

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3732292号
(P3732292)

(45) 発行日 平成18年1月5日(2006.1.5)

(24) 登録日 平成17年10月21日(2005.10.21)

(51) Int. Cl. F I
G08G 1/00 (2006.01) G O 8 G 1/00 D
G08G 1/16 (2006.01) G O 8 G 1/16 E

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平8-316770	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成8年11月27日(1996.11.27)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開平10-162282		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	平成10年6月19日(1998.6.19)	(74) 代理人	100067356
審査請求日	平成14年11月26日(2002.11.26)		弁理士 下田 容一郎
審査番号	不服2003-24662(P2003-24662/J1)	(72) 発明者	飯星 明
審査請求日	平成15年12月19日(2003.12.19)		埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会 社本田技術研究所内
		(72) 発明者	小林 幸男
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会 社本田技術研究所内
		(72) 発明者	古川 修
			埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会 社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車群走行制御システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

実際の道路上で、1台の車両を複数の車両からなる車群を導く目標車両として設定し、前記複数の車両が共通の前記1台の目標車両に追従して前記目標車両を基準として車群走行をするための車群走行制御システムにおいて、

前記車群の先頭車両は、前記目標車両に関する位置および速度に代表される運動情報を仮想的に作ることによってその前方に仮想的な目標車両を設定する手段と、この仮想的な目標車両の前記運動情報を後続の複数の追従車両に伝達する手段とを備え、

前記複数の追従車両の各々は、前記運動情報に基づいて自車両の車群走行制御を行う構成を有する、

ことを特徴とする車群走行制御システム。

【請求項2】

前記各追従車両は、前記目標車両から何番目の追従車両であるかを検出する手段を備えてなることを特徴とする請求項1記載の車群走行制御システム。

【請求項3】

前記目標車両に追従する制御を行う制御ループに、直前の車両と自車両との車間距離に対して非線形に変化するゲインを持つ制御ループを設けたことを特徴とする請求項1または2記載の車群走行制御システム。

【請求項4】

前記目標車両に追従する制御を行う制御ループに、直前の車両と自車両との車間距離が

予め定めた最小車間距離に近づくにつれてゲインが指数的に増加して車間距離を指数的に増加させるように制御する制御ループを設けたことを特徴とする請求項3記載の車群走行制御システム。

【請求項5】

前記追従車両は、前記目標車両からの目標車間距離と自車両の車長を車車間通信により後続の追従車両に伝達し、

該後続の追従車両は、直前の追従車両の目標車間距離と車長に基づいて自車両の目標車間距離を決定し、この目標車間距離に基づいて自車両の走行制御を行うことを特徴とする請求項1または2記載の車群走行制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は車群走行制御システムに係り、特に、道路上からの位置情報を利用して車線内を自動走行する車群走行制御システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

レーダ、CCDカメラ、及びそれらの組合せにより、障害物を検出しながら前方障害物や前方の道路状況等を認識し、自動運転する技術の開発が進められている。

【0003】

一定の条件下での自動走行は、例えば工場内の自動搬送車等で既に行われている。

【0004】

この自動搬送車は、走行経路上に一定間隔で配列された磁気マーカや光学マーカを検出しながら走行経路上を一定の低速度で走行する。このような自動搬送車は、通常時速10km前後の極低速で走行する。

【0005】

一方、近年、高速道路上における渋滞の緩和や事故の低減および運転手の疲労を軽減するために、自動走行制御システムの検討が行われている。

特に、車群走行制御と呼ばれる複数の車両(車群：プラトーン)を群走行させる自動走行制御システムが注目されている。

この自動走行制御システムでは、複数の車両が極小の車間距離、例えば5～6mで追従して走行するので輸送効率等が極めて良好になる。

【0006】

この車群走行制御の基本として、前記自動搬送車で採用されていた自動走行制御システムを適用することが考えられる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、前記自動搬送車の制御手法は極低速で走行するための制御手法であり、時速60～100km程度の高速で自動走行するための一般車両用の自動走行制御には、あまり適していない。

【0008】

また、車群走行をさせるためには、これに対応した特殊な制御を用いなければ車群の各車両間隔が乱れるという問題がある。特に、車群後尾付近では制御遅れが累積して車間維持精度が低下する問題がある。高速走行において、上記問題の解決は重要である。

【0009】

本発明は、かかる背景に鑑み、一定の条件下の道路、特に車線毎に車両の走行経路上に磁気情報源(マーカ)等が配列された自動走行用道路上で、車群走行を安定に行うことができ、特に速度制御をスムーズに安定に行うことができる車群走行制御システムを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

本発明の車群走行制御システムは、実際の道路上で、1台の車両を複数の車両からなる車群を導く目標車両として設定し、複数の車両が共通の1台の目標車両に追従して当該目標車両を基準として車群走行をするための車群走行制御システムにおいて、車群の先頭車両は、上記目標車両に関する位置および速度に代表される運動情報を仮想的に作ることに よってその前方に仮想的な目標車両を設定する手段と、この仮想的な目標車両の運動情報を後続の複数の追従車両に伝達する手段とを備え、複数の追従車両の各々は、上記運動情報に基づいて自車両の車群走行制御を行う構成を有することを特徴とする。

追従目標とする仮想車両を仮想的に作り出し、先頭車両はこの仮想車両の運動情報を後続車両に無線通信で伝達するものである。

このような特徴を有する本発明では、先頭車両と追従車両が入れ替わってもシステム的には殆んど変更がなく、仮想的な目標車両を設定してこの仮想車両の運動情報を追従車両に逐次通信することにより、車群走行を継続することができる。

【0013】

また、本発明の車群走行制御システムでは、各追従車両は、目標車両から何番目の追従車両であるかを検出する手段を備えてなることを特徴とする。

各後続の追従車両は、車群中の追従順位を無線通信等に基づいて検出する。

このような特徴を有する本発明では、追従順位を予め決定することを不要とすることができ、さらに車群走行中に他の車両が割り込んで車両の追従順位が入れ替わっても、車群走行を継続することができる。

【0014】

また、本発明の車群走行制御システムでは、目標車両に追従する制御を行う制御ループに、直前の車両と自車両との車間距離に対して非線形に変化するゲインを持つ制御ループを設けたことを特徴とする。

