

(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
2023年5月25日(25.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/089751 A1

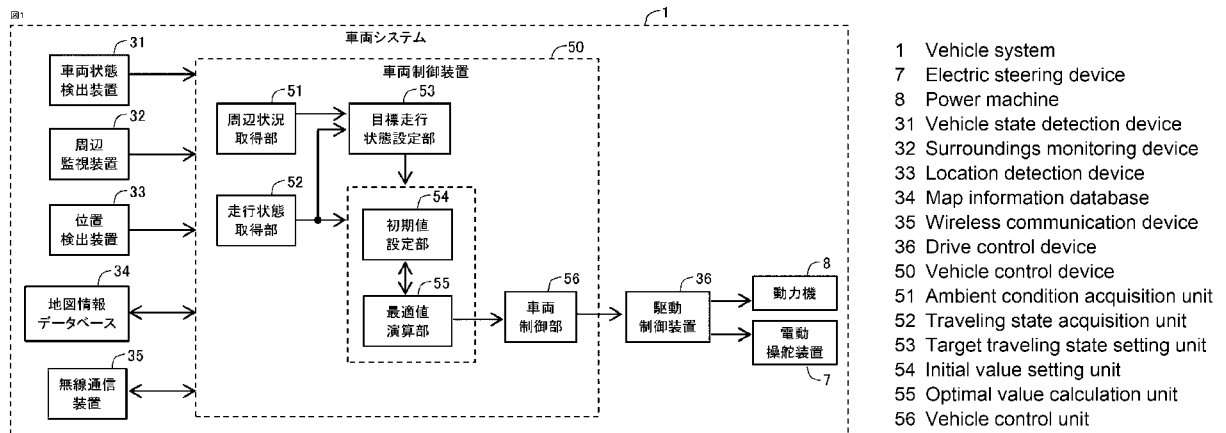
- (51) 国際特許分類:
G05B 13/02 (2006.01) B60W 30/18 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/042531
- (22) 国際出願日: 2021年11月19日(19.11.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:竹内 佑(TAKEUCHI Yu); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 山科 典由(YAMASHINA Noriyoshi); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 橋場 敏彦(HASHIBA Toshihiko); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 和田 沙織(WADA Saori); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 服部 潤也(HATTORI Junya); 〒1008310 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人:弁理士法人ばるも特許事務所(PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (JP).

(54) Title: OPTIMAL CALCULATION DEVICE

(54) 発明の名称: 最適演算装置



(57) Abstract: Provided is an optimal calculation device capable of, in initial calculations using initial values when solving an optimization problem, reducing calculations that use evaluation factors such as constraint conditions. An optimal calculation device that: in initial calculations using initial values for an optimization problem, sets the initial values of input variables of a specific type by switching between a plurality of setting methods so as to be able to exclude evaluation factors of a target type associated with the input variables of the specific type from the optimization problem; and in the initial calculations using the initial values, excludes the evaluation factors of the target type associated with the input variables of the specific type from the optimization problem and solves the resulting optimization problem.

(57) 要約: 最適化問題を解く際の初期値を用いた初期の演算において、制約条件等の評価要素を用いた演算を低減できる最適演算装置を提供する。初期値を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の評価要素を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の前記初期値を設定し、初期値を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の評価要素を除外して、最適化問題を解く演算を行う最適演算装置。

(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, IT, JO, JP, 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, 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))

明 細 書

発明の名称 : 最適演算装置

技術分野

[0001] 本願は、最適演算装置に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献 1 の技術では、自車両の状態の変化、及び周辺の状態の変化に応じて、最適制御問題を解く際の初期値、及び予測期間を設定している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 2 0 － 8 8 8 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、特許文献 1 の技術では、変化が大きい場合に、乱数を用いて初期値を設定しているので、最適化問題を解く際の初期値を用いた初期の演算において、状態変数が、評価要素である制約条件に制約される場合がある。初期の演算において、制約条件により制約されると、演算負荷が増加する。

[0005] そこで、本願は、最適化問題を解く際の初期値を用いた初期の演算において、制約条件等の評価要素を用いた演算を低減できる最適演算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] 本願に係る最適演算装置は、

予測期間の各時点の入力変数の初期値を設定する初期値設定部と、

演算周期毎に、2 つ以上の評価要素を有する最適化問題を解くように、前記入力変数を入力とし、状態変数を演算する状態方程式を用い、前記入力変数を前記初期値から繰り返し演算により更新し、前記予測期間の各時点の前記状態変数及び前記入力変数の最適値を演算する最適値演算部と、を備え、

前記初期値設定部は、前記最適値演算部における前記初期値を用いた初期

の演算において、前記最適化問題から、特定種類の前記入力変数に関連する対象種類の前記評価要素を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、前記特定種類の入力変数の前記初期値を設定し、

前記最適値演算部は、前記初期値を用いた前記初期の演算において、前記最適化問題から、前記特定種類の入力変数に関連する前記対象種類の評価要素を除外して、演算を行うものである。

発明の効果

[0007] 本願に係る最適演算装置によれば、特定種類の入力変数に関連する対象種類の評価要素を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の初期値が設定されるので、初期値を用いた初期の演算において、最適化問題から、対象種類の評価要素を除外して、演算を行うことができ、演算処理負荷を低減できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1に係る最適演算装置が組み込まれた車両制御装置及び車両システムの概略ブロック図である。

[図2]実施の形態1に係る車両制御装置のハードウェア構成図である。

[図3]実施の形態1に係る車両制御装置の別例のハードウェア構成図である。

[図4]実施の形態1に係る自車両の座標系を説明する図である。

[図5]実施の形態1に係る加速度の制約条件と、加加速度の初期値の設定を説明する図である。

[図6]実施の形態1に係る加加速度の初期値の設定を説明するフローチャートである。

[図7]実施の形態2に係る加速度の制約条件と、加加速度の初期値の設定を説明する図である。

[図8]実施の形態2に係る加加速度の初期値の設定を説明するフローチャートである。

[図9]実施の形態3に係る加加速度の初期値の設定を説明するフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 1. 実施の形態 1

実施の形態 1 に係る最適演算装置について図面を参照して説明する。本実施の形態では、最適演算装置は、自車両に搭載されており、自車両の制御の最適演算を行う。最適演算装置は、車両制御装置 50 に組み込まれている。車両システム 1 及び車両制御装置 50 は、自車両に搭載されている。

[0010] 図 1 に示すように、車両システム 1 は、車両状態検出装置 31、周辺監視装置 32、位置検出装置 33、地図情報データベース 34、無線通信装置 35、車両制御装置 50、駆動制御装置 36、動力機 8、及び電動操舵装置 7 等を備えている。

[0011] 車両状態検出装置 31 は、自車両の走行状態を検出する検出装置である。自車両の走行状態として、自車両の車両速度 V 、加速度 α 、自車両のロール角速度、ピッチ角速度、及びヨー角速度 γ が検出される。例えば、車両状態検出装置 31 として、自車両に働くロール角速度、ピッチ角速度、及びヨー角速度を検出する 3 軸の角速度センサ、加速度センサ、及び車輪の回転速度を検出する速度センサが設けられる。なお、自車両の速度は、加速度を積分するなど、他の方法により検出されてもよい。

[0012] 周辺監視装置 32 は、車両の周辺を監視するカメラ、レーダ等の装置である。レーダには、ミリ波レーダ、レーザーレーダ、超音波レーダ等が用いられる。無線通信装置 35 は、4 G、5 G 等のセルラー方式の無線通信の規格を用いて、基地局と無線通信を行う。

[0013] 位置検出装置 33 は、自車両の現在位置（緯度、経度、高度）を検出する装置であり、GNSS (Global Navigation Satellite System) 等の人工衛星から出力される信号を受信する GPS アンテナ等が用いられる。なお、自車両の現在位置の検出には、自車両の走行車線番号を用いた方法、マップマッチング法、デッドレコニング法、自車両の周辺の検出情報を用いた方法等の各種の方法が用いられてもよい。

[0014] 地図情報データベース 34 には、道路形状（例えば、道路位置、車線数、

各車線の形状、道路種別、制限速度等）、標識、信号等の道路情報が記憶されている。地図情報データベース３４は、記憶装置を主体として構成されている。なお、地図情報データベース３４は、ネットワーク網に接続された車外のサーバに設けられてもよく、車両制御装置５０は、必要な道路情報を、無線通信装置３５を介して車外のサーバから取得してもよい。

[0015] 駆動制御装置３６として、動力制御装置、ブレーキ制御装置、自動操舵制御装置、及びライト制御装置等が備えられている。動力制御装置は、内燃機関、モータ等の動力機８の出力を制御する。ブレーキ制御装置は、電動ブレーキ装置のブレーキ動作を制御する。自動操舵制御装置は、電動操舵装置７を制御する。ライト制御装置は、方向指示器、ハザードランプ等を制御する。

[0016] １－１．車両制御装置５０

車両制御装置５０は、周辺状況取得部５１、走行状態取得部５２、目標走行状態設定部５３、初期値設定部５４、最適値演算部５５、及び車両制御部５６等の機能部を備えている。車両制御装置５０の各機能は、車両制御装置５０が備えた処理回路により実現される。具体的には、図２に示すように、車両制御装置５０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等の演算処理装置９０、記憶装置９１、演算処理装置９０に外部の信号を入出力する入出力装置９２等を備えている。

[0017] 演算処理装置９０として、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＩＣ（Integrated Circuit）、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、ＡＩ（Artificial Intelligence）チップ、各種の論理回路、及び各種の信号処理回路等が備えられてもよい。また、演算処理装置９０として、同じ種類のもの又は異なる種類のものが複数備えられ、各処理が分担して実行されてもよい。記憶装置９１として、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、フラッシュメモリ、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable Programmable Read Only Memory）、ハードディスク、

DVD装置等の各種の記憶装置が用いられる。

[0018] 入出力装置92には、通信装置、A/D変換器、入出力ポート、駆動回路等が備えられる。入出力装置92は、車両状態検出装置31、周辺監視装置32、位置検出装置33、地図情報データベース34、無線通信装置35、及び駆動制御装置36等に接続され、これらの装置と通信を行う。

[0019] そして、車両制御装置50が備える各機能部51から56等の各機能は、演算処理装置90が、記憶装置91に記憶されたソフトウェア（プログラム）を実行し、記憶装置91及び入出力装置92等の車両制御装置50の他のハードウェアと協働することにより実現される。なお、各機能部51から56等が用いる判定値等の設定データは、ソフトウェア（プログラム）の一部として、EEPROM等の記憶装置91に記憶されている。

[0020] 或いは、車両制御装置50は、処理回路として、図3に示すように、専用のハードウェア93、例えば、単回路、複合回路、プログラム化されたプロセッサ、並列プログラム化されたプロセッサ、ASIC、FPGA、GPU、AIチップ、又はこれらを組み合わせた回路等が備えられてもよい。以下、車両制御装置50の各機能について詳細に説明する。

[0021] 1-1-1. 周辺状況取得部51

周辺状況取得部51は、自車両の周辺状況を取得する。例えば、周辺状況取得部51は、自車両の周囲に存在する他車両等を検知する。周辺状況取得部51は、周辺監視装置32から取得した検知情報、及び位置検出装置33から取得した自車両の位置情報に基づいて、他車両の位置、移動方向、移動速度などを検知する。また、周辺状況取得部51は、他車両以外にも、道路区画線等の車線形状、障害物、歩行者、標識なども検知する。

[0022] 1-1-2. 走行状態取得部52

走行状態取得部52は、自車両の走行状態を取得する。走行状態取得部52は、車両状態検出装置31から、自車両の走行状態として、自車両の車両速度 V 、加速度 α 、自車両のロール角速度、ピッチ角速度、及びヨー角速度 γ を取得する。また、走行状態取得部52は、位置検出装置33から取得し

