

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6153410号
(P6153410)

(45) 発行日 平成29年6月28日 (2017. 6. 28)

(24) 登録日 平成29年6月9日 (2017. 6. 9)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 23/26 (2006. 01)

G O 2 B 23/26 C

A 6 1 B 1/00 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 5 5 0

G O 2 B 23/24 (2006. 01)

A 6 1 B 1/00 7 1 5

G O 2 B 23/24 A

請求項の数 16 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2013-157926 (P2013-157926)
 (22) 出願日 平成25年7月30日 (2013. 7. 30)
 (65) 公開番号 特開2015-28542 (P2015-28542A)
 (43) 公開日 平成27年2月12日 (2015. 2. 12)
 審査請求日 平成28年7月25日 (2016. 7. 25)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地
 (74) 代理人 100076233
 弁理士 伊藤 進
 (74) 代理人 100101661
 弁理士 長谷川 靖
 (74) 代理人 100135932
 弁理士 篠浦 治
 (72) 発明者 小林 英一
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内
 (72) 発明者 此村 優
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブレード検査装置及びブレード検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンジンのロータの回転軸の周囲に周期的に配置され、前記回転軸回りに回転する複数のブレードを検査するブレード検査装置であって、

第1の挿入部を有する第1の内視鏡に設けられ、前記第1の挿入部の第1の姿勢を検出する第1の姿勢検出部と、

前記第1の内視鏡に設けられ、前記第1の挿入部の軸に直交し、互いに逆方向である2つの方向における前記第1の挿入部から2つの物体までの第1の2つの距離を検出する第1の距離検出部と、

を有することを特徴とするブレード検査装置。

10

【請求項 2】

前記ロータを収納するケーシングに設けられた孔から第1の内視鏡の第1の挿入部が挿入されたときの前記第1の挿入部の第1の挿入長を検出する第1の挿入長検出部と、をさらに有することを特徴とする請求項1に記載のブレード検査装置。

【請求項 3】

第2の挿入部と、前記第1の姿勢検出部と同じ姿勢を検出する第2の姿勢検出部と、前記第1の距離検出部と同じ2つの距離を検出する第2の距離検出部とを有する第2の内視鏡により撮像されたブレードの静止画を取得したときにおける、前記第2の姿勢検出部により検出された前記第2の挿入部の第2の姿勢と、前記第2の距離検出部により検出された前記第2の挿入部からの第2の2つの距離とを記憶する記憶部と、

20

前記第 1 の姿勢検出部が検出した前記第 1 の姿勢と前記記憶部に記憶された前記第 2 の姿勢とを比較する姿勢比較部と、

前記第 1 の距離検出部が検出した前記第 1 の 2 つの距離と前記記憶部に記憶された前記第 2 の 2 つの距離とを比較する距離比較部と、

前記姿勢比較部の比較結果に基づいて、前記第 1 の姿勢と前記第 2 の姿勢とが一致したことを示す一致情報を出力する第 1 の一致出力部と、

前記距離比較部の比較結果に基づいて、前記第 1 の 2 つの距離と前記第 2 の 2 つの距離とが一致したことを示す一致情報を出力する第 2 の一致出力部と、
を有することを特徴とする請求項 1 に記載のブレード検査装置。

【請求項 4】

10

第 2 の挿入部と、前記第 1 の姿勢検出部と同じ姿勢を検出する第 2 の姿勢検出部と、前記第 1 の距離検出部と同じ 2 つの距離を検出する第 2 の距離検出部とを有する第 2 の内視鏡により撮像されたブレードの静止画を取得したときにおける、前記第 2 の姿勢検出部により検出された前記第 2 の挿入部の第 2 の姿勢と、前記第 2 の距離検出部により検出された前記第 2 の挿入部からの第 2 の 2 つの距離とを記憶する記憶部と、

前記第 1 の姿勢検出部が検出した前記第 1 の姿勢と前記記憶部に記憶された前記第 2 の姿勢とを比較する姿勢比較部と、

前記第 1 の距離検出部が検出した前記第 1 の 2 つの距離と前記記憶部に記憶された前記第 2 の 2 つの距離とを比較する距離比較部と、

前記第 1 の挿入長検出部が検出した前記第 1 の挿入長と、前記記憶部に記憶され、前記第 1 の挿入長検出部と同じ挿入長を検出する第 2 の挿入長検出部を有する前記第 2 の内視鏡により撮像された前記ブレードの静止画を取得したときの前記第 2 の挿入長検出部により検出された第 2 の挿入長とを比較する挿入長比較部と、

20

前記姿勢比較部の比較結果に基づいて、前記第 1 の姿勢と前記第 2 の姿勢とが一致したことを示す一致情報を出力する第 1 の一致出力部と、

前記距離比較部の比較結果に基づいて、前記第 1 の 2 つの距離と前記第 2 の 2 つの距離とが一致したことを示す一致情報を出力する第 2 の一致出力部と、

前記挿入長比較部の比較結果に基づいて、前記第 1 の挿入長と前記第 2 の挿入長とが一致したことを示す一致情報を出力する第 3 の一致出力部と、
を有することを特徴とする請求項 2 に記載のブレード検査装置。

30

【請求項 5】

前記第 1 及び前記第 2 の一致出力部は、それぞれの前記第 1 及び前記第 2 の一致情報を出力して、表示装置に表示された所定の第 1 及び第 2 のマークの表示状態を変更することを特徴とする請求項 3 に記載のブレード検査装置。

【請求項 6】

前記第 1、前記第 2 及び前記第 3 の一致出力部は、それぞれの前記第 1、前記第 2 及び前記第 3 の一致情報を出力して、表示装置に表示された所定の第 1、第 2 及び第 3 のマークの表示状態を変更することを特徴とする請求項 4 に記載のブレード検査装置。

【請求項 7】

前記第 1 及び前記第 2 の姿勢は、それぞれ所定の方向に対する前記第 1 及び前記第 2 の挿入部の傾きと、前記第 1 及び前記第 2 の挿入部の前記軸回りの回転角により規定されることを特徴とする請求項 3 から 6 のいずれか 1 つに記載のブレード検査装置。

40

【請求項 8】

前記 2 つの物体は、前記エンジンのステータに設けられたステータベーンであることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載のブレード検査装置。

【請求項 9】

エンジンのロータの回転軸の周囲に周期的に配置され、前記回転軸回りに回転する複数のブレードを検査するブレード検査方法であって、

第 1 の挿入部を有する第 1 の内視鏡に設けられた第 1 の姿勢検出部により、前記第 1 の挿入部の第 1 の姿勢を検出し、

50

前記第 1 の内視鏡に設けられた第 1 の距離検出部により、前記第 1 の挿入部の軸に直交し、互いに逆方向である 2 つの方向における前記第 1 の挿入部から 2 つの物体までの第 1 の 2 つの距離を検出することを特徴とするブレード検査方法。

【請求項 10】

第 1 の挿入長検出部により、前記ロータを収納するケーシングに設けられた孔から第 1 の内視鏡の第 1 の挿入部が挿入されたときの前記第 1 の挿入部の第 1 の挿入長を検出することを特徴とする請求項 9 に記載のブレード検査方法。

【請求項 11】

第 2 の挿入部を有する第 2 の内視鏡により撮像されたブレードの静止画を取得したときにおける第 2 の挿入部を有する第 2 の内視鏡に設けられた前記第 1 の姿勢検出部と同じ姿勢を検出する第 2 の姿勢検出部により検出された前記第 2 の挿入部の第 2 の姿勢と、前記第 1 の姿勢検出部が検出した前記第 1 の姿勢とを比較し、

10

前記ブレードの前記静止画を取得したときにおける前記第 2 の内視鏡に設けられた前記第 1 の距離検出部と同じ 2 つの距離を検出する第 2 の距離検出部により検出された前記第 2 の挿入部からの第 2 の 2 つの距離と、前記第 1 の距離検出部が検出した前記第 1 の 2 つの距離とを比較し、

前記第 1 の姿勢と前記第 2 の姿勢との比較結果に基づいて、前記第 1 の姿勢と前記第 2 の姿勢とが一致したことを示す第 1 の一致情報として出力し、

前記前記第 1 の 2 つの距離と前記第 2 の 2 つの距離との比較結果に基づいて、前記第 1 の 2 つの距離と前記第 2 の 2 つの距離とが一致したことを示す第 2 の一致情報として出力する、

20

ことを特徴とする請求項 9 に記載のブレード検査方法。

【請求項 12】

第 2 の挿入部を有する第 2 の内視鏡により撮像されたブレードの静止画を取得したときにおける第 2 の挿入部を有する第 2 の内視鏡に設けられた前記第 1 の姿勢検出部と同じ姿勢を検出する第 2 の姿勢検出部により検出された前記第 2 の挿入部の第 2 の姿勢と、前記第 1 の姿勢検出部が検出した前記第 1 の姿勢とを比較し、

前記ブレードの前記静止画を取得したときにおける前記第 2 の内視鏡に設けられた前記第 1 の距離検出部と同じ 2 つの距離を検出する第 2 の距離検出部により検出された前記第 2 の挿入部からの第 2 の 2 つの距離と、前記第 1 の距離検出部が検出した前記第 1 の 2 つの距離とを比較し、

30

前記ブレードの前記静止画を取得したときにおける前記第 2 の内視鏡に設けられた前記第 1 の挿入長検出部と同じ挿入長を検出する第 2 の挿入長検出部により検出された前記第 2 の挿入部の第 2 の挿入長と、前記第 1 の挿入長検出部が検出した前記第 1 の挿入長とを比較し、

前記第 1 の姿勢と前記第 2 の姿勢との比較結果に基づいて、前記第 1 の姿勢と前記第 2 の姿勢とが一致したことを示す第 1 の一致情報として出力し、

前記前記第 1 の 2 つの距離と前記第 2 の 2 つの距離との比較結果に基づいて、前記第 1 の 2 つの距離と前記第 2 の 2 つの距離とが一致したことを示す第 2 の一致情報として出力し、

40

前記第 1 の挿入長と前記第 2 の挿入長との比較結果に基づいて、前記第 1 の挿入長と前記第 2 の挿入長とが一致したことを示す第 3 の一致情報として出力する、

ことを特徴とする請求項 10 に記載のブレード検査方法。

【請求項 13】

前記第 1 及び前記第 2 の一致情報は、それぞれ、表示装置に表示された所定の第 1 及び第 2 のマークの表示状態を変更するための情報であることを特徴とする請求項 11 に記載のブレード検査方法。

【請求項 14】

前記第 1、前記第 2 及び前記第 3 の一致情報は、表示装置に表示された所定の第 1、第 2 及び第 3 のマークの表示状態を変更するための情報であることを特徴とする請求項 12

50

に記載のブレード検査方法。

【請求項 15】

前記第 1 及び前記第 2 の姿勢は、それぞれ所定の方角に対する前記第 1 及び前記第 2 の挿入部の傾きと、前記第 1 及び前記第 2 の挿入部の前記軸回りの回転角により規定されることを特徴とする請求項 9 から 14 のいずれか 1 つに記載のブレード検査方法。

【請求項 16】

前記 2 つの物体は、前記エンジンのステータに設けられたステータベーンであることを特徴とする請求項 9 から 15 のいずれか 1 つに記載のブレード検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、エンジンのブレードを検査するためのブレード検査装置及びブレード検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ジェットエンジン等のブレードの検査が行われている。ブレード検査では、例えば、検査者は、エンジンのケーシングに設けられたアクセスポートから、内視鏡であるボアスコープの挿入部をエンジンの内部に挿入し、エンジン内のブレードの内視鏡画像をモニタに表示させるようにして、ブレード検査を行う。

【0003】

20

日本特開 2007-163723 号公報に開示のように、ジェットエンジンのブレードを検査時の検査工程数を削減するように検査工程の自動化（省力化）を行って、被検体検査における煩雑さを解消することができる内視鏡装置も提案されているが、一般には、ボアスコープが検査者によって把持されて、ブレード検査が行われる。

