

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6580960号  
(P6580960)

(45) 発行日 令和1年9月25日(2019.9.25)

(24) 登録日 令和1年9月6日(2019.9.6)

(51) Int.Cl. F 1  
**B 6 0 T 8/00 (2006.01)** B 6 0 T 8/00 Z  
**B 6 0 T 13/74 (2006.01)** B 6 0 T 13/74 G

請求項の数 2 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-233539 (P2015-233539)	(73) 特許権者	301065892 株式会社アドヴィックス 愛知県刈谷市昭和町2丁目1番地
(22) 出願日	平成27年11月30日(2015.11.30)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2017-100507 (P2017-100507A)	(74) 代理人	100105957 弁理士 恩田 誠
(43) 公開日	平成29年6月8日(2017.6.8)	(74) 代理人	100068755 弁理士 恩田 博宣
審査請求日	平成30年6月5日(2018.6.5)	(72) 発明者	安井 由行 愛知県刈谷市昭和町2丁目1番地 株式会社アドヴィックス内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の電動制動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の運転者による制動操作部材の操作量を取得する操作量センサと、  
 前記車両の車輪と一体となって回転する回転部材を、電気モータの駆動によって摩擦部材が押圧することにより、前記車輪に制動トルクを付与するアクチュエータと、  
 前記操作量に基づいて前記摩擦部材が前記回転部材を押圧する力である押圧力の目標値を演算し、前記目標値と前記押圧力の実際値とが一致するように前記電気モータを制御するコントローラと、  
 を備える車両の電動制動装置において、  
 前記コントローラは、  
 前記回転部材、前記摩擦部材、及び、前記アクチュエータのうちの少なくとも1つの振動特性に応じて予測されるブレーキ鳴きが発生する前記押圧力の領域を回避するよう、前記操作量の増加にしたがって前記目標値を一定に維持し、前記操作量が所定値になった場合に前記目標値をステップ的に増加する鳴き回避特性に基づいて、前記目標値を演算するものであり、

前記所定値は、前記制動操作部材の遊びに対応する遊び値よりも大きい値である規定値を含み、

前記車両の後輪に対応する前記鳴き回避特性は、前記操作量がゼロから前記遊び値を越えて増加しても前記目標値をゼロに維持し、前記操作量が前記規定値に達した場合に前記目標値をゼロからステップ的に増加するよう設定される、車両の電動制動装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の車両の電動制動装置において、  
 前記コントローラは、  
 前記車両の運転状態に基づいて前記鳴き回避特性の要否を判定し、  
 前記鳴き回避特性が必要であることが判定される場合には、前記目標値を前記鳴き回避特性に基づいて演算し、  
 前記鳴き回避特性が不要であることが判定される場合には、前記鳴き回避特性とは異なり、前記操作量の増加にしたがって前記目標値が単調増加する通常特性に基づいて、前記目標値を演算する、車両の電動制動装置。

## 【発明の詳細な説明】

10

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、車両の電動制動装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 には、「車両用ブレーキ液圧制御装置において、ブレーキ鳴きを効果的に抑制するため、車輪のブレーキの鳴きを検出するブレーキ鳴き検出手段を備え、ブレーキ鳴きを検出したら、前後輪のブレーキ液圧の配分を変更することによりブレーキ鳴きを抑制する」ことが記載されている。

## 【0003】

20

ところで、ブレーキ鳴きは、ブレーキパッドとブレーキディスクとの間で発生する摩擦力が原因で振動が発生する現象である。具体的には、ブレーキディスクにブレーキパッドが接触する場合の不均一な接触により微振動が発生し、これが原因となって自励振動が生じる。この自励振動は、ブレーキディスク本体だけではなく、ブレーキキャリア、サスペンションメンバの影響を受ける。このため、各種周波数帯域、振動モードのブレーキ鳴きが発生する。

## 【0004】

特許文献 1 に記載の装置では、ブレーキ鳴きが発生した後の対処としてブレーキ液圧の変更が行われる。一方で、全てのブレーキ鳴きを抑制するのではなく、各種存在するなかの或る特定のブレーキ鳴きを抑制するものも切望されている。加えて、特許文献 1 に記載の装置では、車輪のブレーキの鳴きを検出するブレーキ鳴き検出手段を備えることを前提としているが、該検出手段を利用しない簡素な構成のものが求められている。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】特開平 09 - 221013 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

本発明の目的は、簡素な構成で、ブレーキ鳴きを抑制し得る車両の電動制動装置を提供することである。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記課題を解決するための車両の電動制動装置 (E B R) は、車両の運転者による制動操作部材 (B P) の操作量 (B p a) を取得する操作量センサ (B P A) と、前記車両の車輪と一体となって回転する回転部材 (K T B) を、電気モータ (M T R) の駆動によって摩擦部材 (M S B) が押圧することにより、前記車輪に制動トルクを付与するアクチュエータ (B R K) と、前記操作量 (B p a) に基づいて前記摩擦部材 (M S B) が前記回転部材 (K T B) を押圧する力である押圧力の目標値 (F b t) を演算し、前記目標値 (F b t) と前記押圧力の実際値 (F b a) とが一致するように前記電気モータ (M T R)

50

を制御するコントローラ（CTL）と、を備える。

【0008】

また、上記車両の電動制動装置（EBR）では、前記コントローラ（CTL）が、前記回転部材（KTB）、前記摩擦部材（MSB）、及び、前記アクチュエータ（BRK）のうちの少なくとも1つの振動特性に応じて予測されるブレーキ鳴きが発生する前記押圧力の領域を回避するよう、前記操作量（Bpa）の増加にしたがって前記目標値（Fbt）を一定に維持し、前記操作量（Bpa）が所定値（bp1、bp3、bp5）になった場合に前記目標値（Fbt）をステップ的に増加する鳴き回避特性（CHF、CHR）に基づいて、前記目標値（Fbt）を演算するように構成されている。

【0009】

ブレーキ鳴きは、回転部材（KTB）と摩擦部材（MSB）との接触面で生じる微小な摩擦力変動が、ブレーキディスクなどの回転部材（KTB）やアクチュエータ（BRK）の構成部材（例えば、ブレーキキャリア）と共振することによって発生する。ブレーキ鳴きの発生のし易さ（発生確率）は、アクチュエータ（BRK）を構成する各部材（ブレーキキャリア等）、回転部材（KTB）、及び、摩擦部材（MSB）の振動特性（例えば、固有振動特性であり、固有振動数、固有モード）に基づいて、解析的、実験的に予測され得る。上記の構成によれば、鳴き回避特性（CHF、CHR）によって、ブレーキ鳴きの発生が予測される押圧力の領域を避けることが可能となるため、各種ブレーキ鳴きのうちの一部が効果的に防止され得る。

【0010】

また、上記車両の電動制動装置（EBR）では、前記コントローラ（CTL）は、前記車両の運転状態（Vxa、dBp、Sfp）に基づいて前記鳴き回避特性（CHF、CHR）の要否を判定し、前記鳴き回避特性（CHF、CHR）が必要であることが判定される場合には、前記目標値（Fbt）を前記鳴き回避特性（CHF、CHR）に基づいて演算し、前記鳴き回避特性（CHF、CHR）が不要であることが判定される場合には、前記鳴き回避特性（CHF、CHR）とは異なり、前記操作量（Bpa）の増加にしたがって前記目標値（Fbt）が単調増加する通常特性（CNf、CNr）に基づいて、前記目標値（Fbt）を演算する。

【0011】

鳴き回避特性（CHF、CHR）では、操作量Bpaが増加しても、押圧力の目標値（Fbt）が一定に維持される領域が存在する。車両の運転状態（Vxa、dBp、Sfp）に基づいて、鳴き回避特性（CHF、CHR）の要否が判定され、ブレーキ鳴き発生の蓋然性が高い場合に限り、鳴き回避特性（CHF、CHR）に基づいて押圧力の目標値（Fbt）が演算される。該構成によって、ブレーキ鳴きが低減されるとともに、運転者への違和感が抑制され得る。

【0012】

さらに、上記車両の電動制動装置（EBR）では、前記所定値（bp1、bp3、bp5）は、前記制動操作部材（BP）の遊びに対応する遊び値（bp0）よりも大きい値である規定値（bp1）を含む。前記車両の後輪に対応する前記鳴き回避特性（CHR）は、前記操作量（Bpa）がゼロから前記遊び値（bp0）を越えて増加しても前記目標値（Fbt）をゼロに維持し、前記操作量（Bpa）が前記規定値（bp1）に達した場合に前記目標値（Fbt）をゼロからステップ的に増加するよう設定される。

【0013】

制動初期（制動力が低い場合）には、ブレーキ鳴きが発生し易い。加えて、制動初期には、車両減速度の変化が、運転者への違和感に繋がり難い。また、車両全体の制動力に対して後輪制動力の影響度は、前輪の制動力に比較して小さい。車両の後輪に対応する鳴き回避特性CHRによって、高い頻度で発生する押圧力が低い領域でのブレーキ鳴きが効果的に抑制されるとともに、運転者への違和感が抑制され得る。

