

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5955316号  
(P5955316)

(45) 発行日 平成28年7月20日(2016. 7. 20)

(24) 登録日 平成28年6月24日(2016. 6. 24)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 5 J 13/08 (2006.01)

B 2 5 J 13/08

A

B 2 5 J 13/00 (2006.01)

B 2 5 J 13/00

Z

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2013-512617 (P2013-512617)  
 (86) (22) 出願日 平成23年3月24日(2011. 3. 24)  
 (65) 公表番号 特表2013-527040 (P2013-527040A)  
 (43) 公表日 平成25年6月27日(2013. 6. 27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/029717  
 (87) 国際公開番号 W02011/149582  
 (87) 国際公開日 平成23年12月1日(2011. 12. 1)  
 審査請求日 平成26年3月18日(2014. 3. 18)  
 (31) 優先権主張番号 12/787, 885  
 (32) 優先日 平成22年5月26日(2010. 5. 26)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500520743  
 ザ・ボーイング・カンパニー  
 The Boeing Company  
 アメリカ合衆国、60606-2016  
 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイ  
 ド・プラザ、100  
 (74) 代理人 100109726  
 弁理士 園田 吉隆  
 (74) 代理人 100101199  
 弁理士 小林 義敦  
 (72) 発明者 モッツァー, ウィリアム ピー.  
 アメリカ合衆国 ワシントン 98112  
 , シアトル, 22番 アヴェニュー  
 イースト 2227

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査センサを配置する方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査センサ(102)を目標物体(104)の内部に位置決めする方法(500)であ  
 って、前記方法(500)は：

前記目標物体(104)の位置を、前記目標物体(104)の外部に配置される第1セ  
 ンサ(300)を使用して求めるステップと、

前記目標物体(104)の3次元モデルデータを前記目標物体(104)の前記位置に  
 関して校正するステップと、

前記第1センサ(300)を使用して、エンドエフェクタで多関節ロボットシステム(200)と接続されている前記検査センサ(102)の第1位置を求めるステップと、

前記検査センサ(102)及び前記エンドエフェクタで前記多関節ロボットシステム(200)と接続されている位置決めセンサ(206)が前記目標物体(104)の内部に配置されるように、前記目標物体(104)に設けられたアクセスポート(112)を通して前記多関節ロボットシステム(200)を延ばし、前記検査センサ(102)を前記目標物体(104)の内部の少なくとも1つの目標物付近に誘導するステップと、

前記位置決めセンサ(206)を使用して前記目標物体(104)に対する前記検査センサ(102)の動きを追跡するステップと、

前記目標物体(104)の内部の前記少なくとも1つの目標物の目標物位置情報を、校正された前記3次元モデルデータから取得するステップと、

前記検査センサ(102)が前記少なくとも1つの目標物と接触する場合に、前記位置

10

20

決めセンサ（２０６）を使用して前記検査センサ（１０２）の位置を測定するステップと  
、

前記位置決めセンサ（２０６）により測定された前記検査センサ（１０２）の位置が、  
取得した前記目標物位置情報と異なる場合、位置コンフリクトと認定するステップと、

前記認定された位置コンフリクトの少なくとも一部に基づいて、前記位置決めセンサ（  
２０６）により測定された前記検査センサ（１０２）の位置のデータを校正するステップ  
と、

前記認定された位置コンフリクトの少なくとも一部及び校正された前記３次元モデルデ  
ータに基づいて、前記目標物体（１０４）の内部の仮想表示を更新し、更新された前記仮  
想表示を図形提示インターフェース（４０６）に提供するステップと、  
を含み、

10

前記検査センサ（１０２）の第１位置を求める前記ステップは、

前記第１センサ（３００）を使用して前記目標物体（１０４）の外部に配置されている  
前記多関節ロボットシステム（２００）の一部までの相対距離を測定し、前記相対距離を  
用いて前記検査センサ（１０２）の第１位置を求めるステップを含む、  
方法（５００）。

【請求項２】

前記目標物体（１０４）の３次元モデルデータを前記目標物体（１０４）の前記位置に  
関して校正する前記ステップは更に、前記目標物体（１０４）の前記３次元モデルデー  
タをメモリ装置（４０２）から取り出すステップを含む、請求項１に記載の方法（５００）  
。

20

【請求項３】

前記検査センサ（１０２）の動きを追跡する前記ステップは更に、前記検査センサ（１  
０２）の位置認識データを、前記検査センサ（１０２）の前記第１位置に基づいて提供す  
るステップを含む、請求項１または２に記載の方法（５００）。

【請求項４】

前記検査センサ（１０２）の動きを追跡する前記ステップは更に、

前記位置決めセンサ（２０６）を用いて前記検査センサ（１０２）の前記第１位置に対  
する前記検査センサ（１０２）の第２位置を求めるステップと、

前記検査センサ（１０２）の少なくとも前記第１位置及び前記第２位置に関して前記検  
査センサ（１０２）の前記位置認識データを校正するステップと、  
を含む、請求項３に記載の方法（５００）。

30

【請求項５】

前記検査センサ（１０２）の動きを追跡する前記ステップは、前記検査センサ（１０２  
）の少なくとも前記第１位置及び前記第２位置に基づいている、請求項４に記載の方法（  
５００）。

【請求項６】

前記位置決めセンサ（２０６）は、慣性センサであり、

更に：

前記位置決めセンサ（２０６）が接続された前記多関節ロボットシステム（２００）の  
位置又は向きを、前記検査センサ（１０２）の前記第１位置に基づいて提供するステップ  
と、

40

前記検査センサ（１０２）を前記目標物体（１０４）の内部の少なくとも１つの目標物  
付近に誘導するステップと、  
を含む、請求項１から５の何れか一項に記載の方法（５００）。

