

(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2012-46094  
(P2012-46094A)

(43) 公開日 平成24年3月8日(2012.3.8)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B 6 2 D 6/00</b> (2006.01)	B 6 2 D 6/00	3 D 2 3 2
<b>B 6 2 D 5/04</b> (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 2 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-190669 (P2010-190669)	(71) 出願人	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成22年8月27日 (2010.8.27)	(72) 発明者	板本 英則 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	益 啓純 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	伊藤 彰 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	中曽根 源平 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

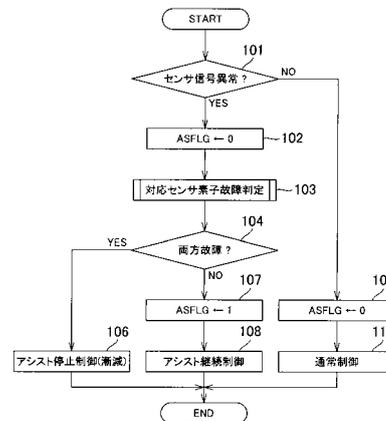
(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】一のセンサ信号に基づく操舵トルクの検出時において、より安定的にアシスト力付与を継続することができる電動パワーステアリング装置を提供すること。

【解決手段】 ECUは、故障が検出されていない方のセンサ素子が出力するセンサ信号（残存センサ信号）を用いたアシスト継続制御の実行時には、そのアシスト力の変化方向に関して、周期的に瞬発的なモータトルクを操舵系に印加すべくEPSアクチュエータの作動を制御する。そして、この瞬発的なモータトルクの印加が、そのアシスト継続制御の基礎となる残存センサ信号に反映されるか否かに基づいて、当該残存センサ信号の異常を検出する。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

モータを駆動源として操舵系にアシスト力を付与する操舵力補助装置と、  
ステアリングシャフトの途中に設けられたトーションバーの捩れに基づきセンサ信号を出力するトルクセンサと、  
前記センサ信号に基づき操舵トルクを検出するトルク検出手段と、  
前記操舵トルクに対応した前記アシスト力を発生させるべく前記操舵力補助装置の作動を制御する制御手段と、  
前記センサ信号の異常を検出する異常検出手段と、を備え、  
前記制御手段は、前記アシスト力と同一方向に、瞬発的なモータトルクを操舵系に印加すべく前記操舵力補助装置の作動を制御し、  
前記異常検出手段は、前記瞬発的なモータトルクの印加が前記センサ信号に反映されない場合に、該センサ信号の異常を検出すること、  
を特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

**【請求項 2】**

前記トルクセンサは、前記センサ信号を出力する複数の出力要素を有するものであって、  
前記制御手段による瞬発的なモータトルクの印加及び前記異常検出手段による異常検出は、故障の検出されていない前記出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いて前記アシスト力の付与を継続する場合に行なわれること、  
を特徴とする請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

20

**【請求項 3】**

前記制御手段は、周期的に前記瞬発的なモータトルクを印加するとともに、  
前記異常検出手段は、所定回数、前記センサ信号の異常が検出された場合に、  
該センサ信号に対応する出力要素が故障したと判断すること、  
を特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

**【請求項 4】**

前記制御手段は、前記センサ信号の異常が検出された場合には、前記瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くすること、  
を特徴とする請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

30

**【請求項 5】**

前記制御手段は、前記センサ信号の異常が検出されて故障と判定されるまでの間、前記瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くすること、  
を特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置。

**【請求項 6】**

前記制御手段は、前記瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くした後、正常な前記センサ信号が検出された場合には、該周期を回復させるべく長くすること、  
を特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の電動パワーステアリング装置。

**【請求項 7】**

前記制御手段は、前記アシスト力の大きさが所定の上限値から下限値までの範囲内であれば、前記瞬発的なモータトルクを印加し、  
前記アシスト力の大きさが所定の上限値から下限値までの範囲外であれば、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、  
を特徴とする請求項 1 ~ 請求項 6 の何れか一項に記載の電動パワーステアリング装置。

40

**【請求項 8】**

ステアリングに生じた操舵角を検出するステアリングセンサを有し、  
前記制御手段は、中立位置近傍に所定の操舵角範囲を設定し、  
前記ステアリングセンサの検出する操舵角が、前記操舵角範囲内に入って所定時間が経過した場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記

50

瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、

を特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 の何れか一項に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 9】

ステアリングに生じた操舵角を所定の検出範囲で検出するステアリングセンサを有し、前記制御手段は、前記ステアリングセンサの検出する操舵角が前記ステアリングセンサの検出範囲を超える場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、

を特徴とする請求項 1 ~ 請求項 8 の何れか一項に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 10】

前記モータに流れる電流値を検出する電流検出器を有し、

前記制御手段は、中立位置近傍に所定の電流値範囲を設定し、

前記電流検出器の検出する電流値が、前記電流値範囲内に入って所定時間が経過した場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、

を特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 の何れか一項に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 11】

前記制御手段は、前記操舵トルクに対応した前記アシスト力を発生させるべく電流指令値と前記モータに流れる実電流との偏差に基づくフィードバック制御手段を有し、

前記フィードバック制御手段のフィードバックゲインは、前記異常検出器から出力されるアシスト継続制御中フラッグによって決定されるフィードバックゲイン決定手段によって選択され、

前記フィードバックゲイン決定手段は、前記故障の検出されていない前記出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いて前記アシスト力の付与を継続する場合には、前記故障の検出されていない前記出力要素が残り二つ以上残存する場合に比較して、前記フィードバックゲインを大とすること、

を特徴とする請求項 1 ~ 請求項 10 の何れか一項に記載の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】

本発明は、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】

【0002】

通常、モータを駆動源とする電動パワーステアリング装置（EPS）は、ステアリングシャフトの途中に設けられたトーションバーの捩れに基づきセンサ信号を出力するトルクセンサを備えている。そして、そのセンサ信号に基づき検出される操舵トルクに対応したアシスト力を操舵系に付与すべく、そのモータトルクを制御する構成となっている。このため、従来、EPSにおいては、その操舵トルクの安定的且つ精度の良い検出が、最も重要な課題の一つとなっている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、非接触式の磁気検出素子をセンサ素子に用いることにより、トルクセンサから電氣的な接触部を廃し、その信頼性の向上を図る構成が開示されている。また、このような構成を採用することにより、トルクセンサの大型化を招くことなく、容易にセンサ素子数を増やすことができる。そして、そのセンサ信号の多重化により、操舵トルクの検出精度の向上を図るとともに、その残るセンサ信号に基づき操舵トルクを検出して、そのアシスト力付与を継続することが可能になる。

【0004】

更に、例えば、特許文献 2 には、何れかのセンサ信号が異常となった場合において、より高精度に、その故障した側のセンサ素子を特定する方法が開示されている。そして、これにより、そのアシスト継続制御が可能な状況を拡大することができる。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2003-149062号公報

【特許文献2】特開2000-185657号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、このようなセンサ信号の多重化による利益を享受するためには、当然ながら、少なくとも二つのセンサ信号が必要である。また、特に、磁気式のセンサ素子は、その温度特性にバラツキがあることから、高精度のトルク検出には、複数のセンサ信号を用いた補正処理が不可欠である。このため、従来、残るセンサ信号が一つになった後のアシスト継続制御は、速やかにそのアシスト力付与を停止すべく、その残りのセンサ信号を用いてアシスト力を漸次低減するに留まっていたのが実情であり、この点において、なお改善の余地を残すものとなっていた。

10

【0007】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、一のセンサ信号に基づく操舵トルクの検出時において、より安定的にアシスト力付与を継続することのできる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

上記問題点を解決するために、請求項1に記載の発明は、モータを駆動源として操舵系にアシスト力を付与する操舵力補助装置と、ステアリングシャフトの途中に設けられたトーションバーの捩れに基づきセンサ信号を出力するトルクセンサと、前記センサ信号に基づき操舵トルクを検出するトルク検出手段と、前記操舵トルクに対応した前記アシスト力を発生させるべく前記操舵力補助装置の作動を制御する制御手段と、前記センサ信号の異常を検出する異常検出手段と、を備え、前記制御手段は、前記アシスト力と同一方向に、瞬発的なモータトルクを操舵系に印加すべく前記操舵力補助装置の作動を制御し、前記異常検出手段は、その瞬発的なモータトルクの印加が前記センサ信号に反映されない場合に、該センサ信号の異常を検出すること、を要旨とする。

30

【0009】

請求項1の電動パワーステアリング装置によれば、アシスト力と同一方向に、瞬発的なモータトルクを印加することで、ステアリングシャフトに設けられたトーションバーに捩れを生じさせることができる。これにより、請求項1の電動パワーステアリング装置は、センサ信号が変化するタイミング及び変化方向を当然に予想し得る状況を作り出し、このような状況下において、トルクセンサのセンサ信号の変化を監視することにより、早期にその異常を検出することができる。また、請求項1の電動パワーステアリング装置は、一のセンサ信号を用いた操舵トルクの検出時においても、より安定的にそのアシスト力付与を継続することができる。

【0010】

40

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記トルクセンサは、前記センサ信号を出力する複数の出力要素を有するものであって、前記瞬発的なモータトルクの印加及びそのセンサ信号への反映に基づく異常検出は、故障の検出されていない前記出力要素が残り一つになった後、その残る出力要素が出力するセンサ信号を用いて前記アシスト力の付与を継続する場合に行なわれること、を要旨とする。

【0011】

瞬発的なモータトルクの印加及びその反映に基づくセンサ信号の異常検出は、請求項2のように、センサ信号を出力する複数の出力要素を有するものにおいて、より顕著な効果を奏する。例えば、複数の出力要素のいずれかが故障した場合であっても、その故障の検出されていない残りの出力要素が出力する残存センサを用いてアシスト力の付与を継続す

50

ることが可能となる。これにより、請求項 2 の電動パワーステアリング装置は、更なる信頼性の向上を図ることができる。

【0012】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載のいずれかに記載の発明において、前記制御手段は、周期的に前記瞬発的なモータトルクを印加するとともに、前記異常検出手段は、所定回数、前記センサ信号の異常が検出された場合に、該センサ信号に対応する出力要素が故障したと判断すること、を要旨とする。上記構成によれば、より正確に出力要素の故障を判定することができる。その結果、誤判定の発生を抑えて、より安定的に、そのアシスト力付与を継続することができるようになる。

【0013】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の発明において、前記制御手段は、前記センサ信号の異常が検出された場合には、前記瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くすること、を要旨とする。

【0014】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 3 又は請求項 4 に記載の発明において、前記制御手段は、前記センサ信号の異常が検出されて故障と判定されるまでの間、前記瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くすること、を要旨とする。

【0015】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 4 又は請求項 5 に記載の発明において、前記制御手段は、前記瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くした後、正常な前記センサ信号が検出された場合には、該周期を回復させるべく長くすること、を要旨とする。

【0016】

即ち、迅速且つ高精度に故障判定を行う観点からは、上記瞬発的なモータトルクの印加周期は、より短い方が好ましい。しかしながら、その印加周期の短縮化は、その操舵フィーリングを悪化させる方向に作用する。この点、上記各構成によれば、アシスト継続制御の実行時における良好な操舵フィーリングを確保しつつ、迅速且つ高精度に、そのセンサ信号に対応する出力要素の故障判定を行うことができる。

【0017】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 6 の何れか 1 項に記載の発明において、前記制御手段は、前記アシスト力の大きさが所定の上限値から下限値までの範囲内であれば、前記瞬発的なモータトルクを印加し、前記アシスト力の大きさが所定の上限値から下限値までの範囲外であれば、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、を要旨とする。