【図面の簡単な説明】

【0014】

10

20

30

40

50

【図 1】第 1 の実施形態の車両の電動制動装置を説明するための全体構成図。

【図 2】ブレーキ鳴きの例を説明するための回転部材の概略図。

【図 3】車輪側電子制御ユニットを説明するための概略図。

【図 4】( a ) , ( b ) , ( c ) は車両の電動制動装置の作動を説明するための時系列線図。

【図 5】第 2 の実施形態の車両の電動制動装置を説明するための全体構成図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

( 第 1 の実施形態 )

以下、車両の電動制動装置の第 1 の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

10

【 0 0 1 6 】

< 車両の電動制動装置 E B R の全体構成 >

図 1 は、車両の電動制動装置 E B R の全体構成図である。電動制動装置 E B R を備える車両には、制動操作部材 B P、操作量取得手段 B P A、車輪速度取得手段 V W A、車体側電子制御ユニット E C B、制動手段 B R K、及び、通信線 S G L が備えられる。なお、操作量取得手段 B P A、車体側電子制御ユニット E C B、制動手段 B R K、及び、通信線 S G L は、電動制動装置 E B R の構成要素である。

【 0 0 1 7 】

制動操作部材 (例えば、ブレーキペダル) B P は、車両を減速して停止させるために運転者が操作する部材である。制動操作部材 B P が操作されているときには、制動手段 B R K によって、車輪の制動トルクが調整される。その結果、車輪に制動力が発生し、走行中の車両が減速される。制動操作部材 B P には、操作量取得手段 B P A が設けられる。操作量取得手段 B P A によって、運転者による制動操作部材 B P の操作量 (制動操作量) B p a が取得 (検出) される。

20

【 0 0 1 8 】

操作量取得手段 (操作量センサ) B P A として、マスタシリンダの圧力を検出するセンサ (圧力センサ)、制動操作部材 B P の操作力を検出するセンサ (踏力センサ)、及び、制動操作部材 B P の操作変位を検出するセンサ (ストロークセンサ) のうちで、少なくとも 1 つが採用される。したがって、上記の操作量 B p a は、マスタシリンダ圧力、ブレーキペダル踏力、及び、ブレーキペダルストロークのうち少なくとも何れか 1 つに基づいて演算される。操作量 B p a は、車体側電子制御ユニット E C B に入力される。

30

【 0 0 1 9 】

車輪速度取得手段 (車輪速度センサ) V W A が、車両の各車輪に対してそれぞれ設けられている。車輪速度取得手段 V W A は、車輪の回転速度を、車輪速度 V w a として取得 (検出) する。具体的には、車輪と一体となって回転する歯車状のセンサロータが車輪と同軸に設けられ、車輪速度取得手段 V W A は、センサロータの外周に微小な隙間をもって設置される。車輪速度取得手段 V W A は、コイルと磁極で構成され、コイルを通過する磁束変化に基づいて、車輪の車輪速度 V w a が検出される。車輪速度 V w a は、車体側電子制御ユニット E C B に入力される。

【 0 0 2 0 】

< ブレーキ鳴き >

車体側電子制御ユニット E C B での処理について説明する前に、図 1 及び図 2 を参照して、ブレーキ鳴きについて説明する。「ブレーキ鳴き」は、回転部材 (ブレーキディスク) K T B と摩擦部材 (ブレーキパッド) M S B との接触による摩擦振動が加振源となり、制動装置を構成する部材 (部品)、及び、車体と共振することによって発生する現象である。ブレーキ鳴きには各種存在するが、例としては、スキール音 (低速状態の車両を低踏力で停止させる際に発生し易い)、グローン音 (発進時等にブレーキペダルを離れた瞬間に発生し易い)、モーン音 (微低速発進時に発生し易い)、ランブル音 (通常ブレーキの際に発生することがある)、等がある。

40

【 0 0 2 1 】

50

次に、ブレーキ鳴きの発生メカニズムについて説明する。回転部材 K T B と摩擦部材 M S B との接触面では、摺動によって摩擦力が発生し、常時、微小な摩擦力の変動（スティックスリップ現象）が生じている。この摩擦力変動が、摺動部周辺の部材（例えば、回転部材 K T B、摩擦部材 M S B）と共振し、自励振動が発生する。摩擦力変動の要因としては、回転部材 K T B を含む制動装置の振動形態、摩擦部材 M S B の物性（例えば、摩擦部材 M S B の速度依存性、摩擦部材 M S B の摩耗状態）、構成部材の熱変形が挙げられる。

#### 【 0 0 2 2 】

自励振動の例として、モード連成が挙げられる。モード連成は、2つ以上の固有モードの固有振動数が近接していることによって、共振が発生されるものである。例えば、ブレーキディスク（回転部材 K T B）の或る固有モードの固有振動数とブレーキキャリパの或る固有モードの固有振動数とが近い場合、ブレーキディスク（回転部材 K T B）の周方向（面内方向）の固有モードの固有振動数と軸方向（面直方向）の固有モードの固有振動数とが近似する場合である（図 2 を参照）。なお、固有モードは、1つの部材において、複数のモードが存在する。例えば、ブレーキディスク（回転部材 K T B）だけでも、数～数十種の固有モードが存在する。

#### 【 0 0 2 3 】

回転部材 K T B を含む制動装置の振動特性（固有振動特性）は、形状、材質、拘束状態（各部材が固定されている形態）に基づいて予め解析され得る。固有振動特性を求める解析は、一般的にモード解析（又は、固有値解析）と呼ばれている。固有振動特性として、固有モード、固有振動数が用いられる。固有モードとは、物体（部材）が与えられた拘束状態で自由に變形し得る形状（即ち、振動の現れ方）である。例えば、振動振幅の節と腹の位置の分布が、固有モードである。固有振動数は、上記の固有モードの単位時間当たりに繰り返されるかの程度である。例えば、固有振動数は、物体を自由振動させたときの周波数のことである。

#### 【 0 0 2 4 】

さらに、固有振動特性として、モード減衰比が採用され得る。モード減衰比は、自由振動させたときの振動の収束性を示す値であり、自由振動の場合、時間領域ではモード減衰比が大きいほど早く収束し、周波数領域ではモード減衰比が大きいほど振幅は小さくなる。また、共振時の振幅は、モード減衰比が大きいほど小さくなる。モード減衰比は、例えば、複素固有値解析に基づいて演算され得る。

#### 【 0 0 2 5 】

以上で説明したように、ブレーキ鳴きの発生のし易さ（発生確率）は、制動手段（アクチュエータ）B R K を構成する各部材（ブレーキキャリパ C R P 等）、回転部材 K T B、及び、摩擦部材 M S B の振動特性（例えば、固有振動特性）に基づいて予測され得る。また、制動手段 B R K 等の振動特性に起因するブレーキ鳴きのうちで発生の確率が高いものは、実験においても、予め確認され得る。

#### 【 0 0 2 6 】

##### 車体側電子制御ユニット E C B

図 1 を参照して、車体側電子制御ユニット E C B について説明する。車体側電子制御ユニット E C B は、車両の車体に設けられる。車体側電子制御ユニット E C B はプロセッサを含む電気回路を備え、車体に固定される。車体側電子制御ユニット E C B は、目標押圧力演算ブロック F B T、車体速度演算ブロック V X A、操作速度演算ブロック D B P、判定ブロック H N T、及び、車体側通信部 C M B にて構成される。目標押圧力演算ブロック F B T、車体速度演算ブロック V X A、操作速度演算ブロック D B P、判定ブロック H N T、及び、車体側通信部 C M B は、制御アルゴリズムであり、車体側電子制御ユニット E C B のプロセッサにプログラムされている。ここで、車体側電子制御ユニット E C B は、制御手段（コントローラ）C T L の一部に相当する。

#### 【 0 0 2 7 】

目標押圧力演算ブロック F B T では、操作量 B p a に基づいて、目標押圧力 F b t が演算される。ここで、目標押圧力 F b t は、摩擦部材（ブレーキパッド）M S B が回転部材

(ブレーキディスク) K T B を押圧する力である押圧力の目標値である。目標押圧力  $F_{bt}$  は、操作量  $B_{pa}$ 、予め設定された車両の前輪に対応する演算特性(演算マップ)  $C_{Nf}$ 、 $C_{Hf}$ 、及び、予め設定された車両の後輪に対応する演算特性  $C_{Nr}$ 、 $C_{Hr}$  に基づいて演算される。ここで、演算特性  $C_{Nf}$ 、 $C_{Nr}$  は、後述するブレーキ鳴きの回避が行われない場合に対応する演算特性であり、この演算特性  $C_{Nf}$ 、 $C_{Nr}$  を以下では「通常特性」と称呼する。また、演算特性  $C_{Hf}$ 、 $C_{Hr}$  は、ブレーキ鳴きの回避が行われる場合に対応する演算特性であり、この演算特性  $C_{Hf}$ 、 $C_{Hr}$  を以下では「鳴き回避特性」と称呼する。

