

(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2017-206247

(P2017-206247A)

(43) 公開日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 4 F 5/10 (2017.01)	B 6 4 F 5/10	3 C 0 3 0
B 6 4 C 1/00 (2006.01)	B 6 4 C 1/00	
B 2 3 P 19/00 (2006.01)	B 2 3 P 19/00	3 0 4 C
B 2 3 P 21/00 (2006.01)	B 2 3 P 21/00	3 0 3 Z
B 2 3 P 19/04 (2006.01)	B 2 3 P 19/04	G

審査請求 有 請求項の数 13 O L 外国語出願 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-121285 (P2017-121285)	(71) 出願人	500520743 ザ・ボーイング・カンパニー
(22) 出願日	平成29年6月21日 (2017.6.21)		The Boeing Company
(62) 分割の表示	特願2012-271302 (P2012-271302) の分割		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
原出願日	平成24年12月12日 (2012.12.12)	(74) 代理人	110002077 園田・小林特許業務法人
(31) 優先権主張番号	13/327,669	(72) 発明者	オベロイ, ハリンダー エス.
(32) 優先日	平成23年12月15日 (2011.12.15)		アメリカ合衆国 ワシントン 98124 -2207, シアトル, ポスト オフィス ボックス 3707
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

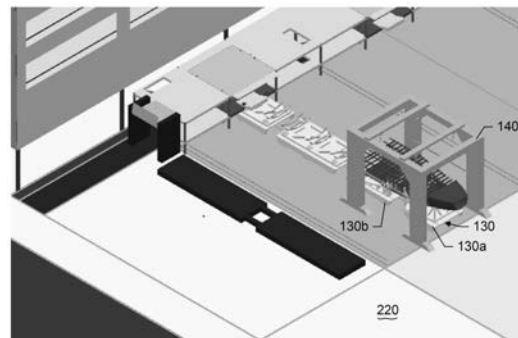
(54) 【発明の名称】 パネル式航空機胴体の自動組立

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】より安定した環境における、大型民間航空機の胴体組み立て工程を実現する。

【解決手段】航空機の胴体を組み立てる施設が複数の可動架台130を備える。組み立て工程は、各架台が、胴体キール構造を支持し、パネル式胴体を単一の垂直組上げ状態で組み立てるように構成されている。即ち工程は、胴体の配置を変えずに上方へパネルを付け加えて行く工程で進められる。

【選択図】 図2 E



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機の胴体を組み立てる施設（110）であって、複数の可動架台（130）を備え、各架台が、胴体キール構造体（610）を支持し、パネル式胴体を単一の垂直組上げ状態で組み立てるように構成されている、施設（110）。

【請求項 2】

胴体締結作業を行う複数のロボット（150）をさらに備え、前記ロボット（150）が、選択されたセル内へ移動可能である、請求項 1 に記載の施設（110）。

【請求項 3】

前記ロボット（150）が、胴体の特徴を使用して個々の基準系を確立し、それら基準系に対してその後の移動およびロボット作業を行うようにプログラムされている、請求項 2 に記載の施設（110）。

10

【請求項 4】

それぞれの前記ロボット（150）が、胴体締結作業を行うエンドエフェクタ（310）と、前記エンドエフェクタ（310）を位置決めする位置決めシステム（320）と、一連の締結箇所を通して前記エンドエフェクタ（310）を移動させるように前記位置決めシステム（320）を制御し、前記一連のそれら箇所で行うように前記エンドエフェクタ（310）を制御するべくプログラムされている制御装置（350）とを備える、請求項 2 または 3 に記載の施設（110）。

【請求項 5】

胴体パネルおよび他の構造体を、前記施設（110）を横切って選択された架台（130）へ移動させるガントリ（140）をさらに備える、請求項 2 ないし 4 のいずれか一項に記載の施設（110）。

20

【請求項 6】

前記架台（130）、前記ガントリ（140）、および前記ロボット（150）の配置、シーケンス、および作動を制御する手段（160）をさらに備える、請求項 5 に記載の施設（110）。

【請求項 7】

前記配置、シーケンス、および作動が、1組の前記ロボット（150）を使用して第1のセルで締結作業を行い、次いで、前記第1のセル（210）での前記締結作業が完了した後、前記1組を第2のセル（210）へ移動させることを含む、請求項 6 に記載の施設（110）。

30

【請求項 8】

前記手段（160）が、前記ガントリ（140）、架台（130）、およびロボット（150）を制御して、

キール構造体（610）を前記架台（130）の1つの上に搭載し、

前記キール構造体（610）上に配置される支柱（630）を有するフロアグリッド（620）を前記キール構造体（610）上に搭載し、

前記架台（130）の1つ、前記フロアグリッド（620）、および前記キール構造体（610）を使用して下側パネル（640）を支持しながら、前記下側パネル（640）を前記フロアグリッド（620）上に搭載する

40

ようにプログラムされている、請求項 6 または 7 に記載の施設（110）。

【請求項 9】

複数の航空機胴体を組み立てる方法であって、可動架台（130）を組立床（120）上の様々な箇所へ移動させるステップと、前記胴体の配置を変えずにパネル式胴体を上方へ組み立てるために、前記架台（130）を使用するステップとを含む方法。

【請求項 10】

各パネル式胴体を組み立てるステップが、

選択された架台（130）上にキール構造体（610）を搭載するステップと、

支柱（630）をフロアグリッド（620）にピン留めするために部品基準組立孔を使

50

用するステップと、

前記フロアグリッド(620)および支柱(630)を前記キール構造体(610)上に位置決めし、前記支柱(630)を前記キール構造体(610)にピン留めするために部品基準組立孔を使用するステップと、

下側パネル(640)を支持するために前記架台(130)、前記フロアグリッド(620)、および前記キール構造体(610)を使用しながら、下側パネル(640)を前記フロアグリッド(620)上にピン留めするために部品基準組立孔を使用するステップと

を含む、請求項9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

民間航空機の胴体は、パネル式スキン構造を有し得る。たとえば、パネル式胴体は、フレームに取り付けられたクラウン、サイド、およびキールパネルなどの胴体パネルを備え得る。クラウンパネルは主として引張荷重を受け、サイドパネルは概ね剪断荷重および窓および扉の周りでの圧力再配分荷重を受け、キールは主として軸方向圧縮およびキールビームからの再配分荷重を受ける。

【0002】

大型民間航空機のパネル式胴体を組み立てる施設は、治具および固定具が床に固定された広い床空間を有し得る。これら治具および固定具は、様々なパネルを胴体に組み込むために使用される。

【0003】

大型民間航空機のパネル式胴体の組立は極めて労働集約的である。手作業に重度に依存するために、生産速度は絶えず変化に曝されている。生産速度の変化は生産時間を長引かせ得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

大型民間航空機の胴体を組み立てるために、より安定した環境を創り出すことが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書の実施形態によれば、航空機の胴体を組み立てる施設が複数の可動架台を備える。各架台は、胴体キール構造を支持し、パネル式胴体を単一の垂直組上げ状態で組み立てるように構成されている。

【0006】

本明細書の別の実施形態によれば、複数の航空機胴体を組み立てる方法が、可動架台を組立床上の様々な箇所へ移動させるステップと、胴体の配置を変えずにパネル式胴体を上方へ組み立てるために、架台を使用するステップとを含む。

【0007】

本明細書の別の実施形態によれば、パネル式航空機胴体を組み立てる方法が、架台上にキール構造体を搭載するステップと、支柱をフロアグリッドに取り付けるステップと、フロアグリッドおよび支柱をキール構造体上に位置決めし、支柱をキール構造体に取り付けるステップと、下側パネルをフロアグリッド上に配置するステップとを含む。架台、フロアグリッド、およびキール構造体が、下側パネルを支持するために使用される。

