

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7465286号  
(P7465286)

(45)発行日 令和6年4月10日(2024.4.10)

(24)登録日 令和6年4月2日(2024.4.2)

(51)国際特許分類	F I	
B 6 0 W 30/165 (2020.01)	B 6 0 W 30/165	
B 6 0 T 7/12 (2006.01)	B 6 0 T 7/12	F
B 6 0 T 8/58 (2006.01)	B 6 0 T 8/58	
B 6 0 W 10/04 (2006.01)	B 6 0 W 10/00	1 2 0
B 6 0 W 10/18 (2012.01)	B 6 0 W 30/188	
請求項の数 13 (全24頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2021-572792(P2021-572792)	(73)特許権者	509186579 日立Astemo株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(86)(22)出願日	令和3年1月21日(2021.1.21)	(74)代理人	100129425 弁理士 小川 護晃
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/002054	(74)代理人	100168642 弁理士 関谷 充司
(87)国際公開番号	WO2021/149768	(72)発明者	伊庭 達哉 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立Astemo株式会社内
(87)国際公開日	令和3年7月29日(2021.7.29)	(72)発明者	上野 健太郎 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立Astemo株式会社内
審査請求日	令和4年5月11日(2022.5.11)	(72)発明者	伊藤 博志 茨城県ひたちなか市高場2520番地 最終頁に続く
(31)優先権主張番号	特願2020-9097(P2020-9097)		
(32)優先日	令和2年1月23日(2020.1.23)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 車両制御装置、車両制御方法及び車両追従走行システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させる車両追従走行システムにおいて、前記先頭車両に搭載され、入力した情報に基づいて演算した結果を制御指令として制動装置又は駆動装置へ出力するコントロール部を備えた車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

前記後続車両のそれぞれについて予め定められた横加速度の許容上限値又はヨーレートの許容上限値を満たすように走行路に応じて前記後続車両毎に設定される許容最大車速のうち最も小さい値を、前記先頭車両の速度を制限するための制限車速として求め、

前記先頭車両の速度が前記制限車速を超えないように、前記制動装置及び前記駆動装置へ前記制御指令を出力する、

車両制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の車両制御装置であって、

前記許容最大車速は前記後続車両において求められ、

前記コントロール部は、前記許容最大車速を前記後続車両から取得する、

車両制御装置。

【請求項3】

請求項2に記載の車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

前記先頭車両の速度が、前記制限車速より低い所定車速を超えた場合、前記駆動装置へ出力する前記制御指令を、前記先頭車両の加速を制限する制限加速指令とする、  
車両制御装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

前記先頭車両の速度が前記制限車速より高い場合、前記制動装置へ出力する前記制御指令を、前記先頭車両を強制的に減速させる強制減速指令とする、  
車両制御装置。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の車両制御装置であって、

前記コントロール部は、

前記強制減速指令を出力している間に車両使用者の制動要求に伴う制動操作量が入力されたときに、前記強制減速指令に従って制動したときよりも前記車両使用者の制動要求に従って制動したときの方が前記先頭車両の減速変化が大きくなると判断した場合には、前記制動装置へ出力する前記制御指令を、前記制動操作量に基づいて生成された減速指令とする、

車両制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の車両制御装置であって、

前記許容最大車速は、前記横加速度の許容上限値、又は、前記ヨーレートの許容上限値と、前記後続車両が走行する走行路の曲率と、に基づいて、あるいは、前記横加速度の許容上限値と、前記走行路における前記後続車両のヨーレートと、に基づいて、あるいは、前記ヨーレートの許容上限値と、前記走行路における前記後続車両の横加速度と、に基づいて求められる、  
車両制御装置。

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の車両制御装置であって、

前記後続車両が走行する走行路の曲率、前記走行路における前記後続車両のヨーレート、及び、前記走行路における前記後続車両の横加速度は、前記後続車両の実際の走行位置における値である、

車両制御装置。

30

【請求項 8】

請求項 6 に記載の車両制御装置であって、

前記後続車両が走行する走行路の曲率、前記走行路における前記後続車両のヨーレート、及び、前記走行路における前記後続車両の横加速度は、前記後続車両の将来の走行位置における推定値である、

車両制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の車両制御装置であって、

前記許容最大車速は前記先頭車両の前記コントロール部において求められる、

車両制御装置。

40

【請求項 10】

請求項 9 に記載の車両制御装置であって、

前記コントロール部は、前記先頭車両の走行位置と該走行位置における走行路の曲率とを関連付けて逐次記憶し、

前記許容最大車速は、前記横加速度の許容上限値又は前記ヨーレートの許容上限値と、前記先頭車両が既に走行した走行路のうち前記先頭車両から前記後続車両の最後尾までの区間において最も大きい曲率と、に基づいて求められる、

50

車両制御装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 に記載の車両制御装置であって、  
前記後続車両が複数台で構成されている、  
車両制御装置。

【請求項 1 2】

先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させる車両追従走行システムの前記先頭車両の車両制御方法であって、

前記後続車両のそれぞれについて予め定められた横加速度の許容上限値又はヨーレート  
の許容上限値を満たすように走行路に応じて前記後続車両毎に設定される許容最大車速の  
うち最も小さい値を、前記先頭車両の速度を制限するための制限車速として求め、

前記先頭車両の速度が前記制限車速を超えないように、制動装置及び駆動装置を制御す  
る、

車両制御方法。

【請求項 1 3】

先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させる車両追従走行システムであって、

前記先頭車両は、

コントロール部であって、

前記後続車両のそれぞれについて予め定められた横加速度の許容上限値又はヨーレート  
の許容上限値を満たすように走行路に応じて前記後続車両毎に設定される許容最大車速の  
うち最も小さい値を、前記先頭車両の速度を制限するための制限車速として求め、

前記先頭車両の速度が前記制限車速を超えないように、前記先頭車両の加減速度を制御  
するための制御指令を出力する、

コントロール部と、

前記制御指令に基づいて制動力を制御する制動装置と、

前記制御指令に基づいて駆動力を制御する駆動装置と、

を備える車両追従走行システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両制御装置、車両制御方法及び車両追従走行システムに関し、先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させる追従走行制御に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、設定速度に従って同一車線を走行する先行車両に追従するように自車両の制駆動力制御を行う追従走行制御が知られている（例えば特許文献 1 参照）。かかる制御では、自車両が隊列の先頭を走行している先頭走行状態であると判定すると、自車両の設定速度を第 1 上限値に変更し、自車両が先頭走行状態ではないと判定すると、自車両の設定速度を第 1 上限値より大きい値の第 2 上限値に変更している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2015 - 020502 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、先行車両が直線路を走行し、この先行車両に追従するように制御されている後続車両が曲線路を走行している状況では、先行車両が加速すると、後続車両において車

10

20

30

40

50

両の進行方向と直角に発生する加速度である横加速度が過大となる可能性がある。従来の追従走行制御によれば、後続車両の先行車両への追従性を向上させるために先行車両の速度を制限しているが、後続車両に発生する横加速度までは考慮されていない。このため、後続車両において、乗り心地の低下、スリップ、荷崩れ等が発生するおそれがある。

【0005】

そこで、本発明は以上のような問題点に鑑み、追従走行制御により曲線路で後続車両に発生し得る過大な横加速度を抑制する、車両制御装置、車両制御方法及び車両追従走行システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このため、本発明に係る車両制御装置では、先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させる車両追従走行システムにおいて、先頭車両に搭載され、入力した情報に基づいて演算した結果を制御指令として制動装置又は駆動装置へ出力するコントロール部を備え、このコントロール部は、後続車両のそれぞれについて予め定められた横加速度の許容上限値又はヨーレートの許容上限値を満たすように走行路に応じて後続車両毎に設定される許容最大車速のうち最も小さい値を、先頭車両の速度を制限するための制限車速として求め、先頭車両の速度が制限車速を超えないように、制動装置及び駆動装置へ制御指令を出力している。

【0007】

また、本発明に係る車両制御方法は、先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させる車両追従走行システムの先頭車両が、後続車両のそれぞれについて予め定められた横加速度の許容上限値又はヨーレートの許容上限値を満たすように走行路に応じて後続車両毎に設定される許容最大車速のうち最も小さい値を、先頭車両の速度を制限するための制限車速として求め、先頭車両の速度が制限車速を超えないように、制動装置及び駆動装置を制御している。

【0008】

さらに、本発明に係る車両追従走行システムは、先頭車両に後続車両を非機械的に順次連結して、各後続車両を先行する直前の車両に追従して走行させるものであって、先頭車両は、コントロール部、制動装置及び駆動装置を備えている。コントロール部は、後続車両のそれぞれについて予め定められた横加速度の許容上限値又はヨーレートの許容上限値を満たすように走行路に応じて後続車両毎に設定される許容最大車速のうち最も小さい値を、先頭車両の速度を制限するための制限車速として求め、先頭車両の速度が制限車速を超えないように、先頭車両の加減速度を制御するための制御指令を出力する。制動装置は、制御指令に基づいて制動力を制御し、駆動装置は、制御指令に基づいて駆動力を制御する。

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る、車両制御装置、車両制御方法及び車両追従走行システムによれば、追従走行制御により曲線路で後続車両に発生し得る過大な横加速度を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施形態に係る車両追従走行システムによる隊列を示す模式図である。

【図2】後続車両が1台のときの隊列の走行状態の一例を示す模式図である。

【図3】後続車両が複数台のときの隊列の走行状態の一例を示す模式図である。

【図4】後続車両の車両追従走行システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図5】後続車両の車両追従走行システムの別例を説明する模式図である。

【図6】先頭車両の車両追従走行システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図7】後続車両における制御処理の主要部の一例を示すフローチャートである。

【図8】先頭車両における制御処理の主要部の一例を示すフローチャートである。

【図9】強制減速指令の適否判断のサブルーチンの一例を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図10】第2実施形態に係る車両追従走行システムの概要を示す模式図である。

【図11】後続車両の車両追従走行システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図12】先頭車両の車両追従走行システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図13】後続車両における制御処理の主要部の一例を示すフローチャートである。

【図14】先頭車両における制御処理の主要部の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付された図面を参照し、本発明を実施するための実施形態について詳述する。

【0012】

〔第1実施形態〕

（車両追従走行システムの概要）

図1～図3を参照して、第1実施形態に係る車両追従走行システムの概要について説明する。車両追従走行システムは、先頭車両に1台以上の後続車両を非機械的に順次連結することで、各後続車両を先行する直前の車両（直前車両）に追従して走行させるためのシステムである。なお、本明細書における車両は、道路上を走行する自動車である。

