



(21)申請案號：107131227

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 06 日

(51)Int. Cl. : **F03D7/04 (2006.01)****F03D17/00 (2016.01)****G05B23/02 (2006.01)**

(30)優先權：2017/09/08 日本

2017-172652

(71)申請人：日商日立製作所股份有限公司 (日本) HITACHI, LTD. (JP)

日本

(72)發明人：植木洋輔 UEKI, YOSUKE (JP)；山下智彬 YAMASHITA, TOMOAKI (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：5 共 25 頁

(54)名稱

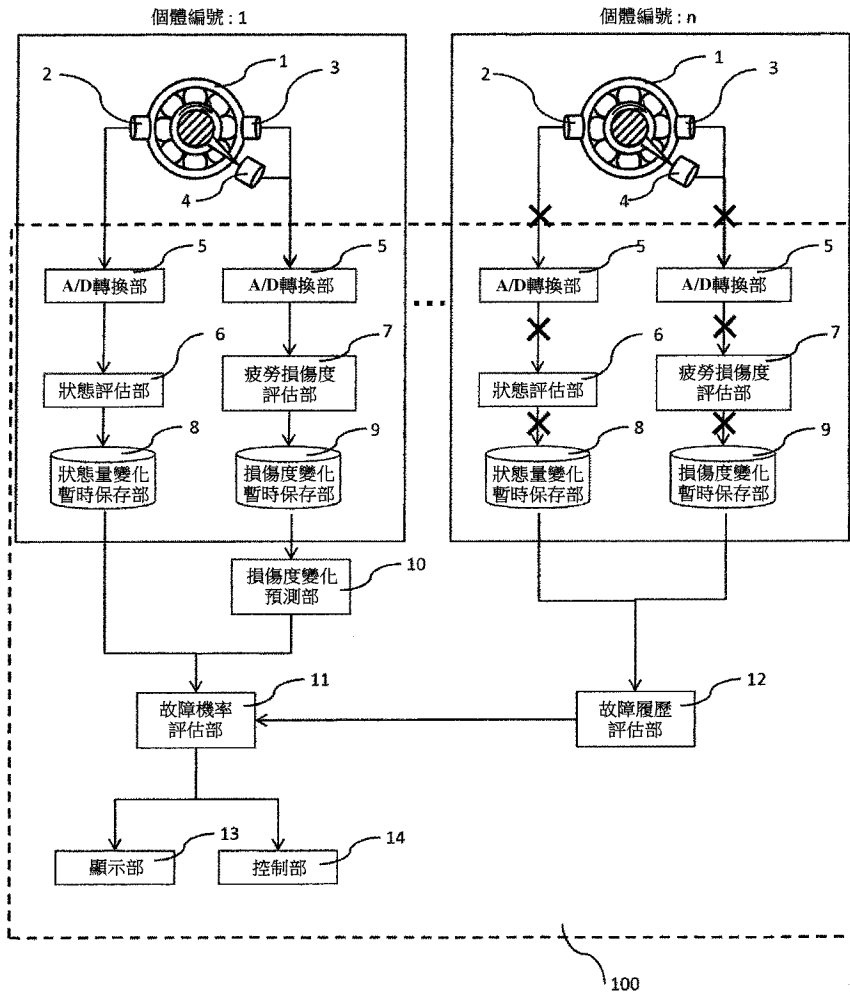
故障機率評估系統

(57)摘要

[課題]本發明之課題在對機械系統的複數構成要素進行高精度的故障機率評估或殘餘壽命評估。  
 [解決手段]本發明之故障機率評估系統係評估機械系統所包含的複數機械要素的故障機率的系統，其特徵為：具有：根據依前述機械要素的疲勞損傷或經年變化而變化的物理量 1，評估表示前述機械要素的健全性的狀態量的手段；根據依前述機械要素所受到的荷重或負荷而變化的物理量 2 或前述機械要素的運轉資料，評估前述機械要素的累積疲勞損傷度的手段；保存前述狀態量及前述疲勞損傷度的保存部；及根據前述複數機械要素之中發生故障的機械要素中的前述狀態量與前述疲勞損傷度，算出前述複數機械要素之中未發生故障的機械要素的故障機率的故障機率評估部。