例えば、目標車両に追従する制御を行う制御ループに、直前の車両と自車両との車間距離が予め定めた最小車間距離に近づくにつれてゲインが指数的に増加して車間距離を指数的に増加させるように制御する制御ループを設ける。

このような特徴を有する本発明では、車群走行中の任意の車両が制御を逸脱した場合においても、車群走行自体を中止することなく、正規の位置に復帰してもなお車群走行を継続することができる。

【0015】

また、本発明の車群走行制御システムでは、追従車両は、目標車両からの目標車間距離と自車両の車長を車車間通信により後続の追従車両に伝達し、該後続の追従車両は、直前の追従車両の目標車間距離と車長に基づいて自車両の目標車間距離を決定し、この目標車間距離に基づいて自車両の走行制御を行うことを特徴とする。

車車間通信により、追従車両は目標車間距離及び自車両の車長のデータを送信し、他の追従走行車両はこのデータを受信して自車両の車群走行制御を行うものである。

このような特徴を有する本発明では、車長の異なるトラック、軽自動車等、普通乗用車等の異種の車両を混合させて車群走行を行うことができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の車群走行制御システムの一実施形態を図面に基づいて説明する。

【0017】

まず、本実施形態のシステムの概要を説明する。

図2を参照して、本実施形態の自動走行車Aは、道路（走行路）の中央の走行経路B上に、例えば100～1000mの一定間隔で経路マーカとしての磁気情報源（磁気ネイル）Cが埋め込まれた自動走行用道路上を、磁気情報源Cを検出しながら自動走行を行うものである。

そして、自動走行車Aの前方に前走車（図2では図示せず）がいる場合（即ち、自動走行車Aが追従車両である場合）には、その前走車との間に所要の車間距離を維持しつつ追従自動走行を行うものである。

10

20

30

40

50

この場合、路側には情報提供設備としての漏洩同軸ケーブル（LCXケーブル）Eが設置され、この漏洩同軸ケーブルEと自動走行車Aとの間で自動走行に必要な情報が送受信される。

また、前走車と追従車両（後続車両）との間で自車両の走行状態を示す情報が車車間通信により相互に送受信される。

【0018】

このような自動走行を行う本実施形態の車群走行制御システムの構成を図1に示す。

【0019】

図1を参照して、本実施形態では、通信モジュール1と、制御計画モジュール2と、車両の横方向（操舵方向）制御モジュール3と、車速制御モジュール4とがそれぞれに信号処理装置（CPU）を具備したモジュールとして各車両に搭載されている。

10

また、各車両には、車両の横方向（操舵方向）の角速度を検出するヨーレートセンサ5と、磁気情報源Cを検出する磁気センサ6（マーカ検出センサ）と、車輪の一回転毎に（車輪の一回転に相当する走行距離毎に）パルスを出力する車輪パルスセンサ8と、車両の前後方向の加速度を検出する前後加速度センサ9と、前走車や前方障害物の検出すると共にそれらの物体までの距離を検出するレーザレーダ10とが備えられ、それらの検出データが適宜、前記モジュール1～4に供給される。

なお、図1中の目標車（目標車両）は、図1中の追従車（追従車両）の前走車でもあり、図1は前走車と追従車のシステム構成をも示している。

【0020】

20

磁気センサ6は、図2に示すように車両の前側バンパ下部と後側バンパ下部とにそれぞれ設けられている。そして、それらの各磁気センサ6は、単にその下方の磁気情報源Cを検出するだけでなく、この磁気情報源Cの中心から左右約45cmの範囲で該磁気情報源Cに対する磁気センサ6の横方向（車幅方向）の位置を、該磁気情報源Cに対する車両の前後部の横方向の位置として検出する。

【0021】

これらのセンサ5, 6, 8, 9及びレーザレーダ10の検出データが供給される前記各モジュール1～4は、次のような機能を有する。

【0022】

通信モジュール1は、漏洩同軸ケーブルEとの間での路車間通信及び車々間通信を行う通信手段としての機能を有するものであり、それぞれの通信を車両に備えたアンテナや送受信器から成る通信機器7, 11を介して行う。

30

【0023】

路車間通信では、漏洩同軸ケーブルEからは、車両の走行エリアにおける速度指令情報や、道路の曲率情報、渋滞情報、緊急メッセージ情報等が送信され、車両側からは自車両のIDナンバーが送信される。このIDナンバーにより、漏洩同軸ケーブルE側では各車両の走行位置を把握することができる。

そして、通信モジュール1は、受信した速度指令情報等を制御計画モジュール2に供給する。

【0024】

40

車車間通信では、前走車と追従車との間で、各車両において後述のように把握される走行経路B上の車両の時々刻々の走行位置（走行距離）、速度（車速）、前後加速度及び後述の速度計画等を示すデータが相互に送受信される。そして、それらのデータは、各車両において、通信モジュール1から制御計画モジュール2に供給される。

【0025】

また、通信モジュール1は、走行経路B上における自車両の走行位置を認識する走行位置認識手段としての機能も有している。

【0026】

本実施形態では、次のように走行位置を認識する。

本実施形態の自動走行車は基本的には磁気情報源Cが配列された走行経路B上を走行する

50

ので、走行経路 B 上における車両の走行距離が走行経路 B 上における車両の走行位置を示すものとなる。

そこで、通信モジュール 1 は、走行経路 B 上での走行を開始してから磁気センサ 6 により検出される磁気情報源 C の検出回数をカウントし、その検出回数に磁気情報源 C の一定間隔を乗算してなる距離を走行経路 B 上における車両の走行距離として把握する。

但し、車両が走行経路 B から逸脱して磁気情報源 C の検出を逃す場合もあり、このような場合には、車輪パルスセンサ 8 の出力に基づいて走行距離を把握する。

そして、このように把握した走行距離により、車両が所持する走行経路 B の地図データ上で車両の走行位置を認識してそれを制御計画モジュール 2 に供給する。この場合、走行経路 B の地図データは、磁気情報源 C の点列データとして表され、これは、予め車両の記憶装置に記憶保持してもよいし、漏洩同軸ケーブル E 等との通信によって外部から所定の走行区域毎に受信するようにしてもよい。