た自車両の位置情報に基づいて、自車両の位置、移動方向などを取得する。
また、走行状態取得部 5 2 は、周辺状況取得部 5 1 から取得した車線の形状に基づいて、車線に対する自車両の走行位置の情報を取得する。また、走行状態取得部 5 2 は、車両制御部 5 6 から操舵角 δ 、内燃機関等の動力機の出力、及びブレーキの動作状態などの運転操作状態を取得する。

[0023] 1-1-3. 目標走行状態設定部 5 3

目標走行状態設定部 5 3 は、自車両の目標走行状態を設定する。目標走行状態設定部 5 3 は、周辺状況取得部 5 1 により検知された自車両の周辺の他車両、道路形状、障害物、及び歩行者等の状態に合わせた、目標走行状態を生成する。本実施の形態では、目標走行状態は、目標走行軌道であり、将来の各時点における自車両の位置、自車両の進行方向、及び自車両の速度等の時系列の走行計画である。目標走行軌道の生成には、公知の各種の方法が用いられる。

[0024] 1-1-4. 車両制御部 5 6

車両制御部 5 6 は、後述する最適値演算部 5 5 により設定された車両制御量の目標値に基づいて、自車両を制御する。本実施の形態では、車両制御量の目標値は、各時点の操舵角 δ の目標値、各時点の加速度 α の目標値である。

[0025] 車両制御部 5 6 は、各時点の操舵角 δ の目標値、及び各時点の加速度 α に基づいて、動力制御装置への指令値、ブレーキ制御装置への指令値、自動操舵制御装置への指令値を算出し、各装置に伝達する。

[0026] 動力制御装置は、指令値に従って、内燃機関、モータ等の動力機の出力を制御する。ブレーキ制御装置は、指令値に従って、電動ブレーキ装置のブレーキ動作を制御する。自動操舵制御装置は、指令値に従って、電動操舵装置を制御する。

[0027] 1-1-5. 初期値設定部 5 4 及び最適値演算部 5 5

初期値設定部 5 4 は、予測期間の各時点 k の入力変数 $u(k)$ の初期値 $u_0(k)$ を設定する。最適値演算部 5 5 は、演算周期毎に、2 つ以上の評価

要素を有する最適化問題を解くように、入力変数 u を入力とし、状態変数 x を演算する状態方程式を用い、入力変数 u を初期値 u_0 から繰り返し演算により更新し、予測期間の各時点 k の入力変数の最適値 $u^*(0)$ を演算する。

[0028] <状態変数の状態方程式>

次式に示すように、状態変数 x の状態方程式は、各時点 k の状態変数の時間微分 $dx/dt(k)$ が、各時点 k の状態変数 $x(k)$ 及び入力変数 $u(k)$ を入力とする関数 f で表される。状態変数が複数の場合は、 x はベクトルになり、入力変数が複数の場合は、 u はベクトルになる。ここで、 k は、予測期間の各時点を表し、 $k=0$ が、現在であり、 $k=N$ が予測期間の終点であり、ホライズンと呼ばれる。

[数1]

数 1

$$\dot{x}(k) = f(x(k), u(k)) \quad \cdots (1)$$

$$k = 0, 1, \dots, N-1, N$$

[0029] 次式に示すように、次の時点の状態変数 $x(k+1)$ は、現時点の状態変数 $x(k)$ に、現時点の状態変数の時間微分 $dx(k)/dt$ に予測期間の時点間の時間間隔 ΔT を乗算した値を加算して算出される。

[数2]

数 2

$$x(k+1) = x(k) + \dot{x}(k) \times \Delta T \quad \cdots (2)$$

[0030] $k=0$ の状態変数 $x(0)$ は、検出された現在の状態変数に設定される。予測期間の各時点 k ($k=0, \dots, N$) の入力変数 $u(k)$ は、初期値又は前回の繰り返し演算の更新値になる。時点 k を 0 から N まで1つずつ増加させながら、今回の時点 k の入力変数 $u(k)$ 及び状態変数 $x(k)$ に基づいて、式(1)及び式(2)を用い、次の時点 $k+1$ の状態変数 $x(k+1)$ が順番に演算される。

[0031] <最適化問題>

次式のような、一般的な最適化問題を考える。

[数3]

数 3

$$\begin{aligned} &\text{Minimize } J(x(k), u(k)) \quad \cdots (3) \\ &\text{subject to } g_i(x(k), u(k)) \leq 0 \\ &\quad k = 0, \dots, N \\ &\quad i = 1, \dots, O \end{aligned}$$

[0032] ここで、 J は、状態変数 $x(k)$ 及び入力変数 $u(k)$ を評価する評価関数であり、1つ目の評価要素である。本実施の形態では、評価関数 J は2次式とされている。 g は、状態変数 $x(k)$ 及び入力変数 $u(k)$ を制約する制約条件であり、設定された数 O の制約条件が存在し、2つ目以降の評価要素である。

[0033] 式(3)の一般的な最適化問題をそのまま解いてもよいが、本実施の形態では、次式に示すように、最適化問題は、2つ以上の評価要素の勾配をラグランジュ乗数 λ で線形結合した、最適値が満たすべき最適条件であるカルーシュ・クーン・タッカー条件(KKT条件: Karush-Kuhn-Tucker condition)を有する。

[数4]

数 4

$$\nabla J(x^*(k), u^*(k)) + \sum_{i=1}^M \lambda_i \nabla g_i(x^*(k), u^*(k)) = 0 \quad \cdots (4)$$

$$g_i(x^*(k), u^*(k)) \leq 0 \quad \cdots (5)$$

$$\lambda_i \nabla g_i(x^*(k), u^*(k)) = 0 \quad \cdots (6)$$

$$\lambda_i \geq 0 \quad \cdots (7)$$

$$k = 0, \dots, N$$

$$i = 1, \dots, O$$

[0034] ここで、 ∇ は、動作点で偏微分を行い、勾配を計算する演算子である。 x^* は、状態変数の最適値であり、 u^* は、入力変数の最適値である。 λ_i は、各制約条件 g_i の勾配を、評価関数 J の勾配に線形結合するラグランジュ乗数である。状態変数 x 及び入力変数 u が最適値であれば、式(4)から式(7)の全ての式を満たす、各ラグランジュ乗数 λ_i の値が存在する。KKT条件を満たす最適値を演算する有効制約法などの公知の手法が用いられる

。

[0035] <演算処理負荷の低減の課題>

有効制約法では、式（４）から式（６）が満たされる状態変数 x^* 及び入力変数 u^* を繰り返し生成し、式（７）が満たされた時点で生成を終了し、式（７）が満たされたときの状態変数 x^* 及び入力変数 u^* を最終的な最適値として算出する。

[0036] 具体的には、式（４）から式（６）が満たされる状態変数 x^* 及び入力変数 u^* を生成した後、ラグランジュ乗数 λ が負になる制約条件 g は、最適値を制約しておらず、無効な制約条件 g であると判定する。その無効な制約条件 g のラグランジュ乗数 $\lambda = 0$ に設定して、その制約条件 g をKKT条件から除外した上で、再び、式（４）から式（６）が満たされる状態変数 x^* 及び入力変数 u^* を生成する。この状態変数 x^* 及び入力変数 u^* の生成は、負になるラグランジュ乗数 λ がなくなるまで繰り返し実行される。制約条件 g の除外は、一つずつ行われる。

[0037] 初期に設定される有効な制約条件 g の数と、最終的に残った、有効な制約条件 g の数との差が小さいほど、最適値の演算回数を低減でき、演算処理負荷を低減できる。そのため、初期の有効な制約条件 g の数をできるだけ減らしたい。しかし、入力変数の初期値 $u_0(k)$ の設定を工夫しないと、初期に設定される有効な制約条件 g の数を減らすことができない。

[0038] <演算負荷を低減する初期値の設定>

そこで、初期値設定部54は、最適値演算部55における入力変数の初期値 u_0 を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の評価要素（本例では、制約条件）を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の初期値を設定する。

[0039] そして、最適値演算部55は、初期値を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の評価要素（本例では、制約条件）を除外して、演算を行う。

[0040] この構成によれば、特定種類の入力変数に関連する対象種類の制約条件を

除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の初期値が設定されるので、初期値を用いた初期の演算において、最適化問題から、対象種類の制約条件を除外して、演算を行うことができ、演算処理負荷を低減できる。

[0041] KKT条件及び有効制約法が用いられる場合は、初期値を用いた初期の演算において、対象種類の制約条件のラグランジュ乗数 $\lambda = 0$ に設定し、初期に設定される有効な制約条件の数を減らすことができ、演算処理負荷を低減できる。なお、式(3)の一般的な最適化問題を解く場合でも、初期値を用いた初期の演算において、対象種類の制約条件により制約されないようにできるので、演算負荷を低減できる。

[0042] <車両モデル>

本実施の形態では、状態方程式として、車両制御に係る入力変数 u を入力とし、自車両の挙動を表す状態変数 x を演算する車両モデルの状態方程式を用いる。車両モデルに、二輪モデルを用いる。車両モデルの状態方程式は、次式に示すように、自車両の挙動を表す各状態変数の微分方程式で表せられる。なお、車両モデルの状態方程式として、公知の各種の状態方程式が用いられてもよい。

[数5]

数 5

$$\dot{\mathbf{x}}(k) = \begin{bmatrix} \dot{Y}(k) \\ \dot{X}(k) \\ \dot{\theta}(k) \\ \dot{\beta}(k) \\ \dot{\gamma}(k) \\ \dot{\delta}(k) \\ \dot{V}(k) \\ \dot{\alpha}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V(k)\cos(\theta(k) + \beta(k)) \\ V(k)\sin(\theta(k) + \beta(k)) \\ \gamma(k) \\ -\gamma(k) + \frac{2(Y_f(k) + Y_r(k))}{M \cdot V(k)} \\ \frac{2}{I} (L_f Y_f(k) - L_r Y_r(k)) \\ \omega(k) \\ \alpha(k) \\ j(k) \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

$$Y_f(k) = -C_f \left(\beta(k) + \frac{L_f}{V(k)} \gamma(k) - \delta(k) \right)$$

$$Y_r(k) = -C_r \left(\beta(k) - \frac{L_r}{V(k)} \gamma(k) \right)$$

$$\mathbf{u}(k) = [j(k), \omega(k)]^T$$

[0043] ここで、左辺の各変数の上部のドット符号は、各状態変数の時間微分値であることを示す。状態変数 $\mathbf{x}$ として、 Y は、自車両の前後方向の位置を示し、 X は、自車両の横方向の位置を示し、 θ は、自車両の前後方向の傾きであり、 β は、自車両の重心の横滑り角であり、 γ は、自車両のヨー角速度であり、 δ は、自車両の車輪の操舵角であり、 V は、自車両の速度であり、 α は、自車両の加速度である。

[0044] 入力変数 $\mathbf{u}$ として、 j は、自車両の加加速度であり、 ω は、自車両の操舵角速度である。

[0045] I は、車両のヨー慣性モーメントであり、 M は、車両の質量であり、 L_f は、車両重心と前輪の車軸との間の距離であり、 L_r は、車両重心と後輪の車軸との間の距離である。 Y_f は、前輪のコーナリングフォースであり、 Y_r は、後輪のコーナリングフォースであり、 C_f は、前輪タイヤのコーナリングステイフネスであり、 C_r は、後輪タイヤのコーナリングステイフネスである。

[0046] 状態方程式は、現在の自車両の位置を基準にした自車両の座標系 X 、 Y において表せられている。図4に示すように、 X は、自車両の横方向であり、

Yは、自車両の前後方向である。なお、自車両の座標系に代えて、目標走行軌道を基準にした座標系が用いられもよい。

[0047] <評価関数>

本実施の形態では、車両挙動の望ましさを評価する評価関数Jとして2次の次式が用いられる。評価関数Jは、目標走行状態（目標走行軌道）と予測走行状態との差が小さくなるほど評価が高くなる（本例では、値が小さくなる）評価要素である。なお、評価関数Jには、式（9）から変形されたものが用いられてもよい。

