

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6893590号
(P6893590)

(45) 発行日 令和3年6月23日 (2021. 6. 23)

(24) 登録日 令和3年6月3日 (2021. 6. 3)

(51) Int. Cl. F 1
B 6 4 F 1/305 (2006.01) B 6 4 F 1/305

請求項の数 5 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2021-502641 (P2021-502641)	(73) 特許権者	000002358
(86) (22) 出願日	令和1年12月19日 (2019. 12. 19)		新明和工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2019/049860		兵庫県宝塚市新明和町 1 番 1 号
(87) 国際公開番号	W02020/194933	(74) 代理人	110000556
(87) 国際公開日	令和2年10月1日 (2020. 10. 1)		特許業務法人 有古特許事務所
審査請求日	令和3年1月15日 (2021. 1. 15)	(72) 発明者	中村 太一
(31) 優先権主張番号	特願2019-56151 (P2019-56151)		兵庫県宝塚市新明和町 1 番 1 号 新明和工
(32) 優先日	平成31年3月25日 (2019. 3. 25)		業株式会社内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(72) 発明者	國武 隆
			兵庫県宝塚市新明和町 1 番 1 号 新明和工
			業株式会社内
早期審査対象出願		審査官	長谷井 雅昭
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 旅客搭乗橋の走行制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターミナルビルに接続され、鉛直軸線まわりに正逆回転自在なロタンダと、
基端が前記ロタンダに俯仰自在に接続されるとともに長手方向に伸縮自在に構成された
トンネル部と、

前記トンネル部の先端に回転自在に設けられたキャブと、

前記トンネル部または前記キャブに取り付けられ、前記トンネル部または前記キャブを
昇降させる昇降機構と、

前記昇降機構の下方に取り付けられて地面を走行し、中心点を通る軸線まわりに正逆回
転することにより走行方向を変更可能に構成された走行部と、

前記ロタンダの回転角度を検出するロタンダ用角度センサと、

前記走行部の回転角度を検出する走行部用角度センサと、

前記鉛直軸線から前記走行部の前記中心点までの水平距離を測定するための水平距離測
定手段と、

水平面に対する前記トンネル部の傾斜角度を測定するための傾斜角度測定手段と、

を備えた旅客搭乗橋の走行制御方法であって、

前記キャブを航空機の乗降部に装着する際、

前記走行部が移動開始位置にあるときに、前記キャブから視た前記乗降部の位置を示す
相対位置情報を算出するステップと、

前記移動開始位置から前記キャブを前記乗降部に装着するために前記走行部を移動させ

10

20

る移動先の位置までの距離が、前記鉛直軸線から前記移動開始位置における前記走行部の中心点までの水平距離よりも短い所定の状態の場合に、前記移動開始位置における前記走行部の位置情報と前記乗降部の相対位置情報とに基づいて前記移動先の位置情報を算出するステップと、

前記移動開始位置から前記移動先の位置へ一直線に向かう方向と特定方向とのなす角度である走行目標角度を算出するステップと、

前記走行部を前記移動開始位置から前記移動先の位置へ向けて走行させ、この走行中において、所定周期で前記走行部の現在の走行方向と前記特定方向とのなす角度である走行角度を算出し、前記走行角度が前記走行目標角度を維持するように前記走行角度のみを考慮して前記走行部を制御する走行ステップと、

10

を有し、

前記移動先の位置情報を算出するステップにおいて、前記移動開始位置の位置情報は、前記水平距離測定手段で測定される前記鉛直軸線から前記走行部の中心点までの水平距離と前記ロタンダ用角度センサで測定される前記ロタンダの回転角度と前記傾斜角度測定手段で測定される前記傾斜角度とに基づいて算出され、

前記走行ステップにおいて、前記走行角度は、前記走行部用角度センサで測定される前記走行部の回転角度と前記ロタンダ用角度センサで測定される前記ロタンダの回転角度とに基づいて算出される、

旅客搭乗橋の走行制御方法。

【請求項 2】

20

前記移動先の位置は、前記キャブが前記乗降部に装着されるときの前記走行部の位置である、

請求項 1 に記載の旅客搭乗橋の走行制御方法。

【請求項 3】

前記相対位置情報を算出するステップは、

前記キャブに取り付けられたカメラで撮影される前記乗降部の画像に基づいて前記乗降部を検知し当該乗降部の前記相対位置情報を算出する、

請求項 1 または 2 に記載の旅客搭乗橋の走行制御方法。

【請求項 4】

前記走行部は、

30

前記走行部の中心点を挟んで互いに平行に配置されて個々に独立して回転駆動可能な 2 つの駆動輪を有するよう構成されており、

前記走行ステップは、

前記 2 つの駆動輪の各々の回転速度を調整することにより前記走行部を制御する、

請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の旅客搭乗橋の走行制御方法。

【請求項 5】

前記移動先の位置情報を算出するステップにおける前記所定の状態は、

前記移動開始位置から前記移動先の位置までの距離が、前記トンネル部が最も収縮している場合の前記鉛直軸線から前記走行部の中心点までの水平距離よりも短い所定の距離以下の状態である、

40

請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の旅客搭乗橋の走行制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、旅客搭乗橋の走行制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

空港において、航空機に乗降する際には、ターミナルビルと航空機とを連結する旅客搭乗橋が用いられる。このような旅客搭乗橋の移動を自動化することが提案されている（例えば特許文献 1，2 参照）。

50

【0003】

図8は、従来の旅客搭乗橋の概略平面図である。

【0004】

この旅客搭乗橋は、ターミナルビルの乗降口に接続されて鉛直回転軸CL1の回りに水平回転自在に支持されたロタンダ4と、基端がロタンダ4に俯仰自在に接続されて伸縮自在に構成されたトンネル部5と、トンネル部5の先端に設けられて回転軸CL2を中心に回転自在なキャブ6と、トンネル部5の先端寄りに設けられてトンネル部5を支持するドライブコラム8とを備えている。トンネル部5は、複数のトンネル5a、5bがテレスコピック式に嵌合されて伸縮自在に構成されている。

【0005】

ドライブコラム8には、トンネル部5を上下移動させる昇降機構10が設けられている。昇降機構10によってトンネル部5を上下移動させることにより、トンネル部5はロタンダ4を基端として上下方向に揺動運動することができる。また、ドライブコラム8の下部には、各々独立に正逆回転駆動できる2つの駆動輪9を有する走行部12が設けられている。走行部12は、2つの駆動輪9の回転駆動によって前進走行及び後退走行が自在に構成されるとともに、走行部12（2つの駆動輪9）の中心点を通る回転軸CL3の回りに正逆回転自在に構成されている。

【0006】

また、旅客搭乗橋には、ロタンダ4の回転角度 θ_R を検出する角度センサ（ロタンダ用角度センサ）と、トンネル部5に対するキャブ6の回転角度 ϕ_C を検出する角度センサ（キャブ用角度センサ）と、トンネル部5に対する走行部12の回転角度 ϕ_W を検出する角度センサ（走行部用角度センサ）とが設けられている。さらに、水平面に対するトンネル部5の傾斜角度 β （図2参照）を測定する傾斜角度測定手段と、ロタンダ4の中心点（回転軸CL1上の位置）から走行部12の中心点までの水平距離（ロタンダー走行部間水平距離）LWを測定する水平距離測定手段が設けられている。これらの傾斜角度測定手段および水平距離測定手段は、それぞれ、昇降機構10によるトンネル部5の昇降量を測定する距離計およびトンネル部5の長さを測定する距離計等で構成されている。

【0007】

また、旅客搭乗橋において、各部の位置を算出するために、図8に示すようなXYZ直交座標系を用いる。すなわち絶対座標として、ロタンダ4の回転軸CL1とエプロン平面との交点を原点（0，0，0）にして、図8に示すようにX軸、Y軸、Z軸（上下方向に延びる軸）をとる。

【0008】

このような旅客搭乗橋を、例えば、図8に示す待機位置からキャブ6を航空機3に装着する装着位置までの移動を自動制御する場合、走行部12の制御は次のように行われる。ここで、走行部12の待機位置をP3とし、移動先の目標位置（例えば装着位置）をP31とする。走行部12を、その待機位置P3から目標位置P31への移動を自動制御する場合、制御装置（図示せず）は、まず、走行部12の走行方向が待機位置P3から目標位置P31に向かう方向となるように左右の駆動輪9をその場で逆回転させて駆動輪9の向きを修正する（図8ではこの修正後の駆動輪9の状態が示されている）。この後、待機位置P3から目標位置P31に向かって走行部12を直進走行させるようにしている。

