

(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2019-34591
(P2019-34591A)

(43) 公開日 平成31年3月7日(2019.3.7)

(51) Int.Cl.
B60W 30/045 (2012.01)

F1
B60W 30/045

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 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-155858 (P2017-155858)
(22) 出願日 平成29年8月10日 (2017.8.10)

(71) 出願人 509186579
日立オートモティブシステムズ株式会社
茨城県ひたちなか市高場2520番地
(74) 代理人 110002572
特許業務法人平木国際特許事務所
(72) 発明者 高橋 絢也
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(72) 発明者 秋山 悠基
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(72) 発明者 前田 健太
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

最終頁に続く

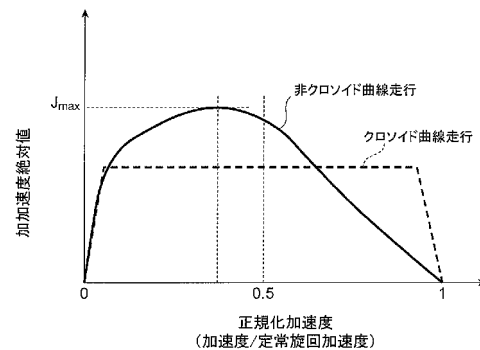
(54) 【発明の名称】 車両運動制御装置及びその方法、並びに、目標軌道生成装置及びその方法

(57) 【要約】

【課題】自動走行制御による旋回走行時の不安定挙動の発生および乗員の不快感を抑制することのできる車両運動制御装置及びその方法、並びに、目標軌道生成装置及びその方法を提供する。

【解決手段】車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、カーブ進入時に発生する横加速度が定常旋回時の加速度の半分以下の領域において、加速度の時間変化である加加速度が最大となり、加速度の増加と共に当該加加速度が減少するよう、車両に発生する加速度を制御する。

【選択図】図4A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、
 走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、
 前記車両に発生する加速度について、前記旋回走行時の横加速度が最大となる状態を定常旋回状態とし、前記定常旋回状態時の横加速度の半分以下の領域を第 1 領域、前記定常旋回状態時の横加速度の半分より大きい領域を第 2 領域としたとき、前記第 1 領域において、前記車両に発生する加速度の時間変化である加加速度が最大となり、かつ、前記第 1 領域における加加速度時間平均値が、前記第 2 領域における加加速度時間平均値よりも大きくなるよう、前記車両に発生する加速度を制御することを特徴とする車両運動制御装置。

10

【請求項 2】

前記車両に発生する加加速度が、前記第 2 領域において加速度の増加と共に減少するよう、前記車両に発生する加速度を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の車両運動制御装置。

【請求項 3】

前記車両に発生する加速度は、車両横方向の加速度である横加速度の絶対値であり、
 前記車両に発生する加加速度は、前記横加速度の時間変化である横加加速度の絶対値であることを特徴とする請求項 1 に記載の車両運動制御装置。

【請求項 4】

前記車両に発生する加速度は、車両横方向の加速度である横加速度の絶対値と車両前後方向の加速度である前後加速度の絶対値との合成加速度の絶対値であり、
 前記車両に発生する加加速度は、前記合成加速度の絶対値の時間変化であることを特徴とする請求項 1 に記載の車両運動制御装置。

20

【請求項 5】

前記車両に発生する加速度を前記定常旋回状態における加速度にて正規化した正規化加速度と前記加速度の時間変化との関係において、前記正規化加速度が 0.3 から 0.5 までの領域において前記加速度の時間変化が最大となるよう、前記車両に発生する加速度を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の車両運動制御装置。

【請求項 6】

走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、
 前記旋回走行の旋回開始から前記加速度の時間変化が最大となる期間よりも、前記加速度の時間変化が最大値から減少して定常旋回状態に至るまでの期間の方が長くなるよう、前記車両に発生する加速度を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の車両運動制御装置。

30

【請求項 7】

車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、
 走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、
 前記車両に発生する加速度について、前記旋回走行時の横加速度が最大となる状態を定常旋回状態とし、前記定常旋回状態時の横加速度の半分以下の領域を第 1 領域、前記定常旋回状態時の横加速度の半分より大きい領域を第 2 領域としたとき、前記第 1 領域において、前記車両に発生する加速度の時間変化である加加速度が最大となり、かつ、前記第 1 領域における加加速度時間平均値が、前記第 2 領域における加加速度時間平均値よりも大きくなる目標軌道を生成することを特徴とする目標軌道生成装置。

40

【請求項 8】

前記目標軌道について、
 前記目標軌道の軌道曲率が直線状態から最大値となるまでの遷移区間において、
 前記目標軌道上を一定速で移動する車両における曲率と曲率の時間変化において、
 前記曲率の最大値の半分以下の領域を第 3 領域、前記曲率の最大値の半分より大きい領域を第 4 領域としたとき、前記第 3 領域において、前記曲率の時間変化が最大となり、か

50

つ、前記第3領域における曲率時間変化の時間平均値が、前記第4領域における曲率時間変化の時間平均値よりも大きくなる目標軌道を生成することを特徴とする請求項7に記載の目標軌道生成装置。

【請求項9】

車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、

走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、

前記車両に発生する加速度について、前記旋回走行時の横加速度が最大となる状態を定常旋回状態とし、前記定常旋回状態時の横加速度の半分以下の領域を第1領域、前記定常旋回状態時の横加速度の半分より大きい領域を第2領域としたとき、前記第1領域において、前記車両に発生する加速度の時間変化である加加速度が最大となり、かつ、前記第1領域における加加速度時間平均値が、前記第2領域における加加速度時間平均値よりも大きくなるよう、前記車両に発生する加速度を制御することを特徴とする車両運動制御方法。

10

【請求項10】

車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、

走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、

前記車両に発生する加速度について、前記旋回走行時の横加速度が最大となる状態を定常旋回状態とし、前記定常旋回状態時の横加速度の半分以下の領域を第1領域、前記定常旋回状態時の横加速度の半分より大きい領域を第2領域としたとき、前記第1領域において、前記車両に発生する加速度の時間変化である加加速度が最大となり、かつ、前記第1領域における加加速度時間平均値が、前記第2領域における加加速度時間平均値よりも大きくなる目標軌道を生成することを特徴とする目標軌道生成方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車等の車両の走行を制御する車両運動制御装置及びその方法、並びに、車両が走行する目標軌道を生成する目標軌道生成装置及びその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車におけるADAS（先進運転支援システム）及び自動運転関連技術の開発が、近年、急速に進められている。運転操作の一部を自動化する機能として、アダプティブクルーズコントロール、レーンキープアシストシステム、緊急自動ブレーキ等が実用化に至っている。しかしながら、これらはいずれも車両の前後運動と横運動のどちらか一方のみを自動制御するシステムである。加減速を伴って旋回する走行シーン、例えば、曲率がきつく、一定の速度で走行すると横加速度が過大となるカーブ路や、追い越し、合流等でスムーズな車両運動を実現するために、車両の前後運動と横運動を総合的に扱う制御方法は確立されていないのが実情である。