【0013】

図1は、車両追従走行システムによって複数台の車両で組まれる隊列を示す。図1における隊列は、隊列の先頭を走行する先頭車両1と、先頭車両1より後続である複数台の後続車両2と、を含んでいる。複数台の後続車両2はそれぞれ、自車両と直前車両との間における車間距離を一定に保ちつつ直前車両に追従して走行する。

【0014】

図2は、車両追従走行システムによる後続車両が1台である隊列の走行状態の一例を示す。図2において、先頭車両1は曲線路を通過した後の直線路を走行中であり、後続車両2は曲線路を走行中である。

【0015】

ところで、後続車両2では、乗り心地の低下、スリップの発生及び荷崩れの発生の少なくとも1つを抑制する観点から、後続車両2に固有の旋回走行性能が予め定められている。後続車両2の旋回走行性能は、横加速度の上限値（限界横加速度） $a_{y\lim}$ やヨーレート（限界ヨーレート） $r_{l\lim}$ で定められる。このような旋回走行性能を満たすために、後続車両2の速度には、これが走行する走行路に応じて上限値（許容最大車速） $V_{2\max}$ が設定される。許容最大車速 $V_{2\max}$ は、後続車両2において、実際の横加速度 $a_y$ が限界横加速度 $a_{y\lim}$ となったときの自車両の速度（自車速）である。あるいは、許容最大車速 $V_{2\max}$ は、後続車両2において、実際のヨーレート $r$ が限界ヨーレート $r_{l\lim}$ となったときの自車速である。

【0016】

後続車両2が相対的に曲率の大きい走行路を走行しているときの実際の横加速度及び実際のヨーレートは、相対的に曲率の小さい走行路を走行しているときと比較すると、車速上昇に応じて増大しやすい。このため、後続車両2が相対的に曲率の大きい走行路を走行しているときの実際の横加速度及び実際のヨーレートは、比較的低い車速で限界横加速度 $a_{y\lim}$ 及び限界ヨーレート $r_{l\lim}$ に到達する。したがって、相対的に曲率の大きい走行路を走行しているときの後続車両2の許容最大車速 $V_{2\max}$ は、相対的に曲率の小さい走行路（直線路を含む）を走行しているときの後続車両2の許容最大車速 $V_{2\max}$ と比較して小さくなる。

【0017】

再び図2において、先頭車両1が曲線路を通過した後の直線路で加速すると、曲線路において先頭車両1に対して車間距離を一定に保って追従走行する後続車両2の速度（旋回速度）も上昇する。そして、後続車両2の速度が曲線路における許容最大車速 $V_{2\max}$ を超えた場合には、後続車両2の実際の横加速度や実際のヨーレートが旋回走行性能で定められた限界値 $a_{y\lim}$ 、 $r_{l\lim}$ を超えてしまう。これにより、乗り心地が低下したり、スリップや荷崩れが発生したりするおそれがある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 8 】

このため、後続車両 2 では、その走行位置において自車両の旋回走行性能を満たす許容最大速度  $V_{2max} (= u_1)$  を求めて、その情報を先頭車両 1 に車車間通信で送信する。そして、先頭車両 1 では、自車速を制限するための制限車速  $V_{1max}$  を許容最大速度  $V_{2max}$  と同じ値  $(= u_1)$  に設定して、自車速が制限車速  $V_{1max}$  を超えないように車速制御を行う。これによって、後続車両 2 の速度が許容最大車速  $V_{2max}$  を超えないようにして、後続車両 2 の実際の横加速度や実際のヨーレートを旋回走行性能で定められた限界値  $a_{ylim}, r_{lim}$  以下に抑制する。

## 【 0 0 1 9 】

図 3 は、車両追従走行システムによる後続車両が 3 台である隊列の走行状態の一例を示す。図 3 において、先頭車両 1 及びこれに追従する第 1 後続車両 2 A は曲線路を通過した後の直線路を走行中であり、第 1 後続車両 2 A に追従する第 2 後続車両 2 B は曲線路を走行中であり、第 2 後続車両 2 B に追従する第 3 後続車両 2 C は曲線路に進入する前の直線路を走行中である。

10

## 【 0 0 2 0 】

後続車両 2 A ~ 2 C はそれぞれ、後続車両が 1 台である場合と同様に、各走行位置で旋回走行性能に基づいて許容最大車速  $V_{2max}$  を求めて、その情報を先頭車両 1 に車車間通信で送信する。具体的には、第 1 後続車両 2 A は、走行中の直線路における許容最大車速  $V_{2max} (= u_1)$  を求めて、その情報を先頭車両 1 に送信する。第 2 後続車両 2 B は、走行中の曲線路における許容最大車速  $V_{2max} (= u_2)$  を求めて、その情報を先頭車両 1 に送信する。第 3 後続車両 2 C は、走行中の直線路における許容最大車速  $V_{2max} (= u_3)$  を求めて、その情報を先頭車両 1 に送信する。

20

## 【 0 0 2 1 】

先頭車両 1 では、後続車両 2 A ~ 2 C の許容最大車速  $V_{2max}$  のうち最も小さい値を制限車速  $V_{1max}$  として設定する。後続車両 2 A ~ 2 C の旋回走行性能が共通である場合には、曲線路を走行中の第 2 後続車両 2 B の許容最大車速  $V_{2max} (= u_2)$  が最も小さい値となる。したがって、先頭車両 1 では、第 2 後続車両 2 B の許容最大車速  $V_{2max} (= u_2)$  を制限車速  $V_{1max}$  に設定し、このように設定した制限車速  $V_{1max}$  を自車速が超えないように車速制御を行う。これにより、後続車両 2 A ~ 2 C の速度がそれぞれの許容最大車速  $V_{2max}$  を超えないようにして、後続車両 2 A ~ 2 C のそれぞれの実際の横加速度や実際のヨーレートを旋回走行性能で定められた限界値  $a_{ylim}, r_{lim}$  以下に抑制する。なお、第 1 ~ 第 3 後続車両 2 A ~ 2 C の旋回走行性能は相互に異なる値であってもよい。

30

## 【 0 0 2 2 】

要するに、第 1 実施形態では、後続車両 2 が各走行位置において自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速  $V_{2max}$  を求め、先頭車両 1 が後続車両 2 の許容最大車速  $V_{2max}$  に基づいて設定した自車両の制限車速  $V_{1max}$  を自車速が超えないように車速制御を行う。

## 【 0 0 2 3 】

(後続車両の車両追従走行システム)

40

図 4 は、後続車両に搭載される車両追従走行システムの一例を示す。後続車両 2 に搭載される車両追従走行システムは、コントロール部としてのマイクロコンピュータを含む車両制御装置 20 を中心の構成として、外界認識装置 21、車両状態取得装置 22、受信装置 23、第 1 送信装置 24、第 2 送信装置 25、駆動装置 26 及び制動装置 27 を備える。

## 【 0 0 2 4 】

外界認識装置 21 は、例えば、カメラ、レーダ、ソナー等によって、自車両の前方に存在する物体を認識する装置であり、具体的には、自車両と直前車両との車間距離  $d$  を計測して、その情報を出力する。

## 【 0 0 2 5 】

車両状態取得装置 22 は、自車両の車両状態を取得するための装置であり、車速取得部

50

2 2 1、前後加速度取得部 2 2 2、ヨーレート取得部 2 2 3、横加速度取得部 2 2 4 及び舵角取得部 2 2 5 を含む。

【 0 0 2 6 】

車速取得部 2 2 1 は、車載の車速センサから出力される車速パルス信号や A B S (Anti-lock Braking System) に代表される車両挙動制御装置での車速の推定結果等に基づいて自車速  $V_2$  を取得し、自車速  $V_2$  に関する情報を出力する。前後加速度取得部 2 2 2 は、車載の前後加速度センサを用いた計測によって自車両の前後加速度  $a_x$  を取得し、前後加速度  $a_x$  に関する情報を出力する。なお、前後加速度取得部 2 2 2 では、車速取得部 2 2 1 で取得された自車速  $V_2$  の変化に基づいて前後加速度  $a_x$  を算出してもよい。

【 0 0 2 7 】

ヨーレート取得部 2 2 3 は、例えば車載のヨーレートセンサを用いた計測によって自車両のヨーレート  $r$  を取得し、ヨーレート  $r$  に関する情報を出力する。なお、ヨーレート取得部 2 2 3 では、ヨーレートセンサを用いた計測によらずに、自車速  $V_2$  及び舵角 等の物理量の計測値を用いて、ヨーレート  $r$  を算出してもよい。横加速度取得部 2 2 4 は、例えば車載の横加速度センサを用いた計測によって自車両の横加速度  $a_y$  を取得し、横加速度  $a_y$  に関する情報を出力する。なお、横加速度取得部 2 2 4 では、横加速度センサを用いた計測によらずに、自車速  $V_2$  及び舵角 等の物理量の計測値を用いて、横加速度  $a_y$  を算出してもよい。舵角取得部 2 2 5 は、例えば車載の舵角センサを用いた計測によって自車両の舵角 を取得し、舵角 に関する情報を出力する。

【 0 0 2 8 】

受信装置 2 3 は、車両制御装置 2 0 の指示に従って、直前車両の速度 (直前車速)  $V_f$  に関する情報を、自車両と直前車両との間の車車間通信を介して直前車両から受信する装置である。第 1 送信装置 2 4 は、自車両が隊列の最後尾車両でない場合には、車両制御装置 2 0 の指示に従って、車速取得部 2 2 1 及び前後加速度取得部 2 2 2 の出力情報を、自車両とこれに追従する直後の車両 (直後車両) との間の車車間通信を介して直後車両へ送信する装置である。第 2 送信装置 2 5 は、車両制御装置 2 0 の指示に従って、車両制御装置 2 0 で算出された自車両の許容最大車速  $V_{2max}$  に関する情報を、自車両と先頭車両 1 との間の車車間通信を介して先頭車両 1 へ送信する装置である。

【 0 0 2 9 】

駆動装置 2 6 は、自車両の車輪の駆動力を発生する駆動源 (エンジン、電動モータ又はこれらの組み合わせ) と、車両制御装置 2 0 からの加速指令に基づいて駆動力を制御する駆動コントローラと、を備える。

