

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7535648号
(P7535648)

(45)発行日 令和6年8月16日(2024.8.16)

(24)登録日 令和6年8月7日(2024.8.7)

(51)国際特許分類

F I

B 6 0 W 30/10 (2006.01)

B 6 0 W 30/10

請求項の数 12 (全33頁)

(21)出願番号	特願2023-505290(P2023-505290)	(73)特許権者	509186579
(86)(22)出願日	令和4年2月25日(2022.2.25)		日立 A s t e m o 株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/007969		茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地
(87)国際公開番号	WO2022/190910	(73)特許権者	391022614
(87)国際公開日	令和4年9月15日(2022.9.15)		学校法人幾徳学園
審査請求日	令和5年5月25日(2023.5.25)		神奈川県厚木市下荻野 1 0 3 0
(31)優先権主張番号	特願2021-39029(P2021-39029)	(74)代理人	100129425
(32)優先日	令和3年3月11日(2021.3.11)		弁理士 小川 護晃
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74)代理人	100168642
			弁理士 関谷 充司
		(72)発明者	佐藤 遊
			茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地
			日立 A s t e m o 株式会社内
		(72)発明者	山門 誠
			神奈川県厚木市下荻野 1 0 3 0 番地 神
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両制御装置、車両制御方法、目標軌道算出方法、及び車両

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力した情報に基づいて演算した結果を出力するコントロール部を備える車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも2次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、

前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、

前記新たな目標軌道座標データに基づいて車両の軌道を制御するよう構成され、

前記基本軌道座標データは、

前記原点からの弧長が小さい第1の基本軌道座標データと、

少なくとも前記第1の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第2の基本軌道座標データと、

を有し、

前記コントロール部は、

前記第1の基本軌道座標データに対応する第1曲率と、前記第2の基本軌道座標データに対応する第2曲率と、の差に基づいて前記第1の基本軌道座標データのオフセット量を求める、

車両制御装置。

【請求項 2】

入力した情報に基づいて演算した結果を出力するコントロール部を備える車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも 2 次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、

前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、

前記新たな目標軌道座標データに基づいて車両の軌道を制御するよう構成され、

前記基本軌道座標データは、

前記原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データと、

少なくとも前記第 1 の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データと、

を有し、

前記コントロール部は、

前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を、前記第 1 の基本軌道座標データ及び前記第 2 の基本軌道座標データに基づいて求める、

車両制御装置。

【請求項 3】

入力した情報に基づいて演算した結果を出力するコントロール部を備える車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも 2 次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、

前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、

前記新たな目標軌道座標データに基づいて車両の軌道を制御するよう構成され、

前記基本軌道座標データは、

前記原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データと、

少なくとも前記第 1 の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データと、

を有し、

前記コントロール部は、

前記第 2 の基本軌道座標データにおける曲率が左方向に増加している場合は、前記第 1 の基本軌道座標データに対して、右方向に前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求め、

前記第 2 の基本軌道座標データにおける曲率が右方向に増加している場合は、前記第 1 の基本軌道座標データに対して、左方向に前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求める、

車両制御装置。

【請求項 4】

入力した情報に基づいて演算した結果を出力するコントロール部を備える車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも 2 次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、

前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、

前記新たな目標軌道座標データに基づいて車両の軌道を制御するよう構成されるとともに、

前記車両の速度と前方注視時間の積で与えられる、前記車両から所定距離前方のコース上に設定された第1プレビューポイントでの曲率の時間変化がゼロであり、前記第1プレビューポイントより前記コース上の先に位置する第2プレビューポイントでの曲率の時間変化の絶対値が増加している場合、

前記曲率の時間変化がゼロのときから、前記第1プレビューポイントに対して、右方向または左方向に前記オフセット量を求める、

10

車両制御装置。

【請求項5】

車両に搭載されたコントロールユニットが実行する車両制御方法であって、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも2次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、

前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、

前記新たな目標軌道座標データに基づいて前記車両の軌道を制御する、

ことを含み、

20

前記基本軌道座標データは、

前記原点からの弧長が小さい第1の基本軌道座標データと、

少なくとも前記第1の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第2の基本軌道座標データと、

を有し、

前記第1の基本軌道座標データに対応する第1曲率と、前記第2の基本軌道座標データに対応する第2曲率と、の差に基づいて前記第1の基本軌道座標データのオフセット量を求める、

車両制御方法。

【請求項6】

30

車両に搭載されたコントロールユニットが実行する車両制御方法であって、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも2次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、

前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、

前記新たな目標軌道座標データに基づいて前記車両の軌道を制御する、

ことを含み、

前記基本軌道座標データは、

前記原点からの弧長が小さい第1の基本軌道座標データと、

40

少なくとも前記第1の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第2の基本軌道座標データと、

を有し、

前記第1の基本軌道座標データのオフセット量を、前記第1の基本軌道座標データ及び前記第2の基本軌道座標データに基づいて求める、

車両制御方法。

【請求項7】

車両に搭載されたコントロールユニットが実行する車両制御方法であって、

原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも2次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データ

50

に基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、
前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、
前記新たな目標軌道座標データに基づいて前記車両の軌道を制御する、
ことを含み、
前記基本軌道座標データは、
前記原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データと、
少なくとも前記第 1 の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データと、
を有し、
前記第 2 の基本軌道座標データにおける曲率が左方向に増加している場合は、前記第 1 の基本軌道座標データに対して、右方向に前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求め、
前記第 2 の基本軌道座標データにおける曲率が右方向に増加している場合は、前記第 1 の基本軌道座標データに対して、左方向に前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求める、
車両制御方法。

【請求項 8】

車両に搭載されたコントロールユニットが実行する車両制御方法であって、
原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも 2 次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、
前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、
前記新たな目標軌道座標データに基づいて前記車両の軌道を制御する、
ことを含み、
前記車両の速度と前方注視時間の積で与えられる、前記車両から所定距離前方のコース上に設定された第 1 プレビューポイントでの曲率の時間変化がゼロであり、前記第 1 プレビューポイントより前記コース上の先に位置する第 2 プレビューポイントでの曲率の時間変化の絶対値が増加している場合、
前記曲率の時間変化がゼロのときから、前記第 1 プレビューポイントに対して、右方向または左方向に前記オフセット量を求める、
車両制御方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の車両制御装置を搭載した車両。

【請求項 10】

請求項 2 に記載の車両制御装置を搭載した車両。

【請求項 11】

請求項 3 に記載の車両制御装置を搭載した車両。

【請求項 12】

請求項 4 に記載の車両制御装置を搭載した車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両制御装置、車両制御方法、目標軌道算出方法、及び車両に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 が開示する道路形状学習装置は、自車両がカーブを走行したと判定した場合、当該カーブの入口、中央及び出口に対応する自車両の位置を示す情報である入口座標、中央座標及び出口座標を抽出し、前記入口座標、前記中央座標及び前記出口座標を予め定

10

20

30

40

50

められている走行傾向に対応した補正值で補正した補正後入口座標、補正後中央座標及び補正後出口座標を求め、前記補正後入口座標、前記補正後中央座標及び前記補正後出口座標の各点を通る円弧の半径を算出し、当該半径を前記カーブにおける曲率半径として設定する。

そして、特許文献 1 の道路形状学習装置では、アウト・イン・アウトの走行傾向に対応してカーブ方向毎の補正值を設定することにより、処理の複雑化を招くことなく容易に道路の形状を学習することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【文献】特開 2011-203240 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来では、道路形状とアウト・イン・アウトラインとの対応規則が明確ではなく、目標軌道に沿って車両を走行させる車両運動制御を実施する場合、エキスパートドライバが操舵する場合と同様なアウト・イン・アウトラインを実現した目標軌道を得ることができないおそれがあった。

【0005】

本発明は、従来の実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、エキスパートドライバが操舵する場合と同様なアウト・イン・アウトラインを実現した目標軌道を得ることができる、車両制御装置、車両制御方法、目標軌道算出方法、及び車両を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、その 1 つの態様において、原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも 2 次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データに基づいて、前記基本軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を求め、前記基本軌道座標データ毎に前記オフセット量を加えることで、新たな目標軌道座標データを求め、前記新たな目標軌道座標データに基づいて車両の軌道を制御するものであって、前記基本軌道座標データは、前記原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データと、少なくとも前記第 1 の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データと、を有し、前記第 1 の基本軌道座標データに対応する第 1 曲率と、前記第 2 の基本軌道座標データに対応する第 2 曲率と、の差に基づいて前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求める。

30

また、本発明の別の態様によれば、前記基本軌道座標データは、前記原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データと、少なくとも前記第 1 の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データと、を有し、前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を、前記第 1 の基本軌道座標データ及び前記第 2 の基本軌道座標データに基づいて求める。

40

また、本発明の別の態様によれば、前記基本軌道座標データは、前記原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データと、少なくとも前記第 1 の基本軌道座標データよりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データと、を有し、前記第 2 の基本軌道座標データにおける曲率が左方向に増加している場合は、前記第 1 の基本軌道座標データに対して、右方向に前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求め、前記第 2 の基本軌道座標データにおける曲率が右方向に増加している場合は、前記第 1 の基本軌道座標データに対して、左方向に前記第 1 の基本軌道座標データのオフセット量を求める。

また、本発明の別の態様によれば、前記車両の速度と前方注視時間の積で与えられる、前記車両から所定距離前方のコース上に設定された第 1 プレビューポイントでの曲率の時間変化がゼロであり、前記第 1 プレビューポイントより前記コース上の先に位置する第 2

50

プレビューポイントでの曲率の時間変化の絶対値が増加している場合、前記曲率の時間変化がゼロのときから、前記第1プレビューポイントに対して、右方向または左方向に前記オフセット量を求める。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、エキスパートドライバが操舵する場合と同様なアウト・イン・アウトラインを実現した目標軌道を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】緩和曲線を説明するための図である。

10

【図2】弧長パラメータと曲率の関係を示す図である。

【図3】車両の横加加速度及び曲率の変化率と、カーブ進入、カーブ脱出との相関を示す図である。

【図4】前方の車線中央線のデータが既知である場合の曲率を説明する図である。

【図5】2つのカーブを含む複合コース(A)、(B)を示す図である。

【図6A】図5のコース(A)に対するアウト・イン・アウトラインを示す図である。

【図6B】図5のコース(B)に対するアウト・イン・アウトラインを示す図である。

【図7】Preview G-Vectoring制御の概念を示す図である。

【図8】道路曲率の時間変化に基づく加減速モデルの概念図である。

【図9A】カーブ進入前からの減速を示す図であって、プレビューポイント(preview point)の時間変化を示す図である。

20

【図9B】カーブ進入前からの減速を示す図であって、プレビューポイントでの曲率と減速指令との相関を示す図である。

【図9C】カーブ進入前からの減速を示す図であって、前後加速度と横加速度との相関を示す線図である。

【図10A】カーブ脱出前からの加速を示す図であって、プレビューポイントの時間変化を示す図である。

【図10B】カーブ脱出前からの加速を示す図であって、プレビューポイントでの曲率と加速指令との相関を示す図である。

【図10C】カーブ脱出前からの加速を示す図であって、前後加速度と横加速度との相関を示す線図である。

30

【図11】車線中央線からのオフセット指令値と加減速指令との相関を示す図である。

【図12A】左カーブでのオフセットを示す図であって、左カーブ進入前における自車位置からのオフセットを示す図である。

【図12B】左カーブでのオフセットを示す図であって、車線中央線の地点情報を示す図である。

【図13】右カーブ進入前における自車位置からのオフセットを示す図である。

【図14】オフセット量に基づき補正後の目標軌道を生成する方法を示す図である。

【図15】オフセット量を曲率のオフセット量とする場合の計算方法を示す図である。

【図16】サーキットトラック型のコースについてオフセット量を計算して目標軌道を生成した例を示す図である。

40

【図17】数式14を用い、サーキットトラック型のコースについてオフセット量を計算して目標軌道を生成した例を示す図である。

【図18A】図6Aに示したコース(A)について第2実施形態の計算方法を適用して目標軌道を計算した結果を示す図である。

【図18B】図6Bに示したコース(B)について第2実施形態の計算方法を適用して目標軌道を計算した結果を示す図である。

【図19】複雑なコースに対してプレビューポイントまでの距離を変更したときの目標軌道の計算結果を示す図である。

【図20】複雑なコースに対してオフセットゲインを変更したときの目標軌道の計算結果

50

を示す図である。

【図 2 1】本発明の目標軌道算出方法を用いる制御装置及び車両を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明に係る車両制御装置、車両制御方法、目標軌道算出方法、及び車両の実施形態を説明する。

