

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-154698

(P2017-154698A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B62D 6/00</b> (2006.01)	B62D 6/00	3D232
H02P 21/06 (2016.01)	H02P 21/06	5H505
B62D 101/00 (2006.01)	B62D 101:00	
B62D 119/00 (2006.01)	B62D 119:00	
B62D 137/00 (2006.01)	B62D 137:00	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-42154 (P2016-42154)  
 (22) 出願日 平成28年3月4日 (2016.3.4)

(71) 出願人 00001247  
 株式会社ジェイテクト  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 (74) 代理人 100105957  
 弁理士 恩田 誠  
 (74) 代理人 100068755  
 弁理士 恩田 博宣  
 (72) 発明者 西村 昭彦  
 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号  
 株式会社ジェイテクト内  
 Fターム(参考) 3D232 CC08 CC20 CC50 DA04 DA10  
 DA15 DA23 DA63 DA64 DA84  
 DC03 DC08 DC10 DC17 DD01  
 DD02 DD05 DD08 DD17 EA01  
 EB04 EC23 EC34 GG01

最終頁に続く

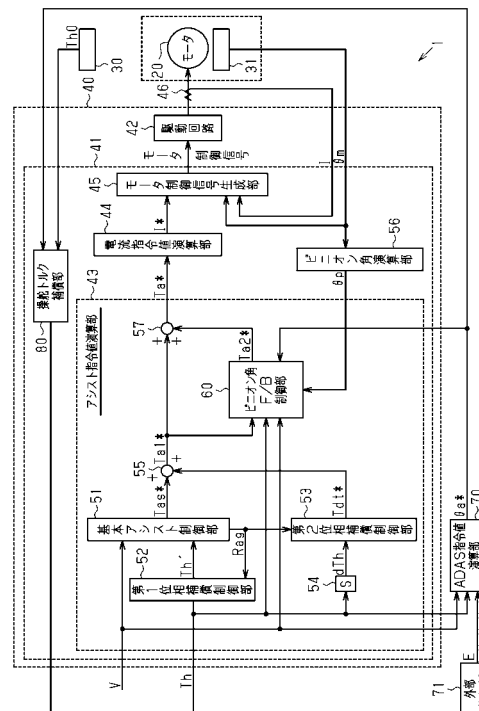
(54) 【発明の名称】 操舵制御装置

(57) 【要約】

【課題】 操舵角の操舵角指令値への追従性能を維持した操舵制御装置を提供する。

【解決手段】 アシスト指令値演算部43は、基本アシスト制御量 $T_{as}^*$ およびシステム安定化制御量 $T_{dt}^*$ を加算した値を基礎として、第1のアシスト成分 $T_{a1}^*$ を演算する。また、アシスト指令値演算部43には、ピニオン角指令値およびADAS指令角 $a^*$ の和である最終ピニオン角指令値とピニオン角 $p$ との間の偏差に基づく角度フィードバック制御を実行することにより、第2のアシスト成分 $T_{a2}^*$ を演算するピニオン角F/B制御部60が設けられている。アシスト指令値演算部43は、第1のアシスト成分 $T_{a1}^*$ および第2のアシスト成分 $T_{a2}^*$ の和に基づいて、アシスト指令値 $T_a^*$ を出力する。アシスト指令値演算部43には、操舵トルク補償部80によって粘性および慣性による影響が低減された操舵トルク $T_h$ が入力される。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

操舵シャフトの入力側と出力側との捩れに応じて検出されるトルク信号に基づいて、アシスト力の基礎成分を演算する第 1 の演算部と、

前記トルク信号に基づき、転舵輪の転舵角に換算可能な回転軸の回転角指令値を演算して、前記回転角指令値に基づく角度フィードバック制御を実行することにより、前記基礎成分に対する補償成分を演算する第 2 の演算部と、を備え、

前記基礎成分に前記補償成分を加算することにより第 1 の指令値を演算し、前記第 1 の指令値に基づきアシスト力の発生源であるモータを制御する操舵制御装置において、

運転支援のために自車両周辺の環境情報に基づき外部で生成される第 2 の指令値を前記第 1 の指令値または前記第 1 の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量に反映させる第 3 の演算部と、

前記第 2 の指令値を前記第 1 の指令値または前記第 1 の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量に反映させる場合、前記補償成分を演算するための前記トルク信号を増加または低減することにより補正するトルク信号補正部と、を備えている操舵制御装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の操舵制御装置において、

前記トルク信号補正部は、前記第 2 の指令値を受け取った場合、前記トルク信号を前記第 2 の指令値に基づいて補正する操舵制御装置。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載の操舵制御装置において、

前記トルク信号補正部は、前記第 2 の指令値を受け取った場合、前記トルク信号を物理モデルに従って補正する操舵制御装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の操舵制御装置において、

前記第 2 の指令値は、運転支援のために用いられる、前記転舵輪の転舵角の目標値となる角度指令値であり、

前記トルク信号補正部は、

前記角度指令値を微分することにより演算される角速度指令値に基づいた粘性補償項を演算する粘性補償項演算部と、

前記角速度指令値を微分することにより演算される角加速度指令値に基づいた慣性補償項を演算する慣性補償項演算部と、

前記トルク信号、前記粘性補償項、および前記慣性補償項を加算する加算器と、を有している操舵制御装置。

30

## 【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の操舵制御装置において、

前記第 2 の指令値は、運転支援のために用いられる、前記転舵輪の転舵角の目標値となる角度指令値であり、

前記第 2 の演算部は、前記トルク信号および前記基礎成分の和であるトルク指令値に基づいて、前記転舵輪の転舵角に換算可能な回転軸の回転角指令値を演算し、当該回転角指令値に前記角度指令値を加算することにより、前記補償成分を演算する操舵制御装置。

40

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の操舵制御装置において、

前記モータは、前記操舵シャフトの回転に連動して直線運動することにより前記転舵輪を転舵させる転舵シャフトに前記アシスト力を付与し、

前記トルク信号は、前記操舵シャフトの一構成要素であるピニオンシャフトに設けられたトーションバーの一方側である前記入力側と他方側である前記出力側との捩れに応じて検出される操舵制御装置。