#### 【0028】

先ず、通常特性  $C_{Nf}$ 、 $C_{Nr}$  に基づく、目標押圧力  $F_{bt}$  の演算について説明する。前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、図1に破線で示す前輪の通常特性  $C_{Nf}$ 、及び、操作量  $B_{pa}$  に基づいて演算される。前輪の通常特性  $C_{Nf}$  は、車体側電子制御ユニット E C B 内に予め設定されている演算マップである。前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、操作量  $B_{pa}$  がゼロから値  $b_{p0}$  までの範囲では、ゼロに演算され、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p0}$  を越えると、操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって単調増加するように演算される。ここで、値  $b_{p0}$  は、制動操作部材 B P の「遊び(構成部品間で自由に動かすことのできる操作量)」に相当する値であり、この値  $b_{p0}$  を以下では「遊び値」と称呼する。

#### 【0029】

なお、前輪の通常特性  $C_{Nf}$  として、以下で説明するジャンプイン特性が考慮された通常特性  $C_{Nj}$  を採用してもよい。ジャンプイン特性(ジャンピング特性ともいう)は、倍力装置(例えば、負圧ブースタ)において、小さな操作力(ブレーキペダル踏力)で出力を増加させることができるよう、助勢力をゼロからステップ的に増大するものである。したがって、前輪の通常特性として、図1に一点鎖線で示すように、操作量  $B_{pa}$  がゼロから遊び値  $b_{p0}$  までの範囲では、目標押圧力  $F_{bt}$  がゼロにされ、操作量  $B_{pa}$  が遊び値  $b_{p0}$  となる場合に、目標押圧力  $F_{bt}$  がゼロからステップ的に、値  $f_{bj}$  に増加する特性(通常特性  $C_{Nj}$ ) が採用され得る。ここで、値  $f_{bj}$  が「ジャンプイン値」と称呼される。ジャンプイン特性が考慮された通常特性  $C_{Nj}$  においても、操作量  $B_{pa}$  が遊び値  $b_{p0}$  から増加するにしたがって、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  はジャンプイン値  $f_{bj}$  から単調増加される。

#### 【0030】

後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、図1に破線で示す予め設定された後輪の通常特性(演算マップ)  $C_{Nr}$ 、及び、操作量  $B_{pa}$  に基づいて演算される。後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  も、操作量  $B_{pa}$  がゼロから遊び値  $b_{p0}$  までの範囲では、ゼロに演算され、操作量  $B_{pa}$  が遊び値  $b_{p0}$  を越えると、操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって単調増加するように演算される。

#### 【0031】

次に、鳴き回避特性  $C_{Hf}$ 、 $C_{Hr}$  に基づく、目標押圧力  $F_{bt}$  の演算について説明する。上述したように、ブレーキ鳴きにおいては、回転部材 K T B、摩擦部材 M S B、及び、制動手段 B R K の形状、材質、固定形態等で定まる振動特性に基づく振動解析によって、事前に予測可能なものがある。鳴き回避特性  $C_{Hf}$ 、 $C_{Hr}$  は、ブレーキ鳴きの発生が予測される押圧力の領域(鳴き領域)を予め避けるように設定されている。

#### 【0032】

前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、操作量  $B_{pa}$ 、及び、予め設定された前輪の鳴き回避特性(演算マップ)  $C_{Hf}$  に基づいて演算される。具体的には、以下(1)~(5)のように前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が決定される。

(1) 操作量  $B_{pa}$  が「遊び値  $b_{p0}$  未満」では、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  はゼロに演算される。

(2) 操作量  $B_{pa}$  が「遊び値  $b_{p0}$  以上、値  $b_{p4}$  未満」の範囲では、操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b4}$  まで単調増加するように演算される。

10

20

30

40

50

(3) 操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p4}$  以上、値  $b_{p5}$  未満」の範囲では、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b4}$  で一定に維持される。

(4) 増加する操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p5}$  に達したとき」には、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b4}$  から値  $f_{b5}$  にステップ的に増加される。

(5) 操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p5}$  以上」では、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって、値  $f_{b5}$  から単調増加される。

#### 【0033】

前輪の鳴き回避特性  $CH_f$  において、目標押圧力  $F_{bt}$  の値が「値  $f_{b4}$  以上、値  $f_{b5}$  未満」の範囲が鳴き領域（振動解析によって予測されるブレーキ鳴きが発生し易い領域）に相当する。したがって、鳴き領域を回避するように、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p4}$  以上、値  $b_{p5}$  未満の範囲では、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が一定の値である値  $f_{b4}$  に演算され、鳴き領域から外れたときには（増加する操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p5}$  に達したときには）、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が値  $f_{b4}$  から値  $f_{b5}$  にまで、ステップ的に増加される。なお、操作量  $B_{pa}$  の値  $b_{p4}$  ,  $b_{p5}$  は、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  の値  $f_{b4}$  ,  $f_{b5}$  に対応した、予め設定される所定値である。

#### 【0034】

なお、前輪の鳴き回避特性として、通常特性  $CN_j$  と同様に、ジャンプイン特性が考慮された鳴き回避特性  $CH_j$  を採用してもよい。即ち、ジャンプイン特性が考慮された鳴き回避特性  $CH_j$  では、図1に一点鎖線で示すように、操作量  $B_{pa}$  が遊び値  $b_{p0}$  で、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が、ゼロからステップ的にジャンプイン値  $f_{bj}$  にまで増加される。この場合においても、上記の鳴き領域を回避するため、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p4}$  以上、値  $b_{p5}$  未満の範囲では、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が一定とされ、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p5}$  と一致したときには、ステップ的に前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が増加される。

#### 【0035】

後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、操作量  $B_{pa}$ 、及び、予め設定された後輪の鳴き回避特性（演算マップ） $CH_r$  に基づいて演算される。具体的には、以下(1)～(5)のように後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が決定される。

(1) 操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p1}$  未満」では、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  はゼロに演算される。ここで、値  $b_{p1}$  は、遊び値  $b_{p0}$  よりも大きい値であり、「規定値」と称呼する。

(2) 増加する操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p1}$  に達したとき」には、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  はゼロから値  $f_{b1}$  にステップ的に増加される。

(3) 操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p1}$  以上、値  $b_{p2}$  未満」の範囲では、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって、値  $f_{b1}$  から単調増加される。

(4) 操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p2}$  以上、値  $b_{p3}$  未満」の範囲では、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b2}$  で一定に維持される。

(5) 増加する操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p3}$  に達したとき」には、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b2}$  から値  $f_{b3}$  にステップ的に増加される。

(6) 操作量  $B_{pa}$  が「値  $b_{p3}$  以上」では、操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b3}$  から単調増加される。

#### 【0036】

後輪の鳴き回避特性  $CH_r$  において、目標押圧力  $F_{bt}$  の値が「ゼロ以上、値  $f_{b1}$  未満」の範囲、及び、「値  $f_{b2}$  以上、値  $f_{b3}$  未満」の範囲が鳴き領域に相当する。したがって、鳴き領域を回避するように、操作量  $B_{pa}$  が遊び値  $b_{p0}$  よりも大きい値  $b_{p1}$  未満の範囲では、操作量  $B_{pa}$  が増加しても、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  はゼロに保持される。そして、鳴き領域から外れたときには（増加する操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p1}$  に達したときには）、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  がゼロから値  $f_{b1}$  にまで、ステップ的に増加される。また、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p2}$  以上、値  $b_{p3}$  未満の範囲では、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が一定の値である値  $f_{b2}$  に演算され、鳴き領域から外れたときには（増加する操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p3}$  に達したときには）、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が値  $f_{b2}$  から値  $f_{b3}$  にまで、ステップ的に増加される。なお、操作量  $B_{pa}$  の値  $b_{p1}$  ,  $b_{p2}$  ,  $b_{p3}$  は、

後輪の目標押圧力 $F_{bt}$ の値 $f_{b1}$ 、 $f_{b2}$ 、 $f_{b3}$ に夫々対応した、予め設定される所定値である。そして、これら所定値である値 $b_{p1}$ 、 $b_{p2}$ 、 $b_{p3}$ のうち、値 $b_{p1}$ が、予め設定される規定値に該当する。

【0037】

このように、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ では、操作量 $B_{pa}$ が増加しても、目標押圧力 $F_{bt}$ が一定に維持される領域が存在する。このため、運転者へ違和感を与えないように、目標押圧力 $F_{bt}$ におけるステップ的な増加量は、車両への減速度変化が微少であるように、予め制限されて決定されている。具体的には、値 $f_{b1}$ 、値 $f_{b2}$ と値 $f_{b3}$ との差 $h_{fb}$ 、及び、値 $f_{b4}$ と値 $f_{b5}$ との差 $h_{fc}$ が、車両減速度の変化が運転者に殆ど感じられない程度の制動力に対応する値に設定され得る。なお、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ によるブレーキ鳴き抑制性能と、運転者への違和感とは、トレードオフ関係にある。

