

(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2005-31085

(P2005-31085A)

(43) 公開日 平成17年2月3日(2005.2.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 21/88	GO 1 N 21/88 Z	2 G O O 1
GO 1 N 23/18	GO 1 N 23/18	2 G O 4 7
GO 1 N 27/90	GO 1 N 27/90	2 G O 5 1
GO 1 N 29/06	GO 1 N 29/06	2 G O 5 3
GO 6 T 1/00	GO 6 T 1/00 3 1 5	5 B O 5 7
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁)		

(21) 出願番号 特願2004-201256 (P2004-201256)  
 (22) 出願日 平成16年7月8日 (2004.7.8)  
 (31) 優先権主張番号 10/615, 402  
 (32) 優先日 平成15年7月9日 (2003.7.9)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1 番  
 (74) 代理人 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100106541  
 弁理士 伊藤 信和  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

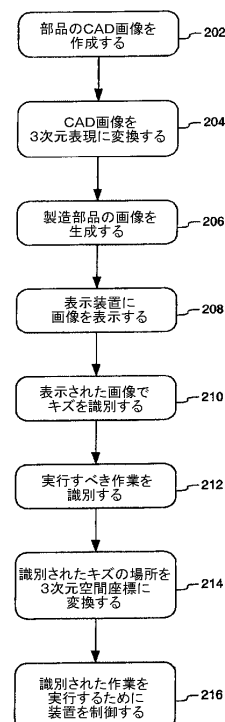
(54) 【発明の名称】 製造部品のキズを解析し、識別するシステム及び方法

## (57) 【要約】

【課題】 デジタル画像における場所を規定された標示の物理的部品への変換を自動化する。

【解決手段】 検査中の部品のキズを識別するシステム及び方法は、部品上の複数の異なる場所に対応する3次元空間座標から構成される部品の3次元表現を生成すること(206)と、3次元空間座標を検査中の部品の対応する場所と共に登録すること(214)とを含む。検査中の部品の画像が生成され、生成された画像から、検査中の部品のキズが識別される(210)。キズの場所に対応する3次元空間座標と相関され、対応する3次元空間座標の情報を使用して、キズの場所で検査中の部品に対して作業を実行するために装置が制御される(216)。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

検査中の部品のキズを識別する方法において、

部品上の複数の異なる場所に対応する 3 次元空間座標から構成される部品の 3 次元表現を生成すること (204) と、

3 次元空間座標を検査中の部品の対応する場所と共に登録すること (204) と、

検査中の部品の画像を生成すること (206) と、

生成された画像から検査中の部品のキズを識別すること (210) と、

キズの場所に対応する 3 次元空間座標と関連すること (214) と、

対応する 3 次元空間座標の情報を使用して、検査中の部品に対して、キズの場所で作業 10  
を実行するために装置を制御すること (216) とから成る方法。

**【請求項 2】**

生成された画像を表示装置に表示すること (208) と、

前記表示装置で識別された場所に応答して、キズの場所の標示を受信すること (210)  
) とを更に含む請求項 1 記載の方法。

**【請求項 3】**

検査中の部品に対して前記装置がどの作業を実行すべきかの標示を受信すること (212)  
) を更に含み、検査中の部品に対して前記装置により実行される作業は受信された標示に  
対応し、作業はマーキング及び修理のうちの 1 つである請求項 1 記載の方法。

**【請求項 4】**

検査中の部品に接触し、それに対して作業を実行するために前記装置に対して初期接近ベ  
クトルを設定すること (404) と、

検査中の部品のいずれかの表面ポイントが初期接近ベクトルに隣接するクリアランス領  
域の中に存在するか否かを判定すること (406、408) と、

クリアランス領域内に表面ポイントが存在しない場合、検査中の部品まで前記装置を移  
動させるための接近ベクトルとして初期接近ベクトルを受け入れること (412) とを更  
に含む請求項 1 記載の方法。

**【請求項 5】**

識別することは、

クリアランス領域内に少なくとも 1 つの表面ポイントが存在する場合、初期接近ベクト 30  
ルを調整すること (410) と、

検査中の部品のいずれかの表面ポイントが調整後の接近ベクトルに隣接するクリアラン  
ス領域の中に存在するか否かを判定すること (406、408) と、

クリアランス領域内に表面ポイントが存在しない場合、調整後の接近ベクトルを検査中  
の部品まで前期装置を移動させるための接近ベクトルとして受け入れること (412) と  
を更に含む請求項 4 記載の方法。