なお、本発明は、車両の自動運転において、車線或いは走行可能なエリアの中央からオフセットした目標軌道、詳細には、エキスパートドライバが操舵する場合と同様なアウト・イン・アウトラインを実現した目標軌道を、連続的に算出する機能を備えることを特徴とする。

【0010】

近年、自動運転の研究は活発化しており、「ぶつからない」を学習する人工知能を搭載した自動運転車両、先読み運転による危険予知アルゴリズムの開発、エキスパートドライバと同等以上の危険予測知能の実現、それを用いた乗り心地の良い自動運転の実現などの題目が提案されている。

また、自動運転の公道実証実験も各種行われているが、センサ情報に基づいて車線の中央を走り続けるという技術の検証に留まっている。

【0011】

一方、自動運転車両の差別化技術として、乗り心地向上という課題がある。

ここでの乗り心地とは、路面凹凸による上下振動などではなく、従来ドライバが行っていた運転操作によって発生する車両運動に対する乗り心地のことであり、エキスパートドライバが運転したときの車両運動を実現することが、乗り心地のよい自動運転と見做すことができる。

【0012】

但し、エキスパートドライバのような滑らかな違和感の少ない運転を実現するために、自動運転車両の舵角を決定するドライバモデルをエキスパートドライバモデルとしても、乗り心地は必ずしも向上しない。

ある速度で旋回する車両の横加速度は車両軌道で決まり、前後加速度は加減速指令で決まり、これに伴って、車体ばね上姿勢であるロール運動、ピッチ運動が発生する。

【0013】

そして、これらが複合的に組み合わさったものが乗り心地であるため、車線中央を同じ速度で走った場合は、略同等な乗り心地となる。

つまり、許される範囲内での理想的な目標軌道、目標軌道を辿る速度を、道路形状、詳細には、道路の幅、車線中央の座標から決定することにより、乗り心地を向上することができ、車線中央座標（換言すれば、車線中央線）を辿ることが必ずしも理想的とは言えない。

【0014】

しかし、目標軌道の設定については、現状、マップデータとして記憶しておく、ビックデータを用いて AI に学習させるなどの方法が採用されているに過ぎない。

例えば、特開 2011-203240 号公報には、前述したように、アウト・イン・アウトの走行傾向に対応してカーブ方向毎の補正値を設定することにより、処理の複雑化を招くことなく容易に道路の形状を学習することができる、道路形状学習装置が開示されている。

【0015】

また、特開 2014-218098 号公報には、車両の走行可能領域を検出する走行可能領域検出装置と、前記走行可能領域検出装置が検出した前記走行可能領域を前記車両が走行するように生成される目標軌跡に基づいて、軌跡制御を実行する走行制御装置と、前記目標軌跡を生成する制御装置と、を備えた、運転支援装置が開示されている。

ここで、前記制御装置は、前記車両の進行方向先にカーブが存在する場合、前記車両の自車位置から、前記車両の車両速度に応じて設定される先読み距離分、進行方向先に位置

10

20

30

40

50

する前記カーブの道路中心を基準点として決定する。

そして、前記制御装置は、前記基準点における前記カーブの曲率半径に応じて設定される横変位分だけ、前記基準点からカーブ内側へオフセットした位置を目標点として決定し、前記自車位置と前記目標点を通るように前記目標軌跡を生成する。

【0016】

また、特開2019-189187号公報には、エキスパートドライバと同等な経路生成を行う、走行軌道設計方法及び車両運動制御装置が開示されている。

この走行軌道設計方法及び車両運動制御装置は、緩和曲線長を進む速度 V が小さくなるか、単位緩和曲線長 s だけ進むのに要する時間 t ($V = s / t$)が大きくなると、曲率 κ を大きい方向に変化させ、緩和曲線長を進む速度 V が大きくなるか、単位緩和曲線長 s だけ進むのに要する時間 t が小さくなると、曲率 κ を大きい方向に変化させる。

10

【0017】

上記特開2011-203240号公報には、実際の走行軌道データから地図データをアップデートする方法が開示されているが、その実際の走行軌道はドライバの操舵に依存したものとなり、乗り心地の向上に適したものであるという保証がない。

また、上記特開2011-203240号公報には、アウト・イン・アウトの走行傾向に対応してカーブ方向毎の補正値を設定するとの記載があるが、具体的にどのように定義されたものがアウト・イン・アウトで、それをどのように決定するのかという、具体的な算出方法が明確ではない。

20

【0018】

また、上記特開2014-218098号公報の運転支援装置では、進行方向の先に位置するカーブの道路中心を基準点として決定し、当該基準点における前記カーブの曲率半径に応じて設定される横変位分だけ前記基準点からカーブ内側へオフセットした位置を目標点に設定する。

しかし、係る目標点の設定方法は、カーブ外側、すなわちアウト方向へ目標点をオフセットするものではないから、アウト・イン・アウトというセオリーを実現できる方法ではない。

【0019】

更に、上記特開2019-189187号公報の走行軌道設計方法では、加減速を伴う緩和曲線を設定することができるが、エキスパートドライバが実際に行うように、道幅を使って、カーブに対して車線中央ではなく外側から進入するという、目標軌道データを算出することはできない。

30

そこで、本発明は、経路中央の座標、例えば車線の中央の座標点情報を用いて、その車線中央からのオフセットを計算して中央値に加減することにより、アウト・イン・アウトラインを実現した目標軌道を得ることを課題とし、更に、その目標軌道を辿る自動運転車両の乗り心地、運動性能を向上することを課題とする。

【0020】

そのため、本発明に係る目標軌道算出方法の一態様においては、記憶しているまたは計測した結果に基づく、走行車線或いは走行可能エリアの中央を示す中央線座標点データを用い、任意の点における曲率とその先に位置する点における曲率との差分に基づいて、任意の点に対する車線中央線からのオフセット量を算出し、中央線座標からオフセットした目標軌道を連続的に算出する。

40

【0021】

具体的には、現在の車線中央地点（以下、 v_e 点とする。）から距離 L_{pv} [m]だけ前方のコース上に設定されたプレビューポイントにカーブがあるときに、そのプレビューポイントの曲率 κ_{pv} と現在の車線中央地点の曲率 κ_{ve} との差分を距離 L_{pv} で除したものに、少なくとも走行速度 V とゲイン C_{o0} を掛けたものをオフセット量とする。

また、原点（ O 点）の車線中央線から、カーブの旋回中心から反対方向（換言すれば、アウト側）或いはカーブの旋回中心の方向（換言すれば、イン側）へずらしたものを目標位置（換言すれば、目標軌道、若しくは、目標点）とする。

50

なお、レビューポイントまでの距離 L_{pv} は、自車速度 V とレビュー時間 t_{pv} の積として与えられる。

上記の目標軌道算出方法によれば、カーブ進入前にカーブの曲率変化に応じてアウト側に膨らむ目標軌道とイン側に入り込む目標軌道を算出することができ、この目標軌道を辿るように車両を制御することにより、エキスパートドライバの運転と同様な安全性の向上と乗り心地の向上などの効果を享受することができる。

【 0 0 2 2 】

なお、本発明における経路生成は、道路設計など絶対座標系に固定された幾何学的なものに対してのもの、すなわち A 地点から B 地点までの移動のようなマクロな経路ではなく、自動運転のように道路幅の中である程度の自由度を持った状態で、どのようなラインで走行を行うかを設定するものであり、地点移動としては同じ位置に着くが、そこに至る経路を可変とするものである。

【 0 0 2 3 】

以下では、本発明の実施形態の説明に先立ち、

(1) 緩和曲線及びアウト・イン・アウト

(2) 横運動に連係した加減速制御 (G-Vectoring)

(3) G-Vectoring 制御、及び、カーブ進入前の自動減速制御を導入した Preview G-Vectoring 制御を説明する。

以下の説明においては、車両の重心点を原点とし、車両の前後方向を x 、 x 方向に直角な方向 (換言すれば、車両の横方向) を y とした場合、 x 方向の加速度を前後加速度、 y 方向の加速度を横加速度とする。

【 0 0 2 4 】

そして、前後加速度は、車両の前方向を正、すなわち、車両が前方向に進行している際に、その速度を増加させる前後加速度を正とする。

また、横加速度は、車両が前方向に進行している際に、左回り (換言すれば、反時計回り) 旋回時に発生する横加速度を正とし、逆方向を負とする。

更に、走行路について、左回りの旋回半径を正、右回りの旋回半径を負とし、旋回半径の逆数を曲率とする。同様に、目標軌道に関しても、左回りの旋回半径を正、右回りの旋回半径を負とし、旋回半径の逆数を曲率とする。

【 0 0 2 5 】

(1) 緩和曲線及びアウト・イン・アウト

車両が直線区間から曲線区間へ直接移行すると、急激な操舵操作を要求されたり、突然大きな遠心力 (または横加速度) が作用したりするなど、乗り心地や安全性に悪影響を与え、曲率半径の小さな曲線区間への突然の移行は影響が大きくなる。

そこで、路線線形において、直線から所定の円弧曲線の曲率へ徐々に変化する曲線である緩和曲線を挿入する場合がある。

【 0 0 2 6 】

図 1 は、直線区間と円弧曲線区間とを緩和曲線区間で接続した例を示す。なお、図 1 においては、円弧曲線区間の半径 ρ を、250m とする。

但し、実際の車線は図 1 の曲線を車線中央線として、左右に道路幅を持つ。また、直線区間の半径 ρ [m] は無限大と見做すことができる。

【 0 0 2 7 】

ここで、旋回半径は、緩和曲線区間を辿っていくにつれて漸次減少し、円弧曲線区間の半径 ρ ($\rho = 250\text{m}$) に向けて徐々に逓減する。

一方、曲率 κ [$1/\text{m}$] は、数式 1 に示すように、旋回半径 ρ [m] の逆数である。

【 数 1 】

$$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

10

20

30

40

50

したがって、緩和曲線区間を辿っていくにつれて旋回半径 ρ が徐々に減少するとき、曲率 κ は徐々に増加することになる。

【 0 0 2 8 】

また、道路設計や鉄道の線路設計において、曲率 κ は、単位長さを表す弧長パラメータ s [m] で表現される。

図 2 は、弧長パラメータ s と曲率 κ との相関を示し、緩和曲線の曲率 κ がカーブ進入時に弧長パラメータ s に従い増加していき、一定の曲率、つまり、定常円になり、その後、カーブ脱出時に減少していく様態を示す。

【 0 0 2 9 】

図 2 では、緩和曲線長 S_T だけ進む間に、曲率 κ が 0.004 ($0.004 = 1 / 250$) となっている。

10

また、図 2 は、クロソイド曲線と、サイン半波長逓減曲線との 2 つの緩和曲線のタイプを示している。

【 0 0 3 0 】

「クロソイド曲線」

クロソイド曲線は、弧長パラメータ s に対して直線的に曲率 κ が増加するので、クロソイド係数を C とすると、曲率 κ は、数式 2 のように表せる。

【数 2】

$$\kappa(s) = C \cdot s$$

20

【 0 0 3 1 】

ここで、クロソイド曲線は、車両が一定速度での走行しているときに、ドライバが一定の速度でステアリングホイールを操作したときの軌道に相当する。

なお、クロソイド係数 C は、道路形状の設計時に決定されたとおりのものである。また、クロソイド曲線の場合、横加加速度が一定となる。

【 0 0 3 2 】

「サイン半波長逓減曲線」

サイン半波長逓減曲線は、弧長パラメータ s に対して半波長の正弦波状の形状で曲率が増加するので、緩和曲線長を X とし、最終的に半径 R の円弧に接続する場合、曲率 κ は、数式 3 のように表せる。

