



KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

回避操作算出装置、回避制御装置、各装置を備える車両、回避操作算出方法および回避制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、自車両が走行している道路上の障害物を回避するための回避操作算出装置、回避制御装置、各装置を備える車両、回避操作算出方法および回避制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の走行安全装置は、自車両が走行している道路上の障害物を検出し、障害物を検出した場合に、電動パワーステアリングのアクチュエータを駆動して自車両を操舵する。これにより、自車両は、障害物を回避する。この走行安全装置は、障害物の回避に伴って自車両の進行方向を道路の方向、すなわち道路の走路形状に沿う方向から外すので、運転者は自車両の進行方向を道路の方向に戻す操舵を行う必要があり、この操舵は、運転者の負担となる。また、走行安全装置による操舵により自車両の進行方向が道路の方向から逸れてしまうことから、運転者は違和感を覚えてしまう。

[0003] このため、特開2001-1925号公報(第2-18頁、第5図)には、障害物を回避したと判断すると、自車両の進行方向が道路の方向に一致するように操舵を行う走行安全装置が記載されている。この走行安全装置は、自車両が障害物を回避した後、道路の方向から逸れた自車両の進行方向を再び道路の方向に一致させるので、回避操舵のみの場合と比較して運転者の負担および違和感を軽減することができる。

発明の開示

[0004] (発明が解決しようとする課題)

上記した従来の走行安全装置は、障害物のみを考慮して障害物を回避する操舵を行う。しかし、一般に道路の幅すなわち道路上での走行可能な範囲には制限があることから、走行安全装置が操舵を行うと、自車両が道路の端に寄りすぎてしまう虞がある。

[0005] そこで、本発明の目的は、自車両が道路の走行可能な範囲内で障害物の回避を行うことができる運転操作量を算出する回避操作算出装置、この回避操作算出装置により算出された運転操作量に基づいて、運転操作を行う回避制御装置、これらの装置を備える車両、回避操作算出方法および回避制御方法を提供することにある。
(課題を解決するための手段)

[0006] 上記した課題を解決するために、本発明に係る回避操作算出装置は、自車両よりも前方に位置し自車両が走行している道路およびその境界部を検出する道路境界検出部と、自車両の前方の道路上に存在する障害物を検出する障害物検出部と、道路の方向に対する自車両の進行方向が為す姿勢角、道路上での自車両の位置および自車両の速度を検出する自車情報検出部と、各検出部からの検出情報に基づいて道路上で障害物を回避するための操作量を算出する回避操作算出部とを備える。
(発明の効果)

[0007] 本発明に係る回避操作算出装置は、障害物を回避するための操作量を算出する際、障害物に加えて、道路の境界部を考慮して操作量を算出する。即ち、回避操作算出装置は、自車両が道路の幅すなわち走行可能な範囲内で障害物を回避することができる操作量を算出する。このため、回避操作算出装置は、例えば、道路の両側に塀が設けられている場合であっても、自車両が障害物を回避することができ、かつ端に寄りすぎることなく回避前の進路に戻ることができる操作量を算出することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明に係る回避操作算出装置および回避制御装置が採用された車両を模式的に示す平面図である。

[図2]回避制御装置を示すブロック図である。

[図3]実際に回避が行われるべく想定された実施例1の場面を示す模式的な平面図である。

[図4]処理された情報を座標系に展開することを説明するための平面図である。

[図5]車両運動モデルにおけるタイヤ横力の関数形状の一例を示すグラフである。

[図6]実施例1の想定場面における障害物および道路境界から構成される評価項のある時刻における関数形状の一例を示すグラフである。

[図7]回避操作算出装置の処理を示すフローチャートである。

[図8]実施例1の回避操作算出装置により算出された最適運転操作量の一例を示すグラフである。

[図9]実施例1の回避制御装置により行われた車両の障害物の回避の移動軌跡を示す平面図である。

[図10]障害物のみを考慮する従来の障害物の回避の移動軌跡を示す平面図である。

[図11]障害物のみを考慮する従来の障害物の回避のための運転操作量を示すグラフである。

[図12]本発明に係る回避制御装置の他の例を示すブロック図である。

[図13]実際に回避が行われるべく想定された実施例2の場面を示す模式的な平面図である。

[図14]実施例2における姿勢角目標値の設定方法を説明するための平面図である。

[図15]実施例2の回避制御装置により行われた車両の障害物の回避の移動軌跡を示す平面図である。

[図16]本発明の実施例2における最適運転操作量の生成区間および回避操舵の実行区間すなわち実行区間の時間変化を説明するグラフである。

[図17]本発明に係る回避操作算出装置および回避制御装置が採用された車両の他の例を模式的に示す平面図である。

[図18]本発明に係る回避制御装置の他の例を示すブロック図である。

[図19]実際に回避が行われるべく想定された実施例2の場面を示す模式的な平面図であり、座標系の設定方法を説明する図面である。

[図20]実施例3で想定された場面での姿勢角目標値の設定方法を説明するための平面図である。

[図21]実施例3の回避制御装置により行われた車両の障害物の回避の移動軌跡を示す平面図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0009] 本発明を図1ないし図21に示した各実施例に沿って詳細に説明する。
(実施例1)
- [0010] 図1は、本発明に係る回避操作算出装置10およびこれを備える回避制御装置11が採用された車両12を模式的に示す平面図であり、図2は、回避制御装置11を示すブロック線図である。
- [0011] 回避操作算出装置10は、車両12(自車両)が走行する道路13上に障害物14(図3参照。)が存在する場合、車両12が障害物14を回避することができる運転操作量を算出する。回避制御装置11は、回避操作算出装置10と車両運動制御部15とを備える。車両運動制御部15は、回避操作算出装置10により算出された運転操作量だけ、運転操作を行う。
- [0012] 車両12には、カメラ16と、車速センサ17と、ヨーレートセンサ18と、加速度センサ19と、マイクロプロセッサ20と、操舵角センサ21と、操舵用モータ22と、操舵角サーボコントローラ23とが設けられている。車両12は、実施例1では、ラック-ピニオン方式の前輪操舵機構が採用されており、操舵角センサ21、操舵用モータ22および操舵角サーボコントローラ23は、前輪操舵機構に対応して設けられている。操舵角センサ21は、後述するように、前輪操舵機構に取り付けられており、操舵角サーボコントローラ23に電氣的に接続されている。操舵角サーボコントローラ23は、操舵用モータ22およびマイクロプロセッサ20に電氣的に接続されている。このマイクロプロセッサ20は、カメラ16、車速センサ17、ヨーレートセンサ18および加速度センサ19のそれぞれと電氣的に接続されている。
- [0013] カメラ16は、車両12の車室内に配設されており、車両12の前方を撮像する。カメラ16は、実施例1では、左右で対を為して2台設けられている。後述するマイクロプロセッサ20の取得情報処理部24(図2参照。)は、カメラ16からの画像信号から画像を生成し、画像内の情報を3次元で処理する。取得情報処理部24は、例えば、車両12が存在する位置から障害物14(図3参照。)までの距離を検出する。カメラ16は、後述する取得情報処理部24の自車情報処理部25、障害物情報処理部26および道路境界情報処理部27(図2参照。)に画像信号を出力する。

- [0014] 車速センサ17は、車両12の走行速度を検出するための信号を生成する。車速センサ17は、実施例1では、車両12のホイールに取り付けられたロータリーエンコーダで構成され、ホイールの回転に比例するパルス信号を自車情報処理部25(図2参照。)に出力する。
- [0015] ヨーレートセンサ18は、車両12に生じるヨーレートを検出するための信号を自車情報処理部25(図2参照。)に出力する。ヨーレートセンサ18は、水晶振動子または半導体で構成される。
- [0016] 加速度センサ19は、車両12に生じる特定の方向の加速度を検出するための信号を自車情報処理部25(図2参照。)に出力する。加速度センサ19は、例えば、圧電素子等で構成される。加速度センサ19は、実施例1では、車両12に生じる幅方向の加速度に応じる信号を生成するように設定されている。
- [0017] マイクロプロセッサ20は、A/D変換回路、D/A変換回路、中央演算処理装置、メモリ等から構成される。マイクロプロセッサ20は、取得情報処理部24、回避操作算出部28として機能し、メモリ35(図2参照)を有する。後述するように、取得情報処理部24は、カメラ16および各センサ17~19からの信号を処理して各種情報を生成し、回避操作算出部28は、取得情報処理部24からの各種情報に基づいて運転操作量を算出し、算出した運転操作量に応じる信号を操舵角サーボコントローラ23に出力する。このように、マイクロプロセッサ20がカメラ16および各センサ17~19からの信号に応じて運転操作量を算出することから、カメラ16、各センサ17~19およびマイクロプロセッサ20が回避操作算出装置10として機能する。メモリ35は、情報を格納し、取得情報処理部24および回避操作算出部28との情報のやり取りを行う。
- [0018] 操舵角サーボコントローラ23は、各種演算を行うマイクロプロセッサと操舵用モータ22を駆動するための昇圧回路等(図示せず。)とから構成され、回避操作算出部28から出力される信号に応じた運転操作量、すなわち出力される信号に応じた操舵角を目標とするサーボ制御を実行する。
- [0019] 操舵角センサ21は、実際に操舵された操舵角を検出するための信号を操舵角サーボコントローラ23に出力する。操舵角サーボコントローラ23は、この信号に基づく情報をサーボ制御におけるフィードバック情報として利用する。操舵角センサ21は、

実施例1では、前輪操舵機構におけるラックストローク量に応じる信号を操舵角サーボコントローラ23に出力する。操舵角サーボコントローラ23は、この信号に基づき操舵角を検出することができる。

[0020] 操舵用モータ22は、運転者の操作とは別に、操舵角サーボコントローラ23からの信号に応じて操舵を行う。操舵用モータ22は、本実施例1では、前輪操舵機構におけるピニオンギアをモータで回転させることによって操舵を行う。

[0021] このように、操舵角サーボコントローラ23が操舵用モータ22を駆動することにより操舵が行われる。操舵角センサ21がこの操舵による操舵量を操舵角サーボコントローラ23にフィードバックすることにより、回避操作算出装置10により算出された運転操作量だけ、運転操作が行われる。したがって、操舵角センサ21、操舵用モータ22および操舵角サーボコントローラ23は、車両運動制御部15として機能する。このため、回避操作算出装置10および車両運動制御部15は、図2に示すように、回避制御装置11を構成している。

[0022] 前述したように、回避操作算出装置10は、カメラ16および各センサ17～19からの信号を処理して各種情報を生成する取得情報処理部24と、この生成された各種情報に基づいて運転操作量を算出する回避操作算出部28とを有する。取得情報処理部24は、実施例1では、自車情報処理部25、障害物情報処理部26および道路境界情報処理部27を有する。自車情報処理部25は、カメラ16および各センサ17～19からの信号に応じて、自車両(車両12)の情報を生成し、障害物情報処理部26は、障害物14の情報を生成し、道路境界情報処理部27は、道路13の走行可能な範囲の情報を生成する。

[0023] 自車情報(自車両の情報)とは、実施例1では、走行している道路13に対する車両12の位置、車両12の姿勢角 θ (図4参照。)、車両12に生じるヨーレート γ 、車両12に生じるすべり角 β (図4参照。)、および車両12の走行速度 v である。姿勢角 θ は、道路13の方向すなわち道路13の走路形状が延在する方向に対して、車両12が進行する方向が為す角度である。すべり角 β は、実際の操舵に基づき予測される車両12の進行方向に対して、車両12が実際に進行する方向が為す角度である。

[0024] 道路13に対する車両12の位置は、対を為すカメラ16から出力された画像信号を

画像処理することにより検出される。

[0025] 姿勢角 θ は、道路が直線であると仮定すれば、後述するように道路境界情報処理部27が検出した道路13の境界部29と、車両12(自車)の向いている方向とのなす角である。姿勢角 θ は、適当な初期値を定め、ヨーレートセンサ18からの出力値を積分することで算出されてもよい。この適当な初期値は、例えば、道路13の方向に走行している車両12の進行方向、すなわち回避の運転操作が為される前に車両12が進んでいた方向とされる。

[0026] ヨーレート γ および走行速度 v は、前述したようにヨーレートセンサ18および車速センサ17からの出力された信号から検出される。

[0027] すべり角 β は、車両12の前後方向の速度を v_x 、車両12の幅方向の速度を v_y とすれば、次式(1)により算出される。

$$[0028] \quad \beta = \arctan(v_y / v_x) \quad (1)$$

幅方向の速度成分は、前後方向の速度成分に比べて十分に小さいとみなされ、 v_x は v とされる。また、 v_y は加速度センサ19の出力を積分することによって求められる。このため、(1)式からすべり角 β の近似値が得られる。なお、車輪速、ヨーレート、横加速度等に基づいて、オブザーバによってより精度良くすべり角を推定する公知技術も知られている。したがって、そのような手法を用いてすべり角 β を求めてもよい。

[0029] 障害物情報は、対を為すカメラ16から入力された画像信号を画像処理することにより検出される。

[0030] 道路13の走行可能な範囲は、道路13およびその境界部29(図3参照。)に基づいて、検出される。ここで、道路13およびその境界部29は、対を為すカメラ16から入力された画像信号を画像処理することにより検出される。

[0031] 以上述べてきたように、自車情報処理部25は、カメラ16、車速センサ17、ヨーレートセンサ18および加速度センサ19と協働することで、自車情報検出部として機能し、障害物情報処理部26は、カメラ16と協働することで、障害物検出部として機能する。道路境界情報処理部27は、カメラ16と協働することで、道路境界検出部として機能する。なお、画像処理による障害物や道路境界の検出方法については多数の手法が公知技術として開示されているので、ここではその詳細な説明は省略する。

- [0032] このように、取得情報処理部24は、カメラ16および各センサ17～19からの信号に応じて所望の各種情報を生成し、回避操作算出部28は、この情報に基づき運転操作量を算出する。
- [0033] 回避操作算出部28は、最適操作量算出部30と、評価関数設定部31と、障害物移動軌跡予測部32と、姿勢角目標値設定部33と、バッファメモリ34とを有する。
- [0034] 最適操作量算出部30は、自車情報に基づく現在の車両12の運動状態に基づいて、現在時刻から所定時間後までの間に道路13上で車両12がとり得る運転操作量のパターンの中から、車両12にとって最も都合の良い、すなわち最適な運転操作量を算出し、算出したデータをバッファメモリ34に格納する。このように、最適操作量算出部30が、現在時刻のみならず所定時間後までの運転操作量を求めるので、車両12の未来における運動状態の予測をする必要があり、この予測のために車両運動モデルが用いられる。車両運動モデルは、車両12および障害物14の運動を記述するために設定された座標系に、後述するように、車両12の現在時刻における運転操作量および運動状態に基づいて予測走行軌跡を記述する。この座標系には、障害物14および道路13の境界部29の情報が座標値に対応づけられすなわち展開されており、各種情報および予測走行軌跡が統一的に扱われる。(図4参照)。
- [0035] 実施例1では、図3および図4に示すように、道路13の方向に沿ってX軸が、X軸と垂直方向すなわち道路13の幅方向にY軸がそれぞれ設定される。座標原点は任意に選ばれる。一例として、実施例1では、車両12の現在位置がX座標の原点、道路の中心線付近がY座標の原点とされる(図3参照)。座標系を設定することにより、車両12、障害物14および道路13の境界部29の位置を座標値で表現することができるようになる。以下の説明では、車両12(自車)の位置がその重心点でみて $(X, Y) = (x, y)$ とされ、障害物14(実施例1では歩行者)の位置が $(X, Y) = (x_p, y_p)$ とされ、道路13の左側の境界部29が $Y = y_L$ とされ、道路13の右側の境界部29が $Y = y_R$ とされる(図4参照)。
- [0036] また、最適操作量算出部30は、車両12がとり得る運転操作量のパターンの中から、車両12にとって最も都合の良い運転操作量が算出するために、どのような運転操作が車両12にとって都合の良い運転操作であるのかを定義する評価関数Jを用いる

[0037] 評価関数Jは、車両12に求められる事項を表現する数式で構成される。これにより、具体的な運転操作パターンと、それに伴う自車運動パターンの良し悪し、すなわち車両状態の良し悪しとが数値的に評価される。本発明に係る回避操作算出装置10は、障害物14の位置への到達を回避する場面において、最も重要なこととして障害物14の位置に到達しないことが求められ、次に、算出された運転操作量により車両12が辿る走行軌跡が道路13の走行可能な範囲に入っていることが求められる。この2つの要請事項は、障害物14および道路13の境界部29と車両12との間隔により評価される。障害物14が移動する場合には、その情報は評価関数Jに織り込まれる。障害物移動軌跡予測部32は、検出された障害物14の移動軌跡を予測する。

[0038] 障害物移動軌跡予測部32は、現時点までの障害物14の検出履歴から障害物14の移動速度を推定し、障害物14が推定された移動速度を保って等速直線運動を行う、という仮定のもとで移動軌跡を算出する。現在時刻 t_0 における障害物の位置を (x_p^0, y_p^0) 、障害物14の移動速度の推定値を (v_p^x, v_p^y) とすれば、時刻 t における障害物14の位置の推定値は、次式(2)、(3)で表される。

$$[0039] \quad x_p(t) = x_p^0 + v_p^x (t - t_0) \quad (2)$$

$$y_p(t) = y_p^0 + v_p^y (t - t_0) \quad (3)$$

障害物14を回避する場面では、さらに、回避後の車両12の姿勢をその場の交通事情にあわせた状態に持っていくことも求められる。姿勢角目標値設定部33は、この回避後の車両12の望ましい姿勢を評価関数Jに反映させるために、その場に応じた姿勢角目標値 θ^* を算出する。姿勢角目標値設定部33による姿勢角目標値 θ^* の設定は、後述する。この姿勢角目標値 θ^* は、道路13上を走行する車両12が後述する評価終了時刻 $(t_0 + T)$ において到達する個所に応じて設定される自車両の目標姿勢角の値である。

[0040] 次に車両運動モデルと、これを用いた車両12の運動状態の算出について説明する。車両運動モデルとしては様々なモデルを利用することができるが、実施例1では四輪車両の運動を二輪車両の運動で近似した二輪モデルに基づいて運動予測を行う。

[0041] 車両速度が一定であると仮定すると、二輪モデルは以下(4)～(9)の微分方程式で記述される。なお、 \dot{x} と表記したのは x の時間微分を示す。

$$[0042] \quad \dot{x} = v \cos(\beta + \theta) \quad (4)$$

$$\dot{y} = v \sin(\beta + \theta) \quad (5)$$

$$\dot{\theta} = \gamma \quad (6)$$

$$\dot{v} = 0 \quad (7)$$

$$\dot{\beta} = -\gamma + 2\{Y_f(\beta_f) + Y_r(\beta_r)\} / mv \quad (8)$$

$$\dot{\gamma} = 2l_f Y_f(\beta_f) / I - 2l_r Y_r(\beta_r) / I \quad (9)$$

ここで、前述したように、 θ は車両12の姿勢角(ヨー角)、 β はすべり角、 v は走行速度、 γ はヨーレートである。また、 m は車両12の重量、 I は車両12に生じる車両ヨー慣性モーメント、 l_f は車両重心から前輪軸までの距離、 l_r は車両重心から後輪軸までの距離を表す。 Y_f は前輪のタイヤ横力を表し、かつ Y_r は後輪のタイヤ横力を表す関数であり、それぞれ前輪すべり角 β_f 、後輪すべり角 β_r の関数であると仮定される。具体的な関数の形状の例を図5に示す。なお、図5に示された W_f は前輪荷重であり、 W_r は後輪荷重である。ここで、前輪舵角を δ とすると、 β_f 、 β_r は次式(10)、(11)で表される。

$$[0043] \quad \beta_f = \beta + l_f \gamma / v - \delta \quad (10)$$

$$\beta_r = \beta - l_r \gamma / v \quad (11)$$

以上のモデルを用いる場合、車両12の運動状態を表す状態ベクトル x は、

[0044] (数1)

$$\mathbf{x} = (x \quad y \quad \theta \quad v \quad \beta \quad \gamma) \quad (12)$$

