

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6822896号
(P6822896)

(45) 発行日 令和3年1月27日 (2021.1.27)

(24) 登録日 令和3年1月12日 (2021.1.12)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08 A
B 6 4 F 5/10 (2017.01)	B 6 4 F 5/10

請求項の数 13 外国語出願 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-96242 (P2017-96242)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成29年5月15日 (2017.5.15)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2018-30225 (P2018-30225A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成30年3月1日 (2018.3.1)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	令和2年4月20日 (2020.4.20)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	15/245,589	(74) 代理人	100108453
(32) 優先日	平成28年8月24日 (2016.8.24)		弁理士 村山 靖彦
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100133400
			弁理士 阿部 達彦
早期審査対象出願		(74) 代理人	100163522
			弁理士 黒田 晋平
		(74) 代理人	100154922
			弁理士 崔 允辰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 航空機を製造する被追跡ロボットアセンブリのための移動制御

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

組み立てられている航空機の胴体付近に前記胴体内で作業を実行するよう構成された移動ロボットアセンブリを配置するステップ (1202) であって、左測距センサ (442) および右測距センサ (444) が前記移動ロボットアセンブリに配置され、前記移動ロボットアセンブリは作業台 (610) に配置されている、ステップと、

前記アセンブリの前記左測距センサ (442) を前記作業台 (610) 上に配置された左ターゲットと位置合わせするステップ (1204) と、

前記アセンブリの前記右測距センサ (444) を前記作業台 (610) 上に配置された右ターゲットと位置合わせするステップ (1206) と、

前記アセンブリ上のロボットが前記胴体に対して作業を行う前記航空機の胴体内の位置へ向けて横切るように前記アセンブリを方向付けるステップ (1208) と、

前記アセンブリが移動している間に前記左測距センサと前記左ターゲットとの間の左距離を決定するステップ (1210) と、

前記アセンブリが移動している間に前記右測距センサと前記右ターゲットとの間の右距離を決定するステップ (1212) と、

決定された距離間の差異を検出するステップ (1214) と、

その差異に基づいて前記アセンブリの動きの方向を調整するステップ (1216) と、
を備える方法。

【請求項 2】

前記左距離が前記右距離よりも小さいと判定した場合に、前記差異に基づいて前記アセンブリの左方向の角度偏差を特定するステップと、

前記角度偏差に基づいて右へ旋回するように前記アセンブリに指示するステップ（１３１２）と、

を更に備える請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記右距離が前記左距離よりも小さいと判定した場合に、前記差異に基づいて前記アセンブリの右方向の角度偏差を特定するステップと、

前記角度偏差に基づいて左へ旋回するように前記アセンブリに指示するステップ（１３１２）と、

を更に備える請求項１または２に記載の方法。

【請求項４】

前記アセンブリが複数のトラック（４１０）を含み、

前記アセンブリの動きの方向を調整する前記ステップは、１つのトラックを他のトラックよりも大きな回転数で駆動させることによって前記アセンブリを操向するステップを備える、

請求項１～３のいずれか一項に記載の方法。

【請求項５】

反復的に、前記左距離を決定し、前記右距離を決定し、決定された距離の差異を検出するとともに、前記アセンブリが前記位置へ向かい続ける際に前記アセンブリの動きの方向を調整するステップ、

を更に備える請求項１～４のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６】

前記アセンブリが移動を停止したことを決定するステップと、

前記アセンブリ上の複数のターゲット（４５０）を特定するために前記アセンブリとは別個の更なる測距センサ（６２４）を利用するステップと、

前記胴体上の複数のターゲット（６２８）を特定するために前記更なる測距センサを利用するステップと、

前記アセンブリ上の前記ターゲットと前記胴体上の前記ターゲットとを比較して、前記胴体内の位置に対する前記アセンブリの近接性を決定するステップと、

前記近接性に基づいて再度位置決めするように前記アセンブリに指示するステップと、

を更に備える請求項１～５のいずれか一項に記載の方法。

【請求項７】

再度位置決めするように前記アセンブリに指示する前記ステップは、前記アセンブリの横方向位置を調整するために、後退して、後退する間に角度を調整して、再び前記位置へ向けて移動するように前記アセンブリを方向付けるステップを備える、

請求項６に記載の方法。

【請求項８】

再位置決めするように前記アセンブリに指示する前記ステップは、前記アセンブリの縦方向位置を調整するために、後退する又は前進するように前記アセンブリを方向付けるステップを備える、

請求項６または７に記載の方法。

【請求項９】

前記アセンブリを配置する前記ステップは、前記左ターゲット及び前記右ターゲットを含む作業台（６１０）上に前記アセンブリを配置するステップを備える、

請求項１～８のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１０】

組み立てられている航空機（１００）の胴体（１３０）と、

前記胴体の梁（６０４）及びビーム（６０２）を覆うとともに機械的インターロック機構（９００）により互いに結合される複数の床板（７１０）を備える仮床（７０１）と、

10

20

30

40

50

反射ターゲット（６３２，６３４）を含む作業台（６１０）と、
前記作業台上に配置されて前記胴体内で作業を行うよう構成された移動ロボットアセンブリ（４００）であって、

前記移動ロボットアセンブリ（４００）に配置された左測距センサ（４４２）および右測距センサ（４４４）であって、各センサが前記作業台における対応するターゲット（６３２，６３４）までの距離を測定する、左測距センサ（４４２）および右測距センサ（４４４）と、

前記アセンブリが移動している間に前記センサによって測定される距離間の差異を検出し、前記差異に基づいて前記アセンブリの動きの方向を変えて、前記胴体内の新たな位置へ向けて前記アセンブリを駆動させるコントローラー（６４０）と、

を備えるアセンブリ（４００）と、

を備えるシステム。

【請求項１１】

前記コントローラーは、前記左測距センサ（４４２）と対応するターゲットとの間の距離が前記右測距センサと対応するターゲットとの間の距離よりも小さいと決定して、前記アセンブリを右に操向する、

請求項１０に記載のシステム。

【請求項１２】

前記コントローラーは、前記右測距センサ（４４４）と対応するターゲットとの間の距離が前記左測距センサと対応するターゲットとの間の距離よりも小さいと決定して、前記アセンブリを左に操向する、

請求項１０または１１に記載のシステム。

【請求項１３】

前記コントローラーは、前記アセンブリが移動している間に距離の差異を繰り返し検出して前記アセンブリを操向する、

請求項１０～１２のいずれか一項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、一般に航空機に関し、特に、航空機を製造する／組み立てるためにロボットを利用することに関する。

【背景技術】

【０００２】

航空機用の胴体を建造することは、構造的剛性を与える支持構造にスキンパネルを取り付けることを含む場合がある。例えば、支持構造はフープ状フレーム及び縦長のストリングを含む場合があり、これらにはスキンパネルが取り付けられる。スキンパネルと支持構造との組合せは、共に合わさって、航空機の機体の一部を画定する。

【０００３】

スキンパネル及び支持部材を互いに結合して胴体を形成するために締結作業及び／又は他の作業が行われる場合がある。これらの作業は、例えば、穿孔作業、リベット作業、締め込みボルト締め作業、検査等を含む場合がある。そのような作業は、胴体が外側モールドライン（ＯＭＬ）要件及び内側モールドライン（ＩＭＬ）要件を満たすようにするために行われる場合がある。

【０００４】

製造環境（例えば、工場フロア、製造セル等）内では、胴体に関して前述した作業を行うためにロボットが利用される場合がある。ロボットは、胴体上の正確な箇所（例えば、胴体内の箇所）で作業を行うために、数値制御（ＮＣ）プログラムにしたがって胴体内で予測通りに、正確に、及び、反復的に移動することが期待されるアセンブリ上に配置される。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】カナダ国特許出願公開第2 894 306号明細書

【特許文献2】欧州特許出願公開第2 532 589号明細書

【特許文献3】国際公開第98/13169号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

そのようなロボットのための組立てプロセスは残念ながら依然として複雑なプロセスのままである。ロボットは胴体を能動的に組み立てているため、胴体はしばしば頑丈な床を欠く。製造中に頑丈な床が胴体上に存在する実施形態においてさえ、そのような床を横切って大型で重いロボットアセンブリを行き来させることは望ましくない場合がある。したがって、胴体内の床の骨組みを作る梁とビームの間に挿入される様々な仮床板から仮床が組み立てられる場合がある。これらの仮床板は、アセンブリが乗り入れるときに僅かに移動する場合があります、それにより、アセンブリが移動するたびにアセンブリが予期される位置からずれる。事実上、トラックに起因する床板の摺動により、アセンブリは、該アセンブリが前進することを期待するときに所定位置にとどまったままである。異なるトラックのための仮床板が異なる量だけ摺動する場合、アセンブリは、その方向を変える場合さえあり、それにより、アセンブリが前方/後方に進むにつれて位置の誤差の大ききの度合いが増す。そのため、オペレータは、望ましくない移動/動きを考慮する及び/又は最小限に抑えることによってより正確な胴体組立てを確保する高度なロボットシステムを望み続ける。

10

20

【0007】

本明細書中に記載される実施形態は、移動被追跡ロボットアセンブリの下側の仮床板を構造的に一体化し、次いで、計測を利用してアセンブリが望み通りに移動するようにする。アセンブリが移動中に意図された位置から逸脱する場合、本明細書中に記載されるシステムは、アセンブリが依然として動いている間でも、閉ループ制御機構及び/又は開ループ制御機構を利用してアセンブリの方向を変える及び/又は位置を変えることができる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

30

1つの実施形態は、組み立てられている航空機の胴体付近に移動ロボットアセンブリを配置するステップと、アセンブリの左測距センサを左ターゲットと位置合わせするステップと、アセンブリの右測距センサを右ターゲットと位置合わせするステップとを備える方法である。また、方法は、アセンブリ上のロボットが胴体に対して作業を行う航空機胴体内の位置へ向けて横切るようにアセンブリを方向付けるステップ、アセンブリが移動している間に左測距センサと左ターゲットとの間の左距離を決定するステップ、アセンブリが移動している間に右測距センサと右ターゲットとの間の右距離を決定するステップ、決定された距離間の差異を検出するステップ、及び、差異に基づいてアセンブリの動きの方向を調整するステップも含む。

