

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7651067号
(P7651067)

(45)発行日 令和7年3月25日(2025.3.25)

(24)登録日 令和7年3月14日(2025.3.14)

(51)国際特許分類 F I
 B 6 2 D 6/00 (2006.01) B 6 2 D 6/00 Z Y W
 B 6 2 D 5/04 (2006.01) B 6 2 D 5/04

請求項の数 12 (全20頁)

(21)出願番号	特願2024-516033(P2024-516033)	(73)特許権者	324003048 三菱電機モビリティ株式会社 東京都千代田区丸の内 2 - 7 - 3 東京 ビル
(86)(22)出願日	令和4年4月22日(2022.4.22)	(74)代理人	100161207 弁理士 西澤 和純
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/018546	(74)代理人	100206081 弁理士 片岡 央
(87)国際公開番号	WO2023/203751	(74)代理人	100188673 弁理士 成田 友紀
(87)国際公開日	令和5年10月26日(2023.10.26)	(74)代理人	100188891 弁理士 丹野 拓人
審査請求日	令和6年3月22日(2024.3.22)	(72)発明者	木村 光晴 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 操舵制御装置及び電動パワーステアリング装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ステアリングホイールの操舵角度と、ステアリング軸に対して操舵補助トルクを発生させるモータの回転角速度とに基づいて、目標操舵トルクを設定する目標操舵トルク設定部と、前記目標操舵トルクと、前記ステアリング軸に作用する操舵トルクとの偏差に基づいて、前記操舵トルクを前記目標操舵トルクに追従させるために必要な操舵補助トルクを演算する演算部と、前記モータに流れる電流を制御して、前記操舵補助トルクを発生させる電流駆動部と、を備え、

前記目標操舵トルク設定部は、前記モータの回転角速度に舵角ゲインを乗じてステアリングホイールの操舵角度のシフト量である第1シフト量を演算し、前記操舵角度に前記第1シフト量を加算して得られるシフト後操舵角度と、前記シフト後操舵角度の大きさが大きくなるにつれてベーストルクの大きさが徐々に大きくなる特性を示すベースマップとに基づいて第1トルクを求める第1トルク演算部と、

前記モータの回転角速度を用いて、前記目標操舵トルクに摩擦トルクを付与するための第2トルクを求める第2トルク演算部と、

前記第1トルクと前記第2トルクとを加算して前記目標操舵トルクとして出力する目標操舵トルク演算部と、を備える操舵制御装置。

【請求項2】

前記第 1 トルク演算部は、前記シフト後操舵角度を演算する舵角シフト演算部と、前記シフト後操舵角度と前記ベースマップとに基づいて前記第 1 トルクを求めるベース演算部と、

を備える請求項 1 記載の操舵制御装置。

【請求項 3】

前記舵角シフト演算部は、前記操舵角度に応じた操舵角度適用範囲調整ゲインが規定された操舵角度適用範囲調整マップを更に備え、

前記操舵角度適用範囲調整マップから得られる前記操舵角度に応じた操舵角度適用範囲調整ゲインと前記第 1 シフト量とを乗じて操舵角度適用範囲調整後の前記操舵角度のシフト量である第 2 シフト量を演算し、前記第 2 シフト量に前記操舵角度を加算して前記シフト後操舵角度を演算する、

請求項 2 記載の操舵制御装置。

【請求項 4】

前記操舵角度適用範囲調整マップは、前記操舵角度の大きさが大きくなるにつれて前記操舵角度適用範囲調整ゲインが徐々に小さくなる特性を示すマップである、請求項 3 記載の操舵制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 トルク演算部は、前記舵角ゲイン、前記ベースマップ、及び前記操舵角度適用範囲調整マップの少なくとも 1 つを車両の車速に応じて変更する、請求項 3 記載の操舵制御装置。

【請求項 6】

前記第 2 トルク演算部は、前記モータの回転角速度と、車両の車速毎に規定された前記摩擦トルクの大きさとを用いて前記第 2 トルクを求める、請求項 1 記載の操舵制御装置。

【請求項 7】

前記目標操舵トルク設定部は、前記モータの回転角速度に基づいて、ダンパトルクとしての第 3 トルクを求める第 3 トルク演算部を更に備え、

前記目標操舵トルク演算部は、前記第 1 トルク、前記第 2 トルク、及び前記第 3 トルクを加算して前記目標操舵トルクとして出力する、

請求項 1 記載の操舵制御装置。

【請求項 8】

前記第 3 トルク演算部は、前記モータの回転角速度に応じたダンパゲインが規定されたダンパゲインマップを更に備え、

前記ダンパゲインマップを用いて前記モータの回転角速度に応じたダンパゲインを特定し、特定した前記ダンパゲインと前記モータの回転角速度とを乗じて前記第 3 トルクを求める、

請求項 7 記載の操舵制御装置。

【請求項 9】

前記第 3 トルク演算部は、車両の車速に応じて前記ダンパゲインマップを変更する、請求項 8 記載の操舵制御装置。

【請求項 10】

前記第 3 トルク演算部は、前記モータの回転角速度に応じたダンパトルクが規定されたダンパトルクマップを更に備え、

前記モータの回転角速度と前記ダンパトルクマップとに基づいて前記第 3 トルクを求める、

請求項 7 記載の操舵制御装置。

【請求項 11】

前記第 3 トルク演算部は、車両の車速に応じて前記ダンパトルクマップを変更する、請求項 10 記載の操舵制御装置。

【請求項 12】

ステアリングのステアリング軸に作用する操舵トルクを検出する操舵トルク検出部と、

10

20

30

40

50

ステアリングホイールの操舵角度を検出する操舵状態検出部と、
前記ステアリング軸に操舵補助トルクを与えるモータと、
前記モータの回転角速度を検出するモータ回転角速度検出部と、
検出された前記操舵トルク、前記操舵角度、及び前記モータの回転角速度に基づいて、
前記モータの駆動を制御する請求項 1 から請求項 11 の何れか一項に記載の操舵制御装置と、

を備える電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、操舵制御装置及び電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電動パワーステアリング装置は、ステアリングに対して操舵補助トルクを発生させるモータと、そのモータを制御する操舵制御装置とを備えており、自動車等の車両の操舵機構に操舵補助力を付加する。このような電動パワーステアリング装置は、油圧式のパワーステアリング装置に比べて軽量コンパクトであるというメリットを有する。

【0003】

以下の特許文献 1 には、路面状態又はステアリング機構の経年劣化による機構特性の変化に影響されず、一定の操舵フィーリングを得ることができるようにした電動パワーステアリング装置が開示されている。この電動パワーステアリング装置は、操舵角度に対する操舵力の特性（以下、「操舵力角特性」という）を所望の操舵力特性（目標操舵力角特性）となるように設定することで、一定の操舵フィーリングを得るようにしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第 6129409 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述した特許文献 1 が開示された電動パワーステアリング装置では、目標操舵力を、ばね成分、粘性成分、及び摩擦成分を含む操舵力特性モデルを用いて演算している。一方、ステアリング中立付近のオンセンタフィーリングを調整するには、粘性成分（ダンパトルク）又は摩擦成分（摩擦トルク）を増減させる必要がある。ここで、粘性成分又は摩擦成分は、オンセンタフィーリング以外の目的で調整されていることから、オンセンタフィーリングの調整のために粘性成分又は摩擦成分を変化させると、既に設定していた操舵フィーリングを崩しかねないという課題がある。