【 0 0 3 0 】

制動装置 2 7 は、自車両の車輪に制動力を与える制動機構 (摩擦ブレーキ、ドラムブレーキ等) と、車両制御装置 2 0 からの減速指令に基づいて制動力を制御する制動コントローラと、を備える。

【 0 0 3 1 】

車両制御装置 2 0 のマイクロコンピュータは、C P U (Central Processing Unit) 等のプロセッサ、R O M (Read Only Memory) 等の不揮発性メモリ、R A M (Random Access Memory) 等の揮発性メモリ及び入出力ポートを備え、これらがバス接続されて構成される。後述する種々のマイクロコンピュータにおいても同様である。

【 0 0 3 2 】

車両制御装置 2 0 のマイクロコンピュータは、外界認識装置 2 1、車両状態取得装置 2 2 及び受信装置 2 3 から出力された各種情報を入力して、各種情報に基づいて演算した結果を、第 2 送信装置 2 5、駆動装置 2 6 及び制動装置 2 7 へ出力する。車両制御装置 2 0 は、主要機能として、自車両と直前車両との車間距離を目標値に保ちつつ直前車両に追従して走行させる車間制御部 2 0 1、及び、各走行位置で自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速  $V_{2max}$  を求める許容最大車速算出部 2 0 2、の 2 つの機能を有する。

【 0 0 3 3 】

なお、車両制御装置 2 0 の各機能は、マイクロコンピュータにおいてプロセッサが不揮

10

20

30

40

50

発性メモリから制御プログラムを揮発性メモリに読み出して実行することで実現されるものとする。ただし、車両制御装置 20 の機能の一部又は全部がハードウェアの構成により実現されることを排除するものではない。後述する種々の車両制御装置においても同様である。

#### 【0034】

車間制御部 201 は、自車両と直前車両との車間距離を隊列走行における目標値に保つために、自車両の駆動装置 26 への加速指令として加速度指令値  $A_{com}$  を出力し、制動装置 27 への減速指令として減速度指令値  $D_{com}$  を出力する。ここで、車間距離の目標値は、一定値であるのみならず可変値であっても良い。すなわち、たとえば車速の上昇に応じて車間距離の目標値を大きくする等、走行状態の変化に伴って可変の距離を車間距離の目標値として用いてもよい。車間制御部 201 は、例えば下記の数式 (1) に従って加速度指令値  $A_{com}$  を求める。

$$A_{com} = a_{xf} + K_x x + K_v v \dots (1)$$

#### 【0035】

数式 (1) において、 $x$  は、外界認識装置 21 の出力情報に基づいて取得した車間距離  $d$  とその目標値  $d^*$  との差である ( $x = d - d^*$ )。  $x$  は、車間距離  $d$  が目標値  $d^*$  よりも長いときに正の値として算出される一方、車間距離  $d$  が目標値  $d^*$  よりも短いときに負の値として算出される。また、 $v$  は、受信装置 23 の出力情報に基づいて取得した直前車速  $V_f$  と車速取得部 221 の出力情報に基づいて取得した自車速  $V_2$  との差である ( $v = V_f - V_2$ )。  $v$  は、直前車速  $V_f$  が自車速  $V_2$  よりも速いときに正の値として算出され、直前車速  $V_f$  が自車速  $V_2$  よりも遅いときに負の値として算出される。

#### 【0036】

数式 (1) において、 $a_{xf}$  は、受信装置 23 の出力情報に基づいて取得した直前車両の前後加速度であって、直前車速  $V_f$  が増加する加速時には正の値として与えられ、直前車速  $V_f$  が低下する減速時には負の値として与えられる。また、 $K_x$ 、 $K_v$  は、正の定数ゲインであって、マイクロコンピュータの不揮発性メモリに記憶されている制御定数である。

#### 【0037】

車間制御部 201 は、数式 (1) に従って算出した加速度指令値  $A_{com}$  が正であるとき、加速度指令値  $A_{com}$  の加速指令を駆動装置 26 へ出力する。一方、車間制御部 201 は、数式 (1) に従って算出した加速度指令値  $A_{com}$  が負であるとき、減速度指令値  $D_{com}$  を  $D_{com} = |A_{com}|$  として求め、求めた減速度指令値  $D_{com}$  の減速指令を制動装置 27 へ出力する。

#### 【0038】

なお、車間制御部 201 における加速度指令値  $A_{com}$  の算出式を、数式 (1) に限定するものではない。車間制御部 201 は、例えば、微分項や積分項を含む数式や、直前車両の前後加速度  $a_{xf}$  や直前車速  $V_f$  の情報を加工して使用する、あるいは、これらを用いない数式など、制御要求に応じて適宜採用することができる。

#### 【0039】

許容最大車速算出部 202 は、後続車両 2 の旋回走行性能として定められた限界横加速度  $a_{y\lim}$  又は限界ヨーレート  $r_{l\lim}$  と、後続車両 2 が走行している走行路の曲率  $\rho$  とに基づいて許容最大車速  $V_{2max}$  を算出する。

#### 【0040】

限界横加速度  $a_{y\lim}$  及び限界ヨーレート  $r_{l\lim}$  は、マイクロコンピュータの不揮発性メモリに固定値として記憶させておくことができ、また、車両使用者によるスイッチ操作等により任意の値を指定し得る構成とすることができる。例えば、限界横加速度  $a_{y\lim}$  又は限界ヨーレート  $r_{l\lim}$  がスリップの発生を抑制する目的で規定されている場合には、走行路の路面状況に応じて限界横加速度  $a_{y\lim}$  又は限界ヨーレート  $r_{l\lim}$  を可変設定できるようにしてもよい。また、限界横加速度  $a_{y\lim}$  又は限界ヨーレート  $r_{l\lim}$  が荷崩れの発生を抑制する目的で規定されている場合には、積載量や積載高さに応じて限界

10

20

30

40

50

横加速度  $a_{y \text{ lim}}$  又は限界ヨーレート  $r_{\text{lim}}$  を可変設定できるようにしてもよい。

【0041】

許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  は、下記の数式(2)に従って、限界横加速度  $a_{y \text{ lim}}$  を曲率  $\kappa$  で除算した値の平方根値として算出されるか、あるいは、下記の数式(3)に従って、限界ヨーレート  $r_{\text{lim}}$  を曲率  $\kappa$  で除算した値として算出される。

$$V_{2 \text{ max}} = (a_{y \text{ lim}} / \kappa)^{1/2} \dots (2)$$

$$V_{2 \text{ max}} = r_{\text{lim}} / \kappa \dots (3)$$

【0042】

後続車両2が走行している走行路の曲率  $\kappa$  は、車両の基本的な運動特性を示す各種関係式に、自車速  $V_2$ 、横加速度  $a_y$ 、ヨーレート  $r$  及び舵角  $\delta$  といった後続車両2の実際の走行位置における車両状態を示す物理量を適宜代入して算出される。例えば、後続車両2の走行位置における自車速  $V_2$  及び横加速度  $a_y$  が取得されている場合には、曲率  $\kappa$  は、横加速度  $a_y$  を自車速  $V_2$  の二乗値で除算した値として算出できる ( $\kappa = a_y / V_2^2$ )。また、後続車両2の走行位置における自車速  $V_2$  及びヨーレート  $r$  が取得されている場合には、曲率  $\kappa$  は、ヨーレート  $r$  を自車速  $V_2$  で除算した値として算出できる ( $\kappa = r / V_2$ )。さらに、後続車両2の走行位置における自車速  $V_2$  及び舵角  $\delta$  が取得され、後続車両2に固有の定数であるスタビリティファクタ  $A$  とホイールベース  $L$  が既知の場合には、曲率  $\kappa$  は、関係式 ( $\kappa = \delta / (1 + A \times V_2^2) \times L$ ) を用いて算出できる。

【0043】

許容最大車速算出部202は、後続車両2が走行している走行路の曲率  $\kappa$  を用いる代わりに、後続車両2の走行位置において取得されたヨーレート  $r$  又は横加速度  $a_y$  を用いて許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  を算出することができる。具体的には、許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  は、下記の数式(4)に従って、限界横加速度  $a_{y \text{ lim}}$  をヨーレート  $r$  で除算した値として算出されるか、又は、下記の数式(5)に従って、横加速度  $a_y$  を限界ヨーレート  $r_{\text{lim}}$  で除算した値として算出できる。

$$V_{2 \text{ max}} = a_{y \text{ lim}} / r \dots (4)$$

$$V_{2 \text{ max}} = a_y / r_{\text{lim}} \dots (5)$$

【0044】

後続車両2の車両制御装置20における許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  の算出方法は、後続車両2の車両状態取得装置22の具体的な構成に応じて適宜選択すればよい。許容最大車速算出部202により算出された許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  に関する情報は、車両制御装置20から第2送信装置25へ出力された後、第2送信装置25から先頭車両1へ送信される。

【0045】

(後続車両の車両追従走行システムの別例)

図5は、後続車両の車両追従走行システムの別例を説明するための模式図である。図5において、先頭車両1が曲線路を通過した後の直線路を走行中であり、ある後続車両2が曲線路に進入する前の直線路を走行している。前述の車両追従走行システムによれば、後続車両2が、実際に走行している直線路において自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  を算出していた。しかし本例では、図5に示すように、後続車両2が、これから走行する曲線路において自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速  $V_{2 \text{ max}}$  を算出する。すなわち、後続車両2が、これから走行する曲線路の曲率(前方曲率)  $\kappa_{\text{est}}$  と自車両の旋回走行性能とに基づいて許容最大車速  $V_{2 \text{ max}} (= u_2)$  を算出する。そして先頭車両1が自車両の制限車速  $V_{1 \text{ max}}$  を設定する際には、その許容最大車速  $V_{2 \text{ max}} (= u_2)$  を用いる。これにより、後続車両2が曲線路に進入する前に先頭車両1の制限速度  $V_{1 \text{ max}}$  を低く設定できるようにして、後続車両2がこれから走行する曲線路で発生する横加速度をより確実に抑制する。

【0046】

具体的には、後続車両2の車両制御装置20は、数式(2)において、曲率  $\kappa$  と置き換えて前方曲率  $\kappa_{\text{est}}$  を代入するとともに、限界横加速度  $a_{y \text{ lim}}$  を代入することで

