

(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2016-611
(P2016-611A)

(43) 公開日 平成28年1月7日(2016.1.7)

(5) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
B64F	5/00	(2006.01)	B64F 5/00 D 3C030
B23P	21/00	(2006.01)	B23P 21/00 303Z 3C100
B64C	1/00	(2006.01)	B64C 1/00 Z
G05B	19/418	(2006.01)	G05B 19/418 Y

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L 外国語出願 (全 75 頁)

(21) 出願番号 特願2015-82572 (P2015-82572)
 (22) 出願日 平成27年4月14日 (2015. 4. 14)
 (31) 優先権主張番号 61/986, 824
 (32) 優先日 平成26年4月30日 (2014. 4. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 14/558, 867
 (32) 優先日 平成26年12月3日 (2014. 12. 3)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 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 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 デイ、 ダン ドレスケル
 アメリカ合衆国 イリノイ 60606-2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100

最終頁に続く

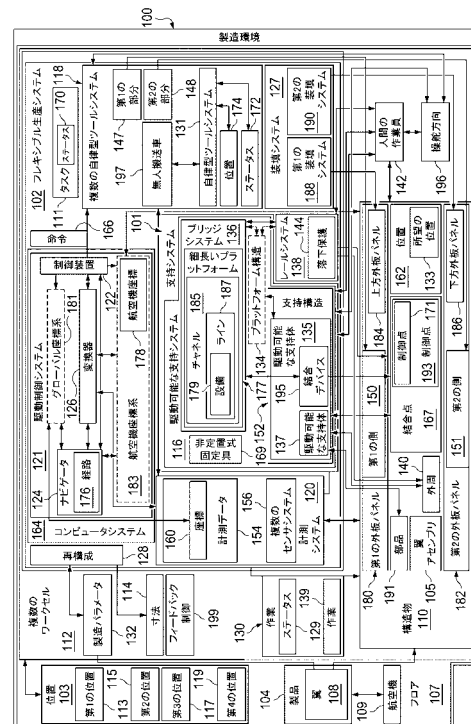
(54) 【発明の名称】 航空機構造のためのフレキシブル生産システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 航空機構造を製造する方法及び装置である。

【解決手段】 駆動可能な支持システム 116 を形成するために、駆動可能な支持体 137 が、駆動可能な支持体 137 を少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、第1の位置 113 から第2の位置 115 へ駆動され得る。構造物 110 は、駆動可能な支持システム 116 を使用して、所望の位置 133 に保持され得る。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

製造環境（100）のフロア（107）上の第2の位置（115）で、駆動可能な支持システム（116）を形成するために、第1の位置（113）から駆動され、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められる、駆動可能な支持体（137）

を備える、航空機構造のためのフレキシブル生産システム（102）であって、

前記駆動可能な支持システム（116）は、構造物（110）を所望の位置（133）で保持するように構成される、システム。

【請求項 2】

前記駆動可能な支持システム（116）は、前記構造物（110）に作業（130）が実施されている間、前記構造物（110）を第3の位置（117）へ駆動するように構成される、請求項1に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 3】

前記駆動可能な支持体（137）、前記駆動可能な支持システム（116）、又は複数の自律型ツールシステム（118）のうちの少なくとも1つの、操舵方向（196）が提供される、請求項2に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 4】

前記構造物（110）が第3の位置（117）へ駆動される間、前記構造物（110）に作業（130）を実施するように構成される、複数の自律型ツールシステム（118）を更に備える、請求項1に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 5】

前記複数の自律型ツールシステム（118）は、前記製造環境（100）のフロア（107）上を駆動されるように構成される、請求項4に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 6】

前記駆動可能な支持システム（116）、前記複数の自律型ツールシステム（118）、又は前記構造物（110）のうちの少なくとも1つの、互いに対する現在位置を決定するように構成される、計測システム（120）を更に備える、請求項4に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 7】

制御装置（122）と通信し、前記構造物（110）に対する所望の位置（133）に到達するための、複数の自律型ツールシステム（118）の経路（176）を生成するように構成される、ナビゲータ（124）を更に備える、請求項1に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 8】

上方外板パネル（184）又は下方外板パネル（186）のうちの少なくとも1つを、前記構造物（110）に対して位置決めするために、前記製造環境（100）のフロア（107）に対して移動するように構成される、装填システム（127）を更に備える、請求項1に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 9】

前記作業（130）は、穿孔作業、締結作業、検査作業、シーリング作業、測定作業、レベリング作業、又は洗浄作業のうちの少なくとも1つを含む、請求項2に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 10】

前記駆動可能な支持システム（116）は、前記構造物（110）を、前記第1の位置（113）、前記第2の位置（115）、第3の位置（117）、及び、前記製造環境（100）内の幾つかの追加の位置の間で、運搬するように構成される、請求項1に記載のフレキシブル生産システム（102）。

【請求項 11】

航空機構造の製造方法であって、

10

20

30

40

50

駆動可能な支持システム(116)を形成するために、駆動可能な支持体(137)を少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、前記駆動可能な支持体(137)を、第1の位置(113)から第2の位置(115)へ駆動すること、及び前記駆動可能な支持システム(116)を使用して、構造物(110)を所望の位置(133)で保持することを含む、方法。

【請求項12】

前記駆動可能な支持システム(116)を使用して、前記構造物(110)を、前記第2の位置(115)から製造環境(100)のフロア(107)上の第3の位置(117)へ駆動することを更に含む、請求項11に記載の方法。

10

【請求項13】

複数の自律型ツールシステム(118)を使用して、前記構造物(110)に作業(130)を実施することを更に含む、請求項12に記載の方法。

【請求項14】

前記作業(130)は、前記構造物(110)が前記第3の位置(117)へ駆動される間に実施される、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記複数の自律型ツールシステム(118)を操舵することを更に含む、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記駆動可能な支持体(137)又は前記駆動可能な支持システム(116)のうちの少なくとも1つを、操舵することを更に含む、請求項13に記載の方法。

20

【請求項17】

前記作業(130)は、前記構造物(110)が前記第2の位置(115)から前記第3の位置(117)へ駆動される間に実施される、請求項13に記載の方法。

【請求項18】

制御装置(122)によって生成される命令(166)を使用して、前記複数の自律型ツールシステム(118)を、前記構造物(110)に対して位置決めすることを更に含む、請求項13に記載の方法。

【請求項19】

前記製造環境(100)の寸法(114)、前記構造物(110)のステータス(129)、又は、前記駆動可能な支持システム(116)もしくは前記複数の自律型ツールシステム(118)のうちの少なくとも1つのステータス(129)、のうちの少なくとも1つにおける変化に基づいて、前記駆動可能な支持システム(116)又は前記複数の自律型ツールシステム(118)のうちの少なくとも1つを、再構成することを更に含む、請求項13に記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して航空機に関し、具体的には、航空機構造の製造に関する。より具体的には、本発明は、自動化された駆動可能な組み立てシステムを使用して、航空機構造を製造するための作業を実施する方法及び装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

航空機構造の製造は、複雑且つ時間を要するプロセスであり得る。何千もの部品が、航空機構造を完成させるために設計され組み立てられ得る。航空機構造を製造施設内の異なる位置へ移動することにより、これら部品の漸進的な組み立てが完遂され得る。これらの位置の各々で、航空機構造に対して様々な作業が実施される。

【0003】

航空機構造のための既存の組み立てシステムは、製造施設全体に配置される、定置式モ

50

ニュメント固定具 (fixed monument fixture) を使用する。この例で、「定置式モニメント固定具」は、施設のフロア、壁、又は製造施設のその他の部分に不動に結合された、構造物である。例えば、非限定的に、航空機構造を、それが組み立てられる間所望の位置に保持するために、施設のフロアにボルト留めされた定置式モニメント固定具が使用され得る。

【0004】

人間の作業員とそのツールが、これら定置式モニメント固定具の周囲を動き、航空機構造に対する作業を実施する。例えば、人間の作業員が様々な部品を定置式モニメント固定具へ持ち込み、これら部品を、定置式モニメント固定具によって保持されている航空機構造に対して位置決めし、穿孔、締結、被覆、及び検査などの作業を実施し得る。人間の作業員が航空機構造を組み立ててこれを検査することは、膨大な労働時間を要する。

10

【0005】

組み立てにおいてある時点に達すると、航空機構造は定置式モニメント固定具から取り除かれて、製造施設内の新しい位置に移動される。新しい位置において、構造物は再び定置式モニメント固定具に固定され、再較正され、組み立てられる。航空機構造の移動及び再配置によって、製造プロセスに望ましくない遅延が発生し、航空機構造の生産時間が増大し得る。

【0006】

更に、定置式モニメント固定具を使用するプロセスは、製造施設内で所望よりも大きな空間を占めるか、人間の作業員の航空機構造へのアクセスを制限してしまうか、あるいはこれらの両方であり得る。人間の作業員が部品を定置式モニメント固定具へと搬送し、これら定置式モニメント固定具の内部やその周囲で動き回らなければならないことにより、航空機の組み立てにかかる時間、その複雑さ、及び費用も所望より増大し得る。

20

【0007】

また、定置式モニメント固定具は、重量が大きいか、フロアに固定されているか、あるいはこれらの両方であるため、修正や移動が困難であり得る。したがって、定置式モニメント固定具はフレキシブルでなく、1つのみのアセンブリ構築の構成に有益であり得る。このように、製造施設フロアに取り付けられた定置式モニメント固定具を使用しない、より効率的でフレキシブルな、生産性の高い、航空機の組み立てプロセスを提供する方法及び装置に対する需要がある。

30

【発明の概要】

【0008】

例示的な一実施形態では、航空機構造のためのフレキシブル生産システムは、駆動可能な支持体を備え得る。駆動可能な支持体は、製造環境のフロア上の第2の位置で、駆動可能な支持システムを形成するために、第1の位置から駆動され、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められ得る。駆動可能な支持システムは、構造物を所望の位置に保持するように構成され得る。

【0009】

別の例示的な実施形態では、航空機構造を製造する方法が提供され得る。駆動可能な支持システムを形成するために、駆動可能な支持体を、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、駆動可能な支持体が、第1の位置から第2の位置へと駆動される。構造物は、この駆動可能な支持システムを使用して、所望の位置に保持され得る。

40

【0010】

別の例示的な実施形態で、フレキシブル生産システムは、駆動可能な支持体、複数の自律型ツールシステム、計測システム、並びに、計測システム、駆動可能な支持システム、及び複数の自律型ツールシステムと通信する、制御装置を備え得る。駆動可能な支持体は、製造環境のフロア上の第2の位置で、駆動可能な支持システムを形成するために、第1の位置から駆動され、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められるように構成され得る。駆動可能な支持システムは、構造物を所望の位置に保持するように構成され得る。構造物に対して作業が実施されている間に、駆動可能な支持システム及び構造物は

50

、第3の位置へ駆動されるように構成され得る。複数の自律型ツールシステムは、構造物に対して作業を実施するように構成され得る。複数の自律型ツールシステムは更に、製造環境のフロア上を駆動されるように構成され得る。計測システムは更に、駆動可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも1つの、現在位置を決定するように構成され得る。制御装置は、駆動可能な支持システム又は複数の自律型ツールシステムのうちの少なくとも1つの、作業を制御するように構成され得る。

【0011】

更に別の例示的な実施形態は、航空機構造を製造するためのシステムは、クローラロボットのグループ及び可動プラットフォームを備え得る。クローラロボットのグループが、構造物上に位置決めされ得る。クローラロボットのグループは、構造物にファスナを設置するために、構造物の表面に沿って移動するように構成され得る。可動プラットフォームは、製造環境のフロア上を駆動されるように構成され得る。可動プラットフォームは、クローラロボットのグループを、構造物の表面上に配置するように更に構成され得る。

10

【0012】

更に別の例示的な実施形態では、航空機構造を製造する方法が提供され得る。駆動可能なプラットフォームが、クローラロボットのグループを構造物上に配置するために、製造環境のフロア上で駆動され得る。クローラロボットのグループが、構造物にファスナを設置するために、構造物の表面に対して配置され得る。

【0013】

さらなる例示的な実施形態で、航空機構造を製造するためのシステムは、6脚体(hexapod)と、6脚体に関連付けられた移動システムとを備え得る。6脚体が、構造物の表面に対して位置決めされ得る。6脚体は、構造物にファスナを設置するために、構造物の表面に沿って移動するように構成され得る。移動システムは、6脚体を構造物に対して位置決めするために、6脚体を製造環境のフロア上で駆動するように構成され得る。

20

【0014】

更に別の例示的な実施形態では、航空機構造を製造する方法が提供され得る。6脚体に関連付けられた移動システムを使用して、6脚体を構造物に対して位置決めするために、6脚体が製造環境のフロア上を駆動され得る。6脚体は、構造物にファスナを設置するために、構造物の表面に対して位置決めされ得る。

【0015】

さらなる例示的な実施形態で、構造物のためのフレキシブル生産システムは、可動式支持システム、複数の自律型ツールシステム、計測システム、並びに、計測システム、及び複数の自律型ツールシステムと通信する、制御装置を備え得る。可動式支持システムは、構造物を所望の位置に保持するように構成され得る。可動式支持システムは更に、構造物を製造するための作業の実施中、構造物を複数のワークセル間で運搬するように構成され得る。複数の自律型ツールシステムは、構造物に対して作業を実施するように構成され得る。複数の自律型ツールシステムは更に、可動式支持システムと共に移動するように構成され得る。計測システムは、可動式支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも1つに対する、計測データを生成するように構成され得る。制御装置は、計測データを使用して、複数の自律型ツールシステムの作業を制御するように構成され得る。

30

40

【0016】

さらなる例示的な実施形態で、構造物のためのフレキシブル生産システムは、並進可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、計測システム、並びに、計測システム、及び複数の自律型ツールシステムと通信する、制御装置を備え得る。並進可能な支持システムは、構造物を所望の位置に保持するように構成され得る。並進可能な支持システムは更に、構造物を製造するための作業の実施中、第1の位置から第2の位置へ構造物と共に移動するように構成され得る。複数の自律型ツールシステムは、構造物に対して作業を実施するように構成され得る。複数の自律型ツールシステムは更に、並進可能な支持システムと共に移動するように構成され得る。計測システムは、並進可能な支持システム、複数

50

の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも1つの、計測データを生成するように構成され得る。制御装置は、計測データを使用して、複数の自律型ツールシステムの作業を制御するように構成され得る。

【0017】

更に別の例示的な実施形態では、表面上にツールを位置決めする方法が提供され得る。ツールを、第1の移動システムを使用して、構造物上の選択された領域内に概ね位置決めするために、ツールは表面に対して移動され得る。第2の移動システムを使用して、構造物上の選択された領域内の選択された位置に正確に位置決めするために、ツールは、少なくとも1つの自由度を伴って、表面に対して更に移動され得る。

【0018】

更に別の例示的な実施形態では、表面上にツールを位置決めする方法が提供され得る。ツールを、第1の移動システムを使用して、構造物上の選択された領域内に概ね位置決めするために、ツールは表面に対して移動され得る。第2の移動システムを使用して、構造物上の選択された領域内の選択された位置に正確に位置決めするために、ツールは、少なくとも1つの自由を伴って、表面に対して更に移動され得る。選択された位置で作業を実施するために、ツールに関連付けられた要素が、第3の移動システムを使用して、選択された位置に対して位置合わせされ得る。

【0019】

別の例示的な実施形態で、航空機構造のためのフレキシブル生産システムは、駆動可能な支持体の第1のグループ、駆動可能な支持体の第2のグループ、第1の細長いプラットフォーム、及び第2の細長いプラットフォームを備え得る。駆動可能な支持体の第1のグループは、第1の位置から駆動され、製造環境のフロア上の第2の位置で、駆動可能な支持体の第2のグループと寄せ集められ得る。第1の細長いプラットフォームは、駆動可能な支持体の第1のグループに結合され得る。駆動可能な支持体の第1のグループは、第1の細長いプラットフォームを第2の位置へ駆動し得る。第2の細長いプラットフォームは、駆動可能な支持体の第2のグループに結合され得る。駆動可能な支持体の第2のグループは、第2の細長いプラットフォームを第2の位置へ駆動し得る。第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームは、構造物を所望の位置で保持し、製造環境内で運搬し得る。

【0020】

更に別の例示的な実施形態では、航空機構造を製造する方法が提供され得る。第1の細長いプラットフォームに結合された、駆動可能な支持体の第1のグループが、製造環境のフロア上で、第1の位置から第2の位置へ駆動され得る。第2の細長いプラットフォームに結合された、駆動可能な支持体の第2のグループが、第2の細長いプラットフォームを第1の細長いプラットフォームに対して位置決めするために、駆動され得る。航空機構造を形成するために使用される構造物が、第1の細長いプラットフォームと第2の細長いプラットフォームとに結合され得る。構造物は、第1の細長いプラットフォームと第2の細長いプラットフォームとを使用して、所望の位置に保持され得る。

【0021】

特徴及び機能は、本開示の様々な実施形態で独立に実現することが可能であるか、以下の説明及び図面を参照して更なる詳細が理解され得る更に別の実施形態で、組み合わせることが可能である。

【0022】

例示的な実施形態の特徴と考えられる新規の機能は、添付の特許請求の範囲に規定される。しかしながら、実施形態と、好ましい使用モード、更にはその目的と特徴は、添付図面を参照しながら本発明の一実施形態の以下の詳細な説明を読むことにより最もよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】例示的な実施形態による製造環境のブロック図である。

10

20

30

40

50

- 【図 2】例示的な実施形態による製造環境の等角図である。
- 【図 3】例示的な実施形態による、翼アセンブリコンポーネントが、設置のためにセットされた、ワークセルの図である。
- 【図 4】例示的な実施形態による、ワークセル内に位置決めされた駆動可能な支持システムの図である。
- 【図 5】例示的な実施形態による、翼アセンブリを伴う、駆動可能な支持システムの図である。
- 【図 6】例示的な実施形態による、翼アセンブリ及び駆動可能な支持システムの図である。
- 【図 7】例示的な実施形態による、翼アセンブリ上にパネルを装填している装填デバイスの図である。 10
- 【図 8】例示的な実施形態による、パネル上に作業を実施している自律型ツールシステムの図である。
- 【図 9】例示的な実施形態による、鋸ドリル (t a c k d r i l l e r) を伴う翼アセンブリ一部の図である。
- 【図 10】例示的な実施形態による、パネル上に作業を実施している自律型ツールシステムの図である。
- 【図 11】例示的な実施形態による、クローラロボットと駆動可能なプラットフォームとを伴う、翼アセンブリの一部の図である。
- 【図 12】例示的な実施形態による、パネルを伴う装填デバイスの図である。 20
- 【図 13】例示的な実施形態による、パネルを伴う装填デバイスの図である。
- 【図 14】例示的な実施形態による、パネルに作業を実施している組み立てシステムの図である。
- 【図 15】例示的な実施形態による、翼アセンブリの表面に作業を実施している組み立てシステムの図である。
- 【図 16】例示的な実施形態による、ワークセル内の翼の図である。
- 【図 17】例示的な実施形態による、ワークセル内の上面図である。
- 【図 18】例示的な実施形態による製造環境の図である。
- 【図 19】例示的な実施形態による、細長いプラットフォームを備える駆動可能な支持システムの図である。 30
- 【図 20】例示的な実施形態による、駆動可能な支持システム及び翼アセンブリの図である。
- 【図 21】例示的な実施形態による、結合デバイス及び翼アセンブリの拡大図である。
- 【図 22】例示的な実施形態による、表面上にツールを位置決めするプロセスのフロー図である。
- 【図 23】例示的な実施形態による、構造物に作業を実施するプロセスのフロー図である。
- 【図 24】例示的な実施形態による、フレキシブル生産システムを作動させて、構造物に作業を実施するためのプロセスのフロー図である。
- 【図 25】例示的な実施形態による、複数の自律型ツールシステムの作業を制御するプロセスのフロー図である。 40
- 【図 26】例示的な実施形態による、製造環境の管理プロセスのフロー図である。
- 【図 27】例示的な実施形態による、翼アセンブリを構築するために、駆動可能な支持システムを使用するプロセスのフロー図である。
- 【図 28】例示的な実施形態による、データ処理システムのブロック図である。
- 【図 29】例示的な実施形態による、航空機の製造及び保守方法を示すブロック図である。
- 【図 30】例示的な実施形態が実装され得る、航空機のブロック図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【 0 0 2 4 】 50

例示的な実施形態は、一又は複数の種々の検討事項を認識し、且つ考慮している。例えば、非限定的に、例示的な実施形態は、航空機構造を、製造施設内の異なる位置において定置式モニメント固定具を使用せずに組み立てることが望ましいということ、を、認識し考慮している。これらの定置式モニメント固定具は、大型でかさばり、製造施設内でかなりの空間を占める構造物であり得る。結果として、製造施設内で利用可能なワークセルの数が限定され、同時に組み立てられ得る航空機構造の数が減少する。

【0025】

また、例示的な実施形態は、定置式モニメント固定具に対してメンテナンスや補修が実施される必要がある場合、定置式モニメント固定具が修理されるまで、航空機構造の生産が遅延し得るということ、を、認識し考慮している。定置式モニメント固定具は容易に交換可能でなく、製造施設内における航空機構造の生産速度の大幅な減退が避けられない。

10

【0026】

例示的な実施形態はまた、使用される製造施設のレイアウト、構築される航空機構造のタイプ、又はそれらの組み合わせに基づいて、組み立てシステムにおけるデバイスを再構成することが望ましいということ、を、認識し考慮している。例えば、製造業者にとって、幾つかのデバイスを、固定具やその他の構造物が存在しない空の製造環境へと持ち込むことが望ましいかもしれない。次いで、製造業者は、航空機構造の効率的な製造を促進するために、必要に応じてデバイスを配置する又は組み立て得る。初めにそれらのデバイスを配置した後、例示的な実施形態は、デバイスを再配置すること、デバイスの構成を変更すること、組み立てラインの長さを修正すること、単一の位置で更なる作業を実施すること、又は何らかのさらなる変更もしくは調整を行うことが望ましいということ、を、認識し考慮している。換言すれば、デバイスが、多数の異なる非定置式固定具を形成するために、配置される及び再配置されることが望ましいかもしれない。

20

【0027】

例示的な実施形態は更に、航空機構造を組み立てるスピードを加速させることが望ましいことを、認識し考慮する。例えば、非限定的に、ロボットデバイスを使用して様々な作業を自動化することが望ましいかもしれない。別の例として、航空機構造を、この航空機構造を保持している固定具から結合解除することなしに、製造施設内の複数の位置間で移動させることが望ましいかもしれない。また、航空機構造を、追加の作業を実施する前に、航空機構造を定置式モニメント固定具の別の組に再び位置決めする必要なく、別の位置に移動させることが望ましいかもしれない。これらの動作はすべて、航空機構造の再構成を要し、航空機構造の製造時間、複雑性、及び費用を増大させ得る。

30

【0028】

したがって、例示的な実施形態は、航空機構造に対して作業を実施するための方法及び装置を提供し得る。この航空機構造は、翼、胴体、安定板、フラップ、ドア、スラット、エルロン、スポイラ、もしくは他の航空機用コンポーネント、又は他の航空機以外の構造の形態をとり得る。フレキシブル生産システムは、製造環境のフロア上の第2の位置で駆動可能な支持システム又は非定置式固定具を形成するために、第1の位置から駆動され、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められる、駆動可能な支持体を含み得る。駆動可能な支持システムは、構造物を所望の位置に保持する、及び、アセンブリを運搬する駆動可能な支持システムを、このアセンブリに対して作業が実施されている間に第3の位置へ駆動するように構成され得る。

40

【0029】

ここで図面、特に図1を参照すると、例示的な実施形態による製造環境のブロック図が示されている。この実施例で、製造環境100は、その内部で、製品104を製造するためにフレキシブル生産システム102が使用される環境である。

【0030】

一実施例で、製造環境100は、フレキシブル生産システム102が製造環境100内にはじめに配置される前は、空であり得る。換言すれば、製造環境100は、空の製造施

50

設、空の建物、空の設備、又は、製品 104 を製造するために使用される他の適切な場所であり得る。フレキシブル生産システム 102 は、製造環境 100 内に移動され、製品 104 の効率的な製造を促進するために必要に応じて、配置され、再構成され得る。フレキシブル生産システム 102 は、新しい製品タイプを生産するために変更を行う柔軟性、製品 104 の部品に実行される作業順序を変更する能力、1つの部品に同じ作業を実施するために複数のデバイスを使用する能力、ポリウム、キャパシティにおける大規模な変更に対処する能力、又はこれらの何らかの組み合わせを有する、製造システムであり得る。

【0031】

この実施例で、フレキシブル生産システム 102 は、少なくとも部分的に自動化された製造システムであり得る。例示的な一実施形態で、フレキシブル生産システム 102 は、製品 104 を製造するために、実質的に完全に自動化されたシステムである。フレキシブル生産システム 102 が全自動である場合、自律型フレキシブル製造システムの形態をとり得る。

10

【0032】

フレキシブル生産システム 102 は、この実施例で、移動可能及び再構成可能であり得る。具体的には、フレキシブル生産システム 102 における一又は複数のコンポーネントは、製造環境 100 内の様々な位置 103 に移動可能であり得る。フレキシブル生産システム 102 におけるコンポーネントのうち、特定の位置に固定されたものはない。

【0033】

本明細書で使用する、「移動可能な」デバイスは、そのアイテムが移動できる又は移動されることができ得ることを意味し得る。幾つかの場合では、移動可能なデバイスが、可動デバイスの形態をとり得る。

20

【0034】

「可動」デバイスは、3次元の空間内の1つの位置から、3次元の空間内の別の位置へ移動することができ得る。具体的には、そのデバイスを形成するすべてのコンポーネントを含む、デバイスの全体が、3次元の空間内の1つの位置から3次元の空間内の別の位置へと、移動可能又は移動されることが可能であり得る。この方式で、デバイスは、特定の位置に固定されていない。

【0035】

フレキシブル生産システム 102 が可動デバイスを含む場合、フレキシブル生産システムは、可動組み立てシステムと称され得る。フレキシブル生産システム 102 は、この実施例で、定置式モニュメント固定具を含まない。幾つかの場合では、可動デバイスが、駆動可能なデバイスの形態をとり得る。

30

【0036】

「駆動可能な」デバイスは、上述のように、3次元の空間内の1つの位置から、3次元の空間内の別の位置へ移動することができ得る。駆動可能なデバイスの移動は、例えば、非限定的に、デバイスのための制御装置、フレキシブル生産システム 102 のためのシステム制御装置、又は、何らかの他のタイプの制御装置を使用して、制御され得る。

【0037】

実装に応じて、駆動可能なデバイスの移動は、電子的制御、機械的制御、電気機械的制御、又は手動制御のうちの少なくとも1つで、制御され得る。この方式で、駆動可能なデバイスは、幾つかの異なる方式で、デバイス全体として移動可能又は移動されることが可能であり得る。幾つかの場合では、駆動可能なデバイスの移動が、電子的及び手動の両方で制御され得る。例えば、デバイスは、製品 104 を組み立てるために、製造環境 100 のフロア 107 に亘って駆動可能であり得る。

40

【0038】

図示の例で、製品 104 は、任意の数の部品、コンポーネント、サブアセンブリ、アセンブリ、又はシステムからなる、物理的対象である。これらのアイテムは、製品 104 を形成するために組み立てられ得る。幾つかの場合では、製品 104 が、製造環境 100 内で部分的に組み立てられ、次いで、追加の組み立てのために別の位置へ移動され得る。幾

50

つかの場合に、製品 104 は、構造物、航空機構造、部品、又は航空機部品とも称され得る。

【0039】

1つの実施例で、製品 104 は、航空機 109 用の翼 108 形態を取る。他の実施例で、製品 104 は、胴体、垂直安定板、操縦翼面、水平安定板、及び他の適切な構造物のうちの 1つから選択された、航空機構造の形態をとり得る。更に、幾つかの場合、製品 104 は、自動車、航空機、船舶、衛星、エンジン、建物、又は他のタイプの構造物であり得る。

【0040】

構造物 110 は、製造中の製品 104 に対応し得る。特に、構造物 110 は、様々な製造段階中の製品 104 であり得る。この方式で、構造物 110 は、製品 104、部分的に完成された製品 104、もしくは完全に完成された製品 104、を形成するために使用される、一又は複数のコンポーネントであり得る。幾つかの実施例で、構造物 110 は、製品 104 のためのアSEMBリと称され得る。

10

【0041】

構造物 110 が翼 108 に対応する場合、構造物 110 は、翼アSEMBリ 105 と称され得る。図示の例では、構造物 110 が製造環境 100 内を移動しているとき、コンポーネントが構造物 110 に付加され得る。

【0042】

図示のように、製造環境 100 は、位置 103 を含み得る。具体的には、製造環境 100 は、第 1 の位置 113、第 2 の位置 115、第 3 の位置 117、及び第 4 の位置 119 を含み得る。この実施例で、位置 103 は、製造環境 100 内の種々の物理的位置であり得る。

20

【0043】

製造環境 100 は、ワークセル 112 を含み得る。ワークセル 112 は、製造環境 100 内の領域であり得、ここで、フレキシブル生産システム 102 が構造物 110 に対して作用する。幾つかの場合、位置 103 における 1つの位置は、ワークセル 112 における 1つのワークセルに対応し得る。例えば、位置 103 のうちの一又は複数は、ワークセル 112 のうちの 1つであり得る。

【0044】

ワークセル 112 における各ワークセル内で、様々なタスク 111 が実施され得る。例えば、非限定的に、1つのワークセル内で、翼 108 のためのフレームワークを形成するために、スパーとリブとが互いに結合され得る。spar は桁と訳すのが通常ですが、後で beam が出てくるのでスパーにしました別のワークセル内では、外板パネルがフレームワークに取り付けられ得る。更に別のワークセル内では、シーラント、ペイント、又は他の材料が、翼 108 に適用され得る。