[数6]

数 6

$$J = (\mathbf{y}(N) - \mathbf{y}_{\text{ref}}(N))^T \mathbf{P} (\mathbf{y}(N) - \mathbf{y}_{\text{ref}}(N)) + \sum_{k=1}^{N-1} \left((\mathbf{y}(k) - \mathbf{y}_{\text{ref}}(k))^T \mathbf{Q} (\mathbf{y}(k) - \mathbf{y}_{\text{ref}}(k)) + \mathbf{u}(k)^T \mathbf{R} \mathbf{u}(k) \right) \quad \cdots (9)$$

$$\mathbf{y}(k) = [Y(k), X(k), \theta(k), V(k)]^T$$

$$\mathbf{y}_{\text{ref}}(k) = [Y_{\text{ref}}(k), X_{\text{ref}}(k), \theta_{\text{ref}}(k), V_{\text{ref}}(k)]^T$$

[0048] ここで、k（k = 0、1、・・・、N - 1、N）は、予測期間の各時点を表す時点番号であり、k = 0が現在であり、k = Nが、最終の予測時点を表す。時点番号kは、時間間隔ΔT毎に0からNまで1つずつ増加される。よって、k × ΔTが、各時点kの現在からの経過時間である。y（k）は、各時点kにおける状態方程式の出力変数のベクトルである。y r e f（k）は、各時点kにおける出力変数の目標値のベクトルであり、各時点kの目標走行軌道の値が設定されている。Pは、最終の予測時点（k = N）における出力変数の目標値からの偏差に対する重みであり、Qは、最終の予測時点を除く将来の各時点（k = 1、・・・、N - 1）における出力変数の目標値からの偏差に対する重みである。この重みP、Qの項により、各時点における目標走行軌道からの車両の走行状態のズレが評価される。Rは、最終の予測時点を除く将来の各時点（k = 1、・・・、N - 1）における入力変数の目標値からの偏差に対する重みである。この重みRの項により、自車両の加加速度j及び操舵角速度ωが大きくなり過ぎないように評価される。よって、

各重み P、Q、R の設定により、操舵角度の変動及び車両加速度の変動と、目標走行軌道への追従性とがバランスされ、運転者にとって違和感の少ない車両制御が行われる。

[0049] 各時点 k の車両制御量の目標値は、最適化問題が解かれた後の各時点 k の状態変数の最適値 $x^*(k)$ に含まれる操舵角 $\delta^*(k)$ 及び加速度 $a^*(k)$ に設定される。

[0050] <制約条件>

本実施の形態では、第 1 及び第 2 の制約条件 g_1 、 g_2 として、次式に示すように、加速度 a を、正の上限值 a_H により上限制限すると共に、負の下限值 a_L により下限制限する。乗り心地をよくするためである。

[数7]

数 7

$$g_1: a(k) - a_H \leq 0 \quad \cdots (10)$$

$$g_2: -a(k) + a_L \leq 0$$

$$a_H > 0, a_L < 0$$

[0051] また、第 3 及び第 4 の制約条件 g_3 、 g_4 として、次式に示すように、横方向の位置 X を、正の上限值 X_H により上限制限すると共に、負の下限值 X_L により下限制限する。予定している走行範囲からの逸脱を防止するためである。目標走行軌道がカーブしている場合は、各時点の上限值 X_H 及び下限値 X_L が、各時点の目標走行軌道に応じて変化されてもよい。

[数8]

数 8

$$g_3: X(k) - X_H \leq 0 \quad \cdots (11)$$

$$g_4: -X(k) + X_L \leq 0$$

$$X_H > 0, X_L < 0$$

[0052] <加加速度の初期値の設定>

上述したように、初期値設定部 54 は、最適値演算部 55 における入力変数の初期値 u_0 を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の制約条件を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の初期値を設定する。

[0053] 本実施の形態では、第1の特定種類の入力変数は、加加速度 j に設定されており、第1の特定種類の入力変数に関連する第1の対象種類の評価要素は、式(10)に示した第1及び第2の制約条件 g_1 、 g_2 に設定されている。

[0054] そして、初期値設定部54は、加加速度の初期値 j_0 を用いた初期の演算において、最適化問題から、加加速度 j に関連する第1及び第2の制約条件 g_1 、 g_2 を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、加加速度の初期値 j_0 を設定する。

[0055] 具体的には、最適値演算部55における加加速度の初期値 $j_0(k)$ を用いた初期の演算では、式(8)及び式(2)から導出される次式を用い、設定された各時点の加加速度の初期値 $j_0(k)$ に基づいて、 $k=0$ から $k=N$ まで順番に、各時点の加速度 $\alpha(k)$ が演算される。初期値設定部54は、各時点の加速度 $\alpha(k)$ が、正の上限値 α_H により上限制限されないと共に、負の下限値 α_L により下限制限されないように、各時点の加加速度の初期値 $j_0(k)$ を設定する。ここで、 $\alpha(0)$ は現在の検出値に設定される。

[数9]

数9

$$\alpha(k+1) = \alpha(k) + j_0(k) \times \Delta T \quad \cdots (12)$$

[0056] このように加加速度の初期値 $j_0(k)$ を設定すれば、上述したように、最適値演算部55は、初期値 u_0 を用いた初期の演算において、第1及び第2の制約条件 g_1 、 g_2 のラグランジュ乗数 λ_1 、 λ_2 を0に設定して、初期に設定される有効な制約条件の数を減らすことができる。よって、最適値演算部55の演算処理負荷を低減できる。

[0057] <2つの正負による加加速度の初期値の設定>

式(10)に示したように、第1及び第2の制約条件 g_1 、 g_2 (対象種類の評価要素)は、加加速度 j (特定種類の入力変数)に応じて変化する状態変数である加速度 α (特定影響の状態変数)を、正の上限値 α_H により上

制限すると共に負の下限值 α_L により下制限するための評価要素である。

- [0058] 本実施の形態では、初期値設定部54は、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* の正負と、前回の演算周期において演算された加速度の最適値 α^* の正負とが一致するか否かを判定し、2つの正負が一致するか否かに応じて複数の設定方式を切り替えて、加加速度の初期値 j_0 を設定する。
- [0059] 図5にイメージを示すように、ある時点 k の加速度 $\alpha(k)$ が正である状態で、加加速度 $j(k)$ が正であると、次の時点 $k+1$ の加速度 $\alpha(k+1)$ が上限値 α_H に近づき、第1の制約条件 g_1 により制約される可能性が有る。同様に、ある時点 k の加速度 $\alpha(k)$ が負である状態で、加加速度 $j(k)$ が負であると、次の時点 $k+1$ の加速度 $\alpha(k+1)$ が下限値 α_L に近づき、第2の制約条件 g_2 により制約される可能性が有る。
- [0060] そのため、2つの正負が一致するか否かに応じて、設定方法を切り替えて、加加速度の初期値 j_0 を設定することにより、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超えないように、初期値を設定することができる。
- [0061] 本実施の形態では、初期値設定部54は、2つの正負が一致しない場合は、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* に設定する設定方式を用いる。
- [0062] この構成によれば、2つの正負が一致しない場合は、初期値に前回の演算周期の最適値を設定しても、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L に近づく可能性を低くできる。今回の演算周期の最適値は、前回の演算周期の最適値に近くなると予測されるため、初期値に前回の演算周期の最適値を設定することで、最適値の探索の演算処理負荷を低減できる。
- [0063] 一方、初期値設定部54は、2つの正負が一致する場合は、加加速度の初期値 j_0 を、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値に設定する設定方式を用いる。
- [0064] この構成によれば、2つの正負が一致する場合は、上限値 α_H 又は下限値

α L を超過しないような切替値に設定することにより、加速度 α が上限値 α H 又は下限値 α L を超過しないようにできる。

[0065] 本実施の形態では、初期値設定部 54 は、切替値として 0 を用いる。

[0066] この構成によれば、2つの正負が一致する場合に、加加速度の初期値 j_0 が 0 に設定されるため、加速度 α が増減せず、一定値に保たれる。よって、加速度 α が、上限値 α H 又は下限値 α L に近づくことを抑制し、加速度 α が上限値 α H 又は下限値 α L を超過しないようにできる。

[0067] なお、切替値として 0 以外の値が用いられてもよい。初期値設定部 54 は、上限値 α H 又は下限値 α L に応じた値に基づいて、切替値を設定してもよい。例えば、初期値設定部 54 は、近づく側の上限値 α H 又は下限値 α L と加速度 α との偏差（余裕）に応じて設定された係数を前回の演算周期の最適値に乗算した値を、切替値として設定してもよい。偏差（余裕）が小さくなるほど、係数が 1 よりも小さくされ、偏差（余裕）が 0 になると、係数が 0 に設定される。

[0068] 初期値設定部 54 は、各時点 k の加加速度の初期値 $j_0(k)$ について、上記の設定を行う。

[0069] 以上で説明した初期値設定部 54 の処理を、図 6 のフローチャートのように構成できる。ステップ S01 で、処理対象の時点 k_{tg} を 0 に設定する。そして、ステップ S02 で、初期値設定部 54 は、前回の演算周期において演算された処理対象の時点 k_{tg} の加速度の最適値 $\alpha^*(k_{tg})$ の正負と、前回の演算周期において演算された処理対象の時点 k_{tg} の加加速度の最適値 $j^*(k_{tg})$ の正負とが一致しているか否かを判定し、2つの正負が一致している場合は、ステップ S03 に進み、2つの正負が一致していない場合は、ステップ S04 に進む。

[0070] ステップ S03 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時点 k_{tg} の加加速度の初期値 $j_0(k_{tg})$ を、加速度 α が上限値 α H 又は下限値 α L を超過しないような切替値（本例では、0）に設定する。一方、ステップ S04 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時点 k_{tg} の加加速度の初期値 $j_0(k$

t_g) を、前回の演算周期において演算された処理対象の時点 $k t_g$ の加加速度の最適値 $j * (k t_g)$ に設定する。

[0071] そして、ステップ S 0 5 で、初期値設定部 5 4 は、処理対象の時点 $k t_g$ が最終時点 N であるか否かを判定し、最終時点 N でない場合は、ステップ S 0 6 に進み、処理対象の時点 $k t_g$ を 1 つ増加させた後、ステップ S 0 2 に戻り、最終時点 N である場合は、処理を終了する。

[0072] <操舵角速度の初期値の設定>

第 2 の特定種類の入力変数は、操舵角速度 ω に設定されており、第 2 の特定種類の入力変数に関連する第 2 の対象種類の評価要素は、式 (1 1) に示した第 3 及び第 4 の制約条件 g_3 、 g_4 に設定されている。

[0073] そして、初期値設定部 5 4 は、操舵角速度の初期値 ω_0 を用いた初期の演算において、最適化問題から、操舵角速度 ω に関連する第 3 及び第 4 の制約条件 g_3 、 g_4 を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、操舵角速度の初期値 ω_0 を設定する。

[0074] 具体的には、最適値演算部 5 5 における操舵角速度の初期値 $\omega_0(k)$ を用いた初期の演算では、式 (8) 及び式 (2) を用い、設定された各時点の操舵角速度の初期値 $\omega_0(k)$ に基づいて、 $k = 0$ から $k = N$ まで順番に、各時点の横方向の位置 $X(k)$ が演算される。なお、 $k = 0$ の横方向の位置 $X(0)$ 、及び他の状態変数には、現在の検出値が用いられる。また、各時点の他の入力変数の初期値（本例では、加加速度の初期値 j_0 ）には、前回の演算周期の最適値又は制約条件を満たすように設定された値が用いられる。初期値設定部 5 4 は、各時点の横方向の位置 $X(k)$ が、正の上限値 X_H により上限制限されないと共に、負の下限值 X_L により下限制限されないように、各時点の操舵角速度の初期値 $\omega_0(k)$ を設定する。

