

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-203744

(P2017-203744A)

(43) 公開日 平成29年11月16日(2017.11.16)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)	
GO 1 B	11/30	(2006.01)	GO 1 B	11/30	A	2 F 0 6 5
GO 1 N	21/954	(2006.01)	GO 1 N	21/954	Z	2 G 0 5 1
GO 1 B	11/26	(2006.01)	GO 1 B	11/26	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-97123 (P2016-97123)
 (22) 出願日 平成28年5月13日 (2016. 5. 13)

(71) 出願人 000006208
 三菱重工株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (74) 代理人 100112737
 弁理士 藤田 考晴
 (74) 代理人 100140914
 弁理士 三苫 貴織
 (74) 代理人 100136168
 弁理士 川上 美紀
 (74) 代理人 100169199
 弁理士 石本 貴幸
 (74) 代理人 100172524
 弁理士 長田 大輔

最終頁に続く

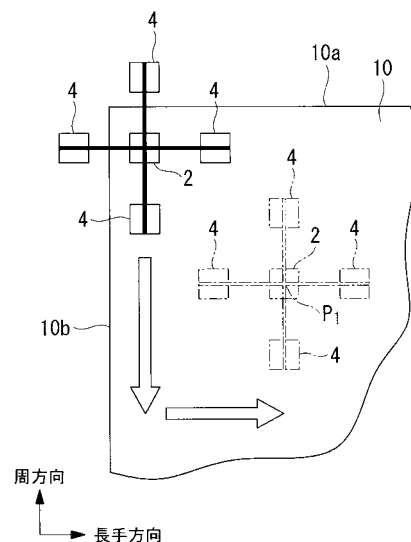
(54) 【発明の名称】 航空機パネル外観検査方法

(57) 【要約】

【課題】ロボット部によって撮像部を移動させて、撮像部が航空機パネルを撮像する場合において、撮像部によって適切な画像を取得することが可能な航空機パネル外観検査方法を提供することを目的とする。

【解決手段】航空機パネル外観検査方法は、航空機パネル10を撮像するカメラ2と、カメラ2を移動させるロボットと、カメラ2と共にロボットによって保持される距離センサー4とを備える航空機パネル外観検査装置を用いた航空機パネル外観検査方法において、距離センサー4によって検出された端部10a, 10bの位置に基づいて、距離センサー4が航空機パネル10との距離を測定できる位置を、撮像位置 P_1 として決定するステップと、撮像位置 P_1 にカメラ2を移動させたとき、距離センサー4によって測定された航空機パネル10との距離に基づいて、撮像位置 P_1 におけるカメラ2の撮像角度を決定するステップとを有する。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

航空機パネルを撮像する撮像部と、前記撮像部を保持し、前記航空機パネルに対して前記撮像部を移動させるロボット部と、前記撮像部と共に前記ロボット部によって保持され、前記航空機パネルとの距離を測定する測定部とを備える検査装置を用いた航空機パネル外観検査方法であって、

前記ロボット部によって移動された前記測定部が、前記航空機パネルの端部を検出するステップと、

検出された前記端部の位置に基づいて、前記測定部が前記航空機パネルとの距離を測定できる位置を、前記撮像部による撮像位置として決定するステップと、

前記ロボット部によって、決定された前記撮像位置に前記撮像部を移動させるステップと、

前記撮像部が前記撮像位置へ移動されたとき、前記測定部が、前記航空機パネルとの距離を測定するステップと、

測定された前記航空機パネルとの距離に基づいて、前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を決定するステップと、

を有する航空機パネル外観検査方法。

【請求項 2】

撮像時、前記撮像位置において決定された前記撮像部の前記撮像角度に基づいて、前記撮像部の角度を設定するステップを更に有する請求項 1 に記載の航空機パネル外観検査方法。

【請求項 3】

前記端部は、前記航空機パネルの 2 辺の端部からなる隅部である請求項 1 又は 2 に記載の航空機パネル外観検査方法。

【請求項 4】

航空機パネルを撮像する撮像部と、前記撮像部を保持し、前記航空機パネルに対して前記撮像部を移動させるロボット部と、前記撮像部と共に前記ロボット部によって保持され、前記航空機パネルとの距離を測定する測定部とを備える検査装置を用いた航空機パネル外観検査方法であって、

前記ロボット部によって移動された前記測定部が、前記航空機パネルの端部を検出するステップと、

検出された前記端部の位置と、予め記憶部に記録された前記航空機パネルの形状情報に基づいて、検出された前記端部の位置が、前記航空機パネルに形成された開口部端部に該当する位置であるか否かを判断するステップと、

検出された前記端部の位置が前記開口部端部であるか否かの判断結果に基づいて、前記撮像部の次の撮像位置を決定するステップと、

を有する航空機パネル外観検査方法。

【請求項 5】

検出された前記端部の位置が前記開口部端部であると判断されたとき、前記撮像部の次の撮像位置をそれまでの前記撮像部の撮像位置の延長上に決定して、前記撮像部を移動させる請求項 4 に記載の航空機パネル外観検査方法。

【請求項 6】

検出された前記端部の位置が前記開口部端部であると判断されたとき、前記開口部端部であると判断される直前の前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を、次の前記撮像位置における前記撮像部の前記撮像角度として決定する請求項 4 又は 5 に記載の航空機パネル外観検査方法。

【請求項 7】

検出された前記端部の位置がパネル端部であると判断されたとき、検出された前記パネル端部の位置に基づいて、前記測定部が前記航空機パネルとの距離を測定できる位置を、前記撮像部による撮像位置として決定するステップと、

10

20

30

40

50

前記ロボット部によって、決定された前記撮像位置に前記撮像部を移動させるステップと、

前記撮像部が前記撮像位置へ移動されたとき、前記測定部が、前記航空機パネルとの距離を測定するステップと、

測定された前記航空機パネルとの距離に基づいて、前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を決定するステップと、

を有する請求項 4 に記載の航空機パネル外観検査方法。

【請求項 8】

複数の前記測定部を備え、複数の前記測定部のうち少なくとも一つにおいて異常値が検出されたとき、前記異常値を除外して、前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を決定する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の航空機パネル外観検査方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、航空機パネル外観検査方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

