

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年4月2日(02.04.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/067445 A1

(51) 国際特許分類:

G05B 13/04 (2006.01) **G05D 1/02** (2006.01)
G05B 17/02 (2006.01)

Kyoto (JP). 恵木 守(**EGI, Mamoru**); 〒6008530
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂
町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/038202

(22) 国際出願日: 2019年9月27日(27.09.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2018-182621 2018年9月27日(27.09.2018) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).

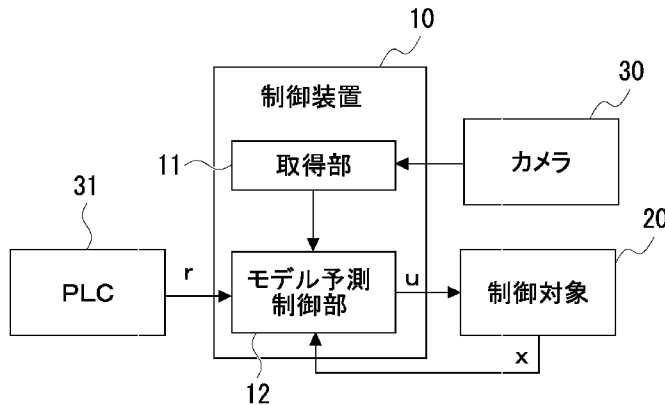
(72) 発明者: 浦邊 研太郎 (**URABE, Kentaro**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

(74) 代理人: 特許業務法人秀和特許事務所 (**IP FIRM SHUWA**); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目4番10号 アクロポリス21ビル8階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 制御装置



10 Control device
11 Acquisition unit
12 Model prediction control unit
20 Control object
30 Camera

(57) **Abstract:** A model prediction control unit (12) of this control device (10) includes an obstacle avoidance control means that operates when there are a plurality of actual obstacles to be avoided. The obstacle avoidance control means determines the position of a virtual obstacle from the positions of the plurality of actual obstacles acquired by an acquisition unit (11) so as to be positioned between the plurality of actual obstacles, and performs model prediction control using as the stage cost the addition result of a standard cost and a virtual obstacle evaluation term for which a prescribed function, which uses as parameters at least the position of the virtual obstacle and the position of a moving body, is multiplied by a virtual obstacle weight. Using this configuration, when following the moving body with respect to a target trajectory using the model prediction control, it is possible to suitably avoid a collision with an obstacle.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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: 制御装置(10)のモデル予測制御部(12)は、回避すべき複数の実障害物が存在する場合に動作する障害物回避用制御手段であって、取得部(11)によって取得された当該複数の実障害物の位置から当該複数の実障害物の間に位置するように仮想障害物の位置を決定し、ステージコストとして、標準コストと、少なくとも、前記仮想障害物の位置と前記移動体の位置とをパラメータとした所定の関数に仮想障害物用重みを乗じた仮想障害物評価項との加算結果を使用して、モデル予測制御を行う障害物回避用制御手段を含む。この構成により、モデル予測制御により移動体を目標軌道に対して追従させる場合において、障害物との衝突を好適に回避することが可能となる。

明 細 書

発明の名称 : 制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、移動体を移動させる駆動装置を制御する制御装置に関する。

背景技術

[0002] 障害物と衝突することなく移動体を移動させるために、当該移動体の経路を決定するための評価関数に、障害物毎に、その障害物に移動体を接近させないための評価項（ペナルティ項；以下、障害物評価項と表記する）を含めることが行われている（例えば、特許文献 1、2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 1 － 1 8 6 8 7 8 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 4 － 1 3 0 4 9 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 障害物毎に障害物評価項を含めた評価関数を用いれば、障害物と衝突することなく移動体を移動させることが出来る。ただし、単に、障害物評価項を含めた評価関数を用いたのでは、移動体が停留状態になる、移動体の障害物回避経路が大回りになるといったように、障害物との衝突を好適に回避できない場合が生じ得る。

[0005] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、モデル予測制御により移動体を目標軌道に対して追従させる場合において、障害物との衝突を好適に回避することを可能とする制御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

[0006] 上記目的を達成するために、本発明の 1 観点に係る、移動体を移動させる駆動装置を制御する制御装置は、前記移動体の、目標軌道に沿った移動の障害となり得る各実障害物の位置を取得する取得部と、前記駆動装置への制御

入力から前記移動体の位置を予測するための予測モデルに基づき、所定時間幅の予測区間におけるステージコストの総和を含む評価関数の値が最小となる前記制御入力を算出して前記駆動装置に供給することにより前記移動体を前記目標軌道に沿った形で移動させるモデル予測制御部であって、前記取得部からの情報により回避すべき実障害物の有無を判定し、回避すべき実障害物が存在しない場合には、前記ステージコストとして標準コストを使用する前記モデル予測制御部と、を備える。そして、制御装置のモデル予測制御部は、回避すべき複数の実障害物が存在する場合に動作する障害物回避用制御手段であって、前記取得部によって取得された当該複数の実障害物の位置から当該複数の実障害物の間に位置するように仮想障害物の位置を決定し、前記ステージコストとして、前記標準コストと、少なくとも、前記仮想障害物の位置と前記移動体の位置とをパラメータとした所定の関数に仮想障害物用重みを乗じた仮想障害物評価項との加算結果を使用して、前記評価関数を最小化する前記制御入力を算出する障害物回避用制御手段を含む。

