

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6417954号
(P6417954)

(45) 発行日 平成30年11月7日 (2018. 11. 7)

(24) 登録日 平成30年10月19日 (2018. 10. 19)

(51) Int. Cl.	F 1
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
B 6 2 D 101/00 (2006. 01)	B 6 2 D 101:00

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-7687 (P2015-7687)	(73) 特許権者	000001247
(22) 出願日	平成27年1月19日 (2015. 1. 19)		株式会社ジェイテクト
(65) 公開番号	特開2016-132339 (P2016-132339A)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(43) 公開日	平成28年7月25日 (2016. 7. 25)	(74) 代理人	100105957
審査請求日	平成29年12月8日 (2017. 12. 8)		弁理士 恩田 誠
		(74) 代理人	100068755
			弁理士 恩田 博宣
		(72) 発明者	小野田 祐子
			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
		(72) 発明者	市川 誠
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動運転装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定周期毎に入力される指令状態量に基づいて、操舵機構のモータの状態量制御を行う第1の制御手段、及び車両の状態判定条件に応じて前記状態量制御を選択する第2の制御手段を備え、

前記第1の制御手段は、

前記モータを含む操舵機構のアクチュエータの位置制御部、速度制御部、及び電流制御部から構成される第1の構成手段と、

前記操舵機構のアクチュエータの速度制御部、及び電流制御部から構成される第2の構成手段と、

前記操舵機構のアクチュエータの電流制御部から構成される第3の構成手段の3つの構成手段を有し、

前記第2の制御手段は、車両の状態判定条件に応じて、前記状態量制御として前記第1の構成手段、前記第2の構成手段、又は前記第3の構成手段を選択するとともに、前記所定周期毎に入力される指令状態量を生成する自動運転装置において、

操舵機構に生じる振動を検出する振動検出センサを更に備え、

前記第2の制御手段は、前記状態量制御として前記第1の構成手段の選択中における前記指令状態量の変化幅が所定範囲内であってさらに前記振動検出センサが車両の外部からの振動を検知するとき、一時的に前記位置制御部を切り離すべく前記状態量制御を前記第3の構成手段に切り替えること、

を特徴とする自動運転装置。

【請求項 2】

前記第 1 の制御手段は、前記第 3 の構成手段の選択中における前記電流制御部を、前記振動検出センサが検知する車両の外部からの振動を抑制する振動抑制制御を行う振動抑制部に接続する請求項 1 に記載の自動運転装置。

【請求項 3】

前記振動抑制部は、

前記振動検出センサが検知する振動の成分を分析する振動分析部と、

前記振動分析部の分析結果に基づき前記振動検出センサが検知する振動に対して逆相のトルクを前記モータに発生させるための指令状態量を前記電流制御部に出力する指令状態量出力部と、を有する請求項 2 に記載の自動運転装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動運転装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、運転者によるステアリングホイールの操作を必要なしに自動的に操舵機構を操舵することで、車両の自動運転を可能にする自動運転装置がある。自動運転装置では、自動的に操舵機構を操舵するために、目標とするステアリングホイールの操舵角とステアリングホイールの実際の操舵角との偏差を解消するようにフィードバックする位置制御が行われるなかで、操舵機構を操舵するトルクの発生源たるモータに供給する電流が制御されている。

20

【0003】

そして、自動運転装置における車両の自動運転中には、ステアリングホイールに意図しない振動を生じることもあり、こうした意図しない振動を抑制することができるようにしたものもある（例えば、特許文献 1）。特許文献 1 では、上記位置制御が行われるなかで、上記偏差に意図しない振動成分を加味した上でモータに供給する電流を制御することとしている。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003-237607 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、特許文献 1 では、上記偏差に振動成分を加味することとしているが、こうした振動成分が、例えば、直進時に轍や路面の石等により急な衝撃に起因するとき、目標とする操舵角を定め難いことから上記位置制御だと応答が追い付かず、却って振動を発生させる要因となりうる。もっとも、上記位置制御におけるゲインを高めることでその応答を早くしたとしても、オーバーシュートの発生が多くなって振動を抑制するどころか振動を発生させる要因となりうる。したがって、自動運転に関わる制御が不安定になる懸念があった。

40

【0006】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、自動運転に関わる制御が不安定になることを抑制することができる自動運転装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決する自動運転装置は、所定周期毎に入力される指令状態量に基づいて、操舵機構のモータの状態量制御を行う第 1 の制御手段、及び車両の状態判定条件に応じて

50

前記状態量制御を選択する第2の制御手段を備える。また、第1の制御手段は、モータを含む操舵機構のアクチュエータの位置制御部、速度制御部、及び電流制御部から構成される第1の構成手段と、操舵機構のアクチュエータの速度制御部、及び電流制御部から構成される第2の構成手段と、操舵機構のアクチュエータの電流制御部から構成される第3の構成手段の3つの構成手段を有する。また、第2の制御手段は、車両の状態判定条件に応じて、状態量制御として第1の構成手段、第2の構成手段、又は第3の構成手段を選択するとともに、所定周期毎に入力される指令状態量を生成する。またさらに、自動運転装置は、操舵機構に生じる振動を検出する振動検出センサを更に備える。そして、第2の制御手段は、状態量制御として第1の構成手段の選択中における指令状態量の変化幅が所定範囲内であってさらに振動検出センサが車両の外部からの振動を検知するとき、一時的に位置制御部を切り離すべく状態量制御を前記第3の構成手段に切り替える。

10

【0008】

一般に、自動運転装置における位置制御部では比例制御（所謂、P制御）が行われるとともに、電流制御部では比例制御にさらに積分制御（動作）や微分制御（動作）を加えた制御（所謂、PID制御）が行われる。すなわちこの場合、電流制御部では、位置制御部よりも応答が早いということが言える。

【0009】

そして、上記構成のように、操舵機構への車両の外部からの振動が検出されるなかでモータの状態量制御が位置制御部を切り離した状態での電流制御部によって行われるとき、それまでの位置制御部を通じた状態量制御よりも応答が早い状態量制御が行われることとなる。すなわちこの場合、例えば、操舵機構への振動として、直進時に轍や路面の石等により急な衝撃に起因した振動が生じているとき、制御自体が振動を発生させる要因になることなく状態量制御を行うことができる。

20

【0010】

もっとも、一時的でも位置制御部を切り離してしまうとき、指令状態量に基づく状態量制御ができないこととなる。その点、上記構成によれば、一時的に位置制御部が切り離されるのは、指令状態量の変化幅が所定範囲内であって、指令状態量に基づく状態量制御の必要性が比較的に低い場面であることとしている。すなわちこの場合、指令状態量に基づく状態量制御ができないにもかかわらず、車両の自動運転への影響を最小限に止めることができる。