10

【 0 0 2 7 】

なお、本実施形態では、走行経路 B 上の磁気情報源 C は、500 m 間隔で磁気極性を反転してなるビット情報が設けられており、磁気センサ 6 によりこのビット情報の検出が行われる毎に、500 m の間隔を基準として走行距離の修正が行われる。例えば、走行距離が 500 m の整数倍となるように修正する。

【 0 0 2 8 】

制御計画モジュール 2 には自動走行スタートスイッチ 12 が接続され、この自動走行スタートスイッチ 12 の ON 操作に応じて自動走行のための情報の作成を開始する。

20

自動走行スタートスイッチ 12 が ON された車群の各車両は、図 4 (a) に示すように、車群走行を行う場合の基準となる目標車両を特定する。先頭車両を目標車両に設定した場合を例示している。この目標車両は、車群走行を行う前に予め決定しておいてもよい。

また、図 4 (b) のように、車群の先頭車両が、車載されたレーダやカメラ等のセンサからの情報によって直前に走行している車両を測定して、目標となる新たな目標車両を自動的に変更することも可能である。この機能により、車群を構成する車両の数を自動的に追加していくことができる。このとき、目標車両が車車間通信が不能な車両であっても、後で説明するアルゴリズムにより目標車両となることができる。

更に、図 5 に示すように、車群の先頭車両が仮想的な目標車両を設定し、先頭車両が、仮想車両の走行情報を、追従する複数の車両に対して車車間通信により伝達するようにしてもよい。

30

【 0 0 2 9 】

先ず、目標車両における車群走行制御の説明を行う。

特定された目標車両の制御計画モジュール 2 は、速度計画作成手段としての機能を有し、漏洩同軸ケーブル E から通信モジュール 1 を介して供給される車両の走行エリアに対応した速度指令情報に基づき、走行経路 B 上における車両の走行位置と速度との関係を規定する速度計画を作成する。この場合、漏洩同軸ケーブル E から指示された速度に従うように速度計画を作成する。

例えば、ある走行エリアで 80 km / h の速度指令が与えられたとき、車両の現在速度が 78 km / h であれば、車両の速度を 80 km / h まで所定の加速度で増速（例えば 2 km / h ずつ毎分増速）し、その後、80 km / h の速度を維持するように速度計画を作成する。

40

【 0 0 3 0 】

また、目標車両の制御計画モジュール 2 は、到達予定位置、予定速度の決定手段としての機能を有し、上記のように作成した速度計画に基づいて、車両の現在の走行位置から予め定めた所定時間 t（本実施形態では例えば 1.5 秒）後に到達すべき到達予定位置と、その到達予定位置における車両の予定速度とを決定する。

例えば、車両の現在位置からの速度計画が 80 km / h（22.2 m / 秒）の速度を一定に維持するように作成されておれば、前記所定時間 t（1.5 秒）後の到達予定位置は走行経路 B 上を現在位置から 33.3 m 進行した地点であり、また、その到達予定位置にお

50

ける予定速度は80 km/hである。

【0031】

更に、目標車両の制御計画モジュール2は予測値算出手段、偏差算出手段及び前後加速度修正量算出手段としての機能を有する。

【0032】

予測値算出手段は、前記所定時間t後の自車両の到達予測位置と予測速度とを求める機能を有する。

到達予測位置は、通信モジュール1から供給される自車両の現在の走行位置（走行距離）、現在の速度及び現在の加速度から演算により求める。

予測速度は、自車両の現在の速度及び現在の加速度から演算により求める。

10

【0033】

この場合、本実施形態では、前記到達予測位置や予測速度を求めるための車両の速度は、基本的には通信モジュール1から供給される車両の時々刻々の走行位置の最新の二階微分値、すなわち単位時間当たりの走行位置の変化量により求める。

同様に、車両の加速度は、基本的には車両の時々刻々の走行位置の最新の二階微分値、すなわち単位時間当たりの走行速度の変化量により求める。

そして、このように求めた車両の速度と加速度とを用いて到達予測位置と予測速度とを求める。

但し、車両が走行経路Bから逸脱して走行位置を把握できなかつたような場合には、車輪パルスセンサ8の出力により把握される走行距離の単位時間当たりの変化量により検出される速度や前後加速度センサ9により検出される加速度を用いて到達予測位置と予測速度とを求める。

20

尚、車両の速度は、速度センサを用いて検出してもよい。

【0034】

偏差算出手段としての機能は、前述の速度計画に基づく所定時間t後の到達予定位置と前記到達予測位置との距離偏差（位置誤差）を求めると共に、速度計画に基づく所定時間t後の予定速度と前記予測速度との速度偏差（速度誤差）を求めるものであり、それらの算出は減算演算により行われる。

【0035】

前後加速度修正量算出手段としての機能は、上記距離偏差及び速度偏差に基づき、車両の前後加速度修正量（車両の前後加速度を修正するための制御量）を作成するものであり、本実施形態では、上記距離偏差及び速度偏差にそれぞれ所定のゲイン係数を乗算してなる値を互いに加算することにより前後加速度修正量を作成する。

30

【0036】

次に、追従車両における説明を行う。

追従車両側の制御計画モジュール2は、図3に示すように2次予測ブロック、目標車両の2次予測ブロック、目標車両と自車両との間の所定時間t後の予測車間距離及び予測相対速度（速度偏差）、目標車間距離算出手段を有する。

ここで目標車間距離算出手段は、目標車の位置、速度及び追従順位iにより、目標車間距離 $L_{target\ i}$ を算出する。

40

また、追従車両側における目標車両の2次予測ブロックは、前記所定時間t後の目標車両の到達予測位置と予測速度とを求めるものである。目標車両の到達予測位置は、車車間通信によって自車両の通信モジュール1を介して得られる目標車両の現在の走行位置（走行距離）、現在の速度及び現在の加速度情報から自車両の場合と同様の後述の演算によって求められる。

なお、目標車両の現在の速度や加速度は、車車間通信によって得られる目標車両の走行位置のデータから、前述と同様に、該走行位置の一階微分値や二階微分値により求めてもよい。

【0037】

追従車両側における予測車間距離算出手段は、前記所定時間t後に予測される目標車両と

50

の車間距離を求めるものであり、上記のように求められる目標車両の到達予測位置と自車両において前述の如く求められる自車両の到達予測位置との距離差を演算することにより、所定時間 t 後の予測車間距離を算出する。

