(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2017-136868
(P2017-136868A)
(43)公開日　平成29年8月10日(2017.8.10)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
B60T	8/1755	(2006.01)	B60T	8/1755	Z	3D246
B60L	7/26	(2006.01)	B60L	7/26		5H125
B60T	8/175	(2006.01)	B60T	8/175		
B60T	8/176	(2006.01)	B60T	8/176	Z	

審査請求 未請求　請求項の数 1　ＯＬ　（全 15 頁）

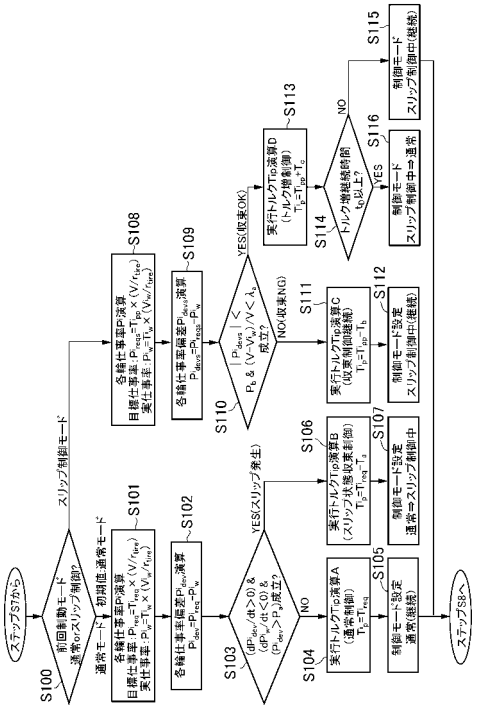
(21)出願番号　特願2016-16893(P2016-16893)
(22)出願日　平成28年2月1日(2016.2.1)

(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　100083998
弁理士　渡邊　丈夫
(72)発明者　太田　順也
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　磯野　宏
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】車両の制動制御装置

(57)【要約】
【課題】路面と車輪とのスリップ率をより正確かつ迅速に把握して、左右輪に伝達するトルクを適切に制御することにより走行安定性を向上させることができる車両の制動制御装置を提供する。
【解決手段】各車輪の目標制動トルクと各車輪の車輪速とに応じた目標仕事率と、各車輪に実際に作用している実トルクと車輪速とに応じた実仕事率との偏差を算出し（ステップＳ１０２，１０９）、偏差に基づいて各車輪のスリップ状態を判定し（ステップＳ１０３，Ｓ１１０）、判定されたスリップ状態に基づいて制動装置の制動トルクを制御する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
各車輪に制動トルクを作用させる制動装置を備え、前記各車輪のスリップ状態に応じて、前記各車輪に伝達する制動トルクを制御するように構成された車両の制動制御装置において、
前記制動装置の制動トルクを制御するコントローラを備え、
前記コントローラは、
各車輪の目標制動トルクと各車輪の車輪速とに応じた目標仕事率と、前記各車輪に実際に作用している実トルクと前記車輪速とに応じた実仕事率との偏差を算出し、
前記偏差に基づいて前記各車輪の前記スリップ状態を判定し、
前記判定されたスリップ状態に基づいて前記制動装置の制動トルクを制御する
ように構成されている
ことを特徴とする車両の制動制御装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、駆動力源の出力トルクを左右の駆動輪に伝達するとともに、それらの駆動輪に伝達するトルクの分配率を路面と各車輪とのスリップ率に応じて制御することができる車両の制動制御装置に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１には、車輪のロック防止と、制動距離の短縮化とを両立し得ることを目的とした車両のスリップ制御装置が記載されている。この特許文献１に記載された制御装置は、車輪のスリップ率が所定値を超えたときに、制動力低下の状態から制動力の制御を開始する第１開始手段と、車速から車輪速を差し引いた偏差が所定値以上になったときに制動力保持の状態から制動力の制御を開始する第２開始手段とを備えている。そのため、例えば、急ブレーキ時などには第１開始手段によって制動力低下の状態から制御が開始されることにより車輪の急激なロックを防止することができる。一方、車輪と路面との摩擦力が大きい時などには第２開始手段によって制動力保持の状態から制動力の制御が開始されることにより不必要に制動力が低下することなく制動距離の短縮化を図ることができる。
【０００３】
また、特許文献２には、路面と車輪とのスリップ率を正確に制御することを目的としたアンチロックブレーキ装置が記載されている。この特許文献２に記載された装置は、車体の前後加速度、軸荷重、車速、および車輪速から求めた切替ブレーキトルクの目標値と、ブレーキの操作量および車速ならびに車輪速から求めた等価ブレーキトルクの目標値とを加算してブレーキトルクの目標値を定め、その定められたブレーキトルクの目標値に基づいてブレーキトルクを調整するように構成されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開平０５－１６２６３０号公報
【特許文献２】特開平０９－２６７７３７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
車両が停止する際は駆動輪に伝達する制動トルクを制御する。しかしながら、その制動トルクが大きすぎると路面と車輪とのスリップ率が増大するおそれがある。そのような場合、上記の特許文献１に記載されているように、車輪のスリップ率の情報を用いて制動トルクを制御することが有効である。しかしながら、車輪の加速度から車輪のスリップ率を検出して制動トルクを制御する場合、スリップ状態であることを検知するまでに時間を要

する。そのような場合、スリップしているか否かの判断における正確性もしくは迅速性に欠け、ひいては車両の走行安定性が欠如する可能性がある。

【０００６】

この発明は上記の技術的課題に着目してなされたものであり、路面と車輪とのスリップ率をより正確かつ迅速に把握して、左右輪に伝達するトルクを適切に制御することにより走行安定性を向上させることができる車両の制動制御装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記の目的を達成するために、この発明は、各車輪に制動トルクを作用させる制動装置を備え、前記各車輪のスリップ状態に応じて、前記各車輪に伝達する制動トルクを制御するように構成された車両の制動制御装置において、前記制動装置の制動トルクを制御するコントローラを備え、前記コントローラは、各車輪の目標制動トルクと各車輪の車輪速とに応じた目標仕事率と、前記各車輪に実際に作用している実トルクと前記車輪速とに応じた実仕事率との偏差を算出し、前記偏差に基づいて前記各車輪の前記スリップ状態を判定し、前記判定されたスリップ状態に基づいて前記制動装置の制動トルクを制御するように構成されていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【０００８】

この発明によれば、各車輪を制動する際に、目標仕事率と実際の仕事率（実仕事率）との偏差から車輪のスリップ状態を判定している。そのため、スリップ状態を正確かつ迅速に検知することができる。また、上記の判定されたスリップ状態に基づいて制動トルクを制御しているため、制動トルクを精度よく制御することができる。したがって、精度よく制動トルクを制御できるため車両の走行安定性を向上させることができ、さらには制動距離が長くなることを抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】この発明の実施例における制御の一例を説明するためのフローチャートであり、特に制動トルクを定めるための制御例を示すフローチャートである。

