

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6824152号
(P6824152)

(45) 発行日 令和3年2月3日 (2021. 2. 3)

(24) 登録日 令和3年1月14日 (2021. 1. 14)

(51) Int. Cl.	F I
GO 6 M 11/00 (2006. 01)	GO 6 M 11/00 D
GO 1 S 17/88 (2006. 01)	GO 1 S 17/88
GO 1 S 17/42 (2006. 01)	GO 1 S 17/42
GO 8 G 1/01 (2006. 01)	GO 8 G 1/01 F

請求項の数 16 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2017-252146 (P2017-252146)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成29年12月27日 (2017. 12. 27)	(73) 特許権者	000236056 三菱電機ビルテクノサービス株式会社 東京都千代田区有楽町一丁目7番1号
(65) 公開番号	特開2019-117573 (P2019-117573A)	(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
(43) 公開日	令和1年7月18日 (2019. 7. 18)	(74) 代理人	100112911 弁理士 中野 晴夫
審査請求日	令和1年12月12日 (2019. 12. 12)	(72) 発明者	貞本 貢汰 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 人数計測装置および人数計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通路の幅方向と前記幅方向に垂直な移動方向とを含む通路面の上を移動する人の数を計測する人数計測装置であって、

回転軸を中心に回転しながら前記回転軸に垂直な方向にレーザ光を放射し、前記人からの反射光を検出して、前記人までの距離を測定するスキャン型の距離センサと、

前記距離センサによって測定された距離データと、前記距離センサの前記レーザ光の照射方向データとを用いて、前記通路上の人の位置を算出する人位置算出部と、

前記人位置算出部によって算出された前記人の位置の時間変化に基づいて、前記通路を通過した人の数を数える計数部と、を含み、

前記距離センサの前記回転軸は、前記通路面に垂直な方向を基準として、前記幅方向に第1の角度だけ傾斜し、かつ、移動方向に第2の角度だけ傾斜したことを特徴とする人数計測装置。

【請求項 2】

前記距離センサは、前記距離センサの前記通路面からの垂直方向への距離が、前記人の頭頂部と前記通路面との距離よりも大きい位置に配置されることを特徴とする請求項1に記載の人数計測装置。

【請求項 3】

前記計数部は、更に、前記通路を通過した人の通過方向を算出し、前記通過方向ごとの通過人数を数えることを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の人数計測装置。

【請求項 4】

前記通路は、階段であり、前記通路面は、前記階段の各段の踏面と蹴上げとが交わる線を通る面であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の人数計測装置。

【請求項 5】

前記第 1 の角度は、前記階段の横幅を分母とし、前記階段の蹴上げの長さを分子とする値の逆正接である角度以上の角度であることを特徴とする請求項 4 に記載の人数計測装置。

【請求項 6】

前記人位置算出部における前記人の位置と前記人の横幅の算出は、ミーンシフト法を用いたクラスタリングによって行われることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の人数計測装置。

10

【請求項 7】

前記人位置算出部は、単位時間ごとに、前記距離データから座標データを算出し、該座標データを用いて、前記人の位置と、前記人の横幅と、を算出して記憶することを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の人数計測装置。

【請求項 8】

前記人位置算出部は、算出された前記人の横幅が所定の閾値よりも大きい場合、前記人の横幅を算出するために用いられた複数の前記座標データを、1 単位時間前に算出され記憶された前記人に対応する人の横幅の範囲内にある第 1 座標データと、該人の横幅の範囲外にある第 2 座標データと、に分割し、前記第 1 座標データおよび前記第 2 座標データを用いて、再度前記人の位置と、前記人の横幅と、を算出して記憶することを特徴とする請求項 7 に記載の人数計測装置。

20

【請求項 9】

通路の幅方向と前記幅方向に垂直な移動方向とを含む通路面の上を移動する人の数を計測する方法であって、

前記通路面に垂直な方向を基準として、前記幅方向に第 1 の角度だけ傾斜し、かつ、移動方向に第 2 の角度だけ傾斜した回転軸に垂直な方向に、前記回転軸を中心に回転しながら、レーザ光を放射し、前記人からの反射光を検出して前記人までの距離を測定するステップと、

測定された距離データと、前記レーザ光の照射方向データとを用いて、前記通路上の人の位置を算出する人位置算出ステップと、

30

前記人位置算出ステップにおいて算出された前記人の位置の時間変化に基づいて、前記通路を通過した人の数を数える人数計数ステップと、を含む人数計測方法。

【請求項 10】

前記距離を測定するステップにおいて、前記レーザ光は、前記通路面からの垂直方向への距離が、前記人の頭頂部と前記通路面との距離よりも大きい位置から放射されることを特徴とする請求項 9 に記載の人数計測方法。

【請求項 11】

前記人数計数ステップは、更に、前記通路を通過した人の通過方向を算出し、前記通過方向ごとの通過人数を数える工程を含むことを特徴とする請求項 9 または 10 のいずれかに記載の人数計測方法。

40

【請求項 12】

前記通路は、階段であり、前記通路面は、前記階段の各段の踏面と蹴上げとが交わる線を通る面であることを特徴とする請求項 9～11 のいずれかに記載の人数計測方法。

【請求項 13】

前記第 1 の角度は、前記階段の横幅を分母とし、前記階段の蹴上げの長さを分子とする値の逆正接である角度以上の角度であることを特徴とする請求項 12 に記載の人数計測方法。

【請求項 14】

前記人位置算出ステップにおける前記人の位置と前記人の横幅の算出は、ミーンシフト

50

法を用いたクラスタリングによって行われることを特徴とする請求項 9 ~ 13 のいずれかに記載の人数計測方法。

【請求項 15】

前記人位置算出ステップは、単位時間ごとに、前記距離データから座標データを算出し、該座標データを用いて、前記人の位置と、前記人の横幅と、を算出して記憶する工程を含むことを特徴とする請求項 9 ~ 14 のいずれかに記載の人数計測方法。

【請求項 16】

前記人位置算出ステップは、算出された前記人の横幅が所定の閾値よりも大きい場合、前記人の横幅を算出するために用いられた複数の前記座標データを、1 単位時間前に算出され記憶された前記人に対応する人の横幅の範囲内にある第 1 座標データと、該人の横幅の範囲外にある第 2 座標データと、に分割し、前記第 1 座標データおよび前記第 2 座標データを用いて、再度前記人の位置と、前記人の横幅と、を算出して記憶する工程を含むことを特徴とする請求項 15 に記載の人数計測方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通路を通行する人の数を計測する人数計測装置および人数計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

商業ビル、鉄道施設などの施設の中の人の流動を調査して得られるデータは、施設内の快適性、集客性などを向上させるレイアウトを検討する際の参考情報として有用である。さらに、建物内のある区画から他の区画へ、例えばある階から別の階への人の流動データを把握することは、建物のセキュリティを確保するために有用である。

【0003】

特許文献 1 には、レーザセンサで水平面内をスキャンすることによって得られた距離データから、通行人の足の位置および歩行方向などを決定する技術が開示されている。この技術は、複数のレーザセンサによって通行人の足のレーザセンサからの距離を示す距離データを取得する手段と、通行人の足の位置、歩行方向、歩幅などを算出する手段と、を有し、通行人の行動を解析するものである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 110185 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 の技術は、複数のレーザセンサを必要とするものである。また、特許文献 1 の技術には、人が隣接している場合、レーザセンサが各人を区別せずに 1 人の人として誤検出するという問題がある。本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、1 台のスキャン型距離センサのみを用い、隣接する人を区別して検出することができる、高精度な人数計測装置および人数計測方法を得ることを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明の一態様は、幅方向と幅方向に垂直な移動方向とを含む通路面上を移動する人の数を計測する人数計測装置を提供する。この人数計測装置は、回転軸を中心に回転しながら回転軸に垂直な方向にレーザ光を放射し、人からの反射光を検出して、人までの距離を測定するスキャン型距離センサと、距離センサによって測定された距離データと、距離センサのレーザ光の照射方向データとを用いて、通路上の人

50

の位置を算出する人位置算出部と、人位置算出部によって算出された人の位置の時間変化に基づいて、通路を通過した人の数を数える計数部と、を含む。距離センサの回転軸は、通路面に垂直な方向を基準として、幅方向に第１の角度だけ傾斜し、かつ、移動方向に第２の角度だけ傾斜したことを特徴とする。

【発明の効果】

【０００７】

本発明は、スキャン型距離センサを所定の高さに設置し、レーザ光の放射方向を走査する回転軸を通路の奥行方向を軸に所定の角度を有するように設置することによって、人が隣接している場合であっても、それぞれの人を時間差をもって、区別して検出することができ、１台の距離センサで、高い精度で通路の通過人数を計測することができる、といった従来にない顕著な効果を奏するものである。

10

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。

【図２】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置の距離センサによるレーザ光の放射の方向を示す概略図である。

【図３Ａ】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【図３Ｂ】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

20

【図３Ｃ】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【図４】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置の距離センサの設置条件を示す概略図である。

【図５】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置の距離センサの設置条件を示す概略図である。

【図６】本発明の実施の形態１に係る人数計測装置による人数計測プロセスを示すフローチャートである。

【図７】図６のステップＳ１０１の人位置算出処理の詳細を示すフローチャートである。

【図８Ａ】階段を上から見た概略図であり、階段の上に立っている人を概略的に示している。

30

【図８Ｂ】図８Ａの人を測定することによって得られた座標データを示す図である。

【図８Ｃ】図８Ｂの座標データを用いてクラスタリングした結果である収束点を示す図である。

【図９Ａ】階段を上から見た概略図であり、階段の上にｘ方向に並んで立っている２人の人を概略的に示す図である。

【図９Ｂ】図９Ａの２人の人を測定することによって得られた座標データを示す図である。

【図９Ｃ】図９Ｂの座標データを用いてクラスタリングした結果である収束点を示す図である。

40

【図１０】ステップＳ１０２の人数計数処理の詳細を示すフローチャートである。

【図１１Ａ】人が通行している階段をｙ軸方向に見た概略図である。

【図１１Ｂ】図１１Ａの階段を上から見た概略図である。

【図１１Ｃ】図１１Ａおよび図１１Ｂの人を測定することによって得られた座標データを示す図である。

【図１１Ｄ】図１１Ｃの座標データから得られた人の位置と横幅を示す図である。

【図１２Ａ】人が通行している階段をｙ軸方向に見た概略図である。

【図１２Ｂ】図１２Ａの階段を上から見た概略図である。

【図１２Ｃ】図１２Ａおよび図１２Ｂの人を測定することによって得られた座標データを示す図である。

50

【図 1 2 D】図 1 2 C の座標データから得られた人の位置と横幅を示す図である。

【図 1 3 A】人が通行している階段を y 軸方向に見た概略図である。

【図 1 3 B】図 1 3 A の階段を上から見た概略図である。

【図 1 3 C】図 1 3 A および図 1 3 B の人を測定することによって得られた座標データを示す図である。

【図 1 3 D】図 1 3 C の座標データから得られた人の位置と横幅を示す図である。

【図 1 4】本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。

【図 1 5 A】本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【図 1 5 B】本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。 10