【0018】

請求項 7 の電動パワーステアリング装置は、瞬発的なモータトルクの印加を、アシスト力の大きさが所定の範囲内にあるときに限定し、他の範囲では印加する瞬発的なモータトルクを小さくするか、又は瞬発的なモータトルクの印加を停止することで、通電量を減らし、モータ等における発熱を抑えることができる。また、瞬発的なモータトルクの印加をアシスト力の大きさが所定の範囲外の場合に、続けて小さな瞬発的なモータトルクを印加することで運転者に絶えずトルクセンサの故障診断を行なっていることを認識させることができる。

【0019】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 7 の何れか 1 項に記載の発明において、ステアリングに生じた操舵角を検出するステアリングセンサを有し、前記制御手段は、中立位置近傍に所定の操舵角範囲を設定し、前記ステアリングセンサの検出する操舵角が、前記操舵角範囲内に入って所定時間が経過した場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、を要旨とする。

【0020】

請求項 8 の電動パワーステアリング装置は、中立位置近傍に設定される所定の操舵角範

10

20

30

40

50

困に操舵角が移行して、所定時間に満たない場合には、瞬発的なモータトルクを印加する一方、所定時間が経過した場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は瞬発的なモータトルクの印加を停止する。これにより、請求項 8 の電動パワーステアリング装置は、操舵角が中立位置近傍に達する度に異常検出が中断されるのを防止するとともに、所定時間経過後は通電量を抑制することによりモータ等の発熱を抑えることができる。また、操舵角が中立位置近傍に達した後、所定時間経過後も大きさを小さくして瞬発的なモータトルクの印加を続けることで、運転者に絶えずトルクセンサの故障診断を行なっていることを認識させることができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 8 の何れか 1 項に記載の発明において、ステアリングに生じた操舵角を所定の検出範囲で検出するステアリングセンサを有し、前記制御手段は、前記ステアリングセンサの検出する操舵角が前記ステアリングセンサの検出範囲を超える場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、を要旨とする。

10

【 0 0 2 2 】

即ち、ステアリングセンサの検出する操舵角がステアリングセンサの検出範囲を超える場合、ステアリングシャフトに設けられたトーションバーには既に、大きな捩れを生じている。したがって、このような状況において瞬発的なモータトルクを印加しても、センサ信号が変化するタイミング及び変化方向を検出するのは困難であり、誤検出のおそれがある。そこで、請求項 9 の電動パワーステアリング装置は、ステアリングセンサの検出する操舵角がステアリングセンサの検出範囲を超える場合には、瞬発的なモータトルクの印加を停止して、通電量を減らしモータ等の発熱を抑えることができる。その結果、誤検出の発生をなくすことができる。

20

【 0 0 2 3 】

請求項 10 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 7 の何れか一項に記載の発明において、モータに流れる電流値を検出する電流検出器を有し、前記制御手段は、中立位置近傍に所定の電流値範囲を設定し、前記電流検出器の検出する電流値が、前記電流値範囲内に入って所定時間が経過した場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止すること、を要旨とする。

【 0 0 2 4 】

請求項 10 の電動パワーステアリング装置は、中立位置近傍に設定される所定の電流値範囲に実電流が移行して、所定時間に満たない場合には、瞬発的なモータトルクを印加する一方、所定時間が経過した場合には、印加する前記瞬発的なモータトルクの大きさを小さくするか、又は前記瞬発的なモータトルクの印加を停止する。これにより、請求項 10 の電動パワーステアリング装置は、電流値が中立位置近傍に達する度に異常検出が中断されるのを防止するとともに、所定時間経過後は通電量を抑制することによりモータ等の発熱を抑えることができる。また、実電流が中立位置近傍に達した後、所定時間経過後も大きさを小さくして瞬発的なモータトルクの印加を続けることで、運転者に絶えずトルクセンサの故障診断を行なっていることを認識させることができる。

30

【 0 0 2 5 】

請求項 11 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 10 の何れか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記操舵トルクに対応した前記アシスト力を発生させるべく電流指令値と前記モータに流れる実電流との偏差に基づくフィードバック制御手段を有し、前記フィードバック制御手段のフィードバックゲインは、前記異常検出器から出力されるアシスト継続制御中フラグによって決定されるフィードバックゲイン決定手段によって選択され、前記フィードバックゲイン決定手段は、前記故障の検出されていない前記出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いて前記アシスト力の付与を継続する場合には、前記故障の検出されていない前記出力要素が残り二つ以上残存する場合に比較して、前記フィードバックゲインを大とすること、を要旨とする。

40

【 0 0 2 6 】

50

請求項 11 の電動パワーステアリング装置は、故障の検出されていない出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いてアシスト力の付与を継続する場合には、前記故障の検出されていない前記出力要素が残り二つ以上残存する場合に比較して、フィードバック制御手段のフィードバックゲインを大とする。これにより、請求項 11 の電動パワーステアリング装置は、故障の検出されていない出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いてアシスト力の付与を継続し、残存するトルクセンサの信頼性を向上させるために瞬発的なモータトルクの印加が生じた場合には、残る出力要素が出力するセンサ信号を応答良く出力することができる。

【発明の効果】

【0027】

10

本発明によれば、一のセンサ信号に基づく操舵トルクの検出時において、より安定的にアシスト力付与を継続することが可能な電動パワーステアリング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図 1】電動パワーステアリング装置（EPS）の概略構成図。

【図 2】EPS の制御ブロック図。

【図 3】EPS のモータ制御信号出力部の制御ブロック図。

【図 4】トルクセンサの異常発生モードに応じたパワーアシスト制御の様態を示すフローチャート。

20

【図 5】残存センサ信号の異常検出の処理手順を示すフローチャート。

【図 6】A)、B) ゲインマップの概略構成図。

【図 7】車両のある仮想操舵状態 1 における基本アシスト制御量及び操舵角の出力図。

【図 8】車両のある仮想操舵状態 2 における基本アシスト制御量及び操舵角の出力図。

【図 9】車両のある仮想操舵状態 3 における基本アシスト制御量及び操舵角の出力図。

【図 10】基本アシスト制御量の状態判定の処理手順を示すフローチャート。

【図 11】試験トルク制御量算出の処理手順を示すフローチャート。

【図 12】車両のある仮想操舵状態 1 における電流指令値及び操舵角の出力図。

【図 13】車両のある仮想操舵状態 2 における電流指令値及び操舵角の出力図。

【図 14】車両のある仮想操舵状態 3 における電流指令値及び操舵角の出力図。

30

【図 15】瞬発的なモータトルクの印加時のトルクセンサの出力図。

【図 16】車両のある仮想操舵状態 1 における瞬発的なモータトルクの印加時のトルクセンサの出力図。

【図 17】残存センサ信号に対応するセンサ素子の故障判定の処理手順を示すフローチャート。

【図 18】瞬発的なモータトルクの印加周期の変更に関する処理手順を示すフローチャート。

【図 19】アシスト継続制御時における瞬発的なモータトルクの印加様態を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

40

以下、本発明をコラム型の電動パワーステアリング装置に具体化した一実施形態を図面に従って説明する。

図 1 に示すように、本実施形態の電動パワーステアリング装置（EPS）1 において、ステアリング 2 が固定されたステアリングシャフト 3 は、ラックアンドピニオン機構 4 を介してラック軸 5 と連結されており、ステアリング操作に伴うステアリングシャフト 3 の回転は、ラックアンドピニオン機構 4 によりラック軸 5 の往復直線運動に変換される。尚、本実施形態のステアリングシャフト 3 は、コラムシャフト 3a、インターミディエイトシャフト 3b、及びピニオンシャフト 3c を連結してなる。そして、このステアリングシャフト 3 の回転に伴うラック軸 5 の往復直線運動が、同ラック軸 5 の両端に連結されたタイロッド 6 を介して図示しないナックルに伝達されることにより、転舵輪 7 の舵角、即ち車

50

両の進行方向が変更される。

【0030】

また、EPS1は、操舵系にステアリング操作を補助するためのアシスト力を付与する操舵力補助装置としてのEPSアクチュエータ10と、該EPSアクチュエータ10の作動を制御する制御手段としてのECU11とを備えている。

【0031】

本実施形態のEPSアクチュエータ10は、駆動源であるモータ12が減速機構13を介してコラムシャフト3aと駆動連結された所謂コラム型のEPSアクチュエータとして構成されている。尚、本実施形態では、モータ12には、ブラシ付きの直流モータが採用されている。そして、EPSアクチュエータ10は、モータ12の回転を減速してコラムシャフト3aに伝達することにより、そのモータトルクをアシスト力として操舵系に付与する構成となっている。

10

【0032】

一方、ECU11には、トルクセンサ14、車速センサ15、及び舵角検出手段としてのステアリングセンサ(操舵角センサ)16が接続されている。そして、ECU11は、これら各センサの出力信号に基づいて、操舵トルク、車速V及び操舵角 $\delta$ を検出する。

【0033】

本実施形態のトルクセンサ14は、そのセンサ素子(14a、14b)に磁気検出素子(ホールIC)を用いた磁気式のトルクセンサである。本実施形態では、コラムシャフト3aの途中、詳しくは、上記EPSアクチュエータ10を構成する減速機構13よりもステアリング2側にトーションバー17が設けられている。そして、本実施形態のトルクセンサ14は、このトーションバー17の捩れに基づいて、ステアリングシャフト3を介して伝達される操舵トルクを検出可能なセンサ信号Sa、Sbを出力するセンサ素子14a、14bを備えて構成されている。

20

【0034】

尚、このようなトルクセンサは、例えば、上記特許文献1に記載のように、トーションバー17の捩れに基づき磁束変化が生ずるセンサコア(図示略)の外周に、二つの磁気検出素子(本実施形態ではホールIC)を上記各センサ素子14a、14bとして配置することにより形成することが可能である。

30

【0035】

即ち、回転軸であるステアリングシャフト3のトルク入力によりトーションバー17が捩れることで、その各センサ素子14a、14bを通過する磁束が変化する。そして、本実施形態のトルクセンサ14は、その磁束変化に伴い変動する各センサ素子14a、14bの出力電圧を、それぞれセンサ信号Sa、SbとしてECU11に出力する構成となっている。

【0036】

また、本実施形態のステアリングセンサ16は、トルクセンサ14よりもステアリング2側において、コラムシャフト3aに固定された回転子18と、該回転子18の回転に伴う磁束変化を検出するセンサ素子(ホールIC)19とを備えた磁気式の回転角センサである。ステアリングセンサ16は、磁束変化に伴い変動するセンサ素子19の出力電圧を、センサ信号 $\delta$ としてECU11に出力する。

40

【0037】

本実施形態では、トルク検出手段としてのECU11は、このトルクセンサ14、詳しくはその出力要素としての各センサ素子14a、14bが出力する各センサ信号Sa、Sbに基づいて操舵トルクを検出する。そして、ECU11は、その操舵トルク及び車速センサ15により検出される車速Vに基づき目標アシスト力を演算し、当該目標アシスト力をEPSアクチュエータ10に発生させるべく、その駆動源であるモータ12に駆動電力を供給することにより、操舵系に付与するアシスト力を制御する構成となっている。

【0038】

50

次に、本実施形態のEPSにおけるアシスト制御の態様について説明する。

図2は、本実施形態のEPSの制御ブロック図である。同図に示すように、ECU11は、モータ制御信号を出力するマイコン21と、そのモータ制御信号に基づいて、EPSアクチュエータ10の駆動源であるモータ12に駆動電力を供給する駆動回路22とを備えている。

#### 【0039】

詳述すると、本実施形態のマイコン21は、EPSアクチュエータ10に発生させるべき目標アシスト力に対応した電流指令値 $I^*$ を演算する電流指令値演算部23と、電流指令値演算部23により算出された電流指令値 $I^*$ に基づいてモータ制御信号を出力するモータ制御信号出力部24と、トルクセンサ14が出力する各センサ信号 $S_a$ 、 $S_b$ に基づいて操舵トルクを検出する操舵トルク検出部25と、を備えている。