【0006】

本開示は上記事情に鑑みてなされたものであり、既に設定された操舵フィーリングへの影響を抑えつつ、簡単な構成でオンセンタフィーリングを調整することができる操舵制御装置及び電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本開示の一態様による操舵制御装置は、ステアリングに対する目標操舵トルクを設定する目標操舵トルク設定部と、前記目標操舵トルクと、前記ステアリングのステアリング軸に作用する操舵トルクとの偏差に基づいて、前記操舵トルクを前記目標操舵トルクに追従させるために必要な操舵補助トルクを演算する演算部と、モータに流れる電流を制御して、前記ステアリングに対して前記操舵補助トルクを発生させる電流駆動部と、を備え、前記目標操舵トルク設定部が、前記モータの回転角速度に舵角ゲインを乗じてステアリングホイールの操舵角度のシフト量である第 1 シフト量を演算し

10

20

30

40

50

、前記操舵角度に前記第 1 シフト量を加算して得られるシフト後操舵角度と、前記シフト後操舵角度の大きさが大きくなるにつれてベーストルクの大きさが徐々に大きくなる特性を示すベースマップとに基づいて第 1 トルクを求める第 1 トルク演算部と、前記モータの回転角速度を用いて、前記目標操舵トルクにヒステリシスを付与するための第 2 トルクを求める第 2 トルク演算部と、前記第 1 トルクと前記第 2 トルクとを加算して前記目標操舵トルクとして出力する目標操舵トルク演算部と、を備える。

【 0 0 0 8 】

また、本開示の一態様によるパワーステアリング装置は、ステアリングのステアリング軸に作用する操舵トルクを検出する操舵トルク検出部と、ステアリングホイールの操舵角度を検出する操舵状態検出部と、前記ステアリング軸に操舵補助トルクを与えるモータと、前記モータの回転角速度を検出するモータ回転角速度検出部と、検出された前記操舵トルク、前記操舵角度、及び前記モータの回転角速度に基づいて、前記モータの駆動を制御する上記の操舵制御装置と、を備える。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本開示によれば、既に設定された操舵フィーリングへの影響を抑えつつ、簡単な構成でオンセンタフィーリングを調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本開示の実施の形態 1 による電動パワーステアリング装置の要部構成を示すブロック図である。

20

【図 2】本開示の実施の形態 1 による操舵制御装置としての制御ユニットの要部構成を示すブロック図である。

【図 3】本開示の実施の形態 1 による操舵制御装置としての制御ユニットの動作の概要を示すフローチャートである。

【図 4】本開示の実施の形態 1 における目標操舵トルク設定部の内部構成の一例を示すブロック図である。

【図 5】本開示の実施の形態 1 における第 1 トルク演算部で用いられる舵角シフトゲインの一例を示す図である。

【図 6 A】本開示の実施の形態 1 における第 1 トルク演算部に設けられるベース演算部の構成例を示すブロック図である。

30

【図 6 B】本開示の実施の形態 1 における第 1 トルク演算部に設けられるベース演算部の他の構成例を示すブロック図である。

【図 7 A】図 6 A に示すベース演算部で用いられるベースマップの一例を示す図である。

【図 7 B】図 6 B に示すベース演算部で用いられるベースマップの一例を示す図である。

【図 8】本開示の実施の形態 1 における第 2 トルク演算部で用いられるヒステリシスゲインの一例を示す図である。

【図 9 A】本開示の実施の形態 1 における第 3 トルク演算部の構成例を示すブロック図である。

【図 9 B】本開示の実施の形態 1 における第 3 トルク演算部の他の構成例を示すブロック図である。

40

【図 10 A】図 9 A に示す第 3 トルク演算部で用いられるダンパゲインマップの一例を示す図である。

【図 10 B】図 9 B に示す第 3 トルク演算部で用いられるダンパトルクマップの一例を示す図である。

【図 11】本開示の実施の形態 1 におけるトルクフィードバック演算部の内部構成の一例を示すブロック図である。

【図 12】本開示の実施の形態 1 において、ステアリングホイール操舵時の操舵角度と目標操舵トルクとの関係を示す図である。

【図 13】本開示の実施の形態 1 において、ステアリングホイール操舵時の操舵角度と目

50

標操舵トルク（ベーストルク）との関係を示す図である。

【図 1 4】運転者がステアリングホイールを切り込んだ状態から手放しした場合の操舵角度の動作軌跡を示す図である。

【図 1 5】本開示の実施の形態 2 における操舵シフト演算部の構成を示すブロック図である。

【図 1 6】本開示の実施の形態 2 における操舵シフト演算部で用いられる操舵角度適用範囲調整マップの一例を示す図である。

【図 1 7】本開示の実施の形態 2 において、ステアリングホイール操舵時の操舵角度と目標操舵トルク（ベーストルク）との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本開示の実施の形態による操舵制御装置及び電動パワーステアリング装置について詳細に説明する。尚、各実施の形態において、同一又は相当する部分には同一符号をしており、重複する部分の説明は省略する。

【0012】

〔実施の形態 1〕

電動パワーステアリング装置

図 1 は、本開示の実施の形態 1 による電動パワーステアリング装置の要部構成を示すブロック図である。図 1 に示す通り、本実施の形態による電動パワーステアリング装置 P S は、ステアリングホイール 1、ステアリング軸 2、転舵輪 3、操舵角度センサ 4、トルクセンサ 5（操舵トルク検出部）、モータ 6、減速機構 7、車速センサ 8、電流センサ 9、モータ回転角度センサ 10、及び制御ユニット 11（操舵制御装置）を備える。

【0013】

ステアリングホイール 1 は、所謂ハンドルであり、車両の転舵輪 3 に対して操舵角を与えるために、車両の運転者によって操作される。ステアリング軸 2 は、ステアリングホイール 1 に連結されており、ステアリングホイール 1 の回転に応じて回転する。転舵輪 3 は、車両の左右両側に設けられており、ステアリング軸 2 の回転に応じて転舵する。尚、ステアリングホイール 1 及びステアリング軸 2 を含む、転舵輪 3 を転舵させる機構を「ステアリング」と呼ぶこととする。

【0014】

操舵角度センサ 4 は、ステアリングホイール 1 に配置されており、ステアリングホイール 1 の操舵角度を検出する。トルクセンサ 5 は、ステアリング軸 2 に配置されており、ステアリング軸 2 に作用する操舵トルクを検出する。モータ 6 は、減速機構 7 を介してステアリング軸 2 に連結しており、ステアリング軸 2 に操舵補助トルクを与える。車速センサ 8 は、車両の車速を検出する。電流センサ 9 は、モータ 6 に流れる電流を検出する。モータ回転角度センサ 10 は、モータ 6 の回転角度を検出する。

【0015】

制御ユニット 11 は、操舵角度センサ 4、トルクセンサ 5、車速センサ 8、電流センサ 9、及びモータ回転角度センサ 10 の検出結果に基づいてモータ 6 の駆動を制御して、ステアリングに対する操舵補助トルクを発生させる。具体的に、制御ユニット 11 は、上記の各検出結果に基づいてステアリング軸 2 に与える操舵補助トルク演算し、その操舵補助トルクを発生するために必要なモータ 6 の電流を制御する。以下、制御ユニット 11 について詳細に説明する。

【0016】

操舵制御装置

図 2 は、本開示の実施の形態 1 による操舵制御装置としての制御ユニットの要部構成を示すブロック図である。図 2 に示す通り、制御ユニット 11 は、微分器 24 a、目標操舵トルク設定部 22、トルクフィードバック演算部 23（演算部）、及び電流駆動部 12 を備える。微分器 24 a は、モータ回転角度センサ 10 で検出されたモータ 6 の回転角度を微分して、モータ 6 の回転角速度（以下、「モータ回転角速度」という）を演算する。尚