30

【0011】

したがって、上記のように構成された自動運転装置では、自動運転に関わる制御が不安定になることを抑制することができる。

また、上記自動運転装置において、第1の制御手段は、第3の構成手段の選択中における電流制御部を、前記振動検出センサが検知する車両の外部からの振動を抑制する振動抑制制御を行う振動抑制部に接続することが好ましい。

【0012】

上記構成によれば、振動検出センサで車両の外部からの振動が検出されるとき、こうした振動の抑制が積極的に行われることとなる。すなわち、位置制御部による状態量制御が行われる場合よりも応答が早いなかで、振動検出センサで検出される車両の外部からの振動を好適に抑制することができる。

40

【0013】

またさらに、上述したように、一時的に位置制御部が切り離されることとなる指令状態量の変化幅が所定範囲内のとき、操舵角の変化が少なく操舵による振動が比較的少ないこととなる。すなわちこの場合、操舵角が連続的に変化される操舵の最中であることから操舵による振動が比較的に多いときよりも、振動検出センサで検出される振動を車両の外部からの振動として検出され易くすることができる。したがって、振動検出センサで検出される車両の外部からの振動を好適に抑制することができる。

【0014】

このように振動を抑える方法として具体的には、振動抑制部は、振動検出センサが検知

50

する振動の成分を分析する振動分析部と、振動分析部の分析結果に基づき振動検出センサが検知する振動に対して逆相のトルクをモータに発生させるための指令状態量を電流制御部に出力する指令状態量出力部と、を有することが好ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、自動運転に関わる制御が不安定になることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】自動運転装置の概略を示す図。

【図2】自動運転装置における自動運転ECUの制御構成を示すブロック図。

10

【図3】自動運転装置におけるEPSECUCUの制御構成を示すブロック図。

【図4】自動運転用マイコンの処理手順を示すフローチャート。

【図5】電流制御2の制御系を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、電動パワーステアリング装置（以下、「EPS」という）を備えた自動運転装置の一実施形態を説明する。

図1に示すように、車両には、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（以下、「EPS」という）を有する自動運転装置1が搭載される。EPSは、運転者のステアリング操作に基づいて転舵輪を転舵させる操舵機構7、運転者のステアリング操作を補助する操舵力補助装置としてのEPSアクチュエータ20、及びEPSアクチュエータ20の作動を制御するEPSECUCU28を備える。

20

【0018】

操舵機構7は、運転者により操作されるステアリングホイール2、及びステアリングホイール2と一体回転するステアリングシャフト3を備える。ステアリングシャフト3は、ステアリングホイール2の中心に連結されたコラムシャフト8、コラムシャフト8の下端部に連結されたインターミディエイトシャフト9、及びインターミディエイトシャフト9の下端部に連結されたピニオンシャフト10からなる。ピニオンシャフト10の下端部は、ピニオンシャフト10に交わる方向へ延びるラック軸5（正確にはラック歯が形成された部分4）に噛合される。したがって、ステアリングシャフト3の回転運動は、ピニオンシャフト10及びラック軸5からなるラックアンドピニオン機構6によりラック軸5の往復直線運動に変換される。こうした往復直線運動が、ラック軸5の両端にそれぞれ連結されたタイロッド11を介して左右の転舵輪12、12にそれぞれ伝達されることにより、これら転舵輪12、12の転舵角が変更される。

30

【0019】

EPSアクチュエータ20は、コラム型のEPSアクチュエータであり、アシスト力の発生源であるモータ21を備える。モータ21としては、ブラシレスモータなどが採用される。モータ21は、減速機構22を介してコラムシャフト8に連結される。減速機構22は、モータ21の回転を減速し、当該減速した回転力をコラムシャフト8に伝達する。すなわち、ステアリングシャフト3にモータ21のトルクがアシスト力（操舵補助力）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。

40

【0020】

また、本実施形態の自動運転装置1は、所定周期毎に生成する指令状態量としての自動運転指令操舵角度データ θ_s^* に基づいて操舵機構7のモータ21の状態量制御、すなわちモータ回転角制御を行う。自動運転装置1は、自動運転指令操舵角度データ θ_s^* を車内ネットワーク90（CAN）を介して、EPSECUCU28に所定周期毎に送信する上位コントローラである自動運転ECU29を備える。

【0021】

EPSECUCU28及び自動運転ECU29は、車両に設けられる各種のセンサの検出結果を運転者の要求あるいは走行状態を示す情報として取得し、これら取得される各種の情

50

報に応じて上記モータ回転角制御を行う。すなわち、E P S E C U 2 8 には、回転角センサ 2 3、及び操舵角センサ 2 6 が接続される。また、自動運転 E C U 2 9 には、カーナビ等の G P S 2 4、車速センサ 2 5、及び振動検出センサとしてのヨーレートセンサ 2 7 が接続される。

【0022】

回転角センサ 2 3 は、モータ 2 1 に設けられてモータ 2 1 の実モータ回転角 θ_r を検出する。G P S 2 4 は、車両の上位位置情報 θ_{con} を検出する。車速センサ 2 5 は、車速（車両の走行速度）S P を検出する。操舵角センサ 2 6 は、磁気式の回転角センサであってコラムシャフト 8 に設けられて操舵角 θ_s を検出する。ヨーレートセンサ 2 7 は、車両の重心点を通る鉛直軸回りの回転角速度、すなわちヨーレート Y R を検出する。

10

【0023】

次に、自動運転装置 1 における電氣的構成について、詳しく説明する。

図 2 に示すように、自動運転 E C U 2 9 は、G P S 2 4 で検出される上位位置情報 θ_{con} 、車速センサ 2 5 で検出される車速 S P、操舵角センサ 2 6 で検出される操舵角 θ_s 、及びヨーレートセンサ 2 7 で検出されるヨーレート Y R をそれぞれ入力とする。なお、その他、自動運転 E C U 2 9 は、自動運転モード切替判定部 3 3（速度制御＋電流制御）の有効無効を判定する判定信号（速度制御）や、自動運転モード切替判定部 3 4（電流制御 1）の有効無効を判定する判定信号（電流制御）も入力とする。

