

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-31027

(P2021-31027A)

(43) 公開日 令和3年3月1日(2021.3.1)

(51) Int.Cl.

B60W 30/182 (2020.01)

F1

B60W 30/182

テーマコード (参考)

3D241

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2019-156950 (P2019-156950)
 (22) 出願日 令和1年8月29日 (2019.8.29)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100106150
 弁理士 高橋 英樹
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100113011
 弁理士 大西 秀和
 (72) 発明者 河内 太一
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 Fターム(参考) 3D241 BC01 CA06 CD03 CD12 CE09
 DC31B DC31Z DC33B DC33Z DC50B
 DC50Z DC59B DC59Z

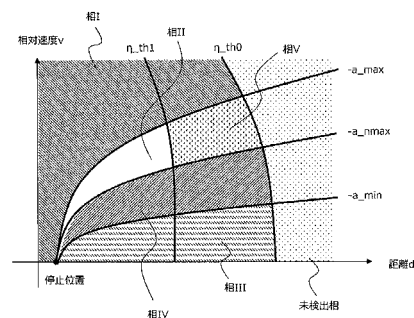
(54) 【発明の名称】 車両制御システム

(57) 【要約】

【課題】車両の走行状態の変更の検討がなされるべき対象の状態の情報が不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行う。

【解決手段】減速度特性に基づいて目標加速度の設定処理が行われる。減速度特性には、車両の減速対象の状態と、減速度との関係が規定されている。減速度特性において、状態は、所定の境界減速度によって複数の相に分割されている。設定処理では、状態に対応する減速度が少なくとも1つ特定される。また、状態に関連付けられた情報の確からしさ、または、状態に関連付けられた情報の確からしさを示す尤度が、少なくとも1つの減速度ごとに計算される。更に、少なくとも1つの減速度のうちの最小値が特定される。そして、減速度特性において最小値が属する相と、最小値に対応する尤度を示す最小値尤度と、に基づいて、最小値が0～100%の反映率で目標加速度に反映される。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の自動運転制御を実行する車両制御システムであって、
前記車両の走行環境情報を取得する取得装置と、
前記走行環境情報に基づいて前記自動運転制御を実行する制御装置と、
を備え、

前記制御装置は、前記自動運転制御において、前記車両の減速対象の相対速度および前記減速対象から前記車両までの距離で表される前記減速対象の状態と、減速度との関係を規定する減速度特性であって、所定の境界減速度によって前記状態が複数の相に分割された減速度特性に基づいて、前記車両の目標減速度を設定する減速度設定処理を行い、

10

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記走行環境情報および前記減速度特性に基づいて、前記状態に対応する減速度を少なくとも 1 つ特定し、

前記状態の情報の確からしさ、または、前記状態に関連付けられた情報の確からしさを示す尤度を、前記少なくとも 1 つの減速度ごとに計算し、

前記少なくとも 1 つの減速度のうちの最小値を特定し、

前記減速度特性において前記最小値が属する相を示す最小値相と、前記最小値に対応する前記尤度を示す最小値尤度と、に基づいて、前記最小値を 0 ～ 100 % の反映率で前記目標減速度に反映させる

ことを特徴とする車両制御システム。

20

【請求項 2】

前記境界減速度は、前記車両の最大減速度に相当する第 1 の減速度を含み、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第 1 の減速度よりも急減速側に位置する相に属する場合、前記最小値尤度に関わらず、前記反映率を 100 % に設定する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の車両制御システム。

【請求項 3】

前記境界減速度は、前記車両の最小減速度に相当する第 2 の減速度を含み、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第 2 の減速度よりも緩減速側に位置する相に属する場合、前記最小値尤度に関わらず、前記反映率を 0 % に設定する

30

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の車両制御システム。

【請求項 4】

前記境界減速度は、前記車両の最大減速度に相当する第 1 の減速度と、前記車両の最小減速度に相当する第 2 の減速度と、前記最大減速度よりも小さく、かつ、前記最小減速度よりも大きい減速度に相当する第 3 の減速度と、を含み、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第 1 および第 3 の減速度の間に位置する相に属する場合、前記少なくとも 1 つの減速度の特定総数に応じて前記反映率を変更し、

前記反映率は、

40

前記特定総数が 1 つである場合は 100 % に設定され、

前記特定総数が 2 つ以上の場合は、前記最小値尤度に応じた 0 ～ 100 % の間の値に設定される

ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の車両制御システム。

【請求項 5】

前記境界減速度は、前記車両の最大減速度に相当する第 1 の減速度と、前記車両の最小減速度に相当する第 2 の減速度と、前記最大減速度よりも小さく、かつ、前記最小減速度よりも大きい減速度に相当する第 3 の減速度と、を含み、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第 2 および第 3 の減速度の間に位置する相に属する場合、前記最小値尤度と閾値との比較の結果に応じて前

50

記反映率を変更し、

前記反映率は、

前記最小値尤度が前記閾値以上の場合は100%に設定され、

前記最小値尤度が前記閾値未満の場合は0%に設定される

ことを特徴とする請求項2乃至4何れか1項に記載の車両制御システム。

【請求項6】

前記減速対象は、前記車両の走行軌道上における前記車両の最寄りの動的または静的障害物であり、

前記走行環境情報は、前記動的または静的障害物から前記車両までの距離、および、前記動的または静的障害物の相対速度を含み、

前記尤度は、前記動的または静的障害物の状態の確からしさである

ことを特徴とする請求項1乃至5何れか1項に記載の車両制御システム。

【請求項7】

前記減速対象は、前記車両の走行軌道上における前記車両の最寄りの信号機であり、

前記走行環境情報は、前記信号機から前記車両までの距離、および、前記信号機の相対速度を含み、

前記尤度は、前記信号機の状態に関連付けられた、前記信号機の点灯色が赤または黄である確からしさである

ことを特徴とする請求項1乃至5何れか1項に記載の車両制御システム。

【請求項8】

車両の自動運転制御を実行する車両制御システムであって、

前記車両の走行環境情報を取得する取得装置と、

前記走行環境情報に基づいて前記自動運転制御を実行する制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、前記自動運転制御において、前記車両の減速対象の状態と、減速度との関係を規定する減速度特性であって、所定の境界減速度によって前記状態が複数の相に分割された減速度特性に基づいて、前記車両の目標減速度を設定する減速度設定処理を行い、

前記減速対象は、前記車両の走行軌道の側方に位置する前記車両の最寄りの動的物標であり、

前記走行環境情報は、前記車両の走行速度、および、前記動的物標の位置を含み、

前記状態は、前記動的物標が所定の速度分布モデルに従って移動して前記走行軌道に侵入すると仮定したときの前記動的物標から前記車両までの距離であり、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記走行速度、前記位置および前記減速度特性に基づいて、前記距離に対応する減速度を少なくとも1つ特定し、

前記走行軌道に沿って走行する前記車両が前記動的物標の側方に到達する予定時間が経過するまでに、前記車両から前記距離だけ離れた前記走行軌道上の位置に前記動的物標が存在する確率を、前記少なくとも1つの減速度ごとに計算し、

前記少なくとも1つの減速度のうちの最小値を特定し、

前記減速度特性において前記最小値が属する相を示す最小値相と、前記最小値に対応する前記確率を示す最小値確率と、に基づいて、前記最小値を0～100%の反映率で前記目標減速度に反映させる

ことを特徴とする車両制御システム。

【請求項9】

車両の自動運転制御を実行する車両制御システムであって、

前記車両の走行環境情報を取得する取得装置と、

前記走行環境情報に基づいて前記自動運転制御を実行する制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、前記自動運転制御において、前記車両の減速対象の状態と、減速度と

10

20

30

40

50

の関係の規定する減速度特性であって、所定の境界減速度によって前記状態が複数の相に分割された減速度特性に基づいて、前記車両の目標減速度を設定する減速度設定処理を行い、

前記減速対象は、前記車両の走行軌道の側方に位置する遮蔽領域に設定される前記車両の最寄りの仮想動的物標であり、

前記走行環境情報は、前記車両の走行速度、および、前記遮蔽領域の位置を含み、

前記状態は、前記仮想動的物標が所定の速度分布モデルに従って移動して前記走行軌道に侵入すると仮定したときの前記仮想動的物標から前記車両までの距離であり、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記走行速度、前記位置および前記減速度特性に基づいて、前記距離に対応する減速度を少なくとも1つ特定し、

前記走行軌道に沿って走行する前記車両が前記仮想動的物標の側方に到達する予定時間が経過するまでに、前記車両から前記距離だけ離れた前記走行軌道上の位置に前記仮想動的物標が存在する確率を、前記少なくとも1つの減速度ごとに計算し、

前記少なくとも1つの減速度のうちの最小値を特定し、

前記減速度特性において前記最小値が属する相を示す最小値相と、前記最小値に対応する前記確率を示す最小値確率と、に基づいて、前記最小値を0～100%の反映率で前記目標減速度に反映させる

ことを特徴とする車両制御システム。

【請求項10】

前記走行軌道は、少なくとも2本の候補を含み、

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記少なくとも2本の候補と前記予定時間の組み合わせごとに前記最小値を特定し、

前記予定時間が同一の前記最小値が少なくとも2つ特定された場合、前記少なくとも2つの最小値のうちから前記目標減速度に反映させる最適値を選択し、

前記制御装置は、前記最適値が選択された場合、前記車両の目標走行軌道を設定する軌道設定処理を行い、

前記制御装置は、前記軌道設定処理において、前記最適値に対応する候補を、前記予定時間における前記車両の目標走行軌道に設定する

ことを特徴とする請求項8または9に記載の車両制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、車両の制御システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特開2017-194827号公報は、車両の自動運転制御を行うシステムを開示する。この従来のシステムは、各種の情報に基づいて、車両の進路を生成する。車両の進路は、車両が到達すべき目標位置の集まりを定めた走行軌道である。目標位置のそれぞれには、車両の走行状態を示す情報が与えられる。走行状態には、例えば、車両の速度および舵角が含まれている。自動運転制御では、目標位置のそれぞれにおいて走行状態が実現されるように、車両のアクチュエータが制御される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2017-194827号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

走行軌道上の障害物をシステムが検出した場合を考える。この場合、システムは、障害

10

20

30

40

50

物に衝突するリスクを判断する。そして、このリスクが高いと判断された場合、システムは、走行状態の情報を変更する。走行状態の情報の変更に伴い、ブレーキアクチュエータおよび転舵アクチュエータの少なくとも一方が制御される。ただし、一連の処理が行われるのは、各種の情報に基づいて障害物の存在をシステムが検出した後である。つまり、障害物の存在がシステムによって検出される前に、一連の処理が行われることはない。

【0005】

しかしながら、障害物の存在が検出される前であっても、その存在が疑わしいときには、走行安全面に配慮した何かしらの車両制御が行われることが望ましい。何故なら、手動運転の場合、車両の進行方向の先に障害物らしき物体を見つけたドライバは、この物体が障害物である可能性を考慮して車両を操作する場合があるためである。ところが、このよ

10

【0006】

本開示の1つの目的は、車両の走行状態の変更の検討がなされるべき対象の状態の情報が不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能なシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

第1の観点は、車両の自動運転制御を実行する車両制御システムである。

前記車両制御システムは、取得装置と、制御装置と、を備えている。

前記取得装置は、前記車両の走行環境情報を取得する。

20

前記制御装置は、前記走行環境情報に基づいて前記自動運転制御を実行する。

前記制御装置は、前記自動運転制御において、減速度特性に基づいて、減速度設定処理を行う。前記減速度特性は、前記車両の減速対象の相対速度および前記減速対象から前記車両までの距離で表される前記減速対象の状態と、減速度との関係を規定する。前記減速度特性において、前記状態は、所定の境界減速度によって複数の相に分割されている。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記走行環境情報および前記減速度特性に基づいて、前記状態に対応する減速度を少なくとも1つ特定し、

前記状態の情報の確からしさ、または、前記状態に関連付けられた情報の確からしさを示す尤度を、前記少なくとも1つの減速度ごとに計算し、

30

前記少なくとも1つの減速度のうちの最小値を特定し、

前記減速度特性において前記最小値が属する相を示す最小値相と、前記最小値に対応する前記尤度を示す最小値尤度と、に基づいて、前記最小値を0～100%の反映率で前記目標減速度に反映させる。

【0008】

第2の観点は、第1の観点において、更に次の特徴を有する。

前記境界減速度は、第1の減速度を含む。

前記第1の減速度は、前記車両の最大減速度に相当する。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第1の減速度よりも急減速側に位置する相に属する場合、前記最小値尤度に関わらず、前記反映率を100%に設定する。

40

【0009】

第3の観点は、第1または第2の観点において、更に次の特徴を有する。

前記境界減速度は、第2の減速度を含む。

前記第2の減速度は、前記車両の最小減速度に相当する。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第2の減速度よりも緩減速側に位置する相に属する場合、前記最小値尤度に関わらず、前記反映率を0%に設定する。

【0010】

第4の観点は、第2または第3の観点において、更に次の特徴を有する。

50

前記境界減速度は、第 1 の減速度と、第 2 の減速度と、第 3 の減速度と、を含む。

前記第 1 の減速度は、前記車両の最大減速度に相当する。

前記第 2 の減速度は、前記車両の最小減速度に相当する。

前記第 3 の減速度は、前記最大減速度よりも小さく、かつ、前記最小減速度よりも大きい減速度に相当する。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第 1 および第 3 の減速度の間に位置する相に属する場合、前記少なくとも 1 つの減速度の特定総数に応じて前記反映率を変更する。

前記反映率は、前記特定総数が 1 つである場合は 100% に設定される。

前記反映率は、前記特定総数が 2 つ以上の場合、前記最小値尤度に応じた 0 ~ 100 % の間の値に設定される。 10

【0011】

第 5 の観点は、第 2 乃至 4 の観点の何れか 1 つにおいて、更に次の特徴を有する。

前記境界減速度は、第 1 の減速度と、第 2 の減速度と、第 3 の減速度と、を含む。

前記第 1 の減速度は、前記車両の最大減速度に相当する。

前記第 2 の減速度は、前記車両の最小減速度に相当する。

前記第 3 の減速度は、前記最大減速度よりも小さく、かつ、前記最小減速度よりも大きい減速度に相当する。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、前記最小値相が前記第 2 および第 3 の減速度の間に位置する相に属する場合、前記最小値尤度と閾値との比較の結果に応じて前記反映率を変更する。 20

前記反映率は、前記最小値尤度が前記閾値以上の場合、100% に設定される。

前記反映率は、前記最小値尤度が前記閾値未満の場合、0% に設定される。

【0012】

第 6 の観点は、第 1 乃至 5 の観点の何れか 1 つにおいて、更に次の特徴を有する。

前記減速対象は、前記車両の走行軌道上において前記車両の最寄りの動的または静的障害物である。

前記走行環境情報は、前記動的または静的障害物から前記車両までの距離、および、前記動的または静的障害物の相対速度を含む。

前記尤度は、前記動的または静的障害物の状態の確からしさである。 30

【0013】

第 7 の観点は、第 1 乃至 5 の観点の何れか 1 つにおいて、更に次の特徴を有する。

前記減速対象は、前記車両の走行軌道上における前記車両の最寄りの信号機である。

前記走行環境情報は、前記信号機から前記車両までの距離、および、前記信号機の相対速度を含む。

前記尤度は、前記信号機の状態に関連付けられた、前記信号機の点灯色が赤または黄である確からしさである。

【0014】

第 8 の観点は、車両の自動運転制御を実行する車両制御システムである。

前記車両制御システムは、取得装置と、制御装置と、を備えている。 40

前記取得装置は、前記車両の走行環境情報を取得する。

前記制御装置は、前記走行環境情報に基づいて前記自動運転制御を実行する。

前記制御装置は、前記自動運転制御において、減速度特性に基づいて、減速度設定処理を行う。前記減速度特性は、前記車両の減速対象の状態と、減速度との関係を規定する。前記減速度特性において、前記状態は、所定の境界減速度によって複数の相に分割されている。

前記減速対象は、前記車両の最寄りの動的物標である。前記動的物標は、前記車両の走行軌道の側方に位置する。

前記走行環境情報は、前記車両の走行速度、および、前記動的物標の位置を含む。

前記状態は、前記動的物標が所定の速度分布モデルに従って移動して前記走行軌道に侵 50

入すると仮定したときの前記動的物標から前記車両までの距離である。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記走行速度、前記位置および前記減速度特性に基づいて、前記距離に対応する減速度を少なくとも1つ特定し、

