

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5591251号
(P5591251)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl.

F 1

B 6 4 F 1/22 (2006.01)

B 6 4 F 1/22

請求項の数 13 (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2011-537011 (P2011-537011)
(86) (22) 出願日 平成21年11月25日(2009.11.25)
(65) 公表番号 特表2012-509803 (P2012-509803A)
(43) 公表日 平成24年4月26日(2012.4.26)
(86) 国際出願番号 PCT/IL2009/001110
(87) 国際公開番号 W02010/061384
(87) 国際公開日 平成22年6月3日(2010.6.3)
審査請求日 平成24年10月25日(2012.10.25)
(31) 優先権主張番号 195505
(32) 優先日 平成20年11月25日(2008.11.25)
(33) 優先権主張国 イスラエル(IL)
(31) 優先権主張番号 198950
(32) 優先日 平成21年5月25日(2009.5.25)
(33) 優先権主張国 イスラエル(IL)

(73) 特許権者 509082743
イスラエル エアロスペース インダスト
リーズ リミテッド
イスラエル国 ロッド 70100, ベン
グリオンインターナショナルエアポート
(74) 代理人 100114775
弁理士 高岡 亮一
(74) 代理人 100121511
弁理士 小田 直
(72) 発明者 ペリー, アリー
イスラエル国, 45257 ホッド ハシ
ャロン, 3 シャブタイ ストリート

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 牽引棒を有しない航空機牽引車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機の降着装置を受け、それにより航空機を牽引するように構成された、牽引棒を有しない航空機牽引車であって、前記牽引車は、

・上に前記降着装置の少なくとも一部を受けるように構成されたシャーシと、

・軌道に沿った方向に前記牽引車を移動するように構成され、可変角度斜板油圧モータおよび制御可能なバイパス経路バルブと連結した可変角度斜板油圧ポンプから成る推進配置であって、前記バイパス経路が閉じられた状態にあるとき、前記推進配置を起動させて前記牽引車の速度および牽引力のうちの少なくとも1つを増加させるために、前記ポンプと前記モータ間に油圧流体が循環するように、そして、少なくとも、前記バイパス経路が開かれた状態にあるとき、油圧流体の大部分が、前記牽引車の回転速度および牽引力のうちの少なくとも1つを減少させるために、前記バイパス経路バルブを介して前記モータを横切って循環するように構成された、推進配置と、

・前記牽引車および前記航空機との速度差に起因して、少なくとも前記方向に前記シャーシによって前記降着装置へ及ぼされる力を、直接または間接に、測定するように構成された少なくとも1つの力センサと、

・前記力センサと連通し、そして、前記降着装置へ前記シャーシによって及ぼされる力が、少なくとも前記推進配置の利用可能な動力、前記ポンプおよび前記モータ斜板、並びに、前記バイパス経路バルブの状態を調整することによって、所定値以下で維持されるように、前記牽引車の動作の1つ以上のパラメータを変更するよう構成された制御装置と、

10

20

を備え、

前記航空機の航空機パイロットにより制御された制動を示す、前記少なくとも1つの力センサの出力にตอบสนองして、前記制御装置は、前記可変角度斜板油圧ポンプの制御角を減少させることと並行して前記バイパス経路バルブを開放するように構成される、牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項2】

前記バイパス経路が閉じられるときに、牽引車の自由な動作のために、前記モータの全域にわたって油圧流体の自由流動を許容する油圧モータ三方弁をさらに備える、請求項1に記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項3】

前記制御装置が、

- ・前記油圧モータの容量と、
- ・前記斜板ポンプの制御角と、

のうちのいずれか1つ以上を調整するように構成される、請求項1または2に記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項4】

前記制御装置が、

- ・前記斜板ポンプの制御角の速い変化と、
- ・前記斜板ポンプの制御角の遅い変化と、

のうちのいずれか1つ以上を誘導するように構成される、請求項1乃至3のいずれかに記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項5】

前記制御装置が、前記斜板ポンプの制御角を調整するためにフィードフォワード工程を利用するように構成される、請求項4に記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項6】

前記動作の1つ以上のパラメータの変更が、速度および牽引力の少なくとも1つの減少を前記牽引車にもたらす、請求項1乃至5のいずれかに記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項7】

前記シャーシが、前記降着装置の一部を受けるように構成され、かつ、少なくともシャーシ上の前記方向に移動可能となるように前記シャーシ上に取り付けられた、支持アセンブリを備える、請求項1乃至6のいずれかに記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項8】

前記力センサが、少なくとも前記シャーシ上の前記方向に前記支持アセンブリによって及ぼされる力を測定するように構成される、請求項7に記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項9】

前記動作の1つ以上のパラメータが、速度、方向、加速および減速を含む群から選択される、請求項1乃至8のいずれかに記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項10】

前記制御装置が、1つ以上の外因に少なくとも基づいて、前記降着装置へ前記シャーシによって及ぼされる合力を算出するように構成される、請求項1乃至9のいずれかに記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項11】

前記外因が、

- ・前記牽引車が通過する、航空機移動面に沿ったさまざまな位置の傾斜に関するデータと、
- ・前記航空機および牽引車に影響を及ぼしている風力に関するデータと、
- ・前記航空機移動面に沿ったさまざまな位置での前記航空機および/または牽引車の転がり摩擦力に関するデータと、

10

20

30

40

50

・障害物に関するデータと、
を含む群から選択される、請求項 1 0 に記載の牽引棒を有しない航空機牽引車。

【請求項 1 2】

航空機を牽引する方法であって、前記方法は、

・上に前記航空機の降着装置の少なくとも一部を受けるように構成されたシャーシと、
・軌道に沿った方向に前記牽引車を移動するように構成され、可変角度斜板油圧モータおよび制御可能なバイパス経路バルブと連結した可変角度斜板油圧ポンプから成る推進配置であって、前記バイパス経路が閉じられた状態にあるとき、前記推進配置を起動させて前記牽引車の速度および牽引力のうちの少なくとも1つを増加させるために、前記ポンプと前記モータ間に油圧流体が循環するように、そして、少なくとも、前記バイパス経路が開かれた状態にあるとき、油圧流体の大部分が、前記牽引車の回転速度および牽引力のうちの少なくとも1つを減少させるために、前記バイパス経路バルブを介して前記モータを横切って循環するように構成された、推進装置と、

10

を備える、牽引棒を有しない航空機牽引車を提供するステップを含み、

前記方法は、前記降着装置へ前記シャーシによって及ぼされる力が、少なくとも推進配置の利用可能な動力、ポンプおよびモータ斜板、並びに、バイパス経路バルブの状態を調整することによって所定値以下で維持されるように、牽引車の動作の1つ以上のパラメータを変更して、前記牽引車に前記航空機を牽引させるステップをさらに含み、

前記航空機の航空機パイロットにより制御された制動を示す、少なくとも1つの力センサの出力にตอบสนองして、前記方法は、前記可変角度斜板油圧ポンプの制御角を減少させることと並行して制御装置に前記バイパス経路バルブを開放させるステップをさらに含む、方法。

20

【請求項 1 3】

前記牽引車が、請求項 1 乃至 1 1 のいずれかに従う、請求項 1 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、概して航空機地上移動用システムに関し、より具体的にはこのようなシステムの地上車の制御法に関する。

30

【背景技術】

【0 0 0 2】

航空機牽引車は、多くの場合、空港の地上位置間で航空機を牽引するために提供され、これにより、航空機が自身の動力で移動する必要性を取り除き、ジェット燃料を節約する。当該牽引車には、降着装置を牽引車と接続する牽引棒を設けることができるか、または、当該牽引車は、牽引棒が設けられず、典型的に降着装置が牽引車のシャーシ上に直接位置する、牽引棒を有しないものであり得る。

【発明の概要】

【0 0 0 3】

本発明の一態様によれば、航空機の降着装置を受け、それによって、航空機を牽引するように構成された、牽引棒を有しない航空機牽引車が提供され、当該牽引車は、

40

・その上に降着装置の少なくとも一部を受けるように構成されたシャーシと、
・軌道に沿った方向に牽引車を移動するように構成され、かつ可変角度斜板油圧モータおよび制御可能なバイパス経路バルブと連結された可変角度斜板油圧ポンプを備える推進装置であって、バイパス経路が閉じられた状態にあるとき、推進配置を作動させて牽引車の速度および牽引力のうちの少なくとも1つを増加させるためにポンプとモータとの間に油圧流体が循環するように、そして、バイパス経路が開かれた状態にあるとき、油圧流体の少なくとも大部分が、牽引車の回転速度および牽引力のうちの少なくとも1つを減少させるために、バイパス経路バルブを介してモータの全域にわたって循環するように構成される、推進配置と、

50

・少なくとも牽引車と航空機間の速度差に起因する方向に、シャーシによって降着装置へ及ぼされる力を、直接または間接に測定するように構成された少なくとも1つの力センサと、

・力センサと連通し、降着装置へシャーシによって及ぼされる力が、少なくとも、推進配置の利用可能な動力、ポンプおよびモータ斜板、並びに、バイパス経路バルブの状態を調整することによって、所定値以下で（例えば、牽引車の動作の間に）維持されるように、牽引車の動作の1つ以上のパラメータを変更するように構成された、制御装置と、を備える。

【0004】

用語「牽引棒を有しない」は、本明細書および請求項で使用する時、牽引棒（すなわち、牽引車のシャーシと航空機の降着装置の間を結合させる棒または他の接続装置）のない航空機牽引車の部類に関することを十分に理解されたい。牽引棒を有しない航空機牽引車においては、降着装置が概してシャーシ上に直接位置するか、または、降着装置の重量がシャーシ内の領域へと導かれる。

【0005】

用語「制御装置」は、本明細書および請求項で使用する時、例えばそれぞれが特定機能を実行する、2つ以上の制御装置を含むが、これらに限定されない最広義の用語で理解されるべきであることをさらに十分に理解されたい。

【0006】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、バイパス経路が閉鎖されたときに、牽引車の自由な動作のために、モータ全体の油圧流体の自由流動を可能にする油圧モータ三方弁をさらに備える場合がある。

【0007】

バイパス経路は、斜板ポンプから、油圧流体の流れがそれる、バイパス経路が開いた後の制動期間と関連する場合があり、制御装置は、バイパス経路の状態を制御するように更に構成され、バルブは、制動期間より非常に短い応答期間を特徴とする。

【0008】

推進駆動モジュールは、バイパス経路の状態を制御するバルブをさらに備える場合があり、当該バルブは、油圧ポンプおよびモータの斜板の共振周期より遥かに短い応答期間を特徴とする。

【0009】

油圧モータの容量を調整するように、制御装置を構成することができる。

【0010】

斜板ポンプの制御角度を調整するように、制御装置を構成することができる。このようにして、制御装置は、牽引車の速度を制御し、それによって航空機の降着装置に作用する力を制御することができる。

【0011】

斜板ポンプの制御角度の速い変化を誘導するように、制御装置を構成することができる。これによって、航空機の降着装置に作用する力が力閾値を超えることを、制御装置が防止することが可能になる。

【0012】

斜板ポンプの制御角度の遅い変化を誘導するように、制御装置を構成することができる。例えば、これは、牽引棒を有しない航空機牽引車を所望の速度にするために有用であり得る。

【0013】

斜板ポンプの制御角度を調整するためにフィードフォワード工程（すなわち、システムへの入力の変動を、変動の出現を予測してまたは変動の出現と同時に、システム装置を調整するために使用することができる制御形態）を利用するように、制御装置を構成することができる。

10

20

30

40

50

【0014】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、降着装置とシャーシ間のエネルギーを吸収するように配置されたエネルギー吸収器をさらに備える場合がある。

【0015】

動作の1つ以上のパラメータの変更が、牽引車に速度および/または牽引力を減少させるような効果を有し、かつ/または、そのように導くことができる。

【0016】

シャーシは、降着装置の一部を受け、かつ、少なくともシャーシ上でその方向に移動可能であるように、シャーシ上に取り付けられるように構成された支持アセンブリを備える場合がある。このような場合、シャーシ上で、少なくともその方向に支持アセンブリによって及ぼされる力を測定するように、力センサを構成することができる。

10

【0017】

速度、方向、加速度および減速度から成る群から、動作のパラメータを選択することができる。

【0018】

1つ以上の外因に少なくとも基づいて、シャーシによって降着装置へ及ぼされる(予測された)合力を算出するように、制御装置を構成することができる。当該外因は、

- ・牽引車が通過する、航空機移動面に沿ったさまざまな位置での傾斜に関するデータと、
 - ・航空機および牽引車に影響を及ぼす風力に関するデータと、
 - ・航空機移動面に沿ったさまざまな位置での航空機および/または牽引車の転がり摩擦力に関するデータと、
 - ・障害物に関するデータと、
- を含む群から選択することができる。

20

【0019】

傾斜に関するデータを、傾斜角検出機能により提供することができる。

【0020】

傾斜に関するデータを、データベースに傾斜データとして予め設定および保存することができ、制御装置は、航空機移動面上の牽引車の位置を決定して、傾斜データをその位置と関連づけるようにさらに構成される。

30

【0021】

転がり摩擦力に関するデータを、データベースに摩擦データとして予め設定および記憶することができ、制御装置は、航空機移動面上の牽引車の位置を決定して、摩擦データをその位置と関連づけるようにさらに構成される。

【0022】

航空機経路に沿った障害物を検出するように、牽引車を構成することができる。

【0023】

例えば電子フライトバッグによって、無線で遠隔管理センターと通信するように、制御装置を構成することができる。

40

【0024】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、航空機内の同様の装置と無線で通信するように構成された電子フライトバッグをさらに備える場合がある。

【0025】

本発明の別の態様によれば、航空機を牽引するための方法が提供され、当該方法は、

- ・上に航空機の降着装置の少なくとも一部を受けるように構成されたシャーシと、
- ・軌道に沿った方向に牽引車を移動するように構成され、可変角度斜板油圧モータおよび制御可能なバイパス経路バルブと連結された可変角度斜板油圧ポンプを備える推進装置であって、バイパス経路が閉じられた状態にあるとき、推進配置を作動させて牽引車の速度および牽引力のうちの少なくとも1つを増加させるためにポンプとモータとの間に油圧流

50

体が循環するように、および、バイパス経路が開かれた状態にあるとき、油圧流体の少なくとも大部分が、牽引車の回転速度および牽引力のうちの少なくとも1つを減少させるために、バイパス経路バルブを介してモータの全域にわたって循環するように構成される、推進配置と、

を備える、牽引棒を有しない航空機牽引車を提供することを含み、当該方法は、降着装置へシャーシによって及ぼされる力が、少なくとも、推進配置の利用可能な動力、ポンプおよびモータ斜板、並びに、バイパス経路バルブの状態を調整することによって、所定値以下で維持されるように、牽引車の動作の1つ以上のパラメータを変更して、牽引車に航空機を牽引させることをさらに含む。

【0026】

10

上記の通りに牽引車を提供することができる。

【0027】

本発明のさらなる一態様によれば、航空機の降着装置を受け、それによって、航空機を牽引するように構成された、牽引棒を有しない航空機牽引車が提供され、当該牽引車は、

- ・その上に降着装置の少なくとも一部を受けるように構成されたシャーシと、
- ・軌道に沿った方向に牽引車を移動するように構成された推進配置と、
- ・牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度とその所定の所望の速度との間で比較して、

○実際の速度が、所望の速度より低い場合に、および

○実際の速度が、比較より前の、事前に決められた期間に、事前に決められた速度範囲内に維持された場合に、

20

牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を維持するように推進配置に指示するよう構成された制御装置と、

を備える。

【0028】

航空機パイロットにより制御された航空機の制動および減速を検出するように、制御装置をさらに構成することができ、当該制御装置は、

- ・実際の速度が、所望の速度より高い場合に、および
- ・航空機パイロットに制御された航空機の制動および減速のうちの少なくとも1つが検出された場合に、

30

実際の速度を維持するように推進配置に指示するようにさらに構成される。

【0029】

航空機パイロットにより制御された制動が検出される場合に、所望の速度と一致させるように、に牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を変えるように推進配置に指示するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0030】

