

(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2020-132008

(P2020-132008A)

(43) 公開日 令和2年8月31日(2020.8.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00	3 D 2 3 2
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 3 3 3
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00	
B 6 2 D 119/00 (2006.01)	B 6 2 D 119:00	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2019-29571 (P2019-29571)
 (22) 出願日 平成31年2月21日 (2019. 2. 21)

(71) 出願人 000001247
 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 110002310
 特許業務法人あい特許事務所
 (72) 発明者 仲出 知弘
 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 酒井 悠太
 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 フックス ロバート
 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

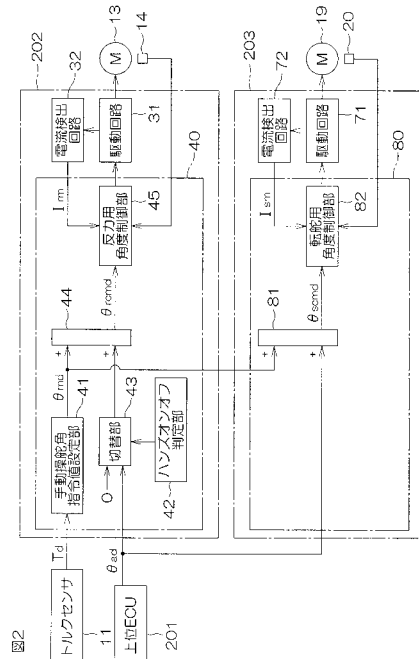
(54) 【発明の名称】 操舵装置

(57) 【要約】

【課題】自動操舵制御中において、転舵モータおよび反力モータに対して、運転者の意図を即座に反映させることが可能となる操舵装置を提供する。

【解決手段】操舵装置は、操舵部材に反力トルクを付与する反力モータと、転舵機構を駆動する転舵モータと、操舵部材に付与される操舵トルクを検出する検出部と、操舵トルクに基づき手動操舵角指令値を設定する手動操舵角指令値設定部と、反力用自動操舵角指令値および手動操舵角指令値に基づき反力用統合角度指令値を演算する反力用統合角度指令値演算部と、転舵用自動操舵角指令値および手動操舵角指令値に基づき転舵用統合角度指令値を演算する転舵用統合角度指令値演算部と、反力モータの回転角を反力用統合角度指令値に追従させる反力制御部と、転舵モータの回転角を転舵用統合角度指令値に追従させる転舵角制御部とを含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

操舵部材と、
 前記操舵部材と機械的に分離された転舵機構と、
 前記操舵部材に反力トルクを付与する反力モータと、
 前記転舵機構を駆動する転舵モータと、
 前記操舵部材に付与される操舵トルクを検出する操舵トルク検出部と、
 前記操舵トルクに基づき手動操舵角指令値を設定する手動操舵角指令値設定部と、
 反力用自動操舵角指令値および前記手動操舵角指令値に基づき反力用統合角度指令値を演算する反力用統合角度指令値演算部と、
 転舵用自動操舵角指令値および前記手動操舵角指令値に基づき転舵用統合角度指令値を演算する転舵用統合角度指令値演算部と、
 前記反力モータの回転角を前記反力用統合角度指令値に追従させる反力制御部と、
 前記転舵モータの回転角を前記転舵用統合角度指令値に追従させる転舵角制御部とを含む、操舵装置。

10

【請求項 2】

前記操舵部材が操舵されているか否かを判定する操舵判定部と、
 前記操舵判定部により前記操舵部材が操舵されていないと判断された場合には、前記反力用自動操舵角指令値を零にする切替部とをさらに含む、請求項 1 に記載の操舵装置。

20

【請求項 3】

前記反力用自動操舵角指令値と前記転舵用自動操舵角指令値とが、共通の自動操舵角指令値からなる、請求項 1 または 2 に記載の操舵装置。

【請求項 4】

前記転舵機構は、第 1 転舵輪を転舵する第 1 転舵機構および第 2 転舵輪を転舵する第 2 転舵機構を含み、

前記転舵モータは、前記第 1 転舵機構を駆動する第 1 転舵モータおよび前記第 2 転舵機構を駆動する第 2 転舵モータを含み、

前記転舵用統合角度指令値演算部は、

前記手動操舵角指令値および前記第 1 転舵輪を転舵するための第 1 転舵用自動操舵角指令値に基づき第 1 転舵用統合角度指令値を演算する第 1 転舵用統合角度指令値演算部と、

30

前記手動操舵角指令値および前記第 2 転舵輪を転舵するための第 2 転舵用自動操舵角指令値に基づき第 2 転舵用統合角度指令値を演算する第 2 転舵用統合角度指令値演算部とを有し、

前記転舵角制御部は、

前記第 1 転舵モータの回転角を前記第 1 転舵用統合角度指令値に追従させる第 1 転舵角制御部と、

前記第 2 転舵モータの回転角を前記第 2 転舵用統合角度指令値に追従させる第 2 転舵角制御部とを有する、請求項 1 または 2 に記載の操舵装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

この発明は、操向のために操作される操舵部材と転舵機構とが機械的に結合されていない状態で、転舵モータによって転舵機構が駆動される操舵装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、操向のために操作される操舵部材と転舵機構とが機械的に結合されていない状態で、転舵モータ（ステアリングモータ）によって転舵機構が駆動されるステア・バイ・ワイヤシステムが開示されている。特許文献 1 に記載のステア・バイ・ワイヤシステムでは、操作反力モータを有する操作部と、転舵モータを有する転舵部と、操作部を制御する操作反力制御部と、転舵部を制御する転舵制御部と、自動追従システムとを備え

50

ている。転舵制御部は、最終的な目標転舵角に基づいて転舵モータを制御する。

【0003】

特許文献1の自動追従システムでは、最終的な目標転舵角は、次のようにして設定される。自動追従システムが作動していないときには、操作ハンドルの操作角に基づいて演算された目標転舵角が、最終的な目標転舵角として設定される。自動追従システムが作動しておりかつ操舵トルクが第1閾値以上である場合または自動追従システムが作動しておりかつ操作角が第2閾値以上のときには、操作ハンドルの操作角に基づいて演算された目標転舵角に1よりも大きな所定値を乗算した値が、最終的な目標転舵角として設定される。自動追従システムが作動しておりかつ操舵トルクが第1閾値未満でありかつ操作角が第2閾値未満であるときには、自動追従システムによって設定される目標転舵角が、最終的な目標転舵角として設定される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-224238号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前述の特許文献1に記載のステア・バイ・ワイヤシステムでは、自動追従システムが作動している自動操舵制御中においては、操舵トルクが第1閾値以上になるか操作角が第2閾値以上になるのを待たなければ、目標転舵角に運転者の意図が反映されることはない。