【0008】

本開示の一態様は、航空機の胴体を組み立てる施設に関する。施設は、複数の可動架台を備え、各架台が、胴体キール構造体を支持し、パネル式胴体を単一の垂直組上げ状態で組み立てるように構成されている。

【0009】

10

20

30

40

50

一例では、施設はまた、複数の組立セルを収容する組立床を備え、セルは、床に固定された治具または固定具を有していない。

【0010】

一変形形態では、施設はまた、胴体パネルおよび他の構造体を、床を横切って選択されたセルへ移動させるガントリを備える。

【0011】

一代替形態では、施設はまた、胴体締結作業を行う複数のロボットを備え、ロボットは、選択されたセル内へ移動可能である。

【0012】

施設の別の例では、ロボットが、胴体の特徴を使用して個々の基準系を確立し、それら基準系に対してその後の移動およびロボット作業を行うようにプログラムされている。

10

【0013】

施設の別の変形形態では、架台およびロボットは、無人搬送車によって移動させられる。

【0014】

施設の別の代替形態では、各ロボットが、胴体締結作業を行うエンドエフェクタと、エンドエフェクタを位置決めする位置決めシステムと、一連の締結箇所を通してエンドエフェクタを移動させるように位置決めシステムを制御し、一連のそれら箇所で行うようにエンドエフェクタを制御するべくプログラムされている制御装置とを備える。

【0015】

施設のさらに別の例では、ロボットには、長手方向の接合、および上側胴体部分の円周方向の接合を行う長身ロボットと、下側胴体部分の円周方向の接合を行う短身ロボットとが含まれる。

20

【0016】

さらに別の変形形態では、施設はまた、胴体パネルおよび他の構造体を、施設を横切って選択された架台へ移動させるガントリを備える。

【0017】

さらに別の代替形態では、施設はまた、架台、ガントリ、およびロボットの配置、シーケンス、および作動を制御する手段を備える。

【0018】

施設のさらに別の例では、それら配置、シーケンス、および作動が、1組のロボットを使用して第1のセルで締結作業を行い、次いで、第1のセルでの締結作業が完了した後、その1組を第2のセルへ移動させることを含む。

30

【0019】

施設のさらに別の変形形態では、その手段は、ガントリ、架台、およびロボットを制御して、キール構造体を架台の1つの上に搭載し、キール構造体上に配置される支柱を有するフロアグリッドをキール構造体上に搭載し、架台の1つ、フロアグリッド、およびキール構造体を使用して下側パネルを支持しながら下側パネルをフロアグリッド上に搭載するようにプログラムされている。

【0020】

本開示の別の態様は、複数の航空機の胴体を組み立てる方法に関する。方法は、可動架台を組立床上の様々な箇所へ移動させるステップと、胴体の配置を変えずにパネル式胴体を上方へ組み立てるために、架台を使用するステップとを含む。

40

【0021】

方法の一例では、各パネル式胴体を組み立てるステップが、選択された架台上にキール構造体を搭載するステップと、支柱をフロアグリッドにピン留めするために部品基準組立孔を使用するステップと、フロアグリッドおよび支柱をキール構造体上に位置決めし、支柱をキール構造体にピン留めするために部品基準組立孔を使用するステップと、下側パネルを支持するために架台、フロアグリッド、およびキール構造体を使用しながら、下側パネルをフロアグリッド上にピン留めするために部品基準組立孔を使用するステップとを含

50

む。

【0022】

本開示のさらに別の態様は、パネル式航空機胴体を組み立てる方法に関する。方法は、架台上にキール構造体を搭載するステップと、支柱をフロアグリッドに取り付けるステップと、フロアグリッドおよび支柱をキール構造体上に位置決めし、支柱をキール構造体に取り付けるステップと、下側パネルを支持するために架台、フロアグリッド、およびキール構造体を使用しながら、下側パネルをフロアグリッド上に配置するステップとを含む。

【0023】

一例では、方法はまた、スプレッドバーを用いて下側パネルを分離するステップと、上側パネルをスプレッドバー上に搭載するステップと、上側パネルを下側パネルに組み付けるステップとを含む。

10

【0024】

方法の別の例では、部品基準組立孔が、支柱をフロアグリッドおよびキール構造体に配置するために使用される。部品基準組立孔はまた、下側パネルをフロアグリッド上に配置し、上側パネルを下側パネルに対して配置するために使用される。

【0025】

方法の別の変形形態では、部品基準組立孔を整合させながら、フロアグリッドをキール構造体にピン留めし、下側パネルをフロアグリッドにピン留めし、フロアグリッドによって補強し、上側パネルを下側パネルにピン留めすることによって、接合に先立って、胴体セクションの全体の外形が得られる。

20

【0026】

方法の別の代替形態では、ピン留めは手作業で行われる。

【0027】

方法のさらに別の例では、全ての部品基準組立配置孔は、胴体構造体の内側にある。

【0028】

上記の用語「例」、「変形形態」、および「代替形態」は区別せずに用いられる。

【0029】

これら特徴および機能は、様々な実施形態において個別に達成することができ、または他の実施形態において組み合わせることができる。諸実施形態のさらに詳細を、以下の説明および添付図面を参照することにより理解することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】航空機の胴体を組み立てる施設の図である。

【図2A】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2B】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2C】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2D】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2E】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2F】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2G】複数の胴体を組み立てる例の図である。

40

【図2H】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2I】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2J】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2K】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2L】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2M】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2N】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2O】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2P】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図2Q】複数の胴体を組み立てる例の図である。

50

【図 2 R】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図 2 S】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図 2 T】複数の胴体を組み立てる例の図である。

【図 3】胴体締結作業を行うロボットの図である。

【図 4】ワンアップ締結作業の図である。

【図 5】胴体の垂直組上げを行う方法の図である。

【図 6 A】垂直組上げ工程の様々なフェーズ中の胴体の図である。

【図 6 B】垂直組上げ工程の様々なフェーズ中の胴体の図である。

【図 6 C】垂直組上げ工程の様々なフェーズ中の胴体の図である。

【図 6 D】垂直組上げ工程の様々なフェーズ中の胴体の図である。

【図 6 E】垂直組上げ工程の様々なフェーズ中の胴体の図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0031】

航空機の胴体を組み立てるための自動化施設 110 を示す図 1 を参照する。施設 110 は組立床 120 を備える。たとえば、床 120 は、十分な荷重負担能力を有する 1 つまたは複数の厚いコンクリートスラブを備え得る。スラブは比較的平坦で滑らかであり得る。従来の組立施設とは異なり、施設 110 は、床 120 に固定された胴体組立治具および固定具を有していない。

【0032】

一部の実施形態では、組立床 120 は、複数の組立エリアまたは組立セルを収容できる十分な広さがある。各組立セル内で、胴体を組み立てることができる。複数の組立セルは、同時に複数の胴体を組み立てることを可能にする。

20

【0033】

施設 110 は、複数の可動架台 130 をさらに備える。各架台 130 は、胴体キール構造体を支持し、パネル式胴体を単一の垂直組上げ状態で組み立てるように構成されている。パネル式胴体の単一の垂直組上げ状態とは、キール構造体を用いて開始され、胴体の配置を変えずに上方へパネルを付け加えて行く工程を意味する。

【0034】

一部の実施形態では、各架台 130 は、無人搬送車によって組立床 120 を横切って移動することができる。他の実施形態では、各架台 130 は、クレーンまたはフォークリフトによって床 120 を横切って移動することができる。

30

【0035】

施設 110 は、胴体パネルおよび他の構造体を、床 120 を横切って選択されたセルへ移動するために、ガントリ 140 をさらに備える。たとえば、ガントリ 140 は、胴体パネルまたはフロアグリッドを第 1 の場所に取り上げ、そのパネルまたはフロアグリッドを選択された組立セルの架台 130 上に配置するクレーンを備え得る。