30

【0045】

図示の例で、ワークセル 112 における各ワークセルは、寸法 114 を有し得る。寸法 114 は、ワークセル 112 における異なるワークセルの各々の、サイズの測定値を表し得る。例えば、寸法 114 は、長さ、幅、高さ、及び、ワークセル 112 における各ワークセルに対する、他の適切な寸法を含み得る。

40

【0046】

ワークセル 112 における各ワークセルの寸法 114 は、この実施例では、同じあるいは異なり得る。幾つかの場合で、寸法 114 は、構造物 110 がワークセル 112 を通って移動するにつれて変化し得る。その他の場合、寸法 114 は、製造環境 100 のサイズやレイアウトのうちの少なくとも 1つに基づいて、変化し得る。

【0047】

本明細書で使用しているように、列挙されたアイテムと共に使用される「~のうちの少なくとも 1つ」という表現は、列挙されたアイテムの一又は複数の様々な組み合わせが使用可能であり、且つ、列挙されたアイテムが 1つだけあればよいということの意味する。

50

アイテムは特定の対象物、物、又はカテゴリであり得る。すなわち、少なくとも1つの手段、任意の組み合わせアイテム、又は任意の数のアイテムがリストから使用されるが、列挙されたアイテムのすべてが必要となり得るわけではない。

【0048】

例えば、「アイテムA、アイテムB、及びアイテムCのうち少なくとも1つ」は、例えば、「アイテムA」、「アイテムAとアイテムB」、「アイテムB」、「アイテムAとアイテムBとアイテムC」、又は「アイテムBとアイテムC」を意味し得る。いくつかの場合には、「アイテムA、アイテムB、及びアイテムCのうち少なくとも1つ」は、例えば、限定しないが、「2つのアイテムAと1つのアイテムBと10個のアイテムC」、「4つのアイテムBと7つのアイテムC」、並びに他の適切な組み合わせを意味し得る。

10

【0049】

図示のように、フレキシブル生産システム102は、幾つかの異なるコンポーネントを備え得る。ここで使用される「幾つかの」アイテムは、一又は複数のアイテムである。例えば、幾つかのコンポーネントは、一又は複数のコンポーネントであり得る。

【0050】

この実施例で、フレキシブル生産システム102は、支持システム101、複数の自律型ツールシステム118、駆動制御システム121、ナビゲータ124、変換器126、及び装填システム127を含み得る。これらのシステムは、フレキシブル生産システム102内の「コンポーネント」と集合的に称され得る。

【0051】

フレキシブル生産システム102内のコンポーネントのうち少なくとも1つは、再構成可能であり得る。この実施例で、フレキシブル生産システム102内のコンポーネントのうちの実質的にすべては、フレキシブル生産システム102の特定の実装に応じて、再構成可能である。

20

【0052】

本明細書で使用する、「再構成可能」の語は、システム内のコンポーネントを再配置できるということを意味し得る。この再配置は、1つのコンポーネントの別のコンポーネントに対する位置の、変更という意味においてであり得る。位置は、3次元座標、コンポーネントの向き、又はこれら両方を使用した、コンポーネントの位置であり得る。

【0053】

フレキシブル生産システム102内のコンポーネントの位置は、「動的に再構成され」得る。換言すれば、支持システム101内のコンポーネントは、構造物110が製造環境100内で移動されているとき、リアルタイムで再配置され得る。

30

【0054】

別の実施例で、支持システム101内の各コンポーネントは、独立して再構成可能であり得る。換言すれば、各コンポーネント内のデバイスは、翼108の製造中に、再配置され、再較正され、又は、その他の方式で変更され得る。

【0055】

一例として、コンポーネントが3つのデバイスを有する場合、これらのデバイスのうちの一又は複数は、フレキシブル生産システム102内の他のコンポーネントに対してこのコンポーネントの位置を再配置せずに、このコンポーネント内で再構成され得る。この方式で、フレキシブル生産システム102の全体、及び、フレキシブル生産システム102内の各コンポーネントは、必要に応じて動的に再構成され得る。フレキシブル生産システム102内のコンポーネントのうちの一又は複数が、再構成される場合、これらコンポーネントの再構成128が発生したこととなる。

40

【0056】

この実施例で、フレキシブル生産システム102内のコンポーネントの再構成128は、製品104の製造中に発生し得る。具体的には、フレキシブル生産システム102内のコンポーネントのうち少なくとも1つの、再構成128は、異なるワークセル112におけるワークセルの寸法114、構造物110に対する作業130のステータス129、

50

又は、フレキシブル生産システム 102 内のコンポーネントのうちの任意のもののステータス、のうちの少なくとも 1 つにおける変更に基づいて、実施され得る。

【0057】

一例として、複数の自律型ツールシステム 118 における 1 つの自律型ツールシステムがオフラインとなる場合、複数の自律型ツールシステム 118 のうちの別の自律型ツールシステムが、オフラインのデバイスの役を引き継ぎ得る。この動作が、結果として、複数の自律型ツールシステム 118 の再構成 128 となる。別の実施例で、ワークセル 112 の寸法 114 が限られている場合、作業 130 のうちのより多くが、単一のワークセル内で実施され得る。

【0058】

更に別の実施例では、再構成 128 は、作業 130 の順序を変更することを含み得る。この場合、フレキシブル生産システム 102 内のコンポーネントの各々は、フレキシブル生産システム 102 内の他のコンポーネントに対して移動できるので、これらのコンポーネントは製造環境 100 内の所望の位置へ移動される。

【0059】

別の例として、再構成 128 が、翼 108 のための製造パラメータ 132 に基づいて発生し得る。製造パラメータ 132 は、製造される製品 104 のサイズ、必要とされる複数の自律型ツールシステム 118 のタイプ、生産速度、使用される材料、安全性の考慮、航空規則、他の適切なパラメータ、又はこれらの組み合わせを含み得る。

【0060】

図示の例では、構造物 110 が製造環境 100 内を移動しているとき、支持システム 101 が、構造物 110 を支持及び保持するために使用され得る。この方式で、支持システム 101 は、構造物 110 を、製造環境 100 内に亘り運搬する。

【0061】

支持システム 101 は、製造環境 100 内のフロア 107 に亘り駆動される、幾つかのコンポーネントを含み得る。支持システム 101 が駆動可能なコンポーネントを含む場合、支持システム 101 は、駆動可能な支持システム 116 の形態をとる。

【0062】

幾つかの場合、駆動可能な支持システム 116 は、高速自律バarge型知的ツール (rapid autonomous barge intelligent tool (RABIT)) の形態をとり得る。駆動可能な支持システム 116 は、並進可能な支持システム又は可動式支持システムと称され得る。

【0063】

駆動可能な支持システム 116 は、構造物 110 がフロア 107 上を駆動されるとき、構造物 110 を所望の位置 133 に保持するように構成され得る。この実施例で、駆動可能な支持システム 116 は、作業 130 の実施中、構造物 110 をワークセル 112 間で運搬し得る。

【0064】

図示のように、駆動可能な支持システム 116 は、支持構造 152 及びブリッジシステム 136 を備え得る。駆動可能な支持システム 116 はまた、レールシステム 138 に物理的に関連付けられ得る。本明細書で使用する場合、駆動可能な支持システム 116 などの第 1 のコンポーネントは、第 2 のコンポーネントに固定されることにより、第 2 のコンポーネントに接着されることにより、第 2 のコンポーネントに取り付けられることにより、第 2 のコンポーネントに溶接されることにより、第 2 のコンポーネントに締結されることにより、その他何らかの適する方法で第 2 のコンポーネントに結合されることにより、又は、これらの組み合わせにより、レールシステム 138 などの第 2 のコンポーネントに関連付けられるとされ得る。第 1 のコンポーネントはまた、第 3 のコンポーネントを用いて第 2 のコンポーネントに結合され得る。更に、第 1 のコンポーネントは、第 2 のコンポーネントの一部として、第 2 のコンポーネントの延長として、又はそれらの組み合わせとして形成されることにより、第 2 のコンポーネントに関連付けられていると見なされ得る

10

20

30

40

50

。

【0065】

この実施例で、支持構造152の各々は、個別に駆動可能であり得る。支持システム152が駆動可能である場合、支持システム152は、駆動可能な支持体135の形態をとる。この実施例で、駆動可能な支持体137は、駆動可能な支持体135のうちの1つである。駆動可能な支持体137は、製造環境100のフロア107上の第2の位置115で、駆動可能な支持システム116を形成するために、第1の位置113から駆動され、駆動可能な支持体135における少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められるように構成される、デバイスであり得る。

【0066】

駆動可能な支持システム116は、非定置式固定具169の形態をとり得る。この方式で、駆動可能な支持システム116は、駆動可能、移動可能、並進可能、又はその他の方式で、製造環境100内の位置103間で、全体として移動されるように構成される、モニメントとして機能し得る。駆動可能な支持システム116が形成されると、駆動可能な支持システム116は、構造物110に対して作業130が実施される間、構造物110を第3の位置117へ運搬するように構成され得る。一例として、第3の位置117は、ワークセル112のうちの1つにおける位置であり得る。駆動可能な支持システム116はまた、製造環境100内の幾つかの追加の位置間で、構造物110を運搬し得る。

【0067】

駆動可能な支持体135の各々は、駆動制御システム121内の制御装置122の指令に基づき、各部品をそれぞれ互いに対して位置決めするために、構造物110用の部品191のうちの1つを保持し、製造環境100のフロア107上を駆動されるように構成され得る。例えば、駆動可能な支持体137は、スパーを構造物110に対して位置決めするために、このスパーをフロア107上で運搬し得る。別の例として、駆動可能な支持体137は、1組のリブを、構造物110へと持ち込み得る。

【0068】

この実施例で、駆動可能な支持体135の各々は、構造物110上の種々の結合点167で構造物110に結合され得る。結合点167は、構造物110上の物理的な位置であり、ここに駆動可能な支持体135が結合される。

【0069】

図示の例で、駆動可能な支持体135の各々は、駆動可能な支持システム116から離れるように移動可能であり、別のものに交換可能なモジュールであり得る。この方式で、駆動可能な支持システム116は、異なるサイズの翼用に再構成され得る。別の例として、不具合があるもしくはメンテナンスを要する、又はその他何らかの理由、あるいはそれらの組み合わせにより、駆動可能な支持体135のうちの1つに代わって、新しい駆動可能な支持体を使用され得る。

【0070】

この実施例で、駆動可能な支持体135は、機械的支柱、直立支持体、無人搬送車、ピラーであり得るか、又はその他の形態をとり得る。駆動可能な支持体135の各々は、例えば、非限定的に、制御装置、アクチュエータ、クランプデバイス、空圧ツール、油圧ツール、及び、構造物110を所望の位置133で保持するように構成される他の適切なデバイスなど、様々な機械的コンポーネント及び電気的コンポーネントを備え得る。

【0071】

幾つかの実施例で、駆動可能な支持体135の各々は、自身の移動システムに関連付けられ得る。駆動可能な支持システム116を形成するために、駆動可能な支持体135が寄せ集められる場合、駆動可能な支持体135に対応する個別の移動システムが、位置103間を集合的に移動し得る。

【0072】

他の実施例で、集合的な移動システムは、駆動可能な支持システム116を全体として移動させるように構成され得る。例えば、駆動可能な支持システム116を、製造環境1

10

20

30

40

50

00内の位置から位置へと移動あるいは推進するために、タグ(tug)又は他のタイプの移動システムが、駆動可能な支持体135のうちの一又は複数に結合され得る。

【0073】

図示のように、所望の位置133は、3次元の空間内における、構造物110の配置であり得る。例えば、非限定的に、所望の位置133は、場所、向き、フロア107上の高さ、又は、製造環境100内における何らかの他の適切な構成を含み得る。所望の位置133は、構造物110のサイズ、構造物110に対して実施される作業130のタイプ、及びその他のパラメータに基づいて選択され得る。

【0074】

駆動可能な支持体135は、結合デバイス195に関連付けられ得る。幾つかの実施例で、結合デバイス195は、固定デバイス、固定点、結合点、又は結合ツールと称され得る。

10

【0075】

結合デバイス195の各々は、構造物110上の結合点167の別々のものに、結合し得る。結合デバイス195は、構造物110の少なくとも一部をフロア107の上で保持するために、結合点167において構造物110に結合するように構成され得る。結合デバイス195は、種々の部品を、構造物110上で、垂直に移動する、傾斜させる、又は他の方式で位置決めし得る。

【0076】

制御装置122は、結合デバイス195の各々を、その高さ、角度、長さ、又はその他のパラメータを変更するために、個別に制御するように構成され得る。制御装置122はまた、駆動可能な支持システム116を形成する駆動可能な支持体135に対応する、結合デバイス195の集合体を、制御するように構成され得る。

20

【0077】

更に、制御装置122は、結合デバイス195の各々を、伸長するあるいは格納するように構成され得る。この方式で、構造物110の所望の位置133を達成するために、構造物110の部品191の正確な位置決めが完了し得る。

【0078】

幾つかの実施例で、結合デバイス195のうちの一又は複数は、制御点193で構造物110に結合するように構成され得る。制御点193は、追加の機能を備えた、結合点167である。

30

【0079】

制御点171は、制御点193のうちの一つであり得る。制御点171は、制御点171が、製造される構造物110又は製品104の基準座標系と位置合わせされるように制御可能であり得る、構造物110上の位置であり得る。

【0080】

例えば、非限定的に、基準座標系は、製品104又は物体もしくはプラットフォームに基づく基準座標系であり得る。製品104が製造される対象である組み立てられる製品104が、例えば、非限定的に、航空機109用の翼108である場合、基準座標系は航空機座標系183であり得る。このような場合、制御点171は、航空機座標系183に対して、構造物110上の既知の位置にあり得る。

40

【0081】

制御点171は、航空機座標系183と製造環境100のグローバル座標系181との間の転換のために使用され得る。グローバル座標系181は、計測システム120を使用して特定され得る。グローバル座標系181は、工場又は製造場の座標系であり得る。

【0082】

グローバル座標系181における制御点171の位置は、航空機座標系183における制御点171の位置に対応し得る。この方式で、例えば、非限定的に、特定の作業が実施されることになっている、航空機座標系183内の複数の位置は、グローバル座標系181内の複数の位置に変換され得る。更に、特定の作業が実施されている、グローバル座標

50

系 1 8 1 内の複数の位置は、航空機座標系 1 8 3 内の複数の位置に変換され得る。このような変換は、変換器 1 2 6 を使用して起こり得る。

【 0 0 8 3 】

例えば、制御点 1 7 1 は、製造環境 1 0 0 のグローバル座標系 1 8 1 と、翼 1 0 8 の翼座標系又は航空機 1 0 9 の航空機座標系 1 8 3 との間での、変換に使用され得る。この方式で、制御点 1 7 1 は、航空機座標系 1 8 3 に対して、構造物 1 1 0 を位置決定するために使用され得る。

【 0 0 8 4 】

駆動可能な支持体 1 3 5 に対応する、結合デバイス 1 9 5 の集合体は、翼 1 0 8 などの製品を組み立てるのに使用される部品に、結合点 1 6 7 で取り付けられ得る。この結合デバイス 1 9 5 の集合体は、アセンブリの寸法形状を許容誤差内におさめるために、部品 1 9 1 を結合点 1 6 7 で保持し得る。結合デバイス 1 9 5 の集合体はまた、翼 1 0 8 の組み立てのために、複数の部品を所望の位置で保持し得る。結合点 1 6 7 は、構造物上の取付け点であり得る。例えば、結合点 1 6 7 は、スラット、スポイラ、方向舵、フラップ、操縦翼面などの構造物のための、前縁もしくは後縁取付け点や操縦翼面ヒンジ留め点、又はその他の、構築プロセス中に構造物に対して何かを取り付けられ得る点であり得る。

【 0 0 8 5 】

この実施例で、駆動可能な支持体 1 3 5 は、構造物 1 1 0 が望ましくない方式で移動することを実質的に防止し得る。構造物 1 1 0 が選択された許容誤差を越えて移動する場合、構造物 1 1 0 は、望ましくない方式で移動し得る。例えば、構造物 1 1 0 が傾斜する、動揺する、回転する、振動する、又は何らかの他の方式で所望の位置 1 3 3 の外に移動する場合、構造物 1 1 0 は、望ましくない方式で移動し得る。

【 0 0 8 6 】

幾つの場合、駆動可能な支持体 1 3 5 は、プラットフォーム構造 1 3 4 によって互いに結合され得る。この実施例で、プラットフォーム構造 1 3 4 は、構造物 1 1 0 の下に位置する物体であり得る。プラットフォーム構造 1 3 4 は、駆動可能な支持体 1 3 5 を互いに結合する、幾つかのプラットフォームを備え得る。この方式で、プラットフォーム構造 1 3 4 は、駆動可能な支持体 1 3 5 を一時的に結合し得る。次いで、プラットフォーム構造 1 3 4 及び駆動可能な支持体 1 3 5 は、構造物 1 1 0 を、位置から位置へとワークセル 1 1 2 に亘って集合的に運搬し得る。プラットフォーム構造 1 3 4 がフロア 1 0 7 上を駆動される場合、プラットフォーム構造 1 3 4 は、駆動可能なプラットフォーム構造と称され得る。

【 0 0 8 7 】

図示のように、ブリッジシステム 1 3 6 は、駆動可能な支持体 1 3 5 に結合される構造物であり得る。例えば、駆動可能な支持体 1 3 5 がブリッジシステム 1 3 6 を保持し得る。別の例として、ブリッジシステム 1 3 6 は、2 つ又はそれよりも多い駆動可能な支持体 1 3 5 を結合し得る。別の実施例で、ブリッジシステム 1 3 6 は、何らかの他の方式で、駆動可能な支持体 1 3 5 に結合され得る。

【 0 0 8 8 】

図示の例で、ブリッジシステム 1 3 6 は、人間の作業員 1 4 2 による構造物 1 1 0 に対するアクセスを提供するように構成され得る。例えば、非限定的に、ブリッジシステム 1 3 6 は、その他の方式では製造環境 1 0 0 のフロア 1 0 7 からアクセス不可能な、構造物 1 1 0 の一部に、人間の作業員 1 4 2 がアクセスすることを可能にし得る。別の例として、ブリッジシステム 1 3 6 は、構造物 1 1 0 の上の通路を提供し得る。

【 0 0 8 9 】

一実施例で、ブリッジシステム 1 3 6 は、駆動可能な支持体 1 3 5 に結合され得る。この場合、駆動可能な支持体 1 3 5 は、製造環境 1 0 0 内の位置から位置へとブリッジシステム 1 3 6 を駆動する。この実施例では、駆動可能な支持体 1 3 5 のグループが、ブリッジシステム 1 3 6 を移動し得る。例えば、非限定的に、3 つの支持体、4 つの支持体、7 つの支持体、又は何らかの他の適切な数の駆動可能な支持体 1 3 5 が、ブリッジシステム

10

20

30

40

50

136を所定位置に移動し得る。

【0090】

ブリッジシステム136が駆動可能な支持体135に結合される場合、結合デバイス195は、駆動可能な支持体135の各々の上ではなくブリッジシステム136上に位置し得る。例えば、ブリッジシステム136は、結合デバイス195がその上に位置決めされる、細長いプラットフォーム177を備え得る。実装に応じて、結合デバイス195は、一定の間隔で均等に、細長いプラットフォーム177に沿って離間され得るか、結合デバイス195のうちの一又は複数を移動させることによって変更され得る間隔で、離間され得る。

【0091】

この実施例で、細長いプラットフォーム177は高架式プラットフォームである。細長いプラットフォーム177が使用される場合、構造物110は、細長いプラットフォーム177に沿って位置決めされた結合デバイス195に結合される。

【0092】

この実施例で、細長いプラットフォーム177は、桁 (beam) の形態をとり得る。他の実施例で、細長いプラットフォーム177は、構造物110を保持及び支持するように構成された形状とサイズとを有する、任意の物理構造の形態をとり得る。

【0093】

幾つかの例で、1つよりも多い細長いプラットフォームが使用される。1つよりも多い細長いプラットフォームが使用される場合、結合デバイス195は、各プラットフォームに様々な構成で位置決めされ得る。

【0094】

一実施例では、結合デバイス195が、細長いプラットフォーム177の長さに沿って位置決めされ得る。例えば、結合デバイス195が、細長いプラットフォーム177の長さに沿って、互いに隣接して位置決めされ得る。この方式で、使用される駆動可能な支持体135の数を増やさずに、より多くの結合デバイス195が一実施例で実装され得る。細長いプラットフォーム177に沿って位置決めされる結合デバイス195の各々は、構造物110の結合点167のうちの一又は複数に対応し得る。

【0095】

図示の例で、駆動可能な支持体135の各々は、細長いプラットフォーム177の一部を移動し得る。例えば、細長いプラットフォーム177の下で配向された駆動可能な支持体135の各々は、細長いプラットフォーム177上の1点を、x方向、y方向、又はz方向のうち少なくとも1つに、移動し得る。駆動可能な支持体135はまた、細長いプラットフォーム177を望ましく位置決めするために、細長いプラットフォーム177上の1点を、x軸、y軸、又はz軸周囲で回転させ得る。

【0096】

一例として、駆動可能な支持体137は、フロア107の不均一な領域を補償するように、細長いプラットフォーム177の一部を地面の上でより高く持ち上げるために、z型ラム (z-ramp) 又はその他のリフトデバイスを使用し得る。この方式で、駆動可能な支持体137は、細長いプラットフォーム177の平坦度を制御し、これにより構造物110の対応する部分の位置を制御するために、移動し得る。別の例として、駆動可能な支持体137は、細長いプラットフォーム177に結合された結合デバイス195が、構造物110上の制御点193を位置合わせするように、細長いプラットフォーム177を傾斜させ得る。

【0097】

細長いプラットフォーム177の移動は、結合デバイス195の移動に加えて又はこれに代えて、構造物110の部分を再位置決めするために、個別に起こり得る。この方式で、選択された結合デバイス195、駆動可能な支持体135、細長いプラットフォーム177の複数の部分、又はそれらの何らかの組み合わせが、構造物110の部分を正確に位置決めするために移動し得る。

10

20

30

40

50

【0098】

幾つかの場合では、結合デバイス195が細長いプラットフォーム177上に固定され得る。このような場合、結合デバイス195は個別には移動しない。代わって、駆動可能な支持体135が、構造物110を正確に位置決めするために細長いプラットフォーム177を移動し得る。しかしながら、他の実施例では、結合デバイス195のうちの一又は複数も移動し得る。

【0099】

一実施例では、フレキシブル生産システム102における一又は複数のデバイスに対して、幾つかの設備179を供給するために、ブリッジシステム136も使用され得る。設備179は、電気、水、空気、通信のうち少なくとも一つ、又はその他の設備を含み得る。

10

【0100】

例えば、非限定的に、細長いプラットフォーム177は、チャンネル185を含み得る。幾つかのライン187が、チャンネル185内を通り得る。一実施例では、ライン187は、設備179がその内部を通る構造物であり得る。例えば、ライン187の幾つかは、電気や通信を運ぶケーブルの形態をとり得る。他の実施例で、ライン187は空気を運ぶ。幾つかの場合では、ライン187が、細長いプラットフォーム177内に埋蔵される、細長いプラットフォーム177の下に取り付けられる、何らかの他の方式で細長いプラットフォーム177に沿って配向される、又はそれらの組み合わせであり得る。

【0101】

図示の例で、ブリッジシステム136の複数の部分は、駆動可能な支持体135を使用して構造物110を支持するために集まり得る。例えば、非限定的に、複数の駆動可能な支持体の第1のグループ135は、構造物110の前縁を支持するために、細長いプラットフォーム177を製造環境100内へと移動し得る。同様の方式で、複数の駆動可能な支持体の第2のグループ135は、構造物110の後縁を支持するために、第2の細長いプラットフォームを製造環境100内へと移動し得る。幾つかの実施例で、第1の細長いプラットフォームと第2の細長いプラットフォームとは、様々な端部支持体、ラッチ、ロック、機械的構造、電氣的構造、構造用部材、又は他の適切なデバイスを使用して、結合され得る。

20

【0102】

細長いプラットフォーム177は、結合デバイス195に結合されることにより、構造物110によって結合デバイス195に印加される幾らかの荷重を、平衡化し得る。具体的には、細長いプラットフォーム177は、これら幾らかの荷重を、細長いプラットフォーム177に沿って駆動可能な支持体135に対して分配し得る。この方式で、細長いプラットフォーム177は、荷重平衡構造と称され得る。

30

【0103】

駆動可能な支持体135がブリッジシステム136を所定位置へ移動させているとき、駆動可能な支持体135は、所望の荷重ハンドリングを提供するために調整され得る。例えば、製造環境100内を傾斜して進む場合、細長いプラットフォーム177の下の駆動可能な支持体135は、構造物110の荷重を相殺するために、細長いプラットフォーム177を上下に移動させ得る。結果として、細長いプラットフォーム177は、構造物110に印加される荷重を、結合デバイス195に平衡化し得る。荷重平衡は、他の物体との望ましくない遭遇、構造物110の不均衡な荷重に起因する、フロア107に形成された非一貫性、又はその他の望ましくない事象の低減又は除去を支援する。

40

【0104】

図示のように、レールシステム138は、ブリッジシステム136及び構造物110の複数の部分に関連付けられ得る。レールシステム138は、人間の作業員142のための落下保護144を提供するように構成され得る。一例として、レールシステム138は、人間の作業員142がブリッジシステム136において細長いプラットフォーム177から落下しないように、バリアを提供し得る。

50

【 0 1 0 5 】

別の実施例で、レールシステム 1 3 8 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 と人間の作業員 1 4 2 との分離を提供するために、構造物 1 1 0 上に配置され得る。例えば、非限定的に、レールシステム 1 3 8 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 を人間の作業員 1 4 2 から分離するために、構造物 1 1 0 の外周 1 4 0 に位置決めされ得る。レールシステム 1 3 8 は、一例にすぎないが、ケーブル、グリップ、タイ、サスペンションデバイス、及びスリップ保護などの、他の落下保護デバイスに加えて又は代えて使用され得る。

【 0 1 0 6 】

図示の実施例で、駆動可能な支持システム 1 1 6 は、構造物 1 1 0 を製造環境 1 0 0 に亘り運搬し得る。この方式で、構造物 1 1 0 がワークセル 1 1 2 間を移動しているとき、
10 駆動可能な支持体 1 3 5 は構造物 1 1 0 に結合されたままである。ワークセル 1 1 2 のいずれにおいても、構造物 1 1 0 を所定位置に保持する定置式モニュメント構造は必要ない。構造物 1 1 0 は、構造物 1 1 0 を駆動可能な支持システム 1 1 6 から取り外すことなく、位置から位置へと駆動される。

【 0 1 0 7 】

駆動可能な支持システム 1 1 6 は構造物 1 1 0 と共に移動するので、駆動可能な支持体 1 3 5 の各々は、ワークセル 1 1 2 における様々な相違を補償するために、動的に調整され得る。例えば、駆動可能な支持体 1 3 5 のうちの一又は複数は、例えば、非限定的に、一例にすぎないが、不均一なフロア、プラットフォームの撓み、破片、及び複数の自律型ツールシステム 1 1 8 のためのアクセス要件などの条件を補償するために調整され得る。
20 調整は、結合デバイス 1 9 5 に対してもなされ得る。

【 0 1 0 8 】

図示のように、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、構造物 1 1 0 に作業 1 3 0 を実施するように構成される、複数の駆動可能なデバイスであり得る。一実施例で、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、作業 1 3 0 を実施するために、製造環境 1 0 0 内で位置 1 0 3 間を自由に移動し得る。

【 0 1 0 9 】

複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々は、幾つかの場合、可動ツール又は自動化されたツールとも称され得る。複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、クローラロボット、
30 鋸ドリル、6 脚体、下方パネル穿孔機、上方パネル穿孔機、又は何らかの他の適切なデバイスのうちの少なくとも 1 つを備え得る。

【 0 1 1 0 】

複数の自律型ツールシステム 1 1 8 はまた、駆動可能な支持システム 1 1 6 で、位置から位置へと駆動されるように構成され得る。この実施例で、駆動可能な支持システム 1 1 6 もまたワークセル 1 1 2 間を駆動されるので、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、ワークセル 1 1 2 間を駆動され得る。

【 0 1 1 1 】

この実施例で、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、自律型ツールシステム 1 3 1 を含む。この実施例で、自律型ツールシステム 1 3 1 は、幾つかの異なるコンポーネントを有し得る。例えば、自律型ツールシステム 1 3 1 は、穿孔システム、締結システム、装填
40 システム、測定デバイス、被覆システム、検査システム、シーリングシステム、洗浄システム、又は、構造物 1 1 0 に作業 1 3 0 を実施するように構成された他の適切なタイプのデバイス、のうちの少なくとも 1 つを含み得る。自律型ツールシステム 1 3 1 は、幾つかの実施例で、無人搬送車 1 9 7 (A G V) の形態をとり得る。

【 0 1 1 2 】

この実施例で、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、ワークセル 1 1 2 間を人間を介在せずに移動するように構成され得る。例えば、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々は、制御装置 1 2 2 との通信、製造環境 1 0 0 に亘る操舵、作業 1 3 0 の実施が、人間の作業員 1 4 2 からの指令なしに可能であり得る。複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々は、他のツールに対する、駆動可能な支持システム 1 1 6 に対する、構造物 1 1 0 に
50

対する、及びその他の物体に対する、製造環境 100 における自身の位置を知り得る。

【0113】

この実施例で、複数の自律型ツールシステム 118 は、第 1 の部分 147 及び第 2 の部分 148 を含み得る。この実施例で、複数の自律型ツールシステム 118 の「部分」は、一又は複数のツールを含み得る。

【0114】

図示のように、作業 130 が、製造環境 100 内で構造物 110 に対して実施され得る。作業 139 は、作業 130 のうちの 1 つであり得る。作業 139 は、穿孔作業、締結作業、検査作業、シーリング作業、測定作業、レベリング作業、洗浄作業、及び他の適切なタイプの作業のうちの 1 つから選択され得る。構造物 110 の組み立て中に作業 130 が実施される場合、作業 130 は、組み立て作業と称され得る。

10

【0115】

複数の自律型ツールシステム 118 の各々は、作業 130 のうちの 1 つ又は複数を実施し得る。この実施例で、ワークセル 112 の各々において、幾つかの作業 130 が実施され得る。