航空機の胴体パネルや主翼パネル等の航空機パネルを製造する際、外観検査において、航空機パネル表面に生じている傷などの有無が検査されている。航空機パネルの外観検査は、作業員が目視で行う場合だけでなく、カメラをロボットに取り付けて、ロボットによってカメラを移動させて航空機パネルを所定領域ごとに撮像していく場合がある。

20

【0003】

下記の特許文献 1 では、磁気センサーが多軸ロボットに保持されつつ走査される非破壊検査装置において、形状認識センサーが測定対象の形状を計測し、認識された測定対象に基づいて、磁気センサーを測定対象の形状に沿って走査させるための経路や姿勢を決定することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

30

【特許文献 1】特開 2006 - 329632 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ロボットを用いて航空機パネルの外観検査を行う場合、ロボットによってカメラを移動させる経路や、撮像位置でのカメラの角度をロボットへ教示する必要がある。移動経路やカメラ角度を教示する動作プログラムは、航空機パネルの設計情報に基づく形状によって、事前に作成しておいてもよい。

【0006】

しかし、航空機パネルは、形状のばらつきや、保持治具による保持状態で生じている歪み等があるため、事前にロボットへ教示した動作プログラムでは、カメラ角度が撮像条件として適切ではなく、画像がボケたりする可能性がある。

40

【0007】

カメラ角度は、カメラと共にロボットに取り付けられた距離センサーによって測定された距離に基づいて決定される。しかし、航空機パネルの端部では、距離センサーから照射されるレーザ光が航空機パネルで反射せず、距離センサーが航空機パネルとの距離を測定できない場合がある。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、ロボット部によって撮像部を移動させて、撮像部が航空機パネルを撮像する場合において、撮像部によって適切な画

50

像を取得することが可能な航空機パネル外観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】

上記課題を解決するために、本発明の航空機パネル外観検査方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明に係る航空機パネル外観検査方法は、航空機パネルを撮像する撮像部と、前記撮像部を保持し、前記航空機パネルに対して前記撮像部を移動させるロボット部と、前記撮像部と共に前記ロボット部によって保持され、前記航空機パネルとの距離を測定する測定部とを備える検査装置を用いた航空機パネル外観検査方法であって、前記ロボット部によって移動された前記測定部が、前記航空機パネルの端部を検出するステップと、検出された前記端部の位置に基づいて、前記測定部が前記航空機パネルとの距離を測定できる位置を、前記撮像部による撮像位置として決定するステップと、前記ロボット部によって、決定された前記撮像位置に前記撮像部を移動させるステップと、前記撮像部が前記撮像位置へ移動されたとき、前記測定部が、前記航空機パネルとの距離を測定するステップと、測定された前記航空機パネルとの距離に基づいて、前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を決定するステップとを有する。

10

【0010】

この構成によれば、ロボットによって移動された測定部によって航空機パネルの端部が検出され、検出された端部に基づいて、撮像部が撮像を行う撮像位置が決定される。撮像部の撮像位置が決定されると、決定された撮像位置に基づいて、撮像部が移動される。そして、決定された撮像位置へ撮像部が移動された後、測定部によって撮像位置での航空機パネルとの距離が測定されて、その撮像位置での撮像部の撮像角度が決定される。撮像部の撮像角度が決定されると、決定された撮像角度に基づいて、撮像部が回転される。撮像部による撮像位置は、測定部が航空機パネルとの距離を測定できる位置に決定されているため、航空機パネルの端部に近い位置でも、測定部によって測定された距離に基づいて、撮像時の撮像部の撮像角度を決定できる。

20

【0011】

上記発明において、撮像時、前記撮像位置において決定された前記撮像部の前記撮像角度に基づいて、前記撮像部の角度を設定するステップを更に有してもよい。

【0012】

この構成によれば、予め決定された撮像角度を用いて、撮像時の撮像部の撮像角度が設定されるため、撮像時に改めて撮像部の撮像角度を設定するための測定を行うことなく、迅速に撮像を行うことができる。

30

【0013】

上記発明において、前記端部は、前記航空機パネルの2辺の端部からなる隅部でもよい。

【0014】

この構成によれば、航空機パネルの隅部に基づく撮像位置が決定され、その撮像位置での航空機パネルとの距離が測定されて、その撮像位置での撮像角度が決定される。

【0015】

本発明に係る航空機パネル外観検査方法は、航空機パネルを撮像する撮像部と、前記撮像部を保持し、前記航空機パネルに対して前記撮像部を移動させるロボット部と、前記撮像部と共に前記ロボット部によって保持され、前記航空機パネルとの距離を測定する測定部とを備える検査装置を用いた航空機パネル外観検査方法であって、前記ロボット部によって移動された前記測定部が、前記航空機パネルの端部を検出するステップと、検出された前記端部の位置と、予め記憶部に記録された前記航空機パネルの形状情報に基づいて、検出された前記端部の位置が、前記航空機パネルに形成された開口部端部に該当する位置であるか否かを判断するステップと、検出された前記端部の位置が前記開口部端部であるか否かの判断結果に基づいて、前記撮像部の次の撮像位置を決定するステップとを有する。

40

50

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、ロボットによって移動された測定部によって航空機パネルの端部が検出された場合、検出された端部の位置と、予め記憶部に記録された航空機パネルの形状情報に基づいて、検出された端部の位置が、航空機パネルに形成された開口部の端部に該当する位置であるか否かが判断される。そして、検出された端部の位置が、開口部端部であるか否かの判断結果に基づいて、撮像部の次の撮像位置が決定される。

【 0 0 1 7 】

上記発明において、検出された前記端部の位置が前記開口部端部であると判断されたとき、前記撮像部の次の撮像位置をそれまでの前記撮像部の撮像位置の延長上に決定して、前記撮像部を移動させてもよい。

10

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、航空機パネルの端部が検出され、検出された端部の位置が開口部端部であると判断されると、撮像部は、次の撮像位置として、それまでの撮像部の撮像位置の延長上に移動される。これにより、開口部端部と判断された場合、検出された端部の位置がパネル端部であると判断された場合と異なり、撮像部による撮像位置の決定が継続して行われる。