**【請求項 6】**

検査中の部品のキズを識別する部品解析システムにおいて、

部品 (40) 上の複数の異なる場所に対応する 3 次元空間座標から構成される部品 (4  
0) の 3 次元表現を格納する記憶装置と、

検査中の部品 (40) の画像を生成する撮影装置 (20、25、30) と、

前記撮影装置 (20、25、30) 及び前記記憶装置に結合され、プロセッサと、前記  
プロセッサにより実行される複数の命令を含むメモリとを含み、複数の命令は、3 次元空  
間座標を検査中の部品の対応する場所と共に登録し (204)、前記撮影装置から生成さ  
れた画像を受信し (206)、検査中の部品のキズを識別する標示を受信し (210)、  
キズの場所を部品の 3 次元表現における対応する 3 次元空間座標と関連する (214) よ  
うに構成されているシステム制御装置 (10) と、

前記システム制御装置 (10) に結合され、前記システム制御装置 (10) により相関  
された対応する 3 次元空間座標に基づいて、キズの場所で検査中の部品 (40) に対して  
作業を実行する作業工具 (45) とを具備する部品解析システム。

**【請求項 7】**

前記生成された画像を表示する表示装置（１５）と、

ユーザによる入力に応じて、前記表示装置（１５）上の前記キズの場所を識別するキズ識別装置（１０）とを更に具備する請求項 6 記載の部品解体システム。

**【請求項 8】**

前記システム制御装置（１０）のメモリは、検査中の部品（４０）に対して前記作業工具（４５）がどの作業を実行すべきかの標示を受信するように構成された命令を更に含み（２１２）、検査中の部品（４０）に対して前記作業工具（４５）により実行される作業は受信された標示に対応し、作業はマーキング及び修理のうちの 1 つである請求項 6 記載の部品解析システム。

10

**【請求項 9】**

前記システム制御装置（１０）のメモリは、

検査中の部品（４０）と接触し、それに対して作業を実行するために前記作業工具（４５）に対して初期接近ベクトルを設定し（４０４）、

検査中の部品（４０）のいずれかの表面ポイントが初期接近ベクトルに隣接するクリアランス領域の中に存在するか否かを判定し（４０６、４０８）、

クリアランス領域内に表面ポイントが存在しない場合、初期接近ベクトルを検査中の部品（４０）まで前記作業工具（４５）を移動させるための接近ベクトルとして受け入れる（４１２）ように構成された命令を更に含む請求項 6 記載の部品解析システム。

**【請求項 10】**

20

前記システム制御装置（１０）のメモリは、

クリアランス領域内に少なくとも 1 つの表面ポイントが存在する場合、初期接近ベクトルを調整し（４１０）、

検査中の部品（４０）のいずれかの表面ポイントが調整後の接近ベクトルに隣接するクリアランス領域の中に存在するか否かを判定し（４０６、４０８）、

クリアランス領域内に表面ポイントが存在しない場合、調整後の接近ベクトルを検査中の部品（４０）まで前記作業工具（４５）を移動させるための接近ベクトルとして受け入れる（４１２）ように構成された命令を更に含む請求項 9 記載の部品解析システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

30

**【0001】**

本発明は一般に製造検査システムに関し、特に、製造部品のキズ又は欠陥を解析し、識別するシステム及び方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

製造部品に対する非破壊評価（NDE）技法及びその手順はデータ収集、画像検査、検討及びアーカイピングにおける完全にデジタルなインフラストラクチャに近づきつつある。それらの検査の主な目的は、部品のキズ又は欠陥を識別することである。検査は、検出されたキズの数及び重大度に基づいて部品を合格させるか、修理するか、再加工するか又は廃棄するかに関する決定を実行する機会を与える。デジタル検出器が持つ感度及びダイナミックレンジの利点によって、X線写真フィルムでは以前は検出できなかったようなキズを検出し、その場所を特定できるようになった。産業用検査における光源と検出器の多重画像検査及び精密配置による高いスループットは、部品の表面において横方向に 10 μm の精度をもって複数のキズの場所を特定することを可能にした。

40

**【0003】**

従来のキズ検出システムは、X線写真で識別されたようなキズ座標を自動的に、精密に、再現性をもって現実の物理的部品に変換することが不可能である。むしろ、従来のシステムは手動操作によって 2 次元目視画像を 3 次元の部品と重ね合わせることを必要としているが、これは完全にオペレータの判断に任されているため、非常に誤りを生じやすい。異なる基準ポイントから何度も検査される複雑な部品の場合、更に大きな悪影響が出る。