【0116】

図示のように、複数の自律型ツールシステム 118 は、構造物 110 に作業 130 を同時に実施するように構成され得る。本明細書で、複数の自律型ツールシステム 118 が作業を「同時に」実施するという場合、2 つ又はそれよりも多いツールが実質的に同時に作業を実施する。

20

【0117】

例えば、非限定的に、自律型ツールシステム 131 は、構造物 110 の一部分で穿孔し、この間、複数の自律型ツールシステム 118 のうちの別のものが、構造物 110 の異なる部分に穿孔し得る。別の実施例で、複数の自律型ツールシステム 118 の第 1 の部分 147 が穿孔、測定、及び締結作業を実施し、この間、複数の自律型ツールシステム 118 の第 2 の部分 148 が、シーリング及び被覆作業を実施し得る。

【0118】

更に別の実施例では、複数の自律型ツールシステム 118 の第 1 の部分 147 が、穿孔作業を実施するために、構造物 110 の第 1 の側 150 に対して位置決めされ得る。同時に、複数の自律型ツールシステム 118 の第 2 の部分 148 が、穿孔作業を実施するために、構造物 110 の第 2 の側 151 に対して位置決めされ得る。

30

【0119】

図示のように、計測システム 120 は、一又は複数の測定デバイスを含み得る。計測システム 120 は、駆動可能な支持システム 116、複数の自律型ツールシステム 118、構造物 110、又は製造環境 100 内の他のコンポーネントのうちの少なくとも 1 つの、計測データ 154 を生成するように構成され得る。幾つかの例で、計測データ 154 は位置データ又は位置情報と称され得る。

【0120】

図示の例で、計測システム 120 は、写真測量システム、レーザ追跡システム、インドア全地球測位システム (iGPS)、また他の適切なタイプの測定システムの形態をとり得る。幾つかの実施例で、計測システム 120 は、複数のセンサシステム 156 を含み得る。複数のセンサシステム 156 におけるセンサシステムは、幾つかのセンサ及びその他のコンポーネントを有し得る。複数のセンサシステム 156 は、ターゲット、ターゲットシステム、送信機、受信機、送受信機、又は他の適切なコンポーネントを備え得る。

40

【0121】

この実施例で、計測システム 120 における複数のセンサシステム 156 のうちの幾つかは、駆動可能な支持システム 116 における駆動可能な支持体 135 に結合され得る。例えば、非限定的に、複数のセンサシステム 156 のうちの 1 つが、駆動可能な支持体 135 の各々に取り付けられ得るか、又は何らかの他の方式で、駆動可能な支持体 135 に固定され得る。複数のセンサシステム 156 のうちの幾つかが駆動可能な支持体 135 に

50

結合される場合、計測システム 120 は、駆動可能な支持システム 116 が移動しているとき、駆動可能な支持システム 116 を追跡し得る。

【0122】

例示的な実施形態で、ブリッジシステム 136 における細長いプラットフォーム 177 が実装される場合、複数のセンサシステム 156 のうちの幾つかは、細長いプラットフォーム 177 に結合される。これらのセンサは、細長いプラットフォーム 177 の平坦度を決定するために使用され得る。

【0123】

この実施例で、複数のセンサシステム 156 は構造物 110 にも結合され得る。例えば、複数のセンサシステム 156 のうちの幾つかは、計測システム 120 のための基準位置として機能するために、構造物 110 の第 1 の側 150 又は第 2 の側 151 に位置決めされ得る。他の実施例では、複数のセンサシステム 156 のうちの一又は複数は、構造物 110 上の制御点 193 の各々に位置決めされる。

10

【0124】

一実施例で、複数のセンサシステム 156 のうちの幾つかは、複数の自律型ツールシステム 118 の各々にも位置決めされ得る。計測システム 120 は、計測データ 154 を生成するために、レーザ、カメラ、又は何らかの他の適切なデバイスのうちの少なくとも一つを使用して、複数のセンサシステム 156 をスキャンし得る。

【0125】

図示のように、計測データ 154 は、物体の 3 次元の空間における位置及び向きを示すデータを含み得る。例えば、計測データ 154 は、複数のセンサシステム 156 のうちの 1 つに関連付けられる物体の座標 160 を含み得る。座標 160 は、グローバル座標系 181 における物体のデカルト座標を含み得る。

20

【0126】

一例として、計測システム 120 は、自律型ツールシステム 131 の座標 160 を生成し得る。別の実施例で、計測システム 120 は、細長いプラットフォーム 177 の表面上のある 1 点の座標 160 を生成し得る。更に別の実施例で、計測システム 120 は、構造物 110 の一部分の座標 160 を生成し得る。座標 160 から、及び、計測データ 154 に含まれる任意の配向情報から、構造物 110 の位置 162 が所望の位置 133 へと調整され得る。

30

【0127】

計測システム 120 は、計測データ 154 に基づいて、フレキシブル生産システム 102 のためのフィードバック制御 199 を提供し得る。例えば、計測システム 120 は、駆動可能な支持体 135、細長いプラットフォーム 177 上の点、複数の自律型ツールシステム 118、構造物 110 の制御点 193、又は他のコンポーネント、のうちの少なくとも一つを、位置決定し得る。これらのコンポーネントを位置決定した後、駆動制御システム 121 は、これらのコンポーネントのうちの一又は複数、を望ましく再構成し得る。

【0128】

この実施例で、駆動制御システム 121 は、移動を制御するための様々なコンポーネントを備え、制御装置 122、ナビゲータ 124、及び変換器 126 を含み得る。制御装置 122、ナビゲータ 124、及び変換器 126 の各々は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア又はこれらの組み合わせにおいて実装される。

40

【0129】

ソフトウェアが使用される場合、制御装置 122、ナビゲータ 124、又は変換器 126 のうちのいずれかによって実施される作業は、例えば、非限定的に、プロセッサユニットで作動するように構成されたプログラムコードを使用して実装され得る。ファームウェアが使用される場合、制御装置 122、ナビゲータ 124、又は変換器 126 のうちのいずれかによって実施される作業は、例えば、非限定的に、プロセッサユニットで作動するように固定記憶域に保存されたプログラムコードとデータとを使用して実装され得る。

【0130】

50

ハードウェアが用いられる場合、ハードウェアは、制御装置 1 2 2、ナビゲータ 1 2 4、又は変換器 1 2 6 のいずれかによって実施される作業を実施するために動作する、一又は複数の回路を含み得る。実装に応じて、ハードウェアは、回路システム、集積回路、特定用途向け集積回路 (ASIC)、プログラマブル論理デバイス、又は任意の数の作業を実施するよう構成された、何らかの他の適切なタイプのハードウェアデバイスの形態をとり得る。

【 0 1 3 1 】

プログラム可能論理デバイスにより、デバイスは任意の数の作業を実施するよう構成される。このデバイスは、任意の数の作業を実施するように恒久的に構成することも、後で再構成することもできる。プログラマブル論理デバイスの例として、例えばプログラマブル論理アレイ、プログラマブルアレイ論理、フィールドプログラマブル論理アレイ、フィールドプログラマブルゲートアレイ、及び他の適切なハードウェアデバイスが挙げられる。加えて、これらのプロセスは無機的なコンポーネントに統合された有機的なコンポーネント内に実装され、人間以外の有機的なコンポーネントで全体的に構成され得る。例えば、これらのプロセスは有機半導体の回路として実装され得る。

10

【 0 1 3 2 】

幾つかの実施例で、制御装置 1 2 2、ナビゲータ 1 2 4、又は変換器 1 2 6 によって実施される作業、プロセス、又はこれらの両方は、無機的なコンポーネントに統合された有機的なコンポーネントを使用して実施され得る。幾つかの場合では、作業、プロセス、又はこれらの両方は、人間以外の有機的なコンポーネントによって完全に実施され得る。一実施例として、作業、プロセス、又はこれらの両方を実施するために、有機半導体の回路が使用され得る。

20

【 0 1 3 3 】

一実施例として、制御装置 1 2 2 がコンピュータシステム 1 6 4 に実装され得る。ナビゲータ 1 2 4、変換器 1 2 6、又はこれらの両方も、コンピュータシステム 1 6 4 に実装され得る。コンピュータシステム 1 6 4 は、一又は複数のコンピュータであり得る。コンピュータシステム 1 6 4 内に 1 つよりも多いコンピュータが存在する場合、これらのコンピュータは、ネットワークなどの通信媒体を使用して相互通信し得る。幾つかの場合では、制御装置 1 2 2、ナビゲータ 1 2 4、及び変換器 1 2 6 の各々が、別個のコンピュータシステムに実装される。

30

【 0 1 3 4 】

図示のように、制御装置 1 2 2 は、計測データ 1 5 4 を使用して、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の作業を制御するように構成されるデバイスであり得る。制御装置 1 2 2 は、計測システム 1 2 0、複数の自律型ツールシステム 1 1 8、及び、フレキシブル生産システム 1 0 2 内のその他のコンポーネントと通信し得る。

【 0 1 3 5 】

1 つのコンポーネントが別のコンポーネントと「通信」するという場合、これら 2 つのコンポーネントは、通信媒体を介して信号を送受信するように構成され得る。例えば、非限定的に、制御装置 1 2 2 がネットワークを介して計測システム 1 2 0 と無線通信し得る。別の実施例では、制御装置 1 2 2 が、有線接続を介して他のコンポーネントと通信し得る。

40

【 0 1 3 6 】

この実施例で、制御装置 1 2 2 は、フレキシブル生産システム 1 0 2 内の様々なコンポーネントに対して命令 1 6 6 を送信するように構成され得る。この実施例で、命令 1 6 6 は、ナビゲーション指令、作業指令、操舵、位置指令、及び他の適切なタイプの指令を含み得る。

【 0 1 3 7 】

図示のように、制御装置 1 2 2 は、計測システム 1 2 0 によって生成された計測データ 1 5 4 に基づいて、構造物 1 1 0 の位置 1 6 2 を変更するために、駆動可能な支持システム 1 1 6 に命令 1 6 6 を送信し得る。例えば、命令 1 6 6 は、構造物 1 1 0 の位置 1 6 2

50

が所望の位置 1 3 3 から変位した場合、駆動可能な支持システム 1 1 6 に送信され得る。この場合、駆動可能な支持体 1 3 5 のうちの一又は複数、結合デバイス 1 9 5、又はこれらの両方は、命令 1 6 6 に基づいて構造物 1 1 0 を所望の位置 1 3 3 へ移動するために作動し得る。構造物 1 1 0 が移動された後、計測システム 1 2 0 は、フィードバック制御 1 9 9 を提供するために、構造物 1 1 0 の位置 1 6 2 を再決定し得る。

【 0 1 3 8 】

この実施例で、制御装置 1 2 2 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 にも命令 1 6 6 を送信するように構成され得る。例えば、非限定的に、制御装置 1 2 2 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 に送信される命令 1 6 6 において、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 にタスク 1 1 1 を割り当てるように構成され得る。タスク 1 1 1 の各々は、一又は複数の作業 1 3 0 を含み得る。

10

【 0 1 3 9 】

更に、制御装置 1 2 2 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 に割り当てられたタスク 1 1 1 のステータス 1 7 0、及び、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 のステータス 1 7 2 を監視するように構成され得る。この実施例で、タスク 1 1 1 のステータス 1 7 0 は、タスク 1 1 1 の状態であり得る。例えば、非限定的に、ステータス 1 7 0 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 によって完遂されたタスク 1 1 1 の数を表し得る。ステータス 1 7 0 は、タスク 1 1 1 の完遂レベルの表示も含み得る。幾つかの場合では、タスク 1 1 1 のうちの幾つかは、実質的に同時に又は時間的に重複して実施され得る。

20

【 0 1 4 0 】

幾つかの実施例で、ステータス 1 7 0 は数値を含み得る。例えば、ステータス 1 7 0 は、タスク 1 1 1 の 5 0 パーセントが完遂されたことを示し得る。別の実施例で、ステータス 1 7 0 は、穿孔すべき残りの孔の数を示し得る。更に別の実施例で、ステータス 1 7 0 は、「完遂された」「進行中」、又は他の適切なタスク 1 1 1 の状態のうちの少なくとも 1 つであり得る。

【 0 1 4 1 】

図示の例で、ステータス 1 7 2 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々の状態のインジケータであり得る。例えば、非限定的に、ステータス 1 7 2 は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々が、オンライン、オフライン、スタンバイモード、インルート (*in - route*)、又は他の作業状態にあるかどうかを示し得る。

30

【 0 1 4 2 】

他の実施例で、ステータス 1 7 2 は、作業 1 3 0 のうちのいずれが実施されているかを示し得る。一例として、ステータス 1 7 2 は、孔の検査が実施されていることを示し得る。別の例として、ステータス 1 7 2 は、ファスナが設置されていることを示し得る。更に別の実施例で、ステータス 1 7 2 は、自律型ツールシステム 1 3 1 が現在ツールを変更していることを示し得る。

【 0 1 4 3 】

この実施例で、制御装置 1 2 2 は、タスク 1 1 1 のステータス 1 7 0、又は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 のステータス 1 7 2 のうちの少なくとも 1 つに基づいて、タスク 1 1 1 を、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 間で再割り当てするように構成され得る。一例として、制御装置 1 2 2 は、自律型ツールシステム 1 3 1 がオフラインとなる場合、タスク 1 1 1 を再割り当てし得る。この方式で、翼 1 0 8 の組み立ては、自律型ツールシステム 1 3 1 がオフラインとなることによって中断されない。

40

【 0 1 4 4 】

別の実施例では、制御装置 1 2 2 は、タスク 1 1 1 のうちの幾つかは完遂された場合、タスク 1 1 1 を再割り当てし得る。結果として、制御装置 1 2 2 は、フレキシブル生産システム 1 0 2 内で効率的にリソースを割り振り得る。タスク 1 1 1 を複数の自律型ツールシステム 1 1 8 に割り当てる及び再割り当てする際、制御装置 1 2 2 は、計測システム 1 2 0 によって生成された計測データ 1 5 4 に基づいて、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々の位置 1 7 4 を変更するように構成され得る。具体的には、計測データ 1 5 4 に

50

基づいて、複数の自律型ツールシステム 118 の各々の経路 176 が生成され得る。

【0145】

図示のように、ナビゲータ 124 は、作業 130 を実施するための、複数の自律型ツールシステム 118 の各々の経路 176 を生成するように構成され得る、駆動制御システム 121 におけるコンポーネントである。幾つかの例で、ナビゲータ 124 はナビゲーションシステムと称され得る。

【0146】

この実施例で、経路 176 は、製造環境 100 を通るルートであり得る。例えば、非限定的に、経路 176 は、作業 130 を実施するために第 2 の位置 115 から第 3 の位置 117 へ到達するための、自律型ツールシステム 131 のルートであり得る。

10

【0147】

経路 176 は、複数の自律型ツールシステム 118 の各々に対して、リアルタイムで生成及び修正され得る。計測システム 120 が、フィードバック制御 199 を提供するために、製造環境 100 内でコンポーネントを連続的に位置決定するにつれて、経路 176 は変化し得る。

【0148】

例えば、経路 176 は、自律型ツールシステム 131 と製造環境 100 内の他の物体との間の望ましくない遭遇、構造物 110 からの落下、又は他の望ましくない事象を回避するために、生成され得る。この実施例で、ナビゲータ 124 は、指令の組、ウェイポイント、又は自律型ツールシステム 131 により使用可能な他の情報の形態で、経路 176 を生成し得る。

20

【0149】

図示のように、変換器 126 は、ナビゲータ 124、計測システム 120、及び制御装置 122 と通信し得る。幾つかの場合、例えば変換器 126 がハードウェアに実装される場合などは、変換器 126 は変換デバイスと称され得る。

【0150】

変換器 126 は、計測システム 120 によって生成された計測データ 154 を、航空機座標系 183 における航空機座標 178 に変換するように構成され得る。この方式で、変換器 126 は、座標 160 を、複数の自律型ツールシステム 118 を構造物 110 に対して移動するのに使用可能な、航空機座標 178 に変換する。

30

【0151】

航空機座標系 183 は、航空機部品が 3次元の空間内で位置する、基準座標系を表し得る。航空機座標系 183 は、航空機 109 における原点又は基準点に基づき得る。

【0152】

図示の例で、座標 160 から航空機座標 178 への変換は、複数の自律型ツールシステムの構造物 110 に対する位置決めの部分として望ましい。経路 176 は、自律型ツールシステム 131 が所望の位置へと構造物 110 に対して移動するように、変換器 126 から受信される航空機座標 178 に基づき、ナビゲータ 124 によって生成され得る。

【0153】

幾つかの場合では、駆動制御システム 121 における一又は複数のコンポーネントは、互いに遠隔であり得る。更に別の実施例で、制御装置 122 は、フレキシブル生産システム 102 から遠隔であり得る。

40

【0154】

図示のように、装填システム 127 は、第 1 の外板パネル 180 又は第 2 の外板パネル 182 のうちの少なくとも 1 つを、構造物 110 に対して位置決めするように構成される、構造物であり得る。この実施例で、第 1 の外板パネル 180 は、翼 108 用の上方外板パネル 184 の形態をとり得る。第 2 の外板パネル 182 は、翼 108 用の下方外板パネル 186 の形態をとり得る。

【0155】

図示の例で、装填システム 127 は、第 1 の装填デバイス 188 及び第 2 の装填デバイ

50

ス 190 を備え得る。第 1 の装填デバイス 188、第 2 の装填デバイス 190、又はこれらの両方は、装填プラットフォーム、昇降機、トラックシステム、ロボットアーム、ガントリ、及び他の適切なタイプのデバイスのうちの 1 つから選択され得る。計測システム 120 は、第 1 の装填デバイス 188 及び第 2 の装填デバイス 190 が位置から位置へと移動しているとき、フィードバック制御 199 を提供するために、これらデバイスを位置決定し得る。

【0156】

図示のように、第 1 の装填デバイス 188 は、上方外板パネル 184 を構造物 110 に対して位置決めするように構成され得る。例えば、第 1 の装填デバイス 188 は、上方外板パネル 184 を構造物 110 の第 1 の側 150 に配置し得る。次いで、複数の自律型ツールシステム 118 によって、上方外板パネル 184 に作業 130 が実施され得る。

10

【0157】

同様に、第 2 の装填デバイス 190 は、下方外板パネル 186 を構造物 110 に対して位置決めするように構成され得る。例として、第 2 の装填デバイス 190 は、下方外板パネル 186 を構造物 110 の第 2 の側 151 に配置し得る。複数の自律型ツールシステム 118 によって、下方外板パネル 186 に作業 130 が実施され得る。

【0158】

この実施例で、フレキシブル生産システム 102 内の様々なコンポーネントに対して、操舵方向 196 が提供され得る。一例として、操舵方向 196 は、複数の自律型ツールシステム 118、駆動可能な支持システム 116、駆動可能な支持体 135 の各々、及び、製造環境 100 内のある位置から別の位置に移動する他のデバイスに対して、提供され得る。操舵方向 196 は、命令、指令、経路生成、デバイスの移動方向の物理的変更、及び他の案内方法の形態をとり得る。この実施例で、操舵方向 196 は、製造環境 100 の状況が変化するにつれて動的に変化し得る。

20

【0159】

操舵方向 196 は、制御装置 122、人間の作業員 142、又は何らかの他の適切なデバイスのうちの少なくとも 1 つによって提供され得る。他の実施例では、操舵可能なデバイスの各々が、制御装置の指示下になく、自身を操舵し得る。

【0160】

一例として、制御装置 122 は、自律型ツールシステム 131 を操舵するために命令 166 を送信し得る。更に別の例では、人間の作業員 142 が、駆動可能な支持体 137 を、その方向を物理的に変更することによって操舵し得る。

30

【0161】

フレキシブル生産システム 102 が再構成可能であることにより、人間の作業員による望ましくない介入なしに、作業 130 が効率的に実施されることが可能となる。制御装置 122 は、フレキシブル生産システム 102 内の全コンポーネントの作業を、互いの位置及びステータスを考慮に入れて、同時に制御し得る。計測システム 120 によって提供されるフィードバック制御 199 により、フレキシブル生産システム 102 の協調的な制御が可能となる。結果として、複数の自律型ツールシステム 118 が、翼 108 を組み立てるために同時に機能し得る。

40

【0162】

更に、フレキシブル生産システム 102 内のコンポーネントの各々は、製造環境 100 のサイズに応じて再構成され得る。定置式モニュメント固定具を使用しないので、フレキシブル生産システム 102 は、現在使用されている幾つかのシステムよりも高効率な、翼 108 の組み立て方式を提供し得る。

【0163】

更に、作業 130 を実施する際の正確性が、定置式モニュメント固定具の構造的な硬直性ではなく、計測システム 120、ナビゲータ 124、及び制御装置 122 によって提供される機能の組み合わせに起因するので、駆動可能な支持体 135 が、定置式モニュメント固定具に比べてより軽量な材料あるいはより少ない材料を含み得る。結果として、駆動

50

可能な支持体 1 3 5 が軽量化しコストが削減され得る。

【 0 1 6 4 】

別の好ましい特徴として、細長いプラットフォーム 1 7 7 の使用が、構造物 1 1 0 の位置を正確に位置決定し調整するために、より少ないセンサを要することである。例えば、非限定的に、制御点 1 9 3 の各々、結合デバイス 1 9 5、又はこれらの両方に、複数のセンサシステム 1 5 6 のうちの 1 つを位置決めする代わりに、細長いプラットフォーム 1 7 7 の表面に、平坦度を決定するための幾つかのセンサが配置されてもよい。次いで、細長いプラットフォーム 1 7 7 の一又は複数の部分は、構造物 1 1 0 を位置合わせするために調整される。より少ないセンサの使用は、事前の設置コストを更に削減し得る。

【 0 1 6 5 】

図 1 のフレキシブル生産システム 1 0 2 の図は、例示的な実施形態が実行される方法に対して、物理的な又は構造的な限定を表すことを意図していない。図示したコンポーネントに加えてまたは代えて、他のコンポーネントを使用され得る。幾つかの構成要素は任意選択であり得る。また、ブロック図は、幾つかの機能的な構成要素を示すために提示されている。例示的な実施形態において実装される場合、一又は複数のこれらのブロック図は結合、分割、又は異なるブロック図に結合及び分割され得る。

【 0 1 6 6 】

例えば、非限定的に、1 つよりも多い構造物 1 1 0 が、製造環境 1 0 0 内に同時に存在し得る。1 つよりも多い構造物 1 1 0 が製造環境 1 0 0 内に存在する場合、複数の翼を形成するために、コンポーネントが各構造物 1 1 0 に同時に追加され得る。複数の自律型ツールシステム 1 1 8 を再構成できることにより、複数の翼アセンブリに同じツールの組が使用されることが可能となり、航空機翼の生産速度が上がる。

【 0 1 6 7 】

別の実施例で、フレキシブル生産システム 1 0 2 内のコンポーネントに、追加のセンサシステムが実装され得る。例えば、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 の各々は、位置情報を生成する、孔の深さを測定する、又はその他のプロセスを実施するように構成される、センサシステムを含み得る。

【 0 1 6 8 】

更に別の実施例で、フレキシブル生産システム 1 0 2 内のコンポーネントの各々は、その特定のデバイスの作業を制御するように構成される、別個の制御装置を備え得る。これらの制御装置の各々は、制御装置 1 2 2 と通信し得る。

【 0 1 6 9 】

更に別の実施例で、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 は、製造環境 1 0 0 内で人間の作業員と協働し得る。一例として、幾人かの人間の作業員が、フレキシブル生産システム 1 0 2 の進行の監督、追加の作業 1 3 0 の実施、又は何らかの他の理由で、ワークセル 1 1 2 内に存在し得る。

【 0 1 7 0 】

別の例として、フレキシブル生産システム 1 0 2 が、移動システムを含み得る。この移動システムは、ワークセル 1 1 2 間で駆動可能な支持システム 1 1 6 を移動するように構成され得る。この場合、移動システムは、トラックシステム、ホイール、タグ、無人搬送車 (AGV)、又は何らかの他の適切なタイプの移動デバイスを含み得る。別の実施例では、移動システムが駆動可能な支持システム 1 1 6 に組み込まれ、駆動可能な支持システム 1 1 6 がワークセル内の目的地に到達すると格納され得る。

【 0 1 7 1 】

別の実施例で、フレキシブル生産システム 1 0 2 内のコンポーネント、構造物 1 1 0、又はこれらの両方に対して、様々なタイプの情報を生成するために、追加のセンサシステムが用いられ得る。例えば、非限定的に、荷重センサとも称される力センサが、荷重平衡に使用され得る。これらの荷重センサは、構造物 1 1 0 によって細長いプラットフォーム 1 7 7 に印加される荷重を決定するために、細長いプラットフォーム 1 7 7 の長さに沿った様々な点において、実装され得る。このセンサフィードバックから、細長いプラット

10

20

30

40

50

ォーム 177 は、過荷重が発生しないように移動され得る。

【0172】

ここで図 2 を参照すると、例示的な実施形態による製造環境の正面等角図が示される。図示の例で、複数のワークセルを備える製造環境 200 は、図 1 のブロック図で示したワークセル 112 を備える製造環境 100 の物理的実装の一例であり得る。

【0173】

図示のように、翼アセンブリ 204 は、複数のワークセルに亘り移動し得る。翼アセンブリ 204 の各々は、図 1 の構造物 110 の物理的実装の一例であり得る。複数のワークセルの各々において、航空機（この図では示さず）用の翼を形成するために、翼アセンブリ 204 に作業が実施され得る。

10

【0174】

図示のように、製造環境 200 は、翼アセンブリ 204 に作業を実施するためのフレキシブル生産システム 206 を含み得る。フレキシブル生産システム 206 は、翼アセンブリ 204 のパルス状の連続移動（pulsed continuous movement）を提供し得る。パルス状の連続移動は、複数のワークセルのうちの 1 つから複数のワークセルのうちの別のものへの移動であり得、作業が実施されるように、各ワークセルで一時的に停止する。

【0175】

フレキシブル生産システム 206 は、駆動可能な支持システム 208、自律型ツールシステム 210、計測システム 212、及びシステム制御装置 214 を含み得る。駆動可能な支持システム 208、自律型ツールシステム 210、計測システム 212、及びシステム制御装置 214 は、図 1 のブロック図で示す、駆動可能な支持システム 116、複数の自律型ツールシステム 118、計測システム 120、及び制御装置 122 の物理的実装の例であり得る。

20

【0176】

フレキシブル生産システム 206 内の全コンポーネントは、複数のワークセル間で、製造環境 200 全体を移動し得る。この方式で、コンポーネントは、翼アセンブリ 204 のうちの任意の 1 つに作業を実施するために、複数のワークセルにおける位置から位置へと移動し得る。フレキシブル生産システム 206 はまた、製造環境 200 のレイアウトやサイズ、翼アセンブリ 204 のサイズや製造要件、及びその他の適切なパラメータに基づき、再構成可能であり得る。

30

【0177】

この実施例で、翼アセンブリ（この図では示さず）は、作業が実施されるにつれ、ワークセル 216、ワークセル 218、ワークセル 220、ワークセル 222、及びワークセル 224 間を移動し得る。翼アセンブリは、フレキシブル生産システム 206 内の様々なコンポーネントによって、これらのワークセル間を運搬され得る。更に、フレキシブル生産システム 206 内の様々なコンポーネントは、翼アセンブリと共に移動するために、ワークセルからワークセルへと駆動される。

【0178】

図 3 ~ 16 は、図 2 の製造環境 200 内のフレキシブル生産システム 206 を使用した、組み立てプロセスの進行を示す。図 3 ~ 16 は、様々な複数のワークセルに亘り移動する、翼アセンブリを示す。

40

【0179】

ここで図 3 を参照すると、例示的な実施形態による、翼アセンブリが設置のためにセットされたワークセルが示される。この例では、ワークセル 216 が示される。

【0180】

図示のように、翼アセンブリ 302 用のコンポーネントが、ワークセル 216 内に存在し得る。具体的には、翼アセンブリ 302 用の構造部材 304 が、ワークセル 216 内に存在し得る。翼アセンブリ 302 は、図 1 に示す構造物 110 の物理的実装の一例であり得る。

50

【 0 1 8 1 】

ワークセル 2 1 6 内に、構造部材 3 0 4 がセットされ得る。構造部材 3 0 4 は、翼（図示せず）に、構造的支持及び荷重ハンドリング能力を提供するユニットであり得る。

【 0 1 8 2 】

この実施例で、構造部材 3 0 4 は、スパー 3 0 6 及びリブ 3 0 8 を含み得る。また、幾つかのアダプタ取付具、ヒンジ、及びその他のコンポーネントが、ワークセル 2 1 6 内にセットされ得る。

【 0 1 8 3 】

ここで図 4 を参照すると、例示的な実施形態による、ワークセル内に位置決めされた、図 2 の駆動可能な支持システム 2 0 8 が示される。この実施例で、駆動可能な支持システム 2 0 8 は、ワークセル 2 1 8 内に位置決めされている。

10

【 0 1 8 4 】

図示のように、製造環境 2 0 8 は、支持体 4 0 2 を含み得る。支持体 4 0 2 は、図 1 のブロック図で示した駆動可能な支持体 1 3 5 の物理的実装の一例であり得る。支持体 4 0 2 の各々は、製造環境 2 0 0 内の位置から位置へと駆動され得る。支持体 4 0 2 が、駆動可能な支持システム 2 0 8 を形成するために集まる場合、支持体 4 0 2 は、翼アセンブリ 3 0 2 に作業が実施されるにつれて、ワークセルからワークセルへと集合的に移動する。

【 0 1 8 5 】

この実施例で、支持体 4 0 2 の各々は、ワークセル 2 1 8 に到達するために、製造環境 2 0 0 内の別の位置から移動され得る。一例として、支持体 4 0 2 の各々は、駆動可能な支持システム 2 0 8、すなわち非定置式固定具を形成するために、互いに対して移動され配置され得る。幾つかの実施例では、プラットフォーム（この図では示さず）が、支持体 4 0 2 を互いに結合し得る。

