(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2021-24375
(P2021-24375A)
(43)公開日　令和3年2月22日(2021.2.22)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
B60G 17/00 (2006.01)	B60G 17/00	3D301

審査請求 未請求　請求項の数 3　ＯＬ　（全 16 頁）

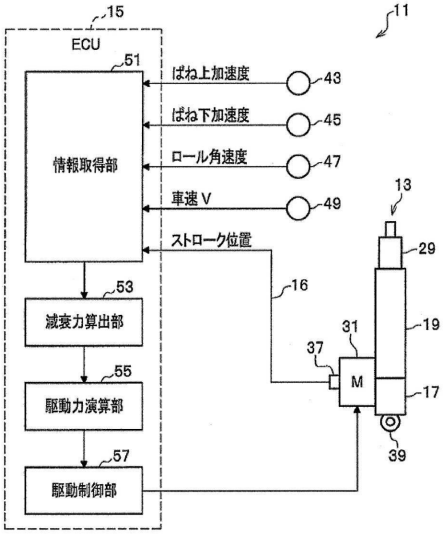
(21)出願番号　特願2019-142463(P2019-142463)
(22)出願日　令和1年8月1日(2019.8.1)

(71)出願人　000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目１番１号
(74)代理人　110001807
特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(72)発明者　豊平　朝弥
埼玉県和光市中央１丁目４番１号　株式会社本田技術研究所内

Ｆターム(参考)　3D301 AB21 DA08 DA33 DA35 DA38 DB50 EA04 EA14 EA19 EA20 EA34 EB13 EC01 EC05 EC44 EC69

(54)【発明の名称】電動サスペンション装置

(57)【要約】
【課題】一定の間隔を置いて段差のある道路を走行中のシーンであっても、後輪が段差を通過する際に生じる振動を適切に減衰する。
【解決手段】ばね下部材１及びばね上部材３の間に備わるばね部材７に並設され、減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータ１３と、ばね下部材１及びばね上部材３の伸縮方向の加速度情報を取得する情報取得部５１と、目標減衰力を算出する減衰力算出部５３と、目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行う駆動制御部５７と、を備える。情報取得部５１は、前輪側に関する加速度情報に基づく路面凹凸信号を取得する。減衰力算出部５３は、前輪側に関する加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に基づいて、少なくとも後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出する。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
車両の車輪を含むばね下部材、及び車体を含むばね上部材の間に備わるばね部材に並設され、減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータと、
前記ばね下部材及び前記ばね上部材の少なくともいずれか一方の伸縮方向の加速度情報を取得する情報取得部と、
前記電磁アクチュエータの減衰動作の目標値である目標減衰力を算出する減衰力算出部と、
前記減衰力算出部で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて前記電磁アクチュエータの駆動制御を行う駆動制御部と、を備え、
前記電磁アクチュエータは、少なくとも後輪側に設けられ、
前記情報取得部は、少なくとも前輪側に関する前記加速度情報に基づく路面凹凸信号を取得し、
前記減衰力算出部は、前記情報取得部で取得した前輪側に関する前記加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に基づいて、後輪側に設けた前記電磁アクチュエータに係る前記目標減衰力を算出し、
前記駆動制御部は、前記減衰力算出部で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた前記電磁アクチュエータの駆動制御を行う
ことを特徴とする電動サスペンション装置。
【請求項２】
請求項１に記載の電動サスペンション装置であって、
前記情報取得部で取得した前輪側に関する前記加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を抽出する抽出部と、
前記車両の走行に伴って前輪及び後輪のそれぞれが共通の路面入力を受ける際に生じる遅延時間を推定する遅延時間推定部と、
前記抽出部で抽出された前輪側に関する前記路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、前記遅延時間推定部で推定された前記遅延時間に基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する波形整形・時期調整部と、をさらに備え、
前記減衰力算出部は、前記波形整形・時期調整部において波形整形及び出現時期調整後の振動減衰信号に基づいて、後輪側に設けた前記電磁アクチュエータに係る前記目標減衰力を算出し、
前記駆動制御部は、前記減衰力算出部で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた前記電磁アクチュエータの駆動制御を行う
ことを特徴とする電動サスペンション装置。
【請求項３】
請求項２に記載の電動サスペンション装置であって、
前記情報取得部は、前記車両の車速情報、ホイールベース情報、及び処理遅延時間情報をさらに取得し、
前記遅延時間推定部は、前記情報取得部で取得した車速情報、ホイールベース情報、及び処理遅延時間情報に基づいて、前記遅延時間を推定する
ことを特徴とする電動サスペンション装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、車両の車体と車輪の間に備わるばね部材に並設され減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータを備える電動サスペンション装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
本願出願人は、車両の車体と車輪の間に備わるばね部材と並設され減衰動作及び伸縮動

作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータを備える電動サスペンション装置を提案している（例えば特許文献１参照）。電磁アクチュエータは、電動機の他に、ボールねじ機構を備えて構成される。電磁アクチュエータは、電動機の回転運動をボールねじ機構の直線運動へと変換することにより、減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させるように動作する。

【０００３】

ここで、減衰動作に係る駆動力とは、減衰力を意味する。減衰力とは、電磁アクチュエータのストローク方向と反対向きの力（反力）をいう。一方、伸縮動作に係る駆動力とは、伸縮力を意味する。伸縮力とは、電磁アクチュエータの伸縮方向に沿う向きの力であって、ストローク方向に依存せずに、ストローク方向と同じ向き又は反対向きに発生させる力をいう。

【０００４】

特許文献１に係る電動サスペンション装置では、車両の乗り心地・操縦安定性を高めるために、フルバンプ又はフルリバウンド状態に陥る事態を未然に回避することが強く要請される。

こうした要請に応えるために、特許文献１に係る電動サスペンション装置は、車両の車体と車輪の間に備わるばね部材に並設され減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータと、電磁アクチュエータのストローク位置を取得する情報取得部と、電磁アクチュエータの目標減衰力及び目標伸縮力を設定すると共に、当該設定した目標減衰力及び目標伸縮力に基づく目標駆動力を用いて電磁アクチュエータの駆動制御を行うＥＣＵと、を備える。

【０００５】

ＥＣＵは、ストローク位置がストローク終端近傍の終端領域に存する場合、ストローク位置を終端領域から中立領域へと向かわせるように目標駆動力の補正を行う。

特許文献１に係る電動サスペンション装置によれば、車両の過酷な走行シーンにおいて、フルバンプ又はフルリバウンド状態に陥る事態を未然に回避することができる。

【特許文献１】特許第６４１７４４３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、特許文献１に係る電動サスペンション装置では、例えば、一定の間隔を置いて継ぎ目（段差）のある道路を走行中のシーンにおいて、後輪が段差を通過する際に生じる振動を適切に減衰することについて特段の考慮はなされていない。