【0036】

施設 110 は、また、胴体締結作業を行う複数のロボット 150 を備える。胴体締結作業の例には、それらに限定されないが、穿孔、締結具挿入、および締結具成端処理が含まれる。

40

【0037】

ロボット 150 は、選択されたセルの架台 130 の横の位置に移動できる。第 1 および第 2 の架台 130 が、第 1 および第 2 の胴体を組み立てるために稼働している例を考えられたい。いくつかの複数のロボット 150 を第 1 の架台の横の位置に床 120 を横切って移動させ、他方、他の複数のロボット 150 を第 2 の架台 130 の横の位置に床 120 を横切って移動させる。さらに他のロボット 150 が、組立床 120 上の他の場所にあり得る。さらに他のロボットが、保管庫または整備所に配置され得る。

【0038】

一部の実施形態では、各ロボット 150 は、無人搬送車によって組立床 120 を横切って移動させることができる。他の実施形態では、各ロボット 150 は、無人搬送車および

50

手動操作車両（たとえばクレーン、フォークリフト）の組み合わせによって床120を横断して移動させることができる。無人搬送車または手動操作車両のいずれも、床120を横切って選択したセルまでロボット150を移動させるために使用することができる。（作業中、無人搬送車は、胴体の全長および外周に沿ってロボット150を移動させて、複数の領域において穿孔および締結作業を完了させるために使用することができる。）

【0039】

施設110の一部の実施形態は、架台130、ガントリ140、およびロボット150の配置、シーケンス、および作動を制御する制御センタ160をさらに備え得る。制御センタ160は、コンピュータシステムを備え得、その制御センタ160は、操作員およびカメラシステムが組立作業を視覚的に観察する俯瞰ができるように、組立床120の上方に配置することができる。架台130、ガントリ140、ロボット150は、制御センタ160と無線通信を行うことができる。制御センタ160はまた、衝突を回避させ、自動製造作業を混乱させることを回避するためにロボット150を制御し、あるロボット150を保管庫または整備所からの別のロボット150といつ交代させる必要があるかを判断し、胴体の穿孔/締結作業中に生じたあらゆる非適合性について修理/交換を決定することに責任をもつことができる。

10

【0040】

一実施形態では、架台130、ガントリ140、およびロボット150は、人工知能によってプログラムすることができ、それによって、これらシステムがある種の作業を自律的に行うことを可能になる。自律的作業は、中央制御の負荷を低減し、負荷の一部を架台130、ガントリ140、およびロボット150に配分する。

20

【0041】

図2A~2Tは、自動化施設110によって複数の胴体が組み立てられている例を示す。架台130、ガントリ140、およびロボット150の制御は、制御センタ160によって単独に、または中央制御と自立制御との組み合わせによって実施することができる。

【0042】

図2Aは、単独のガントリ140と、6つの組立セル210、供給ラインエリア220、およびロボット保持エリア230がある床120とを有する施設110の例を示す。セル210は、床120に固定されたいかなる胴体組立治具または固定具も有さない。各セル210は、架台位置、ロボット経路などを示すマーキングのみを有する。組立床120は、ペイント、テープ、床120に埋め込まれた無線認識タグ、レーザ投射などによってマーキングすることができる。以下に説明するように、マーキングは厳密でなくてもよい。

30

【0043】

供給ラインエリア220は、胴体の材料が受け入れられるエリアである。それはまた、組み上げられた胴体が送り出されるエリアでもある。

【0044】

休止ロボット150が、ロボット保持エリア230に配置されている。この例では、ロボット150は2つの異なるタイプを有し、すなわち、胴体全体に亘る長手方向の接合、および胴体の上側部分の円周方向の（たとえばストリング0でのクラウンの上端への）接合を行う長身ロボット150aと、胴体の下側部分の円周方向の接合を行う短身ロボット150bとである。各ロボット150aおよび150bは、無人搬送車によって移動させることができる。無人搬送車は、事前プログラムされた経路および組立床のマーキングに基づいてセル210を見付けることができる。

40

【0045】

図2Aは、架台130を全く示しておらず、制御センタ160も示していない。図2Aは、あらゆる胴体の組立前の施設110を示す。組立床120は空いている。

【0046】

図2Bは、第1の胴体の組立の開始を示す。第1の架台130が、供給ラインエリア220内へ移動させられる（下に入っている無人搬送車によって）。

50

【 0 0 4 7 】

図 2 C は、6 つの組立セル 2 1 0 の第 1 のセル内に移動させられた後の第 1 の架台 1 3 0 を示す。架台 1 3 0 は、第 1 の組立セル 2 1 0 の床 1 2 0 上の正確なマーキングに対して配置することができる。この例では、第 1 の架台 1 3 0 は、下側の最も左側のセル 2 1 0 内に移動させられている。ただし、その架台は、他の 5 つのセル 2 1 0 のいずれのセルに移動させることもできた筈である。組立セル 2 1 0 の選択は、無作為ではなく、速度および出荷順序に基づく（それは、顧客によって注文されたオプションのハードウェアを左右する）。この選択によって、無人搬送車による全ての移動の経路およびタイミングが、衝突を回避するように制御される。

【 0 0 4 8 】

第 1 の架台 1 3 0 を、選択された組立セル 2 1 0 内に移動させながら、胴体の構成要素を供給ラインエリア 2 2 0 へ移動させることができる。図 2 C は、供給ラインエリア 2 2 0 内に配置された前方キール構造体を示す。前方キール構造体およびそれに続く構成要素を、フォークリフトによって移動させることができる大きな輸送 / 運送固定具に載せて供給ラインエリア 2 2 0 へ搬送することができる。第 1 の架台 1 3 0 を選択された組立セル 2 1 0 へ移動させた後、それを移動させた無人搬送車 1 3 5 は供給ラインエリア 2 2 0 へ戻される。

【 0 0 4 9 】

図 2 D は、前方キール構造体上に配置されたガントリ 1 4 0 を示す。ガントリ 1 4 0 が、前方キール構造体を吊り上げ、その構造体を架台 1 3 0 上に移動し、図 2 E に示すように、前方キール構造体を架台 1 3 0 上に置く。ガントリ 1 4 0 は、構造体を組立セル 2 1 0 へ搬入するに至るまで自動化されている。キール構造体が架台 1 3 0 上に配置されると、ガントリ 1 4 0 を手動で制御してキール構造体を架台 1 3 0 上に降ろすことができる。ガントリ 1 4 0 は、構造体の初期位置を架台 1 3 0 上に定めるための視認システムを有し得る。ガントリの視認システムは、衝突回避のために使用することもできる。

【 0 0 5 0 】

キール構造体を架台 1 3 0 上に厳密に位置決めする必要はない。キール構造体を、架台 1 3 0 のアーム 1 3 2 上に配置して、その中に降ろしさえすればよい。アーム 1 3 2 は、キール構造体を初期位置に案内するような形状になっている。

【 0 0 5 1 】

架台 1 3 0 は、複数のセグメント 1 3 0 a ~ 1 3 0 d に分割することができる。この例では、前方キール構造体は、2 つのセグメント 1 3 0 a および 1 3 0 b に載置され、それらセグメントは、キール構造体への予荷重を防ぐために、縦並びで一体に動く。架台 1 3 0 は、アーム 1 3 2 に対するキール構造体の位置を微調整するために、x、y、および z 軸の位置決めシステム（図示せず）を有し得る（したがって、床マーキングに対する架台 1 3 0 の位置は厳密でなくてよい）。

【 0 0 5 2 】

一方で、中央キール構造体が、供給ラインエリア 2 2 0 に搬入される。ガントリ 1 4 0 は、前方キール構造体を架台 1 3 0 上に降ろした後、供給ラインエリア 2 2 0 へ戻される。