20

この発明の目的は、自動操舵制御中において、転舵モータおよび反力モータに対して、運転者の意図を即座に反映させることが可能となる操舵装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明の一実施形態に係る操舵装置は、操舵部材と、前記操舵部材と機械的に分離された転舵機構と、前記操舵部材に反力トルクを付与する反力モータと、前記転舵機構を駆動する転舵モータと、前記操舵部材に付与される操舵トルクを検出する操舵トルク検出部と、前記操舵トルクに基づき手動操舵角指令値を設定する手動操舵角指令値設定部と、反力用自動操舵角指令値および前記手動操舵角指令値に基づき反力用統合角度指令値を演算する反力用統合角度指令値演算部と、転舵用自動操舵角指令値および前記手動操舵角指令値に基づき転舵用統合角度指令値を演算する転舵用統合角度指令値演算部と、前記反力モータの回転角を前記反力用統合角度指令値に追従させる反力制御部と、前記転舵モータの回転角を前記転舵用統合角度指令値に追従させる転舵角制御部とを含む。

30

【0007】

この構成では、反力用自動操舵角指令値に手動操舵角指令値が加算されて反力用統合角度指令値が演算され、この反力用統合角度指令値に反力モータの回転角が追従される。また、転舵用自動操舵角指令値に手動操舵角指令値が加算されて転舵用統合角度指令値が演算され、この転舵用統合角度指令値に転舵モータの回転角が追従される。

これにより、自動操舵制御中において、転舵モータおよび反力モータに対して、運転者の意図を即座に反映させることができる。これにより、手動操舵制御と自動操舵制御との間で切り替えを行うことなく、自動操舵制御主体での操舵制御（転舵制御および反力制御）を行いながら、手動操舵が可能な協調制御を実現できる。また、手動操舵制御と自動操舵制御との間での移行をシームレスに行うことができるので、手動操作を行う際に運転者に違和感を与えない。

40

【0008】

この発明の一実施形態では、前記操舵部材が操舵されているか否かを判定する操舵判定部と、前記操舵判定部により前記操舵部材が操舵されていないと判断された場合には、前記反力用自動操舵角指令値を零にする切替部とをさらに含む。

この発明の一実施形態では、前記反力用自動操舵角指令値と前記転舵用自動操舵角指令

50

値とが、共通の自動操舵角指令値からなる。

【 0 0 0 9 】

この発明の一実施形態では、前記転舵機構は、第 1 転舵輪を転舵する第 1 転舵機構および第 2 転舵輪を転舵する第 2 転舵機構を含み、前記転舵モータは、前記第 1 転舵機構を駆動する第 1 転舵モータおよび前記第 2 転舵機構を駆動する第 2 転舵モータを含み、前記転舵用統合角度指令値演算部は、前記手動操舵角指令値および前記第 1 転舵輪を転舵するための第 1 転舵用自動操舵角指令値に基づき第 1 転舵用統合角度指令値を演算する第 1 転舵用統合角度指令値演算部と、前記手動操舵角指令値および前記第 2 転舵輪を転舵するための第 2 転舵用自動操舵角指令値に基づき第 2 転舵用統合角度指令値を演算する第 2 転舵用統合角度指令値演算部とを有し、前記転舵角制御部は、前記第 1 転舵モータの回転角を前記第 1 転舵用統合角度指令値に追従させる第 1 転舵角制御部と、前記第 2 転舵モータの回転角を前記第 2 転舵用統合角度指令値に追従させる第 2 転舵角制御部とを有する。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係る操舵装置の概略構成を示す模式図である。

【 図 2 】 反力 ECU および転舵 ECU の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

【 図 3 】 手動操舵角指令値設定部の構成を示すブロック図である。

【 図 4 】 操舵トルク T_d に対するアシストトルク指令値 T_{ac} の設定例を説明するためのグラフである。

【 図 5 】 指令値設定部で用いられるリファレンス EPS モデルの一例を示す模式図である。

20

【 図 6 】 反力用角度制御部の構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 転舵用角度制御部の構成を示すブロック図である。

【 図 8 】 本発明の第 2 実施形態に係る操舵装置の概略構成を示す模式図である。

【 図 9 】 反力 ECU、左転舵 ECU および右転舵 ECU の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る操舵装置の概略構成を示す模式図である。

30

操舵装置 1 は、車両を操向するための操舵部材としてのステアリングホイール（ハンドル）2 と、転舵輪 3 を転舵するための転舵機構 4 と、ステアリングホイール 2 に連結されたステアリングシャフト 5 とを含む。ただし、ステアリングシャフト 5 と転舵機構 4 との間には、トルクや回転などの動きが伝達されるような機械的な結合はない。

【 0 0 1 2 】

ステアリングシャフト 5 は、ステアリングホイール 2 に一端が連結された第 1 軸 7 と、第 1 軸 7 の他端に一端が連結されたトーションバー 8 と、トーションバー 8 の他端に一端が連結された第 2 軸 9 とを含む。

トーションバー 8 の近傍には、トルクセンサ 11 が配置されている。トルクセンサ 11 は、第 1 軸 7 および第 2 軸 9 の相対回転変位量に基づいて、ステアリングホイール 2 に与えられた操舵トルク T_d を検出する。この実施形態では、トルクセンサ 11 によって検出される操舵トルク T_d は、例えば、左方向への操舵のためのトルクが正の値として、右方向への操舵のためのトルクが負の値として検出され、その絶対値が大きいほど操舵トルク T_d の大きさが大きくなるものとする。

