

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3973008号
(P3973008)

(45) 発行日 平成19年9月5日(2007.9.5)

(24) 登録日 平成19年6月22日(2007.6.22)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 0 K 31/00 (2006.01)

B 6 0 K 31/00 Z

F 0 2 D 29/02 (2006.01)

F 0 2 D 29/02 3 0 1 D

F 0 2 D 29/02 3 1 1 B

請求項の数 7 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2001-30222 (P2001-30222)
 (22) 出願日 平成13年2月6日(2001.2.6)
 (65) 公開番号 特開2001-301484 (P2001-301484A)
 (43) 公開日 平成13年10月31日(2001.10.31)
 審査請求日 平成16年5月19日(2004.5.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-31470 (P2000-31470)
 (32) 優先日 平成12年2月9日(2000.2.9)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100074099
 弁理士 大菅 義之
 (74) 代理人 100067987
 弁理士 久木元 彰
 (72) 発明者 金児 純司
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 嶋村 昭秀
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 安全走行支援装置、その方法及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自車の周囲の情報を取得するセンシング手段と、

希望運転動作の入力を受ける希望運転動作入力手段と、

該センシング手段によって得られた自車の周囲の情報を基に、制限速度を遵守しつつ前記希望運転動作入力手段が受けた入力に対応する運転動作が可能かを判定する運転動作可否判断手段と、

該運転動作可否判断手段の判断結果に基づいて、切り替えパラメータの値を切り替えることにより、縦方向の運転動作を前方車追従、規制速度への調整、停止準備の3つのうちのいずれかのパターンで与え、かつ、走行環境に応じた滑らかな横方向の運転動作モデルを生成する運転動作生成手段と、

前記生成された運転モデルに応じた運転動作指令信号を生成する出力手段とを有し、

前記運転動作生成手段は、停止に関する運動モデルを生成する際には、減速度及び停止位置を利用した運動モデルを生成することを特徴とする走行支援装置。

【請求項2】

前記運動モデルの、自車の速度を 0 km/h とする場合を記述する式は、 X_d を停止すべき位置、 x を自車の進行方向位置、 a を減速度、記号の上のドットは時間微分を示すとしたとき、

【数 1】

$$\ddot{x} = -\alpha \left(\frac{\dot{x}^2 / (2\alpha)}{X_d - x} \right)^2 \dot{x}$$

10

で与えられることを特徴とする請求項 1 に記載の走行支援装置。

【請求項 3】

更に、

衛星からのデータを受信することによって、自車の位置を特定し、道路地図案内システムを用いて前記希望運転動作を生成する手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の走行支援装置。

【請求項 4】

前記希望運転動作入力手段は、運転者からの希望動作の入力を受け付けることを特徴とする請求項 1 に記載の走行支援装置。

20

【請求項 5】

(a) 自車の周囲の情報を取得するステップと、

(b) 希望運転動作の入力を受ける希望運転動作入力ステップと、

(c) 該ステップ (a) によって得られた自車の周囲の情報を基に、制限速度を遵守しつつ前記希望運転動作入力手段が受けた入力に対応する運転動作が可能かを判定するステップと、

(d) 該ステップ (c) の判断結果に基づいて、切り替えパラメータの値を切り替えることにより、縦方向の運転動作を前方車追従、規制速度への調整、停止準備の 3 つのうちのいずれかのパターンで与え、かつ、走行環境に応じた滑らかな横方向の運転動作モデルを生成するステップと、

30

(e) 前記生成された運転モデルに応じた運転動作指令信号を生成するステップとを備え、

前記運転動作生成手段は、停止に関する運動モデルを生成する際には、減速度及び停止位置を利用した運動モデルを生成することを特徴とする走行支援方法。

【請求項 6】

コンピュータに、車両の運転動作を制御させる処理であって、

(a) 自車の周囲の情報を取得するステップと、

(b) 希望運転動作の入力を受ける希望運転動作入力ステップと、

(c) 該ステップ (a) によって得られた自車の周囲の情報を基に、制限速度を遵守しつつ前記希望運転動作入力手段が受けた入力に対応する運転動作が可能かを判定するステップと、

40

(d) 該ステップ (c) の判断結果に基づいて、切り替えパラメータの値を切り替えることにより、縦方向の運転動作を前方車追従、規制速度への調整、停止準備の 3 つのうちのいずれかのパターンで与え、かつ、走行環境に応じた滑らかな横方向の運転動作モデルを生成するステップと、

(e) 前記生成された運転モデルに応じた運転動作指令信号を生成するステップとを備え、

前記運転動作生成手段は、停止に関する運動モデルを生成する際には、減速度及び停止位置を利用した運動モデルを生成する処理を行わせることを特徴とするプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

50

【請求項 7】

コンピュータに、車両の運転動作を制御させる処理であって、

(a) 自車の周囲の情報を取得するステップと、

(b) 希望運転動作の入力を受ける希望運転動作入力ステップと、

(c) 該ステップ (a) によって得られた自車の周囲の情報を基に、制限速度を遵守しつつ前記希望運転動作入力手段が受けた入力に対応する運転動作が可能かを判定するステップと、

(d) 該ステップ (c) の判断結果に基づいて、切り替えパラメータの値を切り替えることにより、縦方向の運転動作を前方車追従、規制速度への調整、停止準備の3つのうちのいずれかのパターンで与え、かつ、走行環境に応じた滑らかな横方向の運転動作モデル

10

を生成するステップと、

(e) 前記生成された運転モデルに応じた運転動作指令信号を生成するステップとを備え、

前記運転動作生成手段は、停止に関する運動モデルを生成する際には、減速度及び停止位置を利用した運動モデルを生成する処理を行わせることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、周囲車両の状況を判断して自動車の一般道における走行支援を行う走行支援装置及び方法に関する。

20

【0002】**【従来の技術】**

今日、社会の情報化が進む中で、自動車の運転に関してもコンピュータを使った情報処理能力を利用して、運転者に好ましい運転行動を示唆し、あるいは、運転者に代わって自動車を自動運転する装置の開発が行われている。しかしながら、従来の技術においては、交差点を含む走行路の経路探索を行う自動走行技術や走行路の環境認識技術は存在するが、周囲車両との衝突を回避しながら、運転者もしくは経路誘導機器による指令動作（直前車追従、規制速度走行、赤信号での停止、車線変更を伴う追い越し、右左折を含む交差点通過など）を自動的に実現するための技術は存在しない。

【0003】

30

本発明の技術に関連した特許としては、特許 2 6 0 3 5 2 3 号公報、特許 2 5 1 4 4 0 5 号公報、特許 2 6 6 0 7 2 7 号がある。

これらにおいては、走行路を探索しながら車両の自動走行を行うことを目的としており、道路形状に応じて操舵を含めた制御を行うことなども考慮されている。しかし、道路前方の車両の混み具合に応じて交差点に進入してよいかどうかを判断すること、右折しようとする時の対向直進車との状況関係を基に安全に右折動作を実現するような制御、及び、右左折に際し、適切な車線へ移動する制御については考慮されていない。

【0004】

また、特願平 1 0 - 1 8 5 2 9 2 号には、車線変更を可能とする安全走行支援装置が記載されている。更に、特願平 1 1 - 2 2 3 5 4 3 号においては、交差点を含む複数車線道路において周囲車両と衝突しないように直進、右折/左折、車線変更を行うための走行支援ツールを提供している。ただし、以下の課題が残されている。

40

【0005】

走行支援運動パターンの生成に用いられている「環境力モデル」が厳密に速度 0 への調整が出来ない形になっている。すなわち、停止が必要な場合、環境力モデルの枠組みでは、

【0006】**【数 1】**

$$\ddot{x} = a - C(x_{-1}, x, \dot{x}_{-1}, \dot{x})\dot{x}$$

【 0 0 0 7 】

という構造のため、停止モードを規定する環境力項は

【 0 0 0 8 】

【 数 2 】

$$C_{stop}(x_{-1}, x)\dot{x} = \frac{a}{\varepsilon} \left(\frac{1}{x_{-1} - x} \right)^2 \dot{x}$$

10

【 0 0 0 9 】

と定義されている。ここでの ε は本来 0 としたいところであるが、それは不可能であり、「0 を近似する」微少な定数として与えることになる。すなわち、指示速度を 0 ではなく ε と設定することになる。この微小パラメータ ε の選定はかなりデリケートな問題であり、状況によっては数値処理上の不安定現象を引き起こすおそれがある。

【 0 0 1 0 】

基本となる運転動作モデルの問題点を解消すべく修正を施せば、直進、右折 / 左折、車線 20
変更のための支援方策に見直しが必要となる。

車線変更方策において、車線変更のための「目標車線における間隙」を形成する前後の車両の一方もしくは両方が存在しない場合の扱いが不明瞭である。

【 0 0 1 1 】

そのほか、本発明に関連する従来技術としては、以下のようなものがある。

特開平 1 0 - 1 8 7 9 3 0 号の技術は交差点を含む走行環境認識技術のみに関するものであり、その認識結果を用いた走行支援方策については考慮されていない。

【 0 0 1 2 】

特開平 5 - 1 6 5 5 2 0 号の技術は退避制御に関連する技術であるが、いわゆる F A (Factory Automation) 技術に関連した工場内の無人搬送車の制御を目的としており、一般 30
道路の自動車の走行支援技術とは分野が異なる。

【 0 0 1 3 】

一方、車両の運転支援のための指令信号生成と関連の深い「交通流モデル」、「交通流シミュレータ」、「車線変更方策」に関する従来技術とその問題点については、本発明の発明者らが以前に出願した特願平 1 0 - 1 8 5 2 9 2 号の明細書を参照されたい。

【 0 0 1 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上記特願平 1 0 - 1 8 5 2 9 2 号の発明は、複数車線道路において周囲車両と衝突することなく車線変更を行うための走行支援技術である。ただし、特願平 1 0 - 1 8 5 2 9 2 号 40
に記載の技術は、走行支援可能な運転動作に制限がある。従って、走行支援を行うことができる運転動作の適用範囲を拡張するためには、少なくとも以下の手段を設ける必要がある。

- ・ 交差点通過時のための進入可否判定手段を設ける。
- ・ 右左折のための動作生成手段を含める。
- ・ 追い越しのための動作生成手段を含める。

【 0 0 1 5 】

以上の手段を新たに設けることにより、自動車が交差点や複数車線を有する道路上で周囲車両などと衝突することなく安全に走行できるように、運転者もしくは経路誘導機器による指令動作（直前車追従、規制速度走行、赤信号での停止、車線変更を伴う追い越し、右左折を含む交差点通過など）を、安全かつ円滑に実施することのできる走行支援装置を実 50

現することが可能となる。

【0016】

また、上記特願平11-223543号においては、「環境力モデル」をベースとしていることから、停止モードの記述に難があること、更に縦方向の運動パターンが複数の運転モードの重ね合わせで表現されることから、生成される指令信号が「何を実現させようとしているのか」見通しが良くないなど実用面で、いくつか課題が残されている。これらの解決のためには、「環境力モデル」とは異なるモデルを考案し、これを基本とする「見通しのよい」指令信号生成を実現しうる安全走行支援方を開発する必要がある。

【0017】

本発明の課題は、自車の周囲の環境情報を取得し、その取得情報を基に適切な運転動作指令信号を生成することのできる走行支援装置及びその方法を提供することである。

10

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明の走行支援装置は、自車の周囲の情報を取得するセンシング手段と、該センシング手段によって得られた自車の周囲の情報を基に、制限速度を遵守しつつ自車の希望運転動作を実施することの可否を判断する運転動作可否判断手段と、該運転動作可否判断手段の判断結果に基づいて、切り替えパラメータの値を切り替えることにより、縦方向の運転動作を前方車追従、規制速度への調整、停止準備の3つのうちのいずれかのパターンで与え、かつ、走行環境に応じて、滑らかな横方向の運転動作を生成する運転動作モデルを生成する運転動作モデル生成手段と、前記生成された運転モデルに応じた運転動作指令信号を生成する出力手段とを備えることを特徴とする。