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

デジタル画像における場所を規定された標示の物理的部品への変換を自動化し、この動作を設計、製造、検査、サービス及び再加工の各段階を統合した完全にデジタルなフレームワークで実行することが可能であることが望ましいであろう。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

簡単に言えば、本発明の1つの面においては、検査中の部品のキズを識別するシステム及び方法は、部品上の複数の異なる場所に対応する3次元空間座標から構成される部品の3次元表現を生成することと、3次元空間座標を検査中の部品の対応する場所と共に登録することとを含む。検査中の部品の画像が生成され、生成された画像から、検査中の部品のキズが識別される。キズの場所是对应する3次元空間座標と相関され、対応する3次元空間座標の情報を使用して、キズの場所で検査中の部品に対して作業を実行するために装置が制御される。

10

## 【0006】

本発明の他の特徴、面及び利点は、添付の図面と共に以下の好ましい実施例の詳細な説明を考慮することにより明白になるであろう。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0007】

図1は、本発明による自動化部品解析システムのブロック線図である。図1に示すように、システムはシステム制御装置10と、検出器制御装置20と、作業制御装置50とを含む。システム制御装置10には、表示装置15が結合されている。検出器25及び光源30は検出器制御装置20に結合されている。作業工具45は作業制御装置50に結合されている。システムは、部品40を支持するプラットフォーム35を更に含む。

20

## 【0008】

システム制御装置10はPC又はサーバなどのワークステーションとして実現されることが可能である。システム制御装置10はCPU、主メモリ、ROM、記憶装置及び通信インタフェースを含むのが好ましく、これらは全てバスを介して互いに結合されている。CPUは単一のマイクロプロセッサとして実現されても良いし、あるいは多重処理システムの複数のプロセッサとして実現されても良い。主メモリはRAM及び小型キャッシュによって実現されるのが好ましい。ROMは不揮発性記憶装置であり、例えば、EPROM又はNVRAMとして実現されれば良い。記憶装置はハードディスクドライブ又は他の種類の不揮発性書き込み可能記憶装置であれば良い。

30

## 【0009】

システム制御装置10の通信インタフェースは、検出器制御装置20、プラットフォーム35及び作業制御装置50への2方向データ通信結合を可能にする。これらの要素はシステム制御装置10に直接ワイヤ接続又は無線リンクを介して直接に結合されるか、あるいはサーバを介するなどして間接的に結合されることが可能である。そのような実現形態のいずれにおいても、通信インタフェースは様々に異なる種類の情報を表現するデジタルデータストリームを搬送する電気信号、電磁信号又は光信号を結合されている要素との間で送受信する。

40

## 【0010】

検出器制御装置20は、システム制御装置10と同様に実現されたワークステーションを含むことができる。検出器制御装置20はマイクロコントローラを更に含んでも良い。検出器制御装置20は検出器25及び光源30の位置どり及び動作を制御する。検出器25及び光源30の位置どり及び動作を制御するための信号は検出器制御装置20からユーザによる指示を通して提供されるか、又はシステム制御装置10から送信される信号を介して提供されることが可能である。

## 【0011】

50

当初、部品４０はプラットフォーム３５上の、特定の回転位置及び軸方向高さに対して登録された場所、又は同等に登録された位置又は登録された座標に中心を合わせて配置される。部品４０は、回転の向きのマッピングを含めて、部品モデルの３次元空間座標が検査中の部品４０の対応する場所へマッピングされるように配置される。位置決めは、例えば、部品４０上の基準マークをプラットフォーム３５上の基準マークと整列させることにより実行可能である。また、部品４０上の基準マークをレーザー走査し、検査中の部品４０を３次元モデルと整列させるためにモデルを自動的に回転させ、並進移動させることによって、部品４０自体を位置合わせすることも可能である。この位置決めによって、部品４０は後続する処理に際して全く同一の向きで除去、交換されることが可能になり、以下に説明する部品モデルと、検査中の部品４０との間に一定の相関関係を規定するためのシステムが提供される。検査解析システムの座標系において部品モデルをマッピングすることにより、部品４０のデジタルモデルと、実際の部品４０の、検出器２５及び光源３０により生成されるデジタル画像データとのデータ融合が可能になる。これにより、検査プロセス、解析プロセス、注釈プロセス及び再加工プロセスを合理化することができる。

#### 【００１２】

検出器２５及び光源３０は部品４０の２次元画像を生成するように実現されている。検出器２５及び光源３０は、例えば、Ｘ線画像、超音波画像、渦電流画像又は赤外線画像を生成するように構成されることができる。検出器２５と光源３０は別個の要素として示されているが、実行されるべき撮影の種類に応じて単一の要素として実現されることが可能である。