30

【数 3】

$$\kappa(s) = \frac{1}{2R} \left(1 - \cos \frac{\pi}{X} s \right)$$

【 0 0 3 3 】

ここで、緩和曲線長 S_T の緩和曲線を、車両が速度一定 ($V = V_0$) で進む場合を想定する。

40

この場合、 $V_0 \times t_{TVC} = S_T$ を満たす時間 t_{TVC} 後に、車両は定常旋回状態になる。

そして、このときの車両横加速度 G_{yVC} は、数式 4 で表せる。

【数 4】

$$G_{yVC} = \kappa V_0^2 (= 0.004 V_0^2)$$

【 0 0 3 4 】

また、緩和曲線走行中における車両横加加速度 J_{yVC} は、数式 5 で表せる。

【数 5】

50

$$J_{yvc} = \frac{dG_{yvc}}{dt} = V_0^2 \frac{d\kappa(s)}{dt} = V_0^2 \frac{ds}{dt} \frac{d\kappa(s)}{ds} = V_0^3 \frac{d\kappa(s)}{ds}$$

【 0 0 3 5 】

ここでは、走行速度 V が速度 V_0 を維持されることを想定しているため、1 秒間に増加する弧長パラメータ s は V_0 となり、車両横加加速度 J_{yvc} は、曲率 κ を緩和曲線長で微分したものを係数とし、係る係数を速度 V_0 の 3 乗に乘算した値となる。

そして、弧長パラメータ s に対して曲率 κ が増加しない状態になると、車両は横加加速度一定で数式 4 の横加速度に到達する。

10

【 0 0 3 6 】

また、車両がカーブからの脱出するときは、旋回運動から直線運動へと遷移していくため、曲率 κ は弧長パラメータ s に対して減少し、横加加速度の符号が反転する。

本発明で取り扱う曲率 κ は、符号付き曲率(signed curvature)で、左カーブの曲率 κ を正、右カーブの曲率 κ を負とする。

【 0 0 3 7 】

図 3 は、カーブ進入時、カーブ走行時、カーブ脱出時の横加加速度及び曲率の変化率の正負を、左カーブと右カーブとのそれぞれについて示す。

例えば、車両が左カーブを走行するときで、カーブ進入時に正の横加加速度ととると、カーブ脱出時には負の横加加速度をとることになる。

20

【 0 0 3 8 】

また、曲率 κ の変化率は、例えば、車両が左カーブを走行するときは、カーブ進入時は正で、カーブ脱出時は負となる。

つまり、横加加速度及び曲率の変化率の正負は、カーブ進入とカーブ脱出とを表す指標となり、例えば、左カーブを走行する場合、横加加速度、曲率変化率が正の場合はカーブ進入時、負の場合はカーブ脱出時であることを示す。

【 0 0 3 9 】

したがって、車両の自動運転を制御する車両制御装置は、横加加速度の計測値を取得するなどすれば、カーブ進入、脱出を把握することができるが、前方の曲率情報或いは座標情報を保持しておれば、車両がこれから進んでいく車線の先の曲率を予測計算することができる。

30

図 4 は、前方の車線中央線のデータが既知である場合の曲率の予測計算を示す。

【 0 0 4 0 】

ここで、文献 1（小野直樹、瀧山龍三「離散点で表された曲線の曲率の計算について」、テレビジョン学会技術報告、17 巻（1993）76 号）を参照し、 $X Y$ 平面上座標は、 N 個の標本点 $(X(i), Y(i))$ ($i = 1, \dots, N$) の系列によって表されているとする。但し、各点列データは、数式 6 に示すように、標本点間距離が 1 であるとする。

【数 6】

$$\sqrt{(X[i+1] - X[i])^2 + (Y[i+1] - Y[i])^2} = 1$$

$$i = 1, \dots, N - 1$$

40

【 0 0 4 1 】

したがって、これらの値より、数式 7 となる。

【数 7】

$$X'[i] = X[i] - X[i-1], Y'[i] = Y[i] - Y[i-1]$$

$$\Rightarrow X''[i] = X'[i] - X'[i-1], Y''[i] = Y'[i] - Y'[i-1]$$

そして、文献 1 を参考にして、各標本点における経路曲率 $\kappa[i]$ を求めると、数式 8

50

に示すようになる。

【数 8】

$$\kappa[i] = \frac{X'[i] \cdot Y''[i] - X''[i] \cdot Y'[i]}{\{(X'[i])^2 + (Y'[i])^2\}^{\frac{3}{2}}}$$

この瞬間での旋回半径 $\rho [i]$ は、数式 9 から求まる。

【数 9】

$$\rho[i] = \frac{1}{\kappa[i]}$$

10

【0042】

したがって、車両制御装置は、車両前方の座標が例えばマップデータとして蓄積されていれば、車両前方の曲率を予測できる。

また、車両制御装置は、車両前方を例えば車両に搭載されたカメラの画像などから計測して、自車が走行可能な範囲である走行路の真ん中の部分、たとえば、車線中央を座標データとして抽出することができれば、車両前方の経路曲率を予測することができる。

【0043】

20

即ち、車両制御装置は、図 3 に示した関係に基づき、この先に車両が走行する、カーブ進入、定常旋回、カーブ脱出を予測することができる。

そして、車両制御装置が、アウト・イン・アウトの実現のために使える情報は、車両の速度情報と曲率情報であり、車両制御装置は、これらの情報から、車線中央線（換言すれば、走行路における基準線）から走行路の幅方向に目標位置をオフセットさせる量を決定しなければならない。

なお、車線中央線とは、車両が走行する走行路、つまり、車線或いは走行可能なエリアの幅方向の中央に沿って引かれた仮想線である。

【0044】

また、1つのカーブに対して存在する概念は、カーブ進入、カーブ旋回、カーブ脱出の3つフェーズである。

30

このうち、カーブ旋回のフェーズは、定常的な円旋回である。

また、アウト・イン・アウトを実現するための車線中央線からのオフセットが必要とされる理由として、過渡的な状況への対応が考えられる。

【0045】

更に、アウト・イン・アウトなどのオフセットを実現するためには、カーブ進入時及びカーブ脱出時の2つのフェーズに対してオフセットを考える必要がある。

このように考えると、アウト・イン・アウトというように1つのカーブに3つのオフセットを考えるのではなく、アウト・インが通常の1つのカーブに付随する概念で、次のカーブの様態に応じてアウトに膨れるかインをキープするのかが異なってくる。

40

【0046】

以下では、アウト・イン・アウトと呼ばれるコーナリングラインにおけるオフセットの方向を検証する。

図 5 は、曲がり方が異なる2つのコース（A）、（B）を例示する。

【0047】

図 5 に示すコース（A）及びコース（B）は走行路の中心線、つまり、車線中央線を示し、車線中央線の左右に道幅のマージンが存在し、目標軌道のオフセットはマージンの範囲内、つまり、車両が道幅を逸脱しない範囲内で行うことになる。

コース（A）とコース（B）の前半は同じ左に曲がるカーブセクション（1）であり、その後、カーブセクション（2）において、コース（A）は更に左に曲がり、コース（B

50

)は右に曲がるコース設定になっている。

【0048】

図6Aは、図5のコース(A)についてのアウト・イン・アウトラインを示し、図6Bは、図5のコース(B)のアウト・イン・アウトラインを示す。

図6A及び図6Bにおいて、点線は車線中央線を表し、実線はエキスパートドライバが操舵する場合でのアウト・イン・アウトラインを示す。

また、図6A及び図6Bにおいて、矢印は、それぞれ車線中央線からのオフセットの方向を示している。

【0049】

カーブセクション(1)においては、コース(A)、(B)とも左カーブなので、アウト・イン・アウトラインは、カーブセクション(1)の手前ではコース右側、すなわち外側にポジションをとり、その後カーブセクション(1)においてコース左側、すなわち内側をとる。

次いで、コース(A)のカーブセクション(2)は左カーブであるので、カーブセクション(2)への進入時のオフセットとしての外側は、車線中央に対して右方向となる。

【0050】

そして、コース(A)のカーブセクション(2)においてコース左側、すなわち車線中央に対して内側にオフセットしたラインを辿る。

ここで、コース(A)の走行ラインは、カーブセクション(1)の前後においては、アウト・イン・アウトとなっている。

【0051】

一方、コース(B)のカーブセクション(2)は右カーブであるので、カーブセクション(2)への進入時のオフセットとしての外側は、車線中央に対し左方向となる。

そして、コース(B)のカーブセクション(2)においてコース右側、すなわち車線中央に対して内側にオフセットしたラインを辿る。

ここで、コース(B)の走行ラインは、カーブセクション(1)の前後においては、アウト・イン・インとなっている。

【0052】

このように、アウト・イン・アウトと呼ばれているコーナリングラインは、カーブ進入時にアウト、カーブ旋回時にインという2つのオフセットの組み合わせをカーブ毎に行っていると見做すことができ、実際には、アウト・イン・アウトのときもあれば、アウト・イン・インのときもある。

更に、アウト・イン・アウトラインでは、最初のオフセットとしてのアウトは、カーブの前に行われ、次のオフセットとしてのインはカーブが終わる前に行われていて、カーブの進入前からアウト側のオフセットを算出し、カーブの脱出前にイン側のオフセットを算出する必要がある。

【0053】

(2)横運動に連係した加減速制御(G-Vectoring)

横運動に連係した加減速制御は、操舵操作による横運動に連係して自動的に加減速することにより、前輪と後輪の間に荷重移動を発生させて車両の操縦性と安定性の向上を図る方法である。

数式10は、横運動に連係した加減速制御における加減速度指令値である前後加速度指令値 G_{xc} の算出式であり、前後加速度指令値 G_{xc} は、基本的に、横加加速度 G_{y_dot} にゲイン C_{xy} を掛け、1次遅れを付与した値とする。

【0054】

数式10において、 G_y は車両横加速度、 G_{y_dot} は車両横加加速度、つまり、加速度の一階微分値、 C_{xy} はゲイン、 T は一次遅れ時定数、 s はラプラス演算子、 G_{x_DC} は横運動に連係しない加減速度指令である。

そして、横運動に連係した加減速制御により、エキスパートドライバの横と前後運動の連係制御ストラテジの一部を模擬することができ、車両の操縦性、安定性の向上が実現で

10

20

30

40

50

きることが確認されている。

【 0 0 5 5 】

【 数 1 0 】

$$G_{xc} = -\operatorname{sgn}(G_y \cdot \dot{G}_y) \frac{C_{xy}}{1 + T_s} |\dot{G}_y| + G_{x_DC}$$

数式 1 0 における横運動に連係しない加減速度指令 G_{x_DC} は、横運動に連係していない減速度成分であり、前方にカーブがある場合の予見的な減速、或いは区間速度指令がある場合に必要となる項である。

10

【 0 0 5 6 】

また、数式 1 0 における sgn (シグナム) 項は、右カーブと左カーブの双方において上記の動作が得られるように設けた項である。

そして、操舵開始のターンイン時に減速し、定常旋回になると横加加速度が略ゼロとなるので減速を停止し、操舵戻しを開始するカーブ脱出時に加速する動作が、上記の前後加速度指令値 G_{xc} によって実現できる。