【０００７】

本発明は、前記実情に鑑みてなされたものであり、例えば、一定の間隔を置いて段差のある道路を走行中のシーンであっても、後輪が段差を通過する際に生じる振動を適切に減衰可能な電動サスペンション装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記目的を達成するために、（１）に係る発明は、車両の車輪を含むばね下部材、及び車体を含むばね上部材の間に備わるばね部材に並設され、減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータと、前記ばね下部材及び前記ばね上部材の少なくともいずれか一方の伸縮方向の加速度情報を取得する情報取得部と、前記電磁アクチュエータの減衰動作の目標値である目標減衰力を算出する減衰力算出部と、前記減衰力算出部で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて前記電磁アクチュエータの駆動制御を行う駆動制御部と、を備え、前記電磁アクチュエータは、少なくとも後輪側に設けられ、前記情報取得部は、少なくとも前輪側に関する前記加速度情報に基づく路面凹凸信号を取得し、前記減衰力算出部は、前記情報取得部で取得した前輪側に関する前記加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に基づいて、後輪側に設けた前記電磁アクチュエータに係る前記目標減衰力を算出し、前記駆動制御部は

、前記減衰力算出部で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた前記電磁アクチュエータの駆動制御を行うことを最も主要な特徴とする。

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、例えば、一定の間隔を置いて段差のある道路を走行中のシーンであっても、後輪が段差を通過する際に生じる振動を適切に減衰することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置の全体構成図である。

【図２Ａ】本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置に備わる電磁アクチュエータが組み込まれたサスペンションシステムのモデル図である。

【図２Ｂ】図２Ａに示す電磁アクチュエータの部分断面図である。

【図３】本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置に備わる駆動制御装置の内部及び周辺部を概念的に表す構成図である。

【図４Ａ】図３に示す駆動制御装置に備わる第１減衰力算出部のブロック構成図である。

【図４Ｂ】図３に示す駆動制御装置に備わる第２減衰力算出部のブロック構成図である。

【図４Ｃ】図３に示す駆動制御装置に備わる第３減衰力算出部のブロック構成図である。

【図５】本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置の動作説明に供する図である。

【図６】図６（ａ）～（ｃ）は、車両に備わる前輪及び後輪が段差を通過する走行シーンを時系列的に表す説明図である。

【図７Ａ】本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置の作用効果の説明に供する図である。

【図７Ｂ】本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置の作用効果の説明に供する図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置について、適宜図面を参照して詳細に説明する。

なお、以下に示す図面において、共通の機能を有する部材間には同一の参照符号を付するものとする。また、部材のサイズ及び形状は、説明の便宜のため、変形又は誇張して模式的に表す場合がある。

本明細書において左右という表現を用いる場合、車両の進行方向前方を向いて右方を右、左方を左と呼ぶ。

【００１２】

〔本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の概要〕

はじめに、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の概要について、図１、図２Ａ、図２Ｂを参照して説明する。

図１は、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の全体構成図である。図２Ａは、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１に備わる電磁アクチュエータ１３が組み込まれたサスペンションシステムのモデル図である。図２Ｂは、図２Ａに示す電磁アクチュエータ１３の部分断面図である。

【００１３】

車両１０は、図１及び図２Ａに示すように、前輪（左側前輪・右側前輪）及び後輪（左側後輪・右側後輪）を含むばね下部材（ばね下質量：ｍ１／ばね下変位：ｘ１）１と、車体を含むばね上部材（ばね上質量：ｍ２／ばね上変位：ｘ２）３と、を備えて構成されている。各車輪には、図２Ａ中にコイルばね（タイヤばね定数：ｋ１）で表されるタイヤ５が装着されている。タイヤ５は、路面（路面変位：ｘ０）に接地されている。なお、以下の説明において、右側前輪及び右側後輪を右側車輪、左側前輪及び左側後輪を左側車輪と総称する場合がある。

車両１０は、前輪駆動車、後輪駆動車、四輪駆動車のいずれであってもよい。

【００１４】
ばね下部材１とばね上部材３との間には、図２Ａに示す各車輪毎に、ばね部材（ばね定数：ｋ２）７、ダンパ部材（減衰係数：ｃ２）９、及び電磁アクチュエータ１３が、伸縮方向に沿って伸縮自在に設けられている。
【００１５】
本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１は、図１に示すように、車両１０の各車輪毎に備わる複数の電磁アクチュエータ１３と、ひとつの電子制御装置（以下、「ＥＣＵ」という。）１５とを備えて構成されている。複数の電磁アクチュエータ１３とＥＣＵ１５との間は、ＥＣＵ１５から複数の電磁アクチュエータ１３への駆動制御用電力を供給するための電力供給線１４（図１の実線参照）、及び、複数の電磁アクチュエータ１３からＥＣＵ１５に電磁アクチュエータ１３のストローク位置を送るための信号線１６（図１の破線参照）をそれぞれ介して相互に接続されている。
【００１６】
この実施形態では、複数の電磁アクチュエータ１３の各々は、それぞれが共通の構成を備えている。そこで、ひとつの電磁アクチュエータ１３の構成について説明することで、複数の電磁アクチュエータ１３の説明に代えることとする。
【００１７】
電磁アクチュエータ１３は、図２Ｂに示すように、ベースハウジング１７、アウタチューブ１９、ボールベアリング２１、ボールねじ軸２３、複数のボール２５、ナット２７、及びインナチューブ２９を備えて構成されている。
【００１８】
ベースハウジング１７は、ボールベアリング２１を介してボールねじ軸２３の基端側を軸周りに回転自在に支持する。アウタチューブ１９は、ベースハウジング１７に設けられ、ボールねじ軸２３、複数のボール２５、ナット２７を含むボールねじ機構１８を収容する。複数のボール２５は、ボールねじ軸２３のねじ溝に沿って転動する。ナット２７は、複数のボール２５を介してボールねじ軸２３に係合し、ボールねじ軸２３の回転運動を直線運動に変換する。ナット２７に連結されたインナチューブ２９は、ナット２７と一体になりアウタチューブ１９の軸方向に沿って変位する。
【００１９】
ボールねじ軸２３に回転駆動力を伝えるために、電磁アクチュエータ１３には、図２Ｂに示すように、電動モータ３１（図２Ａ及び図２Ｂ参照）、一対のプーリ３３、及びベルト部材３５が備わっている。電動モータ３１は、アウタチューブ１９に並列するようにベースハウジング１７に設けられている。
電動モータ３１のモータ軸３１ａ及びボールねじ軸２３には、それぞれにプーリ３３が装着されている。これら一対のプーリ３３には、電動モータ３１の回転駆動力をボールねじ軸２３に伝達するためのベルト部材３５が懸架されている。
【００２０】
電動モータ３１のケーシング３１ｂには、電動モータ３１の回転角信号を検出するレゾルバ３７が設けられている。レゾルバ３７で検出された電動モータ３１の回転角信号は、信号線１６を介してＥＣＵ１５に送られる。本発明の実施形態では、電動モータ３１の回転角は、電磁アクチュエータ１３のストローク位置に置き換えることができる。電動モータ３１の回転角の変位に従って、電磁アクチュエータ１３のストローク位置が伸び側又は縮み側（図２Ｂ参照）に変位するからである。
電動モータ３１は、ＥＣＵ１５が複数の電磁アクチュエータ１３のそれぞれに電力供給線１４を介して供給する駆動制御電力に応じて回転駆動が制御される。
【００２１】
なお、本発明の実施形態では、図２Ｂに示すように、電動モータ３１のモータ軸３１ａとボールねじ軸２３とを略平行に配置して両者間を連結するレイアウトを採用することで、電磁アクチュエータ１３における軸方向の寸法を短縮している。ただし、電動モータ３１のモータ軸３１ａとボールねじ軸２３とを同軸に配置して両者間を連結するレイアウト

