

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6412409号
(P6412409)

(45) 発行日 平成30年10月24日(2018.10.24)

(24) 登録日 平成30年10月5日(2018.10.5)

(51) Int.Cl. F I
B 6 0 G 17/018 (2006.01) B 6 0 G 17/018
B 6 0 G 17/015 (2006.01) B 6 0 G 17/015 B

請求項の数 11 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-226735 (P2014-226735)	(73) 特許権者	000000929
(22) 出願日	平成26年11月7日(2014.11.7)		K Y B株式会社
(65) 公開番号	特開2016-88359 (P2016-88359A)		東京都港区浜松町2丁目4番1号 世界貿易センタービル
(43) 公開日	平成28年5月23日(2016.5.23)	(74) 代理人	100122323
審査請求日	平成29年7月20日(2017.7.20)		弁理士 石川 憲
		(74) 代理人	100067367
			弁理士 天野 泉
		(72) 発明者	政村 辰也
			東京都港区浜松町2丁目4番1号 世界貿易センタービル カヤバ工業株式会社内
		審査官	森本 康正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サスペンション装置およびサスペンション制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両のばね上部材とばね下部材との間に介装されて推力を発生可能なアクチュエータと

、
上記アクチュエータを制御するコントローラとを備え、

上記コントローラは、

上記ばね上部材の上下方向の速度から第一振動抑制力を求める第一振動抑制力演算部と

、
上記ばね下部材の上下方向の速度或いは上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から第二振動抑制力を求める第二振動抑制力演算部と、

ばね上共振周波数とばね下共振周波数との間に折れ点周波数を持ち、上記第二振動抑制力演算部で上記第二振動抑制力を求める過程の信号を処理するローパスフィルタと、

上記第一振動抑制力と上記第二振動抑制力とに基づいて上記アクチュエータの目標推力を求める目標推力演算部とを備えた

ことを特徴とするサスペンション装置。

【請求項2】

上記ばね下部材の上下方向の速度から上記第二振動抑制力を求める場合、上記第一振動抑制力と上記第二振動抑制力とを加算して上記目標推力を求めることを特徴とする請求項1に記載のサスペンション装置。

【請求項3】

上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から上記第二振動抑制力を求める場合、上記第一振動抑制力から上記第二振動抑制力を減算して上記目標推力を求めることを特徴とする請求項 1 に記載のサスペンション装置。

【請求項 4】

上記車両の上記ばね上部材と上記ばね下部材との間に上記アクチュエータに並列されるパッシブなダンパを備え、

上記コントローラは、上記ダンパの減衰係数と等しい値のゲインを上記ばね上部材と上記ばね下部材の相対的な速度に乗じて上記第二振動抑制力を求めることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のサスペンション装置。

【請求項 5】

上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から第三振動抑制力を求め、
上記第一振動抑制力、上記第二振動抑制力および第三振動抑制力に基づいて上記目標推力を求める

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のサスペンション装置。

【請求項 6】

上記アクチュエータは、

上記シリンダと、上記シリンダ内に移動自在に挿入されて上記シリンダ内を伸側室と圧側室とに区画する上記ピストンを備えた伸縮体と、

上記ポンプと、

上記ポンプの吸込側に接続されるリザーバと、

上記ポンプの吐出側に接続される供給路と、

上記リザーバに接続される排出路と、

上記伸側室に接続される伸側通路と、

上記圧側室に接続される圧側通路と、

上記伸側通路と上記圧側通路の一方を選択的に上記供給路に接続するとともに上記伸側通路と上記圧側通路の他方を上記排出路に接続する方向切換弁と、

上記伸側通路に設けられ上記伸側室から上記方向切換弁に向かう流れに対し抵抗を与え、反対向きの流れに対してはこれを許容する伸側減衰要素と、

上記圧側通路に設けられ上記圧側室から上記方向切換弁に向かう流れに対し抵抗を与え、反対向きの流れに対してはこれを許容する圧側減衰要素と、

供給電流に応じて上記供給路の圧力を調整可能な制御弁と、

上記供給路と上記排出路とを接続する吸込通路と、

上記吸込通路の途中に設けられて上記排出路から上記供給路へ向かう流体の流れのみを許容する吸込チェック弁と、

上記供給路の途中であって上記制御弁と上記ポンプとの間に設けられて上記ポンプ側から上記制御弁側へ向かう流れのみを許容する供給側チェック弁と

を備えたことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のサスペンション装置

【請求項 7】

車両のばね上部材とばね下部材との間に介装されて推力を発生可能なアクチュエータを制御するサスペンション制御装置であって、

上記ばね上部材の上下方向の速度から第一振動抑制力を求める第一振動抑制力演算部と、

上記ばね下部材の上下方向の速度或いは上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から第二振動抑制力を求める第二振動抑制力演算部と、

ばね上共振周波数とばね下共振周波数との間に折れ点周波数を持ち、上記第二振動抑制力演算部で上記第二振動抑制力を求める過程の信号を処理するローパスフィルタと、

上記第一振動抑制力と上記第二振動抑制力とに基づいて上記アクチュエータの目標推力を求める目標推力演算部とを備えた

ことを特徴とするサスペンション制御装置。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

上記ばね下部材の上下方向の速度から上記第二振動抑制力を求める場合、上記第一振動抑制力と上記第二振動抑制力とを加算して上記目標推力を求めることを特徴とする請求項 7 に記載のサスペンション制御装置。

【請求項 9】

上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から上記第二振動抑制力を求める場合、上記第一振動抑制力から上記第二振動抑制力を減算して上記目標推力を求めることを特徴とする請求項 7 に記載のサスペンション制御装置。

【請求項 10】

上記車両の上記ばね上部材と上記ばね下部材との間に上記アクチュエータに並列されるパッシブなダンパの減衰係数と等しい値のゲインを上記速度に乗じて上記第二振動抑制力を求めることを特徴とする請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載のサスペンション制御装置。

10

【請求項 11】

上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から第三振動抑制力を求め、上記第一振動抑制力、上記第二振動抑制力および第三振動抑制力に基づいて上記目標推力を求める

ことを特徴とする請求項 7 から 10 のいずれか一項に記載のサスペンション制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、サスペンション装置およびサスペンション制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

この種のサスペンション装置としては、たとえば、車両の車体であるばね上部材と車輪であるばね下部材との間に介装されて積極的に推力を発揮する油圧シリンダと、油圧シリンダを制御するコントローラとを備えてアクティブサスペンションとして機能するものがある。

【0003】

コントローラは、加速度センサで検知したばね上部材の上下方向の加速度を近似積分器としてのローパスフィルタで処理してばね上部材の上下方向の速度を得て、これにゲインを乗じてばね上部材の振動を抑制するために必要な油圧シリンダに発生させるばね上制振用の推力を求め、さらには、ばね下部材の上下方向の加速度をバンドパスフィルタで処理してゲインを乗じ、ばね下部材の振動を抑制するために必要な油圧シリンダに発生させるばね下制振用の推力を求め、これら推力の合力を最終的な目標推力としている（たとえば、特許文献 1 参照）。

30

【0004】

このように目標推力を求めることで、油圧シリンダでばね上部材およびばね下部材の振動を抑制することができる。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開昭 63 - 258207 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記したサスペンション装置においては、ばね下部材の振動を抑制する制御を行うようにしているため、ばね下部材の共振周波数は一般的に 10 数 Hz であり、上記油圧シリンダには 10 数 Hz の周波数帯の振動を抑制するために、非常に応答性の高い機器が要求される。

50

【 0 0 0 7 】

一般的に油圧シリンダの推力を制御するための制御バルブにはソレノイドで駆動される弁体を持つ電磁弁が用いられることが多いが、ソレノイドには応答遅れがあって、10数Hzの周波数帯で電磁弁を精度よく制御するのは非常に困難であり、車両における乗り心地を向上させることが難しいといった問題がある。

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、上記問題を改善するために創案されたものであって、その目的とするところは、高応答の機器を用いずとも車両における乗り心地を向上させることが可能なサスペンション装置およびサスペンション制御装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記した目的を解決するために、本発明における課題解決手段におけるサスペンション装置は、車両のばね上部材とばね下部材との間に介装されて推力を発生可能なアクチュエータと、上記アクチュエータを制御するコントローラとを備え、上記コントローラは、上記ばね上部材の上下方向の速度から第一振動抑制力を求める第一振動抑制力演算部と、上記ばね下部材の上下方向の速度或いは上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から第二振動抑制力を求める第二振動抑制力演算部と、ばね上共振周波数とばね下共振周波数との間に折れ点周波数を持ち、上記第二振動抑制力演算部で上記第二振動抑制力を求める過程の信号を処理するローパスフィルタと、上記第一振動抑制力と上記第二振動抑制力とに基づいて上記アクチュエータの目標推力を求める目標推力演算部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、上記した目的を解決するために、本発明における課題解決手段におけるサスペンション制御装置は、車両のばね上部材とばね下部材との間に介装されて推力を発生可能なアクチュエータを制御するサスペンション制御装置であって、上記ばね上部材の上下方向の速度から第一振動抑制力を求める第一振動抑制力演算部と、上記ばね下部材の上下方向の速度或いは上記ばね上部材と上記ばね下部材との相対的な速度から第二振動抑制力を求める第二振動抑制力演算部と、ばね上共振周波数とばね下共振周波数との間に折れ点周波数を持ち、上記第二振動抑制力演算部で上記第二振動抑制力を求める過程の信号を処理するローパスフィルタと、上記第一振動抑制力と上記第二振動抑制力とに基づいて上記アクチュエータの目標推力を求める目標推力演算部とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明のサスペンション装置およびサスペンション制御装置によれば、高応答な機器を用いずとも車両における乗り心地を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】一実施の形態におけるサスペンション装置およびサスペンション制御装置を示した図である。

【図2】ローパスフィルタの周波数特性を示した図である。

【図3】一実施の形態のサスペンション制御装置における目標推力を求める処理手順を示したフローチャートである。

【図4】一実施の形態におけるサスペンション装置と車両の運動を力学的に説明する図である。

【図5】(A)路面入力に対するばね下部材への振動伝達率の周波数特性を示した図である。(B)路面入力に対するばね上部材への振動伝達率の周波数特性を示した図である。

【図6】一実施の形態の一変形例におけるサスペンション装置およびサスペンション制御装置を示した図である。

【図7】一実施の形態の一変形例におけるサスペンション制御装置における目標推力を求める処理手順を示したフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 8】一実施の形態の他の変形例におけるサスペンション装置およびサスペンション制御装置を示した図である。