30

【0003】

車両の横運動については、関連する先行技術として、例えば特許文献1が挙げられる。この特許文献1では、自動運転において、スムーズな走行のためには道路のカーブ形状に沿って走行するだけでは不十分であることが述べられており、道路の曲率の変化率が一定となる区間を持つ軌道に修正して走行する方法が開示されている。

40

【0004】

また、例えば特許文献2では、鉄道の軌道設計において、線路の曲率の変化率を連続とすることによって、車両と乗員に作用する横方向の力の変化を穏やかにする方法について述べられている。

【0005】

しかし、上記特許文献1、2のいずれの文献でも、加減速を伴ってカーブを走行する場合については触れられていない。

【0006】

50

一方、車両の加減速と横運動を関連付けた制御技術として、特許文献3では、操舵により発生する横加加速度（横加速度の時間変化ないし変化率）に基づく加減速の制御方法が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特表2013-513149号公報

【特許文献2】特開2005-200847号公報

【特許文献3】特開2008-285066号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記特許文献3における加減速の制御では、横運動については人間の運転者自身が操舵を担うことを前提としている。人間の運転者による運転では、既定の走行軌道に対する厳密な軌道追従制御がなされるわけではなく、この先に走行したいおおよその軌道と加減速の程度を常に想定しながら、車両の横運動と前後運動を同時に制御していると考えられる。そのため、単に道路形状に沿った軌道追従による自動運転では、加減速を伴う場合にスムーズな運動を実現する方法が明らかでなく、加減速を考慮した横運動生成と加減速制御の方法が課題となっていた。

【0009】

20

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、自動走行制御による旋回走行時の加速度変化に伴う車両の不安定挙動の発生を抑え、乗員の快適性を向上させることのできる車両運動制御装置及びその方法、並びに、目標軌道生成装置及びその方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明に係る車両運動制御装置及びその方法は、車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、前記車両に発生する加速度について、前記旋回走行時の横加速度が最大となる状態を定常旋回状態とし、前記定常旋回状態時の横加速度の半分以下の領域を第1領域、前記定常旋回状態時の横加速度の半分より大きい領域を第2領域としたとき、前記第1領域において、前記車両に発生する加速度の時間変化である加加速度が最大となり、かつ、前記第1領域における加加速度時間平均値が、前記第2領域における加加速度時間平均値よりも大きくなるよう、前記車両に発生する加速度を制御することを特徴とする。

30

【0011】

また、本発明に係る目標軌道生成装置及びその方法は、車両に発生する横加速度を自動制御可能な車両において、走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは一定に至る旋回走行をする際、前記車両に発生する加速度について、前記旋回走行時の横加速度が最大となる状態を定常旋回状態とし、前記定常旋回状態時の横加速度の半分以下の領域を第1領域、前記定常旋回状態時の横加速度の半分より大きい領域を第2領域としたとき、前記第1領域において、前記車両に発生する加速度の時間変化である加加速度が最大となり、かつ、前記第1領域における加加速度時間平均値が、前記第2領域における加加速度時間平均値よりも大きくなる目標軌道を生成することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、例えば直線区間を走行してきた車両が定常旋回状態に至るまでの間に発生する加加速度が発生する横加速度が小さい領域で最大とし、発生する加速度が大きい状態での加速度変化を抑制することで、自動走行制御による旋回走行時の加速度変化に伴う車両の不安定挙動の発生を抑制でき、乗員の快適性を向上する効果も期待できる。

50

【 0 0 1 3 】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】カーブ区間を含む道路の形状の一部を示した図である。

【 図 2 】クロソイド曲線となる走行軌道で定速走行した際の横加速度および横加加速度を示した図である。

【 図 3 】横加速度が小さい領域で横加加速度が最大となるように定速走行した際の横加速度および横加加速度を示した図である。

【 図 4 A 】加加速度絶対値と加速度を定常旋回加速度にて正規化した正規化加速度との関係を示した図である。

10

【 図 4 B 】クロソイド曲線となる走行軌道で定速走行した際と横加速度が小さい領域で横加加速度が最大となるように定速走行した際の加加速度時間平均を示した図である。

【 図 5 】本発明に係る車両運動制御装置の第 1 実施形態を搭載した車両の概念図である。

【 図 6 】本発明に係る車両運動制御装置の第 1 実施形態の構成図である。

【 図 7 】本発明に係る車両運動制御装置の第 1 実施形態の制御フローチャート図である。

【 図 8 】本発明に係る車両運動制御装置の第 1 実施形態による目標軌道取得方法の一例である。

【 図 9 】本発明に係る車両運動制御装置の第 1 実施形態による横加速度および横加加速度の演算結果の一例である。

20

【 図 1 0 】本発明に係る車両運動制御装置の第 2 実施形態の構成図である。

【 図 1 1 】本発明に係る車両運動制御装置の第 2 実施形態による目標軌道の曲率および曲率の時間変化の演算結果の一例である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

【 0 0 1 6 】

[実施形態の概要説明]

具体的な実施形態の説明に先立ち、本発明の理解が容易になるよう、まず、図 1 ~ 図 4 B を用いて、直線路からカーブ進入、定常旋回状態に至るまでの加速度制御方法について説明する。なお、本例では、車両の重心点を原点とし、車両の前後方向を x 、それに直角な方向（車両の横（左右）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。また、前後加速度は、車両前方向を正、すなわち車両が前方向に対して進行している際、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、車両が前方向に対して進行している際、左回り（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。また、左回りの旋回半径を正とし、その逆数を車両走行曲率とする。同様に、目標軌道に関しても、左回りの旋回半径を正とし、その逆数を目標軌道曲率とする。また、左回り（反時計回り）方向の操舵角を正とする。

30

【 0 0 1 7 】

図 1 は、本実施形態の速度制御の説明に際し、直線区間（曲率 0）、緩和曲線区間（曲率単調変化）、曲率一定区間（定常旋回）を持つカーブ路（カーブ区間を含む道路）、およびそこを走行する車両の概念図を示している。