【 0 0 5 3 】

図 2 F に示すように、ガントリ 1 4 0 が中央キール構造体上に移動し、次いで、ガントリ 1 4 0 は、中央キール構造体を架台 1 3 0 上に移動させる。ガントリ 1 4 0 は、次いで、図 2 G に示すように、中央キール構造体を架台 1 3 0 のセグメント 1 3 0 c に載置する。x、y、および z 軸位置決めシステムが、中央キール構造体の位置を微調整する。

【 0 0 5 4 】

後方キール構造体が、架台 1 3 0 のセグメント 1 3 0 d 上に搬入され、配置される。後方キール構造体が配置されているとき、フロアグリッドが、供給ラインエリア 2 2 0 に搬入される（図 2 H）。ガントリ 1 4 0 が、図 2 I に示すように、フロアグリッドを移動させ、それを中央および後方キール構造体上に配置する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

図 2 J、2 K、および 2 L に示すように、ガントリ 1 4 0 が、次いで、前方、中央、および後方サイドパネルをキール構造体上に移動させる。サイドパネルは、キール構造体に固定（たとえばピン結合）される。

【 0 0 5 6 】

図 2 M、および 2 N に示すように、ガントリ 1 4 0 が、次いで、機首、前方、中央、および後方クラウンパネルをサイドパネル上に移動させる。クラウンパネルはサイドパネルに固定される。

【 0 0 5 7 】

サイドパネルとクラウンパネルとの位置合せは、部品基準組立孔を用いて行うことができ、それら孔は、フレーム、支柱、フロアビームなどの構造構成要素に正確に穿孔される。部品基準組立孔の使用法は、図 4 に関連してより詳細に以下に説明される。

【 0 0 5 8 】

次いで、パネルとキール構造体とが一体に締結される。図 2 O に示されるように、1 組の 4 つの長身ロボット 1 5 0 a が、ロボット保持エリア 2 3 0 から第 1 のセル 2 1 0 へ移動するように命令される。長身ロボット 1 5 0 a は、高い領域の作業を行うために導入される。次いで、長身ロボット 1 5 0 a は、図 2 P に示すように、胴体の周りに位置を占める。ロボット 1 5 0 a は、胴体の基準孔を特定することができ、または他の特徴を特定することができる。ロボット 1 5 0 a は、これら特徴を、胴体に対する個々の基準系を確立するために使用する。その後の移動およびロボット作業は、それら基準系に対して行われる。

【 0 0 5 9 】

配置された後は、長身ロボット 1 5 0 a は、長手方向接合および上部円周方向接合を行う（短身ロボット 1 5 0 b は円周方向接合の残部を行う）。接合に際し、スキンパネルがスキンパネルに締結される。長手方向接合では、スキンパネルをスキンパネルに締結するために重ね合せ接合を使用することができる。ストリングおよびシェアタイなどの内部構造体を接合部に加えることができる。円周方向接合では、スキンパネルをスキンパネルに締結するために突合せ接合を使用することができる。スプライスプレート、シェアタイ、ストリング、ストリングスプライスなどの内部構造体もまた、突合せ接合によって一体に締結することができる。

【 0 0 6 0 】

長身ロボット 1 5 0 a が長い領域の作業を行った後、短身ロボット 1 5 0 b が、低いアクセスの作業を行うためにロボット保持エリア 2 3 0（図 2 Q）から導入される。短身ロボット 1 5 0 b は、胴体に対する個々の基準系を確立し、それら基準系に対してその後の移動および下側の円周方向接合を行う。

【 0 0 6 1 】

締結作業が行われている間に、他の胴体を組み立てることができる。図 2 Q に示すように、第 2 の架台 1 3 0 を第 2 の組立セル 2 1 0 へ移動させ、第 2 の胴体のキール構造体を第 2 の架台 1 3 0 に搭載することができる。

【 0 0 6 2 】

図 2 R に示すように、組立が、2 つのさらに別の胴体で行われている。長身ロボット 1 5 0 a が、第 1 のセル 2 1 0 の胴体での作業を終了した後、それらロボット 1 5 0 a は、第 2 の組立セル 2 1 0 へ移動して第 2 の胴体での作業を行うことができる。さらに別の長身ロボット 1 5 0 a が、第 3 のセルへ移動して、第 3 の胴体での作業を行うことができる。短身ロボット 1 5 0 b が第 1 のセル 2 1 0 の胴体での作業を行った後、それらロボットは、第 2 のセル 2 1 0 に移動し、またはロボット保持エリア 2 3 0 へ戻ることができる。

【 0 0 6 3 】

図 2 S に示すように、6 つの全てのセル 2 1 0 が占有されるまで、さらに別の胴体が組み立てられる。図 2 T に示すように、胴体の組立が完了すると、その完成した胴体は、架台 1 3 0 によって床 1 2 0 から運び去ることができる。完成した胴体は、洗浄、シール処

10

20

30

40

50

理、および塗装用の場所へ移動することができる。

【 0 0 6 4 】

このように開示されたのは、複数の胴体の同時組立を完成させるために連携して作業する可動架台、ガントリ、および複数のロボットシステムを使用する自動化組立施設である。胴体組立が大幅に自動化されているので、手作業への依存は大幅に減少している。したがって、生産状況はより安定している。

【 0 0 6 5 】

組立施設の床空間は、構成し直すことができる。固定具または治具が組立床に固定されていないので、組立セルを配置し直すことができ、セル間の間隔を変更することができる。再構成可能な床空間はまた、生産ラインの多重化を容易にする。1つのモデルの供給網が滞った場合、床空間を再構成して、その供給網が回復するまで、他のモデルを生産することができる。

10

【 0 0 6 6 】

組立施設は拡張可能である。生産速度を向上させるために、または新しい生産ラインに変換するために、床空間を拡張することも、再構成することも行える。既存のロボットを新しいセルで働かせるために使用することができる。

【 0 0 6 7 】

様々なタイプの胴体を、同時に様々なセルで組み上げることができる。ロボットがあるセルから別のセルへ移動するとき、それらのプログラミングおよび/またはエンドエフェクタを変更することができる。

20

【 0 0 6 8 】

ここで、ロボット150の例を示す図3を参照する。ロボット150は、胴体接合を行うように構成されたエンドエフェクタ310を備える。エンドエフェクタ310は、それらに限定されないが、検査、シール材塗布、および電磁クランピングを含む作業を行うようにさらに構成することができる。

【 0 0 6 9 】

ロボット150は、エンドエフェクタ310を移動させ配置する位置決めシステム320を有し得る。たとえば、x-y-z移動装置322および球面リスト324の組み合わせが、胴体の表面に対してエンドエフェクタ310を位置決めするために、6自由度を実現する。ロボットアーム326は、エンドエフェクタ310を胴体の下部およびクラウンに届かせることができる。

30

【 0 0 7 0 】

ロボット150は、無人搬送車330を備え得、それによって自由度が追加される。無人搬送車330は、ロボット150を、組立床を横切って移動させる。無人搬送車330はまた、ロボット150を、作動に際し胴体に沿って配置する。

【 0 0 7 1 】

ロボット150は、位置決めを補助する視認システム340を備え得る。たとえば、ロボット150は、組立セル内の大体の位置へ移動するようにプログラムされている。次いで、視認システム340が、基準系を形成する主要な特徴(たとえば、スキンパネルの縁、長手方向および円周方向接合部に穿孔された孔)を検出する。

40

【 0 0 7 2 】

基準系が確立されると、ロボットは、「作業領域」へ移動するためにその基準系を使用する。たとえば、無人搬送車330は、ロボット150を、基準系に対して正確な補正距離だけ移動させることができる。ロボットは、作業領域内の全ての箇所を穿孔および締結作業を行うことができる。