【図 1 5 C】本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【図 1 5 D】本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【図 1 6】本発明の実施の形態 3 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。

【図 1 7】本発明の実施の形態 3 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【図 1 8】本発明の実施の形態 3 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。 20

【図 1 9】本発明の実施の形態 4 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。

【図 2 0】本発明の実施の形態 4 に係る人数計測装置による人数計測の実施状況を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明をより詳細に説明するために、本発明を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 は、全体が 1 0 0 で表される、本発明の実施の形態 1 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。人数計測装置 1 0 0 は、人数計測が行われる場所である通路内の、人などの物体までの距離を測定する距離センサ 1 1 0 と、距離センサ 1 1 0 によって測定された距離データを用いて人の位置を算出する人位置算出部 1 2 0 と、人位置算出部 1 2 0 によって算出された人の位置の時間変化に基づいて、通路を通過した人の数を数える計数部 1 3 0 と、を含む。 30

【0011】

図 2 に示すように、距離センサ 1 1 0 は、回転軸 C に垂直な方向にレーザ光 1 1 2 を放射する。そして、距離センサ 1 1 0 は、レーザ光 1 1 2 を放射した時刻から、建物の構造物または人 1 0 4 などの物体によって反射されたレーザ光 1 1 2 が距離センサ 1 1 0 の位置まで戻って来た時刻までの時間を測定することによって、距離センサ 1 1 0 から物体までの距離を測定する。図 2 に示すように、距離センサ 1 1 0 は、レーザ光 1 1 2 の照射方向を回転軸 C を中心に回転させながら、レーザ光 1 1 2 をパルスとして断続的に照射し、断続的に物体までの距離を測定するスキャン型の距離センサである。このようにして、距離センサ 1 1 0 は、回転軸 C に垂直な平面上に存在する物体までの距離データを取得することができる。 40

【0012】

次に、距離センサ 1 1 0 の設置条件について説明する。図 3 A ~ 3 C は、本発明の実施の形態 1 に係る人数計測装置 1 0 0 による人数計測の実施状況を示す概略図である。実施の形態 1 では、人数計測装置 1 0 0 は、階段 1 0 3 またはエスカレータなどの階段状の通路において適用される。示されている例では、階段 1 0 3 の幅方向を x 軸方向、x 軸に垂 50

直な鉛直方向（高さ方向）を z 軸方向、 x 軸および z 軸に垂直な奥行き方向を y 軸方向とする。階段103は、 y 軸方向に延びており、カーブしていない形状であるものとする。図3Aは、階段103を通過中の人104と、階段103および人104を含む通路に向けてレーザ光112を照射して距離を測定する距離センサ110とを、 x 軸方向から見た概略図であり、図3Bは、これらを z 軸方向（上）から見た概略図であり、図3Cは、 y 軸方向から見た概略図である。

【0013】

図3A～3C、特に図3Cに示すように、距離センサ110は、距離センサ110の回転軸Cが xz 平面に平行であり、かつ z 軸に対して第1の角度 θ を成すように、取り付けられる。以上の説明からわかるように、第1の角度 θ は、距離センサ110の回転軸Cが z 軸方向（鉛直方向）を向くとき、 0° である。言い換えれば、距離センサ110の回転軸Cは、 z 軸方向（鉛直方向）から、 x 軸の負方向に、第1の角度 θ だけ傾斜したものである。距離センサ110をこのように斜めに設置することによって、距離センサ110から放射されるレーザ光112は、レーザ光112が照射される物体の y 方向の位置が同一である場合、 x 方向の位置すなわち階段103の幅方向の位置が異なると、異なる高さに到達することになる。したがって、距離センサ110は、 x 軸方向、すなわち階段103の幅方向の各位置に関して、実質的に異なる高さにおける距離データを取得する。これにより、人数計測装置100は、階段103上を隣接して同一方向に進んでいる人がいても、それぞれを異なる時刻に検出することができるため、それぞれの人を区別して検出することができる。

【0014】

なお、本明細書において、「隣接」とは、歩行者の進行方向を見た場合に、歩行者が横に並んでいることを意味する。

【0015】

例えば、第1の角度 θ は、階段103の横幅を分母とし、階段103の蹴上げの長さを分子とする値の逆正接である角度以上の角度とする。これにより、距離センサ110は、階段103の x 軸方向の一方の端にいる一方の人と、当該一方の人と z 軸方向に実質的に同じ位置におりかつ x 軸方向の他方の端にいる他方の人とを、 z 軸方向に1段分だけ、すなわち階段103の蹴上げの長さだけ異なる位置で検出することができる。したがって、当該一方の人と当該他方の人とを異なる時刻に検出することができるため、人数計測装置100は、それぞれの人を区別して検出することができる。

【0016】

図4を参照して、距離センサ110の設置条件の一例について説明する。階段103の寸法の条件は、建築基準法に規定されている。例えば、居室の床面積の合計が 200m^2 を超えるオフィスビルについては、階段103の横幅401は、 1.2m 以上でなければならない。また、踊場の高さ402は、 4m 以下でなければならない。

【0017】

レーザ光112は、一般的に、階段103の下フロアに立っている人104の身長より高い位置に照射される。なぜなら、第1に、人104の上からレーザ光112を照射することにより、隣接した人を区別して検出するという本発明の効果を発揮でき、また第2に、距離センサ110は、階段の下フロアのみを移動中の人を検出せずに、階段103を昇降している人104のみを検出することが望ましいからである。このような観点から、レーザ光が照射される位置の最低位置の階段の下フロアの床からの高さ403が決定される。具体的には、距離センサ110は、距離センサ110と通路面との距離が、人104の頭頂部と通路面との間の距離よりも大きくなるような位置に配置される。

【0018】

なお、文献<総務省 統計局，“年齢別 都市階級別 設置者別 身長・体重の平均値及び標準偏差”，学校保健統計調査>によれば、身長が 2m 以上である人の比率は17歳以下の男女ともに 0.0% である。したがって、距離センサ110は、高さ403が 2m 以上となるように構成されれば、本発明はほぼ全ての歩行者の検出に適用できると考えら

10

20

30

40

50

れる。また、上記文献によれば、身長が1.35m以上である人の比率は17歳以下の男女ともに100.0%である。したがって、高さ403が1.35m以上になるように構成されれば、本発明はある一定数の歩行者の検出に適用できると考えられる。

【0019】

さらに、図5に示すように、距離センサ110の回転軸Cは、一般的に、階段103の通路面に垂直な方向を基準として、距離センサ110の中心を通るx軸に平行な軸の周りに、y軸をz軸に一致させる方向に、第2の角度 だけ回転したものである。ここで、「通路面」とは、幅方向と、幅方向に垂直な移動方向と、を含む面をいう。実施の形態1では、「通路面」は、階段103の各段の踏面と蹴上げとが交わる線を実質的に通る面であり、図5に示す例では、水平面(x-y平面)をx軸方向の周りに、y軸をz軸に一致させる方向に、勾配角度 だけ回転させた平面である。

10

【0020】

言い換えれば、距離センサ110の回転軸Cは、一般的に、通路面に垂直な方向からy軸方向(移動方向)に第2の角度 だけ傾斜したものである。

【0021】

実施の形態1では、第2の角度 は、距離センサ110の回転軸Cがz-x平面内にあるように設定される。以上の関係から、実施の形態1では、第2の角度 と階段103の勾配角度 との間には、次の式(1)が成立する。

【0022】

【数1】

20

$$\phi = \alpha \quad \dots (1)$$

【0023】

距離センサ110は、例えば市販のレーザスキャナであってもよい。人位置算出部120および計数部130は、メモリに記憶されたプログラムを実行するプロセッサにより実現することができる。プロセッサは、CPUまたはシステムLSIなどの処理回路である。また、複数のプロセッサおよび複数のメモリが連携して上記機能を実現してもよい。

【0024】

次に、実施の形態1に係る人数計測装置100による人数計測プロセスについて説明する。図6は、実施の形態1に係る人数計測装置100による人数計測プロセスを示すフローチャートである。まず、人位置算出部120は、距離センサ110が測定した各走査角度n方向における物体までの距離データに基づいて、人の位置を算出する(ステップS101)。ここで、走査角度nは、回転軸Cの周りの距離センサ110の回転角度であり、第1の角度 が0°の場合であって、走査角度nが0°であるときは、レーザ光112は、距離センサ110からx軸方向に照射されるものとする。計数部130は、通路を通過した人の数を計数する(ステップS102)。計数部130は、通過人数を通過方向ごとに計数することもできる。人数計測装置100は、図5のフローチャートの処理を一定時間毎、例えば100msごとに繰返し実行する。

30

【0025】

図7は、人位置算出部120による図6のステップS101の人位置算出処理の詳細を示すフローチャートである。ステップS101の人位置算出処理は、以下のステップS201~S214を含む。

40

【0026】

まず、ステップS201について説明する。距離センサ110が測定した各走査角度nにおける距離データと、人104が階段103上にいないときに取得した当該走査角度nにおける距離データである背景データとを比較する。人104が階段103上にいる場合、距離センサ110が測定した距離データは、人104が階段103上にいるという情報を含む。ある走査角度nにおいて、距離データが背景データと等しい場合は、距離データは人104を検出したデータを含まない不要なデータであるといえるため、以後のデータ処理の対象から除外する。したがって、以後のデータ処理は、背景データと異なる距離デ

50

ータに対してのみに行われる。

【 0 0 2 7 】

次に、ステップ S 2 0 2 について説明する。ステップ S 2 0 2 では、距離データの座標は、以下の手順で極座標系から直交座標系に変換される。レーザ光 1 1 2 が距離センサ 1 1 0 から水平面内（x y 平面に平行な平面内）に照射される場合、すなわち、第 1 の角度が 0 ° であり、かつ第 2 の角度 も 0 ° である場合、レーザ光 1 1 2 の照射方向 u を、走査角度 n を用いて、次の式（ 2 ）で表すことができる。

【 0 0 2 8 】

【数 2】

$$u = \begin{pmatrix} \cos n \\ \sin n \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

10

【 0 0 2 9 】

式（ 2 ）において、基底ベクトルは、それぞれ x、y、z 軸方向である。実施の形態 1 では、距離センサ 1 1 0 は、回転軸 C が第 1 の角度 を有するように設置される。したがって、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C は、z 軸方向（鉛直方向）から、y 軸方向の周りに第 1 の角度 だけ回転している。このときのレーザ光 1 1 2 の照射方向 u は、次の式（ 3 ）となる。