【 0 0 5 7 】

車両制御装置が、数式 1 0 にしたがって車両を制御した場合、横軸に車両の前後加速度、縦軸に車両の横加速度をとる “g-g” ダイアグラムにおいて、前後加速度と横加速度の合成加速度 G を表記すると、時間の経過とともに曲線的に遷移する運動になり、数式 1 0 を制御則とする制御手法は、「G-Vectoring制御」と呼ばれている。

20

【 0 0 5 8 】

(3) G-Vectoring制御及びPreview G-Vectoring制御

近年、全地球測位システム (GPS: Global Positioning System) と地図データを用いたアダプティブクルーズコントロールシステムが提案されており、GPSを使った加減速制御が実用化されている。

そこで、車両の運動情報のみで制御を行っていたG-Vectoring制御に、新たにGPSと地図データを加え、カーブ進入前の減速のような横運動に連係しない領域まで拡張した、違和感の少ない新たな前後加速度制御であるPreview G-Vectoring制御が提案されている。

【 0 0 5 9 】

30

図 7 は、Preview G-Vectoring制御の概念を示す。

従来のG-Vectoring制御は、カーブ進入後に車両に発生する横加加速度に基づいて減速制御を実施するのに対し、Preview G-Vectoring制御は、自車前方の道路曲率から車両に発生すると推定される横加加速度を事前に求めることで、カーブ進入前から減速制御を行う。

【 0 0 6 0 】

図 8 は、道路曲率の時間変化に基づく加減速モデルの概念図である。

本モデルでは、自車から距離 L_{pv} [m] だけ離れた自車前方のコース上に移動速度 V_{pv} のプレビューポイントを設定し、プレビューポイントでの道路曲率 κ_{pv} の時間変化に基づいて前後加速度指令値 G_{xt_pv} を演算する。

40

【 0 0 6 1 】

数式 1 1 に、加減速モデルの基本式を示す。

【 数 1 1 】

$$G_{xt_pv} = -\frac{C_{xy_pv}}{1 + T_{pv} s} \cdot \dot{\kappa}_{pv} \cdot V^2$$

数式 1 1 において、 V は自車速度、 C_{xy_pv} はゲイン、 T_{pv} は時定数、 κ_{pv} はプレビューポイントの道路曲率であり、 κ_{pv} 上の「 $\cdot$ 」記号は時間微分を表す。自車からプレビューポイントまでの距離 L_{pv} は、自車速度 V とプレビュー時間 t_{pv} の積として与える。

50

【 0 0 6 2 】

数式 1 1 によって得た前後加速度指令値 G_{xt_pv} に基づいて前後加速度を発生させることで、自車がカーブに進入する前からの減速が可能となる。

また、数式 1 1 によって得た前後加速度指令値 G_{xt_pv} と、従来の G-Vectoring 制御による前後加速度指令値 G_{xt_GVC} とを組み合わせることで、実際に車両に発生した横運動に連係した前後加速度制御を実現でき、カーブ進入前から定常旋回に至るまで連続した減速制御となる。

【 0 0 6 3 】

図 9 A、図 9 B、図 9 C は、数式 1 1 に基づく減速制御におけるカーブ進入前での減速を示す。なお、図 9 C は、横軸を前後加速度、縦軸を横加速度とする、“g-g”ダイアグラムである。 10

プレビューポイントがカーブ進入前である時刻 t_0 からカーブ進入後の時刻 t_1 となった際、プレビューポイントでの道路曲率 κ_{pv} が増加する。

そのため、道路曲率 κ_{pv} の時間変化が正となって、負の前後加速度指令値 G_{xt_pv} が演算され、結果、車両はカーブ進入前から減速することになる。

【 0 0 6 4 】

このように、前後加速度指令値 G_{xt_pv} の演算に自車前方の道路曲率時間変化 κ_{pv} を用いることで、G-Vectoring 制御による加減速制御を、実際に車両に横運動が発生する前の領域まで拡張でき、カーブ進入前からの減速を実現できる。

また、前後加速度指令値 G_{xt_pv} を道路曲率の時間変化に比例して与えるため、同じカーブであっても、速度が高い条件では急激に道路曲率が変化することで強い減速となり、速度が低い条件では弱い減速となる。 20

【 0 0 6 5 】

また、速度が高くなるほど自車に発生する横加加速度が大きくなって、G-Vectoring 制御による前後加速度指令値 G_{xt_GVC} は大きくなるから、前後加速度指令値 G_{xt_GVC} と前後加速度指令値 G_{xt_pv} とは同じ傾向である。

そのため、前後加速度指令値 G_{xt_pv} と前後加速度指令値 G_{xt_GVC} の親和性は高い。

そして、両者を組み合わせることで、図 9 A、図 9 B、図 9 C に示すように、Preview G-Vectoring 制御による前後加速度指令値 G_{xt_PGVC} が作成できる。

【 0 0 6 6 】

Preview G-Vectoring 制御では、自車のカーブ進入前（たとえば、図 9 A、図 9 B、図 9 C の時刻 t_0 、時刻 t_1 ）は、前後加速度指令値 G_{xt_pv} による前後加速度制御、自車がカーブに進入した後（たとえば、図 9 A、図 9 B、図 9 C の時刻 t_2 ）は、従来の G-Vectoring 制御による前後加速度制御となり、カーブ進入前から定常旋回に至るまで連続した減速制御が可能となる。

その結果、ドライバフィーリングがよいとされる“g-g”ダイアグラム内をまわるような、換言すれば、合成加速度がベクタリングするような、加速度変化が実現される（図 9 C 参照）。

【 0 0 6 7 】

図 10 A、図 10 B、図 10 C は、カーブからの脱出時の様子を示している。 40

なお、図 10 C は、横軸を前後加速度、縦軸を横加速度とする、“g-g”ダイアグラムである。

図 10 A、図 10 B に示すように、車両がまだカーブを走行している時刻 t_5 の状況でも、プレビューポイントがカーブから脱出しているため、プレビューポイントでの道路曲率 κ_{pv} は減少する。

そのため、時刻 t_5 の時点で道路曲率 κ_{pv} の時間変化が負となって、正の前後加速度指令値 G_{xt_pv} が演算され、結果、車両は旋回途中から脱出に向けて加速するように制御される。

【 0 0 6 8 】

係るカーブ脱出時においても、前後加速度指令値 G_{xt_pv} と前後加速度指令値 G_{xt_GVC} 50

の親和性は高く、両者を組み合わせることで、図 1 0 B に示すように、Preview G-Vectoring 制御による前後加速度指令値 G_{xt_PGVC} が作成できる。

そして、ドライバフィーリングがよいとされる “g-g” ダイアグラム内をまわるような、換言すれば、合成加速度がベクタリングするような、加速度変化が実現される（図 1 0 C 参照）。

【 0 0 6 9 】

以下では、前述の Preview G-Vectoring 制御を参照した、アウト・イン・アウトラインを実現するためのオフセット量算出方法（車両制御方法、目標軌道算出方法）、つまり、本発明に係る車両制御装置、車両制御方法、目標軌道算出方法、及び車両の実施形態を詳細に説明する。

10

図 6 A、図 6 B の説明で述べたように、アウト・イン・アウトを実現するためには、カーブの進入前からアウト側のオフセットを算出し、カーブの脱出前にイン側のオフセットを算出する必要がある。

【 0 0 7 0 】

一方、図 1 1 は、Preview G-Vectoring 制御時における、車両横加速度、加減速指令値、曲率、オフセット指令値の相関を示す図である。

図 1 1 は、横加速度が発生する前に減速度が発生させ、横加速度が低下する前に加速度が発生させるという概念を表している。

【 0 0 7 1 】

なお、車両横加速度、加減速指令値の変化を示すグラフの横軸は時間である。

20

一方、曲率は、車両走行点での曲率であって、曲率の変化を示すグラフの横軸は弧長パラメータとしてある。

また、オフセット指令値は、車線中央線からのオフセット量の指令であって、オフセット指令値の変化を示すグラフの横軸は弧長パラメータとしてある。

【 0 0 7 2 】

ここで、走行速度が略一定の場合は、数式 4 に示した通り、横加速度と曲率は略同一プロファイルとなる。

また、曲率のグラフが示すように、どこからカーブが始まり、どこでカーブが終わるかを弧長パラメータ値で表現することができる。

【 0 0 7 3 】

30

そして、図 1 1 に示すオフセット指令値は、車線中央線からのオフセット量であって、Preview G-Vectoring の加減速指令値を参照した値である。

ここでは、Preview G-Vectoring 制御が減速指令が発生しているときに、減速指令値と略同プロファイルの信号をアウト側のオフセット指令値とし、Preview G-Vectoring 制御が加速指令が発生しているときに、加速指令と略同プロファイルの信号をイン側のオフセット指令値とする。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 の最下段には、オフセット指令値に基づく目標軌道と車線中央線との相関を示してある。

この図に示す目標軌道は、カーブ進入時に外側（アウト）に膨らみ、カーブ脱出時に内側（イン）に切り込むようなアウト・イン（・アウト）になっている。

40

【 0 0 7 5 】

本発明の車線中央線からのオフセットを計算する方法としての基本的な考え方として、オフセットを計算すべきポイントよりも前方のポイントでの曲率の変化情報を用いて、曲率変化の絶対値が増加しているときには、その曲率の符号と逆方向のアウト側（旋回外側）へのオフセット量を算出する。

つまり、オフセットを計算すべきポイントよりも前方のポイントでの曲率が左方向に増大している場合、右方向にオフセット量を求め、オフセットを計算すべきポイントよりも前方のポイントでの曲率が右方向に増大している場合、左方向にオフセット量を求める。

一方、曲率変化の絶対値が減少しているときには、その曲率の符号と同方向のイン側（

50

旋回内側)へのオフセット量を算出する。

【0076】

以下では、解析的に導き出されたオフセット量算出方法の具体的な計算ロジック、計算例について開示する。

図12Aは、車線中央線上の自車位置 $[xve, yve]$ 、車線中央線上のプレビューポイント $[xpv, ypv]$ 、自車位置からのオフセットを示す図であり、図12Bは、車線中央線における地点情報(waypoint deta)を示す。

【0077】

本例では、予め車線中央線上のXY平面上座標が、点列データとして、N個の標本点 $[x(i), y(i)]$ 、 $i = 1, \dots, N$ の系列によって表されているものとする。

10

したがって、車線中央線上の自車位置 $[xve, yve]$ 及び車線中央線上のプレビューポイント $[xpv, ypv]$ は、上記の標本点の中に入っている。

【0078】

ここで、前記数式8を用いた計算結果である、各点毎の曲率 $\kappa(i)$ ($i = 1, \dots, N$)の系列、更には、弧長パラメータsに対する曲率の変化率($d\kappa/ds$)についても、各点毎のデータに加えられる。

仮に、 $i = 1$ の点列が座標系の原点であり、 $i = 2$ の点列を結ぶ直線がx軸上であれば、数式12で、この車線中央線の瞬時毎の方位角を計算することができ、これらの情報も各点毎のデータに加えることができる。

【数12】

20

$$\theta(i) = \int_0^i \kappa(i) ds = \sum_0^i \kappa(i)$$

上記の各種データは、車線中央線の地点情報として標本点毎に記憶される(図12B参照)。

【0079】

「第1実施形態」

第1実施形態においては、前述した車線中央線の地点情報を用い、各地点(換言すれば、各標本点)に対するオフセット量 $d(i)$ を算出し、アウト・イン・アウトを実現するための目標位置の補正を行い、新たな点列データ $X(i)$ 、 $Y(i)$ 、つまり、車線中央線から補正された目標軌道を決定する。

30

【0080】

なお、以下では自車位置という表現が出てくるが、これは便宜上の表記であり、車線中央線の地点情報があれば、下記の方法はオフラインで計算できる。

但し、オフラインの場合、速度一定としての計算となるため、複数の速度域に対して事前に車線中央から補正された目標軌道を計算しておく必要がある。

【0081】

車両制御装置は、事前に計算した車線中央線から補正された目標軌道を予めマップデータとして記憶しておいて、その軌道を辿るように自動運転車両を制御することができる。

40

また、車両制御装置は、自動運転での走行中に、自車両の前方の車線中央線に対して補正を行って目標軌道を随時計算しながら、その上を辿るようにアクチュエータを制御することもできる。