40

【 0 0 1 8 】

図 2 は、車両の横加速度制御の一形態として、図 1 の a から b に至る曲率単調増加となる緩和曲線区間の走行軌道がクロソイド曲線となるよう一定速度で走行した場合の、横加速度、および横加速度の時間変化（横加加速度）を示したものである。つまり、図 2 は、クロソイド曲線で構成される緩和曲線区間を一定速度で走行する際に車両に発生する典型的な横加速度変化を示している。

【 0 0 1 9 】

図 1 の a から b に至る曲率単調増加区間において、クロソイド曲線となる走行軌道にて定

50

速走行した場合、図 2 に示すように、横加速度は線形に増加し、定常旋回時の横加速度（最大値） $G_{y_{max}}$ に至る。この時、車両に発生する横加加速度は、図 2 の a から b に至るまでの間、ほぼ一定の値となる。

【 0 0 2 0 】

この場合、図 2 の b 付近、すなわち車両に発生する横加速度が大きい領域まで横加加速度が大きくなり、路面状態等によっては、横加速度変化が大きいことによる不安定挙動が発生する可能性がある。また、車両に発生する加速度が大きい状態での加速度変化は、乗員に不快感を与える可能性がある。

【 0 0 2 1 】

本実施形態では、これらの加速度と加加速度の関係を鑑み、加速度が大きい領域では加加速度を抑制するように、車両に発生する加速度を（自動的に）制御することにより、加速度変化に伴う車両の不安定挙動の発生を抑制し、乗員の快適性を向上する。具体的には、図 3 に示すように、図 1 の a から b に至る曲率単調増加となる緩和曲線区間において、車両に発生する横加加速度が横加速度の小さい領域で最大値 $J_{y_{max}}$ をとり、その後、横加速度の増加と共に、横加加速度が減少するよう、車両に発生する加速度を制御する。ここで、横加速度の小さい領域とは、車両に発生する横加速度が定常旋回時に発生する横加速度（最大値） $G_{y_{max}}$ の半分以下の領域（領域 A）とし、横加速度の大きい領域とは、車両に発生する横加速度が定常旋回時に発生する横加速度（最大値） $G_{y_{max}}$ の半分より大きい領域（領域 B）とする。

【 0 0 2 2 】

以下、緩和曲線区間走行時の走行軌道がクロソイド曲線となる走行をクロソイド曲線走行、本実施形態による走行を非クロソイド曲線走行と呼ぶ。

【 0 0 2 3 】

図 4 A は、クロソイド曲線走行、非クロソイド曲線走行それぞれの場合の、定常旋回時（定常旋回状態）に車両に発生する加速度（定常旋回加速度）で車両に発生する加速度を正規化した正規化加速度と加加速度絶対値との関係を示したものである。横軸を正規化加速度、縦軸を加加速度絶対値とした場合、クロソイド曲線走行では、正規化加速度の増加に対し、加加速度絶対値がほぼ一定となる。それに対し、非クロソイド曲線走行（本実施形態）では、正規化加速度が 0.5 よりも小さい領域（図示例では、0.3 から 0.5 までの領域）で加加速度絶対値が最大値 J_{max} を取り、その後、正規化加速度の増加とともに減少する傾向となる。

【 0 0 2 4 】

また、図 4 B は、クロソイド曲線走行、非クロソイド曲線走行それぞれの場合の、前記領域 A、B それぞれにおける加加速度の時間平均を示したものである。図 4 B に示すように、クロソイド曲線走行では、前記領域 A における加加速度時間平均値と前記領域 B における加加速度時間平均値とがほぼ同じとなる。それに対し、非クロソイド曲線走行（本実施形態）では、前記領域 A における加加速度時間平均値は、前記領域 B における加加速度時間平均値よりも大きくなる。

【 0 0 2 5 】

なお、前述の図 3 や図 4 A では、定速走行での車両横方向に発生する加速度である横加速度（の絶対値）とその横加速度の時間変化である横加加速度（の絶対値）の関係等を示したが、前後加速度を伴う場合であっても、車両横方向に発生する加速度である横加速度（の絶対値）と車両前後方向に発生する加速度である前後加速度（の絶対値）との合成加速度（の絶対値）と、その合成加速度（の絶対値）の時間変化ないし変化率である合成加加速度（の絶対値）との関係が、図 3 に示した関係となるように前後加速度および横加速度を制御すればよい。また、同様に、合成加速度を定常旋回時の合成加速度にて正規化した正規化合成加速度と合成加速度の時間変化（合成加加速度）の絶対値との関係が、図 4 A に示した関係となるように前後加速度および横加速度を制御すればよい。

【 0 0 2 6 】

このような加速度（横加速度、もしくは、前後加速度および横加速度）制御を行うこと

10

20

30

40

50

により、自動走行制御による旋回走行時の加速度変化に伴う車両の不安定挙動の発生を抑制でき、乗員の快適性を向上させることができる。

【0027】

[第1実施形態]

以下、図5～図9を用いて、本発明の第1実施形態による車両運動制御装置の構成及び動作について説明する。

【0028】

最初に、図5、6を用いて、本発明の第1実施形態による車両運動制御装置を搭載した車両および当該車両運動制御装置の構成について説明する。

【0029】

図5は、本発明の第1実施形態による車両運動制御装置を搭載した車両の構成図を示したものである。

【0030】

本実施形態の車両運動制御装置1は車両20に搭載されるものであり、車両運動状態情報を取得するセンサ(加速度センサ2、ジャイロセンサ3、車輪速センサ8)、ドライバ操作情報を取得するセンサ(操舵角センサ5、ブレーキペダルセンサ17、アクセルペダルセンサ18)および自車両走行路情報を取得するセンサ(コース形状取得センサ6、自車両位置検出センサ9、外界情報検出センサ19)から得られる各種情報に基づいて、加速度制御に必要な演算を行い、その演算結果に基づいて、車両に発生する前後加速度および/もしくは横加速度を制御可能なアクチュエータ(ブレーキアクチュエータ11、駆動アクチュエータ13、舵角制御アクチュエータ16)の駆動制御を行う各制御ユニット(ブレーキ制御ユニット10、駆動トルク制御ユニット12、舵角制御ユニット15)に通信ライン14を通じて制御指令値を送信する。

