

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7141987号

(P7141987)

(45)発行日 令和4年9月26日(2022.9.26)

(24)登録日 令和4年9月14日(2022.9.14)

(51)国際特許分類

F I

G 0 6 T 7/00 (2017.01)

G 0 6 T 7/00 6 5 0 Z

B 6 1 L 23/00 (2006.01)

G 0 6 T 7/00 6 6 0 B

H 0 4 N 7/18 (2006.01)

B 6 1 L 23/00 Z

H 0 4 N 7/18 D

請求項の数 6 (全22頁)

(21)出願番号 特願2019-152598(P2019-152598)

(22)出願日 令和1年8月23日(2019.8.23)

(65)公開番号 特開2021-33601(P2021-33601A)

(43)公開日 令和3年3月1日(2021.3.1)

審査請求日 令和3年8月30日(2021.8.30)

(73)特許権者 000173784

公益財団法人鉄道総合技術研究所

東京都国分寺市光町二丁目8番地38

(74)代理人 100187388

弁理士 樋口 天光

(72)発明者 向嶋 宏記

東京都国分寺市光町二丁目8番地38

公益財団法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 長峯 望

東京都国分寺市光町二丁目8番地38

公益財団法人鉄道総合技術研究所内

審査官 笠田 和宏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 安全確認方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄道車両が駅のホームから発車する際に、前記鉄道車両の乗務員が前記ホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法において、

前記ホーム上には、複数の点字ブロックが配置され、

前記複数の点字ブロックは、前記ホームの長さ方向に沿って配列され、

前記鉄道車両の前記ホーム側の側面には、前記鉄道車両の前記ホーム側の側方及び前記ホームの上方を撮影する第1カメラが設置され、

前記安全確認方法は、

(a) 前記複数の点字ブロックの各々の大きさを示す第1情報、及び、前記ホームの幅方向における前記ホームの端部と前記複数の点字ブロックの各々との間の前記ホームの幅方向における第1距離を示す第2情報を用意するステップ、

(b) 前記鉄道車両が前記ホームから発車する際に、前記第1カメラにより前記鉄道車両の前記ホーム側の側方及び前記ホームの上方を撮影するステップ、

(c) 前記(b)ステップにて前記第1カメラにより撮影された第1撮影画像から人物を検出し、検出された前記人物の前記第1撮影画像中の第1位置座標を取得するステップ、

(d) 前記複数の点字ブロックのうち前記第1撮影画像に撮影されている第1点字ブロックについて、前記第1点字ブロックの前記第1撮影画像中の第2位置座標を取得し、取得された前記第2位置座標と、前記第1情報及び前記第2情報と、に基づいて、前記第2位置座標を、前記ホームを上方から俯瞰した俯瞰画像中の前記第1点字ブロックの第3位

10

20

置座標に変換するための射影変換行列を算出するステップ、

(e) 前記第1位置座標を前記射影変換行列を用いて変換することにより、前記人物の前記俯瞰画像中の第4位置座標を算出し、算出された前記第4位置座標に基づいて、前記ホームの幅方向における前記ホームの端部と前記人物との間の第2距離を算出するステップ、

(f) 算出された前記第2距離を第1閾値と比較し、前記第2距離が前記第1閾値未満のときは、前記乗務員に注意情報を通知するステップ、
を有する、安全確認方法。

【請求項2】

請求項1に記載の安全確認方法において、

前記(d)ステップでは、前記複数の点字ブロックのうち前記第1撮影画像に撮影されており且つ互いに隣り合う複数の前記第1点字ブロックである複数の第2点字ブロックを選択し、選択された前記複数の第2点字ブロックにより点字ブロック群を形成し、形成された前記点字ブロック群の前記第1撮影画像中の四隅の座標である4つの前記第2位置座標を取得し、前記第1情報及び前記第2情報に基づいて前記点字ブロック群の前記俯瞰画像中の四隅の座標である4つの前記第3位置座標を算出し、4つの前記第2位置座標を4つの前記第3位置座標に変換するための前記射影変換行列を算出する、安全確認方法。

【請求項3】

請求項2に記載の安全確認方法において、

前記(d)ステップでは、前記複数の点字ブロックのうち前記第1撮影画像に撮影されており且つ互いに隣り合うn個(nは3以上の整数)の前記第2点字ブロックを選択し、選択された前記n個の前記第2点字ブロックにより前記点字ブロック群を形成する、安全確認方法。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれか一項に記載の安全確認方法において、

前記鉄道車両の前記ホーム側の側面には、前記鉄道車両の前記ホーム側の側方及び前記ホームの上方を撮影する第2カメラが設置され、

前記第2カメラは、前記鉄道車両の長さ方向において前記第1カメラと対向配置され、

前記(b)ステップでは、前記鉄道車両が前記ホームから発車する際に、前記第2カメラにより前記鉄道車両の前記ホーム側の側方及び前記ホームの上方を撮影し、

前記安全確認方法は、更に、

(g) 前記複数の点字ブロックのうち、前記第1撮影画像、及び、前記(b)ステップにて前記第2カメラにより撮影された第2撮影画像のいずれにも撮影されている点字ブロックである第3点字ブロックを選択し、選択された前記第3点字ブロックの前記第1撮影画像中の第5位置座標と、選択された前記第3点字ブロックの前記第2撮影画像中の第6位置座標と、に基づいて、前記第1カメラ又は前記第2カメラから前記第3点字ブロックまでの第3距離を算出するステップ、

を有し、

前記(e)ステップでは、前記(g)ステップにて算出された前記第3距離に基づいて、前記第2距離を補正する、安全確認方法。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれか一項に記載の安全確認方法において、

前記(c)ステップは、

(c1) 前記(b)ステップにて前記第1カメラにより撮影された前記第1撮影画像から前記人物を検出するステップ、

(c2) 前記(c1)ステップにて検出された前記人物の前記第1撮影画像中の四隅のいずれかの第7位置座標と、前記人物の前記第1撮影画像中の第1幅及び第1高さ、と、を取得するステップ、

(c3) 前記第7位置座標と、前記第1幅及び前記第1高さ、と、に基づいて、前記人物の前記第1撮影画像中の足元の位置座標である前記第1位置座標を取得するステップ、

10

20

30

40

50

を含む、安全確認方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の安全確認方法において、

前記 (d) ステップでは、前記第 1 点字ブロックの前記第 1 撮影画像中の前記第 2 位置座標を取得し、前記第 1 情報及び前記第 2 情報に基づいて、前記第 1 点字ブロックの実際の大きさを示す数値、又は、前記俯瞰画像のうち前記第 1 点字ブロックを示す第 1 領域に含まれる画素数、を含む第 3 情報を取得し、取得された前記第 2 位置座標と、取得された前記第 3 情報と、に基づいて、前記射影変換行列を算出する、安全確認方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば地方部の鉄道では、車掌が乗務せず、運転士一人により列車の運行を行うワンマン運転が行われている。ワンマン運転において、鉄道車両が駅のプラットホーム（ホーム）から発車する際は、運転士が、ホームに設置されているホームミラーを用いてホーム上の旅客を目視で確認することにより、ホーム上の旅客の安全を確認している。

【0003】

20

一方、鉄道車両の側面にカメラを設置し、設置されたカメラにより撮影された映像を運転台に設置されたモニタに表示することにより、運転士が、ホームミラーを用いてホーム上の旅客の安全を目視で確認することに代えて、モニタに表示された映像を用いてホーム上の旅客の安全を確認する方法がある。

【0004】

国際公開第 2015 / 145736 号（特許文献 1）には、鉄道車両に搭載され、サーバと、モニタと、鉄道車両を編成する車両にそれぞれ設けられた車両の扉の乗降口付近を撮像可能な位置に設けたカメラ及びレイヤースイッチとがネットワークで接続されたモニタリングシステムにおいて、サーバが上位サーバより受信した運行情報に応じて、サーバは、カメラが撮像した映像をモニタに表示する技術が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】国際公開第 2015 / 145736 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記したように、鉄道車両の側面に設置されたカメラにより撮影された映像を運転台に設置されたモニタに表示し、モニタに表示された映像を用いて運転士がホーム上の旅客の安全を確認する場合を考える。このような場合、カメラが鉄道車両一両ごとに設置され、各カメラにより撮影される映像は長くても鉄道車両一両分で済むため、1つのホームミラーだけでホーム上の一列車分に対応した空間における旅客の安全を確認する場合に比べて、目視による安全確認の安全性が向上する。

40

【0007】

しかしながら、目視による安全確認とは、あくまでも人間の眼による確認である。そのため、運転士の生理状態、天候又は時間帯等の環境条件によっては、ホーム上の旅客が鉄道車両に接近しているという危険事象の見逃しが発生するおそれがある。また、例えばワンマン運転を行っておらず鉄道車両が発車する際のホーム上の安全確認を車掌が行っている場合には、ホーム上の安全確認を自動化することができれば、乗務員の数を削減（乗務員レス化）することができるが、ホーム上の安全確認を自動化することができなければ、