【図 9】一実施の形態の他の変形例におけるサスペンション制御装置における目標推力を求める処理手順を示したフローチャートである。

【図 10】他の実施の形態におけるサスペンション装置およびサスペンション制御装置を示した図である。

【図 11】他の実施の形態におけるサスペンション制御装置における目標推力を求める処理手順を示したフローチャートである。

【図 12】他の実施の形態の一変形例におけるサスペンション装置およびサスペンション制御装置を示した図である。

10

【図 13】他の実施の形態の一変形例におけるサスペンション制御装置における目標推力を求める処理手順を示したフローチャートである。

【図 14】他の実施の形態の他の変形例におけるサスペンション装置およびサスペンション制御装置を示した図である。

【図 15】他の実施の形態の他の変形例におけるサスペンション制御装置における目標推力を求める処理手順を示したフローチャートである。

【図 16】サスペンション装置に好適なアクチュエータの一例の構成を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図に示した実施の形態に基づき、本発明を説明する。一実施の形態におけるサスペンション装置 S 1 は、図 1 に示すように、車両の車体であるばね上部材 B と車輪であるばね下部材 W との間に介装されて推力を発生可能なアクチュエータ A と、ばね上部材 B とばね下部材 W との間にアクチュエータ A と並列に介装されるパッシブなダンパ D と、アクチュエータ A を制御するサスペンション制御装置としてのコントローラ C 1 とを備えて構成されている。

20

【0014】

以下、各部について説明する。アクチュエータ A は、本実施の形態の場合、詳しくは図示しないが、シリンダと、シリンダ内に移動自在に挿入されてシリンダ内を伸側室と圧側室とに区画するピストンと、シリンダに移動自在に挿入されてピストンに連結されるロッドとを備えた伸縮体 E と、伸側室と圧側室に流体を給排して伸縮体 E を伸縮駆動させる流体圧ユニット H とを備えて構成されている。

30

【0015】

伸縮体 E は、図 1 に示すように、車両のばね上部材 B とばね下部材 W との間に介装されている。図 1 では、車両を模式的に示しており、ばね下部材 W とばね上部材 B との間にはアクチュエータ A と並列に懸架ばね S P が設けられており、車輪に装着されるタイヤ T は、路面とばね下部材 W との間に設けたばねとして振る舞うようになっている。さらに、ばね下部材 W とばね上部材 B との間には、アクチュエータ A と並列にダンパ D が設けられていて、ダンパ D は、詳しくは図示しないが、伸縮可能なパッシブなダンパであって、外力によって伸縮せしめられる際に、その伸縮を抑制する減衰力を発揮するようになっている。

40

【0016】

流体圧ユニット H は、詳しくは図示しないが、流体圧源と、流体圧源から供給される流体を伸縮体 E の伸側室 R 1 と圧側室 R 2 のいずれかを選択して供給させることが可能な切換手段を備えている。流体圧ユニット H における流体圧源および切換手段は、コントローラ C 1 からの供給される電流によって駆動され、これにより、伸縮体 E の伸側室 R 1 或いは圧側室 R 2 へ流体が供給されて伸縮体 E が伸長駆動或いは収縮駆動するようになっている。

【0017】

他方、コントローラ C 1 は、アクチュエータ A に発生させるべき目標推力 F_{ref} を求め、流体圧ユニット H へ目標推力 F_{ref} を発揮させるように、流体圧源および切換手段

50

へ電流を供給する。以上により、コントローラC1は、アクチュエータAを制御することができるようになっている。なお、流体圧源が車両のエンジンで駆動されるものであったり、アキュムレータである場合には、流体圧ユニットHが圧力制御弁等といった流体圧源から供給される流体の圧力を制御する制御弁を設けておき、この制御弁をコントローラC1で制御すれば足りるため、コントローラC1で流体圧源を制御する必要ない場合もある。

【0018】

コントローラC1は、本実施の形態では、具体的には、ばね上部材Bに取付けた加速度センサ4が検知するばね上部材Bの上下方向の加速度G_bと、ばね下部材Wに取付けた加速度センサ5が検知するばね下部材Wの上下方向の加速度G_wの入力を受け、これら加速度G_b、G_wを処理して流体圧ユニットHへアクチュエータAを制御するための電流を出力するようになっている。

10

【0019】

また、コントローラC1は、ばね下部材Wの上下方向の速度V_wを濾波するローパスフィルタL1を備え、ばね上部材Bの上下方向の速度V_bから求めた第一振動抑制力F1とローパスフィルタL1で処理した速度V_wから求めた第二振動抑制力F2とに基づいてアクチュエータAの目標推力F_{ref}を求めるようになっている。

【0020】

より具体的には、本実施の形態では、コントローラC1は、加速度センサ4から入力されるばね上部材Bの加速度G_bを積分してばね上部材Bの上下方向の速度V_bを得るための積分器10と、加速度センサ5から入力されるばね下部材Wの加速度G_wを積分してばね下部材Wの上下方向の速度V_wを得るための積分器11と、積分器10が出力する速度V_bにゲインC_bを乗じて第一振動抑制力F1を得る第一振動抑制力演算部12と、速度V_wにゲインC_wを乗じる乗算部14と当該乗算部14が出力する信号をローパスフィルタL1で処理して第二振動抑制力F2を求める第二振動抑制力演算部13と、第一振動抑制力F1と第二振動抑制力F2とを足し合わせてアクチュエータAが発生すべき目標推力F_{ref}を求める目標推力演算部15と、目標推力F_{ref}から流体圧ユニットHにおける流体圧源および切換手段へ与える制御指令を生成する制御指令生成部16と、制御指令生成部16からの制御指令を受け取ると流体圧ユニットHの流体圧源および切換手段を駆動する電流を出力するドライバ17とを備えて構成されている。

20

30

【0021】

積分器10は、ばね上部材Bの加速度G_bを積分して速度V_bを得るが、たとえば、加速度G_bを疑似的に積分する効果を持つローパスフィルタとしてもよい。積分器11も同様に、ばね下部材Wの加速度G_wを疑似的に積分する効果を持つローパスフィルタとされてもよい。

【0022】

第一振動抑制力演算部12は、積分器10が出力する速度V_bにゲインC_bを乗じて第一振動抑制力F1を得る。ゲインC_bは、主としてばね上部材Bの振動を抑制する第一振動抑制力F1を得るために速度V_bに乘じられるゲインであるため、ばね上部材Bの重量等を考慮して決定される。第一振動抑制力演算部12では、速度V_bにゲインC_bを乗じて第一振動抑制力F1を求めるようにしているが、たとえば、速度V_bに対して第一振動抑制力F1が線形でなく、関数で表現できないような特性である場合などでは、速度V_bと第一振動抑制力F1との関係をマップ化しておき、マップ演算によって速度V_bから第一振動抑制力F1を求めるようにしてもよい。

40

【0023】

乗算部14は、積分器11が出力するばね下部材Wの速度V_wにゲインC_wを乗じて第二振動抑制力F2を生成するための過程の信号F_wを得る。ゲインC_wは、主としてばね下部材Wの振動を抑制する第二振動抑制力F2を得るために速度V_wに乘じられるゲインであるため、ばね下部材Wの重量等を考慮して決定される。

【0024】

50

ローパスフィルタL1は、図2に示すように、信号Fwの周波数成分のうち、ばね下共振周波数wの帯域の周波数成分を取り除き、ばね上共振周波数bの帯域の周波数成分については通過させるため、ばね上部材Bの共振周波数であるばね上共振周波数bとばね下部材Wの共振周波数であるばね下共振周波数wとの間に折れ点周波数cを持つ周波数特性を備えている。折れ点周波数cは、ばね上共振周波数bとばね下共振周波数wとの間で任意に設定されればよいが、上記したようにローパスフィルタL1に求められる機能は、速度Vwの周波数成分のうち、ばね下共振周波数wの帯域の周波数成分を取り除き、ばね上共振周波数bの帯域の周波数成分については通過させることであるから、ばね上共振周波数bとばね下共振周波数wの中央値近傍に設定されるとよい。一般的な車両で、ばね上共振周波数bは1Hz前後の周波数であり、ばね下共振周波数wは10Hz前後の周波数であるので、ローパスフィルタL1における周波数特性で折れ点周波数cは、たとえば、4Hz以上7Hz以下の範囲に設定されるとよい。

10

【0025】

そして、乗算部14が出力する信号FwをローパスフィルタL1で処理することで、第二振動抑制力F2が求められる。よって、この実施の形態の場合、第二振動抑制力演算部13は、乗算部14とローパスフィルタL1とで構成されている。また、第二振動抑制力演算部13にあっては、速度VwにゲインCwを乗じて第二振動抑制力F2を得る過程の信号Fwを求めているが、たとえば、速度Vwに対して第二振動抑制力F2が線形でなく、関数で表現できないような特性である場合などでは、速度Vwと信号Fwとの関係をマップ化しておき、マップ演算によって速度Vwから信号Fwを求めるようにしてもよい。なお、ローパスフィルタL1で濾波するのは、乗算部14で求めた信号Fwとしているが、ばね下部材Wの上下方向の速度Vwを濾波してから乗算部14でゲインCwを乗じて第二振動抑制力F2を求める演算を行うようにしても、同じ結果を得ることができるからそのようにしてもよい。このように、ばね下部材Wの上下方向の速度Vwから第二振動抑制力F2を演算する過程で信号をローパスフィルタL1で処理すれば足りるため、ローパスフィルタL1の処理の順序は、任意に決定することができる。

20

【0026】

目標推力演算部15は、この実施の形態では、第一振動抑制力F1と第二振動抑制力F2とを足し合わせてアクチュエータAが発生すべき目標推力Frefを求める。第二振動抑制力F2は、速度Vwの振動周波数がばね下共振周波数w付近の周波数となると、ローパスフィルタL1を透過しにくくなるため、非常に小さな値となる。第一振動抑制力F1についても速度Vbは、ばね上部材Bの上下方向の速度であるため、ばね上共振周波数bの周辺帯域の成分は大きな値を持つがばね上共振周波数bの周辺帯域を超える帯域では速度Vbの周波数成分が小さくなる。よって、目標推力Frefは、ばね下共振周波数wの周辺およびそれ以上の高周波領域では、非常に小さな値になる。

30

【0027】

制御指令生成部16は、目標推力演算部15が求めた目標推力Frefから流体圧ユニットHにおける流体圧源および切換手段へ与える制御指令を生成する。具体的には、目標推力Frefが指示するアクチュエータAに発生させる推力の方向から流体圧ユニットHにおける切換手段に与える制御指令と、目標推力Frefの値の大きさから流体圧源へ与える電流を指示する制御指令とを生成する。

40

【0028】

切換手段が、たとえば、シリンダ1内の伸側室R1と圧側室R2のいずれか一方を選択して流体圧源に接続させる電磁式の方向切換弁である場合、方向切換弁におけるソレノイドへの供給電流の有無で伸側室R1と圧側室R2を選択して流体圧源に接続する場合には、制御指令生成部16が切換手段を駆動するための制御指令は、ソレノイドへ電流を与えるか与えないかを指示する制御指令とされればよい。また、たとえば、流体圧源がモータで駆動されるポンプである場合、制御指令生成部16がモータを駆動するための制御指令は、モータへ与える電流量を指示する制御指令とされればよい。このように、制御指令生成部16は、流体圧ユニットHでアクチュエータAの制御に必要な駆動対象に応じた制御