【0004】

検査において発見されたブレードの欠陥のサイズによっては、欠陥部を拡大表示して詳細に検査する必要があるため、ボアスコープには、種々の視野角を有するものがある。まず、検査者は、視野角の広いボアスコープを用いて、ブレードの広い範囲の検査を行い、その後、視野角の狭いボアスコープを用いて、拡大された欠陥部の画像をモニタに表示して、詳細検査を行う。被写体からの光を受ける観察窓は、ボアスコープの挿入部の先端部に配置されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】日本特開 2007-163723 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、ボアスコープの挿入部は細長く、かつブレードの観察時には、ボアスコープの先端部はケーシングのアクセスポートから離れた位置にあるため、被写体からの反射光を受ける観察窓の位置及び方向が、前回の検査でキズ等を発見したときの観察窓の位置及び方向と同じになるように、ボアスコープを挿入し、先端部の位置と向きを決めることは容易ではない。

40

【0007】

すなわち、細長いボアスコープの挿入部の先端部の位置及び方向を、エンジン内の前回の検査でキズ等を発見したときの先端部の位置及び方向と同じになるように、検査者が、ボアスコープの把持部を持って操作することは容易ではない。

【0008】

そこで、本発明は、ブレード検査において、既に取得されている検査画像のブレードを撮像したときと同じ位置及び同じ視野方向でブレードを観察可能なブレード検査装置及び

50

ブレード検査方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様のブレード検査装置は、エンジンのロータの回転軸の周囲に周期的に配置され、前記回転軸回りに回転する複数のブレードを検査するブレード検査装置であって、第1の挿入部を有する第1の内視鏡に設けられ、前記第1の挿入部の第1の姿勢を検出する第1の姿勢検出部と、前記第1の内視鏡に設けられ、前記第1の挿入部の軸に直交し、互いに逆方向である2つの方向における前記第1の挿入部から2つの物体までの第1の2つの距離を検出する第1の距離検出部と、を有する。

【0010】

10

本発明の一態様のブレード検査方法は、エンジンのロータの回転軸の周囲に周期的に配置され、前記回転軸回りに回転する複数のブレードを検査するブレード検査方法であって、第1の挿入部を有する第1の内視鏡に設けられた第1の姿勢検出部により、前記第1の挿入部の第1の姿勢を検出し、前記第1の内視鏡に設けられた第1の距離検出部により、前記第1の挿入部の軸に直交し、互いに逆方向である2つの方向における前記第1の挿入部から2つの物体までの第1の2つの距離を検出する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、ブレード検査において、既に取得されている検査画像のブレードを撮像したときと同じ位置及び同じ視野方向でブレードを観察可能なブレード検査装置及びブレード検査方法を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係わるエンジンの検査の様子を説明するための斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係わるボアスコープ11の構成を説明するための構成図である。

【図3】第1の実施の形態に係わるボアスコープ11の回路構成を示すブロック図である。

【図4】第1の実施の形態に係わるPC12の構成を示すブロック図である。

30

【図5】第1の実施の形態に係わる、視野角の比較的広いボアスコープ11Aの視野角を説明するための図である。

【図6】第1の実施の形態に係わる、図5のボアスコープ11Aよりも狭い視野角のボアスコープ11Bの視野角を説明するための図である。

【図7】第1の実施の形態に係わる、視野角の異なる2つのボアスコープにより撮像して得られる内視鏡画像の違いを説明するための模式的な説明図である。

【図8】第1の実施の形態に係わる、ボアスコープ11を挿入して、内視鏡画像を表示し記録する記録処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図9】第1の実施の形態に係わる、PC12のLCD55の画面上に表示されるグラフィカル・ユーザ・インターフェース（GUI）の例を示す図である。

40

【図10】第1の実施の形態に係わる、視野角の狭いボアスコープ11を挿入して、記録済みの検査画像を参照しながら、検査画像を表示し記録する記録処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図11】第1の実施の形態に係わる、視野角の狭いボアスコープ11を挿入して、記録済みの検査画像を参照しながら、検査画像を表示し記録する記録処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図12】第1の実施の形態に係わる、挿入部11aがエンジンEのケーシングC内に挿入された状態を説明するためのステータSの部分斜視図である。

【図13】第1の実施の形態に係わる、挿入部11aがエンジンEのケーシングC内に挿入された状態を説明するための、ロータの回転軸Axに直交する方向からステータベーンSvを

50

見たときの挿入部 1 1 a の状態を説明するための図である。

【図 1 4】第 1 の実施の形態に係わる、挿入部 1 1 a の可動範囲 MR を説明するための模式的な説明図である。

【図 1 5】第 1 の実施の形態に係わる、挿入部 1 1 a の先端部の撮像光学中心の位置変更範囲を説明するための模式的な説明図である。

【図 1 6】第 1 の実施の形態に係わる、回転軸 Ax の方向から見たときの挿入部 1 1 a の撮像光学中心 Pc の位置と、2 つの距離値 d11, d12 との関係を示すための図である。

【図 1 7】第 1 の実施の形態に係わる、撮影情報記録ファイルのデータ構造を示す図である。

【図 1 8】第 2 に実施の形態に係わる、挿通孔 Fa の開口径が大きい固定具 F の場合における、挿入部 1 1 a の先端部のブレの様子を説明するための図である。 10

【図 1 9】第 2 に実施の形態に係わる、挿通孔 Fa の開口径が小さい固定具 Ff の場合における、挿入部 1 1 a の先端部のブレの様子を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

(第 1 の実施の形態)

(全体構成)

図 1 は、本実施の形態に係わるエンジンの検査の様子を説明するための斜視図である。本実施の形態では、エンジン E は、ジェットエンジンであり、吸気部の後ろ側に設けられたコンプレッサ部内の複数のコンプレッサブレード（以下、単にブレードという）が、ブレード検査システムにより検査される場合について説明する。また、エンジン E には、ターニングツール T が接続され、複数のブレードが固定されたロータ R（図 1 3）を回転軸 Ax（図 1 2）回りに回転させることができるようになっている。 20

【0014】

なお、ここでは、コンプレッサブレードの例を説明するが、本実施の形態のブレード検査システム 1 によれば、タービンブレード等の他のブレードの検査も、同様に行うことができる。

【0015】

ブレード検査システム 1 は、ボアスコープ 1 1 と、パーソナルコンピュータ（以下、PC という）1 2 とを含んで構成され、ボアスコープ 1 1 と PC 1 2 は、信号ケーブル（以下、ケーブルという）1 3 を介して接続されている。ボアスコープ 1 1 は、検査対象であるブレード B を複数有するエンジン E に挿入される挿入部 1 1 a と、挿入部 1 1 a の基端部に設けられた把持部 1 1 b とを有している。 30

また、ターニングツール T と PC 1 2 とは、ケーブル 1 4 により接続されており、PC 1 2 からの指示に応じて、ロータを回転させるようにターニングツール T は制御される。

【0016】

エンジン E のケーシング C は、所定の位置に複数（ここでは 3 つ）のアクセスポート AP を有する。ボアスコープ 1 1 の挿入部 1 1 a は、各アクセスポート AP の孔を介してケーシング C 内に挿入され、エンジン E のロータ R の回転軸 Ax の周囲に周期的に配置された複数のブレード B を観察することができるような直径と長さを有している細長い硬性鏡である。 40

【0017】

ボアスコープ 1 1 の挿入部 1 1 a をケーシング C 内に挿入するとき、固定具 F が、挿入部 1 1 a を挿入するアクセスポート AP に取り付けられる。固定具 F は、ボアスコープ 1 1 の挿入部 1 1 a を、ケーシング C のアクセスポート AP の位置で支持して固定するための装置である。すなわち、固定具 F は、アクセスポート AP に取り付けることができ、かつ挿入部 1 1 a が挿通される挿通孔を有して、ボアスコープ 1 1 を支持することができるように構成されている。

【0018】

また、固定具 F は、ボアスコープ 1 1 の挿入部 1 1 a を強固に固定するものではなく、 50

後述するように、挿入部 11a の先端部の位置を動かすことが出来る程度の遊嵌状態で、固定具 F の挿通孔において挿入部 11a を支持する。

【0019】

よって、ブレードを検査する検査者であるユーザは、固定具 F の挿通孔に挿入部 11a を挿通し、ボアスコープ 11 を手で把持した状態で、挿入部 11a をエンジン E 内に挿入し、エンジン E 内において挿入部 11a をその挿入方向に沿って前後に移動させ、ボアスコープ 11 を挿入部 11a の軸回りに自由に回転させることが可能であり、さらに、挿入部 11a の先端部の位置を動かすことができる。

【0020】

以上のように、ブレード検査システム 1 は、エンジン E のロータ R の回転軸 Ax の周囲に周期的に配置され、その回転軸 Ax 回りに回転する複数のブレード B を検査するブレード検査装置である。

10

(ボアスコープの構成)

図 2 は、ボアスコープ 11 の構成を説明するための構成図である。

【0021】

挿入部 11a 内には、被写体からの反射光を撮像素子へ導く光学系が配置されている。挿入部 11a には、光学系として、ミラー 21、対物光学系 22、リレー光学系 23 が配置されている。ミラー 21 は、挿入部 11a の先端部に配置されており、挿入部 11a の先端部の側面に設けられた観察窓 15 に設けられたガラス板 24 を介して入射した光を把持部 11b の方向へ向ける光学部材である。対物光学系 22 は、挿入部 11a の先端側に配置されており、被写体の実像を形成するための光学部材である。リレー光学系 23 は、対物光学系 22 によって形成された像を把持部 11b に伝送するための光学部材である。

20

【0022】

従って、ボアスコープ 11 は、筒状の挿入部 11a の先端部に観察窓 15 が設けられ、観察窓 15 には透明なガラス部材 24 が設けられており、その観察窓 15 へ入射した光が、ミラー 21 へ入射するように構成されている側視型の内視鏡である。

なお、ボアスコープ 11 には、図示しない照明装置が設けられている。その照明装置により観察窓 15 に対向する位置の被写体が照明される。照明装置は、例えば、把持部 11b 内に設けられた光源と、挿入部 11a 内に挿通されたライトガイドとからなり、光源の光を、挿入部 11a の先端部から、被写体へ向けて出射するように設けられる。

30

【0023】

また、挿入部 11a の先端部の観察窓 15 の近傍には、2つの距離センサ 31a, 31b が観察窓 15 から所定の距離を置いて配設されている。被写体からの反射光のミラー 21 への入射方向は、2つの距離センサ 31a と 31b の中心を結ぶ線に直交する。把持部 11b には、距離センサ 32 が配設されている。

【0024】

さらに、把持部 11b 内には、撮像光学系 25 と、撮像素子である CCD 26 と、加速度センサ 27 と、ID 記憶部 28 と、通信制御部 29 とが設けられている。

撮像光学系 25 は、リレー光学系 23 から出射された被写体像を、CCD 26 の撮像面上に結像する光学系である。エリアセンサである CCD 26 は、撮像光学系 25 によって結像された被写体像を光電変換する固体撮像素子である。

40

【0025】

なお、本実施の形態では、CCD 26 は、把持部 11b 内に設けられ、挿入部 11a 内の光学系を通った光を受光するように配置されているが、CCD 26 を、挿入部 11a の先端部に設けるようにしてもよい。

【0026】

加速度センサ 27 は、3軸加速度センサであり、後述するように、通信制御部 29 が、加速度センサ 27 の出力から、ボアスコープ 11 の重力方向 g に対する傾きである仰角 β と軸回りの回転角 γ とを算出する。

ID 記憶部 28 は、ボアスコープ 11 の識別情報であるスコープ ID を記憶する記憶部であ

50

る。

【0027】

通信制御部29は、中央処理装置（CPU）と通信インターフェース部とを含む。通信制御部29の構成については、後述する。

距離センサ31a、31b、32は、対向する位置に存在する物体の表面までの距離を検出するセンサである。距離センサ31a、31b、32は、例えば、スポット光を照射する光源素子と、受光した光スポットの重心位置を検出するPSD（Position Sensitive Detector）素子と、を有して、三角測量の原理を利用して物体までの距離を検出するPSD距離センサである。

【0028】

本実施の形態では、距離センサ31a、31bは、挿入部11aの表面上の、挿入部11aの軸に対して対称の位置に配置され、かつ挿入部11aの軸に直交する方向において互いに反対方向に存在するそれぞれの物体までの距離を検出する検出部である。

