

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月21日(21.09.2017)



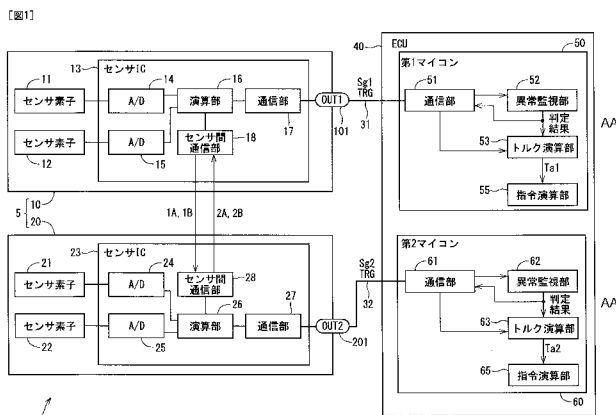
(10) 国際公開番号
WO 2017/159089 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 25/00 (2006.01) G01D 5/12 (2006.01)
B62D 6/00 (2006.01) G01L 3/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/003500
- (22) 国際出願日: 2017年2月1日(01.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-053614 2016年3月17日(17.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 岡 篤子(OKA Atsuko); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 倉光 修司(KURAMITSU Shuji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 中村 功一(NAKAMURA Koichi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 金 順姫(JIN Shunji); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NL, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SENSOR DEVICE, AND ELECTRIC POWER STEERING DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: センサ装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置



- 11, 12, 21, 22... SENSOR ELEMENTS
- 13, 23... SENSOR IC
- 16, 26... CALCULATION UNIT
- 18, 28... INTER-SENSOR COMMUNICATION UNIT
- 17, 27, 51, 61... COMMUNICATION UNIT
- 50... FIRST MICROCOMPUTER
- 52, 62... ABNORMALITY MONITORING UNIT
- 53, 63... TORQUE CALCULATION UNIT
- 55, 65... COMMAND CALCULATION UNIT
- 60... SECOND MICROCOMPUTER
- AA... DETERMINATION RESULT

(57) Abstract: This sensor device is provided with: multiple sensor units (10, 20) comprising multiple sensor elements (11, 12, 21, 22) and a signal processing unit (13, 23) which generates an output signal including a detection signal corresponding to the detection value of the sensor elements; and multiple control units (50, 60) comprising a communication unit (51, 61) which receives the output signal, an abnormality monitoring unit (52, 62) which monitors abnormalities in the sensor units, and a physical quantity calculation unit (53, 63) which calculates a physical quantity on the basis of at least one detection signal that is normal. The aforementioned sensor units are capable of sending and receiving detection signals to and from other-system sensor units corresponding to other control units. The signal processing unit generates and transmits to the control unit the output signal which includes at least two signals, selected from local sensor signals acquired in the local sensor unit and other sensor signals received from other-system sensor units.

(57) 要約: センサ装置は、複数のセンサ素子 (11、12、21、22)、および、前記センサ素子の検出値に応じた検出信号を含む出力信号を生成する信号処理部 (13、23) を有する複数のセンサ部 (10、20) と、前記出力信号を受信する通信部 (51、61)、前記センサ部の異常を監視する異常監視部 (52、62)、および、正常である少なくとも1つの前記検出信号に基づいて物理量を演算する物理量演算部 (53、63) を有する複数の制御部 (50、60) とを備える。前記センサ部は、他の前記制御部に対応する他システムセンサ部と、前記検出信号を相互に送受信可能である。前記信号処理部は、自身の前記センサ部内にて取得した自センサ信号、および、前記他システムセンサ部から受信した他センサ信号のうち少なくとも2つが含まれる前記出力信号を生成し、前記制御部に送信する。

WO 2017/159089 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

センサ装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2016年3月17日に出願された日本特許出願番号2016-53614号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、センサ装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置に関するものである。

背景技術

[0003] 従来、2系統のトルクセンサを有する電動パワーステアリング装置が知られている。例えば特許文献1では、一方のトルクセンサの異常が検出された場合には、異常が検出されていない側のトルクセンサにより検出される操舵トルクを使って操舵アシスト制御を継続している。

[0004] 特許文献1では、トルクセンサの検出値と推定トルクとの偏差に基づき、異常が生じているトルクセンサを特定する。また、トルクセンサの検出値と推定トルクとの偏差に基づいて目標アシストトルクの上限值を設定することで、過剰アシストを防止している。

[0005] しかしながら、特許文献1では、一方のトルクセンサの異常が検出された場合、両方のトルクセンサの検出値の比較による異常検出を行うことができず、異常検出精度が低下する虞がある。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2012-45990号公報

発明の概要

[0007] 本開示は、一部のセンサ素子に異常が生じた場合であっても異常監視および物理量演算を継続可能なセンサ装置、および、これを用いた電動パワース

テアリング装置を提供することを目的とする。

[0008] 本開示の第一の態様において、センサ装置は、複数のセンサ素子、および、前記センサ素子の検出値に応じた検出信号を含む出力信号を生成する信号処理部を有する複数のセンサ部と、対応して設けられる前記センサ部から送信される前記出力信号を受信する通信部、前記センサ部の異常を監視する異常監視部、および、正常である少なくとも1つの前記検出信号に基づいて物理量を演算する物理量演算部を有する複数の制御部とを備える。前記センサ部は、他の前記制御部に対応して設けられる前記センサ部である他系統センサ部と、前記検出信号を相互に送受信可能である。前記信号処理部は、自身の前記センサ部内にて取得した前記検出信号である自センサ信号、および、前記他系統センサ部から受信した前記検出信号である他センサ信号のうち少なくとも2つが含まれる前記出力信号を生成し、対応して設けられる前記制御部に送信する。

[0009] 上記のセンサ装置において、一部のセンサ素子に異常が生じた場合であっても、2つ以上のセンサ素子が正常であれば、信号比較による異常監視、および、トルク演算を継続可能である。

[0010] 本開示の第二の態様において、電動パワーステアリング装置は、第一の態様のセンサ装置と、運転者による操舵部材の操舵を補助するアシストトルクを出力するモータと、前記モータのトルクを駆動対象に伝達する動力伝達部とを備える。前記物理量演算部は、前記物理量として操舵トルクを演算する。前記制御部は、前記操舵トルクに基づいて前記モータの駆動制御に係る指令値を演算する指令演算部を有する。

[0011] 上記の電動パワーステアリング装置において、一部のセンサ素子に異常が生じた場合であっても、2つ以上のセンサ素子が正常であれば、信号比較による異常監視、および、トルク演算を継続可能である。

図面の簡単な説明

[0012] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図1は、本開示の第1実施形態によるセンサ装置の構成を示すブロック図であり、

[図2]図2は、本開示の第1実施形態によるステアリングシステムの概略構成図であり、

[図3]図3は、本開示の第1実施形態によるトルク演算処理を説明するフローチャートであり、

[図4]図4は、本開示の第1実施形態による異常判定処理を説明するフローチャートであり、

[図5]図5は、本開示の第1実施形態によるセンサ間通信処理を説明するフローチャートであり、

[図6]図6は、本開示の第1実施形態によるトリガ信号を説明する説明図であり、

[図7]図7は、本開示の第1実施形態による信号送受信処理を説明するタイムチャートであり、

[図8]図8は、本開示の第1実施形態による信号送受信処理を説明するタイムチャートであり、

[図9]図9は、本開示の第1実施形態による信号送受信処理を説明するタイムチャートであり、

[図10]図10は、本開示の第2実施形態によるセンサ間通信処理を説明するフローチャートであり、

[図11]図11は、本開示の第2実施形態による信号送受信処理を説明するタイムチャートであり、

[図12]図12は、本開示の第2実施形態による信号送受信処理を説明するタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本開示によるセンサ装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置を図面に基づいて説明する。なお、以下、複数の実施形態において、実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0014] (第1実施形態)

本開示の第1実施形態を図1～図9に示す。

[0015] 図1に示すように、センサ装置1は、複数のセンサ部10、20と、複数の制御部としてのマイコン50、60を備える。センサ部10、20はセンサユニット5に含まれ、マイコン50、60はECU40に含まれる。

[0016] 図2に示すように、センサユニット5およびECU40は、例えば車両のステアリング操作を補助するための電動パワーステアリング装置80に適用される。図2は、電動パワーステアリング装置80を備えるステアリングシステム90の全体構成を示すものである。

[0017] 図2に示すように、操舵部材としてのステアリングホイール91は、ステアリングシャフト92と接続される。ステアリングシャフト92は、第1の軸としての入力軸921および第2の軸としての出力軸922を有する。入力軸921は、ステアリングホイール91と接続される。入力軸921と出力軸922との間には、ステアリングシャフト92に加わるトルクを検出するトルクセンサ83が設けられる。出力軸922の入力軸921と反対側の先端には、ピニオンギア96が設けられる。ピニオンギア96はラック軸97に噛み合っている。ラック軸97の両端には、タイロッド等を介して一対の車輪98が連結される。

[0018] 運転者がステアリングホイール91を回転させると、ステアリングホイール91に接続されたステアリングシャフト92が回転する。ステアリングシャフト92の回転運動は、ピニオンギア96によってラック軸97の直線運動に変換され、ラック軸97の変位量に応じた角度に一対の車輪98が操舵される。

[0019] 電動パワーステアリング装置80は、運転者によるステアリングホイール91の操舵を補助するアシストトルク T_a を出力するモータ81、動力伝達部としての減速ギア82、トルクセンサ83、および、ECU40等を備える。図2では、モータ81とECU40とが別体となっているが、一体としてもよい。

- [0020] 減速ギア82は、モータ81の回転を減速してステアリングシャフト92に伝える。すなわち、本実施形態の電動パワーステアリング装置8は、駆動対象がステアリングシャフト92である、所謂「コラムアシストタイプ」であるが、駆動対象をラック軸97とし、モータ85の回転をラック軸97に伝える所謂「ラックアシストタイプ」としてもよい。
- [0021] トルクセンサ83は、ステアリングシャフト92に設けられ、入力軸921と出力軸922との捩れ角に基づき、操舵トルクを検出する。トルクセンサ83は、図示しないトーションバー、検出対象としての集磁部831、および、センサユニット5等を有する。トーションバーは、入力軸921と出力軸922とを回転軸上にて同軸に連結し、ステアリングシャフト92に加わるトルクを捩れ変位に変換する。集磁部831は、多極磁石、磁気ヨーク、および、集磁リング等を有し、トーションバーの捩れ変位量および捩れ変位方向に応じて、磁束密度が変化するように構成される。トルクセンサ83の一般的な構成は周知であるため、構成詳細の図示を省略する。
- [0022] 図1に示すように、センサユニット5は、第1センサ部10、および、第2センサ部20を有する。
- [0023] 第1センサ部10には、通信端子101が設けられ、通信線31にて第1マイコン50と接続される。これにより、第1センサ部10と第1マイコン50とは、信号等を授受可能である。第2センサ部20には、通信端子201が設けられ、通信線32にて第2マイコン60と接続される。これにより、第2センサ部20と第2マイコン60とは、信号等を授受可能である。
- [0024] また、センサ部10、20は、それぞれ図示しない電源線およびグラウンド線により、ECU40と接続される。これにより、センサ部10、20には、ECU40側から給電される。
- [0025] 第1センサ部10は、2つのセンサ素子11、12、および、信号処理部としてのセンサIC13を有し、第1マイコン50に対応して設けられる。センサ素子11、12は、ステアリングシャフト92に加わるトルクに応じた集磁部831の磁束の変化を検出する磁気検出素子であるホール素子とす

る。

- [0026] センサIC13は、A/D変換部14、15、演算部16、通信部17、および、センサ間通信部18を有する。
- [0027] A/D変換部14は、センサ素子11の検出値をデジタル信号に変換し、A/D変換部15は、センサ素子12の検出値をデジタル信号に変換する。以下、センサ素子11の検出値に応じた信号を信号1A、センサ素子12の検出値に応じた信号を信号1Bとする。
- [0028] 演算部16は、信号1A、1B、および、後述する信号2A、2Bの少なくとも2つを含む出力信号Sg1を生成する。
- [0029] 通信部17は、第1マイコン50から送信されるトリガ信号を受信し、受信したトリガ信号に応じ、出力信号Sg1を第1マイコン50に送信する。図1中では、トリガ信号を「TRG」と記載する。
- [0030] センサ間通信部18は、信号1A、1Bを含む信号を第2センサ部20に送信する。また、センサ間通信部18は、第2センサ部20から送信される信号2A、2Bを含む信号を受信する。受信した信号2A、2Bは、適宜、出力信号Sg1の生成に用いられる。
- [0031] 第2センサ部20は、2つのセンサ素子21、22、および、信号処理部としてのセンサIC23を有し、第2マイコン60に対応して設けられる。センサ素子21、22は、センサ素子11、12と同様、ステアリングシャフト92に加わるトルクに応じた集磁部831の磁束の変化を検出する磁気検出素子であるホール素子とする。
- [0032] センサIC23は、A/D変換部24、25、演算部26、通信部27、および、センサ間通信部28を有する。
- [0033] A/D変換部24は、センサ素子21の検出値をデジタル信号に変換し、A/D変換部25は、センサ素子22の検出値をデジタル信号に変換する。以下、センサ素子21の検出値に応じた信号を信号2A、センサ素子22の検出値に応じた信号を信号2Bとする。
- [0034] 演算部26は、信号2A、2B、および、信号1A、1Bの少なくとも2