50

指令を生成すればよく、上述のように流体圧ユニットHが圧力制御弁を備えていて、圧力の制御を圧力制御弁で行うような場合には、圧力制御弁のソレノイドへ与える電流量を指示する制御指令を生成すればよい。

【0029】

ドライバ17は、制御指令生成器16から入力される制御指令に応じて流体圧ユニットHでアクチュエータAの制御に必要な駆動対象、この場合、流体圧ユニットHにおける流体圧源および切換手段へそれぞれに与える電流を出力する。

【0030】

ドライバ17は、たとえば、流体圧源がモータで駆動されるポンプであって、切換手段がソレノイドで駆動される方向切換弁である場合、モータおよびソレノイドをPWM駆動する駆動回路を備えていて、制御指令生成部16から制御指令を受けると、指令通りにソレノイドおよびモータへ電流を供給する。なお、ドライバ17における各駆動回路は、PWM駆動を行う駆動回路以外の駆動回路であってもよい。

【0031】

つづいて、コントローラC1が行う一連の処理手順について説明する。図3のフローチャートに示すように、コントローラC1は、ばね上部材Bの上下方向の加速度 G_b およびばね下部材Wの上下方向の加速度 G_w を読み込み(ステップ501)、つづいて、加速度 G_b および加速度 G_w を積分して速度 V_b および速度 V_w を得る(ステップ502)。次に、コントローラC1は、速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を求め(ステップ503)、速度 V_w にゲイン C_w を乗じて信号 F_w を得て(ステップ504)、信号 F_w をローパスフィルタL1で濾波する処理を行って、信号 F_w のばね下共振周波数 w 帯域以上の周波数成分を取り除いて第二信号抑制力 F_2 を得る(ステップ505)。さらに、コントローラC1は、第一振動抑制力 F_1 と第二振動抑制力 F_2 を合算して目標推力 F_{ref} を求める(ステップ506)。そして、コントローラC1は、目標推力 F_{ref} から制御指令を生成して(ステップ507)、ドライバ17から流体圧ユニットHの流体圧源および切換手段へ電流を供給する(ステップ508)。以上の手順を繰り返し実行することで、コントローラC1は、アクチュエータAを制御することになる。なお、上記した一連処理のフローは一例であり、設計変更が可能である。

【0032】

このように構成されたサスペンション装置S1およびサスペンション制御装置としてのコントローラC1にあつては、ばね上部材Bの上下方向の速度 V_b から求めた第一振動抑制力 F_1 とローパスフィルタL1で処理した第二振動抑制力 F_2 とに基づいてアクチュエータAの目標推力 F_{ref} を求めるので、ばね下共振周波数 w の周辺およびそれ以上の周波数領域のばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動に対しては、目標推力 F_{ref} が非常に小さくなって、アクチュエータAが発生する推力も非常に小さくなる。

【0033】

このように、ばね上部材Bおよびばね下部材Wがばね下共振周波数 w の帯域で振動すると、サスペンション装置S1におけるアクチュエータAが発生する推力が小さくなって、ダンパDが発生するパッシブな減衰力でばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動が抑制されるため、車両における乗り心地を向上させることができる。

【0034】

また、ばね上部材Bおよびばね下部材Wがばね下共振周波数 w の帯域で振動すると、目標推力 F_{ref} が小さな値になるため、切換手段や流体圧源に回答遅れがあつても、車両における乗り心地を悪化させることがない。

【0035】

以上より、サスペンション装置S1およびサスペンション制御装置としてのコントローラC1によれば、高応答な機器を用いずとも車両における乗り心地を向上させることが可能となる。

【0036】

ところで、車両が走行する路面の凹凸により、ばね下部材Wが振動すると、この振動が

懸架ばね S P の弾発力とダンパ D が発生する減衰力によってばね上部材 B へ伝達されてばね上部材 B が振動する。

【 0 0 3 7 】

図 4 に示すように、ばね下部材 W の質量を M_1 、ばね上部材 B の質量を M_2 、路面変位を X_0 、ばね下部材 W の上下方向の変位を X_1 、ばね上部材 B の上下方向の変位を X_2 とし、それぞれ上向きを正とし、アクチュエータ A の推力を F とし伸縮体 E の収縮方向を正とし、懸架ばね S P のばね定数を K_s とし、ダンパ D の減衰係数を C_p とすると、ばね上部材 B の運動方程式は、以下の式 (1) のようになる。

【 0 0 3 8 】

【数 1】

$$M_2 X_2'' = -C_p X_2' + C_p X_1' - K_s (X_2 - X_1) - F \quad \dots (1)$$

式 (1) 中の右辺の $-C_p X_2'$ は、ばね上部材 B の運動の方向とは反対向きの力であるので、常にばね上部材 B の振動を抑制する方向に作用してばね上部材 B を制振する効果を発揮する。他方、 $C_p X_1'$ は、 X_1 の値の符号により、ばね上部材 B を加振する作用を与えたり、反対に、ばね上部材 B の振動を制振する作用を与えたりする。ここで、目標推力 F_{ref} は、第一振動抑制力 F_1 と第二振動抑制力 F_2 を足し合わせたものであるから、以下の式 (2) が成り立つ。

【 0 0 3 9 】

【数 2】

$$F = C_2 X_2' + C_1 X_1' \quad \dots (2)$$

この式 (2) を式 (1) に代入すると、以下の式 (3) となる。

【 0 0 4 0 】

【数 3】

$$M_2 X_2'' = -(C_p + C_2) X_2' + (C_p - C_1) X_1' - K_s (X_2 - X_1) \quad \dots (3)$$

つまり、式 (3) の右辺第一項をみると、第一振動抑制力 F_1 は、ばね上部材 B の速度 V_b に比例した力であり、ダンパ D が発揮するばね上部材 B の振動を抑制する力と同様に、常に、ばね上部材 B の振動を抑制する減衰作用を与える力として作用する。他方、式 (3) の右辺第二項をみると、第二振動抑制力 F_2 は、ばね上部材 B を加振するか或いは制振するか符号によって変動する力を打ち消す力となっており、ゲイン $C_w = C_p$ となる場合に、同右辺第二項においてカッコ内の値が 0 となるため、ばね下部材 W の速度 V_w がばね上部材 B の振動に影響を与えなくなることが分かる。つまり、ばね下部材 V_w にダンパ D の減衰係数と同じゲイン C_w を乗じて第二振動抑制力 F_2 を求めれば、式 (3) の右辺第二項が 0 となるので、ばね上部材 B を加振させる力が発揮されずばね上部材 B を加振してしまうモードが発生しないから、ばね上部材 B の振動を効果的に抑制することができる。

【 0 0 4 1 】

なお、アクチュエータ A が発揮する推力は、ばね下部材 W の振動に対しては減衰作用が低減されるように作用し、ばね下部材 W がばね下共振周波数 w 帯で振動すると、ばね下部材 W の振動を助長してしまうことになるが、本発明では、ばね上共振周波数 b とばね下共振周波数 w との間にカットオフ周波数 c が設定される特性を持つローパスフィルタ L 1 で第二振動抑制力 F_2 を得る過程の信号を濾波するために、ばね下共振周波数 w 帯域の振動に対しては第二振動抑制力 F_2 の値が非常に小さくなって、ダンパ D の減衰力でばね下部材 W の振動を抑制でき、ばね下共振周波数 w より周波数が低い領域では第二振動抑制力 F_2 の値が大きくなって、ばね下部材 W の振動でばね上部材 B を加振してしまうことが抑制されて優れたばね上部材 B の制振効果を得ることができる。したがって、本発明では、ばね下部材 W のばね下共振周波数 w 帯で振動する場合に、アクチュエータ A がばね下部材 W を加振してしまうことがなく、ダンパ D が発揮する減衰力でばね下部材 W

10

20

30

40

50

の振動を抑制することができる。

【0042】

本発明のサスペンション装置S1およびサスペンション制御装置によれば、ローパスフィルタL1で処理せずに第二振動抑制力を求めてアクチュエータAの推力の制御を行う場合(図5中の破線)に比較して、図5中実線で示すように、ばね下共振周波数 ω 帯域のばね下部材Wの振動が低減され、かつ、ばね上共振周波数 ω_b 帯域のばね上部材Bの振動が低減されることが分かる。

【0043】

なお、第二振動抑制力F2を得るのに、図6に示すように、ばね上部材Bとばね下部材Wの上下方向の相対速度としての伸縮体Eのストローク速度 V_s を求めて、ばね上部材Bの速度 V_b からストローク速度 V_s を差し引きしてばね下部材Wの速度 V_w を求めるようにしてもよい。具体的には、図1のサスペンション装置S1におけるコントローラC1の構成に対して、図6に示したサスペンション装置S2におけるコントローラC2では、ばね下部材Wの加速度 G_w を検知する加速度センサ5に代えてストロークセンサ6を設けて伸縮体Eのストローク変位 X_s を検知し、積分器11の代わりに微分器18を設けてストローク変位 X_s を微分してストローク速度 V_s を得るようにし、ばね下速度演算部19を設けて、当該ばね下速度演算部19で積分器10が求めたばね上部材Bの速度 V_b からストローク速度 V_s を差し引きしてばね下部材Wの上下方向の速度 V_w を求めるようになっている。伸縮体Eは、ばね上部材Bとばね下部材Wとに連結されており、伸縮体Eにストロークセンサ6を取付けることで、ばね上部材Bとばね下部材Wの上下方向の相対変位を検知でき、当該相対変位を微分することで相対速度を得ることができるが、伸縮体Eとは別体のストロークセンサを設けるようにしてもよい。

【0044】

つづいて、コントローラC2が行う一連の処理手順について説明する。図7のフローチャートに示すように、コントローラC2は、ばね上部材Bの上下方向の加速度 G_b および伸縮体Eのストローク変位 X_s を読み込み(ステップ601)、つづいて、加速度 G_b を積分して速度 V_b を得るとともに、ストローク変位 X_s を微分してばね上部材Bとばね下部材Wの相対速度であるストローク速度 V_s を得る(ステップ602)。次に、コントローラC2は、速度 V_b からストローク速度 V_s を差し引いて、ばね下部材Wの上下方向の速度 V_w を得る(ステップ603)。コントローラC2は、速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力F1を求め(ステップ604)、速度 V_w にゲイン C_w を乗じて信号Fwを得て(ステップ605)、信号FwをローパスフィルタL1で濾波する処理を行って、信号Fwのばね下共振周波数 ω 帯域以上の周波数成分を取り除いて第二信号抑制力F2を得る(ステップ606)。さらに、コントローラC2は、第一振動抑制力F1と第二振動抑制力F2を合算して目標推力Frefを求める(ステップ607)。そして、コントローラC2は、目標推力Frefから制御指令を生成して(ステップ608)、ドライバ17から流体圧ユニットHの流体圧源および切換手段へ電流を供給する(ステップ609)。以上の手順を繰り返し実行することで、コントローラC2は、アクチュエータAを制御することになる。なお、上記した一連処理のフローは一例であり、設計変更が可能である。