【0009】

40

更なる実施形態は、組み立てられている航空機の胴体と、胴体の梁及びビームを覆うとともに機械的インターロック機構により互いに結合される複数の床板を備える仮床と、反射ターゲットを含む作業台と、作業台上に配置されて胴体に対して作業を行うアセンブリとを備えるシステムである。アセンブリは、作業台における対応するターゲットまでの距離をそれぞれが測定する複数の測距センサと、アセンブリが移動している間にセンサによって測定される距離間の差異を検出し、差異に基づいてアセンブリの動きの方向を変えて、胴体内の新たな位置へ向けてアセンブリを駆動させるコントローラーとを備える。

【0010】

更なる実施形態は方法である。方法は、組み立てられている航空機の胴体内へ仮床板を設置するステップと、胴体の組立て中に被追跡ロボットアセンブリのトラックが胴体内の

50

仮床板を横切って移動できる経路を特定するステップと、各経路に対応する床板の組を特定するステップと、床板のそれぞれの組ごとに、特定された経路に沿って床板の組を剛体へと構造的に一体化する機械的インターロック機構を設置するステップとを備える。

【0011】

更なる実施形態は、プロセッサにより実行されるときに航空機胴体内で動作する被追跡ロボットアセンブリの位置を調整する方法を行うようになっているプログラム命令を具現化する持続性コンピュータ可読媒体である。方法は、アセンブリ上のセンサとアセンブリの外部の対応するターゲットとの間の距離を測定するステップと、センサによって測定された距離間の距離の差異を検出するステップと、距離の差異に基づいてアセンブリを操向するステップとを備える。

10

【0012】

他の典型的な実施形態（例えば、前述の実施形態に関連する方法及びコンピュータ可読媒体）については後述する。論じられてきた特徴、機能、及び、利点は、様々な実施形態では独立に達成することができ、或いは、更なる他の実施形態では組み合わせられてもよく、それらの更なる詳細は、以下の説明及び図面に関連して分かる。

【0013】

ここで、単なる一例として、添付図面を参照して、本開示の幾つかの実施形態について説明する。同じ参照番号は、全ての図面において同じ要素又は同じタイプの要素を表わす。

【図面の簡単な説明】

20

【0014】

【図1】典型的な実施形態における航空機のブロック図である。

【図2】典型的な実施形態における航空機胴体の一部の切断正面図である。

【図3】典型的な実施形態における航空機胴体の一部における製造環境の正面図である。

【図4】典型的な実施形態における胴体の上側セクションのための被追跡ロボットアセンブリの斜視図である。

【図5】典型的な実施形態における胴体の下側セクションのための被追跡ロボットアセンブリの斜視図である。

【図6】典型的な実施形態における被追跡ロボットアセンブリを保持する作業台の斜視図である。

30

【図7】典型的な実施形態における被追跡ロボットアセンブリを胴体内へ取り込むための作業台の断面図である。

【図8】典型的な実施形態における航空機の胴体内の測距センサを利用する被追跡ロボットアセンブリの平面図である。

【図9】典型的な実施形態における機械的インターロック機構によって互いに対して保持される仮床板の平面図である。

【図10】典型的な実施形態における機械的インターロック機構によって互いに対して保持される仮床板の側面図である。

【図11】典型的な実施形態における仮床板を連結する方法を示すフローチャートである。

40

【図12】典型的な実施形態における被追跡ロボットアセンブリを動作させるための方法を示すフローチャートである。

【図13】典型的な実施形態における被追跡ロボットアセンブリを動作させるための方法を示すフローチャートである。

【図14】典型的な実施形態における胴体内での被追跡ロボットアセンブリの動きの平面図を示すブロック図である。

【図15】典型的な実施形態における胴体内で動作する被追跡ロボットアセンブリのブロック図である。

【図16】典型的な実施形態における航空機の製造及び保守点検方法のフロー図である。

【図17】典型的な実施形態における航空機のブロック図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0015】

図及び以下の説明は、本開示の特定の典型的な実施形態を例示する。したがって、本明細書中に明示的に記載され又は示されないが本開示の原理を具現化するとともに本開示の範囲内に含まれる様々な構成を当業者が案出できることが分かる。また、本明細書中に記載される任意の例は、本開示の原理を理解するのに役立つように意図されており、そのような具体的に挙げられた例及び条件に限定しないように解釈されるべきである。結果として、本開示は、以下に記載される特定の実施形態又は例に限定されず、特許請求の範囲及びそれらの等価物によって限定される。

【0016】

図1～図2は、典型的な航空機の構造を示す。具体的には、図1は、典型的な実施形態における航空機100の図である。航空機100は、ノーズ110、翼120、胴体130、及び、テール140を含む。また、図1は、航空機100の下方方向(Z)も示す。図2は、図1の視矢印2により示される航空機100の切断正面図である。図2は、航空機胴体130の断面図を示す。胴体130は上側セクション280を含み、上側セクション280は、(1つ以上の梁604によって支持される)床233、天井232、及び、客室230を形成する側壁231を含む。支持部材212(例えば、フープ状フレーム及び縦長のストリングを備える)が胴体130の形状を強化して構造的な支持を与える。この実施形態では、座席234及び収納棚270も含まれる。また、胴体130は、貨物領域262の貨物床264の下側に配置される排水路260を含む下側セクション290も含む。図2は、機外方向が航空機100の外表面(例えば、スキン210)に向かって進み、また、機内方向が航空機100の内部(例えば、客室230)に向かって進むことを更に示す。図2に示されるように、スキン210は胴体130を取り囲む。

【0017】

図3は、典型的な実施形態における航空機胴体130の一部のための製造環境300の正面図である。すなわち、図3は、図2と同じ胴体130の図を示すが、胴体130が製造され/組み立てられる環境を表わす。したがって、図2と図3との間の胴体130に見られる相違は、図2では胴体130の組立てが完了されているが図3では未だ進行中であるという結果である。

【0018】

製造環境300は、胴体130及びスキン210の構造的な構成要素212を互いに組み立てて航空機100のための機体を形成するためにロボットによる自動処理を利用するようになっている任意のシステムを備える。この実施形態において、製造環境300は、クレードル330に装着される胴体130を含む。製造環境300は、支持体321, 322, 323上にそれぞれ装着される外部ロボット311, 312, 313を更に含む。支持体321, 322, 323は、無人搬送車(AGV)上に装着されており、したがって、胴体130に対して作業を行うために望み通りに胴体130を横切ることができる。外部ロボット311-313は、胴体130を組み立てる及び/又は胴体アセンブリ130の支持部材212にスキン210を取り付ける締結作業に関与するために、それらの動作を胴体130内で移動する被追跡ロボットアセンブリ400, 500と協調させる。本明細書中で使用されるように、アセンブリは、それがトラック/トレッドを含むときに「追跡され」、このトラック/トレッドを介してアセンブリは環境を横切ることができる。すなわち、本明細書中に記載されるアセンブリは、(例えば、列車路線と同種の)経路を画定するために既にレイアウトされる独立した構成要素であるトラックに沿って移動する代わりに、(例えば、タンクトレッド/トラックと同種の)それら自体のトレッド/トラックを含む。アセンブリ400は、胴体130の上側セクション280内で作業を行い、一方、アセンブリ500は、胴体130の下側セクション290内で作業を行う。更に、アセンブリ400は、梁604に装着される上側セクション280内の仮床701を横切って移動する。アセンブリ500は、構造132に装着される下側セクション290内の仮床701を横切って移動する。

【 0 0 1 9 】

組立てアセンブリ 4 0 0 - 5 0 0 の更なる詳細について図 4 ~ 図 5 に関して説明する。例えば、図 4 は、図 3 の領域 4 の斜視図であり、アセンブリ 4 0 0 がトラック 4 1 0 とロボットアーム 4 3 0 とを含むことを示している。ロボットアーム 4 3 0 はそれぞれ、剛体 4 1 2 及びアクチュエータ 4 1 4 を含む運動学的なチェーン 4 1 5 によって画定され、エンドエフェクタ 4 1 6 によって終端される。エンドエフェクタ 4 1 6 は、（例えば、スキン 2 1 0 を胴体 1 3 0 に締結すること、胴体 1 3 0 に孔を穿孔すること等によって）胴体 1 3 0 を組み立てるために胴体 1 3 0 に対して作業を行う。ロボットアーム 4 3 0 の動作は、コントローラ 4 2 0 に保持される NC プログラム内の命令によって管理される。コントローラ 4 2 0 は、例えば、カスタム回路として、プログラムされた命令を実行するプロセッサとして、又は、これらの何らかの組合せとして実装されてもよい。