10

【0038】

そこで、車両の運転状態に応じて、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ の使用が選択的に行われ得る。具体的には、目標押圧力演算ブロック $F_{BT}$ に、通常特性 $CN_f$ 、 $CN_r$ 、及び、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ の2つの特性が設けられる。そして、判定ブロック $HNT$ にて、車両の運転状態に基づいて、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ の要否が判定される。即ち、車両の運転状態においてブレーキ鳴き発生の蓋然性が高いか、否かが判定される。判定ブロック $HNT$ が、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ が必要である（即ち、ブレーキ鳴き発生の蓋然性が高い）ことを判定する場合には、目標押圧力 $F_{bt}$ の演算に鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ が採用される。一方、判定ブロック $HNT$ が、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ が不要である（即ち、ブレーキ鳴き発生の蓋然性が低い）ことを判定する場合には、目標押圧力 $F_{bt}$ の演算に通常特性 $CN_f$ 、 $CN_r$ が用いられる。

20

【0039】

例えば、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ の要否判定は、車体速度 $V_{xa}$ 、制動操作部材 $B_P$ の操作速度 $d_{Bp}$ 、及び、変速機のシフト位置 $S_{fp}$ の少なくとも1つに基づいて行われる。以下、夫々の例について説明する。

【0040】

車体速度演算ブロック $V_{XA}$ にて、各車輪の車輪速度 $V_{wa}$ を基に、周知の方法によって車体速度 $V_{xa}$ が演算される。例えば、4つの車輪の車輪速度 $V_{wa}$ のうちで、最も速いものを車体速度 $V_{xa}$ とすることができる。ここで、車輪速度 $V_{wa}$ は、各車輪に設けられた車輪速度取得手段 $VWA$ によって検出される。

30

【0041】

判定ブロック $HNT$ にて、車体速度 $V_{xa}$ に基づいて、「車体速度 $V_{xa}$ が所定車速 $v_{x0}$ 未満であるか、否か」の判定が行われて、その結果として、判定信号 $Hnt$ が決定される。判定信号 $Hnt$ は、目標押圧力演算ブロック $F_{BT}$ に入力される。判定信号 $Hnt$ が、「車体速度 $V_{xa}$ が所定車速 $v_{x0}$ 未満である」ことを肯定する信号である場合には、目標押圧力演算ブロック $F_{BT}$ にて、鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ が採用されて、前輪、後輪夫々の目標押圧力 $F_{bt}$ が演算される。一方、車体速度 $V_{xa}$ が所定車速 $v_{x0}$ 以上であり、判定信号 $Hnt$ が、「車体速度 $V_{xa}$ が所定車速 $v_{x0}$ 未満である」ことを否定する信号である場合には、目標押圧力演算ブロック $F_{BT}$ にて、通常特性 $CN_f$ 、 $CN_r$ が採用されて、前輪、後輪夫々の目標押圧力 $F_{bt}$ が演算される。こうして車体速度 $V_{xa}$ が所定車速 $v_{x0}$ 以上であるときに鳴き回避特性 $CH_f$ 、 $CH_r$ を採用しないのは、車体速度 $V_{xa}$ が高い場合には、走行音（風切り音、タイヤノイズ等）によって、ブレーキ鳴きが目立たないことに因る。

40

【0042】

操作速度演算ブロック $DBP$ にて、制動操作部材 $B_P$ の操作速度 $d_{Bp}$ が演算される。具体的には、操作量 $B_{pa}$ が時間微分されて、操作量 $B_{pa}$ の時間に対する変化量が、操作速度 $d_{Bp}$ として演算される。

【0043】

50

判定ブロックHNTにて、操作速度dBpに基づいて、「操作速度dBpが所定操作速度db0未満であるか、否か」の判定が行われて、その結果として、判定信号Hntが決定される。判定信号Hntは、車体速度Vxaの場合と同様に、目標押圧力演算ブロックFBTに入力される。判定信号Hntが、「操作速度dBpが所定操作速度db0未満である」ことを肯定する信号である場合には、目標押圧力演算ブロックFBTにて、鳴き回避特性CHF, CHRが採用されて、前輪、後輪夫々の目標押圧力Fbtが演算される。一方、操作速度dBpが所定操作速度db0以上であり、判定信号Hntが、「操作速度dBpが所定操作速度db0未満である」ことを否定する信号である場合には、目標押圧力演算ブロックFBTにて、通常特性CNF, CNrが採用されて、前輪、後輪夫々の目標押圧力Fbtが演算される。こうして操作速度dBpが所定操作速度db0以上であるときに鳴き回避特性CHF, CHRを採用しないのは、制動操作部材BPの操作速度dBpが速い場合には、目標押圧力Fbtの増加又は減少が、上記の鳴き領域を一瞬にして通過することに因る。

10

## 【0044】

判定ブロックHNTにて、運転者のシフトレバーSLの操作による、変速機のシフト位置Sfpに基づいて、「シフト位置Sfpが後退であるか、否か」の判定が行われる。シフト位置Sfpは、シフト位置取得手段(シフト位置センサ)SFPによって取得(検出)され、車体側電子制御ユニットECBに入力される。また、シフト位置Sfpは、他の電子制御ユニット(例えば、自動変速機用の電子制御ユニット)から、通信バスを介して取得され得る。

20

## 【0045】

判定ブロックHNTからの判定信号Hntが、「シフト位置Sfpが後退である」ことを肯定する信号である場合には、目標押圧力演算ブロックFBTにて、鳴き回避特性CHF, CHRが採用されて、前輪、後輪夫々の目標押圧力Fbtが演算される。一方、シフト位置Sfpが前進を指示し、判定信号Hntが、「シフト位置Sfpが後退である」ことを否定する信号である場合には、目標押圧力演算ブロックFBTにて、通常特性CNF, CNrが採用されて、前輪、後輪夫々の目標押圧力Fbtが演算される。こうしてシフト位置Sfpが後退を指示しているときに限って鳴き回避特性CHF, CHRを採用するのは、車両の後退時は、極低速の状態であり、ブレーキ鳴きが発生し易いことに因る。

30

## 【0046】

目標押圧力演算ブロックFBTにて演算された前輪、後輪夫々の目標押圧力Fbtは、車体側通信部CMBに対して出力される。車体側通信部CMBは、通信線SGLに接続され、車輪側電子制御ユニットECWの車輪側通信部CMWとデータ信号の授受(受送信)を行う。以上、車体側電子制御ユニットECBについて説明した。

## 【0047】

制動手段(アクチュエータ)BRK

次に、制動手段BRKについて説明する。制動手段BRKは、ブレーキアクチュエータであり、車両において、前後左右の4つの車輪にそれぞれ設けられる。制動手段BRKは、車輪と一体となって回転する回転部材KTBに摩擦部材MSBを押し付けることで生じる摩擦力に応じた制動トルクを車輪に与える。これにより、車輪に制動力が発生し、走行中の車両が減速する。

40

## 【0048】

制動手段BRKとして、所謂、ディスク型制動装置(ディスクブレーキ)の構成が例示されているが、この場合、摩擦部材MSBはブレーキパッドであり、回転部材KTBはブレーキディスクである。制動手段BRKは、ドラム型制動装置(ドラムブレーキ)であってもよい。ドラムブレーキの場合、摩擦部材MSBはブレーキシューであり、回転部材KTBはブレーキドラムである。

## 【0049】

制動手段(アクチュエータ)BRKは、ブレーキキャリア(単に、キャリアともいう)CRP、押圧部材PSN、電気モータMTR、回転角取得手段MKA、減速機GSK、出

50

力部材 S F O、ねじ部材 N J B、押圧力取得手段 F B A、及び、車輪側電子制御ユニット E C Wにて構成される。

【 0 0 5 0 】

キャリパ C R Pとして、浮動型キャリパが採用され得る。キャリパ C R Pは、2つの摩擦部材（ブレーキパッド）M S Bを介して、回転部材（ブレーキディスク）K T Bを挟み込むように構成される。キャリパ C R Pの内部では、押圧部材（ブレーキピストン）P S Nが、回転部材 K T Bに対して移動（前進、又は、後退）する。

【 0 0 5 1 】

押圧部材 P S Nの移動によって、摩擦部材 M S Bが回転部材 K T Bに押し付けられて摩擦力が発生する。押圧部材 P S Nの移動は、電気モータ M T Rの動力によって行われる。具体的には、電気モータ M T Rの出力（軸まわりの回転力）が、減速機 G S Kを介して、出力部材 S F Oに伝達される。そして、出力部材 S F Oの回転動力（トルク）が、ねじ部材 N J Bによって、直線動力（押圧部材 P S Nの軸方向の推力）に変換され、押圧部材 P S Nに伝達される。その結果、押圧部材 P S Nが、回転部材 K T Bに対して移動される。押圧部材 P S Nの移動によって、摩擦部材 M S Bが、回転部材 K T Bを押す力（押圧力）が調整される。回転部材 K T Bは車輪に固定されているので、摩擦部材 M S Bと回転部材 K T Bとの間に摩擦力が発生し、車輪の制動トルクが調整される。