【請求項７】

検査センサ（１０２）を目標物体（１０４）の内部に位置決めするシステム（１００）  
であって、前記システムは：

前記検査センサ（１０２）及び位置決めセンサ（２０６）に接続されるエンドエフェク  
タを有し、前記検査センサ（１０２）及び前記位置決めセンサ（２０６）が前記目標物体  
50

(104)の内部に配置されるように、前記目標物体(104)に設けられたアクセスポート(112)を通して延長可能である多関節ロボットシステム(200)であって、その一部が前記目標物体(104)の外部に配置されている多関節ロボットシステム(200)と、

前記目標物体(104)の外部に配置された位置決めシステム(300)であって、前記目標物体(104)の位置を求め、前記多関節ロボットシステム(200)の一部の位置を求め、前記一部の位置に基づいて前記検査センサ(102)の第1位置を求めるように構成された位置決めシステム(300)と、

前記目標物体(104)の前記位置に関して前記目標物体(104)の3次元モデルデータを校正し、前記検査センサ(102)及び前記位置決めセンサ(206)が前記目標物体(104)の内部に配置されるように、前記目標物体(104)に設けられたアクセスポート(112)を通して前記多関節ロボットシステム(200)を延ばし、前記検査センサ(102)を前記目標物体(104)の内部の少なくとも1つの目標物付近に誘導し、前記位置決めセンサ(206)を使用して前記目標物体(104)に対する前記検査センサ(102)の動きを追跡し、前記目標物体(104)の内部の少なくとも1つの目標物の目標物位置情報を校正された前記3次元モデルデータから取得し、前記検査センサ(102)が前記少なくとも1つの目標物と接触する場合に、前記位置決めセンサ(206)を使用して前記検査センサ(102)の位置を測定し、前記位置決めセンサ(206)により測定された前記検査センサ(102)の位置が、取得した前記目標物位置情報と異なる場合、位置コンフリクトと認定し、前記認定された位置コンフリクトの少なくとも一部に基づいて、前記位置決めセンサ(206)により測定された前記検査センサ(102)の位置のデータを校正し、前記認定された位置コンフリクトの少なくとも一部及び校正された前記3次元モデルデータに基づいて、前記目標物体(104)の内部の仮想表示を更新し、更新された前記仮想表示を図形提示インターフェース(406)に提供する制御システム(400)と、  
を備える、システム(100)。

#### 【請求項8】

前記制御システム(400)は、前記目標物体(104)の前記3次元モデルデータをメモリ装置(402)から取り出す、請求項7に記載のシステム(100)。

#### 【請求項9】

前記制御システム(400)は、前記検査センサ(102)の動きを追跡する際に、前記検査センサ(102)の前記第1位置に基づいた前記検査センサ(102)の位置認識データを提供する、請求項7または8に記載のシステム(100)。

#### 【請求項10】

前記制御システム(400)は、前記検査センサ(102)の動きを追跡する際に、前記検査センサ(102)の前記第1位置に対する前記検査センサ(102)の第2位置を求め、そして前記検査センサ(102)の前記位置認識データを、前記検査センサ(102)の少なくとも前記第1位置及び前記第2位置に関して校正し、前記検査センサ(102)の少なくとも前記第1位置及び前記第2位置に基づいて前記検査センサ(102)の動きを追跡する、請求項9に記載のシステム(100)。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本明細書において記載される主題は概して、検査に関するものであり、特に検査センサを配置する方法及びシステムに関するものである。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

既知の航空機では普通、種々の部品に対して日常的に検査を行なっている。非常に多くの航空機部品が通常、検査され、そしてこのような検査を行なうために使用される機器は、例えば部品の種類及び/又は位置によって部品ごとに異なり得る。少なくとも幾つかの

10

20

30

40

50

部品を検査することは、種々の空間的な制約があるために困難になる虞がある。例えば、少なくとも幾つかの部品に接近するためには、検査前に少なくとも１つの閉塞構造の解体、及び／又は部品の取り外しが必要になる可能性がある。このような部品群を検査することは、面倒で多大な時間を要する作業となり得る。

#### 【０００３】

このような部品群のうちの少なくとも幾つかの部品の検査を容易にするために、多関節ロボットマニピュレータアームを用いて検査センサ群を、少なくとも幾つかの接近制限領域内に位置決めしていた。このような多関節ロボットマニピュレータアームによって、検査の実施に関連する航空機の一部の解体を回避し易くなる。このような多関節ロボットマニピュレータアームのジョイント部及び連結部の柔軟性が高く、かつ自由度が高いので、このようなロボットマニピュレータアームの正確かつリアルタイムな位置決め、及び姿勢追従が困難となり得る。更に、位置決め誤差が積み重なると、１つの位置がベース部を基準として、チェーン接続された多関節セグメントに沿ってさらに移動するようになる。従って、エンドエフェクタの位置、すなわち検査センサの位置が普通、最大誤差を有する。

10

#### 【発明の概要】

#### 【０００４】

１つの態様では、リモートセンサを目標物体の内部に位置決めする方法が提供される。前記方法は、前記目標物体の位置を、第１センサを使用して求めるステップと、そして前記目標物体の仮想位置を前記目標物体の前記位置に対して校正するステップと、を含む。前記リモートセンサの第１位置を求め、そして前記目標物体に対する前記リモートセンサの動きを追跡する。

20

#### 【０００５】

別の態様では、リモートセンサを目標物体の内部に位置決めする制御システムが提供される。前記制御システムは、前記目標物体の位置を、第１センサを使用して求め、そして前記目標物体の仮想位置を前記目標物体の前記位置に対して校正するように構成される。前記制御システムは更に、前記リモートセンサの第１位置を求め、そして前記目標物体に対する前記リモートセンサの動きを追跡するように構成される。

