

明 細 書

発明の名称： 航空機の乗降部を検出するための検出システム

技術分野

[0001] 本開示は、航空機の乗降部を検出するための検出システムに関する。

背景技術

[0002] 空港のターミナルビルと航空機との間の乗客の歩行通路になる設備として、旅客搭乗橋が知られている。旅客搭乗橋は、ターミナルビルに接続されて水平回転自在に支持されたロタンダと、基端がロタンダに接続されて伸縮自在に構成されたトンネル部と、トンネル部の先端に回転自在に設けられ航空機の乗降部に装着されるキャブと、トンネル部の先端寄りに支持脚として設けられたドライブコラムとを備えている。ドライブコラムには、トンネル部を支持して上下移動させる昇降装置と、昇降装置の下部に設けられ一对の走行車輪を有する走行装置とを備えている。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（例えば下記特許文献 1 および 2 参照）。

[0003] 例えば、特許文献 1 には、キャブに航空機の乗降部を撮影するカメラを取り付け、所定の待機位置にキャブがあるときに、カメラで撮影される乗降部の画像に基づいて当該乗降部の水平位置情報を算出し、この水平位置情報に基づいて、キャブを乗降部に装着するために移動させる移動先の目標位置を算出し、待機位置にあるキャブを目標位置に向かって移動させることが記載されている。

[0004] また、特許文献 2 には、航空機の乗降口と接続可能なヘッド部（キャブ）に第 1 および第 2 の 2 つのカメラを備えた構成が記載されている。そして、操作盤において駆動開始の入力が行われると、走行駆動部によって車輪走行が開始され、ヘッド部が航空機の数メートル手前まで到達したとき、第 1 および第 2 カメラによる航空機の第 1 の特徴部および第 2 の特徴部の撮像が開始される。そして、第 1 および第 2 カメラの撮像画像を用いて航空機の乗降口の目標点の位置を算出し、航空機の乗降口に対するヘッド部の相対位置お

よび相対角度を算出し、これらに基づいて制御補正量を算出し、それに基づいて各種駆動部が駆動されて、ヘッド部を航空機の目標点に向けて移動させることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第6720414号公報

特許文献2：特開2020-175727号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] このような旅客搭乗橋の移動を自動化するためには、旅客搭乗橋の先端部に設けられたカメラで撮影された撮影画像から航空機の乗降部の位置を正確に検出する必要がある。特に、航空機の乗降部の位置は、駐機する航空機の種類およびサイズ等に応じて大きく異なり得る。また、空港のゲート配置も様々であり、駐機する航空機とゲート配置との組み合わせごとに乗降部の位置検出態様を予め設定することは煩雑である。このように、様々なゲート配置に対応して複数種類の航空機の乗降部の位置を正確に検出することについて、上記特許文献1および2には改善の余地がある。

[0007] 本開示は上記のような課題を解決するためになされたもので、旅客搭乗橋の先端部に設けられたカメラで撮影された撮影画像を用いて、航空機の乗降部の位置を様々なゲート配置に対応して正確に検出することができる検出システムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示のある態様に係る検出システムは、航空機の乗降部を検出するための検出システムであって、ターミナルビルに接続される旅客搭乗橋と、前記旅客搭乗橋に設けられたカメラと、前記カメラで撮影された撮影画像から前記航空機の乗降部を検出する画像処理装置と、を備え、前記画像処理装置は、前記撮影画像のうちの一部を含む所定領域を区切って探索領域画像を生

成する探索領域画像生成部と、前記探索領域画像内に前記乗降部が存在するか否かの探索を行う探索実行部と、を含み、前記探索領域画像生成部は、前記撮影画像上において前記所定領域を前記航空機の機軸方向一方側から他方側に移動させることにより、前記探索領域画像を順次生成し、前記探索実行部は、順次生成された複数の前記探索領域画像を用いて、前記探索領域画像を変えながら前記探索を繰り返し行う。

[0009] 上記構成によれば、旅客搭乗橋に設けられたカメラで撮影された撮影画像から、その撮影画像の一部を含む所定領域ごとに区切られた複数の探索領域画像が生成される。複数の探索領域画像は、所定領域を航空機の機軸方向一方側から他方側に移動させて生成される。したがって、順次生成された複数の探索領域画像を用いて探索領域画像を変えながら乗降部の探索を繰り返し行うことにより、探索領域を航空機の機軸に沿った方向に移動させながら撮影画像全体の乗降部の探索を行うことができる。これにより、航空機の種類またはゲート配置によらず、乗降部の探索を一律に行うことができる。したがって、航空機の乗降部の位置を様々なゲート配置に対応して正確に検出することができる。

[0010] 前記探索領域画像生成部は、前記撮影画像において水平面に対して垂直かつ前記機軸に平行な仮想平面を、前記仮想平面に垂直な方向から見たときの画像となるように射影変換することを含んでもよい。

[0011] 上記構成によれば、探索領域画像が機軸に平行な画像として生成される。したがって、撮影画像が航空機の斜め方向から撮影された場合であっても、探索領域画像において探索すべき乗降部の形状の歪みを抑制することができる。これにより、探索領域画像における乗降部の探索精度を向上させることができる。

[0012] 前記探索領域画像生成部は、前記撮影画像のうちの一部を含む前記所定領域を区切るたびに当該所定領域における前記撮影画像を前記射影変換してもよい。

[0013] 上記構成によれば、撮影画像が所定領域ごとに射影変換されるため、撮影

画像全体を射影変換してからその射影変換後の画像から所定領域を区切るよりも画像の解像度の低下を抑制することができる。

[0014] 前記検出システムは、水平面に対して交差する方向に延びる所定の回転軸回りに回転することにより前記カメラの撮影方向を変更する撮影方向変更機構と、前記撮影方向変更機構の動作を制御する制御器を備え、前記画像処理装置は、移動後の前記所定領域が予め定められる探索範囲内かつ前記撮影画像内であるか否かを判定する探索範囲判定部を含み、前記制御器は、移動後の前記所定領域が前記探索範囲内であるが、前記撮影画像内ではないと判定された場合、前記撮影方向変更機構により前記カメラの撮影方向を変更して、前記カメラによる撮影を再度行ってもよい。

[0015] 上記構成によれば、カメラの撮影方向を変更しつつ複数回撮影することにより、探索範囲全体の撮影画像を、複数の撮影画像として取得することができる。したがって、一撮影画像あたりの撮影範囲を比較的狭くすることができるため、撮影画像から得られる探索領域画像の解像度を高くすることができる。もしくは探索範囲をカメラの視野以上に広く設定することが可能となる。

[0016] 前記旅客搭乗橋は、第1搭乗橋と、第2搭乗橋とを含み、前記カメラは、前記第1搭乗橋に設けられた第1カメラと、前記第2搭乗橋に設けられた第2カメラとを含み、前記探索領域画像生成部は、前記第1カメラが撮影した前記撮影画像上において前記所定領域を前記航空機の機軸方向前方側から後方側に移動させることにより、前記探索領域画像を順次生成し、前記第2カメラが撮影した前記撮影画像上において前記所定領域を前記航空機の機軸方向後方側から前方側に移動させることにより、前記探索領域画像を順次生成してもよい。

[0017] 上記構成によれば、第1搭乗橋に設けられた第1カメラで撮影された撮影画像に基づいて第1搭乗橋が接続すべき航空機の乗降部の探索が行われ、第2搭乗橋に設けられた第2カメラで撮影された撮影画像に基づいて第2搭乗橋が接続すべき航空機の乗降部の探索が行われる。このとき、第1カメ