指定代表圖：

圖 2



符號簡單說明：

- 1 . . . 軸承
- 2 . . . 加速度感測器
- 3 . . . 荷重計
- 4 . . . 旋轉計
- 5 . . . A/D 轉換部
- 6 . . . 狀態評估部
- 7 . . . 疲勞損傷度評估部
- 8 . . . 狀態量變化暫時保存部
- 9 . . . 損傷度變化暫時保存部
- 10 . . . 損傷度變化預測部
- 11 . . . 故障機率評估部
- 12 . . . 故障履歷評估部
- 13 . . . 顯示部
- 14 . . . 控制部
- 100 . . . 故障機率評估系統

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

故障機率評估系統

## 【技術領域】

【0001】本發明係關於機械系統所包含的複數同型機械群的故障機率評估系統。

## 【先前技術】

【0002】在過去已提出幾個對於機械系統疲勞故障的殘餘壽命評估法方法。以代表例而言，有利用線性累積損傷律(非專利文獻1)者。具體而言，例如有專利文獻1所記載之方法。另一方面，以評估機械組件的健全性的其他方法而言，已知一種被稱為異常診斷或預兆感測的手法(專利文獻2)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

## 【0003】

[專利文獻1] 日本特開2015-229939

[專利文獻2] WO2016/117021

[非專利文獻]

## 【0004】

[非專利文獻1] M.A. Miner: Cumulative Damage in Fatigue, J. Appl. Mech., 12(3), ppA159-A164

**【發明內容】**

(發明所欲解決之課題)

**【0005】**在機械系統中，曝露在動態荷重負荷的機械要素或機械構造物(以下統稱為機械組件)係以滿足所被要求的壽命的方式進行疲勞壽命設計。但是，在實際使用中，作用於該等的動態荷重係依使用環境或使用條件而不均。同時，該等機械組件的各個體所具有的疲勞壽命亦潛在性具有不均。因此，在疲勞壽命設計階段，係假想該等不均幅度，之後再以不致於疲勞破壞／疲勞故障的方式進行安全側的設計。但是，近年來，由機械系統曝露在意料之外的環境的案例、或省資源／省能源等觀點來看，圖求安全用盡機械組件所具有的壽命的機械系統的運用／保養。鑑於如上所示之狀況，更加正確掌握實際上處於開動狀態的機械系統的各組件的殘餘壽命，乃極為重要。此外，如前所述機械組件所持有的壽命係有根據某機率分布的不均。因此，殘餘壽命係指以機率論被定義者，評估殘餘壽命係與評估由某時點經過任意時間(殘餘壽命)的時點中的故障機率為等效。若可評估對象的健全性作為故障機率，藉由將對象故障時所發生的損失額與故障機率相乘，可在理論上算出損失額的期待值，以結果而言，由經濟上的觀點來看，可輕易進行運用／保養的決策制定。