を採用してもよい。

【００２２】

本発明の実施形態に係る電磁アクチュエータ１３では、図２Ｂに示すように、ベースハウジング１７の下端部に連結部３９が設けられている。この連結部３９は、ばね下部材１の一部を構成するロアアーム（不図示）に連結固定される。一方、インナチューブ２９の上端部２９ａは、ばね上部材３の一部を構成する車体側のストラットタワー部（不図示）に連結固定されている。

【００２３】

要するに、電磁アクチュエータ１３は、車両１０のばね下部材１とばね上部材３との間に備わるばね部材７に並設されている。

ばね上部材３には、電磁アクチュエータ１３のストローク方向に沿う車体（ばね上）の加速度を検出するばね上加速度センサ４３が設けられている。また、ばね下部材１には、電磁アクチュエータ１３のストローク方向に沿う車輪（ばね下）の加速度を検出するばね下加速度センサ４５が設けられている。

【００２４】

前記のように構成された電磁アクチュエータ１３は、次のように動作する。すなわち、例えば、車両１０の車輪側から連結部３９に対して上向きの振動に係る外力が入力されたケースを考える。このケースでは、上向きの振動に係る外力が加わったアウタチューブ１９に対し、インナチューブ２９及びナット２７が一体に下降しようとする。これを受けて、ボールねじ軸２３は、ナット２７の下降に従う向きに回転しようとする。この際において、ナット２７の下降を妨げる向きの電動モータ３１の回転駆動力を生じさせる。この電動モータ３１の回転駆動力は、ベルト部材３５を介してボールねじ軸２３に伝達される。

このように、上向きの振動に係る外力に対抗する反力である減衰力（ストローク方向と反対向きの力）をボールねじ軸２３に作用させることにより、車輪側から車体側へと伝えられようとする振動を減衰させる。

【００２５】

〔ＥＣＵ１５の内部構成〕

次に、電動サスペンション装置１１に備わる駆動制御装置であるＥＣＵ１５の内部構成について、図３を参照して説明する。図３は、電動サスペンション装置１１に備わる駆動制御装置（ＥＣＵ１５）の内部及び周辺部を概念的に表す構成図である。

【００２６】

ＥＣＵ１５は、各種の演算処理を行うマイクロコンピュータを含んで構成される。ＥＣＵ１５は、レゾルバ３７で検出された電動モータ３１の回転角、すなわち、電磁アクチュエータ１３のストローク位置等に基づいて、複数の電磁アクチュエータ１３のそれぞれを駆動制御することにより、減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる駆動制御機能を有する。ＥＣＵ１５は、本発明の「駆動制御部」に相当する。

【００２７】

こうした駆動制御機能を実現するために、ＥＣＵ１５は、図３に示すように、情報取得部５１と、減衰力算出部５３と、駆動力演算部５５と、駆動制御部５７とを備えて構成されている。

【００２８】

情報取得部５１は、レゾルバ３７で検出された電動モータ３１の回転角、つまり、電磁アクチュエータ１３のストローク位置の情報を取得する。また、情報取得部５１は、前輪側及び後輪側に係るばね上加速度センサ４３で検出されたばね上加速度、前輪側及び後輪側に係るばね下加速度センサ４５で検出されたばね下加速度、ロール角速度センサ４７で検出されたロール角速度、車速センサ４９で検出された車速Ｖの情報（車速情報）、ホイールベース長に係る情報（ＷＢ情報：図６（ａ）～（ｃ）参照）、及び、処理遅延時間情報を取得する。

【００２９】

さらに、情報取得部５１は、電磁アクチュエータ１３のストローク位置の変位を時間微

分することにより、電磁アクチュエータ１３のストローク速度（以下、単に「ストローク速度」という場合がある。）を求める。なお、電磁アクチュエータ１３のストローク速度は、ストロークの速度及び方向の情報を含んでいる。情報取得部５１で取得した電磁アクチュエータ１３のストローク速度、ばね上加速度・ばね下加速度、ロール角速度、車速Ｖ、ホイールベース長、及び処理遅延時間を含む車両状態情報は、減衰力算出部５３に送られる。

【００３０】

減衰力算出部５３は、情報取得部５１で取得した車両状態情報に基づいて、電磁アクチュエータ１３の減衰動作の目標値である目標減衰力を算出する。減衰力算出部５３で算出された目標減衰力の情報は、駆動力演算部５５に送られる。

本発明の実施形態に係る減衰力算出部５３としては、第１減衰力算出部５３Ａ（図４Ａ参照）、第２減衰力算出部５３Ｂ（図４Ｂ参照）、第３減衰力算出部５３Ｃ（図４Ｃ参照）を例示することができる。第１～第３減衰力算出部５３Ａ～５３Ｃのそれぞれで行われる処理内容について、詳しくは後記する。

【００３１】

駆動力演算部５５は、ストローク速度の情報を入力し、ストローク速度の情報、及び、ストローク速度の変化に応じて変化する減衰力の値を対応付けた減衰力マップ（不図示）を参照して、減衰力制御信号及び伸縮力制御信号をそれぞれ生成すると共に、当該生成した減衰力制御信号及び伸縮力制御信号をマージすることで目標駆動力を含む駆動制御信号を演算する。駆動力演算部５５の演算結果である目標駆動力を含む駆動制御信号は、駆動制御部５７へ送られる。駆動力演算部５５で行われる演算内容について、詳しくは後記する。

