

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5434826号  
(P5434826)

(45) 発行日 平成26年3月5日(2014.3.5)

(24) 登録日 平成25年12月20日(2013.12.20)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>B 6 2 D 6/00</b> (2006.01)	B 6 2 D 6/00
<b>B 6 2 D 5/04</b> (2006.01)	B 6 2 D 5/04
<b>B 6 2 D 7/14</b> (2006.01)	B 6 2 D 7/14 A
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00

請求項の数 15 (全 52 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-156546 (P2010-156546)  
 (22) 出願日 平成22年7月9日(2010.7.9)  
 (65) 公開番号 特開2012-17050 (P2012-17050A)  
 (43) 公開日 平成24年1月26日(2012.1.26)  
 審査請求日 平成24年9月17日(2012.9.17)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 110000213  
 特許業務法人プロスペック特許事務所  
 (72) 発明者 仁木 恵太郎  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 後藤 武志  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 藤田 修司  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の走行制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

運転者の操舵操作量に対する前輪の舵角の関係を変更する前輪舵角制御手段と、前輪とは独立に後輪の舵角を変更する後輪舵角制御手段とを備えた車両の走行制御装置に於いて、

車両の軌跡の制御について予め設定された開始条件又は更新条件が成立したと判定したときには、その時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて目標進行方向を決定すると共に、前記時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて決定される角度を基準角度として、前記時点に於ける車両の位置より車両の前後方向に対し前記基準角度傾斜した方向に引いた直線上に存在し且つ前記時点に於ける車両の位置から車速に依存する距離の位置に目標到達位置を決定し、

前記時点に於ける運転者の操舵操作量及び車速に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するために必要な目標軌跡に沿って車両を走行させるための前輪の暫定の目標舵角を演算し、前記暫定の目標舵角に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するまでの車両の旋回状態量を推定し、

前記旋回状態量の大きさが基準値以下であるときには前記暫定の目標舵角に基づいて前記前輪舵角制御手段により前輪の舵角を制御し、

前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えるときには前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えないよう補正された車両の旋回状態量に基づいて前記目標軌跡に沿って車両を走行させるための前輪及び後輪の目標舵角を演算し、前記前輪の目標舵角に基づいて前

記前輪舵角制御手段により前輪の舵角を制御すると共に前記後輪の目標舵角に基づいて前記後輪舵角制御手段により後輪の舵角を制御することを特徴とする車両の走行制御装置。

【請求項 2】

前記補正された車両の旋回状態量は、前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越える領域については前記旋回状態量の大きさを前記基準値に低減補正し、前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えていない領域については前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えないよう前記旋回状態量の大きさを増大補正することにより求められることを特徴とする請求項 1 に記載の車両の走行制御装置。

【請求項 3】

前記補正された車両の旋回状態量は、前記旋回状態量の大きさが前記基準値よりも小さい補正判定値を越える領域については前記旋回状態量の大きさを前記基準値以下に低減補正し、前記旋回状態量の大きさが前記補正判定値を越えていない領域については前記旋回状態量の大きさが前記補正判定値を越えないよう前記旋回状態量の大きさを増大補正することにより求められることを特徴とする請求項 1 に記載の車両の走行制御装置。

【請求項 4】

前記旋回状態量の大きさの低減補正量の積分値及び前記旋回状態量の大きさの増大補正量の積分値は実質的に互いに等しいことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の車両の走行制御装置。

【請求項 5】

前記車両の旋回状態量は車両のヨーレート及びロール角の何れか一方であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 6】

前記目標軌跡は、前記目標進行方向を示す直線を時間の座標軸とし、前記時点に於ける車両の位置より前記時間の座標軸に下した垂線を距離の座標軸とする仮想の直角座標に於いて、前記時点からの経過時間を指数の変数とする指数関数の曲線であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 7】

前記時点に於ける前輪の舵角と前記目標舵角との偏差の大きさが小さくなるよう前輪の舵角を修正することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 8】

前輪の実際の舵角と前記目標舵角との偏差の大きさが小さくなるよう前輪の舵角を修正することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 9】

前記時点に於ける車両の位置と前記目標到達位置とを結ぶ直線を方向の基準線として、前記目標進行方向は前記目標到達位置に於いて前記方向の基準線に対し前記基準角度傾斜した方向に決定されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 10】

前記軌跡の制御を行っていない状況に於いて、運転者の操舵操作量の変化率の大きさが開始条件を判定するための第一の基準値よりも大きくなった後に運転者の操舵操作量の変化率の大きさが開始条件を判定するための第二の基準値よりも小さくなったときに前記軌跡の制御の開始条件が成立したと判定することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 11】

前記軌跡の制御を行っている状況に於いて、運転者の操舵操作量の変化率の大きさが更新条件を判定するための第一の基準値よりも大きくなった後に運転者の操舵操作量の変化率の大きさが更新条件を判定するための第二の基準値よりも小さくなったときに前記軌跡の制御の更新条件が成立したと判定することを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに

10

20

30

40

50

記載の車両の走行制御装置。

【請求項 1 2】

前記時点に於ける車両から前記時間の座標軸までの距離を基準距離として、前記基準距離と前記時点からの経過時間を指数の変数とする自然指数関数との積として目標距離が求められ、前記目標軌跡は前記時間の座標軸から前記目標距離の位置を結ぶ線として求められることを特徴とする請求項 6 に記載の車両の走行制御装置。

【請求項 1 3】

操舵操作の必要性に関連する車外の視覚情報の変化が発生してから人が当該視覚情報の変化を知覚するまでに要する一般的な時間を  $T$  とし、ウェバー比を  $-k$  とし、前記時点からの経過時間を  $t$  とし、前記自然指数関数の指数は  $-(k/T)t$  であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の車両の走行制御装置。

10

【請求項 1 4】

前記前輪舵角制御手段は、運転者により操作される操舵入力手段に対し相対的に前輪を駆動することにより前輪の舵角を修正する舵角可変手段と、前記前輪舵角可変手段を制御する制御手段とを有するセミパイワイヤ式の舵角制御手段であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

【請求項 1 5】

前記前輪舵角制御手段は、前輪の舵角を変化させる転舵手段と、前記操舵入力手段に対する運転者の操舵操作量を検出する手段と、通常時には運転者の操舵操作量に基づいて前記転舵手段を制御し、必要に応じて運転者の操舵操作に依存せずに前記転舵手段を制御する制御手段とを有するパイワイヤ式の舵角制御手段であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 の何れか一つに記載の車両の走行制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の走行制御装置に係り、更に詳細には車両が目標軌跡（目標走行ライン）に沿って走行するよう前輪及び後輪の舵角を修正制御する車両の走行制御装置に係る。

【背景技術】

【0002】

車両が目標軌跡に沿って走行するよう車両の軌跡を制御する車両の走行制御装置は従来種々提案されている。例えば下記の特許文献 1 には、車両前方の道路の車線情報に基づいて車両の目標軌跡を設定し、目標軌跡と車両の前方注視点との偏差が減少するよう自動操舵アクチュエータを制御する車線追従装置が記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 48035 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 269180 号公報

【発明の概要】

【0004】

〔発明が解決しようとする課題〕

上記特許文献 1 に記載された車線追従装置によれば、車両が目標軌跡に沿って走行するよう操舵トルクの制御によって運転者の操舵操作を促したり操舵輪の舵角を修正したりすることができる。

40

【0005】

しかし上記特許文献 1 に記載された車線追従装置に於いては、車両の目標軌跡を設定するための車両前方の道路の車線情報及び車両の実軌跡に対応する車両の前方注視点の情報を取得するカメラの如き車外情報取得手段が必須である。また目標軌跡は基本的には車線情報に基づいて決定されるため、車両の目標軌跡を必ずしも運転者の希望に則した軌跡に設定することができない。更に車両前方の道路の車線情報がない状況や車線情報を取得で

50

きない状況に於いては、目標軌跡を設定することができないため、車両を目標軌跡に沿って走行させることができない。

【 0 0 0 6 】

尚、上記特許文献 2 には、操舵角及び車速に基づいて車両の目標軌跡を設定し、目標軌跡と車両の実軌跡との偏差が減少するよう操舵伝達比可変装置を制御する操舵制御装置が記載されている。この特許文献 2 に記載された操舵制御装置によれば、車両が目標軌跡に沿って走行するよう操舵輪の舵角を制御することができる。

【 0 0 0 7 】

しかし特許文献 2 に記載された操舵制御装置に於いては、車両の実軌跡を求めるための GPS の如き車外情報取得手段が必要である。また目標軌跡と実軌跡との偏差に基づいて操舵輪の舵角がフィードバック制御されるので、実軌跡が求められた後でなければ舵角を制御することができず、そのため制御の遅れに起因して車両を好ましく目標軌跡に沿って走行させることができない。

10

【 0 0 0 8 】

上記問題を解消すべく、例えば運転者の操舵操作量及び車速に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するために必要な目標軌跡に沿って車両を走行させるための操舵輪の目標舵角を演算し、目標舵角に基づいて操舵輪の舵角を制御することが考えられる。かかる操舵輪の舵角の制御によれば、車両の目標軌跡や実軌跡を求めるための車外情報の取得を要することなく、車両の軌跡が運転者の希望に則した軌跡になるよう操舵輪の舵角を遅れなく制御することができる。

20

【 0 0 0 9 】

操舵輪は一般に前輪であり、車速が一定であれば、車両のヨーレートや車両のロール角の如き車両の旋回状態量は前輪の舵角によって一義的に決定される。そのため前輪の舵角が車両の目標軌跡を達成するための目標舵角に制御されると、車両の旋回状態量が過大になる場合がある。

【 0 0 1 0 】

車両を目標軌跡に沿って走行させるためのヨーモーメントは前輪のコナリングフォースによるヨーモーメントに限定されず、後輪の舵角を制御することにより後輪によってもコナリングフォースによるヨーモーメントを発生させることができる。また前輪及び後輪の両方の舵角を制御することにより、車両の目標軌跡を達成するために必要な車両全体のコナリングフォースを確保しつつ、車両の旋回状態量を前輪の舵角のみが制御される場合とは異なる値に制御することができる。

30

【 0 0 1 1 】

よって車両の旋回状態量が過大になる虞れの有無を判定し、該虞れがあるときには、前輪に加えて後輪の舵角を制御することにより、車両の旋回状態量が過大になることを防止しつつ車両を目標軌跡に沿って走行させることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

本発明は、車両が目標軌跡に沿って走行するよう車両の軌跡を制御する従来の走行制御装置に於ける上述の如き問題に鑑みてなされたものである。そして本発明の主要な課題は、車両の旋回状態量が過大になることを防止しつつ、車両の軌跡が運転者の希望に則した目標軌跡になるよう前輪及び後輪の舵角を制御することである。

40

〔課題を解決するための手段及び発明の効果〕

【 0 0 1 3 】

上述の主要な課題は、本発明によれば、運転者の操舵操作量に対する前輪の舵角の関係を変更する前輪舵角制御手段と、前輪とは独立に後輪の舵角を変更する後輪舵角制御手段とを備えた車両の走行制御装置に於いて、車両の軌跡の制御について予め設定された開始条件又は更新条件が成立したと判定したときには、その時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて目標進行方向を決定すると共に、前記時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて決定される角度を基準角度として、前記時点に於ける車両の位置より車両の前後方向に対し前記基準角度傾斜した方向に引いた直線上に存在し且つ前記時点に於ける車両の位

50

置から車速に依存する距離の位置に目標到達位置を決定し、前記時点に於ける運転者の操舵操作量及び車速に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するために必要な目標軌跡に沿って車両を走行させるための前輪の暫定の目標舵角を演算し、前記暫定の目標舵角に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するまでの車両の旋回状態量を推定し、前記旋回状態量の大きさが基準値以下であるときには前記暫定の目標舵角に基づいて前記前輪舵角制御手段により前輪の舵角を制御し、前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えるときには前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えないよう補正された車両の旋回状態量に基づいて前記目標軌跡に沿って車両を走行させるための前輪及び後輪の目標舵角を演算し、前記前輪の目標舵角に基づいて前記前輪舵角制御手段により前輪の舵角を制御すると共に前記後輪の目標舵角に基づいて前記後輪舵角制御手段により後輪の舵角を制御することを特徴とする車両の走行制御装置（請求項1の構成）によって達成される。

10

## 【0014】

後に詳細に説明する如く、運転者の操舵操作量は車両の現在の進行方向を基準に見て車両の現在位置から目標到達位置までの方向に関係し、車速は車両の現在位置から目標到達位置までの距離に関係している。また運転者の操舵操作量は車両が目標到達位置に到達する際の目標進行方向にも関係している。

## 【0015】

車両の軌跡の制御について予め設定された開始条件又は更新条件が成立したと判定した時点を基準時点と呼ぶこととする。上記請求項1の構成によれば、基準時点の運転者の操舵操作量及び車速に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するための目標軌跡に沿って車両が走行するための操舵輪の目標舵角が演算され、目標舵角に基づいて操舵輪の舵角が制御される。特に、目標進行方向は、基準時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて決定され、目標到達位置は、基準時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて決定される角度を基準角度として、基準時点に於ける車両の位置より車両の前後方向に対し基準角度傾斜した方向に引いた直線上に存在し且つ基準時点に於ける車両の位置から車速に依存する距離の位置に決定される。

20

## 【0016】

そして旋回状態量の大きさが基準値以下であるときには暫定の目標舵角に基づいて前輪舵角制御手段により前輪の舵角が制御される。これに対し旋回状態量の大きさが基準値を越えるときには旋回状態量の大きさが基準値を越えないよう補正された車両の旋回状態量に基づいて目標軌跡に沿って車両を走行させるための前輪及び後輪の目標舵角が演算される。更に前輪の目標舵角に基づいて前輪の舵角が制御されると共に後輪の目標舵角に基づいて後輪の舵角が制御される。

30

## 【0017】

従って車両の目標軌跡や実軌跡を求めるための車外情報の取得は不要であり、また車外情報に基づいて実際の軌跡を求めることも、目標軌跡と実際の軌跡との偏差に基づいて車両の軌跡をフィードバック制御することも必要でない。よって車両の軌跡が運転者の希望に則した軌跡になるよう操舵輪の舵角を遅れなく制御し、車両を運転者が希望する目標軌跡に沿って走行させることができる。

40

特に、基準時点に於ける運転者の操舵操作量及び車速に基づいて目標到達位置を決定し、基準時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて目標進行方向を決定することができる。また、基準時点に於ける運転者の操舵操作量に基づいて決定される角度を基準角度とし、基準時点に於ける車両の位置より車両の前後方向に対し基準角度傾斜した方向に引いた直線上に位置し且つ基準時点に於ける車両の位置から車速に依存する距離の位置として目標到達位置を決定することができる。よって、基準時点に於ける運転者の操舵操作量及び車速に基づいて車両が目標進行方向にて目標到達位置に到達するための車両の目標軌跡を求めることができる。

## 【0018】

また請求項1の構成によれば、前輪のみの舵角制御では旋回状態量の大きさが基準値を

50

越えるときには旋回状態量の大きさが基準値を越えないよう補正され、補正後の車両の旋回状態量に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算される。よって旋回状態量の大きさが過大になることを確実に防止しつつ、車両を目標軌跡に沿って車両を走行させることができる。

【 0 0 1 9 】

また請求項 1 の構成によれば、前輪のみの舵角制御でも旋回状態量の大きさが基準値を越えないときには、暫定の目標舵角に基づいて前輪の舵角が制御され、後輪の舵角は制御されない。よって旋回状態量の大きさが基準値を越えるか否かに関係なく前輪及び後輪の舵角が制御される場合に比して、車両の軌跡の制御を単純化することができる。

【 0 0 2 0 】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 の構成に於いて、前記補正された車両の旋回状態量は、前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越える領域については前記旋回状態量の大きさを前記基準値に低減補正し、前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えていない領域については前記旋回状態量の大きさが前記基準値を越えないよう前記旋回状態量の大きさを増大補正することにより求められるよう構成される（請求項 2 の構成）。

【 0 0 2 1 】

上記請求項 2 の構成によれば、旋回状態量の大きさが基準値を越える領域については旋回状態量の大きさが基準値に低減補正され、補正された車両の旋回状態量に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算される。従って旋回状態量の大きさが基準値を越えることを防止しつつ車両が目標軌跡に沿って車両を走行するよう前輪及び後輪の舵角を制御することができる。

【 0 0 2 2 】

また上記請求項 2 の構成によれば、旋回状態量の大きさが基準値を越えていない領域については旋回状態量の大きさが基準値を越えないよう旋回状態量の大きさが増大補正され、補正された車両の旋回状態量に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算される。従って旋回状態量の大きさが基準値を越えていない領域については旋回状態量の大きさが増大補正されない場合に比して、車両が目標到達位置に到達するまでの車両の旋回状態量の総量が不足する虞れを低減することができる。

【 0 0 2 3 】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 の構成に於いて、前記補正された車両の旋回状態量は、前記旋回状態量の大きさが前記基準値よりも小さい補正判定値を越える領域については前記旋回状態量の大きさを前記基準値以下に低減補正し、前記旋回状態量の大きさが前記補正判定値を越えていない領域については前記旋回状態量の大きさが前記補正判定値を越えないよう前記旋回状態量の大きさを増大補正することにより求められるよう構成される（請求項 3 の構成）。

【 0 0 2 4 】

上記請求項 3 の構成によれば、旋回状態量の大きさが基準値よりも小さい補正判定値を越える領域については旋回状態量の大きさが基準値以下に低減補正され、補正された車両の旋回状態量に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算される。従って旋回状態量の大きさが基準値を越えることを防止しつつ車両が目標軌跡に沿って車両を走行するよう前輪及び後輪の舵角を制御することができる。

【 0 0 2 5 】

また上記請求項 3 の構成によれば、旋回状態量の大きさが補正判定値を越えていない領域については旋回状態量の大きさが補正判定値を越えないよう旋回状態量の大きさが増大補正され、補正された車両の旋回状態量に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算される。従って旋回状態量の大きさが補正判定値を越えていない領域については旋回状態量の大きさが増大補正されない場合に比して、車両が目標到達位置に到達するまでの車両の旋回状態量の総量が不足する虞れを低減することができる。

【 0 0 2 6 】

10

20

30

40

50

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 2 又は 3 の構成に於いて、前記旋回状態量の大きさの低減補正量の積分値及び前記旋回状態量の大きさの増大補正量の積分値は実質的に互いに等しいよう構成される（請求項 4 の構成）。

【 0 0 2 7 】

上記請求項 4 の構成によれば、旋回状態量の大きさの低減補正量の積分値及び旋回状態量の大きさの増大補正量の積分値は実質的に互いに等しい。よって旋回状態量の大きさの補正に起因して車両が目標到達位置に到達するまでの車両の旋回状態量の総量に過不足が生じることを防止することができる。

【 0 0 2 8 】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、前記車両の旋回状態量は車両のヨーレート及びロール角の何れか一方であるよう構成される（請求項 5 の構成）。

【 0 0 2 9 】

上記請求項 5 の構成によれば、車両の旋回状態量がヨーレートであるときにはヨーレートの大きさが過大なることを防止することができ、また車両の旋回状態量がロール角であるときにはロール角の大きさが過大なることを防止することができる。

【 0 0 3 0 】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、前記目標軌跡は、前記目標進行方向を示す直線を時間の座標軸とし、前記時点に於ける車両の位置より前記時間の座標軸に下した垂線を距離の座標軸とする仮想の直交座標に於いて、前記時点からの経過時間を指数の変数とする指数関数の曲線であるよう構成される（請求項 6 の構成）。

【 0 0 3 1 】

上記請求項 6 の構成によれば、目標進行方向を示す直線を時間の座標軸とし、基準時点に於ける車両の位置より時間の座標軸に下した垂線を距離の座標軸とする仮想の直交座標に於いて、基準時点からの経過時間を指数の変数とする指数関数の曲線として目標軌跡を求めることができる。

【 0 0 3 2 】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、前記時点に於ける前輪の舵角と前記目標舵角との偏差の大きさが小さくなるよう前輪の舵角を修正するよう構成される（請求項 7 の構成）。

【 0 0 3 3 】

上記請求項 7 の構成によれば、基準時点に於ける前輪の舵角と目標舵角との偏差の大きさが小さくなるよう前輪の舵角を修正される。よって前輪の舵角が目標舵角になるよう前輪の舵角をフィードフォワード式に効率的に制御することができ、また運転者の操舵操作を要することなく前輪の舵角を目標舵角にすることができる。

【 0 0 3 4 】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、前輪の実際の舵角と前記目標舵角との偏差の大きさが小さくなるよう前輪の舵角を修正するよう構成される（請求項 8 の構成）。

【 0 0 3 5 】

上記請求項 8 の構成によれば、前輪の実際の舵角と目標舵角との偏差の大きさが小さくなるよう前輪の舵角が修正される。よって前輪の舵角が目標舵角になるよう前輪の舵角をフィードバック式に正確に制御することができ、また運転者によって操舵操作が行われても前輪の舵角を目標舵角にすることができる。

【 0 0 3 6 】

尚フィードバックの制御は前輪の舵角について行われるので、フィードバックの制御が車両の軌跡について行われる従来の車両の走行制御装置の場合に比して、前輪の舵角の制御の遅れは遥かに小さい。

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

50

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 8 の何れか一つの構成に於いて、前記時点に於ける車両の位置と前記目標到達位置とを結ぶ直線を方向の基準線として、前記目標進行方向は前記目標到達位置に於いて前記方向の基準線に対し前記基準角度傾斜した方向に決定されるよう構成される（請求項 9 の構成）。

【0042】

上記請求項 9 の構成によれば、基準時点に於ける車両の位置と目標到達位置とを結ぶ直線を方向の基準線として、目標到達位置に於いて方向の基準線に対し基準角度傾斜した方向を目標進行方向に決定することができる。