つを含む出力信号 S g 2 を生成する。

[0035] 通信部 27 は、第 2 マイコン 60 から送信されるトリガ信号を受信し、受信したトリガ信号に応じ、出力信号 S g 2 を第 2 マイコン 60 に送信する。

[0036] センサ間通信部 28 は、信号 2 A、2 B を含む信号を第 1 センサ部 10 に送信する。また、センサ間通信部 28 は、第 1 センサ部 10 から送信される信号 1 A、1 B を含む信号を受信する。受信した信号 2 A、2 B は、適宜、出力信号 S g 2 の生成に用いられる。

[0037] 本実施形態では、センサ間通信部 18、28 が設けられており、センサ部 10、20 間にて信号を授受可能である。

[0038] 信号 1 A、2 A は、トルクが大きくなるに従って検出値が大きくなる正信号であり、信号 1 B、2 B は、トルクが大きくなるに従って検出値が小さくなる反転信号である。すなわち本実施形態では、正信号を信号 A、反転信号を信号 B とする。本実施形態では、正信号である信号 1 A または信号 2 A と、反転信号である信号 1 B または信号 2 B との和は、正常であれば所定値 T となる。

[0039] ECU 40 は、マイコン 50、60 等を主体として構成され、各種演算処理を行う。ECU 40 における各処理は、予め記憶されたプログラムを CPU で実行することによるソフトウェア処理であってもよいし、専用の電子回路によるハードウェア処理であってもよい。第 1 マイコン 50 は、第 1 センサ部 10 から取得される出力信号 S g 1 に基づき、各種処理を行う。第 2 マイコン 60 は、第 2 センサ部 20 から取得される出力信号 S g 2 に基づき、各種処理を行う。

[0040] 第 1 マイコン 50 は、通信部 51、異常監視部 52、物理量演算部としてのトルク演算部 53、および、指令演算部 55 等を有する。

[0041] 通信部 51 は、異常監視部 52 における異常判定結果に応じたトリガ信号を第 1 センサ部 10 に送信し、トリガ信号に応じて第 1 センサ部 10 から送信される出力信号 S g 1 を受信する。

[0042] 異常監視部 52 は、出力信号 S g 1 に基づき、センサ素子 11、12 の異

常を監視する。なお、センサ素子11の異常には、センサ素子11そのものの異常に限らず、配線異常や信号変換異常等が含まれるが、適宜、単にセンサ素子11の異常と記載する。センサ素子12、21、22の異常についても同様である。

[0043] トルク演算部53は、出力信号Sg1に基づき、操舵トルクTs1を演算する。また、トルク演算部53は、操舵トルクTs1に基づき、アシストトルクTa1を演算する。

[0044] 指令演算部55は、アシストトルクTa1に基づき、モータ81の駆動に係る指令値を演算する。

[0045] 第2マイコン60は、通信部61、異常監視部62、物理量演算部としてのトルク演算部63、および、指令演算部65等を有する。

[0046] 通信部61は、異常監視部62における異常判定結果に応じたトリガ信号を第2センサ部20に送信し、トリガ信号に応じて第2センサ部20から送信される出力信号Sg2を受信する。

[0047] 異常監視部62は、出力信号Sg2に基づき、センサ素子21、22の異常を監視する。

[0048] トルク演算部63は、出力信号Sg2に基づき、操舵トルクTs2を演算する。また、トルク演算部63は、操舵トルクTs2に基づき、アシストトルクTa2を演算する。

[0049] 指令演算部65は、アシストトルクTa2に基づき、モータ81の駆動に係る指令値を演算する。

[0050] 本実施形態では、操舵トルクTs1、Ts2は、正常であれば同じ値となるが、検出誤差程度の差は許容される。また、アシストトルクTa1、Ta2は、モータ81として出力すべきアシストトルクTaの1/2とする。すなわち、 $Ta = Ta1 + Ta2$ である。

[0051] ここで、対応して設けられる第1センサ部10と第1マイコン50との組み合わせ、および、対応して設けられる第2センサ部20と第2マイコン60との組み合わせを、「系統」とする。以下適宜、第1センサ部10と第1

マイコン50との組み合わせを「第1系統」、第2センサ部20と第2マイコン60との組み合わせを「第2系統」とする。本実施形態では、第1センサ部10と第1マイコン50とは直接的に通信可能であり、第1センサ部10と第2マイコン60とは直接的には通信不能である。また、第2センサ部20と第2マイコン60とは直接的に通信可能であり、第2センサ部20と第1マイコン50とは直接的には通信不能である。

[0052] センサ部10、20とマイコン50、60との間、および、センサ部10、20間では、例えばSENT (Single Edge Nibble Transmission) 通信等のデジタル通信が行われる。通信方法は、SENT通信以外であってもよい。また、センサ部とマイコンとの間での通信と、センサ部間での通信とで、通信方式が異なってもよい。

[0053] 第1系統での処理と第2系統での処理とは、略同様であるので、以下、主に第1系統での処理として説明する。

[0054] 図3に示すフローチャートに基づき、トルク演算処理を説明する。この処理は、イグニッションスイッチ等である始動スイッチがオンされている期間に、マイコン50、60にて所定の間隔で実行される。なお、始動スイッチがオンされた直後の異常判定状態は、「正常」であるものとする。

[0055] 以下、例えば「ステップS101」の「ステップ」を省略し、単に記号「S」と記す。S101以外のステップも同様である。

[0056] 最初のS101では、通信部51は、後述する異常判定状態が停止か否かを判断する。異常判定状態が停止であると判断された場合 (S101: YES)、S102以降の処理を行わない。異常判定状態が停止ではないと判断された場合 (S101: NO)、S102へ移行する。

[0057] S102では、通信部51は、異常判定状態が正常か否かを判断する。異常判定状態が正常であると判断された場合 (S102: YES)、S105へ移行する。異常判定状態が正常ではないと判断された場合 (S102: NO)、S103へ移行する。

[0058] S103では、通信部51は、異常判定状態がA異常か否かを判断する。

「A異常」とは、自系統の信号Aの異常が特定されている状態を意味するものである。第1マイコン50では信号1Aの異常が特定されている状態であり、第2マイコン60では信号2Aの異常が特定されている状態である。異常判定状態がA異常であると判断された場合（S103：YES）、S106へ移行する。異常判定状態がA異常ではないと判断された場合（S103：NO）、S104へ移行する。

[0059] S104では、通信部51は、異常判定状態がB異常か否かを判断する。

「B異常」とは、信号1Bの異常が特定されている状態を意味する。第1マイコン50では信号1Bの異常が特定されている状態であり、第2マイコン60では信号2Bの異常が特定されている状態である。異常判定状態がB異常であると判断された場合（S104：YES）、S107へ移行する。異常判定状態がB異常ではないと判断された場合（S104：NO）、異常判定状態は異常検出であって、S108へ移行する。

[0060] なお、S101～S104は、異常判定状態を振り分けるための処理であり、処理順は入れ替え可能である。

[0061] 異常判定状態が正常であると判断された場合（S102：YES）に移行するS105では、通信部51は、正常トリガTRGcを第1センサ部10に送信する。

[0062] 異常判定状態がA異常であると判断された場合（S103：YES）に移行するS106では、通信部51は、A異常トリガTRGaを第1センサ部10に送信する。

[0063] 異常判定状態がB異常であると判断された場合（S104：YES）に移行するS107では、通信部51は、B異常トリガTRGbを第1センサ部10に送信する。

[0064] 異常判定状態が異常検出である場合（S104：NO）に移行するS108では、通信部51は、異常検出トリガTRGeを第1センサ部10に送信する。

[0065] トリガ信号の具体例を図6に示す。図6では、(a)が正常トリガTRG

c、(b)がA異常トリガTRG a、(c)がB異常トリガTRG b、(d)が異常検出トリガTRG eを示す。図6に示す例では、正常トリガTRG c、A異常トリガTRG a、B異常トリガTRG b、および、異常検出トリガTRG eは、第1マイコン50から第1センサ部10に出力される信号レベルがHiからLoに切り替えられる時間に応じて設定される。本実施形態では、正常トリガTRG cのLo時間がx1、異常検出トリガTRG eのLo時間がx2、A異常トリガTRG aのLo時間がx3、B異常トリガTRG bのLo時間がx4であって、 $x1 < x2 < x3 < x4$ となるように設定されている。各トリガのLo時間は、チックタイム単位で、所定のチックタイム(例えば2 tick)分、異なるように設定される。ここでは、 $x1 < x2 < x3 < x4$ としたが、 $x1 \sim x4$ の大小順は問わない。また、各トリガは、Lo時間に替えて、Hi時間に応じて設定してもよい。ここでは、第1マイコン50から第1センサ部10に送信されるトリガ信号を例に説明したが、第2マイコン60から第2センサ部20に送信されるトリガ信号も同様である。

[0066] 図3に戻り、S105~S108に続いて移行するS109では、通信部51は、トリガ信号に応じて第1センサ部10から送信される出力信号Sg1を受信する。

[0067] S109に続いて移行するS110では、異常判定処理を行う。ここでは、S109に続いて異常判定処理を行うものとして説明するが、例えばカウンタ等を用いて所定の頻度で異常判定処理を行ってもよい。また、図4に示す異常判定処理は、トルク演算処理とは別途に行われるようにしてもよい。

[0068] 異常判定処理に続いて移行するS111では、トルク演算部53は、正常である信号を用い、操舵トルクTs1を演算する。なお、異常判定状態が異常検出である場合、異常検出前の信号を用いて演算する。

[0069] S112では、トルク演算部53は、操舵トルクTs1に基づき、アシストトルクTaを演算する。

[0070] 図4に示すフローチャートに基づいて異常判定処理を説明する。

- [0071] S 1 5 1では、異常監視部52は、異常判定状態が異常検出か否かを判断する。異常判定状態が異常検出であると判断された場合（S 1 5 1 : Y E S）、S 1 5 6へ移行する。異常判定状態が異常検出ではないと判断された場合（S 1 5 1 : N O）、S 1 5 2へ移行する。
- [0072] S 1 5 2では、異常監視部52は、取得した出力信号S g 1に含まれる2信号を比較する。ここで、出力信号S g 1に含まれる2信号を、「信号C、D」とする。信号C、Dは、信号1 A、1 B、2 A、2 Bのいずれかである。
- [0073] 信号C、Dの一方が正信号、他方が反転信号である場合、正常である場合の信号C、Dの和をT、異常判定閾値をZ 1とすると、信号C、Dの和が $T - Z 1$ 以上、 $T + Z 1$ 以下の場合、正常判定し、 $T - Z 1$ 未満、または、 $T + Z 1$ より大きい場合、異常判定する。すなわち、 $(T - Z 1) \leq (C + D) \leq (T + Z 1)$ で正常判定し、 $(C + D) < (T - Z 1)$ または $(T + Z 1) < (C + D)$ で異常判定する。
- [0074] 信号C、Dがともに正信号または反転信号である場合、異常判定閾値をZ 2とすると、信号C、Dの差の絶対値が異常判定閾値Z 2以下の場合、正常判定し、異常判定閾値Z 2より大きい場合、異常判定する。すなわち、 $|C - D| \leq Z 2$ で正常判定し、 $|C - D| > Z 2$ で異常判定する。
- [0075] 2つの信号の和や差等の演算値と判定閾値との比較を行うことは、「信号を比較する」という概念に含まれるものとする。
- [0076] S 1 5 3では、異常監視部52は、出力信号S g 1に含まれる信号C、Dが正常か否かを判断する。出力信号S g 1に含まれる2信号が正常であると判断された場合（S 1 5 3 : Y E S）、S 1 5 4へ移行する。出力信号S g 1に含まれる2信号が異常であると判断された場合（S 1 5 4 : N O）、S 1 5 5へ移行する。
- [0077] S 1 5 4では、異常監視部52は、異常判定状態を継続する。すなわち、信号1 A、1 Bが正常であれば、異常判定状態として「正常」を継続する。また、信号1 Aまたは信号1 Bの異常が特定されていれば、異常判定状態と