10

20

30

40

50

、微分器 24 a は、モータ回転角度センサ 10 とともに、モータ回転角速度を検出するモータ回転角速度検出部 24 を構成する。

【0017】

目標操舵トルク設定部 22 は、ステアリングに対する目標操舵トルクを設定する。ここで、目標操舵トルク設定部 22 には、操舵角度センサ 4 を含む操舵状態検出部 21 で検出されたステアリングホイール 1 の操舵角度、車速センサ 8 で検出された車両の車速、及びモータ回転角速度検出部 24 で検出されたモータ回転角速度が入力される。目標操舵トルク設定部 22 は、これらの検出結果を用いてステアリングに対する目標操舵トルクを設定する。尚、目標操舵トルク設定部 22 の詳細については後述する。

【0018】

トルクフィードバック演算部 23 は、目標操舵トルク設定部 22 で設定された目標操舵トルクと、トルクセンサ 5 で検出された操舵トルクとの偏差に基づいて、操舵トルクを目標操舵トルクに追従させるために必要な操舵補助トルクを演算する。電流駆動部 12 は、トルクフィードバック演算部 23 で演算された操舵補助トルクをステアリングに発生させるために、モータ 6 に流れる電流を制御する。

【0019】

尚、制御ユニット 11 の構成のうち、電流駆動部 12 を除く構成（微分器 24 a、目標操舵トルク設定部 22、及びトルクフィードバック演算部 23）は、CPU（中央処理装置）及びメモリを備えるマイコンによって実現される。マイコンに設けられるメモリは、揮発性のメモリと不揮発性のメモリとの双方を含んでいてもよい。電流駆動部 12 は、例えば、FET（電界効果トランジスタ）等の複数のスイッチング素子を備えるアナログ回路によって実現される。

【0020】

図 3 は、本開示の実施の形態 1 による操舵制御装置としての制御ユニットの動作の概要を示すフローチャートである。尚、図 3 に示すフローチャートの処理は、予め規定された制御周期で繰り返し行われる。処理が開始されると、まず、制御ユニット 11 が、操舵状態検出部 21 で検出された操舵角度、車速センサ 8 で検出された車速、トルクセンサ 5 で検出された操舵トルク、及びモータ回転角度センサ 10 で検出されたモータ回転角度を取得する。そして、制御ユニット 11 の微分器 24 a が、取得したモータ回転角度を微分してモータ回転角速度を求める（ステップ S11）。

【0021】

次に、制御ユニット 11 の目標操舵トルク設定部 22 が、取得した操舵角度及び車速と、微分して得られたモータ回転角速度とを用いて目標操舵トルクを設定する（ステップ S12）。次いで、制御ユニット 11 のトルクフィードバック演算部 23 が、目標操舵トルク設定部 22 で設定された目標操舵トルクと、トルクセンサ 5 で検出された操舵トルクとの偏差に基づいて、操舵トルクを目標操舵トルクに追従させるために必要な操舵補助トルクを演算する（ステップ S13）。続いて、制御ユニット 11 の電流駆動部 12 が、トルクフィードバック演算部 23 で演算された操舵補助トルクをステアリングに発生させるために、モータ 6 に流れる電流を制御する（ステップ S16）。

【0022】

図 4 は、本開示の実施の形態 1 における目標操舵トルク設定部の内部構成の一例を示すブロック図である。図 4 に示す通り、目標操舵トルク設定部 22 は、第 1 トルク演算部 25、第 2 トルク演算部 28、第 3 トルク演算部 29、及び目標操舵トルク演算部 30 を備える。

【0023】

第 1 トルク演算部 25 は、舵角シフト演算部 26 とベース演算部 27 とを備えており、操舵角度、モータ回転角速度、及び車速を用いて、ベーストルクである第 1 トルクを求める。舵角シフト演算部 26 は、乗算器 26 a と加算器 26 b とを備えており、シフト後操舵角度を求める。乗算器 26 a は、モータ回転角速度に舵角シフトゲイン Dg （舵角ゲイン）を乗じてステアリングホイール 1 の操舵角度のシフト量である第 1 シフト量を演算す

10

20

30

40

50

る。加算器 26b は、操舵角度に第 1 シフト量を加算してシフト後操舵角度を求める。ベース演算部 27 は、舵角シフト演算部 26 で求められたシフト後操舵角度と、シフト後操舵角度の大きさが大きくなるにつれてベーストルクの大きさが徐々に大きくなる特性を示すベースマップとに基づいて第 1 トルクを求める。

【0024】

図 5 は、本開示の実施の形態 1 における第 1 トルク演算部で用いられる舵角シフトゲインの一例を示す図である。図 5 に示す舵角シフトゲイン Dg は、ある車速までは車速が大きくなるにつれて値が徐々に大きくなるが、ある車速を超えると値が一定になるものである。このような舵角シフトゲイン Dg が用いられる場合には、第 1 トルク演算部 25 では、舵角シフトゲイン Dg が車速に応じて変更されることになる。尚、図 5 に例示する舵角シフトゲイン Dg は、車速に応じて値が変わるものであるが、車速に拘わらず値が変わらないものであってもよい。

10

【0025】

図 6A は、本開示の実施の形態 1 における第 1 トルク演算部に設けられるベース演算部の構成例を示すブロック図である。図 6A に示すベース演算部 27 は、ベースマップ 27a、符号判定部 27b、及び乗算器 27c を備える。ベースマップ 27a は、シフト後操舵角度に応じたベーストルクが規定されたマップである。図 7A は、図 6A に示すベース演算部で用いられるベースマップの一例を示す図である。図 7A に示すベースマップ 27a は、シフト後操舵角度の大きさ（絶対値）が大きくなるにつれてベーストルクの正方向の大きさが徐々に大きくなる特性を有する。

20

【0026】

また、ベースマップ 27a は、車速毎に異なるものが用意されている。図 7A に示す例では、「低車速」、「中車速」、及び「高車速」毎に、異なるベースマップ 27a が用意されている。このようなベースマップ 27a が用意されている場合には、第 1 トルク演算部 25 では、ベースマップ 27a が車速に応じて変更されることになる。但し、ベースマップ 27a は、必ずしも車速毎に異なるものが用意されている必要はない。符号判定部 27b は、シフト後操舵角度の符号が正 (+1) であるか、負 (-1) であるかを判定する。乗算器 27c は、ベースマップ 27a を用いて求められたベーストルクの大きさと符号判定部 27b で判定された符号とを乗算する。

【0027】

このようなベース演算部 27 では、入力される車速に応じて 1 つのベースマップ 27a が特定される。ベース演算部 27 に入力されるシフト後操舵角度と特定されたベースマップ 27a とを用いてベーストルク（第 1 トルク）の大きさが求められる。また、入力されるシフト後操舵角度の符号が、符号判定部 27b によって判定される。そして、ベースマップ 27a を用いて求められたベーストルク（第 1 トルク）の大きさと、符号判定部 27b によって判定された後操舵角度の符号とが乗算器 27c で乗算されることによって、ベーストルク（第 1 トルク）が求められる。

30

【0028】

図 6B は、本開示の実施の形態 1 における第 1 トルク演算部に設けられるベース演算部の他の構成例を示すブロック図である。図 6B に示すベース演算部 27 は、ベースマップ 27a のみを備える。図 6B に示すベースマップ 27a は、図 6A に示すベースマップ 27a と同様に、シフト後操舵角度に応じたベーストルクが規定されたマップである。図 7B は、図 6B に示すベース演算部で用いられるベースマップの一例を示す図である。

40

【0029】

図 6B に示すベースマップ 27a は、図 7B に示す通り、シフト後操舵角度の正方向の大きさが大きくなるにつれてベーストルクの正方向の大きさが徐々に大きくなり、シフト後操舵角度の負方向の大きさが大きくなるにつれてベーストルクの負方向の大きさが徐々に大きくなる特性を有する。図 6B に示すベースマップ 27a も、車速毎に異なるものが用意されている。図 7B に示す例では、図 7A に示す例と同様に、「低車速」、「中車速」、及び「高車速」毎に、異なるベースマップ 27a が用意されている。このようなベー