【 0 0 1 9 】

上記発明において、検出された前記端部の位置が前記開口部端部であると判断されたとき、前記開口部端部であると判断される直前の前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を、次の前記撮像位置における前記撮像部の前記撮像角度として決定してもよい。

20

【 0 0 2 0 】

この構成によれば、測定部の検出結果に基づいて撮像部の撮像角度を航空機パネルとは異なる方向へ向かせることなく、撮像部を航空機パネルに向かせて、適切な撮像結果を取得できる。

【 0 0 2 1 】

上記発明において、検出された前記端部の位置がパネル端部であると判断されたとき、検出された前記パネル端部の位置に基づいて、前記測定部が前記航空機パネルとの距離を測定できる位置を、前記撮像部による撮像位置として決定するステップと、前記ロボット部によって、決定された前記撮像位置に前記撮像部を移動させるステップと、前記撮像部が前記撮像位置へ移動されたとき、前記測定部が、前記航空機パネルとの距離を測定するステップと、測定された前記航空機パネルとの距離に基づいて、前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を決定するステップとを有してもよい。

30

【 0 0 2 2 】

この構成によれば、ロボットによって移動された測定部によって航空機パネルのパネル端部が検出され、検出されたパネル端部に基づいて、撮像部が撮像を行う撮像位置が決定される。そして、決定された撮像位置へ撮像部が移動された後、測定部によって撮像位置での航空機パネルとの距離が測定されて、その撮像位置での撮像部の撮像角度が決定される。撮像部による撮像位置は、測定部が航空機パネルとの距離を測定できる位置に決定されているため、航空機パネルのパネル端部に近い位置でも、測定部によって測定された距離に基づいて、撮像時の撮像部の撮像角度を決定できる。

40

【 0 0 2 3 】

複数の前記測定部を備え、複数の前記測定部のうち少なくとも一つにおいて異常値が検出されたとき、前記異常値を除外して、前記撮像位置における前記撮像部の撮像角度を決定してもよい。

【 0 0 2 4 】

この構成によれば、測定部によって適切な距離が取得されなかった場合でも、撮像部の撮像角度を適切に設定できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 5 】

本発明によれば、ロボット部によって撮像部を移動させて、撮像部が航空機パネルを撮

50

像する場合において、撮像部によって適切な画像を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置を示す構成図である。

【図2】航空機パネルの一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す横断面図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す背面図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す縦断面図である。 10

【図6】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す横断面図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す横断面図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す背面図である。

【図9】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す背面図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す背面図である。 20

【図11】本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置のカメラ及び距離センサーを示す背面図である。

【図12】航空機パネル及び撮像経路を示す縦断面図である。

【図13】航空機パネル及び撮像経路を示す正面図である。

【図14】航空機パネル及び撮像経路を示す正面図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明の一実施形態に係る航空機パネル外観検査装置1は、図1に示すように、カメラ2と、ロボット3と、距離センサー4と、制御部5などを備える。 30

【0028】

航空機パネル外観検査装置1は、カメラ2が航空機パネル10の表面を撮像し、ユーザーが撮像結果に基づいて航空機パネル10の外観を評価するために用いられる。航空機パネル10は、例えば航空機の胴体、主翼等を構成する部材であり、縦×横のサイズが数～10数m×数～10数mである。また、航空機パネル10の表面は、図2に示すように、曲面形状を有する。

【0029】

カメラ2の撮像範囲で、航空機パネル10が一端側から他端側にかけて傾斜している状態であると、ピンボケ等が生じた画像になりやすい。カメラは、多くの場合、その軸が撮像範囲の法線方向に調整されて撮像することが求められる。そのため、航空機パネル外観検査装置1は、図5や図7に示すように、カメラ2の撮像範囲内で、航空機パネル10が撮像範囲の中心付近で最も近く、航空機パネル10の周方向の両側部でほぼ等しい距離となるように、カメラ2の角度を調整する。これにより、カメラ2によって撮像された画像が、ピンボケ等が生じた画像となりにくくなる。 40

【0030】

カメラ2は、撮像部の一例であり、CCD、CMOS等の撮像素子を有する。カメラ2は、航空機パネル10の表面を撮像し、撮像によって取得された画像データを制御部5へ送信する。

【0031】

ロボット3は、ロボット部の一例であり、アームを有し、アームの先端にカメラ2及び 50

距離センサー 4 が取り付けられている。ロボット 3 は、制御部 5 からカメラ 2 の座標位置及び角度に関する制御信号を受信し、制御信号に基づいて、カメラ 2 の座標位置や角度を調整する。ロボット 3 は、カメラ 2 及び距離センサー 4 が取り付けられるアームの先端に関し、所定の基準位置に対する位置情報や、所定の面に対する角度情報を取得でき、取得した位置情報や角度情報を制御部 5 へ送信する。これにより、制御部 5 は、ロボット 3 のアームに対して位置制御や角度制御を行うことができ、アームの先端に取り付けられたカメラ 2 及び距離センサー 4 の位置や角度を調整できる。

【0032】

距離センサー 4 は、測定部の一例であり、アームの先端において、4 台設置され、例えば正方形を構成するように、正方形の頂点の位置にそれぞれ設置される。距離センサー 4 は、例えば図 4 に示すように、航空機パネル 10 の周方向に沿って 2 台設置され、航空機パネル 10 の長手方向に沿って 2 台設置される。カメラ 2 は、4 台の距離センサー 4 の中心に 1 台設置される。カメラ 2 の撮像方向、すなわち、カメラ 2 のレンズの光軸方向は、4 台の距離センサーによって構成される平面に対して垂直方向である。

10

【0033】

距離センサー 4 は、例えばレーザ光を用いた非接触式の距離センサーであり、レーザ光を照射し、航空機パネル 10 で反射したレーザ光を受光する。距離センサー 4 は、受光されたレーザ光に基づいて、距離センサー 4 は、航空機パネル 10 までの距離を算出し、算出された距離を制御部 5 へ送信する。