前記走行軌道に沿って走行する前記車両が前記動的物標の側方に到達する予定時間が経過するまでに、前記車両から前記距離だけ離れた前記走行軌道上の位置に前記動的物標が存在する確率を、前記少なくとも1つの減速度ごとに計算し、

前記少なくとも1つの減速度のうちの最小値を特定し、

前記減速度特性において前記最小値が属する相を示す最小値相と、前記最小値に対応する前記確率を示す最小値確率と、に基づいて、前記最小値を0～100%の反映率で前記目標減速度に反映させる。

10

【0015】

第9の観点は、車両の自動運転制御を実行する車両制御システムである。

前記車両制御システムは、取得装置と、制御装置と、を備えている。

前記取得装置は、前記車両の走行環境情報を取得する。

前記制御装置は、前記走行環境情報に基づいて前記自動運転制御を実行する。

前記制御装置は、前記自動運転制御において、減速度特性に基づいて、減速度設定処理を行う。前記減速度特性は、前記車両の減速対象の状態と、減速度との関係を規定する。前記減速度特性において、前記状態は、所定の境界減速度によって複数の相に分割されている。

20

前記減速対象は、前記車両の最寄りの仮想動的物標である。前記仮想動的物標は、前記車両の走行軌道の側方に位置する遮蔽領域に設定される。

前記走行環境情報は、前記車両の走行速度、および、前記遮蔽領域の位置を含む。

前記状態は、前記仮想動的物標が所定の速度分布モデルに従って移動して前記走行軌道に侵入すると仮定したときの前記仮想動的物標から前記車両までの距離である。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記走行速度、前記位置および前記減速度特性に基づいて、前記距離に対応する減速度を少なくとも1つ特定し、

前記走行軌道に沿って走行する前記車両が前記仮想動的物標の側方に到達する予定時間が経過するまでに、前記車両から前記距離だけ離れた前記走行軌道上の位置に前記仮想動的物標が存在する確率を、前記少なくとも1つの減速度ごとに計算し、

30

前記少なくとも1つの減速度のうちの最小値を特定し、

前記減速度特性において前記最小値が属する相を示す最小値相と、前記最小値に対応する前記確率を示す最小値確率と、に基づいて、前記最小値を0～100%の反映率で前記目標減速度に反映させる。

【0016】

第10の観点は、第8または9の観点において、更に次の特徴を有する。

前記走行軌道は、少なくとも2本の候補を含む。

前記制御装置は、前記減速度設定処理において、

前記少なくとも2本の候補と前記予定時間の組み合わせごとに前記最小値を特定し、

40

前記予定時間が同一の前記最小値が少なくとも2つ特定された場合、前記少なくとも2つの最小値のうちから前記目標減速度に反映させる最適値を選択する。

前記制御装置は、前記最適値が選択された場合、前記車両の目標走行軌道を設定する軌道設定処理を行う。

前記制御装置は、前記軌道設定処理において、前記最適値に対応する候補を、前記予定時間における前記車両の目標走行軌道に設定する。

【発明の効果】

【0017】

第1の観点によれば、減速度設定処理が行われる。減速度設定処理では、車両の減速対象の状態に対応する少なくとも1つの減速度のうちの最小値が特定される。最小値が特定

50

されるということは、減速対象の状態の情報が不確かな場合でも、車両の減速度として最も安全な減速度が特定されることを意味する。また、減速度設定処理では、最小値相および最小値尤度と、に基づいて、最小値が目標減速度に0～100%の反映率で反映される。最小値相は、所定の境界減速度によって複数の相に分割された減速度特性の相のうちの、最小値が属する相である。最小値尤度は、最小値に対応する尤度であり、減速対象の状態の情報の確からしさ、または、この状態に関連付けられた情報の確からしさを示す。したがって、減速度設定処理によれば、減速対象の状態の情報が不確かな場合でも、最小値相と最小値尤度を加味して、最も安全な減速度である最小値を目標減速度にフレキシブルに反映させることが可能となる。したがって、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

10

【0018】

第2の観点によれば、最小値相が第1の減速度よりも急減速側に位置する相に属する場合、最小値尤度に関わらず、反映率が100%に設定される。第1の減速度よりも急減速側の相では、最大減速度が適用される。そのため、第2の観点によれば、走行安全を重視した自動運転制御を行うことが可能となる。

【0019】

第3の観点によれば、最小値相が第2の減速度よりも緩減速側に位置する相に属する場合、最小値尤度に関わらず、反映率が0%に設定される。第2の減速度よりも緩減速側の相では、最小減速度が適用され、または減速が行われない。そのため、第3の観点によれば、走行効率を重視した自動運転制御を行うことが可能となる。

20

【0020】

第4の観点によれば、最小値相が第1および第3の減速度の間に位置する相に属する場合、少なくとも1つの減速度の特定総数に応じて反映率が変更される。特定総数が1つである場合は反映率が100%に設定される。特定総数が2つ以上の場合は、最小値尤度に応じた0～100%の間の値に反映率が設定される。そのため、第4の観点によれば、現状に応じた適切な自動運転制御を行うことが可能となる。

【0021】

第5の観点によれば、最小値相が第2および第3の減速度の間に位置する相に属する場合、最小値尤度と閾値との比較の結果に応じて反映率が変更される。最小値尤度が閾値以上の場合、反映率は100%に設定される。最小値尤度が閾値未満の場合、反映率は0%に設定される。第5の観点によれば、走行安全と走行効率のバランスを保った自動運転制御を行うことが可能となる。

30

【0022】

第6の観点によれば、走行軌道上における最寄りの動的または静的障害物が減速対象に該当する場合に、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0023】

第7の観点によれば、走行軌道上における最寄りの信号機が減速対象に該当する場合に、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0024】

第8の観点によれば、減速度設定処理が行われる。減速度設定処理では、第1の観点における最小値尤度が最小値確率に置き換えられた処理が行われる。最小値確率は、車両の走行軌道の側方に位置する動的物標の挙動を予測することにより計算される確率のうちの最小値である。そのため、減速度設定処理によれば、動的物標の挙動の情報が不確かな場合でも、最小値相と最小値確率を加味して、最も安全な減速度である最小値を目標減速度にフレキシブルに反映させることが可能となる。したがって、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

40

【0025】

第9の観点によれば、減速度設定処理が行われる。減速度設定処理では、第1の観点における最小値尤度が最小値確率に置き換えられた処理が行われる。最小値確率は、車両の

50

走行軌道の側方に位置する遮蔽領域に設定された仮想動的物標の挙動を予測することにより計算される確率のうちの最小値である。そのため、減速度設定処理によれば、最も安全な減速度である最小値を目標減速度にフレキシブルに反映させることが可能となる。したがって、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0026】

第10の観点によれば、少なくとも2本の候補に対して減速度設定処理が行われる。そして、予定時間が同一の最小値が少なくとも2つ特定された場合は、最適値が選択される。最適値が選択された場合は、最適値に対応する候補が予定時間における目標走行軌道に設定される。そのため、第10の観点によれば、走行安全と走行効率の両立性を高めることが可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】実施の形態1が前提とする状況を説明する図である。

【図2】車両の減速中における距離と相対速度の関係を示す概念図である。

【図3】車両の減速中における距離および相対速度と、システムによる先行車両の検出の確からしさとの関係を示した図である。

【図4】車両の減速中における距離と相対速度の関係を示した相の区分例である。

【図5】図5に示す相IVでの走行方針の反映手法を説明する図である。

【図6】図5に示す相Vでの走行方針の反映手法を説明する図である。

【図7】図5に示す相Vでの走行方針の反映手法を説明する図である。

20

【図8】実施の形態1に係るシステムの構成例を示すブロック図である。

【図9】減速度マップの一例を説明する図である。

【図10】最小値セルが属する区分領域の特定例を説明する図である。

【図11】実施の形態1において、自動運転制御を実行するためにECUが行う処理の流れを説明するフローチャートである。

【図12】実施の形態2が前提とする状況を説明する図である。

【図13】実施の形態2における走行方針の決定例を説明する図である。

【図14】実施の形態2における走行方針の決定例を説明する図である。

【図15】実施の形態2に係るシステムの構成例を示すブロック図である。

【図16】最小値セルが属する区分領域の特定例を説明する図である。

30

【図17】実施の形態2において、自動運転制御を実行するためにECUが行う処理の流れを説明するフローチャートである。

【図18】実施の形態3が前提とする状況を説明する図である。

【図19】実施の形態3に係るシステムの構成例を示すブロック図である。

【図20】最小値セルが属する区分領域の特定例を説明する図である。

【図21】実施の形態3において、自動運転制御を実行するためにECUが行う処理の流れを説明するフローチャートである。

【図22】実施の形態4が前提とする状況を説明する図である。

【図23】実施の形態4に係るシステムの構成例を示すブロック図である。

【図24】実施の形態4において、自動運転制御を実行するためにECUが行う処理の流れを説明するフローチャートである。

40

【図25】実施の形態5の特徴を説明する図である。

【図26】走行軌道TPの設定例を説明する図である。

【図27】実施の形態5に係るシステムの構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照して実施の形態について説明する。ただし、以下に示す実施の形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数に、この発明が限定されるものではない。また、以下に示す実施の形態において説明する構造やステップ等は、特に

50

明示した場合や明らかに原理的にそれに特定される場合を除いて、この発明に必ずしも必須のものではない。

【0029】

1. 実施の形態 1

先ず、図 1 乃至 11 を参照しながら実施の形態 1 について説明する。

【0030】

1. 1 前提

図 1 は、実施の形態 1 が前提とする状況を説明する図である。図 1 に示す車両 M1 は、実施の形態 1 に係る車両制御システム（実施の形態 1 の以下の説明において、“システム”とも称す。）が搭載された車両である。車両 M1 としては、エンジンを動力源とする自動車、モータを動力源とする電気自動車、および、エンジンとモータを備えるハイブリッド自動車为例示される。

10

【0031】

車両 M1 は、システムが実行する自動運転制御に従い、走行軌道 TP 上を走行速度 v_{M1} で走行する予定である。走行軌道 TP は、車両 M1 の基準位置が到達すべき目標位置の集まりを定めたものである。基準位置としては、車両 M1 の重心および後輪軸の中心が例示される。

【0032】

車両 M1 から距離 d だけ離れた前方には、車両 M2 が走行速度 v_{M2} で走行している。車両 M2 は、走行軌道 TP 上に存在する先行車両である。車両 M2 には、車両 M1 に搭載されたシステムと同様のシステムが搭載されている必要はない。車両 M1 に対する車両 M2 の相対速度 v は、 $v_{M2} - v_{M1}$ で表される。車両 M2 は、車両とは異なる移動物体でもよいし、静止物体でもよい。車両 M2 が静止物体の場合、静止物体の相対速度 v は $-v_{M1}$ で表される。

20

【0033】

1. 1. 1 減速度特性の概念

図 1 に示した状況において、車両 M1 の減速の検討がなされるべき対象（以下、“減速対象”と称す。）OBJ が車両 M2 である場合を考える。実施の形態 1 では、走行軌道 TP 上における車両 M1 の最寄りの動的または静的障害物が減速対象 OBJ である。図 2 は、車両 M1 の減速中における距離 d と相対速度 v の関係を示す概念図である。本開示では、図 2 に示される関係を“減速度特性”と称す。なお、説明の便宜上、図 2 の説明においては、車両 M2 が静的障害物であると仮定する。また、車両 M2 の存在が正しく検出され、かつ、距離 d および相対速度 v が正しく算出されていると仮定する。

30

【0034】

走行速度 v_{M1} で走行する車両 M1 が減速し、車両 M2 から所定距離 d_0 だけ離れた後方の位置で停止する場合を考える。この場合において、車両 M1 が車両 M2 に近づく過程（実施の形態 1 の以下の説明において、“接近過程”と称す。）は、車両 M1 の減速度 $-a_{M1}$ に応じた 3 種類の二次曲線で表される。図 2 の一番上に示す二次曲線は、減速度 $-a_{M1}$ がシステムの最大減速度 $-a_{max}$ （以下、“第 1 の減速度”とも称す。）である場合の接近過程を表している。この二次曲線と縦軸との間の相に車両 M2 の状態があるということは、次のことを意味する。すなわち、車両 M2 が検出された後に第 1 の減速度での減速が行われたとしても、車両 M1 が上述の位置で停止できないことを意味する。よって、この相は、“衝突相”と定義される。

40

【0035】

図 2 の一番下に示す二次曲線は、減速度 $-a_{M1}$ がシステムの最小減速度 $-a_{min}$ （以下、“第 2 の減速度”とも称す。）である場合の接近過程を表している。この二次曲線と横軸との間の相に車両 M2 の状態があるということは、次のことを意味する。すなわち、車両 M2 が検出された後に第 2 の減速度での減速が行われると、停止位置の手前で車両 M1 が停止することを意味する。更には、第 2 の減速度での減速が行われなくても、停止位置の手前で車両 M1 が停止することも意味する。よって、この相は、“自由相”と定

50

義される。

【0036】

図2の中間に示す二次曲線は、減速度 $-a_{M1}$ が、人間（ドライバ）が通常使用する最大減速度 $-a_{nmax}$ （以下、“第3の減速度”とも称す。）である場合の接近過程を表している。手動運転が行われる場合、ドライバは、道路上の障害物を比較的遠方から検出することができる。一方、一般的な自動運転システムがこの障害物を検出する性能には限界がある。そのため、第3の減速度での減速が行われた場合の接近過程を示す二次曲線は、第2の減速度でのそれと異なるものになる。

【0037】

よって、第2の減速度での減速が行われた場合の接近過程を示す二次曲線と、第3の減速度を示すそれとの間の相に車両M2の状態があるということは、次のことを意味する。すなわち、車両M2が検出された後に第2および第3の減速度の間の減速度で車両M1の減速が行われると、手動運転中の減速に似た減速が行われることを意味する。よって、この相は、“疑似人間相”と定義される。

【0038】

また、第1の減速度での減速が行われた場合の接近過程を示す二次曲線と、第3の減速度を示すそれとの間の相に車両M2の状態があるということは、次のことを意味する。すなわち、車両M2が検出された後に、第1および第3の減速度の間の減速度で車両M1の減速が行われると、自動運転中に特有な減速が行われることを意味する。よって、この相は、“自動運転特有相”と定義される。

【0039】

以上をまとめると、減速対象OBJとしての車両M2が存在する場合、車両M2の状態は、“衝突相”、“自由相”、“疑似人間相”および“自動運転特有相”の何れかに分類されることになる。

【0040】

なお、車両M2が動的障害物である場合において、車両M1の減速中における距離 d と相対速度 v の関係は、図2の説明を援用して次のように説明される。すなわち、この場合は、第1、第2および第3の減速線のそれぞれが横軸側に移動する。また、図2に示した停止位置が $d = d_1$ と $v = v_{M2}$ の交点に移動する。距離 d_1 は、車両M1と車両M2の間の適正な車間距離である。適正な車間距離は、一定値でもよいし、走行速度 v_{M1} に応じて変更されてもよい。

【0041】

1. 1. 2 自動運転特有相の問題点

図2の説明で述べたように、一般的な自動運転システムが道路上の障害物を検出する性能には限界がある。そして、このことは、車両M2を検出するシステムの性能にも当てはまる。よって、車両M2がシステムによって全く検出されていないときの距離 d および相対速度 v の組み合わせが、図2に示した減速度特性に表現されるはずである。また、車両M2がシステムによって完全に検出されたときの組み合わせも、表現されるはずである。

【0042】

図3は、車両M1の減速中における距離 d および相対速度 v と、システムによる車両M2の検出の確からしさとの関係を示した図である。説明の便宜上、図3の説明においても、車両M2が静的障害物であると仮定する。図3には、図2で説明した3種類の二次曲線に加えて、縦軸方向に2種類の曲線が描かれている。右側に描かれた曲線は、車両M2の検出の確からしさを示す尤度 η が閾値 η_{th0} に一致する座標 (d, v) を繋げたものである。閾値 η_{th0} は、システムによって車両M2が全く検出されていないときの尤度 η に相当する。よって、閾値 η_{th0} の曲線よりも右側に位置する相は、“未検出相”と定義される。

【0043】

一方、図3の左側に描かれた曲線は、車両M2の検出の確からしさが閾値 η_{th1} に一致する座標 (d, v) を繋げたものである。閾値 η_{th1} は、システムによって車両

M2が完全に検出されているときの尤度 η に相当する。閾値 η_{th1} は、 $\eta_{th1} > \eta_{th0}$ を満たす。よって、閾値 η_{th1} の曲線よりも左側に位置する相は、“完全検出相”と定義される。