**【0006】**在如上所示之背景下，已提出幾個對機械系統疲勞故障的殘餘壽命評估法方法。具代表性之例係利用

線性累積損傷律(非專利文獻1)者。例如若為機械構造物，在對象部位安裝應變計等計測應變或應力的感測器，取得其時刻歷程資料。對於所得的時刻歷程資料，適用雨流法(Rain Flow Method)等波形計數法，求出應變或應力波形的發生頻度分布。對於該發生頻度分布，參照構成對象部位的材料疲勞線圖，藉由線性累積損傷律，求出疲勞損傷度。在此，疲勞損傷度係指表示相對對象的平均疲勞壽命的疲勞壽命的消耗率的物理量(專利文獻1)。此外，求出疲勞損傷度，若參照疲勞線圖所定義的壽命不均，可求出任意疲勞損傷度中的故障機率。此外，若使用一些手法，可預測任意時間經過後的疲勞損傷度，亦可求出此時的故障機率，可以機率論評估殘餘壽命。但是，一般的機械組件中的疲勞壽命，雖亦依對象而異，亦有具有由1/10至10倍左右的不均幅度的情形。因此，對於如上所示相對疲勞壽命的不均幅度較大的機械組件，僅藉由本手法，亦有難以以運用／保養所需精度來提供殘餘壽命或故障機率評估的情形。

【0007】另一方面，以評估機械組件的健全性的其他方法而言，有被稱為異常診斷或預兆感測的手法(專利文獻2)。預先在定量上定義或學習處於健全狀態的機械組件的開動狀態。在此開動狀態係指對象的振動加速度或頻率、溫度等期待依健全性而改變的物理量、或藉由該等的組合來表現的狀態量。開動中係有先常時評估狀態量，按照離健全狀態的偏離度，發出警報、或自動使機械系統停

止的應用例。在本手法中，由於直接監測健全性，因此可期待相對較為高感度的健全性變化的感測。但是，為了應用本手法而定量地算出殘餘壽命或故障機率，必須預先取得狀態量的變化、與發生某狀態量變化時的殘餘壽命或故障機率的關係，但是必須為機械組件等級或機械系統等級而非材料等級的事前試驗，若考慮到其時間或成本，難謂為具現實性。

**【0008】**此外，例如風力發電系統般，在開動狀態時時刻刻改變的機械系統中，由最初以時間單位算出殘餘壽命的方式並不具實用性。例如在風力發電系統中，作用於各機械組件的平均單位時間的負荷依風況或控制條件而異。因此，以殘餘壽命或故障機率依所假想的該等條件而改變為宜，但是在以時間單位的殘餘壽命評估中，並無法對應如上所示之要求。

**【0009】**如前所述，以評估機械系統因疲勞所致之故障機率或殘餘壽命的方法而言，已知一種根據線性累積損傷律的手法，但是其精度大多在實用上並不充分。此外，在根據異常診斷的健全性評估方式中，可以相對較高精度感測健全性變化，但是為了定量上評估故障機率，必須進行需要時間／成本的事前試驗。此外，以時間評估殘餘壽命的手法，尤其在開動狀態非為一定的機械系統中，在實用上大多發生不良情形。因此，對於在風力發電系統等不確定要素強的環境下所運用的機械系統，等待提供具實用性而且高精度的故障機率評估或殘餘壽命評估的系統的出

現。

(解決課題之手段)

【0010】為解決上述課題，採用例如申請專利範圍所記載的構成。本案係含有複數個解決上述課題的手段，若列舉其一例，為一種故障機率評估系統，其係評估機械系統所包含的複數機械要素的故障機率的系統，其特徵為：具有：根據依前述機械要素的疲勞損傷或經年變化而變化的物理量1，評估表示前述機械要素的健全性的狀態量的手段；根據依前述機械要素所受到的荷重或負荷而變化的物理量2或前述機械要素的運轉資料，評估前述機械要素的累積疲勞損傷度的手段；保存前述狀態量及前述疲勞損傷度的保存部；及根據前述複數機械要素之中發生故障的機械要素中的前述狀態量與前述疲勞損傷度，算出前述複數機械要素之中未發生故障的機械要素的故障機率的故障機率評估部。

(發明之效果)

【0011】本發明係與周知技術同樣地，具有根據藉由感測器所為之計測或模擬，評估對象的疲勞損傷度的功能，同時具備有根據感測器計測的健全性狀態評估功能。此外，將機械系統的殘餘壽命，以疲勞損傷度軸而非時間軸來進行評估，藉此對於開動狀態非為一定的機械系統，亦可提供有效的殘餘壽命評估。此外，藉由在被觀測到某