[0075] このように操舵角速度の初期値 $\omega_0(k)$ を設定すれば、上述したように、最適値演算部 5 5 は、初期値 ω_0 を用いた初期の演算において、第 3 及び第 4 の制約条件 g_3 、 g_4 のラグランジュ乗数 λ_3 、 λ_4 を 0 に設定して、初期に設定される有効な制約条件の数を減らすことができる。よって、最適

値演算部 55 の演算処理負荷を低減できる。

[0076] < 2つの正負による操舵角速度の初期値の設定 >

操舵角速度 ω が正である場合は、操舵角 δ が増加し、車両の進行方向が左側に変化し、横方向の位置 X が正の方向（左側）に変化する。一方、操舵角速度 ω が負である場合は、操舵角 δ が減少し、車両の進行方向が右側に変化し、横方向の位置 X が負の方向（右側）に変化する。

[0077] 式 (11) に示したように、第3及び第4の制約条件 g_3 、 g_4 （対象種類の評価要素）は、操舵角速度 ω （特定種類の入力変数）に応じて変化する状態変数である横方向の位置 X （特定影響の状態変数）を、正の上限値 X_H により上限制限すると共に負の下限値 X_L により下限制限するための評価要素である。

[0078] 本実施の形態では、初期値設定部 54 は、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* の正負と、前回の演算周期において演算された横方向の位置の最適値 X^* の正負とが一致するか否かを判定し、2つの正負が一致するか否かに応じて複数の設定方式を切り替えて、操舵角速度の初期値 ω_0 を設定する。

[0079] 図5の場合と同様に、ある時点 k の横方向の位置 $X(k)$ が正である状態で、操舵角速度 $\omega(k)$ が正であると、次の時点 $k+1$ の横方向の位置 $X(k+1)$ が上限値 X_H に近づき、第3の制約条件 g_3 により制約される可能性が有る。同様に、ある時点 k の横方向の位置 $X(k)$ が負である状態で、操舵角速度 $\omega(k)$ が負であると、次の時点 $k+1$ の横方向の位置 $X(k+1)$ が下限値 X_L に近づき、第4の制約条件 g_4 により制約される可能性が有る。

[0080] そのため、2つの正負が一致するか否かに応じて、設定方法を切り替えて、初期値を設定することにより、効果的に初期値を設定することができる。

[0081] 本実施の形態では、初期値設定部 54 は、2つの正負が一致しない場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* に設定する設定方式を用いる。

[0082] この構成によれば、2つの正負が一致しない場合は、初期値に前回の演算周期の最適値を設定しても、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L に近づく可能性を低くできる。今回の演算周期の最適値は、前回の演算周期の最適値に近くなると予測されるため、初期値に前回の演算周期の最適値を設定することで、最適値の探索の演算処理負荷を低減できる。

[0083] 一方、初期値設定部54は、2つの正負が一致する場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないような切替値に設定する設定方式を用いる。

[0084] この構成によれば、2つの正負が一致する場合は、上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないような切替値に設定することにより、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないようにできる。

[0085] 本実施の形態では、初期値設定部54は、切替値として0を用いる。

[0086] この構成によれば、2つの正負が一致する場合に、操舵角速度の初期値 ω_0 が0に設定されるため、横方向の位置 X が大きく増減しない。よって、横方向の位置 X が、上限値 X_H 又は下限値 X_L に近づくことを抑制し、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないようにできる。

[0087] なお、切替値として0以外の値が用いられてもよい。初期値設定部54は、上限値 X_H 又は下限値 X_L に応じた値に基づいて、切替値を設定してもよい。例えば、初期値設定部54は、近づく側の上限値 X_H 又は下限値 X_L と横方向の位置 X との偏差（余裕）に応じて設定された係数を前回の演算周期の最適値に乗算した値を、切替値として設定してもよい。偏差（余裕）が小さくなるほど、係数が1よりも小さくされ、偏差（余裕）が0になると、係数が0に設定される。

[0088] 初期値設定部54は、各時点 k の操舵角速度の初期値 $\omega_0(k)$ について、上記の設定を行う。操舵角速度の初期値 ω_0 の設定処理は、図6のフローチャートに示した加加速度の初期値 j_0 と同様になるので説明を省略する。

[0089] 2. 実施の形態2

次に、実施の形態2に係る最適演算装置について説明する。上記の実施の

形態 1 と同様の構成部分は説明を省略する。本実施の形態に係る最適演算装置の基本的な構成は実施の形態 1 と同様であるが、初期値設定部 54 の処理が実施の形態 1 と異なる。

[0090] 本実施の形態でも、初期値設定部 54 は、最適値演算部 55 における入力変数の初期値 u_0 を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の制約条件を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の初期値を設定する。

[0091] <加加速度の初期値の設定>

本実施の形態でも、第 1 の特定種類の入力変数は、加加速度 j に設定されており、第 1 の特定種類の入力変数に関連する第 1 の対象種類の評価要素は、式 (10) に示した第 1 及び第 2 の制約条件 g_1 、 g_2 に設定されている。第 1 及び第 2 の制約条件 g_1 、 g_2 (対象種類の評価要素) は、加加速度 j (特定種類の入力変数) に応じて変化する状態変数である加速度 α (特定影響の状態変数) を、正の上限值 α_H により上限制限すると共に負の下限值 α_L により下限制限するための評価要素である。

[0092] 本実施の形態では、初期値設定部 54 は、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* に設定した場合に、加速度 α が、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過するか否かを判定し、超過するか否かに応じて複数の設定方式を切り替えて、加加速度の初期値 j_0 を設定する。

[0093] 図 7 にイメージを示すように、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期の加加速度の最適値 j^* に設定した場合に、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超える場合は、設定方式を切り替えて、加加速度の初期値 j_0 を設定することにより、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超えないように、初期値を設定することができる。

[0094] 本実施の形態では、初期値設定部 54 は、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないと判定した場合は、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* に設定する設定方式を用い

る。

[0095] この構成によれば、超過しないと判定した場合は、初期値に前回の演算周期の最適値を設定することで、最適値の探索の演算処理負荷を低減できる。

[0096] 一方、初期値設定部54は、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過すると判定した場合は、加加速度の初期値 j_0 を、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値に設定する設定方式を用いる。

[0097] この構成によれば、超過すると判定した場合は、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値に設定することにより、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないようにできる。

[0098] 本実施の形態では、初期値設定部54は、切替値として0を用いる。

[0099] この構成によれば、超過すると判定した場合に、加加速度の初期値 j_0 が0に設定されるため、加速度 α が増減せず、一定値に保たれる。よって、加速度 α が、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないようにできる。

[0100] なお、切替値として0以外の値が用いられてもよい。初期値設定部54は、上限値 α_H 又は下限値 α_L に応じた値に基づいて、切替値を設定してもよい。例えば、初期値設定部54は、超過した上限値 α_H 又は下限値 α_L の正負と反対の正負を有する所定値を、切替値として設定してもよい。

[0101] なお、判定に用いられる上限値 α_H として、上限値 α_H よりも所定値だけ小さい値が用いられてもよく、判定に用いられる下限値 α_L として、下限値 α_L よりも所定値だけ大きい値が用いられてもよい。上限値 α_H 又は下限値 α_L に対して加速度 α に余裕を持たせて、加加速度の初期値 j_0 を設定することができる。

[0102] 初期値設定部54は、時点 k を0から N まで1つずつ増加させながら、各時点において、その時点より前に既に設定されている加加速度の初期値 j_0 、及び前回の演算周期のその時点の加加速度の最適値 j_* を初期値として用い、次の時点までの加速度 α を順番に演算し、次の時点の加速度 α が、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しているか否かを判定する。そして、初期値設定部54は、超過しないと判定した場合は、その時点の加加速度の初期値 j

0 を、前回の演算周期のその時点の加加速度の最適値 j^* に設定し、超過すると判定した場合は、その時点の加加速度の初期値 j_0 を、切替値に設定する。

[0103] 以上で説明した初期値設定部 54 の処理を、図 8 のフローチャートのよう
に構成できる。ステップ S 11 で、処理対象の時点 $k t g$ を 0 に設定する。

[0104] ステップ S 12 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時点 $k t g$ より前に
既に設定されている加加速度の初期値 $j_0(0) \sim j_0(k t g - 1)$ 、及び
前回の演算周期の処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の最適値 $j^*(k t g)$
を処理対象の時点 $k t g$ の初期値 $j_0(k t g)$ として用い、式 (12)
を用い、処理対象の次の時点 $k t g + 1$ までの加速度 $\alpha(k t g + 1)$ を順
番に演算する。そして、初期値設定部 54 は、処理対象の次の時点の加速度
 $\alpha(k t g + 1)$ が、上限値 α_H を上回っている又は下限値 α_L を下回って
いるか否かを判定し、上回っている又は下回っている場合は、ステップ S 1
3 に進み、上回っておらず、且つ下回っていない場合は、ステップ S 14 に
進む。

[0105] ステップ S 13 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時点 $k t g$ の加加速
度の初期値 $j_0(k t g)$ を、処理対象の次の時点の加速度 $\alpha(k t g + 1)$
が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値（本例では、0）
に設定する。一方、ステップ S 14 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時
点 $k t g$ の加加速度の初期値 $j_0(k t g)$ を、前回の演算周期において演
算された処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の最適値 $j^*(k t g)$ に設定す
る。

[0106] そして、ステップ S 15 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時点 $k t g$
が最終時点 N であるか否かを判定し、最終時点 N でない場合は、ステップ S
16 に進み、処理対象の時点 $k t g$ を 1 つ増加させた後、ステップ S 12 に
戻り、最終時点 N である場合は、処理を終了する。

[0107] <操舵角速度の初期値の設定>

第 2 の特定種類の入力変数は、操舵角速度 ω に設定されており、第 2 の特

定種類の入力変数に関連する第2の対象種類の評価要素は、式(11)に示した第3及び第4の制約条件 g_3 、 g_4 に設定されている。第3及び第4の制約条件 g_3 、 g_4 (対象種類の評価要素)は、操舵角速度 ω (特定種類の入力変数)に応じて変化する状態変数である横方向の位置 X (特定影響の状態変数)を、正の上限値 X_H により上限制限すると共に負の下限値 X_L により下限制限するための評価要素である。

[0108] 本実施の形態では、初期値設定部54は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* に設定した場合に、横方向の位置 X が、上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過するか否かを判定し、超過するか否かに応じて複数の設定方式を切り替えて、操舵角速度の初期値 ω_0 を設定する。

[0109] 図7の場合と同様に、操舵角速度の初期値 ω_0 を X_H 又は下限値 X_L を超える場合は、設定方式を切り替えて、操舵角速度の初期値 ω_0 を設定することにより、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超えないように、初期値を設定することができる。

[0110] 本実施の形態では、初期値設定部54は、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないと判定した場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* に設定する設定方式を用いる。

[0111] この構成によれば、超過しないと判定した場合は、初期値に前回の演算周期の最適値を設定することで、最適値の探索の演算処理負荷を低減できる。

[0112] 一方、初期値設定部54は、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過すると判定した場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないような切替値に設定する設定方式を用いる。

[0113] この構成によれば、超過すると判定した場合は、上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないような切替値に設定することにより、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないようにできる。