【 0 0 7 3 】

制御装置350は、ロボット150に命令して作業を行わせるNCプログラムを実行することができる。一部の実施形態では、作業には、ワンアップ締結工程を含めることができ、その工程を接合部に沿う各箇所に行うことができる。

【 0 0 7 4 】

50

ここで、ワンアップ締結工程を示す図4を参照する。ブロック410では、接合構造体が、たとえば、ロボットのエンドエフェクタ310に取り付けられた電磁石と胴体の反対側（内側）にある鋼板を用いて、締め上げられる。鋼板は、胴体フレームの主要な特徴を用いて手動またはロボットによって配置することができる。ワンアップ工程では、クランプは、2つ以上の部品を一体に保持するのみでなく、締め付けられた部品間に層間のばりが捕捉されることも防止する。クランプはまた、締め付けられた部品からのシールの漏洩を防止する。削り屑やばりが締め付けられた部品間に捕捉されないので、ワンアップ工程は接合部の疲労強度を向上させる。

【0075】

ブロック420では、孔が開けられ、皿座ぐりされる。ブロック430では、開けられた孔および皿座ぐりが検査される。ブロック440では、締結具が、開けられた孔に挿入される。接合部がボルト締めされる場合、シール材を塗布することもまたできる。これらのステップは、ロボットによって実施することができる。

10

【0076】

ブロック450では、締結具が成端処理される。たとえば、締結具がボルトであれば、カラーおよびナットをボルトのねじ端部に取り付け締め付けることができる。締結具がリベットであれば、自由端部をアップセットする（据え込む）ために、バックアップバーを使用することができる。締結具の成端処理は、ロボットまたは手作業によって行うことができる。

【0077】

ブロック460では、接合構造体がクランプから外される。その後、エンドエフェクタ310は、接合部に沿う新たな箇所に配置される。ブロック410～460の作業が繰り返される。

20

【0078】

ロボット作業領域内で全ての接合が行われると、無人搬送車330が、ロボット150を、胴体に沿って新たな作業領域へ移動させる。さらに別の接合が、新たな作業領域内で行われる。

【0079】

図5は、パネル式胴体を単一の垂直組上げ状態で組み立てる方法を示す。一部の実施形態では、パネルは、スキンおよび下層の補強構造を備える。パネルはまた、一体化フレーム（たとえば環状フレーム）を備え得る。

30

【0080】

図6Aおよび図5のブロック510を参照する。キール構造体610が架台130上に搭載される。一部の実施形態では、キール構造体610は、キールパネルと、一体化キールビームを備え得る。キール構造体610は、一体の構造体として搭載することもでき、分割して搭載することもできる（図2C～2Hは、分割して搭載されるキール構造体を示す）。キール構造体610は、次いで、一直線に整合され、水準を合わせられる。

【0081】

図6Bおよび図5のブロック520を参照する。組立支柱630が、フロアグリッド620に取り付けられ、支柱630が、キール構造体610のパネル上に降ろされる。フロアグリッド620は、フロアビームと、垂直支柱と、他の構成要素（たとえば、シートトラック、フロアフィッティング、肋材）とを備える。組み立てられた構造体が、キール構造体610の上に配置され、その上に降ろされ、組立支柱630が、キール構造体610に締結される。

40

【0082】

図6Cおよび6D、ならびに図5のブロック530を参照する。下側（たとえばサイド）パネル640が、フロアグリッド620のフロアビームに搭載され、組み付けられる。支柱630、キール構造体610、および架台130が、下側パネル640を支持するために使用される。一部の実施形態では、下側パネル640は、一体の構造体として搭載することができる。（図2J、2K、および2Lに示される一部の例では、下側パネルは分

50

割して搭載されている。) 図 6 C および 6 D に示される例では、左側の下側パネル 6 4 0 が搭載され、取り付けられ(図 6 C)、次いで、右側の下側パネル 6 4 0 が搭載され、取り付けられる(図 6 D)。スプレッドバー 6 5 0 を、下側パネル 6 4 0 の自由両端部を支持するために使用することができる。

【 0 0 8 3 】

図 6 E および 図 5 のブロック 5 4 0 を参照する。上側(たとえばクラウン)パネル 6 6 0 が搭載される。上側パネル 6 6 0 は、一体構造体として搭載することもでき、分割して(図 2 M および 2 N に示すように)搭載することもできる。図 6 E では、上側パネル 6 6 0 は、スプレッドバー 6 5 0 上に搭載され、下側パネル 6 4 0 に組み付けられている。

【 0 0 8 4 】

部品基準組立孔は、様々なパネルを配置するために使用することができる。第 1 の組の部品基準組立孔は、フロアグリッド 6 2 0 を組立支柱 6 3 0 上に配置するために使用することができる。第 2 の組の部品基準組立孔は、組立支柱 6 3 0 をキール構造体 6 1 0 上に配置するために使用することができる。第 3 の組の部品基準組立孔は、下側パネル 6 4 0 をフロアグリッド 6 2 0 上に配置するために使用することができる。第 4 の組の部品基準組立孔は、上側パネル 6 6 0 を下側パネル 6 4 0 に対して配置するために使用することができる。部品基準組立孔が一直線に整合されると、工員が部品基準組立孔を手作業でピン留めすることができる。

【 0 0 8 5 】

図 5 の方法に従うことによって、接合に先立ち、胴体部分の全体の外形が得られる。

【 0 0 8 6 】

一部の実施形態では、全ての部品基準組立孔は、胴体構造体の内部(大部分はフレーム、支柱、およびフロアビームなどの内側の補強構造体上)にあり、部品基準組立孔は、キール構造体または胴体スキンパネルのいずれの外部構造体上にも配置されていない。これら部品基準組立配置孔は、内部構造上に精密機械加工することができる。

【 0 0 8 7 】

一部の実施形態では、胴体セクションの前方および後方隔壁を初期位置合せ面として使用することができる。それら面は、隔壁とキール構造体との直角関係性を維持するために使用される。これによって、パネルの組立全体の結果が真の円筒形になることが保証される。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 8 】

- 1 1 0 施設
- 1 2 0 組立床
- 1 3 0 可動架台
- 1 3 0 a 架台のセグメント
- 1 3 0 b 架台のセグメント
- 1 3 0 c 架台のセグメント
- 1 3 0 d 架台のセグメント
- 1 3 2 アーム
- 1 3 5 無人搬送車
- 1 4 0 ガントリ
- 1 5 0 ロボット
- 1 5 0 a 長身ロボット
- 1 5 0 b 短身ロボット
- 1 6 0 制御センタ
- 2 1 0 組立セル
- 2 2 0 供給ラインエリア
- 2 3 0 ロボット保持エリア
- 3 1 0 エンドエフェクタ