【図２】この発明の実施例における制御の一例を説明するためのフローチャートである。

【図３】図１の制御例を実行した場合におけるモードの切替え、実行トルクの演算式、各仕事率、および各トルクの変化を説明するタイムチャートである。

【図４】スリップ率と仕事率との関係、スリップ率と実行トルクとの関係を説明する図である。

【図５】この発明の実施例における車両の制御システムの構成の一例を説明するための模式図である。

【図６】第１モータから前輪へトルクを伝達する構成、および前輪に制動トルクを作用させるための構成を説明するための模式図である。

【図７】第１ＥＣＵの構成を説明するためのブロック図である。

【図８】第２ＥＣＵの構成を説明するためのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

この発明で対象とすることのできる車両における駆動装置の制御システムの構成例を図５に模式的に示している。なお、図５では、電気的な接続関係を破線で示している。図６には、駆動力源とした駆動用モータ１，２を二つ設けた車両Ｖｅを示している。これらのモータ１，２は、従来知られたハイブリッド車両や電気自動車に駆動力源として設けられているモータと同様に構成することができ、例えば、永久磁石形の同期電動機である。一方のモータ（以下、第１モータと記す）１は、車両Ｖｅの前輪３Ｌ，３Ｒにトルクを伝達するものであって、車両Ｖｅの前方に設けられている。また、他方のモータ（以下、第２モータと記す）２は、車両Ｖｅの後輪４Ｌ，４Ｒにトルクを伝達するものであって、車両

Ｖｅの後方に設けられている。なお、いずれのモータ１，２も、車幅方向における中央部に配置されている。

【００１１】

上記第１モータモータ６が、第１差動機構５に連結されている。具体１には、図６に示すように第１差動機構５が連結されている。この第１差動機構５は、遊星歯車機構を主体として構成することができ、第１モータ１の出力トルクを、左右の駆動輪３Ｌ，３Ｒに伝達するように構成されている。また、そのように左右の駆動輪３Ｌ，３Ｒに伝達する際におけるトルクの分配率を制御するための第１差動用的には、第１差動機構５のいずれかの回転要素に第１差動用モータ６からトルクを入力することができるように構成されており、第１差動用モータ６から第１差動機構５にトルクを入力することにより、一方の駆動輪３Ｌ（３Ｒ）に伝達されるトルクの分配率が増大し、他方の駆動輪３Ｒ（３Ｌ）に伝達されるトルクの分配率が、一方の駆動輪３Ｌ（３Ｒ）に伝達されるトルクの分配率の増大と同じ数値、減少するように構成されている。すなわち、第１差動機構５と第１差動用モータ６とによりトルクベクタリング装置を構成している。トルクの分配率とは、駆動用モータ１の出力トルクに対する一方の車輪３Ｒ（３Ｌ）に伝達されるトルクの割合である。

【００１２】

さらに、第１モータ１から第１差動機構５に到るトルクの伝達経路における第１差動機構５よりも第１モータ１側に設けられた回転部材、または第１差動機構５の入力要素と接触することにより、摩擦力を発生させて制動トルクを作用させる第１ブレーキ機構７が設けられている。図６に示す例では、第１モータ１の出力軸８の端部にプレート部材９が連結されており、そのプレート部材９に制動トルクを作用させるように第１ブレーキ機構７が設けられている。この第１ブレーキ機構７は、電磁アクチュエータに通電することにより制動トルクを発生させるように構成されており、図６に示す例では、ブレーキディスク１０にコイル１１を設け、そのコイル１１に通電することによる電磁力により、ブレーキロータとして機能するプレート部材９に、ブレーキディスク１０が引き付けられて接触するように構成されている。

【００１３】

上記のように第１ブレーキ機構７を設けることにより、第１ブレーキ機構７で発生した制動トルクは第１差動機構５を介して左右の駆動輪３Ｌ，３Ｒに伝達される。また、制動時に、第１差動用モータ６を制御すれば、左右の駆動輪３Ｌ，３Ｒに作用する制動トルクの分配率を制御することができる。

【００１４】

一方、駐車時には電源がオフされるため、上記の第１ブレーキ機構７は、制動トルクを作用させ続けることができない。そのため、非通電時に制動トルクを作用させることができるように構成された第１パーキングロック機構１２が設けられている。図６に示す第１パーキングロック機構１２は、ブレーキディスク１０を、プレート部材９に向けて押圧する押圧部材１３と、通電されることによりブレーキディスク１０とプレート部材９とが接触するように押圧部材１３を移動させ、非通電時にその押圧部材１３の位置が変化することを防止するように構成された電磁アクチュエータ１４とにより構成することができる。

【００１５】

このように構成された第１パーキングロック機構１２では、通電時における押圧部材１３の移動量に応じてブレーキディスク１０とプレート部材９との接触圧を制御すること、すなわち、制動トルクを制御することができることになり、その状態で非通電とすることで、その制動トルクを維持することができる。したがって、第１ブレーキ機構７に代えて第１パーキングロック機構１２を制御しても第１ブレーキ機構７と同様に制動トルクを制御することができる。すなわち、第１パーキング機構１２を第１ブレーキ機構７のバックアップとしても機能させることができる。

【００１６】

上述した第１モータ１および第１差動用モータ６ならびに第１ブレーキ機構７には、従来知られたハイブリッド車両や電気自動車に搭載された蓄電装置と同様に、バッテリーや

キャパシタなどにより構成された高電圧の蓄電装置１５が電気的に接続され、その蓄電装置１５から電力が供給されるように構成されている。また、蓄電装置１５には、第１モータ１により発電された電力が供給されるように構成されている。この蓄電装置１５と各モータ１，６またはコイル１１との間には、直流電流と交流電流とを切替えるとともに、各モータ１，６またはコイル１１に供給される電流値やその周波数を制御することができる第１インバータ１６が設けられている。

【００１７】

上記のように第１モータ１により前輪３Ｌ，３Ｒを駆動する構成、および第１ブレーキ機構７により前輪３Ｌ，３Ｒに制動トルクを作用させる構成と同様に、第２モータ２により後輪４Ｌ，４Ｒを駆動するとともに、第２モータ２から第２差動機構１７に到るトルクの伝達経路上に設けられた回転部材に制動トルクを作用させる第２ブレーキ機構１８が設けられ、その第２ブレーキ機構１８により後輪４Ｌ，４Ｒに制動トルクを作用させるように構成されている。また、第２ブレーキ機構１８へ電力を供給する電気系統がフェールした場合であっても、バックアップとして制動トルクを作用させることができるように、第１パーキングロック機構１２と同様に構成された、第２パーキングロック機構１９が設けられている。すなわち、前輪３Ｌ，３Ｒを駆動または制動させる構成と、後輪４Ｌ，４Ｒを駆動または制動させる構成とは同一である。したがって、後輪４Ｌ，４Ｒを駆動または制動させる構成の説明を省略する。