## 【請求項 7】

50

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の操舵制御装置において、

前記トルク信号補正部は、予め定められた演算周期毎に前記第 2 の指令値を受け取って、前記トルク信号の補正を実行するものであり、

前記トルク信号補正部は、前回の演算周期に演算された前記第 2 の指令値を今回の演算周期の前記第 1 の指令値または前記第 1 の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量に反映させる場合、今回の演算周期で前記第 1 の指令値または前記第 1 の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量の演算に用いられる前記トルク信号を補正する操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、操舵制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両の操舵機構にモータの動力を付与することにより、運転者のステアリング操作を補助する電動パワーステアリング装置（EPS）が知られている。たとえば、特許文献 1 に記載の EPS は、運転者の操舵トルクに基づき運転者の操舵による制御量を演算している。

【0003】

ところで、近年の車両には、ADAS（Advanced Driver Assistance Systems：先進運転支援システム）などの運転者の運転を支援するシステムが搭載されている。このような車両の EPS では、運転者の操舵感の向上や高度な運転支援を行うために、運転者の操舵による制御量とカメラやレーダー等の計測手段が計測する自車両の周辺環境に基づき演算される制御量とに基づいてモータを制御するものがある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 40178 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

ところで、運転支援により操舵機構の操舵角が変更されたとき、ステアリングホイールの粘性や慣性によってトーションバーが抜れてしまうため、運転者の操舵によらない操舵トルクが検出されてしまう。このため、EPS は、運転者の操舵によって発生する操舵トルクに加えて、運転支援によって発生する操舵トルクを加味して、運転者の操舵による制御量を演算する。運転者の操舵による制御量と運転支援による制御量とが互いに干渉する分、操舵角の操舵角指令値への追従性能が低下してしまう。

【0006】

本発明の目的は、操舵角の操舵角指令値への追従性能を維持した操舵制御装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成しうる操舵制御装置は、操舵シャフトの入力側と出力側との抜れに応じて検出されるトルク信号に基づいて、アシスト力の基礎成分を演算する第 1 の演算部と、前記トルク信号に基づき、転舵輪の転舵角に換算可能な回転軸の回転角指令値を演算して、前記回転角指令値に基づく角度フィードバック制御を実行することにより、前記基礎成分に対する補償成分を演算する第 2 の演算部と、を備え、前記基礎成分に前記補償成分を加算することにより第 1 の指令値を演算し、前記第 1 の指令値に基づきアシスト力の発生源であるモータを制御する操舵制御装置において、運転支援のために自車両周辺の環境情報に基づき外部で生成される第 2 の指令値を前記第 1 の指令値または前記第 1 の指令値に

50

基づく前記モータを制御するための制御量に反映させる第3の演算部と、前記第2の指令値を前記第1の指令値または前記第1の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量に反映させる場合、前記補償成分を演算するための前記トルク信号を増加または低減することにより補正するトルク信号補正部と、を備えている。

【0008】

この構成によれば、トルク信号補正部が第2の指令値を受け取った場合、トルク信号を増加または低減することにより、第1の演算部および第2の演算部は補正されたトルク信号を用いて演算を実行する。このため、第2の指令値に基づいて運転支援が実行された場合であっても、操舵機構の回転軸の操舵角が変化することによってトルク信号が生じることによる回転角の回転角指令値への追従性能に対する影響を抑制できる。このため、運転者の操作によるトルク信号（操舵トルク）のみによって第1の指令値が演算されるため、回転角の回転角指令値への追従性能が維持される。また、運転者の操舵感の向上と高度な運転支援を両立することができる。

10

【0009】

上記の操舵制御装置において、前記トルク信号補正部は、前記第2の指令値を受け取った場合、前記トルク信号を前記第2の指令値に基づいて補正することが好ましい。

この構成によれば、トルク信号補正部は、操舵トルクを第2の指令値に基づいて補正することにより、補正されたトルク信号を演算できる。

【0010】

上記の操舵制御装置において、前記トルク信号補正部は、前記第2の指令値を受け取った場合、前記トルク信号を物理モデルに従って補正してもよい。

20

この構成によれば、トルク信号補正部は、トルク信号を物理モデルに従って補正することにより、補正されたトルク信号を演算できる。

【0011】

上記の操舵制御装置において、前記第2の指令値は、運転支援のために用いられる、前記転舵輪の転舵角の目標値となる角度指令値であり、前記トルク信号補正部は、前記角度指令値を微分することにより演算される角速度指令値に基づいた粘性補償項を演算する粘性補償項演算部と、前記角速度指令値を微分することにより演算される角加速度指令値に基づいた慣性補償項を演算する慣性補償項演算部と、前記トルク信号、前記粘性補償項、および前記慣性補償項を加算する加算器と、を有していることが好ましい。

30

【0012】

この構成によれば、トルク信号補正部は、トルク信号、粘性補償項、および慣性補償項を加算することにより、補正されたトルク信号を演算できる。

上記の操舵制御機構において、前記第2の指令値は、運転支援のために用いられる、前記転舵輪の転舵角の目標値となる角度指令値であり、前記第2の演算部は、前記トルク信号および前記基礎成分の和であるトルク指令値に基づいて、前記転舵輪の転舵角に換算可能な回転軸の回転角指令値を演算し、当該回転角指令値に前記角度指令値を加算することにより、前記補償成分を演算することが好ましい。

【0013】

この構成によれば、第2の演算部は、操舵角指令値に角度指令値を加算することにより、補償成分を演算できる。そして、この補償成分と基礎成分とを加算することにより、第1の指令値が演算される。

40

【0014】

上記の操舵制御機構において、前記モータは、前記操舵シャフトの回転に連動して直線運動することにより前記転舵輪を転舵させる転舵シャフトに前記アシスト力を付与し、前記トルク信号は、前記操舵シャフトの一構成要素であるピニオンシャフトに設けられたトーションバーの一方側である前記入力側と他方側である前記出力側との捩れに応じて検出されることが好ましい。

【0015】

この構成によれば、転舵シャフトにアシスト力を付与する場合には、操舵シャフトにお

50

けるトーションバーの入力側（上側）の部分の距離が長く重い分、トルク信号を補正する効果が大きい。

【0016】

上記の操舵制御機構において、トルク信号補正部は、所定の演算周期毎に前記第2の指令値を受け取って、前記トルク信号の補正を実行するものであり、前記トルク信号補正部は、前回の演算周期に演算された前記第2の指令値を今回の演算周期の前記第1の指令値または前記第1の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量に反映させる場合、今回の演算周期で前記第1の指令値または前記第1の指令値に基づく前記モータを制御するための制御量の演算に用いられる前記トルク信号を補正することが好ましい。