【 0 0 5 2 】

電気モータ M T Rは、押圧部材 P S Nを駆動（移動）するための動力源である。例えば、電気モータ M T Rとして、ブラシ付モータ、ブラシレスモータが採用され得る。電気モータ M T Rの回転方向において、正転方向が、摩擦部材 M S Bが回転部材 K T Bに近づいていく方向（押圧力が増加し、制動トルクが増加する方向）に相当し、逆転方向が、摩擦部材 M S Bが回転部材 K T Bから離れていく方向（押圧力が減少し、制動トルクが減少する方向）に相当する。

【 0 0 5 3 】

回転角取得手段（例えば、回転角センサ）M K Aは、電気モータ M T Rのロータ（回転子）の回転角 M k aを取得（検出）する。検出された回転角 M k aは、車輪側電子制御ユニット E C W（具体的には、車輪側電子制御ユニット E C W内のプロセッサ）に入力される。

【 0 0 5 4 】

押圧力取得手段（例えば、押圧力センサ）F B Aは、押圧部材 P S Nが摩擦部材 M S Bを押す力（実押圧力）F b aを取得（検出）する。検出された実際の押圧力（実押圧力）F b aは、車輪側電子制御ユニット E C W（具体的には、車輪側電子制御ユニット E C W内のプロセッサ）に入力される。例えば、押圧力取得手段 F B Aは、出力部材 S F Oとキャリパ C R Pとの間に設けられる。

【 0 0 5 5 】

車輪側電子制御ユニット E C Wは、電気モータ M T Rを駆動する電気回路である。車輪側電子制御ユニット E C Wによって、目標押圧力 F b tに基づいて、電気モータ M T Rが駆動され、その出力が制御される。ここで、目標押圧力 F b tは、通信線（信号線ともいう）S G Lを介して、車体側電子制御ユニット E C Bから車輪側電子制御ユニット E C Wに伝達される。車輪側電子制御ユニット E C Wは、キャリパ C R Pの内部に配置（固定）される。

【 0 0 5 6 】

車輪側電子制御ユニット E C Wは、車輪側通信部 C M W、車輪側演算部 E N W、及び、駆動部 D R Vにて構成される。車輪側通信部 C M Wは、通信線 S G Lに接続され、車体側電子制御ユニット E C Bの車体側通信部 C M Bとデータ信号の授受を行う。車体側通信部 C M B、通信線 S G L、及び、車輪側通信部 C M Wが、「通信手段 T S N」と総称される（図 3 参照）。

【 0 0 5 7 】

図 3 に示すように、車輪側演算部 E N Wでは、電気モータ M T Rを駆動するためのスイ

10

20

30

40

50

ツチング素子  $SW1 \sim SW4$  を制御する駆動信号  $Sw1 \sim Sw4$  が演算される。駆動部（駆動回路） $DRV$  は、スイッチング素子  $SW1 \sim SW4$  で構成されるブリッジ回路  $HBR$  として構成される。ブリッジ回路  $HBR$  では、駆動信号  $Sw1 \sim Sw4$  に基づいて、スイッチング素子  $SW1 \sim SW4$  の通電状態が切り替えられる。この切り替えによって、電気モータ  $MTR$  が回転駆動され、その出力が調整される。以上、制動手段  $BRK$  について説明した。

#### 【0058】

図1及び図3に示すように、通信線  $SSL$  は、車体側電子制御ユニット  $ECB$  と車輪側電子制御ユニット  $ECW$  との間の通信手段であり、制御手段  $CTL$  の一部に相当する。通信線  $SSL$  によって、車体側電子制御ユニット  $ECB$  と車輪側電子制御ユニット  $ECW$  との間でデータ信号の伝達（受送信）が行われる。通信線  $SSL$  として、シリアル通信バスが採用される。シリアル通信バスは、1つの通信経路内で、直列的に1ビットずつデータを送信するバスである。例えば、シリアル通信バスとして、 $CAN$  バスが採用される。

10

#### 【0059】

<車輪側電子制御ユニット  $ECW$ >

図3の概略図を参照して、車輪側電子制御ユニット  $ECW$  について説明する。ここで、車輪側電子制御ユニット  $ECW$  は、制御手段（コントローラ） $CTL$  の一部に相当する。

#### 【0060】

車輪側電子制御ユニット  $ECW$  は、車体側電子制御ユニット  $ECB$  から受信された目標押圧力  $Fbt$  に基づいて、電気モータ  $MTR$  への通電状態（最終的には電流の大きさと方向）を調整し、電気モータ  $MTR$  の出力と回転方向を制御する。車輪側電子制御ユニット  $ECW$  は、車輪側通信部  $CMW$ 、車輪側演算部  $ENW$ 、及び、駆動部  $DRV$  で構成される。

20

#### 【0061】

車輪側通信部  $CMW$

車輪側通信部  $CMW$  は、通信手段  $TSN$  の一部であり、通信線  $SSL$  を介して、車体側電子制御ユニット  $ECB$  の車体側通信部  $CMB$  と接続される。ここで、通信線  $SSL$  として、シリアル通信バス（例えば、 $CAN$  通信）が採用される。通信線  $SSL$  を介して、目標押圧力  $Fbt$  が、車体側電子制御ユニット  $ECB$  から車輪側電子制御ユニット  $ECW$ （特に、車体側通信部  $CMB$  から車輪側通信部  $CMW$ ）に送信（伝達）される。また、車体側通信部  $CMB$ 、及び、車輪側通信部  $CMW$  では、受送信されるデータ信号（目標押圧力  $Fbt$  等）の誤り検出が行われる。

30

#### 【0062】

車輪側演算部  $ENW$

車輪側演算部  $ENW$  は、制御アルゴリズムであり、車輪側電子制御ユニット  $ECW$  内のプロセッサにプログラムされる。車輪側演算部  $ENW$  は、指示通電量演算ブロック  $IST$ 、押圧力フィードバック制御ブロック  $FBK$ 、目標通電量演算ブロック  $IMT$ 、パルス幅変調ブロック  $PWM$ 、及び、スイッチング制御ブロック  $SWT$  にて構成される。

#### 【0063】

指示通電量演算ブロック  $IST$  は、目標押圧力  $Fbt$ 、及び、予め設定された演算特性（演算マップ） $CHs1$ 、 $CHs2$  に基づいて、指示通電量  $Ist$  を演算する。指示通電量  $Ist$  は、目標押圧力  $Fbt$  が達成されるための、電気モータ  $MTR$  への通電量の目標値である。指示通電量  $Ist$  の演算マップは、制動手段  $BRK$  のヒステリシスを考慮して、2つの演算特性  $CHs1$ 、 $CHs2$  で構成されている。

40

#### 【0064】

電気モータ  $MTR$  への通電量とは、電気モータ  $MTR$  の出力トルクを制御するための状態量（変数）である。電気モータ  $MTR$  は電流に概ね比例するトルクを出力するため、通電量の目標値として電気モータ  $MTR$  の電流目標値が用いられ得る。また、電気モータ  $MTR$  への供給電圧を増加すれば、結果として電流が増加されるため、目標通電量として供給電圧値が用いられ得る。さらに、パルス幅変調におけるデューティ比によって供給電圧

50

値が調整され得るため、このデューティ比が通電量として用いられ得る。

【 0 0 6 5 】

押圧力フィードバック制御ブロック F B C は、目標押圧力（目標値） $F b t$ 、及び、実押圧力（実際値） $F b a$ に基づいて、フィードバック通電量  $I b t$  を演算する。具体的には、先ず、目標押圧力  $F b t$  と実押圧力  $F b a$  との偏差である押圧力偏差  $e F b$  が演算される。フィードバック通電量演算ブロック I B T では、押圧力偏差  $e F b$  に基づく P I D 制御によって、フィードバック通電量  $I b t$  が演算される。指示通電量  $I s t$  は目標押圧力  $F b t$  に相当する値として演算されるが、制動手段 B R K の効率変動により目標押圧力  $F b t$  と実押圧力  $F b a$  との間に誤差が生じる場合がある。そこで、この誤差を減少するように、フィードバック通電量  $I b t$  が決定される。即ち、押圧力の実際値である実押圧力  $F b a$ （押圧力取得手段 F B A の検出値）が、押圧力の目標値である目標押圧力  $F b t$  に一致するように制御される。

10

【 0 0 6 6 】

目標通電量演算ブロック I M T は、電気モータ M T R への最終的な目標値である目標通電量  $I m t$  を演算する。目標通電量演算ブロック I M T では、指示通電量  $I s t$  がフィードバック通電量  $I b t$  によって調整され、目標通電量  $I m t$  が演算される。具体的には、指示通電量  $I s t$  に対して、フィードバック通電量  $I b t$  が加えられて、目標通電量  $I m t$  が演算される。