ラで撮影した撮影画像を用いた乗降部の探索では、航空機の機軸方向前方側から後方側に探索が行われる一方、第2カメラで撮影した撮影画像を用いた乗降部の探索では、航空機の機軸方向後方側から前方側に探索が行われる。これにより、第1カメラで撮影された撮影画像に基づいて航空機の前方にある乗降部を優先的に検出することができ、第2カメラで撮影された撮影画像に基づいて航空機の後方にある乗降部を優先的に検出することができる。したがって、第1搭乗橋が接続すべき乗降部と第2搭乗橋が接続すべき乗降部とを正確かつ短時間で探索することができる。

[0018] 前記探索実行部は、前記第1カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第1探索と、前記第2カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第2探索とを、並行して行ってもよい。上記構成によれば、第1搭乗橋が接続すべき乗降部の探索と第2搭乗橋が接続すべき乗降部の探索とが同時並行的に行われるため、探索期間を短時間にすることができる。

[0019] 前記探索実行部は、前記第1カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第1探索において前記乗降部を検出した第1位置と、前記第2カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第2探索において前記乗降部を検出した第2位置との距離が所定の基準値未満の場合に、前記第1カメラについて設定される第1探索範囲または前記第2カメラについて設定される第2探索範囲の少なくとも何れか一方の探索範囲に前記第1位置および前記第2位置の双方が含まれていれば、前記第1位置または前記第2位置で、一の前記乗降部を検出したと判定してもよい。

[0020] 上記構成によれば、第1探索で検出された乗降部の位置（第1位置）と、第2探索で検出された乗降部の位置（第2位置）との距離が近い場合、第1位置および第2位置の双方が第1探索範囲または第2探索範囲の少なくとも何れか一方に含まれていれば、2つの探索で1つの乗降部を検出したと判定される。このように、第1位置と第2位置とが近い場合であっても、2つの

探索で1つの乗降部を検出したことについての信憑性が高いと想定される場合に限って、1つの乗降部を検出したと判定することにより、誤検出の発生を抑制することができる。

発明の効果

[0021] 本開示によれば、旅客搭乗橋の先端部に設けられたカメラで撮影された撮影画像を用いて、航空機の乗降部の位置を様々なゲート配置に対応して正確に検出することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、本実施の形態に係る検出システムが適用され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、図1に示す旅客搭乗橋に適用される検出システムの概略構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、本実施の形態における探索処理の流れを示すフローチャートである。

[図4]図4は、本実施の形態における撮影画像の例を示す図である。

[図5]図5は、図4に示す撮影画像において所定領域を設定するための概念図である。

[図6]図6は、本実施の形態において所定領域を射影変換した後の画像を射影変換前の画像と比較して示す図である。

[図7]図7は、本実施の形態における自動装着制御処理の一例の流れを示すフローチャートである。

[図8]図8は、図7に示す同ドア検出判定処理の流れを示すフローチャートである。

[図9]図9は、同ドア検出判定処理における場合分けの概念図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本開示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また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、図面は理解しやすくする

ために、それぞれの構成要素を模式的に示したもので、形状および寸法比等については正確な表示ではない場合がある。また、本開示は、以下の実施形態に限定されない。

[0024] 図1は、本実施の形態に係る検出システムが適用される旅客搭乗橋の一例を示す概略平面図である。図1の例において、旅客搭乗橋1は、第1搭乗橋11と、第2搭乗橋12とを含む。各搭乗橋11、12は、同様の構成を有する。

[0025] 搭乗橋11、12は、それぞれ、空港のターミナルビル2の乗降口に接続されたロタンダ（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の先端部に接続されたキャブ（先端部円形室）6とを備えている。ロタンダ4は、鉛直方向に延びる第1回転軸R4回りに水平回転自在に構成されている。キャブ6は、キャブ6の底面に直交する方向に延びる第2回転軸R6回りに水平回転自在に構成されている。

[0026] トンネル部5は、乗客の歩行通路を形成し、筒状体からなる複数のトンネル5a、5bが入れ子式に嵌合されて長手方向に伸縮自在に構成されている。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。

[0027] また、トンネル部5の先端部（先端側のトンネル5a）には、支持脚としてドライブコラム7が設けられている。なお、ドライブコラム7は、キャブ6に取り付けられていてもよい。ドライブコラム7には、キャブ6およびトンネル部5を昇降させる昇降装置8が設けられている。これにより、キャブ6およびトンネル部5は、ロタンダ4を基点として上下方向に揺動することができる。これにより、キャブ6の回転軸である第2回転軸R6の向きは、キャブ6の底面における水平面に対する傾きに応じて変化する。言い換える

と、第2回転軸R 6は、水平面に交差する方向に延び、その方向がキャブ6およびトンネル部5の上下方向の揺動に応じて変化する。

[0028] また、ドライブコラム7は、トンネル部5をロタンダ4の回り（第1回転軸R 4回り）に回転させるとともにトンネル部5を伸縮させるための走行装置9を含んでいる。走行装置9は、昇降装置8の下方に設けられる。走行装置9は、例えば個々に独立して正逆回転駆動可能である2つの走行車輪を有している。2つの走行車輪を同方向に回転（正回転または逆回転）させることにより前進走行または後進走行が可能であり、2つの走行車輪を互いに逆方向に回転させることにより、その場において走行方向（走行車輪の向き）を変更することもできる。なお、本実施の形態では、ロタンダ4自体が第1回転軸R 4回りに回転することによりトンネル部5が第1回転軸R 4回りに回転する構成を例示しているが、これに代えて、ロタンダ4は、ターミナルビル2に固定され、トンネル部5がロタンダ4に対して第1回転軸R 4回りに回転自在に接続されてもよい。

[0029] キャブ6は、先端部に、航空機3の乗降部D 1，D 2に接続される接続部6 aを有している。接続部6 aには、クロージャ、バンパー、距離センサ等が設けられる。キャブ6の第2回転軸R 6回りの回転により、接続部6 aの位置（乗降部D 1，D 2への接続方向）を変更することができる。なお、キャブ6を回転させる代わりに、接続部6 aがキャブ6に対して第2回転軸R 6回りに回転してもよい。

[0030] また、キャブ6には、航空機3の側面を撮影するためのカメラ2 1，2 2が設置されている。カメラ2 1，2 2は、キャブ6の先端部に設けられる。図1の例では、第1搭乗橋1 1に設けられる第1カメラ2 1は、キャブ6における接続部6 aの内側上部に設置される。第2搭乗橋1 2に設けられる第2カメラ2 2も同様に設置される。なお、カメラ2 1，2 2は、キャブ6の先端部において航空機3の側面を撮影可能な位置であればどこに設けられてもよい。例えば、キャブ6における接続部6 aの内側下部に設置されてもよいし、キャブ6の外側上部または外側下部に設置されてもよい。また、1つ

の搭乗橋 1 1, 1 2 について複数のカメラが設置されてもよい。例えば、キャブ 6 の上部および下部にそれぞれカメラが設置されてもよい。

[0031] 本実施の形態において、第 1 搭乗橋 1 1 の先端部に設けられた第 1 カメラ 2 1 で撮影された撮影画像 G 1 に基づいて第 1 搭乗橋 1 1 が接続すべき航空機 3 の乗降部 D 1 の探索が行われ、第 2 搭乗橋 1 2 の先端部に設けられた第 2 カメラ 2 2 で撮影された撮影画像 G 2 に基づいて第 2 搭乗橋 1 2 が接続すべき航空機 3 の乗降部 D 2 の探索が行われる。

[0032] 図 2 は、図 1 に示す旅客搭乗橋に適用される検出システムの概略構成を示すブロック図である。図 2 に示すように、本実施の形態における検出システム 2 0 は、上記カメラ 2 1, 2 2 と、カメラ 2 1, 2 2 で撮影された撮影画像 G_j (j = 1, 2) から航空機 3 の乗降部 D 1, D 2 を検出する画像処理装置 2 3 と、を備えている。さらに、検出システム 2 0 は、撮影画像等のデータおよび画像処理プログラム等が記憶される記憶器 2 4 と、検出結果等を出力する出力器 2 5 と、を備えている。これらの構成 2 1, 2 2, 2 3, 2 4, 2 5 は、通信バス 2 6 を介して互いにデータの受け渡しを行い得る。

