

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7467397号  
(P7467397)

(45)発行日 令和6年4月15日(2024.4.15)

(24)登録日 令和6年4月5日(2024.4.5)

(51)国際特許分類		F I		
B 6 1 L	23/00 (2006.01)	B 6 1 L	23/00	A
B 6 0 L	3/00 (2019.01)	B 6 0 L	3/00	N
G 0 1 S	17/931 (2020.01)	G 0 1 S	17/931	

請求項の数 12 (全18頁)

(21)出願番号	特願2021-143715(P2021-143715)	(73)特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22)出願日	令和3年9月3日(2021.9.3)	(74)代理人	110000062 弁理士法人第一国際特許事務所
(65)公開番号	特開2023-37150(P2023-37150A)	(72)発明者	小田 篤史 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和5年3月15日(2023.3.15)	(72)発明者	近江 泰志 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日	令和6年2月15日(2024.2.15)	審査官	清水 康

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 障害物検知装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

列車の周囲を監視する一つ、又は複数の外界センサを用いて障害物検知を行う障害物検知装置において、

前記外界センサにて取得したセンサ情報から物体を検知する物体検知部と、前記物体検知部で検知した物体検知結果を選択する検知結果選択部と、前記検知結果選択部で選択した物体検知結果をもとに物体が障害物であるか否かの判断を行う障害物認識部とを備え、

前記検知結果選択部は、前記障害物認識部の処理を所定の目標処理時間内で完了可能とする検知数の範囲で物体検知結果を選択し、前記列車の走行速度である車両速度情報に応じて前記列車からの距離ごとに物体の検知数上限を定めた重み関数を用いて物体検知結果の選択を行うことを特徴とする障害物検知装置。

10

## 【請求項2】

請求項1に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果選択部は、前記列車の車両速度が高い場合は、当該列車の近傍より遠方の検知数上限を高く定めた重み関数を用い、前記列車の車両速度が低い場合は、当該列車の遠方より近傍の検知数上限を高く定めた重み関数を用いることを特徴とする障害物検知装置。

## 【請求項3】

請求項1に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果選択部は、前記列車の車両速度から算出される停止可能距離近傍の検知数

20

上限を高く定めた重み関数を用いることを特徴とする障害物検知装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果選択部は、前記列車が走行する経路上に定めた注視領域近傍の検知数上限を高く定めた重み関数を用いることを特徴とする障害物検知装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果選択部は、前記列車からの各距離において、前記物体検知部からの検知物体数と重み関数の値を比較し、検知物体数を重み関数の値以下となるように各距離の検知物体を削除した検知結果を前記選択した物体検知結果として前記障害物認識部に出力することを特徴とする障害物検知装置。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果の削除は、レールの中心から順に優先して検知物体を残すことを特徴とする障害物検知装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果選択部は、前記列車からの各距離において、前記物体検知部からの検知物体数と重み関数の値を比較し、検知物体数が重み関数の値以下となるように各距離の検知物体を統合した検知結果を前記選択した物体検知結果として前記障害物認識部に出力することを特徴とする障害物検知装置。

20

【請求項 8】

請求項 7 に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果の統合は、レールの中心から順に優先して検知物体を統合することを特徴とする障害物検知装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の障害物検知装置において、

前記検知結果選択部は、前記列車からの各距離において、前記物体検知部からの検知物体数と重み関数の値を比較し、検知物体数が重み関数の値以下となるように、重み関数の値より大きい検知物体数の検知結果を、重み関数の値より小さい検知物体数の各距離に仮想分配して、仮想分配でききれない検知物体数分を削除した検知結果を選択した物体検知結果として前記障害物認識部に出力することを特徴とする障害物検知装置。

30

【請求項 10】

請求項 9 に記載の障害物検知装置において、

前記仮想分配は、所定の優先度に従い、前記優先度の高い前記列車からの距離における検知結果から順に仮想分配を行うことを特徴とする障害物検知装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の障害物検知装置において、

前記仮想分配は、前記重み関数の値が大きい前記列車からの距離における検知結果から順に仮想分配を行うことを特徴とする障害物検知装置。

40

【請求項 12】

請求項 1 に記載の障害物検知装置において、

前記外界センサが複数存在する場合、前記検知結果選択部は、所定の優先度に従い、優先度の高い外界センサの検知結果から順に物体検知結果として選択することを特徴とする障害物検知装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、障害物検知装置に関し、特に、軌道上を走行する軌道輸送システムに搭載された障害物検知装置に関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、運転士の高齢化に伴う人材不足への懸念やオペレーションコストの低減などの理由により、既設の軌道輸送システムにおいて、運転を自動で行う研究が行われている。軌道上を輸送用車両が走行する軌道輸送システムでは、軌道上に障害物があった場合、操舵による回避が出来ないことから、軌道上の障害物を検知することは、軌道輸送システムの安全性や運用性を向上させるために重要である。現状は、運転士が軌道上および経路上の障害物を目視によって検知している。一方、無人運転を行うには、経路上の障害物を自動で検知する仕組みが必要となり、ミリ波レーダー、レーザーレーダー、カメラなど外界センサを用いる方法が研究されている。冗長性を持たせるために異なる種類のセンサを使用し、各センサの結果を融合（センサフュージョン）して物体を検知するのが一般的である。

10

## 【0003】

特許文献1には、外界センサにより障害物を検知する技術が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【文献】特開2012-230604号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

複数の外界センサデータの結果を融合して障害物を検知する処理（センサーフュージョン処理）は、各外界センサの検知結果数に応じて処理時間が変動する特徴を有する。障害物検知結果を一定周期で運転士に報知したり、他システムに出力するためには、フュージョン処理時間の変動を一定に抑える必要がある。

20

## 【0006】

特許文献1に記載の技術では、検知領域を制限することで処理負荷を低減させている。しかしながら、検知領域を制限しても検知領域内に各外界センサの検知結果が多数存在する場合は、フュージョン処理の処理時間が所定の時間を超過する可能性がある。また、検知領域を制限することにより、本来検知したい領域が制限され、検知すべき障害物が未検知となる可能性がある。