電流指令値演算部23は、操舵トルク検出部25が検出する操舵トルク及び上記車速センサ15が検出する車速 $V$ を用いて、目標アシスト力の基礎成分として $I_{as}^*$ を演算する。操舵トルク検出部25は、トルクセンサ14から出力される二系統のセンサ信号 $S_a$ 、 $S_b$ を用いた補正処理（温度特性等）を行うことで、高精度に、操舵トルクの検出を行う。

#### 【0040】

図2に示すように、電流指令値演算部23は、操舵トルク及び車速 $V$ が入力し基本アシスト制御量 $I_{as}^*$ を生成するアシスト制御部26を備える。アシスト制御部26は、その操舵トルク（の絶対値）が大きいほど、又は、その車速 $V$ が小さいほど、より大きなアシスト力が操舵系に付与されるように、より大きな値（絶対値）を有する基本アシスト制御量 $I_{as}^*$ を演算する。尚、本実施形態では、この基礎成分としての基本アシスト制御量 $I_{as}^*$ の演算は、車速感应型の三次元マップを用いて行われる。

#### 【0041】

このように、電流指令値演算部23は、アシスト制御部26が演算する基本アシスト制御量 $I_{as}^*$ を、そのパワーアシスト制御における目標アシスト力の基礎成分として、モータ制御信号出力部24に供給する電流指令値 $I^*$ を演算する。また、モータ制御信号出力部24には、この電流指令値演算部23により演算された電流指令値 $I^*$ と共に、電流センサ（電流検出器）27により検出されるモータ12の実電流値 $I$ が入力される。そして、本実施形態のモータ制御信号出力部24は、その電流指令値 $I^*$ に実電流値 $I$ を追従させるべく、電流フィードバック制御の実行により、モータ制御信号を生成する。

#### 【0042】

本実施形態のECU11では、このようにして生成されたモータ制御信号をマイコン21が駆動回路22に出力する。駆動回路22は、モータ制御信号に基づく駆動電力をモータ12に供給することにより、EPSアクチュエータ10の作動を制御する。これにより、ECU11は、そのパワーアシスト制御を実行する。

#### 【0043】

（トルクセンサ異常時のアシスト継続制御）

次に、本実施形態のEPSにおけるトルクセンサ異常時のアシスト継続制御について説明する。

図2に示すように、電流指令値演算部23は、基本アシスト制御量 $I_{as}^*$ 及び操舵角 $\delta$ から車両の操舵状態を示すFLG信号（本実施形態では、0、1、2のいずれか）を生成するアシスト制御量判定部28と、アシスト制御部28から入力されるFLG信号に基づき瞬発的なモータトルクの基礎成分としての試験トルク制御量 $I_{tt}^*$ を出力する試験トルク制御部31と、アシスト電流切替部29と、車両が直進状態に移行してからの経過時間 $T_h$ を計測するタイマ34と、を備える。

#### 【0044】

試験トルク制御部31は、試験トルク制御量 $I_{tt}^*$ を出力する毎に、試験トルク制御量 $I_{tt}^*$ に基づく瞬発的なモータトルクが印加される旨を示す印加信号 $S_{im}$ を異常検出部30に出力する。また、試験トルク制御部31は、アシスト制御量判定部28から入力され

るFLG信号に基づいて、アシスト電流切替部29にアシスト電流切替信号Sichを出力すると共に、瞬発的なモータトルクを発生させる基礎成分である試験トルク制御量Itt\*を加算器33に出力する。尚、試験トルク制御部31が出力する試験トルク制御量Itt\*は、当該試験トルク制御量Itt\*に基づく瞬発的なモータトルクの印加時、その慣性によりステアリング2がほとんど動かない程度に、一回当たりの出力時間(本実施形態では、1ms)が設定されている。

【0045】

アシスト電流切替部29は、試験トルク制御部31から出力されるアシスト電流切替信号Sichに基づき接点Pを接点Q又は接点Rのいずれかに切り替えることで、基本アシスト制御量Ias\*を切り替える。即ち、アシスト電流切替信号Sichが「1」の場合、アシスト電流切替部29は、接点P、Qを接続し、アシスト制御部26から入力された基本アシスト制御量Ias\*をそのまま出力する。また、アシスト電流切替信号Sichが「0」の場合、アシスト電流切替部29は、接点P、Rを接続し、アシスト制御部26から入力された基本アシスト制御量Ias\*に代えて「0値」を基本アシスト制御量Ias\*として出力する。

10

【0046】

また、図2に示すように、マイコン21には、トルクセンサ14が出力する各センサ信号Sa、Sbの異常を検出する異常検出部30が設けられている。ECU11(マイコン21)は、異常検出部30の異常検出に基づいてトルクセンサ14の異常を判定する。そして、制御手段及び異常検出手段としてのECU11は、異常検出部30によって検出されるトルクセンサ14の異常発生モードに応じて、そのパワーアシスト制御を実行する。

20

【0047】

詳述すると、図4のフローチャートに示すように、マイコン21は、その異常検出部30において各センサ信号Sa、Sbの異常を検出すると(ステップ101:YES)、アシスト継続制御中を示すフラグASFLG(状態量を示すフラグ:メモリ)に0を書き込む(ステップ102)。次に、ステップ101で検出した異常検出の結果に基づいて、各センサ信号Sa、Sbの出力要素である各センサ素子14a、14bの故障判定(検出)を実行する(ステップ103)。そして、各センサ素子14a、14bの両方がともに故障したと判定される場合(ステップ104:YES)には、速やかにパワーアシスト制御を停止してフェールセーフを図るべく、そのアシスト力を漸次低減する制御を実行する(アシスト停止制御、ステップ106)。また、試験トルク制御部31は、異常検出部30から入力される異常検出信号Strに基づき、試験トルク制御量Itt\*の出力を停止する。

30

【0048】

尚、本実施形態では、上記ステップ101における各センサ信号Sa、Sbについての異常検出は、各センサ信号Sa、Sbの値が正常時に取り得る値を逸脱するものであるか否かの判定、並びに、その各値及び単位時間の変化量等の比較判定に基づいて行われる(例えば、上記特許文献2参照)。また、上記ステップ101において、正常な各センサ信号Sa、Sbが検出された場合(ステップ101:NO)、マイコン21は、アシスト継続制御中を示すフラグASFLGに0を書き込み(ステップ109)通常のパワーアシスト制御を実行する(ステップ110)。

【0049】

また、本実施形態のマイコン21は、上記ステップ104において、各センサ信号Sa、Sbに対応する各センサ素子14a、14bの何れか一方のみが故障したと判定される場合(ステップ104:NO)には、その残るセンサ素子が出力するセンサ信号(残存センサ信号)に基づいて操舵トルクを検出する。そして、アシスト継続制御中を示すフラグASFLGに1を書き込み(ステップ107)、その残存センサ信号を用いたパワーアシスト制御を継続する構成となっている(アシスト継続制御、ステップ108)。

40

【0050】

図2に示すように、異常検出部30が実行する各センサ信号Sa、Sbの異常検出、及びその対応する各センサ素子14a、14bの故障検出の結果は、異常検出信号Strとして電流指令値演算部23及び操舵トルク検出部25に入力される。また、アシスト継続制御

50

中を示すフラグ A S F L G も異常検出部 30 からモータ制御信号出力部 24 に入力される。そして、電流指令値演算部 23 は、各センサ信号 S a , S b に対応する各センサ素子 14 a , 14 b の両方がともに故障した旨を示す異常検出信号 S t r が入力された場合には、その電流指令値 I \* の出力を停止する。

【 0 0 5 1 】

また、異常検出信号 S t r が、各センサ素子 14 a , 14 b の何れか一方のみが故障した旨を示す場合、操舵トルク検出部 25 は、故障していないセンサ素子が出力する残存センサ信号を用いることにより、その操舵トルクを検出する。本実施形態の E P S 1 は、残存センサ信号から検出される操舵トルクを用いて、電流指令値 I \* の演算及び出力を続行し、アシスト継続制御を行う。尚、この場合、上記のような二つのセンサ信号 S a , S b を用いた補完処理は実行されない。

10

【 0 0 5 2 】

次に、図 3 に基づいてモータ制御信号出力部 24 の説明を行なう。モータ制御信号出力部 24 には、電流指令値 I \* 、実電流値 I 及びアシスト継続制御中を示すフラグ A S F L G が入力され、モータ制御信号が駆動回路 22 に出力される。モータ制御信号出力部 24 には、電流指令値 I \* と実電流値 I の差分を演算する減算器 40 と、減算器 40 の出力である電流偏差値 I を増幅する P I 制御演算部 41 がある。P I 制御演算部 41 の出力となる電圧指令値 V \* は P W M 演算部 42 に入力され、D u t y 比が演算された後、P W M 出力部 43 よりモータ制御信号として後段の駆動回路 22 に出力される。

【 0 0 5 3 】

20

また、モータ制御信号出力部 24 に入力されたアシスト継続制御中を示すフラグ A S F L G は、P I 制御演算部 41 の比例ゲイン K p 及び積分ゲイン K i の値を決定するフィードバックゲイン決定部 44 に入力される。フィードバックゲイン決定部 44 は図 6 の A ) 、 B ) で示される 2 種類のゲインマップを有する。即ち、通常制御中をあらわす A S F L G = 0 とアシスト継続制御中をあらわす A S F L G = 1 のゲインマップである。通常制御中をあらわす A S F L G = 0 ゲインマップは比例ゲイン K p 1 と積分ゲイン K i 1 ( 図 6 の A ) ) である。また、アシスト継続制御中をあらわす A S F L G = 1 のゲインマップは比例ゲイン K p 2 と積分ゲイン K i 2 ( 図 6 の B ) ) である。ここで K p 1 < K p 2 及び K i 1 < K i 2 に設定されている。こうすることにより、アシスト継続制御中に瞬発的なモータトルクの印加が生じた場合には、残る出力要素が出力するセンサ信号を応答良く出力することができる。

30

【 0 0 5 4 】

ここで、各センサ素子 14 a , 14 b の何れか一方が故障した場合、残存センサ信号については、当然ながら上記のような他のセンサ信号との比較に基づく異常判定 ( 検出 ) を行うことができない。そこで、本実施形態の E C U 11 は、アシスト継続制御において、E P S 本来の機能であるアシスト力の付与に関連して、周期的に瞬発的なモータトルクを操舵系に印加し、残存センサ信号の異常を検出する。具体的には、瞬発的なモータトルクが操舵系に印加されると、瞬発的なモータトルクに起因する捩れが操舵系を構成するトーションバー 16 生じる。本実施形態の E C U 11 は、この瞬発的なモータトルクに起因する捩れが、残存センサ信号に反映されるか否かに基づいて、当該残存センサ信号の異常検出を行う。

40

【 0 0 5 5 】

即ち、本実施形態の E P S 1 は、その残存センサ信号の変化を監視することにより、当該残存センサ信号が明らかに異常な値を示す以前の段階で、早期に、その異常を検出することが可能となっている。例えば、図 16 に示すように、本実施形態の E P S 1 は、瞬発的なモータトルクを印加するための制御成分として試験トルク制御量 I t t \* を時点 t ( 1 ) から所定時間 t r ( 本実施形態では、1 m s ) 出力し、操舵系に瞬発的なモータトルクを印加する。操舵系に瞬発的なモータトルクが印加されると、試験トルク制御量 I t t \* が出力された時点 t ( 1 ) から所定時間 t r r ( 本実施形態では、10 m s ) 後に、瞬発的なモータトルクに起因する捩れがトーションバーに生じる。E P S 1 は、試験トルク制御量 I