【0031】

ここで、前記車両運動状態情報を取得するセンサとして、車両速度、前後加速度、横加速度、ヨーレイトを取得できるセンサ、もしくは手段であればよく、上記センサ構成に限定するものではない。例えばグローバルポジショニングシステム(GPS)により得られる位置情報を微分することで、車両速度を取得してもよい。また、カメラのような画像取得センサを用いて車両のヨーレイト、前後加速度、横加速度を取得してもよい。また、前記車両運動制御装置1が直接センサの入力を持たなくともよい。例えば別な制御ユニット(例えばブレーキ制御ユニット10)から通信ライン14を通じて必要な情報を取得してもよい。

【0032】

ドライバ操作情報を取得するセンサとして、ドライバによるステアリングホイール4の操作量、図示していないブレーキペダルおよびアクセルペダルの操作量を取得できればよく、上述の車両運動状態情報の取得同様、前記車両運動制御装置1が直接センサの入力を持たなくともよい。例えば別な制御ユニット(例えばブレーキ制御ユニット10)から通信ライン14を通じて必要な情報を取得してもよい。

【0033】

自車両走行路情報を取得するセンサとして、グローバルポジショニングシステム(GPS)を自車両位置検出センサ9として用い、外界情報検出センサ19として、カメラやレーダ等、自車両周辺の障害物を検出して走行可能な領域を検出可能なセンサを用い、コース形状取得センサ6として、ナビゲーションシステムのような自車両の走行経路情報を取得できるものを利用できる。ここで、自車両走行路情報を取得するセンサとして、自車両の進行方向におけるコース形状および走行可能領域が取得できる手段であればよく、これらセンサに限定するものではない。例えばデータセンタや路上に設置された道路情報を送信する機器との通信により自車両前方のコース形状を取得する方法であってもよいし、カメラのような撮像手段により自車両前方もしくは周囲、またはその両方の画像を取得し、自車両前方のコース形状を取得する方法であってもよい。また、これら手段のいずれか、もしくはその組み合わせにより、自車両進行方向のコース形状を演算するユニットから通

10

20

30

40

50

信ライン 14 を通じて取得する方法であってもよい。

【0034】

前記車両 20 に発生する前後加速度を制御可能な加減速アクチュエータ（ブレーキアクチュエータ 11、駆動アクチュエータ 13）は、タイヤ 7 と路面間に発生する力を制御することで当該車両 20 に発生する前後加速度を制御可能なアクチュエータであり、例えば、燃焼状態を制御することでタイヤ 7 にかかる制駆動トルクを制御し、車両 20 の前後加速度を制御可能な燃焼エンジン、もしくは電流を制御することでタイヤ 7 にかかる制駆動トルクを制御し、車両 20 の前後加速度を制御可能な電動モータ、もしくは動力を各車輪に伝達する際の変速比を変えることで車両 20 の前後加速度を制御可能な変速機、もしくは各車輪のブレーキパッドにブレーキディスクを押しつけることで車両 20 に前後加速度を発生させる摩擦ブレーキといった、前後加速度を制御可能な加減速アクチュエータを適用することができる。

10

【0035】

また、車両運動制御装置 1 は、記憶領域、演算処理能力、および信号の入出力手段等を有する演算装置を備えており、前記車両運動状態情報、前記ドライバ操作情報、前記自車両走行路情報により得られた各種情報から車両 20 に発生させる前後加速度指令値を演算し、前記前後加速度指令値となる前後加速度を発生し得る前記加減速アクチュエータを前後加速度発生手段として、前記加減速アクチュエータ（ブレーキアクチュエータ 11、駆動アクチュエータ 13）の駆動制御器（ブレーキ制御ユニット 10、駆動トルク制御ユニット 12）へ前記前後加速度指令値を送る。また、前記車両運動状態情報、前記ドライバ操作情報、前記自車両走行路情報により得られた各種情報から車両 20 に発生させる横運動指令値を演算し、前記横運動を発生し得る舵角制御アクチュエータ 16 を旋回運動発生手段として、前記舵角制御アクチュエータ 16 の駆動制御器（舵角制御ユニット 15）へ前記横運動指令値としての舵角指令値を送る（詳細は後述）。

20

【0036】

ここで、車両運動制御装置 1 から送る信号は前後加速度そのものではなく、前記加減速アクチュエータによって前記前後加速度指令値を実現し得る信号であればよい。同様に、車両運動制御装置 1 から送る信号は舵角そのものではなく、前記舵角制御アクチュエータ 16 により、舵角指令値を実現し得る信号であればよい。

【0037】

例えば、前記加減速アクチュエータが燃焼エンジンである場合、前記前後加速度指令値を実現し得る制駆動トルク指令値を駆動トルク制御ユニット 12 へ送る。また、駆動トルク制御ユニット 12 を介さず、前後加速度指令値を実現する燃焼エンジンの駆動信号を、燃焼エンジンの制御アクチュエータに直接送ってもよい。また、油圧によりブレーキパッドをブレーキディスクに押し付ける油圧式摩擦ブレーキを用いる場合、前後加速度指令値を実現する油圧指令値をブレーキ制御ユニット 10 へ送る。また、ブレーキ制御ユニット 10 を介さず、前後加速度指令値を実現する油圧式摩擦ブレーキ駆動アクチュエータの駆動信号を油圧式摩擦ブレーキ駆動アクチュエータに直接送ってもよい。

30

【0038】

また、前後加速度指令値を実現する際に、前後加速度指令値に応じて駆動制御を行う前記加減速アクチュエータを変更してもよい。

40

【0039】

例えば、前記燃焼エンジンと油圧式摩擦ブレーキを前記加減速アクチュエータとして持つ場合、前記前後加速度指令値が前記燃焼エンジンの制駆動トルク制御により実現できる範囲であれば、前記燃焼エンジンを駆動制御し、前記前後加速度指令値が前記燃焼エンジンの制駆動トルク制御で実現できない範囲の負の値である場合、前記燃焼エンジンと合わせて油圧式摩擦ブレーキを駆動制御する。また、前記電動モータと前記燃焼エンジンを前記加減速アクチュエータとして持つ場合、前記前後加速度の時間変化が大きい場合は前記電動モータを駆動制御し、前記前後加速度の時間変化が小さい場合は前記燃焼エンジンを駆動制御するようにしてもよい。また、通常時は前記前後加速度指令値を電動モータによ

50

り駆動制御し、バッテリーの状態等により電動モータにより前後加速度指令を実現できない場合、他の加減速アクチュエータ（燃焼エンジン、油圧式摩擦ブレーキ等）を駆動制御するようにしてもよい。

【0040】

また、通信ライン14として、信号によって異なる通信ラインおよび通信プロトコルを用いてもよい。例えば大容量のデータをやり取りする必要のある自車両走行路情報を取得するセンサとの通信にイーサネットを用い、各アクチュエータとの通信にはController Area Network (CAN)を用いる構成であってもよい。