牽引棒を有しない航空機牽引車を、航空機牽引の間、常に正の牽引力が加えられるようにさらに構成することができる。

【0031】

牽引棒を有しない航空機牽引車を、最大許容疲れ荷重の超過から降着装置をリアルタイムで保護するようにさらに構成することができる。

40

【0032】

所望の速度を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0033】

所望の速度に対応した所望の牽引力を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0034】

少なくとも牽引車の位置に基づいて、所望の速度を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0035】

50

更に、制御装置は、少なくとも、牽引車の位置および少なくとも1つの他の牽引車の位置に基づいて、所望の速度を算出するように構成されてもよい。

【0036】

少なくとも、牽引車の位置、並びに、その牽引車と少なくとも1つの経路を共有する少なくとも1つの他の牽引車の位置および速度に基づいて所望の速度を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0037】

少なくとも、牽引車の位置、および、牽引位置の端に牽引車が到着する所望の時刻に基づいて所望の速度を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0038】

少なくとも、牽引車の位置、牽引場所の端に別の牽引車が到着する推定時刻、および、牽引位置の端に牽引車が到着する所望の時刻に基づいて所望の速度を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0039】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、牽引車の速度および位置に関する情報を送信するように構成された送信器をさらに備えることができる。この情報は、例えば、航空機操縦席、少なくとも1つの他の牽引車、または遠隔管理センターに送信することができる。

【0040】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、少なくとも1つの他の牽引車の速度および位置に関する情報を遠隔管理センターから受信するように構成された受信器をさらに備えることができる。

【0041】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、センサを利用することによって、少なくとも1つの他の牽引車の速度および位置を検出するように構成された検出器を備えることができ、当該制御装置は、他の牽引車の速度および位置に少なくとも基づいて所望の速度を算出するように構成される。

【0042】

牽引位置の端に到着する所望の時刻、および、牽引場所の端に他の牽引車が到着する推定時刻に基づいて所望の速度を算出するように、制御装置をさらに構成することができる。

【0043】

また、本発明のなおさらなる一態様によれば、牽引棒を有しない航空機牽引車を制御するための方法が提供され、当該方法は、

- ・牽引経路の少なくとも一部を牽引車と共有することが予想される、少なくとも1つの他の牽引車の速度および位置に関する情報を得ることと、

- ・牽引車の速度および位置、並びに、その情報に少なくとも基づいて、牽引車の所望の速度を算出することと、を含む。

【0044】

当該方法は、牽引位置の端に牽引車が到着する所望の時刻に基づいて、所望の速度を算出することをさらに含むことができる。

【0045】

当該方法は、牽引場所の端にもう1つの牽引車が到着する推定時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出することをさらに含むことができる。

【0046】

当該方法は、牽引車の速度および位置に関する情報を他の牽引車に送信することをさらに含むことができる。

【0047】

当該方法は、牽引車の速度および位置に関する情報を遠隔管理センターに送信すること、並びに、速度および位置に関する情報から他の牽引車の情報をそこから受信することを

10

20

30

40

50

さらに含むことができる。

【 0 0 4 8 】

牽引車は、センサを利用して、少なくとも 1 つの他の牽引車の速度および位置に関する情報を得ることができる。

【 0 0 4 9 】

本発明のなおさらなる一態様によれば、航空機の降着装置を受け、それによって、航空機を牽引するように構成された、牽引棒を有しない航空機牽引車が提供され、当該牽引車は、

- ・上に降着装置の少なくとも一部を受けるように構成されたシャーシと、
- ・軌道に沿った方向に牽引車を移動するように構成された推進配置と、
- ・上記の通りに操作するように構成された制御装置と、

を備える。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 0 】

本発明は、以下の図に関連して行われる以下の詳細な説明から、より完全に、理解および評価されるであろう。

【図 1 A】牽引棒を有しない航空機牽引車の図である。

【図 1 B】線 1 B - 1 B に沿ってとらえた、図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の断面図である。

【図 1 C】図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の上面図である。

【図 2 A - 2 J】図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の、前押し戻しおよび押し戻し動作のさまざまな段階の透視図である。

【図 3 A - 3 E】図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の、パイロットによって制御された地上移動動作のさまざまな段階を示す。

【図 4 A - 4 E】図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の、自律地上移動動作のさまざまな段階を示す。

【図 5 A - 5 E】図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の、自律帰還動作のさまざまな段階を示す。

【図 6 A - 6 C】図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車の、操縦機能を概略的に示す。

【図 7 A - 7 D】降着装置への負荷を制御するために、航空機のパイロットにより制御された制動に反応する、エネルギー吸収システムを示す。

【図 8 A】図 1 に示された牽引車の、制御装置の一部である力制御ループおよび速度制御ループの、入力および出力のブロック図である。

【図 8 B】制御装置の一部である多入力 / 多出力 (M I M O) 力制御ループおよび速度制御ループの、ブロック図である。

【図 9】牽引棒を有しない牽引車、航空機、並びに、航空機および図 1 A に示された牽引棒を有しない航空機牽引車に加えられる力の、動的モデルを示す。

【図 1 0】さまざまな制御ループを示す。

【図 1 1】航空機を牽引する方法を示す。

【図 1 2】対応した、牽引棒を有しない牽引車および航空機操縦席電子フライトバッグ (E F B) ユニットを示す。

【図 1 3】2 台のカメラを有する、牽引棒を有しない航空機牽引車を示す。

【図 1 4】空港での、牽引棒を有しないいくつかの牽引車の動作を示す。

【図 1 5】航空機を牽引する方法を示す。

【図 1 6】牽引棒を有しない航空機牽引車の所望および実際の速度に関する、各々時間の関数としての、速度、パイロットブレーキ、牽引力およびモータ R P M の図である。

【図 1 7】牽引棒を有しない航空機牽引車を制御するための方法を例解する。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

空港ゲートから離陸滑走路へ航空機を地上移動させるための、ロボットまたは半ロボット牽引車の制御システムが提供される。牽引車は、燃料消費を抑えそして汚染を最小化するために、航空機ジェットエンジンを使用することなく航空機を地上移動させるように設計される。制御装置は、したがって、2重の機能、すなわち、牽引車の牽引速度をリアルタイムで、および常に制御する（それによって、航空機エンジンに代わる）機能、並びに、牽引車牽引力を調整する（それによって、静荷重および疲れ荷重制限を超えないことで航空機降着装置（例えば、前脚またはNLG）を保護し、並びに、これによって、航空機降着装置のライフサイクルに影響を与えない）機能を有する。したがって、いくつかの制御および制御量が相互に関連および相互依存している多入力、多出力（MIMO）制御概念が、制御装置の動作を指示するために、提供される。

10

【 0 0 5 2 】

本明細書において提供される記載は、航空機のジェットエンジンを使用することなくゲートから離陸滑走路まで航空機を地上移動させるためのロボットまたは半ロボット牽引車に関する。牽引車は、航空機パイロットにより制御された地上移動モードで動作することができ、そこで、航空機パイロットは、航空機が自身の動力で移動しているかのように、操縦およびブレーキ操作をし、そして、牽引車速度は、制御装置により制御される。地上移動の完了時に、牽引車は、空港の命令および制御システムに制御されて、ゲートの前押し戻し位置へ自律的に戻ることができる。牽引車のドライバが押し戻し動作を実行することができ、実行後、ドライバは牽引車から離れ、航空機のパイロットが、地上移動の間、牽引車を制御する。牽引車は、航空機の地上移動の間、自律動作モードで動作することができる。「自律」という用語は、空港の命令、制御および通信システム管理下の動作を含んで、広義で本明細書全体において使用され、この動作は、航空機のパイロットによるオーバーライドを受ける場合がある。

20

【 0 0 5 3 】

牽引棒を有しない航空機牽引車100を例解する、図1A、図1Bおよび図1Cに対して、ここで参照が行われる。本出願の受託者に指定された国際公開第WO2008/139440号は、本開示に適用可能な多くの原理を教示し、その全内容は、必要に応じて、追加的または代替の詳細、特徴および/または技術的背景の適切な教示のために、本明細書における参照により、本明細書によって組み込まれる。図1A、図1Bおよび図1Cに示されるように、牽引棒を有しない航空機牽引車100は、前方の操縦可能な車輪104および106、後方の操縦可能な車輪108および110、並びに、中間の操縦不可能な車輪112および114を含む、6つの車輪に支持されるシャーシ102を備える。また、車輪112および114は、代わりに、操縦可能であり得ると十分に理解される。それぞれ参照番号115、116、117および118によって示される、操縦可能な車輪104、106、108および110の回転中心は、1つの長方形の頂点を定めることができ、その長さAは、牽引車100の同じ側面上の、前方および後方のそれぞれの車輪の回転中心間の分離によって定められ、その幅Bは、前方のそれぞれの車輪104および106の回転中心115と116の間、並びに、後方のそれぞれの車輪108および110の回転中心117と118の間の分離によって定められる。

30

40

【 0 0 5 4 】

車輪104、106、108、110、112および114のそれぞれを、制御装置119からの速度およびトルク制御信号に反応して車両ディーゼルモータ（図示せず）に駆動される、対応した油圧ポンプ（図示せず）を原動力とする対応した油圧モータ（図示せず）により、制御可能に駆動することができる。操縦可能な車輪104、106、108および110のそれぞれは、制御装置119からの操縦制御信号に応答して、1つ以上の操縦ピストン（図示せず）により操縦可能であり得る。車輪、油圧ポンプおよびディーゼルモータは、軌道に沿った方向へ牽引車を移動するように構成された、推進配置の一部を構成する。

【 0 0 5 5 】

50

ハンドル１２０、ブレーキ（図示せず）および必要に応じて他の制御装置を任意に含む得るドライバ制御インタフェースアセンブリは、押し戻しの前および間、および／または、非常事態または牽引車制御システムの故障時に、牽引棒を有しない航空機牽引車１００の動作をドライバが調節することを可能にするように、制御装置１１９と連動することができる。牽引棒を有しない航空機牽引車１００は、離陸地点に近づくか、または、離陸地点へ地上移動するために、制御装置１１９を介して、「航空機パイロット管理」（PIC）モードで動作することができる。離陸地点の近くで、制御装置１１９は、空港管理統制センターから、または、例えばGPSセンサ若しくは何らかの適切な他の牽引車位置センサなどの、牽引車位置センサ１２１から受け取った命令に応答して、自動または（セーフティドライバによる）手動で、航空機から牽引車１００を分離し、牽引車１００は、制御装置１１９の制御で動作し、自律、または、セーフティドライバによって動かされる手動で、離陸地点から所望の前押し戻し位置へと戻る。牽引車１００は、風センサ１２２、例えばVelodyne（登録商標）社によって、HDL 64Eの名前で販売されているようなレーダーおよび／またはレーザセンサなどの、制御装置１１９に出力をする１つ以上の障害物検出センサ１２３、および、例えば遠隔管理統制センターによる、牽引車１００の遠隔運転を可能にする１つ以上の運転カメラ１２４、を備え得る。運転カメラ１２４は、オペレータが牽引車１００の上、または、牽引車の近くのさまざまな位置を見ることができるように、選択可能なパンおよび傾きを有するよう回転可能であり得る。

10

【００５６】

回転可能な航空機降着装置の車輪支持アセンブリ１２５は、枢動可能かつ回転可能に、水平基盤アセンブリ１２６に取り付けられる。支持アセンブリ１２５の、参照番号１２７により示される定常状態回転中心は、操縦可能なそれぞれの車輪１０４、１０６、１０８および１１０の、回転中心１１５、１１６、１１７および１１８によって定められる長方形の幾何中心にあり得る。

20

【００５７】

水平基盤アセンブリ１２６は、シャーシに対するアセンブリの限定された運動の自由度を許容する方法で、シャーシ１０２に連結され、そして、複数のエネルギー吸収ピストン１２８を備え得るエネルギー吸収器アセンブリにより係合される。エネルギー吸収ピストンのそれぞれは、シャーシ１０２および水平基盤アセンブリ１２６に枢動可能に連結される。力センサ１２９は、ロードセルでもよく、エネルギー吸収ピストン１２８のそれぞれと関連していてもよい。センサは、制御装置１１９に出力し、それにより車両の加速および減速を制御する際に使用される。

30

【００５８】

水平基盤アセンブリ１２６マットは周囲の基底要素１３０を備え、基底要素は、前方の一組の掛けられた支持体１３２上で横へ伸びる支持ロッド１３１から懸架されることによって、そして、シャーシ１０２に枢動可能に取り付けられた後方の一組の受け渡し支持体１３２に懸架されることによって、シャーシ１０２に枢動可能に取り付けられる。掛けられた支持体１３２は、枢動可能に取り付けられたエネルギー吸収ピストン１２８により係合される。掛けられた支持体１３２への周囲の基底要素１３０の取り付けを、回転可能な軸１３３によって行うことができ、周囲の基底要素１３０と一体的に当該軸を形成してもしなくてもよい。

40

【００５９】

支持アセンブリ１２５を、高耐荷重軸受１３５と係合した、アセンブリから外側へ伸びている一組の回転軸１３４によって、基盤１２６に枢動可能かつ回転可能に取り付けることができ、次いで、軸受は、基盤１２６に形成された３６０°周囲のベアリングレース１３６と係合する。この配置は、基底要素１３０、水平基盤アセンブリ１２６およびシャーシ１０２に対する、支持アセンブリ１２５の比較的低摩擦の回転可能性および傾斜可能性を提供する。

【００６０】

直立したフレーム１４０は、支持アセンブリ上に航空機降着装置車輪の位置を合わせる

50

ために、支持アセンブリ 125 に固定して取り付けられる。航空機降着装置車輪ストッパー 142 を、支持アセンブリを航空機降着装置車輪の異なるサイズに適應させるために、支持アセンブリ 125 に固定されたストッパー位置決めピストン 144 によって、直立したフレーム 140 に対して選択できるように配置することができる。支持アセンブリ 125 の回転方向を、電位差計などの、回転センサ 145 により検出することができ、当該センサは、支持アセンブリ回転方向の入力を制御装置 119 に提供する。支持アセンブリ 125 の回転方向を、支持アセンブリ回転モータ 146 により調節することができる。

【0061】

選択して位置決め可能なクランプアセンブリ 147 を、支持アセンブリ 125 に取り付け、そして直立したフレーム 140 に連結することができる。クランプアセンブリ 147 は、航空機降着装置車輪の回転中心が、できる限り正確に支持アセンブリの回転中心 127 にあるように、つまり、上記したように、操縦可能な車輪 104、106、108 および 110 の回転中心によって定められた長方形の幾何中心にあるように、支持アセンブリ 125 上に航空機降着装置車輪を選択的に締め付けるように動作する。

【0062】

ロードセルなどの力センサ 148 は、例えば、牽引されている航空機の加速、減速および/または速度に対する、牽引車 100 の加速、減速および/または速度の違いに起因した、航空機降着装置車輪、つまり航空機降着装置に加えられる水平面での力を検出するべく航空機降着装置車輪を係合するために、クランプアセンブリ 147 の前方接面上、および、ストッパー 142 の後方接面上へ取り付けられる。

【0063】

傾斜した航空機降着装置の車輪ランブ 150 を、基底要素 130 に取り付けることができる。一組の航空機降着装置の車輪係合ピストンアセンブリ 152 を、航空機降着装置を押しおよび持ち上げるように、並びに、支持アセンブリ 125 上に航空機降着装置車輪を配置するように、提供することができる。

【0064】

力センサ 148 は、牽引車の動作の軌道に沿って、一般に水平な、少なくとも 1 つの方向に降着装置に加えられる力を検出するように動作することができる。この力は、航空機パイロットにより制御された牽引車減速を引き起こす航空機の制動、または、牽引車加速の結果であり得る。制御装置 119 は、とりわけ航空機パイロットにより制御された制動を示す、力センサの出力情報に応答して、少なくとも一部は動作し、結果として航空機の減速をもたらす、牽引車 100 の車輪を動かす油圧モータに速度およびトルク制御信号を提供する。制御とは、例えば、結果的に牽引車の減速および/または加速をもたらす航空機パイロットにより制御された制動によって、航空機の降着装置に損害を与えない最大に許容された力まで、航空機の降着装置に加えられる力を低下および制限するようなことである。

