

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 外界センサ(3)を搭載した軌道輸送システムの車両(8)が走行する軌道(9)の脇に設置されている複数の地上設置物(1)の各々について地上設置物(1)の設置位置と地上設置物(1)の設置識別子とを記録した記録部(5)と、外界センサ(3)が検出した情報を含む外界センサ情報から設置識別子を特定し、設置識別子に対応した地上設置物を、記録部(5)を参照することにより認識する設置物認識部(4)と、外界センサ(3)の検知距離を算出する検知距離算出部(6)と、を備え、検知距離算出部(6)は、地上設置物(1)を認識した時の車両(8)の自己位置と、設置物認識部(4)が認識した地上設置物(1)の設置位置と、から外界センサ(3)の検知距離を算出する。また、地上設置物(1)が有する設置識別子は二次元バーコードが好ましい。

明 細 書

発明の名称：

センサ性能評価システム及び方法、並びに、自動運転システム

技術分野

[0001] 本発明は、定められた軌道上を走行する軌道輸送システムに搭載された外界センサのセンサ性能を評価する技術、及び、当該技術を用いた自動運転技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、運転士の高齢化に伴う人材不足懸念やオペレーションコスト低減等の理由により、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ため、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。

[0003] 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、カメラ等外界センサを用いる方法が研究されている。前記の外界センサは周囲の環境（天候、明るさ、周囲の構造物）によって仕様上の性能に対する実際の性能（特に検知距離や分解能）が変動するという特徴がある。

[0004] 障害物を検知して停止するためには、車両の走行速度をセンサの検知距離で停止可能な速度に制限する必要がある。そのためには周囲の環境に依存する外界センサの精度保証性能をリアルタイムに評価する必要がある。特許文献1には外界センサの性能をリアルタイムに評価する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第6272347号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 軌道輸送システムが提供すべき価値として定時性や速達性があり、外界センサの性能を考慮しつつ、可能な限り高速で走行することが求められる。そのためには外界センサの精度保証性能を正確に評価する必要がある。特許文献1に記載の技術では外界センサの性能を信頼性という指標で評価しており、厳密な外界センサの精度保証性能（検知距離や分解能）を評価しているわけではない。

[0007] 外界センサの信頼性に基づいてあらかじめ定められた速度まで車両速度を制限するか、停止するか、しているため、本来の外界センサの精度保証性能で走行可能な速度よりも低い速度で走行する可能性があった。本発明は上記課題に対応すべく、軌道輸送システムに搭載された外界センサの精度保証検知距離をリアルタイムに評価することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決する本発明は、外界センサを搭載した軌道輸送システムの車両が走行する軌道の脇に設置されている複数の地上設置物の各々について地上設置物の設置位置と地上設置物の設置識別子とを記録した記録部と、外界センサが検出した情報を含む外界センサ情報から設置識別子を特定し、設置識別子に対応した地上設置物を、記録部を参照することにより認識する設置物認識部と、外界センサの検知距離を算出する検知距離算出部と、を備え、検知距離算出部は、地上設置物を認識した時の車両の自己位置と、設置物認識部が認識した地上設置物の設置位置と、から外界センサの検知距離を算出する、ことを特徴とするセンサ性能評価システムである。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、軌道輸送システムに搭載された外界センサの検知距離を軌道に沿って移動する車両に搭載された外界センサの精度保証検知距離をリ

アルタイムに評価できる。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

[0010] [図1]本発明の実施形態に係るセンサ性能評価システム及びそれを用いた方法を説明するためのブロック図である。

[図2]図1のセンサ性能評価システムに用いる地上設置物を例示した説明図である。

[図3]図2に示した地上設置物の設置位置を地図上に例示した説明図である。

[図4]図1のセンサ性能評価システムにおけるセンサ評価部の処理手順を示すフローチャートである。

[図5]図1のセンサ性能評価システムにおける記録部で記録している地上設置物のデータフォーマットを例示する説明図である。

[図6]図1のセンサ性能評価システムにおける分解能算出部が用いる地上設置物を例示した説明図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。なお、各図にわたって同一効果の要素には、同一符号を付して重複説明を省くことがある。図1は、本発明の実施形態に係るセンサ性能評価システム及びそれを用いた方法を説明するためのブロック図である。

[0012] 本発明の実施形態に係るセンサ性能評価方法は、他の地上設置物と識別可能なユニークなID(二次元バーコード、形状等)を有するセンサ性能評価用の地上設置物(以下、単に「地上設置物」ともいう)1と、外界の状況をセンシングする外界センサ(カメラ、レーザーレンジファインダー、ミリ波レーダー)3と、を備えたシステム構成により、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を評価する方法である。

[0013] また、センサ性能評価システム2は、センサ性能評価方法を実現するための主要部として、軌道輸送システムの車両8に搭載された構成要素を意味する。図1に示すように、センサ性能評価システム2は、外界センサ3からの

情報に基づき地上設置物を認識し特定する設置物認識部 4 と、地上設置物 1 の設置位置を記録して照合可能な記録部 5 と、外界センサ 3 の仕様上の検知距離 L_c に対する実際の周囲環境における検知距離である外界センサの精度保証検知距離 L_s を算出する検知距離算出部 6 と、により構成される。

[0014] 検知距離算出部 6 は、図 1、図 3、下記の数式 (1) 及び数式 (2) を用いて後述するように、記録部 5 に記録されたセンサ性能評価用の地上設置物 1 の位置と、車両 8 の自己位置 Y からセンサの検知距離 L_s を算出する。これにより、外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s をリアルタイムに評価できる。なお、自己位置 Y の取得方法も後述する。

[0015] 外界センサ 3 は、車両 8 の走行に関連する衝突事故を未然に防ぐための外界情報を収集して外界センサ情報を出力する。センサ性能評価システム 2 は、軌道 9 に沿って移動する車両 8 に搭載された外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s を算出することにより、検出能力をリアルタイムに評価する。

[0016] 地上設置物は、軌道 9 の脇、すなわち、図 2～図 6 を用いて後述するように、適宜間隔で経路脇 13 に設置されて外界センサ 3 の評価に利用される。地上設置物として、複数の地上設置物 11, 12, 19・・・31, 32 が配設される。例えば、複数の地上設置物 12, 19, 32 は、外界センサ 3 によって認識可能であるとともに、他との識別が可能な設置識別子（例えば、二次元バーコード、又は、形状）11, 31 をそれぞれに対応付けるように配置されている。なお、設置識別子 11, 31 も地上設置物の一部（図 2 の 11）、又は単独の地上設置物（図 6 の 31）とする。以下の説明では、複数の地上設置物 11, 12, 19・・・31, 32 について、何れかを区別して説明する場合には、「地上設置物 11」、「地上設置物 12」のように異なる符号で特定し、区別しない場合には（言い換えれば、いずれの地上設置物でもよい場合には）、地上設置物 1 と総称する。

[0017] センサ性能評価システム 2 は、外界センサ 3 と併せて車両 8 に搭載される。このセンサ性能評価システム 2 は、地上設置物認識部（以下、「設置物認識部」という）4 と、記録部 5 と、検知距離算出部 6 と、分解能検出部 7 と

、からなる。設置物認識部4は、外界センサ3からの情報に基づき、例えば地上設置物12, 19, 32を認識して特定する。記録部5は、地上設置物の設置位置を記録する。検知距離算出部6は、精度保証検知距離 L_s を算出する。分解能検出部7は、外界センサ3の分解能 δ を検出して評価指標値を出力する。

[0018] 以下、各部について、より詳細に説明する。検知距離算出部6は、外界センサ3の仕様上（カタログ値 catalog spec）の検知距離 L_c に対し、その整った測定環境とは異なる検知距離 L_s を算出する。この検知距離 L_s とは、実際の周囲環境（実測値、又は保証値）における検知距離 L_s をいう。この検知距離 L_s が精度保証検知距離 L_s である。天候その他、変動する条件下での精度保証検知距離 L_s （図3の実測値から保証値を得る）は、カタログ値よりも低くなることが多い。