10

【 0 0 2 0 】

アセンブリ 4 0 0 は測距センサ 4 4 2 , 4 4 4 も含む。1つの実施形態において、センサ 4 4 2 , 4 4 4 は、再帰反射ターゲットまでの距離を測定するレーザ測距センサ（例えば、光検出測距（L I D A R）センサ）である。しかしながら、更なる実施形態において、センサ 4 4 2 , 4 4 4 は、超音波測距センサ、又は、既知のターゲットまでの距離を測定することができる他のセンサとして実装されてもよい。センサ 4 4 2 , 4 4 4 は、アセンブリ 4 0 0 上の同様の前 / 後位置に配置されるが、異なる横方向位置に配置されるため、センサ 4 4 2 , 4 4 4 によって測定される距離間の差異を特定することによって、アセンブリ 4 0 0 の方向の変化を検出できる。また、アセンブリ 4 0 0 はターゲット 4 5 0 も含む。ターゲット 4 5 0 は、NC プログラムにしたがってアセンブリ 4 0 0 が移動を完了した後にアセンブリ 4 0 0 の正確な位置を検出するために外部測距センサによって利用されてもよい。図 5 は、図 3 の領域 5 の斜視図を示す。図 5 は、具体的には、図 4 のアセンブリ 4 0 0 と同様な態様でトラック 5 1 0、コントローラ 5 2 0、及び、ロボットアーム 5 3 0 を含むアセンブリ 5 0 0 を示し、ロボットアーム 5 3 0 は、剛体 5 1 2、アクチュエータ 5 1 4、及び、エンドエフェクタ 5 1 6 によって画定される運動学的なチェーン 5 1 5 を備える。アセンブリ 5 0 0 は、測距センサ 5 4 2 , 5 4 4 と、ターゲット 5 5 0 とを更に含む。アセンブリ 4 0 0 - 5 0 0 について先に十分に説明したことに伴い、ここで、胴体 1 3 0 内でのアセンブリ 4 0 0 - 5 0 0 の動作の詳細について図 6 ~ 図 8 に関して説明する。

20

30

【 0 0 2 1 】

図 6 は、典型的な実施形態における被追跡ロボットアセンブリ 4 0 0 を保持する作業台 6 1 0 の斜視図である。図 6 によれば、アセンブリ 4 0 0 は、胴体 1 3 0 に入る直前に作業台 6 1 0 上で方向付けられる。作業台 6 1 0 は、例えば、胴体 1 3 0 の上側セクション 2 8 0 内にアセンブリ 4 0 0 を取り込むため、又は、胴体 1 3 0 の下側セクション 2 9 0 内にアセンブリ 5 0 0 を取り込むために使用されてもよい。アセンブリ 4 0 0 が作業台 6 1 0 から胴体 1 3 0 内へ移動し終わった後に、アセンブリの位置がセンサ 6 2 4 によって特定されてもよい。コントローラ 6 4 0 がセンサ 6 2 2 - 6 2 6 の動作を管理する。同様な態様で、アセンブリ 4 0 0 が動いている間、コントローラ 4 2 0 は、センサ 4 4 2 , 4 4 4 を利用してターゲット 6 3 2 , 6 3 4 までの距離を追跡してもよい。ビーム 6 0 2 及び梁 6 0 4 は、仮床を内部に付加できる骨組みをもたすが、仮床は図 6 に示されない。

40

【 0 0 2 2 】

図 7 は、典型的な実施形態における被追跡ロボットアセンブリ 4 0 0（単に「アセンブリ 4 0 0」とも称される）を胴体 1 3 0 内に取り込むための作業台 6 1 0 の断面図である。この図では混乱を減らすためにアセンブリ 4 0 0 が示されないが、仮床 7 0 1 は示される。アセンブリ 4 0 0 は、仮床 7 0 1 を横切ってトラック経路 7 2 2 , 7 2 4 に沿って移動する。図 7 ではトラック経路 7 2 2 , 7 2 4 が直線のように示されるが、アセンブリがそのエンドエフェクタを介して作業を行うのに望ましい位置と合うように Y 軸上のその位置を変更する更なるシナリオでは、トラック経路 7 2 2 , 7 2 4 が変化してもよい。図 7

50

に示されるように、仮床 701 は複数の仮床板 710 を含む。仮床 701 は、梁 604 及びビーム 602 を覆って、被追跡ロボットアセンブリが横切ることができる滑らかな構造をもたらす。各仮床板 710 は、梁 604 及びビーム 602 も覆いつつ梁 604 (それぞれが胴体 130 を横方向で横切って Y 方向に延伸する) とビーム 602 (それぞれが胴体 130 を縦方向で横切って X 方向に延伸する) との間から吊り下がるように適合される / 寸法付けられる。更に、各トラック経路は、一組の床板 710 に対応する / 一組の床板 710 と交差する。したがって、図 7 に示されるように、トラック経路 722 は、胴体 130 の左側の床板 710 の組 723 に対応し、一方、トラック経路 724 は、胴体 130 の右側の床板 710 の組 725 に対応する。

【0023】

床板 710 は、ビーム 602 と梁 604 との間 / ビーム 602 及び梁 604 の上で自由に吊り下がり、ビーム 602 及び梁 604 に取り付け固定されないため (例えば、仮床 701 を “落とし込み” によって容易に取り付けることができるとともに多大な労力を消耗することなく除去できるようにするため)、床板 710 が X 方向及び / 又は Y 方向で前後に摺動できる。これは、それにより胴体 130 内で移動するアセンブリの動きを推測航法によって (例えば、アセンブリの各トラックにより行われる回転の数に留意することによって) 追跡することが更に難しくなるという点において問題になる。この問題に対処するために、作業台 610 は、胴体 130 内で移動するアセンブリの適切な測位及び再測位を確保するための複数の機構を含む。機構の第 1 の組はセンサ 622, 624, 626 を含む。センサ 624 は、アセンブリ 400 が意図された目的地に到達したかどうかを決定するべく、アセンブリが移動を完了した後にアセンブリ 400 上のターゲット (例えば、ターゲット 450) を追跡するために利用される。更に、センサ 622 - 626 は、胴体 130 上のターゲット 628 を解析するために使用される。センサ 622 - 626 は互いに対して既知の位置を占めるため、これらのセンサの入力を組み合わせて、アセンブリが胴体 130 の座標空間内のどこに配置されるのかを決定できる。そのような解析 (例えば、動作中にターゲット 450 を追跡するセンサ 624 によって行われる) は、アセンブリ 400 が胴体 130 内で動作する間、衝突回避を容易にするのに役立ち得る。コントローラ 640 は、センサ 622 - 626 に関連する様々な計算を行うために作業台 610 で (又は他の位置で) 利用されてもよい。機構の第 2 の組は、ターゲット 632, 634 (例えば、再帰反射ターゲット、超音波ターゲット等) を含む。これらのターゲット 632, 634 は、アセンブリがその意図された方向に忠実のままであるかどうかを示す入力をアセンブリに与えるために、アセンブリ上の測距センサと共に利用されてもよい。

【0024】

一方、図 8 は、明確にするために仮床 701 が省略されてしまっていることを除き、図 7 に示されるのと同じ図を示すブロック図であるが、アセンブリ 400 が付加されてしまっている。この実施形態において、測距センサ 442, 444 は、アセンブリ 400 が前進すると、測距データを取得するために連続的に動作する。センサ 442, 444 は、光ビーム及び / 又は音波 (812, 814) をターゲット 632, 634 に向けて送信してこれらの光ビーム及び / 又は音波の反射を介して距離データを取得することによってこの目的を果たす。距離データは、左測距センサ 442 と左ターゲット 632 との間の距離を示す距離測定値 D_L 、及び、右測距センサ 444 と右ターゲット 634 との間の距離を示す距離測定値 D_R を含む。アセンブリ 400 が移動中にその方位角を変える (ドリフトを引き起こす又は左右にドリフトする) 場合には、 D_L 及び D_R の値が互いに対して変化する。 D_L と D_R との間のこれらの差異は、アセンブリ 400 のための意図された角度からの偏差を検出してそれらの偏差を (例えば、1 つのトラック 410 をアセンブリ 400 の他のトラック 410 よりも長い期間にわたって / 多くの回転数にわたって / 他のトラック 410 とは異なる距離にわたって駆動させることにより) 補正するためにアセンブリ 400 によってその移動中 (すなわち、動いている間) に解析されてもよい。更なる実施形態において、偏差は、所定の旋回パターンで前進するとともに異なる旋回パターンで後方に移動することによって補正される。このように、コントローラ 420 は、繰り返して連

10

20

30

40

50

続的に、左距離を決定し、右距離を決定し、決定された距離の差異を検出するとともに、アセンブリがその位置へ向かい続ける際にアセンブリの方向を調整する。

【 0 0 2 5 】

アセンブリ 4 0 0 の予期される経路からのずれを考慮するための前述の技術及びシステムに加えて、図 9 ~ 図 1 0 は、アセンブリが仮床 7 0 1 上にわたって移動している間に床板が互いに対して摺動しないようにするためにアセンブリのトラック経路内で利用されてもよい典型的な機械的インターロック機構 9 0 0 を示す。図 9 では、2 つの床板 7 1 0 がトラック経路 7 2 2 に沿って配置される。これらの床板 7 1 0 は、床板 7 1 0 の角部 7 1 2 に / 角部 7 1 2 付近に配置されるインターロック機構 9 0 0 を介して互いに装着される。更なる実施形態において、各インターロック機構 9 0 0 は、4 つの別個の床板 7 1 0 の 4 つの隣接する角部によって形成される空間を占める。図 1 0 に示されるように、各インターロック機構 9 0 0 は、インターロック機構が装着時に床板 7 1 0 の表面 7 1 8 と同一平面内にあるようにするために、床板 7 1 0 の凹所 7 1 6 内に配置される。また、床板 7 1 0 は、インターロック機構のピン 9 1 0 を嵌め込む（例えば、工具を必要としない迅速な仮床の設置を可能にするために落とし込む、摺動させる、又は、圧入する）ことができる（厚さ / 深さ T の）レセプタクル / 穴 7 1 4 を含む。ピン 9 1 0 は、胴体 1 3 0 内の様々な床板 7 1 0 を構造的に一体化することによって構造的剛性を強化する。機械的インターロック機構 9 0 0 を設置することにより、床板 7 1 0 が縦方向の力及び / 又は曲がりに抵抗する。

【 0 0 2 6 】

胴体 1 3 0 における仮床の準備の例示的な詳細を図 1 1 に関して論じる。この実施形態に関しては、胴体 1 3 0 の支持部材 2 1 2 が機体の支持構造（「骨格」）に組み込まれてしまっているが、スキン 2 1 0 の一部が未だ締結されてしまっていないと仮定する。したがって、締結作業を開始できるようにするために、仮床 7 0 1 を胴体 1 3 0 の上側セクション 2 8 0 内に設置するとともに、仮床 7 0 2 を胴体 1 3 0 の下側セクション 2 9 0 内に設置することが望ましい。これは、締結作業を行うためにアセンブリ 4 0 0 , 5 0 0 が胴体 1 3 0 を横切ることができるようにする。