20

【 0 1 8 6 】

一実施例で、支持体 4 0 2 の各々は置き換え可能であり得る。換言すれば、支持体 4 0 2 が、互いに代わって使用されることが可能であり得る。この方式で、支持体 4 0 2 が特定の順序で配置されねばならない場合に比べ、支持体 4 0 2 の再構成がより素早く行われ得る。

【 0 1 8 7 】

支持体 4 0 2 は、翼アセンブリ 3 0 2 の部品（図示せず）を、製造環境 2 0 0 内の様々な位置から持ち込む。一例として、支持体 4 0 2 のうちの 1 つが、翼アセンブリ 3 0 2 の一部をワークセル 2 1 6 から持ち込む一方、支持体 4 0 2 のうちの別の 1 つが、翼アセンブリ 3 0 2 の異なる部分をワークセル 2 1 6 から持ち込み得る。別の実施例では、支持体 4 0 2 がはじめに配置され、次いで、その後、翼アセンブリ 3 0 2 が支持体 4 0 2 に結合され得る。支持体 4 0 2 の各々は、異なる複数の制御点（図示せず）において、翼アセンブリ 3 0 2 の異なる部分に結合される、複数の結合デバイス（図示せず）を有し得る。

30

【 0 1 8 8 】

幾つかの実施例で、支持体 4 0 2 のうちの幾つかが、駆動可能な支持システム 2 0 8 を形成するために持ち込まれ、製造環境 2 0 0 内の 1 つの位置から第 2 の位置へと翼アセンブリ 3 0 2 を運搬し得る。同時に、翼アセンブリ 3 0 2 の別の部分を、製造環境 2 0 0 内の更に別の位置から第 2 の位置へ又は何らかの他の位置へ運搬するために、他の支持体 4 0 2 が、別のタイプの非定置式固定具又は第 2 の駆動可能な支持システムへと持ち込まれ得る。

40

【 0 1 8 9 】

この場合、駆動可能な支持システム 2 0 8 及び第 2 の駆動可能な支持システムは、新しい非定置式固定具を形成するための新しい集合体へと組み合わされ得る。続いて、追加的支持体 4 0 2 が所望に応じて付加され又は取り除かれ、翼アセンブリ 3 0 2 に対し様々な位置で部品を持ち込む。この方式で、例示的な実施形態は、支持体 4 0 2 の幾つかの集合体が、新しい非定置式固定具を形成するために、運搬しているアセンブリをより大きな包括的アセンブリへと含めるよう、種々の点及び組み立てプロセス中の種々の時点で、集ま

50

ることを可能にする。

【0190】

支持体403は、支持体402のうちの一例であり得る。この実施例で、支持体403は、他の支持体402と交換可能なモジュールであり得る。

【0191】

図示の例で、支持体402は、ワークセル218内で互いに隣接して配置され得る。支持体402の第1の部分404は、翼アセンブリ302を水平配置で保持するために、支持体402の第2の部分406に対向して位置決めされ得る。

【0192】

図示のように、翼アセンブリ302は、駆動可能な支持システム208によって受けられ得る。翼アセンブリ302は、駆動可能な支持システム208によって受けられるために、矢印414の方向に移動され得る。他の実施例では、人間の作業員が種々の部品を、これら部品の取付けを促すためにアセンブリへと持ち込むのと同様に、支持体402のグループが、翼アセンブリ302の一部をピックアップしてワークセル218に持ち込み得る。

10

【0193】

ここで図5を参照すると、例示的な実施形態による、図4の翼アセンブリ302と共に、駆動可能な支持システム208が示される。翼アセンブリ302は、矢印414の方向に駆動されてきた。

【0194】

図示の例で、支持体402の第1の部分404は、翼アセンブリ302の側500を保持し得る。同様に、第2の部分404は、翼アセンブリ302の側502を保持し得る。支持体402は、翼アセンブリ302の所望の高さを収容するために、矢印503の方向に垂直に調整され得る。所望の高さは、実施される作業のタイプに応じて複数のワークセル間で変化し得る。

20

【0195】

図示のように、支持体402の各々は、翼アセンブリ302の側500及び側502沿った異なる点で、翼アセンブリ302に固定され得る。支持体402は、翼アセンブリ302を所望の方式で保持するように構成される任意の機械的方法を使用して、翼アセンブリ302に結合され得る。例えば、非限定的に、支持体402は、複数の結合デバイス(図示せず)を使用して、翼アセンブリ302を所定位置にクランプ留めし得る。

30

【0196】

この実施例で、ブリッジシステム504は、駆動可能な支持システム208に結合された。人間の作業員506が、翼アセンブリ302にアクセスしこれを見るために、ブリッジシステム504を使用し得る。ブリッジシステム504及び人間の作業員506は、図1のブロック図で示したブリッジシステム136及び人間の作業員142の物理的実装の例であり得る。

【0197】

図示のように、レールシステム508が、ブリッジシステム504に関連付けられ得る。レールシステム508は、図1のブロック図で示したレールシステム138の物理的実装の一例であり得る。

40

【0198】

レールシステム508は、ブリッジシステム504上のレール510を含み得る。レール510は、人間の作業員506がブリッジシステム504から落下するリスクを低減し得る。この方式で、レールシステム508は、人間の作業員506のための落下保護を提供し得る。

【0199】

翼アセンブリ302がワークセル218内にある間、様々な作業が実施され得る。例えば、限定するものではないが、リブ308がドリルされ締結され得る。

【0200】

50

更に、翼アセンブリ 302 は、翼アセンブリ 302 における構造部材 304 の位置を解析するために、計測システム 212 によってスキャンされ得る。計測システム 212 は、構造部材 304 の位置を決定するために、様々なセンサ（この図では示さず）に依存する。システム制御装置 214 は計測システム 212 と通信し、構造部材 304 の位置を所望の位置と比較する。この比較に基づいて、調整がなされ得る。計測システム 212 は、所望の位置が達成されるまで調整がなされる間、フィードバック制御を提供し得る。

【0201】

更に別の実施例では、翼アセンブリ 302 がレベリングされ、前スパーヒンジ留めラインが設定され得る。次いで、パネル 512 が、翼アセンブリ 302 の側 514 に対して位置決めされ得る。パネル 512 は、図 1 の上方外板パネル 184 の物理的実装の一例であり得る。この実施例で、パネル 512 は、翼アセンブリ 302 の上部に配置されるために、矢印 414 の方向に移動される。

10

【0202】

図 6 では、例示的实施形態による、図 5 の線 6 - 6 の方向の、翼アセンブリ 302 及び駆動可能な支持システム 208 が図示される。駆動可能な支持システム 208 内のコンポーネントがより詳細に見て取れるよう、ブリッジシステム 508 は取り除かれている。

【0203】

この実施例で、プラットフォーム 600 を作成するために、支持体 402 の各々の間に、様々な支持構造が配置され得る。この実施例で、プラットフォーム 600 は連続的なプラットフォームであり得る。支持体 402 の第 1 の部分 404 を支持体 402 の第 2 の部分 406 に結合するための、牽引ゲート 602 も追加され得る。牽引ゲート 602 は、駆動可能な支持システム 208 を図 2 に示す複数のワークセル間で移動するために、牽引又はその他の移動システムと結合するように構成され得る。

20

【0204】

図示の例では、人間の作業員 506 がワークセル 218 内を移動し得る。人間の作業員 506 は、翼アセンブリ 302 の組み立てプロセスを監視する、あるいは作業を実施する、又はこれらの両方を行い得る。この実施例で、人間の作業員 506 は、翼アセンブリ 302 のすべての部分へのアクセスを有し得る。

【0205】

ここで図 7 を参照すると、例示的な実施形態による、図 6 の翼アセンブリ 302 上にパネルを装填している装填デバイスが示される。図示の実施例で、装填デバイス 700 は、パネル 512 を図 6 の矢印 414 の方向へと移動させた。装填デバイス 700 は、図 1 のブロック図で示した第 1 の装填デバイス 188 の物理的実装の一例であり得る。

30

【0206】

この実施例で、装填デバイス 700 は、翼アセンブリ 302 の側 514 にパネル 512 を配置し得る。次いで、パネル 512 に作業が実施され得る。

【0207】

図示の例で、レール 702 が、翼アセンブリ 302 のパネル 512 上に配置され得る。レール 702 は、レールシステム 508 の部分であり得、人間の作業員 506 が翼アセンブリ 302 から落下するリスクを低減するよう構成され得る。レール 702 はまた、人間の作業員 506 の、図 2 に示す自律型ツールシステム 210 との望ましくない遭遇を防止し得る。

40

【0208】

図 8 では、例示的实施形態による、図 7 のパネル 512 に作業を実施している図 2 の自律型ツールシステム 210 の部分が示される。図示の例では、自律型ツールシステム 210 の部分が、パネル 512 の表面 800 上に配備され得る。

【0209】

図示のように、パネル 512 の表面 800 上に穿孔デバイス 802 が配備され得る。穿孔デバイス 802 は、図 1 のブロック図で示した複数の自律型ツールシステム 118 の物理的実装の例であり得る。穿孔デバイス 802 は、この実施例において、鋸ドリルの形態

50

をとり得る。

【0210】

この実施例で、穿孔デバイス802は、パネル512に穿孔し、タックファスナ（この図では示さず）を設置するように構成され得る、自律型デバイスであり得る。これらのタックファスナは、図3～6に示す構造部材304のシミング、不整合、あるいはその他の課題を軽減することを助けるために、選択された位置におけるクランプアップを提供する。翼アセンブリ302の区域806に示す鋸ドリル804は、穿孔デバイス802のうちの1つであり得る。

【0211】

図示の例で、穿孔デバイス802は、パネル512の異なる位置で穿孔と締結作業とを同時に実施しつつ、同時に、パネル512の表面800内を移動し得る。穿孔デバイス802は、図2に示すシステム制御装置214と通信し得る。具体的には、穿孔デバイス802は、システム制御装置214から指令を受信し得る。これらの指令は、移動経路及び実施される種々の作業を含み得る。

10

【0212】

穿孔デバイス802の各々について、位置フィードバックが生成され得る。このフィードバックは計測システム212、穿孔デバイス802上のアクティブなコンポーネント、又はそれらの組み合わせによって生成され得る。例えば、穿孔デバイス802がパネル512内を移動しているときに、穿孔デバイス802は、システム制御装置214に対して連続的にフィードバックを提供し得る。このフィードバックは、位置情報、ステータス、

20

【0213】

次いで、システム制御装置214は、孔が正しい位置に穿孔されたことを確認し、穿孔デバイス802間の衝突を回避し、及び、穿孔デバイス802間のより効率的にタスクを割り当てるよう、穿孔デバイス802を再位置決めするために、このフィードバックを使用する。結果として、穿孔デバイス802の各々は、互いや人間の作業員506との望ましくない遭遇、翼アセンブリ302からの落下、望ましくない位置への穿孔、又はこれらの組み合わせなしに、パネル512の表面800に沿って移動し得る。

【0214】

幾つかの実施例で、穿孔デバイス802が穿孔作業と締結作業とを完遂した後、人間の作業員506が追加の作業をパネル512に実施し得る。例えば、非限定的に、人間の作業員506は、パネル512の下側（図示せず）に、コンポーネントを配置、ドリル、及び設置し得る。これらのコンポーネントは、シェアタイ、ストリンガー端部取付具、剥離停止ファスナ、及び他の適切なコンポーネントを含み得る。他の実施例では、他の自律型ツールシステム210がこれらのコンポーネントを設置し得る。

30

【0215】

幾つかの実施例では、追加のコンポーネントがワークセル218内に含まれ得る。例えば、穿孔デバイス802の各々に、平衡化（counterbalance）システム（この図では示さず）が結合され得る。この実施例で、平衡システムは、穿孔デバイス802のうちの1つの重量を相殺するように構成され得る。例えば、平衡システムは、鋸ドリル804に取り外し可能に取り付けられ、プーリ、分銅、コネクタ、ケーブル、及び他のコンポーネントを含み得る。

40

【0216】

タック穿孔プロセスの後、穿孔デバイス802は、パネル512の表面800から取り除かれ得る。次いで、デバリング、洗浄、及びシーリングのために、パネル512は装填デバイス700によって装填解除され得る（この図では除去は示されていない）。

【0217】

この実施例では、駆動可能な支持システム208が、翼アセンブリ302と共に、図10に示すワークセル220に移動され得る。駆動可能な支持システム208は、翼アセンブリ302と共に、矢印808の方向にワークセル220へと移動され得る。

50

【0218】

ここで図9を参照すると、例示的な実施形態による、鋸ドリル804と共に、図8の翼アセンブリ302の区域806が示される。図示の例で、鋸ドリル804は、移動システム900を使用して、パネル512の表面800に沿って移動し得る。

【0219】

鋸ドリル804は、搭載型制御装置902を有し得る。搭載型制御装置902は、図2に示すシステム制御装置214と通信し、パネル512の表面800を進むための指令を受信する。鋸ドリル804用の搭載型制御装置902は、翼アセンブリ302に事前に設置された磁石と同期することによって、局所座標系を確立し得る。

【0220】

鋸ドリル804上のツール904が、穿孔及びタックファスナの挿入に使用され得る。人間の作業員506は、各タックファスナにナットを手動で設置し、選択された許容誤差内で締め付け得る。

【0221】

人間の作業員506の安全を保護するため、システム制御装置214は、鋸ドリル804を含む穿孔デバイス802の移動を、人間の作業員506を回避するように制御し得る。幾つかの例で、穿孔デバイス802は完全にオフラインとされる。他の実施例では、穿孔デバイス802を人間の作業員506から分離するために、レールシステム508が修正される。更に別の実施例では、他の安全策が提供され得る。例えば、人間の作業員506を感知しこれによって穿孔デバイス802の挙動を調整するために、近接センサのグループが使用され得る。

【0222】

図10では、例示的な実施形態による、図8のパネル512に作業を実施している自律型ツールシステム210が示される。駆動可能な支持システム208は、翼アセンブリ302と共に、矢印808の方向にワークセル220へと移動された。ワークセル220は、図1に示すワークセル112のうちの1つの物理的実装の一例であり得る。

【0223】

図示のように、クローラ支持体1002によって、クローラロボット1001が、パネル512の表面800上に配置され得る。この実施例で、クローラ支持体1002は、駆動可能なプラットフォームを含み得る。他の場合、クローラロボット1001以外の自律型ツールシステムと共に使用される場合、クローラ支持体1002は、自律型ツールシステム支持体と称され得る。これらの駆動可能なプラットフォームは、製造環境200のフロア上を進み、クローラロボットのグループ1001を、構造物、この場合はパネル512の表面800に配置するように構成され得る。

【0224】

クローラ支持体1002を備えたクローラロボット1001は、図1の複数の自律型ツールシステム118の物理的実装の例であり得る。この実施例で、クローラロボット1001の各々は、フレキシブルトラック(flexitrack)システムを含み得る。

【0225】

この実施例で、クローラロボット1001のうちの1つは、クローラ支持体1002のうちの1つに対応し得る。クローラロボット1001をパネル512の表面800上に配置することに加え、クローラ支持体1002は、電力の供給、設備用ケーブルの移動、又はその他のプロセスにおいて、クローラロボット1001を支援し得る。クローラロボット1004及び駆動可能なプラットフォーム1006が、翼アセンブリ302の区域1008に示されている。

【0226】

この実施例で、クローラロボット1001は、パネル512に皿頭(countersunk)孔を穿孔し、孔と孔の皿穴の深さとを検査し、ファスナ(この図では示さず)を設置し、且つ、設置されたファスナを検査するように構成された、自律型デバイスであり得る。この実施例で、これらのファスナは、締めりばめファスナであり得る。

10

20

30

40

50

【0227】

一実施例で、「締めりばめ」ファスナは、それが設置される孔の円筒形部分の径よりも大きい径を有するシャンク部を有し得る。ポストと孔の円筒形部分との間の摩擦が、ファスナを所定位置に保持する。ファスナの締めりばめは、ファスナが結合している部品、すなわちパネル512及びそのサブ構造の疲労寿命を延命し得る。締めりばめファスナはまた、ファスナの孔に対する移動を実質的に防止し得る。

【0228】

この実施例で、クローラロボット1001は、パネル512の異なる位置で穿孔及び締結作業を同時に実施しつつ、パネル512の表面800を同時に移動し得る。クローラロボット1001は、図2に示すシステム制御装置214と通信し得る。

10

【0229】

具体的には、クローラロボット1001は、システム制御装置214から指令を受信し得る。これらの指令は、移動経路及び実施される種々の作業を含み得る。移動中、クローラロボット1001は、システム制御装置214に対して連続的にフィードバックを提供し得る。このフィードバックは、位置情報、ステータス、パネル512に実施された検査結果、及びその他の適切な情報を含み得る。

【0230】

次いで、システム制御装置214は、孔が正しい位置に穿孔されたことを確認し、クローラロボット1001間の衝突を回避し、及び、複数のクローラロボット間のより効率的なタスク割当てよう、クローラロボット1001を再位置決めするために、このフィードバックを使用する。結果として、クローラロボット1001の各々は、互いや人間の作業員506との望ましくない遭遇、翼アセンブリ302からの落下、又はこれらの両方なしに、パネル512の表面800に沿って移動し得る。また、フィードバックにより、クローラロボット1001によって実施される作業の正確性が増大する。上述のように、フィードバックは、計測システム212が製造環境200をスキャンしているとき、計測システム212によっても提供され得る。

20

【0231】

クローラロボット1001は、パネル512におけるファスナの「一歩進んだ(one-up)アセンブリ」を提供するように構成され得る。この実施例で、「一歩進んだ」アセンブリとは、部品洗浄やデパリングのために部品を解体する必要なく、穿孔及び結合部の締結を行うプロセスを意味し得る。一歩進んだアセンブリにより、翼の製造が加速し得る。この実施例で、クローラロボット1001はクローラロボット1004を含む。

30

【0232】

クローラロボット1004を使用して一歩進んだアセンブリが実施された後、クローラロボット1004は、駆動可能なプラットフォーム1006を使用して取り除かれ得る。駆動可能な支持システム208と共に、翼アセンブリ302は、図12に示すワークセル222へと矢印1010の方向に移動され得る。

【0233】

図11は、例示的な実施形態による、クローラロボット1004及び駆動可能なプラットフォーム1006を伴う、図10の翼アセンブリ302の区域1008を示す。この実施例で、クローラロボット1004は、移動システム1100、移動システム1101、及びツール1102を備え得る。

40

【0234】

図示のように、移動システム1100は、クローラロボット1004をパネル512の表面800に沿って移動させるホイールを備え得る。幾つかの実施例で、これらのホイールは格納可能であり得る。

【0235】

この実施例で、移動システム1101の各々は、トラックシステムを含み得る。移動システム1101は、クローラロボット1004を、矢印1104の方向に前後に移動させるように構成され得る。

50

【0236】

図示のように、ツール1102は、検査システム、ファスナシステム、穿孔システム、位置決めシステム、又は他の適切なツールのうちの少なくとも1つを含み得る。クローラロボット1004は、図2のシステム制御装置214と通信する搭載型制御装置1106も含み得る。

【0237】

この実施例で、駆動可能なプラットフォーム1006は、ピックアンドブレースアーム1108及び設備用アーム1110を有し得る。ピックアンドブレースアーム1108は、クローラロボット1004を翼アセンブリ302の表面800上に配置し得る。設備用アーム1110は、クローラロボット1004に取付けられ得る設備用ケーブル(この図では示さず)を移動し得る。これらの設備用ケーブルは、電気、給気、通信、又は他の望ましい設備のうちの少なくとも1つを、ツール1102に供給し得る。

10

【0238】

この実施例では、平衡化システム1112が、設備用アーム1110に関連付けられ、クローラロボット1004に結合され得る。平衡化システム1112は、パネル512上のクローラロボット1004の重量を相殺するように構成され得る。この実施例で、平衡化システム1112は、クローラロボット1004に取り外し可能に取り付けられ得る。

【0239】

一実施例で、平衡化システム1112は、ケーブル1113、設備用アーム1110に取付けられるプーリ1114、及び分銅1116を備え得る。分銅1116は、クローラロボット1004の重量よりも軽い又はこれと等しい。分銅1116を備える平衡システム1112は、クローラロボット1004の重量によって起こり得る、パネル512の形成における不一致のリスクを低減する。他の実施例では、その他の平衡システムが可能であり得る。

20

【0240】

ここで図12を参照すると、例示的な実施形態による、装填デバイスがパネルと共に示されている。図示の例で、翼アセンブリ302用のパネル1202を運搬している装填デバイス1200が示されている。

【0241】

翼アセンブリ302及び駆動可能な支持システム208は、ワークセル222へと矢印1010の方向に移動された。装填デバイス1200、パネル1202、及びワークセル222はそれぞれ、図1のブロック図で示した、第2の装填デバイス190、下方外板パネル186、及びワークセル112のうちの1つの、物理的実装の例であり得る。

30

【0242】

図示のように、装填デバイス1200は、パネル1202を翼アセンブリ302の下に位置決めするために、パネル1202を矢印1206に移動し得る。次いで、装填デバイス1200は、パネル1202を、翼アセンブリ302の側1208に対して所望の位置に持ち上げ得る。

【0243】

組み立てシステム1210によって、パネル1202上に作業が実施され得る。この実施例で、組み立てシステム1210は、下方パネルツールシステムを含み得る。この下方パネルツールシステムは、下方パネル穿孔機の形態をとり得る。

40

【0244】

図13では、例示的な実施形態による、図12のパネル1202を伴う自律型ツールシステム1200が示される。この実施例で、装填デバイス1200は、プラットフォーム1300、移動システム1302、及び移動システム1304を備え得る。

【0245】

図示のように、プラットフォーム1300は、移動システム1304とパネル1202に支持を提供するように構成される、構造物であり得る。移動システム1302は、デバイス1200をパネル1202と共に製造環境200内で移動するように構成される、幾

50

つかのコンポーネントであり得る。この実施例で、移動システム 1302 は、トラックシステム、メカナムホイール、オムニホイール、及び他のタイプの多方向ホイール、格納可能ホイール、ガントリシステム、タグ、又は何らかの他の適切な移動デバイスのうちの少なくとも 1 つを含み得る。

【0246】

この実施例で、移動システム 1304 は、パネル 1202 を矢印 1306 の方向に上下移動させるように構成されるデバイスのグループであり得る。ここで使用されるアイテム「のグループ」は、一又は複数のアイテムであり得る。この実施例で、デバイスのグループは、一又は複数のデバイスを含み得る。

【0247】

この方式で、移動システム 1304 は、パネル 1202 を、図 12 の翼アセンブリ 302 の側 1208 に対して位置決めし得る。上述のように、装填デバイス 1200、パネル 1202、又はこれら両方の内部のコンポーネントの、位置フィードバックが生成され得る。

【0248】

この実施例で、移動システム 1304 はリフトであり得る。このリフトは、油圧リフト、空圧リフト、又は何らかの他の適切なタイプのリフトであり得る。特に、移動システム 1304 は、シザーズジャッキ、ボトルジャッキ、及び他の適切なタイプのリフトを用い得る。幾つの場合、移動システム 1304 はまた、必要に応じてパネル 1202 を傾斜させるように構成され得る。移動システム 1304 は、翼アセンブリ 302 (この図では示さず) に対するパネル 1202 の大まかな位置決めを提供し得る。

【0249】

図示の実施例では、移動システム 1304 は再位置決め可能なヘッダ 1308 を含む得る。再位置決め可能なヘッダ 1308 は、パネル 1202 に接触し得る。図示の実施例で、再位置決め可能なヘッダ 1308 は、パネル 1202 を所望の方式で位置決めするように構成される構造物であり得る。再位置決め可能なヘッダ 1308 は、翼アセンブリ 302 に対するパネル 1202 のより正確な位置決めを提供し得る。

【0250】

図示のように、装填デバイス 1200 を様々な設備と接続するために、設備用ケーブル 1310 が使用され得る。例えば、非限定的に、装填デバイス 1200 に電気を供給するために、設備用ケーブル 1310 が使用され得る。設備用ケーブル 1310 は、装填デバイス 1200 に命令及び制御するための、システム制御装置 214 と装填デバイス 1200 との間の通信リンクも提供し得る。

【0251】

図 14 では、例示的实施形態による、図 12 のパネル 1202 に作業を実施している組み立てシステム 1210 が示される。図示の実施例で、装填デバイス 1200 は、パネル 1202 を矢印 1206 の方向に移動させた。

【0252】

図示の例では、パネル 1202 を翼アセンブリ 302 の側 1208 に固定するために、パネル 1202 上に作業が実施された。例えば、パネル 1202 を、翼アセンブリ 302 の側 1208 に対して所定の位置に保持するために、タック穿孔及び締結が実施された。

【0253】

図示の例では、組み立てシステム 1210 がパネル 1202 の下に配備され得る。組み立てシステム 1210 は、図 1 のブロック図で示した複数の自律型ツールシステム 118 の物理的実装の一例であり得る。この実施例で、組み立てシステム 1210 は、6 脚体を含み得る。

【0254】

図示のように、組み立てシステム 1210 は、パネル 1202 に作業を実施するように構成される、自律型デバイスであり得る。例えば、非限定的に、組み立てシステム 1210 は、構造物をクランプ留めし、穿孔し、孔を測定し、ファスナを設置し、ファスナをシ

10

20

30

40

50

ールし、及び、その他のタイプの作業をパネル 1 2 0 2 に実施し得る。この実施例で、組み立てシステム 1 2 1 0 は、これらの作業を実施するために、パネル 1 2 0 2 の下を矢印 1 2 0 6 の方向に移動し得る。この実施例で、組み立てシステム 1 4 0 0 と組み立てシステム 1 2 1 0 のうちの 1 つとは、それら作業を実施するために、パネル 1 2 0 2 の下を矢印 1 2 0 6 の方向に移動し得る。

【 0 2 5 5 】

幾つかの場合では、組み立てシステム 1 2 1 0 を収容するために、翼アセンブリ 3 0 2 の位置の調整が必要となり得る。一実施例で、必要に応じて翼アセンブリ 3 0 2 を矢印 5 0 3 の方向に垂直移動させるために、システム制御装置 2 1 4 は駆動可能な支持システム 2 0 8 と通信し得る。

10

【 0 2 5 6 】

図示の実施例で、組み立てシステム 1 2 1 0 の各々は、パネル 1 2 0 2 に沿った種々の位置で穿孔及び締結作業を同時に実施しつつ、パネル 1 2 0 2 の下を同時に移動し得る。組み立てシステム 1 2 1 0 は、図 2 に示すシステム制御装置 2 1 4 と通信し得る。

【 0 2 5 7 】

組み立てシステム 1 2 1 0 は、システム制御装置 2 1 4 から指令を受信し、システム制御装置 2 1 4 にフィードバックを提供し得る。計測システム 2 1 2 もまた、組み立てシステム 1 2 1 0 の各々を位置決定するためにフィードバックを提供し得る。この方式で、システム制御装置 2 1 4 は、組み立てシステム 1 2 1 0 の作業を厳密に制御し得る。組み立てシステム 1 2 1 0 の各々は、互いとのあるいは人間の作業員との望ましくない遭遇、もしくは、作業エリアを超えた移動、又はこれらの両方なしに、パネル 1 2 0 2 の下を移動し得る。

20

【 0 2 5 8 】

幾つかの実施例で、組み立てシステム 1 2 1 0 が、複数のワークセルのうちの 1 つよりも多くにおいて、穿孔及び締結作業を実施し得る。例えば、組み立てシステム 1 2 1 0 が、パネル 1 2 0 2 に必要な孔の第 1 の部分を穿孔し得る（図示せず）。第 1 の部分が穿孔された後、パネル 1 2 0 2 は洗浄及びデパリングのために、翼アセンブリ 3 0 2 の側 1 2 0 8 から下降され得る。

【 0 2 5 9 】

この場合、次いで、パネル 1 2 0 2 が翼アセンブリ 3 0 2 に再度取り付けられ、孔の第 2 の部分がパネル 1 2 0 2 に穿孔され得る。組み立てシステム 1 2 1 0 は、孔の第 2 の部分のための残りのファスナ上に、一歩進んだアセンブリを実施し得る。その他の場合、作業は、特定の実装に応じた何らかの他の方式で、組み立てシステム 1 2 1 0 によって実施され得る。

30

【 0 2 6 0 】

ワークセル 2 2 2 内の作業が完遂された後、駆動可能な支持システム 2 0 8 が、翼アセンブリ 3 0 2 と共に、図 1 6 に示すワークセル 2 2 4 に移動し得る。この実施例で、駆動可能な支持システム 2 0 8 は、翼アセンブリ 3 0 2 と共に、矢印 1 4 0 4 の方向にワークセル 2 2 4 へと移動され得る。

【 0 2 6 1 】

ここで図 1 5 を参照すると、例示的实施形態による、図 1 4 の線 1 5 - 1 5 の方向の、翼アセンブリ 3 0 2 の表面に作業を実施している組み立てシステム 1 4 0 0 が示される。図示の例で、組み立てシステム 1 4 0 0 は、パネル 1 2 0 2 の表面 1 5 0 0 に対して位置決めされるために、図 1 4 の矢印 1 2 0 6 の方向に移動した。

40

【 0 2 6 2 】

図示のように、組み立てシステム 1 4 0 0 は、移動システム 1 5 0 2、運動プラットフォーム 1 5 0 4、及びエンドエフェクタ 1 5 0 8 上のツール 1 5 0 6 を備え得る。移動システム 1 5 0 2 は、組み立てシステム 1 4 0 0 を所望のエリアに移動し得る。次いで、ツール 1 5 0 6 と共にエンドエフェクタ 1 5 0 8 をパネル 1 2 0 2 の表面 1 5 0 0 に対して正確に位置決めするために、運動プラットフォーム 1 5 0 4 が使用され得る。

50

【0263】

組み立てシステム1400は、図2のシステム制御装置214と通信する搭載型制御装置1510を含み得る。組み立てシステム1400が移動しているとき、組み立てシステム1400はシステム制御装置214に位置フィードバックを提供し得る。計測システム212もまた、組み立てシステム1400の位置を追跡し得る。