30

## 【0007】

本発明は、上記課題に鑑みて、検知領域を制限することなく障害物を検知する処理時間を所定の範囲内に収める障害物検知装置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】

## 【0008】

上記目的を達成するために、代表的な本発明の障害物検知装置の一つは、列車の周囲を監視する一つ、又は複数の外界センサを用いて障害物検知を行う障害物検知装置において、前記外界センサにて取得したセンサ情報から物体を検知する物体検知部と、前記物体検知部で検知した物体検知結果を選択する検知結果選択部と、前記検知結果選択部で選択した物体検知結果をもとに物体が障害物であるか否かの判断を行う障害物認識部とを備え、前記検知結果選択部は、前記障害物認識部の処理を所定の目標処理時間内で完了可能とする検知数の範囲で物体検知結果を選択し、前記列車の走行速度である車両速度情報に応じて前記列車からの距離ごとに物体の検知数上限を定めた重み関数を用いて物体検知結果の選択を行うことを特徴とする。

40

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、障害物検知装置において、検知領域を制限することなく障害物を検知する処理時間を所定の範囲内に収めることが可能となる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

## 【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の第一の実施形態における装置構成を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の第一の実施形態における検知結果選択部の処理を示すフローチャートである。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の第一の実施形態における重み関数の一例の概要を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明の第一の実施形態における検知結果の一例の詳細を示す概念図である。

【 図 5 】 図 5 は、本発明の第一の実施形態における重み関数の一例の詳細を示す概念図である。

【 図 6 】 図 6 は、本発明の第一の実施形態における停止可能距離付近を注視する際の重み関数の一例の概要を示す図である。

10

【 図 7 】 図 7 は、本発明の第一の実施形態における特定の領域を注視する際の重み関数の一例の概要を示す図である。

【 図 8 】 図 8 は、本発明の第二の実施形態における検知結果選択部の処理を示すフローチャートである。

【 図 9 】 図 9 は、本発明の第二の実施形態における統合方法の一例を説明する図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、本発明の第三の実施形態における検知結果選択部の処理を示すフローチャートである。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、本発明の第三の実施形態における検知結果の仮想分配方法を説明する図である。

20

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施例を図面に用いて説明する。

【 0 0 1 2 】

< 第一の実施形態 >

図 1 は、障害物検知装置の第一の実施形態における装置構成を示す図である。障害物検知装置 1 1 0 は軌道上を走行する列車 1 0 0 に搭載され、物体検知部 1 1 1、検知結果選択部 1 1 2、障害物認識部 1 1 3 の各機能を備える。障害物検知装置 1 1 0 はこれらの機能を実現するためにプロセッサ等の必要なデバイスを備える。障害物検知装置 1 1 0 は外界センサ 1 2 0 に接続される。また、障害物検知装置 1 1 0 は、列車 1 0 0 に搭載された車両情報制御システム（図示せず）や自動列車運転装置（図示せず）などと接続される。

30

【 0 0 1 3 】

外界センサ 1 2 0 は、列車の周囲（特に列車 1 0 0 の前方）の状態をセンシングし、センシングデータを物体検知部 1 1 1 に送信する。外界センサ 1 2 0 には、カメラ、L I D A R（レーザーレンジファインダー）、ミリ波レーダーなどがある。カメラは、単眼カメラ、ステレオカメラ、赤外線カメラなどがある。各センサは、これらの中から選択したセンサを使用する。センサは、複数搭載してもよく、また複数の種類のセンサを搭載してもよい。また、冗長化のために複数のセンサが搭載されることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

物体検知部 1 1 1 は、外界センサ 1 2 0 から外界センサデータを用いて列車の前方の状況を把握し、物体を検知する。物体検知部 1 1 1 による物体検知の処理は、物体を検知できれば、様々な方法を適用できる。例えば、自動車分野で使用されている物体を検知する技術等も使用可能である。具体的には、ステレオカメラを用いて視差画像を作成し、視差画像から前方の物体の形状や位置を検知する方法があげられる。また、単眼画像から D N N（Deep Neural Network）を使用して画像上の物体を検知する方法や、L I D A R の点群データから物体を検知する方法もあげられる。このとき、D N N とは、機械学習に用いられる手段の 1 つであり、対象物の特徴を抽出して学習することで、様々な対象物を検知し、物体検知精度の向上を可能にする。

40

【 0 0 1 5 】

検知結果選択部 1 1 2 は、物体検知部 1 1 1 から外界センサ 1 2 0 からすべてのセンサ

50

の検知結果を取得する。検知結果選択部 1 1 2 は、列車からの距離ごとに採用する検知物体の検知数上限である重み関数と車両速度を使用して、取得した検知結果を選択する処理を行う。選択する検知結果の数は、物体検知部 1 1 1 からの検知結果を障害物認識部 1 1 3 でのフュージョン処理が所定の時間で終了するための入力物体数の上限以下となるようにする。この処理の詳細は後述する。車両速度は車両情報制御システム（図示せず）や自動列車運転装置（図示せず）から取得してもよい。また、外界センサ 1 2 0 からのデータを使用して自己位置推定を行い、車両速度を障害物検知装置 1 1 0 で推定するようにしてもよい。なお、車両速度は認識できればよく、その取得方法や算出方法は上記以外の方法で行ってもよい。選択した物体検知結果を障害物認識部 1 1 3 に送信する。

#### 【 0 0 1 6 】

障害物認識部 1 1 3 は検知結果選択部 1 1 2 で選択した物体検知結果に対してフュージョン処理を行う。フュージョン処理は、検知結果選択部 1 1 2 で選択した複数の物体検知結果を融合して障害物を検知する処理であり、検知物体の大きさや位置を高精度に推定する。例えば、ステレオカメラの検知結果と L I D A R の検知結果を比較したときに、検知物体の位置精度は L I D A R のほうが高い。そのためステカメと L I D A R の両方の外界センサで物体を検知した場合、この物体の位置情報は L I D A R の位置情報を採用する。