して「A異常」または「B異常」を継続する。

[0078] S 1 5 5では、異常監視部52は、異常判定状態を「異常検出」とする。

[0079] 異常判定状態が異常検出であると判断された場合（S 1 5 1：YES）に移行するS 1 5 6では、異常監視部52は、信号1Aと、信号2Aまたは信号2Bとの比較、および、信号1Bと、信号2Aまたは信号2Bとの比較により、異常特定を行う。本実施形態では、信号1A、2Aを比較し、信号1B、2Bを比較する。信号1A、2Aが正信号、信号1B、2Bが反転信号であるので、信号1A、2Aの差の絶対値が異常判定閾値Z3より大きく、かつ、信号1B、2Bの差の絶対値が異常判定閾値Z3以下の場合、信号1Aが異常であると特定する。また、信号1A、2Aの差の絶対値が異常判定閾値Z3以下、かつ、信号1B、2Bの差の絶対値が異常判定閾値Z3より大きい場合、信号1Bが異常であると特定する。なお、異常判定閾値Z1、Z2、Z3は、同じ値であってもよいし、異なる値であってもよい。

[0080] S 1 5 7では、異常監視部52は、異常である信号が特定できたか否かを判断する。異常である信号が特定できたと判断された場合（S 1 5 7：YES）、S 1 5 9へ移行する。異常である信号が特定できないと判断された場合（S 1 5 7：NO）、S 1 5 8へ移行する。

[0081] S 1 5 8では、異常監視部52は、異常判定状態を停止とする。

[0082] S 1 5 9では、異常監視部52は、信号1Aが異常であると特定されたか否かを判断する。信号1Aが異常であると特定されたと判断された場合（S 1 5 9：YES）、S 1 6 0へ移行する。信号1Aが異常であると特定されなかったと判断された場合（S 1 5 9：NO）、すなわち信号1Bが異常であると特定された場合、S 1 6 1へ移行する。

[0083] S 1 6 0では、異常監視部52は、異常判定状態をA異常とする。

[0084] S 1 6 1では、異常監視部52は、異常判定状態をB異常とする。

[0085] ここで、トリガ信号に応じたセンサ間通信処理を図5のフローチャートに基づいて説明する。図5の処理は、センサIC13、23にて所定の間隔で実行される処理である。なお、センサIC13における処理では、「自系統

の信号 A、B」が信号 1 A、1 B、「他系統の信号 A、B」が信号 2 A、2 B であり、センサ 1 C 2 3 における処理では、「自系統の信号 A、B」が信号 2 A、2 B であり、「他系統の信号 A、B」が信号 1 A、1 B である。センサ 1 C 1 3、2 3 での処理は略同様であるので、ここではセンサ 1 C 1 3 の処理として説明する。

- [0086] S 2 0 1 では、演算部 1 6 は、デジタル変換された自系統の信号 1 A、1 B を A/D 変換部 1 4、1 5 から取得する。
- [0087] S 2 0 2 では、演算部 1 6 は、センサ部間の通信タイミングか否かを判断する。通信タイミングではないと判断された場合 (S 2 0 2 : N O)、S 2 0 1 に戻る。通信タイミングであると判断された場合 (S 2 0 2 : Y E S)、S 2 0 3 へ移行する。
- [0088] S 2 0 3 では、センサ間通信部 1 8 は、センサ間通信部 2 8 とのセンサ間通信を行う。センサ間通信部 1 8 は、自系統の信号 1 A、1 B をセンサ間通信部 2 8 に送信し、他系統の信号 2 A、2 B をセンサ間通信部 2 8 から受信する。また、センサ間通信部 2 8 は、自系統の信号 2 A、2 B をセンサ間通信部 1 8 に送信し、他系統の信号 1 A、1 B をセンサ間通信部 1 8 から受信する。ここで送受信される信号 1 A、1 B、2 A、2 B は、A/D 変換後のデジタル値である。すなわち本実施形態では、トリガの種類によらず、所定の周期での定期通信により、他系統の信号を取得している。定期通信とすることで、センサ 1 C 1 3、2 3 の制御構成を簡素化できる。
- [0089] S 2 0 4 では、演算部 1 6 は、第 1 マイコン 5 0 からトリガ信号を受信したか否かを判断する。トリガ信号を受信していないと判断された場合 (S 2 0 4 : N O)、S 2 0 1 に戻る。トリガ信号を受信したと判断された場合 (S 2 0 4 : Y E S)、S 2 0 5 へ移行する。
- [0090] S 2 0 5 では、演算部 1 6 は、受信したトリガ信号が正常トリガ T R G c か否かを判断する。受信したトリガ信号が正常トリガ T R G c であると判断された場合 (S 2 0 5 : Y E S)、S 2 0 8 へ移行する。受信したトリガ信号が正常トリガ T R G c ではないと判断された場合 (S 2 0 5 : N O)、S

206へ移行する。

[0091] S206では、演算部16は、受信したトリガ信号が異常検出トリガTRGeか否かを判断する。受信したトリガ信号が異常検出トリガTRGeであると判断された場合（S206：YES）、S209へ移行する。受信したトリガ信号が異常検出トリガTRGeではないと判断された場合（S206：NO）、S207へ移行する。

[0092] S207では、演算部16は、受信したトリガ信号がA異常トリガTRGaか否かを判断する。受信したトリガ信号がA異常トリガTRGaであると判断された場合（S207：YES）、S210へ移行する。受信したトリガ信号がA異常トリガTRGaではないと判断された場合（S207：NO）、すなわち受信したトリガ信号がB異常トリガである場合、S211へ移行する。

[0093] なお、S205～S207の処理は、受信したトリガ信号を振り分けるための処理であり、処理順は入れ替え可能である。また、S207に替えて、B異常トリガか否かを判断することで受信したトリガ信号の振り分けを行ってもよい。

[0094] 受信したトリガ信号が正常トリガTRGcであると判断された場合（S205：YES）に移行するS208では、演算部16は、自系統の信号1Aおよび信号1Bを含む出力信号Sg1を生成する。

[0095] 受信したトリガ信号が異常検出トリガTRGeであると判断された場合（S206：YES）に移行するS209では、演算部16は、自系統の信号A、B、および、他系統の信号A、Bを含む出力信号Sg1を生成する。

[0096] 受信したトリガ信号がA異常トリガTRGaであると判断された場合（S207：YES）に移行するS210では、演算部16は、自系統の信号1Bおよび他系統の信号2Aを含む出力信号Sg1を生成する。

[0097] 受信したトリガ信号がB異常トリガである場合（S207：NO）に移行するS211では、演算部16は、自系統の信号1Aおよび他系統の信号2Bを含む出力信号Sg1を生成する。

- [0098] S 2 0 8 ~ S 2 1 1 に続いて移行する S 2 1 2 では、通信部 1 7 は、生成された出力信号 S g 1 を第 1 マイコン 5 0 に送信する。
- [0099] なお、センサ I C 2 3 での処理では、トリガ信号を第 2 マイコン 6 0 から取得し、トリガ信号に応じて生成された出力信号 S g 2 を第 2 マイコン 6 0 に出力する。
- [0100] 本実施形態の信号送受信処理を、図 7 ~ 図 9 のタイムチャートに基づいて説明する。図 7 は異常判定状態が正常である場合、図 8 は異常判定状態が異常検出である場合、図 9 は異常判定状態が A 異常である場合の例である。図 7 ~ 図 9 において、[p 、 q] は、信号 p および信号 q を含む出力信号を意味する。具体的には、[自 A 、 自 B] は、自システムの信号 A および信号 B を含む出力信号を意味し、[自 A 、 他 B] は、自システムの信号 A および他システムの信号 B を含む出力信号を意味する、といった具合である。
- [0101] また、図中の「 T s (n) 」は、第 1 系統での処理であれば操舵トルク T s 1 であり、第 2 系統での処理であれば操舵トルク T s 2 であることを意味する。同様に、「 T a (n) 」は、第 1 系統での処理であればアシストトルク T a 1 であり、第 2 系統での処理であれば、アシストトルク T a 2 であることを意味する。後述の図 1 1 および図 1 2 も同様である。
- [0102] ここでは、第 1 系統での処理を中心に説明する。
- [0103] 図 7 に示すように、異常判定状態が正常である場合、時刻 x 1 1 から時刻 x 1 2 において、第 1 マイコン 5 0 は、正常トリガ T R G c をセンサ I C 1 3 に送信し、センサ I C 1 3 は、正常トリガ T R G c を受信する。センサ I C 1 3 が正常トリガ T R G c を受信すると、時刻 x 1 2 から時刻 x 1 3 にて、センサ I C 1 3 は信号 1 A 、 1 B を含む出力信号を第 1 マイコン 5 0 に送信し、第 1 マイコン 5 0 が信号 1 A 、 1 B を含む出力信号 S g 1 を受信する。第 1 マイコン 5 0 が信号 1 A 、 1 B を含む出力信号 S g 1 を受信すると、時刻 x 1 3 から時刻 x 1 4 にて、信号 1 A 、 1 B の比較による異常判定を行う。信号 1 A 、 1 B が正常であれば、第 1 マイコン 5 0 は、時刻 x 1 5 から時刻 x 1 6 にて、時刻 x 1 2 ~ 時刻 x 1 3 にて取得された出力信号 S g 1 に

含まれる信号1 A、1 Bの少なくとも一方に基づいて操舵トルク T_{s1} を演算し、時刻 x_{16} から時刻 x_{17} にて、アシストトルク T_{a1} を演算する。時刻 x_{21} ～時刻 x_{27} では、時刻 x_{11} ～時刻 x_{17} と同様の処理が行われる。信号1 A、1 Bが正常であれば、同様の処理が繰り返される。

[0104] 図8では、時刻 x_{31} ～ x_{33} までの処理は、図7の時刻 x_{11} ～ x_{13} の処理と同様である。時刻 x_{33} から時刻 x_{34} にて、第1マイコン50が信号1 A、1 Bの比較による異常判定を行ったところ、異常が検出されたものとする。時刻 x_{35} から時刻 x_{36} では、異常検出前の信号1 A、1 Bを用いて操舵トルク T_{s1} を演算し、時刻 x_{36} から時刻 x_{37} にて、アシストトルク T_{a1} を演算する。なお、異常検出時には、異常検出前の信号1 A、1 Bを用いた演算に替えて、操舵トルク T_{s1} の前回値を引き継いでもよい。アシストトルク T_{a1} についても同様、前回値を引き継いでもよい。

[0105] 異常が検出された次の信号周期では、時刻 x_{41} から時刻 x_{42} にて、マイコン50は、異常検出トリガTRGeをセンサIC13に送信し、センサIC13は、異常検出トリガTRGeを受信する。センサIC13が異常検出トリガTRGeを受信すると、時刻 x_{42} から時刻 x_{43} にて、センサIC13は信号1 A、1 B、および、第2センサ部20から取得した信号2 A、2 Bを含む出力信号Sg1を第1マイコン50に送信する。第1マイコン50は、信号1 A、1 B、2 A、2 Bを含む出力信号Sg1を取得すると、時刻 x_{43} から時刻 x_{44} にて、取得された信号1 A、1 B、2 A、2 Bに基づき、センサ素子11、12のどちらが異常かを特定する。ここでは、センサ素子11が異常であると特定されるものとする。第1マイコン50は、異常特定後の時刻 x_{45} ～時刻 x_{46} にて、正常である信号を用いて操舵トルク T_{s1} を演算し、時刻 x_{46} から時刻 x_{47} にて、アシストトルク T_{a1} を演算する。

[0106] 異常特定を行った次の信号周期以降は、バックアップ制御に移行する。

[0107] 自系統の信号A（ここでは信号1 A）が異常であると特定されており、異常判定状態がA異常である場合、図9に示すように、時刻 x_{51} から時刻 x

52にて、第1マイコン50は、A異常トリガTRGaをセンサIC13に送信し、センサIC13は、A異常トリガTRGaを受信する。センサIC13がA異常トリガを受信すると、時刻x52からx53にて、センサIC13は信号2A、1Bを含む出力信号Sg1を第1マイコン50に送信し、第1マイコン50が信号2A、1Bを含む出力信号Sg1を受信する。第1マイコン50は信号2A、1Bを含む出力信号Sg1を受信すると、時刻x53からx54にて、信号2A、1Bの比較による異常判定を行う。信号2A、1Bが正常であれば、第1マイコン50は、時刻x52～時刻x53にて取得された出力信号Sg1に含まれる信号2A、1Bの少なくとも一方に基づいて操舵トルクTs1を演算し、時刻x56～x57にて、アシストトルクTa1を演算する。時刻x61～x67においても同様の処理が行われる。信号2A、1Bが正常であれば、同様の処理が繰り返される。