よって、図2に示すように、挿入部11aが、2つの物体OB1、OB2の間で、2つの距離センサ31a、31bがそれぞれ2つの物体OB1、OB2までの距離d1、d2を検出することができるように位置すると、距離センサ31aは、挿入部11aの表面から、ある第1の物体OB1の表面OS1までの距離d1を検出し、距離センサ31bは、挿入部11aの表面から、別の第2の物体OB2の表面OS2までの距離d2を検出する。距離センサ31a、31bは、例えば、10～50mm程度の範囲の距離を測定する。すなわち、距離センサ31a、31bは、内視鏡であるボアスコープ11に設けられ、挿入部11aの軸に直交し、互いに逆方向である2つの方向における挿入部11aから2つの物体（ここでは、エンジンEのステータSに設けられたステータベーンSv）までの2つの距離を検出する距離検出部を構成する。

【0029】

後述するように、本実施の形態では、挿入部11aは、ステータSの2つのステータベーンSv間に挿入される（図12）。よって、第1の物体OB1の表面OS1は、ある1つのステータベーンSv1の表面であり、第2の物体OB2の表面OS2は、第1の物体OB1の隣のステータベーンSv2の表面である。

【0030】

以上のように、2つの距離センサ31a、31bは、挿入部11aの先端部の側面に設けられている。距離センサ31aが検出する物体OB1の方向は、挿入部11aの軸に直交する方向で、かつ距離センサ31bが検出する物体OB2の方向とは反対方向である。距離センサ31aは、表面OS1までの距離d1を検出し、距離センサ31bは、表面OS2までの距離d2を検出する。

【0031】

距離センサ32は、把持部11bの挿入部11a側（すなわち先端側）の面11b1に設けられている。図2に示すように、距離センサ32は、挿入部11a側の先端側の面11b1から、固定具Fの表面OS3までの距離d3を検出する。すなわち、挿入部11aがエンジンE内に挿入されたとき、距離センサ32は、固定具Fの表面OS3までの距離に応じた検出信号を出力する。距離センサ32は、例えば、最大300mm程度の範囲の距離を測定する。そして、後述するように、通信制御部29が、距離センサ32の検出出力に基づいて、挿入部11aの挿入長Lを算出する。

【0032】

すなわち、距離センサ32と通信制御部29は、挿入部11aを有する内視鏡であるボアスコープ11に設けられ、ロータRを収納するケーシングCに設けられた孔であるアクセスポートAPから挿入部11aが挿入されたときの挿入部11aの挿入長Lを検出する挿入長検出部を構成する。

【0033】

なお、ここでは、距離センサ32として、PSD距離センサが用いられているが、例えば、図2において点線で示すように、固定具Fにローラエンコーダ等のエンコーダREを設け

10

20

30

40

50

、ローラエンコーダREからの出力を、ローラエンコーダREから延出した信号線を介して、PC 1 2へ供給し、PC 1 2において、ローラエンコーダREの出力から、挿入部 1 1 aの挿入長Lを算出して求めるようにしてもよい。

【0034】

3つの距離センサ 3 1 a、3 1 b、3 2の検出信号、CCD 2 6の画像信号、加速度センサ 2 7の各検出信号、及びID記憶部 2 8のスコープID信号が、通信制御部 2 9に入力される。

【0035】

図 3は、ボアスコープ 1 1の回路構成を示すブロック図である。通信制御部 2 9は、制御部 4 1と、PC 1 2との通信を行うためにケーブル 1 3の信号線 1 3 aに接続された通信インターフェース部（以下、通信I/Fという）4 2と、CCD 2 6からの画像信号をPC 1 2へ送信するための信号線 1 3 bに接続された画像送信部 4 3とを含む。通信I/F 4 2は、制御部 4 1に接続されると共に、PC 1 2に接続されたケーブル 1 3の信号線 1 3 aにも接続されている。

【0036】

制御部 4 1は、中央処理装置（CPU）と、ROM、RAM等を含み、各種センサの出力信号を入力し、所定の演算処理を実行して、所定の情報を、通信I/F 4 2を介してPC 1 2へ出力する。

制御部 4 1には、CCD 2 6、加速度センサ 2 7、ID記憶部 2 8、距離センサ 3 1 a、3 1 b、3 2が接続されている。

【0037】

制御部 4 1は、ID記憶部 2 8からボアスコープ 1 1のスコープIDを入力すると共に、加速度センサ 2 7、距離センサ 3 1 a、3 1 b、3 2からの検出信号を入力する。

また、制御部 4 1は、CCD 2 6へ駆動信号を供給して、CCD 2 6を駆動する。

【0038】

制御部 4 1は、距離センサ 3 2の検出信号に対応する距離d3に基づいて、挿入長Lを算出する。

ここでは、挿入長Lは、図 2に示すように、固定部 Fの挿通孔の中央を、挿入部 1 1 aの先端部を軸方向に対して直交する方向に動かしたときのピボット点Phとしたとき、ピボット点Phから観察窓 1 5を介して被写体を撮像するときの撮像光学中心Pcまでの距離である。

【0039】

固定具Fの形状と挿入部 1 1 aの形状とから、固定具Fにおけるピボット点Ph が予め決まっている。さらに、距離センサ 3 2と撮像光学中心Pcの位置関係も予め決まっている。よって、挿入部 1 1 aが軸方向に沿って移動しても、制御部 4 1は、距離センサ 3 2の検出信号に対応する距離d3から、挿入量Lを算出することができる。

【0040】

なお、挿入長Lは、ピボット点Ph、撮像光学中心Pc以外の点を基準にして決定するようにしてもよい。

【0041】

また、制御部 4 1は、加速度センサ 2 7の検出信号に基づいて、ボアスコープ 1 1の姿勢情報として、ボアスコープ 1 1の重力方向 g に対する傾きである仰角 β と軸回りの回転角 γ とを算出する。

【0042】

加速度センサ 2 7は、重力方向 g に対して3つの検出信号を生成するので、出力された3つの検出信号に対して、正規化処理を行い、その正規化処理された3つの検出信号に基づいて、仰角 β と回転角 γ とが算出される。加速度センサ 2 7の3つの検出信号が正規化されて、3つの値Dx,Dy,Dzが得られると、仰角 β は、 $\cos^{-1}(-Dz)$ となり、回転角 γ は、 $\tan^{-1}(-Dy/Dx)$ となる。よって、加速度センサ 2 7は、ボアスコープ 1 1に設けられ、挿入部 1 1 aの姿勢を検出する姿勢検出部を構成する。その姿勢は、所定の方向に

対する挿入部 1 1 a の傾きである仰角 β と、挿入部 1 1 a の軸回りの回転角 γ により規定される。

【0043】

制御部 4 1 は、2つの距離センサ 3 1 a、3 1 b のそれぞれの検出信号の値に基づいて、2つの距離情報として、距離 d_1, d_2 を算出する。

そして、制御部 4 1 は、各センサの検出信号に基づいて算出した挿入長 L 、姿勢情報及び距離情報を、通信 I/F 4 2 を介して、PC 1 2 へリアルタイムで出力する。

【0044】

さらに、CCD 2 6 から出力される画像信号は、画像送信部 4 3 においてデジタル信号に変換されて、ケーブル 1 3 の信号線 1 3 b から出力される。画像送信部 4 3 は、デジタルの画像信号を、LVDS等の差動信号形式で信号線 1 3 に出力する。

10

(PCの構成)

図 4 は、PC 1 2 の構成を示すブロック図である。PC 1 2 は、中央処理装置（以下、CPU という）5 1 と、ROM 5 2 と、RAM 5 3 と、ハードディスク装置（以下、HDD という）5 4 と、液晶表示器（以下、LCD という）5 5 とを含む。CPU 5 1 と、ROM 5 2 と、RAM 5 3 は、互いにバス 5 6 により接続されている。HDD 5 4 と LCD 5 5 は、それぞれインターフェース（以下、I/F という）5 7、5 8 を介して、バス 5 6 に接続されている。

【0045】

LCD 5 5 は、タッチパネル付き表示器であり、CPU 5 1 は、LCD 5 5 に内視鏡画像、所定のメニュー画面、後述する GUI 画面等を表示させることができると共に、タッチパネルの出力信号を受けて、ユーザのコマンド入力を検出することができる。

20

【0046】

さらに、PC 1 2 は、ケーブル 1 3 の信号線 1 3 a、1 3 b がそれぞれ接続される I/F 5 9 a、5 9 b を有し、I/F 5 9 a を介して制御部 4 1 と通信し、かつ I/F 5 9 b を介してボアスコープ 1 1 からの画像信号を受信する。ユーザは、ボアスコープ 1 1 からの画像信号である検査画像を、LCD 5 5 の画面上に表示し、HDD 5 4 に記録することができる。

【0047】

検査画像が記録されるとき、記録される検査画像について各センサの検出信号から得られたあるいは算出された所定の情報も併せて、HDD 5 4 に記録される。よって、HDD 5 4 は、ボアスコープ 1 1 により撮像されたブレード B の静止画を取得したときにおける、距離センサ 3 2 により検出された挿入部 1 1 a の挿入長 L と、加速度センサ 2 7 により検出された挿入部 1 1 a の姿勢と、2つの距離センサ 3 1 a、3 1 b により検出された挿入部 1 1 a からの2つの距離とを記憶する記憶部を構成する。ここでは、挿入長 L 等の情報が、検査画像の画像データの EXIF 情報として、画像データ中に記録され、その画像データは、HDD 5 4 に記憶される。

30

【0048】

また、ボアスコープ 1 1 が PC 1 2 にケーブル 1 3 を介して接続されると、ボアスコープ 1 1 の制御部 4 1 は、PC 1 2 へ ID 記憶部 2 8 に記憶されたスコープ ID を CPU 5 1 へ送信する。よって、PC 1 2 は、ボアスコープ 1 1 のスコープ ID を取得することができる。

【0049】

そして、PC 1 2 は、通信 I/F 5 9 を介して、ボアスコープ 1 1 から、挿入長、姿勢及び距離の情報をリアルタイムで取得することができる。

40

(検査の手順)

ブレードの検査を行う検査者であるユーザは、はじめに、視野角の広いボアスコープを用いて、ブレードの全体的な検査を行う。その後に、ユーザは、視野角の狭いボアスコープを用いて、前の検査で発見された欠陥部の画像をモニタに拡大表示して、詳細検査を行う。

【0050】

図 5 と図 6 は、ボアスコープの視野角の差を説明するための図である。図 5 は、視野角の比較的広いボアスコープ 1 1 A の視野角を説明するための図である。図 6 は、図 5 のボ

50

アスコープ 1 1 Aよりも狭い視野角のボアスコープ 1 1 Bの視野角を説明するための図である。図 7 は、視野角の異なる 2 つのボアスコープにより撮像して得られる内視鏡画像の違いを説明するための模式的な説明図である。

【0051】

ボアスコープ 1 1 Aと 1 1 Bの構成の異同について説明する。ボアスコープ 1 1 Aと 1 1 Bの外観の形状と寸法は、同じである。そして、図 5 及び図 6 に示すように、2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b の 2 つの中心位置を通る軸 A1, A2 に沿って、ボアスコープ 1 1 Aとボアスコープ 1 1 Bを側面から見たとき、それぞれの光学系のミラー 2 1 の光軸中心を通る撮像光学中心 Pc から、2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b の 2 つの中心位置を通る軸 A1, A2 までの距離 d_{SA} と距離 d_{SB} は等しい。すなわち、ボアスコープ 1 1 Aの光学系のミラー 2 1 の撮像光学中心 Pc から、2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b の中心位置を通る軸 A1 までの距離 d_{SA} は、ボアスコープ 1 1 Bの撮像光学中心 Pc から、距離センサ 3 1 a、3 1 b の中心位置を通る軸 A2 までの距離 d_{SB} と等しい。

10

【0052】

また、図 5 に示すボアスコープ 1 1 Aの視野角 α_{FA} は、ボアスコープ 1 1 Aの対物光学系 2 2、リレー光学系 2 3 及び撮像光学系 2 5 により規定される。図 6 に示すボアスコープ 1 1 Bの視野角 α_{FB} も、同様に、ボアスコープ 1 1 Bの対物光学系 2 2、リレー光学系 2 3 及び撮像光学系 2 5 により規定される。視野角 α_{FA} は、視野角 α_{FB} よりも大きい。

