

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02007/074717

発行日 平成21年6月4日(2009.6.4)

(43) 国際公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B60W 30/02 (2006.01)	B60K 41/00 340	3D232
B60W 30/00 (2006.01)	B60K 41/00 610J	3D246
B60W 40/10 (2006.01)	B60R 16/02 661Z	
B60T 8/172 (2006.01)	B60T 8/172 ZYWZ	
B60T 8/174 (2006.01)	B60T 8/174 Z	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 105 頁) 最終頁に続く

出願番号 特願2007-533807 (P2007-533807)
 (21) 国際出願番号 PCT/JP2006/325536
 (22) 国際出願日 平成18年12月21日(2006.12.21)
 (11) 特許番号 特許第4143111号 (P4143111)
 (45) 特許公報発行日 平成20年9月3日(2008.9.3)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-376536 (P2005-376536)
 (32) 優先日 平成17年12月27日(2005.12.27)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

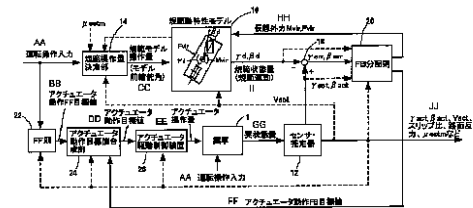
(71) 出願人 00005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100077805
 弁理士 佐藤 辰彦
 (74) 代理人 100081477
 弁理士 堀 進
 (74) 代理人 100099690
 弁理士 鷲 健志
 (74) 代理人 100109232
 弁理士 本間 賢一
 (74) 代理人 100125210
 弁理士 加賀谷 剛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の制御装置

(57) 【要約】

車両モデル16で決定した規範状態量と実車1の実状態量との差(状態量偏差)に応じて、該状態量偏差を0に近づけるように実車アクチュエータ操作作用制御入力と車両モデル操作作用制御入力とをFB分配則20で決定し、それらの制御入力によりそれぞれ実車1のアクチュエータ装置3と車両モデル16とを操作する。FB分配則20では、所定の制限対象量が許容範囲から逸脱するのを抑制しつつ、状態量偏差を0に近づけるようにモデル操作作用制御入力を決定する。可能な限り実際の車両の挙動に適したアクチュエータの動作制御を行いつつ、外乱要因あるいはその変化に対するロバスト性を高めることができる車両の制御装置を提供する。



- AA: DRIVE OPERATION INPUT
- BB: ACTUATOR OPERATION FF TARGET VALUE
- CC: REGULATED MODEL OPERATION AMOUNT (MODEL FRONT WHEEL STEERING ANGLE)
- DD: ACTUATOR OPERATION TARGET VALUE
- EE: ACTUATOR OPERATION AMOUNT
- FF: ACTUATOR OPERATION FB TARGET VALUE
- GG: ACTUAL STATE AMOUNT
- HH: VIRTUAL EXTERNAL FORCE M_{ext} , F_{ext}
- II: REGULATED STATE AMOUNT (REGULATED MOVEMENT)
- JJ: f_{slip} , g_{slip} , V_{slip} SLIP RATIO, ROAD SURFACE REACTIVE FORCE, μ_{road} , ETC.
- 14: REGULATED OPERATION AMOUNT DECISION UNIT
- 16: REGULATED MOVEMENT FEATURE MODEL UNIT
- 20: FB DISTRIBUTION RULE
- 22: FF RULE
- 24: ACTUATOR OPERATION TARGET VALUE SYNTHESIS UNIT
- 28: ACTUATOR DRIVE CONTROL DEVICE
- 1: ACTUAL VEHICLE
- 12: SENSOR/ESTIMATOR

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の車輪を有する車両の操縦者による該車両の運転操作状態を示す運転操作量を検出する運転操作量検出手段と、前記車両の所定の運動を操作可能に該車両に設けられたアクチュエータ装置と、前記アクチュエータ装置の動作を逐次制御するアクチュエータ装置制御手段とを備えた車両の制御装置において、

実際の車両の所定の運動に関する所定の第 1 状態量の値である第 1 実状態量を検出または推定する実状態量把握手段と、

前記車両の動特性を表すモデルとしてあらかじめ定められた車両モデル上での車両の所定の運動に関する前記第 1 状態量の値である第 1 モデル状態量を少なくとも前記検出された運転操作量に応じて決定するモデル状態量決定手段と、

前記検出または推定された第 1 実状態量と前記決定された第 1 モデル状態量との偏差である第 1 状態量偏差を算出する状態量偏差算出手段と、

実際の車両の前記アクチュエータ装置を操作するための実車アクチュエータ操作用制御入力と前記車両モデル上での車両の所定の運動を操作するための車両モデル操作用制御入力とを、少なくとも前記算出された第 1 状態量偏差に応じて該第 1 状態量偏差を 0 に近づけるようにそれぞれ決定する実車側状態量偏差応動制御手段およびモデル側状態量偏差応動制御手段とを備え、

前記アクチュエータ装置制御手段は、少なくとも前記決定された実車アクチュエータ操作用制御入力に応じて前記アクチュエータ装置の動作を制御する手段であり、

前記モデル状態量決定手段は、少なくとも前記検出された運転操作量と前記決定された車両モデル操作用制御入力とに応じて前記第 1 モデル状態量を決定する手段であり、

前記モデル側状態量偏差応動制御手段は、実際の車両の運動に関する第 2 状態量と前記車両モデル上の車両の運動に関する第 2 状態量とのうちの少なくともいずれか一方に応じて値が定まる制限対象量が所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、前記第 1 状態量偏差を 0 に近づけるように前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする車両の制御装置。

【請求項 2】

前記モデル側状態量偏差応動制御手段は、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量と前記第 1 状態量偏差とを 0 に近づけるように該逸脱量と第 1 状態量偏差とに応じて前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 3】

前記モデル側状態量偏差応動制御手段は、前記算出された第 1 状態量偏差に応じて、該第 1 状態量偏差を 0 に近づけるように前記車両モデル操作用制御入力の仮値を決定する手段と、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量に応じて該逸脱量を 0 に近づけるように前記仮値を修正することにより前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段とから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 4】

前記第 1 状態量は、車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値と、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨー方向回転運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値とのうちの少なくともいずれか一つを含むことを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 5】

前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨーレートの最新値または該ヨーレートにフィルタリング処理を施した値または該ヨーレートの将来の予測値を含み、

該ヨーレートに対する前記許容範囲は、実際の車両の走行速度の値である実走行速度が

10

20

30

40

50

高いほど狭くなるように、少なくとも該実走行速度に応じて設定された許容範囲であることを特徴とする請求項 4 記載の車両の制御装置。

【請求項 6】

前記ヨーレートに対する前記許容範囲は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの値の範囲内に設定されることを特徴とする請求項 5 記載の車両の制御装置。

【請求項 7】

前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値を含み、前記車両モデル操作用制御入力は、少なくとも車両モデル上の車両の重心点のまわりにヨー方向のモーメントを発生させる制御入力成分を含むことを特徴とする請求項 4 記載の車両の制御装置。

10

【請求項 8】

前記車両の横方向並進運動に関する状態量は、前記車両の所定の位置の横すべり角、横すべり速度、横すべり加速度、および横加速度のうちのいずれかであることを特徴とする請求項 4 記載の車両の制御装置。

【請求項 9】

前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記制限対象量が前記許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、前記第 1 状態量偏差を 0 に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

20

【請求項 10】

前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量と前記第 1 状態量偏差とを 0 に近づけるように該逸脱量と第 1 状態量偏差とに応じて前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 11】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は実際の車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内で前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

30

【請求項 12】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は実際の車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの範囲を超えないように、前記前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

40

50

【請求項 1 3】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに inputs モデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、前記モデル前輪舵角の許容範囲を少なくとも実際の車両の走行速度である実走行速度に応じて設定する手段と、少なくとも前記決定したモデル前輪舵角の基本値と前記設定したモデル前輪舵角の許容範囲とに基づいて該許容範囲からの逸脱を抑制するように該基本値を修正してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに inputs して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成されることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

10

【請求項 1 4】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記実走行速度が高いほど、該許容範囲が狭くなるように該許容範囲を設定することを特徴とする請求項 1 3 記載の車両の制御装置。

【請求項 1 5】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内に前記許容範囲を設定する手段であることを特徴とする請求項 1 4 記載の車両の制御装置。

20

【請求項 1 6】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を前記実走行速度に維持して定常円旋回を行なうことが可能なヨーレートの範囲を超えないように前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段であることを特徴とする請求項 1 4 記載の車両の制御装置。

【請求項 1 7】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記実走行速度と実際の車両または前記車両モデル上での車両のヨーレートとに応じて該許容範囲を設定する手段であり、該ヨーレートの大きさが a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの右向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の右向き操舵側の限界値の絶対値以上になり、且つ、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの左向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の左向き操舵側の限界値の絶対値以上になるように該許容範囲を設定することを特徴とする請求項 1 3 記載の車両の制御装置。

30

【請求項 1 8】

前記車両モデルは、該車両モデル上の前輪の横すべり角と横力との間の関係に飽和特性を有するモデルであることを特徴とする請求項 1 記載の車両の制御装置。

40

【請求項 1 9】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに inputs モデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに inputs して前記第

50

1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済モデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制するように前記基本値を修正して該制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項1記載の車両の制御装置。

【請求項20】

前記第1状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量出力手段が出力する運転操作量は車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記モデル第1状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済モデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制し、且つ、前記制限済み操舵角が少なくとも実際の車両の走行速度の値である実走行速度に応じて設定される所定の許容範囲内に収まるように、前記基本値を修正して該制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項1記載の車両の制御装置。

【請求項21】

複数の車輪を有する車両の操縦者による該車両の運転操作状態を示す運転操作量を検出する運転操作量検出手段と、前記車両の所定の運動を操作可能に該車両に設けられたアクチュエータ装置と、前記アクチュエータ装置の動作を逐次制御するアクチュエータ装置制御手段とを備えた車両の制御装置において、

実際の車両の所定の運動に関する所定の第1状態量の値である第1実状態量を検出または推定する実状態量把握手段と、

前記車両の動特性を表すモデルとしてあらかじめ定められた車両モデル上での車両の所定の運動に関する前記第1状態量の値である第1モデル状態量を少なくとも前記検出された運転操作量に応じて決定するモデル状態量決定手段と、

前記検出または推定された第1実状態量と前記決定された第1モデル状態量との偏差である第1状態量偏差を算出する状態量偏差算出手段と、

実際の車両の前記アクチュエータ装置を操作するための実車アクチュエータ操作用制御入力と前記車両モデル上での車両の所定の運動を操作するための車両モデル操作用制御入力とを、少なくとも前記算出された第1状態量偏差に応じて該第1状態量偏差を0に近づけるようにそれぞれ決定する実車側状態量偏差応動制御手段およびモデル側状態量偏差応動制御手段とを備え、

前記アクチュエータ装置制御手段は、少なくとも前記決定された実車アクチュエータ操作用制御入力に応じて前記アクチュエータ装置の動作を制御する手段であり、

前記モデル状態量決定手段は、少なくとも前記検出された運転操作量と前記決定された車両モデル操作用制御入力とに応じて前記第1モデル状態量を決定する手段であり、

前記実車側状態量偏差応動制御手段は、実際の車両の運動に関する第2状態量と前記車両モデル上の車両の運動に関する第2状態量とのうちの少なくともいずれか一方に応じて値が定まる制限対象量が所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、前記第1状態量偏差を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする車両の制御装置。

【請求項22】

前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量と前記第1状態量偏差とを0に近づけるように該逸脱量と第1状態量偏差とに応じて前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする請求項21記載の車両の制御装置。

10

20

30

40

50

【請求項 2 3】

前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記算出された第 1 状態量偏差に応じて、該第 1 状態量偏差を 0 に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力の仮値を決定する手段と、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量に応じて該逸脱量を 0 に近づけるように前記仮値を修正することにより前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段とから構成されていることを特徴とする請求項 2 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 2 4】

前記第 1 状態量は、車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値と、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨー方向回転運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値とのうちの少なくともいずれか一つを含むことを特徴とする請求項 2 1 記載の車両の制御装置。

10

【請求項 2 5】

前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨーレートの最新値または該ヨーレートにフィルタリング処理を施した値または該ヨーレートの将来の予測値を含み、

該ヨーレートに対する前記許容範囲は、実際の車両の走行速度の値である実走行速度が高いほど狭くなるように、少なくとも該実走行速度に応じて設定された許容範囲であることを特徴とする請求項 2 4 記載の車両の制御装置。

20

【請求項 2 6】

前記ヨーレートに対する前記許容範囲は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの値の範囲内に設定されることを特徴とする請求項 2 5 記載の車両の制御装置。

【請求項 2 7】

前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値を含み、前記車両モデル操作用制御入力は、少なくとも車両モデル上の車両の重心点のまわりにヨー方向のモーメントを発生させる制御入力成分を含むことを特徴とする請求項 2 4 記載の車両の制御装置。

30

【請求項 2 8】

前記車両の横方向並進運動に関する状態量は、前記車両の所定の位置の横すべり角、横すべり速度、横すべり加速度、および横加速度のうちのいずれかであることを特徴とする請求項 2 4 記載の車両の制御装置。

【請求項 2 9】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は実際の車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内で前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項 2 1 記載の車両の制御装置。

40

【請求項 3 0】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は実際の車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モ

50

デルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの範囲を超えないように、前記前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項2記載の車両の制御装置。

【請求項31】

前記第1状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、前記モデル前輪舵角の許容範囲を少なくとも実際の車両の走行速度である実走行速度に応じて設定する手段と、少なくとも前記決定したモデル前輪舵角の基本値と前記設定したモデル前輪舵角の許容範囲とに基づいて該許容範囲からの逸脱を抑制するように該基本値を修正してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成されることを特徴とする請求項2記載の車両の制御装置。

【請求項32】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記実走行速度が高いほど、該許容範囲が狭くなるように該許容範囲を設定することを特徴とする請求項31記載の車両の制御装置。

【請求項33】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内に前記許容範囲を設定する手段であることを特徴とする請求項32記載の車両の制御装置。

【請求項34】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を前記実走行速度に維持して定常円旋回を行なうことが可能なヨーレートの範囲を超えないように前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段であることを特徴とする請求項32記載の車両の制御装置。

【請求項35】

前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記実走行速度と実際の車両または前記車両モデル上での車両のヨーレートとに応じて該許容範囲を設定する手段であり、該ヨーレートの大きさが a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの右向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の右向き操舵側の限界値の絶対値以上になり、且つ、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの左向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の左向き操舵側の限界値の絶対値以上になるように該許容範囲を設定することを特徴とする請求項31記載の車両の制御装置。

【請求項36】

前記車両モデルは、該車両モデル上の前輪の横すべり角と横力との間の関係に飽和特性

10

20

30

40

50

を有するモデルであることを特徴とする請求項 2 1 記載の車両の制御装置。

【請求項 3 7】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量は車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済モデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制するように前記基本値を修正して該制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項 2 1 記載の車両の制御装置。

10

【請求項 3 8】

前記第 1 状態量は、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量出力手段が出力する運転操作量は車両の前輪操舵用操作子の操作量を含み、

前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記モデル第 1 状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済モデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制し、且つ、前記制限済み操舵角が少なくとも実際の車両の走行速度の値である実走行速度に応じて設定される所定の許容範囲内に収まるように、前記基本値を修正して該制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることを特徴とする請求項 2 1 記載の車両の制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は自動車（エンジン自動車）、ハイブリッド車、自動二輪車など、複数の車輪を有する車両の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車などの車両には、主な機構として、車輪にエンジンなどの推進力発生源から駆動力を伝達したり、あるいは制動力を付与する駆動・制動系と、車両の操舵輪を操舵するためのステアリング系（操舵系）、車輪に車体を弾力的に支持させるサスペンション系などのシステムが備えられている。そして、近年、例えば特開 2000-41386 号公報（以下、特許文献 1 という）に見られるように、これらのシステムを、運転者によるステアリングホイール（ハンドル）や、アクセルペダル、ブレーキペダルなどの操作（人為的操作）に応じて受動的に動作させるだけでなく、種々の電動式もしくは油圧式のアクチュエータを備えて、そのアクチュエータの動作を車両の走行状態や環境条件などに応じて能動的（積極的）に制御するようにしたものが知られている。

40

【0003】

特許文献 1 には、前輪舵角に応じて後輪舵角のフィードフォワード目標値を決定すると共に、規範状態量（規範ヨーレートと規範横加速度）と実状態量（ヨーレートの検出値と横加速度の検出値）との偏差に応じて後輪舵角のフィードバック目標値を決定し、それらの目標値の和に後輪の舵角を追従させる技術が提案されている。この場合、規範状態量は、前輪の舵角に応じて設定される。また、フィードフォワード制御部、フィードバック制

50

御部、規範状態量決定部の伝達関数のパラメータあるいはゲインは路面の摩擦係数の推定値に応じて調整される。

【0004】

しかしながら、前記特許文献1に見られるような技術では、次のような不都合があった。すなわち、実際の車両の挙動は、路面の摩擦係数の変化など、種々様々の外乱要因の影響を受ける。

【0005】

一方、車両モデルなどを使用して、あらゆる外乱要因を考慮しつつ最適な規範状態量を逐次生成することは、事実上困難である。例えば特許文献1のものでは、路面の摩擦係数の推定値に応じて規範状態量決定部の伝達関数のパラメータなどを調整しているものの、実際の車両の挙動は、路面の摩擦係数以外にも、車輪のタイヤの特性のばらつき、ステアリング系などの装置の特性のばらつき、摩擦係数の推定誤差、規範状態量の生成用のモデルのモデル化誤差など、種々様々の要因の影響を受ける。

10

【0006】

このため、特許文献1に見られるような技術では、種々様々な外乱要因によって、規範状態量が、実際の車両の運動状態に対して比較的大きな乖離が発生する場合がある。そして、このような場合には、実際の車両の挙動に適合しない制御入力で車両のアクチュエータの動作が制御されたり、あるいは、アクチュエータの動作がリミッタにより制限されることとなり、該アクチュエータの動作を好適に制御することが困難となる。

20

【0007】

本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、可能な限り実際の車両の挙動に適したアクチュエータの動作制御を行いつつ、外乱要因あるいはその変化に対するロバスト性を高めることができる車両の制御装置を提供することを目的とする。

【発明の開示】

【0008】

かかる目的を達成するために、本発明の車両の制御装置は、

複数の車輪を有する車両の操縦者による該車両の運転操作状態を示す運転操作量を検出する運転操作量検出手段と、前記車両の所定の運動を操作可能に該車両に設けられたアクチュエータ装置と、前記アクチュエータ装置の動作を逐次制御するアクチュエータ装置制御手段とを備えた車両の制御装置において、

30

実際の車両の所定の運動に関する所定の第1状態量の値である第1実状態量を検出または推定する実状態量把握手段と、

前記車両の動特性を表すモデルとしてあらかじめ定められた車両モデル上での車両の所定の運動に関する前記第1状態量の値である第1モデル状態量を少なくとも前記検出された運転操作量に応じて決定するモデル状態量決定手段と、

前記検出または推定された第1実状態量と前記決定された第1モデル状態量との偏差である第1状態量偏差を算出する状態量偏差算出手段と、

実際の車両の前記アクチュエータ装置を操作するための実車アクチュエータ操作用制御入力と前記車両モデル上での車両の所定の運動を操作するための車両モデル操作用制御入力を、少なくとも前記算出された第1状態量偏差に応じて該第1状態量偏差を0に近づけるようにそれぞれ決定する実車側状態量偏差応動制御手段およびモデル側状態量偏差応動制御手段とを備え、

40

前記アクチュエータ装置制御手段は、少なくとも前記決定された実車アクチュエータ操作用制御入力に応じて前記アクチュエータ装置の動作を制御する手段であり、

前記モデル状態量決定手段は、少なくとも前記検出された運転操作量と前記決定された車両モデル操作用制御入力とに応じて前記第1モデル状態量を決定する手段であり、

前記モデル側状態量偏差応動制御手段は、実際の車両の運動に関する第2状態量と前記車両モデル上の車両の運動に関する第2状態量とのうちの少なくともいずれか一方に応じて値が定まる制限対象量が所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、前記第1状態量偏差を0に近づけるように前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段であることを

50

特徴とする（第1発明）。

【0009】

かかる第1発明によれば、基本的には、前記実車アクチュエータ操作用制御入力によって、前記第1状態量偏差を0に近づけるように、実際の車両のアクチュエータ装置の動作がフィードバック制御されると共に、前記モデル操作用制御入力によって、前記第1状態量偏差を0に近づけるように、前記車両モデル上での車両の運動、ひいては第1モデル状態量が操作される。このため、実際の車両の運動と車両モデル上の車両の運動とが外乱要因などの影響で大きく乖離することがない。また、このとき、前記車両モデル操作用制御入力は、所要の制限対象量が、所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、第1状態量偏差を0に近づけるように決定される。このため、車両モデル上の車両の運動が、実際の車両の運動を追従させやすい運動（制限対象量が許容範囲内に収まる運動）になるように、第1モデル状態量を決定できる。

10

【0010】

従って、第1発明によれば、可能な限り実際の車両の挙動に適したアクチュエータの動作制御を行いつつ、外乱要因あるいはその変化に対するロバスト性を高めることができる。

【0011】

なお、前記第2状態量は、前記第1状態量と同じ種類の状態量でもよいが、必ずしも、第1状態量と同じ種類の状態量でなくてもよい。該第2状態量は、第1状態量と微分方程式を介して関連するような状態量であることが好ましい。また、第1状態量は、1つの種類の状態量である必要はなく、複数種類の状態量であってもよい。このことは前記制限対象量についても同様である。

20

【0012】

また、実車アクチュエータ操作用制御入力としては、前記アクチュエータ装置の動作を規定する目標値（目標操作量）などが挙げられる。また、モデル操作用制御入力としては、車両モデル上の車両に付加的に作用させる仮想的な外力（モーメントもしくは並進力、あるいはその両者）などが挙げられる。

【0013】

かかる第1発明では、前記モデル側状態量偏差応動制御手段は、例えば前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量と前記第1状態量偏差とを0に近づけるように該逸脱量と第1状態量偏差とに応じて前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段である（第2発明）。

30

【0014】

このように逸脱量と第1状態量偏差とに応じて車両モデル操作用制御入力を決定することで、制限対象量が、所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、第1状態量偏差を0に近づけるように車両モデル操作用制御入力を決定できる。前記逸脱量と第1状態量偏差とから、前記車両モデル操作用制御入力を決定するための具体的な処理は、適宜のフィードバック制御則を使用すればよい。

【0015】

あるいは、前記モデル側状態量偏差応動制御手段は、前記算出された第1状態量偏差に応じて、該第1状態量偏差を0に近づけるように前記車両モデル操作用制御入力の仮値を決定する手段と、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量に応じて該逸脱量を0に近づけるように前記仮値を修正することにより前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段とから構成されていてもよい（第3発明）。

40

【0016】

この第3発明によっても、制限対象量が、所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、第1状態量偏差を0に近づけるように車両モデル操作用制御入力を決定できる。なお、車両モデル操作用制御入力の仮値の決定は、具体的には、第1状態量偏差から適宜のフィードバック制御則により行なえばよい。また、この仮値の修正の処理では、具体的には、前記逸脱量から適宜のフィードバック制御則により仮値の修正量（操作量）を求め、そ

50

の修正量によって、仮値を修正するようにすればよい。

【0017】

前記第1～第3発明において、前記第1状態量は、車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値と、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨー方向回転運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値とのうちの少なくともいずれか一つを含むことが好ましい（第4発明）。

【0018】

この第4発明によれば、前記実車アクチュエータ操作制御入力によって、車両のヨー方向回転運動に関する前記第1状態量偏差（例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差）を0に近づけるように、実際の車両のアクチュエータ装置の動作が制御される。そして、その動作の制御は、結果的に実際の車両の各車輪に路面から作用する路面反力のうち、路面もしくは水平面に平行な成分を操作することとなる。この場合、前記制限対象量に、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値と、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨー方向回転運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値とのうちの少なくともいずれか一つを含める。これにより、実際の車両あるいは車両モデル上での車両の各車輪に路面から作用する路面反力のうちの路面に平行な成分もしくは水平成分、あるいは、該車両に作用する遠心力（各車輪に作用する路面反力の合力によって該車両に作用する求心力）が過大にならないようにしつつ、前記第1モデル状態量を決定することが可能となる。その結果、実際の車両の運動を車両モデル上の車両の運動に近づけるためのアクチュエータ装置の動作制御を適切に行ない得るように（実際の車両の運動に関する制限対象量が許容範囲から逸脱しにくくなるように）前記第1モデル状態量を決定できる。

【0019】

なお、第1状態量には、車両のヨー方向回転運動に関する状態量だけでなく、車両の横方向並進運動に関する状態量が含まれていてもよい。また、第4発明におけるアクチュエータ装置としては、車両の駆動系もしくは制動系のアクチュエータ装置、操舵系のアクチュエータ装置が挙げられる。車両の駆動系もしくは制動系のアクチュエータ装置の動作を制御する場合には、実際の車両の少なくとも一組の左右の車輪に関して、その左側の車輪に路面から作用させる駆動・制動力と右側の車輪に路面から作用させる駆動・制動力との差もしくは比率を操作するようにアクチュエータ装置の動作を制御することで、実際の車両のヨー方向回転運動の状態量を操作できる。

【0020】

この第4発明において、前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨーレートの最新値または該ヨーレートにフィルタリング処理を施した値または該ヨーレートの将来の予測値を含む場合には、該ヨーレートに対する前記許容範囲は、実際の車両の走行速度の値である実走行速度が高いほど狭くなるように、少なくとも該実走行速度に応じて設定された許容範囲であることが好ましい（第5発明）。

【0021】

すなわち、ヨーレートが一定であるとした場合、車両に発生する遠心力は車両の走行速度が高いほど、大きくなる。従って、上記第5発明によれば、実際の車両または車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないように前記第1モデル状態量を決定できる。

【0022】

なお、この第5発明では、車両モデル上の車両の走行速度は、実際の車両の走行速度と一致するものとする。また、前記許容範囲は、実走行速度だけでなく、実際の車両の車輪

10

20

30

40

50

と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。

【0023】

また、この第5発明では、前記ヨーレートに対する前記許容範囲は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの値の範囲内に設定される（第6発明）。これにより、実際の車両または車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないようにするための許容範囲を適切に設定できる。

【0024】

また、前記第4～第6発明において、前記制限対象量が、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値を含む場合には、前記車両モデル操作
10
用制御入力は、少なくとも車両モデル上の車両の重心点のまわりにヨー方向のモーメントを発生させる制御入力成分を含むことが好ましい（第7発明）。

【0025】

これによれば、前記制限対象量を許容範囲から逸脱するのを抑制するための車両モデル上の車両の操作を適切に行なうことができる。

【0026】

なお、前記第4発明において、前記車両の横方向並進運動に関する状態量としては、前記車両の所定の位置（重心点の位置など）の横すべり角、横すべり速度（横すべり角の時間的変化率）、横すべり加速度（横すべり速度の時間的変化率）、および横加速度（車両の横方向の加速度）のうちのいずれかが挙げられる（第8発明）。
20

【0027】

前記第1～第8発明では、前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記制限対象量が前記許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、前記第1状態量偏差を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作作用制御入力を決定する手段であることが好ましい（第9発明）。

【0028】

より具体的には、前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量と前記第1状態量偏差とを0に近づけるように該逸脱量と第1状態量偏差とに応じて前記実車アクチュエータ操作作用制御入力を決定する手段であることが好ましい（第10発明）。
30

【0029】

この第9発明あるいは第10発明によれば、車両モデル上の車両だけでなく、実際の車両側においても、実車アクチュエータ操作作用制御入力が、前記制限対象量の許容範囲からの逸脱を抑制するように決定される。このため、実際の車両の運動に関する制限対象量が許容範囲から逸脱するのをより一層、適切に抑制することができる。

【0030】

また、前記第1発明では、前記第1状態量が、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量が実際の車両の前輪操舵用操作子の操作量を含む場合には、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記
40
検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内で前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい（第11発明）。

【0031】

あるいは、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角とし
50

て該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの範囲を超えないように、前記前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい(第12発明)。

【0032】

あるいは、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、前記モデル前輪舵角の許容範囲を少なくとも実際の車両の走行速度である実走行速度に応じて設定する手段と、少なくとも前記決定したモデル前輪舵角の基本値と前記設定したモデル前輪舵角の許容範囲とに基づいて該許容範囲からの逸脱を抑制するように該基本値を修正してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成されることが好ましい(第13発明)。

【0033】

これらの第11発明～第13発明によれば、車両モデルに入力するモデル前輪舵角(制限済みモデル前輪舵角)を、これに対応する許容範囲(これは実走行速度に応じたものとなる)から逸脱するのを抑制するように決定する。その結果、車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないように前記第1モデル状態量を決定することが可能となる。このため、前記ヨー方向回転運動に関する第1状態量偏差(例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差)を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するときに、実際の車両に過大な遠心力が発生するような実車アクチュエータ操作用制御入力決定を防止することが可能となる。

【0034】

なお、この第11発明～第13発明は、前記第2～第10発明と組み合わせてもよい。また、第11発明～第13発明では、車両モデル上の車両の走行速度は、実際の車両の走行速度と一致するものとする。また、第11発明～第13発明におけるモデル前輪舵角の許容範囲は、実走行速度だけでなく、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性(摩擦係数の推定値など)に応じて設定するようにしてもよい。

【0035】

また、上記第13発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記実走行速度が高いほど、該許容範囲が狭くなるように該許容範囲を設定することが好ましい(第14発明)。そして、この第14発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内に前記許容範囲を設定する手段であることが好ましい(第15発明)。あるいは、第14発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を前記実走行速度に維持して定常円旋回を行なうことが可能なヨーレートの範囲を超えないように前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段であることが好ましい(第16発明)。

【0036】

これにより、車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大になるのを抑制するためのモデル前輪舵角の許容範囲を適切に設定できる。

【0037】

また、前記第13発明、あるいは第14発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設

10

20

30

40

50

定する手段は、前記実走行速度と実際の車両または前記車両モデル上での車両のヨーレートとに応じて該許容範囲を設定する手段であり、該ヨーレートの大きさが a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの右向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の右向き操舵側の限界値の絶対値以上になり、且つ、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの左向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の左向き操舵側の限界値の絶対値以上になるように該許容範囲を設定することが好ましい（第 17 発明）。

10

【0038】

このようにモデル前輪舵角の許容範囲を設定することで、所謂カウンタステア状態のように、実際の車両のヨーレートと逆向きの旋回方向に前輪操舵用操作子が操作された場合に、車両モデルに入力するモデル前輪舵角（制限済みモデル前輪舵角）が不必要な制限を受けるのを防止できる。

【0039】

なお、前記第 1 発明において、前記車両モデルは、該車両モデル上の前輪の横すべり角と横力との間の関係に飽和特性を有するモデルであってもよい（第 18 発明）。ここで、飽和特性は、横すべり角がある程度大きくなったときに、横すべり角の大きさの増加に対する横力の増加率が小さくなっていくか、もしくは横力がほぼ一定となるような特性である。

20

【0040】

この第 18 発明によれば、車両モデル上の車両の前輪に発生する横力が過大になるのを防止できる。なお、この第 18 発明は、前記第 1 ~ 17 発明と組み合わせてもよい。

【0041】

また、前記第 1 発明では、前記第 1 状態量が、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量が車両の前輪操舵用操作子の操作量を含む場合には、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済みモデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済みモデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力を前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済みモデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制するように前記基本値を修正して該制限済みモデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい（第 19 発明）。

30

【0042】

この第 19 発明によれば、車両モデルに入力するモデル前輪舵角（制限済みモデル前輪舵角）を、これに対応して車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角がそれに対する許容範囲から逸脱するのを抑制するように決定する。この結果、車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が過大にならないように前記第 1 モデル状態量を決定することが可能となる。このため、前記ヨー方向回転運動に関する第 1 状態量偏差（例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差）を 0 に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するときに、実際の車両の前輪に過大な横力または横すべり角を発生させるような実車アクチュエータ操作用制御入力が決定されるのを防止することが可能となる。

40

【0043】

なお、この第 19 発明は、前記第 2 ~ 第 10 発明と組み合わせてもよい。また、第 19

50

発明における前輪の横力もしくは横すべり角の許容範囲は、実走行速度、あるいは、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。

【0044】

さらに、前記第1発明において、前記第1状態量が、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量出力手段が出力する運転操作量が車両の前輪操舵用操作子の操作量を含む場合には、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記モデル第1状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済モデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制し、且つ、前記制限済み操舵角が少なくとも実際の車両の走行速度の値である実走行速度に応じて設定される所定の許容範囲内に収まるように、前記基本値を修正して該制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることがより好ましい（第20発明）。

10

【0045】

この第20発明によれば、車両モデルに入力するモデル前輪舵角（制限済みモデル前輪舵角）を、これに対応して車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角がそれに対する許容範囲から逸脱するのを抑制し、且つ、実走行速度に応じて設定される許容範囲に収まるように決定する。この結果、車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が過大にならず、且つ、該車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないように前記第1モデル状態量を決定することが可能となる。このため、前記ヨー方向回転運動に関する第1状態量偏差（例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差）を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するときに、実際の車両の前輪に過大な横力または横すべり角を発生させたり、あるいは、実際の車両に過大な遠心力を発生させるような実車アクチュエータ操作用制御入力が決定されるのを防止することが可能となる。

20

【0046】

なお、この第20発明は、前記第2～第10発明と組み合わせてもよい。また、第20発明における前輪の横力もしくは横すべり角の許容範囲は、実走行速度、あるいは、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。さらに、第20発明におけるモデル前輪舵角の許容範囲は、実走行速度だけでなく、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。

30

【0047】

また、本発明の車両の制御装置は、前記第1発明と別の態様として、複数の車輪を有する車両の操縦者による該車両の運転操作状態を示す運転操作量を検出する運転操作量検出手段と、前記車両の所定の運動を操作可能に該車両に設けられたアクチュエータ装置と、前記アクチュエータ装置の動作を逐次制御するアクチュエータ装置制御手段とを備えた車両の制御装置において、

40

実際の車両の所定の運動に関する所定の第1状態量の値である第1実状態量を検出または推定する実状態量把握手段と、

前記車両の動特性を表すモデルとしてあらかじめ定められた車両モデル上での車両の所定の運動に関する前記第1状態量の値である第1モデル状態量を少なくとも前記検出された運転操作量に応じて決定するモデル状態量決定手段と、

前記検出または推定された第1実状態量と前記決定された第1モデル状態量との偏差である第1状態量偏差を算出する状態量偏差算出手段と、

実際の車両の前記アクチュエータ装置を操作するための実車アクチュエータ操作用制御

50

入力と前記車両モデル上での車両の所定の運動を操作するための車両モデル操作用制御入力とを、少なくとも前記算出された第1状態量偏差に応じて該第1状態量偏差を0に近づけるようにそれぞれ決定する実車側状態量偏差応動制御手段およびモデル側状態量偏差応動制御手段とを備え、

前記アクチュエータ装置制御手段は、少なくとも前記決定された実車アクチュエータ操作用制御入力に応じて前記アクチュエータ装置の動作を制御する手段であり、

前記モデル状態量決定手段は、少なくとも前記検出された運転操作量と前記決定された車両モデル操作用制御入力とに応じて前記第1モデル状態量を決定する手段であり、

前記実車側状態量偏差応動制御手段は、実際の車両の運動に関する第2状態量と前記車両モデル上の車両の運動に関する第2状態量とのうちの少なくともいずれか一方に応じて値が定まる制限対象量が所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、前記第1状態量偏差を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段であることを特徴とする(第21発明)。

10

【0048】

かかる第21発明によれば、基本的には、前記第1発明と同様に、前記実車アクチュエータ操作用制御入力によって、前記第1状態量偏差を0に近づけるように、実際の車両のアクチュエータ装置の動作がフィードバック制御されると共に、前記モデル操作用制御入力によって、前記第1状態量偏差を0に近づけるように、前記車両モデル上での車両の運動、ひいては第1モデル状態量が操作される。このため、実際の車両の運動と車両モデル上の車両の運動とが外乱要因などの影響で大きく乖離することがない。また、このとき、前記第21発明では、実車アクチュエータ操作用制御入力は、所要の制限対象量が、所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、第1状態量偏差を0に近づけるように決定される。このため、実車アクチュエータ操作用制御入力が、前記制限対象量の許容範囲からの逸脱を抑制するように決定される。このため、実際の車両の運動に関する制限対象量が許容範囲から逸脱するのを抑制しながら、実際の車両の第1状態量を第1モデル状態に近づけるように実際の車両の運動を制御できる。

20

【0049】

従って、第21発明によれば、可能な限り実際の車両の挙動に適したアクチュエータの動作制御を行いつつ、外乱要因あるいはその変化に対するロバスト性を高めることができる。

30

【0050】

なお、第21発明における前記第2状態量は、前記第1状態量と同じ種類の状態量でもよいが、必ずしも、第1状態量と同じ種類の状態量でなくてもよい。該第2状態量は、第1状態量と微分方程式を介して関連するような状態量であることが好ましい。また、第1状態量は、1つの種類の状態量である必要はなく、複数種類の状態量であってもよい。このことは前記制限対象量についても同様である。

【0051】

また、実車アクチュエータ操作用制御入力としては、前記アクチュエータ装置の動作を規定する目標値(目標操作量)などが挙げられる。また、モデル操作用制御入力としては、車両モデル上の車両に付加的に作用させる仮想的な外力(モーメントもしくは並進力、あるいはその両者)などが挙げられる。

40

【0052】

かかる第21発明では、前記実車側状態量偏差応動制御手段は、例えば前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量と前記第1状態量偏差とを0に近づけるように該逸脱量と第1状態量偏差とに応じて前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定する手段である(第22発明)。

【0053】

このように逸脱量と第1状態量偏差とに応じて実車アクチュエータ操作用制御入力を決定することで、制限対象量が、所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、第1状態量偏差を0に近づけるように実車アクチュエータ操作用制御入力を決定できる。前記逸脱

50

量と第1状態量偏差とから、前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するための具体的な処理は、適宜のフィードバック制御則を使用すればよい。

【0054】

あるいは、前記実車側状態量偏差応動制御手段は、前記算出された第1状態量偏差に応じて、該第1状態量偏差を0に近づけるように前記車両モデル操作用制御入力の仮値を決定する手段と、前記制限対象量の前記許容範囲からの逸脱量に応じて該逸脱量を0に近づけるように前記仮値を修正することにより前記車両モデル操作用制御入力を決定する手段とから構成されていてもよい(第23発明)。

【0055】

この第23発明によっても、制限対象量が、所定の許容範囲から逸脱することを抑制しつつ、第1状態量偏差を0に近づけるように実車アクチュエータ操作用制御入力を決定できる。なお、実車アクチュエータ操作用制御入力の仮値の決定は、具体的には、第1状態量偏差から適宜のフィードバック制御則により行なえばよい。また、この仮値の修正の処理では、具体的には、前記逸脱量から適宜のフィードバック制御則により仮値の修正量(操作量)を求め、その修正量によって、仮値を修正するようにすればよい。

【0056】

前記第21~第23発明において、前記第1状態量は、車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値と、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨー方向回転運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値とのうちの少なくともいずれか一つを含むことが好ましい(第24発明)。

【0057】

この第24発明によれば、前記実車アクチュエータ操作用制御入力によって、車両のヨー方向回転運動に関する前記第1状態量偏差(例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差)を0に近づけるように、実際の車両のアクチュエータ装置の動作が制御される。そして、その動作の制御は、結果的に実際の車両の各車輪に路面から作用する路面反力のうち、路面もしくは水平面に平行な成分を操作することとなる。この場合、前記制限対象量に、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値と、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨー方向回転運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値とのうちの少なくともいずれか一つを含める。これにより、実際の車両あるいは車両モデル上での車両の各車輪に路面から作用する路面反力のうちの路面に平行な成分もしくは水平成分、あるいは、該車両に作用する遠心力(各車輪に作用する路面反力の合力によって該車両に作用する求心力)が過大にならないようにしつつ、実車アクチュエータ操作用制御入力を決定することが可能となる。その結果、実際の車両の運動を車両モデル上の車両の運動に近づけるためのアクチュエータ装置の動作制御を適切に行ない得るように(実際の車両の運動に関する制限対象量が許容範囲から逸脱しにくくなるように)前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定できる。

【0058】

なお、第1状態量には、車両のヨー方向回転運動に関する状態量だけでなく、車両の横方向並進運動に関する状態量が含まれていてもよい。また、第24発明におけるアクチュエータ装置としては、車両の駆動系もしくは制動系のアクチュエータ装置、操舵系のアクチュエータ装置が挙げられる。車両の駆動系もしくは制動系のアクチュエータ装置の動作を制御する場合には、実際の車両の少なくとも一組の左右の車輪に関して、その左側の車輪に路面から作用させる駆動・制動力と右側の車輪に路面から作用させる駆動・制動力との差もしくは比率を操作するようにアクチュエータ装置の動作を制御することで、実際の車両のヨー方向回転運動の状態量を操作できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

この第 2 4 発明において、前記制限対象量は、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、ヨーレートの最新値または該ヨーレートにフィルタリング処理を施した値または該ヨーレートの将来の予測値を含む場合には、該ヨーレートに対する前記許容範囲は、実際の車両の走行速度の値である実走行速度が高いほど狭くなるように、少なくとも該実走行速度に応じて設定された許容範囲であることが好ましい（第 2 5 発明）。

【 0 0 6 0 】

すなわち、ヨーレートが一定であるとした場合、車両に発生する遠心力は車両の走行速度が高いほど、大きくなる。従って、上記第 2 5 発明によれば、実際の車両または車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないように実車アクチュエータ操作用制御入力を決定できる。

10

【 0 0 6 1 】

なお、この第 2 5 発明では、車両モデル上の車両の走行速度は、実際の車両の走行速度と一致するものとする。また、前記許容範囲は、実走行速度だけでなく、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。

【 0 0 6 2 】

また、この第 2 5 発明では、前記ヨーレートに対する前記許容範囲は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの値の範囲内に設定される（第 2 6 発明）。これにより、実際の車両または車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないようにするための許容範囲を適切に設定できる。

20

【 0 0 6 3 】

また、前記第 2 4 ~ 第 2 6 発明において、前記制限対象量が、実際の車両または前記車両モデル上での車両の、横方向並進運動に関する状態量の最新値または該状態量にフィルタリング処理を施した値または該状態量の将来の予測値を含む場合には、前記車両モデル操作用制御入力は、少なくとも車両モデル上の車両の重心点のまわりにヨー方向のモーメントを発生させる制御入力成分を含むことが好ましい（第 2 7 発明）。

【 0 0 6 4 】

これによれば、前記制限対象量を許容範囲から逸脱するのを抑制するための車両モデル上の車両の操作を適切に行なうことができる。

30

【 0 0 6 5 】

なお、前記第 2 4 発明において、前記車両の横方向並進運動に関する状態量としては、前記車両の所定の位置（重心点の位置など）の横すべり角、横すべり速度（横すべり角の時間的变化率）、横すべり加速度（横すべり速度の時間的变化率）、および横加速度（車両の横方向の加速度）のうちのいずれかが挙げられる（第 2 8 発明）。

【 0 0 6 6 】

また、前記第 2 1 発明では、前記第 1 状態量が、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量が実際の車両の前輪操舵用操作子の操作量を含む場合には、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内で前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい（第 2 9 発明）。

40

【 0 0 6 7 】

あるいは、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角とし

50

て該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を実際の車両の走行速度の値である実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートの範囲を超えないように、前記前記制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい(第30発明)。

【0068】

あるいは、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、前記モデル前輪舵角の許容範囲を少なくとも実際の車両の走行速度である実走行速度に応じて設定する手段と、少なくとも前記決定したモデル前輪舵角の基本値と前記設定したモデル前輪舵角の許容範囲とに基づいて該許容範囲からの逸脱を抑制するように該基本値を修正してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記決定された車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第1モデル状態量を決定する手段とから構成されることが好ましい(第31発明)。

【0069】

これらの第29発明～第31発明によれば、車両モデルに入力するモデル前輪舵角(制限済みモデル前輪舵角)を、これに対応する許容範囲(これは実走行速度に応じたものとなる)から逸脱するのを抑制するように決定する。その結果、車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないように前記第1モデル状態量を決定することが可能となる。このため、前記ヨー方向回転運動に関する第1状態量偏差(例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差)を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するときに、実際の車両に過大な遠心力が発生するような実車アクチュエータ操作用制御入力決定されるのを防止することが可能となる。

【0070】

なお、この第29発明～第31発明は、前記第22～第28発明と組み合わせてもよい。また、第29発明～第31発明では、車両モデル上の車両の走行速度は、実際の車両の走行速度と一致するものとする。また、第29発明～第31発明におけるモデル前輪舵角の許容範囲は、実走行速度だけでなく、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性(摩擦係数の推定値など)に応じて設定するようにしてもよい。

【0071】

また、上記第31発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記実走行速度が高いほど、該許容範囲が狭くなるように該許容範囲を設定することが好ましい(第32発明)。そして、この第32発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、車両の走行速度を前記実走行速度に維持して、車両の定常円旋回を行うことが可能なヨーレートに対応する前輪の舵角の値の範囲内に前記許容範囲を設定する手段であることが好ましい(第33発明)。あるいは、第32発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段は、前記車両モデル上の車両のヨーレートが、実際の車両の走行速度を前記実走行速度に維持して定常円旋回を行なうことが可能なヨーレートの範囲を超えないように前記モデル前輪舵角の許容範囲を設定する手段であることが好ましい(第34発明)。

【0072】

これにより、車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大になるのを抑制するためのモデル前輪舵角の許容範囲を適切に設定できる。

【0073】

また、前記第31発明、あるいは第32発明では、前記モデル前輪舵角の許容範囲を設

10

20

30

40

50

定する手段は、前記実走行速度と実際の車両または前記車両モデル上での車両のヨーレートとに応じて該許容範囲を設定する手段であり、該ヨーレートの大きさが a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの右向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の右向き操舵側の限界値の絶対値以上になり、且つ、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の許容範囲の限界値のうちの左向き操舵側の限界値の絶対値が、該ヨーレートの大きさが前記 a で、該ヨーレートの向きが上方から見て反時計回り方向である場合における前記モデル前輪舵角の左向き操舵側の限界値の絶対値以上になるように該許容範囲を設定することが好ましい（第 3 5 発明）。