#### 【００１３】

検出器２５及び光源３０により画像が生成される前に、検出器制御装置２０は、特定の有利なポイントから部品４０の画像を生成するために、検出器２５及び光源３０を位置決めする。この位置決めは、検出器２５及び光源３０をどこに位置決めすべきかを識別する検出器制御装置２０からの入力信号を介して実行されることが可能である。あるいは、手動操作により検出器２５と光源３０を位置決めすることもできる。検出器２５及び光源３０が指定された位置にあるとき、部品４０の画像が生成され、画像を表現する２次元デジタルデータは検出器制御装置２０を介してシステム制御装置１０に提供される。画像データを提供することに加えて、検出器制御装置２０は、画像が生成されたときの検出器２５及び光源３０の位置を識別する位置データをシステム制御装置１０に提供することができる。システム制御装置１０は生成された画像を表示装置１５に表示させることができる。表示装置１５は、例えば、ＣＲＴ、プラズマ又はＴＦＴモニタとして実現されることが可能である。

#### 【００１４】

部品４０の画像を生成するために検出器２５及び光源３０を位置決めするのに加えて、検出器２５及び光源３０に対する部品４０の位置を変化させるためにプラットフォーム３５を調整することができる。プラットフォーム３５の位置制御は、システム制御装置１０から供給される信号により実行できるが、手動操作によりプラットフォーム３５を位置決めすることも可能である。プラットフォーム３５は、例えば、部品４０をプラットフォーム３５の中心軸に関して回転させること、又は部品４０を垂直軸に沿って、すなわち、上下に移動させることを含むいくつかの異なる方法で移動させることができる。検出器２５及び光源３０と同様に、プラットフォーム３５の位置情報はシステム制御装置１０に提供されることが可能である。検出器２５、光源３０及びプラットフォーム３５の位置情報の間で、システム制御装置１０は生成された画像における部品４０の厳密な向きを判定するのに十分なデータを有する。

#### 【００１５】

部品４０の画像が表示装置１５に表示されるため、ユーザは、画像中に示される部品４０の部分にキズ又は関心ある特徴形状が存在するか否かを判定するために画像を解析し、検査することができる。キズは、例えば、不完全な溶接部、溶接部における融着の不足、介在物、空隙、腐食領域、亀裂、あるいは部品４０の構造上の一体性又は強度を損なわせ

るおそれがあるリベット、ボルト又はその他の部品などであると考えられる。部品の場合、キズは部品４０の種類によって決まる。部品４０は装置又は機械の多種多様な異なる要素のうちのいずれかであれば良い。例えば、部品４０はジェットエンジンのタブ又はシリンダ、風車の羽根、鋳造物、鍛造回路基板、あるいは検出器２５により画像を生成することによって、文書化、検査及び／又は修正する必要があるキズの識別が容易になるような他の何らかの要素であると考えることができる。

#### 【００１６】

ユーザが部品４０のキズを識別すると、ユーザは指示装置又はユーザ画像中のキズの厳密な場所を識別することを可能にする他の場所選択メカニズムなどによって、表示装置１５上で直接にキズの場所の指示を行うことができる。画像中のキズの場所は、画像を生成する元になった部品４０上の実際の場所に変換することができる画素座標に相当する。画素座標を部品４０上のキズの実際の場所に変換できるこの能力があるため、ユーザはキズの場所で部品４０に対して作業を実行させることが可能である。

10

#### 【００１７】

キズの種類に応じて、ユーザは部品４０に対して実行されるべき作業を指示できる。この作業は、例えば、部品上のキズの場所にマーキングすること、キズを修理すること、キズに塗料を塗布すること、キズを研削すること、あるいはキズの場所を正確に且つ／又は自動的に判定する能力に基づいて実行できると考えられる他の機能である。

#### 【００１８】

作業は作業制御装置５０の制御の下に作業工具４５により実行される。作業制御装置５０はシステム制御装置１０と同様に実現されたワークステーションを含むことができ、マイクロコントローラを更に含んでも良い。作業制御装置５０はシステム制御装置１０からの信号に応答して、キズの場所で部品４０に対して作業を実行するために作業工具４５を制御する。作業工具４５は実行されるべき作業の種類に応じて様々な変更可能な構成を有していることができる。例えば、作業工具４５はマーキング用工具、塗料塗布用工具、研削用工具、修理用工具又は特定の作業を実行するための他の何らかの工具部分であって良い。更に、プラットフォーム３５上における部品４０の位置情報及びキズの場所としてユーザにより識別された画素座標に基づいて、作業制御装置５０は作業工具４５を部品４０上のキズの場所へ正確に誘導し、キズの場所で作業を実行することが可能である。