50

乗務員レス化も困難である。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上述のような従来技術の問題点を解決すべくなされたものであって、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法において、乗務員の見逃しを防止することができ、ホーム上の安全確認を自動化することができ、乗務員レス化が期待できる安全確認方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【 0 0 1 0 】

本発明の一態様としての安全確認方法は、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法である。ホーム上には、複数の点字ブロックが配置され、複数の点字ブロックは、ホームの長さ方向に沿って配列され、鉄道車両のホーム側の側面には、鉄道車両のホーム側の側方及びホームの上方を撮影する第1カメラが設置されている。当該安全確認方法は、複数の点字ブロックの各々の大きさを示す第1情報、及び、ホームの幅方向におけるホームの端部と複数の点字ブロックの各々との間のホームの幅方向における第1距離を示す第2情報を用意する（a）ステップと、鉄道車両がホームから発車する際に、第1カメラにより鉄道車両のホーム側の側方及びホームの上方を撮影する（b）ステップと、を有する。また、当該安全確認方法は、（b）ステップにて第1カメラにより撮影された第1撮影画像から人物を検出し、検出された人物の第1撮影画像中の第1位置座標を取得する（c）ステップと、複数の点字ブロックのうち第1撮影画像に撮影されている第1点字ブロックについて、第1点字ブロックの第1撮影画像中の第2位置座標を取得し、取得された第2位置座標と、第1情報及び第2情報と、に基づいて、第2位置座標を、ホームを上方から俯瞰した俯瞰画像中の第1点字ブロックの第3位置座標に変換するための射影変換行列を算出する（d）ステップと、を有する。また、当該安全確認方法は、第1位置座標を射影変換行列を用いて変換することにより、人物の俯瞰画像中の第4位置座標を算出し、算出された第4位置座標に基づいて、ホームの幅方向におけるホームの端部と人物との間の第2距離を算出する（e）ステップと、算出された第2距離を第1閾値と比較し、第2距離が第1閾値未満のときは、乗務員に注意情報を通知する（f）ステップと、を有する。

【 0 0 1 1 】

また、他の一態様として、（d）ステップでは、複数の点字ブロックのうち第1撮影画像に撮影されており且つ互いに隣り合う複数の第1点字ブロックである複数の第2点字ブロックを選択し、選択された複数の第2点字ブロックにより点字ブロック群を形成し、形成された点字ブロック群の第1撮影画像中の四隅の座標である4つの第2位置座標を取得し、第1情報及び第2情報に基づいて点字ブロック群の俯瞰画像中の四隅の座標である4つの第3位置座標を算出し、4つの第2位置座標を4つの第3位置座標に変換するための射影変換行列を算出してもよい。

【 0 0 1 2 】

また、他の一態様として、（d）ステップでは、複数の点字ブロックのうち第1撮影画像に撮影されており且つ互いに隣り合う n 個（ n は3以上の整数）の第2点字ブロックを選択し、選択された n 個の第2点字ブロックにより点字ブロック群を形成してもよい。

【 0 0 1 3 】

また、他の一態様として、鉄道車両のホーム側の側面には、鉄道車両のホーム側の側方及びホームの上方を撮影する第2カメラが設置され、第2カメラは、鉄道車両の長さ方向において第1カメラと対向配置されていてもよい。（b）ステップでは、鉄道車両がホームから発車する際に、第2カメラにより鉄道車両のホーム側の側方及びホームの上方を撮影してもよい。また、当該安全確認方法は、更に、複数の点字ブロックのうち、第1撮影

10

20

30

40

50

画像、及び、(b)ステップにて第2カメラにより撮影された第2撮影画像のいずれにも撮影されている点字ブロックである第3点字ブロックを選択し、選択された第3点字ブロックの第1撮影画像中の第5位置座標と、選択された第3点字ブロックの第2撮影画像中の第6位置座標と、に基づいて、第1カメラ又は第2カメラから第3点字ブロックまでの第3距離を算出する(g)ステップを有してもよい。(e)ステップでは、(g)ステップにて算出された第3距離に基づいて、第2距離を補正してもよい。

【0014】

また、他の一態様として、(c)ステップは、(b)ステップにて第1カメラにより撮影された第1撮影画像から人物を検出する(c1)ステップと、(c1)ステップにて検出された人物の第1撮影画像中の四隅のいずれかの第7位置座標と、人物の第1撮影画像中の第1幅及び第1高さ、を取得する(c2)ステップと、第7位置座標と、第1幅及び第1高さ、に基づいて、人物の第1撮影画像中の足元の位置座標である第1位置座標を取得する(c3)ステップと、を含んでもよい。

10

【0015】

また、他の一態様として、(d)ステップでは、第1点字ブロックの第1撮影画像中の第2位置座標を取得し、第1情報及び第2情報に基づいて、第1点字ブロックの実際の大きさを示す数値、又は、俯瞰画像のうち第1点字ブロックを示す第1領域に含まれる画素数、を含む第3情報を取得し、取得された第2位置座標と、取得された第3情報と、に基づいて、射影変換行列を算出してもよい。

【発明の効果】

20

【0016】

本発明の一態様を適用することで、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法において、乗務員の見逃しを防止することができ、ホーム上の安全確認を自動化することができ、乗務員レス化が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】実施の形態の安全確認システムの構成を示す図である。

【図2】実施の形態の安全確認方法の一部のステップを示すフロー図である。

【図3】実施の形態の安全確認方法の一部のステップを示すフロー図である。

30

【図4】実施の形態の安全確認方法における撮影画像及び俯瞰画像を模式的に示す図である。

【図5】実施の形態の安全確認方法における撮影画像及び俯瞰画像を模式的に示す図である。

【図6】実施の形態の安全確認方法における撮影画像及び俯瞰画像を模式的に示す図である。

【図7】撮影画像を射影変換行列を用いて変換した俯瞰画像を示す図である。

【図8】実施の形態の変形例の安全確認方法における撮影画像及び俯瞰画像を模式的に示す図である。

【図9】ステレオ画像処理技術による距離計測の原理を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に、本発明の各実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0019】

なお、開示はあくまで一例にすぎず、当業者において、発明の主旨を保つての適宜変更について容易に想到し得るものについては、当然に本発明の範囲に含有されるものである。また、図面は説明をより明確にするため、実施の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。

【0020】

50

また本明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して、詳細な説明を適宜省略することがある。

【0021】

更に、実施の形態で用いる図面においては、断面図であっても図面を見やすくするためにハッチング（網掛け）を省略する場合もある。また、平面図であっても図面を見やすくするためにハッチングを付す場合もある。

【0022】

なお、以下の実施の形態においてA～Bとして範囲を示す場合には、特に明示した場合を除き、A以上B以下を示すものとする。

【0023】

（実施の形態）

<安全確認システム及び安全確認方法>

初めに、本発明の一実施形態である実施の形態の安全確認システム及び安全確認方法について説明する。本実施の形態の安全確認システムは、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がプラットホーム（ホーム）上の旅客の安全を確認するための安全確認システムである。また、本実施の形態の安全確認方法は、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法であり、本実施の形態の安全確認システムを用いた安全確認方法である。

【0024】

図1は、実施の形態の安全確認システムの構成を示す図である。図1は、本実施の形態の安全確認システムを備えた鉄道車両が駅のホームに停車している時に、鉄道車両とホームとを上方から見た状態を示し、鉄道車両の側面に設置されたカメラにより撮影された撮影画像が変換された俯瞰画像中の人物をホームと重ね合わせて示す。図2及び図3は、実施の形態の安全確認方法の一部のステップを示すフロー図である。図3は、図2の一部のステップに含まれるステップを示す。

【0025】

図4乃至図6は、実施の形態の安全確認方法における撮影画像及び俯瞰画像を模式的に示す図である。図4乃至図6は、鉄道車両の側面に設置されたカメラにより撮影された撮影画像と、撮影画像が変換された俯瞰画像中の人物をホームと重ね合わせて示す。図4の左側、図5の左側及び図6の左側は、撮影画像を示し、図4の右側、図5の右側及び図6の右側は、俯瞰画像を示す。図4は、旅客が鉄道車両に接近していない状態を示し、図5は、旅客が鉄道車両に接近している状態を示し、図6は、その中間の状態を示す。