【0009】

このように走行部12を直進走行させる場合に、左右の駆動輪9の回転数（回転速度）を等しくしたとしても、実際には、路面の傾斜等の状態、左右重量のアンバランス等によって、直進走行させることはできない。

【0010】

そこで、走行中には、2つの各駆動輪9の回転速度を調整するようにしている。例えば、走行中において、所定周期で逐次、ロタンダ用角度センサで検出されるロタンダ4の回転角度 θ_R と、水平距離測定手段で測定されるロタンダー走行部間水平距離LWとに基づいて、走行部12の中心点（回転軸CL3上の所定位置）の現在位置（座標）を算出し、

10

20

30

40

50

この算出された現在位置と予定現在位置との誤差（位置誤差）を算出する。さらに、走行部 1 2 の現在の走行方向を示す走行角度を算出し、この算出された現在の走行角度と走行目標方向を示す角度との誤差（方向角度誤差）を算出する。そしてこれらの誤差が小さくなるように 2 つの各駆動輪 9 の回転速度を調整するフィードバック制御を行うようにしている。

【0011】

ここで、予定現在位置とは、待機位置 P 3 から目標位置 P 3 1 に向かう直線状の経路からなる走行目標経路 R 1 上において、予定された走行速度から算出される現在時点における位置である。また、走行目標方向とは、待機位置 P 3 から目標位置 P 3 1 に一直線に向かう方向であり、走行目標経路 R 1 の延伸方向と同方向である。

10

【0012】

走行中のある時点 t におけるロタンダー走行部間水平距離 L W を $L W_t$ 、ロタンダ 4 の回転角度 θ_R を θ_{Rt} とすると、同時点 t における走行部 1 2 の中心点の現在位置座標 (X_t , Y_t) は次式で算出される。

$$X_t = L W_t \cdot \cos \theta_{Rt}$$

$$Y_t = L W_t \cdot \sin \theta_{Rt}$$

また、同時点 t における走行部 1 2 の回転角度 ϕ_W を ϕ_{Wt} とし、同時点 t における走行部 1 2 の走行方向を示す走行角度 θ_W を θ_{Wt} とすると、走行角度 θ_{Wt} は、

$$\theta_{Wt} = \theta_{Rt} + \phi_{Wt} \text{ として算出される。}$$

【0013】

なお、走行部 1 2 の走行方向を示す走行角度 θ_W は、走行方向が特定方向（例えば X 軸の正方向）となす角度（エプロン平面上における絶対角度）であり、

$$\theta_W = \theta_R + \phi_W \text{ の関係がある。}$$

【0014】

また、走行目標角度 θ_T は、走行目標方向（走行目標経路 R 1 の延伸方向）が特定方向（例えば X 軸の正方向）となす角度（エプロン平面上における絶対角度）である。図 8 では、走行部 1 2 の走行角度 θ_W が、走行目標角度 θ_T と等しくなっている場合が示されている。

20

【0015】

そして、上記のフィードバック制御では、所定周期で算出されるある時点 t の実際の現在位置座標 (X_t , Y_t) と、走行目標経路 R 1 を予定通り走行する場合の同時点 t における予定現在位置座標 (X_{0t} , Y_{0t}) とに基づいて、これらの誤差（位置誤差）が小さくなるように、すなわち実際の位置が予定の位置に近づくように 2 つの駆動輪 9 の回転速度を調整する。より具体的な例としては、上記の位置誤差を、走行目標角度 θ_T で示される走行目標方向における第 1 の位置誤差と、走行目標方向と直交する方向における第 2 の位置誤差とに分けて、各々の位置誤差が小さくなるように、2 つの駆動輪 9 の回転速度を調整する。

30

【0016】

さらに、上記のフィードバック制御では、実際の走行角度 θ_{Wt} と走行目標角度 θ_T との誤差（方向角度誤差）が小さくなるように 2 つの駆動輪 9 の回転速度を調整する。

40

【0017】

この場合、第 1 の位置誤差と第 2 の位置誤差と方向角度誤差との 3 つの誤差に対して、例えば重み付けして 2 つの駆動輪 9 の回転速度を調整するフィードバック制御を行うようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0018】

【特許文献 1】特開 2002-37196 号公報

【特許文献 2】特開 2005-104193 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

上記のフィードバック制御が理想的に行われて制御偏差がないと仮定すると、制御計算上では走行部12の中心点は走行目標経路R1上を移動することになる。すなわち、制御装置では、走行部12の中心点は走行目標経路R1上を移動していると認識している。しかし、実際の走行経路は、走行目標経路R1からずれたものになる。これは、ロタンダ4の回転角度を検出するロタンダ用角度センサの直線性（linearity）や分解能による測定誤差が主な要因となっている。

【0020】

図9（A）は、ロタンダ用角度センサによる測定角度と実際の角度（真の角度）との関係の一例を示す図である。この例では、測定角度が角度 θ_{R0} のときを走行開始時として、測定角度が例えば θ_{R1} 、 θ_{R2} 、 θ_{R3} のときには、実際の角度との間に測定誤差 $\Delta\theta_{R1}$ 、 $\Delta\theta_{R2}$ 、 $\Delta\theta_{R3}$ が生じている。

10

【0021】

図9（B）は、図9（A）のように測定角度と実際の角度との間に誤差 $\Delta\theta_{R1}$ 、 $\Delta\theta_{R2}$ 、 $\Delta\theta_{R3}$ で示されるような測定誤差があるときの走行部12の駆動輪9の走行経路の一例を示す図である。図9（B）では、ハッチングの入っていない長方形が制御計算上の左右の駆動輪9の位置であり、ハッチングの入った長方形が実際の駆動輪9の位置である。この例では、走行開始時（待機位置）のときには、測定角度と実際の角度はともに θ_{R0} であり、制御計算上の駆動輪9の位置と実際の駆動輪9の位置とは重なって同一であるが、実際には誤差がある場合もある。

20

【0022】

前述のように、直線状の走行目標経路R1に対して、フィードバック制御が理想的に行われて、制御計算上では走行部12の中心点が走行目標経路R1上を移動している場合でも、ロタンダ用角度センサの測定誤差 $\Delta\theta_R$ によって実際の走行経路R2は走行目標経路R1からずれた経路になっている。

【0023】

走行中のある時点における制御計算上の走行位置（走行部12の中心点の位置）と実際の走行位置との位置ずれ量は、同時点におけるロタンダー走行部間水平距離LWと測定誤差 $\Delta\theta_R$ との積に略比例する。ここで、ロタンダー走行部間水平距離LWはおよそ10～45mと比較的大きいので、測定誤差 $\Delta\theta_R$ に起因する位置ずれ量は大きくなる。

30

【0024】

よって、図9（A）に示すように測定誤差 $\Delta\theta_R$ は変動しており、測定誤差 $\Delta\theta_R$ の絶対値が大きいときに走行部12が例えば装着位置等の目標位置に到達した場合には、目標とする装着位置からの位置ずれ量が大きくなり、航空機3に対してキャブ6の正常な装着が行えなくなる虞が生じるという問題がある。

【0025】

本発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、走行部による移動開始位置から移動先の位置への直進走行を良好に行うことが可能になる旅客搭乗橋の走行制御方法を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0026】

上記目的を達成するために、本発明のある態様に係る旅客搭乗橋の走行制御方法は、ターミナルビルに接続され、鉛直軸線まわりに正逆回転自在なロタンダと、基端が前記ロタンダに俯仰自在に接続されるとともに長手方向に伸縮自在に構成されたトンネル部と、前記トンネル部の先端に回転自在に設けられたキャブと、前記トンネル部または前記キャブに取り付けられ、前記トンネル部または前記キャブを昇降させる昇降機構と、前記昇降機構の下方に取り付けられて地面を走行し、中心点を通る軸線まわりに正逆回転することにより走行方向を変更可能に構成された走行部と、前記ロタンダの回転角度を検出するロタンダ用角度センサと、前記走行部の回転角度を検出する走行部用角度センサと、前記鉛直