20

#### 【００１９】

図２は、本発明に従って製造部品のキズを解析し、識別するプロセスの流れ図である。図１の自動化部品解析システムと関連させて図２のプロセスを説明する。図１のシステムの構成及び実現形態は図２のプロセスを実行するための単なる一例であるにすぎないことは当業者により理解されるべきである。更に、図２のプロセスを実行するための他のシステム構成及び実現形態も可能であることが理解されるべきである。

30

#### 【００２０】

図２に示すように、まず、ユーザは製造中の部品４０のＣＡＤ画像を作成する（ステップ２０２）。ＣＡＤ画像は、部品４０を正確に表現することが可能であるいくつかの利用可能なＣＡＤアプリケーションを使用して作成できる。また、ＣＡＤアプリケーションに類似する又はそれと同等の能力を有する描画アプリケーションを使用することも可能である。描画アプリケーションはシステム制御装置で実現されても良いし、あるいはユーザが描画を作成できるワークステーション又はＰＣで実現されても良い。先に説明したように、部品４０は、例えば、ジェットエンジンのタブ又はシリンダ、風車の羽根、鋳造物、回路基板、あるいは検出器２５により画像を生成することによって、文書化及び／又は修正する必要があるキズの識別が容易になるような他の何らかの要素であると考えられる。部品４０の完全な表現を作成するために、ＣＡＤ又は描画アプリケーションは様々な有利なポイントからの複数の描画又は画像を含んでも良い。

40

#### 【００２１】

次に、ＣＡＤ画像は部品４０の３次元表現に変換される（ステップ２０４）。部品の３次元表現は、部品４０の露出面を含めて、部品４０の様々な異なる場所に対応する一連の

50

3次元空間座標を含む。C A Dアプリケーション自体がC A D画像を3次元表現に変換するための変換機能を含むのが好ましい。例えば、C A DアプリケーションはC A D画像を周知の3次元フォーマットであるS T Lフォーマットに変換できる。3次元表現への変換は、部品40上のキズの場所を判定するための所望のスケールと一致する分解能で実行されるのが好ましい。S T Lの外にも、他の3次元フォーマットが可能である。

#### 【0022】

部品40の対応する3次元空間座標から構成される3次元表現は、後の参照に備えて、ハードディスクドライブ又は他の不揮発性メモリなどのメモリに格納されることが可能である。メモリはシステム制御装置10で実現されるか、又はシステム制御装置10がアクセス可能である場所で実現されることが可能である。3次元表現座標は、3次元表現の3次元空間座標が実際の部品40の対応する場所と一致するように、プラットフォーム35上の部品位置合わせ座標と一致するように設定されている。

10

#### 【0023】

部品40の3次元表現が生成され、格納され、検査中の部品40の場所に位置合わせされたならば、検査中の部品40の2次元デジタル画像が生成される(ステップ206)。2次元デジタル画像を生成するために、ユーザは、部品40、検出器25及び光源30を特定の向きで2次元デジタル画像を生成するための特定の位置に配置するように、システム制御装置10によって検出器制御装置20及びプラットフォーム35を制御することができる。特に、ユーザは部品40の特定の向きの画像を生成するための命令をシステム制御装置10から入力することができ、それらの命令は、検出器25、光源30及び部品40を適正に位置決めするために、検出器制御装置20及びプラットフォーム35により解釈される。また、ユーザがそれらの構成要素を手動操作で位置決めすることも可能である。

20

#### 【0024】

例えば、部品40の様々な向き及び見かけを示すために、2つ以上の画像を生成することができる。以下の説明においては、便宜上、1つの2次元画像の解析についてのみ説明する。しかし、1つの2次元画像を解析し、適用するプロセスは生成される部品40のどの2次元画像にも適用可能であることは理解されるべきである。先に説明したように、2次元画像は、例えば、X線画像、超音波画像、渦電流画像又は赤外線画像であることが可能である。

30

#### 【0025】

部品40の2次元画像と、画像における部品40の向き及び部分を判定するのに十分な位置情報はシステム制御装置10に提供され、システム制御装置10はその画像を表示装置15に表示する(ステップ208)。ユーザは表示された画像を検査し、解析して、部品40のキズを識別できる(ステップ210)。識別されたキズの場所を設定するために、ユーザは指示装置によってキズの場所までポインタ、カーソル又はアイコンを移動させ、その場所でクリックして、その場所をキズとしてマーキングすることができる。また、表示装置15をタッチスクリーンのように手で触れる操作にตอบสนองするようにさせることも可能であり、その場合、ユーザはP D Aで使用されているようなタッチ要素を使用して、キズの場所をマーキングする。キズの場所は画像の1つの特定の画素座標に対応する。この画素座標を使用して、部品40におけるキズの特定の物理的場所を識別することができる。