[0019] 上述のように、外界センサ3の検知距離は、 L_c , L_s の2種類に大別される。1つ目は仕様上の検知距離 L_c 、すなわち提供元が定めた一番良い測定条件下で得られた検知距離 L_c （カタログ値）である。検知距離算出部6は、このカタログ値を参照しつつ、これを実際の周囲環境で実測した結果である2つ目の検知距離 L_s （保証値）に置き換える。その結果、図3に示した実際の周囲環境で実測された精度保証検知距離 L_s を算出する。

[0020] 外界センサ3は、カメラのほか、例えば、レーザーレンジファインダー、ミリ波レーダーが採用され、外界の状況を検出して外界センサ情報を出力してセンサ性能評価システム2へ入力する。センサ性能評価システム2は、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を算出することにより評価する。算出された精度保証検知距離 L_s は、後述する数式（3）に代入され、車両8の制限速度 V_{limit} の算出に用いられる。この V_{limit} は、適宜頻度で更新されるが、例えば、毎秒1回程度でリアルタイムに算出される。ただし、更新頻度は、図3を用いて後述するように、環境、及び地上設置物1の設置密度に関連する。

[0021] 地上設置物1は、他の地上設置物と識別可能なユニークなID（二次元バー

コード、形状等)を有する。すなわち、地上設置物1は、ユニークなIDを付しており、センサ性能評価用に設置された地上設置物である。

[0022] 図3を用いて後述するように、検知距離算出部6は記録部5に記録された地上設置物1それぞれの位置Xと車両8の自己位置Yからセンサの検知距離 L_s を算出する。自己位置Yは一般的に車両速度Vの積分から得られる値を使用するが、レーザーレンジファインダーを用いてマップマッチングにより算出した自己位置Yを使用しても良く、Global Navigation Satellite System(GNSS)で得られる自己位置Yを使用しても良い。

[0023] なお、分解能検出部7は、外界センサ3に光学カメラの分解能 δ を検出するものとして例示するが、光学カメラ以外であっても、相応の外界センサ情報に対応した分解能を検出する機能であれば良い。また、センサ性能評価システム2において、車両8の自己位置Yが精度良く取得できれば良く、その実現方法は問わない。

[0024] 図2は、図1のセンサ性能評価システムに用いる地上設置物を例示した説明図である。図2に例示する地上設置物11, 12は、外界センサ3でセンサ情報を取得するため、地上に配設される。例えば、カメラで地上設置物12を一意に識別するため、地上設置物11の平面上に形成された二次元バーコード(以下、「二次元バーコード11」と略す)を有する。

[0025] 二次元バーコード11には、地上設置物12を特定するユニークなIDが記載されており、記録部5に記録された情報と照合することで対象となる地上設置物12を特定する。なお、センサ情報として、例示したカメラ取得情報のほか、レーザーレンジファインダーセンサ(以下、「レーザーレンジファインダー」という)の点群データ情報等を用いても良い。

[0026] レーザーレンジファインダーが外界センサ3として使用される場合、平面的な二次元バーコード11に代えて、立体的な物体の形状を高速で認識することが可能である。この場合、経路上にはユニークな形状の地上設置物12が設置される。したがって、地上設置物12は、他の地上設置物と区別可能であり、その形状を記録部5に記録された情報と照合することで、対象とな

る地上設置物を特定する。

[0027] ミリ波レーダーのように物体の有無と距離のみが認識可能なセンサの場合は、地上設置物 1 2 が一意に識別できないため、カメラやレーザーレンジファインダーと組み合わせることで、ミリ波レーダーで認識した物体がどの地上設置物 1 2 であるかを識別する。その際、地上設置物 1 2 単独でユニークならば、二次元バーコード 1 1 は必須でない。

[0028] なお、地上設置物 1 2 として新たに構造物を設置する例を説明したが、既存の地上構造物で形状が特徴的な構造物は、その構造物を地上設置物 1 2 としても良い。このようにすることで地上設置物 1 2 の設置に要するコストを低減できる。

[0029] 図 3 は、図 2 に示した地上設置物 1 の設置位置を地図上に例示した説明図である。図 3 に地上設置物 1 の個別符号を省略した星印のほか、地上設置物 1 9 で例示するように、各地上設置物 1 は、軌道 9 に沿って移動する車両 8 の経路脇 1 3 に、基本的に一定の間隔で設置される。各地上設置物 1 は、車両 8 が運行する軌道 9 の全区間にわたってユニークであることが望ましいが、駅間 2 2 や駅間 2 3 といった任意の区間内でのみ、それぞれユニークであるようにしても良い（図 5 参照）。

[0030] この場合、車両 8 がどの区間に存在するかを別途把握することで、外界センサ 3 が認識している地上設置物 1 を一意に特定することができる。経路脇 1 3 に設置する間隔は任意であるが、外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s を常時監視して即時性を高めるために、できるだけ多く設置することが望ましい。駅付近には、少なくとも 1 つ設置し、出発前に外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s を評価するようにすることが望ましい。

[0031] また、車両基地 1 0 にも地上設置物 1 9 を設置する。この車両基地 1 0 では、経路脇 1 5 や経路終端位置 1 6 に設置する。また、車両基地 1 0 では、車両 8 が停泊する位置付近に重点的に地上設置物 1 9 を設置する。また、車両基地 1 0 に設置する地上設置物 1 9 は、車両 8 の停泊位置から各外界センサ 3 の仕様上の検知距離 L_c の位置と、検知距離 L_c よりも所定距離離れた

位置と、に設置することが望ましい。

[0032] このようにすることで、車両 8 が営業運用に入る際に実施する車両点検において、外界センサ 3 が仕様上の検知距離 L_c に対し、その通りの性能を有しているかについて、毎回確認することが可能となる。このとき、検知距離算出部 6 が、精度保証検知距離 L_s を算出する目的で、車両 8 の自己位置 Y を取得する。より詳しくは、図 3 において、車両 8 が地上設置物 19 に接近する途中で、検知距離算出部 6 が、外界センサ 3 が地上設置物 19 を認識した時の車両 8 の位置 Y を取得し、後述する数式 (1) 又は数式 (2) を用いて精度保証検知距離 L_s を算出する。

[0033] また、外界センサ 3 の仕様上の検知距離 L_c の範囲内に複数の地上設置物 19 を設置することが望ましい。このようにすることで、車両 8 が営業運用に入る際に実施する車両点検において、外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s を正確かつ即時性も高く評価することが可能となる。次に、図 4 を参照して、センサ性能評価システム 2 の処理について説明する。

[0034] 図 4 は、図 1 のセンサ性能評価システム 2 の処理手順を示すフローチャートである。本発明に係るセンサ性能評価方法には、図 4 に示す処理手順のいくつかを含んでいる。なお、図 4 では、外界センサ 3 としてカメラを用い、それが読み取る外界センサ情報として二次元バーコード 11 の形成された地上設置物 1 が写る画像を用いた例で説明するが、外界センサ情報は、これに限定されるものではない。

[0035] 図 4 に示すように、センサ性能評価システム 2 は、外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s を算出 (S5) し、不図示の制限速度決定部へ送信する (S7)。ステップ S1～S3 は、設置物認識部 4 の処理を示す。ステップ S4 は、記録部 5 の処理を示す。ステップ S5～S7 は、検知距離算出部 6 における処理を示している。まず、ステップ S1 では、外界センサ 3 であるカメラから、外界センサ情報としての画像データを取得してステップ S2 へと進む。

[0036] ステップ S2 では、設置物認識部 4 が取得した画像データに画像処理を施

すことにより、二次元バーコードを抽出する。二次元バーコードを抽出する画像処理は一般的なソフトウェアが利用可能である。このセンサ性能評価方法では、画像データから二次元バーコードが抽出できれば良く、その方法は問わない。二次元バーコードが抽出された場合（S 2でYes）は、ステップS 3へ進む。二次元バーコードが抽出されない場合（S 2でNo）は、ステップS 6に進む。

[0037] ステップS 3では、設置物認識部4が抽出した二次元バーコードから地上設置物1を特定するユニークなIDを読み取る。読み取ったIDを記録部5に送信してから、ステップS 4に進む。