20

【0034】

図 12 ~ 図 14 に示すように、航空機パネル 10 の表面に対する複数の撮像位置 P は、航空機パネル 10 から所定の距離だけ離れた位置で、かつ、互いに離されて配置される。

【0035】

制御部 5 は、複数の撮像位置の座標や、各撮像位置におけるカメラ 2 の角度といった撮像条件を決定する撮像条件決定部 6 と、撮像条件決定部 6 で決定された撮像条件に基づいてロボット 3 のアームを動作させてカメラ 2 による撮像を行う撮像制御部 7 とを有する。

【0036】

撮像条件決定部 6 は、航空機パネル 10 の設計情報、距離センサー 4 によって取得された距離情報、二つの撮像位置間の撮像間隔に関する情報、及び、カメラ 2 と航空機パネル 10 との距離に関する情報に基づいて、撮像位置を決定する。

30

【0037】

二つの撮像位置の撮像間隔や、カメラ 2 と航空機パネル 10 との距離は、予め記憶部に記録されており、1 回の撮像でカメラ 2 の撮像範囲に納められる航空機パネル 10 の範囲に基づいて決定される。1 回の撮像でカメラ 2 によって撮像される航空機パネル 10 の範囲は、カメラ 2 の撮像範囲や解像度、及び、検査対象となる傷のサイズ・種類等に応じて決定される。

【0038】

複数の撮像位置を結んだ経路が、撮像時に、カメラ 2 及び距離センサー 4 がロボット 3 によって移動される移動経路である。

40

【0039】

撮像条件決定部 6 は、撮像位置において距離センサー 4 によって取得された距離に基づいて、航空機パネル 10 に対するカメラ 2 の撮像角度を決定する。

【0040】

撮像条件決定部 6 は、例えば、図 6 及び図 7 に示すように、4 台の距離センサーによって取得されたそれぞれの距離に基づいて、カメラ 2 が航空機パネル 10 に対して適切な撮像角度となるように、カメラ 2 の撮像角度を決定し、記憶部に記録する。図 6 は、撮像角度が決定される前のカメラ 2 の状態を示しており、図 7 は、撮像角度が決定された後のカメラ 2 の状態を示している。撮像時には、記憶部に記録されたカメラ 2 の撮像角度に基づいて、カメラ 2 の角度を調整する制御信号が生成される。

50

【0041】

航空機パネル 10 の表面が、例えば周方向に曲面を有する場合、図 5 に示すように、周方向に沿って配置された 2 台の距離センサー 4 によって取得された二つの距離が等しくなり、図 3 に示すように、長手方向に配置された 2 台の距離センサー 4 によって取得された二つの距離が等しくなるように、カメラ 2 の撮像角度が調整される。これにより、図 5 や図 7 に示すように、カメラ 2 の撮像範囲内で、航空機パネル 10 が撮像範囲の中心付近で最も近く、航空機パネル 10 の周方向の両側部でほぼ等しい距離となる。その結果、カメラ 2 によって撮像された画像が、ピンボケ等が生じた画像となりにくく、カメラ 2 の撮像角度は、適切な画像を取得できる適切な角度となる。

【0042】

なお、4 台の距離センサー 4 のうち少なくとも 1 台の距離センサー 4 において異常値が検出されたとき、異常値を除外して、撮像位置におけるカメラ 2 の撮像角度を決定してもよい。これにより、距離センサー 4 によって適切な距離が取得されなかった場合でも、カメラ 2 の撮像角度を適切に設定できる。異常値の検出は、鉚やボルト頭にレーザ光が反射することによって生じる可能性がある。

10

【0043】

撮像条件決定部 6 は、カメラ 2 の撮像角度が適切な角度となったときのカメラ 2 の位置を撮像位置として記録する。このとき記録されるカメラ 2 の撮像位置に関する情報は、例えば、アームの先端の座標である。また、制御部 5 は、カメラ 2 が航空機パネル 10 に対して適切な角度となったときのカメラ 2 の撮像角度を記録する。このとき記録されるカメラ 2 の撮像角度に関する情報は、例えば、所定の面に対してアームの先端が設定される角度である。

20

【0044】

撮像制御部 7 は、撮像条件決定部 6 で決定された撮像条件に基づいてロボット 3 のアームを動作させてカメラ 2 による撮像を行う。具体的には、記憶部に記録されたカメラ 2 の撮像位置や撮像角度に基づいて、カメラ 2 の位置や角度を調整し、カメラ 2 による撮像を実行する。

【0045】

次に、本実施形態に係る航空機パネル外観検査装置 1 の動作について説明する。

航空機パネル外観検査装置 1 は、まず、撮像条件を決定し、決定された撮像条件に基づいて撮像を行う。

30

【0046】

撮像条件を決定する動作では、予め記録された基準点 B にカメラ 2 及び距離センサー 4 が移動された後、後述する動作によって、1 番目の撮像位置である撮像開始位置 P_1 が決定される。次に、図 12 及び図 13 に示すように、決定された撮像開始位置 P_1 から、所定の撮像間隔だけ離れた 2 番目の撮像位置 P_2 が決定され、その後、順次周方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた撮像位置 P が決定されていく。これにより、複数の撮像位置 P が、航空機パネル 10 の周方向に沿って設定される。航空機パネル 10 の周方向のパネル端部 10c が検出されたとき、最後の撮像位置である撮像終了位置 P_N が決定されて、周方向の撮像経路 L_1 が決定される。

40

【0047】

なお、各撮像位置 P では、複数の距離センサー 4 によって取得された距離に基づいて、航空機パネル 10 に対するカメラ 2 の撮像角度が決定される。

【0048】

航空機パネル 10 に対するカメラ 2 の撮像角度は、4 台の距離センサーによって取得されたそれぞれの距離に基づいて、カメラ 2 が航空機パネル 10 に対して適切な撮像角度となるように、カメラ 2 の撮像角度が調整される。そして、カメラ 2 が航空機パネル 10 に対して適切な撮像角度となったときのカメラ 2 の撮像角度が記録される。カメラ 2 の撮像角度は、航空機パネル 10 に対して適切な撮像角度となったときのカメラ 2 の撮像位置 P に関する位置情報と共に記録される。