【 0 0 3 0 】

【数 3】

$$u_{\theta} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos n \\ \sin n \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta \cos n \\ \sin n \\ \sin \theta \cos n \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

20

【 0 0 3 1 】

走査角度 n の場合に距離センサ 1 1 0 によって測定された物体までの距離が r であるとき、距離センサ 1 1 0 から物体までの距離データは、距離センサ 1 1 0 が原点にあるものとして、式（ 4 ）によって直交座標系の座標データとして表される。

【 0 0 3 2 】

【数 4】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = r u_{\theta} = \begin{pmatrix} r \cos \theta \cos n \\ r \sin n \\ r \sin \theta \cos n \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

30

【 0 0 3 3 】

次に、ステップ S 2 0 3 について説明する。図 8 A は、階段 1 0 3 を上から見た概略図であり、階段 1 0 3 の上に立っている人 1 0 4 を概略的に示している。ステップ S 2 0 1 とステップ S 2 0 2 において距離センサ 1 1 0 によって測定された距離センサ 1 1 0 から人 1 0 4 までの距離データは、図 8 B に示すように、複数の座標データ 8 0 4 として表される。ステップ S 2 0 3 では、この複数の座標データ 8 0 4 は、ミーンシフト法を用いてクラスタリングされる。クラスタリングの結果、図 8 C に示すように、複数の座標データ 8 0 4 は、点（x p , y p ）に収束する。本明細書では、この収束した点を収束点と呼ぶ。また、人位置算出部 1 2 0 は、複数の座標データ 8 0 4 のうち x 座標が最大であるものの x 座標と、x 座標が最小であるものの x 座標との差を、座標データ 8 0 4 に関する横幅 w として算出する。代わりに、横幅 w は、複数の座標データ 8 0 4 のうち最も距離が離れた 2 点間の距離として算出されてもよい。

40

【 0 0 3 4 】

次に、図 7 のステップ S 2 0 4 について説明する。ステップ S 2 0 3 において算出された収束点には、人を検出した座標データによるもののみならず、雑音を検出した座標デー

50

タによるものも含まれる可能性がある。そこで、雑音データを除去するため、ステップ S 204 では、人位置算出部 120 は、収束点に関する座標データ 804 の横幅 w が所定の閾値 T_{204} 以上であるか否かを判定する。閾値 T_{204} は、例えば 0.3 m である。文献「産総研，“人体寸法データベース”」によれば、男の肩峰幅の平均と標準偏差は、それぞれ約 0.40 m、約 0.02 m であり、女の肩峰幅の平均と標準偏差は、それぞれ約 0.36 m、約 0.02 m であるため、0.3 m は妥当な数字といえる。ステップ S 204 の判定の結果が Yes である場合、人 104 が検出されたといえ、ステップ S 205 に進み、判定の結果が No である場合、図 6 のステップ S 101 の人位置算出処理を終了して、図 6 のステップ S 102 に進む。

【0035】

10

次に、図 7 のステップ S 205 について説明する。関連するデータの横幅 w が所定の閾値 T_{204} 以上であった収束点につき、次の表 1 のようにその位置と横幅を対応させて記憶する。

【0036】

【表 1】

収束点の項番	位置	横幅
1	(xp1, yp1)	w1
2	(xp2, yp2)	w2
3	(xp3, yp3)	w3

20

【0037】

表 1 では、各収束点には、対応する項番が付けられ、項番 1 の収束点の位置は (xp1, yp1)、横幅は $w1$ とする。項番 2 以降の収束点についても、同様の符号が付される。

【0038】

次のステップ S 206 では、項番が付された収束点のうちの 1 つが選択され、ステップ S 207 に進む。

【0039】

次に、ステップ S 207 について説明する。人位置算出部 120 は、ステップ S 206 で選択された収束点に対応する人 104 が、前回の測定時刻においても検出されていたか否かを判定する。具体的には、前回の測定時刻における人 104 の収束点のうち、今回の測定時刻における人 104 の収束点に最も距離が近いものから、今回の測定時刻における人 104 の収束点までの距離が、所定の閾値 T_{207} 以下であるか否かを判定する。閾値 T_{207} は、例えば 0.3 m である。ステップ S 207 の判定結果が No であるときは、ステップ S 208 に進み、Yes であるときは、S 209 に進む。

30

【0040】

次に、ステップ S 208 について説明する。今回の測定時刻における人 104 の収束点が新たに検出された人の位置を表すものとして、これに固有の人の項番を割り当て、次の表 2 のように、この固有の人の項番に対応する位置と横幅を対応させて記憶する。

40

【0041】

【表 2】

人の項番	測定時刻	位置	横幅
p1	t1	(xp1, yp1)	w1

【0042】

表 2 では、今回の測定時刻を $t1$ 、 $t1$ における人 104 の収束点に割り当てられた固有の人の項番を $p1$ としている。

【0043】

次に、ステップ S 209 について説明する。ステップ S 209 では、人位置算出部 12

50

0 は、前回の測定時刻における人 1 0 4 の収束点と、今回の測定時刻における人 1 0 4 の収束点とが、同一の 1 人の人 1 0 4 を測定した結果であるか否かを判定する。具体的には、人位置算出部 1 2 0 は、今回の測定時刻における人 1 0 4 の収束点に関連する横幅が、「ステップ S 2 0 7 において前回の測定時刻においても検出されていたと判定された人 1 0 4 の横幅 + 閾値 T_{209} 」以下であるか否かを判定する。閾値 T_{209} は、例えば 0.3 m である。ステップ S 2 0 9 の判定結果が Yes のとき、両収束点は、同一の 1 人の人 1 0 4 に対応するものであるとして、ステップ S 2 1 0 に進む。No のとき、収束点は、複数の人 1 0 4 に対応するものであるとして、ステップ S 2 1 2 に進む。

【 0 0 4 4 】

次に、ステップ S 2 1 0 について説明する。ステップ S 2 0 7 において前回の測定時刻においても検出されていたと判定された人 1 0 4 の情報に、今回の測定時刻と、今回の測定時刻における同一の人 1 0 4 に対応する収束点の位置と、横幅と、を追加して記憶する。表 3 は、ステップ S 2 1 0 の処理を行う前における、前回までの測定時刻と、前回までの各測定時刻における人 1 0 4 に対応する収束点の位置と、横幅と、を記憶している表の一例である。表 3 には、前回の時刻 t_0 に検出された 2 人の人 1 0 4 の情報が記憶されている。2 人の人 1 0 4 には、それぞれを識別する項番 p_2 と p_3 が付されている。表 3 には、各人が初めて検出された測定時刻から前回の時刻 t_0 までの各時刻における収束点の位置が全て記憶されている。横幅については、前回の時刻 t_0 における横幅が記憶されている。

【 0 0 4 5 】

【表 3】

人の項番	測定時刻	位置	横幅
p_2	$t-2$	$(xp2_ -2, yp2_ -2)$	w_2
	$t-1$	$(xp2_ -1, yp2_ -1)$	
	t_0	$(xp2_ 0, yp2_ 0)$	
p_3	$t-1$	$(xp3_ -1, yp3_ -1)$	w_3
	t_0	$(xp3_ 0, yp3_ 0)$	

【 0 0 4 6 】

表 4 は、ステップ S 2 1 0 の処理を行った後における、今回までの測定時刻と、今回までの各測定時刻における人 1 0 4 に対応する収束点の位置と、横幅と、を記憶している表の一例である。表 4 には、今回の測定時刻 t_1 において、項番 p_2 に対応する人が検出されたものとして、その情報が追加されている。すなわち、表 3 と比較して、表 4 には、人の項番 p_2 について、今回の測定時刻 t_1 と、収束点の位置 $(xp2_ 1, yp2_ 1)$ とが新たに記憶され、また、横幅は、新たに算出された w_{2a} に更新されている。以上のステップ S 2 1 0 における処理の後、ステップ S 2 1 1 に進む。

【 0 0 4 7 】

【表 4】

人の項番	測定時刻	位置	横幅
p_2	$t-2$	$(xp2_ -2, yp2_ -2)$	w_{2a}
	$t-1$	$(xp2_ -1, yp2_ -1)$	
	t_0	$(xp2_ 0, yp2_ 0)$	
	t_1	$(xp2_ 1, yp2_ 1)$	
p_3	$t-1$	$(xp3_ -1, yp3_ -1)$	w_3
	t_0	$(xp3_ 0, yp3_ 0)$	

【 0 0 4 8 】

次に、ステップ S 2 1 1 について説明する。ステップ S 2 1 1 では、全ての収束点（表

10

20

30

40

50

1の例では、3つある)に対して処理を行ったか否かを判定する。判定結果がYesであれば、人位置算出処理(ステップS101)を終了し、Noであれば、ステップS206に戻る。

【0049】

次に、ステップS212について説明する。前述の通り、ステップS212は、ステップS209の判定結果がNoである場合に開始される。ステップS212では、今回の測定時刻における座標データのうち、ステップS207において前回の測定時刻にも検出されていたとされた人104の横幅の範囲内にあるデータのみに対して、再びミーンシフト法を適用し、収束点の位置と横幅を新たに記憶する。

【0050】

以下、図9A～図9Cを参照して、ステップS212の詳細な処理方法について説明する。図9Aは、階段103の上にx方向に並んで立っている人104aと104bとを概略的に示す図である。ステップS201とステップS202において距離センサ110によって測定された距離センサ110から人104a、104bまでの距離データは、図9Bに示すように、複数の座標データ904として表される。この複数の座標データ904は、ステップS203のミーンシフト法を用いたクラスタリングの結果、点(x_{p4} , y_{p4})に収束する。複数の座標データ904から、横幅 w_4 も算出される。横幅 w_4 は、ステップS209で、複数の人に関する座標データの横幅であると判定されている。そこで、図9Cに示すように、ステップS207において前回の測定時刻にも検出されていたとされた人104の横幅を w_{4a} として、複数の座標データ904(図9B)のうち、横幅 w_{4a} の範囲内の座標データ904aのみに対して再びミーンシフト法を用いてクラスタリングを行う。このクラスタリングの結果、収束点の位置は(x_{p4a} , y_{p4a})となる。ステップS212では、この収束点の位置と横幅 w_{4a} を、新たな項番に対応させて記憶する。表5は、表1に新たな収束点の位置と横幅を追加した表である。表5では、新たな収束点の項番は、4とされている。記憶が完了すると、S213へ進む。