[0108] 自システムの信号B（ここでは信号1B）が異常であると特定され、異常判定状態がB異常の場合、時刻x51では、A異常トリガTRGaに替えて、B異常トリガTRGbが第1マイコン50からセンサIC13に送信される。また、時刻x52では、信号1A、2Bを含む出力信号Sg1がセンサIC13から第1マイコン50に送信される。マイコン50は、信号1A、2Bを比較し、正常であれば、信号1A、2Bを用いて操舵トルクTs1およびアシストトルクTa1の演算を行う。

[0109] 第2システムでは、自システムの信号A、Bが信号2A、2B、他システムの信号A、Bが信号1A、1Bとなり、処理の詳細は、第1センサ部10および第1マイコン50の場合と略同様である。

[0110] 本実施形態のセンサ装置1は、第1センサ部10と第1マイコン50、および、第2センサ部20と第2マイコン60を有しており、冗長構成となっている。センサ部10、20間で信号1A、1B、2A、2Bを相互に送受信可能であり、センサ部10、20は、マイコン50、60から受信したトリガ信号に応じてマイコン50、60に送る信号を選択している。また、自システムの信号に異常が生じた場合、他システムの信号を用い、どの素子が異常かを

特定している。異常特定後は、異常が生じた素子の信号に替えて、他系統の信号で代行している。これにより、一部のセンサ素子に異常が生じた場合であっても、異常監視を継続しつつ、2系統でのトルク演算を継続することができる。

[0111] 本実施形態では、信号1 Aが異常である場合、信号2 Aで代行する例を中心に説明したが、信号1 Aに替えて信号2 Bで代行する、といった具合に、異常である信号を他系統のどの信号で代行してもよい。また、信号1 A、1 Bが異常であっても、信号2 A、2 Bが正常であれば、第2系統にてトルク演算を継続可能である。同様に、信号2 A、2 Bが異常であっても、信号1 A、1 Bが正常であれば、第1系統にてトルク演算を継続可能である。すなわち本実施形態では、4信号のうちの2信号が正常であれば、トルク演算を継続可能である。

[0112] 以上説明したように、本実施形態のセンサ装置1は、複数のセンサ部10、20と、複数のマイコン50、60と、を備える。

[0113] 第1センサ部10は、複数のセンサ素子11、12、および、センサIC13を有する。センサIC13は、センサ素子の検出値に応じた検出信号を含む出力信号Sg1を生成する。第2センサ部20は、複数のセンサ素子、および、センサIC23を有する。センサIC23は、センサ素子の検出値に応じた検出信号を含む出力信号Sg2を生成する。

[0114] 第1マイコン50は、通信部51、異常監視部52、および、トルク演算部53を有する。通信部51は、対応して設けられる第1センサ部10から送信される出力信号Sg1を受信する。異常監視部52は、第1センサ部10の異常を監視する。トルク演算部53は、正常である少なくとも1つの検出信号に基づいて操舵トルクTs1を演算する。

[0115] 第2マイコン60は、通信部61、異常監視部62、および、トルク演算部63を有する。通信部61は、対応して設けられる第2センサ部20から送信される出力信号Sg2を受信する。異常監視部62は、第2センサ部20の異常を監視する。トルク演算部63は、正常である少なくとも1つの検

出信号に基づいて操舵トルク $T_s 2$ を演算する。

- [0116] ここで、「対応して設けられる」とは、第1センサ部10と第1マイコン50とが通信可能であり、第2センサ部20と第2マイコン60とが通信可能であることを意味する。
- [0117] 第1センサ部10は、他の制御部である第2マイコン60に対応して設けられる第2センサ部20と、検出信号を相互に送受信可能である。センサIC13は、自身の第1センサ部10内にて取得した検出信号である自センサ信号（すなわち信号1A、1B）、および、第2センサ部20から受信した検出信号である他センサ信号（すなわち信号2A、2B）のうち少なくとも2つが含まれる出力信号 $S_g 1$ を生成し、対応して設けられる第1マイコン50に送信する。
- [0118] 第2センサ部20は、他の制御部である第1マイコン50に対応して設けられる第1センサ部10と、検出信号を相互に送受信可能である。センサIC23は、自身の第2センサ部20内にて取得した検出信号である自センサ信号（すなわち信号2A、2B）、および、第1センサ部10から受信した検出信号である他センサ信号（すなわち信号1A、2B）のうち少なくとも2つが含まれる出力信号 $S_g 2$ を生成し、対応して設けられる第2マイコン60に送信する。
- [0119] トルク演算部53は、出力信号 $S_g 1$ に含まれる検出信号のうち、正常である少なくとも1つの信号を用いてトルク演算を行う。トルク演算に用いる信号は、自センサ信号であってもよいし、他センサ信号であってもよい。トルク演算部63におけるトルク演算についても同様である。
- [0120] 本実施形態では、第1センサ部10と第2センサ部20とが通信可能であるので、第1マイコン50は、対応して設けられる第1センサ部10の信号1A、1Bに加え、第2センサ部20の信号2A、2Bを取得可能である。同様に、第2マイコン60は、対応して設けられる第2センサ部20の信号2A、2Bに加え、第1センサ部10の信号1A、1Bを取得可能である。すなわち、マイコン50、60は、4つの信号1A、1B、2A、2Bを適

宜利用可能である。

[0121] これにより、一部のセンサ素子 1 1、1 2、2 1、2 2 に異常が生じた場合であっても、2 つ以上のセンサ素子が正常であれば、信号比較による異常監視、および、トルク演算を継続可能である。また、例えば 1 つのセンサ素子が異常であって、マイコン等の他の構成が正常である場合、異常箇所を含む系統全体を機能停止させる必要がなく、正常である箇所での処理を継続可能である。

[0122] 第 1 センサ部 1 0 は、対応して設けられる第 1 マイコン 5 0 からトリガ信号を受信可能であって、受信したトリガ信号に応じ、出力信号 S g 1 に含める信号 1 A、1 B、2 A、2 B を選択する。第 2 センサ部 2 0 は、対応して設けられる第 2 マイコン 6 0 からトリガ信号を受信可能であって、受信したトリガ信号に応じ、出力信号 S g 2 に含める信号 1 A、1 B、2 A、2 B を選択する。

[0123] これにより、出力信号 S g 1、S g 2 に含める信号 1 A、1 B、2 A、2 B を適切に選択することができる。また、トリガ信号に応じて必要な信号を選択することで、常に全ての信号 1 A、1 B、2 A、2 B を出力信号 S g 1、S g 2 に含める場合と比較し、通信時間を短くすることができる。

[0124] 第 1 センサ部 1 0 は、所定の周期で第 2 センサ部 2 0 から信号 2 A、2 B を受信する。第 2 センサ部 2 0 は、所定の周期で第 1 センサ部から信号 1 A、1 B を受信する。センサ部 1 0、2 0 間の通信を所定の周期での定期通信とすることで、センサ部 1 0、2 0 における制御構成を簡素化することができる。

[0125] 異常監視部 5 2 は、複数の自センサ信号である信号 1 A、1 B に基づき、センサ素子 1 1、1 2 の異常を検出する。異常監視部 6 2 は、複数の自センサ信号である信号 2 A、2 B に基づき、センサ素子 2 1、2 2 の異常を検出する。

[0126] これにより、自系統のセンサ素子の異常を適切に検出することができる。

[0127] 異常監視部 5 2 は、信号 1 A、1 B に基づいてセンサ素子 1 1、1 2 の異

常を検出した場合、信号 1 A、1 B および少なくとも 1 つの信号 2 A、2 B を用いて異常であるセンサ素子 1 1、1 2 を特定する。異常監視部 6 2 は、信号 2 A、2 B に基づいてセンサ素子 2 1、2 2 の異常を検出した場合、信号 2 A、2 B および少なくとも 1 つの信号 1 A、1 B を用いて異常であるセンサ素子 1 1、1 2 を特定する。

[0128] 1 つのセンサ部 1 0、2 0 に設けられるセンサ素子が 2 つである場合、自センサ信号は 2 つである。2 つの信号比較では、どちらかの信号が異常であることを検出可能であるが、どちらの信号が異常であるかを特定することができない。そこで本実施形態では、自センサ信号に加えて、他センサ信号を用いることで、3 つ以上の信号での比較により異常が生じている信号を適切に特定可能である。また、異常が生じている信号を特定できれば、正常である信号の利用を継続可能である。

[0129] 異常監視部 5 2、6 2 は、異常であるセンサ素子が特定された場合、信号 1 A、1 B、2 A、2 B のうち正常である少なくとも 2 つの信号により異常監視を継続する。これにより、自センサ信号および他センサ信号のうち、少なくとも 2 つの信号が正常であれば、信号比較による異常監視を継続可能である。また、トルク演算部 5 3、6 3 は、正常である信号を用い、トルク演算を適切に継続可能である。

[0130] センサ素子 1 1、1 2、2 1、2 2 は、検出対象の磁束を検出する磁気検出素子である。センサ素子 1 1、1 2、2 1、2 2 は、トルクに応じて変化する磁束の変化を検出する。トルク演算部 5 3、6 3 は、物理量として、トルクを演算する。

[0131] すなわち本実施形態のセンサ装置 1 は、トルクセンサであって、トルク（本実施形態では操舵トルク $T_s 1$ 、 $T_s 2$ ）を適切に検出することができる。

[0132] 電動パワーステアリング装置 8 は、センサ装置 1 と、運転者によるステアリングホイール 9 1 の操舵を補助するアシストトルク T_a を出力するモータ 8 1 と、モータ 8 1 のトルクをステアリングシャフト 9 2 に伝達する減速ギ

ア 8 2 と、を備える。

[0133] トルク演算部 5 3、6 3 は、物理量として操舵トルク T_{s1} 、 T_{s2} を演算する。

[0134] 第 1 マイコン 5 0 は、操舵トルク T_{s1} に基づいてモータ 8 1 の駆動制御に係る指令値を演算する指令演算部 4 5 を有する。第 2 マイコン 6 0 は、操舵トルク T_{s2} に基づいてモータ 8 1 の駆動制御に係る指令値を演算する指令演算部 4 5 を有する。

[0135] センサ装置 1 では、センサ素子 1 1、1 2、2 1、2 2 の異常が適切に監視されているので、操舵トルク T_{s1} 、 T_{s2} が適切に演算される。これにより、操舵トルク T_{s1} 、 T_{s2} に基づき、アシストトルク T_a が適切に演算され、モータ 8 1 の駆動を適切に制御することができる。

[0136] 本実施形態では、マイコン 5 0、6 0 の通信部 5 1、6 1 が「通信部」に対応する。

[0137] また、信号 1 A、1 B、2 A、2 B が「検出信号」に対応する。第 1 系統において、信号 1 A、1 B が「自センサ信号」、信号 2 A、2 B が「他センサ信号」に対応し、第 2 系統において、信号 2 A、2 B が「自センサ信号」、信号 1 A、1 B が「他センサ信号」に対応する。

[0138] (第 2 実施形態)

本開示の第 2 実施形態を図 1 0 ~ 図 1 2 に示す。

[0139] 上記実施形態では、トリガの種類によらず、所定の周期で他系統の信号を取得しているのに対し、本実施形態では、トリガ信号の種類に応じて他系統の信号を取得している点が異なる。センサユニット 5 および ECU 4 0 の構成等は、上記実施形態と同様であるので、説明を省略する。また、マイコン 5 0、6 0 における処理は、上記実施形態と略同様である。

[0140] 本実施形態においても、第 1 系統での処理と第 2 系統での処理とは、略同様であるので、以下、主に第 1 系統での処理として説明する。

[0141] トリガ信号に応じたセンサ間通信処理を図 1 0 のフローチャートに基づいて説明する。

- [0142] S 3 0 1 の処理は図 5 中の S 2 0 1 の処理と同様であり、S 3 0 2 ~ S 3 0 6 の処理は S 2 0 4 ~ S 2 0 8 の処理と同様である。本実施形態では、受信したトリガ信号が正常トリガである場合 (S 3 0 3 : Y E S)、他系統の信号 2 A、2 B を取得することなく、S 3 0 6 にて自系統の信号 1 A、1 B を含む出力信号 S g 1 を生成する。
- [0143] 受信したトリガ信号が異常検出トリガ T R G e であると判断された場合 (S 3 0 4 : Y E S) に移行する S 3 0 7 では、センサ間通信部 1 8 は、他系統の信号 2 A、2 B を受信する。ここで受信する他系統の信号 2 A、2 B は、S 2 0 3 と同様、A / D 変換後のデジタル値である。後述のステップにて取得される信号も同様に、A / D 変換後のデジタル値である。
- [0144] S 3 0 8 では、S 2 0 9 と同様、演算部 1 6 は、自系統の信号 1 A、1 B、および、他系統の信号 2 A、2 B を含む出力信号 S g 1 を生成する。
- [0145] 受信したトリガ信号が A 異常トリガ T R G a であると判断された場合 (S 3 0 5 : Y E S) に移行する S 3 0 9 では、センサ間通信部 1 8 は、他系統の信号 2 A を受信する。
- [0146] S 3 1 0 では、演算部 1 6 は、S 2 1 0 と同様、自系統の信号 1 B、および、他系統の信号 2 A を含む出力信号 S g 1 を生成する。
- [0147] 受信したトリガ信号が A 異常トリガ T R G a ではないと判断された場合 (S 3 0 5 : N O)、すなわち受信したトリガ信号が B 異常トリガ T R G b である場合に移行する S 3 1 1 では、センサ間通信部 1 8 は、他系統の信号 2 B を受信する。
- [0148] S 3 1 2 では、演算部 1 6 は、S 2 1 1 と同様、自系統の信号 1 B、および、他系統の信号 2 A を含む出力信号 S g 1 を生成する。
- [0149] S 3 0 6、S 3 0 8、S 3 1 0、または、S 3 1 2 に続いて移行する S 3 1 3 の処理は、S 2 1 2 と同様である。
- [0150] 本実施形態の信号送受信処理を図 1 1 および図 1 2 のタイムチャートに基づいて説明する。図 1 1 は異常判定状態が異常検出である場合、図 1 2 は異常判定状態が A 異常である場合の例である。なお、異常判定状態が正常であ