【0082】

以下、図12A、図12Bを参照して具体的な計算ロジックを説明する。

先に述べた通り、Preview G-Vectoring制御の減速指令をアウト側のオフセットとし、加速指令をイン側のオフセットとすることにより、カーブの進入前及び脱出前にオフセットを実現することができる(図11参照)。

【0083】

一方、図12Aに示すように、自車位置から車線中央線上の距離 Lpv だけ先のプレビュー

50

ーポイントでの旋回半径を ρ_{pv} とすると、距離 L_{pv} だけ先のプレビューポイントでの曲率 κ_{pv} は、 $\kappa_{pv} = 1 / \rho_{pv}$ となる。

上記の曲率 κ_{pv} の情報は、地点情報に記載される（図 1 2 B 参照）。

【 0 0 8 4 】

ここで、車線中央線上の各地点に対するオフセット量 d_{ve} は、Preview G-Vectoring 制御を参考にし、一次遅れ要素などを省略すると、数式 1 3 にしたがって求められる。

【数 1 3 】

$$d_{ve} = -C_{00}\dot{\kappa}_{pv} = -C_{00}\frac{d}{dt}\kappa_{pv} = -C_{00}\frac{ds}{dt}\frac{d\kappa_{pv}}{ds} = -C_{00}V_{pv}\frac{d\kappa_{pv}}{ds}$$

10

自車位置前方にあるプレビューポイントでの曲率の時間変化、換言すれば、車両が走行する走行路における前方の曲率の時間変化に関する物理量に応じて、車線中央線からのオフセット量を決定するのが、本発明の基本的な考え方である。

【 0 0 8 5 】

そして、図 1 2 A に示す左カーブの場合、プレビューポイントでの曲率変化が正（左方向へ増加）のときは、車両固定座標の y 軸の負の方向、換言すれば、左カーブの外側に、オフセットの向きを決定する。

図示を省略したが、左カーブの場合であってプレビューポイントでの曲率変化が負、つまり、左方向の曲率が減少のときは、車両固定座標の y 軸の正の方向、換言すれば、左カーブの内側にオフセットの向きを決定する。

20

【 0 0 8 6 】

また、図 1 3 に示す右カーブの場合、プレビューポイントでの曲率変化が負、つまり、右方向へ増加のときは、車両固定座標の y 軸の正の方向、換言すれば、右カーブの外側にオフセットの向きを決定する。

図示を省略したが、右カーブの場合であってプレビューポイントでの曲率変化が正、つまり、右方向の曲率が減少のときは、車両固定座標の y 軸の負の方向、換言すれば、右カーブの内側にオフセットの向きを決定する。

【 0 0 8 7 】

数式 1 3 の C_{00} は、曲率の時間変化に対するオフセット量のゲインであり、このゲイン C_{00} の設定においては、曲率の時間変化が最大値でも、オフセットによって目標位置が道幅を超えることがないようにするなどの考慮が必要である。

30

また、曲率の時間変化は、弧長パラメータの時間変化（ ds / dt ）と弧長パラメータ変化に対する曲率の変化（ $d\kappa / dt$ ）の積となる。

【 0 0 8 8 】

ここで、弧長パラメータの時間変化（ ds / dt ）は、プレビューポイントの移動速度となるため、結局、車両位置でのオフセット量 d_{ve} は、数式 1 3 の最右辺となる。

係るオフセット量 d_{ve} は、図 1 2 B の地点情報の検索結果から速度毎に決定することができる。

【 0 0 8 9 】

40

図 1 4 は、数式 1 3 にしたがって計算されたオフセット量（座標値のオフセット量）を用いて、車線中央線上の自車位置 $[x_{ve}, y_{ve}] = [x_0(i), y_0(i)]$ から、補正後の目標軌道を構成する目標点（目標位置） $[X_{ve}, Y_{ve}] = [X(i), Y(i)]$ を決定する方法を示している。

図 1 4 に示したように、車線中央線の固定座標系 O - XY における方位角（ X 軸に対する角度）を $\theta(i)$ 、オフセット量を $d(i)$ とすると、自車位置 $[x_0(i), y_0(i)]$ から補正後の目標点 $[X(i), Y(i)]$ への変換式は、数式 1 4 のようになる。

【 0 0 9 0 】

【数 1 4 】

50

$$\begin{bmatrix} X(i) \\ Y(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(i) \\ y(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sin \theta(i) \\ -\cos \theta(i) \end{bmatrix} d(i)$$

なお、方位角 $\theta(i)$ は、予め設定された固定座標系に対する走行路における基準線の方位角に関する物理量である。

【0091】

以上により、車線中央線の地点情報を用いて、解析的にオフセット量を計算し、目標軌道を構成する目標点 $[X(i), Y(i)]$ を計算する方法が開示された。

つまり、上記の目標軌道算出方法は、前方の曲率の時間変化に関する物理量と、車線中央線（基準線）の方位角に関する物理量とに基づいて、車線中央線から走行路の幅方向にオフセットさせた目標位置を求めるものである。

10

【0092】

上記では、図14に示したように、座標点に対する変位オフセットという形で補正後の目標軌道を定めるが、次のように、曲率のオフセット量として補正後の目標軌道を定めることができる。

曲率オフセット κ_{dve} は、数式15にしたがって求められる。

【数15】

$$\kappa_{dve} = -C_{OK} \dot{\kappa}_{pv} = -C_{OK} \frac{d}{dt} \kappa_{pv} = -C_{OK} \frac{ds}{dt} \frac{d\kappa_{pv}}{ds} = -C_{OK} V_{pv} \frac{d\kappa_{pv}}{ds}$$

20

【0093】

図15は、曲率オフセット κ_{dve} を用いて目標軌道を定める方式において、補正後の目標軌道の具体的な計算方法を示している。

ここで、車線中央線の地点情報が単位弧長毎に記録されているとすると、数式16に示すようになる。

【数16】

$$\sqrt{(x(i) - x(i-1))^2 + (y(i) - y(i-1))^2} = 1$$

30

【0094】

そして、曲率 κ の元々の定義である、単位弧長進むと θ だけ向きを変える ($\kappa = d\theta / ds$) から考えると、車線中央線の接線とX軸の成す角である方位角 θ は、各点 i 毎に数式17にしたがって求まる。

【数17】

$$\theta(i) = \sum_{j=1}^i \kappa(j)$$

40

【0095】

したがって、図15中にも記載したように、車線中央線の固定座標系O-XYにおける方位角（X軸に対する角度）を $\theta(i)$ 、オフセット量を $\kappa_{dve}(i)$ とすると、自車位置 $[x_0(i), y_0(i)]$ から補正後の目標点 $[X(i), Y(i)]$ への変換式は数式18のようになる。

【数18】

50

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} X(i) \\ Y(i) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x(i-1) \\ y(i-1) \end{bmatrix} + \sqrt{(x(i) - x(i-1))^2 + (y(i) - y(i-1))^2} \begin{bmatrix} \cos(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \\ \sin(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} x(i-1) \\ y(i-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \\ \sin(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

【 0 0 9 6 】

以上のように、数式 1 4 の変換式と数式 1 8 の変換式は、基本的には同じ情報を含むが、数式 1 4 ではオフセット量を座標差分として求め、数式 1 8 ではオフセット量を曲率差分として求める。

10

いずれの場合も、前方の車線中央線の曲率変化の情報に基づいてオフセット量を計算し、車線中央線からオフセット量だけ加減算することにより、アウト・イン（・アウト）の目標軌道を解析的に算出することができる。

【 0 0 9 7 】

つまり、本発明に係る目標軌道算出方法、及び、当該算出方法を用いる制御装置、制御方法、車両は、原点とするある位置から弧長が大きくなるように順序つけられた各座標における、少なくとも 2 次元座標値、軌道曲率、軌道方位角の一部或いは全部である基本軌道座標データを基に、軌道座標データ毎に座標値、或いは曲率のオフセット量を計算する手段を有し、該軌道座標データ毎にオフセット量を加え、新たな目標軌道座標データを構築し、その目標軌道座標データに基づいて車両の軌道を制御することを特徴とする。

20

【 0 0 9 8 】

図 1 6 は、サーキットトラック型のコースにおいて、本発明を用い、車線中央線の地点情報に基づきオフセット量を計算し、目標軌道を生成した例である。

なお、図 1 6 では、補正した目標軌道を見やすくするために、オフセットゲインを大きめの値に設定していることから、目標軌道が不連続に見えている。

【 0 0 9 9 】

図 1 6 中に点線で示したコースは、X Y 座標の原点からスタートし、[X , Y] = [0 , 100] のポイントからサイン半波長逓減曲線を緩和曲線として半径 80 m の円弧を辿るコースである。

30

図 1 6 中に矢印で示したポイントからオフセット量が計算され、目標軌道がアウト側に膨れている。その後、オフセット量がゼロになるため、車線中央線に復帰する目標軌道が生成される。

【 0 1 0 0 】

図 1 6 中に矢印で示した第 1 プレビューポイントは、緩和曲線が始まる手前の直線路であって曲率の時間変化がゼロの状態である。

しかし、係る第 1 プレビューポイントよりも先のコース上に位置する第 2 プレビューポイントでの曲率の時間変化の絶対値が増加していてカーブ入口を示唆しているため、曲率の時間変化がゼロのときから、車線中央線に対してアウト側にオフセットさせた目標位置が設定される。換言すれば、第 1 プレビューポイントに対して、右方向または左方向にオフセット量が求められる。

40

【 0 1 0 1 】

また、カーブの終わりでは、早めにイン側に切り込む経路も再現されている。

その後、目標軌道は車線中央線の上に戻り、次のカーブ進入に備えて目標軌道がアウト側に膨れ、カーブ走行時には車線中央線に戻り、その後、早めにイン側に切り込む目標軌道が生成されている。

【 0 1 0 2 】

つまり、車両がカーブを脱出する前に、先のプレビューポイントでの曲率の時間変化の絶対値が減少している場合は、車線中央線に対してイン側、つまり、旋回内側にオフセットさせた目標位置が設定される。

50

なお、図 16 は、オフセットを座標差分とした場合での目標軌道を示すが、オフセットを曲率差分とする場合も同等な結果が得られる。

【0103】

「第 2 実施形態」

上述した方法が本発明の基本原則であるが、以下では、本発明の第 2 実施形態として、更なる改善を加えた方法を説明する。

【0104】

Preview G-Vectoring 制御は、前方曲率の変化率に基づいて作成した減速度指令（上述のオフセット量に相当）と、車両が緩和曲線上を走るときに発生する横加加速度に比例した減速度指令を組み合わせる利用する。

10

即ち、Preview G-Vectoring 制御は、前方の情報により導出した成分と、現在の情報に基づいた成分を組み合わせる制御に用いている。

【0105】

一方、数式 13、数式 15 のオフセット量の計算手法では、車両位置での情報は考慮することができないため、以下のような対応をとる。

プレビューポイントの移動速度を略車両速度と同じ V とし、プレビューポイントの曲率を弧長パラメータ s で微分した $d\kappa_{pv}/ds$ を、プレビューポイントでの曲率 κ_{pv} と車両位置での曲率 κ_{ve} の差分を距離 L_{pv} で除したものに更新する。

【0106】

更に、オフセットゲインを、 $C_{00}/L_{pv} = C_0$ として再定義し、オフセット量 d_{ve} の計算方法を数式 19 に示すように変形した。

20

【数 19】

$$d_{ve} = -C_{00}V \frac{\kappa_{pv} - \kappa_{ve}}{L_{pv}} = -C_0V(\kappa_{pv} - \kappa_{ve})$$