【0024】

そして、自動運転 E C U 2 9 は、上記各種入力に基づき指令状態量である自動運転指令操舵角度データ θ_{s*} 、自動運転指令操舵速度データ ω_{s1*} 、自動運転指令モータ電流データ I_{r1*} 、及び自動運転指令モータ電流データ I_{r2*} を車内ネットワーク 9 0（CAN）を介して、E P S E C U 2 8 に送信する。またさらに、自動運転 E C U 2 9 は、自動運転モード切替フラグ F L G 1（速度制御）、自動運転モード切替フラグ F L G 2（電流制御 1）、及び自動運転モード切替フラグ F L G 3（電流制御 2）を車内ネットワーク 9 0（CAN）を介して、E P S E C U 2 8 に送信する。

20

【0025】

ここで、自動運転 E C U 2 9 の各機能について、詳しく説明する。

自動運転 E C U 2 9 は、マイクロプロセッシングユニット等からなる第 2 の制御手段としての自動運転用マイコン 3 0 を備える。自動運転用マイコン 3 0 は、車速 S P 及び上位位置情報 θ_{con} に基づき最適な自動運転指令操舵角度データ θ_{s*} を生成する自動運転指令操舵角度データ θ_{s*} 生成部 3 1 を有する。

30

【0026】

なお、自動運転用マイコン 3 0 は、判定信号（速度制御）に基づき自動運転車両異常フラグ F L G A B 1 の O N 及び O F F を切り替えることで、自動運転指令操舵角度データ θ_{s*} 生成部 3 1 の機能の停止（F L G A B 1 = O N）及び継続（F L G A B 1 = O F F）を切り替える自動運転モード切替判定部 3 3（速度制御＋電流制御）を有する。これにより、状態判定条件である車両における異常が想定される自動運転車両異常に陥ったとき、自動運転車両異常フラグ F L G A B 1 を O N して、一時的に位置制御部 5 1（後述する比例制御）を切り離す。

40

【0027】

すなわちこの場合、自動運転用マイコン 3 0 は、自動運転モード切替フラグ F L G 1 を自動運転モード切替指令部 3 5（速度制御＋電流制御）から E P S E C U 2 8 へ出力するとともに、最適な自動運転指令操舵速度データ ω_{s1*} を自動運転指令操舵速度データ ω_{s1*} 生成部 3 6 で生成する。またさらに、自動運転用マイコン 3 0 は、自動運転指令操舵速度データ ω_{s1*} 生成部 3 6 で生成した自動運転指令操舵速度データ ω_{s1*} を自動運転指令操舵速度データ ω_{s1*} 出力部 3 7 を介して、E P S E C U 2 8 へ出力する。これにより、モータ回転角制御の制御系として、後述する速度制御部 5 3 及び電流制御部 5 5 がアクティブとなる速度制御の制御系（第 2 の構成手段）が選択され、これによる速い制御周期（後述する比例制御＋積分制御＋微分制御）によって指令値（指令状態量）に対

50

して、モータ回転角制御が早く追従できるようになる。

【0028】

また、自動運転用マイコン30は、判定信号（電流制御）に基づき操舵角度偏差値異常フラグFLGAB2のON及びOFFを切り替えることで、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 生成部31の機能の停止（FLGAB2=ON）及び継続（FLGAB2=OFF）を切り替える自動運転モード切替判定部34（電流制御1）を有する。これにより、状態判定条件である路面状態における異常が想定される操舵角度偏差値異常に陥ったとき、操舵角度偏差値異常フラグFLGAB2をONして、一時的に位置制御部51（後述する比例制御）を切り離す。

【0029】

すなわちこの場合、自動運転用マイコン30は、自動運転モード切替フラグFLG2を自動運転モード切替指令部38（電流制御1）からE P S E C U 2 8へ出力するとともに、最適な自動運転指令モータ電流データI r 1 *を自動運転指令モータ電流データI r 1 *生成部39で生成する。またさらに、自動運転用マイコン30は、自動運転指令モータ電流データI r 1 *生成部39で生成した自動運転指令モータ電流データI r 1 *を自動運転指令モータ電流データI r 1 *出力部40を介して、E P S E C U 2 8へ出力する。これにより、モータ回転角制御の制御系として、後述する電流制御部55のみがアクティブとなる電流制御1の制御系（第3の構成手段）が選択され、これによるより速い制御周期（後述する比例制御+積分制御+微分制御）によって指令値（指令状態量）に対して、モータ回転角制御が早く追従できるようになる。

【0030】

一方、自動運転用マイコン30は、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 生成部31において、車速SP及び上位位置情報 $\theta c o n$ の入力後、自動運転車両異常フラグFLGAB1がOFF且つ操舵角度偏差値異常フラグFLGAB2がOFFの場合、車両及び路面状態を正常と判断して、所定周期毎に自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ を生成する。すなわちこの場合、モータ回転角制御の制御系として、後述する位置制御部51、速度制御部53、及び電流制御部55がアクティブとなる位置制御の制御系（第1の構成手段）が選択される。またさらに、自動運転用マイコン30は、生成した自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ を、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 出力部32を介して、E P S E C U 2 8へ出力する。なお、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ は、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 出力部32を介して、自動運転指令操舵速度データ $\omega s 1 *$ 生成部36や自動運転指令モータ電流データI r 1 *生成部39、またさらに後述する振動判定部41aに対しても出力される。

【0031】

また、自動運転用マイコン30は、車両の走行状態及び車両外部からの振動状態に基づき振動抑制フラグFLGAB3のON及びOFFを切り替えることで、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 生成部31の機能の停止（FLGAB3=ON）及び継続（FLGAB3=OFF）を切り替える自動運転モード切替判定部41（電流制御2）を有する。自動運転モード切替判定部41（電流制御2）は、操舵機構7（ステアリングシャフト3）への振動の発生を判定する振動判定部41aを有する。

【0032】

こうした車両の走行状態としては、車両の直進状態が操舵角 θs と、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ の直近指令値（ $\theta s (n) *$ ）及びそのさらに直近指令値（ $\theta s (n-1) *$ ）に基づく指令偏差値 $\Delta \theta s *$ とから特定される。またこうした振動状態としては、轍や路面の石等により急な衝撃に起因した車両外部からの操舵機構7への振動の発生がヨーレートY Rから特定される。

【0033】

なお、こうした振動抑制フラグFLGAB3のON及びOFFの切り替えは、位置制御部51が切り離されていない場合、すなわち自動運転車両異常フラグFLGAB1がOFF、且つ、操舵角度偏差値異常フラグFLGAB2がOFFの場合に行われる。