40

【 0 0 1 3 】

第 2 軸 9 には、減速機 12 を介して、第 2 軸 9 の回転角（以下、「ハンドル角」という場合がある）を制御するための反力モータ 13 が連結されている。反力モータ 13 は、第 2 軸 9 に反力トルクを与えるための電動モータである。減速機 12 は、反力モータ 13 の出力軸に一体的に回転可能に連結されたウォーム軸（図示略）と、このウォーム軸と噛み合い、第 2 軸 9 に一体的に回転可能に連結されたウォームホイール（図示略）とを含むウ

50

ウォームギヤ機構からなる。反力モータ 13 には、反力モータ 13 の回転角を検出するための回転角センサ 14 が設けられている。

【0014】

転舵機構 4 は、ピニオン軸 15 とラック軸 16 とを含むラックアンドピニオン機構からなる。ラック軸 16 の各端部には、タイロッド 17 およびナックルアーム (図示略) を介して転舵輪 3 が連結されている。ピニオン軸 15 は、減速機 18 を介して、転舵モータ 19 の出力軸に連結されている。減速機 18 は、転舵モータ 19 の出力軸に一体的に回転可能に連結されたウォーム軸 (図示略) と、このウォーム軸と噛み合い、ピニオン軸 15 に一体的に回転可能に連結されたウォームホイール (図示略) とを含むウォームギヤ機構からなる。ピニオン軸 15 の先端には、ピニオン 15 A が連結されている。転舵モータ 19 には、転舵モータ 19 の回転角を検出するための回転角センサ 20 が設けられている。

10

【0015】

以下において、減速機 12 の減速比 (ギヤ比) を N_1 で表し、減速機 18 の減速比を N_2 で表す場合がある。減速比は、ウォームホイールの角速度 w_w に対するウォームギヤの角速度 w_g の比 w_g / w_w として定義される。

ラック軸 16 は、車両の左右方向に沿って直線状に延びている。ラック軸 16 には、ピニオン 15 A に噛み合うラック 16 A が形成されている。転舵モータ 19 が回転すると、その回転力が減速機 18 を介してピニオン軸 15 に伝達される。そして、ピニオン 15 A およびラック 16 A によって、ピニオン軸 15 の回転がラック軸 16 の軸方向移動に変換される。これにより、転舵輪 3 が転舵される。

20

【0016】

車両には、車両の進行方向前方の道路を撮影する CCD (Charge Coupled Device) カメラ 25、自車位置を検出するための GPS (Global Positioning System) 26、道路形状や障害物を検出するためのレーダー 27 および地図情報を記憶した地図情報メモリ 28 が搭載されている。

CCD カメラ 25、GPS 26、レーダー 27 および地図情報メモリ 28 は、運転支援制御や自動運転制御を行うための上位 ECU (ECU: Electronic Control Unit) 201 に接続されている。上位 ECU 201 は、CCD カメラ 25、GPS 26 およびレーダー 27 によって得られる情報および地図情報メモリ 28 から得られる地図情報を元に、周辺環境認識、自車位置推定、経路計画等を行い、操舵や駆動アクチュエータの制御目標値の決定を行う。

30

【0017】

この実施形態では、上位 ECU 201 は、自動操舵のための自動操舵角指令値 a_d を設定する。この実施形態では、自動操舵制御は、例えば、目標軌道に沿って車両を走行させるための制御である。自動操舵角指令値 a_d は、車両を目標軌道に沿って自動走行させるための操舵角の目標値である。このような自動操舵角指令値 a_d を設定する処理は、周知であるため、ここでは詳細な説明を省略する。自動操舵角指令値 a_d は、本発明の「反力用自動操舵角指令値」および「操舵用自動操舵角指令値」の一例である。

【0018】

この実施形態では、自動操舵角指令値 a_d ならびに後述するアシストトルク指令値 T_{ac} および手動操舵角指令値 m_d は、反力モータ 13 によって第 2 軸 9 を左操舵方向に回転させたり、転舵モータ 19 によって転舵輪 3 を左操舵方向に転舵させたりする場合には、正の値に設定される。一方、これらの指令値 a_d , T_{ac} , m_d は、反力モータ 13 によって第 2 軸 9 を右操舵方向に回転させたり、転舵モータ 19 によって転舵輪 3 を右操舵方向に転舵させたりする場合には、負の値に設定される。また、この実施形態において、自動操舵角指令値 a_d は、ピニオン軸 15 の回転角として設定され、手動操舵角指令値 m_d は、第 2 軸 9 の回転角として設定される。

40

【0019】

上位 ECU 201 によって設定される自動操舵角指令値 a_d は、車載ネットワークを介して、反力 ECU 202 および転舵 ECU 203 に与えられる。反力 ECU 202 は、

50

反力モータ 13 を制御するための ECU であり、転舵 ECU 203 は、転舵モータ 19 を制御するための ECU である。

トルクセンサ 11 によって検出される操舵トルク T_d および回転角センサ 14 の出力信号は、反力 ECU 202 に入力される。反力 ECU 202 は、これらの入力信号および上位 ECU 201 から与えられる情報に基づいて、反力モータ 13 を制御する。

【0020】

回転角センサ 20 の出力信号は、転舵 ECU 203 に入力される。転舵 ECU 203 は、回転角センサ 20 の出力信号、反力 ECU 202 から与えられる情報および上位 ECU 201 から与えられる情報に基づいて、転舵モータ 19 を制御する。

図 2 は、反力 ECU 202 および転舵 ECU 203 の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

【0021】

反力 ECU 202 は、マイクロコンピュータ 40 と、マイクロコンピュータ 40 によって制御され、反力モータ 13 に電力を供給する駆動回路（インバータ回路）31 と、反力モータ 13 に流れる電流（以下、「モータ電流 I_{rm} 」という。）を検出するための電流検出回路 32 とを備えている。

マイクロコンピュータ 40 は、CPU およびメモリ（ROM、RAM、不揮発性メモリなど）を備えており、所定のプログラムを実行することによって、複数の機能処理部として機能するようになっている。この複数の機能処理部には、手動操舵角指令値設定部 41 と、ハンズオンオフ判定部 42 と、切替部 43 と、反力用統合角度指令値演算部 44 と、反力用角度制御部 45 とを含む。反力用角度制御部 45 は、本発明の「反力制御部」の一例である。