【0045】

本発明のサスペンション装置S2およびサスペンション制御装置としてのコントローラC2によっても、ローパスフィルタL1で処理することで第二振動抑制力F2を得て、アクチュエータAの目標推力Frefを求めるので、ばね下共振周波数 ω の周辺およびそれ以上の周波数領域のばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動に対しては、アクチュエータAが発生する推力が非常に小さくなって、ダンパDが発生するパッシブな減衰力ではばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動が抑制されることになる。よって、サスペンション装置S2およびサスペンション制御装置としてのコントローラC2にあっては、サスペンション装置S1およびコントローラC1と同様に、高応答な機器を用いずとも車両における乗り心地を向上させることが可能となる。

【 0 0 4 6 】

また、エアサスペンション等の車高調整機能を有している車両では、ばね上部材 B とばね下部材 W の相対距離を計測しているため、本実施の形態のサスペンション装置 S 2 およびサスペンション制御装置としてのコントローラ C 2 にあっては、この計測値をストローク変位 X_s として利用すればよく、ばね下部材 W に加速度センサ 5 を設けることなく、アクチュエータ A の制御を行うことができるメリットがある。

【 0 0 4 7 】

なお、上記したサスペンション装置 S 2 では、ダンパ D をアクチュエータ A に並列させていたが、図 8 に示すサスペンション装置 S 3 では、ダンパ D を廃止して、代わりにアクチュエータ A 1 にダンパが発生すべき減衰力を発揮させるようにしている。具体的には、図 8 に示すサスペンション装置 S 3 では、コントローラ C 3 が図 6 のサスペンション装置 S 2 のコントローラ C 2 の構成にストローク速度 V_s にダンパの減衰係数に相当するゲイン C_p を乗じて第三振動抑制力 F_3 を求める第三振動抑制力演算部 20 を加えた構成となっており、目標推力演算部 15 で、第一振動抑制力 F_1 、第二振動抑制力 F_2 および第三振動抑制力 F_3 を足し合わせて目標推力 F_{ref} を求めるようになっている。また、本実施の形態では、アクチュエータ A 1 には、電磁アクチュエータを用いている。第三振動抑制力 F_3 は、廃止したダンパ D が発生する減衰力に相当する力であり、このように目標推力 F_{ref} を、第三振動抑制力 F_3 を加味したものとすることで、アクチュエータ A 1 が廃止したダンパ D が発生する減衰力をダンパ D の代わりに発揮するので、このようにしても、サスペンション装置 S 3 およびサスペンション制御装置としてのコントローラ C 3 によれば、車両における乗り心地を向上させることができる。

【 0 0 4 8 】

つづいて、コントローラ C 3 が行う一連の処理手順について説明する。図 9 のフローチャートに示すように、コントローラ C 3 は、ばね上部材 B の上下方向の加速度 G_b および伸縮体 E のストローク変位 X_s を読み込み (ステップ 700)、つづいて、加速度 G_b を積分して速度 V_b を得るとともに、ストローク変位 X_s を微分してストローク速度 V_s を得る (ステップ 701)。次に、コントローラ C 3 は、速度 V_b からストローク速度 V_s を差し引いて、ばね下部材 W の上下方向の速度 V_w を得る (ステップ 702)。コントローラ C 3 は、速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を求め (ステップ 703)、速度 V_w にゲイン C_w を乗じて信号 F_w を得て (ステップ 704)、信号 F_w をローパスフィルタ L 1 で濾波する処理を行って、信号 F_w のばね下共振周波数 ω 帯域以上の周波数成分を取り除いて第二信号抑制力 F_2 を得る (ステップ 705)。また、コントローラ C 3 は、ストローク速度 V_s にゲイン C_p を乗じて第三振動抑制力 F_3 を得る (ステップ 706)。さらに、コントローラ C 3 は、第一振動抑制力 F_1 、第二振動抑制力 F_2 および第三振動抑制力 F_3 を合算して目標推力 F_{ref} を求める (ステップ 707)。そして、コントローラ C 3 は、目標推力 F_{ref} から制御指令を生成して (ステップ 708)、ドライバ 17 からアクチュエータ A 1 へ電流を供給する (ステップ 709)。以上の手順を繰り返し実行することで、コントローラ C 3 は、アクチュエータ A 1 を制御することになる。なお、上記した一連処理のフローは一例であり、設計変更が可能である。

【 0 0 4 9 】

本発明のサスペンション装置 S 3 およびサスペンション制御装置としてのコントローラ C 3 によっても、ローパスフィルタ L 1 で処理することで速度 V_w から第二振動抑制力 F_2 を得て、アクチュエータ A 1 の目標推力 F_{ref} を求めるようになっている。さらに、目標推力 F_{ref} にはストローク速度 V_s から求めた第三振動抑制力 F_3 を加味しており、ダンパが発生するべき減衰力をアクチュエータ A 1 に発生させることができる。そのため、ばね下共振周波数 ω の周辺およびそれ以上の周波数領域のばね上部材 B およびばね下部材 W の振動に対して、アクチュエータ A 1 がアクチュエータとして能動的に発生する推力としての第一振動抑制力 F_1 および第二振動抑制力 F_2 が非常に小さくなり、アクチュエータ A 1 がダンパとして発生する減衰力としての第三振動抑制力 F_3 でばね上部材 B およびばね下部材 W の振動が抑制されることになる。また、本実施の形態では、ダンパが

発生すべき減衰力をアクチュエータA1に発生させることができるため、ダンパDを廃止することができる。このように、本実施の形態のサスペンション装置S3およびサスペンション制御装置としてのコントローラC3にあっては、アクチュエータA1にはばね下共振周波数 w の帯域までの制御応答性が求められるが、アクチュエータA1に油圧を用いない電磁アクチュエータを使用することで、車両における乗り心地を向上させることが可能となる。さらに、この実施の形態のサスペンション装置S3およびサスペンション制御装置としてのコントローラC3にあっては、アクチュエータA1にダンパが発生すべき減衰力を発生させるため、ダンパを廃止することができ、サスペンション装置S3が安価となる。

【0050】

引き続き、他の実施の形態のサスペンション装置S4およびサスペンション制御装置としてのコントローラC4について説明する。このサスペンション装置S4は、図10に示すように、車両の車体であるばね上部材Bと車輪であるばね下部材Wとの間に介装されて推力を発生可能なアクチュエータAと、ばね上部材Bとばね下部材Wとの間にアクチュエータAと並列に介装されるダンパDと、アクチュエータAを制御するサスペンション制御装置としてのコントローラC4とを備えて構成されている。

【0051】

アクチュエータAは、上記したサスペンション装置S1と同様に、図示はしないが、シリンダと、シリンダ内に移動自在に挿入されてシリンダ内を伸側室と圧側室とに区画するピストンと、シリンダに移動自在に挿入されてピストンに連結されるロッドとを備えた伸縮体Eと、伸側室と圧側室に流体を給排して伸縮体Eを伸縮駆動させる流体圧ユニットHとを備えて構成されている。

【0052】

コントローラC4についても、サスペンション装置S1と同様に、アクチュエータAに発生させるべき目標推力 F_{ref} を求め、流体圧ユニットHへ目標推力 F_{ref} を発揮させるように、流体圧源および切換手段へ電流を供給するようになっている。

【0053】

コントローラC4は、本実施の形態では、具体的には、ばね上部材Bに取付けた加速度センサ4が検知するばね上部材Bの上下方向の加速度 G_b と、ばね上部材Bとばね下部材Wの上下方向の相対変位として伸縮体Eに取付けたストロークセンサ6が検知する伸縮体Eのストローク変位 X_s の入力を受け、これら加速度 G_b およびストローク変位 X_s を処理して流体圧ユニットHへアクチュエータAを制御するための電流を出力するようになっている。

【0054】

また、コントローラC4は、ストローク変位 X_s を微分して得られるストローク速度 V_s から第二振動抑制力 F_2 を得る過程の信号 F_d を濾波するローパスフィルタL2を備え、ばね上部材Bの上下方向の速度 V_b から求めた第一振動抑制力 F_1 とローパスフィルタL2で処理して得た第二振動抑制力 F_2 とに基づいてアクチュエータAの目標推力 F_{ref} を求めるようになっている。

【0055】

より具体的には、本実施の形態では、コントローラC4は、加速度センサ4から入力されるばね上部材Bの加速度 G_b を積分してばね上部材Bの上下方向の速度 V_b を得るための積分器30と、ストロークセンサ6から入力される伸縮体Eのストローク変位 X_s を微分してばね上部材Bとばね下部材Wの上下方向の相対速度としての伸縮体Eのストローク速度 V_s を得るための微分器31と、積分器30が出力する速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を得る第一振動抑制力演算部32と、ストローク速度 V_s にゲイン C_s を乗じる乗算部34と当該乗算部34が出力する信号をローパスフィルタL2で処理して第二振動抑制力 F_2 を求める第二振動抑制力演算部33と、第一振動抑制力 F_1 に第二振動抑制力 F_2 をダンパDが発生する減衰力を打ち消すように足し合わせてアクチュエータAが発生すべき目標推力 F_{ref} を求める目標推力演算部35と、目標推力 F_{ref}

10

20

30

40

50

から流体圧ユニットHにおける流体圧源および切換手段へ与える制御指令を生成する制御指令生成部36と、制御指令生成部36からの制御指令を受け取ると流体圧ユニットHの流体圧源および切換手段を駆動する電流を出力するドライバ37とを備えて構成されている。

【0056】

積分器30は、ばね上部材Bの加速度 G_b を積分して速度 V_b を得るが、たとえば、加速度 G_b を疑似的に積分する効果を持つローパスフィルタとしてもよい。微分器31は、ストローク変位 X_s を疑似的に微分する効果を持つハイパスフィルタとされてもよい。

【0057】

第一振動抑制力演算部32は、積分器30が出力する速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を得る。ゲイン C_b は、主としてばね上部材Bの振動を抑制する第一振動抑制力 F_1 を得るために速度 V_b に乘じられるゲインであるため、ばね上部材Bの重量等を考慮して決定される。第一振動抑制力演算部32では、速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を求めるようにしているが、たとえば、速度 V_b に対して第一振動抑制力 F_1 が線形でなく、関数で表現できないような特性である場合などでは、速度 V_b と第一振動抑制力 F_1 との関係をマップ化しておき、マップ演算によって速度 V_b から第一振動抑制力 F_1 を求めるようにしてもよい。

10

【0058】

乗算部34は、微分器31が出力するばね上部材Bとばね下部材Wの上下方向の相対的な速度であるストローク速度 V_s にゲイン C_s を乗じて第二振動抑制力 F_2 を生成するための過程の信号 F_d を得る。ゲイン C_s は、ばね上部材Bとばね下部材Wとの相対移動を抑制する第二振動抑制力 F_2 を得るためにストローク速度 V_s に乘じられるゲインである。

