



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：操舵制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ステアリングホイールと操向輪とが機械的に分離したステア・バイ・ワイヤ方式の操舵制御装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、操舵制御装置としては、例えば、特許文献１に記載の従来技術がある。

特許文献１に記載の従来技術では、操舵角に基づく操舵反力の制御量に、ステアリングラック軸力に基づく操舵反力の制御量を加算して、反力モータの駆動用の制御量を算出し、算出した制御量に基づいて反力モータを駆動する。操舵角に基づく操舵反力の制御量としては、ステアリングホイールを中立位置に戻す操舵反力がある。これにより、特許文献１に記載の従来技術では、操向輪に作用する外力の影響を操舵反力に反映させている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２０００－１０８９１４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ここで、一般に、車両が後退走行中に旋回を行った場合、タイヤ横力の着点点がタイヤの接地中心よりも後方に設定されているため、転舵角が増大する方向にタイヤ横力が作用し、ステアリングラックを中立位置から乖離させる方向にステアリングラック軸力が発生する可能性があった。それゆえ、特許文献１に記載の従来技術では、操舵角に基づく操舵反力の制御量と、ステアリングラック軸力に基づく操舵反力の制御量との正負が逆になる。そのため、特許文献１に記載の従来技術では、操舵角に基づく操舵反力の制御量と、ステアリングラック軸力に基づく操舵反力の制御量との大小関係が変化する

ると、操舵反力の正負が切り替わり、操舵反力が振動する可能性があった。

本発明は、上記のような点に着目し、車両が後退走行中に旋回した場合に、操舵反力の振動を抑制可能とすることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記課題を解決するため、本発明の一態様では、操舵角に基づく操舵反力をフィードフォワード軸力として算出する。続いて、操向輪に作用するタイヤ横力で変動する車両の状態量に基づくステアリングラック軸力をフィードバック軸力として算出する。続いて、算出したフィードフォワード軸力とフィードバック軸力とを配分して、最終軸力を設定する。続いて、設定した最終軸力に基づいて操舵反力を付与する。その際、車両が後退走行していると判定した場合には、フィードフォワード軸力を最終軸力とする。

発明の効果

[0006] 本発明の一態様では、車両が後退走行していると判定した場合に、フィードフォワード軸力を最終軸力とする。それゆえ、例えば、車両が後退走行中に旋回を行った場合に、操舵角に基づく操舵反力であるフィードフォワード軸力と、タイヤ横力で変動する車両の状態量に基づくステアリングラック軸力であるフィードバック軸力との正負が逆になったとしても、最終軸力の正負が切り替わらない。そのため、反力アクチュエータの駆動方向の切り替わりを抑制でき、操舵反力の振動を抑制できる。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]車両Aの構成を表す概念図である。
- [図2]制御演算部11の構成を表すブロック図である。
- [図3]目標反力電流演算部11Bの構成を表すブロック図である。
- [図4]フィードフォワード軸力算出部11Baの構成を表すブロック図である。
- 。
- [図5]ピニオン軸力 T_h の算出式の係数を説明するための図である。
- [図6]制御マップM1を表すグラフである。
- [図7]制御マップM2を表すグラフである。

[図8]操舵角 δ と操舵反力との関係を表すグラフである。

[図9]制御マップM 3 を表すグラフである。

[図10]制御マップM 4 を表すグラフである。

[図11]フィードバック軸力算出部 1 1 B b の構成を表すブロック図である。

[図12]横G軸力、電流軸力、ヨーレート軸力、および実際のステアリングラック軸力を表すグラフである。

[図13]ブレンド軸力 T_{BR} 、および実際のステアリングラック軸力を表すグラフである。

[図14]制御マップM 5 を表すグラフである。

[図15]制御マップM 6 を表すグラフである。

[図16]制御マップM 7 を表すグラフである。

[図17]制御マップM 8 a、M 8 b を表すグラフである。

[図18]制御マップM 9 を表すグラフである。

[図19]制御マップM 1 0 を表すグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] 次に、本発明に係る実施形態について図面を参照して説明する。

(構成)

本実施形態の車両 A は、ステアリングホイール 1 と前輪（以下、操向輪とも呼ぶ） 2 とが機械的に分離したステア・バイ・ワイヤ方式の操舵制御装置を備える車両である。

図 1 は、本実施形態の車両 A の構成を表す概念図である。

図 1 に示すように、車両 A は、操舵角センサ 3、転舵角センサ 4、車速センサ 5、横Gセンサ 6、ヨーレートセンサ 7、およびシフトセンサ 1 2 を備える。

操舵角センサ 3 は、ステアリングホイール 1 の操舵角 δ を検出する。操舵角 δ の検出方法としては、例えば、ステアリングシャフトの回転量を基に算出する方法を採用できる。そして、操舵角センサ 3 は、検出結果を表す信号（以下、検出信号とも呼ぶ）を後述する制御演算部 1 1 に出力する。

[0009] 転舵角センサ４は、操向輪２の転舵角 θ を検出する。転舵角 θ の検出方法としては、例えば、ステアリングラックのラック移動量を基に算出する方法を採用できる。そして、転舵角センサ４は、検出信号を制御演算部１１に出力する。

車速センサ５は、車両Ａの車速 V を検出する。そして、車速センサ５は、検出信号を制御演算部１１に出力する。

横 G センサ６は、車両Ａに作用する横方向加速度 G_y （操向輪２に作用するタイヤ横力 F_d で変動する車両Ａの状態量）を検出する。そして、横 G センサ６は、検出信号を制御演算部１１に出力する。

ヨーレートセンサ７は、車両Ａのヨーレート γ （操向輪２に作用するタイヤ横力 F_d で変動する車両Ａの状態量）を検出する。そして、ヨーレートセンサ７は、検出信号を制御演算部１１に出力する。

なお、横 G センサ６およびヨーレートセンサ７は、バネ上（車体）に配置する。

シフトセンサ１２は、変速機のシフトレバーの位置を検出する。シフトレバーの位置としては、例えば、Ｄレンジ、Ｒレンジ（後退走行の位置）、Ｐレンジがある。そして、シフトセンサ１２は、検出信号を制御演算部１１に出力する。

[0010] また、車両Ａは、転舵制御部８、および反力制御部９を備える。

転舵制御部８は、転舵モータ８Ａ、転舵電流検出部８Ｂ、および転舵モータ駆動部８Ｃを備える。

転舵モータ８Ａは、減速機を介してピニオンシャフト１０と連結される。そして、転舵モータ８Ａは、転舵モータ駆動部８Ｃによって駆動され、ピニオンシャフト１０を介してステアリングラックを左右に移動させる。これにより、転舵モータ８Ａは、操向輪２を転舵する。転舵モータ８Ａの駆動方法としては、例えば、転舵モータ８Ａに流れている電流（以下、転舵電流とも呼ぶ）を制御する方法を採用できる。

転舵電流検出部８Ｂは、転舵電流（操向輪２に作用するタイヤ横力 F_d で変

動する車両 A の状態量)を検出する。そして、転舵電流検出部 8 B は、検出信号を転舵モータ駆動部 8 C および制御演算部 1 1 に出力する。

転舵モータ駆動部 8 C は、制御演算部 1 1 が算出する目標転舵電流に基づいて、転舵電流検出部 8 B が検出する転舵電流が当該目標転舵電流と一致するように転舵モータ 8 A の転舵電流を制御する。これにより、転舵モータ駆動部 8 C は、転舵モータ 8 A を駆動する。目標転舵電流とは、転舵モータ 8 A に流れている電流の目標値である。

[0011] 反力制御部 9 は、反力モータ 9 A、反力電流検出部 9 B、および反力モータ駆動部 9 C を備える。

反力モータ 9 A は、減速機を介してステアリングシャフトと連結される。そして、反力モータ 9 A は、反力モータ駆動部 9 C によって駆動され、ステアリングシャフトを介してステアリングホイール 1 に回転トルクを付与する。これにより、反力モータ 9 A は、操舵反力を発生する。反力モータ 9 A の駆動方法としては、例えば、反力モータ 9 A に流れている電流（以下、反力電流とも呼ぶ）を制御する方法を採用できる。

反力電流検出部 9 B は、反力電流を検出する。そして、反力電流検出部 9 B は、検出信号を反力モータ駆動部 9 C および制御演算部 1 1 に出力する。

反力モータ駆動部 9 C は、制御演算部 1 1 が算出する目標反力電流に基づいて、反力電流検出部 9 B が検出する反力電流が当該目標反力電流と一致するように反力モータ 9 A の反力電流を制御する。これにより、反力モータ駆動部 9 C は、反力モータ 9 A を駆動する。目標反力電流とは、反力モータ 9 A に流れている電流の目標値である。

[0012] また、車両 A は、制御演算部 1 1 を備える。

図 2 は、制御演算部 1 1 の構成を表すブロック図である。

図 2 に示すように、制御演算部 1 1 は、目標転舵角演算部 1 1 A、目標反力電流演算部 1 1 B、および目標転舵電流演算部 1 1 C を備える。

目標転舵角演算部 1 1 A は、操舵角センサ 3 が検出した操舵角 δ および車速センサ 5 が検出した車速 V に基づいて、転舵角 θ （ピニオンシャフト 1 0

の回転角)の目標値である目標転舵角 θ^* を算出する。目標転舵角 θ^* の算出方法としては、例えば、操舵角 δ と、操舵角 δ および転舵角 θ の可変ギア比との乗算値を採用する方法がある。そして、目標転舵角演算部11Aは、算出結果を目標反力電流演算部11Bに出力する。

目標反力電流演算部11Bは、目標転舵角演算部11Aが算出した目標転舵角 θ^* 、車速センサ5が検出した車速 V 、および転舵電流検出部8Bが検出した転舵電流に基づいて目標反力電流を算出する。そして、目標反力電流演算部11Bは、算出結果を反力制御部9(反力モータ駆動部9C)に出力する。

[0013] ここで、目標反力電流演算部11Bの構成を説明する。

図3は、目標反力電流演算部11Bの構成を表すブロック図である。

図3に示すように、目標反力電流演算部11Bは、フィードフォワード軸力算出部11Ba、フィードバック軸力算出部11Bb、フィードバック軸力補正部11Bf、最終軸力算出部11Bc、軸力-操舵反力変換部11Bd、および目標反力電流演算部11Beを備える。

図4は、フィードフォワード軸力算出部11Baの構成を表すブロック図である。

図4に示すように、フィードフォワード軸力算出部11Baは、操舵角センサ3が検出した操舵角 δ 、および車速センサ5が検出した車速 V に基づき、後述する(5)式に従って操舵反力をフィードフォワード軸力 T_{FF} として算出する。そして、フィードフォワード軸力算出部11Baは、算出結果を最終軸力算出部11Bc(図2参照)に出力する。

[0014] 図5は、ピニオン軸力 T_h の算出式の係数を説明するための図である。

ここで、転舵ピニオン角 Θ とピニオン軸力 T_h との関係式は、ステアリングホイール1と操向輪2とが機械的に接続している操舵機構を備える車両の運動方程式を基に下記(1)式で表される。転舵ピニオン角 Θ としては、例えば、ピニオンシャフト10の回転角がある。具体的には、転舵ピニオン角 Θ は、操舵角 δ と、操舵角 δ および転舵角 θ との間の可変ギア比との乗算値と

する。また、ピニオン軸力 T_h としては、例えば、ステアリングホイール1に付与される操舵反力がある。下記(1)式の右辺第1項は、ピニオン軸力 T_h を構成する成分のうち、転舵ピニオン角速度 $d\Theta/dt$ に基づく成分を表すダンピング項である。また、右辺第2項は、ピニオン軸力 T_h を構成する成分のうち、転舵ピニオン角加速度 $d^2\Theta/dt^2$ に基づく成分を表す慣性項である。さらに、右辺第3項は、ピニオン軸力 T_h を構成する成分のうち、タイヤ横力 F_d (転舵ピニオン角 Θ)に基づく成分を表す比例項である。

$$T_h = K_s (J_r s^2 + C_r \cdot s) / (J_r \cdot s^2 + (C_r + C_s) s + K_s) \cdot \Theta + C_s (J_r s^3 + C_r \cdot s^2) / (J_r \cdot s^2 + (C_r + C_s) s + K_s) \cdot \Theta + (K_s + C_s \cdot s) / (J_r \cdot s^2 + (C_r + C_s) s + K_s) \cdot F_d \dots\dots\dots (1)$$

ただし、図5に示すように、 K_s はピニオン剛性、 C_s はピニオン粘性、 J_r はラック慣性、 C_r はラック粘性である。

[0015] また、上記(1)式では、右辺第2項、つまり、慣性項は、ノイズ成分を多く含み、ピニオン軸力 T_h の算出結果に振動を誘発するため除くのが好ましい。さらに、タイヤ横力 F_d は、転舵ピニオン角 Θ および車速 V に依存するものとして、 $F_d = f(V) \cdot \Theta$ と表すことができる。 $f(V)$ としては、例えば、車速 V に応じて変化する関数がある。それゆえ、上記(1)式は、下記(2)式のように表すことができる。

$$T_h = K_s (J_r s^2 + C_r \cdot s) / (J_r \cdot s^2 + (C_r + C_s) s + K_s) \cdot \Theta + (K_s + C_s \cdot s) / (J_r \cdot s^2 + (C_r + C_s) s + K_s) \cdot f(V) \cdot \Theta \dots\dots\dots (2)$$

[0016] 図6は、制御マップM1を表すグラフである。

ここで、変数 $f(V)$ の設定方法としては、例えば、車速 V の絶対値に対応した変数 $f(V)$ を制御マップM1から読み出す方法を採用できる。制御マップM1としては、例えば、車速 V の絶対値に対応した変数 $f(V)$ を登録したマップがある。具体的には、図6に示すように、制御マップM1は、車速 V の絶対値が0である場合に変数 $f(V)$ を第1設定値(例えば、0.0)に設定する。また、車速 V の絶対値が第1設定車速 $V_1 (>0)$ 以上の範

囲では、車速 V の大きさにかかわらず変数 $f(V)$ を第2設定値($>$ 第1設定値。例えば、1.0)に設定する。さらに、制御マップM1は、車速 V の絶対値が0以上で且つ第1設定車速 V_1 未満の範囲では、転舵角速度 $d\theta/dt$ の絶対値に応じて変数 $f(V)$ を直線的に増加させる。具体的には、制御マップM1は、車速 V の絶対値が0以上で且つ第1設定車速 V_1 未満の範囲では、車速 V の絶対値と変数 $f(V)$ との関係を表す一次関数に従って変数 $f(V)$ を設定する。一次関数は、車速 V の絶対値が0である場合に変数 $f(V)$ を第1設定値(0.0)とし、車速 V の絶対値が第1設定車速 V_1 である場合に変数 $f(V)$ を第2設定値(1.0)とする。これにより、フィードフォワード軸力算出部11Baは、車速 V の絶対値が第1設定車速 V_1 未満である場合には、車速 V の絶対値が小さいほど比例成分の絶対値を小さくする(低減する)。また、フィードフォワード軸力算出部11Baは、車速 V の絶対値が第1設定車速 V_1 以上である場合には、車速 V の大きさにかかわらず、比例成分の絶対値の低減を行わない。

[0017] また、上記(2)式は、等価的に、下記(3)式のように表すことができる。

$$\begin{aligned} T_h &= P(s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) s / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) \delta + I \cdot (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) \cdot f(V) \cdot \delta \\ &= P(s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) d\delta/dt + I \cdot (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) \cdot f(V) \cdot \delta \dots \\ &\dots (3) \end{aligned}$$

ただし、 P 、 I は制御定数、 ζ は減衰係数、 ω_n は固有振動数である。 ζ 、 ω_n の設定方法としては、例えば、設計値とする方法や、実験結果から同定する方法を採用できる。