という6次元のベクトルとなる。(4)～(9)式で表現されるモデルは、 δ を入力とする非線形微分方程式であり、モデルの右辺をまとめてベクトル値関数 f と表記すれば、

[0045] (数2)

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \delta) \quad (13)$$

という一般的な表現式で表される。したがって、車両12の運動状態を表す状態ベクトル x の値は、各センサ17～19の検出値に基づいて算出される。

[0046] 次に評価関数Jについて説明する。評価関数Jは、次式(14)の関数で構成される。

[0047] (数3)

$$J = \psi(\mathbf{x}(t_0 + T)) + \int_{t_0}^{t_0 + T} L(\mathbf{x}(\tau), \delta(\tau), \tau) d\tau \quad (14)$$

ただし、 ψ は時刻($t_0 + T$)における車両12の姿勢および位置の望ましさを評価する評価式であり、Lは現在時刻 t_0 から時刻($t_0 + T$)までの間の各時刻における車両12の運動状態および運転操作量の望ましさを評価する評価式であり、 τ は現在時刻 t_0 から時刻($t_0 + T$)まで変化する積分変数である。

[0048] 評価式Lは、実施例1では、以下の要請項目を反映する評価項を組み合わせることで構成される。すなわち、評価式Lは、以下の要請項目からなる評価基準を有している。

要請項目1. 車両12が障害物14に近づきすぎない。

要請項目2. 車両12が道路13の境界部29に近づきすぎない。

要請項目3. 前輪舵角 δ を必要以上に大きくしない。

[0049] 要請項目1は、障害物14に対する車両12の接近状態を示しており、車両12と障害物14との距離が近くなるにしたがって値が大きくなる関数によって表現される。要請項目1は、例えば次式(15)の関数で表現される

[0050] (数4)

$$L_p(x, y, x_p, y_p) = \exp\left(-\frac{(x - x_p)^2}{\sigma_x^2} - \frac{(y - y_p)^2}{\sigma_y^2}\right) \quad (15)$$

σ_x 、 σ_y は関数の形状を決めるパラメータであり、ここでは検出された障害物14の、X軸方向の幅の応じた値が σ_x とされ、Y軸方向の幅に応じた値が σ_y とされる。障害物14の奥行き方向であるX軸方向の情報が得られない場合には、 $\sigma_x = \sigma_y$ と設定する。障害物14の位置(x_p, y_p)は、障害物移動軌跡予測部32により算出された障害物14の移動軌跡の値に基づいて、算出される。なお、障害物14が静止している場合、障害物14の位置(x_p, y_p)は、障害物情報処理部26から得られた障害物14の位置となる。

[0051] 要請項目2は、道路13の境界部29に対する車両12の接近状態を示しており、車両12と道路13の境界部29との距離が近くなるにしたがって値が大きくなる関数によって表現される。要請項目2は、具体的には、例えば次式(16)の関数で表現される。

[0052] (数5)

$$L_R(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{2} (y - y_L - \Delta)^2 & \dots & y \leq y_L + \Delta \\ 0 & \dots & y_L + \Delta < y < y_R - \Delta \\ \frac{1}{2} (y - y_R + \Delta)^2 & \dots & y \geq y_R - \Delta \end{cases} \quad (16)$$

ただし、 Δ は境界部29への接近の余裕幅を指定するパラメータであり、 Δ の値が大きいほど車両12と境界部29との間に大きな間隔を置く回避経路が算出される。

[0053] 評価式 L_P と L_R とは、座標系に展開された道路13上に、障害物14および道路13の境界部29の位置への到達リスクを反映したリスクポテンシャルを定義する。評価式 L_P と L_R とを足し合わせた関数をX-Y座標上にプロットした図を図6に示す。中央の山が障害物14に対応する関数 L_P によって形成されたポテンシャルであり、両側の山が道路13の境界部29に対応する関数 L_R によって形成されたポテンシャルである。回避経路は、図6に示したリスクポテンシャル場の値の低い領域に可能な限り沿うようにして生成される。

[0054] 要請項目3は、車両12に為される運転操作量の操作状態を示しており、可能な限り小さな舵角で回避のための運転操作を行うことによって効率的に回避を行うことを要請するために導入される項目である。要請項目3は、例えば次式(17)の関数で表現される。

$$L_F(\delta) = \delta^2 / 2 \quad (17)$$

以上の三つの評価式に適当な重みをつけて足し合わせた関数が、評価式 L となる。すなわち、 W_P 、 W_R 、 W_F をそれぞれ要項項目1、2、3に対する重みとすると、評価式 L は、次式(18)で表される。

$$L = W_P L_P + W_R L_R + W_F L_F \quad (18)$$

評価式 ϕ は、後述する回避した後の評価終了時刻($t_0 + T$)すなわち車両12の運

動状態の評価を終了する時刻における車両姿勢を評価する項である。具体的には、評価終了時刻($t_0 + T$)以降に自車がスムーズにそれ以降の通常走行に移行できる車両姿勢を姿勢角目標値 θ^* (ヨ一角目標値)として設定し、姿勢角目標値 θ^* と評価終了時刻($t_0 + T$)における車両姿勢角予測値(予測姿勢角) $\theta(t_0 + T)$ との偏差が小さくなることを要請する評価式で構成される。このため、評価式 ϕ は、姿勢角目標値 θ^* と、車両姿勢角予測値(予測姿勢角) θ とから求まる車両12の姿勢状態を評価している。そのような評価式として、例えば、次式(19)の関数が利用される。

$$[0057] \quad \phi_{yaw}(\theta) = (\theta - \theta^*)^2 / 2 \quad (19)$$

この関数に適当な重みパラメータ W_{yaw} をつけて、

$$\phi = W_{yaw} \phi_{yaw} \quad (20)$$

とすることで評価終了時刻($t_0 + T$)における評価項が構成される。この評価式 L および評価式 ϕ で評価された各項目が自車両の車両状態となる。

[0058] また、評価関数設定部31は、(14)式の評価関数Jにおける評価区間の長さTを決定する。車両12が障害物14を回避した後の車両挙動まで考慮して操作量を算出するためには、評価区間を障害物14との回避後の時間まで延ばしておく必要がある。回避状態は、車両12と障害物14とのX座標が等しくなり、かつ車両12と障害物14とのY座標が十分に離れている状態であると定義される。車両12の走行速度 v を一定とみなせる場合、車両12が障害物14を回避するまでの時間 T_A は、次式によって推定される。

$$[0059] \quad T_A = \{x_p^0 - x(t)\} / (v - v_Y) \quad (21)$$

評価区間の長さTは、障害物14を回避した時を見込んで、少なくとも時間 T_A よりも長くとる必要がある。回避後の運動をどの程度先まで考慮すればよいかは場面によっても異なるが、車両12が回避運動を開始してから、障害物14の回避までに要する時間と、車両が障害物14を回避した後から通常走行に戻るまでに要する時間とがおおよそ同じであると仮定すれば、評価区間の長さTは、次式(22)のように設定される。

$$[0060] \quad T = 2T_A \quad (22)$$

このため、実施例1では、障害物14の回避のための動作を開始した時刻を評価開

始時刻 t_0 とすると、車両12が障害物14を回避した状態である回避時刻は $(t_0 + T_A)$ となり、車両12の運動状態の評価を終える評価終了時刻は $(t_0 + T) = (t_0 + 2T_A)$ となる。

[0061] これにより、評価関数 J は、評価開始時刻 t_0 から評価終了時刻 $(t_0 + T)$ までの間に、車両運動モデルが記述する予測走行軌跡の集合のそれぞれを評価することができる。この評価は、評価関数 J の値として表されており、評価関数 J の値が最小値となる予測走行軌跡が、評価式 L および評価式 ϕ で評価された各項目を総合的に判断して最適な予測走行軌跡であり、この最適な予測走行軌跡を描くような運転操作量を車両運動モデルに基づいて算出することにより、最適運転操作量を得ることができる。

[0062] 次に、本発明に係る回避操作算出装置10による障害物14を回避するための運転操作量の算出の工程を図7に示すフローチャートに沿って説明する。このフローチャートは、図3の場面を想定している。図3は、両側を塀(境界部29)で仕切られた道路13を自車両である車両12が走行しており、車両12の前方の左側から歩行者(障害物14)が道路13の走行可能な範囲内に飛び出してきた場面を表している。

[0063] 回避操作算出部28は、取得情報処理部24で処理された情報に基づき車両12が走行している道路13、その境界部29および道路13における車両12が走行可能な範囲を認識し、車両12が走行可能な範囲内に障害物14が存在しているか否かを確認し、その確認を継続する(ステップS1)。この際、各センサ17~19から出力された信号に基づき取得情報処理部24で処理された情報は、メモリ35に格納されており、メモリ35の情報は、回避操作算出部28による読み取りが可能とされている。

[0064] 回避操作算出部28は、道路13の走行可能な範囲内に、障害物14(実施例1では歩行者)が存在することを検知すると、この障害物14の回避のための運転操作量を算出するためにステップS3へ進む(ステップS2)。評価関数設定部31は、障害物14を検知した時刻 (t_0) を評価開始時刻 t_0 と設定する。道路13の走行可能な範囲内に、障害物14(実施例1では歩行者)が存在しない場合、ステップS1へ戻り、道路13上の障害物14の存否の確認を継続する。

[0065] 回避操作算出部28は、座標系を設定し(図3参照。)、メモリ35に格納された情報

および取得情報処理部24で処理された情報を設定した座標系に適宜展開(図4参照。)する(ステップS3)。

[0066] 回避操作算出部28は、取得情報処理部24で処理された情報に基づいて、車両12の運動状態を表す状態ベクトル x ((13)式参照。)の値を算出する(ステップS4)。

[0067] 障害物移動軌跡予測部32は、障害物14の移動軌跡の予測すなわち任意の時刻 t における障害物14の位置(x_p, y_p)を取得情報処理部24で処理された情報に基づいて(2)、(3)式から算出する(ステップS5)。なお、回避操作算出部28は、取得情報処理部24で処理された情報に基づいて、障害物14が静止していると判断した場合には、障害物移動軌跡予測部32による障害物14の移動軌跡の算出は行わない。

[0068] 評価関数設定部31は、評価区間の長さ T を取得情報処理部24で処理された情報に基づいて(19)、(20)式から設定する(ステップS6)。

[0069] 姿勢角目標値設定部33は、姿勢角目標値 θ^* を設定する(ステップS7)。以下に姿勢角目標値 θ^* の設定について説明する。

[0070] 姿勢角目標値 θ^* は、評価終了時刻($t_0 + T$) = ($t_0 + 2T_A$)に車両12が存在すると予測される位置の状況に合わせるべく車両12に求められる姿勢角であり、評価式 ϕ ((20)式参照。)の設定に用いられる。実施例1で想定された図3の場面の場合、障害物14の位置への到達を回避する運転操作が終了した後、評価終了時刻($t_0 + T$)の時点で車両12が道路13上での通常の走行状態に復帰することが望ましいことから、評価終了時刻($t_0 + T$)の時点で道路13の方向に沿うように車両12が走行していることが望ましい。このため、評価終了時刻($t_0 + T$)における車両12の姿勢角は、道路13の方向と一致するように設定すればよいこととなり、姿勢角目標値 $\theta^* = 0$ となる。

[0071] 評価関数設定部31は、現在時刻(t_0)における、取得情報処理部24で処理された情報、障害物移動軌跡予測部32からの情報および姿勢角目標値設定部33からの情報に基づいて、評価関数 J ((14)、(18)、(20)、(22)式参照。)を設定する(ステップS8)。

[0072] 最適操作量算出部30は、前述した車両運動モデルと評価関数 J とに基づいて、評価関数 J の値が最良(最小)となる最適運転操作量を算出する(ステップS9)。評価関

数Jの値が最良となる操作量を求める問題は、最適制御問題として広く知られている問題であり、その数値解を算出するアルゴリズムは公知文献として開示されている。そのような文献として、例えば、「連続変形法とGMRES法を組み合わせた非線形Receding horizon制御の高速アルゴリズム (A continuation /GMRES method for fast computation of nonlinear receding horizon control) 」{大塚敏之 (T. Ohtsuka), オートマティカ (Automatica), 第40巻, p563~574, 2004.} が挙げられる。

[0073] 実施例1の場合、最適運転操作量は前輪舵角 δ なので、評価開始時刻 t_0 から評価終了時刻 $(t_0 + T)$ までの前輪舵角操作量の時系列が算出される。実際の最適運転操作量の算出にあたっては、評価区間を適当なステップ数 N (所定の間隔) で分割して、各離散化ステップ時点における最適運転操作量の値を算出することになる。すなわち、

[0074] (数6)

$$\delta^* = \left(\delta(t_0) \quad \delta\left(t_0 + \frac{T}{N}\right) \quad \delta\left(t_0 + \frac{2T}{N}\right) \quad \cdots \quad \delta\left(t_0 + \frac{N-1}{N}T\right) \right) \quad (23)$$

という N 個の前輪舵角 δ の時系列が得られる。

[0075] 回避操作算出部28は、最適操作量算出部30で算出した N 個の前輪舵角 δ (最適運転操作量) の時系列をバッファメモリ34に格納する(ステップS10)。

[0076] このフローチャートのように、回避操作算出装置10は、最も都合のよい運転操作量を算出する。実施例1では、回避操作算出装置10が回避制御装置11の一部を構成しており、他部である車両運動制御部15により各最適運転操作量に応じた操舵が実行される。

[0077] 車両運動制御部15は、バッファメモリ34に最適運転操作量 (N 個の前輪舵角 δ) の時系列のデータが格納されると起動され、バッファメモリ34に格納されたデータを T/N の時間周期で最適運転操作量の時系列に沿って順番に読み込み、読み込まれた最適運転操作量である前輪舵角 δ を目標舵角として前輪操舵角のサーボ制御を実行する。車両運動制御部15は、バッファメモリ34にセットされた最適運転操作量

がすべて読み出されたところでサーボ制御を終了し、この終了と共に車両12は、運転者が運転操作を行う通常走行の状態に復帰する。障害物14の回避のために算出された最適運転操作量を表すグラフを図8に示し、この最適運転操作量による車両12の移動軌跡を図9に示す。なお、図9では、評価開始時刻 t_0 における車両12および障害物14を実線で示し、そこから回避が終了する評価終了時刻($t_0 + T$)までの車両12および障害物14の移動軌跡を二点鎖線で示している。

[0078] 図9に示すように、車両12は、回避制御装置11により、障害物14及び道路13の境界部29を回避することができる。さらに、回避制御装置11による回避の運転操作が終了した評価終了時刻において、車両12は、道路13の方向に沿う走行姿勢(姿勢角 $\theta = 0^\circ$)で道路13の走行可能な範囲内を走行している。

[0079] 本発明に係る回避操作算出装置10は、障害物14のみならず道路13の境界部29との接近度合いも考慮して、最適運転操作量を算出しているので、障害物14を回避するための最適運転操作量を道路13の走行可能な範囲内で算出することができる。

[0080] また、回避操作算出装置10は、障害物14の回避後に車両12の姿勢角 θ を道路13の方向まで戻すことも考慮して最適運転操作量の算出を行っている。即ち、回避操作算出装置10は、図8に示すように、障害物14の回避のために必要なY軸方向(道路13の幅方向)への移動量が確保できることが予測された段階で前輪舵角を戻し始め、障害物14の回避直後に舵角が逆相に反転し、評価終了時刻($t_0 + T$)までに中立位置(姿勢角 $\theta = 0^\circ$)まで戻す、という運転操作量が算出されている。そのため、図9に示すように、車両12が障害物14及び道路13の境界部29を回避することができる最適運転操作量を算出することが出来る。。

[0081] これに対し、従来のように、障害物のみを考慮して運転操作量を算出する装置では、車両が、図10に示すような移動軌跡を描く虞がある。図10は、従来の走行安全装置による障害物回避の移動軌跡を示し、図11は、従来の走行安全装置により算出された運転操作量を表すグラフである。なお、図10では、現在時刻における車両12を実線で示し、そこから回避が終了するまでの車両12の移動軌跡を二点鎖線で示している。従来の走行安全装置は、障害物14を回避するまでは障害物回避のみを目標とする制御を行うため、道路の走行可能な範囲に拘わらず、障害物14の回避のため

に必要なY軸方向への移動量を一様に設定する。このため、図10に示すように、回避時刻では障害物14(歩行者)の回避に成功しても、回避時刻での車両の姿勢角は道路の方向に対して大きく傾いた状態となる。障害物の回避後に、大きく傾いた車両の姿勢角を元の姿勢にもどすために、前輪舵角を戻す操作指令が出力される(図11参照。)。しかし、図3に示す場面のように、障害物14の回避のために必要なY軸方向への移動量が道路の走行可能な範囲に対応していない場合、図10に示すように、車両の姿勢角を元に戻す前に道路の右側の境界部に到達する虞がある。

(実施例2)

- [0082] 本発明に係る回避操作算出装置100およびこれを含む回避制御装置110の実施例2を図12から図16までの図面に基づいて説明する。
- [0083] 本発明の実施例2では、図13に示すように、車両12が走行している道路40は、その中央に車線分離線41が引かれて2つの車線42、43に区画されており、車線42および車線43は互いに対向する方向への車両12の進行が許されている。また、実施例2の回避操作算出装置100(図12参照。)は、障害物14の道路40上での移動速度が変化することに対応することができる最適運転操作量を算出する。なお、車線分離線41は、実施例2では、道路40を互いの走行方向が異なる車線に区画する破線であるが、道路上を複数の車線に区画するものであれば、道路を等しい方向の車線に区画する線であってもよく、異なる色の線であってもよく、破線以外の線で構成されていてもよい。
- [0084] 実施例2の回避操作算出装置100およびこれを含む回避制御装置110(図12参照。)は、基本的に実施例1の回避操作算出装置10およびこれを含む回避制御装置11と同様の構成および動作であり、等しい個所については同じ符号を付して詳細な説明を省略し、かつ等しい動作についても詳細な説明を省略する。
- [0085] 図12に示すように、取得情報処理部24は、分離線情報処理部44を有する。分離線情報処理部44は、対を為すカメラ16から入力された画像信号を画像処理することにより、道路13の車線分離線41(図13参照。)を検出する。このように、分離線情報処理部44は、カメラ16と協働して分離線検出部として機能する。
- [0086] 障害物14の回避のための運転操作量が算出される処理は、ステップS7における

姿勢角目標値 θ^{*} の設定の仕方およびステップS8で設定される評価関数Jの評価式 ϕ が実施例1と異なるので、これについて説明する。

[0087] 図13に示すように、車線分離線41により区画された2つの車線42、43が対向しており、車両12が車線42を走行している。したがって、回避操作算出装置100は、車両12が障害物14を回避した後、車両12を車線42に戻すことまで考慮して運転操作量を算出する。このため、(14)式に示す評価関数Jの評価終了時刻($t_0 + T$)における評価式 ϕ に、車両12が障害物14を回避した後に元の車線42に戻るあるいは戻る方向に車両12を向けることを要請する評価項を加える。