【0043】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、前記軌跡の制御を行っていない状況に於いて、運転者の操舵操作量の変化率の大きさが開始条件を判定するための第一の基準値よりも大きくなった後に運転者の操舵操作量の変化率の大きさが開始条件を判定するための第二の基準値よりも小さくなったときに前記軌跡の制御の開始条件が成立したと判定するよう構成される（請求項 10 の構成）。

【0044】

一般に、運転者が車両の進路を変更する場合には、まず比較的速く操舵操作量を変化させ、しかる後操舵操作量の変化を穏やかにする。従って運転者の操舵操作量の変化率の大きさの推移に基づいて車両の軌跡の制御の開始又は更新の必要性を判定することができる。

【0045】

上記請求項 10 の構成によれば、軌跡の制御が行われていない状況に於いて、運転者の操舵操作量の変化率の大きさが開始条件を判定するための第一の基準値よりも大きくなった後に開始条件を判定するための第二の基準値よりも小さくなったときには、その判定により軌跡の制御の開始条件が成立したと判定することができる。

【0046】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、前記軌跡の制御を行っている状況に於いて、運転者の操舵操作量の変化率の大きさが更新条件を判定するための第一の基準値よりも大きくなった後に運転者の操舵操作量の変化率の大きさが更新条件を判定するための第二の基準値よりも小さくなったときに前記軌跡の制御の更新条件が成立したと判定するよう構成される（請求項 11 の構成）。

【0047】

上記請求項 11 の構成によれば、軌跡の制御が行われている状況に於いて、運転者の操舵操作量の変化率の大きさが更新条件を判定するための第一の基準値よりも大きくなった後に更新条件を判定するための第二の基準値よりも小さくなったときには、その判定により軌跡の制御の更新条件が成立したと判定することができる。

【0048】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 6 の構成に於いて、前記時点に於ける車両から前記時間の座標軸までの距離を基準距離として、前記基準距離と前記時点からの経過時間を指数の変数とする自然指数関数との積として目標距離が求められ、前記目標軌跡は前記時間の座標軸から前記目標距離の位置を結ぶ線として求められるよう構成される（請求項 12 の構成）。

【0049】

上記請求項 12 の構成によれば、基準距離と基準時点からの経過時間を指数の変数とする自然指数関数との積として目標距離を求め、時間の座標軸から目標距離の位置を結ぶ線として目標軌跡を求めることができる。

【0050】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 12 の構成に於いて、操舵操作の必要性に関連する車外の視覚情報の変化が発生してから人が当該視

10

20

30

40

50

覚情報の変化を知覚するまでに要する一般的な時間を  $T$  とし、ウェバー比を  $-k$  とし、前記時点からの経過時間を  $t$  として、前記自然指数関数の指数は  $-(k/T)t$  であるよう構成される（請求項 1 3 の構成）。

【0051】

上記請求項 1 3 の構成によれば、自然指数関数の指数は  $-(k/T)t$  であるので、人の知覚特性に合った車両の目標距離を求め、これにより人の知覚特性に合った車両の目標軌跡を求めることができる。

【0052】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 13 の何れか一つの構成に於いて、前記舵角制御手段は、運転者により操作される操舵入力手段に対し相対的に操舵輪を駆動することにより操舵伝達比を変化させる操舵伝達比可変手段と、前記操舵伝達比可変手段を制御する制御手段とを有するセミバイワイヤ式の舵角制御手段であるよう構成される（請求項 1 4 の構成）。

10

【0053】

上記請求項 1 4 の構成によれば、操舵伝達比可変手段を有するセミバイワイヤ式の舵角制御手段を備えた車両に於いて、操舵伝達比可変手段により操舵伝達比を変化させることにより操舵輪の舵角を制御することができる。

【0054】

また本発明によれば、上述の主要な課題を効果的に達成すべく、上記請求項 1 乃至 13 の何れか一つの構成に於いて、前記舵角制御手段は、操舵輪の舵角を変化させる転舵手段と、前記操舵入力手段に対する運転者の操舵操作量を検出する手段と、通常時には運転者の操舵操作量に基づいて前記転舵手段を制御し、必要に応じて運転者の操舵操作に依存せずに前記転舵手段を制御する制御手段とを有するバイワイヤ式の舵角制御手段であるよう構成される（請求項 1 5 の構成）。

20

【0055】

上記請求項 1 5 の構成によれば、バイワイヤ式の舵角制御手段を備えた車両に於いて、転舵手段を制御することにより運転者の操舵操作に依存せずに操舵輪の舵角を制御することができる。

【0056】

本発明の一つの好ましい態様によれば、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、走行制御装置は旋回状態量の大きさが基準値以下であるときには、後輪の舵角を 0 に維持するよう構成される（好ましい態様 1）。

30

【0057】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、走行制御装置は運転者の操舵操作量及び車速と前輪の暫定の目標舵角との関係を記憶しており、車両の軌跡の制御について予め設定された開始条件又は更新条件が成立したと判定した時点に於ける運転者の操舵操作量及び車速に基づいて前記関係より暫定の目標舵角を演算するよう構成される（好ましい態様 2）。

【0058】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、走行制御装置は補正された車両の旋回状態量、目標軌跡に沿って車両を走行させるための車両の横加速度、車速に基づいて前輪及び後輪の目標舵角を演算するよう構成される（好ましい態様 3）。

40

【0059】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、走行制御装置は予め設定された軌跡の制御の終了条件が成立するまで車輪の舵角を制御するよう構成される（好ましい態様 4）。

【0060】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項 1 乃至 3 の何れか一つの構成に於いて、走行制御装置は車両の軌跡の制御について予め設定された開始条件又は更新条件

50

が成立していないと判定したときには、予め設定された操舵伝達比が達成されるよう前輪の舵角を制御するよう構成される（好ましい態様5）。

【0061】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項2の構成に於いて、走行制御装置は旋回状態量の大きさが基準値を越えていない領域の一部の範囲について旋回状態量の大きさが基準値を越えないよう旋回状態量の大きさを増大補正するよう構成される（好ましい態様6）。

【0062】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項2の構成に於いて、走行制御装置は旋回状態量の大きさが基準値を越えていない領域の全範囲について旋回状態量の大きさが基準値を越えないよう旋回状態量の大きさを増大補正するよう構成される（好ましい態様7）。

10

【0063】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項3の構成に於いて、走行制御装置は旋回状態量の大きさが補正判定値を越えていない領域の一部の範囲について旋回状態量の大きさが補正判定値を越えないよう旋回状態量の大きさを増大補正するよう構成される（好ましい態様8）。

【0064】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項3の構成に於いて、走行制御装置は旋回状態量の大きさが補正判定値を越えていない領域の全範囲について旋回状態量の大きさが補正判定値を越えないよう旋回状態量の大きさを増大補正するよう構成される（好ましい態様9）。

20

【0065】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項3の構成に於いて、走行制御装置は旋回状態量の大きさが補正判定値を越える領域については旋回状態量の大きさと補正判定値との差が大きいほど低減補正量が大きくなるよう旋回状態量の大きさを基準値以下に低減補正するよう構成される（好ましい態様10）。

【0066】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項4の構成に於いて、旋回状態量の大きさの増大補正量の積分値は旋回状態量の大きさの低減補正量の積分値の90%以上で100%以下であるよう構成される（好ましい態様11）。

30

【0067】

本発明の他の一つの好ましい態様によれば、上記請求項6の構成に於いて、走行制御装置は車両の軌跡の制御について予め設定された開始条件又は更新条件が成立したと判定した時点からの経過時間と運転者の操舵操作量及び車速と前輪の暫定の目標舵角との関係を記憶しており、開始条件又は更新条件が成立したと判定した時点からの経過時間と開始条件又は更新条件が成立したと判定した時点に於ける運転者の操舵操作量及び車速とに基づいて前記関係より前輪の暫定の目標舵角を演算するよう構成される（好ましい態様12）。

。

【図面の簡単な説明】

40

【0068】

【図1】舵角可変装置、後輪操舵装置及び電動式パワーステアリング装置が搭載された車両に適用された本発明による車両の走行制御装置の第一の実施形態を示す概略構成図である。

【図2】第一の実施形態に於ける走行制御のメインルーチンを示すフローチャートである。

。

【図3】第一の実施形態に於ける軌跡制御の開始条件の成立判定ルーチンを示すフローチャートである。

【図4】第一の実施形態に於ける軌跡制御の更新条件の成立判定ルーチンを示すフローチャートである。

50

【図5】第一の実施形態に於ける車輪の目標舵角演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図6】車速 $V$ と目標ステアリングギヤ比 $N_t$ との間の関係を示すグラフである。

【図7】操舵トルク $T_{hd}$ 又は $T_{hda}$ と基本アシストトルク $T_{pab}$ との間の関係を示すグラフである。

【図8】車速 $V$ と車速係数 $K_v$ との間の関係を示すグラフである。

【図9】操舵トルク $T_{hd}$ 又は $T_{hda}$ と車速 $V$ と基本アシストトルク $T_{pab}$ との間の関係を示すグラフである。

【図10】第三の実施形態に於ける車輪の目標舵角演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図11】パイワイヤ式のステアリング装置が搭載された車両に適用された本発明による車両の走行制御装置の第五の実施形態を示す概略構成図である。

【図12】第五の実施形態に於ける走行制御のメインルーチンを示すフローチャートである。

【図13】補正後の操舵トルク $T_{h0}$ と基本操舵負担軽減トルク $T_{padb}$ との間の関係を示すグラフである。

【図14】補正後の操舵トルク $T_{h0}$ と車速 $V$ と基本操舵負担軽減トルク $T_{padb}$ との間の関係を示すグラフである。

【図15】第一の変形例に於ける車輪の目標舵角演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図16】第二の変形例に於ける車輪の目標舵角演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図17】2輪モデルの車両が進路を変更する場合を示す説明図である。

【図18】車両が定常円旋回し、円弧状の軌跡を描いて走行する場合を示す説明図である。

【図19】前輪の舵角が運転者の操舵操作量に対応する舵角及び案内棒モデルに基づいて修正された舵角である場合について、定常円旋回による車両の円弧状の軌跡を示す説明図である。

【図20】水平加速度 $x$ が変化する状況に於いて、人が水平加速度 $x$ の変化を知覚できる最小量 $x_{min}$ 及び人が最小量 $x_{min}$ の変化を知覚するに要する最小時間 $T$ を示す説明図である。

【図21】車両が案内棒の基準位置より案内棒の先端位置まで指数関数の軌跡を描いて走行する場合を示す説明図である。

【図22】車両が指数関数の軌跡を描いて走行する場合に於いて、車両が案内棒の基準位置と案内棒の先端位置との間の位置へ移動した状況を示す説明図である。

【図23】図22に示された状況について、距離に関する座標軸及び時間に関する座標軸に平行な成分への車速の分解を示す説明図である。

【図24】上限値による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を片側部分領域補正について示す説明図である。

【図25】上限値による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を両側部分領域補正について示す説明図である。

【図26】上限値による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を片側全領域補正について示す説明図である。

【図27】上限値による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を両側全領域補正について示す説明図である。

【図28】ピーク低減による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を両側全領域補正について示す説明図である。

【図29】ピーク低減による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を前側の片側全領域補正について示す説明図である。

【図30】ピーク低減による推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限を後側の片側全領域補正につい

10

20

30

40

50

て示す説明図である。

【図3 1】車速  $V$  と基準値  $Y_{Rref}$  との関係を示すグラフである。

【図3 2】上限値による推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の制限による片側全領域補正の要領を示す説明図である。

【図3 3】上限値による推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の制限による両側全領域補正の要領を示す説明図である。

【図3 4】破線はピーク低減による制限に使用されるゲイン  $G_p$  の適合化を両側全領域補正について示す説明図である。

【図3 5】破線はピーク低減による制限に使用されるゲイン  $G_p$  の適合化を前側の片側全領域補正について示す説明図である。

【図3 6】破線はピーク低減による制限に使用されるゲイン  $G_p$  の適合化を後側の片側全領域補正について示す説明図である。

【図3 7】車速  $V$  と基準値  $R_{vref}$  との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0069】

#### 実施形態の総括説明

具体的な実施形態の説明に先立ち、各実施形態に共通の技術的事項について総括的に説明する。

#### 1) 案内棒モデル

【0070】

車両の軌跡に関する運転者の意図は、運転者の操舵操作量に反映されていると考えられるので、操舵輪である前輪の向き、即ち前輪の舵角が運転者の前方注視方向であると考えられてよい。そこで前輪に仮想の案内棒が設置された仮想の車両を定義し、運転者は案内棒の先端が希望の軌跡に沿って移動するように車両を運転していると仮定する。その場合前方注視距離、即ち車両から運転者が注視する位置までの距離は案内棒の長さに対応し、車速に応じて変化すると考えられる。

【0071】

本明細書に於いては、上述の仮想の案内棒を備えた車両のモデルを「案内棒モデル」と呼ぶこととする。案内棒モデルによれば、運転者が車両の進路を変更しようとしたときの運転者の操舵操作量及び車速に基づいて、案内棒の先端を通る軌跡として車両の好ましい目標軌跡を設定することができる。

【0072】

従って設定された目標軌跡に沿って車両が走行するよう前輪の舵角を制御することにより、車両周囲の情報を撮影や車外よりの通信等によって周囲の情報を取得することを要することなく、車両を好ましい目標軌跡に沿って走行させることができる。

【0073】

案内棒モデルに基づく車両の軌跡制御の理解が容易になるよう、図18に示されている如く、車両は前輪100及び後輪102を備えた2輪モデルの車両104であるとする。そして車両104がその前後方向を示す線106に対し角度  $\theta$  傾斜した目標進路108へ進路を変更する場合について考える。尚角度の単位はradである。

【0074】

図示の如く、前輪100の中心Oから目標進路108上の点Pまで前輪の前後方向に沿って車両の前方へ仮想の案内棒110が突き出ているものとし、車両の前後方向に対する案内棒110の傾斜角を  $\alpha$  とする。そして案内棒110の長さ、即ち線分OPの長さをAとし、目標進路108と案内棒110とがなす角度を  $\beta$  とする。また前輪100の中心Oから目標進路108までの距離をxとし、前輪100の舵角を  $\delta$  とする ( $\delta = \theta - \alpha$ )。更に車両104のホイールベースをWBとし、車速をVとする。尚長さの単位はmであり、時間の単位はsecである。

【0075】

舵角  $\delta$  及び車速  $V$  が変化せずに微小時間  $dt$  が経過することにより、車両104が実線

10

20

30

40

50

にて示された位置より破線にて示された位置へ移動し、これに伴う角度  $\theta$  及び距離  $x$  の変化をそれぞれ  $d\theta$  及び距離  $dx$  とすると、下記の式 1 ~ 式 4 が成立する。尚微小時間  $dt$  は非常に小さいので、図示の如く前輪 100 は案内棒 110 上の点に移動し、後輪 102 は移動前の車両の前後方向を示す線 106 上の点に移動すると考えられてよい。

【0076】

$$x = A \sin \theta \quad \dots\dots (1)$$

$$x = A \sin \theta \quad \dots\dots (2)$$

$$-WBd\theta = Vdt \sin \theta \quad \dots\dots (3)$$

$$-dx = Vdt \sin \theta \quad \dots\dots (4)$$

【0077】

上記式 2 を  $\theta$  で微分すると、下記の式 5 が得られるので、 $dx$  は下記の式 6 により表される。

$$dx/d\theta = A \cos \theta \quad \dots\dots (5)$$

$$dx = A \cos \theta \cdot d\theta \quad \dots\dots (6)$$

【0078】

上記式 4 に式 6 を代入すると、下記の式 7 が得られるので、案内棒の長さ  $A$  は下記の式 8 により表される。

$$-A \cos \theta \cdot d\theta = Vdt \sin \theta \quad \dots\dots (7)$$

$$A = - (Vdt \sin \theta) / (\cos \theta \cdot d\theta)$$

$$= - (Vdt \tan \theta) / d\theta$$

$$= - Vdt \cdot \{ 1 / (\cos \theta)^2 \} \quad \dots\dots (8)$$

【0079】

また上記式 3 を  $Vdt$  について解くと、下記の式 9 が得られ、式 9 を式 8 に代入すると下記の式 10 が得られる。

$$Vdt = (-WBd\theta) / \sin \theta \quad \dots\dots (9)$$

$$A = - (-WBd\theta) / \sin \theta \cdot \{ 1 / (\cos \theta)^2 \} \quad \dots\dots (10)$$

【0080】

旋回の如き車両の非直進走行は定常円走行の組合せと考えることができ、軌跡が円弧である場合には角度  $\theta$  及び  $\phi$  は互いに同一である。また  $\theta$  は前輪の舵角  $\delta$  と同一である。よって式 10 の角度  $\theta$  及び  $\phi$  を舵角  $\delta$  に書き換えることにより、案内棒の長さ  $A$  を式 11 にて表すことができる。

$$A = (WBd\delta) / \sin \delta \cdot \{ 1 / (\cos \delta)^2 \} \quad \dots\dots (11)$$

【0081】

式 11 の  $d\delta$  は車両のヨーレート  $YR$  であり、ヨーレート  $YR$  は下記の式 12 により表される。

$$YR = V / WB \cdot \delta \quad \dots\dots (12)$$

【0082】

よって式 11 の  $d\delta$  に式 12 を代入することにより、案内棒の長さ  $A$  を式 13 にて表すことができる。

$$A = WB (V / WB \cdot \delta) / \sin \delta \cdot \{ 1 / (\cos \delta)^2 \}$$

$$= (V \cdot \delta) / \sin \delta \cdot \{ 1 / (\cos \delta)^2 \} \quad \dots\dots (13)$$

【0083】

尚車両の旋回方向が左旋回か右旋回かによって舵角  $\delta$  の符号が異なる場合には、車両の旋回方向が逆になることによって舵角  $\delta$  の符号が逆になると、 $\sin$  の符号も同様に逆になるので、案内棒の長さ  $A$  は常に正の値である。

【0084】

以上の説明に於いては、案内棒 110 は前輪 100 の中心  $O$  を基準位置とし該基準位置から前輪の前後方向に沿って車両の前方へ突き出ているものとして案内棒モデルを説明した。しかし車両の軌跡は車両の重心の軌跡と考える方が好ましいので、これ以降の説明に於いては、案内棒は車両の重心を基準位置とし該基準位置から前輪の前後方向に沿って車

10

20

30

40

50

両の前方へ突き出ているものとする。

【 0 0 8 5 】

2 ) 円弧状の軌跡

次に図 1 9 に示されている如く、前輪の舵角 及び車速 V がそれぞれ一定の値に設定されて車両 1 0 4 が定常円旋回し、位置 P 0より位置 P 1まで円弧状の軌跡 T cを描いて走行する場合について考える。この場合車両 1 0 4 の重心が位置 P 0にあるときの案内棒に対応する線分は、基準点 P 0より先端 P 1まで延在している。

【 0 0 8 6 】

車両 1 0 4 の運動は定常円旋回運動であるので、車両のヨーレート Y R は上記式 1 2 により表され、車両の横加速度 L A は下記の式 1 4 により表される。

$$L A = Y R * V \dots\dots ( 1 4 )$$

10

【 0 0 8 7 】

よって円弧状の軌跡 T cの半径 R は下記の式 1 5 により表される。

$$\begin{aligned} R &= V^2 / L A \\ &= V^2 / ( Y R * V ) \\ &= V / Y R \\ &= V / ( V / W B * ) \\ &= W B / \dots\dots ( 1 5 ) \end{aligned}$$

【 0 0 8 8 】

また図 1 9 に示されている如く、車両 1 0 4 の前後方向を示す線 1 0 6 及び目標進路を示す線 1 0 8 はそれぞれ位置 P 0及び P 1に於いて円弧状の軌跡 T cに接する接線である。線 1 0 6 及び 1 0 8 の交点を Q 1とし、円弧状の軌跡 T cの中心 O cより案内棒 1 1 0 に下した垂線の足を Q 2とする。三角形 P 0 O c P 1は中心 O cを頂点とする二等辺三角形であるので、角度 P 0 O c Q 2及び角度 P 1 O c Q 2は互いに等しく、これらを とする。また角度 O c P 0 Q 2及び角度 O c P 1 Q 2も互いに等しく、これらを とする。

20

【 0 0 8 9 】

図 1 9 より解る如く、下記の式 1 6 及び 1 7 が成立する。よって角度 は角度 及び と同一である。

$$\begin{aligned} + &= + = / 2 \dots\dots ( 1 6 ) \\ + &= / 2 \dots\dots ( 1 7 ) \end{aligned}$$

30

【 0 0 9 0 】

また図 1 9 より解る如く、案内棒に対応する線分の長さ A 0は線分 P 0 Q 2の 2 倍であり、線分 P 0 Q 2の長さは R \* sin = R \* sin である。よって案内棒に対応する線分の長さ A 0は式 1 8 にて表わされる。

$$\begin{aligned} A 0 &= 2 R * sin \\ &= 2 ( W B / ) * sin \dots\dots ( 1 8 ) \end{aligned}$$

【 0 0 9 1 】

式 1 8 により表される案内棒に対応する線分の長さ A 0は車速 V を含んでおらず、車速 V に依存しない。この線分の長さ A 0と式 1 3 により表される案内棒の長さ A との比較より、前輪の舵角 を修正しなければ、案内棒 1 1 0 の先端を通る円弧状の軌跡に沿って車両を走行させることができないことが解る。換言すれば、線分の長さ A 0を式 1 3 により表される案内棒の長さ A と同一の値にするためには、運転者の操舵操作量及びステアリングギヤ比により定まる舵角 ( 「 本来の舵角 」 という ) とは異なる値に前輪の舵角を修正しなければならない。

40

【 0 0 9 2 】

図 2 0 に示されている如く、前輪の舵角が本来の舵角 から修正後の舵角 に修正されると、車両 1 0 4 が案内棒 1 1 0 の先端 P 1 を通る円弧状の軌跡 T c に沿って走行することができる。また円弧状の軌跡 T c の中心及び半径はそれぞれ O c 、 R であるとする。