10

【 0 0 7 4 】

このようにモデル前輪舵角の許容範囲を設定することで、所謂カウンタステア状態のように、実際の車両のヨーレートと逆向きの旋回方向に前輪操舵用操作子が操作された場合に、車両モデルに入力するモデル前輪舵角（制限済みモデル前輪舵角）が不必要な制限を受けるのを防止できる。

【 0 0 7 5 】

なお、前記第 1 発明において、前記車両モデルは、該車両モデル上の前輪の横すべり角と横力との間の関係に飽和特性を有するモデルであってもよい（第 3 6 発明）。ここで、飽和特性は、横すべり角がある程度大きくなったときに、横すべり角の大きさの増加に対する横力の増加率が小さくなっていくか、もしくは横力がほぼ一定となるような特性である。

20

【 0 0 7 6 】

この第 3 6 発明によれば、車両モデル上の車両の前輪に発生する横力が過大になるのを防止できる。なお、この第 3 6 発明は、前記第 2 1 ~ 第 3 5 発明と組み合わせてもよい。

【 0 0 7 7 】

また、前記第 2 1 発明では、前記第 1 状態量が、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量検出手段が検出する運転操作量が車両の前輪操舵用操作子の操作量を含む場合には、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済みモデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済みモデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記第 1 モデル状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済みモデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制するように前記基本値を修正して該制限済みモデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい（第 3 7 発明）。

30

【 0 0 7 8 】

この第 3 7 発明によれば、車両モデルに入力するモデル前輪舵角（制限済みモデル前輪舵角）を、これに対応して車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角がそれに対する許容範囲から逸脱するのを抑制するように決定する。この結果、車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が過大にならないように前記第 1 モデル状態量を決定することが可能となる。このため、前記ヨー方向回転運動に関する第 1 状態量偏差（例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差）を 0 に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するときに、実際の車両の前輪に過大な横力または横すべり角を発生させるような実車アクチュエータ操作用制御入力決定が決定されるのを防止することが可能となる。

40

【 0 0 7 9 】

なお、この第 3 7 発明は、前記第 2 2 ~ 第 2 8 発明と組み合わせてもよい。また、第 3

50

7 発明における前輪の横力もしくは横すべり角の許容範囲は、実走行速度、あるいは、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。

【0080】

さらに、前記第21発明において、前記第1状態量が、前記車両のヨー方向回転運動に関する状態量を含み、前記運転操作量出力手段が出力する運転操作量が車両の前輪操舵用操作子の操作量を含む場合には、前記モデル状態量決定手段は、前記車両モデル上での車両の前輪の舵角として該車両モデルに入力するモデル前輪舵角の基本値を少なくとも前記検出された運転操作量に含まれる前輪操舵用操作子の操作量に応じて決定する手段と、その決定した基本値に所定の制限処理を施してなる制限済モデル前輪舵角を決定する手段と、少なくとも前記決定した制限済モデル前輪舵角と前記車両モデル操作用制御入力とを前記車両モデルに入力して前記モデル第1状態量を決定する手段とから構成され、前記所定の制限処理は、前記制限済モデル前輪舵角を前記車両モデルに入力した場合に該車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制し、且つ、前記制限済み操舵角が少なくとも実際の車両の走行速度の値である実走行速度に応じて設定される所定の許容範囲内に収まるように、前記基本値を修正して該制限済モデル前輪舵角を決定する処理であることが好ましい（第38発明）。

10

【0081】

この第38発明によれば、車両モデルに入力するモデル前輪舵角（制限済みモデル前輪舵角）を、これに対応して車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角がそれに対する許容範囲から逸脱するのを抑制し、且つ、実走行速度に応じて設定される許容範囲に収まるように決定する。この結果、車両モデル上の車両の前輪に発生する横力または横すべり角が過大にならず、且つ、該車両モデル上の車両に発生する遠心力が過大にならないように前記第1モデル状態量を決定することが可能となる。このため、前記ヨー方向回転運動に関する第1状態量偏差（例えば実際の車両のヨーレートと車両モデル上の車両のヨーレートとの偏差）を0に近づけるように前記実車アクチュエータ操作用制御入力を決定するときに、実際の車両の前輪に過大な横力または横すべり角を発生させたり、あるいは、実際の車両に過大な遠心力を発生させるような実車アクチュエータ操作用制御入力が決定されるのを防止することが可能となる。

20

【0082】

なお、この第38発明は、前記第22～第28発明と組み合わせてもよい。また、第38発明における前輪の横力もしくは横すべり角の許容範囲は、実走行速度、あるいは、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。さらに、第38発明におけるモデル前輪舵角の許容範囲は、実走行速度だけでなく、実際の車両の車輪と路面との間の摩擦特性（摩擦係数の推定値など）に応じて設定するようにしてもよい。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0083】

本発明の車両の制御装置の実施形態を以下に説明する。

【0084】

まず、図1を参照して、本明細書の実施形態における車両の概略構成を説明する。図1は、その車両の概略構成を示すブロック図である。なお、本明細書の実施形態で例示する車両は、4個の車輪（車両の前後に2個ずつの車輪）を備える自動車である。その自動車の構造自体は、公知のものでよいので、本明細書での詳細な図示および説明は省略する。

40

【0085】

図1に示す如く、車両1（自動車）は、公知の通常の自動車と同様に、4個の車輪W1、W2、W3、W4のうちの駆動輪に回転駆動力（車両1の推進力となる回転力）を付与し、あるいは各車輪W1～W4に制動力（車両1の制動力となる回転力）を付与する駆動・制動装置3A（駆動・制動系）と、4個の車輪W1～W4のうちの操舵輪を操舵するステアリング装置3B（ステアリング系）と、4個の車輪W1～W4に車体1Bを弾力的に

50

支持するサスペンション装置 3 C (サスペンション系) とを備えている。車輪 W 1, W 2, W 3, W 4 は、それぞれ車両 1 の左前、右前、左後、右後の車輪である。また、駆動輪および操舵輪は、本明細書で説明する実施形態では 2 つの前輪 W 1, W 2 である。従って、後輪 W 3, W 4 は従動輪で、また、非操舵輪である。

【 0 0 8 6 】

ただし、駆動輪は、2 つの後輪 W 3, W 4 であってもよく、あるいは、前輪 W 1, W 2 および後輪 W 3, W 4 の両者 (4 個の車輪 W 1 ~ W 4) であってもよい。また、操舵輪は、2 つの前輪 W 1, W 2 だけでなく、後輪 W 3, W 4 も含まれていてもよい。

【 0 0 8 7 】

これらの装置 3 A, 3 B, 3 C は、車両 1 の運動を操作する機能を持つ。例えば駆動・制動装置 3 A は、主に、車両 1 の進行方向の運動 (車両 1 の進行方向の位置、速度、加速度など) を操作する機能を持つ。ステアリング装置 3 B は、主に、車両 1 のヨー方向の回転運動 (車両 1 のヨー方向の姿勢、角速度、角加速度など) を操作する機能を持つ。サスペンション装置 3 C は、主に、車両 1 の車体 1 B のピッチ方向およびロール方向の運動 (車体 1 B のピッチ方向およびロール方向の姿勢など)、あるいは車体 1 B の上下方向の運動 (車体 1 B の路面からの高さ (車輪 W 1 ~ W 4 に対する車体 1 B の上下方向の位置) など) を操作する機能を持つ。なお、本明細書では、車両 1 あるいは車体 1 B の「姿勢」は空間的な向きを意味する。

10

【 0 0 8 8 】

補足すると、一般に、車両 1 の旋回時などに、車輪 W 1 ~ W 4 の横すべりが発生する。そして、この横すべりは、車両 1 の操舵輪の舵角、車両 1 のヨーレート (ヨー方向の角速度)、各車輪 W 1 ~ W 4 の駆動・制動力などの影響を受ける。このため、駆動・制動装置 3 A やステアリング装置 3 B は、車両 1 の横方向 (左右方向) の並進運動を操作する機能も持つ。なお、車輪の「駆動・制動力」は、該車輪に路面から作用する路面反力のうち、該車輪の前後方向 (詳しくは該車輪の回転面 (車輪の中心点を通して該車輪の回転軸と直交する面) と路面もしくは水平面との交線の方向) の並進力成分を意味する。また、路面反力のうち、車輪の幅方向 (車輪の回転軸に平行な方向) の並進力成分を「横力」、路面反力のうち、路面もしくは水平面に垂直な方向の並進力成分を「接地荷重」という。

20

【 0 0 8 9 】

駆動・制動装置 3 A は、詳細な図示は省略するが、より詳しくは車両 1 の動力発生源 (車両 1 の推進力発生源) としてのエンジン (内燃機関) と、このエンジンの出力 (回転駆動力) を車輪 W 1 ~ W 4 のうちの駆動輪に伝達する動力伝達系とからなる駆動系と、各車輪 W 1 ~ W 4 に制動力を付与するブレーキ装置 (制動系) とを備えている。動力伝達系には、変速装置、差動歯車装置などが含まれる。

30

【 0 0 9 0 】

なお、実施形態で説明する車両 1 は、動力発生源としてエンジンを備えるものであるが、エンジンと電動モータとを動力発生源として備えた車両 (いわゆるパラレル型のハイブリッド車両) や電動モータを動力発生源として備えた車両 (いわゆる電気自動車、あるいはシリーズ型のハイブリッド車両) であってもよい。

【 0 0 9 1 】

また、車両 1 (自動車) を運転者が操縦するために操作する操作器 5 (人為的操作器) として、ステアリングホイール (ハンドル)、アクセルペダル、ブレーキペダル、シフトレバーなどが車両 1 の車室内に備えられている。なお、操作器 5 の各要素の図示は省略する。

40

【 0 0 9 2 】

操作器 5 のうちのステアリングホイールは、前記ステアリング装置 3 B の動作に関連するものである。すなわち、ステアリングホイールを回転操作することで、これに応じてステアリング装置 3 B が動作して、車輪 W 1 ~ W 4 のうちの操舵輪 W 1, W 2 が操舵される。

【 0 0 9 3 】

50

操作器 5 のうちのアクセルペダル、ブレーキペダルおよびシフトレバーは、前記駆動・制動装置 3 A の動作に関連するものである。すなわち、アクセルペダルの操作量（踏み込み量）に応じてエンジンに備えられたスロットル弁の開度が増減し、エンジンの吸入空気量および燃料噴射量（ひいてはエンジンの出力）が調整される。また、ブレーキペダルの操作量（踏み込み量）に応じてブレーキ装置が作動し、ブレーキペダルの操作量に応じた制動トルクが各車輪 W 1 ~ W 4 に付与される。また、シフトレバーを操作することで、変速装置の変速比等、該変速装置の動作状態が増減し、エンジンから駆動輪に伝達される駆動トルクの調整などが行なわれる。

【 0 0 9 4 】

なお、運転者（車両 1 の操縦者）によるステアリングホイールなどの各操作器 5 の運転操作状態は、図示を省略する適宜のセンサにより検出される。以降、この運転操作状態の検出値（センサの検出出力）を運転操作入力と呼ぶ。この運転操作入力には、ステアリングホイールの回転角であるステアリング角、アクセルペダルの操作量であるアクセルペダル操作量、ブレーキペダルの操作量であるブレーキペダル操作量、およびシフトレバーの操作位置であるシフトレバー位置の検出値が含まれる。この運転操作入力を出力するセンサが本発明における運転操作量検出手段に相当する。

10

【 0 0 9 5 】

本明細書の実施形態では、前記駆動・制動装置 3 A およびステアリング装置 3 B は、その動作（ひいては車両 1 の運動）を、前記運転操作入力だけでなく、該運転操作入力以外の要因（車両 1 の運動状態や環境状態など）にも応じて能動的に制御可能なものとされている。ここで、「能動的に制御可能」というのは、装置 3 A , 3 B の動作を、前記運転操作入力に対応する基本的な動作（運転操作入力に対応して決定される基本目標動作）を修正してなる動作に制御可能であることを意味する。

20

【 0 0 9 6 】

具体的には、駆動・制動装置 3 A は、前輪 W 1 , W 2 の組と後輪 W 3 , W 4 の組とのうちの少なくともいずれか一方の組について、左側の車輪 W 1 , W 3 の駆動・制動力と右側の車輪 W 2 , W 4 の駆動・制動力との差もしくは比率を、該駆動・制動装置 3 A に備えた油圧アクチュエータ、電動モータ、電磁制御弁などのアクチュエータを介して能動的に制御可能な機能（以下、この制御機能を左右動力配分制御機能という）を持つ駆動・制動装置である。

30

【 0 0 9 7 】

さらに具体的には、本明細書の実施形態では、駆動・制動装置 3 A は、ブレーキ装置の動作によって各車輪 W 1 ~ W 4 に作用させる駆動・制動力（詳しくは、車両 1 の制動方向の駆動・制動力）を該ブレーキ装置に備えたアクチュエータを介して能動的に制御可能な駆動・制動装置（ブレーキ装置によって各車輪 W 1 ~ W 4 に作用させる駆動・制動力をブレーキペダルの操作量に応じて決定される基本的な駆動・制動力から増減制御可能な駆動・制動装置）である。従って、駆動・制動装置 3 A は、前輪 W 1 , W 2 の組と後輪 W 3 , W 4 の組との両者の組について、ブレーキ装置による左側の車輪 W 1 , W 3 の駆動・制動力と右側の車輪 W 2 , W 4 の駆動・制動力との差もしくは比率を、アクチュエータを介して能動的に制御可能な駆動・制動装置（前輪 W 1 , W 2 の組と後輪 W 3 , W 4 の組との両者の組について左右動力配分制御機能を持つ駆動・制動装置）である。

40

【 0 0 9 8 】

なお、駆動・制動装置 3 A は、ブレーキ装置の動作による各車輪 W 1 ~ W 4 の駆動・制動力を能動的に制御する機能に加えて、駆動・制動装置 3 A の駆動系の動作によって駆動輪である前輪 W 1 , W 2 に作用させる駆動・制動力の差もしくは比率を、該駆動系に備えたアクチュエータを介して能動的に制御可能な機能を持つものであってもよい。

【 0 0 9 9 】

このように左右動力配分制御機能を持つ駆動・制動装置 3 A としては、公知のものを使用すればよい。

【 0 1 0 0 】

50

補足すると、上記のように左右動力配分制御機能を持つ駆動・制動装置 3 A は、その制御機能によって、車両 1 のヨー方向の回転運動や、横方向の並進運動を能動的に操作する機能も持つこととなる。

【 0 1 0 1 】

なお、駆動・制動装置 3 A には、左右動力配分制御機能に係わるアクチュエータのほか、ブレーキ装置の制動トルク発生用のアクチュエータや、エンジンのスロットル弁を駆動するアクチュエータ、燃料噴射弁を駆動するアクチュエータ、変速装置の変速駆動を行なうアクチュエータなども含まれる。

【 0 1 0 2 】

また、前記ステアリング装置 3 B は、例えば、操舵輪である前輪 W 1 , W 2 をステアリングホイールの回転操作に応じてラック・アンド・ピニオンなどの操舵機構を介して機械的に操舵する機能に加えて、必要に応じて電動モータなどのアクチュエータにより前輪 W 1 , W 2 を補助的に操舵可能なステアリング装置（前輪 W 1 , W 2 の舵角をステアリングホイールの回転角に応じて機械的に定まる舵角から増減制御可能なステアリング装置）である。あるいは、ステアリング装置 3 B は、前輪 W 1 , W 2 の操舵をアクチュエータの駆動力だけを使用して行なうステアリング装置（所謂、ステアリング・パイ・ワイヤのステアリング装置）である。従って、ステアリング装置 3 B は前輪 W 1 , W 2 の舵角をアクチュエータを介して能動的に制御可能なステアリング装置（以下、アクティブステアリング装置という）である。

【 0 1 0 3 】

ステアリング装置 3 B が操舵輪をステアリングホイールの回転操作に応じて機械的に操舵することに加えて、補助的にアクチュエータにより操舵輪を操舵するアクティブステアリング装置（以下、このようなアクティブステアリング装置をアクチュエータ補助型のステアリング装置という）である場合には、ステアリングホイールの回転操作により機械的に決定される操舵輪の舵角と、アクチュエータの動作による舵角（舵角の補正量）との合成角度が操舵輪の舵角になる。

【 0 1 0 4 】

また、ステアリング装置 3 B が操舵輪 W 1 , W 2 の操舵をアクチュエータの駆動力だけを使用して行なうアクティブステアリング装置（以下、このようなアクティブステアリング装置をアクチュエータ駆動型のステアリング装置という）である場合には、少なくとも

【 0 1 0 5 】

このように操舵輪 W 1 , W 2 の舵角をアクチュエータを介して能動的な制御可能なステアリング装置 3 B（アクティブステアリング装置）としては、公知のものを使用すればよい。

【 0 1 0 6 】

なお、本明細書の実施形態におけるステアリング装置 3 B は、前輪 W 1 , W 2 の舵角をアクチュエータを介して能動的に制御可能なアクティブステアリング装置であるが、ステアリングホイールの回転操作に応じた前輪 W 1 , W 2 の機械的な操舵だけを行なうもの（以下、機械式ステアリング装置という）であってもよい。また、全ての車輪 W 1 ~ W 4 を操舵輪とする車両では、ステアリング装置は、前輪 W 1 , W 2 および後輪 W 3 , W 4 の両者の舵角をアクチュエータを介して能動的に制御可能なものであってもよい。あるいは、該ステアリング装置は、ステアリングホイールの回転操作に応じた前輪 W 1 , W 2 の操舵をラック・アンド・ピニオンなどの機械的な手段だけで行なうと共に、後輪 W 3 , W 4 の舵角だけをアクチュエータを介して能動的に制御可能なものであってもよい。

【 0 1 0 7 】

前記サスペンション装置 3 C は、本明細書の実施形態では、例えば車両 1 の運動に応じて受動的に動作するサスペンション装置である。

【 0 1 0 8 】

ただし、サスペンション装置 3 C は、例えば車体 1 B と車輪 W 1 ~ W 4 との間に介在するダンパーの減衰力や硬さ等を電磁制御弁や電動モータなどのアクチュエータを介して可変的に制御可能なサスペンション装置であってもよい。あるいは、サスペンション装置 3 C は、油圧シリンダまたは空圧シリンダによってサスペンション（サスペンション装置 3 C のばね等の機構部分）のストローク（車体 1 B と各車輪 W 1 ~ W 4 との間の上下方向の変位量）、または車体 1 B と車輪 W 1 ~ W 4 との間で発生するサスペンションの上下方向の伸縮力を直接的に制御可能なサスペンション装置（いわゆる電子制御サスペンション）であってもよい。サスペンション装置 3 C が上記のようにダンパの減衰力や硬さ、サスペンションのストロークもしくは伸縮力を制御可能なサスペンション装置（以下、アクティブサスペンション装置という）である場合には、該サスペンション装置 3 C は、その動作を能動的に制御可能である。

10

【 0 1 0 9 】

以降の説明では、駆動・制動装置 3 A、ステアリング装置 3 B、およびサスペンション装置 3 C のうち、前記の如く能動的に動作を制御可能なものを総称的にアクチュエータ装置 3 ということがある。本明細書の実施形態では、該アクチュエータ装置 3 には、駆動・制動装置 3 A およびステアリング装置 3 B が含まれる。なお、サスペンション装置 3 C がアクティブサスペンション装置である場合には、該サスペンション装置 3 C もアクチュエータ装置 3 に含まれる。

【 0 1 1 0 】

また、車両 1 には、前記各アクチュエータ装置 3 に備えるアクチュエータの操作量（アクチュエータに対する制御入力。以下、アクチュエータ操作量という）を前記運転操作入力などに応じて決定し、そのアクチュエータ操作量によって各アクチュエータ装置 3 の動作を制御する制御装置 1 0 が備えられている。この制御装置 1 0 は、マイクロコンピュータなどを含む電子回路ユニットから構成され、操作器 5 のセンサから前記運転操作入力が入力されると共に、図示しない各種のセンサから、車両 1 の走行速度、ヨーレートなどの車両 1 の状態量の検出値や車両 1 の走行環境の情報などが入力される。そして、該制御装置 1 0 は、それらの入力を基に、所定の制御処理周期でアクチュエータ操作量を逐次決定し、各アクチュエータ装置 3 の動作を逐次制御する。

20

【 0 1 1 1 】

以上が、本明細書の実施形態における車両 1（自動車）の全体的な概略構成である。この概略構成は、以下に説明するいずれの実施形態においても同じである。

30

【 0 1 1 2 】

補足すると、本明細書の実施形態では、前記駆動・制動装置 3 A、ステアリング装置 3 B、およびサスペンション装置 3 C のうち、本発明におけるアクチュエータ装置（本発明を適用して動作制御を行なうアクチュエータ装置）に相当するものは、駆動・制動装置 3 A、あるいは、該駆動・制動装置 3 A およびステアリング装置 3 B である。そして、制御装置 1 0 は、本発明におけるアクチュエータ装置制御手段に相当する。

【 0 1 1 3 】

また、制御装置 1 0 は、その制御処理機能によって本発明における種々の手段を実現している。

40

【 0 1 1 4 】

[第 1 実施形態]

次に、第 1 実施形態における制御装置 1 0 の制御処理の概略を図 2 を参照して説明する。図 2 は制御装置 1 0 の全体的な制御処理機能の概略を示す機能ブロック図である。なお、以降の説明では、実際の車両 1 を実車 1 という。

【 0 1 1 5 】

図 2 中の実車 1 を除く部分（より正確には、実車 1 と、後述のセンサ・推定器 1 2 に含まれるセンサとを除く部分）が制御装置 1 0 の主な制御処理機能である。図 2 中の実車 1 は、前記駆動・制動装置 3 A、ステアリング装置 3 B、およびサスペンション装置 3 C を

50

備えている。

【0116】

図示の如く、制御装置10は、センサ・推定器12、規範操作量決定部14、規範動特性モデル16、減算器18、フィードバック分配則(FB分配則)20、フィードフォワード則(FF則)22、アクチュエータ動作目標値合成部24、およびアクチュエータ駆動制御装置26を主な処理機能部として備えている。なお、図2中の実線の矢印は、各処理機能部に対する主たる入力を示し、破線の矢印は、各処理機能部に対する補助的な入力を示している。

【0117】

制御装置10は、これらの処理機能部の処理を所定の制御処理周期で実行し、該制御処理周期毎に逐次、アクチュエータ操作量を決定する。そして、そのアクチュエータ操作量に応じて実車1のアクチュエータ装置3の動作を逐次制御する。

10

【0118】

以下に、制御装置10の各処理機能部の概要と全体的な処理の概要とを説明する。なお、以降、制御装置10の各制御処理周期で決定される変数の値に関し、現在の(最新の)制御処理周期の処理で最終的に得られる値を今回値、前回の制御処理周期の処理で最終的に得られた値を前回値という。

【0119】

制御装置10は、各制御処理周期において、まず、センサ・推定器12により実車1の状態量や実車1の走行環境の状態量を検出または推定する。本実施形態では、センサ・推定器12の検出対象または推定対象には、例えば実車1のヨー方向の角速度であるヨーレート $\dot{\psi}_{act}$ 、実車1の走行速度 V_{act} (対地速度)、実車1の重心点の横すべり角である車両重心点横すべり角 ψ_{act} 、実車1の前輪 $W1$, $W2$ の横すべり角である前輪横すべり角 f_{act} 、実車1の後輪 $W3$, $W4$ の横すべり角である後輪横すべり角 r_{act} 、実車1の各車輪 $W1 \sim W4$ に路面から作用する反力である路面反力(駆動・制動力、横力、接地荷重)、実車1の各車輪 $W1 \sim W4$ のスリップ比、実車1の前輪 $W1$, $W2$ の舵角 δ_{act} が含まれる。

20

【0120】

これらの検出対象または推定対象のうちの、車両重心点横すべり角 ψ_{act} は、実車1を上方から見たときの(水平面上での)該実車1の走行速度 V_{act} のベクトルが実車1の前後方向に対してなす角度である。また、前輪横すべり角 f_{act} は、実車1を上方から見たときの(水平面上での)前輪 $W1$, $W2$ の進行速度ベクトルが前輪 $W1$, $W2$ の前後方向に対してなす角度である。また、後輪横すべり角 r_{act} は、実車1を上方から見たときの(水平面上での)後輪 $W3$, $W4$ の進行速度ベクトルが後輪 $W3$, $W4$ の前後方向に対してなす角度である。また、舵角 δ_{act} は、実車1を上方から見たときの(水平面上での)前輪 $W1$, $W2$ の回転面が実車1の前後方向に対してなす角度である。

30

【0121】

なお、前輪横すべり角 f_{act} は、各前輪 $W1$, $W2$ 毎に検出または推定してもよいが、いずれか一方の前輪 $W1$ または $W2$ の横すべり角を代表的に f_{act} として検出または推定したり、あるいは、両者の横すべり角の平均値を f_{act} として検出または推定してもよい。後輪横すべり角 r_{act} についても同様である。

40

【0122】

さらに、センサ・推定器12の推定対象として、実車1の車輪 $W1 \sim W4$ とこれに接する実際の路面との間の摩擦係数(以下、該摩擦係数の推定値を推定摩擦係数 μ_{estm} という)が含まれる。なお、推定摩擦係数 μ_{estm} の頻繁な変動を生じないように、摩擦係数の推定処理にはローパス特性のフィルタリング処理などを介在させることが好ましい。なお、推定摩擦係数 μ_{estm} は、本実施形態では、例えば各車輪 $W1 \sim W4$ と路面との間の摩擦係数の代表値もしくは平均値の推定値である。ただし、各車輪 $W1 \sim W4$ 毎に推定摩擦係数 μ_{estm} を求めたり、前輪 $W1$, $W2$ の組と後輪 $W3$, $W4$ の組とで各別に、あるいは、左側の前輪 $W1$ および後輪 $W3$ の組と、右側の前輪 $W2$ および後輪 $W4$ の組とで各別に、推

50

定摩擦係数 μ_{estm} の推定値を求めるようにしてもよい。

【0123】

センサ・推定器12は、上記の検出対象または推定対象を検出または推定するために実車1に搭載された種々のセンサを備えている。該センサとしては、例えば実車1の角速度を検出するレートセンサ、実車1の前後方向および左右方向の加速度を検出する加速度センサ、実車1の走行速度（対地速度）を検出する速度センサ、実車1の各車輪W1～W4の回転速度を検出する回転速度センサ、実車1の各車輪W1～W4に路面から作用する路面反力を検出する力センサなどが含まれる。

【0124】

この場合、センサ・推定器12は、その検出対象または推定対象のうち、実車1に搭載したセンサによって直接的に検出できない推定対象については、その推定対象と相関性のある状態量の検出値や、制御装置10が決定したアクチュエータ操作量の値もしくはそれを規定する目標値を基に、オブザーバなどにより推定する。例えば車両重心点横すべり角 α_{act} は、実車1に搭載した加速度センサの検出値などを基に推定される。また、例えば摩擦係数は、加速度センサの検出値などを基に、公知の手法により推定される。

10

【0125】

補足すると、センサ・推定器12は、本発明における実状態量把握手段としての機能を持つ。本実施形態では、車両の運動に関する第1状態量の種類として、車両のヨーレートと車両重心点横すべり角とを用いる。この場合、ヨーレートは、車両のヨー方向の回転運動に関する状態量としての意味を持ち、車両重心点横すべり角は、車両の横方向の並進運動に関する状態量としての意味を持つ。そして、前記ヨーレート $\dot{\alpha}_{act}$ および車両重心点横すべり角 α_{act} が本発明における第1実状態量としてセンサ・推定器12により検出または推定される。

20

【0126】

以降、センサ・推定器12により検出または推定する実車1の状態量などの名称にしばしば「実」を付する。例えば、実車1のヨーレート $\dot{\alpha}_{act}$ 、実車1の走行速度 V_{act} 、実車1の車両重心点横すべり角 α_{act} をそれぞれ実ヨーレート $\dot{\alpha}_{act}$ 、実走行速度 V_{act} 、実車両重心点横すべり角 α_{act} という。

【0127】

次いで、制御装置10は、規範操作量決定部14により、後述する規範動特性モデル16に対する入力としての規範モデル操作量を決定する。この場合、規範操作量決定部14には、前記操作器5のセンサで検出される運転操作入力が入力され、少なくとも該運転操作入力に基づいて規範モデル操作量が決定される。

30

【0128】

より詳しくは、本実施形態では、規範操作量決定部14が決定する規範モデル操作量は、後述する規範動特性モデル16上での車両の前輪の舵角（以下、モデル前輪舵角という）である。このモデル前輪舵角を決定するために、前記運転操作入力のうちのステアリング角 δ （今回値）が規範操作量決定部14に主たる入力量として入力されると共に、センサ・推定器12によって検出または推定された実走行速度 V_{act} （今回値）および推定摩擦係数 μ_{estm} （今回値）と、規範動特性モデル16上での車両の状態量（前回値）とが規範操作量決定部14に入力される。そして、規範操作量決定部14は、これらの入力を基にモデル前輪舵角を決定する。なお、モデル前輪舵角は、基本的には、ステアリング角 δ に応じて決定すればよい。但し、本実施形態では、規範動特性モデル16に入力するモデル前輪舵角に所要の制限を掛ける。この制限を掛けるために、規範操作量決定部14には、ステアリング角 δ 以外に、 V_{act} 、 μ_{estm} などが入力される。

40

【0129】

補足すると、規範モデル操作量の種類は、一般的には、規範動特性モデル16の形態や、該規範動特性モデル16により決定しようとする状態量の種類に依存する。また、規範動特性モデル16に規範操作量決定部14を含めてもよい。規範動特性モデル16が運転操作入力そのものを必要入力とするように構成されている場合には、規範操作量決定部1

50

4 を省略してもよい。

【0130】

次いで、制御装置10は、規範動特性モデル16により実車1の規範とする運動（以降、規範運動という）の状態量である規範状態量を決定して出力する。規範動特性モデル16は、車両の動特性を表す、あらかじめ定められたモデルであり、前記規範モデル操作量を含む所要の入力を基に、規範運動の状態量（規範状態量）を逐次決定する。該規範運動は、基本的には、運転者にとって好ましいと考えられる実車1の理想的な運動もしくはそれに近い運動を意味する。

【0131】

この場合、規範動特性モデル16には、規範操作量決定部14で決定された規範モデル操作量と、後述するFB分配則20で決定された、規範動特性モデル16の操作用の制御入力（フィードバック制御入力） M_{vir} 、 F_{vir} などが入力され、それらの入力に基づいて規範運動（ひいては規範状態量の時系列）が決定される。

【0132】

より詳しくは、本実施形態では、規範動特性モデル16によって決定して出力する規範状態量は、車両のヨー方向の回転運動に関する規範状態量と車両の横方向の並進運動に関する規範状態量との組である。車両のヨー方向の回転運動に関する規範状態量は、例えばヨーレートの規範値 d （以降、規範ヨーレート d ということがある）であり、車両の横方向の並進運動に関する規範状態量は、例えば車両重心点横すべり角の規範値 d （以降、規範車両重心点横すべり角 d ということがある）である。これらの規範状態量 d 、 d を制御処理周期毎に逐次決定するために、規範モデル操作量としての前記モデル前輪舵角（今回値）と、前記フィードバック制御入力 M_{vir} 、 F_{vir} （前回値）とが入力される。この場合、本実施形態では、規範動特性モデル16上の車両の走行速度を実走行速度 V_{act} に一致させる。このために、規範動特性モデル16には、センサ・推定器12によって検出または推定された実走行速度 V_{act} （今回値）も入力される。そして、規範動特性モデル16は、これらの入力を基に、該規範動特性モデル16上での車両のヨーレートおよび車両重心点横すべり角を決定し、それを規範状態量 d 、 d として出力する。

【0133】

なお、規範動特性モデル16に入力するフィードバック制御入力 M_{vir} 、 F_{vir} は、実車1の走行環境（路面状態など）の変化（規範動特性モデル16で考慮されていない変化）や、規範動特性モデル16のモデル化誤差、あるいは、センサ・推定器12の検出誤差もしくは推定誤差などに起因して、実車1の運動と規範運動とがかけ離れる（乖離する）のを防止する（規範運動を実車1の運動に近づける）ために規範動特性モデル16に付加的に入力するフィードバック制御入力である。該フィードバック制御入力 M_{vir} 、 F_{vir} は、本実施形態では、規範動特性モデル16上の車両に仮想的に作用させる仮想外力である。この仮想外力 M_{vir} 、 F_{vir} のうちの M_{vir} は、規範動特性モデル16上の車両1の重心点まわりに作用させるヨー方向の仮想的なモーメントであり、 F_{vir} は該重心点に作用させる横方向の仮想的な並進力である。

【0134】

補足すると、前記規範状態量 d 、 d は、本発明における第1モデル状態量に相当し、規範動特性モデル16が本発明における車両モデルに相当する。そして、規範操作量決定部14および規範動特性モデル16の処理によって、本発明におけるモデル状態量決定手段が構成される。

【0135】

次いで、制御装置10は、センサ・推定器12によって検出または推定された実状態量（規範状態量と同じ種類の実状態量）と、規範動特性モデル16によって決定した規範状態量との差である状態量偏差を減算器18で算出する。

【0136】

より詳しくは、減算器18では、実ヨーレート act および実車両重心点横すべり角 a_{ct} のそれぞれの値（今回値）と、規範動特性モデル16によって決定した規範ヨーレート

10

20

30

40

50

dおよび規範車両重心点横すべり角 d のそれぞれの値(今回値)との差 $err (= act - d)$, $err (= act - d)$ を状態量偏差として求める。

【0137】

補足すると、減算器18の処理により、本発明における状態量偏差算出手段が構成される。そして、この減算器18により求められる状態量偏差 err , err が本発明における第1状態量偏差に相当する。

【0138】

次いで、制御装置10は、上記の如く求めた状態量偏差 err , err をFB分配則20に入力し、このFB分配則20によって、規範動特性モデル16の操作用のフィードバック制御入力である前記仮想外力 M_{vir} , F_{vir} と、実車1のアクチュエータ装置3の操作用のフィードバック制御入力であるアクチュエータ動作フィードバック目標値(アクチュエータ動作FB目標値)とを決定する。

【0139】

なお、本実施形態では、アクチュエータ動作FB目標値には、駆動・制動装置3Aのブレーキ装置の動作に関するフィードバック制御入力(より詳しくは、該ブレーキ装置の動作によって各車輪 $W1 \sim W4$ に作用させる駆動・制動力を操作するフィードバック制御入力)が含まれる。あるいは、アクチュエータ動作FB目標値には、駆動・制動装置3Aの動作に関するフィードバック制御入力に加えて、ステアリング装置3Bの動作に関するフィードバック制御入力(より詳しくは、ステアリング装置3Bの動作による前輪 $W1$, $W2$ の横力を操作するフィードバック制御入力)が含まれる。該アクチュエータ動作FB目標値は、換言すれば、実車1に作用する外力である路面反力を操作する(修正する)ためのフィードバック制御入力である。

【0140】

FB分配則20は、基本的には、入力される状態量偏差 err , err を0に近づけるように仮想外力 M_{vir} , F_{vir} とアクチュエータ動作FB目標値とを決定する。但し、FB分配則20は、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定するときに、状態量偏差 err , err を0に近づけるだけでなく、実車1もしくは規範動特性モデル16上の車両の所定の制限対象量が所定の許容範囲から逸脱するのを抑制するように仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定する。また、FB分配則20は、状態量偏差 err , err を0に近づけるための所要のヨー方向のモーメントを実車1の重心点のまわりに発生させるように(より一般的には、状態量偏差 err , err を0に近づけるための所要の外力(路面反力)を実車1に作用させるように)、駆動・制動装置3Aのブレーキ装置の動作に関するフィードバック制御入力を、あるいは、該フィードバック制御入力とステアリング装置3Bの動作に関するフィードバック制御入力をアクチュエータ動作FB目標値として決定する。

【0141】

前記仮想外力 M_{vir} , F_{vir} とアクチュエータ動作FB目標値とを決定するために、FB分配則20には、状態量偏差 err , err だけでなく、規範動特性モデル16の出力である規範状態量 d , d と、センサ・推定器12で検出または推定された実状態量 act , act とのうちの少なくともいずれか一方が入力される。さらに、FB分配則20には、センサ・推定器12で検出または推定された実走行速度 V_{act} 、実前輪横すべり角 f_{act} 、実後輪横すべり角 r_{act} などの実状態量も入力される。そして、FB分配則20は、これらの入力を基に、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} とアクチュエータ動作FB目標値とを決定する。

【0142】

補足すると、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} は、本発明における車両モデル操作用制御入力に相当し、アクチュエータ動作FB目標値は、本発明における実車アクチュエータ操作用制御入力に相当する。従って、FB分配則20は、本発明におけるモデル側状態量偏差応動制御手段と実車側状態量偏差応動制御手段としての機能を持つ。

【0143】

一方、以上説明した規範操作量決定部14、規範動特性モデル16、減算器18および

F B 分配則 20 の制御処理と並行して（もしくは時分割処理により）、制御装置 10 は、前記運転操作入力を F F 則 22 に入力し、該 F F 則 22 によって、アクチュエータ装置 3 の動作のフィードフォワード目標値（基本目標値）であるアクチュエータ動作 F F 目標値を決定する。

【0144】

本実施形態では、アクチュエータ動作 F F 目標値には、駆動・制動装置 3 A のブレーキ装置の動作による実車 1 の各車輪 W 1 ~ W 4 の駆動・制動力に関するフィードフォワード目標値と、駆動・制動装置 3 A の駆動系の動作による実車 1 の駆動輪 W 1 , W 2 の駆動・制動力に関するフィードフォワード目標値と、駆動・制動装置 3 A の変速装置の減速比（変速比）に関するフィードフォワード目標値と、ステアリング装置 3 B による実車 1 の操舵輪 W 1 , W 2 の舵角に関するフィードフォワード目標値とが含まれる。

10

【0145】

F F 則 22 には、これらのアクチュエータ動作 F F 目標値を決定するために、前記運転操作入力が入力されると共に、センサ・推定器 12 で検出または推定された実状態量（実走行速度 V_{act} など）が入力される。そして、F F 則 22 は、これらの入力を基に、アクチュエータ動作 F F 目標値を決定する。該アクチュエータ動作 F F 目標値は、前記状態量偏差 err , err （第 1 状態量偏差）に依存せずに決定される、アクチュエータ装置 3 の動作目標値である。

【0146】

補足すると、サスペンション装置 3 C がアクティブサスペンション装置である場合には、アクチュエータ動作 F F 目標値には、一般に、該サスペンション装置 3 C の動作に関するフィードフォワード目標値も含まれる。

20

【0147】

次いで、制御装置 10 は、F F 則 22 で決定したアクチュエータ動作 F F 目標値（今回値）と前記 F B 分配則 20 で決定したアクチュエータ動作 F B 目標値（今回値）とをアクチュエータ動作目標値合成部 24 に入力する。そして、制御装置 10 は、該アクチュエータ動作目標値合成部 24 によって、アクチュエータ動作 F F 目標値とアクチュエータ動作 F B 目標値とを合成し、アクチュエータ装置 3 の動作を規定する目標値であるアクチュエータ動作目標値を決定する。

【0148】

本実施形態では、アクチュエータ動作目標値には、実車 1 の各車輪 W 1 ~ W 4 の駆動・制動力の目標値（駆動・制動装置 3 A の駆動系およびブレーキ装置の動作によるトータルの駆動・制動力の目標値）と、実車 1 の各車輪 W 1 ~ W 4 のスリップ比の目標値と、ステアリング装置 3 B による実車 1 の操舵輪 W 1 , W 2 の舵角の目標値と、駆動・制動装置 3 A の駆動系の動作による実車 1 の各駆動輪 W 1 , W 2 の駆動・制動力の目標値と、駆動・制動装置 3 A の変速装置の減速比の目標値とが含まれる。

30

【0149】

アクチュエータ動作目標値合成部 24 には、これらのアクチュエータ動作目標値を決定するために、前記アクチュエータ動作 F F 目標値およびアクチュエータ動作 F B 目標値だけでなく、センサ・推定器 12 で検出または推定された実状態量（前輪 W 1 , W 2 の実横すべり角 f_{act} 、推定摩擦係数 μ_{estm} など）も入力される。そして、アクチュエータ動作目標値合成部 24 は、これらの入力を基に、アクチュエータ動作目標値を決定する。

40

【0150】

補足すると、アクチュエータ動作目標値は、上記した種類の目標値に限られるものではなく、それらの目標値に代えて、例えば該目標値に対応する各アクチュエータ装置 3 のアクチュエータ操作量の目標値を決定するようにしてもよい。アクチュエータ動作目標値は、基本的にはアクチュエータ装置の動作を規定できるものであればよい。例えばブレーキ装置の動作に関するアクチュエータ動作目標値として、ブレーキ圧の目標値を決定したり、それに対応するブレーキ装置のアクチュエータ操作量の目標値を決定するようにしてもよい。

50

【 0 1 5 1 】

次いで、制御装置 10 は、アクチュエータ動作目標値合成部 24 により決定したアクチュエータ動作目標値をアクチュエータ駆動制御装置 26 に入力し、該アクチュエータ駆動制御装置 26 により実車 1 の各アクチュエータ装置 3 のアクチュエータ操作量を決定する。そして、その決定したアクチュエータ操作量により実車 1 の各アクチュエータ装置 3 のアクチュエータを制御する。

【 0 1 5 2 】

この場合、アクチュエータ駆動制御装置 26 は、入力されたアクチュエータ動作目標値を満足するように、あるいは、該アクチュエータ動作目標値通りにアクチュエータ操作量を決定する。そして、この決定のために、アクチュエータ駆動制御装置 26 には、アクチュエータ動作目標値の他、センサ・推定器 12 で検出または推定された実車 1 の実状態量も入力される。なお、アクチュエータ駆動制御装置 26 の制御機能のうち、駆動・制動装置 3A のブレーキ装置に関する制御機能には、いわゆるアンチロックブレーキシステムが組み込まれていることが望ましい。

10

【 0 1 5 3 】

以上が制御装置 10 の制御処理周期毎の制御処理の概要である。

【 0 1 5 4 】

なお、制御装置 10 の各制御処理機能部の処理は、それらの順番を適宜変更してもよい。例えばセンサ・推定器 12 の処理を各制御処理周期の最後に行い、それによる検出値または推定値を次の制御処理周期の処理で使用するようにしてもよい。

20

【 0 1 5 5 】

次に、本実施形態における制御装置 10 の制御処理機能部のより詳細な処理を説明する。

【 0 1 5 6 】

[規範動特性モデルについて]

まず、本実施形態における前記規範動特性モデル 16 を図 3 を参照して説明する。図 3 は本実施形態における規範動特性モデル 16 上の車両の構造を示す図である。この規範動特性モデル 16 は、車両の動特性を、1つの前輪 W_f と 1つの後輪 W_r とを前後に備えた車両の水平面上での動特性（動力学特性）によって表現するモデル（所謂 2 輪モデル）である。以降、規範動特性モデル 16 上の車両（規範動特性モデル 16 上で実車 1 に対応する車両）をモデル車両という。該モデル車両の前輪 W_f は、実車 1 の 2 つの前輪 W_1 , W_2 を一体化した車輪に相当し、モデル車両の操舵輪である。後輪 W_r は、実車 1 の後輪 W_3 , W_4 を一体化した車輪に相当し、本実施形態では非操舵輪である。

30

【 0 1 5 7 】

このモデル車両の重心点 G_d の水平面上での速度ベクトル V_d がモデル車両の前後方向に対してなす角度 δ （すなわち、モデル車両の車両重心点横すべり角 δ ）と、モデル車両の鉛直軸まわりの角速度 $\dot{\delta}$ （すなわち、モデル車両のヨーレート $\dot{\delta}$ ）とがそれぞれ、前記規範車両重心点横すべり角、規範ヨーレートとして規範動特性モデル 16 により逐次決定する規範状態量である。また、モデル車両の前輪 W_f の回転面と水平面との交線がモデル車両の前後方向に対してなす角度 δ_f が前記モデル前輪舵角として規範動特性モデル 16 に入力される規範モデル操作量である。また、モデル車両の重心点 G_d に付加的に作用させる横方向（モデル車両の左右方向）の並進力 F_{vir} と、該モデル車両の重心点 G_d のまわりに付加的に作用させるヨー方向の（鉛直軸まわりの）モーメント M_{vir} とが、前記仮想外力として規範動特性モデル 16 に入力されるフィードバック制御入力である。

40

【 0 1 5 8 】

なお、図 3 中、 V_{f_d} はモデル車両の前輪 W_f の水平面上での進行速度ベクトル、 V_{r_d} はモデル車両の後輪 W_r の水平面上での進行速度ベクトル、 δ_f は前輪 W_f の横すべり角（前輪 W_f の進行速度ベクトル V_{f_d} が前輪 W_f の前後方向（前輪 W_f の回転面と水平面との交線）に対してなす角度。以下、前輪横すべり角 δ_f という）、 δ_r は後輪 W_r

50

の横すべり角（後輪Wrの進行速度ベクトルVr_dが後輪Wrの前後方向（後輪Wrの回転面と水平面との交線の方向）に対してなす角度。以下、後輪横すべり角 r_dという）、 f 0は、モデル車両の前輪Wfの進行速度ベクトルVf_dがモデル車両の前後方向に対してなす角度（以下、車両前輪位置横すべり角という）である。

【 0 1 5 9 】

補足すると、本明細書の実施形態では、車両もしくは車輪の横すべり角、車輪の舵角、車両のヨーレート、ヨー方向のモーメントに関しては、車両の上方から見て、反時計まわり方向を正方向とする。また、仮想外力Mvir, Fvirのうちの並進力Fvirは、車両の左向きを正の向きとする。また、車輪の駆動・制動力は、車輪の回転面と路面もしくは水平面との交線方向で車両を前方向へ加速させる力（路面反力）の向きを正の向きとする。言い換えれば、車両の進行方向に対して駆動力となる向きの駆動・制動力を正の値、車両の進行方向に対して制動力となる向きの駆動・制動力を負の値とする。