#### 【 0 0 1 7 】

本実施形態におけるフュージョン処理では、列車から一定距離に存在する物体検知結果を 1 つの物体となるようにグルーピングを行う。すなわち、外界センサ 1 2 0 で取得し検知結果選択部 1 1 2 で選択した列車から一定距離に存在する複数の物体検知結果に対して、1 つの検知結果として出力する処理を行う。ここで、物体検知結果の数が増大するとグルーピング対象が増えるため処理時間が増大（変動）する。しかし、検知結果選択部 1 1 2 で物体検知結果の数が所定以下に選択されているため処理時間が所定範囲内とすることができる。

#### 【 0 0 1 8 】

さらに、障害物認識部 1 1 3 では、フュージョン処理を行った物体検知結果のうち自列車が走行する可能性のある領域である建築限界内に物体検知結果が存在するか否かを判定する。そして、建築限界内に存在すると判定された物体検知結果を障害物として認識する。

#### 【 0 0 1 9 】

列車 1 0 0 では、障害物認識部 1 1 3 で障害物と認識された物体に対して現在の車両速度から停止可能かを判定し、ブレーキを動作すべきか否かを判断する。この判断結果を H M I ( H u m a n M a c h i n e I n t e r f a c e ) ( 図示せず ) を通じて乗務員に報知したり、列車の安全を担保している保装置などにブレーキ動作依頼を出力したりする。また、これ以外に、これらの障害物検知結果のフォーマットや障害物検知結果の利用方法は様々な方法が適用することができる。

#### 【 0 0 2 0 】

図 2 は、本発明の第一の実施形態における検知結果選択部の処理を示すフローチャートである。図 2 を参照して、第一の実施形態の検知結果選択部 1 1 2 の処理について説明する。

#### 【 0 0 2 1 】

最初にステップ 2 0 1 では、検知結果選択部 1 1 2 は、物体検知部 1 1 1 から外界センサ 1 2 0 の各センサによる物体検知結果を取得する。ここでは、センサごとに 1 つの物体を検知した場合は、1 つの物体を検知したこととなる。複数のセンサを用いる場合は、センサごとに物体をそれぞれ検知していき、すべてカウントしていく。物体は距離  $x$  とともに情報を保有しておくともよい。次にステップ 2 0 2 に進む。

#### 【 0 0 2 2 】

ステップ 2 0 2 では、検知結果選択部 1 1 2 は、車両速度情報を取得する。車両速度情報の取得は図 1 で説明した。次にステップ 2 0 3 に進む。

#### 【 0 0 2 3 】

ステップ 2 0 3 では、検知結果選択部 1 1 2 は重み関数  $n_{weight}(x)$  を呼び出す

10

20

30

40

50

。重み関数  $n_{weight}(x)$  は、列車 100 からの距離  $x$  ごとに定める検知物体数の上限の値を定める関数である。重み関数  $n_{weight}(x)$  は、車両速度情報に応じて異なる関数を設定することが可能である。このため、ステップ 203 では、ステップ 202 で取得した車両速度に応じた重み関数  $n_{weight}(x)$  を取得することができる。また、重み関数は障害物検知装置 110 で保持しておいてもよいし、乗務員が任意の重み関数を選択できるようにしてもよい。また、遠隔で地上の運行管理システムから任意の重み関数を設定できるようにしてもよい。特定の重み関数を検知結果選択部 112 が認識できればよく、その情報を保持する場所は任意に適用できる。なお、距離  $x$  は、例えば、列車 100 の先頭からの進行方向の距離とすることができる。

#### 【0024】

ここで、重み関数  $n_{weight}(x)$  の例を図 3 に示す。図 3 の重み関数  $n_{weight}(x)$  は列車からの距離 ( $x$ ) の関数で表され、距離ごとに採用する検知物体数の上限が示されている。重み関数はどの距離  $x$  の物体検知結果を重要視するかを定義した関数である。例えば、車両速度が高い場合、衝突を回避可能な地点で障害物を認識するためにはより遠方の物体を検知する必要がある。そのため重み関数は列車からの距離が長い地点の値が大きくなるような重み関数  $n_{weight\_highspeed}(x)$  301 を適用する。一方、車両速度が低い場合は、近傍の広範囲な領域の物体を検知することが重要となる。そのため重み関数は列車近傍の値が大きくなるような重み関数  $n_{weight\_lowspeed}(x)$  302 を適用する。

#### 【0025】

このように、検知結果選択部 112 は車両速度に応じて重み関数を読みだす。重み関数  $n_{weight}(x)$  は式 (1) を満たすように定義される。

#### 【数 1】

$$\sum_{x=0}^{600} n_{weight}(x) \{x = 0, 5, 10 \dots 595, 600\} = Max\_num_{fusion} \dots (1)$$

ここで  $Max\_num_{fusion}$  はフュージョン処理が所定時間内に完了するための入力検知物体数の上限である。すなわち、各距離  $x$  の重み関数の合計値が  $Max\_num_{fusion}$  となるようにすることで、重み関数以内であれば、入力検知物体数がフュージョン処理の入力検知物体数の上限を超えることがなくなる。

#### 【0026】

距離  $x$  の分解能は所定の範囲毎に検知物体が同じ距離にあると識別するためのものである。例えば、分解能を 1 m や 5 m などシステムで求められる検知物体の位置認識精度によって定義する。分解能が 5 m であるならば 5 m 毎の範囲 (例えば 10 m であれば 7.5 m ~ 12.5 m の間等) で、同じ距離にある検知物体として識別していく。第一の実施形態では 5 m とした場合で説明する。

#### 【0027】

次のステップ 204 では、物体検知部 111 から取得した検知物体情報を列車 100 からの距離 ( $x$ ) ごとに分類し、距離  $x$  ごとの検知物体数  $n_{obj}(x)$  を算出する。次にステップ 205 へ進む。

#### 【0028】

ステップ 205 では、距離  $x$  ごとに検知物体数  $n_{obj}(x)$  と重み関数  $n_{weight}(x)$  の値を比較する。そして、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きくなる  $x$  の値を記録する。次にステップ 206 へ進む。

#### 【0029】

ステップ 206 では、ステップ 205 の結果で検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きくなる距離  $x$  が存在するか否かを判定する。このような距離  $x$  が存在する場合はステップ 207 へ進み、このような距離  $x$  が存在しない場合はステップ 2

10

20

30

40

50

09に進む。

【0030】

ステップ207では、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ の物体検知結果を削減する処理を行う。