[0038] ステップS 4では、記録部5が記憶手段に記録された地上設置物1のIDを検索キーに用いて、それら各IDに紐づけられた設置位置を照合する。この照合結果により、記録部5は、現在カメラで認識している地上設置物の設置位置X（図3）を読み取る。記録部5は、読み取った設置位置Xを検知距離算出部6に送信してから、ステップS 5に進む。

[0039] ステップS 5では、検知距離算出部6が記録部5から取得した地上設置物1の位置情報と、車両8の自己位置Yからカメラの検知距離L_sを下記の数式（1）で算出する。

$$\text{外界センサ3の精度保証検知距離 } L_s = \text{地上設置物位置 } X - \text{自己位置 } Y \quad \dots (1)$$

[0040] 検知距離L_sの算出数式は、車両8の進行方向に応じて変更する。今回の例では自己位置Yは進行方向に向かって値が大きくなる（昇順）場合で説明しているため数式（1）となる。逆に、自己位置Yが進行方向に向かって値が小さくなる（降順）場合は、下記の数式（2）となる。

$$\text{外界センサ3の精度保証検知距離 } L_s = \text{自己位置 } Y - \text{地上設置物位置 } X \quad \dots (2)$$

精度保証検知距離L_sの算出後、ステップS 7に進むが、その説明は後にする。

[0042] ステップS 2でNoの場合に進んだステップS 6では、検知距離算出部6

が検知距離 L_s に前回値を設定する。複数の外界センサ $3_1 \sim 3_n$ が存在する場合は、その中でより有効と判断された外界センサ3の精度保証検知距離 L_s が採用されるように、検知距離算出部6がステップS6で設定する検知距離 L_s を定義する。定義の一例として、複数の外界センサ $3_1 \sim 3_n$ が搭載されている場合、それぞれの外界センサ $3_1 \sim 3_n$ より得られた精度保証検知距離 $L_{s_1} \sim L_{s_n}$ のうち最小値 L_{s_s} を採択することが好ましい。この判断により、最も安全性を高く、つまり厳しく判定された外界センサ3による外界センサ情報のみをセンサ性能評価システム2に供与するので、安全度の高い結果が期待できる。

[0043] ステップS6では、検知距離算出部6が検知距離 L_s に前回値を設定している。しかし、複数の外界センサ $3_1 \sim 3_n$ の精度保証検知距離 $L_{s_1} \sim L_{s_n}$ のうち、上述のように厳しく判定された最小値 L_{s_s} を採択するばかりでなく、環境によっては、ステップS6において、検知距離 L_s に設定していた前回値の代わりに、緩やかに判定された大きい検知距離 L_{s_L} を検知距離算出部6が設定するようにしても良い。

[0044] もしくは、センサ性能評価システム2は、検知距離 L_s を設定せずに外界センサ3の故障やエラー通知を上位システムに通知するようにしても良い。なお、センサ性能評価システム2に対する上位システムとは、そこから得られた結果出力を利用するものであり、一例として後述する自動運転システムがある。このように、ステップS5又はステップS6の次にステップS7に進む。ステップS7では、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を上位システムに送信する。

[0045] 図4ではカメラを用いた例を示したが、ほかの外界センサ3でも同様の処理で外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を評価できる。例えば、レーザーレンジファインダーの場合は、レーザーレンジファインダーから得られた点群データと、記録部5に記録された点群データと、のマッチングを行うことで、対象とする地上設置物を特定する。なお、レーザーレンジファインダーのほか、3次元レーザースキャナ等も採用できる。

- [0046] 上述のように、外界センサ3が複数存在する場合は、それぞれの外界センサ3毎に図4の処理を行い、検知距離 L_s を算出する。算出したそれぞれの外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を上位システムに送信するようにしても良いし、それぞれの外界センサ3の精度保証検知距離 L_s のうち最小値 L_{s_s} を上位システムに送信するようにしても良い。
- [0047] 複数の外界センサ3が存在する場合は、第一の外界センサ3₁では地上設置物1を認識しているが、第二の外界センサ3₂で地上設置物1が認識できない場合は、第二の外界センサ3₂が故障していると判断するようにしても良い。このようにすることで、センサ性能評価システム2により、外界センサ3の故障判断も実行できるようになる。
- [0048] 図5は、図1のセンサ性能評価システム2における記録部5で記録している地上設置物のデータフォーマットを例示する説明図である。図5では外界センサ3として、カメラとレーザーレンジファインダーを使用した場合を説明する。各地上設置物1にIDとユニークな点群データ、地上設置物1の設置位置が紐づけて記録されている。
- [0049] IDは、各地上設置物1に形成された二次元バーコードの値が記録されている。点群データは、地上設置物1をレーザーレンジファインダーで予め測定したときの点群データが記録されている。
- [0050] 図3で述べたように、駅間22, 23等の任意の区間内で地上設置物1をユニークにする場合は、記録部5のデータフォーマットに区間を特定する情報が付加される。図5では区間を特定する情報が付加されている例を示しているが、全区間において地上設置物がユニークな場合は、区間の情報が不要であることはいうまでもない。
- [0051] 図2では、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を評価する地上設置物の一例を示した。外界センサ3の性能は検知距離 L_s 以外にも、どのような大きさの障害物を検知可能かという分解能 δ という評価軸も存在する。これを利用するため、センサ性能評価システム2には、検知距離算出部6に分解能算出部（不図示）を併設しても良い。分解能算出部は、地上設置物1のなか

から認識できた最小の大きさのものに紐づけられた指標値を分解能 δ として出力する。

[0052] 図6は、図1のセンサ性能評価システム2に併設された分解能算出部に適用される地上設置物31, 32を例示した説明図である。図6に示すように、カメラ用に異なる2段階の大きさに二次元バーコードが形成された地上設置物31を併設する。また、レーザーレンジファインダーやミリ波レーダー用に、図2に示した地上設置物12の全体形状を生かし、部分的に異なる大きさ、すなわち大中小3段階の大きさで、下層から上層へと積層形成された地上設置物32を設置する。

[0053] まず、カメラの場合、例えば大小2段階とするような多段階のうち、何れの大きさの地上設置物31が認識できたかによって、カメラの精度保証分解能 δ_s を評価することができる。より具体的には、認識した二次元バーコードの大きさ（幅）のうち、最も小さい値をカメラの精度保証分解能 δ_s として採用する。

[0054] また、レーザーレンジファインダーやミリ波レーダーの場合、例えば大中小3段階とするような多段階のうち、何れの大きさの地上設置物32が認識できたかによって、カメラの場合と同様に外界センサ3の精度保証分解能 δ_s を評価することができる。次に、地上設置物31, 32を大小2段階に簡略化して、分解能算出部の処理について説明するが、これは説明の便宜上のことであり、大小2段階に限定するものでない。

[0055] 分解能算出部と、地上設置物31, 32と、の関係は、一般的なイメージングシステムの分解能（解像度）を測定する測定器と、測定に使用されるテストターゲットと、の関係に該当する。このようなテストターゲットには、分解能（解像度）の指標となるラインパターンが定められた幅と間隔で描画されており、イメージング対象と同一面に設置できるよう設計されている。当該測定器は、識別できた最も小さなラインパターンを特定することにより、イメージングシステムの分解能を同定することができる。

[0056] これに対し、本発明の実施形態に係るセンサ性能評価システム2における

地上設置物 3 1 は、一例として大きさの異なる二次元バーコードが用いられている。また、地上設置物 3 2 には、大きさや形状の異なるユニークな物体が用いられている。センサ性能評価システム 2 において、大きい方の地上設置物を認識できて小さい方の地上設置物が認識できない場合に分解能を δ_N とする。また、異なる大きさの地上設置物 3 1, 3 2 のうち、大小何れの地上設置物も認識できない場合は分解能を δ_L とする。また、小さい方の地上設置物まで認識できた場合の分解能を δ_U とする。