[0033] また、通信バス 2 6 には、搭乗橋 1 1, 1 2 を制御する制御器 3 0 も接続されている。制御器 3 0 は、例えば、キャブ 6 または最も先端側のトンネル 5 a 等に設けられている。制御器 3 0 は、搭乗橋 1 1, 1 2 のキャブ 6 の回転、ドライブコラム 7 の昇降および走行を制御する。さらに、制御器 3 0 は、カメラ 2 1, 2 2 の撮影方向変更機構 3 4, 3 5 の回転を制御する。

[0034] カメラ 2 1, 2 2 は、撮影方向（撮影中心軸 L 1, L 2 の向き）を水平面内で変更可能となっている。このために、検出システム 2 0 は、水平面に交差する方向に延びる所定の回転軸回りに回転することによりカメラ 2 1, 2 2 の撮影方向を変更する撮影方向変更機構 3 4, 3 5 を備えている。各撮影方向変更機構 3 4, 3 5 は、第 1 カメラ 2 1 および第 2 カメラ 2 2 の撮影方向を互いに独立して変更可能である。

[0035] 撮影方向変更機構 3 4, 3 5 は、キャブ 6 に対してカメラ 2 1, 2 2 を相対回転させるカメラ回転機構として構成されてもよい。あるいは、撮影方向

変更機構 34, 35 は、キャブ 6 であってもよい。例えば、カメラ 21, 22 は、キャブ 6 に固定され、キャブ 6 が水平面に交差する方向に延びる第 2 回転軸 R6 回りに回転することでカメラ 21, 22 の撮影方向（撮影中心軸 L1, L2 の向き）が変更されてもよい。

[0036] 制御器 30 および画像処理装置 23 は、記憶器 24 に記憶されるデータに基づいて各種演算および処理を行うコンピュータによって構成される。例えば、制御器 30 および画像処理装置 23 は、CPU、メインメモリ（RAM）、通信インターフェイス等を備えている。なお、制御器 30 と画像処理装置 23 とは、同じコンピュータにより構成されてもよいし、互いに異なるコンピュータにより構成されてもよい。

[0037] 出力器 25 は、制御器 30 および画像処理装置 23 における演算または処理の結果等を出力する。出力器 25 は、例えば、演算結果等を表示するモニタまたは通信ネットワークを介してサーバまたは通信端末にデータ送信を行う通信器等により構成される。なお、検出システム 20 のうちの画像処理装置 23 および記憶器 24 は、カメラ 21, 22 と通信ネットワークを介して接続されたサーバとして構成されてもよい。すなわち、サーバがカメラ 21, 22 で撮影された撮影画像を取得し、サーバ上で後述する探索処理を行い、搭乗橋 11, 12 の操作室等に設けられたモニタまたは通信端末の表示部に結果を表示してもよい。

[0038] 制御器 30 および画像処理装置 23 は、例えば XYZ 直交座標系等の所定の 3 次元座標系を用いて、リアルタイムで搭乗橋 11, 12 の各部の位置座標を把握している。例えば、旅客搭乗橋 1 の各部の位置座標は、絶対座標として、ロタンダ 4 の第 1 回転軸 R4 とエプロン EP の平面との交点を原点（0, 0, 0）とし、互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸をとった 3 次元座標系の位置座標として表される。この位置座標の X 座標値、Y 座標値、Z 座標値は、それぞれ、ロタンダ 4 の第 1 回転軸 R4 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。制御器 30 および画像処理装置 23 は、航空機 3 および搭乗橋 11, 12 の各部の位置を、このような 3

次元直交座標系を用いた位置座標として表現する。

[0039] 画像処理装置 2 3 は、後述する探索処理を行うために、探索領域画像生成部 3 1、探索実行部 3 2 および探索範囲判定部 3 3 を機能ブロックとして有している。これらの機能ブロックは、集積回路を含む回路を一部または全部に含んでいる。したがって、これらの構成 3 1、3 2、3 3 は、回路とみなすことができる。これらの機能ブロックは、列挙された機能を実行するハードウェアであるか、または、列挙された機能を実行するようにプログラムされたハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されているハードウェアであってもよいし、あるいは、列挙された機能を実行するようにプログラムまたは構成されているその他の既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが回路の一種と考えられるプロセッサである場合、これらの機能ブロックはハードウェアとソフトウェアとの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェアまたはプロセッサの構成に使用される。画像処理装置 2 3 は、記憶器 2 4 に記憶された探索処理を行うためのプログラムを読み出して後述する探索処理を実行する。

[0040] 以下に、本実施の形態における乗降部 D 1、D 2 の探索処理について説明する。図 3 は、本実施の形態における探索処理の流れを示すフローチャートである。探索処理は、航空機 3 が所定の到着位置に到着した場合に行われる。このため、各搭乗橋 1 1、1 2 は、図 1 に示すような、航空機 3 を避けた初期位置（待機位置）に位置している。

[0041] 記憶器 2 4 には、カメラ 2 1、2 2 ごとに予め設定されている探索範囲のデータが記憶されている。探索範囲は、機軸 A L 方向に沿った領域として設定されている。さらに、記憶器 2 4 には、各カメラ 2 1、2 2 の初期角度（撮影方向のデータ）が記憶されている。カメラ 2 1、2 2 の初期角度は、搭乗橋 1 1、1 2 の初期位置において、カメラ 2 1、2 2 ごとに予め定められた探索範囲のうちの少なくとも機軸 A L 方向の一端部がカメラ 2 1、2 2 の画角内に含まれる角度に設定される。

[0042] ここで、後述するように、第 1 カメラ 2 1 により撮影された撮影画像を用

いた第1探索は、航空機3の機軸AL方向前方側から後方側に探索が行われる。このため、第1カメラ21の初期角度は、第1搭乗橋11の初期位置において、第1カメラ21に設定される探索範囲の機軸AL方向の前端部が第1カメラ21の画角内に含まれる角度に設定される。一方、第2カメラ22により撮影された撮影画像を用いた第2探索は、航空機3の機軸AL方向後方側から前方側に探索が行われ得る。この場合、第2カメラ22の初期角度は、第2搭乗橋12の初期位置において、第2カメラ22に設定される探索範囲の機軸AL方向の後端部が第2カメラ22の画角内に含まれる角度に設定される。

[0043] 以下の探索処理の説明では、第1カメラ21を用いた第1探索について主に説明する。第2カメラ22を用いた第2探索も探索方向が異なること以外には同様である。まず、探索処理において、制御器30は、第1カメラ21の角度が初期角度となるように撮影方向変更機構34を制御する（ステップS1）。第1カメラ21は、初期角度において撮影を行う（ステップS2）。画像処理装置23は、第1カメラ21の初期角度における撮影画像G1を取得する。取得した撮影画像G1は、記憶器24に記憶される。なお、画像処理装置23は、撮影画像G1に対してカメラレンズに起因する歪み補正または明るさ補正等の所定の画像処理を予め行ってもよい。撮影画像G1における位置は、撮影画像G1の一の頂点（例えば左上の頂点）を原点とし、互いに直交するU軸、V軸をとった2次元座標系の位置座標として表される。

[0044] 探索領域画像生成部31は、撮影画像G1のうちの一部を含む所定領域E_i（ $i = 1, 2, 3, \dots$ ）を区切って探索領域画像を生成する。このために、まず、探索領域画像生成部31は、実空間である3次元空間上の仮想矩形枠B_iに対応する撮影画像G1上の所定領域E_iを設定する（ステップS3）。第1探索における最初の所定領域E₁には、探索範囲の機軸AL方向の前端部を含む領域が設定される。