【0264】

この実施例で、移動システム1502は、組み立てシステム1400をパネル1202の表面1500の下で移動させるホイールを備え得る。これらのホイールは、組み立てシステム1400が所望の位置にあるとき、格納可能であり得る。

【0265】

この実施例で、運動プラットフォーム1504は、ツール1506に運動の7自由度を提供し得る。一実施例で、自由度は、ツール1506の3次元の空間内における運動を表し得る。

【0266】

図示のように、ツール1506は、プラットフォーム1504に取り付けられたエンドエフェクタ1508に配置され得る。ツール1506は、検査システム、クランプ留めシステム、センサシステム、ファスナシステム、穿孔システム、位置決めシステム、又は他の適切なツールのうちの少なくとも1つを含み得る。

【0267】

ツール1506が検査システムを含む場合、検査システムは、組み立てシステム1400によって穿孔された孔を検査し得る。検査システムは、組み立てシステム1400によって設置されたファスナも検査し得る。幾つかの場合、検査結果はシステム制御装置214に伝達され得る。

【0268】

ここで図16を参照すると、例示的な実施形態による、ワークセル224内の翼が示される。この実施例では、駆動可能な支持システム208が、翼アセンブリ302と共に、図14に示す矢印1404の方向に、ワークセル224内へと移動された。

【0269】

この実施例で、頭上組み立てシステム1600が、パネル512に作業を実施し得る。頭上組み立てシステム1600は、図1のブロック図で示した複数の自律型ツールシステム118のうちの1つの、物理的実装の別の一例であり得る。

【0270】

この実施例で、頭上組み立てシステム1600は、エンドエフェクタ1606にツール1604を備えたプラットフォーム1602を含み得る。上述のように、運動プラットフォーム1602、ツール1604、及びエンドエフェクタ1606は、運動プラットフォーム1504、ツール1506、及びエンドエフェクタ1508と同様の方式で実装され得る。

【0271】

運動プラットフォーム1602は、移動システム1610を備えた頭上支持システム1608を使用して、パネル512の上方に概ね位置決めされ得る。運動プラットフォーム1602及びエンドエフェクタ1606のより正確な位置決めが、頭上組み立てシステム1600に関連付けられた様々な他の移動式コンポーネントによって提供される。頭上組み立てシステム1600は、システム制御装置214と通信する搭載型制御装置1612、及び他のコンポーネントも含み得る。

【0272】

頭上組み立てシステム1600が翼アセンブリ302にその作業を実施した後、ここで、製造環境200内の作業は完遂され得る。支持体402が分離されているとき、翼アセンブリ302を支持するために、台車（この図では示さず）が翼アセンブリ302の下に位置決めされ得る。

【0273】

10

20

30

40

50

翼アセンブリ 302 は、翼アセンブリ 302 が航空機への設置に必要とされるまで、精密固定を要しない組み立て作業が継続され得る。支持体 402 のすべて又は部分を含む、駆動可能な支持システム 208 は、別の翼アセンブリを受けるために、ワークセル 216 に戻るように移動され得る。

【0274】

次に図 17 を参照すると、例示的实施形態による、図 16 の線 17 - 17 の方向の、ワークセル 224 の上面図が示される。この図では、様々な自律型ツールシステム 210 が同時に、翼アセンブリ 302 に作業を実施する。システム制御装置 214 の協調制御のもと、複数の自律型ツールシステム 210 の各々は、例えば、互いに衝突せずに及び / 又は翼アセンブリ 302 から落下せずに、翼アセンブリ 302 に作業を実施し得る。

10

【0275】

次に図 18 を参照すると、例示的实施形態による、図 16 の線 18 - 18 の方向の、製造環境 200 が示される。この図で示すように、翼アセンブリ 204 は、様々な複数のワークセルに亘って製造される。

【0276】

この実施例で、複数のワークセルは構成 1800 で配置される。この実施例で、構成 1800 は、u 字型構成である。図示のように、フレキシブル生産システム 206 内の様々なコンポーネントは、構成 1800 を形成するために、図 2 ~ 17 に示す構成から再配置された。定置式モニュメント固定具が使用されないので、フレキシブル生産システム 206 の完全な再構成が可能である。

20

【0277】

更に、翼アセンブリ 204 の製造に使用される自律型ツールシステム 210 のすべてが駆動可能であり、フロアに定置されていないので、製造環境 200 に望まれる構成に関わらず、これらツールはワークセルからワークセルへと駆動され得る。多くの既存の組み立てラインソリューションとは異なり、例示的实施形態は、翼アセンブリを保持する定置式モニュメント固定具、定置式ツーリング、製造施設に定置されたツール、及び他のフレキシブルでない構造に対する必要性や要件を、完全に軽減する。

【0278】

他の実施例で、フレキシブル生産システム 206 内の様々なコンポーネントは、何らかの他の方式で再構成され得る。一例では、翼アセンブリ 204 が横方向に波状移動され得る。

30

【0279】

自律型ツールシステム 210 が製造環境 200 内を自由に移動するので、異なる自律型ツールシステム 210 が、様々な複数のワークセルで同時に、翼アセンブリ 204 の製造に使用され得る。結果として、製造プロセスの効率化のために、複数の翼アセンブリ 204 が、製造環境 200 内を連続的に波動され得る。これにより、現在使用されている何らかのシステムよりも効率性が向上し、生産速度が増すこととなる。

【0280】

この実施例で、製造環境 200 内のコンポーネントの各々は再構成され得る。例えば、異なるタイプの翼が製造されている場合、使用される自律型ツールシステム 210 のタイプは異なり得る。更に、自律型ツールシステム 210 のうちの幾つかは不要であり得る。

40

【0281】

更に別の実施例では、支持体 402 が翼アセンブリ 302 を垂直配置で保持し得る。この場合、複数の自律型ツールシステム 210 は、翼アセンブリ 302 に作業を実施するために、異なる方式で機能するように構成され得る。

【0282】

別の例として、翼アセンブリ 302 のサイズによって、追加の支持体 402 の、駆動可能な支持システム 208 への追加、追加の自律型ツールシステム 210 の使用、又はこれらの組み合わせが必要とされ得る。複数のワークセルのサイズも、翼アセンブリ 302 の長さに応じて調整され得る。各々の場合において、フレキシブル生産システム 206 内の

50

様々なコンポーネントは、異なる製造要件に適合するように再構成される。

【0283】

図19~21は、可動式支持システムの代替的な実装を示す。図19~21において、細長いプラットフォームを備えるブリッジシステムが示される。駆動可能な支持体の各々の複数の結合デバイスに取付けられる代わりに、図19~21の実施例は、細長いプラットフォームの長さに沿って位置決めされた複数の結合デバイスを用いる。

【0284】

図19を参照すると、例示的な実施形態による、細長いプラットフォームを備える駆動可能な支持システムが示される。この実施例で、ワークセル1901内の駆動可能な支持システム1900が示される。ワークセル1901は、図1のブロック図に示すワークセル112のうちの1つの、さらなる物理的実装の一例であり得る。ワークセル1901は、図2の製造環境200の部分であり得るか、異なる施設内に位置決めされ得る。

10

【0285】

図示のように、駆動可能な支持システム1900は、駆動可能な支持体1902、細長いプラットフォーム1904、及び細長いプラットフォーム1906を含む。駆動可能な支持システム1900及び駆動可能な支持体1902はそれぞれ、図1のブロック図で示した、駆動可能な支持システム116及び駆動可能な支持体135の、物理的実装の例である。細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906は、両方とも、図1の細長いプラットフォーム177の物理的実装の例である。

【0286】

図示のように、駆動可能な支持体1902の第1のグループ1908は、細長いプラットフォーム1904に結合され得る。駆動可能な支持体1902の第2のグループ1910は、細長いプラットフォーム1906に結合され得る。細長いプラットフォーム1904、細長いプラットフォーム1906、又はこれらの両方は、翼の所望の形状に対応する形状を有し得る。

20

【0287】

駆動可能な支持体1902の第1のグループ1908及び第2のグループ1910の各々は、それぞれの細長いプラットフォームの下で均等に離間された、7つの支持体を含む。この例で、駆動可能な支持体1902は無人搬送車である。

【0288】

他の実施例で、特定の実装に応じて、異なる数の駆動可能な支持体1902が、各桁の下で使用され得る。各支持体間の間隔も異なり得る。

30

【0289】

この実施例で、駆動可能な支持体1902の第1のグループ1908が、細長いプラットフォーム1904を所望の位置に移動し得る。例えば、駆動可能な支持体1902の第1のグループ1908は、細長いプラットフォーム1904を翼アセンブリ1914に対して位置決めするために、細長いプラットフォーム1904を、幾つかの軸1912に対して集合的に移動し得る。

【0290】

同様に、駆動可能な支持体1902の第2のグループ1910は、細長いプラットフォーム1906を翼アセンブリ1914に対して位置決めするために、細長いプラットフォーム1904を、軸1912に対して集合的に移動し得る。翼アセンブリ1914は、図1のブロック図で示した構造物110の物理的実装の一例であり得る。

40

【0291】

一実施例では、結合デバイス1916の第1のグループが、細長いプラットフォーム1904に関連付けられる。この図に示すように、結合デバイス1916は、細長いプラットフォーム1904の長さに沿って位置決めされ得る。

【0292】

結合デバイス1918の第2のグループが、細長いプラットフォーム1906に関連付けられ得る。図示の例で、結合デバイス1918は、細長いプラットフォーム1906の

50

長さに沿って位置決めされ得る。

【0293】

結合デバイス1916及び結合デバイス1918は、翼アセンブリ1914上の結合点（この図では隠れている）に対応し得る。結合デバイス1916及び結合デバイス1918は、翼アセンブリ1914を所望の位置に保持し得る。一例として、結合デバイス1917が、翼アセンブリ1914上の点1919に結合する。

【0294】

点1919は、結合デバイス1917を使用し独立して移動可能な、結合点であり得る。点1919は、制御点であり且つ結合点であり得る。その他の場合、点1919は、単純に、細長いプラットフォームが移動するにつれて移動するのみの、固定された結合点であり得る。この実施例で、結合デバイス1917は区域1921に示される。

10

【0295】

図示のように、人間の作業員1920が、細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906上を移動する。更に、様々な自律型ツールシステム（この図では示さず）が、翼アセンブリ1914に作業を実施するために、駆動可能な支持システム1900において移動し得る。

【0296】

図示の例で、駆動可能な支持体1902の各々は、自身の対応する細長いプラットフォームを軸1912に対して移動するように構成される、移動システムを備え得る。このような移動は、並進、回転、又は何らかの他の適切な移動を含み得る。駆動可能な複数の支持体1902は、翼アセンブリ1914を位置合わせに維持するため、製造環境内の不均一な地形を補償するため、自律型ツールシステムの翼アセンブリ1914へアクセスを可能にするため、任意の点で翼アセンブリ1914の荷重を平衡維持するため、桁の歪みを低減するため、又はそれらの組み合わせのために、細長いプラットフォームを動的に調整する。例えば、細長いプラットフォーム1904は、駆動可能な支持体1902の第1のグループ1908の、少なくとも1つの駆動可能な支持体上で、移動システムを使用して移動され得る。

20

【0297】

この実施例で、細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906は、実質的に平坦な桁である。換言すれば、各桁の上面は、選択された許容誤差内の変位を伴い、平坦であり得る。細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906は、桁に沿ったある点における不整合が、翼アセンブリ1914の、この桁に結合された対応する部分における不整合を露呈するように、実質的に平坦な桁であるように製造される。

30

【0298】

図1に示す計測システム120などの計測システムによって収集された位置情報に基づいて、調整がなされ得る。しかしながら、細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906の使用によって、翼アセンブリ1914を所望の通りに位置決めするために、より少ないセンサが必要とされる。各制御点でセンサが必要となる代わりに、細長いプラットフォームの各々の平坦度を決定するために計測システムが使用され得、その平坦度の決定から、一又は複数の駆動可能な支持体1902が、作業平面全体を位置合わせに戻すように、調整され得る。

40

【0299】

細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906はまた、必要な駆動可能な支持体1902の数を増やすことなく、より多い結合デバイスの使用を可能にする。結合デバイス1916及び結合デバイス1918はそれぞれ、細長いプラットフォーム1904及び細長いプラットフォーム1906上に、所望の間隔で工業規格に適合するように、また、ツールが翼アセンブリ1914において容易に操作可能であるように、位置決めされ得る。より少ない支持体の使用により、ツールが作業を同時に実施するためのより広い空間が利用可能となる。

50

【0300】

駆動可能な支持システム1900が2つの細長いプラットフォームと2つの駆動可能な支持体1902の部分とを備えて図示されているが、これらは2つより多くてもよい。例えば、幾つかのより小さい桁と対応する駆動可能な支持体1902とが、駆動可能な支持システム1900を形成するために配置され得る。

【0301】

他の実施例で、荷重センサの第1の組(図示せず)が細長いプラットフォーム1904に結合され、翼アセンブリ1914によって細長いプラットフォーム1904に印加される荷重を特定するように構成され得る。荷重センサの第2の組(図示せず)が細長いプラットフォーム1906に結合され、翼アセンブリ1914によって細長いプラットフォーム1906に印加される荷重を特定するように構成され得る。これらのセンサは、恒常的にシステムにフィードバックを提供し得る。

10

【0302】

ここで図20を参照すると、例示的实施形態による、図19の線20-20の方向の、駆動可能な支持システム1900及び翼アセンブリ1914が示される。この図では、細長いプラットフォーム1904内のチャンネル2000及び細長いプラットフォーム1906内のチャンネル2002が示される。チャンネル2000及びチャンネル2002は、図1のブロック図で示した細長いプラットフォーム177内のチャンネル185の、物理的実装の例である。

20

【0303】

この実施例で、チャンネル2000及びチャンネル2002のうちの少なくとも1つは、ワイヤ配線管を提供する。例えば、駆動可能な支持システム1900、翼アセンブリ1914に作業している自律型ツールシステム、パワーツールを使用している人間の作業員1920、又はそれらの組み合わせに対して設備を提供するために、ケーブル2004がチャンネル2000内を通り、ケーブル2006がチャンネル2002内を通り得る。ケーブル2004及びケーブル2006は、図1のライン187の物理的実装の例である。他の実施例では、送気管又は他のデバイスが、チャンネル2000、チャンネル2002、又はこれら両方の内部を通り得る。

【0304】

図21では、例示的实施形態による、図19の翼アセンブリ1914上の結合デバイス1917及び点1919を含む、区域1921の拡大図が示される。図示の実施例では、結合デバイス1917はコネクタ2100を有し得る。この実施例で、コネクタ2100は、翼アセンブリ1914上の点1919に直接的に取り付けられる。

30

【0305】

この実施例では、コネクタ2100が、翼アセンブリ1914に点1919において強固に結合される。コネクタ2100の位置を調整するために、駆動可能な支持体1902のうちの一又は複数(この図では示さず)は、細長いプラットフォーム1904の表面2102を、したがって翼アセンブリ1914の点1919を、位置合わせに戻すように移動する。

【0306】

代替的な実施形態では、コネクタ2100及び結合デバイス1917における他のコンポーネントが移動し得る。しかしながら、図19~21に示す実施形態では、翼アセンブリ1914の所望の位置合わせを提供するために、そのようなタイプの移動は必要とされない。

40

【0307】

図2~18の製造環境200及び製造環境200内のコンポーネントの図解、並びに、図19~21に示す駆動可能な支持システム1900は、例示的な実施形態が実装される方法に対する物理的又は構造的な制限を示唆することを意図していない。図示したコンポーネントに加えて又は代えて、他のコンポーネントが使用され得る。幾つかの構成要素は任意選択になることがある。

50

【0308】

図2～21に示す種々のコンポーネントは、図1のブロック図の形態で示すコンポーネントを物理的な構造としてどのように実装できるかを示す実施例である。加えて、図2～21に示されるコンポーネントの幾つかを、図1のコンポーネントと組み合わせるか、図1のコンポーネントに使用するか、又はそれら2つの場合を組み合わせることができる。

【0309】

次に図22を参照すると、例示的な実施形態による、表面上にツールを位置決めするためのプロセスのフロー図が示される。図22に示されるプロセスは、自律型ツールシステム131及び自律型ツールシステム131内のコンポーネントを、構造物110の表面に対して位置決めするために実施され得る。制御装置122、様々な移動システム、及びその他のデバイスを含む、コンポーネントの組み合わせが、自律型ツールシステム131を位置決めするために使用され得る。計測システム120は、位置決めされている自律型ツールシステム131を位置決定するために使用され得る。

10

【0310】

プロセスは、第1の移動システムを使用して、自律型ツールシステム131を表面上の選択された領域内に概ね位置決めするために、自律型ツールシステム131を構造物110の表面に対して移動することによって開始され得る（作業2200）。自律型ツールシステムのための第1の移動システムの一例は、図16に示す頭上組み立てシステム1600のための移動システム1610であり得る。

【0311】

20

次に、プロセスは、第2の移動システムを使用して、自律型ツールシステム131を構造物上の選択された領域内の選択された位置に正確に位置決めするために、少なくとも1つの自由度を伴って、自律型ツールシステム131を構造物110の表面に対して移動し得る（作業2202）。例えば、図16に示すように、第2の移動システムが、プラットフォーム1602をパネル512の表面800の方へ移動し得る。

【0312】

次いで、プロセスは、第3の移動システムを使用して、選択された位置に対する選択された位置において、作業139を実施するために、自律型ツールシステム131に関連付けられた要素を位置合わせし（作業2204）、その後プロセスは終了し得る。要素は、図16に示すツール1604を備えるエンドエフェクタ1508であり得る。この場合、運動プラットフォーム1504が、作業を実施するために、エンドエフェクタ1508をパネル512の表面800に対して所望の位置に正確に位置決めするように構成される、第3の移動システムであり得る。

30

【0313】

図23では、例示的な実施形態による、構造物110に作業130を実施するためのプロセスを示すフロー図が示される。図23に示されたプロセスは、図1に示す製造環境100内のフレキシブル生産システム102によって実装され得る。

【0314】

プロセスは、駆動可能な支持システム116を形成するために、駆動可能な支持体137を少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、駆動可能な支持体137を第1の位置113から第2の位置115へ駆動することにより開始される（作業2300）。次に、プロセスは、駆動可能な支持システム116を使用して、構造物110を所望の位置133に保持し得る（作業2302）。

40

【0315】

その後、プロセスは、駆動可能な支持システム116を使用して、構造物110を、製造環境100のフロア107上の第2の位置115から第3の位置117へ駆動し得る（作業2304）。次いでプロセスは、複数の自律型ツールシステム118を使用して構造物110に作業130を実施し（作業2306）、その後プロセスは終了する。

【0316】

作業2306において、構造物110が第2の位置115から第3の位置117へ駆動

50

又は操舵されている間、作業 130 が構造物 110 に対して実施され得る。換言すれば、構造物 110 が駆動可能な支持システム 116 によって運搬されている間に、作業 130 が実施され得る。複数の自律型ツールシステム 118 は、これらの作業を実施するために、製造環境 100 内の様々な位置 103 から第 3 の位置 117 へ駆動され得る。

【0317】

次に図 24 を参照すると、例示的な実施形態による、構造物 110 に作業を実施するためにフレキシブル生産システム 102 を動作させるプロセスのフロー図が示される。プロセスは、フレキシブル生産システム 102 内のコンポーネントの計測データ 154 を生成することによって開始され得る（作業 2400）。例えば、駆動可能な支持システム 116、複数の自律型ツールシステム 118、又は構造物 110 のうちの少なくとも一つに對する、現在位置を特定するために、計測システム 120 が使用され得る。

10

【0318】

次いでプロセスは、計測データ 154 において特定される、コンポーネントの現在位置を、そのコンポーネントの所望の位置と比較する（作業 2402）。次に、プロセスは、この比較に基づいてコンポーネントを移動する（作業 2404）。一例として、制御装置 122 が、製造環境 100 内の複数の位置 103 間を駆動するように、自律型ツールシステム 131 に対して命令し得る。制御装置 122 は、製造環境 100 内の他のコンポーネントとの衝突を回避するために、自律型ツールシステム 131 を操舵し得る。

【0319】

コンポーネントが移動しているとき、プロセスは、製造環境 100 内のコンポーネントの位置を監視する（作業 2406）。作業 2406 は、フィードバック制御 199 を提供するために、計測システム 120 を使用して実施され得る。

20

【0320】

次いでプロセスは、コンポーネントの作業を制御し（作業 2408）、その後プロセスは終了する。例えば、制御装置 122 が、コンポーネントに対するタスクの割り当て及び再割り当て、コンポーネントのオフライン化、コンポーネントの再位置決め、動作を実施するようコンポーネントへの命令、あるいはこれらの組み合わせを行い得る。

【0321】

図 24 に示す作業は、フレキシブル生産システム 102 内の各コンポーネントに対して、実質的に同時に起こり得る。例えば、制御装置 122 は、作業 130 全体に亘って、複数の自律型ツールシステム 118 の作業を制御し得る。更に、計測システム 120 は、フレキシブル生産システム 102 内のコンポーネントが所望の位置にあることを確認するために、連続的に計測データ 154 を生成し得る。

30

【0322】

図 25 では、例示的な実施形態による、複数の自律型ツールシステム 118 の作業を制御するためのプロセスのフロー図が示される。図 25 に示すプロセスは、図 24 の作業 2408 の部分として、制御装置 122 によって実装され得る。

【0323】

プロセスは、構造物 110 に対して作業 130 が実施される必要があるかどうかを決定することにより開始される（作業 2500）。作業の実施が必要である場合、次いで、プロセスは、構造物 110 に実施されるタスク 111 を特定する（作業 2502）。幾つの場合、制御装置 122 は、タスク 111 の優先順位を決定し得る。

40

【0324】

次にプロセスは、タスク 111 を複数の自律型ツールシステム 118 に割り当てる（作業 2504）。次いでプロセスは、割り当てられたタスク 111 を伴う命令 166 を、複数の自律型ツールシステム 118 に対して送信する（作業 2506）。その後プロセスは、複数の自律型ツールシステム 118 に割り当てられたタスク 111 のステータス 170 を監視する（作業 2508）。

【0325】

プロセスはまた、複数の自律型ツールシステム 118 のステータス 172 も監視する（

50

作業 2 5 1 0)。次いでプロセスは、タスク 1 1 1 のステータス 1 7 0、又は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 のステータス 1 7 2 のうちの少なくとも 1 つに基づいて、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 間でタスク 1 1 1 を再割り当てし (作業 2 5 1 2)、その後、作業 2 5 0 0 に戻る。

【 0 3 2 6 】

作業 2 5 0 0 に戻り、構造物 1 1 0 に対して実施される作業がない場合、プロセスは終了する。この場合、翼 1 0 8 は完成している。別の実施例で、翼 1 0 8 の組み立てが完遂されていない場合、図 2 5 に示すプロセスは一時的に中断され、後で再開され得る。

【 0 3 2 7 】

図 2 6 では、例示的な実施形態による製造環境の管理プロセスのフロー図が示される。図 2 6 に示すプロセスは、図 1 のブロック図で示した製造環境 1 0 0 を、製造要件に基づいて再構成するために使用され得る。

10

【 0 3 2 8 】

プロセスは、製品 1 0 4 のための製造パラメータ 1 3 2 を決定することにより開始される (作業 2 6 0 0)。次に、プロセスは、製造パラメータ 1 3 2 に基づいて、フレキシブル生産システム 1 0 2 を再構成する (作業 2 6 0 2)。例えば、非限定的に、駆動可能な支持システム 1 1 6、複数の自律型ツールシステム 1 1 8、又は計測システム 1 2 0 のうちの少なくとも 1 つが、翼 1 0 8 のための製造パラメータ 1 3 2 に基づいて再構成され得る。

【 0 3 2 9 】

次いでプロセスは、製品 1 0 4 のための製造パラメータ 1 3 2 に基づいて、構造物 1 1 0 に作業 1 3 0 を実施する (作業 2 6 0 4)。作業 1 3 0 が実施されているとき、プロセスは、フレキシブル生産システム 1 0 2 の健全性を監視する (作業 2 6 0 6)。フレキシブル生産システム 1 0 2 の健全性は、複数の自律型ツールシステム 1 1 8 のステータス 1 7 2、作業 1 3 0 のステータス 1 2 9、人間の作業員 1 4 2 の位置を、一例として含み得る。

20

【 0 3 3 0 】

次いで、フレキシブル生産システム 1 0 2 の部分が再構成を必要とするかどうかに関して、決定がなされる (作業 2 6 0 8)。必要でない場合、プロセスは作業 2 6 0 6 に戻る。

30

【 0 3 3 1 】

上述のように、フレキシブル生産システム 1 0 2 内のコンポーネントのうちの一又は複数が、再構成される必要がある場合、プロセスは作業 2 6 0 2 に戻る。この方式で、翼 1 0 8 のための製造パラメータ 1 3 2 に基づいて、フレキシブル生産システム 1 0 2 は再構成可能である。フレキシブル生産システム 1 0 2 はまた、制御装置 1 2 2 によって監視される変化に基づいて、リアルタイムで再構成可能である。

【 0 3 3 2 】

ここで図 2 7 を参照すると、例示的な実施形態による、翼アセンブリを構築するために駆動可能な支持システムを使用するプロセスのフロー図である。図 2 7 に示されたプロセスは、図 1 のブロック図に示す、細長いプラットフォームを備えた駆動可能な支持システム 1 1 6 を使用して実装され得る。

40

【 0 3 3 3 】

プロセスは、駆動可能な支持体の第 1 のグループを、第 2 の細長いプラットフォームに結合された駆動可能な支持体の第 2 のグループ 1 3 5 と寄せ集めるために、第 1 の細長いプラットフォームに結合された駆動可能な支持体の第 1 のグループ 1 3 5 を、第 1 の位置 1 1 3 から第 2 の位置 1 1 5 へと駆動することによって開始され得る (作業 2 7 0 0)。この実施例で、第 1 の細長いプラットフォームを備えた駆動可能な支持体の第 1 のグループ 1 3 5 は、前スパーリングシステムであり得る。

【 0 3 3 4 】

次いでプロセスは、第 2 の細長いプラットフォームに結合された、駆動可能な支持体 1

50

35の第2のグループを、第2の細長いプラットフォームを第1の細長いプラットフォームに対して位置決めするために、駆動し得る(作業2702)。第2の細長いプラットフォームを備えた駆動可能な支持体の第2のグループ135は、後スパーツーリングシステムであり得る。

【0335】

次に、第1の細長いプラットフォームと第2の細長いプラットフォームとの間に端部支持体が設置され得る(作業2704)。端部支持体は、システムの安定性を高めるために使用される、任選択的なコンポーネントであり得る。

【0336】

その後プロセスは、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームの位置を特定し得る(作業2706)。例えば、計測システム120を使用して、細長いプラットフォームの各々に関して計測データ154が生成され得る。

【0337】

次いでプロセスは、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームの位置が、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームのための所望の位置に対応するかどうかを、決定し得る(作業2708)。位置と所望の位置とが、選択された許容誤差内で対応する場合、プロセスは作業2722へ継続し得る。この実施例で、細長いプラットフォームのための所望の位置は、選択された許容誤差内の翼アセンブリの部品の位置合わせを保證する位置である。

【0338】

作業2708で、位置と所望の位置とが選択された許容誤差内で対応しない場合、プロセスは、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームのうちの少なくとも1つの位置を調整し得る(作業2710)。作業平面を平坦にするために必要に応じて、駆動可能な支持体135を移動することにより、細長いプラットフォームの位置が調整される。

【0339】

その後、構造部材の第1のグループが、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームに対して位置決めされ得る(作業2712)。例えば、非限定的に、前スパー及び後スパーが、細長いプラットフォームの長さに沿って、スパーを様々な結合デバイスに取り付けることによって、細長いプラットフォームの各々にそれぞれ装填され得る。

【0340】

次に、構造部材の第2のグループが、構造部材の第1のグループに対して位置決めされ、指標付けフィーチャを使用して位置合わせされ得る(作業2714)。一例として、ラダーアセンブリを形成するために、リブがスパー間に装填され、適宜指標付けされ得る。

【0341】

次いでプロセスは、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームの位置が変化したかどうかを決定し得る(作業2716)。例えば、計測システム120は、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームが実質的に平坦であることを再確認するために、駆動可能な支持システム116をスキャンし得る。

【0342】

位置が変化していない場合、プロセスは作業2722に進む。位置が変化した場合、プロセスは、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームのうちの少なくとも1つの位置を再調整し得る(作業2718)。

【0343】

その後、プロセスは駆動可能な支持体を固定し得る(作業2720)。作業2720で、駆動可能な支持体135が望ましくない方式で移動しないよう、駆動可能な支持体135は所定位置に定置され得る。例えば、非限定的に、駆動可能な支持体135に取り付けられたホイールがロックされるか格納され得る。

【0344】

10

20

30

40

50

次いでプロセスは、翼アセンブリ 105 を構築するための作業 130 を実施し（作業 2722）、その後プロセスは終了する。一例として、上方外板パネル 184 が装填され、構造部材にタック留めされ得る。複数の自律型ツールシステム 118 は、作業 130 を実施するために、駆動可能な支持システム 116 を移動し得る。

【0345】

作業 130 を通じて、第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームの正式な位置合わせを確認するために、計測システム 120 が使用され得る。更に、荷重センサなどの他のセンサが、翼アセンブリ 105、駆動可能な支持システム 116、又はこれらの両方が過荷重とならないように、力センサにフィードバックを提供し得る。

【0346】

作業 130 が所望通りに実施された後、駆動可能な支持システム 116 は、翼アセンブリ 105 を製造環境 100 内の他の位置へ移動し得る。力センサ、及び計測システム 120 は、荷重平衡と、第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームの正確な位置決めとを確認するために用いられ得る。

【0347】

幾つかの実施例では、駆動可能な支持体 135 の各グループと、それぞれの細長いプラットフォームとが、互いに対する取り付けを要することがあり得る。このような場合、製造環境 100 内における、駆動可能な支持体 135 の構造物 110 に対する位置は、計測システム 120 を使用して決定され得る。