[0057] 分解能算出部は、同じ位置に設置された、それぞれ異なる大きさの地上設置物 3 1 に接近しながら同時に認識することを試みる。そのとき、分解能算出部は、次の場合に分けて、認識できた最小の地上設置物の大きさを分解能として出力する。所定の距離で、大きい方の地上設置物が認識できない場合は分解能を δ_L として出力する。同じ距離で、大きい方の地上設置物を認識できて小さい方の地上設置物が認識できない場合の分解能を δ_N として出力する。同じ距離で、小さい方の地上設置物まで認識できた場合の分解能を δ_U として出力する。分解能算出部は、上述したそれぞれの場合に応じた分解能 δ 、又はその範囲を示す指標値に紐づけられた情報を備えている。

[0058] このように、分解能算出部が認識できた最小の地上設置物 3 1 について、それらの大きさ別に、相応の分解能 δ が紐づけられるように定義されている。この定義は、不図示の数式やテーブルの形式で記録部 5 に格納されており、分解能算出部と、制限速度決定部が参照可能にしておけば良い。また、地上設置物 3 2 についても、それらの大きさ別に、相応の分解能 δ が紐づけられるように定義されている。

[0059] 図 1 に示すセンサ性能評価システム 2 において、評価された外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s を利用した車両 8 について説明する。無人運転を行う車両 8 では軌道上の障害物を検知して車両 8 を停止させる必要がある。障害物を検知して停止するためには、車両 8 の走行速度を外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s で停止可能な速度に制限する必要がある。車両 8 の走行速度と停止距離には下記の数式 (3) で定義された関係がある。

[0060] [数1]

$$V_{limit} = \alpha \left(-t_i + \sqrt{\frac{t_i^2 + 2L_s}{\alpha}} \right) \quad \dots (3)$$

[0061] ここで、 V_{limit} [m/s] は、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s から求められる車両8の制限速度である。また、 α [m/s²] は、車両8の最大減速度である。また、 t_i [s] は空走時間である。そして、 L_s [m] が外界センサ3の精度保証検知距離 L_s である。最大減速度 α や空走時間 t_i は、車両8の仕様によって定義されるため、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s が分かり次第、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s で停止可能な走行速度(制限速度 V_{limit})が即座に算出できる。

[0062] 従来の無人軌道9に沿って移動する車両8では、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s として仕様上の検知距離 L_c を採用する。あるいは、特許文献1に例示されているように、周囲の環境、もしくはセンサの性能低下を何らかの方法で精度保証検知距離 L_s を把握する。特許文献1の場合、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s の低下分を見越して車両8の制限速度 V_{limit} を低めに設定する等の方法がとられている。例えば、霧なので前方の視界が悪い場合は、予め規定した速度で車両8の走行速度を制限する。

[0063] しかしながら、特許文献1の場合、予め規定した速度は最悪の事態を想定して定義するため、実際の外界センサ3の精度保証検知距離 L_s よりも短い検知距離 L_{ss} を想定する。その結果、車両8の制限速度 V_{limit} について、相当の余裕をもって低位側に設定することもあった。

[0064] そのため、本来の外界センサ3の精度保証検知距離 L_s では、より高く走行速度を設定できたにもかかわらず、あらかじめ規定した低い速度で走行することとなり、定時性や速達性が悪化する可能性があった。

[0065] このように、特許文献1に記載の自立走行車両では、必ずしもリアルタイムでなく、外界センサの信頼性に基づいて、予め定められた速度まで車両速度を制限するか、停止するか、している。その結果、本来の外界センサ3の精度保証性能 L_s で走行可能な速度よりも低めに設定されることがあった。

- [0066] そこで、本発明の実施形態に係るセンサ性能評価システム2により、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s が正確に評価できるようになると、これにより評価された外界センサ3の精度保証検知距離 L_s に応じて、数式(3)から車両8の制限速度 V_{limit} を算出できる。その結果、算出された制限速度 V_{limit} に基づいて車両8を走行させることが可能となる。このようにすることで、周囲の環境変化に伴う外界センサ3の性能低下時においても、最大限に通常のダイヤを遵守できるようになり、定時性や速達性の悪化を最小限に抑制できる。
- [0067] また、車両8が営業運用に入る際に実施する車両点検において、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を毎回確認することが可能となる。もし、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s が仕様上の検知距離 L_c を下回る場合、次の対応が考えられる。まず、センサ性能評価システム2は、一例として運行管理システムに外界センサ3の精度保証検知距離 L_s を送信する。これを受けた運行管理システムは、受信した精度保証検知距離 L_s に応じて算出される制限速度 V_{limit} で、その日の運行ダイヤを生成するようにしても良い。
- [0068] このようにすることで、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s に応じたダイヤとなり、突然のダイヤ変更を予防することができ、乗客の利便性も向上させることができる。また、検知すべき軌道上の障害物は、場所(駅間やホーム)によって異なる場合がある。例えば、人の転落が想定されるホームにおいて、検知すべき障害物に人も含まれる。したがって、このような場所では、外界センサ3には、人を検知して認識できる人検知機能、及びA1等の人体認識機能による支援も必要となる。これらの機能も設置物認識部4に含まれていると良い。
- [0069] このような観点から、従来の無人軌道輸送システムのように、場所毎に検知すべき障害物が異なり、検知すべき障害物に基づいて、必要となる外界センサ3の分解能 δ が異なる場合、次のように対応しても良い。すなわち、センサ性能評価システム2及び方法、並びに、自動運転システムにおいて評価された外界センサ3の精度保証分解能 δ_s と、場所毎に求められる分解能 δ_L

と、の関係から、車両8の制限速度 V_{limit} を定義するようにしても良い。これについて、明確な定義を不図示の数式やテーブルの形式で記録部5に格納し、分解能算出部と、制限速度決定部が参照可能にしておけば良い。

[0070] 上述の対応により、周囲の環境により外界センサ3の精度保証分解能 δ_s が低下しているときでも、低い分解能 δ_L しか要求されない区間において、制限速度 V_{limit} を引き上げることが可能となる。その結果、定時性や速達性の悪化を最小限にできる。また、外界センサ3の性能を日々記録しておき、時系列で評価することにより、外界センサ3の経年劣化や故障を予兆診断も可能となる。

[0071] 以上、説明したように、センサ性能評価システム2によれば、軌道9に沿って移動する車両8に搭載された外界センサ3の精度保証性能を正確に評価することができる。評価される精度保証性能は、精度保証検知距離 L_s と、精度保証分解能 δ_s と、の少なくとも何れかである。このようにして得られた精度保証性能は、即時性のある点で使い勝手が良い。すなわち、この精度保証性能に基づいて走行可能な上限速度を設定することにより、外界センサ3の性能を考慮しつつ、定時性や速達性を向上させることが可能となる。

[0072] また、上述した中で、記録部5は、記憶手段に記憶した情報を検索キーワードで照合する照合機能も備えている。記憶手段は、メモリと永続記憶装置の少なくともメモリで良い。永続記憶装置は、1つ以上の永続記憶デバイスで良く、例えば、HDD (Hard Disk Drive) 又はSSD (Solid State Drive) で良い。また、上述した中で、センサ性能評価システム2、それに含まれる設置物認識部4、検知距離算出部6、記録部5に備わる照合機能、といった機能は、次の2種類の少なくとも何れか、又はそれらの組合せによって実現されても良い。

[0073] 2種類のうち1つ目は、1つ以上のコンピュータプログラムがプロセッサによって実行されることで実現されても良い。2種類のうち2つ目は、1つ以上のハードウェア回路（例えばFPGA (Field-Programmable Gate Array)）、又はASIC (Application Specific Integrated Circuit)）によって

実現されても良い。

[0074] プログラムがプロセッサによって実行されることで機能が実現される場合、定められた処理が、適宜に記憶装置及び／又はインターフェース装置等を用いながら行われるため、機能はプロセッサの少なくとも一部とされても良い。

[0075] プロセッサは、1つ以上のプロセッサデバイスで良い。少なくとも1つのプロセッサデバイスは、典型的には、CPU (Central Processing Unit) のようなマイクロプロセッサデバイスで良いが、GPU (Graphics Processing Unit) のような他種のプロセッサデバイスでも良い。