[0007] すなわち、制御装置は、単に障害物評価項を含めた評価関数を用いたのでは、移動体と障害物との衝突を好適に回避できない場合（目標軌道を挟むように2つの障害物が存在している場合等）に、仮想障害物が存在するとして仮定して制御入力が算出される構成を有する。従って、本制御装置によれば、単に障害物評価項を含めた評価関数を用いたのでは、移動体と障害物との衝突を好適に回避できない場合にも、移動体と障害物との衝突を好適に回避することが出来る。

[0008] 障害物回避用制御手段は、前記ステージコストとして、前記標準コストと、前記仮想障害物評価項と、回避すべき各実障害物についての、前記所定の関数に重みを乗じた実障害物評価項との加算結果を使用する手段であっても、前記ステージコストとして、前記標準コストと前記仮想障害物評価項との加算結果を使用する手段であっても良い。

[0009] 障害物回避用制御手段として後者の手段を採用する場合には、障害物回避用制御手段に、『動作開始時に、その時点における前記仮想障害物評価項の

算出結果が、回避すべき各実障害物についての、前記所定の関数に重みを乗じた実障害物評価項の、その時点における値の総和と一致することになるように、前記仮想障害物用重みの値を決定する』機能を付与しておくことが好ましい。

[0010] また、障害物回避用制御手段は、回避すべき2つ又は3つの実障害物が存在する場合には、前記仮想障害物の位置を、当該2つ又は3つの実障害物から等距離の、各実障害物との間の距離が最も短い位置に決定しても良い。

[0011] また、制御装置に、『前記モデル予測制御部は、前記移動体が減速状態となったか否かを判定する判定手段を、さらに含み、前記モデル予測制御部の前記障害物回避用制御手段は、回避すべき複数の実障害物が存在する状況下において、前記判定手段により前記移動体が減速状態となったと判定された場合に動作を開始する』構成を採用しておいても良い。なお、判定手段としては、例えば、前記移動体の位置又は前記評価関数の最小値の今回値と前回値の差の絶対値が所定の閾値未満となったときに、前記移動体が減速状態となったと判定する手段や、前記移動体の位置又は前記評価関数の最小値の今回値と前回値の差の絶対値が所定回数連続して所定の閾値未満となったときに、前記移動体が減速状態となったと判定する手段を採用することが出来る。

[0012] また、障害物回避用制御手段として、回避すべき2つの実障害物が存在する場合には、前記所定の関数として、前記仮想障害物評価項の前記2つの実障害物の並び方向における変化率が他の方向よりも小さくなる関数を使用する手段を採用しておいても良い。

[0013] モデル予測制御部は、取得部により位置が取得された実障害物の全てが、回避すべき障害物であるとするものであっても良い。また、モデル予測制御手段は、前記取得部により複数の実障害物の位置が取得された場合、当該複数の実障害物のそれぞれについて、前記移動体との衝突が生じ得る確率を表す評価値を算出し、各実障害物について算出した評価値に基づき、前記複数の実障害物のいずれが回避すべき実障害物であるかを決定しても良い。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、モデル予測制御により移動体を目標軌道に対して追従させる場合において、移動体と障害物との衝突を好適に回避することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の一実施形態に係る制御装置の使用形態の説明図である。

[図2]実施形態に係る制御装置の概略構成の説明図である。

[図3]実施形態に係る制御装置による制御結果例の説明図である。

[図4]実施形態に係る制御装置の機能の説明図である。

[図5]実施形態に係る制御装置による制御結果例の説明図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

[0017] 図1に、本発明の一実施形態に係る制御装置10の使用形態を示し、図2に、本実施形態に係る制御装置10の概略構成を示す。

[0018] 本実施形態に係る制御装置10（図1）は、それぞれ、特定の負荷装置22を駆動する複数（図では、1つ）のモータ21をモデル予測制御により制御するための、一般にサーボアンプ、サーボドライバ等と称されている装置である。なお、負荷装置22とは、産業用ロボットのアームや搬送装置等のことである。以下、制御装置10により制御される複数のモータ21と各モータ21により駆動される負荷装置22とからなる部分のことを制御対象20と表記する。

[0019] 図2に示してあるように、制御装置10は、取得部11及びモデル予測制御部12として機能するように構成されている。

[0020] 取得部11は、カメラ30による撮像結果を解析することで、制御対象20内の移動体（ロボットの手先部等；以下、単に移動体と表記する）の周囲に存在する各実障害物の位置（中心位置）及びサイズを取得するユニットである。なお、カメラ30は、移動体の進行方向の所定範囲内のみを撮像するものであっても良い。また、取得部11は、移動体の進行方向の所定範囲内

に存在する各実障害物（換言すれば、回避すべき実障害物）のみの位置及びサイズを取得するものであっても良い。

[0021] モデル予測制御部 12 は、取得部 11 により取得された各障害物の位置及びサイズと、制御対象 20 からの情報（移動体の位置等）とに基づき、移動体が、各障害物を回避しながら、P L C (Programmable Logic Controller) 31 から指示される目標軌道に沿って移動するように、モデル予測制御により制御対象 20 を制御するユニットである。

[0022] このモデル予測制御部 12 が行う制御は、『制御対象 20 の予測モデルを用いて、制御対象の状態 x に基づき、以下の評価関数 J の値が最小となる入力 u を算出して制御対象 20 に供給する』というものである。

[0023] [数1]

$$J = \varphi(x(t+T)) + \int_0^{t+T} L(x(\tau), u(\tau)) d\tau \quad \dots \text{ (式 1) }$$

なお、式 1 の右辺の第 1 項は、終端コストであり、式 1 における L は、ステージコストである。また、 T は、モデル予測制御における予測区間の長さとして予め設定されている時間幅である。