50

スマップ 27a が用意されている場合には、第 1 トルク演算部 25 では、ベースマップ 27a が車速に応じて変更されることになる。但し、ベースマップ 27a は、必ずしも車速毎に異なるものが用意されている必要はない。

【0030】

このようなベース演算部 27 では、入力される車速に応じて 1 つのベースマップ 27a が特定される。ベース演算部 27 に入力されるシフト後操舵角度と特定されたベースマップ 27a とを用いてベーストルク（第 1 トルク）が求められる。

【0031】

第 2 トルク演算部 28 は、モータ回転角速度及び車速に基づいて、摩擦トルクである第 2 トルクを求める。モータ回転角速度を d_m 、ヒステリシスゲインを T_f とすると、第 2 トルク（摩擦トルク）は、以下の式で表される。以下の式から分かる通り、第 2 トルク（摩擦トルク）は、モータ回転角速度 d_m が大きくなると一定の大きさになり、飽和状態になる。

【0032】

【数 1】

$$\text{第 2 トルク (摩擦トルク)} = \text{sign}(d\theta_m) \cdot (1 - \exp(-\text{abs}(d\theta_m))) \cdot T_f$$

$$\text{sign}(d\theta_m) = \begin{cases} \theta < 0 \text{ ならば } -1 \\ \theta = 0 \text{ ならば } 0 \\ \theta > 0 \text{ ならば } +1 \end{cases}$$

【0033】

図 8 は、本開示の実施の形態 1 における第 2 トルク演算部で用いられるヒステリシスゲインの一例を示す図である。図 8 に例示するヒステリシスゲイン T_f は、ある車速までは車速が大きくなるにつれて値が徐々に小さくなるが、ある車速を超えると車速が大きくなるにつれて値が徐々に大きくなるものである。尚、図 8 に例示するヒステリシスゲイン T_f は、車速に応じて値が変わるものであるが、車速に拘わらず値が変わらないものであってもよい。

【0034】

尚、第 2 トルク演算部 28 において、求められた第 2 トルク（摩擦トルク）に対して、ローパスフィルタによるローパスフィルタ処理を行ってもよい。ここで、ローパスフィルタのカットオフ周波数は、運転者の操舵周波数を含むように設定された周波数成分を抽出できる値に設定する。一般的に、運転者の限界操舵周波数は 5 [Hz] 程度であり、ステアリング軸 2 の共振周波数は十数 [Hz] 付近にあるため、カットオフ周波数は 0 より大きく 10 [Hz] 以下の値に設定する。

【0035】

第 3 トルク演算部 29 は、モータ回転角速度及び車速に基づいて、ダンパトルクである第 3 トルクを求める。

【0036】

図 9A は、本開示の実施の形態 1 における第 3 トルク演算部の構成例を示すブロック図である。図 9A に示す第 3 トルク演算部 29 は、ダンパゲインマップ 29a 及び乗算器 29b を備える。ダンパゲインマップ 29a は、モータ回転角速度に応じたダンパゲインが規定されたマップである。図 10A は、図 9A に示す第 3 トルク演算部で用いられるダンパゲインマップの一例を示す図である。

【0037】

図 10A に示すダンパゲインマップ 29a は、モータ回転角速度の大きさ（絶対値）がある値を超えると、モータ回転角速度の大きさ（絶対値）が大きくなるにつれてダンパゲインの大きさが徐々に大きくなる特性を有する。尚、ダンパゲインの大きさは、モータ回転角速度の大きさ（絶対値）がある値になるまでは零である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

また、ダンパゲインマップ 2 9 a は、車速毎に異なるものが用意されている。図 1 0 A に示す例では、「低車速」、「中車速」、及び「高車速」毎に、異なるダンパゲインマップ 2 9 a が用意されている。このようなダンパゲインマップ 2 9 a が用意されている場合には、第 3 トルク演算部 2 9 では、ダンパゲインマップ 2 9 a が車速に応じて変更されることになる。但し、ダンパゲインマップ 2 9 a は、必ずしも車速毎に異なるものが用意されている必要はない。乗算器 2 9 b は、モータ回転角速度と、ダンパゲインマップ 2 9 a を用いて求められたダンパゲインとを乗算する。

【 0 0 3 9 】

このような第 3 トルク演算部 2 9 では、入力される車速に応じて 1 つのダンパゲインマップ 2 9 a が特定される。第 3 トルク演算部 2 9 に入力されるモータ回転角速度と特定されたダンパゲインマップ 2 9 a とを用いてダンパゲインが求められる。そして、ダンパゲインマップ 2 9 a を用いて求められたダンパゲインと、モータ回転角速度とが乗算器 2 9 b で乗算されることによって、ダンパトルク（第 3 トルク）が求められる。

10

【 0 0 4 0 】

図 9 B は、本開示の実施の形態 1 における第 3 トルク演算部の他の構成例を示すブロック図である。図 9 B に示す第 3 トルク演算部 2 9 は、ダンパトルクマップ 2 9 c、符号判定部 2 9 d、及び乗算器 2 9 e を備える。ダンパトルクマップ 2 9 c は、モータ回転角速度に応じたダンパトルクが規定されたマップである。図 1 0 B は、図 9 B に示す第 3 トルク演算部で用いられるダンパトルクマップの一例を示す図である。

20

【 0 0 4 1 】

図 1 0 B に示すダンパトルクマップ 2 9 c は、図 1 0 A に示すダンパゲインマップ 2 9 a と同様の特性を有する。つまり、図 1 0 B に示すダンパトルクマップ 2 9 c は、モータ回転角速度の大きさ（絶対値）がある値を超えると、モータ回転角速度の大きさ（絶対値）が大きくなるにつれてダンパトルクの大きさが徐々に大きくなる特性を有する。尚、ダンパトルクの大きさは、モータ回転角速度の大きさ（絶対値）がある値になるまでは零である。

【 0 0 4 2 】

また、ダンパトルクマップ 2 9 c は、車速毎に異なるものが用意されている。図 1 0 B に示す例では、「低車速」、「中車速」、及び「高車速」毎に、異なるダンパトルクマップ 2 9 c が用意されている。このようなダンパトルクマップ 2 9 c が用意されている場合には、第 3 トルク演算部 2 9 では、ダンパトルクマップ 2 9 c が車速に応じて変更されることになる。但し、ダンパトルクマップ 2 9 c は、必ずしも車速毎に異なるものが用意されている必要はない。符号判定部 2 9 d は、モータ回転角速度の符号が正（+ 1）であるか、負（- 1）であるかを判定する。乗算器 2 9 e は、ダンパトルクマップ 2 9 c を用いて求められたダンパトルクの大きさと符号判定部 2 9 d で判定された符号とを乗算する。

30

【 0 0 4 3 】

このような第 3 トルク演算部 2 9 では、入力される車速に応じて 1 つのダンパトルクマップ 2 9 c が特定される。第 3 トルク演算部 2 9 に入力されるモータ回転角速度と特定されたダンパトルクマップ 2 9 c とを用いてダンパトルク（第 3 トルク）の大きさが求められる。また、入力されるモータ回転角速度の符号が、符号判定部 2 9 d によって判定される。そして、ダンパトルクマップ 2 9 c を用いて求められたダンパトルク（第 3 トルク）の大きさと、符号判定部 2 9 d によって判定されたモータ回転角速度の符号とが乗算器 2 9 e で乗算されることによって、ダンパトルク（第 3 トルク）が求められる。