【0022】

手動操舵角指令値設定部 41 は、運転者がステアリングホイール 2 を操作した場合に、当該ステアリングホイール操作に応じた操舵角（より正確には第 2 軸 9 の回転角）を手動操舵角指令値 m_d として設定するために設けられている。手動操舵角指令値設定部 41 は、トルクセンサ 11 によって検出される操舵トルク T_d を用いて手動操舵角指令値 m_d を設定する。手動操舵角指令値設定部 41 の詳細については、後述する。手動操舵角指令値設定部 41 によって設定された手動操舵角指令値 m_d は、反力用統合角度指令値演算部 44 に与えられる。

【0023】

ハンズオンオフ判定部 42 は、運転者がステアリングホイール 2 を把持している（ハンズオン）か、把持していない（ハンズオフ）かを判定する。ハンズオンオフ判定部 42 としては、ステアリングホイール 2 に設けられたタッチセンサの出力信号に基づいてハンズオンオフを判定するもの、車内に設けられたカメラの撮像画像に基づいてハンズオンオフを判定するもの等を用いることができる。なお、ハンズオンオフ判定部 42 としては、ハンズオンオフを判定できるものであれば、前述の構成以外のものを用いることができる。ハンズオンオフ判定部 42 から出力されるハンズオンオフ判定信号は、切替部 43 に与えられる。

【0024】

切替部 43 は、ハンズオンオフ判定部 42 によって運転者がステアリングホイール 2 を把持していると判定されているときには、上位 ECU 201 によって設定される自動操舵角指令値 a_d を、反力用統合角度指令値演算部 44 に与える。一方、ハンズオンオフ判定部 42 によって運転者がステアリングホイール 2 を把持していないと判定されているときには、切替部 43 は、零を自動操舵角指令値 a_d として反力用統合角度指令値演算部 44 に与える。

【0025】

反力用統合角度指令値演算部 44 は、切替部 43 から与えられる自動操舵角指令値 a_d に、手動操舵角指令値設定部 41 によって設定される手動操舵角指令値 m_d を加算して、反力用統合角度指令値 r_{cm_d} を演算する。

10

20

30

40

50

反力用角度制御部 45 は、反力用統合角度指令値 $r_{c m d}$ に基づいて、反力モータ 13 を角度制御する。より具体的には、反力用角度制御部 45 は、操舵角 r_t (第 2 軸 9 の回転角) が反力用統合角度指令値 $r_{c m d}$ に近づくように、駆動回路 31 を駆動制御する。反力用角度制御部 45 の詳細については、後述する。

【0026】

転舵 ECU 203 は、マイクロコンピュータ 80 と、マイクロコンピュータ 80 によって制御され、転舵モータ 19 に電力を供給する駆動回路 (インバータ回路) 71 と、転舵モータ 19 に流れる電流 (以下、「モータ電流 $I_{s m}$ 」という。) を検出するための電流検出回路 72 とを備えている。

マイクロコンピュータ 80 は、CPU およびメモリ (ROM、RAM、不揮発性メモリなど) を備えており、所定のプログラムを実行することによって、複数の機能処理部として機能するようになっている。この複数の機能処理部には、転舵用統合角度指令値演算部 81 と転舵用角度制御部 82 とを含む。転舵用角度制御部 82 は、本発明の「転舵角制御部」の一例である。

【0027】

転舵用統合角度指令値演算部 81 は、上位 ECU 201 によって設定される自動操舵角指令値 a_d に、反力 ECU 202 内の手動操舵角指令値設定部 41 によって設定される手動操舵角指令値 m_d を加算して、転舵用統合角度指令値 $s_{c m d}$ を演算する。

転舵用角度制御部 82 は、転舵用統合角度指令値 $s_{c m d}$ に基づいて、転舵モータ 19 を角度制御する。より具体的には、転舵用角度制御部 82 は、転舵角 s_p (ピニオン軸 15 の回転角) が転舵用統合角度指令値 $s_{c m d}$ に近づくように、駆動回路 71 を駆動制御する。転舵用角度制御部 82 の詳細については後述する。

【0028】

図 3 は、手動操舵角指令値設定部 41 の構成を示すブロック図である。

手動操舵角指令値設定部 41 は、アシストトルク指令値設定部 51 と、指令値設定部 52 とを含む。

アシストトルク指令値設定部 51 は、手動操作に必要なアシストトルクの目標値であるアシストトルク指令値 $T_{a c}$ を設定する。アシストトルク指令値設定部 51 は、トルクセンサ 11 によって検出される操舵トルク T_d に基づいて、アシストトルク指令値 $T_{a c}$ を設定する。操舵トルク T_d に対するアシストトルク指令値 $T_{a c}$ の設定例は、図 4 に示されている。

【0029】

アシストトルク指令値 $T_{a c}$ は、操舵トルク T_d の正の値に対しては正をとり、操舵トルク T_d の負の値に対しては負をとる。そして、アシストトルク指令値 $T_{a c}$ は、操舵トルク T_d の絶対値が大きくなるほど、その絶対値が大きくなるように設定される。

なお、アシストトルク指令値設定部 51 は、操舵トルク T_d に予め設定された定数を乗算することによって、アシストトルク指令値 $T_{a c}$ を演算してもよい。

【0030】

指令値設定部 52 は、この実施形態では、リファレンス EPS モデルを用いて、手動操舵指令値 $m_{d a c}$ を設定する。

図 5 は、指令値設定部 52 で用いられるリファレンス EPS モデルの一例を示す模式図である。

このリファレンス EPS モデルは、ロアコラムを含む単一慣性モデルである。図 5 において、 J_c は、ロアコラムの慣性であり、 θ_c はロアコラムの回転角であり、 T_d は、操舵トルクである。ロアコラムには、操舵トルク T_d 、電動モータ (アシストモータ) からのトルク $N_c \cdot T_m$ および路面負荷トルク $T_{r 1}$ が与えられる。 N_c はアシストモータとロアコラムとの間の伝達経路に設けられ減速機の減速比であり、 T_m はアシストモータによって発生されるモータトルクである。路面負荷トルク $T_{r 1}$ は、ばね定数 k および粘性減衰係数 c を用いて、次式 (1) で表される。