【0348】

駆動可能な支持体の第 1 のグループ 135 を形成するために、幾つかの駆動可能な支持体 135 が、幾つかの駆動可能な支持体 135 の、構造物 110 に対する近接度に基づいて、第 1 の位置 113 へと駆動され得る。例えば、構造物 110 に最も近く且つ利用可能である、4 つの駆動可能な支持体 135 が、駆動可能な支持体の第 1 のグループ 135 を形成するために、第 1 の位置 113 へと駆動され得る。次いで、駆動可能な支持体の第 1 のグループ 135 は、第 1 の細長いプラットフォームに結合され得る。

【0349】

駆動可能な支持体の第 2 のグループ 135 が同様に形成され、次いで、第 2 の細長いプラットフォームに取付けられ得る。この方式で、駆動制御システム 121 は、駆動可能な支持リソースを、製造環境 100 内で効率的に割り振り、構造物 110 の構築プロセスを更に促進し得る。

【0350】

図示した種々の実施形態でのフロー図及びブロック図は、装置及び方法の幾つかの可能な実装の構造、機能、及び動作を示している。これに関し、フロー図やブロック図の各ブロックは、作業やステップの、モジュール、セグメント、機能、もしくは部分又は組み合わせのうちの少なくとも 1 つを表し得る。

【0351】

例示的な実施形態の幾つかの代替的実装では、ブロックに記載された一又は複数の機能が、図中に記載の順序を逸脱して現れることがある。例えば、場合によっては、連続して示されている 2 つのブロックがほぼ同時に実行されること、又は時には含まれる機能によってはブロックが逆順に実施されることもあり得る。また、フロー図又はブロック図に描かれているブロックに加えて他のブロックが追加されることもあり得る。

【0352】

ここで図 28 を参照すると、例示的な実施形態による、データ処理システムのブロック図が示される。データ処理システム 2800 は、図 1 のコンピュータシステム 164 に含まれる一又は複数のコンピュータを実装するために使用され得る。図示のように、データ処理システム 2800 は、通信フレームワーク 2802 を含み、これによってプロセッサユニット 2804、記憶デバイス 2806、通信ユニット 2808、入出力ユニット 2810、及びディスプレイ 2812 の間で通信を提供する。幾つかの場合、通信フレームワーク 2802 はバスシステムとして実装され得る。

10

20

30

40

50

【0353】

プロセッサユニット2804は、任意の数の操作を実施するソフトウェアのための命令を実行するように構成される。プロセッサユニット2804は、実装に応じて、幾つかのプロセッサ、マルチプロセッサコア、何らかの他のタイプのプロセッサ、又はこれらの組み合わせを含み得る。幾つかの場合、プロセッサユニット2804は、回路システム、特定用途向け集積回路(AASIC)、プログラマブル論理デバイス、又は何らかの他の適切なタイプのハードウェアユニットなどの、ハードウェアユニットの形態をとり得る。

【0354】

プロセッサユニット2804によって実行されるオペレーティングシステム、アプリケーション、プログラム、又はこれらの両方に対する命令は、記憶デバイス2806内に配置され得る。記憶デバイス2806は、通信フレームワーク2802を介してプロセッサユニット2804と通信し得る。本明細書で使用する、コンピュータ可読記憶デバイスとも称される記憶デバイスは、一時的に、永続的に、又はそれら両方で情報を記憶できる、任意のハードウェアである。これら情報は、非限定的に、データ、プログラムコード、又はその他の情報のうちの少なくとも1つを含み得る。

10

【0355】

メモリ2814及び固定記憶域2816は、記憶デバイス2806の例である。メモリ2814は、例えば、ランダムアクセスメモリ又は何らかのタイプの揮発性もしくは不揮発性記憶デバイスの形態をとり得る。固定記憶域2816は、任意の数のコンポーネント又はデバイスを含み得る。例えば、固定記憶域2816は、ハードドライブ、フラッシュメモリ、書換え可能な光ディスク、書換え可能な磁気テープ、又は上記の何らかの組み合わせを含み得る。固定記憶域2816によって使用される媒体は、着脱可能又は着脱不可能であり得る。

20

【0356】

通信ユニット2808は、データ処理システム2800が、他のデータ処理システム、デバイス、又はそれらの何らかの組み合わせと通信することを可能にする。通信ユニット2808は、物理的通信リンク、無線通信リンク、又はそれらの組み合わせを使用して、通信を提供し得る。

【0357】

入出力ユニット2810は、データ処理システム2800に接続された他のデバイスとの、入力の受信及び出力の送信を可能にする。例えば、入出力ユニット2810は、キーボード、マウス、又は他の何らかの適切な入力デバイスのうちの少なくとも1つを介して、ユーザ入力を受信されることを可能にする。別の例として、入出力ユニット2810は、データ処理システム2800に接続されたプリンタに、出力が送信されることを可能にする。

30

【0358】

ディスプレイ2812は、ユーザに対して情報を表示するように構成される。ディスプレイ2812は、例えば、非限定的に、モニタ、タッチスクリーン、レーザディスプレイ、ホログラムディスプレイ、仮想ディスプレイデバイス、又は何らかの他のタイプのディスプレイデバイスのうちの1つから選択されたものを含み得る。

40

【0359】

この実施例で、例示的な実施形態の種々のプロセスは、コンピュータに実装された指令を使用して、プロセッサユニット2804によって実施され得る。これらの指令は、プログラムコード、コンピュータで使用可能なプログラムコード、又はコンピュータ可読プログラムコードと称され、プロセッサユニット2804内の一又は複数のプロセッサによって読み取られ実行され得る。

【0360】

これらの実施例で、プログラムコード2818は、選択的に直脱可能なコンピュータ可読媒体2820上に、機能的な形態で配置され、プロセッサユニット2804による実行用に、データ処理システム2800にロード又は転送され得る。プログラムコード281

50

8及びコンピュータ可読媒体2820は、コンピュータプログラム製品2822を共に形成する。この実施例で、コンピュータ可読媒体2820は、コンピュータ可読記憶媒体2824又はコンピュータ可読信号媒体2826であり得る。

【0361】

コンピュータ可読記憶媒体2824は、プログラムコード2818を伝播又は転送する媒体よりはむしろ、プログラムコード2818を記憶するために使用される、物理的な又は有形の記憶デバイスである。コンピュータ可読記憶媒体2824は、例えば、非限定的に、データ処理システム2800に接続された、光学ディスク又は磁気ディスク又は固定記憶デバイスであり得る。

【0362】

代替的に、プログラムコード2818は、コンピュータ可読信号媒体2826を使用してデータ処理システム2800に転送され得る。コンピュータ可読信号媒体2826は、例えば、プログラムコード2818を含む伝播されたデータ信号であり得る。このデータ信号は、物理的通信リンク、無線の通信リンク、又はそれらの何らかの組み合わせで伝送可能な、電磁信号、光信号、又は何らかの他のタイプの信号であり得る。

【0363】

図28のデータ処理システム2800の図は、例示的な実施形態を実装できる方法に対する、物理的又は構造的な限定を示唆することを意図していない。種々の例示的な実施形態が、データ処理システム2800に関して示されているコンポーネントに対する付加的な又は代替的なコンポーネントを含む、データ処理システム内に実装される。更に、図28に示した他のコンポーネントは、図示の例示的な実施例と異なり得る。

【0364】

本発明の例示的な実施形態は、図29の航空機の製造及び保守方法2900と図30の航空機3000とに関連して、記載される。まず図29を参照すると、例示的な実施形態による航空機の製造及び保守方法を示すブロック図が示される。製造前の段階で、航空機の製造及び保守方法2900は、図30の航空機3000の仕様及び設計2902、並びに材料の調達2904を含む。

【0365】

製造段階では、図30の航空機3000のコンポーネント及びサブアセンブリの製造2906、並びにシステムインテグレーション2908が行われる。その後、図30の航空機3000は認可及び納品2910を経て運航2912に供される。顧客による運航2912中、図30の航空機3000は、定期的な整備及び点検2914（改造、再構成、改修、及びその他の整備又は点検を含み得る）がスケジュールリングされる。

【0366】

航空機の製造及び保守方法2900の各プロセスは、システムインテグレータ、第三者、オペレータ、又はこれらの組み合わせによって、実施又は実行され得る。これらの実施例で、オペレータは顧客であってもよい。本明細書の目的で、システムインテグレータは、任意の数の航空機製造者及び主要システムの下請業者を含み得（これらに限定せず）、第三者は、任意の数のベンダー、下請業者、及び供給業者を含み得（これらに限定せず）、オペレータは航空会社、リース会社、軍事団体、サービス機関などであり得る。

【0367】

ここで図30を参照すると、例示的な実施形態が実装され得る航空機のブロック図が示される。この実施例では、航空機3000は、図29の航空機の製造及び点検方法2900によって製造され、複数のシステム3004及び内装3006を有する機体3002を含むことができる。システム3004の例には、推進システム3008、電気システム3010、油圧システム3012、及び環境システム3014の1つ以上が含まれる。任意の数の他のシステムが含まれてもよい。航空宇宙産業の例を示したが、自動車産業などの他の産業に種々の例示的な実施形態を適用することができる。

【0368】

本明細書で実施される装置及び方法は、図29の航空機の製造及び点検方法2900の

10

20

30

40

50

うちの少なくとも1つの段階で用いられ得る。具体的には、図1のフレキシブル生産システム102が、機体3002に作業130を実施するために、航空機の製造及び保守方法2900の様々な段階で使用され得る。例えば、非限定的に、コンポーネント及びサブアセンブリの製造2906中に作業130を実施するために、フレキシブル生産システム102が使用され得る。フレキシブル生産システム102内のコンポーネントはまた、システムインテグレーション2908、定期的な整備及び点検2914、又は、航空機の製造及び保守方法2900の何らかの他の段階中での使用のために、再構成され得る。例えば、複数の自律型ツールシステム118は、定期的な整備及び点検2914中に、機体3002の部分を再加工するためにも使用され得る。

【0369】

例示的な一実施例では、図29のコンポーネント及びサブアセンブリの製造2906で製造される、コンポーネント又はサブアセンブリは、図29で航空機3000の運航2912中に製造されるコンポーネント又はサブアセンブリと同様の方法で、作製又は製造される。更に別の実施例では、一又は複数の装置の実施形態、方法の実施形態、又はこれらの組み合わせを、図29の構成要素及びサブアセンブリの製造2906並びにシステムインテグレーション2908などの製造段階で、利用することができる。一又は複数の装置の実施形態、方法の実施形態、又はこれらの組み合わせを、航空機3000が図29における運航2912、整備及び保守2914の間、又はこれらの組み合わせにおいて、利用することができる。幾つかの種々の例示的な実施形態の利用により、航空機3000の組み立てを大幅に効率化すること、及び/又はコストを削減することができる。

【0370】

したがって、例示的な実施形態は、航空機109用の製品104に対して作業130を実施するための方法及び装置を提供し得る。製品104は、航空機109用の翼108の形態をとる。フレキシブル生産システム102は、駆動可能な支持システム116、複数の自律型ツールシステム118、計測システム120、及びシステム制御装置122を含み得る。駆動可能な支持システム116は、構造物110を所望の位置133で保持し、作業130の実施中、構造物110と共にワークセル112間を移動するように構成され得る。複数の自律型ツールシステム118は、構造物110に作業130を実施する、及び、駆動可能な支持システム116と共に移動するように構成され得る。計測システム120は、駆動可能な支持システム116、複数の自律型ツールシステム118、又は構造物110のうちの少なくとも1つの、計測データ154を生成する、及び、駆動可能な支持システム116と共に移動するように構成され得る。制御装置122は、計測システム120及び複数の自律型ツールシステム118と通信し得る。制御装置122は、計測データ154を使用して、複数の自律型ツールシステム118の作業を制御するように構成され得る。駆動可能な支持システム116、複数の自律型ツールシステム118、又は計測システム120のうちの少なくとも1つは、再構成可能であり得る。

【0371】

例示的な実施形態の使用により、翼108は、製造環境100内の異なる位置において定置式モニメント固定具を使用せずに組み立てられ得る。フレキシブル生産システム102は、製造条件の変更を考慮して、完全に再構成可能である。フレキシブル生産システム102内のコンポーネントは、組み立てライン長の修正、単一の位置でのより多くの作業の実施、又はこれらの組み合わせのために、再構成できる。

【0372】

例示的な実施形態はまた、翼108の組み立て速度を速める。複数の自律型ツールシステム118は、ロボットデバイスを使用して様々な作業を自動化する。複数の自律型ツールシステム118はまた、構造物110を、現在利用されている幾つかのシステムにおけるほど高く持ち上げる必要がないように構成される。例えば、図14に示すように、組み立てシステム1400は、翼アセンブリをより低くセットできるように設計されている。

【0373】

更に、フレキシブル生産システム102は、システム内に統合される様々な安全機能及

10

20

30

40

50

び制御機能を含む。一例として、ブリッジシステム 136 及びレールシステム 138 は、人間の作業員が必要とするアクセスを提供すると共に、落下保護 144 も提供する。制御装置 122 は、コンポーネント間、コンポーネントと地面との間、及びコンポーネントと人間の作業員との間の、望ましくない遭遇が低減される或いは除去されるように、フレキシブル生産システム 102 内のコンポーネントの各々を制御する。

【0374】

例示的な一実施形態は、構造物 110 を様々な方式で支持するために、コンポーネントを再構成し得る。ブリッジシステム 136 が細長いプラットフォームを備える場合、構造物 110 の部品を互いに対して保持し位置合わせするために、幾つかの追加の結合デバイス 195 が使用され得る。駆動可能な支持システム 116 における細長いプラットフォームの実装は、付加的な駆動可能な支持体の費用を追加することなく、構造物 110 に対し付加的な結合を提供する。更に、より少ない駆動可能な支持体 135 を使用することにより、結果として、駆動可能な支持体 135 間で複数の自律型ツールシステム 118 を操作するための空間が増え、構造物 110 に対するアクセスの増大につながる。細長いプラットフォームを精密に追跡し位置合わせするために、より少ないセンサも使用され得る。これらの特徴はすべて、組み立てシステムの作成及び実装に要するコストを削減するシステムにつながる。

10

【0375】

駆動可能な支持システム 116 が製造環境 100 内を自由に移動可能であるので、モニタメントやその他の定置式構造は不要である。例示的な実施形態の使用により、作業者は、構造物 110 を定置式モニタメント固定具から取り外して異なるワークセルに再配置する必要がない。むしろ、駆動可能な支持システム 116 は、構造物 110 が移動するにつれて移動する。この方式で、翼 108 に要する製造時間が削減される。更に、作業を実施する人間の作業員の数も低減し得る。結果として、コスト削減が実現され得る。

20

【0376】

上述した様々な実施形態の説明は、例示及び説明を目的とするものであり、完全な説明であること、又はこれらの実施形態を開示された形態に限定することを意図していない。当業者には、多数の修正例及び変形例が明らかであろう。更に、種々の例示的な実施形態は、他の好ましい実施形態に照らして別の利点を提供することができる。選択された一又は複数の実施形態は、実施形態の原理、実際の用途を最もよく説明するため、及び、様々な実施形態の開示内容と考慮される特定の用途に適した様々な修正との理解を、他の当業者に対して促すために選択及び記述されている。

30

【0377】

したがって、要約すると、本発明の第 1 の態様により下記が提供される。

【0378】

A 1 .

航空機構造のためのフレキシブル生産システムであって、当該システムは、製造環境のフロア上の第 2 の位置で、駆動可能な支持システムを形成するために、少なくとも 1 つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、第 1 の位置から駆動される、駆動可能な支持体を含み、駆動可能な支持システムは、構造物を所望の位置に保持するように構成される、システム。

40

【0379】

A 2 .

駆動可能な支持システムは、構造物に作業が実施される間、構造物を第 3 の位置に駆動するように構成される、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0380】

A 3 .

駆動可能な支持体、駆動可能な支持システム、又は複数の自律型ツールシステムのうちの少なくとも 1 つの、操舵方向が提供される、段落 A 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

50

【 0 3 8 1 】

A 4 .

構造物が第 3 の位置へ駆動される間、構造物に作業を実施するように構成される、複数の自律型ツールシステムを更に備える、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 2 】

A 5 .

複数の自律型ツールシステムは、製造環境のフロア上を駆動されるように構成される、段落 A 4 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 3 】

A 6 .

複数の自律型ツールシステムは、クローラロボット、鋸ドリル、6脚体、下方パネル穿孔機、及び上方パネル穿孔機のうちの少なくとも1つを備える、段落 A 4 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 4 】

A 7 .

複数の自律型ツールシステムは、構造物に対して作業を実施するために、同時に動作するように構成される、段落 A 4 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 5 】

A 8 .

駆動可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも1つの、互いに対する現在位置を、決定するように構成され得る、計測システムを備える、段落 A 4 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 6 】

A 9 .

計測システムは、複数の自律型ツールシステム又は駆動可能な支持システムにおける駆動可能な支持体の各々のうちの、少なくとも1つに接続される、複数のセンサシステムを備える、段落 A 8 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 7 】

A 1 0 .

計測システム、駆動可能な支持システム、及び複数の自律型ツールシステムと通信し、且つ、計測システム、駆動可能な支持システム、又は複数の自律型ツールシステムのうちの少なくとも1つの作業を制御するように構成される、制御装置を更に備える、段落 A 8 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 8 】

A 1 1 .

制御装置は、駆動可能な支持システムにおける駆動可能な支持体の各々の、作業を制御する、段落 A 1 0 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 8 9 】

A 1 2 .

駆動可能な支持システムにおける複数の駆動可能な支持体は、構造物が駆動可能な支持システムから取り除かれた後に、互いから分離し、第 4 の位置へ駆動されるように構成される、段落 A 1 0 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 0 】

A 1 3 .

第 4 の位置は第 1 の位置である、段落 A 1 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 1 】

A 1 4 .

製造環境の寸法、構造物に対する作業のステータス、駆動可能な支持システムのステー

10

20

30

40

50

タス、又は複数の自律型ツールシステムのステータスのうちの少なくとも1つにおける変更に基づいて、フレキシブル生産システムの再構成が実施される、段落 A 1 0 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 2 】

A 1 5 .

駆動可能な支持システムは、複数の駆動可能な支持体を備え、複数の駆動可能な支持体における駆動可能な支持体の各々は、制御装置の命令で、それぞれの部品を互いに対して位置決めするために、構造物用の部品を保持し、製造環境のフロア上を駆動されるように構成される、段落 A 1 0 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 3 】

A 1 6 .

複数の駆動可能な支持体は互いに交換可能である、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 4 】

A 1 7 .

駆動可能な支持システムは、複数の駆動可能な支持体の各々に関連付けられ、構造物に結合するように構成される、複数の結合デバイスを更に備える、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 5 】

A 1 8 .

駆動可能な支持システム、高速自律型バジ知的ツール (R A B I T) である、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 6 】

A 1 9 .

制御装置は、複数の結合デバイスの高さを制御するように構成される、段落 A 1 7 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 7 】

A 2 0 .

制御装置は、複数の結合デバイスの伸張を制御するように構成される、段落 A 1 7 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 8 】

A 2 1 .

駆動可能な支持システムは、プラットフォームに結合され、人間の作業員による構造物へのアクセスを提供するように構成される、ブリッジシステム、及び、人間の作業員のための落下保護を提供するように構成される、レールシステムを備える、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 3 9 9 】

A 2 2 .

制御装置は、構造物の少なくとも1つの部分の現在位置を、計測システムによって決定される当該部分の現在位置に基づいて、変更するために、複数の駆動可能な支持体に命令を送信するように構成される、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 0 0 】

A 2 3 .

制御装置は、複数の駆動可能な支持体に送信される命令において、複数の駆動可能な支持体に対してタスクを割り当てるように構成される、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 0 1 】

A 2 4 .

制御装置は、複数の駆動可能な支持体に割り当てられたタスクのステータス、及び、複

10

20

30

40

50

数の駆動可能な支持体のステータスを監視するように構成される、段落 A 2 3 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0402】

A 2 5 .

制御装置は、タスクのステータス又は複数の駆動可能な支持体のステータスのうちの少なくとも1つに基づいて、複数の駆動可能な支持体の間で、タスクを再割り当てするように構成される、段落 A 2 3 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0403】

A 2 6 .

航空機構造は、胴体、垂直安定板、翼、操縦翼面、及び水平安定板のうちの1つから選択される、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

10

【0404】

A 2 7 .

制御装置は、構造物に対して作業を実施するように、複数の自律型ツールシステムに命令を送信するように構成される、段落 A 1 5 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0405】

A 2 8 .

制御装置は、複数の自律型ツールシステムに送信される命令において、複数の自律型ツールシステムに対してタスクを割り当てるように構成される、段落 A 2 7 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

20

【0406】

A 2 9 .

制御装置は、複数の自律型ツールシステムに割り当てられたタスクのステータス、及び複数の自律型ツールシステムのステータスを監視するように構成される、段落 A 2 7 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0407】

A 3 0 .

制御装置は、タスクのステータス又は複数の自律型ツールシステムのステータスのうちの少なくとも1つに基づいて、複数の自律型ツールシステムの間で、タスクを再割り当てするように構成される、段落 A 2 7 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

30

【0408】

A 3 1 .

制御装置と通信し、複数の自律型ツールシステムの、構造物に対する所望の位置に到達するための経路を生成するように構成される、ナビゲータを更に備える、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0409】

A 3 2 .

ナビゲータ、計測システム、及び制御装置と通信し、且つ、計測システムによって決定されたコンポーネントの現在位置を、航空機座標系となるように変換するように構成される、変換器を更に備える、段落 A 3 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

40

【0410】

A 3 3 .

経路は、変換器から受信される航空機座標に基づいて、ナビゲータによって生成される、段落 A 3 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【0411】

A 3 4 .

上方外板パネル又は下方外板パネルのうちの少なくとも1つを、構造物に対して位置決めするために、製造環境のフロアに対して移動するように構成される、装填システムを備える、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

50

【 0 4 1 2 】

A 3 5 .

装填システムは、上方外板パネルを構造物に対して位置決めするように構成される、第 1 の装填デバイス、及び、下方外板パネルを構造物に対して位置決めするように構成される、第 2 の装填デバイスを備える、段落 A 3 4 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 1 3 】

A 3 6 .

作業は、穿孔作業、締結作業、検査作業、シーリング作業、測定作業、レベリング作業、又は洗浄作業のうち少なくとも 1 つを含む、段落 A 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

10

【 0 4 1 4 】

A 3 7 .

駆動可能な支持システムは、製造環境内の、第 1 の位置、第 2 の位置、第 3 の位置、及び幾つかの追加の位置の間で、構造物を運搬するように構成される、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 1 5 】

A 3 8 .

駆動可能な支持システムが構造物を所望の位置で保持する間、構造物に作業が実施される、段落 A 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

20

【 0 4 1 6 】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【 0 4 1 7 】

B 1 .

航空機構造の製造方法であって、駆動可能な支持システムを形成するために、駆動可能な支持体を少なくとも 1 つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、駆動可能な支持体を第 1 の位置から第 2 の位置へ駆動すること、及び、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を所望の位置に保持することを含む、方法。

【 0 4 1 8 】

B 2 .

駆動可能な支持システムを使用して、製造環境のフロア上の第 2 の位置から第 3 の位置へ構造物を駆動することを更に含む、段落 B 1 に記載の方法も提供される。

30

【 0 4 1 9 】

B 3 .

複数の自律型ツールシステムを使用して、構造物に作業を実施することを更に含む、段落 B 1 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 0 】

B 4 .

構造物が第 3 の位置へ駆動される間、作業が実施される、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

40

【 0 4 2 1 】

B 5 .

複数の自律型ツールシステムを操舵することを更に含む、段落 B 4 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 2 】

B 6 .

駆動可能な支持体又は駆動可能な支持システムのうちの少なくとも 1 つを操舵することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 3 】

B 7 .

50

構造物が第 2 の位置から第 3 の位置へ駆動される間、作業が実施される、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 4 】

B 8 .

駆動可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも 1 つの現在位置を、計測システムを使用して決定することを含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 5 】

B 9 .

制御装置を使用して、複数の自律型ツールシステム、駆動可能な支持システム、及び計測システムの作業を制御することを更に含む、段落 B 8 に記載の方法も提供される。

10

【 0 4 2 6 】

B 1 0 .

構造物を駆動可能な支持システムから取り除くこと、駆動可能な支持システムにおける複数の駆動可能な支持体を互いから分離すること、及び、複数の駆動可能な支持体のうちの少なくとも 1 つを第 4 の位置へ駆動することを更に含む、段落 B 8 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 7 】

B 1 1 .

第 4 の位置は第 1 の位置である、段落 B 1 0 に記載の方法も提供される。

20

【 0 4 2 8 】

B 1 2 .

クローラロボット、鋸ドリル、6 脚体、下方パネル穿孔機、又は上方パネル穿孔機のうちの少なくとも 1 つを使用して、構造物に作業を実施することを更に含む、段落 B 8 に記載の方法も提供される。

【 0 4 2 9 】

B 1 3 .

構造物に作業が実施されるにつれ、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を、製造環境内のワークセルに亘って波状移動することを更に含む、段落 B 1 2 に記載の方法も提供される。

30

【 0 4 3 0 】

B 1 4 .

構造物に作業が実施されるにつれ、駆動可能な支持システムを使用して、製造環境に亘り構造物を連続的に移動することを更に含む、段落 B 1 2 に記載の方法も提供される。

【 0 4 3 1 】

B 1 5 .

制御装置によって生成された命令を使用して、複数の自律型ツールシステムを構造物に対して位置決めすることを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 3 2 】

B 1 6 .

複数の自律型ツールシステムの現在位置を、計測システムを使用して監視することを更に含む、段落 B 1 5 に記載の方法も提供される。

40

【 0 4 3 3 】

B 1 7 .

製造環境の寸法、構造物のステータス、又は、駆動可能な支持システムもしくは複数の自律型ツールシステムのうちの少なくとも 1 つのステータス、のうちの少なくとも 1 つの変化に基づいて、駆動可能な支持システム又は複数の自律型ツールシステムのうちの少なくとも 1 つを、再構成することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 3 4 】

B 1 8 .

50

複数の自律型ツールシステムを現在位置から所望の位置へ、構造物に対して移動するための命令を、制御装置を使用して生成することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 3 5 】

B 1 9 .

制御装置によって生成された命令において、複数の自律型ツールシステムにタスクを割り当てることを更に含む、段落 B 1 8 に記載の方法も提供される。

【 0 4 3 6 】

B 2 0 .

複数の自律型ツールシステムに割り当てられたタスクのステータスを監視すること、複数の自律型ツールシステムのステータスを監視すること、及び、タスクのステータス又は複数の自律型ツールシステムのステータスのうちの少なくとも 1 つに基づいて、複数の自律型ツールシステム間でタスクを再割り当てすることを更に含む、段落 B 1 9 に記載の方法も提供される。

10

【 0 4 3 7 】

B 2 1 .

制御装置を使用して、複数の駆動可能な支持体が第 1 の位置から第 2 の位置へ駆動されるように命令を生成することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 3 8 】

B 2 2 .

制御装置によって生成された命令において、駆動可能な支持体の各々にタスクを割り当てることを更に含む、段落 B 2 1 に記載の方法も提供される。

20

【 0 4 3 9 】

B 2 3 .

複数の駆動可能な支持体に割り当てられたタスクのステータスを監視すること、複数の駆動可能な支持体のステータスを監視すること、及び、タスクのステータス又は複数の駆動可能な支持体のステータスのうちの少なくとも 1 つに基づいて、複数の駆動可能な支持体間でタスクを再割り当てすることを更に含む、段落 B 2 2 に記載の方法も提供される。

30

【 0 4 4 0 】

B 2 4 .

構造物に対する所望の位置に到達するための、複数の自律型ツールシステムの経路を、ナビゲータによって生成することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 1 】

B 2 5 .

上方外板パネルを構造物に対して位置決めすることを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 2 】

B 2 6 .

複数の自律型ツールシステムの第 1 の部分を使用して、上方外板パネルに作業を実施することを更に含む、段落 B 2 5 に記載の方法も提供される。

40

【 0 4 4 3 】

B 2 7 .

下方外板パネルを構造物に対して位置決めすることを更に含む、段落 B 2 6 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 4 】

B 2 8 .

複数の自律型ツールシステムの第 2 の部分を使用して、下方外板パネルに作業を実施することを更に含む、段落 B 2 7 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 5 】

50

B 2 9 .

複数の自律型ツールシステムを製造環境のフロアに沿って駆動することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 6 】

B 3 0 .

複数の自律型ツールシステムを、構造物に亘り駆動することを更に含む、段落 B 2 9 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 7 】

B 3 1 .

構造物に複数の作業を実施するために、複数の自律型ツールシステムを同時に動作することを更に含む、段落 B 3 に記載の方法も提供される。

10

【 0 4 4 8 】

B 3 2 .

複数の作業における 1 つの作業は、穿孔作業、締結作業、検査作業、シーリング作業、測定作業、レベリング作業、又は洗浄作業のうち少なくとも 1 つを含む、段落 B 3 1 に記載の方法も提供される。

【 0 4 4 9 】

B 3 3 .

駆動可能な支持システムを使用して、構造物を第 2 の位置から第 3 の位置へ駆動することを更に含む、段落 B 1 に記載の方法も提供される。

20

【 0 4 5 0 】

B 3 4 .

駆動可能な支持システムを使用して、構造物の一部を第 1 の位置から第 2 の位置へ駆動することを更に含む、段落 B 1 に記載の方法も提供される。

【 0 4 5 1 】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【 0 4 5 2 】

C 1 .