、許容最大車速  $V_{2max}$  を算出する。あるいは、数式 (3) において、曲率  $2$  と置き換えて前方曲率  $2_{est}$  を代入するとともに、限界ヨーレート  $r_{lim}$  を代入することで、許容最大車速  $V_{2max}$  を算出する。それから、車両制御装置  $20$  は、前方曲率  $2_{est}$  及び自車両の旋回走行性能に基づいて算出した許容最大車速  $V_{2max}$  と、自車両が実際に走行している走行位置において自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速  $V_{2max}$  と、を比較する。そして、車両制御装置  $20$  は、比較の結果、小さい方の許容最大車速  $V_{2max}$  に関する情報を先頭車両  $1$  に送信する。先頭車両  $1$  が自車両の制限車速  $V_{1max}$  を設定する際には、小さい方の許容最大車速  $V_{2max}$  を用いる。

#### 【0047】

前方曲率  $2_{est}$  は、外界認識装置  $21$  で認識される外界情報に基づいて推定できる。例えば、外界認識装置  $21$  がそのカメラ画像を画像処理することで道路区画線（白線）を認識可能に構成されている場合には、認識した道路区画線から前方曲率  $2_{est}$  を推定できる。また、外界認識装置  $21$  がそのカメラ画像処理によって、自車両と直前車両との車間距離  $d$  に加えて、相対位置及び相対角度を取得可能である場合には、これらの取得データから直前車両の走行軌跡として補間される曲線に基づいて前方曲率  $2_{est}$  を推定できる。例えば、取得データから  $2$  次元平面において自車両の前後方向に延びる直線と直前車両の前後方向に延びる直線とを特定し、これら  $2$  つの直線に接しつつ自車両と直前車両との間を、変曲点を介さずに結ぶ曲線に基づいて前方曲率  $2_{est}$  を推定できる。

10

#### 【0048】

また、前方曲率  $2_{est}$  は、地図情報から前方走行路の道路形状を特定することで推定できる。例えば、後続車両  $2$  が GPS (Global Positioning System) やロケータ等によって自車両位置を取得できる場合には、取得した自車両位置に対応する地図情報を地図情報データベースから読み出して前方走行路の道路形状を特定して、前方曲率  $2_{est}$  を推定できる。

20

#### 【0049】

さらに、前方曲率  $2_{est}$  は、直前車両の車両状態の履歴を取得することで推定できる。例えば、直前車両の車両状態取得装置  $22$  で取得した車両状態に関する物理量（前後加速度  $a_x$ 、横加速度  $a_y$ 、ヨーレート  $r$ 、車速  $V_2$  等）を直後車両の受信装置  $23$  で受信し、これらの物理量の積分値を用いたデッドレコニングによって直前車両の走行軌跡を推定可能である。直後車両は、推定した走行軌跡に基づいて、前方曲率  $2_{est}$  を推定できる。あるいは、直前車両が自車両位置を取得して送信可能に構成されている場合には、直後車両は直前車両の自車両位置の履歴によって走行軌跡を推定し、この推定した走行軌跡に基づいて、前方曲率  $2_{est}$  を推定できる。

30

#### 【0050】

（先頭車両の車両追従走行システム）

図 6 は、先頭車両に搭載される車両追従走行システムの一例を示す。先頭車両  $1$  に搭載される車両追従走行システムは、コントロール部としてのマイクロコンピュータを含む車両制御装置  $10$  を中心の構成として、車両状態取得装置  $11$ 、受信装置  $12$ 、アクセル操作部  $13$ 、ブレーキ操作部  $14$ 、駆動装置  $15$  及び制動装置  $16$  を備える。車両状態取得装置  $11$  は車速取得部  $111$  を有している。なお、車速取得部  $111$  は、後続車両  $2$  の車速取得部  $221$  と同様の構成であるので、その説明を割愛する。

40

#### 【0051】

受信装置  $12$  は、自車両と後続車両  $2$  との間の車車間通信によって、各後続車両  $2$  から許容最大車速  $V_{2max}(1), \dots, V_{2max}(n)$  に関する情報を受信して車両制御部へ出力する装置である。ここで  $n$  は、後続車両  $2$  の識別番号を示す  $1$  以上の整数（自然数）であり、例えば、車車間通信によって、先頭車両  $1$  に後続する順番に昇順で割り当てられる。

#### 【0052】

アクセル操作部  $13$  は、車両使用者が自車両を加速させるための加速操作量を入力する機構（例えばアクセルペダル）であり、加速操作量（例えばアクセル開度）を検出してそ

50

の情報を出力するために図示省略の加速操作量センサを備える。加速操作量は、これが増大するに従って自車速が高くなる正の値である。

【 0 0 5 3 】

ブレーキ操作部 1 4 は、車両使用者が自車両を減速させるための制動操作量を入力する機構（例えばブレーキペダル）であり、制動操作量（例えばブレーキ踏量）を検出してその情報を出力するために図示省略の制動操作量センサを備える。制動操作量は、これが増大するに従って自車速が低くなる正の値である。

【 0 0 5 4 】

駆動装置 1 5 は、自車両の車輪の駆動力を発生する駆動源（エンジン、電動モータ又はこれらの組み合わせ）と、車両制御装置 1 0 から出力された制御指令に基づいて駆動力を制御する駆動コントローラと、を備える。車両制御装置 1 0 から駆動装置 1 5 へ出力される制御指令には、通常加速指令と制限加速指令とがある。

10

【 0 0 5 5 】

制動装置 1 6 は、自車両の車輪に制動力を与える制動機構（摩擦ブレーキ、ドラムブレーキ等）と、車両制御装置 1 0 から出力された制御指令に基づいて制動力を制御する制動コントローラと、を備える。車両制御装置 1 0 から制動装置 1 6 へ出力される制御指令には、通常減速指令と強制減速指令とがある。

【 0 0 5 6 】

車両制御装置 1 0 のマイクロコンピュータは、車速取得部 1 1 1、受信装置 1 2、アクセル操作部 1 3 及びブレーキ操作部 1 4 から出力された各種情報を入力して、各種情報に基づいて演算した結果を制御指令として駆動装置 1 5 及び制動装置 1 6 へ出力する。車両制御装置 1 0 は、主要機能として、制限車速設定部 1 0 1 及び車速制御部 1 0 2 の2つの機能を有する。

20

【 0 0 5 7 】

制限車速設定部 1 0 1 は、受信装置 1 2 の出力情報から後続車両 2 の許容最大車速  $V_{2 \max(1)}, \dots, V_{2 \max(n)}$ （但し、 $n$  は自然数）を取得し、この許容最大車速  $V_{2 \max(1)}, \dots, V_{2 \max(n)}$  に基づいて制限車速  $V_{1 \max}$  を設定する。具体的には、後続車両 2 が 1 台である場合、許容最大車速  $V_{2 \max(1)}$  を制限車速  $V_{1 \max}$  に設定する。あるいは、後続車両 2 が複数台である場合、許容最大車速  $V_{2 \max(1)}, \dots, V_{2 \max(n)}$ （但し、 $n$  は 2 以上の自然数）のうち最も小さい値を制限車速  $V_{1 \max}$  に設定する。

30

【 0 0 5 8 】

車速制御部 1 0 2 は、車速取得部 1 1 1、アクセル操作部 1 3 及びブレーキ操作部 1 4 の出力情報から自車速  $V_1$ 、加速操作量及び制動操作量を取得し、加速操作量、自車速  $V_1$ 、制限車速  $V_{1 \max}$  及び制動操作量に基づいて生成された制御指令を駆動装置 1 5 及び制動装置 1 6 へ出力する。これにより車速制御部 1 0 2 は車速制御を行う。

【 0 0 5 9 】

車速制御部 1 0 2 は、基本的には、車両使用者の加速要求に伴う加速操作量に基づいて生成された通常加速指令を、駆動装置 1 5 へ出力する制御指令とする。しかし、車速制御部 1 0 2 は、自車速  $V_1$  が制限車速  $V_{1 \max}$  より低い所定車速  $V_{1d}$  を超えている場合には、自車両の加速を制限するために、加速操作量を低下させた補正後加速操作量に基づいて制限加速指令を生成し、この制限加速指令を、駆動装置 1 5 へ出力する制御指令とする。具体的には、車速制御部 1 0 2 は、自車速  $V_1$  が制限車速  $V_{1 \max}$  以下の範囲で所定車速  $V_{1d}$  より高い場合には、自車両が加速可能な範囲で加速操作量を低下させる。加速操作量に対する補正後加速操作量の低下幅は、制限車速  $V_{1 \max}$  と自車速  $V_1$  との偏差（ $= V_{1 \max} - V_1$ ）が小さくなるに従って増大するように設定されてもよい。一方、車速制御部 1 0 2 は、自車速  $V_1$  が制限車速  $V_{1 \max}$  を超えている場合には、自車両が実質的に加速しない値（例えば零）まで加速操作量を低下させる。

40

【 0 0 6 0 】

なお、車両制御装置 1 0 は、加速操作量が増大するに従って（すなわち前後加速度が大

50

きくなるに従って) 所定車速  $V_{1d}$  が制限車速  $V_{1max}$  から離れていくように、加速操作量の大きさに応じて所定車速  $V_{1d}$  を可変に設定してもよい。また、車両制御装置 10 は、自車速  $V_1$  が所定車速  $V_{1d}$  を超えている場合でも、加速操作量が入力されていないとき、あるいは加速操作量が車両使用者の加速要求を示す値でないときには、制限加速指令の出力を省略できる。

#### 【0061】

また、車速制御部 102 は、基本的には、車両使用者の制動要求に伴う制動操作量に基づいて生成された通常減速指令を、制動装置 16 へ出力する制御指令とする。しかし、車速制御部 102 は、自車速  $V_1$  が制限車速  $V_{1max}$  を超えた場合には、自車速  $V_1$  を制限車速  $V_{1max}$  以下に低下させるために、自車両を強制的に減速させる強制減速指令を、制動装置 16 へ出力する制御指令とする。強制減速指令を出力するときの制動操作量は、固定値とするか、あるいは、制限車速  $V_{1max}$  に対する自車速  $V_1$  の超過量に応じて可変に設定してもよい。

10

#### 【0062】

ここで、強制減速指令を出力している間に、車両使用者の制動要求が発生する、すなわち、車両制御装置 10 においてブレーキ操作部 14 の出力情報から取得された制動操作量が車両使用者による制動要求を示す値となる状況が想定される。この状況において、車速制御部 102 は、強制減速指令に従って制動したときよりも通常減速指令に従って制動したときの方が自車両の減速変化が大きくなると予測した場合には、通常減速指令を、制動装置 16 へ出力する制御指令とする。一方、車速制御部 102 は、強制減速指令に従って制動したときよりも通常減速指令に従って制動したときの方が自車両の減速変化が小さくなると予測した場合には、引き続き強制減速指令を、制動装置 16 へ出力する制御指令とする。