そのため、ピニオン軸力 T_h 、つまり、ステアリングホイール1に発生する操舵反力は、上記(3)式を基に下記(4)式で表すことができる。

$$\begin{aligned} T_h &= P(s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) d\delta/dt + I \cdot (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) \cdot f(V) \cdot \delta \dots \end{aligned}$$

…… (4)

[0018] そして、上記 (4) 式、つまり、ピニオン軸力 T_h の数式を基に、本実施形態のフィードフォワード軸力 T_{FF} の算出方法としては、下記 (5) 式を採用する。

$$T_{FF} = P \cdot P_1 \cdot P_2 (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) d\delta / dt + l \cdot (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) \cdot f(V)$$

・ δ + 補正用ダンピング成分

= ダンピング成分 $\cdot P_1 \cdot P_2$ + 比例成分 + 補正用ダンピング成分 ……

… (5)

ただし、ダンピング成分は $P (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) d\delta / dt$ 、比例成分は $l \cdot (s + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n) / (s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2) \cdot f(V) \cdot \delta$ である。また、補正用ダンピング成分は、操舵角速度 $d\delta / dt$ に基づくダンピング成分であり、操舵角速度 $d\delta / dt$ と反対方向に操舵反力を発生させるものである。

[0019] 図 7 は、制御マップ M2 を表すグラフである。

ここで、ゲイン P_1 の設定方法としては、例えば、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値に対応したゲイン P_1 を制御マップ M2 から読み出す方法を採用できる。制御マップ M2 としては、例えば、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値に対応したゲイン P_1 を登録したマップがある。具体的には、図 7 に示すように、制御マップ M2 は、操舵角速度 $d\delta / dt$ が 0 である場合にゲイン P_1 を第 3 設定値（例えば、1.0）に設定する。また、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値が第 1 設定操舵角速度 $d\delta_1 / dt$ (> 0) 以上の範囲では、操舵角速度 $d\delta / dt$ の大きさにかかわらずゲイン P_1 を第 4 設定値 ($<$ 第 3 設定値。例えば、0.5) に設定する。さらに、制御マップ M2 は、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値が 0 以上で且つ第 1 設定操舵角速度 $d\delta_1 / dt$ 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値に応じてゲイン P_1 を直線的に低下させる。具体的には、制御マップ M2 は、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値が 0 以上で且つ第 1 設定操舵角速度 $d\delta_1 / dt$ 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta / dt$ の絶対値とゲイン P_1 との関係を表す一次関数に従っ

てゲイン P_1 を設定する。一次関数は、操舵角速度 $d\delta/dt$ が 0 である場合にゲイン P_1 を第 3 設定値 (1. 0) とし、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 1 設定操舵角速度 $d\delta_1/dt$ である場合にゲイン P_1 を第 4 設定値 (0. 5) とする。これにより、フィードフォワード軸力算出部 11Ba は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 1 設定操舵角速度 $d\delta_1/dt$ 未満である場合には、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が大きいほどダンピング成分の絶対値を小さくする (補正する)。また、フィードフォワード軸力算出部 11Ba は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 1 設定操舵角速度 $d\delta_1/dt$ 以上である場合には、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず、ゲイン P_1 に基づくダンピング成分の絶対値の補正を行わない。

[0020] 図 8 は、操舵角 δ と操舵反力との関係を表すグラフである。このグラフは、操舵制御装置毎 (ステアリングホイール 1 と操向輪 2 とが機械的に結合している機械式の操舵制御装置、およびダンピング成分の飽和を考慮していないステアリング・バイ・ワイヤ方式の操舵制御装置毎) に示されている。機械式の操舵制御装置では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の増大に伴い、操舵反力に含まれるダンピング成分が飽和する。それゆえ、機械式の操舵制御装置では、図 8 に示すように、ダンピング成分が飽和することで、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず、操舵角 δ と操舵反力とからなるリサージュ図形の形状が一定となる。しかしながら、操舵反力に含まれるダンピング成分の飽和を考慮していないステア・バイ・ワイヤ方式の操舵制御装置では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の増大に応じて操舵反力が増大し続ける。これに対し、本実施形態の制御演算部 11 は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が大きいほどダンピング成分の絶対値を小さくする。それゆえ、本実施形態の制御演算部 11 は、操舵角速度 $d\delta/dt$ が大きい場合に、ダンピング成分の絶対値の増大を抑制できる。そのため、本実施形態の制御演算部 11 は、ダンピング成分が過剰となることを抑制できる。これにより、本実施形態の制御演算部 11 は、より適切な操舵感を付与できる。

[0021] 図 9 は、制御マップ M3 を表すグラフである。

また、ゲイン P_2 の設定方法としては、例えば、車速 V の絶対値に対応したゲイン P_2 を制御マップ $M3$ から読み出す方法を採用できる。制御マップ $M3$ としては、例えば、車速 V の絶対値に対応したゲイン P_2 を登録したマップがある。具体的には、図9に示すように、制御マップ $M3$ は、車速 V の絶対値が0である場合にゲイン P_2 を第5設定値（例えば、0.5）に設定する。また、車速 V の絶対値が第2設定車速 V_2 (>0) 以上の範囲では、車速 V の大きさにかわらずゲイン P_2 を第6設定値 ($>$ 第5設定値。例えば、1.0) に設定する。さらに、制御マップ $M3$ は、車速 V の絶対値が0以上で且つ第2設定車速 V_2 未満の範囲では、車速 V の絶対値に応じてゲイン P_2 を直線的に増加させる。具体的には、制御マップ $M3$ は、車速 V の絶対値が0以上で且つ第2設定車速 V_2 未満の範囲では、車速 V の絶対値とゲイン P_2 との関係を表す一次関数に従ってゲイン P_2 を設定する。一次関数は、車速 V の絶対値が0である場合にゲイン P_2 を第5設定値（0.5）とし、車速 V の絶対値が第2設定車速 V_2 である場合にゲイン P_2 を第6設定値（1.0）とする。これにより、フィードフォワード軸力算出部 11Ba は、車速 V の絶対値が第2設定車速 V_2 未満である場合には、車速 V の絶対値が小さいほどダンピング成分の絶対値を小さくする（補正する）。また、フィードフォワード軸力算出部 11Ba は、車速 V の絶対値が第2設定車速 V_2 以上である場合には、車速 V の大きさにかわらず、ゲイン P_2 に基づくダンピング成分の絶対値の補正を行わない。

[0022] このように、本実施形態の制御演算部 11 は、車速 V の絶対値が小さいほどダンピング成分の絶対値を小さくする。ここで、ステアリングホイール 1 と操向輪 2 とが機械的に結合している機械式の操舵制御装置では、車速 V が低減すると、操向輪 2 のタイヤ横力 F_d が低減し、操舵反力が低減する。これに対し、本実施形態の制御演算部 11 は、車速 V の絶対値が小さいほどダンピング成分の絶対値を小さくすることで、操舵反力を低減できる。これにより、本実施形態の制御演算部 11 は、より適切な操舵感を付与できる。

[0023] 図10は、制御マップ $M4$ を表すグラフである。

さらに、補正用ダンピング成分の設定方法としては、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に対応した補正用ダンピング成分を制御マップM4から読み出す方法を採用できる。制御マップM2としては、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に対応した補正用ダンピング成分を登録したマップがある。具体的には、図10に示すように、制御マップM4は、車速V毎に設定される。各制御マップM4は、操舵角速度 $d\delta/dt$ が0である場合に補正用ダンピング成分を第7設定値（例えば、0.0）に設定する。また、制御マップM4は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ （ >0 ）以上の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず補正用ダンピング成分を第8設定値（一定値）に設定する。さらに、制御マップM4は、操舵角速度 $d\delta/dt$ が0.0以上で且つ操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第3設定操舵角速度 $d\delta_3/dt$ （ $0 < d\delta_3/dt < d\delta_2/dt$ ）未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に応じて補正用ダンピング成分を直線的に増加させる。具体的には、各制御マップM4は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が0以上で且つ第3設定操舵角速度 $d\delta_3/dt$ 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値と補正用ダンピング成分との関係を表す一次関数に従って補正用ダンピング成分を設定する。一次関数は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が0である場合に補正用ダンピング成分を第7設定値（0.0）とし、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第3設定操舵角速度 $d\delta_3/dt$ である場合に補正用ダンピング成分を第9設定値（ $0 < \text{第9設定値} < \text{第8設定値}$ ）に設定する。また、各制御マップM4は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第3設定操舵角速度 $d\delta_3/dt$ 以上で且つ第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に応じて補正用ダンピング成分を直線的に増加させる。具体的には、制御マップM4は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第3設定操舵角速度 $d\delta_3/dt$ 以上で且つ第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ 未満の範囲では、車速Vの絶対値と補正用ダンピング成分との関係を表す一次関数に従って補正用ダンピング成分を設定する。一次関数は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第3設定操舵角速度 $d\delta_3/dt$ である場合に補正用ダンピング成分を第9設定値とし、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第2

設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ である場合に補正用ダンピング成分を第8設定値とする。これにより、フィードフォワード軸力算出部11Baは、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ 未満である場合には、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が大きいほど補正用ダンピング成分の絶対値を大きくする。また、フィードフォワード軸力算出部11Baは、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ 以上である場合には、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず、補正用ダンピング成分の絶対値を予め定めた一定値とする。

[0024] このように、本実施形態の制御演算部11は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が大きいほど絶対値が大きくなる補正用ダンピング成分をフィードフォワード軸力 T_{FF} に加算する。それゆえ、本実施形態の制御演算部11は、ステアリングホイール1の切り始めに、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が増大した場合に、操舵反力の立ち上がりを増大できる。これにより、本実施形態の制御演算部11は、より適切な操舵感を付与できる。

また、本実施形態の制御演算部11は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ 以上である場合には、予め定めた一定値を補正用ダンピング成分とする。それゆえ、運転者がステアリングホイール1を切ったことで、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第2設定操舵角速度 $d\delta_2/dt$ 以上となった場合には、補正用ダンピング成分の変動を抑制できる。そのため、本実施形態の制御演算部11は、補正用ダンピング成分の変動による操舵反力の変化が感知されず、運転者に操舵感の違和感を与えることを防止できる。

[0025] 図11は、フィードバック軸力算出部11Bbの構成を表すブロック図である。

図11に示すように、フィードバック軸力算出部11Bbは、電流軸力算出部11Bba、ブレンド軸力算出部11Bbb、操舵角速度検出部11Bbbc、操舵判定部11Bbbd、およびフィードバック軸力算出実行部11Bbbeを備える。

電流軸力算出部11Bbaは、転舵電流検出部8Bが検出した転舵電流に

に基づき、下記（６）式に従ってステアリングラック軸力（ステアリングラックの軸力。以下、電流軸力とも呼ぶ）を算出する。下記（６）式では、まず、転舵電流と、転舵電流を基に転舵モータ 8 A の出力トルクを算出するためのトルク定数[Nm/A]と、転舵モータ 8 A のモータトルクを伝達するためのモータギア比とを乗算する。続いて、下記（６）式では、乗算結果を転舵モータ 8 A のピニオンギアのピニオン半径[m]で除算し、除算結果に、転舵モータ 8 A の出力トルクが伝達される際の効率を乗算し、乗算結果を電流軸力として算出する。そして、電流軸力算出部 11 B b a は、算出結果をブレンド軸力算出部 11 B b b およびフィードバック軸力算出実行部 11 B b e に出力する。

電流軸力 = (転舵電流 × モータギア比 × トルク定数[Nm/A] / ピニオン半径[m]) × 効率 …………… (6)

[0026] ここで、転舵電流は、ステアリングホイール 1 が操舵され、目標転舵角 θ^* が変動し、目標転舵角 θ^* と実際の転舵角 θ とに差が生じることによって変動する。また、転舵電流は、操向輪 2 が転舵され、操向輪 2 にタイヤ横力 F_d が作用し、目標転舵角 θ^* と実際の転舵角 θ とに差が生じることによっても変動する。さらに、転舵電流は、路面凹凸等によって操向輪 2 に路面外乱が作用し、操向輪 2 にタイヤ横力 F_d が作用し、目標転舵角 θ^* と実際の転舵角 θ とに差が生じることによっても変動する。それゆえ、フィードバック軸力算出部 11 B b は、転舵電流に基づくことで、操向輪 2 に作用するタイヤ横力 F_d の影響を反映したステアリングラック軸力（電流軸力）を算出できる。ここで、電流軸力は、目標転舵角 θ^* と実際の転舵角 θ とに差が生じた時点で発生する。そのため、電流軸力は、図 12 に示すように、実際のステアリングラック軸力や横 G 軸力に比べ、位相が進む。

[0027] ブレンド軸力算出部 11 B b b は、横 G センサ 6 が検出した横方向加速度 G_y に基づき、下記（７）式に従ってステアリングラック軸力（以下、横 G 軸力とも呼ぶ）を算出する。下記（７）式では、まず、前輪荷重と横方向加速度 G_y とを乗算し、乗算結果を操向輪 2 にかかる軸力（軸方向の力）として算

出する。続いて、下記（７）式では、算出した操向輪２にかかる軸力と、リンクの角度やサスペンションに応じた定数（以下、リンク比とも呼ぶ）とを乗算し、乗算結果を横Ｇ軸力として算出する。

$$\text{横Ｇ軸力} = \text{操向輪２にかかる軸力} \times \text{リンク比} \quad \cdots \cdots (7)$$

$$\text{操向輪２にかかる軸力} = \text{前輪荷重} \times \text{横方向加速度 } G_y$$

[0028] ここで、横方向加速度 G_y は、操向輪２が転舵され、操向輪２にタイヤ横力 F_d が作用し、車両Ａが旋回することによって発生する。それゆえ、ブレンド軸力算出部１１Ｂｂは、横方向加速度 G_y に基づくことで、操向輪２に作用するタイヤ横力 F_d の影響を反映したステアリングラック軸力（横Ｇ軸力）を算出できる。ここで、横Ｇセンサ６は、バネ上（車体）に配置したため、横方向加速度 G_y の検出が遅れる。そのため、横Ｇ軸力は、図１２に示すように、実際のステアリングラック軸力に比べ、位相が遅れる。

なお、本実施形態では、横Ｇ軸力を算出する際に、横Ｇセンサ６で検出した横方向加速度 G_y を用いる例を示したが、他の構成を採用してもよい。例えば、ヨーレートセンサ７が検出したヨーレート γ に車速センサ５が検出した車速 V を乗算し、乗算結果 $\gamma \times V$ を横方向加速度 G_y に代えて用いる構成としてもよい。

[0029] また、ブレンド軸力算出部１１Ｂｂは、車速センサ５が検出した車速 V 、およびヨーレートセンサ７が検出したヨーレート γ に基づき、下記（８）式に従ってステアリングラック軸力（以下、ヨーレート軸力とも呼ぶ）を算出する。下記（８）式では、まず、前輪荷重と車速 V とヨーレート γ とを乗算し、乗算結果を操向輪２にかかる軸力として算出する。続いて、下記（８）式では、算出した操向輪２にかかる軸力とリンク比とを乗算し、乗算結果をヨーレート軸力として算出する。

$$\text{ヨーレート軸力} = \text{操向輪２にかかる軸力} \times \text{リンク比} \quad \cdots \cdots (8)$$

$$\text{操向輪２にかかる軸力} = \text{前輪荷重} \times \text{車速 } V \times \text{ヨーレート } \gamma$$

ここで、ヨーレート γ は、操向輪２が転舵され、操向輪２にタイヤ横力 F_d が作用し、車両Ａが旋回することによって発生する。それゆえ、ブレンド軸

力算出部 11Bbb は、ヨーレート γ に基づくことで、操向輪 2 に作用するタイヤ横力 F_d の影響を反映したステアリングラック軸力（ヨーレート軸力）を算出できる。ここで、ヨーレートセンサ 7 は、バネ上（車体）に配置したため、ヨーレート γ の検出が遅れる。そのため、ヨーレート軸力は、図 12 に示すように、実際のステアリングラック軸力に比べ、位相が遅れる。