40

【 0 0 4 4 】

目標操舵トルク演算部 3 0 は、加算器 3 0 a、3 0 b を備えており、第 1 トルク演算部 2 5 で演算されたベーストルク（第 1 トルク）、第 2 トルク演算部 2 8 で演算された摩擦トルク（第 2 トルク）、及び第 3 トルク演算部 2 9 で演算されたダンパトルク（第 3 トルク）を加算する。具体的に、摩擦トルク（第 2 トルク）とダンパトルク（第 3 トルク）とを加算器 3 0 b によって加算し、加算器 3 0 b から出力されるトルクとベーストルク（第

50

1トルク)とを加算器30aによって加算する。目標操舵トルク演算部30は、加算して得られたトルクを目標操舵トルクとして出力する。

【0045】

図11は、本開示の実施の形態1におけるトルクフィードバック演算部の内部構成の一例を示すブロック図である。図11に示す通り、トルクフィードバック演算部23は、減算器31、第1の操舵補助トルク演算部32、第2の操舵補助トルク演算部33、第3の操舵補助トルク演算部34、及び加算器35を備える。このようなトルクフィードバック演算部23は、目標操舵トルク設定部22で設定された目標操舵トルクと、トルクセンサ5で検出された操舵トルクとの偏差に基づいて、操舵トルクを目標操舵トルクに追従させるために必要な操舵補助トルクを演算する。

10

【0046】

減算器31は、目標操舵トルク設定部22で設定された目標操舵トルクと、トルクセンサ5で検出された操舵トルクとの偏差を求める。第1の操舵補助トルク演算部32は、積分器32a及び乗算器23bを備えており、減算器31で求められた偏差を積分器32aで積分し、積分された偏差に積分制御ゲインKTIを掛ける演算を乗算器32bで行うことにより、第1の操舵補助トルクを演算する。

【0047】

第2の操舵補助トルク演算部33は、乗算器33aを備えており、モータ回転角速度に速度制御ゲインKTVを掛ける演算を乗算器33aで行うことにより、第2の操舵補助トルクを演算する。第3の操舵補助トルク演算部34は、乗算器34aを備えており、減算器31で求められた偏差に比例制御ゲインKTPを掛ける演算を乗算器34aで行うことにより、第3の操舵補助トルクを演算する。

20

【0048】

加算器35は、第1の操舵補助トルク演算部32で演算された第1の操舵補助トルク、第2の操舵補助トルク演算部33で演算された第2の操舵補助トルク、及び第3の操舵補助トルク演算部34で演算された第3の操舵補助トルクを加算する。そして、加算器35は、加算して得られたトルクを、操舵補助トルクとして出力する。

【0049】

ここで、操舵補助トルクは、積分制御成分(第1の操舵補助トルク)を含んでいるため、運転者の操舵トルクが目標操舵トルクに追従する。これにより、運転者は適切なトルクで操舵することができる。また、運転者がステアリングホイール1から手を離れた場合には、モータ回転角速度に速度制御ゲインKTVを掛けたモータ速度制御成分(第2の操舵補助トルク)により、操舵トルクを目標操舵トルクと零との間の値に調整することが可能となる。これにより、操舵トルクが目標操舵トルクに追従することで、滑らかな操舵を実現することができる。また、モータ速度制御成分(第2の操舵補助トルク)を用いることで、モータ6とトルクセンサ5との位置が離れている場合においても、制御の安定性を確保することができる。更に、目標操舵トルクの微分が不要であるため、ノイズを抑えることができ、滑らかなで安定した操舵を実現できる。

30

【0050】

操舵補助トルク比例制御成分(第3の操舵補助トルク)は、操舵補助トルク積分制御成分(第1の操舵補助トルク)に比べて応答性が速いため、追従応答性を早くすることができ、オーバーシュートを低減できる。その結果、運転者がステアリングホイール1を把持して操舵している場合には、操舵トルクが目標操舵トルクに安定的に追従し、より滑らかな操舵を実現することができる。尚、本実施の形態では、安定性及び追従性を実現するための構成として、トルクフィードバックを行うトルクフィードバック演算部23を備える場合を例に挙げて説明した。しかしながら、目標操舵トルクと操舵トルクとの偏差をフィードバックできるのであれば、トルクフィードバックを行う構成に限られない。

40

【0051】

次に、以上説明した制御ユニット11(操舵制御装置)を備える効果について説明する。操舵状況に応じて目標操舵トルクを設定し、目標操舵トルクに操舵トルクが追従するよ

50

うに制御する操舵制御装置では、運転者は車の操舵フィーリングを設定する際、目標操舵トルクが所望の特性になるように目標操舵力角特性の適合を行っていく。具体的な適合方法は適合したい車速において0.2 [Hz] 程度の正弦波でステアリングホイール1を操作し横加速度が0.2 [G] 以下となるような操舵方法を想定している。

【0052】

前述した特許文献1に開示された技術では、所望のフィーリングを実現するために目標操舵力角特性を設定する際において、ばね成分（ベーストルク）、粘性成分（ダンパトルク）、及び摩擦成分（摩擦トルク）に分解した操舵力特性モデルを用いている。また、前述した特許文献1に開示された技術では、センターフィーリングを規定した複数のセンターフィール評価指数に基づいて目標操舵トルクを設定できる。しかしながら、操舵力特性

10

【0053】

図12は、本開示の実施の形態1において、ステアリングホイール操舵時の操舵角度と目標操舵トルクとの関係を示す図である。図12中の目標操舵力角特性Aは、ベーストルク、ダンパトルク、摩擦トルクを加算して作成した基本的な特性である。図12中の目標操舵力角特性Bは、目標操舵力角特性Aに対してオンセンタフィーリングの特性が付与された本実施の形態における特性である。

【0054】

目標操舵力角特性Cは、目標操舵力角特性Aに対して、目標操舵力角特性Bと同様のオンセンタフィーリング特性を、粘性成分で調整して付与した特許文献1に開示された技術における特性である。目標操舵力角特性Dは、目標操舵力角特性Aに対して、目標操舵力角特性Bと同様のオンセンタフィーリング特性を、摩擦成分で調整して付与した特許文献1に開示された技術における特性である。

20

【0055】

図12に示す通り、オンセンタフィーリングを粘性成分又は摩擦成分で付与しようとすると、目標操舵力角特性は、最初に設定した基本的な目標操舵力角特性Aから大幅に変わってしまう。このため、ベーストルク、ダンパトルク、摩擦トルクの全てについて再度の適合が必要になる。

【0056】

図13は、本開示の実施の形態1において、ステアリングホイール操舵時の操舵角度と目標操舵トルク（ベーストルク）との関係を示す図である。本実施の形態による制御ユニット11では、適合方法のように正弦波操舵した場合には、モータ回転角速度のピークが中立付近に現れる。このため、図13に示す通り、舵角シフト演算部26が有効の場合には、ベーストルク（第1トルク）の中立付近に特化してトルクを付与できるためオンセンタフィーリングを調節することができる。

30

【0057】

図14は、運転者がステアリングホイールを切り込んだ状態から手放した場合の操舵角度の動作軌跡を示す図である。動作軌跡TR1は、本実施の形態で得られるものである。動作軌跡TR2は、第3トルク演算部29を無効にした場合に得られるものである。動作軌跡TR3は、舵角シフト演算部26及び第3トルク演算部29を無効にした場合に得られるものである。図14を参照すると、本実施の形態では、舵角シフト演算部26及び第3トルク演算部29が設けられていることで、ステアリングホイール1の挙動を抑制することができ、高い収れん性を持たせることが可能になる。その結果、ステアリングホイール1をオーバーシュート及び発振させることなく収束させる事ができる。

