

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6065747号  
(P6065747)

(45) 発行日 平成29年1月25日(2017.1.25)

(24) 登録日 平成29年1月6日(2017.1.6)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>B60G</b>	<b>17/018</b>	<b>(2006.01)</b>	B60G	17/018	
<b>B60G</b>	<b>17/015</b>	<b>(2006.01)</b>	B60G	17/015	A
<b>F16F</b>	<b>9/50</b>	<b>(2006.01)</b>	F16F	9/50	
<b>G05B</b>	<b>13/02</b>	<b>(2006.01)</b>	G05B	13/02	T

請求項の数 5 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-110245 (P2013-110245)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成25年5月24日(2013.5.24)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2014-227128 (P2014-227128A)	(74) 代理人	110000213 特許業務法人プロスペック特許事務所
(43) 公開日	平成26年12月8日(2014.12.8)	(72) 発明者	林 泰輔 愛知県豊田市花本町井前1番地2-1 トヨタテクニカルディベロップメント株式会社 内
審査請求日	平成27年7月23日(2015.7.23)	審査官	高島 壮基

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両用サスペンション装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両のばね上とばね下との間に配設された減衰力可変式の減衰力発生装置と、  
非線形H 制御理論に基づいて可変減衰係数を演算し、該可変減衰係数と予め設定された固定減衰係数との和である目標減衰係数を演算する演算制御装置と、  
を有する車両用サスペンション装置において、

前記演算制御装置は、上方向をばね上の速度の正の方向とし、ばね上とばね下とを近づける方向を前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の正の方向として、前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、前記目標減衰力を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御し、前記二つの符号が異なるときには、大きさがばね上の速度及び前記目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御する、  
ことを特徴とする車両用サスペンション装置。

【請求項2】

前記演算制御装置は、  
ばね上とばね下とが離れる方向を正として、ばね上及びばね下の相対速度を求め、  
前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と異なり、かつ、相対速度の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、大きさがばね上の速度及び前記目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御し、

前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と異なり、かつ、相対速度の符号がばね上の速度の符号と異なるときには、ばね上の速度及び前記目標減衰係数の積を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の車両用サスペンション装置。

【請求項 3】

前記演算制御装置は、ばね上とばね下とが離れる方向を正として、ばね上及びばね下の相対速度を求め、相対速度及び前記目標減衰係数の積の符号とばね上の速度の符号とが同一であるか否かにより、前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるか否かを判定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の車両用サスペンション装置。

10

【請求項 4】

前記減衰力発生装置は、減衰係数を多段階に設定する複数の減衰係数制御段を有し、前記演算制御装置は、各減衰係数制御段についてばね上及びばね下の相対速度と減衰力との関係を記憶しており、前記最終的な目標減衰力と相対速度とに基づいて、前記関係より目標の減衰係数制御段を求め、減衰係数制御段が前記目標の減衰係数制御段になるよう前記減衰力発生装置を制御することを特徴とする請求項 1 ないし 3 の何れか一つに記載の車両用サスペンション装置。

【請求項 5】

前記減衰力発生装置は、減衰係数を連続的に変更可能であり、前記演算制御装置は、前記二つの符号が異なるときには、前記最終的な目標減衰力をばね上及びばね下の相対速度にて除算した値を最終的な目標減衰係数として、減衰係数が前記最終的な目標減衰係数になるよう前記減衰力発生装置を制御することを特徴とする請求項 1 ないし 3 の何れか一つに記載の車両用サスペンション装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車等の車両のサスペンション装置に係り、更に詳細には、減衰力可変式減衰力発生装置を備えたサスペンション装置に係る。

【背景技術】

【0002】

車両のサスペンション装置は、一般に、サスペンションスプリングと、減衰力発生装置としてのショックアブソーバとを備えており、サスペンションスプリング及びショックアブソーバは車両のばね上とばね下との間に配設されている。サスペンションスプリングはばね上及びばね下の相対変位を許容することによって路面からの振動入力を吸収し、ショックアブソーバは減衰力を発生することによってばね上の振動を減衰させる。そして、ショックアブソーバが発生する減衰力は、ショックアブソーバの減衰係数と車輪のストローク速度、すなわち、ばね上及びばね下の相対変位の速度との積である。

30

【0003】

自動車等の車両のショックアブソーバとして、減衰係数を変化させることが可能な減衰力可変式ショックアブソーバが従来よく知られており、また、広く使用されている。減衰力可変式ショックアブソーバによれば、車両の走行状況に応じて減衰係数を変化させることができるので、減衰係数が一定の場合に比して、車両の乗り心地性や操縦安定性を向上させることができる。

40

【0004】

例えば、本願出願人の出願にかかる下記の特許文献 1 には、非線形 H 制御理論に基づいて減衰係数が可変制御されるショックアブソーバを備えたサスペンション装置が記載されている。このサスペンション装置においては、非線形 H 制御理論に基づいて可変減衰係数が演算され、該可変減衰係数と予め設定された固定減衰係数との和が目標減衰係数として演算され、目標減衰係数に基づいてショックアブソーバの減衰係数が制御される。

【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-148208号公報

## 【発明の概要】

【0006】

〔発明が解決しようとする課題〕

非線形H 制御理論に基づいて演算される可変減衰係数の大きさや符号は、ばね上速度、車輪のストローク、ばね上の運動（ヒープ、ロール、ピッチ）によって変化し、よって、目標減衰係数の大きさや符号もばね上速度等によって変化する。一般に、ばね上速度が高い場合には、可変減衰係数の大きさや符号は、主としてばね上速度により決定される。従って、目標減衰係数に対応する目標減衰力の方向がばね上の制振に必要な方向及びショックアブソーバにより発生可能な減衰力の方向と一致し、ばね上の振動が効果的に制振される。

