

(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2020-83059  
(P2020-83059A)

(43) 公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)

(51) Int.Cl.	F I	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 3 3 3
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00	
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 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2018-220525 (P2018-220525)  
(22) 出願日 平成30年11月26日 (2018.11.26)

(71) 出願人 000003207  
トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地  
(74) 代理人 100106150  
弁理士 高橋 英樹  
(74) 代理人 100082175  
弁理士 高田 守  
(74) 代理人 100113011  
弁理士 大西 秀和  
(72) 発明者 柴田 憲治  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
(72) 発明者 伊藤 公一  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

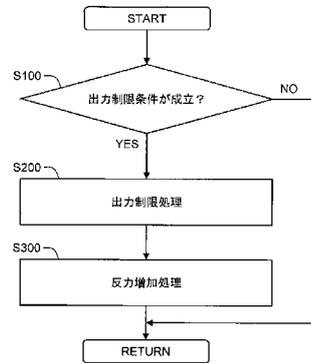
(54) 【発明の名称】 車両の制御装置

(57) 【要約】

【課題】ステアバイワイヤ方式の車両において転舵モータの出力が制限される場合に、ハンドル回転と車輪転舵との間の乖離を抑制する。

【解決手段】ステアバイワイヤ方式の車両は、転舵モータの作動によって車輪を転舵する転舵装置と、反力モータの作動によってハンドルに反力トルクを付与する反力発生装置と、を備える。車両の制御装置は、ハンドルの回転に応じて、転舵モータを制御することによって車輪の転舵を制御し、また、反力モータを制御することによって反力トルクを制御する。出力制限条件が成立する場合、制御装置は、転舵モータの出力を制限する出力制限処理と共に、反力増加処理を実行する。反力増加処理において、制御装置は、出力制限処理が実行されない場合と比較してハンドルが回転しにくくなるように反力トルクを制御する。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ステアバイワイヤ方式の車両の制御装置であって、  
前記車両は、

    転舵モータの作動によって車輪を転舵する転舵装置と、

    反力モータの作動によってハンドルに反力トルクを付与する反力発生装置と  
を備え、

前記制御装置は、前記ハンドルの回転に応じて、前記転舵モータを制御することによって前記車輪の転舵を制御し、また、前記反力モータを制御することによって前記反力トルクを制御し、

10

出力制限条件が成立する場合、前記制御装置は、前記転舵モータの出力を制限する出力制限処理と共に、反力増加処理を実行し、

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記出力制限処理が実行されない場合と比較して前記ハンドルが回転しにくくなるように前記反力トルクを制御する  
制御装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の制御装置であって、

前記出力制限処理において、前記制御装置は、前記転舵モータを駆動するモータ電流の上限値である電流制限値を減少させることによって、前記転舵モータの前記出力を制限する

20

制御装置。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の制御装置であって、

前記出力制限処理において、前記制御装置は、前記車輪の転舵が停止するように前記電流制限値を減少させ、

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記電流制限値以上である場合の前記反力トルクを、前記モータ電流が前記電流制限値未満である場合の前記反力トルクよりも増加させる

制御装置。

30

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の制御装置であって、

前兆開始値は、前記電流制限値よりも第 1 値だけ低い電流値であり、

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記前兆開始値以上である場合の前記反力トルクを、前記モータ電流が前記前兆開始値未満である場合の前記反力トルクよりも増加させる

制御装置。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の制御装置であって、

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記前兆開始値から前記電流制限値に近づくにつれて前記反力トルクを徐々に増加させる

40

制御装置。

**【請求項 6】**

請求項 3 乃至 5 のいずれか一項に記載の制御装置であって、

前記出力制限条件は、前記転舵モータの温度が温度閾値を超えること、あるいは、前記転舵モータに供給される電圧が電圧閾値未満となることを含む

制御装置。

**【請求項 7】**

請求項 2 に記載の制御装置であって、

前記出力制限処理において、前記制御装置は、前記ハンドルの操舵速度が高くなるにつれて前記電流制限値を減少させ、

50

前記反力トルクのダンピング成分は、前記ハンドルの前記操舵速度が高くなるにつれて増加し、

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記反力増加処理が実行されない場合と比較して前記ダンピング成分を増加させる制御装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の制御装置であって、

前兆開始値は、前記電流制限値よりも第 2 値だけ低い電流値であり、

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記前兆開始値以上である場合の前記ダンピング成分を、前記モータ電流が前記前兆開始値未満である場合の前記ダンピング成分よりも増加させる制御装置。

10

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の制御装置であって、

前記出力制限条件は、前記転舵モータの電力が電力閾値を超えることを含む制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ステアバイワイヤ方式の車両の制御装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、ステアバイワイヤ方式の車両における操舵反力モータの制御方法を開示している。操舵反力モータは、ハンドルに反力トルクを付与し、ドライバに操舵感を与える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 302082 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ステアバイワイヤ方式の車両は、転舵モータの作動によって車輪を転舵する転舵装置を備える。ここで、転舵モータの出力が制限される状況を考える。例えば、転舵モータの過熱保護のために、転舵モータの出力を制限することが考えられる。転舵モータの出力が制限される場合、車輪は必ずしもドライバの意図通りには転舵しない。その一方で、ハンドルは車輪から機械的に分離されているため、ドライバは、転舵モータの出力が制限されているにもかかわらず、ハンドルを操舵し続けることができる。その結果、ハンドル回転と車輪転舵との間に乖離が生じるおそれがある。

【0005】

40

本発明の 1 つの目的は、ステアバイワイヤ方式の車両において転舵モータの出力が制限される場合に、ハンドル回転と車輪転舵との間の乖離を抑制することができる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第 1 の観点は、ステアバイワイヤ方式の車両の制御装置に関連する。

前記車両は、

転舵モータの作動によって車輪を転舵する転舵装置と、

反力モータの作動によってハンドルに反力トルクを付与する反力発生装置とを備える。

50

前記制御装置は、前記ハンドルの回転に応じて、前記転舵モータを制御することによって前記車輪の転舵を制御し、また、前記反力モータを制御することによって前記反力トルクを制御する。

出力制限条件が成立する場合、前記制御装置は、前記転舵モータの出力を制限する出力制限処理と共に、反力増加処理を実行する。

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記出力制限処理が実行されない場合と比較して前記ハンドルが回転しにくくなるように前記反力トルクを制御する。