[0024] すなわち、モデル予測制御部 12 が行う制御は、基本的には、一般に行われているモデル予測制御と同様のものとなっている。

[0025] ただし、モデル予測制御部 12 は、状況に応じて、 J 値の算出に用いるステージコスト L を切り替えるように構成されている。

[0026] 以上のことを前提に、以下、モデル予測制御部 12 の機能を詳細に説明する。なお、制御装置 10 は、移動体を、3 次元空間内を移動させることも可能な装置である。ただし、以下では、説明の便宜上、移動体が、平面上を移動するものとする。

[0027] モデル予測制御部 12 は、取得部 11 により取得された各実障害物の位置及びサイズに基づき、回避すべき実障害物の有無を周期的に判定する。より詳細には、モデル予測制御部 12 は、取得部 11 により実障害物の位置及び

サイズが取得されなかった場合（実障害物が存在していない場合）には、回避すべき実障害物が存在していないと判定する。また、モデル予測制御部 12 は、取得部 11 により 1 つ以上の実障害物の位置及びサイズが取得された場合には、取得部 11 により位置及びサイズが取得された実障害物の中から、各実障害物の位置及びサイズに基づき、以下の式 2 で定義される実障害物評価項 L_k の値が規定値以上であるという条件を満たす実障害物を特定する。そして、モデル予測制御部 12 は、特定した各実障害物が回避すべき実障害物であると判定する。

[0028] [数2]

$$L_k = g_k \exp \left(-\sqrt{(x_1 - x_{ok})^2 + (y_1 - y_{ok})^2} \right) \quad \dots \text{ (式 2) }$$

上記式 2 において、添え字 k は、上記条件を満たす各実障害物に割り当てられる、1 から始まる番号である。 x_1 , y_1 は、移動体の位置（ x 、 y 座標）であり、 x_{ok} , y_{ok} は、実障害物 k の位置（ x 、 y 座標）である。また、 g_k は、実障害物 k のサイズに応じて定められる値である。

[0029] なお、モデル予測制御部 12 は、上記条件を満たす実障害物が 4 つ以上存在していた場合には、実障害物評価項の値の降順に 3 つの実障害物を選択し、選択した各実障害物が、回避すべき実障害物であると判定するように構成されている。従って、 k の最大値は、3 である。

[0030] また、モデル予測制御部 12 は、移動体が減速状態となったか否かを周期的に判定するようにも構成されている。この判定処理は、移動体の位置の今回値と前回値の差の絶対値が、所定の位置閾値未満となったときに、移動体が減速状態となったと判定するものであっても、算出された J 値の最小値の今回値と前回値の差の絶対値が、所定の J 値閾値未満となったときに、移動体が減速状態となったと判定するものであっても良い。また、誤検出を防ぐために、上記判定処理を、絶対値が移動体の位置又は J 値の最小値の今回値と前回値の差の絶対値が所定回数連続して閾値未満となったときに、移動体が減速状態となったと判定する処理としておいても良い。

[0031] 上記のように、モデル予測制御部 12 は、移動体が減速状態となったか否かと回避すべき実障害物の有無とを周期的に判定するが、モデル予測制御部 12 は、双方の判定結果に基づき、以下の第 1 ～第 3 条件のいずれが満たされているかを判定する処理も行う。

- ・第 1 条件：回避すべき実障害物が存在していない。
- ・第 2 条件：回避すべき 1 つ以上の実障害物が存在しており、且つ、第 3 条件が満たされていない。
- ・第 3 条件：回避すべき複数の実障害物が存在している状況下、移動体が減速状態となった。

[0032] そして、モデル予測制御部 12 は、第 1 条件が満たされている場合（回避すべき実障害物が存在していない場合）には、ステージコスト L として、以下の基準コスト L_0 を使用するモデル予測制御である第 1 モデル予測制御を行う。

[0033] [数3]

$$L_0 = \frac{1}{2} ((x_{ref} - x)^T Q (x_{ref} - x) + u^T Q u)$$

[0034] なお、 x_{ref} は、予測区間内の或る時刻における目標状態量であり、 x は、同時刻における状態量、 u は、同時刻における制御入力である。また、 Q 及び R は、それぞれステージコストにおける状態量の重みを表す係数（重み係数）、制御入力の重みを表す係数（重み係数）である。

[0035] また、モデル予測制御部 12 は、第 2 条件が満たされている場合には、ステージコスト L として、以下の値、すなわち、基準コスト L_0 と各実障害物の実障害物評価項 L_k との和を使用するモデル予測制御である第 2 モデル予測制御を行う。

[0036] [数4]

$$L = L_0 + \sum_{k=1}^{kmax} L_k$$

[0037] なお、上記式における k_{max} は、回避すべき実障害物の総数（本実施形態では、 ≤ 3 ）である。

[0038] また、モデル予測制御部 12 は、第 3 条件が満たされた場合には、まず、回避すべき 2 つ又は 3 つの実障害物から等距離の、各実障害物との間の距離が最も短い位置に決定する。次いで、モデル予測制御部 12 は、以下の仮想障害物評価項の値が、各実障害物の仮想障害物評価項の値の総和となる重み g_p を算出する。

[0039] [数5]

$$L_p = g_p \exp \left(-\sqrt{(x_1 - x_{pk})^2 + (y_1 - y_{pk})^2} \right)$$

なお、 x_{pk} 、 y_{pk} は、決定した仮想障害物の位置（ x 、 y 座標）である。

[0040] 具体的には、例えば、回避すべき実障害物が 2 つ存在する場合、モデル予測制御部 12 は、その時点における（移動体が現在位置にある場合における）実障害物評価項 L_1 、 L_2 の値 V_1 、 V_2 を用いて、以下の式により g_p を算出する。