【0065】

回転センサ 145 は、航空機の降着装置を介して航空機パイロットの操縦によって引き起こされる、基盤アセンブリ 126 に対する支持アセンブリ 125 の回転を検出するように動作することができ、制御装置 119 は、回転センサ 145 の出力情報に基づき、このようにして航空機パイロットの操縦命令に応答し、操縦可能な車輪 104、106、108 および 110 の操縦を制御するように動作する。

【0066】

力センサ 129 および 148 は、結果として生じる、少なくとも 1 つの全体に水平な方向に降着装置に加えられる力を検出することができ、その結果、制御装置 119 は、少なくとも 1 つの力センサの出力情報を利用して、パイロットに制御された制動、および、以下の入力情報のうちの少なくとも 1 つを検出して、少なくとも 1 つの力フィードバックループを使用することによって、牽引車の加速および減速を制御するように動作する：

・牽引車 100 が通過する航空機移動面に沿った、さまざまな位置の既知の傾斜によって誘導される力の表示であって、それらの位置は、位置検出機能によって制御装置に対し

10

20

30

40

50

て特定される、表示、

- ・航空機に加えられる風力の表示。空港および/または牽引車に取り付けられた風センサから、制御装置に供給されている風力に関する情報、および

- ・牽引車が通過する航空機移動面に沿ったさまざまな位置の、牽引車および航空機の既知の転がり摩擦力の表示であって、それらの位置は、位置検出機能によって制御装置に対して特定される、表示。

【 0 0 6 7 】

制御装置 1 1 9 は、例えば、制御装置 1 1 9 に組み込んだ適切な空港地図、並びに、牽引車 1 0 0 および航空機の移動経路に沿った牽引車 1 0 0 の位置を示した牽引車位置センサの出力情報、を利用するなどの、牽引車および航空機が通過する移動経路に沿った既知の制限速度に基づいて、少なくとも 1 つの速度フィードバックループを使用することによって、牽引車 1 0 0 の速度をさらに制御するように動作することができる。

10

【 0 0 6 8 】

単一または一組のレーザ測距装置 1 5 4 を、航空機の前軸と牽引車 1 0 0 の前後軸の間の角度関係を確認するために、牽引車 1 0 0 のシャーシ 1 0 2 に取り付けることができる。航空機の前軸と牽引車 1 0 0 の前後軸の間の角度関係を、例えば図 4 A から図 4 E で本明細書の下記に説明する、自律地上移動モードで 사용할 ことができる。

【 0 0 6 9 】

図 2 A で見られるように、牽引車 1 0 0 は、押し戻しを待つ航空機 2 0 2 に向けて、矢印 2 0 0 によって示される方向に、牽引車ドライバの制御によって移動する。図 2 B は、ランプ 1 5 0 に置かれた降着装置車輪 2 0 4 を例解する。図 2 C は、航空機降着装置を押しおよび持ち上げるため、並びに、支持アセンブリ 1 2 5 上に航空機降着装置車輪を配置するために、降着装置車輪 2 0 4 に係合して配置された降着装置車輪係合ピストンアセンブリ 1 5 2 を例解する。図 2 D は、特定の航空機 2 0 2 の特定の航空機降着装置車輪 2 0 4 に対応するための、ストップバー位置決めピストン 1 4 4 による、直立したフレーム 1 4 0 に対する航空機降着装置車輪ストップバー 1 4 2 の適切な位置決めを例解する。図 2 E は、支持アセンブリ 1 2 5 上に押されている降着装置車輪 2 0 4 を例解する。

20

【 0 0 7 0 】

図 2 F は、上記のように、操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 の回転中心によって定められた長方形の幾何中心、または、幾何中心の近くにある、支持アセンブリ 1 2 5 の回転中心 1 2 7 に、航空機降着装置車輪 2 0 4 の回転軸が、できる限り正確に位置するように、適切に配置されたストップバー 1 4 2 へ、ピストンアセンブリ 1 5 2 によって押される航空機降着装置車輪 2 0 4 を例解する。

30

【 0 0 7 1 】

図 2 G および図 2 H は、航空機降着装置の車輪 2 0 4 との係合からの個々のピストンアセンブリ 1 5 2 の後退と、航空機降着装置の車輪の回転中心が、できる限り正確に支持アセンブリ 1 2 5 の回転中心 1 2 7 にあるように支持アセンブリ 1 2 5 上へ航空機降着装置車輪を締付けるための、クランプアセンブリ 1 4 7 の個々のクランプの航空機降着装置車輪 2 0 4 との係合を例解する。図 2 I は、牽引車のドライバが制御する牽引車 1 0 0 による、航空機 2 0 2 の押し戻しを例解する。図 2 J は、押し戻し完了後、牽引車 1 0 0 から離れる牽引車のドライバを例解する。ドライバは、地上移動の全部または一部の間、牽引車 1 0 0 上に残ってもよく、エンジン始動後、航空機からの牽引車の離脱に関与してもよい。

40

【 0 0 7 2 】

図 3 A は、基底要素 1 3 0 に対して支持アセンブリ 1 2 5 の対応した回転を引き起こす、従来の航空機舵柄 2 0 6 またはペダル (図示せず) を用いた、航空機パイロットによる航空機降着装置車輪 2 0 4 の回転を例解する。支持アセンブリ 1 2 5 の回転は、回転センサ 1 4 5 によって、直接に直ちに検出され、回転センサ 1 4 5 は制御装置 1 1 9 へ出力情報を提供し、図 6 A から図 6 B に関して以下でより詳細に説明されるように、牽引車 1 0 0 の操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 の即時の回転をもたらす。

50

【 0 0 7 3 】

制御装置 1 1 9 は、航空機パイロットに操縦されたときの降着装置の車輪 2 0 4、つまり支持アセンブリ 1 2 5 の方向と、ここでは参照番号 2 1 0 によって示される牽引車 1 0 0 の前後軸との間の、角度 θ_1 を示す、回転センサ 1 4 5 からの入力情報を受け取るフィードバック制御ループに従って、牽引車 1 0 0 の操縦を実行することができる。制御装置 1 1 9 は、図 6 A から図 6 C に関して以下で説明されるそれぞれの角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 および θ_4 で、牽引車の操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 を回転させて、角度 θ_1 がゼロとなるように牽引車 1 0 0 を動かす。

【 0 0 7 4 】

図 3 B は、航空機パイロットによって示された方向へ航空機 2 0 2 が牽引車に引かれるように、向きが定められた牽引車 1 0 0 の、動作の中間段階を例解する。この段階では、支持アセンブリ 1 2 5 と牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0 間の角度 θ_1 は、図 3 A に示された角度の半分であるように示されている。角度 θ_2 は、航空機 2 0 2 に対する牽引車 1 0 0 の回転による、牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0 と、ここでは参照番号 2 2 0 によって示される牽引車に牽引されている航空機 2 0 2 の前後軸との間で示される。

10

【 0 0 7 5 】

図 3 C は、 θ_1 がゼロであるように、航空機 2 0 2 の降着装置の車輪 2 0 4 に対して向きを定められた牽引車 1 0 0 を例解する。牽引車の操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 の角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 および θ_4 は、それぞれ、概してゼロではないことに注意すべきである。この段階では、牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0 と牽引車 1 0 0 によって牽引されている航空機 2 0 2 の前後軸 2 2 0 間の角度 θ_2 は、航空機 2 0 2 が回転し始めたため、図 3 B の θ_2 より小さい。

20

【 0 0 7 6 】

図 3 D は、航空機のパイロットがペダル 2 2 2 を踏むことによる、航空機 2 0 2 の制動を例解する。航空機 2 0 2 の制動は、航空機 2 0 2 の主脚（図示せず）のブレーキによって実行され、航空機を減速させる、つまりクランプ 1 4 7 の力センサ 1 4 8 に検出される力の作用をすぐにもたらし、力センサの出力情報は、制御装置 1 1 9 により受け取られ、それに応じてすぐに牽引車 1 0 0 を減速する。航空機 2 0 2 の制動と牽引車 1 0 0 の対応する減速の間にタイムラグがあるため、力は、後方のエネルギー吸収ピストン 1 2 8 に加えられて、力センサ 1 2 9 によってすぐに検出される。後方のエネルギー吸収ピストン 1 2 8 は、牽引車 1 0 0 に対する航空機 2 0 2 の制動によって引き起こされるエネルギーを吸収する。この段階では、力センサ 1 2 9 は、力センサ 1 4 8 のバックアップとしての役割を果たす。

30

【 0 0 7 7 】

図 3 E は、以下の 1 つ以上の要因を考慮して、航空機移動経路に沿った予め決められた位置で予め決められた制限速度の範囲内となる航空機地上移動速度を提供するため、および、降着装置に加えられる力が予め決められた限界を超えないことを確実にするために、とりわけ力センサ 1 4 8 および 1 2 9 から受け取った入力情報に応じて、制御装置 1 1 9 によって調節された牽引車 1 0 0 の制御された加速を例解する：

40

- ・ 牽引車 1 0 0 が通過する航空機移動面に沿ったさまざまな位置の既知の傾斜によって誘導される力。ここでは牽引車に取り付けられた牽引車位置センサ 1 2 1 によって提供される、GPS 機能などの、位置検出機能によって、制御装置 1 1 9 に対して特定される位置、

- ・ 航空機 2 0 2 に加えられる風力。例えば牽引車に取り付けられた風センサ 1 2 2 などの、空港または牽引車搭載の風センサから、そしてまた、選択的に空港の命令および制御機能を介して、制御装置 1 1 9 に供給される風力に関する情報、および

- ・ 牽引車 1 0 0 が通過する航空機移動面に沿ったさまざまな位置での、牽引車 1 0 0 および航空機 2 0 2 の転がり摩擦力であって、その位置は、牽引車位置センサ 1 2 1 によって提供された位置検出機能によって、そしてまた、選択的に空港の命令および制御機能を介して、制御装置 1 1 9 に識別される、転がり摩擦力。

50

【 0 0 7 8 】

また、制御装置 1 1 9 は、航空機パイロットの航空機 2 0 2 の制動だけでなく、障害物センサ 1 2 3 によって検出された障害物の探知にも応答して、牽引車 1 0 0 を減速することもできる。牽引車の減速は、航空機と牽引車の間の調整された減速比を確実にするために、それによって、航空機 2 0 2 の降着装置に加えられる力を予め決められた力の制限値内に制限するために、とりわけ力センサ 1 4 8 および 1 2 9 から受け取った入力情報に応じて、制御装置 1 1 9 によって調節される。

【 0 0 7 9 】

降着装置への通常の牽引力とパイロットの制動によって加えられる力を区別するために、制御装置 1 1 9 は、センサ 1 2 0、1 2 1、1 2 2 および 1 2 3 並びにカメラ 1 2 4 などの、各種センサからのデータによって示される、上で説明された 1 つ以上の要因を考慮する場合がある。

10

【 0 0 8 0 】

制御装置 1 1 9 は、速度制御フィードバックループを使用して牽引車の所望の速度を維持するように、牽引車 1 0 0 の加減速を調節することができる。制御装置 1 1 9 には、牽引車移動経路のさまざまな区域の、関連した牽引車制限速度を示した、組み込まれた空港地図を設けるか、または、当該地図を利用可能にすることができる。この制限速度の情報は、牽引車 1 0 0 の瞬間的な位置を示した情報によって調整され、当該位置を示した情報を、牽引車位置センサ 1 2 1 によって提供することができる。更に、制御装置 1 1 9 は、牽引車 1 0 0 の瞬間的な速度を示すナビゲーションシステムをさらに含む場合がある。フィードバックループは、牽引車 1 0 0 の瞬間的な位置の制限速度に実際の速度をできるだけ近づけ、そして、実際の速度が制限速度を超えないように動作する。

20

【 0 0 8 1 】

制御装置 1 1 9 は、例えば力制御フィードバックループを使用して、航空機 2 0 2 の降着装置に加えられる水平な力を、航空機総重量の 4 % といった許容範囲に制限するように、牽引車 1 0 0 の加減速を調節するように動作することもある。制御装置 1 1 9 は、力センサ 1 4 8 および 1 2 9 からの入力情報を受け取り、その入力は、とりわけ、風、傾斜、転がり摩擦、並びに、航空機 2 0 2 および / または牽引車 1 0 0 の加速または減速がもたらす、航空機 2 0 2 の降着装置に加えられる力の合計を示す。力フィードバックループは、航空機 2 0 2 または牽引車 1 0 0 の何れかの予期しない加速または減速のための余地を選択的に残して、力センサ 1 4 8 および 1 2 9 によって検出される力を許容範囲以下に維持するように、牽引車 1 0 0 を加速または減速する。

30

【 0 0 8 2 】

牽引棒を有しない航空機牽引車 1 0 0 の自律地上移動動作のさまざまな段階を示した、図 4 A、図 4 B、図 4 C、図 4 D および図 4 E に対して、ここで参照が行われる。自律地上移動動作を、押し戻し完了後、牽引車 1 0 0 のドライバによって、または、空港管理統制センターからの命令に応答して自動で開始することができる。

【 0 0 8 3 】

自律地上移動動作では、支持アセンブリ 1 2 5 の機能は、概して航空機の前軸 2 2 0 と平行した、航空機パイロットが最後に選択した位置に降着装置車輪 2 0 4 の位置を維持して、水平面で降着装置に加えられる力、特にトルクをゼロまで低下させることである。その結果、牽引車 1 0 0 がその移動経路に沿って方向を変えても、降着装置の位置はそのままである。これは、牽引車 1 0 0 の大部分の操縦操作で、支持アセンブリが牽引車 1 0 0 の操作とは逆に回転することを意味する。

40

【 0 0 8 4 】

自律牽引車制御は、力センサ 1 4 8 および 1 2 9 にすぐに検出される、主脚の航空機ブレーキを操作することによって、航空機パイロットがすぐにオーバーライドしてもよい。

【 0 0 8 5 】

自律地上移動は、例えば以下の入力情報の一部若しくは全部を利用して、空港を地上移動しているすべての航空機の地上移動経路および速度を調整および最適化する、空港管理

50

統制センターの拡張 C 4 (命令、統制、通信およびコンピュータ) 機能を使用することができる :

- ・ 空港内の地上移動しているすべての航空機の位置、
- ・ すべての航空機地上移動許可および地上移動経路の計算、および
- ・ 飛行場の気象条件および誘導路の地面移動条件。

【 0 0 8 6 】

この拡張 C 4 機能は、以下の機能の一部若しくは全部を提供することができる :

- ・ 滑走路侵入の回避、
- ・ 地上移動の間の最小のスタートおよびストップを保証するために、すべての航空機の最適な地上移動速度を算出すること、
- ・ 誘導路上の交通渋滞を最小化すること、および
- ・ 故障または非常事態の場合に即時のパイロットによる制御を可能にすること。

10

【 0 0 8 7 】

図 4 A は、自律地上移動動作の始めの牽引車 1 0 0 および航空機 2 0 2 の初期の方向を例解する。航空機降着装置車輪 2 0 4 は、牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0、および、航空機の前軸 2 2 0 に平行な状態である。牽引車 1 0 0 の操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 も、軸 2 1 0 および 2 2 0 と平行な状態である。

【 0 0 8 8 】

図 4 B は、例えば、C 4 システムに基づいて空港の命令および制御システム 2 5 0 から受け取った交通制御命令に应答する、制御装置 1 1 9 の制御下での、牽引車 1 0 0 の初めの回転を例解する。図 4 B に示されるように、航空機パイロットは、非常時の制動を除いて、従来の航空機舵柄 2 0 6 またはペダル (図示せず) を使用しない。牽引車 1 0 0 の所望の操縦は、制御装置 1 1 9 からの適切な命令に应答して、牽引車 1 0 0 の操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 の回転によってもたらされる。航空機 2 0 2 の降着装置へのトルクの作用を回避するために、支持アセンブリ 1 2 5 は、支持アセンブリ回転モータ 1 4 6 によって、牽引車の前後軸 2 1 0 と航空機の前軸 2 2 0 の間の角度 と等しい大きさで、逆方向である角度 - だけ回転する。支持アセンブリ 1 2 5 の回転は、制御装置 1 1 9 にフィードバック出力を提供する回転センサ 1 4 5 によって検出される。