10

【0007】

しかし、ばね上速度が低い場合には、可変減衰係数の大きさや符号は、主としてばね上の運動により決定される。そのため、目標減衰係数に対応する目標減衰力の方向がばね上の制振に必要な方向とは逆になったり、目標減衰力に基づいてショックアブソーバを制御してもばね上の制振に必要な方向の減衰力を発生できなくなったりし易い。よって、サスペンション装置の制振性能を向上させるためには、減衰力の作用方向ができるだけばね上の制振に必要な方向に一致するよう、減衰力の作用方向を修正する必要がある。

20

【0008】

本発明は、非線形H 制御理論に基づいて減衰係数が可変制御されるショックアブソーバを備えたサスペンション装置における上述の如き問題に鑑みてなされたものである。そして、本発明の主要な課題は、目標減衰力の方向がばね上の制振に必要な方向とは逆になったり、ばね上の制振に必要な方向の減衰力を発生できなくなったりすることを防止し、サスペンション装置の制振性能を一層向上させることである。

【0009】

〔課題を解決するための手段及び発明の効果〕

上述の主要な課題は、本発明によれば、車両のばね上とばね下との間に配設された減衰力可変式の減衰力発生装置と、非線形H 制御理論に基づいて可変減衰係数を演算し、該可変減衰係数と予め設定された固定減衰係数との和である目標減衰係数を演算する演算制御装置と、を有する車両用サスペンション装置において、前記演算制御装置は、上方向をばね上の速度の正の方向とし、ばね上とばね下とを近づける方向を前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の正の方向として、前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、前記目標減衰力を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御し、前記二つの符号が異なるときには、大きさがばね上の速度及び前記目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御する、ことを特徴とする車両用サスペンション装置によって達成される。

30

【0010】

目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、目標減衰力に基づいて発生される減衰力の方向はばね上の制振に必要な方向に一致するので、減衰力の作用方向が逆転される必要はない。しかし、目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と異なるときには、目標減衰力に基づいて発生される減衰力の方向が、状況によってはばね上の制振に必要な方向とは逆になり、減衰力の制御に起因してばね上の振動が悪化される。よって、目標減衰力が修正される必要がある。

40

【0011】

上記の構成によれば、目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、目標減衰力を最終的な目標減衰力として減衰力発生装置が制御される。よって、目標減衰係数に基づく目標減衰力はばね上の制振に必要な方向に作用し、ばね上が効果的に制振される。また、上記二つの符号が異なるときには、大きさがばね上の

50

速度及び目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値を最終的な目標減衰力として減衰力発生装置が制御される。

後に詳細に説明するように、上記二つの符号が異なるときには、目標減衰係数に基づく目標減衰力は、ばね上を制振することができず、或いはばね上の振動を悪化させます。これに対し、大きさがばね上の速度及び目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値である最終的な目標減衰力は、ばね上及びばね下の相対速度の符号によっては、スカイフック理論に基づく減衰力と同様にばね上を制振するよう作用し、或いはばね上の振動を悪化させない。よって、この最終的な減衰力によれば、減衰力の制御に起因してばね上の振動が悪化されることを防止すべく目標減衰力が例えば0に修正される場合に比して、ばね上を効果的に制振することができる。

10

【0012】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記演算制御装置は、ばね上とばね下とが離れる方向を正として、ばね上及びばね下の相対速度を求め、前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と異なり、かつ、相対速度の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、大きさがばね上の速度及び前記目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御し、前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と異なり、かつ、相対速度の符号がばね上の速度の符号と異なるときには、ばね上の速度及び前記目標減衰係数の積を最終的な目標減衰力として前記減衰力発生装置を制御するよう構成される。

【0013】

目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号が異なる場合に、目標減衰力に基づいて発生される減衰力の方向が、ばね上の制振に必要な方向とは逆になるか否かは、ばね上及びばね下の相対速度の方向によって異なる。すなわち、ばね上とばね下とが離れる方向を正として、相対速度の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、目標減衰力に基づいて発生される減衰力の方向が、ばね上の制振に必要な方向とは逆になる。よって、目標減衰力の方向が逆転されることにより、減衰力の作用方向が逆転される必要がある。

20

【0014】

しかし、相対速度の符号がばね上の速度の符号とは異なるときには、目標減衰力の方向が逆転されると、目標減衰力に基づいて発生される減衰力の方向は、ばね上の制振に必要な方向とは逆になる。減衰力の制御に起因してばね上の振動が悪化されることを防止するためには、目標減衰力の方向が逆転されないことが必要である。

30

【0015】

上記の構成によれば、相対速度の符号がばね上の速度の符号と同一であるときには、大きさがばね上の速度及び目標減衰係数の積と同一で符号が逆転された値を最終的な目標減衰力として減衰力発生装置が制御される。よって、目標減衰係数に基づく目標減衰力の方向が逆転されることにより、目標減衰力はばね上の制振に必要な方向に作用し、ばね上が効果的に制振される。

【0016】

これに対し、相対速度の符号がばね上の速度の符号と異なるときには、ばね上の速度及び目標減衰係数の積を最終的な目標減衰力として減衰力発生装置が制御される。よって、目標減衰力の方向は逆転されないため、減衰力がばね上の制振に必要な方向とは逆の方向に作用することを防止することができ、これにより減衰力の制御に起因してばね上の振動が悪化されることを防止することができる。

40

【0017】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記演算制御装置は、ばね上とばね下とが離れる方向を正として、ばね上及びばね下の相対速度を求め、相対速度及び前記目標減衰係数の積の符号とばね上の速度の符号とが同一であるか否かにより、前記目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるか否かを判定するよう構成される。

50

## 【0018】

目標減衰係数に基づく目標減衰力は相対速度及び目標減衰係数の積である。よって、上記の構成によれば、目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号がばね上の速度の符号と同一であるか否かを確実に判定することができる。