50

$t_{tt^*}$ が出力された時点から所定時間 $t_{rr}$ における操舵トルク  $\tau$  の変化量  $\Delta\tau$  を測定し、この変化量  $\Delta\tau$  が所定値（本実施形態では、 $0.5 \text{ N m}$ ）以下であることを条件として、残存センサ信号に対応するセンサ素子が異常であると判定する。

【0056】

本実施形態において、操舵系に対する瞬発的なモータトルクの印加は、車両の操舵状態に応じて大きさ且つその印加方向が変化する。以下に、具体的な車両の操舵状態を仮想し、瞬発的なモータトルクの印加方法を説明する。

【0057】

図7～図9は、車両のある操舵状態を仮想した場合における基本アシスト制御量及び操舵角の出力図である。図7～図9の左縦軸は、基本アシスト制御量  $I_{as^*}$ を表し、右縦軸は、操舵角  $\delta$ を表し、横軸は時間軸を表す。ここで図7～図9の左縦軸には、+側試験トルク制御量である第1所定電流値  $I_{a1}$ 及び-側試験トルク制御量である第2所定電流値  $-I_{a1}$ が設定されている。第1所定電流値  $I_{a1}$ 及び第2所定電流値  $-I_{a1}$ は、瞬発的なモータトルクを発生させる基礎成分である試験トルク制御量  $I_{tt^*}$ の値であり、車両の系や環境に応じて適宜設定される。また、第1所定電流値  $I_{a1}$ 及び第2所定電流値  $-I_{a1}$ は、トルクセンサ14の各センサ素子14a, 14bの何れか一方が故障したことに運転者が気付くと共に、瞬発的なモータトルクの慣性によってステアリング2がほとんど動かない程度の大きさ（本実施形態では、 $60 \text{ A}$ ）に設定されている。

【0058】

また、右縦軸には、+側中立位置近傍の第1所定操舵角  $\delta_{s1}$ 、+側最大操舵角である第2所定操舵角  $\delta_{smax}$ 、-側中立位置近傍の第3所定操舵角  $-\delta_{s1}$ 及び-側最大操舵角である第4所定操舵角  $-\delta_{smax}$ が設定されている。第1所定操舵角  $\delta_{s1}$ および第3所定操舵角  $-\delta_{s1}$ は、車両が直進走行か否かを判断する基準値である。また第2所定操舵角  $\delta_{smax}$ は、ステアリング2の右エンド角であり、第4所定操舵角  $-\delta_{smax}$ は、ステアリング2の左エンド角である。

【0059】

また、図7～図9の横軸は、車両の操舵状態に応じて複数のゾーン（本実施形態では、ゾーンA～Fの6種類）に分割される。ゾーンAは、ハンドルを右に操舵した場合の切込み状態、ゾーンBは、ハンドルを右に操舵した場合の切戻し状態、ゾーンCは、ハンドルを中立に戻した直進走行状態、ゾーンDは、ハンドルを左に操舵した場合の切込み状態、ゾーンEは、ハンドルが左エンド一杯まで切込まれた、いわゆるエンド当て状態、そしてゾーンFは、ハンドルを左に操舵した場合の切戻し状態、にそれぞれ対応している。

【0060】

図7の操舵状態1は、4つのゾーン（ゾーンA、B、D、F）に分割される。操舵状態1では、全操舵領域において、操舵角  $\delta$ が、第2所定操舵角  $\delta_{smax}$ 以下、且つ、第4所定操舵角  $-\delta_{smax}$ 以上である。また、全操舵領域において、基本アシスト制御量  $I_{as^*}$ が第1所定電流値  $I_{a1}$ 以下、且つ、第2所定電流値  $-I_{a1}$ 以上である。

【0061】

図8の操舵状態2は、5つのゾーン（ゾーンA、B、D、E、F）に分割される。操舵状態2では、ゾーンEの操舵領域で操舵角  $\delta$ が第4所定操舵角  $-\delta_{smax}$ まで達している。また、基本アシスト制御量  $I_{as^*}$ は、ゾーンEの操舵領域で第2所定電流値  $-I_{a1}$ よりも小さい数値になっている。即ち、操舵状態2は、操舵状態1に比べ操舵角  $\delta$ が大きく、エンド当て状態を有することを特徴とする。

【0062】

図9の操舵状態3は、4つのゾーン（ゾーンA、B、C、D）に分割される。操舵状態3は、ゾーンCの操舵領域で操舵角  $\delta$ が、第1所定操舵角  $\delta_{s1}$ 以下、且つ、第3所定操舵角  $-\delta_{s1}$ 以上である。また、基本アシスト制御量  $I_{as^*}$ が全操舵領域で、第1所定電流値  $I_{a1}$ 以下、且つ、第2所定電流値  $-I_{a1}$ 以上である。即ち、操舵状態3は、直進走行状態を有することを特徴とする。

【0063】

10

20

30

40

50

次に、図7～図9の車両操舵状態からアシスト制御量判定部28が、車両の操舵状態を判定しFLG信号を生成する処理手順を、図10のフローチャートに従って説明する。

【0064】

図10のフローチャートに示すように、アシスト制御量判定部28は、まず操舵角  $s$  が第2所定操舵角  $s_{max}$ 以下か否かを判定する(ステップ801)。操舵角  $s$  が第2所定操舵角  $s_{max}$ 以下の場合(ステップ801: YES)、アシスト制御量判定部28は、操舵角  $s$  が第1所定操舵角  $s_l$ 以上か否かを判定する(ステップ802)。操舵角  $s$  が第1所定操舵角  $s_l$ 以上の場合(ステップ802: YES)、アシスト制御量判定部28は、基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が第1所定電流値  $I_{a1}$ 以下か否かを判定する(ステップ803)。

10

【0065】

ここで、括弧内の $n$ は第 $n$ 番目のサンプリング値であることを示す。基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が第1所定電流値  $I_{a1}$ 以下の場合(ステップ803: YES)、アシスト制御量判定部28は、操舵角  $s$  が第1所定操舵角  $s_l$ 以上であるためアシスト力の大きさが正領域(本実施形態では、右切込み状態または右切戻し状態、即ち、車両が、ゾーンAまたはゾーンBの操舵状態)であると判定し、FLG(状態量を示すフラグ:メモリ)に1を書き込み(ステップ804)、この処理を終える。

【0066】

ステップ803において、基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が第1所定電流値  $I_{a1}$ より大きい場合(ステップ803: NO)、アシスト制御量判定部28は、基本アシスト制御量  $I_{as^*}$  が既に上限値に達していると判定して、FLGに0を書き込み(ステップ805)、この処理を終える。

20

【0067】

ステップ802において、操舵角  $s$  が第1所定操舵角  $s_l$ 未満の場合(ステップ802: NO)、アシスト制御量判定部28は、操舵角  $s$  が第3所定操舵角  $-s_l$ 以下か否かを判定する(ステップ806)。操舵角  $s$  が第3所定操舵角  $-s_l$ 以下の場合(ステップ806: YES)、アシスト制御量判定部28は、操舵角  $s$  が第4所定操舵角  $-s_{max}$ 以上か否かを判定する(ステップ807)。操舵角  $s$  が第4所定操舵角  $-s_{max}$ 以上の場合(ステップ807: YES)、アシスト制御量判定部28は、基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が第2所定電流値  $-I_{a1}$ 以上か否かを判定する(ステップ808)。

30

【0068】

基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が第2所定電流値  $-I_{a1}$ 以上の場合(ステップ808: YES)、アシスト制御量判定部28は、操舵角  $s$  が第3所定操舵角  $-s_l$ 以下であることからアシスト力の大きさが負領域(本実施形態では、左切込み状態または左切戻し状態、即ち、車両が、ゾーンDまたはゾーンFの操舵状態)であると判定し、FLGに2を書き込み(ステップ809)、この処理を終える。

【0069】

ステップ808において、基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が第2所定電流値  $-I_{a1}$ 未満の場合(ステップ808: NO)、アシスト制御量判定部28は、基本アシスト制御量  $I_{as^*}(n)$  が既に下限値に達していると判定して、FLGに0を書き込み(ステップ810)、この処理を終える。

40

【0070】

さらに、ステップ807において、操舵角  $s$  が第4所定操舵角  $-s_{max}$ 未満の場合(ステップ807: NO)、アシスト制御量判定部28は、車両がエンド当て若しくはその近傍の状態であると判定して、FLGに0を書き込み(ステップ811)、この処理を終える。

【0071】

ステップ806において、操舵角  $s$  が第3所定操舵角  $-s_l$ より大きい場合(ステップ806: NO)、アシスト制御量判定部28は、車両が直進状態にあると判定する。ここで、電流指令値演算部23には、図2に示すように、タイマ34が設けられており、ア

50

シスト制御量判定部 28 は、車両が直進状態に移行した場合、タイマ 34 にリセット信号  $S_k$  を出力し、車両が直進状態に移行してからの経過時間  $T_h$  を計測する。

【0072】

図 10 のフローチャートにおいて、アシスト制御量判定部 28 は、経過時間  $T_h$  が直進状態判定所定時間  $t_h$  (本実施形態では、1 s) 以下か否かを判定する (ステップ 812)。直進状態判定時間  $T_h$  が直進状態判定所定時間  $t_h$  以下の場合 (ステップ 812: YES)、アシスト制御量判定部 28 は、基本アシスト制御量  $I_{as}^*(n)$  が 0 以上か否かを判定する (ステップ 813)。

【0073】

基本アシスト制御量  $I_{as}^*(n)$  が 0 以上の場合 (ステップ 813: YES)、アシスト制御量判定部 28 は、アシスト力の大きさがゾーン C において正領域にあると判定し、FLG に 1 を書き込み (ステップ 814)、この処理を終える。また、ステップ 813 において、基本アシスト制御量  $I_{as}^*(n)$  が 0 未満の場合 (ステップ 813: NO)、アシスト制御量判定部 28 は、アシスト力の大きさがゾーン C において負領域にあると判定し、FLG に 2 を書き込み (ステップ 815)、この処理を終える。

【0074】

ステップ 812 において、経過時間  $T_h$  が直進状態判定所定時間  $t_h$  より大きい場合 (ステップ 812: NO)、アシスト制御量判定部 28 は、車両が、ゾーン C の直進走行状態に移行して所定時間経過したと判定し、FLG に 0 を書き込み (ステップ 816)、この処理を終える。

【0075】

ステップ 801 において、操舵角  $\delta$  が第 2 所定操舵角  $\delta_{max}$  以上の場合 (ステップ 801: NO)、アシスト制御量判定部 28 は、車両がエンド当て若しくはその近傍の状態であると判定して、FLG に 0 を書き込み (ステップ 817)、この処理を終える。

【0076】

次に、試験トルク制御部 31 の機能を説明する。図 12 ~ 14 に示すように、試験トルク制御部 31 は、アシスト制御量判定部 28 から受取った FLG 信号に基づいて、時間軸上の時点  $t_1 \sim t_{13}$  のタイミングで試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  (瞬発的なモータトルクの印加) を出力する。尚、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が出力される各時点  $t_1, t_2, t_3 \dots$  の各間隔は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が出力される試験トルク制御量出力時間  $t_r$  よりも長くなるように設定される。

【0077】

以下、試験トルク制御部 31 で実行される、試験トルク制御量算出方法について、図 11 のフローチャートを使用して、詳細に説明する。まず、試験トルク制御部 31 は、アシスト制御量判定部 28 から入力された FLG が 0 か否か、を判定する (ステップ 901)。FLG が 0 の場合 (ステップ 901: YES)、試験トルク制御部 31 は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*(m)$  (メモリ) に 0 を書き込み (ステップ 906)、この処理を終える。ここで、括弧内の  $m$  は、今回値が第  $m$  番目のサンプリング値であることを示す。尚、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  のサンプリング番号を  $n$ 、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  のサンプリング番号を  $m$  としたのは、本実施形態において、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  と試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  のサンプリング周期とが異なっているからである。