#### 【０００６】

更に別の態様では、リモートセンサを目標物体の内部に位置決めするシステムが提供される。前記システムは、前記リモートセンサに接続される多関節ロボットシステムと、前記目標物体の位置を求め、そして前記リモートセンサの第１位置を求める位置決めシステムと、そして前記目標物体の仮想位置を前記目標物体の前記位置に対して校正し、そして前記目標物体に対する前記リモートセンサの動きを追跡する制御システムと、を含む。

30

#### 【０００７】

説明してきた特徴、機能、及び利点は、本開示の種々の実施形態において個別に実現することができる、または更に他の実施形態において組み合わせることができ、これらの実施形態についての更なる詳細は、次の説明及び以下の図面を参照することにより理解することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【０００８】

【図１】図１は、センサを、検査対象の物体の内部に配置する、そして／または可視化するために使用することができる例示的なシステムの図である。

40

【図２】図２は、図１に示すシステムの一部の拡大模式図である。

【図３】図３は、図１に示すシステムに用いることができる例示的な制御システムの図である。

【図４】図４は、図１に示すシステムに用いることができるセンサを位置決めする例示的な方法を示すフローチャートである。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【０００９】

本明細書において記載される主題は概して、目標物体の検査に関するものである。更に

50

具体的には、本明細書において記載される主題は、センサを検査対象の目標物体の内部に離れた場所から位置決めする操作を容易にする方法及びシステムに関するものである。1つの実施形態では、センサを目標物体の内部に離れた場所から位置決めし、そして位置決めシステムが、目標物体の位置を求め、そしてセンサの第1位置を求める。制御システムは、目標物体の位置に関する目標物体の仮想位置を校正し、そして目標物体に対するセンサの動きを追跡する。

#### 【0010】

本明細書において記載される方法及びシステムの例示的な技術効果として：(a)目標物体の位置を、第1センサを使用して求める動作；(b)目標物体の位置に関する目標物体の仮想位置を校正する動作；(c)リモートセンサの第1位置を求める動作；(d)リモートセンサの第1位置に対するリモートセンサの第2位置を求める動作；及び(e)目標物体に対するリモートセンサの動きを、リモートセンサの少なくとも第1位置及び第2位置に基づいて追跡する動作のうちの少なくとも1つの動作を挙げることができる。

10

#### 【0011】

本明細書において使用するように、単数形で記載され、かつ単語「a」または「an」が先行する要素またはステップは、複数の要素またはステップを排除しないものとして、このように排除することが明示的に記載されていない限り、理解されるべきである。本発明の「one embodiment (1つの実施形態)」と表記する場合、これらの表記は、列挙される特徴を更に取り入れた更に別の実施形態の存在を排除するものとして解釈されてはならない。

20

#### 【0012】

図1及び2は、例示的なシステム100を示しており、このシステム100を用いて検査センサ102を、検査対象の目標物体または構造体104の内部に配置する、そして/または可視化することができる。特に、非破壊検査(NDI)センサのような任意の種類の検査センサを用いることができ、この検査センサによってシステム100は、本明細書に記載された通りに機能することができる。例示的な実施形態では、検査センサ102は、構造体104の少なくとも1つのパラメータを検出する。従って、検査センサ102を用いて、構造体104の表面を検査する、そして/またはシステム100に関するデータを調査することができる。検査センサ102は、これらには限定されないが、光センサ、カメラ、赤外線センサ、超音波センサ、渦電流センサ、振動センサ、磁力計、レーザスキャナ、温度プローブ、マイクロホン、スピーカ、静電容量型間隙測定器、電気マルチメータ、電圧計、抵抗計、電流計、導電率計、静電荷測定器、及び/又は前述の機器群の任意の組み合わせとすることができる。

30

#### 【0013】

例示的な実施形態では、ヘビ型ロボットシステムのような多関節ロボットシステム200を検査センサ102に接続して、検査センサ102を構造体104に対して位置決めする、移動させる、そして/または検査センサ102の姿勢を構造体104に対して設定する。例示的な実施形態では、多関節ロボットシステム200は、エレファントトランクロボット(elephant trunk robot)とも表記される台座付きヘビ型ロボットシステムであり、可動ベース部212と、そして可動ベース部212から延びる多関節アーム204と、を含む。別の構成として、多関節ロボットシステム200は、これらには限定されないが、クローリングヘビ型ロボットシステム(crawling robotic snake system)、エンドスコープ、及び/又はベース部212を含まないボアスコープとすることができる。別の実施形態では、任意の多関節ロボットシステムを用いることができ、この多関節ロボットシステムによって、システム100は、本明細書において記載された通りに機能することができる。

40

#### 【0014】

例示的な実施形態では、アーム204は、複数の関節セグメント(参照番号は付されていない)を含み、これらの関節セグメントによって、多関節ロボットシステム200を複数の自由度で選択的に位置決めすることができる。従って、多関節ロボットシステム200

50

0 は、構造体 1 0 4 を検査する、そして / または分析するために適する種々の位置に、検査センサ 1 0 2 を選択的に移動させる、そして / または検査センサ 1 0 2 の姿勢を選択的に設定するように構成される。1 つの実施形態では、モーション指示をアーム 2 0 4 の関節セグメント群に送信して所望の方向に、検査センサ 1 0 2 を移動させる、そして / または検査センサ 1 0 2 の姿勢を選択的に設定する。これらのモーション指示は、所望の速度及び方向に設定されるように可変に選択され、これにより、アーム 2 0 4 のエンドエフェクタの位置に位置する検査センサ 1 0 2 が所望通りに移動するようになる。更に詳細には、このような実施形態では、アーム 2 0 4 を 3 次元空間内で、モーション指示群を各関節セグメントに同時に、かつ可変に送信することにより誘導して、曲げ運動、捻り運動、螺旋運動、及び / 又は回転運動を生成することができる。