## 【0019】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記減衰力発生装置は、減衰係数を多段階に設定する複数の減衰係数制御段を有し、前記演算制御装置は、各減衰係数制御段についてはばね上及びばね下の相対速度と減衰力との関係を記憶しており、前記最終的な目標減衰力と相対速度とに基づいて、前記関係より目標の減衰係数制御段を求め、減衰係数制御段が前記目標の減衰係数制御段になるよう前記減衰力発生装置を制御するよう構成される。

10

## 【0020】

上記の構成によれば、減衰力発生装置が減衰係数を多段階に設定する複数の減衰係数制御段を有するサスペンション装置において、減衰係数制御段を最適に制御し、これによりサスペンション装置の制振性能を一層向上させることができる。

## 【0021】

また、本発明によれば、上記の構成において、前記減衰力発生装置は、減衰係数を連続的に変更可能であり、前記演算制御装置は、前記二つの符号が異なるときには、前記最終的な目標減衰力をばね上及びばね下の相対速度にて除算した値を最終的な目標減衰係数として、減衰係数が前記最終的な目標減衰係数になるよう前記減衰力発生装置を制御するよう構成される。

20

## 【0022】

上記の構成によれば、減衰力発生装置が減衰係数を連続的に変更可能であるサスペンション装置において、減衰係数を最適に制御し、これによりサスペンション装置の制振性能を一層向上させることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0023】

【図1】本発明による車両用サスペンション装置の第一の実施形態を一つの車輪について示す概略構成図である。

【図2】図1に示されたショックアブソーバについて、減衰力制御段 $SE1 \sim SEN$ 及び $SC1 \sim SCn$ について、ばね上 - ばね下相対速度 $V_{re}$ と減衰力 $F_d$ との関係を示すグラフである。

30

【図3】第一の実施形態における減衰力制御プログラムを示すフローチャートである。

【図4】非線形 $H$  制御理論を使用して可変減衰係数 $C_v$ が演算される際に想定される車両の単輪モデルを示す図である。

【図5】評価出力 $z_p$ と制御入力 $u$ に周波数重みを加えた非線形 $H$  状態フィードバック制御系の一般化プラントを示す図である。

【図6】第二の実施形態における減衰力制御プログラムを示すフローチャートである。

【図7】第一の実施形態の修正例として構成された第三の実施形態に於ける減衰力制御プログラムの要部を示すフローチャートである。

40

【図8】第二の実施形態の修正例として構成された第四の実施形態に於ける減衰力制御プログラムの要部を示すフローチャートである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0024】

以下に添付の図を参照しつつ、本発明を好ましい実施形態について詳細に説明する。

## 【0025】

## [第一の実施形態]

図1は本発明による車両用サスペンション装置の第一の実施形態を一つの車輪について示す概略構成図である。

## 【0026】

50

図1において、符号10は車両100のサスペンション装置を全体的に示しており、サスペンション装置10はサスペンション機構12と演算制御装置14とを有している。サスペンション機構12はサスペンションスプリング16及びショックアブソーバ18を含んでいる。サスペンションスプリング16及びショックアブソーバ18は、ばね上部材HAとばね下部材LAとの間に互いに並列の関係となすよう配設されている。ばね上部材HAは、車体のうちサスペンション装置10が懸架する部分や、サスペンションスプリング16及びショックアブソーバ18の上端を車体に連結する部材等を含んでいる。ばね下部材LAは、車輪20を回転可能に支持する車輪支持部材や、車体と車輪支持部材とを接続するサスペンションアーム等を含んでいる。

【0027】

サスペンションスプリング16は、ばね上部材HA及びばね下部材LAの相対変位を許容することによって路面からの振動入力を吸収する。ショックアブソーバ18は、減衰係数を増減可能な減衰力可変式の減衰力発生装置として機能し、減衰力を発生することによってばね上部材HAの振動を減衰させる。演算制御装置14はショックアブソーバ18の減衰係数を制御することによってショックアブソーバが発生する減衰力を制御する。なお、車両100は左右前輪及び左右後輪の四つの車輪を有し、サスペンションスプリング16及びショックアブソーバ18は各車輪に対応して設けられている。

【0028】

ショックアブソーバ18は、シリンダ24とピストン26とを有し、ピストン26はシリンダ24に対し相対的に往復動可能にシリンダに嵌合している。図示の実施形態においては、ショックアブソーバ18は、シリンダ24の下端にてばね下部材LAに連結され、ピストン26のロッド部の上端にてばね上部材HAに連結されている。なお、ショックアブソーバ18は、図1とは上下が逆転され、シリンダ24の一端にてばね上部材HAに連結され、ピストン26のロッド部の先端にてばね下部材LAに連結されていてもよい。

【0029】

シリンダ24及びピストン26は、互いに共働してシリンダ上室24U及びシリンダ下室24Lを形成しており、シリンダ上室24U及びシリンダ下室24Lには作動液体としてのオイルが充填されている。ピストン26の本体には、シリンダ上室24Uよりシリンダ下室24Lへ向かうオイルの流れのみを許す連通路28と、シリンダ下室30よりシリンダ上室28へ向かうオイルの流れのみを許す連通路30とが設けられている。連通路28及び30には、それぞれ可変絞り装置32及び34が設けられており、可変絞り装置32及び34はそれぞれ伸び行程用の減衰力発生弁及び縮み行程用の減衰力発生弁として機能する。

【0030】

可変絞り装置32及び34の実効通路断面積、すなわち、開度はアクチュエータ36により多段階に制御される。図2に示されている如く、伸び行程の減衰係数は制御段SE1(ソフト)~SEn(ハード)(nは正の整数)の多段階に制御され、縮み行程の減衰係数は制御段SC1(ソフト)~SCn(ハード)(nは正の整数)の多段階に制御される。可変絞り装置32及び34は、それぞれ連通路28及び30を流通するオイルに流通抵抗を与えることによって減衰力を発生し、減衰力はシリンダ24に対するピストン26の相対変位を抑制する方向に作用する。なお、アクチュエータ36は例えばピストン26の内部に設けられていてもよい。