20

【0019】

本発明の走行支援方法は、(a)自車の周囲の情報を取得するステップと、(b)該ステップ(a)によって得られた自車の周囲の情報を基に、制限速度を遵守しつつ自車の希望運転動作を実施することの可否を判断するステップと、(c)該ステップ(b)の判断結果に基づいて、切り替えパラメータの値を切り替えることにより、縦方向の運転動作を前方車追従、規制速度への調整、停止準備の3つのうちのいずれかのパターンで与え、かつ、走行環境に応じて、滑らかな横方向の運転動作を生成する運転動作モデルを生成するステップと、(d)前記生成された運転モデルに応じた運転動作指令信号を生成するステップとを備えることを特徴とする。

30

【0020】

本発明によれば、各走行環境毎に、それぞれ適切な運転動作を記述する運転動作モデルを用意し、これらの運転動作モデルを切り替えパラメータと組み合わせるようなことによって、該切り替えパラメータの値を所定の値に設定するだけで、所望の運転動作を記述するモデルを得ることができる。従って、希望運転動作をする場合に、自車の周囲の情報から切り替えパラメータの値をどのように設定すべきかを判断するだけで、所望の運転動作モデルを生成し、走行支援信号を生成することができる。また、複数の運転動作モデルと切り替えパラメータを組み合わせることで1つのモデル式とすることによって、1つのモデル式で必要な運転動作の全てを記述することができる。

【0021】

更に、運転動作モデルは、自車の速度を正確に0km/hとすることの出来るモデルを含んでいるので、障害物との衝突回避、赤信号や一時停止指令、交差点での右左折における危険回避などにおいて、停止する必要がある場合にも正確に車両を制御することが出来る。

40

【0022】

また、これらの運転動作モデルを使用することにより、より現実に近い交通流シミュレーションを行うことができる。

例えば、上記複数の各運転モデルは、それぞれ、直前車への追従、規制速度への速度調整、交通信号への対応動作、交差点進入動作、車線変更動作、追い越し動作、右折動作、及び左折動作を記述する。

50

【 0 0 2 3 】

【 発明の実施の形態 】

本発明においては、以下のような「運転動作モデル」を考案する。

1) モデルにより生成される縦方向動作は、追従、指令速度への調整、停止に向けた減速のいずれかになるような、簡素なモデル。

2) 停止を指令する場合に調整速度を 0 と指定できない従来の「環境力モデル」に代わるモデル。

3) 走行車線前方の車両 / 障害物との距離及び相対速度を計測するセンサからのデータ、及び経路誘導システムからの地図情報をもとに行われることになる、周囲車両との衝突回避のための安全性評価の結果を反映し、構造の切り替えがなされるモデル。

10

【 0 0 2 4 】

また、本発明においては、以下のような機能を提供する。

1) 信号付き交差点を前方の交通流（あるいは渋滞）を考慮した直進通過を目的とする走行を「基本走行」とし、それをサポートする「基本走行支援策」を考案する。

2) 交差点通過を行う場合、走行中の車線前方の車両 / 障害物との距離及び相対速度を観測し、その観測結果から交差点への進入の可否を評価し、必要に応じて車両停止のための指令信号を生成する。

3) 交差点における信号や標識を監視し、その監視結果を基に必要に応じて車両停止のための指令信号を生成する。

4) 片側複数車線道路において、運転者または地図案内システムからの指示に応じ、隣接する車線上の前後の車両との進行方向距離及び相対速度を基に、追い越し運転をする際に必要とされる安全な間隙を検出し、車線変更のための指令信号を生成する。

20

5) 片側複数車線道路において、運転者または地図案内システムからの指示に応じて、隣接する車線の前後車両との進行方向距離及び相対速度を基に安全な間隙を検出し、その検出結果を基に追い越しのための指令信号を生成する。

6) 交差点通過時に右左折を伴う場合、交差点までの距離と直前車の速度を基に、右左折に適した車速へ調整するための指令信号を生成する。

7) 交差点通過時に右左折を伴う場合、交差点における横断歩道上の人や自転車を監視し、その監視結果を基に必要に応じて停止のための指令信号を生成する。

8) 交差点通過時に右折（または左折）を伴う場合、対向車線の車両との進行方向距離及び相対速度を基に交差点通過の可否を判断し、必要に応じて車両停止のための指令信号を生成する。

30

【 0 0 2 5 】

以上の機能を備える走行支援装置を構成するにあたり、本発明の実施形態では、以下に示す縦方向動作モデルと横方向動作モデルを提案する。

本発明の一実施形態としての走行支援装置を構成する基本モデルを以下に説明する。

【 0 0 2 6 】

以下は基本モデルである車両走行モデルで扱われる記号とその意味である。

$x(t)$: 自車の進行方向位置

$y(t)$: 自車の横方向位置

40

a : 通常の加速度

 : 通常の減速度 (0 . 3 G 程度)

T : 車頭時間 (車両の先頭から後続のあるいは前方の車両の先頭の間の距離を車両が通過するために必要な時間であって、運転者によってほぼ一定になっている : 1 . 8 ~ 2 . 4 sec)

l : 停止時車間距離

t_c : 車線変更に必要な時間

X_0 : 交差点入り口位置、 $X_0 + \quad - x < \quad / 2$ の時点で次の交差点位置にリセットする

$X_{in}(t)$: 交差点内での右折待機位置

 ~ 0 : 微少な正定数

50

$x_{-1}(t)$: 自車線前方車（または障害物）の進行方向位置
 $s_{-1}(t)$: 移動予定レーン（車線）における直前車の進行方向位置
 $s_1(t)$: 移動予定レーンにおける直後車の進行方向位置
 $x_{onc}(t)$: 対向車の進行方向位置
 V_c : 進行中の道路の規制速度
 V_{ss} : 右左折時の走行速度（15～20 km/h）
 V_{slow} : 徐行速度（4 km/h 以下）
 L_x : 交差点内での直進方向の移動距離
 L : 自車長
 L_{-1} : 自車線直前車の長さ

10

そして、縦方向運動における基本運動パターンとして、（１）停止信号または障害物への「停止モード」、（２）直前車両への「追従モード」、（３）規制速度への「規制走行モード」を考える。これらの走行モードに対するモデルは、それぞれの動作を達成するための速度調整を目的とし、ここでは以下のように与える。

（１）停止モード

【 0 0 2 7 】

【 数 3 】

$$\begin{aligned}
 \ddot{x} &= C_{stop}(x, \dot{x}, X_d) \\
 &= -\alpha \left(\frac{\dot{x}^2/(2\alpha)}{X_d - x} \right)^2 \dot{x} \quad \dots (1)
 \end{aligned}$$

20

【 0 0 2 8 】

ただし、 X_d は停止すべき位置を表しており、停止信号位置、障害物位置などがこれに当たる。式（１）における項 外 1 は

【 0 0 2 9 】

【 外 1 】

30

$$\frac{\dot{x}^2}{(2\alpha)}$$

【 0 0 3 0 】

、減速開始から減速度 によって停止するまでに走行する距離を表す。また、 外 2 は停止の緊急度を表している。

【 0 0 3 1 】

【 外 2 】

40

$$\left(\frac{\dot{x}^2/(2\alpha)}{X_d - x} \right)^2$$

【 0 0 3 2 】

（２）追従モード

【 0 0 3 3 】

【 数 4 】

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1}) \\ &= \lambda_c \left\{ \dot{x}_{-1} - \left(\frac{(\dot{x}_{-1}^2 - \dot{x}^2)/(2\lambda_c)}{x_{-1} - x} \right)^2 \dot{x} \right\} \quad \dots (2) \end{aligned}$$

【 0 0 3 4 】

ただし、

【 0 0 3 5 】

【 数 5 】

10

$$\lambda_c = \begin{cases} a & \text{for } \dot{x}_{-1} \geq \dot{x} \\ \alpha & \text{for } \dot{x}_{-1} < \dot{x} \end{cases} \quad \dots (3)$$

【 0 0 3 6 】

とする。式 (2) における項 外 3 は、通常の加速ま

【 0 0 3 7 】

【 外 3 】

20

$$(\dot{x}_{-1}^2 - \dot{x}^2)/(2\lambda_c)$$

【 0 0 3 8 】

たは減速により直前車両速度 外 4 へ調整するまでに走行する距離を表す。

【 0 0 3 9 】

【 外 4 】

30

$$\dot{x}_{-1}$$

【 0 0 4 0 】

項 外 5 の値により、直前車との車間距離が調整される。なお、式 (2) にお

【 0 0 4 1 】

【 外 5 】

$$\left(\frac{(\dot{x}_{-1}^2 - \dot{x}^2)/(2\lambda_c)}{x_{-1} - x} \right)^2$$

40

【 0 0 4 2 】

いて、外 6 のとき、前方車は「障害物」そのものであり、式 (2) は式 (1)

【 0 0 4 3 】

【 外 6 】

$$\dot{x}_{-1}=0$$

【 0 0 4 4 】

に帰着する。

(3) 規制走行モード

【 0 0 4 5 】

【 数 6 】

10

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= C_{reg}(\dot{x}, V_c) \\ &= \lambda_c(V_c - \dot{x}) \quad \dots (4)\end{aligned}$$

【 0 0 4 6 】

ただし、 V_c は規制により指定された速度を表し、 λ_c は式(3)で与えられる。

外 7 、 外 8 、 及び、 外 9 の値は最高減速度 a_{max} あるいは最高加速度

【 0 0 4 7 】

【 外 7 】

20

$$C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1})$$

【 0 0 4 8 】

【 外 8 】

$$C_{stop}(x, \dot{x}, X_d)$$

【 0 0 4 9 】

【 外 9 】

30

$$C_{reg}(\dot{x}, V_c)$$

【 0 0 5 0 】

a_{max} で飽和する。それらの値は個々の車両の性能に依存する。

以上、前述の基本運動パターンモデル(1)、(2)及び(3)を用い、交差点を含む複数車線道路走行時に想定されるさまざまな運転動作のうち、特に、進路前方の混雑を考慮した「交差点直進」、「右折/左折」、「車線変更」における動作の縦方向成分を記述するモデルとして以下を提案する。なお、自車と他車の位置とその車長を表すパラメータは図1に示すように定義されているものとする。

40

【 0 0 5 1 】

【 数 7 】

$$\begin{aligned}
\ddot{x} = & (1 - \sigma_{sig})(1 - \sigma_{lc})(1 - \sigma_{onc})(1 - \sigma_{bw})(1 - \sigma_{cng})(1 - \sigma_{em})(1 - \sigma_{wt}) \\
& \times [\sigma_p \{ (1 - \sigma_{lim})(1 - \sigma_{ss}) C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1}) + \sigma_{lim} C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) \} \\
& + (1 - \sigma_p) \{ (1 - \sigma_{ss}) C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) + \sigma_{ss} C_{reg}(\dot{x}, V_{ss}) \}] \\
& + \sigma_{lc} [\sigma'_p C_{follow}(x, \dot{x}, s_{-1}, \dot{s}_{-1}) + (1 - \sigma'_p) C_{reg}(\dot{x}, V_{lim})] \\
& + (\sigma_{sig} + \sigma_{cng} + \sigma_{em} + \sigma_{wt}) C_{stop}(x, \dot{x}, X_e) \\
& + (\sigma_{onc} + \sigma_{bw}) C_{stop}(x, \dot{x}, X_{in}) \quad \dots (5)
\end{aligned}$$

【 0 0 5 2 】

10

ただし、 外 1 0 、 外 1 1 、 及び、 外 1 2 はそれぞれ式 (1)、 (2

【 0 0 5 3 】

【 外 1 0 】

$$C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1})$$

【 0 0 5 4 】

【 外 1 1 】

20

$$C_{stop}(x, \dot{x}, X_d)$$

【 0 0 5 5 】

【 外 1 2 】

$$C_{reg}(\dot{x}, V_c)$$

【 0 0 5 6 】

30

) 及び (4) で定義されている。式 (5) において、 V_{lim} は規制速度であり、 V_{ss} は右折 / 左折の安全な実行速度であり、 $15 (km / h) \leq V_{ss} \leq 20 (km / h)$ と設定する。また、 σ_p 、 σ_{lim} 、 σ_{sig} 、 σ_{cng} 、 σ_{em} 、 σ_{wt} 、 σ_{ss} 、 σ_{onc} 、 σ_{bw} 、 σ_{lc} 及び σ'_p は以下のような設定切り替えパラメータとする。