【００１８】

上述した第１モータ１、第２モータ２、第１差動用モータ６、第２差動機構１７におけるトルクの分配率を制御する第２差動用モータ２０、第１ブレーキ機構７、第２ブレーキ機構１８を、一括して制御するための第１電子制御装置（以下、第１ＥＣＵと記す）２１が設けられている。この第１ＥＣＵ２１は、従来知られている車両に搭載された電子制御装置と同様にマイクロコンピュータを主体として構成されており、この発明の実施例における「コントローラ」に相当する。その第１ＥＣＵ２１の構成を説明するためのブロック図を図７に示している。

【００１９】

この第１ＥＣＵ２１には、車両Ｖｅの姿勢に関連するデータや、運転者による操作部の操作状態などの信号が入力され、その入力される信号、および予め記憶されている演算式またはマップなどに基づいて、第１インバータ１６や、蓄電装置１５と各モータ２，２０または第２ブレーキ機構１８との間に配置され、直流電流と交流電流とを切替えるとともに、各モータ２，２０または第２ブレーキ機構１８に供給される電流値やその周波数を制御することができる第２インバータ２２に制御信号を出力するように構成されている。なお、第１ＥＣＵ２１から第１インバータ１６や第２インバータ２２に出力する制御信号を求める際には、従来知られたアンチロックシステム（ＡＢＳ）、トラクションコントロール（ＴＲＣ）、エレクトロニックスラビリティコントロール（ＥＳＣ）、ダイナミックヨーレートコントロール（ＤＹＣ）などを考慮して求めている。

【００２０】

上記第１ＥＣＵ２１に入力される操作状態の信号の一例としては、アクセルペダルの踏み込み量を検出するアクセルペダルセンサ２３、ブレーキペダルの踏み込み力を検出する第１ブレーキペダルセンサ２４、ブレーキペダルの踏み込み量を検出する第２ブレーキペダルセンサ２５、ステアリングの操舵角を検出する操舵角センサ２６、ステアリングの操舵トルクを検出するトルクセンサ２７からの信号であり、車両Ｖｅの姿勢に関連するデータの信号の一例としては、車両Ｖｅの前後加速度を検出する第１Ｇセンサ２８、車両Ｖｅの横加速度を検出する第２Ｇセンサ２９、車両Ｖｅのヨーレートを検出するヨーレートセンサ３０、各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒの周速を検出する車輪速センサ３１，３２，３３，３４からの信号である。

【００２１】

なお、第１ＥＣＵ２１を作動させるためや、第１インバータ１６に搭載されている図示しないトランジスタを制御するための電力を供給するために、第１補機バッテリ３５が設

けられている。この第１補機バッテリ３５は、蓄電装置１５よりも低電圧である。

【００２２】

上述したように第１パーキングロック機構１２は、第１ブレーキ機構７のバックアップとしても機能するため、上記第１ＥＣＵ２１と第１補機バッテリ３５との電気系統にフェールが生じた場合、または蓄電装置１５と第１インバータ１６との電気系統にフェールが生じた場合などにも、各パーキングロック機構１２，１９を制御することができるように、第１ＥＣＵ２１とは別に他の電子制御装置（以下、第２ＥＣＵと記す）３６が設けられている。この第２ＥＣＵ３６も第１ＥＣＵ２１と同様にマイクロコンピュータを主体として構成されている。この第２ＥＣＵ３６の構成を説明するためのブロック図を図８に示している。この第２ＥＣＵ３６には、車両Ｖｅの姿勢に関連するデータや、運転者による操作部の操作状態などの信号が入力され、その入力される信号、および予め記憶されている演算式またはマップなどに基づいて各パーキングロック機構１２，１９を作動させることを許可するか否かを判断するとともに、各パーキングロック機構１２，１９の制御量を演算などにより定め、その定められた制御量に基づいて、各パーキングロック機構１２，１９に制御信号を出力するように構成されている。

【００２３】

上記第２ＥＣＵ３６に入力される操作状態の信号の一例としては、第１ブレーキペダルセンサ２４、第２ブレーキペダルセンサ２５、各ブレーキ機構７，１８に通電されている電流値を検出する図示しないセンサからの信号であり、車両Ｖｅの姿勢に関連するデータの信号の一例としては、車輪速センサ３１，３２，３３，３４からの信号である。また、各パーキングロック機構１２，１９を作動させることの許可は、所定の時間以上停車していること、電磁アクチュエータ１４を作動させるためのスイッチが運転者などによりオンされていること、停車中でかつイグニッションがオフされていること、少なくともいずれか一方のブレーキ機構７（１８）が作動することができないことなどのいずれか一つが成立していることで判定することができる。さらに、ブレーキペダルの踏み込み力や踏み込み量と、各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒの車輪速とから各パーキングロック機構１２，１９による制動トルクを定め、その制動トルクを得られるように、電磁アクチュエータ１４および第２パーキングロック機構１９を制御するための図示しない電磁アクチュエータへ電流を出力するように構成されている。そして、第２ＥＣＵ３６を作動させるためや、各パーキングロック機構１２，１９を制御するための電力を供給するために、第２補機バッテリ３７が設けられている。なお、第１ＥＣＵ２１からの信号を第２ＥＣＵ３６が受けることができ、第１ＥＣＵ２１がフェールした場合などには、第２ＥＣＵ３６が作動することを許可するように構成することができる。

【００２４】

つぎに、各駆動用のモータ１，２、各差動用モータ６，２０、各ブレーキ機構７，１８に通電する電流値を定めるための制御例について説明する。図２は、その制御例を説明するためのフローチャートであり、第１ＥＣＵ２１で実行される。

【００２５】

図２に示す例では、先ず、入力１次処理として、各センサ２３，２４，２５，２６，２７，２８，２９，３０，３１，３２，３３，３４から入力された信号を読み込む（ステップＳ１）。ついで、いずれかの車輪速３Ｌ（３Ｒ，４Ｌ，４Ｒ）、または四輪の各車輪速の平均速度と前後加速度Ｇとから、車速Ｖを推定するなどの入力２次処理を行う（ステップＳ２）。

【００２６】

つぎに、運転者が要求するトルクに基づいて各車輪に作用させるトルクを算出する（ステップＳ３）。このステップＳ３で算出するトルクは車両Ｖｅを加速させる駆動トルク、および車両Ｖｅを減速させる制動トルクの両方を含み、ブレーキペダルの踏み込み量が予め定められた閾値より大きい場合には制動トルクT^{i}_{req}として算出し、ブレーキペダルの踏み込み量が閾値以下である場合には、駆動トルクとして算出する。上記制動トルクT^{i}_{req}は、ブレーキペダルの踏み込み量やブレーキ踏み込み力等から求めることがで

きる要求トルクを車輪の数で除算して算出することができる。また、駆動トルクは、アクセルペダルの操作量などに基づいて求めることができる要求トルクを車輪の数で除算して算出することができる。