10

20

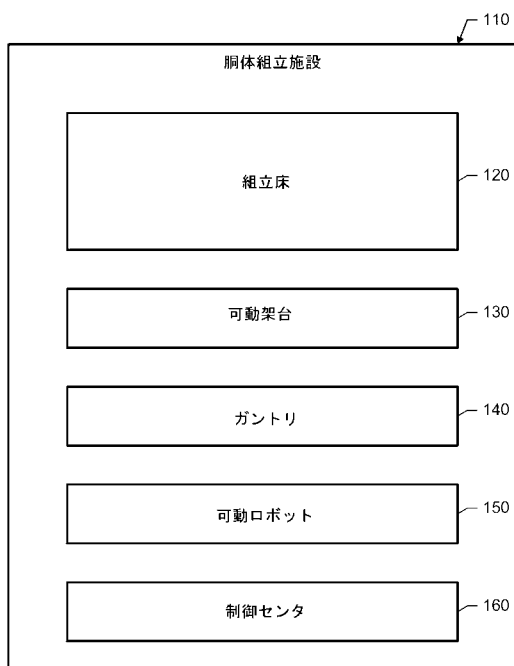
30

40

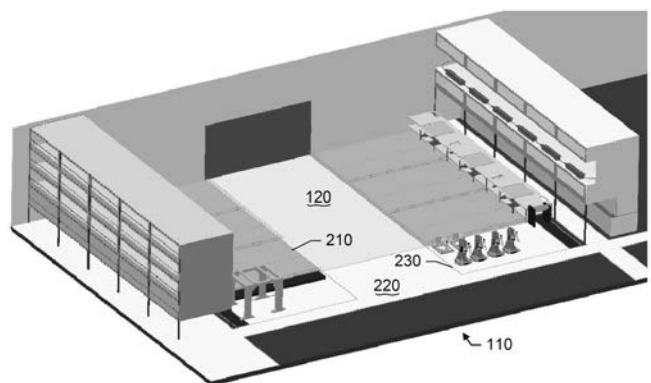
50

- 3 2 0 位置決めシステム
- 3 2 2 x - y - z 移動装置
- 3 2 4 球面リスト
- 3 2 6 ロボットアーム
- 3 3 0 無人搬送車
- 3 4 0 視認システム
- 3 5 0 制御装置
- 6 1 0 キール構造体
- 6 2 0 フロアグリッド
- 6 3 0 組立支柱
- 6 4 0 下側パネル
- 6 5 0 スプレッドバー
- 6 6 0 上側パネル