【0051】

【表5】

収束点の項番	位置	横幅
1	(x_{p1} , y_{p1})	w_1
2	(x_{p2} , y_{p2})	w_2
3	(x_{p3} , y_{p3})	w_3
4	(x_{p4a} , y_{p4a})	w_{4a}

【0052】

次に、ステップS213について説明する。複数の座標データ904(図9B)のうち、図9Cの横幅 w_{4a} の範囲内の座標データ904aを除いた残りの座標データ904bの横幅 w_{4b} が、所定の閾値 T_{213} 以上であるか否かを判定する。閾値 T_{213} は、例えば0.3mである。ステップS213の判定結果がYesである場合、残りの座標データ904bも、人を検出した座標データであることを意味する。この場合、ステップS214に進む。ステップS213の判定結果がNoである場合、残りの座標データ904bは、人ではなく雑音などを検出した座標データであることを意味する。この場合、再度ステップS206に進む。

【0053】

次に、ステップS214について説明する。ステップS214では、人位置算出部120は、残りの座標データ904bにミーンシフト法を用いてクラスタリングを行い、次の表6のように、新たな収束点の位置と横幅を記憶する。表6には、表5と比較して、新たな収束点が項番5として追加されている。記憶が完了すると、再度ステップS206に進む。

【0054】

【表 6】

収束点の項番	位置	横幅
1	(xp1, yp1)	w1
2	(xp2, yp2)	w2
3	(xp3, yp3)	w3
4	(xp4a, yp4a)	w4a
5	(xp4b, yp4b)	w4b

【 0 0 5 5 】

10

以上、人位置算出部 1 2 0 による図 6 のステップ S 1 0 1 の人位置算出処理について述べた。次に、人位置算出部 1 2 0 による図 6 のステップ S 1 0 2 の人数計数処理の詳細を説明する。図 1 0 は、ステップ S 1 0 2 の人数計数処理の詳細を示すフローチャートである。ステップ S 1 0 2 の人数計数処理は、以下のステップ S 3 0 1 ~ S 3 0 4 を含む。

【 0 0 5 6 】

まず、ステップ S 3 0 1 について説明する。ステップ S 3 0 1 では、計数部 1 3 0 は、前回の時刻における測定では検出されていたが、今回の時刻における測定では検出されていない人があるか否かを判定する。つまり、計数部 1 3 0 は、測定対象領域である通路を通過し終えた人があるか否かを判定する。ステップ S 3 0 1 の判定結果が Y e s である場合、ステップ S 3 0 2 に進み、N o である場合、人数計数処理は終了する。

20

【 0 0 5 7 】

ステップ S 3 0 2 では、通路を通過し終えた人のうちの 1 人が選択され、ステップ S 3 0 3 に進む。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 3 0 3 では、計数部 1 3 0 は、選択された人が進行していた方向が登り方向であるか否かを判定する。判定をするために、ステップ S 1 0 1 の人位置算出処理において記憶された、人の位置の時系列データが使用される。具体的には、対象領域である通路において人を初めて検出した起点と、最後に検出した終点のデータとを使用して、起点から終点の方向に人が通過したと判定する。ステップ S 3 0 3 の判定結果が Y e s である場合、ステップ S 3 0 4 に進み、N o である場合、ステップ S 3 0 5 に進む。

30

【 0 0 5 9 】

ステップ S 3 0 4 では、計数部 1 3 0 は、登り方向の通過人数をカウントする。すなわち、登り方向の通過人数を 1 増加させる。その後、ステップ S 3 0 6 に進む。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 3 0 5 では、計数部 1 3 0 は、下り方向の通過人数をカウントする。すなわち、下り方向の通過人数を 1 増加させる。その後、ステップ S 3 0 6 に進む。

【 0 0 6 1 】

なお、方向別の通過人数をカウントする目的は、例えば、建物内のある区画から他の区画へ、例えばある階から別の階へ、行き来する人の数を計測することにある。本発明は、商業ビル、鉄道施設その他の施設の中の区画間の移動人数を把握することができるため、例えば施設内のリレイアウトを計画する際に有用である。

40

【 0 0 6 2 】

ステップ S 3 0 6 では、通路を通過し終えた人全員に対して処理を終了したか否かを判定する。ステップ S 3 0 6 の結果が Y e s である場合、人数計数処理は終了し、N o である場合、再びステップ S 3 0 2 に進む。

【 0 0 6 3 】

以下、本発明の実施の形態 1 に係る人数計測装置 1 0 0 の動作の具体例を示す。まず、1 人の人 1 0 4 が階段 1 0 3 を通過する場合について説明する。図 1 1 A は、対象領域である階段 1 0 3 を y 軸方向に見た図、図 1 1 B は上から見た図であり、共に時刻 t 1、t 2、t 3 および t 4 における人 1 0 4 の位置を概略的に示している。時間は、時刻 t 1 か

50

ら、 t_2 、 t_3 へと順に経過し、図中の最後の時刻は t_4 である。この具体例では、人104は、階段を登っている。

【0064】

図11Cは、図11Aおよび図11Bの人104を測定することによって得られた座標データ1104を示している。 $t = t_1$ のとき、人104は、距離センサ110の走査範囲内まで進んでいないため、距離センサ110によって検出されておらず、したがって座標データ1104は得られていない。 $t = t_2$ 、 t_3 のとき、人104は距離センサ110によって検出され、座標データ1104が得られている。 $t = t_4$ のとき、人104は、距離センサ110の走査範囲を通り過ぎているため、距離センサ110によって検出されず、したがって座標データ1104は得られない。

10

【0065】

図11Dは、ステップS203で図11Cの座標データ1104から得られた人104の位置と横幅を示している。 $t = t_1$ のとき、座標データ1104は得られていないため、位置と横幅も得られない。 $t = t_2$ のとき、人104の位置(x_5_2 , y_5_2)と横幅 w_5_2 が算出される。 $t = t_3$ のとき、人104の位置(x_5_3 , y_5_3)と横幅 w_5_3 が算出される。 $t = t_4$ のとき、座標データ1104は得られていないため、位置と横幅も得られず、人104の追跡が終了する。次に、ステップS102の人数計数処理によって、階段103を通過した人数が計数される。人104が初めて検出された起点位置(x_5_2 , y_5_2)から、最後に検出された終点位置(x_5_3 , y_5_3)への方向は、 y 軸方向の正方向である。この方向は階段103の登り方向であるから、計数部130は、ステップS304において、登り方向の通過人数をカウントする。

20

【0066】

次に、隣接した2人の人が階段103を通過する場合について説明する。図12Aは、対象領域である階段103を y 軸方向に見た図、図12Bは上から見た図であり、共に時刻 t_1 、 t_2 、 t_3 および t_4 における、隣接した2人の人104a、104bの位置を概略的に示している。時間は、時刻 t_1 から、 t_2 、 t_3 へと順に経過し、図中の最後の時刻は t_4 である。この具体例では、2人の人104a、104bは、階段を登っている。

【0067】

図12Cは、図12Aおよび図12Bの人104a、104bを測定することによって得られた座標データ1204a、1204bを示している。 $t = t_1$ のとき、人104aは距離センサ110によって検出され、座標データ1204aが得られるが、人104bは、距離センサ110の走査範囲内まで進んでいないため、距離センサ110によって検出されておらず、したがって座標データ1204bは得られていない。 $t = t_2$ 、 t_3 のとき、2人の人104a、104bは、共に距離センサ110によって検出され、座標データ1204a、1204bが得られる。 $t = t_4$ のとき、人104aは、距離センサ110の走査範囲を通り過ぎているため、距離センサ110によって検出されず、したがって座標データ1204aは得られない。他方、人104bは距離センサ110によって検出され、座標データ1204bが得られる。

30

【0068】

図12Dは、ステップS203で図12Cの座標データ1204a、1204bから得られた人104a、104bのそれぞれの位置と横幅を示している。

40

【0069】

$t = t_1$ のとき、人104aの位置(x_6a_1 , y_6a_1)と横幅 w_6a_1 が算出される。

【0070】

$t = t_2$ のとき、座標データ1204aおよび1204bに対してミーンシフト法を用いてクラスタリングを行うと、図9Bのように1点に収束することがある。この場合、ステップS209、S212~S214を経由して、座標データ1204aおよび1204bを $t = t_1$ のときの人104aの横幅 w_6a_1 の範囲内の座標データと、この範囲外

50

の残りの座標データとに分割し、分割されたそれぞれの座標データに対して再度ミーンシフト法を用いてクラスタリングを行う。これにより、人104aの位置(x_{6a_2} , y_{6a_2})および横幅 w_{6a_2} と、人104bの位置(x_{6b_2} , y_{6b_2})および横幅 w_{6b_2} と、が得られる。

【0071】

$t = t_3$ のとき、同様に、人104aの位置(x_{6a_3} , y_{6a_3})および横幅 w_{6a_3} と、人104bの位置(x_{6b_3} , y_{6b_3})および横幅 w_{6b_3} と、が得られる。

【0072】

$t = t_4$ のとき、人104bの位置(x_{6b_4} , y_{6b_4})および横幅 w_{6b_4} と、が得られる。人104aの座標データ1204aは検出されないため、人104aの追跡は終了する。人104aの追跡が終了したので、人数計数処理が実行される。人104aが初めて検出された起点位置(x_{6a_1} , y_{6a_1})から、最後に検出された終点位置(x_{6a_3} , y_{6a_3})への方向は、y軸方向の正方向である。この方向は階段103の登り方向であるから、計数部130は、ステップS304において、登り方向の通過人数をカウントする。

【0073】

なお、その後、人104bについても、追跡が終了した時点で人数計数処理が実行される。

【0074】

以上のように、本発明の実施の形態1に係る人数計測装置100により、複数人が隣接している場合であっても、対象領域である階段103の通過人数を高い精度で計測することができる。

【0075】

次に、進行方向に対して前後に近接した2人の人が階段103を通過する場合について説明する。図13Aは、対象領域である階段103をy軸方向に見た図、図13Bは上から見た図であり、共に時刻 t_1 、 t_2 、 t_3 および t_4 における、前後に近接した2人の人104a、104bの位置を概略的に示している。時間は、時刻 t_1 から、 t_2 、 t_3 へと順に経過し、図中の最後の時刻は t_4 である。この具体例では、2人の人104a、104bは、階段を登っている。

【0076】

図13Cは、図13Aおよび図13Bの人104a、104bを測定することによって得られた座標データ1304a、1304bを示している。 $t = t_1$ 、 t_2 のとき、人104aのみが距離センサ110によって検出され、座標データ1304aが得られる。人104bは、距離センサ110の走査範囲内まで進んでいないため、距離センサ110によって検出されておらず、したがって座標データ1304bは得られていない。 $t = t_3$ 、 t_4 のとき、人104bの座標データ1304bが得られる。人104aは、人104bによって距離センサ110からのレーザ光112が遮蔽されるため、距離センサ110によって検出されておらず、したがって座標データ1304aは得られていない。