【0107】

数式 19 のような変換を行うと、シンプルな計算となるとともに、オフセット量 d_{ve} の計算式中に明示的に前方の曲率情報と現在の曲率情報を加えることができる。

更に、数式 19 によると、速度 V が増加すると、オフセット量 d_{ve} が大きくなるように変化することが分かる。

30

【0108】

また、数式 19 によれば、原点からの弧長が小さい第 1 の基本軌道座標データのオフセット量は、少なくとも、第 1 の軌道座標よりも弧長が大きい第 2 の基本軌道座標データの情報を用いて算出されることが明らかである。

換言すれば、数式 19 によれば、車両の位置を含む走行路における前方の第 1 プレビューポイントでの第 1 曲率と、走行路の前方における前記第 1 プレビューポイントより先に位置する第 2 プレビューポイントでの第 2 曲率と、の差から曲率の時間変化に関する物理量を求め、係る曲率の時間変化に基づき第 1 プレビューポイントでのオフセット量を求めることができる。

40

【0109】

つまり、本発明の目標軌道算出方法においては、走行路における前方のオフセットの量を求めるべき位置よりも先の走行路における曲率の時間変化に関する物理量に基づいて、オフセットの量を求める。

そして、本発明の目標軌道算出方法によれば、第 2 の基本軌道座標データの前後のデータに対する軌道曲率の変化量が、左方向に増大する場合は、第 1 の軌道座標の法線方向への座標値オフセットを右方向とするか、第 1 の軌道座標の曲率オフセットを右方向にし、右方向に増大する場合は、第 1 の軌道座標の法線方向への座標値オフセットを左方向とするか、第 1 の軌道座標の曲率オフセットを左方向にすることを特徴とする。

【0110】

50

詳細には、本発明の目標軌道算出方法によれば、第2の基本軌道座標データの左への曲がりを正とした符号付き軌道曲率を κ_{pv} とし、第1の基本軌道座標データの左への曲がりを正とした符号付き軌道曲率を軌道曲率を κ_{ve} としたときに、これらの差分 $\Delta\kappa$ ($\Delta\kappa = \kappa_{pv} - \kappa_{ve}$) を求める。

そして、差分 $\Delta\kappa$ が正の時は、差分 $\Delta\kappa$ に正のゲイン C_0 を乗じた値に比例して第1の軌道座標の法線方向への座標値オフセットを右方向とするか、第1の軌道座標の曲率オフセットを負の方向にする。

また、差分 $\Delta\kappa$ が負の時は、差分 $\Delta\kappa$ に正のゲイン C_0 を乗じた値に比例して第1の軌道座標の法線方向への座標値オフセットを左方向とするか、第1の軌道座標の曲率オフセットを正の方向にする。

【0111】

以下では、数式19を用いた目標軌道の生成結果を示す。なお、実際の修正座標、換言すれば、補正後の目標点の計算は、数式14を用いた。

図17は、図16と同様に、サーキットトラック型のコースにおいて、車線中央線の地点情報を用い、数式14にしたがってオフセット量を計算し、目標軌道を生成した例である。

【0112】

なお、図17では、補正した目標軌道を見やすくするためにオフセットゲインを大きめの値に設定している。

また、距離 L_{pv} を100[m]と設定し、100m先の車線中央線の曲率情報と現在の車線中央線の曲率情報を用いてオフセット量を計算している。

【0113】

図17のコース(図中の点線)は、図16と同様に、XY座標の原点からスタートして、 $[X, Y] = [0, 100]$ のポイントからサイン半波長逓減曲線を緩和曲線として半径80mの円弧を辿るコースである。

図中に矢印で示したポイント(緩和曲線が始まる100m手前)からオフセット量が計算され、目標軌道がアウト側に膨れている。その後、オフセット量がゼロになるため、車線中央線に復帰する目標軌道が生成される。

【0114】

つまり、本発明の目標軌道算出方法によれば、第1の基本軌道座標データの左への曲がりを正とした符号付き軌道曲率がゼロのときから、補正が始まる。

また、カーブの終わりでは、早めにイン側に切り込む経路も再現されている。

その後、目標軌道は車線中央線の上に帰り、次のカーブに備えて目標軌道がアウト側に膨れ、カーブ走行時には目標軌道が車線中央線に戻り、その後、イン側に切り込む目標軌道が生成されている。

【0115】

ここで、図17の目標軌道は、図16の目標軌道に比べて滑らかであり、エキスパートドライバが行うようなカーブ前から事前にアウト側へオフセットする様子も再現できている。

なお、図17は、オフセットを座標差分とした場合での目標軌道を示すが、オフセットを曲率差分とする場合も同等な結果が得られる。

【0116】

図17は、同じ方向へ連続してカーブする車線中央線データに対して、本発明によってアウト・イン(・アウト)の目標軌道が得られることを示す。

次に、図5に示したようなコース(A)、(B)について、数式19を用いて目標軌道を計算した結果を説明する。

【0117】

図18A、図18Bは、図5に示したコース(A)、(B)について、数式19を用いて目標軌道を計算した結果を示し、図18Aはコース(A)での目標軌道、図18Bはコース(B)での目標軌道を示す。

10

20

30

40

50

図 5 の説明で述べた通り、コース (A) は、1 つ目の左カーブを抜けて、また左カーブに入るといふコースである (図 1 8 A の点線) 。

【 0 1 1 8 】

このようなコース (A) に対して、数式 1 9 を用いて目標軌道を計算した結果が、図 1 8 A 中の実線である。

ここで、1 つ目のカーブ及び 2 つ目のカーブに対し、右側 (換言すれば、アウト側) からカーブに進入する目標軌道が計算できていることが分かる。

係る目標軌道は、エキスパートドライバがとるだろうアウト・イン・アウト (イン) ラインと定性的に一致している。

【 0 1 1 9 】

一方、コース (B) は、1 つの目の左カーブを抜けた後、切り返して次は右カーブに入るといふコースである (図 1 8 B の点線) 。

このようなコース (B) に対して、数式 1 9 を用いて目標軌道を計算した結果が、図 1 8 B 中の実線であって、パラメータ、符号切り替えなどの操作は行っていない。

【 0 1 2 0 】

ここで、1 つ目のカーブに対しては右側 (アウト側) からアプローチし、2 つ目のカーブに対しては左側 (アウト側) からカーブに進入する目標軌道が計算できていることが分かる。

係る目標軌道は、エキスパートドライバがとるだろうアウト・イン・アウト (イン) ラインと定性的に一致している。

【 0 1 2 1 】

以上のように、前方の車線中央線の曲率変化情報を用いてオフセット量を連続的に計算する本発明の計算手法を用いると、左右のカーブ形状、連続性にも対応して、車線中央線のデータから、エキスパートドライバがとるだろうアウト・イン・アウト (イン) ラインを定性的に再現できることが立証できた。

また、アウト・イン・アウトと言われていたエキスパートドライバのラインとりが、実は 1 つのカーブに対してはアウト・インのみで、次の車線中央線の曲率情報に応じて、最後のアウトかインが決定されていることが明らかになった。

【 0 1 2 2 】

図 1 9 及び図 2 0 は、本発明に係る目標軌道算出方法の複雑なコースへの対応状況を示している。

この図 1 9 及び図 2 0 から、アウト・イン・アウト、連続カーブ時のショートカットなど、エキスパートドライバがとるだろう軌道が再現できていることが確認できる。

【 0 1 2 3 】

図 1 9 は、自転車位置からプレビューポイントまでの距離 L_{pv} を、50m とした場合と、100m とした場合との比較を示している。

図 1 9 に示すように、距離 L_{pv} を延ばした方が、手前からアウト或いはイン方向へのオフセットが発生することになる。

したがって、コース形状や車速などの条件に応じて最適な距離 L_{pv} を設定する必要があるが、距離 L_{pv} をチューニングすることにより、本発明に係る目標軌道算出方法は、エキスパートドライバと同様な軌道を再現できることは明らかである。

【 0 1 2 4 】

図 2 0 は、距離 L_{pv} を 100m とし、ゲイン C_o と車速 V の積 $C_o \cdot V$ (図中では、単に G_{ain} と記載) のノミナル値を 1 とし、それぞれゲインを 5 倍、10 倍としたものである。

ゲイン C_o についても、コース形状や車速などの条件に応じて最適値を設定する必要があるが、ゲイン C_o をチューニングすることにより、本発明に係る目標軌道算出方法は、エキスパートドライバと同様な軌道を再現することができることは明らかである。

なお、図 2 0 の (X , Y) = (500 , 500) の近辺で不連続点が発生しているが、これは 100m 以上先のデータが存在しないことに因る。

【 0 1 2 5 】

10

20

30

40

50

本発明に係る目標軌道算出方法における更なるチューニングの余地としては、カーブ進入時と脱出時とで可変ゲイン（つまり、アウト側とイン側のゲインを変える）、速度依存性をより明確に反映するために車速 V の2乗、或いは3乗にするなどの各種設定が可能である。

また、本発明に係る目標軌道算出方法のチューニングとして、ドライバ・パッセンジャーの意向に沿って距離 L_{pv} やゲイン C_0 などのパラメータを変更できるようにすることも可能である。

【0126】

図21は、本発明に係る目標軌道算出方法を実行する制御装置である車両制御装置を含む車両制御システム、つまり、本発明に係る車両制御方法を実行する車両制御システム、及び、車両を示す概念図である。

10

車両100が搭載する車両制御システム200は、外界認識部300、運転状態検出部400、車両制御装置500、制動装置600、駆動装置700、操舵装置800を有する。

【0127】

外界認識部300は、レーザスキャン装置、カメラ、ミリ波レーダ、GPS受信装置などの外界検出装置を有し、車両100が走行する走行路における前方の外界情報を取得する。

上記の外界情報は、車両100が走行する走行路に関する白線などの情報の他、周辺の移動物体、静的物体である障害物などの情報を含む。

20

【0128】

運転状態検出部400は、車両100の運転状態を検出する複数のセンサからなり、例えば、車両100の各車輪100FL, 100FR, 100RL, 100RRの回転速度を検出する車輪速センサ、車両100の前後加速度、横加速度を検出する加速度センサなどを有する。

なお、車輪速センサが検出する各車輪の回転速度に基づき車両100の速度を推定できる。

【0129】

車両制御装置500は、車両100のAD (Autonomous Driving) / ADAS (Advanced driver-assistance systems) コントローラである。

30

車両制御装置500は、入力した情報に基づいて演算を行って演算結果を出力するマイクロコンピュータ（換言すれば、コントロール部、若しくは、コントロールユニット）を主体とする電子制御装置であり、マイクロコンピュータは、MPU (Microprocessor Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)などを備える。

【0130】

制動装置600は、油圧を発生させるアクチュエータを備えた電子制御電動油圧式ブレーキなどの、車両100の制動力を電子制御可能な装置である。

駆動装置700は、車両100の駆動力を発生する内燃機関や電動モータなどであって、車両100の駆動力を電子制御可能な装置である。

40

操舵装置800は、電動モータなどの転舵アクチュエータによって車両100の転舵輪、詳細には、前輪100FL, 100FRの舵角を電子制御可能な、電動パワーステアリング装置やステアバイワイヤシステムなどの装置である。

【0131】

車両制御装置500は、外界認識部300及び運転状態検出部400から各種情報を取得し、前述した、前方の車線中央線の曲率変化情報を用いてオフセット量を連続的に計算する手法を用いて目標軌道（換言すれば、目標位置）を生成する。

そして、車両制御装置500は、生成した目標軌道に沿って設定速度で車両100が走行するように車両100の運動に関する指令を求め、車両10の運動を制御するアクチュエータである制動装置600、駆動装置700、操舵装置800に制御指令を出力する。

50

【 0 1 3 2 】

更に、車両制御装置 5 0 0 は、大きな舵角で旋回をするような場面や、他車両や歩行者の急な飛び出し、また、路上の落下物を回避するための急旋回が必要な場面においても、外界認識部 3 0 0 がセンシングした情報に応じて目標軌道を生成し、係る目標軌道に追従走行するように制御指令を出力する。