【 0 0 6 7 】

目標通電量  $I m t$  の符号（値の正負）に基づいて電気モータ M T R の回転方向が決定され、目標通電量  $I m t$  の大きさに基づいて電気モータ M T R の出力（回転動力）が制御される。具体的には、目標通電量  $I m t$  の符号が正符号である場合（ $I m t > 0$ ）には、電気モータ M T R が正転方向（押圧力の増加方向）に駆動され、目標通電量  $I m t$  の符号が負符号である場合（ $I m t < 0$ ）には、電気モータ M T R が逆転方向（押圧力の減少方向）に駆動される。また、目標通電量  $I m t$  の絶対値が大きいかほど電気モータ M T R の出力トルクが大きくなるように制御され、目標通電量  $I m t$  の絶対値が小さいほど電気モータ M T R の出力トルクが小さくなるように制御される。

20

【 0 0 6 8 】

パルス幅変調ブロック P W M は、目標通電量  $I m t$  に基づいて、パルス幅変調を行うための指示値（目標値）を演算する。具体的には、パルス幅変調ブロック P W M は、目標通電量  $I m t$ 、及び、予め設定される特性（演算マップ）に基づいて、パルス幅のデューティ比  $D u t$ （周期的なパルス波において、その周期に対するオン状態のパルス幅の割合）を決定する。併せて、パルス幅変調ブロック P W M は、目標通電量  $I m t$  の符号（正符号、或いは、負符号）に基づいて、電気モータ M T R の回転方向を決定する。例えば、電気モータ M T R の回転方向は、正転方向が正（プラス）の値、逆転方向が負（マイナス）の値として設定される。入力電圧（電源電圧）、及び、デューティ比  $D u t$  によって最終的な出力電圧が決まるため、パルス幅変調ブロック P W M では、電気モータ M T R の回転方向と、電気モータ M T R への通電量（即ち、電気モータ M T R の出力）とが決定される。

30

【 0 0 6 9 】

さらに、パルス幅変調ブロック P W M では、所謂、電流フィードバック制御が実行され得る。この場合、通電量取得手段 I M A の検出値、即ち電気モータ M T R に流れるモータ電流  $I m a$  が、パルス幅変調ブロック P W M に入力される。そして、モータ電流の目標値である目標通電量  $I m t$  と、実際の通電量（=モータ電流  $I m a$ ）との偏差  $e I m$  に基づいて、デューティ比  $D u t$  が修正（微調整）される。この電流フィードバック制御によって、高精度なモータ制御が達成され得る。

40

【 0 0 7 0 】

スイッチング制御ブロック S W T は、デューティ比（目標値） $D u t$  に基づいて、ブリッジ回路 H B R を構成するスイッチング素子  $S W 1 \sim S W 4$  に駆動信号  $S w 1 \sim S w 4$  を出力する。この駆動信号は、各スイッチング素子が、通電状態とされるか、非通電状態とされるか、を指示する。デューティ比  $D u t$  が大きいほど、単位時間当たりの通電時間が長

50

くされ、より大きな電流が電気モータMTRに流される。

【0071】

駆動部DRV

駆動部DRVは、電気モータMTRを駆動するための電気回路である。駆動部（駆動回路）DRVは、ブリッジ回路HBR、及び、通電量取得手段IMAにて構成される。図3には、電気モータMTRとして、ブラシ付モータ（単に、ブラシモータともいう）が採用される場合の駆動部DRVが一例として図示されている。

【0072】

ブリッジ回路HBRは、双方向の電源を必要とすることなく、単一の電源で電気モータへの通電方向が変更され、電気モータの回転方向（正転方向、又は、逆転方向）を制御可能な回路である。ブリッジ回路HBRは、スイッチング素子SW1～SW4を備えている。スイッチング素子SW1～SW4は、電気回路の一部をオン（通電）/オフ（非通電）できる素子である。スイッチング素子SW1～SW4は、車輪側演算部ENWからの駆動信号Sw1～Sw4によって駆動される。夫々のスイッチング素子の通電/非通電の状態を切り替えることによって、電気モータMTRの回転方向と出力トルクとが調整される。例えば、スイッチング素子として、MOS-FET、IGBTが採用される。

10

【0073】

電気モータMTRが正転方向に駆動される場合には、スイッチング素子SW1, SW4が通電状態（オン状態）にされ、スイッチング素子SW2, SW3が非通電状態（オフ状態）にされる。逆に、電気モータMTRが逆転方向に駆動される場合には、スイッチング素子SW1, SW4が非通電状態（オフ状態）にされ、スイッチング素子SW2, SW3が通電状態（オン状態）にされる。

20

【0074】

電気モータ用の通電量取得手段（例えば、電流センサ）IMAが、ブリッジ回路HBRに設けられる。通電量取得手段IMAは、電気モータMTRの通電量であるモータ電流Imaを取得する。例えば、モータ電流センサによって、モータ電流Imaとして、実際に電気モータMTRに流れる電流値が検出され得る。

【0075】

電気モータMTRとして、ブラシ付モータ（ブラシモータともいう）が採用される。電気モータMTRには、ロータの回転角（実際値）Mkaを取得（検出）する回転角取得手段（回転角センサ）MKAが設けられる。回転角Mkaは、車輪側電子制御ユニットECWに入力される。

30

【0076】

なお、電気モータMTRとして、ブラシ付モータに代えて、ブラシレスモータを採用してもよい。ブラシレスモータでは、回転子（ロータ）が永久磁石に、固定子（ステータ）が巻線回路（電磁石）とされる構造で、回転角取得手段MKAによってロータの回転角Mkaが検出され、この回転角Mkaに合わせてスイッチング素子が切り替えられることによって、供給電流が転流される。

【0077】

ブラシレスモータが採用される場合、ブリッジ回路HBRは、6つのスイッチング素子によって構成される。ブラシ付モータの場合と同様に、デューティ比Dutに基づいて、スイッチング素子の通電状態/非通電状態が制御される。実際のロータの回転角Mkaに基づいて、3相ブリッジ回路を構成する6つのスイッチング素子が制御される。スイッチング素子によって、ブリッジ回路のU相、V相、及びW相のコイル通電量の方向（即ち、励磁方向）が順次切り替えられて、電気モータMTRが駆動される。ブラシレスモータの回転方向（正転、或いは、逆転方向）は、ロータと励磁する位置との関係によって決定される。

40

【0078】

押圧力取得手段（押圧力センサ）FBAは、押圧部材PSNが摩擦部材MSBを押す力である実押圧力Fbaを取得（検出）する。押圧力取得手段FBAは、ねじ部材NJBと

50

キャリパCRPとの間に設けられる。例えば、押圧力取得手段FBAがキャリパCRPに固定されている場合、押圧力取得手段FBAは押圧部材PSNが摩擦部材MSBから受ける反力（反作用）を実押圧力Fbaとして取得する。実押圧力（実際値）Fbaは、車輪側電子制御ユニットECW（特に、押圧力フィードバック制御ブロックFBC）に入力される。

【0079】

蓄電池BAT、及び、発電機ALTが、車両の車体側に設けられる。蓄電池BAT、及び、発電機ALTは、電力線PWLを経由して、車体側電子制御ユニットECB、及び、車輪側電子制御ユニットECWに電力を供給する。即ち、電気モータMTRへの電力は、蓄電池BAT等によって供給される。

10

【0080】

< 電動制動装置EBRの時系列作動 >

図4(a), (b), (c)の時系列線図を参照して、鳴き回避特性CHF（又は、CHj）, CHRが採用された電動制動装置EBRの作動について説明する。電動制動装置EBRの作動は、制御手段CTL（車体側電子制御ユニットECB、車輪側電子制御ユニットECW、及び、通信線SGL）によって制御される。図4(a)に示す時系列線図では、運転者によって、時点t0にて制動操作が開始され、その後、操作量Bpaが、徐々に増加されて、時点t7にて一定に保持される状況が想定されている。そして、図4(b), (c)に示す時系列線図には、操作量Bpaに対応する前輪、後輪夫々の目標押圧力Fbtがプロットされている。また、制御手段CTLによって、実押圧力Fbaは目標押圧力Fbtと一致するように制御されるため、目標押圧力Fbtと併せて図4(b), (c)にプロットされた実押圧力Fbaは目標押圧力Fbtと重なっている。

20

【0081】

鳴き回避特性CHF（又は、CHj）, CHRは、回転部材（例えば、ブレーキディスク）KTB、摩擦部材（例えば、ブレーキパッド）MSB、及び、制動手段BRKのうちの少なくとも1つの振動特性（例えば、固有振動数、固有モード）に基づいて、解析的、或いは、実験的に、予め設定される。鳴き回避特性CHF（又は、CHj）, CHRは、制御手段CTLの内部に演算マップとして記憶されている。

【0082】

時点t0にて、運転者による制動操作が開始され、操作量Bpaが増加し始める。しかし、制動操作部材BPの「遊び」領域（操作量Bpaがゼロ以上、遊び値bp0以下の範囲）では、前輪の目標押圧力Fbt、後輪の目標押圧力Fbtはゼロに演算される。ここで、制動操作部材BPの遊びとは、制動操作が実際の制動手段BRKの動作に影響しない範囲での操作量である。時点t1にて、操作量Bpaが遊び値bp0と一致し、その後、操作量Bpaはさらに増加する。