【 0 0 3 8 】

追従車両側における車間速度差算出手段は、前記所定時間 t 後に予測される目標車両との速度差を求めるものであり、目標車両の予測速度と自車両の予測速度との差を演算することにより、所定時間 t 後の予測車間速度差を求める。

【 0 0 3 9 】

追従車両側における前後加速度修正量算出手段は、予測車間距離及び車間速度差に基づき、車両の前後加速度修正量（車両の前後加速度を修正するための制御量）を作成するものであり、本実施形態では、上記予測車間距離を自車速度に応じた目標車間距離で調整したものに所定のゲイン係数（ K_p ）を乗算してなる値と、上記車間速度差に所定のゲイン係数（ K_d ）を乗算してなる値とを互いに加算することにより前後加速度の修正量を作成する。

10

なお、この場合の目標車間距離は、目標車両の速度に応じて変化させなくてもよい。

【 0 0 4 0 】

次に、目標車両と追従車両の共通の機能の説明を行う。

目標車両と追従車両の両者の制御計画モジュール 2 は、車両の前後の二つの磁気センサ 6 の出力（走行経路 B に対する各磁気センサ 6 の横方向の位置データ）に基づき、走行経路 B に対する車両の現在の横方向の位置偏差や方向偏差（車両と走行経路 B とのなす角度、図 2 参照）を求める。

20

また、制御計画モジュール 2 は、車両の現在速度や操舵量、漏洩同軸ケーブル E から与えられる道路の曲率情報等に基づき、前記所定時間 t 後の車両の走行経路 B に対する横方向の位置偏差や方向偏差を予測する。

これらのデータは、車両を走行経路 B に沿って走行させるための操舵制御に使用される。

【 0 0 4 1 】

制御計画モジュール 2 は、追従車両の場合は自車両の速度、前走車の速度、前走車までの車間距離、前方道路形状や車線形状等のデータを表示装置 1 8 や音声出力装置 1 7 に出力する。

【 0 0 4 2 】

制御計画モジュール 2 は、目標車両の場合は自車両の速度、追従車の速度、追従車までの車間距離、前方道路形状や車線形状等のデータを表示装置 1 8 や音声出力装置 1 7 に出力する。

30

【 0 0 4 3 】

なお、本実施形態では前記所定時間 t を 1 . 5 秒に設定しているが、1 秒 ~ 2 秒の範囲で設定することが好ましい。

【 0 0 4 4 】

横方向制御モジュール 3 は、制御計画モジュール 2 の出力結果（前述の横方向の位置偏差や方向偏差等のデータ）に基づいて、車両を走行経路 B に沿わせるための操舵角の指示信号を生成し、この操舵角指示信号により車両のステアリング操作伝達系に設けられたアクチュエータ 1 4 を制御する。

40

【 0 0 4 5 】

このアクチュエータ 1 4 の制御により、ステアリングが自動制御され走行経路 B（磁気情報源列）に沿った走行が行われる。

【 0 0 4 6 】

車速制御モジュール 4 は、制御計画モジュール 2 により生成される前後加速度修正量に基づき加速度指示信号を生成し、この加速度指示信号によりスロットル系に設けられたアクチュエータ 1 5 やブレーキ系に設けられたアクチュエータ 1 6 を制御する。

【 0 0 4 7 】

この各アクチュエータ 1 5 , 1 6 の制御により、車両のスロットル系やブレーキ系が作動

50

され、車両の加減速が行われる。

【0048】

なお、車速制御モジュール4には、図示しないブレーキペダルの操作を検知するブレーキペダルスイッチ13が接続されており、このブレーキペダルスイッチ13からの信号によりブレーキペダルが踏まれたことが検出された場合には、車速制御を解除する。

【0049】

また、車速制御モジュール4は、レーザレーダ10により前走車以外の障害物が検出された場合等、状況に応じてレーザレーダ10の出力に基づき、ブレーキ量の制御を行う。

【0050】

次に、本発明の車群走行制御システムにおける追従車両側の車群走行制御を、図3のブロック線図を参照しつつ説明する。なお、図3と図6のブロック線図は、ブレーキ・スロットル・アクチュエーターの作動による車両の走行状態の変化が図中のセンサにより検出して追従走行する制御を示しており、すなわちフィードバックループを備えている。 10

【0051】

通信モジュール1により磁気センサ6の検出信号に基づいて求められた追従車両の位置 $X_i(0)$ と、この位置 $X_i(0)$ から追従車両の速度 $V_i(0)$ (即ち、位置の一階微分値)と、追従車両の加速度 $A_i(0)$ (即ち、位置の二階微分値)とが、制御計画モジュール2で計算される。

【0052】

制御計画モジュール2内の追従車両の2次予測ブロックは、自車両の運動情報に基づいて 20
、所定時間 t 後の到達予測位置 $X_i(t)$ 、及び所定時間 t 後の予測速度 $V_i(t)$ をそれぞれ次式(1)、(2)により算出する。

なお、ここでは目標車両から i 番目の追従車両の運動情報を推定する。

【0053】

$$V_i(t) = V_i(0) + A_i(0) \times t \quad \dots\dots (1)$$

$$X_i(t) = X_i(0) + V_i(0) \times t + A_i(0) \times t^2 / 2 \quad \dots\dots (2)$$

一方、制御計画モジュール2の目標車両の2次予測ブロックは、車車間通信モジュール1により目標車両の運動情報を受信する。受信する情報は、目標車両の位置 $X_o(0)$ と、目標車両の速度 $V_o(0)$ と、目標車両の加速度 $A_o(0)$ である。

なお、先頭車両と目標車両が異なる場合には、先頭車両がレーダを用いて、目標車両の位置 $X_o(0)$ と、速度 $V_o(0)$ と、加速度 $A_o(0)$ を算出する。 30

ここで、所定時間 t 後の目標車両の2次予測値をそれぞれ以下の如く求める。

$$V_o(t) = V_o(0) + A_o(0) \times t \quad \dots\dots (3)$$

$$X_o(t) = X_o(0) + V_o(0) \times t + A_o(0) \times t^2 / 2 \quad \dots\dots (4)$$