[0041] [数6]

$$g_p = (V_1 + V_2) \exp \left(\sqrt{(x_1 - x_{pk})^2 + (y_1 - y_{pk})^2} \right)$$

[0042] そして、モデル予測制御部 12 は、ステージコスト L として、基準コスト L_0 と仮想障害物評価項 L_p との和を使用するモデル予測制御である第 3 モデル予測制御を開始する。

[0043] 以上、説明したように、制御装置 10 には、回避すべき複数の実障害物が存在している状況下、移動体が減速状態となった場合に、各実障害物の障害物評価項を仮想障害物評価項に置換した評価関数を用いるモデル予測制御（第 3 モデル予測制御）を行う機能が付与されている。当該場合は、単に、障害物評価項を含めた評価関数を用いたのでは、移動体が停留状態になる、移

動体の障害物回避経路が大回りになるといったような問題が生じ易い場合である。そして、第3モデル予測制御によれば、図3に実線で示してあるように、移動体を、上記のような不具合が生じない形で移動させることが出来る。なお、図3において、obs1、obs2は、回避すべき実障害物であり、pobsは、仮想障害物である。また、×は、目標軌道を規定する目標位置群（PCS32からの指令）である。

[0044] また、制御装置10は、障害物評価項の値の大きな実障害物のみを、回避すべき実障害物として取り扱うように構成されている。従って、例えば、図4に示したように、4つの実障害物obs1～obs4が存在していても、障害物評価項の値の小さな実障害物obs3及びobs4は、回避すべき実障害物として取り扱われない。そのため、図5にしたように、多数の実障害物（図では、obs1～obs4）が存在していても、実障害物の回避経路が過度に大回りになることを防止できることにもなる。

[0045] 《変形形態》

上記した実施形態に係る制御装置10は、各種の変形が可能なものである。例えば、第3モデル予測制御時に、以下のステージコストLが使用されるようにしておいても良い。

[0046] [数7]

$$L = L_0 + \sum_{k=1}^{kmax} L_k + L_P \quad \dots \text{ (式 3)}$$

[0047] なお、上記ステージコストLが使用されるようにする場合、 g_p 値は、上記値よりも小さな値（例えば、予め設定されている値）とすることが出来る。

[0048] また、第3モデル予測制御時に、上記式3における各 g_k 値を“0”とした演算が行われるようにしておいても良い。

[0049] また、実障害物評価項や仮想障害物評価項は、移動体との距離が短くなる（換言すれば、移動体との衝突確率が高くなる）につれ、値が大きくなる関数であれば良い。従って、各評価項として、上記したものとは異なる関数を

使用しても良い。また、回避軌道が過度に大回りになるのを防ぐため（目標軌道から離れる期間を短くするため）に、回避すべき2つの実障害物が存在する場合には、仮想障害物評価項として、それら2つの実障害物の並び方向における変化率が他の方向よりも小さくなる関数を使用されるようにしておいても良い。

[0050] 制御装置10を、回避対象とする実障害物の選択時と実際のモデル予測制御時とに、異なる実障害物評価項を使用する装置に変形することも出来る。また、カメラ30がLIDAR（Light Detection and Ranging）等であっても良いことや、制御装置10を、車輛の移動方向を制御する装置に変形しても良いことなどは、当然のことである。

[0051] 《付記》

移動体を移動させる駆動装置（21）を制御する制御装置（10）であって、

前記移動体の、目標軌道に沿った移動の障害となり得る各実障害物の位置を取得する取得部（11）と、

前記駆動装置への制御入力から前記移動体の位置を予測するための予測モデルに基づき、所定時間幅の予測区間におけるステージコストの総和を含む評価関数の値が最小となる前記制御入力を算出して前記駆動装置に供給することにより前記移動体を前記目標軌道に沿った形で移動させるモデル予測制御部（12）であって、前記取得部からの情報により回避すべき実障害物の有無を判定し、回避すべき実障害物が存在しない場合には、前記ステージコストとして標準コストを使用する前記モデル予測制御部（12）と、

を備え、

前記モデル予測制御部（12）は、

回避すべき複数の実障害物が存在する場合に動作する障害物回避用制御手段であって、前記取得部によって取得された当該複数の実障害物の位置から当該複数の実障害物の間に位置するように仮想障害物の位置を決定し、前記ステージコストとして、前記標準コストと、少なくとも、前記仮想障害物の

位置と前記移動体の位置とをパラメータとした所定の関数に仮想障害物用重みを乗じた仮想障害物評価項との加算結果を使用して、前記評価関数を最小化する前記制御入力を算出する障害物回避用制御手段を含む、

ことを特徴とする制御装置（１０）。

符号の説明

- [0052] １０・・・制御装置
 １１・・・取得部
 １２・・・モデル予測制御部
 ２０・・・制御対象
 ２１・・・モータ
 ２２・・・負荷装置
 ３０・・・カメラ
 ３１・・・ＰＬＣ

請求の範囲

[請求項1]