50

軸線から前記走行部の前記中心点までの水平距離を測定するための水平距離測定手段と、水平面に対する前記トンネル部の傾斜角度を測定するための傾斜角度測定手段と、を備えた旅客搭乗橋の走行制御方法であって、前記キャブを航空機の乗降部に装着する際、前記走行部が移動開始位置にあるときに、前記キャブから見た前記乗降部の位置を示す相対位置情報を算出するステップと、前記移動開始位置から前記キャブを前記乗降部に装着するために前記走行部を移動させる移動先の位置までの距離が、前記鉛直軸線から前記移動開始位置における前記走行部の中心点までの水平距離よりも短い所定の状態の場合に、前記移動開始位置における前記走行部の位置情報と前記乗降部の相対位置情報とに基づいて前記移動先の位置情報を算出するステップと、前記移動開始位置から前記移動先の位置へ一直線に向かう方向と特定方向とのなす角度である走行目標角度を算出するステップと、前記走行部を前記移動開始位置から前記移動先の位置へ向けて走行させ、この走行中において、所定周期で前記走行部の現在の走行方向と前記特定方向とのなす角度である走行角度を算出し、前記走行角度が前記走行目標角度を維持するようにのみ前記走行部を制御する走行ステップと、を有し、前記移動先の位置情報を算出するステップにおいて、前記移動開始位置の位置情報は、前記水平距離測定手段で測定される前記鉛直軸線から前記走行部の中心点までの水平距離と前記ロタンダ用角度センサで測定される前記ロタンダの回転角度と前記傾斜角度測定手段で測定される前記傾斜角度とに基づいて算出され、前記走行ステップにおいて、前記走行角度は、前記走行部用角度センサで測定される前記走行部の回転角度と前記ロタンダ用角度センサで測定される前記ロタンダの回転角度とに基づいて算出される。

10

20

【0027】

この走行制御方法によれば、走行部が移動開始位置において、移動開始位置から移動先の位置までの距離（距離A）が、ロタンダの回転中心（鉛直軸線）から走行部の中心点までの水平距離（距離B）よりも短い所定の状態の場合に、移動先の位置情報を算出し、走行部の走行中において、所定周期で走行角度を算出し、走行角度が走行目標角度を維持するようにのみ走行部を制御するようにしている。ここで、ロタンダ用角度センサの測定誤差が大きく影響して算出される走行部の現在位置と走行目標経路（移動開始位置と移動先の位置とを一直線で結ぶ経路）上の走行部の予定現在位置との位置誤差を考慮しないで、上述のように、距離Aが距離Bよりも短い場合において走行角度のみを考慮して制御することにより、走行部の走行目標経路からの位置ずれ量を小さくして移動開始位置から移動先の位置への直進走行を良好に行うことが可能になる。なお、移動開始位置は、それ以前の何らかの手段または原因による移動後もしくは移動途中の位置でもよい。

30

【0028】

前記移動先の位置は、前記キャブが前記乗降部に装着されるときの前記走行部の位置であるようにしてもよい。

【0029】

前記相対位置情報を算出するステップは、前記キャブに取り付けられたカメラで撮影される前記乗降部の画像に基づいて前記乗降部を検知し当該乗降部の前記相対位置情報を算出するようにしてもよい。

【0030】

前記走行部は、前記走行部の中心点を挟んで互いに平行に配置されて個々に独立して回転駆動可能な2つの駆動輪を有するよう構成されており、前記走行ステップは、前記2つの駆動輪の各々の回転速度を調整することにより前記走行部を制御するようにしてもよい。

40

【0031】

前記移動先の位置情報を算出するステップにおける前記所定の状態は、前記移動開始位置から前記移動先の位置までの距離が、前記トンネル部が最も収縮している場合の前記鉛直軸線から前記走行部の中心点までの水平距離よりも短い所定の距離以下の状態であるとしてもよい。

【発明の効果】

50

【0032】

本発明は、以上に説明した構成を有し、走行部による移動開始位置から移動先の位置への直進走行を良好に行うことが可能になる旅客搭乗橋の走行制御方法を提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】図1は、本実施形態に係る旅客搭乗橋の一例を示す概略平面図である。

【図2】図2は、旅客搭乗橋を側方から見た概略図である。

【図3】図3は、航空機に装着されるキャブ先端部分を正面から見た図である。

【図4】図4は、操作盤等の一例を示す図である。

10

【図5】図5は、旅客搭乗橋の装着時の動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】図6は、旅客搭乗橋の装着時の動作において制御量の演算方法の一例を示すフローチャートである。

【図7】図7は、キャブが待機位置でのドア撮影用カメラの撮影画像の一例を示す概略図である。

【図8】図8は、従来の旅客搭乗橋の概略平面図である。

【図9】図9（A）は、ロタンダ用角度センサによる測定角度と実際の角度との関係の一例を示す図であり、図9（B）は、図9（A）のように測定角度と実際の角度との間に誤差があるときの駆動輪の実際の走行経路の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0034】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を参照しながら説明する。なお、以下では全ての図面を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。また、本発明は、以下の実施形態に限定されない。

【0035】

（実施形態）

図1は、本実施形態に係る旅客搭乗橋の一例を示す概略平面図である。図2は、図1に示す旅客搭乗橋を側方から見た概略図である。また、図3は、航空機に装着されるキャブ先端部分を正面（航空機側）から見た図である。図4は、操作盤等の一例を示す図である。

30

【0036】

旅客搭乗橋1は、本実施形態に係る旅客搭乗橋の走行制御方法を適用することができる。この旅客搭乗橋1は、空港のターミナルビル2の乗降口2aに接続された水平回転自在なロタンダ（基部円形室）4と、基端がロタンダ4に俯仰自在に接続されて長手方向に伸縮自在に構成されたトンネル部5と、トンネル部5の先端に正逆回転自在に設けられたキャブ（先端部円形室）6と、ドライブコラム8とを備えている。

【0037】

ロタンダ4は、支柱7によって回転軸（鉛直軸線）CL1の回りに正逆回転自在に支持されている。

【0038】

40

トンネル部5は、ターミナルビル2の乗降口2aと航空機3のドア3aとをつなぐ連絡通路を形成する伸縮自在な筒状体であり、複数のトンネル5a、5bがテレスコピック式（入れ子式）に嵌合されて長手方向に伸縮自在に構成され、トンネル部5はその全体が伸縮するようになっている。なお、ここでは、2つのトンネル5a、5bによって構成されたトンネル部5が例示されているが、トンネル部5は2つ以上の複数のトンネルによって構成されていけばよい。また、トンネル部5の基端部は、ロタンダ4に、水平回転軸CL4（図2）の回りに揺動自在（上下に揺動自在）に接続されることにより、ロタンダ4に俯仰自在に接続されている。

【0039】

また、トンネル部5の先端寄り部分（最も先端側のトンネル5b）には、支持脚として

50

ドライブコラム 8 が設けられている。ドライブコラム 8 には、キャブ 6 及びトンネル部 5 を上下移動（昇降）させる昇降機構 10 が設けられている。この昇降機構 10 によってトンネル部 5 を上下移動させることにより、キャブ 6 及びトンネル部 5 は、ロタンダ 4 を基端として上下方向に揺動運動することができる。

【0040】

また、ドライブコラム 8 には、昇降機構 10 の下方に、一对の駆動輪 9 を有する走行部 12 が設けられている。走行部 12 は、2 つの駆動輪 9 の回転駆動によって前進走行及び後退走行が可能に構成されている。また、走行部 12 は、舵角がトンネル部 5 の長手方向に対して、 $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ の範囲内で変更可能なように、走行部 12（2 つの駆動輪 9）の中心点を通り上下方向に延びる回転軸（中心軸線）CL3 の回りに正逆回転自在に構成され、走行方向を変更可能である。つまり、2 つの駆動輪 9 は、走行部 12 の中心点を挟んで互いに平行に配置されて個々に独立して回転駆動可能である。また、2 つの駆動輪 9 は、これらの中心点（走行部 12 の中心点）を通る走行方向（ロール軸）に対してローリングできるように揺動可能に構成されている。走行部 12（駆動輪 9）が地面を走行することにより、トンネル部 5 を回転軸 CL1 まわりに回転させるとともにトンネル部 5 を伸縮させることができる。なお、ドライブコラム 8 は、トンネル 5b ではなくキャブ 6 に設けられてあってもよい。

10

【0041】

キャブ 6 は、トンネル部 5 の先端に設けられており、図示しない回転機構によってキャブ 6 の床面に垂直な回転軸 CL2 の回りに正逆回転自在に構成されている。このようにキャブ 6 はトンネル部 5 の先端に取り付けられているので、ドライブコラム 8 の昇降機構 10 によって、キャブ 6 もトンネル部 5 とともに、ロタンダ 4 を基端として上下方向に揺動運動することができる。

20

【0042】

また、図 1、図 3 に示すように、キャブ 6 の先端部分の床面よりやや上に航空機 3 のドア 3a を撮影するためのドア撮影用カメラ（乗降部撮影用カメラ）21 が設置されている。このカメラ 21 には、例えば IP カメラが用いられており、本例ではキャブ 6 に対して設置位置および撮影方向が固定されているが、キャブに対して撮影方向を制御したり変更したりできるものであってもよく、画角を調整できるものであってもよい。また、キャブ 6 の先端部の床 62 の先端に設けられたバンパー 61 の左右方向に並んで、キャブ 6 と航空機 3 との間の距離（例えば、図 1 に示す距離 RA）を検出する距離センサ 22, 23（例えばレーザー距離計）が複数（この例では 2 つ）取り付けられている。なお、本例では距離センサ 22, 23 の計測方向は固定されているが、計測方向を制御したり変更したりできるように構成されていてもよい。