20

【 0 0 8 9 】

制御装置 1 1 9 は、操縦可能な車輪 1 0 4、1 0 6、1 0 8 および 1 1 0 を操縦すること、並びに、2つのフィードバック制御ループに従って、支持アセンブリ回転モータ 1 4 6 に支持アセンブリ 1 2 5 を回転させることによって、牽引車 1 0 0 を操縦することができる。1つのフィードバックループは、空港の命令および制御システム 2 5 0 によって定められた、予め決められた移動経路に牽引車 1 0 0 の方向が従うことを確実にする。第2のフィードバックループは、航空機の前軸 2 2 0 と平行して降着装置車輪 2 0 4 が位置を確実に合わされるように、レーザ測距装置 1 5 4 を使用する。レーザ測距装置 1 5 4 は、牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0 と航空機 2 0 2 の前軸 2 2 0 の間の角度 を確認する。制御装置 1 1 9 は、降着装置車輪 2 0 4 が常に航空機の前軸 2 2 0 と位置が合ったままであることを確実にするため、支持アセンブリ 1 2 5 が前後軸 2 1 0 に対して角度 - だけ回転することを確実にする。

30

40

【 0 0 9 0 】

図 4 C は、牽引車 1 0 0 の回転の更なる段階を例解する。この段階では、牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0 と航空機 2 0 2 の前軸 2 2 0 の間の角度 、および、支持アセンブリ 1 2 5 と牽引車 1 0 0 の前後軸 2 1 0 の間の角度 - は、図 4 B に示された角度の2倍であることが示される。

【 0 0 9 1 】

図 4 D は、例えば航空機のパイロットが制動ペダル 2 2 2 を踏むといった、航空機パイロットによる自律動作モードのオーバーライドを例解する。このオーバーライドは、例えば、非常時の制動のため、および/または、図 3 A から図 3 E に関して上記した通り、航空機パイロットの牽引車 1 0 0 の制御操縦を可能にするためであり得る。航空機 2 0 2 の

50

制動は、航空機 202 の主脚（図示せず）のブレーキによって実行され、航空機を減速、したがって、クランプ 147 上の力センサ 148 に検出される力の作用をもたらす。力センサの出力情報は、制御装置 119 によって受け取られ、制御装置はすぐに牽引車 100 を減速する。

【0092】

制御装置 119 は、牽引車 100 の押し戻し運転モードを終了して、図 3 A から図 3 E に関して上記した通り、牽引車モードを航空機パイロット制御動作へと移す。

【0093】

航空機 202 の制動と牽引車 100 の対応する減速の間にタイムラグがあるため、力は、後方のエネルギー吸収ピストン 128 に加えられて、力センサ 129 にすぐに検出される。後方のエネルギー吸収ピストン 128 は、牽引車 100 に対して航空機 202 の制動によって引き起こされるエネルギーを吸収する。この段階では、力センサ 129 は、力センサ 148 のバックアップとしての役割を果たす。

10

【0094】

自律モード動作への復帰は、空港の命令および制御システム 250 からの入力情報、または、例えばイスラエルのアストロノティクス社から市販されている、電子フライトバッグ（EFB）を介して送信されるパイロット命令を、典型的に必要とする。

【0095】

図 4 E は、以下の 1 つ以上の要因を考慮して、航空機移動経路に沿った予め決められた位置で予め決められた制限速度の範囲内となる航空機地上移動速度を提供するため、および、降着装置に加えられる力が予め決められた限界を超えないことを確実にするために、とりわけ、空港管理統制センター 250 並びに力センサ 148 および 129 から受け取った入力情報に応じて、制御装置 119 に調節された、自律動作モードの牽引車 100 の制御された加速を例解する：

20

- ・牽引車 100 が通過する航空機移動面に沿ったさまざまな位置の既知の傾斜によって誘導される力であって、その位置は、ここでは牽引車位置センサ 121 を取り付けた牽引車によって提供される、GPS 機能などの、位置検出機能によって制御装置 119 に対して特定される、力、

- ・航空機 202 に加えられる風力、例えば牽引車に取り付けられた風センサ 122 などの、空港または牽引車搭載の風センサから、そして、空港の命令および制御機能を介して、制御装置 119 に供給される風力に関する情報、および

30

- ・牽引車 100 が通過する航空機移動面に沿ったさまざまな位置での、牽引車および航空機の転がり摩擦力であって、それらの位置は、牽引車位置センサ 121 によって提供された位置検出機能によって、そして、空港の命令および制御機能を介して、制御装置 119 に対して特定される、転がり摩擦力。

【0096】

制御装置 119 は、航空機パイロットの航空機 202 の制動だけでなく、障害物センサ 123 若しくは運転カメラ 124 の 1 つによって検出された障害物の探知、または、空港管理統制センター 250 から受け取った制御命令にも応答して、牽引車 100 を減速することができる。牽引車の減速は、航空機と牽引車の間の調整された減速比を確実にするために、それによって、航空機 202 の降着装置に加えられる力を予め決められた力の制限値内に制限するために、とりわけ力センサ 148 および 129 から受け取った入力情報に応じて、制御装置 119 によって調節される。

40

【0097】

降着装置への通常の牽引力とパイロットの制動によって加えられる力を区別するために、制御装置 119 は、センサ 120、121、122 および 123 などの、各種センサからのデータによって示される、上で説明された 1 つ以上の要因を考慮する。

【0098】

制御装置 119 は、速度制御フィードバックループを使用して牽引車の所望の速度を維持するように、牽引車 100 の加速および減速を調節するように動作することができる。

50

制御装置 119 には、牽引車移動経路のさまざまな区域の、関連した牽引車制限速度を示した、組み込まれた空港地図を設けるか、または、当該地図を利用可能にすることができる。この制限速度の情報は、牽引車 100 の瞬間的な位置を示した情報によって調整され、当該位置を示した情報を、牽引車位置センサ 121 によって提供することができる。制御装置 119 は、牽引車 100 の瞬間的な速度を示すナビゲーションシステムをさらに含む場合がある。フィードバックループは、牽引車の瞬間的な位置の制限速度に実際の速度をできるだけ近づけ、そして、実際の速度が制限速度を超えないように動作する。

【0099】

制御装置 119 は、例えば力制御フィードバックループを使用して、航空機 202 の降着装置に加えられる水平な力を、航空機総重量の 4 % といった、許容範囲に制限するように、牽引車 100 の加減速を調節するように動作することもできる。制御装置 119 は、力センサ 148 および 129 からの入力情報を受け取り、その入力情報は、とりわけ、風、傾斜、転がり摩擦、並びに、航空機 202 および / または牽引車 100 の加速または減速がもたらす、航空機 202 の降着装置に加えられる力の合計を示す。力フィードバックループは、航空機 202 または牽引車 100 の予期しない加速または減速のための余地を選択的に残して、力センサ 148 および 129 によって検出される力を、降着装置が許容できる力の制限値の十分に下で維持するように、牽引車 100 を加速または減速する。

【0100】

牽引車 100 が、牽引車 100 および牽引された航空機 202 の地上移動速度が概して航空機パイロットに制御された地上移動動作モードの速度である、図 4 A から図 4 E に示される自律地上移動動作モードにおいて動くとき、航空機パイロットは、航空機ブレーキをかけて、航空機舵柄 206 による牽引車操縦を再開することで、自律システムにオーバーライドし、航空機パイロットに制御された動作モードに切り替えることが可能であり得る。航空機パイロットは、緊急事態において航空機ブレーキをかけることもできる。

【0101】

効率的な地上移動動作は、空港のすべての航空機の地上移動が命令および制御システム 250 によって統合的な方法で管理され、このように、離陸するために待つ航空機の列を避けるという事実のため、自律地上移動動作モードで提供される。図 4 E で見られるように、命令および制御システム 250 は、航空機が、地上移動の間、航空機間で所望の間隔を維持し、そして、できる限り、始動動作および停止動作を避けるように、すべての航空機の動作を統合する。

【0102】

牽引車の地上移動動作のため、および、離陸帯から前押し戻し位置への牽引車 100 の帰還のための、制御装置 119 を介した、空港管制塔の命令および制御システムの制御下での、牽引棒を有しない航空機牽引車 100 の自律動作モードのさまざまな段階を示したそれぞれの図である、図 5 A、図 5 B、図 5 C、図 5 D および図 5 E に対して、ここで参照が行われる。

【0103】

図 5 A、図 5 B および図 5 C は、航空機降着装置車輪 204 からの牽引車 100 の離脱を例解する。航空機からの牽引車 100 の離脱は、航空機のエンジンが航空機パイロットによって始動された後、概して実行されることが十分に理解される。命令および制御システム 250 が、離脱を実行するように牽引車 100 に命令することができる。代替的には、牽引車による離脱を、離陸地点に隣接した予め決められた離脱位置で、牽引車の検出された位置によって、自動で作動することができる。制御装置 119 に無線で離脱命令を通信することができる。牽引車を分離する命令に応答して、クランプアセンブリ 147 は、航空機降着装置車輪 204 との締付け係合から分離され、そして、牽引車 100 は、前方へ移動する。その一方で、航空機パイロットは、航空機 202 にブレーキをかけて、航空機舵柄 206 を制御して、航空機降着装置車輪にランプ 150 を下らせ、ランプ 150 が航空機に対して前方に移動するように、航空機 220 の前後軸と平行に降着装置を保つ。

【0104】

10

20

30

40

50

セーフティドライバが牽引車 100 にいてもよく、その場合には、離脱はセーフティドライバにより従来の方法で実行することができ、セーフティドライバによる音声通信コードの切断を通常伴う。

【0105】

図 5 D は、離陸地域から前押し戻し位置までの予め決められた牽引車自律移動経路に沿った予め決められた位置での、予め決められた制限速度範囲内の牽引車移動速度を提供するために、以下の要因の 1 つ以上を考慮して、制御装置 119 によって調節された、牽引車の制御された加速および操縦を例解する：

- ・牽引車位置センサ 121 によって示される牽引車 100 の瞬間的な位置、
- ・センサ 123 またはカメラ 124 から受信された障害物探知情報、
- ・空港の命令および制御システム 250 によって提供される牽引車移動経路に沿った他の車両の位置に関するリアルタイム情報、および
- ・離陸位置から前押し戻し位置までの、1 つ以上の予め定めた牽引車 100 の移動経路を示す情報；この情報を、制御装置 119 に保存するか、または、空港の命令および制御システム 250 によってリアルタイムで提供することができる。

10

【0106】

図 5 E は、前押し戻し位置で制御装置 119 によって調節された、牽引車の制御された減速および駐車を例解する。

【0107】

航空機 202 のアッカーマンステアリングを提供する、牽引棒を有しない航空機牽引車 100 の操縦機能のそれぞれの概略図である、図 6 A、図 6 B および図 6 C に対して、ここで参照が行われる。

20

【0108】

降着装置車輪 204 が航空機 202 の前後軸 220 に沿ってまっすぐ前方に操縦される航空機 202 を示した図 6 A を見ると、以下のパラメータの記号が言及されている：

- ・L = 降着装置車輪 204 の回転軸 302 と、ここでは参照番号 306 および 308 によって示される、主脚を結ぶ線 304 の間の、航空機 202 の前後軸 220 に沿った距離、
- ・A = 牽引車 100 の、後部の操縦可能な車輪 108 および 110 の中心をつなぐ線 310 と、前部の操縦可能な車輪 104 および 106 の中心をつなぐ線 312 の間の、縦方向の距離、
- ・B = 牽引車 100 の、車輪 108 および 110 の中心間、および、車輪 104 および 106 の中心間の横断方向の距離、および
- ・C = 線 304 に沿った、主脚 306 と 308 間の距離。

30

【0109】

図 6 B は、牽引車 100 のシャーシ 102 に対する、支持アセンブリ 125 の対応した回転を引き起こす、舵柄 206 を使用した航空機パイロットの操縦にตอบสนองして、降着装置車輪 204 が角度 δ だけ回転した航空機 202 を例解する。制御装置 119 は、図 3 A から図 3 E に関して上記したように、 δ がゼロとなるような牽引車 100 の方向づけをもたらすために、牽引車の操縦可能な車輪 104、106、108 および 110 の回転をもたらす。制御装置 119 は、以下のパラメータに従って、図 6 B で図示したように、航空機 202 のアッカーマンステアリングが引き起こされるように、牽引車 100 の動きも制御する：

40

- ・ $R + C / 2$ = 航空機 202 の瞬間的な回転半径、
- ・ δ = 航空機 202 の前後軸 220 に対する降着装置車輪 204 の回転角度、および
- ・ θ_i = 牽引車 100 の車輪の操縦角度 ($i = 104、106、108$ および 110)

【0110】

の関数としての θ_i の計算は、以下の通りでもよい：

$$\cdot L / [R + C / 2] = \tan \delta \gg R = L / \tan \delta - C / 2$$

50

$$\begin{aligned} \cdot \tan(\theta_{108}) &= [L - A/2 \cos \theta - B/2 \sin \theta] / [L/\tan \theta + A/2 - B/2 \sin \theta] \\ \cdot \tan(\theta_{110}) &= [L - A/2 \cos \theta + (A/2 \tan \theta + B/2) \sin \theta] / [L/\tan \theta + (A/2 \tan \theta + B/2) \cos \theta] \\ \cdot \tan(\theta_{104}) &= [L - A/2 \cos \theta + B/2 \sin \theta] / [L/\tan \theta + A/2 + B/2 \sin \theta] \\ \cdot \tan(\theta_{106}) &= [L - A/2 \cos \theta - (A/2 \tan \theta + B/2) \sin \theta] / [L/\tan \theta - (A/2 \tan \theta + B/2) \cos \theta] \\ \text{【0111】} \end{aligned}$$

図6Cは、 θ がゼロであるように、牽引車100を航空機202に対して再方向合わせさせる、牽引車操縦アルゴリズムに従った牽引車100の動作を例解する。図3Aから図3Eに関して上で言及されたように、制御装置119は、回転センサ145によって検出される角度 θ をゼロまで減らすように、前述のように操縦可能な牽引車車輪104、106、108および110を回転させることによって、牽引車100を再方向合わせさせる。制御装置119は、図3Aから図3Eに示された例において、牽引車100に航空機が引かれるかまたは航空機自身の動力で進むかにかかわらず同じように航空機のパイロットが航空機を操縦するように、牽引車に牽引された航空機202の瞬間的な回転半径 $R + C/2$ が航空機202それ自体の瞬間的な回転半径 $R + C/2$ と同一であるように、牽引車100の向きをもたらすように動作することができる。

【0112】

牽引棒を有しない航空機牽引車の一部を例解する、図7Aおよび7Bに対してここで参照が行われる。図7Cは、可変角度斜板モータの一部を例解する。油圧駆動システム圧(P_s)は、牽引力を提供し、そして、加速、減速および停止の間、力制御ループによって、航空機の降着装置への負荷を制御するために用いられることになる。牽引力の目標値は、速度制御ループから導き出され、そして、力制御ループは、所望の速度に到達するために必要とされる加速を定める。速度および力制御ループの出力情報は、ディーゼルモータ160のRPM、および、可変角度斜板ポンプ161の所望の制御角 θ である。速度制御入力情報(フィードバック)は、車輪オドメータ信号(θ)で、力制御入力情報(フィードバック)は、力センサ信号(F)および油圧システム圧(P_s)、モータトルク T 、車両牽引力である。システム圧は、常にかつリアルタイムで降着装置荷重制限を超えないように制限される。

【0113】

ディーゼルモータ160は、油圧可変容量形ポンプ流量を制御し、そして、モータトルクは、ポンプ圧を制御する。モータは動的応答を有し、時定数 τ_d での1次システム $N_d / (\tau_d s + 1)$ として、概略的にモデル化される。油圧モータ162の回転数は、 N_d で示される。油圧ポンプ定数は K_p で、可変角度斜板ポンプ161の制御角度は θ であり、バルブ(図示せず)により制御することができる。油圧モータ162定数は、トラクショントルク T 、力 F_t を提供する D_m である。油圧システムを弱める粘性摩擦は B_h で、モータが示す等価慣性 J_2 に変換することが可能な車両質量は M_2 である。このシステム(連続回転)には、ばね効果がない。