40

#### 【0026】

部品40のキズの場所をマーキングすることに加えて、ユーザはキズの場所で行うべき特定の作業を識別することができる(ステップ212)。例えば、ユーザは作業工具45に部品40上のキズの場所をマーキングさせるか、キズの場所に塗料を塗布させるか、キズの場所で研削作業を実行させるか、キズを修理させるか、又は他の何らかの作業を実行させることを選択できる。選択される特定の作業はキズの種類、キズの重大度、キズの実際の場所及び作業工具の能力によって決まるであろう。ユーザは、例えば、表示装置15に示される実行可能な作業のメニューからどの作業を実行すべきかを選択することがで

50

きる。

【0027】

部品40に対してキズの場所で作業を実行するために、画像で識別されたキズの場所を部品40における実際の物理的場所に対応する3次元空間座標に変換する変換が実行される(ステップ214)。変換は、画像で識別されたキズの場所から部品40における実際の物理的場所に対応する3次元空間座標への一連の回転及び変換を実行することを含むことができる。変換はシステム制御装置10により実行されることが可能である。例えば、システム制御装置10は、識別されたキズの場所に対応する画素座標、検出器25、センサ30及び部品40の位置情報、並びに実際の部品40の撮影とは別個に作成される部品40の3次元表現に基づいて部品40における実際の物理的位置に変換するように構成された処理装置を含むことができる。 10

【0028】

図3は、本発明に従った座標変換プロセスの流れ図である。図3のプロセスは、識別されたキズの場所が部品40におけるキズの実際の物理的場所へどのようにして変換されるかに関して更に詳細に示している。図3に示すように、まず、ユーザは選択された画像においてキズの場所を選択する(ステップ302)。キズの場所の選択は先に説明したステップ210に従って実行される。

【0029】

キズの場所の選択に応答して、画素座標が識別される(ステップ304)。キズの場所は画像の特定の1つの画素座標に対応する。この画素座標を使用して、部品40におけるキズの特定の物理的場所を識別できる。画素座標は画像中の特定の1つの画素の行及び列の値として表現されることが可能である。 20

【0030】

次に、識別された画素座標は対応する検出器座標に変換される(ステップ306)。検出器座標は検出器25における特定の1つの場所に対応する。検出器座標は検出器25の中心に対する検出器25上の特定の場所として表現されることが可能である。例えば、検出器25はグローバルY-Z平面にあると定義することができ、検出器25の中心はY-Z平面の原点であると定義できる。この場合、X方向は検出器25の原点から出る垂線である。この定義において、検出器座標はY-Z平面における特定の1つのY-Z座標に対応している。Y-Z座標は画素としてではなく、例えば、インチ単位の原点からの離間距離として測定できる。 30

【0031】

検出器座標から部品40の3次元空間座標を判定することができる(ステップ308)。部品40の3次元空間座標は検査中の実際の部品40におけるキズの場所に対応している。検出器座標を使用して、検出器25の位置、光源30の位置、検出器25により撮影されたときの部品40の位置、及び部品40のCAD表現から開発された部品40の3次元表現から3次元空間座標を判定することができる。位置情報及び3次元表現を使用することに加えて、部品40及び3次元表現は、3次元表現を部品40と整列させるのを助け且つ判定される3次元空間座標が部品40におけるキズの場所により精密に対応するように保障するために、識別可能なマーキングを含んでいても良い。実際の部品40にあるキズの座標は、既にマーキングされている検出器25の画素及び光源30に隣接する線に沿って位置している。この線は、以下に更に詳細に説明するように、見通し線ベクトルに対応している。 40

【0032】

図2に戻ると、部品40におけるキズの特定の場所に対応する3次元空間座標を判定した後、作業工具45は部品40に対してキズの場所で識別された作業を実行するように制御される(ステップ216)。システム制御装置10は、実行すべき作業を識別する情報及び3次元空間座標を示す信号を作業制御装置50に供給する。その信号に応答して、作業工具45は、作業制御装置50の制御の下で、部品40に対してキズの実際の場所で識別された作業を実行する。先に説明した通り、この作業は、例えば、キズの場所に識別可 50