【００２７】

ついで、旋回走行時などにおける走行安定性を向上させるために、左右輪のトルクの分配率を考慮して、上記ステップＳ３で算出した値を補正する（ステップＳ４）。具体的には、上記のように運転者による要求トルクを算出した後に、車両Ｖｅの右側の駆動輪（前輪３Ｒと後輪４Ｒとから出力するトルクの和）に伝達するべきトルクと、車両Ｖｅの左側の駆動輪（前輪３Ｌと後輪４Ｌとから出力するトルクの和）に伝達するべきトルクとを算出（加算）する。これは、上述したように旋回走行時などにおける走行安定性を向上させるためであって、従来知られているアンチロックシステム（ＡＢＳ）、トラクションコントロール（ＴＲＣ）、エレクトロニックスラビリティコントロール（ＥＳＣ）、ダイナミックヨーレートコントロール（ＤＹＣ）を考慮した制御であり、車両Ｖｅの姿勢に関連するデータ、より具体的には、ヨーレートセンサ３０により検出された実際のヨーレートに基づいて車両Ｖｅの右側の駆動輪に伝達するべきトルクと、車両Ｖｅの左側の駆動輪に伝達するべきトルクを算出する。

【００２８】

このステップＳ４は、走行安定性を向上させるために一方側の駆動輪３Ｒ，４Ｒ（３Ｌ，４Ｌ）に伝達するトルクを増大させ、他方側の駆動輪３Ｌ，４Ｌ（３Ｒ，４Ｒ）に伝達するトルクを減少させる量を求めるためであり、その増大量と減少量とが同一となるように定めている。これは、上述したように図５，６に示す差動機構５は、一方の駆動輪３Ｒ（３Ｌ）に伝達するトルクの分配率を増大させるように差動用モータ６を制御した場合には、他方の駆動輪３Ｌ（３Ｒ）に伝達するトルクの分配率が同じ数値、減少するように構成されているためである。

【００２９】

つぎに、運転者が駆動トルクもしくは制動トルクを要求しているか否かを判断する（ステップＳ５）。具体的には、運転車が要求している目標トルクT_{req}が正か否かの判断を行う。これを数式で表すと以下のように示すことができる。

$$T_{req} > 0$$

【００３０】

ステップＳ５で、運転者が駆動トルクを要求していることにより肯定的に判断された場合には、各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒに伝達するべきトルクを算出する（ステップＳ６）。なお、このステップＳ６ではステップＳ４で算出されたトルクが採用される。

【００３１】

一方、ステップＳ５で否定的に判断された場合には、図１に示すフローチャートに基づいて、各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒに伝達するべきトルクを算出する（ステップＳ７）。

【００３２】

図１には、制動時における各車輪の制動トルクの目標値を定める制御例を示している。先ず、前回の制動モードが通常モードであったかスリップ制御モードであったかの判断を行う（ステップＳ１００）。通常モードとは、各車輪のいずれもがスリップしていない状態もしくは許容できる程度のスリップ状態で実行されるモードをいい、一方、スリップ制御モードとは、各車輪のうち少なくともいずれかの車輪と路面とのスリップ率が所定値以上の場合に実行されるモードである。なお。制動開始時には通常モードが設定される。

【００３３】

ついで、上記のステップＳ１００で肯定的に判断された場合、すなわち通常モードの場合には各車輪の仕事率P^iを演算する。具体的には、目標仕事率$P^i{}_{req}$と実際の仕事率（実仕事率）$P^i{}_w$とを演算する（ステップＳ１０１）。その演算方法は以下の式から求めることができる。先ず、目標仕事率$P^i{}_{req}$は、

$$P^i{}_{req} = T^i{}_{req} \times (V / r_{tire})$$

により算出することができる。一方、実際の仕事率P^i_wは、

$$P^i_w = T^i_w \times (V^i_w / r_{tire})$$

により算出することができる。なお、P^i_{req}は、各車輪の運転者の要求する仕事率を示し、T^i_{req}は、各車輪の運転者の要求する制動トルクを示し、Vは車速を示し、r_{tire}は、車輪の有効半径を示している。またP^i_wは、各車輪の実際の仕事率を示し、T^i_wは、各車輪の実際の制動トルクを示し、V^i_wは、実際の各車輪の周速を示し、車速Vで車輪の有効半径r_{tir}を除算したもの、すなわちV / r_{tire}は車輪速を示している。さらに、ここでは、便宜上、一つの式を示しているものの、実際には、各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒ毎に上式でスリップ率を演算する。以下の説明では、便宜上、各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒ毎に演算する式を一つのみ示し、その演算に用いられるパラメータに、「^{i}」を付して示す。そして上述したT^i_{req}がこの発明の実施例における「各車輪の目標制動トルク」に相当する。

【００３４】

ついで、ステップＳ１０１で求めた目標仕事率P^i_{req}と実際の仕事率P^i_wとの偏差P^i_{dev}を以下の式から演算する（ステップＳ１０２）。

$$P^i_{dev} = P^i_{req} - P^i_w$$

【００３５】

偏差P^i_{dev}の変化率ならびに実際の車輪の仕事率P^i_wの変化率に基づいて各車輪にスリップが発生しているか否かの判断を行う（ステップＳ１０３）。具体的には、上記で求めた偏差P^i_{dev}の変化率が正の値であり、かつ実際の仕事率P^i_wの変化率が負の値であり、さらに偏差P^i_{dev}が予め定められた閾値P_aより大きい値であるか否かの判断を行う。これを簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。

$$(dP^i_{dev}/dt > 0) \& (dP^i_w/dt < 0) \& (P^i_{dev} > P_a)$$

なお、この数式のうちいずれかの条件を満たさない場合はスリップは発生していないと判断される。したがって、このステップＳ１０３で否定的に判断された場合には、ステップＳ１０４に進む。なお、いずれかの車輪が少なくともスリップしている場合にはこのステップＳ１０３の判断は肯定的に判断される。

【００３６】

そして、このステップＳ１０４では実行トルクT^i_pが演算される（演算Ａ）。すなわち、この実行トルクT^i_pは、上記のステップＳ１０３のスリップ判定によりスリップしていないと判断されているため、各車輪に実行する制御トルクT^i_pと各車輪における運転者の要求する制動トルクT^i_{req}とが一致する。これを簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。

$$T^i_p = T^i_{req}$$

この場合、通常の制御が実行され、引き続き通常の制御モードが設定される（ステップＳ１０５）。そして、上記の制御モードが設定されたらこのルーチンを一旦終了する。

【００３７】

一方、上記のステップＳ１０３のスリップ判定により肯定的に判断された場合には、ステップＳ１０４と同様に実行トルクT^i_pが演算Ｂにより演算される（ステップＳ１０６）。この実行トルクの演算Ｂは上記のステップＳ１０４で演算した実行トルクT^i_pと異なり、スリップが発生しているため、スリップ状態を収束するようにトルクが演算される。つまり、要求トルクT^i_{req}から予め定められたトルクT_aが減算される。これを簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。

$$T^i_p = T^i_{req} - T_a$$

この場合、前回のルーチンの通常モードからスリップ制御モードに制御モードが切り替える（ステップＳ１０７）。

【００３８】

つぎに、上述したステップＳ１００で前回の制御モードがスリップ制御モードと判断された場合のフローについて説明する。これは例えば、上述したステップＳ１０７で通常モードからスリップ制御モードに切り替わった場合などに、このフローに沿って制御が実行