【 0 0 9 3 】

50

半径  $R$  は上記式 15 に対応する下記の式 19 により表される。

$$R = WB / \dots\dots (19)$$

【0094】

三角形  $P_0P_1O_c$  及び三角形  $P_0P_1 O_c$  は相似形であるので、下記の式 20 が成立する。

$$R / R = A_0 / A \dots\dots (20)$$

【0095】

この式 20 に  $\theta$  が  $\theta_0$  に書き換えられた上記式 13 及び上記式 15、18、19 を代入すると、下記の式 21 が得られる。

$$\theta / \theta_0 = 2WB * \sin \theta_0 * \sin \theta * (\cos \theta_0)^2 / (V * \dots\dots) \dots\dots (21)$$

10

【0096】

前輪の舵角  $\theta$  及び修正後の舵角  $\theta_0$  が小さい値であるときには、 $\sin \theta$  及び  $\sin \theta_0$  はそれぞれ  $\theta$  及び  $\theta_0$  であると看做されてよく、 $\cos \theta_0$  は 1 であると看做されてよい。よって修正後の舵角  $\theta_0$  は上記式 21 が変形された下記の式 22 により表される。

$$\theta_0 = (2WB / V) * \dots\dots (22)$$

【0097】

運転者の操舵操作量としての操舵角を  $\theta$  とし、ステアリングギヤ比を  $N$  とすると、前輪の本来の舵角  $\theta_0$  は下記の式 23 により表される。尚ステアリングギヤ比  $N$  は一定であってもよく、また例えば車速  $V$  に応じて可変設定される値であってもよい。

$$\theta_0 = \theta / N \dots\dots (23)$$

20

【0098】

よって修正後の舵角  $\theta_0$  は下記の式 24 により表される。

$$\theta_0 = (2WB / V) * \theta / N \dots\dots (24)$$

【0099】

また前輪の舵角及び車速がそれぞれ一定の  $\theta_0$  及び  $V$  に維持された状態で車両が位置  $P_0$  より位置  $P_1$  まで円弧状の軌跡  $T_c$  に沿って走行するに要する時間を  $T_a$  とする。時間  $T_a$  は中心角  $\theta_0$  が  $2\theta_0$  で半径が  $R$  の扇形の円弧に沿って式 25 により表されるヨーレート  $Y_R$  にて円弧運動に必要な時間である。よって時間  $T_a$  は式 26 により表される通り、1 [sec] であり、車速  $V$  に依存しない。

$$Y_R = V / WB * \dots\dots (25)$$

$$T_a = 2\theta_0 / Y_R$$

$$= 2WB * \theta_0 / (V * \dots\dots)$$

$$= 2WB * \theta_0 / \{ V * (2WB / V) * \dots\dots \}$$

$$= 1 \dots\dots (26)$$

30

【0100】

従って前輪の本来の舵角が  $\theta_0$  である状況に於いて、車速  $V$  を一定の値に維持し前輪の舵角を修正後の舵角  $\theta_0$  になるよう制御することにより、案内棒 110 の先端  $P_1$  を通る円弧状の軌跡  $T_c$  に沿って車両を走行させることができる。そして車速  $V$  の値に関係なく車両は時間  $T_a = 1$  [sec] が経過するときに位置  $P_1$  を通過する。

40

【0101】

### 3) 指数関数の軌跡

上記式 2 より下記の式 27 が成立する。但し式 1 より  $\theta_0 = \theta$  である。

$$x = -V * \sin \theta_0 \dots\dots (27)$$

【0102】

上記式 2 及び 27 より下記の式 28 が成立し、式 28 は距離  $x$  がウェバー則に則して変化する変数であることを示している。

$$x = - (V / A) x \dots\dots (28)$$

【0103】

式 28 を解くと式 29 が得られる。よって距離  $x$  が式 29 に則して変化するように制御す

50

ることにより、距離  $x$  をウェバー則に則して制御することができる。尚  $x_0$  は時間  $t$  が 0 であるときの距離  $x$  の値である。

$$x = x_0 * \exp \{ - (V / A) * t \} \quad \dots\dots (29)$$

【0104】

次に上記式 29 に基づく距離  $x$  の制御を人間の知覚特性に適合させることを考える。図 21 に示されている如く、距離  $x$  の 2 回微分値である車両の水平加速度  $x$  が増加する場合に於いて、人が水平加速度  $x$  の変化を知覚できる最小量を  $x$  とする。そして人が水平加速度  $x$  の変化  $x$  を知覚するに要する最小時間を  $T$  とする。水平加速度  $x$  の変化率を  $x$  として最小量  $x$  は下記の式 30 により表される。

$$x = x * T \quad \dots\dots (30)$$

10

【0105】

図 21 より解る如く、水平加速度  $x$  の変化率  $x$  は下記の式 31 により表される。

$$\begin{aligned} x &= \{ (x + x) - x \} / \{ (T + T) - T \} \\ &= x / T \quad \dots\dots (31) \end{aligned}$$

【0106】

上記式 28 を 2 回微分すると下記の式 32 が得られるので、下記の式 33 が成立する。

$$x = - (V / A) * x \quad \dots\dots (32)$$

$$x / x = - (V / A) \quad \dots\dots (33)$$

【0107】

上記式 33 に上記式 31 を代入して変形することにより、下記の式 34 が得られる。

$$x / x = - (V / A) * T \quad \dots\dots (34)$$

20

【0108】

上記式 34 はウェバー比の形をなす式であるので、ウェバー比を  $-k$  として上記式 34 を下記の式 35 の通りに書き換えることができる。但し  $k$  は式 36 により表される正の値である。

$$x / x = -k \quad \dots\dots (35)$$

$$k = (V / A) * T \quad \dots\dots (36)$$

【0109】

尚最小時間  $T$  は個人差のある値であるが、最小時間  $T$  を平均的な一定の値とし、ウェバー比  $-k$  も一定の値であるとする。

30

【0110】

上記式 35 を下記の式 37 の通り変形し、式 37 を上記式 30 に代入して変形することにより、下記の式 38 が得られる。そして下記の式 38 を解くことにより、下記の式 39 が得られる。

$$x = -k * x \quad \dots\dots (37)$$

$$x * T = -k * x \quad \dots\dots (38)$$

$$x = x_0 * \exp \{ - (k / T) * t \} \quad \dots\dots (39)$$

【0111】

上記式 29 及び 39 は何れも距離  $x$  が時間  $t$  の指数関数であることを示しているが、式 39 によれば距離  $x$ 、従って車両の好ましい指数関数の軌跡を車速  $V$  に依存しないウェバー比  $-k$  及び最小時間  $T$  にて表すことができる。

40

【0112】

よって上記式 39 を使用して車両の軌跡を制御することにより、車速  $V$  に依存する上記式 29 を使用して車両の軌跡を制御する場合に比して、下記の利点がられる。

(1) 上記式 39 は車速  $V$  を含んでいないので、演算量を少なくし、制御を単純化することができる。

(2) 車両の軌跡を人の知覚特性に適合した好ましい指数関数の軌跡に制御することができる。

【0113】

以上の説明より解る如く、式 39 に従って距離  $x$  を制御することによって車両の軌跡を

50

制御することにより、車両の軌跡を円弧状の軌跡よりも人の知覚特性にとって好ましい指数関数の軌跡にすることができる。

【0114】

しかし車両の軌跡が上記式39に従って指数関数の軌跡に設定されても、車両が位置P1に到達するに要する時間Tbが車両の軌跡が円弧状の軌跡である場合の時間Taと同一になるとは限らない。

【0115】

そこで時間Tbを時間Taと同一の値にするための補正係数をDとして上記式39を下記の式40の通りに書き換える。

$$x = x_0 * \exp\{- (k / T) D * t\} \dots\dots (40)$$

10

【0116】

車両が位置P1に到達するに要する時間Tbを時間Taとするためには、xbを0に近い正の定数として、式40に於いて時間tがTaであるときに距離xがxbになればよく、従って下記の式41が成立すればよい。Taは1[sec]であるので、補正係数Dについて式41を解くと、式42が得られる。

$$x_b = x_0 * \exp\{- (k / T) D * T_a\} \dots\dots (41)$$

$$D = - (\log_e x_b - \log_e x_0) * T / (k * T_a) \\ = - (\log_e x_b - \log_e x_0) * T / k \dots\dots (42)$$

【0117】

図22に示されている如く、距離xが上記式40に則して変化するように前輪の舵角が制御されることにより、案内棒の基準位置P0より案内棒の先端位置P1まで指数関数の軌跡Teを描いて走行する場合について考える。

20

【0118】

案内棒の基準位置P0より目標進路を示す線108に下した垂線の足を交点Q3とする。上記式40により表される指数関数は、目標進路を示す線108を時間に関する座標軸とし、車両104の前後方向を示す線106を距離xに関する座標軸とし、交点Q3を原点とする直角座標に於ける関数である。

【0119】

位置P1と交点Q3との間の距離及び位置P0と位置交点Q3との間の距離をそれぞれB及びCとすると、距離B及びCはそれぞれ下記の式43及び44により表される。

30

$$B = A * \cos \dots\dots (43)$$

$$C = A * \sin \\ = 2 R * \sin \theta * \sin \theta \\ = 2 (W B / \dots) * (\sin \theta)^2 \dots\dots (44)$$

【0120】

舵角θが小さいときにはsinθはθに等しいと看做されてよいので、上記式44に上記式22を代入すると共にsinθ = θとすることにより、距離Cは下記の式45により表される。また距離Cは時間tが0であるときの距離xの値x0であり、正の値である。よって式45に対応する下記の式46により距離x0を求めることができる。

40

$$C = (V / \dots) * \dots^2$$

$$= V * \dots\dots (45)$$

$$x_0 = V * | \dots | \dots\dots (46)$$

【0121】

従って補正係数D及び距離x0をそれぞれ式42及び46により求め、式40に従って距離xを制御することにより、時間Ta = 1[sec]が経過するときに車両が実質的に位置P1に到達するよう、車両を指数関数の軌跡Teに沿って走行させることができる。

【0122】

次に距離xを上記式40、42及び46に則して変化させることにより、車両の軌跡を好ましい指数関数の軌跡Teに制御するための前輪の舵角の制御について説明する。

【0123】

50

まず前輪の舵角  $\delta$  及び車速  $V$  がそれぞれ一定の  $\delta_0$  及び一定の値に設定されて、車両が案内棒の基準位置  $P_0$  より案内棒の先端位置  $P_1$  まで円弧状の軌跡  $T_c$  を描いて走行する場合の車両の横加速度  $L A_a$  について考える。車両のスリップ角が  $0$  であるとする、車両の横加速度  $L A_a$  は式 25 により表されるヨーレート  $Y R$  と車速  $V$  との積に等しいので、下記の式 47 により求められる値である。

$$\begin{aligned}
 L A_a &= Y R * V \\
 &= V / W B * \delta_0 * V \\
 &= V^2 / W B * \delta_0 \\
 &= V^2 / W B * (2 W B / V) * \delta_0 / N \\
 &= 2 V * \delta_0 / N \dots\dots (47)
 \end{aligned}$$

10

【 0 1 2 4 】

また車速  $V$  が一定の値に設定され、前輪の舵角  $\delta$  が  $\delta_b$  に可変制御されることにより、車両が案内棒の基準位置  $P_0$  より案内棒の先端位置  $P_1$  まで上記式 40 により表される指数関数の軌跡  $T_e$  を描いて走行する場合の車両の横加速度  $L A_b$  について考える。

【 0 1 2 5 】

図 23 及び図 24 に示されている如く、車両が基準位置  $P_0$  と先端位置  $P_1$  との間的位置  $P_3$  へ移動した状況について、車速  $V$  を距離  $x$  に関する座標軸に平行な成分  $V_x$  と時間に関する座標軸に平行な成分  $V_y$  とに分解すると、式 48 が成立する。

$$V = (V_x^2 + V_y^2)^{1/2} \dots\dots (48)$$

【 0 1 2 6 】

距離  $x$  に関する座標軸に平行な成分  $V_x$  は式 40 により表される距離の変化率に等しいので、下記の式 49 により成分  $V_x$  を求めることができる。

$$\begin{aligned}
 V_x &= dx / dt \\
 &= |d [ x_0 * \exp \{ - (k / T) D * t \} ] / dt \\
 &= | - V * \delta_0 * (k / T * D) * \exp \{ - (k / T) D * t \} | \dots\dots (49)
 \end{aligned}$$

20

【 0 1 2 7 】

式 48 及び式 49 より、時間に関する座標軸に平行な成分  $V_y$  を下記の式 50 により求めることができる。ことが解る。

$$V_y = (V^2 - V_x^2)^{1/2} \dots\dots (50)$$

【 0 1 2 8 】

図 24 に示されている如く、車両の前後方向を示す線 106 が距離  $x$  に関する座標軸に平行な線 112 に対しなす角度、即ち距離  $x$  に関する座標軸に平行な成分  $V_x$  が車速  $V$  に対しなす角度を  $\theta$  とする。車両のスリップ角が  $0$  であるとする、下記の式 51 が成立する。よって角度  $\theta$  は下記の式 52 により表される。

$$\begin{aligned}
 \tan \theta &= V_y / V_x \dots\dots (51) \\
 &= \tan^{-1} (V_y / V_x) \dots\dots (52)
 \end{aligned}$$

30

【 0 1 2 9 】

距離  $x$  に関する座標軸に平行な成分  $V_x$  の車両の横方向の成分を  $V_{xx}$  とし、時間に関する座標軸に平行な成分  $V_y$  の車両の横方向の成分を  $V_{yx}$  とする。車両の横方向の成分  $V_{xx}$  及び  $V_{yx}$  はそれぞれ式 53 及び 54 により表される。

$$\begin{aligned}
 V_{xx} &= V_x * \sin \theta \dots\dots (53) \\
 V_{yx} &= V_y * \cos \theta \dots\dots (54)
 \end{aligned}$$

40

【 0 1 3 0 】

従って車両が指数関数の軌跡  $T_e$  を描いて走行する場合の車両の横方向の速度  $V_z$  は下記の式 55 により表され、車両の横加速度  $L A_b$  は下記の式 56 により表される。

$$\begin{aligned}
 V_z &= V_{yx} - V_{xx} \\
 &= V_y * \cos \theta - V_x * \sin \theta \dots\dots (55)
 \end{aligned}$$

$$L A_b = d (V_z) / dt \dots\dots (56)$$

【 0 1 3 1 】

車両が指数関数の軌跡  $T_e$  を描いて走行する場合の車両の横加速度  $L A_b$  と車両が円弧状

50

の軌跡  $T_c$  を描いて走行する場合の車両の横加速度  $L A_a$  との偏差  $L A$  は式 57 により表される。

$$L A = L A_b - L A_a \quad \dots\dots (57)$$

【0132】

車両のヨーレート  $Y R$  は式 25 に於ける  $b$  を  $b$  に置き換えた値であると共に、車両の横加速度  $L A_b$  を車速  $V$  にて除算した値であるので、式 58 が成立する。

$$V / W B * b = L A_b / V \quad \dots\dots (58)$$

【0133】

よって指数関数の軌跡  $T_e$  を描くよう車両を走行させるための前輪の舵角  $b$  は下記の式 59 により求められる。

$$\begin{aligned} b &= (L A_b / V) / (V / W B) \\ &= (W B / V^2) * L A_b \quad \dots\dots (59) \end{aligned}$$

【0134】

円弧状の軌跡  $T_c$  を描くよう車両を走行させるための前輪の舵角  $a$  (目標舵角  $a_t =$  ) を基準にして、指数関数の軌跡  $T_e$  を描くよう車両を走行させるために必要な前輪の舵角の修正量を  $b$  とする。前輪の舵角の修正量  $b$  は、左旋回時を正とすると、左旋回時については下記の式 60 により求められ、右旋回時については下記の式 61 により求められる。

$$b = (W B / V^2) * L A \quad \dots\dots (60)$$

$$b = - (W B / V^2) * L A \quad \dots\dots (61)$$

【0135】

円弧状の軌跡  $T_c$  を描くよう車両を走行させるための前輪の舵角  $a$  は式 24 により表される修正後の舵角  $a$  である。従って指数関数の軌跡  $T_e$  を描くよう車両を走行させるための前輪の目標舵角  $a_t$  (暫定の目標舵角)  $b_t$  は、左旋回時については下記の式 62 により求められ、右旋回時については下記の式 63 により求められる。

$$\begin{aligned} b_t &= a_t + b \\ &= (2 W B / V) * \dot{\theta} / N + (W B / V^2) * L A \quad \dots\dots (62) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_t &= a_t + b \\ &= (2 W B / V) * \dot{\theta} / N - (W B / V^2) * L A \quad \dots\dots (63) \end{aligned}$$

【0136】

#### 4) 前輪及び後輪の舵角の制御

以上の説明は、前輪の舵角を制御することにより、目標軌跡に沿って車両を走行させるものである。前輪の舵角の制御による車両の軌跡制御は後輪操舵装置を必要とせず、また前輪及び後輪の舵角の制御による車両の軌跡制御よりも容易である。

【0137】

しかし上記式 12 により解る如く、車両のヨーレート  $Y R$  は車速  $V$  が一定であれば前輪の舵角  $\delta$  によって一義的に定まる。また車両のロール角も車両のヨーレート  $Y R$  によって一義的に定まる。そのため目標軌跡によっては車両の旋回状態量であるヨーレート  $Y R$  やロール角が過大になることがある。

【0138】

前輪及び後輪の舵角の制御によれば、軌跡制御に必要な車両の横加速度を確保しつつ車両のヨーレート  $Y R$  を前輪のみが舵角制御される場合とは異なる値に制御することができる。よって前輪しか舵角制御されない場合には車両のヨーレートやロール角が過大になる虞れがある状況に於いて、前輪の舵角  $\delta_f$  及び後輪の舵角  $\delta_r$  の両方を制御することにより、ヨーレートやロール角が過大になることを防止することが考えられる。但しその場合には車両に後輪操舵装置が搭載されている必要がある。

【0139】

車両のスリップ角  $S a$  の微分値、即ちスリップ角速度を  $S a_d$  とすると、車両の横加速度  $L A$  は下記の式 64 により表される。

$$L A = V (S a_d + Y R) \quad \dots\dots (64)$$

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 0 】

上記式 6 4 のスリップ角速度  $S_{ad}$  及びヨーレート  $Y_R$  は下記の式 6 5 及び 6 6 より演算可能である。尚  $M$  は車両の質量であり、 $L_f$  及び  $L_r$  はそれぞれ前輪車軸及び後輪車軸と車両の重心との間の車両前後方向の距離である。また  $I$  は車両のヨー慣性モーメントであり、 $C_f$  及び  $C_r$  はそれぞれ前輪及び後輪のコナリングパワーである。更に  $Y_{Rd}$  はヨーレート  $Y_R$  の微分値であり、 $s$  はラプラス演算子である。

## 【 0 1 4 1 】

## 【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} Y_{Rd} \\ S_{ad} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_R \\ S_a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta f \\ \delta r \end{bmatrix} \quad \dots (65) \quad 10$$

## 【 数 2 】

$$\begin{bmatrix} Y_R \\ S_a \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta S} \begin{bmatrix} b_{11}s - b_{11}a_{22} + b_{21}a_{12} & b_{12}s - b_{12}a_{22} + b_{22}a_{12} \\ b_{21}s - b_{21}a_{11} + b_{11}a_{21} & b_{22}s - b_{22}a_{11} + b_{12}a_{21} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta f \\ \delta r \end{bmatrix} \quad \dots (66)$$

$$\text{ここに } \Delta S = s^2 - (a_{11} + a_{22})s + a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$$

## 【 0 1 4 2 】

また各係数  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $b_{11}$ 、 $b_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ 、 $b_{21}$ 、 $b_{22}$  は下記の通りである。 20

## 【 数 3 】

$$a_{11} = -\frac{L_f^2 C_f + L_r^2 C_r}{IV}$$

$$a_{12} = \frac{L_r C_r - L_f C_f}{I}$$

$$b_{11} = \frac{L_f C_f}{I}$$

$$b_{12} = -\frac{L_r C_r}{I} \quad 30$$

$$a_{21} = -\frac{L_r C_r - L_f C_f}{MV^2} - 1$$

$$a_{22} = -\frac{C_f + C_r}{MV}$$

$$b_{21} = \frac{C_f}{MV} \quad 40$$

$$b_{22} = \frac{C_r}{MV}$$

## 【 0 1 4 3 】

よってラプラス演算子  $s$  の項を無視すると、スリップ角速度  $S_{ad}$  及びヨーレート  $Y_R$  は下記の式 6 7 及び 6 8 により表される。但し係数  $C_a \sim C_d$  は上記式 6 5 及び 6 6 をスリップ角速度  $S_{ad}$  及びヨーレート  $Y_R$  について解くことにより求まる一定の係数である。

$$S_{ad} = C_a * f + C_b * r \quad \dots (67)$$

$$Y_R = C_c * f + C_d * r \quad \dots (68)$$

## 【 0 1 4 4 】

上記式 6 4 及び 6 7 より、下記の式 6 9 が成立する。

$$L A / V - Y R = S a d$$

$$= C a * f + C b * r \dots\dots ( 6 9 )$$

【 0 1 4 5 】

従って前輪のみの舵角制御ではヨーレート Y R が過大になる虞れがあるときには、上記各式のヨーレート Y R を制限することにより、ヨーレート Y R が過大になることを防止しつつ車両の横加速度 L A を目標軌跡の達成に必要な値にすることができる。即ち上記式 6 8 及び 6 9 に於けるヨーレート Y R を前輪のみの舵角制御の場合の値よりも大きさが小さい値に設定することにより、ヨーレートが過大になることを防止しつつ目標軌跡を達成するに必要な前輪の舵角 f 及び後輪の舵角 r を演算することができる。