【 0 0 2 7 】

図 1 1 は、典型的な実施形態における連結された床板を備える仮床を設置するための方法 1 1 0 0 を示すフローチャートである。方法 1 1 0 0 のステップは、図 1 の胴体 1 3 0 に関連して説明されるが、当業者は、方法 1 1 0 0 が他の機械的環境で実行されてもよいことを理解できる。本明細書中に記載されるフローチャートのステップは、全てが包括的であるとは限らず、図示しない他のステップを含んでもよい。本明細書中に記載されるステップは、別の順序で行われてもよい。

【 0 0 2 8 】

仮床板 7 1 0 は、（例えば、床板 7 1 0 を梁 6 0 4 又はビーム 6 0 2 に締結することなく、梁 6 0 4 とビーム 6 0 2 との間に個々の床板 7 1 0 を配置する / 吊り下げることによって）胴体 1 3 0 内に設置される。床板 7 1 0 は一時的である（例えば、それらの重量によって所定位置に保持されるにすぎず、梁 6 0 4 又はビーム 6 0 2 に締結されない）ため、これらの床板は、その上でアセンブリ（例えば、複数トンの重量がある機械）が移動される際に胴体 1 3 0 内で X 方向及び / 又は Y 方向に漸増量分だけ摺動し易い。このことは、その移動（距離及び軌道）を推測航法により決定できるアセンブリの能力を床板 7 1 0 が妨げる可能性が高いことを意味する。この問題を考慮するために、胴体 1 3 0 の組立て中にアセンブリが胴体 1 3 0 内で仮床板を横切って移動できるトラック経路がアセンブリ（例えば、4 0 0 , 5 0 0 ）に関して特定される（ステップ 1 1 0 4 ）。これは、例えば、アセンブリの動作を指示する NC プログラムを解析するコントローラ 6 4 0 又はコントローラ 5 2 0 によって行われてもよい。

【 0 0 2 9 】

トラック経路が知られている場合には、トラック経路のそれぞれに対応する床板 7 1 0 が特定される（ステップ 1 1 0 6 ）。これは、アセンブリが NC プログラムにしたがって

動作している間にいずれの床板 710 がトラック (例えば、410, 510) の下側にあるのかを決定することによって行われてもよい。その後、異なるトラック経路に対応する床板のそれぞれの組ごとに、その組を剛体へと一体化するべく機械的インターロック機構 900 が設置される (ステップ 1108)。これは、アセンブリが仮床 701 を横切って移動するときに床板 710 の摺動によって引き起こされる並進エラーの量を減らす。

【0030】

製造環境 300 内のアセンブリ (例えば、400, 500) の動作の例示的な詳細を図 12 に関して論じる。最初にアセンブリ 400 が作業台 610 に配置される (ステップ 1202)。アセンブリ 400 が作業台 610 上に配置された状態で、左測距センサ 442 が作業台 610 の左ターゲット 632 と位置合わせされ (ステップ 1204)、右測距センサ 444 が作業台 610 の右ターゲット 634 と位置合わせされる (ステップ 1206)。センサ 442 - 444 をターゲット 632 - 634 と位置合わせすることは、センサ 442 - 444 によって放射されるレーザビーム (又は超音波) がセンサ 442 - 444 による放射時にターゲット 632 - 634 に当たるようにすることを含む。

【0031】

センサが位置合わせされた後、コントローラ 640 は、ターゲット 628 を介した計測を利用して胴体 130 の座標空間を決定してもよく、また、ターゲット 450 に関する計測を更に利用して胴体 130 内の作業台 610 及びアセンブリ 400 の位置を決定してもよい。この情報に基づいて、コントローラ 640 は、(例えば、1つ以上の締結作業を行うことによって) 胴体 130 に対して作業を行うためにアセンブリ 400 を胴体 130 内の所望の位置に移動させる方法を決定する。したがって、コントローラ 640 は、アセンブリ 400 を作業台 610 から胴体 130 内の所望の位置へと横切るように方向付けるべくアセンブリ 400 のコントローラ 420 に命令を送る (ステップ 1208)。コントローラ 420 は、命令により指示されるようにアセンブリ 400 を前進させるべくトラック 410 を方向付ける。このプロセスの一環として、アセンブリ 400 が移動している間、コントローラ 420 は、左ターゲット 632 までの距離を決定するために左センサ 442 を動作させる (ステップ 1210) とともに、右ターゲット 634 までの距離を決定するために右センサ 444 を更に動作させる (ステップ 1212)。

【0032】

測定された距離間の差異を検出する (ステップ 1214) ことによって、コントローラ 420 は、(例えば、床板 710 がトラック 410 の下側で摺動してしまったため) アセンブリ 400 が前進している間に方向を変えてしまったかどうかを決定することができる。例えば、最初にセンサ 442 - 444 がそれらのそれぞれのターゲットから等距離になるように位置合わせされる場合であって、その後にセンサ 442 によって測定される左距離がセンサ 444 によって測定される右距離よりも小さくなる場合、これはアセンブリ 400 が左に旋回していることを示す。或いは、最初にセンサ 442, 444 がそれらのそれぞれのターゲットから同じ距離に位置合わせされない場合には、各センサからその対応するターゲットまでの最初の距離が決定されてもよい。左距離と右距離との間の最初の差異は、アセンブリ 400 のための直線的な方向 (例えば、真っ直ぐに前方へ向かう向き) を示す。差異が変化する場合、コントローラ 420 は、胴体 130 の座標空間内のアセンブリの正確な位置を知らなくても、アセンブリ 400 の移動中の方向の変化を検出できる。これにより、コントローラ 420 は、アセンブリ 400 の閉ループ制御に関与して、アセンブリ 400 が所望の軌道を辿っているようにすることができる。したがって、左右の距離間の差異が同じ / 一定のままである場合、このことは、アセンブリ 400 が X 軸に沿って前 / 後に行き来していることを示唆する。例えば、アセンブリ 400 が意図された横断経路の中心線上で X 軸方向に正確に向けられる場合であって、その後に左右のセンサからの左右の距離測定間の差異が一定のままである場合、アセンブリ 400 は、X 軸に沿う所望の直線経路に沿って行き来して横断経路の中心線に中心付けられるようにされる。要するに、コントローラ 420 は、アセンブリ 400 の動作方向 (すなわち、トラック 410 が向いている方向に対応するアセンブリ 400 の方向) を調整できる (ステッ

プ 1 2 1 6)。

【 0 0 3 3 】

更なる実施形態において、作業台 6 1 0 上の 1 つ以上のセンサ（例えば、センサ 6 2 4）は、アセンブリ 4 0 0 が動いている間にアセンブリ 4 0 0 にある 1 つ以上のターゲット 4 5 0 を追跡してもよい。この追跡は、アセンブリ 4 0 0 が胴体 1 3 0 とまさに衝突しようとしているかどうかをコントローラー 6 4 0 が決定するために、胴体 1 3 0 内のアセンブリ 4 0 0 の一般的な位置を決定するべくコントローラー 6 4 0 によって利用されてもよい。そのような場合、コントローラー 6 4 0 は、胴体 1 3 0 と衝突する前にアセンブリ 4 0 0 に停止するように指示してもよい。

【 0 0 3 4 】

例

以下の例では、航空機の胴体を組み立てる締結作業を行う移動被追跡ロボットアセンブリの動作を方向付けるシステムとの関連で、更なるプロセス、システム、及び、方法について説明する。

【 0 0 3 5 】

図 1 3 は、典型的な実施形態における胴体内のアセンブリ（例えば、アセンブリ 4 0 0、アセンブリ 5 0 0）の動きを協調させるための詳細な方法を示す。方法 1 3 0 0 によれば、コントローラー 6 4 0 は、計測を使用することにより（作業台 6 1 0 に対する）アセンブリ 4 0 0 の現在の位置及び方向 / 角度を決定してアセンブリ 4 0 0 上に配置されるターゲット 4 5 0 を解析することによって開始する。コントローラー 6 4 0 は、（例えば、ターゲット 6 2 8 に対して計測を行って、胴体 1 3 0 の座標系内のアセンブリ 4 0 0 の位置を特定することによって）胴体 1 3 0 内のアセンブリ 4 0 0 の所望の位置を更に決定する（ステップ 1 3 0 2）。コントローラー 6 4 0 は、アセンブリ 4 0 0 の現在の位置及び所望の位置を特定してしまうと、次に、胴体 1 3 0 内のアセンブリ 4 0 0 のための経路を計画し、この経路は、スキン 2 1 0 を支持部材 2 1 2 に対して締結するために締結作業が行われる様々な位置へアセンブリ 4 0 0 を導く（ステップ 1 3 0 4）。その後、コントローラー 6 4 0 は、例えば、左距離及び右距離を測定することによって、アセンブリ 4 0 0 のための測距センサを較正する（例えば、センサ 4 4 2 - 4 4 4 及びターゲット 6 3 2 - 6 3 4 を備える）。このプロセスは、アセンブリ 4 0 0 の座標空間から胴体 1 3 0 の座標空間へと位置を変えることを伴ってもよい。その後、コントローラー 6 4 0 は、測距センサを起動させるようにコントローラー 4 2 0 に指示し（ステップ 1 3 0 8）、続けて、決定された経路にしたがってアセンブリ 4 0 0 を移動させて、締結作業を行うべく経路上のそれぞれの所定の位置で止める。

