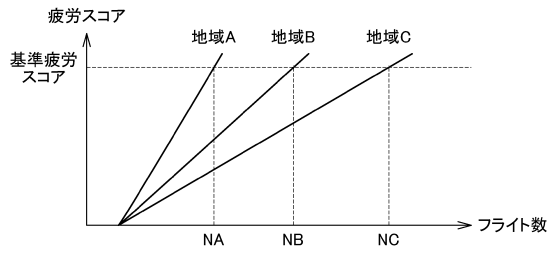
50

【図面】

【図 1】

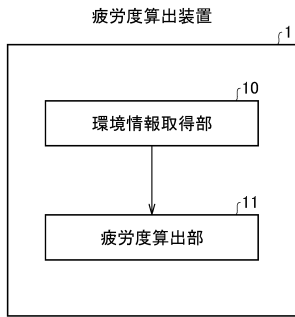


【図 2】

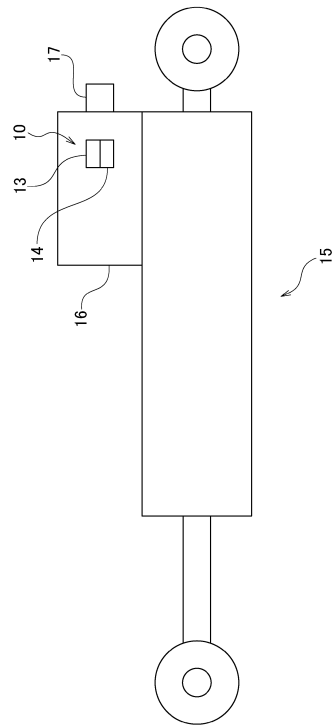


10

【図 3】



【図 4】



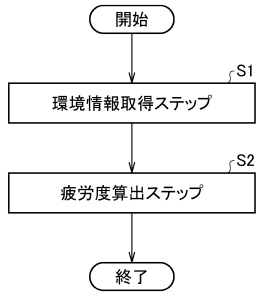
20

30

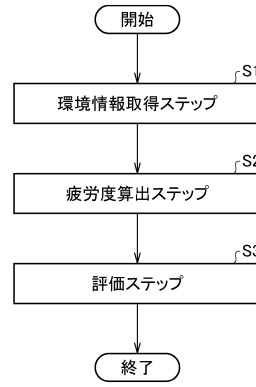
40

50

【 図 5 】

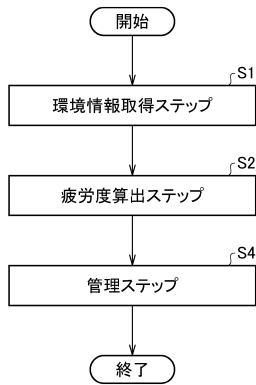


【 図 6 】

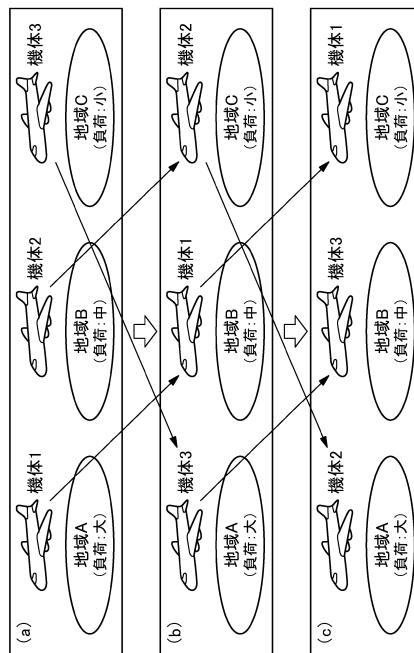


10

【 図 7 】



【 図 8 】



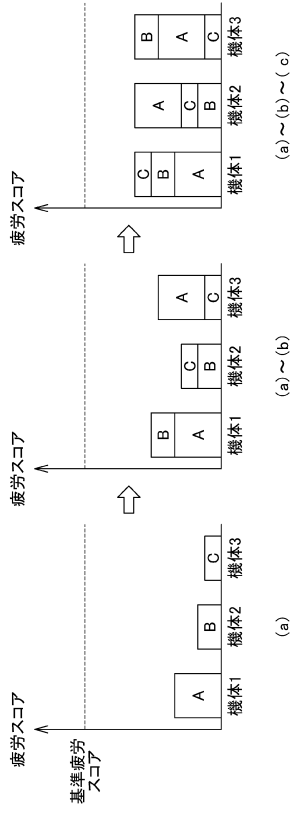
20

30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

岐阜県不破郡垂井町宮代1110-1 ナブテスコ株式会社 岐阜工場内

審査官 岩永 寛道

- (56)参考文献 特開2002-073155(JP,A)  
特開昭59-206751(JP,A)  
特開2010-223859(JP,A)  
特開平07-027671(JP,A)  
特開2016-173358(JP,A)  
特表2002-528731(JP,A)  
国際公開第2017/026175(WO,A1)  
特開2018-147293(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |         |        |
|------|---------|--------|
| G01M | 13/00 - | 13/045 |
| G01M | 99/00   |        |
| B64B | 1/00 -  | 1/70   |
| B64C | 1/00 -  | 99/00  |
| B64D | 1/00 -  | 47/08  |
| B64F | 1/00 -  | 5/60   |
| B64G | 1/00 -  | 99/00  |
| G08G | 5/00    |        |
| G01N | 17/00 - | 19/10  |
| G01W | 1/00 -  | 1/18   |