[0088] 元の車線に戻るという要請は、評価終了時刻($t_0 + T$)において車両12の位置が $Y = y_{LC}$ と近づけば近づくほど良い、とする評価式、例えば次式(24)の評価式で表される。ここで、左側の車線42(元の車線)の中央の座標は、 $Y = y_{LC}$ と定義される。

$$[0089] \quad \phi_Y = (y - y_{LC})^2 / 2 \quad (24)$$

この(24)式は、評価終了時刻($t_0 + T$)における目標走行位置(この場面では元の車線である左側の車線42。)と、予測走行軌跡から算出された評価終了時刻($t_0 + T$)における自車の到達予想位置とから求まる車両12の姿勢状態を評価する。

[0090] また、図14に示すように、左側の車線42に戻る方向に姿勢角目標値 θ^{*} を設定する場合には、車両12のY座標によって姿勢角目標値 θ^{*} が変わることになる。なお、車両12は、評価開始時刻 t_0 においては、直線 $X = X1$ 上に存在し、評価終了時刻($t_0 + T$)においては、直線 $X = X2$ 上に存在する。評価終了時刻($t_0 + T$)における自車の到達予想線からさらに距離Dだけ前方の車線42の中央部(座標($X3, y_{LC}$))に仮想的に車両12(一点鎖線の車両12参照。)を置く。評価終了時刻($t_0 + T$)における車両12の姿勢角 θ がその仮想車両12の方向を向くように姿勢角目標値 θ^{*} が設定される。姿勢角目標値 θ^{*} は、次式(25)で表される。

$$[0091] \quad \theta^{*} = \arctan\{(y - y_{LC}) / D\} \quad (25)$$

姿勢角を評価する評価式は(20)式で表される。したがって、評価項 ϕ は次式(26)で表される。

$$[0092] \quad \phi = W_{yaw} \phi_{yaw} + W_Y \phi_Y \quad (26)$$

このように、ステップS7で姿勢角目標値 θ^{*} が設定され、かつステップS8で評価

関数Jが設定される。

- [0093] さらに、障害物情報処理部26は、前述したように、障害物14の移動速度が変化することに対応するために、一定の周期 Δt 毎に、障害物14の位置および移動に関する情報を検出し、回避操作算出部28は、この検出された結果に基づき最適運転操作量の算出結果を更新する。
- [0094] ここで、一定の周期 Δt 毎に最適運転操作量を算出する場合、実施例1の(21)、(22)式から算出する評価区間Tまでも更新してしまうと、走行している車両12の障害物14への接近に従って評価区間が短くなってしまう。すると、車両12の障害物14への接近度合いによっては、回避後の評価区間が十分に確保されなくなる虞がある。このため、回避操作算出装置100は、最初に装置が起動された時に設定された評価区間の長さT、すなわち評価開始時刻 t_0 から評価終了時刻($t_0 + T$)までの評価区間の長さTの値を、障害物14の回避が終了するまで固定する。
- [0095] さらに、回避操作算出部28は、一定の周期 Δt 毎に算出された最適運転操作量のデータをそれぞれバッファメモリ34に格納し、それ以前に格納された最適運転操作量のデータを破棄する。車両運動制御部15は、入力されたバッファメモリ34の最適運転操作量のデータすなわち前輪操舵 δ に応じる操舵を行う。一方、新たな最適運転操作量のデータがバッファメモリ34に入力されると共に以前の最適運転操作量のデータが破棄される。したがって、車両運動制御部15は、常に更新された新たな最適運転操作量のデータに基づき操舵する。回避操作算出部28は、障害物14を回避したと判断すると、新たな最適運転操作量の算出は停止し、車両運動制御部15は、バッファメモリ34に格納された時系列の最適運転操作量のデータをすべて実行するまでサーボ制御を行う。回避操作算出部28による最適運転操作量の算出および算出された最適運転操作量に基づく操舵が為される実行区間の推移を図16のグラフに示す。実際に障害物を回避するまでに経過した時間は T_A^{\wedge} である。図16では、縦軸が実際の時間の流れT2を示しており、横軸が実際の時間の流れから見た実行区間の長さT1を示している。実行区間は、時刻($t_0 + T_A^{\wedge}$)までは、一定の周期 Δt 毎の経過に伴って、長さTの評価区間が一定の値のまま時間 Δt だけ未来へ向けて変移する。時刻($t_0 + T_A^{\wedge}$)に達するすなわち障害物14を回避したと判断すると、回避操

作算出部28による最適運転操作量の算出およびバッファメモリ34のデータの更新が停止するので、実行区間は、 $(t_0 + T_A)$ を基準として長さTのみが残存する。このため、実行区間は、回避時刻 $(t_0 + T_A)$ 以降、時間の経過に伴って短くなり、評価終了時刻 $(t_0 + T_A + T)$ においてすべての最適運転操作量が実行され、回避のための運動制御が終了する。

[0096] 上述したように、回避操作算出装置100により算出された最適運転操作量を回避制御装置110が実行した車両12の移動軌跡を図15に示す。なお、図15は、現在時刻 t_0 における車両12および障害物14を実線で示し、そこから回避操作が終了する評価終了時刻 $(t_0 + T_A + T)$ までの車両12および障害物14の移動軌跡を二点鎖線で示している。なお、車両12は、評価開始時刻 t_0 においては、直線 $X=X1$ 上に存在し、評価終了時刻 $(t_0 + T_A + T)$ においては、直線 $X=X4$ 上に存在する。車両12は、障害物14及び道路40の境界部29を回避し、その進行方向を元に走行していた車線42へ向かう方向に向けることができる。

[0097] 実施例2の回避操作算出装置100および回避制御装置110は、道路13が車線分離線41により2つの車線42、43に区画されている場合であっても、車両12が元に走行していた車線42に戻るまでの最適運転操作量、または車両12の走行方向が車線42に戻る方向へ向けられるまでの最適運転操作量を算出するので、障害物14の回避を道路13の状況に応じて行うことができる。

[0098] また、回避操作算出装置100および回避制御装置110は、障害物14が移動速度を変化させた場合であっても、障害物14の移動速度に応じた最適運転操作量を算出することができるので、車両12に障害物14を回避させることができる。

[0099] なお、実施例2では、車線分離線41が道路40を互いに対向する2つの車線42、43に区画しているため、回避操作算出装置100は、車両12が元の走行車線(実施例2では車線42)に戻る移動軌跡を描く最適運転操作量を算出していたが、これに限定されるものではない。例えば、道路が車線分離線により2つの車線に区画されていても、両車線が等しい方向への車両の進行を許すものであれば、車両12は、障害物を回避した後の評価終了時刻に、元の走行車線ではなくそれに並行する車線を走行することができる。この場合、評価式 ϕ_Y は、次式(24')で表される。ここで、元の走

行車線に並行する車線の中央の座標は $Y=y_{LC2}$ と定義される。

$$[0100] \quad \phi_Y = (y - y_{LC2})^2 / 2 \quad (24')$$

(実施例3)

[0101] 本発明に係る回避操作算出装置1000およびこれを含む回避制御装置1100の実施例3を図17から図21までの図面に基づいて説明する。

[0102] 実施例3の回避操作算出装置1000およびこれを含む回避制御装置1100(図18参照。)は、基本的に実施例1の回避操作算出装置10およびこれを含む回避制御装置11と同様の構成および動作であり、等しい個所については同じ符号を付して詳細な説明を省略し、かつ等しい動作についても詳細な説明を省略する。

[0103] 実施例3では、回避操作算出装置1000がGPS信号受信装置50および道路情報記録装置51を有し、車両運動制御部1500(図18参照。)がブレーキコントローラ52およびブレーキアクチュエータ53を有する。

[0104] GPS信号受信装置50は、車両12の走行位置を検出するために、人工衛星から発せられるGPS(Global Positioning System)信号を受信する。

道路情報記録装置51は、CD-ROMやDVD-ROMあるいはハードディスクといった電子的記録媒体およびその読取装置で構成され、記録媒体に道路地図情報が格納されている。GPS信号受信装置50および道路情報記録装置51は、マイクロプロセッサ20に電氣的に接続されている。

[0105] ブレーキアクチュエータ53は、車両12の四輪のそれぞれに設けられており、四輪をそれぞれ制動させる。この各ブレーキアクチュエータ53は、ブレーキコントローラ52に電氣的に接続されており、このブレーキコントローラ52がマイクロプロセッサ20に電氣的に接続されている。ブレーキコントローラ52は、回避操作算出部28で算出された最適運転操作量を実行するために必要な車両12の四輪それぞれの制動力を算出する。ブレーキコントローラ52は、算出した制動力に応じる駆動信号をブレーキアクチュエータ53に出力する。これにより、ブレーキコントローラ52は、車両12を減速させ、かつ、左右輪における制動力に差を設けることができる。結果として、ブレーキコントローラ52は、車両12にヨーモーメントを発生させることができる。

[0106] 図18に、以上の装置構成のブロック線図を示す。実施例1と異なり、取得情報処理

部24は、GPS信号受信装置50と道路情報記録装置51とからの信号が入力される走路形状情報処理部54を有する。走路形状情報処理部54は、GPS信号受信装置50から受信したGPS信号をもとに算出した車両12の位置と、道路情報記録装置51から得た道路地図情報とをマップマッチングすることにより、車両12の前方の道路13の走路形状の情報を得ることができる。ここで、道路13の走路形状とは、道路13の延在方向に沿う方向をいい、道路13が曲がっている場合には、道路13の延在方向すなわち曲線の接線方向をいう。このように、走路形状情報処理部54は、GPS信号受信装置50および道路情報記録装置51と協働して走路形状情報取得部として機能する。

[0107] 実施例3では、図19に示すように、車両12が走行する道路55は、曲線を描いており、この曲線部に第2の車両(障害物56)が停止している。道路55は、実施例1と同様に、両側が塀(境界部29)で仕切られており、両境界部29の間が車両12の走行可能な範囲とされている。

[0108] 次に、回避操作算出装置1000が運転操作量を算出する処理のうち、実施例1の回避操作算出装置10と異なる個所を説明する。

[0109] ステップS1において、走路形状情報処理部54は、GPS信号受信装置50と道路情報記録装置51とからの情報に基づいてマップマッチングの処理を行い、車両12の道路55上の位置および道路55の走路形状に関する情報を取得する。

[0110] ステップS3における座標系の設定も実施例1と異なる。まず、実施例1と同様、直交座標系としてX軸、Y軸が設定される。実施例3の回避操作算出装置1000ではこれに加えて、図19に示すように、道路55の中心線となるS座標軸およびS座標軸と直交するR座標軸が設定される。道路55の中心線は、道路情報記録装置51のデータから得られるので、X、Y座標とS、R座標との間の変換式は、次式(27)、(28)で表わされる。

[0111] (数7)

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_x(s, r) \\ g_y(s, r) \end{pmatrix} \quad (27)$$

$$\begin{pmatrix} S \\ R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_s(X, Y) \\ h_r(X, Y) \end{pmatrix} \quad (28)$$

ステップS4における、車両運動モデルを構成する状態ベクトル x の値の算出についても、実施例1と異なる。実施例3の回避操作算出装置1000および回避制御装置1100は、前輪舵角 δ に加えて制動力の制御も実行するので、操作量が前輪舵角 δ 、車両減速度 a 、左右制動力差 d の三つに増える。操作量の種類の増加に対応した車両運動モデルは、次式のようになる。

$$[0112] \quad \dot{x} = v \cos(\beta + \theta) \quad (29)$$

$$\dot{y} = v \sin(\beta + \theta) \quad (30)$$

$$\dot{\theta} = \gamma \quad (31)$$

$$\dot{v} = d \quad (32)$$

$$\dot{\beta} = -\gamma + 2\{Y_f(\beta_f) + Y_r(\beta_r)\} / mv \quad (33)$$

$$\dot{\gamma} = 2l_f Y_f(\beta_f) / I - 2l_r Y_r(\beta_r) / I + 2l_t d / I \quad (34)$$

ここで、 l_t はトレッド幅であり、その他の記号は実施例1と同じである。状態ベクトル x は、実施例1と同じであり、実施例1と同様にして状態ベクトル値を算出する。

[0113] 実施例3では、障害物56が静止しているので、障害物56の位置(x_p, y_p)の算出のみが行われ、移動軌跡予測の処理は行われない(ステップS5)。

[0114] ステップS6では、図20に示すように自車の到達予測地点における道路55の方向に沿って姿勢角目標値 θ^* (=0)が設定される。なお、車両12は、評価開始時刻 t_0 においては、直線 $S = SX1$ 上に存在し、評価終了時刻($t_0 + T$)においては、直線 $S = SX2$ 上に存在する。矢印SV1は、道路55の方向を示している。

[0115] さらに、実施例1の(14)式の評価式Lに以下の要請項目が追加されている。

要請項目4. 必要以上の減速を行わない。(急制動を行わない。)

要請項目5. 左右制動力差を大きくしない。

要請項目6. 道路の走路形状に適した車速とする。(道路の曲線部の通過に適した車速以上の車速で走行しない。)

要請項目4および要請項目5は、車両12に為される運転操作の操作状態を示しており、要請項目4は次式(35)で、要請項目5は次式(36)で表わされる。

$$[0116] \quad L_A = a^2 / 2 \quad (35)$$

$$L_D = d^2 / 2 \quad (36)$$

要請項目6は、

$$L_V = (v - v^*)^2 / 2 \quad (37)$$

という評価式で表現される。目標車速 v^* は、以下の手順で決定される。

[0117] まず、車両12の前方の道路55の曲率半径が道路情報記録装置51のデータから読み出され、評価開始時刻 t_0 における車両12の位置から評価終了時刻($t_0 + T$)に車両12が到達すると予測される自車到達予測地点までの範囲内で、曲率半径の最小値が算出され、その値が ρ_{min} とされる。

[0118] 次に、あらかじめ定められた車両横加速度の上限値 a_y^{max} が参照され、曲率半径 ρ_{min} の道路55を横加速度 a_y^{max} で通過する際の車両速度 v_{max} が以下の次式(38)から算出される。

$$[0119] \quad v_{max} = (a_y^{max} \rho_{min})^{1/2} \quad (38)$$

さらに、現在の車速 $v(f)$ と v_{max} とが比較され、値の小さい方が v^* とされる。

[0120] このため、(37)式は、道路55の曲線部に適した車両速度 v_{max} と車両12の曲線部の通過速度とから求まる車両12の姿勢状態を評価する。

[0121] 要請項目2は、図19のような道路曲線部分では道路の中心からの距離はY座標ではなく、R座標で表されるので、次式(39)のように表される。

[0122] (数8)

$$L_R(r) = \begin{cases} \frac{1}{2} (r - r_L - \Delta)^2 & \cdots & r \leq r_L + \Delta \\ 0 & \cdots & r_L + \Delta < r < r_R - \Delta \\ \frac{1}{2} (r - r_R + \Delta)^2 & \cdots & r \geq r_R - \Delta \end{cases} \quad (39)$$

ここで、 r_L は道路55の左端(走行可能な範囲の左端)のR座標値であり、 r_R は道路55の右端(走行可能な範囲の右端)のR座標値である。

[0123] (39)式の r に(28)式の変換式、 $r = h_r(x, y)$ を代入することにより、 L_R をX、Y座標

で表現した式 $L_R(x, y)$ が得られるので、これが評価式として用いられる。

[0124] 以上より、評価式 L は、次式のように構成される。

$$L = W_P L_P + W_R L_R + W_F L_F + W_A L_A + W_D L_D + W_V L_V \quad (40)$$

ただし、 W_A 、 W_D 、 W_V は、それぞれ要項項目4、5、6に対する重みである。なお、評価式 ϕ については、実施例1と同様、(19)、(20)式で表される。

[0126] 最適操作量算出部30は、最適運転操作量として以下の3種類(41)、(42)、(43)の最適運転操作量を算出する(ステップS9)。

[0127] (数9)

$$\delta^* = \left(\delta(t_0) \quad \delta\left(t_0 + \frac{T}{N}\right) \quad \delta\left(t_0 + \frac{2T}{N}\right) \quad \cdots \quad \delta\left(t_0 + \frac{N-1}{N}T\right) \right) \quad (41)$$

$$a^* = \left(a(t_0) \quad a\left(t_0 + \frac{T}{N}\right) \quad a\left(t_0 + \frac{2T}{N}\right) \quad \cdots \quad a\left(t_0 + \frac{N-1}{N}T\right) \right) \quad (42)$$

$$d^* = \left(d(t_0) \quad d\left(t_0 + \frac{T}{N}\right) \quad d\left(t_0 + \frac{2T}{N}\right) \quad \cdots \quad d\left(t_0 + \frac{N-1}{N}T\right) \right) \quad (43)$$

このように、求める操作量の数は増えているが、最適化のためのアルゴリズムは実施例1と同じものとされる。

[0128] バッファメモリ34には、最適運転操作量として、前輪操舵 δ^* に加えて、車両減速度 a^* および左右制動力差 d^* が格納される(ステップS10)。

[0129] 上述したように、回避操作算出装置1000により算出された最適運転操作量を回避制御装置1100が実行した車両12の移動軌跡を図21に示す。なお、図21は、評価開始時刻 t_0 における車両12を実線で示し、そこから回避が終了する評価終了時刻($t_0 + T$)までの車両12の移動軌跡を二点鎖線で示している。図21に示すように、車両12は、障害物56及び道路55の境界部29を回避し、かつその進行方向を道路55の方向に合わせる事ができる。

[0130] GPS信号受信装置50、道路情報記録装置51および走路形状情報処理部54からなる走路形状情報取得部は、道路55の走路形状を検出することができ、回避操作算出部28は、最適運転操作量を算出する。したがって、回避操作算出装置1000は

、道路55の走路形状に拘わらず、車両が障害物56及び道路55の境界部29を回避し、障害物56の回避が終了した後に、その進行方向を道路55の方向に合わせ、かつ、その走行位置を道路55の走行可能な範囲内の適切な位置とすることができる最適な運転操作量を算出することができる。

[0131] 操舵角サーボコントローラ7は、前輪操舵 δ^* に基づいてサーボ制御を行い、ブレーキコントローラ52は、車両減速度 a^* および左右制動力差 d^* をに基づいてサーボ制御を行う。これにより、車両は、障害物56及び道路55の境界部29を回避し、障害物56の回避が終了した後に、その進行方向を道路55の方向に合わせ、かつ、その走行位置を道路55の走行可能な範囲内の適切な位置とすることができる。

[0132] よって、本発明に係る回避操作算出装置は、自車両が道路の走行可能な範囲内で障害物の回避を行うことができる運転操作量を算出することができる。すなわち、評価関数により評価される自車両の車両状態には、評価開始時刻から評価終了時刻までの間の各時刻における障害物に対する自車両の接近状態、および評価終了時刻における目標姿勢角と予測姿勢角とから求まる自車両の姿勢状態に加えて、各時刻における道路の境界部に対する自車両の接近状態が含まれている。回避操作算出装置は、この評価関数の値が最小値となる予測走行軌跡に基づいて、自車両への最適運転操作量を算出する。したがって、回避操作算出装置は、自車両が道路の幅すなわち走行可能な範囲内で障害物を回避し、回避後の姿勢を道路に対応させることができる運転操作量を算出することができる。このため、回避操作算出装置は、例えば、道路の両側に塀が設けられている場合であっても、自車両が、障害物を回避し、回避後に道路の端に寄りすぎず、回避前の進路に戻ることができる運転操作量を算出することができる。