【 0 0 3 6 】

アセンブリ 4 0 0 を移動させる一環として、コントローラー 4 2 0 は、測距センサ 4 4 2 - 4 4 4 を連続的に利用して、アセンブリ 4 0 0 から作業台 6 1 0 までの距離及び経路スキュー（例えば、所定の経路からのアセンブリ 4 0 0 の方向及び / 又は位置の変化）を決定する（ステップ 1 3 1 0）。したがって、コントローラー 4 2 0 は、右距離が左距離よりも小さいと決定し、その差異に基づいてアセンブリの右方向の角度偏差を特定してもよく、又は、左距離が右距離よりも小さいと決定し、その差異に基づいてアセンブリの左方向の角度偏差を特定してもよい。コントローラー 4 2 0 は、距離及び経路スキューの決定に基づいてアセンブリ 4 0 0 を前方へ操向し続ける（ステップ 1 3 1 2）。例えば、アセンブリ 4 0 0 が左方向に偏っている場合、コントローラーは、角度偏差に基づいてアセンブリに右へ旋回するように指示することによって、アセンブリ 4 0 0 を右方向へ操向してエラーを補正してもよい。同様に、アセンブリ 4 0 0 が右方向へ偏っている場合、コントローラーは、角度偏差に基づいてアセンブリに左へ旋回するように指示することによって、アセンブリ 4 0 0 を左方向へ操向してエラーを補正してもよい。アセンブリ 4 0 0 がその所望の位置に達した（ステップ 1 3 1 4）場合には、処理がステップ 1 3 1 6 へと続く。そうでなければ、コントローラー 4 2 0 は、ステップ 1 3 1 2 のとおりにアセンブリ 4 0 0 を再操向 / 移動する。要するに、コントローラー 4 2 0 は、アセンブリ 4 0 0 が移

10

20

30

40

50

動している間にセンサ 442 - 444 によって測定される距離間の差異を検出するとともに、その差異に基づいてアセンブリ 400 を再度方向付けて、アセンブリ 400 を胴体 130 内の新しい位置へと押し進める。

【0037】

アセンブリ 400 が所望の位置に達した場合、コントローラ 420 は、成功した移動の完了をコントローラ 640 に報告する（ステップ 1316）。その後、コントローラ 640 は、アセンブリ 400 が所望の位置に達したことを確かめるために作業台 610 のセンサ 624 を動作させてもよい（ステップ 1318）。アセンブリ 400 がその所望の位置にうまく達した場合には、その位置で締結作業を行うためにアセンブリ 400 が利用されてもよい。

10

【0038】

或いは、アセンブリ 400 がその所望の位置に達してしまっていない場合、コントローラ 640 は、アセンブリ 400 が移動を停止したことを決定するとともに、測距センサ 624 を利用してアセンブリ上の複数のターゲット 450 を特定し、測距センサ 622 - 626 を利用して胴体 130 上の複数のターゲット 628 を特定して、アセンブリ上のターゲット 450 と胴体 130 上のターゲット 628 とを比較し、所望の位置に対するアセンブリ 400 の近接性を決定して、その近接性に基づいて再位置決めするようにアセンブリ 400 に指示してもよい。

【0039】

位置を変えるようにアセンブリに指示することは、後退して、後退される間に角度を調整して、再びその位置へ向けて移動するようにアセンブリ 400 を方向付けて、アセンブリ 400 の横方向位置（すなわち、Y 軸に沿うアセンブリ 400 の位置）を調整することを含んでもよい。或いは、再位置決めするようにアセンブリ 400 に指示することは、後退する又は前進するようにアセンブリ 400 を方向付けてアセンブリ 400 の縦方向位置（すなわち、X 軸に沿うアセンブリ 400 の位置）を調整することを含む。

20

【0040】

図 14 は、典型的な実施形態における胴体内の被追跡ロボットアセンブリ 1410 の動きの平面図を示すブロック図 1400 である。アセンブリ 1410 が破線 1420 によって示されるように前方へ進み続けるにつれて、初期ポイント（ P_1 ）から P_2 、 P_3 、及び、最終ポイント（ P_T ）までの方位角が変化する。図 12 ~ 図 13 に関して説明された技術を使用して、アセンブリ 1410 の角度における偏差は、アセンブリ 1410 の下側に配置される床板を摺動させることによって引き起こされる動きの任意のエラーを考慮するために、 D_L 及び D_R に基づいて有利に補正されてもよい。本明細書中に示されるように、破線 1420 によって示される経路は、誇張されており、単なる例示目的にすぎない。

30

【0041】

図 15 は、典型的な実施形態における胴体 1500 内の被追跡ロボットアセンブリ 1520 を含むシステムを示すブロック図である。図 15 に示されるように、アセンブリ 1520 は、作業台 1510 を介して胴体 1500 に入ってもよく、また、ターゲット 1514 までの距離を検出することによってアセンブリ 1520 の進行を追跡するためにセンサ 1524 を利用してもよい。アセンブリ 1520 の動作はコントローラ 1525 によって管理され、コントローラ 1525 は、センサ 1524 を動作させ、また、トラック 1521 及びアーム 1530 を更に動作させてもよい。この実施形態において、アーム 1530 はそれぞれ、エンドエフェクタ 1536 を位置決めするために使用される 1 つ以上のアクチュエータ 1532 及び剛体 1534 を含む。アセンブリ 1520 は、複数の床板 1542 を含む床 1540 を横切って移動する。アセンブリ 1520 の予期されるトラック経路に沿う各床板 1542 は、機械的インターロック機構 1550 を介して経路中の他の床板 1542 に取り付けられる。この実施形態において、各機械的インターロック機構 1550 は、ピン 1552 を介して板 1542 に取り付けられる。経路に沿う移動の完了時に、作業台 1510 は、センサ 1512 からの入力を利用して、胴体 1500 内のアセン

40

50

ブリ 1 5 2 0 の実際の位置を決定してもよい。

【 0 0 4 2 】

特に図面を参照して、図 1 6 に示される航空機の製造及び保守点検方法 1 6 0 0 と図 1 7 に示される航空機 1 6 0 2 との関連で本開示の実施形態について説明する。生産前の間にわたって、典型的な方法 1 6 0 0 は、航空機 1 6 0 2 の仕様及び設計 1 6 0 4 と、材料調達 1 6 0 6 とを含んでもよい。生産中、構成要素及び部分組立品の製造 1 6 0 8 と航空機 1 6 0 2 のシステム統合 1 6 1 0 とが行われる。その後、航空機 1 6 0 2 は、就航 1 6 1 4 するために認証及び搬送 1 6 1 2 を経由してもよい。取引先による就航中、航空機 1 6 0 2 は、定期的な整備及び保守点検 1 6 1 6 (改装、再構成、改修等を含んでもよい) の予定が組まれる。本明細書中で具現化される装置及び方法は、製造及び保守点検方法 1 6 0 0 の任意の 1 つ以上の適切な段階 (例えば、仕様及び設計 1 6 0 4 、材料調達 1 6 0 6 、構成要素及び部分組立品の製造 1 6 0 8 、システム統合 1 6 1 0 、認証及び搬送 1 6 1 2 、就航 1 6 1 4 、整備及び保守点検 1 6 1 6) 中に、及び / 又は、航空機 1 6 0 2 の任意の適した構成要素 (例えば、機体 1 6 1 8 、システム 1 6 2 0 、内部 1 6 2 2 、推進 1 6 2 4 、電気 1 6 2 6 、油圧 1 6 2 8 、環境 1 6 3 0) で使用されてもよい。

10

【 0 0 4 3 】

方法 1 6 0 0 のプロセスのそれぞれは、システム統合者、第三者、及び / 又は、オペレータ (例えば、取引先) によって実行され或いは行われてもよい。この説明の目的のため、システム統合者は、制限なく、任意の数の航空機製造業者及び主要システム下請業者を含んでもよく、第三者は、制限なく、任意の数のベンダー、下請業者、及び、サプライヤーを含んでもよく、また、オペレータは、航空会社、リース会社、軍事企業、保守点検機関等であってもよい。

20

【 0 0 4 4 】

図 1 7 に示すように、典型的な方法 1 6 0 0 により生産される航空機 1 6 0 2 は、複数のシステム 1 6 2 0 及び内部 1 6 2 2 を有する機体 1 6 1 8 を含んでもよい。高レベルシステム 1 6 2 0 の例は、推進システム 1 6 2 4 、電気システム 1 6 2 6 、油圧システム 1 6 2 8 、及び、環境システム 1 6 3 0 のうちの 1 つ以上を含む。任意の数の他のシステムが含まれてもよい。航空宇宙の例が示されるが、本発明の原理は、例えば自動車産業等の他の産業に適用されてもよい。

【 0 0 4 5 】

既に前述したように、本明細書中で具現化される装置及び方法は、製造及び保守点検方法 1 6 0 0 の任意の 1 つ以上の段階中に使用されてもよい。例えば、製造段階 1 6 0 8 に対応する構成要素又は部分組立品は、航空機 1 6 0 2 が就航中の間に生産される構成要素又は部分組立品と同様の態様で組み立てられ又は製造されてもよい。また、1 つ以上の装置実施形態、方法実施形態、又は、これらの組合せは、例えば航空機 1 6 0 2 の組立てを実質的に促進させる或いは航空機 1 6 0 2 のコストを低減することによって製造段階 1 6 0 8 , 1 6 1 0 中に利用されてもよい。同様に、1 つ以上の装置実施形態、方法実施形態、又は、これらの組合せは、例えば航空機 1 6 0 2 が就航中の間に、また、制限なく整備及び保守点検 1 6 1 6 に対して利用されてもよい。例えば、本明細書中に記載される技術及びシステムは、ステップ 1 6 0 6 , 1 6 0 8 , 1 6 1 0 , 1 6 1 4 、及び / 又は、1 6 1 6 のために使用されてもよく、及び / 又は、機体 1 6 1 8 及び / 又は内部 1 6 2 2 のために使用されてもよい。これらの技術及びシステムは、例えば推進 1 6 2 4 、電気 1 6 2 6 、油圧 1 6 2 8 、及び / 又は、環境 1 6 3 0 を含むシステム 1 6 2 0 のために利用される場合さえある。

