(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年6 月8 日 (08.06.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/059765 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 11/32 (2006.01) *B60T 7/12* (2006.01)
G05B 13/04 (2006.01) *B60W 40/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/022284

(22) 国際出願日: 2005 年12 月5 日 (05.12.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-350785 2004 年12 月3 日 (03.12.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 学校法人日本大学 (NIHON UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1028275 東京都千代田区九段南４丁目８番２４号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 景山 一郎 (KAGEYAMA, Ichiro) [JP/JP]; 〒1028275 東京都千代田区九段南４丁目８番２４号 学校法人日本大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人高橋特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY TAKAHASHI OFFICE); 〒1050003 東京都港区西新橋２－１３－３ 藤喜ビル３階 Tokyo (JP).

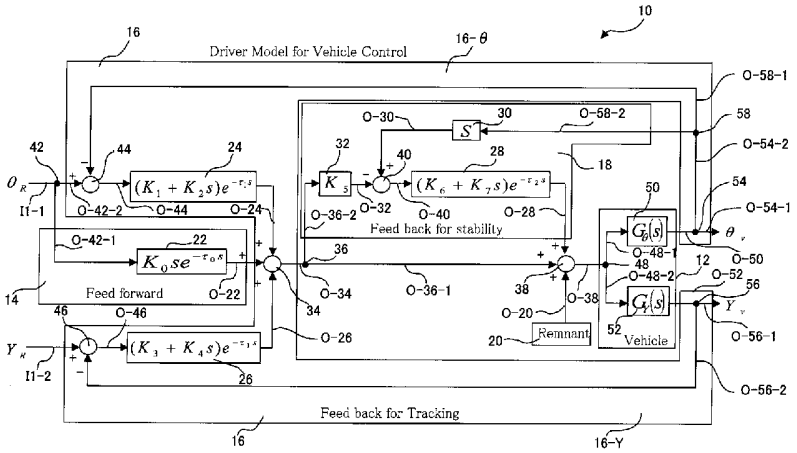
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: DRIVING BEHAVIOR MODEL AND BUILDING METHOD AND BUILDING SYSTEM THEREOF

(54) 発明の名称: 運転行動モデルとその構築方法及び構築システム



(57) Abstract: It is possible to provide a model indicating a behavior similar to a driving operation by an actual person and capable of accurately analyzing the driving behavior different from person to person and a method and a system capable of building or deciding such a model. The driving behavior model has as output components a component by feed forward control (feed forward item) and a component by feed back control (feed back item). The component by the feed forward control and the component by the feed back control are decided according to a measurement result of result of driving behavior by a driver (such as a driver of a vehicle).

[続葉有]

WO 2006/059765 A1

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

実際の人間による運転操作と同様な挙動を示し、個人毎に異なる運転行動を正確に解析することが出来る様なモデルと、その様なモデルを構築或いは決定することが出来る様な方法及びシステムを提供するために、運転行動モデルを、出力成分にフィードフォワード制御による成分（フィードフォワード項）とフィードバック制御による成分（フィードバック項）とを有し、フィードフォワード制御による成分及びフィードバック制御による成分は、運転者（例えば、自動車のドライバ）による運転行動の結果の測定値に基いて決定されているものとする。

明 細 書

運転行動モデルとその構築方法及び構築システム

技術分野

[0001] 本発明は、ドライバの運転行動を解析する手法を確立するための前段階として、ドライバが情報をどの様に処理して運転行動として出力するのかを解析するモデルの構築に関する。

背景技術

[0002] 自動車の運転に際して、ドライバは自車の位置や道路の曲率その他の情報を取り込んで、ハンドルの操舵角を変更する等の操作を行っている。運転操作(運転行動)をドライバによる制御と考え、係る制御系を数式や関数等でモデル化(モデリング)することが出来れば、個人差や状況毎の差異が激しく解析が困難な「ドライバの運転行動」について、当該モデルを用いて、正確な解析を行うことが出来る。

そして、個々のドライバの運転行動を正確に解析することが出来れば、個々のドライバに対応して最も適切な運転支援システムを提供することが可能となる。ここで、先進国を中心として高齢化が進む中で、特に高齢者に対して適切な運転支援を行うシステムの早期の実現は、非常に重要な問題に位置付けされている。

[0003] 従来は、係るドライバモデルは、架空の人物としてソフトウェア上で設計されており、実在の人間と同じ挙動を示すか否かについて、信頼性が低かった。そのため、実際の人間による運転操作の実験結果と合致する様なドライバのモデルを構築したいという要請が存在する。

実際の人間による運転操作の実験結果に基いてドライバのモデルを構築した従来技術も存在するが、当該従来技術では、車両の安定化のために行う操作の成分のみでドライバのモデルを作成している。そのため、実際の人間による運転操作と、当該従来技術により構築された運転操作モデルとでは、無視出来ない程度の差異が生じてしまう。

[0004] その他の従来技術として、車速と操舵角と車両の運転行動モデルを用いて、ドライバが車両の軌道修正操舵を行っていると判定する操舵制御装置が存在する(特許

文献1参照)。

しかし、係る技術は操舵制御に関する技術であって、操舵を行うドライバのモデルを構築する技術ではない。

特許文献1:特開2004－306727号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明は上述した従来技術の問題点に鑑みて提案されたものであり、実際の人間による運転操作と同様な挙動を示し、個人毎に異なる運転行動を正確に解析することが出来る様な運転行動モデルと、その様なモデルを構築或いは決定することが出来る様な方法及びシステムの提供を目的としている。

[0006] 本発明のその他の目的は、係る運転行動モデルが適用されており、運転者個々に対し適切に運転支援をする事が出来る運転支援システムの提供である。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の運転行動モデル(例えば、ドライバモデル)は、出力成分にフィードフォワード制御による成分(フィードフォワード項)とフィードバック制御による成分(フィードバック項)とを有し、フィードフォワード制御による成分及びフィードバック制御による成分は、運転者(例えば、自動車のドライバ)による運転行動の結果の測定値に基いて決定されていることを特徴としている(請求項1)。

[0008] 本発明の運転行動モデル(例えば、ドライバモデル)において、出力成分に安定化制御による成分(安定化項)をも有しており、安定化制御による成分も運転者(例えば、自動車のドライバ)による運転行動の結果の測定値に基いて決定されているのが好ましい(請求項2)。

[0009] また、本発明の運転行動モデルの構築方法(決定方法)は、フィードフォワード制御における制御パラメータ(例えば、道路のヨー角の微分値θ_R')を選択する工程と、フィードフォワード制御による成分(フィードフォワード項)を決定する工程と、フィードバック制御における制御パラメータ(例えば、道路センターラインとの相対ヨー角θ_rと、道路センターラインからの相対横変位yと、道路センターラインからの横方向相対速度y'と、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r')を選択する工程と、フィー

ドバック制御による成分(フィードバック項)を決定する工程、とを有することを特徴としている(請求項3)。

[0010] 本発明の運転行動モデルの構築方法(決定方法)において、安定化制御における制御パラメータ(例えば、ヨーレイトω及びヨー角加速度ω')を選択する工程と、安定化制御による成分(安定化項)を決定する工程、とを有することが好ましい(請求項4)。

[0011] 本発明の運転行動モデルの構築システム(決定システム)は、フィードフォワード制御における制御パラメータ(例えば、制御パラメータである道路のヨー角の微分値θ_R')と、フィードバック制御における制御パラメータ(例えば、道路センターラインとの相対ヨー角θ_rと、道路センターラインからの相対横変位yと、道路センターラインからの横方向相対速度y'と、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r')とを選択する様に構成されている制御パラメータを決定する装置(パラメータ決定装置78)と、フィードフォワード制御による成分(フィードフォワード項)を決定する装置(フィードフォワード項決定装置76)と、フィードバック制御による成分(フィードバック項)を決定する装置(フィードバック項決定装置82)、とを有することを特徴としている(請求項5)。

[0012] 本発明の運転行動モデルの構築システム(決定システム)において、前記制御パラメータを決定する装置(パラメータ決定装置78)は安定化制御における制御パラメータ(例えば、ヨーレイトω及びヨー角加速度ω')をも選択する様に構成されており、安定化制御による成分(安定化項)を決定する装置(安定化項決定装置84)を備えていることが好ましい(請求項6)。

[0013] 本発明において、フィードフォワード項と、フィードバック項を決定するに際して、統計処理の手法である最大傾斜法で重回帰分析を行って、フィードフォワード項とフィードバック項(におけるゲインや遅れ、重み付け等)を同時に決定することも出来る。

[0014] ここで、フィードフォワード項、フィードバック項に加えて、安定化項も数式モデル(ドライバモデル)に包含させる場合には、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項を求めるに際して、最大傾斜法で重回帰分析を行って、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項(のゲインや遅れ等)を一度に決定しても良い。

[0015] なお、本発明において、制御パラメータを決定する装置(パラメータ決定装置78)と

、フィードフォワード制御による成分(フィードフォワード項)を決定する装置(フィードフォワード項決定装置76)と、フィードバック制御による成分(フィードバック項)を決定する装置(フィードバック項決定装置82)を、或いは、それに加えて安定化制御による成分(安定化項)を決定する装置(安定化項決定装置84)をコンピュータ(PC等)で構成しても良い。その場合、上記各々の装置は、コンピュータ内の機能ブロックとして構成される。

[0016] 本発明の運転支援システムは、自動車(110)に搭載される運転支援システムにおいて、ハンドル(112)の操舵角を検出する手段(ハンドル角・トルク計測センサ114)と、ブレーキペダル及び／又はアクセルペダル(116)の踏み代を計測する手段(ペダルセンサ118)と、車速を計測する手段(車速計120)と、道路形状認識手段(CCDカメラ122)と、自動車(110)の位置を検出する手段(GPSアンテナ124及びGPSコントローラ126で構成された位置計測用のGPS)と、加速度計(3軸ジャイロ加速度計128)と、ハンドル(112)の操舵角を制御する手段(ハンドルアクチュエータ130)と、制御手段(コントローラ100)とが設けられており、該制御手段(コントローラ100)は、ハンドルの操舵角を検出する手段(114)、ブレーキペダル及び／又はアクセルペダルの踏み代を計測する手段(118)、車速を計測する手段(120)、道路形状認識手段(122)、自動車の位置を検出する手段(124、126)、及び、加速度計(128)の計測結果或いは検出結果に基いて、自動車のヨー角(θ_V)と自動車の相対横方向変位(Y_V)とを決定し、ハンドルの操舵角を制御する手段(130)へ制御信号を出力する様に構成されていることを特徴としている(請求項7)。

[0017] 本発明の運転支援システムにおいて、自動車(110)の制動力を制御する手段(フロントブレーキアクチュエータ132、リアブレーキアクチュエータ134)が設けられており、前記制御手段(コントローラ100)は、道路のセンターラインと直交する方向の加速度(横向き加速度Y_G)を演算し、当該加速度が大きい場合には自動車(110)の制動力を制御する手段(132、134)を作動して車速を減じる制御を行う様に構成されているのが好ましい(請求項8)。

発明の効果

[0018] 発明者は、ドライバが車両を運転する運転行動を解析した結果、フィードフォワード

制御による影響が非常に大きく、フィードフォワード制御では行い得ない位置に対する修正動作についてはフィードバック制御による影響が非常に大きいことに着目した。

上述する構成を具備する本発明の運転行動モデル(例えば、ドライバモデル)では、出力成分にフィードフォワード制御による成分(フィードフォワード項)とフィードバック制御による成分(フィードバック項)とを有しており、実際のドライバによる運転と同様な出力或いは挙動となる。そして、本発明では、フィードフォワード制御による成分及びフィードバック制御による成分は、運転者(例えば、自動車のドライバ)による運転行動の結果の測定値に基いて決定されているので、当該運転者と同じ様な行動或いは挙動を示すモデルを提供することが出来るのである。

[0019] 本発明の運転行動モデルを構築するに際しては、実際の運転(シミュレーションによる実験を含む)の結果を処理することにより、ドライバ毎に、当該運転行動をフィードフォワード成分とフィードバック成分とを因子とする数式(或いは関数)でモデル化する。

[0020] また、本発明では、フィードフォワード成分とフィードバック成分とに加えて、安定化制御成分を因子として包含する数式(或いは関数)でモデル化することが出来る(請求項2、4、6参照)。安定化制御成分を因子として包含する、或いは、安定化項を包含する数式モデルを得る場合において、ドライバによる出力としてハンドルの操舵角を選択するのであれば、当該操舵角を、フィードフォワード成分の第1項と、フィードバック成分の第2項と、車両の安定化のために行う操作の成分である第3項との和として、求めることになる。

[0021] 本発明において、運転行動モデルの出力成分(例えば、操舵角成分)をフィードフォワード項、フィードバック項(及び安定化項)に分けて求めることが出来る。そして、フィードフォワード項、フィードバック項(及び安定化項)に分けて求めた出力成分を比較することにより、個々の運転者毎に、最も必要とする運転支援項目を解析することが出来る。

そして、個々の運転者毎に、差異的な運転支援システムを設計することが可能となる。

[0022] 本発明の運転支援システムによれば、上述した運動行動モデルに従って、ハンドルの操舵角を適正に制御する事が出来る。

また、速度制御も可能に構成すれば、車速が早くなり過ぎて、道路のセンターラインに直交する方向への加速度が大きくなった際に、その旨を検知して、車速を減じる制御を行うことも可能となる。

発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。

最初に、図1を参照して、本発明に係るドライバモデルを説明する。

[0024] 図1は、本発明に係るドライバモデルを、ブロック図として表現したものである。

図1において、符号10で示す系全体から、自動車を示すブロック12を除いたものが、本発明に係るドライバモデルである。

図1のドライバモデルは、例えば高速道路等の直線路が多い道路走行時のモデル構築により得られたものである。

[0025] 本発明に係るドライバモデルは、フィードフォワード制御ブロック14と、フィードバック制御ブロック16と、安定化制御ブロック18とを備えている。なお、符号20は、各種の「外乱(Remnant)」を示す要素である。

ここで「安定化制御」とは、自動車の挙動変化に対するものであり、凍結路等におけるスリップ時のカウンターステアが、その代表的な操舵である。

[0026] 図1のドライバモデルにおいて、入力される情報(モデルへの環境情報)は、道路のセンターラインのヨー角θ_Rと、道路のセンターラインに直交する方向の変位(横方向変位)Y_Rである。

そして、図1のドライバモデルによる出力は操舵角であるが、具体的には、自動車のヨー角θ_Vと、自動車の横方向変位Y_Vである。

なお、フィードバック制御ブロック16において、ヨー角θ_Vに関連する成分を処理する部分を符号16－θで示し、横方向変位Y_Vに関連する成分を処理する部分を符号16－Yで示している。

[0027] フィードフォワード制御ブロック14における伝達要素22の伝達関数「$K_0 se^{-\tau_{0s}}$」は、詳細を後述する数式モデルにおけるフィードフォワード項

$a_1 \theta_R'(t+\Delta t_1)$

但し、a_1はフィードフォワード項のゲイン、θ_R'(=$d\theta_R/dt$)は道路のヨー角(θ_R)の微分値、Δt_1はフィードフォワード項の遅れ時間である、

に対応している。

[0028] フィードバック制御ブロック16において、ヨー角θ_Vに関連する成分を処理する部分を符号16－θの伝達要素24の伝達関数「$(K_1+K_2 s)e^{-\tau 1s}$」は、詳細を後述する数式モデルにおけるフィードバック項

$a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)+\varepsilon_3 \theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4 \theta_r'(t+\Delta t_2)\}$