健全性狀態的條件中的殘餘壽命的不均假定機率分布的統計模型化，可提供任意損傷度更加累積之將來的故障機率。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0012】

圖1係說明將本發明適用於軸承群時的動作的模式圖。

圖2係說明將本發明適用於軸承群，且在某一個軸承發生故障之後的動作的模式圖。

圖3係藉由本發明之實施例之1個中的顯示部所為之顯示例。

圖4係說明本發明中之故障機率算出方法的模式圖。

圖5係藉由本發明之實施例之1個中的顯示部所為之顯示例。

### 【實施方式】

【0013】以下使用圖示，說明實施例。

#### [實施例1]

【0014】圖1係以旋轉軸承1為例，作為機械組件(機械要素)，以模式說明本發明中之故障機率評估系統100的動作的圖。本發明係以複數，較佳為同種類的機械組件群為對象。在作為觀測對象的各機械組件，係分別安裝有：

計測反映健全性而改變的物理量的感測器；及以評估疲勞損傷度為目的，計測依機械組件所受到的荷重或負荷而變化的物理量的感測器。在本實施例中，分別前者相當於加速度感測器2，後者相當於荷重計3及旋轉計4。亦即，藉由加速度感測器2，計測由已發生損傷的軸承所產生的旋轉振動加速度，取得藉由荷重計3與旋轉計4而作用於軸承的荷重的振幅與反覆數。其中，評估健全性的物理量係必須直接計測，因此供其所用的至少1個感測器在本實施例中為必須，但是在對象所負荷的荷重亦可不一定被直接計測。例如，若為風力發電機或汽車所使用的旋轉軸承，若為前者，由風況或發電量的履歷，若為後者，由速度或引擎旋轉數的履歷等機械組件的運轉資料，亦可推定軸承所負荷的荷重的履歷。此外，在本實施例中，係以藉由加速度感測器2所為之健全性評估為前提，但是並非為將感測器的種類限定於加速度感測器者，亦可例如使用AE感測器或溫度感測器、或將複數種類的感測器組合使用。此外，計測依荷重或負荷而變化的物理量的感測器亦可為應變感測器。各種感測器係可作為故障機率評估系統100的一部分而重新設置，亦可在故障機率評估系統100具有未圖示之訊號收訊部，接收被設置在機械組件的感測器的檢測值。

**【0015】** 藉由加速度感測器2所得的振動加速度資料係經由A/D轉換部5而被傳送至狀態評估部6。在此，振動加速度資料係被轉換成評估軸承1的健全性的狀態量。表

示健全性的狀態量係考慮幾種手法，若為例如軸承，伴隨反覆的荷重負荷，有在內輪或外輪發生微細裂痕或剝脫(flaking)的情形。每逢內部的轉動體通過該等損傷位置，即發生振動。因此，以使用對相當於對旋轉數乘以轉動體數的值的頻率乘以轉動體數的頻帶的加速度實效值等較有效果。亦即，在本實施例中，將特定頻帶的加速度實效值，作為表示健全性的狀態量(以下為狀態量)，而使用在以下的評估。如前所述，若使用複數種類的感測器，例如藉由適用集群分析等，將所得的複數物理量資料轉換為1個狀態量來使用為宜。所得的狀態量係被傳送至狀態量變化暫時保存部8，暫時保存為時間序列資料。在此，時間序列資料的保存期間係可任意設定，惟以設定與對象的保養或交換作業所需的前置時間為同等的期間，由未損及功能而抑制所需記憶區域的觀點來看，最具效果。