【0017】

この構成によれば、前回の演算周期に演算された第2の指令値によって、今回の演算周期で第1の演算部および第2の演算部に入力されるトルク信号が補正されるため、今回の演算周期における操舵角の操舵角指令値へのフィードバック制御が追従しやすくなる。

【発明の効果】

【0018】

本発明の操舵制御装置によれば、操舵角の操舵角指令値への追従性能を維持できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】電動パワーステアリング装置（EPS）の概略構成図。

【図2】本実施形態のEPSにおける制御ブロック図。

【図3】基本アシスト制御演算およびアシスト勾配の概要を示す説明図。

【図4】アシスト勾配に基づく位相補償制御の態様を示す説明図。

【図5】トルク微分値とトルク微分基礎制御量との関係を示す説明図。

【図6】アシスト勾配とアシスト勾配ゲインとの関係を示す説明図。

【図7】ピニオン角F/B制御部の概略構成図。

【図8】操舵トルク補償部の概略構成図。

【図9】他の実施形態におけるEPSの概略構成図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、操舵制御装置をステアリング装置に適用した一実施形態について説明する。

図1に示すように、EPS1は運転者のステアリングホイール10の操作に基づいて転舵輪15を転舵させる操舵機構2、運転者のステアリング操作を補助するアシスト機構3、およびアシスト機構3を制御するECU（電子制御装置）40を備えている。

【0021】

操舵機構2は、ステアリングホイール10およびステアリングホイール10と一体回転するステアリングシャフト11を備えている。ステアリングシャフト11は、ステアリングホイール10と連結されたコラムシャフト11a、コラムシャフト11aの下端部に連結されたインターミディエイトシャフト11b、およびインターミディエイトシャフト11bの下端部に連結されたピニオンシャフト11cを有している。ピニオンシャフト11cの下端部はラックアンドピニオン機構13を介してラックシャフト12に連結されている。したがって、操舵機構2では、ステアリングシャフト11の回転運動は、ピニオンシャフト11cの先端に設けられたピニオンギヤと、ラックシャフト12に形成されたラックからなるラックアンドピニオン機構13を介してラックシャフト12の軸方向（図1の左右方向）の往復直線運動に変換される。当該往復直線運動は、ラックシャフト12の両端にそれぞれ連結されたタイロッド14を介して左右の転舵輪15にそれぞれ伝達されることにより、転舵輪15の転舵角が変化する。

【0022】

アシスト機構3は、アシスト力の発生源であるモータ20を備えている。モータ20の回転軸21は、減速機構22を介してコラムシャフト11aに連結されている。減速機構22はモータ20の回転を減速し、当該減速した回転力をコラムシャフト11aに伝達す

10

20

30

40

50

る。すなわち、ステアリングシャフト 11 にモータ 20 の回転力（トルク）がアシスト力として付与されることにより、運転者のステアリング操作が補助される。モータ 20 としては、たとえば、3 相（U, V, W）の駆動電力に基づいて回転する 3 相ブラシレスモータが採用されている。

#### 【0023】

ECU 40 は、車両に設けられる各種のセンサの検出結果に基づいてモータ 20 を制御する。各種のセンサとしては、たとえばトルクセンサ 30、回転角センサ 31、および車速センサ 32 がある。コラムシャフト 11a には、トーションバー 16 が設けられている。トルクセンサ 30 はコラムシャフト 11a に設けられ、回転角センサ 31 はモータ 20 に設けられている。トルクセンサ 30 は、運転者のステアリング操作に伴って生じる、コラムシャフト 11a におけるトーションバー 16 の上側の部分とコラムシャフト 11a におけるトーションバー 16 の下側の部分との捩れに基づいて、ステアリングシャフト 11 に付与される操舵トルク（トルク信号） $T_h0$  を検出する。回転角センサ 31 は、回転軸 21 の回転角  $\theta_m$  を検出する。車速センサ 32 は、車両の走行速度である車速  $V$  を検出する。ECU 40 は各センサの出力に基づいて、目標のアシスト力を設定し、実際のアシスト力が目標のアシスト力となるように、モータ 20 に供給される電流を制御する。

10

#### 【0024】

次に、ECU 40 の構成を詳細に説明する。

図 2 に示すように、ECU 40 は、モータ制御信号を駆動回路 42 に出力するマイコン（マイクロコンピュータ）41 と、そのモータ制御信号に基づいてモータ 20 に駆動電力を供給する駆動回路 42 とを備えている。

20

#### 【0025】

なお、以下に示す制御ブロックは、マイコン 41 が実行するコンピュータプログラムにより実現されるものである。そして、マイコン 41 は、所定のサンプリング周期で各種の状態量を検出し、所定の周期ごとに以下の各制御ブロックに示される演算処理を実行することにより、モータ制御信号を生成する。

#### 【0026】

詳述すると、本実施形態のマイコン 41 は、上記操舵トルク  $T_h$  および車速  $V$  に基づいて、モータ 20 に発生させるべきアシストトルク、すなわち目標アシスト力に対応したアシスト指令値  $T_a^*$  を演算するアシスト指令値演算部 43 と、アシスト指令値  $T_a^*$  に対応した電流指令値  $I^*$  を演算する電流指令値演算部 44 とを備えている。また、マイコン 41 は、電流偏差  $dI$  ( $dI = I^* - I$ ) に実電流値  $I$  を追従させるべく、電流偏差  $dI$  に基づく電流フィードバック制御を実行することにより、駆動回路 42 に出力されるモータ制御信号を生成するモータ制御信号生成部 45 を有している。

30

#### 【0027】

具体的には、本実施形態の電流指令値演算部 44 は、その電流指令値  $I^*$  として  $d/q$  座標系の  $q$  軸電流指令値を演算する（ $d$  軸電流指令値はゼロ）。また、モータ制御信号生成部 45 には、電流指令値  $I^*$  とともに、電流センサ 46 により実電流値  $I$  として検出される三相の相電流値（ $I_u, I_v, I_w$ ）、および回転角センサ 31 により検出される回転角  $\theta_m$  が入力される。そして、電流指令値演算部 44 は、その各相電流値を回転角  $\theta_m$  に従う回転座標としての  $d/q$  座標に写像し、この  $d/q$  座標系において電流フィードバック制御を実行することにより、そのモータ制御信号を生成する。