30

40

【 0 0 4 6 】

1 つの実施形態において、アセンブリ 4 0 0 は、仮床 7 0 1 を横切って駆動して、構成要素及び部分組立品の製造 1 6 0 8 中に機体 1 6 1 8 の一部分を組み立てる。これらの部分は、その後、システム統合 1 6 1 0 において航空機に組み込まれてもよく、その後、就航中 1 6 1 4 に利用されてもよい。

【 0 0 4 7 】

50

図示され又は本明細書中に記載される様々な制御要素（例えば、電気部品又は電子部品）のいずれかは、ハードウェア、ソフトウェアを実装するプロセッサ、ファームウェアを実装するプロセッサ、又は、これらの何らかの組合わせとして実装されてもよい。例えば、要素は、専用のハードウェアとして実装されてもよい。専用のハードウェア要素は、「プロセッサ」、「コントローラ」、又は、何らかの同様の用語と称されてもよい。機能は、プロセッサにより与えられる場合、単一の専用プロセッサによって、単一の共有プロセッサによって、又は、そのうちの幾つかが共有されてもよい複数の個々のプロセッサによってもたらされてもよい。更に、「プロセッサ」又は「コントローラ」という用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行できるハードウェアを排他的に示すように解釈されるべきではなく、また、制限なく、デジタル信号プロセッサ（DSP）ハードウェア、ネットワークプロセッサ、特定用途向け集積回路（ASIC）又は他の回路、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、ソフトウェアを記憶するためのリードオンリーメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、不揮発性記憶装置、ロジック、或いは、何らかの他の物理ハードウェアコンポーネント又はモジュールを非明示的に含んでもよい。

10

【0048】

また、制御要素は、該要素の機能を果たすためにプロセッサ又はコンピュータによって実行可能な命令として実装されてもよい。命令の幾つかの例は、ソフトウェア、プログラムコード、及び、ファームウェアである。命令は、要素の機能を果たすようにプロセッサに指示するためにプロセッサにより実行されるときに作用し得る。命令は、プロセッサにより読み取ることができる記憶装置に記憶されてもよい。記憶装置の幾つかの例は、デジタルメモリ又は固体メモリ、磁気ディスク及び磁気テープ等の磁気記憶媒体、ハードドライブ、又は、光学的に読み取り可能なデジタルデータ記憶媒体である。

20

【0049】

したがって、要約すると、本発明の第1の態様によれば、以下が提供される。

【0050】

A1. 組み立てられている航空機の胴体付近に移動ロボットアセンブリを配置するステップ（1202）と、

アセンブリの左測距センサを左ターゲットと位置合わせするステップ（1204）と、

アセンブリの右測距センサを右ターゲットと位置合わせするステップ（1206）と、

アセンブリ上のロボットが胴体に対して作業を行う航空機の胴体内の位置へ向けて横切るようにアセンブリを方向付けるステップ（1208）と、

アセンブリが移動している間に左測距センサと左ターゲットとの間の左距離を決定するステップ（1210）と、

アセンブリが移動している間に右測距センサと右ターゲットとの間の右距離を決定するステップ（1212）と、

決定された距離間の差異を検出するステップ（1214）と、

その差異に基づいてアセンブリの動きの方向を調整するステップ（1216）と、

を備える方法。

30

【0051】

A2. 左距離が右距離よりも小さいと決定するステップと、

差異に基づいてアセンブリの左方向の角度偏差を特定するステップと、

角度偏差に基づいて右へ旋回するようにアセンブリに指示するステップ（1312）と

、
を更に備える段落A1の方法も提供される。

40

【0052】

A3. 右距離が左距離よりも小さいと決定するステップと、

差異に基づいてアセンブリの右方向の角度偏差を特定するステップと、

角度偏差に基づいて左へ旋回するようにアセンブリに指示するステップ（1312）と

、

50

を更に備える段落 A 1 の方法も提供される。

【 0 0 5 3 】

A 4 . アセンブリが複数のトラック (4 1 0) を含み、

アセンブリの動きの方向を調整するステップは、1つのトラックを他のトラックよりも大きな回転数で駆動させることによってアセンブリを操向するステップを備える、

段落 A 1 の方法も提供される。

【 0 0 5 4 】

A 5 . 反復的に、左距離を決定し、右距離を決定し、決定された距離の差異を検出するとともに、アセンブリが位置へ向かい続ける際にアセンブリの動きの方向を調整するステップ、

を更に備える段落 A 1 の方法も提供される。

【 0 0 5 5 】

A 6 . アセンブリが移動を停止したことを決定するステップと、

アセンブリ上の複数のターゲット (4 5 0) を特定するためにアセンブリとは別個の更なる測距センサ (6 2 4) を利用するステップと、

胴体上の複数のターゲット (6 2 8) を特定するために更なる測距センサを利用するステップと、

アセンブリ上のターゲットと胴体上のターゲットとを比較して、胴体内の位置に対するアセンブリの近接性を決定するステップと、

近接性に基づいて再位置決めするようにアセンブリに指示するステップと、

を更に備える段落 A 1 の方法も提供される。

【 0 0 5 6 】

A 7 . 再位置決めするようにアセンブリに指示するステップは、後退して、後退される間に角度を調整して、再び位置へ向けて移動するようにアセンブリを方向付けて、アセンブリの横方向位置を調整するステップを備える、

段落 A 6 の方法も提供される。

【 0 0 5 7 】

A 8 . 再位置決めするようにアセンブリに指示するステップは、後退する又は前進するようにアセンブリを方向付けてアセンブリの縦方向位置を調整するステップを備える、

段落 A 6 の方法も提供される。

【 0 0 5 8 】

A 9 . アセンブリを配置するステップは、左ターゲット及び右ターゲットを含む作業台 (6 1 0) 上にアセンブリを配置するステップを備える、

段落 A 1 の方法も提供される。

【 0 0 5 9 】

本発明の更なる態様によれば、以下が提供される。

【 0 0 6 0 】

B 1 . 組み立てられている航空機 (1 0 0) の胴体 (1 3 0) と、

胴体の梁 (6 0 4) 及びビーム (6 0 2) を覆うとともに機械的インターロック機構 (9 0 0) により互いに結合される複数の床板 (7 1 0) を備える仮床 (7 0 1) と、

反射ターゲット (6 3 2 , 6 3 4) を含む作業台 (6 1 0) と、

作業台上に配置されて胴体に対して作業を行うアセンブリ (4 0 0) であって、

作業台における対応するターゲット (6 3 2 , 6 3 4) までの距離をそれぞれが測定する複数の測距センサ (4 4 2 , 4 4 4) と、

アセンブリが移動している間にセンサによって測定される距離間の差異を検出し、差異に基づいてアセンブリの動きの方向を変えて、胴体内の新たな位置へ向けてアセンブリを駆動させるコントローラ (6 4 0) と、

を備えるアセンブリ (4 0 0) と、

を備えるシステム。

【 0 0 6 1 】

B 2 . コントローラーは、左測距センサと対応するターゲットとの間の距離が右測距センサと対応するターゲットとの間の距離よりも小さいと決定して、アセンブリを右に操向する、

段落 B 1 のシステム。

【 0 0 6 2 】

B 3 . コントローラーは、右測距センサと対応するターゲットとの間の距離が左測距センサと対応するターゲットとの間の距離よりも小さいと決定して、アセンブリを左に操向する、

段落 B 1 のシステム。

【 0 0 6 3 】

B 4 . コントローラーは、アセンブリが移動している間に距離の差異を繰り返し検出してアセンブリを操向する、

段落 B 1 のシステム。

【 0 0 6 4 】

C 1 . 組み立てられている航空機の胴体内へ仮床板を設置するステップ (1 1 0 2) と、

胴体の組立て中に被追跡ロボットアセンブリのトラックが胴体内の仮床板を横切って移動できる経路を特定するステップ (1 1 0 4) と、

各経路に対応する床板の組を特定するステップ (1 1 0 6) と、

床板のそれぞれの組ごとに、特定された経路に沿って床板の組を剛体へと構造的に一体化する機械的インターロック機構を設置するステップ (1 1 0 8) と、

を備える方法。

【 0 0 6 5 】

C 2 . 機械的インターロック機構を設置するステップは、機械的インターロック機構が床板によって画定される表面 (7 1 8) と同一平面内にあるように機械的インターロック機構を床板の凹所 (7 1 6) 内に配置する、

段落 C 1 の方法も提供される。

【 0 0 6 6 】

C 3 . 機械的インターロック機構に装着されるピン (9 1 0) を床板の受け穴 (7 1 4) 内へと摺動させるステップ、

を更に備える段落 C 1 の方法も提供される。

【 0 0 6 7 】

C 4 . 機械的インターロック機構を設置するステップにより床板が縦方向の力に抵抗する、

段落 C 1 の方法も提供される。

【 0 0 6 8 】

C 5 . 機械的インターロック機構を設置するステップは、床板の角部 (7 1 2) 付近に機械的インターロック機構を配置する、

段落 C 1 の方法も提供される。

【 0 0 6 9 】

D 1 . プロセッサにより実行されるときに航空機胴体内で動作する被追跡ロボットアセンブリの位置を調整する方法を行うようになっているプログラム命令を具現化する持続性コンピュータ可読媒体であって、方法は、

アセンブリ上のセンサとアセンブリの外部の対応するターゲットとの間の距離を測定するステップ (1 2 1 0 , 1 2 1 2) と、

センサによって測定された距離間の距離の差異を検出するステップ (1 2 1 4) と、

距離の差異に基づいてアセンブリを操向するステップ (1 2 1 6) と、

を備える、持続性コンピュータ可読媒体。

【 0 0 7 0 】

D 2 . 方法は、

アセンブリ上の左センサと対応するターゲットとの間の距離がアセンブリ上の右センサと対応するターゲットとの間の距離よりも小さいと決定するステップと、
決定に応じてアセンブリを右に操向するステップと、
を更に備える、段落 D 1 の媒体。