従って、式(1)~(4)より、所定時間 t 後の目標車両と i 番目の追従車両との車間距離 $L_i(t)$ は、

$$L_i(t) = X_o(t) - X_i(t) \quad \dots\dots (5)$$

となる。

【0054】

次に目標車両を基準として、 i 番目の追従車両との間の目標車間距離 $L_{target i}$ を以下の 40
式のように設定する。

$$L_{target i} = T_{wi} \times V_o(0) + L_{wi} \times \exp\{-K \times V_o(0)\} \dots\dots (6)$$

$T_{wi} = T_{s \times i}$ と定義され、 T_{s} とは、各追従車両が直前車両の位置まで走行するのに必要な時間である。

L_{wi} とは、目標車両と i 番目の追従車両との間の最小車間距離であり、 $L_{wi} = (C_L + L_c) \times i$ と定義する。 L_c は1台ごとの最小車間距離(固定値)であり、 C_L は車両の車長(固有値)であってこの車長は車種に応じて変化する値をとる。

K は収束係数(通常は1~3の値)である。

なお、目標車両が、車車間通信が不能な自動走行車両である場合には、 $T_{wi} = T_{sr} + T_{s \times (i-1)}$ と定義する。ここで T_{sr} は、車車間通信が不能なため、通常 50

広くするために設定された時間である。

【0055】

走行車両の車種を混合させて車群を形成したい場合には、車車間通信によって、お互いの車長を付加して他車に通信する必要がある。この場合は、次の式の如く $L_{target\ i}$ を決定する。

$$L_{target\ i} = T s \times V o (0) + L c \times e x p \{ - K \times V o (0) \} + L t i - 1 + C L i - 1 \dots \dots (7)$$

$C L i - 1$ は $(i - 1)$ 番目の車両の車長である。

$L t i - 1$ は $(i - 1)$ 番目の車両が計算した目標車間距離である。

$L t i - 1$ と $C L i - 1$ は車群走行を行う後続の追従車両に車車間通信により伝達される。

10

【0056】

以上の結果から、所定時間 t 後の車間距離 $L i (t)$ と目標車間距離 $L_{target\ i}$ との車間距離偏差 $\Delta L = L i (t) - L_{target\ i}$ が 0 となるように、各追従車両の車両前後の加速度を制御すればよいことになる。

従って、車間距離を修正するための前後加速度の修正量 $A p$ は、

$$A p = K p \times \Delta L \dots \dots (8)$$

となる。

修正係数 $K p$ を 1 とすれば、運動力学的には常に所定時間 t 後の車間距離偏差を 0 にするように前後加速度を修正していることになるが、安定性や追従性の調整にこの修正係数 $K p$ の自由度を残して $2 / t^2$ の前後で調節してもよい。この修正量 $A p$ は、目標車間距離に対する偏差量を修正するためのものである。

20

【0057】

次に、目標車両と、各追従車両間の相対速度の偏差を考慮した前後加速度の制御量の決定方法を説明する。

所定時間 t 後の目標車両と i 番目の追従車両の車速偏差 $V t$ は、式 (1) , (3) より、

$$V t = V o (t) - V i (t) \dots \dots (9)$$

である。従って、この車速偏差 $V t$ を 0 に収束させるように各追従車両の前後加速度を修正すればよいことになる。前後加速度の修正量 $A d$ は、

$$A d = K d \times V t \dots \dots (10)$$

となる。

30

修正係数 $K d$ を 1 とすれば、運動力学的には常に所定時間 t 後の車速偏差を 0 にするように前後加速度を修正していることになるが、安定性や追従性の調整にこの修正係数 $K d$ の自由度を残して $1 / t$ の前後で調節してもよい。

以上の結果から、車間距離偏差と車速偏差の両者を考慮した各追従車両の前後加速度の修正量は、式 (8) と (9) を加えたものであるから、

$$A = A p + A d = K p \times \Delta L + K d \times V t \dots \dots (11)$$

となる。実際には、図 3 に示すように、(11) 式で求められた加速度の修正量を、各追従車両の現在の加速度の値に加えていく積分制御を行う。

以上説明した制御アルゴリズムを基本として、複数の追従車両のエンジンのスロットル開度、トランスミッションの制御、ブレーキの制御が行われ、車群走行制御が実現される。

40

【0058】

次に図 6 と図 7 (a) を参照して、目標車両と自車両との車間距離のみならず、直前を走行する直前の前走車両と自車両との車間距離を考慮した車群走行制御の制御アルゴリズムを説明する。図 7 (a) は、このような車群の状態を示している。

図 6 において、自車両と直前を走行する前走車との車間に関連する制御ブロック以外は、図 3 で説明したアルゴリズムと全て同一であるので当該部分の説明は省略する。目標車両に追従する制御を行う制御ループ(フィードバックループ)に、直前の車両と自車両との車間距離が予め定めた最小車間距離に近づくにつれてゲインが指数的に増加して車間距離を指数的に増加させるように制御する制御ループ(フィードバックループ)を設けている。

50

図6に示す制御ブロックは、直前を走行する車両の位置データを車車間通信またはレーダにて検出し、直前の車両が車群走行制御の正常制御範囲から逸脱している場合に対応する制御を可能とするものである。この目的のため、直前の前走車と自車両との車間距離を D 、予め定めた最小車間距離を D_0 、調整係数を K_D とし、非線形の制御ゲイン $G(D)$ を以下の如く算出する。

$$G(D) = \exp\{-K_D \times (D - D_0)\} \quad \dots\dots (12)$$

ゲイン $G(D)$ は、図7(b)に示される如く非線形な制御ゲインであり、実際の車間距離 D が、予め定めた最小車間距離 D_0 に近づくにつれて指数的に増加するように設定されている。すなわち、直前車との車間が所定値 D_0 に近づくると車間距離を十分に拡げるように追従車両を制御する。

10

このゲインを用いて、ゲイン修正係数を $K_{p'}$ として、車両の前後加速度の修正量を以下の如く算出する。

$$A' = (1 - G(D)) \times A - K_{p'} \times G(D) \quad \dots\dots (13)$$

ここで、 $(1 - G(D))$ の値は、急激な減速を防止すべく、その値がマイナスになる場合には0とするように予め設定しておく。ゲイン修正係数 $K_{p'}$ は1程度としてもよく、調整係数 K_D に合わせて例えば0.5程度や2程度としてもよい。