但し、a_2はフィードバック項のゲイン、ε_1～ε_4は重回帰分析を行うための重み付け、y'は道路センターラインからの(横方向)相対速度、Δt_2はフィードバック項の遅れ時間、yは道路センターラインからの相対横変位、θ_r'(=$d\theta_r/dt$)は道路センターラインとの相対ヨー角(θ_r)の角速度、θ_rは道路センターラインとの相対ヨー角である、

における

$a_2\{\varepsilon_3 \theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4 \theta_r'(t+\Delta t_2)\}$

に対応している。

[0029] そして、フィードバック制御ブロック16において、横方向変位Y_Vに関連する成分を処理する部分16－Yの伝達要素26の伝達関数「$(K_3+K_4 s)e^{-\tau 1s}$」は、係るフィードバック項における

$a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)\}$

に対応している。

[0030] 安定化制御ブロック18において、伝達要素28の伝達関数「$(K_5+K_6 s)e^{-\tau 2s}$」は、詳細を後述する数式モデルにおける安定化項

$a_3\{\varepsilon_5 \omega(t+\Delta t_3)+\varepsilon_6 \omega'(t+\Delta t_3)\}$

但し、a_3は安定化項のゲイン、ωはヨーレイト、Δt_3は安定化項の遅れ時間、ω'はヨー角加速度である、

に対応している。

[0031] 安定化制御ブロック18において、伝達要素28は後述する数式モデルの安定化項に対応しており、該安定化項ではヨーレイトω及びヨー角加速度ω'をパラメータとし

ている。そのため図1のモデルの出力であるヨー角θ_Vを微分して処理しなければならない。そのため、安定化制御ブロック18の伝達要素30の伝達関数sは、微分機能を有している。

[0032] ここで、走行中の自動車は直進している状態が最も安定しているので、安定化制御ブロック18が伝達要素28しか有さない場合には、当該モデルでは走行中の自動車が曲がったり、車線変更をすることが困難になってしまう。そのため、安定化制御以前の段階における操舵角度を考慮した制御を行う必要がある。安定化制御ブロック18の伝達要素32(伝達関数K_5)は、係る趣旨に基いて設けられている。

[0033] 図1で示すドライバモデルにおける情報の伝達について説明する。

道路のセンターラインのヨー角θ_Rと、道路のセンターラインに直交する方向の変位(横方向変位)Y_Rが、各々、信号I1－1、I1－2として、図1のドライバモデルに入力される。

信号I1－1は、引出し点42で信号O－42－1、O－42－2に分岐する。信号O－42－1は、フィードフォワード制御ブロック14の伝達要素22に入力され、上述した伝達関数により処理されて、信号O－22として出力され、加え合わせ点34に送出される。

[0034] 引出し点42で分岐した他方の信号O－42－2は、フィードバック制御ブロック16におけるヨー角θ_Vに関連する成分を処理する部分16－θの加え合わせ点44に送られ、後述するフィードバック信号が加算され、信号O－44として伝達要素24に送られる。

伝達要素24で処理された出力信号O－24は、加え合わせ点34に送出される。

[0035] 道路のセンターラインに直交する方向の変位(横方向変位)Y_Rに関する信号I1－2は、フィードバック制御ブロック16における横方向変位Y_Vに関連する成分を処理する部分16－Yの加え合わせ点46に送られ、後述するフィードバック信号が加算され、信号O－46として伝達要素26に送られる。

伝達要素26で処理された出力信号O－26は、加え合わせ点34に送出される。

[0036] 加え合わせ点34で、信号O－22、O－24、O－26が重畳されて信号O－34として出力され、当該出力信号O－34は、引出し36で、加え合わせ点38に送出される信号O－36－1と、安定化制御ブロック18へ向う信号O－36－2とに分岐される。

[0037] 信号O－36－2は、直前の操舵角がキャンセルされないように伝達要素32で処理され、信号O－32として加え合わせ点40へ出力される。

加え合わせ点40では、伝達要素32の出力信号O－32と、伝達要素30の出力信号O－30とが加算され、信号O－40として、伝達要素28へ入力される。そして、伝達要素28において、前述した伝達関数によって処理が為され、信号O－28として加え合わせ点38に送出される。

[0038] 加え合わせ点38では、当該信号O－28と、引出し点36で分岐した一方の信号である前記信号O－36－1とが加算される。それに加えて、要素20から外乱に関する情報が、信号O－20として加え合わせ点38へ送出される。

加え合わせ点38では、信号O－36－1、O－28、O－20とが加算されて、信号O－38として自動車ブロック12に送られる。

[0039] 自動車ブロック12の引出し点48において、信号O－38は、信号O－48－1、O－48－2に分岐する。

一方の信号O－48－1は、自動車における要素50においてヨー角θ_V決定に関する処理が為され、ヨー角θ_Vを示す信号O－50として出力される。

この信号O－50は、引出し点54で出力信号O－54－1と、フィードバック信号O－54－2とに分岐する。そして、フィードバック信号O－54－2は、フィードバック制御ブロック16における部分16－θの引出し点58で信号O－58－1、O－58－2に分岐し、信号O－58－1はフィードバック信号として加え合わせ点44に送られ、信号O－58－2は安定化制御ブロック18の伝達要素30に入力される。

[0040] 自動車ブロック12の引出し点48で分岐した他方の信号O－48－2は、自動車における要素52で横方向変位Y_V決定に関する処理が為され、変位Y_Vを示す信号O－52として出力される。

この信号O－52は、引出し点56で出力信号O－56－1と、フィードバック信号O－56－2とに分岐する。そして、フィードバック信号O－56－2は、フィードバック制御ブロック16における部分16－Yの加え合わせ点46に送られる。

[0041] ここで、図1のブロック図で表現されたドライバモデルを数式として表現する場合について説明する。

図1のブロック図で表現されたドライバモデルを数式で表現したものが、次式(1)である。

$$\delta(t)=a_0+a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)+a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)+\varepsilon_3\theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4\theta_r'(t+\Delta t_2)\}+a_3\{\varepsilon_5\omega(t+\Delta t_3)+\varepsilon_6\omega'(t+\Delta t_3)\}+N \quad \cdots(1)$$

この式(1)において、

$a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)$はフィードフォワード項、

$a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)+\varepsilon_3\theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4\theta_r'(t+\Delta t_2)\}$はフィードバック項、

$a_3\{\varepsilon_5\omega(t+\Delta t_3)+\varepsilon_6\omega'(t+\Delta t_3)\}$は安定化項、

Nは外乱である。

[0042] そして、

$\delta(t)$はその時点における操舵角、

a_0はスライドオフセット(degree)、

a_1はフィードフォワード項のゲイン、

a_2はフィードバック項のゲイン、

a_3は安定化項のゲイン、

Δt_1はフィードフォワード項の遅れ時間、

Δt_2はフィードバック項の遅れ時間、

Δt_3は安定化項の遅れ時間、

$\theta_R'(=d\theta_R/dt)$は道路(センターライン)のヨー角(θ_R)の微分値、

θ_rは道路センターラインとの相対ヨー角、

yは道路センターラインからの相対横変位、

$y'(=dy/dt)$は道路センターラインからの(横方向)相対速度、

$\theta_r'(=d\theta_r/dt)$は道路センターラインとの相対ヨー角(θ_r)の角速度、

ωはヨーレイト、

$\omega'(=d\omega/dt)$はヨー角加速度、

ε_1～ε_5は重回帰分析を行うための重み付けである。

[0043] スライドオフセットa_0と、フィードフォワード項のゲインa_1とは、以下の様に決定する。

先ず、ドライバによるフィードフォワード制御において、入力される情報から、実際のドライバによる運転の感覚に近しいであろう情報を選択する。例えば、フィードフォワード制御において入力される情報として、道路のヨー角(θ_R)、道路の曲率、道路のヨー角の変化率(微分値:θ_R')がある。

ここで、道路のヨー角の変化によって自動車が進行するべき方向を予測して操舵角を調節することが、ドライバによる実際の運転と感覚的に近い。また、図2で示す様に、実験値から道路のヨー角の微分値と操舵角との特性においては、相関係数が0.8以上であり、相関性が良好である。

従って、図示の例では、道路のヨー角の微分値(θ_R')を選択する。

[0044] 次に、選択された情報(図示の例では、ヨー角の微分値θ_R')と操舵角との特性について検討する。そして、両者を単回帰分析して回帰式を決定する。

図示の例では、図2で示す道路のヨー角の微分値と操舵角との特性から、道路のヨー角の微分値θ_R'と操舵角$\delta(t)$との回帰式(図3の符号「α」で示す直線参照)を求める。

単回帰分析により得られた回帰式は $\delta(t)=a_1\theta_R'+a_0$ なる形となるので、その縦軸の切片及び傾きから、スライドオフセットa_0と、フィードフォワード項のゲインa_1とが求まる。例えば、図3における直線αの傾きからフィードフォワード項のゲインa_1を求めることが出来て、図3における直線αの縦軸(操舵角軸)の切片からスライドオフセットa_0が求まる。

なお、図3は回帰式を示す直線αを記入した点以外は、図2と同一である。

[0045] フィードフォワード項として選択された情報(図示の例では、ヨー角の微分値θ_R')と操舵角との特性図からスライドオフセットa_0と、フィードフォワード項のゲインa_1とが求まったならば、フィードフォワード項の遅れ時間Δt_1を求める。

この遅れ時間Δt_1を求めるには、スライドオフセットa_0とフィードフォワード項のゲインa_1とを求めるのに用いたパラメータ(情報:図示の例では、ヨー角の微分値θ_R')の遅れ(或いは進み)とドライバによるアウトプットである操舵角との相関を、例えば図4で示す様に求める。

[0046] 図4は、ヨー角の微分値θ_R'の遅れ(或いは進み)と、相関係数(ヨー角の微分値θ_R'と操舵角$\delta(t)$との相関係数)との特性を示している。

そして、フィードフォワード項の遅れ時間Δt_1としては、相関係数が最も大きくなる値、図4の例では－0．4sec．を採用する。なお、図4において、プラスは「進み」を示し、マイナスは「遅れ」を意味している。

ゲインa_1と、遅れ時間Δt_1とが決定すれば、操舵角$\delta(t)$の内のフィードフォワード項により制御される部分が決定する。

[0047] ここで、フィードフォワード項(或いは、スライドオフセットとフィードフォワード項による操舵成分)のみでは、車両の位置に対する修正動作が出来ない。係る修正動作を行うためにはフィードバック制御が必要である。そのため、位置規定のフィードバック項を決定するためには、操舵角$\delta(t)$(degree)から、スライドオフセットa_0及びフィードフォワード項$a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)$を除去或いは減算し(スライドオフセット$a_0$及びフィードフォワード項は、共にdegree)、その除去或いは減算した結果を用いて行う。

すなわち、操舵角$\delta(t)$から、スライドオフセット及びフィードフォワードを減算した結果から、前述したフィードバック項$a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)+\varepsilon_3\theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4\theta_r'(t+\Delta t_2)\}$を決定する。

[0048] フィードバック制御におけるパラメータ(フィードバック制御を行うドライバに入力される情報:フィードバック要素)として、道路センターラインとの相対ヨー角θ_r、道路センターラインからの相対横変位y、一次予測偏差、二次予測偏差があるが、発明者がドライビングシミュレータ或いは実際の車両を用いて行った実験結果を解析した結果、フィードバックパラメータとフィードバック成分の操舵角との相関は比較的低い(相関係数が小さい)事が分かっている。そのため、重回帰分析を行う。なお、重回帰分析自体は公知の手法であるため、説明は省略する。

[0049] 最も基本的な情報である道路センターラインとの相対ヨー角θ_rと、道路センターラインからの相対横変位yと、各々の微分値(道路センターラインからの横方向相対速度y'、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r')をフィードバックパラメータとして採用し、この4つの項目について、重回帰分析を行えば、比較的高い相関係数を得る事が出来た。

図5は、発明者が行った実験結果から求めた相関、すなわち、道路センターラインとの相対ヨー角θ_r、道路センターラインからの相対横変位y、道路センターラインからの横方向相対速度y'、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r'の4項目を用いた重相関解析の結果と、フィードバック成分の操舵角との相関を示している。

[0050] 図5で示す様な高い相関が得られた場合における(重回帰分析で行った)重み付けがε_1～ε_4である。ここで、ε_1が横方向相対速度y'についての重み付け、ε2が相対横変位yについての重み付け、ε_3が相対ヨー角θ_rについての重み付け、ε_4が相対ヨー角の角速度θ_r'についての重み付けである。

さらに、図5で示す様な高い相関が得られた場合において、図3で示す回帰式αの様な直線を求めれば、その傾きがフィードバック項におけるゲインとなる。

[0051] フィードバック項における遅れ時間Δt_2は、フィードフォワード項における遅れ時間Δt_1と同様に決定する。

すなわち、フィードバック項における遅れ時間Δt_2を変化させて、道路センターラインとの相対ヨー角θ_r、道路センターラインからの相対横変位y、道路センターラインからの横方向相対速度y'、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r'の4項目を用いた重相関解析の結果とフィードバック成分の操舵角との相関係数の変化特性を求める。発明者による実験結果からは、例えば、図6で示す様な特性が得られた。

そして、図6で示す特性において、ピークの箇所(最も相関係数が高い箇所)の時間をフィードバック項における遅れ時間Δt_2に決定するのである。

以上により、フィードバック項(或いは位置制御のためのフィードバック操舵成分)$a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)+\varepsilon_3\theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4\theta_r'(t+\Delta t_2)\}$が決定する。

[0052] 次に、操舵角δ(t)から、スライドオフセット、フィードフォワード項、フィードバック項を減算した結果から、安定化項$a_3\{\varepsilon_5\omega(t+\Delta t_3)+\varepsilon_6\omega'(t+\Delta t_3)\}$を決定する。

ここで、安定化項において、ヨーレイトωと、ヨー角加速度ω'(=dω/dt)をパラメータとして採用しているのは、発明者が幾つかの状態量について検討した結果、操舵角との相関が高いパラメータであることによる。すなわち、ヨーレイトωと、ヨー角加速度ω'とをフィードバックすることにより、自動車走行の安定について有効であること

が、発明者の検討結果より判明したからである。

[0053] 安定化項におけるゲインa_3は、フィードバック項のゲインa_2を決定したのと同様な手法により求める。

すなわち、ヨーレイトωによる応答及びヨー角加速度ω'による応答に対する安定化による操舵角の重相関を取り、図5で示す様な高い相関係数が得られた場合における重み付けをε_5(ヨーレイトωにおける重み付け)、ε_6(ヨー角加速度ω'における重み付け)とする。

そして、高い相関が得られた場合における線形関数(図3における直線α参照)を求め、その傾きを、安定化項におけるゲインa_3として決定する。

[0054] 遅れ時間Δt_3については、遅れ時間を変化させて、ヨーレイトωによる応答及びヨー角加速度ω'による応答に対する安定化による操舵角の重相関における相関係数の変化特性を求める。発明者による実験結果の場合、例えば、図7で示す様な、遅れ時間と相関係数との特性が得られた。

そして、相関係数がピークとなった時間を、安定化項における遅れ時間Δt_3に決定する。

ここで、発明者による実験結果から得られた図7では、遅れ時間(進み時間)がゼロ近傍の箇所と、進み側に0.1秒～0.2秒の箇所の2箇所に、ピーク(極大値)が存在している。しかし、進み側のピークは操舵に対するヨーレイト等の応答を表しているものと考えられるので、図7では、遅れ時間として、ゼロ近傍の数値を採用する。