[0045] 図4は、本実施の形態における撮影画像の例を示す図である。また、図5は、図4に示す撮影画像において所定領域を設定するための概念図である。

本実施の形態において、探索領域画像生成部31は、撮影画像G1において水平面（エプロンEL）に対して垂直かつ機軸ALに平行な仮想平面VPを設定する。ここで、機軸ALは、航空機3がエプロンEL上に示されたマーシャルライン13上に駐機することを想定してマーシャルライン13から所定距離上方の位置に予め設定される。なお、本明細書および特許請求の範囲の記載において、機軸ALの前方側および後方側は、マーシャルライン13上に駐機した航空機3の前方側および後方側を意味する。

[0046] 仮想平面VPは、機軸ALから機体幅方向一方側（搭乗橋11, 12に近い側）にオフセット量Wだけオフセットした位置に設定される。すなわち、仮想平面VPは、機軸ALから機体幅方向一方側にオフセット量Wだけオフセットした基準軸VLを含み、水平面に垂直な平面として定義される。オフセット量Wは、航空機3の機体幅を考慮して、仮想平面VPと乗降部D1, D2の外表面との距離が近接する（所定距離未満となる）ように予め設定される。

[0047] 探索領域画像生成部31は、仮想平面VP上における3次元空間上の仮想矩形枠Biを設定する。例えば、仮想矩形枠Biは、基準軸VL上の基準点Piを中心とし、仮想平面VP上で一辺が4mの正方形枠として構成され得る。第1カメラ21の撮影方向（撮影中心軸L1）は、仮想平面VPに対して垂直ではない場合が多いため、仮想矩形枠Biは、多くの場合、撮影画像G1上では、図4の所定領域Eiに示すように歪んだ四角形状を有している。実空間の3次元座標Bi(x_i, y_i, z_i)と第1カメラ21が撮影した撮影画像G1上の2次元座標Ei(u_i, v_i)とは、一対一で対応している。実空間の3次元座標系と撮影画像G1上の2次元座標系との間の変換は、透視投影変換により行われる。

[0048] なお、仮想矩形枠Biに対応する撮影画像G1上の四角形状Eiは、撮影画像G1に全体が収まることが望ましいが、少なくとも四角形状の一部が撮影画像G1に写っていればよい。

[0049] 探索領域画像生成部31は、このように設定した所定領域Ei（撮影画像

G 1の一部を含む領域)において、仮想平面V Pを、仮想平面V Pに垂直な方向から見たときの画像となるように射影変換する(ステップS 4)。ここで、撮影画像G 1の範囲外の画素については例えば黒色で埋めたり、エッジ部の画素をコピーしたり、などの外挿処理を行う。射影変換については後述する。

[0050] 探索領域画像生成部3 1は、射影変換後の画像を探索領域画像C iとして生成する。生成される探索領域画像C iは、仮想矩形枠B i全体が探索領域画像C iにおいてなるべく大きく映るように拡大される。探索実行部3 2は、探索領域画像C i内に乗降部D 1の候補となるドアが存在するか否かの探索を行う(ステップS 5)。ドアの探索方法は、ドアを検出可能な画像認識処理であれば、特に限定されないが、例えば、ディープラーニングにより生成された学習済みモデルを用いたA I画像認識等が用いられ得る。

[0051] ドアの画像認識処理においては、ドアの輪郭のペイント部分やドアシルに設けられた補強プレートの形状等に基づいてドアおよびそのドアの基準点が検出される。ドアの基準点は、例えばドアシルの中央部または補強プレートの中央部に設定される。

[0052] 探索実行部3 2は、ドアを検出した場合(ステップS 6でY e s)、そのドアの基準点の3次元座標を計算する(ステップS 7)。ドアの3次元座標は、例えば、探索領域画像C 1上の2次元座標を元の撮影画像G 1上の2次元座標に変換し、撮影画像G 1上の2次元座標を実空間の3次元座標に変換することで得られる。2次元座標を実空間の3次元座標に変換するには、たとえば複数カメラの2次元座標を用いたり、ドアの基準点が仮想平面V P上にあると近似したりして計算する。

[0053] 探索実行部3 2は、検出したドアの3次元座標に基づいて、検出したドアが、第1搭乗橋1 1が装着すべき乗降部D 1であるかどうかを判定する(ステップS 8)。記憶器2 4には、予め第1搭乗橋1 1が装着すべき様々な航空機のドアをすべて含むように探索範囲が記憶されている。探索実行部3 2は、検出したドアの3次元座標が記憶器2 4に記憶されている探索範囲内で

ある場合、乗降部D 1を検出したと判定する。乗降部D 1を検出したと判定した場合（ステップS 8でY e s）、探索実行部3 2は、探索成功の結果を出力する（ステップS 9）。

[0054] 探索領域画像C iにおいてドアが検出されなかった場合（ステップS 6でN o）および検出されたドアが乗降部D 1ではないと判定された場合（ステップS 8でN o）、探索領域画像生成部3 1は、所定領域E iを航空機3の機軸A L方向一方側から他方側に移動させて、探索領域画像C iを順次生成する。第1搭乗橋1 1のための第1探索において、探索領域画像生成部3 1は、所定領域E iを機軸A L方向前方側から後方側に移動させる。

[0055] そのために、まず、探索領域画像生成部3 1は、仮想矩形枠B iを3次元空間において航空機3の機軸A L方向一方側から他方側に所定距離シフト（移動）させる。探索領域画像生成部3 1は、シフト後の仮想矩形枠B iに対応する撮影画像G 1上における所定領域E iを計算する。このようにして、探索領域画像生成部3 1は、撮影画像G 1において所定領域E iを航空機3の機軸A L方向一方側から他方側にシフト（移動）させる（ステップS 10）。例えば、3次元空間において基準軸V L上を基準点P iの位置から機軸A L方向後方側に所定距離離れた位置に基準点P i + 1を設定し、基準点P i + 1を基準とする仮想矩形枠B i + 1を設定する。基準点P i, P i + 1間の距離は、仮想矩形枠B iの水平方向に延びる一辺の長さ以下が好ましく、当該一辺の長さの1 / 4以上1 / 2以下がさらに好ましい。これにより、ドアの探索において、同じドアを複数回（2回または3回程度）検出する機会を生じさせることができる。

[0056] 探索範囲判定部3 3は、シフト後の所定領域E iが予め定められた探索範囲内かどうか、すなわち、すべての探索範囲について探索を行ったか否かを判定する（ステップS 11）。なお、探索範囲判定部3 3は、シフト後の所定領域E iが探索範囲内であるかの判定を行う際、3次元空間において対応する仮想矩形枠B iが探索範囲内であるかどうかを判定してもよい。シフト後の所定領域E iが探索範囲内である場合（ステップS 11でY e s）、さ

らに、探索範囲判定部33は、シフト後の所定領域E_iが前回の探索で利用した撮影画像G1の範囲内であるか否かを判定する（ステップS12）。

[0057] 探索領域画像生成部31は、シフト後の所定領域E_iが撮影画像G1の範囲内である場合（ステップS12でYes）、シフト後の所定領域E_iを、探索領域画像C_iを生成するための所定領域E_iに設定（更新）する（ステップS3）。探索領域画像生成部31は、更新後の所定領域E_iに基づいて上記と同様に探索領域画像C_iを生成（更新）する。探索実行部32は、更新後の探索領域画像C_iにおいて乗降部D1の探索を行う。このようにして、探索実行部32は、所定領域E_iを機軸AL方向に沿って前方側から後方側にシフトさせることにより探索領域画像C_iを変えながら、順次生成された複数の探索領域画像C_iを用いて、乗降部D1の探索を繰り返し行う。

[0058] シフト後の所定領域E_iが探索範囲内であるが撮影画像G1の範囲外となった場合（ステップS12でNo）、探索範囲判定部33は、制御器30に、第1カメラ21の撮影方向を変更するための指示信号を送信する。制御器30は、指示信号に基づいて第1カメラ21の撮影方向を変更するように対応する撮影方向変更機構34を制御する（ステップS13）。撮影方向の変更量は、撮影方向変更前後の撮影画像において互いに一部が重複するように設定される。