10

【 0 1 4 6 】

また車両の重心高さを H とし、車両のロール剛性を K r とし、重力加速度を g とすると、定常的な車両のロール角 R v は下記の式 7 0 により表される。

$$R v = M * H * V * Y R / ( K r - M g * H ) \dots\dots ( 7 0 )$$

【 0 1 4 7 】

よって上記式 7 0 のヨーレート Y R に上記式 6 8 及び 6 9 の Y R を代入することにより、C e ~ C h を一定の係数として、車両のロール角 R v は下記の式 7 1 及び 7 2 により表される。

$$R v = C e * f + C f * r \dots\dots ( 7 1 )$$

$$R v = K g * V * L A - ( C g * f + C h * r ) V \dots\dots ( 7 2 )$$

20

但し係数 K g、C g 及び C h はそれぞれ下記の式にて表される定数である。

$$K g = M * H * / ( K r - M g * H )$$

$$C g = K g * C a$$

$$C h = K g * C b$$

【 0 1 4 8 】

従って前輪のみの舵角制御ではロール角 R v が過大になる虞れがあるときには、上記二つの式のロール角 R v を制限することにより、ロール角 R v が過大になることを防止しつつ車両の横加速度 L A を目標軌跡の達成に必要な値にすることができる。即ち上記式 7 1 及び 7 2 に於いてロール角 R v を前輪のみの舵角制御の場合の値よりも大きさが小さい値に設定することにより、ロール角 R v が過大になることを防止しつつ目標軌跡を達成するに必要な前輪の舵角 f 及び後輪の舵角 r を演算することができる。

30

【 0 1 4 9 】

5 ) 旋回状態量の制限方法

以上の説明より解る如く、車両の旋回状態量であるヨーレートやロール角が過大になる虞れがあるときには、前輪の舵角 f 及び後輪の舵角 r の両方を適宜に制御することにより、ヨーレートやロール角が過大になることを防止することができる。

【 0 1 5 0 】

前述の如く指数関数の軌跡 T e を描くよう車両を走行させるための前輪の暫定の目標舵角 b t を上記式 6 2 又は 6 3 により求めることができる。また上記式 1 2 より解る如く、車速 V が一定であれば前輪の舵角 と車両のヨーレート Y R との間には一義的な関係がある。よって前輪の目標舵角 b t が求められれば、車両が目標軌跡の終点である目標到達位置に到達するまでのヨーレート Y R やロール角 R v を前輪の目標舵角 b t に基づいて上記式 1 2 及び 7 0 により予め推定することができる。

40

【 0 1 5 1 】

よって推定されるヨーレート及びロール角をそれぞれ Y R a、R v a として、推定されるヨーレート Y R a やロール角 R v a の大きさの最大値が基準値を越えるか否かの判定により、ヨーレートやロール角が過大になる虞れがあるか否かを判定することができる。またヨーレートやロール角が過大になる虞れがあるときには、下記の何れかの方法によって前輪のみの舵角制御から前後輪の舵角の制御へ切り替えることにより、ヨーレートやロール角が過大になることを防止することができる。

50

## 【 0 1 5 2 】

図 2 4 に於いて破線にて示されている如く、推定されるヨーレート  $Y R a$  の大きさが時点  $t c 1$  から  $t c 2$  までの区間に於いて基準値  $Y R r e f$  を越える場合について、旋回状態量の二つの制限方法を説明する。

## 【 0 1 5 3 】

尚基準値  $Y R r e f$  は定数であってもよいが、車速  $V$  が高いほど許容される車両のヨーレートの大きさは小さくなる。よって図 3 1 に示されている如く、基準値  $Y R r e f$  は車速  $V$  が高いときには車速  $V$  が低いときに比して小さくなるよう、車速  $V$  に応じて可変設定されることが好ましい。

## 【 0 1 5 4 】

## 5 - 1 ) 旋回状態量の上限值による制限

旋回状態量であるヨーレートを上限値によって制限するものであり、制限による影響を低減する方法によって、片側部分領域補正、両側部分領域補正、片側全領域補正、両側全領域補正に分類される。

## 【 0 1 5 5 】

## 5 - 1 - 1 ) 片側部分領域補正

時点  $t c 1$  から  $t c 2$  までの区間に於いては、推定ヨーレート  $Y R a$  が基準値  $Y R r e f$  に補正される。そして補正後の推定ヨーレート  $Y R a a$  に基づいて上記式 6 8 及び 6 9 に対応する下記の式 7 3 及び 7 4 に従ってそれぞれ前輪の目標舵角  $f t$  及び後輪の目標舵角  $r t$  が演算される。よって時点  $t c 1$  から  $t c 2$  までの区間に於いては、ヨーレート  $Y R$  は図 2 4 に於いて実線にて示されている如く基準値  $Y R r e f$  を上限値として制限されるので、基準値  $Y R r e f$  を越えることはない。

$$Y R a a = C c * f t + C d * r t \dots\dots ( 7 3 )$$

$$L A / V - Y R a a = C a * f t + C b * r t \dots\dots ( 7 4 )$$

## 【 0 1 5 6 】

かくしてヨーレート  $Y R$  が制限されると、軌跡制御の開始又は更新の時点  $t 0$  から軌跡制御が終了する時点  $t e$  までに於けるヨーレート  $Y R$  の積分値  $Y R i n t$  が、ヨーレート  $Y R$  の制限が行われない場合のヨーレート  $Y R$  の積分値  $R i n t 0$  よりも小さい値になる。換言すれば軌跡制御が終了する時点に於ける車両の向きが本来あるべき向きとは異なることになる。

## 【 0 1 5 7 】

よって時点  $t c 2$  から時点  $t e$  までの区間の少なくとも何れかの領域に於いて、推定ヨーレート  $Y R a$  が増大補正され、積分値  $Y R i n t$  が積分値  $R i n t 0$  に近付けられることが好ましい。そして前輪の目標舵角  $f t$  及び後輪の目標舵角  $r t$  は補正後の推定ヨーレート  $Y R a a$  に基づいて上記式 7 3 及び 7 4 に従って演算されることが好ましい。

## 【 0 1 5 8 】

この場合図 2 4 に於いて実線にて示されている如く、時点  $t c 1$  から  $t c 2$  までの区間に於ける推定ヨーレート  $Y R a$  と基準値  $Y R r e f$  との偏差  $Y R a$  がそのまま時点  $t c 2$  以降の推定ヨーレート  $Y R a$  に加算されてよい。

## 【 0 1 5 9 】

例えば時点  $t c 1$  から時点  $t c 2$  までの制御サイクルが  $i$  サイクルあるとし、 $i$  は  $1 \sim n$  ( 正の整数 ) とする。時点  $t c 1$  から時点  $t c 2$  までの各サイクルの偏差  $Y R a i$  が演算され、時点  $t c 2$  から時点  $t c 3$  までの各サイクルの推定ヨーレート  $Y R a i$  に偏差  $Y R a i$  が順次加算されることにより各サイクルの補正後の推定ヨーレート  $Y R a a$  が演算される。

## 【 0 1 6 0 】

また一般的には時点  $t c 3$  から制御が終了する時点  $t e$  までの時間は時点  $t c 1$  から  $t c 2$  までの時間よりも長く、時点  $t c 3$  から時点  $t e$  までの区間に於いては推定ヨーレートの補正は不要である。よって時点  $t c 1$  から時点  $t c 3$  までの区間に於いて推定ヨーレートが補正され、前輪及び後輪の両方の舵角の制御により軌跡制御が行われる。しかし時点  $t 0$  から時点  $t c 1$  まで及び時点  $t c 3$  から時点  $t e$  までの区間に於いては推定ヨーレートは補正されず、

10

20

30

40

50

暫定の目標舵角  $\delta_t$ に基づく前輪のみの舵角制御により軌跡制御が行われる。

【0161】

#### 5 - 1 - 2 ) 両側部分領域補正

また図25に於いて実線にて示されている如く、偏差  $Y_{Ra}$ が前半の補正量  $Y_{Raf}$ 及び後半の補正量  $Y_{Rar}$ に分割されてよい。そして前半の補正量  $Y_{Raf}$ が時点 $t_{c1}$ より前の一部の領域の推定ヨーレート $Y_{Ra}$ に加算され、後半の補正量  $Y_{Rar}$ が時点 $t_{c2}$ 以降の一部の領域の推定ヨーレート $Y_{Ra}$ に加算されてよい。この両側部分領域補正によれば、片側部分領域補正の場合に比して加算補正に起因してヨーレートが不自然に変化する虞れを低減することができる。

【0162】

尚補正量  $Y_{Raf}$ 及び  $Y_{Rar}$ は偏差  $Y_{Ra}$ の2分の1であってもよく、また例えば時点 $t_0$ から $t_{c1}$ までの時間と時点 $t_{c2}$ から制時点 $t_e$ までの時間との比に比例して偏差  $Y_{Ra}$ が配分された値であってもよい。

【0163】

#### 5 - 1 - 3 ) 片側全領域補正

また図26に於いて実線にて示されている如く、時点 $t_{c2}$ から時点 $t_e$ までの区間の全領域に於いて、ヨーレートの加算補正が行われてもよい。そしてその補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ に基づいて上記式73及び74に従って目標舵角  $\delta_t$ 及び  $\delta_r$ が演算される。この片側全領域補正によれば、片側部分領域補正の場合に比して加算補正に起因してヨーレートが不自然に変化する虞れを低減することができる。

【0164】

尚片側全領域補正に於いては、図32に示されている如く、偏差  $Y_{Ra}$ の変化時間が時点 $t_{c1}$ から時点 $t_{c2}$ までの時間より時点 $t_{c2}$ から時点 $t_e$ までの時間に修正されることにより、時点 $t_{c2}$ から時点 $t_e$ までの各サイクルの補正量  $Y_{Rai}$ が演算される。そして時点 $t_{c2}$ から時点 $t_e$ までの各サイクルの推定ヨーレート $Y_{Rai}$ に補正量  $Y_{Rai}$ が順次加算されることにより各サイクルの補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ が演算されてよい。

【0165】

また片側全領域補正の場合には、時点 $t_{c2}$ から時点 $t_e$ までの区間の全領域に於いて推定ヨーレートの加算補正が行われるので、時点 $t_{c2}$ から時点 $t_e$ までの区間に於いて前輪及び後輪の両方の舵角の制御により軌跡制御が行われる。

【0166】

#### 5 - 1 - 4 ) 両側全領域補正

また図27に於いて実線にて示されている如く、前半の補正量  $Y_{Raf}$ が時点 $t_{c1}$ より前の全領域の推定ヨーレート $Y_{Ra}$ に加算され、後半の補正量  $Y_{Rar}$ が時点 $t_{c2}$ 以降の全領域の推定ヨーレート $Y_{Ra}$ に加算されてよい。この両側全領域補正によれば、両側部分領域補正の場合に比して加算補正に起因してヨーレートが不自然に変化する虞れを低減することができる。

【0167】

尚両側全領域補正に於いても図33に示されている如く片側全領域補正の場合と同様の变化時間の修正が行われる。また補正量  $Y_{Raf}$ 及び  $Y_{Rar}$ は偏差  $Y_{Ra}$ の2分の1であってもよく、また例えば時点 $t_0$ から $t_{c1}$ までの時間と時点 $t_{c2}$ から制時点 $t_e$ までの時間との比に比例して偏差  $Y_{Ra}$ が配分された値であってもよい。

【0168】

また図24～27に於いて二点鎖線にて示されている如く、ヨーレート $Y_R$ は基準値 $Y_{Rref}$ よりも所定値  $Y_{Rlim}$ 小さい制限値 $Y_{Rlim}$ に制限されてもよい。またこの場合には制限は時点 $t_{c1}$ よりも早い時点 $t_{c1}$  から時点 $t_{c2}$ よりも遅い時点 $t_{c2}$  までの区間に於いて行われる。また所定値  $Y_{Rlim}$ は正の定数であってもよいが、例えば車速 $V$ が高いほど大きくなるよう車速 $V$ に応じて可変設定されてもよい。

【0169】

また上述の推定ヨーレートの各補正に於いては、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の増大補正の積

10

20

30

40

50

分値は推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の制限による低減補正の積分値と同一であるが、増大補正の積分値は低減補正の積分値よりも小さくてもよい。但し軌跡制御が終了する時点に於ける車両の向きが本来あるべき向きとは異なる度合を低減するためには、増大補正の積分値は低減補正の積分値の 90% 以上で 100% 以下、特に 95% 以上で 100% 以下であることが好ましい。また低減補正の積分値に対する増大補正の積分値の比は車速  $V$  が高いときには車速  $V$  が低いときに比して高いことが好ましい。尚このことは後述の「旋回状態量のピーク低減による制限」についても同様である。

【0170】

#### 5-2) 旋回状態量のピーク低減による制限

また図 28 に示されている如く、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の大きさの最大値  $Y_{Rmax}$  が基準値  $Y_{Rref}$  を越える場合には、まず基準値  $Y_{Rref}$  よりも所定値  $Y_{Rdec}$  小さい補正判定値  $Y_{Rdec}$  が設定される。そして推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が補正判定値  $Y_{Rdec}$  になる時点  $t_{p1}$  及び  $t_{p2}$  が決定される。尚所定値  $Y_{Rdec}$  は正の定数であってもよいが、例えば車速  $V$  が高いほど大きくなるよう車速  $V$  に応じて可変設定されてもよい。

10

【0171】

図 34 乃至図 36 の破線はピーク低減による制限に使用されるゲイン  $G_p$  を示している。ゲイン  $G_p$  は、1 より増大した後 1 に減少する第一の増大補正区間と、1 より減少した後 1 に増大する減少補正区間と、1 より増大した後 1 に減少する第二の増大補正区間とを有している。尚第一及び第二の増大補正区間の「 $G_p - 1$ 」の積分値の和は減少補正区間の「 $1 - G_p$ 」の積分値に等しい。

20

【0172】

次に最大値  $Y_{Rmax}$  の大きさと基準値  $Y_{Rref}$  との偏差  $Y_{Rmax}$  が演算されると共に、偏差  $Y_{Rmax}$  に基づいてゲイン  $G_p$  に対する正の補正係数  $K_p$  が演算される。この場合補正係数  $K_p$  は偏差  $Y_{Rmax}$  が大きいときには偏差  $Y_{Rmax}$  が小さいときに比して大きくなるよう演算される。

【0173】

またゲイン  $G_p$  に補正係数  $K_p$  が乗算されることによる大きさの補正が行われると共に、時間の補正が行われることにより、ゲインの適合化が行われる。時間の補正に於いては、時点  $t_{g0}$  及び  $t_{ge}$  がそれぞれ時点  $t_0$  及び  $t_e$  と一致し、第一の増大補正区間と減少補正区間との間の時点  $t_{g1}$  及び減少補正区間と第二の増大補正区間との間の時点  $t_{g2}$  がそれぞれ時点  $t_{p1}$  及び  $t_{p2}$  と一致するよう時間が調整される。両側全領域補正によるゲイン  $G_p$  の適合化の一例が図 34 に示されている。また前側の片側全領域補正によるゲイン  $G_p$  の適合化の一例が図 35 に示されている。更に後側の片側全領域補正によるゲイン  $G_p$  の適合化の一例が図 36 に示されている。

30

【0174】

次いで各サイクルについて推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  に適合化後のゲイン  $G_{pa}$  が乗算されることにより補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  が演算される。更に補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  に基づいて上記式 73 及び 74 に従って前輪の目標舵角  $\delta_{ft}$  及び後輪の目標舵角  $\delta_{rt}$  が演算される。

【0175】

40

補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  の例が両側全領域補正、前側の片側全領域補正、後側の片側全領域補正についてそれぞれ図 28 乃至図 30 に於いて実線にて示されている。これらの図より解る如く、ピーク低減による制限によれば、補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  は基準値  $Y_{Rref}$  を越えないので、車両のヨーレート  $Y_R$  が基準値  $Y_{Rref}$  を越えることはない。また「旋回状態量の上限值による制限」の場合に比して、補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  及びヨーレート  $Y_R$  を推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の変化に近い態様にて変化させることができる。

【0176】

図 28 に於いては、時点  $t_{g0}$  が時点  $t_0$  と一致し、時点  $t_{ge}$  が時点  $t_e$  と一致しているが、時点  $t_{g0}$  は時点  $t_0$  と時点  $t_{p1}$  との間に設定され、時点  $t_{ge}$  は時点  $t_{p2}$  と時点  $t_e$  との間

50

に設定されてもよい（両側部分領域補正）。また図 29 に於いては、時点  $t_{g0}$  が時点  $t_0$  と一致しているが、時点  $t_{g0}$  は時点  $t_0$  と時点  $t_{p1}$  との間に設定されてもよい（前側の片側部分領域補正）。また図 30 に於いては、時点  $t_{ge}$  が時点  $t_e$  と一致しているが、時点  $t_{ge}$  は時点  $t_{p2}$  と時点  $t_e$  との間に設定されてもよい（後側の片側部分領域補正）。

【0177】

尚軌跡制御の開始又は更新より終了に至るまでの過程で推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が 2 以上の領域に於いて基準値  $Y_{Rref}$  を越えることはまれである。しかしそのような場合には、旋回状態量の上限值による制限又はピーク低減による制限が各領域について行われてよい。但し相前後する二つの制限の増減補正の領域が重複する場合には、それらの領域が重複しないよう境界の時点が適宜に設定される。

10

【0178】

また前述の如く車両のヨーレートの制限によってロール角  $R_v$  の大きさを低減することができる。よって推定されるロール角  $R_{va}$  の大きさが基準値  $R_{vref}$  を越える場合にも、ヨーレートの上限值による制限又はヨーレートのピーク低減による制限により、車両のロール角  $R_v$  が過大なることを防止することができる。

【0179】

この場合基準値  $R_{vref}$  は正の定数であってよいが、車速  $V$  が高いほど許容される車両のロール角の大きさは小さくなる。よって図 37 に示されている如く、基準値  $R_{vref}$  も車速  $V$  が高いときには車速  $V$  が低いときに比して小さくなるよう、車速  $V$  に応じて可変設定されることが好ましい。

20

【0180】

#### 6) 舵角の制御方法

以上の説明より解る如く、式 24 により表される舵角  $\delta$  を目標舵角として前輪の舵角  $\delta_f$  を制御することにより、円弧状の軌跡  $T_c$  を描くよう車両を走行させることができる。また式 62 又は 63 により求められる目標舵角  $\delta_{bt}$  になるよう前輪の舵角  $\delta_f$  を制御することにより、車両を指数関数の軌跡に沿って走行させることができる。更に式 67 及び 69 により求められる舵角  $\delta_f$  及び  $\delta_r$  をそれぞれ前輪の目標舵角  $\delta_{ft}$  及び後輪の目標舵角  $\delta_{rt}$  として前後輪の舵角を制御することにより、車両のヨーレートやロール角を抑制しつつ車両を指数関数の軌跡に沿って走行させることができる。

【0181】

30

前輪及び後輪の何れの場合にも、舵角を目標舵角に制御する方法として、フィードフォワード制御及びフィードバック制御の何れも可能であり、それぞれに利点がある。

【0182】

フィードフォワード制御は、軌跡の制御を開始すべきと判定したとき（制御開始時）に目標舵角を演算すると共に、制御開始後に車輪の舵角が運転者の操舵操作によって大きく変更されることがないことを前提に、車輪の舵角を目標舵角に制御するものである。

【0183】

フィードフォワード制御の場合には、運転者が操舵操作をしなくても車両の軌跡を目標の軌跡にすることができるので、この制御は車両運転の習熟度が高い運転者よりも車両運転の習熟度が低い運転者に適した制御である。

40

【0184】

これに対しフィードバック制御は、制御開始時に目標舵角を演算すると共に、車輪の舵角が制御開始後に操舵操作によって変更される場合があることを前提に、実際の舵角と目標舵角との偏差を低減することにより車輪の舵角を目標舵角に制御するものである。

【0185】

フィードバック制御の場合には、運転者が操舵操作をしても車両の軌跡を目標の軌跡にすることができるので、この制御は車両運転の習熟度が低い運転者よりも車両運転の習熟度が高い運転者に適した制御である。

【0186】

尚、車輪の舵角を目標舵角に制御する方法がフィードフォワード制御及びフィードバッ

50

ク制御の何れである場合にも、予め設定された軌跡制御の更新条件が成立すると、目標軌跡が更新されることにより軌跡制御が更新される。

【 0 1 8 7 】

#### 7) 前輪の舵角の制御装置

車両の軌跡を目標の軌跡に制御するためには、運転者の操舵操作とは独立に車輪を転舵することによって車輪の舵角を修正し目標舵角に制御することができる舵角制御装置が必要である。

【 0 1 8 8 】

前輪のための舵角制御装置として、ステアリングホイールの如き操舵入力手段と操舵輪である前輪とが機械的に連結された機械的舵角制御装置と、操舵入力手段と前輪とが機械的に連結されていない非機械的舵角制御装置とがある。

10

【 0 1 8 9 】

機械的舵角制御装置はアクチュエータによって操舵入力手段に対し相対的に前輪を転舵駆動するものであり、例えばステアリングギヤ比可変装置（VGRS）を備えたセミステアバイワイヤ式の操舵装置がこれに属する。

【 0 1 9 0 】

非機械的舵角制御装置は操舵入力手段と前輪を転舵駆動する駆動手段とが相互に独立し、両者が制御装置を介して電氣的に接続されたものであり、例えばステアバイワイヤ式の操舵装置がこれに属する。

【 0 1 9 1 】

20

尚後輪のための舵角制御装置は、一般に操舵入力手段と後輪とが機械的に連結されていない非機械的舵角制御装置である。

【 0 1 9 2 】

#### 8) 軌跡の制御の分類と実施形態

以上の説明より解る如く、旋回状態量の制限方法が上限値による制限であるか否かによって、また舵角の制御がフィードフォワード（FF）制御であるかフィードバック（FB）制御であるかによって、本発明による軌跡の制御を分類分けすることができる。また舵角制御装置が機械的舵角制御装置であるか否かによって、本発明による軌跡の制御を更に分類分けすることができる。