[0030] さらに、ブレンド軸力算出部 11Bbb は、電流軸力算出部 11Bba から電流軸力を読み込む。続いて、ブレンド軸力算出部 11Bbb は、読み込んだ電流軸力、および算出した横 G 軸力、ヨーレート軸力に基づき、下記（9）式に従ってステアリングラック軸力（以下、ブレンド軸力とも呼ぶ） T_{BR} を算出する。下記（9）式では、横 G 軸力に配分比率 $K1$ を乗算し、電流軸力に配分比率 $K2$ を乗算し、ヨーレート軸力に配分比率 $K3$ を乗算し、これらの乗算結果の和をブレンド軸力 T_{BR} として算出する。すなわち、横 G 軸力に配分比率 $K1$ を乗算した値、電流軸力に配分比率 $K2$ を乗算した値およびヨーレート軸力に配分比率 $K3$ を乗算した値に基づいて、ブレンド軸力 T_{BR} を算出する。そして、ブレンド軸力算出部 11Bbb は、算出結果を操舵判定部 11Bbd およびフィードバック軸力算出実行部 11Bbe に出力する。ここで、ブレンド軸力 T_{BR} は、操向輪 2 を右方向に向ける軸力を正值とし、操向輪 2 を左方向に向ける軸力を負値とする。

$$T_{BR} = \text{横 G 軸力} \times K1 + \text{電流軸力} \times K2 + \text{ヨーレート軸力} \times K3 \quad \cdots \cdots (9)$$

[0031] ここで、配分比率 $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ は横 G 軸力、電流軸力、ヨーレート軸力の配分比率である。配分比率 $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ の大小関係は、 $K1 > K2 > K3$ とする。すなわち、横 G 軸力、電流軸力、ヨーレート軸力の順に配分比率を大きい値とする。例えば、配分比率 $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ のそれぞれは、 $K1 = 0.6$ 、 $K2 = 0.3$ 、 $K3 = 0.1$ に設定する。これにより、ブレンド軸力算出部 11Bbb は、ブレンド軸力 T_{BR} として、操向輪 2 に作用するタイヤ横力 F_d の影響を反映したステアリングラック軸力を算出する。

[0032] 図 13 は、ブレンド軸力 T_{BR} 、および実際のステアリングラック軸力を表すグラフである。

このように、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、電流軸力に配分比率 $K2$ を乗算した値と横 G 軸力に配分比率 $K1$ を乗算した値とに基づいてブレンド軸力 T_{BR} を算出する。ここで、図 12 に示すように、横 G 軸力は、実際のステアリングラック軸力に比べ、位相が遅れる。また、電流軸力は、実際のステアリングラック軸力に比べ、位相が進む。それゆえ、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、横 G 軸力に電流軸力を加えることで、図 13 に示すように、横 G 軸力による位相の遅れを補償でき、より適切なブレンド軸力 T_{BR} を算出できる。そのため、本実施形態の制御演算部 11 は、ブレンド軸力 T_{BR} に基づいて反力モータ 9A を駆動することで、より適切な操舵反力を付与できる。

[0033] また、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、電流軸力に配分比率 $K2$ を乗算した値と横 G 軸力に配分比率 $K1$ を乗算した値とに基づいてブレンド軸力 T_{BR} を算出する。ここで、車両 A は、路面凹凸等によって操向輪 2 に路面外乱が作用し、操向輪 2 にタイヤ横力 F_d が作用した場合、目標転舵角 θ^* と実際の転舵角 θ とに差が生じる。それゆえ、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、横 G 軸力に電流軸力を加えることで、操向輪 2 に作用する路面外乱の影響をブレンド軸力 T_{BR} に反映でき、より適切なブレンド軸力 T_{BR} を算出できる。そのため、本実施形態の制御演算部 11 は、ブレンド軸力 T_{BR} に基づいて反力モータ 9A を駆動することで、より適切な操舵反力を付与できる。

[0034] さらに、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、電流軸力の配分比率 $K2$ よりも横 G 軸力の配分比率 $K1$ を大きくする。それゆえ、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、電流軸力の配分比率を低減でき、例えば、電流軸力の推定精度が転舵モータ 8A の慣性やフリクションの影響によって低下したとしても、ブレンド軸力 T_{BR} の推定精度の低下を抑制できる。そのため、本実施形態の制御演算部 11 は、ブレンド軸力 T_{BR} に基づいて反力モータ 9A を駆動することで、より適切な操舵反力を付与できる。

[0035] また、本実施形態のブレンド軸力算出部 11Bbb は、電流軸力に配分比

率 K_2 を乗算した値と横 G 軸力に配分比率 K_1 を乗算した値とヨーレート軸力に配分比率 K_3 を乗算した値とに基づいてフィードバック軸力 T_{FB} を算出する。ここで、例えば、車両 A がスピン状態になった場合に、転舵電流および横方向加速度 G_y が増大するため、横 G センサ 6 の検出結果および転舵電流検出部 $8B$ の検出結果はいずれも最大値（飽和値）となる。これに対し、ヨーレート γ も増大するが、ヨーレート γ の増大量は転舵電流および横方向加速度 G_y の増加量に比べて比較的小さいので、ヨーレートセンサ 7 の検出結果は最大値（飽和値）に到達しない。そのため、車両 A のスピン状態の度合いに応じてヨーレートセンサ 7 の検出結果は変動する。それゆえ、車両 A のスピン状態の度合いに応じてブレンド軸力 T_{BR} を変動できる。その結果、本実施形態の制御演算部 11 は、ブレンド軸力 T_{BR} に基づいて反力モータ $9A$ を駆動することで、より適切な操舵反力を付与できる。

[0036] 操舵角速度検出部 $11Bbc$ は、操舵角センサ 3 が検出した操舵角 δ に基づいて、ステアリングホイール 1 の操舵角速度 $d\delta/dt$ を算出する。そして、操舵角速度検出部 $11Bbc$ は、算出結果をブレンド軸力算出部 $11Bbb$ および操舵判定部 $11Bbd$ に出力する。ここで、操舵角速度 $d\delta/dt$ は、ステアリングホイール 1 が時計回りに回転する場合の角速度を正值とし、反時計回りに回転する場合の角速度を負値とする。

[0037] 操舵判定部 $11Bbd$ は、ブレンド軸力算出部 $11Bbb$ が算出したブレンド軸力 T_{BR} および操舵角速度検出部 $11Bbc$ が検出した操舵角速度 $d\delta/dt$ に基づいて、運転者がステアリングホイール 1 の切り増し操作および切り戻し操作のいずれを行っているかを判定する。切り増し操作としては、例えば、ステアリングホイール 1 （操舵角 δ ）が中立位置から離れる方向への操舵操作である。また、切り戻し操作としては、例えば、ステアリングホイール 1 （操舵角 δ ）が中立位置に近づく方向への操舵操作がある。具体的には、操舵判定部 $11Bbd$ は、ブレンド軸力 T_{BR} が正值であり且つ操舵角速度 $d\delta/dt$ が正值である場合、またはブレンド軸力 T_{BR} が負値であり且つ操舵角速度 $d\delta/dt$ が負値である場合には、ステアリングホイール 1 の切り増し操作を

行っていると判定し、変数K4を1. 0とする。変数K4は、ステアリングホイール1の切り増し操作および切り戻し操作のいずれを行なっているかを表すフラグである。変数K4は、ステアリングホイール1の切り増し操作を行なっている場合に1. 0とし、切り戻し操作を行なっている場合に0. 0とする。さらに、操舵判定部11Bbdは、ブレンド軸力 T_{BR} が正值であり且つ操舵角速度 $d\delta/dt$ が負値である場合、またはブレンド軸力 T_{BR} が負値であり且つ操舵角速度 $d\delta/dt$ が正值である場合には、ステアリングホイール1の切り増し操作を行っていないと判定し、変数K4を0とする。そして、操舵判定部11Bbdは、設定した変数K4をフィードバック軸力算出実行部11Bbeに出力する。

- [0038] フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、電流軸力算出部11Bba、ブレンド軸力算出部11Bbb、操舵角速度検出部11Bbcおよび操舵判定部11Bbdから電流軸力、ブレンド軸力 T_{BR} 、操舵角速度 $d\delta/dt$ および変数K4を読み込む。続いて、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、読み込んだ電流軸力、ブレンド軸力 T_{BR} 、操舵角速度 $d\delta/dt$ および変数K4に基づき、下記(10)式に従ってステアリングラック軸力(以下、フィードバック軸力 T_{FB})を算出する。そして、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、算出結果をフィードバック軸力補正部11Bfに出力する。

$$\text{フィードバック軸力 } T_{FB} = \text{電流軸力} \times GB + \text{ブレンド軸力 } T_{BR} \times (1 - GB) \\ \dots\dots\dots (10)$$

- [0039] ただし、GBは、電流軸力の配分比率GBとブレンド軸力 T_{BR} の配分比率(1-GB)を表す数値(以下、配分比率と呼ぶ)である。これにより、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、配分比率GBに基づいて、電流軸力とブレンド軸力 T_{BR} とをGB:(1-GB)の割合で合算させて、フィードバック軸力 T_{FB} を算出する。

ここで、配分比率GBの設定方法としては、例えば、操舵判定部11Bbdが出力した判定結果を基に配分比率設定部11Bbfで配分比率GBを設定する方法を採用できる。配分比率設定部11Bbfは、操舵判定部11Bbd

から操舵角速度 $d\delta/dt$ および変数 $K4$ を読み込む。続いて、配分比率設定部11Bbfは、読み込んだ操舵角速度 $d\delta/dt$ および変数 $K4$ に基づき、下記(11)式に従って配分比率 GB を算出する。

$$GB = K4 \times K5 \quad \dots\dots\dots (11)$$

[0040] ただし、 $K5$ は、 $K4$ が1.0のとき、つまり、ステアリングホイール1の切り増し操作時における、電流軸力の配分比率 GB とブレンド軸力 T_{BR} の配分比率 $(1 - GB)$ を表す数値である。これにより、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、ステアリングホイール1の切り増し操作時には、変数 $K5$ に基づいて電流軸力とブレンド軸力 T_{BR} とを $K5 : (1 - K5)$ の割合で合算させて、フィードバック軸力 T_{FB} を算出する。なお、 $K4$ が0.0のとき、つまり、ステアリングホイール1の切り戻し操作時には、変数 $K5$ にかかわらず、ブレンド軸力 T_{BR} をフィードバック軸力 T_{FB} とする。

ここで、変数 $K5$ の設定方法としては、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ に対応した変数 $K5$ を制御マップ $M5$ から読み出す方法を採用できる。制御マップ $M5$ としては、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ に対応した変数 $K5$ を登録したマップがある。

[0041] 図14は、制御マップ $M5$ を表すグラフである。

図14に示すように、制御マップ $M5$ は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が0以上で且つ第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ (>0)未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず変数 $K5$ を第10設定値(例えば、1.0)に設定する。また、制御マップ $M5$ は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ ($>d\delta_4/dt$)以上の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず変数 $K5$ を第11設定値($<$ 第10設定値。例えば、0.0)に設定する。さらに、制御マップ $M5$ は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上で且つ第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に応じて変数 $K5$ を直線的に低下させる。具体的には、制御マップ $M5$ は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上で且つ第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 未満の範囲では、操舵

角速度 $d\delta/dt$ の絶対値と変数 $K5$ との関係を表す一次関数に従って変数 $K5$ を設定する。一次関数は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ である場合に変数 $K5$ を第10設定値(1.0)とし、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ である場合に変数 $K5$ を第11設定値(0.0)とする。これにより、配分比率設定部11Bbfは、変数 $K4$ が1.0(切り増し操作時)であり、且つ、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 未満(低速操舵時)である場合には、配分比率 GB を1.0とする。そして、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、電流軸力をフィードバック軸力 T_{FB} とする。また、配分比率設定部11Bbfは、変数 $K4$ が1.0(切り増し操作時)であり、且つ、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 以上(高速操舵時)である場合には、配分比率 GB を0.0とする。これにより、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、ブレンド軸力 T_{BR} をフィードバック軸力 T_{FB} とする。また、配分比率設定部11Bbfは、変数 $K4$ が1.0(切り増し操作時)であり、且つ、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上で且つ第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 未満(中速操舵時)である場合には、変数 $K5$ を配分比率 GB とする。これにより、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、電流軸力に変数 $K5$ を乗算した値とブレンド軸力 T_{BR} に $(1-K5)$ を乗算した値とを合算したものをフィードバック軸力 T_{FB} とする。一方、配分比率設定部11Bbfは、変数 $K4$ が0.0(切り戻し操作時)である場合には、操舵角速度 $d\delta/dt$ にかかわらず、0.0を配分比率 GB とする。そして、フィードバック軸力算出実行部11Bbeは、ブレンド軸力 T_{BR} をフィードバック軸力 T_{FB} とする。

[0042] このように、本実施形態のフィードバック軸力算出実行部11Bbeは、ステアリングホイール1の切り増し操作が行われると、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 未満である場合には、電流軸力をフィードバック軸力 T_{FB} とする。ここで、ステアリングホイール1と操向輪2とが機械的に結合している機械式の操舵制御装置では、ステアリングホイール1の

切り増し操作時には、操向輪 2 の転舵に伴うタイヤ横力 F_d とフリクションとにより、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻す操舵反力が発生する。また、本実施形態のフィードバック軸力算出実行部 11 B b e では、ステアリングホイール 1 の切り増し操作時には、電流軸力は、タイヤ横力 F_d とフリクションとの合算値と等しくなる。そのため、本実施形態の制御演算部 11 は、電流軸力をフィードバック軸力 T_{FB} とすることで、機械式の操舵制御装置と同様に、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻す操舵反力を付与できる。これにより、本実施形態の制御演算部 11 は、ステアリングホイール 1 の切り増し操作時に、より適切な操舵反力を付与できる。

ちなみに、ブレンド軸力 T_{BR} は、操向輪 2 の転舵に伴うフリクションの要素が含まれていない。それゆえ、例えば、ステアリングホイール 1 の切り増し操作時に、ブレンド軸力 T_{BR} をフィードバック軸力 T_{FB} とする方法では、操舵感に違和感を与える可能性がある。

[0043] また、本実施形態のフィードバック軸力算出実行部 11 B b e は、ステアリングホイール 1 の切り戻し操作が行われると、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値の大きさにかかわらず、電流軸力と横 G 軸力とを予め設定された配分比率で配分したブレンド軸力 T_{BR} をフィードバック軸力 T_{FB} とする。ここで、ステアリングホイール 1 と操向輪 2 とが機械的に結合している機械式の操舵制御装置では、ステアリングホイール 1 の切り戻し操作時には、操向輪 2 の転舵に伴うタイヤ横力 F_d により、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻す操舵反力が発生する。それゆえ、機械式の操舵制御装置では、ステアリングホイール 1 の切り戻し操作時には、運転者は、ステアリングホイール 1 の保持力を低減し、ステアリングホイール 1 を手の平で滑らせることで、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻し、操向輪 2 を中立位置に戻していた。これに対し、本実施形態のフィードバック軸力算出実行部 11 B b e では、ブレンド軸力 T_{BR} をフィードバック軸力 T_{FB} とすることで、転舵電流が低減し、電流軸力が低減したとしても、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻す操舵反力が低減することを抑制できる。そのため、本実施形態のフィードバック軸力

算出実行部 11 B b e は、機械式の操舵制御装置と同様に、運転者がステアリングホイール 1 の保持力を低減し、ステアリングホイール 1 を手の平で滑らせることで、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻すことができる。これにより、本実施形態の制御演算部 11 は、ステアリングホイール 1 の切り戻し操作時に、より適切な操舵反力を付与できる。