【0034】

自動運転用マイコン30は、状態判定条件である車両が直進状態且つ操舵機構7への振動の発生を判断する場合、振動抑制フラグFLAG3をONして、一時的に位置制御部51（後述する比例制御）を切り離す。

【0035】

すなわちこの場合、自動運転用マイコン30は、自動運転モード切替フラグFLG3（電流制御2）を自動運転モード切替指令部42（電流制御2）からE P S E C U 2 8へ出力するとともに、最適な自動運転指令モータ電流データI r 2 *を振動抑制制御部46（振動抑制部）で生成し、E P S E C U 2 8へ出力する。そして、モータ回転角制御の制御系として、後述する電流制御部55のみがアクティブとなる電流制御2の制御系（第3の構成手段）が選択され、これによるより速い制御周期（後述する比例制御＋積分制御＋微分制御）によって指令値（指令状態量）に対して、モータ回転角制御が早く追従できるようになる。

10

【0036】

振動抑制制御部46は、振動判定部41aでの判断に用いられるヨーレートY Rに基づき振動の位相等を分析する振動分析部43を有する。また、振動抑制制御部46は、振動分析部43での分析の結果に応じて、発生している振動を打ち消しうるトルクをモータ21に発生可能にする自動運転指令モータ電流データI r 2 *を生成する自動運転指令モータ電流データI r 2 *生成部44を有する。こうした自動運転指令モータ電流データI r 2 *として、自動運転指令モータ電流データI r 2 *生成部44は、振動分析部43で分析された振動に対して、逆相となるトルクを発生させるためのデータを生成することとなる。なお、振動抑制制御部46は、振動抑制フラグFLAG3がONされているとき、自動運転指令モータ電流データI r 2 *を生成する。

20

【0037】

また、振動抑制制御部46は、自動運転指令モータ電流データI r 2 *生成部44で生成した自動運転指令モータ電流データI r 2 *をE P S E C U 2 8へ出力する指令状態量出力部としての自動運転指令モータ電流データI r 2 *出力部45を有する。

【0038】

一方、自動運転用マイコン30は、車両が直進状態且つ操舵機構7への振動の発生を判断しない場合、振動抑制フラグFLAG3をONしないで、それまでの自動運転を継続する。

30

【0039】

また、図3に示すように、E P S E C U 2 8は、自動運転E C U 2 9よりC A N 9 0を介して送信されてくる、指令状態量である自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 、自動運転指令操舵速度データ $\omega s 1 *$ 、自動運転指令モータ電流データI r 1 *、及び自動運転指令モータ電流データI r 2 *をそれぞれ入力する。そして、E P S E C U 2 8は、モータ21を回転させるモータ回転制御指令を生成し、モータ21に出力する。またさらに、E P S E C U 2 8は、C A N 9 0を介して送信されてくる、各自動運転モード切替フラグFLG1（速度制御）、FLG2（電流制御1）、FLG3（電流制御2）をそれぞれ入力する。そして、E P S E C U 2 8は、各自動運転モード切替フラグFLG1（速度制御）、FLG2（電流制御1）、FLG3（電流制御2）に応じてその時にアクティブにされる制御部による制御系にてモータ回転角制御を制御する。

40

【0040】

次に、E P S E C U 2 8の各機能について、詳しく説明する。

E P S E C U 2 8は、マイクロプロセッシングユニット等からなる第1の制御手段としてのE P S用マイコン50と、PWM信号に基づきモータ21へ駆動電力を供給するように駆動するインバータ回路等の駆動回路部57と、モータ21の実モータ電流I rを検出する電流センサ61とを有する。

【0041】

E P S用マイコン50は、自動運転モード切替フラグFLG1（速度制御）、自動運転

50

モード切替フラグ F L G 2（電流制御 1）、及び自動運転モード切替フラグ F L G 3（電流制御 2）の入力に応じた制御系を構成する、位置制御部 5 1、速度制御部 5 3、及び電流制御部 5 5 と、各制御系を通じて生成されたモータ回転制御指令を PWM 信号として出力する PWM 出力部 5 6 とを有する。

【0042】

また、E P S 用マイコン 5 0 は、自動運転モード切替フラグ F L G 1（速度制御）を入力（O N）するとき、位置制御部 5 1 の切り離し、速度制御部 5 3 及び電流制御部 5 5 がアクティブにされる制御系への切り替えを行う自動運転モード切替部 5 2（速度制御）を有する。また、E P S 用マイコン 5 0 は、自動運転モード切替フラグ F L G 2（電流制御 1）又は自動運転モード切替フラグ F L G 3（電流制御 2）を入力（O N）するとき、位置制御部 5 1 の切り離し、電流制御部 5 5 のみがアクティブにされる制御系への切り替えを行う自動運転モード切替部 5 4（電流制御）を有する。

10

【0043】

また、E P S 用マイコン 5 0 は、所定周期で入力する自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ 及び自動運転指令操舵速度データ $\omega s 1 *$ を、所定の変換係数を用いて操舵角 θs に関わる情報から実モータ回転角 θr に関わる情報にそれぞれ変換する変換器 5 9、6 0 を有する。変換器 5 9 は、自動運転指令操舵角度データ $\theta s *$ を自動運転指令モータ回転角度データ $\theta r *$ に変換する。また、変換器 6 0 は、自動運転指令操舵速度データ $\omega s 1 *$ を自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 1 *$ に変換する。

【0044】

20

ここで、位置制御部 5 1、速度制御部 5 3、及び電流制御部 5 5 の機能について、自動運転モード切替部（速度制御）5 2 及び自動運転モード切替部（電流制御）5 4 の機能と合わせて、さらに詳しく説明する。

【0045】

位置制御部 5 1 は、変換器 5 9 で変換される自動運転指令モータ回転角度データ $\theta r *$ と、その時に回転角センサ 2 3 で検出される実モータ回転角 θr とを位置減算器 7 0 が減算して得られるモータ回転角度偏差値 $\Delta \theta r$ を入力する。またさらに、位置制御部 5 1 は、モータ回転角度偏差値 $\Delta \theta r$ を入力すると、比例制御（P 制御）を行い、自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 0 *$ を生成し、該自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 0 *$ を自動運転モード切替部 5 2（速度制御）の a 接点 5 2 a に対して出力する。

30

【0046】

自動運転モード切替部 5 2（速度制御）は、入力用の接点として a 接点 5 2 a 及び b 接点 5 2 b、出力用の接点として c 接点 5 2 c を有する。こうした自動運転モード切替部 5 2（速度制御）において、a 接点 5 2 a には、上述したように自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 0 *$ が入力される一方、b 接点 5 2 b には、変換器 6 0 で変換された自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 1 *$ が入力される。