10

#### 【 0 0 1 5 】

例示的な実施形態では、多関節ロボットシステム 2 0 0 は、センサシステム自体の現在位置及び場所を求めることができる位置決めセンサ 2 0 6 のような少なくとも 1 つのセンサシステムを含み、この位置決めセンサ 2 0 6 は、アーム 2 0 4 上の少なくとも 1 つの位置の動き、及び / 又は検査センサ 2 0 4 の動きを追跡する、そして / または監視することができる内蔵型ユニットであり、この動きは、アーム 2 0 4 及び / 又は検査センサ 1 0 2 の瞬時振動を含む。位置決めセンサ 2 0 6 は、システム 1 0 0 に関する位置認識を行ない、そして構造体 1 0 4 に対する多関節ロボットシステム 2 0 0 上の当該位置決めセンサの場所の位置及び姿勢の両方を測定することができる。例示的な実施形態では、位置決めセンサ 2 0 6 は、微小電気機械システム (MEMS) のような慣性センサである。位置決めセンサ 2 0 6 は、測定システムの一部であり、この測定システムは、プロセッサ (図示せず) と、直線加速度を測定する複数の加速度計 (図示せず) と、回転速度を測定する複数のジャイロスコープ (図示せず) と、そして直線加速度及び / 又は回転速度データを処理して、相対位置及び姿勢情報を生成するソフトウェア (図示せず) と、を含むことができる。カメラを使用して画像データを処理することにより、構造体 1 0 4 の内部の位置決めセンサ 2 0 6 の位置を求めるセンサのような他の種類の内蔵型位置決めセンサ 2 0 6 を用いることもできる。

20

#### 【 0 0 1 6 】

例示的な実施形態では、局所座標測定システム (local coordinate measurement system) 3 0 0 は、位置認識データを供給して、構造体 1 0 4 に対する検査センサ 1 0 2 の第 1 位置の導出を容易にする。例示的な実施形態では、局所座標測定システム 3 0 0 は、局所測位システム (local positioning system: LPS) であり、この局所測位システムは、測距計 3 0 2 を含み、そして / またはパンチルトユニット 3 0 4 に接続されるデジタルカメラを含む。

30

#### 【 0 0 1 7 】

局所座標測定システム 3 0 0 を用いて、多関節ロボットシステム 2 0 0 を構造体 1 0 4 の座標系に校正することができる。例示的な実施形態では、測距計 3 0 2 は、構造体 1 0 4 の可視特徴点 1 1 0 の相対距離を測定して、構造体 1 0 4 に対する局所座標測定システム 3 0 0 の相対位置を導出する。更に、例示的な実施形態では、測距計 3 0 2 は、ベース部 2 1 2 上のポイント群のような多関節ロボットシステム 2 0 0 の外部特徴点群 2 1 0 の相対距離を測定する。更に詳細には、例示的な実施形態では、局所座標測定システム 3 0 0 によって、多関節ロボットシステム 2 0 0 及び / 又は構造体 1 0 4 を座標系に位置合わせし易くなって、位置決めセンサ 2 0 6 及び検査センサ 1 0 2 の相対位置の記録が可能となる。

40

#### 【 0 0 1 8 】

パンチルトユニット 3 0 4 は作動可能であるので、局所座標測定システム 3 0 0 の測距計 3 0 2 の向きを可変に調整することができる。例示的な実施形態では、パンチルトユニット 3 0 4 によって測距計 3 0 2 を垂直回転軸 3 0 6 の回りに、そして水平回転軸 3 0 8 の回りに回転させることができる。更に詳細には、例示的な実施形態では、測距計 3 0 2 は垂直回転軸 3 0 6 の回りに回転することができるので、測距計 3 0 2 をパン動作させる

50

ことができ、そして測距計 3 0 2 は水平回転軸 3 0 8 の回りに回転することができるので、測距計 3 0 2 をチルト動作させることができる。1 つの実施形態では、測距計 3 0 2 の高さだけでなく、測距計 3 0 2 が側方に配置される位置を可変に調整することができる。別の実施形態では、パンチルトユニット 3 0 4 は、外部特徴点 1 1 0 と 2 1 0 とがなす水平角度及び / 又は垂直角度を測定するように構成される。

#### 【 0 0 1 9 】

一旦、多関節ロボットシステム 2 0 0 が目標物体 1 0 4 に合うように校正されると、検査プロセスは、位置決めセンサ 2 0 6 及び検査センサ 1 0 2 を含むロボットのエンドエフェクタを、アクセスポート 1 1 2 を介して挿入することから始まる。オペレータワークステーション 4 0 0 から、オペレータ 4 1 2 がアーム 2 0 4 に指示して、アーム 2 0 4 が目標物体 1 0 4 の内部の障害物 1 1 6 を、目標物体 1 0 4 の視覚表示を注意深く観察することにより通り過ぎるようにすると、ロボットアーム 2 0 4、位置決めセンサ 2 0 6、及び検査センサ 1 0 2 が図形提示インターフェース 4 0 6 に表示される。位置決めセンサ 2 0 6 からの情報を目標物体 1 0 4 の座標系に変換して、視認物体を正しい位置及び向きに、図形提示インターフェース 4 0 6 上で配置する。更に、内部目標物または障害物 1 1 6 を利用して、位置決めセンサ 2 0 6 で測定した位置データを調整する、または再校正することができる。例えば、ロボットアームが、既知の位置に在る障害物 1 1 6 に接触しているが、位置決めセンサ 2 0 6 から異なる位置が報告されている場合、位置決めセンサ 2 0 6 からのデータは、障害物 1 1 6 のこの既知の位置を基準にして調整することができる。