σ_p : 走行中の車線における先行車両に関する切り替えパラメータ。先行車が存在するとき $\sigma_p = 1$ とし、そうでないとき、 $\sigma_p = 0$ とする。

σ_{lim} : 制限速度 V_{lim} への減速に関する切り替えパラメータ。制限速度を超過した場合、 $\sigma_{lim} = 1$ とし、そうでないとき、 $\sigma_{lim} = 0$ とする。

σ_{sig} : 停止信号に関する切り替えパラメータ。停止信号が検知された場合、 $\sigma_{sig} = 1$ とし、そうでないとき、 $\sigma_{sig} = 0$ とする。

40

σ_{cng} : 交通渋滞に関する切り替えパラメータ。後述する手続きにより進路前方に交通渋滞が発生していると判定された場合、 $\sigma_{cng} = 1$ とし、そうでないとき、 $\sigma_{cng} = 0$ とする。

σ_{em} : 直進中、対向右折車両に起因する「緊急な減速」に関する切り替えパラメータ。デフォルト値は 0 であるが、進路前方の交差点内に右折中の対向車両が存在する場合、 $\sigma_{em} = 1$ とする。

σ_{wt} : 直進中、右折待ちの対向車両に起因する「減速」に関する切り替えパラメータ。後述する手続きにより減速が必要と判定された場合、 $\sigma_{wt} = 1$ とし、そうでないとき、 $\sigma_{wt} = 0$ とする。

σ_{ss} : 右左折のための安全速度 V_{ss} への減速に関する切り替えパラメータ。後述で与える

50

手続きにより減速が必要と判定された場合、 $s_s = 1$ とし、そうでないとき、 $s_s = 0$ とする。

o_{nc} : 左側通行システムにおける右折時の対向直進車との衝突回避のための減速に関する切り替えパラメータ。後述する手続きにより減速が必要と判定された場合、 $o_{nc} = 1$ とし、そうでないとき、 $o_{nc} = 0$ とする。

b_w : 右折 / 左折時の交差点内における歩行者等の対象物に関する切り替えパラメータ。歩行者等が検知された場合、 $b_w = 1$ とし、そうでないとき、 $b_w = 0$ とする。

l_c : 車線変更の可否に関する切り替えパラメータ。デフォルト値は $l_c = 0$ とし、後述する車線変更支援方策における判断手続きにより、車線変更が許可された場合のみ、 $l_c = 1$ とし、車線変更動作終了後、直ちに、 $l_c = 0$ とリセットする。

$'_p$: 車線変更動作時の目標隣接車線における先行車両に関する切り替えパラメータ。先行車が存在するとき $'_p = 1$ とし、そうでないとき、 $'_p = 0$ とする。

【0057】

なお、式(5)のモデルにおいて、各切り替えパラメータによって有効とされる項が決定されるが、これらの切り替えパラメータによって切り分けられるモデル要素をそれぞれ別々に保持しておき、切り替えパラメータの値がある条件を満たした場合に、切り分けられた各モデル要素を適切に組み合わせて演算することにより、運転動作指示信号を生成するようにしても良い。

【0058】

式(5)で表される基本モデルを実現する場合に想定される、センサとその測定範囲は、例えば、図2に示されるようにする。

図2の(1)で示される範囲を測定するセンサは、自車速度、ならびに前方車両または障害物との距離の検出を行う。

【0059】

図2の(2)～(5)で示される範囲を測定するセンサは、車線変更が指令されたとき、移動先の候補となる「間隙」を形成する隣接車線の前後車両との距離及び、該隣接車線の前後車両との相対速度を検出する。

【0060】

検出範囲は、図2のセンサ(1)については例えば60mとし、センサ(2)～(5)については例えば車両の中心を基準として±30m(前方を+としている)とする。

【0061】

このようにセンサを設けることにより、前方の交差点における信号の色を検出する。また、右側(左側)通行システムにおいて左折(右折)が指令されたときに、対向車両を検出する。また、更に、右側(左側)通行システムにおいて左折(右折)が指令されたとき、直近の対向直進車と交差点の距離を検出するために前方交差点に配置されたセンサからのデータを受信する。

【0062】

更に、左側通行システムにおいて右折支援を記述するモデルを構築するにあたり導入した位置座標の説明図を図3に示す。基準位置 x は、走行中、自車が交差点に入る前の適当な位置に設定するものとする。

【0063】

次に に添え字を付けて示されている切り替えパラメータの更新手続きについて説明する。前述の縦方向運動モデルは切り替えパラメータを援用することにより、様々な状況を想定した運転動作を記述しようとするものである。各切り替えパラメータの定義は既に述べた通りであるが、周囲車両との距離 / 相対速度や交通信号に関する計測データ、更に地図データを複合的に用いて更新する必要があるものの更新手続きを以下に記述する。

・ c_{ng} : 進路前方の交通渋滞に関する切り替えパラメータ

ステップ1) 先行車からの距離と前方の交差点位置についてのデータを用い、次の不等式の成否を評価する。

【0064】

10

20

30

40

50

$$X_e - x_{-1} - L_{-1} \leq X_e + L_x + L + l \quad (6)$$

ただし、 l は停止時車間距離とする。もし、(6) が満たされているならば、ステップ2へ進む。そうでないときは、先行車が自車と前方交差点の間に存在しないので、 $c_{ng} = 0$ と更新し、この手続きを終了する。

ステップ2) $V_{slow} = 4 \text{ (km/h)}$ との設定のもとで、外13 が成立する

【0065】

【外13】

$$\dot{x}_{-1} < V_{slow}$$

10

【0066】

とき、前方交差点周囲で渋滞があり交差点を通過できる保証がないと判断し、交差点手前で停止するために $c_{ng} = 1$ と更新する。一方、外14 であるならば

【0067】

【外14】

$$\dot{x}_{-1} \geq V_{slow}$$

20

【0068】

、 $c_{ng} = 0$ と更新する。

・ w_t : 右折待ち対向車両に起因する「減速」に関する切り替えパラメータ

ステップ1) 先行車が自車と前方交差点の間に存在するかどうかを評価する。 $x_{-1} - L_{-1} > X_e$ が満たされているならば、(先行車が存在しないので) ステップ2へ進む。そうでないとき、すなわち、 $x_{-1} - L_{-1} \leq X_e$ であるならば、 $w_t = 0$ と更新し、この手続きを終了する。

ステップ2) もし、前方交差点の入り口付近で右折の機会を待っている対向車が存在するとき、ステップ3へ進む。右折待ちの対向車が存在しなければ、 $w_t = 0$ と更新し、この手続きを終了する。

30

ステップ3) 次の不等式の成否を評価する。

【0069】

【数8】

$$\frac{X_e - x}{\dot{x}} > 2T \quad \dots (7)$$

【0070】

ただし、 T は自車の車頭時間とする。式(7) が成立しているならば(右折待ち対向車が右折可能と判断し、行動を起こす可能性があるため)、 $w_t = 1$ と更新する。そうでないならば、 $w_t = 0$ と更新する。

40

・ s_s : 右折/左折時の減速に関する切り替えパラメータ

ステップ1) 自車速を評価する。外15 であるならば、 $s_s = 0$ と更新し、こ

【0071】

【外15】

$$\dot{x} < V_{ss}$$

50

【 0 0 7 2 】

の手続きを終了する。外 1 6 であるならば、ステップ 2 へ進む。

【 0 0 7 3 】

【 外 1 6 】

$$\dot{x} \geq V_{ss}$$

【 0 0 7 4 】

ステップ 2) 交差点入り口までの距離を評価する。もし、

10

【 0 0 7 5 】

【 数 9 】

$$X_e - x \leq \frac{\dot{x}^2 - V_{ss}^2}{2\alpha} \quad \dots (8)$$

【 0 0 7 6 】

であるならば、(減速が必要であるので) $ss = 1$ と更新する。一方、式 (8) が成立していなければ、 $ss = 0$ と更新する。

20

・ $_{onc}$: 右折時の対向直進車に起因する減速 / 停止に関する切り替えパラメータ

ステップ 1) 先行車が自車と前方交差点の間に存在するかどうかを評価する。 $x_{-1} - L_{-1} > X_e$ であるならば、(先行車が存在しないので) ステップ 2 へ進む。

一方、 $x_{-1} - L_{-1} \leq X_e$ であるならば、 $_{onc} = 0$ と更新し、この手続きを終了する。

ステップ 2) 自車と対向直進車のそれぞれの速度とそれぞれの交差点入り口までの距離をもとに衝突回避可能性を評価する。その評価には不等式

$$0 < t_{onc} - t_p < n_s T \quad \dots (9)$$

を用いる。ただし、

【 0 0 7 7 】

【 数 1 0 】

30

$$t_{onc} = \{x_{onc} - (X_e + L_x)\} / |\dot{x}_{onc}|, \quad \dots (10)$$

$$t_p = (X_e - x) / V_{ss}, \quad \dots (11)$$

$$n_s = L_x / V_{ss}, \quad \dots (12)$$

【 0 0 7 8 】

であり、 x_{onc} は対向直進車の位置とする。不等式 (9) が成立するとき、減速 / 停止が必要と判断し $_{onc} = 1$ と更新する。対向車が存在しないか、不等式 (9) が成立しないとき $_{onc} = 0$ と更新する。

40

【 0 0 7 9 】

上記は、自車の縦方向の走行を記述する基本モデルであった。以下に横方向の運動の基本モデルを説明する。

横方向運動基本モデル :

・ 車線変更のための横方向運動モデル

車線変更のための横方向運動モデルとして、横方向の加加速度 (jerk) を最小化し得る 5 次多項式軌道を採用する。それは次のように記述される。

【 0 0 8 0 】

$$y(t) = l_y (6(t/t_c)^5 - 15(t/t_c)^4 + 10(t/t_c)^3) \quad \dots (13)$$

50

この軌道は以下のような境界条件をそれぞれ満足する。

【 0 0 8 1 】

【 数 1 1 】

$$y(0)=\dot{y}(0)=\ddot{y}(0)=0, y(t_c)=l_y, \dot{y}(t_c)=\ddot{y}(t_c)=0$$

【 0 0 8 2 】

ここに、 y は車両の横方向位置であり、 l_y は 2 つの隣接する車線の中心線間の距離であり、 t_c は車線変更動作に要する時間である。

10

車両の操舵角は車両運動における角速度 $\dot{\theta}(t)$ に関連しているので、横方向モデル (1 3) の出力は次のように「操舵角」に対応付けられる。

【 0 0 8 3 】

【 数 1 2 】

$$\omega(t) = \frac{d}{dt}(\dot{y}(t)/\dot{x}(t)) \quad \dots (14)$$

【 0 0 8 4 】

ここに、外 1 7 及び 外 1 8 は縦方向モデル (5) 及び横方向モデル (1

20

【 0 0 8 5 】

【 外 1 7 】

$$\dot{x}(t)$$

【 0 0 8 6 】

【 外 1 8 】

$$\dot{y}(t)$$

30

【 0 0 8 7 】

3) からそれぞれ数値的に得られるものを用いる。

・ 右折 / 左折のための横方向運動モデル

右左折における車両の動作をモデル化したものを図 4 に示す。右左折動作における接線方向運動は縦方向運動モデル (5) で与えられるものとする。そうすると、右折 / 左折における縦方向及び横方向の運動モデルはそれぞれ以下のように記述できる。

【 0 0 8 8 】

【 数 1 3 】

40

$$\dot{x} = \dot{x}_*(t)\cos\theta(t) \quad \dots (15)$$

$$\dot{y} = \dot{x}_*(t)\sin\theta(t) \quad \dots (16)$$

【 0 0 8 9 】

ここに $x_*(t)$ は前述の縦方向運動モデル (5) から得られるものとし、 $\theta(t)$ は回転角度であり、以下のように与えられるものとする。

【 0 0 9 0 】

【 数 1 4 】

50

$$\theta(t) = \begin{cases} \frac{\theta_f}{2p(t_f-p)}(t-t_0)^2 & \text{if } t_0 \leq t \leq t_0+p \\ \frac{\theta_f}{t_f-p}(t-t_0) - \frac{\theta_f}{2(t_f-p)}p & \text{if } t_0+p \leq t \leq t_0+t_f-p \\ \theta_f - \frac{\theta_f}{2p(t_f-p)}(t_f+t_0-t)^2 & \text{if } t_0+t_f-p \leq t \leq t_0+t_f \end{cases} \quad \dots (17)$$