10

【 0 1 6 0 】

このモデル車両の動特性（連続系での動特性）は、具体的には、次式01により表される。なお、この式01の右辺の第3項（Fvir, Mvirを含む項）を除いた式は、例えば「自動車の運動と制御」と題する公知の文献（著者：安部正人、発行者：株式会社山海堂、平成16年7月23日第2版第2刷発行。以降、非特許文献1という）に記載されている公知の式（3.12）、（3.13）と同等である。

【 0 1 6 1 】

【 数 1 】

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \beta d \\ \gamma d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a11 & a12 \\ a21 & a22 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta d \\ \gamma d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b1 \\ b2 \end{bmatrix} \cdot \delta f_d + \begin{bmatrix} b11 & 0 \\ 0 & b22 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Fvir \\ Mvir \end{bmatrix} \dots\dots\text{式01}$$

20

但し、

$$a11 = -\frac{2 \cdot (Kf + Kr)}{m \cdot Vd} \qquad a12 = -\frac{m \cdot Vd^2 + 2 \cdot (Lf \cdot Kf - Lr \cdot Kr)}{m \cdot Vd^2}$$

$$a21 = -\frac{2 \cdot (Lf \cdot Kf - Lr \cdot Kr)}{I} \qquad a22 = -\frac{2 \cdot (Lf^2 \cdot Kf + Lr^2 \cdot Kr)}{I \cdot Vd}$$

$$b1 = \frac{2 \cdot Kf}{m \cdot Vd} \qquad b2 = \frac{2 \cdot Lf \cdot Kf}{I} \qquad b11 = \frac{1}{m \cdot Vd} \qquad b22 = \frac{1}{I}$$

30

【 0 1 6 2 】

この式01の但し書きにおいて、mはモデル車両の総質量、Kfはモデル車両の前輪Wfを2つの左右の前輪の連結体とみなしたときの1輪あたりのコーナリングパワー、Krはモデル車両の後輪Wrを2つの左右の後輪の連結体とみなしたときの1輪あたりのコーナリングパワー、Lfはモデル車両の前輪Wfの中心と重心点Gdとの前後方向の距離（前輪Wfの舵角が0であるときの該前輪Wfの回転軸と重心点Gdとの前後方向の距離。図3参照）、Lrはモデル車両の後輪Wrの中心と重心点Gdとの前後方向の距離（後輪Wrの回転軸と重心点Gdとの前後方向の距離。図3参照）、Iはモデル車両の重心点Gdにおけるヨー軸まわりのイナーシャ（慣性モーメント）である。これらのパラメータの値は、あらかじめ設定された値である。この場合、例えばm, I, Lf, Lrは、実車1におけるそれらの値と同一か、もしくはほぼ同一に設定される。また、Kf, Krは、それぞれ実車1の前輪W1, W2、後輪W3, W4のタイヤの特性（あるいは該タイヤに要求される特性）を考慮して設定される。なお、Kf, Krの値（より一般的にはa11, a12, a21, a22の値）の設定の仕方によって、アンダーステア、オーバーステア、ニュートラルステアなどのステアリング特性を設定できる。また、実車1におけるm, I, Kf, Krの値を実車1の走行中に同定し、その同定した値をモデル車両のm, I, Kf, Krの値として使用するようにしてもよい。

40

50

【 0 1 6 3 】

補足すると、モデル車両の f_0 、 d 、 f_d 、 r_d 、 d 、 f_d の間の関係は、次式 0 2 a , 0 2 b , 0 2 c により表される。

【 0 1 6 4 】

$$f_d = d + Lf \cdot d / Vd - f_d \quad \dots\dots \text{式 0 2 a}$$

$$r_d = d - Lr \cdot d / Vd \quad \dots\dots \text{式 0 2 b}$$

$$f_0 = f_d + f_d = d + Lf \cdot d / Vd \quad \dots\dots \text{式 0 2 c}$$

また、図 3 に示す如く、モデル車両の前輪 Wf のコーナリングフォース（前輪 Wf の横力）を Ffy_d 、モデル車両の後輪 Wr のコーナリングフォース（= 後輪 Wr の横力）を Fry_d とおくと、 Ffy_d と f_d との関係、および Fry_d と r_d との関係は、次式 0 3 a , 0 3 b により表される。

【 0 1 6 5 】

$$Ffy_d = - 2 \cdot Kf \cdot f_d \quad \dots\dots \text{式 0 3 a}$$

$$Fry_d = - 2 \cdot Kr \cdot r_d \quad \dots\dots \text{式 0 3 b}$$

本実施形態における規範動特性モデル 1 6 の処理では、前記式 0 1 の f_d 、 $Fvir$ 、 $Mvir$ を入力として、該式 0 1 の演算処理（詳しくは、式 0 1 を離散時間系で表現してなる式の演算処理）を制御装置 1 0 の制御処理周期で逐次実行することにより、 d 、 d が時系列的に逐次算出される。この場合、各制御処理周期において、モデル車両の走行速度 Vd の値としては、前記センサ・推定器 1 2 により検出もしくは推定された実走行速度 $Vact$ の最新値（今回値）が用いられる。つまり、モデル車両の走行速度 Vd は、常に実走行速度 $Vact$ に一致させられる。また、 $Fvir$ 、 $Mvir$ の値としては、FB 分配則 2 0 で後述する如く決定された仮想外力の最新値（前回値）が用いられる。また、 f_d の値としては、規範操作量決定部 1 4 で後述する如く決定されたモデル前輪舵角の最新値（今回値）が用いられる。なお、新たな d 、 d （今回値）を算出するために、 d 、 d の前回値も用いられる。

【 0 1 6 6 】

補足すると、モデル車両の動特性は、より一般的には、次式（4）により表すようにしてもよい。

【 0 1 6 7 】

【 数 2 】

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \beta_d \\ \gamma_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(\gamma_d, \beta_d, \delta f_d) \\ f_2(\gamma_d, \beta_d, \delta f_d) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & 0 \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Fvir \\ Mvir \end{bmatrix} \quad \dots\dots \text{式 04}$$

【 0 1 6 8 】

ここで $f_1(d, d, f_d)$ 、および $f_2(d, d, f_d)$ は、それぞれ d 、 d 、 f_d の関数である。前記式 0 1 は、関数 f_1 、 f_2 の値を d 、 d 、 f_d の線形結合（一次結合）によって表した場合の例である。関数 f_1 、 f_2 は、数式により表現される関数である必要はなく、その関数値が d 、 d 、 f_d の値からマップにより決定されるような関数であってもよい。

【 0 1 6 9 】

なお、本実施形態における実車 1 の挙動特性は、本発明を適用しない場合の実車 1 のオープン特性（前記アクチュエータ FB 動作目標値を定常的に 0 に維持した場合の実車 1 の挙動特性）と、仮想外力 $Mvir$ 、 $Fvir$ を定常的に 0 に維持した場合の規範動特性モデル 1 6 の挙動特性との中間的な挙動特性を示す。このため、規範動特性モデル 1 6 は、一般的には、実車 1 のオープン特性よりも、より運転者が好ましいと考える応答挙動を示すモデ

ルに設定しておくことが望ましい。具体的には、規範動特性モデル16は、実車1よりもリアリティが高いモデルに設定しておくことが望ましい。例えば、モデル車両の車輪の横すべり角もしくはスリップ比と、該車輪に路面から作用する路面反力（横力もしくは駆動・制動力）との関係がリニアな関係もしくはそれに近い関係になるように規範動特性モデル16が設定されることが望ましい。前記式01により動特性を表した規範動特性モデル16は、これらの要求を満足するモデルの一例である。

【0170】

ただし、規範動特性モデル16は、モデル車両の各車輪 W_f 、 W_r に作用する路面反力が横すべり角もしくはスリップ比の変化に対して飽和するような特性を持たせてもよい。例えば、前記コーナリングパワー K_f 、 K_r の値を一定値とせず、それぞれ前輪横すべり角 f_d 、後輪横すべり角 r_d に応じて設定する。そして、このとき、前輪横すべり角 f_d の絶対値がある程度大きくなったときに、 f_d に応じて発生する前輪 W_f の横力 F_{fy_d} （前記式03aを参照）が f_d の増加に伴い飽和するように、 K_f の値を f_d に応じて設定する。同様に、後輪横すべり角 r_d の絶対値がある程度大きくなったときに、 r_d に応じて発生する後輪 W_r の横力 F_{ry_d} （前記式03bを参照）が r_d の増加に伴い飽和するように、 K_r の値を r_d に応じて設定する。このようにすることにより、モデル車両の各車輪 W_f 、 W_r に作用する横力 F_{fy_d} 、 F_{ry_d} が横すべり角 f_d または r_d に対して飽和特性を持つこととなる。

【0171】

[規範操作量決定部について]

次に、前記規範操作量決定部14の処理の詳細を図4および図5を参照して説明する。図4は前記規範操作量決定部14の処理機能の詳細を示す機能ブロック図、図5は規範操作量決定部14に備える遠心力過大化防止リミッタ14fの処理を説明するためのグラフである。

【0172】

図4を参照して、規範操作量決定部14は、まず、処理部14aにおいて、入力される運転操作入力のうちのステアリング角 h （今回値）を、オーバーオールステアリング比 i_s により除算することにより無制限時前輪舵角 f_{unltd} を決定する。この無制限時前輪舵角 f_{unltd} は、ステアリング角 h に応じたモデル前輪舵角 f_d の基本 Requirement 値としての意味を持つ。

【0173】

ここで、オーバーオールステアリング比 i_s は、ステアリング角 h とモデル車両の前輪 W_f の舵角との比率であり、例えば実車1のステアリング角 h とこれに応じた実車1の前輪 W_1 、 W_2 の舵角のフィードフォワード値との関係に合わせて設定される。

【0174】

なお、オーバーオールステアリング比 i_s を一定値（固定値）とせず、センサ・推定器12で検出もしくは推定された実車1の走行速度 V_{act} に応じて可変的に設定してもよい。この場合には、実車1の走行速度 V_{act} が高くなるに伴い、オーバーオールステアリング比 i_s が大きくなるように i_s を設定することが望ましい。

【0175】

次いで、規範動特性モデル16上のモデル車両の車両前輪位置横すべり角 f_0 が f_0 算出部14bで求められる。この f_0 算出部14bには、規範動特性モデル16で決定された規範ヨーレート d および規範車両重心点横すべり角 d の前回値が入力され、これらの値から、前記式02cの演算（式02cの2番目の等号の右辺の演算）により f_0 の前回値が求められる。従って、 f_0 算出部14bで算出される f_0 は、前回の制御処理周期におけるモデル車両の車両前輪位置横すべり角 f_0 の値である。。

【0176】

なお、 d 、 d の前回値と、規範操作量決定部14で決定したモデル前輪舵角 f_d の前回値と、実走行速度 V_{act} の前回値とから、前記式02aの演算によりモデル車両の前

10

20

30

40

50

輪横すべり角 f_d の前回値を求め、この求めた f_d に規範操作量決定部 1 4 で決定したモデル前輪舵角 f_d の前回値を加える(式 0 2 c の 1 番目の等号の右辺の演算を行なう)ことによって、 f_0 を求めるようにしてもよい。また、各制御処理周期において、 f_0 の算出を規範動特性モデル 1 6 の処理で実行するようにして、その算出された f_0 の前回値を規範操作量決定部 1 4 に入力するようにしてもよい。この場合には、規範操作量決定部 1 4 における f_0 算出部 1 4 b の演算処理は不要である。

【 0 1 7 7 】

次いで、上記の如く求めた車両前輪位置横すべり角 f_0 から無制限時前輪舵角 f_{unltd} を減算器 1 4 c で減じることによって、無制限時前輪横すべり角が求められる。この無制限時前輪横すべり角は、モデル車両のモデル前輪舵角 f_d を前回値から、無制限時前輪舵角 f_{unltd} (今回値)に瞬時に制御したとした場合に発生するモデル車両の前輪横すべり角 f_d の瞬時予測値を意味する。

10

【 0 1 7 8 】

次いで、規範操作量決定部 1 4 は、この無制限時前輪横すべり角を前輪横すべり角リミッタ 1 4 d に通すことにより、制限済み前輪横すべり角を決定する。ここで、図中に示す前輪横すべり角リミッタ 1 4 d のグラフは、無制限時前輪横すべり角と制限済み前輪横すべり角との関係を例示するグラフであり、そのグラフに関する横軸方向の値は無制限時前輪横すべり角の値、縦軸方向の値は制限済み前輪横すべり角の値である。

【 0 1 7 9 】

この前輪横すべり角リミッタ 1 4 d は、モデル車両の前輪横すべり角 f_d の大きさが過大になるのを抑制する(ひいては、実車 1 に対して要求される前輪 W_1 , W_2 の横力が過大にならないようにする)ためのリミッタである。

20

【 0 1 8 0 】

本実施形態では、前輪横すべり角リミッタ 1 4 d は、規範操作量決定部 1 4 にセンサ・推定器 1 2 から入力される推定摩擦係数 μ_{estm} (今回値)と実走行速度 V_{act} (今回値)とに応じて、前輪横すべり角 f_d の許容範囲(詳しくは該許容範囲の上限値 $f_{max}(>0)$ および下限値 $f_{min}(<0)$)を設定する。この場合、基本的には、推定摩擦係数 μ_{estm} が小さいほど、あるいは、実走行速度 V_{act} が高いほど、許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ を狭くする(f_{max} , f_{min} を 0 に近づける)ように該許容範囲が設定される。このとき、該許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ は、例えば実車 1 の前輪 W_1 , W_2 の横すべり角と横力もしくはコーナリングフォースとの間の関係がほぼリニアな関係(比例関係)に維持されるような横すべり角の値の範囲内に設定される。

30

【 0 1 8 1 】

なお、該許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ は、 μ_{estm} と V_{act} とのうちのいずれか一方に応じて設定してもよく、あるいは、 μ_{estm} と V_{act} とによらずにあらかじめ固定的な許容範囲に設定してもよい。

【 0 1 8 2 】

そして、前輪横すべり角リミッタ 1 4 d は、入力された無制限時前輪横すべり角が、上記の如く設定した許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ 内の値であるとき(f_{min} 無制限時前輪横すべり角 f_{max} であるとき)には、無制限時前輪横すべり角の値をそのまま制限済み前輪横すべり角として出力する。また、該前輪横すべり角リミッタ 1 4 d は、入力された無制限時前輪横すべり角の値が許容範囲を逸脱している場合には、許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ の下限値 f_{min} または上限値 f_{max} を制限済み前輪横すべり角として出力する。具体的には、無制限時前輪横すべり角 $> f_{max}$ である場合には、 f_{max} が制限済み前輪横すべり角として出力され、無制限時前輪横すべり角 $< f_{min}$ である場合には、 f_{min} が制限済み前輪横すべり角として出力される。これにより、制限済み前輪横すべり角は、許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ 内で、無制限時前輪横すべり角に一致するか、もしくは該無制限時前輪横すべり角に最も近い値となるように決定される。

40

【 0 1 8 3 】

次いで、前記 f_0 算出部 1 4 b で求めた車両前輪位置横すべり角 f_0 から上記の如く求

50

めた制限済み前輪横すべり角を減算器 1 4 e で減算することにより、第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1 が求められる。このようにして求められた第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1 は、モデル車両の前輪横すべり角 f_d が許容範囲 $[f_min , f_max]$ から逸脱しないように無制限時前輪舵角 f_unltd に制限を掛けてなるモデル前輪舵角 f_d としての意味を持つ。

【 0 1 8 4 】

次いで、規範操作量決定部 1 4 は、この第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1 を遠心力過大化防止リミッタ 1 4 f に通すことにより、第 2 制限済み前輪舵角 f_ltd2 を決定する。この f_ltd2 が、規範動特性モデル 1 6 に入力するモデル前輪舵角 f_d の値として使用されるものである。ここで、図中に示す遠心力過大化防止リミッタ 1 4 f のグラフは、第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1 と第 2 制限済み前輪舵角 f_ltd2 との関係を例示するグラフであり、そのグラフに関する横軸方向の値は f_ltd1 の値、縦軸方向の値は f_ltd2 の値である。

10

【 0 1 8 5 】

この遠心力過大化防止リミッタ 1 4 f は、モデル車両に発生する遠心力が過大にならないようにする（ひいては実車 1 に対して要求される遠心力が過大にならないようにする）ためのリミッタである。

【 0 1 8 6 】

本実施形態では、遠心力過大化防止リミッタ 1 4 f は、規範操作量決定部 1 4 に入力される推定摩擦係数 μ_estm （今回値）と実走行速度 V_{act} （今回値）とに応じて、モデル前輪舵角 f_d の許容範囲（詳しくは該許容範囲の上限値 $f_max (> 0)$ および下限値 $f_min (< 0)$ ）を設定する。この許容範囲 $[f_min , f_max]$ は、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} が定常的に 0 に保持されているとした場合に、モデル車両が路面との摩擦限界を超えずに定常円旋回を行なうことが可能となるモデル前輪舵角 f_d の許容範囲である。

20

【 0 1 8 7 】

具体的には、まず、規範操作量決定部 1 4 に入力される V_{act} , μ_estm の値（今回値）を基に、次式 0 5 を満足するヨーレートである定常円旋回時最大ヨーレート $max (> 0)$ が求められる。

【 0 1 8 8 】

$$m \cdot max \cdot V_{act} = C_1 \cdot \mu_{estm} \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \text{式 0 5}$$

30

ここで、式 0 5 における m は前記した通り、モデル車両の総質量である。また、 g は重力加速度、 C_1 は 1 以下の正の係数である。この式 0 5 の左辺は、モデル車両のヨーレート d および走行速度 V_d をそれぞれ max, V_{act} に保持して、該モデル車両の定常円旋回を行なった場合に該モデル車両に発生する遠心力（より詳しくは該遠心力の収束予想値）を意味する。また、式 0 5 の右辺の演算結果の値は、 μ_estm に応じて定まる路面反力（詳しくはモデル車両に車輪 W_f , W_r を介して路面から作用し得るトータルの摩擦力（路面反力の並進力水平成分の総和）の大きさの限界値に係数 C_1 を乗じた値（限界値）である。従って、定常円旋回時最大ヨーレート max は、モデル車両に作用させる仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を 0 に保持すると共にモデル車両のヨーレート d および走行速度 V_d をそれぞれ max, V_{act} に保持して、該モデル車両の定常円旋回を行なった場合に該モデル車両に発生する遠心力が、推定摩擦係数 μ_estm に対応してモデル車両に作用し得るトータルの摩擦力（路面反力の並進力水平成分の総和）の限界値を超えないように決定される。

40

【 0 1 8 9 】

なお、式 0 5 の係数 C_1 の値は、 μ_estm , V_{act} のうちの少なくともいずれか一方の値に応じて可変的に設定するようにしてもよい。この場合、 μ_estm が小さいほど、あるいは V_{act} が高いほど、 C_1 の値を小さくすることが好ましい。

【 0 1 9 0 】

次いで、モデル車両の定常円旋回時の、 max に対応するモデル前輪舵角 f_d の値が定

50

常円旋回時限界舵角 $f_{\max_c} (> 0)$ として求められる。ここで、前記式 0 1 により表される規範動特性モデル 1 6 では、定常円旋回時のモデル車両のヨーレート d とモデル前輪舵角 f_d との間には、次式 0 6 の関係が成立する。

【 0 1 9 1 】

【 数 3 】

$$\gamma_d = \frac{1}{1 - \frac{m}{2 \cdot L^2} \cdot \frac{L_f \cdot K_f - L_r \cdot K_r}{K_f \cdot K_r} \cdot V_d^2} \cdot \frac{V_d}{L} \cdot \delta f_d \quad \dots\dots \text{式 06}$$

但し、 $L = L_f + L_r$

10

【 0 1 9 2 】

なお、 V_d が十分に小さいとき ($V_d^2 \rightarrow 0$ とみなせるとき) には、式 0 6 は近似的に次式 0 7 に書き換えることができる。

【 0 1 9 3 】

$$d = (V_d / L) \cdot f_d \quad \dots\dots \text{式 0 7}$$

そこで、本実施形態では、式 0 6 あるいは式 0 7 における d , V_d のそれぞれの値を d_{\max} , V_{act} として、 f_d について解くことにより、 d_{\max} に対応する定常円旋回時限界舵角 f_{\max_c} を求める。

20

【 0 1 9 4 】

モデル車両に発生する遠心力が過大にならないようにするためのモデル前輪舵角 f_d の許容範囲 $[f_{\min}, f_{\max}]$ は、基本的には、許容範囲 $[-f_{\max_c}, f_{\max_c}]$ に設定すればよい。ただし、その場合には、実車 1 のカウンタステア状態 (実車 1 のヨーレートの極性と逆極性の向きに前輪 W_1 , W_2 を操舵する状態) において、モデル前輪舵角 f_d が不要な制限を受ける場合がある。

【 0 1 9 5 】

そこで、本実施形態では、モデル車両のヨーレート d と d_{\max} とに応じて次式 0 8 a , 0 8 b により f_{\max_c} , $-f_{\max_c}$ を修正することで、モデル前輪舵角 f_d の許容範囲の上限値 f_{\max} および下限値 f_{\min} を設定する。

30

【 0 1 9 6 】

$$f_{\max} = f_{\max_c} + fe(d, d_{\max}) \quad \dots\dots \text{式 0 8 a}$$

$$f_{\min} = -f_{\max_c} - fe(-d, -d_{\max}) \quad \dots\dots \text{式 0 8 b}$$

式 0 8 a , 0 8 b における $fe(d, d_{\max})$, $fe(-d, -d_{\max})$ は、 d , d_{\max} の関数であり、その関数値が例えば図 5 (a) , (b) のグラフに示すように d , d_{\max} の値に応じて変化する関数である。この例では、関数 $fe(d, d_{\max})$ の値は、図 5 (a) のグラフに示す如く、 d が 0 よりも若干大きい所定の値 1 以下の値である場合 ($d < 0$ の場合を含む) には、正の一定値 f_{ex} になる。そして、 $fe(d, d_{\max})$ の値は、 $d > 1$ である場合には、 d が大きくなるに伴い、単調に減少して、 d が d_{\max} 以下の所定値である $2 (> 1)$ に達するまでに 0 になる。さらに、 $fe(d, d_{\max})$ の値は、 $d > 2$ である場合 ($d = d_{\max}$ の場合を含む) には、0 に維持される。

40

【 0 1 9 7 】

また、関数 $fe(-d, -d_{\max})$ は、関数 $fe(d, d_{\max})$ の変数 d , d_{\max} の極性を反転させた関数であるので、該関数 $fe(-d, -d_{\max})$ の値は、図 5 (b) のグラフに示す如く d に対して変化する。すなわち、 d が 0 よりも若干小さい所定の負の値 -1 以上の値である場合 ($d > 0$ の場合を含む) には、正の一定値 f_{ex} になる。そして、 $fe(-d, d_{\max})$

50

、 - max)の値は、 d < - 1である場合には、 dが小さくなるに伴い、単調に減少して、 dが - max以上の所定値である - 2に達するまでに0になる。さらに、 fe(- d, - max)の値は、 d < - 2である場合 (d = - maxの場合を含む)には、 0に維持される。

【 0 1 9 8 】

なお、関数 fe(d, max)、 fe(- d, - max)の値を決定するために必要な dの値としては、規範動特性モデル 1 6 で決定した規範ヨーレート dの前回値を用いればよい。

【 0 1 9 9 】

また、関数 fe(d, max) のグラフの折れ点における dの値 1, 2、あるいは、上記正の一定値 fe_xは、推定摩擦係数 μ estmや実走行速度 V actに応じて可変的に変更するようにしてもよい。

10

【 0 2 0 0 】

上記のように f_max_cを関数 feの値により補正してモデル前輪舵角 f_dの許容範囲 [f_min, f_max]を設定することで、 dと逆向きの方向のモデル前輪舵角 f_dの限界値 f_maxまたは f_minの大きさ(絶対値)は、モデル車両に発生させる遠心力の限界に対応する定常円旋回時限界舵角 f_max_cよりも大きめに設定される。このため、実車 1 のカウンタステア状態において、モデル前輪舵角 f_dが不要な制限を受けるのを防止することができる。なお、該許容範囲 [- f_min, f_max]は、実走行速度 V actが高いほど、あるいは、推定摩擦係数 μ estmが小さいほど、狭くなる。

20

【 0 2 0 1 】

上記のようにモデル前輪舵角 f_dの許容範囲を設定した後、遠心力過大化防止リミッタ 1 4 fは、入力された第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1が許容範囲 [f_min, f_max]内の値であるとき (f_min ≤ f_ltd1 ≤ f_maxであるとき)には、 f_ltd1の値をそのまま第 2 制限済み前輪舵角 f_ltd2 (= 規範動特性モデル 1 6 に入力するモデル前輪舵角 f_d)として出力する。また、該遠心力過大化防止リミッタ 1 4 fは、入力された f_ltd1の値が許容範囲 [f_min, f_max]を逸脱している場合には、その入力値を強制的に制限してなる値を第 2 制限済み前輪舵角 f_ltd2として出力する。具体的には、 f_ltd1 > f_maxである場合には、 f_maxが第 2 制限済み前輪舵角 f_ltd_2として出力され、 f_ltd1 < f_minである場合には、 f_minが第 2 制限済み前輪舵角 f_ltd2として出力される。これにより、 f_ltd2は、許容範囲 [f_min, f_max]内で、第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1に一致するか、もしくは、第 1 制限済み前輪舵角 f_ltd1に最も近い値になるように決定される。

30

【 0 2 0 2 】

なお、前記式 0 1 で表される規範動特性モデル 1 6 では、モデル車両の定常円旋回時には、 dと dとの間に次式 0 9 の関係が成立する。

【 0 2 0 3 】

【 数 4 】

$$\beta d = \left(1 - \frac{m}{2 \cdot L} \cdot \frac{L_f}{L_r \cdot K_r} \cdot V d^2 \right) \cdot \frac{L_r}{V d} \cdot \gamma d \quad \dots\dots \text{式}09$$

40

【 0 2 0 4 】

また、 V dが十分に小さいとき (V d^2 = 0 とみなせるとき)には、式 0 9 は近似的に次式 1 0 に書き換えることができる。

【 0 2 0 5 】

$$d = (L_r / V d) \cdot \gamma d \quad \dots\dots \text{式}10$$

従って、モデル車両の定常円旋回時における dあるいは maxの値は、式 0 9 または式

50

10により d の値に変換できる(但し、 $V_d = V_{act}$ とする)。このため、上記の如くヨーレート d , max の値に応じてモデル前輪舵角 f_d の許容範囲を設定する代わりに、ヨーレート d , max に対応する車両重心点横すべり角 d の値に応じてモデル前輪舵角 f_d の許容範囲を設定するようにしてもよい。

【0206】

以上が規範操作量決定部14の処理の詳細である。

【0207】

以上説明した規範操作量決定部14の処理によって、規範動特性モデル16上のモデル車両の前輪横すべり角 f_d の瞬時値が過大にならず、且つ、モデル車両に発生する遠心力が過大にならないようにしつつ、運転操作入力のうちのステアリング角 h に応じて、第2制限済み前輪舵角 f_{ltd2} が規範動特性モデル16に入力するモデル前輪舵角 f_d として制御処理周期毎に決定される。

10

【0208】

補足すると、遠心力過大化防止リミッタ14fにおいて、規範動特性モデル16に入力するモデル前輪舵角 f_d を上記の如く制限して、モデル車両に発生する遠心力が過大にならないようにするという事は、モデル車両の車両重心点横すべり角 d (もしくは後輪横すべり角 r_d)が過大にならないようにモデル前輪舵角 f_d を制限することと同等である。また、一般に、車両の遠心力や車両重心点横すべり角(もしくは後輪横すべり角)はステアリング操作に対して遅れて発生するので、遠心力過大化防止リミッタ14fによるモデル前輪舵角 f_d の制限処理は、車両の遠心力や車両重心点横すべり角(もしくは後輪横すべり角)の収束予想値を基に、モデル前輪舵角 f_d を制限する処理であると言える。これに対して、前輪横すべり角リミッタ14dの制限処理は、モデル車両の前輪横すべり角 f_d の瞬時値が過大にならないようにモデル前輪舵角 f_d を制限するための処理であると言える。

20

【0209】

なお、本実施形態では、遠心力過大化防止リミッタ14fで許容範囲 $[f_{min}, f_{max}]$ を設定するために使用する関数 f_e を前記図5(a), (b)に示した如く設定したが、これに限定されるものではない。

【0210】

例えば、関数 $f_e(d, max)$ を、図6に実線のグラフで示すように設定してもよい。この例では、 $f_e(d, max)$ は、その値が d の値の増加(負側の値から正側の値への増加)に伴い、単調に減少すると共に、 $d = max$ であるときに0になる。なお、このとき、関数 $f_e(-d, -max)$ は図6に破線のグラフで示すものとなる。この場合、前記式08aにより決定されるモデル前輪舵角 f_d の許容範囲の上限値 f_{max} は、 d が max を超えると、 d の増加に伴い、定常円旋回時限界舵角 f_{max_c} よりも0に近づくこととなる。同様に、前記式08bにより決定されるモデル前輪舵角 f_d の許容範囲の下限値 f_{min} は、 d が $-max$ を負側に超えると、 d の減少(大きさの増加)に伴い、 $-f_{max}$ よりも0に近づくこととなる。

30

【0211】

また、前記式08a, 08bの代わりに、次式11a, 11bにより、 f_d の許容範囲の上限値 f_{max} および下限値 f_{min} を設定すると共に、関数 $f_e(d, max)$, $f_e(-d, -max)$ をそれぞれ、例えば図7の実線、破線のグラフで示すように設定してもよい。

40

【0212】

$$f_{max} = f_{max_c} \cdot f_e(d, max) \quad \dots\dots \text{式 11 a}$$

$$f_{min} = - f_{max_c} \cdot f_e(-d, -max) \quad \dots\dots \text{式 11 b}$$

この例では、 $f_e(d, max)$, $f_e(-d, -max)$ は、その値が常に1以上であり、また、図5(a), (b)のものと同様の形態で d に応じて変化する。そして、これらの f

50

$e(d, \max)$, $fe(-d, -\max)$ の値をそれぞれ f_{\max_c} , f_{\min_c} に乘じることにより、上限値 f_{\max} と下限値 f_{\min} とが設定されることとなる。

【0213】

また、 f_{\max_c} を関数 fe の値により補正してモデル前輪舵角 f_d の許容範囲 [f_{\min} , f_{\max}]を設定する代わりに、例えば以下のような処理により第2制限済み前輪舵角 f_{Ltd2} を決定するようにしてもよい。図8はその処理機能を説明するための機能ブロック図である。

【0214】

すなわち、前記前輪横すべり角リミッタ14dで決定された第1制限済み前輪舵角 f_{Ltd1} を補正するための前輪舵角補正分 f を処理部14gにおいてモデル車両のヨーレート d (前回値)に応じて決定する。このとき、 f は処理部14g中のグラフで示すように、基本的には、 d が正側で増加するに伴い、 f の値が正側で単調増加し、また、 d が負側で減少するに伴い、 f の値が負側で単調減少するように決定される。なお、処理部14g中のグラフでは、 f の値には上限値(>0)および下限値(<0)が設けられている。この場合、上限値および下限値は、例えばその絶対値が前記図5(a), (b)に示した一定値 f_{ex} と同じ値になるように設定される。

10

【0215】

次いで、上記の如く決定した前輪舵角補正分 f を、前記減算器14e(図4参照)で算出された第1制限済み前輪舵角 f_{Ltd1} に加算器14hで加えることにより入力補正付き第1制限済み前輪舵角を決定する。この場合、 f_{Ltd1} の向きと d の向きとが互いに逆向きである場合には、入力補正付き第1制限済み前輪舵角の大きさは、 f_{Ltd1} の大きさよりも小さくなる。ただし、 f_{Ltd1} の向きと d の向きとが同じである場合には、入力補正付き第1制限済み前輪舵角の大きさは、 f_{Ltd1} の大きさよりも大きくなる。

20

【0216】

次いで、この入力補正付き第1制限済み前輪舵角を遠心力過大化防止リミッタ14fに通すことで、入力補正付き第1制限済み前輪舵角をモデル前輪舵角 f_d の許容範囲 [f_{\min} , f_{\max}]内の値に制限してなる入力補正付き第2制限済み前輪舵角を決定する。すなわち、入力補正付き第1制限済み前輪舵角が許容範囲内の値である場合には、該入力補正付き第1制限済み前輪舵角がそのまま入力補正付き第2制限済み前輪舵角として決定される。また、入力補正付き第1制限済み前輪舵角が許容範囲から逸脱している場合には、 f_{\max} および f_{\min} のうち、入力補正付き第1制限済み前輪舵角に近い方の値が入力補正付き第2制限済み前輪舵角として決定される。

30

【0217】

この場合、遠心力過大化防止リミッタ14fにおけるモデル前輪舵角 f_d の許容範囲の上限値 f_{\max} (>0)は、 f_{Ltd1} の向きと d の向きとが同じである場合の f_{Ltd1} の補正分を見込んで、前記定常円旋回時舵角限界値 f_{\max_c} よりも大きめの値(例えば $f_{\max_c} + f_{\text{ex}}$)に設定される。同様に、モデル前輪舵角 f_d の許容範囲の下限値 f_{\min} (<0)は、その絶対値が f_{\max_c} よりも大きめの値になるように設定される。

【0218】

次いで、上記の如く決定した入力補正付き第2制限済み前輪舵角から、前記前輪舵角補正分 f を減算器14iで減じることにより、第2制限済み前輪舵角 f_{Ltd2} を決定する。

40

【0219】

上記のように第2制限済み前輪舵角 f_{Ltd2} を決定するようにしても、モデル車両に発生する遠心力が過大にならないようにし、且つ、実車1のカウンタステアリング状態での不要な制限がかかるのを防止しつつ、規範動特性モデル16に入力するモデル前輪舵角 f_d ($= f_{\text{Ltd2}}$)を決定できる。

【0220】

なお、本実施形態では、規範動特性モデル16に入力するモデル前輪舵角 f_d を決定するために、前記前輪横すべり角リミッタ14dおよび遠心力過大化防止リミッタ14f

50

の処理を行なうようにしたが、いずれか一方もしくは両者の処理を省略してもよい。すなわち、処理部 14 a で決定される無制限時前輪舵角 f_{unltd} 、あるいは、この f_{unltd} を遠心力過大化防止リミッタ 14 f に入力して得られる値、あるいは、前記減算器 14 e で決定される第 1 制限済み前輪舵角 f_{ltd1} を規範動特性モデル 16 に入力するモデル前輪舵角 f_d として決定するようにしてもよい。

【0221】

以上説明した如く規範操作量決定部 14 で決定されたモデル前輪舵角 f_d の今回値 (= f_{ltd2} の今回値) が規範動特性モデル 16 に入力され、その入力値と後述する如く FB 分配則 20 で決定された仮想外力 F_{vir} , M_{vir} (前回値) とから、該規範動特性モデル 16 によって (前記式 01 に従って)、規範ヨーレート d および規範車両重心点横すべり角 d の今回値が新たに決定されることとなる。なお、この処理は、実際には、式 01 を離散時間系で表した式によって行なわれるので、 d , d の今回値を決定するために、 d , d の前回値も使用されることとなる。

10

【0222】

この場合、規範動特性モデル 16 に入力されるモデル前輪舵角 f_d は、前記の如く規範操作量決定部 14 で制限されているので、モデル車両のスピンや極端な横すべりの発生が防止される。

【0223】

[FB 分配則について]

次に、FB 分配則 20 の処理の詳細を図 9 ~ 図 16 を参照して説明する。

20

【0224】

図 9 は FB 分配則 20 の処理機能を示す機能ブロック図である。図示の如く FB 分配則 20 は、その処理機能を大別すると、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定する処理を行なう仮想外力決定部 20 a とアクチュエータ動作 FB 目標値を決定する処理を行なうアクチュエータ動作 FB 目標値決定部 20 b とから構成される。

【0225】

なお、仮想外力決定部 20 a は、本発明におけるモデル側状態量偏差応動制御手段に相当し、アクチュエータ動作 FB 目標値決定部 20 b は、本発明における実車側状態量偏差応動制御手段に相当する。

30

【0226】

まず、仮想外力決定部 20 a を図 9 を参照して説明すると、この仮想外力決定部 20 a の処理機能は、仮想外力仮値決定部 20 1 と 制限器 20 2 とに大別される。

【0227】

仮想外力決定部 20 a の処理では、まず、前記減算器 18 から入力される状態量偏差 $err (= act - d)$, $err (= act - d)$ に応じて、仮想外力仮値決定部 20 1 によって仮想外力の仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} が決定される。仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} のうちの M_{virtmp} は、状態量偏差 err , err を 0 に近づけるために規範動特性モデル 16 のモデル車両の重心点 G_d のまわりに付加的に発生させるべきモーメント (ヨー方向のモーメント)、 F_{virtmp} は、状態量偏差 err , err を 0 に近づけるために規範動特性モデル 16 のモデル車両の重心点 G_d に付加的に作用させるべき並進力 (モデル車両の横方向の並進力) を意味する。

40

【0228】

具体的には、次式 15 で示す如く、入力された状態量偏差 err , err からなるベクトル (err , err)^T (添え字 T は転置を意味する) に所定のゲインマトリクス K_{fvir} を乗じることにより、仮想外力の仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} (以下、仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} という) が決定される。

【0229】

【数 5】

$$\begin{bmatrix} F_{virtmp} \\ M_{virtmp} \end{bmatrix} = K_{fvir} \cdot \begin{bmatrix} \beta \text{err} \\ \gamma \text{err} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\text{式15}$$

但し、

$$K_{fvir} \equiv \begin{bmatrix} K_{fvir11} & K_{fvir12} \\ K_{fvir21} & K_{fvir22} \end{bmatrix}$$

【0230】

10

この式15により、状態量偏差 err 、 err を0に近づけるために規範動特性モデル16にフィードバックする制御入力の仮値としての仮想外力仮値 M_{virtmp} 、 F_{virtmp} が、状態量偏差 err 、 err からフィードバック制御則により決定される。

【0231】

なお、以下に詳説する 制限器202が、モデル車両の車両重心点横すべり角 d もしくは実車1の実車両重心点横すべり角 act が所定の許容範囲を超えそうになった時、および越えてしまった時にだけ、 d もしくは act を許容範囲に戻す作用を強く発生するようにしたいならば、 err を時定数の小さい1次遅れ特性に近い特性で0に収束させることが望ましい。そのためには、例えばゲインマトリクス K_{fvir} の成分のうちの K_{fvir12} を0に設定し、 K_{fvir11} をその絶対値が大きくなるように設定すればよい。

20

【0232】

次いで、規範動特性モデル16上のモデル車両のヨーレート d および車両重心点横すべり角 d がそれぞれ所定の許容範囲から逸脱するのを抑制するように仮想外力仮値 M_{virtmp} 、 F_{virtmp} を修正する処理が 制限器202により実行される。

【0233】

具体的には、 制限器202は、まず、予測演算部203の処理を実行し、所定時間後(1つ以上の所定数の制御処理周期の時間後)のモデル車両のヨーレート d と車両重心点横すべり角 d とを予測し、それらの予測値をそれぞれ予測ヨーレート d_a 、予測車両重心点横すべり角 d_a として出力する。

【0234】

30

このとき予測演算部203には、規範動特性モデル16で決定された規範ヨーレート d (今回値)および規範車両重心点横すべり角 d (今回値)と、センサ・推定器12で検出または推定された実走行速度 V_{act} (今回値)と、規範操作量決定部14で決定された第2制限済み前輪舵角 f_{ltd2} (今回値)と、仮想外力仮値決定部201で上記の如く決定された仮想外力仮値 M_{virtmp} 、 F_{virtmp} (今回値)とが入力される。そして、該予測演算部203は、モデル前輪舵角 f_d が、入力された f_{ltd2} に保持され、且つ、モデル車両に作用する仮想外力 M_{vir} 、 F_{vir} が、入力された M_{virtmp} 、 F_{virtmp} に保持され、且つ、モデル車両の走行速度 V_d が、入力された V_{act} に保持されると仮定して、前記式01に基づいて、予測ヨーレート d_a および予測車両重心点横すべり角 d_a を算出する。

【0235】

40

なお、本実施形態では、この予測ヨーレート d_a および予測車両重心点横すべり角 d_a が本発明における制限対象量に相当する。この場合、モデル車両のヨーレート d および車両重心点横すべり角 d が本発明における第2状態量として用いられている。

【0236】

次いで、 制限器202は、上記の如く予測演算部203で算出した d_a 、 d_a をそれぞれ 不感帯処理部204、 不感帯処理部205に通すことにより、 d_a 、 d_a のそれぞれの、所定の許容範囲からの逸脱量 $over$ 、 $over$ を求める。図中に示す 不感帯処理部204のグラフは、 d_a と $over$ との関係を例示するグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値は d_a の値、縦軸方向の値は $over$ の値である。同様に、図中に示す 不感帯処理部205のグラフは、 d_a と $over$ との関係を例示するグラフであり、該グラフ

50

に関する横軸方向の値は da の値、縦軸方向の値は $over$ の値である。

【0237】

ここで、不感帯処理部 204 における許容範囲は、その下限値、上限値をそれぞれ $damin (< 0)$, $damax (> 0)$ とする許容範囲 (ヨーレート d の許容範囲) であり、不感帯処理部 205 における許容範囲は、その下限値、上限値をそれぞれ $damin (< 0)$, $damax (> 0)$ とする許容範囲 (車両重心点横すべり角 d の許容範囲) である。

【0238】

本実施形態では、ヨーレート d に関する許容範囲 $[damin, damax]$ は、例えばモデル車両の走行速度 Vd を $Vact$ (今回値) に保持すると共に、モデル車両のヨーレート d を $damin$ または $damax$ に保持して定常円旋回を行なった場合にモデル車両に発生する遠心力が推定摩擦係数 $\mu estm$ (今回値) に応じた摩擦力の限界値を超えないように設定される。すなわち、次式 16a , 16b を満足するように、 $Vact$ (今回値) と $\mu estm$ (今回値) とに応じて、 $damax$, $damin$ が設定される。

10

【0239】

$$m \cdot Vact \cdot damax < \mu estm \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \text{式 16 a}$$

$$m \cdot Vact \cdot damin > - \mu estm \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \text{式 16 b}$$

$damax$, $damin$ は、例えばそれぞれの絶対値が前記式 05 により決定される定常円旋回時最大ヨーレート max と同じ値になるように設定すればよい ($damax = max$, $damin = - max$ とする)。ただし、 $damax$, $damin$ を、その絶対値が max と異なる値 (例えば max よりも小さい値) になるように設定してもよい。

20

【0240】

なお、上記のように設定される許容範囲 $[damin, damax]$ は、実走行速度 $Vact$ が高いほど、あるいは、推定摩擦係数 $\mu estm$ が小さいほど、狭くなる。

【0241】

また、車両重心点横すべり角 d に関する許容範囲 $[damin, damax]$ は、例えば、実車 1 の車両重心点横すべり角と実車 1 の重心点に作用する横方向の並進力との間の関係がほぼリニアな関係 (比例関係) に維持されるような車両重心点横すべり角の範囲内に設定される。この場合、 $Vact$ (今回値) と $\mu estm$ (今回値) とのうちの少なくともいずれか一方に応じて $damin$, $damax$ を設定することが望ましい。

30

【0242】

そして、不感帯処理部 204 の処理では、具体的には、入力された da が所定の許容範囲 $[damin, damax]$ 内の値であるとき ($damin \leq da \leq damax$ であるとき) には、 $over = 0$ とし、 $da < damin$ であるときには、 $over = da - damin$ とし、 $da > damax$ であるときには、 $over = da - damax$ とする。これにより、予測ヨーレート da の許容範囲 $[damin, damax]$ からの逸脱量 $over$ が求められる。

【0243】

同様に、不感帯処理部 205 の処理は、入力された da の値が所定の許容範囲 $[damin, damax]$ 内の値であるとき ($damin \leq da \leq damax$ であるとき) には、 $over = 0$ とし、 $da < damin$ であるときには、 $over = da - damin$ とし、 $da > damax$ であるときには、 $over = da - damax$ とする。これにより、予測車両重心点横すべり角 da の許容範囲 $[damin, damax]$ からの逸脱量 $over$ が求められる。

40

【0244】

次いで、制限器 202 は、これらの逸脱量 $over$, $over$ を 0 に近づけるように、仮想外力仮値 $Mvirtmp$, $Fvirtmp$ の補正量である仮値操作量 $Mvir_over$, $Fvir_over$ を処理部 206 にて算出する。

【0245】

具体的には、次式 17 で示す如く、 $over$, $over$ からなるベクトル ($over$, $over$)^T に所定のゲインマトリクス $Kfov$ を乗じることにより、 $Mvir_over$, $Fvir_over$ が決定さ

50

れる。

【 0 2 4 6 】

【 数 6 】

$$\begin{bmatrix} F_{vir_over} \\ M_{vir_over} \end{bmatrix} = K_{fov} \cdot \begin{bmatrix} \beta_{over} \\ \gamma_{over} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\text{式17}$$

但し、

$$K_{fov} \equiv \begin{bmatrix} K_{fov11} & K_{fov12} \\ K_{fov21} & K_{fov22} \end{bmatrix}$$

10

【 0 2 4 7 】

次いで、制限器 2 0 2 は、この仮値操作量 M_{vir_over} , F_{vir_over} をそれぞれ仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} から減算器 2 0 7 で減じることにより、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} の今回値を決定する。すなわち、次式 1 8 a , 1 8 b により仮想外力 M_{vir} , F_{vir} が決定される。

【 0 2 4 8 】

$$M_{vir} = M_{virtmp} - M_{vir_over} \quad \dots\dots\text{式 1 8 a}$$

$$F_{vir} = F_{virtmp} - F_{vir_over} \quad \dots\dots\text{式 1 8 b}$$

20

以上の如く仮想外力決定部 2 0 a の処理が実行されることにより、予測ヨーレート da および予測車両重心点横すべり角 da がそれぞれ許容範囲 [$damin$, $damax$]、[$damin$, $damax$] から逸脱するのを抑制しつつ、状態量偏差 err , err を 0 に近づけるように仮想外力 M_{vir} , F_{vir} が決定されることとなる。