【0047】

そして、自動運転モード切替部 5 2（速度制御）は、自動運転モード切替フラグ F L G 1（速度制御）が入力されていないとき、a 接点 5 2 a と c 接点 5 2 c とを接続することで、位置制御部 5 1 から入力する自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 0 *$ を出力する。一方、自動運転モード切替部 5 2（速度制御）は、自動運転モード切替フラグ F L G 1（速度制御）が入力されているとき、b 接点 5 2 b と c 接点 5 2 c とを接続することで、自動運転 E C U 2 9 から C A N 9 0 を介して送信された自動運転指令操舵速度データ $\omega s 1 *$ に基づく自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 1 *$ を出力する。

40

【0048】

速度制御部 5 3 は、自動運転モード切替部 5 2（速度制御）が出力する各自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 0 *$ 、 $\omega r 1 *$ のいずれかと、その時に回転角センサ 2 3 で検出される実モータ回転角 θr を微分器 5 8 で微分して得られる実モータ回転速度 ωr とを速度減算器 7 1 が減算して得られるモータ回転速度偏差値 $\Delta \omega r$ を入力する。またさらに、速度制御部 5 3 は、モータ回転速度偏差値 $\Delta \omega r$ を入力すると、比例制御＋積分制御＋

50

微分制御（PID制御）を行い、自動運転指令モータ電流データ I_{r0} * を生成し、該自動運転指令モータ電流データ I_{r0} * を自動運転モード切替部 54（電流制御）の a 接点 54 a に対して出力する。

【0049】

自動運転モード切替部 54（電流制御）は、入力用の接点として a 接点 54 a、b 接点 54 b、及び c 接点 54 c、出力用の接点として d 接点 54 d を有する。こうした自動運転モード切替部 54（電流制御）において、a 接点 54 a には、上述したように自動運転指令モータ電流データ I_{r0} * が入力される一方、b 接点 54 b には、自動運転 ECU 29 より CAN 90 を介して送信されてくる自動運転指令モータ電流データ I_{r1} * が入力される。また、自動運転モード切替部 54（電流制御）において、c 接点 54 c には、自動運転 ECU 29 より CAN 90 を介して送信されてくる自動運転指令モータ電流データ I_{r2} * が入力される。

10

【0050】

そして、自動運転モード切替部 54（電流制御）は、自動運転モード切替フラグ FLG 2（電流制御 1）及び自動運転モード切替フラグ FLG 3（電流制御 2）が入力されていないとき、a 接点 54 a と d 接点 54 d とを接続することで、速度制御部 53 から入力する自動運転指令モータ電流データ I_{r0} * を出力する。一方、自動運転モード切替部 54（電流制御）は、自動運転モード切替フラグ FLG 2（電流制御 1）が入力されているとき、b 接点 54 b と d 接点 54 d とを接続することで、自動運転 ECU 29 から CAN 90 を介して送信された自動運転指令モータ電流データ I_{r1} * を出力する。他方、自動運転モード切替部 54（電流制御）は、自動運転モード切替フラグ FLG 3（電流制御 2）が入力されているとき、c 接点 54 c と d 接点 54 d とを接続することで、自動運転 ECU 29 から CAN 90 を介して送信された自動運転指令モータ電流データ I_{r2} * を出力する。

20

【0051】

電流制御部 55 は、自動運転モード切替部 54（電流制御）が出力する各自動運転指令モータ電流データ I_{r0} *、 I_{r1} *、 I_{r2} * のいずれかと、その時に電流センサ 61 で検出される実モータ電流 I_r とを電流減算器 72 が減算して得られるモータ電流偏差値 ΔI_r を入力する。またさらに、電流制御部 55 は、モータ電流偏差値 ΔI_r を入力すると、比例制御＋積分制御＋微分制御（PID制御）を行い、モータ電圧指令 V * を生成し、該モータ電圧指令 V * を PWM 出力部 56 に出力する。そして、PWM 出力部 56 は、駆動回路部 57 を駆動させるためのモータ制御信号 S_r を生成し、該モータ制御信号 S_r を駆動回路部 57 に対して出力する。

30

【0052】

次に、アクティブにされる制御系の切り替えにおいて、特に自動運転モード切替フラグ FLG 3（電流制御 2）の出力にかかる自動運転 ECU 29 における自動運転用マイコン 30 の処理手順を説明する。

【0053】

図 4 に示すように、自動運転用マイコン 30 は、自動運転車両異常フラグ FLG AB 1 が OFF、且つ、操舵角度偏差値異常フラグ FLG AB 2 が OFF である位置制御中である、又は振動抑制フラグ FLG AB 3 が ON である電流制御 2 中であるか否かを自動運転モード切替判定部 41（電流制御 2）にて判定する（ステップ S101）。ステップ S101 にて、位置制御中又は電流制御 2 中のいずれでもないとき（ステップ S101：NO）、自動運転用マイコン 30 は、これまでの制御系による制御を継続させ、自動運転指令操舵角度データ θ_s * 生成部 31 にて最適な自動運転指令操舵角度データ θ_s * を生成する。

40

【0054】

一方、ステップ S101 にて、位置制御中又は電流制御 2 中のいずれかであるとき（ステップ S101：YES）、自動運転用マイコン 30 は、操舵角 θ_s 及び指令偏差値 $\Delta \theta_s$ * に基づき車両が直進状態であるか否かを自動運転モード切替判定部 41（電流制御 2

50

）にて判定する（ステップS102）。ステップS102にて、自動運転モード切替判定部41は、操舵角 θs の変化幅が閾値 α の正負の範囲内（操舵角 θs の絶対値が閾値 α 以下）であるか否かと、指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ の変化幅が閾値 β の正負の範囲内（指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ の絶対値が閾値 β 以下）であるか否かとを判定する。

【0055】

そして、自動運転モード切替判定部41は、操舵角 θs 及び指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ の各変化幅がそれぞれ閾値の正負の範囲内（操舵角 θs の絶対値が閾値 α 以下且つ指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ の絶対値が閾値 β 以下）であるときに車両が直進状態であることを判定する。閾値 α は、操舵角 θs が操舵中点（車両が直進することとなる操舵角）であるとして経験的に導かれる値に設定される。また、閾値 β は、指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ が変化していないとして経験的に導かれる値に設定される。