【００３２】

駆動制御部５７は、駆動力演算部５５から送られてきた駆動制御信号に従って、複数の電磁アクチュエータ１３のそれぞれに備わる電動モータ３１に駆動制御電力を供給することにより、複数の電磁アクチュエータ１３の駆動制御をそれぞれ独立して行う。なお、電動モータ３１に供給される駆動制御電力を生成するに際し、例えば、インバータ制御回路を好適に用いることができる。

【００３３】

〔第１減衰力算出部５３Ａのブロック構成〕

次に、本発明の実施形態に係る駆動制御装置（ＥＣＵ）１５に備わる第１減衰力算出部５３Ａのブロック構成について、図４Ａを参照して説明する。図４Ａは、駆動制御装置１５に備わる第１減衰力算出部５３Ａのブロック構成図である。

【００３４】

本発明の実施形態に係る駆動制御装置１５に備わる第１減衰力算出部５３Ａは、図４Ａに示すように、遅延時間推定部６３、波形整形・時期調整部６５、車速レシオ算出部６７、及び乗算部６９を備えて構成されている。

【００３５】

遅延時間推定部６３は、車両１０の前進走行に伴って前輪側で受けた路面入力を後輪側で遅れて受けるまでに要する遅延時間Ｔdlを推定する機能を有する。詳しく述べると、遅延時間推定部６３は、車速Ｖ（ｍ／秒）、ホイールベース長（ＷＢ長：ｍ）、及び処理遅延時間情報Ｔ１（秒）に基づいて、下記（式１）を用いて前記遅延時間Ｔdlを推定する。

Ｔdl＝（ＷＢ長／車速Ｖ）―Ｔ１　　（式１）

【００３６】

ここで、車両１０の前進走行に伴って前輪側で受けた路面入力を後輪側で遅れて受けるまでに要する遅延時間Ｔdlは、技術的には、（ＷＢ長／車速Ｖ）の式で表現することができる。ただし、実際のところ、前輪側で実際に路面入力を受けた時点と、前輪側で路面入力を受けたことを検知した時点との間には、路面入力を受けたことを認識し伝える処理過程で遅れ時間（処理遅延時間情報Ｔ１）が生じる。そこで、（ＷＢ長／車速Ｖ）から（処理遅延時間情報Ｔ１）を差し引くことで、遅延時間Ｔdlを推定している。

【００３７】
波形整形・時期調整部６５は、前輪側に関するばね上部材３の伸縮方向の加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する機能を有する。

【００３８】
車速レシオ算出部６７は、車速Ｖの変化に応じたレシオＲＴの値を算出する機能を有する。レシオＲＴは、波形整形・時期調整部６５で波形整形後の、後輪側での振動減衰用信号のゲイン調整を行う際に用いられる。

【００３９】
本実施形態に係る車速レシオテーブル６８では、車速Ｖが第１車速閾値Ｖ_th1未満の低車速領域に係るレシオＲＴは定数（ＲＴ＝０）を、車速Ｖが第２車速閾値Ｖ_th2を超える高車速領域に係るレシオＲＴは定数（ＲＴ＝１）を、車速Ｖが第１車速閾値Ｖ_th1以上～第２車速閾値Ｖ_th2以下の中車速領域に係るレシオＲＴは線形可変数（０＜ＲＴ＜１）を、それぞれ割り当てる特性に設定されている。

【００４０】
なお、車速Ｖが第１車速閾値Ｖ_th1未満の低車速領域に係るレシオＲＴには定数（ＲＴ＝０）が割り当てられるため、当該低車速領域では、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰を狙った目標減衰力はゼロ（車速Ｖに応じた目標減衰力の修正なし）となる。

【００４１】
また、車速Ｖが第２車速閾値Ｖ_th2を超える高車速領域に係るレシオＲＴには定数（ＲＴ＝１）が割り当てられるため、当該高車速領域では、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰を狙った目標減衰力のゲインは「１」（車速Ｖに応じた目標減衰力の修正なし）となる。

【００４２】
そして、車速Ｖが第１車速閾値Ｖ_th1以上～第２車速閾値Ｖ_th2以下の中車速領域に係るレシオＲＴには線形可変数（０＜ＲＴ＜１）が割り当てられるため、当該中車速領域では、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰を狙った目標減衰力のゲインは「０－１」の（車速が高くなるほど目標減衰力の下方修正量を線形に減らす一方、車速が低くなるほど目標減衰力の下方修正量を線形に増やす）中間値となる。

【００４３】
乗算部６９は、波形整形・時期調整部６５で波形整形後の後輪側での振動減衰用信号、車速レシオ算出部６７で算出された（車速Ｖの変化に応じた）レシオＲＴの値、及び既定ゲインＧの値を入力すると共に、波形整形後の後輪側での振動減衰用信号に、レシオＲＴの値、及び既定ゲインＧの値を乗算することにより、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰効果を狙った第１目標減衰力を算出する。乗算部６９で算出された第１目標減衰力は、図３に示す駆動力演算部５５に送られる。

【００４４】
〔第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成〕
次に、本発明の実施形態に係る駆動制御装置（ＥＣＵ）１５に備わる第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成について、図４Ｂを参照して説明する。図４Ｂは、駆動制御装置１５に備わる第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成図である。

【００４５】
第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成は、図４Ｂに示すように、第１減衰力算出部５３Ａ（図４Ａ参照）のブロック構成と共通の部分が多く存在する。そこで、第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成について、第１減衰力算出部５３Ａのブロック構成と異なる部分（バンドパスフィルタ６１）及びそれに直接関係する部分（波形整形・時期調整部６５、及び乗算部６９）に注目して説明することで、第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成

の説明に代えることとする。

【００４６】

バンドパスフィルタ６１は、車両１０の前進走行に伴って前輪側のばね下部材１で生じる前輪ばね下加速度に基づく路面凹凸信号を入力し、入力した路面凹凸信号に対して所定の周波数帯域通過処理を施し、この周波数帯域通過処理後の（所定の周波数帯域が強調された）路面凹凸信号を出力する。

【００４７】

バンドパスフィルタ６１における所定の周波数帯域通過処理では、路面凹凸信号に係る周波数帯域のうち、所定の周波数帯域に属する信号成分を通過させる一方で、所定の周波数帯域に属しない信号成分は除去される。その結果、バンドパスフィルタ６１は、所定の周波数帯域が強調された路面凹凸信号を出力する。バンドパスフィルタ６１は、本発明の「抽出部」に相当する。