**【0016】**另一方面，使用荷重計3及旋轉計4所得之荷重振幅及反覆數係被傳送至疲勞損傷度評估部7。在疲勞損傷度評估部7中，係根據線性累積損傷律(非專利文獻1)算出疲勞損傷度。在本實施例中，將由荷重計3所取得的荷重作為荷重振幅，將由旋轉計4所取得的旋轉數作為反覆數而算出疲勞損傷度，但是若例如以機械構造物為對象，亦可使用應變計等應變感測器來取代荷重計3，而形成為直接計測評估部位的應力時間序列變化的方式。所算出的疲勞損傷度係與前述狀態量同樣地被傳送至損傷度變化暫時保存部9，在此被暫時保存。在此的保存期間亦與

前述狀態量變化暫時保存部8的保存期間同樣地，以設定為與保養或交換作業的前置時間為同等，最具效果。

【0017】以上所示之狀態評估部6、疲勞損傷度評估部7係在圖1中分別形成為獨立的構成要素而顯示，惟本發明並非為特別限制於該等構裝形態者。例如，即使以單一電腦系統之中的軟體構成各個，在功能實現上亦不成問題。此外，關於狀態量變化暫時保存部及損傷度變化暫時保存部，亦顯示為獨立的構成要素，但是亦可構成在同一記憶裝置上。此外，以上的構成要素係如圖1所示針對形成為對象的全部機械組件(亦即第1個至第n個軸承全部)來進行準備，但是狀態評估部6或疲勞損傷度評估部7、狀態量變化暫時保存部8或損傷度變化暫時保存部9亦可形成為構成在共通硬體上的方式。

【0018】圖2係以模式說明在以圖1的構成運用系統中，在個體編號n的軸承發生故障的時點之後，評估處於未故障狀態的其他軸承(在此為個體編號1)的故障機率時的系統的動作的圖。首先，關於發生故障的個體，來自各感測器的資料傳送停止，但是以故障發生為契機，原被保存在狀態量變化暫時保存部9及損傷度變化暫時保存部8的狀態量變化及損傷度變化的時間序列資料係被傳送至故障履歷評估部12。詳容後述，建構在故障履歷評估部12中被觀測到任意狀態量時，將由該時點至任意損傷度更加累積的時點為止發生故障的機率(故障機率)進行定義的統計模型20(關係式)。該統計模型係被傳送至故障機率評估部

11，在關於未故障個體的現時點配合狀態量，推算任意損傷度累積之後的故障機率。此時關於同個體，亦可採用由於到目前為止的損傷度變化被保存在損傷度變化暫時保存部9，因此由損傷度變化的傾向，在損傷度變化預測部10中預測之後的損傷度變化(亦即定義損傷度變化與時間經過的關係)，在故障機率評估部11中，評估故障機率變化與時間經過的關係的方式。

**【0019】**在故障機率評估部11中所推算的故障機率係形成為與之後的累積損傷度或時間的關係而進行定義的函數，並非為設定為1個值者。因此，在顯示部13中，如圖3所示以現時點之後的損傷度的累積狀況或伴隨時間經過的故障機率的變化而言，以圖表形式進行顯示，藉此使用者係可輕易進行之後的運用／保養的決策制定。例如，在可切換運轉模式的機械系統中，若為對對象的負荷依運轉模式而變化者，如圖3所示，若使以各運轉模式各個進行之後的運轉時的故障機率變化顯示，可在決定保養時期的同時，亦有效率地支援運用方針的決定。

**【0020】**若故障機率評估的結果，在相對不久的未來算出高故障機率，不僅使結果顯示，以使其具有對於對象的控制裝置傳送停止命令或縮退運轉命令的功能為宜。關於若未形成為最為接近故障而欲檢測狀態量變化的對象，若等待使用者判斷，有在較早階段造成故障發生的可能性。此時，因具有按照評估結果而使系統自動停止或縮退運轉的功能，可輕易將故障的發生防患於未然。

【0021】使用圖4的模式圖，說明前述任意損傷度蓄積後定義故障機率的統計模型的建構方法。首先，以步驟S1而言，關於發生故障的個體編號 $n$ 的軸承，保存有至故障之瞬前為止的狀態量時間序列資料19( $S=f(t)$ )與損傷度時間序列資料18( $D=f(t)$ )。