20

【0059】

ローパスフィルタL2は、上記したサスペンション装置S1におけるローパスフィルタL1と同様、図2に示すように、信号 F_d の周波数成分のうち、ばね下共振周波数 w の帯域の周波数成分を取り除き、ばね上共振周波数 b の帯域の周波数成分については通過させるため、ばね上部材Bの共振周波数であるばね上共振周波数 b とばね下部材Wの共振周波数であるばね下共振周波数 w との間に折れ点周波数 c を持つ周波数特性を備えている。このローパスフィルタL2における周波数特性で折れ点周波数 c は、たとえば、4Hz以上7Hz以下の範囲に設定されるとよい。

30

【0060】

そして、乗算部34が出力する信号 F_d をローパスフィルタL2で処理することで、第二振動抑制力 F_2 が求められる。よって、この実施の形態の場合、第二振動抑制力演算部33は、乗算部34とローパスフィルタL2とで構成されている。また、第二振動抑制力演算部33にあっては、ストローク速度 V_s にゲイン C_s を乗じて第二振動抑制力 F_2 を得る過程の信号 F_d を求めているが、たとえば、ストローク速度 V_s に対して第二振動抑制力 F_2 が線形でなく、関数で表現できないような特性である場合などでは、ストローク速度 V_s と信号 F_d との関係をマップ化しておき、マップ演算によってストローク速度 V_s から信号 F_d を求めるようにしてもよい。なお、ローパスフィルタL2で濾波するのは、乗算部34で求めた信号 F_d としているが、ストローク速度 V_s を濾波してから乗算部34でゲイン C_s を乗じて第二振動抑制力 F_2 を求める演算を行うようにしても、同じ結果を得ることができるからそのようにしてもよい。このように、ストローク速度 V_s から第二振動抑制力 F_2 を演算する過程で信号をローパスフィルタL2で処理すれば足りるため、ローパスフィルタL2の処理の順序は、任意に決定することができる。

40

【0061】

目標推力演算部35は、この実施の形態では、第一振動抑制力 F_1 に第二振動抑制力 F_2 をダンパDが発生する減衰力を打ち消すように足し合わせてアクチュエータAが発生すべき目標推力 F_{ref} を求める。第二振動抑制力 F_2 は、ストローク速度 V_s の振動周波数がばね下共振周波数 w 付近の周波数となると、ローパスフィルタL2を透過しにくく

50

なるため、非常に小さな値となる。第一振動抑制力 F_1 についても速度 V_b は、ばね上部材 B の上下方向の速度であるため、ばね上共振周波数 b の周辺帯域の成分は大きな値を持つがばね上共振周波数 b の周辺帯域を超える帯域では速度 V_b の周波数成分が小さくなる。よって、目標推力 F_{ref} は、ばね下共振周波数 w の周辺およびそれ以上の高周波領域では、非常に小さな値になる。

【0062】

制御指令生成部 36 は、サスペンション装置 S_1 と同様に、目標推力演算部 35 が求めた目標推力 F_{ref} から流体圧ユニット H における流体圧源および切換手段へ与える制御指令を生成する。具体的には、目標推力 F_{ref} が指示するアクチュエータ A に発生させる推力の方向から流体圧ユニット H における切換手段に与える制御指令と、目標推力 F_{ref} の値の大きさから流体圧源へ与える電流を指示する制御指令とを生成する。

10

【0063】

ドライバ 37 は、制御指令生成部 36 から入力される制御指令に応じて流体圧ユニット H でアクチュエータ A の制御に必要な駆動対象、この場合、流体圧ユニット H における流体圧源および切換手段へそれぞれに与える電流を出力する。

【0064】

つづいて、コントローラ C_4 が行う一連の処理手順について説明する。図 11 のフローチャートに示すように、コントローラ C_4 は、ばね上部材 B の上下方向の加速度 G_b およびストローク変位 X_s を読み込み（ステップ 801）、つづいて、加速度 G_b を積分して速度 V_b を得るとともに、ストローク変位 X_s を微分してストローク速度 V_s を得る（ステップ 802）。次に、コントローラ C_4 は、速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を求め（ステップ 803）、ストローク速度 V_s にゲイン C_s を乗じて信号 F_d を得て（ステップ 804）、信号 F_d をローパスフィルタ L_2 で濾波する処理を行って、信号 F_d のばね下共振周波数 w 帯域以上の周波数成分を取り除いて第二信号抑制力 F_2 を得る（ステップ 805）。さらに、コントローラ C_4 は、第一振動抑制力 F_1 に第二振動抑制力 F_2 をダンパ D が発生する減衰力を打ち消すように合算して目標推力 F_{ref} を求める（ステップ 806）。そして、コントローラ C_4 は、目標推力 F_{ref} から制御指令を生成して（ステップ 807）、ドライバ 37 から流体圧ユニット H の流体圧源および切換手段へ電流を供給する（ステップ 808）。以上の手順を繰り返し実行することで、コントローラ C_4 は、アクチュエータ A を制御することになる。なお、上記した一連処理のフローは一例であり、設計変更が可能である。

20

30

【0065】

このように構成されたサスペンション装置 S_4 およびサスペンション制御装置としてのコントローラ C_4 にあっては、ばね上部材 B の上下方向の速度 V_b から求めた第一振動抑制力 F_1 とローパスフィルタ L_2 で処理した第二振動抑制力 F_2 とに基づいてアクチュエータ A の目標推力 F_{ref} を求めるので、ばね下共振周波数 w の周辺およびそれ以上の周波数領域のばね上部材 B およびばね下部材 W の振動に対しては、目標推力 F_{ref} が非常に小さくなって、アクチュエータ A が発生する推力も非常に小さくなる。

【0066】

このように、ばね上部材 B およびばね下部材 W がばね下共振周波数 w の帯域で振動すると、サスペンション装置 S_4 におけるアクチュエータ A が発生する推力が小さくなって、ダンパ D が発生するパッシブな減衰力でばね上部材 B およびばね下部材 W の振動が抑制されるため、車両における乗り心地を向上させることができる。

40

【0067】

また、ばね上部材 B およびばね下部材 W がばね下共振周波数 w の帯域で振動すると、目標推力 F_{ref} が小さな値になるため、切換手段や流体圧源に応答遅れがあっても、車両における乗り心地を悪化させることがない。

【0068】

以上より、サスペンション装置 S_4 およびサスペンション制御装置としてのコントローラ C_4 によれば、高応答な機器を用いずとも車両における乗り心地を向上させることが可

50

能となる。

【0069】

なお、エアサスペンション等の車高調整機能を有している車両では、ばね上部材Bとばね下部材Wの相対距離を計測しているため、本実施の形態のサスペンション装置S4およびサスペンション制御装置としてのコントローラC4にあっては、この計測値をストローク変位 X_s として利用すればよく、別途ストローク変位 X_s を検知するためのセンサを設けることなく、アクチュエータAの制御を行うことができるメリットがある。

【0070】

図4に示すように、ばね下部材Wの質量を M_1 、ばね上部材Bの質量を M_2 、路面変位を X_0 、ばね下部材Wの上下方向の変位を X_1 、ばね上部材Bの上下方向の変位を X_2 としてそれぞれ上向きを正とし、アクチュエータAの推力を F とし伸縮体Eの収縮方向を正とし、懸架ばねSPのばね定数を K_s とし、ダンパDの減衰係数を C_p とすると、ばね上部材Bの運動方程式は、以下の式(4)のようになる。

【0071】

【数4】

$$M_2 X_2'' = -C_p(X_2' - X_1') - K_s(X_2 - X_1) - F \quad \dots (4)$$

式(4)中の右辺の $-C_p(X_2' - X_1')$ は、ダンパDが発揮する力であって、 X_1 の値の符号と大きさにより、ばね上部材Bを加振する作用を与えたり、反対に、ばね上部材Bの振動を制振する作用を与えたりする。

【0072】

ここで、目標推力 F_{ref} は、第一振動抑制力 F_1 と第二振動抑制力 F_2 を足し合わせたものであるから、以下の式(5)が成り立つ。

【0073】

【数5】

$$F = C_2 X_2' - C_1(X_2' - X_1') \quad \dots (5)$$

この式(5)を式(4)に代入すると、以下の式(6)となる。

【0074】

【数6】

$$M_2 X_2'' = -C_2 X_2' - C_p(X_2' - X_1') + C_1(X_2' - X_1') - K_s(X_2 - X_1) \quad \dots (6)$$

式(6)の右辺第一項をみると、 $-C_2 X_2'$ は、ばね上部材Bの運動に対して反対の方向に作用し、常にばね上部材Bの振動を抑制する方向に作用してばね上部材Bを制振する効果を発揮する。他方、式(6)の右辺で $+C_1(X_2' - X_1')$ は、式(6)の同じ右辺中の $-C_p(X_2' - X_1')$ を打ち消す方向に作用するので、ばね上部材Bの振動を加振する力を低減する効果を発揮する。式(6)から理解できるように、 $C_1 = C_p$ のときにダンパDが発揮する力が完全に打ち消されて、ばね上部材Bには、 $-C_2 X_2'$ の力によって常に制振作用のみを与えることができる。

【0075】

また、目標推力 F_{ref} 通りにアクチュエータAが発揮する推力は、ばね下部材Wの振動に対しては減衰作用が低減されるように作用し、ばね下部材Wがばね下共振周波数 w 帯で振動すると、ばね下部材Wの振動を助長してしまうことになるが、本発明では、ばね上共振周波数 b とばね下共振周波数 w との間にカットオフ周波数 c が設定される特性を持つローパスフィルタL2で第二振動抑制力 F_2 を得る過程の信号を濾波するために、ばね下共振周波数 w 帯域の振動に対しては第二振動抑制力 F_2 の値が非常に小さくなって、ダンパDの減衰力でばね下部材Wの振動を抑制でき、ばね下共振周波数 w より周波数が低い領域では第二振動抑制力 F_2 の値が大きくなって、ばね下部材Wの振動でばね上部材Bを加振してしまうことが抑制されて優れたばね上部材Bの制振効果を得ることができる。したがって、本発明では、ばね下部材Wのばね下共振周波数 w 帯で振動する場

10

20

30

40

50

合に、アクチュエータAがばね下部材Wを加振してしまうことがなく、ダンパDが発揮する減衰力でばね下部材Wの振動を抑制することができる。

【0076】

本発明のサスペンション装置S4およびサスペンション制御装置によれば、サスペンション装置S1と同様に、ローパスフィルタL2で処理せずに第二振動抑制力を求めてアクチュエータAの推力の制御を行う場合(図5中の破線)に比較して、図5中実線で示すように、ばね下共振周波数w帯域のばね下部材Wの振動が低減され、かつ、ばね上共振周波数b帯域のばね上部材Bの振動が低減されることが分かる。

【0077】

なお、第二振動抑制力F2を得るのに、ストローク速度Vsが必要であるが、図12に示すように、ばね上部材Bの上下方向の速度Vbからばね下部材Wの上下方向の速度Vwを差し引いてストローク速度Vsを求めるようにしてもよい。具体的には、図10のサスペンション装置S4におけるコントローラC4の構成に対して、図12に示したサスペンション装置S5におけるコントローラC5では、ストロークセンサ6の代わりにばね下部材Wに加速度センサ5を設けてばね下部材Wの加速度Gwを検知し、微分器21の代わりに積分器38を設けてばね下部材Wの加速度Gwを積分してばね下部材Wの速度Vwを得るようにし、ストローク速度演算部39を設けて、当該ストローク速度演算部39で積分器30が求めたばね上部材Bの速度Vbから積分器38が求めたばね下部材Wの速度Vwを差し引きしてばね上部材Bとばね下部材Wの上下方向の相対速度であるストローク速度Vsを求めるようになっている。