40

#### 【0028】

つぎに、本実施形態におけるアシスト指令値演算部の演算態様について説明する。

図 2 に示すように、アシスト指令値演算部 43 は、そのアシスト指令値  $T_a^*$  の基礎成分として基本アシスト制御量  $T_{as}^*$  を演算する基本アシスト制御部 51 を備えている。また、アシスト指令値演算部 43 には、トルクセンサ 30 により検出される操舵トルク  $T_h0$  の位相を遅らせる（進ませる）第 1 位相補償制御部 52 が設けられている。基本アシスト制御部 51 は、第 1 位相補償制御部 52 による位相補償後の操舵トルク  $T_h'$  および車速  $V$  に基づいて、アシスト指令値  $T_a^*$  の基礎成分として基本アシスト制御量  $T_{as}^*$

50

を演算する。なお、基本アシスト制御部 5 1 は、第 1 の演算部である。

【 0 0 2 9 】

具体的には、図 3 に示すように、基本アシスト制御部 5 1 は、入力される操舵トルク  $T_h'$  の絶対値が大きいほど、また車速  $V$  が小さいほど、より大きな絶対値を有する基本アシスト制御量  $T_{as}^*$  を演算する。操舵トルク  $T_h'$  が大きいほど、アシスト勾配  $R_{ag}$  が大きくなるように設計されている。なお、アシスト勾配  $R_{ag}$  とは、操舵トルク  $T_h'$  の変化に対する基本アシスト制御量  $T_{as}^*$  の変化の割合（たとえば接線  $L_1$  ,  $L_2$  の傾き）である。

【 0 0 3 0 】

また、図 2 に示すように、本実施形態の基本アシスト制御部 5 1 は、操舵トルク  $T_h'$ （および車速  $V$ ）に応じたアシスト勾配  $R_{ag}$  を第 1 位相補償制御部 5 2 および第 2 位相補償制御部 5 3 に出力する。第 1 位相補償制御部 5 2 は、入力されるアシスト勾配  $R_{ag}$  に基づいて、位相補償制御の特性（たとえばフィルタ係数）を変更する。

10

【 0 0 3 1 】

具体的には、図 4 に示すように、第 1 位相補償制御部 5 2 は、アシスト勾配  $R_{ag}$  の上昇に応じて、位相補償後の操舵トルク  $T_h'$  の位相が遅れるように（ゲインを低減するように）、その位相補償の特性を変更する。さらに、本実施形態では、モータ制御信号生成部 4 5 により実行される電流フィードバック制御を設計することにより、振動の発生を抑えて制御の安定性を確保しつつ、その電流制御の応答性を高めて良好な操舵フィーリングの実現を図る構成になっている。

20

【 0 0 3 2 】

また、図 2 に示すように、アシスト指令値演算部 4 3 は、入力される操舵トルク  $T_h$  の微分値（トルク微分値  $dT_h$ ）に基づく補償成分としてシステム安定化制御量  $T_{dt}^*$  を演算する第 2 位相補償制御部 5 3 を備えている。第 2 位相補償制御部 5 3 は、トルク微分値  $dT_h$  およびアシスト勾配  $R_{ag}$  に基づいて、システム安定化制御量  $T_{dt}^*$  を演算する。なお、微分器 5 4 は、入力される操舵トルク  $T_h$  を微分することにより、トルク微分値  $dT_h$  を演算する。

【 0 0 3 3 】

具体的には、一例として図 5 に示すように、第 2 位相補償制御部 5 3 は、トルク微分値  $dT_h$  の絶対値が大きいほど、より絶対値の大きなトルク微分基礎制御量  $d_t$  を演算する。また、一例として図 6 に示すように、第 2 位相補償制御部 5 3 に入力されるアシスト勾配  $R_{ag}$  に基づいて、アシスト勾配  $R_{ag}$  の絶対値が大きい程、より小さな値となるように変化するアシスト勾配ゲイン  $K_{ag}$  を演算する。アシスト勾配ゲイン  $K_{ag}$  は、アシスト勾配  $R_{ag}$  に対して反比例するように、「0」～「1.0」の範囲で設定される値である。第 2 位相補償制御部 5 3 は、これらトルク微分基礎制御量  $d_t$  およびアシスト勾配ゲイン  $K_{ag}$  を乗算した値をシステム安定化制御量  $T_{dt}^*$  として出力する。すなわち、システム安定化制御量  $T_{dt}^*$  は、トルク微分基礎制御量  $d_t$  およびアシスト勾配ゲイン  $K_{ag}$  を用いて、次式（1）により表すことができる。

30

【 0 0 3 4 】

$$T_{dt}^* = d_t \times K_{ag} \quad \dots (1)$$

40

図 2 に示すように、基本アシスト制御部 5 1 が演算する基本アシスト制御量  $T_{as}^*$ 、および第 2 位相補償制御部 5 3 が演算するシステム安定化制御量  $T_{dt}^*$  は、加算器 5 5 に入力される。アシスト指令値演算部 4 3 は、これら基本アシスト制御量  $T_{as}^*$  およびシステム安定化制御量  $T_{dt}^*$  を加算した値を基礎として、第 1 のアシスト成分  $T_{a1}^*$  を演算する。

【 0 0 3 5 】

また、マイコン 4 1 には、回転角  $m$  に基づいて、トーシヨンバー 1 6 よりも転舵輪 1 5 側に位置するピニオンシャフト 1 1 c（図 1 参照）の回転角（ピニオン角  $p$ ）を演算するピニオン角演算部 5 6 が設けられている。なお、本実施形態では、転舵輪 1 5 の転舵角に換算可能な回転軸の回転角（操舵角）として、ピニオン角  $p$  を用いるが、これに限

50

らない。

【0036】

アシスト指令値演算部43には、ピニオン角  $p$  に基づく角度フィードバック制御を実行することにより、第2のアシスト成分  $T a 2 *$  を演算するピニオン角  $F / B$  制御部60が設けられている。なお、ピニオン角  $F / B$  制御部60は、第2の演算部である。

【0037】

図7に示すように、ピニオン角  $F / B$  制御部60には、第1のアシスト成分  $T a 1 *$  および操舵トルク  $T h$  が入力される。ピニオン角  $F / B$  制御部60は、これらの各状態量に基づいて、ピニオンシャフト11cに伝達される入力トルクに対応したトルク指令値  $T p *$  を演算するトルク指令値演算部61を備えている。トルク指令値演算部61には、第1のアシスト成分  $T a 1 *$  および操舵トルク  $T h$  を加算することにより、トルク指令値  $T p *$  を演算する加算器62が設けられている。