【 0 1 9 3 】

30

後述の第一乃至第八の実施形態は、上記分類項目に従ってそれぞれ下記の表1及び表2の通り分類されるものである。尚表1及び表2はそれぞれ舵角制御装置が機械的舵角制御装置である場合及び非機械的舵角制御装置である場合を示している。

【 0 1 9 4 】

【表1】

舵角の制御	制限方法	
	上限値による	ピーク低減による
FF制御	第一の実施形態	第三の実施形態
FB制御	第二の実施形態	第四の実施形態

40

(舵角制御装置＝機械的舵角制御装置)

【 0 1 9 5 】

【表 2】

舵角の制御	制限方法	
	上限値による	ピーク低減による
FF制御	第五の実施形態)	第七の実施形態
FB制御	第六の実施形態	第八の実施形態

10

(舵角制御装置＝非機械的舵角制御装置)

【 0 1 9 6 】

尚後述の第一乃至第八の何れの実施形態に於いても、アンチスキッド制御等の他の車両の走行制御が実行されているときには、軌跡制御は開始されない。また軌跡制御が実行されている状況に於いてアンチスキッド制御等の他の車両の走行制御の開始条件が成立したときには、軌跡制御は終了され、当該他の車両の走行制御が開始される。

【 0 1 9 7 】

9) 機械的舵角制御装置の場合の操舵反力の制御

車両が定常円旋回する場合の旋回半径Rは上記式 1 5 により表される。また車両の軌跡の曲率を とすると、旋回半径Rは下記の式 7 5 により表される。

20

R = 1 / ..... ( 7 5 )

【 0 1 9 8 】

よって前輪の舵角 は下記の式 7 6 により表される。

= WB / R  
= \* WB ..... ( 7 6 )

【 0 1 9 9 】

前輪のキャストトレールとニューマチックトレールとの和を Lt [m] とし、前輪のコーナリングパワーを Kf [Nm/rad] とすると、舵角が [rad] である前輪のキングピン軸周りのトルク Tsは下記の式 7 7 により表される。

30

Ts = - 2 Lt \* Kf \* ..... ( 7 7 )

【 0 2 0 0 】

操舵入力手段としてのステアリングホイールに於けるトルク、即ち操舵トルクを Thとすると、前輪のキングピン軸周りのトルク Tsは、ステアリングギヤ比N (上記式 2 3 参照) を使用して下記の式 7 8 により表される。

Ts = Th \* N ..... ( 7 8 )

【 0 2 0 1 】

上記式 7 7 及び 7 8 より下記の式 7 9 が成立する。よって操舵トルク Thは下記の式 8 0 により表される。

40

Th \* N = - 2 Lt \* Kf \* ..... ( 7 9 )

Th = - 2 Lt \* Kf \* / N ..... ( 8 0 )

【 0 2 0 2 】

式 8 0 はパワーアシストによって操舵トルクが軽減されない場合に於ける前輪の舵角と操舵トルク Thとの関係を示している。よって式 8 0 に式 2 3 を代入することにより得られる下記の式 8 1 により表される Thtは、前輪の舵角が本来の舵角 であるときの操舵トルク、即ち軌跡制御による前輪の舵角の修正が行われな場合の操舵トルクである。

Tht = - 2 Lt \* Kf \* / N ^ 2 ..... ( 8 1 )

前述の如く、目標軌跡が指数関数である場合には、前輪の舵角は本来の舵角 であるべき状況に於いて式 6 2 又は 6 3 の目標舵角 btに制御される。従って前輪の舵角が目標舵角 btであるときの操舵トルク Thbtは下記の式 8 2 により表される。

50

$$\begin{aligned} T_{hbt} &= -2 L_t * K_f * b_t / N \\ &= -2 L_t * K_f * ( \quad + \quad b ) / N \quad \dots\dots ( 8 2 ) \end{aligned}$$

【 0 2 0 3 】

よって軌跡制御に伴う前輪の舵角の制御による操舵トルクの変動量  $T_{hbt}$ は、式 8 2 により表される操舵トルク  $T_{hbt}$ と式 8 1 により表される操舵トルク  $T_h$ との偏差であるので、下記の式 8 3 により表される。

$$\begin{aligned} T_h &= T_{hbt} - T_h \\ &= -2 L_t * K_f * ( \quad + \quad b ) / N + 2 L_t * K_f * \quad / N \\ &= -2 L_t * K_f * \{ ( 2 W B / V ) \quad + \quad b \} / N + 2 L_t * K_f * \quad / N \\ &= -2 L_t * K_f * \{ ( 2 W B / V + 1 ) \quad + \quad b \} / N \quad \dots\dots ( 8 3 ) \end{aligned}$$

10

【 0 2 0 4 】

下記の式 8 4 に従ってトルクセンサにより検出される操舵トルク  $T_{hd}$ から操舵トルクの変動量  $T_{hbt}$ を減算することにより求められる補正後の検出操舵トルク  $T_{hdb}$ は、前輪の舵角の制御による操舵トルクの変動分が排除された操舵トルクである。

$$\begin{aligned} T_{hdb} &= T_{hd} - T_{hbt} \\ &= T_{hd} + 2 L_t * K_f * \{ ( 2 W B / V + 1 ) \quad + \quad b \} / N \quad \dots\dots ( 8 4 ) \end{aligned}$$

【 0 2 0 5 】

従って補正後の検出操舵トルク  $T_{hdb}$ に基づいて運転者の操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$ を演算することにより、前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動の影響を排除することができる。そして運転者の操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$ と操舵トルクの変動量  $T_{hbt}$ との和を目標アシストトルク  $T_{pat}$ とすることにより、前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動の影響を排除しつつ運転者の操舵負担を軽減することができる。尚操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$ は、補正後の検出操舵トルク  $T_{hdb}$ の大きさが大きいほど大きくなり、車速  $V$ が高いほど小さくなるよう、補正後の検出操舵トルク  $T_{hdb}$ 及び車速  $V$ に基づいて演算されてよい。

20

【 0 2 0 6 】

上述の操舵反力の制御によれば、操舵トルク  $T_{hd}$ を検出する必要はあるが、操舵操作以外の要因による操舵トルクの変動を反映させることができる。よって舵角制御装置が機械的舵角制御装置である後述の第一及び第二の実施形態に於いては、上述の手順に従って目標アシストトルク  $T_{pat}$ が演算され、アシストトルクが目標アシストトルク  $T_{pat}$ になるよう制御される。

30

【 0 2 0 7 】

尚舵角制御装置が機械的舵角制御装置である場合には、軌跡制御が行われない状況に於いては、運転者の操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$ は検出される操舵トルク  $T_{hd}$ に基づいて演算される。

【 0 2 0 8 】

#### 1 0 ) 非機械的舵角制御装置の場合の操舵反力の制御

上記式 8 7 0 により表される操舵トルク  $T_{ht}$ を基準トルクとし、例えばトルクセンサにより検出される操舵トルクを  $T_{hd}$ とすると、下記の式 8 5 により表される操舵トルクの偏差  $T_h$ は前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動分を表す。

$$T_h = T_{hd} - T_{ht} \quad \dots\dots ( 8 5 )$$

40

【 0 2 0 9 】

よって検出される操舵トルク  $T_{hd}$ から前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動分  $T_h$ が除去された操舵トルク、即ち前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動分を含まない操舵トルク  $T_{h0}$ は下記の式 8 6 により表される。

$$\begin{aligned} T_{h0} &= T_{hd} - T_h \\ &= T_{ht} \\ &= -2 L_t * K_f * \quad / N^2 \quad \dots\dots ( 8 6 ) \end{aligned}$$

【 0 2 1 0 】

上記式 8 5 により表される補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$ は、舵角制御装置が機械的舵角

50

制御装置であり操舵角が である場合に於いて前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動分を含まない操舵トルクである。よって補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  から操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$  を減算した値は、舵角制御装置が機械的舵角制御装置である場合に於いて運転者にとって好ましい操舵トルクである。尚この場合の操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$  は、補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  の大きさが大きいほど大きくなり、車速  $V$  が高いほど小さくなるよう、補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  及び車速  $V$  に基づいて演算されてよい。

【 0 2 1 1 】

従って舵角制御装置が非機械的舵角制御装置である場合に於いて好ましい操舵トルク  $T_{hbt}$  は下記の式 8 7 により演算される値である。この操舵トルク  $T_{hbt}$  がステアリングホイールに与えられれば、前輪の舵角の修正に起因する操舵トルクの変動の影響がなく且つ運転者が適度の操舵負担を感じる操舵反力トルクを実現することができる。

10

$$T_{hbt} = T_{h0} - T_{pad} \dots \dots ( 8 7 )$$

【 0 2 1 2 】

よって舵角制御装置が非機械的舵角制御装置である後述の第三及び第四の実施形態に於いては、目標操舵トルク  $T_{pbt}$  が上記式 8 7 に従って演算され、操舵トルクが目標操舵トルク  $T_{pbt}$  になるよう制御される。

【 0 2 1 3 】

尚舵角制御装置が非機械的舵角制御装置である場合には、軌跡制御が行われない状況に於ける操舵反力の制御は軌跡制御が行われる状況に於ける上記操舵反力の制御と同一である。換言すれば、軌跡制御が行われているか否かに関係なく操舵トルクは目標操舵トルク  $T_{pbt}$  になるよう制御される。

20

【 0 2 1 4 】

次に添付の図を参照しつつ、本発明を第一乃至第八の実施形態について順次説明する。

【 0 2 1 5 】

第一の実施形態

この第一の実施形態は上記表 1 に示されている如く以下の特徴を有する。

舵角制御装置：セミパイワイヤ式

目標軌跡：指数関数

前輪舵角の制御：フィードフォワード

旋回状態量の制限方法：ヨーレートの上限值による制限

30

【 0 2 1 6 】

図 1 は舵角可変装置、後輪操舵装置及び電動式パワーステアリング装置が搭載された車両に適用された本発明による車両の走行制御装置の第一の実施形態を示す概略構成図である。

【 0 2 1 7 】

図 1 に於いて、符号 1 0 は本発明の第一の実施形態の走行制御装置を全体的に示している。走行制御装置 1 0 は車両 1 2 に搭載され、舵角可変装置 1 4 及びこれを制御する電子制御装置 1 6 を含んでいる。また図 1 に於いて、1 8 FL 及び 1 8 FR はそれぞれ車両 1 2 の左右の前輪を示し、1 8 RL 及び 1 8 RR はそれぞれ左右の後輪を示している。左右の前輪 1 8 FL 及び 1 8 FR は操舵輪であり、運転者によるステアリングホイール 2 0 の操舵操作に  
 40

【 0 2 1 8 】

ステアリングホイール 2 0 は操舵入力手段として機能し、アップステアリングシャフト 2 8、舵角可変装置 1 4、ロアステアリングシャフト 3 0、ユニバーサルジョイント 3 2 を介してパワーステアリング装置 2 2 のピニオンシャフト 3 4 に駆動接続されている。図示の実施形態に於いては、舵角可変装置 1 4 はハウジング 1 4 A の側にてアップステアリングシャフト 2 8 の下端に連結され、回転子 1 4 B の側にてロアステアリングシャフト 3 0 の上端に連結された補助転舵駆動用の電動機 3 6 を含んでいる。

【 0 2 1 9 】

50

かくして舵角可変装置 14 はアップステアリングシャフト 28 に対し相対的にロアステアリングシャフト 30 を回転駆動することにより、左右の前輪 18 FL 及び 18 FR をステアリングホイール 20 に対し相対的に補助転舵駆動する。よって舵角可変装置 14 は運転者の操舵操作に依存せずに左右の前輪の舵角を修正する手段として機能し、電子制御装置 16 の舵角制御部により制御される。

#### 【0220】

図示の実施形態に於いては、電動式パワーステアリング装置 22 はラック同軸型の電動式パワーステアリング装置であり、電動機 38 と、電動機 38 の回転トルクをラックバー 24 の往復動方向の力に変換する例えばボールねじ式の変換機構 40 とを有する。電動式パワーステアリング装置 22 は電子制御装置 16 の電動式パワーステアリング装置 (EPS) 制御部によって制御される。そして電動式パワーステアリング装置 22 はハウジング 42 に対し相対的にラックバー 24 を駆動する補助操舵力を発生することにより、運転者の操舵負担を軽減する補助操舵力発生装置として機能する。尚補助操舵力発生装置は当技術分野に於いて公知の任意の構成のものであってよい。

10

#### 【0221】

図示の実施形態に於いては、アップステアリングシャフト 28 には該アップステアリングシャフトの回転角度を操舵角  $\delta$  として検出する操舵角センサ 50 及び操舵トルク  $T_{hd}$  を検出する操舵トルクセンサ 52 が設けられており、操舵角  $\delta$  及び操舵トルク  $T_{hd}$  を示す信号は電子制御装置 16 へ入力される。電子制御装置 16 には回転角度センサ 54 により検出された舵角可変装置 14 の相対回転角度  $re$ 、即ちアップステアリングシャフト 28 に対するロアステアリングシャフト 30 の相対回転角度を示す信号、車速センサ 56 により検出された車速  $V$  を示す信号が入力される。

20

#### 【0222】

更に図示の実施形態に於いては、左右の後輪 18 RL 及び 18 RR は、運転者による左右の前輪 18 FL 及び 18 FR の操舵とは無関係に、後輪操舵装置 60 の電動式のステアリング装置 62 によりタイロッド 64 L 及び 64 R を介して操舵可能である。後輪操舵装置 60 は後に詳細に説明する如く電子制御装置 16 の後輪操舵制御部により制御される。電子制御装置 16 の後輪操舵制御部には舵角センサ 66 により検出された後輪の舵角  $r$  を示す信号が入力される。

30

#### 【0223】

尚電子制御装置 16 の各制御部はそれぞれ CPU と ROM と RAM と入出力ポート装置とを有し、これらが双方向性のコモンバスにより互いに接続されたマイクロコンピュータを含むものであってよい。また操舵角センサ 50、操舵トルクセンサ 52、回転角度センサ 54、舵角センサ 66 はそれぞれ車両の左旋回方向への操舵又は転舵の場合を正として操舵角  $\delta$ 、操舵トルク  $T_{hd}$ 、相対回転角度  $re$ 、後輪の舵角  $r$  を検出する。

#### 【0224】

後に詳細に説明する如く、電子制御装置 16 は図 2 乃至図 5 に示されたフローチャートに従って舵角可変装置 14、後輪操舵装置 60 及び電動式パワーステアリング装置 22 を制御する。特に電子制御装置 16 は、操舵角  $\delta$  及び車速  $V$  に基づき車両の軌跡制御の必要性を判定する。そして電子制御装置 16 は、軌跡制御が不要であると判定したときには、車速  $V$  が高いほど大きくなるよう、車速  $V$  に基づき所定の操舵特性を達成するための目標ステアリングギヤ比  $N_t$  を演算する。

40

#### 【0225】

また電子制御装置 16 は、目標ステアリングギヤ比  $N_t$  とギヤ比係数  $K_s$  (正の定数) との積にて操舵角  $\delta$  を除算した値を目標ピニオン角  $pt$  として演算する。更に電子制御装置 16 は、目標ピニオン角  $pt$  と操舵角  $\delta$  との偏差として舵角可変装置 14 の目標相対回転角度  $ret$  を演算し、舵角可変装置 14 の相対回転角度  $re$  が目標相対回転角度  $ret$  になるよう舵角可変装置 14 を制御する。

#### 【0226】

また電子制御装置 16 は、軌跡制御が不要であると判定したときには、後輪の舵角  $r$

50

が 0 でない場合には 0 になるよう、また後輪の舵角  $r$  が 0 である場合にはその舵角が維持されるよう、後輪操舵装置 60 を制御する。

【 0 2 2 7 】

また電子制御装置 16 は、軌跡制御が必要であると判定したときには、そのときの操舵角  $\delta$  及び車速  $V$  に基づき車両を指数関数の目標軌跡に沿って走行させるための前輪の目標舵角  $bt$  を上記式 62 又は 64 に従って演算する。

【 0 2 2 8 】

また電子制御装置 16 は上記式 12 に対応する下記の式 88 に従って前輪の目標舵角  $bt$  に基づいて推定ヨーレート  $Y Ra$  を演算する。そして電子制御装置 16 は、推定ヨーレート  $Y Ra$  の大きさの最大値  $Y Rmax$  が基準値  $Y Rref$  を越えるか否かの判別により、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y R$  が過大になる虞れがあるか否かを判定する。

$$Y Ra = V / WB * bt \dots\dots (88)$$

【 0 2 2 9 】

電子制御装置 16 はヨーレート  $Y R$  が過大になる虞れがないと判定したときには、前輪の目標舵角  $ft$  を前輪の目標舵角  $bt$  に設定し、左右前輪の舵角が目標舵角  $ft$  になるよう舵角可変装置 14 をフィードフォワード式に制御する。また電子制御装置 16 は後輪の舵角  $r$  を 0 に維持する。

【 0 2 3 0 】

これに対し電子制御装置 16 は、ヨーレート  $Y R$  が過大になる虞れがあると判定したときには、推定ヨーレート  $Y Ra$  が補正されるべき領域については上記「旋回状態量の上限值による制限」の何れかの方法により補正後の推定ヨーレート  $Y Raa$  を演算する。そして電子制御装置 16 は、上記式 73 及び 74 に従って前輪の目標舵角  $ft$  及び後輪の目標舵角  $rt$  を演算し、それぞれ前輪の目標舵角  $ft$  及び後輪の目標舵角  $rt$  に基づいて舵角可変装置 14 及び後輪操舵装置 60 を制御する。

【 0 2 3 1 】

尚ヨーレート  $Y R$  が過大になる虞れがあると判定した場合であっても、推定ヨーレート  $Y Ra$  が補正される必要がない領域については、電子制御装置 16 は前輪の目標舵角  $bt$  を前輪の目標舵角  $ft$  に設定する。そして電子制御装置 16 は左右前輪の舵角が目標舵角  $ft$  になるよう舵角可変装置 14 を制御し、後輪の舵角  $r$  を 0 に維持する。

【 0 2 3 2 】

また電子制御装置 16 は、軌跡制御の実行中には上記式 84 に従って補正後の検出操舵トルク  $Thdb$  を演算し、補正後の検出操舵トルク  $Thdb$  に基づいて運転者の操舵負担軽減トルク  $Tpad$  を演算する。また電子制御装置 16 は、上記式 83 に従って操舵トルクの変動量  $Thbt$  を演算し、運転者の操舵負担軽減トルク  $Tpad$  と操舵トルクの変動量  $Thbt$  との和を目標アシストトルク  $Tpbt$  とする。更に電子制御装置 16 は、アシストトルクが目標アシストトルク  $Tpbt$  になるよう電動式パワーステアリング装置 22 を制御し、これにより運転者の操舵負担を軽減すると共に舵角の修正に起因する操舵トルクの変動を低減する。

【 0 2 3 3 】

尚、軌跡制御が不要であるときのステアリングギヤ比の制御、後輪の舵角の制御、アシストトルクの制御自体は本発明の要旨をなすものではなく、これらの制御は当技術分野に於いて公知の任意の要領にて実行されてよい。このことは後述の他の実施形態についても同様である。

【 0 2 3 4 】

次に図 2 乃至図 5 に示されたフローチャートを参照して第一の実施形態に於ける車両の走行制御について説明する。尚図 2 に示されたフローチャートによる走行制御は、図には示されていないイグニッションスイッチの閉成により開始され、所定の時間毎に繰返し実行される。

【 0 2 3 5 】

まずステップ 50 に於いては車両の軌跡制御が実行されているか否かを示すフラグ  $Fc$

10

20

30

40

50

が1であるか否かの判別により、軌跡制御の実行中であるか否かの判別が行われる。軌跡制御が実行されていないと判別されたときには制御はステップ350へ進み、軌跡制御が実行されていると判別されたときには制御はステップ200へ進む。尚フラグFc及び後述のフラグFsは図2に示されたフローチャートによる走行制御の開始に先立ってそれぞれ0にリセットされる。

【0236】

ステップ200に於いては車両の走行制御のうち軌跡制御の終了条件が成立しているか否かの判別が行われる。そして肯定判別が行われたときには制御はステップ250へ進み、否定判別が行われたときには制御はステップ450へ進む。尚この場合下記の(1)乃至(4)の何れかが成立するときに軌跡制御の終了条件が成立していると判定されてよい。

10

【0237】

(1) 軌跡制御の開始条件又は更新条件(これらについては後述する)が成立した時点より車両が目標到達地点に到達するに要する時間 $T_a = 1$  [sec]以上が経過している。

(2) 開始条件又は更新条件が成立した時点に於ける車速 $V$ と現在の車速 $V$ との偏差 $V$ の絶対値が基準値 $V_e$ (正の値)よりも大きい。

(3) 開始条件又は更新条件が成立した時点に於ける操舵角 $\delta$ と現在の操舵角 $\delta$ との偏差の絶対値が基準値 $e$ (正の値)よりも大きい。

(4) 操舵角速度の絶対値、即ち操舵角 $\delta$ の変化率 $d$ の絶対値が基準値 $d_e$ (正の値)よりも大きい。

20

【0238】

尚基準値 $e$ 及び $d_e$ は定数であってもよいが、例えば開始条件又は更新条件が成立した時点に於ける車速 $V$ が高いほど小さくなるよう車速 $V$ に応じて可変設定されてもよい。

【0239】

ステップ250に於いては舵角可変装置14によって前輪の舵角 $\delta_f$ を目標舵角 $\delta_{ft}$ にすると共に後輪操舵装置60によって後輪の舵角 $\delta_r$ を目標舵角 $\delta_{rt}$ にする制御が終了されることにより軌跡制御が終了される。また軌跡制御が実行されているか否かを示すフラグFcが0にリセットされ、しかる後制御はステップ700へ進む。