以上により、安定化項が決定する。

[0055] この様にして、数式モデルが決定する。

ここで、式(1)の数式モデルも、図1のブロック図も、共に、同一のドライバモデルを表現している。換言すれば、式(1)と図1は、同一のモデルを異なる形式で表現しているのである。

[0056] 次に、上述した式(1)を決定する手順を、図8、図9のフローチャートを参照して説明する。

先ず、実際の自動車或いはドライビングシミュレータ等を用いて、種々の条件下、或いは入力された情報に対して、ドライバが運転行動の結果として行ったハンドル操作

の操舵角を計測する(ステップS1)。

そして、自動車或いはドライビングシミュレータで与えられた各種条件、或いは入力された情報(環境情報)と、操舵角との関係或いは特性を実験結果としてまとめる(ステップS2)。

ステップS2で求めた各種特性に基いて、数式(1)におけるフィードフォワード項、フィードバック項、安定化項を決定する。

[0057] 先ず、ステップS2及びS3により、数式(1)におけるフィードフォワード項を決定する作業を行う。

最初に、ステップS2において、フィードフォワード項におけるパラメータを決定する。上述した様に、図示の例では、ドライバによる実際の運転と感覚的に近い結果が得られ、且つ、操舵角と相関が良好なパラメータである「道路のヨー角の微分値(θ_R')」を、フィードフォワード項におけるパラメータとして選択している。

[0058] ここで、パラメータの決定は、人為的に選択しても良いし、一定の手順に従って自動的に選択するか、或いは、常に特定のパラメータだけを選択するように構成することが可能である。このことは、ステップS3のフィードフォワード制御のパラメータ決定のみならず、後述するフィードバック制御のパラメータの決定(ステップS6)や、安定化制御のパラメータ決定(ステップS9)でも同様である。

[0059] なお、図8、図9では、フィードフォワード項の決定、フィードバック項の決定、安定化項の決定の各々において、制御パラメータの選択を行っているが、ステップS3の段階で、全ての制御パラメータを決定しても良い。

[0060] 次に、フィードフォワード項を決定するのに必要なゲイン(a_1)、時間遅れ(Δt_1)と、フィードフォワード制御直前の操舵角であるスライドオフセット(a_0)を決定する(ステップS4)。

具体的には、上述した様に、選択されたパラメータ(図示の例では、ヨー角の微分値θ_R')と操舵角との特性を単回帰分析して回帰式(図3の直線α)を決定し、その傾き(図3の直線αの傾き)からゲイン(a_1)を求め、回帰式(図3の直線α)の縦軸の切片から、スライドオフセットa_0を求め、ヨー角の微分値θ_R'の遅れ(或いは進み)と相関係数(ヨー角の微分値θ_R'と操舵角$\delta(t)$との相関係数)との特性から、相関が

最も良好となる遅れ(進み)時間を時間遅れ(Δt_1)に決定する。

[0061] スライドオフセット(a_0)とフィードフォワード項で求まる操舵成分とでは、操舵角を全て特定することは出来ず、自動車(車両)の位置に対する修正動作を行うフィードバック制御が必要となる。そのために、フィードバック制御項を決定するためには、操舵角からスライドオフセット(a_0)とフィードフォワード項で求まる操舵成分とを除去或いは減算し(ステップS5)、除去或いは減算した残りの成分を用いて、フィードバック項を決定するのに必要な各種係数(a_2、Δt_2、$\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$)を求める(ステップS6、S7)。

[0062] 具体的には、先ず、フィードバック制御におけるパラメータ(フィードバック制御を行うドライバに入力される情報:フィードバック要素)を選択する(ステップS6)。図示の例では、最も基本的な情報である道路センターラインとの相対ヨー角θ_rと、道路センターラインからの相対横変位yと、各々の微分値(道路センターラインからの横方向相対速度y'、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r')をフィードバックパラメータとして採用した。

そして、フィードバックパラメータについて、重回帰分析を行い、図5で示す様な高い相関が得られた場合における(重回帰分析で行った)重み付けを$\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$として決定し、その様な高い相関が得られた場合における回帰式の傾きをフィードバック項におけるゲインa_2とし、重相関解析の結果とフィードバック成分の操舵角との相関係数が最も高くなる遅れ時間をフィードバック項における遅れ時間Δt_2に決定する(ステップS7)。

フィードバック項が決定したならば(ステップS7が完了)、図9のステップSAに進む。

[0063] そして、図9のステップSAからステップS8に進み、操舵角からスライドオフセット(a_0)とフィードフォワード項で求まる操舵成分とフィードバック項で求まる操舵成分とを除去或いは減算し(ステップS8)、除去或いは減算した残りの成分を用いて、安定化項を決定するのに必要な各種係数(a_3、Δt_3、ε_5、ε_6)を求める(ステップS9、S10)。

[0064] 図示の例では、安定化項において、ヨーレイトωと、ヨー角加速度ω'(=dω/dt)をパラメータとして採用している(ステップS9)。

そして、ステップS10で、a_3、Δt_3、ε_5、ε_6を決定する。

すなわち、ヨーレイトωによる応答及びヨー角加速度ω'による応答に対する安定化による操舵角の重相関を取り、高い相関係数が得られた場合における重み付けをε_5、ε_6とする。

そして、高い相関が得られた場合における線形関数を求め、その傾きを、安定化項におけるゲインa_3と決定する。

また、遅れ時間を変化させて、相関係数が最も良い遅れ時間を安定化制御の遅れ時間Δt_3に決定する。

[0065] 次に、図10を参照して、上述したドライバモデルを決定するためのシステムについて説明する。

図10において、全体を符号70で示すシステムは、図8、図9で示す手法により、ドライバモデルを決定するためのシステムである。

[0066] 図10のドライバモデル決定システムは、ドライバが運転行動の結果として行ったハンドル操作の操舵角を計測(実測)する計測装置72を有している。この計測装置72は、例えば、ドライビングシミュレータや、実際の自動車に各種の計測用センサを取り付けて構成されており、図8のステップS1に相当する処理を実行する。

図10において、ドライビングシミュレータ或いは自動車等で運転操作をしているドライバに対して与えられる各種情報(環境情報)は、ラインL1を介して計測装置72に入力される信号として表現されており、ドライバの運転行動の結果である操舵角(実験結果)は、計測装置72からラインL2へ出力される信号として表現されている。

[0067] ラインL1から分岐したラインL1－2を介して伝達される環境情報(自動車或いはドライビングシミュレータのドライバに与えられた各種条件)と、ラインL2に出力された操舵角とは、特性解析装置74に送られる。

特性解析装置74は、入力された環境情報の各々と操舵角(実験結果)との関係或いは特性を作成し、例えば各種特性図(図2参照)の形式で整理して、出力する(図8のステップS2に相当する処理)。

システム70では、特性解析装置74で作成された関係或いは特性に基いて、数式(1)におけるフィードフォワード項、フィードバック項、安定化項を決定するのである。

[0068] 特性解析装置74で作成された関係或いは特性の情報は、ラインL3、L3－1を介し

てフィードフォワード項決定装置76に送られる。特性解析装置74で作成された関係或いは特性の情報は、ラインL4を介して、パラメータ決定装置78に送られる。

そして、フィードフォワード項決定装置76では、特性解析装置74で作成された関係或いは特性に基いて、上述したフィードフォワード項と、スライドオフセットとを決定する。

[0069] フィードフォワード制御項と、スライドオフセットとを決定するにあたって、先ず、フィードフォワード項におけるパラメータを決定する必要がある。パラメータ決定装置78では、特性解析装置74で作成された関係或いは特性に基いて、フィードフォワード項の制御パラメータとして好適なパラメータ(例えば、道路のヨー角の微分値θ_R')を決定する。すなわち、図8のステップS3に相当する処理を実行する。

[0070] 上述した様に、制御パラメータの決定は、オペレータによる手作業で人為的に選択しても良いし、自動制御により一定の手順に従って選択しても良いし、或いは、例えば記憶装置100に記憶された特定のパラメータだけを選択しても良い。

従って、パラメータ決定装置78は、制御パラメータが手作業に選択されるのであればキーボードその他の入力手段により構成され、自動制御により一定の手順に従って選択されるのであれば係る自動制御を実行する様に構成され、そして、特定のパラメータだけが選択されるのであれば図示しない記憶手段(メモリ等)で構成される。

[0071] なお、図10では、フィードフォワード制御のパラメータ決定のみならず、後述するフィードバック制御のパラメータの決定や、安定化制御のパラメータ決定が、同一のパラメータ決定装置78で行われているが、各々のパラメータの決定を対応するパラメータ決定装置で行う様に構成することも可能である。

[0072] パラメータ決定装置78からラインL5を介して、どのパラメータを選択するべきであるか(例えば、道路のヨー角の微分値θ_R')について、フィードフォワード項決定装置76に伝達されると共に、特性解析装置74から選択されたパラメータ(例えば、道路のヨー角の微分値θ_R')と、操舵角との情報がフィードフォワード項決定装置76に伝達される。

[0073] フィードフォワード項決定装置76で、図8のステップS4に相当する処理を実行する。すなわち、フィードフォワード項を決定するのに必要なゲイン(a_1)、時間遅れ(Δt_1)

と、フィードフォワード制御直前の操舵角であるスライドオフセット(a_0)を決定するにあたって、選択されたパラメータ(図示の例では、ヨー角の微分値θ_R')と操舵角との特性を単回帰分析して回帰式(図3の直線α)を決定する。

そして、当該回帰式の傾き(図3の直線αの傾き)からゲイン(a_1)を求め、回帰式(図3の直線α)の縦軸の切片から、スライドオフセットa_0を求める。

さらに、フィードフォワード項決定装置76では、ヨー角の微分値θ_R'の遅れ(或いは進み)と相関係数(ヨー角の微分値θ_R'と操舵角$\delta(t)$との相関係数)との特性から、相関が最も良好となる遅れ(進み)時間を時間遅れ(Δt_1)に決定する。

この様にして、フィードフォワード決定装置76では、フィードフォワード項$a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)$と、スライドオフセット$a_0$とを決定する。

[0074] フィードフォワード項決定装置76では、決定されたフィードフォワード項$a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)$による操舵各成分と、スライドオフセット$a_0$の角度(degree)を演算し、ラインL6を介して係る演算結果を減算機構80へ出力する。

同時に、決定されたフィードフォワード項$a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)$と、スライドオフセット$a_0$とが、ラインL7に出力される。

[0075] 減算機構80には、ラインL2－2を介して操舵角が入力されている。そして、減算機構80から、ラインL8を介して、操舵角からフィードフォワード項$a_1\theta_R'(t+\Delta t_1)$による操舵各成分と、スライドオフセット$a_0$とが減算された「差」(操舵角－スライドオフセット－フィードフォワード)が、フィードバック項決定装置82へ送出される。すなわち、図8のステップS5に相当する処理が行われる。

フィードバック制御は、スライドオフセット(a_0)とフィードフォワード項で求まる操舵成分とでは特定することが出来ない成分、すなわち自動車(車両)の位置に対する修正動作に関するものである。そのため、フィードバック項決定装置82は、操舵角からスライドオフセット(a_0)とフィードフォワード項で求まる操舵成分とを除去或いは減算した残りの成分を用いて、フィードバック項を決定する。

[0076] フィードバック項を決定するにあたって、先ず、フィードバック制御におけるパラメータ(フィードバック制御を行うドライバに入力される情報:フィードバック要素)を選択する必要がある。

そのため、パラメータ決定装置78からラインL9を介して、どのパラメータを選択するべきであるかがフィードバック項決定装置82に入力される(図8のステップS6に相当する処理)。

図示の例では、最も基本的な情報である道路センターラインとの相対ヨー角θ_rと、道路センターラインからの相対横変位yと、各々の微分値(道路センターラインからの横方向相対速度y'、道路センターラインとの相対ヨー角の角速度θ_r')がフィードバックパラメータとして採用される。

選択されたフィードバックパラメータに関するデータは、ラインL3、L3－2を介して、特性解析装置74からフィードバック項決定装置82へ伝達される。

[0077] フィードバック項決定装置82は、図8のステップS7に相当する処理を実行する。すなわち、フィードバック項$a_2\{\varepsilon_1 y'(t+\Delta t_2)+\varepsilon_2 y(t+\Delta t_2)+\varepsilon_3\theta_r(t+\Delta t_2)+\varepsilon_4\theta_r'(t+\Delta t_2)\}$を決定するに際しては、図5で示す様な高い相関が得られる様に、減算機構からラインL8を介して伝達された操舵角に関するデータ(フィードフォワード項による成分を除去したデータ)と、選択されたフィードバックパラメータとを用いて、重回帰分析を行う。

[0078] 重回帰分析の結果、図5で示す様な高い相関が得られたならば、その場合における(重回帰分析で行った)重み付けをε_1～ε_4として決定し、その様な高い相関が得られた場合における回帰式の傾きをフィードバック項におけるゲインa_2とし、重相関解析の結果とフィードバック成分の操舵角との相関係数が最も高くなる遅れ時間をフィードバック項における遅れ時間Δt_2に決定する。

この様にして、フィードバック項決定装置82では、フィードバック項を決定する。

[0079] フィードバック項決定装置82では、決定されたフィードバック項による操舵各成分を演算し、ラインL10を介して係る演算結果を減算機構80へ出力する。

同時に、決定されたフィードバックがラインL11に出力される。

[0080] 安定化項を決定するに際しても、パラメータを決定する必要がある。そのため、パラメータ決定装置78から、ラインL13を介して、どのパラメータを選択するべきかが伝達される(図9のステップS9に相当)。

図示の例では、ヨーレイトωと、ヨー角加速度ω'(＝dω／dt)をパラメータとして採

用している。

[0081] 安定化項決定装置84には、特性解析装置74からラインL3、L3－3を介して、選択されたフィードバックパラメータに関するデータが送られ、減算機構80からは、ラインL12を介して、操舵角からフィードフォワード項の成分と、スライドオフセットと、フィードバック項の成分とが減算された「差」(操舵角－スライドオフセット－フィードフォワード－フィードバック)(図9のステップS8に相当)が送出される。

[0082] 図10の例では、操舵角からフィードフォワード項の成分と、スライドオフセットとを減算する機構と、操舵角からフィードフォワード項の成分と、スライドオフセットと、フィードバック項の成分とを減算する機構とが、同一の減算機構80として表現されているが、別途の機構で構成しても良い。

[0083] 安定化項決定装置84では、図9のステップS10に相当する処理が実行される。すなわち、安定化項を決定するのに必要な重み付け(ε_5、ε_6)、ゲイン(a_3)、時間遅れ(Δt_3)を求めるに際しては、先ず、ヨーレイトωによる応答及びヨー角加速度ω'による応答に対する安定化による操舵角の重相関を取り、高い相関係数が得られた場合における重み付け(ε_5、ε_6)を選択する。

そして、高い相関(が得られた場合)における線形関数を求め、その傾きを、安定化項におけるゲイン(a_3)に決定する。

さらに、遅れ時間を変化させて各々の遅れ時間における相関を求め、最も良好な相関における時間遅れを、安定化項の時間遅れ(Δt_3)として決定する。

この様にして、安定化項決定装置84で、安定化項$a_3\{\varepsilon_5\omega(t+\Delta t_3)+\varepsilon_6\omega'(t+\Delta t_3)\}$を決定したならば、ラインL14に出力する。

[0084] ラインL7に出力されたスライドオフセットとフィードフォワード項、ラインL11に出力されたフィードバック項、ラインL14に出力された安定化項の3者を合成すれば、ドライバモデル(数式(1)或いは図1のブロック図で表現されるモデル)が構築される。