[0059] 図5の例では、キャブ6を第2回転軸R6回りに所定角度 θ 回転させることにより、第1カメラ21の撮影中心軸L1を、撮影中心軸L1に比べて機軸AL方向後方側において仮想平面VPの基準軸VLと交差する撮影中心軸L1aに変更している。なお、前述の通り、カメラ21、22の撮影方向の変更方法はこれに限られず、例えばカメラ21、22自体をキャブ6に対して水平面に交差する方向に延びる所定の回転軸回りに回転させてもよい。

[0060] 第1カメラ21は、撮影方向変更後に再度撮影を行う（ステップS2）。以降、同様に、更新後の撮影画像に対して探索処理が行われる（ステップS3からステップS8）。

[0061] 探索範囲判定部33は、シフト後の所定領域E_iが探索範囲外となった場

合（ステップS 1 1でN o）、リトライ数が予め設定された基準値未満である場合には（ステップS 1 4でN o）、リトライ数を1増やし、探索処理を一からやり直す。すなわち、第1カメラ2 1を初期角度に戻して撮影を行い、撮影画像に基づいて探索が行われる。リトライ数が基準値以上となった場合、探索実行部3 2は、乗降部D 1を検出できなかったと判定し、探索失敗の結果を出力する（ステップS 1 5）。

[0062] ここで、射影変換についてより詳しく説明する。図6は、本実施の形態において所定領域を射影変換した後の画像を射影変換前の画像と比較して示す図である。図6は、乗降部D 1付近に仮想矩形枠B iが設定されている場合を例示している。また、図6においては、航空機3の外表面の一部を二点鎖線で示している。

[0063] 上述したように、撮影画像G 1の一部を含む所定領域E iは、多くの場合、歪んだ四角形状を有している。射影変換後の画像である探索領域画像C iにおいて、仮想矩形枠B iは、3次元空間において設定した形状と同じ矩形形状となる。例えば、仮想矩形枠B iが正方形であれば、射影変換後の仮想矩形枠B iに対応する所定領域E p iも正方形となる。これに伴って、射影変換後の画像においては、仮想平面V Pに近い航空機3の一部が航空機3の機軸A Lに対して垂直な方向から見た画像に近づくように補正される。なお、厳密に補正されるのは仮想平面V P上の物体だけであるので、仮想平面V Pから離れるほど補正誤差は残ることとなる。

[0064] 図6において、第1カメラ2 1の撮影方向（撮影中心軸L 1）は、機軸A Lに対して傾斜している。そのため、所定領域E i内に含まれる乗降部D 1であるドアは、下端部および上端部が撮影画像G 1の水平線に対して傾斜したように映っている。前述したように、乗降部D 1の探索（前述のA i画像認識等）においては、例えば、ドアシルまたはドアシルに設けられた補強プレートにドアの基準点が設定される。この場合、乗降部D 1の探索に用いられる画像において、乗降部D 1（ドア）の下端部（ドアシルまたは補強プレート）は、水平に延びていることが好ましい。

[0065] 本実施の形態においては、図6に示すように、機軸ALに平行かつ水平面（エプロンEP）に対して垂直な仮想平面VP上に設定される仮想矩形枠Biが矩形に表示されるように、撮影画像G1のうちの一部を含む所定領域Eiが射影変換される。また、射影変換によって、第1カメラ21と乗降部D1との距離による乗降部D1の大きさの変化が抑制される。すなわち、第1カメラ21と乗降部D1との距離にかかわらず射影変換後の乗降部D1の大きさを同程度にすることができる。したがって、射影変換後の画像において乗降部D1の検出を精度よく行うことができる。

[0066] 以上のように、本実施の形態によれば、旅客搭乗橋1（第1搭乗橋11、第2搭乗橋12）の先端部に設けられたカメラ21、22で撮影された撮影画像Gjから、その撮影画像Gjのうちの一部を含む所定領域Eiごとに区切られた複数の探索領域画像Ciが生成される。複数の探索領域画像Ciは、所定領域Eiを航空機3の機軸AL方向一方側から他方側に移動させて生成される。したがって、順次生成された複数の探索領域画像Ciを用いて探索領域画像Ciを変えながら乗降部D1、D2の探索を繰り返し行うことにより、探索領域を航空機3の機軸ALに沿った方向に移動させながら撮影画像Gj全体の乗降部D1、D2の探索を行うことができる。

[0067] これにより、航空機3の種類またはゲート配置によらず、乗降部D1、D2の探索を一律に行うことができる。したがって、航空機3の乗降部D1、D2の位置を、様々なゲート配置に対応して正確に検出することができる。これにより、従来の3次元位置だけに頼った乗降部D1、D2の位置検出では対応不可能であったゲート配置でも装着すべき乗降部D1、D2を正しく検出することができる。しかも、乗降部D1、D2の探索に際し、駐機する航空機3に応じた情報を入力する等の煩わしい操作を不要とすることができる。すなわち、オペレータが探索処理の開始のためのボタン操作を行うだけで、様々な航空機3に対して探索処理および後述する自動装着制御処理を実行することができる。

[0068] また、本実施の形態によれば、射影変換により、探索領域画像Ciが機軸

A L に平行な画像として生成される。したがって、撮影画像 G j が航空機 3 の斜め方向から撮影された場合であっても、探索領域画像 C i において探索すべき乗降部 D 1, D 2 の形状の歪みを抑制することができる。これにより、探索領域画像 C i における乗降部 D 1, D 2 の探索精度を向上させることができる。

[0069] さらに、本実施の形態によれば、探索領域画像生成部 3 1 は、撮影画像 G j のうちの一部を含む所定領域 E i を区切るたびに当該所定領域 E i における撮影画像 G j を射影変換する。このように、撮影画像 G j が所定領域 E i ごとに射影変換される（同時に拡大処理も行われる）ため、撮影画像 G j 全体を射影変換してからその射影変換後の画像から所定領域 E i を区切って拡大するよりも画像の解像度の低下を抑制することができる。

[0070] また、本実施の形態によれば、シフト後の所定領域 E i が探索範囲内であるが、撮影画像 G j 内ではないと判定された場合、撮影方向変更機構 3 4, 3 5 によりカメラ 2 1, 2 2 の撮影方向が変更され、カメラ 2 1, 2 2 による撮影が再度行われる。このように、カメラ 2 1, 2 2 の撮影方向を変更しつつ複数回撮影することにより、探索範囲全体の撮影画像を、複数の撮影画像 G j として取得することができる。したがって、一撮影画像あたりの撮影範囲を比較的狭くすることができるため、撮影画像 G j から得られる探索領域画像 C i の解像度を高くすることができる。もしくは探索範囲をカメラ 2 1, 2 2 の視野以上に広く設定することが可能となる。

[0071] なお、上述した探索処理は、第 2 カメラ 2 2 を用いた第 2 搭乗橋 1 2 のための乗降部 D 2 の探索にも用いられる。例えば、第 1 搭乗橋 1 1 におけるキャブ 6 の接続部 6 a を航空機 3 の前方側の乗降部 D 1 に接続し、第 2 搭乗橋 1 2 におけるキャブ 6 の接続部 6 a を航空機 3 の後方側の乗降部 D 2 に接続する。この場合、第 1 搭乗橋 1 1 が接続する乗降部 D 1 の探索処理においては、第 1 搭乗橋 1 1 について予め定められている探索範囲の機軸 A L 方向前方側から後方側へ探索が行われる。すなわち、第 1 搭乗橋 1 1 が接続する乗降部 D 1 の探索処理においては、上述したように、撮影画像 G 1 上において