20

#### 【0063】

強制減速指令に従って制動したときの減速変化と通常減速指令に従って制動したときの減速変化との大小予測は以下のようにして行うことができる。例えば、車速制御部 102 は、強制減速指令を出力するときの制動操作量とブレーキ操作部 14 の出力情報から取得された制動操作量とを比較することで、減速変化の大小を予測することができる。

#### 【0064】

なお、車速制御部 102 は、強制減速指令に従って制動したときの減速変化と通常減速指令に従って制動したときの減速変化が同じであると判断した場合には、強制減速指令又は通常減速指令のいずれを制御指令としてもよい。

30

#### 【0065】

(後続車両における制御処理の主要部)

図 7 は、後続車両の車両制御装置において、イグニッションスイッチのオン操作を契機として繰り返し実行される制御処理のうち、許容最大車速算出部 202 を実現する処理の一例を抜粋して示す。

#### 【0066】

ステップ S1001 ( 図中では「S1001」と略記する。以下同様である。 ) では、後続車両 2 の車両制御装置 20 が、自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速  $V_{2max}$  を算出する。許容最大車速  $V_{2max}$  の具体的な算出方法については、後続車両 2 の車両追従走行システム及びその別例に関する上記記載を参照されたい。

40

#### 【0067】

ステップ S1002 では、後続車両 2 の車両制御装置 20 が第 2 送信装置 25 へ指示して、算出した許容最大車速  $V_{2max}$  に関する情報を第 2 送信装置 25 から先頭車両 1 へ送信させる。

#### 【0068】

(先頭車両における制御処理の主要部)

図 8 は、先頭車両の車両制御装置において、イグニッションスイッチのオン操作を契機として繰り返し実行される制御処理のうち、制限車速設定部 101 及び車速制御部 102

50

を実現する処理の一例を抜粋して示す。

【0069】

ステップS2001では、先頭車両1の車両制御装置10が受信装置12へ指示して、受信装置12に後続車両2の許容最大車速 $V_{2max}(1)$ , ...,  $V_{2max}(n)$ （但し、 $n$ は自然数）に関する情報を受信させる。

【0070】

ステップS2002では、先頭車両1の車両制御装置10が、受信装置12の出力情報から取得した後続車両2の許容最大車速 $V_{2max}(1)$ , ...,  $V_{2max}(n)$ （但し、 $n$ は自然数）に基づいて、自車両の制限車速 $V_{1max}$ を設定する。

【0071】

ステップS2003では、先頭車両1の車両制御装置10が、自車速 $V_1$ は制限車速 $V_{1max}$ よりも大きいか否かを判定する。そして、先頭車両1の車両制御装置10が、自車速 $V_1$ は制限車速 $V_{1max}$ よりも大きい、と判定した場合には（YES）、処理をステップS2004へ進める。一方、先頭車両1の車両制御装置10が、自車速 $V_1$ は制限車速 $V_{1max}$ 以下である、と判定した場合には（NO）、処理をステップS2007へ進める。

10

【0072】

ステップS2004では、先頭車両1の車両制御装置10が駆動装置15へ制限加速指令を出力する。制限加速指令は、前述のように、車両使用者の加速要求に伴う加速操作量を自車両が実質的に加速しない値まで低下させた補正後加速操作量に基づいて生成される。

20

【0073】

ステップS2005では、先頭車両1の車両制御装置10が制動装置16へ強制減速指令を出力する。ステップS2006では、先頭車両1の車両制御装置10が強制減速指令の適否判断を行う。強制減速指令の適否判断の具体的な処理内容については後述する。

【0074】

ステップS2007では、先頭車両1の車両制御装置10が、自車速 $V_1$ は所定車速 $V_{1d}$ よりも大きいか否か、を判定する。そして、先頭車両1の車両制御装置10が、自車速 $V_1$ は所定車速 $V_{1d}$ よりも大きい、と判定した場合には（YES）、処理をステップS2008へ進める。一方、先頭車両1の車両制御装置10が、自車速 $V_1$ は所定車速 $V_{1d}$ 以下である、と判定した場合には（NO）、自車速を制限することなく本制御処理を終了する。

30

【0075】

ステップS2008では、先頭車両1の車両制御装置10が駆動装置15へ制限加速指令を出力する。本ステップで出力される制限加速指令は、ステップS2004における制限加速指令と異なり、前述のように、車両使用者の加速要求に伴う加速操作量を自車両が加速可能な範囲で低下させた補正後加速操作量に基づいて生成される。

【0076】

（強制減速指令の適否判断）

図9は、先頭車両の車両制御装置において行われる図8の制御処理のうち、ステップS2006における強制減速指令の適否判断の一例を示すサブルーチンである。

40

【0077】

ステップS3001では、先頭車両1の車両制御装置10が、車両使用者の制動要求があるか否かを判定する。車両使用者の制動要求の有無は、前述のように、ブレーキ操作部14の出力情報から取得された制動操作量の値に基づいて判定可能である。

【0078】

ステップS3002では、先頭車両1の車両制御装置10が、強制減速指令に従って制動したときよりも通常減速指令に従って制動したときの方が自車両の減速変化が大きいか否か、を判定する。先頭車両1の車両制御装置10が、強制減速指令に従って制動したときよりも通常減速指令に従って制動したときの方が自車両の減速変化が大きいと判定した場合には（YES）、強制減速指令の出力は適当でないと判断する。そして、処理をステ

50

ップS3003へ進める。一方、先頭車両1の車両制御装置10が、強制減速指令に従って制動したときの自車両の減速変化が通常減速指令に従って制動したときの自車両の減速変化以上であると判定した場合には(NO)、強制減速指令の出力は適当であると判断する。そして、ステップS3003を省略して本サブルーチンを終了する。

【0079】

ステップS3003では、先頭車両1の車両制御装置10は、ブレーキ操作部14の出力情報から取得された制動操作量に基づいて通常減速指令を生成し、強制減速指令に代えて、通常減速指令を制御指令として制動装置16へ出力する。

【0080】

このように、第1実施形態の車両追従走行システムでは、後続車両2において、自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速 $V_{2max}$ を求め、先頭車両1において、後続車両2から送信された許容最大車速 $V_{2max}$ に基づいて自車両の制限車速 $V_{1max}$ を求めている。そして、先頭車両1は自車速 $V_1$ が制限車速 $V_{1max}$ を超えないように車速制御を行っている。これにより、曲線路を走行する後続車両2において、乗り心地の低下、スリップや荷崩れの少なくとも1つが発生するような過大な横加速度を抑制することができる。

10

【0081】

〔第2実施形態〕

(車両追従走行システムの概要)

図10を参照して、第2実施形態に係る車両追従走行システムの概要について説明する。なお、本実施形態では、第1実施形態と異なる点について説明するので、第1実施形態と同様の構成については同一の符号を付して、その説明を割愛ないし簡略化する。

20

【0082】

図10は、車両追従走行システムによる後続車両が3台である隊列の走行状態の一例を示す。図10において、先頭車両1に、第1後続車両2A、第2後続車両2B及び第3後続車両2Cが非機械的に順次連結して、後続車両2A~2Cのそれぞれが直前車両に追従して走行している。前述の車両追従走行システムによれば、後続車両2A~2Cがそれぞれ、自車両が実際に走行している走行路、あるいは、自車両がこれから走行する走行路において、自車両の旋回走行性能を満たす許容最大車速 $V_{2max}$ を求めている。しかし、本実施形態では、先頭車両1が、既に走行した走行路(既走行路)のうち先頭車両1から最後尾の第3後続車両3Cまでの隊列区間の走行路において、後続車両2A~2Cがそれらの旋回走行性能を満たす許容最大車速 $V_{2max}$ を後続車両毎に求める。

30

【0083】

具体的には、先頭車両1は、走行中の走行路の曲率を算出して逐次記憶し、既走行路のうち隊列区間の走行路で最大となる曲率(最大曲率) $m_{max}$ を決定する。それから、先頭車両1は、最大曲率 $m_{max}$ と後続車両2A~2Cの旋回走行性能とに基づいて後続車両毎に許容最大車速 $V_{2max}$ を求める。そして、先頭車両1は、求めた後続車両2A~2Cの許容最大車速 $V_{2max}$ のうち最も小さい値を自車両の制限車速 $V_{1max}$ に設定し、自車速が制限車速 $V_{1max}$ を超えないように車速制御を行う。なお、図示省略するが、先頭車両1に単一の後続車両2Aが追従走行する場合には、先頭車両1は、最大曲率 $m_{max}$ と1台の後続車両2Aの旋回走行性能とに基づいて求めた許容最大車速 $V_{2max}$ を自車両の制限車速 $V_{1max}$ に設定する。

40

【0084】

(後続車両の車両追従走行システム)

図11は、後続車両に搭載される車両追従走行システムの一例を示す。後続車両2に搭載される車両追従走行システムは、車両制御装置20aを中心の構成として、外界認識装置21、車両状態取得装置22a、受信装置23、第1送信装置24、第2送信装置25、駆動装置26及び制動装置27を備える。

【0085】

車両制御装置20aは、コントロール部としてマイクロコンピュータを含み、主要機能として前述の車間制御部201を有しているが、許容最大車速算出部202を有していな

50

い。また、車両制御装置 20a は、許容最大車速  $V_{2max}$  に関する情報に代えて、外界認識装置 21 から出力された車間距離  $d$  に関する情報を先頭車両 1 へ送信するように第 2 送信装置 25 へ指示する。

【0086】

車両状態取得装置 22a は、車速制御に必要な前後加速度取得部 222 及び車速取得部 221 を有し、許容最大車速  $V_{2max}$  の算出に必要な、ヨーレート取得部 223、横加速度取得部 224 及び舵角取得部 225 は省略されている。

【0087】

(先頭車両の車両追従走行システム)

図 12 は、先頭車両に搭載される車両追従走行システムの一例を示す。先頭車両 1 に搭載される車両追従走行システムは、コントロール部としてのマイクロコンピュータを含む車両制御装置 10a を中心の構成として、車両状態取得装置 11a、受信装置 12、アクセル操作部 13、ブレーキ操作部 14、駆動装置 15 及び制動装置 16 を備える。車両状態取得装置 11a は、車速取得部 111 に加えて、ヨーレート取得部 112、横加速度取得部 113 及び舵角取得部 114 を有している。