【 0 2 4 9 】

なお、以上説明した仮想外力決定部 2 0 a の制限器 2 0 2 は、仮値操作量 M_{vir_over} , F_{vir_over} により仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} を補正することにより仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定する（より一般的に言えば、 M_{vir_over} と M_{virtmp} との線形結合、並びに、 F_{vir_over} と F_{virtmp} との線形結合によってそれぞれ M_{vir} , F_{vir} を決定する）ようにしたが、次のようにして、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定するようにしてもよい。図 1 0 はその処理を説明するための機能ブロック図である。

30

【 0 2 5 0 】

同図を参照して、この例では、仮想外力仮値決定部 2 0 1、予測演算部 2 0 3、不感帯処理部 2 0 4、不感帯処理部 2 0 5、処理部 2 0 6 の処理は、図 9 のものと同じである。一方、本例では、処理部 2 0 6 で求められた仮値操作量 F_{vir_over} , M_{vir_over} はそれぞれ処理部 2 0 8 , 2 0 9 に入力され、該処理部 2 0 8 , 2 0 9 において、仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} をそれぞれ補正するための補正係数 $Katt1$ (0) , $Katt2$ (0) が決定される。これらの補正係数 $Katt1$, $Katt2$ は、それぞれ仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} に乗じる補正係数である。なお、図中に示す処理部 2 0 8 に係わるグラフは、 M_{vir_over} と $Katt1$ との関係を例示するグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値は M_{vir_over} の値、縦軸方向の値は $Katt1$ の値である。同様に、図中に示す処理部 2 0 9 に係わるグラフは、 F_{vir_over} と $Katt2$ との関係を例示するグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値は F_{vir_over} の値、縦軸方向の値は $Katt2$ の値である。

40

【 0 2 5 1 】

処理部 2 0 8 の処理では、図中のグラフで示す如く、 M_{vir_over} が 0 であるときには、 $Katt1 = 1$ とされ、 M_{vir_over} の絶対値が 0 から増加するに伴い、 $Katt1$ の値が 1 から 0 まで単調に減少するように $Katt1$ の値が設定される。そして、 $Katt1$ の値は、 M_{vir_over} の絶対値が所定値（ $Katt1$ が 0 に達する値）を超えると 0 に維持される。

【 0 2 5 2 】

50

同様に、処理部 209 の処理では、図中のグラフで示す如く、Fvir_over が 0 であるときには、Katt2 = 1 とされ、Fvir_over の絶対値が 0 から増加するに伴い、Katt2 の値が 1 から 0 まで単調に減少するように Katt2 の値が設定される。そして、Katt2 の値は、Fvir_over の絶対値が所定値 (Katt2 が 0 に達する値) を超えると 0 に維持される。

【 0 2 5 3 】

次いで、上記の如く決定された補正係数 Katt1 , Katt2 は、それぞれ乗算器 210 , 211 にて、仮想外力仮値 Mvirtmp、Fvirtmp に乗算され、これにより、仮想外力 Mvir , Fvir の今回値が決定される。

【 0 2 5 4 】

このように、図 10 の例では、逸脱量 Mvir_over の絶対値が大きくなるに伴い、仮想外力 Mvir の大きさを仮想外力仮値 Mvirtmp に対して絞る (0 に近づける) ように仮想外力 Mvir が決定される。同様に、逸脱量 Fvir_over の絶対値が大きくなるに伴い、仮想外力 Mvir の大きさを仮想外力仮値 Mvirtmp に対して絞る (0 に近づける) ように仮想外力 Fvir が決定される。このように仮想外力 Mvir , Fvir を決定するということは、da , da の許容範囲からの逸脱が、仮想外力 Mvir , Fvir に起因するものとみなして、da , da の許容範囲 [damin , damax] , [damin , damax] からの逸脱を抑制しつつ、状態量偏差 err , err を 0 に近づけるように仮想外力 Mvir , Fvir を決定することを意味する。この場合は、規範操作量決定部 14 において、前記した如く、規範動特性モデル 16 に入力するモデル前輪舵角 f_d を制限しておくことが望ましい。

10

【 0 2 5 5 】

また、以上説明した 制限器 202 では、予測演算部 203 で前記した如く式 01 を用いて求めた予測ヨーレート da および予測車両重心点横すべり角 da をそれぞれ制限対象量とし、これらの da , da を 不感帯処理部 204、不感帯処理部 205 に入力して逸脱量 over , over を求めた。ただし、da , da の代わりに、規範ヨーレート d、規範車両重心点横すべり角 d の今回値、あるいは、実ヨーレート act、実車両重心点横すべり角 act の今回値、あるいは、これらの値に、フィルタリング処理を施した値を制限対象量として用いてもよい。

20

【 0 2 5 6 】

例えば、各制御処理周期で da の代わりに d の今回値を 不感帯処理部 204 に入力すると共に、規範動特性モデル 16 で逐次算出される d に、伝達関数が (1 + T1 · s) / (1 + T2 · s) という形で表されるフィルタリング処理 (T1 , T2 はある時定数、s はラプラス演算子) を施してなる値を da の代わりに 不感帯処理部 205 に入力するようにしてもよい。この場合、例えば T1 > T2 となるように時定数 T1 , T2 を設定すると、該フィルタリング処理は、いわゆる位相進み補償要素として機能する。このとき、ある程度高い周波数域における d の周波数成分の位相を進め、該周波数成分に対するゲインを高めることによって、各制御処理周期で決定される d の値自体が許容範囲 [damin , damax] を逸脱する前から、over に応じて仮想外力 Mvir , Fvir を制限することができる。

30

【 0 2 5 7 】

また、制限対象量としての da , da を以下のように求めるようにしてもよい。すなわち、予測演算部 203 では、次式 19 a , 19 b で示すように、適当な係数 cij を用いて d、d の今回値を線形結合してなる値を da , da として求めるようにしてもよい。

40

【 0 2 5 8 】

$$\begin{aligned} da &= c_{11} \cdot d + c_{12} \cdot d && \dots \dots \text{式 19 a} \\ da &= c_{21} \cdot d + c_{22} \cdot d && \dots \dots \text{式 19 b} \end{aligned}$$

あるいは、次式 20 a , 20 b で示すように、適当な係数 cij を用いて d、d、Mvirtmp , Fvirtmp、および f_ltd2 の今回値を線形結合してなる値を da , da として求めるようにしてもよい。

50

【 0 2 5 9 】

$$\begin{aligned}
 da &= c_{11} \cdot d + c_{12} \cdot d \\
 &\quad + c_{13} \cdot M_{virtmp} + c_{14} \cdot F_{virtmp} + c_{15} \cdot f_{ltd2} \quad \dots \dots 20a \\
 da &= c_{21} \cdot d + c_{22} \cdot d \\
 &\quad + c_{23} \cdot M_{virtmp} + c_{24} \cdot F_{virtmp} + c_{25} \cdot f_{ltd2} \quad \dots \dots 20b
 \end{aligned}$$

なお、これらの式 2 0 a , 2 0 b は、前記した予測演算部 2 0 3 の処理をより一般化して表現したものである。

【 0 2 6 0 】

10

あるいは、次式 2 1 a , 2 1 b で示すように、適当な係数 c ij を用いて act、 act の今回値を線形結合してなる値を da , da として求めるようにしてもよい。なお、この場合、 act、 act が本発明における第 2 状態量として用いられることとなる。

【 0 2 6 1 】

$$\begin{aligned}
 da &= c_{11} \cdot act + c_{12} \cdot act \quad \dots \dots \text{式 } 21a \\
 da &= c_{21} \cdot act + c_{22} \cdot act \quad \dots \dots \text{式 } 21b
 \end{aligned}$$

補足すると、式 0 2 b から明らかのように、c21 = - L r / V d、c22 = 1 (ここで、V d は、モデル車両の走行速度 (= 実走行速度 V act)) とすれば、 da は後輪の横滑り角に相当する。

20

【 0 2 6 2 】

あるいは、次式 2 2 a , 2 2 b で示すように、適当な係数 c ij を用いて、 d、 d、 d の時間微分値 d d/dt、 act、 act、 act の時間微分値 d act/dt、 M virtmp , F virtmp、および f ltd2 の今回値を線形結合してなる値を da , da として求めるようにしてもよい。なお、この場合、 d、 d、 act、 act が本発明における第 2 状態量として用いられることとなる。

【 0 2 6 3 】

$$\begin{aligned}
 da &= c_{11} \cdot d + c_{12} \cdot d + c_{13} \cdot d \cdot d/dt \\
 &\quad + c_{14} \cdot act + c_{15} \cdot act + c_{16} \cdot d \cdot act/dt \\
 &\quad + c_{17} \cdot M_{virtmp} + c_{18} \cdot F_{virtmp} + c_{19} \cdot f_{ltd2} \quad \dots \dots 22a \\
 da &= c_{21} \cdot d + c_{22} \cdot d + c_{23} \cdot d \cdot d/dt \\
 &\quad + c_{24} \cdot act + c_{25} \cdot act + c_{26} \cdot d \cdot act/dt \\
 &\quad + c_{27} \cdot M_{virtmp} + c_{28} \cdot F_{virtmp} + c_{29} \cdot f_{ltd2} \quad \dots \dots 22b
 \end{aligned}$$

30

あるいは、式 2 0 a の右辺の演算結果の値と式 2 1 a の右辺の演算結果の値との加重平均値、並びに、式 2 0 b の右辺の演算結果の値と式 2 1 b の右辺の演算結果の値との加重平均値をそれぞれ da、 da として求めるようにしてもよい。なお、これは、式 2 2 a、式 2 2 b により da、 da を求める場合の一例となる。また、式 2 0 a、式 2 0 b、あるいは、式 2 2 a、式 2 2 b における M virtmp , F virtmp の項を省略してもよい。

40

【 0 2 6 4 】

あるいは、所定時間後までの各制御処理周期における d、 d の予測値を前記式 0 1 に基づいて求め、その求めた d、 d のうちのピーク値を da , da として決定するようにしてもよい。

【 0 2 6 5 】

さらに、式 2 0 a , 式 2 0 b、あるいは、式 2 1 a , 式 2 1 b、あるいは、式 2 2 a , 式 2 2 b のいずれを用いて da , da を求める場合であっても、それらの式の係数 c ij に、周波数特性をもたせる (換言すれば c ij を掛ける変数の値にローパスフィルタなどのフィルタリング処理を施す) ようにしてもよい。あるいは、係数 c ij を掛ける変数の値に、

50

該変数の時間的変化率の制限を掛けるようにしてもよい。

【0266】

補足すると、前記式21a,式21b、あるいは、式22a,式22bにより da, daを決定するようにした場合、その da, daが、ある所定時間後の実車1の実ヨーレート act、実車両重心点横すべり角 actの予測値としての意味を持つように各係数cijを設定することが望ましい。

【0267】

また、規範動特性モデル16が前記式01で表されるように線形なモデルである場合、式20a,式20b、あるいは、式21a,式21b、あるいは、式22a,式22bのいずれを用いても、実車1あるいはモデル車両のある所定時間後のヨーレートおよび車両重心点横すべり角の予測値としての da、 daを適切に求めることができる。

10

【0268】

なお、 da, daの代わりに act, actの今回値、もしくは、 act, actにフィルタリング処理を施してなる値を用いた場合、あるいは、前記式21a,式21b、もしくは、式22a,式22bにより da, daを決定するようにした場合には、実車1の実ヨーレート actおよび実車両重心点横すべり角 actの今回値もしくはフィルタリング値もしくは予測値が、それぞれ許容範囲 [damin, damax], [damin, damax] から逸脱するのを抑制しつつ、状態量偏差 err, errを0に近づけるように仮想外力 Mvir, Fvirを決定することとなる。

【0269】

補足すると、仮想外力決定部20aの処理では、より一般的には、次式200により仮想外力Mvir, Fvirを決定するようにしてもよい。

20

【0270】

【数7】

$$\begin{bmatrix} Fvir \\ Mvir \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Kfb11 & Kfb12 & Kfb13 & Kfb14 & Kfb15 & Kfb16 \\ Kfb21 & Kfb22 & Kfb23 & Kfb24 & Kfb25 & Kfb26 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta d \\ \gamma d \\ \beta act \\ \gamma act \\ \beta over \\ \gamma over \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Kfb_{\delta 1} \\ Kfb_{\delta 2} \end{bmatrix} \cdot \delta f_ltd2 \quad \dots\dots\text{式200}$$

30

【0271】

また、前記 制限器202の 不感帯処理部204および 不感帯処理部205においては、それぞれ各別に da, daの許容範囲 [damin, damax], [damin, damax]を設定して、逸脱量 over, overを決定するようにしたが、 daと daとの間の相関性を考慮し、 da, daの組に対して許容範囲(許容領域)を設定して、逸脱量 over, overを決定するようにしてもよい。

40

【0272】

例えば図11に示す如く、 daを横軸、 daを縦軸とする座標平面上での直線1~4により囲まれた領域A(平行四辺形状の領域)を da, daの組の許容領域Aとして設定する。この場合、直線1,3は、それぞれ daの下限値、上限値を規定する直線である。その下限値、上限値は、例えば前記 不感帯処理部204における許容範囲 [damin, damax]の下限値 damin、上限値 damaxと同様に設定される。また、直線2,4は、それぞれ daの下限値、上限値を規定する直線である。この例では、該下限値および上限値がそれぞれ daに応じてリニアに変化するように設定される。そして、逸脱量 over, overを例えば次のように決定する。すなわち、 da, daの組が、図11に点P1で示す如く、許容領域A内に存するときには、 over = over = 0とする。一方、 da, daの組

50

が、例えば図 1 1 に点 P 2 で示す如く、許容領域 A から逸脱している場合には、点 P 2 を通って所定の傾きを有する直線 5 上の点のうち、点 P 2 に最も近い許容領域 A の境界の点 P 3 (直線 5 上で許容領域 A 内に存する点のうち、P 2 に最も近い点 P 3) を決定する。そして、点 P 2 における d_a の値と点 P 3 における d_a の値との差が逸脱量 $over$ として決定されると共に、点 P 2 における d_a の値と点 P 3 における d_a の値との差が逸脱量 $over$ として決定される。なお、 d_a , d_a の組に対応する点が、例えば図 1 1 に示す点 P 4 であるような場合、すなわち、 d_a , d_a の組に対応する点 P 4 を通る所定の傾き (直線 5 と同じ傾き) を有する直線 6 が、許容領域 A と交わらないような場合 (直線 6 上に許容範囲 A 内の点が存在しない場合) には、該直線 6 に最も近い許容領域 A の境界の点 P 5 を決定する。そして、点 P 4 における d_a の値と点 P 5 における d_a の値との差を逸脱量 $over$ として決定し、点 P 4 における d_a の値と点 P 5 における d_a の値との差を逸脱量 $over$ として決定すればよい。

10

【 0 2 7 3 】

補足すると、 d_a , d_a の組の許容領域は、平行四辺形状の領域である必要ななく、例えば、図 1 1 に破線で示す如く、境界部を滑らかに形成した (角部を持たないように形成した) 領域 A' であってもよい。

【 0 2 7 4 】

また、前記 制限器 2 0 2 では、 d_a , d_a の両者について、[d_{amin} , d_{amax}], [d_{amin} , d_{amax}] からの逸脱量 $over$, $over$ を求め、それに応じて仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} を補正するようにしたが、 $over$, $over$ のいずれか一方だけに応じて仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} を補正するようにしてもよい。この場合には、前記処理部 2 0 6 の処理において、 $over$, $over$ のいずれか一方の値を 0 に固定して、仮値操作量 M_{vir_over} , F_{vir_over} を求めるようにすればよい。

20

【 0 2 7 5 】

次に、アクチュエータ動作 F B 目標値決定部 2 0 b の処理を図 1 2 ~ 図 1 4 を参照して説明する。なお、以降の説明では、各車輪 W 1 ~ W 4 を第 n 輪 W n (n = 1, 2, 3, 4) ということがある。

【 0 2 7 6 】

図 1 2 は、該アクチュエータ動作 F B 目標値決定部 2 0 b の処理を示す機能ブロック図である。同図を参照して、アクチュエータ動作 F B 目標値決定部 2 0 b は、まず、処理部 2 2 0 において、入力された状態量偏差 err , err に応じて、該状態量偏差 err , err を 0 に近づけるために実車 1 の重心点 G のまわりに発生させるべきヨー方向のモーメントの基本要求値であるフィードバックヨーモーメント基本要求値 M_{fbdmd} を実車 1 のアクチュエータ装置 3 に対するフィードバック制御入力の基本要求値として決定する。

30

【 0 2 7 7 】

M_{fbdmd} は、状態量偏差 err , err からフィードバック制御則により決定される。具体的には、次式 2 3 の如く、 err , err からなるベクトル $(err, err)^T$ に所定のゲインマトリクス K_{fbdmd} を乗じる (err , err を線形結合する) ことにより、 M_{fbdmd} が決定される。

40

【 0 2 7 8 】

【 数 8 】

$$M_{fbdmd} = K_{fbdmd} \cdot \begin{bmatrix} \beta_{err} \\ \gamma_{err} \end{bmatrix} \dots\dots\text{式23}$$

但し、

$$K_{fbdmd} \equiv \begin{bmatrix} K_{fbdmd1} & K_{fbdmd2} \end{bmatrix}$$

【 0 2 7 9 】

50

なお、 err 、 err と、 err の1階微分値 $d \text{err}/dt$ とに応じて $Mfbmd$ を決定するようにしてもよい。例えば、 err 、 err 、 $d \text{err}/dt$ からなるベクトルに適当なゲインマトリクスを乗じる（ err 、 err 、 $d \text{err}/dt$ を適当な係数によって線形結合する）ことで $Mfbmd$ を決定するようにしてもよい。

【0280】

また、ゲインマトリクス $Kfbmd$ の要素 $Kfbmd1$ および $Kfbmd2$ のうちの少なくともいずれか一方に、伝達関数が $(1 + Tc1 \cdot s) / (1 + Tc2 \cdot s)$ で表される位相補償要素を乗じるようにしてもよい。例えば、 err に乘じる $Kfbmd1$ に上記位相補償要素を乗じるようにして、且つ、 $Tc1 > Tc2$ となるように時定数 $Tc1$ 、 $Tc2$ の値を設定する。このようにした場合には、 $Kfbmd1$ を err に乘じてなる項は、 err とその微分値とを線形結合したものをハイカットフィルタに通したものと等価になる。

10

【0281】

次いで、アクチュエータ動作FB目標値決定部20bは、この $Mfbmd$ を不感帯処理部221に通すことによって、不感帯超過フィードバックヨーモーメント要求値 $Mfbmd_a$ を決定する。なお、図中の不感帯処理部221のグラフは、 $Mfbmd$ と $Mfbmd_a$ との関係を例示するグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値は $Mfbmd$ の値、縦軸方向の値は $Mfbmd_a$ の値である。

【0282】

本実施形態では、実車1のアクチュエータ装置3のフィードバック制御においては、状態量偏差 err 、 err を0に近づけるために、主に、アクチュエータ装置3のうちの駆動・制動装置3Aのブレーキ装置を操作する。この場合、上記の如く決定される $Mfbmd$ に応じてブレーキ装置を操作すると、該ブレーキ装置が頻繁に操作される恐れがある。本実施形態では、これを防止するために、 $Mfbmd$ を不感帯処理部221に通して得られる不感帯超過フィードバックヨーモーメント要求値 $Mfbmd_a$ に応じてブレーキ装置を操作することとした。

20

【0283】

該不感帯処理部221の処理は、具体的には次のように実行される。すなわち、該不感帯処理部221は、 $Mfbmd$ の値が0近傍に定めた所定の不感帯に存するときには、 $Mfbmd_a = 0$ とする。また、 $Mfbmd$ が該不感帯の上限値（ > 0 ）よりも大きいときには、 $Mfbmd_a = Mfbmd - \text{上限値}$ とし、 $Mfbmd$ が該不感帯の下限値（ < 0 ）よりも小さいときには、 $Mfbmd_a = Mfbmd - \text{下限値}$ とする。換言すれば、 $Mfbmd$ の不感帯からの超過分を $Mfbmd_a$ として決定する。このようにして決定される $Mfbmd_a$ に応じて駆動・制動装置3Aのブレーキ装置を操作するようにすることで、状態量偏差 err 、 err に応じたブレーキ装置の頻繁な操作を抑制しつつ、該状態量偏差 err 、 err を0に近づけるようにブレーキ装置を操作できる。なお、不感帯処理部221の処理を省略し、 $Mfbmd$ をそのまま、 $Mfbmd_a$ として用いてもよい。

30

【0284】

次いで、この不感帯超過フィードバックヨーモーメント要求値 $Mfbmd_a$ に応じて、前記アクチュエータ動作FB目標値（アクチュエータ装置3に対するフィードバック制御入力）を決定する処理がアクチュエータ動作FB目標値分配処理部222により実行される。

40

【0285】

該アクチュエータ動作FB目標値分配処理部222は、その処理を概略的に説明すると、実車1の重心点のまわりに $Mfbmd_a$ を発生させるように（ひいては err 、 err を0に近づけるように）、駆動・制動装置3Aのブレーキ装置の動作による各車輪 $W1 \sim W4$ の駆動・制動力のフィードバック目標値（ err 、 err を0に近づけるためのブレーキ装置のフィードバック制御入力）であるFB目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $Fxfbmd_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）を決定する。あるいは、 $Fxfbmd_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）に加えて、ステアリング装置3Bの動作による前輪 $W1$ 、 $W2$ の横力のフィードバック目標値であるアクティブ操舵用FB目標横力 $Fyfbmd_f$ を決定する。

50

【 0 2 8 6 】

この場合、本実施形態では、不感帯超過フィードバックヨーモーメント要求値Mfbmd_aが正方向のモーメント（実車1の上方から見て反時計まわり方向のモーメント）である場合には、基本的には、実車1の左側の車輪W1, W3の駆動・制動力を制動方向に増加させ、それによって、実車1の重心点GのまわりにMfbmd_aを発生させるようにFB目標第n輪ブレーキ駆動・制動力Fxfbdmd_n (n = 1, 2, 3, 4)が決定される。さらに、このとき、実車1の重心点GのまわりにMfbmd_aを発生させるための左側の車輪W1, W3に関するFB目標第1輪ブレーキ駆動・制動力Fxfbdmd_1およびFB目標第3輪ブレーキ駆動・制動力Fxfbdmd_3は、そのそれぞれの変化と、Mfbmd_aとの変化との関係が比例関係になるように決定される。以降、この比例関係におけるMfbmd_aの変化に対するFxfbdmd_1、Fxfbdmd_3のそれぞれの変化の割合を、それぞれ前輪側ゲインGA1、後輪側ゲインGA3という。本実施形態では、Mfbmd_aが正方向のモーメントである場合に、Fxfbdmd_1、Fxfbdmd_3は、それぞれMfbmd_aにGA1、GA3を乗じた値（Mfbmd_aに比例する値）に決定される。

10

【 0 2 8 7 】

また、Mfbmd_aが負方向のモーメント（実車1の上方から見て時計まわり方向のモーメント）である場合には、基本的には、実車1の右側の車輪W1, W3の駆動・制動力を制動方向に増加させ、それによって、実車1の重心点GのまわりにMfbmd_aを発生させるようにFB目標第n輪ブレーキ駆動・制動力Fxfbdmd_n (n = 1, 2, 3, 4)が決定される。さらに、このとき、実車1の重心点GのまわりにMfbmd_aを発生させるための右側の車輪W2, W4に関するFB目標第2輪ブレーキ駆動・制動力Fxfbdmd_2およびFB目標第4輪ブレーキ駆動・制動力Fxfbdmd_4は、そのそれぞれの変化と、Mfbmd_aとの変化との関係が比例関係になるように決定される。以降、この比例関係におけるMfbmd_aの変化に対するFxfbdmd_2、Fxfbdmd_4のそれぞれの変化の割合を、それぞれ前輪側ゲインGA2、後輪側ゲインGA4という。本実施形態では、Mfbmd_aが負方向のモーメントである場合に、Fxfbdmd_2、Fxfbdmd_4は、それぞれMfbmd_aにGA2、GA4を乗じた値（Mfbmd_aに比例する値）に決定される。

20

【 0 2 8 8 】

以降の説明では、図13に示す如く、実車1の前輪W1, W2の間隔（すなわち前輪W1, W2のトレッド）をdf、後輪W3, W4の間隔（すなわち後輪W3, W4のトレッド）をdr、前輪W1, W2の実舵角（実前輪舵角）を f_{act} とする。また、実車1を上方から見たときに、第n輪Wnの前後方向と直交する方向（水平面上で直交する方向）での該第n輪Wnと実車1の重心点Gとの距離をLn (n = 1, 2, 3, 4)とする。また、本実施形態では、後輪W3, W4は非操舵輪であるので図示は省略するが、後輪W3, W4の実舵角（実後輪舵角）を r_{act} とする。本実施形態では、 $r_{act} = 0$ であり、 $L_3 = L_4 = dr / 2$ である。

30

【 0 2 8 9 】

なお、図13中のLfは、実車1の重心点Gと前輪W1, W2の車軸との前後方向距離、Lrは実車1の重心点Gと後輪W1, W2の車軸との前後方向距離である。これらのLf, Lrの値は、前記図3で示したモデル車両に関するLf, Lrの値と同じである。

40

【 0 2 9 0 】

アクチュエータ動作FB目標値分配処理部222の処理を以下に具体的に説明する。まず、実車1の直進走行状態（ $f_{act} = 0$ であるときの走行状態）を想定し、この直進走行状態で、実車1の重心点Gまわりに、Mfbmd_aに等しいヨー方向のモーメントを発生させるために必要な第n輪Wn (n = 1, 2, 3, 4)の駆動・制動力である第n輪駆動・制動力フル要求値Fxfullfbmd_nをそれぞれ処理部222a_n (n = 1, 2, 3, 4)により決定する。

【 0 2 9 1 】

具体的には、Fxfullfbmd_n (n = 1, 2, 3, 4)は、各処理部222a_nにおいて、次式24a ~ 24dの乗算演算により決定される。

50

【 0 2 9 2 】

$$\begin{aligned} Fx_{fullfbdmd_1} &= - (2 / d f) \cdot M_{fbdmd_a} && \dots\dots \text{式 2 4 a} \\ Fx_{fullfbdmd_2} &= (2 / d f) \cdot M_{fbdmd_a} && \dots\dots \text{式 2 4 b} \\ Fx_{fullfbdmd_3} &= - (2 / d r) \cdot M_{fbdmd_a} && \dots\dots \text{式 2 4 c} \\ Fx_{fullfbdmd_4} &= (2 / d r) \cdot M_{fbdmd_a} && \dots\dots \text{式 2 4 d} \end{aligned}$$

次いで、アクチュエータ動作 F B 目標値分配処理部 2 2 2 は、実前輪舵角 f_{act} に応じて、第 1 輪分配比率補正值 $K1_{str}$ および第 2 輪分配比率補正值 $K2_{str}$ をそれぞれ処理部 2 2 2 b_1, 2 2 2 b_2 において決定すると共に、実後輪舵角 r_{act} に応じて、第 3 輪分配比率補正值 $K3_{str}$ および第 4 輪分配比率補正值 $K4_{str}$ をそれぞれ処理部 2 2 2 b_3, 2 2 2 b_4 において決定する。これらの第 n 輪分配比率補正值 Kn_{str} ($n = 1, 2, 3, 4$) は、それぞれ $Fx_{fullfbdmd_n}$ に乗じる補正係数である。

10

【 0 2 9 3 】

ここで、実前輪舵角 f_{act} が 0 から変化すると、実車 1 の重心点 G のまわりに M_{fbdmd_a} に等しいヨー方向のモーメントを発生する第 1 輪 W 1 および第 2 輪 W 2 の駆動・制動力は、それぞれ前記式 2 4 a, 2 4 b により決定される $Fx_{fullfbdmd_1}$, $Fx_{fullfbdmd_2}$ から変化する。同様に、後輪 W 3, W 4 が操舵輪である場合には、実後輪舵角 r_{act} が 0 から変化すると、実車 1 の重心点 G のまわりに M_{fbdmd_a} に等しいヨー方向のモーメントを発生する第 3 輪 W 3 および第 4 輪 W 4 の駆動・制動力は、それぞれ前記式 2 4 c, 2 4 d により決定される $Fx_{fullfbdmd_3}$, $Fx_{fullfbdmd_4}$ から変化する。第 n 輪分配比率補正值 Kn_{str} は、基本的には、このような舵角の影響を考慮して $Fx_{fullfbdmd_n}$ ($n = 1, 2, 3, 4$) を補正し、 M_{fbdmd_a} に等しいか、もしくはこれに近いヨー方向のモーメントを実車 1 の重心点 G のまわりに発生する第 n 輪 Wn の駆動・制動力を決定するための補正係数である。

20

【 0 2 9 4 】

ただし、本実施形態では、後輪 W 3, W 4 は非操舵輪であるので、常に $r_{act} = 0$ である。このため、 $K3_{str}$ および $K4_{str}$ は実際には、常に「1」に設定される。従って、処理部 2 2 2 b_3, 2 2 2 b_4 は省略してもよい。

【 0 2 9 5 】

一方、前輪 W 1, W 2 に関する $K1_{str}$, $K2_{str}$ は、それぞれ処理部 2 2 2 b_1, 2 2 2 b_2 において次のように決定される。すなわち、まず、図 1 3 に示した $L1$, $L2$ の値が、あらかじめ設定された df , Lf の値と、 f_{act} の値とから、次式 2 5 a, 2 5 b の幾何学演算により算出される。なお、この演算における f_{act} の値としては、センサ・推定器 1 2 で検出または推定された値（今回値）を用いればよいが、実車 1 の前輪 W 1, W 2 の舵角の目標値（各制御処理周期で最終的に決定される目標値）の前回値を使用してもよい。また、ステアリング装置 3 B が、機械式ステアリング装置である場合には、該機械式ステアリング装置のオーバーオールステアリング比と前記運転操作入力のうちステアリング角 h とから決定してもよい。あるいは、前記規範操作量決定部 1 4 の処理部 1 4 a で決定した無制限時前輪舵角 f_{unltd} の今回値を使用してもよい。

30

40

【 0 2 9 6 】

$$\begin{aligned} L1 &= (df / 2) \cdot \cos f_{act} - Lf \cdot \sin f_{act} && \dots\dots \text{式 2 5 a} \\ L2 &= (df / 2) \cdot \cos f_{act} + Lf \cdot \sin f_{act} && \dots\dots \text{式 2 5 b} \end{aligned}$$

ここで、前輪 W 1, W 2 のそれぞれの駆動・制動力に $L1$, $L2$ をそれぞれ乗じたものが、実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントである。従って、基本的には、 $K1_{str} = (df / 2) / L1$, $K2_{str} = (df / 2) / L2$ として、これらをそれぞれ $Fx_{fullfbdmd_1}$, $Fx_{fullfbdmd_2}$ に乗じることで、重心点 G のまわりに M_{fbdmd_a} に等しいヨー方向のモーメントを発生させる前輪 W 1, W 2 の駆動・制動力を決定できる。

50

【0297】

ただし、このようにすると、 L_1 または L_2 が小さいときに、 K_{1_str} または K_{2_str} が過大になって、状態量偏差 err 、 err に応じた実車1の全体のフィードバックループゲインが過大になり、制御系の発振などが生じやすい。

【0298】

そこで、本実施形態では、次式26a、26bにより、 K_{1_str} 、 K_{2_str} を決定する。

【0299】

$$K_{1_str} = (df/2) / \max(L_1, L_{min}) \quad \dots\dots \text{式 26 a}$$

$$K_{2_str} = (df/2) / \max(L_2, L_{min}) \quad \dots\dots \text{式 26 b}$$

10

ここで、式26a、式26bにおいて、 $\max(a, b)$ (a, b は一般変数)は、変数 a, b のうち大きい方の値を出力する関数、 L_{min} は、 $df/2$ よりも小さい正の定数である。これにより、 K_{1_str} 、 K_{2_str} が過大になるのを防止した。換言すれば、本実施形態では、 $(df/2) / L_{min} (> 1)$ を K_{1_str} 、 K_{2_str} の上限値とし、この上限値以下で、実前輪舵 f_{act} に応じて K_{1_str} 、 K_{2_str} が設定される。

【0300】

なお、本実施形態では、後輪 W_3 、 W_4 は非操舵輪であるので、前記した通り $K_{3_str} = K_{4_str} = 1$ である。ただし、後輪 W_3 、 W_4 が操舵輪である場合には、実前輪舵角 f_{act} に応じて上記の如く K_{1_str} 、 K_{2_str} を設定した場合と同様に、実後輪舵角 r_{act} に応じて K_{3_str} 、 K_{4_str} を設定することが望ましい。

20

【0301】

次いで、アクチュエータ動作FB目標値分配処理部222は、処理部222c_n ($n = 1, 2, 3, 4$)において、第 n 輪分配ゲイン K_n を実前輪横すべり角 f_{act} (今回値)もしくは実後輪横すべり角 r_{act} (今回値)に応じて決定する。この K_n は、これを第 n 輪駆動・制動力フル要求値 $F_{x_full_fb_dmd_n}$ に乗じることで、 $F_{x_full_fb_dmd_n}$ を補正する補正係数(1よりも小さい正の値)である。

【0302】

この場合、第 n 輪分配ゲイン K_n は、各処理部222c_nにおいて次のように決定される。

30

【0303】

実車1の左側で前後に配置される第1輪 W_1 および第3輪 W_3 に関する第1輪分配ゲイン K_1 と第3輪分配ゲイン K_3 とは、それぞれ図14(a)、(b)の実線のグラフで示す如く f_{act} 、 r_{act} に応じて実質的に連続的に変化するように決定される。また、実車1の右側で前後に配置される第2輪 W_2 および第4輪 W_4 に関する第2輪分配ゲイン K_2 と第4輪分配ゲイン K_4 とは、それぞれ図14(a)、(b)の破線のグラフで示す如く f_{act} 、 r_{act} に応じて実質的に連続的に変化するように決定される。なお、 K_n は、いずれも1よりも小さい正の値である。また、「実質的に連続」というのは、アナログ量を離散系で表したときに必然的に生じる値の飛び(量子化)は、アナログ量の連続性を損なうものではないということの意味する。

40

【0304】

この場合、さらに詳細には、第1輪分配ゲイン K_1 および第3輪分配ゲイン K_3 に関し、 K_1 は、図14(a)の実線のグラフで示す如く、 f_{act} が負の値から正の値に増加するに伴い、所定の下限值から所定の上限値まで単調に増加していくように f_{act} の値に応じて決定される。従って、 K_1 は、 f_{act} が正の値であるときに、負の値であるときよりも値が大きくなるように決定される。

【0305】

一方、 K_3 は、図14(b)の実線のグラフで示す如く、 r_{act} が負の値から正の値に増加するに伴い、所定の上限値から所定の下限值まで単調に減少していくように r_{act} の値に応じて決定される。従って、 K_3 は、 r_{act} が負の値であるときに、正の値であ

50

るときよりも値が大きくなるように決定される。

【0306】

なお、図14(a), (b)の実線のグラフは、 f_{act} , r_{act} が互いに一致もしくはほぼ一致するとき、それらの f_{act} , r_{act} に対応する K_1 , K_3 の値の和がほぼ1になるように設定されている。

【0307】

また、第2輪分配ゲイン K_2 および第4輪分配ゲイン K_4 に関し、 K_2 は、図14(a)の破線のグラフで示す如く、 f_{act} が負の値から正の値に増加するに伴い、所定の上限値から所定の下限値まで単調に減少していくように f_{act} の値に応じて決定される。この場合、 K_2 と f_{act} との関係を表す破線のグラフが、 K_1 と f_{act} との関係を表す実線のグラフを、縦軸($f_{act} = 0$ の線)を中心にして左右を反転させてなるグラフと同じである。従って、 f_{act} の各値における K_2 の値は、 f_{act} の正負を反転させた値における K_1 の値に等しくなるように決定される。

10

【0308】

また、 K_4 は、図14(b)の破線のグラフで示す如く、 r_{act} が負の値から正の値に増加するに伴い、所定の下限値から所定の上限値まで単調に増加していくように r_{act} の値に応じて決定される。この場合、 K_4 と r_{act} との関係を表す破線のグラフが、 K_3 と r_{act} との関係を表す実線のグラフを、縦軸($r_{act} = 0$ の線)を中心にして左右を反転させてなるグラフと同じである。従って、 r_{act} の各値における K_4 の値は、 r_{act} の正負を反転させた値における K_3 の値に等しくなるように決定される。

20

【0309】

以上のように第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2, 3, 4$) を決定することで、実車1の定常走行時など、 f_{act} と r_{act} とがほぼ同じ値となる状況では、前輪 W_1 に対応する第1輪分配ゲイン K_1 と該前輪 W_1 の真後ろの後輪 W_3 に対応する第3輪分配ゲイン K_2 との比率が、 K_1 と K_3 との和をほぼ一定に保ちつつ、 f_{act} および r_{act} の変化に対して単調に変化することとなる。同様に、前輪 W_2 に対応する第2輪分配ゲイン K_2 と該前輪 W_2 の真後ろの後輪 W_4 に対応する第4輪分配ゲイン K_4 との比率が、 K_2 と K_4 との和をほぼ一定に保ちつつ、 f_{act} および r_{act} の変化に対して単調に変化することとなる。

【0310】

30

第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2, 3, 4$) を f_{act} , r_{act} に応じて上記の如く決定する理由については後述する。

【0311】

補足すると、本実施形態では、 f_{act} , r_{act} をそれぞれ前輪側ゲイン調整パラメータ、後輪側ゲイン調整パラメータとして用い、これに応じて上記の如く第 n 輪分配ゲイン K_n を変化させるようにしている。そして、これによって、後述する如く、前記前輪側ゲイン G_{A1} , G_{A2} を前輪側ゲイン調整パラメータとしての f_{act} に応じて変化させ、また、後輪側ゲイン G_{A3} , G_{A4} を後輪側ゲイン調整パラメータとしての r_{act} に応じて変化させるようにしている。この場合、 f_{act} は、前輪 W_1 , W_2 の横方向運動に関する状態量としての意味を持ち、 r_{act} は、後輪 W_3 , W_4 の横方向運動に関する状態量としての意味を持つ。なお、前輪 W_1 , W_2 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2$) をそれぞれ決定するために、各前輪 W_1 , W_2 毎に検出または推定された f_{act} を使用してもよいが、いずれか一方の前輪 W_1 または W_2 について検出または推定された f_{act} 、あるいは、各前輪 W_1 , W_2 毎に検出または推定された f_{act} の平均値__を実前輪横すべり角の代表値とし、この代表値に応じて分配ゲイン K_1 , K_2 の両者を決定するようにしてもよい。このことは、後輪 W_3 , W_4 に関する分配ゲイン K_3 , K_4 を決定する場合についても同様である。

40

【0312】

上記の如く K_{n_str} , K_n ($n = 1, 2, 3, 4$) を決定した後、アクチュエータ動作 F 目標値分配処理部 222 は、各第 n 輪駆動・制動力フル要求値 $F_{xfullfbcmd_n}$ ($n = 1$

50

、 2、3、4) に、処理部 222b_n、222c_nにてそれぞれ、K_{n_str}、K_nを乗じることで、第 n 輪分配駆動・制動力基本値 F_{xfb_n}を決定する。すなわち、第 n 輪分配駆動・制動力基本値 F_{xfb_n} (n = 1, 2, 3, 4) を次式 27a ~ 27d により決定する。

【0313】

$$F_{xfb_1} = F_{xfullfbdmd_1} \cdot K_{1_str} \cdot K_1 \quad \dots \dots \text{式 27 a}$$

$$F_{xfb_2} = F_{xfullfbdmd_2} \cdot K_{2_str} \cdot K_2 \quad \dots \dots \text{式 27 b}$$

$$F_{xfb_3} = F_{xfullfbdmd_3} \cdot K_{3_str} \cdot K_3 \quad \dots \dots \text{式 27 c}$$

$$F_{xfb_4} = F_{xfullfbdmd_4} \cdot K_{4_str} \cdot K_4 \quad \dots \dots \text{式 27 d}$$

10

なお、このように F_{xfb_n} (n = 1, 2, 3, 4) を決定したとき、M_{fbdmd_a} > 0 であるときには、左側の車輪 W₁, W₃ に係わる F_{xfb_1}, F_{xfb_3} が制動方向の駆動・制動力 (負の駆動・制動力) となり、右側の車輪 W₂, W₄ に係わる F_{xfb_2}, F_{xfb_4} が駆動方向の駆動・制動力 (正の駆動・制動力) となる。また、M_{fbdmd_a} < 0 であるときには、左側の車輪 W₁, W₃ に係わる F_{xfb_1}, F_{xfb_3} が駆動方向の駆動・制動力 (正の駆動・制動力) となり、右側の車輪 W₂, W₄ に係わる F_{xfb_2}, F_{xfb_4} が制動方向の駆動・制動力 (負の駆動・制動力) となる。さらに、第 n 輪分配駆動・制動力基本値 F_{xfb_n} はいずれも、M_{fbdmd_a} に比例するものとなる。

【0314】

次いで、アクチュエータ動作 FB 目標値分配処理部 222 は、上記の如く決定した第 n 輪分配駆動・制動力基本値 F_{xfb_n} (n = 1, 2, 3, 4) を、それぞれ第 n 輪 W_n に対応するリミッタ 222d_n に通すことにより、駆動・制動装置 3A のブレーキ装置の動作による第 n 輪 W_n の駆動・制動力のフィードバック目標値である FB 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 F_{xfbdmd_n} をそれぞれ決定する。

20

【0315】

ここで、図 12 中の各リミッタ 222d_n (n = 1, 2, 3, 4) のグラフは、F_{xfb_n} と F_{xfbdmd_n} との関係を表すグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値が F_{xfb_n} の値、縦軸方向の値が F_{xfbdmd_n} の値である。

【0316】

このリミッタ 222d_n は、それに入力される F_{xfb_n} の値が 0 または負の値であるときにのみ、F_{xfb_n} をそのまま F_{xfbdmd_n} として出力し、F_{xfb_n} が正の値であるときには、その F_{xfb_n} の値によらずに出力する F_{xfbdmd_n} の値を 0 とする。換言すれば、0 を上限値として F_{xfb_n} に制限を掛けることにより F_{xfbdmd_n} を決定する。

30

【0317】

上記のように FB 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 F_{xfbdmd_n} をそれぞれ決定することにより、前記したように、M_{fbdmd_a} > 0 である場合には、実車 1 の左側の車輪 W₁, W₃ の駆動・制動力を制動方向に増加させ (F_{xfbdmd_1} < 0、F_{xfbdmd_3} < 0 とする)、それによって、実車 1 の重心点 G のまわりに M_{fbdmd_a} を発生させるように FB 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 F_{xfbdmd_n} (n = 1, 2, 3, 4) が決定される。なお、この場合には、右側の車輪 W₂, W₄ に関しては、本実施形態では F_{xfbdmd_2} = F_{xfbdmd_4} = 0 とされる。

40

【0318】

そして、この場合における左側の車輪 W₁, W₃ に関する F_{xfbdmd_1}、F_{xfbdmd_3} はそれぞれ、前記式 27a、27c により決定される F_{xfb_1}、F_{xfb_3} に等しい。従って、M_{fbdmd_a} > 0 である場合における左側の車輪 W₁, W₃ に関する F_{xfbdmd_1}、F_{xfbdmd_3} はそれぞれ M_{fbdmd_a} に比例する。ひいては、M_{fbdmd_a} の変化と F_{xfbdmd_1}、F_{xfbdmd_3} のそれぞれの変化との関係が比例関係になる。さらに、この場合、前記式 24a と式 27a とから明らかのように、前輪 W₁ に関する前輪側ゲイン G_{A1} は、G_{A1} = - (2 / d_f) · K_{1_str} · K₁ であるから、K₁ に比例する。そして、この K₁ は、前記したように前輪側ゲイン調整パラメータとしての実前輪横すべり角 f_{act} に応じて変化するように

50

決定されるので、前輪側ゲイン $G A 1$ も、 f_{act} に応じて変化することとなる。従って、 $F x f b d m d_1$ は、 $M f b d m d_a$ の変化と $F x f b d m d_1$ の変化との関係が比例関係になり、且つ、その比例関係における前輪側ゲイン $G A 1$ が前輪側ゲイン調整パラメータとしての f_{act} に応じて変化するように決定されていることとなる。同様に、前記式 2 4 c と式 2 7 c とから明らかなように、後輪 $W 3$ に関する後輪側ゲイン $G A 3$ は、 $G A 3 = - (2 / d r) \cdot K 3_{str} \cdot K 3$ であるから、 $K 3$ に比例する。そして、この $K 3$ は、前記したように後輪側ゲイン調整パラメータとしての実後輪横すべり角 r_{act} に応じて変化するように決定されるので、後輪側ゲイン $G A 3$ も、 r_{act} に応じて変化することとなる。従って、 $F x f b d m d_3$ は、 $M f b d m d_a$ の変化と $F x f b d m d_3$ の変化との関係が比例関係になり、且つ、その比例関係における後輪側ゲイン $G A 3$ が後輪側ゲイン調整パラメータとしての r_{act} に応じて変化するように決定されていることとなる。

10

【 0 3 1 9 】

また、 $M f b d m d_a < 0$ である場合には、実車 1 の右側の車輪 $W 2$, $W 4$ の駆動・制動力を制動方向に増加させ ($F x f b d m d_2 < 0$, $F x f b d m d_4 < 0$ とする) 、それによって、実車 1 の重心点 G のまわりに $M f b d m d_a$ を発生させるように $F B$ 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F x f b d m d_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$) が決定される。なお、この場合には、左側の車輪 $W 1$, $W 3$ に関しては、本実施形態では、 $F x f b d m d_1 = F x f b d m d_3 = 0$ とされる。