【0240】

ステップ350に於いては図3に示されたフローチャートに従って軌跡制御の開始条件が成立しているか否かの判別が行われる。そして肯定判別が行われたときには制御はステップ500へ進み、否定判別が行われたときには制御はステップ700へ進む。

30

【0241】

ステップ450に於いては図4に示されたフローチャートに従って軌跡制御の更新条件が成立しているか否かの判別が行われる。そして肯定判別が行われたときには制御はステップ500へ進み、否定判別が行われたときには制御はステップ600へ進む。

【0242】

ステップ500に於いては図5に示されたフローチャートに従って前輪の目標舵角 $\delta_{bt}$ が演算され、また目標舵角 $\delta_{bt}$ に基づいて車両の推定ヨーレート $Y_{Ra}$ が演算される。また推定ヨーレート $Y_{Ra}$ に基づいてヨーレートが過大になる虞れがあるか否かが判定され、その判定結果に応じて前輪の目標舵角 $\delta_{ft}$ 及び後輪の目標舵角 $\delta_{rt}$ が演算される。

40

【0243】

ステップ600に於いては前輪の舵角 $\delta_f$ が目標舵角 $\delta_{ft}$ になるよう舵角可変装置14がフィードフォワード式に制御されると共に、後輪の舵角 $\delta_r$ が目標舵角 $\delta_{rt}$ になるよう後輪操舵装置60がフィードフォワード式に制御される。

【0244】

尚この場合、前輪及び後輪の舵角の変化が急激にならないよう、前輪及び後輪の舵角はそれぞれ予め設定された制限値以下の変化率にて目標舵角へ変化される。このことは後述の他の実施形態に於いても同様である。

【0245】

50

ステップ700に於いては軌跡制御が実行されないときのステアリングギヤ比の制御が行われる。即ち車速 $V$ に基づいて図6に示されたグラフに対応するマップより目標ステアリングギヤ比 $N_t$ が演算される。尚図6に於いて、 $N_0$ は標準のステアリングギヤ比、即ちアップステアリングシャフト28に対するロアステアリングシャフト30の相対回転角度が0であるときのステアリングギヤ比を示している。

【0246】

また操舵角 $\delta$ とギヤ比係数 $K_s$ (左右前輪の舵角の変化量に対するピニオン34の回転角度の比に対応する正の定数)との積を目標ステアリングギヤ比 $N_t$ にて除算した値が目標ピニオン角 $p_t$ として演算される。更に目標ピニオン角 $p_t$ と操舵角 $\delta$ との偏差として舵角可変装置14の目標相対回転角度 $ret$ が演算され、舵角可変装置14の相対回転角度 $re$ が目標相対回転角度 $ret$ になるよう舵角可変装置14が制御される。

10

【0247】

尚軌跡制御が終了し、ステップ700によるステアリングギヤ比の制御へ移行するときには、前輪の舵角の急激な変化を防止すべく目標ステアリングギヤ比 $N_t$ へのステアリングギヤ比の変化が急激にならないよう舵角可変装置14が制御される。このことは後述の他の実施形態に於いても同様である。

【0248】

ステップ750に於いては後輪の舵角 $r$ が0でない場合には0になるよう、また後輪の舵角 $r$ が0である場合にはその舵角が維持されるよう、後輪操舵装置60が制御される。

20

【0249】

ステップ800に於いては軌跡制御が実行されないときのアシストトルクの制御が行われる。即ち検出された操舵トルク $T_{hd}$ に基づき図7に示されたグラフに対応するマップより基本アシストトルク $T_{pab}$ が演算され、車速 $V$ に基づき図8に示されたグラフに対応するマップより車速係数 $K_v$ が演算される。また車速係数 $K_v$ と基本アシストトルク $T_{pab}$ との積として目標アシストトルク $T_{pat}$ が演算され、アシストトルクが目標アシストトルク $T_{pat}$ になるよう電動式パワーステアリング装置22が制御される。

【0250】

尚基本アシストトルク $T_{pab}$ は操舵トルク $T_{hd}$ 及び車速 $V$ に基づき図9に示されたグラフに対応するマップより演算されてもよい。

30

【0251】

ステップ900に於いては上記式84に従って補正後の検出操舵トルク $T_{hdb}$ が演算され、補正後の検出操舵トルク $T_{hdb}$ に基づき図7に示されたグラフに対応するマップより基本アシストトルク $T_{pab}$ が演算される。また車速 $V$ に基づき図8に示されたグラフに対応するマップより車速係数 $K_v$ が演算され、車速係数 $K_v$ と基本アシストトルク $T_{pab}$ との積が操舵負担軽減トルク $T_{pad}$ として演算される。そして上記式83に従って操舵トルクの変動量 $T_{hbt}$ が演算され、目標アシストトルク $T_{pat}$ が運転者の操舵負担軽減トルク $T_{pad}$ と操舵トルクの変動量 $T_{hat}$ との和に演算される。更にアシストトルクが目標アシストトルク $T_{pat}$ になるよう電動式パワーステアリング装置22が制御される。

【0252】

40

次に図3に示されたフローチャートを参照して上記ステップ350に於いて実行される軌跡制御の開始条件の成立判定ルーチンについて詳細に説明する。

【0253】

まずステップ355に於いては操舵角 $\delta$ がローパスフィルタ処理されることによりローパスフィルタ処理後の操舵角 $lf$ が演算される。そしてローパスフィルタ処理後の操舵角 $lf$ の絶対値が制御開始判定の基準値 $s_0$ (正の値)よりも大きいか否かの判別が行われる。否定判別が行われたときには制御はステップ390へ進み、肯定判別が行われたときには制御はステップ360へ進む。

【0254】

ステップ360に於いては操舵角 $\delta$ の微分値として操舵角速度 $d$ が演算されると共に

50

、操舵角速度  $d$  がローパスフィルタ処理されることによりローパスフィルタ処理後の操舵角速度  $d_{lf}$  が演算される。

【0255】

ステップ365に於いてはローパスフィルタ処理後の操舵角速度  $d_{lf}$  の絶対値が制御開始判定の第一の基準値  $ds1$  (正の値) よりも大きいかなかの判別が行われる。否定判別が行われたときには制御はステップ375へ進み、肯定判別が行われたときにはステップ370に於いてフラグ  $F_s$  が開始条件の判定中であることを示すよう1にセットされた後制御はステップ375へ進む。

【0256】

ステップ375に於いてはフラグ  $F_s$  が1であるかなかの判別、即ち開始条件の判定中であるかなかの判別が行われる。そして否定判別が行われたときには制御はステップ390へ進み、肯定判別が行われたときには制御はステップ380へ進む。

10

【0257】

ステップ380に於いてはローパスフィルタ処理後の操舵角速度  $d_{lf}$  の絶対値が制御開始判定の第二の基準値  $ds2$  ( $ds1$ 以下の正の値) よりも小さいかなかの判別が行われる。そして否定判別が行われたときには制御はステップ390へ進み、肯定判別が行われたときには制御はステップ385へ進む。

【0258】

ステップ385に於いてはフラグ  $F_s$  が開始条件の判定が行われていないことを示すよう0にリセットされると共に、フラグ  $F_c$  が軌跡制御の実行中であることを示すよう1にセットされ、しかる後制御はステップ500へ進む。

20

【0259】

ステップ390に於いてはフラグ  $F_s$  が開始条件の判定が行われていないことを示すよう0にリセットされると共に、フラグ  $F_c$  が軌跡制御が行われていないことを示すよう0にリセットされ、しかる後制御はステップ700へ進む。

【0260】

尚基準値  $s_0$ 、 $ds1$ 、 $ds2$ は定数であってもよいが、これらの基準値も例えば車速  $V$  が高いほど小さくなるよう車速  $V$  に応じて可変設定されてもよい。

【0261】

図4に示された軌跡制御の更新条件の成立判定ルーチンのステップ455~490は本来的には上述の軌跡制御の開始条件の成立判定ルーチンのステップ355~390とそれぞれ同様に実行される。

30

【0262】

但しステップ455に於ける判定の基準値は制御更新判定の基準値  $r_0$  (正の値) である。ステップ465に於ける判定の基準値は制御更新判定の第一の基準値  $dr1$  (正の値) であり、ステップ480に於ける判定の基準値は制御更新判定の第二の基準値  $dr2$  ( $dr1$ 以下の正の値) である。尚基準値  $r_0$ 、 $dr1$ 、 $dr2$ は定数であってもよいが、これらの基準値も例えば車速  $V$  が高いほど小さくなるよう車速  $V$  に応じて可変設定されてもよい。

【0263】

40

またステップ470、475、485、490に於いては、フラグ  $F_s$  は更新判定が行われているかなかを示すフラグ  $F_r$  に置き換えられている。更にステップ485が完了すると制御はステップ600へ進み、ステップ490が完了すると制御はステップ500へ進む。

【0264】

次に図5に示されたフローチャートを参照して上記ステップ500に於いて実行される前輪及び後輪の目標舵角演算ルーチンについて詳細に説明する。

【0265】

まずステップ505に於いては操舵角  $\delta$  及び相対回転角度  $re$  に基づいて前輪の舵角  $f$  が求められ、前輪の舵角  $f$  及び車速  $V$  に基づいて上記式46に従って距離  $x_0$  が演算さ

50

れる。またステップ505に於いては最小時間  $T$  及びウェバー比の  $k$  をそれぞれ一般的な運転者について予め設定された正の定数として、上記式42に従って補正係数  $D$  が演算される。

【0266】

ステップ510に於いては軌跡制御が開始又は更新されるときに操舵角  $\delta$  及び車速  $V$  に基づいて上記式47に従って車両の横加速度  $L A_a$  が演算される。

【0267】

ステップ515に於いては軌跡制御が開始又は更新されるときの前輪の舵角  $\delta_f$  及び車速  $V$  に基づいて上記式49に従って車速  $V$  の成分の一つとして距離  $x$  に関する座標軸に平行な成分  $V_x$  が演算される。

10

【0268】

ステップ520に於いては上記式50に従って車速  $V$  の成分の一つとして時間に関する座標軸に平行な成分  $V_y$  が演算されると共に、上記式52に従って成分  $V_x$  が車速  $V$  に対しなす角度  $\theta$  が演算される。

【0269】

ステップ525に於いてはそれぞれ上記式53及び54に従って車両の横方向の成分  $V_{xx}$  及び  $V_{yx}$  が演算されると共に、上記式55及び56に従って車両の横加速度  $L A_b$  が演算される。

【0270】

ステップ530に於いては車両が指数関数の軌跡  $T_e$  を描いて走行する場合の車両の横加速度  $L A_b$  と車両が円弧状の軌跡  $T_c$  を描いて走行する場合の車両の横加速度  $L A_a$  との偏差  $L A$  が上記式57に従って演算される。

20

【0271】

ステップ535に於いては軌跡制御が開始又は更新されるときに操舵角  $\delta$ 、車速  $V$ 、横加速度の偏差  $L A$  に基づいて、左旋回時には上記式62に従って、右旋回時には上記式63に従って、前輪の目標舵角  $\delta_{bt}$  が演算される。

【0272】

ステップ540に於いては前輪の目標舵角  $\delta_{bt}$  に基づいて上記式88に従って車両の推定ヨーレート  $Y R_a$  が演算される。

【0273】

30

ステップ545に於いては車速  $V$  が高いほど基準値  $Y R_{ref}$  が小さい値になるよう、車速  $V$  に基づいて図31に示されたグラフに対応するマップより基準値  $Y R_{ref}$  が演算される。

【0274】

ステップ550に於いては推定ヨーレート  $Y R_a$  の大きさの最大値  $Y R_{amax}$  が基準値  $Y R_{ref}$  を越えるか否かの判別、即ち前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y R$  が過大になる虞れがあるか否かの判別が行われる。肯定判別が行われたときには制御はステップ560へ進み、否定判別が行われたときにはステップ555に於いて前輪の目標舵角  $\delta_{ft}$  が目標舵角  $\delta_{bt}$  に設定されると共に、後輪の目標舵角  $\delta_{rt}$  が0に設定される。

【0275】

40

ステップ560に於いては推定ヨーレート  $Y R_a$  が低減補正されるべき時間的領域について、推定ヨーレート  $Y R_a$  の大きさと基準値  $Y R_{ref}$  との偏差  $Y R_a$  (各サイクルの偏差  $Y R_{ai}$ ) が演算される。

【0276】

ステップ565に於いては  $\text{sign}(Y R_a)$  を推定ヨーレート  $Y R_a$  の符号として、推定ヨーレート  $Y R_a$  が低減補正されるべき時間的領域について、補正後の推定ヨーレート  $Y R_{aa}$  が  $\text{sign}(Y R_a) * Y R_{ref}$  に設定される。また推定ヨーレート  $Y R_a$  が増大補正されるべき時間的領域について、サイクル毎に推定ヨーレート  $Y R_a$  に  $\text{sign}(Y R_a) * Y R_a$  に基づく補正量が加算されることにより、補正後の推定ヨーレート  $Y R_{aa}$  が演算される。この推定ヨーレート  $Y R_a$  の増大補正は上記「旋回状態量の上限值による制限」の何れの方

50

法により行われてもよい。

【0277】

ステップ585に於いては推定ヨーレート $Y_{Ra}$ が補正（低減補正及び増大補正）されるべき時間的領域について、補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ に基づいて上記式73及び74に従って前輪の目標舵角 $ft$ 及び後輪の目標舵角 $rt$ が演算される。

【0278】

ステップ590に於いては推定ヨーレート $Y_{Ra}$ が補正されない時間的領域について、上記ステップ555の場合と同様に前輪の目標舵角 $ft$ が前輪の目標舵角 $bt$ に設定されると共に、後輪の目標舵角 $rt$ が0に設定される。

【0279】

この第一の実施形態に於いて、軌跡制御が実行されていない状況に於いて軌跡制御の開始条件が成立すると、ステップ50に於いて否定判別が行われ、ステップ350に於いて肯定判別が行われる。そしてステップ500に於いて車両を指数関数の目標軌跡に沿って走行させるための前輪の目標舵角 $bt$ 及びこれに基づく推定ヨーレート $Y_{Ra}$ が演算され、これらに基づいて前輪の目標舵角 $ft$ 及び後輪の目標舵角 $rt$ が演算される。そしてステップ600に於いて前輪の舵角がフィードフォワード制御によって目標舵角 $ft$ に制御されると共に、後輪の舵角がフィードフォワード制御によって目標舵角 $rt$ に制御される。

【0280】

また軌跡制御が実行されている状況に於いて軌跡制御の更新条件が成立すると、ステップ50及び450に於いて肯定判別が行われる。そしてステップ500及び600が実行される。

【0281】

従って第一の実施形態によれば、軌跡制御が実行されるべき状況に於いては、前輪及び後輪の舵角を目標舵角に制御し、これにより運転者の操舵操作を要することなく車両が指数関数の目標軌跡に沿って走行するよう車両の走行軌跡を制御することができる。このことは後述の他の実施形態についても同様である。

【0282】

特に第一の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御では車両のヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがあるときには、ステップ550に於いて肯定判別が行われる。そしてステップ560乃至590によりヨーレート $Y_R$ が過大になることを防止しつつ車両を指数関数の目標軌跡に沿って走行させるための前輪の目標舵角 $ft$ 及び後輪の目標舵角 $rt$ が演算される。

【0283】

尚、前輪のみの舵角制御でも車両のヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがないときには、ステップ550に於いて否定判別が行われる。そしてステップ555に於いて前輪の目標舵角 $ft$ が目標舵角 $bt$ に設定されると共に、後輪の目標舵角 $rt$ が0に設定される。よって後輪の舵角を0以外の目標舵角に制御する必要がないので、常に前輪及び後輪の両方の舵角が変化する目標舵角に制御される場合に比して車両の走行制御を単純化することができる。このことも後述の他の実施形態についても同様である。

【0284】

また第一の実施形態によれば、前輪及び後輪の舵角の制御は軌跡制御が開始又は更新される時の前輪及び後輪の舵角に基づいて行われるフィードフォワード制御である。よって後述の第二の実施形態の場合の如く、前輪及び後輪の舵角の制御がフィードバック制御である場合に比して、指数関数の軌跡を目標軌跡とする軌跡制御を単純に実行することができる。尚この作用効果は後述の第三、第五、第七の実施形態に於いても同様に得られる。

【0285】

第二の実施形態

この第二の実施形態は上記表1に示されている如く以下の特徴を有する。

10

20

30

40

50

舵角制御装置：セミワイヤ式

目標軌跡：指数関数

前輪舵角の制御：フィードバック

旋回状態量の制限方法：ヨーレートの上限值による制限

#### 【0286】

この第二の実施形態に於ける車両の走行制御は基本的には上述の第一の実施形態と同様に実行されるが、ステップ600に於ける舵角制御に於いては前輪及び後輪の舵角がフィードバック制御される。

#### 【0287】

即ちサイクル毎に操舵角  $\delta$  及び相対回転角度  $\alpha_r$  に基づいて前輪の現在の舵角  $\delta_f$  が求められ、前輪の目標舵角  $\delta_{ft}$  と現在の舵角  $\delta_f$  との偏差として目標相対回転角度  $\alpha_{ret}$  が演算される。そしてアップステアリングシャフト28に対し相対的にロアステアリングシャフト30を目標相対回転角度  $\alpha_{ret}$  回転させるよう舵角可変装置14が制御されることにより、前輪の舵角が目標舵角  $\delta_{ft}$  に制御される。また後輪の目標舵角  $\delta_{rt}$  と現在の舵角  $\delta_r$  との偏差が演算され、該偏差が0になるよう後輪操舵装置60が制御されることにより、後輪の舵角が目標舵角  $\delta_{rt}$  に制御される。

10

#### 【0288】

従ってこの第二の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が上限値による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  に基づいてフィードバック制御される。

20

#### 【0289】

特に第二の実施形態によれば、目標相対回転角度  $\alpha_{ret}$  は目標舵角  $\delta_{ft}$  と前輪の現在の舵角  $\delta_f$  との偏差として演算される。従って軌跡制御が開始又は更新された後に運転者によって操舵操作が行われても、前輪の舵角を確実に目標舵角  $\delta_{ft}$  に制御することができる。また車両を指数関数の目標軌跡に沿って走行させるに適した舵角になるよう運転者によって操舵操作が行われる場合には、フィードバック制御量が小さくなる。よって運転者が運転操作に熟練している場合には、上述の第一の実施形態の場合に比して舵角可変装置14の制御量を低減し、その負荷を軽減することができる。尚この作用効果は後述の第四の実施形態に於いても同様に得られる。

30

#### 【0290】

### 第三の実施形態

この第二の実施形態は上記表1に示されている如く以下の特徴を有する。

舵角制御装置：セミワイヤ式

目標軌跡：指数関数

前輪舵角の制御：フィードフォワード

旋回状態量の制限方法：ヨーレートのピーク低減による制限

#### 【0291】

この第三の実施形態に於ける車両の走行制御は、ステップ500に於ける目標舵角の演算を除き、上述の第一の実施形態と同様に実行される。そしてステップ500に於ける目標舵角の演算は図10に示されたフローチャートに従って実行される。尚図10に於いて、図5に示されたステップに対応するステップには、図5に於いて付されたステップ番号と同一のステップ番号が付されている。

40

#### 【0292】

図10に示されている如く、ステップ505乃至555及びステップ585、590は上述の第一の実施形態と同様に実行される。ステップ550に於いて肯定判別が行われると、制御はステップ570へ進む。

#### 【0293】

ステップ570に於いては車速  $V$  が高いほど大きくなるよう車速  $V$  に応じて所定値  $Y_{Rdec}$  が設定されると共に、補正判定値  $Y_{Rdec}$  が基準値  $Y_{Rref}$  よりも所定値  $Y_{Rdec}$  小

50

さい値に設定される。

【0294】

ステップ575に於いては推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の大きさの最大値 $Y_{Rmax}$ と基準値 $Y_{Rref}$ との偏差 $Y_{Rmax}$ が演算されると共に、偏差 $Y_{Rmax}$ に基づいてゲイン $G_p$ に対する正の補正係数 $K_p$ が演算される。またゲイン $G_p$ に補正係数 $K_p$ が乗算されることによる大きさの補正が行われると共に、時間の補正が行われることにより、ゲインの適合化が行われる。この場合時間の補正は、両側全領域補正、前側の片側全領域補正、後側の片側全領域補正の何れであってもよい。

【0295】

ステップ580に於いては推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の補正が必要な領域の各サイクルについて、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ に適合化後のゲイン $G_{pa}$ が乗算されることにより補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ が演算される。

10

【0296】

従ってこの第三の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ がピーク低減による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ に基づいてフィードフォワード制御される。

【0297】

第四の実施形態

この第四の実施形態は上記表1に示されている如く以下の特徴を有する。

20

舵角制御装置：セミパイワイヤ式

目標軌跡：指数関数

前輪舵角の制御：フィードバック

旋回状態量の制限方法：ヨーレートのピーク低減による制限

【0298】

この第四の実施形態に於ける車両の走行制御は基本的には上述の第三の実施形態と同様に実行されるが、ステップ600に於ける舵角制御に於いては前輪及び後輪の舵角が上述の第二の実施形態と同様にフィードバック制御される。

【0299】

従ってこの第四の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ がピーク低減による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ に基づいてフィードバック制御される。

30

【0300】

尚上述の第一乃至第四の実施形態によれば、ステップ900に於いて補正後の検出操舵トルク $T_{hdb}$ 、即ち前輪の舵角制御に起因する操舵トルクの変動が排除された操舵トルクが演算され、トルク $T_{hdb}$ 及び車速 $V$ に基づいて操舵負担軽減トルク $T_{pad}$ が演算される。そして上記式83に従って前輪の舵角の制御に起因する操舵トルクの変動量 $T_{hbt}$ が演算され、目標アシストトルク $T_{pat}$ が運転者の操舵負担軽減トルク $T_{pad}$ と操舵トルクの変動量 $T_{hat}$ との和に演算される。更にアシストトルクが目標アシストトルク $T_{pat}$ になるよう電動式パワーステアリング装置22が制御される。