【0007】

第2の観点は、第1の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記出力制限処理において、前記制御装置は、前記転舵モータを駆動するモータ電流の上限値である電流制限値を減少させることによって、前記転舵モータの前記出力を制限する。

10

【0008】

第3の観点は、第2の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記出力制限処理において、前記制御装置は、前記車輪の転舵が停止するように前記電流制限値を減少させる。

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記電流制限値以上である場合の前記反力トルクを、前記モータ電流が前記電流制限値未満である場合の前記反力トルクよりも増加させる。

【0009】

第4の観点は、第3の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前兆開始値は、前記電流制限値よりも第1値だけ低い電流値である。

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記前兆開始値以上である場合の前記反力トルクを、前記モータ電流が前記前兆開始値未満である場合の前記反力トルクよりも増加させる。

20

【0010】

第5の観点は、第4の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記前兆開始値から前記電流制限値に近づくにつれて前記反力トルクを徐々に増加させる。

【0011】

第6の観点は、第3から第5の観点のいずれかに加えて、次の特徴を更に有する。

前記出力制限条件は、前記転舵モータの温度が温度閾値を超えること、あるいは、前記転舵モータに供給される電圧が電圧閾値未満となることを含む。

30

【0012】

第7の観点は、第2の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記出力制限処理において、前記制御装置は、前記ハンドルの操舵速度が高くなるにつれて前記電流制限値を減少させる。

前記反力トルクのダンピング成分は、前記ハンドルの前記操舵速度が高くなるにつれて増加する。

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記反力増加処理が実行されない場合と比較して前記ダンピング成分を増加させる。

40

【0013】

第8の観点は、第7の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前兆開始値は、前記電流制限値よりも第2値だけ低い電流値である。

前記反力増加処理において、前記制御装置は、前記モータ電流が前記前兆開始値以上である場合の前記ダンピング成分を、前記モータ電流が前記前兆開始値未満である場合の前記ダンピング成分よりも増加させる。

【0014】

第9の観点は、第7あるいは第8の観点に加えて、次の特徴を更に有する。

前記出力制限条件は、前記転舵モータの電力が電力閾値を超えることを含む。

50

## 【発明の効果】

## 【0015】

本発明によれば、制御装置は、転舵モータの出力を制限する出力制限処理と共に、反力増加処理を実行する。反力増加処理において、制御装置は、出力制限処理が実行されない場合と比較してハンドルが回転しにくくなるように反力トルクを制御する。その結果、ハンドルの回転と車輪の転舵との間の乖離が抑制される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0016】

【図1】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムの構成例を概略的に示すブロック図である。

10

【図2】本発明の実施の形態に係る第1出力制限処理の例を説明するための概念図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る第2出力制限処理の例を説明するための概念図である。

【図4】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の概要を示すフローチャートである。

【図5】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第1の例を示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第1の例における第1電流制限値の設定例を説明するための概念図である。

20

【図7】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第1の例における反力増加処理を説明するための概念図である。

【図8】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第2の例を示すフローチャートである。

【図9】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第2の例における第2電流制限値の設定例を説明するための概念図である。

【図10】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第3の例を示すフローチャートである。

【図11】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第3の例におけるステップS300を示すフローチャートである。

30

【図12】本発明の実施の形態に係るステアバイワイヤシステムによる処理の第4の例を示すフローチャートである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0017】

添付図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

## 【0018】

## 1. ステアバイワイヤシステム

図1は、本実施の形態に係るステアバイワイヤシステム1の構成例を概略的に示すブロック図である。ステアバイワイヤシステム1は、車両に搭載されており、ステアバイワイヤ方式で車両の車輪WHを転舵する。つまり、ステアバイワイヤシステム1は、ステアバイワイヤ方式の車両を実現する。

40

## 【0019】

図1に示される例において、ステアバイワイヤシステム1は、ハンドル（ステアリングホイール）10、ステアリングシャフト20、反力発生装置30、転舵装置40、センサ群（51～53）、制御装置100、及び電源装置200を備えている。

## 【0020】

ハンドル10は、ドライバが操舵に用いる操作部材である。ステアリングシャフト20は、ハンドル10に連結されており、ハンドル10と共に回転する。

## 【0021】

反力発生装置30は、ハンドル10に対して反力トルクTRを擬似的に付与する。具体

50

的には、反力発生装置 30 は、反力モータ 31 (反力アクチュエータ) を含んでいる。反力モータ 31 のロータは、減速機 32 を介してステアリングシャフト 20 につながっている。反力モータ 31 の作動により、ステアリングシャフト 20 についてはハンドル 10 に反力トルク TR を付与することができる。この反力発生装置 30 の動作は、制御装置 100 によって制御される。

【0022】

反力発生装置 30 は、反力モータ 31 の状態を示す反力モータ状態情報 STR を制御装置 100 に送る。例えば、反力モータ状態情報 STR は、反力モータ 31 の駆動電圧、駆動電流、回転角、回転速度、温度、等を示す。

【0023】

転舵装置 40 は、車輪 WH を転舵する。具体的には、転舵装置 40 は、転舵モータ 41、減速機 42、及び転舵軸 43 を含んでいる。転舵モータ 41 のロータは、減速機 42 を介して転舵軸 43 につながっている。転舵軸 43 は、車輪 WH に連結されている。転舵モータ 41 が回転すると、その回転運動は転舵軸 43 の直線運動に変換され、それにより車輪 WH が転舵される。すなわち、転舵モータ 41 の作動により、車輪 WH を転舵することができる。この転舵モータ 41 の動作は、制御装置 100 によって制御される。

【0024】

転舵装置 40 は、転舵モータ 41 の状態を示す転舵モータ状態情報 STM を制御装置 100 に送る。例えば、転舵モータ状態情報 STM は、転舵モータ 41 の駆動電圧、駆動電流 (モータ電流  $I_m$ )、回転角、回転速度、温度、等を示す。

【0025】

尚、転舵装置 40 は、操舵側のハンドル 10 及び反力発生装置 30 から機械的に分離されている。

【0026】

操舵角センサ 51 は、ハンドル 10 の操舵角  $\theta$  を検出する。操舵角センサ 51 は、検出した操舵角  $\theta$  の情報を制御装置 100 に送る。