移動体を移動させる駆動装置を制御する制御装置であって、
前記移動体の、目標軌道に沿った移動の障害となり得る各実障害物の位置を取得する取得部と、
前記駆動装置への制御入力から前記移動体の位置を予測するための予測モデルに基づき、所定時間幅の予測区間におけるステージコストの総和を含む評価関数の値が最小となる前記制御入力を算出して前記駆動装置に供給することにより前記移動体を前記目標軌道に沿った形で移動させるモデル予測制御部であって、前記取得部からの情報により回避すべき実障害物の有無を判定し、回避すべき実障害物が存在しない場合には、前記ステージコストとして標準コストを使用する前記モデル予測制御部と、
を備え、
前記モデル予測制御部は、
回避すべき複数の実障害物が存在する場合に動作する障害物回避用制御手段であって、前記取得部によって取得された当該複数の実障害物の位置から当該複数の実障害物の間に位置するように仮想障害物の位置を決定し、前記ステージコストとして、前記標準コストと、少なくとも、前記仮想障害物の位置と前記移動体の位置とをパラメータとした所定の関数に仮想障害物用重みを乗じた仮想障害物評価項との加算結果を使用して、前記評価関数を最小化する前記制御入力を算出する障害物回避用制御手段を含む、
ことを特徴とする制御装置。

[請求項2]

前記障害物回避用制御手段は、前記ステージコストとして、前記標準コストと、前記仮想障害物評価項と、回避すべき各実障害物についての、前記所定の関数に重みを乗じた実障害物評価項との加算結果を使用する、
ことを特徴とする請求項1に記載の制御装置。

- [請求項3] 前記障害物回避用制御手段は、前記ステージコストとして、前記標準コストと前記仮想障害物評価項との加算結果を使用する、
ことを特徴とする請求項1に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記障害物回避用制御手段は、動作開始時に、その時点における前記仮想障害物評価項の算出結果が、回避すべき各実障害物についての、前記所定の関数に重みを乗じた実障害物評価項の、その時点における値の総和と一致することになるように、前記仮想障害物用重みの値を決定する、
ことを特徴とする請求項3に記載の制御装置。
- [請求項5] 前記障害物回避用制御手段は、回避すべき2つ又は3つの実障害物が存在する場合には、前記仮想障害物の位置を、当該2つ又は3つの実障害物から等距離の、各実障害物との間の距離が最も短い位置に決定する、
ことを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項6] 前記モデル予測制御部は、前記移動体が減速状態となったか否かを判定する判定手段を、さらに含み、
前記モデル予測制御部の前記障害物回避用制御手段は、回避すべき複数の実障害物が存在する状況下において、前記判定手段により前記移動体が減速状態となったと判定された場合に動作を開始する、
ことを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載の制御装置。
- [請求項7] 前記判定手段は、前記移動体の位置又は前記評価関数の最小値の今回値と前回値の差の絶対値が所定の閾値未満となったときに、前記移動体が減速状態となったと判定する、
ことを特徴とする請求項6に記載の制御装置。
- [請求項8] 前記判定手段は、前記移動体の位置又は前記評価関数の最小値の今回値と前回値の差の絶対値が所定回数連続して所定の閾値未満となっ

たときに、前記移動体が減速状態となったと判定する、
ことを特徴とする請求項 7 に記載の制御装置。

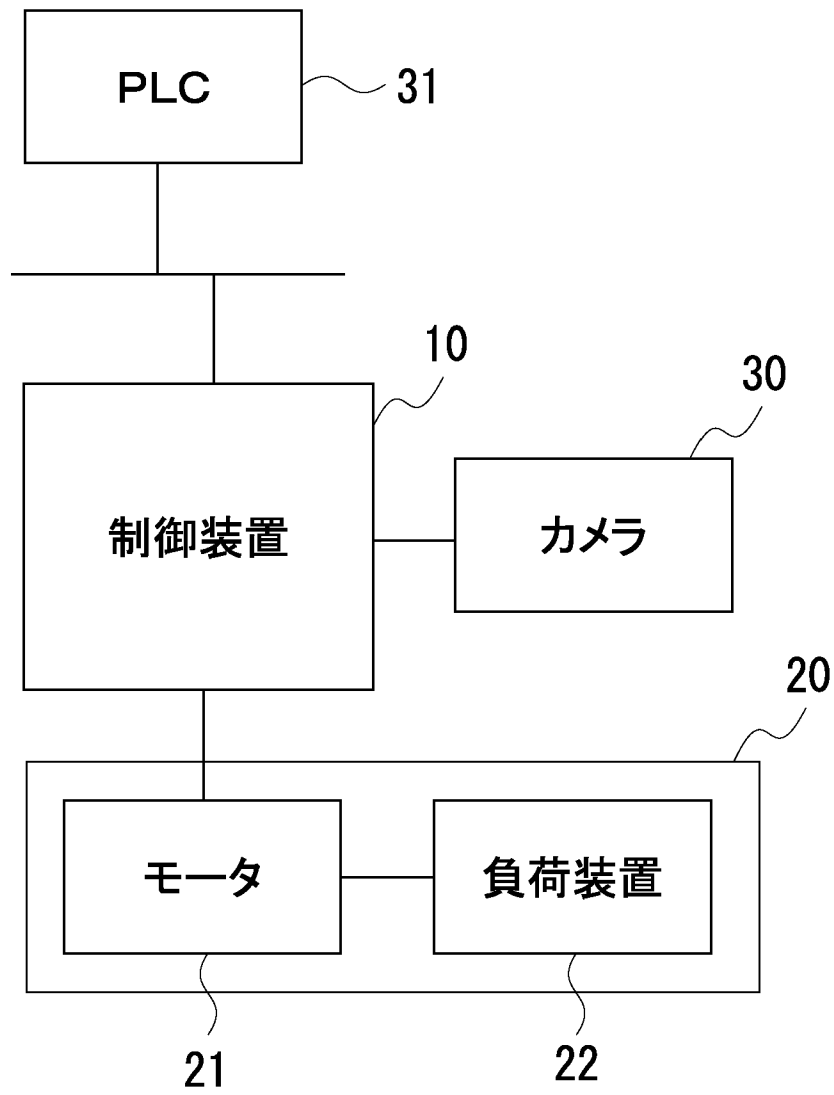
[請求項9] 前記障害物回避用制御手段は、回避すべき 2 つの実障害物が存在する場合には、前記所定の関数として、前記仮想障害物評価項の前記 2 つの実障害物の並び方向における変化率が他の方向よりも小さくなる関数を使用する、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の制御装置。