【0078】

つづいて、コントローラC5が行う一連の処理手順について説明する。図13のフローチャートに示すように、コントローラC5は、ばね上部材Bの上下方向の加速度Gbおよびばね下部材Wの加速度Gwを読み込み(ステップ901)、つづいて、加速度Gbおよび加速度Gwを積分して速度Vbおよび速度Vwを得る(ステップ902)。次に、コントローラC5は、速度Vbから速度Vwを差し引いてストローク速度Vsを得る(ステップ903)。コントローラC5は、速度VbにゲインCbを乗じて第一振動抑制力F1を求め(ステップ904)、ストローク速度VsにゲインCsを乗じて信号Fdを得て(ステップ905)、信号FdをローパスフィルタL2で濾波する処理を行って、信号Fdのばね下共振周波数w帯域以上の周波数成分を取り除いて第二信号抑制力F2を得る(ステップ906)。さらに、コントローラC5は、第一振動抑制力F1と第二振動抑制力F2を合算して目標推力Frefを求める(ステップ907)。そして、コントローラC5は、目標推力Frefから制御指令を生成して(ステップ908)、ドライバ37から流体圧ユニットHの流体圧源および切換手段へ電流を供給する(ステップ909)。以上の手順を繰り返し実行することで、コントローラC5は、アクチュエータAを制御することになる。なお、上記した一連処理のフローは一例であり、設計変更が可能である。

【0079】

本発明のサスペンション装置S5およびサスペンション制御装置としてのコントローラC5によっても、ローパスフィルタL2で処理することで第二振動抑制力F2を得て、アクチュエータAの目標推力Frefを求めるので、ばね下共振周波数wの周辺およびそれ以上の周波数領域のばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動に対しては、アクチュエータAが発生する推力が非常に小さくなって、ダンパDが発生するパッシブな減衰力でばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動が抑制されることになる。よって、サスペンション装置S5およびサスペンション制御装置としてのコントローラC5にあっては、サスペンション装置S4およびコントローラC4と同様に、高応答な機器を用いずとも車両における乗り心地を向上させることが可能となる。

【0080】

なお、上記したサスペンション装置S4では、ダンパDをアクチュエータAに並列させていたが、図14に示すサスペンション装置S6では、ダンパDを廃止して、代わりにアクチュエータA1にダンパが発生すべき減衰力を発揮させるようにしている。具体的には

、図14に示すサスペンション装置S6では、コントローラC6が図10のサスペンション装置S4のコントローラC4の構成にストローク速度 V_s にダンパの減衰係数に相当するゲイン C_p を乗じて第三振動抑制力 F_3 を求める第三振動抑制力演算部40を加えた構成となっており、目標推力演算部35で、第一振動抑制力 F_1 、第二振動抑制力 F_2 および第三振動抑制力 F_3 を足し合わせて目標推力 F_{ref} を求めるようになっている。また、本実施の形態では、アクチュエータA1には、電磁アクチュエータを用いている。第三振動抑制力 F_3 は、廃止したダンパDが発生する減衰力に相当する力であり、このように目標推力 F_{ref} を、第三振動抑制力 F_3 を加味したものとすることで、アクチュエータA1が廃止したダンパDが発生する減衰力をダンパDの代わりに発揮するので、このようにしても、サスペンション装置S6およびサスペンション制御装置としてのコントローラC6によれば、車両における乗り心地を向上させることができる。

10

【0081】

つづいて、コントローラC6が行う一連の処理手順について説明する。図15のフローチャートに示すように、コントローラC6は、ばね上部材Bの上下方向の加速度 G_b および伸縮体Eのストローク変位 X_s を読み込み(ステップ1000)、つづいて、加速度 G_b を積分して速度 V_b を得るとともに、ストローク変位 X_s を微分してストローク速度 V_s を得る(ステップ1001)。次に、コントローラC6は、速度 V_b にゲイン C_b を乗じて第一振動抑制力 F_1 を求め(ステップ1002)、速度 V_s にゲイン C_s を乗じて信号 F_d を得て(ステップ1003)、信号 F_d をローパスフィルタL2で濾波する処理を行って、信号 F_d のばね下共振周波数 w 帯域以上の周波数成分を取り除いて第二信号抑制力 F_2 を得る(ステップ1004)。また、コントローラC6は、ストローク速度 V_s にゲイン C_p を乗じて第三振動抑制力 F_3 を得る(ステップ1005)。さらに、コントローラC6は、第一振動抑制力 F_1 、第二振動抑制力 F_2 および第三振動抑制力 F_3 を合算して目標推力 F_{ref} を求める(ステップ1006)。そして、コントローラC6は、目標推力 F_{ref} から制御指令を生成して(ステップ1007)、ドライバ37からアクチュエータA1へ電流を供給する(ステップ1008)。以上の手順を繰り返し実行することで、コントローラC6は、アクチュエータA1を制御することになる。なお、上記した一連処理のフローは一例であり、設計変更が可能である。

20

【0082】

本発明のサスペンション装置S6およびサスペンション制御装置としてのコントローラC6によっても、ローパスフィルタL2で処理することで速度 V_s から第二振動抑制力 F_2 を得て、アクチュエータA1の目標推力 F_{ref} を求めるようになっている。さらに、目標推力 F_{ref} にはストローク速度 V_s から求めた第三振動抑制力 F_3 を加味しており、ダンパが発生するべき減衰力をアクチュエータA1に発生させることができる。そのため、ばね下共振周波数 w の周辺およびそれ以上の周波数領域のばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動に対して、アクチュエータA1がアクチュエータとして能動的に発生する推力としての第一振動抑制力 F_1 および第二振動抑制力 F_2 が非常に小さくなり、アクチュエータA1がダンパとして発生する減衰力としての第三振動抑制力 F_3 ではばね上部材Bおよびばね下部材Wの振動が抑制されることになる。また、本実施の形態では、ダンパが発生するべき減衰力をアクチュエータA1に発生させることができるため、ダンパDを廃止することができる。このように、本実施の形態のサスペンション装置S6およびサスペンション制御装置としてのコントローラC6にあっては、アクチュエータA1にはばね下共振周波数 w の帯域までの制御応答性が求められるが、アクチュエータA1に油圧を用いない電磁アクチュエータを使用することで、車両における乗り心地を向上させることが可能となる。さらに、この実施の形態のサスペンション装置S6およびサスペンション制御装置としてのコントローラC6にあっては、アクチュエータA1にダンパが発生すべき減衰力を発生させるため、ダンパを廃止することができ、サスペンション装置S6が安価となる。

30

40

【0083】

最後に、上記したサスペンション装置S1, S2, S4, S5に好適なアクチュエータ

50

Aの一例の具体的な構成について説明する。

【0084】

アクチュエータAは、上記したように、シリンダ1と、シリンダ1内に移動自在に挿入されてシリンダ1内を伸側室R1と圧側室R2とに区画するピストン2と、シリンダ1に移動自在に挿入されてピストン2に連結されるロッド3とを備えた伸縮体Eと、伸側室R1と圧側室R2に流体を給排して伸縮体Eを伸縮駆動させる流体圧ユニットHとを備えて構成されている。

【0085】

流体圧ユニットHは、詳しくは、図16に示すように、ポンプPと、ポンプPの吸込側に接続されるリザーバRと、伸縮体EとポンプPおよびリザーバRとの間に設けられる流体圧回路HCとを備えて構成されている。

10

【0086】

また、流体圧回路HCは、ポンプPの吐出側に接続される供給路51と、リザーバRに接続される排出路52と、伸側室R1に接続される伸側通路53と、圧側室R2に接続される圧側通路54と、伸側通路53と圧側通路54の一方を供給路51へ選択的に接続するとともに伸側通路53と圧側通路54の他方を排出路52に接続する切換手段としての方向切換弁55と、伸側通路53に設けられ伸側室R1から方向切換弁55に向かう流れに対し抵抗を与え、反対向きの流れに対してはこれを許容する伸側減衰要素56と、圧側通路54に設けられ圧側室R2から方向切換弁55に向かう流れに対し抵抗を与え、反対向きの流れに対してはこれを許容する圧側減衰要素57と、供給電流に応じて供給路51の圧力を調整可能な制御弁58と、供給路51と排出路52とを接続する吸込通路59と、吸込通路59の途中に設けられて排出路52から供給路51へ向かう流体の流れのみを許容する吸込チェック弁60と、供給路51の途中であって制御弁58とポンプPとの間に設けられてポンプP側から制御弁58側へ向かう流れのみを許容する供給側チェック弁61とを備えて構成されている。

20

【0087】

そして、伸側室R1および圧側室R2には流体として、たとえば、作動油等の液体が充填され、リザーバR内には液体と気体が充填される。伸側室R1、圧側室R2およびリザーバR内に充填される液体は、作動油以外にも、たとえば、水、水溶液といった液体を使用することもできる。また、本発明では、伸長行程時に圧縮される室を伸側室R1とし、収縮行程時に圧縮される室を圧側室R2としてある。

30

【0088】

ポンプPは、吸込側から流体を吸い込んで吐出側から流体を吐出する一方向吐出型に設定され、モータ62によって駆動されるようになっている。モータ62には、直流、交流を問わず、種々の形式のモータ、たとえば、ブラシレスモータ、誘導モータ、同期モータ等を採用することができる。

【0089】

そして、ポンプPの吸込側はポンプ通路63によってリザーバRに接続されており、吐出側は供給路51に接続されている。したがって、ポンプPは、モータ62によって駆動されると、リザーバRから流体を吸い込んで供給路51へ流体を吐出するようになっている。

40

【0090】

方向切換弁55は、たとえば、4ポート2位置の電磁切換弁とされており、供給路51を伸側通路53に連通するとともに排出路52を圧側通路54に連通させる状態と、供給路51を圧側通路54に連通するとともに排出路52を伸側通路53に連通させる状態とを選択的に切換えることができ、ポンプPから供給される流体を伸側室R1と圧側室R2のいずれかを選択して供給することができる。供給路51を伸側通路53に連通するとともに排出路52を圧側通路54に連通させる状態で、ポンプPが駆動されると伸側室R1に流体が供給されて圧側室R2からリザーバRへ流体が排出されるので、アクチュエータ本体Aを収縮させることができる。他方、供給路51を圧側通路54に連通するとともに排

50

出路 5 2 を伸側通路 5 3 に連通させる状態で、ポンプ 4 が駆動されると圧側室 R 2 に流体が供給されて伸側室 R 1 からリザーバ R へ流体が排出されるので、アクチュエータ本体 A を伸長させることができる。