【 0 0 9 1 】

10

ここに t_0 は回転運動開始時刻とし、 t_f は回転に要する時間とする。また、 p は $0 < p < t_f / 2$ であるような定数とする。そして、右左折動作開始時

【 0 0 9 2 】

【 外 1 9 】

$$x_*(t_0) = x(t_0), \dot{x}_*(t_0) = \dot{x}(t_0)$$

【 0 0 9 3 】

とし、また、終了時に、

20

【 0 0 9 4 】

【 外 2 0 】

$$x(t_0+t_f) = x_*(t_0+t_f), \dot{x}(t_0+t_f) = \dot{x}_*(t_0+t_f), y(t) = 0$$

【 0 0 9 5 】

回転運動における操舵角は回転角モデル (1 7) から数値的に導かれる角速度
外 2 1 により得られる。

【 0 0 9 6 】

30

【 外 2 1 】

$$\dot{\theta}(t)$$

【 0 0 9 7 】

ここで、縦方向運動モデルの出力はスロットルまたはブレーキへの入力に対応している。
また、横方向モデルの出力も前述のように容易に操舵角に関連づけられる。

・ θ_c の更新手続き

「パラメータ θ_c の更新」手続きは、後述の図 7 (ステップ 1)、図 8 (ステップ 2)、
図 9 (ステップ 1)、図 1 1 (ステップ 1) において実施される。使用可能な前方車両に
関する観測データにつき、2 通りの更新手続きを与える。両方の手続きに於いては、「前
方車が存在しない」場合も考慮する。「前方車は存在しない」場合とは、前方対象物に対
する距離センサにより前方車が検知されない場合を想定する (距離センサの能力について
は、図 2 で説明した通りとする。両方の手続きに於いては、更に「自車速度と規制速度と
の関係」も考慮する。「前方車が存在しない」場合の評価、及び「車速を規制速度へ調整
する」場合の評価において規制速度 V_d を用いるが、この値は自らの位置を「地図案内シ
ステム」により検知した上で、同システムとリンクした「情報データベース」を参照する
ことにより得られるものとする。

40

【 0 0 9 8 】

50

式(2)～式(4)に示される \dot{x}_c の更新手続きは以下のように行う。

図5は、前方車との相対速度が利用できる場合の \dot{x}_c の更新手続きを示すフローチャートである。

(1) 前方車との相対速度データが利用できる場合

この場合、車載センサによって、時々刻々 外22 が入手可能である。ただ

【0099】

【外22】

$$(\dot{x}_{-1}-\dot{x})[k]$$

10

【0100】

し、この式における記法(function)[k]は関数functionの時刻kにおける値を表している。

ステップ1) 距離センサにより前方車との相対速度を検出して、前方車が存在するかどうかを評価する。

【0101】

存在する場合： $\dot{p}_p = 1$ と更新し、ステップ2aに進む。

存在しない場合： $\dot{p}_p = 0$ と更新し、ステップ2bに進む。

ステップ2a)(前方車のある場合の \dot{x}_c 更新手続き1)

20

【0102】

【数15】

$$V_d-\dot{x}[k]>0$$

【0103】

の成否を評価する。

YESの場合： $\dot{p}_{lim} = 0$ とし、ステップ3へ進む。

NOの場合： $\dot{p}_{lim} = 1$ とし、 $\dot{x}_c[k] =$ と更新する(\dot{x}_c 更新手続きを終了し、実施途上の運転動作遂行手続きのループに復帰する)

30

ステップ2b)(前方車のない場合の \dot{x}_c 更新)

【0104】

【数16】

$$V_d-\dot{x}[k]>0$$

【0105】

が成立しているかどうかを評価し、

40

YESの場合： $\dot{x}_c[k] = a$ と更新、NOの場合： $\dot{x}_c[k] =$ と更新

(\dot{x}_c 更新手続きを終了し、実施途上の運転動作遂行手続きのループに復帰する)

ステップ3)(前方車のある場合の \dot{x}_c の更新手続き2)

【0106】

【数17】

$$(\dot{x}_{-1}-\dot{x})[k]>0$$

【0107】

50

が成立しているかどうかを評価し、

YESの場合： $\text{c}[k] = a$ と更新し、NOの場合： $\text{c}[k] =$ と更新

(c 更新手続きを終了し、実施途上の運転動作遂行手続きのループに復帰する)

図6は、前方車との距離データのみしか利用できない場合の c の更新手続きを示すフローチャートである。

(2) 前方車との距離データのみ利用できる場合：

この場合、入手できるデータはk時刻の前方車との距離 $(x_{-1} - x)[k]$ であるので、間接的に相対速度を入手する必要がある。そのため、k時刻における距離データ $(x_{-1} - x)[k]$ の他に、相対速度を数値微分により算出するためにメモリなどの記憶部に格納しておいた $(k - 1)$ 時刻の距離データ $(x_{-1} - x)[k - 1]$ を用いてk時刻における c 更新のための評価を以下の手続きにより行う。(この場合、データ格納部あるいは記憶部に少なくとも1時刻前の距離データを保存しておく必要がある)

10

ステップ11) 距離センサにより前方車との距離を検出し、前方車が存在するかどうかを評価する。

【0108】

存在する場合： $p = 1$ と更新し、ステップ12aに進む。

存在しない場合： $p = 0$ と更新し、ステップ12bに進む。

ステップ12a)(前方車のある場合の c 更新手続き1)

【0109】

【数18】

20

$$V_d - \dot{x}[k] > 0$$

【0110】

の成否を評価し、

YESの場合： $\text{lim} = 0$ とし、ステップ13へ進む。

NOの場合： $\text{lim} = 1$ とし、 $\text{c}[k] =$ と更新する(c 更新手続きを終了し、実施途上の運転動作遂行手続きのループに復帰する)

ステップ12b)(前方車のない場合の c 更新)

30

自車速度は自身の速度計により入手可能なため、

【0111】

【数19】

$$V_d - \dot{x}[k] > 0$$

【0112】

が成立しているかどうかを評価し、

YESの場合： $\text{c}[k] = a$ と更新し、NOの場合： $\text{c}[k] =$ と更新

40

(c 更新手続きを終了し、実施途上の運転動作遂行手続きのループに復帰する)

ステップ13)(前方車のある場合の c 更新手続き2)

$(x_{-1} - x)[k] - (x_{-1} - x)[k - 1] > 0$

が成立しているかどうかを評価し、

YESの場合： $\text{c}[k] = a$ と更新し、NOの場合： $\text{c}[k] =$ と更新

(c 更新手続きを終了し、実施途上の運転動作遂行手続きのループに復帰する)

パラメータ c の更新手続きは、後述の図7(ステップ1)、図8(ステップ2)、図9(ステップ1)、図11(ステップ1)の一部として実施されるものであり、この部分をまとめたものが図5、6である。

走行支援のための指令信号生成方法

50

(1) 基本走行

基本走行では以下の走行を実現する。

- 1) 交差点通過を伴う直進運動を想定する。
- 2) 先行車への追従を基本としつつ、制限速度を遵守する走行を行う。
- 3) 交差点の有無をチェックし、無しの場合には手続きを簡略化する。
- 4) 進路前方の混み具合を先行車両の位置と速度により判断し、必要に応じ交差点手前で停止する。
- 5) 対向する右折車の動きにも注意を払い、必要に応じて減速または停止する。

【 0 1 1 3 】

図 7 は、基本走行を実現するための処理を示すフローチャートである。

10

ステップ S 1)

縦方向運動モデル (5) における、切り替えパラメータを $\sigma_{ss} = 0$ 、 $\sigma_{onc} = 0$ 、 $\sigma_{bw} = 0$ 、 $\sigma_{lc} = 0$ 及び $\sigma_p = 0$ のように設定し、ステップ S 2 に進む。

このとき、縦方向運動モデル (5) は以下のような形態となっている。

【 0 1 1 4 】

【 数 2 0 】

$$\begin{aligned} \ddot{x} = & (1 - \sigma_{sig})(1 - \sigma_{cng})(1 - \sigma_{em})(1 - \sigma_{wt}) \\ & \times [\sigma_p \{ (1 - \sigma_{lim}) C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1}) + \sigma_{lim} C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) \} \\ & + (1 - \sigma_p) C_{reg}(\dot{x}, V_{lim})] \\ & + (\sigma_{sig} + \sigma_{cng} + \sigma_{em} + \sigma_{wt}) C_{stop}(x, \dot{x}, X_e) \quad \dots (18) \end{aligned}$$

20

【 0 1 1 5 】

ステップ S 2)

進路前方の計測データを用いて先行車の有無を判断して σ_p を更新すると共に、自車速外 2 3 と規制速度 V_{lim} を比較することにより σ_{lim} を更新

【 0 1 1 6 】

【 外 2 3 】

30

\dot{x}

【 0 1 1 7 】

し、ステップ S 3 へ進む。

ステップ S 3)

G P S からのデータにより、車載センサの計測可能範囲内に属する進路前方に交差点が存在すると判断される場合ステップ S 4 へ進む。交差点が存在しないと判断される場合にはステップ S 2 に戻る。後者の場合、縦方向運動モデル (5) は以下の形態となっている。

【 0 1 1 8 】

【 数 2 1 】

40

$$\begin{aligned} \ddot{x} = & \sigma_p \{ (1 - \sigma_{lim}) C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1}) + \sigma_{lim} C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) \} \\ & + (1 - \sigma_p) C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) \quad \dots (19) \end{aligned}$$

【 0 1 1 9 】

ステップ S 4)

σ_{sig} を「信号」の監視結果により更新し、ステップ S 5 へ進む。

ステップ S 5)

進路前方の計測データを用いて先行車と交差点との位置関係を評価する。もし、 $x_{-1} - L$

50

$x_{-1} < X_e$ であるならば、縦方向運動モデル (5) の切り替えパラメータを $\sigma_{ong} = 0$ 、 $\sigma_{wt} = 0$ 及び $\sigma_{em} = 0$ と更新し (ステップ S 5 a)、ステップ S 2 へ戻る。

【 0 1 2 0 】

一方、 $x_{-1} = L_{-1} = X_e$ であるならば、ステップ S 6 へ進む。

ステップ S 6)

σ_{cng} と σ_{wt} を前述した手続きにより更新し、ステップ S 7 へ進む。

ステップ S 7)

進路前方の交差点に右折中の対向車が存在するかどうかの結果により σ_{em} を更新し、ステップ S 2 へ戻る。

(2) 右折

10

1) 「歩く速さ」による右左折が安全であることから、歩くような速さ V_{ss} (15 ~ 20 km / h) で実行する。

2) 車載センサにより得られる自車と交差点までの距離と自車速度、及び交差点設置のセンサにより得られる対向車の位置と速度により右折動作のための時間的余裕が確保できるかを評価する。

3) 道路形状についての情報を GPS 等により入手し、これに基づく回転変換を施すことにより、交差点内での右左折動作は (15)、(16)、(17) により生成する。

・準備手続き

1) 適切なレーンへの移動 (車線が複数ある場合のみ)

後述の車線変更処理により実行

20

2) 右折レーンへの進路変更 (右折レーンがある場合のみ)

後述の車線変更処理に準じ、横方向動作を横方向モデル (13) により生成

図 8 は、右折動作を実現するための処理を示すフローチャートである。

ステップ S 11)

前述の「基本走行」から、運転者または地図情報システムからの「右折指令」によりステップ S 12 へ進む。

ステップ S 12)

縦方向運動モデル (5) における切り替えパラメータを $\sigma_{em} = 0$ 、 $\sigma_{wt} = 0$ 、 $\sigma_{lc} = 0$ 、及び、 $\sigma_p = 0$ のように設定し、ステップ S 13 へ進む。