【0022】接著，以步驟S2而言，將該等2個時間序列資料，形成為至故障為止的損傷度增分( $\Delta D$ )與狀態量的關係 $X(\Delta D=f(S_t))$ 來建立關係。亦即，與將所被觀測到的狀態量作為變數，以至故障為止的損傷度增分作為函數來表示為等效。具體而言，在狀態量時間序列資料19( $S=f(t)$ )與損傷度時間序列資料18( $D=f(t)$ )中，將在相同時間 $t_1$ 所記錄的狀態量、與由 $t_1$ 至發生故障為止的損傷度差分作為資料集，生成表示發生故障的個體編號 $n$ 至故障為止的過程中的狀態量與損傷度增分的關係的資料。接著對該資料，進行假定按照某機率分布的不均的統計模型化，取得統計模型20。以統計模型化的手法而言，最簡單而言，亦可使用假定常態分布的最小平方法，但是應套用機率分布的損傷度增分係被定義為非負的值，因此假定常態分布，嚴謹而言並非適當。在以軸承為對象之發明人等的檢討中，可知採用被定義為非負值的分布的伽瑪分布作為機率密度函數(PDF)的一般化線性模型(GLM)呈現出相對較佳的資料分布。此時，在GLM的連結函數以使用反函數為宜。

【0023】發生故障的個體編號 $n$ 中至故障為止的損傷度增分 $\Delta D$ 、與所被觀測到的狀態量 $S$ 的關係被定義作為統

計模型 20，因此根據此，接著以步驟 S3 而言，將故障機率  $F$  與至故障為止的損傷度增分  $\Delta D$  的關係進行定義。在故障尚未發生的任何個體中，某狀態量  $S1$  被觀測，其之後假定任意損傷度  $\Delta D_a$  增加。在此將狀態量  $S1$  中至故障為止的損傷度增分的 PDF 表示為  $P=f(S1)$ 。此時以損傷度增分  $\Delta D_a$ ，之後在損傷度增加的時點中的故障機率  $F$  係表示為數式 1。

**【 0024 】**

**【數 1】**

$$F=f(P,\Delta D_a)=\int_0^{\Delta D_a} P d\Delta D$$

數式 1

**【 0025 】** 此係與使用藉由統計模型化所得之對 PDF 的累積分布函數 (CDF) 來算出累積機率為等效。亦即，藉由以故障尚未發生的個體被觀測到的任意狀態量  $S$ ，決定應參照的 PDF，接著，將假想之後會增加的損傷度增分  $\Delta D_a$ ，代入相對應的 CDF，藉此可算出故障尚未發生的個體中的故障機率  $F$ 。因此，某狀態量  $S$  被觀測到時，伴隨之後的損傷度增分的增加的故障機率  $F$  的變化 21 完全是由統計模型所得之 PDF 所對應的 CDF 本身。

**【 0026 】** 藉由以上順序，使用發生故障的個體編號  $n$  中至故障為止的損傷度增分  $\Delta D$  與所被觀測到的狀態量  $S$  的關係的統計模型 20，根據置於類似環境下，尤其同型機械，且故障尚未發生的其他個體所被觀測到的狀態量  $S$ ，可按每個其他個體，算出故障機率  $F$ 。

**【 0027 】** 此外，根據以不同的負荷條件運轉時的平均時間的損傷度  $\Delta D_a$  的關係，根據時間來表示故障機率  $F$ ，藉

此可預測以今後不同的負荷條件運轉時的故障機率 $F$ 的變動。圖3的故障機率預測16的顯示係根據在選單151中所選擇的個體編號1的現在的狀態量 $S$ ，顯示分別以高輸出模式、平常模式、縮退模式運轉時之藉由運轉時間所致之故障機率 $F$ 的變動。圖3的全體狀況摘要17係顯示以個體編號1~10的各個所被選擇出的運轉模式中之10天後的故障機率 $F$ 。藉此，使用者係可輕易進行之後之運用／保養的決策制定。