【 0 0 9 1 】

伸側減衰要素 5 6 は、伸側室 R 1 から方向切換弁 5 5 に向かう流れに対し抵抗を与える伸側減衰弁 5 6 a と、当該伸側減衰弁 5 6 a に並列されて方向切換弁 5 5 から伸側室 R 1 へ向かう流れのみを許容する伸側チェック弁 5 6 b とを備えて構成されている。よって、伸側室 R 1 から方向切換弁 5 5 へ向けて移動する流体の流れに対しては、伸側チェック弁 5 6 b は閉じた状態に維持されるため、流体は、伸側減衰弁 5 6 a のみを通過して方向切換弁 5 5 側へ向かって流れることになる。反対に、方向切換弁 5 5 から伸側室 R 1 へ向けて移動する流体の流れに対しては、伸側チェック弁 5 6 b が開き、伸側チェック弁 5 6 は伸側減衰弁 5 6 a に比較して流れに与える抵抗が小さいので、流体は、伸側チェック弁 5 6 b を優先的に通過して伸側室 R 1 側へ向かって流れることになる。伸側減衰弁 5 6 a は、双方向流れを許容する絞り弁とされてもよいし、伸側室 R 1 から方向切換弁 5 5 に向かう流れのみを許容するリーフバルブやポペット弁といった減衰弁とされてもよい。

10

【 0 0 9 2 】

圧側減衰要素 5 7 は、圧側室 R 2 から方向切換弁 5 5 に向かう流れに対し抵抗を与える圧側減衰弁 5 7 a と、当該圧側減衰弁 5 7 a に並列されて方向切換弁 5 5 から圧側室 R 2 へ向かう流れのみを許容する圧側チェック弁 5 7 b とを備えて構成されている。よって、圧側室 R 2 から方向切換弁 5 5 へ向けて移動する流体の流れに対しては、圧側チェック弁 5 7 b は閉じた状態に維持されるため、流体は、圧側減衰弁 5 7 a のみを通過して方向切換弁 5 5 側へ向かって流れることになる。反対に、方向切換弁 5 5 から圧側室 R 2 へ向けて移動する流体の流れに対しては、圧側チェック弁 5 7 b が開き、圧側チェック弁 5 7 b は圧側減衰弁 5 7 a に比較して流れに与える抵抗が小さいので、流体は、圧側チェック弁 5 7 b を優先的に通過して圧側室 R 2 側へ向かって流れることになる。圧側減衰弁 5 7 a は、双方向流れを許容する絞り弁とされてもよいし、圧側室 R 2 から方向切換弁 5 5 に向かう流れのみを許容するリーフバルブやポペット弁といった減衰弁とされてもよい。

20

【 0 0 9 3 】

制御弁 5 8 は、電磁弁であって、具体的には、吸込通路 5 9 に並列して供給路 5 1 と排出路 5 2 を接続する制御通路 6 4 の途中に設けられており、開弁圧を調節することで制御弁 5 8 の上流側である供給路 5 1 の圧力を制御することができるようになっている。制御弁 5 8 にあっては、供給する電流量に比例した開弁圧を得ることができるようになっており、電流量を大きくすればするほど開弁圧が大きくなり、電流を供給しない場合には開弁圧が最小になるようになっている。また、制御弁 5 8 は、この例では、サスペンション装置 S 1、S 2、S 4、S 5 の実用領域において流量に比例して圧力損失が大きくなる圧力オーバーライドがない特性となっている。なお、実用領域とは、たとえば、伸縮体 E が秒速 1 m の範囲内で伸縮する領域とすればよく、実用領域において制御弁 5 8 が流量に比例して圧力損失が大きくなる圧力オーバーライドがない特性を備えるとは、伸縮体 E が秒速 1 m の範囲内で伸縮する場合に制御弁 5 8 を通過し得る流量に対して圧力オーバーライドを無視することができる特性を制御弁 5 8 が備えていることを指す。また、制御弁 5 8 は、本実施の形態では、非通電時における開弁圧がごく小さく、非通電時において通過する流体の流れに対してほとんど抵抗を与えないようになっている。

30

40

【 0 0 9 4 】

なお、供給路 5 1 の途中であって制御弁 5 8 とポンプ P との間に設けた供給側チェック弁 6 1 によって、ポンプ P の吐出圧より方向切換弁 5 5 側の圧力が高圧となっても、供給側チェック弁 6 1 が閉じることでポンプ P 側へ流体が逆流することが阻止される。

【 0 0 9 5 】

アクチュエータ A は、以上のように構成されており、ポンプ P をモータ 6 2 によって駆動し、方向切換弁 5 5 によって伸側室 R 1 と圧側室 R 2 のうちポンプ P に接続する室にポンプ P が吐出する流体を供給しつつ排出路 5 2 を通じて他方の室をリザーバ R に連通させ

50

ること、伸縮体 E を積極的に伸長或いは収縮させることができる。

【 0 0 9 6 】

また、伸縮体 E が外力を受けて伸縮する場合、たとえば、伸側室 R 1 が圧縮されると、伸側室 R 1 から排出される液体は、伸側減衰弁 5 6 a を通過した後、方向切換弁 5 5 の切換状態により、制御弁 5 8 を介してリザーバ R へ至るか、制御弁 5 8 を介さずにリザーバ R に至るが、伸側減衰弁 5 6 a を必ず通過して、伸縮体 E の伸長を妨げる減衰力を発揮する。圧側室 R 2 が圧縮されても、圧側室 R 2 から排出される液体は、圧側減衰弁 5 7 a を通過した後、方向切換弁 5 5 の切換状態により、制御弁 5 8 を介してリザーバ R へ至るか、制御弁 5 8 を介さずにリザーバ R に至るが、圧側減衰弁 5 7 a を必ず通過して、伸縮体 E の収縮を妨げる減衰力を発揮する。よって、このアクチュエータ A は、積極的に伸縮体 E を伸長および収縮させる推力を発揮するアクチュエータとしての機能の他に、外力による振動入力に対してはパッシブなダンパとしての機能をも発揮する。

10

【 0 0 9 7 】

このように、アクチュエータ A は、アクチュエータとしてもダンパとしても機能するので、本発明のサスペンション装置 S 1 , S 2 , S 4 , S 5 に使用する場合、ばね下共振周波数 w 以上の周波数の振動入力に対して、アクチュエータ A にダンパとしての機能を発揮させることができるため、アクチュエータ A の他にダンパ D を別途設ける必要がなくなるため、サスペンション装置 S 1 , S 2 , S 4 , S 5 の装置全体が安価となるメリットがある。なお、ダンパ D としての機能を発揮するアクチュエータ A の構造は以上に限定されるものではなく、他の構造を備えるアクチュエータ A を採用することは当然可能である。

20

【 0 0 9 8 】

以上で、本発明の実施の形態についての説明を終えるが、本発明の範囲は図示されまたは説明された詳細そのものには限定されないことは勿論である。

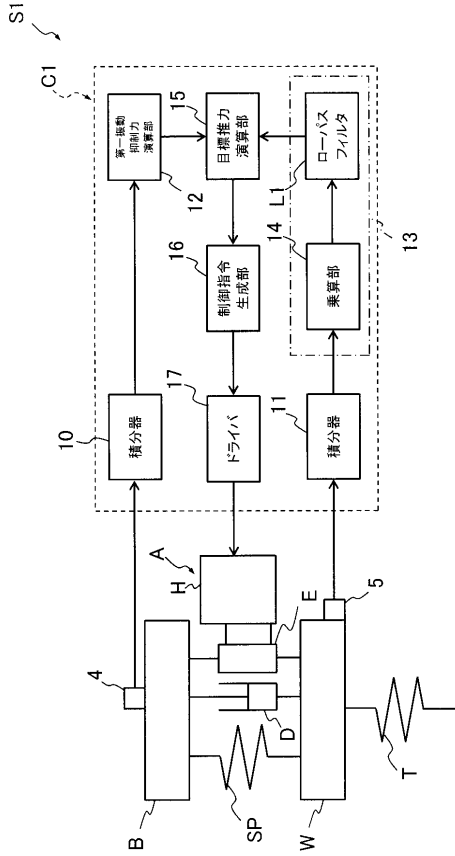
【符号の説明】

【 0 0 9 9 】

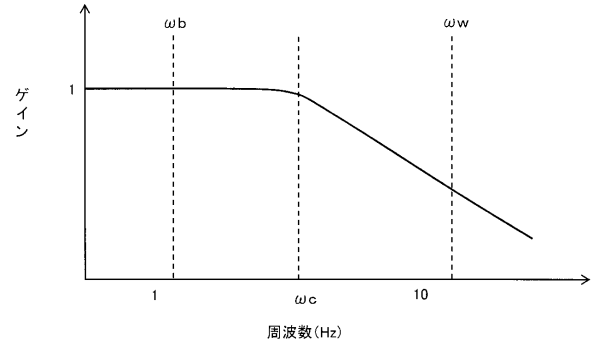
1・・・シリンダ、2・・・ピストン、12, 32・・・第一振動抑制力演算部、13, 33・・・第二振動抑制力演算部、15, 35・・・目標推力演算部、51・・・供給路、52・・・排出路、53・・・伸側通路、54・・・圧側通路、55・・・方向切換弁、56・・・伸側減衰要素、57・・・圧側減衰要素、58・・・制御弁、59・・・吸込通路、60・・・吸込チェック、61・・・供給側チェック弁、A, A1・・・アクチュエータ、B・・・ばね上部材、C1, C2, C3, C4, C5, C6・・・コントローラ、D・・・ダンパ、E・・・伸縮体、L1, L2・・・ローパスフィルタ、P・・・ポンプ、R・・・リザーバ、R1・・・伸側室、R2・・・圧側室、S1, S2, S3, S4, S5, S6・・・サスペンション装置、W・・・ばね下部材