【0027】

操舵トルクセンサ 52 は、ステアリングシャフト 20 に印加される操舵トルク TS を検出する。操舵トルクセンサ 52 は、検出した操舵トルク TS の情報を制御装置 100 に送る。

【0028】

車速センサ 53 は、車両の速度である車速 V を検出する。車速センサ 53 は、検出した車速 V の情報を制御装置 100 に送る。尚、車速センサ 53 の代わりに車輪速センサを用い、各車輪の回転速度から車速 V が算出されてもよい。

【0029】

制御装置 100 は、本実施の形態に係るステアパイワイヤシステム 1 を制御する。この制御装置 100 は、プロセッサ、メモリ、及び入出力インタフェースを備えるマイクロコンピュータを含んでいる。当該マイクロコンピュータは、ECU (Electronic Control Unit) とも呼ばれる。プロセッサがメモリに格納された制御プログラムを実行することにより、制御装置 100 による処理が実現される。

【0030】

例えば、制御装置 100 は、ハンドル 10 の回転 (操舵) に応じて転舵モータ 41 を制御することによって、車輪 WH の転舵を制御する。例えば、制御装置 100 は、操舵角  $\theta$ 、車速 V 等に基づいて目標転舵角を算出する。そして、制御装置 100 は、車輪 WH の転舵角が目標転舵角となるように、転舵モータ 41 を制御する。より詳細には、制御装置 100 は、転舵モータ 41 の回転角と目標転舵角に基づいて、転舵モータ 41 を駆動するための電流制御信号を生成する。転舵モータ 41 は電流制御信号に従って駆動され、転舵モータ 41 の回転により車輪 WH が転舵される。

【0031】

また、制御装置 100 は、ハンドル 10 の回転 (操舵) に応じて反力モータ 31 を制御

10

20

30

40

50

することによって、ハンドル 10 に付与される反力トルク  $T_R$  を制御する。例えば、制御装置 100 は、操舵角、車速  $V$  等に基づいて目標反力トルクを算出する。そして、制御装置 100 は、目標反力トルクが発生するように反力モータ 31 を制御する。より詳細には、制御装置 100 は、目標反力トルク、反力モータ 31 の回転角、操舵トルク  $T_S$  等に基づいて、反力モータ 31 を駆動するための電流制御信号を生成する。反力モータ 31 は電流制御信号に従って駆動され、それにより反力トルク  $T_R$  が発生する。

#### 【0032】

尚、制御装置 100 は、転舵モータ 41 を制御するための第 1 の制御装置と、反力モータ 31 を制御するための第 2 の制御装置とを別々に含んでもよい。この場合、第 1 の制御装置と第 2 の制御装置とは、互いに通信可能に接続され、必要な情報を互いにやりとりする。

10

#### 【0033】

電源装置 200 は、ステアバイワイヤシステム 1 の各構成要素（反力モータ 31、転舵モータ 41、制御装置 100、等）に電力を供給する。電源装置 200 は、電力供給線  $P_L$  を介して各構成要素に接続されており、電力供給線  $P_L$  を介して各構成要素に電力を供給する。

#### 【0034】

電源装置 200 は、予備電源 250 を含んでもよい。電源装置 200 において異常が発生した場合、予備電源 250 から電力が供給される。例えば、電源装置 200 は、発電機（オルタネータ）、補機バッテリー、及びバックアップ電源（蓄電デバイス）を含んでいる。発電機が故障した場合、補機バッテリーあるいはバックアップ電源から電力が供給される。この場合、補機バッテリーあるいはバックアップ電源が予備電源 250 として機能する。

20

#### 【0035】

電源装置 200 は、電源装置 200 の状態を示す電源状態情報  $STP$  を制御装置 100 に送る。電源状態情報  $STP$  は、電源装置 200 の動作状態と出力電圧、予備電源 250 の動作状態、出力電圧、残存電力、等を含む。

#### 【0036】

##### 2. 出力制限処理

本実施の形態に係る制御装置 100 は、必要に応じて、転舵モータ 41 の出力を制限する「出力制限処理」を実行する。出力制限処理の目的としては、様々な例が考えられる。出力制限処理は、大まかに、以下に説明される「第 1 出力制限処理」と「第 2 出力制限処理」とに分類される。

30

#### 【0037】

##### 2-1. 第 1 出力制限処理

第 1 出力制限処理は、最終的に車輪  $WH$  の転舵を停止させるための出力制限処理である。例えば、転舵モータ 41 の温度が過剰に上昇した場合、過熱保護のために第 1 出力制限処理が実行される。他の例として、電源装置 200 から転舵モータ 41 に供給される電圧（駆動電圧）が異常に低下した場合、転舵モータ 41 の保護のために第 1 出力制限処理が実行される。

40

#### 【0038】

転舵モータ 41 の出力を制限するために、例えば、電流制限値  $I_{lim}$  が用いられる。電流制限値  $I_{lim}$  は、転舵モータ 41 を駆動するモータ電流  $I_m$  の上限値である。通常時、電流制限値  $I_{lim}$  は、デフォルト値に設定される。第 1 出力制限処理を実行する場合、制御装置 100 は、電流制限値  $I_{lim}$  をデフォルト値よりも減少させる。これにより、転舵モータ 41 の出力（出力トルク）が制限される。第 1 出力制限処理に関連する電流制限値  $I_{lim}$  は、以下、「第 1 電流制限値  $I_{lim1}$ 」と呼ばれる。

#### 【0039】

図 2 は、第 1 出力制限処理の例を説明するための概念図である。横軸は時間を表し、縦軸はモータ電流  $I_m$  を表している。制御装置 100 は、車輪  $WH$  の転舵が停止するように

50

第1電流制限値  $I_{lim1}$  を減少させる。図2に示される例では、第1電流制限値  $I_{lim1}$  は徐々に減少し、且つ、その減少率は時間的に増加している。その一方で、ハンドル10の切り込み時、モータ電流  $I_m$  は徐々に増加する。モータ電流  $I_m$  は、時刻  $t_x$  において第1電流制限値  $I_{lim1}$  と等しくなり、その後、第1電流制限値  $I_{lim1}$  と共に急減少する。時刻  $t_x$  の近傍で、車輪WHの転舵が停止する。