【0031】

アクチュエータ36は演算制御装置14により制御される。演算制御装置14はマイクロコンピュータ38を含み、マイクロコンピュータ38は、CPU、ROM、RAM、入出力ポート装置等を含み、これらが双方向性のコモンバスにより互いに接続された周知の構成のものであってよい。なお、マイクロコンピュータ38は、例えば左前輪、右前輪、左後輪、右後輪の順に各車輪のアクチュエータ26を制御するようになっていてよい。

【0032】

また、演算制御装置14は、ばね上加速度センサ40と、ばね下加速度センサ42と、

10

20

30

40

50

ストロークセンサ 44 と、タイヤ変位量センサ 46 とを含んでいる。ばね上加速度センサ 40 は、ばね上部材 H A に設けられており、絶対空間に対するばね上部材 H A の上下方向の加速度であるばね上加速度  $x_{pb}$  を検出し、検出したばね上加速度  $x_{pb}$  を示す信号を出力する。ばね下加速度センサ 42 は、ばね下部材 L A に設けられており、絶対空間に対するばね下部材 L A の上下方向の加速度であるばね下加速度  $x_{pw}$  を検出し、検出したばね下加速度  $x_{pw}$  を示す信号を出力する。

【 0033 】

ストロークセンサ 44 は、ばね上部材 H A とばね下部材 L A との間に配設されており、ばね上部材 H A の基準位置からの上下方向の変位量であるばね上変位量  $x_{pb}$  とばね下部材 L A の基準位置からの上下方向の変位量であるばね下変位量  $x_{pw}$  との差を検出する。この差は、ばね上 - ばね下相対変位量  $x_{pw} - x_{pb}$  であるので、ストロークセンサ 44 は、検出したばね上 - ばね下相対変位量  $x_{pw} - x_{pb}$  を示す信号を出力する。タイヤ変位量センサ 46 は、路面の基準位置からの上下方向の変位量である路面変位量  $x_{pr}$  とばね下変位量  $x_{pw}$  との差であるばね下相対変位量  $x_{pr} - x_{pw}$  を検出し、検出したばね下相対変位量  $x_{pr} - x_{pw}$  を示す信号を出力する。

【 0034 】

なお、ばね上加速度センサ 40 及びばね下加速度センサ 42 は、上方向に向かう加速度を正の加速度として検出し、下方向に向かう加速度を負の加速度として検出する。また、ストロークセンサ 44 は、ばね上部材 H A 及びばね下部材 L A が相対的に離れる方向の変位量を正の相対変位量として検出し、逆方向の相対変位量を負の相対変位量として検出する。また、タイヤ変位量センサ 46 は、ばね下部材 L A 及び車輪 20 が基準の位置関係よりも相対的に近づく方向の変位量を正のタイヤ変位量として検出し、逆方向の変位量を負のタイヤ変位量として検出する。

【 0035 】

上述の如く構成された実施形態において、図には示されていないイグニッションスイッチが乗員によりオンに切替えられると、マイクロコンピュータ 38 は、図 3 に示されたフローチャートに従って減衰力制御プログラムを所定の時間毎に繰り返し実行する。この場合、減衰力制御プログラムは、例えば左前輪、右前輪、左後輪、右後輪の順に全ての車輪について実行される。

【 0036 】

図 3 に示されたフローチャートによる減衰力制御プログラムは、ステップ 100 にて開始され、ステップ 110 においては、ばね上加速度センサ 40 等の各センサより検出値を示す信号が入力される。

【 0037 】

ステップ 120 においては、ばね上加速度  $x_{pb}$  及びばね下加速度  $x_{pw}$  がそれぞれ時間積分されることにより、ばね上部材 H A の上下方向の速度であるばね上速度  $x_{pb}'$  及びばね下部材 L A の上下方向の速度であるばね下速度  $x_{pw}'$  が演算される。また、ばね上 - ばね下相対変位量  $x_{pw} - x_{pb}$  が時間微分されることにより、ばね上速度  $x_{pb}'$  とばね下速度  $x_{pw}'$  との差であるばね上 - ばね下相対速度  $V_{re} (= x_{pw}' - x_{pb}')$  が演算される。

【 0038 】

この場合、ばね上速度  $x_{pb}'$  及びばね下速度  $x_{pw}'$  は、上方向への速度である場合には正の速度として演算され、下方向への速度である場合には負の速度として演算される。また、ばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  は、ばね上部材 H A 及びばね下部材 L A が相対的に離れる方向の速度である場合には正の速度として演算され、上記とは逆の方向の速度である場合には負の速度として演算される。

【 0039 】

ステップ 130 においては、ショックアブソーバ 18 の目標減衰係数  $C_t$  が演算される。この場合、目標減衰係数  $C_t$  は、減衰係数の可変分（非線形部分）である可変減衰係数  $C_v$  と、減衰係数の固定分（線形部分）である固定減衰係数  $C_s$  との和により表される。

10

20

30

40

50

固定減衰係数  $C_s$  は、ショックアブソーバ 18 の仕様に応じて予め定められている。固定減衰係数  $C_s$  は、例えばショックアブソーバ 18 及び可変絞り装置 32、34 により実現可能な減衰係数の最大値  $C_{max}$  と最小値  $C_{min}$  の中間の値  $((C_{max} + C_{min}) / 2)$  付近の減衰係数であってよい。

【0040】

可変減衰係数  $C_v$  は非線形 H 制御理論を使用して演算される。この演算においては、図 4 に示されている如き車両の単輪モデルが想定される。図 4 において、 $M_b$  はばね上部材 HA の質量であり、 $M_w$  はばね下部材 LA の質量である。また、 $K_s$  はサスペンションスプリング 16 のばね定数であり、 $K_t$  は車輪 20 のタイヤのばね定数である。さらに、 $C_s$  はショックアブソーバ 18 の減衰係数のうちの固定分（固定減衰係数）であり、 $C_v$  はショックアブソーバ 18 の減衰係数のうちの可変分（可変減衰係数）である。