る場合のチャートは、第1実施形態と同様であるので、説明を省略する。

[0151] ここでも第1実施形態と同様、第1系統での処理を中心に説明する。

[0152] 図11の時刻x71～x77の処理は、図8の時刻x31～x37の処理と同様である。

[0153] 異常が検出された次の信号周期では、時刻x81から時刻x82にて、マイコン50は、異常検出トリガTRGeをセンサIC13に送信し、センサIC13は、異常検出トリガTRGeを受信する。センサIC13は、異常検出トリガTRGeを受信すると、時刻x82から時刻x83にて、第2センサ部20から信号2A、2Bを受信する。

[0154] 時刻x83～x88の処理は、図8の時刻x42～時刻x47の処理と同様である。

[0155] 異常特定を行った次の信号周期以降は、バックアップ制御に移行する。

[0156] 自系統の信号A（ここでは信号1A）が異常であると特定されており、異常判定状態がA異常である場合、図12に示すように、時刻x91から時刻x92にて、マイコン50は、A異常トリガTRGaをセンサIC13に送信し、センサIC13は、A異常トリガTRGaを受信する。センサIC13は、A異常トリガを受信すると、時刻x92から時刻x93にて、第2センサ部20から信号2Aを受信する。

[0157] 時刻x93～x98の処理は、図9の時刻x52～x57の処理と同様である。また、時刻x101～x108の処理は、時刻x91～x98の処理と同様である。信号2A、1Bが正常であれば、同様の処理が繰り返される。

[0158] 自系統の信号B（ここでは信号1B）が異常であると特定され、異常判定状態がB異常の場合、時刻x91では、A異常トリガTRGaに替えて、B異常トリガTRGbがマイコン50からセンサIC13に送信される。また、時刻x92では、センサIC13は、第2センサ部20から信号2Bを受信する。また、時刻x93では、信号1A、2Bを含む出力信号が、センサIC13からマイコン50に送信される。

[0159] 第2系統では、自系統の信号A、Bが信号2A、2B、他系統の信号A、Bが信号1A、1Bとなる。第2センサ部20は、受信したトリガ信号が異常検出トリガTRGeであれば信号1A、1B、A異常トリガTRGaであれば信号1A、B異常トリガTRGbであれば信号1Bを、それぞれ第1センサ部10から受信する。その他の処理の詳細は、第1センサ部10および第1マイコン50の場合と略同様である。

[0160] 本実施形態では、センサ部10、20は、受信したトリガ信号が異常検出トリガTRGe、A異常トリガTRGaまたはB異常トリガTRGbのとき、他系統からの信号を受信する。換言すると、センサ素子が正常であって、受信したトリガ信号が正常トリガTRGcの場合、他系統からの信号を受信していない。すなわち本実施形態では、トリガの種類に応じたイベント通信にて、他系統の信号を取得している。これにより、正常時におけるセンサ部10、20間の通信負荷を低減可能である。

[0161] 本実施形態では、第1センサ部10は、トリガ信号に応じ、第2センサ部20から信号2A、2Bを受信する。第2センサ部20は、トリガ信号に応じ、第1センサ部10から信号1A、1Bを受信する。

[0162] センサ部10、20間の通信をトリガ信号に応じたイベント通信とすることで、正常時における通信負荷を低減可能である。

[0163] また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

[0164] (他の実施形態)

(ア) 出力信号

上記実施形態では、1つのセンサ部に設けられる2つのセンサ素子の検出信号は、一方を正信号、他方を反転信号とする。他の実施形態では、複数のセンサ素子の検出信号は、正常であれば同値となるようにしてもよい。すなわち、複数の検出信号が正信号であってもよいし、反転信号であってもよいということである。

[0165] (イ) 異常検出時の処理

上記実施形態では、一方の系統にてセンサ素子の異常が検出された場合、

他システムの全てのセンサ素子に対応する信号を取得し、異常特定を行う。他の実施形態では、センサ素子の異常が検出された場合、少なくとも1つの信号を他システムから取得し、異常特定を行ってもよい。具体的には、例えば、第1システムにて異常が検出された場合、第2システム側から信号2 Aまたは信号2 Bの一方を取得してもよい。例えば信号2 Aを取得する場合、第1マイコン50にて、信号1 Aと信号2 Aとの比較、および、信号1 Bと信号2 Aとの比較を行うことで、異常である信号を特定可能である。また、比較する信号が反転値であれば加算値に基づいて異常判定を行い、同値であれば差分値に基づいて異常判定を行う。

[0166] 第2実施形態では、センサ部は、異常検出トリガを受信した信号周期にて、他センサ信号を受信し、自センサ信号および他センサ信号を含む出力信号を対応する制御部に送信する。他の実施形態では、センサ部は、異常検出トリガを最初に受信した信号周期には、自センサ信号を含み、他センサ信号を含まない出力信号を制御部に送信する。そして、次の周期の信号送信までの間に他システムセンサ部から他センサ信号を取得し、次回以降の信号周期にて、自センサ信号および他センサ信号を含む出力信号を制御部に送信するようにしてもよい。これにより、通信遅れを防ぐことができる。

[0167] 第1実施形態のように定期通信により他センサ信号を受信する場合においても、異常検出トリガを最初に受信した信号周期には、自センサ信号を含み、他センサ信号を含まない出力信号を制御部に送信し、次回以降の信号周期にて、自センサ信号および他センサ信号を含む出力信号を制御部に送信するようにしてもよい。

[0168] (ウ) 異常特定後の処理

上記実施形態では、第1システムにて信号1 Aが異常である場合、第2システムから信号2 Aを取得する。他の実施形態では、異常が生じている素子が特定された場合に他システムから取得する信号は、他システムのいずれの信号であってもよい。具体的には、例えば信号1 Aが異常である場合、信号2 Aに替えて、信号2 Bを取得してもよい、ということである。

[0169] (エ) センサ装置

上記実施形態のセンサ装置には、2組のセンサ部および制御部が設けられる。他の実施形態では、センサ部および制御部を3組以上設けてもよい。また、上記実施形態では、1つの制御部に対し、1つのセンサ部が設けられる。他の実施形態では、1つの制御部に対し、複数のセンサ部を設けてもよい。

[0170] 上記実施形態では、センサ部と制御部との間の通信は、制御部からのトリガ信号に応じてセンサ部から出力信号が送信される、所謂「同期通信」である。他の実施形態では、センサ部にて、定期通信にて全ての他センサ信号を受信しており、出力信号に自センサ信号および他センサ信号が全て含まれる前提とすれば、制御部からのトリガ信号によらずにセンサ部から出力信号が出力される、所謂「非同期通信」としてもよい。

[0171] 上記実施形態では、それぞれのセンサ部は、2つのセンサ素子を有する。他の実施形態では、それぞれのセンサ部に3つ以上のセンサ素子を設けてもよい。センサ素子が3つ以上の場合、出力信号に含まれる検出信号が3つ以上となる。この場合、異常監視に利用可能な自センサ信号が3つ以上あれば、自センサ信号同士の比較により異常特定を行い、異常監視に利用可能な自センサ信号が2つのときに異常検出された場合、他センサ信号を用いた異常特定を行うようにしてもよい。また、3つ以上の自センサ信号が異常監視に利用可能である場合であっても、他センサ信号を用いた異常特定を行ってもよい。

[0172] 上記実施形態では、センサ素子は、磁気検出素子である。他の実施形態では、センサ素子は、磁束以外の物理量を検出する素子であってもよい。また、上記実施形態のセンサ素子は、操舵トルクを検出するものである。他の実施形態では、センサ素子は、操舵トルク以外のトルク、回転角、ストローク、荷重、圧力等、どのような物理量を検出するものであってもよい。

[0173] 上記実施形態では、センサ装置は、電動パワーステアリング装置のトルクセンサに適用される。他の実施形態では、センサ装置は、電動パワーステア

リング装置以外の車載装置に適用してもよいし、車両に搭載されない装置に適用してもよい。

[0174] ここで、この出願に記載されるフローチャート、あるいは、フローチャートの処理は、複数のセクション（あるいはステップと言及される）から構成され、各セクションは、たとえば、S101と表現される。さらに、各セクションは、複数のサブセクションに分割されることができ、一方、複数のセクションが合わさって一つのセクションにすることも可能である。さらに、このように構成される各セクションは、デバイス、モジュール、ミーンズとして言及されることができ。

[0175] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 複数のセンサ素子（11、12、21、22）、および、前記センサ素子の検出値に応じた検出信号を含む出力信号を生成する信号処理部（13、23）を有する複数のセンサ部（10、20）と、
- 対応して設けられる前記センサ部から送信される前記出力信号を受信する通信部（51、61）、前記センサ部の異常を監視する異常監視部（52、62）、および、正常である少なくとも1つの前記検出信号に基づいて物理量を演算する物理量演算部（53、63）を有する複数の制御部（50、60）と、
- を備え、
- 前記センサ部は、他の前記制御部に対応して設けられる前記センサ部である他系統センサ部と、前記検出信号を相互に送受信可能であって、
- 前記信号処理部は、自身の前記センサ部内にて取得した前記検出信号である自センサ信号、および、前記他系統センサ部から受信した前記検出信号である他センサ信号のうち少なくとも2つが含まれる前記出力信号を生成し、対応して設けられる前記制御部に送信するセンサ装置。
- [請求項2] 前記センサ部は、対応して設けられる前記制御部からトリガ信号を受信可能であって、受信した前記トリガ信号に応じ、前記出力信号に含める前記自センサ信号および前記他センサ信号を選択する請求項1に記載のセンサ装置。
- [請求項3] 前記センサ部は、前記トリガ信号に応じ、前記他系統センサ部から前記他センサ信号を受信する請求項2に記載のセンサ装置。
- [請求項4] 前記センサ部は、所定の周期で前記他系統センサ部から前記他センサ信号を受信する請求項1または2に記載のセンサ装置。
- [請求項5] 前記異常監視部は、複数の前記自センサ信号に基づき、前記センサ素子の異常を検出する請求項1～4のいずれか一項に記載のセンサ装

置。

[請求項6] 前記異常監視部は、前記自センサ信号に基づいて前記センサ素子の異常を検出した場合、前記自センサ信号および少なくとも1つの前記他センサ信号を用いて異常である前記センサ素子を特定する請求項5に記載のセンサ装置。

[請求項7] 前記異常監視部は、異常である前記センサ素子が特定された場合、前記自センサ信号および前記他センサ信号のうちの少なくとも2つの信号により異常監視を継続する請求項6に記載のセンサ装置。