10

【0038】

また、ピニオン角  $F / B$  制御部60は、トルク指令値  $T p *$  に基づいて、転舵輪15の転舵角に換算可能な回転軸の回転角指令値としてピニオン角指令値  $p *$  を演算するピニオン角指令値演算部63を備えている。ピニオン角指令値演算部63は、トルク指令値  $T p *$  に示された入力トルクに応じて回転するピニオンシャフト11cの理想モデル(入力トルク・回転角モデル)に基づいて、ピニオン角指令値  $p *$  を演算する。すなわち、この入力トルク・回転角モデルは、ピニオンシャフト11cの回転角(ピニオン角指令値  $p *$ )に基づくバネ項、ピニオンシャフト11cの回転角速度(ピニオン角速度)に基づく粘性項、およびバネ項及び粘性項の各制御出力であるバネ成分及び粘性成分を入力トルク(トルク指令値  $T p *$ )から減じた値に基づく慣性項により表される。ピニオン角指令値演算部63は、これら各次元(角度、速度、および角速度)の指令値、および車速  $V$  に基づいて、各種の補償値を演算するフィルタを備えている。ピニオン角指令値演算部63は、これら各種の補償値に基づいて補償されたピニオン角指令値  $p *$  を演算する。

20

【0039】

ところで、図2に示すように、ECU40には、その外部に設けられるADAS指令値演算部70からADAS制御を行うための指令値であるADAS指令角  $a *$  が入力される。ADAS指令値演算部70は、操舵トルク  $T h$ 、車速  $V$ 、および外部検出手段71から得られる外部情報  $E$  に基づいて、ADAS指令角  $a *$  を演算する。外部検出手段71としてはたとえばカメラなどが用いられ、車両周辺の環境情報などを含む外部情報  $E$  が検出される。

30

【0040】

図7に示すように、ピニオン角  $F / B$  制御部60は、ピニオン角指令値演算部63により演算されたピニオン角指令値  $p *$ 、およびADAS指令値演算部70により演算されるADAS指令角  $a *$  を加算することにより、最終ピニオン角指令値  $*$  を演算する加算器64を備えている。すなわち、ピニオン角指令値  $p *$  にADAS指令角  $a *$  を加算することにより、ピニオン角指令値  $p *$  にADAS指令角  $a *$  を反映(加味)した最終ピニオン角指令値  $*$  が演算される。なお、加算器64は、第3の演算部である。

【0041】

そして、加算器64により演算された最終ピニオン角指令値  $*$  は、ピニオン角演算部56により検出された実回転角としてのピニオン角  $p$  とともに、 $F / B$  演算部65に入力される。 $F / B$  演算部65は、最終ピニオン角指令値  $*$  とピニオン角  $p$  との間の偏差に基づく角度フィードバック制御を実行することにより、第2のアシスト成分  $T a 2 *$  を生成する。なお、フィードバック制御としては、たとえば比例・積分・微分制御(PID制御)が行われる。

40

【0042】

図2に示すように、ピニオン角  $F / B$  制御部60により演算された第2のアシスト成分  $T a 2 *$  は、加算器55により演算された第1のアシスト成分  $T a 1 *$  とともに、加算器57に入力される。加算器57は、第1のアシスト成分  $T a 1 *$  および第2のアシスト成

50

分  $T a 2 *$  の和に基づいて、アシスト指令値  $T a *$  を出力する。

【0043】

また、マイコン 41 は、A D A S 指令値演算部 70 により演算された A D A S 指令角  $a *$ 、およびトルクセンサ 30 により検出された操舵トルク  $T h 0$  が入力される操舵トルク補償部 80 (トルク信号補正部) を備えている。操舵トルク補償部 80 は、予め定められた演算周期毎に、A D A S 指令角  $a *$  および操舵トルク  $T h 0$  に基づいて、A D A S 制御によるピニオン角  $p$  が変化するのに伴って生じる操舵トルクを加味して、アシスト指令値演算部 43 に入力すべき操舵トルク  $T h$  を演算する。すなわち、前回の演算周期に演算された A D A S 指令角  $a *$  を用いて、今回の演算周期でアシスト指令値演算部 43 の演算に用いられる操舵トルク  $T h$  を演算する。なお、A D A S 制御としては、たとえばレーンキーピングアシスト制御などが挙げられる。

10

【0044】

図 8 に示すように、操舵トルク補償部 80 には、入力された A D A S 指令角  $a *$  を微分することにより、A D A S 指令角速度  $a *$  (A D A S 指令角  $a *$  の時間に関する 1 階微分値) を演算する微分器 81 を備えている。また、操舵トルク補償部 80 には、入力された A D A S 指令角速度  $a *$  を微分することにより、A D A S 指令角加速度  $a *$  (A D A S 指令角  $a *$  の時間に関する 2 階微分値) を演算する微分器 82 を備えている。

【0045】

操舵トルク補償部 80 は、A D A S 指令角速度  $a *$  に粘性係数を乗算することにより、粘性補償項  $T 1$  を演算する粘性補償項演算部 83 を備えている。粘性係数は、ステアリングホイール 10 およびステアリングシャフト 11 の回転に関する粘性などによって決定される。

20

【0046】

また、操舵トルク補償部 80 は、A D A S 指令角加速度  $a *$  に慣性係数を乗算することにより、慣性補償項  $T 2$  を演算する慣性補償項演算部 84 を備えている。慣性係数は、ステアリングホイール 10 およびステアリングシャフト 11 の回転に関する慣性などによって決定される。

【0047】

そして、操舵トルク補償部 80 は、トルクセンサ 30 から入力される操舵トルク  $T h 0$ 、粘性補償項演算部 83 から入力される粘性補償項  $T 1$ 、および慣性補償項演算部 84 から入力される慣性補償項  $T 2$  を加算することにより、操舵トルク  $T h$  を演算する加算器 85 を有している。すなわち、加算器 85 は、粘性補償項  $T 1$  および慣性補償項  $T 2$  を用いて、次式 (2) により操舵トルク  $T h$  を演算する。