【0059】

このような制御アルゴリズムを有する本実施形態においては、車群走行制御から一部の追従車両が制御から大きく逸脱した場合においても、逸脱した車両に対応して後続車両が十分な車間距離を拡げることができるので、一部の車両のトラブル時にも車群走行制御が中

20

断することがなくなる。また、逸脱車両が正常な制御を回復した場合においては、 $G(D)$ は図7(b)から明らかのように0に近い値となるため、自動的に後続の追従車両も正常な車間距離に回復することができ、車群全体の車間距離には悪影響を及ぼさない。

なお、実際の実験においては、最小車間距離 D_0 は2~3m、調整係数 K_D は1程度に設定することにより、上記の効果が十分に得られることが確認できた。

【0060】

次に、車群走行中の複数の追従車両が、目標車両から何番目(i)を走行しているかを認識する手法を説明する。

予め車群走行を行うことが判っている場合や、料金所等で車両を計数してその計数値を該車両に伝達して走行順位(追従順位)を認識できる場合では、車群走行の事前に追従順位 i を設定することができる。

30

しかし、車群走行中における車両の割込みや、後方からの追従車両の追加及び前方からの車両の追加にも対応するため、本発明においては、車車間通信により各車両が車群走行中に追従順位を認識することができるようにしている。

この順位の認識方法には、2つの方法がある。

第1の手法は、車車間通信が、前後の車両のみにしか通信できないような局所的な車車間通信を採用している場合である。

この場合を図8を用いて説明する。

目標車両を先頭車両とした場合、目標車両は、 $i = 0$ として直後に追従する車両に順位情報を送信する。

40

後続の車両は、この信号を受信し、 i に1を加えて $i = 1$ とし、自車両が先頭から2番目であることを認識するとともに、更に直後の追従車両に自車両の順位情報を送信する。

2番目の車両の送信信号を受信した車両は、 i に1を加えて $i = 2$ とし、自車両が3番目であることを認識するとともに、更に直後の追従車両に自車両の順位情報を送信する。

このようにして、各車両は、追従順位を計数する手段と局所的な車車間通信により、自車両が何番目であるかを次々と認識することができる。

なお、目標車両と先頭車両間で車車間通信ができず、目標車両が先頭車両と同一でない場合には、先頭車両が $i = 1$ としてその直後の追従車両に通信を行う。

【0061】

50

第2の手法は、車車間通信が局所的な通信ではなく、1台の車両から複数台の車両に情報通信することができるブロードキャスト的な車車間通信の場合である。この場合を図9、図10を用いて説明する。例えば、周波数分割方式により放送を行ってもよく、時分割方式により放送を行ってもよい。

図10(a)に示すように、ブロードキャスト的な車車間通信においては、各車両が、自己の位置、即ち磁気ネイルによる高速道路上における自車両の位置または走行始点からの距離を車群走行を行う他の車両に向けて送信を行う。この多数の送信信号を受信した車両は、高速道路上における走行距離Lごとに受信したデータの並べ替えを行い、自車両の追従順位を認識する。

また、自車両の位置(X, Y)をお互いに送信し合う場合では、図10(b)に示すように、各車両でその信号を受信して、車群を形成する他の車両の走行軌跡を他の車両の位置(X, Y)の変化から計算によって求めることにより、その進行方向から自車両の追従順位を認識することができる。

ナビゲーション情報により各車両の位置(X, Y)を2次元座標上にプロットして進行方向からカウントして自車両の追従順位を認識してもよい。

【0062】

以上説明した本実施形態の自動走行車によれば、速度計画に対する自車両の所定時間t後に予測される将来的な走行位置及び速度の速度計画に対する予測偏差に基づき車両の前後加速度修正量を求めて、車速制御を行うので、走行経路Bに沿った車群走行を滑らかに行うことができる。

また、追従車両側においては、更に、自車両と目標車両との車間距離と所定時間t後の車速偏差に基づいて車両の前後加速度修正量を求めて車速制御を行うので、前走車との適正な車間距離を確実に維持しつつ走行経路Bに沿って滑らかに自動走行することができる。

【0063】

また、先頭車両と追従車両とでシステム構成を同一としているため、ソフト(プログラム)上の処理の僅かな違いで、先頭車両及び追従車両の両者についてそれぞれに適合した自動走行を行うことができる。

従って、任意の車両が先頭車両となることも可能であるとともに、任意の車両が追従車両となることもできる。

【0064】

更に、目標車両を基準として各追従車両の制御を行うのみならず、各追従車両は、自己の直前の車両との車間距離を常に監視し、一部の車両が車群走行制御から逸脱した場合においても、自動的に車間距離を拡げることができるので、車群走行制御を中止する必要がなくなる。

【0065】

なお、上記実施形態では、磁気情報源Cを検出できない場合等を考慮して、車輪パルスセンサ8、前後加速度センサ9、レーザレーダ10を備えたが、これらを削除して、磁気情報源Cの検出回数のみによって、車両の走行位置(走行距離)を把握し、また、その走行位置を一階微分及び二階微分して車両の速度及び加速度を把握するようにしてもよい。

【0066】

また、走行経路Bに設ける情報源は、磁気情報源Cに限定されるものではなく、例えば色彩的または図形的なマークを走行経路Bに配列し、それを光学的に検出してもよい。そして、そのマークの間隔は500mに限定されるものではない。

また、走行経路Bに情報源が設定されていなくとも、GPS等のナビゲーションを利用して位置を計算して車群走行制御を行ってもよい。

【0067】

また、本実施形態では、走行情報提供設備として漏洩同軸ケーブルEを使用したか、セルラー方式の無線設備やビーコン等を使用してもよい。

上記実施形態は本発明の一例であり、本発明は上記実施形態に限定されない。

【0068】

10

20

30

40

50

【発明の効果】

本発明の車群走行制御システムによれば、従来の制御方式に見られた車間距離の発振現象、即ち、局所的に車間距離が乱れる現象を防止することができる。

また、車群後尾付近の車両の制御性を向上させることができる。

【0069】

また、本発明の車群走行制御システムによれば、他の車両が車群に割込みしたり、車群が分断したり、結合したりした場合においても車群走行を継続することができる。

【0070】

また、本発明の車群走行制御システムによれば、先頭車両と追従車両が入れ替わってもシステム的には殆んど変更がなく、仮想的な目標車両を設定してこの仮想車両の運動情報を追従車両に逐次通信することにより、車群走行を継続することができる。