このとき、縦方向運動モデル (5) は以下のように簡略化されている。

30

【 0 1 2 1 】

【 数 2 2 】

$$\begin{aligned} X = & (1 - \sigma_{sig})(1 - \sigma_{onc})(1 - \sigma_{bw})(1 - \sigma_{cng}) \\ & \times [\sigma_p \{ (1 - \sigma_{lim})(1 - \sigma_{ss}) C_{follow}(x, \dot{x}, x_{-1}, \dot{x}_{-1}) + \sigma_{lim} C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) \} \\ & + (1 - \sigma_p) \{ (1 - \sigma_{ss}) C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) + \sigma_{ss} C_{reg}(\dot{x}, V_{ss}) \}] \\ & + (\sigma_{sig} + \sigma_{cng}) C_{stop}(x, \dot{x}, X_e) + (\sigma_{onc} + \sigma_{bw}) C_{stop}(x, \dot{x}, X_{in}) \quad \dots (20) \end{aligned}$$

【 0 1 2 2 】

40

ステップ S 13)

縦方向運動モデル (5) の切り替えパラメータ σ_p 、 σ_{lim} 、及び σ_{sig} を進路前方の車両や障害物に対する距離測定データを用いて更新し、ステップ S 14 へ進む。

ステップ S 14)

縦方向運動モデル (5) の切り替えパラメータ σ_{ss} を前述した縦方向運動モデルにおける更新手続きにより更新し、ステップ S 15 へ進む。

ステップ S 15)

進路前方の計測データを用いて先行車と交差点との位置関係を評価する。もし、 $x_{-1} = L_{-1} < X_e$ であるならば、縦方向運動モデル (5) の切り替えパラメータを $\sigma_{cng} = 0$ 、 $\sigma_{on} = 0$ 及び $\sigma_{bw} = 0$ と更新し (ステップ S 15 a)、ステップ S 13 へ戻る。

50

一方、 $x_{-1} - L_{-1} \leq x_0$ であるならば、ステップ S 1 6 へ進む。

ステップ S 1 6)

縦方向運動モデル (5) の切り替えパラメータ c_{ng} 及び o_{nc} を前述における更新手続きにより更新し、ステップ S 1 7 へ進む。

ステップ S 1 7)

縦方向運動モデル (5) の切り替えパラメータ b_w を距離センサによる交差点内の歩行者の存否のチェックにより更新し、ステップ S 1 8 へ進む。

ステップ S 1 8)

車載センサにより「交差点出口」の通過が確認されたならば、「右折手続き」を終了し、縦横の座標軸をリセットするとともに、前述の「基本走行」へ復帰する (ステップ S 1 9))。 「交差点出口」通過が未了の場合、右折動作が未了であるので、ステップ S 1 3 へ戻る。

【 0 1 2 3 】

ただし、左折の手続きは、右折の手続きとほとんど同じである。左折の場合は、右折手続きにおいて、 $o_{nc} = 0$ と固定し、 o_{nc} の更新を省略する、という修正を施せば良い。

(3) 車線変更

1) 目標車線の車両との距離 / 相対速度に応じ、行動計画を立てる。

【 0 1 2 4 】

すなわち、次の 4 つの量

【 0 1 2 5 】

【 数 2 3 】

$$\begin{aligned} (s_{-1} - L_{-1}) - x & \quad \text{および} \quad v_{fs} = \dot{s}_{-1} - \dot{x} \\ (x - L) - s_1 & \quad \text{および} \quad v_{bs} = \dot{x} - \dot{s}_1, \end{aligned}$$

【 0 1 2 6 】

を隣接する目標車線における「車線変更のための間隙の候補」の評価に用いる。

2) 「車線変更」手続きと、「基本走行」手続きとで連続性を持たせる。

3) 「車線変更」手続きは、「基本走行」のループに組み入れ実行する。

【 0 1 2 7 】

図 9、10 は、車線変更を実現するための処理を示すフローチャートである。

運転者または地図情報システムからの「車線変更指令」により、「車線変更手続き」を「基本走行」手続きループに組み入れる。すなわち、図 9 のフローチャートは、ステップ S 2 3 a が含まれている点で図 7 の基本走行の処理と異なるのみである。

【 0 1 2 8 】

まず、図 9 において、

ステップ S 2 1)

縦方向モデル式 (5) におけるデフォルト値の設定を行う。すなわち、 $s_s = 0$ 、 $o_{nc} = 0$ 、 $b_w = 0$ 、 $l_c = 0$ 、 $v_p = 0$ と設定することにより、縦方向モデル (1 8) を構成する。

ステップ S 2 2)

車載センサからの情報により、基本走行時に更新の必要な切り替えパラメータ p 、 l_{im} の更新を行う。

ステップ S 2 3)

進路前方の交差点のチェックを行う。交差点が無い場合には、ステップ S 2 3 a へ進んで、図 10 の処理を行う。

ステップ S 2 4)

車載センサにより、信号の色のチェックを行い、これに従い、 s_{ig} の更新を行う。

ステップ S 2 5)

交差点と自車間の先行車有無のチェックを行い、先行車がある場合には、 $c_{ng} = 0$ 、 w

10

20

30

40

50

$t = 0$ 、 $e_m = 0$ と更新し(ステップS 2 5 a)、ステップS 2 3 aに進んで、図1 0の処理を行う。

【0 1 2 9】

先行車が無い場合には、ステップS 2 6に進む。

ステップS 2 6)

交差点通過のための通常の安全性チェックとして、交通渋滞や右折待ち対向車への対応を行うため、 c_{ng} 、 w_t の更新を行う。

ステップS 2 7)

交差点通過のための最終チェックとして、右折中の対向車への対応を行うために、 e_m の更新を行い、ステップS 2 7 aに進む。ステップS 2 7 aでは、 c_{ng} 、 w_t 、 e_m が全
て0か否かを判断し、全て0の場合には、ステップS 2 3 aに進み、いずれかが0でない
場合には、ステップS 2 2に戻る。

10

【0 1 3 0】

図1 0は、図9のステップS 2 3 aの処理を示す図である。

ステップ3 1)

隣接する目標車線において車線変更のための「間隙」の候補を形成する前後の車両との距離/相対速度に関するセンサ情報を用い、切り替えパラメータ ρ を更新すると共に、以下の要領で車線変更のためのシナリオを選択する。

- (1) $v_{fs} = 0$ かつ $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS 3 2 Aへ進む。
- (2) 目標隣接車線に先行車無く、 $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS 3 2 A'へ進む。
- (3) 目標隣接車線に後方車無く、 $v_{fs} = 0$ の場合、ステップS 3 2 A''へ進む。
- (4) 目標隣接車線に前後車が無い場合(検知されない場合)、ステップS 3 3へ進む。
- (5) $v_{fs} = 0$ 、かつ $v_{bs} < 0$ の場合、ステップS 3 2 Bへ進む。
- (6) 目標隣接車線に先行車無く、 $v_{bs} < 0$ の場合、ステップS 3 2 B'へ進む。
- (7) $v_{fs} < 0$ かつ $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS 3 2 Cへ進む。
- (8) 目標隣接車線に後方車無く、 $v_{fs} < 0$ の場合、ステップS 3 2 C'へ進む。
- (9) $v_{fs} < 0$ かつ $v_{bs} < 0$ の場合、ステップS 3 2 Dへ進む。

20

ステップS 3 2 A)

車線変更のための「間隙」は現時点で前後方向に十分確保されているかを

$$(s_{-1} - L_{-s}) - x > m L \cdots \cdots (21)$$

30

$$(x - L) - s_1 > m L \cdots \cdots (22)$$

の2式が満たされているかどうかで評価する。ただし、 $m > 1$ は安全係数を意味する定数とする。

- (1) 式(21)及び式(22)が共に満たされている場合、ステップS 3 3へ進む。
- (2) 式(21)及び式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS 2 2」へ戻る(再試行)。

ステップS 3 2 A')

車線変更のための「間隙」は現時点で後方に十分確保されているかを不等式(22)が満たされているかどうかで評価する。

- (1) 式(22)が満たされている場合、ステップS 3 3へ進む。
- (2) 式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS 2 2」へ戻る(再試行)。

40

ステップS 3 2 A'')

車線変更のための「間隙」は現時点で前方に十分確保されているかを不等式(21)が満たされているかどうかで評価する。

- (1) 式(21)が満たされている場合、ステップS 3 3へ進む。
- (2) 式(21)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS 2 2」へ戻る(再試行)。

ステップS 3 2 B)

車線変更のための「間隙」は現時点で前方に十分確保され、かつ「間隙を形成する後方車

50

」から追突されないかを不等式(21)および

【0131】

【数24】

$$(x-L)-s_1 > -v_{bs}t_c - \frac{v_{bs}^2}{2a}(2v_{bs} + v_{fs}) + (Tx+l) \quad \dots (23)$$

【0132】

の成否で評価する。

(1) 式(21)及び式(23)が共に満たされている場合、ステップS33へ進む。 10

(2) 式(21)及び式(23)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る(再試行)。

ただし、式(23)においては以下の通りとする。

1) - $v_{bs}t_c$: 車線変更する間に後方車に詰められる車間距離

2) - $(v_{fs}/2a)(2v_{bs} + v_{fs})$: 自車が前方車速 外24 まで加速す

【0133】

【外24】

$$\dot{s}_{-1}$$

20

【0134】

る間、後方車に詰められる車間距離

3) 外25 : 後方車からの基準距離

【0135】

【外25】

$$(Tx_1+l)$$

【0136】

ステップS32B')

30

「間隙を形成する後方車」から追突されないかを不等式(23)の成否で評価する。

(1) 式(23)が満たされている場合、ステップS33へ進む。

(2) 式(23)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る(再試行)。

ステップS32C)

車線変更のため「間隙」を形成する先行車に追突するおそれが無く、かつ「間隙」が後方に十分確保されているかを不等式(22)および、

【0137】

【数25】

$$(s_{-1}-L_s)-x > -v_{fs}t_c + \frac{v_{fs}^2}{2a} + (Tx+l) \quad \dots (24)$$

40

【0138】

の成否で評価する。ここで、

(1) 式(24)及び式(22)が共に満たされている場合、ステップS33へ進む。

(2) 式(24)または式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る(再試行)。

ただし、式(24)においては、以下の通りとする。

1) - $v_{fs}t_c$: 車線変更する間に前方車に近づく車間距離

50

2) $v_{fs}^2 / 2$: 自車が前方車速 外 2 6 へ減速するまでの間に前方車に
 【 0 1 3 9 】
 【 外 2 6 】

$$\dot{s}_{-1}$$

【 0 1 4 0 】

近づく距離

3) 外 2 7 : 車線変更後の基準距離

【 0 1 4 1 】

【 外 2 7 】

10

$$(T\dot{x}+l)$$

【 0 1 4 2 】

ステップ S 3 2 C ')

車線変更のため「間隙」を形成する先行車に追突するおそれがないかを不等式 (2 4) の成否で評価する。

(1) 式 (2 4) が満たされている場合、ステップ S 3 3 へ進む。

(2) 式 (2 4) が満たされている場合、「基本走行手続きステップ S 2 2 」へ戻る (再 20 試行) 。

ステップ S 3 2 D)

車線変更のため「間隙」を形成する先行車に追突するおそれがないかを不等式 (2 4) の成否で評価するとともに、後方車に追突されるおそれがないかを不等

【 0 1 4 3 】

【 数 2 6 】

$$(x-L)-s_1 > -v_{bs} t_c + (T\dot{x}+l) \quad \dots (25)$$

30

【 0 1 4 4 】

式の成否で評価する。

(1) 式 (2 4) 及び式 (2 5) が共に満たされている場合、ステップ S 3 3 へ進む。

(2) 式 (2 4) または式 (2 5) が満たされていない場合、「基本走行手続きステップ S 2 2 」へ戻る (再試行) 。

ステップ S 3 3)

縦方向運動モデル (5) における切り替えパラメータ γ_c を 1 と設定する。このとき、(5) は

【 0 1 4 5 】

【 数 2 7 】

40

$$\ddot{x} = \sigma_p' C_{follow}(x, \dot{x}, s_{-1}, \dot{s}_{-1}) + (1 - \sigma_p') C_{reg}(\dot{x}, V_{lim}) \quad \dots (26)$$