フレキシブル生産システムであって、

製造環境のフロア上の第 2 の位置で、駆動可能な支持システムを形成するために、第 1 の位置から駆動され、少なくとも 1 つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められる、駆動可能な支持体であって、駆動可能な支持システムは、構造物に作業が実施されている間、構造物を所望の位置に保持し、駆動可能な支持システム及び構造物を第 3 の位置へ駆動するように構成される、駆動可能な支持体、

30

構造物に対して作業を実施し、製造環境のフロア上を駆動されるように構成される、複数の自律型ツールシステム、

駆動可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうち少なくとも 1 つの現在位置を決定するように構成され得る、計測システム、及び

計測システム、駆動可能な支持システム、及び複数の自律型ツールシステムと通信し、且つ、駆動可能な支持システム又は複数の自律型ツールシステムのうち少なくとも 1 つの、作業を制御するように構成される、制御装置

40

を備える、システム。

【 0 4 5 3 】

C 2 .

駆動可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は計測システムのうち少なくとも 1 つが再構成可能である、段落 C 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 5 4 】

C 3 .

駆動可能な支持システムにおける複数の駆動可能な支持体は、構造物が駆動可能な支持

50

システムから取り除かれた後に、分離し、それぞれ第 4 の位置へ駆動されるように構成される、段落 C 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 5 5 】

C 4 .

複数の自律型ツールシステムは、クローラロボット、鋸ドリル、6脚体、下方パネル穿孔機、及び上方パネル穿孔機のうちの少なくとも1つを備える、段落 C 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 5 6 】

C 5 .

構造物は、翼、胴体、垂直安定板、水平安定板、自動車、船舶、衛星、及びエンジンのうちの1つから選択される、段落 C 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

10

【 0 4 5 7 】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【 0 4 5 8 】

D 1 .

航空機構造を製造するためのシステムであって、構造物上に位置決めされ、構造物にファスナを設置するために、構造物の表面に沿って移動するように構成される、クローラロボットのグループ、及び、製造環境のフロア上を駆動され、クローラロボットのグループを構造物の表面上に配置するように構成される、可動プラットフォームを備える、システム。

20

【 0 4 5 9 】

D 2 .

製造環境のフロア上の第 2 の位置で、駆動可能な支持システムを形成するために、第 1 の位置から駆動され、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められる、駆動可能な支持体を更に備える、段落 D 1 に記載のシステムであって、駆動可能な支持システムは、ファスナがクローラロボットのグループによって設置されている間、構造物を所望の位置に保持し、駆動可能な支持システム及び構造物を第 3 の位置へ駆動するように構成される、システムも提供される。

【 0 4 6 0 】

D 3 .

クローラロボットのグループにおける各クローラロボットの現在位置を決定するように構成される、計測システム、並びに、計測システム及びクローラロボットのグループと通信し、各クローラロボットを、現在位置から構造物の表面に対する所望の位置へ移動させるための、命令を生成するように構成される、制御装置を更に備える、段落 D 2 に記載のシステムも提供される。

30

【 0 4 6 1 】

D 4 .

クローラロボットのグループにおけるクローラロボットは、構造物の表面に孔を穿孔し、孔に皿穴を開け、孔を検査し、且つ、孔にファスナを設置するように構成される、段落 D 3 に記載のシステムも提供される。

40

【 0 4 6 2 】

D 5 .

クローラロボットは、フレキシブルトラックシステムを備える、段落 D 4 に記載のシステムも提供される。

【 0 4 6 3 】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【 0 4 6 4 】

E 1 .

航空機構造の製造方法であって、構造物にクローラロボットのグループを配置するために、駆動可能なプラットフォームを、製造環境のフロアに亘り駆動すること、及び

50

構造物にファスナを設置するために、クローラロボットのグループを構造物の表面に対して配置することを含む、方法。

【0465】

E 2 .

駆動可能な支持システムを形成するために、駆動可能な支持体を少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、駆動可能な支持体を第1の位置から第2の位置へ駆動すること、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を所望の位置に保持すること、及び、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を製造環境のフロア上の第2の位置から第3の位置へ駆動することを更に含む、段落E 1に記載の方法も提供される。

【0466】

E 3 .

駆動可能な支持システムが構造物を第2の位置から第3の位置へ駆動する間、クローラロボットのグループを使用して、ファスナを設置することを更に含む、段落E 2に記載の方法も提供される。

【0467】

E 4 .

クローラロボットのグループにおける各クローラロボットの現在位置を、計測システムを使用して決定すること、各クローラロボットを現在位置から所望の位置へ、構造物の表面に対して移動させるために、制御装置によって命令を生成すること、及び、各クローラロボットの現在位置を、計測システムを使用して監視することを更に含む、段落E 1に記載の方法も提供される。

【0468】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0469】

F 1 .

航空機構造を製造するためのシステムであって、構造物の表面に対して位置決めされ、構造物においてファスナを設置するために、構造物の表面に対して移動するように構成される、6脚体、及び、6脚体に関連付けられ、6脚体を構造物に対して位置決めするために、6脚体を製造環境のフロアに亘り駆動するように構成される、移動システムを備える、システム。

【0470】

F 2 .

製造環境のフロア上の第2の位置で駆動可能な支持システムを形成するために、第1の位置から駆動され、少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集められる、駆動可能な支持体を更に備える、段落F 1に記載のシステムであって、駆動可能な支持システムは、ファスナが6脚体によって設置されている間、構造物を所望の位置に保持し、駆動可能な支持システム及び構造物を、第3の位置へ駆動するように構成される、システムも提供される。

【0471】

F 3 .

6脚体の現在位置を決定するように構成される、計測システム、並びに、計測システム及び6脚体と通信し、6脚体を現在位置から構造物の表面に対する所望の位置へ駆動するための命令を生成するように構成される、制御装置を更に備える、段落F 2に記載のシステムも提供される。

【0472】

F 4 .

移動システムは、メカナムホイール、格納可能ホイール、タグ、トラックシステム、又はガントリシステムのうちの少なくとも1つから選択される、段落F 1に記載のシステムも提供される。

【0473】

10

20

30

40

50

F 5 .

6脚体は、構造物の表面に孔を穿孔し、孔に皿穴を開け、孔を検査し、且つ、孔にファスナを設置するように構成される、段落F 1に記載のシステムも提供される。

【0474】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0475】

G 1 .

航空機構造の製造方法であって、6脚体を構造物に対して位置決めするために、6脚体に関連付けられる移動システムを使用して、製造環境のフロアに亘り6脚体を駆動すること、及び、構造物にファスナを設置するために、6脚体を、構造物の表面に対して位置決めすることを含む、方法。

【0476】

G 2 .

駆動可能な支持システムを形成するために、駆動可能な支持体を少なくとも1つの他の駆動可能な支持体と寄せ集めるように、駆動可能な支持体を第1の位置から第2の位置へ駆動すること、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を所望の位置に保持すること、及び、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を製造環境のフロア上の第2の位置から第3の位置へ駆動することを更に含む、段落G 1に記載の方法も提供される。

【0477】

G 3 .

6脚体の現在位置を決定すること、及び、制御装置を使用して6脚体を現在位置から所望の位置へ構造物に対して駆動するための、命令を生成することを更に含む、段落G 1に記載の方法も提供される。

【0478】

G 4 .

駆動可能な支持システムが構造物を第2の位置から第3の位置へ駆動する間、6脚体を使用して、構造物においてファスナを設置することを更に含む、段落G 3に記載の方法も提供される。

【0479】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0480】

H 1 .

構造物のためのフレキシブル生産システムであって、構造物の製造のための作業の実施中に、構造物を所望の位置に保持し、複数のワークセル間で構造物を運搬するように構成される、可動式支持システム、構造物に対して作業を実施し、可動式支持システムと共に移動するように構成される、複数の自律型ツールシステム、可動式支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも1つの、計測データを生成するように構成される、計測システム、並びに、計測システム及び複数の自律型ツールシステムと通信し、且つ、計測データを使用して、複数の自律型ツールシステムの作業を制御するように構成される、制御装置を備える、システム。

【0481】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0482】

I 1 .

構造物のためのフレキシブル生産システムであって、構造物の製造のための作業の実施中、構造物を所望の位置に保持し、構造物と共に第1の位置から第2の位置へ移動するように構成される、並進可能な支持システム、構造物に対して作業を実施し、並進可能な支持システムと共に移動するように構成される、複数の自律型ツールシステム、並進可能な支持システム、複数の自律型ツールシステム、又は構造物のうちの少なくとも1つの、計測データを生成するように構成される、計測システム、並びに、

10

20

30

40

50

計測システム及び複数の自律型ツールシステムと通信し、且つ、計測データを使用して、複数の自律型ツールシステムの作業を制御するように構成される、制御装置を備える、システム。

【0483】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0484】

J 1 .

表面上にツールを位置決めする方法であって、表面上の選択された領域内にツールを概ね位置決めするために、第1の移動システムを使用して、ツールを表面に対して移動すること、及び、表面上の選択された領域内の選択された位置にツールを正確に位置決めするために、第2の移動システムを使用して、ツールを表面に対して移動することを含む、方法。

10

【0485】

J 2 .

選択された位置にツールを正確に位置決めするために、少なくとも1つの自由度を伴って、ツールを表面に対して移動することは、第2の移動システムを使用して、少なくとも1つの自由度を伴って、ツールを、選択された位置に、表面に対して移動すること、及び、選択された位置で作業を実施するためのツールに関連付けられた要素を、選択された位置に対して、第3の移動システムを使用して位置合わせすることを含む、段落J 1に記載の方法も提供される。

20

【0486】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0487】

K 1 .

表面上にツールを位置決めする方法であって、表面上の選択された領域内にツールを概ね位置決めするために、第1の移動システムを使用して、ツールを表面に対して移動すること、及び、表面上の選択された領域内の選択された位置にツールを正確に位置決めするために、第2の移動システムを使用して、ツールを表面に対して移動すること、及び、選択された位置で作業を実施するためのツールに関連付けられた要素を、第3の移動システムを使用して、選択された位置に対して位置合わせすることを含む、方法。

30

【0488】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【0489】

L 1 .

航空機構造のためのフレキシブル生産システムであって、前記システムは、駆動可能な支持体の第1のグループ、駆動可能な支持体の第2のグループであって、駆動可能な支持体の第1のグループは、第1の位置から駆動され、製造環境のフロア上の第2の位置で、駆動可能な支持体の第2のグループと寄せ集められる、駆動可能な支持体の第2のグループ、駆動可能な支持体の第1のグループに結合される、第1の細長いプラットフォームであって、駆動可能な支持体の第1のグループは、第1の細長いプラットフォームを第2の位置へ駆動する、第1の細長いプラットフォーム、及び、駆動可能な支持体の第2のグループに結合される、第2の細長いプラットフォームであって、駆動可能な支持体の第2のグループは、第2の細長いプラットフォームを第2の位置へ駆動する、第2の細長いプラットフォームを備え、第1の細長いプラットフォーム及び第2の細長いプラットフォームは、構造物を所望の位置に保持し、構造物を製造環境に亘り運搬する、システム。

40

【0490】

L 2 .

第1の細長いプラットフォームの長さに沿って位置決めされ、構造物に結合される、結合デバイスの第1のグループを更に備える、段落L 1に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

50

【 0 4 9 1 】

L 3 .

第 2 の細長いプラットフォームの長さに沿って位置決めされ、構造物に結合される、結合デバイスの第 2 のグループを更に備える、段落 L 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 9 2 】

L 4 .

結合デバイスの第 1 のグループは構造物の前縁に結合され、結合デバイスの第 2 のグループは構造物の後縁に結合される、段落 L 3 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

10

【 0 4 9 3 】

L 5 .

第 1 の細長いプラットフォーム又は第 2 の細長いプラットフォームのうちの少なくとも 1 つにおけるチャンネル内に位置決めされる、幾つかのラインを更に備え、当該幾つかのラインは、構造物を構築するための作業を実施するように構成された複数の自律型ツールシステムに、幾つかの設備を供給する、段落 L 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 9 4 】

L 6 .

駆動可能な支持体の第 1 のグループの各々は、構造物の位置を調整するために、第 1 の細長いプラットフォームを幾つかの軸に対して移動するように構成される、移動システムを備える、段落 L 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

20

【 0 4 9 5 】

L 7 .

駆動可能な支持体の第 2 のグループの各々は、構造物の位置を調整するために、第 2 の細長いプラットフォームを幾つかの軸に対して移動するように構成される、移動システムを備える、段落 L 6 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 9 6 】

L 8 .

駆動可能な支持体の第 1 のグループ及び駆動可能な支持体の第 2 のグループが、無人搬送車である、段落 L 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

30

【 0 4 9 7 】

L 9 .

第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームのうちの少なくとも 1 つにおける点の位置を特定するように構成される、計測システムを更に備える、段落 L 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 4 9 8 】

L 1 0 .

計測システムは、第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームに関連付けられる、複数のセンサシステムを備え、複数のセンサシステムは、計測システムによる使用のための計測データを生成するように構成される、段落 L 9 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

40

【 0 4 9 9 】

L 1 1 .

第 1 の細長いプラットフォームに結合され、構造物によって第 1 の細長いプラットフォームに印加される荷重を特定するように構成される、荷重センサの第 1 の組、及び、第 2 の細長いプラットフォームに結合され、構造物によって第 2 の細長いプラットフォームに印加される荷重を特定するように構成される、荷重センサの第 2 の組を更に備える、段落 L 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 5 0 0 】

50

L 1 2 .

構造物に作業を実施するように構成される、複数の自律型ツールシステムを更に備える、段落 L 9 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 5 0 1 】

L 1 3 .

複数の自律型ツールシステムが、製造環境のフロア上を駆動されるように構成される、段落 L 1 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 5 0 2 】

L 1 4 .

第 1 の細長いプラットフォームに結合された駆動可能な支持体の第 1 のグループと、駆動可能な支持体の第 2 のグループとが、構造物を第 3 の位置へ駆動するように構成される、駆動可能な支持システムを形成する、段落 L 1 2 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

10

【 0 5 0 3 】

L 1 5 .

駆動可能な支持システムが非定置式固定具を形成する、段落 L 1 4 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 5 0 4 】

L 1 6 .

計測システムと通信する駆動制御システム、駆動可能な支持体の第 1 のグループ、駆動可能な支持体の第 2 のグループ、及び複数の自律型ツールシステムを更に備える、段落 L 1 2 に記載のフレキシブル生産システムであって、駆動制御システムは、計測システム、駆動可能な支持体の第 1 のグループ、駆動可能な支持体の第 2 のグループ、又は複数の自律型ツールシステムのうちの少なくとも 1 つの作業を制御するように構成される、システムも提供される。

20

【 0 5 0 5 】

L 1 7 .

製造環境内の、駆動可能な支持体の構造物に対する位置は、計測システムを使用して決定される、段落 L 1 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

【 0 5 0 6 】

L 1 8 .

幾つかの駆動可能な支持体は、駆動可能な支持体の第 1 のグループを形成するために、当該幾つかの駆動可能な支持体の、構造物に対する近接度に基づいて、第 1 の位置へ駆動されるように構成される、段落 L 1 7 に記載のフレキシブル生産システムも提供される。

30

【 0 5 0 7 】

本発明のさらなる態様によれば、下記が提供される。

【 0 5 0 8 】

M 1 .

航空機構造の製造方法であって、第 1 の細長いプラットフォームに結合された駆動可能な支持体の第 1 のグループを、製造環境のフロア上の第 1 の位置から第 2 の位置へ駆動すること、第 2 の細長いプラットフォームを第 1 の細長いプラットフォームに対して位置決めするために、第 2 の細長いプラットフォームに結合された駆動可能な支持体の第 2 のグループを駆動すること、及び、航空機構造を形成するために使用される構造物を、第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームに結合することを含む、方法。

40

【 0 5 0 9 】

M 2 .

第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームを使用して、構造物を所望の位置で保持することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 1 0 】

50

M 3 .

第 1 の細長いプラットフォームに結合される駆動可能な支持体の第 1 のグループ、及び、第 2 の細長いプラットフォームに結合される駆動可能な支持体の第 2 のグループは、駆動可能な支持システムを形成し、当該方法は、駆動可能な支持システムを使用して、構造物を製造環境のフロア上の第 2 の位置から第 3 の位置へ駆動することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 1 1 】

M 4 .

複数の自律型ツールシステムを使用して、構造物に作業を実施することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

10

【 0 5 1 2 】

M 5 .

第 1 の細長いプラットフォーム又は第 2 の細長いプラットフォームのうちの少なくとも 1 つに位置する人間の作業員を使用して、構造物に作業を実施することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 1 3 】

M 6 .

構造物を結合することは、構造物が、第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームによって支持されるように、第 1 の細長いプラットフォームの長さに沿って位置決めされた結合デバイスの第 1 のグループを構造物に結合すること、及び、第 2 の細長いプラットフォームの長さに沿って位置決めされた結合デバイスの第 2 のグループを構造物に結合することを含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

20

【 0 5 1 4 】

M 7 .

構造物を構築するための作業を実施するように構成される、複数の自律型ツールシステムに、幾つかの設備を供給することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 1 5 】

M 8 .

第 1 の細長いプラットフォーム又は第 2 の細長いプラットフォームのうちの少なくとも 1 つにおけるチャンネル内に位置決めされた、設備用ケーブルを使用して、幾つかの設備を供給することを更に含む、段落 M 7 に記載の方法も提供される。

30

【 0 5 1 6 】

M 9 .

計測システムを使用して、第 1 の細長いプラットフォーム上の点の位置を決定することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 1 7 】

M 1 0 .

構造物の位置を調整するために、駆動可能な支持体の第 1 のグループにおける少なくとも 1 つの駆動可能な支持体上の、移動システムを使用して、第 1 の細長いプラットフォームを幾つかの軸に対して移動することを更に含む、段落 M 9 に記載の方法も提供される。

40

【 0 5 1 8 】

M 1 1 .

計測システムを使用して、第 2 の細長いプラットフォーム上の点の位置を決定することを更に含む、段落 M 1 0 に記載の方法も提供される。

【 0 5 1 9 】

M 1 2 .

構造物の位置を調整するために、駆動可能な支持体の第 2 のグループにおける少なくとも 1 つの駆動可能な支持体上の、移動システムを使用して、第 2 の細長いプラットフォームを幾つかの軸に対して移動することを更に含む、段落 M 1 1 に記載の方法も提供される。

50

【 0 5 2 0 】

M 1 3 .

構造物によって第 1 の細長いプラットフォームに印加される荷重を、荷重センサの第 1 の組を使用して特定すること、及び、構造物によって第 2 の細長いプラットフォームに印加される荷重を、荷重センサの第 2 の組を使用して特定することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 2 1 】

M 1 4 .

構造物が移動しているとき、第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームに対して、構造物の荷重を平衡化することを更に含む、段落 M 1 3 に記載の方法も提供される。

10

【 0 5 2 2 】

M 1 5 .

駆動可能な支持体の第 1 のグループ及び駆動可能な支持体の第 2 のグループを、製造環境のフロアに亘り操舵することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 2 3 】

M 1 6 .

構造物を第 1 の細長いプラットフォーム及び第 2 の細長いプラットフォームから取り除くこと、及び、第 1 の細長いプラットフォームを運搬する駆動可能な支持体の第 1 のグループ又は第 2 の細長いプラットフォームを運搬する駆動可能な支持体の第 2 のグループのうち少なくとも 1 つを、第 4 の位置へ駆動することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

20

【 0 5 2 4 】

M 1 7 .

製造環境内の駆動可能な支持体の、構造物に対する位置を決定すること、及び、駆動可能な支持体の第 1 のグループを形成するために、当該幾つかの駆動可能な支持体の、構造物に対する近接度に基づいて、幾つかの駆動可能な支持体を第 1 の位置へ駆動することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

【 0 5 2 5 】

M 1 8 .

駆動可能な支持体の第 1 のグループを第 1 の細長いプラットフォームに結合することを更に含む、段落 M 1 に記載の方法も提供される。

30

【 符号の説明 】

【 0 5 2 6 】

2 0 0 製造環境
 2 0 4 翼アセンブリ
 2 0 6 フレキシブル生産システム
 2 0 8 駆動可能な支持システム
 2 1 0 自律型ツールシステム
 2 1 2 計測システム
 2 1 4 システム制御装置
 2 1 6、2 1 8、2 2 0、2 2 2、2 2 4 ワークセル
 3 0 2 翼アセンブリ
 3 0 4 構造部材
 3 0 6 スパー
 3 0 8 リブ
 4 0 2、4 0 3 支持体
 4 0 4 第 1 の部分
 4 0 6 第 2 の部分
 5 0 0、5 0 2 側

40

50

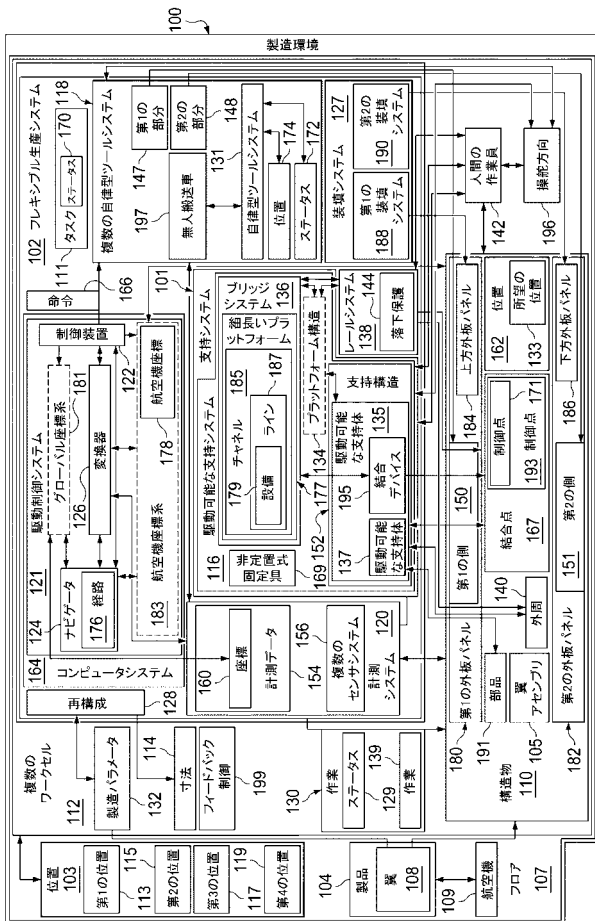
5 0 4	ブリッジシステム	
5 0 6	人間の作業員	
5 0 8	レールシステム	
5 1 0	レール	
5 1 2	パネル	
5 1 4	側	
6 0 0	プラットフォーム	
6 0 2	牽引ゲート	
7 0 0	装填デバイス	
7 0 2	レール	10
8 0 0	表面	
8 0 2	穿孔デバイス	
8 0 4	鋸ドリル	
8 0 6	区域	
9 0 0	移動システム	
9 0 2	搭載型制御装置	
9 0 4	ツール	
1 0 0 1	クローラロボット	
1 0 0 2	クローラ支持体	
1 0 0 4	クローラロボット	20
1 0 0 6	駆動可能なプラットフォーム	
1 0 0 8	区域	
1 1 0 0、	1 1 0 1 移動システム	
1 1 0 2	ツール	
1 1 0 6	搭載型制御装置	
1 1 0 8	ピックアンドブレースアーム	
1 1 1 0	設備用アーム	
1 1 1 2	平衡化システム	
1 1 1 3	ケーブル	
1 1 1 4	プーリ	30
1 1 1 6	分銅	
1 2 0 0	装填デバイス	
1 2 0 2	パネル	
1 2 0 8	側	
1 2 1 0	組み立てシステム	
1 3 0 0	プラットフォーム	
1 3 0 2、	1 3 0 4 移動システム	
1 3 0 8	再位置決め可能なヘッダ	
1 3 1 0	設備用ケーブル	
1 4 0 0	組み立てシステム	40
1 5 0 0	表面	
1 5 0 2	移動システム	
1 5 0 4	運動プラットフォーム	
1 5 0 6	ツール	
1 5 0 8	エンドエフェクタ	
1 5 1 0	搭載型制御装置	
1 6 0 0	頭上組み立てシステム	
1 6 0 2	運動プラットフォーム	
1 6 0 4	ツール	
1 6 0 6	エンドエフェクタ	50

- 1 6 0 8 頭上支持システム
- 1 6 1 0 移動システム
- 1 6 1 2 搭載型制御装置
- 1 8 0 0 構成
- 1 9 0 0 駆動可能な支持システム
- 1 9 0 1 ワークセル
- 1 9 0 2 駆動可能な支持体
- 1 9 0 4、1 9 0 6 細長いプラットフォーム
- 1 9 0 8 第1のグループ
- 1 9 1 0 第2のグループ
- 1 9 1 2 軸
- 1 9 1 4 翼アセンブリ
- 1 9 1 6、1 9 1 7、1 9 1 8 結合デバイス
- 1 9 1 9 点
- 1 9 2 0 人間の作業員
- 1 9 2 1 区域
- 2 0 0 0、2 0 0 2 チャンネル
- 2 0 0 4、2 0 0 6 ケーブル
- 2 1 0 0 コネクタ
- 2 1 0 2 表面
- 2 8 0 2 通信フレームワーク