される。具体的には、スリップ制御モードが設定されており、ステップＳ１００で否定的に判断された場合には、ステップＳ１０１と同様に目標仕事率P^{i}_{reqs}と実際の仕事率P^{i}_{w}との各仕事率を演算する（ステップＳ１０８）。各仕事率は以下の式により表すことができる。先ず目標仕事率P^{i}_{reqs}は、

$$P^{i}_{reqs}=T^{i}_{pp}\times(V/r_{tire})$$

により演算することができる。一方、実際の仕事率P^{i}_{w}は、

$$P^{i}_{w}=T^{i}_{w}\times(V^{i}_{w}/r_{tire})$$

により演算することができる。なお、P^{i}_{reqs}は、スリップ制御時の各車輪の目標仕事率を示し、T^{i}_{pp}は、前回のルーチンの各車輪の実行制動トルクを示し、またこのT^{i}_{pp}がこの発明の実施例における「各車輪の目標制動トルク」に相当する。他の記号は、上述した式と同様の符号を付しているため説明を省略する。

【００３９】

ついで、上記のステップＳ１０８で求めた各仕事率からこれらの値の偏差、すなわちスリップ制御時の各車輪の仕事率の偏差P^{i}_{devs}を演算する（ステップＳ１０９）。これは、ステップＳ１０２と同様の演算処理であり、ステップＳ１０８で求めた目標仕事率P^{i}_{reqs}から実際の仕事率P^{i}_{w}を減算して求めることができる。簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。

$$P^{i}_{devs}=P^{i}_{reqs}-P^{i}_{w}$$

【００４０】

ついで、上記で求めたスリップ時の仕事率の偏差P^{i}_{devs}ならびに車速Ｖと車輪の速度V^{i}_{w}とからスリップが収束しているか否かの判断を行う（ステップＳ１１０）。具体的には、上記の偏差P^{i}_{devs}の絶対値が予め定められた閾値P_{b}より小さく、かつスリップ率が予め定められたスリップ率の閾値λ_{a}より小さいか否かの判断を行う。簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。

$$|P^{i}_{devs}|<P_{b}\ \&\ (V-V^{i}_{w})/V<\lambda_{a}$$

なお、この数式のうちいずれかの条件を満たさない場合はスリップは収束していないと判断され、また、いずれかの車輪が少なくともスリップしている場合にはこのステップＳ１１０の判断は否定的に判断される。。したがって、このステップＳ１１０で否定的に判断された場合には、ステップＳ１１１に進む。

【００４１】

この場合、ステップＳ１１１では実行トルクが演算Ｃにより演算される。また、ここでの実行トルクは、前回の収束制御（例えば、ステップＳ１０６）での実行トルクと同様に、予め定められたトルクを減算して求める。具体的には、前回のルーチンの各車輪の実行制動トルクT^{i}_{pp}から予め定められたトルクT_{b}を減算する。これを簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。なお、トルクT_{b}は上述したトルクT_{a}と同一の値でもよい。

$$T^{i}_{p}=T^{i}_{pp}-T_{b}$$

この場合、前回のルーチンのスリップ制御モードが継続される（ステップＳ１１２）。

【００４２】

一方、ステップＳ１１０のスリップ収束判定で肯定的に判断された場合には、ステップＳ１１３に進む。つまり、ステップＳ１１０の演算により全ての条件を満たすと判断された場合にはスリップが収束されたこととなる。したがって、ステップＳ１１０で肯定的に判断された場合にはトルクの増大制御を行う（ステップＳ１１３）。具体的には、前回のルーチンの各車輪の実行制動トルクT^{i}_{pp}からトルクT_{c}を加算する。これを簡略化して数式で表すと以下のように示すことができる。

$$T^{i}_{p}=T^{i}_{pp}+T_{c}$$

【００４３】

なお、この増大トルクは急激にトルクを増大すると車輪をロックするおそれがあるため、徐々にトルクを増大する。具体的には、トルクの増大を行う継続時間が通常の制御モードに復帰できるための時間t_{D}以上になったか否かの判断を行う（ステップＳ１１４）。

このステップＳ１１４のt_Dは、例えば道路もしくは路面環境が低μ路から高μ路に切り替わり、トルクを増大させてもスリップしない程度の時間の長さなどに定められている。したがって、ステップＳ１１４で否定的に判断、すなわち通常モードに復帰するためのトルクの増大の継続時間がt_D未満と判断された場合には、スリップ制御モードが引き続き継続される（ステップＳ１１５）。これとは反対に、通常モードに復帰するためのトルクの増大の継続時間がt_D以上と判断された場合には、スリップ制御モードから通常モードに移行する（ステップＳ１１６）。

【００４４】

上述したように駆動時には、ステップＳ６で各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒに伝達するべきトルクを算出する。同様に制動時には、ステップＳ７および図１のフローチャートにより実行すべきトルクを算出する。

【００４５】

具体的には、ステップ６およびステップＳ７で算出された実行トルクT^{i}_{p}に基づいて、各駆動用モータ１，２および各差動用モータ６，２０ならびにブレーキ機構１２，１８へ通電する電流値I^{*m}，I^{*s}，I^{*b}を定める。まず、駆動時には、ステップＳ６で算出された実行トルクT^{i}_{p}から各駆動用モータ１，２へ通電する電流値I_M、および各差動用モータ６，２０へ通電するI_Cを以下の式に基づいて算出する（ステップＳ８）。

$$T^{*}_{trc}=(T^{*R}_{p}+T^{*L}_{p}/\gamma_{trc})$$

$$T^{*}_{diff}=(T^{*R}_{p}-T^{*L}_{p}/\gamma_{diff})$$

上式における「T^{*}_{trc}」は、駆動用モータの目標トルクを示し、「T^{*}_{diff}」は、差動用モータの目標トルクを示している、また「γ_{trc}」は制動部および駆動部の減速比を示し、「γ_{diff}」は差動部の減速比を示している。さらに、「＊」は、前輪および後輪のそれぞれについての値を示している。すなわち、I_Mは、右前輪３Ｒと左前輪３Ｌとについて算出された実行トルクを加算し、その実行トルクに図示しない変換定数を積算して、第１モータ１へ通電する電流値を求めるとともに、右後輪４Ｒと左後輪４Ｌとについて算出された実行トルクを加算し、その実行トルクに変換定数を積算して、第２モータ２へ通電する電流値を求める。また、I_Cは、右前輪３Ｒについて算出された実行トルクと左前輪３Ｌとについて算出された実行トルクとを減算し、その値に変換定数を積算して、第１モータ１へ通電する電流値を求めるとともに、右後輪４Ｒについて算出された実行トルクと左後輪４Ｌについて算出された実行トルクとを減算し、その値に変換定数を積算して、第２モータ２へ通電する電流値を求める。そして、ステップＳ８により算出された電流値I_M，I_Cを各駆動用モータ１，２および各差動用モータ６，２０に出力する（ステップＳ１２）。