50

【0049】

1 番目の列の周方向の撮像経路 L_1 が決定された後、航空機パネル 10 の長手方向に沿って所定の距離だけ離れた位置に 2 番目の列の周方向の撮像経路 L_2 が決定される。2 番目の列の周方向の撮像経路については、図 13 に示すように、1 番目の列の周方向の撮像経路の撮像開始位置 P_1 から、長手方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた位置に 1 番目の撮像開始位置 P_1 が決定され、順次周方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた撮像位置 P が決定されていく。この場合、1 番目の列の周方向の撮像経路 L_1 と 2 番目の列の周方向の撮像経路 L_2 におけるカメラ 2 及び距離センサー 4 の移動方向は、同一（例えば、いずれも航空機パネル 10 の上から下へ向かう方向）である。

【0050】

なお、1 番目の列の周方向の撮像経路 L_1 と 2 番目の列の周方向の撮像経路 L_2 におけるカメラ 2 及び距離センサー 4 の移動方向は、反対でもよい。例えば、図 14 に示すように、1 番目の列の周方向の撮像経路において、航空機パネル 10 の上から下へ向かう方向である場合、2 番目の列の周方向の撮像経路では、航空機パネル 10 の下から上へ向かう方向である。

【0051】

この場合、2 番目の列の周方向の撮像経路 L_2 については、1 番目の列の周方向の撮像経路 L_1 の撮像終了位置 P_N から、長手方向に所定の撮像間隔だけ離れた位置に 1 番目の撮像開始位置 P_1 が決定され、順次周方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた撮像位置が決定されていく。この場合も、航空機パネル 10 の周方向のパネル端部 10c が検出されたとき、最後の撮像位置である撮像終了位置 P_N が決定されて、2 番目の列の周方向の撮像経路 L_2 が決定される。

【0052】

そして、順次長手方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた撮像経路 L が決定されていく。最終的に、複数の撮像経路 L が、航空機パネル 10 の長手方向に沿って設定される。長手方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた撮像経路 L を決定する際、航空機パネル 10 の長手方向端部 10d が検出されたとき、最後の撮像経路である撮像終了経路 L_N が決定されて、航空機パネル 10 に対する全ての撮像経路 L が決定される。

【0053】

撮像条件に基づいて撮像を行う動作では、上述したとおり決定され記録された撮像条件に基づいて、カメラ 2 及び距離センサー 4 を各撮像位置 P へ移動する。まず、撮像開始位置 P_1 へカメラ 2 及び距離センサー 4 を移動させ、撮像が完了すると、次の撮像位置 P_2 へカメラ 2 及び距離センサー 4 を移動させる。

【0054】

各撮像位置 P では、上述したとおり決定され記録された撮像角度に基づいて、カメラ 2 の撮像角度が調整されて、カメラ 2 の撮像角度が航空機パネル 10 に対して適切な角度となるように調整される。そして、カメラ 2 の撮像角度が調整された後、カメラ 2 が航空機パネル 10 を撮像する。

【0055】

全ての撮像経路 L における全ての撮像位置 P で航空機パネル 10 の撮像が実行されると、航空機パネル 10 の撮像条件に基づいて行われる撮像動作が完了する。予め決定された撮像角度を用いて、撮像時のカメラ 2 の撮像角度が設定されるため、撮像時に改めてカメラ 2 の撮像角度を設定するための測定を行うことなく、迅速に撮像を行うことができる。なお、全ての撮像経路 L を取得してから、全ての撮像経路 L に対して、カメラ 2 による撮像を行ってもよいし、1 列の撮像経路 L を取得して、その列のカメラ 2 による撮像を行い、次に隣の列の撮像経路 L を取得して、その列のカメラ 2 による撮像を行うというように、撮像経路 L の取得とカメラ 2 による撮像を交互に行ってもよい。

【0056】

次に、撮像条件の決定動作における詳細な動作について説明する。

本実施形態では、予め記録された基準点 B にカメラ 2 及び距離センサー 4 が移動された後、1 番目の撮像位置である撮像開始位置 P_1 が決定される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

このとき、まず、ロボット 3 によって、図 1 3 又は図 1 4 に示すような位置にある基準点 B へカメラ 2 及び距離センサー 4 が移動される。基準点 B は、測定対象となる航空機パネル 1 0 の設計情報（例えば、サイズ、形状など）に基づいて決定される。具体的には、航空機パネル 1 0 の隅部に近い位置であり、かつ、4 台の距離センサー 4 全てによって航空機パネル 1 0 が検出される位置が基準点 B として決定される。

【 0 0 5 8 】

そして、カメラ 2 及び距離センサー 4 が基準点 B へ移動した後、カメラ 2 及び距離センサー 4 を長手方向に沿って移動させていく。初めは、4 台の距離センサー 4 全てにおいて、航空機パネル 1 0 が検出されている。カメラ 2 及び距離センサー 4 の移動によって、4 台の距離センサー 4 のうち長手方向の進行方向前方に設置された 1 台の距離センサー 4 において航空機パネル 1 0 が検出されなくなったとき、航空機パネル 1 0 の長手方向の端部 1 0 b（図 4 参照）が検出されたと判断できる。その時点で、カメラ 2 及び距離センサー 4 の移動を停止する。

【 0 0 5 9 】

その後、カメラ 2 及び距離センサー 4 の長手方向の位置を維持したまま、カメラ 2 及び距離センサー 4 を周方向へ移動させていく。カメラ 2 及び距離センサー 4 の移動によって、4 台の距離センサー 4 のうち周方向の進行方向前方に設置された 1 台の距離センサー 4 において航空機パネル 1 0 が検出されなくなったとき、航空機パネル 1 0 の周方向の端部 1 0 a が検出されたと判断できる。その時点で、カメラ 2 及び距離センサー 4 の移動を停止する。結果的に、図 4 の実線で示したカメラ 2 と距離センサー 4 のように、航空機パネル 1 0 に対して、カメラ 2 と距離センサー 4 が位置する。