【００４８】

ここで、所定の周波数帯域に属する信号成分とは、後輪側での振動減衰対象帯域（乗員が不快感を抱く周波数帯域である、例えば、４～２０Ｈｚ）に属する信号成分を意味する。本発明の狙いは、前輪側のばね下部材１で生じた路面凹凸信号に基づいて、後輪側に係るばね下部材１での乗員が不快感を抱く信号成分を抑制することにある。

バンドパスフィルタ（抽出部）６１で抽出された前輪側に関するばね下部材１の伸縮方向の加速度情報に基づく路面凹凸信号は、波形整形・時期調整部６５に送られる。

【００４９】

波形整形・時期調整部６５は、バンドパスフィルタ（抽出部）６１で抽出された前輪側に関するばね下部材１の伸縮方向の加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する。

波形整形・時期調整部６５で波形整形後の後輪側での振動減衰用信号は、乗算部６９に送られる。

【００５０】

乗算部６９は、波形整形・時期調整部６５で波形整形後の後輪側での振動減衰用信号、車速レシオ算出部６７で算出された（車速Ｖの変化に応じた）レシオＲＴの値、及び既定ゲインＧの値を入力すると共に、波形整形後の後輪側での振動減衰用信号に、レシオＲＴの値、及び既定ゲインＧの値を乗算することにより、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰効果を狙った第２目標減衰力を算出する。乗算部６９で算出された第２目標減衰力は、図３に示す駆動力演算部５５に送られる。

【００５１】

〔第３減衰力算出部５３Ｃのブロック構成〕

次に、本発明の実施形態に係る駆動制御装置（ＥＣＵ）１５に備わる第３減衰力算出部５３Ｃのブロック構成について、図４Ｃを参照して説明する。図４Ｃは、駆動制御装置１５に備わる第３減衰力算出部５３Ｃのブロック構成図である。

【００５２】

第３減衰力算出部５３Ｃのブロック構成は、図４Ｃに示すように、第１減衰力算出部５３Ａのブロック構成（図４Ａ参照）、第２減衰力算出部５３Ｂのブロック構成（図４Ｂ参照）を含む共通の部分が多く存在する。そこで、第３減衰力算出部５３Ｃのブロック構成について、前記共通の部分と異なる部分（加算部７１）に注目して説明することで、第３減衰力算出部５３Ｃのブロック構成の説明に代えることとする。

【００５３】

加算部７１は、第１減衰力算出部５３Ａで算出された第１目標減衰力、及び第２減衰力算出部５３Ｂで算出された第２目標減衰力の各値を入力すると共に、これらの各値同志を加算することにより、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰効果を狙った第３目標減衰力を算出する。加算部７１で算出された第３目標減衰力は、図３に示す駆動

力演算部５５に送られる。

【００５４】

〔本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の動作説明〕

次に、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の動作について、図５を参照して説明する。

図５は、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の動作説明に供するフローチャート図である。なお、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の動作について、同電動サスペンション装置１１に備わる減衰力算出部５３として、第３減衰力算出部５３Ｃ（図４Ｃ参照）を用いた例を挙げて説明する。

【００５５】

ステップＳ１１において、ＥＣＵ１５に備わる第１・第２減衰力算出部５３Ａ，５３Ｂのそれぞれに属する情報取得部５１は、電磁アクチュエータ１３のストローク位置の情報、前輪側及び後輪側に係るばね上加速度・ばね下加速度、ロール角速度、車速Ｖの情報（車速情報）、ホイールベース長に係る情報（ＷＢ情報：図６（ａ）～（ｃ）参照）、処理遅延時間情報Ｔ１、及び既定ゲインＧに係る情報を含む各種情報を取得する。

【００５６】

ステップＳ１２において、ＥＣＵ１５に備わる第２減衰力算出部５３Ｂに属するバンドパスフィルタ６１は、車両１０の前進走行に伴って前輪側のばね下部材１で生じる前輪ばね下加速度に基づく路面凹凸信号を入力し、入力した路面凹凸信号に対してバンドパスフィルタ処理を施す。詳しく述べると、バンドパスフィルタ６１は、入力した路面凹凸信号に対して所定の周波数帯域通過処理を施し、この周波数帯域通過処理後の（所定の周波数帯域が強調された）路面凹凸信号を出力する。

【００５７】

ステップＳ１３において、ＥＣＵ１５に備わる第１・第２減衰力算出部５３Ａ，５３Ｂのそれぞれに属する遅延時間推定部６３は、車両１０の前進走行に伴って前輪側で受けた路面入力を後輪側で遅れて受けるまでに要する遅延時間Ｔdlを推定する。

【００５８】

ステップＳ１４において、ＥＣＵ１５に備わる第１・第２減衰力算出部５３Ａ，５３Ｂのそれぞれに属する車速レシオ算出部６７は、車速Ｖの変化に応じたレシオＲＴの値を算出する。

【００５９】

ステップＳ１５において、ＥＣＵ１５に備わる第１減衰力算出部５３Ａに属する波形整形・時期調整部６５は、前輪側に関するばね上部材３の伸縮方向の加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する。

【００６０】

また、ステップＳ１５において、ＥＣＵ１５に備わる第２減衰力算出部５３Ｂに属する波形整形・時期調整部６５は、バンドパスフィルタ６１で抽出された前輪側に関するばね下部材１の伸縮方向の加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する。

【００６１】

ステップＳ１６において、ＥＣＵ１５に備わる第１・第２減衰力算出部５３Ａ，５３Ｂのそれぞれに属する乗算部６９は、波形整形・時期調整部６５で波形整形後の後輪側での振動減衰用信号、車速レシオ算出部６７で算出された（車速Ｖの変化に応じた）レシオＲＴの値、及び既定ゲインＧの値を入力すると共に、波形整形後の後輪側での振動減衰用信号に、レシオＲＴの値、及び既定ゲインＧの値を乗算することにより、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰効果を狙った第１・第２目標減衰力をそれぞれ算出す

る。

また、ＥＣＵ１５に備わる第３減衰力算出部５３Ｃに属する加算部７１は、第１減衰力算出部５３Ａで算出された第１目標減衰力、及び第２減衰力算出部５３Ｂで算出された第２目標減衰力の各値を入力すると共に、これらの各値同志を加算することにより、前輪側での路面凹凸信号に基づく後輪側での振動減衰効果を狙った第３目標減衰力を算出する。加算部７１で算出された第３目標減衰力は、図３に示す駆動力演算部５５に送られる。

駆動力演算部５５は、減衰力算出部５３で算出された後輪側での第３目標減衰力に基づいて、減衰力制御信号を生成すると共に、当該生成した減衰力制御信号に基づく駆動制御信号を演算により求める。

【００６２】

ステップＳ１７において、ＥＣＵ１５に備わる駆動制御部５７は、駆動力演算部５５から送られてきた駆動制御信号に従って、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に備わる電動モータ３１に駆動制御電力を供給することにより、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行う。