【 0 0 7 1 】

D 3 . 方法は、

アセンブリ上の右センサと対応するターゲットとの間の距離がアセンブリ上の左センサと対応するターゲットとの間の距離よりも小さいと決定するステップと、
決定に応じてアセンブリを左に操向するステップと、
を更に備える、段落 D 1 の媒体。

10

【 0 0 7 2 】

特定の実施形態が本明細書中に記載されるが、本開示の範囲はそれらの特定の実施形態に限定されない。本開示の範囲は、以下の特許請求の範囲及びその任意の等価物によって規定される。

【符号の説明】

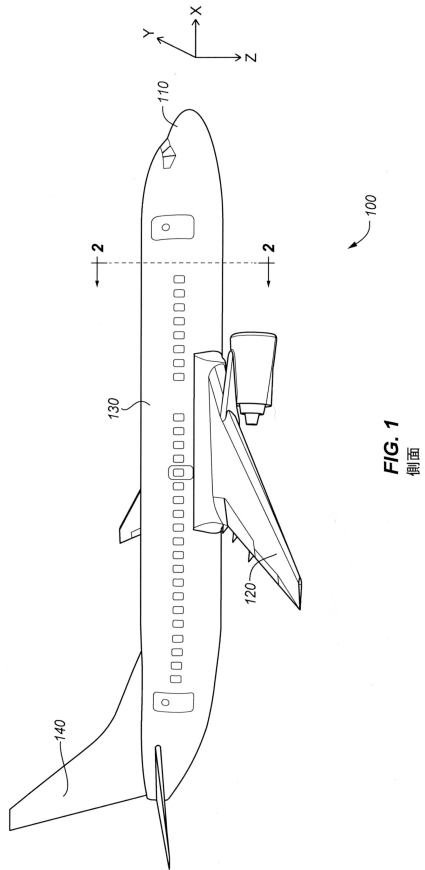
【 0 0 7 3 】

3 1 1 , 3 1 2 , 3 1 3 外部ロボット
3 2 1 ~ 3 2 3 支持体
3 3 0 クレードル
4 0 0 , 5 0 0 被追跡ロボットアセンブリ
4 1 0 , 5 1 0 トラック
4 1 2 , 5 1 2 剛体
4 1 4 , 5 1 4 アクチュエータ
4 1 5 , 5 1 5 チェーン
4 1 6 , 5 1 6 エンドエフェクタ
4 2 0 , 5 2 0 コントローラー
4 3 0 , 5 3 0 ロボットアーム
4 4 2 , 4 4 4 , 5 4 2 , 5 4 4 測距センサ
4 5 0 , 5 5 0 ターゲット
6 0 2 ビーム
6 0 4 梁
6 1 0 作業台
6 2 2 , 6 2 4 , 6 2 6 センサ
6 2 8 , 6 3 2 , 6 3 4 ターゲット
6 4 0 コントローラー
7 0 1 , 7 0 2 仮床
7 1 0 床板
7 2 2 , 7 2 4 トラック経路
9 0 0 機械的インターロック機構