[請求項8] 前記センサ素子は、検出対象の磁束を検出する磁気検出素子である請求項1～7のいずれか一項に記載のセンサ装置。

[請求項9] 前記センサ素子は、トルクに応じて変化する磁束の変化を検出するものであって、

前記物理量演算部は、前記物理量としてトルクを演算する請求項8に記載のセンサ装置。

[請求項10] 請求項9に記載のセンサ装置と、

運転者による操舵部材（91）の操舵を補助するアシストトルクを出力するモータ（81）と、

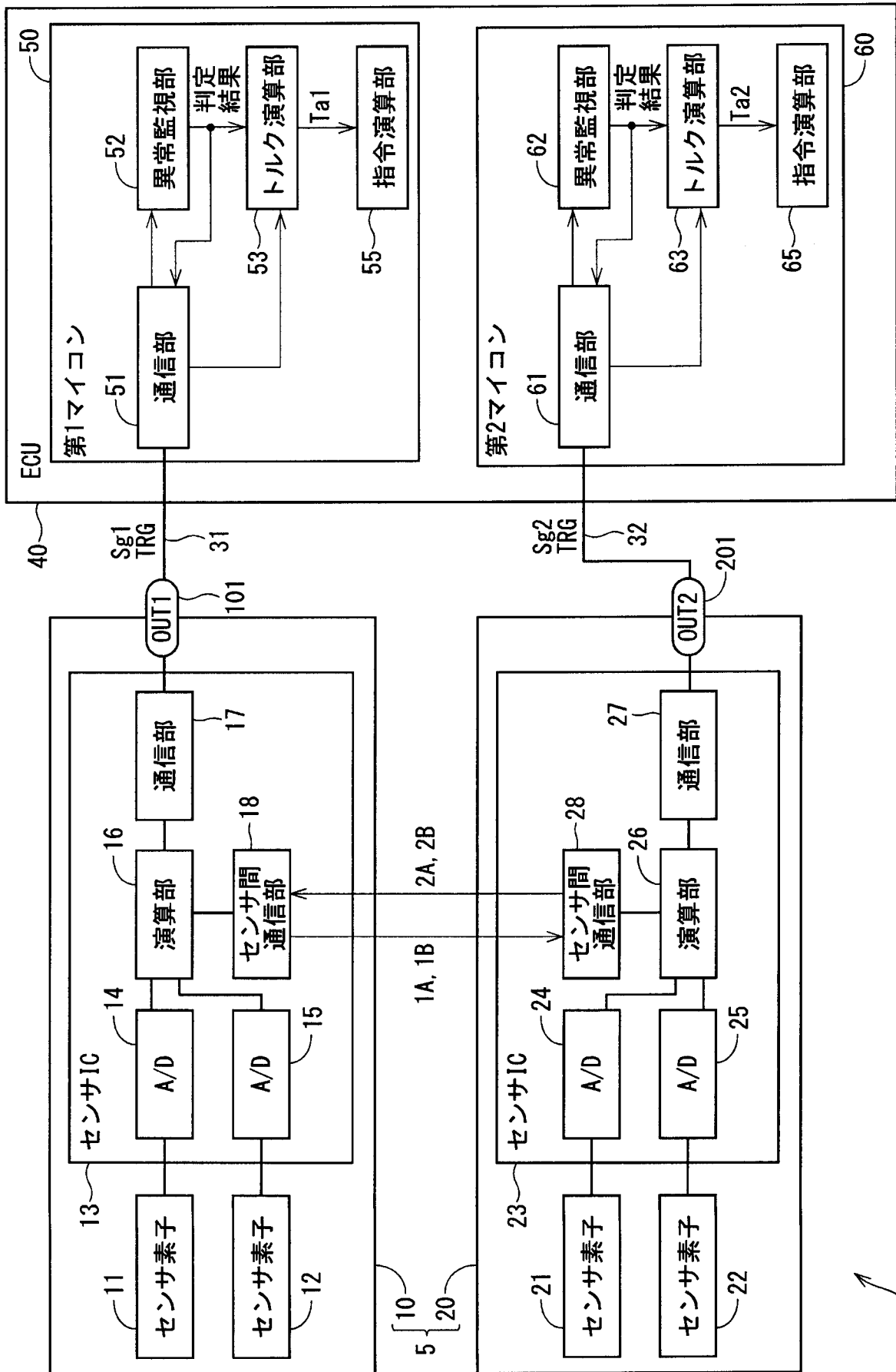
前記モータのトルクを駆動対象（92）に伝達する動力伝達部（82）と、

を備え、

前記物理量演算部は、前記物理量として操舵トルクを演算し、

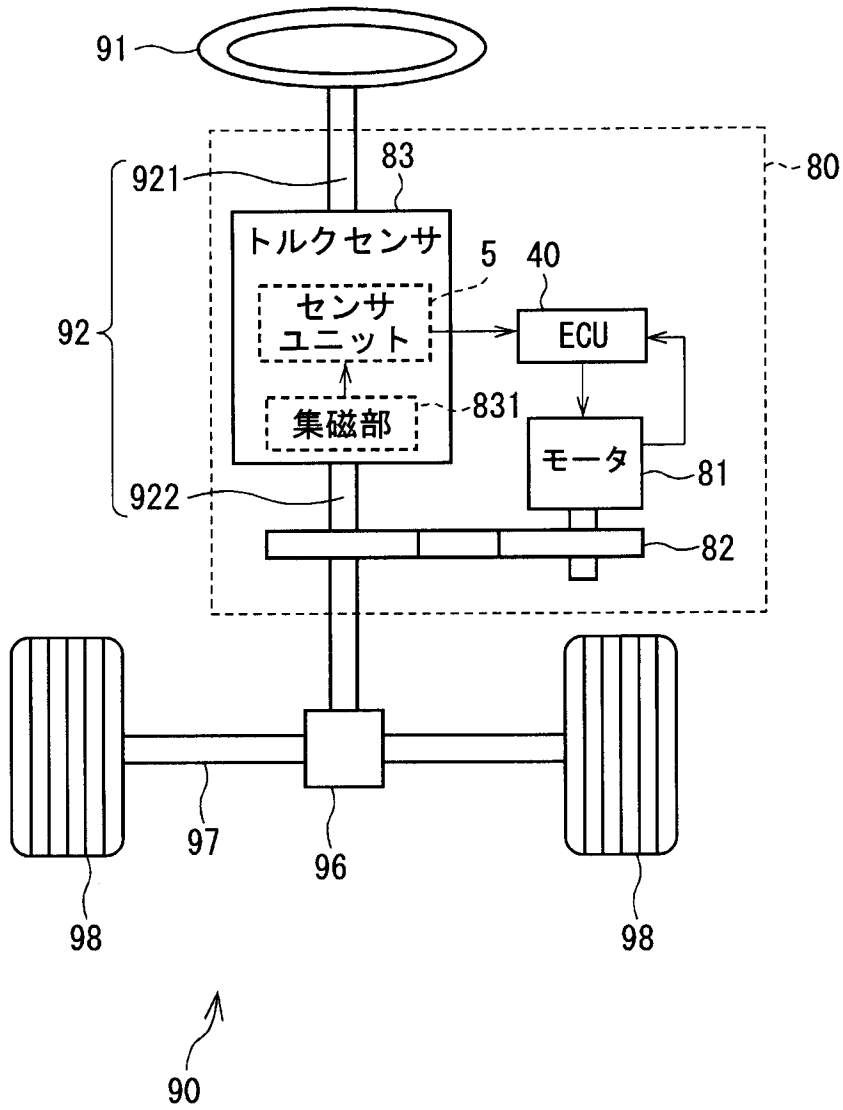
前記制御部は、前記操舵トルクに基づいて前記モータの駆動制御に係る指令値を演算する指令演算部（55、65）を有する電動パワーステアリング装置。

[図1]

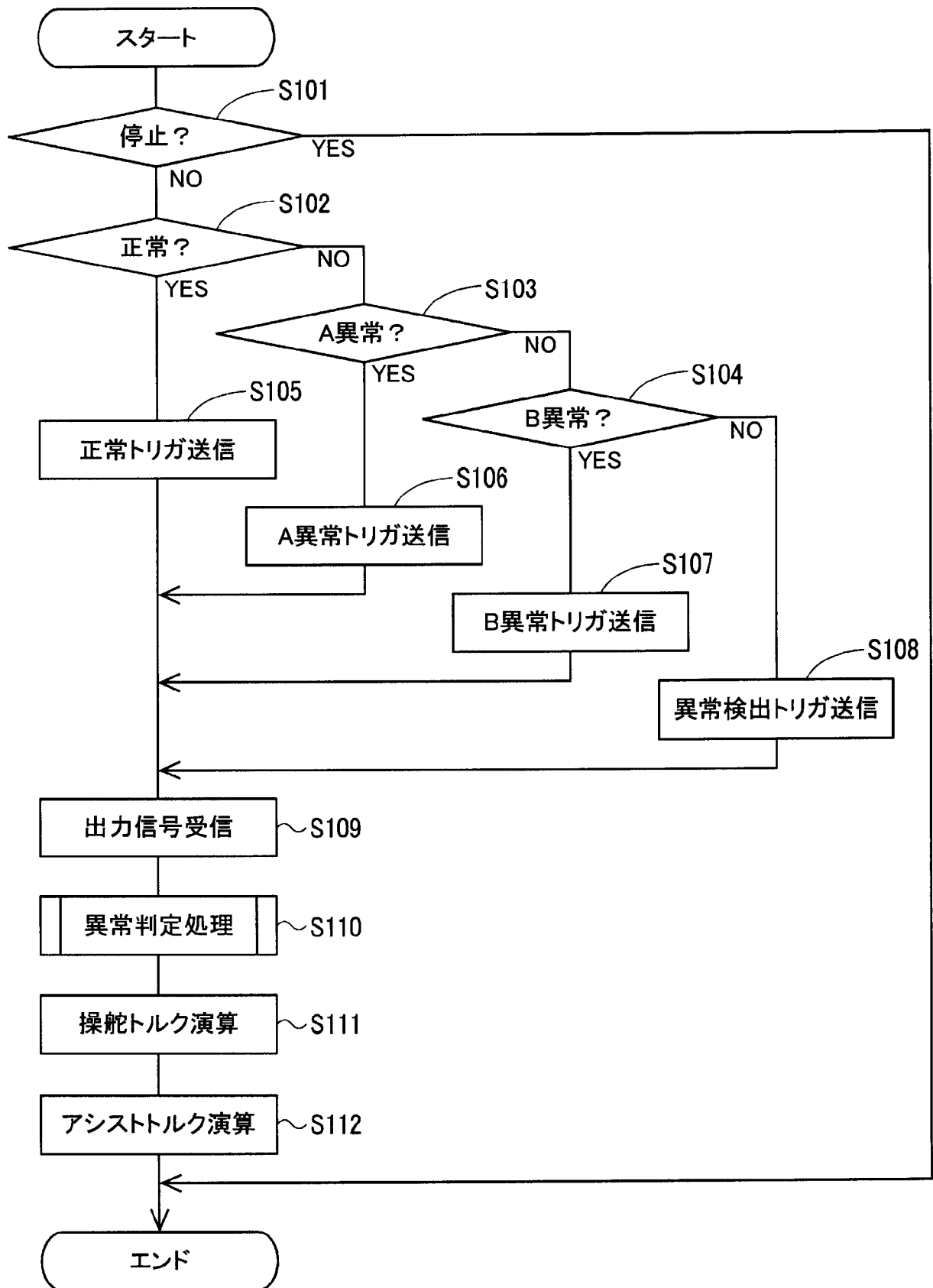


1 ↗

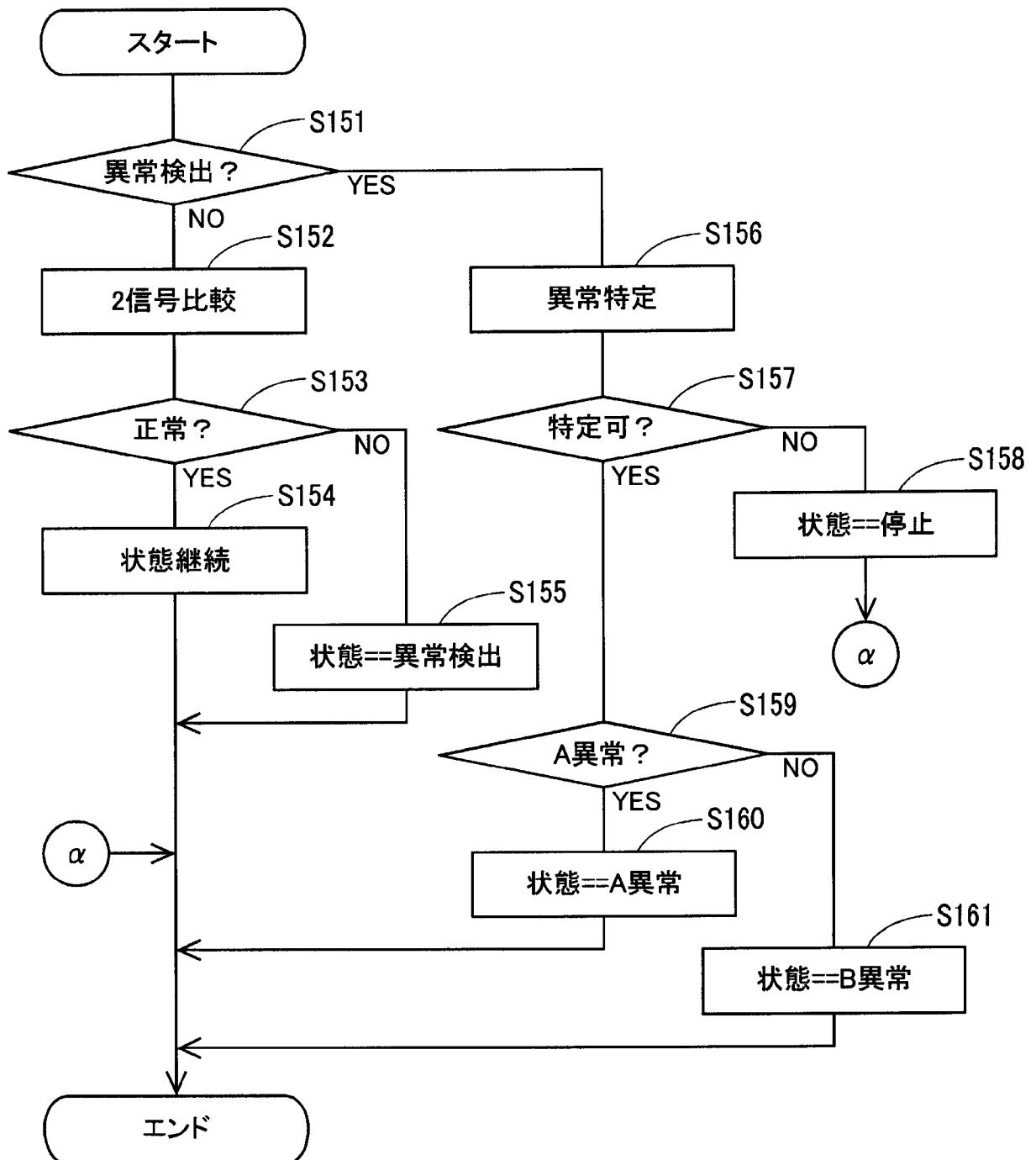
[図2]