【００６３】

〔本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の作用効果〕

次に、本発明の実施形態に係る電動サスペンション装置１１の作用効果について、図６（ａ）～（ｃ）、図７Ａ及び図７Ｂを適宜参照して説明する。

図６（ａ）～（ｃ）は、車両に備わる前輪及び後輪が順次段差を通過する走行シーンを時系列的に表す説明図である。図７Ａは、車両１０の後輪が段差を通過した際において、比較例及び実施例に関する後輪側のばね下部材１に係る周波数－ばね下変位（ｘ１）特性線図である。図７Ｂは、車両１０の後輪が段差を通過した際において、比較例及び実施例に関する後輪側のばね上部材３に係る周波数－ばね上変位（ｘ２）特性線図である。

【００６４】

例えば、図６（ａ）～（ｃ）に示すように、一定の間隔を置いて段差６のある道路を車両１０が前進走行中のシーンにおいて、前輪が段差６を通過した後（図６（ａ）参照）、その段差６を後輪が通過する（図６（ｂ）－（ｃ）参照）際に、後輪側において周期的な振動が生じる。

【００６５】

前記のように後輪側において生じる振動を適切に減衰するために、第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１では、車両１０の車輪を含むばね下部材１、及び車体を含むばね上部材３の間に備わるばね部材７に並設され、減衰動作及び伸縮動作に係る駆動力を発生させる電磁アクチュエータ１３と、ばね下部材１及びばね上部材３の少なくともいずれか一方の伸縮方向の加速度情報を取得する情報取得部５１と、電磁アクチュエータ１３の減衰動作の目標値である目標減衰力を算出する減衰力算出部５３と、減衰力算出部５３で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行う駆動制御部５７と、を備える。

電磁アクチュエータ１３は、少なくとも後輪側に設けられる。情報取得部５１は、少なくとも前輪側に関する加速度情報に基づく路面凹凸信号を取得する。減衰力算出部５３は、情報取得部５１で取得した前輪側に関する加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に基づいて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出する。駆動制御部５７は、減衰力算出部５３で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行う。

【００６６】

第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１において、後輪側での振動減衰対象帯域とは、後輪側での振動のうち乗員が不快感を抱く周波数帯域である、例えば、４～２０Ｈｚの周波数帯域を意味する。また、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分とは、前記周波数帯域：４～２０Ｈｚに属する信号成分を意味する。

第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１では、前輪側のばね下部材１及びばね

上部材３の少なくともいずれか一方で生じた路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に基づいて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出することにより、後輪側に係るばね上部材３において乗員が不快感を抱く信号成分を抑制するようにしている。

【００６７】

第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１によれば、前輪側のばね下部材１及びばね上部材３の少なくともいずれか一方で生じた路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に基づいて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出することにより、後輪側に係るばね上部材３において乗員が不快感を抱く信号成分を抑制するため、例えば、一定の間隔を置いて段差のある道路を走行中のシーンであっても、後輪が段差を通過する際に生じる振動を適切に減衰することができる。

【００６８】

ここで、第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１における後輪側の振動減衰効果について、図７Ａ及び図７Ｂを参照して説明する。

車両１０の後輪が段差を通過した際において、比較例（本発明の適用なし）及び実施例（本発明の適用あり）に関する後輪側のばね下部材１に係る周波数－ばね下変位（ｘ１）特性は、図７Ａに示すように、比較例及び実施例共に、実質的に同等の特性を示す。

これに対し、車両１０の後輪が段差を通過した際において、比較例（本発明の適用なし：図７Ｂの点線で表す特性線図を参照）及び実施例（本発明の適用あり：図７Ｂの実線で表す特性線図を参照）に関する後輪側のばね上部材３に係る周波数－ばね上変位（ｘ２）特性は、図７Ｂに示すように、約６．３Ｈｚ付近の周波数におけるばね上変位（ｘ２）を比べると、実施例では比較例の１／３程度まで低減している。

要するに、本発明に係る後輪側での振動減衰対象帯域（乗員が不快感を抱く周波数帯域である、例えば、４～２０Ｈｚ）において、比較例に対する実施例の振動減衰効果が顕著に現れていることがわかる。

【００６９】

また、第２の観点に基づく電動サスペンション装置１１は、第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１であって、情報取得部５１で取得した前輪側に関する加速度情報に基づく路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を抽出するバンドパスフィルタ６１（抽出部）と、車両１０の走行に伴って前輪及び後輪のそれぞれが共通の路面入力（段差６：図６）を受ける際に生じる遅延時間Ｔdlを推定する遅延時間推定部６３と、バンドパスフィルタ６１（抽出部）で抽出された前輪側に関する路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する波形整形・時期調整部６５と、をさらに備え、減衰力算出部５３は、波形整形・時期調整部６５で時期調整後の信号波形に基づいて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出し、駆動制御部５７は、減衰力算出部５３で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行う。

【００７０】

第２の観点に基づく電動サスペンション装置１１では、波形整形・時期調整部６５は、バンドパスフィルタ６１（抽出部）で抽出された前輪側に関する路面凹凸信号のうち、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形すると共に、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき前記整形された信号波形に係る出現時期を調整する。

ここで、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分を、後輪側での振動減衰を実現するための信号波形に整形するとは、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分のゲインを抑制するために、同信号成分に対して逆位相となる信号波形に、当該信号成分を整形することを意味する。

減衰力算出部５３は、波形整形・時期調整部６５において波形整形及び出現時期調整後

の振動減衰信号に基づいて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出し、駆動制御部５７は、減衰力算出部５３で算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行う。これにより、後輪側での振動減衰対象帯域に属する信号成分に係る荷重入力を相殺する荷重を、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に生じさせる。

【００７１】

第２の観点に基づく電動サスペンション装置１１によれば、波形整形・時期調整部６５において波形整形及び出現時期調整後の振動減衰信号に基づいて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３に係る目標減衰力を算出し、算出した目標減衰力に基づく目標駆動力を用いて、後輪側に設けた電磁アクチュエータ１３の駆動制御を行うため、第１の観点に基づく電動サスペンション装置１１と比べて、例えば、一定の間隔を置いて段差のある道路を走行中のシーンであっても、後輪が段差を通過する際に生じる振動を適切に減衰する効果を一層高めることができる。

【００７２】

また、第３の観点に基づく電動サスペンション装置１１は、第２の観点に基づく電動サスペンション装置１１であって、情報取得部５１は、車両１０の車速情報Ｖ、ホイールベース情報ＷＢ、及び処理遅延時間情報Ｔ１をさらに取得し、遅延時間推定部６３は、情報取得部５１で取得した車速情報Ｖ、ホイールベース情報ＷＢ、及び処理遅延時間情報Ｔ１に基づいて、遅延時間Ｔdlを推定する。