【0031】

10

20

30

40

50

$$T_{r1} = -k \cdot \dot{\theta}_c - c (d \dot{\theta}_c / dt) \quad \dots(1)$$

この実施形態では、ばね定数 k および粘性減衰係数 c として、予め実験・解析等で求めた所定値が設定されている。

リファレンスEPSモデルの運動方程式は、次式(2)で表される。

$$J_c \cdot d^2 \theta_c / dt^2 = T_d + N_c \cdot T_m - k \cdot \dot{\theta}_c - c (d \dot{\theta}_c / dt) \quad \dots(2)$$

指令値設定部52は、 T_d にトルクセンサ11によって検出される操舵トルク T_d を代入し、 $N_c \cdot T_m$ にアシストトルク指令値設定部51によって設定されるアシストトルク指令値 T_{ac} を代入して、式(2)の微分方程式を解くことにより、ロアコラムの回転角 θ_c を演算する。そして、指令値設定部52は、得られたロアコラムの回転角 θ_c を手動操舵角指令値 θ_{md} として設定する。

10

【0032】

図6は、反力用角度制御部45の構成を示すブロック図である。

反力用角度制御部45は、反力用統合角度指令値 θ_{rcmd} に基づいて、反力モータ13の駆動回路31を制御する。反力用角度制御部45は、角度偏差演算部61と、PD制御部62と、電流指令値演算部63と、電流偏差演算部64と、PID制御部65と、PWM制御部66と、回転角演算部67と、減速比除算部68とを含む。

【0033】

回転角演算部67は、回転角センサ14の出力信号に基づいて、反力モータ13のロータ回転角 θ_{rm} を演算する。減速比除算部68は、回転角演算部67によって演算されるロータ回転角 θ_{rm} を減速機12の減速比 N_1 で除算することにより、ロータ回転角 θ_r を第2軸9の回転角(実操舵角) θ_{rt} に換算する。

20

角度偏差演算部61は、反力用統合角度指令値 θ_{rcmd} と実操舵角 θ_{rt} との偏差 $\theta_r (= \theta_{rcmd} - \theta_{rt})$ を演算する。

【0034】

PD制御部62は、角度偏差演算部61によって演算される角度偏差 θ_r に対してPD演算(比例微分演算)を行うことにより、反力モータ13に対するトルク指令値 T_{rcmd} を演算する。

電流指令値演算部63は、PD制御部62によって演算されたトルク指令値 T_{rcmd} を反力モータ13のトルク定数 K_r で除算することにより、電流指令値 I_{rcmd} を演算する。

30

【0035】

電流偏差演算部64は、電流指令値演算部63によって得られた電流指令値 I_{rcmd} と電流検出回路32によって検出されたモータ電流 I_{rm} との偏差 $I_r (= I_{rcmd} - I_{rm})$ を演算する。

PID制御部65は、電流偏差演算部64によって演算された電流偏差 I_r に対するPID演算(比例積分微分演算)を行うことにより、反力モータ13に流れるモータ電流 I_{rm} を電流指令値 I_{rcmd} に導くための駆動指令値を生成する。PWM制御部66は、前記駆動指令値に対応するデューティ比のPWM制御信号を生成して、駆動回路31に供給する。これにより、駆動指令値に対応した電力が反力モータ13に供給されることになる。

40

【0036】

図7は、転舵用角度制御部82の構成を示すブロック図である。

転舵用角度制御部82は、転舵用統合角度指令値 θ_{scmd} に基づいて、転舵モータ19の駆動回路71を制御する。転舵用角度制御部82は、角度偏差演算部91と、PD制御部92と、電流指令値演算部93と、電流偏差演算部94と、PID制御部95と、PWM制御部96と、回転角演算部97と、減速比除算部98とを含む。

【0037】

回転角演算部97は、回転角センサ20の出力信号に基づいて、転舵モータ19のロータ回転角 θ_{sm} を演算する。減速比除算部98は、回転角演算部97によって演算されるロータ回転角 θ_{sm} を減速機18の減速比 N_2 で除算することにより、ロータ回転角 θ_s

50

m をピニオン軸 15 の回転角（実転舵角） s_p に換算する。

角度偏差演算部 91 は、転舵用統合角度指令値 s_{cmd} と s_p との偏差 $s (= s_{cmd} - s_p)$ を演算する。

【0038】

PD制御部 92 は、角度偏差演算部 91 によって演算される角度偏差 s に対して PD 演算（比例微分演算）を行うことにより、転舵モータ 19 に対するトルク指令値 $T_{s_{cmd}}$ を演算する。

電流指令値演算部 93 は、PD制御部 92 によって演算されたトルク指令値 $T_{s_{cmd}}$ を転舵モータ 19 のトルク定数 K_s で除算することにより、電流指令値 $I_{s_{cmd}}$ を演算する。

【0039】

電流偏差演算部 94 は、電流指令値演算部 93 によって得られた電流指令値 $I_{s_{cmd}}$ と電流検出回路 72 によって検出されたモータ電流 I_{s_m} との偏差 $I_s (= I_{s_{cmd}} - I_{s_m})$ を演算する。

PID制御部 95 は、電流偏差演算部 94 によって演算された電流偏差 I_s に対する PID 演算（比例積分微分演算）を行うことにより、転舵モータ 19 に流れるモータ電流 I_{s_m} を電流指令値 $I_{s_{cmd}}$ に導くための駆動指令値を生成する。PWM制御部 96 は、前記駆動指令値に対応するデューティ比の PWM 制御信号を生成して、駆動回路 71 に供給する。これにより、駆動指令値に対応した電力が転舵モータ 19 に供給されることになる。

【0040】

図 2 を参照して、ハンズオンオフ判定部 42 によって運転者がステアリングホイール 2 を把持していると判定されている場合には、上位 ECU 201 によって設定された自動操舵角指令値 a_d に手動操舵角指令値 m_d が加算されて反力用統合角度指令値 r_{cmd} が演算され、この反力用統合角度指令値 r_{cmd} に基づいて反力モータ 13 が制御される。また、自動操舵角指令値 a_d に手動操舵角指令値 m_d が加算されて転舵用統合角度指令値 s_{cmd} が演算され、この転舵用統合角度指令値 s_{cmd} に基づいて転舵モータ 19 が制御される。