【0031】

具体的な削減方法を説明する。

【0032】

初めに検知物体数 $n_{obj}(x)$ をレールの左右方向(枕木方向)の中心に近い順に数を数えていく。そして、距離 $x$ ごとの検知物体数 $n_{obj}(x)$ まで「1」を代入した配列として整理する。すなわち、距離 $x$ に対応する列において、下の行から順に「1」を入れていき、検知物体数 $n_{obj}(x)$ よりも上の行では「0」となる。

10

【0033】

検知物体数 $n_{obj}(x)$ を配列に代入した結果の例を図4に示す。図4の例では、例えば、距離 $x$ が5m地点においては8個(下から8個分が「1」)の検知物体が、距離 $x$ が590m地点に3個(下から3個分が「1」)の検知物体が存在していたことを表している。図4で示される結果の配列 $N_{obj}$ は次の式(2)で表される。

【数2】

$$N_{obj} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ & \vdots & & \ddots & & \vdots & \\ 0 & 1 & 1 & & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdots (2)$$

20

【0034】

次に、重み関数 $n_{weight}(x)$ で表される検知物体数の上限値を距離 $x$ ごとに「1」を代入した配列として整理する。すなわち、距離 $x$ に対応する列において、下の行から順に「1」を入れていき、重み関数 $n_{weight}(x)$ よりも上の行では「0」となる。

【0035】

重み関数 $n_{weight}(x)$ で表される検知物体数の上限値を配列に代入した結果の例を図5に示す。図5の例では、例えば、距離 $x$ が20m地点に3個(下から3個分が「1」)の検知物体まで、距離 $x$ が590m地点で8個(下から8個分が「1」)までの検知物体まで、許容することを表している。図5の結果の配列 $N_{weight}$ は式(3)で表される。

30

【数3】

$$N_{weight} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & & 1 & 1 & 1 \\ & \vdots & & \ddots & & \vdots & \\ 0 & 0 & 0 & & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdots (3)$$

40

【0036】

そして、上記式(2)と式(3)を用いて検知結果の削減を行う。検知結果の削減結果は配列 $N_{obj}$ と配列 $N_{weight}$ の論理積で算出することができ、結果は、次の式(4)で示される。

【数4】

50

$$N_{\text{result}} = N_{\text{obj}} \wedge N_{\text{weight}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & & \ddots & \vdots & & \\ 0 & 0 & 0 & & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdots (4)$$

## 【0037】

この処理において、同じ行と列において、「0」と「1」の組み合わせは、結果「0」となる。このため、「検知物体数  $n_{\text{obj}}(x) < \text{重み関数 } n_{\text{weight}}(x)$ 」の場合は、検知物体数  $n_{\text{obj}}$  の値が算出後の値となる。一方、「検知物体数  $n_{\text{obj}}(x) > \text{重み関数 } n_{\text{weight}}(x)$ 」の場合は、重み関数  $n_{\text{weight}}(x)$  の値が算出後の値となる。すなわち、重み関数  $n_{\text{weight}}(x)$  を超えた検知物体は削除される。これにより、距離  $x$  における検知物体数  $n_{\text{obj}}(x)$  が重み関数  $n_{\text{weight}}(x)$  の上限値を超えない処理を行うことが可能となる。また、削除は、レールの左右方向の中心から遠い検知物体を削除することになる。このため、レールの中心から順に優先して検知物体を残すこととなる。これは、レールの中心が列車100の衝突の危険性が高いと考えられるからである。なお、これ以外の優先順位を適用することも可能である。次はステップ208に進む。

10

## 【0038】

ステップ208では、ステップ207で算出した  $N_{\text{result}}$  の各距離の「1」の数まで、レール中心に近いものから順に障害物認識部113に出力する物体検知結果として選択する。次はステップ210に進む。

20

## 【0039】

一方、ステップ209は、ステップ206の判定により、検知物体数  $n_{\text{obj}}(x)$  が重み関数  $n_{\text{weight}}(x)$  より大きくなる距離  $x$  が存在しない場合である。この場合はすべての検知結果をフュージョン処理に入力しても所定の処理時間内で処理が完了することを意味する。そのため物体検知部111から取得した外界センサ120の各センサの物体検知結果のすべてを障害物認識部113に出力する検知結果として選択する。次はステップ210に進む。

30

## 【0040】

ステップ210では、選択された検知結果を障害物認識部113に送信する。障害物認識部113では、選択された検知結果に基づきフュージョン処理を行う。

## 【0041】

なお、上記のステップ203で車両速度の高低に応じた重み関数の例を説明したが、他の重み関数も定義可能である。例えば、図6に示すように車両速度から停止可能距離を算出し、停止可能距離601付近の検知物体をより多くした重み関数を定義して障害物認識部113に出力するようにしてもよい。具体的には、図6に示すように、停止可能距離である300m付近の検知物体数を最も多くする等である。停止可能距離は、空走距離と制動距離の和で求めることができる。停止可能距離は車両速度によっても異なるため、車両速度又は車両速度から求められる停止可能距離に応じた重み関数を用意しておくともよい。このようにすることで一番障害物を検知したい領域の検知物体数を増大させることが可能となる。

40

## 【0042】

また、障害物が存在する可能性が高い踏切やホームといった特定の注視したい領域の重み関数を大きくする定義も可能である。ここでは、列車100の走行する経路上のより注視したい領域（以下、注視領域）をデータベースとして保持しておき、列車100の自己位置とデータベースから読みだした注視領域の位置から、列車100から注視領域までの距離を算出する。そして、注視領域の検知物体をより多くした重み関数を定義する。図7

50

に具体例を示す。図7では、注視領域を2つの踏切領域701、702とした場合の例を示す。ここでは、踏切領域701、702の部分の検知物体数上限を周りの領域よりも増大させた重み関数を定義する。図7の例では、全体的には近距離の重み関数の値が小さく、遠方の重み関数の値が大きくなるように設定するが、踏切領域701、702では、重み関数の値を周りの領域よりも高くする。このようにすることで、遠方の物体を選択するとともに、リスクの高い踏切の検知物体もより多く障害物認識部113に出力することが可能となる。