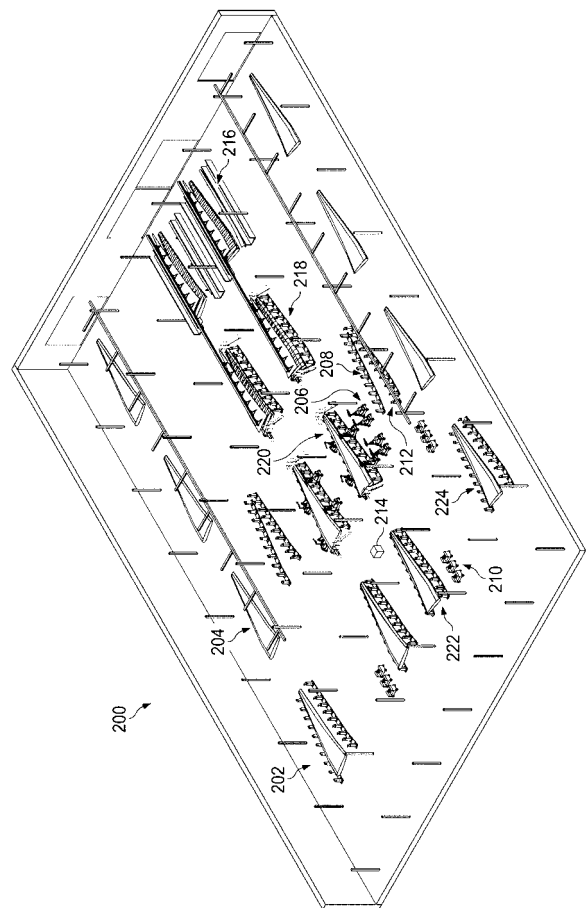
10

20

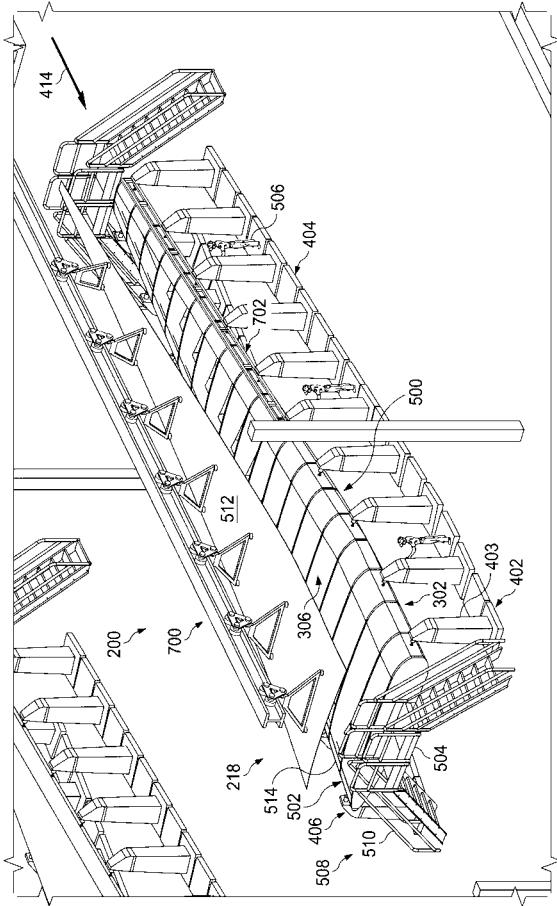
【図1】



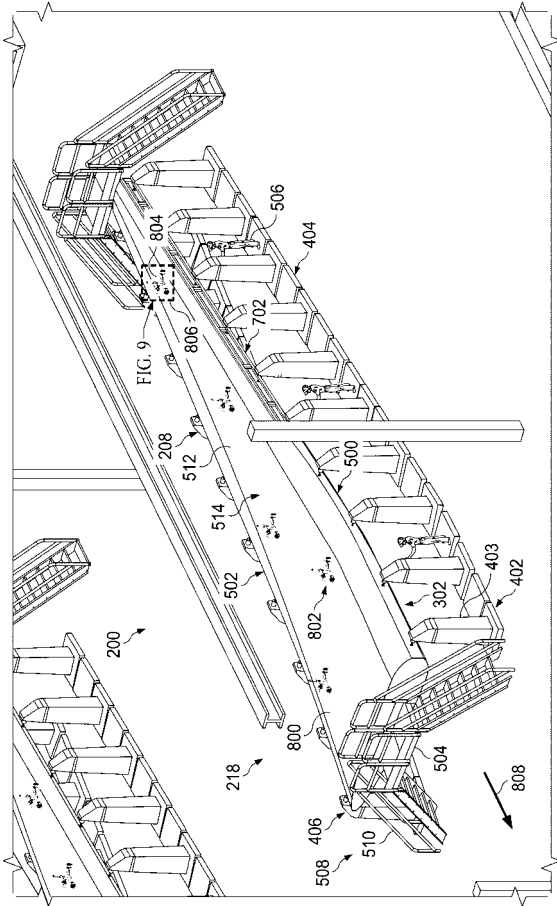
【図2】



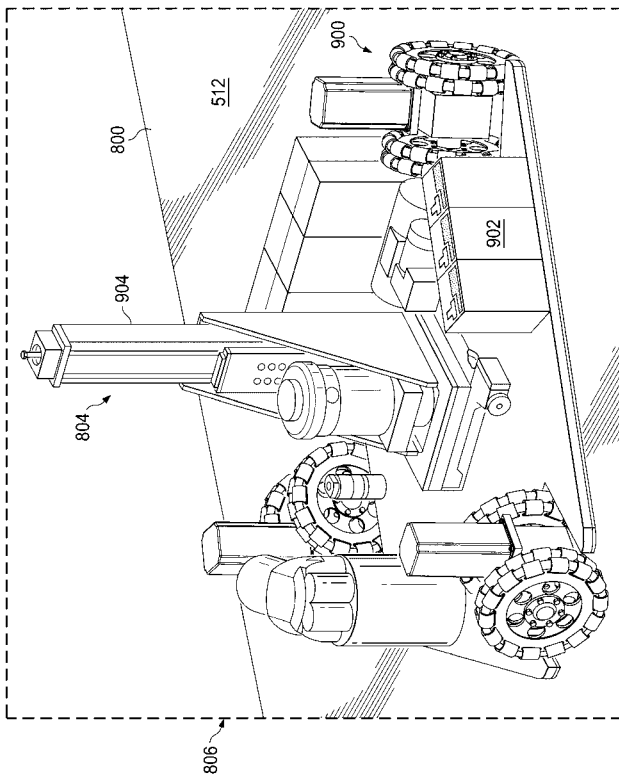
【 図 7 】



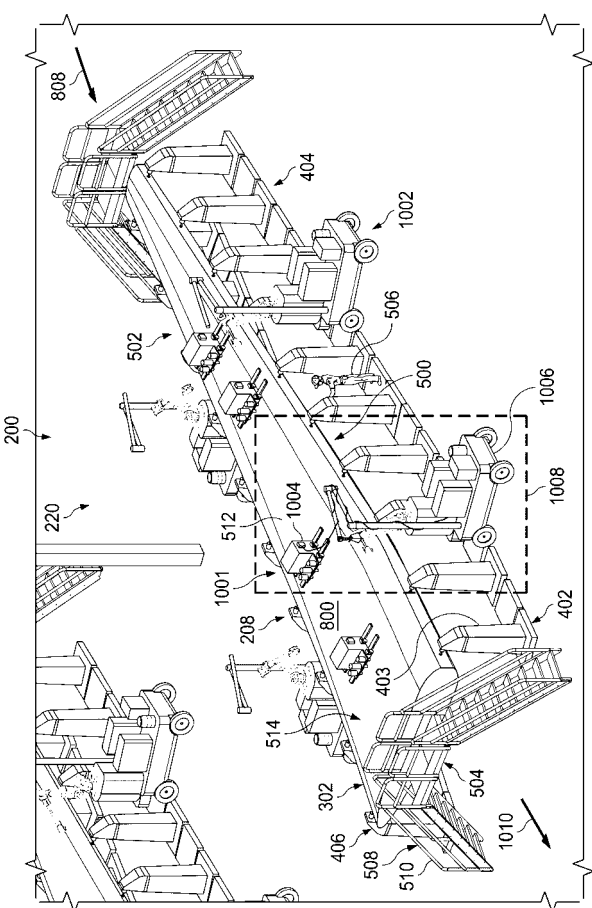
【 図 8 】



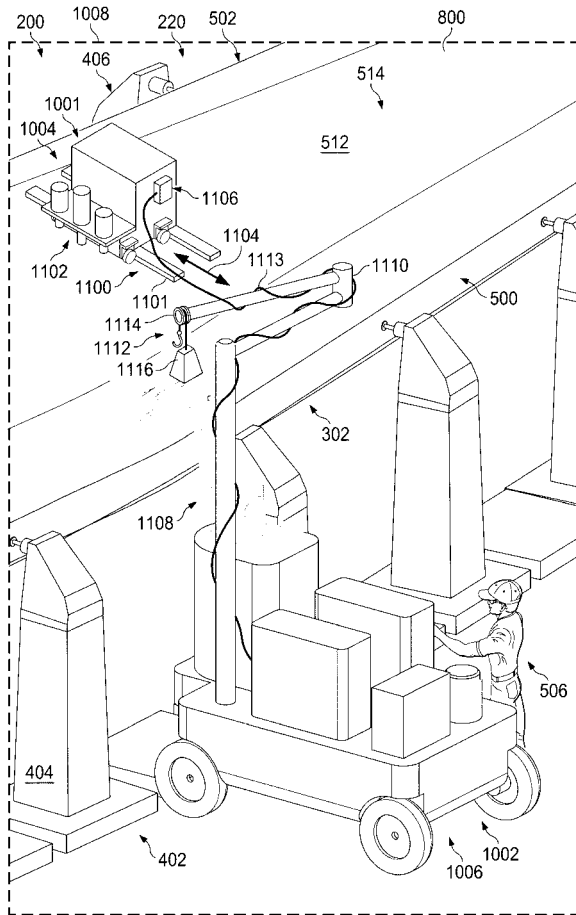
【 図 9 】



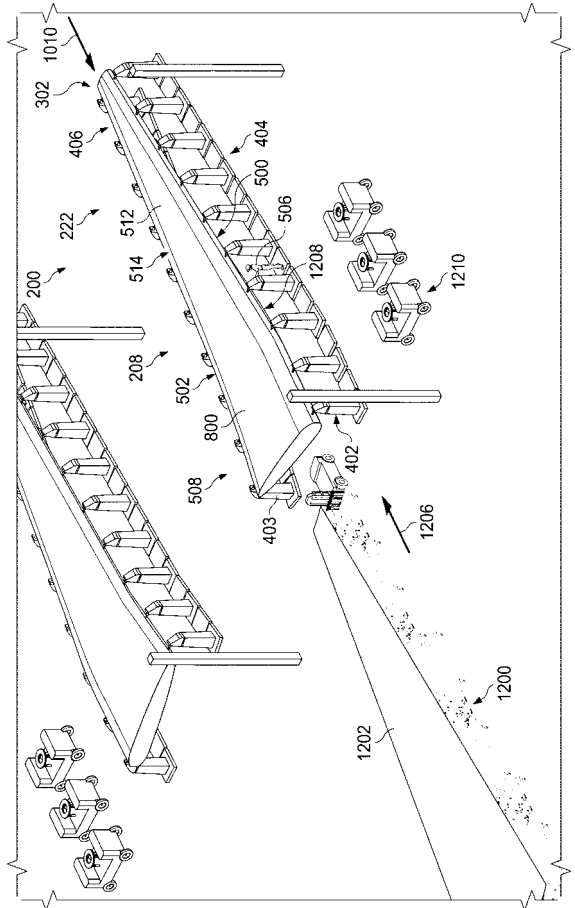
【 図 10 】



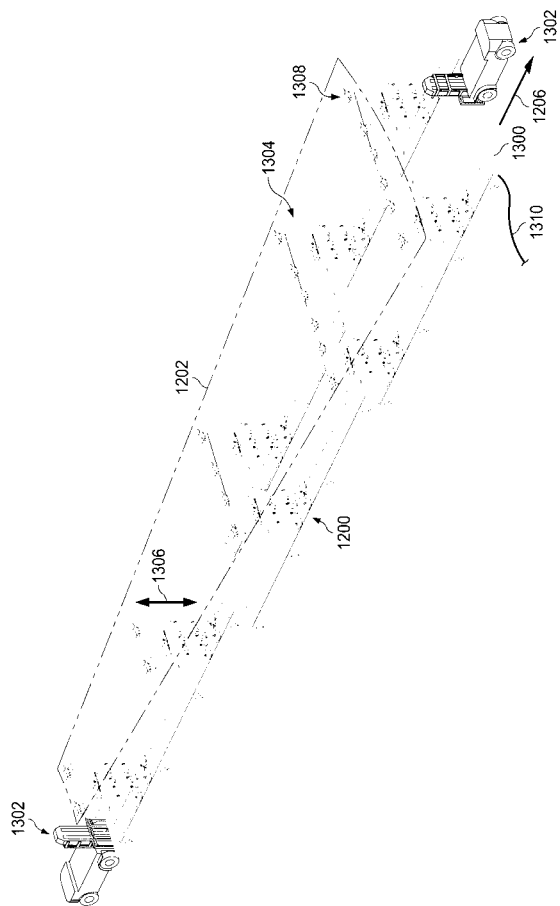
【 図 1 1 】



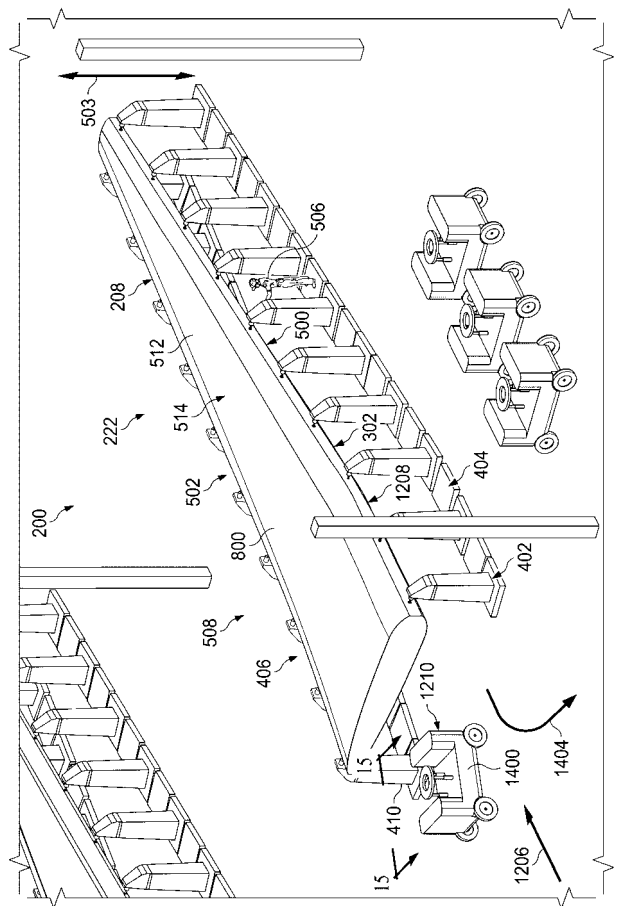
【 図 1 2 】



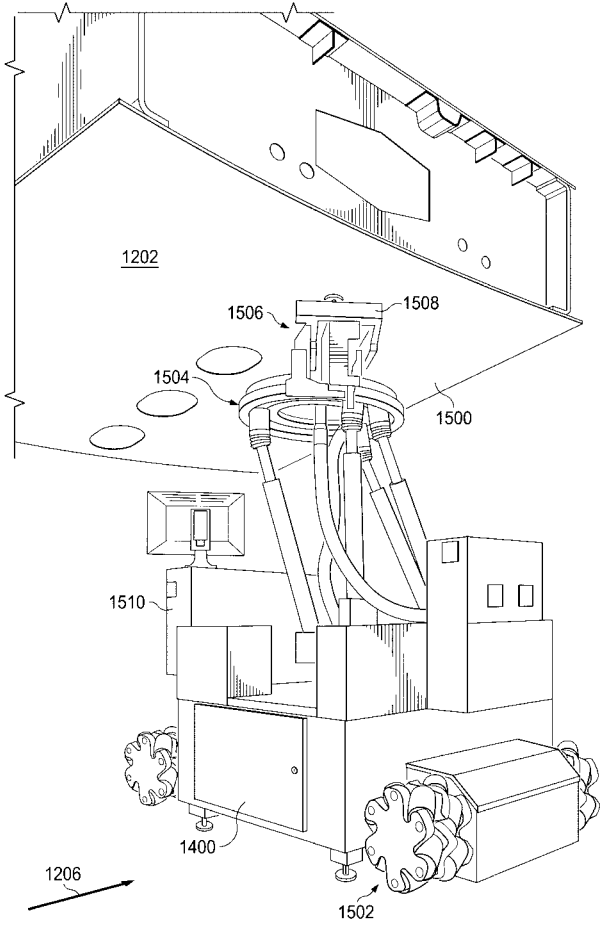
【 図 1 3 】



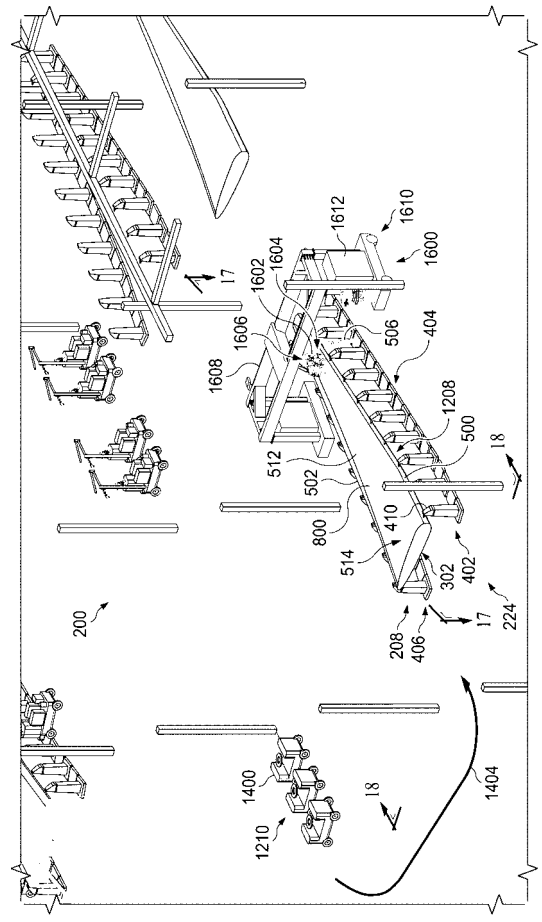
【 図 1 4 】



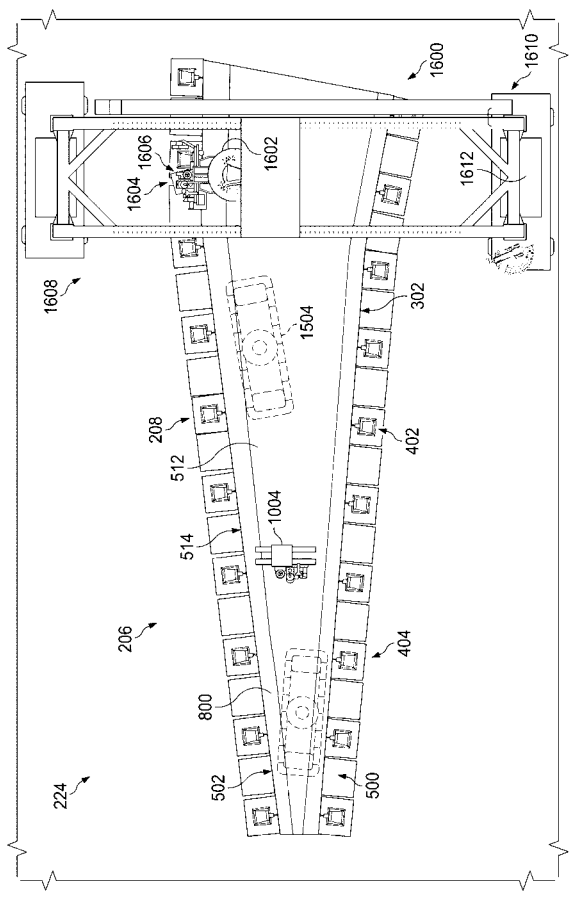
【 図 1 5 】



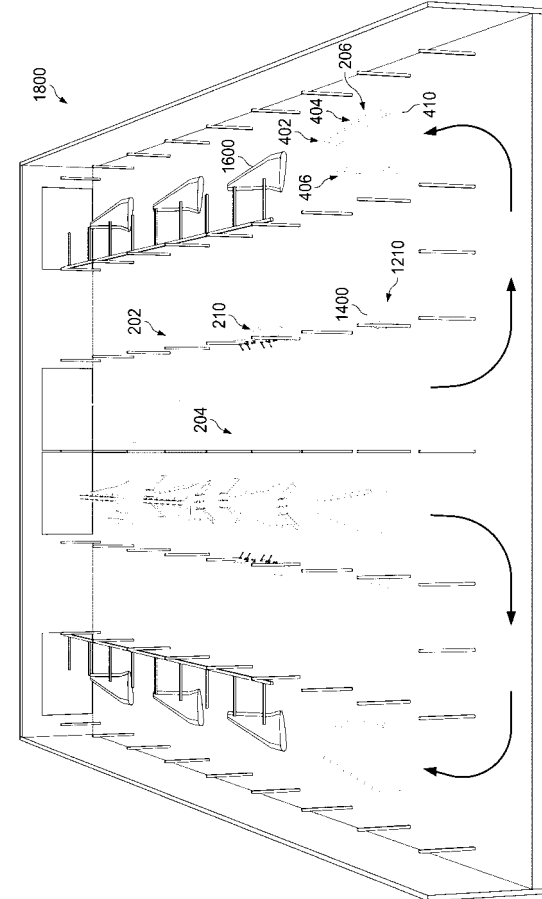
【 図 1 6 】



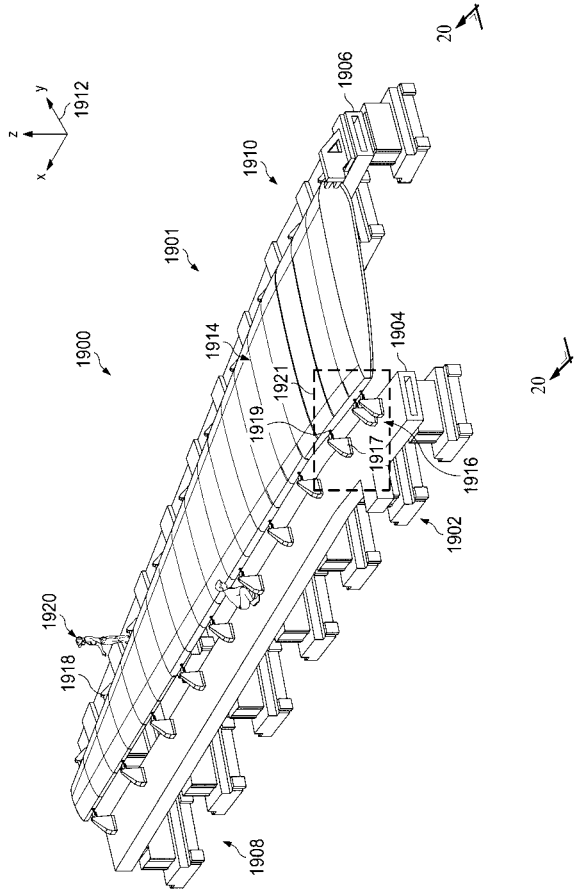
【 図 1 7 】



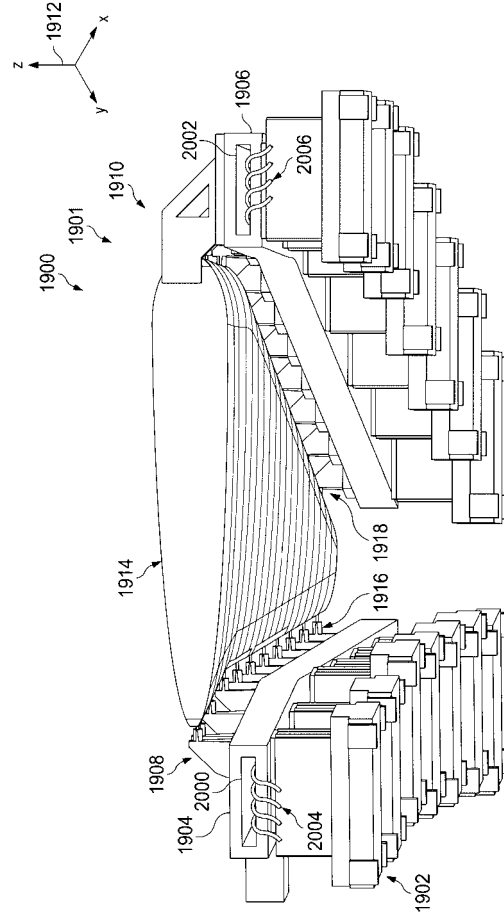
【 図 1 8 】



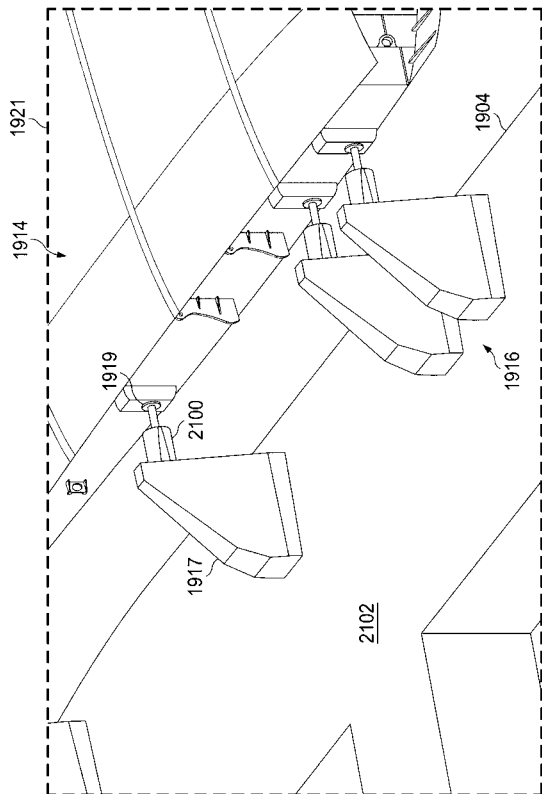
【図 19】



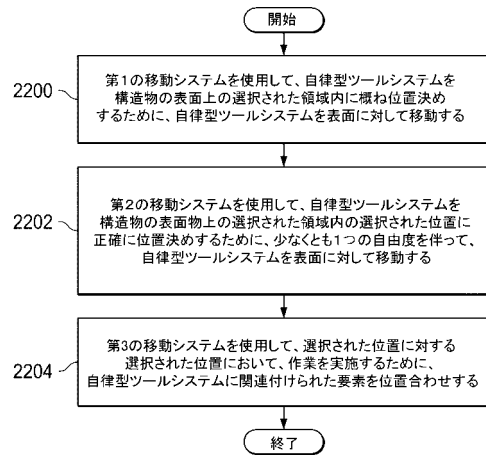
【図 20】



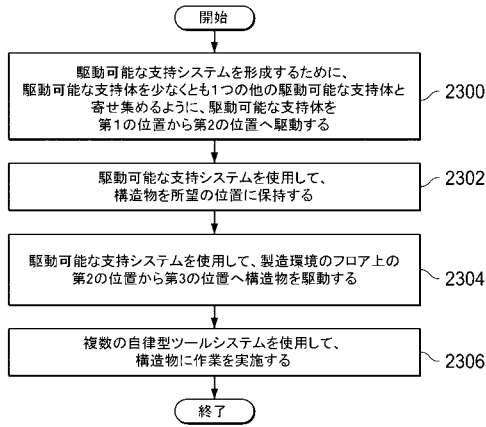
【図 21】



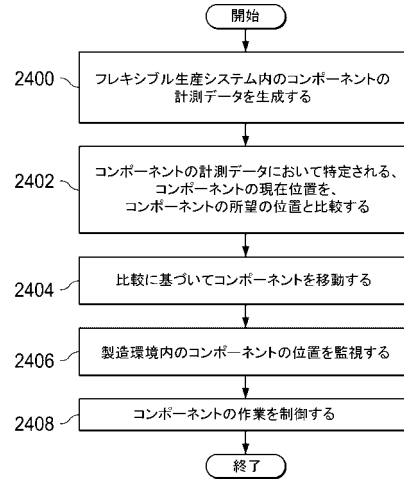
【図 22】



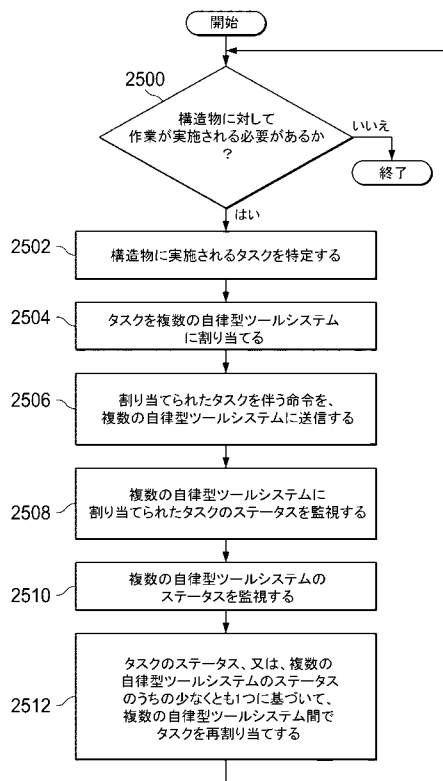
【 図 2 3 】



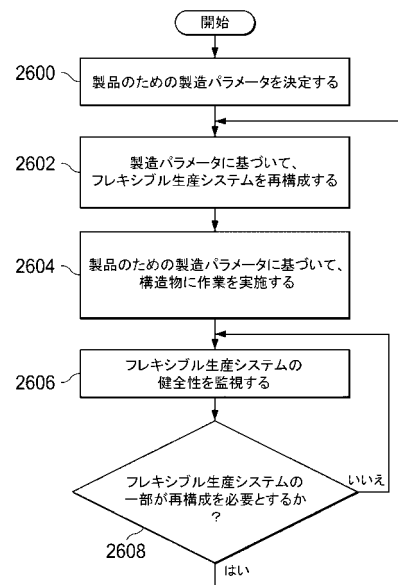
【 図 2 4 】



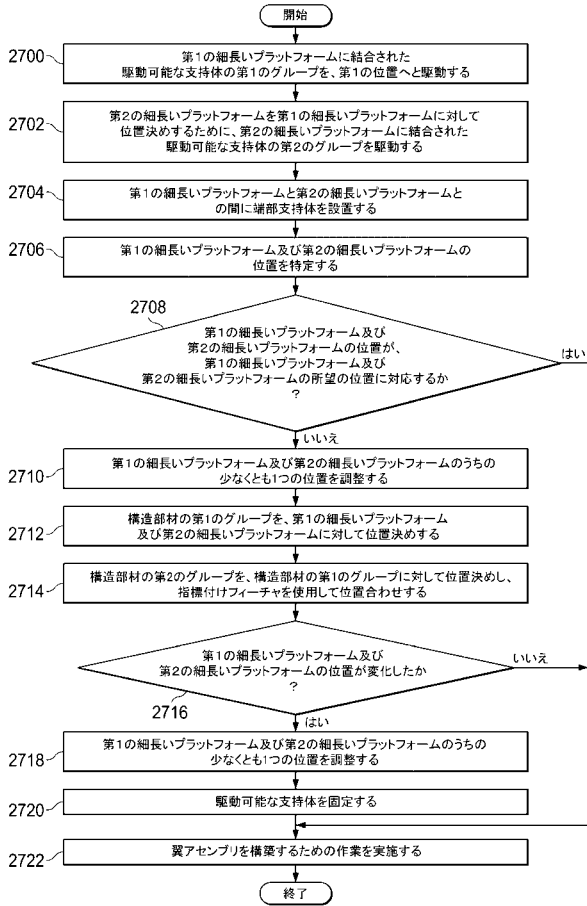
【 図 2 5 】



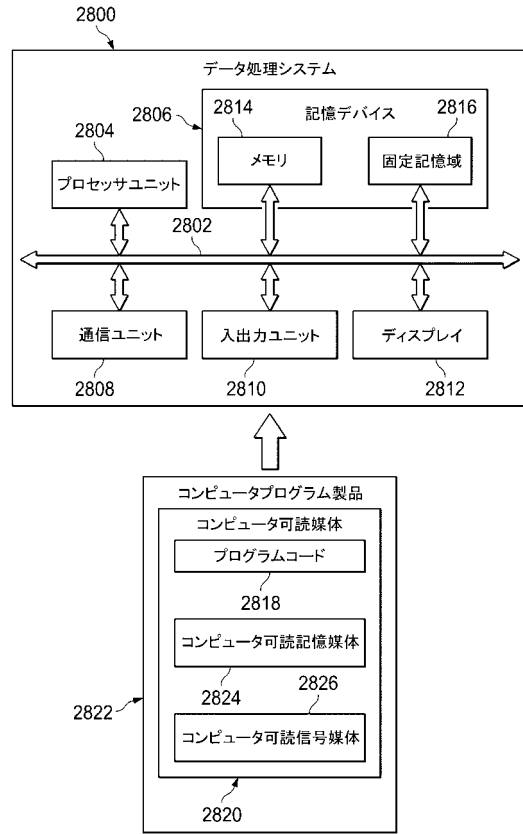
【 図 2 6 】



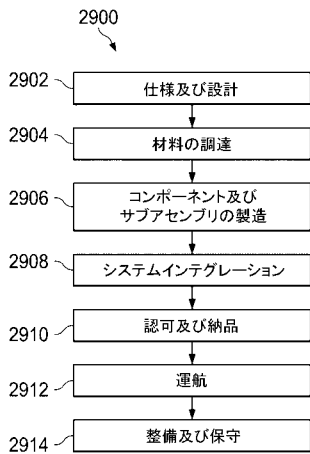
【 図 2 7 】



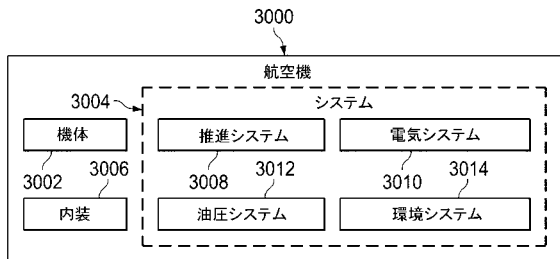
【 図 2 8 】



【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



フロントページの続き

(72)発明者 ムンク, クレイトン リン
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ
100

(72)発明者 シュミット, スティーヴン ジョン
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ
100

(72)発明者 リード, エリック エム.
アメリカ合衆国 イリノイ 60606 - 2016, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ
100

Fターム(参考) 3C030 BC01 BC08 BC35 CC00
3C100 AA68 BB11 BB21 CC01 EE20

【外国語明細書】

2016000611000001.pdf

2016000611000002.pdf

2016000611000003.pdf

2016000611000004.pdf