【0078】

本実施形態において、試験トルク制御量  $I_{tt}^*(m)$  に 0 が書き込まれるケース、即ち、FLG が 0 のケースとしては、以下の 3 つのケースが想定される。

第 1 のケースは、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  が、第 1 所定電流値  $I_{a1}$  (上限値)、又は第 2 所定電流値 -  $I_{a1}$  (下限値) に達しており、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  に対して試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を印加しても、トルク変化が小さくてトルクセンサの異常を検出し難いケースである (図 10 のステップ 805: NO, ステップ 810: NO)。そのため、本実施形態の試験トルク制御部 31 は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が上限値より大きいか又は下限値より小さい場合、瞬発的なモータトルクの印加を停止する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 9 】

第2のケースは、図8のゾーンE、いわゆるエンド当てのケースである。このケースでは、ステアリングがメカニカルエンドに当たっているため、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  に対して試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を印加してもトルク変化は生じない。そのため、試験トルク制御部31は、瞬発的なモータトルクの印加を停止する。

## 【 0 0 8 0 】

第3のケースは、車両が図9のゾーンC、いわゆる直進走行状態に移行して所定時間  $T_h$  が経過したケースである。直進走行状態は、操舵角  $\delta_s$  が、第1所定操舵角  $\delta_{s1}$  と第3所定操舵角  $-\delta_{s1}$  との間の極めて狭い範囲内にある状態であり、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  もほとんど0に近い値である。そのため、試験トルク制御部31は、このケースにおいても瞬発的なモータトルクの印加を停止する構成とした。これによって、EPS1は、通電量を減らしモータ及びECU11の発熱を抑えることができる。

10

## 【 0 0 8 1 】

図11のフローチャートのステップ901において、FLGが0でない場合（ステップ901：NO）、試験トルク制御部31は、FLGが1か否かを判定する（ステップ902）。FLGが1の場合（ステップ902：YES）、試験トルク制御部31は、 $I_{as}^*(n)$  に0を書き込むとともに、 $I_{tt}^*(m)$  に第1所定電流値  $I_{a1}$  を書き込み（ステップ905）、この処理を終わる。

## 【 0 0 8 2 】

FLGが1ということは、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  が正值で第1所定電流値  $I_{a1}$  以下の状態（車両が右切込み状態または右切戻し状態：ゾーンAまたはゾーンB）、又は車両が直進走行状態（ゾーンC）に移行して所定時間  $t_h$  内であり基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  が正值の状態である。FLGが1の場合には、試験トルク制御部31は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が第1所定電流値  $I_{a1}$  となる設定を行う。

20

## 【 0 0 8 3 】

FLGが1でない場合（ステップ902：NO）、試験トルク制御部31は、FLGが2か否かを判定する（ステップ903）。FLGが2の場合（ステップ903：YES）、試験トルク制御部31は、 $I_{as}^*(n)$  に0を書き込むとともに、 $I_{tt}^*(m)$  に第2所定電流値  $-I_{a1}$  を書き込み（ステップ904）、この処理を終わる。

## 【 0 0 8 4 】

FLGが2ということは、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  が負値で第2所定電流値  $-I_{a1}$  以上の状態（車両が左切込み状態または左切戻し状態：ゾーンDまたはゾーンF）、又は車両が直進走行状態（ゾーンC）に移行して所定時間  $t_h$  内であり基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  が負値の状態である。FLGが2の場合には、試験トルク制御部31は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が第2所定電流値  $-I_{a1}$  となる設定を行う。なお、ステップ903でFLGが2でない場合（ステップ903：NO）、試験トルク制御部31は、何もしないでこの処理を終わる。

30

## 【 0 0 8 5 】

図12～図14のそれぞれは、図7～図9のそれぞれの操舵状態にある車両に対して、図10及び図11で示したアルゴリズムを適用し、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  に試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を重畳させた電流指令値  $I^*$ 、及び操舵角  $\delta_s$  の波形である。なお、本実施形態のEPS1は、図12～図14に示すように、瞬発的なモータトルクの印加によって操舵角  $\delta_s$  がほとんど影響を受けないように試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の大きさが設定されている。

40

## 【 0 0 8 6 】

ここで、図13の波形の特徴は、時点  $t_{10}$ 、 $t_{11}$  にある。図13の時点  $t_{10}$ 、 $t_{11}$  では、車両のステアリング2がメカニカルエンド当て状態（ゾーンE）にある。この場合、上記したように、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を印加しても操舵トルクは変化しないため、試験トルク制御部31は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の印加を停止する。これによって、ECU11への通電量を抑制し、モータ及びECU11の発熱を抑えることが可能である。

50

## 【 0 0 8 7 】

また、図 1 4 の波形の特徴は、時点  $t_6 \sim t_{11}$  の区間にある。時点  $t_6 \sim t_{11}$  の区間は、ハンドルの中立付近で操舵するいわゆる直進走行状態（ゾーン C）である。図 1 4 からわかるように、車両がゾーン C の操舵状態に移行して、経過時間  $T_h$  が直進状態判定所定時間  $t_h$  に満たない区間では、図 1 0 及び図 1 1 のアルゴリズムに従い試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を出力する。一方、経過時間  $T_h$  が直進状態判定所定時間  $t_h$  を経過した区間（ $t_9 \sim t_{11}$ ）では、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の出力を停止する。これによって、ECU 1 1 への通電量を抑制し、モータ及び ECU 1 1 の発熱を抑えることが可能である。

## 【 0 0 8 8 】

次に、図 1 5 及び図 1 6 を用いてトルクセンサ 1 4 の異常判定方法について具体的に説明する。

図 1 5 は、図 7 の操舵状態にある車両に対して、図 1 0 及び図 1 1 で示したアルゴリズムを適用した場合における電流指令値  $I^*$  及び操舵トルク を示すグラフである。また、図 1 6 は、図 1 5 の一部を拡大したグラフである。図 1 5 および図 1 6 において、左縦軸は、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  に試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を重畳させた電流指令値  $I^*$  を表す。また、右縦軸は、トルクセンサ 1 4 が検出する操舵トルク を表し、横軸は時間軸を表す。

## 【 0 0 8 9 】

図 1 5 および図 1 6 には、瞬発的なモータトルクが操舵系に印加された場合に、トルクセンサによって検出される操舵トルク が変動する様子が示されている。図 1 6 における車両の操舵状態は、ハンドルを右に操舵した場合の切込み状態（例えば、図 7 のゾーン A）を表しており、基本アシスト制御量  $I_{as}^*$  が増加している時点  $t(1)$  で、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が所定時間  $t_r$ （本実施形態では、例えば  $1 \text{ m s}$ ）出力されている。

## 【 0 0 9 0 】

これにより操舵系には、瞬発的なモータトルクが印加され、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が出力された時点  $t(1)$  から所定時間  $t_{rr}$ （本実施形態では、例えば  $10 \text{ m s}$ ）後に、トーションバーには瞬発的なモータトルクに起因する捩れが生じる。異常検出部 3 0 は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  が出力された時点から所定時間  $t_{rr}$  における、操舵トルク の変化量が所定値（本実施形態では、例えば  $0.5 \text{ N m}$ ）以下の場合には、残存センサ信号に対応するセンサ素子が異常と判定する。

## 【 0 0 9 1 】

また、図 2 に示すように、本実施形態の試験トルク制御部 3 1 は、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  を出力する毎に、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  に基づく瞬発的なモータトルクが印加される旨を示す印加信号  $S_{im}$  を異常検出部 3 0 に対して出力する。本実施形態の異常検出部 3 0 は、この印加信号  $S_{im}$  に基づいて、そのアシスト継続制御時における残存センサ信号の異常検出を実行する。

## 【 0 0 9 2 】

即ち、図 5 のフローチャートに示すように、異常検出部 3 0 は、アシスト継続制御中を示すフラグ  $A S F L G$  が 1 か否かを判定する（ステップ 2 0 1）。そして、 $A S F L G$  が 1 の場合（ステップ 2 0 1：YES）、アシスト継続制御ゲインマップ（図 6、B）を選択（ステップ 2 0 2）し、上記印加信号  $S_{im}$  の入力があった場合（ステップ 2 0 3：YES）には、当該印加信号  $S_{im}$  に示される瞬発的なモータトルクの印加が、その入力される残存センサ信号に反映されるか否かを判定する（ステップ 2 0 4）。尚、図 1 6 に示すように、本実施形態では、上記残存センサ信号に瞬発的なモータトルクの印加が反映されるか否かの判定は、当該瞬発的なモータトルクの印加に対応した適当なタイミング（所定時間  $t_{rr}$  内）で同残存センサ信号が変化するか否か、及びその変化の方向及び大きさが適当な値であるか否かに基づき行われる。

## 【 0 0 9 3 】

そして、異常検出部 3 0 は、その残存センサ信号に瞬発的なモータトルクの印加が反映される場合（ステップ 2 0 4：YES）、当該残存センサ信号は正常であると判定し（ス

10

20

30

40

50

テップ 205)、反映されない場合(ステップ 204:NO)、当該残存センサ信号は異常であると判定する(ステップ 206)。また、ASFLGが1でない場合(ステップ 201:NO)、通常制御ゲインマップ(図6、A))を選択(ステップ 207)し、この処理を終わる。

【0094】

また、図2に示すように、本実施形態のマイコン21には、タイマ32が設けられており、上記異常検出部30は、上記のように該残存センサ信号の異常を検出した場合(図5参照、ステップ 206)、このタイマ32を利用して最初の異常検出からの経過時間Tdを計測する。そして、本実施形態の異常検出部30は、その経過時間Tdが故障検出所定時間tdを越える前に、所定回数(N0)の異常検出があった場合には、その残存センサ信号に対応するセンサ素子が故障したものと判定する。

10

【0095】

具体的には、図17のフローチャートに示すように、異常検出部30は、残存センサ信号の異常を検出すると(ステップ 301:YES)、既に、その残存センサ信号に対応するセンサ素子についての故障判定中であるか否かを判定する(ステップ 302)。そして、未だ故障判定が行なわれていない場合(ステップ 302:NO)、つまり、上記ステップ 301における異常検出が故障判定の開始点となる最初の異常検出である場合には、故障判定フラグをセットする(ステップ 303)。

【0096】

即ち、ステップ 302における故障判定中であるか否かの判定は、ステップ 303に示された故障判定フラグがセットされているか否かに基づいて行なわれる。異常検出部30は、故障判定フラグをセットした後、上記タイマ32にリセット信号Sreを出力し(ステップ 304)、故障検出経過時間Tdの計測を開始することにより、その異常が検出された残存センサ信号に対応するセンサ素子についての故障判定処理を実行する。

20

【0097】

このように、ステップ 303及びステップ 304の実行により故障判定処理を開始し、又は上記ステップ 302において既に故障判定中であると判定された場合(ステップ 302:YES)、異常検出部30は、続いて、その異常検出回数Nをカウントするカウンタをインクリメントする( $N = N + 1$ 、ステップ 305)。そして、その異常検出回数Nが所定回数N0以上であると判定した場合( $N \geq N_0$ 、ステップ 306:YES)には、その残存センサ信号に対応するセンサ素子が故障したものと判定する(ステップ 307)。

30

【0098】

一方、上記ステップ 306において、その異常検出回数Nが所定回数N0に満たないと判定した場合( $N < N_0$ 、ステップ 306:NO)、異常検出部30は、続いて、上記タイマ32から故障検出経過時間Tdを取得する(ステップ 308)。そして、故障検出経過時間Tdが故障検出所定時間td以上であるか否かを判定し(ステップ 309)、故障検出所定時間td以上であると判定した場合( $Td \geq td$ 、ステップ 309:YES)には、その故障検出所定時間tdの超過(タイムオーバー)をもって、その残存センサ信号に対応するセンサ素子は正常であると判定する(ステップ 310)。