- [0114] 本実施の形態では、初期値設定部54は、切替値として0を用いる。
- [0115] この構成によれば、超過すると判定した場合に、操舵角速度の初期値 ω_0 が0に設定されるため、横方向の位置Xが大きく増減しない。よって、横方向の位置Xが、上限値X_H又は下限値X_Lに超過することを抑制できる。
- [0116] なお、切替値として0以外の値が用いられてもよい。初期値設定部54は、上限値X_H又は下限値X_Lに応じた値に基づいて、切替値を設定してもよい。例えば、初期値設定部54は、超過した上限値X_H又は下限値X_Lの正負と反対の正負を有する所定値を、切替値として設定してもよい。
- [0117] なお、判定に用いられる上限値X_Hとして、上限値X_Hよりも所定値だけ小さい値が用いられてもよく、判定に用いられる下限値X_Lとして、下限値X_Lよりも所定値だけ大きい値が用いられてもよい。上限値X_H又は下限値X_Lに対して横方向の位置Xに余裕を持たせて、操舵角速度の初期値 ω_0 を設定することができる。
- [0118] 初期値設定部54は、時点kを0からNまで1つずつ増加させながら、各時点において、その時点より前に既に設定されている操舵角速度の初期値 ω_0 、及び前回の演算周期のその時点の操舵角速度の最適値 ω^* を初期値として用い、次の時点までの横方向の位置Xを順番に演算する。なお、k=0の横方向の位置X(0)、及び他の状態変数には、現在の検出値が用いられる。また、各時点の他の入力変数の初期値（本例では、加加速度の初期値j₀）には、前回の演算周期の最適値又は上限値又は下限値を超過しないように設定された値が用いられる。
- [0119] そして、初期値設定部54は、次の時点の横方向の位置Xが、上限値X_H又は下限値X_Lを超過しているか否かを判定する。初期値設定部54は、超過しないと判定した場合は、その時点の操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期のその時点の操舵角速度の最適値 ω^* に設定し、超過すると判定した場合は、その時点の操舵角速度の初期値 ω_0 を、切替値に設定する。
- [0120] 操舵角速度の初期値 ω_0 の設定処理は、図8のフローチャートに示した加加速度の初期値j₀と同様になるので説明を省略する。

[0121] 3. 実施の形態3

次に、実施の形態3に係る最適演算装置について説明する。上記の実施の形態1又は2と同様の構成部分は説明を省略する。本実施の形態に係る最適演算装置の基本的な構成は実施の形態1又は2と同様であるが、初期値設定部54の処理が実施の形態1又は2と異なる。

[0122] 本実施の形態でも、初期値設定部54は、最適値演算部55における入力変数の初期値 u_0 を用いた初期の演算において、最適化問題から、特定種類の入力変数に関連する対象種類の制約条件を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、特定種類の入力変数の初期値を設定する。

[0123] <加加速度の初期値の設定>

本実施の形態でも、第1の特定種類の入力変数は、加加速度 j に設定されており、第1の特定種類の入力変数に関連する第1の対象種類の評価要素は、式(10)に示した第1及び第2の制約条件 g_1 、 g_2 に設定されている。第1及び第2の制約条件 g_1 、 g_2 （対象種類の評価要素）は、加加速度 j （特定種類の入力変数）に応じて変化する状態変数である加速度 α （特定影響の状態変数）を、正の上限值 α_H により上限制限すると共に負の下限值 α_L により下限制限するための評価要素である。

[0124] 実施の形態1と同様に、初期値設定部54は、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* の正負と、前回の演算周期において演算された加速度の最適値 α^* の正負とが一致するか否かを判定する。

[0125] 実施の形態1と同様に、初期値設定部54は、2つの正負が一致しない場合は、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* に設定する設定方式を用いる。

[0126] 一方、実施の形態1とは異なり、初期値設定部54は、2つの正負が一致する場合は、実施の形態2と同様に、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* に設定した場合に、加速度 α が、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過するか否かを判定する。そして、初期値設定部54は、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないと判定

した場合は、加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期において演算された加加速度の最適値 j^* に設定する設定方式を用いる。一方、初期値設定部 54 は、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過すると判定した場合は、加加速度の初期値 j_0 を、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値に設定する設定方式を用いる。

[0127] この構成によれば、2つの正負が一致しており、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過する可能性がある場合は、加速度 α が実際に上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過するか否かを判定し、超過する場合は、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値に設定することにより、加速度 α が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないようにできる。実際に超過しないと判定された場合は、初期値に前回の演算周期の最適値が設定される。よって、2つの正負が一致している場合に、段階的に判定し、初期値をより適切に設定できる。

[0128] 本実施の形態では、初期値設定部 54 は、切替値として 0 を用いる。

[0129] この構成によれば、超過すると判定した場合に、加加速度の初期値 j_0 が 0 に設定されるため、加速度 α が増減せず、一定値に保たれる。よって、加速度 α が、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないようにできる。

[0130] なお、切替値として 0 以外の値が用いられてもよい。初期値設定部 54 は、上限値 α_H 又は下限値 α_L に応じた値に基づいて、切替値を設定してもよい。例えば、初期値設定部 54 は、超過した上限値 α_H 又は下限値 α_L の正負と反対の正負を有する所定値を、切替値として設定してもよい。

[0131] なお、判定に用いられる上限値 α_H として、上限値 α_H よりも所定値だけ小さい値が用いられてもよく、判定に用いられる下限値 α_L として、下限値 α_L よりも所定値だけ大きい値が用いられてもよい。上限値 α_H 又は下限値 α_L に対して加速度 α に余裕を持たせて、加加速度の初期値 j_0 を設定することができる。

[0132] 初期値設定部 54 は、時点 k を 0 から N まで 1 つずつ増加させながら、各時点において、2つの正負が一致しているか否かを判定し、2つの正負が一

致していない場合は、その時点の加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期のその時点の加加速度の最適値 j^* に設定する。一方、初期値設定部 54 は、2つの正負が一致している場合は、その時点より前に設定されている加加速度の初期値 j_0 、及び前回の演算周期のその時点の加加速度の最適値 j^* を初期値として用い、次の時点までの加速度 α を順番に演算し、次の時点の加速度 α が、上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しているか否かを判定する。そして、初期値設定部 54 は、超過しないと判定した場合は、その時点の加加速度の初期値 j_0 を、前回の演算周期のその時点の加加速度の最適値 j^* に設定し、超過すると判定した場合は、その時点の加加速度の初期値 j_0 を、切替値に設定する。

[0133] 以上で説明した初期値設定部 54 の処理を、図 9 のフローチャートのよう構成できる。ステップ S21 で、処理対象の時点 $k t g$ を 0 に設定する。そして、ステップ S22 で、初期値設定部 54 は、前回の演算周期において演算された処理対象の時点 $k t g$ の加速度の最適値 $\alpha^*(k t g)$ の正負と、前回の演算周期において演算された処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の最適値 $j^*(k t g)$ の正負とが一致しているか否かを判定し、2つの正負が一致している場合は、ステップ S23 に進み、2つの正負が一致していない場合は、ステップ S25 に進む。

[0134] ステップ S23 で、初期値設定部 54 は、処理対象の時点 $k t g$ より前に既に設定されている加加速度の初期値 $j_0(0) \sim j_0(k t g - 1)$ 、及び前回の演算周期の処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の最適値 $j^*(k t g)$ を処理対象の時点 $k t g$ の初期値 $j_0(k t g)$ として用い、式 (12) を用い、処理対象の次の時点 $k t g + 1$ までの加速度 $\alpha(k t g + 1)$ を順番に演算する。そして、初期値設定部 54 は、処理対象の次の時点の加速度 $\alpha(k t g + 1)$ が、上限値 α_H を上回っている又は下限値 α_L を下回っているか否かを判定し、上回っている又は下回っている場合は、ステップ S24 に進み、上回っておらず、且つ下回っていない場合は、ステップ S25 に進む。

[0135] ステップS24で、初期値設定部54は、処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の初期値 $j_0(k t g)$ を、処理対象の次の時点の加速度 $\alpha(k t g + 1)$ が上限値 α_H 又は下限値 α_L を超過しないような切替値（本例では、0）に設定する。一方、ステップS25で、初期値設定部54は、処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の初期値 $j_0(k t g)$ を、前回の演算周期において演算された処理対象の時点 $k t g$ の加加速度の最適値 $j^*(k t g)$ に設定する。

[0136] そして、ステップS26で、初期値設定部54は、処理対象の時点 $k t g$ が最終時点Nであるか否かを判定し、最終時点Nでない場合は、ステップS27に進み、処理対象の時点 $k t g$ を1つ増加させた後、ステップS22に戻り、最終時点Nである場合は、処理を終了する。

[0137] <操舵角速度の初期値の設定>

第2の特定種類の入力変数は、操舵角速度 ω に設定されており、第2の特定種類の入力変数に関連する第2の対象種類の評価要素は、式(11)に示した第3及び第4の制約条件 g_3 、 g_4 に設定されている。第3及び第4の制約条件 g_3 、 g_4 （対象種類の評価要素）は、操舵角速度 ω （特定種類の入力変数）に応じて変化する状態変数である横方向の位置 X （特定影響の状態変数）を、正の上限値 X_H により上限制限すると共に負の下限値 X_L により下限制限するための評価要素である。

[0138] 実施の形態1と同様に、初期値設定部54は、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* の正負と、前回の演算周期において演算された横方向の位置の最適値 X^* の正負とが一致するか否かを判定する。

[0139] 実施の形態1と同様に、初期値設定部54は、2つの正負が一致しない場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* に設定する設定方式を用いる。

[0140] 一方、実施の形態1とは異なり、初期値設定部54は、2つの正負が一致する場合は、実施の形態2と同様に、操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* に設定した場合に、横方

向の位置 X が、上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過するか否かを判定する。そして、初期値設定部54は、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないと判定した場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期において演算された操舵角速度の最適値 ω^* に設定する設定方式を用いる。一方、初期値設定部54は、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過すると判定した場合は、操舵角速度の初期値 ω_0 を、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないような切替値に設定する設定方式を用いる。

[0141] この構成によれば、2つの正負が一致しており、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過する可能性がある場合は、横方向の位置 X が実際に上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過するか否かを判定し、超過する場合は、上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないような切替値に設定することにより、横方向の位置 X が上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しないようにできる。実際に超過しないと判定された場合は、初期値に前回の演算周期の最適値が設定される。よって、2つの正負が一致している場合に、段階的に判定し、初期値をより適切に設定できる。

[0142] 本実施の形態では、初期値設定部54は、切替値として0を用いる。

[0143] この構成によれば、超過すると判定した場合に、操舵角速度の初期値 ω_0 が0に設定されるため、横方向の位置 X が大きく増減しない。よって、横方向の位置 X が、上限値 X_H 又は下限値 X_L に超過することを抑制できる。

[0144] なお、切替値として0以外の値が用いられてもよい。初期値設定部54は、上限値 X_H 又は下限値 X_L に応じた値に基づいて、切替値を設定してもよい。例えば、初期値設定部54は、超過した上限値 X_H 又は下限値 X_L の正負と反対の正負を有する所定値を、切替値として設定してもよい。

[0145] なお、判定に用いられる上限値 X_H として、上限値 X_H よりも所定値だけ小さい値が用いられてもよく、判定に用いられる下限値 X_L として、下限値 X_L よりも所定値だけ大きい値が用いられてもよい。上限値 X_H 又は下限値 X_L に対して横方向の位置 X に余裕を持たせて、操舵角速度の初期値 ω_0 を

設定することができる。

[0146] 初期値設定部54は、時点 k を0から N まで1つずつ増加させながら、各時点において、2つの正負が一致しているか否かを判定し、2つの正負が一致していない場合は、その時点の操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期のその時点の操舵角速度の最適値 ω^* に設定する。一方、初期値設定部54は、2つの正負が一致している場合は、その時点より前に設定されている操舵角速度の初期値 ω_0 、及び前回の演算周期のその時点の操舵角速度の最適値 ω^* を初期値として用い、次の時点までの横方向の位置 X を順番に演算する。