[0133] また、本発明に係る回避制御装置は、自車両が道路の走行可能な範囲内で障害物を回避するために必要な操舵を行うことができる。このため、回避のための操舵のみの場合と比較して、障害物を回避する操舵を行うという負担および違和感が軽減される。さらに、自車両は、道路の走行可能な範囲内で障害物を回避することができる。

[0134] 上記した各実施例の回避操作算出装置および回避制御装置に用いられた各検出

部および車両運動制御部は、車両に採用される他の運転支援装置と兼用されることができる。例えば、分離線検出部、操舵機構の制御部および制動機構の制御部は、レーンキープ機構と兼用されることができ、分離線検出部および制動機構の制御部は、自動追尾機構と兼用されることができ、走路形状情報取得部は、ナビゲーションシステムと兼用されることができる。

- [0135] 上述した実施例は、障害物に加え道路の境界部を考慮して、障害物を回避するための操作量を算出しているため、この操作量により、自車両は、道路の幅すなわち走行可能な範囲内で障害物を回避することができる。上述した実施例は、例えば、道路の両側に塀が設けられている場合であっても、自車両が、障害物を回避することができ、回避後に道路の端に寄りすぎず、回避前の進路に戻ることができる運転操作量を算出することができる。
- [0136] 上述した実施例は、障害物との接近度合いだけでなく、道路の境界部との接近度合いと、障害物の回避後の車両姿勢角とを考慮して評価関数を構成する。即ち、上述した実施例は、自車両が実際に障害物を回避する前の段階と、自車両が障害物を回避した後どのように走行するかを考慮した上で、最適運転操作量を算出する。したがって、上述した実施例は、障害物回避と路外逸脱防止とを両立するための最良の運転操作量を算出することができる。
- [0137] 上述した実施例は、移動する障害物に対してその移動軌跡を予測した上で最適運転操作量を算出するので、障害物が静止している場合と、障害物が移動する場合との何れであっても、有効な最適運転操作量を算出することができる。
- [0138] 上述した実施例は、障害物の回避後の車両姿勢角だけでなく車両到達位置に関しても目標値を設定することで、より細かい運転目標に応じた最適運転操作量を算出することができる。したがって、上述した実施例は、回避後の車両の走行状態について、選択の幅を増やすことができる。
- [0139] 上述した実施例は、道路上の車線分離線の情報に基づいて、道路の車線を判断する。上述した実施例は、自車両が障害物を回避した後、この判断に基づいて、自車両の進行方向が、自車両が当初走行していた車線に復帰する方向に向くように、最適運転操作量を算出する。したがって、上述した実施例は、複数の車線が設定さ

れた道路に対応した最適運転操作量を算出することができる。

- [0140] 上述した実施例は、道路上の車線分離線の情報に基づいて、道路の車線を判断する。上述した実施例は、自車両が障害物を回避した後、この判断に基づいて、自車両の進行方向が、自車両が当初走行していた車線に並行する車線に向くように、最適運転操作量を算出する。したがって、上述した実施例は、複数の車線が設定された道路に対応した最適運転操作量を算出することができる。
- [0141] 上述した実施例は、前方道路の進行方向に関する情報を取得し、自車両が障害物を回避した後に速やかに道路の方向に沿った走行を再開できるような車両操作量を算出する。このため、上述した実施例は、例えば、曲線を描く道路であっても、この道路の走路形状に対応する最適運転操作量を算出することができる。
- [0142] 上述した実施例は、所定の時間毎に新たな情報に基づいて最適運転操作量を更新していくので、障害物が当初の予想外の挙動をとった場合でも、障害物が実際にとった挙動に応じた適切な最適運転操作量を算出することができる。
- [0143] 上述した実施例は、運転者が行った運転操作を考慮して最適運転操作量を算出することができるので、例えば、急ハンドルおよび急制動等を避けることができる。
- [0144] 上述した実施例は、算出した最適運転操作量だけ運転操作を行うので、最適運転操作量分の運転操作を、運転者による操作によらずに確実に実行することができる。
- [0145] 上述した実施例は、自車両が道路の走行可能な範囲内で障害物を回避する最適運転操作量を算出することができる。
- [0146] 上述した実施例では、自車両は、道路の走行可能な範囲内で障害物を回避することができる。
- [0147] なお、上記した各実施例は、回避操作算出装置が算出した最適運転操作量に基づいて車両運動制御部による車両の操舵を実行する構成であったが、車両運動制御部による車両の操舵は、運転者による運転操作を補助的に行うものであってもよい。この場合、例えば、車両運動制御部は、最適運転操作量と運転者が行った運転操作との差分に応じて操舵するものであってもよく、運転者が運転操作を行った場合、運転者とは別の操舵を中止するものであってもよい。
- [0148] また、上記した各実施例は、回避操作算出装置を含む回避制御装置を採用し、算

出した最適運転操作量に基づいて車両運動制御部による車両の操舵を実行する構成であったが、車両の操舵を行わないものであってもよい。この場合、例えば、回避操作算出装置のみが車両に搭載され、車室にディスプレイが設置され、最適運転操作量に適合する回避のための移動軌跡がディスプレイ上に表示される。これにより、障害物の回避のための操舵が補助される。

[0149] 上記した各実施例に示した回避操作算出装置および回避制御装置は、互いに異なる構成とされていたが、各構成は適宜組み合わせられる。具体的には、実施例2は、分離線検出部を有し、障害物の移動速度の変化に対応する算出方法を採用し、実施例3は、走路形状情報取得部を有し、制動機構の制御を行う。これらの構成および方法等は、適宜実施例1の回避操作算出装置および回避制御装置に採用される。

[0150] また、上記した各実施例では、回避操作算出装置は、算出された最適運転操作量である前輪操舵 δ に基づき操舵を行っていたが、算出された最適運転操作量によっては、制動機構のみを制御してもよい。

産業上の利用の可能性

[0151] 本発明は、自動車産業において利用される。

請求の範囲

- [1] 自車両よりも前方に位置し該自車両が走行している道路および該道路の境界部を検出する道路境界検出部と、
前記自車両の前方の前記道路上に存在する障害物を検出する障害物検出部と、
前記道路の方向に対する自車両の進行方向が為す姿勢角、前記道路上での前記自車両の位置および該自車両の速度を検出する自車情報検出部と、
前記各検出部からの検出情報に基づいて前記道路上で前記障害物を回避するための操作量を算出する回避操作算出部とを備えることを特徴とする回避操作算出装置。
- [2] 前記回避操作算出部は、前記自車両が前記障害物を回避した後の前記道路に応じて前記自車両の目標姿勢角を設定する姿勢角目標値設定部と、
前記障害物を検出した時刻である評価開始時刻および該評価開始時刻における前記自車両の車速に基づいて、該自車両が前記障害物の位置に到達すると予測される時刻を回避時刻として設定し、該回避時刻を見込んだ評価終了時刻を設定し、かつ車両操作に対する前記自車両の予測走行軌跡のうち前記評価開始時刻から前記評価終了時刻までの間の前記予測走行軌跡における車両状態を、各時刻における前記障害物に対する前記自車両の接近状態と、前記道路の前記境界部に対する前記自車両の接近状態と、前記評価終了時刻における前記目標姿勢角と前記予測走行軌跡に基づく前記自車両の予測姿勢角とから算出される前記自車両の姿勢状態とに基づき評価する評価関数を設定する評価関数設定部と、
前記評価関数により得られる値が最小値となる前記予測走行軌跡に基づいて前記障害物を回避するための操作量を算出する最適操作量算出部とを有することを特徴とする請求項1に記載の回避操作算出装置。
- [3] 前記評価関数は、前記障害物と前記自車両との間隔および前記境界部と前記自車両との間隔とが大きいほど、かつ前記予測姿勢角と前記目標姿勢角との差が小さいほどその出力値が小さくなり、
前記最適操作量算出部は、前記評価関数の出力値が最小値となる前記予測走行軌跡に基づいて前記自車両への最適運転操作量を前記評価開始時刻において算

出することを特徴とする請求項2に記載の回避操作算出装置。

- [4] 前記回避操作算出部は、前記障害物検出部により検出された前記障害物の情報に基づき該障害物の移動軌跡を予測する障害物移動軌跡予測部を有し、
前記評価関数設定部は、各時刻における前記障害物に対する前記自車両の接近状態に代えて、前記障害物移動軌跡予測部により予測された前記障害物の前記移動軌跡に基づく当該障害物に対する前記自車両の接近状態を用いることを特徴とする請求項3に記載の回避操作算出装置。
- [5] 前記評価関数は、前記評価終了時刻において前記自車両が到達する目標走行位置と、前記予測走行軌跡から算出された前記評価終了時刻における前記自車両の予測走行位置とから求まる前記自車両の姿勢状態を含み、前記目標走行位置と前記予測走行位置との間隔が小さいほど出力値が小さくなることを特徴とする請求項3に記載の回避操作算出装置。
- [6] さらに、前記自車両が走行している前記道路に記された車線分離線を検出する分離線検出部を備え、
前記回避操作算出部は、前記分離線検出部からの前記車線分離線の情報に基づいて前記道路の車線を判断し、
前記目標走行位置は、前記自車両が現在走行している車線に設定され、
前記目標姿勢角は、前記自車両が現在走行している車線に復帰する方向に該自車両が向くように設定されることを特徴とする請求項5に記載の回避操作算出装置。
- [7] さらに、前記自車両が走行している前記道路に記された車線分離線を検出する分離線検出部を備え、
前記回避操作算出部は、前記分離線検出部からの前記車線分離線の情報に基づいて前記道路の車線を判断し、
前記目標走行位置は、前記自車両が現在走行している車線に並行する車線に設定され、
前記目標姿勢角は、前記自車両が設定された車線に向くように設定されることを特徴とする請求項5に記載の回避操作算出装置。
- [8] さらに、前記道路の走路形状情報を取得する走路形状情報取得部を備え、

前記姿勢角目標値設定部は、前記評価開始時刻の前記自車両の速度に基づいて算出した前記評価終了時刻において前記自車両が到達する前記道路の位置の方向に前記自車両の進行方向を合わせるように前記自車両の前記目標姿勢角を設定することを特徴とする請求項5に記載の回避操作算出装置。

- [9] 前記回避操作算出部は、前記評価開始時刻から前記評価終了時刻までの時間を所定の間隔で分割し、該所定の時間毎に、前記道路境界検出部、前記障害物検出部および前記自車情報検出部により検出された情報を取得し、

前記評価関数設定部は、前記所定の時間毎に前記評価関数に前記各検出部からの検出情報を適用し、

前記姿勢角目標値設定部は、前記所定の時間毎に前記目標姿勢角を設定し、
前記最適操作量設定部は、前記所定の時間毎に前記自車両への最適運転操作量を算出することを特徴とする請求項2に記載の回避操作算出装置。

- [10] 前記評価関数は、前記自車両に為される運転操作量の操作状態を含み、前記自車両に為される運転操作量が小さいほど出力値が小さくなることを特徴とする請求項3に記載の回避操作算出装置。

- [11] 請求項1に記載の回避操作算出装置と、

該回避操作算出装置により算出された最適運転操作量で前記自車両の運転操作を行う車両運動制御部とを備えることを特徴とする回避制御装置。

- [12] 前記車両運動制御部は、前記自車両の操舵機構および前記自車両の制動機構のうち少なくとも一方の動作を制御することを特徴とする請求項11に記載の回避制御装置。

- [13] 請求項1に記載の回避操作算出装置を備えたことを特徴とする車両。

- [14] 請求項11に記載の回避制御装置を備えたことを特徴とする車両。

- [15] 自車両よりも前方に位置し該自車両が走行している道路および該道路の境界部を検出することと、

前記自車両の前方の前記道路上に存在する障害物を検出することと、

前記道路の方向に対する自車両の進行方向が為す姿勢角、前記道路上での前記自車両の位置および該自車両の速度を検出し、前記各検出情報に基づいて前記道

路上で前記障害物を回避するための操作量を算出することと、を含むことを特徴とする回避操作算出方法。

- [16] 前記自車両が前記障害物を回避した後の前記道路に応じて前記自車両の目標姿勢角を設定することと、

前記障害物を検出した時刻である評価開始時刻および該評価開始時刻における前記自車両の車速に基づいて、該自車両が前記障害物の位置に到達すると予測される時刻を回避時刻として設定し、該回避時刻を見込んだ評価終了時刻を設定し、かつ車両操作に対する前記自車両の予測走行軌跡のうち前記評価開始時刻から前記評価終了時刻までの間の前記予測走行軌跡における車両状態を、各時刻における前記障害物に対する前記自車両の接近状態と、前記道路の前記境界部に対する前記自車両の接近状態と、前記評価終了時刻における前記目標姿勢角と前記予測走行軌跡に基づく前記自車両の予測姿勢角とから算出される前記自車両の姿勢状態とに基づき評価する評価関数を設定することと、

該評価関数により得られる値が最小値となる前記予測走行軌跡に基づいて前記障害物を回避するための操作量を算出することと、を含むことを特徴とする請求項15に記載の回避操作算出方法。

- [17] 前記評価関数は、前記障害物と前記自車両との間隔および前記境界部と前記自車両との間隔とが大きいほど、かつ前記予測姿勢角と前記目標姿勢角との差が小さいほどその出力値が小さくなり、

前記操作量を算出することは、該評価関数の出力値が最小値となる前記予測走行軌跡に基づいて前記自車両への最適運転操作量を前記評価開始時刻において算出することを含むことを特徴とする請求項16に記載の回避操作算出方法。

- [18] 検出した前記障害物の情報に基づき該障害物の移動軌跡を予測し、各時刻における前記障害物に対する前記自車両の接近状態に代えて、予測した前記障害物の前記移動軌跡に基づく当該障害物に対する前記自車両の接近状態を用いることを含むことを特徴とする請求項17に記載の回避操作算出方法。

- [19] 前記評価関数は、前記評価終了時刻において前記自車両が到達する目標走行位置と、前記予測走行軌跡から算出された前記評価終了時刻における前記自車両

の予測走行位置とから求まる前記自車両の姿勢状態を含み、前記目標走行位置と前記予測走行位置との間隔が小さいほど出力値が小さくなることを特徴とする請求項17に記載の回避操作算出方法。

[20] さらに、前記自車両が走行している前記道路に記された車線分離線を検出することと、

該車線分離線の情報に基づいて前記道路の車線を判断し、前記目標走行位置を前記自車両が現在走行している車線に設定し、かつ前記目標姿勢角を前記自車両が現在走行している車線に復帰する方向に該自車両が向くように設定することを含むことを特徴とする請求項19に記載の回避操作算出方法。

[21] さらに、前記自車両が走行している前記道路に記された車線分離線を検出することと、

該車線分離線の情報に基づいて前記道路の車線を判断し、前記目標走行位置を前記自車両が現在走行している車線に並行する車線に設定し、かつ前記目標姿勢角を前記自車両が設定された車線に向くように設定することを含むことを特徴とする請求項19に記載の回避操作算出方法。

[22] さらに、前記道路の走路形状情報を取得することと、

前記評価開始時刻の前記自車両の速度に基づいて算出した前記評価終了時刻において前記自車両が到達する前記道路の位置の方向に前記自車両の進行方向を合わせるように前記自車両の前記目標姿勢角を設定することを含むことを特徴とする請求項19に記載の回避操作算出方法。

[23] 前記評価開始時刻から前記評価終了時刻までの時間を所定の間隔で分割し、該所定の時間毎に前記各検出情報を取得することと、

前記所定の時間毎に前記評価関数に前記各検出情報を適用することと、

前記所定の時間毎に前記目標姿勢角を設定することと、

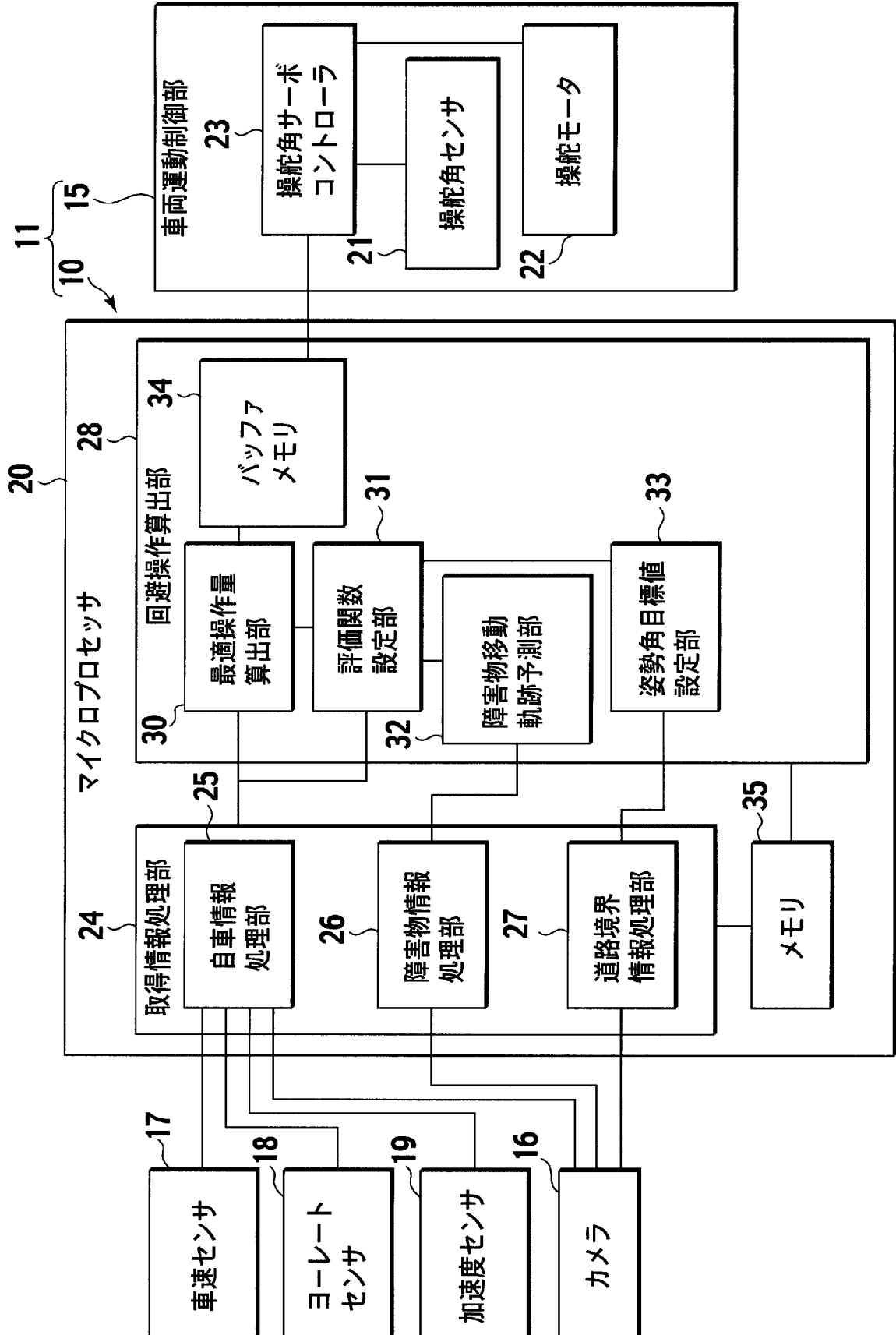
前記所定の時間毎に前記自車両への最適運転操作量を算出することを含むことを特徴とする請求項16に記載の回避操作算出方法。