機軸 A L 方向前方側から後方側へ所定領域 E i を移動させる。さらに、必要に応じて第 1 カメラ 2 1 の撮影方向を航空機 3 の前方側から後方側へ変更させて再撮影が行われる。

[0072] 一方、第 2 搭乗橋 1 2 が接続する乗降部 D 2 の探索処理においては、第 2 搭乗橋 1 2 について予め定められている探索範囲の機軸 A L 方向後方側から前方側へ探索が行われる。すなわち、第 2 搭乗橋 1 2 が接続する乗降部 D 2 の探索処理においては、撮影画像 G 2 上において機軸 A L 方向後方側から前方側へ所定領域 E i を移動させる。さらに、必要に応じて第 2 カメラ 2 2 の撮影方向を航空機 3 の後方側から前方側へ変更させて再撮影が行われる。

[0073] これにより、第 1 カメラ 2 1 で撮影された撮影画像 G 1 に基づいて航空機 3 の前方にある乗降部 D 1 を優先的に検出することができ、第 2 カメラ 2 2 で撮影された撮影画像 G 2 に基づいて航空機 3 の後方にある乗降部 D 2 を優先的に検出することができる。このため、複数の搭乗橋 1 1, 1 2 に対して同じ乗降部を検出する可能性を低減することができる。したがって、第 1 搭乗橋 1 1 が接続するべき乗降部 D 1 と第 2 搭乗橋 1 2 が接続するべき乗降部 D 2 とを正確かつ短時間で探索することができる。

[0074] 以下、本実施の形態における探索処理を用いた 2 つの搭乗橋 1 1, 1 2 の乗降部 D 1, D 2 への自動装着制御処理について例示する。図 7 は、本実施の形態における自動装着制御処理の一例の流れを示すフローチャートである。図 7 の例では、第 1 カメラ 2 1 を用いた第 1 搭乗橋 1 1 のための第 1 探索（ステップ S A 1）と、第 2 カメラ 2 2 を用いた第 2 搭乗橋 1 2 のための第 2 探索（ステップ S A 2）とが並行して行われる。例えば、オペレータが所定の操作器に対して同時装着用の開始ボタンを押下操作することにより、第 1 探索および第 2 探索が同時に開始する。あるいは、第 1 探索を開始してから所定時間経過後（第 1 探索終了前）に第 2 探索が開始されてもよい。

[0075] 所定の操作器は、第 1 搭乗橋 1 1、第 2 搭乗橋 1 2 または別途ターミナルビル 2 等に設けられた操作室に設けられる。また、操作器は、サーバを介して制御器 3 0 と通信接続された通信端末のタッチパネルに、仮想の操作ボタ

ンを表示することによって実現してもよい。

- [0076] 探索実行部32は、第1探索が終了するとその探索結果（図3のステップS9における探索成功またはステップS15における探索失敗）を記憶器24に記憶する（ステップSA3）。同様に、探索実行部32は、第2探索が終了するとその探索結果を記憶器24に記憶する（ステップSA4）。探索実行部32は、第1探索および第2探索の探索結果の組み合わせに応じて各搭乗橋11、12に乗降部D1、D2への自動装着を行うか否かを判定する（ステップSA5からステップSA7）。
- [0077] 第1探索が成功し、第2探索が失敗した場合（ステップSA5でYes）、探索実行部32は、制御器30に第1探索で検出された乗降部D1の3次元位置データを送信するとともに第1搭乗橋11に対する自動装着の実行を許可する。これに応じて、制御器30は、第1探索で検出された乗降部D1に第1搭乗橋11を装着させるための装着処理を行う（ステップSA8）。具体的には、制御器30は、第1搭乗橋11のキャブ6の接続部6aの位置を検出された乗降部D1の3次元位置から計算したプリポジション（一時停止位置）に到達するよう、第1搭乗橋11のドライブコラム7およびキャブ6を制御する。接続部6aがプリポジションへ到達した後、制御器30は、第1カメラ21または接続部6a等に設けられたセンサ等を用いて、再度乗降部D1の検出を行い、接続部6aが乗降部D1に接続するように制御する。
- [0078] 第1探索が失敗し、第2探索が成功した場合（ステップSA6でYes）、探索実行部32は、制御器30に第2探索で検出された乗降部D2の3次元位置データを送信するとともに第2搭乗橋12に対する自動装着の実行を許可する。制御器30は、第2探索で検出された乗降部D2に第2搭乗橋12を装着させるための装着処理を行う（ステップSA9）。具体的な装着処理は、第1搭乗橋11における装着処理と同様である。
- [0079] 第1探索および第2探索の両方とも成功した場合（ステップSA7でYes）、探索実行部32は、第1探索で検出された乗降部D1の3次元位置（

第1位置)と第2探索で検出された乗降部D2の3次元位置(第2位置)との距離(検出間距離L)が予め定められた基準値L₀以上か否かを判定する(ステップSA10)。探索実行部32は、検出間距離Lが基準値L₀以上である場合(ステップSA10でYes)、第1探索で検出された乗降部D1と第2探索で検出された乗降部D2とが互いに異なる乗降部であると判定して、制御器30に乗降部D1、D2のそれぞれの3次元位置データを送信するとともに第1搭乗橋11および第2搭乗橋12の双方に対する自動装着の実行を許可する。制御器30は、第1探索で検出された乗降部D1に第1搭乗橋11を装着させるための装着処理を行い、第2探索で検出された乗降部D2に第2搭乗橋12を装着させるための装着処理を行う(ステップSA11)。

[0080] 一方、第1探索および第2探索の何れも失敗した場合(ステップSA7でNo)、探索実行部32は、操作器の表示部等にエラーを出力し、自動装着制御処理を停止する(ステップSA12)。

[0081] 第1探索および第2探索の両方とも成功した場合であって、検出間距離Lが基準値L₀未満である場合(ステップSA10でNo)、探索実行部32は、同ドア検出判定処理を実行する(ステップSA13)。同ドア検出判定処理は、第1探索で検出された乗降部D1と第2探索で検出された乗降部D2とが同じ乗降部を検出したものであるか否かを判定する処理である。基準値L₀は、航空機3に設けられる2つのドア間の距離に基づいて設定される。例えば、基準値L₀は、全航空機の最小ドア間距離の1/2に設定される。したがって、検出間距離Lが基準値L₀未満である場合、第1探索によって検出した乗降部D1と第2探索によって検出した乗降部D2とは、同じドアである可能性が高いと考えられる。

[0082] 図8は、図7に示す同ドア検出判定処理の流れを示すフローチャートである。図9は、同ドア検出判定処理における場合分けの概念図である。探索実行部32は、同ドア検出判定処理において、第1カメラ21について設定される第1探索範囲F1または第2カメラ22について設定される第2

探索範囲 F 2 の少なくとも何れか一方の探索範囲に、第 1 探索で検出された乗降部 D 1 の 3 次元位置である第 1 位置 H 1 および第 2 探索で検出された乗降部 D 2 の 3 次元位置である第 2 位置 H 2 の双方が含まれていれば、第 1 位置 H 1 または第 2 位置 H 2 で、一の乗降部 D 1 または D 2 を検出したと判定する。なお、図 9 においては、第 1 探索範囲 F 1 と第 2 探索範囲 F 2 との判別を容易にするために上下位置を互いにずらして表示しているが、第 1 探索範囲 F 1 と第 2 探索範囲 F 2 との上下位置は同じでもよいし、異なってもよい。

[0083] より具体的には、探索実行部 3 2 は、第 1 探索範囲 F 1 に第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の両方が含まれるか否かを判定する（ステップ S B 1）。探索実行部 3 2 は、第 1 探索範囲 F 1 に第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の両方が含まれる場合（ステップ S B 1 で Y e s）、第 1 探索における乗降部 D 1 の検出は信憑性が高いとみなして乗降部 D 1 の 3 次元位置である第 1 位置 H 1 を有効と判定する。この場合、探索実行部 3 2 は、さらに、第 2 探索範囲 F 2 に第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の両方が含まれるか否かを判定する（ステップ S B 2）。