10

【0088】

なお、ヨーレート取得部 112、横加速度取得部 113 及び舵角取得部 114 はそれぞれ、第 1 実施形態に係る後続車両 2 における、ヨーレート取得部 223、横加速度取得部 224 及び舵角取得部 225 と同様の構成であるので、その説明を割愛する。

【0089】

車両制御装置 10a のマイクロコンピュータは、車両状態取得装置 11a、受信装置 12、アクセル操作部 13 及びブレーキ操作部 14 から出力された各種情報を入力して、各種情報に基づいて演算した結果を制御指令として駆動装置 15 及び制動装置 16 へ出力する。

20

【0090】

車両制御装置 10a は、主要機能として、前述の制限車速設定部 101 及び車速制御部 102 の 2 つの機能に加えて、制限車速  $V_{1max}$  を設定する際に必要な情報を取得するための機能を有する。この機能は、走行距離取得部 103、走行路情報取得部 104、既走行路情報記憶部 105、隊列長さ推定部 106 及び許容最大車速算出部 107 の 5 つで構成される。

30

【0091】

走行距離取得部 103 は、車速取得部 111 の出力情報から自車速  $V_1$  を取得し、この自車速  $V_1$  に基づいて自車両の走行距離  $B$  を取得する。例えば、先頭車両 1 の走行距離  $B$  は、車両制御装置 10a のマイクロコンピュータにおける各制御周期で取得された自車速  $V_1$  に制御周期時間を乗算した乗算値を積算することで取得可能である。

【0092】

走行路情報取得部 104 は、車両状態取得装置 11a の出力情報から自車両の実際の走行位置における車両状態を示す物理量を取得し、この物理量に基づいて、自車両の実際の走行位置における走行路の形状に関する情報(走行路情報)を取得する。

【0093】

走行路情報としては、自車両の走行位置における走行路の曲率  $\kappa_1$  があげられる。曲率  $\kappa_1$  は、自車速  $V_1$ 、横加速度  $a_y$ 、ヨーレート  $r$  及び舵角  $\delta$  を、車両の基本的な運動特性を示す各種関係式に適宜代入して算出される。車両の基本的な運動特性を示す各種関係式については、第 1 実施形態において後続車両 2 が走行している走行路の曲率  $\kappa_2$  を算出する際に用いる各種関係式と同様であるので、その説明を割愛する。先頭車両 1 における曲率  $\kappa_1$  の算出に用いる各種関係式は、先頭車両 1 の車両状態取得装置 11a にいかなる取得部が含まれているかによって適宜選択すればよい。

40

【0094】

なお、例えば後続車両 2 が 1 台である等、隊列区間が比較的短いときや、先頭車両 1 が隊列区間の走行路において定速走行を行っていたときには、最後尾の後続車両 2 の位置が

50

ら先頭車両 1 の位置まで先頭車両 1 の車速変化が小さく、その隊列区間の走行路において先頭車両 1 の車速が一定であるとみなすことができる場合がある。この場合には、隊列区間の走行路において取得された、ヨーレート、横加速度または舵角の各値は、その隊列区間の走行路における曲率 1 の大小関係を間接的に示しているといえる。したがって、隊列区間の走行路において先頭車両 1 の車速が一定であるとみなすことができる場合には、曲率 1 に代えて、車両状態取得部 11a で取得されたヨーレート  $r$  または横加速度  $a_y$  を、走行路情報としてそのまま取得してもよい。

【0095】

既走行路情報記憶部 105 は、走行距離  $B$  及び走行路情報を取得するたびに、走行路情報に走行距離  $B$  を関連付けて既走行路情報としてマイクロコンピュータの揮発性メモリ等に記憶する。既走行路情報は、先頭車両 1 が既に走行した走行路の形状に関する情報である。

10

【0096】

隊列長さ推定部 106 は、受信装置 12 の出力情報から取得された車間距離  $d(1)$ ,  $\dots$ ,  $d(n)$  (但し、 $n$  は自然数) に基づいて、隊列区間の長さに対応する隊列長さ  $C$  を推定する。ここで  $n$  は、前述のように、後続車両 2 の識別番号を示す自然数である。隊列長さ  $C$  は、具体的には、車間距離  $d(1)$ ,  $\dots$ ,  $d(n)$  (但し、 $n$  は自然数) の合計値に基づいて推定されるが、後続車両 2 の車両長が既知である場合には、この車両長を加算してもよい。

【0097】

許容最大車速算出部 107 は、走行距離取得部 103 で取得された走行距離  $B$  と、既走行路情報記憶部 105 で記憶された既走行路情報と、隊列長さ推定部 106 で推定された隊列長さ  $C$  と、に基づいて、以下のようにして許容最大車速  $V_{2max}$  を設定する。

20

【0098】

まず、許容最大車速算出部 107 は、自車両の走行距離  $B$  から隊列長さ  $C$  を減算して、隊列の最後尾車両の走行位置に対応する先頭車両 1 の走行距離  $B_{end}$  を特定する。そして、許容最大車速算出部 107 は、既走行路情報を参照して、走行距離  $B$  から走行距離  $B_{end}$  までの曲率 1 の中から隊列区間の走行路における最大曲率  $m_{max}$  を決定する。なお、メモリ資源を節約するために、揮発性メモリ等に記憶されている既走行路情報のうち走行距離  $B_{end}$  未満の既走行路情報は消去されてもよい。

30

【0099】

次に、許容最大車速算出部 107 は、最大曲率  $m_{max}$  と後続車両 2 の旋回走行性能とに基づいて後続車両 2 のそれぞれについて許容最大車速  $V_{2max}$  を算出する。許容最大車速  $V_{2max}$  は、上記の数式 (2) 又は数式 (3) の曲率 2 を最大曲率  $m_{max}$  で置き換えて算出可能である。すなわち、許容最大車速  $V_{2max}$  は、限界横加速度  $a_{ylim}$  を最大曲率  $m_{max}$  で除算した値の平方根値として算出されるか、あるいは、限界ヨーレート  $r_{lim}$  を最大曲率  $m_{max}$  で除算した値として算出される。なお、複数台の後続車両 2 の旋回走行性能が同様である場合には、複数台の後続車両 2 の全てについて許容最大車速  $V_{2max}$  を算出せずに、複数台の後続車両 2 のうちの 1 台について許容最大車速  $V_{2max}$  を算出してもよい。

40

【0100】

なお、走行路情報取得部 104 によりヨーレート  $r$  または横加速度  $a_y$  を走行路情報としてそのまま取得している場合には、許容最大車速算出部 107 は、既走行路情報を参照して、隊列区間の走行路におけるヨーレート  $r$  または横加速度  $a_y$  の最大値を決定する。これは、隊列区間の走行路におけるヨーレート  $r$  または横加速度  $a_y$  が最大値となるときに、隊列区間の走行路における曲率が最大曲率  $m_{max}$  になると考えられるからである。そして、許容最大車速算出部 107 は、数式 (4) にヨーレート  $r$  の最大値を代入、または、数式 (5) に横加速度  $a_y$  の最大値を代入して、後続車両 2 のそれぞれについて許容最大車速  $V_{2max}$  を算出する。

【0101】

50

制限車速設定部 101 は、許容最大車速算出部 107 で算出された後続車両 2 の許容最大車速  $V_{2\max}(1), \dots, V_{2\max}(n)$  (但し、 $n$  は自然数) に基づいて制限車速  $V_{1\max}$  を設定する。具体的には、制限車速設定部 101 は、後続車両 2 が 1 台であれば許容最大車速  $V_{2\max}(1)$  を制限車速  $V_{1\max}$  に設定し、後続車両 2 が複数台であれば許容最大車速  $V_{2\max}(1), \dots, V_{2\max}(n)$  (但し、 $n$  は 2 以上の自然数) のうち最も小さい値を制限車速  $V_{1\max}$  に設定する。

#### 【0102】

車速制御部 102 は、車速取得部 111、アクセル操作部 13 及びブレーキ操作部 14 の出力情報から自車速  $V_1$ 、加速操作量及び制動操作量を取得し、加速操作量、自車速  $V_1$ 、制限車速  $V_{1\max}$  及び制動操作量に基づいて生成された制御指令を駆動装置 15 及び制動装置 16 へ出力する。これにより車速制御部 102 は車速制御を行う。その他の車速制御部 102 に関する具体的な内容については、第 1 実施形態と同様であるので、その説明を割愛する。

10

#### 【0103】

(後続車両における制御処理の主要部)

図 13 は、後続車両の車両制御装置において、イグニッションスイッチのオン操作を契機として繰り返し実行される制御処理のうち、車間制御部 201 を実現する処理を除く主要部の一例を抜粋して示す。

#### 【0104】

ステップ S4001 では、後続車両 2 の車両制御装置 20a が、外界認識装置 21 の出力情報から自車両と直前車両との車間距離  $d$  を取得する。

20

#### 【0105】

ステップ S4002 では、後続車両 2 の車両制御装置 20a が第 2 送信装置 25 へ指示して、車間距離  $d$  に関する情報を第 2 送信装置 25 から先頭車両 1 へ送信させる。

#### 【0106】

(先頭車両における制御処理の主要部)

図 14 は、先頭車両の車両制御装置において、イグニッションスイッチのオン操作を契機として繰り返し実行される制御処理のうち前述の主要機能を実現する処理の一例を抜粋して示す。

#### 【0107】

ステップ S5001 では、先頭車両 1 の車両制御装置 10a が、車速取得部 111 の出力情報から自車速  $V_1$  を取得し、この自車速  $V_1$  に基づいて自車両の走行距離  $B$  を算出する。

30

#### 【0108】

ステップ S5002 では、先頭車両 1 の車両制御装置 10a が、車両状態取得装置 11a の出力情報から自車両の実際の走行位置における車両状態を示す物理量を取得し、この物理量に基づいて走行路情報 (例えば曲率  $\kappa$ ) を取得する。なお、ステップ S5001 及びステップ S5002 の実行順を相互に入れ替えてもよい。

#### 【0109】

ステップ S5003 では、先頭車両 1 の車両制御装置 10a が、ステップ S5002 で取得した走行路情報にステップ S5001 で取得した走行距離  $B$  を関連付けて既走行路情報としてマイクロコンピュータの揮発性メモリ等に記憶する。