10

【0056】

続いて、ステップS102にて、車両が直進状態であるとき（ステップS102：YES）、自動運転用マイコン30は、ヨーレートYRに基づき振動ありか否かを自動運転モード切替判定部41（電流制御2）における特に振動判定部41aにて判定する（ステップS103）。ステップS103にて、振動判定部41aは、ヨーレートYRに基づく振動の強さ（振幅の大きさや、振動の長さ等）が所定の閾値を超えるか否かを判定し、ヨーレートYRに基づく振動の強さが所定の閾値を超える場合、操舵機構7への振動の発生を判定する。所定の閾値は、操舵機構7への振動として運転者が不快に思うとして経験的に導かれる値に設定される。

20

【0057】

ステップS103にて、操舵機構7に振動が発生しているとき（ステップS103：YES）、自動運転用マイコン30は、自動運転モード切替判定部41（電流制御2）を通じて振動抑制フラグFLAG3をONする（ステップS104）。またさらに、ステップS104にて、自動運転用マイコン30は、電流制御2中となるように、自動運転モード切替指令部42（電流制御2）を通じて自動運転モード切替フラグFLAG3（電流制御2）をE P S E C U 2 8に対して出力する。その後、自動運転用マイコン30は、振動抑制制御部46において、振動分析部43の振動の分析を通じて自動運転指令モータ電流データI r 2 *生成部44にて最適な自動運転指令モータ電流データI r 2 *を生成し、自動運転指令モータ電流データI r 2 *出力部45を通じて該自動運転指令モータ電流データI r 2 *をE P S E C U 2 8へ出力する。

30

【0058】

一方、ステップS102にて、車両が直進状態でないとき（ステップS102：NO）、又は操舵機構7に振動が発生していないとき（ステップS103：NO）、自動運転用マイコン30は、位置制御中となるよう制御する（ステップS105）。すなわちこの場合、自動運転用マイコン30は、そもそも位置制御中であれば該位置制御中を継続する一方、そもそも電流制御2中であれば振動抑制フラグFLAG3をOFFして位置制御中となるように、その旨を示す情報をE P S E C U 2 8に対して出力する。その後、自動運転用マイコン30は、自動運転指令操舵角度データ θs^* 生成部31にて最適な自動運転指令操舵角度データ θs^* を生成する。

40

【0059】

以上に説明した自動運転装置1によれば、以下の（1）～（3）に示す作用及び効果を奏する。

（1）図5に示すように、自動運転モード切替フラグFLAG3（電流制御2）がONされるとき、自動運転モード切替部54（電流制御）には、自動運転指令操舵角度データ θs^* に関わる自動運転指令モータ電流データI r 0 *, I r 1 *の代わりに、振動抑制制御部46により生成される自動運転指令モータ電流データI r 2 *が入力される。すなわちこの場合、自動運転モード切替部54（電流制御）は、操舵機構7に発生している振動の分析に基づく自動運転指令モータ電流データI r 2 *を出力する。

【0060】

50

続いて、電流制御部 55 は、操舵機構 7 に発生している振動の分析に基づく自動運転指令モータ電流データ I_{r2} と、その時に電流センサ 61 で検出される実モータ電流 I_r とを電流減算器 72 が減算して得られる、操舵機構 7 に発生している振動を抑制するためのモータ電流偏差値 $\Delta I_r f$ を入力する。またさらに、電流制御部 55 は、モータ電流偏差値 $\Delta I_r f$ を入力すると、操舵機構 7 に発生している振動を抑制するためのモータ電圧指令 V_f を生成し、該モータ電圧指令 V_f を PWM 出力部 56 に出力する。そして、PWM 出力部 56 は、操舵機構 7 に発生している振動を抑制するように、駆動回路部 57 を駆動させるためのモータ制御信号 $S_r f$ を生成し、該モータ制御信号 $S_r f$ を駆動回路部 57 に対して出力することとなる。

【0061】

したがって、自動運転モード切替フラグ $FLG3$ （電流制御 2）が ON されるとき、EPS 用マイコン 50 は、操舵機構 7 に発生している振動と逆相の振動をモータ 21 によって発生させるように、モータ回転角制御を行うこととなる。

【0062】

このように、車両が直進状態において操舵機構 7 への車両の外部からの振動が検出されるなかでモータ回転角制御が位置制御部 51 を切り離した状態での電流制御部 55 によって行われるとき、それまでの位置制御部 51 を通じたモータ回転角制御よりも応答が早い（5 倍程早い制御周期にて）モータ回転角制御が行われることとなる。すなわちこの場合、操舵機構 7 への振動として、車両の直進状態時に轍や路面の石等により急な衝撃に起因した振動が生じているとき、制御自体が振動を発生させる要因になることなくモータ回転角制御を行うことができる。

【0063】

もっとも、一時的でも位置制御部 51 を切り離してしまうとき、自動運転指令操舵角度データ θ_s に基づくモータ回転角制御ができないこととなる。その点、車両が直進状態にあるとき、位置制御中であれば、自動運転指令操舵角度データ θ_s の変化、すなわちモータ回転角度偏差値 $\Delta \theta_r$ （モータ電流偏差値 ΔI_r ）が比較的小さく、モータ回転角制御自体の必要性が比較的に低い場面ということとなる。

【0064】

そこで、本実施形態では、一時的に位置制御部 51 が切り離されるのは、車両が直進状態であると判定する場面であって、自動運転指令操舵角度データ θ_s に基づくモータ回転角制御の必要性が比較的に低い場面であることとしている。すなわちこの場合、自動運転指令操舵角度データ θ_s に基づくモータ回転角制御ができないにもかかわらず、車両の自動運転への影響を最小限に止めることができる。

【0065】

したがって、上記のように構成された自動運転装置 1 では、自動運転に関わる制御が不安定になることを抑制することができる。

（2）また、図 5 に示すように、ヨーレートセンサ 27 で車両の外部からの振動が検出されることで、自動運転モード切替フラグ $FLG3$ （電流制御 2）が ON されるとき、電流制御部 55 と振動抑制制御部 46 とが接続される制御系をなし、こうした振動の抑制が振動抑制制御部 46 によって積極的に行われることとなる。すなわち、位置制御部 51 によるモータ回転角制御が行われる場合よりも応答が早い（5 倍程早い制御周期の）なかで、ヨーレートセンサ 27 で検出される車両の外部からの振動を好適に抑制することができる。