[24] 前記評価関数は、前記自車両に為される運転操作量の操作状態を含み、前記自車両に為される運転操作量が小さいほど出力値が小さくなることを特徴とする請求項

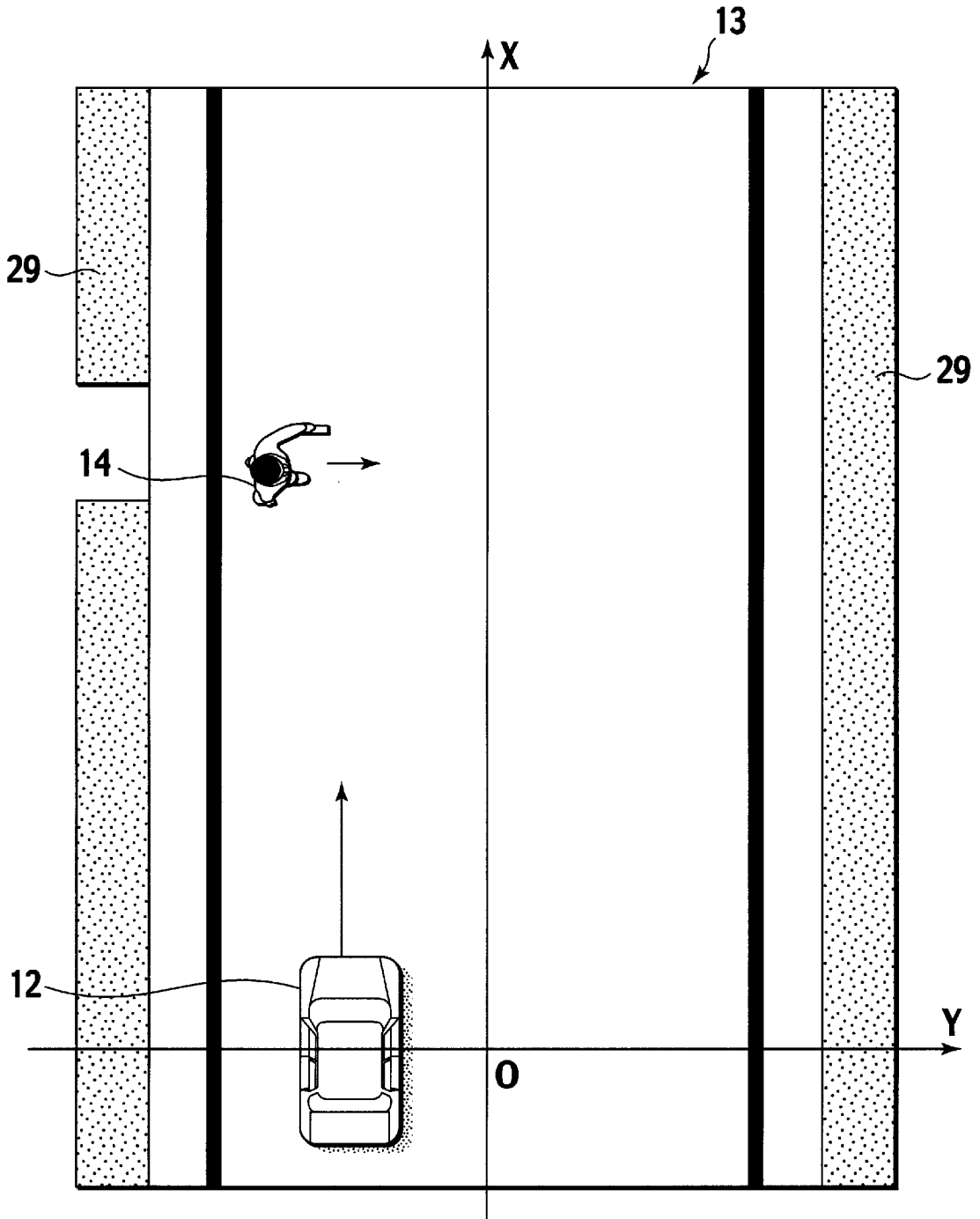
17に記載の回避操作算出方法。

- [25] 請求項15に記載の回避操作算出方法により算出された最適運転操作量で前記自車両の運転操作を行うことを特徴とする回避制御方法。
- [26] 前記自車両の操舵および前記自車両の制動操作のうち少なくとも一方の動作を制御することを特徴とする請求項25に記載の回避制御方法。
- [27] 自車両よりも前方に位置し該自車両が走行している道路および該道路の境界部を検出する道路境界検出手段と、
前記自車両の前方の前記道路上に存在する障害物を検出する障害物検出手段と、
、
前記道路の方向に対する自車両の進行方向が為す姿勢角、前記道路上での前記自車両の位置および該自車両の速度を検出する自車情報検出手段と、
前記各検出手段からの検出情報に基づいて前記道路上で前記障害物を回避するための操作量を算出する回避操作算出手段とを備えることを特徴とする回避操作算出装置。

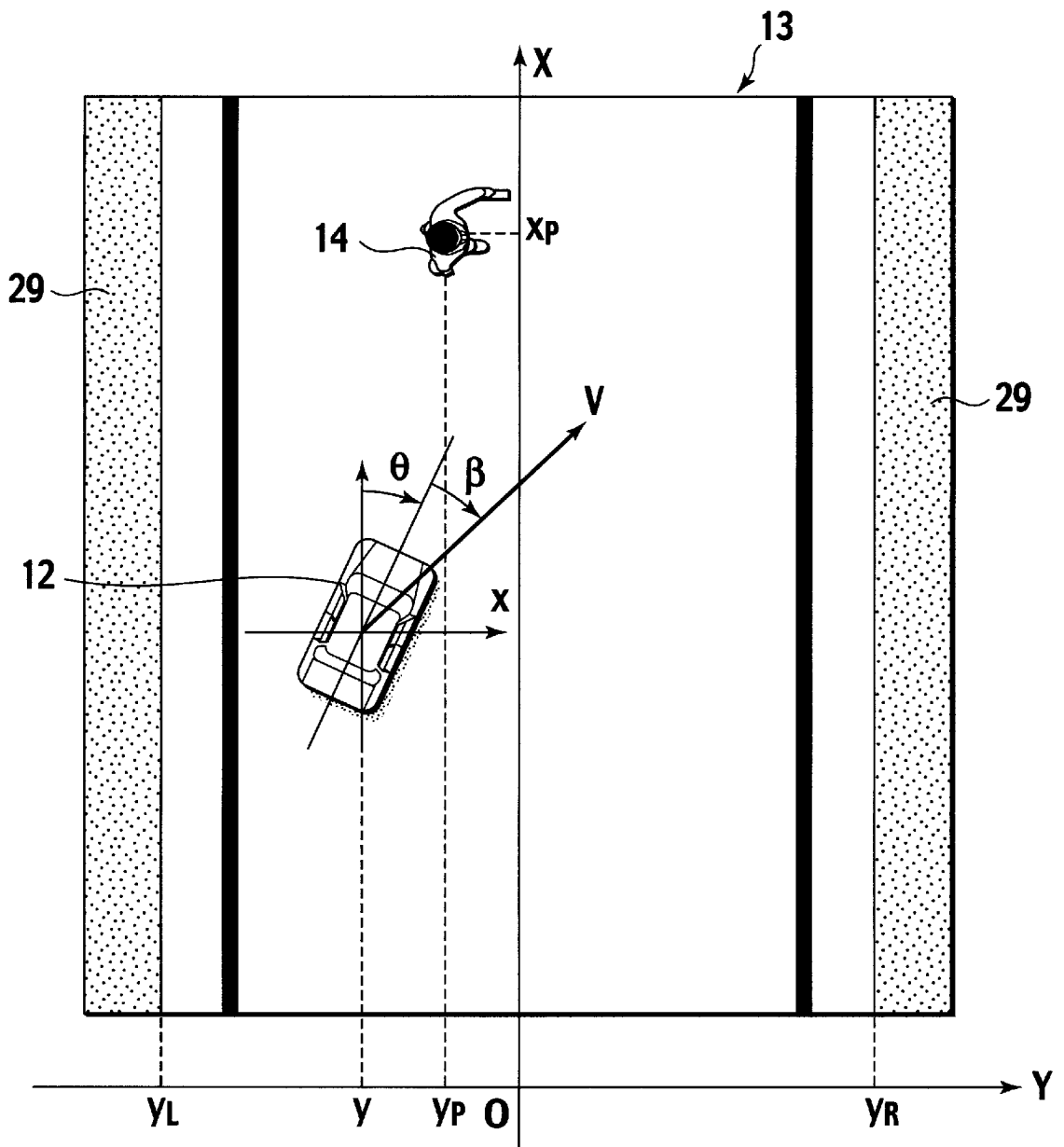
[図2]



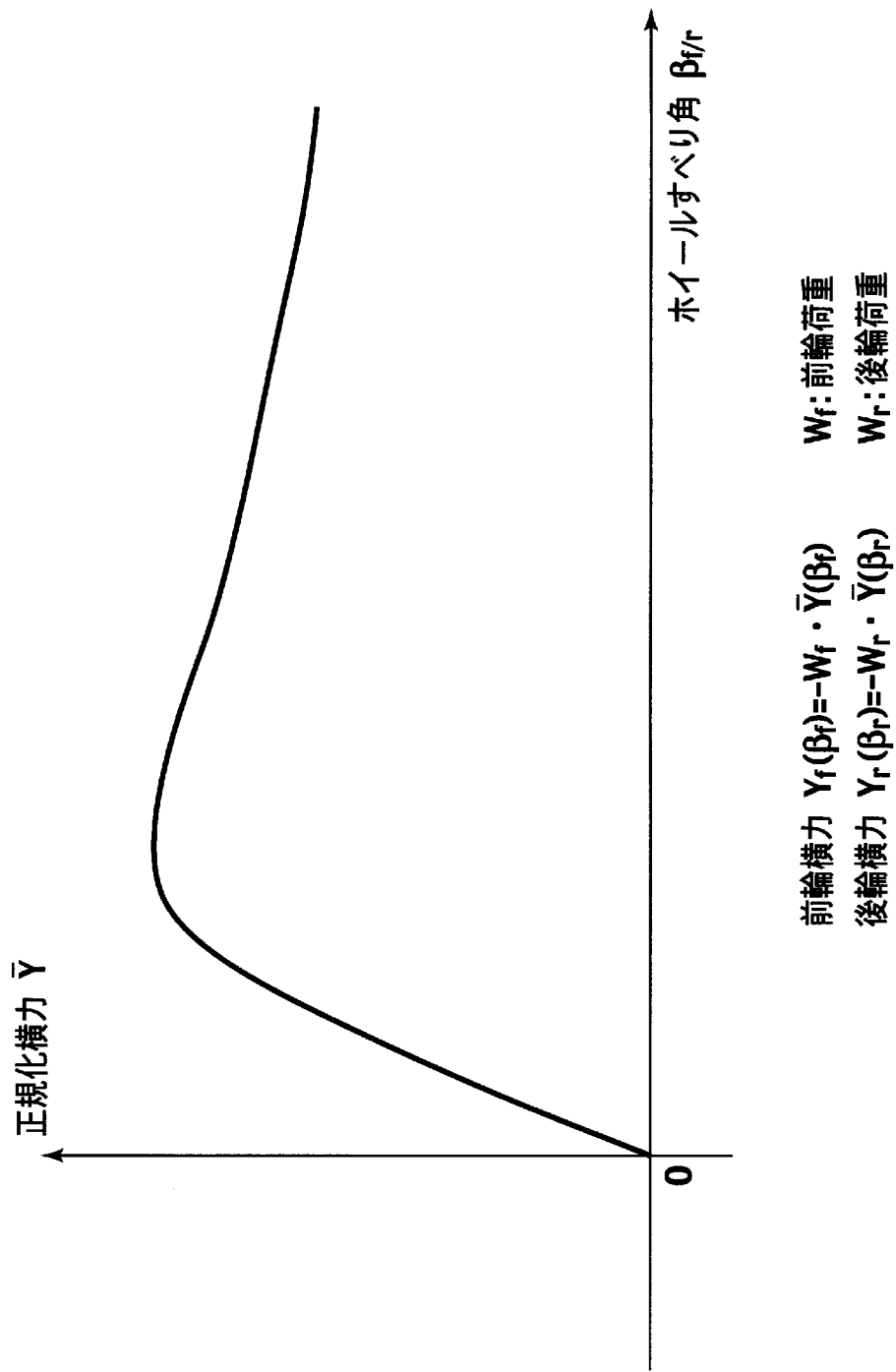
[図3]



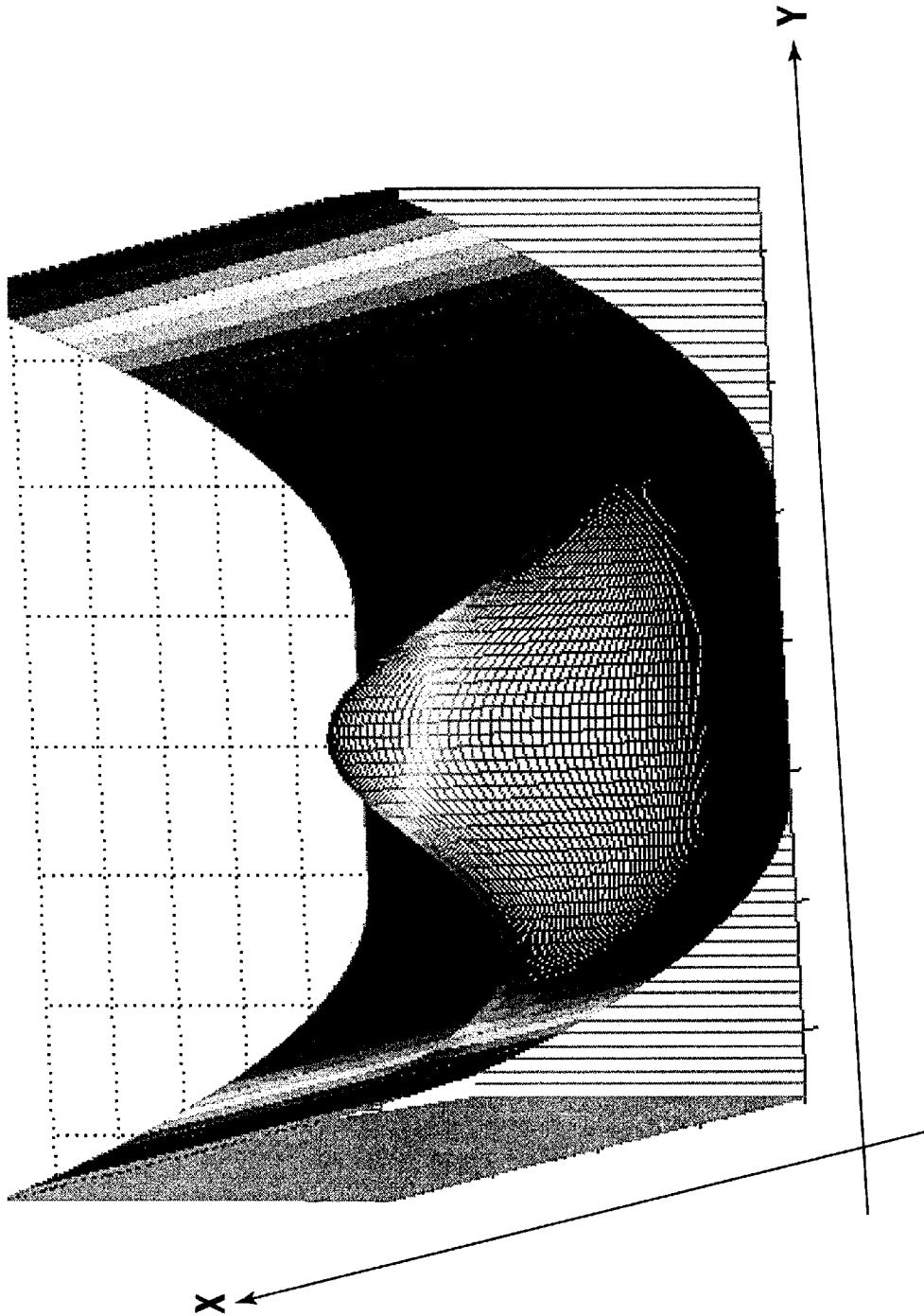
[図4]



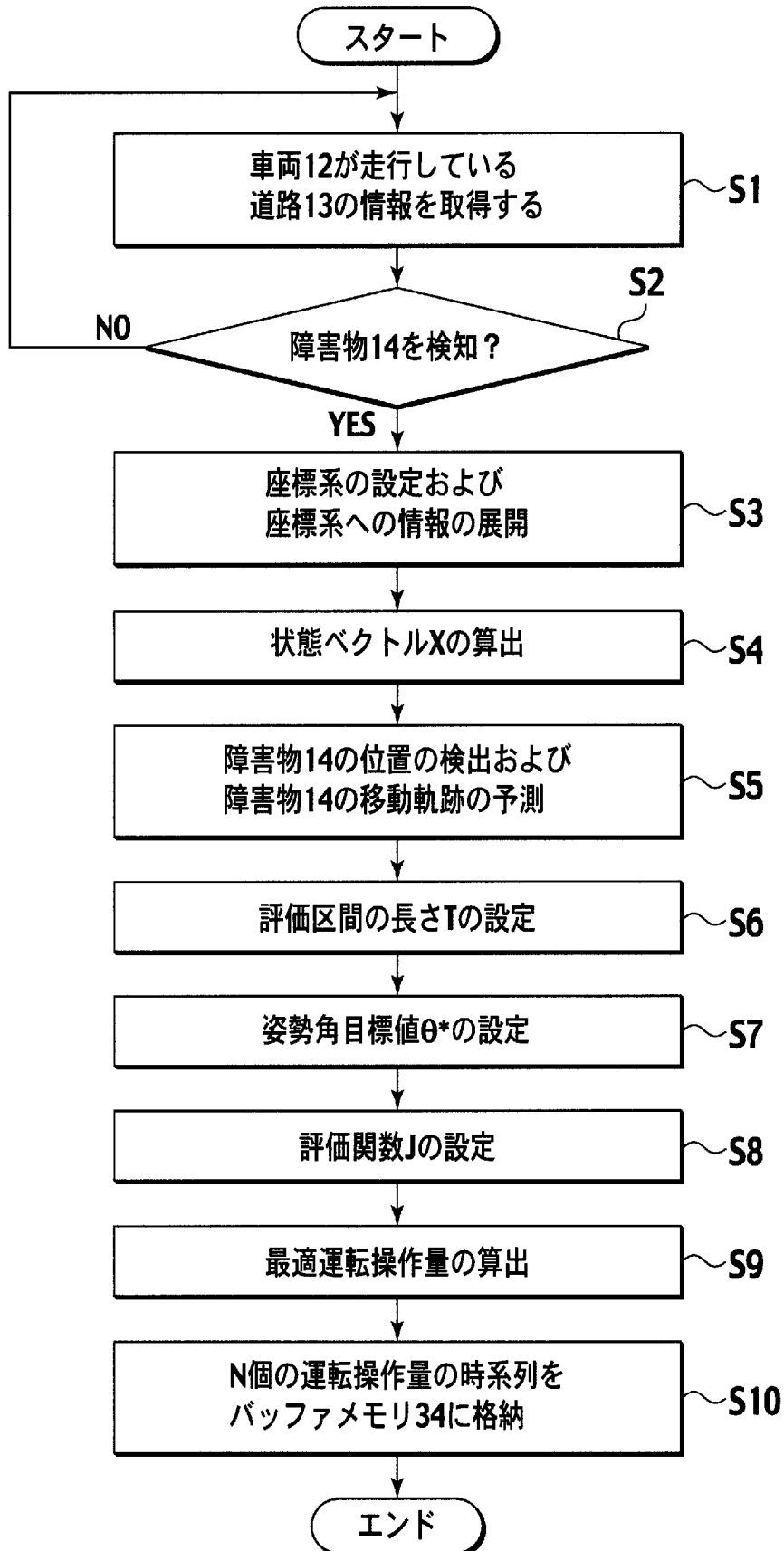
[図5]