[0084] 探索実行部 3 2 は、第 2 探索範囲 F 2 に第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の両方が含まれる場合（ステップ S B 2 で Y e s）、第 2 探索における乗降部 D 2 の検出も信憑性が高いとみなして乗降部 D 2 の 3 次元位置である第 2 位置 H 2 も有効と判定する。すなわち、探索実行部 3 2 は、第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の何れも有効と判定する。この場合は、図 9 における状態 Q 1 および状態 Q 2 が該当する。状態 Q 1 は、第 1 位置 H 1 が機軸 A L 方向前方側に位置し、第 2 位置 H 2 が機軸 A L 方向後方側に位置する場合である。状態 Q 2 は、第 1 位置 H 1 が機軸 A L 方向後方側に位置し、第 2 位置 H 2 が機軸 A L 方向前方側に位置する場合である。何れの状態 Q 1、Q 2 においても、一の探索範囲 F 1、F 2 に第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の両方が含まれている。

[0085] この場合、制御器 3 0 は、第 1 搭乗橋 1 1 および第 2 搭乗橋 1 2 のうちの

予め定められた搭乗橋を、第1位置H1および第2位置H2のうちの予め定められた位置座標に移動させて装着処理を行う（ステップSB3）。例えば、第1搭乗橋11が優先される場合に、制御器30は、第1搭乗橋11を、第1位置H1に移動させて装着処理を行ってもよい。あるいは、第1搭乗橋11が優先される場合に、制御器30は、第1搭乗橋11を第1位置H1および第2位置H2のうちの機軸AL方向前方側となる位置に移動させて装着処理を行ってもよい。また、例えば、制御器30は、状態Q1であれば、第1搭乗橋11を第1位置H1に移動させ、状態Q2であれば第1搭乗橋11を第2位置H2に移動させてもよい。

[0086] また、探索実行部32は、第1探索範囲F1に第1位置H1および第2位置H2の両方が含まれるが、第2探索範囲F2に第1位置H1が含まれないと判定した場合（ステップSB2でNo）、乗降部D1および乗降部D2のうちの第1探索における乗降部D1の検出のみが信憑性が高いとみなして、第1位置H1のみを有効と判定する。この場合は、図9における状態Q3が該当する。この場合、制御器30は、第1搭乗橋11を第1位置H1に移動させて装着処理を行う（ステップSB4）。

[0087] また、探索実行部32は、第1探索範囲F1に第2位置H2が含まれないと判定した場合（ステップSB1でNo）、第2探索範囲F2に第1位置H1および第2位置H2の両方が含まれるか否かを判定する（ステップSB5）。探索実行部32は、第1探索範囲F1に第2位置H2が含まれないが、第2探索範囲F2に第1位置H1および第2位置H2の両方が含まれると判定した場合（ステップSB5でYes）、乗降部D1および乗降部D2のうちの第2探索における乗降部D2の検出のみが信憑性が高いとみなして、第2位置H2のみを有効と判定する。この場合は、図9における状態Q4が該当する。この場合、制御器30は、第2搭乗橋12を第2位置H2に移動させて装着処理を行う（ステップSB6）。

[0088] また、探索実行部32は、第1探索範囲F1に第2位置H2が含まれず、第2探索範囲F2に第1位置H1が含まれないと判定した場合（ステップS

B 5 で N o) 、乗降部 D 1 および乗降部 D 2 の何れの検出も信憑性が低いとみなして、第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 を無効と判定する。この場合は、図 9 における状態 Q 5 および状態 Q 6 が該当する。状態 Q 5 は、第 1 探索範囲 F 1 と第 2 探索範囲 F 2 との間で重複する範囲があるが第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の両方が含まれる探索範囲が存在しない場合である。状態 Q 6 は、第 1 探索範囲 F 1 と第 2 探索範囲 F 2 とがそもそも重複しない場合である。この場合、探索実行部 3 2 は、操作器の表示部等にエラーを出力し、自動装着制御処理を停止する（ステップ S B 7）。

[0089] このように、上記構成によれば、第 1 搭乗橋 1 1 が接続すべき乗降部 D 1 の探索と第 2 搭乗橋 1 2 が接続すべき乗降部 D 2 の探索とが同時並行的に行われるため、探索期間を短時間にすることができる。さらに、第 1 探索で検出された第 1 位置 H 1 と、第 2 探索で検出された第 2 位置 H 2 との距離が近い場合、第 1 位置 H 1 および第 2 位置 H 2 の双方が第 1 探索範囲 F 1 または第 2 探索範囲 F 2 の少なくとも何れか一方に含まれていれば、2 つの探索で 1 つの乗降部を検出したと判定される。このように、第 1 位置 H 1 と第 2 位置 H 2 とが近い場合であっても、2 つの探索で 1 つの乗降部を検出したことについての信憑性が高いと想定される場合に限って、1 つの乗降部を検出したと判定することにより、誤検出の発生を抑制することができる。

[0090] [変形例]

以上、本開示の実施の形態について説明したが、本開示は上記実施の形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変更、修正が可能である。

[0091] 例えば、上記実施の形態では、探索領域画像 C i を生成するための撮影画像 G j を撮影するカメラ 2 1, 2 2 がキャブ 6 の上部に設けられたカメラであるとしたが、キャブ 6 の下部に設けられたカメラで撮影した撮影画像 G j から探索領域画像 C i が生成されてもよい。また、一のキャブ 6 の上部および下部に設けられた複数のカメラで撮影した複数の撮影画像 G j のそれぞれを用いて探索処理が行われてもよい。

- [0092] また、上記実施の形態では、旅客搭乗橋 1 が 2 つの搭乗橋 1 1, 1 2 を含む場合を説明したが、旅客搭乗橋 1 は、1 つでもよいし、3 つ以上でもよい。例えば、旅客搭乗橋 1 が 3 つの搭乗橋を含む場合であって、航空機 3 が 1 階部分および 2 階部分に乗降部を有する場合にも、本開示の検出システム 2 0 は、すべての搭乗橋に対して適用可能である。
- [0093] この場合、例えば、第 1 搭乗橋を 1 階部分の機軸 A L 方向前方側にある乗降部 D 1 に接続させるために、第 1 探索範囲において機軸 A L 方向前方側から後方側へ第 1 探索を行う。また、第 2 搭乗橋を 1 階部分の機軸 A L 方向後方側にある乗降部 D 2 に接続させるために、第 2 探索範囲において機軸 A L 方向後方側から前方側へ第 2 探索を行う。さらに、第 3 搭乗橋を 2 階部分にある乗降部 D 3 に接続させるために、第 1 探索における第 1 探索範囲より高い位置に設定された第 3 探索範囲において機軸 A L 方向前方側から後方側へ第 3 探索を行う。
- [0094] また、上記実施の形態では、第 2 搭乗橋 1 2 は、第 2 探索範囲 F 2 において機軸 A L 方向後方側から前方側へ探索を行う態様を例示したが、第 2 搭乗橋 1 2 についても、第 1 搭乗橋 1 1 と同様に、機軸 A L 方向前方側から後方側へ探索を行うことを可能としてもよい。
- [0095] 例えば、図 1 に示すような 1 つの搭乗ゲートに 2 つの搭乗橋 1 1, 1 2 が設けられている駐機場所においても乗降部が 1 つである航空機 3 が駐機し得る。この場合、上記実施の形態で例示したような態様で自動装着制御処理を実行した場合は、搭乗橋 1 1, 1 2 の探索処理が行われ、いずれかの搭乗橋だけが装着処理（ステップ S A 8, S A 9, S B 3, S B 4, S B 6 のいずれか）を行うことになるが、オペレータは、駐機する航空機 3 の種類に合わせて航空機 3 に装着させる搭乗橋の数を選択してもよい。航空機 3 に装着させる搭乗橋の数が 2 つの場合、画像処理装置 2 3 は、上記実施の形態で例示したような態様で第 1 搭乗橋 1 1 を乗降部 D 1 に装着し、第 2 搭乗橋 1 2 を乗降部 D 2 に装着するための探索処理を行う。一方、航空機 3 に装着させる搭乗橋の数が 1 つの場合、駐機位置等に応じて第 1 搭乗橋 1 1 および第 2 搭