係るドライバモデルについては、例えばディスプレイ等の表示手段(図示せず)で表示することも可能であるし、記憶手段100(データベース等)に格納する事も可能である。

[0085] 図10において、計測装置72以外の装置は、コンピュータで構成することが出来る。

その場合、図10の計測装置72以外の表示は、いわゆる機能ブロックとなる。

すなわち、計測装置72以外をコンピュータで構成する場合、符号74は入力された環境情報の各々と操舵角(実験結果)との関係或いは特性を作成する機能を有するブロックを示し、符号76はフィードフォワード項を決定する機能を有するブロックを示し、符号78は制御パラメータを決定する機能を有するブロックであり、符号80は減算機能を有するブロックであり、符号82はフィードバック項を決定する機能を有するブロックであり、符号84は安定項決定機能を有するブロックであり、符号100はコンピュータ内のメモリ部分となる。

[0086] 図11は、この様にして求められたドライバモデルにより求めた操舵角(図11の太い線)と、実際のドライバの操舵角(図11の細い線)とを比較して示している。

図11において、横軸は、車量の位置(運転時間の経過に対応)で、縦軸が操舵角である。ここで、横軸の「1600」、「1700」というのは、車両走行距離(m)である。実際のデータは、図11で示すよりも長距離(長時間)に及んでいるため、図11では、走行距離が1600m～1700mの比較データのみを示している。

太い線(ドライバモデルにより求めた操舵角)と細い線(実際のドライバの操舵角)とは良く一致しており、図示の実施形態で求めたドライバモデルが、実際のドライバの運転行動を正確に表現可能であることが理解される。

[0087] 図10では、決定されたドライバモデルを表示するのに加えて、ラインL7、L11、L14で送出されるデータをそれぞれ記憶手段100で記憶して、フィードフォワード構成分、フィードバック構成分、安定化項成分を、それぞれ別個に求めて、表示することが可能である。

図12は、フィードフォワード構成分、フィードバック構成分、安定化項成分を、それぞれ別個に求めて、表示している。

[0088] 図12において、運転初期(図12において、横軸左側の領域)には操舵角におけるフィードフォワード項成分(縦軸)の値が小さいのに対して、運転時間が経過すると、フィードフォワード項成分が増加することが理解される。これは、ドライバが運転に慣れていない内はフィードフォワード成分が小さく、運転に慣れると、フィードフォワード成分が大きくなる、という傾向を示している。

このことから、運転初心者に対する支援システム(サポートシステム)は、フィードフォワード項に関連する情報処理について、支援することが効果的であることが予想される。

[0089] この様に、図示の例のようにドライバモデルを求め、図12で示す様に各成分の比較を行えば、ドライバモデルを構築した個々のドライバ毎に、最も有効な支援システムを提案することが可能となる。

[0090] ここで、図8、図9、図10を参照して説明した手法では、数式モデルである式(1)を決定するのに、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項の順にゲインや遅れ等を求めているが、統計処理の手法である最大傾斜法で重回帰分析を行えば、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項のゲインや遅れ等を一度に決定することが出来る。

換言すれば、最大傾斜法で重回帰分析を行えば、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項の順番に処理するのではなく、同時にゲインや遅れ等を決定することが出来るのである。

図13は、係る変形例を説明するためのフローチャートである。

[0091] 図13において、ステップS1、S2は、図8と同様である。

しかし、図13においては、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項の各々における制御パラメータは、同時に決定される(ステップS13)。

そして、制御パラメータが決定したら(ステップS13が完了)、最大傾斜法で重回帰分析を行うことにより、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項のゲイン、遅れ時間等が同時に決定される(ステップS14)。

[0092] 図14は、図13の変形例を実行するためのシステムを説明するためのブロック図である。

図14のドライバモデル決定システムにおいて、計測装置72と特性解析装置74については、図10と同様である。

しかし、図14のドライバモデル決定システムにおいては、パラメータ決定手段92は、フィードフォワード項の制御パラメータ、フィードバック項の制御パラメータ、安定化項の制御パラメータを同時に決定する処理(図13のステップS13に相当する処理)を

行う様に結成されている。

[0093] また、モデル決定装置90は、最大傾斜法で重回帰分析を行うことにより、フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項のゲインや遅れ、重み付けを一度に決定する処理(図13のステップS14に相当する処理)を実行する様に構成されている。

[0094] なお、図14においても、計即装置72以外をコンピュータで構成することが出来、その場合、図14の符号74は入力された環境情報の各々と操舵角(実験結果)との関係或いは特性を作成する機能を有するブロックを示し、符号90はフィードフォワード項、フィードバック項、安定化項を決定する機能を有するブロックであり、符号92は制御パラメータを決定する機能を有するブロックである。

[0095] その他については、図13、図14の変形例は、図8、図9、図10を参照して説明した実施形態と同様である。

[0096] 図1～図14の実施形態では、ドライバモデルとして、フィードフォワード制御、フィードバック制御、安定化制御を組み合わせたモデルを構築する場合について説明しているが、フィードフォワード制御とフィードバック制御のみでモデルを構築しても良い。

係る場合においては、上述の説明から、安定化制御項に関する部分を省略すれば良い。

[0097] 次に、図1～図14で説明したドライバモデルを適用した運転支援システム、或いは、図1～図14で説明したドライバモデルのドライバ特性を用いた運転支援システムについて、図15～図19を参照して説明する。

図15の運転支援システムにおいて、全体を符号110で示す自動車は、ドライバDにより運転されている。

[0098] 自動車110において、ドライバDにより操舵されるハンドル112には、その操舵角を検出するためのハンドル角・トルク計測センサ114が設けられており、ハンドル角・トルク計測センサ114による計測結果は、伝達ラインCL11を介して、コントローラ(制御手段)100に伝達される。

ドライバDの足元にはブレーキペダル及びアクセルペダルが配置されている。図15においては、図示の簡略化のため、ブレーキペダル及びアクセルペダルの双方を表示することはせずに、単一のペダル116のみを示している。係るペダル116には、当

該ペダル116の踏み代を計測するペダルセンサ118が設けられており、ペダルセンサ118の出力(計測結果)は伝達ラインCL12を介してコントローラ100に伝達される。

[0099] 自動車110の前輪FWまたは後輪RWには車速を計測する車速計120が設けられており、車速計120の計測結果(自動車110の速度)は、伝達ラインCL13を介してコントローラ100に伝達される。

ドライバDの前方には、ドライバDと同等の視野を有する様にCCDカメラ122が配置されている。後述する様に、CCDカメラ122は道路形状認識用のセンサとして機能する。その計測結果(画像データ)は、伝達ラインCL14を介して、コントローラ100に伝達される。

[0100] 自動車110には、GPSアンテナ124及びGPSコントローラ126で構成された位置計測用のGPS(位置計測手段)が設けられており、GPSアンテナ124とGPSコントローラ126とは、伝達ラインCL15により、情報的に接続されている。ここで、GPSアンテナ124及びGPSコントローラ126については、公知・市販のものをそのまま適用することが出来る。そして、GPSコントローラ126により演算された自動車110の位置情報は、伝達ラインCL126を介して、コントローラ100に伝達される。

さらに自動車110には3軸ジャイロ加速度計128が設けられており、3軸ジャイロ加速度計128の計測結果は、伝達ラインCL17を介して、コントローラ100に伝達される。

[0101] ハンドル112には、ハンドル112の操舵角または操舵トルクを制御するためのハンドルアクチュエータ130が設けられている。ハンドルアクチュエータ130は、伝達ラインCL18を介してコントローラ100に接続しており、後述する態様でコントローラ100から出力されたハンドル操舵角信号またはハンドル操舵トルク信号に対応してハンドル112を回転し、以って、操舵角または操舵トルクを制御する様に構成されている。

[0102] 自動車110の前輪FW及び後輪RWの各々には、フロントブレーキアクチュエータ132、リアブレーキアクチュエータ134が設けられている。

フロントブレーキアクチュエータ132は、伝達ラインCL19を介して、コントローラ100から出力されるフロントブレーキ制御信号を受信し、所定の制動力を発揮するように

構成されている。

一方、リアブレーキアクチュエータ134は、伝達ラインCL20を介して、コントローラ100からのリアブレーキ制御信号を受信して、所定の制動力を発揮するように構成されている。

[0103] 次に、自動車110のコントローラ100について、図16を参照して説明する。

図16において、GPSアンテナ124及びGPSコントローラ126の出力情報は、伝達ラインCL16を介してコントローラ100に伝達され、ラインL21を介してヨー角θ_R決定手段142に伝達される。

CCDカメラ122の計測結果(画像データ)は、伝達ラインCL14を介してコントローラ100に伝達され、ラインL22を介してヨー角θ_R決定手段142に伝達されると共に、ラインL23を介して横方向偏差ΔY_R決定手段144に伝達される。

[0104] さらに横方向偏差ΔY_R決定手段144には、伝達ラインCL17を介してコントローラ100に伝達された3軸ジャイロ加速度計128の計測結果が、ラインL24を介して伝達され、且つ、伝達ラインCL13を介してコントローラ100に伝達される車速計120の計測結果(自動車110の速度)が、ラインL25を介して伝達される。

[0105] ヨー角θ_R決定手段142は、GPSアンテナ124及びGPSコントローラ126から伝達された自動車110の位置情報と、CCDカメラ122の画像データから、道路のセンターラインのヨー角θ_Rを決定し、ラインL26を介して、決定された道路のセンターラインのヨー角θ_Rをフィードフォワード制御手段146に送出する機能を有するように構成されている。

横方向偏差ΔY_R決定手段144は、CCDカメラ122の画像データと、3軸ジャイロ加速度計128の計測結果と、車速計120の計測結果(自動車110の速度)とから、道路のセンターラインの直行する方向の変異に関する偏差である横方向偏差ΔY_Rを決定し、ラインL27を介して、決定した横方向偏差ΔY_Rを後述する横方向変位Y_V決定手段150に送出する機能を有するように構成されている。

[0106] フィードフォワード制御手段146は、ヨー角θ_R決定手段142で決定された道路のセンターラインのヨー角θ_Rと、横方向偏差ΔY_R決定手段144で決定された横方向偏差ΔY_R(道路のセンターラインの直行する方向の変異に関する偏差)とから、図1

～図14に関連して説明した様なドライバモデルと同様に、自動車のヨー角θ_Vを決定する。

そしてフィードフォワード制御手段146は、決定された道路のヨー角θ_Rから道路のヨー角速度を計算し，これを用い自動車の操舵角を決定し、伝達ラインCL18を介して操舵角信号をハンドルアクチュエータ130へ送出する

[0107] 一方、フィードフォワード制御手段146の制御結果はラインL28を介して比較手段148Aに送られる。

比較手段148Aは、フィードフォワード操舵成分が大きいか否かを決定する機能を有している。具体的には比較手段148Aは、図示しない記憶手段に記憶された第1の閾値とフィードフォワード操舵成分とを比較するように構成されている。

そして、フィードフォワード操舵成分が第1の閾値よりも小さい場合（フィードフォワード操舵成分が大きくない場合）には、コントローラ100からの操舵角信号にフィードバック操舵成分を付加するべく、フィードフォワード操舵成分が第1の閾値よりも小さい旨の比較結果を、ラインL29、ラインL30を介して、自動車のヨー角θ_V決定手段148と、自動車の横方向変位Y_V決定手段150とに、それぞれ伝達する。

[0108] 自動車のヨー角θ_V決定手段148は、ラインL31を介してCCDカメラ122の画像データを受信し、ラインL32を介してGPSアンテナ124及びGPSコントローラ126からの位置情報を受信して、その時点における自動車のヨー角θ_Vを決定すると共に、フィードフォワード制御の結果である自動車のヨー角θ_V（ラインL28、L29を介してフィードフォワード制御手段146から伝達される）との偏差（θ_V偏差）を求める様に構成されている。

決定された偏差（θ_V偏差）は、ラインL36を介して、フィードバック制御手段152に伝達される。

[0109] 自動車の横方向変位Y_V決定手段150は、ラインL33を介してCCDカメラ122の画像データを受信し、ラインL34を介して3軸ジャイロ加速度計128の計測結果を受信し、ラインL35を介して車速計120の計測結果（自動車110の速度）を受信して、その時点における自動車の横方向変位Y_Vを決定すると共に、フィードフォワード制御の結果である自動車の横方向変位Y_V（ラインL28、L30を介してフィードフォワード

制御手段146から伝達される)との偏差(Y_V偏差)を求める様に構成されている。

決定された偏差(Y_V偏差)は、ラインL37を介して、フィードバック制御手段152に伝達される。

[0110] フィードバック制御手段152では、偏差(θ_V偏差、Y_V偏差)が小さくなる様にフィードバック制御を行って、フィードバック操舵成分を求め、且つ、フィードフォワード操舵成分に付加するべく、伝達ラインCL18を介して操舵角信号をハンドルアクチュエータ130へ出力する様に構成されている。

[0111] 図15～図19の運転支援システムでは、速度制御をも行う様に構成されている。

係る速度制御においては、横向き加速度を決定して、それが所定の数値以上になるとブレーキによる制動を行って、車速を抑制している。

次に、図16を参照して、速度制御に関連する構成を説明する。

[0112] 図16において、速度V決定手段154は、伝達ラインCL13を介して伝達される車速計120の計測結果より速度Vを決定する様に構成されており、決定された速度Vはラインし38を介して横向き加速度Y_G決定手段156へ送られる。

上述したヨー角θ_R決定手段142で決定された道路のセンターラインのヨー角θ_Rは、ラインL39を介して、ヨー角速度ω決定手段158へ送られる。ヨー角速度ω決定手段158は、ヨー角θ_R決定手段142で決定された道路のセンターラインのヨー角θ_Rを微分してセンターラインのヨー角θ_Rの角速度(ヨー角速度ω)を求めると共に、ラインL40を介して当該角速度(ヨー角速度ω)を横向き加速度Y_G決定手段156へ送る様に構成されている。

[0113] 横向き加速度Y_G決定手段156では、速度Vとヨー角速度ωから、横向き加速度Y_Gを演算する($Y_G = \omega \cdot V$)様に構成されている。求められた横向き加速度Y_Gは、ラインL41を介して第2の比較手段160に送られる。

比較手段160は、横向き加速度Y_G決定手段156で求められた横向き加速度Y_Gが大きいか否かを決定する。具体的には、図示しない記憶手段から呼び出した第2の閾値と、求められた横向き加速度Y_Gとを比較し、横向き加速度Y_Gが第2の閾値よりも大きい場合には、「横向き加速度Y_G決定手段156で求められた横向き加速度Y_Gが大きい」と判定する。

[0114] 比較手段160は、係る場合(「横向き加速度Y_G決定手段156で求められた横向き加速度Y_Gが大きい」と判定された場合)には、ラインL4を介して、その旨(横向き加速度Y_Gが大きい旨)を速度制御手段162に伝達される様に構成されている。

そして、速度制御手段162は、比較手段160から「横向き加速度Y_Gが大きい旨」が伝達された場合には、伝達ラインCL19或いはCL20を介して、フロントブレーキアクチュエータ132或いはリアブレーキアクチュエータ134に作動信号を出力して、制動を行わせる様に構成されている。以って、自動車110を減速させるのである。

[0115] 次に、図17～図19を主として参照して、図示の運転支援システムの作動について説明する。

最初に、図17及び図18を参照して、図示の運転支援システムにおけるメインの制御である自動車のヨー角θ_V及び自動車の横方向変位Y_Vを決定する制御について、説明する。