【0044】

このような“未検出相”および“完全検出相”が定義されると、これらの中間の相は、“非完全検出相”と定義される。車両M2の状態が“非完全検出相”に存在する場合、この状態に対応する座標 (d, v) の尤度 η は、閾値 η_{th0} よりも大きく、かつ、閾値 η_{th1} よりも小さな値を示す。実施の形態1の以下の説明では、車両M2の状態に対応する座標 (d, v) のうち、閾値 η_{th0} よりも大きい尤度 η を有する座標 (d, v) を、“座標 $(d, v | \eta)$ ”と称す。

10

【0045】

ここで問題となるのは、“非完全検出相”では、座標 $(d, v | \eta)$ の尤度 η が高くないことである。尤度 η が高くないということは、車両M2の状態の検出が不確かであるということを意味する。車両M2の状態の検出が不確かである場合、車両M2の状態を確定することが難しいだけでなく、車両M2の存在を確定することさえも難しい。

【0046】

更に問題となるのは、“非完全検出相”では、1つ以上の座標 $(d, v | \eta)$ が同時に存在することである。“完全検出相”では、高い尤度 η を有する単一の座標 $(d, v | \eta)$ が特定される。これに対し、“非完全検出相”では、低い尤度 η を有する2つ以上の座標 $(d, v | \eta)$ が同時に存在する。そうすると、これらの座標 $(d, v | \eta)$ のうちの

20

【0047】

既に説明したように、車両M1は、自動運転制御の実行に従い走行軌道TP上を走行する予定である。そのため、単一の座標 $(d, v | \eta)$ が特定されるまでは現在の制御の実行を継続することも可能である。しかしながら、単一の座標 $(d, v | \eta)$ が特定されて図2に示した“自動運転特有相”に車両M2の状態があることが判明した場合には、次の問題が生じる。すなわち、この場合は、第1および第3の減速度の間の減速度での減速が行われるので、乗員が車両M1の走行挙動に対して不安を抱く可能性がある。

【0048】

このように、“自動運転特有相”と“非完全検出相”が重複する相においては、座標 $(d, v | \eta)$ の尤度 η が特に問題となる。この問題の発生は、“非完全検出相”を定義した以上避けることができない。しかしながら、“疑似人間相”と“非完全検出相”が重複する相においては、それほど大きな問題には繋がらない。何故なら、単一の座標 $(d, v | \eta)$ が特定されて“疑似人間相”に車両M2の状態があることが判明した場合には、第3の減速度での減速よりも緩やかな減速が行われるからである。緩減速であれば、車両M1の走行挙動に対して乗員が不安を抱くことは殆どない。

30

【0049】

1.2 実施の形態1の特徴

上述した問題点に鑑み、実施の形態1では、少なくとも1つの座標 $(d, v | \eta)$ の存在が判明した場合、車両M1の走行方針を決定する。また、実施の形態1では、決定した走行方針を走行計画に反映させる。以下、これらの特徴について説明する。

40

【0050】

1.2.1 走行方針の決定

走行方針の決定は、少なくとも1つの座標 $(d, v | \eta)$ に基づいて行われる。“少なくとも1つの座標 $(d, v | \eta)$ ”と表現した理由は、座標 $(d, v | \eta)$ が1つだけ存在する場合と、座標 $(d, v | \eta)$ が2つ以上存在する場合とが想定されるためである。

【0051】

座標 $(d, v | \eta)$ が1つだけ存在する場合、走行方針は、座標 $(d, v | \eta)$ が属する相に基づいて決定される。座標 $(d, v | \eta)$ が2つ以上存在する場合、これらの座標 $(d, v | \eta)$ にそれぞれ対応する減速度 $-a_{M1}$ のうちの最小値（以下、“最小値 $-a$

50

a_{M1_min} ”と称す。)が特定される。最小値 $-a_{M1_min}$ は、減速度特性上で想定される減速度 $-a_{M1}$ のうち最も安全な減速度に該当する。走行方針は、このような最小値 $-a_{M1_min}$ を有する座標 $(d, v | \eta)$ が属する相に基づいて決定される。

【0052】

座標 $(d, v | \eta)$ が1つだけ存在する場合は、座標 $(d, v | \eta)$ に対応する減速度 $-a_{M1}$ を実質的な最小値 $-a_{M1_min}$ と見做することができる。よって、実施の形態1の以下の説明では、座標 $(d, v | \eta)$ の総数に関わらず、最小値 $-a_{M1_min}$ を有する座標 $(d, v | \eta)$ を“座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ ”と称す。

【0053】

座標 $(d, v | \eta)$ に対応する減速度 $-a_{M1}$ の詳細については、項目“1.3.1”の減速度マップの説明において述べる。ここでは、図4を参照しながら、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が属する相(以下、“最小値相”と称す。)および走行方針の具体例について述べる。図4は、車両M1の減速中における距離 d と相対速度 v の関係を示した相の区分例である。図4には、図2および3で説明した相の境界が描かれている。図4では、図3で説明した“未検出相”と“非完全検出相”を分ける境界(すなわち、閾値 η_{th0})よりも左側の部分(すなわち、縦軸に近い部分)が、相I~Vに区分けされている。

【0054】

相Iは、図2で説明した“衝突相”のうちの、閾値 η_{th0} よりも左側の部分である。座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相Iに存在する場合、走行方針は“最小値 $-a_{M1_min}$ で車両M1を即時減速する”に決定される。この理由は、車両M2との衝突を回避するためである。“車両M2との衝突を回避するための車両M1の操舵の試行”を走行方針に追加してもよい。

【0055】

相IIは、図2で説明した“自動運転特有相”のうちの、閾値 η_{th1} よりも左側の部分である。座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相IIに存在する場合、走行方針は“最小値 $-a_{M1_min}$ で車両M1を即時減速する”に決定される。この理由は、相Iでの走行方針で述べた理由と同じである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相IまたはIIに存在する場合、走行効率よりも走行安全を優先した走行方針が選択される。

【0056】

相IIIは、図2で説明した“自由相”のうちの、閾値 η_{th0} よりも左側の部分である。座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相IIIに存在する場合、走行方針は“現在の加速度または減速度を維持する”に決定される。この理由は、車両M1を減速させなくても車両M2との衝突を容易に回避できるためである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相IIIに存在する場合、走行安全よりも走行効率を優先した走行方針が選択される。“走行速度 v_{M1} が制限速度を超えない範囲での車両M1の加速”を、走行方針として採用してもよい。

【0057】

相IVは、図2で説明した“疑似人間相”のうちの、閾値 η_{th0} よりも左側の部分である。座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相IVに存在する場合、走行方針は“座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η が閾値 η_{th2} 以上となるまで減速の開始を先送りする”に決定される。この理由は、車両M1の減速が即時に行われなくても、車両M2との衝突を回避できる可能性があるためである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相IVに存在する場合、現状に応じた適切な走行を行う走行方針が選択される。閾値 η_{th2} は、車両M2の検出に一定の確からしさが認められるときの尤度 η に相当する。閾値 η_{th2} は、 $\eta_{th0} < \eta_{th2} < \eta_{th1}$ を満たす。

【0058】

相Vは、図2で説明した“自動運転特有相”のうちの、閾値 η_{th0} と η_{th1} の

間の部分である。座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 V に存在する場合、走行方針は“座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更して減速する”に決定される。この理由は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 V に存在する場合、車両 M2 の状態の検出が不確かだからである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 V に存在する場合、走行安全と走行効率のバランスを保つような走行方針が選択される。

【0059】

1. 2. 2 走行方針の反映

走行方針の反映は、走行計画に対して行われる。走行計画は、自動運転制御の実行中、所定時間を経過する毎に立案される。走行計画には、走行軌道 TP が含まれる。走行軌道 TP を構成する目標位置には、走行状態（すなわち、車両 M1 の目標加速度 a_{M1_tgt} および目標舵角 θ_{M1_tgt} ）の情報が付与されている。走行方針が決定された場合、走行方針の内容に応じて走行状態の情報が更新される。

【0060】

最小値相に着目すると、図 4 で説明した走行方針は次のように整理される。

相 I または I I：最小値 $-a_{M1_min}$ で車両 M1 を即時減速する

相 I I I：現在の加速度または減速度を維持する

相 I V：座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η が閾値 η_th2 以上となるまで減速の開始を先送りする

相 V：座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更して減速する

【0061】

相 I または I I での走行方針によれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が即時反映される。一方、相 I I I での走行方針によれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が全く反映されない。ここで、目標加速度 a_{M1_tgt} への反映率に着目する。そうすると、相 I または I I での走行方針による反映率は 100 % であり、相 I I I での走行方針による反映率は 0 % である。

【0062】

相 I V での走行方針によれば、閾値 η_th2 との比較の結果に応じて反映率が変化する。図 5 は、相 I V での走行方針の反映手法を説明する図である。図 5 には、図 4 で説明した相 I ~ V が描かれている。ただし、説明の便宜上、閾値 η_th0 の曲線は省略されている。また、閾値 η_th1 および η_th2 の曲線の一部は省略されている。図 5 の相 I V に示す黒丸は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ を表す。図 5 に示す例では、接近過程において、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η が閾値 η_th2 以上の値まで上昇すると仮定する。

【0063】

相 I V での走行方針によれば、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η が閾値 η_th2 未満であれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が反映されない。また、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η が閾値 η_th2 以上であれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が反映される。このように、相 I V での走行方針によれば、反映率が 0 % と 100 % の間で切り替えられる。

【0064】

図 5 には、閾値 η_th2 よりも左側に 2 種類の軌跡が描かれている。実線で示す軌跡（第 1 のケース）は、車両 M2 の検出が正しかった場合の接近過程を表している。破線で示す軌跡（第 2 のケース）は、この検出が実は誤りであった場合の接近過程を表している。なお、この破線軌跡は、便宜上示される軌跡である。何故なら、誤検出の場合は、接近過程の途中で座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が減速度特性上に存在しなくなるためである。

【0065】

相 V での走行方針によれば、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の尤度 η に応じて

反映率が増加する。図6および7は、相Vでの走行方針の反映手法を説明する図である。これらの図に示す曲線は、図5に示した曲線と基本的には同じである。ただし、図6および7には、閾値 η_{th2} の曲線ではなく閾値 η_{th3} の曲線が描かれている。閾値 η_{th3} の定義は、閾値 η_{th2} のそれと同じである。閾値 η_{th3} は、閾値 η_{th2} と同一値でもよいし、閾値 η_{th2} と異なる値でもよい。図6および7の相Vに示す黒丸は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1min})$ を表している。図6および7に示す例では、接近過程において、これらの座標の尤度 η が閾値 η_{th3} 以上の値まで上昇すると仮定する。

【0066】

図6には、閾値 η_{th3} よりも右側に2種類の軌跡が描かれている。第1の軌跡（第1のケース）は、減速の開始を先送りする場合の接近過程を表している。第2の軌跡（第2のケース）は、即時減速する場合の接近過程を表している。図6には、また、閾値 η_{th3} よりも左側に4種類の軌跡が描かれている。実線で示す軌跡（第1.1および第2.1のケース）は、車両M2の検出が正しい場合の接近過程を表している。破線で示す軌跡（第1.2および第2.2のケース）は、この検出が実は誤りであった場合の接近過程を表している。破線軌跡が便宜上の軌跡であることは、図5で説明したとおりである。

【0067】

第1.2のケースは、第1のケースで行われた先送りが結果的に問題に繋がらなかった場合に相当する。第1.2のケースでの結論は、第2.1のケースにも当てはまる。しかしながら、第1.1のケースでは、先送りが行われているため、減速の開始後は最小値 $-a_{M1min}$ の値が小さくなる（すなわち、急減速が行われる）。また、第2.2のケースでは、減速の開始直後に、加速が行われることになる。したがって、第1.1および第2.2のケースでは、乗員が車両M1の走行挙動に対して違和感を抱く可能性がある。

【0068】

この点、相Vでの走行方針によれば、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1min})$ の尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1min}$ が変更される。図7には、閾値 η_{th3} よりも右側に3種類の軌跡が描かれている。第1および第2の軌跡（第1および第2のケース）は、図6に示した軌跡と同じである。第3の軌跡（第3のケース）は、係数 α ($0 < \alpha < 1$) を乗算した最小値 $-a_{M1min}$ で減速が行われた場合の接近過程を表している。係数 α は、この座標の尤度 η が高くなるほど1に近づくように設計されている。以上のことから、相Vでの走行方針による反映率は $100 \cdot \alpha \%$ となり、緩減速が行われる。

【0069】

図7には、また、閾値 η_{th3} よりも左側に2種類の軌跡が描かれている。実線で示す軌跡（第3.1のケース）は、車両M2の検出が正しい場合の接近過程を表している。破線で示す軌跡（第3.2のケース）は、この検出が実は誤りであった場合の接近過程を表している。図6で説明した第1.1および第2.2のケースと異なり、第3.1および第3.2のケースの軌跡の始端は、第3のケースの軌跡の末端に繋がっている。故に、第1、第2および第3のケースを比較すると、第3のケースでは車両M1の走行挙動に対する違和感が抑えられる。

【0070】

1.2.3 効果

以上説明した実施の形態1の特徴によれば、少なくとも1つの座標 $(d, v | \eta)$ の存在が判明した場合、走行方針が決定される。そのため、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1min})$ の尤度 η が低い場合であっても、減速度特性上で想定される最も安全な減速度である最小値 $-a_{M1min}$ に基づいた走行方針が決定される。また、実施の形態1の特徴によれば、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1min})$ の尤度 η および最小値相に基づいて、最小値 $-a_{M1min}$ が目標加速度 a_{M1tgt} に $0 \sim 100\%$ の反映率で反映される。したがって、車両M2の状態の検出が不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0071】

1. 3 車両制御システム

次に、上述した特徴的な処理を含む自動運転制御を実行するためのシステムの構成例について説明する。

【0072】

1. 3. 1 システムの構成例

図8は、実施の形態1に係るシステム1の構成例を示すブロック図である。図8に示すように、システム1は、内界センサ11と、外界センサ12と、制御装置としてのECU(Electric Control Unit)13と、減速度マップ14と、を備えている。

【0073】

内界センサ11は、車両M1の走行状態を検出する機器である。内界センサ11としては、車速センサ、加速度センサおよびヨーレートセンサが例示される。車速センサは、走行速度 v_{M1} を検出する。加速度センサは、車両M1の加速度 a_{M1} を検出する。ヨーレートセンサは、車両M1の重心の鉛直軸周りのヨーレートを検出する。内界センサ11は、検出した情報をECU13に送信する。

【0074】

外界センサ12は、車両M1の周辺の状況を検出する機器である。外界センサ12としては、レーダセンサおよびカメラが例示される。レーダセンサは、電波(例えば、ミリ波)または光を利用して、車両M1の周辺の物標を検出する。物標には、静的物標および動的物標が含まれる。静的物標としては、ガードレール、建物が例示される。動的物標としては、歩行者、自転車、オートバイおよび車両M1以外の車両が含まれる。カメラは、車両M1の外部の状況を撮像する。カメラは、例えば、フロントガラスの裏側に取り付けられる。外界センサ12は、検出した情報をECU13に送信する。

【0075】

車両M1の走行状態の情報、および、車両M1の周辺の状況の情報は、車両M1の走行環境情報に含まれる。つまり、内界センサ11および外界センサ12は、“走行環境情報を取得する取得装置”に含まれる。

【0076】

ECU13は、プロセッサ、メモリおよび入出力インタフェースを備えるマイクロコンピュータである。ECU13は、入出力インタフェースを介して各種の情報を受け取る。ECU13は、また、受け取った情報に基づいて、自動運転制御処理を行う。自動運転制御処理を行うための構成を備えている。この構成の詳細については、項目“1. 3. 2”において述べる。

【0077】

減速度マップ14は、減速対象OBJの状態(すなわち、距離 d および相対速度 v)と、減速度 $-a_{M1}$ との関係を規定したセルマップである。減速度マップ14は、ECU13と通信可能なデータベース内に格納されている。このデータベースは、車両M1と通信可能な施設(例えば、管理センタ)のコンピュータ内に形成されていてもよい。減速度マップ14は、例えば、所定幅を有する速度域ごとに設定されている。どの減速度マップを使用するかは、走行速度 v_{M1} が属する速度域に基づいて決定される。