【0043】

第一の実施形態によると、障害物の検知領域を制限することなく障害物を検知する処理時間を所定の範囲内に収めることが可能となる。また、重み関数の定義の仕方によって、障害物認識部113が障害物認識の対象とする検知物体を自由に変更することが可能であり、障害物の認識結果が状況に応じた適切な結果として出力することが可能となる。

10

【0044】

<第二の実施形態>

図8は、本発明の第二の実施形態における障害物検知装置110の検知結果選択部112の処理を示すフローチャートである。第二の実施形態では、第一の実施形態と異なる点について主に説明し、特に説明がない部分は同じ説明を省略している。

【0045】

第一の実施形態では、距離 $x$ ごとに検知物体数 $n_{obj}(x)$ と重み関数 $n_{weight}(x)$ を比較し、重み関数 $n_{weight}(x)$ を超えていた検知物体の検知結果は、削除(破棄)されていた。そのため、障害物認識部113に出力される検知結果数は、フュージョン処理が所定時間内に処理できる検知物体数の上限 $Max\_numfusion$ よりも少なくすることができた。一方、第二の実施形態では、重み関数を超える数の検知物体を削除するのではなく、検知結果を統合することで、検知物体数を削減する方法を採用する。

20

【0046】

図8を参照して、第二の実施形態に係る検知結果選択部112の処理について説明する。

【0047】

最初にステップ801では、検知結果選択部112は、物体検知部111から外界センサ120の各センサによる物体検知結果を取得する。これは、第一の実施形態の図2のステップ201と同様である。次にステップ802に進む。

30

【0048】

ステップ802では、検知結果選択部112は車両速度情報を取得する。これは、第一の実施形態の図2のステップ202と同様である。次にステップ803に進む。

【0049】

ステップ803では、検知結果選択部112は車両速度情報に応じて規定されている列車100からの距離ごとに採用する物体の検知数上限である重み関数 $n_{weight}(x)$ を呼び出す。これは、第一の実施形態の図2のステップ203と同様であり、詳細な説明は割愛する。次にステップ804に進む。

【0050】

次のステップ804では、物体検知部111から取得した検知物体情報を列車100からの距離 $(x)$ ごとに分類し、距離 $x$ ごとの検知物体数 $n_{obj}(x)$ を算出する。次にステップ805へ進む。

40

【0051】

ステップ805では、距離 $x$ ごとに検知物体数 $n_{obj}(x)$ と重み関数 $n_{weight}(x)$ を比較する。そして、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる $x$ の値を記録する。次にステップ806に進む。

【0052】

ステップ806では、ステップ805の結果で検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ が存在するか否かを判定する。このような距離 $x$ が存在する場合はステップ807へ進み、このような距離 $x$ が存在しない場合はステップ8

50

09に進む。

【0053】

ステップ807では、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ の物体検知結果を統合(グルーピング)する処理を行う。ここでの統合は、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ について、検知物体を所定の優先度を用いて統合していく方法で行う。

【0054】

具体的な削減方法を図9を参照して説明する。ステップ805で記録した検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ における検知物体について統合を行う。まず、この距離 $x$ の検知物体のうち、検知物体の中心位置がレールの左右方向の中心に最も近い検知物体を基準とする。そして、レールの左右方向の中心に最も近い検知物体の次にレールの左右方向の中心に近い検知物体を探索し、これらの検知物体を統合して同一物体とする。これにより、検知物体数が2から1となる。

10

【0055】

例えば、図9に示すように、距離 $x = 100\text{m}$ の時にレール中心(レールの左右方向の中心を $y = 0$ 、進行方向に向かって左方向が正の座標軸とする)から「0.1」、「0.5」、「1.0」、「-0.4」の地点に検知物体がある場合について説明する。レール中心に最も近い(100, 0.1)の物体から近傍の検知物体の探索を行い、次にレール中心に近い検知物体(100, -0.4)を統合して同一物体901とする。このとき距離 $x = 100\text{m}$ の検知物体数が1つ減るため、検知物体数 $n_{obj}(100)$ の値を1減らす。

20

【0056】

ここで、依然として検知物体数 $n_{obj}(100)$ が、重み関数 $n_{weight}(100)$ よりも大きい場合は、統合処理を続ける。具体的には、上記検知物体(100, -0.4)の次にレール中心に近い検知物体(100, 0.5)を検索して、同一物体901に対してこの検知物体を統合して、同一物体902とする。

【0057】

この処理を検知物体数 $n_{obj}(100)$ の値が重み関数 $n_{weight}(100)$ と一致するまで繰り返す。そして、距離 $x$ において、検知物体数 $n_{obj}(100)$ の値が重み関数 $n_{weight}(100)$ と一致すると、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる次の $x$ を探して、同様の処理を行う。そして、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ がなくなるまでこのような統合処理を繰り返す。このことで、検知物体数を重み関数以内にすることが可能となる。また、統合は、列車100の衝突の危険性が高いと考えられるレールの中心から行うことができる。なお、これ以外の優先順位を適用することも可能である。次はステップ808に進む。

30

【0058】

ステップ808では、物体検知部111から取得した外界センサ120の各センサの物体検知結果のうち、ステップ807でグルーピング(統合)した検知結果を、障害物認識部113に出力する選択された検知結果として決定する。次にステップ810に進む。

40

【0059】

ステップ809は、ステップ806の判定により、検知物体数 $n_{obj}(x)$ が重み関数 $n_{weight}(x)$ より大きくなる距離 $x$ が存在しない場合である。この場合はすべての検知結果をフュージョン処理に入力しても所定の処理時間内で処理が完了することを意味する。そのため物体検知部111から取得した外界センサ120の各センサの物体検知結果のすべてを障害物認識部113に出力する検知結果として選択する。次はステップ810に進む。

【0060】

ステップ810では、選択された検知結果を障害物認識部113に送信する。障害物認識部113では、選択された検知結果に基づきフュージョン処理を行う。

50

## 【 0 0 6 1 】

第二の実施形態によると、障害物の検知領域を制限することなく障害物を検知する処理時間を所定の範囲内に収めることが可能となる。また、第一の実施形態のように検知物体を削減する方法でないため、より多くの検知物体をふまえた検知結果を障害物認識部 1 1 3 に出力することが可能となり、検知率の向上に貢献できる。