[0044] さらに、本実施形態のフィードバック軸力算出実行部 11 B b e は、ステアリングホイール 1 の切り増し操作を行っているとは判定し、且つ、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 4 設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上であると判定した場合には、電流軸力とブレンド軸力 T_{BR} とを配分してフィードバック軸力 T_{FB} を設定するとともに、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が小さくなるほど電流軸力の配分比率を大きくする。それゆえ、本実施形態のフィードバック軸力算出実行部 11 B b e は、例えば、ステアリングホイール 1 の切り戻し操作中に、操舵角 δ が中立位置を跨ぎ、引き続き同方向へステアリングホイール 1 の切り増し操作が行われた場合、切り増し操作中に操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が徐々に低減するにつれ、ブレンド軸力 T_{BR} から電流軸力へとフィードバック軸力 T_{FB} を徐々に移行できる。これにより、本実施形態の制御演算部 11 は、より適切な操舵反力を付与できる。

[0045] 図 3 に戻り、最終軸力算出部 11 B c は、操舵角センサ 3、車速センサ 5、横 G センサ 6、フィードフォワード軸力算出部 11 B a およびフィードバック軸力補正部 11 B f から操舵角 δ 、車速 V 、横方向加速度 G_y 、フィードフォワード軸力 T_{FF} およびフィードバック軸力 T_{FB} を読み込む。続いて、最終軸力算出部 11 B c は、読み込んだ操舵角 δ に基づいて、ステアリングホイール 1 の操舵角速度 $d\delta/dt$ を算出する。続いて、最終軸力算出部 11 B c は、読み込んだ操舵角 δ 、車速 V 、横方向加速度 G_y 、フィードフォワード軸力 T_{FF} およびフィードバック軸力 T_{FB} 、算出した操舵角速度 $d\delta/dt$ に基づき、下記 (12) 式に従ってステアリングラック軸力（以下、最終軸力）を算出する。そして、最終軸力算出部 11 B c は、算出結果を軸力-操舵反力変換部 11 B d に出力する。

最終軸力＝フィードフォワード軸力 T_{FF} ×GF＋フィードバック軸力 T_{FB} ×（ $1 - GF$ ） ……………（12）

[0046] ここで、GFは、フィードフォワード軸力 T_{FF} の配分比率GFとフィードバック軸力 T_{FB} の配分比率（ $1 - GF$ ）を表す数値（以下、配分比率と呼ぶ）である。これにより、最終軸力算出部11Bcは、配分比率GFに基づいて、フィードフォワード軸力 T_{FF} とフィードバック軸力 T_{FB} とをGF：（ $1 - GF$ ）の割合で合算させて、最終軸力を算出する。

このように、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、フィードバック軸力 T_{FB} およびフィードフォワード軸力 T_{FF} に基づいて最終軸力を算出する。ここで、フィードバック軸力 T_{FB} は、操向輪2に作用するタイヤ横力Fdの影響を反映するため、路面状態の変化や車両状態の変化に応じて変化する。これに対し、フィードフォワード軸力 T_{FF} は、タイヤ横力Fdの影響を反映しないため、路面状態の変化等にかかわらず滑らかに変化する。それゆえ、最終軸力算出部11Bcは、フィードバック軸力 T_{FB} に加え、フィードフォワード軸力 T_{FF} に基づいて最終軸力を算出することで、より適切な最終軸力を算出できる。

[0047] 最終軸力算出部11Bcは、配分比率算出部11Bcaを備える。配分比率算出部11Bcaは、軸力差分に基づく配分比率GF₁、横方向加速度Gyに基づく配分比率GF₂、車速Vおよび操舵角δに基づく配分比率GF₃、および操舵角速度dδ/dtに基づく配分比率GF₄に基づいて、配分比率GFを設定する。軸力差分としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} とフィードバック軸力 T_{FB} との差を採用できる。具体的には、軸力差分は、フィードフォワード軸力 T_{FF} からフィードバック軸力 T_{FB} を減算した減算結果とする。また、配分比率GFの設定方法としては、例えば、軸力差分に基づく配分比率GF₁と横方向加速度Gyに基づく配分比率GF₂とのうちいずれか小さい値と、車速Vおよび操舵角δに基づく配分比率GF₃と、操舵角速度dδ/dtに基づく配分比率GF₄とを乗算し、乗算結果を配分比率GFとする方法を採用できる。

[0048] 図15は、制御マップM6を表すグラフである。

配分比率 GF_1 の設定方法としては、例えば、軸力差分の絶対値に対応した配分比率 GF_1 を制御マップM6から読み出す方法を採用できる。制御マップM6としては、例えば、軸力差分の絶対値に対応した配分比率 GF_1 を登録したマップがある。具体的には、図15に示すように、制御マップM6は、軸力差分の絶対値が0以上で且つ第1設定軸力差分 Z_1 (>0)未満の範囲では、軸力差分の大きさにかかわらず配分比率 GF_1 を第12設定値（例えば、1.0）に設定する。第1設定軸力差分 Z_1 としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下を開始する軸力差分を採用できる。また、制御マップM6は、軸力差分の絶対値が第2設定軸力差分 Z_2 ($>Z_1$)以上の範囲では、軸力差分の大きさにかかわらず配分比率 GF_1 を第13設定値（ $<$ 第12設定値。例えば、0.0）に設定する。第2設定軸力差分 Z_2 としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度がフィードバック軸力 T_{FB} の推定精度よりも低下する軸力差分を採用できる。さらに、制御マップM6は、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 以上で且つ第2設定軸力差分 Z_2 未満の範囲では、軸力差分の絶対値に応じて配分比率 GF_1 を直線的に低下させる。具体的には、制御マップM6は、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 以上で且つ第2設定軸力差分 Z_2 未満の範囲では、軸力差分の絶対値と配分比率 GF_1 との関係を表す一次関数に従って配分比率 GF_1 を設定する。一次関数は、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 である場合に配分比率 GF_1 を第12設定値（1.0）とし、軸力差分の絶対値が第2設定軸力差分 Z_2 である場合に配分比率 GF_1 を第13設定値（0.0）とする。

[0049] このように、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 以上である場合には、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 未満である場合に比べ、配分比率 GF_1 （フィードフォワード軸力 T_{FF} の配分比率 GF ）を小さくする。それゆえ、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、例えば、路面 μ が低減し、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下して、軸力差分が増大した場合に、フィードバック軸力 T_{FB} の配分比率（ $1 - GF$ ）を増大できる。そのため、本実施形態の最終軸力算出部11Bc

は、より適切な操舵反力を付与することができる。

[0050] 図16は、制御マップM7を表すグラフである。

ここで、配分比率 GF_2 の設定方法としては、例えば、横方向加速度 G_y の絶対値に対応した配分比率 GF_2 を制御マップM7から読み出す方法を採用できる。制御マップM7としては、例えば、横方向加速度 G_y の絶対値に対応した配分比率 GF_2 を登録したマップがある。具体的には、図16に示すように、制御マップM7は、横方向加速度 G_y の絶対値が0以上で且つ第1設定横方向加速度 G_{y1} (>0) 未満の範囲では、横方向加速度 G_y の大きさにかかわらず配分比率 GF_2 を第14設定値（例えば、1.0）に設定する。第1設定横方向加速度 G_{y1} としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下を開始する横方向加速度 G_y を採用できる。また、制御マップM7は、横方向加速度 G_y の絶対値が第2設定横方向加速度 G_{y2} ($>G_{y1}$) 以上の範囲では、横方向加速度 G_y の大きさにかかわらず配分比率 GF_2 を第15設定値（ $<$ 第14設定値。例えば、0.0）に設定する。第2設定横方向加速度 G_{y2} としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度がフィードバック軸力 T_{FB} の推定精度よりも低下する横方向加速度 G_y を採用できる。さらに、制御マップM7は、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} 以上で且つ第2設定横方向加速度 G_{y2} 未満の範囲では、横方向加速度 G_y の絶対値に応じて配分比率 GF_2 を直線的に低下させる。具体的には、制御マップM7は、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} 以上で且つ第2設定横方向加速度 G_{y2} 未満の範囲では、横方向加速度 G_y の絶対値と配分比率 GF_2 との関係を表す一次関数に従って配分比率 GF_2 を設定する。一次関数は、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} である場合に配分比率 GF_3 を第14設定値（1.0）とし、横方向加速度 G_y の絶対値が第2設定横方向加速度 G_{y2} である場合に配分比率 GF_3 を第15設定値（0.0）とする。

[0051] このように、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} 以上である場合には、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} 未満である場合に比べ、配分比率 GF_2 （フ

ィードフォワード軸力 T_{FF} の配分比率 GF)を小さくする。それゆえ、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、例えば、横方向加速度 G_y が増大し、ィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下した場合に、フィードバック軸力 T_{FB} の配分比率 $(1 - GF)$ を増大できる。そのため、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、より適切な操舵反力を付与することができる。

[0052] 図17は、制御マップM8a、M8bを表すグラフである。

ここで、配分比率 GF_3 の設定方法としては、例えば、車速 V の絶対値および操舵角 δ の絶対値に対応した配分比率 GF_{3a} 、 GF_{3b} を制御マップM8a、M8bから読み出し、読み出した配分比率 GF_{3a} 、 GF_{3b} を乗算し、乗算結果を配分比率 GF_3 とする方法を採用できる。制御マップM8aとしては、例えば、車速 V の絶対値に対応した配分比率 GF_3 を登録したマップがある。具体的には、図17(a)に示すように、制御マップM8aは、車速 V の絶対値が0以上で且つ第3設定車速 V_3 未満の範囲では、車速 V の大きさにかかわらず配分比率 GF_{3a} を第16設定値(例えば、0.5)に設定する。第3設定車速 V_3 としては、例えば、車速 V が低いことによるタイヤ特性の非線形性(タイヤすべり角に対するタイヤ横力 F_d の非線形性)が現れ、ィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下を開始する車速 V を採用できる。また、制御マップM8aは、車速 V の絶対値が第4設定車速 $V_4 (> V_3)$ 以上の範囲では、車速 V の大きさにかかわらず配分比率 GF_{3a} を第17設定値($>$ 第16設定値。例えば、1.0)に設定する。第4設定車速 V_4 としては、例えば、ィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度がフィードバック軸力 T_{FB} の推定精度よりも向上する車速 V を採用できる。さらに、制御マップM8aは、車速 V の絶対値が第3設定車速 V_3 以上で且つ第4設定車速 V_4 未満の範囲では、車速 V の絶対値に応じて配分比率 GF_{3a} を直線的に増加させる。具体的には、制御マップM8aは、車速 V の絶対値が第3設定車速 V_3 以上で且つ第4設定車速 V_4 未満の範囲では、車速 V と配分比率 GF_{3a} との関係を表す一次関数に従って配分比率 GF_{3a} を設定する。一次関数は、車速 V の絶対値が第3設定車速 V_3 である場合に配分比率 GF_{3a} を第16設定値(0.5)とし、車速 V が第4設定車速 V_4 である場合

に配分比率 GF_{3a} を第17設定値（1.0）とする。

[0053] このように、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、車速 V の絶対値が第4設定車速 V_4 未満である場合には、車速 V の絶対値が第4設定車速 V_4 以上である場合に比べ、配分比率 GF_{3a} （フィードフォワード軸力 T_{FF} の配分比率 GF ）を小さくする。それゆえ、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、例えば、車速 V が低減し、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下した場合に、フィードバック軸力 T_{FB} の配分比率（ $1 - GF$ ）を増大できる。そのため、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、より適切な操舵反力を付与することができる。

[0054] また、制御マップM8bとしては、例えば、操舵角 δ の絶対値に対応した配分比率 GF_{3b} を登録したマップがある。具体的には、図17（b）に示すように、制御マップM8bは、操舵角 δ の絶対値が0以上で且つ第1設定操舵角 δ_1 （ >0 ）未満の範囲では、操舵角 δ の大きさにかかわらず配分比率 GF_{3b} を第18設定値（例えば、1.0）に設定する。第1設定操舵角 δ_1 としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下を開始する操舵角 δ を採用できる。また、制御マップM8bは、操舵角 δ の絶対値が第2設定操舵角 δ_2 （ $>\delta_1$ ）以上の範囲では、操舵角 δ の大きさにかかわらず配分比率 GF_{3b} を第19設定値（ $<$ 第18設定値。例えば、0.6）に設定する。第2設定操舵角 δ_2 としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度がフィードバック軸力 T_{FB} の推定精度よりも低下する操舵角 δ を採用できる。さらに、制御マップM8bは、操舵角 δ の絶対値が第1設定操舵角 δ_1 以上で且つ第2設定操舵角 δ_2 未満の範囲では、操舵角 δ の絶対値に応じて配分比率 GF_{3b} を直線的に低下させる。具体的には、制御マップM8bは、操舵角 δ の絶対値が第1設定操舵角 δ_1 以上で且つ第2設定操舵角 δ_2 未満の範囲では、操舵角 δ の絶対値と配分比率 GF_{3b} との関係を表す一次関数に従って配分比率 GF_{3b} を設定する。一次関数は、操舵角 δ の絶対値が第1設定操舵角 δ_1 である場合に配分比率 GF_{3b} を第18設定値（1.0）とし、操舵角 δ の絶対値が第2設定操舵角 δ_2 である場合に配分比率 GF_{3b} を第19設定値（0.6）とする。

[0055] このように、本実施形態の最終軸力算出部 11Bc は、操舵角 δ の絶対値が第 1 設定操舵角 δ_1 以上である場合には、操舵角 δ の絶対値が第 1 設定操舵角 δ_1 未満である場合に比べ、配分比率 GF_{3b} （フィードフォワード軸力 T_{FF} の配分比率 GF ）を小さくする。それゆえ、本実施形態の最終軸力算出部 11Bc は、例えば、操舵角 δ が増大し、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下した場合に、フィードバック軸力 T_{FB} の配分比率（ $1 - GF$ ）を増大できる。そのため、本実施形態の最終軸力算出部 11Bc は、より適切な操舵反力を付与することができる。

[0056] 図 18 は、制御マップ M9 を表すグラフである。

ここで、配分比率 GF_4 の設定方法としては、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に対応した配分比率 GF_4 を制御マップ M9 から読み出す方法を採用できる。制御マップ M9 としては、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に対応した配分比率 GF_4 を登録したマップがある。具体的には、図 18 に示すように、制御マップ M9 は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が 0 以上で且つ第 4 設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ (>0) 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず配分比率 GF_4 を第 20 設定値（例えば、1.0）に設定する。第 4 設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下を開始する操舵角速度 $d\delta/dt$ を採用できる。また、制御マップ M9 は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 5 設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ ($>d\delta_4/dt$) 以上の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の大きさにかかわらず配分比率 GF_4 を第 21 設定値（ $<$ 第 20 設定値。例えば、0.0）に設定する。第 5 設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ としては、例えば、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度がフィードバック軸力 T_{FB} の推定精度よりも低下する操舵角速度 $d\delta/dt$ を採用できる。さらに、制御マップ M9 は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 4 設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上で且つ第 5 設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 未満の範囲では、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値に応じて配分比率 GF_4 を直線的に低下させる。具体的には、制御マップ M9 は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第 4 設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上で且つ第 5 設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 未満の範囲では、操舵角速

度 $d\delta/dt$ の絶対値と配分比率 GF_4 との関係を表す一次関数に従って配分比率 GF_4 を設定する。一次関数は、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ である場合に配分比率 GF_4 を第20設定値(1.0)とし、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ である場合に配分比率 GF_4 を第21設定値(0.0)とする。

[0057] このように、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上である場合には、操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 未満である場合に比べ、配分比率 GF_4 (フィードフォワード軸力 T_{FF} の配分比率 GF)を小さくする。それゆえ、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、例えば、操舵角速度 $d\delta/dt$ が増大し、フィードフォワード軸力 T_{FF} の推定精度が低下した場合に、フィードバック軸力 T_{FB} の配分比率(1- GF)を増大できる。そのため、本実施形態の最終軸力算出部11Bcは、より適切な操舵反力を付与することができる。