【0078】

図9は、減速度マップ14の一例を説明する図である。図9に示すように、減速度マップ14のセル(d_i, v_j)のそれぞれには、減速度 $-a_{M1}$ が付与されている。ここで、 i は $1 \leq i \leq n$ を満たす自然数であり、 j は $1 \leq j \leq m$ を満たす自然数であり、 n および m は2以上の自然数である。セル(d_i, v_j)にそれぞれ付与される減速度 $-a_{M1}$ は、図4で説明した減速度特性の座標(d_i, v_j)にそれぞれ付与される減速度 $-a_{M1}$ と一致する。なお、一部のセル(d_i, v_j)が更に細分化されていてもよい。この場合は、細分化セルのそれぞれに、減速度 $-a_{M1}$ が付与される。

【0079】

セル(d_i, v_j)にそれぞれ付与される減速度 $-a_{M1}$ は、互いに異なる値でなくともよい。例えば、セル(d_i, v_j)に付与される減速度 $-a(d_i, v_j)$ と、セル(

10

20

30

40

50

d_{i+1}, v_j に付与される減速度 $-a(d_{i+1}, v_j)$ の値が同じでもよい。減速度 $-a(d_i, v_j)$ と、セル (d_{i+1}, v_{j+1}) に付与される減速度 $-a(d_{i+1}, v_{j+1})$ の値が同じでもよい。減速度 $-a(d_i, v_j)$ と、セル (d_{i+2}, v_{j+1}) に付与される減速度 $-a(d_{i+2}, v_{j+1})$ の値が同じでもよい。

【0080】

減速度マップ 14 において、第 1、第 2 および第 3 の減速度（すなわち、減速度 $-a_{\max}$ 、 $-a_{\min}$ および $-a_{n\max}$ ）と減速度 $-a_{M1}$ の値が等しいセル (d_i, v_j) を繋げていく。そうすると、減速度マップ 14 のセル (d_i, v_j) が、これらの減速度を境界とする 4 つの区分領域の何れかに振り分けられる。以下、第 1、第 2 および第 3 の減速度を“境界減速度”と総称する。

【0081】

1. 3. 2 ECU の構成例

図 8 に示すように、ECU 13 は、要求減速度計算部 131 と、走行方針決定部 132 と、物標検出部 133 と、尤度計算部 134 と、走行計画部 135 と、走行制御部 136 と、を備えている。これらの機能ブロックは、ECU 13 のプロセッサがメモリに格納された各種の制御プログラムを実行することにより実現される。以下、説明の便宜上、要求減速度計算部 131、走行方針決定部 132 等を、“計算部 131”、“決定部 132”等と省略して称す。

【0082】

計算部 131 は、減速度 $-a_{M1}$ の要求値を計算する。要求値の計算は、減速度マップ 14 の参照により行われる。減速度マップ 14 の参照は、減速対象 O B J の状態の情報を用いて行われる。要求値は、この情報に対応するセル (d_i, v_j) に対応する減速度 $-a_{M1}$ の全てが該当する。つまり、情報に対応するセル (d_i, v_j) が 1 つだけ存在する場合、減速度 $-a(d_i, v_j)$ のみが要求値に該当する。情報に対応するセル (d_i, v_j) が 2 以上存在する場合、それぞれのセルに対応する減速度 $-a_{M1}$ が要求値に該当する。計算部 131 は、要求値を決定部 132 に送信する。

【0083】

決定部 132 は、走行方針を決定する。決定部 132 は、先ず、計算部 131 から送信された要求値に基づいて、最小値 $-a_{M1_min}$ を特定する。要求値が 1 つだけ存在する場合、この要求値が最小値 $-a_{M1_min}$ である。要求値が 2 つ以上存在する場合、減速度 $-a_{M1}$ の値が最も小さい要求値が最小値 $-a_{M1_min}$ である。決定部 132 は、続いて、最小値 $-a_{M1_min}$ を有するセル（実施の形態 1 の以下の説明において、“最小値セル”と称す。）が属する区分領域に基づいて、下記(i)～(iv)のうちの何れかを走行方針として決定し、計画部 135 に送信する。

(i) 最小値 $-a_{M1_min}$ で車両 M 1 を即時減速する

(ii) 現在の加速度または減速度を維持する

(iii) 最小値セルの尤度 η が閾値 η_{th2} 以上となるまで減速の開始を先送りする

(iv) 最小値セルの尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更して減速する

【0084】

図 10 は、最小値セルが属する区分領域の特定例を説明する図である。図 10 には、第 1 および第 2 のケースが示されている。第 1 のケースでは、減速度 $-a(d_i, v_j)$ のみが要求値である。そのため、第 1 のケースでは、減速度 $-a(d_i, v_j)$ が最小値 $-a_{M1_min}$ に該当する。そこで、最小値 $-a_{M1_min}$ と境界減速度を比較すれば、4 つの区分領域の何れかに最小値 $-a_{M1_min}$ が振り分けられる。

【0085】

ここで、減速度 $-a(d_i, v_j)$ のみが要求値に該当するということは、最小値 $-a_{M1_min}$ の尤度 η が閾値 η_{th1} よりも大きいことを示唆している。この示唆を考慮すると、最小値セルが属する区分領域が相 I ～ V のうちのどの相であるかを特定できる。

【0086】

10

20

30

40

50

第2のケースでは、減速度 $-a(d_{i-1}, v_{j-1})$ 、 $-a(d_{i-1}, v_j)$ 、 $-a(d_i, v_{j-1})$ 、 $-a(d_i, v_j)$ 、 $-a(d_i, v_{j+1})$ 、 $-a(d_{i+1}, v_{j-1})$ および $-a(d_{i+1}, v_j)$ が要求値である。そのため、第2のケースでは、これらの要求値のうちの最も急減速側のものが、最小値 $-a_{M1_min}$ である。そこで、最小値 $-a_{M1_min}$ と境界減速度を比較すれば、上述した4つの区分領域の何れかに最小値 $-a_{M1_min}$ が振り分けられる。

【0087】

ここで、合計7つの要求値が存在するということは、最小値 $-a_{M1_min}$ の尤度 η が閾値 η_{th0} および η_{th1} の間にあることを示唆している。この示唆を考慮すると、最小値セルが属する区分領域が相I～Vのうちのどの相であるかを特定できる。

10

【0088】

検出部133は、外界センサ12が検出した情報に基づいて物標を検出する。検出部133は、検出した物標の情報から減速対象OBJの状態の情報を抽出する。検出部133は、また、抽出した情報を計算部131および134に送信する。

【0089】

計算部134は、減速対象OBJの状態の尤度 η を計算する。尤度 η は、例えば、カメラの検出情報、カメラの検出履歴、車両M1の周辺の信号機の検出情報、周辺の車両の動きから予測される周辺の信号機の情報に基づいて、信号機TSにおいて赤または黄信号が正しく検出される確率 ρ を変数とする尤度モデルの確率Lとして計算される。減速対象OBJの状態が2つ以上ある場合、これらの状態のそれぞれに対して尤度 η が計算される。計算部134は、計算した尤度 η を計画部135に送信する。

20

【0090】

計画部135は、自動運転の走行計画を立案する。走行計画の立案は、現在の時刻を基準として、所定時間を経過する毎に走行軌道TPを繰り返し設定することにより行われる。走行軌道TPの設定方法は特に限定されず、公知の方法を適用できる。計画部135は、決定部132から走行方針を受信した場合、計算部134からの尤度 η を適宜参照して、目標位置での走行状態の情報を変更する。計画部135は、走行状態の情報を含む走行軌道TPの情報を、制御部136に送信する。

【0091】

決定部132からは、上述した走行方針(i)～(iv)の何れかが送信される。計画部135は、受信した走行方針の内容に応じて、最小値 $-a_{M1_min}$ を目標加速度 a_{M1_tgt} に反映させる。具体的に、走行方針(i)を受信した場合、計画部135は、最小値 $-a_{M1_min}$ を目標加速度 a_{M1_tgt} に即時反映させる。また、走行方針(iii)を受信し、かつ、最小値セルの尤度 η が閾値 η_{th2} 以上の場合も、計画部135は、最小値 $-a_{M1_min}$ の即時反映を行う。

30

【0092】

走行方針(ii)を受信した場合、計画部135は、最小値 $-a_{M1_min}$ の目標加速度 a_{M1_tgt} への反映を禁止する。走行方針(iii)を受信し、かつ、最小値セルの尤度 η が閾値 η_{th2} 未満の値である場合も、計画部135は、最小値 $-a_{M1_min}$ の反映を禁止する。

40

【0093】

走行方針(iv)を受信した場合、計画部135は、最小値セルの尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更する。最小値 $-a_{M1_min}$ の変更は、係数 α を最小値 $-a_{M1_min}$ に乗算することにより行われる。

【0094】

制御部136は、走行軌道TPに沿って車両M1が走行するように、走行状態の情報に基づいて各種の走行装置の制御量を決定する。走行装置は、電子制御式の装置であり、走行駆動力出力装置、ステアリング装置およびブレーキ装置を含んでいる。

【0095】

1. 4 ECUによる処理例

50

図 1 1 は、自動運転制御を実行するために ECU 1 3 が行う処理の流れを説明するフローチャートである。図 1 1 に示すルーチンにおいて、ECU 1 3 は、先ず、物標を検出する（ステップ S 1 1）。ECU 1 3 は、具体的に、外界センサ 1 2 が検出した情報に基づいて、物標を検出する。

【0096】

ステップ S 1 1 の処理に続いて、ECU 1 3 は、障害物が検出されたか否かを判定する（ステップ S 1 2）。ECU 1 3 は、具体的に、ステップ S 1 1 の処理において検出された物標の情報に、減速対象 OBJ の状態の情報が含まれるか否かを判定する。ステップ S 1 2 の処理の判定結果が否定的な場合、ECU 1 3 はステップ S 1 6 の処理に進む。

【0097】

10

ステップ S 1 2 の処理の判定結果が肯定的な場合、ECU 1 3 は、減速対象 OBJ の状態の尤度 η を計算する（ステップ S 1 3）。ECU 1 3 は、具体的に、物標の情報から減速対象 OBJ の状態の情報を抽出し、尤度 η を計算する。減速対象 OBJ の状態の抽出情報が 2 つ以上物標の情報に含まれる場合、ECU 1 3 は、これらの状態のそれぞれに対して尤度 η を計算する。

【0098】

ステップ S 1 3 の処理に続いて、ECU 1 3 は、要求減速度を計算する（ステップ S 1 4）。ECU 1 3 は、具体的に、減速対象 OBJ の状態の抽出情報を用いた減速度マップ 1 4 の参照により、要求減速度（すなわち、減速度 $-a_{M1}$ の要求値）を計算する。

【0099】

20

ステップ S 1 4 の処理に続いて、ECU 1 3 は、走行方針を決定する（ステップ S 1 5）。ECU 1 3 は、具体的に、ステップ S 1 4 の処理において計算された要求減速度に基づいて、最小値 $-a_{M1_min}$ を計算する。続いて、ECU 1 3 は、最小値セルが属する区分領域を特定する。そして、ECU 1 3 は、特定した区分領域に基づいて、走行方針を決定する。なお、最小値 $-a_{M1_min}$ が境界減速度と一致する場合は、例えば、次のように区分領域を特定する。先ず、境界減速度によって分けられる相 I ~ V のローマ数字を比較する。そして、より少ないローマ数字を有する相に相当する区分領域を、特定すべき区分領域とする。

【0100】

ステップ S 1 6 において、ECU 1 3 は、走行計画を立案する。ECU 1 3 は、具体的に、所定時間を経過する毎に走行軌道 TP を繰り返し設定する。ステップ S 1 5 の処理において走行方針が決定された場合は、ステップ S 1 3 の処理において計算した尤度 η を適宜参照し、最小値 $-a_{M1_min}$ を 0 ~ 100 % の反映率で目標加速度 a_{M1_tgt} に反映させる。これにより、目標位置での走行状態の情報が更新される。

30

【0101】

1. 5 システムの別の構成例

システムの別の構成例では、図 8 に示した減速度マップ 1 4 の代わりに、減速度モデルが用いられる。減速度モデルは、減速対象 OBJ の状態（すなわち、距離 d および相対速度 v ）と減速度 $-a_{M1}$ との関係に基づいて構築されている。故に、減速度モデルによれば、減速対象 OBJ の状態を減速度モデルに入力することにより、減速度マップ 1 4 を用いた計算の場合と同様に（換言すれば、減速度マップ 1 4 を用いずに）、減速度 $-a_{M1}$ を計算できる。なお、このような減速度モデルを用いる構成例は、後述する実施の形態 2 乃至 5 にも適用される。

40

【0102】

2. 実施の形態 2

次に、図 1 2 乃至 1 7 を参照しながら実施の形態 2 について説明する。なお、上記実施の形態 1 の説明と重複する説明については適宜省略される。

【0103】

2. 1 前提

図 1 2 は、実施の形態 2 が前提とする状況を説明する図である。図 1 2 に示す車両 M 1

50

には、実施の形態 2 に係る車両制御システム（実施の形態 2 の以下の説明において、“システム”とも称す。）が搭載されている。

【0104】

車両 M1 から距離 d だけ離れた前方には、停止線 SL が存在している。停止線 SL は、走行軌道 TP 上における車両 M1 の最寄りの信号機 TS に付属する停止線である。信号機 TS が最寄りの信号機であることは、車両 M1 の位置情報と、地図情報とに基づいて特定される。車両 M1 の位置情報と地図情報によれば、距離 d も特定される。停止線 SL と車両 M1 の間に、動的または静的障害物は存在しない。動的または静的障害物が存在する状況は、図 1 で説明した状況に該当する。

【0105】

上記実施の形態 1 の減速対象 OBJ は、最寄りの動的または静的障害物である。これに対し、実施の形態 2 の減速対象 OBJ は、信号機 TS である。減速対象 OBJ が信号機 TS の場合、減速対象 OBJ の状態は、信号機 TS（より正確には、停止線 SL）から車両 M1 までの距離 d 、および、車両 M1 に対する信号機 TS（より正確には、停止線 SL）の相対速度 v である。ただし、距離 d は、車両 M1 の位置情報と地図情報に基づいて特定される。また、相対速度 v は、 $-v_{M1}$ で表される。つまり、減速対象 OBJ が信号機 TS の場合、その状態の検出の確からしさは十分に高いことが期待される。そこで、実施の形態 2 では、信号機 TS の点灯色 C_s （赤または黄色を指す。以下同じ。）の検出の確からしさを示す尤度 η が、信号機 TS の状態に関連付けられる。

【0106】

2. 2 実施の形態 2 の特徴

減速対象 OBJ が信号機 TS の場合、図 2 に示した減速度特性は、赤または黄信号を検出した後における距離 d と相対速度 v の関係図として理解される。また、図 2 に示した停止位置は、停止線 SL の位置に置き換えられる。そうすると、減速度特性には、点灯色 C_s がカメラによって全く検出されていないときの距離 d および相対速度 v の組み合わせが表現されるはずである。また、点灯色 C_s がカメラによって完全に検出されたときの組み合わせも、減速度特性に表現されるはずである。

【0107】

実施の形態 2 の以下の説明では、信号機 TS の状態に対応する座標 (d, v) のうち、閾値 η_{th0} よりも大きい点灯色 C_s の尤度 η を有する座標 (d, v) を、“座標 $(d, v | \eta)$ ”と称す。

【0108】

2. 2. 1 走行方針の決定

走行方針の決定は、単一の座標 $(d, v | \eta)$ に基づいて行われる。“単一の座標 $(d, v | \eta)$ ”と表現した理由は、実施の形態 2 では距離 d および相対速度 v が特定されるためである。そして、上記実施の形態 1 で述べたように、座標 $(d, v | \eta)$ が 1 つだけ存在する場合は、座標 $(d, v | \eta)$ に対応する減速度 $-a_{M1}$ を実質的な最小値 $-a_{M1_min}$ と見做すことができる。よって、実施の形態 2 の以下の説明では、最小値 $-a_{M1_min}$ を有する座標 $(d, v | \eta)$ を“座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ ”と称す。

【0109】

ここで、走行方針の決定例の説明に使用される閾値 η_{th} について説明する。図 13 および 14 には、図 5 で説明した相 I ~ V が描かれている。これらの図には、また、閾値 η_{th4} 、 η_{th5} および η_{th6} の曲線が描かれている。閾値 η_{th4} は、点灯色 C_s がカメラによって完全に検出されているときの尤度 η に相当する。閾値 η_{th4} は、 $\eta_{th4} > \eta_{th0}$ を満たす。閾値 η_{th5} は、カメラによる点灯色 C_s の検出に一定の確からしさが認められるときの尤度 η に相当する。閾値 η_{th5} は、 $\eta_{th0} < \eta_{th5} < \eta_{th4}$ を満たす。閾値 η_{th6} の定義は、閾値 η_{th5} のそれと同じである。閾値 η_{th6} は、閾値 η_{th5} と同一値でもよいし、閾値 η_{th5} と異なる値でもよい。