乗橋 1 2 のうちの何れの搭乗橋を装着するかが選択されてもよい。

- [0096] 航空機 3 の乗降部 D 1 に装着する搭乗橋として第 1 搭乗橋 1 1 が選択された場合、画像処理装置 2 3 は、上記実施の形態と同様に、第 1 探索範囲 F 1 において機軸 A L 方向前方側から後方側へ探索を行う探索処理を実行する。一方、航空機 3 の乗降部 D 1 に装着する搭乗橋として第 2 搭乗橋 1 2 が選択された場合、画像処理装置 2 3 は、第 2 探索範囲 F 2 において機軸 A L 方向前方側から後方側へ探索を行う探索処理を実行してもよい。
- [0097] また、航空機 3 の前方側の乗降部 D 1 と後方側の乗降部 D 2 とが大きく離れている場合、または、第 1 探索範囲 F 1 と第 2 探索範囲 F 2 とが重複せずに機軸 A L 方向に離れている場合等においては、第 1 搭乗橋 1 1 のための第 1 探索および第 2 搭乗橋 1 2 のための第 2 探索の何れについても同じ方向（機軸 A L 方向一方側から他方側）へ探索を行うようにしてもよい。
- [0098] 第 2 探索における探索方向の選択は、上記接続態様（2 つの乗降部 D 1, D 2 を有する航空機 3 の後方側の乗降部 D 2 に第 2 搭乗橋 1 2 を接続する接続態様または 1 つの乗降部 D 1 を有する航空機 3 の乗降部 D 1 に第 2 搭乗橋 1 2 を接続する接続態様）の切り替えに応じて自動的に選択されてもよいし、操作器への操作により手動で探索方向の選択を行い得るようにしてもよい。また、第 1 探索における探索方向も、機軸 A L 方向前方側から後方側だけでなく、機軸 A L 方向後方側から前方側へ切り替え可能としてもよい。
- [0099] また、上記実施の形態において、2 つの搭乗橋 1 1, 1 2 を 2 つの乗降部 D 1, D 2 に接続させるために、第 1 搭乗橋 1 1 のための第 1 探索と、第 2 搭乗橋 1 2 のための第 2 探索とが並行して行われる態様を例示したが、第 1 探索と第 2 探索とが順に行われてもよい。例えば、第 1 探索が行われた後、第 2 探索が行われてもよいし、第 2 探索が行われた後、第 1 探索が行われてもよい。
- [0100] また、上記実施の形態において、1 つの画像処理装置 2 3 が第 1 探索および第 2 探索の何れも行う態様を例示したが、第 1 探索を行う画像処理装置 2 3 と、第 2 探索を行う画像処理装置 2 3 とが別の処理装置（コンピュータ等

）により構成されてもよい。例えば、第１探索を行う画像処理装置が第１搭乗橋１１に設置され、第２探索を行う画像処理装置が第２搭乗橋１２に設置されてもよい。

[0101] また、上記実施の形態において、１つの制御器３０が第１搭乗橋１１、第２搭乗橋１２、第１カメラ２１のための撮影方向変更機構３４および第２カメラ２２のための撮影方向変更機構３５の何れの動作も制御する態様を例示したが、これらの構成１１，１２，３４，３５の一部または全部に対して互いに異なる制御器が設けられてもよい。

符号の説明

- [0102] １ 旅客搭乗橋
２ ターミナルビル
３ 航空機
１１ 第１搭乗橋
１２ 第２搭乗橋
２０ 検出システム
２１ 第１カメラ
２２ 第２カメラ
２３ 画像処理装置
３０ 制御器
３１ 探索領域画像生成部
３２ 探索実行部
３３ 探索範囲判定部
３４，３５ 撮影方向変更機構
Ｄ１，Ｄ２ 乗降部

請求の範囲

- [請求項1] 航空機の乗降部を検出するための検出システムであって、
ターミナルビルに接続される旅客搭乗橋と、
前記旅客搭乗橋に設けられたカメラと、
前記カメラで撮影された撮影画像から前記航空機の乗降部を検出する画像処理装置と、を備え、
前記画像処理装置は、
前記撮影画像のうちの一部を含む所定領域を区切って探索領域画像を生成する探索領域画像生成部と、
前記探索領域画像内に前記乗降部が存在するか否かの探索を行う探索実行部と、を含み、
前記探索領域画像生成部は、前記撮影画像上において前記所定領域を前記航空機の機軸方向一方側から他方側に移動させることにより、前記探索領域画像を順次生成し、
前記探索実行部は、順次生成された複数の前記探索領域画像を用いて、前記探索領域画像を変えながら前記探索を繰り返し行う、検出システム。
- [請求項2] 前記探索領域画像生成部は、前記撮影画像において水平面に対して垂直かつ前記機軸に平行な仮想平面を、前記仮想平面に垂直な方向から見たときの画像となるように射影変換することを含む、請求項1に記載の検出システム。
- [請求項3] 前記探索領域画像生成部は、前記撮影画像のうちの一部を含む前記所定領域を区切るたびに当該所定領域における前記撮影画像を前記射影変換する、請求項2に記載の検出システム。
- [請求項4] 水平面に交差する方向に延びる所定の回転軸回りに回転することにより前記カメラの撮影方向を変更する撮影方向変更機構と、
前記撮影方向変更機構の動作を制御する制御器を備え、
前記画像処理装置は、移動後の前記所定領域が予め定められる探索

範囲内かつ前記撮影画像内であるか否かを判定する探索範囲判定部を含み、

前記制御器は、移動後の前記所定領域が前記探索範囲内であるが、前記撮影画像内ではないと判定された場合、前記撮影方向変更機構により前記カメラの撮影方向を変更して、前記カメラによる撮影を再度行う、請求項 1 から 3 の何れかに記載の検出システム。

[請求項5]

前記旅客搭乗橋は、第 1 搭乗橋と、第 2 搭乗橋とを含み、

前記カメラは、前記第 1 搭乗橋に設けられた第 1 カメラと、前記第 2 搭乗橋に設けられた第 2 カメラとを含み、

前記探索領域画像生成部は、前記第 1 カメラが撮影した前記撮影画像上において前記所定領域を前記航空機の機軸方向前方側から後方側に移動させることにより、前記探索領域画像を順次生成し、前記第 2 カメラが撮影した前記撮影画像上において前記所定領域を前記航空機の機軸方向後方側から前方側に移動させることにより、前記探索領域画像を順次生成する、請求項 1 から 4 の何れかに記載の検出システム。

[請求項6]

前記探索実行部は、前記第 1 カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第 1 探索と、前記第 2 カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第 2 探索とを、並行して行う、請求項 5 に記載の検出システム。

[請求項7]

前記探索実行部は、前記第 1 カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第 1 探索において前記乗降部を検出した第 1 位置と、前記第 2 カメラが撮影した前記撮影画像から生成された前記探索領域画像による第 2 探索において前記乗降部を検出した第 2 位置との距離が所定の基準値未満の場合に、前記第 1 カメラについて設定される第 1 探索範囲または前記第 2 カメラについて設定される第 2 探索範囲の少なくとも何れか一方の探索範囲に前記第 1 位置および前記第 2 位置の双方が含まれていれば、前記第 1 位置または前記

第2位置で、一の前記乗降部を検出したと判定する、請求項5または6に記載の検出システム。