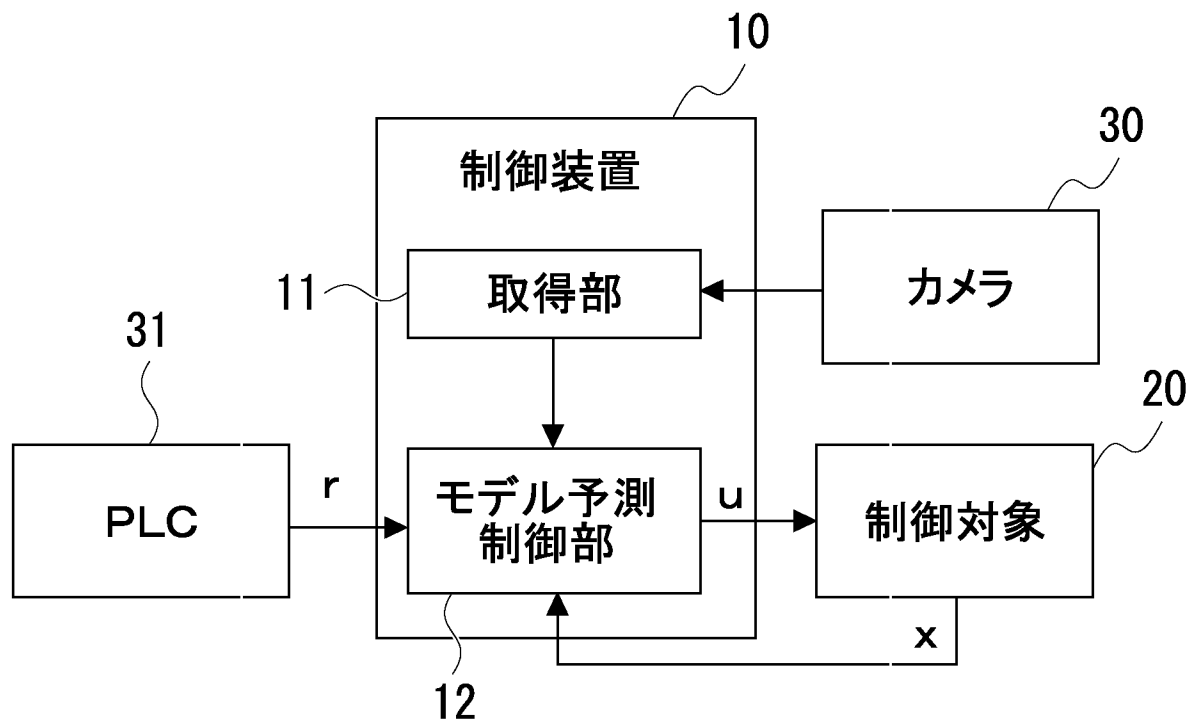
[請求項10] 前記モデル予測制御部は、前記取得部により複数の実障害物の位置が取得された場合、当該複数の実障害物のそれぞれについて、前記移動体との衝突が生じ得る確率を表す評価値を算出し、各実障害物について算出した評価値に基づき、前記複数の実障害物のいずれが回避すべき実障害物であるかを決定する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の制御装置。