30

【0048】

$$T h = T h 0 + T 1 + T 2 \quad \dots (2)$$

なお、粘性補償項  $T 1$  および慣性補償項  $T 2$  は、操舵トルク  $T h 0$  の向きに応じて、正負の符号のいずれかを有している。すなわち、粘性補償項  $T 1$  および慣性補償項  $T 2$  は、操舵トルク  $T h 0$  に加味されている粘性および慣性の成分を低減する (打ち消す) ように、操舵トルク  $T h 0$  に加算される。このため、アシスト指令値演算部 43 には、A D A S 制御によりピニオン角  $p$  が変化したであっても、ステアリングホイール 10 などの慣性および粘性によって生じる操舵トルクを低減した (打ち消した) 状態の操舵トルク  $T h$  が入力される。

40

【0049】

本実施形態の作用および効果を説明する。

(1) A D A S 制御によってピニオン角  $p$  が変化した場合、コラムシャフト 11 a にトーションバー 16 が設けられているため、コラムシャフト 11 a におけるトーションバー 16 よりも上の部分と、コラムシャフト 11 a におけるトーションバー 16 よりも下の部分とで、コラムシャフト 11 a の回転角は異なるものになってしまう。これは、コラムシャフト 11 a におけるトーションバー 16 よりも上の部分には、ステアリングホイール 10 が設けられているため、ステアリングホイール 10 の粘性および慣性が関係してくる

50

ためである。また、ステアリングホイール 10 のみならず、運転者がステアリングホイール 10 を把持しているときには、運転者の把持によって粘性および慣性が増加することもある。アシスト指令値演算部 43 は、粘性および慣性により生じる操舵トルクを含んだ状態の操舵トルクを用いて、回転角指令値（最終ピニオン角指令値 \*）を演算してしまう。このため、F/B 演算部 65 による最終ピニオン角指令値 \* と回転角（ピニオン角 p）との角度フィードバック制御が収束しにくくなり、ピニオン角 p の最終ピニオン角指令値 \* への追従性能が悪化してしまう。

#### 【0050】

この点、本実施形態では、操舵トルク補償部 80 が設けられることにより、アシスト指令値演算部 43 は、粘性および慣性を考慮して補償された操舵トルク  $T_h$  を取り込んで、第 1 のアシスト成分  $T_{a1}^*$  および第 2 のアシスト成分  $T_{a2}^*$  を演算する。これは、ADAS 指令値演算部 70 から出力される ADAS 指令角  $a^*$  によって、ピニオンシャフト 11c のピニオン角 p が動かされた場合であっても、操舵トルクへのステアリングホイール 10 の粘性および慣性による影響が低減されているためである。そして、アシスト指令値演算部 43 は、粘性および慣性により生じる操舵トルクを低減した状態の操舵トルク  $T_h$  を用いて、最終ピニオン角指令値 \* を演算する。このため、F/B 演算部 65 による最終ピニオン角指令値 \* とピニオン角 p との角度フィードバック制御が収束しやすくなり、ピニオン角 p の最終ピニオン角指令値 \* への追従性能が維持される。すなわち、アシスト指令値演算部 43 は、ADAS 制御が行われていない場合と同程度の追従性能に維持される。

#### 【0051】

(2) ADAS 指令値演算部 70 も、操舵トルク補償部 80 によって補償された操舵トルク  $T_h$  に基づいて、ADAS 指令角  $a^*$  を演算できる。このため、ADAS 指令値演算部 70 は、運転者がステアリング操作したことにより生じる操舵トルクのみをより用いて、ADAS 指令角  $a^*$  を演算できる。

#### 【0052】

なお、本実施形態は次のように変更してもよい。以下の他の実施形態は、技術的に矛盾しない範囲において、互いに組み合わせることができる。

・本実施形態では、コラムアシスト型の EPS 1 に具体化した。これに限らない。たとえば、ピニオンアシスト型の EPS やラックアシスト型の EPS などのトーションバー 16 の下流側（ラックシャフト 12 側）にモータ 20 のアシスト力を付与するステアリング装置であってもよい。ラックアシスト型のうち、たとえばラックパラレル（登録商標）型の EPS の場合、図 9 に示すように、トーションバー 16 はピニオンシャフト 11c に設けられていてもよい。この場合、トルクセンサ 30 は、ピニオンシャフト 11c におけるトーションバー 16 の上側に連結された部分とピニオンシャフト 11c におけるトーションバー 16 の下側に連結された部分との捩れに基づいて、操舵トルク（トルク信号）を検出してもよい。なお、ラックパラレル型の EPS の場合、モータ 20 の回転力は減速機構 22 およびボールねじ機構 23 を介して、ラックシャフト 12 の軸方向の力に変換される。ピニオンシャフト 11c にトーションバー 16 が設けられる場合、ステアリングホイール 10 とトーションバー 16 との間の距離が長く、操舵機構 2 におけるトーションバー 16 より上側（上流側）に連結された部分の質量が重くなるため、ステアリングホイール 10 の慣性および粘性が大きくなってしまふ。このため、本実施形態の操舵トルク補償部 80 による補償を行った際の効果が大きくなる。

#### 【0053】

・本実施形態では、転舵輪 15 の舵角に換算可能な回転軸の回転角として、ピニオンシャフト 11c の回転角であるピニオン角 p を用いたが、これに限らない。たとえば、トーションバー 16 よりも転舵輪 15 側に位置する、インターミディエイトシャフト 11b やモータ 20 の回転軸 21 であってもよい。

#### 【0054】

・本実施形態では、ピニオン角演算部 56 は、回転角センサ 31 により検出されるモー

10

20

30

40

50

タ 20 の回転角  $m$  に基づいて、ピニオン角  $p$  を検出したが、これに限らない。たとえば、ピニオン角  $p$  を直接実測する回転角センサを設けて、ピニオン角  $p$  を実測してもよい。

【0055】

・本実施形態では、ECU 40 に第 1 位相補償制御部 52 および第 2 位相補償制御部 53 を設けたが、設けなくてもよい。この場合、基本アシスト制御部 51 には、直接操舵トルク  $T_h$  が入力される。また、第 1 のアシスト成分  $T_{a1}^*$  は、基本アシスト制御量  $T_{as}^*$  と等しくなる。

【0056】

・本実施形態では、操舵トルク補償部 80 は、入力された ADAS 指令角  $a^*$  に基づいて操舵トルク  $T_{h0}$  を補償したが、これに限らない。たとえば、操舵トルク補償部 80 は、ADAS 指令角  $a^*$  を受け取ったとき、操舵トルク  $T_{h0}$  を予め決められた値だけ加減算することにより、操舵トルク  $T_h$  を演算してもよい。