【0026】

図1に示すように、本実施の形態の安全確認システム10は、撮影部11と、第1座標取得部12と、変換行列算出部13と、第2座標取得部14と、情報通知部15と、を有する。また、本実施の形態の安全確認システム10は、撮影部11、第1座標取得部12、変換行列算出部13、第2座標取得部14及び情報通知部15の動作を制御する制御部16を有してもよい。第1座標取得部12、変換行列算出部13、第2座標取得部14及び制御部16として、例えば撮影部11、第1座標取得部12、変換行列算出部13、第2座標取得部14及び制御部16に一定の動作をさせるためのプログラムを実行するコンピュータを用いることができる。なお、第1座標取得部12、変換行列算出部13、第2座標取得部14及び制御部16は、鉄道車両20に設置されてもよいが、地上側に設置されてもよい。

【0027】

図1に示すように、撮影部11は、鉄道車両20の側面に設置され、鉄道車両20の側方を撮影する複数のカメラ（車両側面カメラ）を含む。車両側面カメラとして、例えば一両の鉄道車両20の前後左右の4箇所の各々にそれぞれ設置されている4つのカメラ21～24を用いることができ、このような場合、鉄道車両20の進行方向に対して、鉄道車両20の後方から前方を監視するカメラ（左右）であるカメラ21及び22と、鉄道車両20の前方から後方を監視するカメラ（左右）であるカメラ23及び24と、を用いるこ

10

20

30

40

50

とができる。図 1 には、4つのカメラ 2 1 ~ 2 4 の各々がそれぞれ撮影及び監視している範囲を、撮影範囲 S R 1 ~ S R 4 として示している。4つのカメラ 2 1 ~ 2 4 の各々は、カメラの高さ位置が鉄道車両 2 0 のドア 2 5 の高さ位置と同程度になるように、設置されている。また、4つのカメラ 2 1 ~ 2 4 の各々は、水平方向よりも斜め下の方向を向き、且つ、プラットフォーム（ホーム）2 6 全体を監視できるような俯角及び画角を有するように、設置されている。

【 0 0 2 8 】

情報通知部 1 5 は、鉄道車両 2 0 の運転台に設置されたモニタ 1 5 a を含むことができる。モニタ 1 5 a には、複数のカメラ 2 1 ~ 2 4 の各々により撮影された撮影画像が表示される。モニタ 1 5 a として、例えば 1 秒間に数フレームの動画像を表示するものを用いることができ、モニタ 1 5 a を複数の領域に分割し、複数のカメラ 2 1 ~ 2 4 の各々によりそれぞれ撮影された撮影画像を表示するものを用いることができる。鉄道車両 2 0 が駅のホーム 2 6 に停車した後、モニタ 1 5 a による撮影画像の表示が開始される。その後、乗務員がドア 2 5 の開閉動作を行って、鉄道車両 2 0 がホーム 2 6 から発車した後、鉄道車両 2 0 の速度が一定の速度に達した後、モニタ 1 5 a による撮影画像の表示を終了する。

10

【 0 0 2 9 】

また、モニタ 1 5 a には、ドア 2 5 が開閉された側のカメラ、即ちホーム 2 6 側の側面に設置されたカメラにより撮影された撮影画像が表示される。なお、情報通知部 1 5 のうちモニタ 1 5 a 以外の部分として、例えば情報通知部 1 5 に一定の動作をさせるためのプログラムを実行するコンピュータを用いることができる。また、情報通知部 1 5 のうちモニタ 1 5 a 以外の部分は、鉄道車両 2 0 に設置されてもよいが、地上側に設置されてもよい。

20

【 0 0 3 0 】

次に、本実施の形態の安全確認システムを用いた安全確認方法について説明する。前述したように、本実施の形態の安全確認方法は、鉄道車両 2 0 が駅のホーム 2 6 から発車する際に、鉄道車両 2 0 の乗務員がホーム 2 6 上の旅客の安全を確認するための安全確認方法である。

【 0 0 3 1 】

本実施の形態では、ホーム 2 6 上には、複数の点字ブロック B B が配置され、複数の点字ブロック B B は、ホーム 2 6 の長さ方向に沿って配列され、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面には、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側方及びホーム 2 6 の上方を撮影するカメラ 2 1 が設置されている。即ち、本実施の形態の安全確認方法は、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面に設置された 1 台のカメラ 2 1 を用いるものである。

30

【 0 0 3 2 】

本実施の形態の安全確認方法では、予め、複数の点字ブロック B B の各々の、ホーム 2 6 の長さ方向における長さ L N 1、及び、ホーム 2 6 の幅方向における幅 W D 1 を含み、且つ、複数の点字ブロック B B の各々の大きさを示す情報 I N 1、並びに、ホーム 2 6 の幅方向におけるホーム 2 6 の端部（縁部又は端縁部）2 6 a と複数の点字ブロック B B の各々との間のホーム 2 6 の幅方向における距離 D S 1 を示す情報 I N 2 を用意する（図 2 のステップ S 1）。

40

【 0 0 3 3 】

なお、ステップ S 1 については、後述するステップ S 4 を行う時点よりも前に行えばよく、後述するステップ S 2 又はステップ S 3 を行う時点よりも後に行ってもよい。また、本実施の形態の安全確認システム 1 0 が、記憶部 1 7 を有する場合、このステップ S 1 では、用意した情報 I N 1 及び情報 I N 2 を、記憶部 1 7 に記憶させてもよい。

【 0 0 3 4 】

また、本実施の形態の安全確認方法では、撮影部 1 1 は、鉄道車両 2 0 がホーム 2 6 から発車する際に、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面に設置されたカメラ 2 1 により鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側方及びホーム 2 6 の上方を撮影する（図 2 のステップ S 2）。

【 0 0 3 5 】

50

次に、第 1 座標取得部 12 は、ステップ S2 にてカメラ 21 により撮影された撮影画像 CP1 (図 4 参照) から人物 PE を検出し、検出された人物 PE の撮影画像 CP1 中の位置座標 PS1 (図 4 参照) を取得する (図 2 のステップ S3)。

【0036】

このステップ S3 では、撮影画像 CP1 から人物 PE を検出する方法として、例えば、鉄道車両 20 の側面に設置されたカメラ 21 により撮影された映像としての撮影画像 CP1 から人物 PE を抽出して検出し、図 4 の撮影画像 CP1 に示すように、撮影画像 CP1 中の人物 PE の位置 (左上の座標 (x, y)) と幅及び高さ (w, h) を得る方法を用いることができる。撮影画像 CP1 中の人物 PE の位置を、撮影画像 CP1 中の枠 FR の左上の点の座標 (x, y) により表すことができる。また、撮影画像 CP1 中の人物 PE の幅 w を、撮影画像 CP1 中の枠 FR の幅 WD2 (図 4 参照) とし、幅 WD2 を、幅 w により表すことができる。また、撮影画像 CP1 中の人物 PE の高さ h を、撮影画像 CP1 中の枠 FR の高さ HT1 (図 4 参照) とし、高さ HT1 を、高さ h により表すことができる。また、撮影画像 CP1 から人物 PE を抽出する手法として、後述するように、例えばディープラーニングを用いることができる。

10

【0037】

また、ステップ S3 では、検出された人物 PE の撮影画像 CP1 中の位置座標 PS1 を取得する方法として、例えば抽出された人物 PE の情報から、足元の位置の位置座標 PS1 を求める方法を用いることができる。このとき、位置座標 PS1 の座標を、 $(x + w / 2, y + h)$ とすることができる。足元の位置を人物中心とすることで、腕を上げて広げたとき又は腕を下げて閉じたときとの間の検出位置の変動分を吸収し、常に同一の座標を取得することができる。

20

【0038】

次に、変換行列算出部 13 は、複数の点字ブロック BB のうち撮影画像 CP1 に撮影されている点字ブロック BB1 について、点字ブロック BB1 の撮影画像 CP1 中の位置座標 PS2 (図 4 参照) を取得し、取得された位置座標 PS2 と、ステップ S1 にて用意した情報 IN1 及び情報 IN2 と、に基づいて、位置座標 PS2 を、ホーム 26 を上方から俯瞰した俯瞰画像 OH1 中の点字ブロック BB1 の位置座標 PS3 (図 4 参照) に変換するための射影変換行列 MT1 (図 4 参照) を算出する (図 2 のステップ S4)。

【0039】

30

このステップ S4 では、変換行列算出部 13 は、ホーム 26 上にある点字ブロック BB1 の位置座標 PS2 を撮影画像 CP1 中から算出し、点字ブロック BB1 の実際の大きさ (長さ及び幅) を例えば $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ とする情報 (前述した情報 IN1)、及び、ホーム 26 の幅方向におけるホーム 26 の端部 26a から点字ブロック BB1 までの実際の距離を例えば 1 m とする情報 (前述した情報 IN2) について、ユーザ (例えば乗務員等) が実際の大きさ又は実際の距離の情報を数値で入力するか、又は、俯瞰画像 OH1 のうち点字ブロック BB を示す領域に含まれる画素数を入力することにより、カメラ 21 により撮影された撮影画像 CP1 中の位置座標 PS2 を真上 (上方) から俯瞰した俯瞰画像 OH1 中の位置座標 PS3 に変換するための射影変換行列 MT1 を算出することができる。算出された射影変換行列 MT1 を用いて変換を行う際には、撮影画像 CP1 が画素単位で変換されることになるので、俯瞰画像 OH1 における 1 画素の長さ又は幅が例えば 1 cm である、等と設定することにより、変換した後の俯瞰画像 OH1 中の各画素データを実際の位置 (現実空間) と合致させやすくなり、乗務員による安全確認を容易に行うことができる。