一般道において自動運転車両が走行する場合、高速道路と違い、狭く入り組んだ路地やショッピングセンターなどの駐車場のような内輪差が大きく小回りをする走行に加えて、自車以外の車両のほか歩行者など様々な移動対象、更に進行方向上の落下物などを回避する走行が必要になる。

【 0 1 3 3 】

そして、大きな舵角旋回や急な舵角操作が求められる操作シーンでは、センシングした前方の情報に基づいて車両制御しても、実際の走行結果が目標となる軌道からずれてしまう場合がある。

そこで、車両制御装置 5 0 0 は、前方のセンシング情報或いは車線中央線の地点情報をそのまますぐに使うのではなく、内部メモリに一旦蓄積し、オフセット量を計算して補正してから使うことで、過去から現在までの点を線（換言すれば、軌道）として認識することができ、係る構成によって目標となる軌道を高精度に追従できる。

【 0 1 3 4 】

また、目標軌道に合わせて操舵装置 8 0 0 などのアクチュエータを動かすときに、一般的に、アクチュエータや車両が応答するまでの遅れによって、軌道追従の精度が下がったり、車両制御の安定性が損なわれたりする場合がある。

そこで、車両制御装置 5 0 0 は、車両運動の予測シミュレーションを行ってアクチュエータや車両の応答を予測し、応答遅れに対する補正を行い、軌道追従の精度を更に高めることができる。

【 0 1 3 5 】

車両制御装置 5 0 0 が、上記のような構成を実現することで、経路中央の座標、例えば車線の中央の座標点情報を用いて、その中央からのオフセットを計算して中央値に加減することによりアウト・イン・アウトラインを実現した目標軌道を得て、その目標軌道を辿る自動運転において、乗り心地性能や運動性能を向上することが可能となる。

【 0 1 3 6 】

また、上記では、自動運転（A D : Autonomous Driving）を想定して本発明の実施形態を説明したが、例えば、走行レーンからのはみだしの警告やレーンキープアシストなどの先進運転支援（ADAS : Advanced driver-assistance systems）に上記の目標軌道算出方法を適用することができる。

この場合、レーン中央という判断材料に加え、アウト・イン・アウトラインをベースとしてはみだしやレーンキープを判断することにより、警告・介入の品質を向上できる。

【 0 1 3 7 】

更に、上記実施形態では、走行路の基準線を車線中央線としたが、基準線を車線中央線に限定するものではなく、どのような曲線を基準線とする場合であっても、本発明が適用可能であることは言うまでもない。

【 0 1 3 8 】

上記実施形態で説明した各技術的思想は、矛盾が生じない限りにおいて、適宜組み合わせて使用することができる。

また、好ましい実施形態を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 9 】

1 0 0 ... 車両、 2 0 0 ... 車両制御システム、 3 0 0 ... 外界認識部、 4 0 0 ... 運転状態検出部、 5 0 0 ... 車両制御装置（A D / A D A S コントローラ）、 6 0 0 ... 制動装置、 7 0

10

20

30

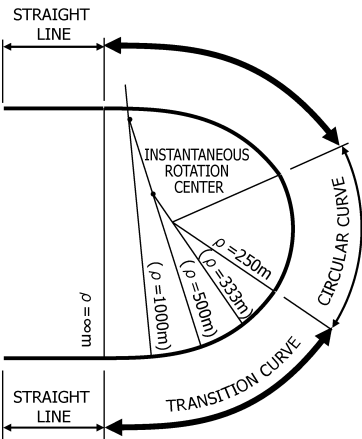
40

50

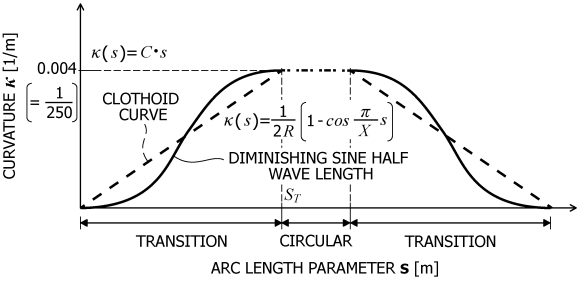
0 ... 駆動装置、8 0 0 ... 操舵装置

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】

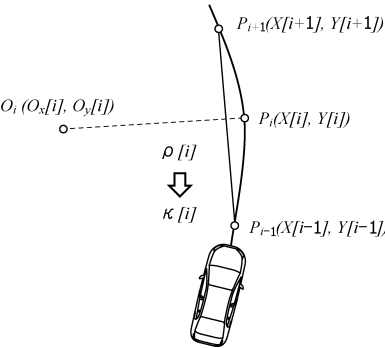


10

【 図 3 】

PHASE	CURVE APPROACH	DURING CURVE	OUT OF CURVE
LATERAL JERK: \$j_y\$	POSITIVE (LEFT TURN) NEGATIVE (RIGHT TURN)	ZERO	NEGATIVE (LEFT TURN) POSITIVE (RIGHT TURN)
CHANGE OF CURVATURE: \$d\kappa/ds\$	POSITIVE (LEFT TURN) NEGATIVE (RIGHT TURN)	ZERO	NEGATIVE (LEFT TURN) POSITIVE (RIGHT TURN)