【0077】

図13Dは、ステップS203で図13Cの座標データ1304a、1304bから得られた人104a、104bのそれぞれの位置と横幅を示している。 $t = t_1$ のとき、人104aの位置(x_{7a_1} , y_{7a_1})と横幅 w_{7a_1} が算出される。 $t = t_2$ のとき、人104aの位置(x_{7a_2} , y_{7a_2})と横幅 w_{7a_2} が算出される。

【0078】

$t = t_3$ のとき、人104bの位置(x_{7b_3} , y_{7b_3})と横幅 w_{7b_3} が算出される。他方で、人104aの座標データ1304aは検出されないため、人104aの追跡は終了する。人104aの追跡が終了したので、人数計数処理が実行される。人104aが初めて検出された起点位置(x_{7a_1} , y_{7a_1})から、最後に検出された終点位置(x_{7a_2} , y_{7a_2})への方向は、y軸方向の正方向である。この方向は

10

20

30

40

50

階段 1 0 3 の登り方向であるから、計数部 1 3 0 は、ステップ S 3 0 4 において、登り方向の通過人数をカウントする。

【 0 0 7 9 】

$t = t_4$ のとき、人 1 0 4 b の位置 (x_{7b_4} , y_{7b_4}) と横幅 w_{7b_4} が算出される。

【 0 0 8 0 】

なお、その後、人 1 0 4 b についても、追跡が終了した時点で人数計数処理が実行される。

【 0 0 8 1 】

以上のように、本発明の実施の形態 1 に係る人数計測装置 1 0 0 により、複数人が進行方向に対して前後に近接している場合であっても、対象領域である階段 1 0 3 の通過人数を 1 台の距離センサ 1 1 0 で高い精度で計測することができる。

10

【 0 0 8 2 】

以上で述べたように、本発明の実施の形態 1 に係る人数計測装置 1 0 0 では、距離センサ 1 1 0 が第 1 の角度 θ_1 を有するように設置されるため、距離センサ 1 1 0 のレーザ光 1 1 2 は、 x 方向の位置すなわち階段 1 0 3 の幅方向の位置が異なると、階段 1 0 3 の異なる高さの部分に到達する。これにより、人が隣接している場合であっても、それぞれの人を時間差をもって、区別して検出することができ、高い精度で対象領域である階段 1 0 3 の通過人数を計数することができる。

【 0 0 8 3 】

20

また、距離センサ 1 1 0 の設置位置を所定の高さの位置、典型的には人の身長よりも高い位置に設置することによって、複数人が進行方向に対して前後に近接している場合であっても、それぞれの人を時間差をもって、区別して検出することができ、対象領域である階段 1 0 3 の通過人数を高い精度で計測することができる。

【 0 0 8 4 】

実施の形態 2 .

図 1 4 は、全体が 2 0 0 で表される、本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。図 1 4 中、図 1 と同一の符号は、同一または相当箇所を示す。また、以下の記載では、原則として、実施の形態 1 と異なる点を中心に説明し、その他の部分については重複説明を省略する。人数計測装置 2 0 0 は、距離センサ 1 1 0 と、人位置算出部 2 2 0 と、計数部 1 3 0 と、を含む。

30

【 0 0 8 5 】

図 1 5 A ~ 1 5 D は、本発明の実施の形態 2 に係る人数計測装置 2 0 0 による人数計測の実施状況を示す概略図である。実施の形態 2 では、人数計測装置 2 0 0 は、平坦な通路に適用される。したがって、本発明の実施の形態 2 では、「通路面」は通路に一致する。通路 2 0 3 の幅方向を x 軸方向、 x 軸に垂直な鉛直方向（高さ方向）を z 軸方向、 x 軸および z 軸に垂直な奥行き方向を y 軸方向とする。図 1 5 A は、通路 2 0 3 を通過中の人 1 0 4 と、通路 2 0 3 および人 1 0 4 を含む通路に向けてレーザ光 1 1 2 を照射して距離を測定する距離センサ 1 1 0 と、を示す概略的な斜視図である。図 1 5 B は、これらを x 軸方向から見た概略図であり、図 1 5 C は、 z 軸方向（上）から見た概略図であり、図 1 5 D は、 y 軸方向から見た概略図である。

40

【 0 0 8 6 】

図 1 5 A ~ 1 5 D、特に図 1 5 D に示すように、距離センサ 1 1 0 は、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C が z 軸に平行な方向と第 1 の角度 θ_1 を成すように、所定の高さの位置、例えば人の身長よりも高い位置に、取り付けられる。さらに、図 1 5 B に示すように、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C は、 z 軸方向（鉛直方向）に平行な位置から、 y 軸方向に、第 2 の角度 θ_2 だけ傾斜している。実施の形態 2 では、第 2 の角度 θ_2 は、 0° より大きくなるように設定される。言い換えれば、距離センサ 1 1 0 のレーザ光 1 1 2 は、俯角をもって照射される。

【 0 0 8 7 】

50

次に、実施の形態 2 に係る人数計測装置 200 による人数計測プロセスについて説明する。人位置算出部 220 は、対象領域である通路 203 を通過する人の位置を算出する。実施の形態 2 における人位置算出部 220 による人位置算出処理は、ステップ S202a を除いて、実施の形態 1 のステップ S201、S203～S214 と同一である。そこで、以下、ステップ S202a について説明する。

【0088】

実施の形態 2 におけるステップ S202a は、実施の形態 1 のステップ S202 と比較して、距離センサ 110 の設置条件が異なるため、直交座標系への変換の方法が異なる。レーザ光 112 が距離センサ 110 から水平面内（xy 平面に平行な平面内）に照射される場合、すなわち、第 1 の角度 θ が 0° であり、かつ第 2 の角度 ϕ も 0° である場合、レーザ光 112 の照射方向 u を、走査角度 n を用いて、次の式（5）で表すことができる。

10

【0089】

【数 5】

$$u = \begin{pmatrix} \cos n \\ \sin n \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

【0090】

式（5）において、基底ベクトルは、それぞれ x 、 y 、 z 軸方向である。実施の形態 2 では、距離センサ 110 は、上記のように、回転軸 C が第 1 の角度 θ および第 2 の角度 ϕ を有するように設置される。したがって、距離センサ 110 の回転軸 C は、 z 軸方向（鉛直方向）から、 x 軸の負方向へ第 1 の角度 θ だけ傾斜し、 y 軸方向（移動方向）に第 2 の角度 ϕ だけ傾斜している。ベクトルを第 1 の角度 θ だけ回転させる行列 R_θ 、および第 2 の角度 ϕ だけ回転させる行列 R_ϕ を式（6）、（7）に示す。

20

【0091】

【数 6】

$$R_\theta = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix} \quad \dots (6)$$

30

【0092】

【数 7】

$$R_\phi = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \quad \dots (7)$$

【0093】

R_θ と R_ϕ を用いて、レーザ光 112 の照射方向 u は、次の式（8）で表される。

【0094】

【数 8】

40

$$u_{\theta\phi} = (R_\theta R_\phi R_\theta^{-1}) R_\theta u = \begin{pmatrix} \cos \theta \cos n + \sin \theta \sin \phi \sin n \\ \cos \phi \sin n \\ \sin \theta \cos n - \cos \theta \sin \phi \sin n \end{pmatrix} \quad \dots (8)$$

【0095】

走査角度 n の場合に距離センサ 110 によって測定された物体までの距離が r であるとき、距離センサ 110 から物体までの距離データは、距離センサ 110 が原点にあるものとして、式（9）によって直交座標系の座標データとして表される。

50

【 0 0 9 6 】

【 数 9 】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = r u_{\theta\phi} = \begin{pmatrix} r \cos \theta \cos n + r \sin \theta \sin \phi \sin n \\ r \cos \phi \sin n \\ r \sin \theta \cos n - r \cos \theta \sin \phi \sin n \end{pmatrix} \quad \cdots (9)$$

【 0 0 9 7 】

以上のように、本発明の実施の形態 2 では、距離センサ 1 1 0 は、第 1 の角度 のみならず、第 2 の角度 をも有するため、勾配のない平坦な通路 2 0 3 を通過する人を検出することができる。そして、実施の形態 1 と同様に第 1 の角度 を有するため、進行方向に対して前後に近接している人を時間差をもって、区別して検出することができ、高い精度で対象領域である通路 2 0 3 の通過人数を計数することができる。

10

【 0 0 9 8 】

実施の形態 3 .

図 1 6 は、全体が 3 0 0 で表される、本発明の実施の形態 3 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。図 1 6 中、図 1 と同一の符号は、同一または相当箇所を示す。また、以下の記載では、原則として、実施の形態 1、2 と異なる点を中心に説明し、その他の部分については重複説明を省略する。人数計測装置 3 0 0 は、距離センサ 1 1 0 と、人位置算出部 3 2 0 と、計数部 1 3 0 と、を含む。

20

【 0 0 9 9 】

図 1 7、1 8 は、本発明の実施の形態 3 に係る人数計測装置 3 0 0 による人数計測の実施状況を示す概略図である。実施の形態 3 では、人数計測装置 3 0 0 は、階段 1 0 3 に適用される。階段 1 0 3 の幅方向を x 軸方向、x 軸に垂直な鉛直方向（高さ方向）を z 軸方向、x 軸および z 軸に垂直な奥行き方向を y 軸方向とする。図 1 7、1 8 は、階段 1 0 3 を通過中の人 1 0 4 と、階段 1 0 3 および人 1 0 4 を含む通路に向けてレーザ光 1 1 2 を照射して距離を測定する距離センサ 1 1 0 とを、x 軸方向から見た概略図である。

【 0 1 0 0 】

実施の形態 3 では、距離センサ 1 1 0 は、実施の形態 2 の場合と同様に、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C が z 軸に平行な方向と第 1 の角度 を成すように、所定の高さの位置、例えば人の身長より高い位置に、取り付けられる。さらに、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C は、階段 1 0 3 の通路面に垂直な方向から、y 軸方向（移動方向）に、第 2 の角度 だけ傾斜したものである。図 1 7 は、距離センサ 1 1 0 を階段の下フロアに設置した場合の図であり、図 1 8 は、上のフロアに設置した場合の図である。

30

【 0 1 0 1 】

次に、実施の形態 3 に係る人数計測装置 3 0 0 による人数計測プロセスについて説明する。人位置算出部 3 2 0 は、対象領域である階段 1 0 3 を通過する人の位置を算出する。実施の形態 3 における人位置算出部 3 2 0 による人位置算出処理は、ステップ S 2 0 2 b を除いて、実施の形態 1 のステップ S 2 0 1、S 2 0 3 ~ S 2 1 4 と同一である。そこで、以下、ステップ S 2 0 2 b について説明する。