30

【0043】

また、図 3 に示すように、キャブ 6 の先端部には、前後方向に伸縮可能な蛇腹部 63 が設けられている。図 3 には、蛇腹部 63 の前端部分で航空機 3 と当接する門型の当接部分が図示されている。

【0044】

さらに、図 4 に示すように、旅客搭乗橋 1 には、ロタンダ 4 の回転角度 θ_R （図 1）を検出するロタンダ用角度センサ 24 と、トンネル部 5 に対するキャブ 6 の回転角度 ϕ_C （図 1）を検出するキャブ用角度センサ 25 と、トンネル部 5 に対する走行部 12 の回転角度 ϕ_W （図 1）を検出する走行部用角度センサ 26 と、傾斜角度測定手段 27 と、水平距離測定手段 28 とが、適宜な位置に設けられている。傾斜角度測定手段 27 および水平距離測定手段 28 は、それぞれ、昇降機構 10 によるトンネル部 5 の昇降量（上下移動量）を測定する距離計およびトンネル部 5 の長さを測定する距離計等で構成されているが、このような構成に限らず、傾斜角度を直接測定するセンサや、水平距離を直接測定するセンサであってもよい。

40

【0045】

傾斜角度測定手段 27 は、水平面に対するトンネル部 5 の傾斜角度 β （図 2 参照）を測

50

定する。この傾斜角度測定手段 27 では、トンネル部 5 が水平状態であるときの傾斜角度 β を 0 とし、この水平状態のときよりもトンネル部 5 の先端及びキャブ 6 が低い位置になるときの傾斜角度 β を負の値として算出し、水平状態のときよりもトンネル部 5 の先端及びキャブ 6 が高い位置になるときの傾斜角度 β を正の値として算出するように構成されている。よって、トンネル部 5 が図 2 で示された傾斜状態の場合には、傾斜角度 β は負の値 ($\beta < 0$) になっている。

【0046】

また、水平距離測定手段 28 は、ロタンダ 4 の中心点（回転軸 CL1 上の位置）から走行部 12 の中心点（回転軸 CL3 上にある一対の駆動輪 9 の中心点）までの水平距離であるロタンダー走行部間水平距離 LW を測定することができる。このロタンダー走行部間水平距離 LW は、回転軸 CL1 から走行部 12 の中心点までの距離（水平距離）である。

【0047】

なお、図 1 では、トンネル部 5 が水平状態（図 2 の傾斜角度 $\beta = 0$ の状態）で、キャブ 6 の先端部分が航空機 3 の方を向いた状態が示されている。一方、図 2 では、トンネル部 5 が傾斜角度 β にて傾斜した状態で、キャブ 6 の先端部分がトンネル部 5 の伸長方向と同方向を向いた状態が示されている。

【0048】

キャブ 6 の内部には、図 4 に示すような操作盤 31 が設けられている。操作盤 31 には、昇降機構 10 によるトンネル部 5 及びキャブ 6 の昇降や、キャブ 6 の回転等を操作するための各種操作スイッチ 33 の他、駆動輪 9 を操作するための操作レバー 32 及び表示装置 34 が設けられている。操作レバー 32 は、多方向の自由度をもったレバー状入力装置（ジョイスティック）によって構成されている。

【0049】

また、制御装置 50 は、操作盤 31 と相互に電気回路で接続され、操作スイッチ 33 や操作レバー 32 の操作に基づく情報（操作情報）が入力されるとともに、カメラ 21 で撮影される画像データ、各センサ 22～26 の出力信号及び測定手段 27、28 の測定値等が入力されて、旅客搭乗橋 1 の動作を制御するとともに、表示装置 34 に表示される情報等を出力する。

【0050】

なお、制御装置 50 には、CPU 等の演算処理部と、ROM、RAM 等の記憶部とを有している。記憶部には、旅客搭乗橋 1 を動作させるための制御プログラム及び当該動作に必要な情報が予め記憶されており、演算処理部が制御プログラムを実行することにより、旅客搭乗橋 1 の各部の動作（走行部 12 の 2 つの駆動輪 9、昇降機構 10 及びキャブ 6 の回転機構等の動作）の制御等を行う制御部として機能するとともに、ドア位置算出部（乗降位置算出部）51 等として機能する。なお、旅客搭乗橋 1 の動作中に記憶される情報も記憶部に記憶される。制御装置 50 は、例えば、キャブ 6 または最も先端側のトンネル 5b 等に設けられている。

【0051】

次に、旅客搭乗橋 1 の動作の一例について説明する。この旅客搭乗橋 1 の動作は、制御装置 50 の制御によって実現される。図 5 は、旅客搭乗橋 1 のキャブ 6 を航空機 3 へ装着する時の動作の一例を示すフローチャートである。

【0052】

旅客搭乗橋 1 を制御する際、制御装置 50 は、図 1 に示すような XYZ 直交座標系を用いる。すなわち絶対座標として、ロタンダ 4 の回転軸 CL1 とエプロン平面 EP（図 2）との交点を原点（0, 0, 0）にして、X 軸、Y 軸、Z 軸（上下方向に延びる軸）をとり、旅客搭乗橋 1 の各部の位置座標をあらわす。

【0053】

旅客搭乗橋 1 は、航空機 3 がエプロン（所定の駐機場所）に到着して停止する前には、図 1 の実線で示された位置である待機位置で待機している。この待機位置において、航空機 3 の乗降部（ドア 3a）がカメラ 21 の撮影視野に入らない場合、もしくは 2 つの距離

10

20

30

40

50

センサ 22, 23 の検出範囲外となる場合は、航空機 3 の停止後に別途、旅客搭乗橋 1 を作動させ、航空機 3 の乗降部（ドア 3 a）がカメラ 21 の撮影視野に入り、かつ 2 つの距離センサ 22, 23 の検出範囲内となる位置へキャブ 6 を回転したり走行部 12 を駆動したりする。そして、この位置を新たに移動開始位置とすればよいので、以降では簡単のため、この待機位置で航空機 3 の乗降部（ドア 3 a）がカメラ 21 の撮影視野に入り、かつ 2 つの距離センサ 22, 23 の検出範囲内である場合（すなわち、待機位置が移動開始位置である場合）を説明する。

【0054】

なお、カメラ 21 の撮影方向や画角が調整可能な場合は、航空機 3 の乗降部（ドア 3 a）が撮影視野に入るようこれらを調整してもよく、距離センサ 22, 23 の計測方向が調整可能な場合は、航空機 3 を検出すべく距離センサの計測方向を調整してもよい。

10

【0055】

旅客搭乗橋 1 の待機位置は、旅客搭乗橋 1 を航空機 3 の乗降部（ドア 3 a）に装着する際に移動の起点となる移動開始位置である。旅客搭乗橋 1 が航空機 3 の乗降部に装着される際には、待機位置から移動を開始してキャブ 6 が乗降部に装着される。そして、キャブ 6 が乗降部から離脱したときには待機位置に戻って停止し、次の航空機の乗降部への装着動作が開始されるまで、待機位置で待機している。

【0056】

なお、キャブ 6 が航空機 3 から離脱して待機位置へ戻る際に、走行部 12 の目標とする待機位置における走行部 12 の中心位置 P3 の座標（走行部 12 の待機位置の位置座標）は、予め制御装置 50 に記憶されている。また、図 2 に示されるように、キャブ 6 の中心位置 P1 から先端位置 P2 までの距離 LB（所定値）と、キャブ 6 の中心位置 P1 からドライブコラム 8 の取付位置までの距離 LD（所定値）と、ロタンダ 4 の中心点からトンネル部 5 との接続部（水平回転軸 CL4 の位置）までの距離 LR（所定値）と、上記接続部の高さ HR（所定値）と、駆動輪 9 の半径 HW（所定値）とは、予め制御装置 50 に記憶されている。