10

【0071】

また、本発明の車群走行制御システムによれば、追従順位を予め決定することを不要とすることができ、さらに車群走行中に他の車両が割り込んで車両の追従順位が入れ替わっても、車群走行を継続することができる。

【0072】

また、本発明の車群走行制御システムによれば、車群走行中の任意の車両が制御を逸脱した場合においても、車群走行自体を中止することなく、正規の位置に復帰してもなお車群走行を継続することができる。

【0073】

また、本発明の車群走行制御システムによれば、車長の異なるトラック、軽自動車等、普通乗用車等の異種の車両を混合させて車群走行を行うことができる。

20

【0074】

以上から、本発明によれば、自動走行用道路上で、車群走行を安定に行うことができ、特に速度制御をスムーズに安定に行うことができる車群走行制御システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の車群走行制御システムにおける自動走行車のシステム構成図

【図2】 図1の自動走行車の磁気センシングを示す説明図

【図3】 図1の自動走行車の車速制御を説明するブロック線図

30

【図4】 自動走行車が車群（プラトーン）を形成した場合の目標車間距離と追従順位を説明する簡易説明図

【図5】 車群の先頭車両が、仮想的に目標車両を設定した場合の目標車間距離と追従順位を説明する簡易説明図

【図6】 追従車両における車速制御を説明するブロック線図

【図7】 直前の前走車との車間距離に基づいて行う自車両の走行制御の簡易説明図

【図8】 各車両が追従順位を認識する手法を説明する簡易説明図

【図9】 各車両が追従順位を認識する手法を説明する簡易説明図

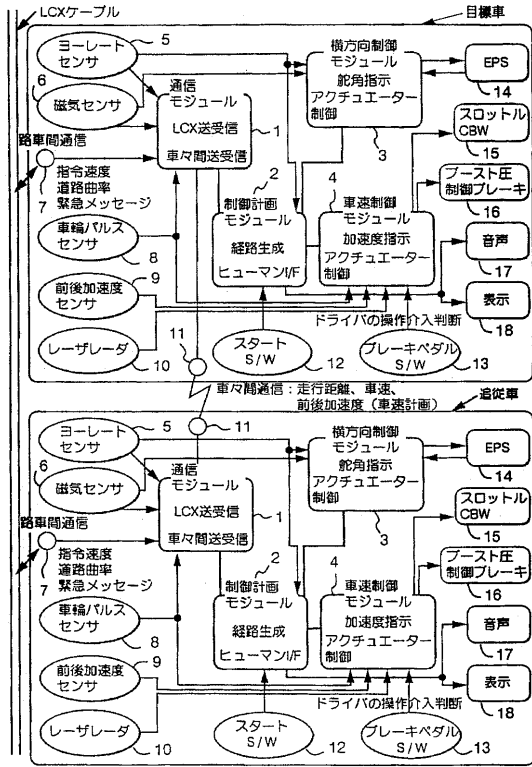
【図10】 各車両が追従順位を認識する手法を説明する簡易説明図

【符号の説明】

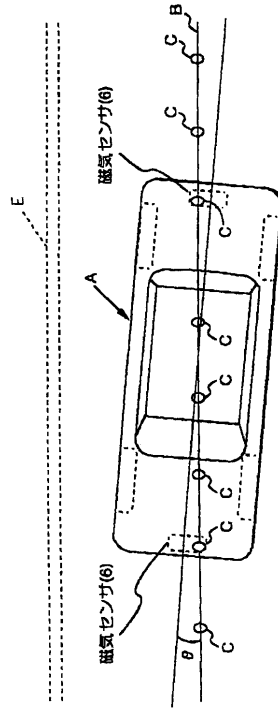
40

1 ... 通信モジュール（通信手段、走行位置認識手段）、2 ... 制御計画モジュール（速度計画作成手段、予定値決定手段、予測値算出手段、偏差算出手段、前後加速度修正量算出手段、前走車予測値算出手段、予測車間距離算出手段、車間速度差算出手段）、3 ... 横方向制御モジュール、4 ... 車速制御モジュール（加減速制御手段）、6 ... 磁気センサ（マーカ検出センサ）、B ... 走行経路、C ... 経路マーカ（磁気情報源）、E ... 漏洩同軸ケーブル（LCXケーブル、情報提供設備）。