【0066】

（3）またさらに、上述したように、一時的に位置制御部 51 が切り離されることとなる車両が直進状態にあるとき、操舵角 θ_s の変化が少なく操舵（ステアリング操作）による振動が比較的に少ないこととなる。すなわちこの場合、操舵角 θ_s が連続的に変化される操舵の最中であることから操舵による振動が比較的に多いときよりも、ヨーレートセンサ 27 で検出される振動を車両の外部からの振動として検出され易くすることができる。したがって、ヨーレートセンサ 27 で検出される車両の外部からの振動を好適に抑制する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0067】

なお、本実施形態は以下のように変更してもよい。

・自動運転モード切替フラグFLG3（電流制御2）がONされるとき、少なくとも一時的に位置制御部51が切り離されていればよく、速度制御部53については切り離されていなくてもよい。すなわちこの場合、第2の制御手段たる自動運転用マイコン30は、第2の構成手段を選択することとなる。

【0068】

・自動運転モード切替フラグFLG3（電流制御2）をONする過程において、ステップS102では、少なくとも指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ の変化幅が閾値 β の正負の範囲内（指令偏差値 $\Delta\theta s^*$ の絶対値が閾値 β 以下）であるか否かを判定すればよい。車両が直進状態にない場合であっても、自動運転指令操舵角度データ θs^* の変化、すなわちモータ回転角度偏差値 $\Delta\theta r$ （モータ電流偏差値 $\Delta I r$ ）が比較的小さければ、モータ回転角制御自体の必要性が比較的低い場面ということができ、上記実施形態と同等の効果を奏する。

10

【0069】

・自動運転モード切替フラグFLG3（電流制御2）をONする過程において、ステップS102では、閾値 α や閾値 β を0（零）に定めるように、該ステップS102の判定に対して幅を持たせないで構成することもできる。

【0070】

20

・本実施形態の自動運転装置1は、振動抑制制御部46を備えないで構成してもよい。この場合、例えば、自動運転モード切替フラグFLG3（電流制御2）がONされるとき、自動運転指令モータ電流データ $I r 2^*$ としては、直近の指令値（自動運転指令操舵角度 θs^* に基づく指令値）を継続的に指令するようにすることで、該直近の指令値に対して、モータ回転角制御が早く追従できるようになる。したがって、轍や路面の石等により急な衝撃に起因した車両外部からの操舵機構7への振動が発生していても、位置制御部51を通じたモータ回転角制御よりも応答が早い（5倍程早い制御周期にて）モータ回転角制御が行われることで、自動運転に関わる制御が不安定になることが抑制される。

【0071】

・自動運転モード切替フラグFLG3（電流制御2）のON及びOFFの切り替えについては、運転者による手動切替によって行われるようにしてもよい。

30

・本実施形態では、ヨーレートセンサ27によって操舵機構7への振動を検出するようにしたが、トルクセンサにてステアリングシャフト3のねじれを抑制する制御を行うことで、操舵機構7への振動を抑制するようにしてもよい。こうしたトルクセンサは、モータ21と左右の転舵輪12、12との間に設けられるようにする。

【0072】

・本実施形態では、ヨーレートセンサ27によって操舵機構7への振動を検出するようにしたが、回転角センサ23（モータ21の回転角）によって操舵機構7への振動を検出するようにしてもよい。

【0073】

40

・実モータ回転角 θr は、操舵角 θs を、所定の変換係数を用いて操舵角 θs に関わる情報から実モータ回転角 θr に関わる情報にそれぞれ変換して用いることもできる。またさらに、こうして変換された実モータ回転角 θr から実モータ回転速度 ωr を得ることもできる。

【0074】

・自動運転用マイコン30は、自動運転指令モータ回転角度データ θr^* や自動運転指令モータ回転速度データ $\omega r 1^*$ を生成して出力するように構成されていてもよい。

・EPS用マイコン50では、自動運転指令操舵角度データ θs^* を入力するとき、まず自動運転指令操舵角度データ θs^* と操舵角 θs とを減算して操舵角度偏差値 $\Delta\theta s$ を得た後、変換器59により該操舵角度偏差値 $\Delta\theta s$ をモータ回転角度偏差値 $\Delta\theta r$ に変換

50

するようにしてもよい。

【0075】

・位置制御の制御系と、速度制御の制御系と、電流制御1の制御系のそれぞれの切り替えについて、その条件を変更してもよい。例えば、電流制御1の制御系は、ヨーレートYRや横G（車両横加速度）に基づき切り替えられるようにしてもよい。

【0076】

・本実施形態では、自動運転用マイコン30及びEPS用マイコン50の2個のマイコンを用いて具体化した但、これらの機能を兼ね備えた1個のマイコン（第1の制御手段及び第2の制御手段）で具体化してもよい。

【0077】

・本実施形態では、自動運転装置1をコラムアシストEPSに具体化した但、自動運転装置1をラックアシストEPSやピニオンアシストEPSに適用してもよい。

・EPSアクチュエータ20の駆動源であるモータ21として、誘導モータやステッピングモータ等、その種類を問わず採用することができる。

【0078】

次に、上記実施形態及び別例（変形例）から把握できる技術的思想について以下に追記する。

（イ）前記第2の制御手段は、車両が直進中にあることから前記指令状態量の変化幅が所定範囲内にあるときに一時的に前記位置制御部を切り離す。上記構成によれば、一時的に位置制御部が切り離されるのは、指令状態量に基づく状態量制御の必要性がより低い場面を想定することができる。すなわちこの場合、指令状態量に基づく状態量制御ができないにもかかわらず、車両の自動運転への影響をより好適に抑制することができる。

【0079】

（ロ）前記第2の制御手段は、一時的に前記位置制御部を切り離すとき、前記第2の構成手段又は前記第3の構成手段を選択する。上記構成によれば、少なくとも位置制御部を切り離すことができるので、制御自体が振動を発生させる要因になることがなくなり、自動運転に関わる制御が不安定になることを抑制することができる。