20

【0057】

例えば、キャブ 6 の中心位置（P1）は、キャブ 6 の中心点（回転軸 CL2 上の所定位置）の位置座標で表される。待機位置におけるキャブ 6 の中心位置 P1 の座標は、例えば、トンネル部 5 の傾斜角度 β と、ロタンダー走行部間水平距離 LW と、ロタンダ 4 の回転角度 θ_R と、ロタンダ 4 の中心点からトンネル部 5 との接続部までの距離 LR と、キャブ 6 の中心位置 P1 からドライブコラム 8 の取付位置までの距離 LD と、を用いて算出できる。また、キャブ 6 の先端位置 P2 の座標は、キャブ 6 の中心位置 P1 と、キャブ 6 の中心位置 P1 から先端位置 P2 までの距離 LB と、キャブ 6 の回転角度 ϕ_C と、ロタンダ 4 の回転角度 θ_R と、トンネル部 5 の傾斜角度 β とを用いて算出できる。また、走行部 12 の中心位置 P3 の X, Y 座標は、ロタンダー走行部間水平距離 LW と、ロタンダ 4 の回転角度 θ_R とを用いて算出できる。また、走行部 12 の中心位置 P3 の Z 座標は、駆動輪 9 の半径 HW（図 2）の値からなる一定値である。

30

【0058】

また、図 1 の二点鎖線で示された旅客搭乗橋 1 は、キャブ 6 が航空機 3 の乗降部に装着された状態となる装着位置にある状態を示している。このとき、キャブ 6 の先端位置（P5）が航空機 3 の乗降部に接した状態となっている。

40

【0059】

また、航空機 3 の正規の停止位置は、航空機 3 の機軸が機軸ライン（機体誘導ライン）AL 上で、かつ、Y 軸方向において定められた所定の位置である。航空機 3 は、正規の停止位置を目標にして停止されるが、実際の停止位置は正規の停止位置とはずれが生じる場合がある。なお、機軸ライン AL は、エプロンに描かれている。図 1 では、航空機 3 の機軸が機軸ライン AL 上にある状態が示されている。

【0060】

この旅客搭乗橋 1 では、航空機 3 に装着されるまでの動作が制御装置 50 による制御に

50

よって自動で行われる。この自動制御は、以下のようにして行われる。なお、以下では、位置 P_n (n は整数) の X 座標を X_n 、 Y 座標を Y_n 、 Z 座標を Z_n で表す。そして、 X 座標値、 Y 座標値、 Z 座標値は、それぞれ、ロタンダ 4 の回転軸 $CL1$ の位置である原点 $(0, 0, 0)$ からの距離 (例えば単位 $[mm]$) を示す。この例では、 X 座標値は図 1 において原点 $(0, 0, 0)$ より右側を正の値とし、左側を負の値とする。また、 Y 座標値は原点 $(0, 0, 0)$ に対しターミナルビル 2 と反対方向を正の方向とし、 Z 座標値は原点 $(0, 0, 0)$ より上方向を正の方向とする。

【0061】

図 5 に示すように、ステップ $S11$ において、操作者が操作盤 31 の機種選択ボタン (図示せず) を押すことにより航空機 3 の機種の選択が行われ、この選択された機種情報が制御装置 50 に入力される。

10

【0062】

次に、操作者が操作盤 31 のスタートボタン (操作スイッチ 33 の一つ) を押すことにより、以下の自動制御が開始される。なお、本実施形態では安全性の向上のために、スタートボタンは操作者がボタンを押しているときのみ ON 状態となる方式のボタン、すなわちいわゆるデッドマンスイッチ方式のボタンによって形成されている。従って、操作者がボタンから手を離すと、自動制御は強制的に中止されるようになっている。

【0063】

上記のスタートボタンが押されると、制御装置 50 は、ステップ $S12$ において、旅客搭乗橋 1 を目標位置へ移動させるための制御量を演算する。具体例としては、以下の (1) ~ (3) で示される。また、この場合のフローチャートの一例を図 6 に示す。なお、図 6 に示される各ステップの順序は、図 6 に示される順序に限定されるものではない。ここで、目標位置は、図 1 の二点鎖線で示されている装着位置である。

20

【0064】

(1) 走行部 12 の回転角度、走行目標距離及び走行目標角度の演算 (図 6 のステップ $S51 \sim S58$)

ここでは、キャブ 6 の中心位置を、待機位置にある現在位置 $P1 (X1, Y1, Z1)$ からキャブ 6 が航空機 3 のドア 3a に装着される目標位置 $P6 (X6, Y6, Z6)$ へ移動させるための、走行部 12 (駆動輪 9) の回転角度、走行目標距離及び走行目標角度を演算する。

30

【0065】

制御装置 50 は、ステップ $S51$ では、待機位置にある現在の駆動輪 9 の中心位置 (走行部 12 の中心位置) $P3$ の XY 座標 $(X3, Y3)$ を次式により算出する。

$$X3 = LW \times \cos \theta_R$$

$$Y3 = LW \times \sin \theta_R$$

ここで、ロタンダー走行部間水平距離 LW は、待機位置のときの水平距離測定手段 28 に基づく値、走行部 12 の回転角度 θ_R は、待機位置のときのロタンダ用角度センサ 24 に基づく値である。なお、駆動輪 9 の中心位置の Z 座標は、常に、駆動輪 9 の半径 HW の値からなる所定値であり、不変とする。

【0066】

40

次に、制御装置 50 は、航空機 3 のドア 3a の位置 $P4 (X4, Y4, Z4)$ を算出するために、ステップ $S52 \sim S55$ を行う。なお、 $(X4, Y4, Z4)$ が乗降部 (ドア 3a) の位置情報である。

【0067】

まず、ステップ $S52$ では、現在のキャブ 6 の中心位置 $P1 (X1, Y1, Z1)$ を次式により算出する。

$$X1 = LC \times \cos \theta_R$$

$$Y1 = LC \times \sin \theta_R$$

$$Z1 = (LC - LR) \times \tan \beta + HR$$

ここで、 LC は、図 2 に示されるように、ロタンダーキャブ間水平距離であり、ロタン

50

ダ 4 の中心点からキャブ 6 の中心点までの水平距離である。このロタンダーキャブ間水平距離 $L C$ は、待機位置のときの傾斜角度測定手段 2 7 の測定値であるトンネル部 5 の傾斜角度 β と、距離 $L E$ と、距離 $L D$ (所定値)、距離 $L R$ (所定値) とを用いて、次式により算出する。

$$L C = L R + L F \times \cos \beta = L R + (L E + L D) \times \cos \beta$$

なお、 $L F$ は、図 2 に示すように、トンネル部 5 の基端部 (水平回転軸 $C L 4$ の位置) からキャブ 6 の中心位置 $P 1$ までの距離であり、 $L E + L D$ である。ここで、距離 $L E$ は、トンネル部 5 の基端部 (図 2 の水平回転軸 $C L 4$ の位置) からドライブコラム 8 の取付位置までの距離である。この距離 $L E$ は、水平距離測定手段 2 8 を構成するトンネル部 5 の長さを測定する距離計の測定値から算出することができる。

10

【0068】

次に、ステップ $S 5 3$ では、現在のキャブ 6 の先端位置 $P 2 (X 2, Y 2, Z 2)$ を次式により算出する。なお、回転角度 ϕ_C は、待機位置のときのキャブ用角度センサ 2 5 に基づく値である。

$$X 2 = X 1 + L B \times (\cos \phi_C \cos \beta \cos \theta_R - \sin \phi_C \sin \theta_R)$$

$$Y 2 = Y 1 + L B \times (\cos \phi_C \cos \beta \sin \theta_R + \sin \phi_C \cos \theta_R)$$

$$Z 2 = Z 1 + L B \times (\cos \phi_C \sin \beta)$$

次に、ステップ $S 5 4$ 、 $S 5 5$ では、制御装置 5 0 は、ドア撮影用カメラ 2 1 の撮影画像に基づいて航空機 3 のドア 3 a を検出し、そのドア 3 a の位置 $P 4 (X 4, Y 4, Z 4)$ を算出する。

20

【0069】

これについて詳しく説明する。図 7 は、キャブ 6 が待機位置でのドア撮影用カメラ 2 1 の撮影画像 $A 2$ の一例を示す概略図である。

【0070】

航空機 3 のドア 3 a の位置 $P 4$ の定義はさまざま考えられるが、ここでは画像認識技術によって検出することを考え、ドア 3 a のペイント部分 4 1 の左下側のコーナー部の曲線部分とそのコーナー部から上に延びる直線部分との境界点である基準点 $p 2$ の位置と定義する。

【0071】

一般的に、航空機 3 では、ドア 3 a が視認できるようにドア 3 a の輪郭部分にペイントが施されており、本例では、そのペイント部分 4 1 の形状に基づいてドア 3 a 及びその基準点 $p 2$ を検出するようにしている。

30

【0072】

ステップ $S 5 4$ では、制御装置 5 0 は、上記のようにして、ドア 3 a 及びその位置として、本例では左側の基準点 $p 2$ の位置を $y z$ 座標 ($y 2, z 2$) で求める。なお、制御装置 5 0 は、撮影画像 $A 2$ において、所定の位置 (例えば左上の角部) を原点 ($0, 0$) として $y z$ 直交座標系を定めている。撮影画像 $A 2$ 上の任意の点の y 座標値及び z 座標値は、原点 ($0, 0$) から数えたピクセル値で表される。この撮影画像 $A 2$ において、カメラ 2 1 の光軸の座標が ($y 0, z 0$) である。