[0116] 伝達ラインCL16を介してコントローラ100に伝達されたGPSアンテナ124及びGPSコントローラ126の出力情報を読み込み、伝達ラインCL14を介して伝達されたCCDカメラ122の計測結果(画像データ)を読み込み(図17のステップS21)、自動車110の走行しているコースを決定する(ステップS22)。

そして、ヨー角θ_R決定手段142によって、道路のセンターラインのヨー角θ_Rを決定する(ステップS23)。

[0117] 一方、CCDカメラ122の計測結果(画像データ)と、CCDカメラ122の画像データと、車速計120の計測結果(自動車110の速度)とを受信して(ステップS24)、自動車の横方向変位Y_V決定手段150により、道路の横方向変位Y_Rに関する偏差(道路のセンターラインに直交する方向に関する制御結果と実測値との差異)ΔY_Rを決定する(ステップS25)。

[0118] ここで、ステップS21～S23の処理(道路のセンターラインのヨー角θ_Rを決定)とステップS24、S25の処理(道路の横方向変位Y_Rに対する自動車の偏差ΔY_Rを決定)とは並列の関係にあり、何れか一方を実行した後に他方を実行しても良いし、或いは、双方の処理を同時に実行しても良い。換言すれば、ステップS21～S23の処理を実行した後にステップS24、S25の処理を実行しても良いし、ステップS24、S25の

処理を実行した後にステップS21～S23の処理を実行しても良いし、ステップS21～S23の処理とステップS24、S25の処理とを同時に実行しても良い。

[0119] ステップS21～S25の処理により、道路のセンターラインのヨー角θ_Rと道路の横方向変位Y_Rに対する自動車の偏差ΔY_Rを決定したならば、図1～図14で説明したのと同様に、自動車のヨー角θ_Vと自動車の横方向変位Y_Vを決定する(ステップS27)。そして、図8のステップS28に進む(図7及び図8の符号Aを経由)。

図8のステップS28では、図7のステップS27で決定された自動車のヨー角θ_V及び自動車の横方向変位Y_Vのフィードフォワード操舵成分を決定する。決定されたフィードフォワード操舵成分は、図示しない記憶手段に記憶された第1の閾値と比較される(ステップS29)。

[0120] フィードフォワード操舵成分が第1の閾値以上である場合(ステップS29がYes)には、自動車110の操舵制御はフィードフォワード制御で十分であると判断して、図7のステップS27で決定された自動車のヨー角θ_V及び自動車の相対横方向変位ΔY_Rにより自動車110の操舵がフィードフォワード制御で行われる旨が決定され、操舵角信号がハンドルアクチュエータ130へ送出され(ステップS30)、自動車110の操舵が決定される(ステップS31)。

[0121] フィードフォワード操舵成分が第1の閾値よりも小さい場合(ステップS29がNo)には、自動車110の操舵制御はフィードフォワード制御のみでは不充分であると判断して、フィードバック制御が行われる(ステップS32、S33)。すなわち、ステップS27で決定された道路のヨー角θ_R及び道路の横方向変位Y_Rと、その時点における自動車のヨー角θ_V及び自動車の横方向変位Y_Vとの偏差が求められ(ステップS32)、当該偏差が小さくなる様に、自動車110の操舵制御におけるフィードバック成分が決定される(ステップS33)。

決定されたフィードバック成分は、フィードフォワード成分に加算され(図18における連結点BP)、自動車110の操舵が決定される(ステップS31)。

[0122] 図1～図14のドライバモデルとは異なり、図示の運転支援システムでは、速度制御も行われる。

図19は、その様な速度制御を示している。

車速計120の計測結果から速度Vを決定し、ヨー角θ_R決定手段142で決定された道路のセンターラインのヨー角θ_Rを微分することによりヨー角速度ωを決定する(図19のステップS41)。

[0123] 次に、自動車110が走行している道路の曲率ρ(=ω/V)を求める(ステップS42)。但し、このステップS42は省略可能である。

図9で示す速度制御における支配的なパラメータである横向き加速度Y_Gは、曲率ρを求めなくても演算できるからである($Y_G=\omega \cdot V$)。

[0124] 次に、横向き加速度Y_G決定手段156により、横向き加速度Y_Gを求め(ステップS43)、図示しない記憶手段に記憶されている第2の閾値と比較する(ステップS44)。

横向き加速度Y_Gが第2の閾値以上であれば(ステップS44がYes)、自動車110の速度が速すぎると判断して、ブレーキアクチュエータ132、134を作動して制動を掛ける(ステップS45)。

一方、横向き加速度Y_Gが第2の閾値よりも小さければ(ステップS44がNo)、自動車110の速度が速すぎることはないと判断し、ブレーキアクチュエータ132、134は作動しない。すなわち、速度制御を行わない(ステップS46)。

[0125] この様に、図示の運転支援システムによれば、ハンドル操舵、ブレーキ作動について、適切に制御を行い、運転者Dを補助する事が出来るのである。

[0126] 図示の実施形態はあくまでも例示であり、本発明の技術的範囲を限定する趣旨の記述ではない。それ故に、図示の実施形態の変更、変形にかかるものであっても、本発明の技術的範囲に属する技術が多々存在するのである。

産業上の利用分野

[0127] 図示の実施形態では、自動車を運転するドライバのモデルを構築しているが、本発明においては、制御パラメータを適宜選定することにより、例えば、オートバイの運転者、船舶の操舵者、飛行機のパイロットなど、種々の乗物の運転者のモデルを構築することが出来る。

図面の簡単な説明

[0128] [図1]本発明の実施形態に係るドライバモデルを示すブロック図。

[図2]道路のヨー角の微分値と操舵角との関係を示す特性図。

[図3]回帰式を示す直線を図2に記入した図。

[図4]フィードフォワード項の遅れと操舵角の関係を示す特性図。

[図5]相対ヨー角と相対横変位と各々の微分値を重回帰分析した結果とフィードバックの操舵角との関係を示す特性図。

[図6]フィードバック項の遅れと操舵角の関係を示す特性図。

[図7]安定化項の遅れと操舵角の関係を示す特性図。

[図8]本発明の実施形態に係るドライバモデルの数式を特定する手順をフローチャートで示す図。

[図9]ドライバモデルの数式を特定するフローチャートであって、図8とは別の段階の手順を示す図。

[図10]ドライバモデルの数式を特定するシステムを示すブロック図。

[図11]特定されたドライバモデルの精度に係る実験結果を示す図。

[図12]フィードフォワード項、フィードバック項、安定化項の各々の操舵成分の変化を示す図。

[図13]ドライバモデルの数式を特定するフローチャートの変形例を示す図。

[図14]ドライバモデルの数式を特定するシステムの変形例を示すブロック図。

[図15]図1～図14のドライバモデルを適用した運転支援システムのブロック図。

[図16]図15の運転支援システムにおけるコントローラの機能ブロック図。

[図17]図15の運転支援システムにおけるメイン制御のフローチャート。

[図18]図17のフローチャートに連続するメイン制御を示すフローチャート。

[図19]図15の運転支援システムにおける速度制御を示すフローチャート。

符号の説明

[0129] 14・・・フィードフォワード制御ブロック

16・・・フィードバック制御ブロック

18・・・安定化制御ブロック

70・・・ドライバモデル決定システム

72・・・計測装置

74・・・特性解析装置

76・・・フィードフォワード項決定装置

78、92・・・パラメータ決定装置

80・・・減算機構

82・・・フィードバック項決定装置

84・・・安定化項決定装置

90・・・モデル決定装置

100・・・記憶手段

請求の範囲

[1] 出力成分にフィードフォワード制御による成分とフィードバック制御による成分とを有し、フィードフォワード制御による成分及びフィードバック制御による成分は、運転者による運転行動の結果の測定値に基いて決定されていることを特徴とする運転行動モデル。

[2] 出力成分に安定化制御による成分をも有しており、安定化制御による成分も運転者による運転行動の結果の測定値に基いて決定されている請求項1の運転行動モデル。

[3] フィードフォワード制御における制御パラメータを選択する工程と、フィードフォワード制御による成分を決定する工程と、フィードバック制御における制御パラメータを決定する工程と、フィードバック制御による成分を決定する工程、とを有することを特徴とする運転行動モデルの構築方法。

[4] 安定化制御における制御パラメータを選択する工程と、安定化制御による成分を決定する工程、とを有する請求項3の運転行動モデルの構築方法。

[5] フィードフォワード制御における制御パラメータと、フィードバック制御における制御パラメータとを選択する様に構成されている装置と、フィードフォワード制御による成分を決定する装置と、フィードバック制御による成分を決定する装置、とを有することを特徴とする運転行動モデルの構築システム。

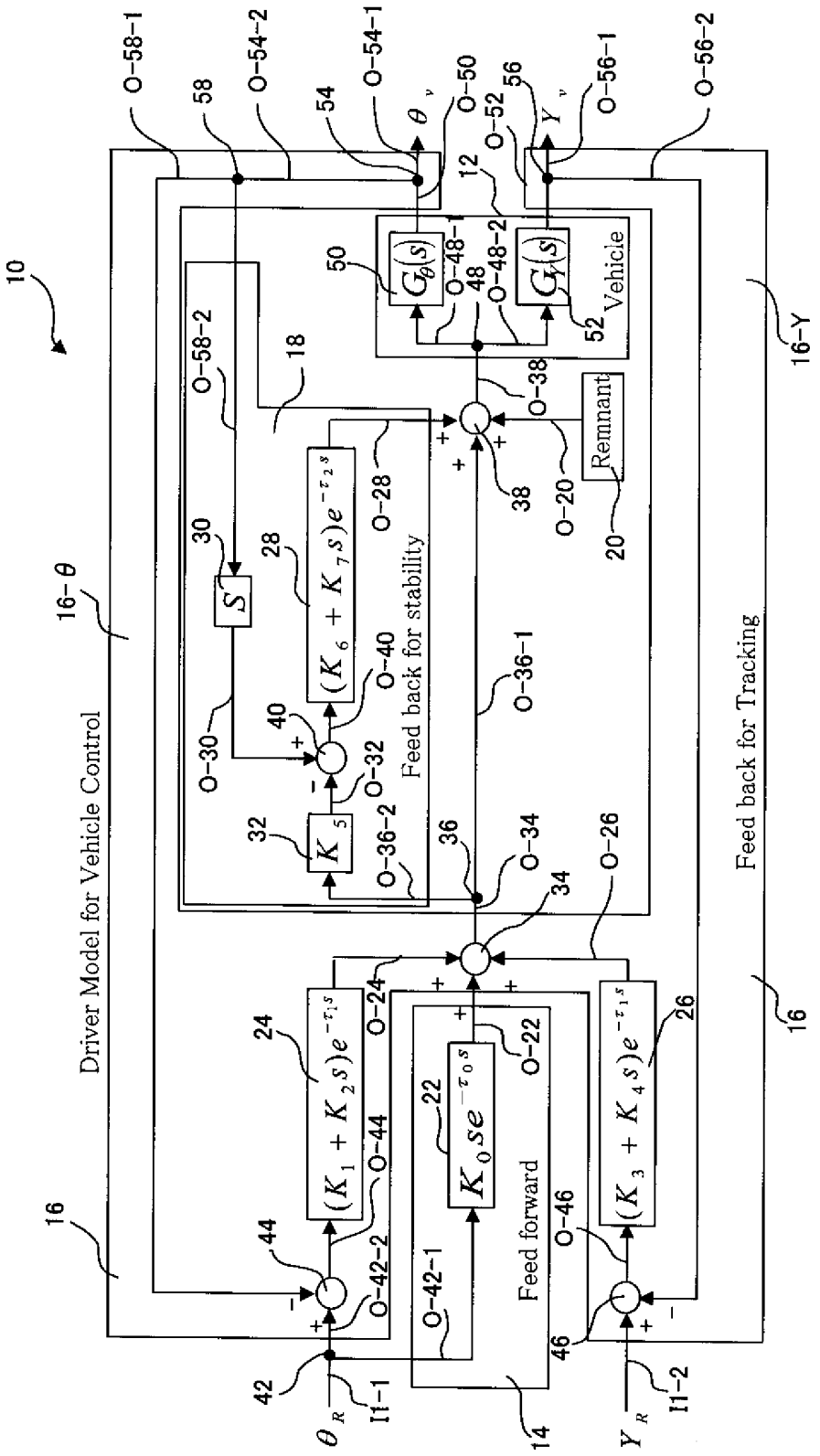
[6] 制御パラメータを選択する装置は安定化制御における制御パラメータをも選択する様に構成されており、安定化制御による成分を決定する装置を備えている請求項5の運転行動モデルの構築システム。

[7] 自動車に搭載される運転支援システムにおいて、ハンドルの操舵角を検出する手段と、ブレーキペダル及び／又はアクセルペダルの踏み代を計測する手段と、車速を計測する手段と、道路形状認識手段と、自動車の位置を検出する手段と、加速度計と、ハンドルの操舵角を制御する手段と、制御手段とが設けられており、該制御手段は、ハンドルの操舵角を検出する手段、ブレーキペダル及び／又はアクセルペダルの踏み代を計測する手段、車速を計測する手段、道路形状認識手段、自動車の位置を検出する手段及び加速度計の計測結果或いは検出結果に基いて、自動車の

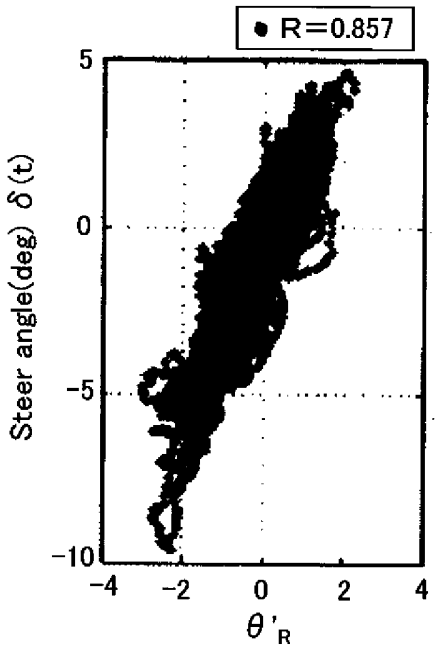
ヨー角と自動車の相対横方向変位とを決定し、ハンドルの操舵角を制御する手段へ制御信号を出力する様に構成されていることを特徴とする運転支援システム。

[8] 自動車の制動力を制御する手段が設けられており、前記制御手段は、曲線部道路のセンターラインと直交する方向の加速度を演算し、当該加速度が大きい場合には自動車の制動力を制御する手段を作動して車速を減じる制御を行う様に構成されている請求項7の運転支援システム。

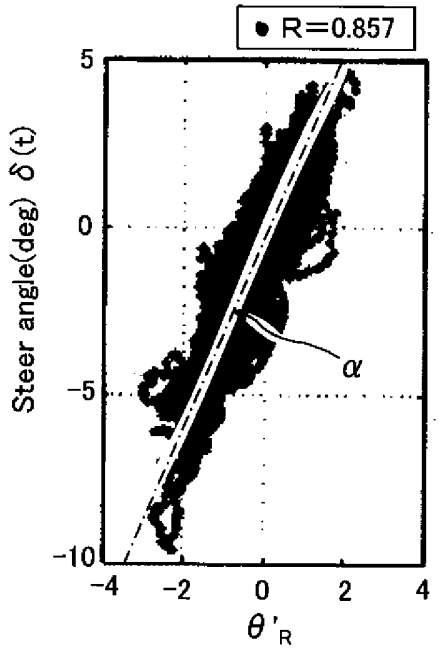
[図1]