【0114】

速度および力制御ループの帯域幅を増加させる(応答速度を向上させる)ために、モータ高圧ラインと低圧ラインの間に、サーボ弁164が油圧システムに取り付けられる。サーボ弁164(高速応答バルブ)は、速度および放散される(吸収される)エネルギー量を制御する。サーボ弁164の制御された開放は、完全な停止(モータを通る流れがない、すなわちサーボ弁164を通してすべての流れが廃棄される)まで、実際に、車両を減速する狭められた流路165を通る「漏れを引き起こしている」。速いパイロットの制動($0.4g$ から $0.5g$ の減速)の間、エネルギー吸収システムがボトムアップしてもよく、その場合、車両衝撃(40 トン)が降着装置にかかる。しかし、可能性のある最も高い減速 $0.5g$ でさえ、 $F = 40,000 \times 0.5g = 20$ トンを降着装置にもたらすだけで

10

20

30

40

50

ある（例えば B 7 4 7 の最大許容は $0.15W = 60$ トン）。

【 0 1 1 5 】

図 7 A は、非制動期間の油圧流体 1 6 7 の流れを例解する。例えば、航空機が加速されるかまたは実質的に一定の速度で移動するときに、この流れは発生可能である。この状態では、（バイパス経路 1 6 6 を制御する）サーボ弁 1 6 4 は閉じられ、その結果、すべての油圧流体 1 6 7 が可変角度斜板ポンプ 1 6 1 と油圧モータ 1 6 2 の間に流れて、牽引車車輪を回転させる。

【 0 1 1 6 】

図 7 B は、制動期間の油圧流体 1 6 7 の流れを例解する。一度航空機パイロットが航空機にブレーキをかけると、サーボ弁 1 6 4 は開かれ、そして、油圧流体の漏れ 1 6 7 がバイパス経路 1 6 6 を通って車両を減速する狭められた流路 1 6 5 へと入る。

10

【 0 1 1 7 】

図 7 C は、車両速度を制御する可変角度斜板の角度を例解する。ディーゼルモータは、可変角度斜板ポンプ 1 6 1 を制御する。角度が小さいほど油圧ポンプの圧力は下がり、その結果、液体の流れを低下させて、車輪を減速させる。

【 0 1 1 8 】

図 7 D は、追加的なバイパス経路 1 8 1 が可変角度斜板ポンプ 1 6 1 と平行して連結可能であることを例解する。追加的なバイパス経路は、サーボ弁 1 8 1 を備え、所望より高い油圧流体圧、または、航空機パイロットに制御された航空機の制動を示す少なくとも 1 つの力センサの出力情報に応答して、開放可能である。サーボ弁は、制御装置 1 1 9 および/または油圧検知要素（図示せず）によって制御可能である。

20

【 0 1 1 9 】

航空機の制動を検出する場合には、両方のバイパス経路が開放可能なことに注意すべきで、バイパス経路は同時または連続した方法で開放可能である。第 1 の閾値を超える制動力を検出する場合には、バイパス経路のうちの 1 本が開放可能で、別の閾値を超える制動力を検出する場合には、もう一方が開かれる。

【 0 1 2 0 】

例えば、約 $0.5g$ 以上の制動力を検出する場合には、両方を開くことができるが、 $0.2g$ を超えない制動力を検出する場合には、追加的なバイパス経路だけを開くことができる。

30

【 0 1 2 1 】

図 8 A は、制御装置 1 1 9 の一部である、力制御ループ 1 7 1、速度制御ループ 1 7 2 の入力および出力のブロック図である。力制御ループおよび速度制御ループの出力情報は、ディーゼルモータ 1 6 0 の RPM (N_d で示される)、および、可変角度斜板ポンプ 1 6 1 の制御角 () である。力制御ループ 1 7 1 への入力情報（フィードバック）は、力センサ信号および油圧システム圧 (P) であり得る。速度制御ループ 1 7 2 入力情報（フィードバック）は、車輪オドメータ信号であり得る。

【 0 1 2 2 】

図 8 B は、多入力/多出力 (MIMO) 制御装置の一例を例解する。制御装置は、牽引棒を有しない牽引車によって加えられる速度および力を制御する。制御装置は、以下のような、複数の入力変数を受信する：

40

・ W_{des} - ディーゼルモータ速度 (RPM) による牽引棒を有しない牽引車の所望の速度 V_{des} 、

・ D_p - 油圧ポンプの容量 (トルク/流量 $T_p = D_p \times P$ 、 $Q_p = D_p w_p$)、および

・ D_m - 油圧モータの容量 (トルク/流量 $T_m = D_m \times P$ 、 $Q_m = D_m w_m$)、

また、以下のような複数の制御変数を出力する：

・ V_{eh} - (油圧モータ速度 W_m によって制御される) 車両速度、

・ $F_{traction}$ - (油圧モータ圧 P によって制御される) 車両牽引力、および

50

・ $W_{e \quad M o t o r}$ ディーゼルモータ速度。

【0123】

図9は、航空機、および、牽引棒を有しない牽引車に加えられるさまざまな力を例解する。

【0124】

図10は、牽引棒を有しない航空機牽引車の制御装置によって実行される、さまざまな制御ループを例解する。

【0125】

図11は、航空機を牽引するための方法2000のフローチャートである。

【0126】

方法2000は、少なくとも1つの力センサによって、少なくとも1つの一般に水平な方向に、航空機の降着装置に加えられる力を検出し、そして、バイパス経路を閉じたままにしながら、牽引棒を有しない航空機牽引車によって航空機を牽引する段階2010から始まり、そこで、バイパス経路が、牽引車車輪に接続された牽引車車輪駆動モジュールの可変角度斜板ポンプおよび油圧モータと連結する。

【0127】

段階2010を、上記の牽引棒を有しない航空機牽引車の動作のいずれかによって実行することができる。

【0128】

段階2010の後には、パイロットにより制御された航空機の制動を検出する段階2015が続く。段階2010は、力センサのうちの1台によって開始される。

【0129】

段階2015の後には、バイパス経路の開放を決定する段階2020が続く。

【0130】

段階2020の後には、航空機パイロットに制御された制動の結果として航空機の降着装置に加えられる力を減少させるために、航空機パイロットに制御された航空機の制動を示す少なくとも1つの力センサの出力情報に、少なくとも部分的に応答して、牽引車の制御装置によってバイパス経路を開放する段階2030が続く。バイパス経路の開放のあとに続く制動期間の間、少なくとも大部分の油圧流体が、牽引車車輪の回転速度を減少させるために、油圧モータとバイパス経路の間を循環する。

【0131】

段階2030は、以下の1つまたはその組み合わせのいずれかを含み得る：

・ バイパス経路が閉じられた場合の油圧流体の流量と比べてバイパス経路を通過する油圧流体の流量を減少させるために大きさを決められた、バイパス経路を開放すること、

・ 制動期間より非常に短い時限で、バルブを用いてバイパス経路を開放すること、および

・ 油圧モータの共振周期より非常に短い時限で、バルブを用いてバイパスを開放すること。

【0132】

段階2030の後には、バイパス経路を閉じる段階が続く。降着装置に加えられる力が閾値より小さい場合、または、事前に決められた制動期間が終わった場合、並びに、これらが組み合わされた場合には、バイパス経路を閉鎖することができる。航空機が完全に停止するか、または、事前に決められた速度閾値より小さい速度で移動する場合に、制動期間が終了することができる。

【0133】

方法2000は、1つ以上の制御ループを適用する段階2040を含むことができる。段階2010、2015、2020、2030および2035のいずれか1つと並行して、段階2040を実行することができる。段階2040は、速度制御ループ、力制御ループ、フィードバックおよび/またはフィードフォワードループなどを適用することを含むことができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 4 】

段階 2 0 4 0 は、牽引車の制御装置により、可変角度斜板ポンプの制御角を決定することを含むことができる。好都合に、バイパス経路を開放することを決定する段階 2 0 2 0 は、このような制御ループの結果によって開始することができる制御ループを適用することを含む。

【 0 1 3 5 】

段階 2 0 4 0 は、以下の少なくとも 1 つまたはこれらの組み合わせを含むことができる

- ・ 可変角度斜板ポンプの制御角を決定することにより、牽引棒を有しない航空機牽引車の速度を制御し、かつ航空機の降着装置へ力を加えること、
- ・ 力閾値を超える、航空機の降着装置に加えられる力を防ぐために、可変角度斜板ポンプの制御角の速い変化を導入すること、
- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度に応じて、可変角度斜板ポンプの制御角の遅い変化を誘導すること、および
- ・ 可変角度斜板ポンプの制御角を決定するためにフィードフォワード工程を適用すること。

10

【 0 1 3 6 】

段階 2 0 4 0 は、航空機の世界速度変化を検出し (2 0 4 2)、フィードフォワード工程を可変角度斜板ポンプに適用し (2 0 4 4)、その結果、航空機を減速させる可変角度斜板ポンプの制御角を変化させる (2 0 4 6)、副段階を含む。

20

【 0 1 3 7 】

図 1 2 は、牽引棒を有しない航空機牽引車の E F B 9 9 2 と (無線で) 通信する電子フライトバッグ (E F B) 9 9 1 を備える航空機を例解する。両方の E F B は、ディスプレイを備えることができる。これらの E F B は、パイロットが牽引棒を有しない航空機牽引車を遠隔制御することを可能にすることができる。

【 0 1 3 8 】

E F B 9 9 2 は、空港管制塔などの、遠隔管理センターと無線で通信することができる。無線通信は、空港管制塔への情報の提供を可能にし、牽引棒を有しない航空機牽引車に命令を送信することができる。例えば W i - F i 、 W i - M a x 、 B l u e t o o t h などの、さまざまな通信規格を使用することができる。

30

【 0 1 3 9 】

図 1 3 は、牽引棒を有しない航空機牽引車の正面に向けられ、障害物検出の援助をすることができる第 1 のカメラ 8 8 1、および、支持アセンブリ 1 2 5 を見て、牽引棒を有しない航空機牽引車による車輪支持の方法の監視を援助することができる第 2 のカメラ 8 8 2 を備えた、牽引棒を有しない航空機牽引車を例解する。

【 0 1 4 0 】

牽引棒を有しない航空機牽引車の動作は、他の 1 つ以上の牽引棒を有しない航空機牽引車の位置および動作に応じたものであり得る。牽引棒を有しない複数の航空機牽引車が同じ経路を共有する場合 (または牽引車の経路が部分的に重なる場合) には、一方の牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引は、他方の牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引工程に対応したものでなければならない。

40

【 0 1 4 1 】

2 つの牽引棒を有しない航空機牽引車が、同じ離陸滑走路に航空機を牽引すると仮定すると、牽引工程は (通常、離陸滑走路の起点である) 実質的に同じ位置で終わらなければならない、そして、隣接した離陸間に事前に決められた時間差があると仮定される。例えば、第 1 の航空機が予定通りに離陸滑走路の始まりの第 1 の地点に (牽引によって) 到着すると予想される場合には、事前に決められた時間差が経過するまで、第 2 の航空機は (離陸滑走路の起点に) 到着してはならない。典型的には、単一の時間差を定める代わりに、所望の時間差の範囲が定められる。時間の差異は、通常、飛行場のスループットお

50

よび現時点の航空交通負荷に依存する。典型的な時間差は、1分から3分の間の範囲であり得るが、必ずしもそうであるというわけではない。

【0142】

多くの場合、この時間差を、実際の牽引速度が最大許容牽引速度より遅くなるように牽引速度を遅くすることによって獲得することができる。最大許容牽引速度は、通常、地域ごとに定められ、道の傾斜、気象条件（例えば、雪、雨、強風）、道の曲率、および、最大許容牽引速度に影響を及ぼす他の要素といった、さまざまな変数に対応する。

【0143】

速度の減少は、大気汚染を減少させることができ、また、パイロットの制動の試みを減少させることもできる。

10

【0144】

牽引棒を有しない航空機牽引車、中央制御エンティティなどによって、必要な速度を算出することができる。例えば、1つの牽引棒を有しない航空機牽引車は、他の1つ以上の牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出することができる。

【0145】

牽引棒を有しない航空機牽引車の、位置に関する情報、並びに、付加的または代替的に、速度に関する情報を、一方の牽引棒を有しない航空機牽引車から、もう一方の航空機牽引車へ、そして中央制御エンティティなどへ送信することができる。1つの牽引棒を有しない航空機牽引車は、他の1つ以上の牽引棒を有しない航空機牽引車に関する情報を、相互に、並びに、付加的にまたは代替的に中央制御エンティティに伝達することができる。

20

【0146】

図14は、3つの牽引棒を有しない航空機牽引車1601、1602および1603を例解する。3つの牽引棒を有しない航空機牽引車のすべてが、同じ離陸滑走路1610に航空機を牽引すること、および、牽引が、実質的に同じ位置、つまり滑走路エリア1612、で終わらなければならないことが想定される。牽引棒を有しない航空機牽引車1601、1602および1603は、それぞれの速度および位置に関する情報を交換することができ、付加的にまたは代替的に、この情報を、図4Eに例解した制御システムなどの、例えば空港管制塔の制御システムといった、中央エンティティから提供することができる。

【0147】

3つの牽引棒を有しない航空機牽引車1601、1602および1603は、互いの速度および/または位置を検出するために、レーダーまたは他の検出器を使用することができる。

30

【0148】

牽引棒を有しない航空機牽引車1601が牽引棒を有しない航空機牽引車1602に先行し、そして、牽引棒を有しない航空機牽引車1603が牽引棒を有しない航空機牽引車1602の後に続くとする。また、例えば t_1 と t_2 の間の、時間差の許容範囲が定められているとする。

【0149】

牽引棒を有しない航空機牽引車1602は、第1の時点 t_1 に、位置1612に到着すると予想される。この予想された到着時間を、（牽引棒を有しない航空機牽引車1602が滑走路エリア1612にすでに到着した場合には）牽引棒を有しない航空機牽引車1601、1602および1603のいずれか1つ、または、別のエンティティによって、算出または測定することができ、牽引棒を有しない航空機牽引車1602および1603に送信することができる。

40

【0150】

牽引棒を有しない航空機牽引車1602の牽引スキームは、第2の時点 t_2 に滑走路エリア1612に到着するように設計することができ、そこで、 t_2 は $(t_1 + t_1)$ と $(t_1 + t_2)$ の間の範囲となる。牽引スキームには、位置1612へと導く経路に沿った、所望の速度が含まれる。どんな場合でも、所望の速度は、道および大気の状態によ

50

って決定された許容速度を超えてはならない。牽引スキームは、中央制御エンティティまたは牽引棒を有しない航空機牽引車 1602 によって算出することができるが、別の牽引棒を有しない航空機牽引車によっても算出することができる。

【0151】

牽引棒を有しない航空機牽引車 1603 の牽引スキームは、第3の時点 t_3 に滑走路エリア 1612 に到着するように、設計することができ、 t_3 は $(t_2 + t_1)$ と $(t_2 + t_2)$ の間の範囲となる。牽引スキームには、位置 1612 へと導く経路に沿った、所望の速度が含まれる。どんな場合でも、所望の速度は、道および大気の状態によって決定された許容速度を超えてはならない。牽引スキームを、中央制御エンティティ、牽引棒を有しない航空機牽引車 1603、または、別の牽引棒を有しない航空機牽引車によって算出することができる。

10

【0152】

走行制御スキームを、牽引棒を有しない航空機牽引車によって適用することができる。

【0153】

走行制御スキームによって、パイロットは、例えば、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度より低い場合、事前に決められた期間に、事前に決められた速度の範囲内に航空機の速度を維持することによって、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を決定することが可能になる。

【0154】

走行制御スキームによって、パイロットは、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度より高い場合、パイロットに制御された制動または減速を実行することによって、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を決定することが可能になる。

20

【0155】

パイロットは、ブレーキを踏み、そして、走行制御機構を切断することによって、走行制御から離脱し、このようにして、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を所望の速度と一致させることができる。