40

【0040】

即ち、変換行列算出部 13 は、ステップ S4 では、点字ブロック BB1 の撮影画像 CP1 中の位置座標 PS2 を取得し、情報 IN1 及び情報 IN2 に基づいて、点字ブロック BB1 の実際の大きさを示す数値、又は、俯瞰画像 OH1 のうち点字ブロック BB1 を示す領域 RG1 (図 4 参照) に含まれる画素数、を含む情報 IN3 を取得し、取得された位置座標 PS2 と、取得された情報 IN3 と、に基づいて、射影変換行列 MT1 を算出するこ

50

とになる。

【 0 0 4 1 】

次に、第 2 座標取得部 1 4 は、位置座標 P S 1 を射影変換行列 M T 1 を用いて変換することにより、人物 P E の俯瞰画像 O H 1 中の位置座標 P S 4 (図 4 参照) を算出し、算出された位置座標 P S 4 に基づいて、ホーム 2 6 の幅方向におけるホーム 2 6 の端部 2 6 a と人物 P E との間の距離 D S 2 (図 4 参照) を算出する (図 2 のステップ S 5) 。

【 0 0 4 2 】

このステップ S 5 では、第 2 座標取得部 1 4 は、得られた射影変換行列 M T 1 を用いて、人物 P E の足元の位置の位置座標 P S 1 を人物 P E の位置座標 P S 4 として俯瞰画像 O H 1 中にマッピング (射影変換) し、マッピングされた位置座標 P S 4 に基づいて、距離 D S 2 を算出する。射影変換行列 M T 1 の具体的な算出方法の詳細については、後述する。

10

【 0 0 4 3 】

次に、情報通知部 1 5 は、算出された距離 D S 2 を閾値 T H 1 (図 4 参照) と比較し、距離 D S 2 が閾値 T H 1 未満のときは、乗務員に注意情報 A T 1 (図 5 参照) を通知する (図 2 のステップ S 6) 。

【 0 0 4 4 】

予め、ホーム 2 6 の幅方向におけるホーム 2 6 の端部 2 6 a から人物 P E までの距離 D S 2 に応じて、注意又は危険等の、情報通知部 1 5 が乗務員に通知する注意情報の種類及び通知条件を、設定しておく。そして、情報通知部 1 5 は、ステップ S 6 では、予め設定された注意情報の種類及び通知条件と、ステップ S 5 において俯瞰画像 O H 1 中にマッピングされた位置座標 P S 4 に基づいて算出された距離 D S 2 と、に基づいて、必要に応じて乗務員にアラーム等の注意情報を通知することができる。注意情報を通知する方法として、モニタ 1 5 a に表示された撮影画像 C P 1 において注意情報を表示して通知する方法、モニタ 1 5 a とは別に設置された表示器により注意情報を表示して通知する方法、発光器により光を発光して注意情報を通知する方法、又は、スピーカにより音声を出力して注意情報を通知する方法、等を用いることができる。

20

【 0 0 4 5 】

例えば閾値 T H 1 を 1 m とし、ホーム 2 6 の端部 2 6 a から人物 P E までの距離 D S 2 が閾値 T H 1 未満のとき、即ち距離 D S 2 が 1 m 未満のとき、図 5 に示すように、撮影画像 C P 1 において、例えば「 D A N G E R 」等の注意情報 A T 1 を表示することにより、危険であるとの注意情報 A T 1 を表示して通知することができる。

30

【 0 0 4 6 】

また、情報通知部 1 5 は、ステップ S 6 では、算出された距離 D S 2 を閾値 T H 1 及び閾値 T H 1 よりも大きい閾値 T H 2 (図 4 参照) と比較し、距離 D S 2 が閾値 T H 1 以上閾値 T H 2 未満のときは、乗務員に注意情報 A T 2 (図 6 参照) を通知する。例えば閾値 T H 2 を 2 m とし、ホーム 2 6 の端部 2 6 a から人物 P E までの距離 D S 2 が閾値 T H 1 以上閾値 T H 2 未満のとき、即ち距離 D S 2 が 1 m 以上 2 m 未満のとき、図 6 に示すように、撮影画像 C P 1 において、例えば「 C A U T I O N 」等の注意情報 A T 2 を表示することにより、注意を要するとの注意情報 A T 2 を表示することができる。

【 0 0 4 7 】

なお、ホーム 2 6 の端部 2 6 a から人物 P E までの距離 D S 2 が閾値 T H 2 以上のとき、即ち距離 D S 2 が 2 m 以上のとき、図 4 に示すように、撮影画像 C P 1 において、例えば「 C L E A R 」等の注意情報 A T 3 を表示することにより、安全であるとの注意情報 A T 3 を表示することができる。

40

【 0 0 4 8 】

前述したように、鉄道車両の側面に設置されたカメラにより撮影された映像を運転台に設置されたモニタに表示し、モニタに表示された映像を用いて運転士がホーム上の旅客の安全を確認する場合を考える。このような場合、前述したように、1 つのホームミラーだけでホーム上の一列車分に対応した空間における旅客の安全を確認する場合に比べて、目視による安全確認の安全性が向上する。

50

【 0 0 4 9 】

しかしながら、目視による安全確認とは、あくまでも人間の眼による確認である。そのため、運転士の生理状態、天候又は時間帯等の環境条件によっては、ホーム上の旅客が鉄道車両に接近しているという危険事象の見逃しが発生するおそれがある。また、例えばワンマン運転を行っておらず鉄道車両が発車する際のホーム上の安全確認を車掌が行っている場合には、ホーム上の安全確認を自動化することができれば、乗務員の数を削減（乗務員レス化）することができるが、ホーム上の安全確認を自動化することができなければ、乗務員レス化も困難である。

【 0 0 5 0 】

一方、本実施の形態の安全確認方法では、上記したステップ S 1 乃至ステップ S 6 を行うことにより、鉄道車両 2 0 の側面に設置されたカメラ 2 1 により撮影された映像を画像処理することによって、ホーム 2 6 を上方から俯瞰した俯瞰画像 O H 1 における旅客の位置座標 P S 4 を算出し、ホーム 2 6 上の旅客が鉄道車両 2 0 に接近しているという危険事象の検知及び通知を行う。これにより、ホーム 2 6 上の安全確認を、目視によらず、画像処理により実現することができるので、ホーム 2 6 上の旅客が鉄道車両 2 0 に接近しているという危険事象の見逃しを、防止することができる。また、ホーム 2 6 上の安全確認を自動化することができるので、乗務員レス化が期待できる。

10

【 0 0 5 1 】

即ち、本実施の形態の安全確認方法は、鉄道車両 2 0 の側面に設置されたカメラ 2 1 により撮影された映像を画像処理することによって、ホーム 2 6 上の旅客が鉄道車両 2 0 に接近しているという危険事象の検知及び通知を行うことで、鉄道車両 2 0 が駅のホーム 2 6 から発車する際のホーム 2 6 上の安全確認の安全性を高めることを目的としている。

20

【 0 0 5 2 】

好適には、鉄道車両 2 0 が駅のホーム 2 6 に停車した後、少なくとも当該ホーム 2 6 から発車するまで、ステップ S 2、ステップ S 3、ステップ S 4、ステップ S 5 及びステップ S 6 を、一定の時間間隔で、ステップ S 2、ステップ S 3、ステップ S 4、ステップ S 5 及びステップ S 6 の順序で複数回繰り返す。このとき、複数回作成される俯瞰画像 O H 1 を重ねて表示すること等により、俯瞰画像 O H 1 に人物 P E の軌跡をマッピングすることができるので、鉄道車両 2 0 が駅のホーム 2 6 から発車する際に、鉄道車両 2 0 の乗務員がホーム 2 6 上の旅客の安全をリアルタイムで連続的に確認することができる。