[0076] 少なくとも1つのプロセッサデバイスは、処理の一部又は全部を行うハードウェア回路（例えばFPGA又はASIC）といった広義のプロセッサデバイスでも良い。

[0077] また、機能を主語として説明された処理は、プロセッサあるいはそのプロセッサを有する装置が行う処理としても良い。プログラムは、プログラムソースからインストールされても良い。プログラムソースは、例えば、プログラム配布計算機又は計算機が読み取り可能な記録媒体（例えば、非一時的な記録媒体）であっても良い。各機能の説明は一例であり、複数の機能が1つの機能にまとめられたり、1つの機能が複数の機能に分割されたりしても良い。

[0078] また、不図示の自動運転システムは、センサ性能評価システム2に加えて、そこから得られた評価結果を用いて車両8の無人運転を行う不図示の自動運転部を備える。自動運転部は、例えば、自動列車運転装置（ATO: Automatic Train Operation）を意味する。自動運転部は、不図示の制限速度決定部及び制限速度遵守部を備えることが好ましい。制限速度決定部は、一例として上述の数式（3）により算出された V_{limit} [m/s] を用いる。なお、無人運転可能な自動運転システムにおいて、運転士が乗務した運行形態であっても、本発明の一実施形態とみなし得る。

[0079] 上述のように、センサ性能評価システム2によって、外界センサ3の精度

保証検知距離 L_s が分かり次第、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s で停止可能な走行速度(制限速度 V_{limit})が即座に算出できる。この V_{limit} [m/s]は、外界センサ3の精度保証検知距離 L_s から求められる車両8の制限速度である。不図示の制限速度決定部は、センサ性能評価システム2から提供される外界センサ3の評価に応じた制限速度を決定し、その情報を不図示の制限速度遵守部へ出力する。制限速度遵守部について、より具体的には、運転士に対して制限速度 V_{limit} を可視化するか、その制限速度 V_{limit} に係る情報を自動運転部へ出力することにより、軌道輸送システムの安全運行を実現する。

[0080] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0081] 本発明の実施形態に係るセンサ性能評価システム2は、次のように総括できる。

[1] 本発明の実施形態に係るセンサ性能評価システム2は、記録部5と、設置物認識部4と、検知距離算出部6と、を備えて構成される。

[0082] 記録部5は、複数の地上設置物1の各々について、地上設置物1の設置位置 X と、地上設置物1としての設置識別子11, 31と、を記録している。複数の地上設置物1は、軌道輸送システムの車両8が走行する軌道9の脇に設置されている。外界センサ3は軌道輸送システムの車両8に搭載されて、情報を検出する。外界センサ3が検出した情報には、外界センサ情報が含まれる。

[0083] 設置物認識部4は、外界センサ情報から設置識別子11, 31を特定する。設置物認識部4は、このように特定された設置識別子11, 31に対応した地上設置物について、記録部5を参照して認識する。

検知距離算出部6は、外界センサ3の検知距離 L_s を算出する。すなわち、検知距離算出部6は、設置物認識部4が、地上設置物1を認識できる最大距離を外界センサ3の検知距離 L_s として算出する。つまり、検知距離 L_s は、外界センサ3が地上設置物1を認識したとき、その外界センサ3から地

上設置物 1 までの距離 L_s である。

[0084] ここで、外界センサ 3 は車両 8 に固定されているので、車両 8 の自己位置 Y に等しいとする。説明を簡略にするため、車両 8 の長さは無視する。このとき、検知距離算出部 6 は、車両 8 の自己位置 Y と、地上設置物 1 の設置位置 X と、から外界センサ 3 の検知距離 L_s を算出することができる。

[0085] センサ性能評価システム 2 は、車両 8 の自己位置 Y と、地上設置物 1 の設置位置と、より、検知距離 L_s を算出する。移動する車両 8 の自己位置 Y は、車両速度 V の積分値と、レーザーレンジファインダーを用いてマップマッチングによる算出値と、GNSS で得られる自己位置 Y と、のうち少なくとも何れかを使用すれば良い。なお、地上設置物 1 の設置位置は、記録部 5 に予め記録されている情報を読み出して用いる。

[0086] このセンサ性能評価システム 2 によれば、軌道輸送システムに搭載された外界センサ 3 の精度保証検知距離 L_s をリアルタイムに評価できるセンサ性能評価システム 2 を提供できる。すなわち、規定された数式 (3) に評価結果の出力である検知距離 L_s を代入すれば、車両の制限速度 V_{limit} を算出できるように、即時性の点で使い勝手の良い精度保証検知距離 L_s を算出できる。また、他との識別が可能な設置識別子が形成された地上設置物 1 1, 3 1 により、外界センサ 3 が地上設置物 1 2, 1 9, 3 2 を誤認することも少ないので、正確な評価を容易に得られる。

[0087] [2] 上記 [1] に記載のセンサ性能評価システム 2 において、地上設置物 3 1, 3 2 は、1 か所につき 2 種類以上の異なる大きさのものが設置される。また、センサ性能評価システム 2 には、検知距離算出部 6 に加え、外界センサ 3 の分解能 δ を算出する分解能算出部をさらに備える。この分解能算出部は、認識した地上設置物 3 1, 3 2 の大きさに基づいて外界センサ 3 の分解能 δ を算出する。

[0088] これによれば、軌道 9 に沿って移動する車両 8 に搭載された外界センサ 3 の精度保証性能としての精度保証検知距離 L_s に加えて、精度保証分解能 δ s までを正確かつリアルタイムに評価することができる。

[0089] [3] 上記[2]に記載のセンサ性能評価システム2において、分解能算出部は、同じ位置に設置された、異なる大きさの地上設置物31に接近しながら同時に認識することを試みる。そのとき、分解能算出部は、認識できた最小の大きさの設置識別子31に紐づけられた分解能 δ を出力する。ある距離で、大きい方の地上設置物も認識できない場合は、分解能を δ_L として出力する。同じ距離で、大きい方の地上設置物を認識できて小さい方の地上設置物が認識できない場合は、分解能を δ_N として出力する。同じ距離で、小さい方まで認識できた場合は、分解能を δ_U として出力する。

[0090] 分解能算出部は、上述したそれぞれの場合に応じた分解能 δ 、又はその範囲を示す指標値に紐づけられた情報を備えている。この情報は、記録部5に格納されており、分解能算出部と、制限速度決定部と、両方から参照可能である。また、地上設置物32についても、それらの大きさ別に、相応の分解能 δ が紐づけられるように定義されている。これによれば、外界センサ3の精度保証性能としての精度保証分解能 δ_s を簡素な地上設置物32又は設置識別子31と、センサ性能評価システム2と、の組み合わせにより正確かつ容易に評価することができる。

[0091] [4] 上記[1]に記載のセンサ性能評価システム2において、地上設置物12, 32には、設置識別子として二次元バーコード11, 31が形成された地上設置物1を併設又は部分的に形成しても良い。

[0092] [5] 上記[1]に記載のセンサ性能評価システム2において、地上設置物12, 32には、設置識別子として点群データを採用しても良い。これによれば、外界センサ3として、レーザーレンジファインダー（3次元レーザースキャナ）等を採用することによって、立体構造物による地上設置物12, 32の外観形状を高速かつ正確に読み取れる。

[0093] [6] 上記[1]に記載のセンサ性能評価システム2において、検知距離算出部6は、複数の外界センサ3₁～3_nが搭載されている場合、それぞれの外界センサ3₁～3_nより得られた精度保証検知距離 L_{s_1} , $L_{s_1} \sim L_{s_n}$ のうち最小値 L_{s_s} を採択することが好ましい。この判断により、安全性の向上が期

待できる。

[0094] [7] 上記 [1] に記載のセンサ性能評価システム 2 において、算出された検知距離 L_s に基づく制限速度 V_{limit} に決定する制限速度決定部と、その制限速度決定部により決定された制限速度 V_{limit} を運転士に遵守させ易く、例えば可視化出力する装置としての制限速度遵守部と、をさらに備えると良い。