【0099】

その後、異常検出部30は、上記故障判定フラグをリセットし(ステップ 311)、カウンタをリセットすることにより( $N = 0$ 、ステップ 312)、一連の故障判定処理を終了する。尚、上記ステップ 309において、故障検出経過時間Tdが故障検出所定時間tdに満たないと判定した場合( $Td < td$ 、ステップ 309:NO)には、上記ステップ 310~ステップ 312の処理は実行されない。

40

【0100】

更に、本実施形態の試験トルク制御部31は、図19に示すように、アシスト継続制御時において、残存センサ信号の異常が検出された時点(同図中、時点t21)以降は、異常検出前の出力周期f1よりも異常検出後の出力周期f2が短くなるように試験トルク制御量I<sub>tt</sub>\*の出力周期を短縮化する( $f_1 > f_2$ )。これにより、残存センサ信号に対応す

50

るセンサ素子の故障判定が実行されている間は、瞬発的なモータトルクを印加する周期が短くなるように構成されている。

【0101】

また、残存センサ信号の異常が検出され、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の出力周期が短縮化された後、再び残存センサ信号が正常に復帰することがある（同図中、時点  $t_{22}$  以降）。本実施形態の試験トルク制御部 31 は、この場合、試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の出力周期を再び  $f_2$  から  $f_1$  に戻す構成となっている。

【0102】

即ち、迅速且つ高精度に故障判定を行う観点からは、瞬発的なモータトルクの印加周期は、短い方が好ましい。しかしながら、こうした印加周期の短縮化は、その操舵フィーリングを悪化させる方向に作用する。この点を踏まえ、本実施形態の EPS 1 は、残存センサ信号の故障判定の実行中のみ、瞬発的なモータトルクの印加周期を短くし、残存センサ信号が正常値に戻った場合には、瞬発的なモータトルクの印加周期を直ちに元の周期とする。これにより、本実施形態の EPS 1 は、アシスト継続制御の実行時における良好な操舵フィーリングを確保しつつ、その残存センサ信号に対応するセンサ素子の故障判定を迅速且つ高精度に行うことが可能である。

10

【0103】

さらに詳述すると、図 18 のフローチャートに示すように、試験トルク制御部 31 は、アシスト継続制御中を示すフラグ ASFLG が 1 か否かを判定する（ステップ 401）。そして、アシスト継続制御中を示すフラグ ASFLG が 1 の場合（ステップ 401：YES） 20、上記異常検出部 30 によるセンサ素子の故障判定が実行されているか否かを判定する（ステップ 402）。尚、本実施形態の試験トルク制御部 31 は、異常検出部 30 が出力する異常検出信号  $S_{tr}$  に基づいて、異常検出部 30 が実行する故障判定の結果を取得する構成となっている。そして、故障判定の実行中ではないと判定した場合（ステップ 402：NO）には、その基本周期（図 19 参照、出力周期  $f_1$ ）での上記試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の出力を実行する（ステップ 403）。

20

【0104】

一方、上記ステップ 402 において、故障判定の実行中であると判定した場合（ステップ 402：YES）、試験トルク制御部 31 は、先ず、残存センサ信号に対応するセンサ素子の故障が確定したか否かを判定する（ステップ 404）。そして、残存センサ信号に対応するセンサ素子の故障が確定していない場合（ステップ 404：NO）、試験トルク制御部 31 は、残存センサ信号に対応するセンサ素子の正常が確定しているか否かを判定する（ステップ 405）。その結果、残存センサ素子に対応するセンサ素子の正常が確定していない場合、即ち、センサ素子の異常が継続している場合（ステップ 405：NO）、試験トルク制御部 31 は、上記基本周期（ $f_1$ ）よりも短い短周期（図 19 参照、出力周期  $f_2$ ）での上記試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の出力を実行する（ステップ 406）。

30

【0105】

逆に、上記ステップ 405 において、残存センサ信号に対応するセンサ素子の正常が確定した場合、即ち、センサ素子が正常に復帰した場合（ステップ 405：YES）には、上記ステップ 403 において、その基本周期（ $f_1$ ）での上記試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  の出力を実行する構成となっている。尚、アシスト継続制御中を示すフラグ ASFLG が 1 でない場合（ステップ 401：NO）、及びセンサ素子の故障が確定した場合（ステップ 404：YES）には、上記試験トルク制御量  $I_{tt}^*$  は、出力されない。

40

【0106】

以上、本実施形態によれば、以下のような作用・効果を得ることができる。

(1) ECU 11 は、トルクセンサ 14 を構成する各センサ素子 14a, 14b の何れか一方の故障が検出された場合、その故障が検出されていない方のセンサ素子が出力するセンサ信号（残存センサ信号）を用いて操舵トルクを検出することにより、そのパワーアシスト制御を継続する（アシスト継続制御）。また、ECU 11 は、アシスト継続制御の実行時には、そのアシスト力と同一方向に、周期的に瞬発的なモータトルクを操舵系に印

50

加すべくEPSアクチュエータ10の作動を制御する。そして、この瞬発的なモータトルクの印加が、そのアシスト継続制御の基礎となる残存センサ信号に反映されるか否かに基づいて、当該残存センサ信号の異常を検出する。

【0107】

上記構成によれば、その瞬発的なモータトルクの印加により、操舵系を構成するステアリングシャフト3に設けられたトーションバー16に大きな捩れを生じさせることで、その残存センサ信号が変化するタイミング及び変化方向を当然に予想し得る状況を作り出すことができる。そして、このような状況下において、その残存センサ信号の変化を監視することにより、当該残存センサ信号が明らかに異常な値を示す以前の段階で、早期に、その異常を検出することができる。その結果、残存センサ信号を用いたアシスト制御の実行時においても、より安定的に、そのアシスト付与を継続することができるようになる。

10

【0108】

(2) ECU11は、周期的にその操舵系に対する瞬発的なモータトルクの印加を実行する。そして、ECU11は、故障検出所定時間(td)内に、所定回数(N0)、残存センサ信号についての異常検出があった場合には、その残存センサ信号に対応するセンサ素子が故障したと判定する。上記構成によれば、より正確にセンサ素子の故障を判定することができる。その結果、誤判定の発生を抑えて、より安定的に、そのアシスト力付与を継続することができるようになる。

【0109】

(3) ECU11は、残存センサ信号に対応するセンサ素子について故障判定を実行する間は、瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くする。即ち、迅速且つ高精度に故障判定を行う観点からは、上記瞬発的なモータトルクの印加周期は、より短い方が好ましい。しかしながら、こうした印加周期の短縮化は、その操舵フィーリングを悪化させる方向に作用する。この点、上記構成によれば、アシスト継続制御の実行時における良好な操舵フィーリングを確保しつつ、迅速且つ高精度に、その残存センサ信号に対応するセンサ素子の故障判定を行うことができる。その結果、より安定的に、そのアシスト力付与を継続することができるようになる。

20

【0110】

(4) ECU11は、ハンドルの中立付近で操舵するいわゆる直進走行状態に移行して、経過時間Thが直進状態判定所定時間thに満たない区間では、図10及び図11のアルゴリズムに従い試験トルク制御量 $I_{tt}^*$ を出力する。一方、経過時間Thが直進状態判定所定時間thを経過した区間では、試験トルク制御量 $I_{tt}^*$ の出力を停止する。これによって、ECU11への通電量を抑制し、モータ及びECU11の発熱を抑えることが可能である。

30

【0111】

(5) 制御手段は、操舵トルクに対応したアシスト力を発生させるべく電流指令値とモータに流れる実電流との偏差に基づくフィードバック制御手段を有し、フィードバック制御手段のフィードバックゲインは、異常検出器から出力されるアシスト継続制御中フラッグによって決定されるフィードバックゲイン決定手段によって選択され、フィードバックゲイン決定手段は、故障の検出されていない出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いてアシスト力の付与を継続する場合には、故障の検出されていない出力要素が残り二つ以上残存する場合に比較して、フィードバックゲインを大とする。これにより、故障の検出されていない出力要素が残り一つになった後、残る出力要素が出力するセンサ信号を用いてアシスト力の付与を継続し、残存するトルクセンサの信頼性を向上させるために瞬発的なモータトルクの印加が生じた場合には、残る出力要素が出力するセンサ信号を応答良く出力することができる。

40

【0112】

なお、上記各実施形態は以下のように変更してもよい。

・上記実施形態では、本発明を、二系統のセンサ信号Sa, Sbを出力するトルクセンサ14の異常検出に具体化した。しかし、これに限らず、発明は、3以上のセンサ信号を出

50

力するトルクセンサの異常検出に適用してもよい。即ち、センサ信号の出力要素を3以上備えるものにおいて、故障の検出されていない前記出力要素が残り一つになった後、その残る出力要素が出力するセンサ信号を用いて前記アシスト力の付与を継続する場合に適用してもよい。

【0113】

・また、本発明は、一のセンサ信号を用いて操舵トルクを検出するEPSのトルクセンサについての異常検出に適用してもよい。即ち、瞬発的なモータトルクの印加及びそのセンサ信号への反映に基づく異常検出は、必ずしも、トルクセンサの異常が検出された後の暫定制御時（アシスト継続制御時）に限るものではなく、通常制御時にも実行してもよい。これにより、より高い信頼性を確保することができる。

10

【0114】

・上記実施形態では、両トルクセンサ正常時の通常制御時と一トルクセンサ異常時のアシスト継続制御時の操舵トルク演算周期においては演算周期を同一としたが、一トルクセンサ異常時のアシスト継続制御時には、瞬発的なモータトルクの印加をセンサ信号に反映させるため、一トルクセンサ異常時のアシスト継続制御時の操舵トルク演算周期を両トルクセンサ正常時の通常制御時の操舵トルク演算周期よりも長くしても勿論よい。

【0115】

・上記実施形態では、一トルクセンサ異常時のアシスト継続制御時には、瞬発的なモータトルクの印加をセンサ信号に反映させトルクセンサの異常を判定したが、反映させたセンサ信号が急変した場合にはアシスト継続制御を停止しても勿論よい。

20

【0116】

・上記実施形態では、特に言及しなかったが、センサ信号を出力要素としてのセンサ素子を構成する磁気検出素子については、どのようなものであってもよい。また、磁気式のトルクセンサ以外の異常検出に適用してもよい。

【0117】

・上記実施形態では、ステアリングセンサ16の中立位置近傍に所定の操舵角範囲を設定し、車両が直進走行状態か否かを判断したが、本発明は、このような構成に限定されるわけではない。ステアリングセンサ16に代えて、電流センサ27を用い、電流センサ検出範囲に中立位置近傍の所定の電流値範囲を設定することで車両が直進走行状態にあるか否かを判断してもよい。

30

【0118】

・上記実施形態では、アシスト制御量判定部28で生成されるFLGが0のケースでは瞬発的なモータトルクの印加を停止することとしたが、本発明はこのような構成に限定されるわけではない。例えば、アシスト制御量判定部28で生成されるFLGが0の場合には、瞬発的なモータトルクを発生させる基礎成分である試験トルク制御量 $I_{tt}^*$ の値を、第1所定電流値 $I_{a1}$ 又は第2所定電流値 $-I_{a1}$ より小さな電流値（例えば、 $1/3$ 程度の大きさ）に変更し、瞬発的なモータトルクを印加するようにしてもよい。こうすることによって、運転者に絶えずトルクセンサの故障診断を行っていることを認識させることができる。