10

【0041】

図 4 に示された車両モデルの運動方程式は、下記の式 (1) および式 (2) により表される。

【数 1】

$$M_b x_{pb}'' = K_s (x_{pw} - x_{pb}) + C_s (x_{pw}' - x_{pb}') + C_v (x_{pw}' - x_{pb}') \quad \dots (1)$$

【数 2】

$$M_w x_{pw}'' = K_t (x_{pr} - x_{pw}) - K_s (x_{pw} - x_{pb}) - C_s (x_{pw}' - x_{pb}') - C_v (x_{pw}' - x_{pb}') \quad \dots (2)$$

20

【0042】

上記式において、 $x_{pb}$ 、 $x_{pb}'$ 、 $x_{pb}''$ 、 $x_{pw}$ 、 $x_{pw}'$ 、 $x_{pw}''$ 、 $x_{pr}$  は、それぞればね上変位量、ばね上速度、ばね上加速度、ばね下変位量、ばね下速度、ばね下加速度、タイヤ変位量であり、正負の符号は上述の通りである。

【0043】

また、制御入力  $u$  を可変減衰係数  $C_v$  とし、外乱  $w_1$  を路面の上下変位速度  $x_{pr}'$  とし、この車両モデルを状態空間表現すると、下記の式 (3) のようになる。

【数 3】

$$x_p' = A_p x_p + B_{p1} w_1 + B_{p2}(x_p) u \quad \dots (3)$$

30

【0044】

ここで、 $x_p$ 、 $A_p$ 、 $B_{p1}$ 、 $B_{p2}(x_p)$  は、下記の式 (4) の通りである。

【数 4】

$$x_p = \begin{pmatrix} x_{pr} - x_{pw} \\ x_{pw} - x_{pb} \\ x_{pw}' \\ x_{pb}' \end{pmatrix}, \quad A_p = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ K_t/M_w & -K_s/M_w & -C_s/M_w & C_s/M_w \\ 0 & K_s/M_b & C_s/M_b & -C_s/M_b \end{pmatrix}$$

40

$$B_{p1} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad B_{p2}(x_p) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -(x_{pw}' - x_{pb}')/M_w \\ (x_{pw}' - x_{pb}')/M_b \end{pmatrix}$$

..(4)

【0045】

50

サスペンション装置 10 の性能を向上させるためには、それぞればね上部材 H A の振動、車両の乗り心地性、及びばね下部材 L A の振動に大きく影響するばね上速度  $x_{pb}'$ 、ばね上加速度  $x_{pb}''$ 、及びばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  を同時に抑制する必要がある。従って、評価出力  $z_p$  として、ばね上速度  $x_{pb}'$ 、ばね上加速度  $x_{pb}''$  及びばね上 - ばね下相対速度  $V_{re} (= x_{pw}' - x_{pb}')$  が使用される。また、サスペンション装置 10 においては、ばね上加速度  $x_{pb}''$  及びばね上 - ばね下相対変位量  $x_{pw} - x_{pb}$  を比較的検出し易いので、ばね上加速度  $x_{pb}''$  及びばね上 - ばね下相対変位量  $x_{pw} - x_{pb}$  が観測出力  $y_p$  とされる。また、観測出力  $y_p$  には観測ノイズ  $w_2$  が含まれているとする。評価出力  $z_p$  及び観測出力  $y_p$  を状態空間表現すると、下記の式 (5) および式 (6) のようになる。

【数 5】

$$z_p = C_{p1}x_p + D_{p12}(x_p)u \quad \dots(5)$$

【数 6】

$$y_p = C_{p2}x_p + D_{p21}w_2 + D_{p22}(x_p)u \quad \dots(6)$$

【0046】

上記式 (5) 及び (6) における  $z_p, y_p, C_{p1}, D_{p12}(x_p), C_{p2}, D_{p21}, D_{p22}(x_p)$  は、それぞれ下記の式 (7) の通りである。

【数 7】

$$z_p = \begin{pmatrix} x_{pb}'' \\ x_{pb}' \\ x_{pw}' - x_{pb}' \end{pmatrix}, \quad y_p = \begin{pmatrix} x_{pb}'' \\ x_{pw} - x_{pb} \end{pmatrix}, \quad C_{p1} = \begin{pmatrix} 0 & K_s/M_b & C_s/M_b & -C_s/M_b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$D_{p12}(x_p) = \begin{pmatrix} (x_{pw}' - x_{pb}')/M_b \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad C_{p2} = \begin{pmatrix} 0 & K_s/M_b & C_s/M_b & -C_s/M_b \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$D_{p21} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad D_{p22}(x_p) = \begin{pmatrix} (x_{pw}' - x_{pb}')/M_b \\ 0 \end{pmatrix}$$

⋯(7)

【0047】

ここで、モデルの状態空間表現を表す上記式 (3) の右辺の第三項においては、係数  $B_{p2}(x_p)$  に状態量  $x_p$  が含まれ、この  $B_{p2}(x_p)$  に制御入力  $u$  が掛け合わせられている。よって、このシステムは双線形システムであり、状態量  $x_p$  の原点近傍では制御入力  $u$  が作用せずに不可制御となる。この問題を解決するため、非線形な重み関数を用いた非線形 H 状態フィードバック制御系が設計される。

【0048】

図 5 は、評価出力  $z_p$  と制御入力  $u$  に周波数重みを加えた非線形 H 状態フィードバック制御系の一般化プラントを示している。図 5 に示された一般化プラントにおいて、評価出力  $z_p$  及び制御入力  $u$  に周波数重み  $W_s(s)$  及び  $W_u(s)$  がそれぞれ乗算され、さらに、下記の式 (8) の条件を満たす、状態量  $x$  についての非線形な重み関数  $a_1(x)$  及び  $a_2(x)$  がそれぞれ乗算されている。