30

【0083】

操作量Bpaが遊び値bp0を超える時点t1から、前輪の鳴き回避特性CHFに基づいて演算される前輪の目標押圧力Fbtが、ゼロから単調増加される。しかし、後輪の鳴き回避特性CHRに基づいて演算される後輪の目標押圧力Fbtは、ゼロのままで維持される。そして、時点t2にて、操作量Bpaが値（規定値）bp1となった時に、後輪の目標押圧力Fbtは、ゼロから値fb1に、瞬間的に増加される。

40

【0084】

後輪において、実押圧力Fbaがゼロから値fb1までの領域は、ブレーキ鳴きが発生し易い鳴き領域に該当する。加えて、制動初期（制動力が小さいとき）には、車両減速度の変化が、運転者への違和感に繋がり難い。また、車両全体の制動力に対して後輪制動力の影響度は、前輪の制動力に比較して小さい。このため、後輪の鳴き回避特性CHRによって、効果的に鳴き領域が回避されて、ブレーキ鳴きが防止されるとともに、運転者への違和感が抑制され得る。

【0085】

時点t2以降は、後輪の目標押圧力Fbtは操作量Bpaの増加に伴って値fb1から

50

単調増加する。時点  $t_3$  にて、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  (即ち、後輪の実押圧力  $F_{ba}$ ) が、後輪の鳴き領域に入ると、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b2}$  に維持される。さらに、操作量  $B_{pa}$  が増加され、後輪の実押圧力  $F_{ba}$  が、上記の鳴き領域を外れた時点  $t_4$  にて、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、値  $f_{b2}$  から値  $f_{b3}$  に急激(瞬時)に増加され、その後、操作量  $B_{pa}$  の増加に応じて単調増加される。操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p6}$  に保持される時点  $t_7$  にて、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  も値  $f_{b6}$  に一定に保持される。

【0086】

時点  $t_5$  にて、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  (即ち、前輪の実押圧力  $F_{ba}$ ) が、前輪の鳴き領域に入ると、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は値  $f_{b4}$  に維持される。さらに、操作量  $B_{pa}$  が増加され、前輪の実押圧力  $F_{ba}$  が、上記の鳴き領域を外れた時点  $t_6$  にて、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  は、値  $f_{b4}$  から値  $f_{b5}$  に急激(瞬時)に増加され、その後、操作量  $B_{pa}$  の増加に応じて単調増加される。後輪と同様に、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p6}$  に保持される時点  $t_7$  にて、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  も値  $f_{b7}$  に一定に保持される。

【0087】

前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  の制動初期において、一点鎖線で示すような、ジャンプイン特性が採用され得る。ジャンプイン特性は、倍力装置(例えば、負圧ブースタ)に一般的に採用される特性であり、制動操作部材  $BP$  の遊びに対応する制動初期に、僅かな操作力で、制動力を瞬時に立ち上げるものである。前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  のジャンプイン特性では、ジャンプイン特性が考慮された鳴き回避特性  $CH_j$  (図1を参照)に基づいて、操作量  $B_{pa}$  が遊び値  $b_{p0}$  と一致した時点  $t_1$  にて、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  がゼロからジャンプイン値  $f_{bj}$  まで瞬時に増加される。なお、ジャンプイン特性が考慮された鳴き回避特性  $CH_j$  においても、操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p4}$  以上、値  $b_{p5}$  未満の間は、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  が値  $f_{b4}$  に維持される。

【0088】

後輪の鳴き回避特性  $CH_r$  では、遊び値  $b_{p0}$  よりも大きい値である値  $b_{p1}$  まで、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$  がゼロに維持される。このため、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$  のジャンプイン特性は、運転者の操作特性を補助するだけでなく、車両の減速度を補償する効果も有する。なお、値  $f_{b1}$ 、差  $hf_b$  (値  $f_{b3}$  と値  $f_{b2}$  との差)、及び、差  $hf_c$  (値  $f_{b5}$  と値  $f_{b4}$  との差)は、目標押圧力  $F_{bt}$  が瞬時に増加されても車両全体への減速度変化には影響を及ぼさない程度に設定され得る。

なお、車輪の実押圧力  $F_{ba}$  を制動液圧によって調整する、所謂、液圧式のアクチュエータが車輪に対して設けられている場合、電動式の制動手段(アクチュエータ)  $BRK$  が車輪に対して設けられている場合と比較し、鳴き回避特性  $CH_f$ 、 $CH_r$  を用いて演算した目標押圧力  $F_{bt}$  の変化に対する実押圧力  $F_{ba}$  の追従性がよくない。そのため、こうした液圧式のアクチュエータでは、ブレーキ鳴きが発生し易い鳴き領域を回避するように目標押圧力  $F_{bt}$  を維持しても、実押圧力  $F_{ba}$  が、ブレーキ鳴きが発生し易い鳴き領域に入ってしまうことがある。この場合、目標押圧力  $F_{bt}$  を維持してもブレーキ鳴きが発生してしまう。この点、電動式の制動手段(アクチュエータ)  $BRK$  を車輪に対して設けることにより、ブレーキ鳴きが発生し易い鳴き領域を回避するように目標押圧力  $F_{bt}$  を維持することで、実押圧力  $F_{ba}$  が、ブレーキ鳴きが発生し易い鳴き領域に入りにくくなり、予測可能なブレーキ鳴きの発生を抑制しうる。

また、第1の実施形態の車両の電動制動装置  $EBR$  にあつては、制動操作部材  $BP$  の操作量  $B_{pa}$  が増加している場合、後輪の目標押圧力  $F_{bt}$ 、即ち後輪の制動力が維持される期間と、前輪の目標押圧力  $F_{bt}$ 、即ち前輪の制動力が維持される期間とが重複していない。特に、操作量  $B_{pa}$  の少ない制動初期、即ち操作量  $B_{pa}$  が値  $b_{p0}$  から値  $b_{p1}$  までの期間では、操作量  $B_{pa}$  の増加にしたがって、後輪の制動力は維持されるものの、前輪の制動力が増加される。したがって、操作量  $B_{pa}$  が増加されている間において、後輪の制動力が保持されているときでも、車両減速度を大きくすることが可能となるため、制動操作部材  $BP$  を操作する運転者に違和感を与えにくくなる。

【0089】

10

20

30

40

50

## (第2の実施形態)

次に、図5の全体構成図を参照して、第2の実施形態の車両の電動制動装置EBRについて説明する。第1の実施形態では、車両の4つの車輪(前後左右)の制動トルクが制動手段(アクチュエータ)BRKによって調整されるが、第2の実施形態では、前輪の制動トルクは、マスタシリンダMCからの液圧によって調整され、後輪の制動トルクが、制動手段BRKによって調整される。即ち、第2の実施形態では、前輪用の制動装置として、一般的な液圧システムが採用されるため、後輪に限って鳴き回避特性CHRが適用される。

## 【0090】

前輪の液圧システムについて簡単に説明する。制動操作部材BPは、倍力装置(ブレーキブースタ)BBを介して、マスタシリンダMCに接続される。ここで、倍力装置BBは、上記のジャンプイン特性を備えている。マスタシリンダMCは、制動配管HKNによって、前輪のホイールシリンダWCと流体的に接続される。制動操作部材BPが操作されると、制動液がマスタシリンダMCから前輪のホイールシリンダWCに向けて排出され、ホイールシリンダWC内の液圧が増加される。これによって、キャリパCRP内のブレーキピストンが摩擦部材MSBを回転部材KTBに押し付ける。このときの摩擦力によって、前輪に制動トルクが付与される。

## 【0091】

後輪には、制動手段(アクチュエータ)BRKが設けられ、上述した後輪の鳴き回避特性CHR、後輪の通常特性CNRを含む制御手段(コントローラ)CTLによって、摩擦部材MSBが回転部材KTBに押し付けられる力である実押圧力Fbaが制御される。具体的には、後輪の鳴き回避特性CHR、又は、後輪の通常特性CNRに基づいて、後輪の目標押圧力Fbtが決定され、実押圧力Fbaが、後輪の目標押圧力Fbtと一致するように、制御手段CTLによって制御される。

## 【0092】

第1の実施形態と同様に、第2の実施形態においても、車両の運転状態(例えば、車両速度Vxa、BPの操作速度dbp、及び、変速機のシフト位置Sfpのうち少なくとも1つ)に基づいて、後輪の鳴き回避特性CHR、及び、後輪の通常特性CNRのうちから、何れか1つが選択的に採用されて、後輪の目標押圧力Fbtが演算される。

## 【0093】

後輪の鳴き回避特性CHRが採用される場合、実際の押圧力が所定の範囲に亘って一定に維持される。しかしながら、車両の減速において、後輪制動力の寄与の程度は、前輪制動力の寄与の程度よりも、非常に小さい。このため、後輪の鳴き回避特性CHRによって、所定範囲に亘って、押圧力が一定に制限されても、車両の減速度に対する影響は僅かである。したがって、第2の実施形態の構成、即ち前輪が液圧制動システムであって、後輪が電動制動システムである構成によって、予測可能な後輪のブレーキ鳴きが効果的に抑制され得る。