【 0 3 2 0 】

そして、この場合における右側の車輪 $W 2$, $W 4$ に関する $F x f b d m d_2$, $F x f b d m d_4$ はそれぞれ、前記式 2 7 b , 2 7 d により決定される $F x f b_2$, $F x f b_4$ に等しい。従って、 $M f b d m d_a < 0$ である場合における右側の車輪 $W 2$, $W 4$ に関する $F x f b d m d_2$, $F x f b d m d_4$ はそれぞれ $M f b d m d_a$ に比例する。ひいては、 $M f b d m d_a$ の変化と $F x f b d m d_2$, $F x f b d m d_4$ のそれぞれの変化との関係が比例関係になる。さらに、この場合、前記式 2 4 b と式 2 7 b とから明らかなように、前輪 $W 2$ に関する前輪側ゲイン $G A 2$ は、 $G A 2 = (2 / d f) \cdot K 2_{str} \cdot K 2$ であるから、 $K 2$ に比例する。そして、この $K 2$ は、前記したように前輪側ゲイン調整パラメータとしての実前輪横すべり角 f_{act} に応じて変化するように決定されるので、前輪側ゲイン $G A 2$ も、 f_{act} に応じて変化することとなる。従って、 $F x f b d m d_2$ は、 $M f b d m d_a$ の変化と $F x f b d m d_2$ の変化との関係が比例関係になり、且つ、その比例関係における前輪側ゲイン $G A 2$ が前輪側ゲイン調整パラメータとしての f_{act} に応じて変化するように決定されていることとなる。同様に、前記式 2 4 d と式 2 7 d とから明らかなように、後輪 $W 4$ に関する後輪側ゲイン $G A 4$ は、 $G A 4 = (2 / d r) \cdot K 4_{str} \cdot K 4$ であるから、 $K 4$ に比例する。そして、この $K 4$ は、前記したように後輪側ゲイン調整パラメータとしての実後輪横すべり角 r_{act} に応じて変化するように決定されるので、後輪側ゲイン $G A 4$ も、 r_{act} に応じて変化することとなる。従って、 $F x f b d m d_4$ は、 $M f b d m d_a$ の変化と $F x f b d m d_4$ の変化との関係が比例関係になり、且つ、その比例関係における後輪側ゲイン $G A 4$ が後輪側ゲイン調整パラメータとしての r_{act} に応じて変化するように決定されていることとなる。

20

30

【 0 3 2 1 】

また、いずれの場合でも、前記第 n 輪分配ゲイン $K n$ ($n = 1, 2, 3, 4$) は、 f_{act} または r_{act} に応じて実質的に連続的に変化するように決定されるので、 $F x f b d m d_n$ が不連続的に変化するような事態が防止される。

40

【 0 3 2 2 】

また、 $M f b d m d_a > 0$ となる場合での実車 1 の定常走行時など、 f_{act} と r_{act} とがほぼ同じ値となる状況では、左側の前輪 $W 1$ および後輪 $W 3$ に対応する第 1 輪分配ゲイン $K 1$ と第 3 輪分配ゲイン $K 2$ との比率、ひいては、前輪側ゲイン $G A 1$ と後輪側ゲイン $G A 3$ との比率である前後車輪比率が、 f_{act} および r_{act} の値の変化に対して単調に変化することとなる。同様に、 $M f b d m d_a < 0$ となる場合での実車 1 の定常走行時など、 f_{act} と r_{act} とがほぼ同じ値となる状況では、右側の前輪 $W 2$ および後輪 $W 4$ に対応する第 2 輪分配ゲイン $K 2$ と第 4 輪分配ゲイン $K 4$ との比率、ひいては、前輪側ゲイン $G A 2$ と後輪側ゲイン $G A 4$ との比率である前後車輪比率が、 f_{act} および r_{act} の値の変

50

化に対して単調に変化することとなる。

【0323】

ここで、第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2, 3, 4$) を f_{act} , r_{act} に応じて前記したような傾向で決定した理由を以下に説明する。

【0324】

まず、 $M_{fbdmd_a} > 0$ である場合には、前記したように実車 1 の左側の車輪である第 1 輪 W_1 および第 3 輪 W_3 の駆動・制動力を制動方向に増加させるように F B 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ が決定されることとなる。

【0325】

そして、この場合に、 $f_{act} < 0$, $r_{act} < 0$ となる状況を想定する。このような状況で、仮に K_1 の値を大きめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_1}$ が制動方向に大きくなるようにする）と共に、 K_3 の値を小さめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_3}$ が制動方向に大きくなるのを抑制する）と、第 1 輪 W_1 の横力（これは M_{fbdmd_a} と同方向のモーメントを実車 1 の重心点まわりに発生させるように機能する）が小さくなり、また、第 3 輪 W_3 の横力（これは M_{fbdmd_a} と逆方向のモーメントを実車 1 の重心点まわりに発生させるように機能する）が大きくなる。このため、実車 1 の重心点 G のまわりに、 M_{fbdmd_a} により要求される正方向のモーメント（ヨー軸まわりのモーメント）を十分に発生することが困難となる恐れがある。そこで、 $f_{act} < 0$, $r_{act} < 0$ となる状況では、第 1 輪分配ゲイン K_1 を小さめの値に決定すると共に、第 3 輪分配ゲイン K_3 を大きめの値に決定するようにした。

10

20

【0326】

さらに、 $M_{fbdmd_a} > 0$ である場合に、 $f_{act} > 0$, $r_{act} > 0$ となる状況を想定する。このような状況で、仮に K_1 の値を小さめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_1}$ が制動方向に大きくなるのを抑制する）と共に、 K_3 の値を大きめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_3}$ が制動方向に大きくなるようにする）と、第 1 輪 W_1 の横力（これは M_{fbdmd_a} と逆方向のモーメントを実車 1 の重心点まわりに発生させるように機能する）が大きめになり、また、第 3 輪 W_3 の横力（これは M_{fbdmd_a} と同方向のモーメントを実車 1 の重心点まわりに発生させるように機能する）が小さくなる。このため、実車 1 の重心点 G のまわりに、 M_{fbdmd_a} により要求される正方向のモーメント（ヨー軸まわりのモーメント）を十分に発生することが困難となる恐れがある。そこで、 $f_{act} > 0$, $r_{act} > 0$ となる状況では、第 1 輪分配ゲイン K_1 を大きめの値に決定すると共に、第 3 輪分配ゲイン K_3 を小さめの値に決定するようにした。

30

【0327】

また、 $M_{fbdmd_a} < 0$ である場合には、前記したように実車 1 の右側の車輪である第 2 輪 W_2 および第 4 輪 W_4 の駆動・制動力を制動方向に増加させるように F B 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ が決定されることとなる。

【0328】

そして、この場合に、 $f_{act} < 0$, $r_{act} < 0$ となる状況を想定する。このような状況で、仮に K_2 の値を小さめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_2}$ が制動方向に大きくなるのを抑制する）と共に、 K_4 の値を大きめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_4}$ が制動方向に大きくなるようにする）と、第 2 輪 W_2 の横力（これは M_{fbdmd_a} と逆向きのモーメントを実車 1 の重心点まわりに発生させるように機能する）が大きめになり、また、第 4 輪 W_4 の横力（これは M_{fbdmd_a} と同じ向きのモーメントを実車 1 の重心点まわりに発生させるように機能する）が小さくなる。このため、実車 1 の重心点 G のまわりに、 M_{fbdmd_a} により要求される負方向のモーメント（ヨー軸まわりのモーメント）を十分に発生することが困難となる恐れがある。そこで、 $f_{act} < 0$, $r_{act} < 0$ となる状況では、第 2 輪分配ゲイン K_2 を大きめの値に決定すると共に、第 4 輪分配ゲイン K_4 を小さめの値に決定するようにした。

40

【0329】

さらに、 $M_{fbdmd_a} < 0$ である場合に、 $f_{act} > 0$, $r_{act} > 0$ となる状況を想定す

50

る。このような状況で、仮に K_2 の値を大きめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_2}$ が制動方向に大きくなるようにする）と共に、 K_4 の値を小さめに設定する（ひいては $F_{x\text{fbdmd}_4}$ が制動方向に大きくなるのを抑制する）と、第2輪 W_2 の横力（これは M_{fbdmd_a} と同じ向きのモーメントを実車1の重心点まわりに発生させるように機能する）が小さくなり、また、第4輪 W_4 の横力（これは M_{fbdmd_a} と逆向きのモーメントを実車1の重心点まわりに発生させるように機能する）が大きくなる。このため、実車1の重心点 G のまわりに、 M_{fbdmd_a} により要求される負方向のモーメント（ヨー軸まわりのモーメント）を十分に発生することが困難となる恐れがある。そこで、 $f_{\text{act}} > 0$ 、 $r_{\text{act}} > 0$ となる状況では、第2輪分配ゲイン K_2 を小さめの値に決定すると共に、第4輪分配ゲイン K_4 を大きめの値に決定するようにした。

10

【0330】

以上のように、第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）を前記したように決定することで、 M_{fbdmd_a} のヨー方向モーメントを実車1の重心点 G のまわりに発生させる上で有効となる横力が小さくなり過ぎないようにしつつ、 M_{fbdmd_a} のヨー方向モーメントを実車1の重心点 G のまわりに発生させる上で妨げとなる横力が過大にならないようにすることができる。

【0331】

また、前記のように第 n 分配ゲイン K_n （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）を決定することで、実車1の定常円旋回時や定常直進時のように、 f_{act} と r_{act} とが一致またはほぼ一致する状況では、 K_1 の値と K_3 の値との和、および K_2 の値と K_4 の値との和は、それぞれほぼ1になる。このことは、 F_B 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ に従って忠実に駆動・制動装置3Aのブレーキ装置が動作すれば、 M_{fbdmd_a} から実車1の重心点 G のまわりに実際に発生するモーメント（ヨー方向のモーメント）までの伝達関数のゲインがほぼ1になる（実際に発生するヨー方向のモーメントが M_{fbdmd_a} にほぼ等しくなる）ことを意味する。

20

【0332】

補足すると、実車1の過渡的な運動状況などにおいて、 f_{act} と r_{act} との差が大きくなることがある。そして、この場合には、 K_1 の値と K_3 の値との和、および K_2 の値と K_4 の値との和は、それぞれ1から大きくずれることとなる。これを解消するために、 K_1 、 K_3 の値を前記した如く決定した後、それらの値の比を一定に保ちながら K_1 、 K_3 の値を修正して、その修正後の K_1 、 K_3 の値の和がほぼ1になるか、あるいは、修正前の K_1 、 K_3 の値の和よりも1に近づくようにすることが好ましい。同様に、 K_2 、 K_4 の値を前記した如く決定した後、それらの値の比を一定に維持しつつ、 K_2 、 K_4 の値を修正して、その修正後の K_2 、 K_4 の値の和がほぼ1になるか、あるいは、修正前の K_2 、 K_4 の値の和よりも1に近づくようにすることが好ましい。具体的には、例えば第 n 分配ゲイン K_n （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）を前記図14(a)、(b)のグラフに従って決定した後、 $K_1' = K_1 / (K_1 + K_3)$ 、 $K_3' = K_3 / (K_1 + K_3)$ 、 $K_2' = K_2 / (K_2 + K_4)$ 、 $K_4' = K_4 / (K_2 + K_4)$ によって、 K_1' 、 K_2' 、 K_3' 、 K_4' を求める。そして、 K_1' 、 K_2' 、 K_3' 、 K_4' をそれぞれ改めて、 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 の値として決定するようによればよい。

30

40

【0333】

なお、この例では、 K_1 と K_3 との和、並びに、 K_2 と K_4 との和が常に、1に維持されることとなるが、必ずしも、1に一致させる必要はなく、それらの和が、1の近傍の範囲内の値になるように、 $K_1 \sim K_4$ の値を修正するようにしてもよい。あるいは、 K_1 と K_3 との和、並びに、 K_2 と K_4 との和がより1に近づくように $K_1 \sim K_4$ を修正するようにしてもよい。

【0334】

また、本実施形態のアクチュエータ動作 F_B 目標値分配処理部222は、前記したように F_B 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ を決定することに加えて、前記フィードバックヨーモーメント要求値 M_{fbdmd} を処理部222eに入力し、該処理部222eに

50

より、ステアリング装置 3 B の動作による前輪 W_1 , W_2 の横力のフィードバック目標値であるアクティブ操舵用 F B 目標横力 F_{yfbdmd_f} を決定する。ここで、図中の処理部 2 2 2 e のグラフは、 M_{fbdmd} と F_{yfbdmd_f} との関係を表すグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値が M_{fbdmd} の値、縦軸方向の値が F_{yfbdmd_f} の値である。このグラフに見られるように、処理部 2 2 2 e では、基本的には、 M_{fbdmd} の増加に伴い、 F_{yfbdmd_f} が単調に増加していくように F_{yfbdmd_f} が決定される。この場合、 F_{yfbdmd_f} は、処理部 2 2 2 e に入力される M_{fbdmd} の値から、例えばマップを用いて決定される。

【 0 3 3 5 】

なお、 F_{yfbdmd_f} は、 M_{fbdmd} に所定のゲインを乗じることにより決定するようにしてもよい。また、 F_{yfbdmd_f} は、所定の上限値 (> 0) と下限値 (< 0) との間の範囲内で M_{fbdmd} に応じて決定するようにしてもよい。

10

【 0 3 3 6 】

補足すると、処理部 2 2 2 e の処理は、ステアリング装置 3 B がアクティブステアリング装置であるか機械式ステアリング装置であるかによらずに省略してもよい。処理部 2 2 2 e の処理によって、アクティブ操舵用 F B 目標横力 F_{yfbdmd_f} を決定し、これに応じてステアリング装置 3 B の動作を操作する場合には、F B 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ ($n = 1, 2, 3, 4$) によって実車 1 の重心点 G のまわりに発生させようとするヨー方向のモーメントと、アクティブ操舵用 F B 目標横力 F_{yfbdmd_f} によって実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントとの和が前記フィードバックヨーモーメント基本要求値 M_{fbdmd} にほぼ等しくなるように、 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ ($n = 1, 2, 3, 4$) および F_{yfbdmd_f} を決定することがより好ましい。例えば、 M_{fbdmd} と M_{fbdmd_a} との差に応じてアクティブ操舵用 F B 目標横力 F_{yfbdmd_f} を決定するようにしてもよい。この場合には、 $M_{fbdmd_a} = 0$ であるときに、 F_{yfbdmd_f} によって、実車 1 の重心点 G のまわりに M_{fbdmd} にほぼ等しいヨー方向のモーメントを発生させるように F_{yfbdmd_f} を決定することが望ましい。

20

【 0 3 3 7 】

以上が本実施形態におけるアクチュエータ動作 F B 目標値決定部 2 0 b の処理の詳細である。この処理によって、前記した如く、 M_{fbdmd} を 0 に近づけるように (ひいては状態量偏差 err , err を 0 に近づけるように)、F B 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ ($n = 1, 2, 3, 4$) が、あるいは、 $F_{x\text{fbdmd}_n}$ ($n = 1, 2, 3, 4$) とアクティブ操舵用 F B 目標横力 F_{yfbdmd_f} とがアクチュエータ動作 F B 目標値として決定される。

30

【 0 3 3 8 】

なお、前記リミッタ 2 2 2 d_n ($n = 1, 2, 3, 4$) は、それに入力される $F_{x\text{fb}_n}$ を 0 よりも若干大きい所定の正の上限値以下に制限してなる値を $F_{x\text{fbdmd}_n}$ として出力するようにしてもよい。例えば、 $F_{x\text{fb}_n}$ が該上限値以下の値であるときには、 $F_{x\text{fb}_n}$ をそのまま $F_{x\text{fbdmd}_n}$ として出力し、 $F_{x\text{fb}_n}$ が上限値よりも大きい正の値であるときには、該上限値を $F_{x\text{fbdmd}_n}$ として出力する。このようにした場合には、正の値の $F_{x\text{fbdmd}_n}$ は、ブレーキ装置による第 n 輪 W_n の制動方向の駆動・制動力の大きさを減少させるように機能するフィードバック制御入力となる。

40

【 0 3 3 9 】

また、各車輪 W_n ($n = 1, 2, 3, 4$) に対して、処理部 2 2 2 a_n からリミッタ 2 2 2 d_n までの処理 (M_{fbdmd_a} と、 f_{act} もしくは r_{act} と、 f_{act} もしくは r_{act} とを基に $F_{x\text{fbdmd}_n}$ を決定する処理)、あるいは、処理部 2 2 2 b_n からリミッタ 2 2 2 d_n までの処理 ($F_{x\text{fullfbdmd}_n}$ と、 f_{act} もしくは r_{act} と、 f_{act} もしくは r_{act} とを基に $F_{x\text{fbdmd}_n}$ を決定する処理)、あるいは、処理部 2 2 2 c_n からリミッタ 2 2 2 d_n までの処理 (処理部 2 2 2 b_n の出力と、 f_{act} もしくは r_{act} とを基に $F_{x\text{fbdmd}_n}$ を決定する処理)、あるいは、処理部 2 2 2 a_n からリミッタ 2 2 2 d_n までの処理のうちの 2 以上の部分を合わせた処理 (例えば処理部 2 2 2 b_n から処理部 2 2 2 c_n までの処理) を、それらの処理に必要な入力値からマップや関数式を使用して出力を決定するように

50

変更してもよい。

【0340】

例えば、処理部222c_nからリミッタ222d_nまでの処理をマップを使用して行なう場合には、第1輪用のマップを、例えば図15(a)~(e)に示す如く設定しておき、第3輪用のマップを、例えば図16(a)~(e)に示す如く設定しておけばよい。この場合、図15(a)~(e)のそれぞれのグラフは、 f_{act} の代表的な複数種類の値のそれぞれに対応して、処理部222b₁の出力(=Fxfullfbmd₁・K1_{str})とFxfbdmd₁との関係を、それぞれの値をグラフの横軸方向の値、縦軸方向の値として表している。また、図16(a)~(e)のそれぞれのグラフは、 r_{act} の代表的な複数種類の値のそれぞれに対応して、処理部222b₃の出力(=Fxfullfbmd₃・K3_{str})とFxfbdmd₃との関係を、それぞれの値をグラフの横軸方向の値、縦軸方向の値として表している。また、図15において、 f_{act} の値に関し、「f--」は、絶対値が比較的大きい負の値を意味し、「f-」は、絶対値が比較的小さい負の値を意味し、「f+」は、絶対値が比較的小さい正の値を意味し、「f++」は、絶対値が比較的大きい正の値を意味する。同様に、図16において、 r_{act} の値に関し、「r--」は、絶対値が比較的大きい負の値を意味し、「r-」は、絶対値が比較的小さい負の値を意味し、「r+」は、絶対値が比較的小さい正の値を意味し、「r++」は、絶対値が比較的大きい正の値を意味する。

10

【0341】

なお、第2輪用のマップは、図示を省略するが、処理部222b₂の出力(=Fxfullfbmd₂・K2_{str})とFxfbdmd₂との関係が、 f_{act} の各値において、その値の符号を反転させた値に対応する第1輪用のマップと同じになる(例えば f_{act} =f-であるときの処理部222b₂の出力(=Fxfullfbmd₂・K2_{str})とFxfbdmd₂との関係が、 f_{act} =f+であるときの処理部222b₁の出力とFxfbdmd₁との関係(図15(c)のグラフで示す関係)と同じになる)ように設定しておけばよい。同様に、第4輪用のマップは、図示を省略するが、処理部222b₄の出力(=Fxfullfbmd₄・K4_{str})とFxfbdmd₄との関係が、 r_{act} の各値において、その値の符号を反転させた値に対応する第3輪用のマップと同じになる(例えば r_{act} =r-であるときの処理部222b₄の出力(=Fxfullfbmd₄・K4_{str})とFxfbdmd₄との関係が、 r_{act} =r+であるときの処理部222b₃の出力とFxfbdmd₃との関係(図16(c)のグラフで示す関係)と同じになる)ように設定しておけばよい。

20

30

【0342】

なお、この例では、処理部222b_n(n=1,2,3,4)の出力が0以下の値であるときは、前記図12に示したものと同様にFxfbdmd_nが決定される。一方、処理部222b_n(n=1,2,3,4)の出力が正の値であるときは、前記の如くりミッタ222d_nにおける上限値を正の値に設定した場合と同様に、Fxfbdmd_nが比較的小さい値の範囲内で正の値になる。

【0343】

補足すると、第3輪W₃と第4輪W₄とに関する前記処理部222b₃,222b₄では、いずれも、その入力値と出力値が等しくなるので、第3輪W₃と第4輪W₄とに関して、処理部223c₃からリミッタ222d₃までの処理、および処理部222c₄からリミッタ222d₄までの処理を上記の如くマップを使用して行なうということは、処理部222b₃からリミッタ222d₃までの処理と、処理部222b₄からリミッタ222d₄までの処理をマップを使用して行なうことと同じである。

40

【0344】

また、前輪W₁,W₂に関する第n輪分配ゲインKn(n=1,2)を決定する(ひいては、前輪側ゲインGA₁,GA₂を操作する)ための前輪側ゲイン調整パラメータとして、 f_{act} 以外にも次のようなものを使用してもよい。

【0345】

例えば、 f_{act} の代わりに、実車1の前輪W₁,W₂の横すべり速度(前輪W₁,W₂の進行速度ベクトルのうちの、前輪W₁,W₂の回転軸方向成分)の検出値もしくは推

50

定値や、前輪 W 1 , W 2 の横加速度（前輪 W 1 , W 2 の加速度ベクトルの横方向成分）の検出値もしくは推定値を前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。なお、前輪 W 1 , W 2 の横すべり速度あるいは横加速度は、 f_{act} と同様に、該前輪 W 1 , W 2 の横方向運動に関する状態量の例である。また、これらの横すべり速度や横加速度は、前輪 W 1 , W 2 毎の検出値もしくは推定値でもよいが、これらの平均値やいずれか一方の前輪 W 1 , W 2 についての検出値もしくは推定値であってもよい。

【 0 3 4 6 】

あるいは、実車 1 の前部の所定位置（例えば、前輪 W 1 , W 2 の車軸上の中央位置）の実横すべり角の検出値もしくは推定値、または、該所定位置の横すべり速度（該所定位置の進行速度ベクトルの横方向成分）の検出値もしくは推定値、または、該所定位置の横加速度（該所定位置の加速度ベクトルの横方向成分）の検出値もしくは推定値を前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。なお、該所定位置の横すべり角、横すべり速度、横加速度は、該所定位置の横方向運動に関する状態量の例である。

10

【 0 3 4 7 】

あるいは、前輪 W 1 , W 2 の横力の検出値もしくは推定値を前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。なお、該横力は、前輪 W 1 , W 2 毎の検出値もしくは推定値でもよいが、これらの平均値やいずれか一方の前輪 W 1 , W 2 についての検出値もしくは推定値であってもよい。

【 0 3 4 8 】

上記したいずれの前輪側ゲイン調整パラメータを使用する場合であっても、該前輪側ゲイン調整パラメータと第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2$) との関係は、 f_{act} と K_1 , K_2 との関係と同様に設定すればよい。

20

【 0 3 4 9 】

あるいは、上記したような実車 1 の前輪 W 1 , W 2 の横方向運動に関する状態量（ f_{act} など）と、実車 1 の前部の所定位置の横方向運動に関する状態量と、前輪 W 1 , W 2 の横力とのうちのいずれかと相関性を有するパラメータを前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。例えば、当該横方向運動に関する状態量または横力の検出値もしくは推定値にほぼ比例するような任意のパラメータを前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。また、当該横方向運動に関する状態量または横力の値を規定するような 1 つ以上のパラメータを前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。例えば f_{act} は、基本的には、実車両重心点横すべり角 δ_{act} と、実ヨーレート $\dot{\psi}_{act}$ と、実走行速度 V_{act} と、実前輪舵角 δ_{act} とに依りて規定され（前記式 0 2 a を参照）、 f_{act} は、 δ_{act} , $\dot{\psi}_{act}$, V_{act} , δ_{act} の関数として表現できる。従って、これらの δ_{act} , $\dot{\psi}_{act}$, V_{act} , δ_{act} を前輪側ゲイン調整パラメータとして用い、この前輪側ゲイン調整パラメータに依りてマップもしくは関数式により前輪 W 1 , W 2 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2$) を決定するようにしてもよい。より具体的には、例えば、前記モデル車両に係わる前記式 0 2 a の f_d 、 d 、 d 、 V_d 、 f_d をそれぞれ f_{act} 、 δ_{act} 、 V_{act} 、 f_{act} に置き換えた式を基に、前記した f_{act} と第 1 輪分配ゲイン K_1 および第 2 輪分配ゲイン K_2 との関係（前記図 1 4 (a) のグラフで示す関係）を、 δ_{act} 、 $\dot{\psi}_{act}$ 、 V_{act} 、 f_{act} と、 K_1 および K_2 との関係に変換しておく。そして、その変換してなる関係に基づいて、 δ_{act} 、 $\dot{\psi}_{act}$ 、 V_{act} 、 f_{act} に依りて K_1 および K_2 を決定するようにすればよい。

30

40

【 0 3 5 0 】

上記と同様に、後輪 W 3 , W 4 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 3, 4$) を決定する（ひいては後輪側ゲイン G_{A3} , G_{A4} を操作する）ための前輪側ゲイン調整パラメータとして、 r_{act} 以外にも次のようなものを使用してもよい。

【 0 3 5 1 】

例えば、 r_{act} の代わりに、実車 1 の後輪 W 3 , W 4 の横すべり速度（後輪 W 3 , W 4 の進行速度ベクトルのうちの、後輪 W 3 , W 4 の回転軸方向成分）の検出値もしくは推定値や、後輪 W 3 , W 4 の横加速度（後輪 W 3 , W 4 の加速度ベクトルの横方向成分）の

50

検出値もしくは推定値を後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。なお、後輪 W 3 , W 4 の横すべり速度あるいは横加速度は、 r_{act} と同様に、該後輪 W 3 , W 4 の横方向運動に関する状態量の例である。また、これらの横すべり角、横すべり速度や横加速度は、後輪 W 3 , W 4 毎の検出値もしくは推定値でもよいが、これらの平均値やいずれか一方の後輪 W 3 , W 4 についての検出値もしくは推定値であってもよい。

【 0 3 5 2 】

あるいは、実車 1 の後部の所定位置（例えば、後輪 W 3 , W 4 の車軸上の中央位置）の横すべり角の検出値もしくは推定値、または、該所定位置の横すべり速度（該所定位置の進行速度ベクトルの横方向成分）の検出値もしくは推定値、または、該所定位置の横加速度（該所定位置の加速度ベクトルの横方向成分）の検出値もしくは推定値を後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。なお、該所定位置の横すべり角、横すべり速度、横加速度は、該所定位置の横方向運動に関する状態量の例である。

10

【 0 3 5 3 】

あるいは、実車 1 の後輪 3 , W 4 の横力の検出値もしくは推定値を後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。なお、該横力は、後輪 W 3 , W 4 毎の検出値もしくは推定値でもよいが、これらの平均値やいずれか一方の後輪 W 3 , W 4 についての検出値もしくは推定値であってもよい。

【 0 3 5 4 】

上記したいずれの後輪側ゲイン調整パラメータを使用する場合にあっても、該後輪側ゲイン調整パラメータと第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 3 , 4$) との関係は、 r_{act} と K_3 , K_4 との関係と同様に設定すればよい。

20

【 0 3 5 5 】

あるいは、上記したような実車 1 の後輪 W 3 , W 4 の横方向運動に関する状態量（ r_{act} など）と、実車 1 の後部の所定位置の横方向運動に関する状態量と、後輪 W 3 , W 4 の横力とのうちのいずれかと相関性を有するパラメータを後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。例えば、当該横方向運動に関する状態量または横力の検出値もしくは推定値にほぼ比例するような任意のパラメータを後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。また、当該横方向運動に関する状態量または横力の値を規定するような 1 つ以上のパラメータを後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。例えば r_{act} は、基本的には、実車両重心点横すべり角 α_{act} と、実ヨーレート $\dot{\alpha}_{act}$ と、実走行速度 V_{act} とに応じて規定され（前記式 0 2 b を参照）、 r_{act} は、 α_{act} , $\dot{\alpha}_{act}$, V_{act} の関数として表現できる。従って、これらの α_{act} , $\dot{\alpha}_{act}$, V_{act} を後輪側ゲイン調整パラメータとして用い、この後輪側ゲイン調整パラメータに応じてマップもしくは関数式により後輪 W 3 , W 4 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 3 , 4$) を決定するようにしてもよい。より具体的には、例えば、前記モデル車両に係わる前記式 0 2 b の r_d , \dot{d} , V_d をそれぞれ r_{act} , $\dot{\alpha}_{act}$, V_{act} に置き換えた式を基に、前記した r_{act} と第 3 輪分配ゲイン K_3 および第 4 輪分配ゲイン K_4 との関係（前記図 1 4 (b) のグラフで示す関係）を、 α_{act} , $\dot{\alpha}_{act}$, V_{act} と、 K_3 および K_4 との関係に変換しておく。そして、その変換してなる関係に基づいて、 α_{act} , $\dot{\alpha}_{act}$, V_{act} に応じて K_3 および K_4 を決定するようにすればよい。

30

40

【 0 3 5 6 】

さらに、上記した如く、実車 1 の前輪 W 1 , W 2 の横方向運動に関する状態量と、実車 1 の前部の所定位置の横方向運動に関する状態量と、実車 1 の前輪 W 1 , W 2 の横力と、これらの状態量および横力のいずれかと相関性を有するパラメータを前輪側ゲイン調整パラメータとして使用する代わりに、これらに対応する、規範動特性モデル 1 6 上のモデル車両における状態量や横力、パラメータを前輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。例えば、 f_{act} の代わりにモデル車両の f_d を前輪側ゲイン調整パラメータとして使用して、第 1 輪分配ゲイン K_1 および第 2 輪分配ゲイン K_2 を決定するようにしてもよい。同様に、実車 1 の後輪 W 3 , W 4 の横方向運動に関する状態量と、実車 1 の後部の所定位置の横方向運動に関する状態量と、実車 1 の後輪 W 3 , W 4 の横力と、これらの状

50

態量および横力のいずれかと相関性を有するパラメータを後輪側ゲイン調整パラメータとして使用する代わりに、これらに対応する、規範動特性モデル16上のモデル車両における状態量や横力、パラメータを後輪側ゲイン調整パラメータとして使用してもよい。例えば、 r_{act} の代わりにモデル車両の r_d を後輪側ゲイン調整パラメータとして使用して、第3輪分配ゲイン K_3 および第4輪分配ゲイン K_4 を決定するようにしてもよい。

【0357】

あるいは、実車1の前輪 W_1 、 W_2 もしくは前部の所定位置の横方向運動に関する状態量と、モデル車両の前輪 W_f もしくは前部の所定位置の横方向運動に関する状態量（実車1側の状態量と同じ種類の状態量）との合成値、または、実車1の前輪 W_1 、 W_2 の横力とモデル車両の前輪 W_f の横力との合成値を前輪側ゲイン調整パラメータと使用してもよい。同様に、実車1の後輪 W_3 、 W_4 もしくは後部の所定位置の横方向運動に関する状態量と、モデル車両の後輪 W_r もしくは後部の所定位置の横方向運動に関する状態量（実車1側の状態量と同じ種類の状態量）との合成値、または、実車1の後輪 W_3 、 W_4 の横力とモデル車両の後輪 W_r の横力との合成値を後輪側ゲイン調整パラメータと使用してもよい。例えば、実車1の f_{act} とモデル車両の f_d との重み付き平均値に応じて第1輪分配ゲイン K_1 および第2輪分配ゲイン K_2 を決定すると共に、実車1の r_{act} とモデル車両の r_d との重み付き平均値に応じて第3輪分配ゲイン K_3 および第4輪分配ゲイン K_4 を決定するようにしてもよい。この場合、該重み付き平均値に係わる重みに周波数特性（例えば位相補償要素として機能する周波数特性）を持たせるようにしてもよい。

【0358】

あるいは、前輪 W_1 、 W_2 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=1, 2$ ）のそれぞれの第1の仮値を、実車1の前輪 W_1 、 W_2 もしくは前部の所定位置の横方向運動に関する状態量、または実車1の前輪 W_1 、 W_2 の横力に応じて決定すると共に、前輪 W_1 、 W_2 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=1, 2$ ）のそれぞれの第2の仮値を、モデル車両の前輪 W_f もしくは前部の所定位置の横方向運動に関する状態量、またはモデル車両の前輪 W_f の横力に応じて決定し、それらの第1仮値および第2仮値の加重平均値もしくは重み付き平均値などの合成値を第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=1, 2$ ）として決定するようにしてもよい。例えば、第1輪 W_1 に関する K_1 の第1仮値を f_{act} に応じて、前記図14(a)に示したグラフに示した如く決定すると共に、 K_1 の第2仮値を f_d に応じて第1仮値と同様に決定する。この場合、 f_d に対する第2仮値の変化の傾向は、 f_{act} に対する第1仮値の変化の傾向と同じでよい。そして、これらの第1仮値と第2仮値との加重平均値を第1輪分配ゲイン K_1 として決定する。第2輪分配ゲイン K_2 についても同様である。

【0359】

同様に、後輪 W_3 、 W_4 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=3, 4$ ）のそれぞれの第1の仮値を、実車1の後輪 W_3 、 W_4 もしくは後部の所定位置の横方向運動に関する状態量、または実車1の後輪 W_3 、 W_4 の横力に応じて決定すると共に、後輪 W_3 、 W_4 に関する第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=3, 4$ ）のそれぞれの第2の仮値を、モデル車両の後輪 W_r もしくは後部の所定位置の横方向運動に関する状態量、またはモデル車両の後輪 W_r の横力に応じて決定し、それらの第1仮値および第2仮値の加重平均値もしくは重み付き平均値などの合成値を第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=3, 4$ ）として決定するようにしてもよい。例えば、第3輪 W_3 に関する K_3 の第1仮値を r_{act} に応じて、前記図14(b)に示したグラフに示した如く決定すると共に、 K_3 の第2仮値を r_d に応じて第1仮値と同様に決定する。この場合、 r_d に対する第2仮値の変化の傾向は、 r_{act} に対する第1仮値の変化の傾向と同じでよい。そして、これらの第1仮値と第2仮値との加重平均値を第3輪分配ゲイン K_3 として決定する。第4輪分配ゲイン K_4 についても同様である。

【0360】

さらに、第 n 輪分配ゲイン K_n （ $n=1, 2, 3, 4$ ）の値を、 f_{act} 、 r_{act} などの前輪側ゲイン調整パラメータまたは後輪側ゲイン調整パラメータに応じて変化させるだ

10

20

30

40

50

けでなく、推定摩擦係数 μ_{estm} にも応じて変化させるように決定することがより望ましい。例えば、本実施形態に関して前記したように f_{act} 、 r_{act} に依りて第 n 輪分配ゲイン K_n を決定する場合において、 μ_{estm} が小さくなるほど、 f_{act} が絶対値の大きい負の値であるときの第 1 輪分配ゲイン K_1 をより小さくするように K_1 を決定することが望ましい。また、 μ_{estm} が小さくなるほど、 r_{act} が絶対値の大きい正の値であるときの第 3 輪分配ゲイン K_3 をより小さくするように K_3 を決定することが望ましい。同様に、 μ_{estm} が小さくなるほど、 f_{act} が絶対値の大きい正の値であるときの第 2 輪分配ゲイン K_2 をより小さくするように K_2 を決定することが望ましい。また、 μ_{estm} が小さくなるほど、 r_{act} が絶対値の大きい負の値であるときの第 4 輪分配ゲイン K_4 をより小さくするように K_4 を決定することが望ましい。これは、 μ_{estm} が小さくなるほど、第 n 輪 W_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の制動方向の駆動・制動力を増加させたときの該第 n 輪 W_n の横力の低下が著しくなるからである。

10

【0361】

また、第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の値 (f_{act} 、 r_{act} などの前輪側ゲイン調整パラメータまたは後輪側ゲイン調整パラメータに依りて設定した値) を、第 n 輪の実接地荷重 (第 n 輪に作用する路面反力のうちの鉛直方向または路面に垂直な方向の並進力の検出値もしくは推定値) にも依りて調整するようにしてよい。この場合、第 n 輪分配ゲイン K_n の値を、第 n 輪 W_n の実接地荷重が小さくなるほど、小さくするように決定することが望ましい。

【0362】

あるいは、各第 n 輪 W_n の実接地荷重を F_{zact_n} ($n = 1, 2, 3, 4$)、それらの総和を F_{zact} ($= F_{zact_1} + F_{zact_2} + F_{zact_3} + F_{zact_4}$) とおいたとき、前輪 W_1 、 W_2 に関する第 n 輪分配ゲイン K_1 、 K_2 の値を、各前輪 W_1 、 W_2 の実接地荷重の和 ($= F_{zact_1} + F_{zact_2}$) に依りて調整したり、その和の F_{zact} に対する割合 ($= (F_{zact_1} + F_{zact_2}) / F_{zact}$) に依りて調整するようにしてもよい。同様に、後輪 W_3 、 W_4 に関する第 n 輪分配ゲイン K_3 、 K_4 を、各後輪 W_3 、 W_4 の実接地荷重の和 ($= F_{zact_3} + F_{zact_4}$) に依りて調整したり、その和の F_{zact} に対する割合 ($= (F_{zact_3} + F_{zact_4}) / F_{zact}$) に依りて調整するようにしてもよい。もしくは、各第 n 輪分配ゲイン K_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の値を、それぞれ第 n 輪 W_n の実接地荷重の F_{zact} に対する割合 ($= F_{zact_n} / F_{zact}$) に依りて調整するようにしてもよい。

20

30

【0363】

また、本実施形態では、駆動・制動装置 3A のブレーキ装置に対するフィードバック制御入力として (アクチュエータ動作 FB 目標値として)、 FB 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 F_{xfbdmd_n} ($n = 1, 2, 3, 4$) を決定するようにしたが、 F_{xfbdmd_n} の代わりに、ブレーキ装置による各車輪 W_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の目標スリップ比を決定したり、あるいは、該目標スリップ比と F_{xfbdmd_n} との両者を決定するようにしてもよい。

【0364】

また、 F_{xfbdmd_n} などのアクチュエータ動作 FB 目標値を決定するために、中間変数である M_{fbdmd} や M_{fbdmd_a} を決定せずに、状態量偏差 err 、 err からマップ等を用いて直接的にアクチュエータ動作 FB 目標値を決定するようにしてもよい。例えば err 、 err 、 f_{act} (または f_d)、 r_{act} (または r_d)、 V_{act} 、 μ_{estm} などの変数を入力とする多次元のマップを使用して、アクチュエータ動作 FB 目標値を決定するようにしてもよい。

40

【0365】

また、フィードバックヨーモーメント基本要求値 M_{fbdmd} を、状態量偏差 err 、 err を 0 に近づけるだけでなく、前記仮想外力決定部 20a の制限器 202 で求められる逸脱量 $over$ 、 $over$ を 0 に近づけるように (ひいては前記 da 、 da がそれぞれの許容範囲 [d_{amin} 、 d_{amax}]、 $[d_{amin}$ 、 $d_{amax}]$ から逸脱するのを抑制するように)、 M_{fbdmd} を決定するようにしてもよい。例えば適当な係数 $K_{fbdmd1} \sim K_{fbdmd4}$ を用いて、次式 28a により、 M_{fbdmd} を決定してもよい。

50

【 0 3 6 6 】

$$M_{fbdmd} = K_{fbdmd1} \cdot \text{err} + K_{fbdmd2} \cdot \text{err} - K_{fbdmd3} \cdot \text{over} - K_{fbdmd4} \cdot \text{over} \quad \dots \text{式 2 8 a}$$

なお、この式 2 8 a により M_{fbdmd} を決定するという事は、状態量偏差 err , err を 0 に近づけるフィードバック制御則により決定した M_{fbdmd} の仮値 (式 2 8 a の右辺の第 1 項および第 2 項の和) を、逸脱量 over , over を 0 に近づけるように修正することによって、 M_{fbdmd} を決定することと同等である。

【 0 3 6 7 】

あるいは、前記式 2 3 により状態量偏差 err , err を 0 に近づけるように決定した M_{fbdmd} を不感帯処理部 2 2 1 に通してなる値である前記不感帯超過フィードバックヨーモメント要求値 M_{fbdmd_a} を、次式 2 8 b (上記式 2 8 a の右辺の第 1 項および第 2 項の和の値の代わりに M_{fbdmd_a} を使用した式) により修正してなる値 M_{fbdmd_a}' を改めて M_{fbdmd_a} として用いるようにしてもよい。換言すれば、 M_{fbdmd} を不感帯処理部 2 2 1 に通してなる値を M_{fbdmd_a} の仮値とし、この仮値を逸脱量 over , over を 0 に近づけるように修正することによって、 M_{fbdmd_a} を決定するようにしてもよい。

【 0 3 6 8 】

$$M_{fbdmd_a}' = M_{fbdmd_a} - K_{fbdmd3} \cdot \text{over} - K_{fbdmd4} \cdot \text{over} \quad \dots \text{式 2 8 b}$$

補足すると、本実施形態では、前記した如く、制限器 2 0 2 によって、 over , over を 0 に近づけるように仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} を操作して仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定するようにしている。これだけでも、モデル車両の d , d がそれぞれ許容範囲 [d_{amin} , d_{amax}]、[d_{amin} , d_{amax}] を逸脱しないように変化する。そして、これに伴い、実車 1 の act , act をそれぞれ d , d に近づけるようにアクチュエータ動作 F B 目標値が変化する。このため、 err , err だけを 0 に近づけるようにアクチュエータ動作 F B 目標値を決定した場合であっても、結果的に、 act , act も許容範囲 [d_{amin} , d_{amax}]、[d_{amin} , d_{amax}] から逸脱するのを抑制できる。ただし、上記のように、 err , err に加えて、 over , over をも 0 に近づけるように M_{fbdmd} または M_{fbdmd_a} を決定する (ひいてはアクチュエータ動作 F B 目標値を決定する) ようにすることで、 act , act がそれぞれ許容範囲 [d_{amin} , d_{amax}]、[d_{amin} , d_{amax}] から逸脱するのをより一層効果的に抑制できる。

【 0 3 6 9 】

また、上記の如く err , err に加えて、 over , over をも 0 に近づけるように M_{fbdmd} または M_{fbdmd_a} を決定するようにした場合には、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} は、必ずしも over , over を 0 に近づけるように決定する必要はなく、単に err , err を 0 に近づけるように仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定するようにしてもよい。この場合には、前記仮想外力仮値決定部 2 0 1 で求められる仮想外力仮値 M_{virtmp} , F_{virtmp} をそれぞれそのまま仮想外力 M_{vir} , F_{vir} として決定すればよい。そして、 M_{fbdmd} または M_{fbdmd_a} を決定する処理、および仮想外力 M_{vir} , F_{vir} を決定する処理以外は、本実施形態と同じでよい。このようにしても、 act , act がそれぞれ許容範囲 [d_{amin} , d_{amax}]、[d_{amin} , d_{amax}] から逸脱するのを抑制するようにアクチュエータ動作 F B 目標値を決定できる。また、この場合であっても、状態量偏差 err , err を 0 に近づけるように、仮想外力 M_{vir} , F_{vir} が決定されるので、結果的に、モデル車両の d , d がそれぞれ許容範囲 [d_{amin} , d_{amax}]、[d_{amin} , d_{amax}] から逸脱するのが抑制されるように、 d , d が決定されることとなる。

【 0 3 7 0 】

[F F 則について]

10

20

30

40

50

次に、前記 F F 則 2 2 の処理を図 1 7 を参照してより詳細に説明する。図 1 7 は、F F 則 2 2 の処理を示す機能ブロック図である。

【 0 3 7 1 】

前記したように、本実施形態では、F F 則 2 2 が決定するフィードフォワード目標値（運転操作入力に応じたアクチュエータ装置 3 の基本目標値）には、駆動・制動装置 3 A のブレーキ装置による実車 1 の各車輪 W 1 ~ W 4 の駆動・制動力のフィードフォワード目標値（以降、F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力（ $n = 1, 2, 3, 4$ ）という）と、駆動・制動装置 3 A の駆動系による実車 1 の駆動輪 W 1, W 2 の駆動・制動力のフィードフォワード目標値（以降、F F 目標第 n 輪駆動系駆動・制動力（ $n = 1, 2$ ）という）と、駆動・制動装置 3 A の変速装置の減速比（変速比）のフィードフォワード目標値（以降、F F 目標ミッション減速比という）と、ステアリング装置 3 B による実車 1 の操舵輪 W 1, W 2 の舵角のフィードフォワード目標値（以降、F F 目標前輪舵角 f_{ff} という）とが含まれる。

10

【 0 3 7 2 】

図 1 7 に示す如く、F F 目標前輪舵角 f_{ff} は、運転操作入力のうちのステアリング角 h に応じて（あるいは h と V_{act} とに依りて）処理部 2 3 0 により決定される。図 1 7 では、ステアリング装置 3 B が前記アクチュエータ駆動型のステアリング装置である場合を想定している。この場合には、処理部 2 3 0 は、前記規範操作量決定部 1 4 の処理部 1 4 a の処理と同じ処理によって F F 目標前輪舵角 f_{ff} を決定する。すなわち、ステアリング角 h を、所定のオーバーオールステアリング比 i_s 、あるいは、 V_{act} に依りて設定したオーバーオールステアリング比 i_s で除算することにより f_{ff} を決定する。このようにして決定される f_{ff} の値は、前記規範操作量決定部 1 4 の処理部 1 4 a により決定される無制限時前輪舵角 f_{unltd} の値と同じである。

20

【 0 3 7 3 】

なお、ステアリング装置 3 B が前記アクチュエータ補助型のステアリング装置である場合、あるいは、機械式ステアリング装置である場合には、 f_{ff} を決定する必要はない。あるいは、 f_{ff} を常に 0 に設定しておけばよい。但し、ステアリング装置 3 B がアクチュエータ補助型のステアリング装置であって、ステアリング角 h に依りて機械的に定まる前輪 W 1, W 2 の舵角を V_{act} に依りて補正する機能をもつような場合には、その補正分を V_{act} に依りて決定し、それを f_{ff} として決定するようにしてもよい。

30

【 0 3 7 4 】

補足すると、ステアリング装置 3 B がアクチュエータ補助型のステアリング装置である場合には、前輪 W 1, W 2 の基本的な舵角（ f_{act} の基本値）は、ステアリング角 h に依りて機械的に定まるので、 f_{ff} はアクチュエータによる前輪 W 1, W 2 の舵角の補正量のフィードフォワード目標値としての意味を持つものとなる。