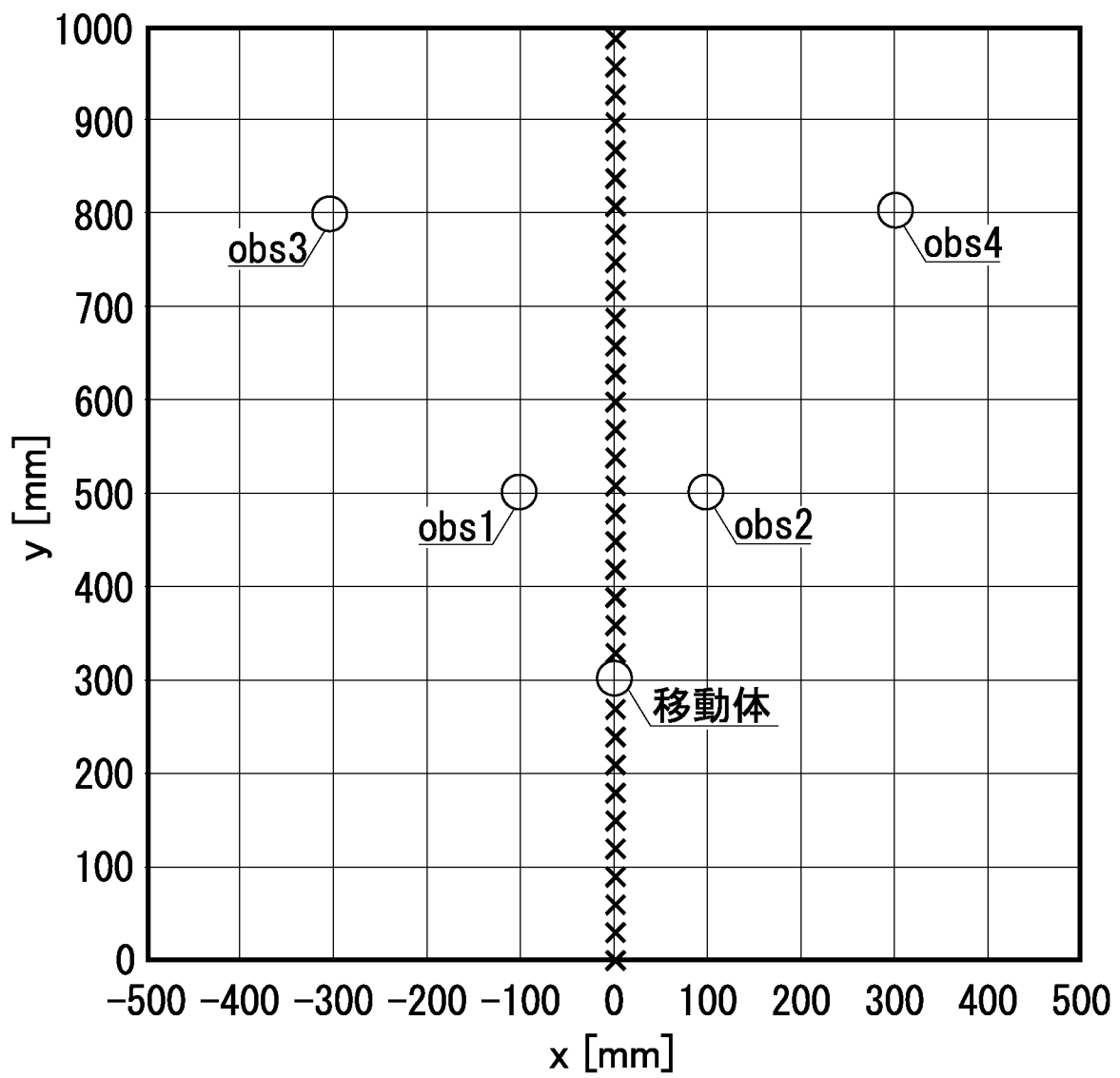
[図1]



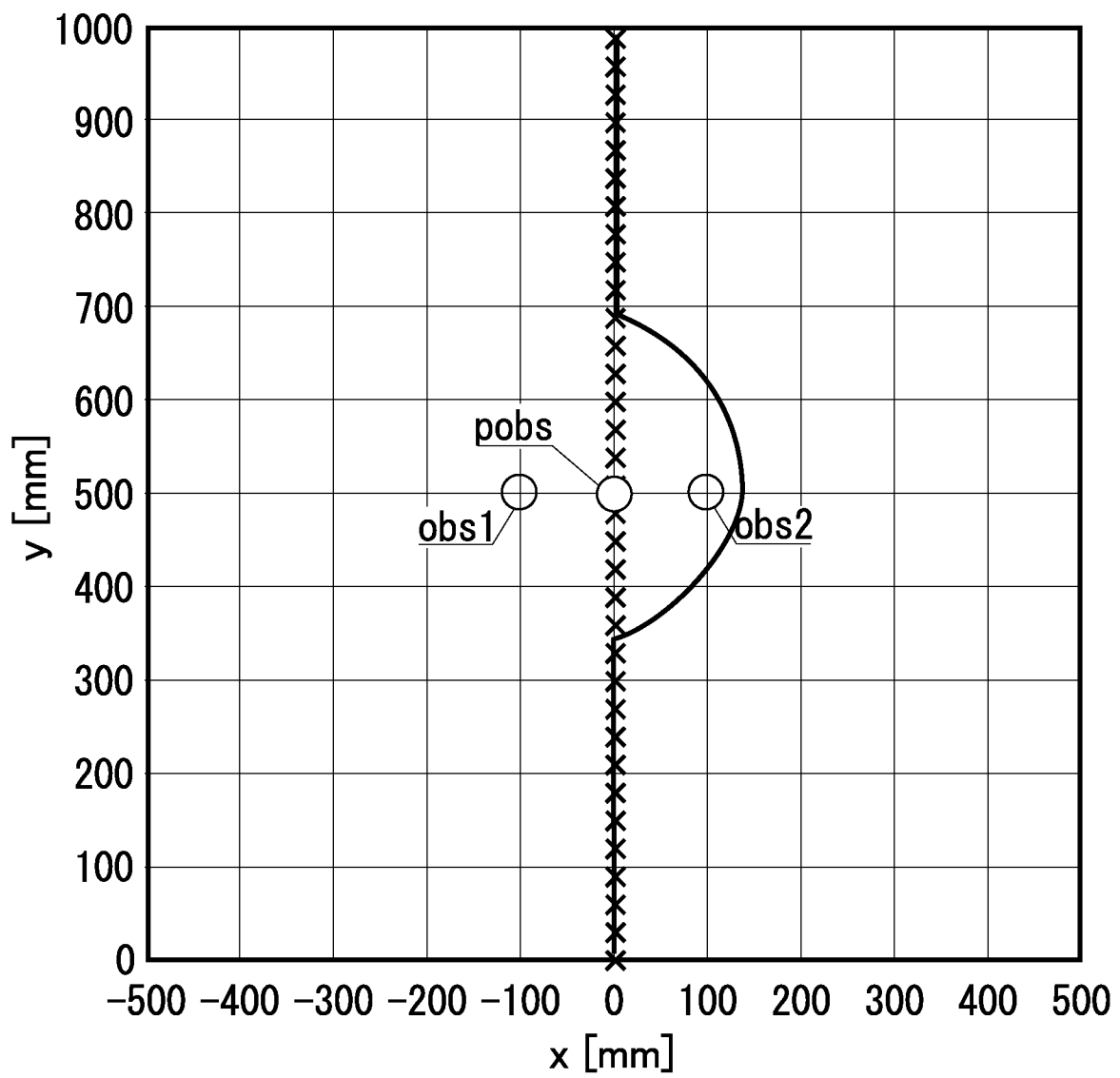
[図2]