【００７３】

第３の観点に基づく電動サスペンション装置１１によれば、遅延時間推定部６３は、情報取得部５１で取得した車速情報Ｖ、ホイールベース情報ＷＢ、及び処理遅延時間情報Ｔ１に基づいて、遅延時間Ｔdlを推定するため、第２の観点に基づく電動サスペンション装置１１と比べて、波形整形・時期調整部６５において遂行される、遅延時間推定部６３で推定された遅延時間Ｔdlに基づき整形された信号波形に係る出現時期調整の精度を一層高めることができる。

【００７４】

〔その他の実施形態〕

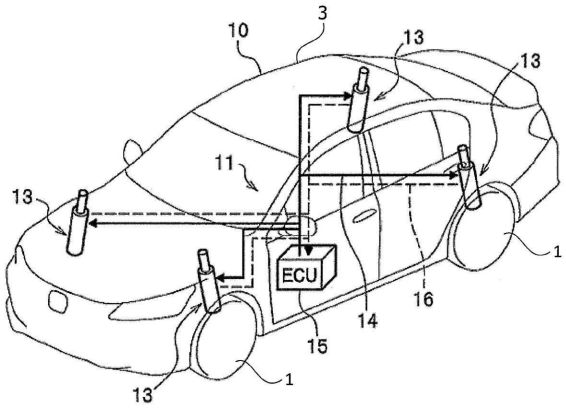
以上説明した複数の実施形態は、本発明の具現化の例を示したものである。したがって、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならない。本発明はその要旨又はその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形態で実施することができるからである。

【符号の説明】

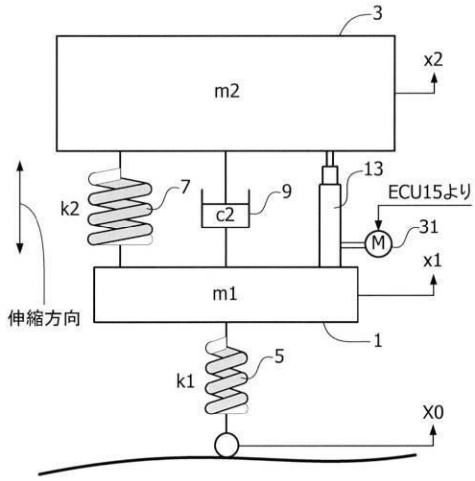
【００７５】

１　ばね下部材
３　ばね上部材
７　ばね部材
１０　車両
１１　電動サスペンション装置
１３　電磁アクチュエータ
１５　ＥＣＵ（駆動制御装置：駆動制御部）
５１　情報取得部
５３　減衰力算出部
５７　駆動制御部
６１　バンドパスフィルタ（抽出部）
６３　遅延時間推定部
６５　波形整形・時期調整部

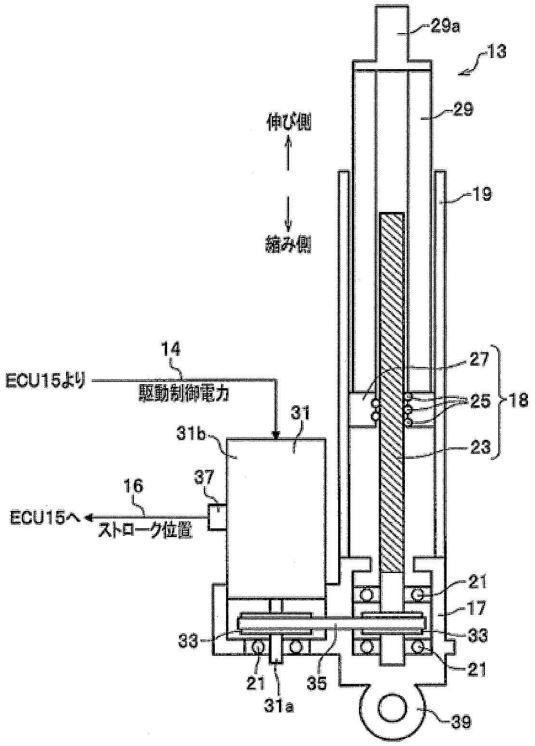
【図１】


10
3
13
13
11
13
ECU
14
16
15
1
13
1

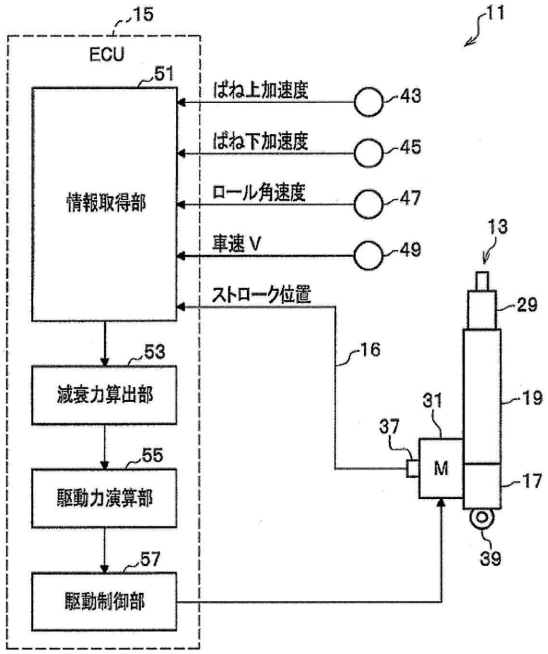
【図２Ａ】


3
m2
x2
k2
7
c2
9
13
ECU15より
31
M
x1
m1
伸縮方向
1
5
k1
X0

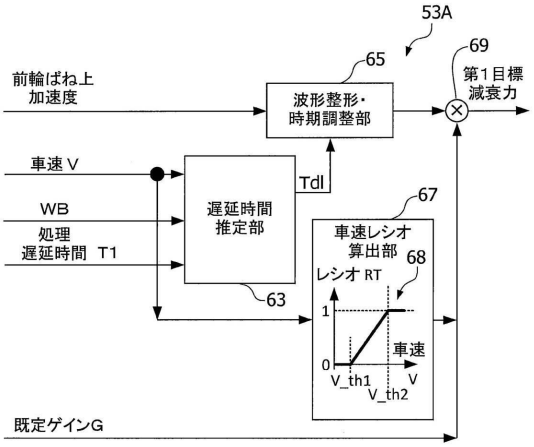
【図２Ｂ】


29a
13
伸び側
29
19
縮み側
14
ECU15より
駆動制御電力
27
25
18
31
31b
23
37
16
ECU15へ
ストローク位置
21
17
33
33
21
21
35
31a
39