【0041】

これにより、自動操舵制御中において、転舵モータ 19 および反力モータ 13 に対して、運転者の意図を即座に反映させることができる。これにより、手動操舵制御と自動操舵制御との間で切り替えを行うことなく、自動操舵制御主体での操舵制御（転舵制御および反力制御（ハンドル角制御））を行いながら、手動操舵が可能な協調制御を実現できる。また、手動操舵制御と自動操舵制御との間での移行をシームレスに行うことができるので、手動操作を行う際に運転者に違和感を与えない。

【0042】

ハンズオンオフ判定部 42 によって運転者がステアリングホイール 2 を把持していないと判定されている場合には、反力用統合角度指令値演算部 44 には、自動操舵角指令値 a_d として、零が与えられる。したがって、この場合には、転舵モータ 19 は、自動操舵角指令値 a_d に手動操舵角指令値 m_d が加算された転舵用統合角度指令値 s_{cmd} に基づいて制御されるが、反力モータ 13 は、手動操舵角指令値 m_d のみからなる反力用統合角度指令値 r_{cmd} に基づいて制御される。この場合、手動操舵角指令値 m_d は、ほぼ零であるので、自動操舵中においてステアリングホイール 2 が中立位置で固定される。これにより、運転者がステアリングホイール 2 を把持していない状態において、自動操舵によってステアリングホイール 2 が回転して、運転者がステアリングホイール 2 に巻き込まれるといった事態を回避することができる。

【0043】

図 8 は、本発明の第 2 実施形態に係る操舵装置の概略構成を示す模式図である。図 8 において、前述の図 1 の各部に対応する部分には図 1 と同じ符号を付して示す。

図 8 の操舵装置 1A は、左右独立転舵システムが採用されたステア・バイ・ワイヤス

10

20

30

40

50

テムである。図 8 の操舵装置 1 A では、転舵機構、転舵モータおよび転舵 ECU が、それぞれ 2 つずつ設けられている点で、図 1 の操舵装置 1 と異なっている。

【 0 0 4 4 】

具体的には、操舵装置 1 A は、左転舵輪 3 L を転舵するための左転舵機構 4 L と、右転舵輪 3 R を転舵するための右転舵機構 4 R と、減速機（図示せず）を介して左転舵機構 4 L を駆動するための左転舵モータ 1 9 L と、減速機（図示せず）を介して右転舵機構 4 R を駆動するための右転舵モータ 1 9 R を備えている。以下において、左転舵モータ 1 9 L に接続された減速機の減速比を N_3 で表し、右転舵モータ 1 9 R に接続された減速機の減速比を N_4 で表す場合がある。また、操舵装置 1 A は、左転舵モータ 1 9 L を制御するための左転舵 ECU 2 0 3 L と、右転舵モータ 1 9 R を制御するための右転舵 ECU 2 0 3 R とを備えている。

10

【 0 0 4 5 】

ステアリングシャフト 5 と、左転舵機構 4 L および右転舵機構 4 R との間には、トルクや回転などの動きが伝達されるような機械的な結合はない。左転舵モータ 1 9 L には、左転舵モータ 1 9 L の回転角を検出するための回転角センサ 2 0 L が設けられている。右転舵モータ 1 9 R には、右転舵モータ 1 9 R の回転角を検出するための回転角センサ 2 0 R が設けられている。

【 0 0 4 6 】

上位 ECU 2 0 1 は、自動操舵のための左自動操舵角指令値 L_{ad} および右自動操舵角指令値 R_{ad} を設定する。左自動操舵角指令値 L_{ad} は、左転舵モータ 1 9 L のための転舵用自動操舵角指令値であり、右自動操舵角指令値 R_{ad} は、右転舵モータ 1 9 R のための転舵用自動操舵角指令値である。また、この実施形態では、左自動操舵角指令値 L_{ad} および右自動操舵角指令値 R_{ad} のいずれか一方（この例では、左自動操舵角指令値 L_{ad} ）は、反力モータ 1 3 のための反力用自動操舵角指令値としても用いられる。

20

【 0 0 4 7 】

上位 ECU 2 0 1 によって設定される左自動操舵角指令値 L_{ad} は、車載ネットワークを介して、反力 ECU 2 0 2 および左転舵 ECU 2 0 3 L に与えられる。上位 ECU 2 0 1 によって設定される右自動操舵角指令値 R_{ad} は、車載ネットワークを介して、右転舵 ECU 2 0 3 R に与えられる。

30

この実施形態では、左自動操舵角指令値 L_{ad} および右自動操舵角指令値 R_{ad} は、反力モータ 1 3 によって第 2 軸 9 を左操舵方向に回転させたり、転舵モータ 1 9 L, 1 9 R によって転舵輪 3 L, 3 R を左操舵方向に転舵させたりする場合には、正の値に設定される。一方、これらの指令値 L_{ad} , R_{ad} は、反力モータ 1 3 によって第 2 軸 9 を右操舵方向に回転させたり、転舵モータ 1 9 L, 1 9 R によって転舵輪 3 L, 3 R を右操舵方向に転舵させたりする場合には、負の値に設定される。また、この実施形態では、左自動操舵角指令値 L_{ad} および右自動操舵角指令値 R_{ad} は、左転舵機構 4 L および右転舵機構 4 R における回転角（転舵角）として設定され、手動操舵角指令値 m_d は、第 2 軸 9 の回転角として設定される。

【 0 0 4 8 】

反力 ECU 2 0 2 は、第 1 実施形態と同様に、トルクセンサ 1 1 によって検出される操舵トルク T_d 、回転角センサ 1 4 の出力信号および上位 ECU 2 0 1 から与えられる情報に基づいて、反力モータ 1 3 を制御する。

40

回転角センサ 2 0 L の出力信号は、左転舵 ECU 2 0 3 L に入力される。左転舵 ECU 2 0 3 L は、回転角センサ 2 0 L の出力信号、反力 ECU 2 0 2 から与えられる情報および上位 ECU 2 0 1 から与えられる情報に基づいて、左転舵モータ 1 9 L を制御する。