10
Driver Model for Vehicle Control
16-θ
16
Feed back for stability
Feed forward
Feed back for Tracking
16-Y
Vehicle
Remnant
$G_\theta(s)$
$G_Y(s)$
S
K_5
$(K_6 + K_7 s)e^{-\tau_2 s}$
$(K_1 + K_2 s)e^{-\tau_1 s}$
$K_0 s e^{-\tau_0 s}$
$(K_3 + K_4 s)e^{-\tau_1 s}$
θ_v
Y_v
θ_R
Y_R
O-58-1
O-58-2
O-54-2
O-54-1
O-50
O-52
O-56-1
O-56-2
O-48-1
O-48-2
O-38
O-20
O-28
O-30
O-40
O-32
O-36-1
O-36-2
O-34
O-26
O-24
O-22
O-44
O-42-1
O-42-2
O-46
I1-1
I1-2

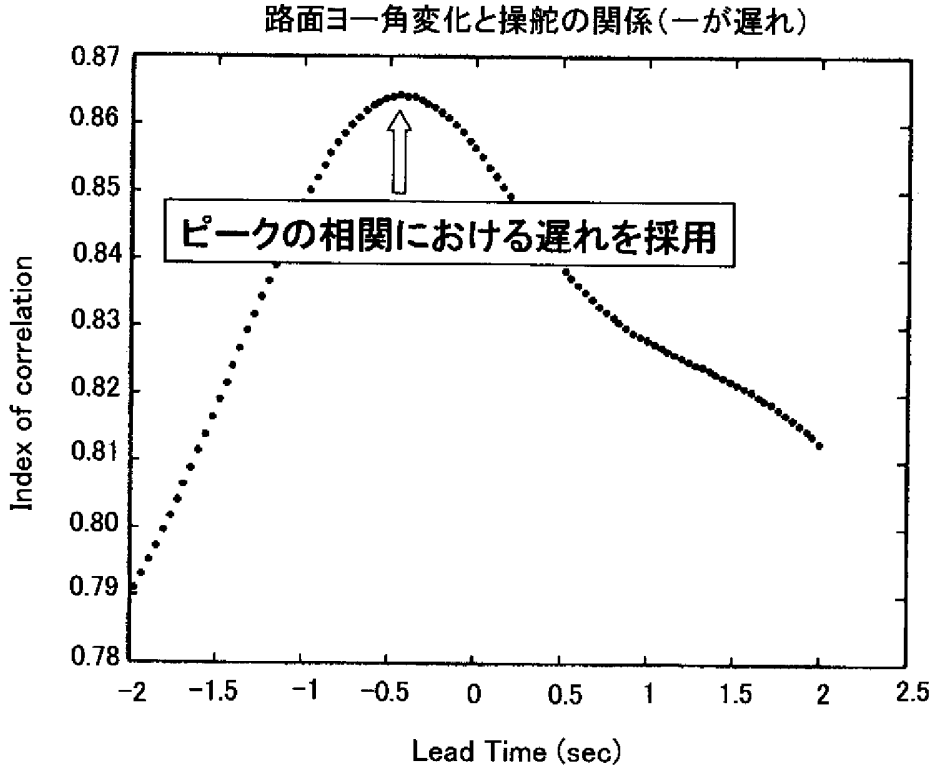
[図2]


R=0.857
Steer angle(deg) δ(t)
5
0
-5
-10
-4
-2
0
2
4
θ'R

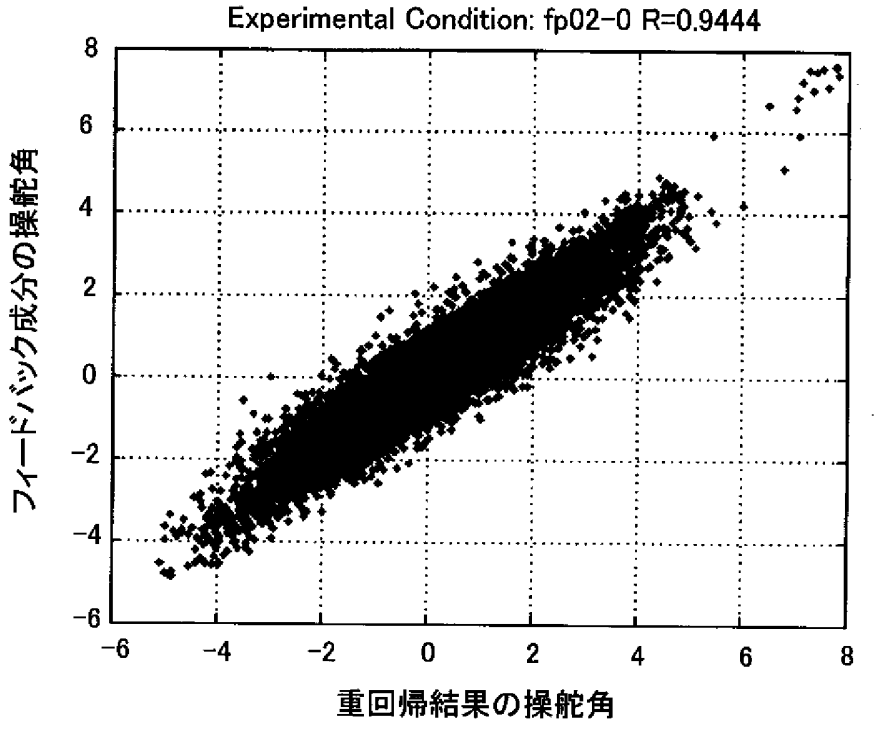
[図3]


R=0.857
Steer angle(deg) δ(t)
5
0
-5
-10
-4
-2
0
2
4
θ'R
α

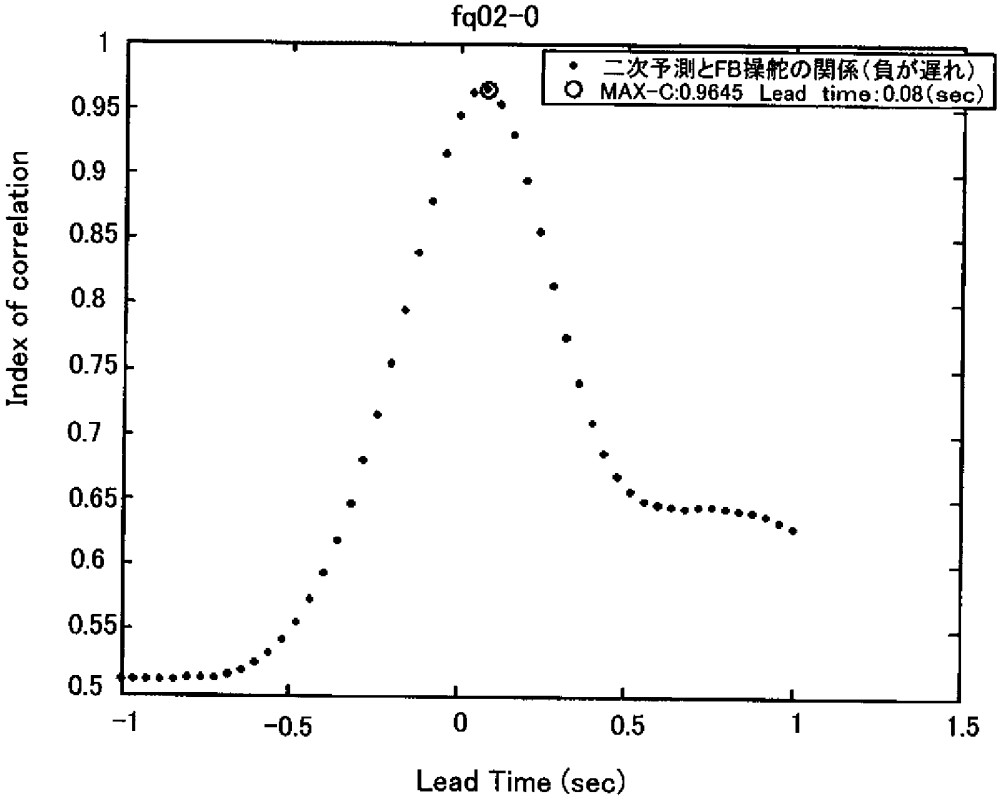
[図4]


路面ヨー角変化と操舵の関係(一が遅れ)
ピークの相関における遅れを採用
Index of correlation
Lead Time (sec)
0.87
0.86
0.85
0.84
0.83
0.82
0.81
0.80
0.79
0.78
-2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
2
2.5

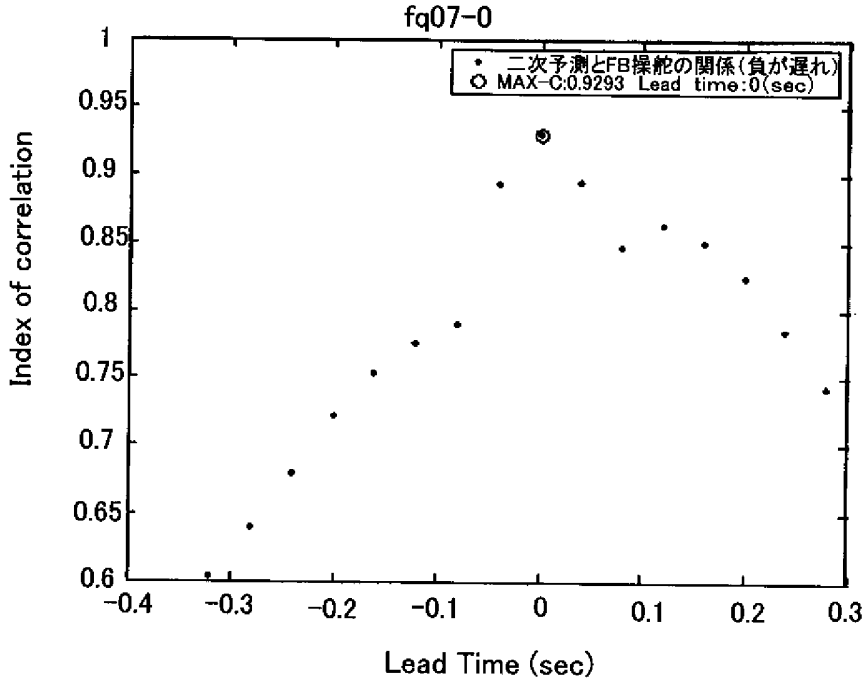
[図5]


Experimental Condition: fp02-0 R=0.9444
フィードバック成分の操舵角
重回帰結果の操舵角
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-6
-4
-2
0
2
4
6
8

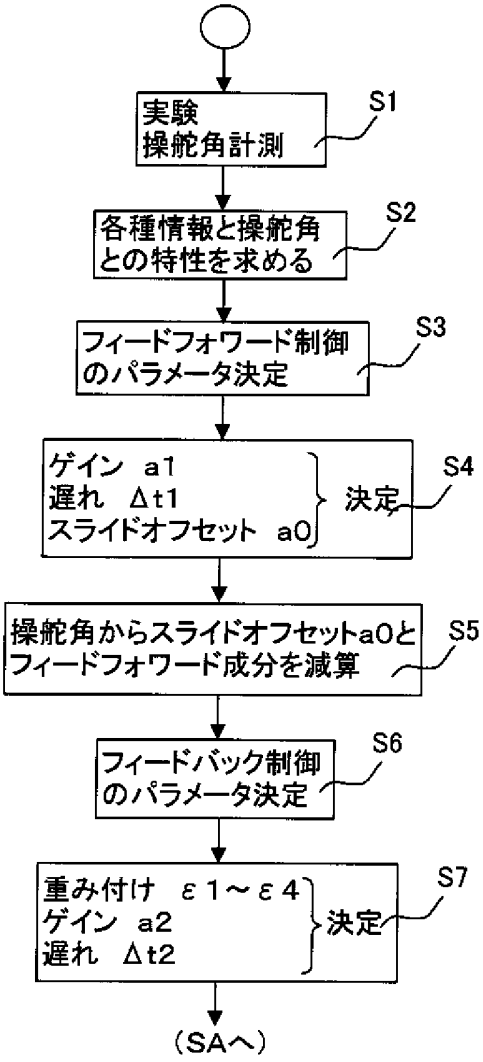
[図6]


fq02-0
二次予測とFB操舵の関係(負が遅れ)
MAX-C:0.9645 Lead time:0.08(sec)
Index of correlation
Lead Time (sec)
1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5

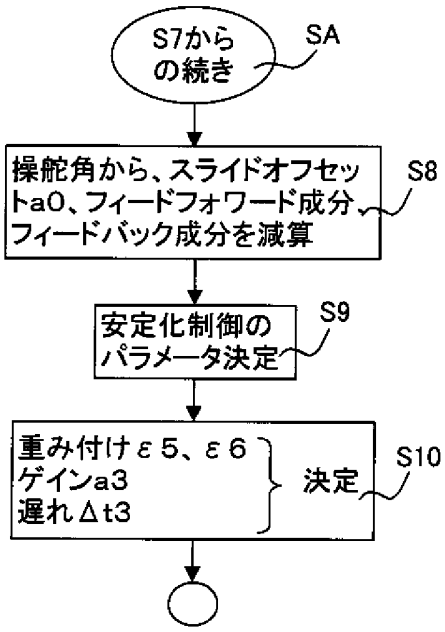
[図7]


fq07-0
二次予測とFB操舵の関係(負が遅れ)
MAX-C:0.9293 Lead time:0(sec)
Index of correlation
Lead Time (sec)
1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
-0.4
-0.3
-0.2
-0.1
0
0.1
0.2
0.3

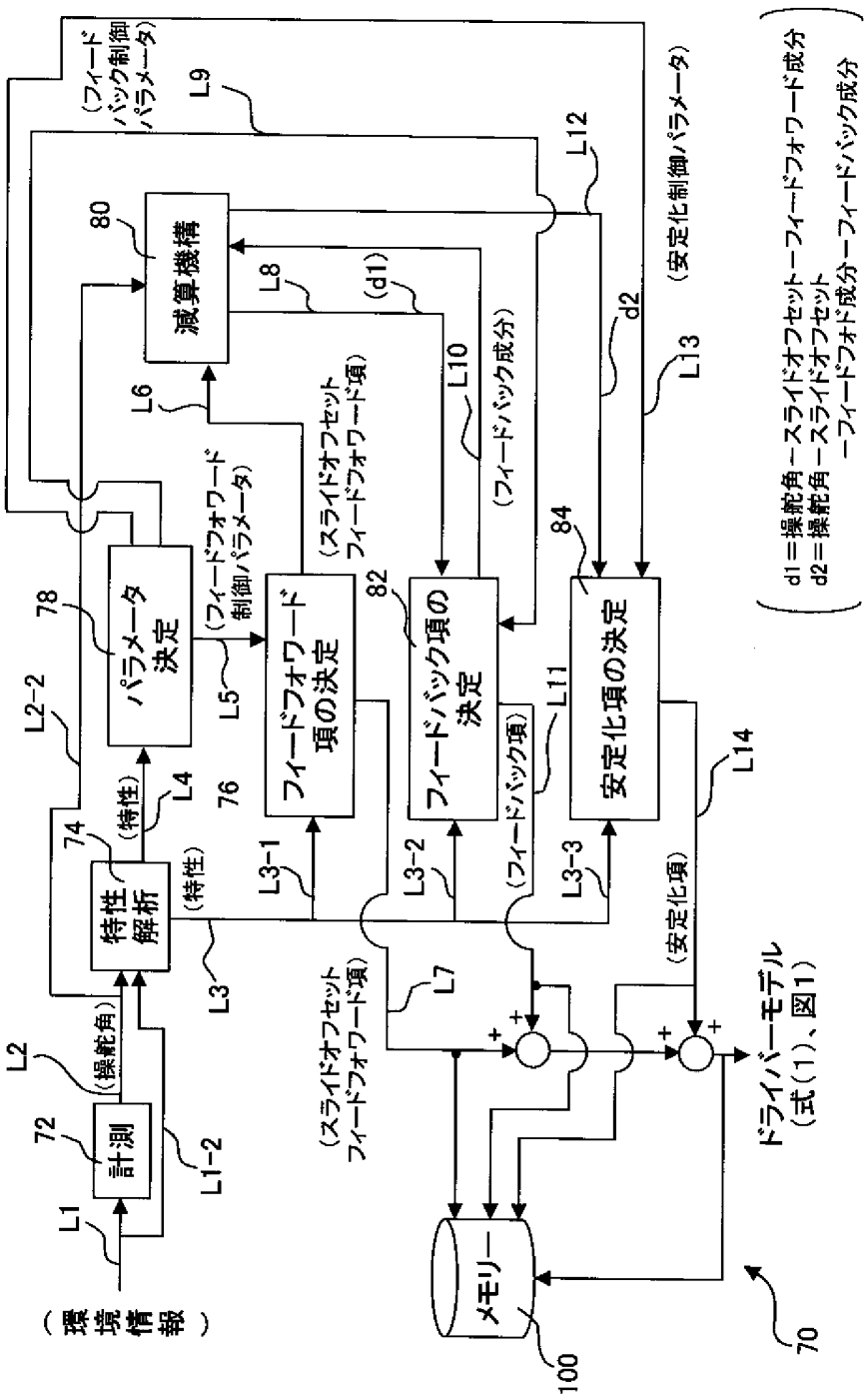
[図8]