能なマークをつけること、キズを修理すること、キズに塗料を塗布すること、キズを研削すること、又は作業工具４５の能力に従って部品４０に対して実行できる他の何らかの作業を実行することであると考えられる。

【００３３】

部品４０の形状に応じて、作業工具４５はキズの場所で作業を実行するために部品４０に接近する方法を調整しなければならないであろう。図４は、本発明に従った衝突回避プロセスの流れ図である。衝突回避プロセスは、作業工具４５が部品４０の表面に接近するための安全な経路を発見する反復手順である。

【００３４】

図４に示すように、まず、交差点が判定される（ステップ４０２）。交差点は、部品４０におけるキズの実際の場所であると判定された３次元空間座標に対応する。この３次元空間座標は図２のプロセスに従って判定される。交差点に基づいて、接近ベクトルが設定される（ステップ４０４）。接近ベクトルは、当初、表面上の任意のベクトルに対応するように設定されることが可能である。例えば、交差点における表面垂線に設定されることができる。この初期接近ベクトルは、作業工具４５が部品のキズの場所以外の何らかの部分に衝突することなく、キズの場所に接近するためのベクトルを識別するための第１回目の試みとして機能する。

【００３５】

初期接近ベクトルが設定された後、クリアランス領域内に部品４０の３次元空間座標が存在するか否かを判定するための検査が実行される（ステップ４０６）。クリアランス領域は、作業工具４５が部品４０のキズの場所以外の部分により妨害されることなく、キズの場所に到達するために必要とされる交差点垂線の周囲の最小限の広さの空間に対応している。クリアランス領域は、円筒などの任意の形状の３次元ボリュームとして指定される。ボリュームが構成されると、このボリュームにおける部品４０からの３次元空間座標を求める検索が実行される。円筒などの３次元ボリュームの大きさは、キズの場所に隣接して動作されるべき作業工具４５の部分の大きさに対応している。

【００３６】

クリアランス領域で検索した後、クリアランス領域内に部品の３次元空間座標の１つが存在するか否かに関して判定が実行される（ステップ４０８）。存在していなければ、接近ベクトルの現在設定が受け入れられる（ステップ４１２）。その後、受け入れられた接近ベクトルを使用して、作業工具４５をキズの場所まで移動させ、適切な作業を実行することができる。

【００３７】

しかし、クリアランス領域内に部品４０の１つ以上の３次元空間座標が存在している場合には、接近ベクトルが調整される（ステップ４１０）。クリアランス領域内に存在する各々の３次元空間座標は、作業工具４５がキズの場所に接近する間に作業工具４５との衝突を引き起こす可能性がある障害ポイントに相当する。障害ポイントの極方向及び方位方向における動作が計算され、後の使用に備えて格納される。接近ベクトルを調整するための第１回目の試みとして、見通し線ベクトルが判定される。見通し線ベクトルは、検出器２５と部品４０の表面上の交差点との間の障害のない直線経路に相当する。Ｘ線撮影及び赤外線撮影を実行する場合、光源３０、検出器２５及び画像中の関心領域の間の物質の量を最小限にするように露光がセットアップされるため、そのような見通し線ベクトルは、通常、障害を引き起こしていると考えられるポイントを回避する。接近ベクトルを見通し線ベクトルに対応するように調整した後、見通し線ベクトルに関連して再度計算されたクリアランス領域に部品座標が存在するか否かを判定するために、ステップ４０６及び４０８が再び実行される。衝突ポイントが発見されなければ、見通し線ベクトルは作業工具４５の安全な接近経路として受け入れられる。

【００３８】

接近ベクトルとして見通し線ベクトルを使用してクリアランス領域内で部品座標が発見された場合には、接近ベクトルは再度調整される。まず、クリアランス領域内の座標ごと

に、初期表面垂線又は見通し線ベクトルのいずれかの周囲で、交差点に関して角度向きが計算される。角度向きは極角度（ ）及び方位角（ ）により指定される。クリアランス領域内に入る全ての座標の方位角分布に関して解析が実行される。衝突を引き起こす可能性がある座標に関して方位角で180°回転された方位角（ ）である方位角（ ）の余角に最も密接に対応する角度が選択される。接近ベクトル（すなわち、表面垂線又は見通し線ベクトル）は極（ ）方向に20°程度の小さな角度だけ回転され、次に、方位方向にクリアランス領域内に入った座標まで回転される。接近ベクトルを回転させたならば、回転後の接近ベクトルに従って再度計算されたクリアランス領域によってステップ406及び408が繰り返される。クリアランス領域内に部品座標が存在していなければ、回転後の接近ベクトルが受け入れられる。部品座標がまだ存在している場合には、クリアランス領域内に部品座標が存在しなくなるまで極角度及び方位角の一方又は双方を変化させることにより、接近ベクトルを調整するための試みを実行することができる。最終的に安全な接近経路を判定できなければ、ユーザに対してエラーが報告される。