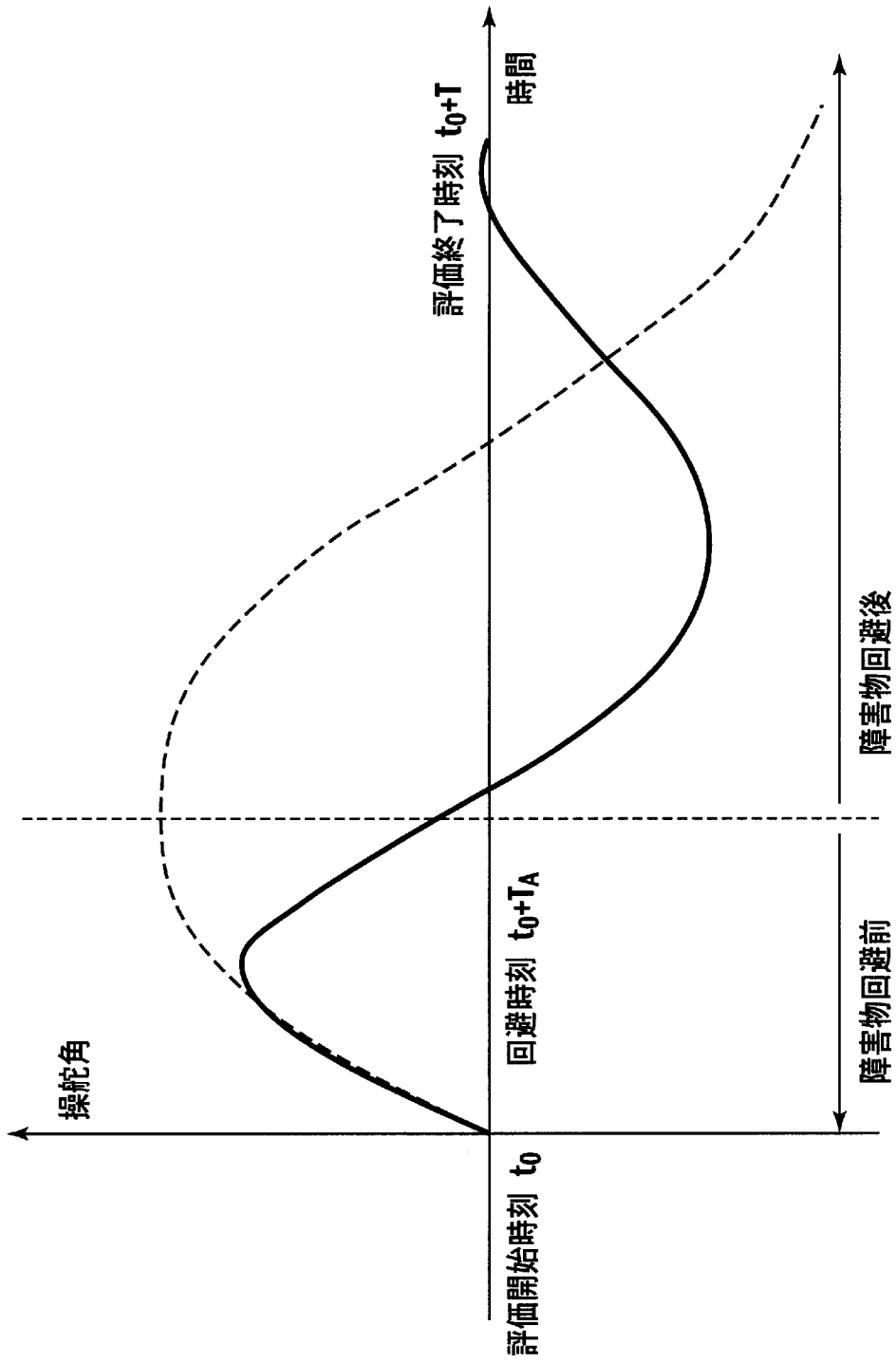
[図6]



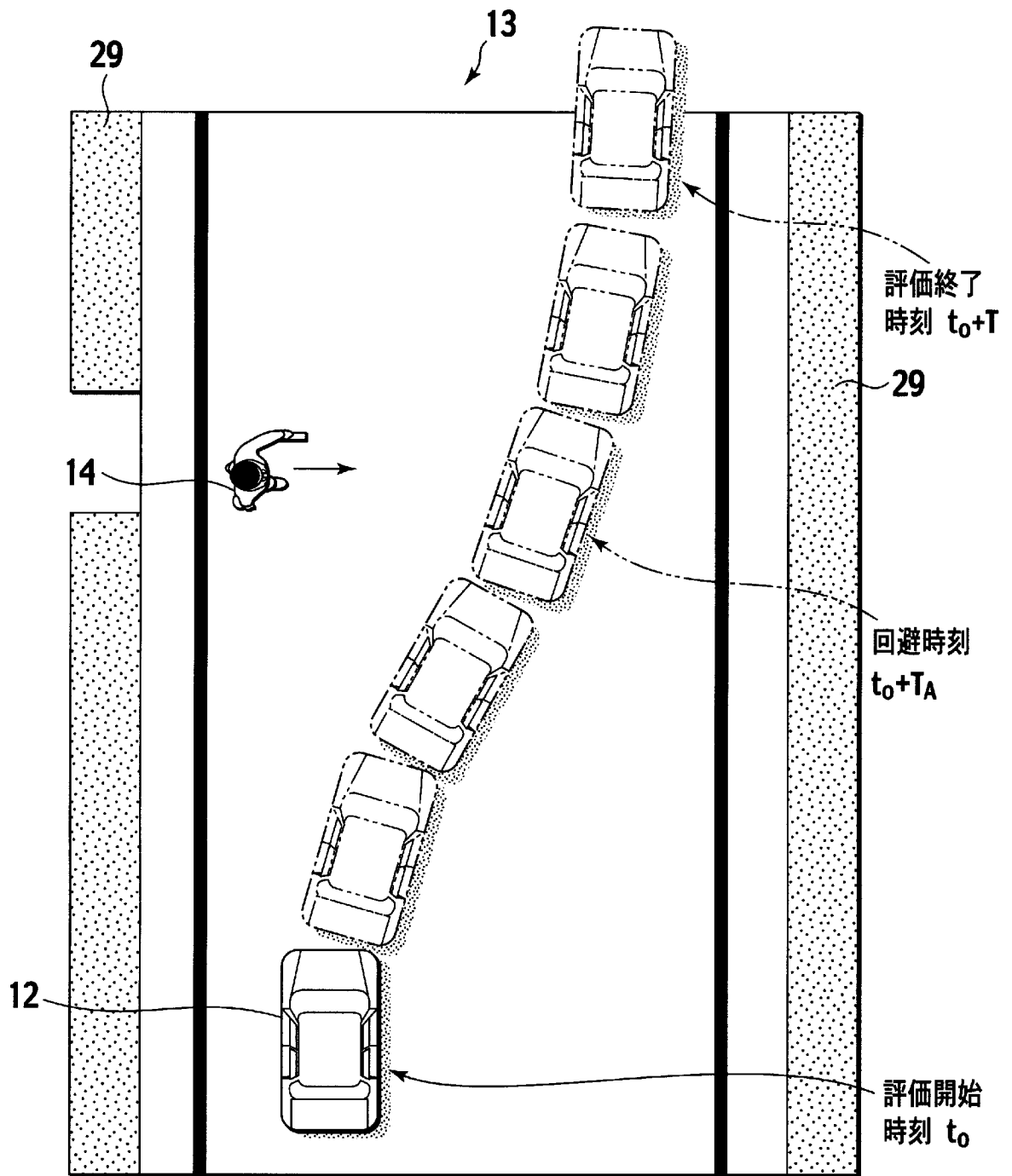
[図7]



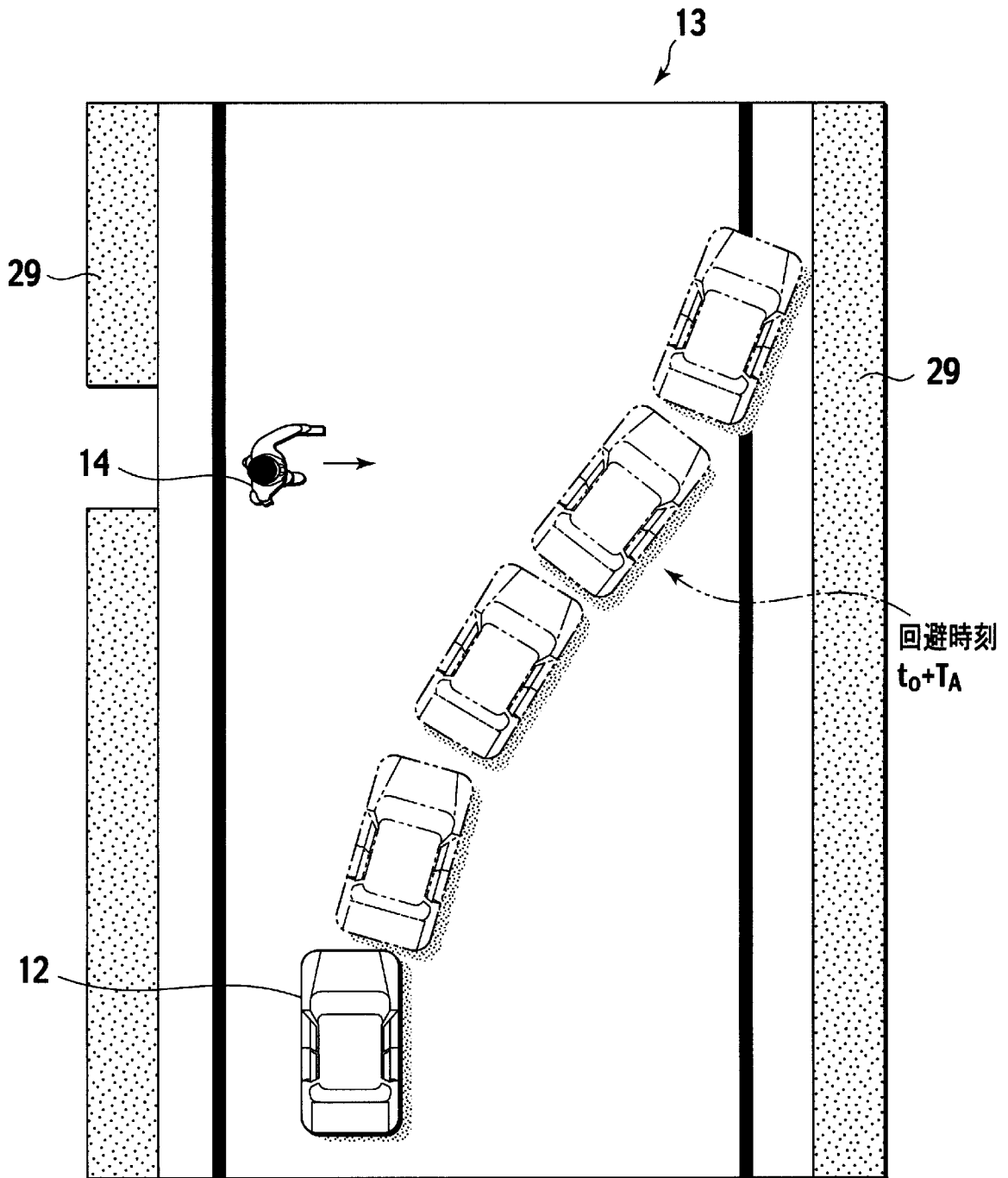
[圖8]



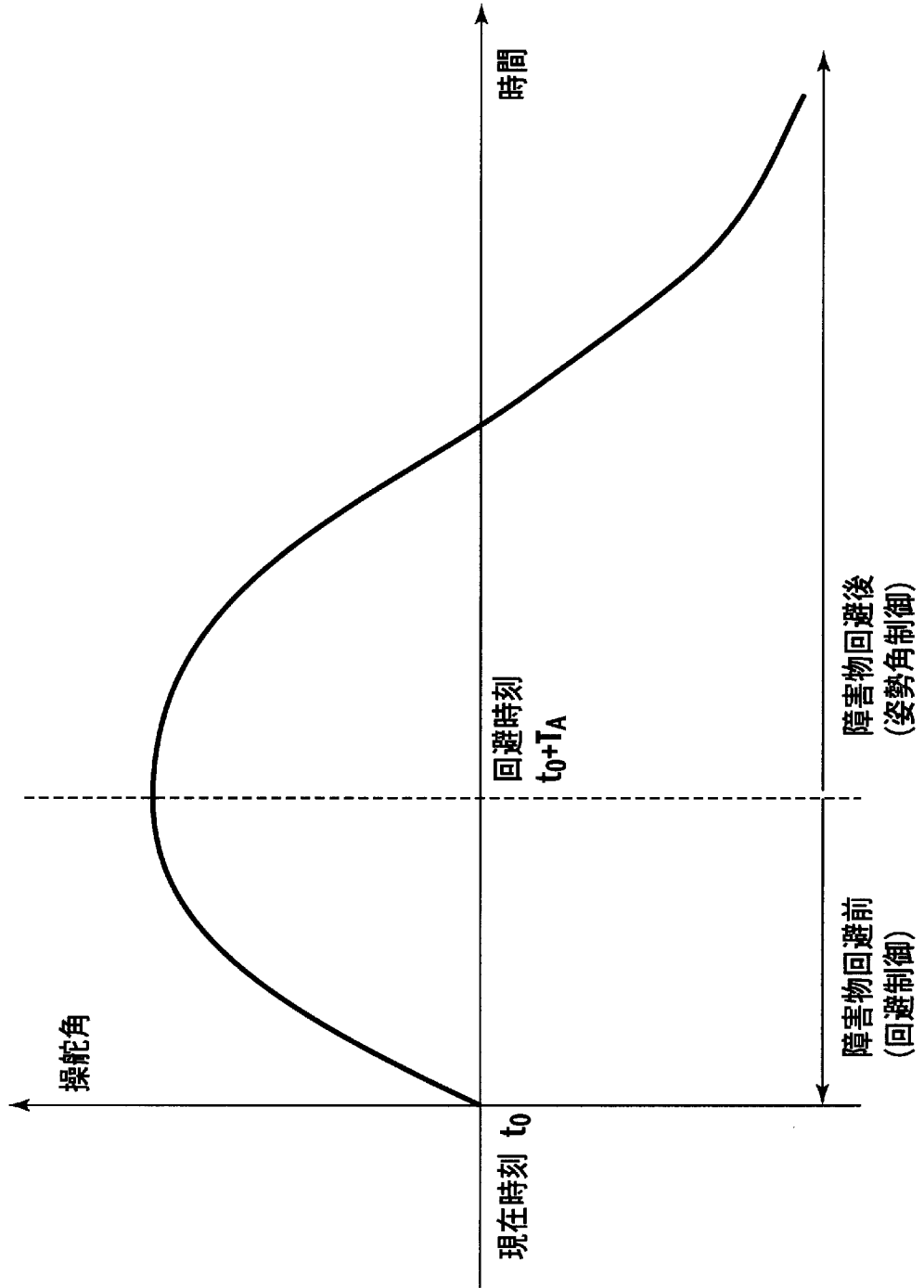
[図9]



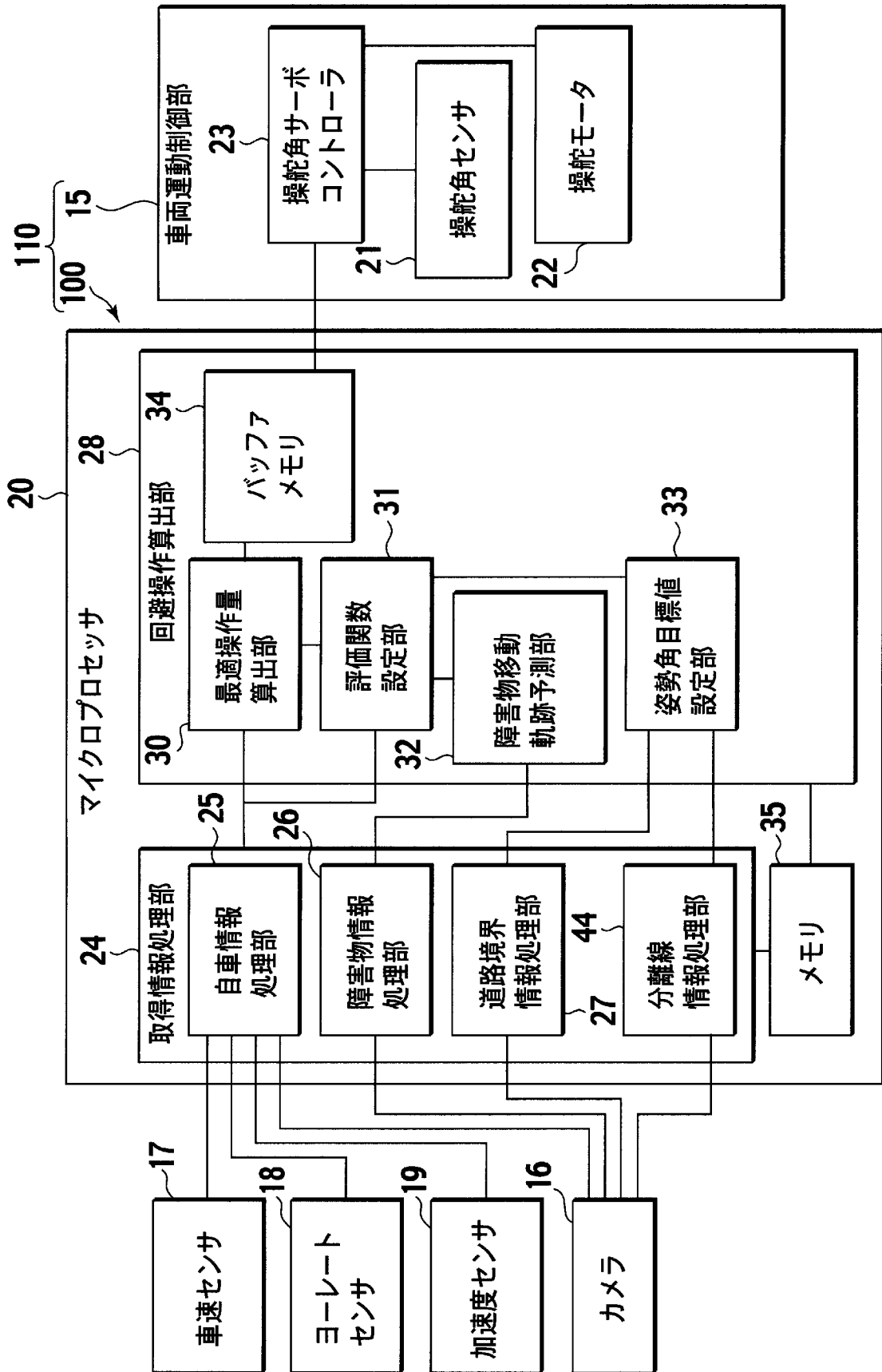
[図10]