【0156】

図15は、航空機を牽引するための方法1700を例解する。

【0157】

方法1700は、段階1707、1708および1709のいずれか1つによって、始動する。

30

【0158】

段階1707には、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出することが含まれる。段階1707は、以下の少なくとも1つを含むことができる：

- ・牽引車の位置に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

- ・牽引車の位置、および、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の位置に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

- ・牽引車の位置、並びに、牽引棒を有しない航空機牽引車と少なくとも1つの経路を共有する少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の位置および速度に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

40

- ・牽引車の位置、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、および

- ・牽引車の位置、牽引棒を有しない別の航空機牽引車の牽引地点の端への推定到着時刻、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること。

【0159】

段階1708には、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車への、速度および位置情報の送信が含まれる。段階1708は、遠隔管理センターへの速度および位置

50

情報の送信、および、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置情報の遠隔管理センターからの受信を含むことができる。

【0160】

段階1709には、レーダーまたはレーザセンサまたはこれと同様のもの等のセンサを利用することにより、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置を検出することが含まれる。

【0161】

段階1707、1708および1709の後には、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度と牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度の間を比較する、段階1710が続く。実際の速度を測定することができ、そして、所望の速度を、牽引棒を有しない航空機牽引車によって受信するか、または、牽引棒を有しない航空機牽引車によって算出することができる。

10

【0162】

牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度より低い場合、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が、比較より前の、事前に決められた期間に、事前に決められた速度範囲内に維持された場合は、段階1710の後には、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を維持する段階1720が続く。事前に決められた速度範囲は、比較的狭い範囲であり得る。

【0163】

また、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度より高い場合、および、航空機パイロットにより制御された航空機の制動および減速のうちの少なくとも1つが検出される場合には、段階1710の後に、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を維持する段階1730を続けることができる。

20

【0164】

段階1720および1730の後には、航空機パイロットに制御された制動を検出して、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度と一致させるために、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を変化させる段階1740が続く。

【0165】

また、方法1700には、航空機牽引の間、牽引棒を有しない航空機牽引車が正の牽引力を加える段階1790を含むことができる。牽引力を加えるだけで、牽引車によって加えられる追加的な力を大きくできるか、または、作用しないものとすることができる。

30

【0166】

図16は、所望の速度と実際の速度の間の関係を示すタイミング図である。

【0167】

説明として、図18は、速度の値、力の値およびRPMの値を含む。これらは、速度、力およびRPMの非限定的な例である。

【0168】

タイミング図は、牽引棒を有しない牽引車の所望の速度（「所望の速度」とも記される）、牽引棒を有しない牽引車の実際の速度（「実際の速度」とも記される）、パイロットによって加えられる制動、（牽引棒を有しない航空機牽引車によって支持される）航空機の降着装置に加えられる力、および、牽引棒を有しない航空機牽引車のディーゼルモータの回転率の、（時間に対する）変化の例を例解する。

40

【0169】

表1は、時点 t_0 から t_{18} の間の、これらの値を例解する。

【表 1】

時間	所望の速度	実際の速度	パイロットによって加えられた制動があるか？	牽引車によって降着装置に加えられる力ー航空機離陸重量のパーセント	ディーゼルモータの R P M
t_0	0	0	はい	3%	1500
t_1	10	0	いいえ	3%	1500
t_2	10	5	いいえ	3-5%	2200
t_3	10	10	いいえ	5-2%	2200
t_4	20	10	いいえ	2%	2200
t_5	20	20	いいえ	5%	2200
t_6	10	20	はい	2%	2200
t_7	10	11	いいえ	2%	2200
t_8	20	11	はい	2%	2200
t_9	20	0	はい	3%	2200
t_{10}	20	0	いいえ	3%	1500
t_{11}	20	5	いいえ	3-5%	2200
t_{12}	20	10	はい	5%	2200
t_{13}	10 (20)	10	いいえ	2%	2200
t_{14}	10 (20)	10	はい	2%	2200
t_{15}	20	8	いいえ	3-5%	2200
t_{16}	20	20	いいえ	5%	2200
t_{17}	20	20	いいえ	2%	2200
t_{18}	20	0	はい	3%	1500

【0170】

牽引工程は、 t_1 で始まる。 t_0 と t_1 との間では、パイロットはブレーキを踏み、そして、牽引棒を有しない航空機牽引車は静止している。

【0171】

t_1 で、牽引棒を有しない航空機牽引車は移動を開始し、そして、(t_3 で) 10 ノットの所望の速度に到達するまで、実際の速度は増加する。 t_4 で、所望の速度は 20 ノットまで増加し、そして、(t_5 で) 20 ノットの所望の速度に到達するまで、 t_4 と t_5 の間、牽引棒を有しない航空機牽引車の速度は増加する。 t_5 と t_6 の間に、実際の速度と所望の速度は 20 ノットで等しくなり、牽引車はその速度を維持する。 t_6 と t_7 の間に、パイロットは(より遅い 10 ノットの所望の速度で回転可能な操作のために)ブレーキを踏み、そして、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度は t_8 まで 11 ノットに減少する。 t_8 と t_{10} の間に、パイロットは急ブレーキをかけ、そして、所望の速度が 20 ノットであるにもかかわらず、(t_9 で) 実際の速度はゼロに減少して、 t_{10} までこの水準が維持される。 t_{10} と t_{12} の間に、牽引車の速度は、10 ノットまで増加する。 t_{12} と t_{13} の間、パイロットは約 10 ノットに航空機の速度を維持し、所望の速度を 10 ノットに変化させる。つまり、パイロットは、走行速度を 10 ノットになるように設定する。この速度は、パイロットが短期間(t_{14} と t_{15} の間に)ブレーキを踏み、走行制御を切断するまで、維持される。切断によって、所望の速度は 20 ノットにリセ

ットされ、 t_{15} と t_{16} の間、速度は、20ノットに到達するまで増加する。 t_{17} に、パイロットは、牽引棒を有しない航空機牽引車を停止させる制動セッションを開始する。

【0172】

タイミング図は、これらの加速および減速が、結果として、牽引棒を有しない航空機牽引車によって降着装置に加えられる力の変化をもたらしていることも例解している。ピークは、 t_3 、 t_5 、 t_8 と t_9 の間、 t_{12} および t_{16} において検出される。

【0173】

図17は、牽引棒を有しない航空機牽引車を制御する方法1900を例解する。

【0174】

方法1900は、牽引棒を有しない航空機牽引車と牽引経路の少なくとも一部を共有することが予想される、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置情報を、牽引棒を有しない航空機牽引車が獲得する段階1910により、開始する。

【0175】

段階1910の後には、牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置、並びに、速度および位置情報に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出する段階1920が続く。

【0176】

段階1920の後には、段階1930および1940のいずれか1つを続けることができる。

【0177】

段階1930には、牽引棒を有しない航空機牽引車への所望の速度の提供が含まれる。段階1930の後には、所望の速度に応答した牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を決定する段階1940が続く。

【0178】

段階1940の後には、所望の速度に応答した牽引棒を有しない航空機牽引車によって航空機を牽引する段階1950が続く。

【0179】

方法1900は、走行制御スキームの適用、並びに、付加的にまたは代替的に、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および/または位置に基づく所望の速度の決定を含むことができる。

【0180】

段階1920は、以下の少なくとも1つを含むことができる：

- ・牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、および

- ・牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引地点の端への推定到着時刻、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること。

【0181】

方法1900は、以下の段階の1つ以上をも含むことができる：

- ・少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車へ、速度および位置情報を送信する段階1990、

- ・遠隔管理センターへ、速度および位置情報を送信する段階1992、

- ・遠隔管理センターから、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置情報を受信する段階1993、および

- ・レーダーまたはレーザセンサなどの、センサを利用して、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置を検出する段階1994。

【0182】

10

20

30

40

50

牽引棒を有しない航空機牽引車 1 0 0 の制御装置 1 1 9 は、方法 1 7 0 0 および 1 9 0 0 のいずれか 1 つの実行に関与することができる。

【 0 1 8 3 】

例えば、制御装置 1 1 9 を、以下の動作のうちの少なくとも 1 つまたはこれらの組み合わせを実行するように構成することができる：

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度とその所望の速度との間を比較すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度より低い場合、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が、比較より前の、事前に決められた期間に、事前に決められた速度範囲（例えば、事前に決められた狭い範囲）内に維持された場合は、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を維持するように、少なくとも 1 つの牽引車車輪ドライバを制御すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度が牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度より高い場合、および、航空機パイロットにより制御された航空機の制動および減速のうちの少なくとも 1 つが検出された場合には、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を維持するように、少なくとも 1 つの牽引車車輪ドライバを制御すること、

- ・ 航空機パイロットにより制御された制動を検出した場合、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度と一致させるために、牽引棒を有しない航空機牽引車の実際の速度を変化させるように、少なくとも 1 つの牽引車車輪のドライバを制御すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、および、少なくとも 1 つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の位置に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、並びに、牽引棒を有しない航空機牽引車と少なくとも 1 つの経路を共有する少なくとも 1 つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の位置および速度に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、および

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、別の牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引地点の端への推定到着時刻、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づく、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること。

【 0 1 8 4 】

別の例によれば、制御装置 1 1 9 を、以下の動作のうちの少なくとも 1 つまたはこれらの組み合わせを実行するように構成することができる：

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車と牽引経路の少なくとも一部を共有することが予想される、少なくとも 1 つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置情報を受信すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置、並びに、速度および位置情報に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること、および

- ・ 牽引棒を有しない航空機牽引車の位置、少なくとも 1 つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引地点の端への推定到着時刻、および、牽引棒を有しない航空機牽引車の牽引位置の端への所望の到着時刻に基づいて、牽引棒を有しない航空機牽引車の所望の速度を算出すること。

【 0 1 8 5 】

10

20

30

40

50

牽引棒を有しない航空機牽引車は、受信器および送信器を含む場合がある。図4Eに記載された例を参照すると、受信器および送信器を制御装置119の中に含め、またはそうでなければ、制御装置の中で統合することができる。少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車へ、速度および位置情報を送信するように、送信器を配置することができる。送信器は、遠隔管理センター（例えば空港管制塔の制御システム）へ、速度および位置情報を送信することができ、そして、受信器は、遠隔管理センターから、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置情報を受信することができる。

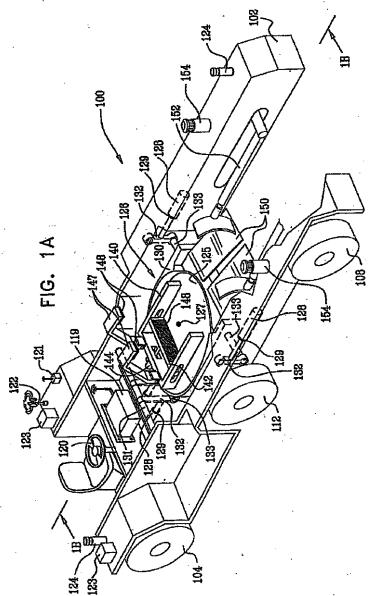
【0186】

牽引棒を有しない航空機牽引車は、少なくとも1つの他の牽引棒を有しない航空機牽引車の速度および位置を検出するように構成された、レーダー、レーザセンサ等をさらに含む場合がある。レーダー、レーザセンサ等は、数百メートルの範囲を有し得、非常に高い周波数（40GHz以上）で動作することができる。

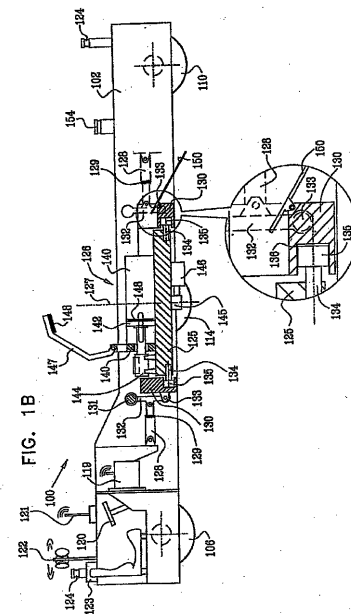
【0187】

当業者は、本発明が先に具体的に図示および記載されているものによって限定されないことを理解するであろう。本発明はむしろ、上記のさまざまな特徴の組み合わせおよび従属組み合わせの両方、ならびに、上記の記載を読む当業者がおそらく思いつくことになり、かつ従来技術にないそれらの修正を含む。加えて、本発明に関係する当業者は、多くの変更、変形および修正を、本発明の範囲から逸脱することなく、必要な変化とともに行うことができると容易に理解するであろう。