【 0 0 4 9 】

回転角センサ 2 0 R の出力信号は、右転舵 ECU 2 0 3 R に入力される。右転舵 ECU 2 0 3 R は、回転角センサ 2 0 R の出力信号、反力 ECU 2 0 2 から与えられる情報および上位 ECU 2 0 1 から与えられる情報に基づいて、右転舵モータ 1 9 R を制御する。

50

図9は、反力ECU202、左転舵ECU203Lおよび右転舵ECU203Rの電気的構成を説明するためのブロック図である。図9において、前述の図2の各部に対応する部分には図2と同じ符号を付して示す。

【0050】

反力ECU202の電気的構成は、図2の反力ECU202の電気的構成と同様である。ただし、図2の反力ECU202では、上位ECU201に設定される自動操舵角指令値 a_d が切替部43に入力されているが、図9の反力ECU202では、自動操舵角指令値 a_d に代わって、乗算部46で係数 k が乗じられた左自動操舵角指令値 L_{a_d} が切替部43に入力される。係数 k は、左自動操舵角指令値 L_{a_d} に対応する適切なハンドル角(第2軸9の回転角)を得るための、左自動操舵角指令値 L_{a_d} に対するハンドル角の比である。そして切替部43は、ハンズオンオフ判定部42によって運転者がステアリングホイール2を把持していると判定されているときには、係数 k が乗じられた左自動操舵角指令値 L_{a_d} を、反力用統合角度指令値演算部44に与える。

10

【0051】

左転舵ECU203Lの電気的構成は、図2の転舵ECU203の電気的構成と同様であるので、図2の転舵ECU203に対応する各部には、図2の符号にLを付して示す。同様に、右転舵ECU203Rの電気的構成は、図2の転舵ECU203の電気的構成と同様であるので、図2の転舵ECU203に対応する各部には、図2の符号にRを付して示す。

【0052】

左転舵ECU203L内の転舵用統合角度指令値演算部81Lは、上位ECU201によって設定される左自動操舵角指令値 L_{a_d} に、反力ECU202内の手動操舵角指令値設定部41によって設定される手動操舵角指令値 m_d を加算して、左転舵用統合角度指令値 $L_{s_c m_d}$ を演算する。転舵用角度制御部82Lは、左転舵用統合角度指令値 $L_{s_c m_d}$ に基づいて、左転舵モータ19Lを角度制御する。より具体的には、転舵用角度制御部82Lは、転舵角 L_{s_p} (左転舵機構4Lにおける回転角)が左転舵用統合角度指令値 $L_{s_c m_d}$ に近づくように、駆動回路71Lを駆動制御する。

20

【0053】

右転舵ECU203R内の転舵用統合角度指令値演算部81Rは、上位ECU201によって設定される右自動操舵角指令値 R_{a_d} に、反力ECU202内の手動操舵角指令値設定部41によって設定される手動操舵角指令値 m_d を加算して、右転舵用統合角度指令値 $R_{s_c m_d}$ を演算する。転舵用角度制御部82Rは、右転舵用統合角度指令値 $R_{s_c m_d}$ に基づいて、右転舵モータ19Rを角度制御する。より具体的には、転舵用角度制御部82Rは、転舵角 R_{s_p} (右転舵機構4Rにおける回転角)が右転舵用統合角度指令値 $R_{s_c m_d}$ に近づくように、駆動回路71Rを駆動制御する。

30

【0054】

ハンズオンオフ判定部42によって運転者がステアリングホイール2を把持していると判定されている場合には、係数 k が乗じられた左自動操舵角指令値 L_{a_d} に手動操舵角指令値 m_d が加算されて反力用統合角度指令値 $r_{c m_d}$ が演算され、この反力用統合角度指令値 $r_{c m_d}$ に基づいて反力モータ13が制御される。

40

また、左自動操舵角指令値 L_{a_d} に除算部47において係数 k で除された手動操舵角指令値 m_d が加算されて左転舵用統合角度指令値 $L_{s_c m_d}$ が演算され、この左転舵用統合角度指令値 $L_{s_c m_d}$ に基づいて左転舵モータ19Lが制御される。また、右自動操舵角指令値 R_{a_d} に除算部47において係数 k で除された手動操舵角指令値 m_d が加算されて右転舵用統合角度指令値 $R_{s_c m_d}$ が演算され、この右転舵用統合角度指令値 $R_{s_c m_d}$ に基づいて右転舵モータ19Rが制御される。

【0055】

これにより、自動操舵制御中において、反力モータ13、左転舵モータ19Lおよび右転舵モータ19Rに、運転者の意図を即座に反映させることができる。これにより、手動操舵制御と自動操舵制御との間で切り替えを行うことなく、自動操舵制御主体での操舵制

50

御（転舵制御および反力制御（ハンドル角制御））を行いながら、手動操舵が可能な協調制御を実現できる。また、手動操舵制御と自動操舵制御との間での移行をシームレスに行うことができるので、手動操作を行う際に運転者に違和感を与えない。

【0056】

ハンズオンオフ判定部42によって運転者がステアリングホイール2を把持していないと判定されている場合には、反力用統合角度指令値演算部44には、左転舵用統合角度指令値 L_{scmd} として、零が与えられる。したがって、この場合には、反力モータ13は、手動操舵角指令値 m_d のみからなる反力用統合角度指令値 r_{cmd} に基づいて制御される。この場合、手動操舵角指令値 m_d は、ほぼ零であるので、自動操舵中においてステアリングホイール2が中立位置に固定される。これにより、運転者がステアリングホイール2を把持していない状態において、自動操舵によってステアリングホイール2が回転して、運転者がステアリングホイール2に巻き込まれるといった事態を回避することができる。

10

【0057】

前述の第1実施形態では、反力ECU202および転舵ECU203には、上位ECU201から同じ自動操舵角指令値 a_d が与えられている。しかし、上位ECU201は、反力モータ13用の自動操舵角指令値と、転舵モータ19用の自動操舵角指令値とを個別に設定し、対応するECU202, 203に与えるようにしてもよい。