40

#### 【0110】

ステップ S5004 では、先頭車両 1 の車両制御装置 10a が、受信装置 12 の出力情報から取得した車間距離  $d(1), \dots, d(n)$  (但し、 $n$  は自然数) に基づいて、隊列長さ  $C$  を推定する。なお、ステップ S5004 は、ステップ S5003 よりも前に実行されてもよい。

#### 【0111】

ステップ S5005 では、先頭車両 1 の車両制御装置 10a が、ステップ S5001 で取得した走行距離  $B$  と、ステップ S5002 で推定した隊列長さ  $C$  と、ステップ S500

50

3で記憶した既走行路情報と、に基づいて、許容最大車速 $V_{2max}$ を算出する。許容最大車速 $V_{2max}$ の具体的な算出方法については、上記の許容最大車速算出部107について説明した通りであるので、その説明を割愛する。

【0112】

ステップS5006では、先頭車両1の車両制御装置10aが、ステップS5005で算出された後続車両2の許容最大車速 $V_{2max}(1)$ , ...,  $V_{2max}(n)$ （但し、 $n$ は自然数）に基づいて制限車速 $V_{1max}$ を設定する。なお、ステップS5007～ステップS5012では、ステップS2003～ステップS2008と同様の処理を実行するので、その説明を割愛する。

【0113】

上記のように、先頭車両1で隊列長さ $C$ を推定するために、後続車両2では、自車両と直前車両との車間距離 $d$ を計測しているが、車間距離 $d$ の計測態様は、これに限られない。例えば、後続車両2が1台である場合には、先頭車両1が、自車の後方に存在する物体を認識可能な後方認識装置を用いて、自車両と直後車両との車間距離 $d$ を計測することができる。これにより、後続車両2は車間距離 $d$ に関する情報を先頭車両1へ送信する必要がなくなる。また、後続車両2が複数台である場合には、先頭車両1が後方認識装置を用いて自車両と直後車両との車間距離 $d$ を計測することに加え、後続車両2が、先頭車両1と同様の後方認識装置を用いて、自車両と直後車両との車間距離 $d$ を計測することができる。これにより、隊列の最後尾車両は車間距離 $d$ に関する情報を先頭車両1へ送信する必要がなくなる。

【0114】

後続車両2の車間制御部における車間距離の目標値が一定値で、車間制御による実際の隊列長さ $C$ の変化が想定し難い場合には、先頭車両1の車両制御装置10aにおいて隊列長さ推定部106を省略することができる。この場合には、先頭車両1の車両制御装置10aは、許容最大車速算出部107において、隊列長さ $C$ をマイクロコンピュータの不揮発性メモリ等に予め記憶された既知の固定値として、許容最大車速 $V_{2max}$ を算出する。

【0115】

このように、第2実施形態の車両追従走行システムでは、先頭車両1が、既走行路のうち隊列区間の走行路における最大曲率 $\mu_{max}$ と後続車両2の旋回走行性能とに基づいて許容最大車速 $V_{2max}$ を求めている。そして、先頭車両1は、後続車両2の許容最大車速 $V_{2max}$ に基づいて自車両の制限車速 $V_{1max}$ を設定し、自車速が制限車速 $V_{1max}$ を超えないように車速制御を行う。これにより、曲線路を走行する後続車両2において、乗り心地の低下、スリップや荷崩れの少なくとも1つが発生するような過大な横加速度の発生を抑制できるだけでなく、以下のような顕著な効果を奏する。すなわち、後続車両2において許容最大車速 $V_{2max}$ の演算が不要となり、隊列長さの変化が想定し難い場合には車間距離 $d$ に関する情報の送信も不要となるため、後続車両2における処理負担が軽減され、計算資源を車間制御等の他の制御に振り分けることが可能となる。

尚、上述の通り、図12では許容最大車速算出部107で算出された後続車両2の許容最大車速 $V_{2max}$ を制限車速設定部101に入力してから制限車速 $V_{1max}$ を算出していたが、既走行路情報記憶部105に記憶された既走行路情報をもとに制限車速 $V_{1max}$ をダイレクトに選択してもよい。

【0116】

以上、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、上記の第1及び第2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、適宜組み合わせることができる。また、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、以下のように種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【0117】

上記の第1及び第2実施形態では、先頭車両1は、後続車両2の許容最大車速 $V_{2max}$ に基づいて自車両の制限車速 $V_{1max}$ を設定し、自車速が制限車速 $V_{1max}$ を超えないように車速制御を行っていた。これに代えて、先頭車両1は、後続車両2が曲線路に進入

10

20

30

40

50

したときに、単に自車両が加速しないように車速制御を行ってもよい。例えば、後続車両 2 は、ヨーレート取得部 2 2 3、横加速度取得部 2 2 4 又は舵角取得部 2 2 5 の出力情報に基づいて自車両が曲線路に進入したと判断したときに、先頭車両 1 へ車速を制限するように要求する制限要求信号を送信する。そして、先頭車両 1 は、制限要求信号に応じて自車両が加速しないように車速制御を行う。これにより、曲線路を走行する後続車両 2 において、乗り心地の低下、スリップや荷崩れの少なくとも 1 つが発生する可能性を低減することができる。

【0118】

上記の第 1 及び第 2 実施形態において、強制減速指令の適否判断の処理を、先頭車両 1 における制御処理中の所定ステップで実行する代わりに、強制減速指令の出力中における車両使用者の制動要求に応じて実行される割り込み処理としてもよい。

10

【0119】

上記の後続車両 2 の車両追従走行システムでは、機能説明の便宜上、車車間通信を行う機能を 3 つに細分化したが、受信装置 2 3、第 1 送信装置 2 4 及び第 2 送信装置 2 5 を 1 つの通信装置として構成してもよい。

【0120】

上記の先頭車両 1 の車両追従走行システムでは、車速制御部 1 0 2 において、通常加速指令又は制限加速指令のいずれを出力するかを選択、及び、通常減速指令又は強制減速指令のいずれを出力するかを選択を行っていた。しかし、駆動装置 1 5 の駆動コントローラでアクセル操作部 1 3 からの通常加速指令又は車速制御部 1 0 2 からの制限加速指令のいずれかを選択し、制動装置 1 6 の制動コントローラでブレーキ操作部 1 4 からの通常減速指令又は車速制御部 1 0 2 からの強制減速指令のいずれかを選択してもよい。

20

【符号の説明】

【0121】

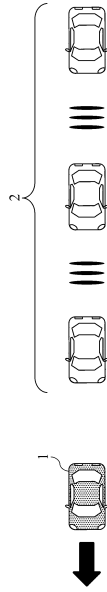
1 ... 先頭車両、1 0、1 0 a ... 車両制御装置、1 2 ... 受信装置、1 3 ... アクセル操作部、1 4 ... ブレーキ操作部、1 5 ... 駆動装置、1 6 ... 制動装置、1 0 1 ... 制限車速設定部、1 0 2 ... 車速制御部、1 0 3 ... 走行距離取得部、1 0 4 ... 走行路情報取得部、1 0 5 ... 既走行路情報記憶部、1 0 6 ... 隊列長さ推定部、1 0 7 ... 許容最大車速算出部、1 1 1 ... 車速取得部、1 1 2 ... ヨーレート取得部、1 1 3 ... 横加速度取得部、1 1 4 ... 舵角取得部、2、2 A、2 B、2 C ... 後続車両、2 0、2 0 a ... 車両制御装置、2 1 ... 外界認識装置、2 5 ... 第 2 送信装置、2 0 2 ... 許容最大車速算出部、2 2 1 ... 車速取得部、2 2 3 ... ヨーレート取得部、2 2 4 ... 横加速度取得部、2 2 5 ... 舵角取得部、 $a_y$  ... 横加速度、 $a_{y\lim}$  ... 限界横加速度、 $r$  ... ヨーレート、 $r_{\lim}$  ... 限界ヨーレート、 $V_1$  ... 先頭車両の自車速、 $V_{1d}$  ... 所定車速、 $V_{1max}$  ... 制限車速、 $V_{2max}$  ... 後続車両の許容最大車速、 $\kappa_1$  ... 先頭車両の走行位置における曲率、 $\kappa_{max}$  ... 隊列区間の走行路における最大曲率、 $\kappa_2$  ... 後続車両の走行位置における曲率、 $\kappa_{2est}$  ... 後続車両の前方曲率