10

20

30

40

50

【0110】

座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 I に存在する場合、走行方針は“最小値 $-a_{M1_min}$ で車両 M1 を即時減速する”に決定される。この理由は、停止線 SL の手前で車両 M1 を停止させるためである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 I に存在する場合、走行効率よりも走行安全を優先した走行方針が選択される。

【0111】

座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 III に存在する場合、走行方針は“現在の加速度または減速度を維持する”に決定される。この理由は、車両 M1 を減速させなくても停止線 SL の手前で車両 M1 を停止させることができるためである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 III に存在する場合、走行安全よりも走行効

10

【0112】

座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 IV に存在する場合、走行方針は“座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_{th5} 以上となるまで減速の開始を先送りする”に決定される。この理由は、車両 M1 の減速が即時に行われなくても、停止線 SL の手前で車両 M1 を停止させることができる可能性があるためである。このように、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 IV に存在する場合、現状に応じた適切な走行を行う走行方針が選択される。

【0113】

20

座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が相 II または V に存在する場合、走行方針は“座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_{th4} 以上の場合は最小値 $-a_{M1_min}$ で車両 M1 を即時減速し、そうでない場合は尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更して減速する”に決定される。上記実施の形態 1 とは異なり、実施の形態 2 では、単一の座標 $(d, v | \eta)$ が必ず特定される。その反面、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ が特定された段階では、この座標が相 II および V のどちらに存在するのかが絞り込めない。故に、実施の形態 2 では、絞り込みを行うための判定要素が走行方針に追加される。

【0114】

30

2. 2. 2 走行方針の反映

最小値相に着目すると、実施の形態 2 の走行方針は次のように整理される。

相 I：最小値 $-a_{M1_min}$ で車両 M1 を即時減速する

相 III：現在の加速度または減速度を維持する

相 IV：座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_{th5} 以上となるまで減速の開始を先送りする

相 II または V：座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_{th4} 以上の場合は最小値 $-a_{M1_min}$ で車両 M1 を即時減速し、そうでない場合は尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更して減速する

【0115】

40

相 I での走行方針によれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が即時反映される。一方、相 III での走行方針によれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が全く反映されない。よって、相 I での走行方針による反映率は 100% であり、相 III での走行方針による反映率は 0% である。

【0116】

相 IV での走行方針によれば、閾値 η_{th5} との比較の結果に応じて反映率が変化する。図 13 は、相 IV での走行方針を説明する図である。図 13 には、図 4 で説明した相 I ~ V が描かれている。図 13 の相 IV に示す黒丸は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ を表す。図 13 に示す例では、車両 M1 が停止線 SL に近づく過程（実施の形態 2 の以下の説明において、“接近過程”と称す。）において、この座標の尤度 η が閾値 η_{th5} 以上の値まで上昇すると仮定する。

50

【0117】

相 I Vでの走行方針によれば、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_th5 未満であれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が反映されない。一方、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_th5 以上であれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が反映される。このように、相 I Vでの走行方針によれば、反映率が 0 % と 100 % の間で切り替えられる。

【0118】

なお、図 13 には、閾値 η_th5 よりも左側に 2 種類の軌跡が描かれている。実線で示す軌跡（第 1 のケース）は、点灯色 Cs の検出が正しかった場合（すなわち、赤または黄色の場合）の接近過程を表している。破線で示す軌跡（第 2 のケース）は、この検出が実は誤りであった場合（すなわち、青の場合）の接近過程を表している。なお、この破線軌跡が便宜上示される軌跡であることは図 5 で説明したとおりである。

【0119】

相 I I または Vでの走行方針によれば、閾値 η_th4 との比較の結果、および、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η に応じて反映率が変化する。座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_th4 以上であれば、目標加速度 a_{M1_tgt} に最小値 $-a_{M1_min}$ が反映される。このように、相 I I または Vでの走行方針による反映率は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_th4 以上の場合に 100 % となる。

【0120】

一方、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_th4 未満であれば、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ が変更される。図 14 は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η に応じた最小値 $-a_{M1_min}$ の変更手法を説明する図である。図 14 には、閾値 η_th6 よりも右側に 3 種類の軌跡が描かれている。第 1 および第 2 の軌跡（第 1 および第 2 のケース）は、図 6 に示した軌跡と同じである。第 3 の軌跡（第 3 のケース）は、係数 β ($0 < \beta < 1$) を乗算した最小値 $-a_{M1_min}$ で減速が行われた場合の接近過程を表している。係数 β は、この座標の点灯色 Cs の尤度 η が高くなるほど 1 に近づくように設計されている。以上のことから、相 I I または Vでの走行方針による反映率は、座標 $(d, v | \eta | -a_{M1_min})$ の点灯色 Cs の尤度 η が閾値 η_th4 未満の場合に $100 \cdot \beta$ % となる。

【0121】

図 14 には、また、閾値 η_th6 よりも左側に 2 種類の軌跡が描かれている。実線で示す軌跡（第 3. 1 のケース）は、点灯色 Cs の検出が正しい場合の接近過程を表している。破線で示す軌跡（第 3. 2 のケース）は、この検出が実は誤りであった場合の接近過程を表している。第 3. 1 および第 3. 2 のケースの軌跡の始端は、第 3 のケースの軌跡の末端に繋がっている。故に、第 1、第 2 および第 3 のケースを比較すると、第 3 のケースでは車両 M1 の走行挙動に対する違和感が抑えられる。

【0122】

2. 2. 3 効果

以上説明した実施の形態 2 の特徴によれば、上記実施の形態 1 の特徴による効果と同等の効果を得ることができる。すなわち、点灯色 Cs の検出が不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0123】

2. 3 車両制御システム

次に、上述した特徴的な処理を含む自動運転制御を実行するためのシステムの構成例について説明する。

【0124】

2. 3. 1 システムの構成例

10

20

30

40

50

図15は、実施の形態2に係るシステム2の構成例を示すブロック図である。図15に示すように、システム2は、GNSS（Global Navigation Satellite System）受信器21と、地図データベース22と、ECU23と、減速度マップ24と、を備えている。内界センサ11および外界センサ12は、図8に示したシステム1の構成例と共通する。

【0125】

GNSS受信器21は、3個以上の人工衛星からの信号を受信する装置である。GNSS受信器21は、車両M1の位置の情報を取得する装置でもある。GNSS受信器21は、受信した信号に基づいて、車両M1の位置および姿勢（方位）を算出する。GNSS受信器21は、算出した情報をECU23に送信する。

【0126】

地図データベース22は、地図情報を記憶するデータベースである。地図情報としては、道路の位置情報、道路形状の情報（例えば、カーブ、直線の種別、カーブの曲率）、交差点および分岐点の位置情報、および、構造物の位置情報が例示される。地図情報には、交通規制情報も含まれている。交通規制情報としては、道路の位置情報と関連付けられた法定速度が例示される。地図情報には、自動運転制御を実行可能な領域の情報が含まれていてもよい。地図データベース22は、車両に搭載された記憶装置（例えば、ハードディスク、フラッシュメモリ）内に形成されている。地図データベース22は、車両と通信可能な施設（例えば、管理センタ）のコンピュータ内に形成されていてもよい。

【0127】

車両M1の位置および姿勢の情報、および、地図情報は、車両M1の走行環境情報に含まれる。つまり、GNSS受信器21および地図データベース22は、“走行環境情報を取得する取得装置”に含まれる。

【0128】

ECU23のハードウェア構成は、図8で説明したECU13のそれと同じである。ECU23の機能構成の詳細については、項目“2.3.2”において述べる。

【0129】

減速度マップ24は、減速対象OBJの状態と、減速度 $-a_{M1}$ との関係を規定したセルマップである。減速度マップ24の基本的な構成は図9で説明した減速度マップ14のそれと同じである。すなわち、減速度マップ24のセル (d_i, v_j) のそれぞれには、減速度 $-a_{M1}$ が付与されている。また、セル (d_i, v_j) のそれぞれは、境界減速度によって4つの区分領域に振り分けられている。

【0130】

2.3.2 ECUの構成例

図15に示すように、ECU23は、要求減速度計算部231と、走行方針決定部232と、停止線計算部233と、信号機検出部234と、尤度計算部235と、走行計画部236と、を備えている。走行制御部136は、図8に示したECU13が有する機能と共通する。これらの機能ブロックは、ECU23のプロセッサがメモリに格納された各種の制御プログラムを実行することにより実現される。以下、説明の便宜上、要求減速度計算部231、走行方針決定部232等を、“計算部231”、“決定部232”等と省略して称す。

【0131】

計算部231は、減速度 $-a_{M1}$ の要求値を計算する。要求値の計算は、減速度マップ24の参照により行われる。減速度マップ24の参照は、減速対象OBJの状態の情報をを用いて行われる。このように、計算部231による要求値の計算は、図8で説明した計算部131による要求値の計算と基本的に同じである。計算部231は、要求値を決定部232に送信する。

【0132】

決定部232は、走行方針を決定する。決定部232は、先ず、計算部231から送信された要求値に基づいて、最小値 $-a_{M1_min}$ を特定する。決定部232は、続いて、最小値 $-a_{M1_min}$ を有するセル（実施の形態2の以下の説明において、“最小値

10

20

30

40

50

セル”と称す。)が属する区分領域に基づいて、下記(i)～(iv)のうちの何れかを走行方針として決定し、計画部236に送信する。

(i) 最小値 $-a_{M1_min}$ で車両M1を即時減速する

(ii) 現在の加速度または減速度を維持する

(iii) 最小値セルの点灯色Csの尤度 η が閾値 η_{th5} 以上となるまで減速の開始を先送りする

(iv) 最小値セルの点灯色Csの尤度 η が閾値 η_{th4} 以上の場合は最小値 $-a_{M1_min}$ で車両M1を即時減速し、そうでない場合は尤度 η に応じて最小値 $-a_{M1_min}$ を変更して減速する

【0133】

図16は、最小値セルが属する区分領域の特定例を説明する図である。図16には、第1および第2のケースが示されている。これらのケースでは、何れも、減速度 $-a(d_i, v_j)$ のみが要求値に該当する。この理由は、信号機TSの状態の尤度 η は十分に高いことが期待されるためである。故に、減速度 $-a(d_i, v_j)$ は、最小値 $-a_{M1_min}$ に該当する。そして、最小値 $-a_{M1_min}$ と境界減速度を比較すれば、4つの区分領域の何れかに最小値 $-a_{M1_min}$ が振り分けられる。

【0134】

計算部233は、車両M1から停止線SLまでの距離(すなわち、距離d)を計算する。距離dは、車両M1の位置情報および地図情報に基づいて計算される。車両M1の位置情報は、GNSS受信器21から取得される。地図情報は、地図データベース22から取得される。

【0135】

検出部234は、信号機TSの点灯状態(青、黄、赤または不明)を検出する。点灯状態は、例えば、次のように検出される。まず、カメラによって撮像された画像の中から、信号機TSが抽出される。そして、抽出した信号機TSの輝度に基づいて、点灯状態が判定される。赤の輝度が最も高い場合、点灯状態は赤であると判定される。検出部234は、検出した点灯状態の情報を計算部231および235に送信する。

【0136】

計算部235は、点灯色Csの尤度 η を計算する。点灯色Csの尤度 η は、例えば、信号機TSの輝度に基づいて赤または黄信号が正しく検出される確率 p を変数とする尤度モデルの確率 L として計算される。計算部235は、計算した点灯色Csの尤度 η を計画部236に送信する。

【0137】

計画部236は、自動運転の走行計画を立案する。計画部236の基本的な機能は、図8で説明した計画部135のそれと同じである。計画部236は、決定部232から走行方針を受信した場合、計算部235からの点灯色Csの尤度 η を適宜参照して、目標位置での走行状態の情報を更新する。計画部236は、走行状態の情報を含む走行軌道TPの情報を、制御部136に送信する。

【0138】

2.4 ECUによる処理例

図17は、自動運転制御を実行するためにECU23が行う処理の流れを説明するフローチャートである。図17に示すルーチンにおいて、ECU23は、まず、走行環境情報を取得する(ステップS21)。ECU23は、具体的に、車両M1の走行状態の情報と、車両M1の周辺の状況の情報を取得する。また、ECU23は、車両M1の位置情報と地図情報を取得する。

【0139】

ステップS21の処理に続いて、ECU23は、信号機TSおよび停止線SLが検出されたか否かを判定する(ステップS22)。ECU23は、具体的に、ステップS21の処理において取得した情報に、信号機TSおよび停止線SLの情報が含まれるか否かを判定する。ステップS22の処理の判定結果が否定的な場合、ECU23はステップS26

10

20

30

40

50

の処理に進む。

【0140】

ステップS22の処理の判定結果が肯定的な場合、ECU23は、点灯色Csの尤度 η を計算する(ステップS23)。ECU23は、具体的に、カメラによって撮像された画像の中から信号機TSを抽出し、点灯色Csの尤度 η を計算する。

【0141】

ステップS23の処理に続いて、ECU23は、要求減速度を計算する(ステップS24)。ECU23は、具体的に、信号機TSから車両M1までの距離d、および、車両M1に対する信号機TSの相対速度vを用いた減速度マップ24の参照により、要求減速度(すなわち、減速度 $-a_{M1}$ の要求値)を計算する。

10

【0142】

ステップS24の処理に続いて、ECU23は、走行方針を決定する(ステップS25)。ECU23は、具体的に、ステップS24の処理において計算された要求減速度を最小値 $-a_{M1_min}$ に設定する。続いて、ECU23は、最小値セルが属する区分領域を特定する。そして、ECU23は、特定した区分領域に基づいて走行方針を決定する。

【0143】

ステップS26において、ECU23は、走行計画を立案する。ECU23は、具体的に、所定時間を経過する毎に走行軌道TPを繰り返し設定する。ステップS25の処理において走行方針が決定された場合は、ステップS23の処理において計算した尤度 η を適宜参照し、最小値 $-a_{M1_min}$ を0~100%の反映率で目標加速度 a_{M1_tgt} に反映させる。これにより、目標位置での走行状態の情報が更新される。

20

【0144】

3. 実施の形態3

次に、図18乃至21を参照しながら実施の形態3について説明する。なお、上記実施の形態1の説明と重複する説明については適宜省略される。

【0145】

3.1 前提

図18は、実施の形態3が前提とする状況を説明する図である。図18に示す車両M1には、実施の形態3に係る車両制御システム(実施の形態3の以下の説明において、“システム”とも称す。)が搭載されている。

30

【0146】

車両M1の前方、かつ、走行軌道TPの側方には、動的物標MOが存在している。動的物標MOは、車両M1の最寄りの動的物標である。動的物標MOとしては、歩行者および自転車が例示される。動的物標MOと車両M1の間に、動的または静的障害物は存在しない。動的または静的障害物が存在する状況は、図1で説明した状況に該当する。動的物標MOと車両M1の間に、信号機TSは存在しない。信号機TSが存在する状況は、図12で説明した状況に該当する。

【0147】

図18の上段、中段および下段は、動的物標MOの側方に車両M1が徐々に近づく過程を表している。図18の上段、中段および下段の違いは、予定時間ETにある。予定時間ETは、走行軌道TPに沿って走行する車両M1が動的物標MOの側方に到達する予定の時間である。

40

【0148】

動的物標MOが所定の速度分布モデルに従って移動すると仮定する。そうすると、予定時間ETが経過するまでに動的物標MOが存在する可能性のある範囲が、動的物標MOの存在確率に応じた広がりをもって同心円状に描かれる。ここで、それぞれの円の円周と、予定時間ETの経過時における車両M1の所定位置(例えば、車両M1の左前方部の位置)との交点を考える。そうすると、交点が得られるということは、予定時間ETが経過するまでに走行軌道TPに侵入した動的物標MOが、減速対象OBJとなる可能性があることを意味する。

50

【0149】

現在の車両M1の所定位置から交点までの距離は、実施の形態1で説明した車両M1から車両M2までの距離dと同列に扱うことができる。図18に示す例では、予定時間ETが e_{t1} である場合の距離dとして、距離 $d_{i_e_{t1}}$ 、 $d_{j_e_{t1}}$ および $d_{k_e_{t1}}$ が表されている。また、予定時間ETが e_{t2} である場合の距離dとして、距離 $d_{i_e_{t2}}$ および $d_{j_e_{t2}}$ が表されている。以下、予定時間ET($t_1, t_2, \dots$)ごとに計算される距離dを“距離 $d_{_e_{t}}$ ”と総称する。