#### 【 0 0 2 0 】

図 3 は、図 1 及び 2 にも図示されている例示的な制御システム 4 0 0 を示しており、この制御システム 4 0 0 を用いてシステム 1 0 0 を操作することができる。例示的な実施形態では、制御システム 4 0 0 は、メモリ装置 4 0 2 と、そしてメモリ装置 4 0 2 に接続されて命令を実行するプロセッサ 4 0 4 と、を含む。幾つかの実施形態では、構造体 1 0 4 宛ての実行可能命令及び / 又はモデルデータは、メモリ装置 4 0 2 に保存される。本明細書において使用されるように、「processor」という用語は、この技術分野でコンピュータと表記される集積回路に限定されず、広義には、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラマブルロジックコントローラ ( P L C )、特定用途向け集積回路、及び他のプログラム可能回路を指す。

#### 【 0 0 2 1 】

制御システム 4 0 0 は、本明細書において記載される 1 つ以上の操作を、プロセッサ 4 0 4 をプログラムすることにより実行するように構成可能である。例えば、プロセッサ 4 0 4 は、1 つの操作を 1 つ以上の実行可能命令として符号化することにより、そしてメモリ装置 4 0 2 に格納されたこれらの実行可能命令を供給することによりプログラムすることができる。プロセッサ 4 0 4 は、1 つ以上の処理ユニット ( 例えば、マルチコア構成の処理ユニット ) を含むことができる。

#### 【 0 0 2 2 】

メモリ装置 4 0 2 は、実行可能命令及び / 又は他のデータのような情報を選択的に保存し、そして取り出すことができる 1 つ以上のデバイスを含む。例示的な実施形態では、このような他のデータは、構造体 1 0 4 を表わす少なくとも 1 つの所定の 3 次元コンピュータ支援設計 ( C A D ) モデルを含む。メモリ装置 4 0 2 は、これらには限定されないが、ダイナミックランダムアクセスメモリ ( D R A M )、スタティックランダムアクセスメモリ ( S R A M )、固体ディスク、及び / 又はハードディスクのような 1 つ以上のコンピュータ可読媒体を含むことができる。更に、メモリ装置 4 0 2 は、これらには限定されないが、実行可能命令及び / 又は他の任意の種類のデータを保存するように構成することができる。

#### 【 0 0 2 3 】

例示的な実施形態では、制御システム 4 0 0 は図形提示インターフェース 4 0 6 を含み、この図形提示インターフェース 4 0 6 はプロセッサ 4 0 4 に接続されて、情報をユーザ 4 1 2 に提示することができる。例えば、図形提示インターフェース 4 0 6 はディスプレ

イアダプタ（図示せず）を含むことができ、このディスプレイアダプタは、陰極線管（CRT）、液晶ディスプレイ（LCD）、発光ダイオード（LED）ディスプレイ、有機LED（OLED）ディスプレイ、及び／又は「電子インク」ディスプレイのような表示装置（図示せず）に接続可能である。例示的な実施形態では、図形提示インターフェース406によってユーザ412は、検査センサ102を、システム100を使用して選択的に位置決めする、そして／または検査センサ102の位置を可視化することができる。幾つかの実施形態では、図形提示インターフェース406は、1つ以上の表示装置を含む。その他に、または別の構成として、図形提示インターフェース406はプリンタに接続することができる、そして／またはプリンタを含むことができる。

#### 【0024】

10

例示的な実施形態では、制御システム400は入力インターフェース408を含み、この入力インターフェース408は、制御命令のような入力をユーザ412から受信する。例えば、入力インターフェース408は、本明細書において記載される方法に用いるために適する情報を受信する。入力インターフェース408はプロセッサ404に接続され、そして例えば、ジョイスティック、キーボード、ポインティングデバイス、マウス、スタイラス、タッチセンシティブパネル（例えば、タッチパッドまたはタッチスクリーン）、及び／又は位置検出器を含むことができる。1つの構成要素、例えばタッチスクリーンは、図形提示インターフェース406の表示装置として、そして同時に、入力インターフェース408として機能することができることに注目されたい。

#### 【0025】

20

例示的な実施形態では、制御システム400は、プロセッサ404に接続される通信インターフェース410を含む。例示的な実施形態では、通信インターフェース410は、検査センサ102、多関節ロボットシステム200、位置決めセンサ206、局所座標測定システム300、及び／又は別の制御システム400のような遠隔装置と通信する。更に詳細には、例示的な実施形態では、制御システム400は、図形提示インターフェース406及び／又は入力インターフェース408と連携動作して、ユーザ412がシステム100を操作することができるようにする。例えば、通信インターフェース410は、これらには限定されないが、有線ネットワークアダプタ、無線ネットワークアダプタ、及び／又はモバイル通信アダプタを含むことができる。別の構成として、または更に、制御システム400は、多関節ロボットシステム200、局所座標測定システム300、及び／又は別の制御システム400にネットワーク（図示せず）を介して接続することができる。このようなネットワークとして、これらには限定されないが、インターネット、ローカルエリアネットワーク（LAN）、ワイドエリアネットワーク（WAN）、無線LAN（WLAN）、メッシュネットワーク、及び／又は仮想プライベートネットワーク（VPN）、または他の適切な通信手段を挙げることができる。例示的な実施形態では、制御システム400は、多関節ロボットシステム200及び／又は局所座標測定システム300に直接電氣的に接続される、そして／または一体的に形成される。