【0119】

・上記実施形態では、操舵系に対する瞬発的なモータトルクの印加を、周期的に行うこととした。しかし、これに限らず、ランダムに瞬発的なモータトルクを印加し、その残存センサ信号への反映の有無に基づいて当該残存センサ信号の異常を検出する構成であってもよい。

40

【0120】

上記実施形態では、故障検出所定時間 $(t_d)$ 内に、所定回数 $(N_0)$ 以上の異常検出があった場合に、その残存センサ信号に対応する出力要素としてのセンサ素子の故障を確定することとした。しかし、これに限らず、所定時間 $T_0$ の超過でタイムオーバーとしなくてもよく、また、一回の異常検出で、その対応するセンサ素子の故障を確定する構成であってもよい。尚、上記実施形態のように、複数回の異常検出により故障を確定し、及びそ

50

の故障判定に制限時間を設定する構成の方が、より好ましい結果が得られることは言うまでもない。

#### 【0121】

・上記実施形態では、残存センサ信号に対応するセンサ素子について故障判定を実行する間は、瞬発的なモータトルクを印加する周期を短くすることとした。しかし、これに限らず、残存センサ信号の異常検出回数Nに応じて、その印加周期を変更する構成としてもよい。このような構成とすることで、アシスト継続制御の実行時における良好な操舵フィーリングを確保しつつ、より迅速且つ高精度に、その残存センサ信号に対応するセンサ素子の故障判定を行うことができる。

尚、この場合、その故障判定によりセンサ素子が正常であることが確定した後、当該印加周期を基本周期（図17参照、出力周期 $f_1$ ）に回復させるか、或いは短縮化したままとするかについては、その重きを置く観点、即ち、良好な操舵フィーリングの確保を重視するか、或いは早期の故障検出を重視するかによって、任意に選択すればよい。

#### 【0122】

・上記各実施形態では、EPSアクチュエータ10の駆動源であるモータ12には、ブラシ付き直流モータを用いることとした。しかし、これに限らず、ブラシレスモータや誘導モータを用いるものに具体化してもよい。特に、上記のように操舵速度に応じて瞬発的なモータトルクの印加周期を変更する場合には、その操舵速度の検出にブラシレスモータの回転角センサを利用するとよい。

#### 【0123】

・上記各実施形態では、本発明を所謂コラム型のEPS1に具体化した但、本発明は、所謂ピニオン型やラックアシスト型のEPSに適用してもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0124】

1：電動パワーステアリング装置（EPS）、2：ステアリング、3：ステアリングシャフト、3a：コラムシャフト、10：EPSアクチュエータ、11：ECU、12：モータ、14：トルクセンサ、14a、14b：センサ素子、15：車速センサ、16：ステアリングセンサ、17：トーションバー、21：マイコン、22：駆動回路、23：電流指令値演算部、24：モータ制御信号出力部、25：操舵トルク検出部、26：アシスト制御部、27：電流センサ、28：アシスト制御量判定部、29：アシスト電流切替部、30：異常検出部、31：試験トルク制御部、32：タイマ、33：加算器、40：減算器、41：PI制御演算部、42：PWM演算部、43：PWM出力部、44：フィードバックゲイン決定部、

s：操舵角、 $T$ ：操舵トルク、Sa、Sb：センサ信号、V：車速、 $I^*$ ：電流指令値、 $I_{as}^*$ ：基本アシスト制御量、 $I_{tt}^*$ ：試験トルク制御量、

$S_{im}$ ：試験トルク印加信号、 $S_{tr}$ ：異常検出信号、

FLG：車両の操舵状態判定フラグ、

ASFLG：アシスト継続制御中フラグ、 $S_{re}$ ：タイマリセット信号、

$K_{p1}$ 、 $K_{p2}$ ：比例ゲイン、 $K_{i1}$ 、 $K_{i2}$ ：積分ゲイン、

$S_{ich}$ ：アシスト電流切替信号、 $s_l$ ：+側中立位置近傍の第1所定操舵角、

$s_{max}$ ：+側最大操舵角である第2所定操舵角、 $-s_l$ ：-側側中立位置近傍の第3所定操舵角、 $-s_{max}$ ：-側最大操舵角である第4所定操舵角、 $I_{a1}$ ：+側試験トルク制御量である第1所定電流値、 $-I_{a1}$ ：-側試験トルク制御量である第2所定電流値、 $I_{as}^*(n)$ ：基本アシスト制御量今回値、 $I_{tt}^*(m)$ ：試験トルク制御量今回値、

N：異常検出回数、 $N_0$ ：所定回数、 $T_d$ ：故障検出経過時間、 $t_d$ ：故障検出所定時間、 $T_h$ ：直進状態判定時間、 $t_h$ ：直進状態判定所定時間、 $t_r$ ：試験トルク制御量出力時間、 $t_{rr}$ ：操舵トルク変化量測定時間、 $t(l)$ ：試験トルク制御量印加時間、 $\Delta T$ ：操舵トルク変化量、 $f_1$ 、 $f_2$ ：試験トルク制御量出力周期