30

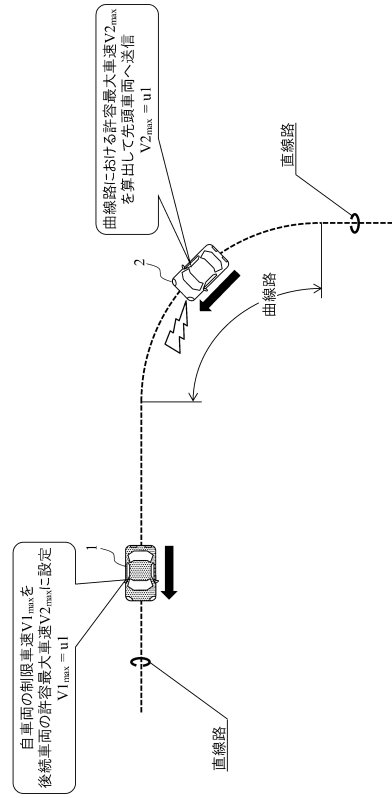
40

50

【図面】  
【図 1】



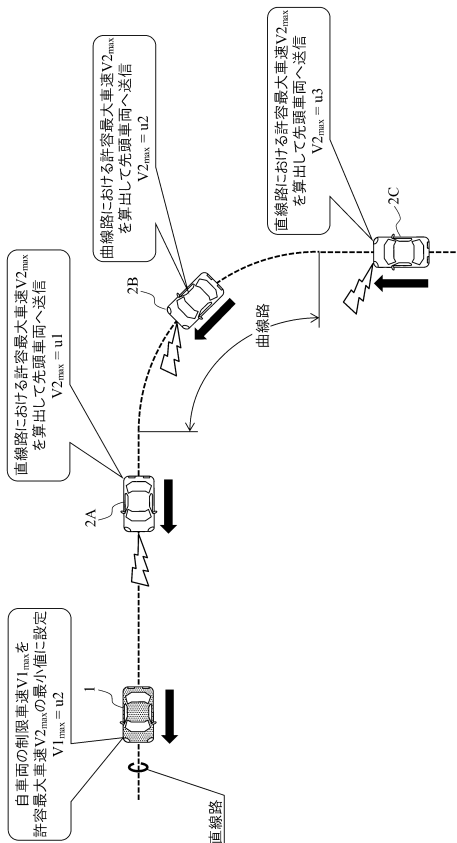
【図 2】



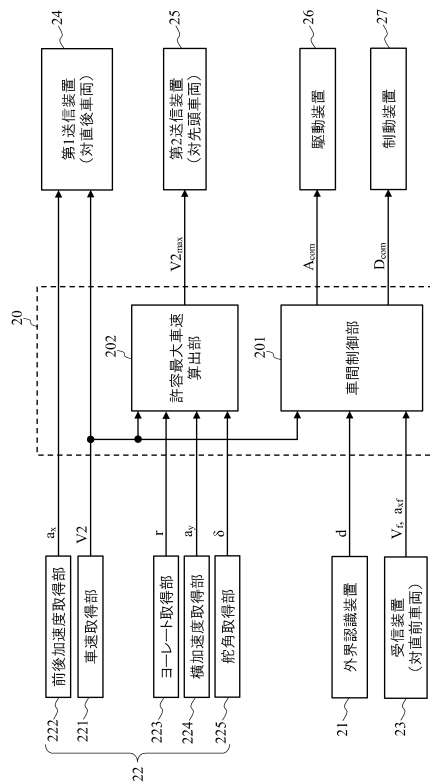
10

20

【図 3】



【図 4】

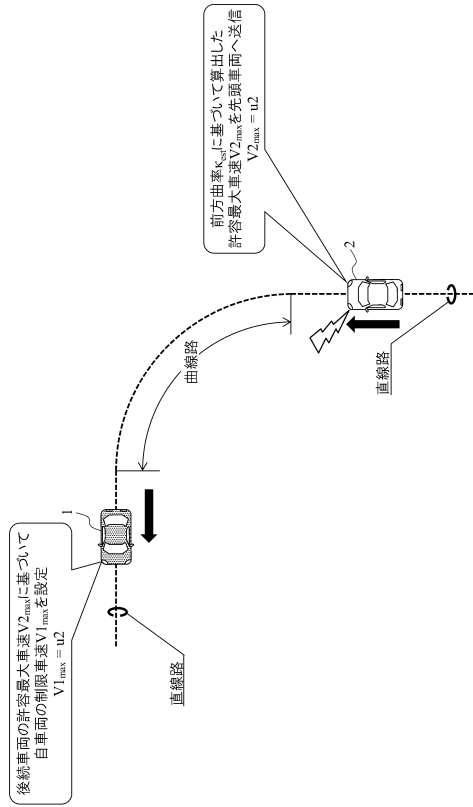


30

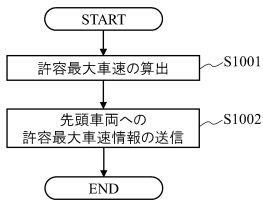
40

50

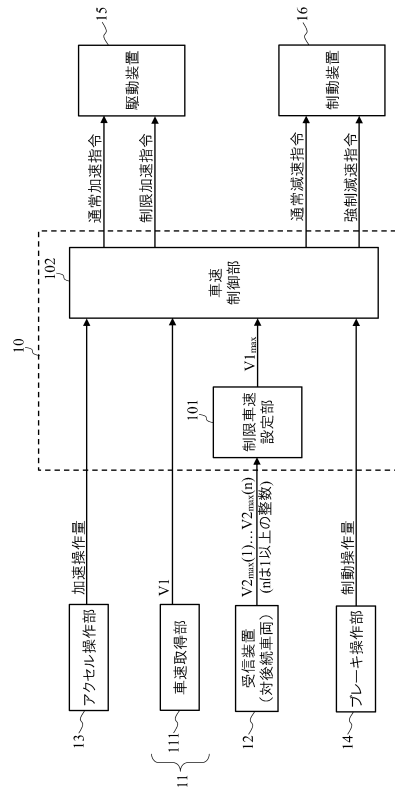
【図5】



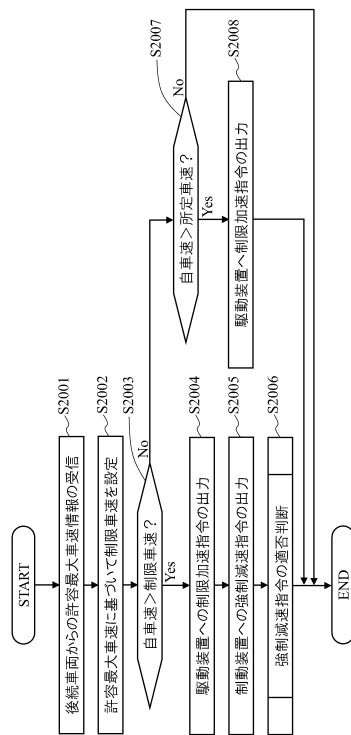
【図7】



【図6】



【図8】



10

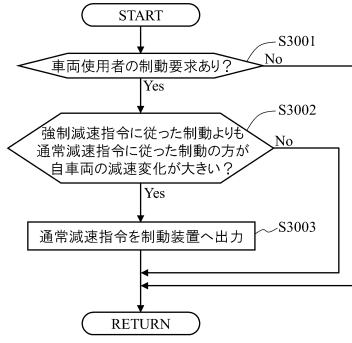
20

30

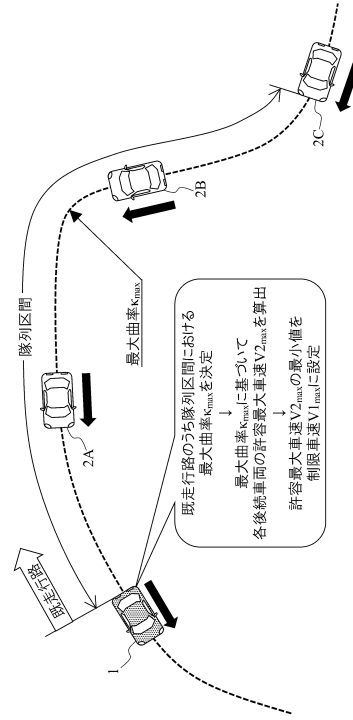
40

50

【図 9】



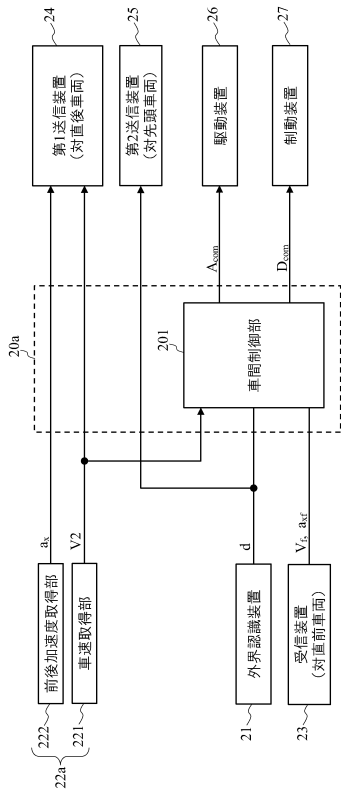
【図 10】



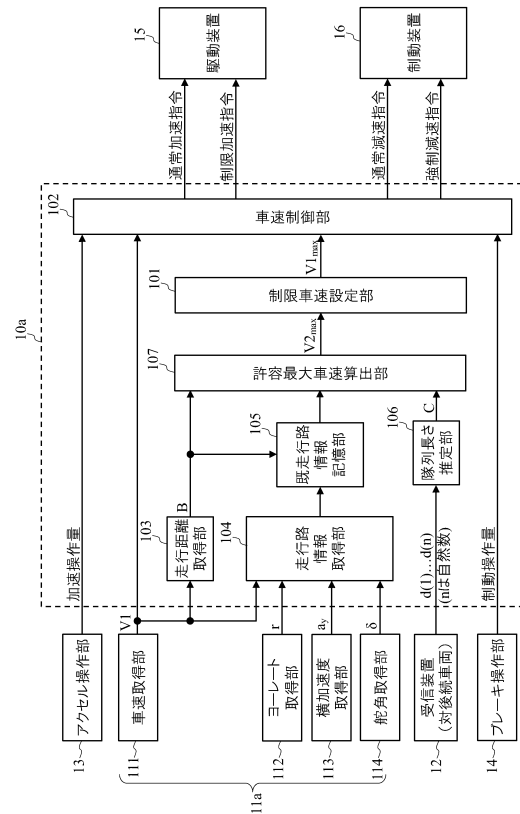
10

20

【図 11】



【図 12】

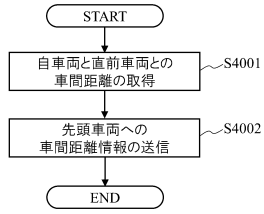


30

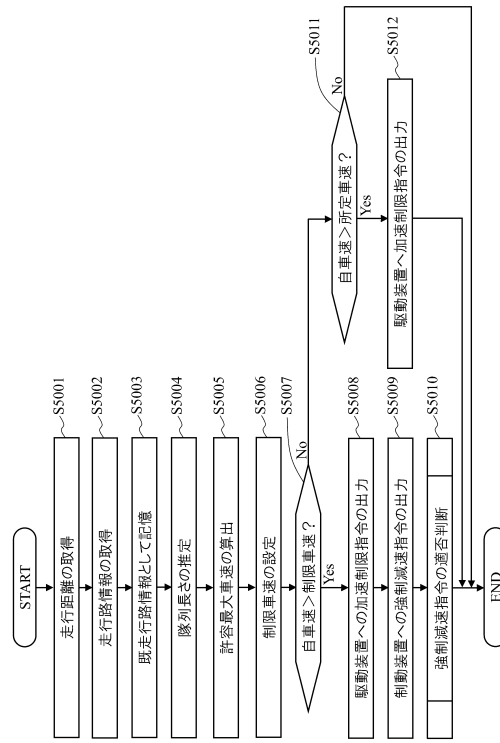
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I  
B 6 0 W 30/188(2012.01)

日立A s t e m o株式会社内

審査官 戸田 耕太郎

(56)参考文献 特開2010-030525(JP,A)

特開2009-056964(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 6 0 W 30/165

B 6 0 T 7/12

B 6 0 T 8/58

B 6 0 W 10/04

B 6 0 W 30/188