【0057】

・本実施形態では、操舵トルク補償部 80 は、粘性および慣性を考慮して操舵トルク  $T_h$  を演算したが、これに限らない。すなわち、操舵トルク補償部 80 は、粘性または慣性のいずれか一方のみを考慮して操舵トルク  $T_h$  を演算してもよい。また、操舵トルク補償部 80 は、粘性および慣性に限らず、弾性などのその他様々な物理モデルに従う補償量を考慮して、操舵トルク  $T_h$  を演算してもよい。

【0058】

・本実施形態では、ADAS 指令値演算部 70 は、操舵トルク  $T_h$ 、車速  $V$ 、および外部情報  $E$  に基づいて、ADAS 指令角  $a^*$  を演算したが、これに限らない。たとえば、ADAS 指令値演算部 70 は、操舵トルク  $T_h$  および車速  $V$  を用いずに（外部情報  $E$  のみから）、ADAS 指令角  $a^*$  を演算するものであってもよい。

【0059】

・本実施形態では、トルクセンサ 30 は、コラムシャフト 11a におけるトーションバー 16 の上側に連結された部分とコラムシャフト 11a におけるトーションバー 16 の下側に連結された部分との捩れに基づいて、操舵トルク  $T_{h0}$  を検出したが、これに限らない。たとえば、トーションバー 16 を用いず、磁歪式トルクセンサにより操舵トルク  $T_{h0}$  を検出してもよい。

【0060】

・本実施形態では、ピニオン角  $F/B$  制御部 60 は、操舵トルク  $T_h$ （操舵トルク  $T_{h0}$ ）および第 1 のアシスト成分  $T_{a1}^*$  に基づいて、第 2 のアシスト成分  $T_{a2}^*$  を演算したが、これに限らない。たとえば、ピニオン角  $F/B$  制御部 60 は、操舵トルク  $T_h$  に基づいて、第 2 のアシスト成分  $T_{a2}^*$  を演算してもよい。

【0061】

・本実施形態では、ADAS 指令値演算部 70 は、ADAS 指令値として ADAS 指令角  $a^*$  を演算したが、これに限らない。たとえば、ADAS 指令値演算部 70 は、ADAS 指令トルク値を演算してもよい。この場合、アシスト指令値演算部 43 は、ADAS 指令トルク値を受け取って、これを ADAS 指令角  $a^*$  に変換してもよい。また、たとえば、ADAS 指令値演算部 70 は、ADAS 指令電流値を演算してもよい。この場合、アシスト指令値演算部 43 は、ADAS 指令電流値を受け取って、これを ADAS 指令角  $a^*$  に変換してもよい。

【符号の説明】

【0062】

1 ... EPS、2 ... 操舵機構、3 ... アシスト機構、10 ... ステアリングホイール、11 ... ステアリングシャフト（操舵シャフト）、11a ... コラムシャフト、11b ... インターミディエイトシャフト、11c ... ピニオンシャフト、12 ... ラックシャフト、13 ... ラックアンドピニオン機構、14 ... タイロッド、15 ... 転舵輪、16 ... トーションバー、20 ... モータ、21 ... 回転軸、22 ... 減速機構、30 ... トルクセンサ、31 ... 回転角センサ、3