同様に、前述の第2実施形態では、反力ECU202および左転舵ECU203Lには、上位ECU201から同じ左自動操舵角指令値 L_{ad} が与えられている。しかし、上位ECU201は、反力モータ13用の自動操舵角指令値と、左転舵モータ19Lの自動操舵角指令値とを個別に設定し、対応するECU202, 203Lに与えるようにしてもよい。

20

【0058】

なお、この発明は、例えば、前輪および後輪がそれぞれ独立転舵される4輪操舵システムが採用されたステア・バイ・ワイヤシステムにも適用することができる。この場合には、前輪および後輪のそれぞれに転舵ECUが設けられる。また、4つの車輪がそれぞれ独立転舵される4輪独立転舵システムが採用されたステア・バイ・ワイヤシステムにも適用することができる。この場合には、車輪ごとに転舵ECUが設けられる。

【0059】

この発明は、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

30

【符号の説明】

【0060】

1, 1A ... 操舵装置、2 ... ステアリングホイール、3, 3L, 3R ... 転舵輪、4, 4L, 4R ... 転舵機構、5 ... ステアリングシャフト、7 ... 第1軸、8 ... トーションバー、9 ... 第2軸、11 ... トルクセンサ、13 ... 反力モータ、14 ... 回転角センサ、19, 19L, 19R ... 転舵モータ、20, 20L, 20R ... 回転角センサ、41 ... 手動操舵角指令値設定部、42 ... ハンズオンオフ判定部、43 ... 切替部、44 ... 反力用統合角度指令値演算部、45 ... 角度制御部、81, 81L, 81R ... 転舵用統合角度指令値演算部、82, 82L, 82R ... 転舵用角度制御部、201 ... 上位ECU、202 ... 反力ECU、203, 203L, 203R ... 転舵ECU

40

【 図 1 】

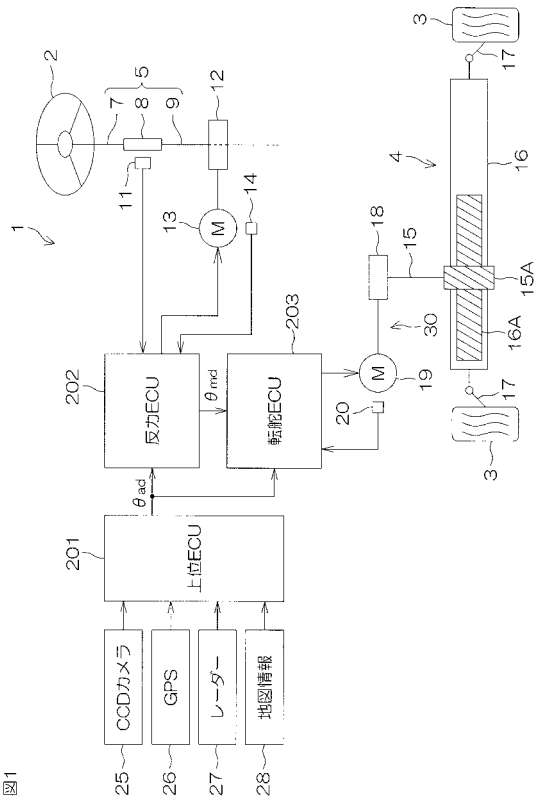


図1

【 図 2 】

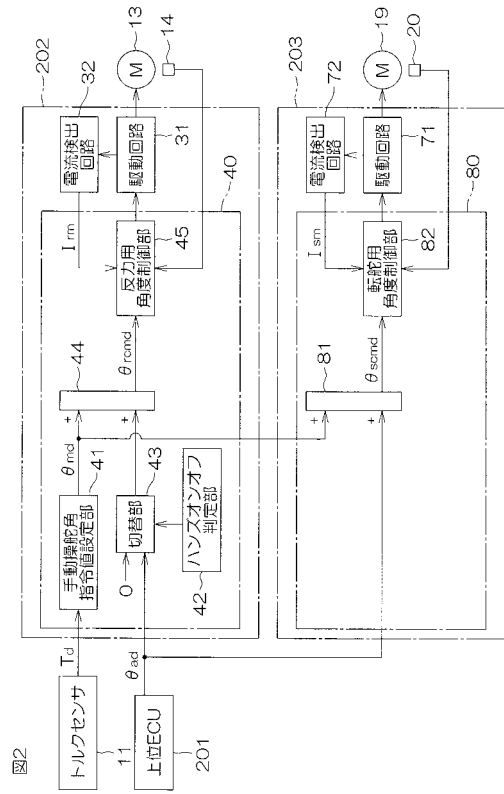


図2

【 図 3 】

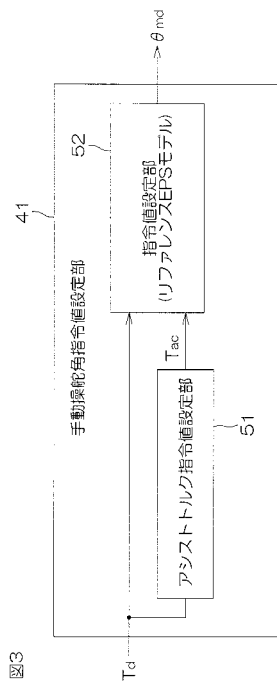


図3

【 図 4 】

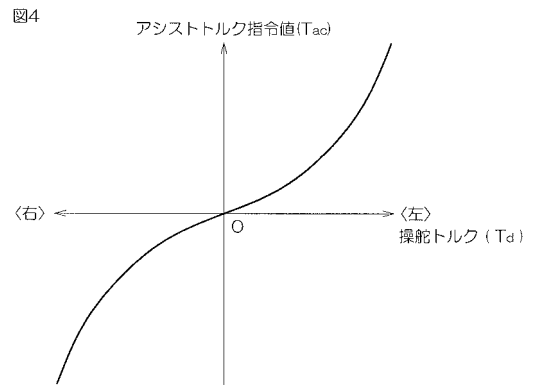


図4

フロントページの続き

(72)発明者 小路 直紀

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 CC20 DA03 DA04 DA15 DA22 DA63 DA64 DA76 DA84 DA87
DA88 DA90 DA91 DC01 DC02 DC03 DC38 DD02 DD03 DD08
DD10 DD17 EB04 EB12 EC23 GG01
3D333 CB02 CB31 CB42 CB46 CE55