#### [實施例2]

【0028】在實施例1中，如圖3所示採用顯示從現在到未來的故障機率的變化的方式。本方式可謂為由運用／保養的決策制定的支援的觀點來看為有效的方式。但是，在圖1中的狀態評估部6所算出的狀態量係根據例如以軸承所計測的振動數予以算出，因此有別於較大的傾向變化，有藉由運轉狀況來觀測短周期的變動的可能性。成為算出各個體的故障機率 $F$ 的前提的狀態量的時間變動相對較大時，有圖3中的故障機率將來預測顯示16中的圖表全體過度頻繁更新的可能性。此時，亦可如圖5中的故障機率預測履歷顯示部22所示，形成為以時間或損傷度增分值預先固定評估故障機率的未來的時點，顯示故障機率評估結果的至此為止的推移的形式。在圖5中，例如可在選單152中選擇在故障機率預測履歷顯示部22所顯示的預測時期。藉由採用如上所示之顯示形式，可輕易確認至此為止的故障

機率評估結果的履歷，因此使用者可輕易推定之後的傾向。

### [實施例 3]

**【0029】** 在實施例 1 及實施例 2 中，以同型的機械組件的故障為契機，藉由統計上處理至故障為止的資料，來評估未故障的對象的故障機率。在該手法中，由於成為根據狀態量的分析，因此可進行高精度的評估，但是另一方面，至取得實際的故障資料為止的期間並無法定義故障機率。因此，在成為對象的機械組件群之中發生任何故障為止的期間，係如先前技術中所述，亦可使用在圖 1 中的疲勞損傷度評估部 7 所得之累積疲勞損傷度來定義故障機率。在該期間，並無法期待如根據實際故障的相同群組的其他個體資料的預測般的高預測精度，但是即使為無法取得故障資料的狀態，亦可使系統構成不會大幅變更地評估故障機率。

**【0030】** 此外，故障履歷評估部 12 亦可有別於故障評估系統而以其他個體設置。此時，根據發生故障時的故障個體資料，在故障履歷評估部 12 作成評估用的統計模型，先保存在故障評估系統，根據統計模型，故障機率評估部 11 進行包含複數機械組件的機械系統的故障評估。

### 【符號說明】

### 【0031】

- 1：軸承
- 2：加速度感測器
- 3：荷重計
- 4：旋轉計
- 5：A/D轉換部
- 6：狀態評估部
- 7：疲勞損傷度評估部
- 8：狀態量變化暫時保存部
- 9：損傷度變化暫時保存部
- 10：損傷度變化預測部
- 11：故障機率評估部
- 12：故障履歷評估部
- 13：顯示部
- 14：控制部
- 15：顯示部中的顯示內容
- 16：故障機率將來預測顯示
- 17：故障機率全體狀況摘要
- 18：損傷度時間序列資料
- 19：狀態量時間序列資料
- 20：統計模型
- 21：故障機率預測
- 22：故障機率預測履歷顯示部
- 100：故障機率評估系統
- 151：選單



201912930

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

故障機率評估系統

### 【中文】

[課題]本發明之課題在對機械系統的複數構成要素進行高精度的故障機率評估或殘餘壽命評估。

[解決手段]本發明之故障機率評估系統係評估機械系統所包含的複數機械要素的故障機率的系統，其特徵為：具有：根據依前述機械要素的疲勞損傷或經年變化而變化的物理量1，評估表示前述機械要素的健全性的狀態量的手段；根據依前述機械要素所受到的荷重或負荷而變化的物理量2或前述機械要素的運轉資料，評估前述機械要素的累積疲勞損傷度的手段；保存前述狀態量及前述疲勞損傷度的保存部；及根據前述複數機械要素之中發生故障的機械要素中的前述狀態量與前述疲勞損傷度，算出前述複數機械要素之中未發生故障的機械要素的故障機率的故障機率評估部。