10

【0039】

例示及び説明を目的として、本発明の好ましい実施例の説明を提示した。以上の説明は余すところのない徹底した説明であること又は本発明を開示された厳密な形態に限定することを意図されておらず、上記の教示に照らして改変及び変形は可能であるか、又は本発明の実施から習得できるであろう。特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

【図面の簡単な説明】

20

【0040】

【図1】本発明による画像形成装置の構造図。

【図2】本発明に従って製造部品のキズを解析し、識別するプロセスの流れ図。

【図3】本発明に従った座標変換プロセスの流れ図。

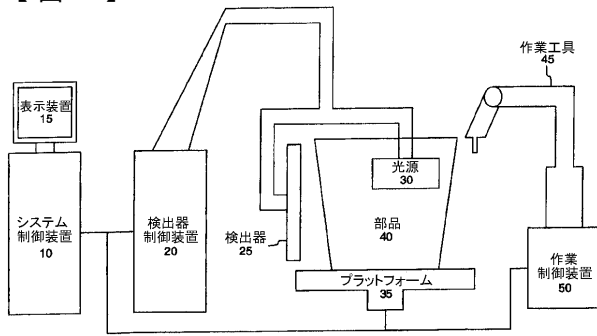
【図4】本発明に従った衝突回避プロセスの流れ図。

【符号の説明】

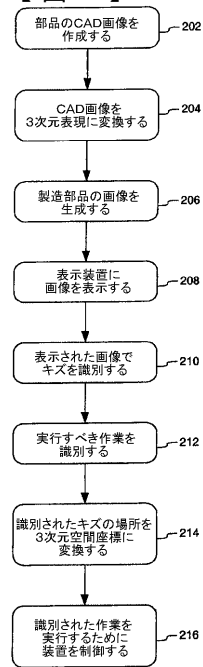
【0041】

10...システム制御装置、15...表示装置、20...検出器制御装置、25...検出器、30...光源、35...プラットフォーム、40...部品、45...作業工具、50...作業制御装置

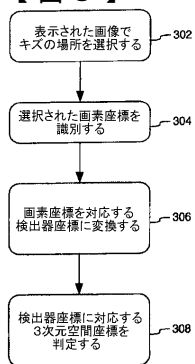
【図 1】



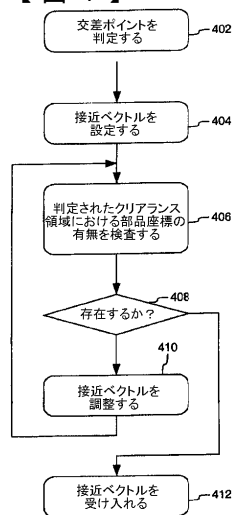
【図 2】



【図 3】



【図 4】



## フロントページの続き

- (72)発明者 スネール・トゥムクール・シャンカラッパ  
インド、カルナータカ・560030、バンガロール、パナーガータ・ロード、エーエヌ・グプタ・レイアウト、1エスティー・クロス、1エスティー・フロア、ナンバー22/7番
- (72)発明者 グレゴリー・アラン・モア  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコシア、ワシントン・ロード、111番
- (72)発明者 マイソール・シッドゥ・ディネシュ  
インド、カルナータカ・560070、バンガロール、ピーエスケー・2エヌディー・ステージ、8ティーエイチ・メイン、22エヌディー・クロス、ナンバー2402番
- (72)発明者 ブライアン・ウォルター・ラシウク  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、ベイカー・アベニュー、1456番
- (72)発明者 ロナルド・セシル・マクファーランド  
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、フォーククリーク・ドライブ、7941番
- (72)発明者 エリザベス・ローケンベルグ・ディクソン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、デランソン、ヘリック・ロード、901番

Fターム(参考) 2G001 AA01 AA07 CA01 FA06 GA04 GA08 HA13 JA01 JA06 JA07  
JA13 JA16 KA03 LA20 PA12 PA13 RA06  
2G047 BC10 GH06  
2G051 AA90 AC15 CA04 CA06 CB01 DA03 DA15 ED21  
2G053 AA11 BA00 BA30 BB04 BB05 BB08 CB17 CB20 CB29  
5B057 AA01 AA05 BA03 CA08 CA13 CA16 CG06 DA08 DB03 DB09  
DC16 DC32