40

【 0 1 0 2 】

実施の形態 3 におけるステップ S 2 0 2 b は、実施の形態 1 のステップ S 2 0 2 と比較して、距離センサ 1 1 0 の設置条件が異なるため、直交座標系への変換の方法が異なる。実施の形態 2 の場合と同様に考えて、以下の式 (1 0) によって直交座標系の座標データを得ることができる。

【 0 1 0 3 】

【数 1 0】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = r u_{\theta\Phi} = \begin{pmatrix} r \cos \theta \cos n + r \sin \theta \sin \Phi \cos n \\ r \cos \theta \sin n \\ r \sin \theta \sin n - r \cos \theta \sin \Phi \cos n \end{pmatrix} \quad \cdots (10)$$

【 0 1 0 4】

なお、鉛直方向（ z 軸方向）と距離センサ 1 1 0 の回転軸 C とが成す仰俯角 と、第 2 の角度 との間には、距離センサ 1 1 0 を階段の下フロアに設置した場合には次の式（11）の、上階側に設置した場合には次の式（12）の関係がある。

【 0 1 0 5】

10

【数 1 1】

$$\Phi = \phi - \alpha \quad \cdots (11)$$

【 0 1 0 6】

【数 1 2】

$$\Phi = \phi + \alpha \quad \cdots (12)$$

【 0 1 0 7】

以上のように、本発明の実施の形態 3 では、距離センサ 1 1 0 は、第 1 の角度 のみならず、第 2 の角度 をも有するため、距離センサ 1 1 0 の設置条件の自由度を高くすることができる。例えば、距離センサ 1 1 0 を階段の下フロアのみならず上のフロアに設置することができ、また、距離センサ 1 1 0 を壁のみならず天井にも設置することができる。

20

【 0 1 0 8】

実施の形態 4 .

図 19 は、全体が 4 0 0 で表される、本発明の実施の形態 4 に係る人数計測装置の構成を示す概略図である。図 19 中、図 1 と同一の符号は、同一または相当箇所を示す。また、以下の記載では、原則として、実施の形態 1、2、3 と異なる点を中心に説明し、その他の部分については重複説明を省略する。人数計測装置 4 0 0 は、距離センサ 1 1 0 と、人位置算出部 4 2 0 と、計数部 1 3 0 と、を含む。

30

【 0 1 0 9】

図 20 は、本発明の実施の形態 4 に係る人数計測装置 4 0 0 による人数計測の実施状況を示す概略図である。実施の形態 4 では、人数計測装置 4 0 0 は、階段 1 0 3 またはエスカレータなどの階段状の通路において適用される。階段 1 0 3 の幅方向を x 軸方向、 x 軸に垂直な鉛直方向（高さ方向）を z 軸方向、 x 軸および z 軸に垂直な奥行き方向を y 軸方向とする。図 20 は、階段 1 0 3 を通過中の人 1 0 4 と、階段 1 0 3 および人 1 0 4 を含む通路に向けてレーザー光 1 1 2 を照射して距離を測定する距離センサ 1 1 0 とを、 x 軸方向から見た概略図である。

【 0 1 1 0】

図 20 と図 3 A とを比較するとわかるように、実施の形態 4 と実施の形態 1 は、距離センサ 1 1 0 が設置される位置の高さのみが異なる。すなわち、実施の形態 4 では、距離センサ 1 1 0 は、人の身長より低い位置に取り付けられてもよい。実施の形態 4 では、距離センサ 1 1 0 は、実施の形態 1 の場合と同様に、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C が z 軸に平行な方向と第 1 の角度 を成すように取り付けられる。

40

【 0 1 1 1】

距離センサ 1 1 0 が人の身長より低い位置に取り付けられても、階段 1 0 3 上を隣接して同一方向に進んでいる人の区別は可能である。これは、距離センサ 1 1 0 の回転軸 C が第 1 の角度 を成すように設置されるためである。例えば、隣接した 2 人の人が階段 1 0 3 を登っている場合、一方の人の距離センサ 1 1 0 による検出が先に終了し、その後、他方の人の検出が終了する。このように、検出が順次終了するため、人数計測装置 4 0 0 は

50

、検出された座標データが2人の人によるものと判断することができる。また、例えば、隣接した2人の人が階段103を降りている場合、一方の人の距離センサ110による検出が先に開始され、その後、他方の人の検出が開始される。このように、検出が順次開始するため、人数計測装置400は、検出された座標データが2人の人によるものと判断することができる。

【0112】

以上のように、本発明の実施の形態4に係る人数計測装置400は、人が隣接している場合であっても、それぞれの人を時間差をもって、区別して検出することができる。なお、階段103上に2人の人が隣接している例について説明したが、2人以上の人が隣接している場合についても同様である。また、本発明の実施の形態4に係る人数計測装置400は、階段103のみならず、平坦な通路にも適用することができる。

10

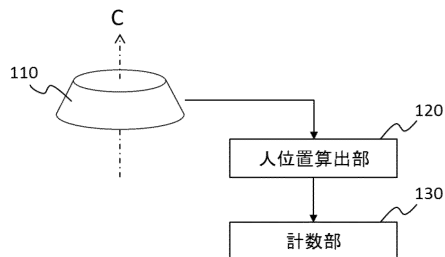
【符号の説明】

【0113】

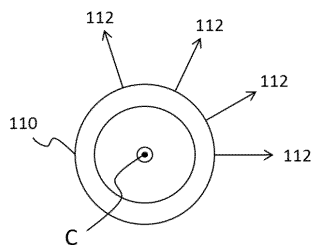
100, 200, 300, 400 人数計測装置、103 階段、104 人、110 距離センサ、112 レーザ光、120, 220, 320, 420 人位置算出部、130 計数部、203 通路。