【 0 0 6 0 】

長手方向の端部 1 0 b 及び周方向の端部 1 0 a が検出された時点で、カメラ 2 の長手方向の端部 1 0 b 及び周方向の端部 1 0 a における位置、すなわち隅部における位置が記録される。そして、図 4 の矢印で示したように、予め定められた距離だけ長手方向及び周方向に沿って反対方向に移動し、4 台の距離センサー 4 全てによって航空機パネル 1 0 が検出される位置まで、カメラ 2 及び距離センサー 4 を移動させる。この位置が、撮像開始位置 P_1 として記憶部に記録される。

【 0 0 6 1 】

これにより、航空機パネル 1 0 が、設計情報と異なり、形状のばらつきや、保持治具による保持状態で歪みが生じている場合であっても、撮像開始位置 P_1 が決定される。そして、決定された撮像開始位置 P_1 によれば、4 台の距離センサー 4 を用いてカメラ 2 の角度を調整でき、航空機パネル 1 0 の画像を適切に取得できる。

【 0 0 6 2 】

撮像開始位置 P_1 が決定されると、上述したとおり、決定された撮像開始位置 P_1 から、所定の撮像間隔だけ離れた 2 番目の撮像位置 P_2 が決定され、順次周方向に沿って所定の撮像間隔だけ離れた撮像位置が決定されていく。

【 0 0 6 3 】

次に、撮像終了位置 P_N の決定方法について説明する。順次撮像位置 P を決定していき、一の撮像位置 P_{N-1} から所定の間隔だけ離れた位置へ、カメラ 2 及び距離センサー 4 を周方向へ移動させるとき、図 8 に示すように、4 台の距離センサー 4 のうち周方向の進行方向前方に設置された 1 台の距離センサー 4 において航空機パネル 1 0 が検出されなくなった場合、航空機パネル 1 0 の周方向のパネル端部 1 0 c が検出されたと判断できる。その時点で、カメラ 2 及び距離センサー 4 の移動を停止する。

【 0 0 6 4 】

そして、図 9 の矢印で示すように、予め定められた距離だけ周方向に沿って反対方向に移動し、4 台の距離センサー 4 全てによって航空機パネル 1 0 が検出される位置まで、カメラ 2 及び距離センサー 4 を移動させる。この位置が、撮像終了位置 P_N として記憶部に

記録される。

【 0 0 6 5 】

また、図示しないが、複数の周方向の撮像経路 L を順次決定していき、一の撮像経路 L の撮像終了位置から所定の間隔だけ離れた位置へ、カメラ 2 及び距離センサー 4 を長手方向へ移動させるとき、4 台の距離センサー 4 のうち長手方向の進行方向前方に設置された 1 台の距離センサー 4 において航空機パネル 10 が検出されなくなった場合、航空機パネル 10 の長手方向端部 10 d が検出されたと判断できる。その時点で、カメラ 2 及び距離センサー 4 の移動を停止する。

【 0 0 6 6 】

そして、予め定められた距離だけ長手方向に沿って反対方向に移動し、4 台の距離センサー 4 全てによって航空機パネル 10 が検出される位置まで、カメラ 2 及び距離センサー 4 を移動させる。この位置が、長手方向端部 10 d に沿って設定される周方向の撮像終了経路 L_N (図 13 及び図 14 参照) の撮像開始位置 P_1 として記憶部に記録される。

【 0 0 6 7 】

次に、航空機パネル 10 において、開口部 11 が形成されている場合の動作について説明する。

順次撮像位置 P を決定していき、一の撮像位置 P_a から所定の間隔だけ離れた位置へ、カメラ 2 及び距離センサー 4 を周方向へ移動させるとき、図 8 又は図 10 に示すように、4 台の距離センサー 4 のうち周方向の進行方向前方に設置された 1 台の距離センサー 4 において航空機パネル 10 が検出されなくなった場合、航空機パネル 10 の周方向の端部が

【 0 0 6 8 】

航空機パネル 10 の周方向の端部が検出されたとき、航空機パネル 10 の周方向の端部は、図 8 に示すようにパネル端部 10 c である場合と、図 10 に示すように開口部端部 11 a である場合がある。したがって、航空機パネル 10 の周方向の端部が検出されたとき、航空機パネル 10 の設計情報に基づいて、パネル端部 10 c であるか又は開口部端部 11 a であるかを判断する。すなわち、航空機パネル 10 の設計情報に基づく位置情報と、検出された航空機パネル 10 の周方向の端部の位置情報を比較して、検出された航空機パネル 10 の周方向の端部がパネル端部 10 c に相当する位置であるか、開口部端部 11 a に相当する位置が否かを判断する。

【 0 0 6 9 】

パネル端部 10 c に相当する位置であると判断された場合は、上述した撮像終了位置 P_N の決定方法 (図 9 参照) のように、予め定められた距離だけ周方向に沿って反対方向に移動し、4 台の距離センサー 4 全てによって航空機パネル 10 が検出される位置まで、カメラ 2 及び距離センサー 4 を移動させる。そして、この位置が、撮像終了位置 P_N として記憶部に記録される。

【 0 0 7 0 】

開口部端部 11 a に相当する位置であると判断された場合は、図 10 に示すように、通常どおり、移動前の撮像位置 P_a から所定の間隔だけ離れた位置へ、カメラ 2 及び距離センサー 4 を周方向へ移動させる。すなわち、カメラ 2 及び距離センサー 4 は、それまでのカメラ 2 の撮像位置 P による撮像経路 L の延長上に移動される。このとき新たな撮像位置 P_{a+1} における距離センサー 4 は、開口部 11 に相当する位置でありレーザ光が反射しないため、複数の距離センサー 4 によって取得された距離に基づいて、航空機パネル 10 に対するカメラ 2 の角度を決定できない場合がある。

【 0 0 7 1 】

その場合は、一つ前の撮像位置 P_a のカメラ 2 の角度を採用して、その角度を新たな撮像位置 P_{a+1} でのカメラ 2 の角度として決定する。これにより、距離センサー 4 の検出結果に基づいてカメラ 2 の撮像角度を航空機パネル 10 とは異なる方向へ向かせることなく、カメラ 2 を航空機パネル 10 に向かせて、適切な撮像結果を取得できる。