【 0 1 4 6 】

という形となる。そこで、この縦方向運動モデル (2 6) および、前述の横方向モデル (1 3) を用いて、「車線変更」を実行する。

車線変更実施後、切り替えパラメータを $\gamma_c = 0$ と変更し、走行車線、隣接車線の定義をリセット (たとえば、 x_{-1} s_{-1} のようなリセット) 行った上で、本来の「基本走行」へ復帰する。

50

(4) 追い越し

- 1) 複数車線道路の場合のみを想定する。
- 2) 目標車線の車両との距離 / 相対速度に応じ、行動計画をたてる。

すなわち、次の4つの量

【0147】

【数28】

$$\begin{array}{ll} (s_{-1}-L_{-1})-x & \text{および } v_{fs}=\dot{s}_{-1}-\dot{x} \\ (x-L)-s_1 & \text{および } v_{bs}=\dot{x}-\dot{s}_1, \end{array}$$

10

【0148】

を隣接する目標車線における「車線変更のための間隙の候補」の評価に用いる

- 3) 追い越しの前半部は、隣接する「流れの速い車線」への移動
- 4) 追い越しの後半部は、元の「流れの遅い車線」への復帰
- 3)、4)においては「車線変更アルゴリズム」を部分的に適用する。
- 5) 「車線変更」手続きと同様に、「基本走行」手続きとで連続性を持たせる。
- 6) 「追い越し」手続きは、「基本走行」のループに組み入れ実行する。

【0149】

図11～図13は、追い越し動作を実現するための処理を示すフローチャートである。

図11は、追い越し手続きを基本走行に組み入れるためのものであり、図7あるいは図9と異なる点は、ステップS23bの内部のみであるので、その他は図9と同じステップ番号を付して詳細な説明を省略する。

20

【0150】

図12は、図11のステップS23bの内部の詳細を示すフローチャート(その1)である。

・ 追い越し手続き(隣接する「流れの速い車線」への移動)

運転者または地図情報システムからの「追い越し指令」により、「追い越し手続き(前半)」を、「基本走行」手続きループに組み入れる。

ステップS41)

隣接する「流れの速い」目標車線において車線変更のための「間隙」の候補を形成する前後の車両との距離 / 相対速度に関するセンサ情報を用い、切り替えパラメータ τ_p を更新すると共に、以下の要領で車線変更のためのシナリオを選択する。

30

- (1) $v_{fs} = 0$ かつ $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS42Aへ進む。
- (2) 目標隣接車線に先行車無く、 $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS42A'へ進む。
- (3) 目標隣接車線に後方車無く、 $v_{fs} = 0$ の場合、ステップS42A''へ進む。
- (4) 目標隣接車線に前後車が無い場合(検知されない場合)、ステップS43へ進む。
- (5) $v_{fs} = 0$ 、かつ $v_{bs} < 0$ の場合、ステップS42Bへ進む。
- (6) 目標隣接車線に先行車無く、 $v_{bs} < 0$ の場合、ステップS42B'へ進む。

ステップS42A)

車線変更のための「間隙」は現時点で前後方向に十分確保されているかを式(21)及び式(22)の2式が満たされているかどうかで評価する。

40

- (1) 式(21)及び式(22)が共に満たされている場合、ステップS43へ進む。
- (2) 式(21)または式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る。

ステップS42A')

車線変更のための「間隙」は現時点で後方に十分確保されているかを不等式(22)が満たされているかどうかで評価する。

- (1) 式(22)が満たされている場合、ステップS43へ進む。
- (2) 式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る。

ステップS42A'')

50

車線変更のための「間隙」は現時点で前方に十分確保されているかを不等式(21)が満たされているかどうかで評価する。

(1) 式(21)が満たされている場合、ステップS43へ進む。

(2) 式(21)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る。
ステップS42B)

車線変更のための「間隙」は現時点で前方に十分確保され、かつ「間隙を形成する後方車」から追突されないかを不等式(21)および(23)の成否で評価する。

(1) 式(21)及び式(23)が共に満たされている場合、ステップS43へ進む。

(2) 式(21)または式(23)が満たされていない場合、ステップS22へ戻る。
ステップS42B')

10

「間隙を形成する後方車」から追突されないかを不等式(23)の成否で評価する。

(1) 式(23)が満たされている場合、ステップS43へ進む。

(2) 式(23)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップ22」へ戻る。
ステップS43)

縦方向運動モデル(5)における切り替えパラメータ λ_c を1と設定する。このとき、式(5)は式(26)という形となる。この縦方向運動モデル(26)及び前述の横方向モデル(13)を用いて、「車線変更」を実行する。

【0151】

車線変更実施後、切り替えパラメータを $\lambda_c = 0$ と更新し、走行車線、隣接車線の定義をリセット(例えば、 x_{l1} 、 s_{l1} のようなリセット)を行った上で、「基本走行手続きステップ22」へ戻る。

20

このとき、縦方向運動モデル(5)は再び式(18)のような形となっている。

【0152】

図13は、図11のステップS23bの内部の詳細を示すフローチャート(その2)である。

・追い越し手続き(隣接する「流れの遅い元の車線」への移動)

図12の場合と同様に、「追い越し手続き(後半)」を、「基本走行」手続きループに組み入れる。

ステップS51)

復帰予定の目標車線における車線変更のための「間隙」の候補を形成する前後の車両との距離/相対速度についてのセンサ情報を用い、切り替えパラメータ λ_p を更新すると共に、以下の要領で車線変更のシナリオを選択する(この場合、 $v_{bs} < 0$ となる状況はこれまでの動作で排除されているので考慮しない)

30

(1) $v_{fs} = 0$ かつ $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS52Aへ進む。

(2) 目標隣接車線に先行車が無く、 $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS52A'へ進む。

(3) 目標隣接車線に後方車が無く、 $v_{fs} = 0$ の場合、ステップS52A''へ進む。

(4) 目標隣接車線に前後車が無い場合(検知されない場合)、ステップS53へ進む。

(5) $v_{fs} < 0$ かつ $v_{bs} = 0$ の場合、ステップS52Bへ進む。

(6) 目標隣接車線に後方車が無く、 $v_{fs} < 0$ の場合、ステップS52B'へ進む。

ステップS52A)

40

車線変更のための「間隙」は現時点で前後方向に十分確保されているかを式(21)及び式(22)の2式が満たされているかどうかで評価する。

(1) 式(21)及び式(22)がともに満たされている場合、ステップS53へ進む。

(2) 式(21)または式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る。

ステップS52A')

車線変更のための「間隙」は現時点で後方に十分確保されているかを不等式(22)が満たされているかどうかで評価する。

(1) 式(22)が満たされている場合、ステップS53へ進む。

(2) 式(22)が満たされていない場合、「基本走行手続きステップS22」へ戻る。

50

ステップ S 5 2 A ' ')

車線変更のための「間隙」は現時点で前方に十分確保されているかを不等式 (2 1) が満たされているかどうかで評価する。

(1) 式 (2 1) が満たされている場合、ステップ S 5 3 へ進む。

(2) 式 (2 1) が満たされていない場合、「基本走行手続きステップ S 2 2」へ戻る。

ステップ S 5 2 B)

車線変更のため「間隙」を形成する先行車に追突するおそれがなく、かつ「間隙」が後方に十分確保されているかを不等式 (2 2) 及び (2 4) の成否で評価する。

(1) 式 (2 4) 及び式 (2 2) が共に満たされている場合、ステップ S 5 3 へ進む。

(2) 式 (2 4) または式 (2 2) が満たされていない場合、「基本走行手続きステップ S 2 2」へ戻る。

ステップ S 5 2 B ' ')

車線変更のため「間隙」を形成する先行車に追突するおそれがないかを不等式 (2 4) に成否で評価する。

(1) 式 (2 4) が満たされている場合、ステップ S 5 3 へ進む。

(2) 式 (2 4) が満たされていない場合、「基本走行手続きステップ S 2 2」へ戻る。

ステップ S 5 3)

縦方向運動モデル (5) における切り替えパラメータ λ_c を 1 と設定する。このとき、式 (5) は式 (2 6) という形となる。この縦方向運動モデル (2 6) 及び前述の横方向モデル (1 3) を用いて、「車線変更」を実行する。

【 0 1 5 3 】

この車線変更実施後、すなわち、「追い越し終了後」、切り替えパラメータを $\lambda_c = 0$ と更新し、走行車線、隣接車線の定義をリセット (例えば、 x_{L1} 、 s_{L1} のようなりセット) を行った上で、上記の「基本走行」へ復帰する。

安全走行支援装置の構成例

図 1 4 は、本実施形態の安全走行支援装置を実現する構成例を示すブロック図である。

【 0 1 5 4 】

本構成例では、安全走行支援装置は、入力装置 1 0、センシング装置 1 1、走行支援信号生成部 1 2、運動モデル格納部 1 3、運転動作生成手段格納部 1 4、及び出力装置 1 5 とで構成される。

【 0 1 5 5 】

入力装置 1 0 は、所望する行動 (車線変更、障害物回避、追い越し、右左折等) を指定するために用いられる。例えば、運転経路選択の自動化を想定せず、必要に応じてユーザ自身が所望する行動を指定する場合、入力装置 1 0 は方向指示レバー (ウィンカーのスイッチ) と一体化が可能である。すなわち、方向指示器を操作する際に接触する位置によって「進路を左右に移動」するか、「右左折」するのかを指定できるようにすることで、方向指示レバーは入力装置 1 0 として機能させることができる。一方、道路地図案内システム 2 0 との協調を想定する場合、入力装置 1 0 としては、前述の方向指示レバーに加え、道路地図案内システム 2 0 の入力部を利用することが可能である。ただし、道路地図案内システム 2 0 のもつ機能としては、入力された条件 (出発地点、経由地点、目的地点) に対し地図データベース 2 2、及び位置標定部 2 1 が衛星から取得する GPS 受信データや D GPS 受信データを基に適切な移動経路を計画し、この計画を円滑に実行するために必要となる運転行動 (車線変更、右左折など) を運転者 3 0 に視覚情報、音声情報などの形で提示するようにする。運転者 3 0 はこの提示情報を元に前述の方向指示レバー型入力装置 1 0 を操作する。更に、道路地図案内システム 2 0 を、必要とされる運転行動の提示にとどまらず、走行支援信号生成部 1 2、センシング装置 1 1 を自動的に起動する機能を備えるような構成とすることにより、道路地図案内システム 2 0 そのものを入力装置 1 0 とすることができる。この場合、道路地図案内システム 2 0 による自動運転システムの構成が可能となる。この場合、運転者 3 0 は、自らの指示により運転行動を決定するか、地図案内システム 2 0 によって自動運転させるかを、スイッチ 3 2 を切り替えることによって、

10

20

30

40

50

選択することが可能である。道路地図案内システム 20 としては、今日、製品化されているカーナビゲーションシステムと同等の機能を有する装置でよい。

【0156】

例えば、カーナビゲーションシステムは、GPS を利用したものがよく知られているが、具体的に GPS の情報を必要とする場面は、

(1) 走行中の道路に対する制限速度についての情報（標識の認識機能があれば、その限りではない）

(2) 走行中の道路の形状についての情報（道路の曲率、車線数の変化、前方交差点の位置、前方交差点の形状などの情報）

(3) 走行中の道路周囲の混雑度合いについての情報
がある。

10

【0157】

GPS 情報の利用形態については、

(1) 制限速度についての情報：基本走行モードにおける加減速の判断（ α の更新）、更に追従走行 / 規制速度走行に関係する切り替えパラメータ α_{lim} の更新に利用

(2) 道路の曲率：走行中の速度に応じた自動的なステアリングに利用

(3) 車線数の変化：適切な車線への移動に利用

(4) 前方交差点の位置：交差点付近の基本走行支援、右左折動作の支援 - 自車と交差点間の交通状況把握とそれに基づく適切な運転動作の生成に利用

(5) 前方交差点の形状：右左折動作生成時に、交差点付近の形状に応じた適切なステアリングパターンの生成に利用

20

(6) 走行中の道路周囲の混雑度合い：目的地までの適切な経路選択に利用 - 適切な車線への移動を含む

がある。

【0158】

GPS 情報以外に必要な補助情報としては、

(1) 進行方向直近の交差点の信号管制状況

(2) 進行方向直近の交差点と同交差点に最接近中の対向車（複数車線道路の場合は、全ての車線の車両）との関係（距離と接近速度）

があり、GPS 情報以外に必要な補助情報の利用形態としては、

30

(1) 進行方向直近の交差点の信号管制状況：信号指令に応じた適切な運転動作の生成に利用

(2) 進行方向直近の交差点と同交差点に最接近中の対向車（複数車線道路の場合は全ての車線の車両）との関係（距離と接近速度）：これらの情報は、交差点内に配置されたセンサによって検出され、交差点周囲に接近中の車両に情報を送信する。これらのデータは右左折支援方策における判断材料に用いられる。