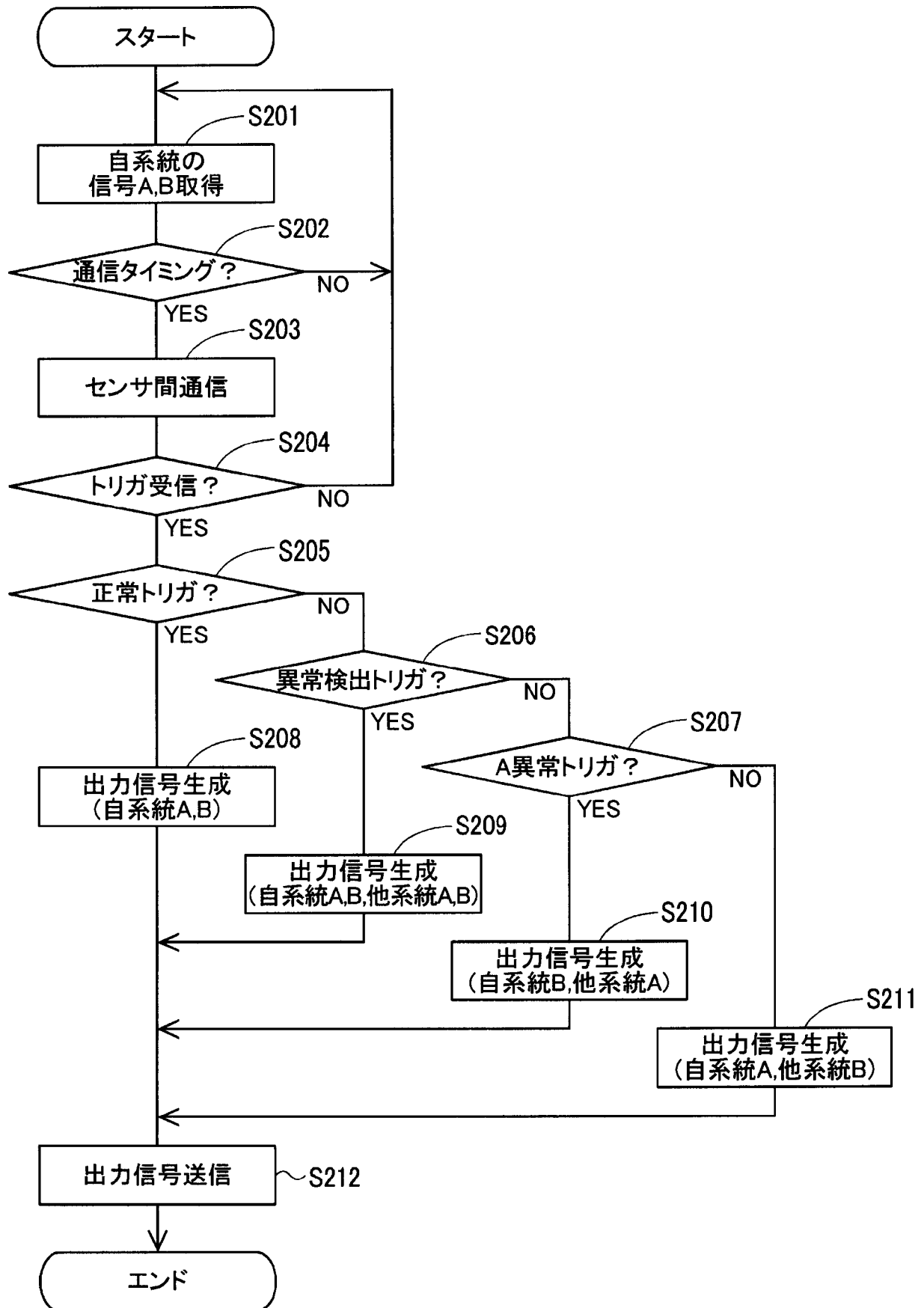
[図3]



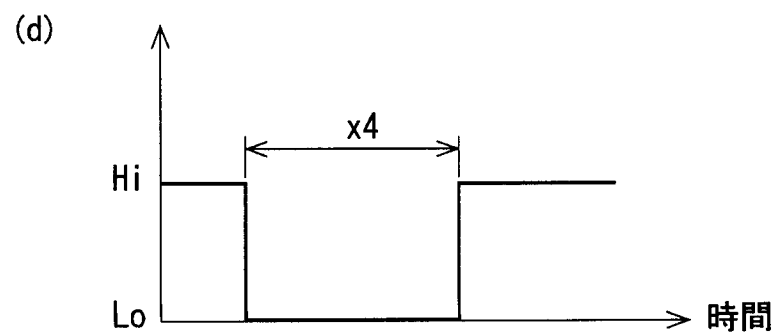
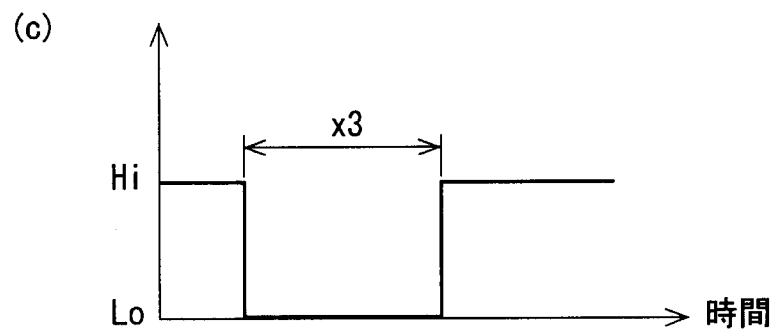
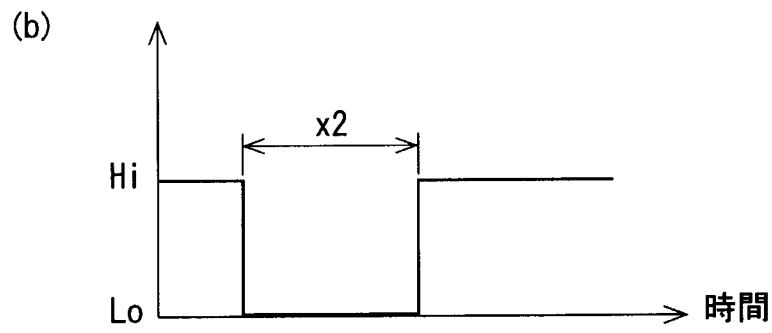
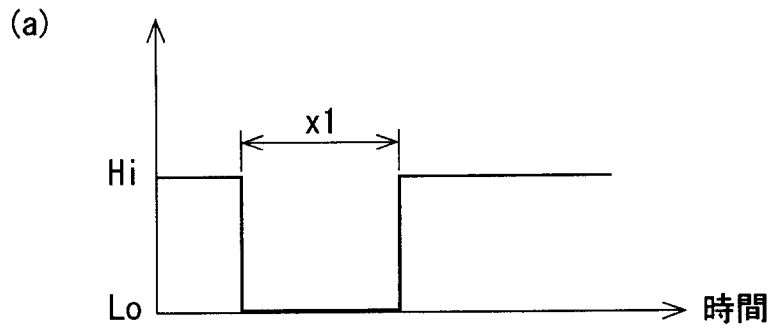
[図4]



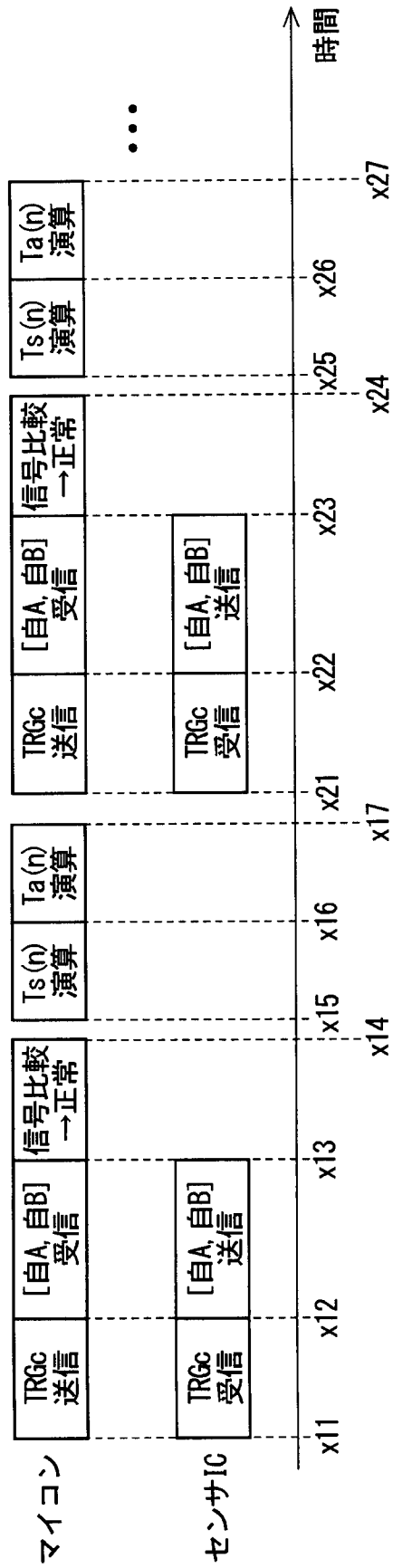
[図5]



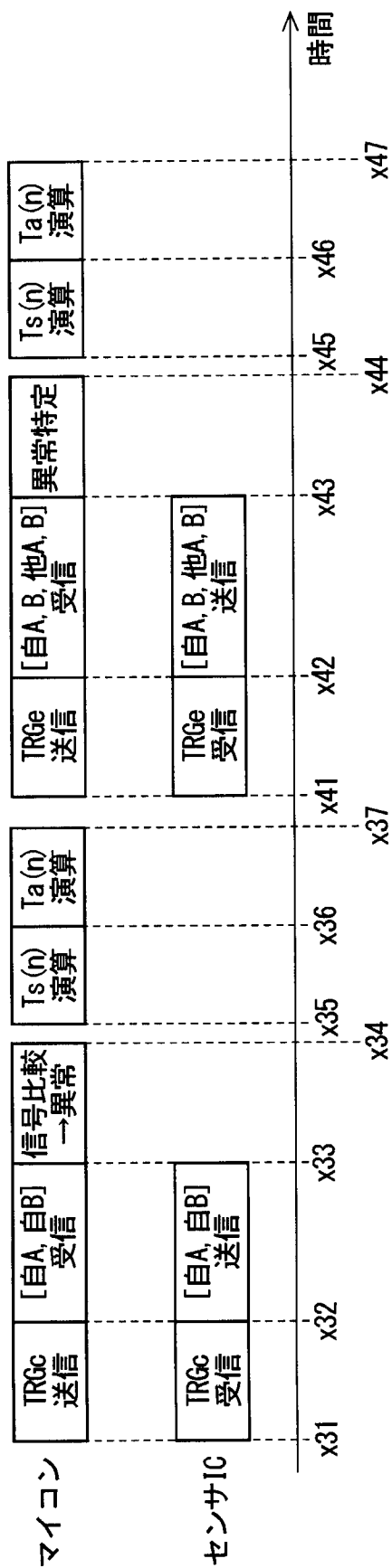
[図6]