【0040】

### 2-2. 第2出力制限処理

第2出力制限処理は、車輪WHは転舵しにくくなるが、車輪WHの転舵が停止することはない出力制限処理である。例えば、転舵モータ41の消費電力が過剰である場合、電力制限のために第2出力制限処理が実行される。他の例として、電源装置200において異常が発生し、予備電源250から転舵モータ41に電力が供給される場合、ステアバイワイヤ方式の転舵継続時間を増加させるために第2出力制限処理が実行される。

10

【0041】

上述の第1出力制限処理の場合と同様に、制御装置100は、電流制限値  $I_{lim}$  をデフォルト値よりも減少させる。これにより、転舵モータ41の出力(出力トルク)が制限される。第2出力制限処理に関連する電流制限値  $I_{lim}$  は、以下、「第2電流制限値  $I_{lim2}$  」と呼ばれる。

【0042】

図3は、第2出力制限処理の例を説明するための概念図である。横軸は時間を表し、縦軸はモータ電流  $I_m$  及びハンドル10の操舵速度を表している。操舵速度が高くなるにつれて、電源装置200(あるいは予備電源250)から転舵モータ41に引き込まれるモータ電流  $I_m$  は大きくなり、転舵モータ41の消費電力が増大する。そこで、制御装置100は、操舵速度が高くなるにつれて第2電流制限値  $I_{lim2}$  を減少させる。ハンドル10の操舵に対する車輪WHの転舵の追従性(応答性)は低下する傾向にあるが、モータ電流  $I_m$  はある程度流れるため、車輪WHの転舵が停止することはない。

20

【0043】

### 3. 反力増加処理

出力制限処理が実行される場合、車輪WHは必ずしもドライバの意図通りには転舵しない。その一方で、ハンドル10は車輪WHから機械的に分離されているため、ドライバは、転舵モータ41の出力が制限されているにもかかわらず、ハンドル10を操舵し続けることができる。その結果、ハンドル10の回転と車輪WHの転舵との間に乖離が生じるおそれがある。

30

【0044】

そこで、本実施の形態に係る制御装置100は、ハンドル10の回転と車輪WHの転舵との間の乖離を抑制するために、次のような処理を実行する。具体的には、制御装置100は、出力制限処理が実行されない場合と比較してハンドル10が回転しにくくなるように反力トルク  $T_R$  を制御する。言い換えれば、制御装置100は、転舵モータ41の出力を制限すると共に、ハンドル10の回転も制限する。

【0045】

例えば、上述の第1出力制限処理(図2参照)が実行される場合、モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I_{lim1}$  と等しくなる時刻  $t_x$  の近傍で、車輪WHの転舵が停止する。そこで、制御装置100は、モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I_{lim1}$  まで増加したことに応答して、反力トルク  $T_R$  を増加させる。これにより、ハンドル10が回転しにくくなり、ハンドル10の回転と車輪WHの転舵との間の乖離が抑制される。

40

【0046】

他の例として、上述の第2出力制限処理(図3参照)が実行される場合、操舵速度が高くなるにつれて第2電流制限値  $I_{lim2}$  が減少する。そこで、制御装置100は、反力トルク  $T_R$  のダンピング成分を増加させる。ダンピング成分とは、ハンドル10の操舵速度が高くなるにつれて増加する成分である。第2電流制限値  $I_{lim2}$  の減少と同期して、反力トルク  $T_R$  が増加し、ハンドル10が回転しにくくなる。その結果、ハン

50

ハンドル10の回転と車輪WHの転舵との間の乖離が抑制される。

【0047】

このようにハンドル10が回転しにくくなるように反力トルクTRを制御する処理は、以下「反力増加処理」と呼ばれる。

【0048】

本実施の形態のステアバイワイヤシステム1によれば、制御装置100は、転舵モータ41の出力を制限する出力制限処理と共に、反力増加処理を実行する。反力増加処理において、制御装置100は、出力制限処理が実行されない場合と比較してハンドル10が回転しにくくなるように反力トルクTRを制御する。その結果、ハンドル10の回転と車輪WHの転舵との間の乖離が抑制される。

10

【0049】

4. ステアバイワイヤシステムによる処理例

図4は、本実施の形態に係るステアバイワイヤシステム1による処理の概要を示すフローチャートである。図4に示される処理は、一定サイクル毎に繰り返し実行される。

【0050】

ステップS100において、制御装置100は、「出力制限条件」が成立するか否かを判定する。出力制限条件は、出力制限処理を実行するための条件である。出力制限条件が成立しない場合(ステップS100; No)、今回のサイクルにおける処理は終了する。一方、出力制限条件が成立する場合(ステップS100; Yes)、処理はステップS200及びステップS300に進む。

20

【0051】

ステップS200において、制御装置100は、転舵モータ41の出力を制限する出力制限処理を実行する。例えば、制御装置100は、電流制限値 $I_{lim}$ を減少させることによって、転舵モータ41の出力を制限する。

【0052】

ステップS300において、制御装置100は、反力増加処理を実行する。具体的には、制御装置100は、出力制限処理が実行されない場合と比較してハンドル10が回転しにくくなるように反力トルクTRを制御する。この反力増加処理によって、ハンドル10の回転と車輪WHの転舵との間の乖離が抑制される。

【0053】

以下、本実施の形態に係るステアバイワイヤシステム1による処理の様々な具体例を説明する。

30

【0054】

4-1. 第1の例

図5は、ステアバイワイヤシステム1による処理の第1の例を示すフローチャートである。第1の例は、第1出力制限処理(図2参照)に関連する。

【0055】

ステップS100は、ステップS110を含む。ステップS110において、制御装置100は、「第1出力制限条件」が成立するか否かを判定する。第1出力制限条件は、第1出力制限処理を実行するための条件である。

40

【0056】

第1出力制限条件の一例は、「転舵モータ41の温度TEが温度閾値TEthを超えること」である。転舵モータ41の温度TEは、転舵モータ41の状態を示す転舵モータ状態情報STMに基づいて取得可能である。例えば、転舵モータ41の温度TEは、転舵モータ41を流れるモータ電流Imの履歴から推定される。他の例として、転舵装置40が温度センサを有し、転舵モータ状態情報STMが温度センサによって検出される温度TEの情報を含んでいる場合、その検出温度TEが用いられてもよい。