30

【 0 0 5 3 】

好適には、ステップ S 4 では、複数の点字ブロック B B のうち撮影画像 C P 1 に撮影されており且つ互いに隣り合う複数の点字ブロック B B 1 である複数の点字ブロック B B 2 を選択し、選択された複数の点字ブロック B B 2 により点字ブロック群 B B G を形成し、形成された点字ブロック群 B B G の撮影画像 C P 1 中の四隅の座標である 4 つの位置座標 P S 2 を取得し、情報 I N 1 及び情報 I N 2 に基づいて点字ブロック群 B B G の俯瞰画像 O H 1 中の四隅の座標である 4 つの位置座標 P S 3 を算出し、4 つの位置座標 P S 2 を 4 つの位置座標 P S 3 に変換するための射影変換行列 M T 1 を算出する。

【 0 0 5 4 】

後述する射影変換の説明箇所において説明するものの、このような点字ブロック群 B B G を用いることにより、射影変換された俯瞰画像 O H 1 中の人物 P E の位置座標 P S 4 の精度を向上させることができる。

40

【 0 0 5 5 】

点字ブロック B B は、駅のホーム 2 6 に通常設置されているもののうち、矩形形状を有するものであり、軌道 2 7 の長さ方向に沿って直線状に配列されたものである。また、複数の点字ブロック B B の各々のホーム 2 6 の長さ方向における長さ L N 1 及びホーム 2 6 の幅方向における幅 W D 1 を含み複数の点字ブロック B B の各々の大きさを示す情報 I N 1、及び、ホーム 2 6 の幅方向におけるホーム 2 6 の端部 2 6 a と複数の点字ブロック B B の各々との間のホーム 2 6 の幅方向における距離 D S 1 を示す情報 I N 2 は、精度の高い情報として、容易に用意することができる。更に、射影変換を行う基準となる矩形形状

50

の大きさが大きいことが好ましい。そのため、１個の点字ブロックＢＢ１に代えて複数の点字ブロックＢＢ２よりなる点字ブロック群ＢＢＧの位置座標を、射影変換行列ＭＴ１を算出する際の基準位置座標として用いることにより、射影変換行列ＭＴ１の精度を向上させることができ、撮影画像ＣＰ１から変換された人物ＰＥの俯瞰画像ＯＨ１中の位置座標ＰＳ４の精度を向上させることができる。

【００５６】

即ち本発明者らは、駅のホーム２６において軌道２７の長さ方向に沿って配列された点字ブロック群ＢＢＧを用いることにより、通常のカメラ２１により撮影された撮影画像ＣＰ１中の位置座標ＰＳ１を俯瞰画像ＯＨ１中の位置座標ＰＳ４に変換する際の精度が著しく向上できることを初めて見出した。

【００５７】

好適には、第１座標取得部１２は、ステップＳ３１（図３参照）と、ステップＳ３２（図３参照）と、ステップＳ３３（図３参照）と、を含むステップＳ３を行う。第１座標取得部１２は、ステップＳ３１では、ステップＳ２にてカメラ２１により撮影された撮影画像ＣＰ１から人物ＰＥを検出する。また、第１座標取得部１２は、ステップＳ３２では、ステップＳ３１にて検出された人物ＰＥの撮影画像ＣＰ１中の四隅のいずれかの（例えば左上の）位置座標ＰＳ５（図４参照）と、人物ＰＥの撮影画像ＣＰ１中の幅ＷＤ２及び高さＨＴ１と、を取得する。また、第１座標取得部１２は、ステップＳ３３では、（例えば左上の）位置座標ＰＳ５、幅ＷＤ２及び高さＨＴ１と、に基づいて、人物ＰＥの撮影画像ＣＰ１中の足元の位置座標である位置座標ＰＳ１を取得する。前述したように、また、図４に示すように、幅ＷＤ２を、幅ｗにより表すことができ、高さＨＴ１を、高さｈにより表すことができる。

【００５８】

このような場合、足元の位置を人物ＰＥの位置とすることにより、腕を上げて広げたときと腕を下げて閉じたときとの間の検出位置の変動分を吸収することができるので、腕を上げて広げた場合でも、腕を下げて閉じた場合でも、常に同一の座標を取得することができる。

【００５９】

< 検出方法 >

次に、前述したステップＳ３１にてカメラ２１により撮影された撮影画像ＣＰ１から人物を検出する人物検出方法について、具体的な検出方法及び検出結果を説明する。

【００６０】

鉄道車両の側面に設置されたカメラにより撮影された映像から人物を抽出するためには、例えば深層学習（ディープラーニング）による一般物体認識アルゴリズムを用いることができる。また、一般物体認識アルゴリズムとして、一般物体認識アルゴリズムのうちＳＳＤ（Single Shot Detector）の一つであるＹＯＬＯｖ３を用いることができる。

【００６１】

ＳＳＤは、入力画像をある一定のサイズのグリッドに分割し、グリッドに対して物体の検出、分類、バウンディングボックス（Bounding Box）の回帰を行うものである。ＹＯＬＯｖ３のモデル構造は、入力画像に対して、縦横が１３×１３、２６×２６、５２×５２の３つのテンソルを出力する構造であり、各セルは〔３×（４＋１＋８０）〕サイズのベクトルを有する。ここでの物体のカテゴリ数は８０であり、３つのPrior Boxを保持している。

【００６２】

画像をＹＯＬＯｖ３による識別器にかけると、出力として、物体カテゴリ、カテゴリクラスの所属確率、横位置、縦位置、横幅、縦幅が得られる。出力されたカテゴリが人物であり、判定確率が設定した閾値を超える矩形を人物とし、画面出力を行うことができる。

【００６３】

ここで、鉄道車両の側面に試験的に設置したカメラにより撮影された映像に対して当該検出方法を行った。その結果、図示は省略するが、人物を精度良く検出できることが明ら

10

20

30

40

50

かになった。また、複数の人物が互いに隣接していても、バウンディングボックス同士が重なり正しく人物領域の検出ができることが明らかになった。そのため、上記した検出方法によれば、複数の人物が互いに重なって撮影されている場合でも、撮影された複数の人物の各々を精度良く検出することができる。

【 0 0 6 4 】

< 射影変換 >

次に、ステップ S 4 にて射影変換行列 M T 1 を算出し、ステップ S 5 にて射影変換行列 M T 1 を用いて位置座標 P S 1 を変換する際の射影変換行列 M T 1 の算出方法及び位置座標 P S 1 の変換結果について説明する。なお、後述する図 7 を用いて説明するように、位置座標 P S 1 の変換結果については、位置座標 P S 1 の変換結果に代えて、位置座標 P S 2 の変換結果を用いて説明する。

10

【 0 0 6 5 】

任意の画像を任意の画像に変換させるパラメトリックモーションには、並進、相似変換（回転＋並進＋スケール）、アフィン変換、射影変換（ホモグラフィ）がある。アフィン変換では、任意の平行四辺形を任意の平行四辺形に変形させることができるが、台形への変換を行うことはできない。台形も含むような任意の四角形から任意の四角形に変換する手法としては、射影変換が有効である。以下に、任意の四角形を表す 4 点から任意の四角形を表す 4 点への射影変換行列の算出を行う。

【 0 0 6 6 】

平面 $z = 1$ 上の点 p を P に変換することを考える。ここで、点 p 及び P は、下記式（数 1）により表される。

20

【 0 0 6 7 】

【数 1】

$$p = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}, P = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots \text{（数 1）}$$

このときホモグラフィ変換は下記式（数 2）により表される。

【 0 0 6 8 】

30

【数 2】

$$P' = \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ W' \end{bmatrix} = Hp \quad \dots \text{（数 2）}$$

【 0 0 6 9 】

ここで、行列 H は下記式（数 3）により表されるホモグラフィ行列であり、この射影変換による形状変形を決定づけるパラメータである

【 0 0 7 0 】

40

【数 3】

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad \dots \text{（数 3）}$$

ここで P と P' は数値的には等価ではないが、変換によって得られる点としては意味的には同一である。また、実際の変換先の座標を求めるために、下記式（数 4）を用いる。

【 0 0 7 1 】

50

【数 4】

$$P = \frac{1}{W'} P' \quad \dots \text{ (数 4)}$$

【0 0 7 2】

この関係式は P と P' が同一の方向ベクトルであることを表しているので、ベクトルの外積を用いると、下記式 (数 5) のように表すことができる。

【0 0 7 3】

10

【数 5】

$$P \times P' = P \times Hp = 0 \quad \dots \text{ (数 5)}$$

【0 0 7 4】

また、P' 及び Hp を成分表示すると、下記式 (数 6) 及び下記式 (数 7) のようになる。ここで、H は、行ベクトルで表現している。

【0 0 7 5】

【数 6】

20

$$P' = \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ W' \end{bmatrix} \quad \dots \text{ (数 6)}$$

【0 0 7 6】

【数 7】

$$Hp = \begin{bmatrix} \mathbf{h}^{1T} p \\ \mathbf{h}^{2T} p \\ \mathbf{h}^{3T} p \end{bmatrix} \quad \dots \text{ (数 7)}$$