【符号の説明】

【0080】

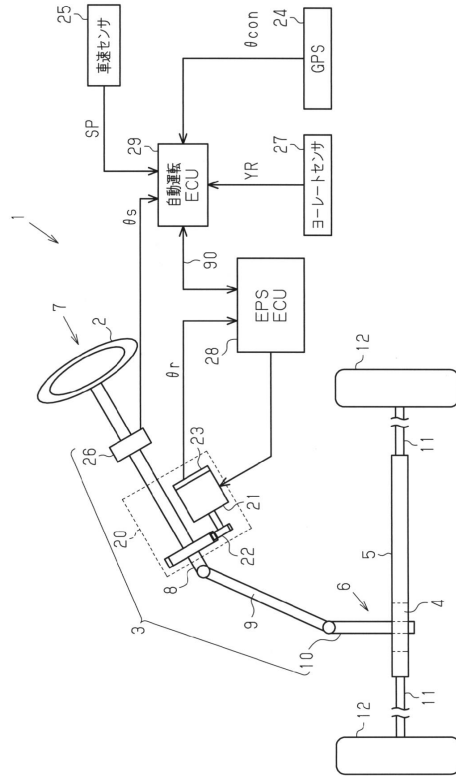
θs *…自動運転指令操舵角データ（指令状態量）、 $\omega s 1$ *…自動運転指令操舵速度データ（指令状態量）、 $I r 1$ *, $I r 2$ *…自動運転指令モータ電流データ（指令状態量）、1…自動運転装置、7…操舵機構、20…EPSアクチュエータ、21…モータ、27…ヨーレートセンサ（振動検出センサ）、30…自動運転用マイコン（第2の制御手段）、43…振動分析部、44…自動運転指令モータ電流データ $I r 2$ *生成部、45…自動運転指令モータ電流データ $I r 2$ *出力部（指令状態量出力部）、46…振動抑制制御部（振動抑制部）、50…EPS用マイコン（第1の制御手段）、51…位置制御部、53…速度制御部、55…電流制御部。

10

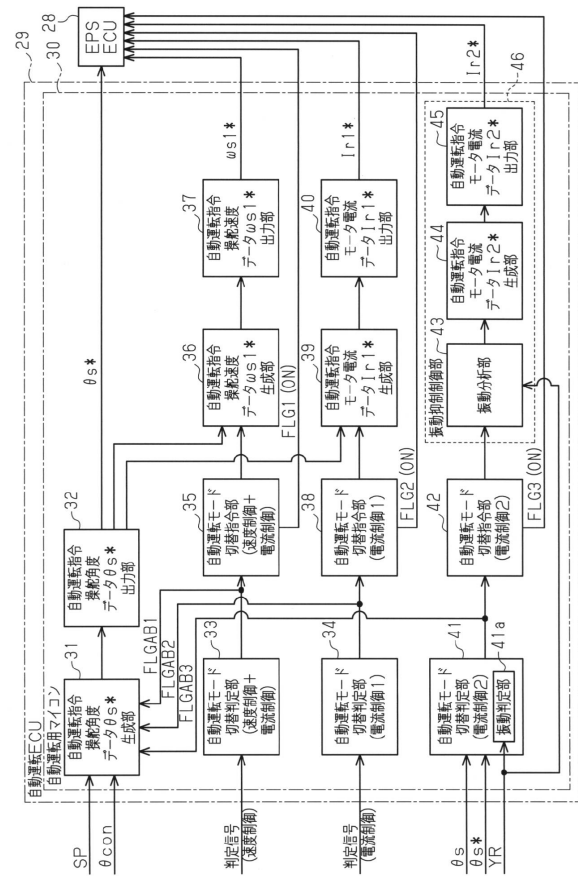
20

30

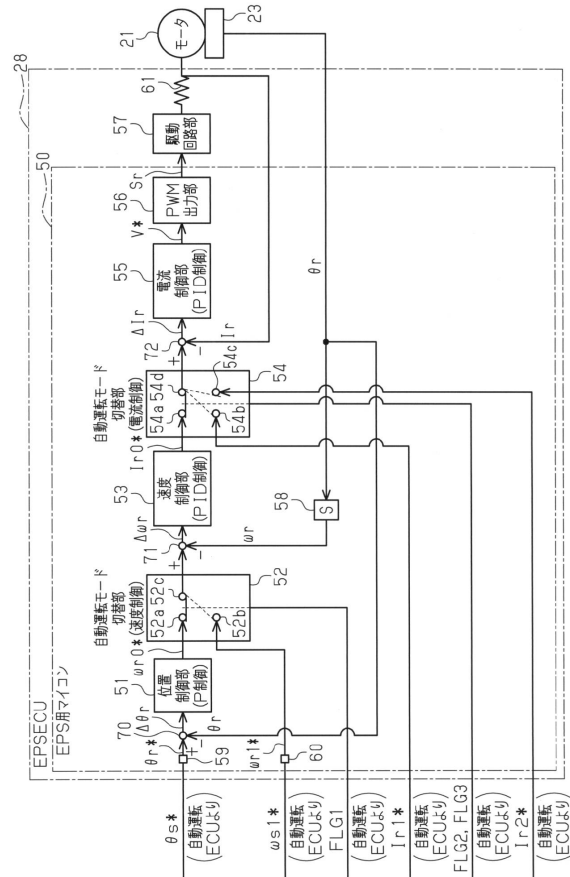
【図 1】



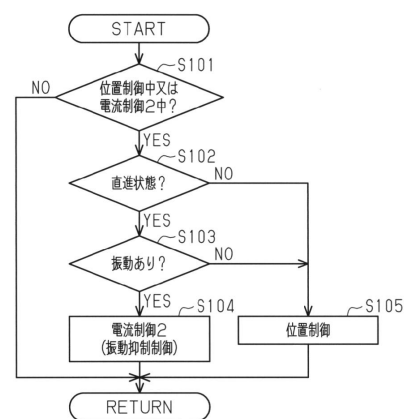
【図 2】



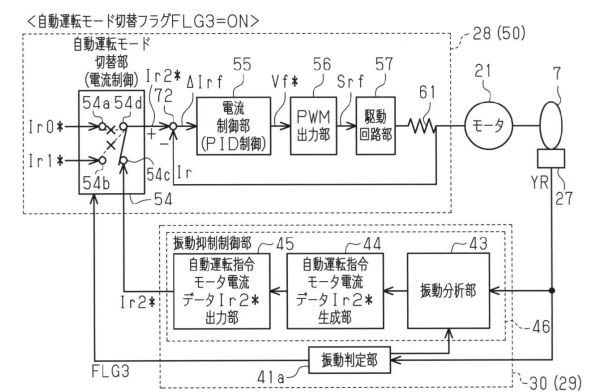
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 高野 寿男

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

審査官 飯島 尚郎

(56)参考文献 国際公開第2014/136515 (WO, A1)

特開平11-043058 (JP, A)

特開平11-078939 (JP, A)

特開2003-237607 (JP, A)

特開2012-201333 (JP, A)

実開昭62-177574 (JP, U)

特開平06-171541 (JP, A)

特開2005-047426 (JP, A)

特開2011-051410 (JP, A)

欧州特許出願公開第01142746 (EP, A2)

特開2016-094160 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62D 6/00

B62D 5/04

B62D 101/00 — 137/00