【0073】

40

ステップ $S 5 5$ では、制御装置 5 0 は、まず、所定の演算式 (A) に基づいて、キャブ 6 から視た乗降部 (ドア 3 a) の位置を示す相対位置情報 ($d X, d Y, d Z$) を算出する。この演算式 (A) は、距離センサ 2 2, 2 3 の測定値と、基準点 $p 2$ の変位 ($d y, d z$) と、ロタンダ 4 の回転角度 θ_R と、キャブ 6 の回転角度 ϕ_C と、トンネル部 5 の傾斜角度 β とを変数として、相対位置情報 ($d X, d Y, d Z$) を算出する式であるが、その際、ステップ $S 1 1$ において取得した機種情報に対応する機体特有のデータ (予め制御装置 5 0 の記憶部に記憶) を参照してもよい。ここで、基準点 $p 2$ の変位 $d y$ は、基準点 $p 2$ の y 座標値 $y 2$ とカメラ 2 1 の光軸の y 座標値 $y 0$ との差である ($d y = y 2 - y 0$)。また、基準点 $p 2$ の変位 $d z$ は、基準点 $p 2$ の z 座標値 $z 2$ とカメラ 2 1 の光軸の z 座標値 $z 0$ との差である ($d z = z 2 - z 0$)。

50

【0074】

さらに、ステップS55では、制御装置50は、XYZ直交座標系における航空機3のドア3aの位置P4(X4, Y4, Z4)を、上記相対位置情報(dX, dY, dZ)を用いて次式により算出する。

$$X4 = X2 + dX$$

$$Y4 = Y2 + dY$$

$$Z4 = Z2 + dZ$$

次に、ステップS56では、制御装置50は、航空機3のドア3aの位置P4(X4, Y4, Z4)と、距離センサ22, 23の測定値および装着位置オフセット距離等から計算される変位(dX5, dY5, dZ5)に基づいて、目標位置となるときのキャブ6の中心位置P6(X6, Y6, Z6)を、

$$X6 = X4 + dX5$$

$$Y6 = Y4 + dY5$$

$$Z6 = Z4 + dZ5$$

として算出する。なお、装着位置オフセット距離は、ステップS11において取得した機種情報に対応する機体特有のデータ(予め制御装置50の記憶部に記憶)を参照してもよい。

【0075】

次に、ステップS57では、制御装置50は、所定の演算式(B)に基づいて、キャブ6の中心位置がP6(X6, Y6, Z6)となるときの、ロタンダー走行部間水平距離LW1と、トンネル部5の傾斜角度β1と、ロタンダ4の回転角度θ_R1とを算出する。そして、目標位置となるときの駆動輪9の中心位置P7のXY座標(X7, Y7)を次式により算出する。

$$X7 = LW1 \times \cos \theta_{R1}$$

$$Y7 = LW1 \times \sin \theta_{R1}$$

なお、前述したように、駆動輪9の中心位置(P7)のZ座標(Z7)は所定値であり、不変である。

【0076】

次に、ステップS58では、制御装置50は、走行部12の回転角度φ_W1、走行目標距離及び走行目標角度θ_Tを算出する。ここで、まず、制御装置50は、走行部12が現在位置(P3)から目標位置(P7)まで直進走行する場合の移動距離RDと、走行部12が現在位置(P3)から目標位置(P7)へ直進走行する場合の現在位置における走行部12のトンネル部5に対する回転角度φ_W1とを次式により算出する。ただし、旅客搭乗橋1の可動範囲はY座標が非負の範囲、つまり、0° ≤ θ_R ≤ 180°とする。

$$RD = \{ (X7 - X3)^2 + (Y7 - Y3)^2 \}^{1/2}$$

$$\phi_{W1} = \arccos \{ (X7 - X3) / RD \} - \theta_{R1}$$

以上のようにして、走行部12の移動距離RDと、回転角度φ_W1とを算出できる。なお、現在位置の走行部12の回転角度がφ_Wの場合には、後のステップS13において、φ_W1とφ_Wとの差分だけ走行部12の向きを修正するように2つの駆動輪9を逆回転すればよい。

【0077】

さらに、制御装置50は、移動距離RDが待機位置のときのロタンダー走行部間水平距離LWよりも短い所定の状態の場合に、目標位置(P7)を移動先とし、移動距離RDを走行目標距離とする。上記の所定の状態は、例えば、移動距離RDが、ロタンダー走行部間水平距離LWよりも短い所定の距離(LT)以下となる状態(RD ≤ LT)である。ここで、所定の距離(LT)は、予め制御装置50に記憶されている。そして、走行目標距離(RD)に対応する経路、すなわち、待機位置のときの駆動輪9の中心位置P3から目標位置となるときの駆動輪9の中心位置P7へ一直線に向かう経路が、後のステップS14で走行するときの走行目標経路R1となる。

【0078】

10

20

30

40

50

さらに、制御装置 50 は、走行部 12 の走行目標方向を示す走行目標角度 θ_T を、
 $\theta_T = \theta_R + \phi_{W1}$
 として算出する。すなわち、走行目標角度 θ_T は、走行目標方向（走行目標経路 R1 の延伸方向）が特定方向（例えば X 軸の正方向）となす角度であり、エプロン平面上における絶対角度である。

【0079】

なお、上記で移動距離 RD が待機位置のロタンダー走行部間水平距離 LW よりも短い所定の状態ではない場合（例えば、 $RD > LT$ ）には、一旦、上記所定の状態となるような目標位置の近くまで移動し、その地点を新しい移動開始位置として、再度、ステップ S12（制御量の演算）からの処理を繰り返して、装着位置である目標位置（P7）に到達するようにすればよい。なお、図 5 では、上記所定の状態（例えば、 $RD \leq LT$ ）の場合の手順を示している。

10

【0080】

（2）キャブ 6 の回転角度の算出（図 6 のステップ S59）

次に、ステップ S59 では、制御装置 50 は、キャブ 6 が目標位置（P6）となるときのキャブ 6 の姿勢（向き）を定めるキャブ 6 の回転角度 ϕ_{C1} を算出する。距離センサ 22、23 の測定値等から計算される航空機 3 のドア 3a の表面の、X 軸の正方向となす角度を α とすると、回転角度 ϕ_{C1} は、

$$\phi_{C1} = \alpha + 90 - \theta_{R1}$$

として算出される。

20

ここで、

$$\theta_{R1} = \arccos(X6 / LC1) \text{、但し、} 0^\circ \leq \theta_{R1} \leq 180^\circ$$

$$LC1 = \{(X6)^2 + (Y6)^2\}^{1/2}$$

である。

【0081】

なお、現在位置のキャブ 6 の回転角度が ϕ_C の場合には、後のステップ S15 において、 ϕ_{C1} と ϕ_C との差分だけキャブ 6 を回転させるようにすればよい。この場合、ステップ S15 において、目標位置におけるキャブ 6 の姿勢（向き）が航空機 3 のドア 3a の角度（ α ）に応じて回転させられることになる。

【0082】

30

（3）トンネル部 5 の上下移動量の算出（図 6 のステップ S60）

次に、ステップ S60 では、制御装置 50 は、現在位置から目標位置へ移動するときの昇降機構 10 によるトンネル部 5 の上下移動量、すなわち、キャブ 6 の高さをドア 3a の高さに合わせるためのキャブ 6 の上下移動量を算出する。前述のステップ S57 で求めたロタンダー走行部間水平距離 LW1 およびトンネル部 5 の傾斜角度 β_1 を用いて、昇降機構 10 によるトンネル部 5 の水平状態からの上下移動量 dH を、次式により算出する。

$$dH = (LW1 - LR) \times \tan \beta_1 / \cos \beta_1 + (1 / \cos \beta_1 - 1) \times (HR - HW)$$

ここで、LR はロタンダ 4 の中心点からトンネル部 5 との接続部までの距離であり、HR はロタンダ 4 とトンネル部 5 との接続部（トンネル部 5 の基端部）の高さであり、HW は走行部 12 の駆動輪 9 の半径である（図 2 参照）。

40

【0083】

以上のようにして制御量を算出した後、制御装置 50 は、ステップ S13～S16 を行う。

【0084】

制御装置 50 は、ステップ S15 では、キャブ 6 の回転角度が「 ϕ_{C1} 」となるようにキャブ 6 を回転させる。ステップ S16 では、トンネル部 5 の水平状態からの上下移動量が、ステップ S60 で算出した「dH」となるように昇降機構 10 を動作させる。