【0041】

図6は、本発明の第1実施形態による車両運動制御装置1の構成図を示したものである。

10

【0042】

図示するように、車両運動制御装置1は、目標軌道取得部1a、車両運動状態取得部1b、車両運動制御演算部1c、および制御指令送信部1dからなる。

【0043】

目標軌道取得部1aでは、前記自車両走行路情報、および車両運動状態情報から車両20を走行させるための目標軌道および走行可能領域を取得する。ここで、目標軌道の作成方法としては、自車両が走行するコース形状から目標軌道を作成する方法であってもよいし、データセンサとの通信により、自車両が走行する路面の過去の走行データ軌跡を取得し、その軌跡に基づいて作成する方法であってもよい。

20

【0044】

車両運動状態取得部1bでは、前記車両運動状態情報から車両20の運動状態（走行速度、旋回状態、ドライバ操作量等）を取得する。

【0045】

車両運動制御演算部1cでは、前記目標軌道取得部1aおよび車両運動状態取得部1bにより得られた情報に基づいて、前記速度制御による前後加速度指令値、もしくは前記速度制御による前後加速度指令値と前記舵角制御による舵角指令値の両方を演算し、その演算結果を制御指令送信部1dに送る。

【0046】

制御指令送信部1dでは、前記車両運動制御演算部1cにより作成された前後加速度指令値、もしくは前後加速度指令値と舵角指令値の両方に基づいて、前記前後加速度および/もしくはタイヤ実舵角を制御可能なアクチュエータ（ブレーキアクチュエータ11、駆動アクチュエータ13、舵角制御アクチュエータ16）の駆動制御を行う各制御ユニット（ブレーキ制御ユニット10、駆動トルク制御ユニット12、舵角制御ユニット15）に制御指令値を送る。

30

【0047】

図7は、第1実施形態の前記車両運動制御装置1における制御フローチャートを示したものである。

【0048】

S000では、上述のように目標軌道、走行可能範囲、車速制御範囲、車両運動状態を取得する。ここで、目標軌道は、図8に示すように、車両重心位置を原点とし、車両速度ベクトルの方向を正としたXv軸、それと直行するYv軸を取った座標上のノード点位置データ $NP_n (Xv_n, Yv_n)$ として変換される。nは、最も車両に近い点を0とし、自車両進行方向に向かって1、2・・・、nmaxと増加する整数である。また、nmaxは取得可能なノード点位置データ番号nの最大値である。また、 NP_0 のYv軸成分である Yv_0 は、車両の横方向偏差となる。また、各ノード点はノード点位置における走行可能範囲、および車速制御範囲といった情報も合わせて持つものとする。

40

【0049】

S100では、目標軌道、車速制御範囲、車両運動状態から前後加速度を演算する。例えば車両速度が車速制御範囲を超えて高い場合、車速制御範囲に収まるよう負の前後加速

50

度指令値を演算する。また、目標軌道がカーブ路形状（走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは略一定に至る形状）となっており、カーブ路に応じた加減速制御をおこなう場合、カーブ路形状に基づいた前後加速度指令値が演算される。

【 0 0 5 0 】

S 2 0 0 では、目標軌道、車両運動状態から横加速度を演算する。ここで、目標軌道がカーブ路形状（走行路の道路曲率絶対値が増加して最大値もしくは略一定に至る形状）となっており、カーブ路に応じた横加速度制御をおこなう場合、車両 2 0 に発生する横加速度と横加加速度の関係が、上述の図 3 ないし図 4 A に示した関係となるよう横加速度を演算する。

【 0 0 5 1 】

例えば、図 9 に示すように、旋回走行開始時刻 t_0 から横加加速度が最大となる時刻 t_1 までの間の横加速度を G_{y1} とし、時刻 t_1 から定常旋回状態の横加速度 $G_{y\max}$ となる時刻 t_2 までの間の横加速度を G_{y2} とすると、 G_{y1} 、 G_{y2} は二つのチューニング変数、 k および時刻 t を用いて、以下の式 (1)、(2) で与える。

【 数 1 】

$$G_{y1} = \frac{k \cdot G_{y\max}}{1+k} (1 - \cos \omega t) \quad (\text{ただし } t_0 \leq t < t_1) \quad \dots (1)$$

【 数 2 】

$$G_{y2} = \frac{G_{y\max}}{1+k} \left[k - \cos \left\{ k \omega t + \frac{\pi}{2} (1 - k) \right\} \right] \quad (\text{ただし } t_1 \leq t < t_2) \quad \dots (2)$$

ここで、 $0 < k < 1$ の値に設定することで、横加速度と横加加速度が図 3 ないし図 4 A に示した関係となる。なお、ここでは、旋回走行開始時刻 t_0 から横加加速度が最大となる時刻 t_1 までの期間よりも、横加加速度が最大値となる時刻 t_1 から当該横加加速度が減少して定常旋回状態に至る時刻 t_2 までの期間の方が長くなる。

【 0 0 5 2 】

図 7 に戻り、S 3 0 0 では、横運動に基づいた前後加速度を演算する。この横運動に基づいた前後加速度の演算方法としては、例えば上記特許文献 3 に示す横加加速度に基づいた前後加速度制御が挙げられる。

【 0 0 5 3 】

S 4 0 0 では、車両運動状態、演算された横加速度、前後加速度に基づいて、車両 2 0 の走行軌道、車速の推定を行う。

【 0 0 5 4 】

S 5 0 0 では、推定された走行軌道、車速が制御可能範囲内か否かを判定する。ここで、制御範囲外と判定された場合、S 6 0 0 に進み、制御範囲内と判定された場合、S 7 0 0 へと進む。

【 0 0 5 5 】

S 6 0 0 では、前後加速度、横加速度の補正を行う。例えば、横加速度の補正においては、数 (1)、(2) に示したチューニング変数、 k を変更することで、S 4 0 0 にて走行軌道を変化させる。また、上記特許文献 3 に示す横加加速度に基づいた前後加速度制御の制御ゲインを変更することで、S 4 0 0 にて走行軌道および車速を変化させる。その後、再び、S 5 0 0 にて、走行軌道、車速が制御可能範囲内か否かを判定する。