10

20

30

40

【数 8】

$$\left. \begin{array}{l} a_1(x) > 0, a_2(x) > 0 \\ a_1(0) = a_2(0) = 1 \end{array} \right\} \dots(8)$$

【0049】

周波数重み  $W_s(s)$  に対する状態空間表現は、周波数重み  $W_s(s)$  の状態量  $x_w$ 、周波数重み  $W_s(s)$  の出力  $z_w$  および各定数行列  $A_w, B_w, C_w, D_w$  により、下記の式(9)のように表される。また、周波数重み  $W_u(s)$  に対する状態空間表現は、周波数重み  $W_u(s)$  の状態量  $x_u$ 、周波数重み  $W_u(s)$  の出力  $z_u$  および各定数行列  $A_u, B_u, C_u, D_u$  により、下記式(10)のように表される。なお、下記の式(9)、(10)において、 $x_w'$  及び  $x_u'$  は、それぞれ  $x_w$  及び  $x_u$  の微分値である。

10

【数 9】

$$\left. \begin{array}{l} x_w' = A_w x_w + B_w z_p \\ z_w = C_w x_w + D_w z_p \end{array} \right\} \dots(9)$$

【数 10】

$$\left. \begin{array}{l} x_u' = A_u x_u + B_u u \\ z_u = C_u x_u + D_u u \end{array} \right\} \dots(10)$$

20

【0050】

上記式(3)にて示されたモデルの状態空間表現は、式(9)および式(10)を用いることにより下記の式(11)のように表される。なお、下記の式(11)において、 $x'$  は  $x$  の微分値である。また、状態量  $x$ 、各係数行列  $A, B_1, B_2(x), C_{11}, D_{121}(x), C_{12}, D_{122}(x)$  は、下記の式(12)に示された値である。

【数 11】

$$\left. \begin{array}{l} x' = Ax + B_1 w_1 + B_2(x)u \\ z_1 = a_1(x)(C_{11}x + D_{121}(x)u) \\ z_2 = a_2(x)(C_{12}x + D_{122}(x)u) \end{array} \right\} \dots(11)$$

30

【数 12】

$$x = \begin{pmatrix} x_p \\ x_w \\ x_u \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} A_p & 0 & 0 \\ B_w C_{p1} & A_w & 0 \\ 0 & 0 & A_u \end{pmatrix}, \quad B_1 = \begin{pmatrix} B_{p1} \\ B_w D_{p11} \\ 0 \end{pmatrix}, \quad B_2(x) = \begin{pmatrix} B_{p2}(x_p) \\ B_w D_{p12}(x_p) \\ B_u \end{pmatrix}$$

$$C_{11} = (D_w C_{p1} \quad C_w \quad 0), \quad D_{121}(x) = (D_w D_{p12}(x_p)), \quad C_{12} = (0 \quad 0 \quad C_u), \quad D_{122}(x) = D_u$$

40

... (12)

【0051】

上記式(11)により表される状態空間表現は、下記の式(13)に示す条件によって、下記の式(14)のように表される。

【数 13】

$$D_w D_{p12}(x) = 0 \quad \dots(13)$$

50

【数 1 4】

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= Ax + B_1 w_1 + B_2(x)u \\ z_1 &= a_1(x)C_{11}x \\ z_2 &= a_2(x)C_{12}x + a_2(x)D_{122}(x)u \end{aligned} \right\} \cdots(14)$$

【0 0 5 2】

ここで、係数行列  $D_{122}^{-1}$  が存在し、所定の正定数  $\gamma$  に対して下記の式 (15) に示されたりカッチ方程式を満たす正定対称解  $P$  が存在し、かつ、重み関数  $a_1(x)$ 、 $a_2(x)$  が下記の式 (16) の制約条件を満たす場合に、閉ループシステムが内部安定となり、かつ、外乱に対するロバスト性を表す  $L_2$  ゲインが  $\gamma$  以下となる制御入力  $u (= k(x))$  は下記の式 (17) に示すように表される

10

【数 1 5】

$$PA + A^T P + \frac{PB_1 B_1^T P}{\gamma^2} + C_{11}^T C_{11} + C_{12}^T C_{12} < 0 \quad \cdots(15)$$

【数 1 6】

$$(1 - a_1(x)^2)x^T C_{11}^T C_{11} x + \left( \frac{1}{a_2(x)^2} - 1 \right) x^T P B_2(x) D_{122}^{-1} D_{122}^{-T} B_2^T(x) P x \geq 0 \quad \cdots(16)$$

20

【数 1 7】

$$u = k(x) = -D_{122}^{-1} \left( \frac{1}{a_2(x)^2} D_{122}^{-T} B_2^T(x) P + C_{12} \right) x \quad \cdots(17)$$

【0 0 5 3】

上記式 (16) を満たす重み関数  $a_1(x)$ 、 $a_2(x)$  が下記の式 (18) のように表されると、上記式 (17) により表される制御入力  $u = k(x)$  は、下記の式 (19) のように表される。

30

【数 1 8】

$$\begin{aligned} a_1(x) &= \sqrt{1 + m_1(x)x^T P B_2(x) D_{122}^{-1} D_{122}^{-T} B_2^T(x) P x} \\ a_2(x) &= \sqrt{\frac{1}{1 + m_1(x)x^T C_{11}^T C_{11} x}} \end{aligned} \quad \cdots(18)$$

【数 1 9】

$$u = k(x) = -D_{122}^{-1} \left( (1 + m_1(x)x^T C_{11}^T C_{11} x) D_{122}^{-T} B_2^T(x) P + C_{12} \right) x \quad \cdots(19)$$