【 0 0 7 2 】

また、図 11 に示すように、撮像位置 P_{a+1} から所定の間隔だけ離れた位置へ、カメラ 2 及び距離センサー 4 を周方向へ移動させたとき、新たな撮像位置 P_{a+2} における距離センサー 4 が、開口部 11 に相当する位置である場合についても、撮像位置 P_a のカメラ 2 の角度を採用して、その角度を新たな撮像位置 P_{a+2} でのカメラ 2 の角度として決定する。

【0073】

なお、新たな撮像位置 P_{a+1} 、撮像位置 P_{a+2} における距離センサー 4 が、開口部 11 に相当する位置である場合であっても、複数の距離センサー 4 によって取得された距離に基づいて、航空機パネル 10 に対するカメラ 2 の角度を決定できるときは、必ずしも、先に取得された撮像位置 P_a の角度を採用する必要はない。

10

【0074】

以上、本実施形態によれば、ロボット 3 によって移動された距離センサー 4 によって航空機パネル 10 の端部 10a、10b が検出され、検出された端部 10a、10b に基づいて、カメラ 2 が撮像を行う撮像位置 P が決定される。そして、決定された撮像位置 P へカメラ 2 が移動された後、距離センサー 4 によって撮像位置 P での航空機パネル 10 との距離が測定されて、その撮像位置 P でのカメラ 2 の撮像角度が決定される。カメラ 2 による撮像位置は、距離センサー 4 が航空機パネル 10 との距離を測定できる位置に決定されているため、航空機パネル 10 の端部に近い位置でも、距離センサー 4 によって測定された距離に基づいて、撮像時のカメラ 2 の撮像角度を決定できる。

20

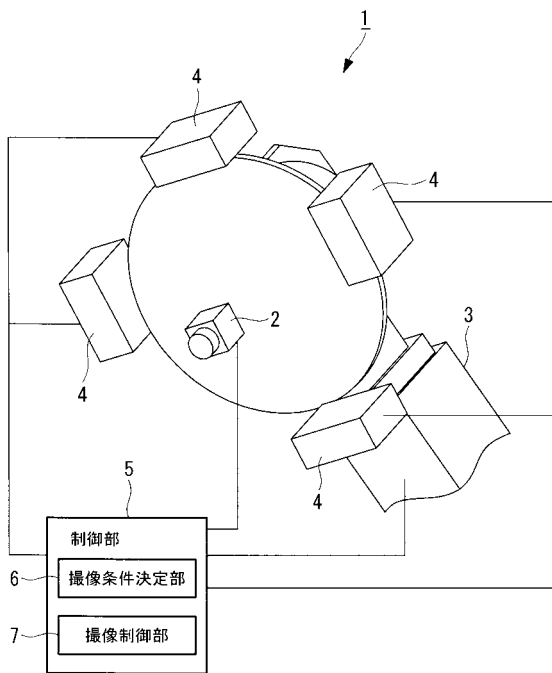
【符号の説明】

【0075】

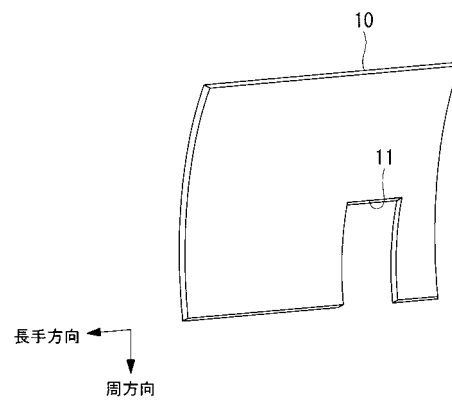
- 1 : 航空機パネル外観検査装置
- 2 : カメラ
- 3 : ロボット
- 4 : 距離センサー
- 5 : 制御部
- 6 : 撮像条件決定部
- 7 : 撮像制御部
- 10 : 航空機パネル
- 11 : 開口部