【００４６】

一方、運転者が減速を意図している場合であって、ステップＳ５で否定的に判断され、ステップＳ７で各車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒに伝達するための実行トルク（制動トルク）を算出した場合には、ついで、全ての車輪３Ｌ，３Ｒ，４Ｌ，４Ｒに伝達するための実行トルクを加算して、駆動時と同様にステップＳ８の演算式を用いて全制動トルクT_{trc}を算出する。そして、その算出された全制動トルクT_{trc}が、第１モータ１および第２モータ２で回生可能か否かが判断される（ステップＳ９）。すなわち、各モータ１，２が回生制御することにより生じる制動トルクにより全制動トルクT_{trc}を受け持つことができるか否かが判断される。これは、各駆動用モータ１．２により制動トルクを各車輪に作用させることができるため、主に各駆動用モータ１，２で制動トルクを各車輪に発生させることができるためである。したがって、各駆動用モータ１，２ならびに各ブレーキ機構７，１８がこの発明の実施例における「制動装置」に相当する。

【００４７】

そのステップＳ９では、以下の式が成立するか否かが判断される。

$$T_{trc}<T_{trcmax}$$

なお、上式におけるT_{trcmax}は、各モータ１，２の特性などに基づいて予め定められている回生トルクの最大値であり、この発明の実施例における「限界トルク」に相当す

る。

【００４８】

各モータ１，２で全制動トルクT_{trc}を回生することができ、ステップＳ９で肯定的に判断された場合には、ステップＳ７で算出された実行トルクT^{i}_{p}に変換係数を積算して各駆動用モータ１，２および各差動用モータ６，２０へ通電する電流値I_{M}，I_{C}を算出する（ステップＳ１０）。なお、I_{M}は、駆動用モータの電流値を示し、I_{c}は、差動用モータの電流値を示している。

【００４９】

一方、全制動トルクT_{trc}を各駆動用モータ１，２で回生することができず、ステップＳ９で否定的に判断された場合には、まず、回生可能な範囲で各駆動用モータ１，２を回生制御し、余剰の制動トルクをブレーキ機構７，１８で生じさせるように電流制御を行う（ステップＳ１１）。なお、その際における各差動用モータ６，２０へ通電する電流値I^{*s}_{b}は、ステップ１０と同様に算出する。具体的には、ステップＳ７で算出された実行トルクT^{i}_{p}に変換係数を積算して各駆動用モータ１，２へ通電する電流値I_{M}、各差動用モータ６，２０へ通電する電流値I_{C}、各ブレーキ機構１２，１８へ通電する電流値I_{B}を算出する。なお、上式における「ＢＥＦ」は、摩擦ブレーキ係数を示している。

【００５０】

そして、ステップＳ１１により算出された電流値I_{M}，I_{C}，I_{B}を各駆動用モータ１，２および各差動用モータ６，２０ならびにブレーキ機構１２，１８に出力する（ステップＳ１２）。

【００５１】

図３は、図１および図２のフローチャートを実行したときの制御モード、トルクの増大制御の演算方法（Ａ，Ｂ，Ｃ，Ｄ）、各仕事率P^{i}、各トルクT^{i}、ならびに制御モードの遷移条件の変化の一例を示すタイムチャートである。また図４は、スリップ率と仕事率P^{i}_{w}との関係、スリップ率と実行トルクT^{i}_{w}との関係を説明する図である。以下、具体的に説明する。

【００５２】

先ず、図３に示すように、ｔ０時点では制御モードは通常モードである。したがって、目標仕事率P^{i}_{req}と実際の仕事P^{i}_{w}との偏差P^{i}_{dev}は許容範囲程度であり、また実行トルクT^{i}_{p}は通常制御、つまり演算Ａにより算出される。

【００５３】

ついで、上記のｔ０時点から仕事率の偏差P^{i}_{devs}が拡がり始める。すなわち、少なくともいずれかの車輪がスリップし始めていると判断できる。具体的にはステップＳ１０３の演算式で求めたように、偏差P^{i}_{dev}の変化率が正の値であり、かつ実際の仕事率P^{i}_{w}の変化率が負の値であり、さらに偏差P^{i}_{dev}がスリップ判定における仕事率の偏差の閾値P_{a}より大きい値であるか否かの判断が成立してスリップが発生したと判断できる。したがって、実行トルクT^{i}_{p}は演算Ｂにより要求トルクから減算され、また制御モードは通常モードからスリップ制御モードへと移行する（ｔ１時点）。

【００５４】

ついでｔ２時点では、ｔ１時点からスリップ制御モードが引き続き継続されている。一方、上記の減算トルクの制御によりスリップ率が小さくなることに伴い車輪速V^{i}_{w}が速くなり、それに伴って一時的に仕事率P^{i}_{w}および実行トルクT^{i}_{w}が増大している。これは図４に示すように、ｔ１時点からスリップし始め、ｃ地点からｂ地点へと推移する。しかし、未だ上記のステップＳ１１０の演算式に示した条件のうちのスリップ収束判定のλ_{a}の条件を満たさず、スリップが収束されていないと判断されている。したがって、実行トルクT^{i}_{p}は演算Ｃにより算出され、更に減算される。

【００５５】

ついで、ｔ３時点では、スリップ時の目標仕事率P^{i}_{rcqs}と実際の仕事率P^{i}_{w}との偏差P^{i}_{devs}が許容範囲となり、上記のステップＳ１１０のスリップ判定の条件が成立してスリップが収束し始める。したがって、実行トルクT^{i}_{p}は演算Ｄにより算出さ

れ増算、つまりトルクの増大制御が実行される。なお、このようにスリップが収束し始めているので図４に示す関係はｂ地点からａ地点と推移する。

【００５６】

ついで、ｔ３’時点では、ステップＳ１１４の通常制御に復帰するためのトルクの増大制御が１ルーチン毎に実行される。そして、ｔ３時点からｔ４時点にかけて通常制御に復帰可能な時間ｔＤ以上となり、ｔ４時点で通常の制御モードに移行する。つまり、低μ路から高μ路に切り替わり仕事率ならびにトルクが目標値に近似する。

【００５７】

このように、図１および図２に示すフローチャートならびに図３に示すタイムチャートでは、各車輪を制動する際に、目標仕事率P^{i}_{req}（P^{i}_{reqs}）と実際の仕事率P^{i}_{w}との偏差から車輪のスリップ状態の判定している。そのため、スリップ状態を正確かつ迅速に検知することができる。また、上記の判定されたスリップ状態に基づいて制動トルクを制御しているため、制動トルクを精度よく制御することができる。したがって、精度よく制動トルクを制御できるため車両の走行安定性を向上させることができ、さらには制動距離が長くなることを抑制することができる。また、このように制動トルクを制御することにより最大摩擦力に近いところで制動もしくは制御することができる。