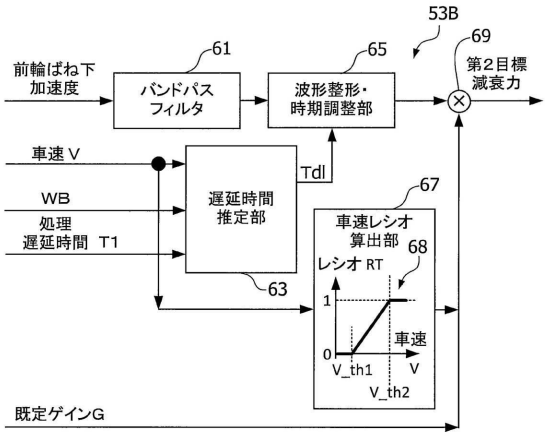
【図３】


15
11
ECU
51
ばね上加速度
43
ばね下加速度
45
情報取得部
ロール角速度
47
車速Ｖ
49
13
ストローク位置
29
16
53
減衰力算出部
31
19
37
55
M
駆動力演算部
17
39
57
駆動制御部

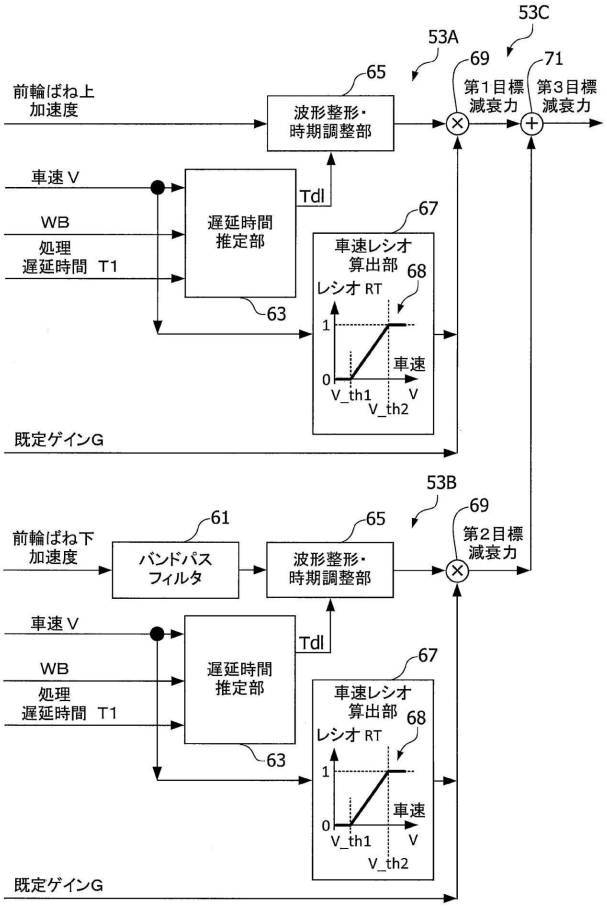
【図４Ａ】



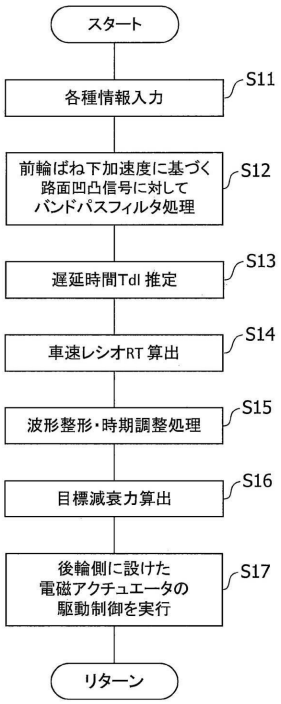
【図４Ｂ】



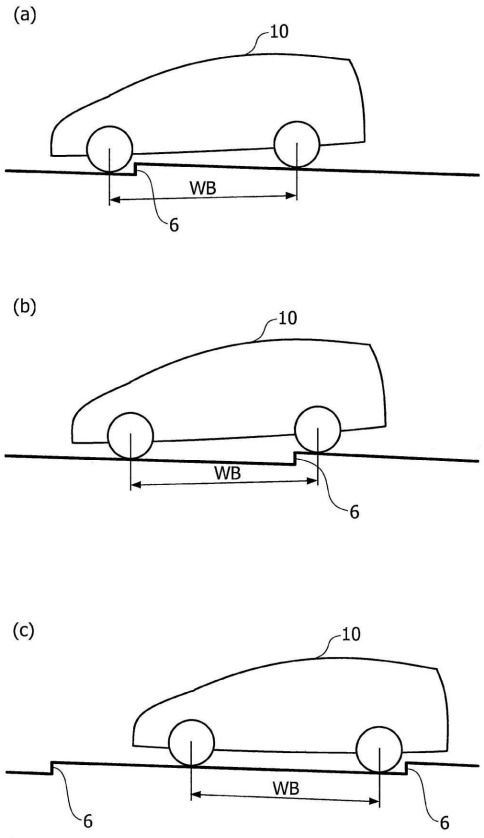
【図４Ｃ】



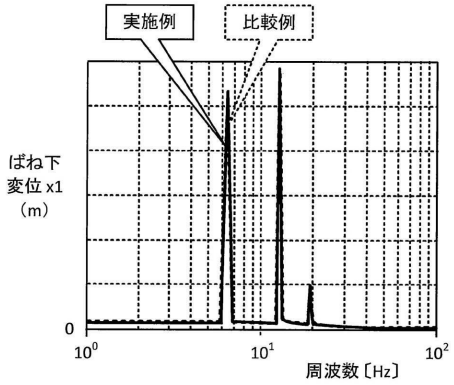
【図５】



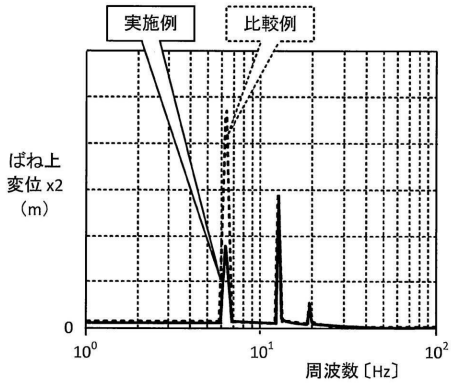
【図６】


(a)
10
WB
6
(b)
10
WB
6
(c)
10
WB
6
6

【図７Ａ】


実施例
比較例
ばね下
変位 x1
（m）
0
10^0
10^1
10^2
周波数〔Hz〕

【図７Ｂ】


実施例
比較例
ばね上
変位 x2
（m）
0
10^0
10^1
10^2
周波数〔Hz〕