【0150】

3.2 実施の形態3の特徴

動的植物標MOが減速対象OBJに該当する可能性がある場合、図2に示した減速度特性は、動的植物標MOが走行軌道TPに侵入すると仮定したときに計算される距離 $d_{_e_{t}}$ と、相対速度vとの関係図として理解される。また、図2に示した停止位置は、走行軌道TPに侵入した動的植物標MOから所定距離 d_0 だけ離れた後方の位置に置き換えられる。

【0151】

そして、これらの距離 $d_{_e_{t}}$ は、速度分布モデルに従って計算される動的植物標MOの存在確率に関連付けられる。そこで、実施の形態3では、予定時間ETが経過するまでに、走行軌道TP上の車両M1から距離 $d_{_e_{t}}$ だけ離れた位置に動的植物標MOが存在する確率を η で表す。実施の形態3の以下の説明では、予定時間ETが経過するまでの動的植物標MOの状態に対応する座標(d, v)のうち、走行軌道TP上の車両M1から距離 $d_{_e_{t}}$ だけ離れた位置に動的植物標MOが存在する確率が η である座標(d, v)を、“座標($d, v | \eta$)”と称す。

【0152】

3.2.1 走行方針の決定

走行方針の決定は、予定時間ETごとに行われる。予定時間ETごとに走行方針が決定されること以外は、実施の形態1の決定と同じである。以下、説明の便宜上、予定時間ETごとに特定される最小値 $-a_{M1_min}$ を“最小値 $-a_{M1_min_e_{t}}$ ”と総称する。また、予定時間ETを具体的に表す場合は、最小値 $-a_{M1_min}$ を“最小値 $-a_{M1_min_e_{t1}}$ ”等と称す。また、図4の説明を実施の形態3における走行方針の決定に援用する場合は、座標($d, v | \eta | -a_{M1_min_e_{t}}$)が属する相を“最小値相”と読み替える。

【0153】

3.2.2 走行方針の反映

走行方針の反映は、予定時間ETごとに決定した走行方針に従って行われる。予定時間ETごとに反映が行われること以外は、実施の形態1での反映と同じである。

【0154】

3.2.3 効果

以上説明した実施の形態3の特徴によれば、上記実施の形態1の特徴による効果と同等の効果を得ることができる。すなわち、近い将来において動的植物標MOが走行軌道TPに侵入するかどうかの不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0155】

3.3 車両制御システム

次に、上述した特徴的な処理を含む自動運転制御を実行するためのシステムの構成例について説明する。

【0156】

3.3.1 システムの構成例

図19は、実施の形態3に係るシステム3の構成例を示すブロック図である。図19に示すように、システム3は、ECU31を備えている。内界センサ11、外界センサ12および減速度マップ14は、図8に示したシステム1の構成例と共通する。

【0157】

ECU 31 のハードウェア構成は、図 8 で説明した ECU 13 のそれと同じである。ECU 31 の機能構成の詳細については、項目 “ 3. 3. 2 ” において述べる。

【0158】

3. 3. 2 ECU の構成例

図 19 に示すように、ECU 31 は、要求減速度計算部 311 と、走行方針決定部 312 と、物標検出部 313 と、予定時間計算部 314 と、位置分布計算部 315 と、確率計算部 316 と、走行計画部 317 と、を備えている。走行制御部 136 は、図 8 に示した ECU 13 が有する機能と共通する。これらの機能ブロックは、ECU 31 のプロセッサがメモリに格納された各種の制御プログラムを実行することにより実現される。以下、説明の便宜上、要求減速度計算部 311、走行方針決定部 312 等を、“ 計算部 311 ”、“ 決定部 312 ” 等と省略して称す。

【0159】

計算部 311 は、減速度 $-a_{M1}$ の要求値を予定時間 ET ごとに計算する。要求値の計算は、減速度マップ 14 の参照により行われる。減速度マップ 14 の参照は、動的物標 MO が走行軌道 TP に侵入すると仮定したときに計算される距離 d_{et} 、および、相対速度 v （すなわち、 $-v_{M1}$ ）の情報を用いて行われる。計算部 311 による要求値の計算は、図 8 で説明した計算部 131 による要求値の計算と基本的に同じである。計算部 311 は、要求値を決定部 312 に送信する。

【0160】

決定部 312 は、走行方針を予定時間 ET ごとに決定する。決定部 312 は、まず、計算部 311 から送信された要求値に基づいて、最小値 $-a_{M1_min_et}$ を特定する。予定時間 ET_i において要求値が 1 つだけ存在する場合、この要求値が予定時間 ET_i に対応する最小値 $-a_{M1_min_et}$ である。要求値が 2 つ以上存在する場合、減速度 $-a_{M1}$ の値が最も小さい要求値が、予定時間 ET_i に対応する最小値 $-a_{M1_min_et}$ である。

【0161】

決定部 312 は、続いて、最小値 $-a_{M1_min_et}$ を有するセル（実施の形態 3 の以下の説明において、“ 最小値セル ” と称す。）を、予定時間 ET ごとに特定する。決定部 312 は、続いて、最小値セルが属する区分領域に基づいて、下記 (i) ~ (iv) のうちの何れかを走行方針として決定する。走行方針は、予定時間 ET ごとに決定される。決定部 312 は、決定した走行方針を計画部 317 に送信する。

- (i) 最小値 $-a_{M1_min_et}$ で車両 $M1$ を即時減速する
 - (ii) 現在の加速度または減速度を維持する
 - (iii) 最小値セルの確率 η が閾値 η_{th7} 以上となるまで減速の開始を先送りする
 - (iv) 最小値セルの確率 η に応じて最小値 $-a_{M1_min_et}$ を変更して減速する
- なお、閾値 η_{th7} は、動的物標 MO の存在に一定の確からしさが認められるときの確率 η に相当する。閾値 η_{th7} は、 $\eta_{th0} < \eta_{th7} < \eta_{th1}$ を満たす。

【0162】

図 20 は、最小値セルが属する区分領域の特定例を説明する図である。図 20 には、予定時間 ET が $et1$ および $et2$ である場合が示されている。予定時間 ET が $et1$ の場合は、減速度 $-a(d_{i_et1}, v_j)$ 、 $-a(d_{j_et1}, v_j)$ および $-a(d_{k_et1}, v_j)$ が要求値である。そのため、この場合は、これらの要求値のうち最も急減速側のものが、最小値 $-a_{M1_min_et1}$ である。そして、最小値 $-a_{M1_min_et1}$ と境界減速度を比較すれば、上述した 4 つの区分領域の何れかに最小値 $-a_{M1_min}$ が振り分けられる。

【0163】

ここで、合計 3 つの要求値が存在するということは、最小値 $-a_{M1_min_et1}$ の確率 η が閾値 η_{th0} および $th1$ の間にあることを示唆している。この示唆を考慮すると、最小値 $-a_{M1_min_et1}$ を有するセルが属する区分領域が、相 I ~ V のうちのどの相に対応しているかを特定できる。

10

20

30

40

50

【0164】

予定時間 $E T$ が $e t 2$ の場合は、予定時間 $E T$ が $e t 1$ の場合と同様の手法により最小値 $-a_{M1} - \min_{et2}$ が特定される。そして、最小値 $-a_{M1} - \min_{et2}$ と境界減速度の比較と、および、要求値の総数（この場合は、2つ）に基づいた推定と、によって、この最小値を有するセルが属する区分領域が特定される。

【0165】

検出部 313 は、外界センサ 12 が検出した情報に基づいて物標を検出する。検出部 313 は、検出した物標の情報から動的物標 $M O$ の状態の情報を抽出する。抽出される情報には、動的物標 $M O$ の位置の情報が少なくとも含まれる。抽出される情報に位置の情報が含まれていれば、動的物標 $M O$ の位置分布を計算できる。抽出される情報には、動的物標 $M O$ の移動速度 v_{MO} の情報と、動的物標 $M O$ の姿勢の情報が含まれてもよい。抽出される情報にこれらの情報が含まれている場合は、位置分布の計算の精度が向上する。検出部 313 は、また、抽出した情報を計算部 314 および 315 に送信する。

10

【0166】

計算部 314 は、予定時間 $E T$ を計算する。予定時間 $E T$ は、例えば、動的物標 $M O$ の位置から車両 $M 1$ の基準位置までの距離と、走行速度 v_{M1} とに基づいて計算される。計算部 314 は、予定時間 $E T$ の情報を計算部 315 に送信する。

【0167】

計算部 315 は、位置分布を計算する。位置分布は、動的物標 $M O$ の位置を速度分布モデルに適用することで計算される。計算部 315 は、計算した位置分布（すなわち、動的物標 $M O$ の位置の誤差を表す分布）を計算部 316 に送信する。計算部 315 は、また、計算した位置分布と、予定時間 $E T$ と、走行軌道 $T P$ とに基づいて、距離 d_{et} を計算する。計算部 315 は、計算した距離 d_{et} を計算部 311 および決定部 312 に送信する。

20

【0168】

計算部 316 は、計算部 315 からの位置分布に基づいて、走行軌道 $T P$ 上の車両 $M 1$ から距離 d_{et} だけ離れた位置に動的物標 $M O$ が存在する確率 η を計算する。計算部 316 は、計算した確率 η を走行計画部 317 に送信する。

【0169】

計画部 317 は、自動運転の走行計画を立案する。計画部 317 の基本的な機能は、図 8 で説明した計画部 135 のそれと同じである。すなわち、計画部 317 は、決定部 312 から走行方針を受信した場合、計算部 316 からの確率 η を適宜参照して、目標位置での走行状態の情報を変更する。計画部 317 は、走行状態の情報を含む走行軌道 $T P$ の情報を、制御部 136 に送信する。

30

【0170】

3.4 ECU による処理例

図 21 は、自動運転制御を実行するために ECU 31 が行う処理の流れを説明するフローチャートである。図 21 に示すルーチンにおいて、ECU 31 は、先ず、物標を検出する（ステップ S31）。ステップ S31 の処理は、図 11 に示したステップ S11 の処理と同じである。

40

【0171】

ステップ S31 の処理に続いて、ECU 31 は、動的物標 $M O$ が検出されたか否かを判定する（ステップ S32）。ECU 31 は、具体的に、ステップ S31 の処理において検出された物標の情報に、動的物標 $M O$ の位置の情報が含まれるか否かを判定する。ステップ S32 の処理の判定結果が否定的な場合、ECU 31 はステップ S38 の処理に進む。

【0172】

ステップ S32 の処理の判定結果が肯定的な場合、ECU 31 は、予定時間 $E T$ を計算する（ステップ S33）。ECU 31 は、具体的に、動的物標 $M O$ の位置から車両 $M 1$ の基準位置までの距離と、走行速度 v_{M1} とに基づいて予定時間 $E T$ を計算する。

【0173】

50

ステップ S 3 3 の処理に続いて、E C U 3 1 は、位置分布を計算する（ステップ S 3 4）。E C U 3 1 は、具体的に、動的物標 M O の位置を速度分布モデルに適用して位置分布を計算する。E C U 3 1 は、また、計算した位置分布と、ステップ S 3 3 の処理において計算された予定時間 E T と、走行軌道 T P とに基づいて、距離 d_et を計算する。

【0174】

ステップ S 3 4 の処理に続いて、E C U 3 1 は、確率 η を計算する（ステップ S 3 5）。E C U 3 1 は、具体的に、ステップ S 3 4 の処理において計算された位置分布に基づいて、走行軌道 T P 上の車両 M 1 から距離 d_et だけ離れた位置に動的物標 M O が存在する確率 η を計算する。

【0175】

ステップ S 3 5 の処理に続いて、E C U 3 1 は、要求減速度を計算する（ステップ S 3 6）。E C U 3 1 は、具体的に、ステップ S 3 4 の処理において計算された距離 d_et と、相対速度 v とを用いた減速度マップ 1 4 の参照により、要求減速度を計算する。

【0176】

ステップ S 3 6 の処理に続いて、E C U 3 1 は、走行方針を決定する（ステップ S 3 7）。ステップ S 3 7 の処理は、図 1 1 に示したステップ S 1 5 の処理と同じである。

【0177】

ステップ S 3 8 において、E C U 3 1 は、走行計画を立案する。ステップ S 3 8 の処理は、図 1 1 に示したステップ S 1 6 の処理と同じである。

【0178】

4. 実施の形態 4

次に、図 2 2 乃至 2 4 を参照しながら実施の形態 4 について説明する。なお、上記実施の形態 1 または 3 の説明と重複する説明については適宜省略される。

【0179】

4. 1 前提

図 2 2 は、実施の形態 4 が前提とする状況を説明する図である。図 2 2 に示す車両 M 1 には、実施の形態 4 に係る車両制御システム（実施の形態 4 の以下の説明において、“システム”とも称す。）が搭載されている。

【0180】

車両 M 1 の前方、かつ、走行軌道 T P の側方には、遮蔽物 S O が存在している。遮蔽物 S O は、車両 M 1 の最寄りの遮蔽物である。遮蔽物 S O としては、ガードレールおよび建物が例示される。遮蔽物 S O と車両 M 1 の間に、動的または静的障害物は存在しない。動的または静的障害物が存在する状況は、図 1 で説明した状況に該当する。遮蔽物 S O と車両 M 1 の間に、信号機 T S は存在しない。信号機 T S が存在する状況は、図 1 2 で説明した状況に該当する。遮蔽物 S O と車両 M 1 の間に、動的物標 M O は存在しない。動的物標 M O が存在する状況は、図 1 8 で説明した状況に該当する。

【0181】

遮蔽物 S O の奥側には、レーザ光が到達することのできない遮蔽領域 S R が形成されている。遮蔽領域 S R には、仮想動的物標 V M O が存在していると仮定する。仮想動的物標 V M O は、システムが遮蔽領域 S R に仮想的に設定した動的物標である。仮想動的物標 V M O としては、歩行者および自転車が例示される。動的物標 M O と同様に、仮想動的物標 V M O は、速度分布モデルに従って移動する。

【0182】

4. 2 実施の形態 4 の特徴

上記実施の形態 3 では、動的物標 M O が減速対象 O B J に該当する可能性があるため、図 2 に示した減速度特性を動的物標 M O に適用した。実施の形態 4 では、この動的物標 M O を仮想動的物標 V M O に置き換え、図 2 に示した減速度特性を仮想動的物標 V M O に適用する。実施の形態 4 の以下の説明では、予定時間 E T が経過するまでの仮想動的物標 V M O の状態に対応する座標（ d ， v ）のうち、走行軌道 T P 上の車両 M 1 から距離 d_et だけ離れた位置に仮想動的物標 V M O が存在する確率が η である座標（ d ， v ）を、“

座標 (d, v | η) ”と称す。

【0183】

4. 2. 1 走行方針の決定

走行方針の決定は、予定時間 E T ごとに行われる。つまり、走行方針の決定は、実施の形態 3 でのそれと同じである。

【0184】

4. 2. 2 走行方針の反映

走行方針の反映は、予定時間 E T ごとに決定した走行方針に従って行われる。つまり、走行方針の決定も、実施の形態 3 でのそれと同じである。

【0185】

4. 2. 3 効果

以上説明した実施の形態 4 の特徴によれば、上記実施の形態 3 の特徴による効果と同等の効果を得ることができる。すなわち、近い将来において仮想動的物標 V M O が走行軌道 T P に侵入するかどうか不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0186】

4. 3 車両制御システム

4. 3. 1 システムの構成例

図 2 3 は、実施の形態 4 に係るシステム 4 の構成例を示すブロック図である。図 2 3 に示すように、システム 4 は、E C U 4 1 を備えている。内界センサ 1 1、外界センサ 1 2 および減速度マップ 1 4 は、図 8 に示したシステム 1 の構成例と共通する。G N S S 受信器 2 1 および地図データベース 2 2 は、図 1 6 に示したシステム 2 の構成例と共通する。

【0187】

E C U 4 1 のハードウェア構成は、図 8 で説明した E C U 1 3 のそれと同じである。E C U 4 1 の機能構成の詳細については、項目“4. 3. 2”において述べる。

【0188】

4. 3. 2 E C U の構成例

図 2 3 に示すように、E C U 4 1 は、遮蔽領域計算部 4 1 1 を備えている。要求減速度計算部 3 1 1、走行方針決定部 3 1 2、予定時間計算部 3 1 4、位置分布計算部 3 1 5、確率計算部 3 1 6、走行計画部 3 1 7 および走行制御部 1 3 6 は、図 1 9 に示した E C U 3 1 が有する機能と共通する。これらの機能ブロックは、E C U 4 1 のプロセッサがメモリに格納された各種の制御プログラムを実行することにより実現される。以下、説明の便宜上、遮蔽領域計算部 4 1 1 を、“計算部 4 1 1”と省略して称す。