10

20

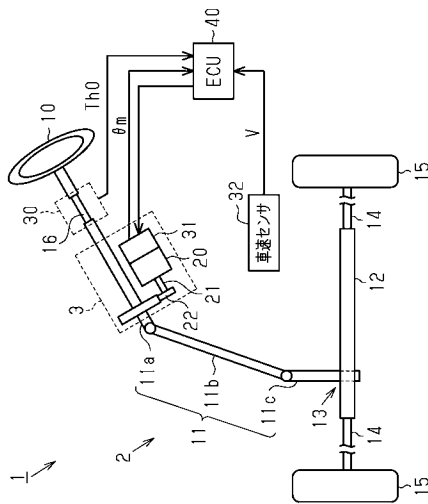
30

40

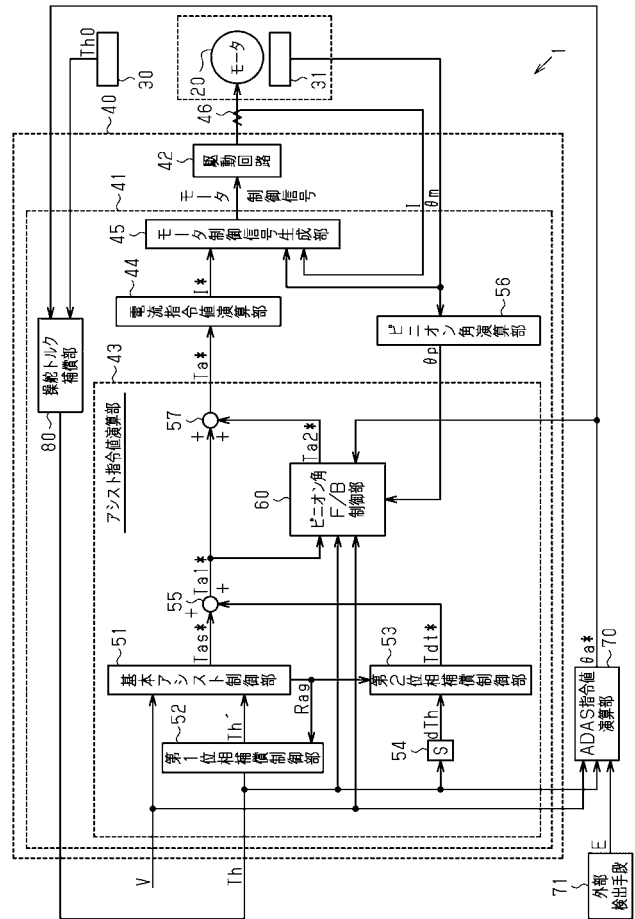
50

2 ... 車速センサ、40 ... ECU、41 ... マイコン、42 ... 駆動回路、43 ... アシスト指令値演算部、44 ... 電流指令値演算部、45 ... モータ制御信号生成部、46 ... 電流センサ、51 ... 基本アシスト制御部（第1の演算部）、52 ... 第1位相補償制御部、53 ... 第2位相補償制御部、54 ... 微分器、55 ... 加算器、56 ... ピニオン角演算部、57 ... 加算器、60 ... ピニオンF/B制御部（第2の演算部）、61 ... トルク指令値演算部、62 ... 加算器、63 ... ピニオン角指令値演算部、64 ... 加算器（第3の演算部）、65 ... F/B演算部、70 ... ADAS指令値演算部、71 ... 外部検出手段、80 ... 操舵トルク補償部（トルク信号補正部）、81, 82 ... 微分器、83 ... 粘性補償項演算部、84 ... 慣性補償項演算部、85 ... 加算器、Th0 ... 操舵トルク（トルク信号）、Th, Th' ... 操舵トルク、V ... 車速、E ... 外部情報、Tas\* ... 基本アシスト制御量、dTh ... トルク微分値、Tdt\* ... システム安定化制御量、Rag ... アシスト勾配、Kag ... アシスト勾配ゲイン、dt ... トルク微分基礎制御量、I ... 実電流値、I\* ... 電流指令値、dI ... 電流偏差、Tp\* ... トルク指令値、Ta1\* ... 第1のアシスト成分、Ta2\* ... 第2のアシスト成分、Ta\* ... アシスト指令値（第1の指令値）、m ... 回転角、\* ... 最終ピニオン角指令値、a\* ... ADAS指令角（第2の指令値）、p ... ピニオン角、p\* ... ピニオン角指令値、a\* ... ADAS指令角速度、a\* ... ADAS指令角加速度、T1 ... 粘性補償項、T2 ... 慣性補償項。

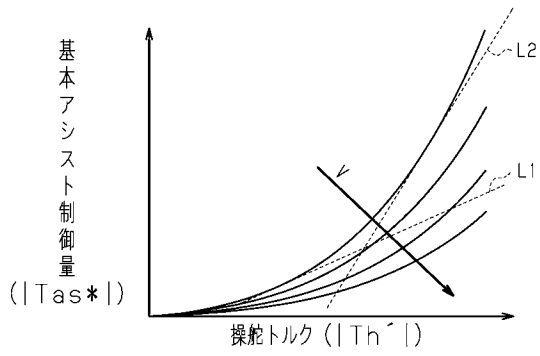
【 図 1 】



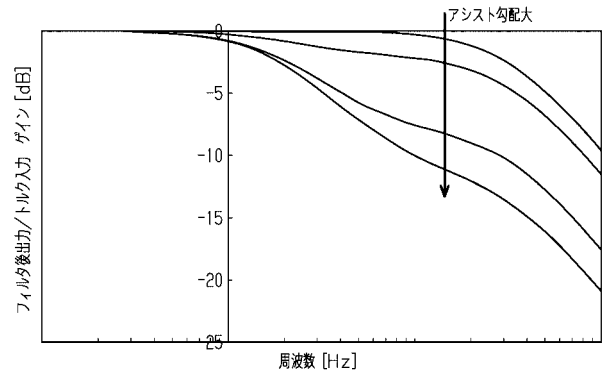
【 図 2 】



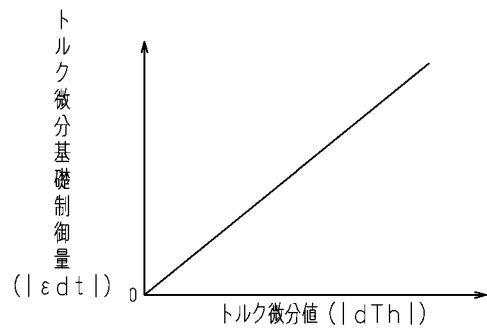
【 図 3 】



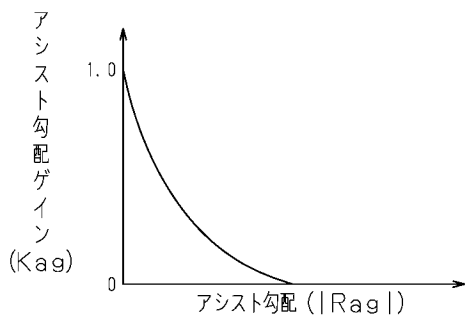
【 図 4 】



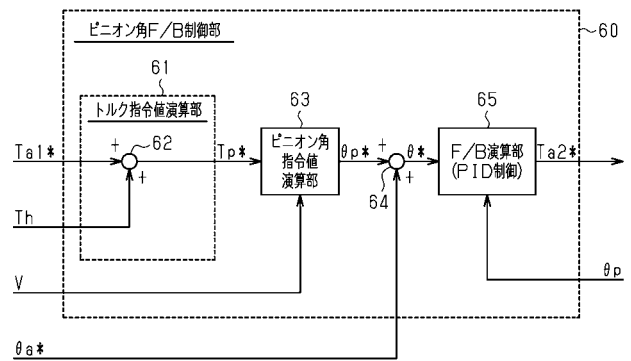
【 図 5 】



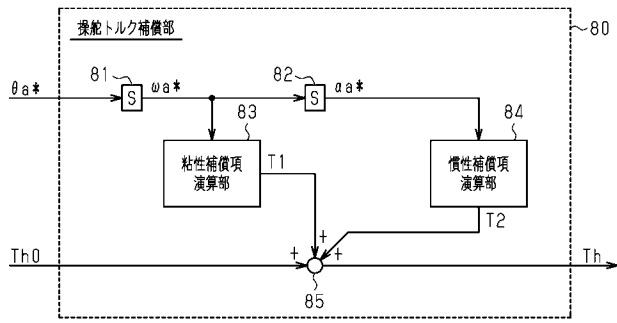
【 図 6 】



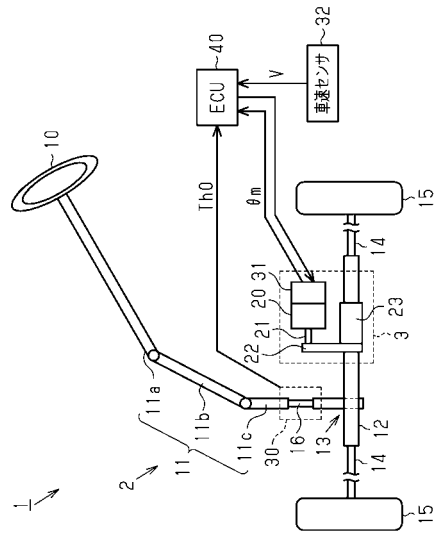
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H505 AA16 BB09 CC04 DD08 EE41 GG01 GG04 HB01 JJ03 JJ26  
LL22 LL38 LL41 MM20 PP01