【0159】

センシング装置 11 は複数のセンサにより構成され、ユーザ車両周囲の状況分析に必要なデータを収集する。本実施形態では、図 2 に示したように、少なくとも、「自車線の前方対象物との相対位置、相対速度」、「隣接車線の前方対象物との相対位置、相対速度」、

40

「隣接車線の後方対象物との相対位置、相対速度」、「対向車線の車両との相対位置、相対速度」、「交差点内横断歩道上の対象物の有無」の検出を目的とする複数のセンサを車両の前後左右に配置し、これらのセンサから収集されたデータは、運転動作生成手段格納部 14 に格納されている、運転動作生成手段（図 5 ~ 図 13 で説明した各運転動作の選択を行うためのプログラムなど）における判断や、運転動作生成手段が運転動作モデル格納部 13 に格納された動作モデルを使用して走行支援信号を指定するために利用される。また、センシング装置 11 の測定結果は、データ格納部 23 に格納され、必要に応じて、過去の測定結果と現在の測定結果とを比較して、走行支援信号の生成に役立てるようにしても良い。更に、センシング装置 11 は、交差点から出力される交差点に関する情報、例えば、交差点の大きさや、交差点の形状に関する情報、交差点に設置された信号機の信号の

50

色に関する情報などを受信できるように、無線受信機の機能を備えるようにすることも可能であり、これらの受信情報はデータ格納部 23 に格納され、必要に応じて走行支援信号生成部 12 に読み出される。

【0160】

走行支援信号生成部 12 は、前述の入力装置 10 により指定された所望する行動（障害物回避、分合流、車線変更など）を実現するため、センシング装置 11 により収集されたデータを用いて、走行支援信号を生成する。このとき、運転動作生成手段格納部 14 に格納されている運転動作生成手段（図 5 ～ 図 13 を用いて説明した、標準、車線変更、右左折、追い越しの各運転動作決定処理を実行する手段であり、例えば、プログラムである）を起動し、運転動作モデルを用いて走行支援信号を生成する。具体的には、入力装置 10 からの指定された行動に対応して運転動作生成手段格納部 14 から運転動作生成手段を読み出し、これを実行する。運転動作生成手段の実行時には、行動時の安全性確保を目的とした判断基準による評価を行うが、その際、センシング装置 11 により収集されたデータを呼び出し、これを処理する。そして、該判断基準による安全性評価を通じ、所望する運転行動の実行が可能になった時点で、運転動作生成手段により指定された走行支援信号を生成する。このとき、走行支援信号の生成に必要な運転動作モデルを運転動作モデル格納部 13 から読み出し、該運転動作モデルとセンシング装置 11 により収集されたデータを用いて、運転動作生成手段を実行し、具体的な運転行動パターンを生成する。そして、この運転行動パターンを走行支援信号として出力する。走行支援信号生成部 12 は、入力装置 10 から特に指示を受けていない場合には運転動作モデル格納部 13 から縦方向動作モデルを読み出し、これに基づく運転行動パターンを走行支援信号として出力する。

10

20

【0161】

運転自動化が想定されていない場合、走行支援信号生成部 12 は、運転動作生成手段の実行により、安全性確保を目的とする判断基準による評価を実行している間、出力装置 15 へ注意信号を送信する。すなわち、安全確保の評価が決定していない間に、車両が危険状態に陥らないように、現在の運転動作を維持する旨などの制御を行う。また、前方障害物との距離が基準距離を下回った際には出力装置 15 へ危険信号を送信する。

【0162】

運転動作モデル格納部 13 には、本実施形態において走行支援信号を生成するための基本運転行動パターンとなる運転動作モデルが格納されている。すなわち、縦方向動作モデル、及び横方向動作モデルが格納されている。

30

【0163】

運転動作生成手段格納部 14 には、前述の標準モード動作生成、車線変更動作生成、右折動作生成、左折動作生成、追い越し動作生成の各動作を生成するための運転動作生成手段が格納されている。これらの動作生成手段は、例えば、プログラムである。

【0164】

出力装置 15 では、走行支援信号生成部 12 から入力される走行支援信号を基に、運転者 30 に対し、視覚、音声情報さらに力覚情報（振動など）の形で該走行支援信号に対応する推奨動作を告知する。具体的には、（１）運転の自動化を想定せず、道路地図案内システム 20 との協調も考慮しない場合、走行支援信号生成部 12 により生成された走行支援信号は、運転者 30 に対し「車線変更／右折／左折が可能」、「要減速」というメッセージにより告知される。（２）運転を自動化しないが、道路地図案内システム 20 との協調を想定する場合、運転者 30 には適宜「車線変更／右折／左折」を推奨の上、「車線変更／右折／左折が可能」、「要減速」のメッセージを告知する。（３）運転の自動化を想定する場合、走行支援信号生成部 12 からの出力は出力装置 15 を介して制御装置 24 に運転動作指令信号として送られ、駆動部 25（アクセル、ブレーキ、ステアリング）に対する制御情報として入力される。制御装置 24 はこれを基に適切な制御信号を生成し、駆動部 25（アクセル、ブレーキ、ステアリング）を操作する。その際、運転者 30 には、出力装置 15 により「車線変更／右折／左折」実行中の提示がなされる。なお、自動運転時には「危険信号」の告知はなされない。ただし、走行支援信号により駆動部 25 が作動中

40

50

であっても、これらの自動運転動作は運転者 30 からの運転介入により随時、解除されるようにしておくことが望ましい。

【0165】

図 15 は、少なくとも走行支援信号生成部 12、運転動作モデル格納部 13、及び運転動作生成手段格納部 14 を備えるシステムのハードウェア構成の一例を示す図である。

【0166】

CPU 40 は、バス 41 を介して、運転動作モデル格納部 13 や運転動作生成手段格納部 14 に対応する記憶装置 44 から、運転動作モデル（プログラム）や運転動作生成手段（プログラム）を RAM 43 にロードし、RAM 43 にロードされたプログラムを実行することによって、走行支援信号を生成する。また、走行支援信号の生成に必要な道路環境を含む外界からの情報を、I/O インタフェース 47 を介してセンシング装置 11 から受け取ると共に、同じく I/O インタフェース 47 を介して入力装置 10 から希望運転動作を指示する信号を受け取る。CPU 40、ROM 42、及び RAM 43 からなる走行支援信号生成部 12 が読み込む運転動作モデルや運転動作生成手段は、通常運転を始める前に、記憶装置 44 から RAM 43 にロードされるが、これらのプログラムを CD-ROM やフロッピーディスク、DVD、MO などの可搬記録媒体に記録しておき、運転者 30 が、運転動作を始める前に、記録媒体読み取り装置 45 から該プログラムを読み込ませ、CPU 40 に実行させるようにしても良い。あるいは、ROM 42 に運転動作モデルと運転動作生成手段を書き込んでおき、車両のエンジンの起動と共に、CPU 40 が実行可能なようにすることも可能である。ただし、ROM 42 に書き換えができないので、新しいプログラムを走行支援に使用する場合には、やはり、記憶装置 44 あるいは可搬記録媒体 46 に新しいプログラムを記録し、これを読み込ませて実行させるようにしなければならない。なお、ROM 42 の代わりに強誘電性メモリを用いるようにすれば、プログラムの変更が可能である。CPU 40 の演算結果は、I/O インタフェース 47 を介して、出力装置 15 に出力される。

【0167】

このように、走行支援信号生成に必要なプログラムは、ROM 42 もしくは強誘電性メモリに記録して、ファームウェアのように使用しても良いし、記憶装置 44 や可搬記録媒体 46 に記録しておき、必要に応じて RAM 43 にロードして使用するようにしても良い。また、無線通信インタフェースを介して、インターネットや衛星通信を介して、ダウンロードすることも可能である。

【0168】

以上から明らかなように、走行支援信号を生成する運転動作モデルと運転動作生成手段とは、プログラムで実現可能であり、車両の運転動作を決定するので、これらを交通流のシミュレーションに使用することも可能である。すなわち、オブジェクト指向プログラミングにより、個々の車両を表すオブジェクトの属性と行動（メソッド）を本実施形態の運転動作モデルと運転動作生成手段に基づいて記述することにより、コンピュータ上でより現実の交通流に近い交通流シミュレーションを実現することができる。このための具体的なシミュレーションのプログラミングに関しては、当業者によれば容易に理解されるであろう。

【0169】

【発明の効果】

本発明によれば、交差点での右左折や追い越しなどの運転動作のための指令信号を自動生成できるので、一般道における多様な周囲の状況に応じた規範運動行動パターンを生成し、安全走行支援のために必要な情報を運転者に教示することが可能になる。また、他の車載システム（例えば、カーナビゲーション・システム）と一体化させることにより、運転者の目的に応じた経路選択や車線選択を自動化し、これに応じた運転の自動化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】基本モデルに使用される自車と他車の位置を表すパラメータの定義を示す図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 2】基本モデルを実現する場合に想定される、センサとその測定範囲の一例を示す図である。

【図 3】左側通行システムにおいて右折支援を記述するモデルを構築するにあたり用いた位置座標の説明図である。

【図 4】右左折運動記述における記号を説明する図である。

【図 5】前方車との相対速度が利用できる場合の の更新手続きを示すフローチャートである。

【図 6】前方車との距離データのみしか利用できない場合の の更新手続きを示すフローチャートである。

10

【図 7】基本走行を実現するための処理を示すフローチャートである。

【図 8】右折動作を実現するための処理を示すフローチャートである。

【図 9】車線変更を実現するための処理を示すフローチャート（その 1）である。

【図 10】車線変更を実現するための処理を示すフローチャート（その 2）である。

【図 11】追い越し動作を実現するための処理を示すフローチャート（その 1）である。

【図 12】追い越し動作を実現するための処理を示すフローチャート（その 2）である。

【図 13】追い越し動作を実現するための処理を示すフローチャート（その 3）である。

【図 14】本実施形態の走行支援装置を実現する構成例を示すブロック図である。

【図 15】走行支援信号生成部 12 及び、運転動作モデル格納部 13、運転動作生成手段格納部 14 のシステムが備えるべきハードウェア構成の一例を示す図である。

20

【符号の説明】

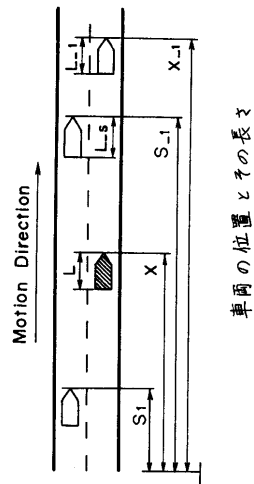
- 10 入力装置
- 11 センシング装置
- 12 走行支援信号生成部
- 13 運転動作モデル格納部
- 14 運転動作生成手段格納部
- 15 出力装置
- 20 道路地図案内システム
- 21 位置標定部
- 22 地図データベース
- 23 データ格納部
- 24 制御装置
- 25 駆動部
- 30 運転者
- 32 スイッチ
- 40 CPU
- 41 バス
- 42 ROM
- 43 RAM
- 44 記憶装置
- 45 記録媒体読み取り装置
- 46 可搬記録媒体
- 47 I/Oインタフェース