【 0 3 7 5 】

また、F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力（ $n = 1, 2, 3, 4$ ）は、運転操作入力のうちのブレーキペダル操作量に依りて、それぞれ処理部 2 3 1 a_n（ $n = 1, 2, 3, 4$ ）により決定される。図中の各処理部 2 3 1 a_n に示したグラフは、それぞれ、ブレーキペダル操作量と F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力（ $n = 1, 2, 3, 4$ ）との関係を例示するグラフであり、該グラフにおける横軸方向の値がブレーキペダル操作量の値、縦軸方向の値が F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力である。図示のグラフに示されるように、F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力（ < 0 ）は、基本的には、ブレーキペダル操作量の増加に伴い、その大きさ（絶対値）が単調増加するように決定される。なお、図示の例では、F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力は、その大きさが過大にならないように、ブレーキペダル操作量が所定量を超えると飽和する（ブレーキペダル操作量の増加に対する F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力の絶対値の増加率が 0 に近づく、もしくは 0 になる）ようになっている。

40

【 0 3 7 6 】

F F 目標第 n 輪駆動系駆動・制動力（ $n = 1, 2$ ）と F F 目標ミッション減速比とは、

50

運転操作入力のうちのアクセルペダル操作量およびシフトレバー位置と V_{act} とに応じて、駆動系アクチュエータ動作 F F 目標値決定部 2 3 2 により決定される。この駆動系アクチュエータ動作 F F 目標値決定部 2 3 2 の処理は、公知の通常の自動車において、アクセルペダル操作量と V_{act} と変速装置のシフトレバー位置とに応じて、エンジンから駆動輪に伝達する駆動力と変速装置の減速比とを決定する手法と同じでよいので、本明細書での詳細な説明は省略する。

【 0 3 7 7 】

以上が本実施形態における F F 則 2 2 の具体的な処理の内容である。

【 0 3 7 8 】

10

[アクチュエータ動作目標値合成部について]

次に、前記アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 の処理を詳細に説明する。図 1 8 は、このアクチュエータ動作目標値合成部 2 4 の処理を示す機能ブロック図である。

【 0 3 7 9 】

同図を参照して、アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 は、第 1 輪 W_1 に関して、前記アクチュエータ動作 F F 目標値のうち F F 目標第 1 輪ブレーキ駆動・制動力と、F F 目標第 1 輪駆動系駆動・制動力との和を加算器 2 4 0 で求める。そして、その和を F F 総合目標第 1 輪駆動・制動力 FF_{total_1} として最適目標第 1 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_1 に入力する。さらに、この FF_{total_1} と、前記アクチュエータ動作 F B 目標値のうち F B 目標第 1 輪ブレーキ駆動・制動力 Fx_{fbmd_1} との和を加算器 2 4 2 で求める。そして、その和を無制限目標第 1 輪駆動・制動力 Fx_{dmd_1} として最適目標第 1 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_1 に入力する。

20

【 0 3 8 0 】

また、アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 は、第 2 輪 W_2 に関して、前記アクチュエータ動作 F F 目標値のうち F F 目標第 2 輪ブレーキ駆動・制動力と、F F 目標第 2 輪駆動系駆動・制動力との和を加算器 2 4 3 で求める。そして、その和を F F 総合目標第 2 輪駆動・制動力 FF_{total_2} として最適目標第 2 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_2 に入力する。さらに、この FF_{total_2} と、前記アクチュエータ動作 F B 目標値のうち F B 目標第 2 輪ブレーキ駆動・制動力 Fx_{fbmd_2} との和を加算器 2 4 4 で求める。そして、その和を無制限目標第 2 輪駆動・制動力 Fx_{dmd_2} として最適目標第 2 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_2 に入力する。

30

【 0 3 8 1 】

また、アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 は、第 3 輪 W_3 に関して、前記アクチュエータ動作 F F 目標値のうち F F 目標第 3 輪ブレーキ駆動・制動力をそのまま F F 総合目標第 3 輪駆動・制動力 FF_{total_3} として最適目標第 3 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_3 に入力する。さらに、この FF_{total_3} と、前記アクチュエータ動作 F B 目標値のうち F B 目標第 3 輪ブレーキ駆動・制動力 Fx_{fbmd_3} との和を加算器 2 4 5 で求める。そして、その和を無制限目標第 3 輪駆動・制動力 Fx_{dmd_3} として最適目標第 3 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_3 に入力する。

【 0 3 8 2 】

40

また、アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 は、第 4 輪 W_4 に関して、前記アクチュエータ動作 F F 目標値のうち F F 目標第 4 輪ブレーキ駆動・制動力をそのまま F F 総合目標第 4 輪駆動・制動力 FF_{total_4} として最適目標第 4 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_4 に入力する。さらに、この FF_{total_4} と、前記アクチュエータ動作 F B 目標値のうち F B 目標第 4 輪ブレーキ駆動・制動力 Fx_{fbmd_4} との和を加算器 2 4 6 で求める。そして、その和を無制限目標第 4 輪駆動・制動力 Fx_{dmd_4} として最適目標第 4 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_4 に入力する。

【 0 3 8 3 】

ここで、前記 F F 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} ($n = 1, 2, 3, 4$) は、それを一般化して言えば、駆動・制動装置 3 A の駆動系の動作による第 n 輪 W_n の駆動・

50

制動力のフィードフォワード目標値（FF目標第 n 輪駆動系駆動・制動力）とブレーキ装置の動作による第 n 輪 W_n の駆動・制動力のフィードフォワード目標値（FF目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力）との総和を意味する。この場合、本明細書の実施形態では、実車1の駆動輪を前輪 W_1 、 W_2 とし、後輪 W_3 、 W_4 は従動輪としているので、後輪 W_3 、 W_4 に関しては、FF目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力（ $n = 3, 4$ ）がそのまま、FF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} として決定される。

【0384】

また、前記無制限目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xdmd_n} （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）は、前記FF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} と、前記FB第 n 輪ブレーキ駆動・制動力との和であるから、駆動・制動装置3Aのフィードフォワード制御動作（少なくとも運転操作入力に応じたフィードフォワード制御動作）とフィードバック制御動作（少なくとも状態量偏差 err 、 err に応じたフィードバック制御動作）とにより要求される第 n 輪のトータルの駆動・制動力を意味する。

10

【0385】

そして、アクチュエータ動作目標値合成部24は、最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）により、それぞれ第 n 輪 W_n の駆動・制動力の最終的な目標値である目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} を決定すると共に、第 n 輪のスリップ比の最終的な目標値である目標第 n 輪スリップ比を決定する。

【0386】

この場合、最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）には、 FF_{total_n} および F_{xdmd_n} に加えて、第 n 輪 W_n の実横すべり角（詳しくは、 $n = 1, 2$ であるときは、実前輪横すべり角 f_{act} 、 $n = 3, 4$ であるときは実後輪横すべり角 r_{act} ）の最新値（今回値）と推定摩擦係数 μ_{estm} の最新値（今回値）とが入力される。なお、図示は省略するが、前輪 W_1 、 W_2 に係わる最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ （ $n = 1, 2$ ）には、実前輪舵角 f_{act} の最新値（今回値）も入力される。そして、最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）は、それぞれに与えられる入力を基に、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} と目標第 n 輪スリップ比とを後述するように決定する。

20

【0387】

また、アクチュエータ動作目標値合成部24は、前記アクチュエータ動作FB目標値のうちアクティブ操舵用FB目標横力 F_{yfbdmd_f} と、前記アクチュエータ動作FF目標値のうちFF目標前輪舵角 f_{ff} とを最適目標アクティブ舵角決定部247に入力し、該最適目標アクティブ舵角決定部247により前輪 W_1 、 W_2 の最終的な舵角の目標値である目標前輪舵角 f_{cmd} を決定する。なお、この f_{cmd} は、ステアリング装置3Bが前記アクチュエータ駆動型のステアリング装置である場合には、アクチュエータの動作による前輪 W_1 、 W_2 の舵角そのもの（実車1の前後方向を基準とした舵角）の最終的な目標値を意味する。一方、ステアリング装置3Bが前記アクチュエータ補助型のステアリング装置である場合には、アクチュエータの動作による前輪 W_1 、 W_2 の舵角の補正量の最終的な目標値を意味する。

30

【0388】

なお、アクチュエータ動作目標値合成部24は、前記アクチュエータ動作FF目標値のうちFF目標第 n 輪駆動系駆動・制動力（ $n = 1, 2$ ）をそのまま、駆動・制動装置3Aの駆動系の動作による第 n 輪 W_n の駆動・制動力の最終的な目標値である目標第 n 輪駆動系駆動・制動力として出力する。さらに、アクチュエータ動作目標値合成部24は、前記アクチュエータ動作FF目標値のうちFF目標ミッション減速比をそのまま、駆動・制動装置3Aの変速装置の減速比（変速比）の最終的な目標値である目標ミッション減速比として出力する。

40

【0389】

前記最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）の処理を以下に詳説する。図19は、各最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ の処理を示すフロ

50

ーチャートである。

【0390】

同図を参照して、まず、S100において、第 n 輪 W_n ($n = 1, 2, 3, 4$)の横すべり角が実横すべり角(詳しくは、 $n = 1, 2$ であるときは実前輪横すべり角 f_{act} 、 $n = 3, 4$ であるときは実後輪横すべり角 r_{act})であって、路面摩擦係数(第 n 輪 W_n と路面との間の摩擦係数)が推定摩擦係数 μ_{estm} であることを前提条件とする。そして、この前提条件の基で、無制限目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xdmd_n} に最も近い(一致する場合を含む)第 n 輪 W_n の駆動・制動力の値である第 n 輪駆動・制動力候補 F_{xcand_n} と、それに対応する第 n 輪 W_n のスリップ比の値である第 n 輪スリップ比候補 $Scand_n$ とを求める。

10

【0391】

ここで、一般に、各車輪の横すべり角と路面反力(駆動・制動力、横力、および接地荷重)とスリップ比と路面摩擦係数との間には、該車輪のタイヤの特性やサスペンション装置の特性に応じた一定の相関関係がある。例えば、各車輪の横すべり角と路面反力(駆動・制動力、横力、および接地荷重)とスリップ比と路面摩擦係数との間には、前記非特許文献1の式(2.57)、(2.58)、(2.72)、(2.73)により表されるような相関関係がある。また、例えば接地荷重および路面摩擦係数を一定とした場合、各車輪の横すべり角と駆動・制動力と横力とスリップ比との間には、前記非特許文献1の図2.36に示されるような相関関係がある。従って、横すべり角および路面摩擦係数がそれぞれある値であるときの各車輪の路面反力とスリップ比とは、それぞれが独立的な値を採り得るわけではなく、それぞれの値は、上記の相関関係(以下、車輪特性関係という)に従って変化する。なお、スリップ比は、駆動・制動力が駆動方向の駆動・制動力(> 0)であるときは負の値であり、駆動・制動力が制動方向の駆動・制動力(< 0)であるときは正の値である。

20

【0392】

そこで、本実施形態におけるS100の処理では、第 n 輪 W_n の横すべり角と路面摩擦係数と駆動・制動力とスリップ比との関係を表す、あらかじめ作成されたマップに基づいて、第 n 輪 W_n の実横すべり角 f_{act} または r_{act} (最新値)と推定路面摩擦係数 μ_{estm} (最新値)とから、無制限目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xdmd_n} に最も近いか、または一致する駆動・制動力(F_{xdmd_n} との差の絶対値が最小となる駆動・制動力)と、この駆動・制動力に対応するスリップ比とを求める。そして、このようにして求めた駆動・制動力とスリップ比とをそれぞれ第 n 輪駆動・制動力候補 F_{xcand_n} 、第 n 輪スリップ比候補 $Scand_n$ として決定する。

30

【0393】

なお、この処理で使用するマップは、例えば前記車輪特性関係を種々の実験などを通じて、あるいは、車輪 $W_1 \sim W_4$ のタイヤ特性やサスペンション装置3Cの特性に基づいて、あらかじめ特定もしくは推定しておき、その特定もしくは推定した車輪特性関係に基づいて作成すればよい。また、そのマップには、第 n 輪 W_n の接地荷重を変数パラメータとして加えてもよい。この場合には、第 n 輪 W_n の実接地荷重 F_{zact_n} を最適目標第 n 駆動・制動力決定部241a $_n$ に入力するようにして、第 n 輪 W_n の実横すべり角 f_{act} または r_{act} と、推定摩擦係数 μ_{estm} と、実接地荷重 F_{zact_n} とから F_{xcand_n} 、 $Scand_n$ を決定するにすればよい。ただし、実接地荷重 F_{zact_n} の変動は一般に比較的小さいので、該実接地荷重 F_{zact_n} を一定値とみなしてもよい。

40

【0394】

補足すると、第 n 輪 W_n の実横すべり角 f_{act} または r_{act} と推定路面摩擦係数 μ_{estm} との組に対応して、あるいは、これらと実接地荷重 F_{zact_n} との組に対応して、第 n 輪 W_n で発生可能(路面から作用可能な)な駆動・制動力(前記車輪特性関係に従って発生可能な駆動・制動力)の値の範囲内に F_{xdmd_n} が存在する場合には、その F_{xdmd_n} をそのまま F_{xcand_n} として決定すればよい。そして、 F_{xdmd_n} が当該範囲を逸脱している場合には、当該範囲のうちの上限值(> 0)および下限値(< 0)のうち、 F_{xdmd_n} に近い方を F_{xc

50

and_nとして決定すればよい。

【0395】

また、第n輪W_nの実横すべり角 f_{act} または r_{act} と推定路面摩擦係数 μ_{estm} との組に対応して、あるいは、これらと実接地荷重F_{zact_n}との組に対応して、第n輪W_nで発生可能なスリップ比と駆動・制動力との関係（前記車輪特性関係に従って発生可能なスリップ比と駆動・制動力との関係）は、一般に、該スリップ比の変化に対して、駆動・制動力がピーク値（極値）を持つような関係となる（スリップ比を横軸の値、駆動・制動力の大きさを縦軸の値としたときのグラフが上に凸のグラフとなる）。このため、そのピーク値よりも絶対値が小さい駆動・制動力の値に対応するスリップ比の値は2種類存在する可能性がある。このようにF_{xcand_n}対応するスリップ比の値が2種類存在する場合には、その2種類のスリップ比の値のうち、0により近い方のスリップ比の値を第n輪スリップ比候補Scand_nとして決定すればよい。換言すれば、第n輪W_nのスリップ比と駆動・制動力との関係（前記車輪特性関係に従う関係）において、駆動・制動力がピーク値となるスリップ比の値と0と間の範囲内で、第n輪スリップ比候補Scand_nを決定すればよい。

10

【0396】

補足すると、駆動・制動力がピーク値となるスリップ比の値と0との間の範囲内では、スリップ比の絶対値が0から増加するに伴い、駆動・制動力の絶対値は単調に増加する。

【0397】

次いで、S102に進んで、S100と同じ前提条件の基で、最大モーメント発生時第n輪駆動・制動力F_{xmmax_n}と、これに対応するスリップ比である最大モーメント発生時第n輪スリップ比S_{mmax_n}とを決定する。ここで、最大モーメント発生時第n輪駆動・制動力F_{xmmax_n}は、第n輪W_nの横すべり角が実横すべり角 f_{act} または r_{act} であって、路面摩擦係数が推定摩擦係数 μ_{estm} であるときに、第n輪W_nで発生可能な路面反力（詳しくは前記車輪特性関係に従って第n輪W_nに路面から作用可能な駆動・制動力と横力との合力）のうち、該路面反力によって実車1の重心点Gのまわりに発生するヨー方向のモーメントが、前記フィードバックヨーモーメント基本要求値M_{fbdmd}の極性と同一極性（向き）に向かって最大となるような路面反力の駆動・制動力成分の値を意味する。なお、この場合、F_{xmmax_n}、S_{mmax_n}は、第n輪W_nの駆動・制動力とスリップ比との関係（前記車輪特性関係に従う関係）において、スリップ比の絶対値が0から増加するに伴い駆動・制動力の絶対値が単調に増加する領域内で決定される。従って、S_{mmax_n}は、駆動・制動力がピーク値となるスリップ比の値と0との間で決定される。

20

30

【0398】

S102では、前輪W₁、W₂に関しては（n=1または2であるとき）、例えば実前輪横すべり角 f_{act} と、推定摩擦係数 μ_{estm} と、実前輪舵角 f_{act} とから、あらかじめ作成されたマップ（前輪横すべり角と路面摩擦係数と前輪舵角と最大モーメント発生時駆動・制動力と最大モーメント発生時スリップ比との関係（前記車輪特性関係に従う関係）を表すマップ）に基づいて、最大モーメント発生時第n輪駆動・制動力F_{xmmax_n}とこれに対応する最大モーメント発生時第n輪スリップ比S_{mmax_n}とが決定される。あるいは、前輪横すべり角と路面摩擦係数とスリップ比と駆動・制動力と横力との関係を表すマップと、実前輪舵角 f_{act} とに基づき、 f_{act} と μ_{estm} との組に対応して発生可能な第n輪W_n（n=1または2）の駆動・制動力と横力との組のなかから、それらの合力が実車1の重心点Gのまわりに発生するヨー方向のモーメントが最大となる駆動・制動力と横力との組を探索的に決定する。そして、その組に対応する駆動・制動力とスリップ比とをそれぞれF_{xmmax_n}、S_{mmax_n}として決定するようにしてもよい。

40

【0399】

また、後輪W₃、W₄に関しては（n=3または4であるとき）、例えば、実後輪すべり角 r_{act} と推定摩擦係数 μ_{estm} とから、あらかじめ作成されたマップ（後輪横すべり角と路面摩擦係数と最大モーメント発生時駆動・制動力と最大モーメント発生時スリップ比との関係（前記車輪特性関係に従う関係）を表すマップ）に基づいて、最大モーメント発生時第n輪駆動・制動力F_{xmmax_n}とこれに対応する最大モーメント発生時第n輪スリッ

50

ブ比 S_{max_n} とが決定される。あるいは、後輪横すべり角と路面摩擦係数とスリップ比と駆動・制動力と横力との関係を表すマップに基づき、 r_{act} と μ_{estm} との組に対応して発生可能な第 n 輪 W_n ($n = 3$ または 4)の駆動・制動力と横力との組のなかから、それらの合力が実車1の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが最大となる駆動・制動力と横力との組を探索的に決定する。そして、その組に対応する駆動・制動力とスリップ比とをそれぞれ F_{xmax_n} , S_{max_n} として決定するようにしてもよい。

【0400】

なお、S102の処理では、前記S100の処理に関して説明した場合と同様に、第 n 輪 W_n の実接地荷重 F_{zact_n} を変数パラメータとして含めてもよい。

【0401】

次いで、S104～S112の処理が後述するように実行され、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が決定される。この場合、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} は、次の条件(1)～(3)を満足するように決定される。ただし、条件(1)～(3)は、条件(1)、(2)、(3)の順に、優先順位が高い条件とされる。そして、条件(1)～(3)の全てを満たす目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} を決定できない場合には、優先順位の高い条件を優先的に満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が決定される。

【0402】

条件(1)：FF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} と目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} とが制動方向の駆動・制動力であるときには、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} の大きさ(絶対値)がFF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} の大きさ(絶対値)よりも小さくならないこと。換言すれば、 $0 > F_{xcmd_n} > FF_{total_n}$ とならないこと。

条件(2)：目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が最大モーメント発生時第 n 輪駆動・制動力 F_{xmax_n} と同極性になるときは、 F_{xcmd_n} の大きさ(絶対値)が F_{xmax_n} の大きさ(絶対値)を超えないこと。換言すれば、 $F_{xcmd_n} > F_{xmax_n} > 0$ 、または、 $F_{xcmd_n} < F_{xmax_n} < 0$ とならないこと。

条件(3)：目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} は、可能な限り第 n 輪駆動・制動力候補 F_{xcand_n} に一致すること(より正確には、 F_{xcmd_n} と F_{xcand_n} との差の絶対値を最小にすること)

ここで、条件(1)は、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が、実車1の運転者がブレーキペダルの操作によって要求している実車1の第 n 輪 W_n の制動方向の駆動・制動力(これは FF_{total_n} に相当する)よりも小さくならないようにするための条件である。補足すると、本明細書の実施形態では、後輪 W_3 , W_4 は従動輪であるので、後輪 W_3 , W_4 に関するFF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} ($n = 3, 4$)および目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} ($n = 3, 4$)は、常に0以下の値である。従って、後輪 W_3 , W_4 に関しては、条件(1)は、「目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} の大きさ(絶対値)がFF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} の大きさ(絶対値)よりも小さくならないこと。」という条件と同じである。

【0403】

また、条件(2)は、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} に対応して第 n 輪 W_n で発生する横力が小さくなり過ぎないようにするための条件である。

【0404】

また、条件(3)は、前記アクチュエータ動作FB目標値決定部20bとFF則22とで決定された、アクチュエータ装置3の動作の制御要求(目標)をできるだけ満足するための条件である。なお、 F_{xcand_n} は、前記したように、前記車輪特性関係(第 n 輪 W_n の横すべり角が実横すべり角 f_{act} または r_{act} であって、路面摩擦係数が推定摩擦係数 μ_{estm} であることを前提条件としたときの車輪特性関係)に従って第 n 輪 W_n で発生可能な駆動・制動力の値の範囲内で前記無制限目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xdmd_n} に最も近い(一致する場合を含む)駆動・制動力の値である。従って、条件(3)は別の言い方をすれ

10

20

30

40

50

ば、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} は、前記車輪特性関係（第 n 輪 W_n の横すべり角が実横すべり角 f_{act} または r_{act} であって、路面摩擦係数が推定摩擦係数 μ_{estm} であることを前提条件としたときの車輪特性関係）に従って第 n 輪 W_n で発生可能な駆動・制動力の値の範囲内の値となり、且つ、可能な限り無制限目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xdmd_n} （制御要求に従う駆動・制動力）に一致するかもしくは近いこと（ F_{xdmd_n} との差の絶対値が最小になること）、という条件と同等である。

【0405】

前記 S 1 0 4 ~ S 1 1 2 の処理は、具体的には、次のように実行される。まず、S 1 0 4 に進んで、S 1 0 0 で決定した F_{xcand_n} と S 1 0 2 で決定した F_{xmmax_n} との大小関係が、 $0 > F_{xmmax_n} > F_{xcand_n}$ または $0 < F_{xmmax_n} < F_{xcand_n}$ であるか否かを判断する。この判断結果が NO である場合には、S 1 0 6 に進んで、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} に F_{xcand_n} の値を代入する。すなわち、 F_{xcand_n} と F_{xmmax_n} とが互いに異なる極性である場合、あるいは、 F_{xcand_n} と F_{xmmax_n} とが同極性であって、且つ F_{xcand_n} の大きさ（絶対値）が F_{xmmax_n} の大きさ（絶対値）以下である場合には、 F_{xcand_n} の値がそのまま F_{xcmd_n} に代入される。なお、 $F_{xcand_n} = 0$ であるとき（このとき、 F_{xdmd_n} も 0 である）にも、 F_{xcand_n} の値が F_{xcmd_n} に代入される（ $F_{xcmd_n} = 0$ とする）。

10

【0406】

一方、S 1 0 4 の判断結果が YES である場合には、S 1 0 8 に進んで、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} に F_{xmmax_n} の値（S 1 0 2 で決定した値）を代入する。

【0407】

ここまでの処理により、前記条件（2）、（3）を満足するように（ただし、条件（2）が優先されるように）、 F_{xcmd_n} が決定される。

20

【0408】

S 1 0 6 または S 1 0 8 の処理の後、S 1 1 0 に進んで、前記 FF 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} と今現在の目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} （S 1 0 6 または S 1 0 8 で決定された値）との大小関係が、 $0 > F_{xcmd_n} > FF_{total_n}$ であるか否かを判断する。この判断結果が、YES である場合には、S 1 1 2 に進んで、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} に改めて FF_{total_n} を代入する。すなわち、FF 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} と S 1 0 6 または S 1 0 8 で決定された第 n 輪駆動・制動力候補 F_{xcmd_n} とが制動方向の駆動・制動力で、且つ、 F_{xcmd_n} の大きさ（絶対値）が、 FF_{total_n} の大きさ（絶対値）よりも小さい場合には、 FF_{total_n} の値を F_{xcmd_n} に代入する。なお、S 1 1 0 の判断結果が NO であるときには、その時の F_{xcmd_n} の値がそのまま維持される。

30

【0409】

以上の S 1 0 4 ~ S 1 1 2 の処理によって、前記した通り、基本的には、前記条件（1）~（3）を満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が決定される。そして、条件（1）~（3）の全てを満たす目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} を決定できない場合には、優先順位の高い条件を優先的に満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が決定される。

【0410】

S 1 1 0 の判断結果が YES であるとき、あるいは、S 1 1 2 の処理の後、S 1 1 4 にの処理が実行される。この S 1 1 4 では、上記の如く S 1 0 6 ~ S 1 1 2 の処理で決定した F_{xcmd_n} に対応するスリップ比を目標第 n 輪スリップ比 $Scmd_n$ として決定する。この場合、前記 S 1 0 4 ~ S 1 1 2 の処理によって、 F_{xcmd_n} は、 F_{xcand_n} 、 F_{xmmax_n} 、 FF_{total_n} のいずれかの値である。そして、 $F_{xcmd_n} = F_{xcand_n}$ であるときには、S 1 0 0 で求められた第 n 輪スリップ比候補 $Scand_n$ が $Scmd_n$ として決定される。また、 $F_{xcmd_n} = F_{xmmax_n}$ であるときには、S 1 0 2 で決定された最大モーメント発生時第 n 輪スリップ比 S_{mmax_n} が $Scmd_n$ として決定される。また、 $F_{xcmd_n} = FF_{total_n}$ であるときには、例えば前記 S 1 0 0 の処理で使用するマップに基づいて、 FF_{total_n} に対応するスリップ比を求め、その求めたスリップ比を $Scmd_n$ として決定すればよい。この場合、 FF_{total_n} に対応するスリップ比の値が 2 種類存在する場合には、0 に近い方のスリップ比の値（第 n 輪 W_n の駆

40

50

動・制動力がピーク値となるスリップ比の値と0との間の範囲内の値)をScmd_nとして決定すればよい。また、FFtotal_nが該マップにおいて、第n輪W_nで発生可能な駆動・制動力の値の範囲を逸脱している場合には、その範囲内でFFtotal_nに最も近い駆動・制動力の値に対応するスリップ比をScmd_nとして決定すればよい。

【0411】

以上が最適目標第n駆動・制動力決定部241a_n(n=1,2,3,4)の処理の詳細である。

【0412】

なお、本実施形態では、目標第n輪駆動・制動力Fxcmd_nを決定してから、これに対応する目標第n輪スリップ比Scmd_nを決定したが、これと逆に、目標第n輪スリップ比Scmd_nを決定してから、これに対応する目標第n輪駆動・制動力Fxcmd_nを決定するようにしてもよい。この場合には、前記条件(1)~(3)に対応する目標第n輪スリップ比Scmd_nに関する条件に基づいて、前記S104~S112と同様の処理によって、目標第n輪スリップ比Scmd_nを決定する。そして、その後、このScmd_nに対応するFxcmd_nを決定するようにすればよい。なお、この場合、Scmd_nは、第n輪W_nの前記車輪特性関係に従うスリップ比と駆動・制動力との関係において、駆動・制動力がピーク値となるスリップ比の値と0との間の範囲内で決定される。

【0413】

次に、前記最適目標アクティブ舵角決定部247の処理を説明する。図20は、この最適目標アクティブ舵角決定部247の処理を示す機能ブロック図である。

【0414】

同図を参照して、最適目標アクティブ舵角決定部247は、まず、前記アクチュエータ動作FB目標値決定部20bで決定されたアクティブ操舵用FB目標横力Fyfbdmd_fを実車1に前輪W_1, W_2に発生させる(詳しくは前輪W_1の横力と前輪W_2の横力との合力をFyfbdmd_fだけ変化させる)ために要求される前輪W_1, W_2の舵角の変化量であるFBアクティブ舵角 f_fbを、Fyfbdmd_fを基に処理部247aで決定する。この場合、処理部247aでは、例えば第1輪W_1の実接地荷重Fzact_1に応じて所定の関数式あるいはマップにより第1輪W_1のコーナリングパワーKf_1を求めると共に、第2輪W_2の実接地荷重Fzact_2に応じて所定の関数式あるいはマップにより第2輪W_2のコーナリングパワーKf_2を求める。上記関数式あるいはマップは、実車1の前輪W_1, W_2のタイヤ特性に基づいてあらかじめ設定される。そして、このコーナリングパワーKf_1, Kf_2を用いて、次式30により、FBアクティブ舵角 f_fbを決定する。

【0415】

$$f_{fb} = (1 / (Kf_1 + Kf_2)) \cdot Fyfbdmd_f \quad \dots \dots \text{式 30}$$

このようにして求められるFBアクティブ舵角 f_fbは、前輪W_1, W_2の横力の合力を、Fyfbdmd_fだけ変化させるのに要求される前輪横すべり角の修正量に相当する。

【0416】

なお、通常、実接地荷重Fzact_1, Fzact_2の変化は小さいので、式30でFyfbdmd_fに乘じる係数(1/(Kf_1+Kf_2))を一定値としてもよい。

【0417】

次いで、最適目標アクティブ舵角決定部247は、上記の如く決定した f_fbを加算器247bでFF目標前輪舵角 f_ffに加えることにより、目標前輪舵角 fcmdを決定する。

【0418】

なお、前記状態量偏差 err, errに応じたアクティブ操舵用FB目標横力Fyfbdmd_fの決定を行わず、あるいは、常にFyfbdmd_f=0とする場合には、 f_ffをそのまま目標前輪舵角 fcmdとして決定すればよい。

【0419】

10

20

30

40

50

以上が、前記アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 の処理の詳細である。

【 0 4 2 0 】

[アクチュエータ駆動制御装置について]

前記アクチュエータ駆動制御装置 2 6 は、前記アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 で決定された目標値を満足するように実車 1 のアクチュエータ装置 3 を動作させる。例えば、駆動・制動装置 3 A の駆動系の動作による第 1 輪 W 1 の駆動・制動力（駆動方向の駆動・制動力）が前記目標第 1 輪駆動系駆動・制動力になるように該駆動系のアクチュエータ操作量を決定し、それに応じて該駆動系を動作させる。さらに、第 1 輪 W 1 の実路面反力のうちの駆動・制動力（駆動系の動作による第 1 輪 W 1 の駆動・制動力とブレーキ装置の動作による第 1 輪 W 1 の駆動・制動力（制動方向の駆動・制動力）との和）が、前記目標第 1 輪駆動・制動力 F_{xcmd_1} になるように、ブレーキ装置のアクチュエータ操作量を決定し、それに応じて該ブレーキ装置を動作させる。そして、この場合、第 1 輪 W 1 の実スリップ比と前記目標第 1 輪スリップ比 $Scmd_1$ との差が 0 に近づくように駆動系またはブレーキ装置の動作が調整される。他の車輪 W 2 ~ W 4 についても同様である。

10

【 0 4 2 1 】

また、ステアリング装置 3 B がアクチュエータ駆動型のステアリング装置である場合には、実前輪舵角 f_{act} が前記目標前輪舵角 f_{cmd} に一致するようにステアリング装置 3 B のアクチュエータ操作量が決定され、それに応じてステアリング装置 3 B の動作が制御される。なお、ステアリング装置 3 B がアクチュエータ補助型のステアリング装置である場合には、実前輪舵角 f_{act} が、前記目標前輪舵角 f_{cmd} とステアリング角 h に応じた機械的な舵角分との和に一致するようにステアリング装置 3 B の動作が制御される。

20

【 0 4 2 2 】

また、駆動・制動装置 3 A の駆動系の変速装置の減速比は、前記目標ミッション減速比に従って制御される。

【 0 4 2 3 】

なお、各車輪 W 1 ~ W 4 の駆動・制動力や横力などの制御量は、駆動・制動装置 3 A、ステアリング装置 3 B、サスペンション装置 3 C の動作が互いに干渉しやすい。このような場合には、該制御量を目標値に制御するために、駆動・制動装置 3 A、ステアリング装置 3 B、サスペンション装置 3 C の動作を非干渉化処理によって統合的に制御することが望ましい。

30

【 0 4 2 4 】

[第 2 実施形態]

次に、本発明の第 2 実施形態を図 2 1 を参照して説明する。なお、本実施形態は、前記第 1 実施形態と一部の処理のみが相違するので、その相違する部分を中心に説明し、同一部分については説明を省略する。また、本実施形態の説明では、第 1 実施形態と同一の構成部分もしくは同一の機能部分については第 1 実施形態と同じ参照符号を使用する。

【 0 4 2 5 】

アクチュエータ動作 F B 目標値は、本来、状態量偏差 err 、 err に応じたフィードバックヨーモーメント基本要求値 M_{fbcmd} を満足するように決定されることが、フィードバック制御理論上は、理想的である。しかるに、前記第 1 実施形態では、不感帯処理部 2 2 1、リミッタ 2 2 2 d_n などの処理に起因して、アクチュエータ動作 F B 目標値によって実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントには、 M_{fbcmd} に対して過不足を生じる。さらに、アクチュエータ動作 F B 目標値からアクチュエータ動作目標値までの各処理機能部（アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 など）における非線形性（リミッタや飽和特性など）の影響によって、アクチュエータ動作 F B 目標値に応じて実車 1 の各車輪 W 1 ~ W 4 で発生する路面反力がアクチュエータ動作 F B 目標値に対して過不足を生じる場合がある。従って、実車 1 の各車輪 W 1 ~ W 4 で発生する路面反力は、状態量偏差 err 、 err を 0 に近づけるための理想的な路面反力に対して過不足を生じる場合がある。

40

50

【0426】

一方、実車1の運動の状態量とモデル車両の運動の状態量との差に対する影響に関しては、その差を実車1のアクチュエータ装置3にフィードバックして付加的な路面反力（当該差を0に近づけるための路面反力）を実車1に作用させることと、この付加的な路面反力を（-1）倍してなる外力をモデル車両に作用させることとは等価である。

【0427】

そこで、本実施形態では、実車1の各車輪W1～W4で発生する路面反力の、理想的な路面反力に対する過不足分に応じて、モデル車両に作用させる仮想外力を修正し、それによって、該過不足分を補償する。

【0428】

以下、図21を参照して説明すると、本実施形態では、FB分配則20の仮想外力決定部20aは、前記第1実施形態における機能に加えて、処理部215を備えている。

【0429】

処理部215では、まず、アクチュエータ動作FB目標値決定部20bで前述の通り決定されたアクチュエータ動作FB目標値（今回値）を処理部215aに入力する。そして、この処理部215aによって、該アクチュエータ動作FB目標値に起因して実車1の各車輪W1～W4に作用する路面反力の補正量（アクチュエータ動作FF目標値に対応して発生する路面反力からの補正量）である路面反力補正量を算出する。この場合、路面反力補正量は、次のように求められる。

【0430】

すなわち、アクチュエータ動作FB目標値（今回値）とアクチュエータ動作FF目標値（今回値）とを基にアクチュエータ動作目標値合成部24で決定される目標第n輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）および目標スリップ比 S_{xcmd_n} （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）に応じて、第n輪 W_n に作用する路面反力（駆動・制動力および横力）を推定する。このとき、第n輪 W_n の駆動・制動力の推定値は、 F_{xcmd_n} とし、横力は例えば前記車輪特性関係に基づくマップなどを使用して求めればよい。より具体的には、例えば後述するS200およびS202、式40などを使用して横力を求めればよい。また、アクチュエータ動作FB目標値を0としてアクチュエータ動作目標値合成部24と同じ処理を実行することにより、アクチュエータ動作FB目標値を0とした場合の各第n輪 W_n （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）の目標駆動・制動力および目標スリップ比を求め、それに応じて第n輪 W_n に作用する路面反力（駆動・制動力および横力）を推定する。そして、上記のようにアクチュエータ動作FB目標値を異なるものとして求めた第n輪 W_n の路面反力の差を求め、その差を第n輪 W_n の路面反力補正量として決定する。

【0431】

次いで、上記の如く求めた路面反力補正量を処理部215bに入力する。そして、この処理部215bによって、各車輪W1～W4の路面反力補正量（路面反力補正量のうちの駆動・制動力成分および横力成分の合力）に起因して、実車1の重心点Gのまわりに発生するトータルのモーメント M_{fb} （ヨー方向のモーメント）を算出する。具体的には、各第n輪 W_n （ $n = 1, 2, 3, 4$ ）の路面反力補正量と、実前輪舵角 f_{act} 等（各車輪W1～W4と実車1の重心点との幾何学的関係を規定するパラメータ）とを基に、第n輪 W_n の路面反力補正量が実車1の重心点Gのまわりに発生するヨー方向のモーメントを求める。そして、それを全ての車輪W1～W4について合成することにより、 M_{fb} が求められる。

【0432】

次いで、このモーメント M_{fb} からアクチュエータ動作FB目標値決定部20bの処理部220で決定されたフィードバックヨーモーメント基本要値 M_{fbdmd} （今回値）を減算器215cで減じることにより、実車ヨーモーメント偏差 M_{fb_err} （ $= M_{fb} - M_{fbdmd}$ ）を求める。なお、この実車ヨーモーメント偏差 M_{fb_err} が、アクチュエータ動作FB目標値に起因して実車1で発生するヨー方向のモーメントの、 M_{fbdmd} からの過不足分を意味する。

【0433】

10

20

30

40

50

次いで、この実車ヨーモーメント偏差 Mfb_err に、乗算部215dにて所定のゲイン Cfb を乗じることにより仮想外力補償モーメント $Mvir_c$ を決定する。ゲイン Cfb は、 $0 < Cfb < 1$ となる値(1以下の正の値)である。この仮想外力補償モーメント $Mvir_c$ は、アクチュエータ動作FB目標値に起因して実車1で発生するヨー方向のモーメントの、 Mfb_dmd からの過不足分に起因して発生する実車1とモデル車両との間の状態量偏差を0に近づけるようにモデル車両の重心点 Gd のまわりに発生させるべきヨー方向のモーメントを意味する。

【0434】

次いで、前記制限器202で前述した如く決定される仮想外力(前記減算器207の出力)を第2仮値 $Mvir'$ ($=Mvirtmp - Mvir_over$)、 $Fvir'$ ($=Fvirtmp - Fvir_over$)とし、この第2仮値 $Mvir'$ 、 $Fvir'$ と仮想外力補償モーメント $Mvir_c$ とを加算器215eで加え合わせる。これにより、仮想外力 $Mvir$ 、 $Fvir$ (今回値)を決定する。具体的には、第2仮値 $Mvir'$ と $Mvir_c$ との和を $Mvir$ として決定し、第2仮値 $Fvir'$ をそのまま $Fvir$ として決定する。

【0435】

以上説明した以外の構成および処理は、前記第1実施形態と同じである。

【0436】

本実施形態によれば、状態量偏差 err 、 err からアクチュエータ動作目標値までの非線形性が、 err 、 err の挙動に与える影響が低減され、 err 、 err は、線形性を高く保ちながら0に収束しようとする。換言すれば、状態量偏差 err 、 err を0に収束させるためのフィードバックゲインの総和が、前記式23におけるゲインマトリクス $Kfbdmd$ と式15におけるゲインマトリクス $Kfvir$ との差($Kfbdmd - Kfvir$)に近いものとなる。

【0437】

換言すれば、仮想外力の上記第2仮値 $Mvir'$ 、 $Fvir'$ をそのまま仮想外力 $Mvir$ 、 $Fvir$ として規範動特性モデル16に入力したとした場合に前記モデル車両に作用する外力(ヨー方向のモーメント)と前記アクチュエータ動作FB目標値に起因して実車1に作用する外力(ヨー方向のモーメント Mfb)との差と、状態量偏差 err 、 err との間の関係に比べて、第2仮値 $Mvir'$ 、 $Fvir'$ を仮想外力補償モーメント $Mvir_c$ で修正してなる仮想外力 $Mvir$ 、 $Fvir$ を規範動特性モデル16に入力した場合に前記モデル車両に作用する外力(ヨー方向のモーメント)と前記アクチュエータ動作FB目標値に起因して実車1に作用する外力(ヨー方向のモーメント Mfb)との差と、状態量偏差 err 、 err との間の関係がより線形性の高い関係になる。

【0438】

[第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態を図22~図24を参照して説明する。なお、本実施形態は、前記第1実施形態と一部の処理のみが相違するので、その相違する部分を中心に説明し、同一部分については説明を省略する。また、本実施形態の説明では、第1実施形態と同一の構成部分もしくは同一の機能部分については第1実施形態と同じ参照符号を使用する。

【0439】

前記第1実施形態では、駆動・制動装置3Aに対するアクチュエータ動作FB目標値として、駆動・制動装置3Aのブレーキ装置の動作によって第 n 輪 Wn ($n = 1, 2, 3, 4$)に作用させる駆動・制動力の補正要求値(状態量偏差 err 、 err を0に近づけるための補正要求値)を意味する前記FB目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力 $Fxfbdmd_n$ を求めようとした。本実施形態では、これに代えて、駆動・制動装置3Aに対するアクチュエータ動作FB目標値として、FB目標第 n 輪ブレーキモーメント $Mfbdmd_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$)を決定する。このFB目標第 n 輪ブレーキモーメント $Mfbdmd_n$ は、駆動・制動装置3Aのブレーキ装置の動作によって各車輪 $W1 \sim W4$ に作用させる路面反力(詳しくは駆動・制動力および横力の合力)が実車1の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモー

10

20

30

40

50

メントの補正要求値（状態量偏差 err , err を0に近づけるための補正要求値）を意味する。そして、本実施形態では、このFB目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} を使用して、アクチュエータ動作目標値を決定する。

【0440】

従って、本実施形態では、FB分配則20のアクチュエータ動作FB目標値決定部20bの処理と、アクチュエータ動作目標値合成部24の処理とが前記第1実施形態と相違する。そして、これ以外の構成および処理は、第1実施形態と同じである。

【0441】

以下に本実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部20bの処理と、アクチュエータ動作目標値合成部24の処理とを説明する。

【0442】

図22は本実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部20bの処理機能を示す機能ブロック図である。同図を参照して、アクチュエータ動作FB目標値決定部20bは、まず、処理部220, 221により第1実施形態と同じ処理を実行し、それぞれ前記フィードバックヨーモーメント基本要求値 M_{fbdmd} と、不感帯超過フィードバックヨーモーメント要求値 M_{fbdmd_a} とを決定する。なお、処理部221を省略して、 $M_{fbdmd_a} = M_{fbdmd}$ としてもよい。

【0443】

次いで、アクチュエータ動作FB目標値決定部20bは、アクチュエータ動作FB目標値分配処理部222の処理を実行してアクチュエータ動作FB目標値を決定する。この場合、本実施形態では、各FB目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} ($n = 1, 2, 3, 4$)は、処理部222f $_n$, 222g $_n$ を介して決定される。また、アクティブ操舵用FB目標横力 F_{yfbdmd_f} が処理部222eにより決定される。処理部222eの処理は、前記第1実施形態と同じである。なお、処理部222eは省略してもよい。

【0444】

各FB目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} ($n = 1, 2, 3, 4$)は、次のように決定される。すなわち、基本的には、 M_{fbdmd_a} が正であるときには、そのモーメントを実車1の左側の車輪 W_1 , W_3 の路面反力の操作（補正）によって発生させ、 M_{fbdmd_a} が負であるときには、そのモーメントを実車1の右側の車輪 W_2 , W_4 の路面反力の操作（補正）によって発生させるように、FB目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} ($n = 1, 2, 3, 4$)が決定される。

【0445】

具体的には、まず、各車輪 $W_1 \sim W_4$ に対応する処理部222f $_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$)によって、それぞれ第 n 輪分配ゲイン K_n を決定する。この第 n 輪分配ゲイン K_n の決定の仕方は、前記第1実施形態と同じである。すなわち、前輪 W_1 , W_2 に係わる K_1 , K_2 は、それぞれ前輪側ゲイン調整パラメータとしての実前輪横すべり角 f_{act} に応じて、例えば前記図14(a)のグラフで示す如く決定される。また、後輪 W_3 , W_4 に係わる K_3 , K_4 は、それぞれ後輪側ゲイン調整パラメータとしての実後輪横すべり角 r_{act} に応じて、例えば前記図14(b)のグラフで示す如く決定される。そして、各処理部222f $_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$)は、この第 n 輪分配ゲイン K_n を M_{fbdmd_a} に乗じることにより、第 n 輪分配モーメント基本値 M_{fb_n} を決定する。なお、このように決定される M_{fb_n} の極性（向き）は、 M_{fbdmd_a} と同じである。また、第 n 輪分配ゲイン K_n は、 f_{act} または r_{act} に応じて上記の如く決定する以外に、前記第1実施形態で説明したいずれの形態で決定するようにしてもよい。そして、この場合、前輪側ゲイン調整パラメータおよび後輪側ゲイン調整パラメータは、前記第1実施形態と同様に、 f_{act} , r_{act} 以外のパラメータを使用してもよい。

【0446】

次いでアクチュエータ動作FB目標値分配処理部222は、上記の如く決定した第 n 輪分配モーメント基本値 M_{fb_n} ($n = 1, 2, 3, 4$)を、それぞれ第 n 輪 W_n に対応するリミッタ222g $_n$ に通すことにより、FB目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} をそ

10

20

30

40

50

れぞれ決定する。

【0447】

ここで、図22中の各リミッタ $222g_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$)のグラフは、 Mfb_n と $Mfbdmd_n$ との関係を表すグラフであり、該グラフに関する横軸方向の値が Mfb_n の値、縦軸方向の値が $Mfbdmd_n$ の値である。

【0448】

このリミッタ $222g_n$ のうち、第1輪 $W1$ および第3輪 $W3$ に係わるリミッタ $222g_{_1}$ 、 $222g_{_3}$ は、それに入力される Mfb_n ($n = 1, 3$)の値が0または正の値であるときにのみ、 Mfb_n をそのまま $Mfbdmd_n$ として出力し、 Mfb_n が負の値であるときには、その Mfb_n の値によらずに出力する $Mfbdmd_n$ の値を0とする。換言すれば、0を下限値として、 Mfb_n に制限を掛けることにより $Mfbdmd_n$ を決定する。