30

#### 【0026】

図4は、検査センサ102を検査対象の目標物体または構造体104に対して選択的に位置決めするために使用される例示的な方法500を示している。使用状態では、制御システム400によって、検査センサ102を離れた場所から容易に位置決めすることができるので、構造体104の検査及び／又は分析が可能となる。更に詳細には、本明細書において記載される実施形態によって、センサ206の位置決めが可能となり、その結果、検査センサ102の位置を、構造体104の3次元CADモデルを使用して、3次元座標系で正確に追跡することができる。

40

#### 【0027】

まず、多関節ロボットシステム200を目標物体または構造体104の近傍に、そして／または目標物体または構造体104に隣接するように位置決めする（ステップ502）。例示的な実施形態では、測距計302は、構造体104の外側位置までの距離を測定し（ステップ504）、そして多関節ロボットシステム200の外側位置までの距離を測定

50

する（ステップ506）。例示的な実施形態では、このような位置データを制御システム400に送信して、制御システム400が、局所座標測定システム300に対する構造体104及び／又は多関節ロボットシステム200の位置及び／又は姿勢を正確に求めることができるようにする。1つの実施形態では、三角測量法を用いて、構造体104及び多関節ロボットシステム200の相対位置を求める。このような位置データに少なくとも基づいて、例示的な実施形態では、制御システム400は、多関節ロボットシステム200に接続される位置決めセンサ206の第1位置を求める（ステップ508）。

#### 【0028】

例示的な実施形態では、構造体104の少なくとも1つの仮想位置をメモリ装置402から受信する（ステップ510）。1つの実施形態では、構造体104の種類を、構造体104の位置データに基づいて特定する、そして／または判断することができ、そして構造体104の仮想位置を、構造体104の種類に基づいて求める、そして／または選択することができる。更に、例示的な実施形態では、多関節ロボットシステム200及び／又は位置決めセンサ206の仮想位置を、位置決めセンサ206の第1位置に基づいて決定することができる。次に、構造体104、ロボットシステム200、及び／又は位置決めセンサ206の仮想位置を3次元座標系で記録する（ステップ512）。

#### 【0029】

例示的な実施形態では、多関節ロボットシステム200はアーム204を作動させて、検査センサ102を構造体104に対して適切に位置決めし、姿勢設定し、そして／または移動させて（ステップ514）、構造体104を検査し、そして／または分析する。1つの実施形態では、ユーザ412は、図形提示インターフェース406及び／又は入力インターフェース408を使用してアーム204を、アクセスポート112を通過するように誘導する、そして／または他の内部目標物及び／又は障害物116の近傍に誘導することができる。このような実施形態では、ユーザ412は、構造体104、ロボットアーム204、位置決めセンサ206、及び検査センサ102の仮想表示を図形提示インターフェース406で確認することにより、アーム204に指示してアーム204が構造体104の内部の障害物116を通り抜けるようにする。位置決めセンサ206からの情報を3次元座標系に変換して、視認物体を図形提示インターフェース406上で、正しい位置に、かつ正しい姿勢に配置する。別の実施形態では、検査センサ102及び／又は位置決めセンサ206から供給されるデータを利用して、ナビゲーションプロセスの部分自動化及び／又は全自動化を可能とすることにより、検査センサ102及び／又は位置決めセンサ206を適切に位置決めし、姿勢設定し、そして／または移動させることができる（ステップ514）。

#### 【0030】

例示的な実施形態では、位置決めセンサ206によって取得され、そして／または供給される位置認識データを継続的に監視する、そして／または追跡する（ステップ516）ことにより、位置決めセンサ206を構造体104に対して第1位置から第2位置に移動させる（ステップ514）ときに、リアルタイムな後処理位置を規定し、そして／またはリアルタイムな姿勢追跡を行なう。更に詳細には、例示的な実施形態では、位置決めセンサ206の動きを、構造体104の位置、位置決めセンサ206の第1位置、及び／又は位置決めセンサ206及び／又は検査センサ102から供給される他のデータに対して追跡する（ステップ516）。従って、例示的な実施形態では、位置決めセンサ206の第2位置を、少なくとも位置決めセンサ206の第1位置、及び第1位置から第2位置までの間に追跡された動きに基づいて求めることができる（ステップ518）。例示的な実施形態では、位置決めセンサ206の位置及び／又は姿勢を図形提示インターフェース406に3次元座標系で継続的に表示することにより、構造体104の接近制限領域を通過する位置決めセンサ206の動きを仮想追跡する。

#### 【0031】

任意の時点で、検査センサ102及び／又は位置決めセンサ206から供給されるデータを利用して、構造体104、多関節ロボットシステム200、及び／又は位置決めセン

10

20

30

40

50

サ 2 0 6 の仮想位置を 3 次元座標系で、構造体 1 0 4 の位置、及び / 又は位置決めセンサ 2 0 6 の第 1 及び第 2 位置に少なくとも基づいて校正する (ステップ 5 2 0) ことができる。例示的な実施形態では、局所座標測定システム 3 0 0 によって、構造体 1 0 4 及び / 又は多関節ロボットシステム 2 0 0 を 3 次元座標系に校正し易くなる。更に詳細には、例示的な実施形態では、局所座標測定システム 3 0 0、外部特徴点 1 1 0、及び外部特徴点 2 1 0 の間の相対距離、及び / 又は局所座標測定システム 3 0 0、外部特徴点 1 1 0、及び外部特徴点 2 1 0 がなす相対角度を求める。