30

40

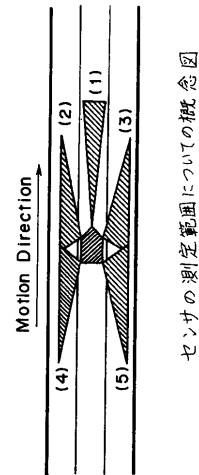
【図 1】

基本モデルに使用される自車と他車の
位置を表すパラメータの定義を示す図



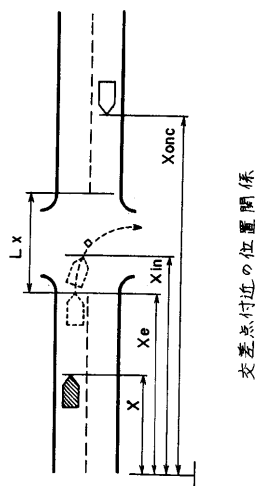
【図 2】

基本モデルを実現する場合に想定される、
センサとその測定範囲の一例を示す図



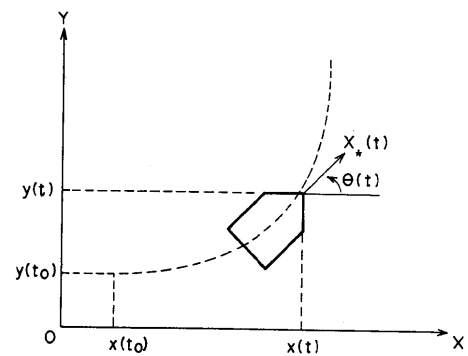
【図 3】

左側通行システムにおいて右折支援を記述する
モデルを構築するにあたり用いた位置座標の説明図



【図 4】

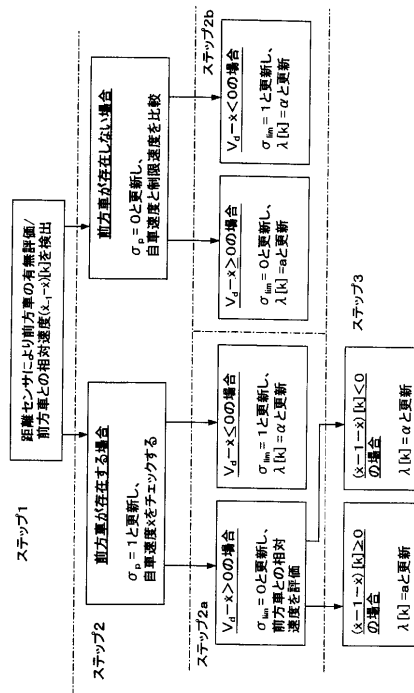
右左折運動記述における記号を説明する図



右折/左折時の運動パターン

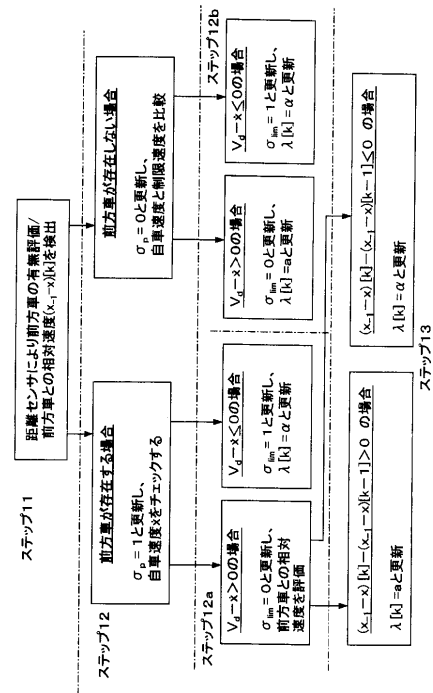
【図 5】

前方車との相対速度が利用できる場合の
 λ の更新手続きを示すフローチャート



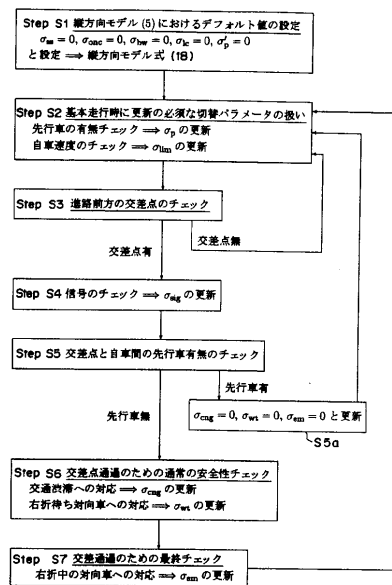
【図 6】

前方車との距離データのみしか利用できない場合の
 λ の更新手続きを示すフローチャート



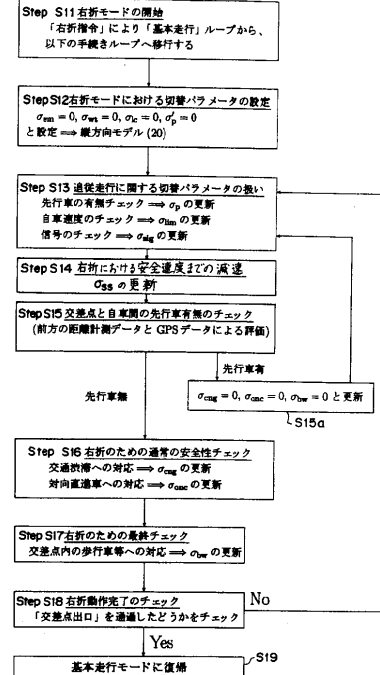
【図 7】

基本走行を実現するための処理を示すフローチャート



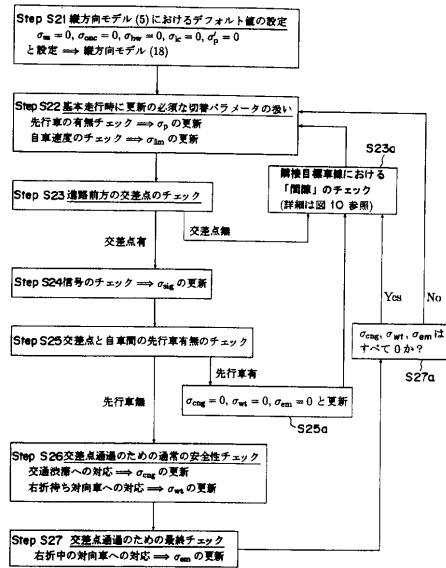
【図 8】

右折動作を実現するための処理を示すフローチャート



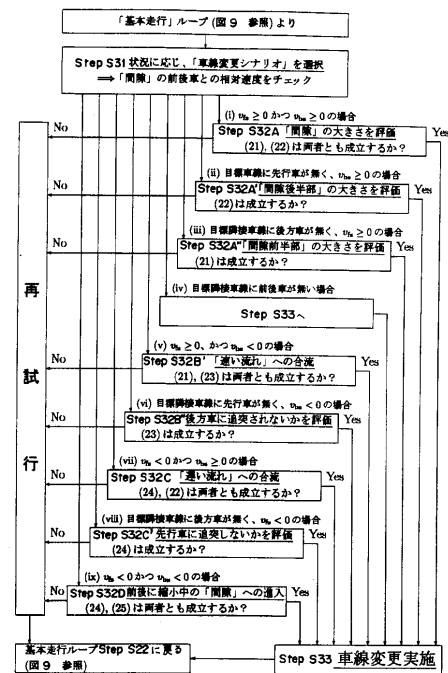
【図 9】

車線変更を実現するための処理を示すフローチャート(その1)

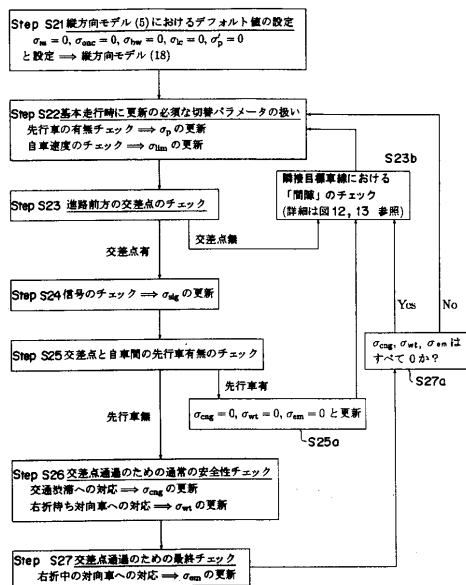


【図 10】

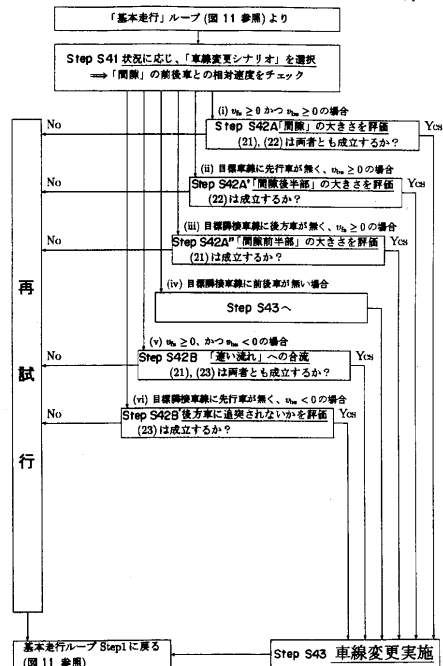
車線変更を実現するための処理を示すフローチャート(その2)



【図 11】

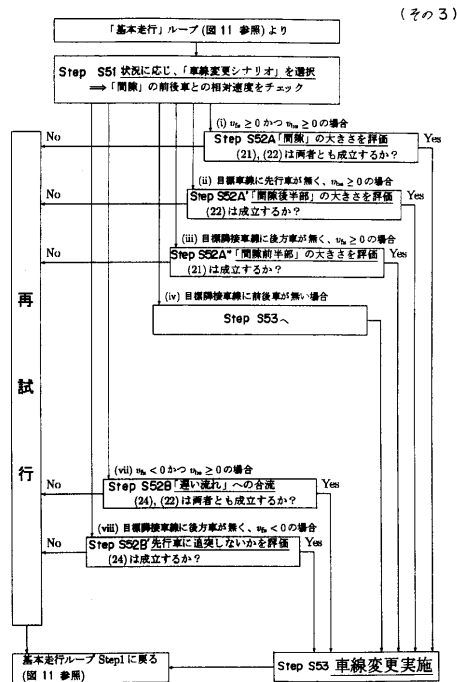
這い越し動作を実現するための処理を示すフローチャート
(その 1)

【図 12】

這い越し動作を実現するための処理を示すフローチャート
(その 2)

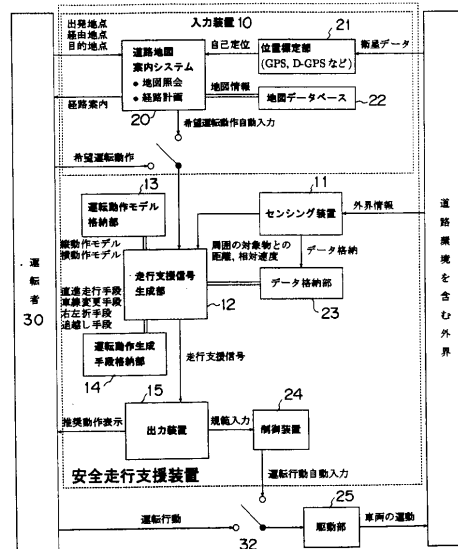
【 図 1 4 】

這い越し動作を実現するための処理を示すフローチャート



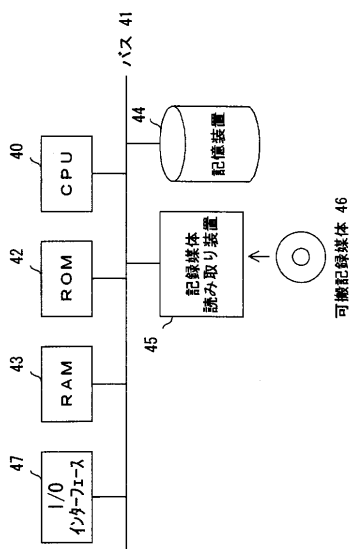
本実施形態の走行支援装置を実現する構成例を

示すブロック図



【 図 1 5 】

走行支援信号生成部12及び、運転動作モデル
格納部13、運転動作生成手段14のシステムが
備えるべきハードウェア構成の一例を示す図



フロントページの続き

審査官 加藤 友也

(56)参考文献 特開2001-052297(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60K 31/00

B60R 21/00

F02D 29/02

G01S 5/14

G01S 13/91

G01S 13/93

G08G 1/16