【００５８】

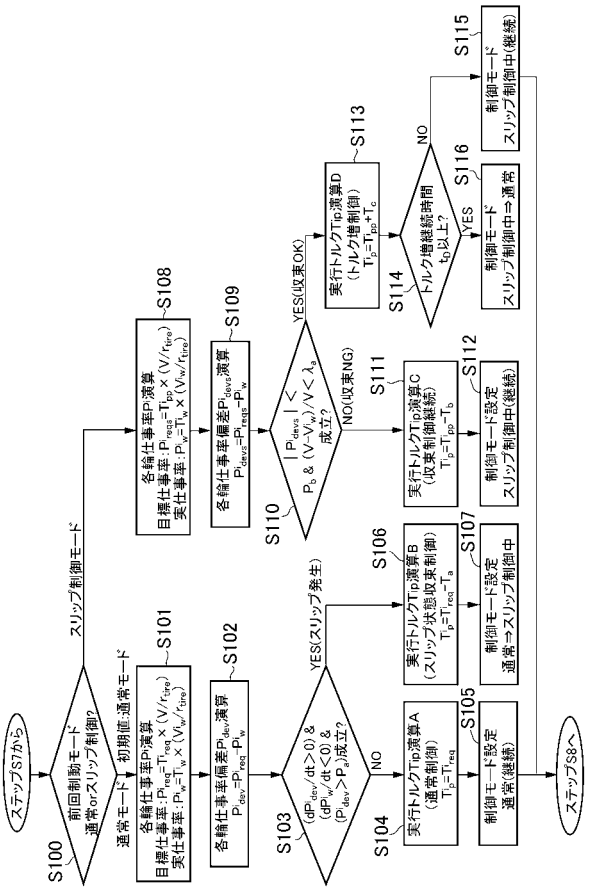
なお、この発明の実施例における車両は、図６に示す四輪駆動車に限らず、前輪３Ｌ，３Ｒまたは後輪４Ｌ，４Ｒのいずれか一方を駆動輪とした二輪駆動車であってもよい。また、二輪駆動車の場合には、非駆動輪となる左右の車輪が差動機構を介して連結されていてもよく、その差動機構に更にブレーキ機構を内蔵した構成としてもよい。

【符号の説明】

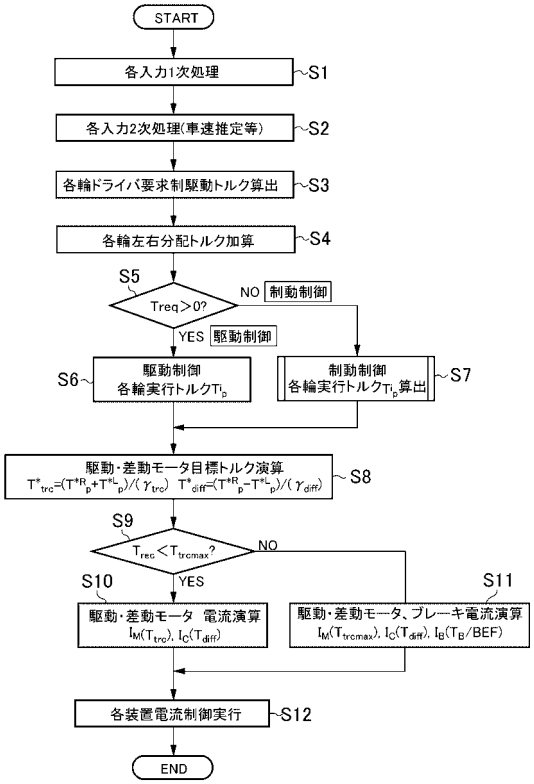
【００５９】

１，２…駆動用モータ、　３…前輪、　４…後輪、　７，１８…ブレーキ機構、　２１，３６…電子制御装置（ＥＣＵ）、　２３…アクセルペダルセンサ、　２４，２５…ブレーキペダルセンサ、　２６…操舵角センサ、　２７…トルクセンサ、　２８，２９…Ｇセンサ、　３０…ヨーレートセンサ、　３１，３２，３３，３４…車輪速センサ、　３５，３７…補助バッテリ、　Ｖｅ…車両。

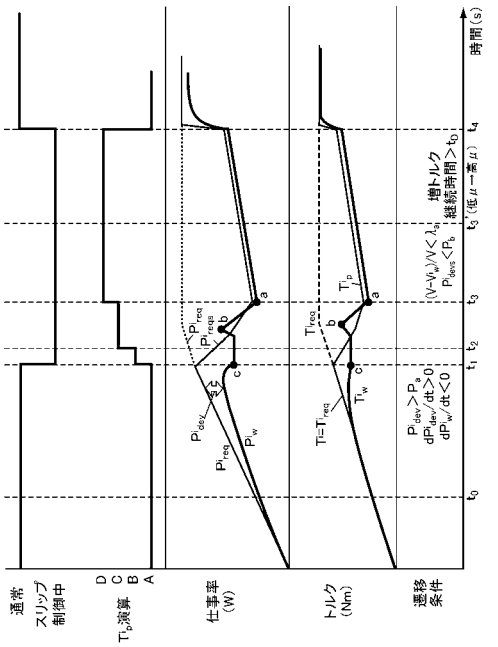
【図１】


ステップS7から
S100
前回制動モード
通常orスリップ制御?
スリップ制御モード
通常モード
初期値:通常モード
S101
各輪仕事率Pi演算
目標仕事率:Preqi=Tireq×(V/rtire)
実仕事率:Pwi=Twi×(Vwi/rtire)
S102
各輪仕事率偏差Pdevi演算
Pdevi=Preqi-Pwi
S103
(dPdevi/dt>0) &
(dPwi/dt<0) &
(Pdevi>Pa)成立?
YES(スリップ発生)
NO
S104
実行トルクTip演算A
(通常制御)
Tip=Tireq
S105
制御モード設定
通常(継続)
S106
実行トルクTip演算B
(スリップ抑制収束制御)
Tip=Tireq-Ta
S107
制御モード設定
通常⇒スリップ制御中
S108
各輪仕事率Pi演算
目標仕事率:Preqi=Tipi×(V/rtire)
実仕事率:Pwi=Twi×(Vwi/rtire)
S109
各輪仕事率偏差Pdevi演算
Pdevi=Preqi-Pwi
S110
|Pdevi|<
Pb & (V-Vwi)/V<λa
成立?
YES(収束OK)
NO(収束NG)
S111
実行トルクTip演算C
(収束制御継続)
Tip=Tipp-Tb
S112
制御モード設定
スリップ制御中(継続)
S113
実行トルクTip演算D
(トルク増制御)
Tip=Tipp+Tc
S114
トルク増継続時間
tb以上?
NO
YES
S116
制御モード
スリップ制御中⇒通常
S115
制御モード
スリップ制御中(継続)
ステップS8へ