40

【0 0 5 4】

ここで、上記式 (18)、(19) における  $m_1(x)$  は任意の正定関数である。

【0 0 5 5】

制御入力  $u$  は上記式 (19) により演算可能であるので、制御入力  $u$  である可変減衰係数  $C_v$  は上記式 (19) に従って演算される。なお、上述の非線形  $H_\infty$  制御理論に基づく減衰係数の演算手法は、既に公知であり、また上記特許文献 1 等に詳述されているので、より詳しくは、この文献等を参照されたい。

【0 0 5 6】

50

よって、ステップ130においては、ショックアブソーバ18の目標減衰係数 $C_t$ は、上述の如く演算された可変減衰係数 $C_v$ に予め設定された固定減衰係数 $C_s$ が加算されることにより演算される。

【0057】

ステップ140においては、上述の如く演算された目標減衰係数 $C_t$ とばね上 - ばね下相対速度 $V_{re} (= x_{pw} - x_{pb})$ との積が、目標減衰係数に基づく目標減衰力 $F_{dt}$ として演算される。

【0058】

ステップ150においては、目標減衰力 $F_{dt}$ が正の値、すなわち、縮み方向の減衰力であるか否かの判別が行われる。そして、肯定判別が行われたときには、制御はステップ160へ進み、否定判別が行われたときには、制御はステップ170へ進む。

10

【0059】

ステップ160においては、ばね上速度 $x_{pb}$ が正の値、すなわち、ばね上部材HAが上方へ変位している状況であるか否かの判別が行われる。そして、肯定判別が行われたときには、制御はステップ200へ進み、否定判別が行われたときには、制御はステップ210へ進む。

【0060】

ステップ170においては、ばね上速度 $x_{pb}$ が0又は負の値、すなわち、ばね上部材HAが変位していないか又は下方へ変位している状況であるか否かの判別が行われる。そして、肯定判別が行われたときには、制御はステップ200へ進み、否定判別が行われたときには、制御はステップ210へ進む。

20

【0061】

すなわち、ステップ150～170においては、目標減衰力 $F_{dt}$ の符号とばね上速度 $x_{pb}$ の符号とが同一であるか否かの判別が行われる。そして、二つの符号が同一であると判定されたときには、制御はステップ200へ進み、二つの符号が同一ではないと判定されたときには、制御はステップ210へ進む。

【0062】

ステップ200においては、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力 $F_{fdt}$ が、ステップ140において演算された目標減衰力 $F_{dt}$ に設定される。換言すれば、目標減衰力は修正されない。

30

【0063】

これに対し、ステップ210においては、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力 $F_{fdt}$ が、ばね上速度 $x_{pb}$ 及び目標減衰係数 $C_t$ の積と同一の大きさと符号が逆転された値 $-x_{pb} \times C_t$ に設定される。

【0064】

ステップ230においては、最終目標減衰力 $F_{fdt}$ が正の値、すなわち、縮み方向の減衰力であるか否かの判別が行われる。そして、肯定判別が行われたときには、ROMに記憶されている図2のグラフの第一象限に示された減衰力 - 制御段参照テーブルを参照して、伸び行程用の減衰力発生弁として機能する可変絞り装置32の目標制御段 $S_{Et}$ が決定される。減衰力 - 制御段参照テーブルには、可変絞り装置32により設定可能な全ての減衰力制御段 $S_{E1} \sim S_{En}$ について、ばね上 - ばね下相対速度 $V_{re}$ とショックアブソーバ18の減衰力との関係が記憶されている。この場合、ばね上 - ばね下相対速度 $V_{re}$ と最終目標減衰力 $F_{fdt}$ とに基づいて、制御段 $S_{E1} \sim S_{En}$ のうち最も近い制御段が目標制御段 $S_{Et}$ に決定される。

40

【0065】

また、ステップ230において、否定判別が行われたときには、ROMに記憶されている図2のグラフの第三象限に示された減衰力 - 制御段参照テーブルを参照して、縮み行程用の減衰力発生弁として機能する可変絞り装置34の目標制御段 $S_{Ct}$ が決定される。減衰力 - 制御段参照テーブルには、可変絞り装置34により設定可能な全ての減衰力制御段 $S_{C1} \sim S_{Cn}$ について、ばね上 - ばね下相対速度 $V_{re}$ とショックアブソーバ18の減衰力

50

との関係が記憶されている。この場合、ばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  と最終目標減衰力  $F_{fdt}$  とに基づいて、制御段  $S_{C1} \sim S_{Cn}$  のうち最も近い制御段が目標制御段  $S_{Ct}$  に決定される。

【0066】

ステップ240においては、目標制御段が  $S_{Et}$  であるときには、目標制御段  $S_{Et}$  に対応する制御信号が可変絞り装置32へ出力されることにより、可変絞り装置32により設定される制御段  $S_E$  が目標制御段  $S_{Et}$  に制御される。よって、ショックアブソーバ18の減衰力が最終目標減衰力  $F_{fdt}$  にできるだけ近い値に制御される。なお、縮み行程の減衰力は0でよいので、縮み行程用の減衰力発生弁として機能する可変絞り装置34の目標制御段  $S_{Ct}$  は、図2には示されていないフルソフトの制御段  $S_{C0}$  (実質的に減衰力を発生しない制御段) に制御される。

10

【0067】

これに対し、目標制御段が  $S_{Ct}$  であるときには、目標制御段  $S_{Ct}$  に対応する制御信号が可変絞り装置34へ出力されることにより、可変絞り装置34により設定される制御段  $S_C$  が目標制御段  $S_{Ct}$  に制御される。よって、ショックアブソーバ18の減衰力が最終目標減衰力  $F_{fdt}$  にできるだけ近い値に制御される。なお、伸び行程の減衰力は0でよいので、伸び行程用の減衰力発生弁として機能する可変絞り装置32の目標制御段  $S_{Et}$  は、図2には示されていないフルソフトの制御段  $S_{E0}$  (実質的に減衰力を発生しない制御段) に制御される。