30

【0 0 7 7】

すると、P と P' の条件は、下記式 (数 8) のように表すことができる。

【0 0 7 8】

【数 8】

$$P \times P' = P \times Hp = \begin{bmatrix} Y\mathbf{h}^{3T}p - \mathbf{h}^{2T}p \\ \mathbf{h}^{1T}p - X\mathbf{h}^{3T}p \\ X\mathbf{h}^{2T}p - Y\mathbf{h}^{1T}p \end{bmatrix} = 0 \quad \dots \text{ (数 8)}$$

40

【0 0 7 9】

ホモグラフィ行列の行の項を括り出すと、下記式 (数 9) のように変形できる。

【0 0 8 0】

【数 9】

$$\begin{bmatrix} 0 & -p^T & Yp^T \\ p^T & 0 & -Xp^T \\ -Yp^T & Xp^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{bmatrix} = 0 \quad \dots \text{ (数 9)}$$

【 0 0 8 1 】

この連立方程式のうち、2つの線形和で一方を表現できるため、下記式（数 1 0）及び下記式（数 1 1）のように表現することができる。

10

【 0 0 8 2 】

【数 1 0】

$$\begin{bmatrix} 0 & p^T & -Yp^T \\ p^T & 0 & -Xp^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{bmatrix} = 0 \quad \dots \text{ (数 1 0)}$$

【 0 0 8 3 】

【数 1 1】

20

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -Yx & -Yy & -Y \\ x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -Xx & -Xy & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \\ h_{33} \end{bmatrix} = 0 \quad \dots \text{ (数 1 1)}$$

30

【 0 0 8 4 】

ホモグラフィ行列は定数倍しても最終結果は同じになるため、求めなければならないパラメータは、8つである。従って、4つの既知の対応点があれば、連立方程式を解くことでホモグラフィ行列を算出できる。

【 0 0 8 5 】

点字ブロック B B には内方線付きのものと、内方線がないものが存在する。ここでは、内方線がないタイプを対象に射影変換行列を求めるための入力パラメータとして使用した。点字ブロック B B のサイズは 3 0 c m × 3 0 c m であるため、用いる点字ブロックの個数を 1 個、3 個、5 個と変化させて射影変換行列 M T 1 を求めた。変換した俯瞰画像 O H 1 を図 7 に示す。図 7 は、撮影画像を射影変換行列を用いて変換した俯瞰画像を示す図である。図 7 (a) は、1 個の点字ブロック B B 1 (図 4 参照) による俯瞰画像 O H 1 を示し、図 7 (b) は、3 個の点字ブロック B B 2 よりなる点字ブロック群 B B G による俯瞰画像 O H 1 を示し、図 7 (c) は、5 個の点字ブロック B B 2 よりなる点字ブロック群 B B G による俯瞰画像 O H 1 を示す。なお、図 7 (a) 乃至図 7 (c) は、主にホーム 2 6 及び点字ブロック B B を示す。

40

【 0 0 8 6 】

50

図 7 (a) 乃至図 7 (c) に示すように、使用しているカメラは比較的広角に撮影しているため、レンズの樽型収差が起こっている。図 7 (a)、図 7 (b)、図 7 (c) の順序で、用いる点字ブロックの個数が 1 個、3 個、5 個と増加するにつれて、樽型収差を含んだ補正が良好に行われ、変換後の点字ブロック B B が配列されてなる矩形部分の形状が台形形状から長方形形状に近づき、より精度の高い変換がなされていることが明らかである。

【 0 0 8 7 】

図 7 (a) 乃至図 7 (c) を用いて説明した結果から、好適には、ステップ S 4 にて、射影変換行列 M T 1 を算出するためには、ステップ S 4 では、複数の点字ブロック B B のうち撮影画像 C P 1 に撮影されており且つ互いに隣り合う n 個 (n は 3 以上の整数) の点字ブロック B B 2 を選択し、選択された n 個の点字ブロック B B 2 により点字ブロック群 B B G を形成し、形成された点字ブロック群 B B G を用いることが好ましいことが分かる。n が 3 以上の場合、n が 3 未満の場合に比べ、射影変換行列 M T 1 の精度を更に向上させることができ、撮影画像 C P 1 から変換された人物 P E の俯瞰画像 O H 1 中の位置座標 P S 4 の精度を更に向上させることができる。なお、図示は省略するものの、用いる点字ブロックの個数が 2 個の場合でも、図 7 (a) に示す点字ブロックの個数が 1 個の場合よりは精度が向上することが確認された。

【 0 0 8 8 】

< 安全確認方法の変形例 >

次に、実施の形態の安全確認方法の変形例について説明する。本変形例の安全確認方法は、鉄道車両のホーム側の側面に設置された 2 台の各々のカメラにより鉄道車両のホーム側の側方及びホームの上方をそれぞれ撮影する点で、鉄道車両のホーム側の側面に設置された 1 台のカメラにより鉄道車両のホーム側の側方及びホームの上方を撮影する実施の形態の安全確認方法と異なる。

【 0 0 8 9 】

図 8 は、実施の形態の変形例の安全確認方法における撮影画像及び俯瞰画像を模式的に示す図である。図 8 は、鉄道車両の側面に設置された 2 台目のカメラにより撮影された撮影画像と、撮影画像が変換された俯瞰画像中の人物をホームと重ね合わせて示す。図 8 の左側は、撮影画像を示し、図 8 の右側は、俯瞰画像を示す。また、図 8 は、図 4 に対応しており、旅客が鉄道車両に接近していない状態を示す。

【 0 0 9 0 】

本変形例では、図 1 に示したように、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面には、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側方及びホームの上方を撮影するカメラ 2 1 及びカメラ 2 3 が設置され、カメラ 2 3 は、鉄道車両 2 0 の長さ方向においてカメラ 2 1 と対向配置されている。即ち、本変形例の安全確認方法は、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面に設置された 2 台のカメラを用いるものである。

【 0 0 9 1 】

また、図 1 に示すように、本変形例の安全確認方法では、撮影部 1 1 は、ステップ S 2 では、鉄道車両 2 0 がホーム 2 6 から発車する際に、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面に設置されたカメラ 2 1 により鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側方及びホーム 2 6 の上方を撮影し、鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側面に設置されたカメラ 2 3 により鉄道車両 2 0 のホーム 2 6 側の側方及びホーム 2 6 の上方を撮影する。

【 0 0 9 2 】

このような場合、第 1 座標取得部 1 2 は、ステップ S 3 では、ステップ S 2 にてカメラ 2 1 により撮影された撮影画像 C P 1 (図 4 参照) から人物 P E を検出し、検出された人物 P E の撮影画像 C P 1 中の位置座標 P S 1 (図 4 参照) を取得する。また、第 1 座標取得部 1 2 は、ステップ S 3 では、ステップ S 2 にてカメラ 2 3 により撮影された撮影画像 C P 2 (図 8 参照) から人物 P E を検出し、検出された人物 P E の撮影画像 C P 2 中の位置座標 P S 6 (図 8 参照) を取得する。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

そのため、同一人物について2つの撮影画像から2つの位置座標を取得することができるので、例えば一方の撮影画像の周縁部に撮影されていて取得された位置座標の精度が低くなる場合でも、他方の撮影画像の中心部に撮影されていて取得された位置座標の精度が高くなる場合には、精度が高い方の位置座標を用いることができる。従って、撮影画像から変換された人物の俯瞰画像中の位置座標の精度を更に向上させることができる。

【0094】

好適には、変換行列算出部13は、ステップS4では、複数の点字ブロックBBのうち撮影画像CP1及び撮影画像CP2のいずれにも撮影されている点字ブロックBB1について、点字ブロックBB1の撮影画像CP2中の位置座標PS7（図8参照）を取得し、取得された位置座標PS7と、情報IN1及び情報IN2と、に基づいて、位置座標PS7を、ホーム26を上方から俯瞰した俯瞰画像OH2（図8参照）中の点字ブロックBB1の位置座標PS8（図8参照）に変換するための射影変換行列MT2（図8参照）を算出する。また、第2座標取得部14は、ステップS5では、位置座標PS6を射影変換行列MT2を用いて変換することにより、人物PEの俯瞰画像OH2中の位置座標PS9（図8参照）を算出し、算出された位置座標PS4又は位置座標PS9に基づいて、人物PEのホーム26の幅方向におけるホーム26の端部26aと人物PEとの間の距離DS2を算出する。

10

【0095】

また、制御部16は、ステップS2、ステップS3、ステップS4、ステップS5及びステップS6を、ステップS2、ステップS3、ステップS4、ステップS5及びステップS6の順序で2回繰り返す。そして、1回目のステップS3にて算出された位置座標PS1で表される点を点P1（図4参照）とし、1回目のステップS3にて算出された位置座標PS6で表される点を点P2（図8参照）とし、2回目のステップS3にて算出された位置座標PS1で表される点を点P3（図4参照）とし、2回目のステップS3にて算出された位置座標PS6で表される点を点P4（図8参照）とする。