30

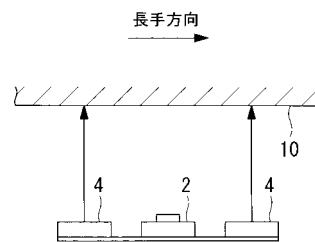
【図 1】



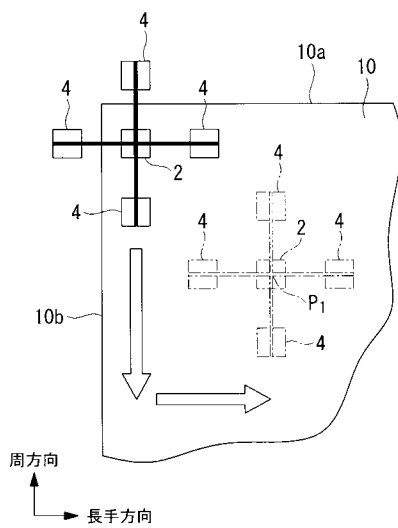
【図 2】



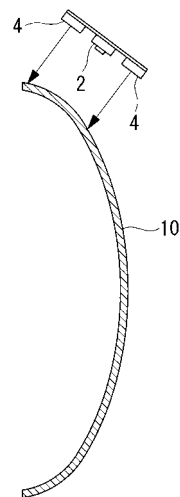
【図 3】



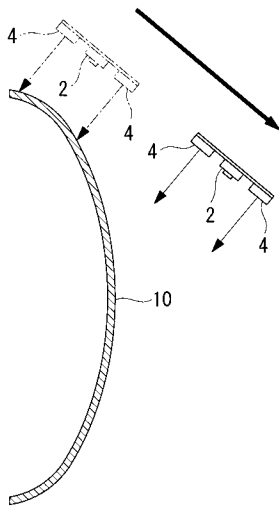
【図 4】



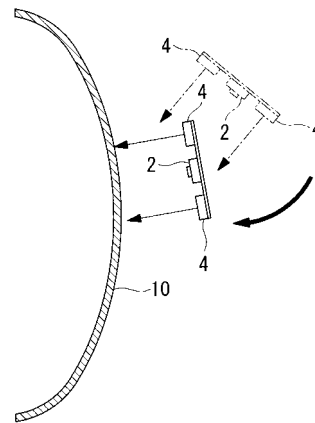
【図 5】



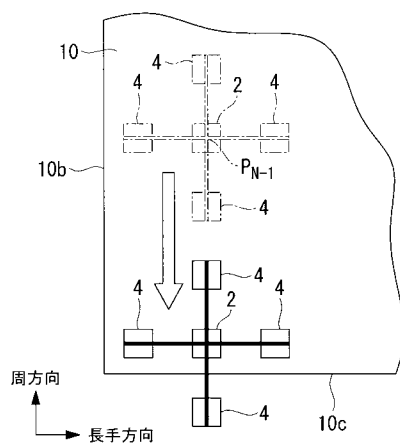
【図 6】



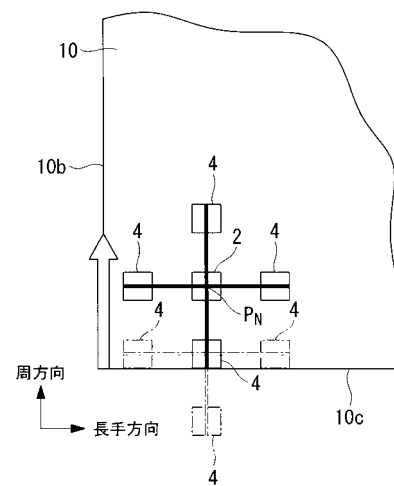
【図 7】



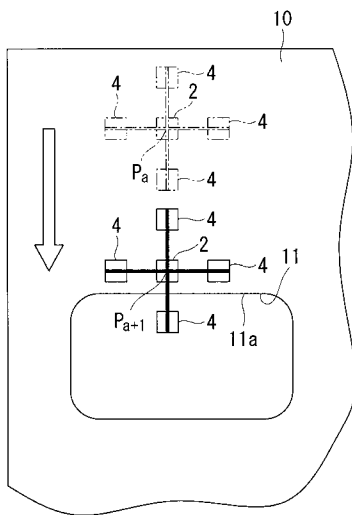
【図 8】



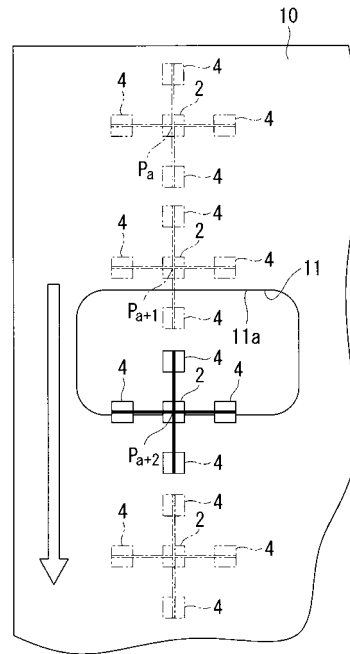
【図 9】



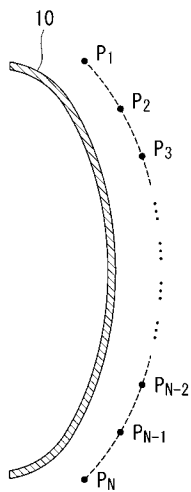
【図 10】



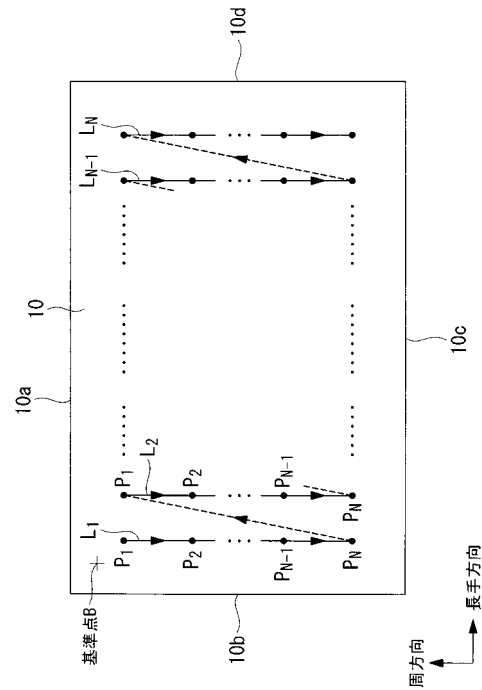
【図 11】



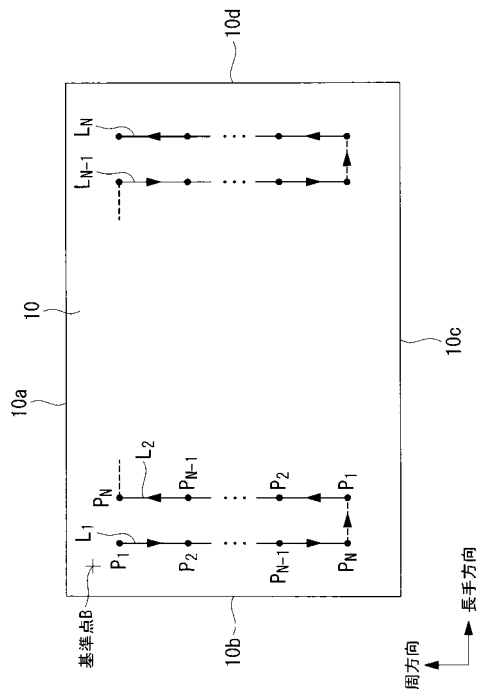
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 太田 洋一

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 石田 誠

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内

F ターム(参考) 2F065 AA06 AA21 AA33 AA37 AA49 AA54 CC00 FF04 FF32 GG04
JJ03 JJ26 MM06 PP25 QQ25 QQ28 QQ31
2G051 AA90 AB20 AC19 CA04 DA05 DA09