## 【 0 0 6 2 】

< 第三の実施形態 >

図 1 0 は、本発明の第三の実施形態における障害物検知装置 1 1 0 の検知結果選択部 1 1 2 の処理を示すフローチャートである。第三の実施形態では、第一の実施形態と異なる点について主に説明し、特に説明がない部分は同じ説明を省略している。

10

## 【 0 0 6 3 】

第一の実施形態では、距離  $x$  ごとに検知物体数  $n_{obj}(x)$  と重み関数  $n_{weight}(x)$  を比較し、重み関数  $n_{weight}(x)$  を超えていた検知物体の検知結果は、すべて削除（破棄）されていた。そのため、障害物認識部 1 1 3 に出力される検知結果数は、フュージョン処理が所定時間内に処理できる検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  よりも少なくすることができた。しかし、検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  よりも少なくなる場合は、まだ処理に余裕があるが、その分の処理は行わないことになる。第三の実施形態では、可能な限り、フュージョン処理が所定時間内に処理できる検知物体数と検知結果選択部 1 1 2 が出力する検知結果数が等しくなるように検知物体数を調整する例を説明する。

20

## 【 0 0 6 4 】

図 1 0 を参照して、第三の実施形態に係る検知結果選択部 1 1 2 の処理について説明する。

## 【 0 0 6 5 】

最初にステップ 1 0 0 1 では、検知結果選択部 1 1 2 は、物体検知部 1 1 1 から外界センサ 1 2 0 の各センサによる物体検知結果を取得する。これは、第一の実施形態の図 2 のステップ 2 0 1 と同様である。次にステップ 1 0 0 2 に進む。

## 【 0 0 6 6 】

ステップ 1 0 0 2 では、検知結果選択部 1 1 2 は車両速度情報を取得する。これは、第一の実施形態の図 2 のステップ 2 0 2 と同様である。次にステップ 1 0 0 3 に進む。

30

## 【 0 0 6 7 】

ステップ 1 0 0 3 では、検知結果選択部 1 1 2 は車両速度情報に応じて規定されている列車 1 0 0 からの距離ごとに採用する物体の検知数上限である重み関数  $n_{weight}(x)$  を呼び出す。これは、第一の実施形態の図 2 のステップ 2 0 3 と同様であり、詳細な説明は割愛する。次にステップ 1 0 0 4 に進む。

## 【 0 0 6 8 】

ステップ 1 0 0 4 では、物体検知部 1 1 1 から取得した検知物体情報を列車 1 0 0 からの距離  $(x)$  ごとに分類し、距離  $x$  ごとの検知物体数  $n_{obj}(x)$  を算出する。次にステップ 1 0 0 5 へ進む。

## 【 0 0 6 9 】

ステップ 1 0 0 5 では、距離  $x$  ごとに検知物体数  $n_{obj}(x)$  と重み関数  $n_{weight}(x)$  を比較する。そして、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きくなる  $x$  の値を記録する。次にステップ 1 0 0 6 に進む。

40

## 【 0 0 7 0 】

ステップ 1 0 0 6 では、ステップ 1 0 0 5 の結果で検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きくなる距離  $x$  が存在するか否かを判定する。このような距離  $x$  が存在する場合はステップ 1 0 0 7 へ進み、このような距離  $x$  が存在しない場合はステップ 1 0 1 0 に進む。

## 【 0 0 7 1 】

ステップ 1 0 0 7 では、物体検知部 1 1 1 から取得した外界センサ 1 2 0 の各センサに

50

よる物体検知結果数  $n_{obj}$  と、フュージョン処理が所定時間内に完了するための入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  を比較する。ここで物体検知結果数  $n_{obj}$  は、すべての距離  $x$  における検知物体数の合計であり、物体検知結果数  $n_{obj}$  と検知物体数  $n_{obj}(x)$  の関係は次の式 (5) で表される。

【数 5】

$$n_{obj} = \sum_{x=0}^{600} n_{obj}(x) \{x = 0, 5, 10 \dots 595, 600\} \dots (5)$$

10

【0072】

そして、物体検知結果数  $n_{obj}$  が入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  より大きい場合はステップ 1008 へ進む。物体検知結果数  $n_{obj}$  が入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  以下の場合はステップ 1010 へ進む。この場合は、すべての検知結果をフュージョン処理に出力しても所定時間内にフュージョン処理が完了することを意味する。そのため、検知結果の選択の必要がない。

【0073】

ステップ 1008 では、物体検知結果数  $n_{obj}$  が入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  に収まるために物体検知結果数  $n_{obj}$  の調整を行う。この調整は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きくなる距離  $x$  の物体検知結果を、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より小さくなる距離  $x$  へ仮想分配する処理により行う。

20

【0074】

ここで、図 11 を参照して仮想分配方法の具体例について説明する。

【0075】

まず、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい距離  $x$  のうち最も大きい値 (最も列車から遠い距離)  $x_{o1}$  を検索する。そして、この  $x_{o1}$  において、重み関数  $n_{weight}(x_{o1})$  より大きい検知物体分について仮想分配を行う。分配先は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より小さい距離  $x$  のうち最も大きい値 (最も列車から遠い距離)  $x_{d1}$  を検索して、そこへ分配する。図 11 では、距離  $x_{o1}$  における重み関数  $n_{weight}(x_{o1})$  を超える検知物体 A1 が、距離  $x_{d1}$  における A2 の空き枠へ割り振られる。

30

【0076】

距離  $x_{d1}$  に距離  $x_{o1}$  の検知結果を割り振った結果、距離  $x_{d1}$  において、「検知物体数  $n_{obj}(x_{d1}) < 重み関数 n_{weight}(x_{d1})$ 」の場合は、まだ空き枠があるため、次の仮想分配を行う。図 11 では、距離  $x_{d1}$  の B2 の 1 枠分だけ重み関数  $n_{weight}(x_{d1})$  に達していないためにこの条件を満たす。ここでの分配は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい距離  $x$  のうち (すべて分配した) 距離  $x_{o1}$  の次に大きい値 (次に列車から遠い距離)  $x_{o2}$  を検索する。そして、この  $x_{o2}$  において、重み関数  $n_{weight}(x_{o2})$  より大きい検知物体分について仮想分配を行う。分配先は、まだ空きのある距離  $x_{d1}$  の空き枠 B2 である。