【0189】

計算部 4 1 1 は、遮蔽領域 S R を計算する。遮蔽領域 S R は、外界センサ 1 2 が検出した情報（より具体的には、ライダーからの点群情報）に基づいて検出される。計算部 4 1 1 は、車両 M 1 から遮蔽領域 S R までの距離を計算する。この距離は、点群情報に基づいて計算される。車両 M 1 の位置情報および地図情報に基づいて、遮蔽領域 S R の距離が計算されてもよい。遮蔽領域 S R が検出された場合、計算部 4 1 1 は、遮蔽領域 S R に仮想動的物標 V M O を設定する。設定した仮想動的物標 V M O の位置の情報を計算部 3 1 4 および 3 1 5 に送信する。

【0190】

4. 4 E C U による処理例

図 2 4 は、自動運転制御を実行するために E C U 4 1 が行う処理の流れを説明するフローチャートである。図 2 4 に示すルーチンにおいて、E C U 4 1 は、先ず、走行環境情報を取得する（ステップ S 4 1）。ステップ S 4 1 の処理は、図 1 7 に示したステップ S 2 1 の処理と同じである。

【0191】

ステップ S 4 1 の処理に続いて、E C U 4 1 は、遮蔽領域 S R が検出されたか否かを判定する（ステップ S 4 2）。E C U 4 1 は、具体的に、ステップ S 4 1 の処理において取

10

20

30

40

50

得された走行環境情報に基づいて、遮蔽領域SRが存在するか否かを判定する。ステップS42の処理の判定結果が否定的な場合、ECU41はステップS38の処理に進む。

【0192】

ステップS42の処理の判定結果が肯定的な場合、ECU41は、遮蔽領域SRに仮想動的物標VMOを設定する（ステップS43）。具体的に、ECU41は、走行軌道TPからの距離が最も短い位置に仮想動的物標VMOを設定する。ステップS43以降の処理については、図21で説明したとおりである。

【0193】

5. 実施の形態5

次に、図25乃至27を参照しながら実施の形態5について説明する。なお、上記実施の形態1または3の説明と重複する説明については適宜省略される。

【0194】

5. 1 前提

実施の形態5が前提とする状況は、実施の形態3または4のそれと同じである。以下では、実施の形態5が前提とする状況が、実施の形態3のそれと同じである場合について説明する。

【0195】

5. 2 実施の形態5の特徴

5. 2. 1 複数の走行軌道の候補（以下、“候補軌道”と称す。）の設定

図25は、実施の形態5の特徴を説明する図である。上記実施の形態1乃至4では、車両制御システムにより単一の走行軌道TPが設定された。これに対し、実施の形態5に係る車両制御システム（以下、“システム”とも称す。）は、候補軌道CPを2つ以上設定する。

【0196】

図25に示す例では、合計3本の候補軌道CP1、CP2およびCP3がシステムにより設定されている。候補軌道CP2は、システムにより走行軌道TPとして選択されている。そのため、システムが搭載された車両M1は、自動運転制御の実行により候補軌道CP2に沿って走行する予定である。ただし、図25には、車両M1の前方、かつ、候補軌道CP1の側方に動的物標MOが存在している。そこで、図18で説明した距離 d_{et} を、候補軌道CP1～3のそれぞれに適用する。

【0197】

図18で説明した交点が、候補軌道CP1～3のそれぞれにおいて得られるかどうかを検討する。そうすると、図25に示す例では、予定時間ETが et_1 の場合の距離 d_{et} として、距離 $d_{iet1cp1}$ 、 $d_{iet1cp2}$ 、 $d_{iet1cp3}$ 、 $d_{jet1cp1}$ 、 $d_{jet1cp2}$ 、 $d_{ket1cp1}$ および $d_{ket1cp2}$ が表される。また、予定時間ETが et_2 の場合の距離 d_{et} として、距離 $d_{iet2cp1}$ 、 $d_{iet2cp2}$ 、 $d_{jet2cp1}$ 、 $d_{jet2cp2}$ および $d_{ket2cp1}$ が表される。実施の形態5の以下の説明では、候補軌道CPと組み合わせて計算される距離 d_{et} を“距離 d_{etcp} ”と総称する。

【0198】

これらの距離 d_{etcp} は、速度分布モデルに従って計算される動的物標MOの存在確率に関連付けられる。そこで、実施の形態5では、予定時間ETが経過するまでに、それぞれの候補軌道CP上の車両M1から距離 d_{etcp} だけ離れた位置に動的物標MOが存在する確率を η とする。実施の形態5の以下の説明では、予定時間ETが経過するまでの動的物標MOの状態に対応する座標 (d, v) のうち、それぞれの候補軌道CP上の車両M1から距離 d_{etcp} だけ離れた位置に動的物標MOが存在する確率が η である座標 (d, v) を、“座標 $(d, v | cp | \eta)$ ”と称す。

【0199】

5. 2. 2 走行方針の決定

上記実施の形態3では、予定時間ETごとに走行方針が決定された。これに対し、実施

10

20

30

40

50

の形態 5 では、それぞれの候補軌道 CP と組み合わせた予定時間 ET ごとに走行方針が決定される。なお、予定時間 ET ごとに特定される最小値 $-a_{M1_min}$ を“最小値 $-a_{M1_min_et}$ ”と総称することは実施の形態 3 と同じである。また、図 4 の説明を実施の形態 5 における走行方針の決定に援用する場合は、座標 $(d, v | cp | \eta | -a_{M1_min_et})$ が属する相を“最小値相”と読み替える。

【0200】

5. 2. 3 走行方針の反映

それぞれの候補軌道 CP と組み合わせた予定時間 ET ごとに走行方針が決定される場合、予定時間 ET が同一の座標 $(d, v | cp | \eta | -a_{M1_min_et})$ が 2 つ以上特定される可能性がある。例えば、図 25 の上段の例では、最小値 $-a_{M1_min_et1}$ が候補軌道 $CP1 \sim 3$ のそれぞれにおいて特定される。そうすると、同一の予定時間 ET (すなわち、 $et1$) に対して“最小値相”が 3 つ存在することになる。図 25 の下段の例では、最小値 $-a_{M1_min_et2}$ が候補軌道 $CP1$ および 2 のそれぞれに対して特定される。そうすると、同一の予定時間 ET (すなわち、 $et2$) に対して“最小値相”が 2 つ存在することになる。

【0201】

そこで、実施の形態 5 では、同一の予定時間 ET を有する座標 $(d, v | cp | \eta | -a_{M1_min_et})$ が 2 つ以上特定される場合、最小値 $-a_{M1_min_et}$ の最適値を選択する。最適値の選択は、現在の目標加速度 a_{M1_tgt} との差 (以下、“加速度差”と称す。) を最小にする最小値 $-a_{M1_min_et}$ の探索により行われる。

【0202】

5. 2. 4 予定時間内の走行軌道の設定

最適値が選択された場合、最適値に対応する候補軌道 CP (以下、“候補軌道 CP_{OV} ”と称す。) が予定時間 ET 内の走行軌道 TP として設定される。図 26 は、走行軌道 TP の設定例を説明する図である。図 26 の上段に示す例では、動的物標 MO から最も離れた位置に候補軌道 $CP3$ が設定されている。そのため、予定時間 ET が $et1$ の場合に条件 (i) および (ii) が同時に満たされると、候補軌道 CP_{OV} として候補軌道 $CP3$ が選択される。そうすると、候補軌道 $CP3$ が走行軌道 TP に設定される。

【0203】

上段に示した例の直後における設定例が下段に示される。予定時間 ET が $et2$ になると、新たに設定された候補軌道 $CP1' \sim 3'$ に基づいて、候補軌道 CP_{OV} が選択される。この場合は、候補軌道 CP_{OV} として候補軌道 $CP2'$ が選択される。そうすると、候補軌道 $CP2'$ が走行軌道 TP に設定される。

【0204】

5. 2. 5 効果

以上説明した実施の形態 5 の特徴によれば、それぞれの候補軌道 CP と組み合わせた予定時間 ET ごとに走行方針が決定される。そして、条件 (i) および (ii) が同時に満たされた場合、候補軌道 CP_{OV} が走行軌道 TP として設定される。最適値は、加速度差を最小にする最小値 $-a_{M1_min_et}$ の探索により行われる。したがって、近い将来において動的物標 MO が走行軌道 TP に侵入するかどうかの不確かな場合であっても、走行安全と走行効率とを両立させた自動運転制御を行うことが可能となる。

【0205】

5. 3 車両制御システム

5. 3. 1 システムの構成例

図 27 は、実施の形態 5 に係るシステム 5 の構成例を示すブロック図である。図 27 に示すように、システム 5 は、 $ECU51$ を備えている。内界センサ 11、外界センサ 12 および減速度マップ 14 は、図 8 に示したシステム 1 の構成例と共通する。

【0206】

$ECU51$ のハードウェア構成は、図 8 で説明した $ECU13$ のそれと同じである。 $ECU51$ の機能構成の詳細については、項目“5. 3. 2”において述べる。

【0207】

5. 3. 2 ECUの構成例

図27に示すように、ECU51は、要求減速度計算部511と、走行方針決定部512と、候補軌道生成部513と、位置分布計算部514と、確率計算部515と、走行計画部516と、走行制御部517と、を備えている。物標検出部313および予定時間計算部314は、図19に示したECU31が有する機能と共通する。これらの機能ブロックは、ECU51のプロセッサがメモリに格納された各種の制御プログラムを実行することにより実現される。以下、説明の便宜上、要求減速度計算部511、走行方針決定部512等を、“計算部511”、“決定部512”等と省略して称す。

【0208】

計算部511は、減速度 $-a_{M1}$ の要求値を予定時間ETと候補軌道CPの組み合わせごとに計算する。要求値の計算は、減速度マップ14の参照により行われる。減速度マップ14の参照は、距離 d_{etcp} 、および、相対速度 v （すなわち、 $-v_{M1}$ ）の情報を用いて行われる。計算部511による要求値の計算は、図8で説明した計算部131による要求値の計算と基本的に同じである。計算部511は、要求値を決定部512に送信する。

【0209】

決定部512は、走行方針を予定時間ETごとに決定する。決定部512は、先ず、計算部511から送信された要求値に基づいて、最小値 $-a_{M1_min_etcp}$ を特定する。予定時間 ET_j が同一の複数の候補軌道CPに対して要求値が1つだけ存在する場合、この要求値が予定時間 ET_j に対応する最小値 $-a_{M1_min_et}$ である。要求値が2つ以上存在する場合、予定時間 ET_j に対応する最小値 $-a_{M1_min_et}$ を、候補軌道CPと組み合わせて特定する。

【0210】

決定部512は、続いて、最小値 $-a_{M1_min_et}$ を有するセル（実施の形態5の以下の説明において、“最小値セル”と称す。）を、予定時間ETごとに特定する。決定部512は、続いて、最小値セルが属する区分領域に基づいて、下記(i)～(iv)のうちの何れかを走行方針として決定する。

(i) 最小値 $-a_{M1_min_et}$ で車両M1を即時減速する

(ii) 現在の加速度または減速度を維持する

(iii) 最小値セルの確率 η が閾値 η_{th7} 以上となるまで減速の開始を先送りする

(iv) 最小値セルの確率 η に応じて最小値 $-a_{M1_min_et}$ を変更して減速する
上記(i)～(iv)の走行方針は、実施の形態3で説明したそれと同じである。

【0211】

生成部513は、複数の候補軌道CPを生成する。候補軌道CPのそれぞれは、現在の走行軌道TPに対して平行な曲線として設定される。現在の走行軌道TPの情報は、計画部516から取得されてもよいし、計画部516以外から取得されてもよい。生成部513は、生成した候補軌道CPのそれぞれを計算部511および決定部512に送信する。

【0212】

計算部514は、位置分布を計算する。位置分布は、動物的物標MOの位置を速度分布モデルに適用することで計算される。計算部514は、計算した位置分布を計算部515に送信する。計算部514は、また、計算した位置分布と、予定時間ETと、候補軌道CPとに基づいて、距離 d_{etcp} を計算する。計算部514は、計算した距離 d_{etcp} を計算部511および決定部512に送信する。

【0213】

計算部515は、計算部514からの位置分布に基づいて、候補軌道CP上の車両M1から距離 d_{etcp} だけ離れた位置に動物的物標MOが存在する確率 η を計算する。計算部515は、計算した確率 η を走行計画部516に送信する。

【0214】

計画部516は、自動運転の走行計画を立案する。計画部516の基本的な機能は、図

10

20

30

40

50

8で説明した計画部135のそれと同じである。すなわち、計画部516は、決定部512から走行方針を受信した場合、計算部515からの確率 η を適宜参照して、目標位置での走行状態の情報を変更する。ただし、予定時間 ET_j に対応する最小値 $a_{M1_min_et}$ が複数の候補軌道CPに対して特定されている場合、計画部516は、最適値を選択する。最適値を選択した場合、計画部16は、最適値に対応する候補軌道CPを予定時間ET内の走行軌道TPとして設定する。計画部516は、走行状態の情報を含む走行軌道TPの情報を、制御部517に送信する。

【0215】

制御部517は、走行軌道TPに沿って車両M1が走行するように、走行状態の情報に基づいて各種の走行装置の制御量を決定する。制御部517は、計画部516から新たな走行軌道TPの情報の入力があった場合、この新たな走行軌道TPに沿って車両M1が走行するように走行装置の制御量を決定する。