#### 【 0 0 3 2 】

一旦、外部特徴点 1 1 0 と 2 1 0 との間の相対距離、すなわち構造体 1 0 4 と多関節ロボットシステム 2 0 0 との間の相対位置及び相対姿勢が求まると、アーム 2 0 4 及び位置決めセンサ 2 0 6 の任意の動きを次に、3 次元座標系に変換することができる。更に、障害物 1 1 6 を利用して、位置決めセンサ 2 0 6 により測定される位置データを調整する、そして / または再校正することができる。例えば、ロボットアーム 2 0 4 が、既知の位置に在る障害物 1 1 6 に接触しているが、位置決めセンサ 2 0 6 が異なる位置を報告している場合、位置決めセンサ 2 0 6 からのデータを調整して、当該データが障害物 1 1 6 のこの既知の位置を指すようにすることができる。このような基準データ、数値積分、位置合わせ、及びフィルタリング技術を利用して、検査センサ 1 0 2 及び / 又は位置決めセンサ 2 0 6 の更新後の推定位置及び / 又は再校正後の推定位置、及び / 又は更新後の推定姿勢及び / 又は再校正後の推定姿勢を作動中に規定することができる。例えば、仮想位置は、検査センサ 1 0 2 及び / 又は位置決めセンサ 2 0 6 から供給される位置認識データが仮想位置に一致しない場合に、必要に応じて再校正することができる。

#### 【 0 0 3 3 】

本明細書において記載される種々の実施形態によって、センサを離れた場所から配置する、そして / または可視化することにより、接近制限領域内の種々の部品を検査することができる。従って、例示的な方法及びシステムによって、航空機検査に関連する時間及び / 又はコストを低減し易くなる。例示的なシステム及び方法は、本明細書において記載される特定の実施形態に限定されるのではなく、各システムの構成要素群及び / 又は各方法のステップ群は、本明細書において記載される他の構成要素群及び / 又は方法ステップ群とは独立して、かつ別に利用することができる。また、各構成要素及び各方法ステップは、他の構成要素群及び / 又は方法ステップ群と組み合わせて用いることができる。

#### 【 0 0 3 4 】

記載されているこの説明では、種々の例を用いて最良の形態を含む本発明の特定の実施形態を開示し、そして更に、この技術分野の当業者であれば必ず、これらの特定の実施形態を実施して、任意のデバイスまたはシステムを作製及び使用し、そして採用される何れの方法も実行することができるようにしている。本発明の特許可能な範囲は、請求項によって規定され、そしてこの技術分野の当業者であれば想起し得る他の例を含むことができる。このような他の例はこれらの請求項の範囲に、これらの例が、請求項の文言と異なるない構造的要素群を有する場合に、またはこれらの例が、請求項の文言とほとんど異なることがない等価な構造的要素群を含む場合に含まれるべきものである。

また、本願は以下に記載する態様を含む。

#### ( 態様 1 )

リモートセンサを目標物体の内部に位置決めする方法であって、前記方法は：

前記目標物体の位置を、第 1 センサを使用して求めるステップと、

前記目標物体の仮想位置を前記目標物体の前記位置に対して校正するステップと、

前記リモートセンサの第 1 位置を求めるステップと、

前記目標物体に対する前記リモートセンサの動きを追跡するステップと、  
を含む、方法。

#### ( 態様 2 )

前記目標物体の仮想位置を校正する前記ステップは更に、前記目標物体の前記仮想位置を取り出すステップを含む、態様 1 に記載の方法。

( 態様 3 )

更に、前記リモートセンサの仮想位置を、前記リモートセンサの前記第 1 位置に基づいて規定するステップを含む、態様 1 に記載の方法。

( 態様 4 )

更に、

前記リモートセンサの前記第 1 位置に対する前記リモートセンサの第 2 位置を求めるステップと、

前記リモートセンサの前記仮想位置を、少なくとも前記リモートセンサの前記第 1 位置及び前記第 2 位置に対して校正するステップと、  
を含む、態様 3 に記載の方法。

10

( 態様 5 )

更に：

前記リモートセンサを多関節ロボットシステムに接続するステップと、

前記多関節ロボットシステムの仮想位置を、前記リモートセンサの前記第 1 位置に基づいて規定するステップと、  
を含む、態様 1 に記載の方法。

( 態様 6 )

リモートセンサを目標物体の内部に位置決めする制御システムであって、前記制御システムは：

前記目標物体の位置を、第 1 センサを使用して求め、

前記目標物体の仮想位置を前記目標物体の前記位置に対して校正し、

前記リモートセンサの第 1 位置を求め、そして

前記目標物体に対する前記リモートセンサの動きを追跡するように構成される、制御システム。

20

( 態様 7 )

前記制御システムは更に、前記目標物体の前記仮想位置を取り出すように構成される、態様 6 に記載の制御システム。

( 態様 8 )

前記制御システムは更に、前記リモートセンサの仮想位置を、前記リモートセンサの前記第 1 位置に基づいて規定するように構成される、態様 6 に記載の制御システム。

30

( 態様 9 )

前記制御システムは更に：

前記リモートセンサの前記第 1 位置に対する前記リモートセンサの第 2 位置を求め、そして

前記リモートセンサの前記仮想位置を、少なくとも前記リモートセンサの前記第 1 位置及び前記第 2 位置に対して校正するように構成される、態様 8 に記載の制御システム。

( 態様 10 )

前記制御システムは更に、多関節ロボットシステムの仮想位置を、前記リモートセンサの前記第 1 位置に基づいて規定するように構成され、前記リモートセンサは多関節ロボットシステムに接続される、態様 6 に記載の制御システム。

40

( 態様 11 )