【0085】

また、ステップ S13 では、走行部 12 の走行方向を走行目標角度 θ_T で示される走行目標方向とするために、走行部 12 の回転角度が「 ϕ_{W1} 」となるように 2 つの駆動輪 9

50

を逆回転させて駆動輪 9 の向きを修正した後、続くステップ S 1 4 で、2 つの駆動輪 9 による走行部 1 2 の直進走行を開始させる。

【0086】

このステップ S 1 4 では、制御装置 5 0 は、走行中において常時、所定周期でもって、走行部 1 2 の走行方向を示す走行角度 (θ_w) を算出し、この走行角度 (θ_w) が走行目標角度 θ_T を維持するように各駆動輪 9 の回転速度を制御する。この際、走行中のある時点 t において、ロタンダ用角度センサ 2 4 で検出されるロタンダ 4 の回転角度を θ_{Rt} とし、走行部用角度センサ 2 6 で検出される走行部 1 2 の回転角度を ϕ_{wt} とすれば、同時点 t における走行部 1 2 の走行角度 θ_{wt} は、

$$\theta_{wt} = \theta_{Rt} + \phi_{wt}$$

として算出される。この走行角度 θ_{wt} は、走行部 1 2 の走行方向が特定方向（例えば X 軸の正方向）となす角度であり、エプロン平面上における絶対角度である。ここでの走行制御は、後述のステップ S 2 0 において走行する場合も同様に実施される。

【0087】

次に、ステップ S 1 7 では、制御装置 5 0 は、キャブ 6 が所定の一時停止位置（この例ではドア 3 a から 0.1 m 手前の位置）になったか否かを判定し、一時停止位置になると 2 つの駆動輪 9 による走行を一時停止する（ステップ S 1 8）。この場合、制御装置 5 0 は、上記のステップ S 1 4 で、2 つの駆動輪 9 による走行を開始させた後、2 つの距離センサ 2 2, 2 3 の測定値に基づいて航空機 3 とキャブ 6 の先端との距離を測定し、この測定距離に応じて走行速度を低速にし、測定距離が 0.1 m になるとキャブ 6 が一時停止位置になったと判定し、駆動輪 9 による走行を停止させる。上記測定距離は、例えば、2 つの距離センサ 2 2, 2 3 の測定値のうちの短い方の値を採用する。

【0088】

次に、ステップ S 1 9 では、制御装置 5 0 は、キャブ 6 の上下位置等の微調整を行うための制御量を演算する。ここでは、例えば、ステップ S 6 0 の場合と同様にして、ドア撮影用カメラ 2 1 による撮影画像に基づいて、トンネル部 5 の水平状態からの上下移動量「 $dH2$ 」を算出する。

【0089】

次に、ステップ S 2 0 では、制御装置 5 0 は、キャブ 6 の上下位置を微調整するとともに、駆動輪 9 による走行を微速にて再開させて、2 つの距離センサ 2 2, 2 3 の測定値のうちのいずれかが 0 になると、走行を停止させる。続いて、制御装置 5 0 は、蛇腹部 6 3 を前方へ延ばすように動作させて航空機 3 に当接させることにより、キャブ 6 を航空機 3 に装着する。

【0090】

なお、旅客搭乗橋 1 を待機位置へ戻す場合には、例えば、操作員が操作盤 3 1 のデッドマンスイッチ方式のリターンボタン（操作スイッチ 3 3 の一つ）を押すことにより、制御装置 5 0 に、所定の待機位置へ戻るための自動制御を開始させることができる。

【0091】

なお、上記では、ステップ S 1 2 において、ステップ S 5 9 に示されるように、キャブ 6 の回転角度を算出するようにしたが、制御装置 5 0 は、キャブ 6 の回転角度を算出することなく、ステップ S 1 5 において、2 つの距離センサ 2 2, 2 3 の測定値が等しくなるようにキャブ 6 を回転させるようにしてもよい。

【0092】

また、航空機 3 には、ドア 3 a の直下に補強用プレート 3 c が設けられている。そこで、ドア撮影用カメラ 2 1 の撮影画像に基づいて航空機 3 のドア 3 a を検出する際、ドア 3 a のコーナー部の形状と補強用プレート 3 c の形状とに基づいてドア 3 a を検出するようにしてもよい。

【0093】

また、上記では、待機位置や一時停止位置等において、キャブ 6 と航空機 3 間の距離を距離センサ 2 2, 2 3 で検出するようにしたが、ドア撮影用カメラ 2 1 で撮影された画像

10

20

30

40

50

上でのドア3aの2つの基準点(p2, p3)の各々のyz座標を用いて、キャブ6と航空機3間の距離(実距離)を算出するようにしてもよい。

【0094】

また、上記では、待機位置や一時停止位置等において、キャブ6と航空機3間の距離を距離センサ22, 23で検出するようにしたが、2つ以上のドア撮影用カメラ21で撮影されたそれぞれの画像上でのドア3aの基準点(p2-A, p2-B, ...)の各々のyz座標を用いて、三角測量などによりキャブ6と航空機3間の距離(実距離)を算出するようにしてもよい。

【0095】

また、上記では、旅客搭乗橋1が待機位置から装着位置へ移動する間に所定の一時停止位置で一時停止したが、一時停止することなく、待機位置から装着位置まで連続して移動するようにしてもよい。このように、一時停止位置を設けない場合には、装着位置に近づいて低速で走行中に制御量の演算(ステップS19)を行うようにしてもよい。

【0096】

本実施形態の走行制御方法では、移動開始位置(例えば待機位置)において、走行部12の走行目標距離がロタンダー走行部間水平距離LWよりも短い場合に、ステップS14、S20での走行部12の駆動輪9による走行中において、常時、制御装置50は、ロタンダ用角度センサ24の測定値と走行部用角度センサ26の測定値とを加算して走行角度 θ_{wt} を算出し、この走行角度 θ_{wt} が走行目標角度 θ_T を維持するように、2つの各駆動輪9の回転速度(走行速度)を制御するフィードバック制御を行うようにしている。このとき、ロタンダ用角度センサ24の測定誤差が大きく影響して算出される走行部の現在位置と走行目標経路R1上の走行部の予定現在位置との位置誤差を考慮しないで、上述のように走行角度のみを考慮して制御することにより、走行部12の移動開始位置から目標位置(移動先の位置)への直進走行を良好に行うことが可能になる。

【0097】

一方、従来の走行制御方法によれば、走行部12が直線状の走行目標経路R1を直進走行する場合、走行中において、実際の走行角度 θ_{wt} と走行目標角度 θ_T との誤差(方向角度誤差)が小さくなるように、かつ、ロタンダの回転角度とロタンダー走行部間水平距離とに基づいて算出される走行部12の現在位置と、走行目標経路R1上の走行部12の予定現在位置との誤差(位置誤差)が小さくなるように、2つの各駆動輪9の回転速度を調整するようにしている。

【0098】

ここで、ロタンダ用角度センサ24で測定されるロタンダ4の回転角度は、測定誤差が生じる(図9(A)参照)。そして、走行部12の現在位置は、ロタンダ用角度センサ24の測定値(ロタンダ4の回転角度)とロタンダー走行部間水平距離とに基づいて算出されるため、走行部12の走行目標経路R1からの位置ずれ量は、ロタンダー走行部間水平距離とロタンダ4の回転角度の測定誤差との積に略比例する。よって、走行部12の走行目標経路R1からの位置ずれ量は、ロタンダ4の回転角度の測定誤差がロタンダー走行部間水平距離によって増幅されたようになり、ロタンダー走行部間水平距離が長いほど大きくなる。

【0099】

そこで、本実施形態では、ロタンダー走行部間水平距離LWよりも短い距離を走行目標距離とし、走行中において、方向角度誤差のみが小さくなるように制御することにより、走行目標経路R1からの位置ずれ量を小さくして直進走行を良好に行うことが可能になる。従来のように位置誤差が小さくなるようにも制御すると、上記走行目標距離よりも長いロタンダー走行部間水平距離LWに略比例する大きな位置ずれ量が生じることとなり、良好な直進走行を行えなくなる。