30

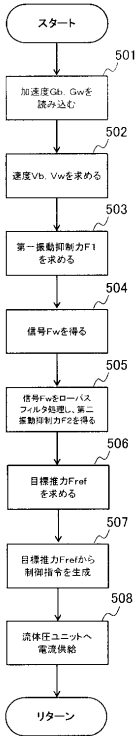
【図1】



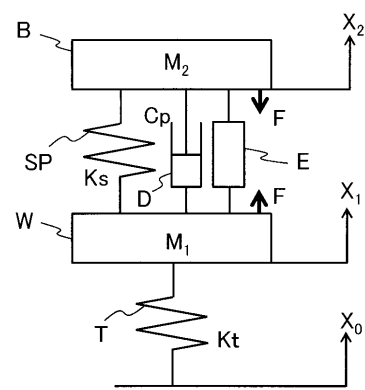
【図2】



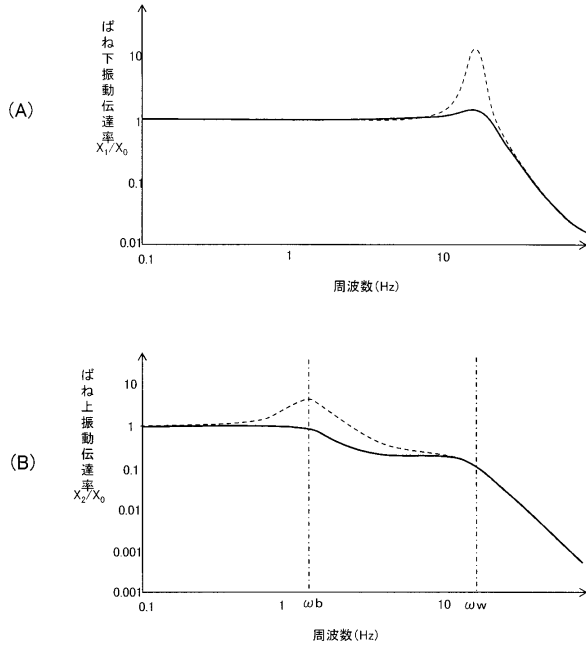
【図3】



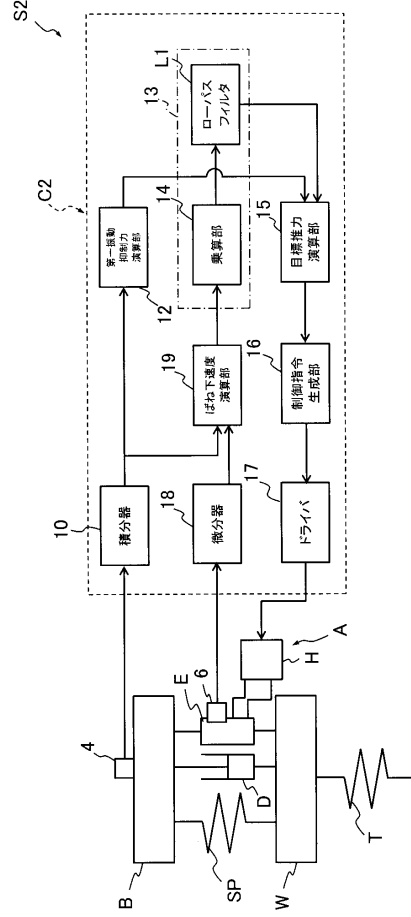
【図4】



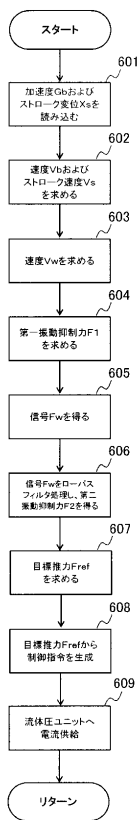
【図5】



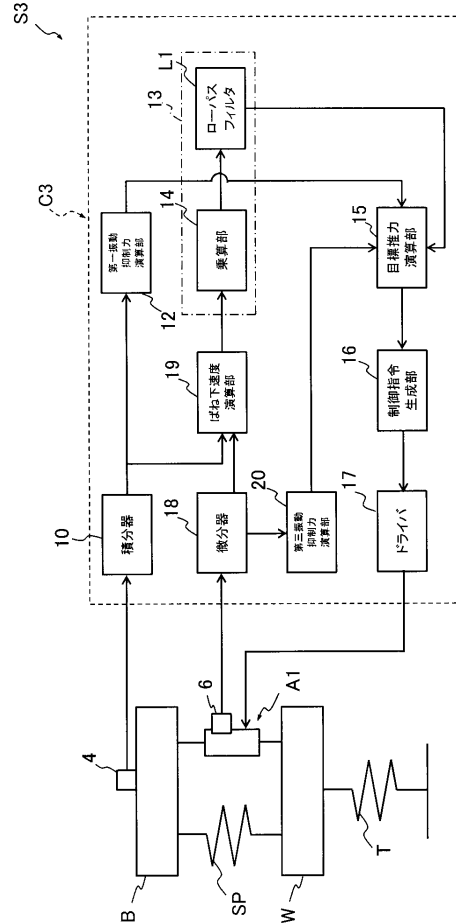
【図6】



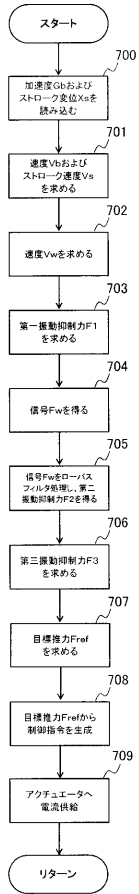
【図7】



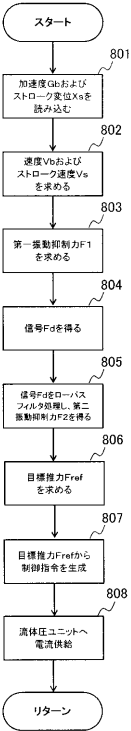
【図8】



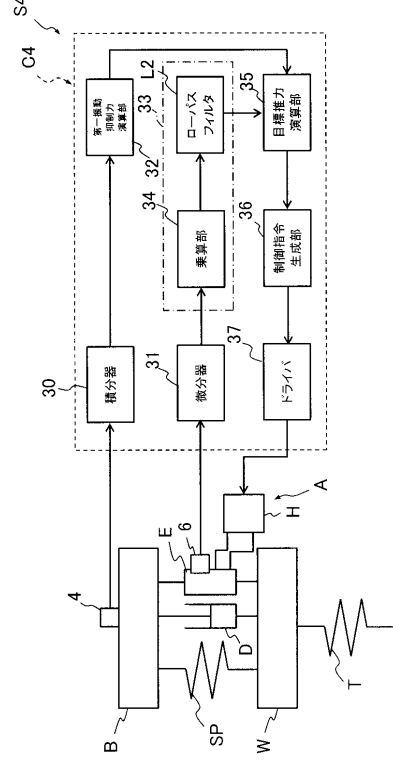
【図 9】



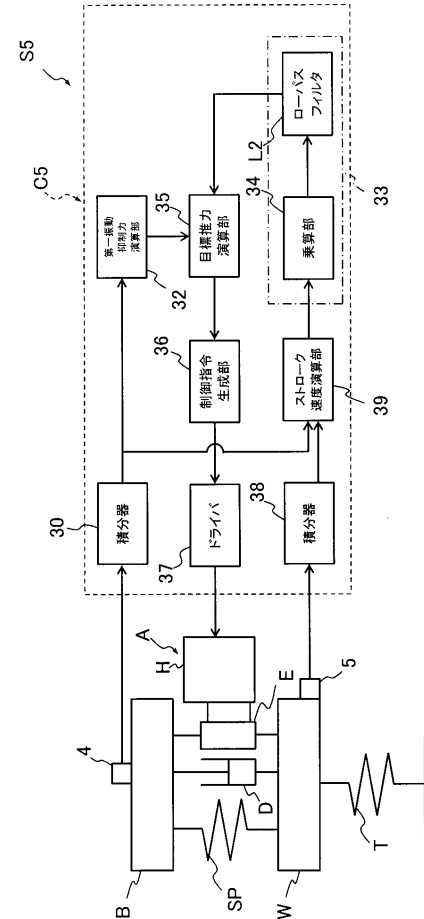
【図 11】



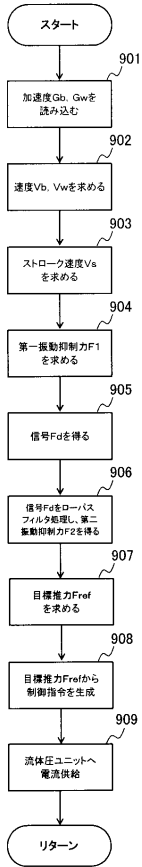
【図 10】



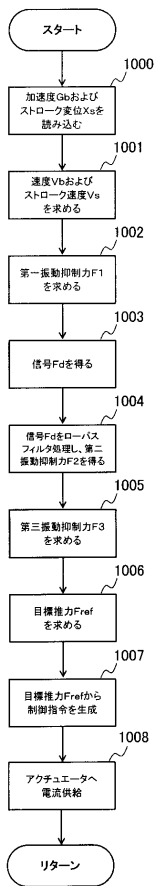
【図 12】



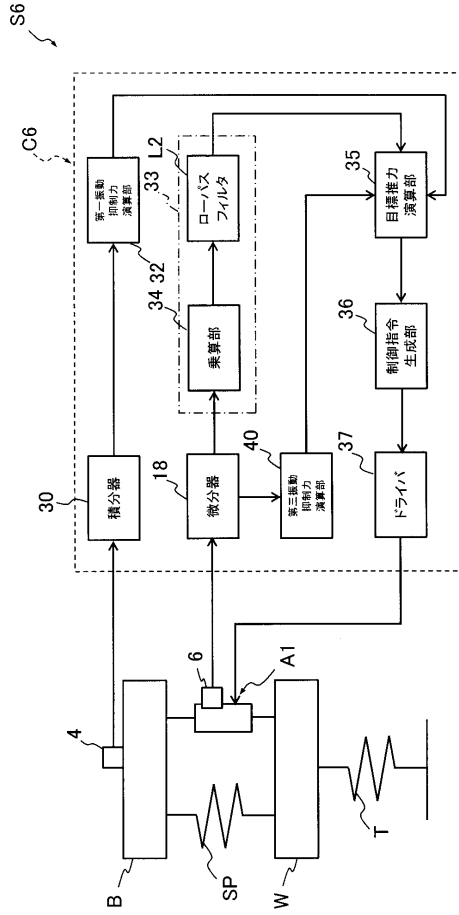
【図13】



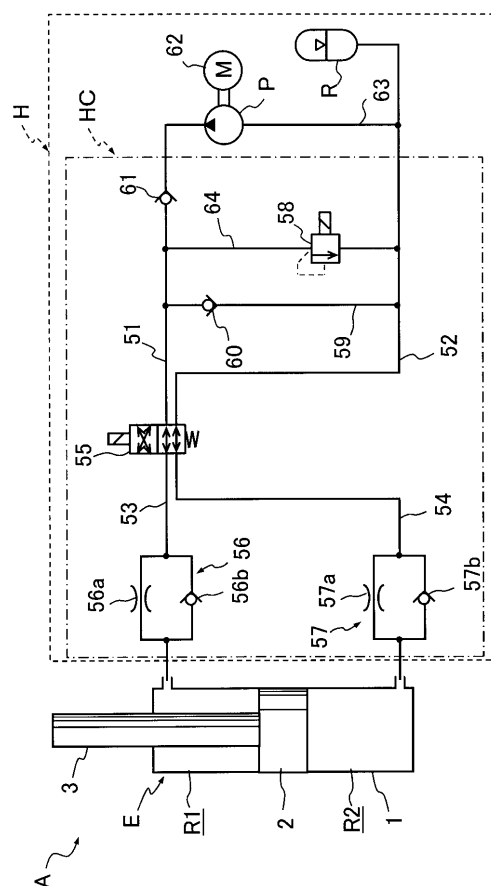
【図15】



【図14】



【図16】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭63-064809(JP,A)
特開平07-300010(JP,A)
特開2007-040496(JP,A)
特開平05-221315(JP,A)
特表昭60-500662(JP,A)
特開2010-095210(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0138157(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60G 1/00-99/00