10

【0449】

一方、第2輪 $W2$ および第4輪 $W4$ に係わるリミッタ $222g_{_2}$ 、 $222g_{_4}$ は、それに入力される Mfb_n ($n = 2, 4$)の値が0または負の値であるときにのみ、 Mfb_n をそのまま $Mfbdmd_n$ として出力し、 Mfb_n が正の値であるときには、その Mfb_n の値によらずに出力する $Mfbdmd_n$ の値を0とする。換言すれば、0を上限値として、 Mfb_n に制限を掛けることにより $Mfbdmd_n$ を決定する。

【0450】

このようにFB目標第 n 輪ブレーキモーメント $Mfbdmd_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$)を決定することにより、 $Mfbdmd_a > 0$ である場合には、実車1の左側の車輪 $W1$ 、 $W3$ の路面反力の補正によって $Mfbdmd_a$ にほぼ等しいヨー方向のモーメントを実車1の重心点 G のまわりに発生させるべく $Mfbdmd_n$ が決定される。この場合、第1輪 $W1$ および第3輪 $W3$ のそれぞれの $Mfbdmd_{_1}$ 、 $Mfbdmd_{_3}$ は、 $Mfbdmd_a$ に比例するもの ($Mfbdmd_a$ に $K1$ または $K3$ を乗じてなる値)となる。ひいては、 $Mfbdmd_a$ の変化と、 $Mfbdmd_{_1}$ 、 $Mfbdmd_{_3}$ の変化との関係が比例関係になる。そして、その比例関係における前輪側ゲインとしての第1輪分配ゲイン $K1$ と後輪側ゲインとしての第3輪分配ゲイン $K3$ とがそれぞれ前輪側ゲイン調整パラメータ (本実施形態では f_{act})、後輪側ゲイン調整パラメータ (本実施形態では r_{act}) に応じて変化することとなる。

20

【0451】

また、 $Mfbdmd_a < 0$ である場合には、駆動・制動装置3Aのブレーキ装置3Aの動作による実車1の右側の車輪 $W2$ 、 $W4$ の路面反力の補正によって $Mfbdmd_a$ にほぼ等しいヨー方向のモーメントを実車1の重心点 G のまわりに発生させるべく $Mfbdmd_n$ が決定される。この場合、第2輪 $W2$ および第4輪 $W4$ のそれぞれの $Mfbdmd_{_2}$ 、 $Mfbdmd_{_4}$ は、 $Mfbdmd_a$ に比例するもの ($Mfbdmd_a$ に $K2$ または $K4$ を乗じてなる値)となる。ひいては、 $Mfbdmd_a$ の変化と、 $Mfbdmd_{_2}$ 、 $Mfbdmd_{_4}$ の変化との関係が比例関係になる。そして、その比例関係における前輪側ゲインとしての第2輪分配ゲイン $K2$ と後輪側ゲインとしての第4輪分配ゲイン $K4$ とがそれぞれ前輪側ゲイン調整パラメータ (本実施形態では f_{act})、後輪側ゲイン調整パラメータ (本実施形態では r_{act}) に応じて変化することとなる。

30

【0452】

なお、第1輪 $W1$ および第3輪 $W3$ に係わるリミッタ $222g_n$ ($n = 1, 3$)は、0よりも若干小さい値を $Mfbdmd_n$ の下限値として Mfb_n に制限を掛けることにより $Mfbdmd_n$ を決定するようにしてもよい。同様に、第2輪 $W2$ および第4輪 $W4$ に係わるリミッタ $222g_n$ ($n = 2, 4$)は、0よりも若干大きい値を $Mfbdmd_n$ の上限値として Mfb_n に制限を掛けることにより $Mfbdmd_n$ を決定するようにしてもよい。

40

【0453】

以上が本実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部20bの処理の詳細である。

【0454】

次に、本実施形態におけるアクチュエータ動作目標値合成部24の処理を図23および

50

図 2 4 を参照して説明する。図 2 3 はアクチュエータ動作目標値合成部 2 4 の処理機能を示す機能ブロック図、図 2 4 はその処理機能のうちの最適目標第 n 駆動・制動力決定部の処理を示すフローチャートである。

【 0 4 5 5 】

図 2 3 を参照して、本実施形態におけるアクチュエータ動作目標値合成部 2 4 は、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} および目標第 n 輪スリップ比 S_{cmd_n} を決定する最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 1, 2, 3, 4$) と、目標前輪舵角 f_{cmd} を決定する最適アクティブ舵角決定部 2 4 7 とを備えている。

【 0 4 5 6 】

最適アクティブ舵角決定部 2 4 7 の処理は、第 1 実施形態と同じである。一方、最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n の処理は、第 1 実施形態と相違している。また、アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 は、前記第 1 実施形態と同様に、前記 F F 則 2 2 で決定されたアクチュエータ動作 F F 目標値のうちの F F 目標第 1 輪駆動系駆動・制動力、F F 目標第 2 輪駆動系駆動・制動力、および F F 目標ミッション減速比をそれぞれ目標第 1 輪駆動系駆動・制動力、目標第 2 輪駆動系駆動・制動力、目標ミッション減速比として出力するようにしている。

【 0 4 5 7 】

本実施形態では、前輪 $W 1, W 2$ に係わる最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 1, 2$) には、それぞれ、前記 F F 則 2 2 で決定されたアクチュエータ動作 F F 目標値のうちの F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力と F F 目標第 n 輪駆動系駆動・制動力との和である F F 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} (これは第 1 実施形態と同様に加算器 2 4 0 で求められる) と、前記アクチュエータ動作 F B 目標値決定部 2 0 b で決定されたアクチュエータ動作 F B 目標値のうちの F B 目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} とが入力される。なお、前輪 $W 1, W 2$ に係わる最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 1, 2$) には、第 1 実施形態の場合と同様に、実前輪横すべり角 f_{act} の最新値 (今回値) および推定摩擦係数 μ_{estm} の最新値 (今回値) も入力される。さらに、図示は省略するが、実前輪舵角 f_{act} の最新値 (今回値) も最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 1, 2$) に入力される。

【 0 4 5 8 】

また、後輪 $W 3, W 4$ に係わる最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 3, 4$) には、それぞれ、前記 F F 則 2 2 で決定されたアクチュエータ動作 F F 目標値のうちの F F 目標第 n 輪ブレーキ駆動・制動力が F F 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} として入力されると共に、前記アクチュエータ動作 F B 目標値決定部 2 0 b で決定されたアクチュエータ動作 F B 目標値のうちの F B 目標第 n 輪ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} とが入力される。なお、後輪 $W 3, W 4$ に係わる最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 3, 4$) には、第 1 実施形態の場合と同様に、実後輪横すべり角 r_{act} の最新値 (今回値) および推定摩擦係数 μ_{estm} の最新値 (今回値) も入力される。

【 0 4 5 9 】

そして、最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 1, 2, 3, 4$) は、それぞれ、与えられた入力を基に、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} と目標第 n 輪スリップ比 S_{cmd_n} とを決定して出力する。

【 0 4 6 0 】

以下に、図 2 4 を参照して、各最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の処理を説明する。

【 0 4 6 1 】

まず、S 2 0 0 において、第 n 輪 $W n$ ($n = 1, 2, 3, 4$) の横すべり角が実横すべり角 (詳しくは、 $n = 1$ または 2 であるときは実前輪横すべり角 f_{act} 、 $n = 3$ または 4 であるときは実後輪横すべり角 r_{act}) であって、路面摩擦係数 (第 n 輪 $W n$ と路面との間の摩擦係数) が推定摩擦係数 μ_{estm} であることを前提条件とする。そして、この前提条件の基で、前記 F F 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} に対応するスリップ比 S_{ff}

10

20

30

40

50

$_n$ を求める。より詳しくは、該前提条件の基で、第 n 輪 W_n で発生可能な駆動・制動力のうち、 FF_{total_n} に一致するか、もしくは最も近い駆動・制動力に対応するスリップ比の値を Sff_n として求める。この場合、例えば前記第 1 実施形態における図 19 の S100 の処理で使用するマップに基づいて、 FF_{total_n} に対応するスリップ比を求め、その求めたスリップ比を Sff_n として決定すればよい。なお、 FF_{total_n} に対応するスリップ比の値が 2 種類存在するような場合には、0 に近い方のスリップ比が Sff_n として決定される。換言すれば、第 n 輪 W_n のスリップ比と駆動・制動力との関係（前記車輪特性関係に従う関係）において、駆動・制動力がピーク値（極値）となるスリップ比の値と 0 との間の範囲内において、 Sff_n が決定される。また、 FF_{total_n} が上記前提条件の基で、第 n 輪 W_n で発生可能な駆動・制動力の値の範囲を逸脱している場合には、 FF_{total_n} に最も近い駆動・制動力の値に対応するスリップ比の値が Sff_n として決定される。

10

【0462】

次いで、S202 に進んで、第 n 輪 W_n のスリップ比が Sff_n であるときの第 n 輪 W_n の横力 $Fyff_n$ を求める。この場合、例えば第 n 輪 W_n の横すべり角と路面摩擦係数とスリップ比と横力との関係（前記車輪特性関係に従う関係）を表す、あらかじめ作成されたマップに基づいて、第 n 輪 W_n の実横すべり角 f_{act} または r_{act} の値と、推定路面摩擦係数 μ_{estm} の値と、 Sff_n の値とから横力 $Fyff_n$ を求めるようにすればよい。なお、そのマップには、第 n 輪 W_n の実接地荷重 $Fzact_n$ を変数パラメータとして含めてもよい。

【0463】

次いで、S204 に進んで、スリップ比が Sff_n であるときの第 n 輪 W_n の駆動・制動力である FF_{total_n} と、該第 n 輪 W_n の横力である $Fyff_n$ との合力ベクトルが、実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメント Mff_n を求める。具体的には、第 n 輪 W_n が前輪 W_1, W_2 であるとき ($n = 1$ または 2 であるとき) には、実前輪舵角 f_{act} を基に、第 n 輪 W_n から見た実車 1 の重心点 G の位置ベクトル（水平面上での位置ベクトル）を求める。そして、その位置ベクトルと上記合力ベクトルとの外積（ベクトル積）を演算することによって、 Mff_n を求めればよい。また、第 n 輪 W_n が後輪 W_3, W_4 であるとき ($n = 3$ または 4 であるとき) には、第 n 輪 W_n から見た実車 1 の重心点 G の位置ベクトル（水平面上での位置ベクトル。これはあらかじめ設定される）と上記合力ベクトルとの外積（ベクトル積）を演算することによって、 Mff_n を求めればよい。なお、 Mff_n は、 FF_{total_n} と $Fyff_n$ と実前輪舵角 f_{act} とから ($n = 1$ または 2 である場合)、あるいは、 FF_{total_n} と $Fyff_n$ とから ($n = 3$ または 4 である場合)、あらかじめ作成したマップに基づいて求めるようにしてもよい。このようにして求められる Mff_n は、第 n 輪のフィードフォワード要求モーメント ($Mfbdmd_n = 0$ である場合の要求モーメント) に相当するものである。

20

30

【0464】

次いで、S206 に進んで、上記の如く求めた Mff_n と前記 FB 目標ブレーキモーメント $Mfbdmd_n$ とを加え合わせることにより、第 n 輪 W_n の路面反力による実車 1 の重心点 G まわりのモーメント（ヨー方向のモーメント）の仮目標値である仮目標モーメント候補 $Mcand_n$ が算出される。この $Mcand_n$ は、第 n 輪 W_n で制御要求に従って実車 1 の重心点 G のまわりに発生すべきヨー方向のモーメントを意味する。

40

【0465】

次いで、S208 に進んで、第 n 輪 W_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の横すべり角が実横すべり角（詳しくは、 $n = 1$ または 2 であるときは実前輪横すべり角 f_{act} 、 $n = 3$ または 4 であるときは実後輪横すべり角 r_{act} ）であって、路面摩擦係数（第 n 輪 W_n と路面との間の摩擦係数）が推定摩擦係数 μ_{estm} であることを前提条件として、最大モーメント発生時第 n 輪スリップ比 S_{max_n} を決定する。この処理は、前記第 1 実施形態における図 19 の S102 で最大モーメント発生時第 n 輪スリップ比 S_{max_n} を求める場合と同様に実行される。但し、 S_{max_n} は、それに対応して第 n 輪 W_n で発生する駆動・制動力と横力との合力によって実車 1 の重心点 G のまわりに発生するモーメント（最大モーメント）が前記フィードバックヨーモーメント基本要求値 $Mfbdmd$ の極性（向き）に向かって最大

50

となるように決定される。

【0466】

次いで、S210に進んで、上記の如く求めた S_{max_n} の値と0との間で、ヨ一方向のモーメントがS206で求めた M_{cand_n} に一致し、または M_{cand_n} に最も近くなる時のスリップ比 S_{cand_n} を求める。このように S_{cand_n} を決定することは、前記条件(2)、(3)を満たすような(より詳しくは、条件(2)を満たす範囲内で、条件(3)を満たすような)、駆動・制動力に対応するスリップ比を決定することと等価である。

【0467】

このS210の処理では、例えば第 n 輪 W_n の実横すべり角と路面摩擦係数とスリップ比と駆動・制動力と横力との関係(前記車輪特性関係に従う関係)を表す、あらかじめ作成されたマップと、実前輪舵角 f_{act} とに基づいて($n=1$ または2である場合)、あるいは、該マップに基づいて($n=3$ または4である場合)、前記前提条件の基で、探索的に、 S_{cand_n} を求めればよい。

10

【0468】

次いで、S212からS216の処理によって、目標第 n 輪スリップ比 S_{cmd_n} が決定される。この場合、 S_{cand_n} および S_{ff_n} が共に正の値であるとき(すなわち、 S_{cand_n} 、 S_{ff_n} にそれぞれ対応する第 n 輪 W_n の駆動・制動力が共に制動方向の駆動・制動力であるとき)には、 S_{cmd_n} に対応する駆動・制動力(制動方向の駆動・制動力)の絶対値が、前記FF総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} の絶対値よりも小さくならないように S_{cmd_n} が決定される。

20

【0469】

具体的には、S212において、 $S_{cand_n} > S_{ff_n} > 0$ であるか否かが判断され、この判断結果がYESであるときには、S214に進んで、 S_{cmd_n} に S_{cand_n} の値が代入される。また、S212の判断結果がNOであるときには、S216に進んで、 S_{cmd_n} に S_{ff_n} の値が代入される。

【0470】

次いで、S218に進んで、上記の如く決定した S_{cmd_n} に対応する第 n 輪 W_n の駆動・制動力が目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} として決定される。この場合、例えばスリップ比と駆動・制動力との関係を表す、あらかじめ作成されたマップに基づいて、 S_{cmd_n} の値に対応する F_{xcmd_n} が決定される。

30

【0471】

以上が、本実施形態における最適目標第 n 駆動・制動力決定部242b $_n$ の処理である。

【0472】

補足すると、本実施形態では、前記第1実施形態における条件(3)の代わりに、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} は、前記車輪特性関係(第 n 輪 W_n の横すべり角が実横すべり角 f_{act} または r_{act} であって、路面摩擦係数が推定摩擦係数 μ_{estm} であることを前提条件としたときの車輪特性関係)に従って第 n 輪 W_n で発生可能な駆動・制動力の値の範囲内の値となり、且つ、該車輪特性関係に従って第 n 輪 W_n で発生可能な路面反力のうち、その駆動・制動力成分が F_{xcmd_n} に等しい路面反力によって実車1の重心点Gのまわりに発生するヨ一方向のモーメントが可能な限り前記 M_{cand_n} に一致するかもしくは近いこと(M_{cand_n} との差の絶対値が最小になること)、という条件が用いられている。そして、この条件(以下、条件(3)'という)と、前記条件(1)、(2)とのうち、前記条件(1)を最上位の条件、条件(2)を次順位の条件とし、これらの条件(1)、(2)、(3)'をその優先順位に従って満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が決定されている。この場合、前記S210までの処理によって、結果的に、条件(2)を満たし得る範囲内で、条件(3)'をできるだけ満たすように、 F_{xcmd_n} が決定されることとなる。すなわち、S210の処理で決定される S_{cand_n} に対応する駆動・制動力(S212の判断結果がYESである場合における S_{cmd_n} に対応する駆動・制動力)を目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} として決定したとき、その F_{xcmd_n} は条件(2)を優先条件とし

40

50

て、条件(2)、(3)'を満足するものとなる。さらに、S212~S216の処理を経ることで、最優先の条件(1)を満たすようにFxcmd_nが決定されることとなる。

【0473】

[第4実施形態]

次に、本発明の第4実施形態を図25および図26を参照して説明する。なお、本実施形態は、前記第1実施形態と一部の処理のみが相違するので、その相違する部分を中心に説明し、同一部分については説明を省略する。また、本実施形態の説明では、第1実施形態と同一の構成部分もしくは同一の機能部分については第1実施形態と同じ参照符号を使用する。

10

【0474】

本実施形態が、第1実施形態と相違する点は、前記図18に示したアクチュエータ動作目標値合成部24の最適目標第n駆動・制動力決定部241a_n(n=1,2,3,4)の処理だけである。この場合、本実施形態では、図示は省略するが、各最適目標第n駆動・制動力決定部241a_nには、前記FF総合第n輪駆動・制動力FFtotal_nおよび無制限第n輪駆・制動力Fxdmd_nに加えて、推定摩擦係数 μ_{estm} と、第n輪Wnの実路面反力(実駆動・制動力Ffact_n、実横力Fyact_n、実接地荷重Fzact_n)とが入力される。そして、各最適目標第n駆動・制動力決定部241a_nは、入力された推定摩擦係数 μ_{estm} と、第n輪Wnの実路面反力とを基に、第n輪Wnの駆動・制動力と横力との関係を推定する。さらに、その推定した関係を利用して、目標第n輪駆動・制動力Fxcmd_nと目標第n輪スリップ比Scmd_nとを決定する。

20

【0475】

ここで、前記非特許文献1の式(2.42)に見られるように、各第n輪Wn(n=1,2,3,4)の実横すべり角がある値であるときに、該第n輪Wnに路面から作用する横力Fy_nと駆動・制動力Fx_nとの関係は、一般に、以下に示す楕円の式によって近似できる。

【0476】

【数9】

$$\left(\frac{F_{x,n}}{\mu \cdot F_{z,n}}\right)^2 + \left(\frac{F_{y,n}}{F_{y0,n}}\right)^2 = 1 \quad \dots\dots\text{式40}$$

30

【0477】

なお、式40において、 μ は路面摩擦係数、Fz_nは第n輪Wnの接地荷重、Fy0_nは第n輪Wnの駆動・制動力Fx_nが0であるときの横力である。Fy0_nは一般には、第n輪Wnの横すべり角に応じて変化する。Fy0_nの極性は、第n輪Wnの実すべり角の極性と逆になる。

【0478】

本実施形態では、この式40が、第n輪Wnの駆動・制動力と横力との関係を規定する式であるとして、この式40を利用して、Fxcmd_nとScmd_nとを決定する。この場合、式40のFy0_nを特定するために、実路面反力の値を使用する。

40

【0479】

以下に図25を参照して、本実施形態での最適目標第n駆動・制動力決定部241a_n(n=1,2,3,4)の処理を説明する。図25は、その処理を示すフローチャートである。

【0480】

まず、S300において、第n輪Wnの実路面反力Ffact_n, Fyact_n, Fzact_n(検出値もしくは推定値の最新値)と推定摩擦係数 μ_{estm} (最新値)とを基に、前記式40のFy0_nの値(駆動・制動力が0であるときの横力の値)を求める。すなわち、式40のFx_n

50

、 Fy_n 、 Fz_n 、 μ にそれぞれ Fx_{act_n} 、 Fy_{act_n} 、 Fz_{act_n} 、 μ_{estm} の値を代入する。そして、 Fy_{0_n} について解くことにより（換言すれば、図中に示す式によって）、 Fy_{0_n} の値を決定する。なお、図中の \sqrt{A} は（ A は一般変数）、 A の平方根を求める関数である。また、 Fy_{0_n} の極性（符号）は、 Fy_{act_n} と同じである。

【0481】

次いで、S302に進んで、前記式40（ Fy_{0_n} の値がS300で決定した値である場合の式40）を制約条件（ Fx_n と Fy_n との関係を規定する制約条件）として、前記無制限時第 n 輪駆動・制動力 $Fxdmd_n$ に最も近い（一致する場合を含む）駆動・制動力 Fx_n を求め、これを第 n 輪駆動・制動力候補 $Fxcand_n$ とする。この場合、式40の制約条件の基で、駆動・制動力 Fx_n が採り得る値の範囲は、 $-\mu \cdot Fz_{act_n}$ と $\mu \cdot Fz_{act_n}$ との間の範囲である。なお、 $\mu \cdot Fz_{act_n}$ は、第 n 輪 W_n と路面との間の最大摩擦力を意味する。従って、 $Fxdmd_n$ の値が、この範囲 $[-\mu \cdot Fz_{act_n}, \mu \cdot Fz_{act_n}]$ 内の値である場合には、 $Fxdmd_n$ がそのまま $Fxcand_n$ として決定され、 $Fxdmd_n$ の値が、範囲 $[-\mu \cdot Fz_{act_n}, \mu \cdot Fz_{act_n}]$ を逸脱している場合には、 $-\mu \cdot Fz_{act_n}$ と $\mu \cdot Fz_{act_n}$ とのうちの $Fxcand_n$ に近い方の値が、 $Fxcand_n$ として決定される。

10

【0482】

次いで、S304に進んで、前記式40（ Fy_{0_n} の値がS300で決定した値である場合の式40）を制約条件として、第 n 輪の路面反力（駆動・制動力 Fx_n と横力 Fy_n との合力）が実車1の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが最大となるような駆動・制動力 Fx_n の値を求め、これを最大モーメント発生時第 n 輪駆動・制動力 $Fxmmax_n$ とする。より詳しくは、前記式40の関係に従う Fx_n と Fy_n との組のうち、それらの合力が実車1の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが最大となる Fx_n 、 Fy_n の組を求め、その組の Fx_n の値を $Fxmmax_n$ として決定する。ここでの最大モーメントは、前記フィードバックヨーモーメント基本要求値 $Mfbdmd$ と同じ極性に向かって最大となるモーメントである。なお、 $Fxcand_n$ に対応する横力の極性は、S300で求めた Fy_{0_n} の極性（ $=Fy_{act_n}$ の極性）と同じである。

20

【0483】

この場合、前輪 W_1 、 W_2 に係わる $Fxmmax_n$ （ $n=1$ または2である場合の $Fxmmax_n$ ）は、推定摩擦係数 μ_{estm} （最新値）と第 n 輪 W_n の実接地荷重 Fz_{act_n} と実前輪舵角 f_{act} とから算出される。また、後輪 W_3 、 W_4 に係わる $Fxmmax_n$ （ $n=3$ または4である場合の $Fxmmax_n$ ）は、推定摩擦係数 μ_{estm} （最新値）と第 n 輪 W_n の実接地荷重 Fz_{act_n} とから算出される。

30

【0484】

ここで、代表的に、第1輪 W_1 に係わる $Fxmmax_1$ の算出の仕方を図26を参照して説明する。同図26は、実車1を平面視で模式的に示しており、図中の楕円 C_1 は、前記式40により表される楕円を示している。実車1の重心点 G のまわりに発生するモーメントが最大となるような Fx_1 、 Fy_1 の組に対応する楕円 C_1 上の点は、水平面上で第1輪 W_1 の中心点と実車1の重心点 G とを結ぶ直線 u_0 と平行な直線のうち、楕円 C_1 に接する直線 u_m と楕円 C_1 との接点 P_s である。なお、この例では、 $Fxcand_1$ が負の（制動方向の）駆動・制動力であるとし、接点 P_s における Fx_1 も負の値であるとしている。

40

【0485】

ここで、第1輪 W_1 の前後方向に対して直線 u_m （または u_0 ）がなす角度を図示の如くおくと、接点 P_s における、 Fy_1 の Fx_1 に対する変化率 Fy_1 / Fx_1 は、次式41で示す如く \tan に等しい。さらに、 \tan は、実前輪舵角 f_{act} から、次式42の幾何学的演算により求められる。

【0486】

$$Fy_1 / Fx_1 = \tan \dots \dots \text{式 4 1}$$

$$\tan = (-Lf \cdot \sin f_{act})$$

50

$$+ (df/2) \cdot \cos f_act) / (Lf \cdot \cos f_act + (df/2) \cdot \sin f_act) \dots \dots \text{式 4 2}$$

なお、式 4 2 の df、Lf の意味は、前記図 1 3 と同じである。

【 0 4 8 7 】

一方、前記式 4 0 によってから、次式 4 3 が得られる。

【 0 4 8 8 】

$$Fy_1 / Fx_1 = - (Fy0_1 / (\mu\text{estm} \cdot Fzact_1))^2 \cdot (Fx_1 / Fy_1) \dots \dots \text{式 4 3}$$

10

前記式 4 1、4 3 と前記式 4 0 とから、接点 Ps における Fx_1 の値、すなわち、Fxmmax_1 は、次式 4 4 により与えられることとなる。

【 0 4 8 9 】

$$Fxmmax_1 = \mu\text{estm} \cdot Fzact_1 / \text{sqrt}(1 + Fy0_1^2 / (\tan \cdot \mu\text{estm} \cdot Fzact_1)^2) \dots \dots \text{式 4 4}$$

この式 4 4 と前記式 4 2 とが、Fxmmax_1 を求めるための式である。なお、Fxcand_1 が正の値であるときには、Fxmmax_1 は、式 4 4 の右辺の演算結果の符号を反転させた値となる。

20

【 0 4 9 0 】

他の車輪 W 2 ~ W 4 についても、上記と同様に Fxmmax_n (n = 1 , 2 , 3) を算出することができる。なお、後輪 W 3 , W 4 については、実舵角は 0 であるので、その値は、必要ない。

【 0 4 9 1 】

図 2 5 のフローチャートの説明に戻って、S 3 0 6 から S 3 1 4 まで、前記第 1 実施形態における図 1 9 の S 1 0 4 ~ S 1 1 2 までの処理と同じ処理が実行され、これにより、目標第 n 輪駆動・制動力 Fxcmd_n が決定される。

【 0 4 9 2 】

次いで、S 3 1 6 に進んで、Fxcmd_n に対応するスリップ比を求め、それを目標第 n 輪目標スリップ比 Scmd_n として決定する。この場合、例えば、第 n 輪 W n の駆動・制動力とスリップ比との関係を表す、あらかじめ定められたマップに基づいて、目標第 n 輪スリップ比 Scmd_n が決定される。なお、ここで使用するマップは、μestm と、第 n 輪 W n の実横すべり角 f_act または r_act (あるいは Fy0_n) との組に対応するマップである。

30

【 0 4 9 3 】

以上の S 3 0 0 ~ S 3 1 6 の処理によって、前記条件 (1) ~ (3) と同等の条件を満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 Fxcmd_n が決定される。そして、条件 (1) ~ (3) の全てを満たす目標第 n 輪駆動・制動力 Fxcmd_n を決定できない場合には、優先順位の高い条件を優先的に満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 Fxcmd_n が決定される。

【 0 4 9 4 】

40

[第 5 実施形態]

次に、本発明の第 5 実施形態を図 2 7 を参照して説明する。なお、本実施形態は、前記第 3 実施形態と一部の処理のみが相違するので、その相違する部分を中心に説明し、同一部分については説明を省略する。また、本実施形態の説明では、第 3 実施形態と同一の構成部分もしくは同一の機能部分については第 3 実施形態と同じ参照符号を使用する。

【 0 4 9 5 】

本実施形態が、第 3 実施形態と相違する点は、前記図 2 3 に示したアクチュエータ動作目標値合成部 2 4 の最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n (n = 1 , 2 , 3 , 4) の処理だけである。この場合、本実施形態では、図示は省略するが、各最適目標第 n 駆動

50

・制動力決定部 2 4 1 b_nには、前記 F F 総合第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} および無制限時第 n 輪駆動・制動力 F_{xdmd_n} に加えて、推定摩擦係数 μ_{estm} と、第 n 輪 W_n の実路面反力（実駆動・制動力 F_{xact_n} 、実横力 F_{yact_n} 、実接地荷重 F_{zact_n} ）とが入力される。そして、各最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_nは、入力された推定摩擦係数 μ_{estm} と、第 n 輪 W_n の実路面反力とを基に、前記式 4 0 により表される第 n 輪 W_n の駆動・制動力と横力との関係を推定する。さらに、その推定した関係を利用して、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} と目標第 n 輪スリップ比 S_{cmd_n} とを決定する。

【 0 4 9 6 】

図 2 7 は本実施形態における各最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_nの処理を示すフローチャートである。以下、説明すると、まず、S 4 0 0 において、前記図 2 5 の S 3 0 0 と同じ処理が実行され、式 4 0 の F_{y0_n} の値が求められる。

10

【 0 4 9 7 】

次いで、S 4 0 2 に進んで、前記 F F 総合目標第 n 輪駆動・制動力 FF_{total_n} に対応する横力 F_{yff_n} を求める。すなわち、前記式 4 0 の F_{x_n} 、 F_{z_n} 、 μ にそれぞれ FF_{total_n} 、 F_{zact_n} 、 μ_{estm} の値を代入すると共に、式 4 0 の F_{y0_n} に S 4 0 0 で求めた値を代入して、 F_{y_n} について解くことにより（換言すれば図中に示す式によって）、 F_{yff_n} の値を決定する。

【 0 4 9 8 】

次いで、S 4 0 4 に進んで、第 n 輪 W_n の駆動・制動力が FF_{total_n} で、且つ横力が F_{yff_n} であったときに、これらの合力が実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントを求め、これを第 n 輪 F F モーメント M_{ff_n} とする。この処理は、前記図 2 4 の S 2 0 4 の処理と同様に行なわれる。このようにして求められる M_{ff_n} は、第 n 輪のフィードフォワード要求モーメント（ $M_{fbdmd_n} = 0$ である場合の要求モーメント）に相当するものである。

20

【 0 4 9 9 】

次いで、S 4 0 6 に進んで、上記の如く求めた M_{ff_n} と前記 F B 目標ブレーキモーメント M_{fbdmd_n} とを加え合わせるにより、第 n 輪 W_n の路面反力による実車 1 の重心点 G まわりのモーメント（ヨー方向のモーメント）の仮目標値である仮目標モーメント候補 M_{cand_n} が算出される。

【 0 5 0 0 】

次いで、S 4 0 8 に進んで、前記式 4 0 を制約条件として、第 n 輪 W_n の路面反力（駆動・制動力 F_{x_n} と横力 F_{y_n} との合力）が実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが前記フィードバックヨーモーメント基本要求値 M_{fbdmd} の極性と同一極性に向かって最大となるような路面反力の駆動・制動力 F_{x_n} を求め、これを最大モーメント発生時第 n 輪駆動・制動力 F_{xmmax_n} とする。この処理は、前記図 2 5 の S 3 0 4 の処理と同じである。

30

【 0 5 0 1 】

次いで、S 4 1 0 に進んで、前記式 4 0 を制約条件として、第 n 輪 W_n の路面反力（駆動・制動力 F_{x_n} と横力 F_{y_n} との合力）が実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向モーメントが M_{cand_n} に一致または最も近くなるときの F_{x_n} を求め、これを第 n 輪 W_n の駆動・制動力の候補 F_{xcand_n} （第 n 輪駆動・制動力候補 F_{xcand_n} ）とする。ただし、 $0 > F_{xmmax_n} > F_{xcand_n}$ または $0 < F_{xmmax_n} < F_{xcand_n}$ とならないように（換言すれば、 F_{xcand_n} の符号が F_{xmmax_n} の符号と異なるか、または、 F_{xcand_n} の絶対値が F_{xmmax_n} の絶対値以下になるように）、 F_{xcand_n} が決定される。

40

【 0 5 0 2 】

この場合、 M_{cand_n} の絶対値が F_{xmmax_n} に対応する最大モーメントの絶対値以上である場合には、 F_{xmmax_n} が F_{xcand_n} として決定される。

【 0 5 0 3 】

また、 M_{cand_n} の絶対値が、 F_{xmmax_n} に対応する最大モーメントの絶対値よりも小さい場合には、式 4 0 の関係を満たす F_{x_n} 、 F_{y_n} の組のなかから、それらの合力が実車 1 の重

50

心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが M_{cand_n} に一致するような F_{x_n} , F_{y_n} の組が探索的に求められる。そして、その求められた F_{x_n} が、 F_{xcand_n} として決定される。なお、この処理では、前輪 W_1 , W_2 に関しては、式 40 だけでなく、実前輪舵角 f_{act} の値も使用される。

【 0 5 0 4 】

この場合、 F_{x_n} , F_{y_n} の合力が実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが M_{cand_n} に一致するような F_{x_n} , F_{y_n} の組は、2 組存在するものの、 $F_{x_{max_n}} < 0$ であるときには、 $F_{x_n} > F_{x_{max_n}}$ となる方の F_{x_n} が F_{xcand_n} として決定され、 $F_{x_{max_n}} > 0$ であるときには、 $F_{x_n} < F_{x_{max_n}}$ となる F_{x_n} が F_{cand_n} として決定される。

【 0 5 0 5 】

かかる S 4 1 0 の処理により、式 40 が満たされる範囲内において、 $0 > F_{x_{max_n}} > F_{xcand_n}$ または $0 < F_{x_{max_n}} < F_{xcand_n}$ とならないようにしつつ、実車 1 の重心点まわりに発生するヨー方向のモーメントが M_{cand_n} に一致するか、もしくは最も近くなるように F_{xcand_n} が決定される。

【 0 5 0 6 】

次いで、S 4 1 2 に進んで、 $0 > FF_{total_n} > F_{xcand_n}$ であるか否かを判断する。そして、この判断結果が YES であるときには、S 4 1 4 に進んで、 F_{xcand_n} の値を F_{xcmd_n} に代入する。また、S 4 1 2 の判断結果が NO であるときには、S 4 1 6 に進んで、 FF_{total_n} の値を F_{xcmd_n} に代入する。これにより、目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd} が決定される。

【 0 5 0 7 】

次いで、S 4 1 8 に進んで、 F_{xcmd_n} に対応するスリップ比を目標第 n 輪スリップ比 $Scmd_n$ として決定する。この処理は、図 25 の S 3 1 6 の処理と同じである。

【 0 5 0 8 】

以上が、本実施形態における最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 b_n の処理の詳細である。

【 0 5 0 9 】

補足すると、本実施形態では、前記第 1 実施形態における条件 (3) の代わりに、前記第 3 実施形態に関して説明した条件 (3) ' と同様の条件が用いられている。ただし、この場合、前記第 3 実施形態における車輪特性関係が、前記式 (40) の楕円関数に相当する。従って、本実施形態における条件 (3) ' は、より詳しくは、前記式 (40) に従って第 n 輪 W_n で発生可能な駆動・制動力の値の範囲内の値となり、且つ、該車輪特性関係に従って第 n 輪 W_n で発生可能な路面反力のうち、その駆動・制動力成分が F_{xcmd_n} に等しい路面反力によって実車 1 の重心点 G のまわりに発生するヨー方向のモーメントが可能な限り前記 M_{cand_n} に一致するかもしくは近いこと (M_{cand_n} との差の絶対値が最小になること)、という条件である。そして、この条件 (3) ' と、前記条件 (1) 、 (2) とのうち、前記条件 (1) を最上位の条件、条件 (2) を次順位の条件とし、これらの条件 (1) 、 (2) 、 (3) ' をその優先順位に従って満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} が決定されている。この場合、前記 S 4 1 0 までの処理によって、結果的に、条件 (2) を満たし得る範囲内で、条件 (3) ' をできるだけ満たすように、 F_{xcmd_n} が決定されることとなる。さらに、S 4 1 2 ~ S 4 1 6 の処理を経ることで、最優先の条件 (1) を満たすように F_{xcmd_n} が決定されることとなる。

【 0 5 1 0 】

次に、前記第 1 ~ 第 5 実施形態の変形態様をいくつか説明する。

[変形態様 1]

前記第 1 ~ 第 5 実施形態では、規範状態量として規範ヨーレート $\dot{\delta}$ と規範車両重心点横すべり角 δ とを用いたが、次のようにしてもよい。例えば規範動特性モデルにより規範ヨーレート $\dot{\delta}$ だけを規範状態量として逐次求める。そして、実ヨーレート $\dot{\delta}_{act}$ とその規範ヨーレート $\dot{\delta}$ との差である状態量偏差 err を 0 に近づけるように、規範動特性モデ

10

20

30

40

50

ルと実車 1 のアクチュエータ装置 3 とを操作するようにしてもよい。この場合、前記式 (1) により表した規範動特性モデル 16 の代わりに、例えば、図 28 に示す規範動特性モデル 56 によって、規範ヨーレート $\dot{\delta}$ を逐次決定するようにしてもよい。

【0511】

以下、図 28 の規範動特性モデル 56 をより詳細に説明すると、この規範動特性モデル 56 には、ステアリング角 δ と、実走行速度 V_{act} と、規範動特性モデル 56 の操作用の制御入力 (δ_{err} を 0 に近づけるための制御入力) としての仮想外力モーメント (ヨー方向のモーメント) M_{vir} とが制御処理周期毎に逐次入力される。なお、 δ と V_{act} は最新値 (今回値) であり、 M_{vir} は前回値である。

【0512】

そして、規範動特性モデル 56 は、まず、入力された δ , V_{act} から整定目標値決定用マップ 56 a により、整定目標ヨーレート $\dot{\delta}_{target}$ を求める。該整定目標ヨーレート $\dot{\delta}_{target}$ は、 δ と V_{act} とがそれらの入力値に定常的に維持されたとした場合のモデル車両 (本実施形態での規範動特性モデル 56 上の車両) のヨーレートの収束値を意味する。なお、整定目標値決定用マップ 56 a は、推定摩擦係数 μ_{estm} に応じて設定しておくことが望ましい。

【0513】

次いで、規範ヨーレート $\dot{\delta}$ の前回値 (規範動特性モデル 56 から前回の制御処理周期で求めた値) と、上記整定目標ヨーレート $\dot{\delta}_{target}$ とが、フライホイール追従則 56 b に入力される。そして、このフライホイール追従制御則 56 b により、フライホイール用 FB モーメント M_{fb} を決定する。ここで、本実施形態では、モデル車両のそのヨー方向の回転運動を水平なフライホイール (回転軸が鉛直方向の軸であるフライホイール) の回転運動により表現する。そして、そのフライホイールの回転角速度を規範ヨーレート $\dot{\delta}$ として出力する。

【0514】

そこで、フライホイール追従則 56 b は、そのフライホイールの回転角速度、すなわち、規範ヨーレート $\dot{\delta}$ を前記整定目標ヨーレート $\dot{\delta}_{target}$ に収束させるように、フィードバック制御則 (例えば比例則、比例・微分則など) により、フライホイールに入力するモーメント (フライホイールに入力する外力の次元の制御入力) としての前記フライホイール用 FB モーメント M_{fb} を決定する。

【0515】

次いで、規範動特性モデル 56 は、加算器 56 c において、この M_{fb} に、仮想外力モーメント M_{vir} を加え合わせることで、フライホイールの入力 (モーメント) を決定する。そして、この入力モーメントを、処理部 56 d において、フライホイールの慣性モーメント J により除算することにより、フライホイールの回転角加速度を求める。さらにその回転角加速度を積分してなる値 (図では、その積分を演算子「 $1/s$ 」により表している) を規範ヨーレート $\dot{\delta}$ として出力する。

【0516】

なお、フライホイールの慣性モーメント J の値は、例えば実車 1 の重心点 G のまわりの慣性モーメントの値と同一か、もしくはほぼ同一の値に設定しておけばよい。あるいは、実車 1 の走行中に同定した値を使用してもよい。

【0517】

以上が、規範動特性モデル 56 の処理の詳細である。

【0518】

補足すると、この変形態様 1 における規範動特性モデル 56 以外の処理については、例えば前記第 1 実施形態と同様でよい。ただし、前記第 1 実施形態の仮想外力決定部 20 a の処理では、例えば、 δ_{err} 、 $\dot{\delta}_{da}$ 、 $\dot{\delta}_{over}$ を 0 とし、 M_{vir} を決定し、その M_{vir} を規範動特性モデル 56 にフィードバックする。この場合、 $\dot{\delta}_{da}$ に関しては、例えば V_{act} , δ の今回値と、 δ_{err} に応じた M_{vir} の仮値 M_{virtmp} とから規範動特性モデル 56 上の車両のヨーレートの所定時間後の値を予測し、その予測値を $\dot{\delta}_{da}$ として使用すればよい。あるいは、例えば $\dot{\delta}_{act}$ の今回値、もしくは、 $\dot{\delta}_{act}$ と $\dot{\delta}$ との線形結合値を $\dot{\delta}_{da}$ として使用するよ

10

20

30

40

50

うにしてもよい。また、アクチュエータ動作FB目標値決定部20bの処理では、errを0として、前記第1実施形態で説明した処理を実行する。なお、この変形態様1では、規範操作量決定部14の処理は不要である。これ以外は、前記第1実施形態で説明した処理と同じでよい。

【0519】

[変形態様2]

前記第1～第5実施形態では、車両(実車1およびモデル車両)の横方向の並進運動に関する基底の状態量、回転運動に関する基底の状態量として(本発明における第1状態量として)、車両重心点横すべり角、ヨーレートを使用したが、これら以外の状態量を使用してもよい。すなわち、適当な変換マトリクスによって、車両の運動の記述をととを基底とする系から、それ以外の状態量の組を基底とする系に変換してもよい。

10

【0520】

例えば、車両の重心点の横すべり速度(走行速度Vactの横方向成分)である車両横すべり速度Vyを車両重心点横すべり角の代わりに用いてもよい。補足すると、車両重心点横すべり角やヨーレートに比べて、車両の走行速度Vactの変化が緩慢であり、該走行速度Vactが一定であるとみなせる場合には、次式50a, 50bによって、ならびにd/dt(の時間微分値)を、それぞれ、Vy、dVy/dt(Vyの時間微分値)に変換することができる。

【0521】

20

$$Vy = Vact \cdot \dots \dots \text{式 } 50a$$
$$dVy/dt = Vact \cdot d/dt \dots \dots \text{式 } 50b$$

また、例えば車両の重心点の横すべり加速度(Vyの時間的变化率)である車両横すべり加速度yとヨーレートとを基底の状態量として使用してもよい。

【0522】

補足すると、車両横すべり加速度yは、車両横すべり速度Vy = Vact \cdot の時間微分値である。すなわち、次式51が成り立つ。

【0523】

30

$$y = d(Vact \cdot)/dt = dVact/dt \cdot + Vact \cdot d/dt \dots \dots \text{式 } 51$$

さらに、横すべり角やヨーレートに比べて車両の走行速度Vactの変化が緩慢であり、Vactが一定とみなせる場合(dVact/dt = 0とみなせる場合)には、前記式01と式51とに基づいて、近似的に次式52が成立する。

【0524】

$$y = Vact \cdot d/dt = a11 \cdot Vact \cdot + a12 \cdot Vact \cdot \dots \dots \text{式 } 52$$

40

従って、次式53で示す変換式によって、ととを基底とする系は、yととを基底とする系に変換される。

【0525】

【数10】

$$\begin{bmatrix} \alpha y \\ \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a11 \cdot Vact & a12 \cdot Vact \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} \dots \dots \text{式 } 53$$

【0526】

上記のように、適当なマトリクスによって、車両の運動の記述をととを基底とする

50

系から、 V_y と γ と を基底とする系や、 y と γ と を基底とする系などに変換することができる。そして、このように車両の運動の基底を変換した場合には、前記第1～第5実施形態で説明した、状態量（ヨーレートおよび車両重心点横すべり角）に係わる行列の各要素値は、該実施形態と異なるものになるものの、それ以外に関しては、前記各実施形態における「車両重心点横すべり角」を「車両横すべり速度 V_y 」、あるいは、「車両横すべり加速度」に読み替えればよいこととなる。従って、 V_y と γ との組、あるいは、 y と γ との組を状態量として使用した実施形態を前記第1～第5実施形態と同様に構築できる。

【0527】

なお、車両横すべり加速度 y の代わりに、これに車両の求心加速度（ $= V_{act} \cdot \gamma$ ）を加えた横加速度 y' （ $= y + V_{act} \cdot \gamma$ ）を用いてもよい。

10

【0528】

さらに、車両の重心点での横すべり角 γ や横すべり速度 V_y の代わりに、重心点以外の位置（例えば後輪の位置）における車両の横すべり角や横すべり速度、横すべり加速度、あるいは横加速度を用いてもよい。この場合も、適当なマトリクスによって、車両の運動の記述を、車両重心点横すべり角 γ とヨーレート $\dot{\gamma}$ とを基底とする系から、車両の重心点以外の位置における車両の横すべり角や横すべり速度、横すべり加速度、あるいは横加速度と、ヨーレート $\dot{\gamma}$ とを基底とする系に変換することができる。

【0529】

また、前記FB分配則20における制限対象量にあっても、実車1あるいはモデル車両の車両重心点横すべり角 γ の代わりに、その重心点の横すべり速度や横すべり加速度、あるいは横加速度の予測値や今回値（最新値）、あるいはフィルタリング値を使用するようにしてもよい。さらに、車両の重心点以外の位置における車両の横すべり角や横すべり速度、横すべり加速度、あるいは横加速度の予測値や今回値（最新値）、あるいは、フィルタリング値を制限対象量として使用するようにしてもよい。

20

【0530】

[変形態様3]

前記第1～第5実施形態では、状態量偏差 err 、 err を0に近づけるためのモデル操作の制御入力として、仮想外力 M_{vir} 、 F_{vir} を使用した。車両モデル操作の制御入力は仮想外力に限られるものではない。例えば、実車1が全ての車輪 $W1 \sim W4$ を操舵可能とするステアリング装置を備えているか否かによらずに、モデル車両の全ての車輪を操舵輪とする。そして、仮想外力に相当する路面反力の補償量（補正要求量）をモデル車両に発生させるように（ひいては状態量偏差を0に近づけるように）、モデル車両の操舵輪の舵角とモデル車両の車輪の駆動・制動力とを操作するようにしてもよい。この場合、規範動特性モデルが線形系（規範動特性モデル上の路面反力に飽和特性を持たない系）である場合には、モデル車両の操舵輪の舵角とモデル車両の車輪の駆動・制動力とを操作することで、モデル車両に仮想外力を付与する場合と同等の効果を持たせることができる。