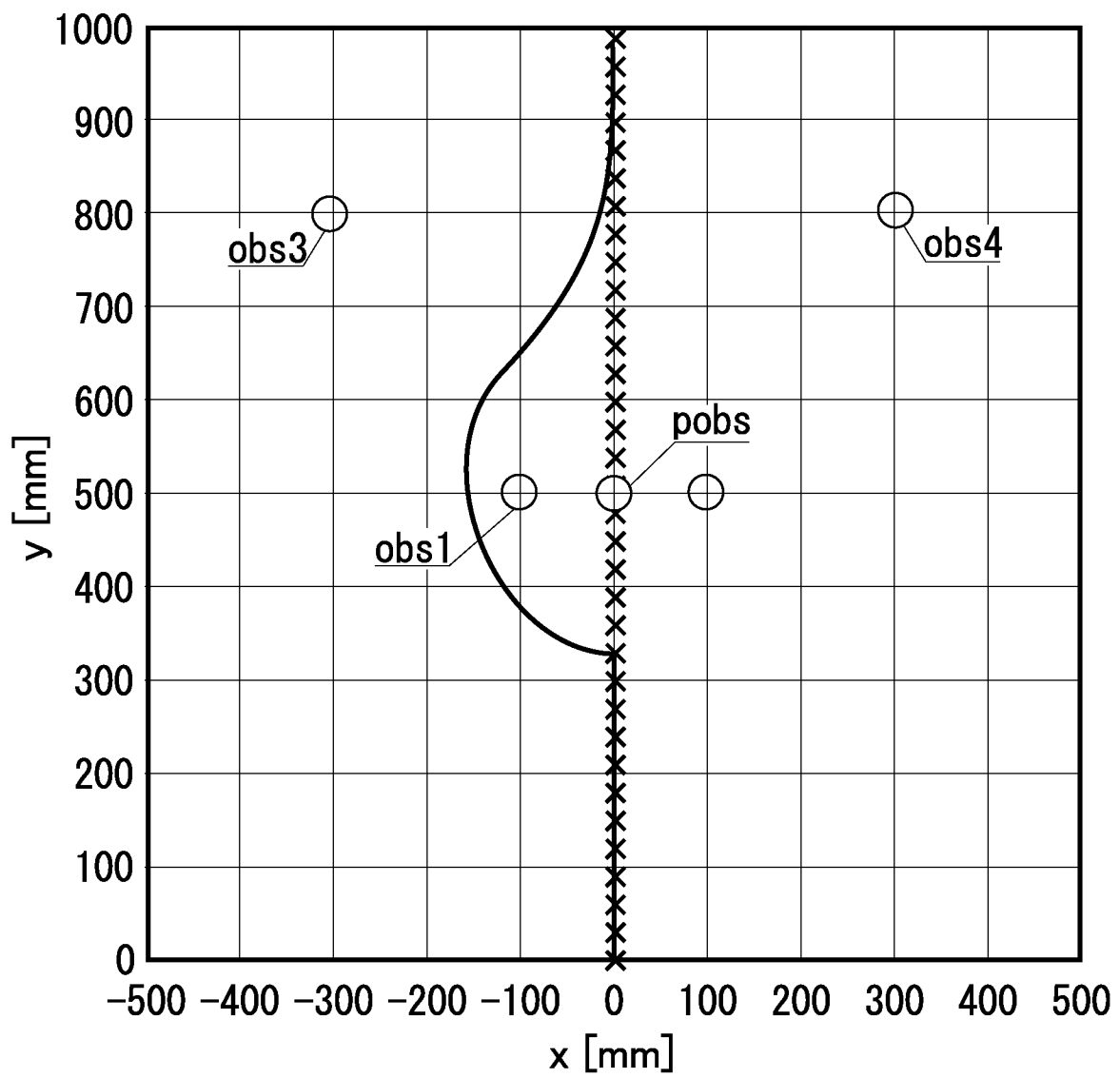
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/038202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G05B13/04 (2006.01) i, G05B17/02 (2006.01) i, G05D1/02 (2006.01) i

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. G05B13/04, G05B17/02, G05D1/02

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
A	JP 2011-186878 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 22 September 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2006-350776 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 28 December 2006, entire text, all drawings & US 2006/0293792 A1, entire text, all drawings & EP 1734433 A2	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 December 2019 (10.12.2019)

Date of mailing of the international search report
24 December 2019 (24.12.2019)

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

International application No.

PCT/JP2019/038202

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-130495 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 10 July 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05B13/04(2006.01)i, G05B17/02(2006.01)i, G05D1/02(2006.01)i

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））

Int.Cl. G05B13/04, G05B17/02, G05D1/02

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	JP 2011-186878 A（日産自動車株式会社） 2011.09.22, 全文、全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2006-350776 A（本田技研工業株式会社） 2006.12.28, 全文、全図 & US 2006/0293792 A1, 全文、全図 & EP 1734433 A2	1-10

☒ 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矛盾するものではなく、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

10.12.2019

国際調査報告の発送日

24.12.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中田 善邦

3U

3225

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 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
A	JP 2014-130495 A (三菱重工業株式会社) 2014.07.10, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10