実験
操舵角計測
S1
各種情報と操舵角
との特性を求める
S2
フィードフォワード制御
のパラメータ決定
S3
ゲイン a1
遅れ Δt1
スライドオフセット a0
決定
S4
操舵角からスライドオフセットa0と
フィードフォワード成分を減算
S5
フィードバック制御
のパラメータ決定
S6
重み付け ε1～ε4
ゲイン a2
遅れ Δt2
決定
S7
(SAへ)

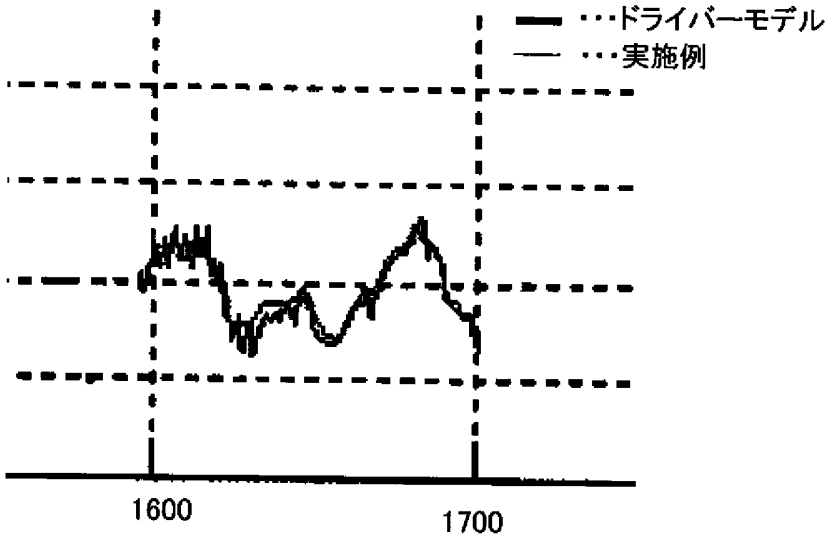
[図9]


S7から
の続き
SA
操舵角から、スライドオフセット a0、フィードフォワード成分、フィードバック成分を減算
S8
安定化制御の
パラメータ決定
S9
重み付けε5、ε6
ゲインa3
遅れΔt3
決定
S10

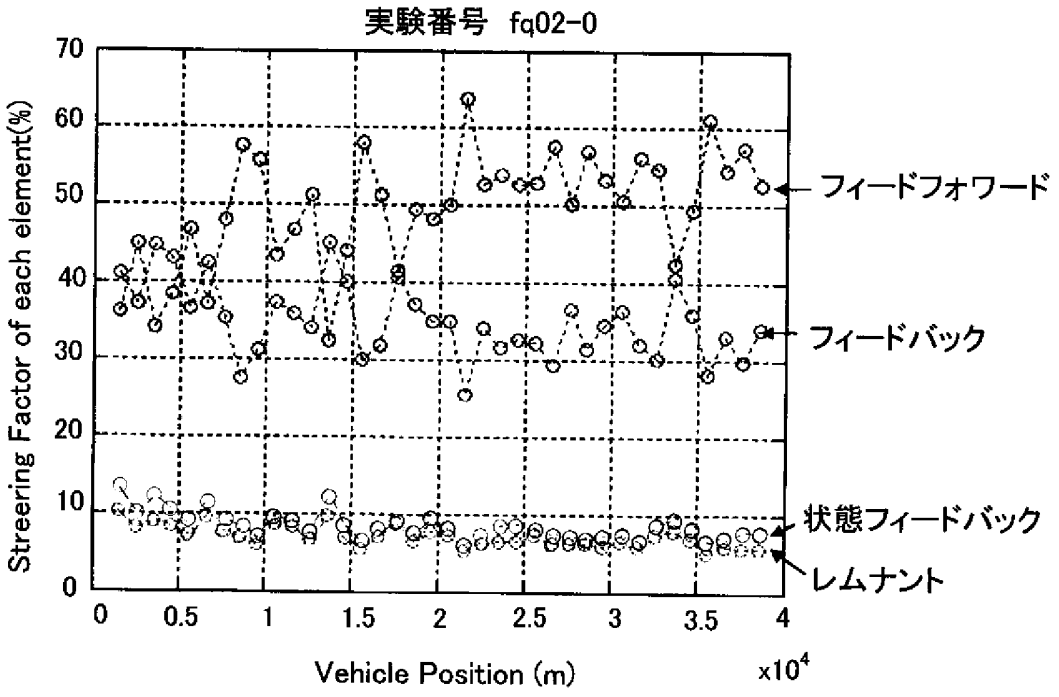
[図10]


（環境情報）
L1
計測
72
L1-2
L2
（操舵角）
特性解析
74
（特性）
L3
L4
パラメータ決定
78
L2-2
（フィードバック制御パラメータ）
L9
減算機構
80
L6
L8
（d1）
L5
フィードフォワード項の決定
76
（フィードフォワード制御パラメータ）
（スライドオフセット フィードフォワード項）
L3-1
フィードバック項の決定
82
L10
（フィードバック成分）
L3-2
L11
（フィードバック項）
安定化項の決定
84
L12
d2
L13
（安定化制御パラメータ）
L3-3
L14
（安定化項）
（スライドオフセット フィードフォワード項）
L7
メモリー
100
ドライバーモデル （式（1）、図1）
70
d1＝操舵角－スライドオフセット－フィードフォワード成分
d2＝操舵角－スライドオフセット
－フィードフォド成分－フィードバック成分

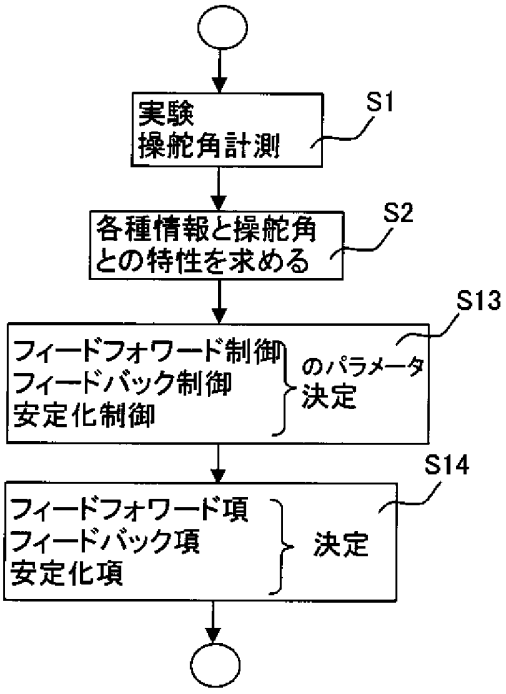
[図11]


・・・ドライバーモデル
・・・実施例
1600
1700

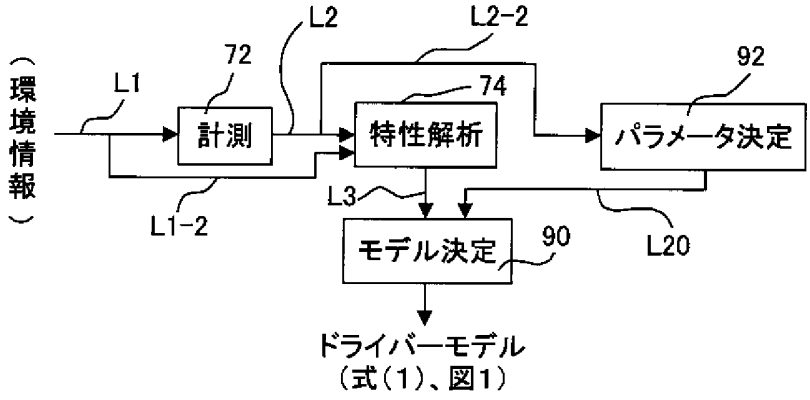
[図12]


実験番号 fq02-0
Streering Factor of each element(%)
70
60
50
40
30
20
10
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
Vehicle Position (m)
x10^4
フィードフォワード
フィードバック
状態フィードバック
レムナント

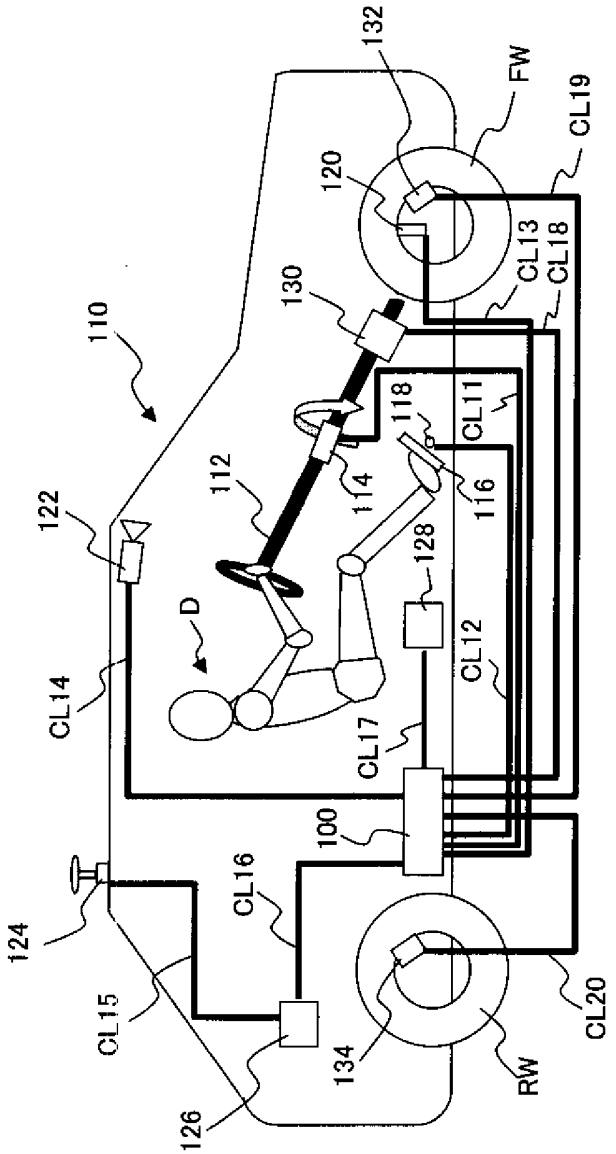
[図13]


実験
操舵角計測
S1
各種情報と操舵角
との特性を求める
S2
S13
フィードフォワード制御
フィードバック制御
安定化制御
のパラメータ
決定
S14
フィードフォワード項
フィードバック項
安定化項
決定

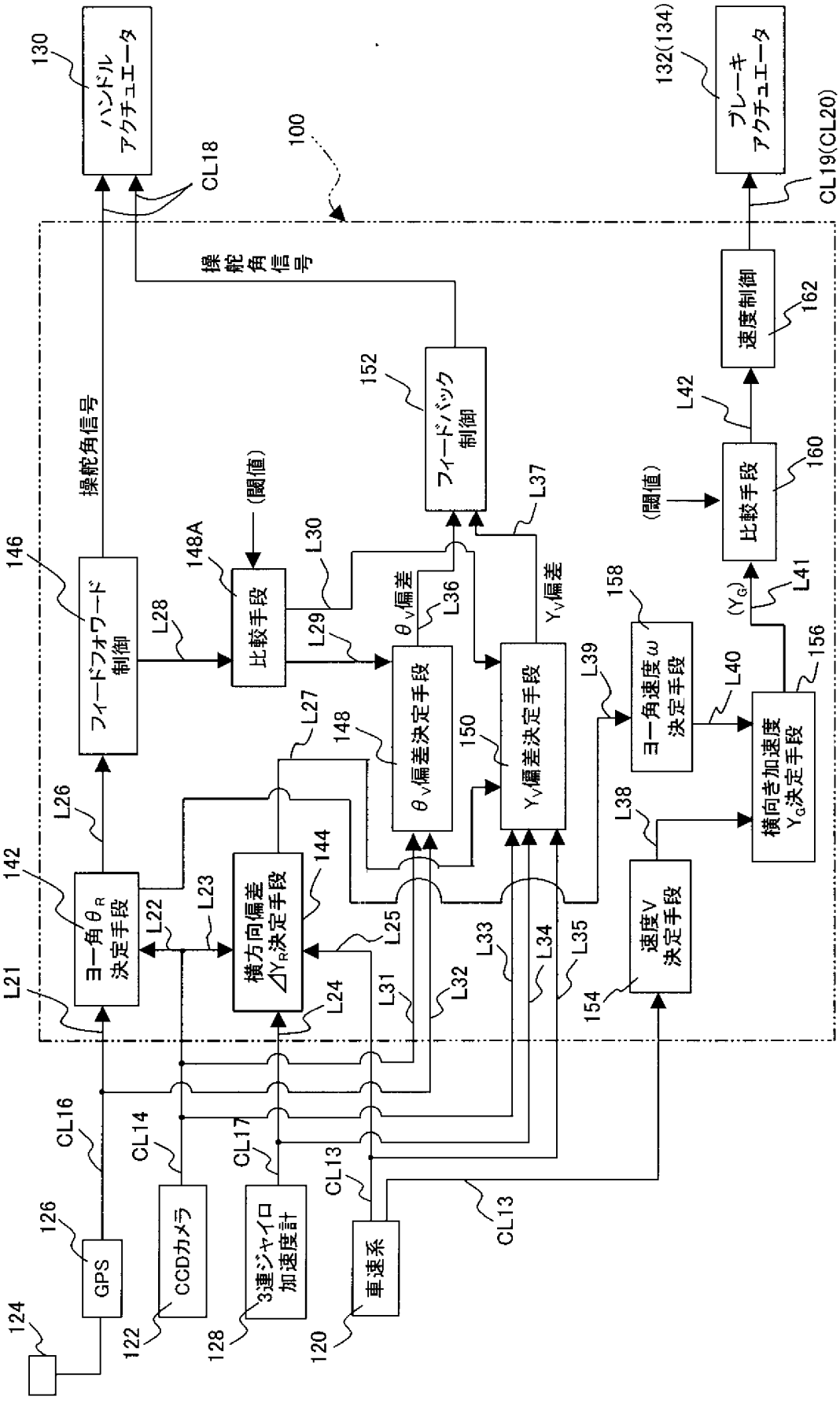
[図14]