前記制御システムは更に、前記多関節ロボットシステムを移動させるように構成される、態様 10 に記載の制御システム。

( 態様 12 )

リモートセンサを目標物体の内部に位置決めするシステムであって、前記システムは：

前記リモートセンサに接続される多関節ロボットシステムと、

前記目標物体の位置を求め、そして前記リモートセンサの第 1 位置を求める位置決めシステムと、

前記目標物体の仮想位置を前記目標物体の前記位置に対して校正し、そして前記目標物体に対する前記リモートセンサの動きを追跡する制御システムと、

50

を備える、システム。

( 態 様 1 3 )

前記多関節ロボットシステムは、少なくとも 1 つの検査センサに接続される、態様 1 2 に記載のシステム。

( 態 様 1 4 )

前記制御システムは、前記目標物体の前記仮想位置を取り出す、態様 1 2 に記載のシステム。

( 態 様 1 5 )

前記制御システムは、前記リモートセンサの仮想位置を、前記リモートセンサの前記第 1 位置に基づいて規定する、態様 1 2 に記載のシステム。

( 態 様 1 6 )

前記制御システムは、前記リモートセンサの前記第 1 位置に対する前記リモートセンサの第 2 位置を求め、そして前記リモートセンサの前記仮想位置を、少なくとも前記リモートセンサの前記第 1 位置及び前記第 2 位置に対して校正する、態様 1 5 に記載のシステム。

。

( 態 様 1 7 )

前記制御システムは、前記多関節ロボットシステムの仮想位置を、前記リモートセンサの前記第 1 位置に基づいて規定し、そして前記多関節ロボットシステムを移動させる、態様 1 2 に記載のシステム。

10

【 図 1 】

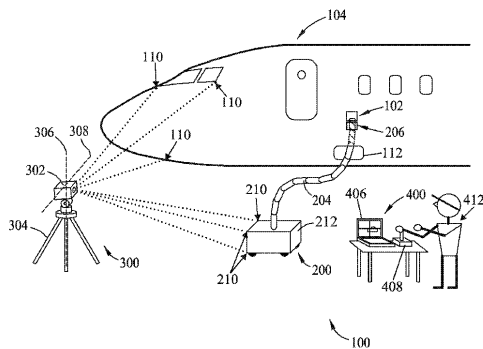


FIG. 1

【 図 2 】

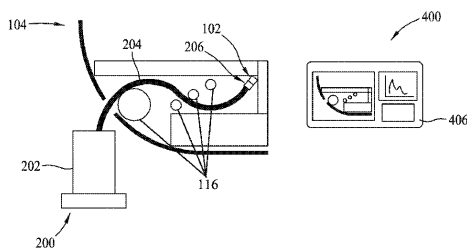


FIG. 2

【 図 3 】

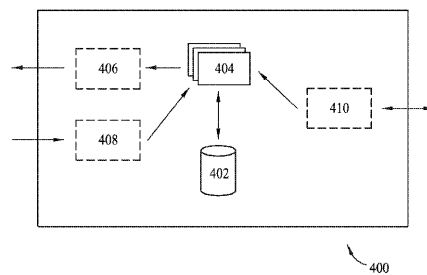
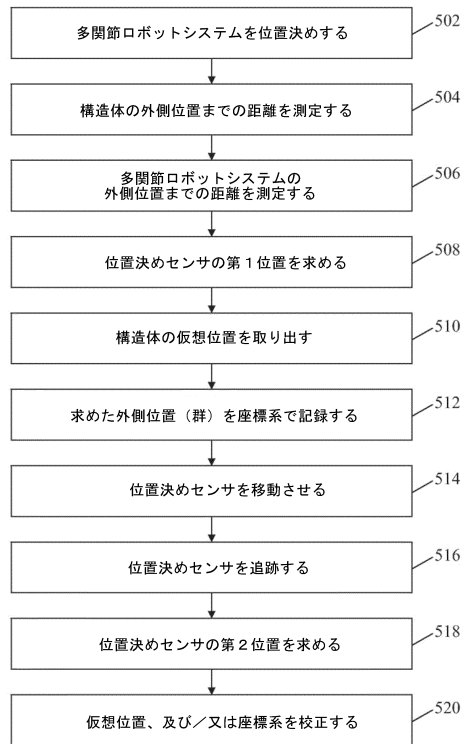


FIG. 3

【図 4】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ジョージソン, ゲアリー イー.  
アメリカ合衆国 ワシントン 98003, フェデラル ウェイ, サウス 358番 145
- (72)発明者 レア, スコット, ダブリュ.  
アメリカ合衆国 ワシントン 98055, レントン, サウス 23番 ストリート 113  
3
- (72)発明者 ヘレンブランド, ピーター ジェー.  
アメリカ合衆国 ワシントン 98146, シアトル, サウスウェスト 104番 ストリー  
ト 2508
- (72)発明者 トロイ, ジェームズ ジェイ.  
アメリカ合衆国 ワシントン 98027, イサクア, ノースウェスト ヴィレッジ パーク  
ドライブ 5000, エー - 204

審査官 松浦 陽

- (56)参考文献 特開昭60-067093(JP,A)  
特表2004-519340(JP,A)  
特開平03-086484(JP,A)  
特開平08-155863(JP,A)  
特開平11-104984(JP,A)  
特開2008-188705(JP,A)  
特開2000-070269(JP,A)  
特開平01-240285(JP,A)  
特開2007-183172(JP,A)  
特表2004-507370(JP,A)  
特開2004-213673(JP,A)  
特表2009-510393(JP,A)  
特開2002-292582(JP,A)  
特表2013-528795(JP,A)  
特開2004-223128(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02  
G05B 19/18 - 19/46