【0100】

なお、走行目標距離は、移動開始位置におけるロタンダー走行部間水平距離LWよりも短い距離であればよいが、例えばLW/5以下であることがより好ましい。また、走行目

10

20

30

40

50

標距離（ $R D$ ）は、移動開始位置におけるロタンダー走行部間水平距離 $L W$ よりも短い所定の距離（ $L T$ ）以下とすることができる。この所定の距離（ $L T$ ）は、例えば、トンネル部 5 が最も収縮している場合のロタンダ 4 の回転軸（鉛直軸線） $C L 1$ から走行部 1 2 の中心点までの水平距離よりも短い距離とすることができる。より具体的には、例えば $L T = 3 \text{ m}$ とし、走行距離が 3 m 以下の範囲内での移動に本発明を適用すると、良好な直進走行が得られる。この場合、キャブ 6 を乗降部へ装着する装着時の係合条件に余裕がある一定範囲の機種を対象に乗降部への自動装着が容易に行える。また、例えば $L T = 1 \text{ m}$ とし、走行距離が 1 m 以下の範囲内での移動に本発明を適用すると、より良好な直進走行が得られる。この場合、装着時の係合条件にあまり余裕がない機種も対象に乗降部への自動装着が容易に行える。さらに、例えば $L T = 0.3 \text{ m}$ とし、走行距離が 0.3 m 以下の範囲内での移動に本発明を適用すると、極めて安定した直進走行が得られる。この場合、装着時の係合条件に殆ど余裕がない機種も含め、殆どの機種を対象に乗降部への自動装着が容易に行える。また、移動開始位置は、それ以前の何らかの手段または原因による移動後もしくは移動途中の位置でもよい。

10

【0101】

なお、本実施形態では、移動開始位置（例えば待機位置）において、ドア撮影用カメラ 2 1 でドア 3 a を撮影しその画像からドア 3 a を検出し、目標位置を算出するようにしたが、例えばキャブ 6 にレーザセンサを取り付け、このレーザセンサを用いてドア 3 a を検出し、目標位置を算出するようにしてもよい。

20

【0102】

上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

【産業上の利用可能性】

【0103】

本発明は、走行部による移動開始位置から移動先の位置への直進走行を良好に行うことが可能になる旅客搭乗橋の走行制御方法等として有用である。

【符号の説明】

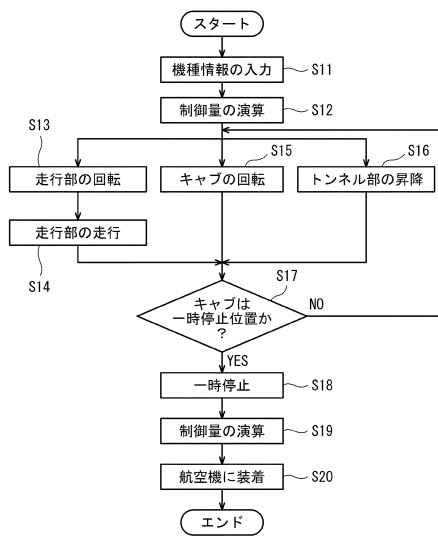
【0104】

30

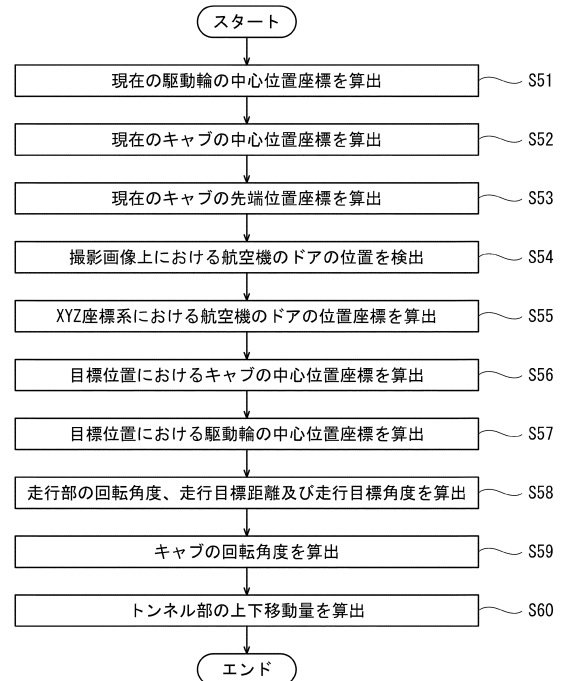
- 1 旅客搭乗橋
- 3 航空機
- 3 a 乗降用ドア
- 4 ロタンダ
- 5 トンネル部
- 6 キャブ
- 9 駆動輪
- 10 昇降機構
- 12 走行部
- 21 ドア撮影用カメラ
- 22, 23 距離センサ
- 50 制御装置
- 51 ドア位置算出部
- 24 ロタンダ用角度センサ
- 26 走行部用角度センサ
- 27 傾斜角度測定手段
- 28 水平距離測定手段

40

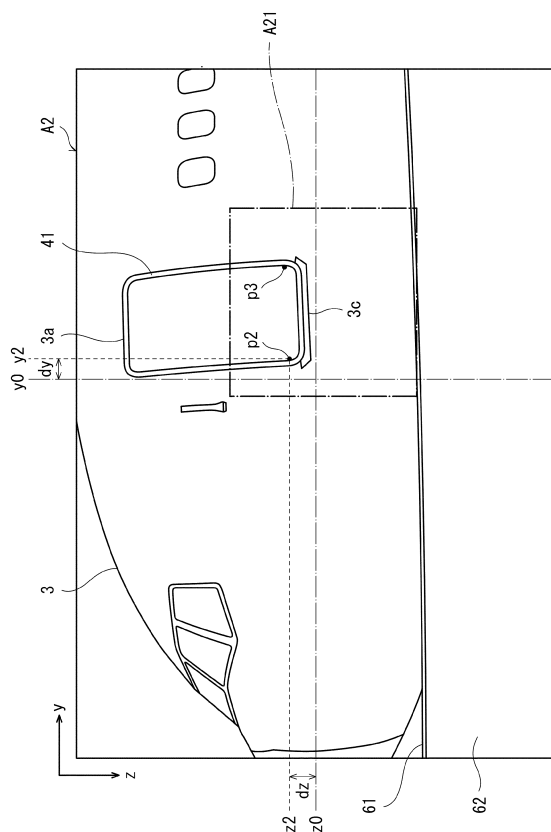
【図 5】



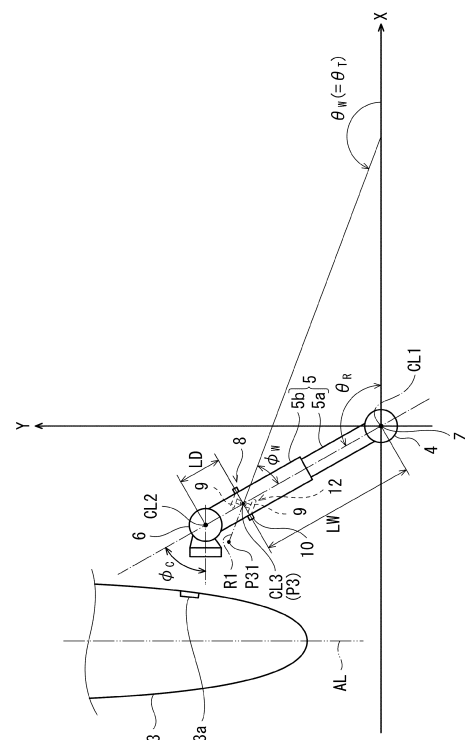
【図 6】



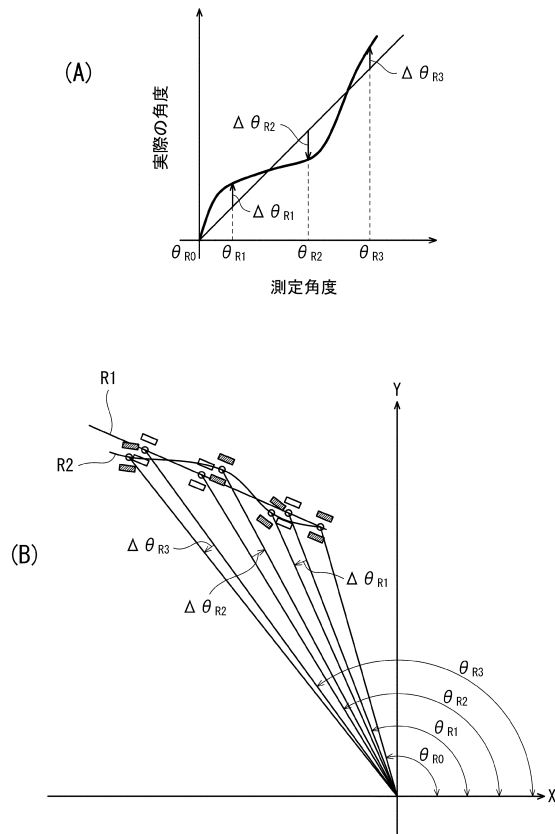
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2019/012648 (WO, A1)

特開2002-037196 (JP, A)

特開2005-104193 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64F 1/305