40

【0301】

従って運転者の操舵負担を軽減することができるだけでなく、軌跡制御に伴う前輪の舵角の制御に起因する操舵トルクの変動を相殺し、軌跡制御に起因して運転者が操舵トルクに違和感を覚えることを効果的に防止することができる。

【0302】

第五の実施形態

この第五の実施形態は上記表2に示されている如く以下の特徴を有する。

舵角制御装置：パイワイヤ式

目標軌跡：指数関数

50

舵角の制御：フィードフォワード

旋回状態量の制限方法：ヨーレートの上限值による制限

【0303】

図11はバイワイヤ式のステアリング装置及び後輪操舵装置が搭載された車両に適用された本発明による車両の走行制御装置の第五の実施形態を示す概略構成図である。

【0304】

図11に於いて、符号80は第五の実施形態の走行制御装置を全体的に示している。操舵入力手段としてのステアリングホイール20が運転者によって操舵操作されると、ラック・アンド・ピニオン型のステアリング機構82によりラックバー84及びタイロッド26L及び26Rが駆動され、これにより左右の前輪18FL及び18FRが転舵される。

10

【0305】

ステアリングホイール20に連結されたステアリングシャフト86及びステアリング機構82のピニオンシャフト88は相互に連結されていない。ステアリングシャフト86には図11には示されていない減速歯車機構を介して操舵反力トルク付与用の電動機90が連結されている。電動機90は電子制御装置92の操舵反力制御部によって制御され、これによりステアリングホイール20に所要の操舵反力トルクが付与される。ピニオンシャフト88には図11には示されていない減速歯車機構を介して転舵駆動用の電動機94が連結されている。電動機94は電子制御装置92の舵角制御部によって制御され、これによりピニオンシャフト88が回転駆動される。

【0306】

尚図示の実施形態に於いては、ピニオンシャフト88の回転は回転-直線運動変換機構としてのラック・アンド・ピニオン型のステアリング機構82によりラックバー84の直線運動に変換されるようになっているが、ステアリング機構は当技術分野に於いて公知の任意の構成のものであってよい。

20

【0307】

かくしてステアリングホイール20、ステアリング機構82、電動機90、94等は、運転者の操舵操作に応じて左右の前輪18FL及び18FRを転舵すると共に、必要に応じて運転者の操舵操作に依存せず左右の前輪の舵角を修正するバイワイヤ式の操舵装置96を構成している。

【0308】

ステアリングシャフト86には操舵角  $\delta$  を検出する操舵角センサ50が設けられており、操舵角センサ50により検出された操舵角  $\delta$  を示す信号は電子制御装置92へ入力される。電子制御装置92には車速センサ56により検出された車速  $V$  を示す信号、舵角センサ66により検出された後輪の舵角  $\delta_r$  を示す信号、及び回転角度センサ98により検出されたピニオンシャフト88の回転角度  $\phi$  を示す信号も入力される。

30

【0309】

尚電子制御装置92の各制御部はそれぞれCPUとROMとRAMと入出力ポート装置とを有し、これらが双方向性のコモンバスにより互いに接続されたマイクロコンピュータを含むものであってよい。また操舵角センサ50、舵角センサ66及び回転角度センサ98はそれぞれ車両の左旋回方向への操舵の場合を正として操舵角  $\delta$ 、後輪の舵角  $\delta_r$  及び回転角度  $\phi$  を検出する。

40

【0310】

後に詳細に説明する如く、電子制御装置92は図12に示されたフローチャートに従って操舵装置96の電動機90及び94を制御する。特に電子制御装置92も操舵角  $\delta$  及び車速  $V$  に基づき車両の軌跡制御の必要性を判定する。そして電子制御装置92は、軌跡制御が不要であると判定したときには、車速  $V$  が高いほど大きくなるよう、車速  $V$  に基づき所定の操舵特性を達成するための目標ステアリングギヤ比  $N_t$  を演算する。更に電子制御装置92はステアリングギヤ比が目標ステアリングギヤ比  $N_t$  になるよう操舵装置96の電動機94を制御する。

【0311】

50

また電子制御装置 9 2 は、軌跡制御が必要であると判定したときには、そのときの操舵角  $\delta$  及び車速  $V$  に基づき車両を指数関数の目標軌跡に沿って走行させるための前輪の目標舵角  $\delta_t$  を上記式 6 2 又は 6 4 に従って演算する。

【 0 3 1 2 】

また電子制御装置 1 6 は上記式 8 8 に従って前輪の目標舵角  $\delta_t$  に基づいて推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  を演算する。そして電子制御装置 1 6 は、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の大きさの最大値  $Y_{Rmax}$  が基準値  $Y_{Rref}$  を越えるか否かの判別により、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあるか否かを判定する。

【 0 3 1 3 】

電子制御装置 1 6 はヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがないと判定したときには、前輪の目標舵角  $\delta_t$  を前輪の目標舵角  $\delta_t$  に設定し、左右前輪の舵角が目標舵角  $\delta_t$  になるよう操舵装置 9 6 をフィードフォワード式に制御する。また電子制御装置 1 6 は後輪の舵角  $r$  を 0 に維持する。

10

【 0 3 1 4 】

これに対し電子制御装置 1 6 は、ヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあると判定したときには、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が補正されるべき領域については上記「旋回状態量の上限值による制限」の何れかの方法により補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  を演算する。そして電子制御装置 1 6 は、上記式 7 3 及び 7 4 に従って前輪の目標舵角  $\delta_t$  及び後輪の目標舵角  $r_t$  を演算し、それぞれ前輪の目標舵角  $\delta_t$  及び後輪の目標舵角  $r_t$  に基づいて操舵装置 9 6 及び後輪操舵装置 6 0 を制御する。

20

【 0 3 1 5 】

尚ヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあると判定した場合であっても、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が補正される必要がない領域については、電子制御装置 1 6 は前輪の目標舵角  $\delta_t$  を前輪の目標舵角  $\delta_t$  に設定する。そして電子制御装置 1 6 は左右前輪の舵角が目標舵角  $\delta_t$  になるよう操舵装置 9 6 を制御し、後輪の舵角  $r$  を 0 に維持する。

【 0 3 1 6 】

また電子制御装置 9 2 は、軌跡制御が実行されているか否かに関係なく、上記式 8 6 に従って補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  を演算すると共に、補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  及び車速  $V$  に基づいて操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$  を演算する。そして電子制御装置 9 2 は、上記式 8 7 に従って目標操舵トルク  $T_{hbt}$  を演算し、操舵トルクが目標操舵トルク  $T_{hbt}$  になるよう操舵装置 9 6 の電動機 9 0 を制御する。

30

【 0 3 1 7 】

この第五の実施形態に於ける車両の走行制御は図 1 2 に示されたフローチャートに従って実行される。尚図 1 2 に示されたフローチャートによる走行制御は、図には示されていないイグニッションスイッチの閉成により開始され、所定の時間毎に繰返し実行される。また図 1 2 に於いて、それぞれ図 2 に示されたステップに対応するステップには、図 2 に於いて付されたステップ番号と同一のステップ番号が付されている。

【 0 3 1 8 】

図 1 2 と図 2 との比較より解る如く、この第五の実施形態に於いては第一の実施形態に於けるステップ 8 0 0 に対応するステップは実行されず、ステップ 6 0 0 又は 7 5 0 が完了すると、制御はステップ 9 5 0 へ進む。

40

【 0 3 1 9 】

尚この第五の実施形態のステップ 5 0 0 に於いて実行されるステップ 5 0 5 に於いては、ピニオンシャフト 8 8 の回転角度  $p$  に基づいて前輪の舵角  $f$  が求められ、前輪の舵角  $f$  及び車速  $V$  に基づいて上記式 4 6 に従って距離  $x_0$  が演算される。

【 0 3 2 0 】

従ってこの第五の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が上限値による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  に基づいてフィードフォワード制御される。

50

## 【 0 3 2 1 】

また上述の第一乃至第四の実施形態に於けるステップ 9 0 0 に対応するステップ 9 5 0 に於いては、運転者が操舵反力として感じる操舵トルクの制御が行われる。まず操舵角に基づいて上記式 8 6 に従って補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  が演算される。また補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  に基づいて図 1 3 に示されたグラフに対応するマップより基本操舵負担軽減トルク  $T_{padb}$  が演算され、車速  $V$  に基づいて図 8 に示されたグラフに対応するマップより車速係数  $K_v$  が演算される。そして操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$  が基本操舵負担軽減トルク  $T_{padb}$  と車速係数  $K_v$  との積に演算される。尚操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$  は図 1 4 に示されたグラフに対応するマップより演算されてもよい。

## 【 0 3 2 2 】

更に補正後の検出操舵トルク  $T_{h0}$  及び操舵負担軽減トルク  $T_{pad}$  に基づき上記式 8 7 に従って目標操舵トルク  $T_{hbt}$  が演算され、操舵トルクが目標操舵トルク  $T_{hbt}$  になるよう操舵装置 9 6 の電動機 9 0 が制御される。

## 【 0 3 2 3 】

尚上述の電動機 9 0 の制御による操舵トルクの制御は、後述の第六乃至第八の実施形態に於いても同様に行われる。即ち舵角制御装置がワイヤ式の場合には、操舵トルクの制御は、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の制限が上限値による制限であるか否かピーク低減による制限であるか否かに関係なく同一の要領にて行われる。

## 【 0 3 2 4 】

第六の実施形態

この第六の実施形態は上記表 2 に示されている如く以下の特徴を有する。

舵角制御装置：ワイヤ式

目標軌跡：指数関数

舵角の制御：フィードバック

旋回状態量の制限方法：ヨーレートの上限値による制限

## 【 0 3 2 5 】

この第六の実施形態に於ける車両の走行制御は基本的には上述の第五の実施形態と同様に実行されるが、ステップ 6 0 0 に於ける舵角制御に於いては前輪及び後輪の舵角がフィードバック制御される。

## 【 0 3 2 6 】

即ちサイクル毎にピニオンシャフト 8 8 の回転角度  $p$  に基づいて前輪の現在の舵角  $f$  が求められ、前輪の目標舵角  $f_t$  と現在の舵角  $f$  との偏差  $f_t - f$  が演算される。そして舵角の偏差  $f_t - f$  の大きさが小さくなるよう操舵装置 9 6 の電動機 9 4 が制御される。よって前輪の舵角はフィードバック制御によって目標舵角  $f_t$  に制御される。

## 【 0 3 2 7 】

従って第六の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあるときには、第二の実施形態の場合と同様に、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が上限値による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート  $Y_{Raa}$  に基づいてフィードバック制御される。

## 【 0 3 2 8 】

第七の実施形態

この第七の実施形態は上記表 2 に示されている如く以下の特徴を有する。

舵角制御装置：ワイヤ式

目標軌跡：指数関数

舵角の制御：フィードフォワード

旋回状態量の制限方法：ヨーレートのピーク低減による制限

## 【 0 3 2 9 】

図 1 7 に示されている如く、この第七の実施形態に於ける車両の走行制御は、ステップ 5 0 0 に於ける目標舵角の演算を除き、上述の第五の実施形態と同様に実行される。そし

10

20

30

40

50

てステップ500に於ける目標舵角の演算は、上述の第三の実施形態と同様に図10に示されたフローチャートに従って実行される。

【0330】

従ってこの第七の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがあるときには、第三の実施形態と同様に推定ヨーレート $Y_{Ra}$ がピーク低減による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ に基づいてフィードフォワード制御される。

【0331】

#### 第八の実施形態

この第八の実施形態は上記表2に示されている如く以下の特徴を有する。

舵角制御装置：ワイヤ式

目標軌跡：指数関数

舵角の制御：フィードバック

旋回状態量の制限方法：ヨーレートのピーク低減による制限

【0332】

この第八の実施形態に於ける車両の走行制御は基本的には上述の第七の実施形態と同様に実行されるが、ステップ600に於ける軌跡制御に於いては第六の実施形態と同様に前輪及び後輪の舵角がフィードバック制御される。

【0333】

従ってこの第七の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがあるときには、第三の実施形態と同様に推定ヨーレート $Y_{Ra}$ がピーク低減による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ が演算される。そして前輪及び後輪の舵角は補正後の推定ヨーレート $Y_{Raa}$ に基づいてフィードバック制御される。

【0334】

尚上述の第五乃至第八の実施形態によれば、舵角制御装置がセミバワイヤ式の舵角制御装置であり舵角制御装置により前輪の舵角が制御されない場合の操舵トルクに相当する値として、補正後の検出操舵トルク $T_{h0}$ が演算される。そして補正後の検出操舵トルク $T_{h0}$ 及び車速 $V$ に基づいて操舵負担軽減トルク $T_{pad}$ が演算される。更に補正後の検出操舵トルク $T_{h0}$ より操舵負担軽減トルク $T_{pad}$ を減算した値として目標操舵トルク $T_{pbt}$ が演算され、操舵トルクが目標操舵トルク $T_{pbt}$ になるよう操舵装置96の電動機90が制御される。

【0335】

従って運転者に適度の操舵負担を与えることができるだけでなく、軌跡制御に伴う前輪の舵角の制御に起因する操舵トルクの変動を防止し、軌跡制御に起因して運転者が操舵トルクに違和感を覚えることを効果的に防止することができる。

【0336】

以上の説明より、上述の各実施形態によれば、車両の目標軌跡や実軌跡を求めるための車外情報の取得を要することなく、車両を運転者が希望する軌跡に沿って走行させることができることが理解されよう。

【0337】

また上述の各実施形態によれば、目標軌跡は指数関数の軌跡であるので、目標軌跡が円弧状の軌跡である場合に比して、車両の軌跡を車両の乗員にとって一層好ましい軌跡に制御することができる。特にこれらの実施形態によれば、距離 $x$ が上記式40に従って変化するように指数関数の目標軌跡が設定される。よって目標軌跡が円弧状の軌跡である場合に比して、人の知覚特性にとって好ましい軌跡を達成することができる。

【0338】

また第一、第二、第五、第六の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート $Y_R$ が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ が上限値による制限によっ

10

20

30

40

50

て制限されることにより補正後の推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が演算される。そして補正後の推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算され、前輪及び後輪の舵角がそれらの目標舵角に基づいて制御される。

【0339】

よって推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  は基準値  $Y_{Rref}$  を越える時間的領域に於いてのみ低減補正される。従ってピーク低減による制限の場合に比して他の時間的領域に於ける推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の増大補正量を小さくしたり、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が増大補正される時間的領域を小さくすることができる。

【0340】

また第三、第四、第七、第八の実施形態によれば、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  がピーク低減による制限によって制限されることにより補正後の推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が演算される。そして補正後の推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  に基づいて前輪及び後輪の目標舵角が演算され、前輪及び後輪の舵角がそれらの目標舵角に基づいて制御される。

【0341】

よってピーク低減による制限の場合に比して補正後の推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の変化を補正前の推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の変化に近づけることができる。よって推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  が制限されることに起因して車両のヨーレートが不自然に変化すること及びこれに起因して車両の乗員が違和感を覚える虞れを低減することができる。

【0342】

上述の各実施形態は、前輪のみの舵角制御ではヨーレート  $Y_R$  が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の制限によって車両のヨーレートが過大になることを防止するものである。しかしこれらの実施形態は、前輪のみの舵角制御では車両のロール角  $R_v$  が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  の制限によって車両のロール角  $R_v$  が過大になることを防止する実施形態に変形されてよい。

【0343】

#### 第一の変形例

図15は上述の第一の実施形態が車両のロール角  $R_v$  が過大になることを防止する実施形態に変形された第一の変形例に於ける前輪及び後輪の目標舵角演算ルーチンを示すフローチャートである。尚図15に於いて図5に示されたステップに対応するステップには図5に於いて付されたステップ番号と同一のステップ番号が付されている。

【0344】

図15と図5との比較より解る如く、ステップ505～540及びステップ565～590は第一の実施形態の場合と同様に実行される。またステップ540及び545の次にそれぞれステップ540a及び545aが実行され、ステップ550及び560に代えてそれぞれステップ550a及び560aが実行される。

【0345】

ステップ540aに於いては推定ヨーレート  $Y_{Ra}$  及び車速  $V$  に基づいて上記式70に対応する下記の式xxに従って車両の推定ロール角  $R_{va}$  が演算される。

$$R_{va} = M * H * V * Y_{Ra} / (K_r - M_g * H) \quad \dots \dots (xx)$$

【0346】

ステップ545aに於いては、車速  $V$  が高いほど車両のロール角の基準値  $R_{vref}$  が小さい値になるよう、車速  $V$  に基づいて図37に示されたグラフに対応するマップより基準値  $R_{vref}$  が演算される。

【0347】

ステップ550aに於いては車両の推定ロール角  $R_{va}$  の大きさの最大値  $R_{vmax}$  が基準値  $R_{vref}$  を越えるか否かの判別、即ち前輪のみの舵角制御ではロール角  $R_v$  が過大になる虞れがあるか否かの判別が行われる。肯定判別が行われたときには制御はステップ560aへ進み、否定判別が行われたときにはステップ555に於いて前輪の目標舵角  $\delta_{ft}$  が目標舵角  $\delta_{bt}$  に設定されると共に、後輪の目標舵角  $\delta_{rt}$  が0に設定される。

10

20

30

40

50

## 【0348】

ステップ560aに於いては推定ヨーレート $Y_{Ra}$ が低減補正されることによってロール角 $R_v$ の大きさが低減補正されるべき時間的領域について、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の大きさと基準値 $Y_{Rref}$ との偏差 $Y_{Ra}$ (各サイクルの偏差 $Y_{Rai}$ )が演算される。

## 【0349】

## 第二の変形例

図16は上述の第三の実施形態が車両のロール角 $R_v$ が過大になることを防止する実施形態に変形された第二の変形例に於ける前輪及び後輪の目標舵角演算ルーチンを示すフローチャートである。尚図16に於いて図10に示されたステップに対応するステップには図10に於いて付されたステップ番号と同一のステップ番号が付されている。

10

## 【0350】

図16と図10との比較より解る如く、ステップ505～540及びステップ565～590は第一の実施形態の場合と同様に実行される。またステップ540及び545の次にそれぞれステップ540a及び545aが実行され、ステップ550及び560に代えてそれぞれステップ550a及び560aが実行される。

## 【0351】

第一及び第二の変形例によれば、前輪のみの舵角制御では車両のロール角 $R_v$ が過大になる虞れがあるときには、推定ヨーレート $Y_{Ra}$ を制限することによって車両のロール角 $R_v$ が過大になることを防止することができる。尚第二、第四乃至第八の実施形態も第一及び第二の変形例と同様に推定ヨーレート $Y_{Ra}$ の制限によって車両のロール角 $R_v$ が過大

20

## 【0352】

以上に於いては本発明を特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内にて他の種々の実施形態が可能であることは当業者にとって明らかであろう。

## 【0353】

例えば前輪の舵角がフィードフォワード式に制御される場合には後輪の舵角もフィードフォワード式に制御され、前輪の舵角がフィードバック式に制御される場合には後輪の舵角もフィードバック式に制御されるようになっている。しかし後輪の舵角は前輪の舵角の制御方式に関係なくフィードフォワード式及びフィードバック式の何れにより制御されて

30

## 【0354】

また各実施形態に於いては、軌跡制御のための前輪の舵角の制御が行われなるときには、後輪の舵角は0に維持されるようになっているが、予め設定された前後輪舵角比に基づいて制御されてもよい。

## 【0355】

また案内棒は前輪の前後方向に沿って延在するものとされているが、車両の前後方向に対する案内棒の傾斜角は運転者の操舵操作量に基づいて設定される限り、前輪の前後方向に沿う方向とは異なる方向であってもよい。例えば案内棒の傾斜角は前輪の舵角と方向の補正係数 $K_d$ との積に設定されてもよい。

40

## 【0356】

また各実施形態に於いては、車両の走行制御は前輪の舵角の制御と操舵トルクの制御とを含んでいるが、操舵トルクの制御は任意の要領にて実行されてよい。

## 【0357】

また各実施形態に於いては、前輪の舵角はフィードフォワード式又はフィードバック式に制御されるようになっているが、それぞれゲインが乗算されたフィードフォワード制御量とフィードバック制御量との和に基づいて制御されるよう修正されてもよい。

## 【符号の説明】

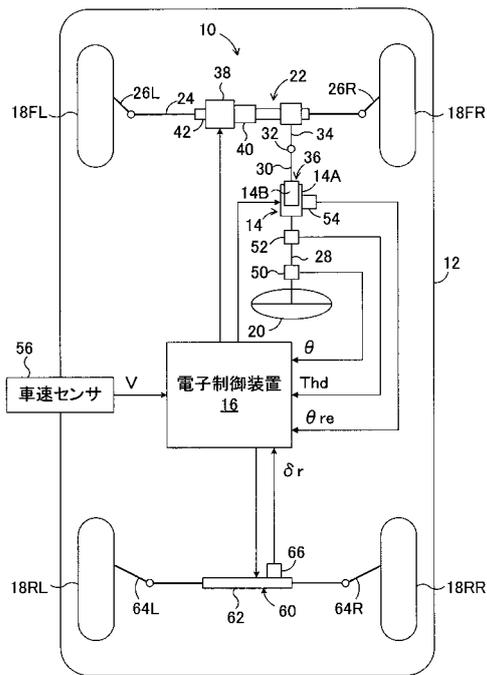
## 【0358】

10...走行制御装置、14...舵角可変装置、20...ステアリングホイール、22...電動

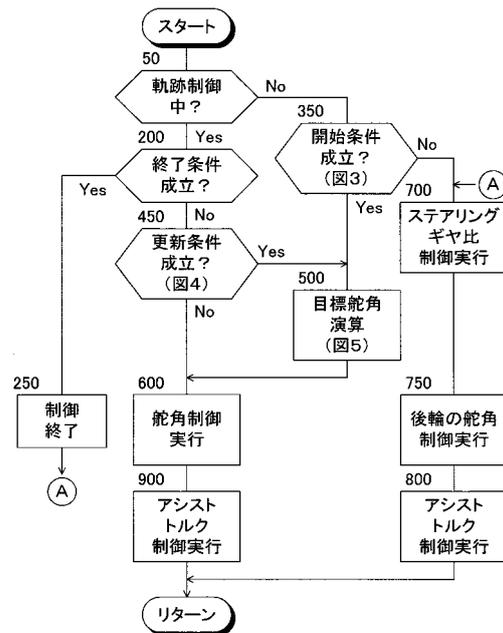
50

式パワーステアリング装置、50...操舵角センサ、52...操舵トルクセンサ、54...回転角度センサ、56...車速センサ、60...後輪操舵装置、66...舵角センサ、80...走行制御装置、82...ステアリング機構、90、94...電動機、100...前輪、102...後輪、104...車両、108...目標進路、110...案内棒