【図1】

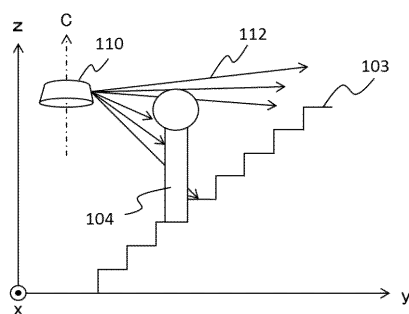
100



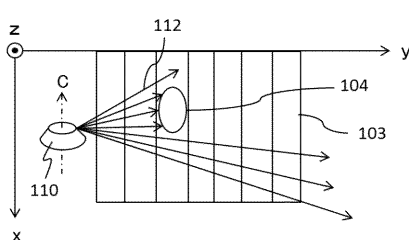
【図2】



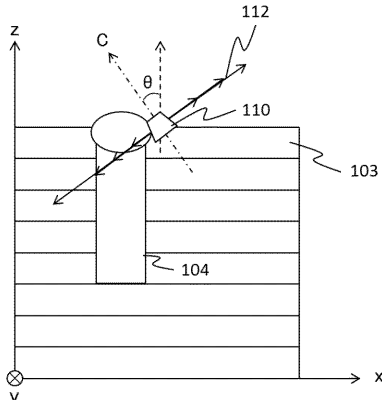
【図3A】



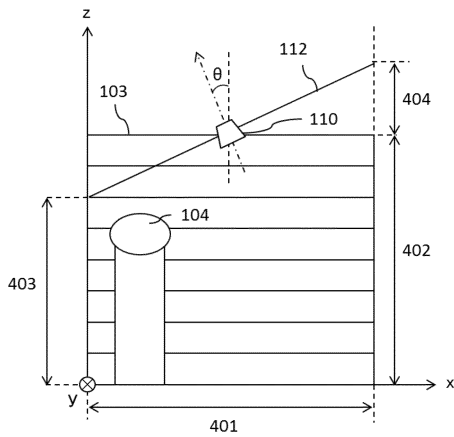
【図3B】



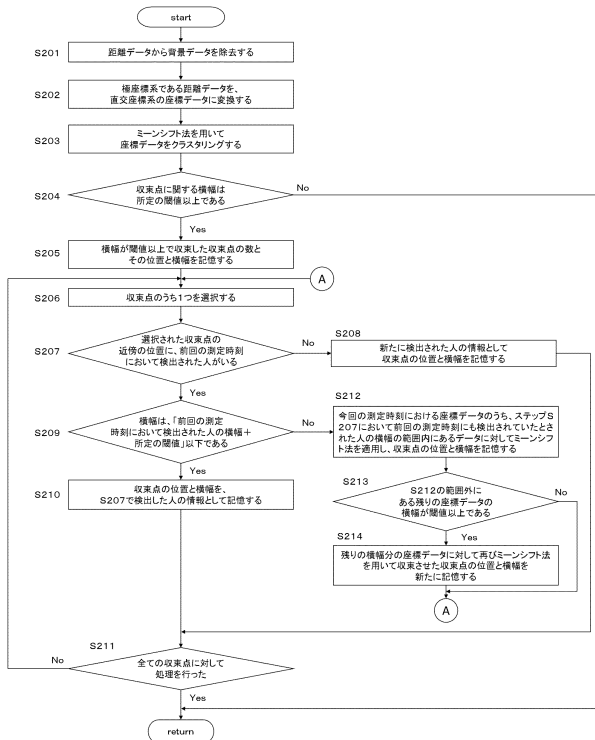
【図 3 C】



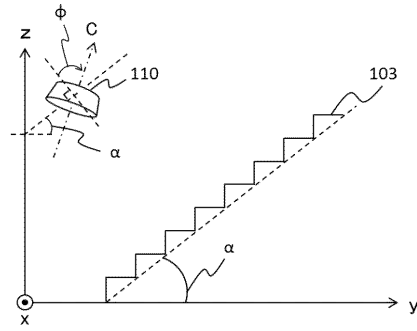
【図 4】



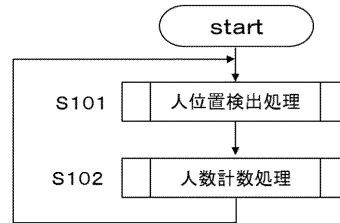
【図 7】



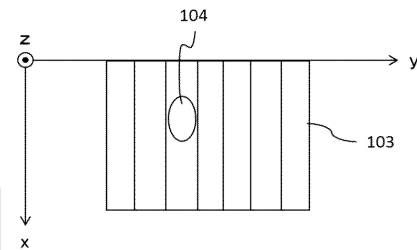
【図 5】



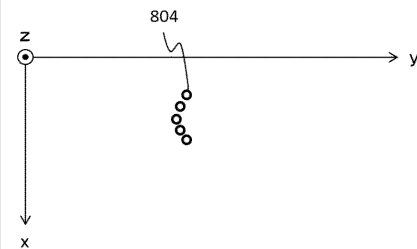
【図 6】



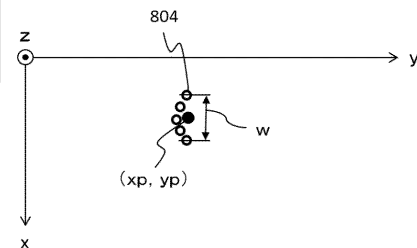
【図 8 A】



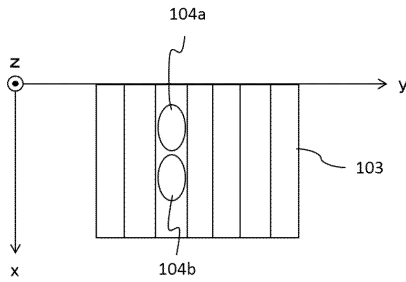
【図 8 B】



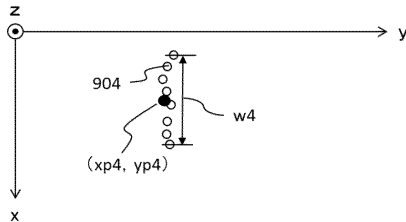
【図 8 C】



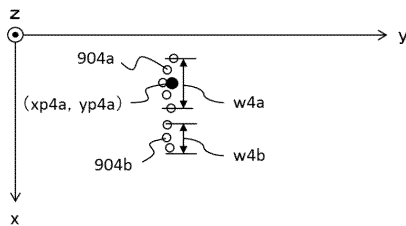
【図 9 A】



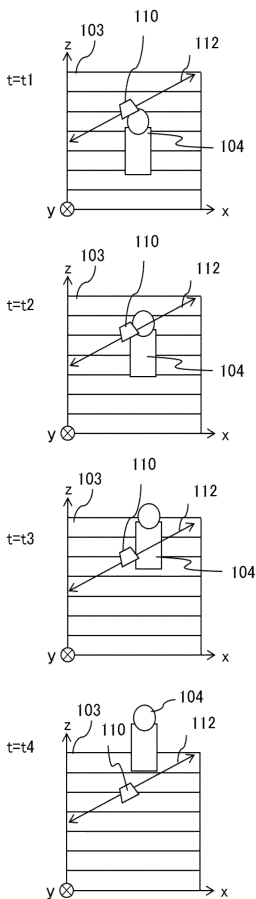
【図 9 B】



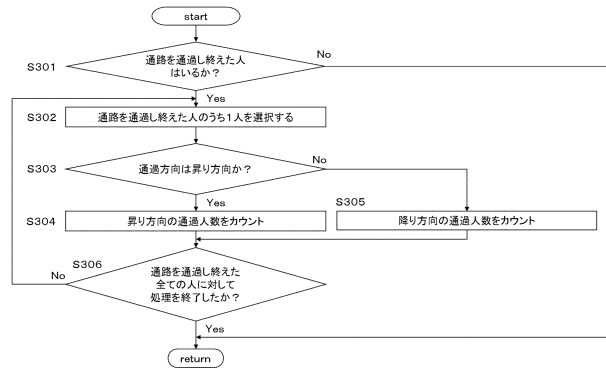
【図 9 C】



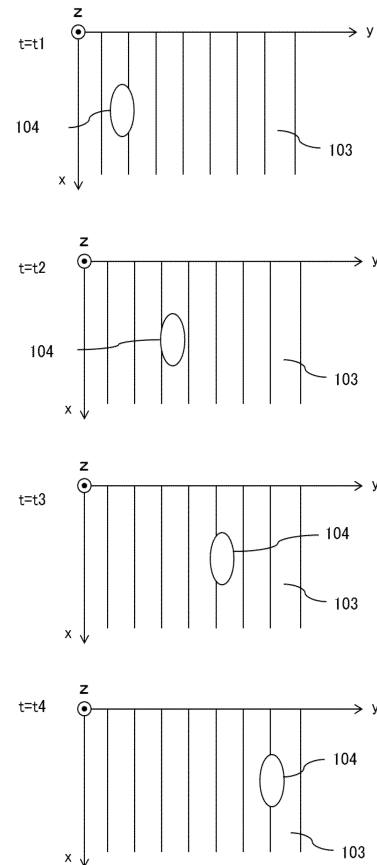
【図 11 A】



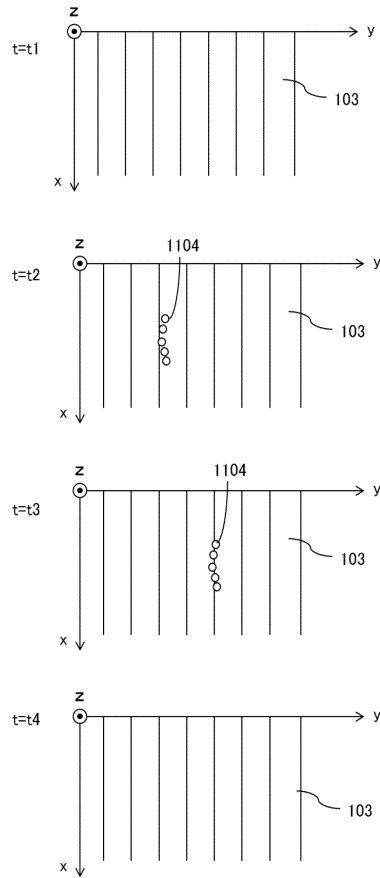
【図 10】



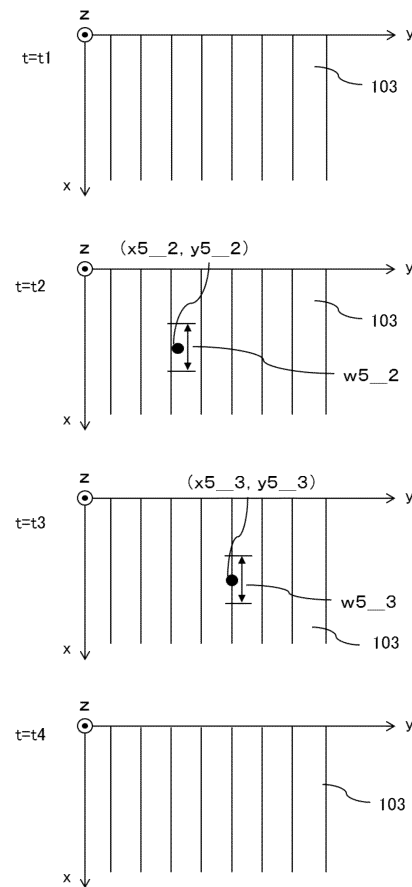
【図 11 B】



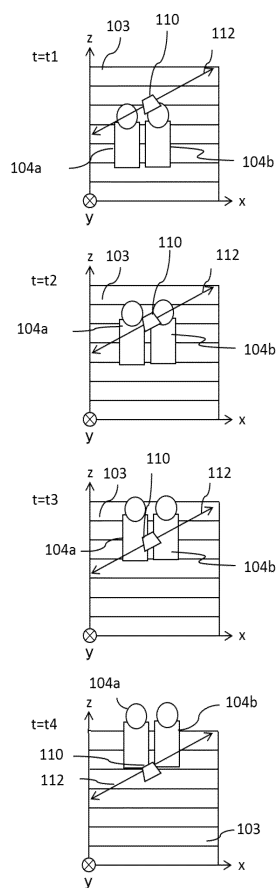
【図 1 1 C】



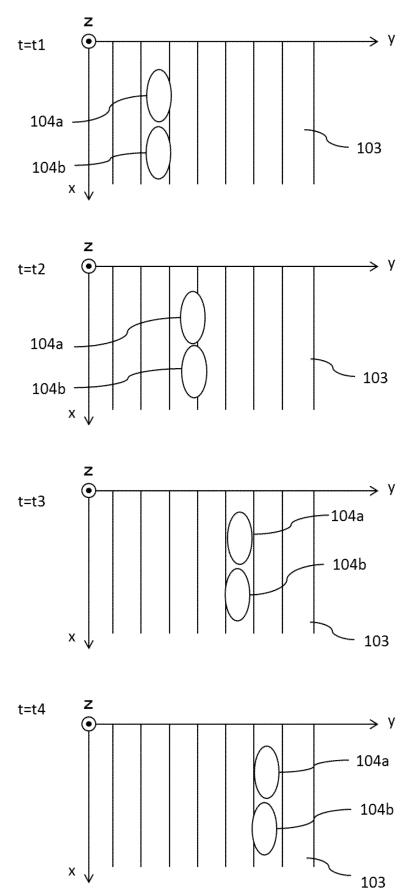
【図 1 1 D】



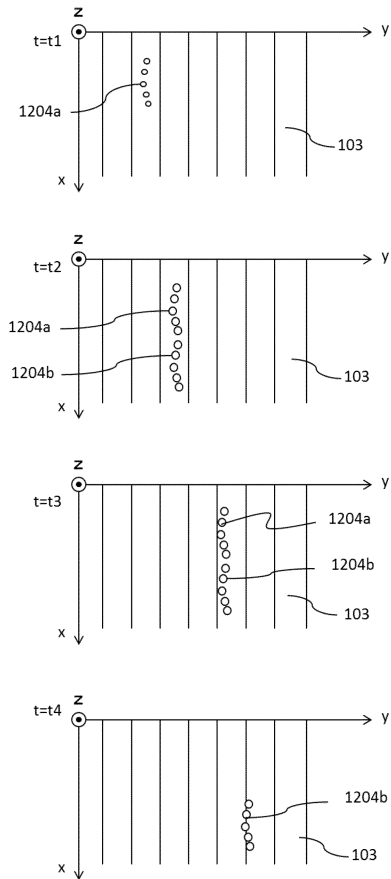
【図 1 2 A】



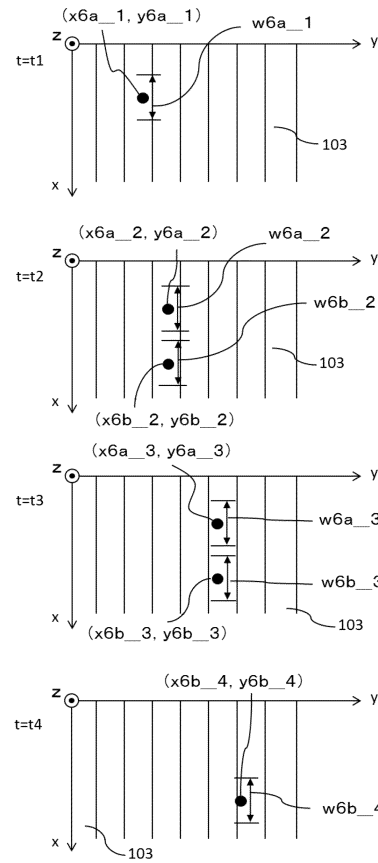
【図 1 2 B】



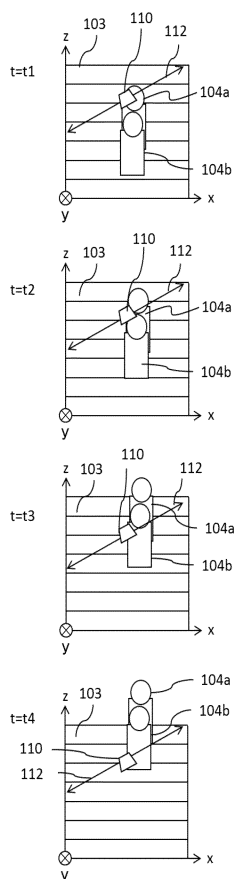
【図 1 2 C】



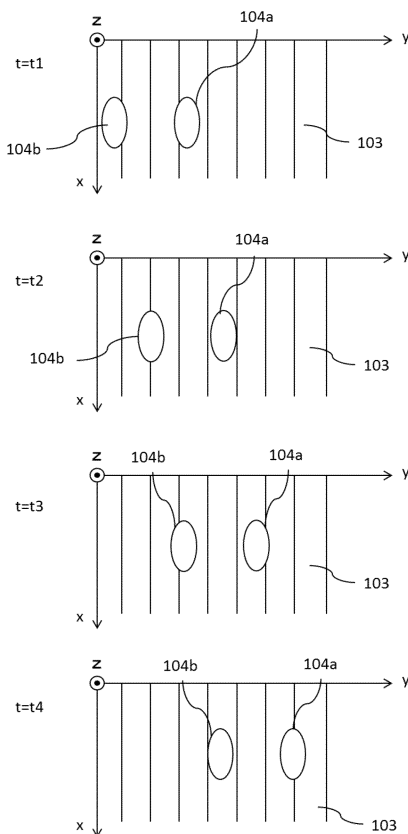
【図 1 2 D】