【 0 0 5 6 】

S 7 0 0 では、前記前後加速度指令値、横加速度指令値に基づいて、各アクチュエータの制御指令値を演算して送信する。例えば、燃焼エンジンを用いて前後加速度を制御し、電動パワーステアリングを用いてヨーモーメント（横加速度）を制御する場合、前記前後加速度を車両に発生させる制駆動トルク指令値を燃焼エンジンの制御コントローラに送り、前記横加速度を車両に発生させる舵角指令値を電動パワーステアリングの制御コントローラに送る。

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50

以上のように、本第1実施形態では、直線区間を走行してきた車両20が定常旋回状態に至るまでの間に発生する加加速度が発生する横加速度が小さい領域（車両20に発生する横加速度が定常旋回時に発生する横加速度 $G_{y_{max}}$ の半分以下の領域A）で最大とし、発生する加速度が大きい状態（車両20に発生する横加速度が定常旋回時に発生する横加速度 $G_{y_{max}}$ の半分より大きい領域B）での加速度変化を抑制することで、自動走行制御による旋回走行時の加速度変化に伴う車両20の不安定挙動の発生を抑制でき、乗員の快適性を向上する効果も期待できる。

【0058】

[第2実施形態]

次に、図10～図11を用いて、本発明の第2実施形態による車両運動制御装置（目標軌道生成装置）の構成及び動作について説明する。

10

【0059】

図10は、本発明の第2実施形態による車両運動制御装置（目標軌道生成装置）1Aの構成図を示したものである。なお、図10に示す例では、車両運動制御装置（目標軌道生成装置）1Aは車両20の外部に備えられているが、上記第1実施形態と同様、車両20内に配備してもよい。

【0060】

本実施形態では、車両運動制御装置1Aは、記憶領域、演算処理能力、および信号の入出力手段等を有する複数の演算装置を備えており、主に、軌道演算部1Aa、および走行制御演算部1Abを備える。

20

【0061】

軌道演算部1Aaでは、前記コース形状、前記外界情報、前記自車両位置情報、および前記車両運動状態情報から、車両20の目標軌道および目標車速を作成する。

【0062】

走行制御演算部1Abでは、前記目標軌道、目標車速および前記車両運動状態情報から、車両20に発生させる横運動指令値、もしくは横運動指令値と前後加速度指令値の両方を演算し、前記前後加速度指令値となる前後加速度を発生し得る前記加減速アクチュエータを前後加速度発生手段として、前記加減速アクチュエータ（ブレーキアクチュエータ11、駆動アクチュエータ13）の駆動制御器（ブレーキ制御ユニット10、駆動トルク制御ユニット12）へ前記前後加速度指令値を送り、車両20に発生させる前記横運動指令値を発生し得る舵角制御アクチュエータ16を旋回運動発生手段として、前記舵角制御アクチュエータ16の駆動制御器（舵角制御ユニット15）へ前記横運動指令値としての舵角指令値を送る。

30

【0063】

詳しくは、前記軌道演算部1Aaは、前記コース形状、前記外界情報、前記自車両位置情報、および前記車両運動状態情報から目標軌道および目標車速を作成する際、旋回走行時に車両20に発生する加速度と加加速度の関係が上述の図3ないし図4Aに示す形となるよう、目標軌道および目標車速を作成する。例えば、直線路からカーブ路に進入し、定常旋回状態に至る際の目標軌道の曲率（軌道曲率）を上凸の曲線とする。目標車速が略一定であれば、目標軌道の曲率の時間変化と曲率の関係が、図11に示すように、定常旋回時（定常旋回状態）の曲率（最大値） α_{max} の半分 $\alpha_{max}/2$ となる時刻 $t3$ よりも、曲率の時間変化が最大となる時刻 $t1$ が早くなるよう、目標軌道を生成する。すなわち、前記軌道演算部1Aaは、目標軌道の曲率が略直線状態から最大値もしくは一定となるまでの遷移区間において、前記目標軌道上を略一定速で移動する車両20における曲率と曲率の時間変化において、図11に示すように、前記目標軌道の曲率の最大値 α_{max} の半分 $\alpha_{max}/2$ 以下の領域（領域C）において、前記曲率の時間変化が最大となるよう、目標軌道を生成する。ここで生成される目標軌道は、前記目標軌道の曲率が最大値 α_{max} の半分 $\alpha_{max}/2$ 以下の領域（領域C）における曲率時間変化の時間平均値が、前記曲率の最大値 α_{max} の半分 $\alpha_{max}/2$ より大きい領域（領域D）における曲率時間変化の時間平均値よりも大きくなる目標軌道となる。

40

50

【 0 0 6 4 】

前記走行制御演算部 1 A b は、前記したように、軌道演算部 1 A a で作成された目標軌道および目標車速を実現するために、車両 2 0 に発生させる横運動指令値、もしくは横運動指令値と前後加速度指令値の両方を演算し、前記前後加速度指令値となる前後加速度を発生し得る前記加減速アクチュエータを前後加速度発生手段として、前記加減速アクチュエータ（ブレーキアクチュエータ 1 1、駆動アクチュエータ 1 3）の駆動制御器（ブレーキ制御ユニット 1 0、駆動トルク制御ユニット 1 2）へ前記前後加速度指令値を送り、車両 2 0 に発生させる前記横運動指令値を発生し得る舵角制御アクチュエータ 1 6 を旋回運動発生手段として、前記舵角制御アクチュエータ 1 6 の駆動制御器（舵角制御ユニット 1 5）へ前記横運動指令値としての舵角指令値を送る。

10

【 0 0 6 5 】

以上のように、本第 2 実施形態では、車両運動制御装置（目標軌道生成装置）1 A にて目標軌道を生成する際に、目標軌道の曲率と曲率の時間変化の関係を前記した図 1 1 に示すような制約を与えることで、走行可能範囲内を走行可能かつ車両 2 0 に発生する加速度と加加速度の関係が図 3 ないし図 4 A に示すようになる目標軌道および目標車速が軌道演算部 1 A a 側で演算できる。そのため、上記第 1 実施形態と同様の効果が得られるとともに、走行制御演算部 1 A b 側の演算負荷を低減でき、また、軌道演算装置（軌道演算部 1 A a）を他の走行制御演算装置（走行制御演算部 1 A b）と組み合わせた制御も実現できる。

20

【 0 0 6 6 】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形形態が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

30

【 0 0 6 7 】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD（Solid State Drive）等の記憶装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