[0095] 本発明の実施形態に係る自動運転システムは、次のように総括できる。

[8] 自動運転システムは、上記 [7] に記載のセンサ性能評価システム 2 に加えて、制限速度決定部により決定された制限速度 V_{limit} を超えない範囲に走行速度を制御する自動運転部をさらに備えた。

[0096] 上記 [7] 又は [8] によれば、外界センサ 3 の精度保証性能に基づいて走行可能な上限速度を設定することで、外界センサ 3 の性能を考慮しつつ定時性や速達性を向上させることが可能となる。

[0097] 本発明の実施形態に係るセンサ性能評価方法は次のように総括できる。

[9] 軌道輸送システムの車両 8 に搭載された外界センサ 3 が検出 (S1) した情報を含む外界センサ情報から設置識別子 11, 31 を特定 (S2, S3) する。次に、外界センサ 3 を搭載した車両 8 が走行する軌道 9 の脇に設置されている複数の地上設置物 1 の各々について、地上設置物 1 の設置位置 X と地上設置物 1 の設置識別子 11, 31 とを記録した記録部 5 を参照することにより、特定された設置識別子 11, 31 に対応した地上設置物 1 を認識 (S4) する。次に、地上設置物 1 を認識した時の車両 8 の自己位置 X と、認識した地上設置物 1 の設置位置 X と、から外界センサの検知距離 L_s を算出する (S5)。

[0098] なお、検知距離 L_s は、外界センサ 3 が地上設置物 1 を認識できる最大距離をいう。また、車両 8 の自己位置 Y は、車両 8 が地上設置物 1 に接近する途中で、地上設置物 1 が認識された時の位置をいう。このように、本発明に係るセンサ性能評価方法によれば、上記 [1] のセンサ性能評価システム 2 と同等の作用効果が得られる。

符号の説明

[0099] 1, 12, 19, 32 地上設置物、2 センサ評価部、3 外界センサ、
4 設置物認識部、5 記録部、6 検知距離算出部、7 分解能算出部、
8 車両、9 軌道、11, 31 設置識別子（地上設置物）、2 センサ
性能評価システム、 L_c （外界センサ3の仕様上の）検知距離、 L_s 精度
保証検知距離、 V_{limit} 制限速度、 X 地上設置物位置、 Y 自己位置、 Z
（実際の周囲環境における）検知距離、 δ 分解能

請求の範囲

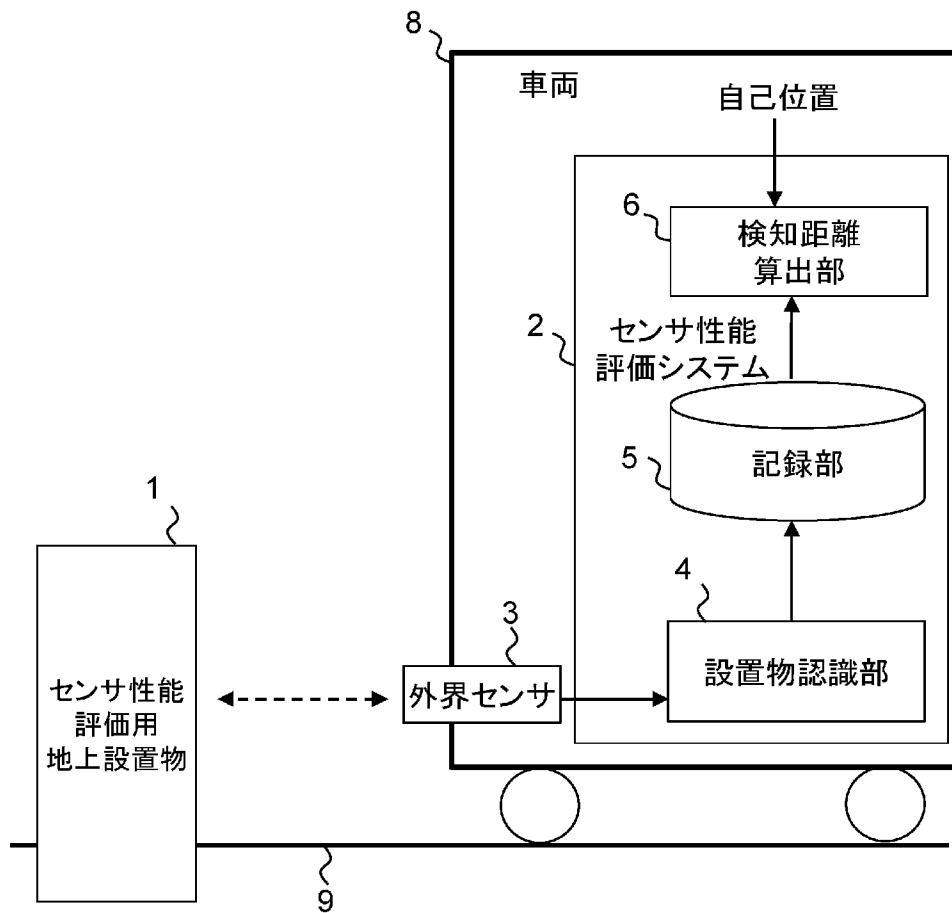
- [請求項1] 外界センサを搭載した軌道輸送システムの車両が走行する軌道の脇に設置されている複数の地上設置物の各々について当該地上設置物の設置位置と当該地上設置物の設置識別子とを記録した記録部と、
- 前記外界センサが検出した情報を含む外界センサ情報から設置識別子を特定し、当該設置識別子に対応した地上設置物を、前記記録部を参照することにより認識する設置物認識部と、
- 前記外界センサの検知距離を算出する検知距離算出部と、
- を備え、
- 前記検知距離算出部は、前記地上設置物を認識した時の前記車両の自己位置と、前記設置物認識部が認識した前記地上設置物の設置位置と、から前記外界センサの検知距離を算出する、
- ことを特徴とするセンサ性能評価システム。
- [請求項2] 前記地上設置物は、1か所につき2種類以上の異なる大きさのものが設置され、
- 前記検知距離算出部に加えて、前記外界センサの分解能を算出する分解能算出部をさらに備え、
- 該分解能算出部は、認識した前記地上設置物の大きさに基づいて前記外界センサの分解能を算出する、
- 請求項1に記載のセンサ性能評価システム。
- [請求項3] 前記分解能算出部は、前記異なる大きさの前記地上設置物に対し、大きい方の前記地上設置物を認識できて小さい方の前記地上設置物が認識できない場合と、
- 小さい方の前記地上設置物まで認識できた場合と、
- 大きい方の前記地上設置物も認識できない場合と、
- それぞれの場合に応じた前記分解能又はその範囲を示す指標値に紐づけられた情報を備えた、
- 請求項2に記載のセンサ性能評価システム。

- [請求項4] 前記地上設置物が有する設置識別子は二次元バーコードである、
請求項1に記載のセンサ性能評価システム。
- [請求項5] 前記地上設置物が有する設置識別子は点群データである、
請求項1に記載のセンサ性能評価システム。
- [請求項6] 前記検知距離算出部は、複数の前記外界センサが搭載されている場合、
それぞれの前記外界センサより得られた前記検知距離のうち最小値を採用する、
請求項1に記載のセンサ性能評価システム。
- [請求項7] 前記算出された前記検知距離に基づく制限速度を決定する制限速度決定部と、
該制限速度決定部により決定された制限速度を出力する制限速度遵守部と、
をさらに備えた、
請求項1～6の何れかに記載のセンサ性能評価システム。
- [請求項8] 請求項7に記載のセンサ性能評価システムと、
前記制限速度決定部により決定された前記制限速度を超えない範囲に走行速度を制御する自動運転部と、
を備えた自動運転システム。
- [請求項9] 軌道輸送システムの車両に搭載された外界センサが検出した情報を含む外界センサ情報から設置識別子を特定し、
外界センサを搭載した前記車両が走行する軌道の脇に設置されている複数の地上設置物の各々について当該地上設置物の設置位置と当該地上設置物の設置識別子とを記録した記録部を参照することにより、
前記特定された設置識別子に対応した地上設置物を認識し、
前記地上設置物を認識した時の前記車両の自己位置と、前記認識した前記地上設置物の設置位置と、から前記外界センサの検知距離を算出する、