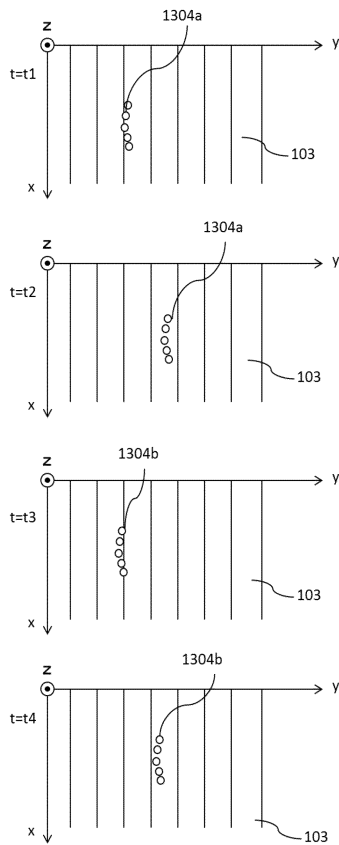
【図 1 3 A】



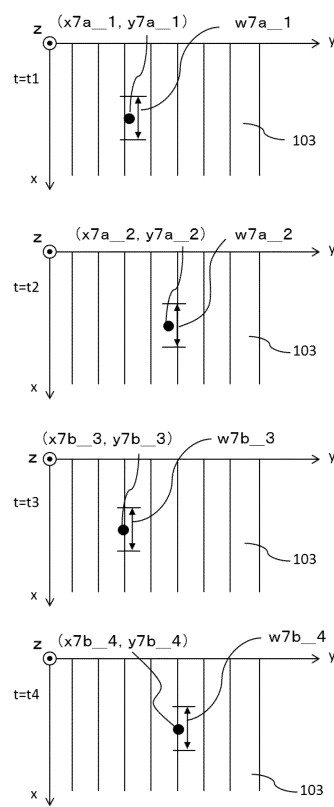
【図 1 3 B】



【図 13C】

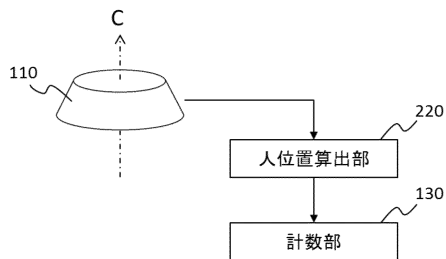


【図 13D】

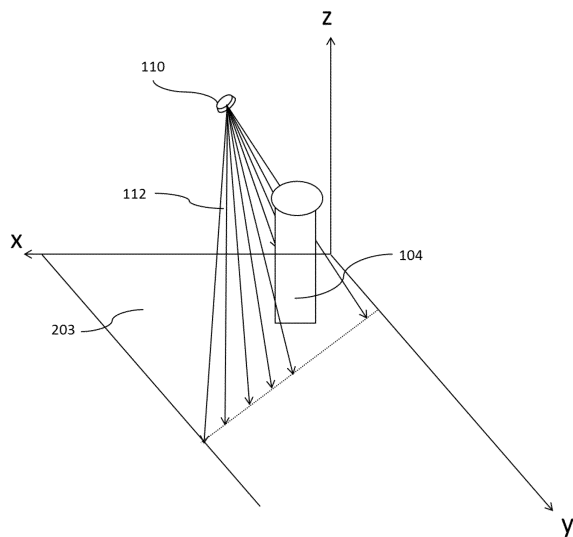


【図 14】

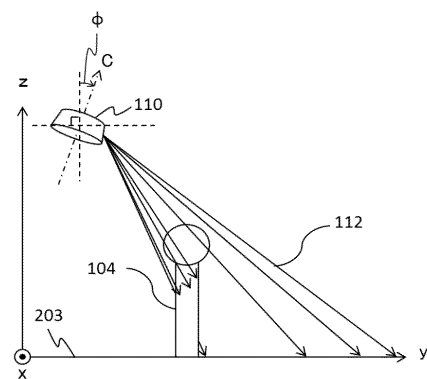
200



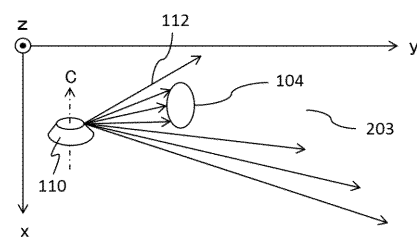
【図 15A】



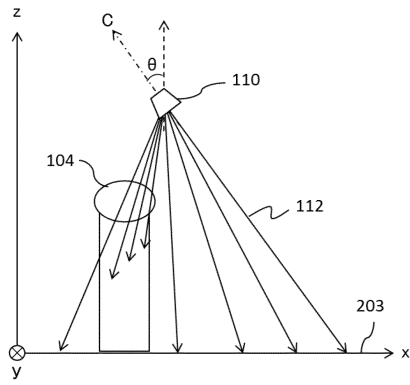
【図 15B】



【図 15C】

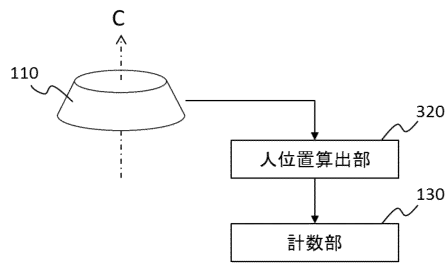


【図 15 D】

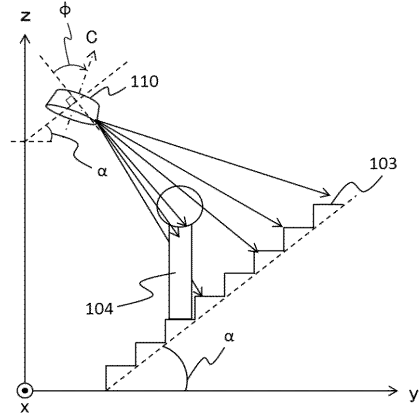


【図 16】

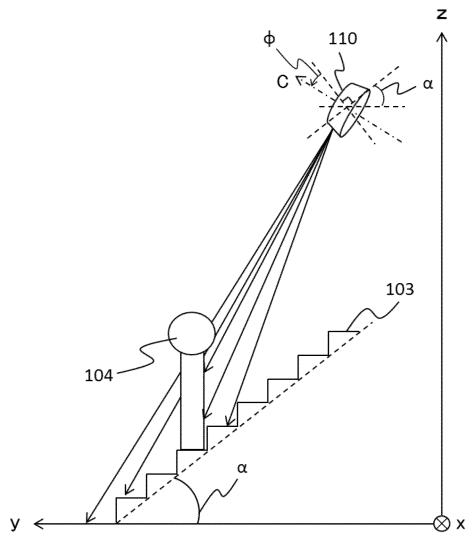
300



【図 17】

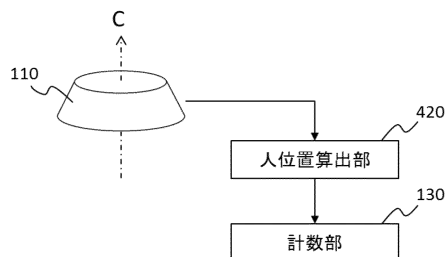


【図 18】

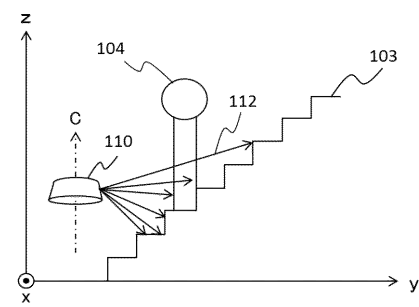


【図 19】

400



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 田口 浩
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 辻田 亘
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 妻鹿 利宏
東京都千代田区有楽町一丁目7番1号 三菱電機ビルテクノサービス株式会社内
- (72)発明者 川野 裕希
東京都千代田区有楽町一丁目7番1号 三菱電機ビルテクノサービス株式会社内
- (72)発明者 三輪 剛久
東京都千代田区有楽町一丁目7番1号 三菱電機ビルテクノサービス株式会社内
- (72)発明者 横田 守真
東京都千代田区有楽町一丁目7番1号 三菱電機ビルテクノサービス株式会社内

審査官 菅藤 政明

- (56)参考文献 特開2006-322891(JP, A)
特開平10-334207(JP, A)
特開平11-203588(JP, A)
特開2011-196916(JP, A)
米国特許出願公開第2016/0272467(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06M 11/00
G06M 7/00
G01S 17/42
G01S 17/88
G08G 1/01