【 図 4 】



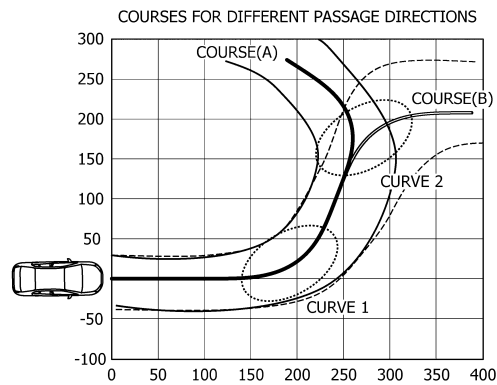
20

30

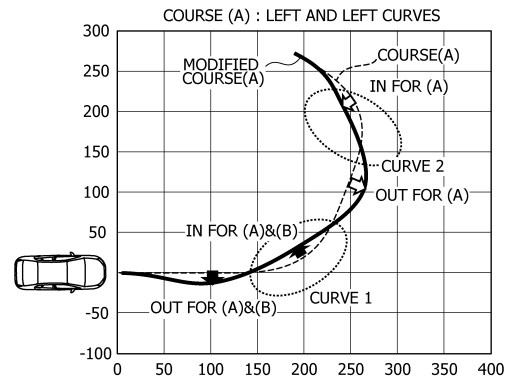
40

50

【 図 5 】

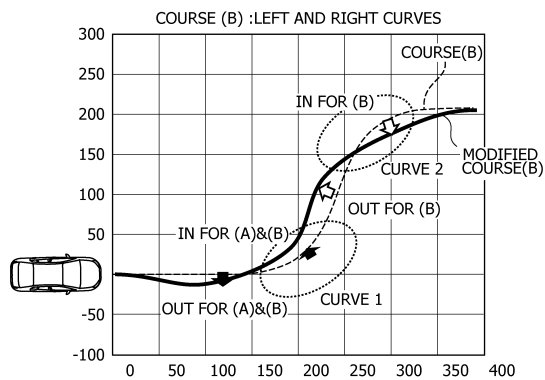


【 図 6 A 】

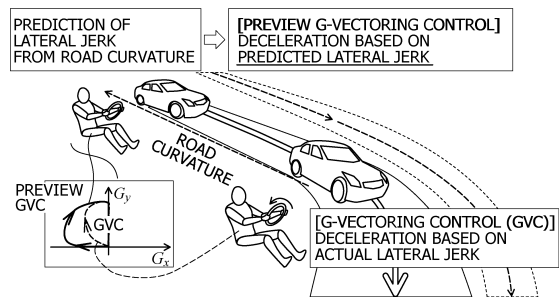


10

【 図 6 B 】



【 図 7 】



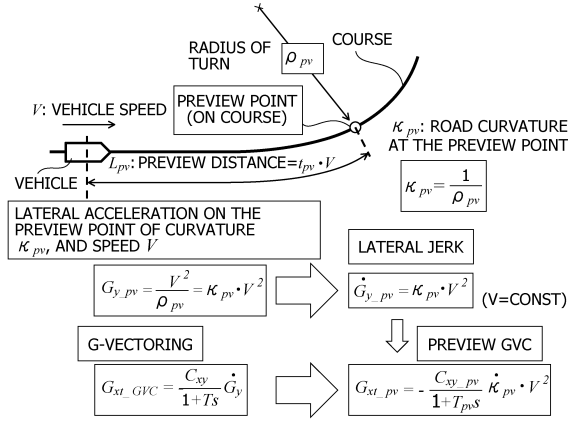
20

30

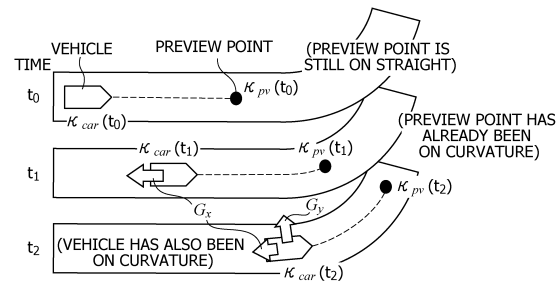
40

50

【 図 8 】

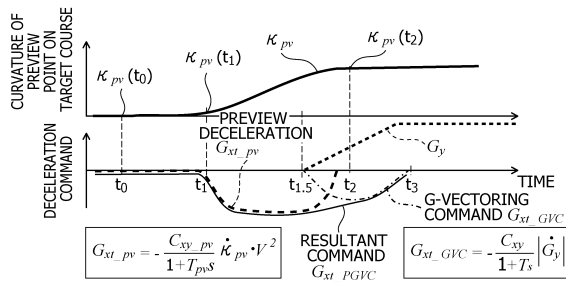


【 図 9 A 】

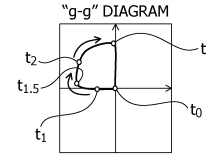


10

【 図 9 B 】

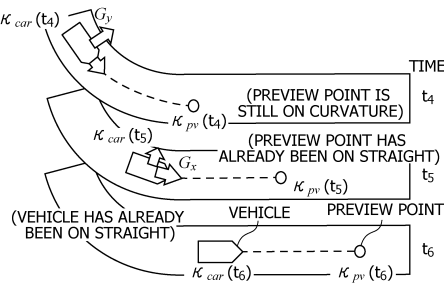


【 図 9 C 】

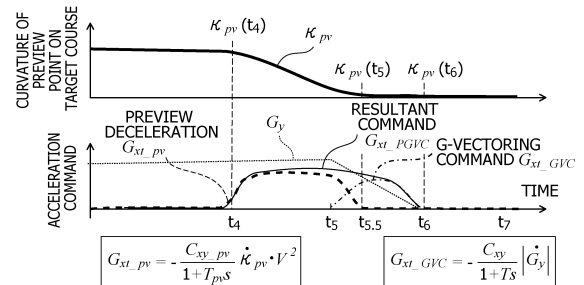


20

【 図 1 0 A 】



【 図 1 0 B 】

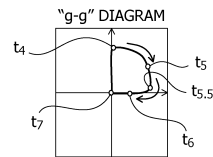


30

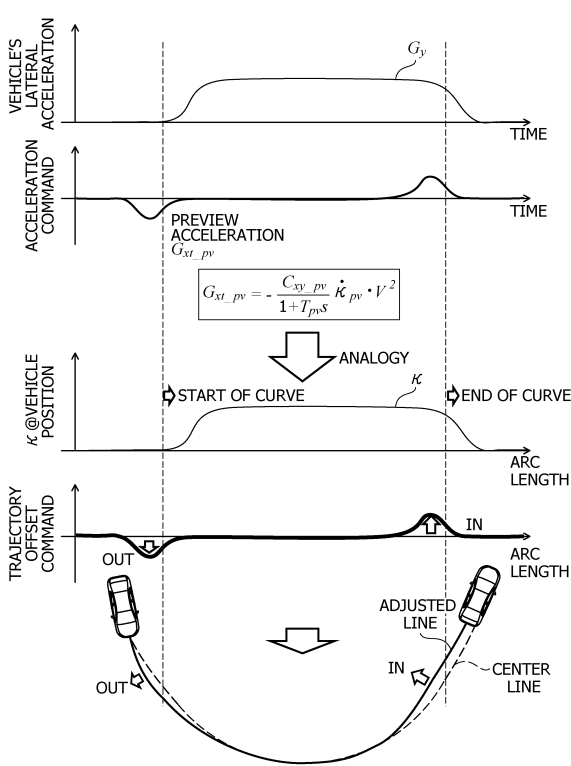
40

50

【 1 0 C 】



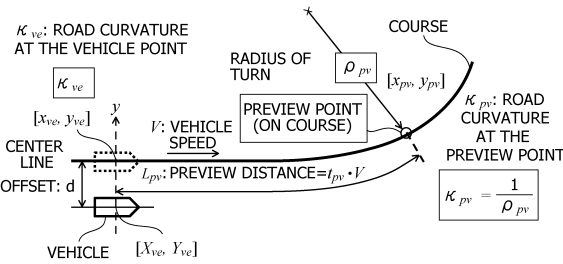
【 1 1 】



10

20

【 1 2 A 】



【 1 2 B 】

<EXAMPLE OF CENTER-LINE-WAYPOINT DATA>

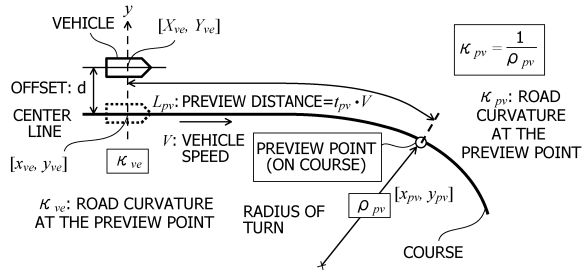
i	X-POSITION ON CENTER LINE $X(i)$	Y-POSITION ON CENTER LINE $Y(i)$	CURVATURE ON CENTER LINE $\kappa(i)$	CURVATURE RATE ON CENTER LINE $d\kappa(i)/ds$	DIRECTION OF CENTER LINE $\theta(i)$
1	0	0	0	0	0
:	:	:	:	:	:
ve	x_{ve}	y_{ve}	κ_{ve}	$d\kappa_{ve}/ds$	θ_{ve}
:	:	:	:	:	:
pv	x_{pv}	y_{pv}	κ_{pv}	$d\kappa_{pv}/ds$	θ_{pv}
:	:	:	:	:	:
N	$X(N)$	$Y(N)$	$\kappa(N)$	$d\kappa/ds(N)$	$\theta(N)$

30

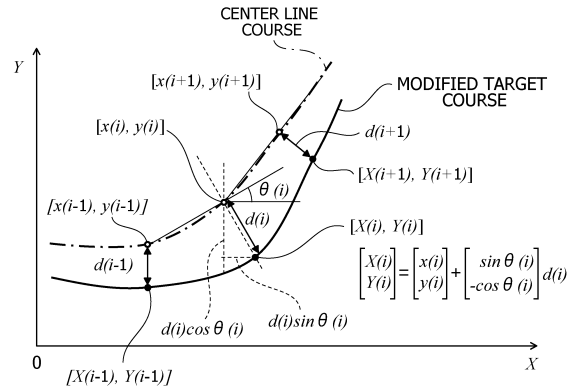
40

50

【図 13】

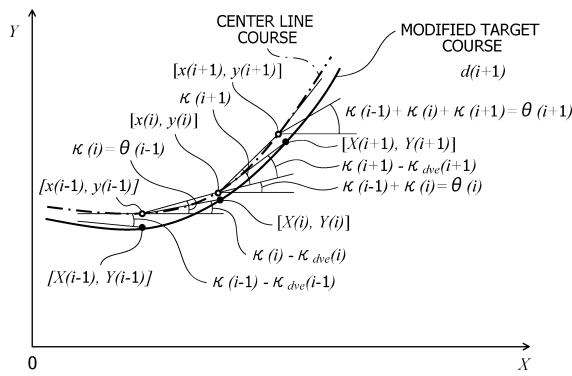


【図 14】



10

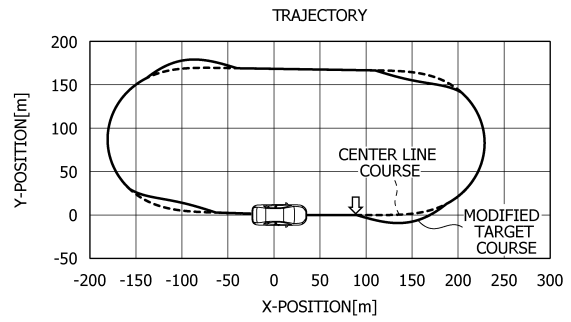
【図 15】



$$\begin{bmatrix} X(i) \\ Y(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(i-1) \\ y(i-1) \end{bmatrix} + \sqrt{(x(i)-x(i-1))^2 + (y(i)-y(i-1))^2} \begin{bmatrix} \cos(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \\ \sin(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} x(i-1) \\ y(i-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \\ \sin(\theta(i) - \kappa_{dve}(i)) \end{bmatrix} d(i)$$

【図 16】



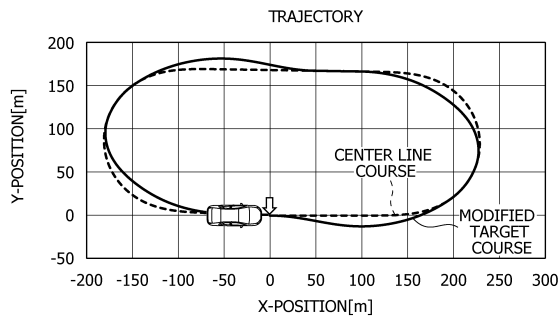
20

30

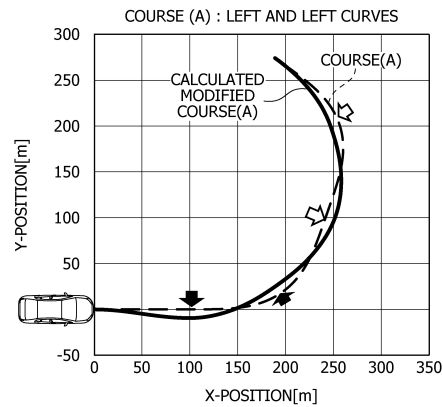
40

50

【 1 7 】

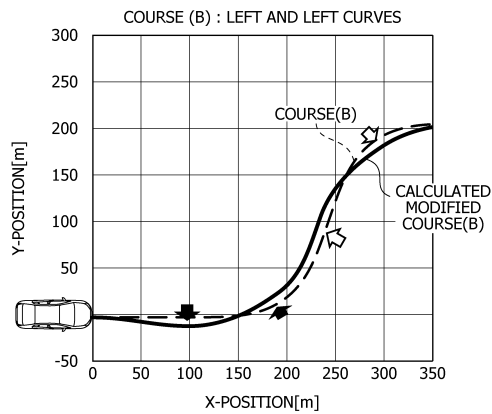


【 1 8 A 】

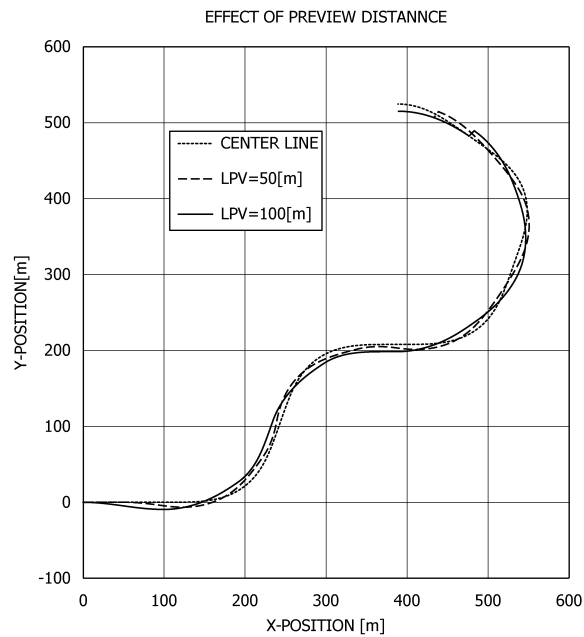


10

【 1 8 B 】



【 1 9 】



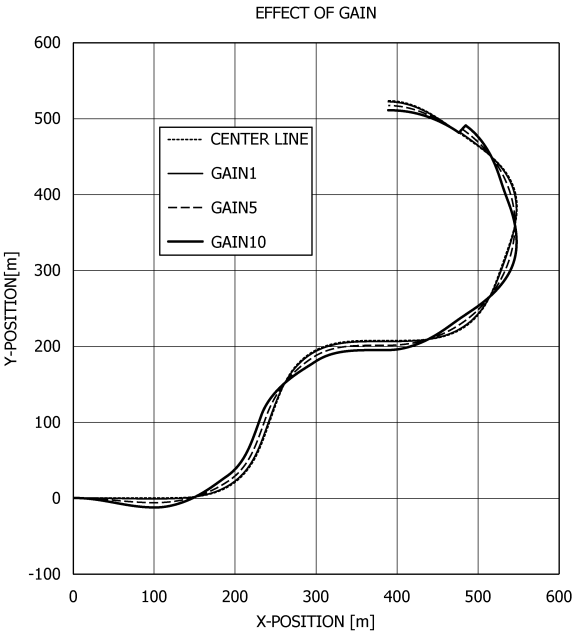
20

30

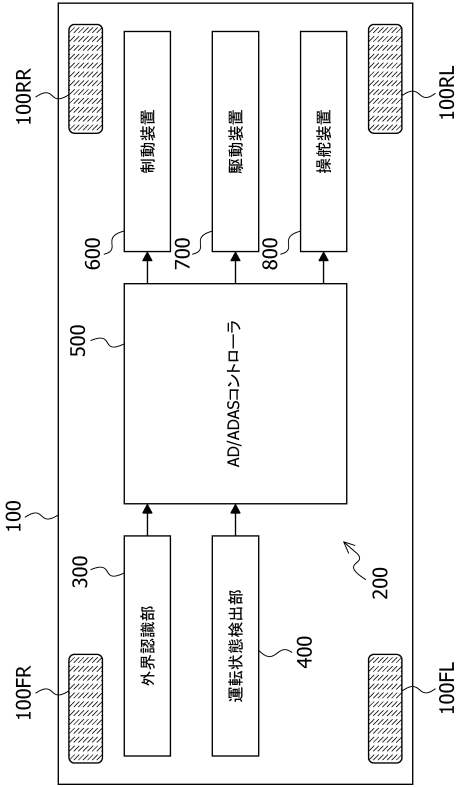
40

50

【図 20】



【図 21】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

奈川工科大学内
(72)発明者 安部 正人
神奈川県厚木市下荻野 1 0 3 0 番地 神奈川工科大学内
(72)発明者 狩野 芳郎
神奈川県厚木市下荻野 1 0 3 0 番地 神奈川工科大学内
(72)発明者 田中 優介
神奈川県厚木市下荻野 1 0 3 0 番地 神奈川工科大学内
審査官 稲本 遥
(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 2 1 8 0 9 8 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 1 8 9 1 8 7 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 2 1 4 2 8 2 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 6 0 W 1 0 / 0 0 - 1 0 / 3 0
3 0 / 0 0 - 6 0 / 0 0
G 0 8 G 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0