ことを特徴とするセンサ性能評価方法。

[図1]

図 1



[図2]

図 2

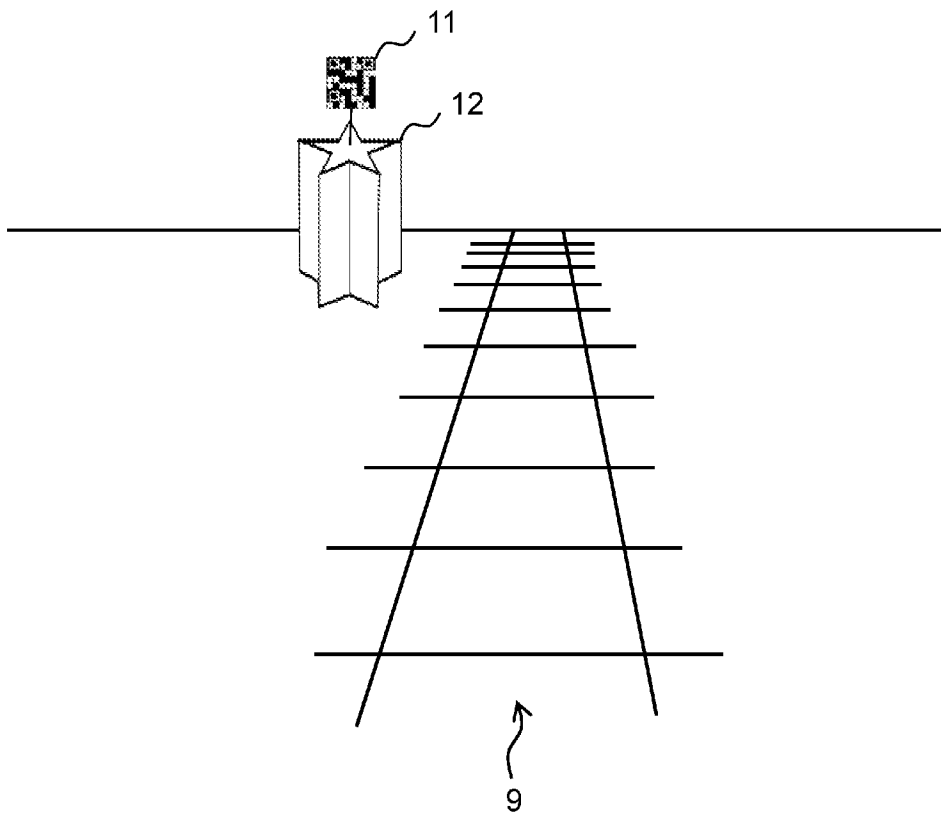
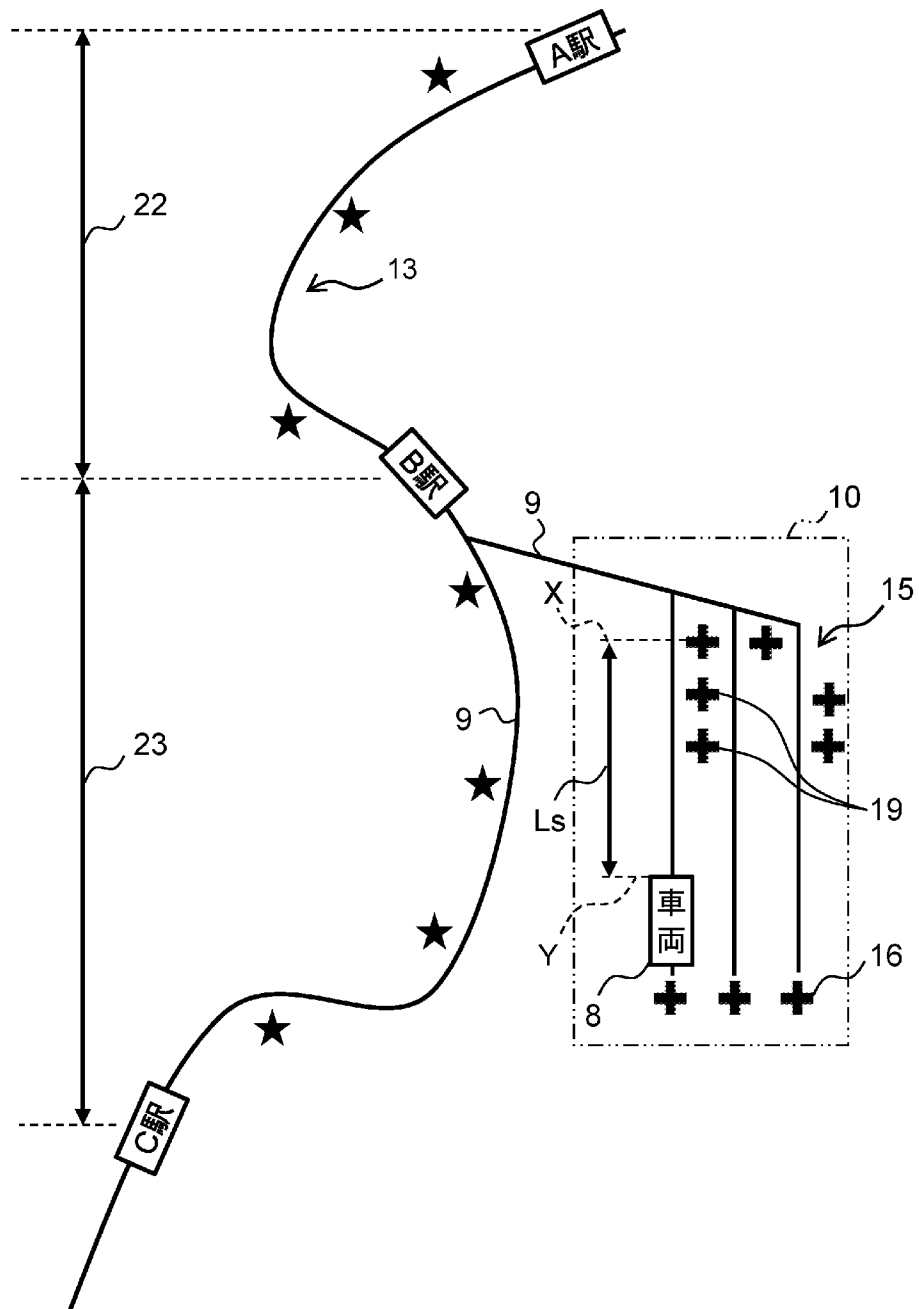
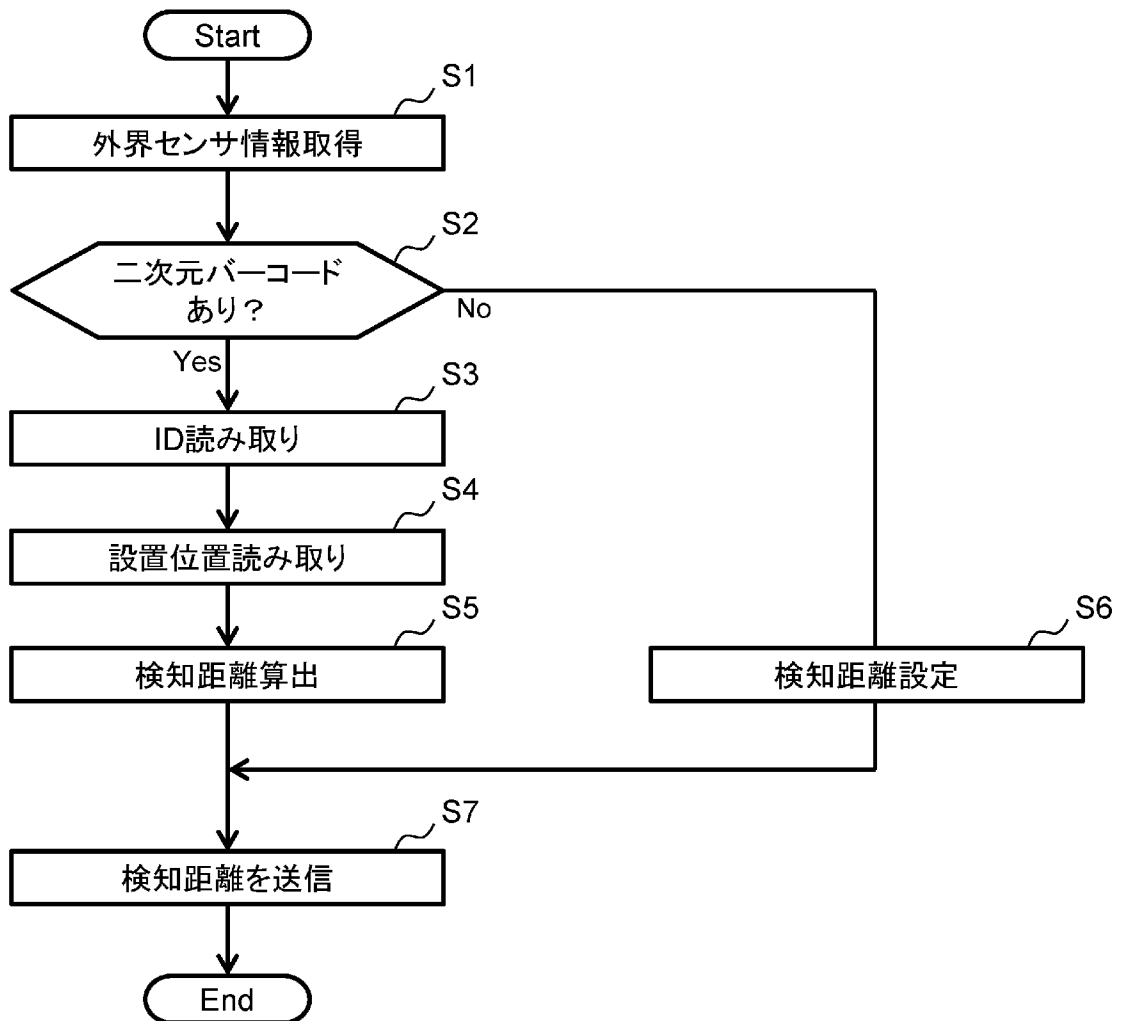