[0058] これにより、最終軸力算出部11Bcは、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 未満、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} 未満、車速 V の絶対値が第4設定車速 V_4 以上、操舵角 δ の絶対値が第1設定操舵角 δ_1 未満、および操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 未満である場合には、フィードフォワード軸力 T_{FF} を最終軸力とする。また、最終軸力算出部11Bcは、軸力差分の絶対値が第2設定軸力差分 Z_2 以上、横方向加速度 G_y の絶対値が第2設定横方向加速度 G_{y2} 以上、および操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第5設定操舵角速度 $d\delta_5/dt$ 以上の少なくともいずれかである場合には、フィードバック軸力 T_{FB} を最終軸力とする。さらに、最終軸力算出部11Bcは、軸力差分の絶対値が第1設定軸力差分 Z_1 以上で且つ第2設定軸力差分 Z_2 未満、横方向加速度 G_y の絶対値が第1設定横方向加速度 G_{y1} 以上で且つ第2設定横方向加速度 G_{y2} 未満、車速 V の絶対値が第4設定車速 V_4 未満、操舵角 δ の絶対値が第1設定操舵角 δ_1 以上、および操舵角速度 $d\delta/dt$ の絶対値が第4設定操舵角速度 $d\delta_4/dt$ 以上である場合には、フィードフォワード軸力 T_{FF} に配分比率 GF を乗算した値とフィードバック軸力 T_{FB} に配分比率

($1 - GF$) を乗算した値とを合算したものを最終軸力とする。

[0059] それゆえ、最終軸力算出部 11Bc は、車両 A が、道路の路面 μ が高く（ドライ路面）、車速 V が高く、操舵角 δ が小さく、操舵角速度 $d\delta/dt$ が小さい状況（以下、特定状況とも呼ぶ）にある場合には、フィードフォワード軸力 T_{FF} を最終軸力とする。ここで、フィードフォワード軸力 T_{FF} は、タイヤ横力 F_d の影響を反映しないため、路面状態の変化等にかかわらず滑らかに変化する。それゆえ、最終軸力算出部 11Bc は、車両 A が特定状況にある場合には、安定した操舵感を実現することができる。これに対し、最終軸力算出部 11Bc は、車両 A が、特定状況以外の状況（以下、通常状況とも呼ぶ）にある場合には、フィードバック軸力 T_{FB} 、またはフィードフォワード軸力 T_F とフィードバック軸力 T_{FB} とを合算したものを最終軸力とする。ここで、フィードバック軸力 T_{FB} は、操向輪 2 に作用するタイヤ横力 F_d の影響を反映するため、路面状態の変化や車両状態の変化に応じて変化する。それゆえ、最終軸力算出部 11Bc は、車両 A が通常状況にある場合には、ステアリングホイール 1 と操向輪 2 とが機械的に結合している機械式の操舵制御装置と同様の操舵感を付与でき、自然な操舵感を実現することができる。

[0060] 図 3 に戻り、軸力-操舵反力変換部 11Bd は、最終軸力算出部 11Bc が算出した最終軸力に基づいて目標操舵反力を算出する。目標操舵反力とは、操舵反力の目標値である。目標操舵反力の算出方法としては、例えば、車速 V および最終軸力に対応した目標操舵反力を制御マップ M10 から読み出す方法を採用できる。制御マップ M10 とは、車速 V 毎に、最終軸力に対応した目標操舵反力を登録したマップである。

図 19 は、制御マップ M10 を表すグラフである。

図 19 に示すように、制御マップ M10 は、車速 V 毎に設定される。また、制御マップ M10 は、最終軸力が大きいほど目標操舵反力を大きい値とする。

図 3 に戻り、目標反力電流演算部 11Be は、軸力-操舵反力変換部 11Bd が算出した目標操舵反力に基づき、下記 (13) 式に従って目標反力電流

を算出する。そして、目標反力電流演算部 11B e は、算出結果を反力モータ駆動部 9C に出力する。

$$\text{目標反力電流} = \text{目標操舵反力} \times \text{ゲイン} \quad \dots\dots\dots (13)$$

[0061] なお、本実施形態では、目標反力電流演算部 11B e が、軸力-操舵反力変換部 11B d が算出した目標操舵反力を基に目標反力電流を算出する例を示したが、他の構成を採用することもできる。例えば、目標反力電流演算部 11B e が、軸力-操舵反力変換部 11B d が算出した目標操舵反力に補正的反力や端当て反力等を加算して目標操舵反力を補正し、補正後の目標操舵反力を基に目標反力電流を算出する構成としてもよい。補正的反力としては、例えば、目標操舵反力を補正する場合に付与する操舵反力がある。また、端当て反力としては、例えば、転舵角 θ が最大値となった場合に付与する操舵反力がある。

フィードバック軸力補正部 11B f は、シフトセンサ 12 が検出したシフトレバーの位置に基づいて、車両 A が後退走行しているか否かを判定する。ここで、フィードバック軸力補正部 11B f は、シフトレバーが R レンジ（後退走行の位置）にあることを検出した場合に、車両 A が後退走行していると判定する。そして、フィードバック軸力補正部 11B f は、車両 A が後退走行していると判定した場合には、フィードフォワード軸力算出部 11B a が算出したフィードフォワード軸力 T_{FF} をフィードバック軸力 T_{FB} として最終軸力算出部 11B c に出力する。一方、フィードバック軸力補正部 11B f は、車両 A が後退走行していないと判定した場合には、フィードバック軸力算出部 11B b が算出したフィードバック軸力 T_{FB} をそのまま最終軸力算出部 11B c に出力する。

[0062] （動作その他）

次に、車両 A の操舵制御装置の動作について説明する。

車両 A の後退走行中、運転者がステアリングホイール 1 を操作したとする。すると、制御演算部 11 が、操舵角 δ および車速 V に基づき目標転舵角 θ^* を算出する（図 2 の目標転舵角演算部 11A）。続いて、制御演算部 11 が

、算出した目標転舵角 θ^* から実際の転舵角 θ を減じた減算結果に基づき目標転舵電流を算出する（図2の目標転舵電流演算部11C）。これにより、転舵制御部8が、ステアリングホイール1の操作量に応じて操向輪2を転舵する。そして、車両Aが、後退走行中に旋回を行う。

[0063] 同時に、制御演算部11が、操舵角 δ および車速 V に基づきフィードフォワード軸力 T_{FF} を算出する（図3のフィードフォワード軸力算出部11Ba）。続いて、制御演算部11が、転舵電流に基づき電流軸力を算出する（図11の電流軸力算出部11Bba）。続いて、制御演算部11が、横方向加速度 G_y に基づき横G軸力を算出する（図11のブレンド軸力算出部11Bbb）。続いて、制御演算部11が、ヨーレート γ および車速 V に基づきヨーレート軸力を算出する（図11のブレンド軸力算出部11Bbb）。続いて、制御演算部11が、算出した電流軸力、横G軸力およびヨーレート軸力に基づき、ブレンド軸力 T_{BR} を算出する（図11のブレンド軸力算出部11Bbb）。そして、制御演算部11が、算出した電流軸力とブレンド軸力 T_{BR} とを $G_B : (1 - G_B)$ で配分して、フィードバック軸力 T_{FB} を算出する（図3のフィードバック軸力算出部11Bb）。

[0064] 続いて、制御演算部11が、シフトレバーの位置（Rレンジ）に基づき、車両Aが後退走行していると判定する（図3のフィードバック軸力補正部11Bf）。続いて、制御演算部11が、算出したフィードバック軸力 T_{FB} をフィードフォワード軸力 T_{FF} で置き換える（図3のフィードバック軸力補正部11Bf）。これにより、制御演算部11が、フィードバック軸力算出部11Bbが算出したフィードバック軸力 T_{FB} を補正する。続いて、制御演算部11が、算出したフィードフォワード軸力 T_{FF} と、補正後のフィードバック軸力 T_{FB} 、つまり、フィードフォワード軸力 T_{FF} とを $G_F : (1 - G_F)$ で配分して、最終軸力を算出する（図3の最終軸力算出部11Bc）。これにより、制御演算部11が、最終軸力をフィードフォワード軸力 T_{FF} とする。続いて、制御演算部11が、算出した最終軸力に基づき目標操舵反力を算出する（図3の軸力-操舵反力変換部11Bd）。続いて、制御演算部11が、算出した目標操

舵反力に基づき目標反力電流を算出する（図3の目標反力電流演算部11B e）。続いて、制御演算部11が、算出した目標反力電流に基づき反力モータ9Aを駆動する（図2の反力モータ駆動部9C）。これにより、反力制御部9が、ステアリングホイール1を中立位置に戻す方向に操舵反力を付与する。

[0065] ここで、一般に、車両Aが後退走行中に旋回を行った場合、タイヤ横力 F_d の着点力がタイヤの接地中心よりも後方に設定されているため、転舵角が増大する方向にタイヤ横力 F_d が作用し、ステアリングラックを中立位置から乖離させる方向にステアリングラック軸力が発生する。それゆえ、電流軸力は、ステアリングラックを中立位置から乖離させる方向に発生する。また、ヨーレート軸力も、ステアリングラックを中立位置から乖離させる方向に発生する。それゆえ、フィードバック軸力 T_{FB} は、これら軸力を基にステアリングラックを中立位置から乖離させるものとなる。そのため、フィードフォワード軸力 T_{FF} と、フィードバック軸力 T_{FB} との正負が逆になる。したがって、例えば、フィードバック軸力 T_{FB} を補正せず、単にフィードフォワード軸力 T_{FF} と補正無しのフィードバック軸力 T_{FB} とを配分して最終軸力を算出する方法では、フィードフォワード軸力 T_{FF} とフィードバック軸力 T_{FB} との大小関係が変動すると、最終軸力の正負が切り替わる可能性があった。それゆえ、操舵反力の正負が切り替わり、操舵反力が振動する可能性があった。

[0066] これに対し、本実施形態の操舵制御装置は、車両Aが後退走行していると判定した場合に、フィードバック軸力 T_{FB} をフィードフォワード軸力 T_{FF} で置き換えることによって、フィードフォワード軸力 T_{FF} を最終軸力とする。それゆえ、本実施形態の操舵制御装置は、例えば、車両Aが後退走行中に旋回を行った場合に、操舵角 δ に基づく操舵反力であるフィードフォワード軸力 T_{FF} と、タイヤ横力 F_d で変動する車両Aの状態量（転舵電流、横方向加速度 G_y 、ヨーレート γ ）に基づくステアリングラック軸力であるフィードバック軸力 T_{FB} との正負が逆になったとしても、最終軸力の正負が切り替わらない。そのため、反力モータ9Aの駆動方向の切り替わりを抑制でき、操舵反力の振

動を抑制できる。

[0067] また、本実施形態の操舵制御装置は、フィードフォワード軸力 T_{FF} を最終軸力とすることによって、ステアリングホイール 1 を中立位置に戻す操舵反力を付与できる。そのため、本実施形態の操舵制御装置は、一般的な運転感覚により適した操舵反力を付与できる。

なお、例えば、フィードバック軸力 T_{FB} を最終軸力とする方法では、ステアリングラックを中立位置から乖離させる方向に操舵反力が付与される。そのため、ステアリングホイール 1 が操舵方向へ持って行かれるような感覚を運転者に与える可能性があった。

また、本実施形態の操舵制御装置は、シフトレバーが R レンジ（後退走行の位置）にあることを検出した場合に、車両 A が後退走行していると判定する。それゆえ、本実施形態の操舵制御装置は、車両 A が後退走行しているかを比較的容易に判定できる。

[0068] 本実施形態では、図 1 のステアリングホイール 1 がステアリングホイールを構成する。以下同様に、図 1 の転舵モータ 8 A が転舵アクチュエータ、転舵モータ駆動部 8 C が転舵アクチュエータを構成する。また、図 1 の操舵角センサ 3 が操舵角検出部を構成する。さらに、図 1 のフィードフォワード軸力算出部 11 B a がフィードフォワード軸力算出部を構成する。また、図 1 の横 G センサ 6、ヨーレートセンサ 7、転舵電流検出部 8 B が状態量検出部を構成する。さらに、図 3 のフィードバック軸力算出部 11 B b、図 11 のフィードバック軸力算出実行部 11 B b e がフィードバック軸力算出部を構成する。また、図 2 のフィードバック軸力補正部 11 B f、図 3 の最終軸力算出部 11 B c が最終軸力設定部を構成する。さらに、図 1 の反力モータ 9 A、反力モータ駆動部 9 C、図 2 の目標反力電流演算部 11 B が反力アクチュエータを構成する。また、図 1 のシフトセンサ 12 がシフトレバー位置検出部を構成する。

[0069] （本実施形態の効果）

本実施形態は、次のような効果を奏する。

(1) 制御演算部 11 が、操舵角 δ に基づく操舵反力をフィードフォワード軸力 T_{FF} として算出する。続いて、制御演算部 11 が、操向輪 2 に作用するタイヤ横力 F_d で変動する車両 A の状態量に基づくステアリングラック軸力をフィードバック軸力 T_{FB} として算出する。続いて、制御演算部 11 が、算出したフィードフォワード軸力 T_{FF} とフィードバック軸力 T_{FB} とを配分して、最終軸力を設定する。続いて、制御演算部 11 が、設定した最終軸力に基づいて操舵反力を付与する。その際、制御演算部 11 が、車両 A が後退走行していると判定した場合には、フィードフォワード軸力 T_{FF} を最終軸力とする。

このような構成によれば、車両 A が後退走行していると判定した場合に、フィードフォワード軸力 T_{FF} を最終軸力とする。それゆえ、例えば、車両 A が後退走行中に旋回を行った場合に、操舵角 δ に基づく操舵反力であるフィードフォワード軸力 T_{FF} と、タイヤ横力 F_d で変動する車両 A の状態量に基づくステアリングラック軸力であるフィードバック軸力 T_{FB} との正負が逆になったとしても、最終軸力の正負が切り替わらない。そのため、反力モータ 9 A の駆動方向の切り替わりを抑制でき、操舵反力の振動を抑制できる。

[0070] (2) 制御演算部 11 が、シフトレバーが R レンジ（後退走行の位置）にあることを検出した場合に、車両 A が後退走行していると判定する。

このような構成によれば、車両 A が後退走行しているかを比較的容易に判定できる。

以上、本願が優先権を主張する日本国特許出願 2013-3878 (2013 年 1 月 11 日出願) の全内容は、参照により本開示の一部をなす。

ここでは、限られた数の実施形態を参照しながら説明したが、権利範囲はそれらに限定されるものではなく、上記の開示に基づく各実施形態の改変は当業者にとって自明なことである。

符号の説明

- [0071] 1 ステアリングホイール（ステアリングホイール）
3 操舵角センサ（操舵角検出部）
5 車速センサ（車速検出部）

- 6 横Gセンサ（状態量検出部）
- 7 ヨーレートセンサ（状態量検出部）
- 8 A 転舵モータ（転舵アクチュエータ）
- 8 B 転舵電流検出部（状態量検出部）
- 8 C 転舵モータ駆動部（転舵アクチュエータ）
- 9 A 反力モータ（反力アクチュエータ）
- 9 C 反力モータ駆動部（反力アクチュエータ）
- 1 1 B 目標反力電流演算部（反力アクチュエータ）
- 1 1 B a フィードフォワード軸力算出部（フィードフォワード軸力算出部）
- 1 1 B b フィードバック軸力算出部（フィードバック軸力算出部）
- 1 1 B b e フィードバック軸力算出実行部（フィードバック軸力算出部）
- 1 1 B c 最終軸力算出部（最終軸力設定部）
- 1 1 B f フィードバック軸力補正部（最終軸力設定部）
- 1 2 シフトセンサ（シフトレバー位置検出部）