20

【0096】

このようにした場合であって、1回目のステップS2にて撮影された撮影画像CP1と2回目のステップS2にて撮影された撮影画像CP1とを重ね合わせたときの点P1と点P3との間の距離DS3（図4参照）が、1回目のステップS2にて撮影された撮影画像CP2と2回目のステップS2にて撮影された撮影画像CP2とを重ね合わせたときの点P2と点P4との間の距離DS4（図8参照）以上のときは、2回目のステップS5では、位置座標PS4に基づいて、距離DS2を算出する。一方、距離DS3が距離DS4未満のときは、2回目のステップS5では、位置座標PS9に基づいて、距離DS2を算出する。

30

【0097】

つまり、例えばカメラ21からは人物PEが移動して見えるがカメラ23からは人物PEが止まって見える場合には、人物PEの撮影画像CP2中の位置座標PS6を変換した位置座標PS9よりも、人物の撮影画像CP1中の位置座標PS1を変換した位置座標PS4の方が、精度良く算出できる。そのため、位置座標PS9に代えて位置座標PS4を用いることにより、撮影画像から変換された人物の俯瞰画像中の位置座標の精度を更に向上させることができる。或いは、例えばカメラ21からは人物PEが止まって見えるがカメラ23からは人物PEが移動して見える場合には、人物PEの撮影画像CP1中の位置座標PS1を変換した位置座標PS4よりも、人物PEの撮影画像CP2中の位置座標PS6を変換した位置座標PS9の方が、精度良く算出できる。そのため、位置座標PS4に代えて位置座標PS9を用いることにより、撮影画像から変換された人物の俯瞰画像中の位置座標の精度を更に向上させることができる。

40

【0098】

なお、複数台のカメラを連携させることにより、一列車に含まれる1両又は複数両の鉄道車両の各々について、ホーム上の一列車分に対応した空間において、ホームの幅方向におけるホームの端部26aと旅客との間の距離を、俯瞰画像を用いて把握することができ

50

る。また、カメラ 2 1 により撮影された撮影画像 C P 1 については、基準位置を鉄道車両の後端とし、カメラ 2 3 により撮影された撮影画像 C P 2 については、基準位置を鉄道車両の前端とし、且つ、座標空間が軌道の長さ方向（前後方向）に反転するように変換することにより、撮影画像 C P 1 と撮影画像 C P 2 との間で、同一の座標空間を有する俯瞰画像に人物の軌跡をマッピングすることができる。

【 0 0 9 9 】

好適には、本変形例の安全確認システムは、距離算出部 1 8（図 1 参照）を有する。また、本変形例の安全確認方法では、距離算出部 1 8 は、複数の点字ブロック B B のうち、撮影画像 C P 1、及び、ステップ S 2 にてカメラ 2 3 により撮影された撮影画像 C P 2 のいずれにも撮影されている点字ブロック B B である点字ブロック B B 3（後述する図 9 参照）を選択し、選択された点字ブロック B B 3 の撮影画像 C P 1 中の位置座標 P S 1 0（後述する図 9 参照）と、選択された点字ブロック B B 3 の撮影画像 C P 2 中の位置座標 P S 1 1（後述する図 9 参照）と、に基づいて、カメラ 2 1 又はカメラ 2 3 から点字ブロック B B 3 までの距離（後述する距離 Z に等しい）を算出する（図 2 のステップ S 7）。また、第 2 座標取得部 1 4 は、ステップ S 5 では、ステップ S 7 にて算出された、カメラ 2 1 又はカメラ 2 3 から点字ブロック B B 3 までの距離に基づいて、距離 D S 2 を算出即ち補正する。なお、図 2 では、理解を簡単にするために、ステップ S 7 がステップ S 5 に含まれている場合を例示している。

【 0 1 0 0 】

都市部では駅のプラットフォーム（ホーム）の上面の高さ位置は略一定であるものの、地方部ではホームの上面の高さ位置は、駅ごとに異なる場合がある。このような場合、1 台のカメラにより撮影された撮影画像を用いて俯瞰画像中の位置座標を算出するときに、算出された位置座標がホームの上面の高さ位置に応じて変動する場合がある。

【 0 1 0 1 】

一方、本変形例では、撮影画像 C P 1 と撮影画像 C P 2 とを用いてカメラ 2 1 又はカメラ 2 3 から点字ブロック B B 3 までの距離を算出することができる。そのため、撮影画像から変換された人物の俯瞰画像中の位置座標がホームの上面の高さ位置に応じて変動することを、防止又は抑制することができる。

【 0 1 0 2 】

ホームの上面の高さ位置を算出する方法として、以下に説明するステレオ画像処理方法を用いることができる。

【 0 1 0 3 】

<ステレオ画像処理方法>

次に、ステレオ画像処理方法について説明する。図 9 は、ステレオ画像処理技術による距離計測の原理を示す図である。図 9 は、平行化により画像における y 軸（v 軸）が揃えられた前後 2 台のカメラ 2 1 及び 2 3 により対象物 M（例えば点字ブロック B B 及び B B 3）が撮像されたときの、基準画像 I（撮影画像 C P 1）、及び、基準画像 I に対応した対応画像 J（撮影画像 C P 2）を示す。u 軸及び u' 軸は、それぞれ基準画像 I 及び対応画像 J の横方向の位置を示し、v 軸は、基準画像 I 及び対応画像 J の縦方向の位置を示す。

【 0 1 0 4 】

カメラ 2 1 により撮影された基準画像 I（撮影画像 C P 1）には、カメラ 2 1 の視点 V P 1 と対象物 M の位置 M P 1 を結ぶ直線 L 1 と基準画像 I との交点である点 p に、対象物 M が写される。また、カメラ 2 3 により撮影された対応画像 J には、カメラ 2 3 の視点 V P 2 と対象物 M の位置 M P 1 を結ぶ直線 L 2 と対応画像 J との交点である点 q に、対象物 M が写される。そのため、対象物 M の位置 M P 1 における 3 次元の位置座標（X, Y, Z）は、点 p の位置座標（ u_{s1} , v_1 ）、及び、点 q の位置座標（ u_{s2} , v_2 ）に基づいて、算出される。ここで、点 p の位置座標（ u_{s1} , v_1 ）が、前述した位置座標 P S 1 0 に相当し、点 q の位置座標（ u_{s2} , v_2 ）が、前述した位置座標 P S 1 1 に相当する。また、点 p の位置座標と、点 q の位置座標との差（差に対応した画素数でもよい）が、視差 d に相当するが、例えば v_1 と v_2 とが等しい場合には、視差 d は、下記式（数 1 2）に

10

20

30

40

50

より算出される。

$$d = u_{s1} - u_{s2} \quad \cdots (\text{数 } 12)$$

【0105】

また、カメラ21及び23の焦点距離を f とし、基準画像I及び対応画像Jの中心位置間距離、即ち基線長を B とすると、位置MP1における位置座標と、点 p の位置座標及び点 q の位置座標との関係は、下記式(数13)乃至下記式(数15)により表される。

$$X = B u_{s1} / d \quad \cdots (\text{数 } 13)$$

$$Y = B v_1 / d \quad \cdots (\text{数 } 14)$$

$$Z = B f / d \quad \cdots (\text{数 } 15)$$

Z は、カメラ21から対象物Mまでの距離である。

10

【0106】

従って、ステレオ画像処理においてカメラ21から対象物Mまでの距離 Z を計測するには、視差 d を算出する必要がある。そのためには、カメラ21の基準画像I中の点 p と相関を有する点である点 q がカメラ23の対応画像J中のどこに位置するかを探索する画像マッチング(対応付け)が必要である。そして、このようなステレオ画像処理を行うことにより、距離 Z を計測することができる。

【0107】

以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

20

【0108】

本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

【0109】

例えば、前述の各実施の形態に対して、当業者が適宜、構成要素の追加、削除若しくは設計変更を行ったもの、又は、工程の追加、省略若しくは条件変更を行ったものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0110】