## 【0094】

第2の実施形態の構成では、特に、後輪の鳴き回避特性CHRにおける、「操作量Bpaがゼロから制動操作部材BPの遊びに対応する遊び値bp0を越えて増加しても後輪の目標押圧力Fbtをゼロに維持し、操作量Bpaが遊び値よりも大きい値bp1になった場合に後輪の目標押圧力Fbtをゼロからステップ的に増加する特性」の効果が大きい。これは、車両のクリープ走行時であって、僅かな制動力が発生される場合に、後輪のブレーキ鳴きが発生し易いことに因る。さらに、倍力装置のジャンプイン特性によって、前輪制動力が、値bp0にてステップ的に増加される。このため、上記の後輪特性が採用された場合であっても、車両の減速において、運転者への違和感は抑制され得る。

なお、上記各実施形態は以下のような別の実施形態に変更してもよい。

・上記各実施形態では、車体速度Vxaが所定車速vx0未満であること、制動操作部材BPの操作速度dbpが所定操作速度db0未満であること、及び、シフト位置Sfpが後退であることの全てが成立していることを条件に、鳴き回避特性CHF, CHRに基

10

20

30

40

50

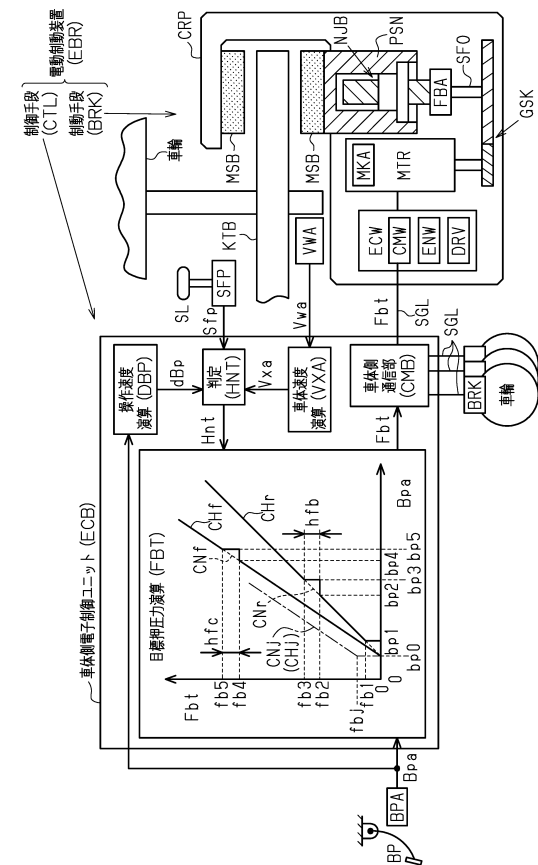
づいて、前輪、後輪夫々の目標押圧力  $F_{bt}$  を演算するようにしている。しかし、鳴き回避特性  $CH_f$ 、 $CH_r$  を採用する条件は、車体速度  $V_{xa}$  が所定車速  $v_{x0}$  未満であることを含むのであれば、制動操作部材  $BP$  の操作速度  $dBp$  が所定操作速度  $db_0$  未満であることを、及び、シフト位置  $Sfp$  が後退であることを含まなくてもよい。また、鳴き回避特性  $CH_f$ 、 $CH_r$  を採用する条件は、制動操作部材  $BP$  の操作速度  $dBp$  が所定操作速度  $db_0$  未満であることを含むのであれば、車体速度  $V_{xa}$  が所定車速  $v_{x0}$  未満であることを、及び、シフト位置  $Sfp$  が後退であることを含まなくてもよい。また、鳴き回避特性  $CH_f$ 、 $CH_r$  を採用する条件は、シフト位置  $Sfp$  が後退であることを含むのであれば、制動操作部材  $BP$  の操作速度  $dBp$  が所定操作速度  $db_0$  未満であることを、及び、車体速度  $V_{xa}$  が所定車速  $v_{x0}$  未満であることを含まなくてもよい。

【符号の説明】

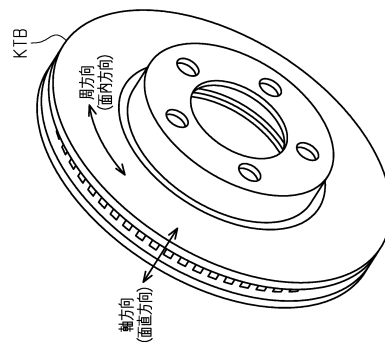
【0095】

$BP$  ... 制動操作部材、 $BPA$  ... 操作量取得手段（操作量センサ）、 $BRK$  ... 制動手段（アクチュエータ）、 $EBR$  ... 電動制動装置、 $ECB$  ... 車体側電子制御ユニット、 $ECW$  ... 車輪側電子制御ユニット、 $SGL$  ... 信号線、 $CTL$  ... 制御手段（コントローラ）、 $MTR$  ... 電気モータ、 $F_{bt}$  ... 目標押圧力、 $KTB$  ... 回転部材、 $MSB$  ... 摩擦部材、 $CH_f$  ... 前輪の鳴き回避特性、 $CH_r$  ... 後輪の鳴き回避特性、 $CN_f$  ... 前輪の通常特性、 $CN_r$  ... 後輪の通常特性。

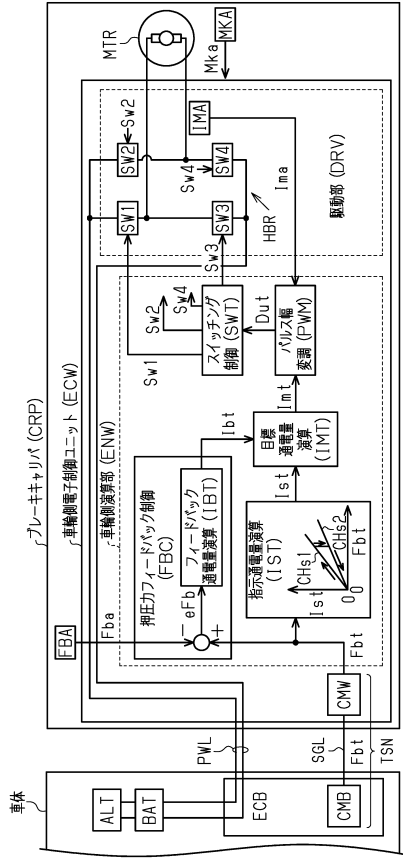
【図1】



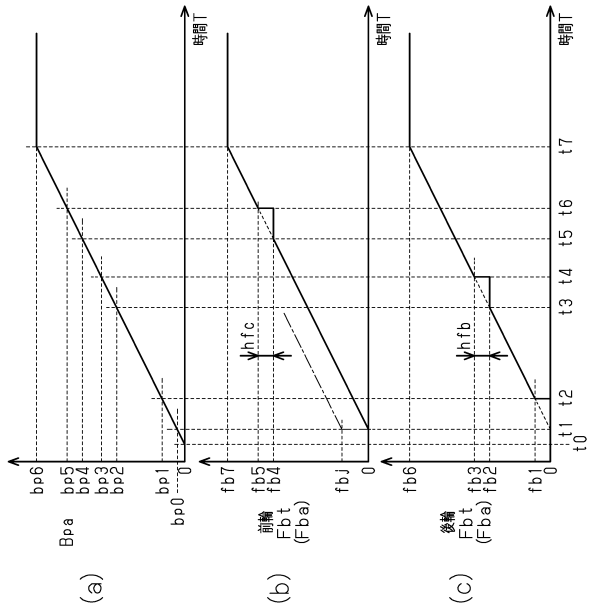
【図2】



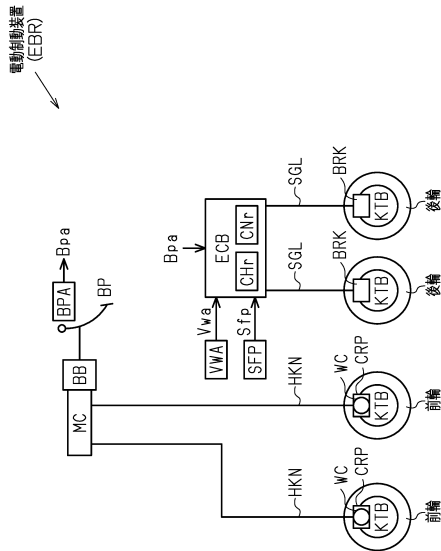
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小久保 浩一  
愛知県刈谷市昭和町2丁目1番地 株式会社アドヴィックス内
- (72)発明者 幽谷 真一郎  
愛知県刈谷市昭和町2丁目1番地 株式会社アドヴィックス内
- (72)発明者 藪崎 直樹  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内

審査官 杉山 悟史

- (56)参考文献 特開2014-069602(JP,A)  
特開平09-221013(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60T 7/12 - 8/96  
B60T 13/00 - 13/74