【0053】

さらに、図 5 と図 6 に示すように、ボアスコープ 1 1 Aの挿入部 1 1 a の軸方向に対する視野方向角 α_{DA} は、ボアスコープ 1 1 Bの挿入部 1 1 a の軸方向に対する視野方向角 α_{DB} と等しい。なお、ここでは、視野方向角 α_{DA} 、 α_{DB} は、90 度である。

20

【0054】

すなわち、ボアスコープ 1 1 Aは、挿入部 1 1 a と、ボアスコープ 1 1 Bの距離センサ 3 2 と同じ挿入長 L を検出する距離センサと、ボアスコープ 1 1 Bの加速度センサ 2 7 と同じ姿勢を検出する加速度センサと、ボアスコープ 1 1 Bと同じ 2 つの距離 d1, d2 を検出する 2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b を有する。

【0055】

以上のように、2 つのボアスコープ 1 1 Aと 1 1 Bは、撮像光学系における視野角以外のパラメータは同じである。よって、2 つのボアスコープ 1 1 Aと 1 1 Bは、同じ挿入長 L で同じ視野方向のとき、被写体を撮像する撮像光学中心 Pc は、一致する。

30

【0056】

図 7 において、検査画像 G1 は、ボアスコープ 1 1 Aにより撮像して得られた画像であり、検査画像 G2 は、ボアスコープ 1 1 Bにより撮像して得られた画像である。ボアスコープ 1 1 Bの視野角 α_{FB} は、ボアスコープ 1 1 Aの視野角 α_{FA} よりも小さいため、検査画像 G2 は、検査画像 G1 の中央部分が拡大された画像である。図 7 の内視鏡画像 G2 では、検査画像 G1 の白抜きの矢印が拡大されている。

【0057】

ボアスコープ 1 1 Aの挿入部 1 1 a とボアスコープ 1 1 Bの挿入部 1 1 a の挿入長が等しく、かつ撮像光学中心 Pc から被写体へ向かう方向も一致すれば、図 7 に示すように、検査画像 G1 と G2 の中心部画像は、ブレード B の同じ位置を撮像して得られた画像となる。

40

【0058】

従って、検査者であるユーザが、最初にボアスコープ 1 1 Aにより、ブレード B を観察し検査した後、ボアスコープ 1 1 Aによる観察で発見した欠陥部を、視野角の狭いボアスコープ 1 1 Bを用いて、ブレード B を拡大して観察し検査することができるよう、ブレード検査システム 1 は、ユーザによるボアスコープ 1 1 Bの操作補助を行う。

(作用)

次に、ブレード検査システム 1 の動作について説明する。

【0059】

50

図 8 は、ボアスコープ 1 1 を挿入して、内視鏡画像を表示し記録する記録処理の流れの例を示すフローチャートである。図 8 の記録処理プログラムは、PC 1 2 のROM 5 2 に記憶されており、CPU 5 1 により読み出されて実行される。図 9 は、PC 1 2 のLCD 5 5 の画面上に表示されるグラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) の例を示す図である。

【0060】

まず、図 9 を用いて、ブレード検査時に PC 1 2 の LCD 5 5 の画面上に表示される GUI (グラフィカル・ユーザ・インターフェース) の構成について説明する。

図 9 に示すように、PC 1 2 の LCD 5 5 の画面上に表示される GUI 6 1 は、検査画像を表示する 2 つの画像表示部 6 2 A、6 2 B と、スコープ ID を表示するスコープ ID 表示部 6 3 A、6 3 B と、挿入長を表示する 2 つの挿入長情報表示部 6 4 A、6 4 B と、姿勢情報を表示する 2 つの姿勢情報表示部 6 5 A、6 5 B と、距離情報を表示する 2 つの距離情報表示部 6 6 A、6 6 B と、を含むグラフィカル・ユーザ・インターフェースである。

10

【0061】

さらに、GUI 6 1 は、3 つの情報の一致を示す一致インジケータ 6 7、6 8、6 9 と、画像記録ボタン 7 0 と、画像呼び出しボタン 7 1 と、戻しボタン 7 2 A と、送りボタン 7 2 B と、キャンセルボタン 7 3 とを含む。

【0062】

画像表示部 6 2 A は、ボアスコープ 1 1 から受信している現在検査中のライブの検査画像を表示する表示領域である。画像表示部 6 2 B は、記憶部である HDD 5 9 に記録された検査画像の静止画を表示する表示領域である。

20

【0063】

スコープ ID 表示部 6 3 A と 6 3 B は、それぞれ画像表示部 6 2 A と 6 2 B に表示される検査画像を取得しているあるいは取得したときのボアスコープ 1 1 のスコープ ID を表示する表示領域である。

【0064】

挿入長情報表示部 6 4 A と 6 4 B は、それぞれ画像表示部 6 2 A と 6 2 B に表示された検査画像を取得しているあるいは取得したときのボアスコープ 1 1 の挿入長 L を表示する表示領域である。挿入長 L は、距離センサ 3 2 の出力に基づいて、ボアスコープ 1 1 の制御部 4 1 が算出して送信した値である。挿入長情報表示部 6 4 A には、画像表示部 6 2 A に表示されている検査画像を取得しているときの、あるいは取得したときの、挿入長 L1 が表示される。挿入長情報表示部 6 4 B には、画像表示部 6 2 B に表示されている検査画像を取得したときの、挿入長 L2 が表示される。

30

【0065】

姿勢情報表示部 6 5 A と 6 5 B は、それぞれ画像表示部 6 2 A と 6 2 B に表示される検査画像を取得したときのボアスコープ 1 1 の姿勢情報を表示する表示領域である。姿勢情報は、加速度センサ 2 7 の出力から算出して得られた、ボアスコープ 1 1 の重力方向 g に対する傾きである仰角 β と軸回りの回転角 γ とを含む。姿勢情報表示部 6 5 A は、画像表示部 6 2 A に表示されている検査画像を取得しているときの、あるいは取得したときの、仰角 $\beta 1$ と回転角 $\gamma 1$ とが表示される 2 つの表示領域を有する。姿勢情報表示部 6 5 B も、画像表示部 6 2 B に表示されている検査画像を取得したときの、仰角 $\beta 2$ と回転角 $\gamma 2$ とが表示される 2 つの表示領域を有する。

40

【0066】

距離情報表示部 6 6 A と 6 6 B は、それぞれ画像表示部 6 2 A と 6 2 B に表示される検査画像を取得したときのボアスコープ 1 1 の 2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b の出力から求められた距離情報を表示する表示領域である。距離情報は、2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b の出力に基づいて、制御部 4 1 が算出して送信した 2 つの距離 d1、d2 である。距離情報表示部 6 6 A は、画像表示部 6 2 A に表示されている検査画像を取得しているときの、あるいは取得したときの、2 つの距離 d11、d12 が表示される 2 つの表示領域を有する。距離情報表示部 6 6 B も、画像表示部 6 2 B に表示されている検査画像を取得したときの、2 つの距離 d21、d22 が表示される 2 つの表示領域を有する。距離 d11 と d21 は、図 2 における

50

距離d1に相当し、距離d12とd22は、図2における距離d2に相当する。

【0067】

一致インジケータ67は、後述するように、画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの挿入長と、画像表示部62Aに表示されているライブの検査画像の挿入長とが、一致したことを示す表示部である。例えば、一致インジケータ67の輝度あるいは色が変わることによって、2つの挿入長が所定の誤差範囲内で一致したことを示す。よって、2つの挿入長が一致するとは、2つの挿入長が完全に一致する場合だけでなく、所定の誤差範囲内で一致する場合も含む。

【0068】

ここでは、一致インジケータ67は、色が赤であるときは、静止画についての挿入長と、ライブ画像についての挿入長は一致しておらず、色が緑であるときは、静止画についての挿入長と、ライブ画像についての挿入長は一致していることを示す。

10

【0069】

一致インジケータ68は、後述するように、画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの姿勢情報と、画像表示部62Aに表示されているライブの検査画像の姿勢情報とが、一致したことを示す表示部である。例えば、一致インジケータ67の輝度あるいは色が変わることによって、2つの姿勢情報が所定の誤差範囲内で一致したことを示す。よって、2つの姿勢情報が一致するとは、2つの姿勢情報が完全に一致する場合だけでなく、所定の誤差範囲内で一致する場合も含む。ここでも、一致インジケータ68は、色が赤であるときは、静止画についての姿勢と、ライブ画像についての姿勢は一致しておらず、色が緑であるときは、静止画についての姿勢と、ライブ画像についての姿勢は一致していることを示す。

20

【0070】

一致インジケータ69は、後述するように、画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの距離情報と、画像表示部62Aに表示されているライブの検査画像の距離情報とが、一致したことを示す表示部である。例えば、一致インジケータ68の輝度あるいは色が変わることによって、2つの距離情報が所定の誤差範囲内で一致したことを示す。よって、2つの距離情報が一致するとは、2つの距離情報が完全に一致する場合だけでなく、所定の誤差範囲内で一致する場合も含む。ここでも、一致インジケータ69は、色が赤であるときは、静止画についての距離情報と、ライブ画像についての距離情報は一致しておらず、色が緑であるときは、静止画についての距離情報と、ライブ画像についての距離情報は一致していることを示す。

30

【0071】

なお、一致インジケータ67は、ライブの検査画像の挿入長と画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの挿入長とが一致すると、赤から緑に変化するのではなく、ライブの検査画像の挿入長挿入長が画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの挿入長に対して所定の距離範囲内になると、一致インジケータ67は、所定の色、例えば黄色、に変化し、その後、両者が一致すると緑に変化するようにしてもよい。

【0072】

40

他の一致インジケータ68、69の色の変化も同様であり、ライブの検査画像の姿勢情報及び距離情報が、それぞれ静止画の検査画像を取得したときの姿勢情報及び距離情報に対して所定の値の範囲内になると、一致インジケータ68、69は、所定の色、例えば黄色、に変化し、その後、両者が一致すると緑に変化するようにしてもよい。

【0073】

画像記録ボタン70は、後述するように、画像表示部62Aに表示されたライブ画像の静止画を記録するときに、ユーザがタッチすることによって操作されるLCD55上に表示されたボタンである。

【0074】

画像呼び出しボタン71は、後述するように、HDD54に記録された静止画を呼び出し

50

て画像表示部 6 2 Bに表示させるときに、ユーザがタッチすることによって操作されるLCD 5 5 上に表示されたボタンである。

【0075】

戻しボタン 7 2 Aは、後述するように、呼び出された静止画が複数有る場合に、HDD 5 4 に記録された複数の静止画を所定の順番で 1 つずつ戻して、静止画を画像表示部 6 2 Bに表示させるためのLCD 5 5 上に表示されたボタンである。

【0076】

送りボタン 7 2 Bは、後述するように、呼び出された静止画が複数有る場合に、HDD 5 4 に記録された複数の静止画を所定の順番で 1 つずつ進めて、静止画を画像表示部 6 2 Bに表示させるためのLCD 5 5 上に表示されたボタンである。

10

キャンセルボタン 7 3 は、検査者であるユーザが、一旦選択したコマンドをキャンセルする場合に用いるボタンである。

【0077】

図 9 に示す GUI 6 1 が PC 1 2 の LCD 5 5 に表示され、ユーザは、ブレード B の検査を行う

。

図 8 に示すように、CPU 5 1 は、ボアスコープ 1 1 から受信した画像信号に基づき、動画の内視鏡画像であるライブの検査画像（以下、ライブ画像という）を、LCD 5 5 に表示する（S1）。ライブ画像は、GUI 6 1 の画像表示部 6 2 Aに表示される。このとき、CPU 5 1 は、ボアスコープ 1 1 の制御部 4 1 からスコープIDも受信しているので、スコープID表示部 6 3 Aに、スコープIDを表示する。

20

【0078】

そして、CPU 5 1 は、リアルタイムで受信している、挿入長、姿勢情報及び位置情報を、それぞれ挿入長情報表示部 6 4 A、姿勢情報表示部 6 5 A及び距離情報表示部 6 6 Aに表示する（S2）。