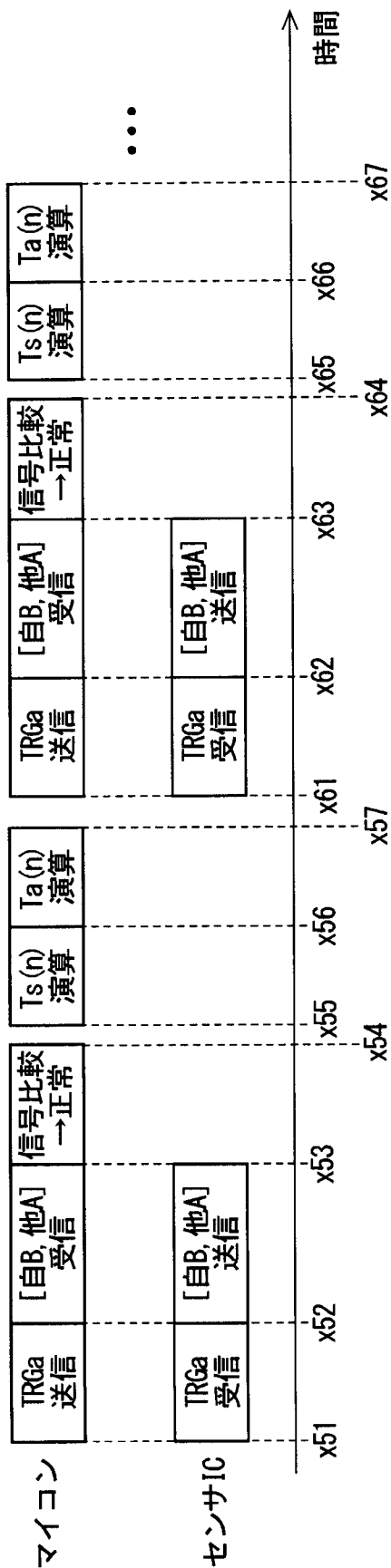
[図7]



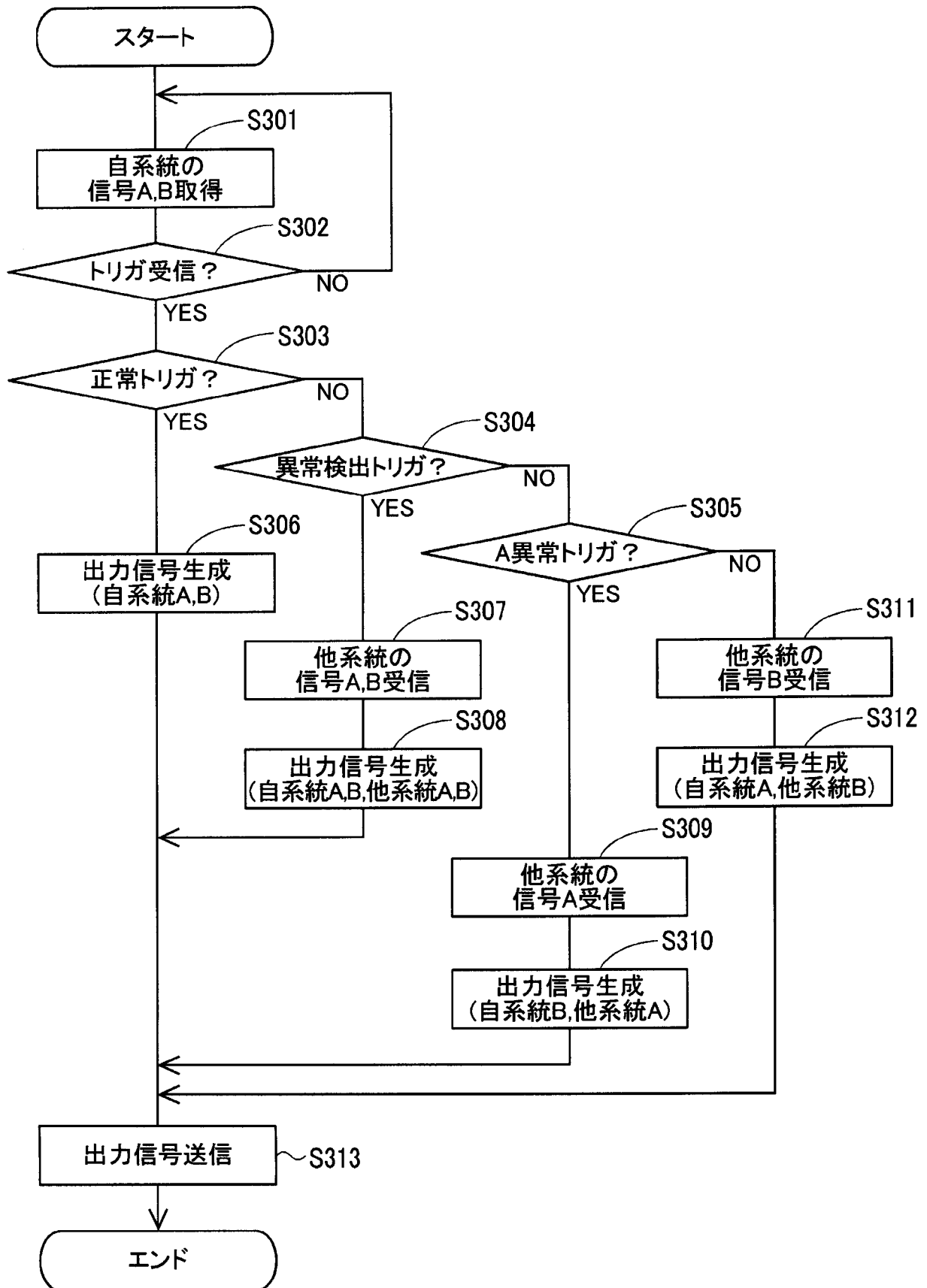
[図8]



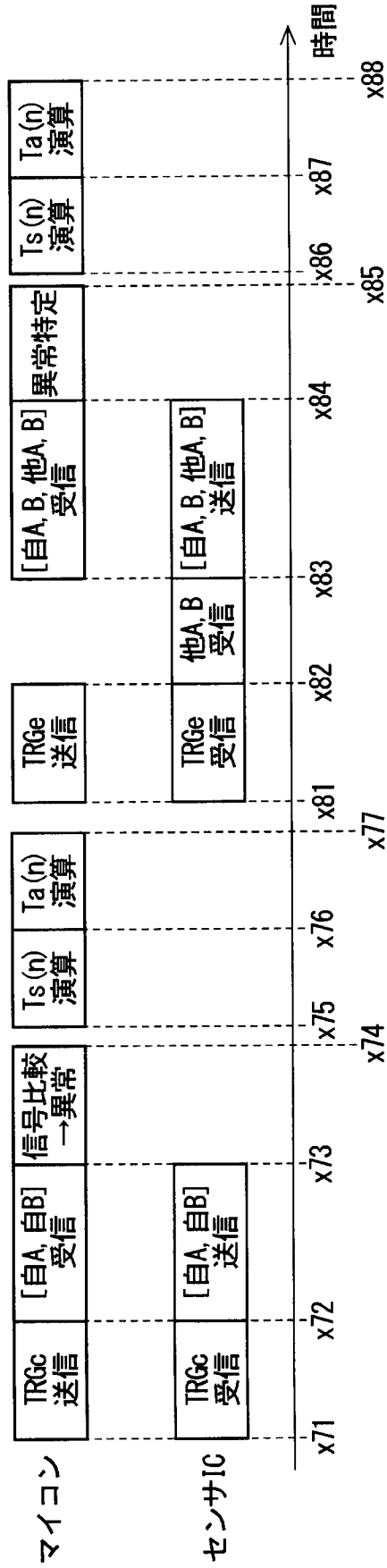
[図9]



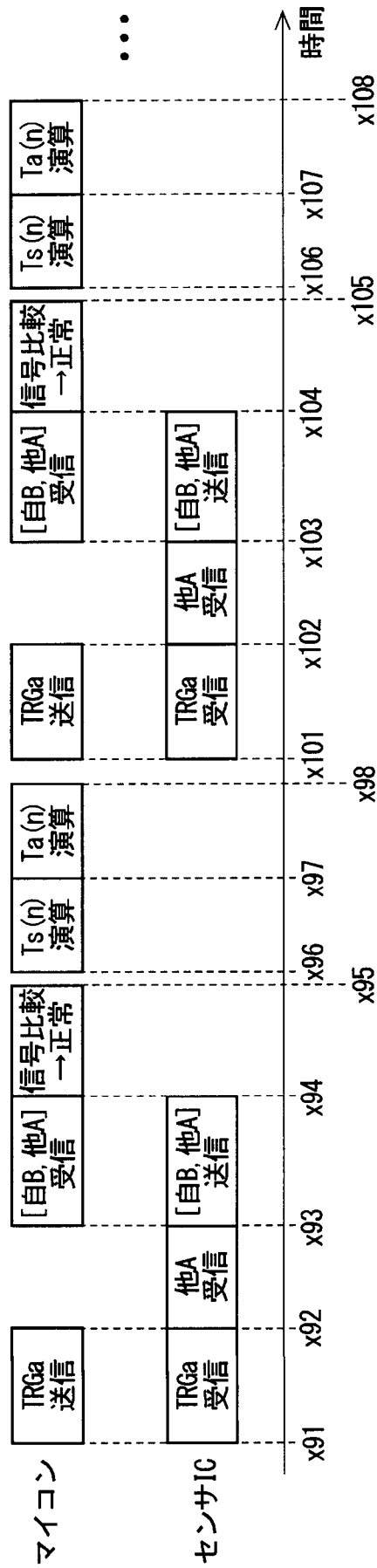
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/003500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L25/00(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, G01D5/12(2006.01)i, G01L3/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L25/00, B62D6/00, G01D5/12, G01L3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-081013 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 April 2015 (27.04.2015), paragraphs [0010] to [0034]; fig. 1 to 4B	1-10
A	WO 2014/064856 A1 (NSK Ltd.), 01 May 2014 (01.05.2014), paragraphs [0029] to [0057], [0069] to [0074]; fig. 1 to 2, 10	1-10
A	JP 2016-001953 A (JTEKT Corp.), 07 January 2016 (07.01.2016), paragraphs [0022] to [0059]; fig. 1 to 2	1-10
A	JP 2016-003984 A (JTEKT Corp.), 12 January 2016 (12.01.2016), paragraphs [0033] to [0038]; fig. 9	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 March 2017 (01.03.17)

Date of mailing of the international search report
21 March 2017 (21.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2017/003500

JP 2015-081013 A	2015.04.27	(Family: none)
WO 2014/064856 A1	2014.05.01	US 2015/0226627 A1 paragraphs [0065] to [0115], [0143] to [0154]; fig. 1 to 2, 10 EP 2913648 A1 CN 103930757 A KR 10-2015-0079670 A
JP 2016-001953 A	2016.01.07	(Family: none)
JP 2016-003984 A	2016.01.12	US 2015/0369679 A1 paragraphs [0031] to [0064]; fig. 1 to 2 EP 2957882 A1 CN 105270467 A

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01L25/00(2006.01)i, B62D6/00(2006.01)i, G01D5/12(2006.01)i, G01L3/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01L25/00, B62D6/00, G01D5/12, G01L3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-081013 A (三菱電機株式会社) 2015.04.27, 段落 [0010] - [0034], 図 1-4B	1-10
A	WO 2014/064856 A1 (日本精工株式会社) 2014.05.01, 段落 [0029] - [0057], [0069] - [0074], 図 1-2, 10	1-10
A	JP 2016-001953 A (株式会社ジェイテクト) 2016.01.07, 段落 [0022] - [0059], 図 1-2	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

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

国際調査を完了した日

01.03.2017

国際調査報告の発送日

21.03.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

公文代 康祐

2 F

4741

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-003984 A (株式会社ジェイテクト) 2016.01.12, 段落 [0033] - [0038] , 図9	1-10

JP 2015-081013 A	2015. 04. 27	ファミリーなし
WO 2014/064856 A1	2014. 05. 01	US 2015/0226627 A1, 段落 [0065] - [0115], [0143] - [0154], 図 1-2, 10 EP 2913648 A1 CN 103930757 A KR 10-2015-0079670 A
JP 2016-001953 A	2016. 01. 07	ファミリーなし
JP 2016-003984 A	2016. 01. 12	US 2015/0369679 A1, 段落 [0031] - [0064], 図 1-2 EP 2957882 A1 CN 105270467 A