請求の範囲

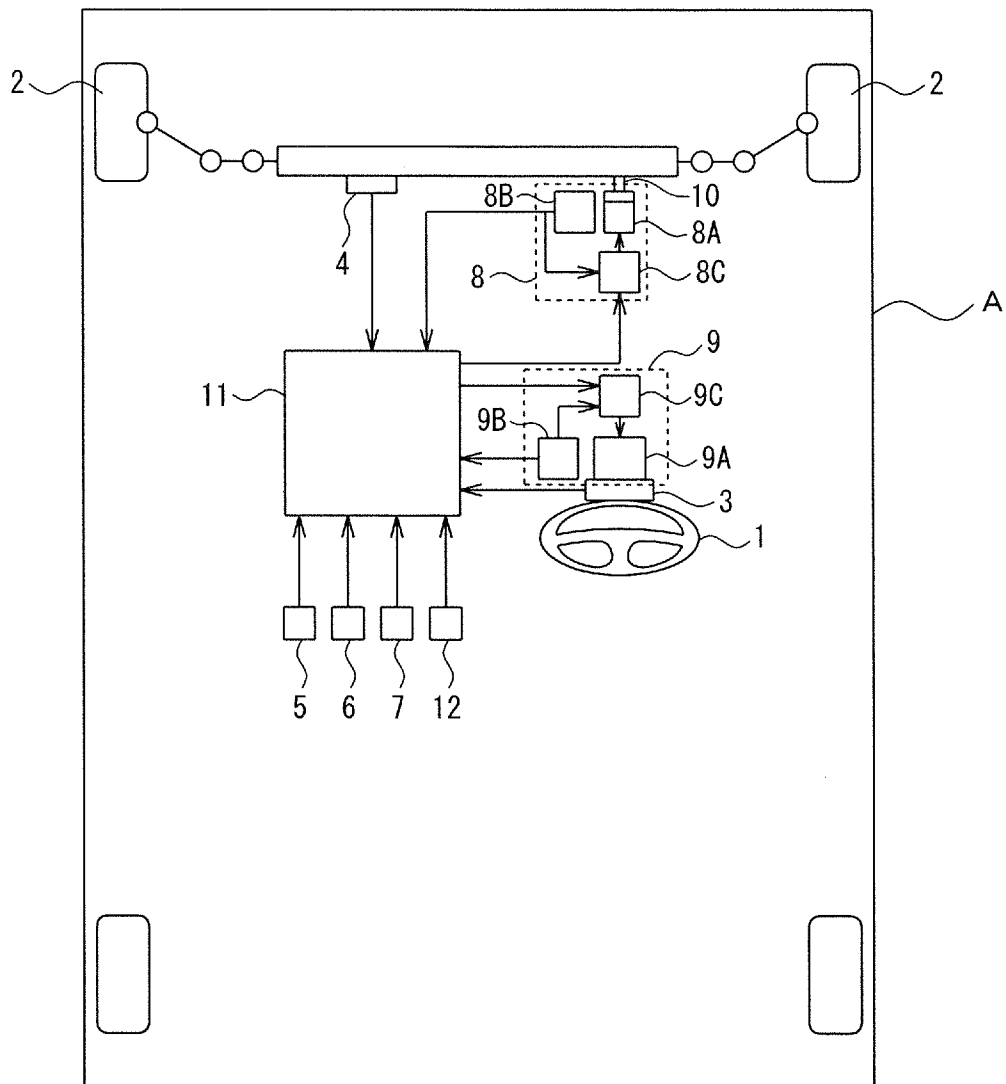
[請求項1]

操向輪と機械的に分離したステアリングホイールと、
前記ステアリングホイールの操作量に応じて操向輪を転舵する転舵アクチュエータと、
前記ステアリングホイールの操舵角を検出する操舵角検出部と、
前記操舵角検出部が検出した前記操舵角に基づき操舵反力をフィードフォワード軸力として算出するフィードフォワード軸力算出部と、
前記操向輪に作用するタイヤ横力で変動する車両の状態量を検出する状態量検出部と、
前記状態量検出部が検出した前記車両の状態量に基づきステアリングラック軸力をフィードバック軸力として算出するフィードバック軸力算出部と、
前記フィードフォワード軸力算出部が算出した前記フィードフォワード軸力と前記フィードバック軸力算出部が算出した前記フィードバック軸力とを配分して、最終軸力を設定する最終軸力設定部と、
前記最終軸力設定部が設定した前記最終軸力に基づいて、操舵反力を付与する反力アクチュエータと、を備え、
前記最終軸力設定部は、前記車両が後退走行をしていると判定した場合には、前記フィードフォワード軸力算出部が算出した前記フィードフォワード軸力を前記最終軸力とすることを特徴とする操舵制御装置。

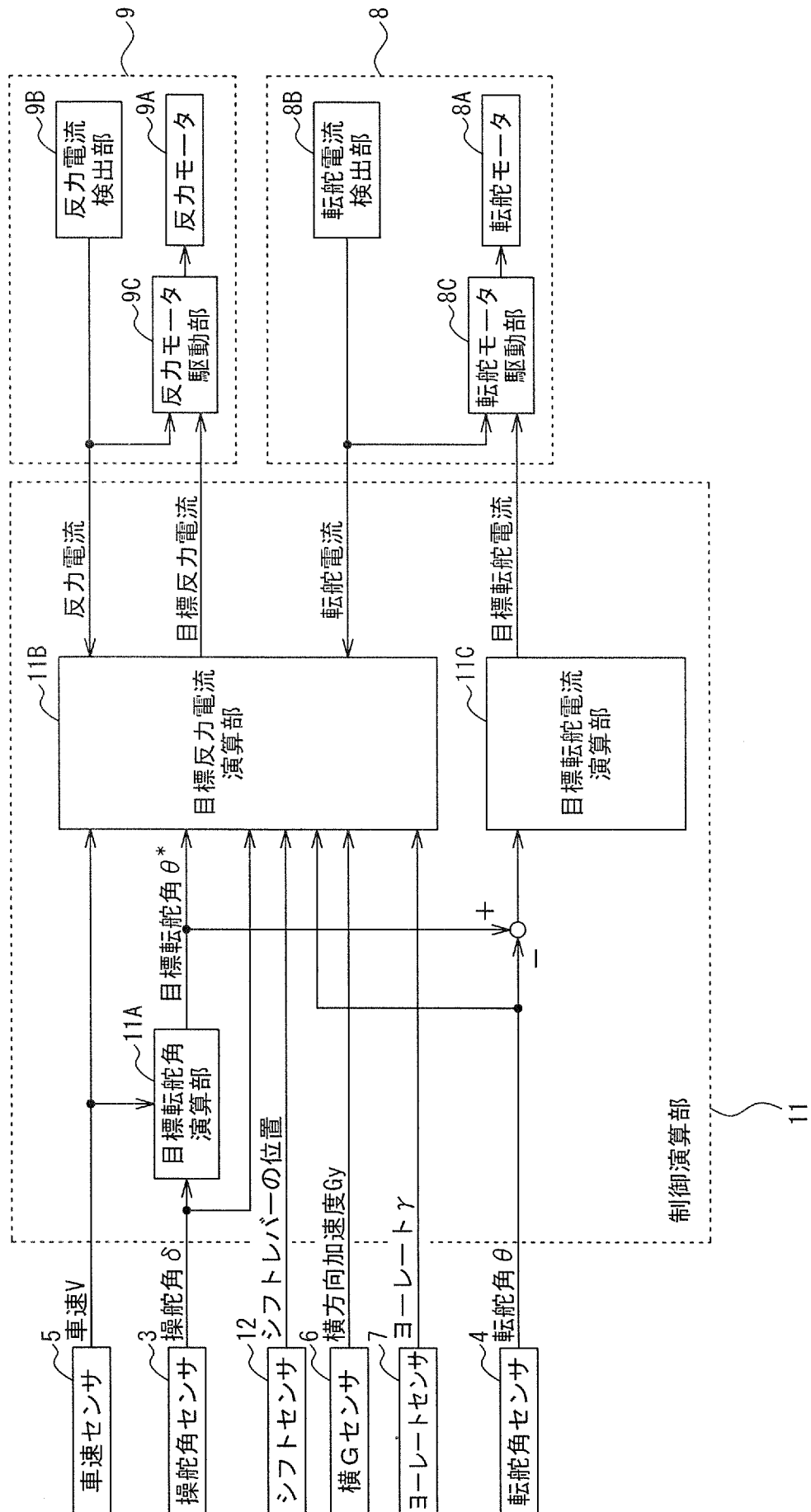
[請求項2]

変速機のシフトレバーの位置を検出するシフトレバー位置検出部を備え、
前記最終軸力設定部は、前記シフトレバー位置検出部が前記シフトレバーが後退走行の位置にあることを検出した場合に、前記車両が後退走行をしていると判定することを特徴とする請求項1に記載の操舵制御装置。

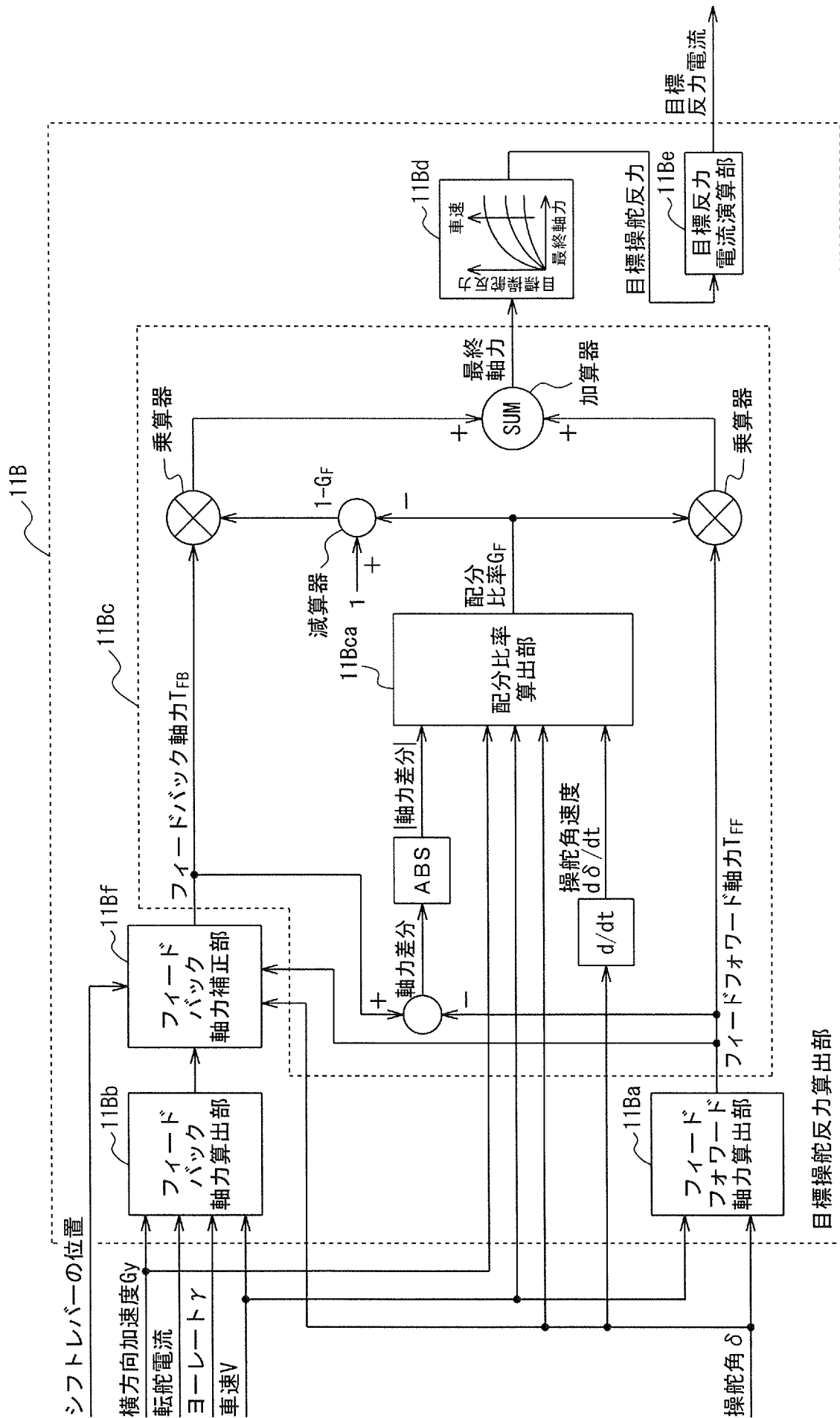
[図1]



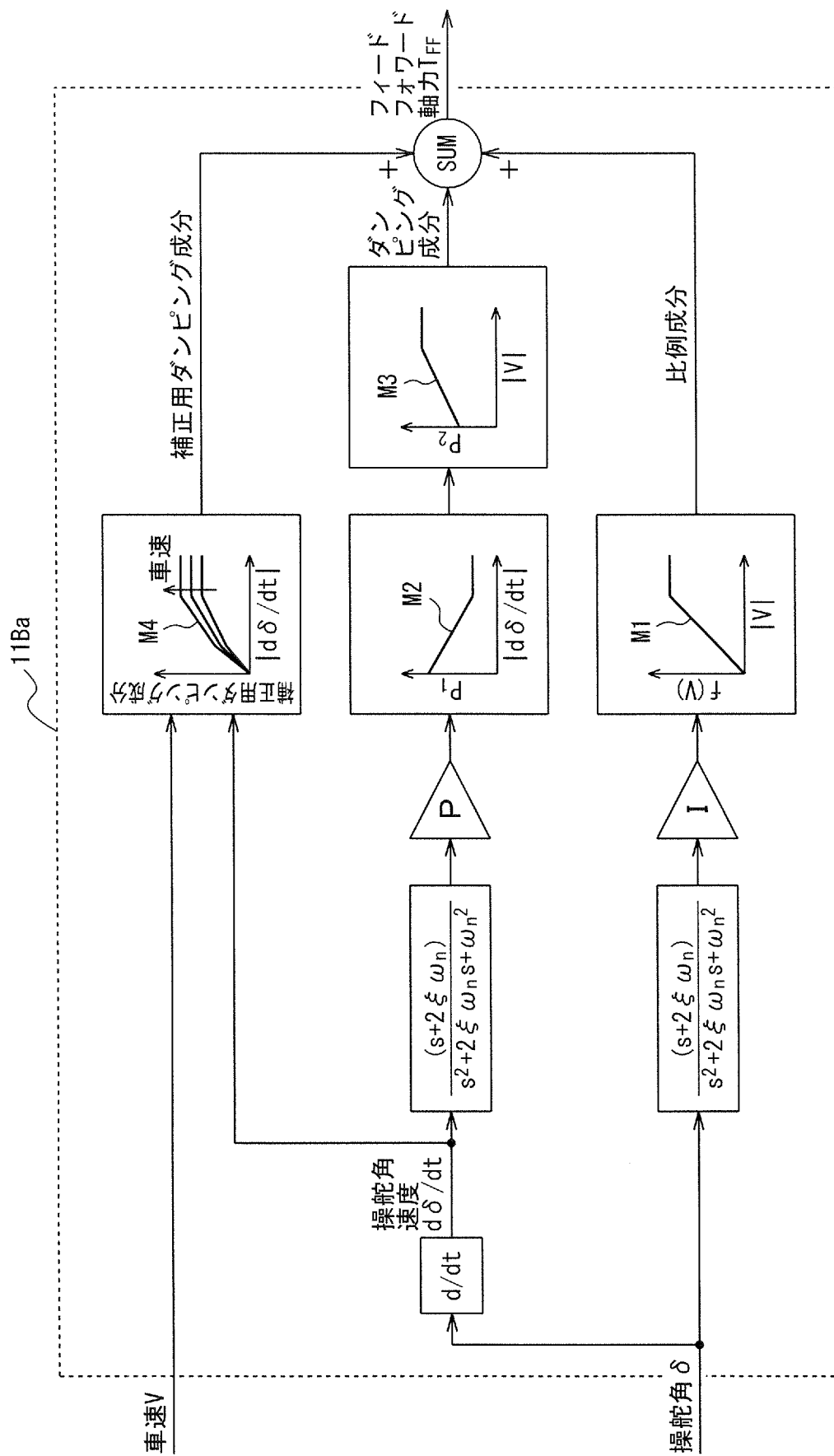
[図2]