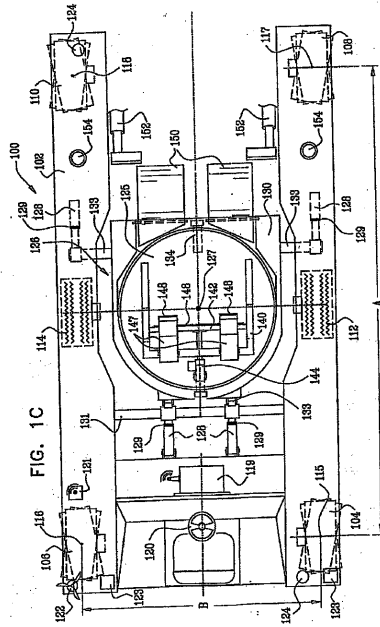
【図1A】



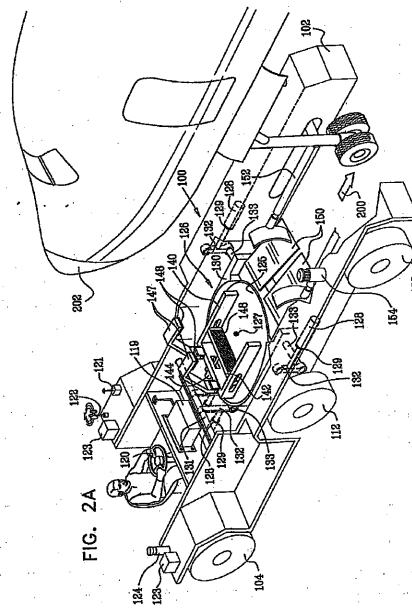
【図1B】



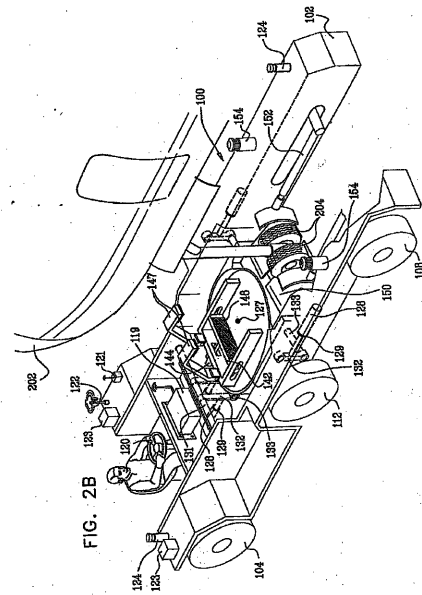
【図 1 C】



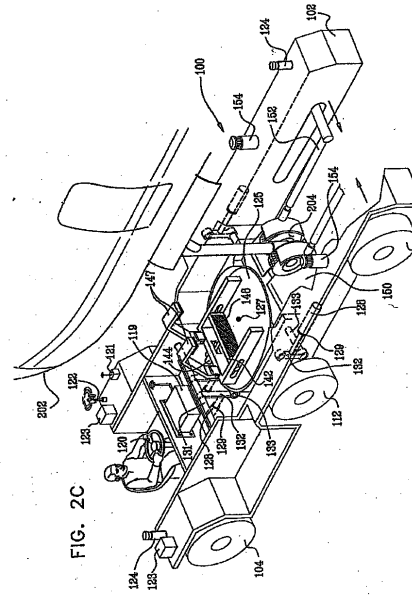
【図 2 A】



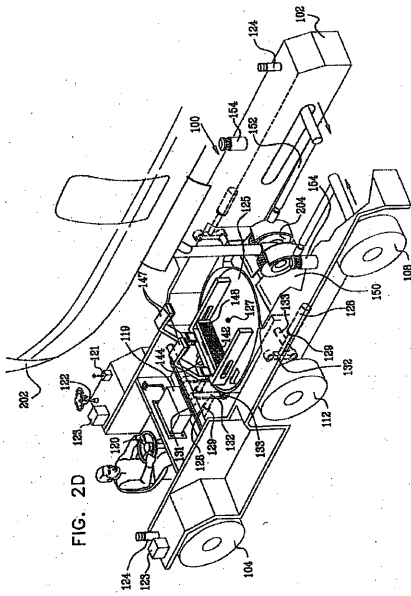
【図 2 B】



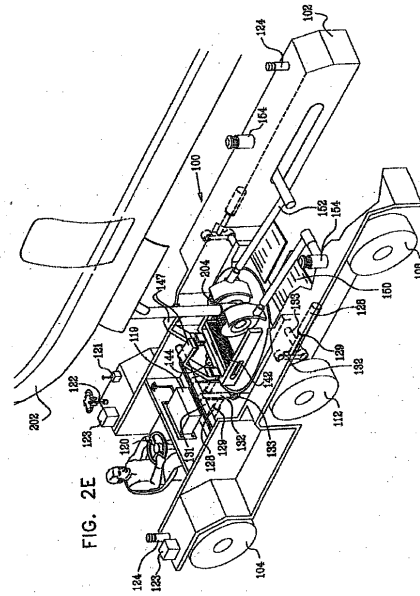
【図 2 C】



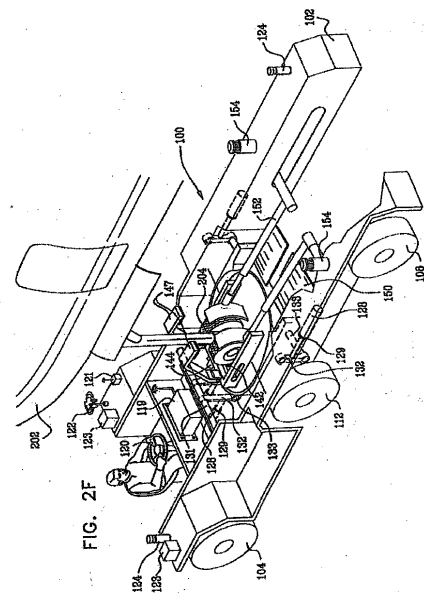
【図 2 D】



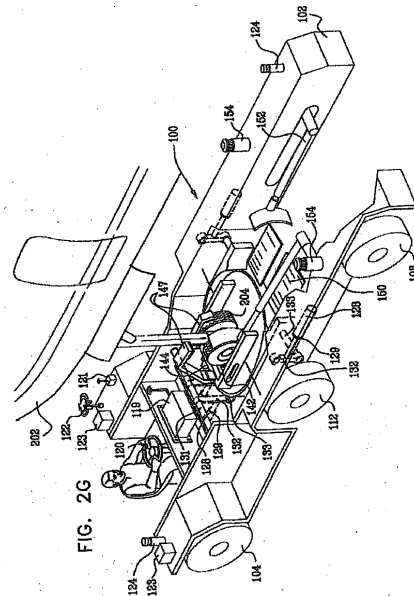
【図 2 E】



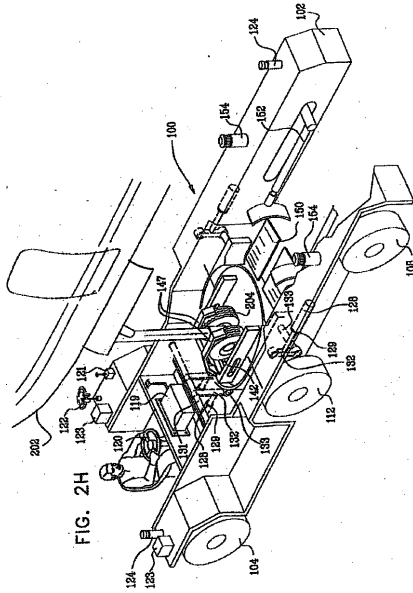
【図 2 F】



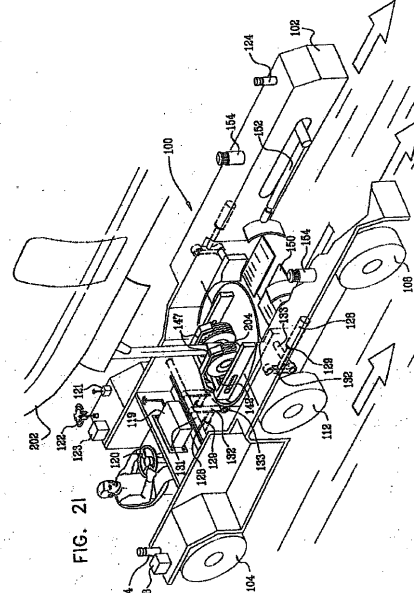
【図 2 G】



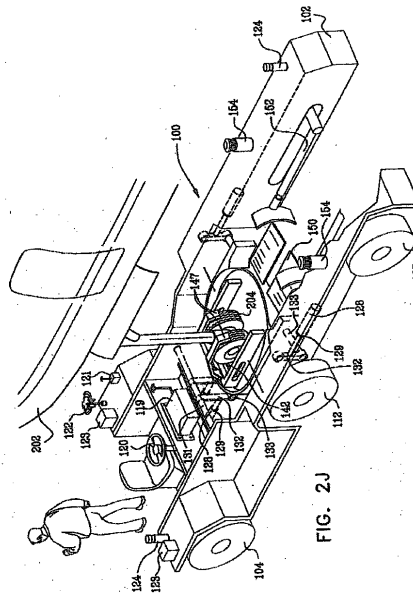
【図 2 H】



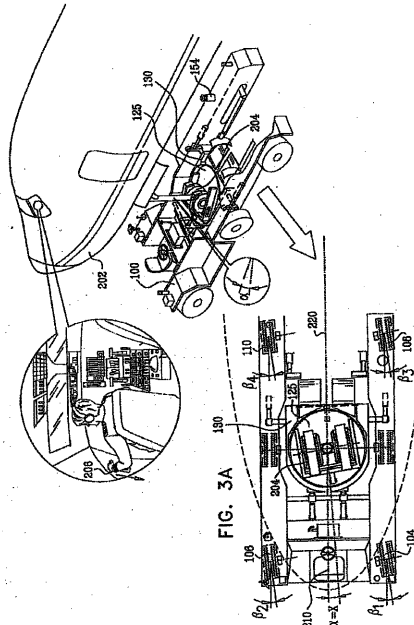
【図 2 I】



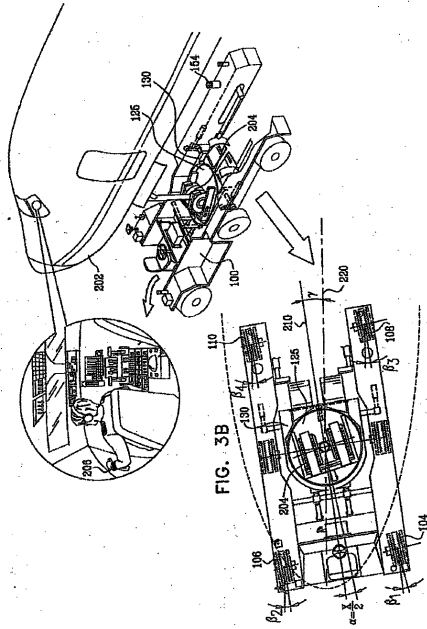
【図 2 J】



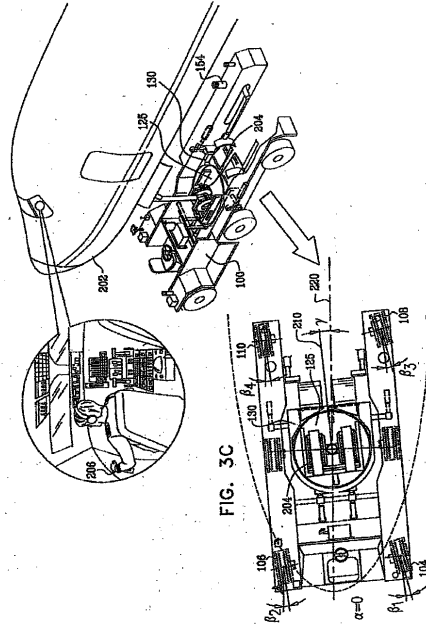
【図 3 A】



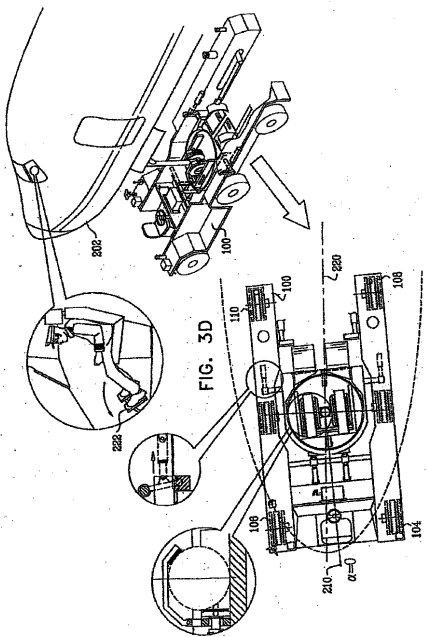
【 図 3 B 】



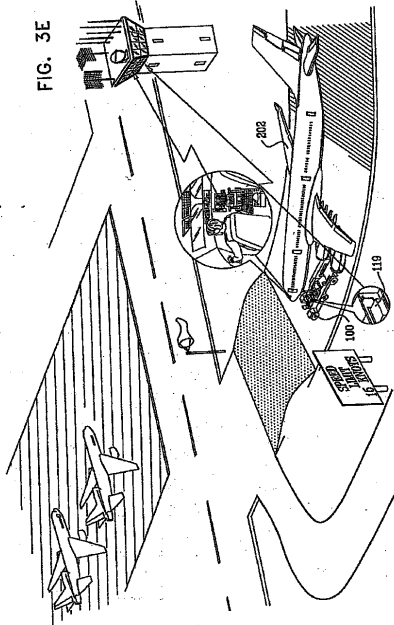
【 図 3 C 】



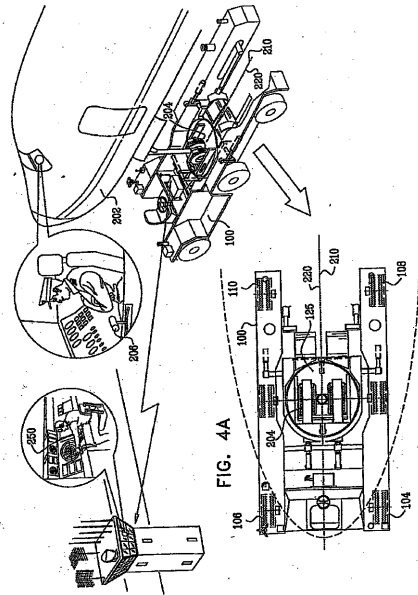
【 図 3 D 】



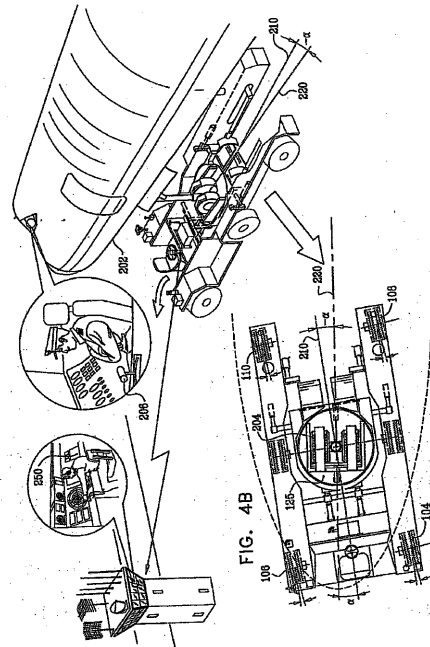
【 図 3 E 】



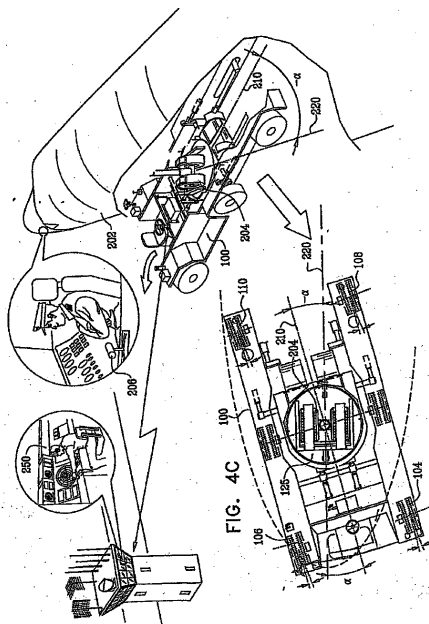
【図 4 A】



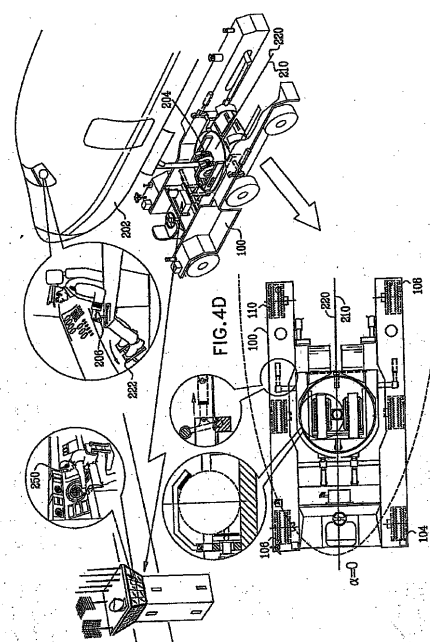
【図 4 B】



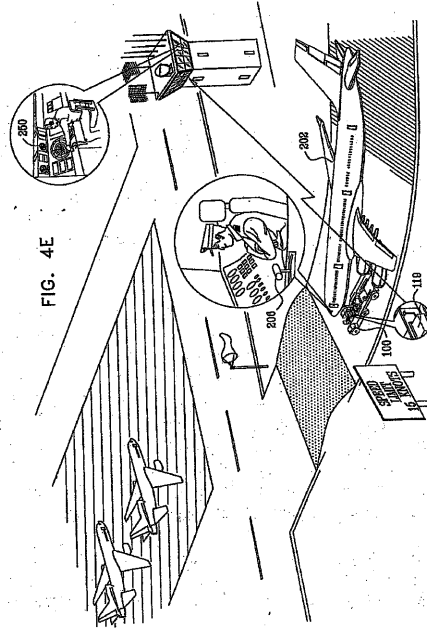
【図 4 C】



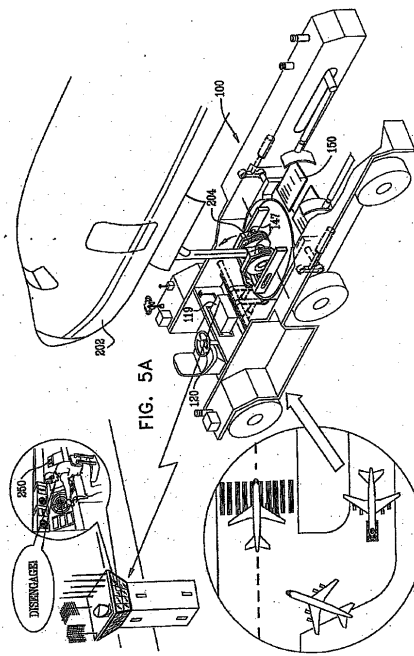
【図 4 D】



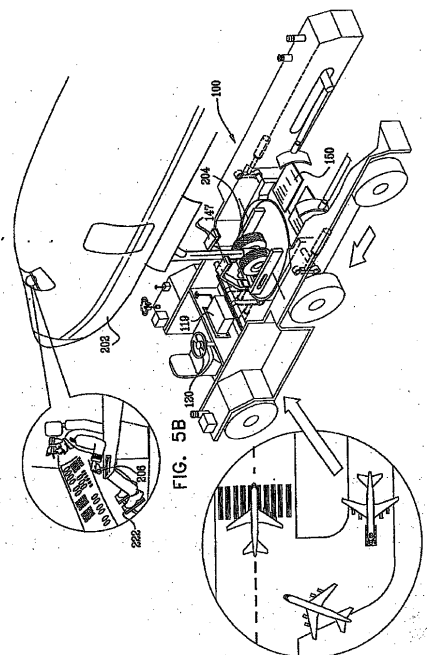
【図 4 E】



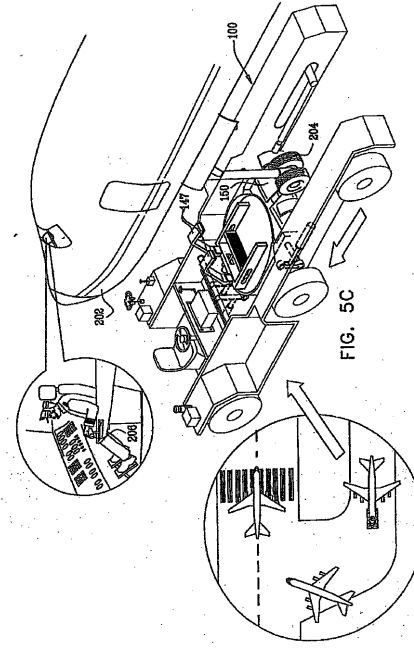
【図 5 A】