10

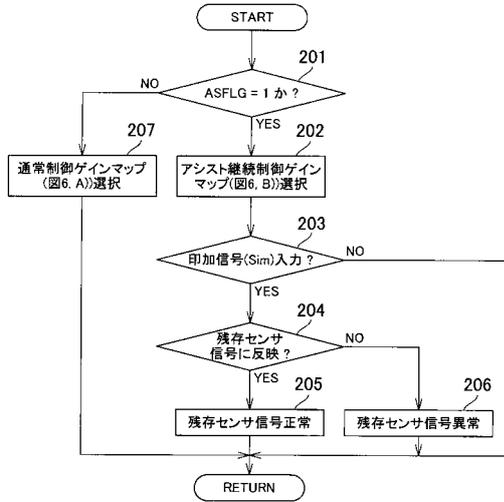
20

30

40

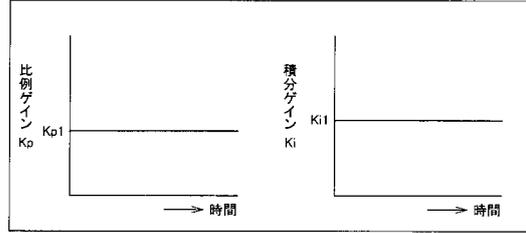


【 図 5 】

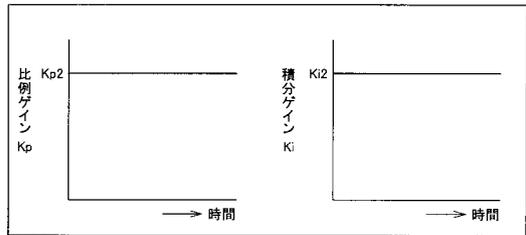


【 図 6 】

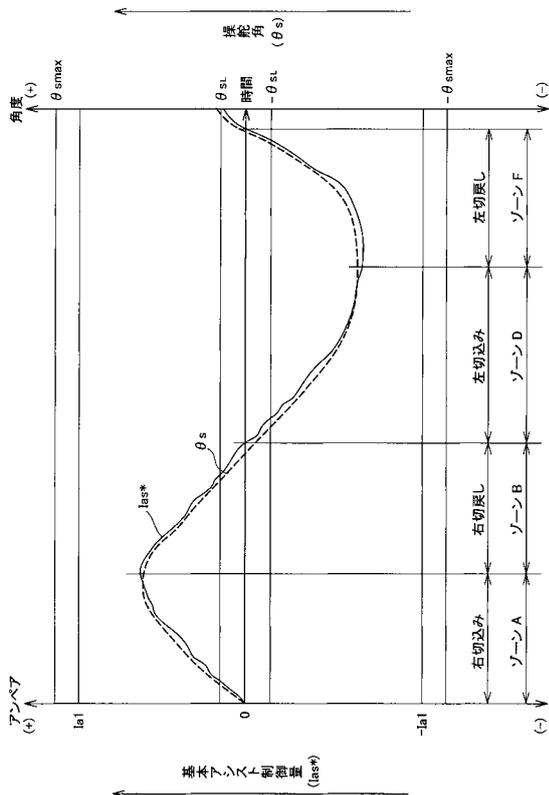
A) 通常制御 (ASFLG = 0) ゲインマップ



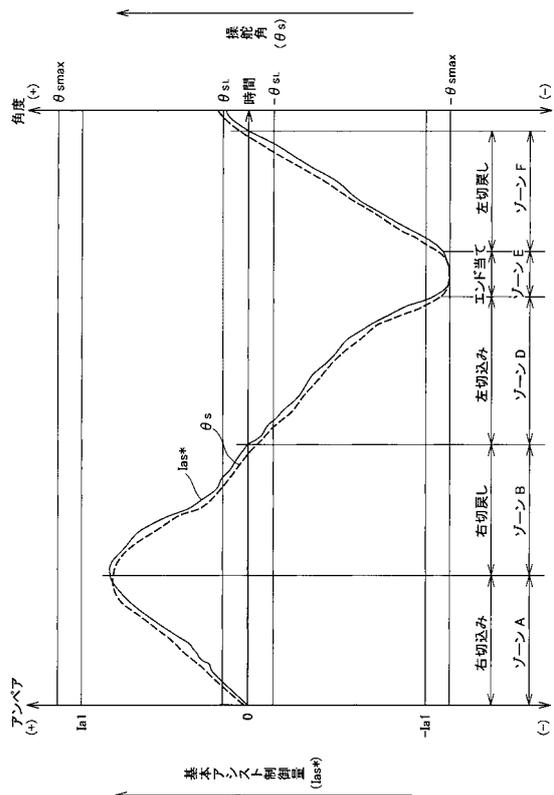
B) アシスト継続制御 (ASFLG = 1) ゲインマップ



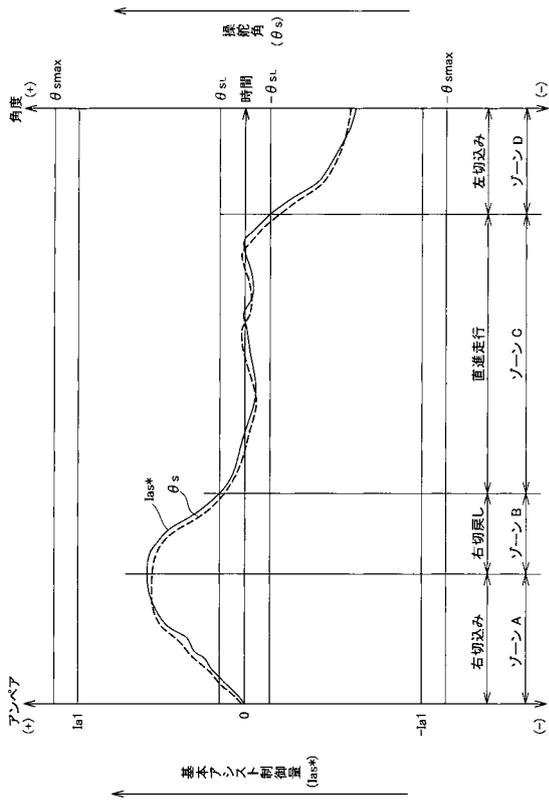
【 図 7 】



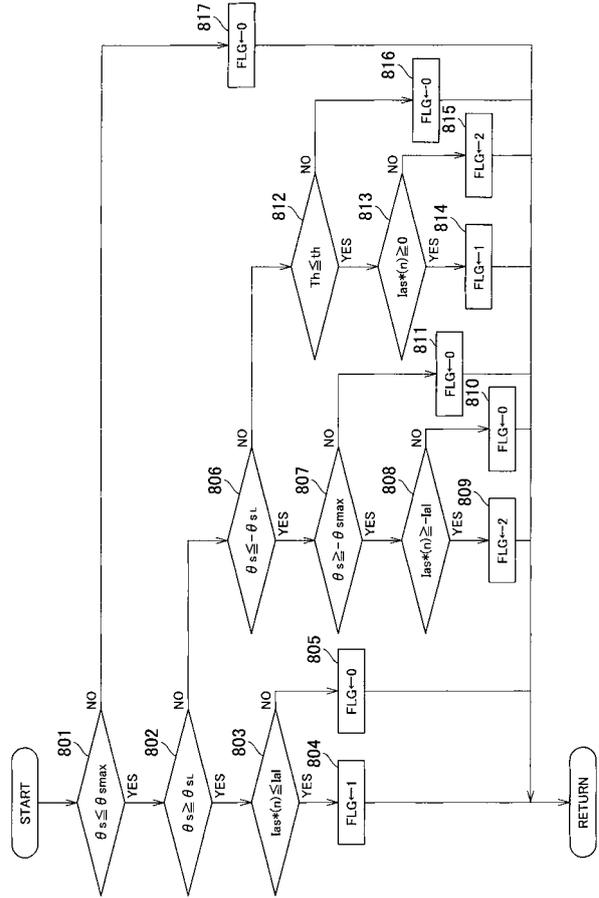
【 図 8 】



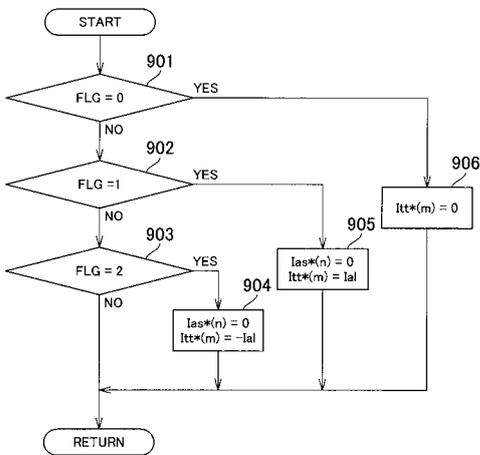
【図9】



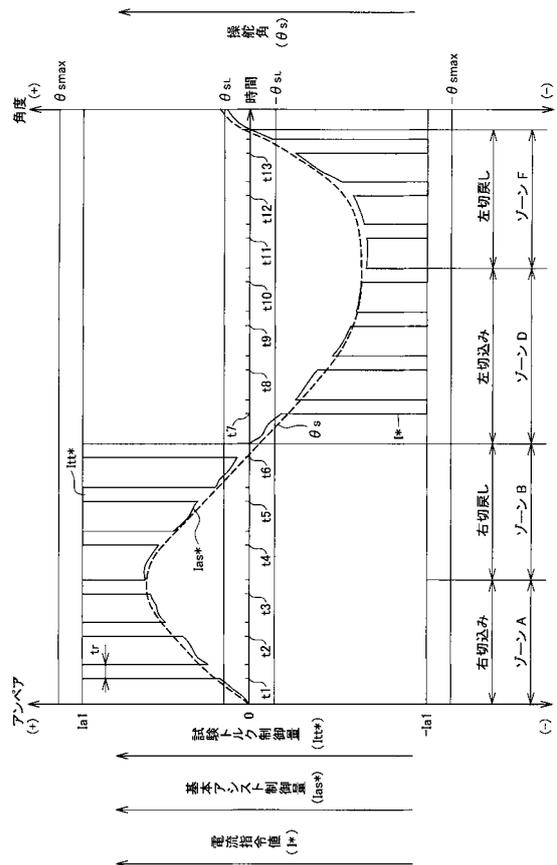
【図10】



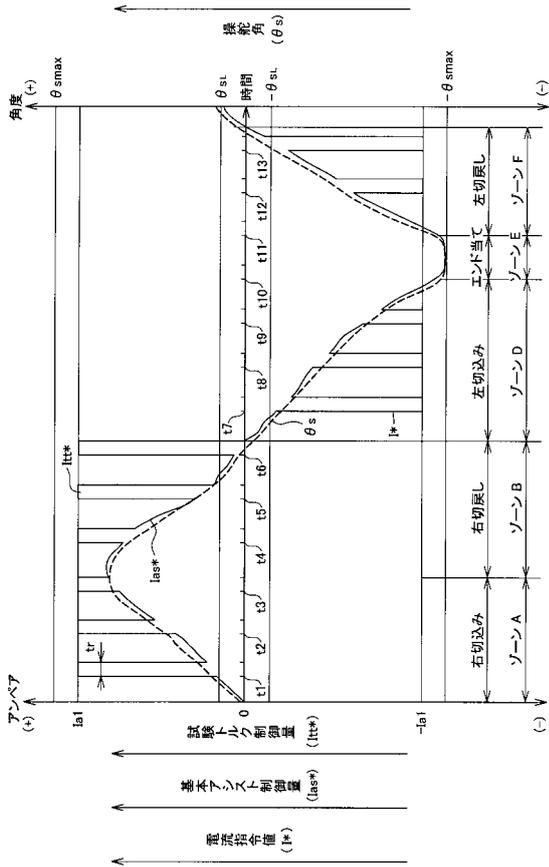
【図11】



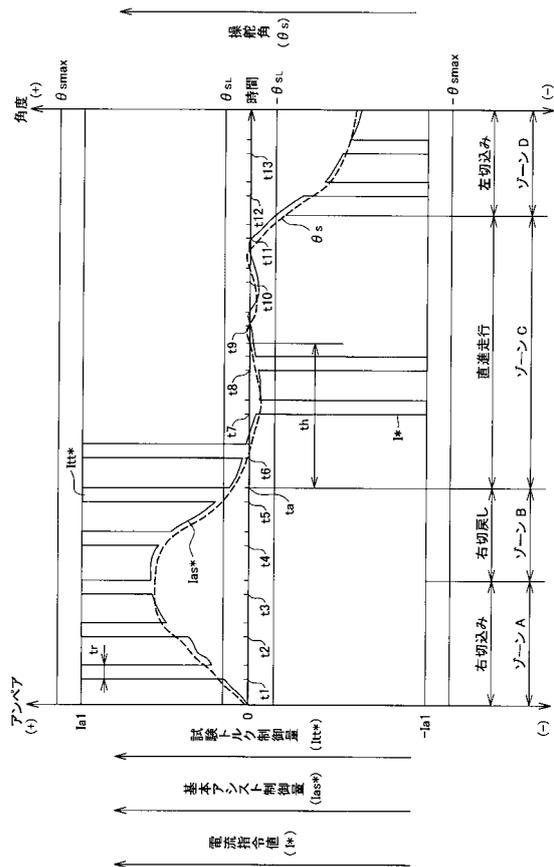
【図12】



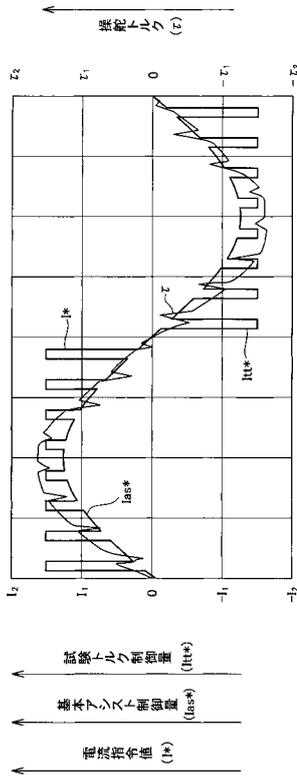
【 図 1 3 】



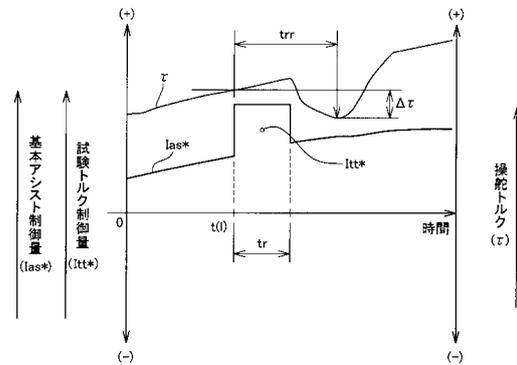
【 図 1 4 】



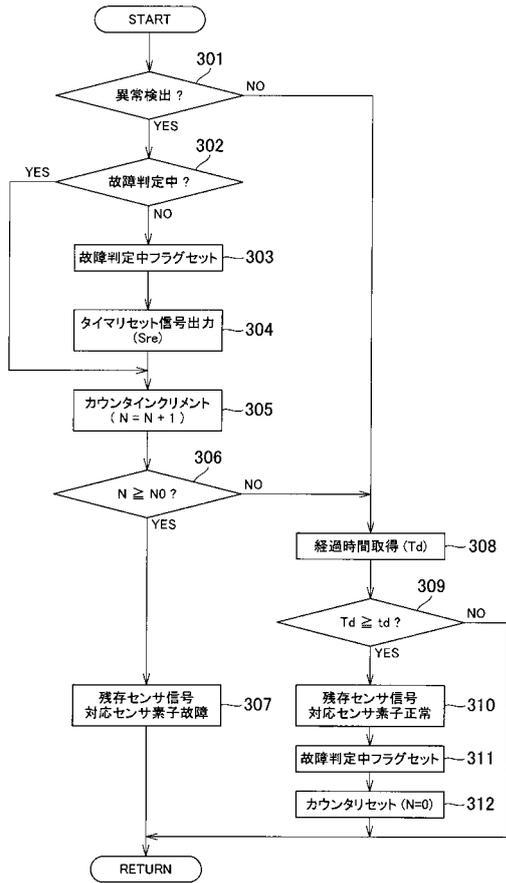
【 図 1 5 】



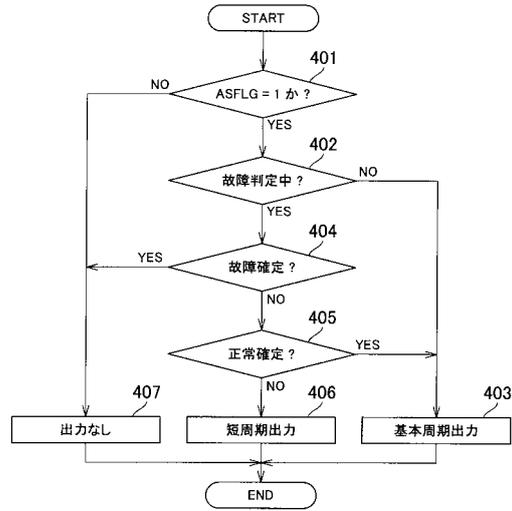
【 図 1 6 】



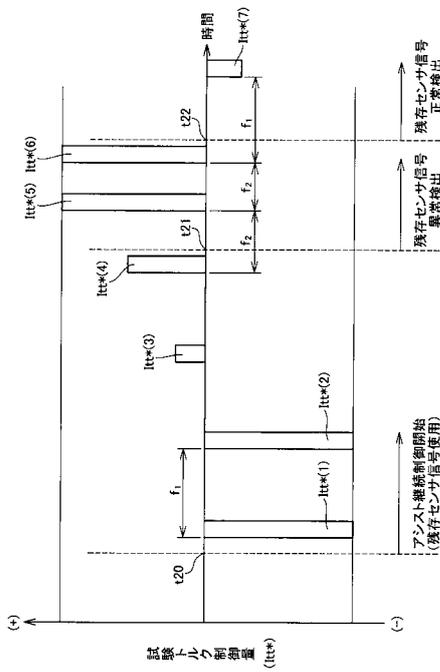
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 3D232 CC33 CC38 CC40 DA03 DA15 DA23 DA64 DC01 DC02 DC08  
DC09 DD01 DD10 DD17 DE09 EA01 EB11 EC23 GG01  
3D233 CA03 CA13 CA16 CA17 CA20 CA21 CA28 CA31