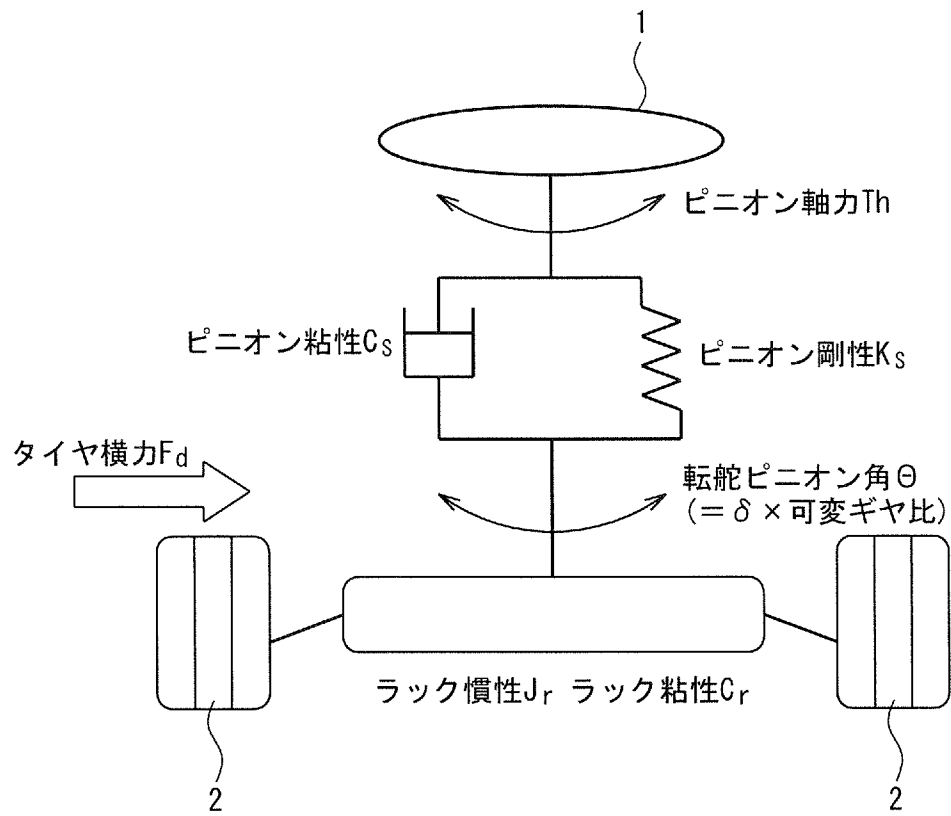
[図3]



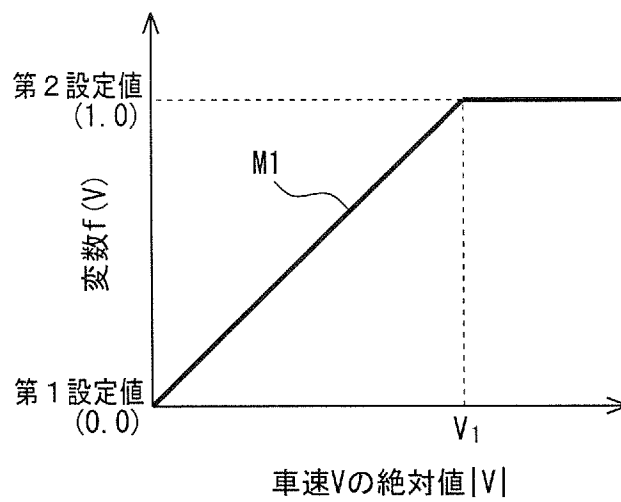
[図4]



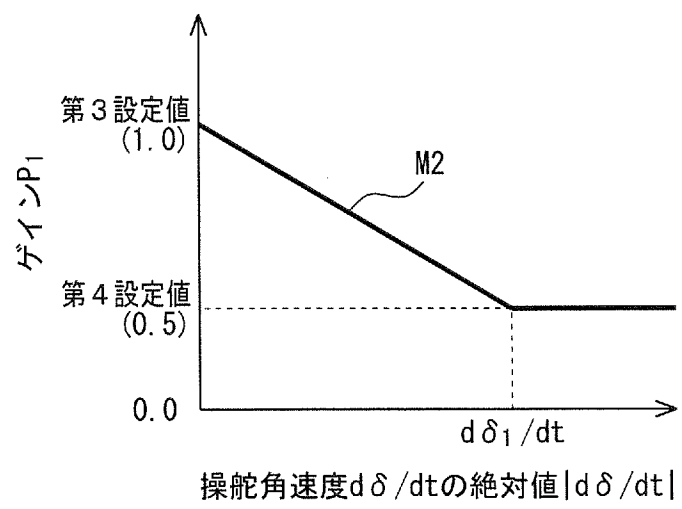
[図5]



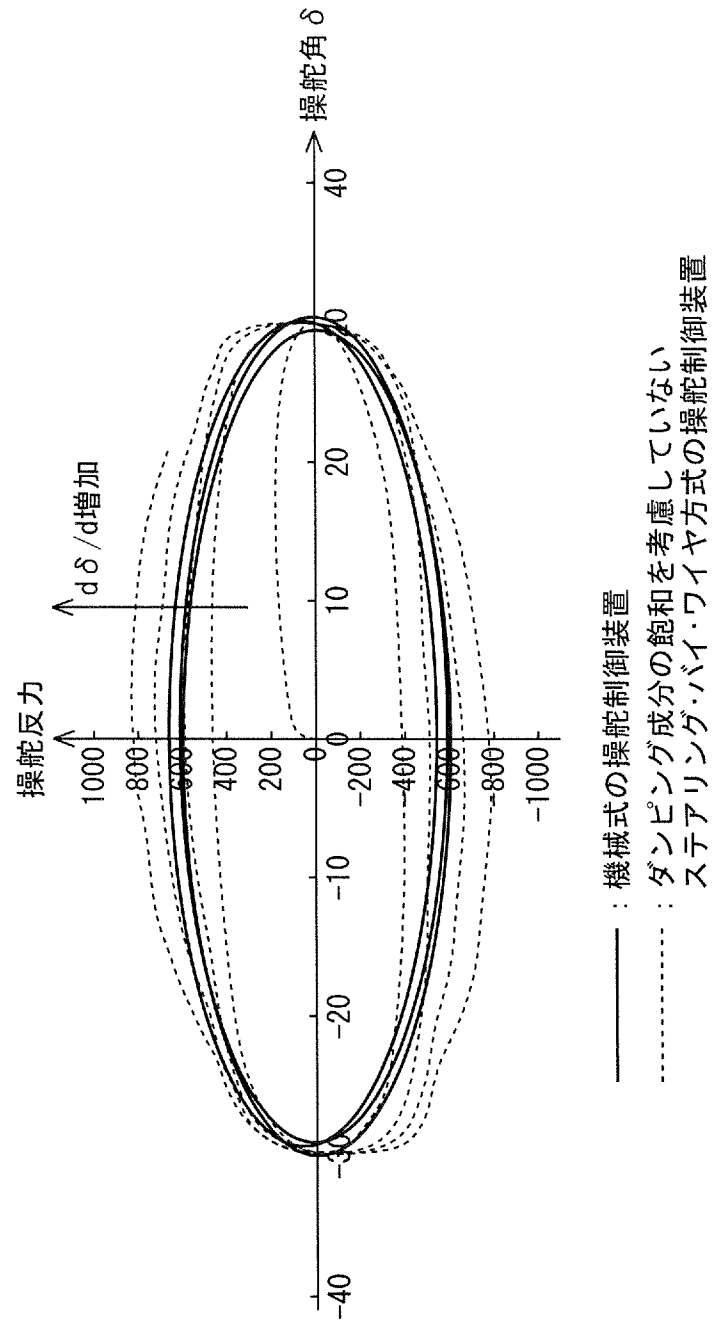
[図6]



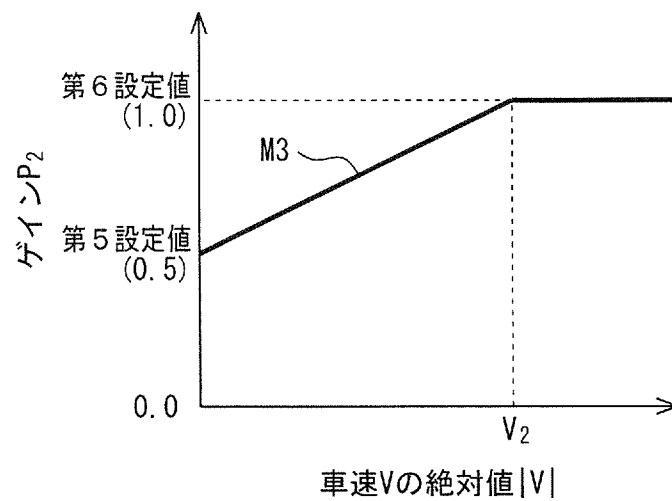
[図7]



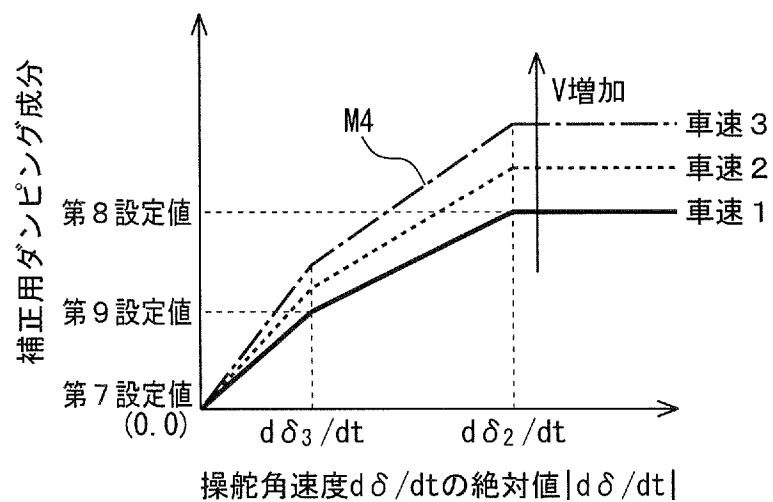
[図8]



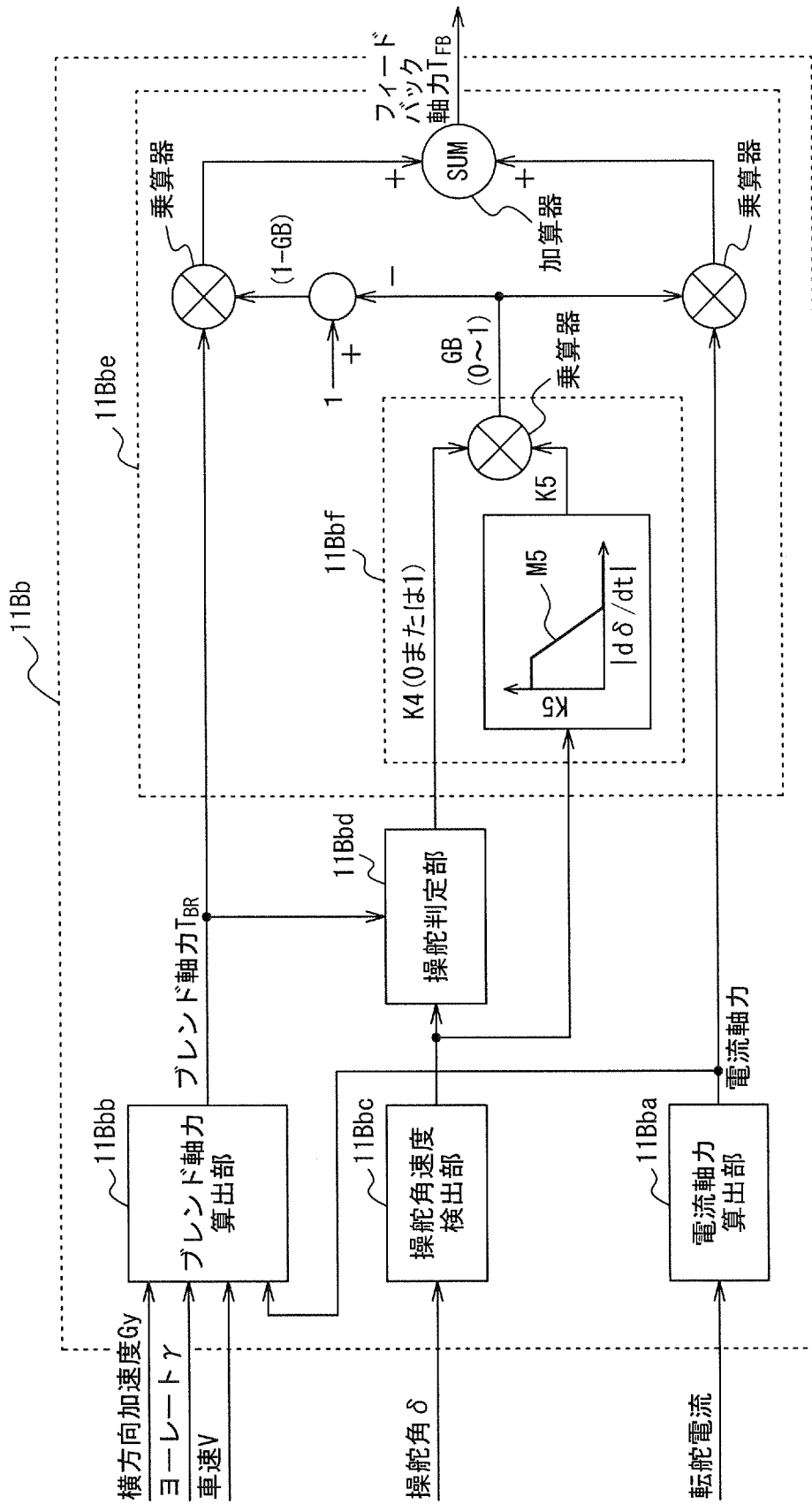
[図9]