40

【0077】

距離  $x_{d1}$  に距離  $x_{o2}$  の検知結果を割り振った結果、「検知物体数  $n_{obj}(x_{d1}) > 重み関数 n_{weight}(x_{d1})$ 」の場合は、重み関数  $n_{weight}(x_{d1})$  を超える分について、次の仮想分配を行う。図 11 は、距離  $x_{o2}$  では、重み関数  $n_{weight}(x_{o2})$  より大きい検知物体は、B1 と C の 2 つである。ここで、距離  $x_{d1}$  の空き枠 B2 に割り振ろうとすると検知物体 C は、重み関数  $n_{weight}(x_{d1})$  を超えることになる。このため、この検知物体 C の分については次の仮想分配を行う。分配先は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より小さい距離  $x$  のうち距離  $x_{d1}$  の次に大きい値 (次に列車から遠い距離)  $x_{d2}$  を検索して、そこへ検知物体 C を割り振る。

50

## 【0078】

このような処理を繰り返して、物体検知結果数  $n_{obj}$  が入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  と等しくなったところで本処理を終了する。すなわち、仮想分配により、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  に達していない空き枠を全部埋めた場合は処理を終了する。そして、それ以降、重み関数  $n_{weight}(x)$  よりも大きい検知物体数  $n_{obj}(x)$  の距離  $x$  が存在する場合は、その距離  $x$  について、重み関数  $n_{weight}(x)$  よりも大きい検知物体は削除を行う。すなわち、仮想分配でききれない、検知物体分を削除する。このことで、検知物体数  $n_{obj}$  を入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  と同じにでき、規定の範囲内での最大限の処理とできる。

## 【0079】

なお、上記の例では検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きくなる距離  $x$  のうち最も大きい値（列車から遠い距離）の  $x$  の検知結果から優先的に割り振る構成で説明したが、割り振り方はこれに限らない。すなわち、所定の優先順位で仮想分配を行う順番を決めることができる。

## 【0080】

例えば、図3の列車近傍の値が大きくなるような重み関数  $n_{weight\_low\_speed}(x)$  が採用されている場合は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい  $x$  のうち最も小さい値（列車から近い）の  $x$  の検知結果から優先的に割り振るようにしてもよい。また、図6の重み関数  $n_{weight}(x)$  が採用されている場合は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい  $x$  のうち停止可能距離 601 付近の  $x$  の検知結果から優先的に割り振るようにしてもよい。また、図7の重み関数  $n_{weight}(x)$  が採用されている場合は、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい  $x$  のうち特定の注視したい領域 701、702 付近の  $x$  の検知結果から優先的に割り振るようにしてもよい。

## 【0081】

すなわち、「物体検知結果数  $n_{obj} < 入力検知物体数の上限 Max\_numfusion$ 」となっているうちは検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい距離  $x$  の物体検知結果分を、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より小さい距離  $x$  に分配できればよい。このため、仮想分配の順番は上記に限定されない。

## 【0082】

次のステップ1009では、物体検知部111から取得した外界センサ120の各センサの物体検知結果のうち、ステップ1007で仮想分配に基づいて検知物体を選択した結果を障害物認識部113に出力する検知結果として決定する。次にステップ1011に進む。

## 【0083】

ステップ1010は、ステップ1006やステップ1007の判定により、検知物体数  $n_{obj}(x)$  が重み関数  $n_{weight}(x)$  より大きい  $x$  が存在しない場合や、物体検知結果数  $n_{obj}$  が入力検知物体数の上限  $Max\_numfusion$  以下の場合である。この場合はすべての検知結果をフュージョン処理に出力しても所定時間内でフュージョン処理が完了することを意味する。そのため物体検知部111から取得した外界センサ120の各センサの物体検知結果のすべてを障害物認識部113に出力する検知結果として選択する。次はステップ1011に進む。

## 【0084】

ステップ1011では、選択された検知結果を障害物認識部113に送信する。障害物認識部113では、選択された検知結果に基づきフュージョン処理を行う。

## 【0085】

第三の実施形態によると、障害物の検知領域を制限することなく障害物を検知する処理時間を所定の範囲内に収めることが可能となる。また、第一の実施形態と比較してより多くの検知結果を障害物認識部に出力することが可能となり、検知率の向上に貢献できる。

## 【0086】

10

20

30

40

50

上述した各実施形態では、外界センサ 1 2 0 の各センサの検知結果を同等に扱う例を説明したが、これ以外に各センサの特徴に応じてフュージョン処理に出力する検知結果を選択するようにしてもよい。例えば、L I D A R の検知範囲ではステレオカメラの結果より L I D A R の検知結果を優先的に分配するようにしてもよい。他には単眼画像から D N N ( D e e p N e u r a l N e t w o r k ) を使用して画像上の物体を検知する方法で検知された結果よりステレオカメラの結果を優先的に分配するようにしてもよい。このようにすることで、より重要な検知結果が障害物認識部 1 1 3 に出力され、障害物の検知率を向上することが可能となる。

【 0 0 8 7 】

以上のように実施形態によれば、軌道輸送システムに搭載された外界センサデータを用いた障害物検知装置において、障害物の検知領域を制限することなく障害物を検知する処理時間を所定の範囲内に収めることが可能となる。

10

【 0 0 8 8 】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【 符号の説明 】

20

【 0 0 8 9 】

1 0 0 ... 列車、 1 1 0 ... 障害物検知装置、 1 1 1 ... 物体検知部、 1 1 2 ... 検知結果選択部、 1 1 3 ... 障害物認識部、 1 2 0 ... 外界センサ、 6 0 1 ... 停止可能距離、 7 0 1、 7 0 2 ... 踏切領域