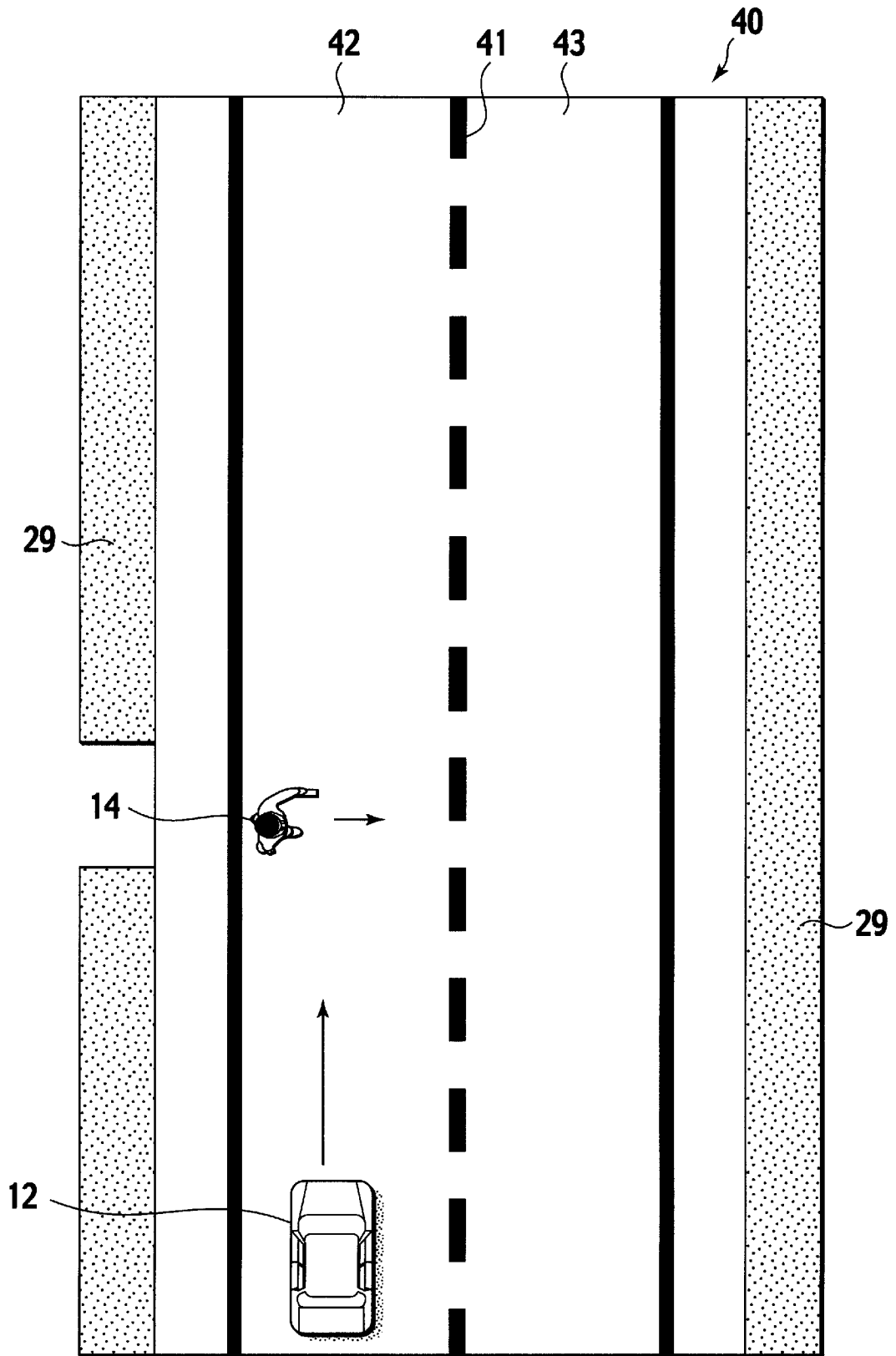
[圖11]



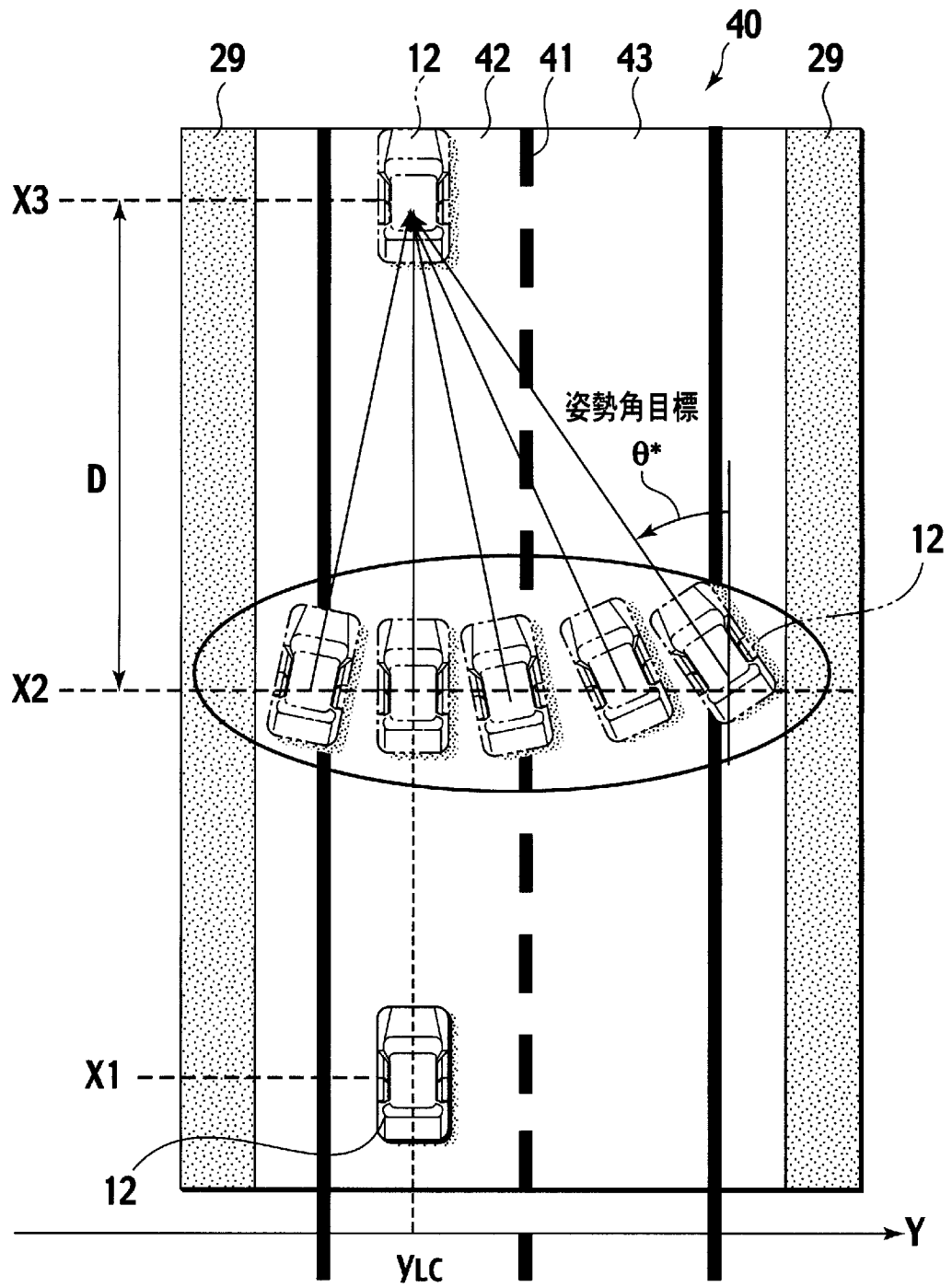
[図12]



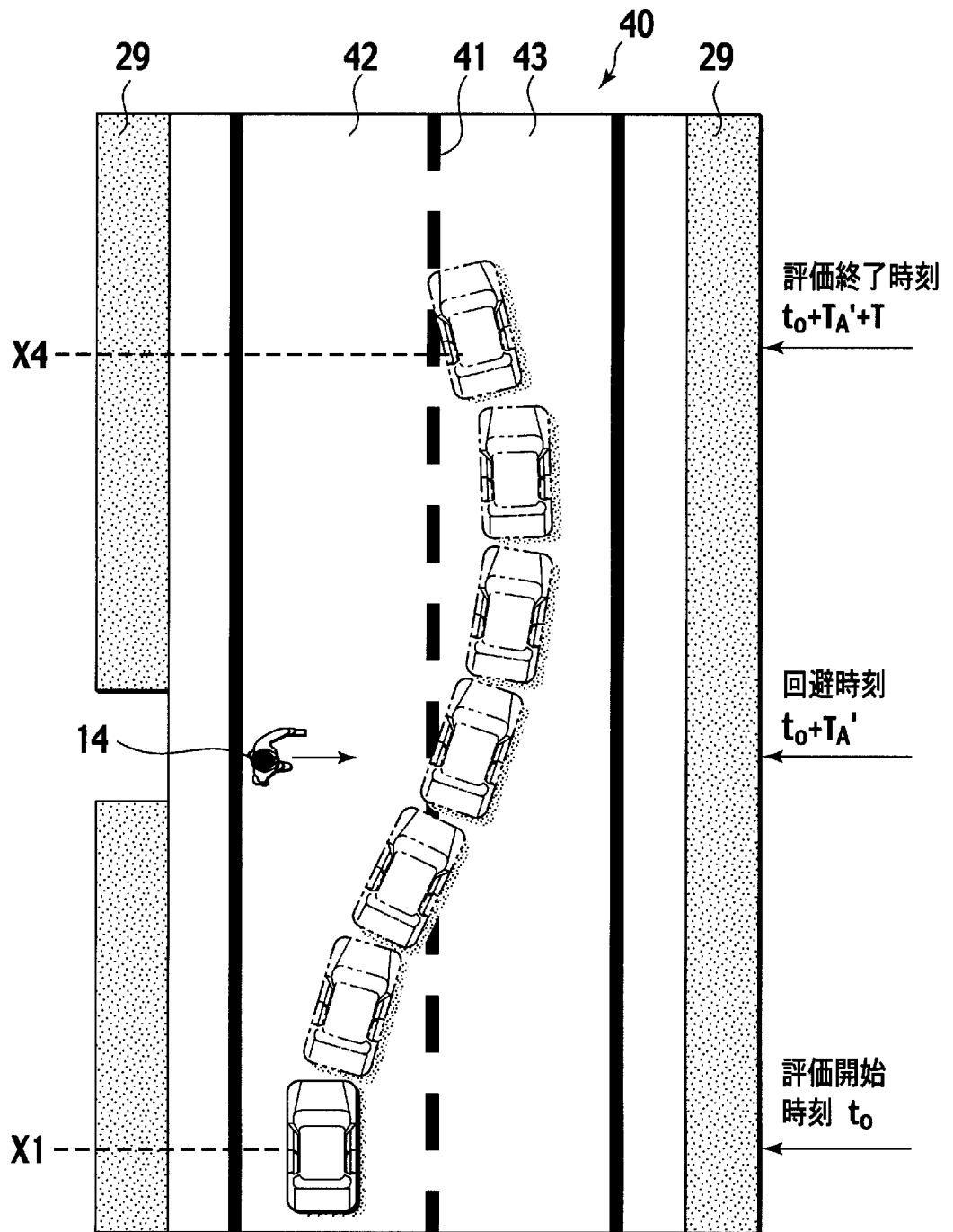
[図13]



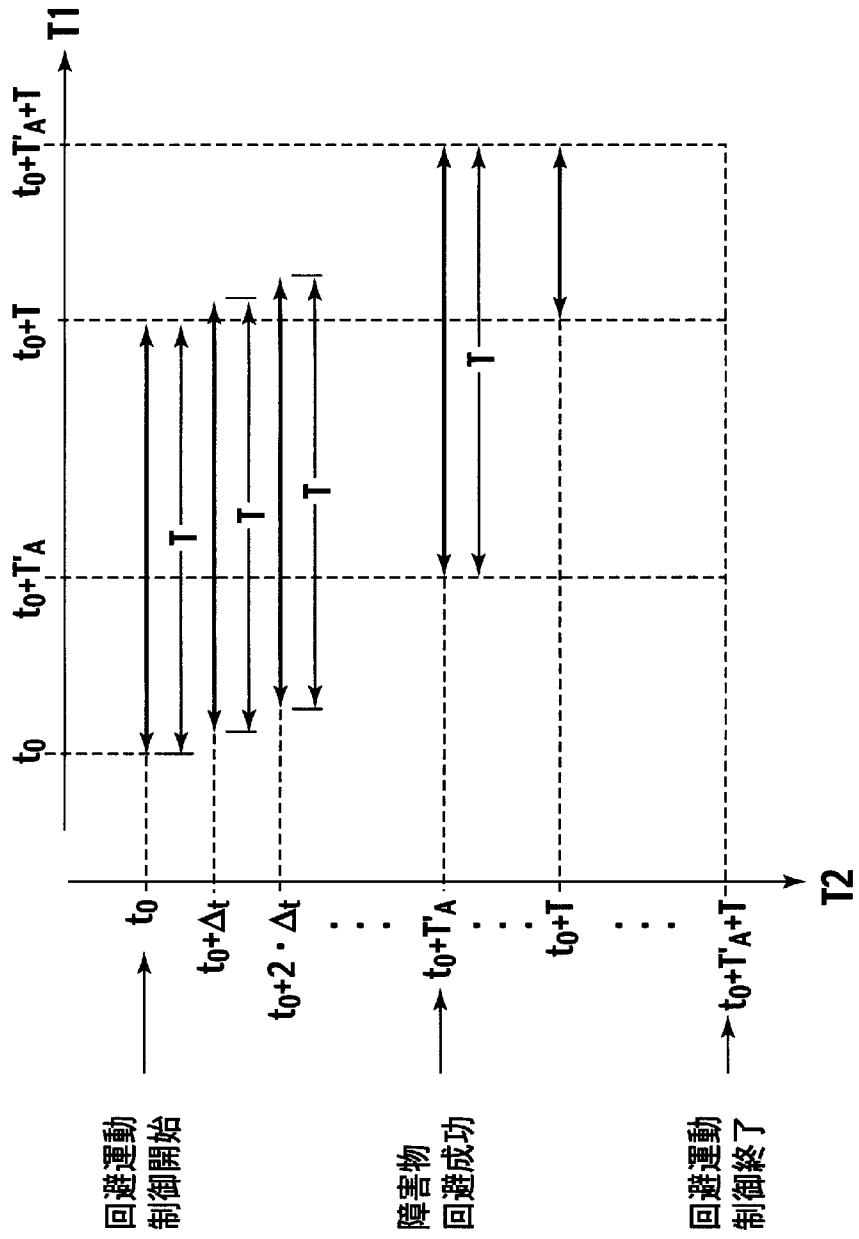
[図14]



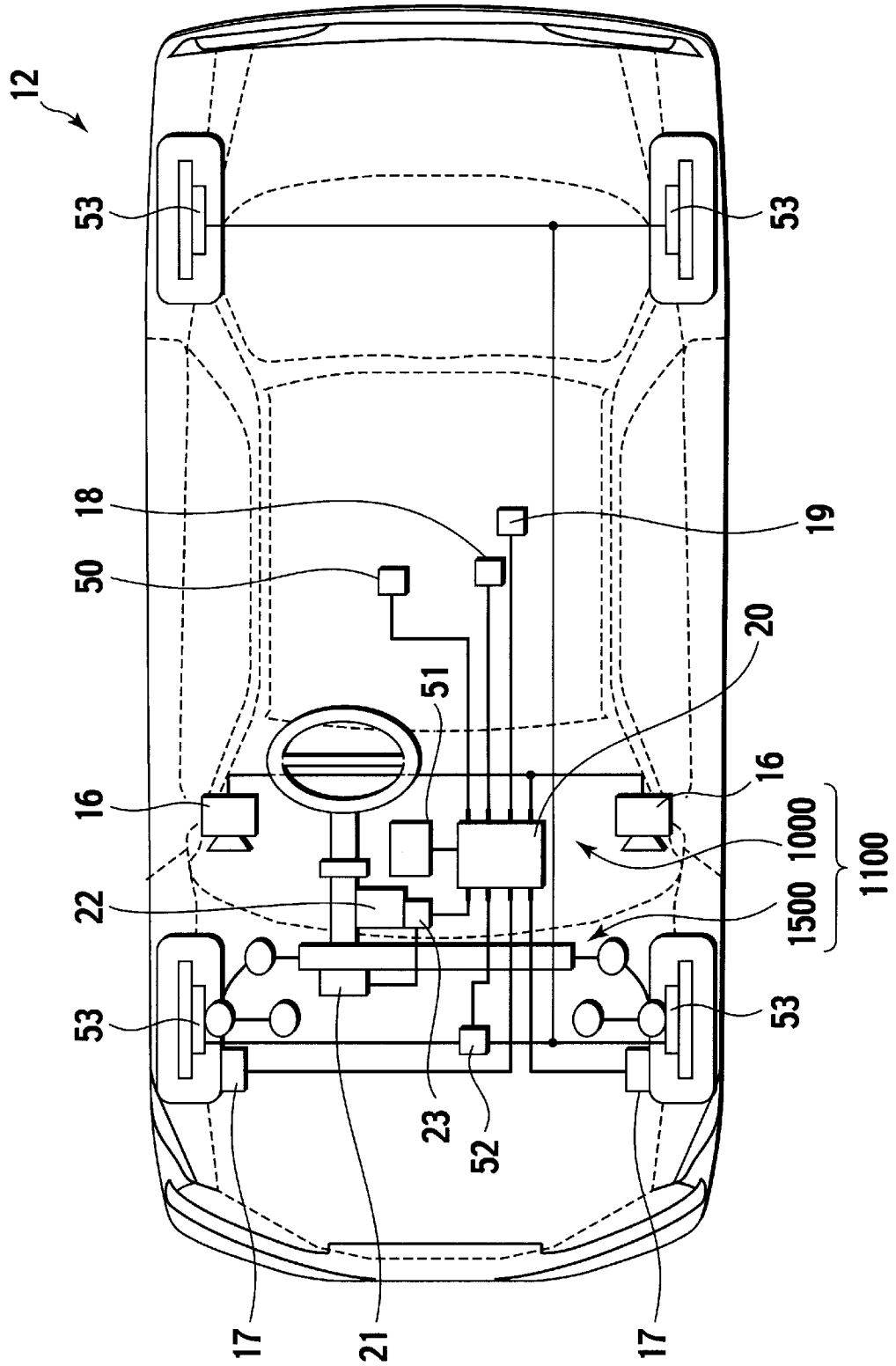
[図15]