[0147] そして、初期値設定部54は、次の時点の横方向の位置 X が、上限値 X_H 又は下限値 X_L を超過しているか否かを判定する。そして、初期値設定部54は、超過しないと判定した場合は、その時点の操舵角速度の初期値 ω_0 を、前回の演算周期のその時点の操舵角速度の最適値 ω^* に設定し、超過すると判定した場合は、その時点の操舵角速度の初期値 ω_0 を、切替値に設定する。

[0148] 操舵角速度の初期値 ω_0 の設定処理は、図9のフローチャートに示した加加速度の初期値 j_0 と同様になるので説明を省略する。

[0149] <転用例>

上記の各実施の形態では、状態方程式に車両モデルが用いられ、車両制御の最適化問題が解かれる場合を例に説明した。しかし、状態方程式に、各種の制御対象の式が用いられてよく、最適演算装置は、各種の制御対象の最適化問題に適用されてもよい。

[0150] また、状態方程式に車両モデルが用いられる場合でも、式(8)とは異なる車両モデルが用いられてもよい。例えば、車両制御量として加速度 α のみを制御するための車両モデルが用いられてもよく、車両制御量として操舵角 δ のみを制御するための車両モデルが用いられてもよく、他の車両制御量を制御するための車両モデルが用いられてもよい。

[0151] 上記の各実施の形態では、評価要素として、加速度 α の制約条件、及び横

方向の位置 X の制約条件が用いられる場合を例に説明した。しかし、評価要素として、各種の単数又は複数の制約条件が用いられてもよい。例えば、評価要素としての制約条件に、加速度 α の制約条件のみが用いられてもよく、横方向の位置 X の制約条件のみが用いられてもよく、他の状態変数又は入力変数の制約条件が用いられてもよい。

[0152] 上記の各実施の形態では、最適化問題には、カルーシュ・クーン・タッカー条件（K T K 条件）が用いられる場合を例に説明した。しかし、最適化問題の解法として、各種の解法が用いられもよい。この場合でも、初期値を用いた初期の演算において、最適化問題から、対象種類の制約条件を除外して、演算を行うことができ、演算処理負荷を低減できる。

[0153] 本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0154] 5 1 周辺状況取得部、5 2 走行状態取得部、5 3 目標走行状態設定部、5 4 初期値設定部、5 5 最適値演算部、5 6 車両制御部、J 評価関数、 X 横方向の位置、 g 制約条件、 j 加加速度、 u 入力変数、 x 状態変数、 α 加速度、 λ ラグランジュ乗数、 ω 操舵角速度

請求の範囲

- [請求項1] 予測期間の各時点の入力変数の初期値を設定する初期値設定部と、演算周期毎に、2つ以上の評価要素を有する最適化問題を解くように、前記入力変数を入力とし、状態変数を演算する状態方程式を用い、前記入力変数を前記初期値から繰り返し演算により更新し、前記予測期間の各時点の前記状態変数及び前記入力変数の最適値を演算する最適値演算部と、を備え、
- 前記初期値設定部は、前記最適値演算部における前記初期値を用いた初期の演算において、前記最適化問題から、特定種類の前記入力変数に関連する対象種類の前記評価要素を除外できるように、複数の設定方式を切り替えて、前記特定種類の入力変数の前記初期値を設定し、
- 前記最適値演算部は、前記初期値を用いた前記初期の演算において、前記最適化問題から、前記特定種類の入力変数に関連する前記対象種類の評価要素を除外して、演算を行う最適演算装置。
- [請求項2] 前記対象種類の前記評価要素は、前記特定種類の入力変数に応じて変化する前記状態変数である特定影響の状態変数を、正の上限値により上限制限すると共に負の下限値により下限制限するための評価要素であり、
- 前記初期値設定部は、前回の前記演算周期において演算された前記特定種類の入力変数の前記最適値の正負と、前回の前記演算周期において演算された前記特定影響の状態変数の前記最適値の正負とが一致するか否かを判定し、2つの正負が一致するか否かに応じて複数の前記設定方式を切り替えて、前記特定種類の入力変数の前記初期値を設定する請求項1に記載の最適演算装置。
- [請求項3] 前記初期値設定部は、2つの正負が一致しない場合は、前記特定種類の入力変数の前記初期値を、前回の前記演算周期において演算された前記特定種類の入力変数の前記最適値に設定する前記設定方式を用

いる請求項 2 に記載の最適演算装置。

[請求項4] 前記初期値設定部は、2つの正負が一致する場合は、前記特定種類の入力変数の前記初期値を、前記特定影響の状態変数が前記上限値又は前記下限値を超過しないような切替値に設定する前記設定方式を用いる請求項 2 又は 3 に記載の最適演算装置。

[請求項5] 前記初期値設定部は、2つの正負が一致する場合は、前記特定種類の前記初期値を、前回の前記演算周期において演算された前記特定種類の入力変数の前記最適値に設定した場合に、前記特定影響の状態変数が、前記上限値又は前記下限値を超過するか否かを判定し、超過しないと判定した場合は、前記特定種類の前記初期値を、前回の前記演算周期において演算された前記特定種類の入力変数の前記最適値に設定する前記設定方式を用い、超過すると判定した場合は、前記特定種類の前記初期値を、前記特定影響の状態変数が前記上限値又は前記下限値を超過しないような切替値に設定する前記設定方式を用いる請求項 2 又は 3 に記載の最適演算装置。

[請求項6] 前記対象種類の前記評価要素は、前記特定種類の入力変数の積算により変化する状態変数である特定影響の状態変数を、上限値により上限制限すると共に下限値により下限制限するための評価要素であり、

前記初期値設定部は、前記特定種類の前記初期値を、前回の前記演算周期において演算された前記特定種類の入力変数の前記最適値に設定した場合に、前記特定影響の状態変数が、前記上限値又は前記下限値を超過するか否かを判定し、超過するか否かに応じて複数の前記設定方式を切り替えて、前記特定種類の入力変数の前記初期値を設定する請求項 1 に記載の最適演算装置。

[請求項7] 前記初期値設定部は、超過しないと判定した場合は、前記特定種類の前記初期値を、前回の前記演算周期において演算された前記特定種類の入力変数の前記最適値に設定する前記設定方式を用いる請求項 6 に記載の最適演算装置。

- [請求項8] 前記初期値設定部は、超過すると判定した場合は、前記特定種類の前記初期値を、前記特定影響の状態変数が前記上限値又は前記下限値を超過しないような切替値に設定する前記設定方式を用いる請求項6又は7に記載の最適演算装置。
- [請求項9] 前記初期値設定部は、前記切替値として0を用いる請求項4、5、及び8のいずれか一項に記載の最適演算装置。
- [請求項10] 前記初期値設定部は、前記上限値又は前記下限値に応じた値に基づいて、前記切替値を設定する請求項4、5、及び8のいずれか一項に記載の最適演算装置。
- [請求項11] 自車両の周辺状態を取得する周辺状態取得部と、
自車両の走行状態を取得する走行状態取得部と、
自車両の目標走行状態を設定する目標走行状態設定部と、
車両制御量の目標値に基づいて、自車両を制御する車両制御部と、
を備え、
前記最適値演算部は、演算周期毎に、少なくとも、前記目標走行状態と前記予測走行状態との差が小さくなるほど評価が高くなる前記評価要素としての評価関数と、前記特定種類の入力変数に関連する前記対象種類の評価要素とを有する前記最適化問題を解くように、車両制御に係る前記入力変数を入力とし、自車両の挙動を表す前記状態変数を演算する前記状態方程式を用い、前記入力変数を前記初期値から繰り返し演算により更新し、前記予測期間の各時点の前記入力変数の最適値を演算し、前記最適値に基づいて、前記車両制御量の目標値を設定する請求項1から10のいずれか一項に記載の最適演算装置。
- [請求項12] 前記対象種類の前記評価要素は、前記特定種類の入力変数に応じて変化する前記状態変数である特定影響の状態変数を、制限値により制限するための評価要素であり、
前記特定種類の入力変数は、自車両の加加速度であり、
前記特定影響の状態変数は、自車両の加速度であり、

前記車両制御量の目標値は、自車両の加速度である請求項 1 1 に記載の最適演算装置。

[請求項13] 前記対象種類の前記評価要素は、前記特定種類の入力変数に応じて変化する前記状態変数である特定影響の状態変数を、制限値により制限するための評価要素であり、