40

【 0 0 6 8 】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

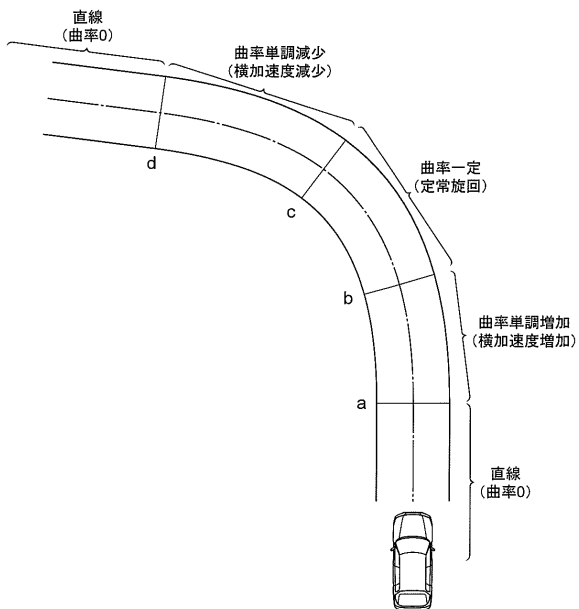
- 1 : 車両運動制御装置（第 1 実施形態）
- 1 A : 車両運動制御装置（目標軌道生成装置）（第 2 実施形態）
- 1 a : 目標軌道取得部
- 1 b : 車両運動状態取得部
- 1 c : 車両運動制御演算部
- 1 d : 制御指令送信部
- 2 : 加速度センサ
- 3 : ジャイロセンサ
- 4 : ステアリングホイール
- 5 : 操舵角センサ
- 6 : コース形状取得センサ

50

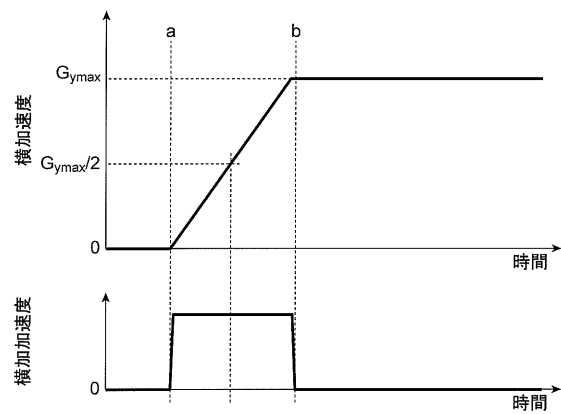
50

- 7 : タイヤ
- 8 : 車輪速センサ
- 9 : 自車両位置検出センサ
- 10 : ブレーキ制御ユニット
- 11 : ブレーキアクチュエータ
- 12 : 駆動トルク制御ユニット
- 13 : 駆動アクチュエータ
- 14 : 通信ライン
- 15 : 舵角制御ユニット
- 16 : 舵角制御アクチュエータ
- 17 : ブレーキペダルセンサ
- 18 : アクセルペダルセンサ
- 19 : 外界情報検出センサ
- 20 : 車両