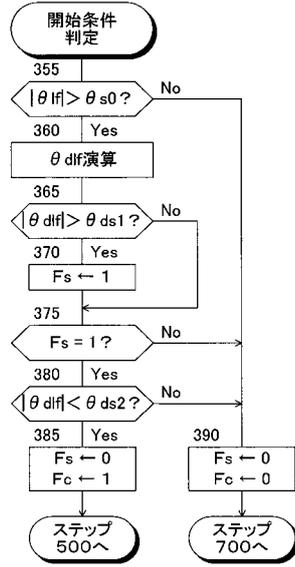
【図1】



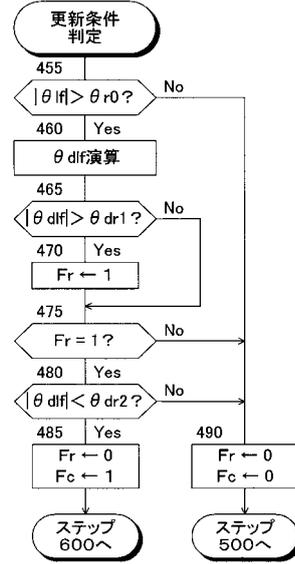
【図2】



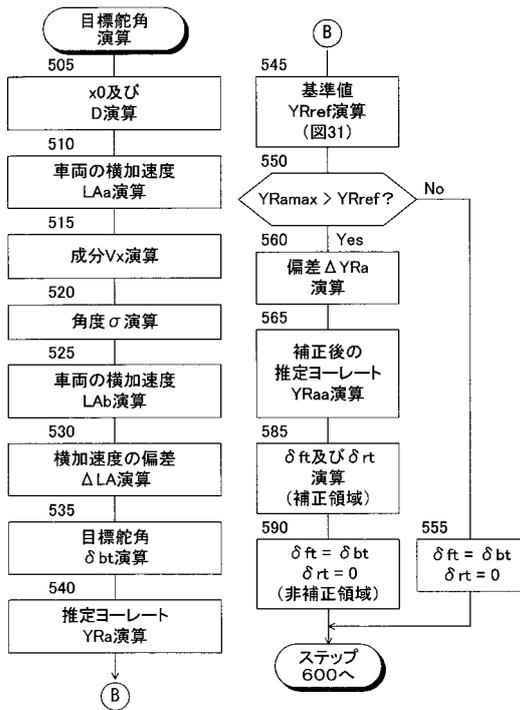
【図3】



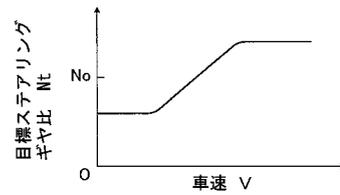
【図4】



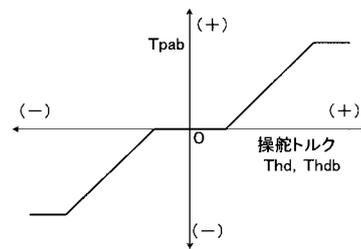
【図5】



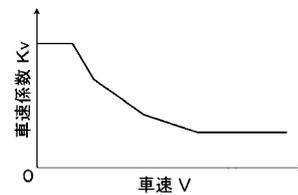
【図6】



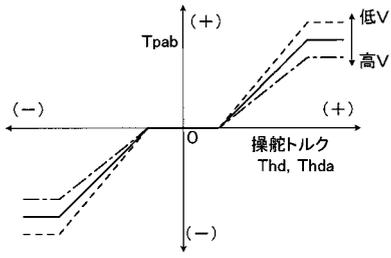
【図7】



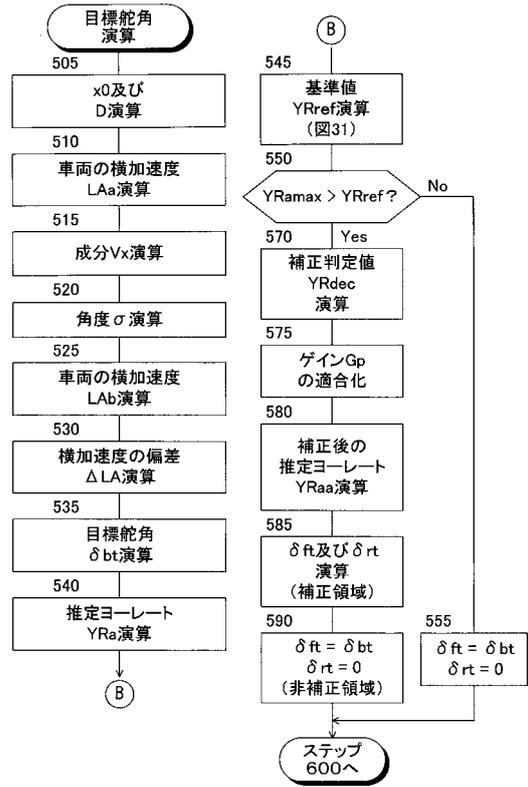
【図8】



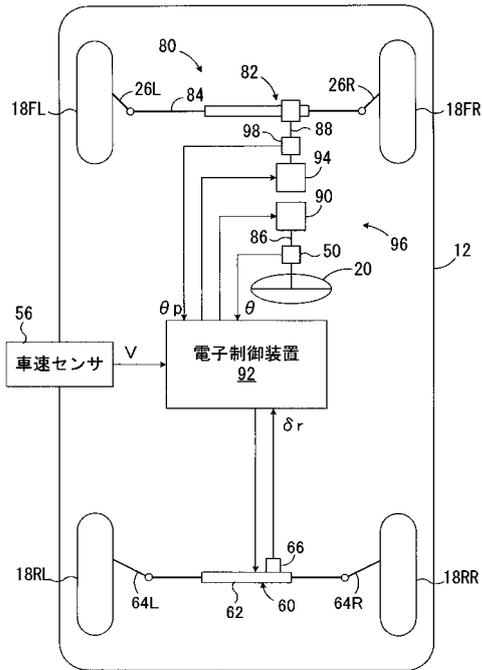
【図9】



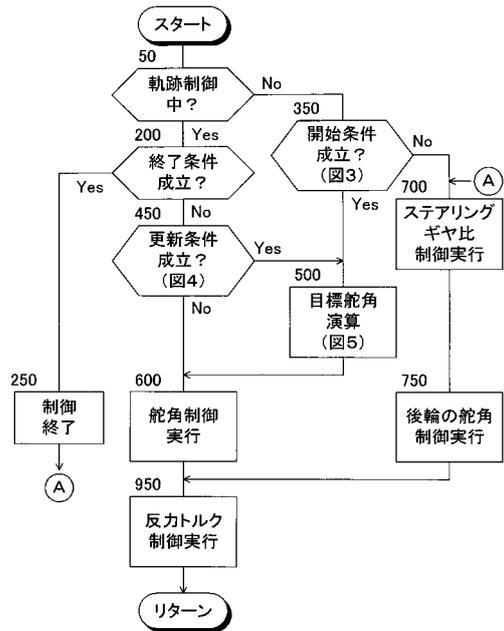
【図10】



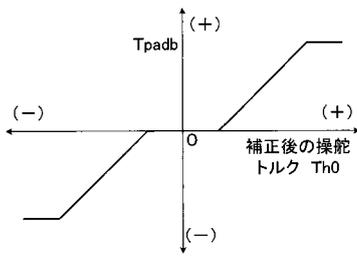
【図11】



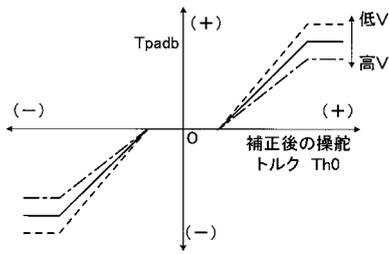
【図12】



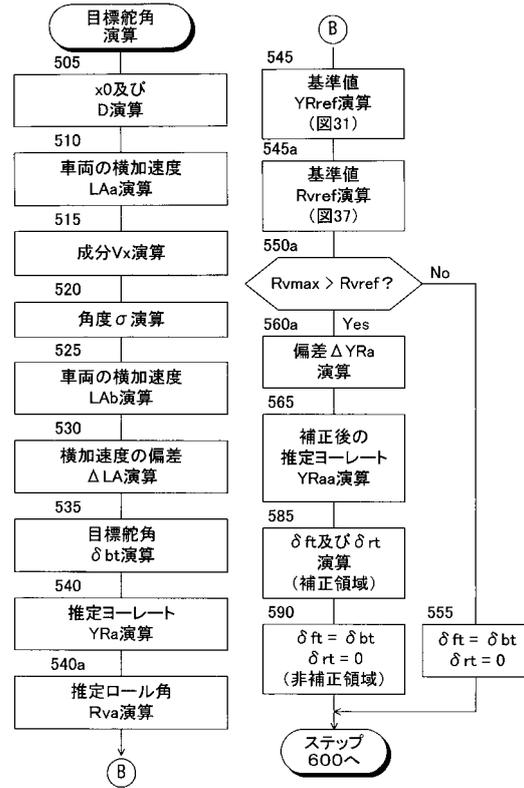
【図13】



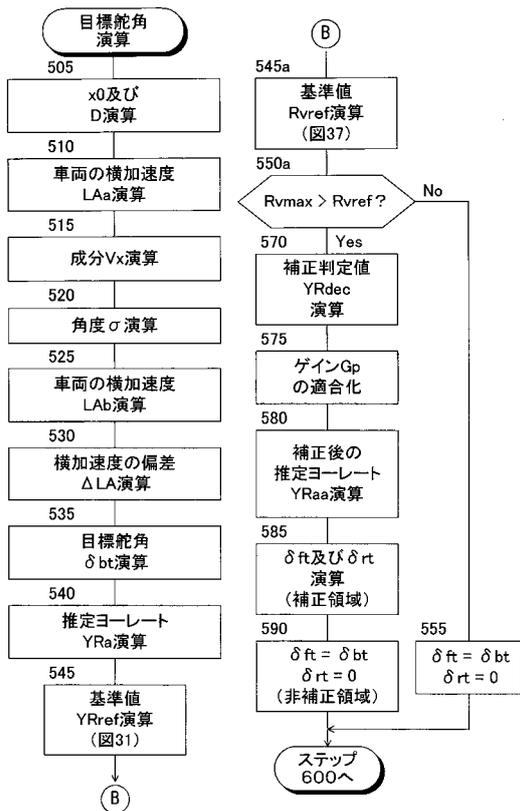
【図14】



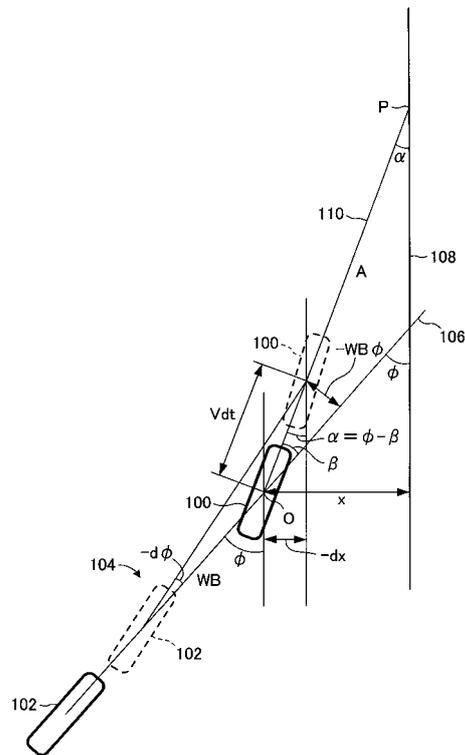
【図15】



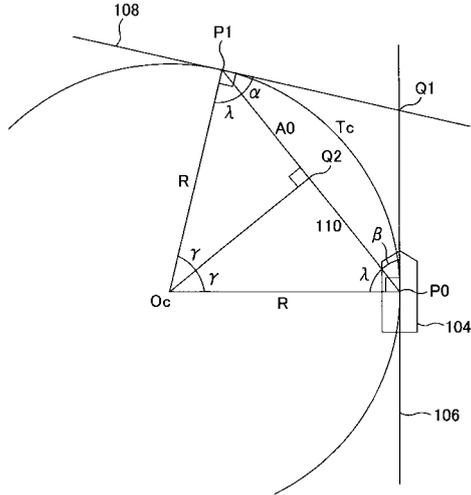
【図16】



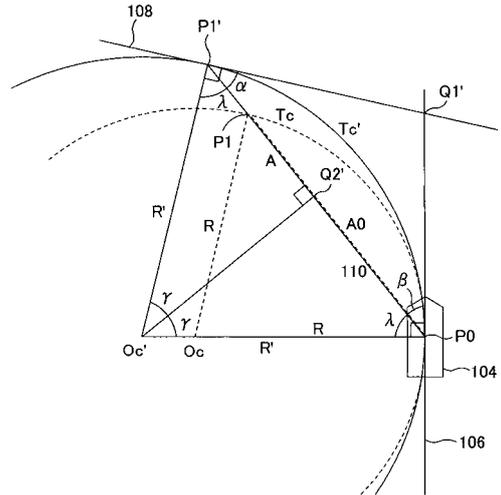
【図17】



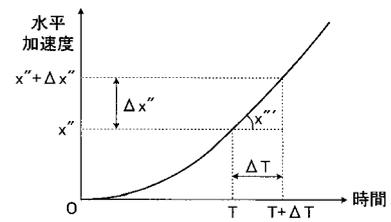
【図18】



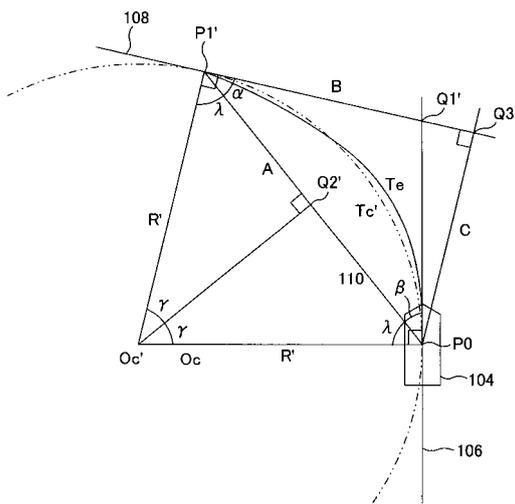
【図19】



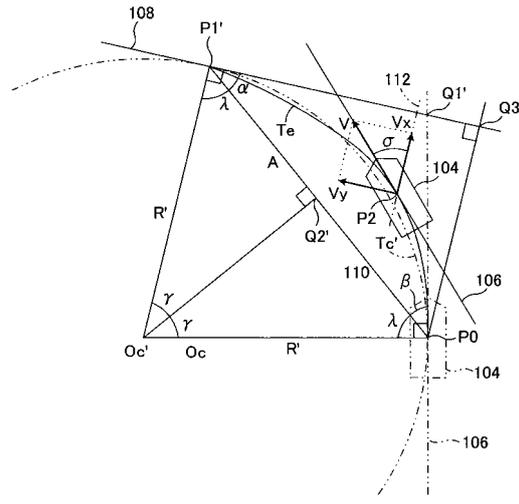
【図20】



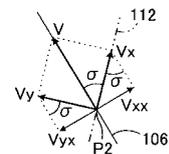
【図21】



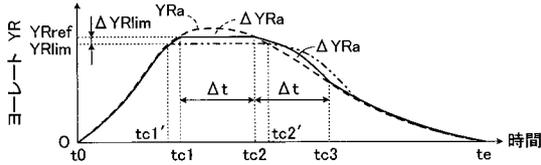
【図22】



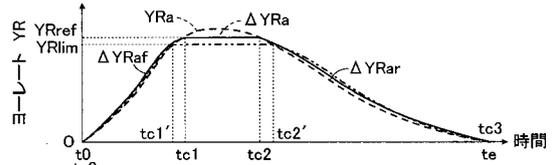
【図23】



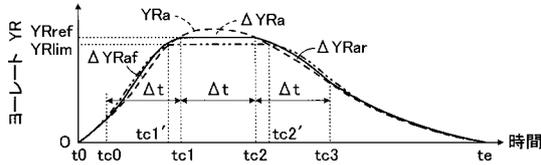
【 図 2 4 】



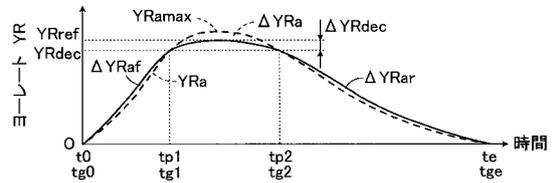
【 図 2 7 】



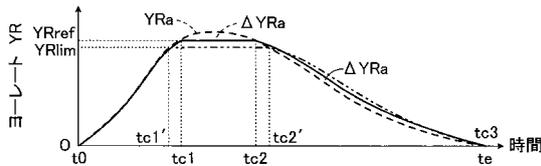
【 図 2 5 】



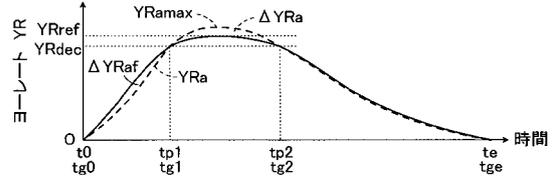
【 図 2 8 】



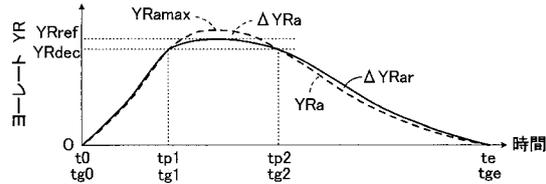
【 図 2 6 】



【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



【 図 3 3 】

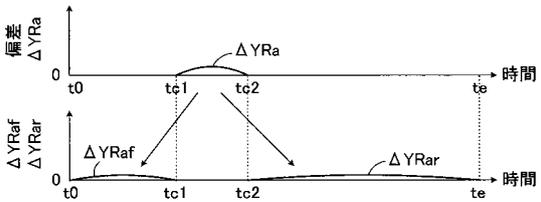
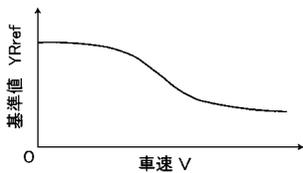
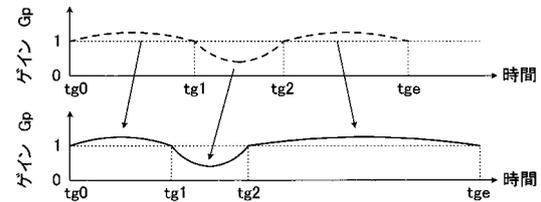


図31

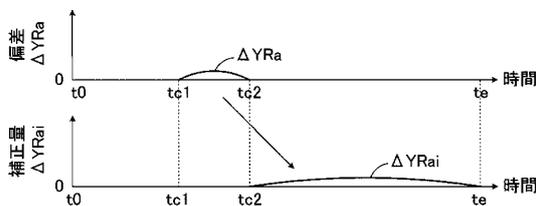
【 図 3 1 】



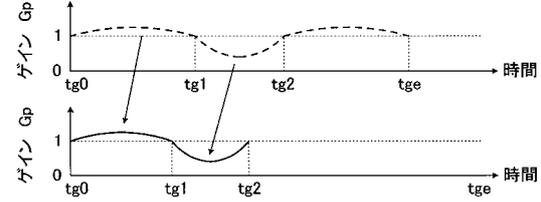
【 図 3 4 】



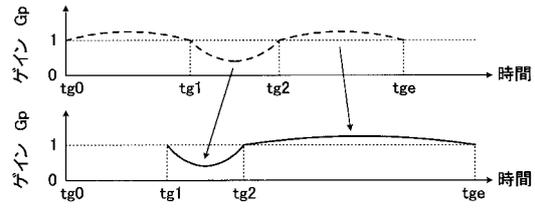
【 図 3 2 】



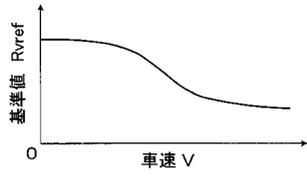
【 図 3 5 】



【図 3 6】



【図 3 7】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 6 2 D 119/00 (2006.01) B 6 2 D 119:00

- (72)発明者 大内 三幸  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 山本 純郎  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 国弘 洋司  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 増田 実栄  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 岡 さき 潤

- (56)参考文献 特開2006-123597(JP,A)  
特開平09-216568(JP,A)  
特開2004-243783(JP,A)  
特開2010-076722(JP,A)  
特開2001-048035(JP,A)  
特開2009-012672(JP,A)  
特開2011-255857(JP,A)  
特開2012-011863(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B 6 2 D 6 / 0 0  
B 6 2 D 5 / 0 4  
B 6 2 D 7 / 1 4