【0057】

第1出力制限条件の他の例は、「電源装置200から転舵モータ41に供給される電圧(駆動電圧)が電圧閾値未満となること」である。電源装置200から転舵モータ41に

50

供給される電圧は、電源装置 200 の状態を示す電源状態情報 S T P あるいは転舵モータ 41 の状態を示す転舵モータ状態情報 S T M から得られる。

【0058】

第1出力制限条件が成立しない場合（ステップ S 110 ; N o）、今回のサイクルにおける処理は終了する。一方、第1出力制限条件が成立する場合（ステップ S 110 ; Y e s）、処理はステップ S 200 及びステップ S 300 に進む。

【0059】

ステップ S 200 は、ステップ S 210 を含む。ステップ S 210 において、制御装置 100 は、第1電流制限値  $I\_lim1$  を設定し、第1出力制限処理を実行する。具体的には、制御装置 100 は、最終的に車輪 W H の転舵が停止するように第1電流制限値  $I\_lim1$  を減少させる。

10

【0060】

図6は、第1電流制限値  $I\_lim1$  の設定例を説明するための概念図である。横軸は転舵モータ 41 の温度 T E を表し、縦軸は第1電流制限値  $I\_lim1$  を表している。温度 T E が温度閾値 T E t h を超えると、第1電流制限値  $I\_lim1$  はデフォルト値よりも減少する。そして、温度 T E が増加するにつれて、第1電流制限値  $I\_lim1$  は更に減少する。従って、転舵モータ 41 の温度が上昇し続けると、第1電流制限値  $I\_lim1$  が大きく減少し、結果として車輪 W H の転舵が停止する。

【0061】

ステップ S 300 において、制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  と第1電流制限値  $I\_lim1$  との関係に基づいて、反力増加処理を実行する。ここで、モータ電流  $I_m$  は、実電流である。あるいは、モータ電流  $I_m$  は、制御装置 100 により算出されるモータ電流  $I_m$  の目標値（要求値）であってもよい。

20

【0062】

図7は、第1の例に係る反力増加処理を説明するための概念図である。横軸はモータ電流  $I_m$  を表し、縦軸は反力トルク T R を表している。モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I\_lim1$  と等しくなる時刻 t x の近傍で、車輪 W H の転舵が停止する。そこで、制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I\_lim1$  以上である場合の反力トルク T R を、モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I\_lim1$  未満である場合の反力トルク T R よりも増加させる。これにより、ハンドル 10 が回転しにくくなる。好適には、制御装置 100 は、ハンドル 10 が回転しないように反力トルク T R を増加させる。

30

【0063】

但し、モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I\_lim1$  まで増加した時点で、車輪 W H の転舵が突然停止し、反力トルク T R が突然増加すると、ドライバは不安感あるいは違和感を覚える可能性がある。このような観点から、制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I\_lim1$  まで増加する前から、反力トルク T R を増加させてもよい。このような処理は、以下「予備増加制御」と呼ばれる。

【0064】

例えば、図7に示されるような「第1前兆開始値  $I\_pre1$ 」が設定される。第1前兆開始値  $I\_pre1$  は、第1電流制限値  $I\_lim1$  よりも第1値 だけ低い電流値である（ $I\_pre1 = I\_lim1 -$  ）。制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  が第1前兆開始値  $I\_pre1$  以上である場合の反力トルク T R を、モータ電流  $I_m$  が第1前兆開始値  $I\_pre1$  未満である場合の反力トルク T R よりも増加させる。第1前兆開始値  $I\_pre1$ （第1値 ）は、ヒステリシス特性を有していてもよい。

40

【0065】

このような予備増加制御により、ドライバは、車輪 W H の転舵が停止する前に、車輪 W H の転舵の停止と反力トルク T R の急増を予め知ることが可能となる。その結果、ドライバの不安感や違和感が軽減される。

【0066】

図7に示されるように、制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  が第1前兆開始値  $I\_pr$

50

e 1 から第 1 電流制限値  $I\_lim1$  に近づくにつれて、反力トルク  $T_R$  を徐々に増加させてもよい。これにより、反力トルク  $T_R$  がよりスムーズに変化し、ドライバの違和感が更に軽減される。

【0067】

再度図 5 を参照して、ステップ  $S300$  を説明する。モータ電流  $I_m$  が第 1 前兆開始値  $I\_pre1$  以上であり、且つ、第 1 電流制限値  $I\_lim1$  未満である場合（ステップ  $S310$  ; Yes）、処理はステップ  $S360$  に進む。ステップ  $S360$  において、制御装置 100 は、予備増加制御を実行する。具体的には、制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  が第 1 前兆開始値  $I\_pre1$  以上である場合の反力トルク  $T_R$  を、モータ電流  $I_m$  が第 1 前兆開始値  $I\_pre1$  未満である場合の反力トルク  $T_R$  よりも増加させる。

10

【0068】

モータ電流  $I_m$  が第 1 電流制限値  $I\_lim1$  以上である場合（ステップ  $S310$  ; No、ステップ  $S330$  ; Yes）、処理はステップ  $S370$  に進む。制御装置 100 は、モータ電流  $I_m$  が第 1 電流制限値  $I\_lim1$  以上である場合の反力トルク  $T_R$  を、モータ電流  $I_m$  が第 1 電流制限値  $I\_lim1$  未満である場合の反力トルク  $T_R$  よりも増加させる。これにより、ハンドル 10 が回転しにくくなる。好適には、制御装置 100 は、ハンドル 10 が回転しないように反力トルク  $T_R$  を増加させる。

【0069】

4 - 2 . 第 2 の例

図 8 は、ステアパイワイヤシステム 1 による処理の第 2 の例を示すフローチャートである。第 2 の例は、第 2 出力制限処理（図 3 参照）に関連する。

20

【0070】

ステップ  $S100$  は、ステップ  $S120$  を含む。ステップ  $S120$  において、制御装置 100 は、「第 2 出力制限条件」が成立するか否かを判定する。第 2 出力制限条件は、第 2 出力制限処理を実行するための条件である。

【0071】

第 2 出力制限条件の一例は、「転舵モータ 41 の電力が電力閾値を超えること」である。例えば、転舵モータ 41 の電力は、転舵モータ 41 の回転速度や電圧から算出される。転舵モータ 41 の回転速度や電圧は、転舵モータ 41 の状態を示す転舵モータ状態情報  $STM$  から得られる。転舵モータ 41 の回転速度の代わりに、ハンドル 10 の操舵速度、あるいは、反力モータ 31 の回転速度が用いられてもよい。ハンドル 10 の操舵速度は、操舵角 から算出される。反力モータ 31 の回転速度は、反力モータ 31 の状態を示す反力モータ状態情報  $STR$  から得られる。