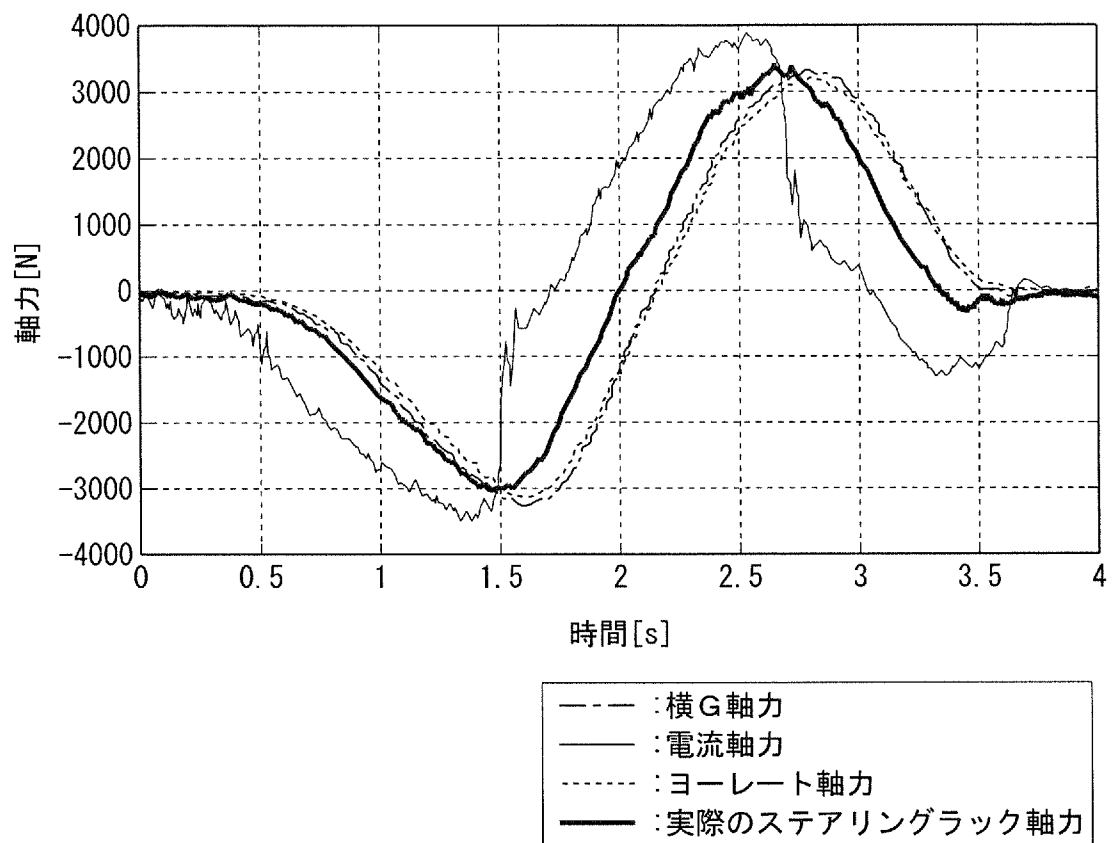
[図10]



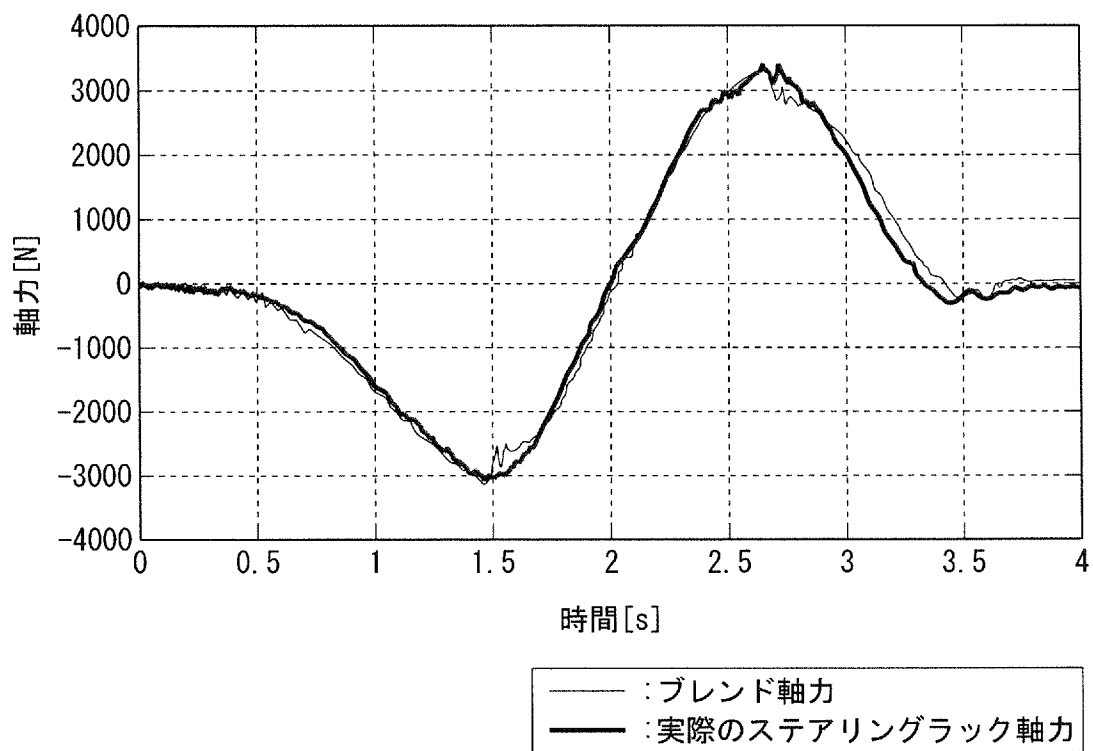
[図11]



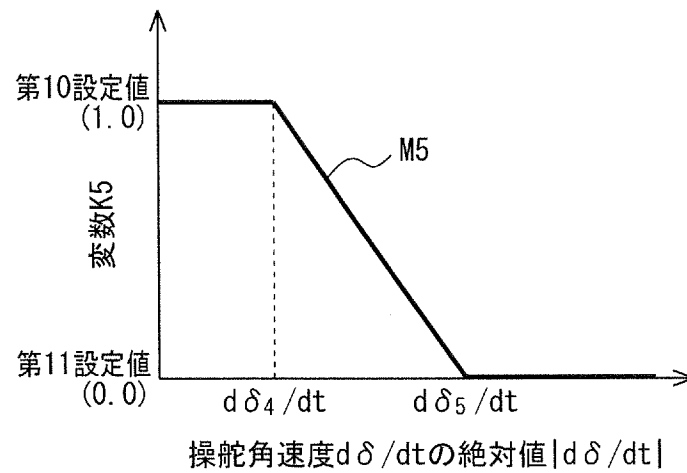
[図12]



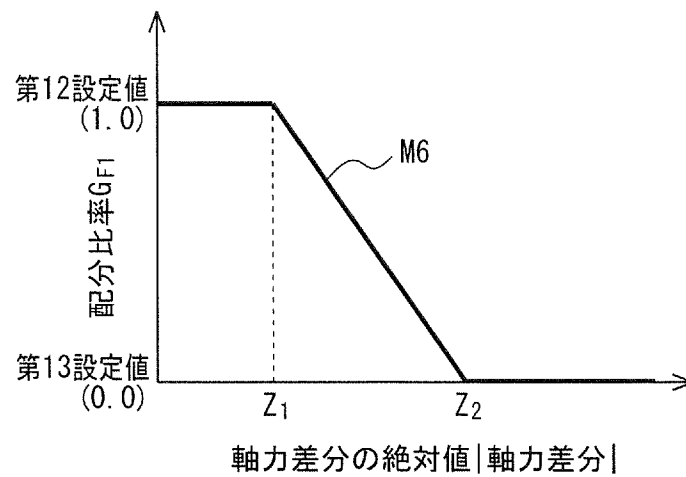
[図13]



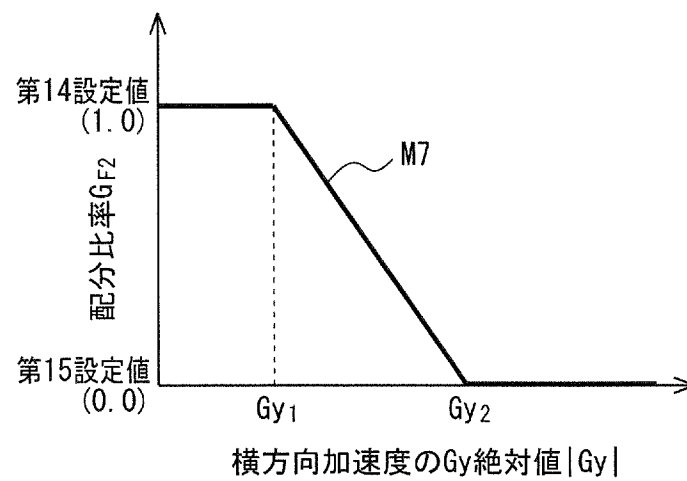
[図14]



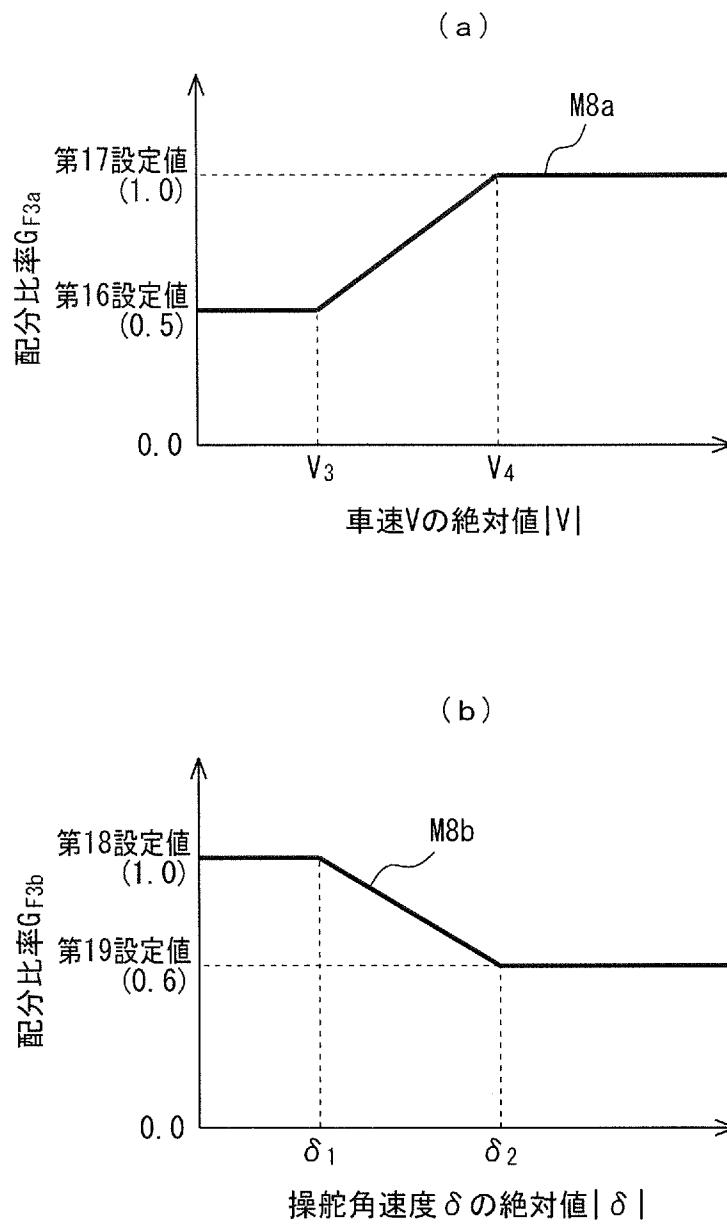
[図15]



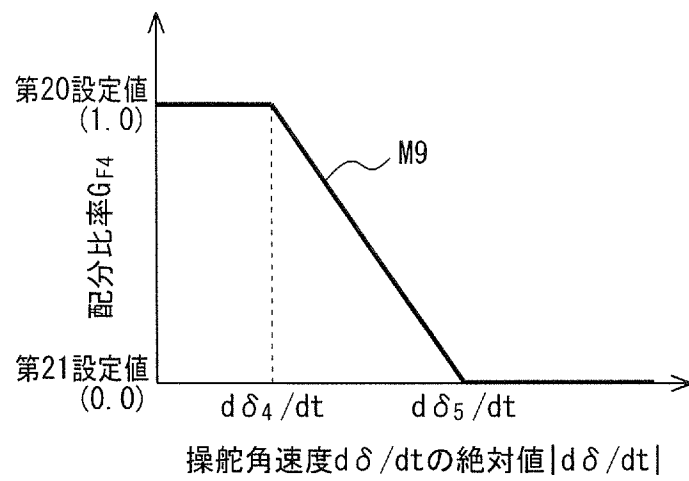
[図16]



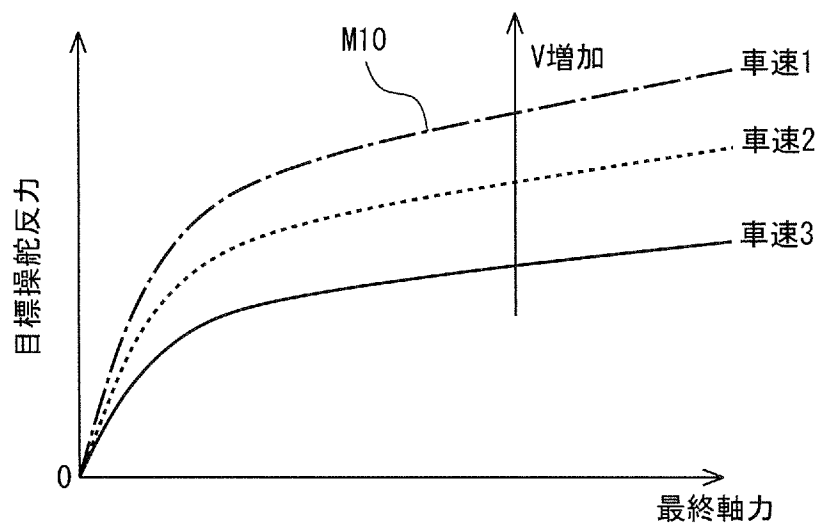
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D111/00(2006.01)n, B62D113/00(2006.01)n, B62D117/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n, B62D121/00(2006.01)n, B62D137/00(2006.01)n

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)

B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D111/00, B62D113/00, B62D117/00, B62D119/00, B62D121/00, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	JP 2012-240456 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 December 2012 (10.12.2012), claims; paragraphs [0001] to [0061]; fig. 1 to 19 (Family: none)	1-2
Y	JP 2007-50743 A (Toyota Motor Corp.), 01 March 2007 (01.03.2007), claims; paragraphs [0001] to [0063]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-2
Y	JP 2006-137215 A (Toyota Motor Corp.), 01 June 2006 (01.06.2006), claims; paragraphs [0001] to [0047]; fig. 1 to 14 (Family: none)	1-2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 March, 2014 (10.03.14)

Date of mailing of the international search report
25 March, 2014 (25.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/007691

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-189119 A (Mitsubishi Electric Corp.), 08 July 2004 (08.07.2004), claims; paragraphs [0001] to [0059]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-2
Y	JP 2006-264393 A (Honda Motor Co., Ltd.), 05 October 2006 (05.10.2006), claims; paragraphs [0001] to [0040]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-2
A	JP 2000-108914 A (Toyota Motor Corp.), 18 April 2000 (18.04.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-2
A	JP 2006-218888 A (JTEKT Corp.), 24 August 2006 (24.08.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D111/00(2006.01)n,
B62D113/00(2006.01)n, B62D117/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n, B62D121/00(2006.01)n,
B62D137/00(2006.01)n

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（I P C））

Int.Cl. B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D111/00, B62D113/00, B62D117/00, B62D119/00, B62D121/00,
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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 請求項の番号
Y	JP 2012-240456 A（日産自動車株式会社）2012.12.10, 【特許請求の範囲】, 【0001】－【0061】, 【図1】－【図19】（ファミリーなし）	1-2
Y	JP 2007-50743 A（トヨタ自動車株式会社）2007.03.01, 【特許請求の範囲】, 【0001】－【0063】, 【図1】－【図11】（ファミリーなし）	1-2

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
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）

田々井 正吾

3 Q

9 0 2 9

電話番号 03-3581-1101 内線 3381

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 請求項の番号
Y	JP 2006-137215 A (トヨタ自動車株式会社) 2006.06.01, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0047】, 【図1】 - 【図14】 (ファミリーなし)	1-2
Y	JP 2004-189119 A (三菱電機株式会社) 2004.07.08, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0059】, 【図1】 - 【図7】 (ファミリーなし)	1-2
Y	JP 2006-264393 A (本田技研工業株式会社) 2006.10.05, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0040】, 【図1】 - 【図6】 (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2000-108914 A (トヨタ自動車株式会社) 2000.04.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2
A	JP 2006-218888 A (株式会社ジェイテクト) 2006.08.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2