【0079】

CPU 5 1 は、画像記録ボタン 7 0 が選択すなわちタッチされたか否かを判定し（S3）、画像記録ボタン 7 0 が選択されていなければ（S3:NO）、処理は、S1に戻る。

画像記録ボタン 7 0 が選択されると（S3:YES）、CPU 5 1 は、受信しているライブ画像から静止画を生成して、画像表示部 6 2 Aに静止画を表示する（S4）。

【0080】

30

そして、CPU 5 1 は、画像表示部 6 2 Aに表示した静止画を取得したときの、挿入長、姿勢情報及び位置情報を、それぞれ挿入長情報表示部 6 4 A、姿勢情報表示部 6 5 A及び距離情報表示部 6 6 Aに表示する（S5）。

【0081】

CPU 5 1 は、画像記録ボタン 7 0 が再度、選択すなわちタッチされたか否かを判定し（S6）、画像記録ボタン 7 0 が選択されていなければ（S6:NO）、キャンセルボタン 7 3 が選択されたか否かを判定する（S7）。キャンセルボタン 7 3 が選択されたときは（S7:YES）、処理は、S1に戻る。キャンセルボタン 7 3 が選択されないときは、処理は、何もしない。

【0082】

40

画像記録ボタン 7 0 が選択されると（S6:YES）、画像表示部 6 2 Aに表示した静止画と、スコープIDと、その静止画についての挿入長、姿勢情報及び位置情報とを、記憶装置であるHDD 5 4 に記録する（S8）。ここでは、スコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報は、画像データのEXIF情報として画像データに含まれて、HDD 5 4 に記録される。

【0083】

そして、CPU 5 1 は、記録した静止画を画像表示部 6 2 Bに表示し（S9）、画像表示部 6 2 Bに表示した静止画を取得したときの、スコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報を、それぞれスコープID表示部 6 3 B、挿入長情報表示部 6 4 B、姿勢情報表示部 6 5 B及び距離情報表示部 6 6 Bに表示する（S10）。

【0084】

50

以上のようにして、ユーザは、エンジンE内のブレードBの検査画像である静止画を記録することができる。図8の処理が繰り返されることによって、ユーザは、複数枚の検査画像をHDD54に記憶することができる。

【0085】

例えば、視野角が比較的広いボアスコープ11Aを用いて図8に示す処理を行って、ブレードBの大体の検査を行い、キズの部位が写った静止画が最初に記録される。そして、検査者は、そのキズの部位を拡大して観察あるいは記録するために、ボアスコープ11AをアクセスポートAPから引き抜き、ボアスコープ11Aよりも視野角の狭いボアスコープ11BをアクセスポートAPから挿入する。

【0086】

図10と図11は、視野角の狭いボアスコープ11を挿入して、記録済みの検査画像を参照しながら、検査画像を表示し記録する記録処理の流れの例を示すフローチャートである。図10と図11に示す記録処理プログラムは、ROM52に記憶されており、PC12のCPU51により読み出されて実行される。

【0087】

検査者によりGUI61の画像呼び出しボタン71が選択すなわちタッチされると、図10と図11に示す処理が実行される。

まず、CPU51は、画像呼び出し処理を実行する(S21)。最初は、HDD54に記録されている複数の検査画像の内、最初の、例えば時系列的に最も過去の検査画像が、画像表示部62Bに表示される。ユーザは、送りボタン72Bと戻しボタン72Aを利用して、HDD54に記録された複数の検査画像の中から、所望の検査画像を選択して、画像表示部62Bに表示させることができる。

【0088】

ユーザにより選択された検査画像が画像表示部62Bに表示されると、その検査画像についての、スコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報は、それぞれスコープID表示部63B、挿入長情報表示部64B、姿勢情報表示部65B及び距離情報表示部66Bに表示される。

従って、ユーザは、記録された検査画像と、その検査画像についてのスコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報を、GUI61に表示させることができる。

【0089】

ユーザは、ボアスコープ11BをエンジンE内に挿入するが、CPU51は、ボアスコープ11Bから受信したスコープIDをスコープID表示部63Aに表示し、ライブ画像を画像表示部62Aに表示し、かつそのライブ画像についての挿入長、姿勢情報、及び位置情報を、それぞれ挿入長情報表示部64A、姿勢情報表示部65A及び距離情報表示部66Aにリアルタイムで表示する(S22)。ボアスコープ11Bが動かされると、画像表示部62Aに表示されるライブ画像だけでなく、挿入長情報表示部64A、姿勢情報表示部65A及び距離情報表示部66Aの表示内容もリアルタイムで変化する。

【0090】

このとき、CPU51は、画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの挿入長L2と、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの挿入長L1が一致するか否かを判定する(S23)。そして、両者が一致しなければ(S23:NO)、処理はS22へ戻る。このS23の処理が、ボアスコープ11Bの距離センサ32が検出した挿入長L1と、HDD54に記憶された画像表示部62Bに表示される検査画像についての挿入長L2とを比較する挿入長比較部を構成する。

【0091】

すなわち、ユーザは、ボアスコープ11BをエンジンEの奥に進めるように挿入するが、このとき、一致インジケータ67が赤色から緑色に変化するかどうかをみながら、ボアスコープ11BをエンジンE内に挿入していき、一致インジケータ67が赤色から緑色に変化したときに、挿入動作を止める。

【0092】

なお、S23において、2つの挿入長が一致するか否かは、挿入長L2に対する所定の許容範囲内に、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの挿入長L1が入れば、両者は一致すると判定される。例えば、挿入長L1が $(L2 - \Delta k1)$ から $(L2 + \Delta k1)$ の範囲内にあれば、両者は一致していると判定される。

【0093】

両者が一致すると(S23:YES)、CPU51は、一致インジケータ67を所定の色、ここでは緑色、で表示する(S24)。一致インジケータ67が緑色になると、ユーザは、画像表示部62Bに表示された検査画像を取得したときの挿入長L2と、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの挿入長L1が一致していることを認識することができる。よって、S24の処理が、S23の比較結果に基づいて、ボアスコープ11Bの距離センサ32が検出した挿入長L1とHDD54に記憶された画像表示部62Bに表示される検査画像についての挿入長L2とが一致したことを示す一致情報を出力する一致出力部を構成する。そして、S24の処理が、所定の一致情報を出力することにより、表示装置であるLCD55に表示された所定のマークである一致インジケータ67の表示状態(ここでは色)を変更する。

10

【0094】

次に、ユーザは、ボアスコープ11Bの挿入長L1を変化させないようにボアスコープ11Bを保持した状態で、ボアスコープ11Bの姿勢を変化させる。ユーザは、一致インジケータ68が赤色から緑色に変化するか否かをみながら、ボアスコープ11Bの姿勢を変化させ、一致インジケータ68が赤色から緑色に変化したときに、姿勢変化動作を止める。

20

【0095】

そのため、CPU51は、画像表示部62Bに表示された静止画の検査画像を取得したときの姿勢と、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの姿勢が一致するか否かを判定する(S25)。姿勢が一致するとは、仰角と回転角の両方が一致することという。

【0096】

そして、両者が一致しなければ(S25:NO)、処理はS22へ戻る。このS25の処理が、ボアスコープ11Bの加速度センサ27が検出した姿勢(ここでは、仰角 β と回転角 γ)と、HDD54に記憶された画像表示部62Bに表示される検査画像についての姿勢(ここでは、仰角 β と回転角 γ)とを比較する姿勢比較部を構成する。

30

【0097】

なお、S25において、2つの姿勢が一致するか否かは、画像表示部62Bに表示された検査画像について加速度センサ27の出力から算出された仰角 β と回転角 γ のそれぞれに対する所定の許容範囲内に、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの加速度センサ27の出力から算出された仰角 β と回転角 γ とが入れば、両者は一致すると判定される。例えば、ボアスコープ11Bの仰角 $\beta1$ が、ボアスコープ11Aについての $(\beta2 - \Delta k2)$ から $(\beta2 + \Delta k2)$ の範囲内にあり、ボアスコープ11Bの回転角 $\gamma1$ が、ボアスコープ11Aについての $(\gamma2 - \Delta k3)$ から $(\gamma2 + \Delta k3)$ の範囲内にあれば、両者の姿勢は一致していると判定される。

【0098】

両者が一致すると(S25:YES)、CPU51は、一致インジケータ68を所定の色、ここでは緑色、で表示する(S26)。一致インジケータ68が緑色なので、ユーザは、画像表示部62Bに表示された検査画像を取得したときの姿勢と、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの姿勢が一致している。

40

【0099】

よって、S26の処理が、S25の比較結果に基づいて、ボアスコープ11Bの加速度センサ27が検出した姿勢(ここでは、仰角 β と回転角 γ)と、HDD54に記憶された画像表示部62Bに表示される検査画像についての姿勢(ここでは、仰角 β と回転角 γ)とが一致したことを示す一致情報を出力する一致出力部を構成する。S26の処理が、所定の一致情報を出力することにより、表示装置であるLCD55に表示された所定のマークである一致

50

インジケータ 6 8 の表示状態（ここでは色）を変更する。

【0100】

次に、ユーザは、ボアスコープ 1 1 B の挿入長 $L1$ と姿勢（仰角 $\beta 1$ と回転角 $\gamma 1$ ）を変化させないようにボアスコープ 1 1 B を保持した状態で、ボアスコープ 1 1 B の挿入部 1 1 a の先端部の位置を変化させる。そして、ユーザは、一致インジケータ 6 9 が赤色から緑色に変化するか否かをみながら、ボアスコープ 1 1 B の位置を変更させ、一致インジケータ 6 9 が赤色から緑色に変化したときに、位置変更動作を止める。

【0101】

そのため、CPU 5 1 は、画像表示部 6 2 B に表示された静止画の検査画像を取得したときの 2 つの距離 $d1, d2$ と、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ 1 1 B の 2 つの距離 $d1, d2$ が一致するか否かを判定する（S27）。 10

【0102】

両者が一致すると（S27:YES）、画像表示部 6 2 B に表示された検査画像を取得したときのボアスコープ 1 1 A の挿入部 1 1 a の撮像光学中心 Pc の位置と、現在のライブの検査画像を取得しているときのボアスコープ 1 1 B の撮像光学中心 Pc の位置とが一致している。

【0103】

この S27 の処理が、ボアスコープ 1 1 B の 2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b が検出した 2 つの距離 $d1, d2$ と、HDD 5 4 に記憶された画像表示部 6 2 B に表示される検査画像についての 2 つの距離 $d1, d2$ とを比較する距離比較部を構成する。

【0104】 20

ここで、挿入部 1 1 a の先端部の位置について説明する。

図 1 2 から図 1 5 は、挿入部 1 1 a の先端部の位置を説明するための図である。図 1 2 は、挿入部 1 1 a がエンジン E のケーシング C 内に挿入された状態を説明するためのステータ S の部分斜視図である。図 1 3 は、挿入部 1 1 a がエンジン E のケーシング C 内に挿入された状態を説明するための、ロータの回転軸 Ax に直交する方向からステータベーン Sv を見たときの挿入部 1 1 a の状態を説明するための図である。図 1 4 は、挿入部 1 1 a の可動範囲 MR を説明するための模式的な説明図である。図 1 5 は、挿入部 1 1 a の先端部の撮像光学中心の位置変更範囲を説明するための模式的な説明図である。

【0105】

図 1 2 及び図 1 3 に示すように、ケーシング C に設けられたアクセスポート AP に固定具 F が取り付けられ、挿入部 1 1 a は、固定具 F の挿通孔に挿通される。挿入部 1 1 a は、ステータ S 内部の外シュラウド $S0$ に設けられた孔 H を通り、内シュラウド SI に向かって挿入される。 30

【0106】

ステータ S には、円筒状の外シュラウド $S0$ 及び内シュラウド SI の周方向に沿って、外シュラウド $S0$ と内シュラウド SI の間に複数のステータベーン Sv が設けられており、孔 H を通った挿入部 1 1 a は、2 枚のステータベーン $Sv1$ と $Sv2$ の間に、挿入される。