30

【0072】

第 2 出力制限条件の他の例は、「予備電源 250 から転舵モータ 41 に電力が供給されていること」である。予備電源 250 から転舵モータ 41 に電力が供給されているか否かは、電源装置 200 の状態を示す電源状態情報  $STP$  に基づいて判定可能である。

【0073】

第 2 出力制限条件が成立しない場合（ステップ  $S120$  ; No）、今回のサイクルにおける処理は終了する。一方、第 2 出力制限条件が成立する場合（ステップ  $S120$  ; Yes）、処理はステップ  $S200$  及びステップ  $S300$  に進む。

40

【0074】

ステップ  $S200$  は、ステップ  $S220$  を含む。ステップ  $S220$  において、制御装置 100 は、第 2 電流制限値  $I\_lim2$  を設定し、第 2 出力制限処理を実行する。具体的には、制御装置 100 は、ハンドル 10 の操舵速度が高くなるにつれて第 2 電流制限値  $I\_lim2$  を減少させる。

【0075】

図 9 は、第 2 電流制限値  $I\_lim2$  の設定例を説明するための概念図である。横軸はハンドル 10 の操舵速度を表し、縦軸は第 2 電流制限値  $I\_lim2$  を表している。操舵速度は、操舵角 から算出される。図 9 に示されるように、操舵速度が高くなるに

50

つれて第2電流制限値  $I\_lim2$  は減少する。その結果、ハンドル10の操舵に対する車輪WHの転舵の追従性（応答性）は低下する。

【0076】

ステップS300において、制御装置100は、第2電流制限値  $I\_lim2$  の減少を考慮して、反力トルクTRのダンピング成分を増加させる。ダンピング成分は、ハンドル10の操舵速度が高くなるにつれて増加する成分である。

【0077】

例えば、制御装置100は、第2電流制限値  $I\_lim2$  に基づいて「第2前兆開始値  $I\_pre2$ 」を設定する。第2前兆開始値  $I\_pre2$  は、第2電流制限値  $I\_lim2$  よりも第2値だけ低い電流値である（ $I\_pre2 = I\_lim2 - \quad$ ）。モータ電流  $I_m$  が第2前兆開始値  $I\_pre2$  以上であり、且つ、第2電流制限値  $I\_lim2$  以下である場合（ステップS320；Yes）、処理はステップS380に進む。

10

【0078】

ステップS380において、制御装置100は、モータ電流  $I_m$  が第2前兆開始値  $I\_pre2$  以上である場合のダンピング成分を、モータ電流  $I_m$  が第2前兆開始値  $I\_pre2$  未満である場合のダンピング成分よりも増加させる。これにより、反力トルクTRが増加し、ハンドル10が回転しにくくなる。ドライバは、車輪WHの転舵の追従性が低下する可能性があることを予め知ることが可能となる。

【0079】

4-3. 第3の例

20

図10は、ステアバイワイヤシステム1による処理の第3の例を示すフローチャートである。第3の例は、上述の第1の例と第2の例の組み合わせの一例である。上述の第1及び第2の例と重複する説明は適宜省略される。

【0080】

ステップS100は、ステップS130を含む。ステップS130において、制御装置100は、第1出力制限条件と第2出力制限条件の少なくともいずれかが成立するか否かを判定する。第1出力制限条件と第2出力制限条件のいずれも成立しない場合（ステップS130；No）、今回のサイクルにおける処理は終了する。一方、第1出力制限条件と第2出力制限条件の少なくともいずれかが成立する場合（ステップS130；Yes）、処理はステップS200及びステップS300に進む。

30

【0081】

第1出力制限条件が成立する場合、制御装置100は、第1電流制限値  $I\_lim1$  を設定し、第1出力制限処理を実行する（ステップS210）。第2出力制限条件が成立する場合、制御装置100は、第2電流制限値  $I\_lim2$  を設定し、第2出力制限処理を実行する（ステップS220）。

【0082】

図11は、図10におけるステップS300を示すフローチャートである。

【0083】

モータ電流  $I_m$  が第1前兆開始値  $I\_pre1$  以上であり、且つ、第1電流制限値  $I\_lim1$  未満である場合（ステップS310；Yes）、処理はステップS320に進む。それ以外の場合（ステップS310；No）、処理はステップS330に進む。

40

【0084】

モータ電流  $I_m$  が第2前兆開始値  $I\_pre2$  以上であり、且つ、第2電流制限値  $I\_lim2$  以下である場合（ステップS320；Yes）、処理はステップS360及びステップS380に進む。それ以外の場合（ステップS320；No）、処理はステップS360に進む。

【0085】

モータ電流  $I_m$  が第1電流制限値  $I\_lim1$  以上である場合（ステップS330；Yes）、処理はステップS370に進む。それ以外の場合（ステップS330；No）、処理はステップS320'に進む。

50

## 【 0 0 8 6 】

モータ電流  $I_m$  が第 2 前兆開始値  $I_{pre2}$  以上であり、且つ、第 2 電流制限値  $I_{lim2}$  以下である場合（ステップ S 3 2 0' ; Yes）、処理はステップ S 3 8 0 に進む。

## 【 0 0 8 7 】

4 - 4 . 第 4 の例

図 1 2 は、ステアバイワイヤシステム 1 による処理の第 4 の例を示すフローチャートである。第 4 の例は、上述の第 1 の例と第 2 の例の組み合わせの他の例である。上述の第 1 及び第 2 の例と重複する説明は適宜省略される。

## 【 0 0 8 8 】

ステップ S 1 0 0 は、ステップ S 1 3 0 を含む。ステップ S 1 3 0 は、上述の第 3 の例の場合と同様である。

## 【 0 0 8 9 】

第 1 出力制限条件が成立する場合、制御装置 1 0 0 は、第 1 電流制限値  $I_{lim1}$  を設定し、第 1 出力制限処理を実行する（ステップ S 2 1 0）。一方、第 1 出力制限条件が成立しない場合、制御装置 1 0 0 は、第 1 電流制限値  $I_{lim1}$  を最大値に仮設定する。