30

【0531】

例えば、規範動特性モデルの動特性を表す式として前記式01の代わりに、次式60を用いてもよい。

40

【0532】

【数11】

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \beta_d \\ \gamma_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_d \\ \gamma_d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \cdot (\delta f_{td2} + \delta f_{fb})$$

$$+ \begin{bmatrix} b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} \cdot \delta r_{fb} + b_5 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ F_{x2fb} - F_{x1fb} \end{bmatrix}$$

$$+ b_6 \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ F_{x4fb} - F_{x3fb} \end{bmatrix} \quad \dots\dots \text{式60}$$

50

【 0 5 3 3 】

この式 6 0 により表される規範動特性モデルは、モデル車両の前輪の舵角の補償量 f_{fb} と、後輪の舵角の補償量（補正要求量） r_{fb} と、第 1 ~ 第 4 輪の駆動・制動力の補償量（補正要求量） $Fx1fb$, $Fx2fb$, $Fx3fb$, $Fx4fb$ とをモデル操作のフィードバック制御入力とするモデルである。なお、式 6 0 における $a11$, $a12$, $a21$, $a22$, $b1$, $b2$ は、前記式 0 1 の但し書きで示したものと同一でよい。また、 $b3$, $b4$ は、例えば $b3 = 2 \cdot Kr / (m \cdot Vd)$ 、 $b4 = 2 \cdot Lr \cdot Kr / I$ とすればよい。また、式 6 0 の右辺の第 4 項は、モデル車両の前輪の駆動・制動力の補償量 $Fx1fb$, $Fx2fb$ がモデル車両の重心点のまわりに発生するモーメント（これは、前記図 1 3 のように 4 個の車輪 $W1 \sim W4$ を備えたモデル車両の前輪 $W1$ に $Fx1fb$ の駆動・制動力を発生させ、前輪 $W2$ に $Fx2fb$ の駆動・制動力を発生させた場合に、該モデル車両の重心点のまわりに発生するモーメントを意味する）である。また、第 5 項は、モデル車両の後輪の駆動・制動力の補償量 $Fx3fb$, $Fx4fb$ がモデル車両の重心点のまわりに発生するモーメント（これは、前記図 1 3 のように 4 個の車輪 $W1 \sim W4$ を備えたモデル車両の後輪 $W3$ に $Fx3fb$ の駆動・制動力を発生させ、後輪 $W4$ に $Fx4fb$ の駆動・制動力を発生させた場合に、該モデル車両の重心点のまわりに発生するモーメントを意味する）である。従って、これらの第 4 項および第 5 項の係数 $b5$, $b6$ は、それぞれ、少なくともモデル車両の前輪のトレッド、後輪のトレッドに応じて定まる係数である。該係数は、モデル車両の前輪の舵角あるいは後輪の舵角に応じて補正してもよい。

10

【 0 5 3 4 】

このような式 6 0 により表される規範動特性モデルを使用した場合、前輪の舵角の補償量 f_{fb} および後輪の舵角の補償量 r_{fb} は、例えば次式 6 1 a, 6 1 b を用いて決定するようにすればよい。式 6 1 a は前記式 1 5 に対応する式であり、式 6 1 b は前記式 1 7、1 8 a, 1 8 b に対応する式である。

20

【 0 5 3 5 】

【 数 1 2 】

$$\begin{bmatrix} \delta f_{fbtmp} \\ \delta r_{fbtmp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Kmdlstrtmp11 & Kmdlstrtmp12 \\ Kmdlstrtmp21 & Kmdlstrtmp22 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_{err} \\ \gamma_{err} \end{bmatrix} \dots\dots \text{式61a}$$

$$\begin{bmatrix} \delta f_{fb} \\ \delta r_{fb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta f_{fbtmp} \\ \delta r_{fbtmp} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Kmdlstrov11 & Kmdlstrov12 \\ Kmdlstrov21 & Kmdlstrov22 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_{over} \\ \gamma_{over} \end{bmatrix}$$

……式61b

30

【 0 5 3 6 】

f_{fbtmp} 、 r_{fbtmp} は、それぞれ前輪の舵角の補償量の仮値、後輪の舵角の補償量の仮値を意味し、 err , err , $over$, $over$ は、前記第 1 実施形態で説明したものと同一である。

40

【 0 5 3 7 】

また、モデル車両の第 1 ~ 第 4 輪の駆動・制動力の補償量（補正要求量） $Fx1fb$, $Fx2fb$, $Fx3fb$, $Fx4fb$ 、あるいは、前輪の駆動・制動力の補償量の差 ($Fx2fb - Fx1fb$) および後輪の駆動・制動力の補償量の差 ($Fx4fb - Fx3fb$) は、例えば 0 とすればよい。

【 0 5 3 8 】

[その他の変形態様]

前記第 1 ~ 第 3 実施形態では、アクチュエータ動作目標値合成部 2 4 の各最適目標第 n 駆動・制動力決定部 2 4 1 a_n または 2 4 1 b_n ($n = 1, 2, 3, 4$) の処理で、実前輪横すべり角 f_{act} 、実後輪横すべり角 r_{act} を使用した。ただし、これらの代わりに、

50

実車両重心点横すべり角 δ_{act} を使用してもよい。あるいは、 f_{act} 、 r_{act} のそれぞれの代わりに、それぞれモデル車両の前輪横すべり角 f_d 、後輪横すべり角 r_d を使用したり、 f_{act} 、 r_{act} の代わりに、モデル車両の車両重心点横すべり角 δ を使用してもよい。あるいは、実車 1 の f_{act} 、 r_{act} のそれぞれとモデル車両の f_d 、 r_d のそれぞれとの重み付き平均値を、それぞれ f_{act} 、 r_{act} の代わりに使用したり、実車 1 の δ_{act} とモデル車両の δ との重み付き平均値を f_{act} 、 r_{act} の代わりに使用してもよい。この場合、その重みに周波数特性（例えば位相補償要素として機能する周波数特性）を持たせるようにしてもよい。

【0539】

また、前記第 1 ~ 第 5 実施形態における各処理部の入力値や出力値（検出値、推定値、目標値など）は、適宜、フィルタ（ローパスフィルタ、ハイパスフィルタ、位相補償要素など）に通すようにしてもよい。

10

【0540】

また、制御装置 10 の各処理機能部では、第 1 ~ 第 5 実施形態と等価になるように、あるいは、近似的に等価になるように、処理を変換したり、処理の順番を変更してもよい。

【0541】

また、各リミッタは、その入力と出力との関係が折れ線状のグラフで表されるものでなくとも、例えば S 字状のグラフで表されるようなリミッタを用いてもよい。

【0542】

また、規範動特性モデルの精度を高めるために、該モデルを空気抵抗や、路面の傾斜角などを加味して構成してもよい。

20

【0543】

また、前記各実施形態で使用する各ゲインは、実走行速度 V_{act} 、推定摩擦係数 μ_{estm} 等に応じて、逐次変更することが望ましい。

【0544】

また、ステアリング装置 3 B がアクティブステアリング装置である場合には、 δ_{err} 、 $\dot{\delta}_{err}$ などの状態量偏差（本発明における第 1 状態量偏差）に応じたフィードバック制御を行なうアクチュエータ装置として、ステアリング装置 3 B だけを使用してもよい。

【0545】

また、サスペンション装置 3 C がアクティブサスペンション装置である場合には、実車 1 およびモデル車両の第 1 状態量として、例えば車体のロール方向の姿勢の角度（以下、ロール角という）もしくはその角速度を使用し、実車 1 のロール角の角速度とモデル車両のロール角の角速度との偏差、および実車 1 のロール角とモデル車両のロール角との偏差の少なくともいずれか一方を第 1 状態量偏差として、その偏差に応じたフィードバック制御をサスペンション装置 3 C に対して行なうようにしてもよい。この場合、本発明における第 2 状態量としては、例えばロール角を使用することが好適である。

30

【0546】

また、前記第 1 ~ 第 5 実施形態では、条件 (1)、(2)、(3)、あるいは、条件 (1)、(2)、(3)' をそれらの優先順位に従って満足するように目標第 n 輪駆動・制動力 F_{xcmd_n} および目標第 n 輪スリップ比 S_{cmd_n} を決定するようにした。ただし、例えば条件 (3) または (3)' だけを満足するように F_{xcmd_n} および S_{cmd_n} を決定するようにしてもよい。あるいは、条件 (1)、(2) のいずれかと、条件 (3) または (3)' との 2 つの条件だけをそれらの優先順位に従って満足するように F_{xcmd_n} および S_{cmd_n} を決定するようにしてもよい。

40

【0547】

また、前記条件 (1) あるいは (2) を満たすための各車輪 $W_1 \sim W_4$ の駆動・制動力あるいはスリップ比を制限する範囲に関しては、「 δ 以下」（ δ は、ある境界値を意味する）というように規定する代わりに、「 δ に C_1 を乗じてなる値以下」というように当該範囲を規定するようにしてもよい。ここで、 C_1 は補正係数を意味し、1 に近い値に設定される。

50

【0548】

また前記第1～第5実施形態では、4輪の車両1を例に採って説明したが、自動二輪車などの車両においても本発明を適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0549】

以上説明したことから明らかなように、本発明は、自動車や自動二輪車の運動を高いロバスト性で所望の運動に制御し得るものとして有用である。

【図面の簡単な説明】

【0550】

【図1】本発明の実施形態における車両の概略構成を示すブロック図。

10

【図2】本発明の第1実施形態における車両に備えた制御装置の全体的な制御処理機能の概略を示す機能ブロック図。

【図3】第1実施形態における規範動特性モデル(車両モデル)上の車両の構造を示す図。

【図4】第1実施形態における規範操作量決定部の処理機能の詳細を示す機能ブロック図。

【図5】第1実施形態における規範操作量決定部に備える遠心力過大化防止リミッタの処理を説明するためのグラフ。

【図6】第1実施形態における遠心力過大化防止リミッタの処理の他の例を説明するためのグラフ。

20

【図7】第1実施形態における遠心力過大化防止リミッタの処理の他の例を説明するためのグラフ。

【図8】第1実施形態における規範操量決定部で第2制限済み前輪舵角 f_ltd2 を決定するための処理の他の例を示す機能ブロック図。

【図9】第1実施形態におけるFB分配則の処理機能を示す機能ブロック図。

【図10】第1実施形態における仮想外力決定部の処理の他の例を示す機能ブロック図。

【図11】第1実施形態における制限器の処理の他の例を説明するためのグラフ。

【図12】第1実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部の処理を示す機能ブロック図。

【図13】第1実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部の処理で使用する変数を説明するための図。

30

【図14】図14(a)、(b)は、第1実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部の処理で使用する分配ゲインの設定例を示すグラフ。

【図15】図15(a)～(e)は、第1実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部の処理の他の例で使用するマップを例示する図。

【図16】図16(a)～(e)は、第1実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部の処理の他の例で使用するマップを例示する図。

【図17】第1実施形態におけるFF則の処理を示す機能ブロック図。

【図18】第1実施形態におけるアクチュエータ動作目標合成部の処理を示す機能ブロック図。

40

【図19】第1実施形態におけるアクチュエータ動作目標合成部に備えた最適目標第n輪駆動・制動力決定部の処理を示すフローチャート。

【図20】第1実施形態におけるアクチュエータ動作目標合成部に備えた最適目標アクティブ舵角決定部の処理を示す機能ブロック図。

【図21】第2実施形態におけるFB分配則の仮想外力決定部の処理を示す機能ブロック図。

【図22】第3実施形態におけるアクチュエータ動作FB目標値決定部の処理を示す機能ブロック図。

【図23】第3実施形態におけるアクチュエータ動作目標値合成部の処理を示す機能ブロック図。

50

【図24】第3実施形態におけるアクチュエータ動作目標合成部に備えた最適目標第n輪駆動・制動力決定部の処理を示すフローチャート。

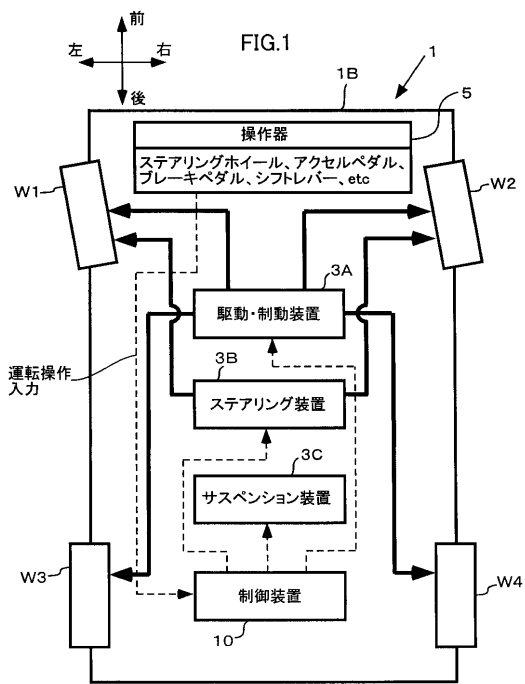
【図25】第4実施形態におけるアクチュエータ動作目標合成部に備えた最適目標第n輪駆動・制動力決定部の処理を示すフローチャート。

【図26】図25のS304の処理の一例を説明するための図。

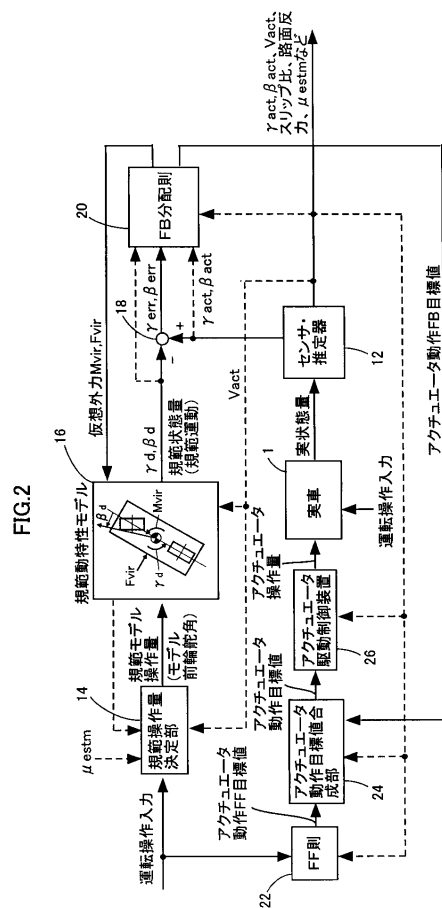
【図27】第5実施形態におけるアクチュエータ動作目標合成部に備えた最適目標第n輪駆動・制動力決定部の処理を示すフローチャート。

【図28】本発明の実施形態の変形態様1における規範動特性モデルの処理を示す機能ブロック図。

【図1】

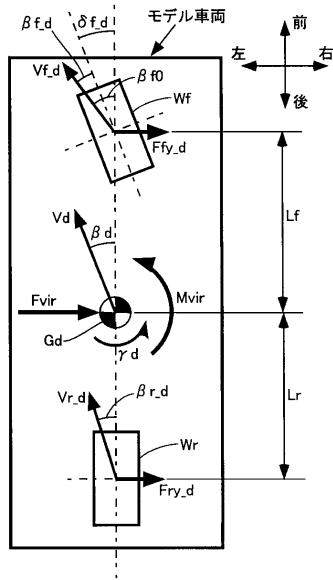


【図2】

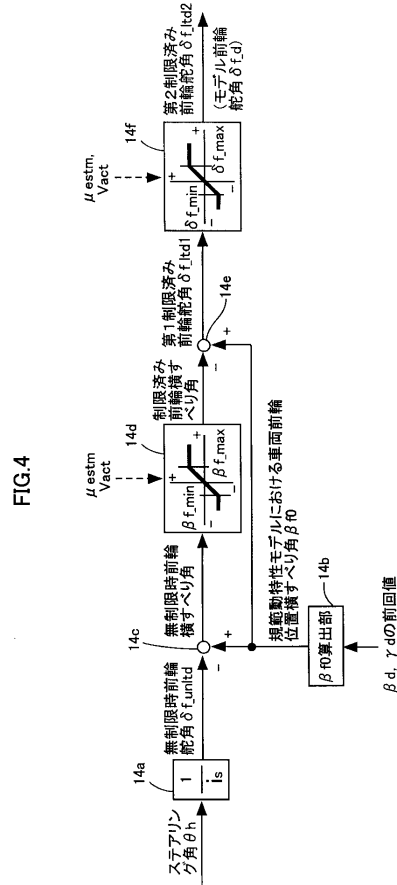


【 図 3 】

FIG.3



【 図 4 】



【 図 5 】

FIG.5(a)

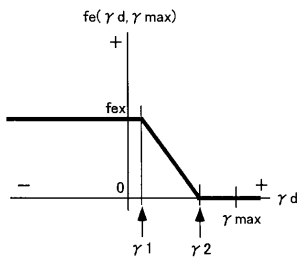
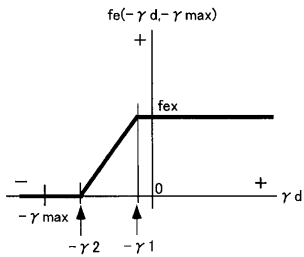
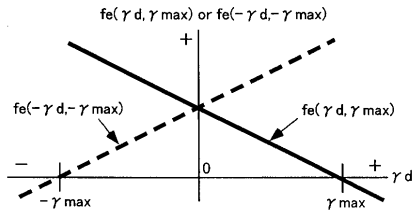


FIG.5(b)



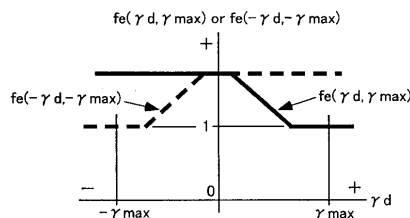
【 図 6 】

FIG.6

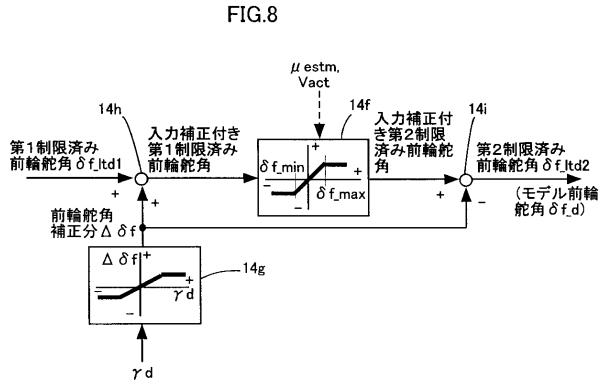


【 図 7 】

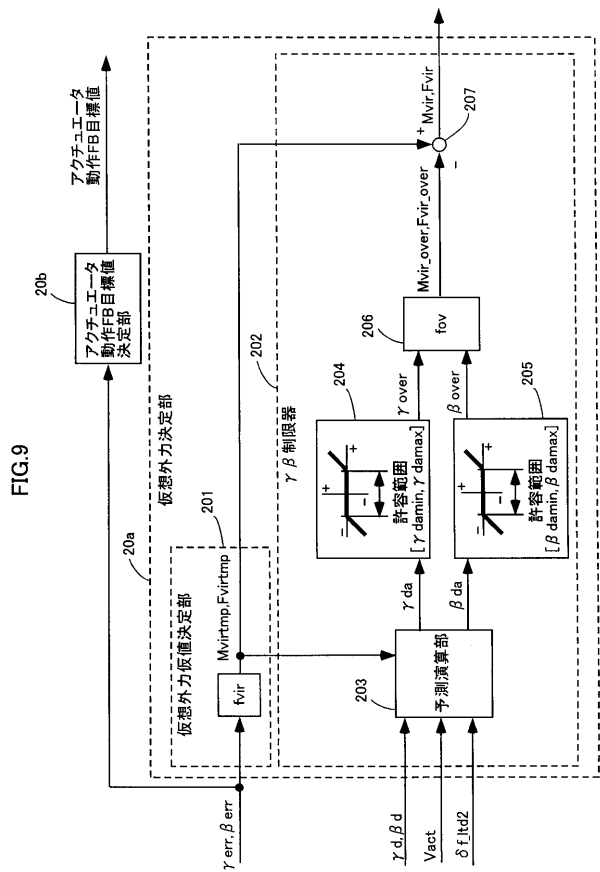
FIG.7



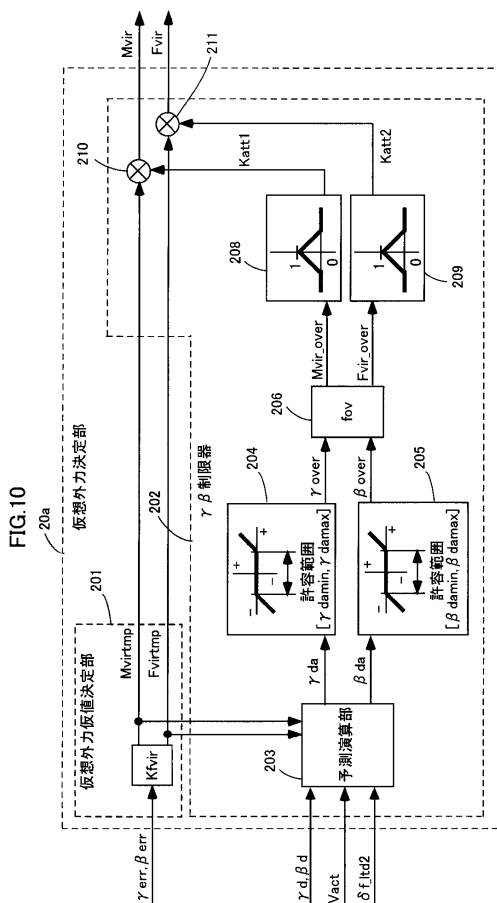
【 図 8 】



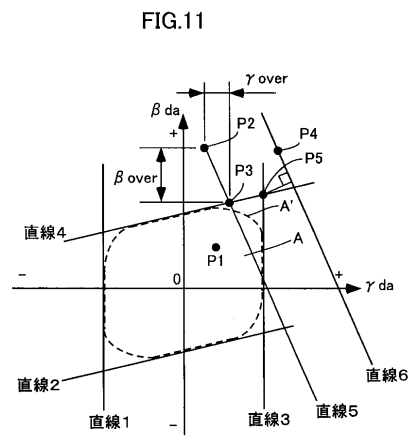
【 図 9 】



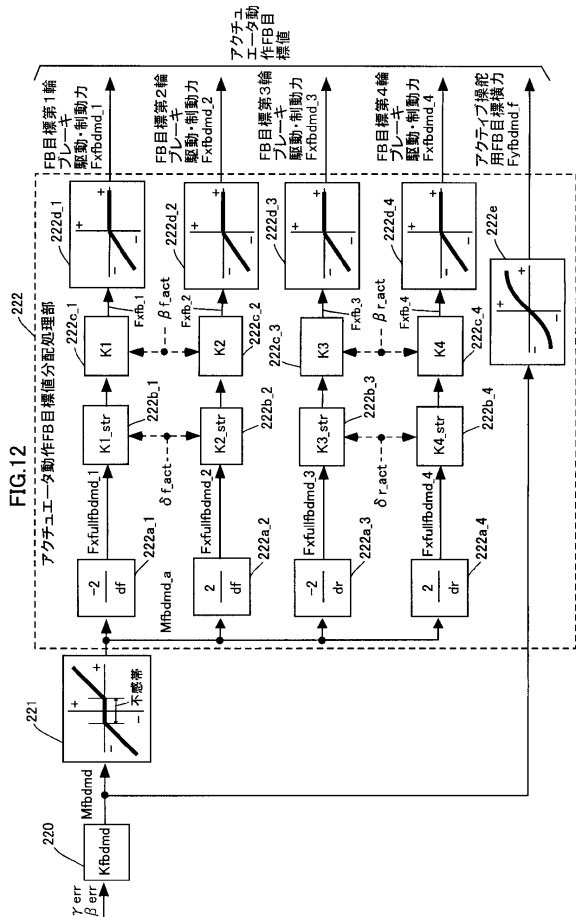
【 図 10 】



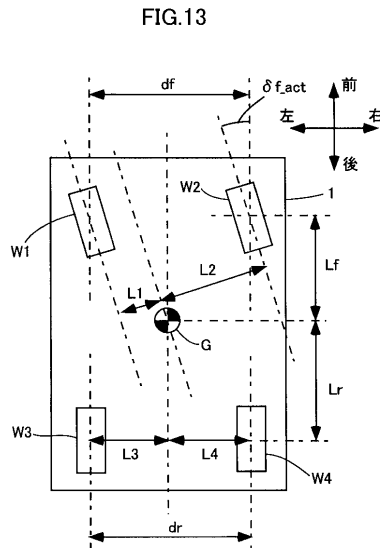
【 図 11 】



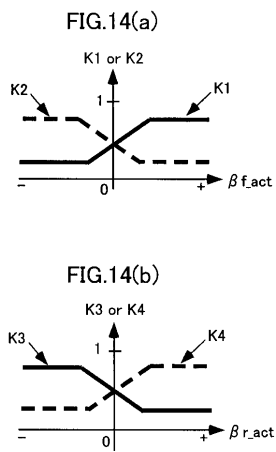
【 図 1 2 】



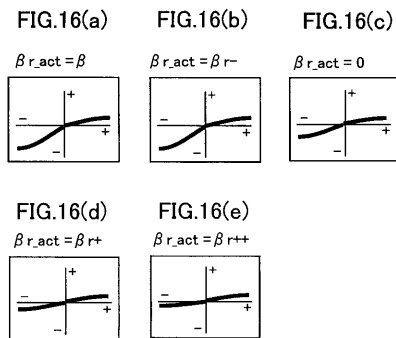
【 図 1 3 】



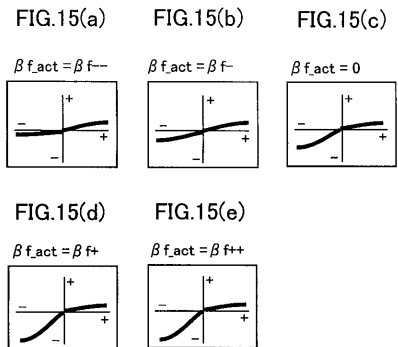
【 図 1 4 】



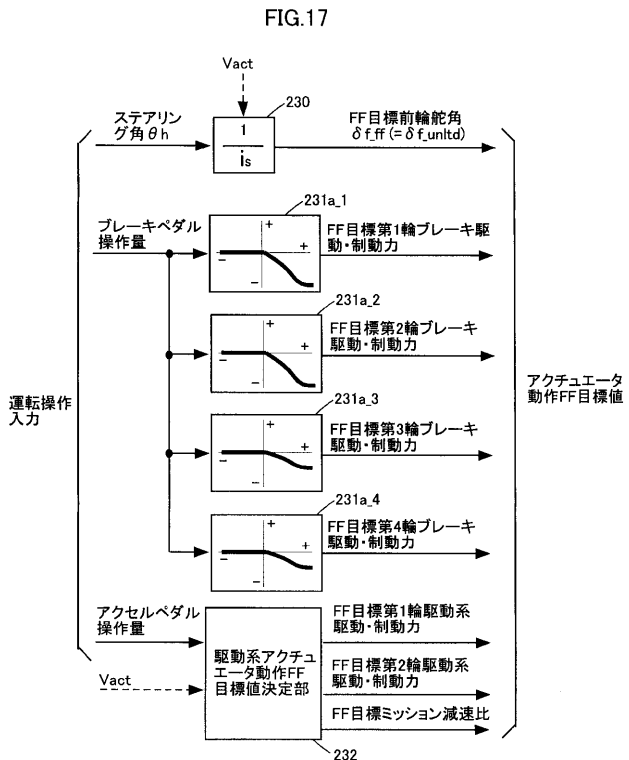
【 図 1 6 】



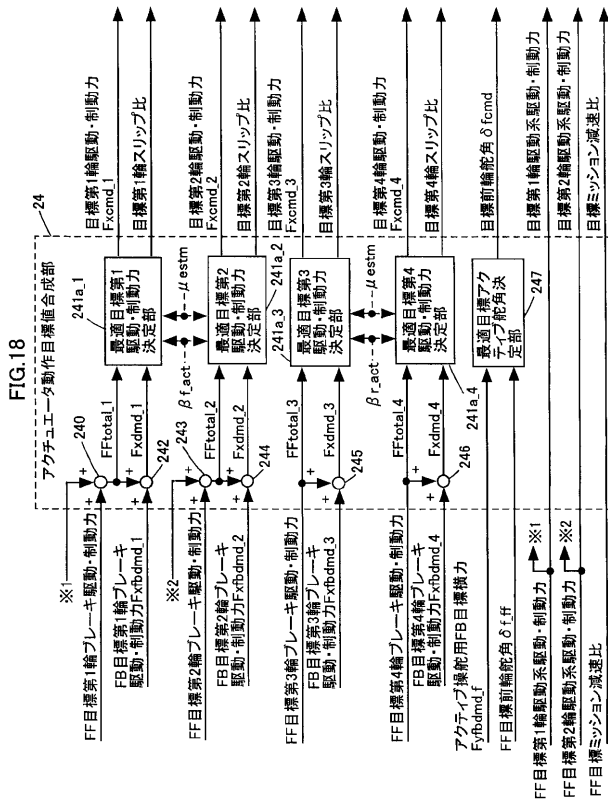
【 図 1 5 】



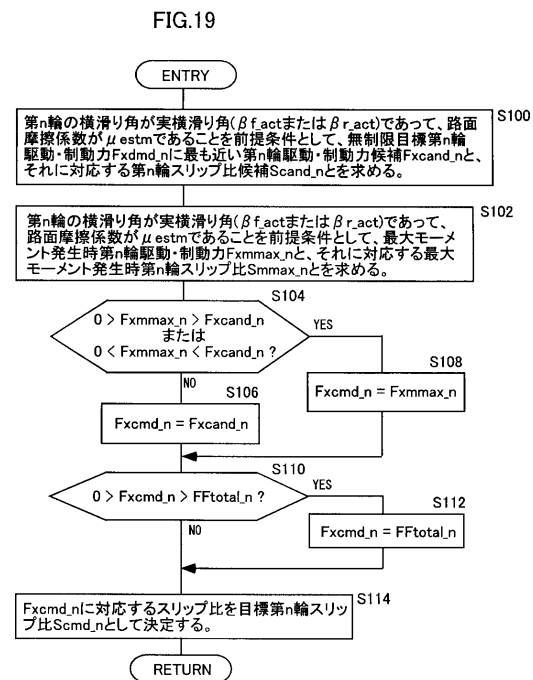
【 図 1 7 】



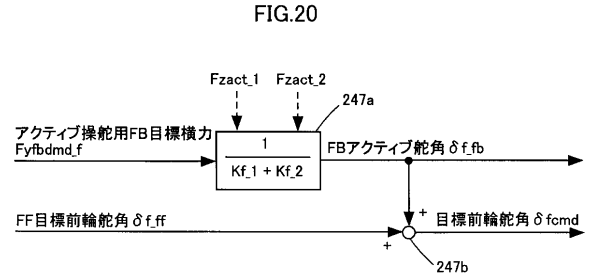
【 図 1 8 】



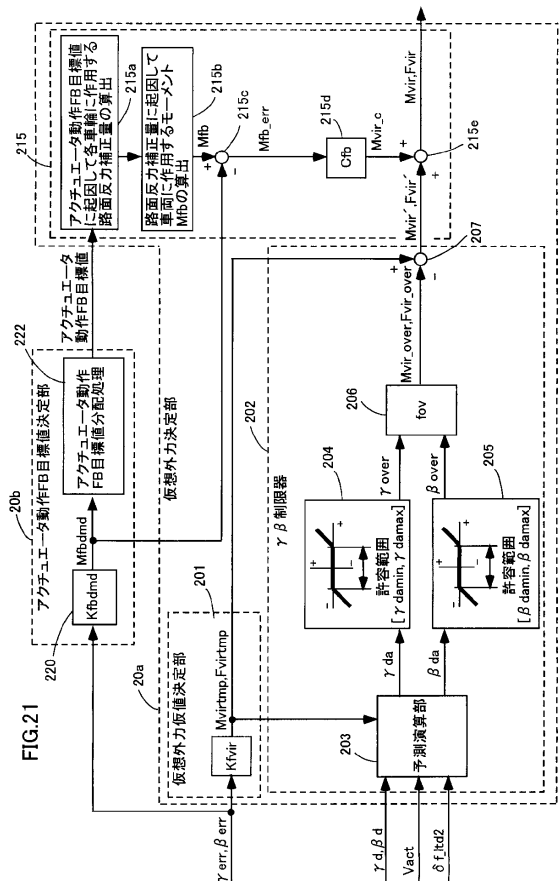
【 図 1 9 】



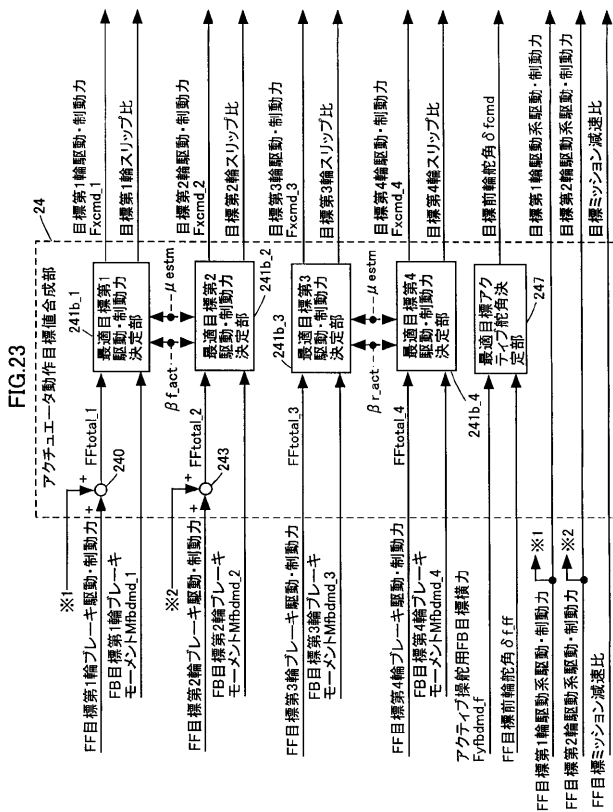
【 図 2 0 】



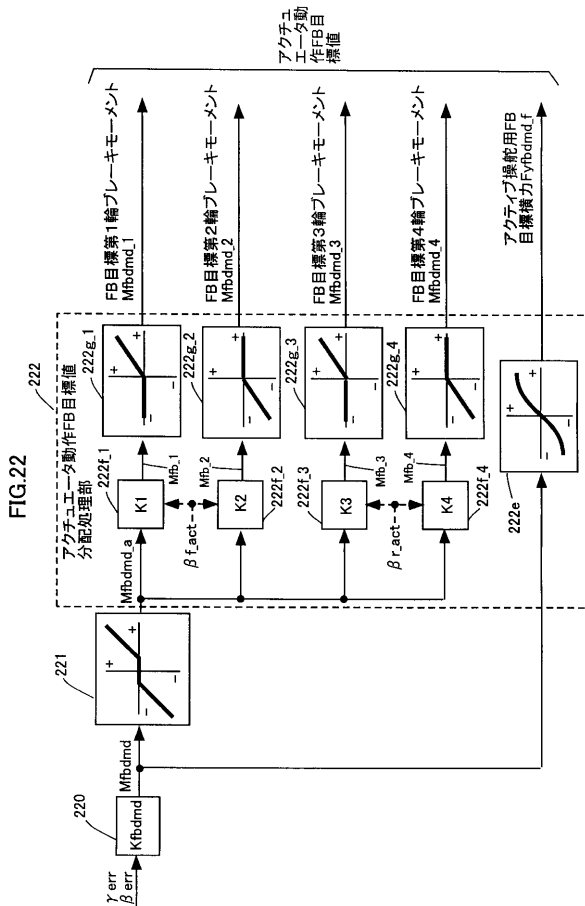
【 図 2 1 】



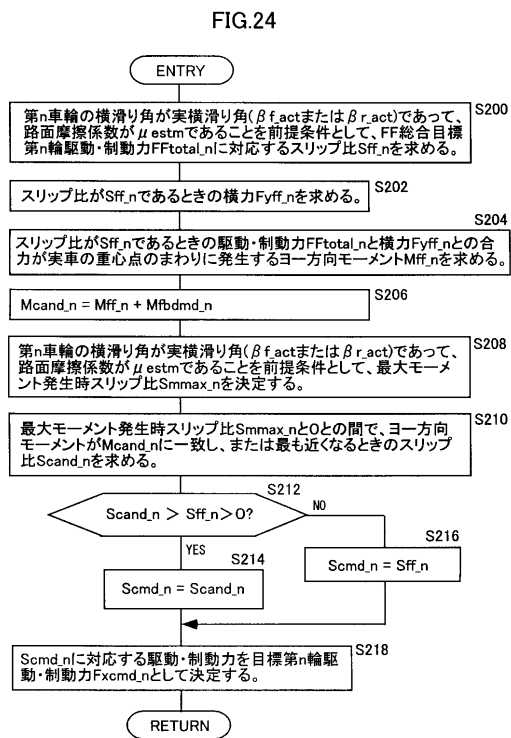
【 図 2 3 】



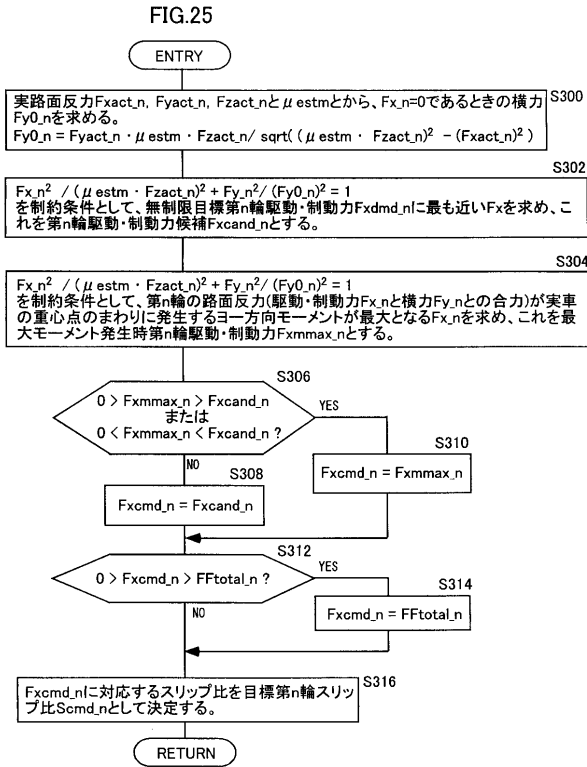
【 図 2 2 】



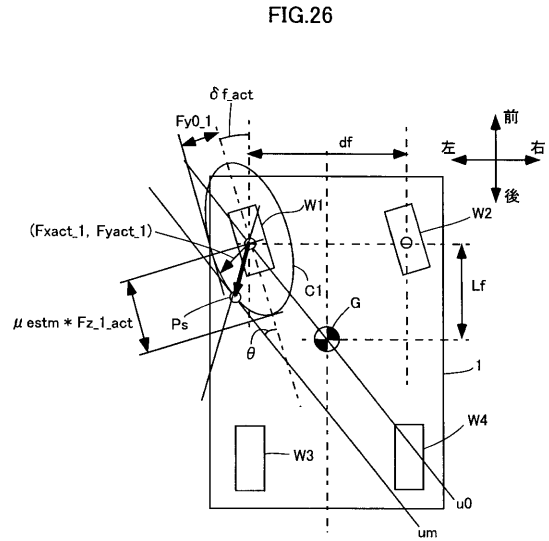
【 図 2 4 】



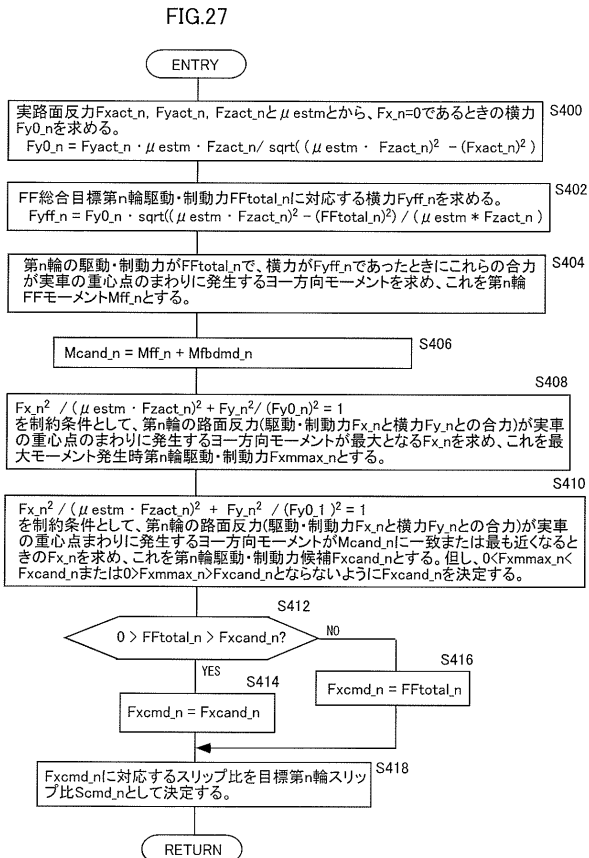
【 図 2 5 】



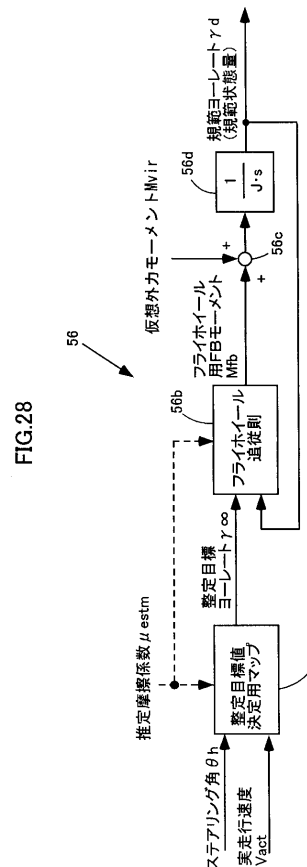
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2006/325536
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER See extra sheet.		
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) B60W30/02, B60T8/174, B60T8/1755, B60W10/00, B60W10/04, B60W10/10, B60W10/18, B60W10/20, B60W30/00, B60W50/06, B62D6/00, B62D101/00, B62D113/00, B62D137/00		
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 1996-2007 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007		
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.
A	JP 2003-170822 A (Honda Motor Co., Ltd.), 17 June, 2003 (17.06.03), Fig. 6 (Family: none)	1-38
A	JP 2005-041386 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 17 February, 2005 (17.02.05), Fig. 2 (Family: none)	1-38
A	JP 2003-291840 A (Toyota Machine Works, Ltd.), 15 October, 2003 (15.10.03), Fig. 3 & EP 1348610 A2 Fig. 3 & US 2003/0213640 A1	1-38
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 26 January, 2007 (26.01.07)		Date of mailing of the international search report 06 February, 2007 (06.02.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/325536

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 2006/013922 A1 (Honda Motor Co., Ltd.), 09 February, 2006 (09.02.06), Full text (Family: none)	1-38

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/325536

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

(International Patent Classification (IPC))

*B60W30/02(2006.01)i, B60T8/174(2006.01)i, B60T8/1755(2006.01)i,
B60W10/00(2006.01)i, B60W10/04(2006.01)i, B60W10/10(2006.01)i,
B60W10/18(2006.01)i, B60W10/20(2006.01)i, B60W30/00(2006.01)i,
B60W50/06(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n,
B62D113/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n*

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

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2006/325536									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. 特別ページ参照											
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. B60W30/02, B60T8/174, B60T8/1755, B60W10/00, B60W10/04, B60W10/10, B60W10/18, B60W10/20, B60W30/00, B60W50/06, B62D6/00, B62D101/00, B62D113/00, B62D137/00											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2007年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2007年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2007年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2007年	日本国実用新案登録公報	1996-2007年	日本国登録実用新案公報	1994-2007年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2007年										
日本国実用新案登録公報	1996-2007年										
日本国登録実用新案公報	1994-2007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									
A	JP 2003-170822 A (本田技研工業株式会社) 2003.06.17, 図6 (ファミリーなし)	1-38									
A	JP 2005-041386 A (アイシン精機株式会社) 2005.02.17, 図2 (ファミリーなし)	1-38									
A	JP 2003-291840 A (豊田工機株式会社) 2003.10.15, 図3 & EP 1348610 A2 FIG.3 & US 2003/0213640 A1	1-38									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> 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 26.01.2007		国際調査報告の発送日 06.02.2007									
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) 森本 康正	3W 2920								
		電話番号 03-3581-1101 内線	3368								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2006/325536
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
P, A	WO 2006/013922 A1 (本田技研工業株式会社) 2006.02.09, 全文 (ファミリーなし)	1-38

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2006/325536

発明の属する分野の分類

B60W30/02(2006.01)i, B60T8/174(2006.01)i, B60T8/1755(2006.01)i, B60W10/00(2006.01)i,
B60W10/04(2006.01)i, B60W10/10(2006.01)i, B60W10/18(2006.01)i, B60W10/20(2006.01)i,
B60W30/00(2006.01)i, B60W50/06(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n,
B62D113/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 6 0 T 8/1755 (2006.01)	B 6 0 T 8/1755	A
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00	
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00	
B 6 2 D 111/00 (2006.01)	B 6 2 D 111:00	
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00	

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

- (72)発明者 竹中 透
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 河野 寛
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 豊島 貴行
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 占部 博之
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 白石 修士
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 織本 幸弘
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3D232 CC04 DA03 DA04 DA23 DA27 DA29 DA32 DA33 DA39 DC01
DC08 DC11 DD01 DD02 DD05 DD08 DE03 DE05 EA01 EB16
EB17 EB21 EB22 FF01 FF02 FF03 FF07 GG01
3D246 AA09 AA11 DA01 EA02 EA17 EA18 GA22 GB05 HA02A HA13A
HA64A HA72B HA73B HA75B HA81A HA83B HA86A HA94A HB02B HC01
HC03 JA04 JA12 JB47 KA01

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。