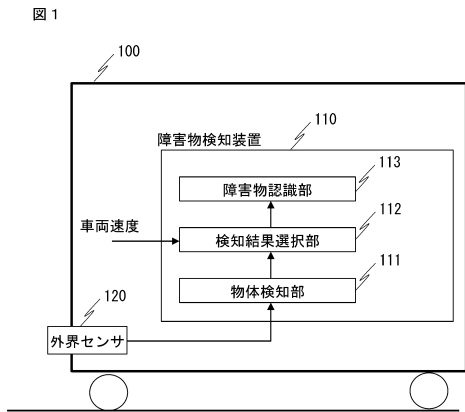
30

40

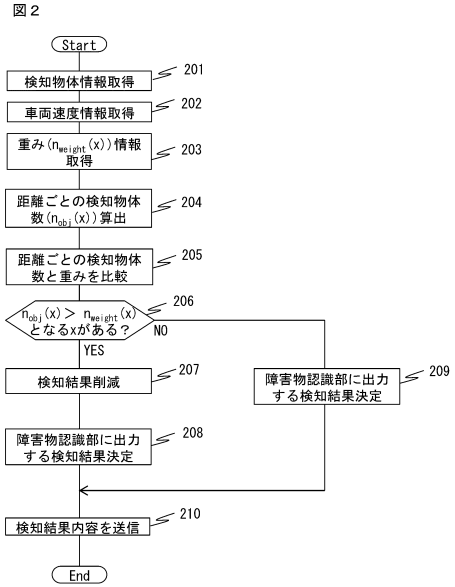
50

【図面】

【図 1】



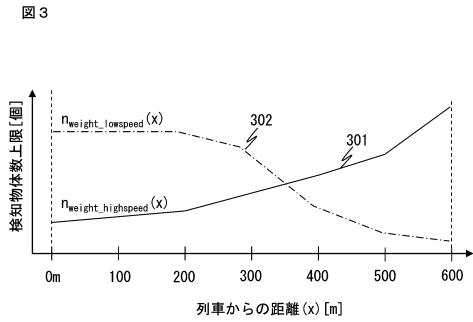
【図 2】



10

20

【図 3】



【図 4】

図 4

		列車からの距離 [m]										
		0	5	10	15	20	...	580	585	590	595	600
検知物体数	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	5	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	4	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	3	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

30

40

50

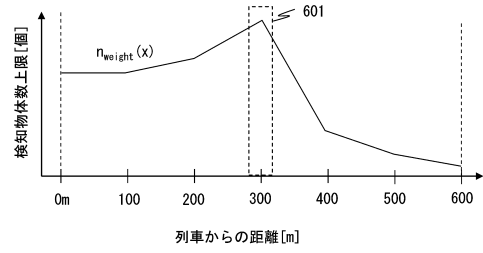
【 図 5 】

図 5

		列車からの距離[m]										
		0	5	10	15	20	...	580	585	590	595	600
検知物体数上限	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

【 図 6 】

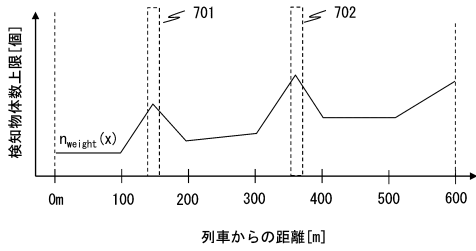
図 6



10

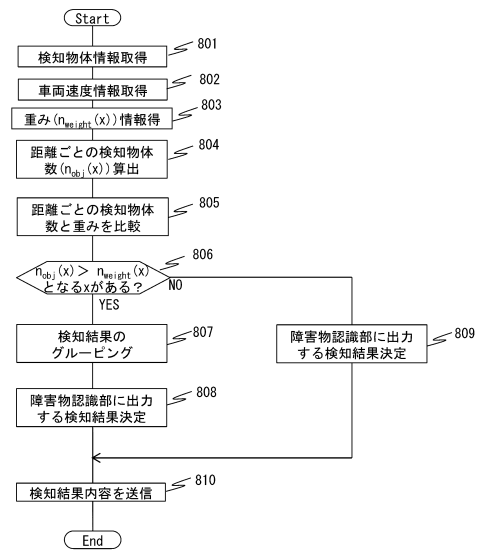
【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

図 8



20

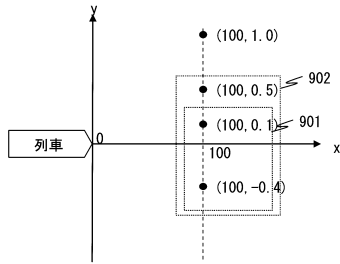
30

40

50

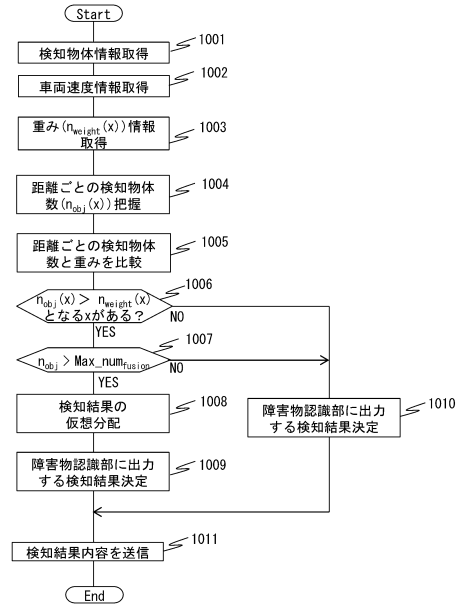
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10

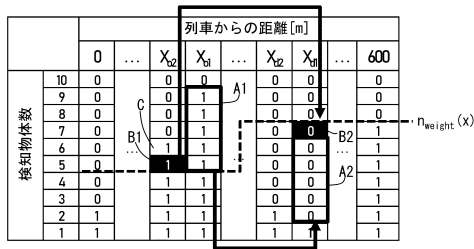


10

20

【 図 11 】

図 11



30

40

50

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2020-159692(JP,A)  
特開2020-205694(JP,A)  
特開2008-076232(JP,A)  
特開2002-225656(JP,A)  
特開2012-230604(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B61L 1/00 - 99/00  
B60L 1/00 - 3/12  
B60L 7/00 - 13/00  
B60L 15/00 - 58/40  
G01S 17/931