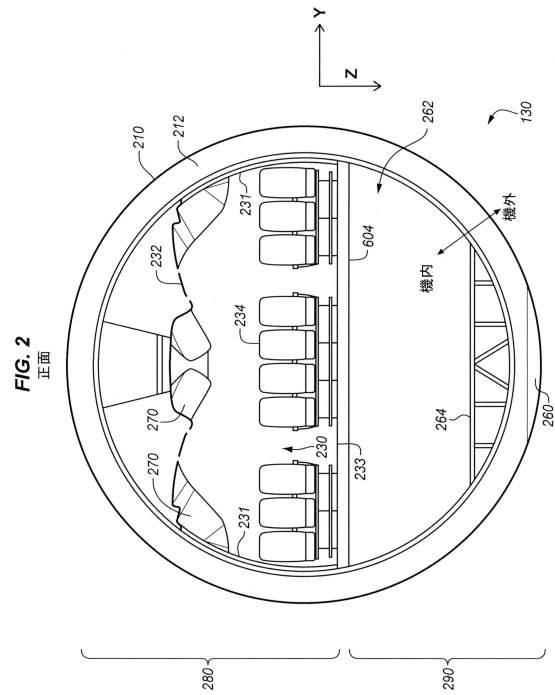
20

30

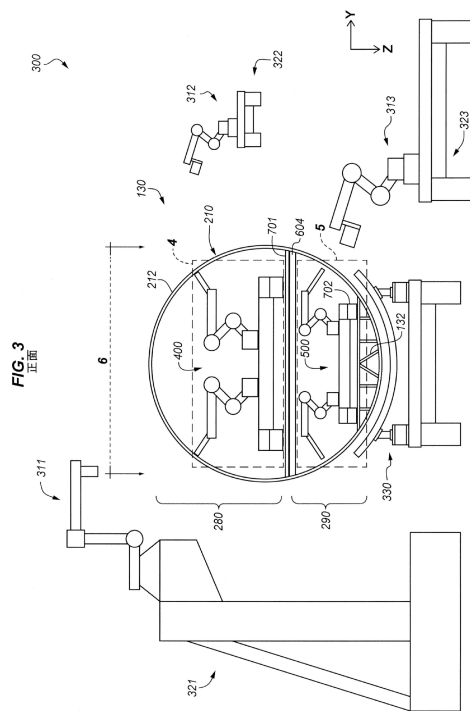
【図 1】



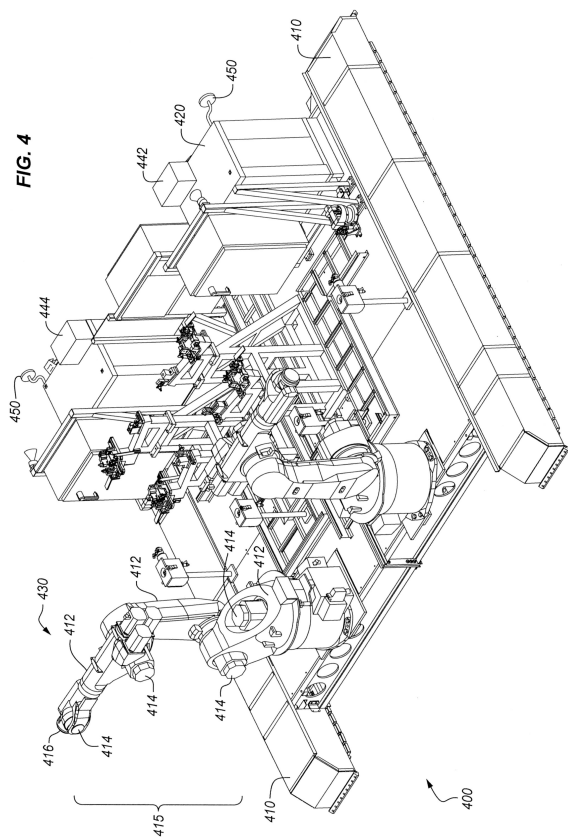
【図 2】



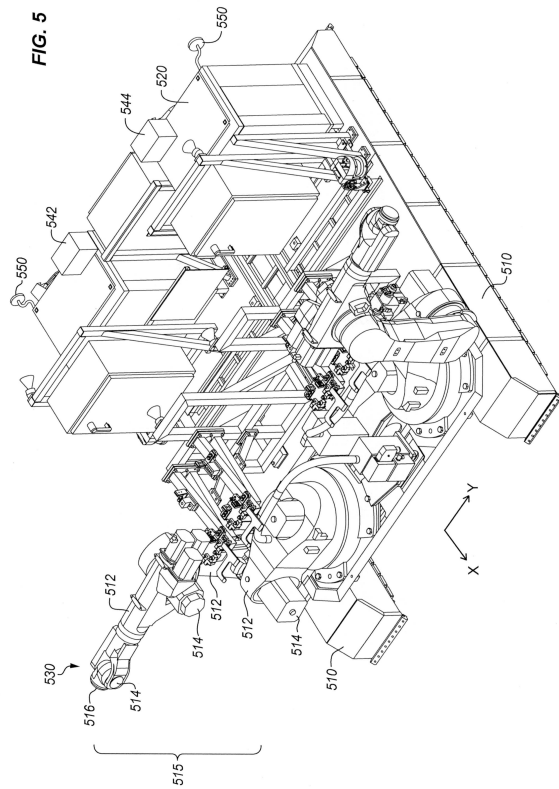
【図 3】



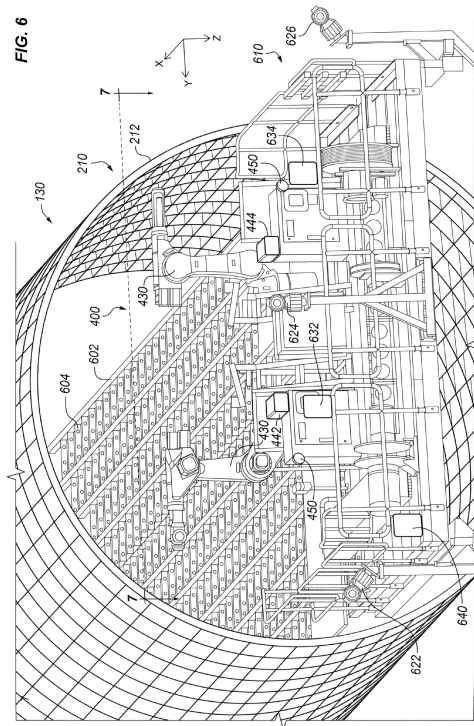
【図 4】



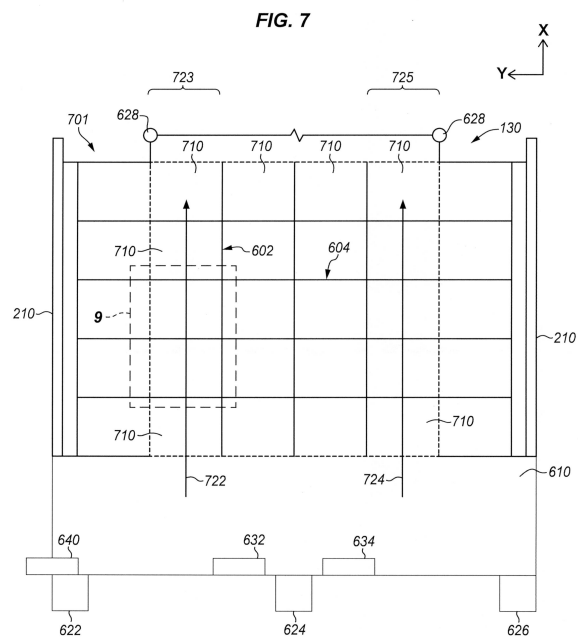
【図 5】



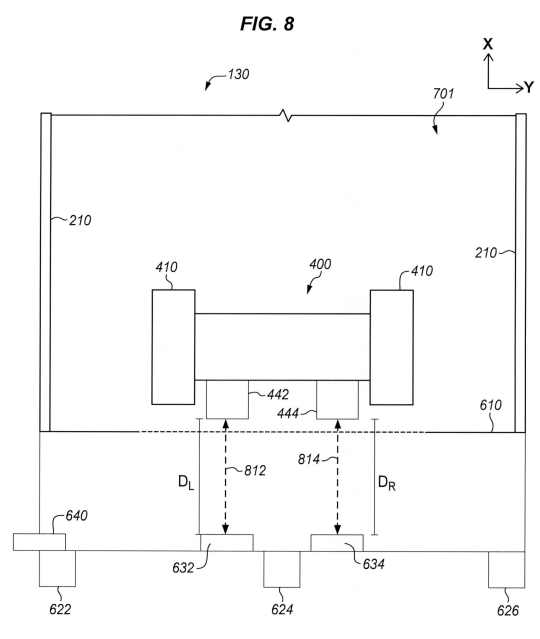
【図 6】



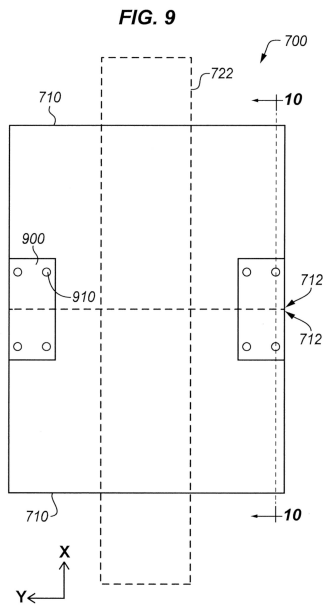
【図 7】



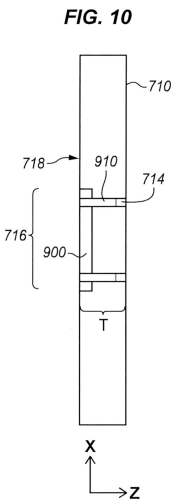
【図 8】



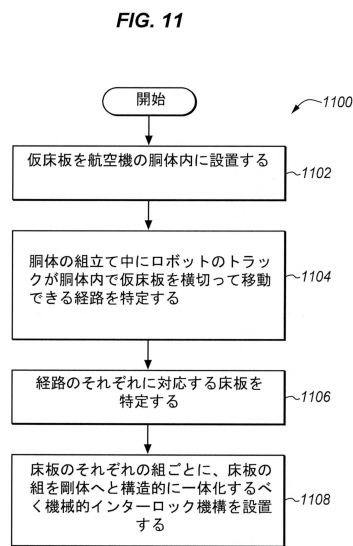
【図 9】



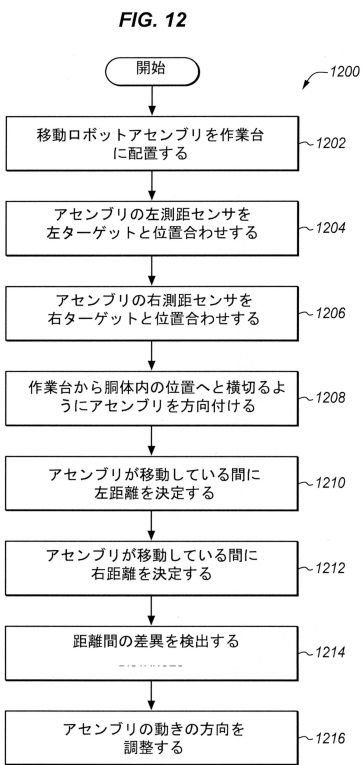
【図 10】



【図 11】

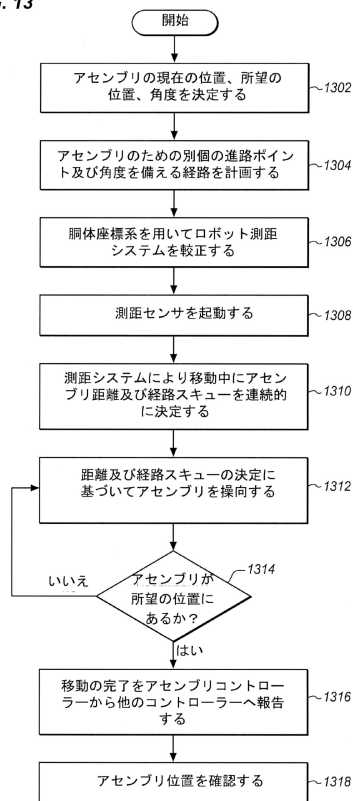


【図 12】



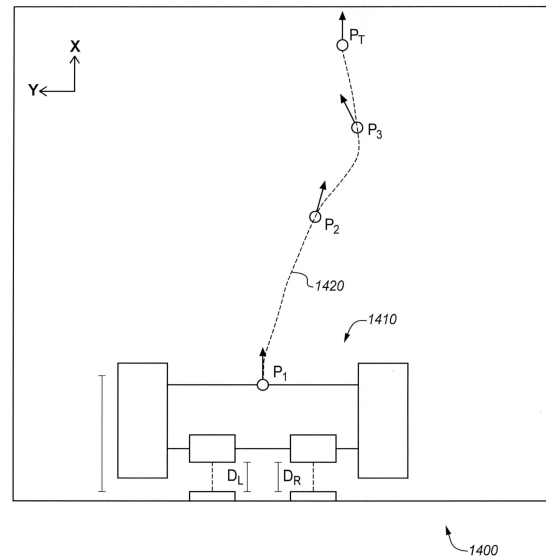
【図 13】

FIG. 13



【図 14】

FIG. 14



【図 15】

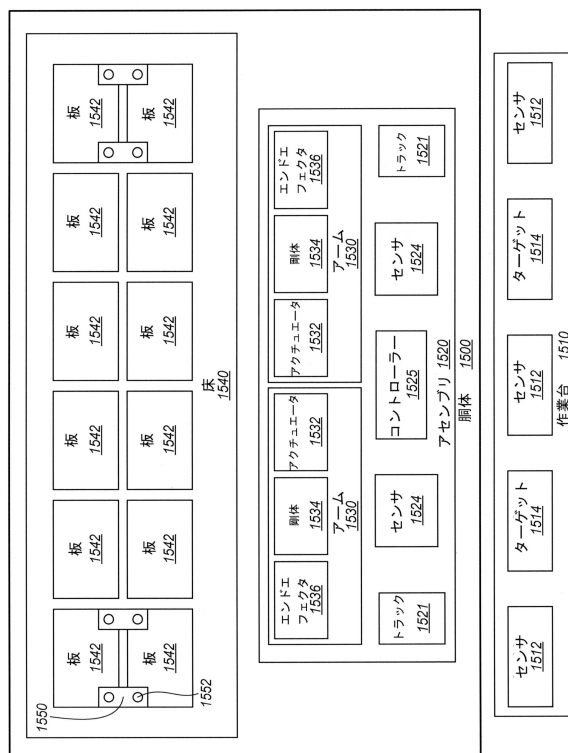
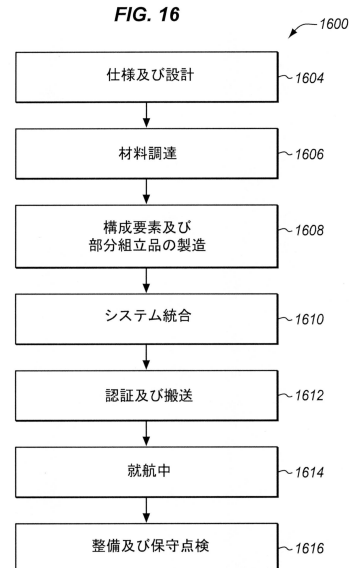


FIG. 15

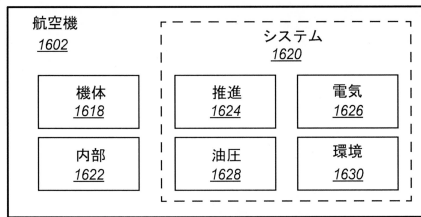
【図 16】

FIG. 16



【図 17】

FIG. 17



フロントページの続き

- (72)発明者 アルン・アヤガリ
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・１００
- (72)発明者 ティ・キュー・グエン
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・１００
- (72)発明者 ゴク・エス・レ
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・１００
- (72)発明者 バリー・バング
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・１００
- (72)発明者 ウェン・シン・ワン
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・１００
- (72)発明者 デイヴィッド・エイチ・アミレテシャミ
アメリカ合衆国・イリノイ・６０６０６・シカゴ・ノース・リヴァーサイド・プラザ・１００

審査官 結城 健太郎

- (56)参考文献 特開２０１６－１６８６０（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９８／１３１６９（ＷＯ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１２／０３０４５７９（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１５－９４７６２（ＪＰ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６４Ｆ ５／１０，
Ｂ２５Ｊ １３／０８