本発明は、鉄道車両が駅のホームから発車する際に、鉄道車両の乗務員がホーム上の旅客の安全を確認するための安全確認方法に適用して有効である。

30

【符号の説明】

【0111】

10 安全確認システム

11 撮影部

12 第1座標取得部

13 変換行列算出部

14 第2座標取得部

15 情報通知部

15a モニタ

40

16 制御部

17 記憶部

18 距離算出部

20 鉄道車両

21 ~ 24 カメラ

25 ドア

26 ホーム

26a 端部

27 軌道

AT1 ~ AT3 注意情報

50

ＢＢ、ＢＢ１～ＢＢ３ 点字ブロック

BBG 点字ブロック群

CP1、CP2 撮影画像

DS 1 ~ DS 4 距離

F R 杵

H T 1 高さ

I 基準画像

IN 1 ~ IN 3 情報

J 対応画像

L 1、L N 2 直線

M 对象物

M P 1 位置

MT 1、MT 2 射影变换行列

OH 1、OH 2 俯瞰画像

P 1 ~ P 4 点

PE 人物

PS 1、PS 10、PS 11、PS 2 ~ PS 9 位置座標

R G 1 領域

S R 1 ~ S R 4 撮影範囲

TH1、TH2 閾値

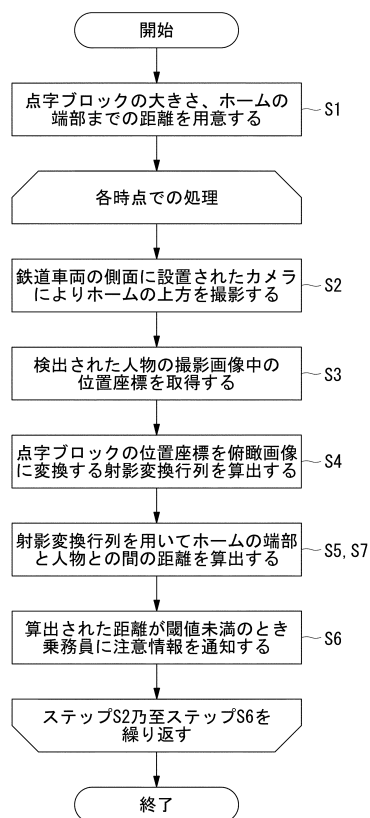
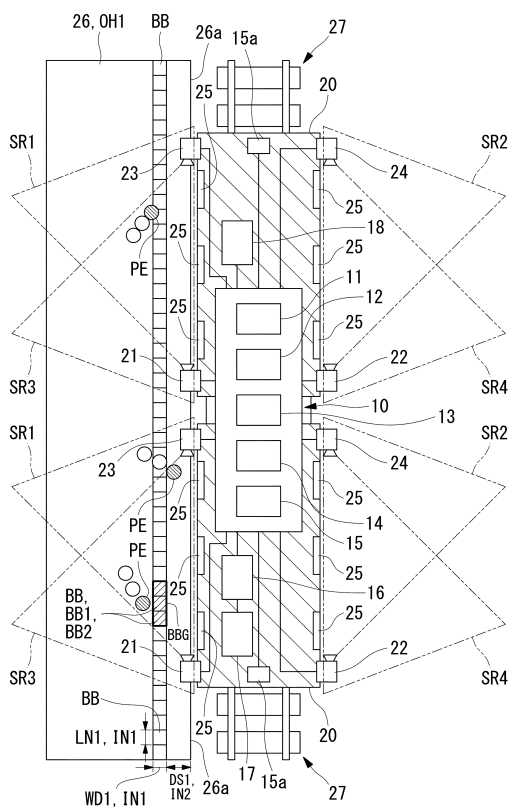
V P 1、V P 2 視点

WD 1、WD 2 幅

【圖面】

【圖 1】

【圖 2】



10

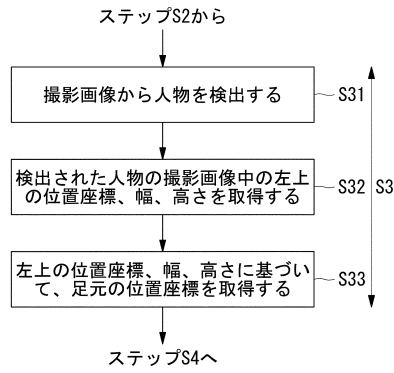
20

30

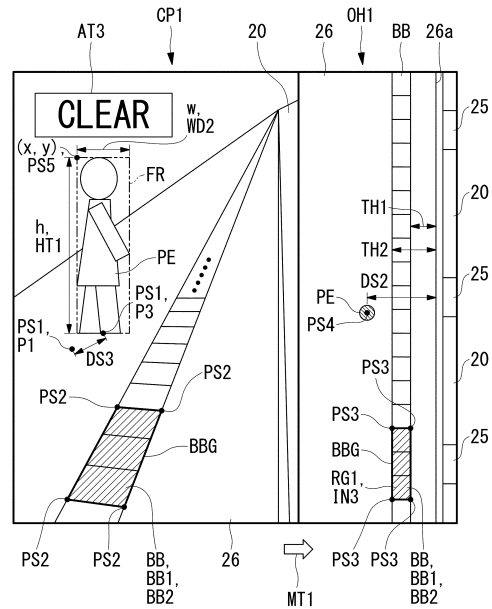
40

50

【 図 3 】



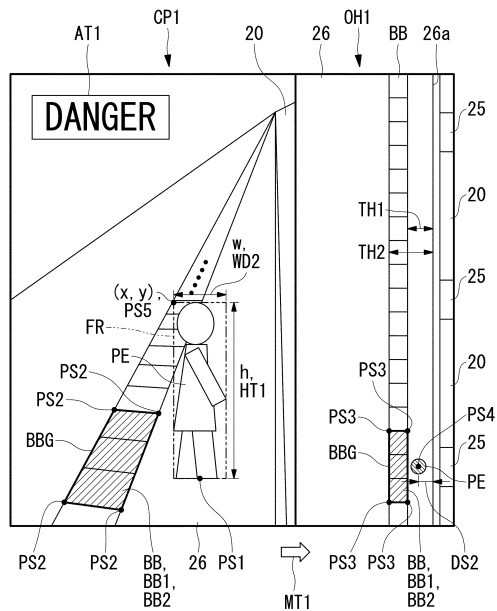
【 図 4 】



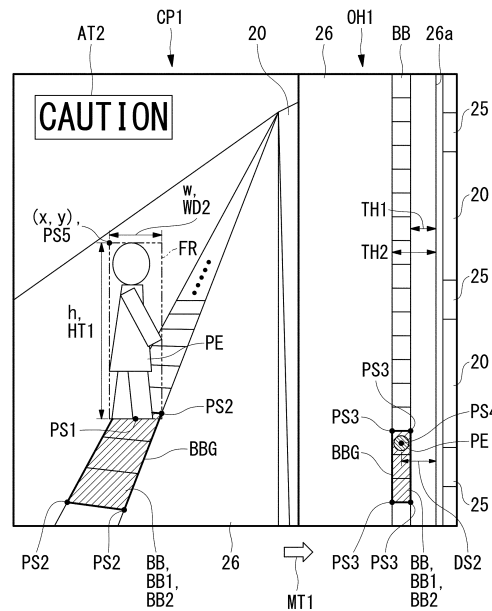
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】



30

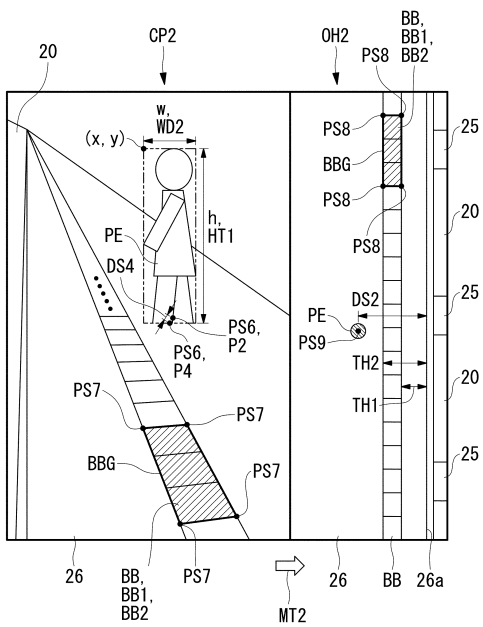
40

50

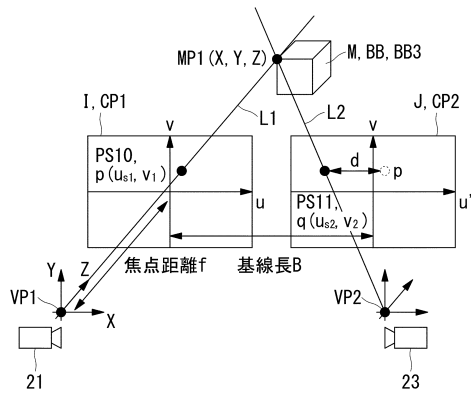
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 1 0 2 9 3 5 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 8 - 0 1 5 5 7 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 8 - 1 9 7 0 2 3 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| G 0 6 T | 7 / 0 0 |
| B 6 1 L | 2 3 / 0 0 |
| H 0 4 N | 7 / 1 8 |