40

【0058】

更に、本実施の形態では、舵角シフト演算部26の舵角シフトゲインDg、第1トルクを求めるベース演算部27のダンパゲインマップ29a、第2トルクを求める第2トルク演算部28、第3トルクを求める第3トルク演算部29のダンパゲインマップ29aが車速に対して可変になっている。これにより、車速によって変化する路面反力トルクの特性

50

に対応して、適切な制御ゲインを設定することができ、車速に応じて目標操舵トルクを柔軟に設定できることで多種多様な操舵フィーリングを実現できる。尚、全てのゲインを車速に対して可変にする必要はなく、少なくとも1つのゲイン又はマップを車速に対して可変にしてもよい。

【0059】

また、本実施の形態では、操舵状態検出部21に操舵角度センサ4を設け、操舵角度センサ4で検出された操舵角度を舵角シフト演算部26で用いている。しかしながら、操舵角度センサ4の検出結果の代わりに、モータ回転角度センサ10で検出されたモータ回転角度を操舵角度に換算したものをを用いてもよい。例えば、モータ回転角度センサ10で検出されたモータ回転角度を、減速機構7の減速比を用いてステアリング軸2の角度に換算したものをを用いてもよい。更に、モータ回転角度がステアリング軸2の角度に対して相対角度である場合は、車両に備えたヨーレートセンサ等(図示省略)により直進走行であると判断し、その相対角度が0となるようにオフセットさせステアリング軸2の絶対角度としてもよい。

10

【0060】

〔実施の形態2〕

電動パワーステアリング装置

本実施の形態による電動パワーステアリング装置の構成は、基本的に、図1に示す電動パワーステアリング装置PSの構成と同様である。このため、本実施の形態による電動パワーステアリング装置の詳細な説明は省略する。

20

【0061】

操舵制御装置

本実施の形態による操舵制御装置の基本的な構成は、実施の形態1による操舵制御装置(制御ユニット11)と同様である。但し、制御ユニット11の目標操舵トルク設定部22に設けられる第1トルク演算部25の舵角シフト演算部26の構成が異なる。以下、舵角シフト演算部26について説明する。

【0062】

図15は、本開示の実施の形態2における舵角シフト演算部の構成を示すブロック図である。図15に示す通り、本実施の形態による舵角シフト演算部26は、図4に示す舵角シフト演算部26に対して操舵角度適用範囲調整マップ26c及び乗算器26dが追加された構成である。図4に示す舵角シフト演算部26と、図15に示す本実施の形態における舵角シフト演算部26とは、ステアリングホイール1の操舵角度のシフト量である第1シフト量を演算する方法が異なる。

30

【0063】

図16は、本開示の実施の形態2における舵角シフト演算部で用いられる操舵角度適用範囲調整マップの一例を示す図である。図16に示す操舵角度適用範囲調整マップ26cは、ステアリングホイール1の操舵角度の大きさ(絶対値)が大きくなるにつれて操舵角度適用範囲調整ゲインが徐々に小さくなる特性を示す。

【0064】

また、操舵角度適用範囲調整マップ26cは、車速毎に異なるものが用意されている。図16に示す例では、「低車速」、「中車速」、及び「高車速」毎に、異なる操舵角度適用範囲調整マップ26cが用意されている。このような操舵角度適用範囲調整マップ26cが用意されている場合には、第1トルク演算部25では、操舵角度適用範囲調整マップ26cが車速に応じて変更されることになる。但し、操舵角度適用範囲調整マップ26cは、必ずしも車速毎に異なるものが用意されている必要はない。

40

【0065】

乗算器26dは、乗算器26aから出力される第1シフト量と、操舵角度適用範囲調整マップ26cを用いて求められた操舵角度適用範囲調整ゲインとを乗算して、操舵角度適用範囲調整後の操舵角度のシフト量である第2シフト量を演算する。

【0066】

50

このような舵角シフト演算部 26 では、入力される車速に応じて舵角シフトゲイン Dg が特定され、特定された舵角シフトゲイン Dg とモータ回転角速度とが乗算器 26a で乗算されて第 1 シフト量（ステアリングホイール 1 の操舵角度のシフト量）が演算される。また、入力される車速に応じて 1 つの操舵角度適用範囲調整マップ 26c が特定され、入力される操舵角度と特定された操舵角度適用範囲調整マップ 26c とを用いて操舵角度適用範囲調整ゲインが求められる。上記の第 1 シフト量と上記の操舵角度適用範囲調整ゲインとが乗算器 26d で乗算されて第 2 シフト量（操舵角度適用範囲調整後の操舵角度のシフト量）が算出される。そして、操舵角度に対して、第 2 シフト量が加算器 26b において加算されることにより、シフト後操舵角度が演算される。

【0067】

図 17 は、本開示の実施の形態 2 において、ステアリングホイール操舵時の操舵角度と目標操舵トルク（ベーストルク）との関係を示す図である。本実施の形態では、操舵角度適用範囲調整マップ 26c を設けることで、操舵角度の増加に伴って徐々に舵角シフト後操舵角度を小さくすることがきる。このため、図 17 に示す通り、本実施の形態では、オンセンタフィーリングに付与する舵角シフト演算部の効果範囲を、実施の形態 1 よりも限定的な範囲に絞ることができる。これにより、オンセンタフィーリング特性を調整する意図とは異なる意図で調整された操舵力角特性への影響を抑えることができる。

【0068】

以上、本開示の実施の形態について説明したが、本開示は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で自由に変更が可能である。例えば、上述した実施の形態で説明した電動パワーステアリング装置 PS は、コラム方式のものであってもよく、ラックアンドピニオン方式のものであってもよい。また、目標操舵トルクに基づくフィードバック制御を行うということでは、トルクセンサを少なくとも備えるステアパイワイヤ反力装置等にも適用可能である。また、上述の実施形態の説明において使用した図は一例を示すものであり、これらに限られない。

【0069】

尚、上述した制御ユニット 11 が備える各構成（目標操舵トルク設定部 22 及びトルクフィードバック演算部 23）は、内部に、コンピュータシステムを有している。そして、上述した制御ユニット 11 が備える各構成の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより上述した制御ユニット 11 が備える各構成における処理を行ってもよい。ここで、「記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行する」とは、コンピュータシステムにプログラムをインストールすることを含む。ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS 及び周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

【0070】

また、「コンピュータシステム」は、インターネット又は WAN、LAN、専用回線等の通信回線を含むネットワークを介して接続された複数のコンピュータ装置を含んでもよい。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。このように、プログラムを記憶した記録媒体は、CD-ROM 等の非一過性の記録媒体であってもよい。

【0071】

また、記録媒体には、当該プログラムを配信するために配信サーバからアクセス可能な内部又は外部に設けられた記録媒体も含まれる。尚、プログラムを複数に分割し、それぞれ異なるタイミングでダウンロードした後に制御ユニット 11 が備える各構成で合体される構成であってもよく、また、分割されたプログラムのそれぞれを配信する配信サーバが異なってもよい。更に「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、ネットワークを介してプログラムが送信された場合のサーバ又はクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも

10

20

30

40

50

含むものとする。また、上記プログラムは、上述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。更に、上述した機能をコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

【符号の説明】

【0072】

1 ...ステアリングホイール、2 ...ステアリング軸、5 ...トルクセンサ、6 ...モータ、11 ...制御ユニット、12 ...電流駆動部、21 ...操舵状態検出部、22 ...目標操舵トルク設定部、23 ...トルクフィードバック演算部、24 ...モータ回転角速度検出部、25 ...第1トルク演算部、26 ...舵角シフト演算部、26c ...操舵角度適用範囲調整マップ、27 ...ベース演算部、28 ...第2トルク演算部、29 ...第3トルク演算部、29a ...ダンパゲインマップ、29c ...ダンパトルクマップ、30 ...目標操舵トルク演算部、PS ...電動パワーステアリング装置