【0107】

円形の開口部である孔 H は、挿入部 1 1 a が孔 H に挿通されたときに、挿入部 1 1 a の外周部と孔 H の内縁部との間に所定の隙間ができるような内径を有する。よって、ユーザは、挿入部 1 1 を、固定具 F の挿通孔の中央部をピボット点 Ph として、挿入部 1 1 a の先端部を所定の範囲で動かすことができる。 40

【0108】

図 1 4 は、エンジン E 内における挿入部 1 1 a の可動範囲 MR を示す。ユーザは、図 1 4 において点線で示す円錐形の可動範囲 MR 内において、挿入部 1 1 a を動かすことができる。

【0109】

ボアスコープ 1 1 B が、ボアスコープ 1 1 A と、挿入長 L と姿勢において同じであるとき、挿入部 1 1 a の撮像光学中心 Pc は、可動範囲 MR の底面の円周 MRc 上に位置することになる。すなわち、S24 と S26 により、2 つの一致インジケータ 6 7 と 6 8 の両方の色が赤から 50

緑になった後、2つの一致インジケータ67と68の両方の色が緑のままで、ボアスコープ11Bの挿入部11aを動かすことができる範囲は、円錐形の可動範囲MRの底面の円周MRc上だけである。

【0110】

言い換えれば、ボアスコープ11Bの挿入長と姿勢を変化させないように保った状態で、ユーザがボアスコープ11Bの挿入部11aの撮像光学中心Pcの位置を変更することができる範囲は、可動範囲MRの底面の円周MRc上だけである。

【0111】

さらに、外シュラウドS0の孔Hが挿入部11aの動きを規制するため、ボアスコープ11Bの挿入部11aの撮像光学中心Pcを動かすことができる範囲は、円錐形の可動範囲MRの底面の円周MRc上の一部にだけとなる。図14と図15では、ユーザがボアスコープ11Bの挿入部11aの撮像光学中心Pcを動かすことができる範囲は、円周MRc上の点PL1とPL2の間だけに限られることを示している。

10

【0112】

図10に戻り、ユーザは、S26の後、ボアスコープ11Bの挿入長と姿勢を変化させないように保持した状態で、ボアスコープ11Bの挿入部11aの撮像光学中心Pcの位置を変更するが、CPU51は、2つの距離センサ31aと31bにより検出された2つの距離値d11,d12が、距離情報表示部66Bに表示された2つの距離値d21,d22と一致するか否かの判定をリアルタイムで実行する。すなわち、CPU51は、S26の後、2つの距離が一致するか否かを判定する(S27)。

20

【0113】

なお、S27において、2つの距離が一致するか否かは、画像表示部62Bに表示された検査画像についての距離d21,d22のそれぞれに対する所定の許容範囲内に、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの2つの距離センサ31aと31bにより検出された2つの距離値d11,d12が入れば、両者は一致すると判定される。例えば、2つの距離値d11,d12が、それぞれ $(d21 - \Delta k3)$ から $(d21 + \Delta k3)$ の範囲と $(d22 - \Delta k3)$ から $(d22 + \Delta k3)$ の範囲内にあれば、両者は一致していると判定される。

両者が一致しなければ(S27:NO)、処理はS22へ戻り、両者が一致すると(S27:YES)、CPU51は、一致インジケータ69を所定の色、ここでは緑色、で表示する(S28)。

【0114】

30

例えば、図15において、円周MRc上の点PL1とPL2の間で、挿入部11aの撮像光学中心Pcが移動したとき、撮像光学中心Pcが点Ppにあるときに、2つの距離センサ31aと31bにより検出された2つの距離値d11,d12が、距離情報表示部66Bに表示された2つの距離値d21,d22と一致するとすれば、点Pp以外の点Pp1,Pp2等の点では、2つの距離センサ31aと31bにより検出された2つの距離値d11,d12と、距離情報表示部66Bに表示された2つの距離値d21,d22とは一致しない。

【0115】

図16は、回転軸Axの方向から見たときの挿入部11aの撮像光学中心Pcの位置と、2つの距離値d11,d12との関係を説明するための図である。

図16に示すように、撮像光学中心Pcの位置が、回転軸Axに近い場合と、回転軸Axから遠い場合では、2枚のステータベーンSv1とSv2間の距離は、異なる。

40

【0116】

例えば、撮像光学中心Pcが回転軸Axから距離raにある撮像光学中心Pcaに位置するときと、撮像光学中心Pcが回転軸Axから撮像光学中心Pcaよりも遠い距離rbにある撮像光学中心Pcbに位置するときとを比べると、撮像光学中心Pcaのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離daは、撮像光学中心Pcbのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離dbよりも短い。これは、ステータベーンSv1,Sv2が、それぞれ回転軸Axの中心から回転軸Axの径方向に伸びているためである。

【0117】

同様に、回転軸Axから距離rbにある撮像光学中心Pcbに位置するときと、撮像光学中心P

50

cが回転軸Axから撮像光学中心Pcbよりもさらに遠い距離rcにある撮像光学中心Pccに位置するときとを比べると、撮像光学中心Pcbのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離dbは、撮像光学中心Pccのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離dcよりも短い。

【0118】

逆に言えば、挿入長Lが長くなると、2枚のステータベーンSv1とSv2間の距離は短くなる。図16に示すように、挿入長Lsbのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離dbは、挿入長Lが挿入長Lsbよりも長い挿入長Lsaのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離daよりも、長い。同様に、挿入長Lscのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離dcは、挿入長Lが挿入長Lscよりも長い挿入長Lsbのときの2枚のステータベーンSv1とSv2の中央部間の距離dbよりも、長い。

10

【0119】

すなわち、挿入長Lと仰角 β と回転角 γ が、前回の検査時の挿入長Lと仰角 β と回転角 γ と同じとき、前回の検査時の2つの距離センサ31aと31bにより検出された2つの距離値d21,d22と、ボアスコープ11Bの2つの距離センサ31aと31bにより検出された距離値d12,d12とが一致するのは、撮像光学中心Pcが点Ppにあるときのみである。

【0120】

よって、撮像光学中心Pccからの視野方向は、一意に決定される。言い換えれば、撮像光学中心Pccの方位角が決定される。

図15に示すように、ボアスコープ11Bの挿入長と姿勢を変化させないように保持した状態で、撮像光学中心Pcが点Ppにあるとき、2つの距離値da12,da22と距離値d21,d22とは一致したとすると、撮像光学中心Pcが点Pp1にあるとき、図15に示すように、2つの距離値da11,da21と距離値d21,d22とは一致しない。同様に、撮像光学中心Pcが点Pp2にあるとき、2つの距離値da13,da23と距離値d21,d22とは一致しない。

20

【0121】

すなわち、撮像光学中心Pcが点Ppにあるときだけ、2つの距離センサ31aと31bにより検出された2つの距離値d11、d21は、それぞれ、距離情報表示部66Bに表示された2つの距離値d21、d22と一致する。

【0122】

よって、両者が一致すると(S27:YES)、CPU51は、一致インジケータ69を所定の色、ここでは緑色、で表示する(S28)。一致インジケータ69が緑色なので、ユーザは、画像表示部62Bに表示された検査画像を取得したときの2つの距離値d21、d22と、現在のライブ画像を取得しているときのボアスコープ11Bの距離値d11、d21が一致していると、認識することができる。

30

【0123】

よって、S28の処理が、S27の比較結果に基づいて、ボアスコープ11Bの2つの距離センサ31a、31bが検出した2つの距離d1,d2と、HDD54に記憶された画像表示部62Bに表示される検査画像についての2つの距離d1,d2とが一致したことを示す一致情報を出力する一致出力部を構成する。S28の処理が、所定の一致情報を出力することにより、表示装置であるLCD55に表示された所定のマークである一致インジケータ69の表示状態(ここでは色)を変更する。

40

【0124】

以上のS24,S26,S28により、挿入長、姿勢、及び2つの距離d1,d2が一致したことが3つの一致インジケータ67、68、69により示されるので、ユーザは、静止画を取得したときと同じ位置と視野方向で、ブレードBの拡大画像を観察することができる。

【0125】

そして、S28の処理の後、CPU51は、画像記録ボタン70が選択すなわちタッチされたか否かを判定し(S29)、画像記録ボタン70が選択されていなければ(S29:NO)、処理は、S22に戻る。

画像記録ボタン70が選択されると(S29:YES)、受信しているライブ画像から静止画

50

を生成して、画像表示部 6 2 A に静止画を表示する (S30)。

【0 1 2 6】

そして、CPU 5 1 は、画像表示部 6 2 A に表示した静止画を取得したときの、挿入長、姿勢情報及び位置情報を、それぞれ挿入長情報表示部 6 4 A、姿勢情報表示部 6 5 A 及び距離情報表示部 6 6 A に表示する (S31)。

【0 1 2 7】

CPU 5 1 は、画像記録ボタン 7 0 が再度、選択すなわちタッチされたか否かを判定し (S32)、画像記録ボタン 7 0 が選択されていなければ (S32:NO)、キャンセルボタン 7 3 が選択されたか否かを判定する (S33)。キャンセルボタン 7 3 が選択されたときは (S33:YES)、処理は、S22に戻る。キャンセルボタン 7 3 が選択されないときは、処理は、何も

10

【0 1 2 8】

画像記録ボタン 7 0 が選択されると (S32:YES)、画像表示部 6 2 A に表示した静止画と、その静止画についてのスコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報とを、記憶装置であるHDD 5 4 に記録する (S34)

以上のようにして、検査者は、記録された検査画像を撮像したときの撮像光学中心Pcの位置と方向と同じ位置と方向から撮像した静止画（拡大されている静止画）をLCD 5 5 に表示させ、HDD 5 4 に記憶することができる。

【0 1 2 9】

なお、ここでは、静止画についての、スコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報は、静止画の画像データ中のEXIF情報として、HDD 5 4 に記録されるが、図 1 7 に示すような、静止画のファイルとは別のファイルに、スコープID、挿入長、姿勢情報及び位置情報を記録するようにしてもよい。

20

【0 1 3 0】

図 1 7 は、撮影情報記録ファイルのデータ構造を示す図である。図 1 7 に示すように、撮影情報記録ファイル 8 1 は、記録項目として、画像ID、スコープID、挿入長、仰角、回転角、第 1 の距離、及び第 2 の距離を有する。画像IDは、静止画の画像データの画像IDであり、静止画の画像データと紐付けるための情報である。

【0 1 3 1】

スコープID、挿入長、仰角、回転角、第 1 の距離、及び第 2 の距離は、上述したスコープID、挿入長L、仰角 β 、回転角 γ 、距離d21、及び距離d22に対応し、上述したS8、S22、S34において、これらのスコープID等の情報が、撮影情報記録ファイル 8 1 に記録され、あるいは撮影情報記録ファイル 8 1 から読み出される。

30

【0 1 3 2】

以上のように、本実施の形態によれば、ブレード検査において、既を取得されている検査画像のブレードを撮像したときと同じ位置及び同じ視野方向でブレードを観察可能なブレード検査装置及びブレード検査方法を実現することができる。

(第 2 の実施の形態)

第 1 の実施の形態のブレード検査装置は、挿入長L、仰角 β 、回転角 γ 及び 2 つの距離d1,d2に基づいて、記録された静止画を取得したときと同じ位置及び同じ視野方向から、ブレードを観察できるように構成されているが、第 2 の実施の形態のブレード検査装置は、挿入長Lを用いずに、仰角 β 、回転角 γ 及び 2 つの距離d1,d2に基づいて、記録された静止画を取得したときと同じ位置及び同じ視野方向から、ブレードを観察できるように構成されている。

40

【0 1 3 3】

第 1 の実施の形態では、固定具Fの挿通孔と挿入部 1 1 a 間に隙間があって、固定具Fにより支持されているときの挿入部 1 1 a のピボット点Phが一点とならないことがある場合を考慮して、挿入長L、仰角 β 、回転角 γ 及び 2 つの距離d1,d2に基づいて、2 回目のボアスコープの挿入時に挿入補助を行っている。よって、第 1 の実施の形態では、挿入しているボアスコープ 1 1 の挿入長Lを検出して、検出された挿入長Lが、記録された静止画を取

50

得したときのボアスコープ 1 1 の挿入長と一致したことを判定し、その上で、仰角 β 、回転角 γ 及び 2 つの距離 $d1, d2$ の一致が判定されている。