## 【 0 0 9 0 】

第 2 出力制限条件が成立する場合、制御装置 1 0 0 は、第 2 電流制限値  $I_{lim2}$  を設定し、第 2 出力制限処理を実行する（ステップ S 2 2 0）。一方、第 2 出力制限条件が成立しない場合、制御装置 1 0 0 は、第 2 電流制限値  $I_{lim2}$  を最大値に仮設定する。

## 【 0 0 9 1 】

ステップ S 2 3 0 において、制御装置 1 0 0 は、第 1 電流制限値  $I_{lim1}$  と第 2 電流制限値  $I_{lim2}$  のうち小さい方を電流制限値  $I_{lim}$  として選択する。

## 【 0 0 9 2 】

ステップ S 3 0 0 は、次の通りである。前兆開始値  $I_{pre}$  は、電流制限値  $I_{lim}$  よりも第 1 値 だけ低い電流値である（ $I_{pre} = I_{lim} - \quad$ ）。モータ電流  $I_m$  が前兆開始値  $I_{pre}$  以上であり、且つ、電流制限値  $I_{lim}$  未満である場合（ステップ S 3 1 5 ; Yes）、処理はステップ S 3 6 0 及びステップ S 3 8 0 に進む。それ以外の場合（ステップ S 3 1 5 ; No）、処理はステップ S 3 3 5 に進む。モータ電流  $I_m$  が電流制限値  $I_{lim}$  以上である場合（ステップ S 3 3 5 ; Yes）、処理はステップ S 3 7 0 に進む。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 9 3 】

1	ステアバイワイヤシステム
1 0	ハンドル（ステアリングホイール）
2 0	ステアリングシャフト
3 0	反力発生装置
3 1	反力モータ
4 0	転舵装置
4 1	転舵モータ
5 1	操舵角センサ
5 2	操舵トルクセンサ
5 3	車速センサ
1 0 0	制御装置
2 0 0	電源装置
2 5 0	予備電源
$I_m$	モータ電流
$I_{lim}$	電流制限値

10

20

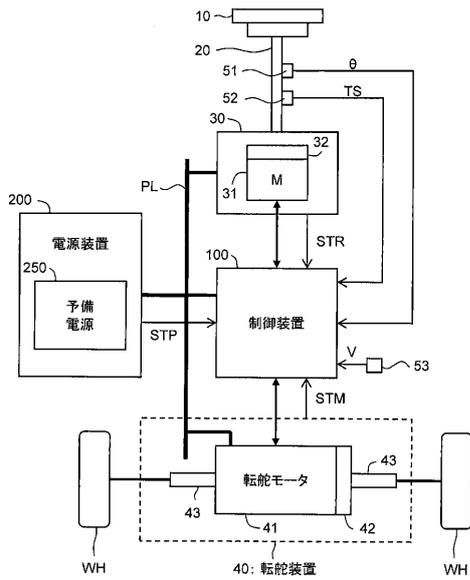
30

40

50

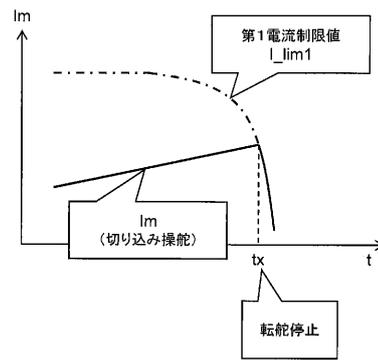
S T M      転舵モータ状態情報  
S T R      反力モータ状態情報  
S T P      電源状態情報  
W H      車輪（転舵輪）