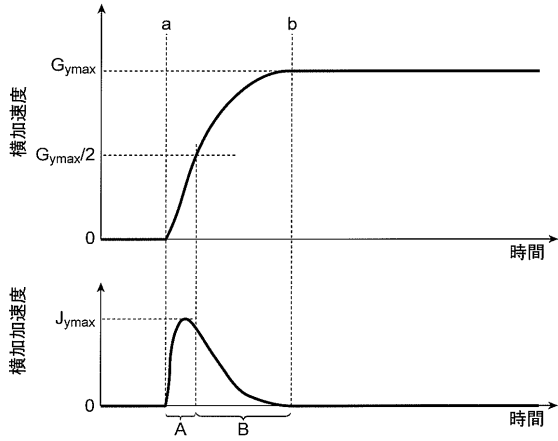
【 図 1 】



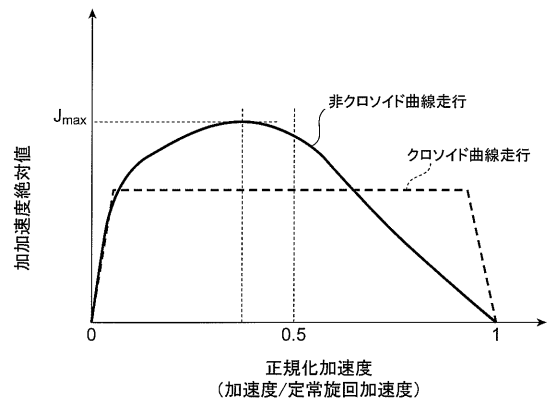
【 図 2 】



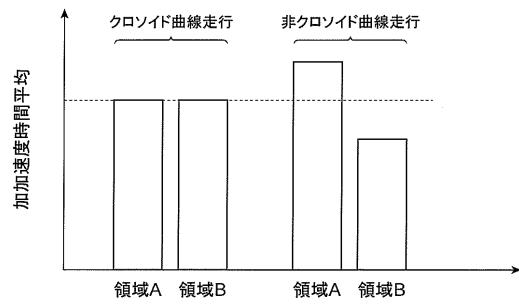
【図3】



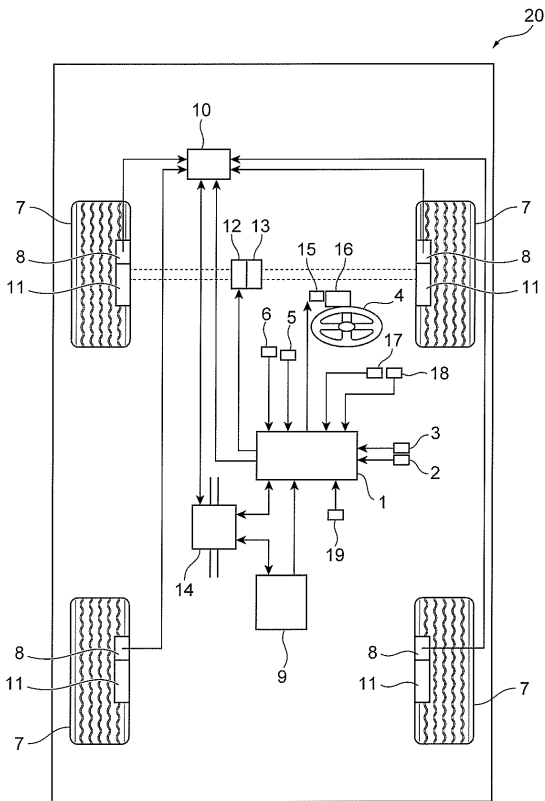
【図4A】



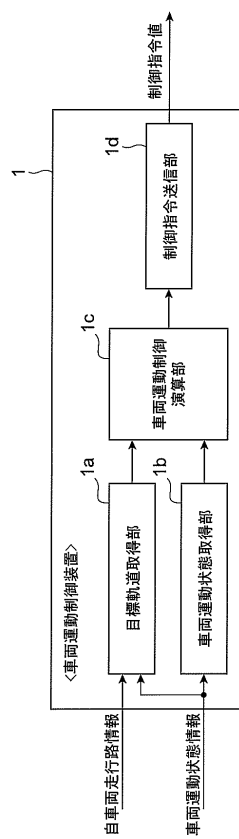
【図4B】



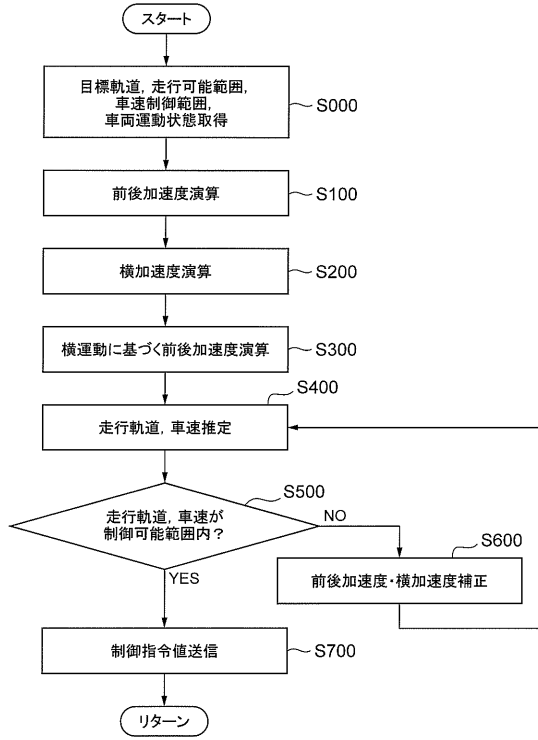
【図5】



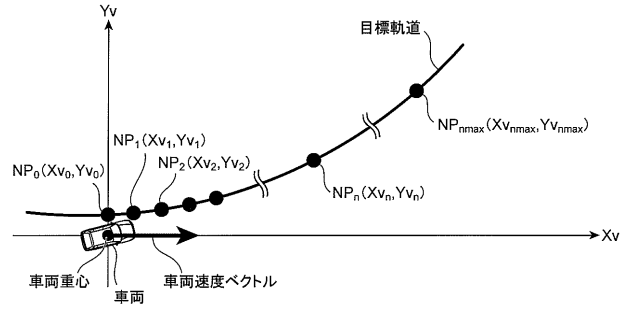
【図6】



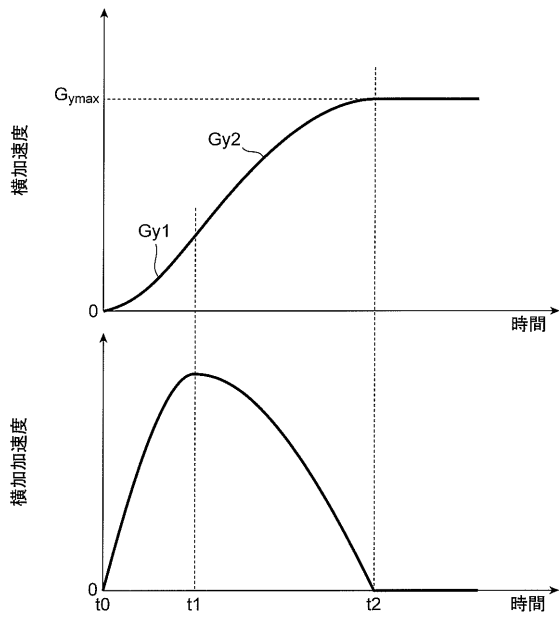
【 図 7 】



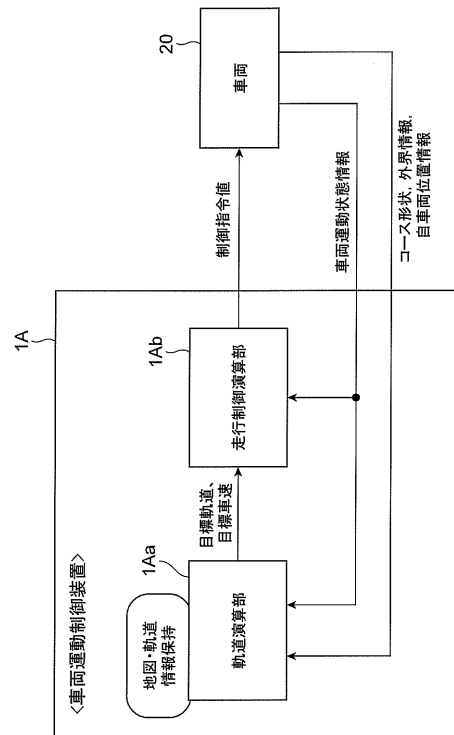
【 図 8 】



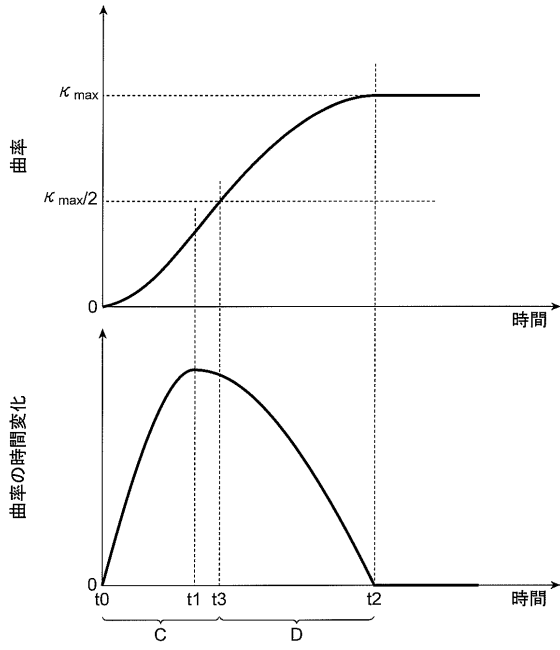
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 平賀 直樹

茨城県ひたちなか市高場2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内

(72)発明者 印南 敏之

茨城県ひたちなか市高場2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 3D241 BA17 BA51 BB27 BC04 CC02 CC08 CC17 CD01 CE02 CE04

DA13Z DA39Z DA52Z DB01Z DB02Z DB05Z DB09Z DB10Z DB12Z DB32Z

DB48Z