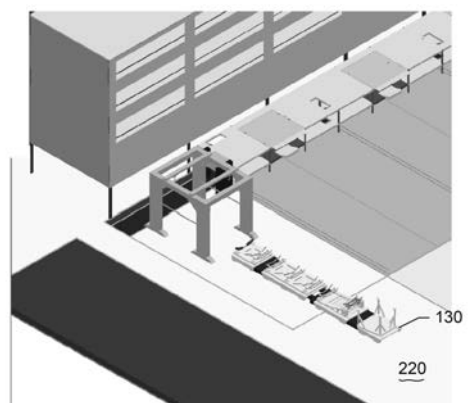
【 図 1 】



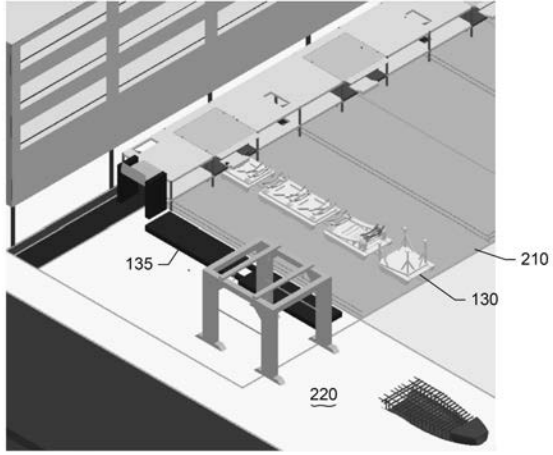
【 図 2 A 】



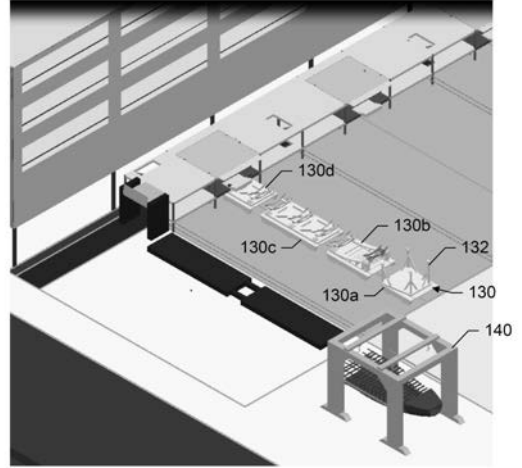
【 図 2 B 】



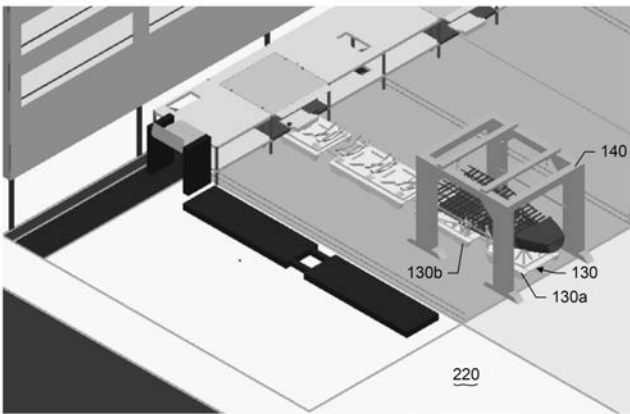
【 図 2 C 】



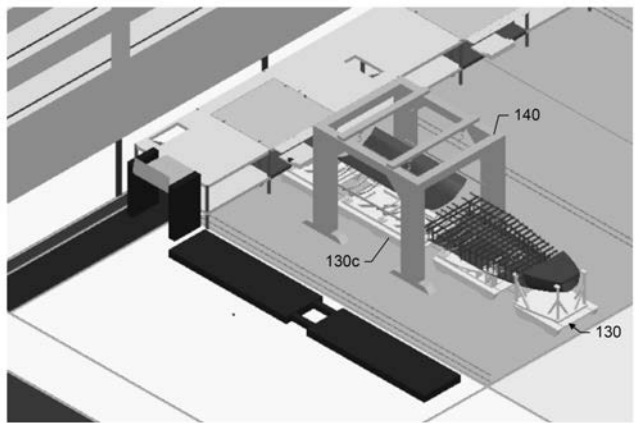
【 図 2 D 】



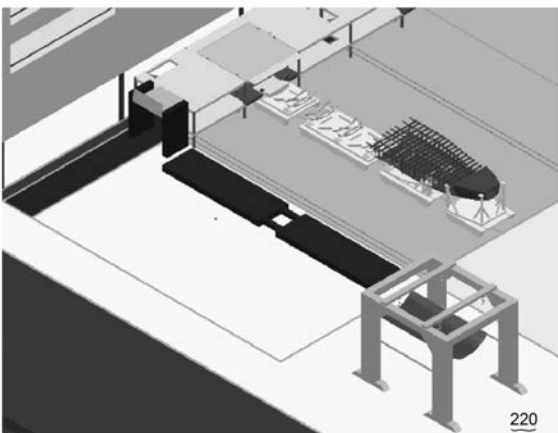
【 図 2 E 】



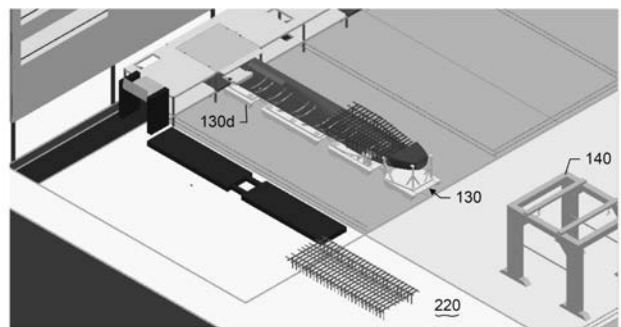
【 図 2 G 】



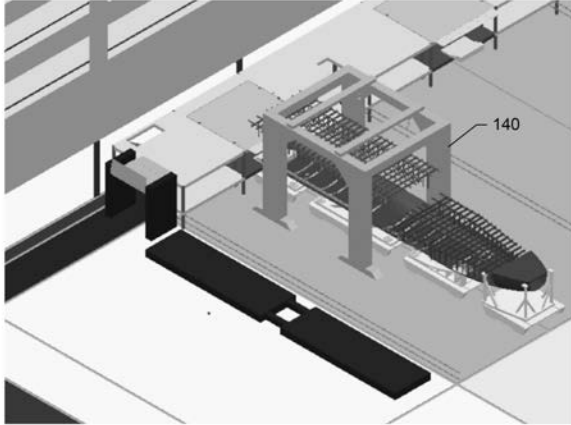
【 図 2 F 】



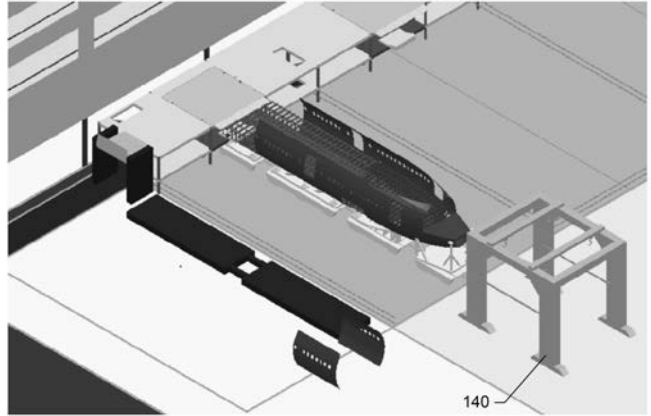
【 図 2 H 】



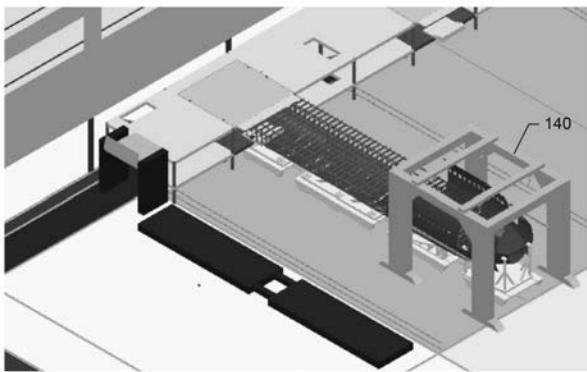
【 図 2 I 】



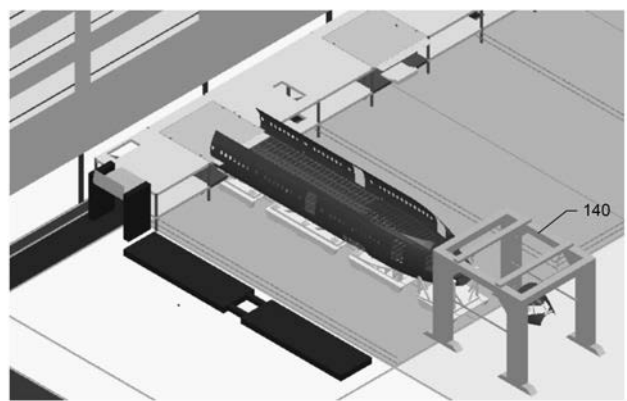
【 図 2 K 】



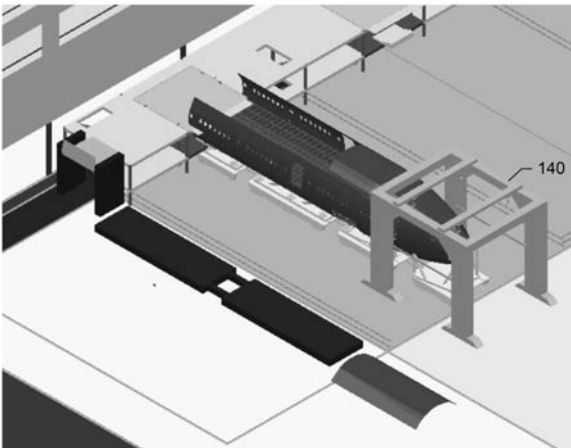
【 図 2 J 】



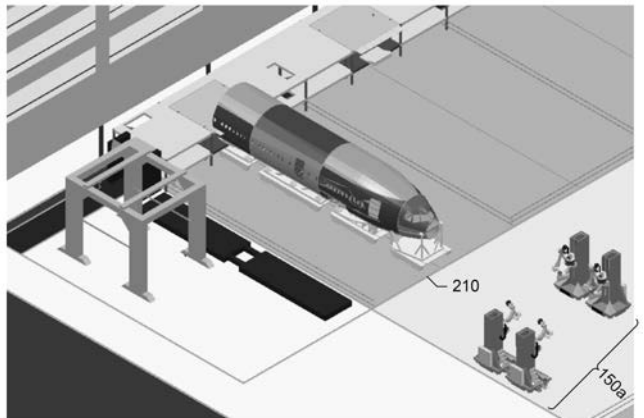
【 図 2 L 】



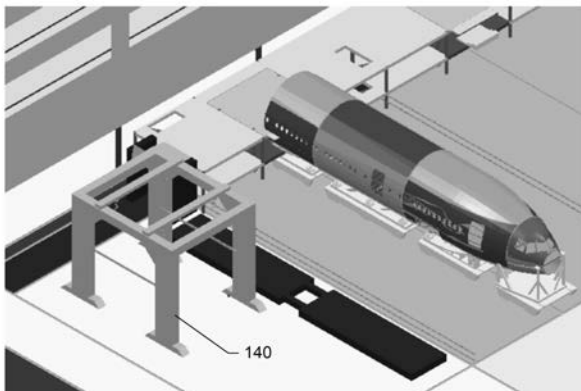
【 図 2 M 】



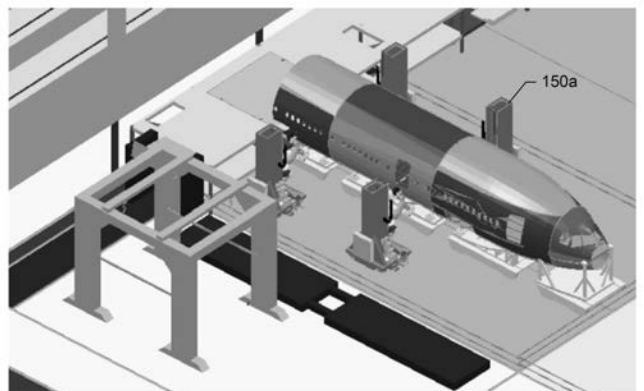
【 図 2 O 】



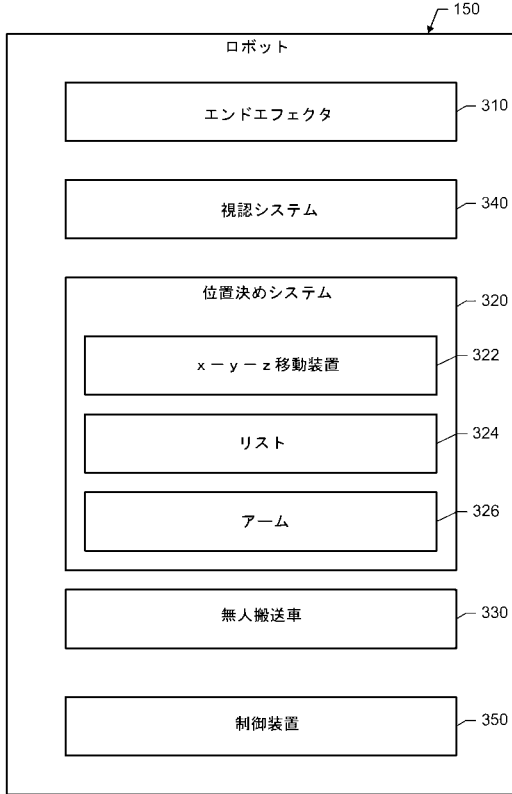
【 図 2 N 】



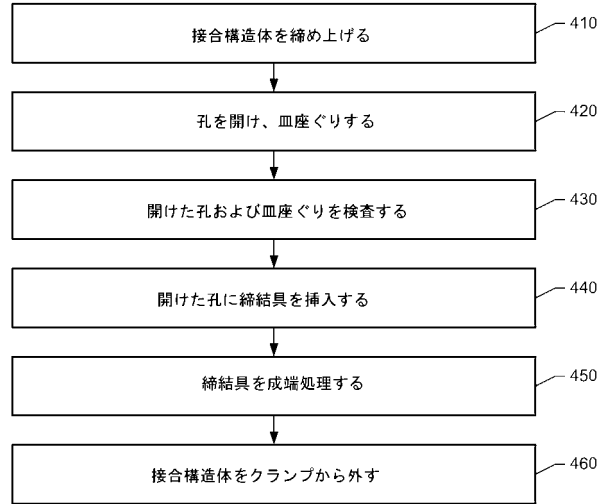
【 図 2 P 】



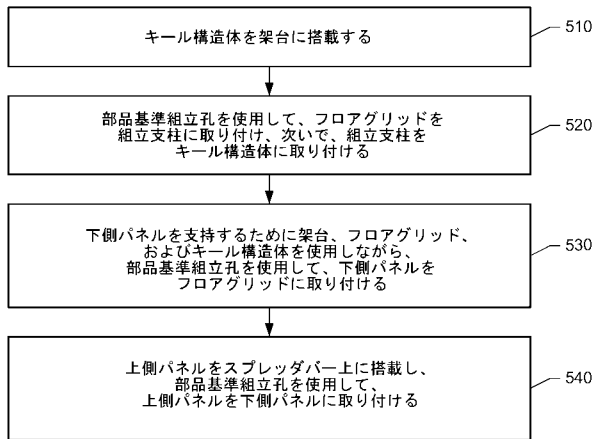
【 図 3 】



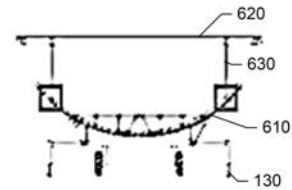
【 図 4 】



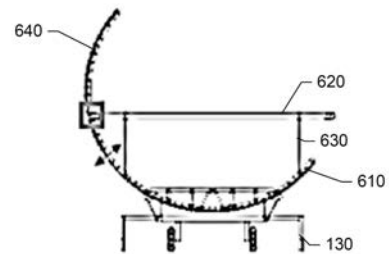
【 図 5 】



【 図 6 B 】



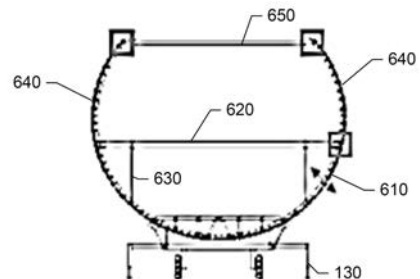
【 図 6 C 】



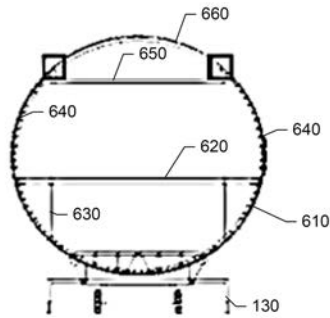
【 図 6 A 】



【 図 6 D 】



【図 6 E】



【手続補正書】

【提出日】平成29年7月20日(2017.7.20)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機の胴体を組み立てる施設であって、移動可能な各架台が胴体キール構造体を支持する複数の移動可能な架台と、胴体キール構造体を架台へ搭載し、各胴体キール構造体のための胴体パネルを搭載して、各キール構造体からビルドアップして胴体外形全体を単一の垂直組上げ位置で胴体の角度的な向きを変えずに組み立てる移動可能なガントリとを含む、施設。

【請求項 2】

複数の組立セルを収容する組立床をさらに含み、いずれの組立セルも組立床に固定された治具または固定具を有しない、請求項 1 に記載の施設。

【請求項 3】

前記架台および前記ガントリが組立床を横切って選択された組立セルへ移動可能である、請求項 2 に記載の施設。

【請求項 4】

胴体締結作業を行うための複数のロボットをさらに含み、前記ロボットが組立床を横切って選択された組立セルへ移動可能である、請求項 2 に記載の施設。

【請求項 5】

前記ロボットが、胴体の特徴を使用して個々の基準系を確立し、それら基準系に対して

その後の移動およびロボット作業を行うようにプログラムされている、請求項4に記載の施設。

【請求項6】