10

20

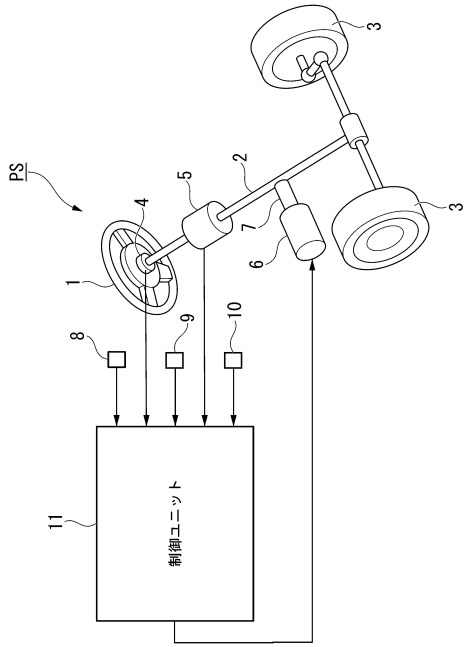
30

40

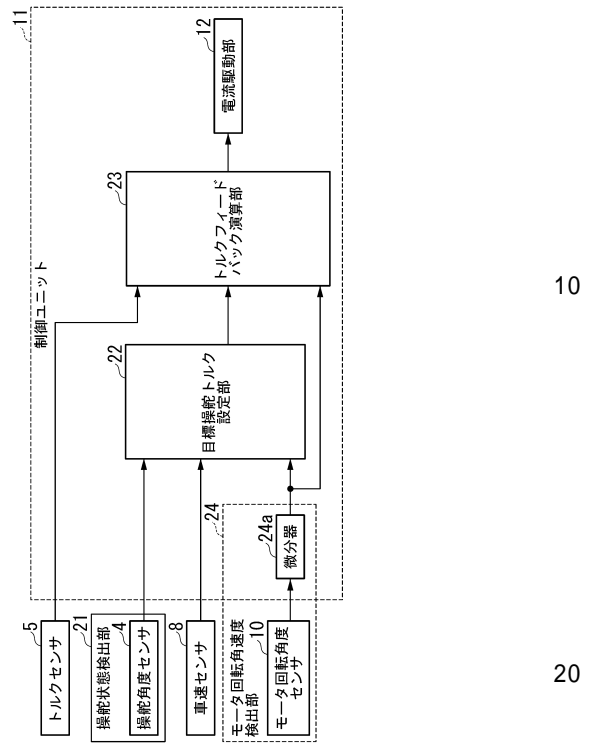
50

【図面】

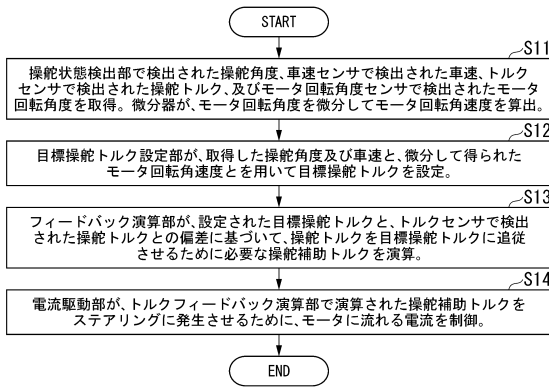
【図 1】



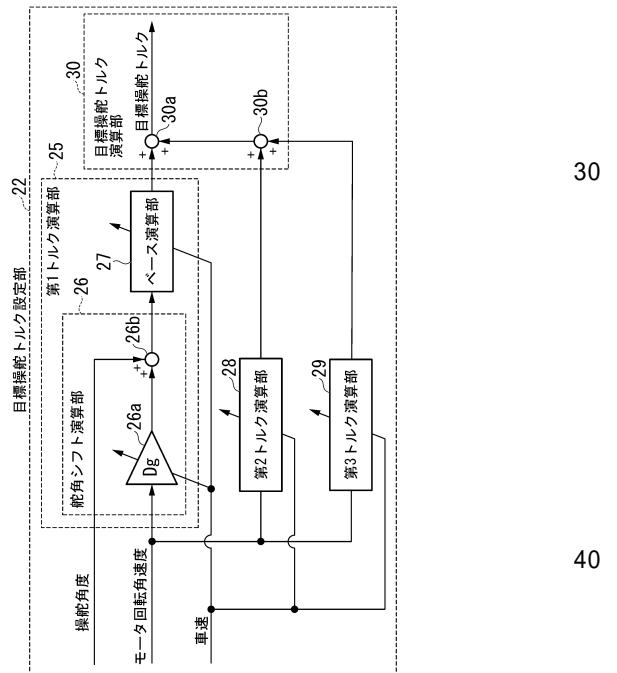
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