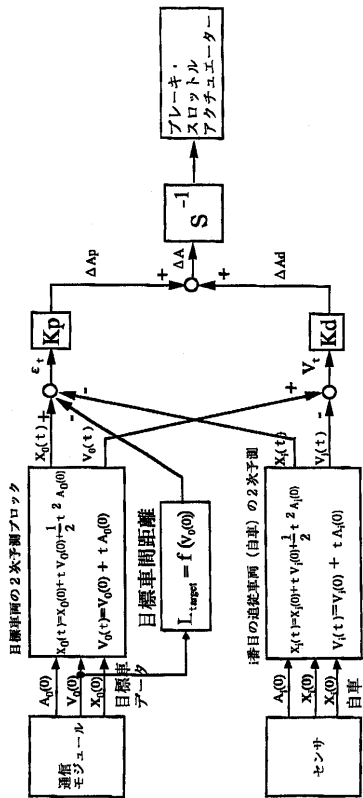
【 図 1 】



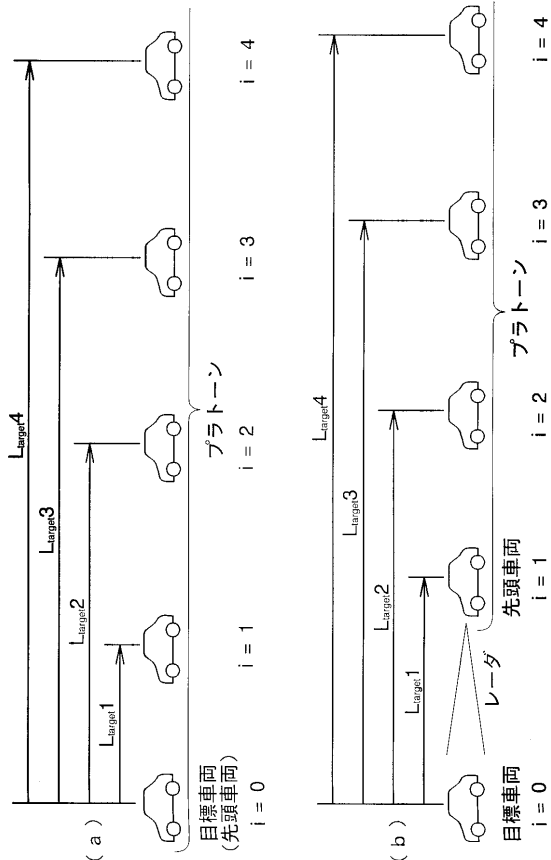
【 図 2 】



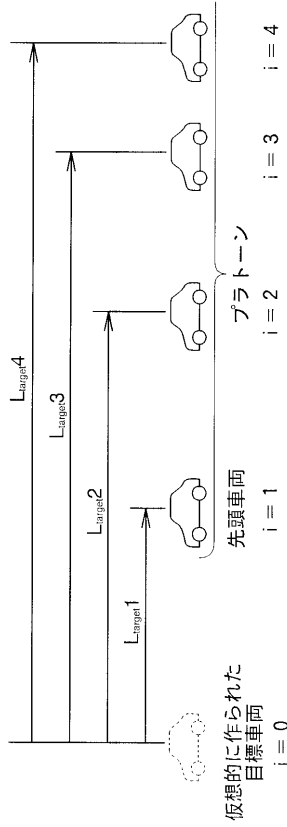
【 図 3 】



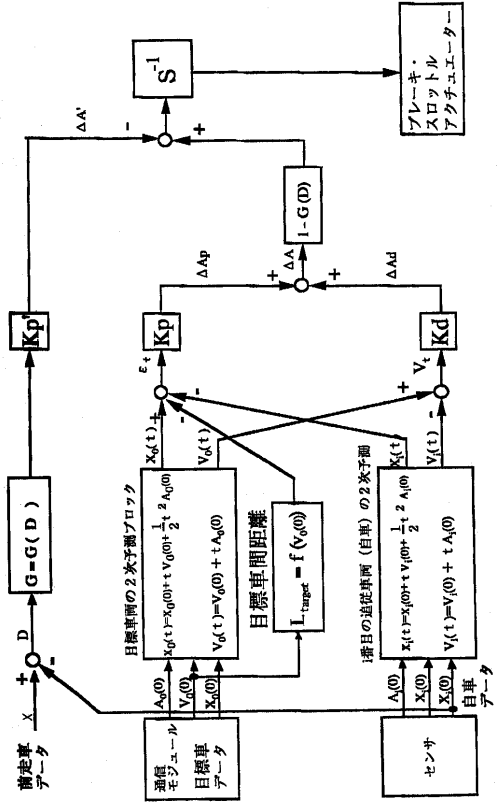
【 図 4 】



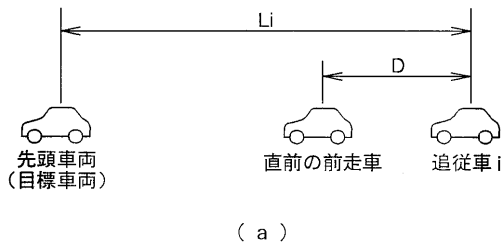
【 図 5 】



【 図 6 】

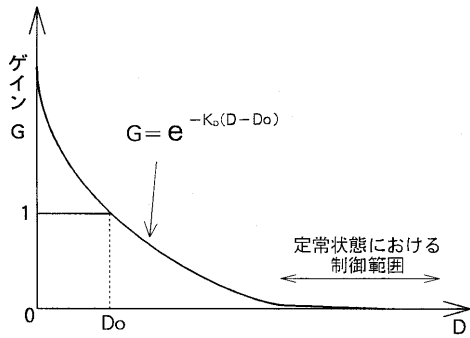
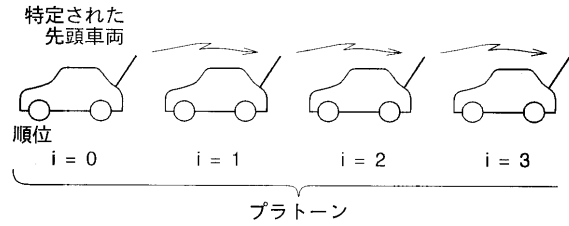


【 図 7 】



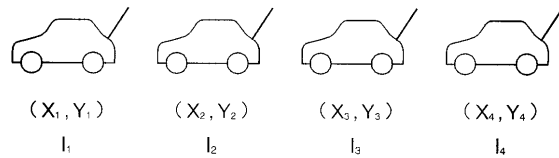
(a)

【 図 8 】



(b)

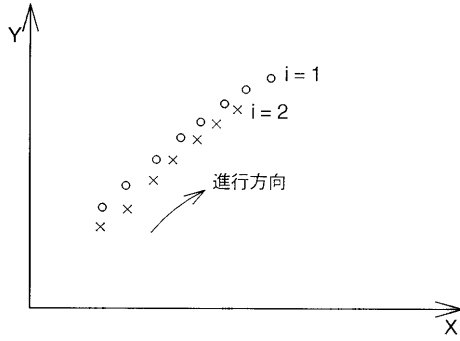
【 図 9 】



【 図 1 0 】

順位 i	1	2	3	4
走行距離	l_1	l_2	l_3	l_4

(a)



(b)

フロントページの続き

合議体

審判長 高木 進

審判官 丸山 英行

審判官 安池 一貴

- (56)参考文献 特開平8 - 282326 (JP, A)
特開平8 - 55300 (JP, A)
特開平3 - 280110 (JP, A)
特開昭49 - 3088 (JP, A)
特開平6 - 139499 (JP, A)
特開平6 - 297982 (JP, A)
特開平6 - 150196 (JP, A)
特開平3 - 262736 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08G 1/00-1/16

B60K 31/00

G05D 1/02