【符号の説明】

【0216】

1, 2, 3, 4, 5 車両制御システム

11 内界センサ

12 外界センサ

13, 23, 31, 41, 51 ECU

131, 231, 311, 511 要求減速度計算部

132, 232, 312, 512 走行方針決定部

133, 313 物標検出部

134, 235 尤度計算部

135, 236, 317, 516 走行計画部

136, 517 走行制御部

14, 24 減速度マップ

21 GNSS受信器

22 地図データベース

233 停止線計算部

234 信号機検出部

314 予定時間計算部

315, 514 位置分布計算部

316, 515 確率計算部

513 候補軌道生成部

411 遮蔽領域計算部

CP, CP1, CP2, CP3, CP1', CP2', CP3' 候補軌道

ET 予定時間

M1, M2 車両

MO 動的物標

SL 停止線

SO 遮蔽物

SR 遮蔽領域

TP 走行軌道

TS 信号機

VMO 仮想動的物標

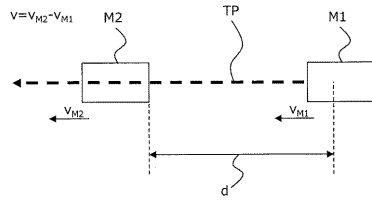
10

20

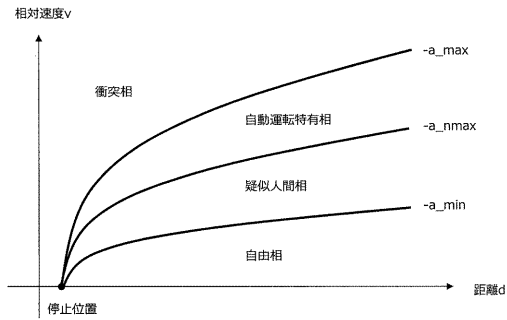
30

40

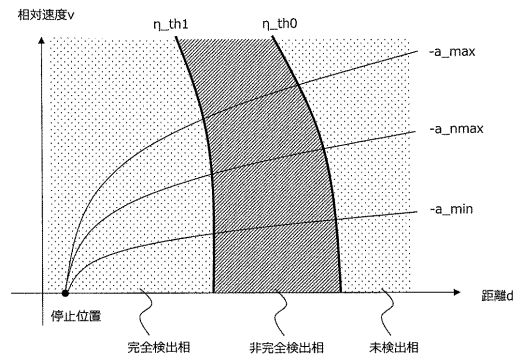
【図 1】



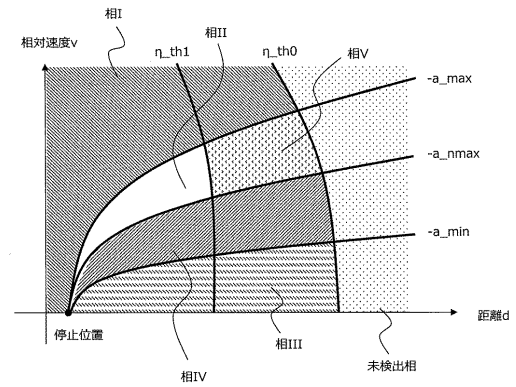
【図 2】



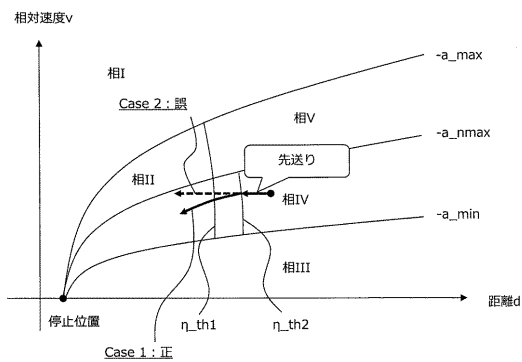
【図 3】



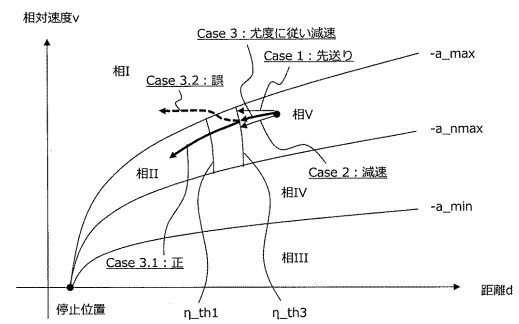
【図 4】



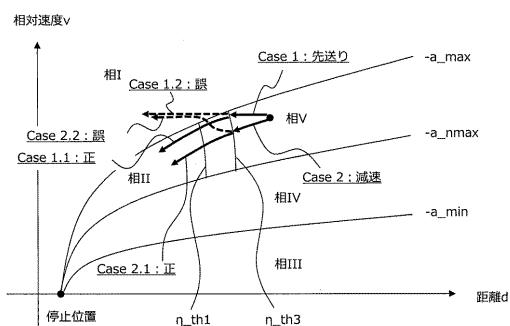
【図 5】



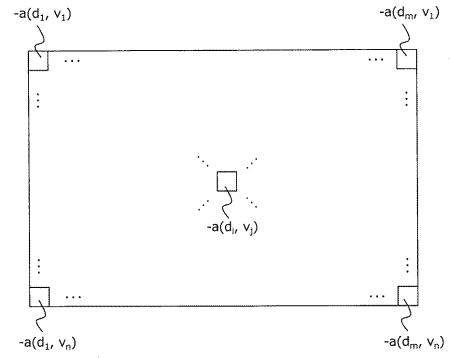
【図 7】



【図 6】



【图 9】


$$= \min\{-a(d_{i-1}, v_{j-1}), -a(d_{i-1}, v_j), -a(d_i, v_{j-1}), -a(d_i, v_j), -a(d_i, v_{j+1}), -a(d_{i+1}, v_{j-1}), -a(d_{i+1}, v_j)\}$$

【図 1 2】

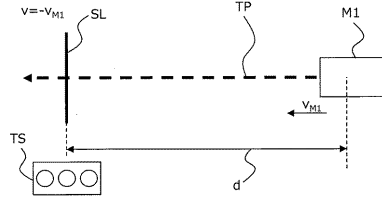
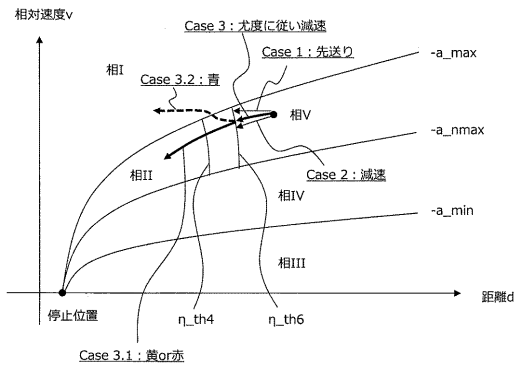
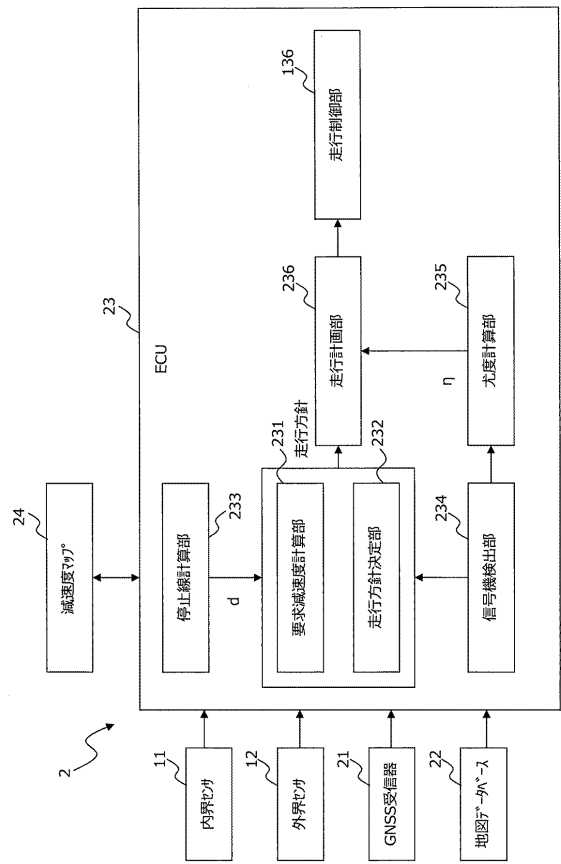


Figure 1 is a graph showing the relationship between relative velocity v (Y-axis) and distance d (X-axis). The graph illustrates the relationship between relative velocity and distance for different phases (相I, 相II, 相III, 相IV, 相V) and cases (Case 1: Yellow/Red, Case 2: Blue). Key points include the stop position (停止位置), thresholds η_{th4} and η_{th5} , and maximum/minimum relative velocities $-a_{max}$, $-a_{nmax}$, and $-a_{min}$. A box labeled "先送り" (Priority) is shown near the intersection of the curves.

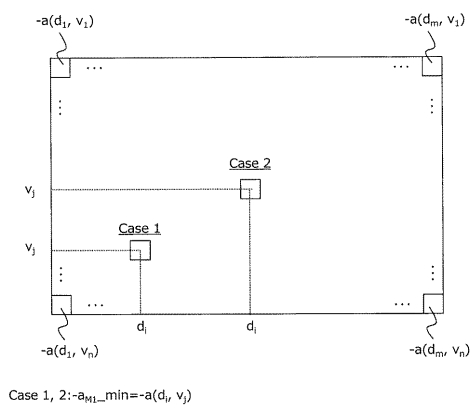
【図 1 4】



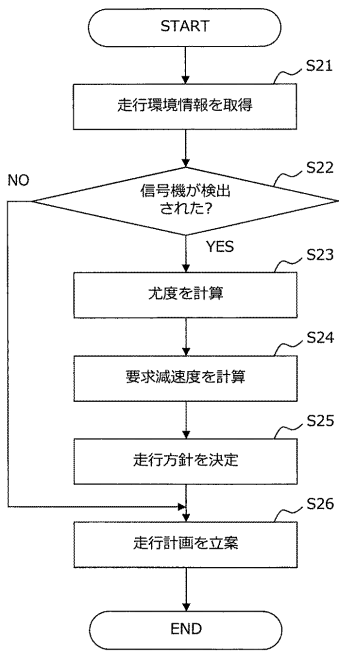
【図 1 5】



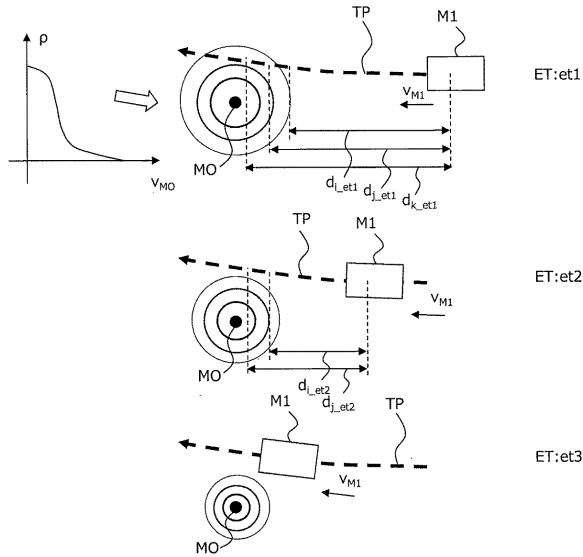
【図 1 6】



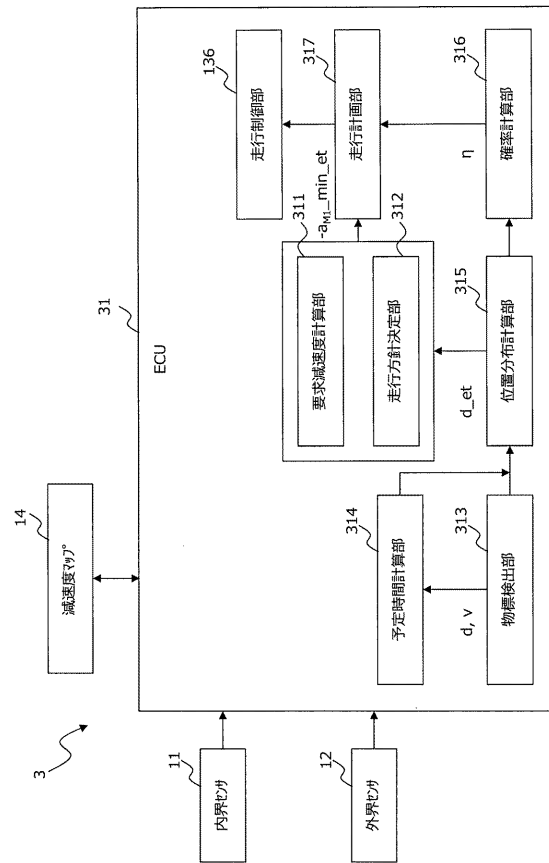
【図 1 7】



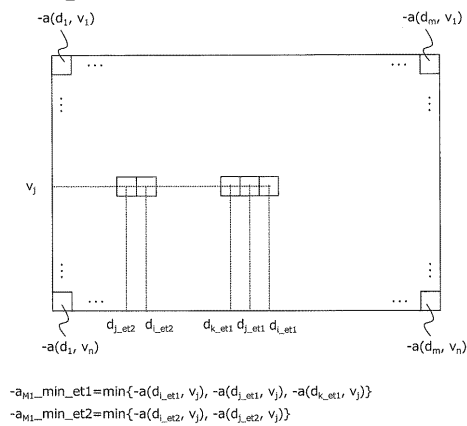
【図 18】



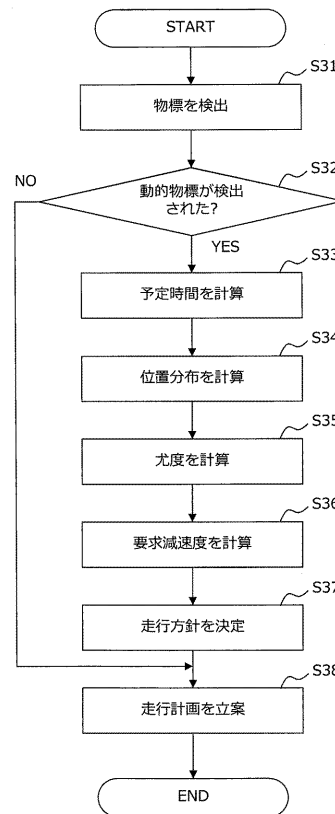
【図 19】



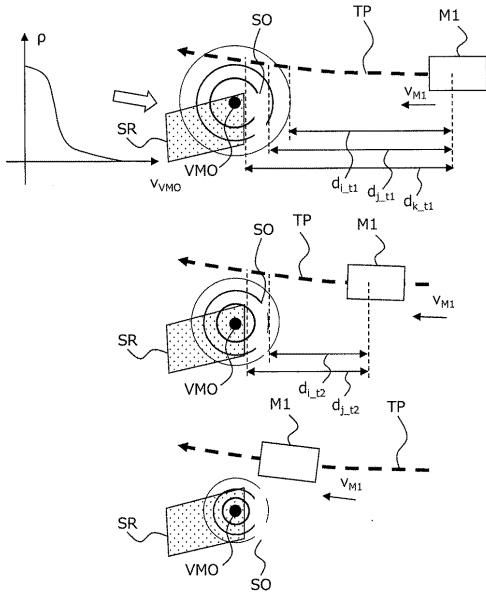
【図 20】



【図 21】



【図 2 2】

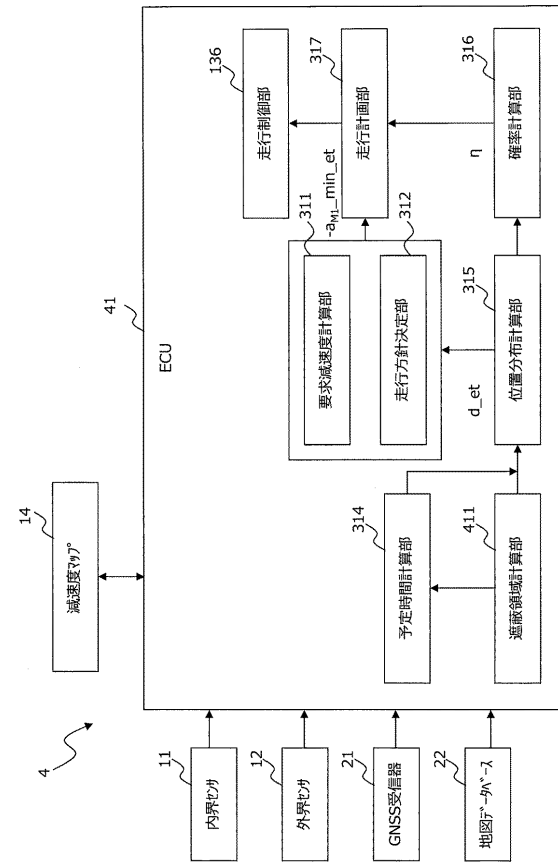


ET:et1

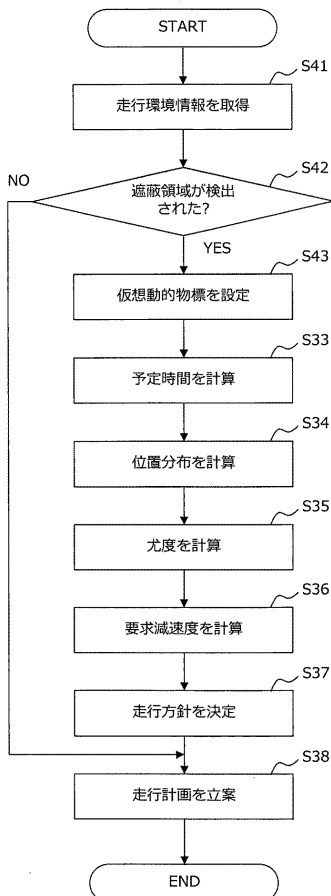
ET:et2

ET:et3

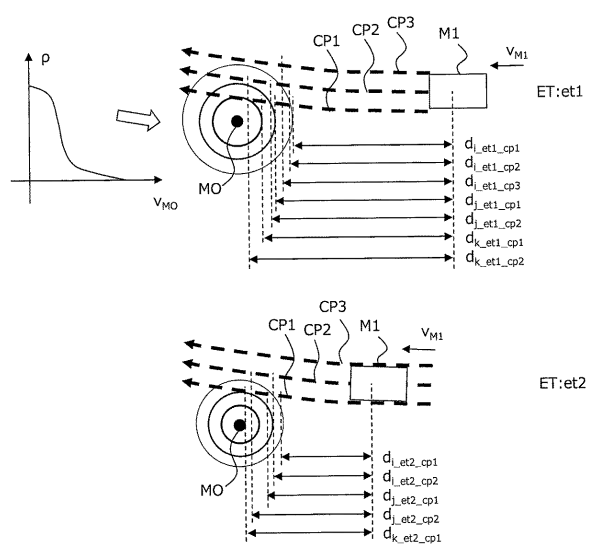
【図 2 3】



【図 2 4】



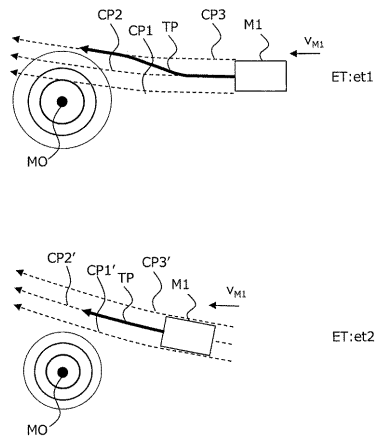
【図 2 5】



ET:et1

ET:et2

【図 26】



【図 27】