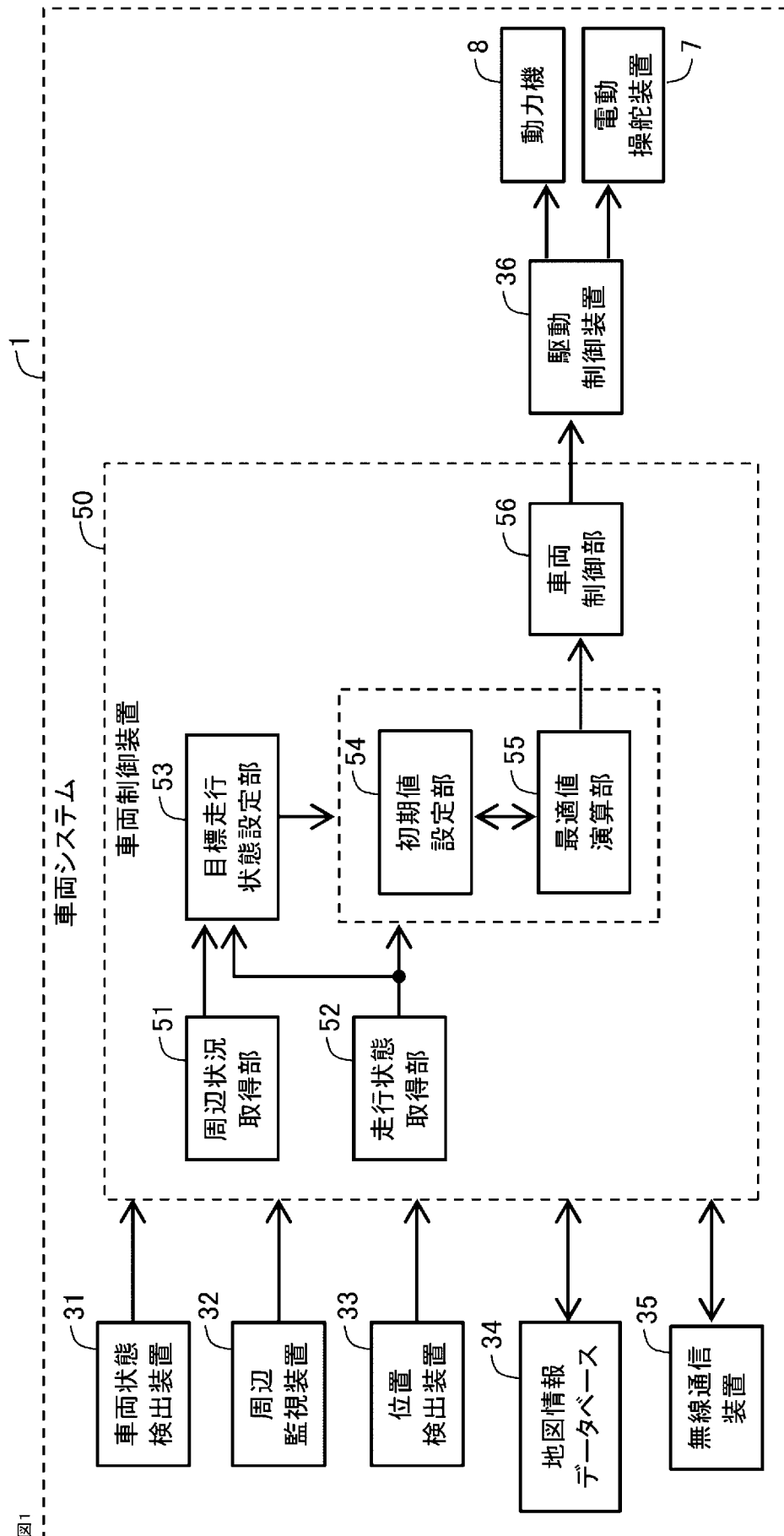
前記特定種類の入力変数は、自車両の操舵角速度であり、

前記特定影響の状態変数は、自車両の横方向の位置であり、

前記車両制御量の目標値は、自車用の操舵角である請求項 1 1 又は 1 2 に記載の最適演算装置。

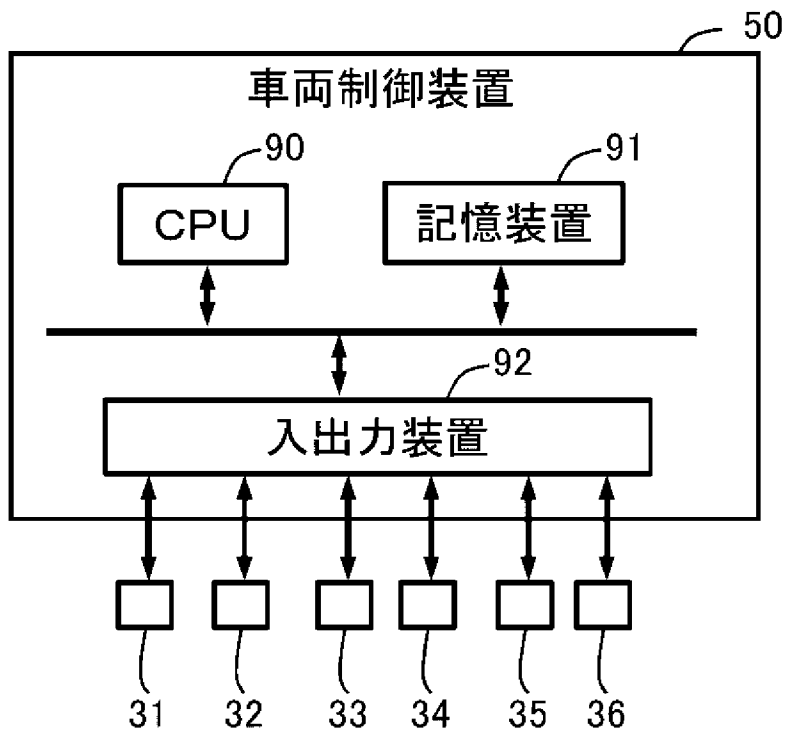
[請求項14] 前記最適化問題は、2 つ以上の前記評価要素の勾配をラグランジュ乗数で線形結合した、前記最適値が満たすべき最適条件であるカルーシュ・クーン・タッカー条件を有する請求項 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の最適演算装置。

[図1]



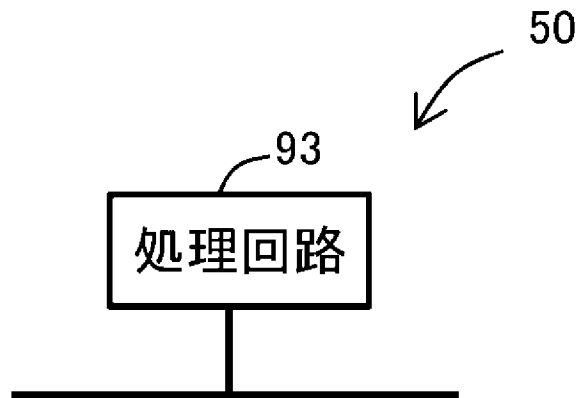
[図2]

図2



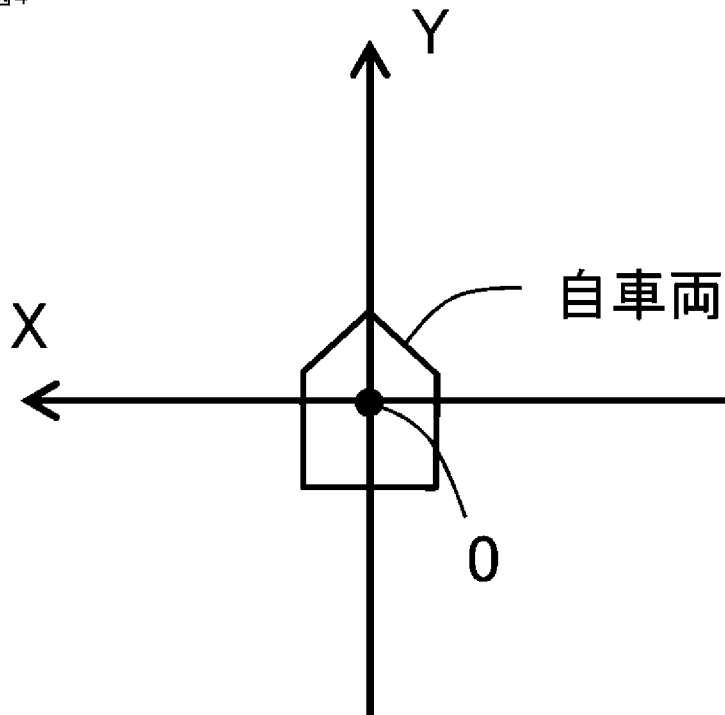
[図3]

図3



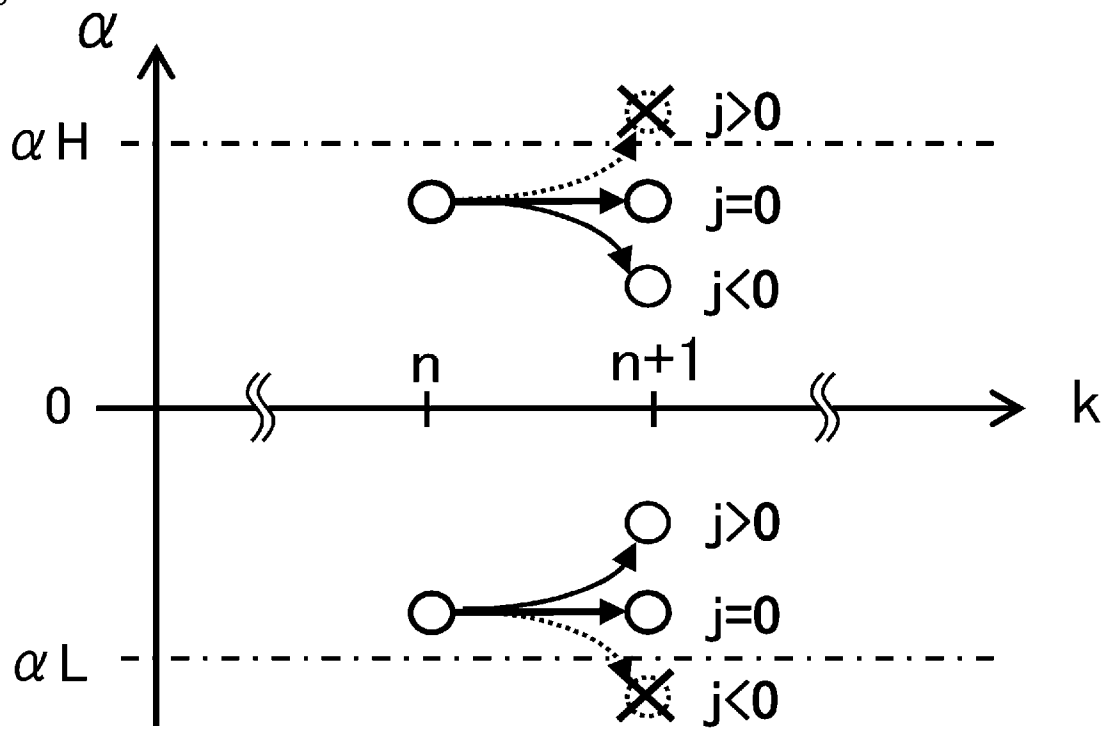
[図4]

図4



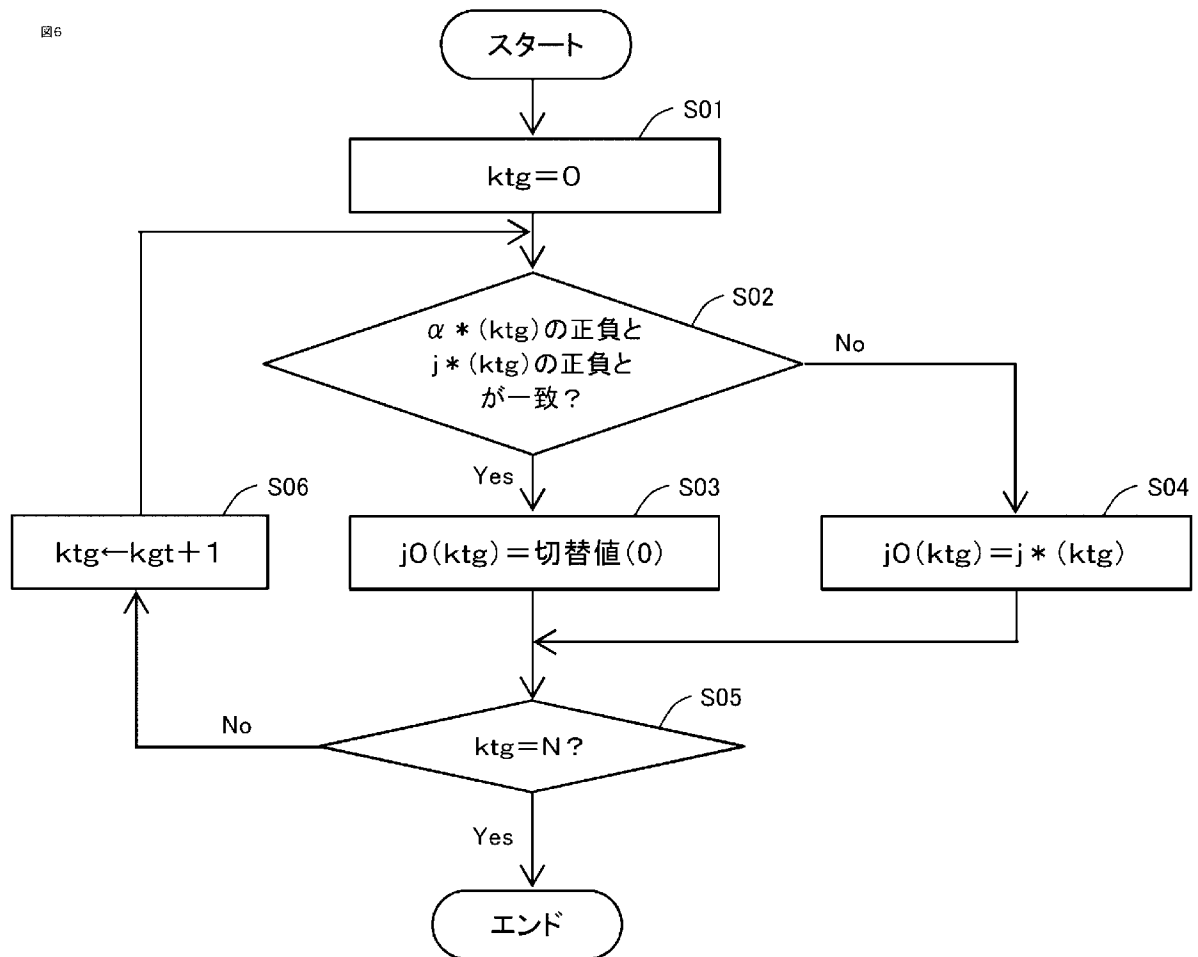
[図5]