（環境情報）
L1
72
計測
L2
L2-2
74
特性解析
92
パラメータ決定
L1-2
L3
L20
モデル決定
90
ドライバーモデル
（式（1）、図1）

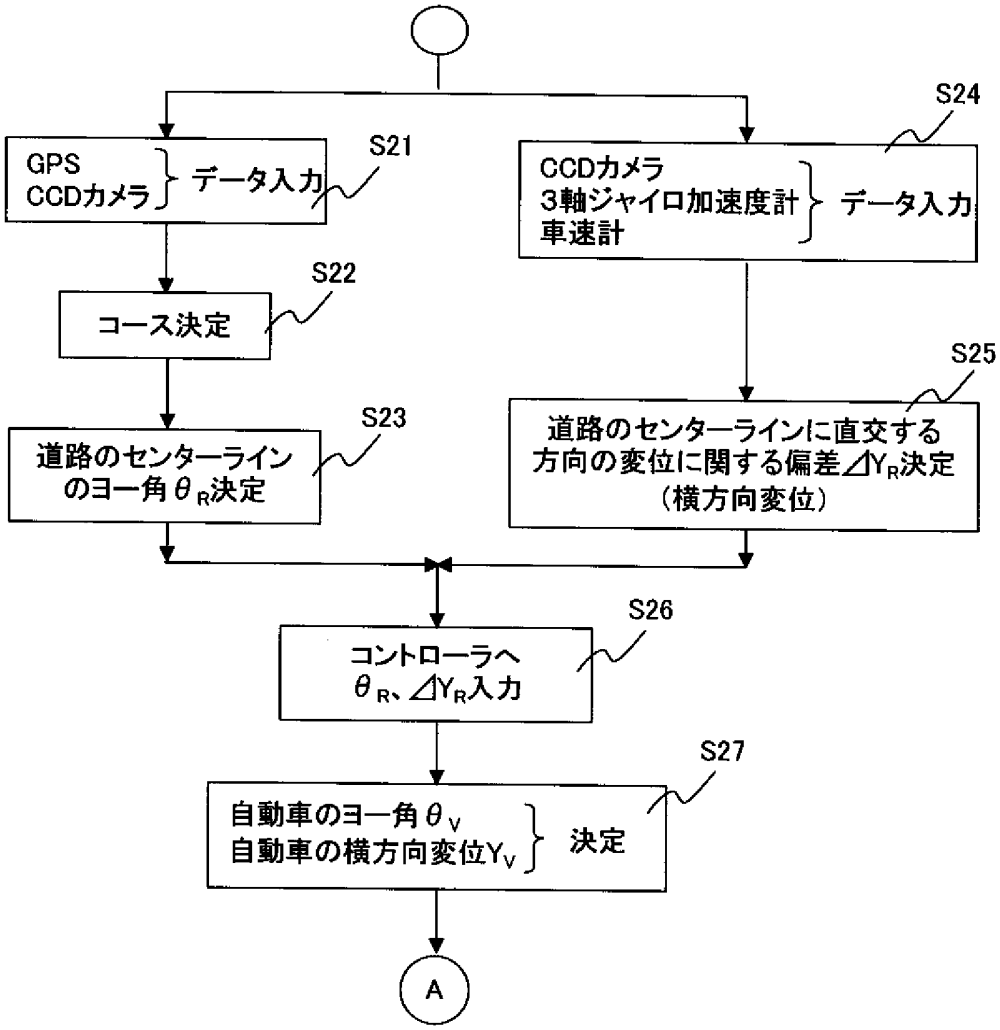
[図15]


132
FW
CL19
120
CL13
CL18
130
110
118
CL11
112
114
116
122
128
D
CL12
CL14
CL17
100
CL16
124
CL15
134
RW
CL20
126

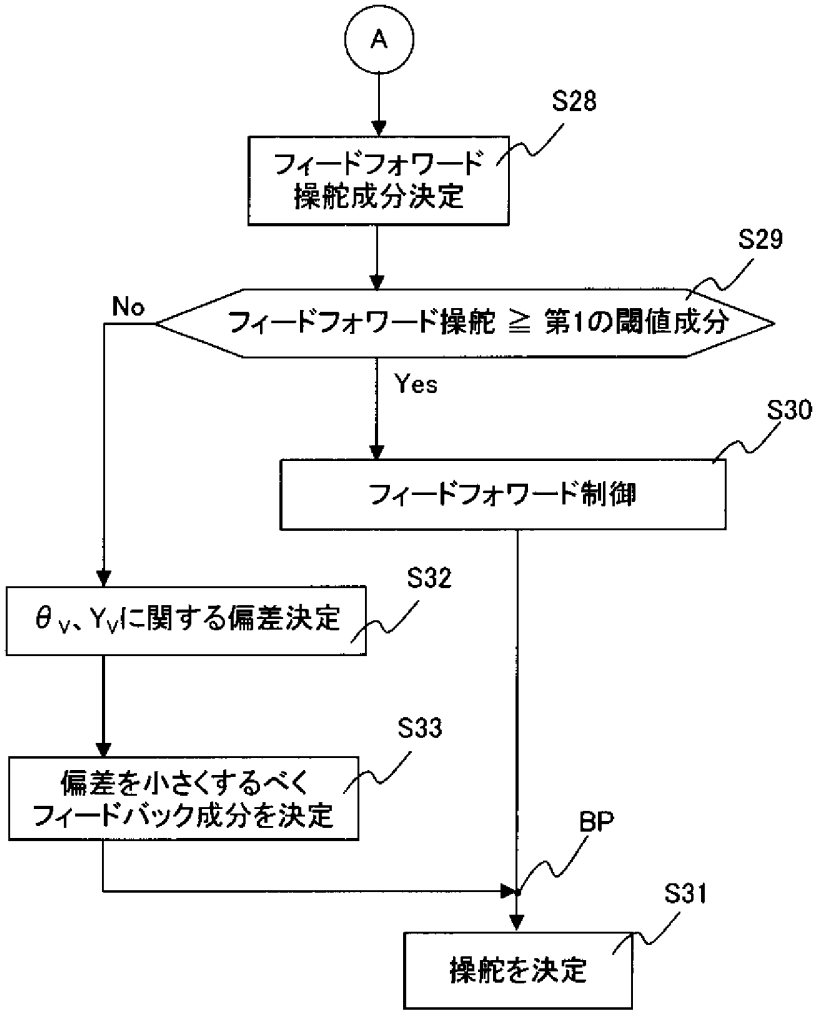
[図16]


ハンドル アクチュエータ
130
CL18
100
ブレーキ アクチュエータ
132(134)
CL19(CL20)
操舵角信号
操舵角信号
速度制御
162
フィードバック 制御
152
L42
(閾値)
比較手段
160
フィードフォワード 制御
146
148A
(閾値)
L30
L28
L29
θV偏差
L36
YV偏差
L37
L41
(YG)
158
ヨー角速度ω 決定手段
L40
156
L39
θV偏差決定手段
148
150
YV偏差決定手段
L27
横向き加速度 YG決定手段
ヨー角θR 決定手段
142
L26
L22
L23
横方向偏差 ΔYR決定手段
144
L38
速度V 決定手段
154
L21
L24
L31
L32
L33
L34
L35
L25
CL16
CL14
CL17
CL13
CL13
126
GPS
CCDカメラ
3連ジャイロ 加速度計
車速系
124
122
128
120

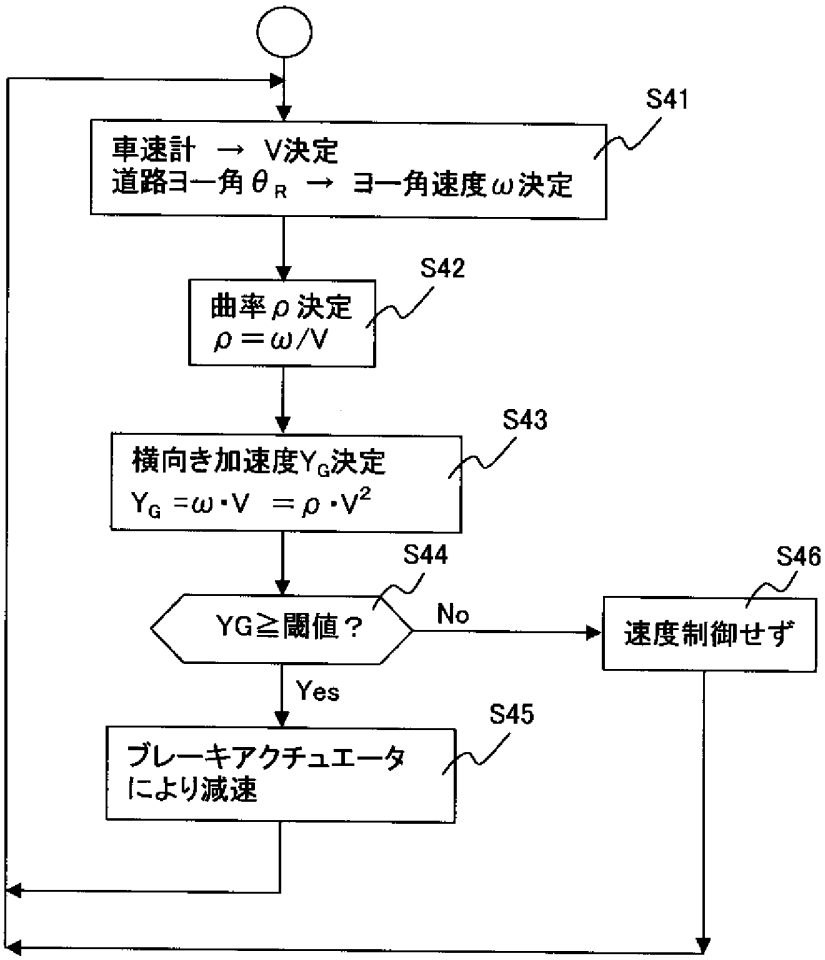
[図17]


GPS
CCDカメラ
データ入力
S21
コース決定
S22
道路のセンターライン
のヨー角θR決定
S23
CCDカメラ
3軸ジャイロ加速度計
車速計
データ入力
S24
道路のセンターラインに直交する
方向の変位に関する偏差⊿YR決定
（横方向変位）
S25
コントローラへ
θR、⊿YR入力
S26
自動車のヨー角θV
自動車の横方向変位YV
決定
S27
A

[図18]


A
S28
フィードフォワード
操舵成分決定
S29
No
フィードフォワード操舵 ≧ 第1の閾値成分
Yes
S30
フィードフォワード制御
S32
θV、YVに関する偏差決定
S33
偏差を小さくするべく
フィードバック成分を決定
BP
S31
操舵を決定

[図19]


S41
車速計 → V決定
道路ヨー角θR → ヨー角速度ω決定
S42
曲率ρ決定
ρ＝ω/V
S43
横向き加速度YG決定
YG =ω・V ＝ρ・V2
S44
YG≧閾値？
No
S46
速度制御せず
Yes
S45
ブレーキアクチュエータ
により減速

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/022284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B11/32(2006.01), ***G05B13/04***(2006.01), ***B60T7/12***(2006.01), ***B60W40/08***(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60T7/12, B60W40/08, B62D6/00, B62D113/00, G05B11/32, G05B13/04, G05D1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Ken'ichi YOSHIMOTO, "Jidosha Untensha no Soju Dosa no Modeling", The Japanese journal of ergonomics, Vol.18, No.6, 1982, December, pages 301 to 305; particularly, '2. Soko Dosa no Model-ka'ni okeru '(c) Program Soda Model' no Kisai Oyobi '4.Ketsugon', ni okeru Dai 2 Danraku no Kisai	1,3,5 2,4,6
Y	JP 3-44029 B2 (Nissan Motor Co., Ltd.), 04 July, 1991 (04.08.91), Page 4, left column, lines 23 to 29 & US 4705130 A & GB 2154523 A & DE 3502912 A	2,4,6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 March, 2006 (01.03.06)	07 March, 2006 (07.03.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/022284

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Takashi SHIGEMATSU, Tomoyuki WATANABE, Etsuro SHIMA, Ken'ichi ONISHI, "Driver Model o Mochiita Jido Unten System", Jidosha Gijutsu, Vol.45, No.2, 1991, February, pages 19 to 24; particularly, '2.2. Yoken Tsuiseki Seigyokei', '2.3. Sharyo Undo Simulation' no Kisai	1-6
A	JP 7-110712 A (Toyota Central Research And Development Laboratories, Inc.), 25 April, 1995 (25.04.95), Par. Nos. [0001] to [0002] (Family: none)	1-6
A	JP 2748714 B2 (Nissan Motor Co., Ltd.), 20 February, 1998 (20.02.98), Par. Nos. [0006] to [0007], [0014] & US 5414625 A	1-6
X Y	JP 2003-182552 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 July, 2003 (03.07.03), Par. Nos. [0020] to [0022] (Family: none)	7 8
Y	JP 2844243 B2 (Honda Motor Co., Ltd.), 30 October, 1998 (30.10.98), Page 4, right column, lines 18 to 24; page 4, right column, line 50 to page 5, left column, line 4 (Family: none)	8

国際調査報告

国際出願番号 ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０２２２８４

Ａ． 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl. ***G05B11/32*** (2006.01), ***G05B13/04*** (2006.01), ***B60T7/12*** (2006.01), ***B60W40/08*** (2006.01)

Ｂ． 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl. B60T 7/12, B60W 40/08, B62D 6/00, B62D 113/00, G05B 11/32, G05B 13/04, G05D 1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ． 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X Y	吉本堅一，自動車運転者の操縦動作のモデリング，人間工学，Ｖｏｌ．１８，Ｎｏ．６，1982.12，ｐ．３０１－３０５、特に「２．操行動作のモデル化」における「（ｃ）プログラム操舵モデル」の記載および「４．結言」における第２段落の記載	１，３，５ ２，４，６
Y	JP 3-44029 B2（日産自動車株式会社）1991.07.04，第４頁左欄第２３－２９行 & US 4705130 A & GB 2154523 A & DE 3502912 A	２，４，６

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０１．０３．２００６	国際調査報告の発送日 ０７．０３．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員） 槻木澤 昌司 電話番号 ０３－３５８１－１１０１ 内線 ３３２４

３Ｕ ９３２６

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第２ページ）（２００５年４月）

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	重松崇、渡辺智之、島悦郎、大西謙一，ドライバモデルを用いた自動運転システム，自動車技術，Ｖｏｌ．４５，Ｎｏ．２，1991.02，ｐ．１９－２４、特に「２．２．予見追跡制御系」、「２．３．車両運動シミュレーション」の記載	１－６
A	JP 7-110712 A（株式会社豊田中央研究所）1995.04.25，段落【０００１】－【０００２】　（ファミリーなし）	１－６
A	JP 2748714 B2（日産自動車株式会社）1998.02.20，段落【０００６】－【０００７】、【００１４】 & US 5414625 A	１－６
X Y	JP 2003-182552 A（日産自動車株式会社）2003.07.03，段落【００２０】－【００２２】　（ファミリーなし）	7 8
Y	JP 2844243 B2（本田技研工業株式会社）1998.10.30，第４頁右欄第１８－２４行、第４頁右欄第５０行－第５頁左欄第４行　（ファミリーなし）	8