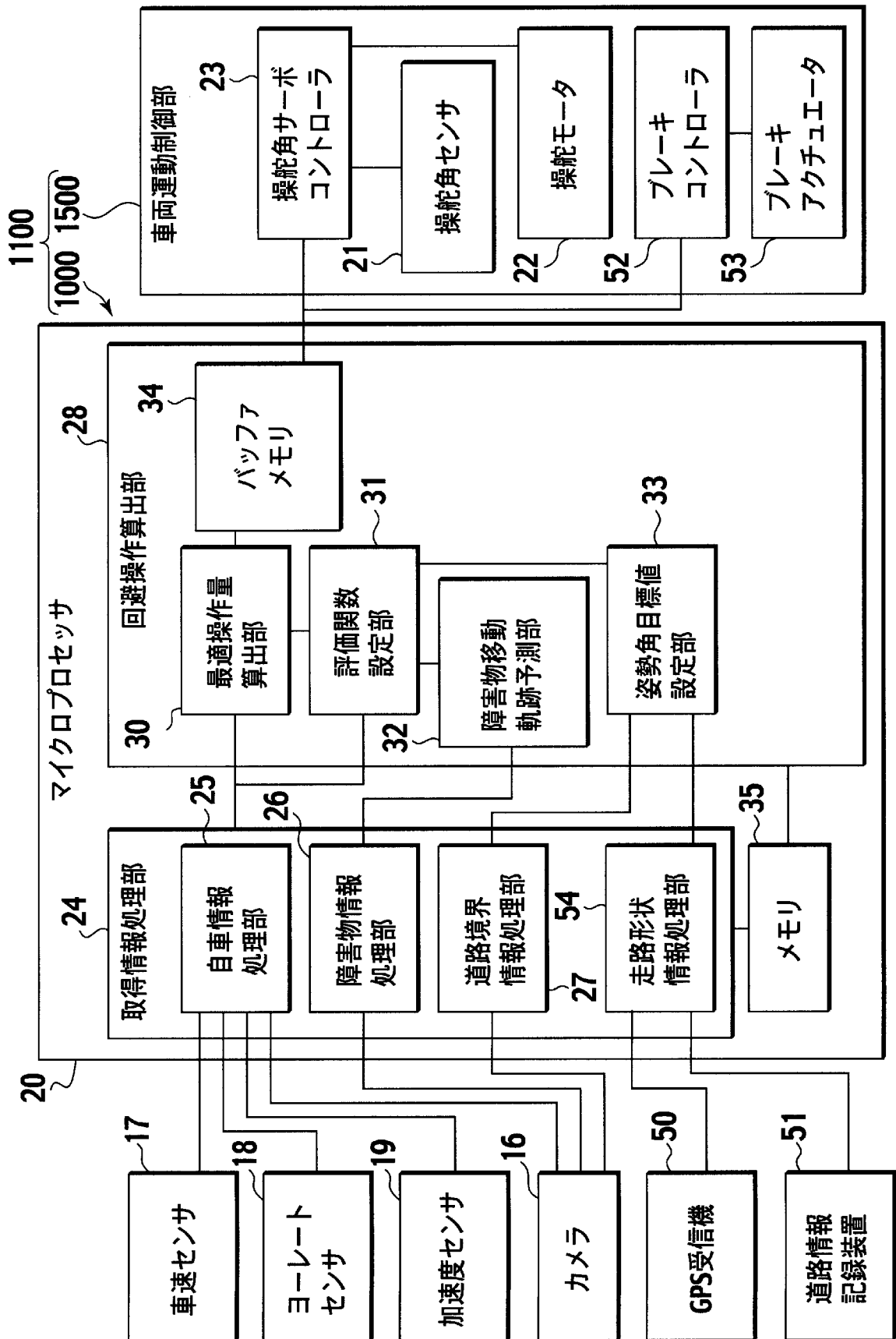
[図16]



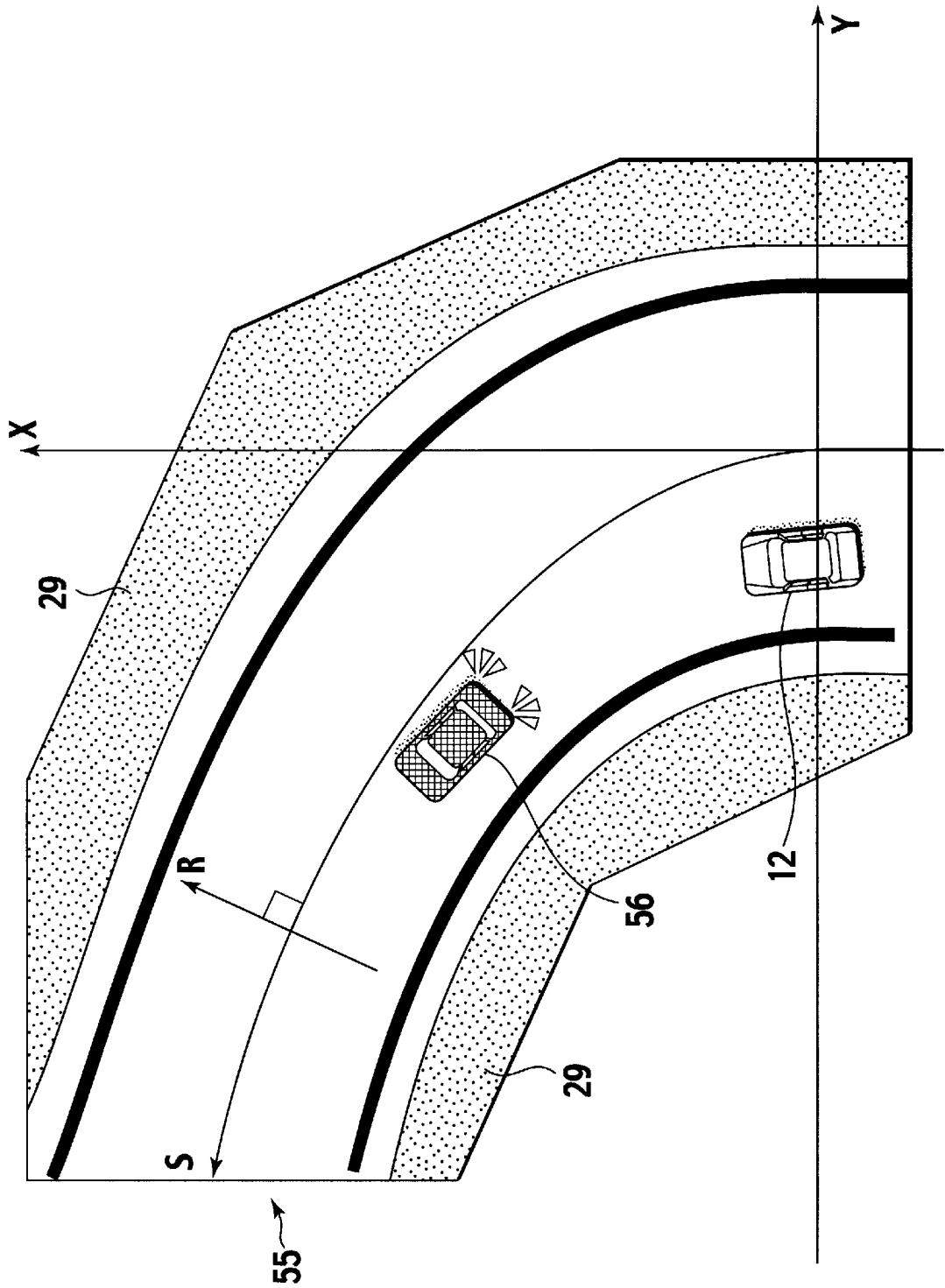
[図17]



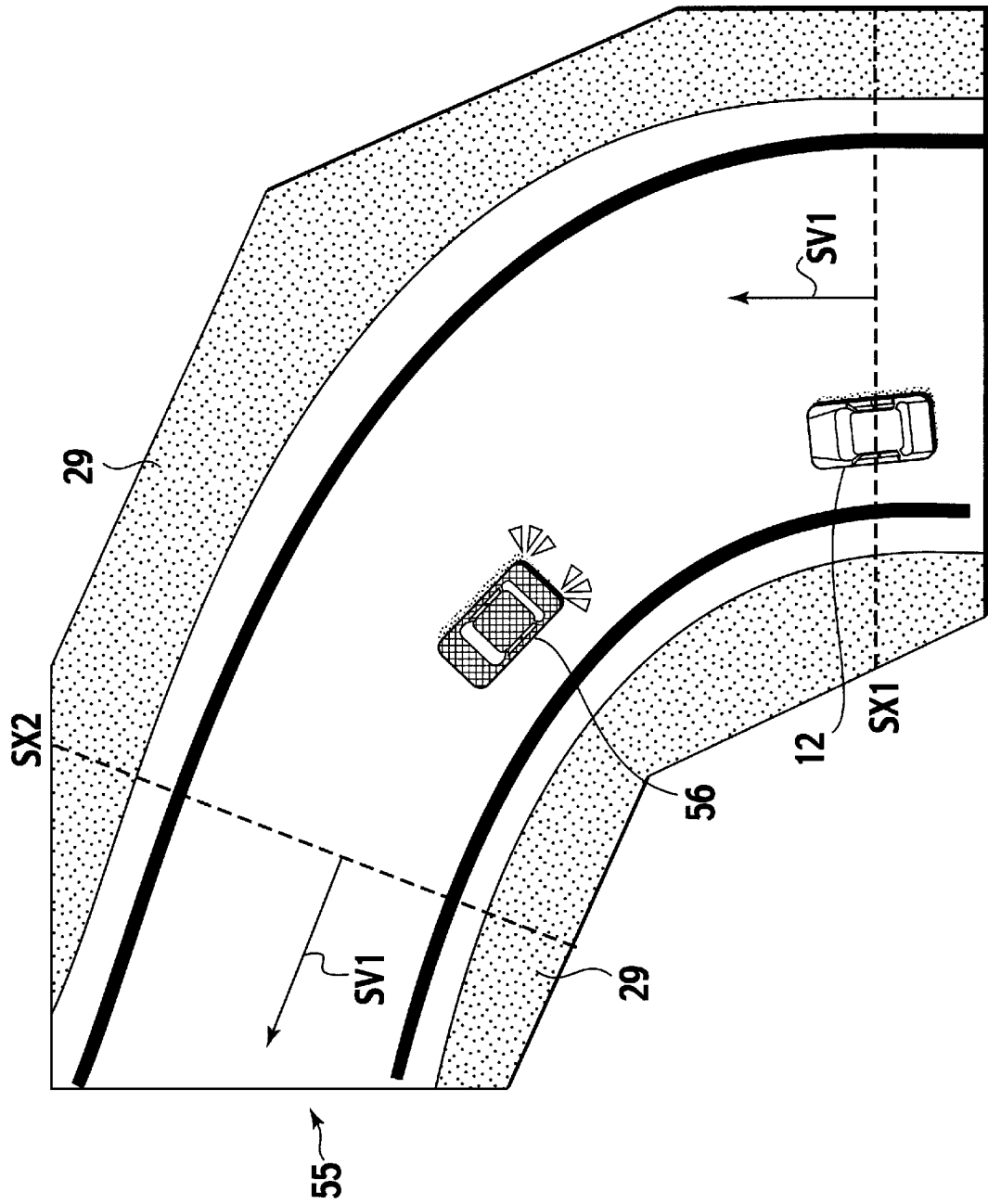
[図18]



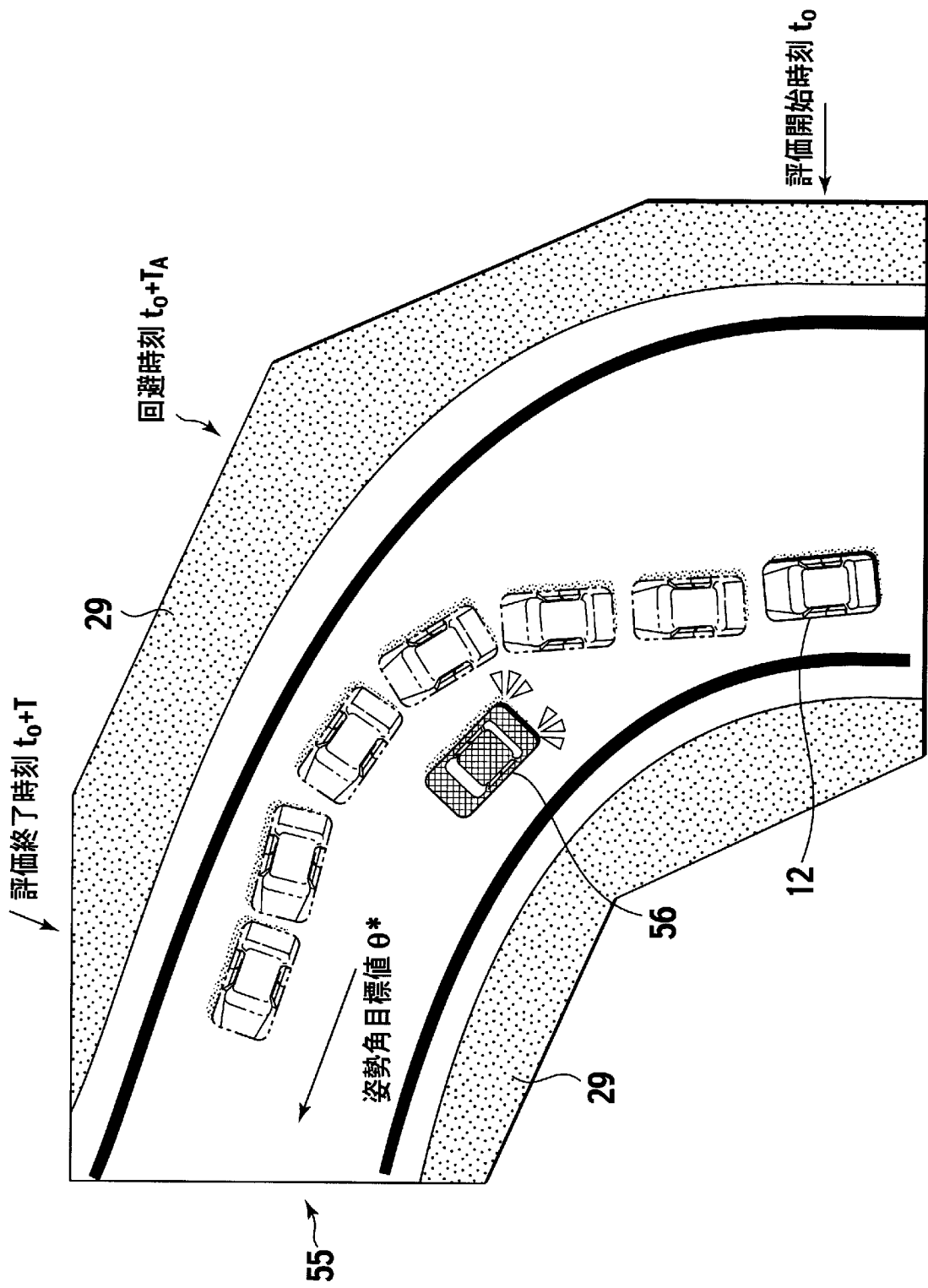
[図19]



[図20]



[圖21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055471

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B60W30/08(2006.01)i, B60R21/00(2006.01)i, B60T7/12(2006.01)i, B60T8/1755(2006.01)i, B60W10/18(2006.01)i, B60W10/20(2006.01)i, B60W30/00(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, G08G1/16(2006.01)i, B60R11/02(2006.01)n, 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) B60W30/08, B60R21/00, B60T7/12, B60T8/1755, B60W10/18, B60W10/20, B60W30/00, B62D6/00, G08G1/16, B60R11/02, B62D101/00, B62D111/00, B62D137/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007 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	JP 2000-215396 A (Mitsubishi Motors Corp.), 04 August, 2000 (04.08.00),	1, 11-15, 25, 26
Y	Claims; Par. Nos. [0014], [0015], [0018] to [0020], [0031] to [0033], [0036], [0038]; Figs. 1 to 7 (Family: none)	2-10, 16-24, 27
Y	JP 2001-001925 A (Honda Motor Co., Ltd.), 09 January, 2001 (09.01.01), Claims; Par. Nos. [0072] to [0089]; Figs. 1 to 24 & US 6338022 B1 DE 10029874 A1	2-10, 16-24, 27
Y	JP 2003-182552 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 July, 2003 (03.07.03), Claims; Par. No. [0056] (Family: none)	6, 7, 20, 21
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 17 April, 2007 (17.04.07)		Date of mailing of the international search report 24 April, 2007 (24.04.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055471

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-171391 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 17 June, 2004 (17.06.04), Par. Nos. [0034] to [0061] & US 2004/0107030 A1 DE 10354209 A1	2-10,16-24, 27
Y	JP 2004-114954 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 15 April, 2004 (15.04.04), Par. Nos. [0037] to [0053] (Family: none)	2-10,16-24, 27
Y	JP 2004-157910 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 June, 2004 (03.06.04), Par. Nos. [0034] to [0062] (Family: none)	2-10,16-24, 27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055471

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

(International Patent Classification (IPC))

B62D101/00(2006.01)n, B62D111/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

(According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. 特別ページ参照		
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. B60W30/08, B60R21/00, B60T7/12, B60T8/1755, B60W10/18, B60W10/20, B60W30/00, B62D6/00, G08G1/16, B60R11/02, B62D101/00, B62D111/00, B62D137/00		
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 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007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 請求の範囲の番号
X	JP 2000-215396 A (三菱自動車工業株式会社) 2000.08.04, 特許請求の範囲、段落【0014】、【0015】、【0018】 - 【0020】、【0031】 - 【0033】、【0036】、【0038】、図1 - 7 (ファミリーなし)	1, 11-15, 25, 26
Y		2-10, 16-24, 27
Y	JP 2001-001925 A (本田技研工業株式会社) 2001.01.09, 特許請求の範囲、段落【0072】 - 【0089】、図1 - 24 & US 6338022 B1 & DE 10029874 A1	2-10, 16-24, 27
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 17.04.2007	国際調査報告の発送日 24.04.2007	
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) 森本 康正 電話番号 03-3581-1101 内線 3368	3W 3431

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-182552 A (日産自動車株式会社) 2003.07.03, 特許請求の 範囲、【0056】 (ファミリーなし)	6, 7, 20, 21
Y	JP 2004-171391 A (日産自動車株式会社) 2004.06.17, 段落【00 34】 - 【0061】 & US 2004/0107030 A1 & DE 10354209 A1	2-10, 16-24, 27
Y	JP 2004-114954 A (日産自動車株式会社) 2004.04.15, 段落【00 37】 - 【0053】 (ファミリーなし)	2-10, 16-24, 27
Y	JP 2004-157910 A (日産自動車株式会社) 2004.06.03, 【0034】 - 【0062】 (ファミリーなし)	2-10, 16-24, 27

発明の属する分野の分類

B60W30/08(2006.01)i, B60R21/00(2006.01)i, B60T7/12(2006.01)i, B60T8/1755(2006.01)i,
B60W10/18(2006.01)i, B60W10/20(2006.01)i, B60W30/00(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i,
G08G1/16(2006.01)i, B60R11/02(2006.01)n, B62D101/00(2006.01)n, B62D111/00(2006.01)n,
B62D137/00(2006.01)n