【 図 1 】

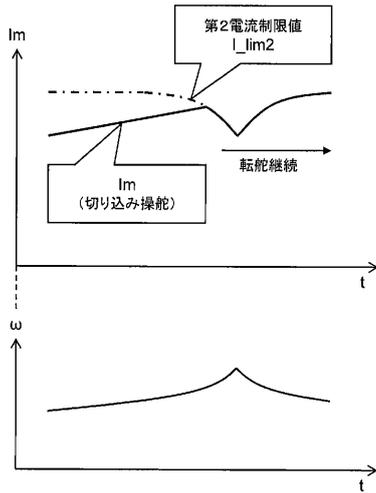


1: ステアバイワイヤシステム

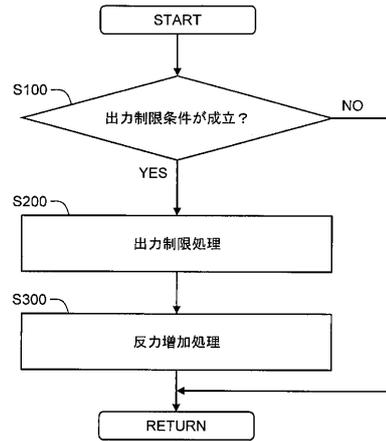
【 図 2 】



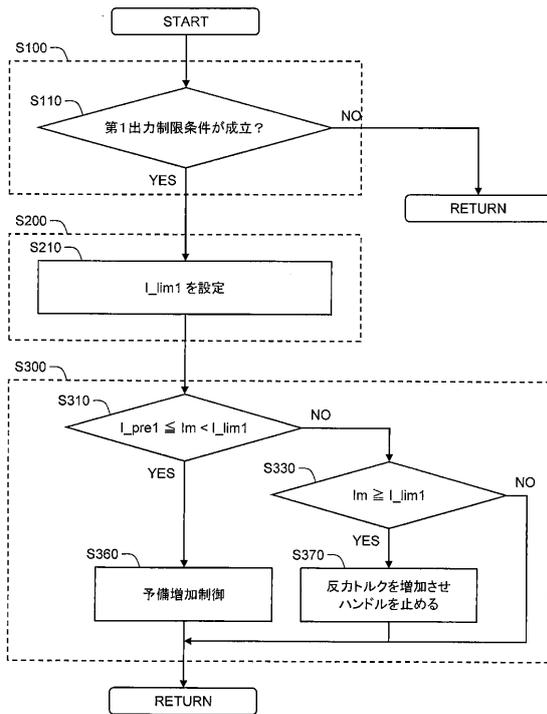
【 図 3 】



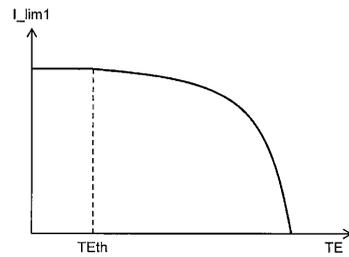
【 図 4 】



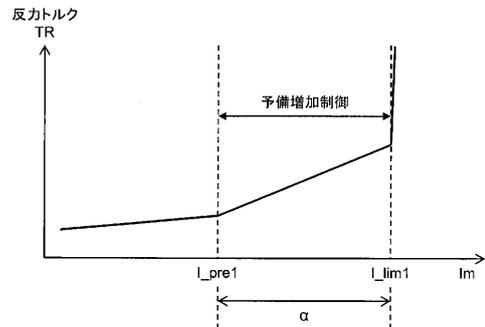
【 図 5 】



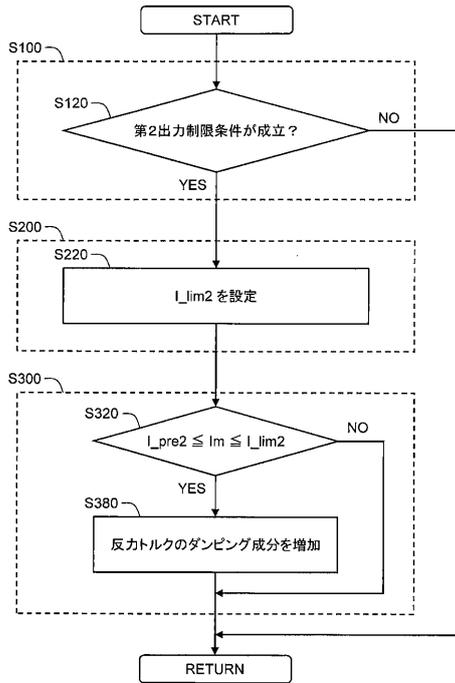
【 図 6 】



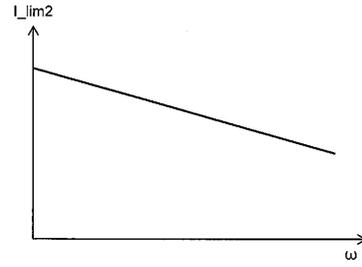
【 図 7 】



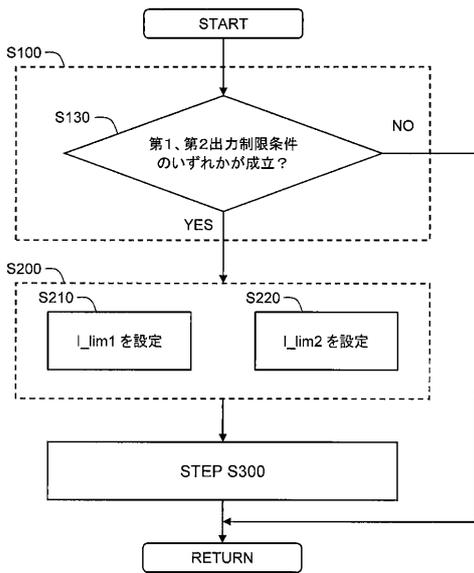
【 図 8 】



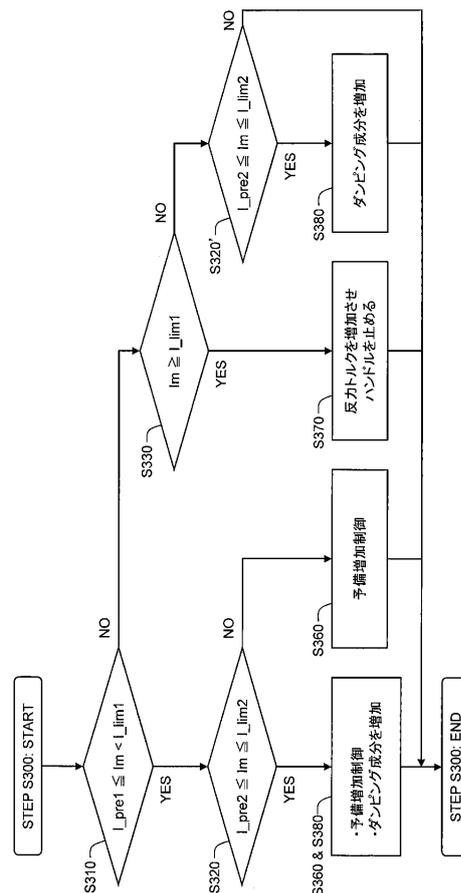
【 図 9 】



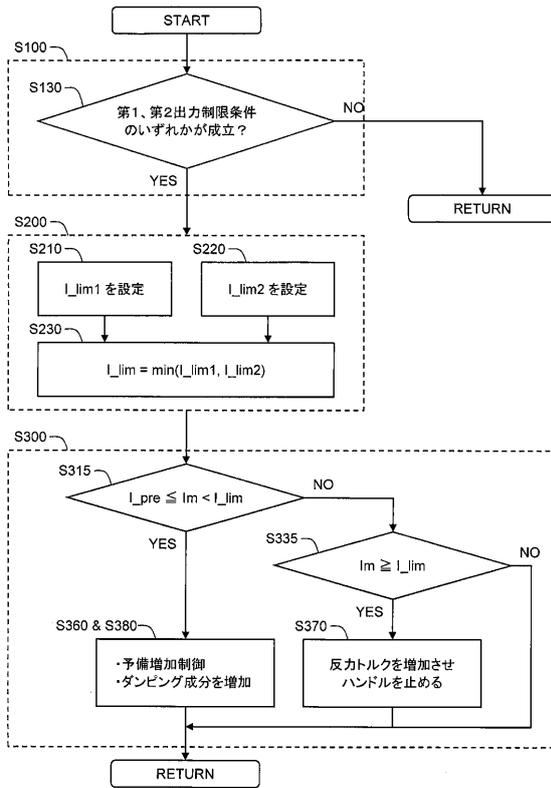
【 図 10 】



【 図 11 】



【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 孝文

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3D232 DA03 DA15 DA23 DC03 DC33 DC34 DC35 DD06 DE02 DE05  
EA01 EB04 EB11 EC22 EC29 EC37 GG01  
3D333 CB29 CB44 CE52