【0134】

しかし、固定具 F により支持されているときの挿入部 1 1 a のピボット点 Ph が一点となるような固定具 F を用いると、図 1 6 で説明したように、2 枚のステータベーン間の間隔は、アクセスポート AP から回転軸に向うにつれて狭くなるように変化するので、挿入長 L を検出しなくても、2 つの距離 $d1, d2$ の和のみで、挿入部 1 1 a の先端部のアクセスポート AP からの位置は特定することができる。

【0135】

図 1 8 は、挿通孔 Fa の開口径が大きい固定具 F の場合における、挿入部 1 1 a の先端部のブレの様子を説明するための図である。図 1 9 は、挿通孔 Fa の開口径が小さい固定具 Ff の場合における、挿入部 1 1 a の先端部のブレの様子を説明するための図である。

10

【0136】

図 1 8 に示す固定具 F の挿通孔 Fa の開口径は、大きく、図 1 9 に示す固定具 Ff の挿通孔 Fa の開口径は、固定具 F の挿通孔 Fa の開口径よりも小さい。そのため、図 1 9 の場合の挿入部 1 1 a の先端部のブレの量 SBb は、図 1 8 の場合の挿入部 1 1 a の先端部のブレの量 SBa よりも小さい。

【0137】

このブレ量 SBb が小さく、2 つの距離 $d1, d2$ の和のみで、挿入部 1 1 a の先端部のアクセスポート AP からの位置が一意に決まる場合、挿入長 L の検出は、不要となる。

20

本実施の形態のブレード検査システムの構成は、第 1 の実施の形態に示したブレード検査システム 1 の構成と略同じである。

【0138】

但し、本実施の形態では、図 2 と図 3 に示すボアスコープ 1 1 の構成において、第 1 の実施の形態における用いた距離センサ 3 2 は不要であり、加速度センサ 2 7 と、2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b が必要となる。

その結果、図 8 の処理では、検出されない挿入長 L の情報は、表示されず、かつ記録もされない。

【0139】

図 9 の GUI 6 1 において、挿入長情報表示部 6 4 A、6 4 B と、一致インジケータ 6 7 が不要であり、その他の構成は、必要である。

30

図 1 0 と図 1 1 の処理では、検出されない挿入長 L の情報は、表示されず、かつ記録もされず、かつ S23 と S24 の処理も不要であり、その他の処理ステップは必要である。不要な処理ステップは、ジャンプされて実行されない。

さらに図 1 7 に示す撮影情報記録ファイルでは、挿入長の項目は不要となる。

【0140】

以上のように、本実施の形態では、挿入長の情報を使用しないため、挿入長を検出するセンサ、及びその挿入長の情報に関わる処理が行われないが、ボアスコープ 1 1 B の 2 つの距離センサ 3 1 a、3 1 b の検出した 2 つの距離 $d1, d2$ と、HDD 5 4 に記録された 2 つの距離 $d21, d22$ の一致を判定しているので、ユーザは、前回の検査でキズ等を発見したときの観察窓の位置及び方向と同じになるように、ボアスコープ 1 1 B を挿入し、挿入部 1 1 a の先端部の位置と視野方向を決定することができる。

40

【0141】

以上のように、上述した 2 つの実施の形態によれば、ブレード検査において、既に取得されている検査画像のブレードを撮像したときと同じ位置及び同じ視野方向でブレードを観察可能なブレード検査装置及びブレード検査方法を実現することができる。

【0142】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

【符号の説明】

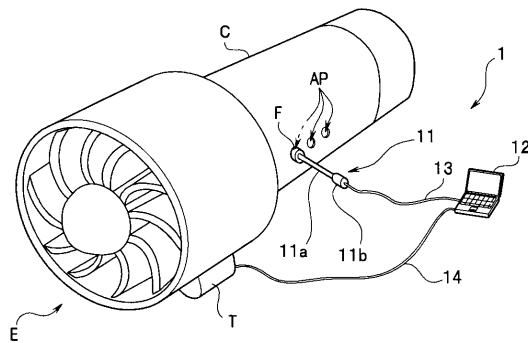
50

【0143】

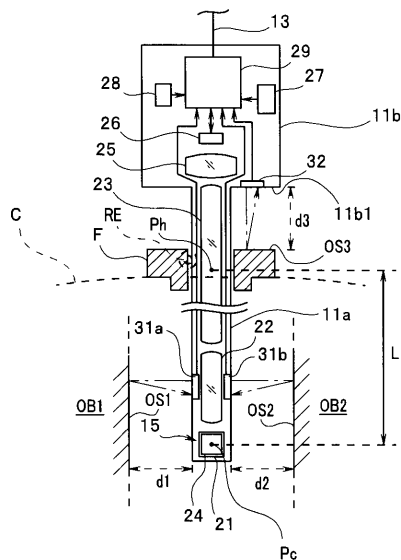
1 ブレード検査システム、11、11A、11B ポアスコープ、11a 挿入部、11b 把持部、12 PC、13 信号ケーブル、13a、13b 信号線、14 ケーブル、15 観察窓、21 ミラー、22 対物光学系、23 リレー光学系、24 ガラス板、25 撮像光学系、26 CCD、27 加速度センサ、28 ID記憶部、29 通信制御部、31a、31b、32 距離センサ、41 制御部、51 CPU、52 ROM、53 RAM、54 HDD、55 LCD、56 バス、57、58、59a、59b I/F、61 GUI、62A、62B 画像表示部、63A、63B スコープID表示部、64A、64B 挿入長情報表示部、65A、65B 姿勢情報表示部、66A、66B 距離情報表示部、67、68、69 一致インジケータ、70 画像記録ボタン、71 画像呼び出しボタン、72A 戻しボタン、72B 送りボタン、73 キャンセルボタン。