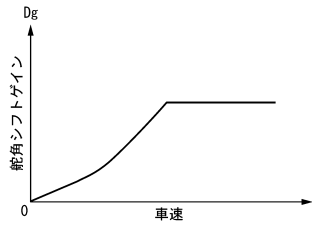
20

30

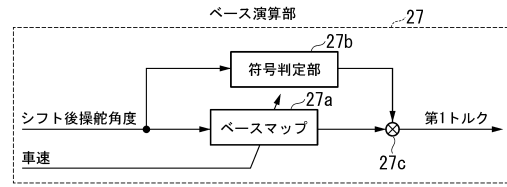
40

50

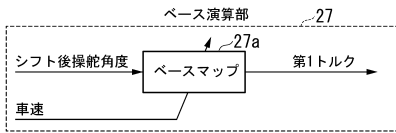
【図5】



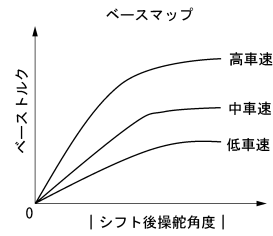
【図6A】



【図6B】

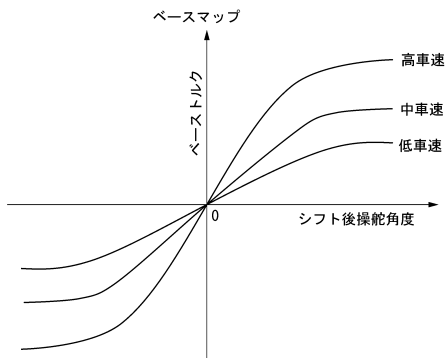


【図7A】

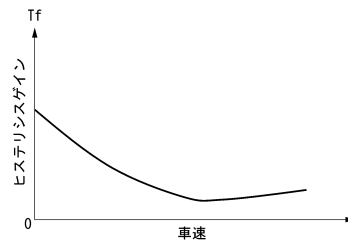


10

【図7B】



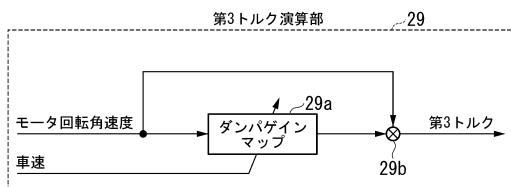
【図8】



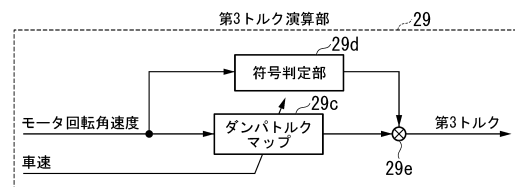
20

30

【図9A】



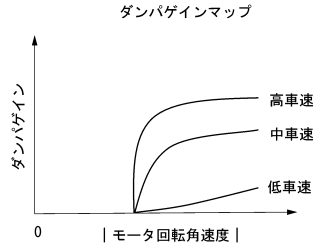
【図9B】



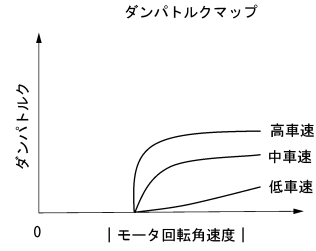
40

50

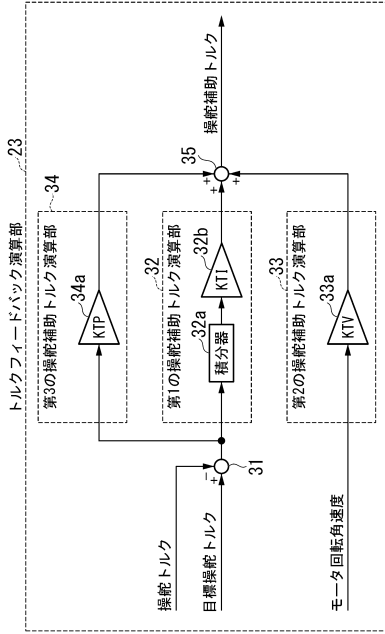
【図10A】



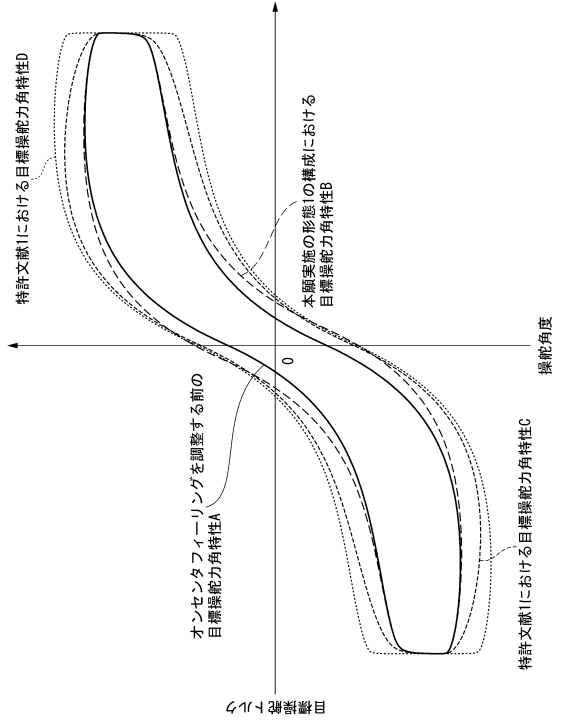
【図10B】



【図11】



【図12】



10

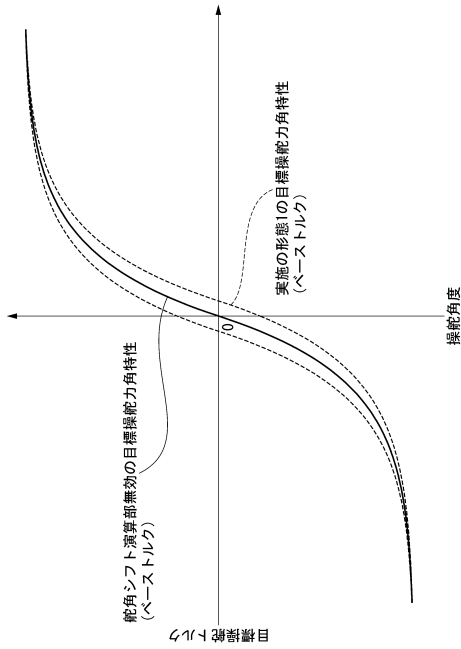
20

30

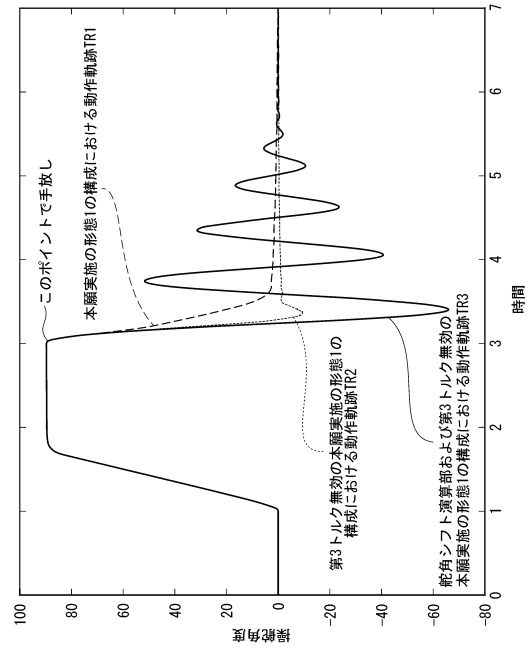
40

50

【図 13】



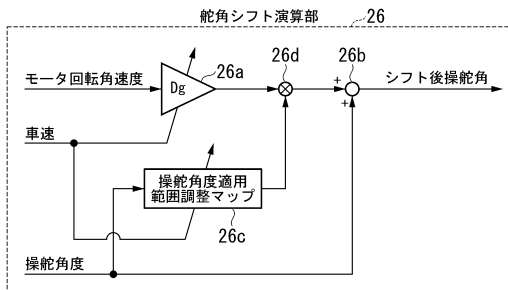
【図 14】



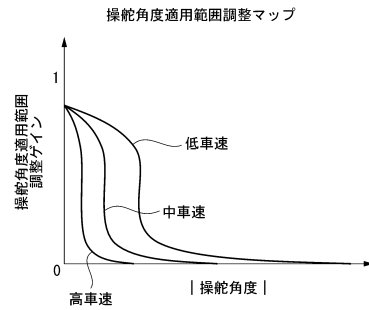
10

20

【図 15】



【図 16】

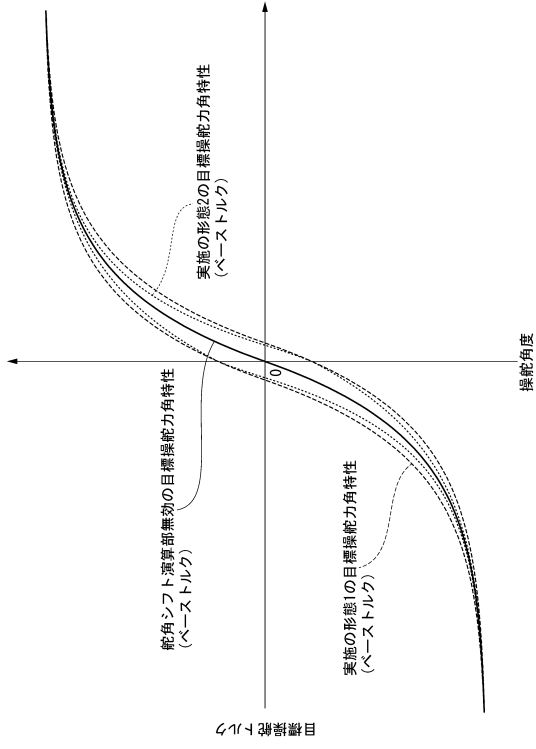


30

40

50

【 17 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 戸田 泰蔵
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 松下 正樹
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- 審査官 田邊 学
- (56)参考文献 国際公開第2015/163051(WO, A1)
特開2002-120745(JP, A)
特開2018-047815(JP, A)
特開2017-094935(JP, A)
国際公開第2012/073760(WO, A1)
国際公開第2020/100411(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B62D 6/00
B62D 5/04