図 3



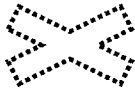
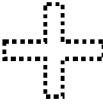
[図4]

図 4



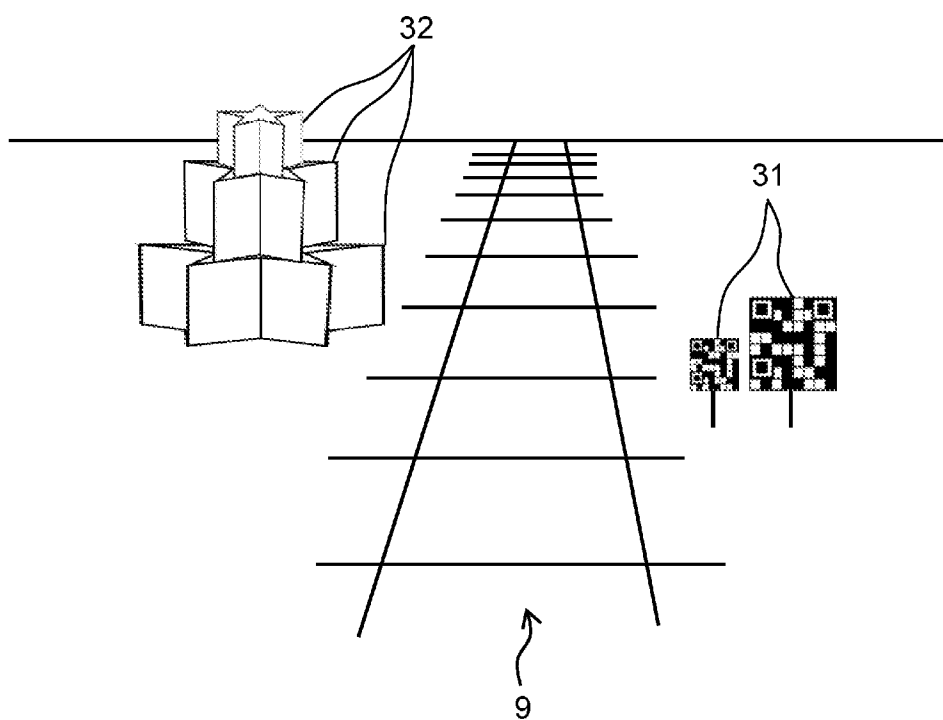
[図5]

図 5

区間	ID	点群データ	位置[m]
A駅 → B駅	101		10
	102		200
	103		500
	:	:	:
B駅 → C駅	107		1200
	108		1800
	:	:	:

[図6]

図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/035592

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B61L25/04 (2006.01)i, B60L3/00 (2019.01)i, B60L3/08 (2006.01)i, G01S7/40 (2006.01)i, G01S13/08 (2006.01)i, G01S13/93 (2020.01)i
FI: B60L3/00N, B61L25/04, B60L3/08C, G01S7/40, G01S13/93, G01S13/08
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B61L25/04, B60L3/00, B60L3/08, G01S7/40, G01S13/08, G01S13/93

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2019-78688 A (PIONEER CORPORATION) 23 May 2019 (2019-05-23), paragraphs [0017]-[0103], fig. 1-13	1, 5-6, 9 4, 7-8 2-3
Y	JP 2013-156912 A (OMRON CORPORATION) 15 August 2013 (2013-08-15), paragraph [0065]	4
Y	JP 6272347 B2 (HITACHI, LTD.) 31 January 2018 (2018-01-31), paragraphs [0054]-[0059], fig. 4, 5	7-8
X Y A	JP 2002-37070 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 06 February 2002 (2002-02-06), paragraphs [0016]-[0026], fig. 1-4	1, 9 7-8 2-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
13 October 2020

Date of mailing of the international search report
02 November 2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/035592

JP 2019-78688 A	23 May 2019	(Family: none)
JP 2013-156912 A	15 August 2013	WO 2013/115109 A1 paragraph [0065]
JP 6272347 B2	31 January 2018	US 2016/0282874 A1 paragraphs [0067]-[0072], fig. 4, 5 WO 2015/068249 A1
JP 2002-37070 A	06 February 2002	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B61L 25/04(2006.01)i; B60L 3/00(2019.01)i; B60L 3/08(2006.01)i; G01S 7/40(2006.01)i; G01S 13/08(2006.01)i; G01S 13/93(2020.01)i FI: B60L3/00 N; B61L25/04; B60L3/08 C; G01S7/40; G01S13/93; G01S13/08		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B61L25/04; B60L3/00; B60L3/08; G01S7/40; G01S13/08; G01S13/93		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2019-78688 A（パイオニア株式会社）23.05.2019（2019-05-23） 段落[0017]-[0103]，図1-13	1,5-6,9
Y		4,7-8
A		2-3
Y	JP 2013-156912 A（オムロン株式会社）15.08.2013（2013-08-15） 段落[0065]	4
Y	JP 6272347 B2（株式会社日立製作所）31.01.2018（2018-01-31） 段落[0054]-[0059]，図4-5	7-8
X	JP 2002-37070 A（三菱電機株式会社）06.02.2002（2002-02-06） 段落[0016]-[0026]，図1-4	1,9
Y		7-8
A		2-6
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 13.10.2020		国際調査報告の発送日 02.11.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 富永 達朗 3H 3866 電話番号 03-3581-1101 内線 3316

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/035592

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-78688	A	23.05.2019	(ファミリーなし)	
JP	2013-156912	A	15.08.2013	WO 2013/115109 A1	
				段落[0065]	
JP	6272347	B2	31.01.2018	US 2016/0282874 A1	
				段落[0067]-[0072], 図4-5	
				WO 2015/068249 A1	
JP	2002-37070	A	06.02.2002	(ファミリーなし)	