図5



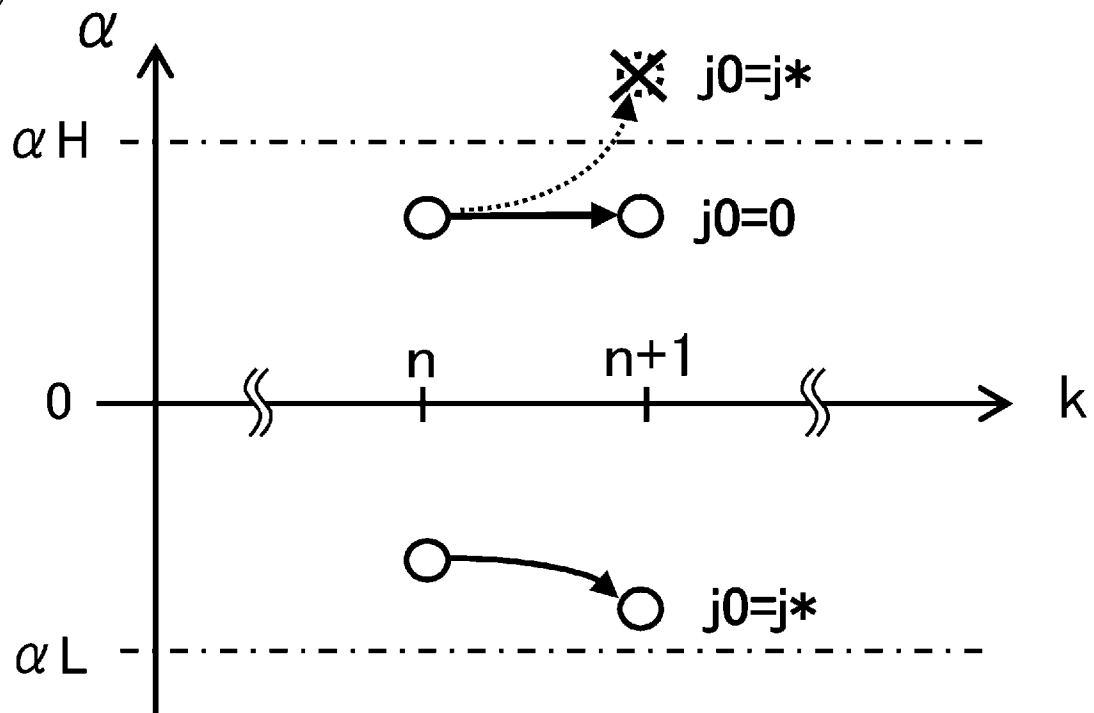
[図6]

図6

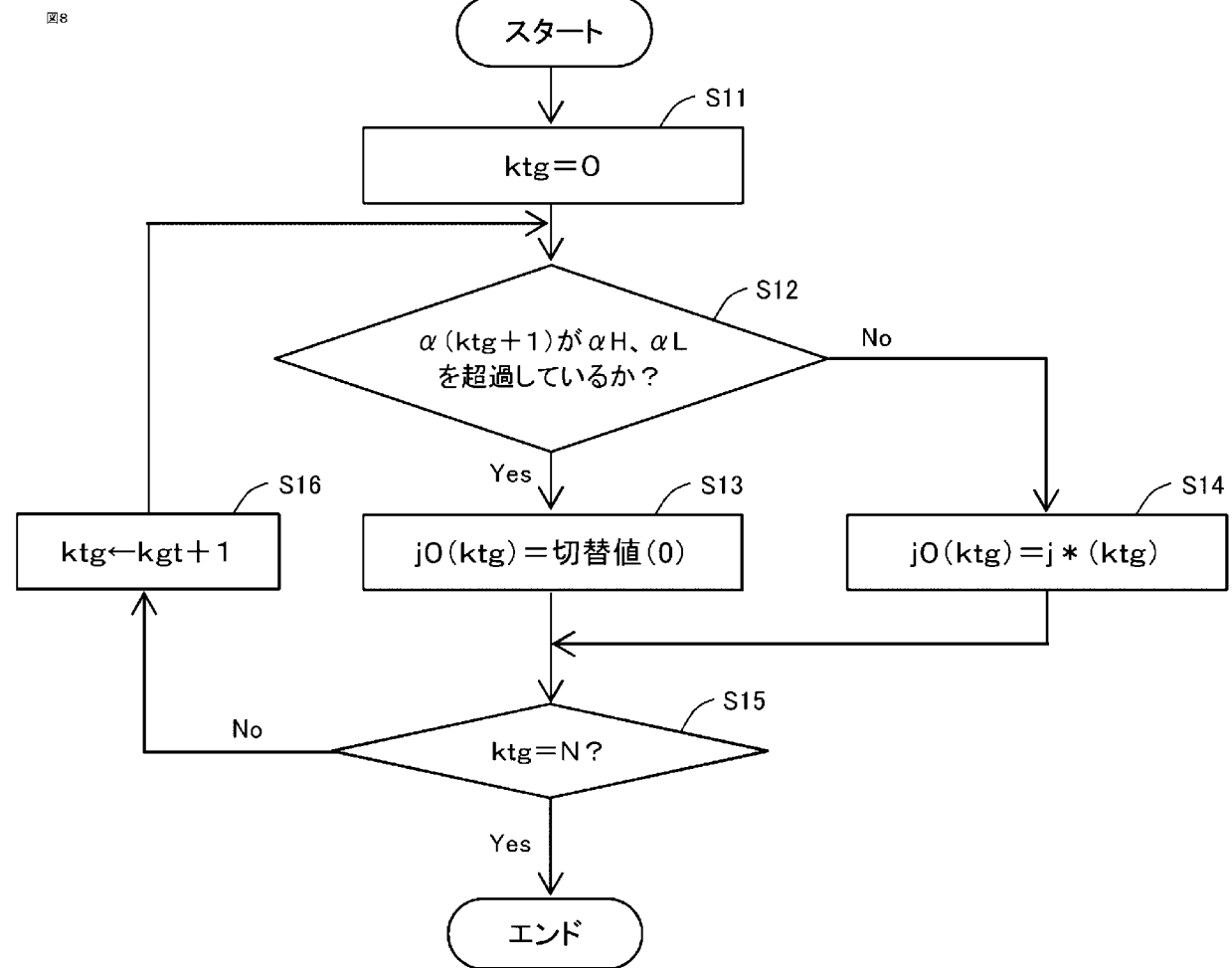


[図7]

図7

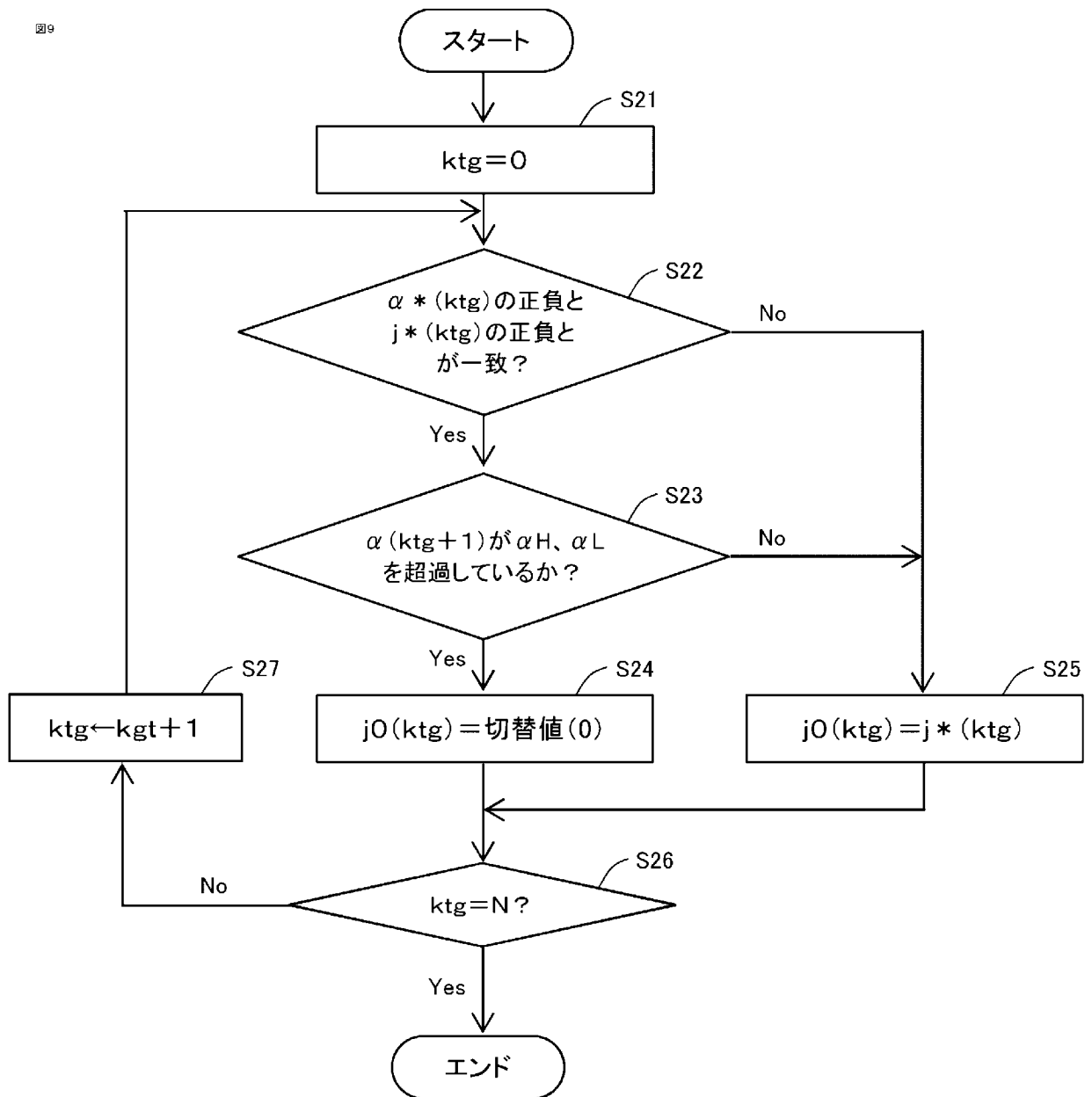


[図8]



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/042531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 13/02**(2006.01)i; **B60W 30/18**(2012.01)i

FI: B60W30/18; G05B13/02 J

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)

G05B13/02; B60W30/18

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2021-115992 A (TOYOTA MOTOR CORP) 10 August 2021 (2021-08-10) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2021-125178 A (FUJITSU LTD) 30 August 2021 (2021-08-30) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2020-008889 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD) 16 January 2020 (2020-01-16) entire text, all drawings	1-14

☐ 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

15 December 2021

Date of mailing of the international search report

28 December 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 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/JP2021/042531

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-115992	A	10 August 2021	(Family: none)	
JP	2021-125178	A	30 August 2021	(Family: none)	
JP	2020-008889	A	16 January 2020	WO 2020/008785 A1	
				entire text, all drawings	
				CN 112292717 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 13/02(2006.01)i; B60W 30/18(2012.01)i FI: B60W30/18; G05B13/02 J														
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）） G05B13/02; B60W30/18														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021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 2021-115992 A（トヨタ自動車株式会社）10.08.2021（2021 - 08 - 10） 全文、全図	1-14												
A	JP 2021-125178 A（富士通株式会社）30.08.2021（2021 - 08 - 30） 全文、全図	1-14												
A	JP 2020-008889 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）16.01.2020（2020 - 01 - 16） 全文、全図	1-14												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 参考文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 15.12.2021	国際調査報告の発送日 28.12.2021													
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） 吉村 俊厚 3Z 4648 電話番号 03-3581-1101 内線 3395													

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/JP2021/042531

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-115992	A	10.08.2021	(ファミリーなし)	
JP	2021-125178	A	30.08.2021	(ファミリーなし)	
JP	2020-008889	A	16.01.2020	W0 2020/008785 A1	
				全文、全図	
				CN 112292717 A	