10

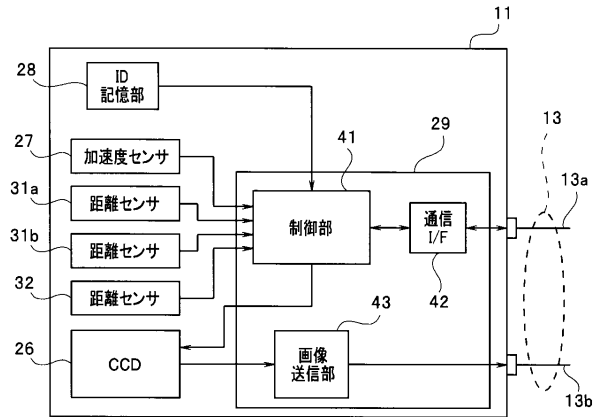
【図1】



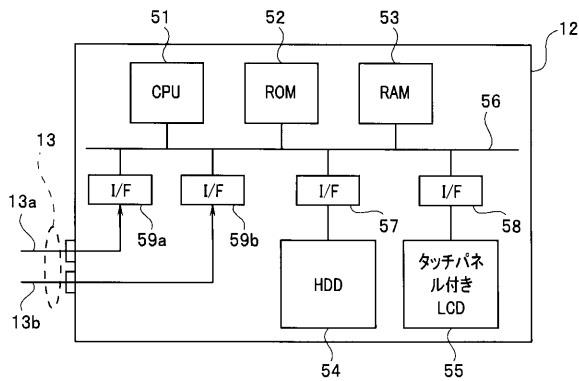
【図2】



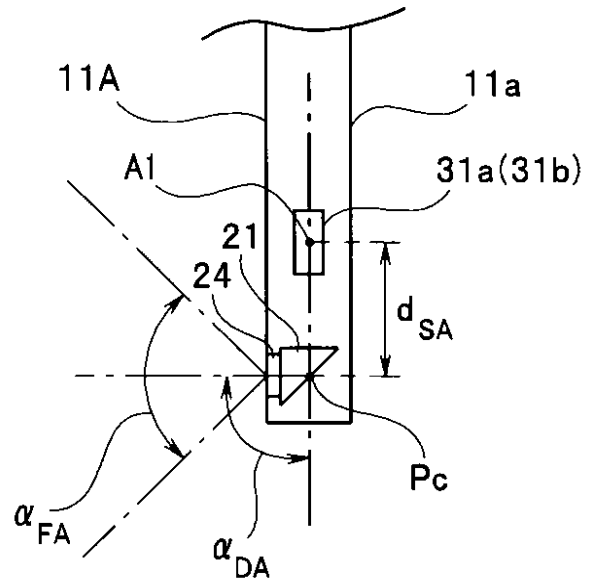
【図 3】



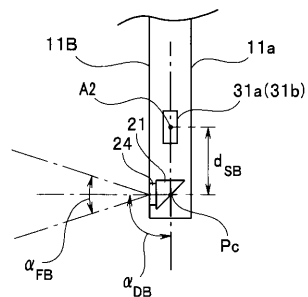
【図 4】



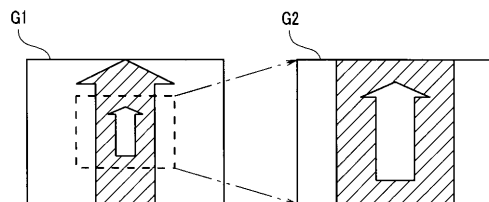
【図 5】



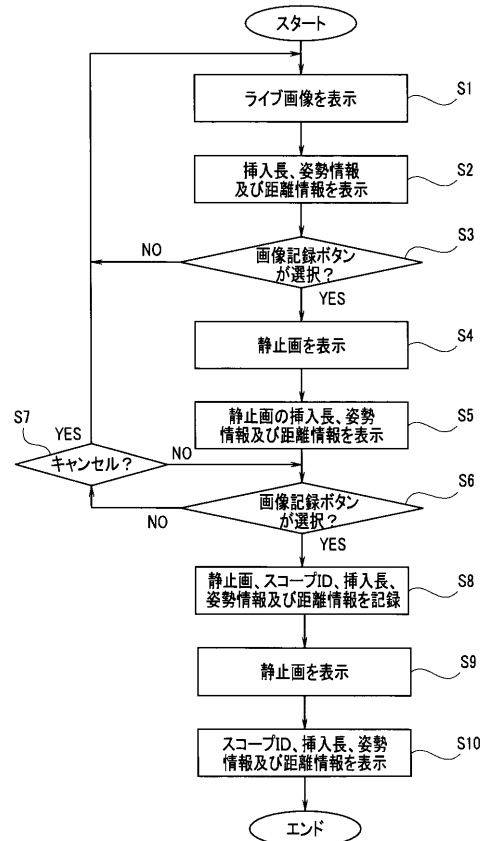
【図 6】



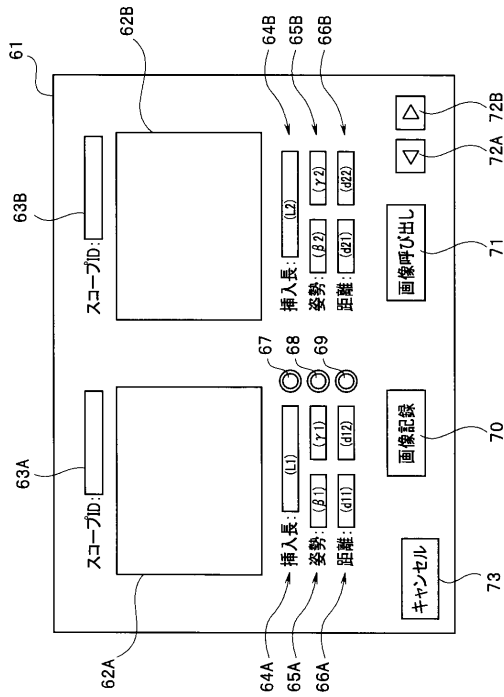
【図 7】



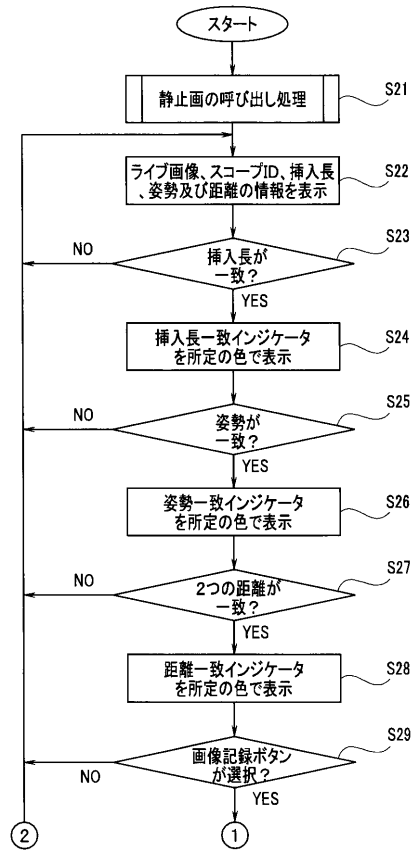
【図 8】



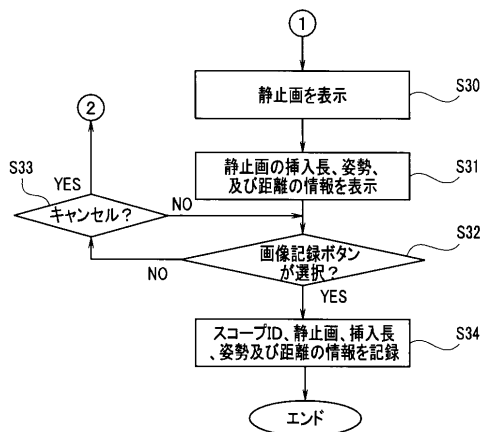
【図 9】



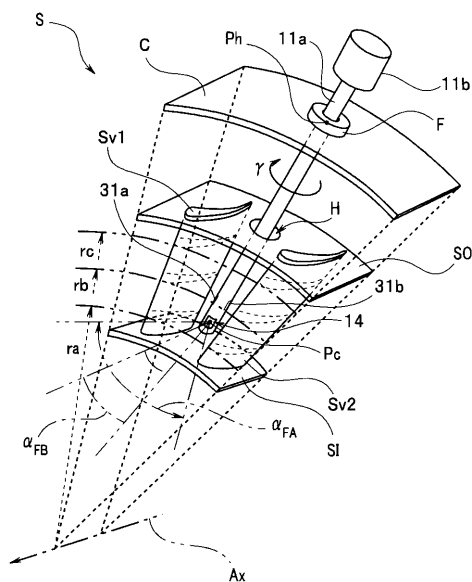
【図 10】



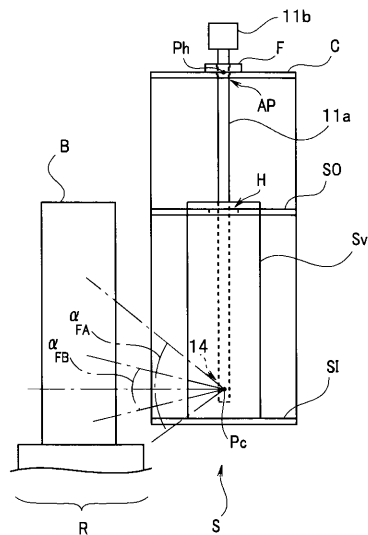
【図 1 1】



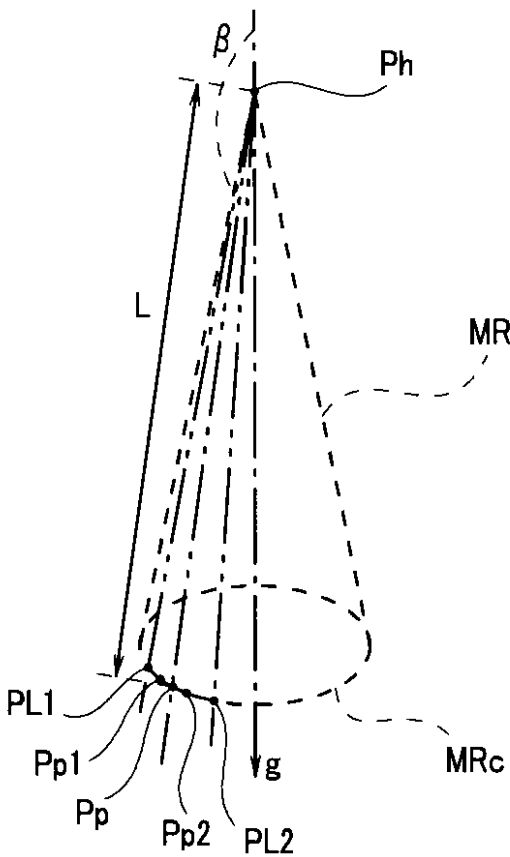
【図 12】



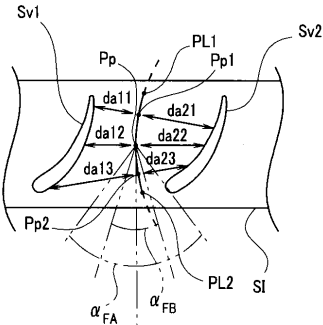
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】

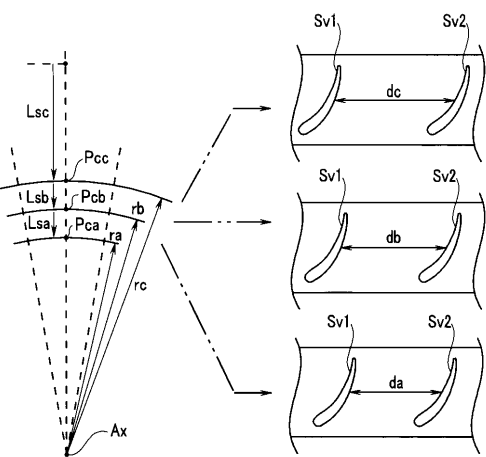


【図 1 7】

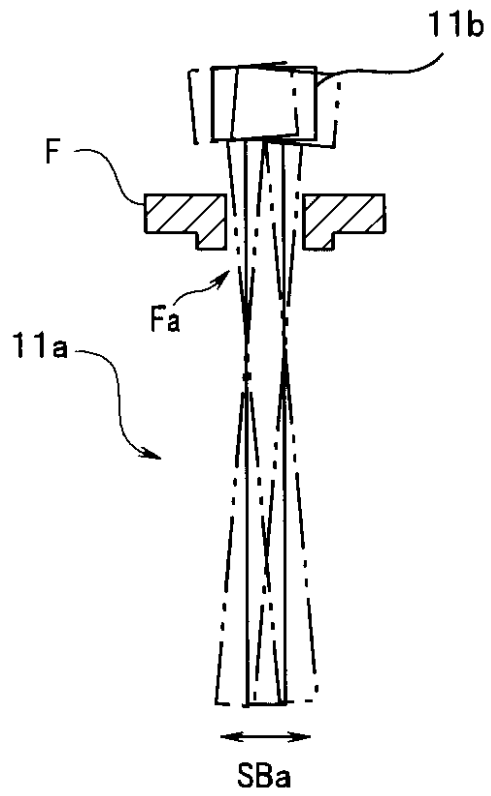
81

画像ID	スコープID	挿入長	仰角	回転角	第1の距離	第2の距離
00001	00101	...	...	...	...	...
00002	00102	...	...	...	...	...
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

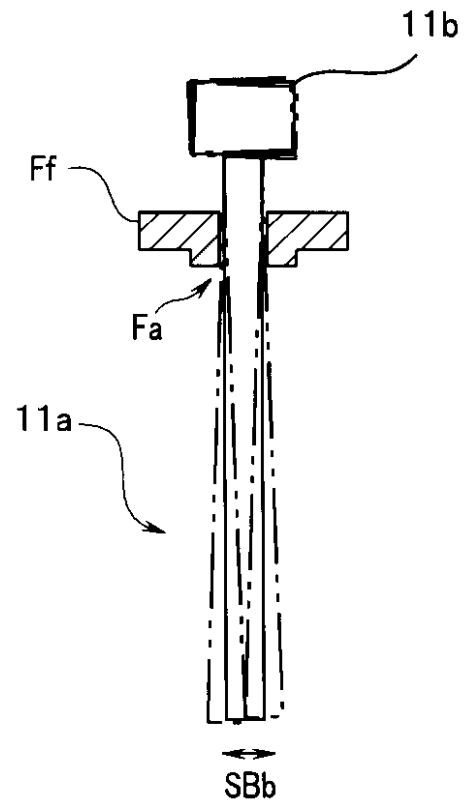
【図 1 6】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 史生

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリnpas株式会社内

審査官 瀬戸 息吹

(56)参考文献 特表2014-528794 (JP, A)

米国特許出願公開第2015/0168263 (US, A1)

特開2009-077765 (JP, A)

米国特許第03542014 (US, A)

国際公開第2013/011733 (WO, A1)

米国特許出願公開第2004/0141543 (US, A1)

特開2015-027360 (JP, A)

欧州特許出願公開第02597273 (EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 23/24 - 23/26

A61B 1/00 - 1/32

专利名称(译)	叶片检查装置和叶片检查方法		
公开(公告)号	JP6153410B2	公开(公告)日	2017-06-28
申请号	JP2013157926	申请日	2013-07-30
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	小林英一 此村優 堀史生		
发明人	小林 英一 此村 優 堀 史生		
IPC分类号	G02B23/26 A61B1/00 G02B23/24		
CPC分类号	A61B1/0005 A61B1/00177 A61B1/00188 F01D21/003 G01B11/24 G01N21/954 G01N2021/9542 G02B23/2423 G01B11/14 G01M15/02 G02B23/2476 G02B23/2484		
FI分类号	G02B23/26.C A61B1/00.550 A61B1/00.715 G02B23/24.A A61B1/00.300.D A61B1/00.300.P A61B1/00. 552 A61B1/00.553		
F-TERM分类号	2H040/AA04 2H040/BA04 2H040/BA22 2H040/BA23 2H040/CA13 2H040/CA25 2H040/DA11 2H040 /GA02 4C161/AA29 4C161/DD01 4C161/HH52		
代理人(译)	伊藤 进 长谷川 靖 ShinoUra修		
其他公开文献	JP2015028542A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

叶片检查装置1具有管道镜11B和PC12。管道镜11B具有距离传感器32，该距离传感器32用于当管道镜11B的插入部11a穿过设置在壳体C中的孔AP插入时检测插入长度L，容纳发动机的转子R，用于检测插入部11a的姿势的加速度传感器27，以及用于检测从插入部11a到定子S上的两个定子叶片两个距离的距离传感器31a和31b。PC 12将在管道镜11B中检测到的插入长度，姿态和两个距离与插入长度，姿态以及与存储在HDD 54中的检查图像有关的两个距离进行比较。当两者之间发生匹配时，PC 12输出匹配信息。

(19) 日本国特許庁(JP)		(12) 特 許 公 報 (B2)		(11) 特許番号	
				特許第6153410号 (P6153410)	
(45) 発行日 平成29年6月28日 (2017. 6. 28)		(24) 登録日 平成29年6月9日 (2017. 6. 9)			
(51) Int. Cl.		F 1			
G O 2 B 23/26 (2006. 01)		G O 2 B 23/26		C	
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)		A 6 1 B 1/00		5 5 0	
G O 2 B 23/24 (2006. 01)		A 6 1 B 1/00		7 1 5	
		G O 2 B 23/24		A	
請求項の数 16 (全 27 頁)					
(21) 出願番号 特願2013-157926 (P2013-157926)		(73) 特許権者 000000376			
(22) 出願日 平成25年7月30日 (2013. 7. 30)		オリンパス株式会社			
(65) 公開番号 特開2015-28542 (P2015-28542A)		東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地			
(43) 公開日 平成27年2月12日 (2015. 2. 12)		(74) 代理人 100076233			
審査請求日 平成28年7月25日 (2016. 7. 25)		弁理士 伊藤 進			
		(74) 代理人 100101661			
		弁理士 長谷川 靖			
		(74) 代理人 100135932			
		弁理士 藤浦 治			
		(72) 発明者 小林 英一			
		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4 3番2号 オ			
		リンパス株式会社内			
		(72) 発明者 此村 優			
		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4 3番2号 オ			
		リンパス株式会社内			
最終頁に続く					
(54) 【発明の名称】 ブレード検査装置及びブレード検査方法					