前記架台および前記ロボットが自動化された案内車両によって移動させられる、請求項4に記載の施設。

【請求項7】

各ロボットが、胴体締結作業を行うエンドエフェクタと、前記エンドエフェクタを位置決めする位置決めシステムと、一連の締結箇所を通して前記エンドエフェクタを移動させるように前記位置決めシステムを制御し、前記一連のそれら箇所で前記締結作業を行うように前記エンドエフェクタを制御するようにプログラムされている制御装置とを含む、請求項4に記載の施設。

【請求項8】

前記ロボットが、上側の胴体部分の長手方向の接合および周方向の接合を行うための長身ロボットと、下側の胴体部分の周方向の接合を行うための短身ロボットとを含む、請求項4に記載の施設。

【請求項9】

前記架台、前記ガントリ、および前記ロボットの配置、シーケンス、および作動を制御する制御装置をさらに含む、請求項4に記載の施設。

【請求項10】

前記制御装置が、前記ガントリ、架台、およびロボットを制御して、前記架台のうち選択されたものを選択された組立セルへと動かし、前記キール構造体のうち選択されたものを前記選択された架台の上に搭載し、前記キール構造体上に位置する支柱を有するフロアグリッドを前記キール構造体上に搭載し、

前記選択された架台、前記フロアグリッド、および前記選択されたキール構造体を使用して下側パネルを支持しながら、前記下側パネルを前記フロアグリッド上に位置付けるようにプログラムされている、請求項9に記載の施設。

【請求項11】

前記ロボットを制御して下側パネルを選択されたキール構造体に接合するように前記制御手段がさらにプログラムされている、請求項10に記載の施設。

【請求項12】

前記ガントリを制御して上側パネルを下側パネルの上に搭載し、前記ロボットを制御して上側パネルを下側パネルに接合するように、前記制御装置がさらにプログラムされている、請求項11に記載の施設。

【請求項13】

前記配置、シーケンス、および作動が、1組のロボットを使用して前記組立セルのうち選択された組立セルで締結作業を行い、次いで、前記選択された組立セルでの前記締結作業が完了した後、前記1組のロボットを別の組立セルへ移動させることを含む、請求項9に記載の施設。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 2 3 P 19/06 (2006.01) B 2 3 P 19/06 J

(72)発明者 ネルソン, ブレア ピー.
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 1 2 4 - 2 2 0 7, シアトル, ポスト オフィス ボック
 ス 3 7 0 7

(72)発明者 ドレイパー, アラン エス.
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 1 2 4 - 2 2 0 7, シアトル, ポスト オフィス ボック
 ス 3 7 0 7

(72)発明者 フー, チャールズ ワイ.
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 1 2 4 - 2 2 0 7, シアトル, ポスト オフィス ボック
 ス 3 7 0 7

(72)発明者 マシューソン, ランダル
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 2 9 2, スタンウッド, 9 番 アヴェニュー ノースウエ
 スト 1 9 2 1 8

(72)発明者 サール, ブランコ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 0 7 4 0 - 1 5 1 5, シール ビーチ, シール ビーチ
 ブールヴァード 2 2 0 1

F ターム(参考) 3C030 BC16 BC31 BD02 CC00 DA02 DA04 DA35 DA37

【外国語明細書】

2017206247000001.pdf

2017206247000002.pdf

2017206247000003.pdf

2017206247000004.pdf