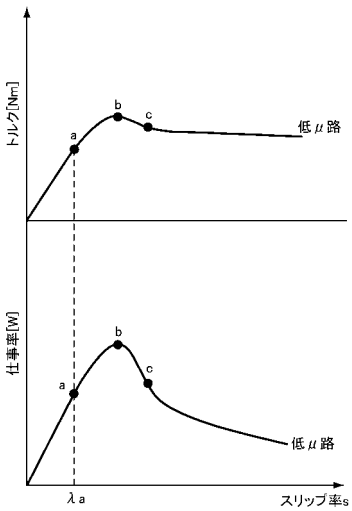
【図２】


START
各入力1次処理
S1
各入力2次処理(車速推定等)
S2
各輪ドライバ要求制駆動トルク算出
S3
各輪左右分配トルク加算
S4
S5
Treq>0?
NO
制動制御
YES
駆動制御
S6
駆動制御
各輪実行トルクTip
制動制御
各輪実行トルクTip算出
S7
駆動・差動モータ目標トルク演算
T*trc=(T*Rp+T*Lp)/(γtrc) T*diff=(T*Rp-T*Lp)/(γdiff)
S8
S9
Trec<Ttrcmax?
NO
YES
S10
駆動・差動モータ 電流演算
IM(Ttrc), IC(Tdiff)
S11
駆動・差動モータ、ブレーキ電流演算
IM(Ttrcmax), IC(Tdiff), IB(TB/BEF)
各装置電流制御実行
S12
END

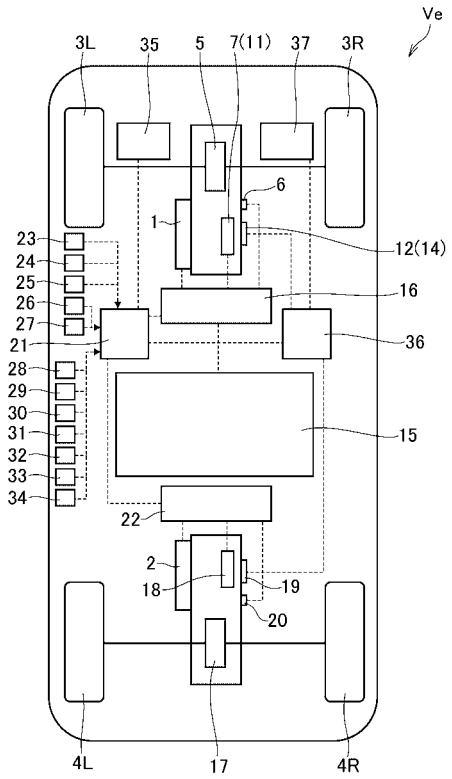
【図３】


通常
スリップ
制御中
Tip演算
D
C
B
A
仕事率
(W)
トルク
(Nm)
遷移
条件
時間(s)
t0
t1
t2
t3
t4
t5
Pdev
Preq
Pw
Tireq
Tw
Ti=Tireq
Tip
増トルク
継続時間>tb
(低μ一定μ)
Pdev>Pa
dPdev/dt>0
dPw/dt<0
(V-Vw)/V<λa
Pdev<Pb

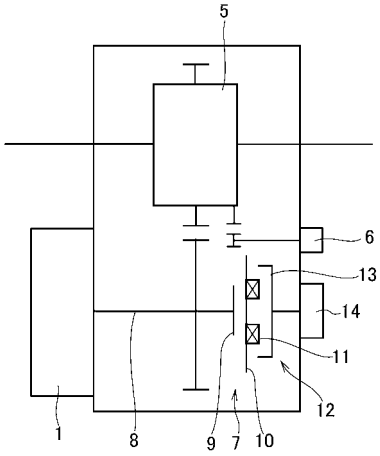
【図４】


トルク[Nm]
仕事率[W]
低μ路
低μ路
a
b
c
λa
スリップ率s

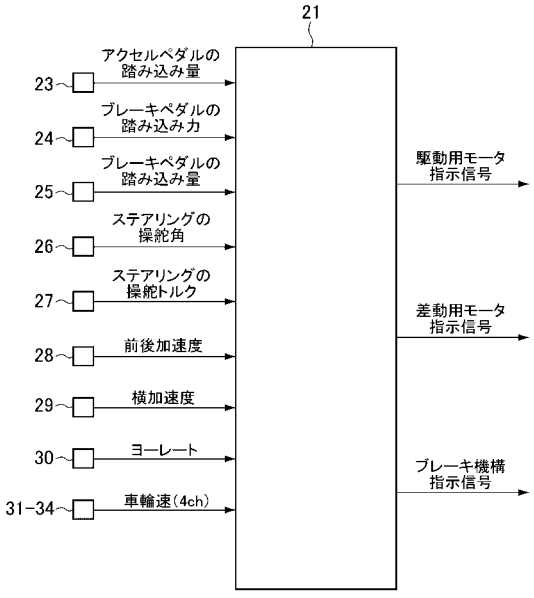
【図５】


Ve
3L
35
5
7(11)
37
3R
6
1
12(14)
23
24
25
26
27
21
16
36
28
29
30
31
32
33
34
15
22
2
18
19
20
4L
17
4R

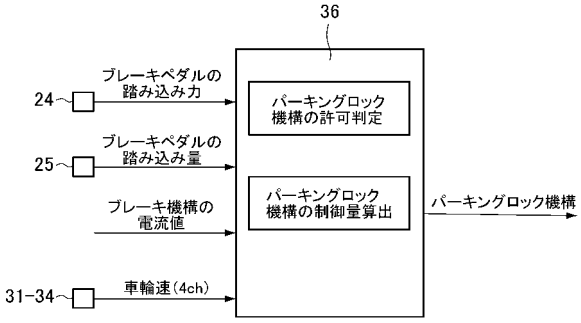
【図６】


5
6
13
14
11
12
1
8
9
7
10

【図７】


21
アクセルペダルの踏み込み量
23
ブレーキペダルの踏み込み力
24
ブレーキペダルの踏み込み量
25
ステアリングの操舵角
26
ステアリングの操舵トルク
27
前後加速度
28
横加速度
29
ヨーレート
30
車輪速(4ch)
31-34
駆動用モータ指示信号
差動用モータ指示信号
ブレーキ機構指示信号

【図８】


36
ブレーキペダルの踏み込み力
24
ブレーキペダルの踏み込み量
25
ブレーキ機構の電流値
車輪速(4ch)
31-34
パーキングロック機構の許可判定
パーキングロック機構の制御量算出
パーキングロック機構

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 3D246 AA08 AA09 BA05 BA08 DA01 DA02 EA05 EA13 GA02 GA25
GB01 GB02 GB04 GB39 GC14 GC16 HA02A HA06A HA08A HA13A
HA15A HA64A HA72B HA72C HA81A HA94A HA95A JA12 JA15 JB02
JB06 KA06 LA01Z LA13Z
5H125 AA01 AB01 AC12 CA01 CA15 CB00 DD16 EE51