【指定代表圖】第(2)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

- 1：軸承
- 2：加速度感測器
- 3：荷重計
- 4：旋轉計
- 5：A/D轉換部
- 6：狀態評估部
- 7：疲勞損傷度評估部
- 8：狀態量變化暫時保存部
- 9：損傷度變化暫時保存部
- 10：損傷度變化預測部
- 11：故障機率評估部
- 12：故障履歷評估部
- 13：顯示部
- 14：控制部
- 100：故障機率評估系統

【特徵化學式】無

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種故障機率評估系統，其係評估機械系統所包含的複數機械要素的故障機率的系統，其特徵為：

具有：

根據依前述機械要素的疲勞損傷或經年變化而變化的物理量1，評估表示前述機械要素的健全性的狀態量的手段；

根據依前述機械要素所受到的荷重或負荷而變化的物理量2或前述機械要素的運轉資料，評估前述機械要素的累積疲勞損傷度的手段；

保存前述狀態量及前述疲勞損傷度的保存部；及

根據前述複數機械要素之中發生故障的機械要素中的前述狀態量與前述疲勞損傷度，算出前述複數機械要素之中未發生故障的機械要素的故障機率的故障機率評估部。

### 【第2項】

如申請專利範圍第1項之故障機率評估系統，其中，具有故障履歷評估部，其係將前述複數機械要素之中發生故障的機械要素中的前述狀態量與至故障發生為止的前述疲勞損傷度的增分的關係在統計上建立關係。

### 【第3項】

如申請專利範圍第1項之故障機率評估系統，其中，前述保存部係以暫時保存任意期間的狀態量及累積疲勞損傷度為特徵的暫時保存部。

**【第4項】**

如申請專利範圍第1項至第3項中任一項之故障機率評估系統，其中，前述物理量2係荷重或應變。

**【第5項】**

如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之故障機率評估系統，其中，前述機械要素係軸承。

**【第6項】**

如申請專利範圍第1項至第5項中任一項之故障機率評估系統，其中，評估前述累積疲勞損傷度的手段係根據線性累積損傷律來算出疲勞損傷度。

**【第7項】**

如申請專利範圍第1項至第6項中任一項之故障機率評估系統，其中，前述物理量1係複數種類物理量的集合，在評估前述狀態量的手段中，根據前述複數物理量來算出狀態量。

**【第8項】**

如申請專利範圍第2項之故障機率評估系統，其中，前述故障履歷評估部係使用發生前述故障的機械要素的前述狀態量及疲勞損傷度的時間序列資料，生成將至發生故障為止的前述疲勞損傷度的增分作為函數，將前述狀態量作為變數的統計模型，算出表示前述統計模型中的前述疲勞損傷度的增分的不均的機率密度函數所對應的累積分布函數。

**【第9項】**

如申請專利範圍第8項之故障機率評估系統，其中，前述統計模型係一般化線性模型。

**【第10項】**

如申請專利範圍第8項或第9項之故障機率評估系統，其中，前述機率密度函數係使用伽瑪分布。

**【第11項】**

如申請專利範圍第1項至第10項中任一項之故障機率評估系統，其中，具有顯示部，其係具備有：將關於藉由前述故障機率評估部所算出的前述複數機械要素之中任一個以上的故障機率、與將來假想的疲勞損傷度的增分或時間的關係，顯示為圖表的功能。

**【第12項】**

如申請專利範圍第1項至第10項中任一項之故障機率評估系統，其中，具有顯示部，其係在關於藉由前述故障機率評估部所算出的前述複數機械要素之中任一個以上的故障機率之中，關於針對依將來假想的疲勞損傷度的增分或時間所決定之未來中的至少1個狀態所評估的故障機率，將至現時點為止的預測值與前述疲勞損傷度或時間的關係顯示為圖表。