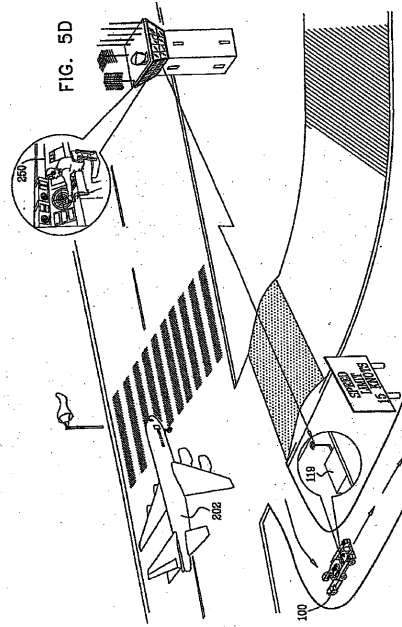
【図 5 B】



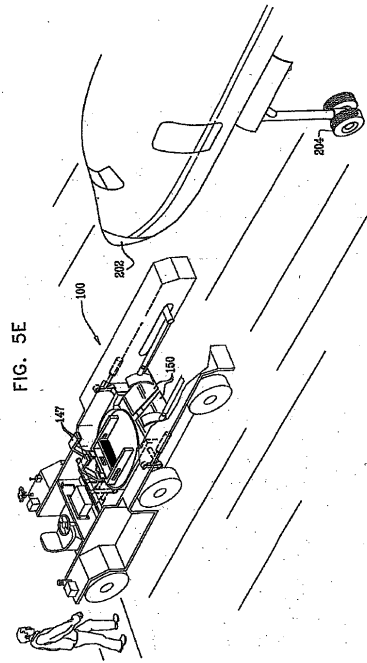
【図 5 C】



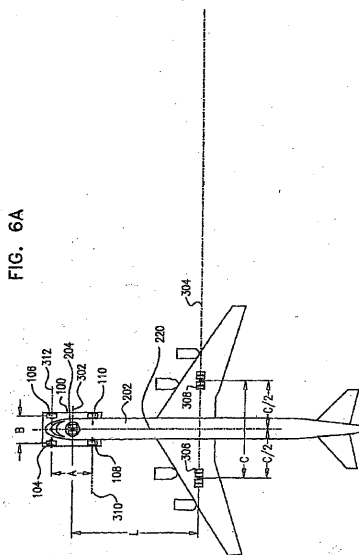
【図 5 D】



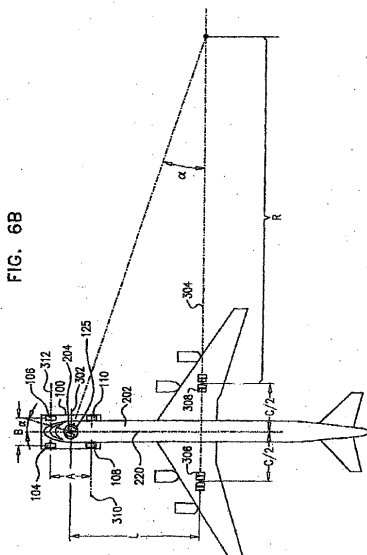
【図 5 E】



【図 6 A】



【図 6 B】



【図 7 D】

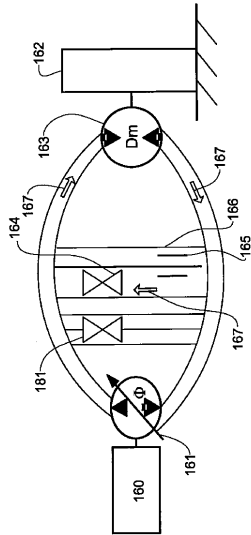
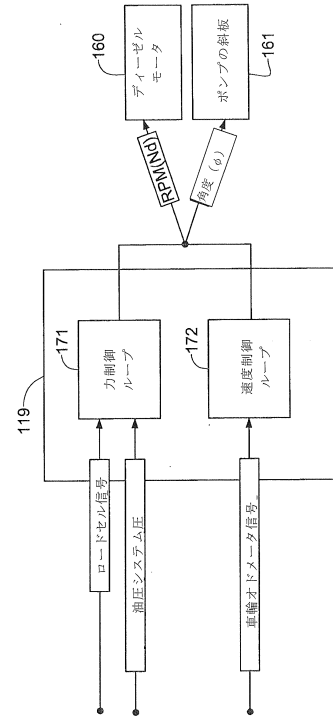
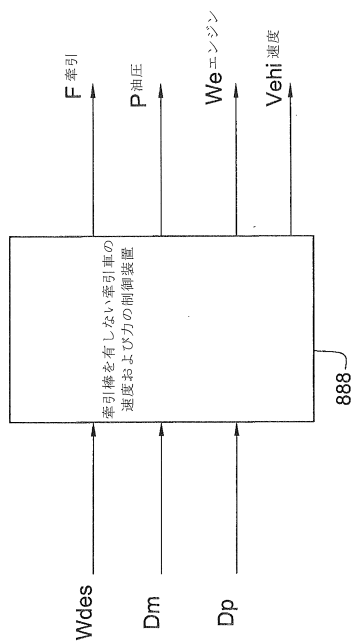


FIG. 7D

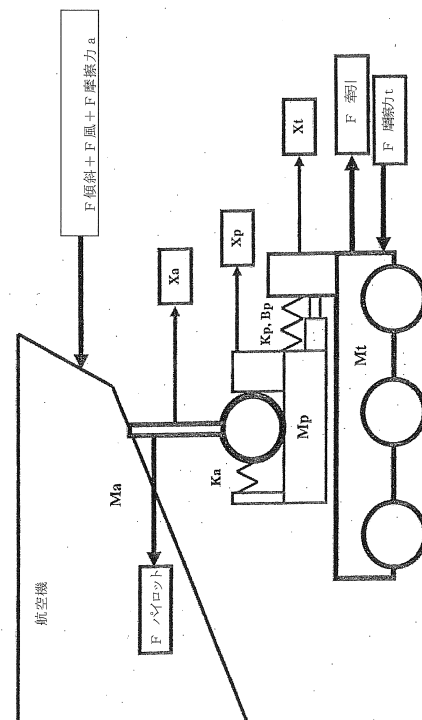
【図 8 A】



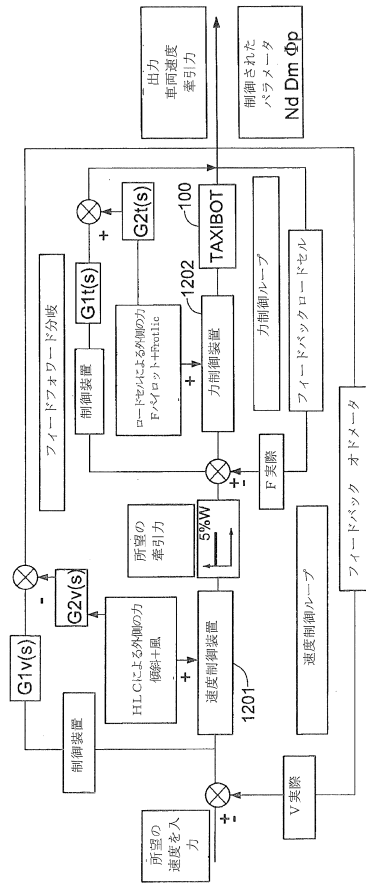
【図 8 B】



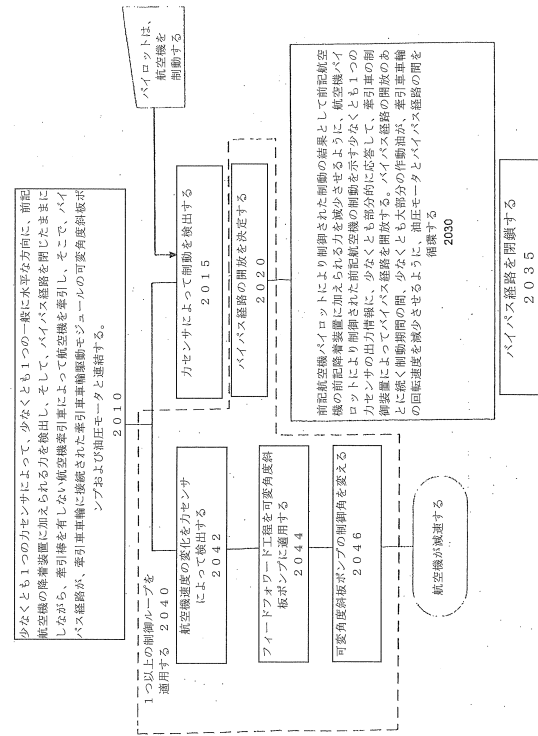
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

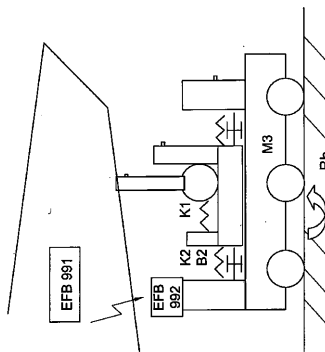
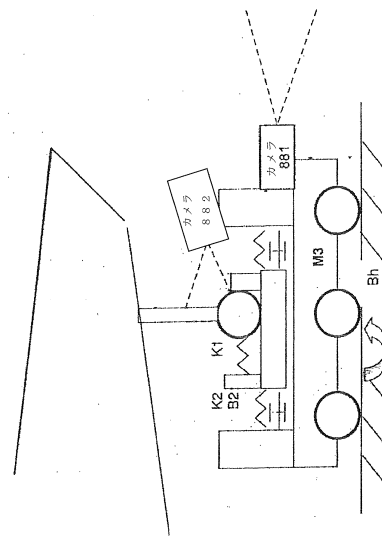
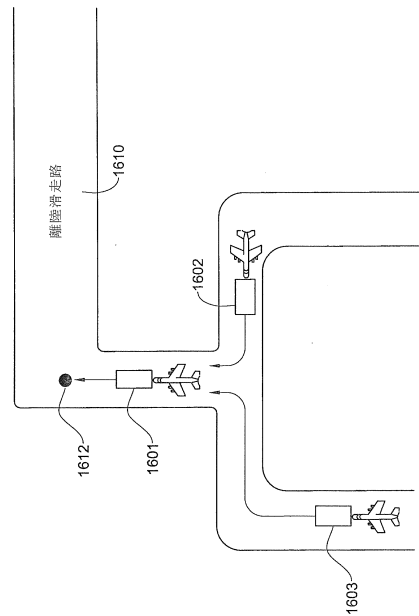


FIG. 12

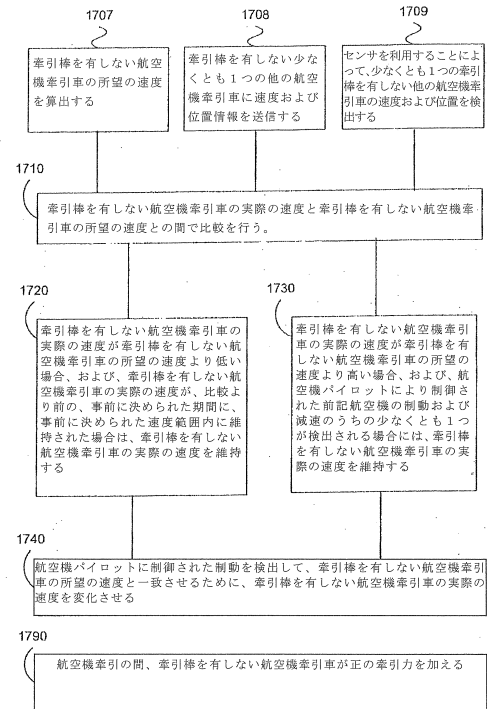
【図 13】



【図 14】

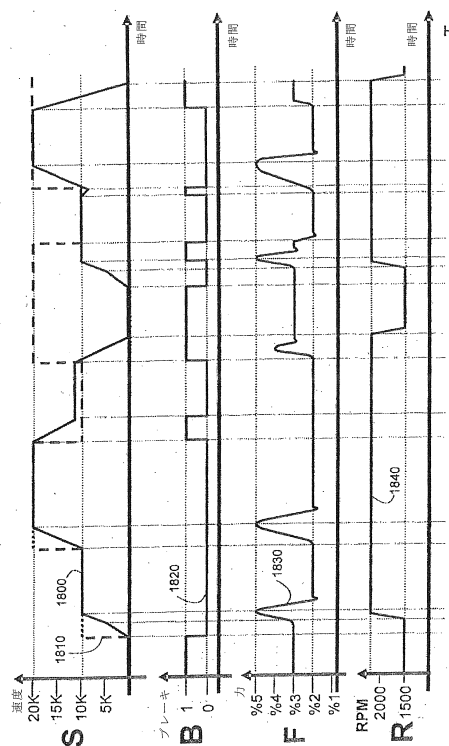


【図 15】

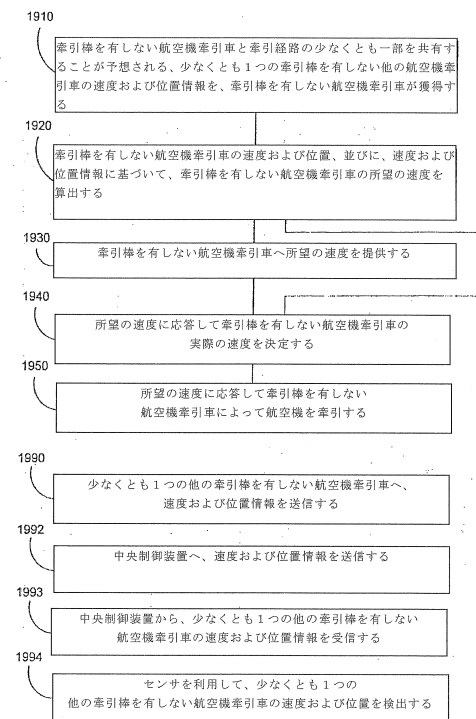


1700

【図 16】



【図 17】



1900

フロントページの続き

(72)発明者 ブレア, ラン
イスラエル国, ショハム 73142, ピー・オー・ボックス 2264, 8シー エメック ハ
ーイロン ブルバード

審査官 黒田 暁子

(56)参考文献 国際公開第2008/139440(WO, A2)
特開平06-042635(JP, A)
特開平09-303532(JP, A)
特表2010-526726(JP, A)
特開2002-243017(JP, A)
特開昭59-216797(JP, A)
特表2010-504883(JP, A)
国際公開第2008/038270(WO, A2)
特開平11-082676(JP, A)
特開平04-191558(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B64F 1/22