20

【0068】

ステップ240が完了すると、ステップ250において図3に示されたフローチャートによる制御は一旦終了し、ステップ110以降が再度実行される。

【0069】

< 第一の実施形態の作動 >

以上の説明より解る如く、ステップ110～130において、非線形H 制御理論を使用して、ショックアブソーバ18の目標減衰係数  $C_t$  が、可変減衰係数  $C_v$  と予め設定された固定減衰係数  $C_s$  との和に演算される。また、ステップ140において、目標減衰係数  $C_t$  とばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  との積が目標減衰力  $F_{dt}$  として演算される。そして、ステップ150において、目標減衰力  $F_{dt}$  の符号とばね上速度  $x_{pb}$  の符号との関係に応じて、減衰力の制御が行われる。

30

【0070】

ショックアブソーバ18が減衰力を発生することができる方向は、目標減衰係数  $C_t$  の符号のみならず、ばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  の符号によっても決定される。ばね上速度  $x_{pb}$ 、相対速度  $V_{re}$ 、目標減衰係数  $C_t$  の符号の組合せは、下記の表1及び表2に示されている如く、ケースA～Hの8通りあるので、各ケースについてサスペンション装置10の作動を説明する。これらのケースのうち、ケースA及びFが最も頻繁に生じると共に、継続時間が最も長い事象である。

【0071】

なお、表1は上記公開公報に記載されている如き従来のサスペンション装置の場合を示しており、表2は第一の実施形態のサスペンション装置の場合を示している。また、表1及び表2において、可変絞り装置の「伸び」は縮み方向の減衰力を発生する伸び側の可変絞り装置32を示し、可変絞り装置の「縮み」は伸び方向の減衰力を発生する縮み側の可変絞り装置34を示している。また、表2において、「符号の異同」は、目標減衰係数  $C_t$  の符号と、ばね上速度  $x_{pb}$  の符号との異同である。また、表1及び表2において、「ばね上制振の効果」の、 $\times$  は、それぞれ「ばね上制振の効果あり」、「ばね上制振の効果なし」、「ばね上の振動悪化」を意味する。さらに、表2において、ハッチングが施された部分は、第一の実施形態のサスペンション装置の作動が従来のサスペンション装置の作動とは異なる部分を示している。これらのことは、後述の表3についても同様である。

40

【0072】

50

【表 1】

	ケース							
	A	B	C	D	E	F	G	H
ばね上速度 $x_{pb}'$	正	正	正	正	負	負	負	負
相対速度 $V_{re}$	正	正	負	負	負	負	正	正
目標減衰係数 $C_t$	正	負	正	負	負	正	負	正
目標減衰力 $F_{dt}$	正	負	負	正	正	負	負	正
可変絞り装置	伸び	縮み	縮み	伸び	伸び	縮み	縮み	伸び
ばね上制振の効果	○	△	×	△	×	○	△	×

10

【表 2】

	ケース							
	A	B	C	D	E	F	G	H
ばね上速度 $x_{pb}'$	正	正	正	正	負	負	負	負
相対速度 $V_{re}$	正	正	負	負	負	負	正	正
目標減衰係数 $C_t$	正	負	正	負	負	正	負	正
目標減衰力 $F_{dt}$	正	負	負	正	正	負	負	正
符号の異同	同	異	異	同	異	同	同	異
最終目標減衰力 $F_{fdt}$	正	正	負	正	負	負	負	正
可変絞り装置	伸び	伸び	縮み	伸び	縮み	縮み	縮み	伸び
ばね上制振の効果	○	○	×	△	○	○	△	×

20

30

40

## 【 0 0 7 3 】

【 1 】 目標減衰力が縮み方向の減衰力である場合

目標減衰力が縮み方向の減衰力になるのは、目標減衰力が正の場合であるので、上記ケース A、D、E、H の四つの場合である。

## 【 0 0 7 4 】

ステップ 1 5 0 において肯定判別が行われ、ステップ 1 6 0 において、ばね上速度  $x_{pb}'$  が正の値であるか否かの判別、すなわち、目標減衰力  $F_{dt}$  の符号及びばね上速度  $x_{pb}'$  の符号が共に正で同一であるか否かの判別が行われる。

## 【 0 0 7 5 】

【 1 - 1 】 目標減衰力の符号及びばね上速度の符号が同一である場合

50

上記ケースA及びDの場合であり、これらの場合には、ステップ160において肯定判別が行われ、ステップ200において、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力 $F_{dt}$ が目標減衰力 $F_{dt}$ に設定される。

【0076】

[ケースA]の場合には、相対速度 $V_{re}$ が正の値であるので、伸び側の可変絞り装置32により発生される縮み方向の減衰力は、ばね上速度 $x_{pb}$ 'の大きさを減少させる方向に作用する。よって、ばね上部材HAの制振が良好に行われる。

【0077】

これに対し、[ケースD]の場合には、相対速度 $V_{re}$ が負の値であるので、伸び側の可変絞り装置32を制御しても縮み方向の減衰力を発生させることができない。よって、ばね上部材HAの制振は行われない。

10

【0078】

なお、従来のサスペンション装置の作動は、第一の実施形態においてステップ150~170が実行されない場合と等価である。よって、ケースA及びDの何れの場合も、従来及び第一の実施形態のサスペンション装置の作動は同一であり、従って、ばね上制振の効果も同一である。

【0079】

[1-2]目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異なる場合

上記ケースE及びHの場合であり、これらの場合には、ステップ160において否定判別が行われる。

20

【0080】

[ケースE]の場合には、相対速度 $V_{re}$ が負の値であるので、伸び側の可変絞り装置32を制御すると、縮み方向の減衰力が発生し、ばね上速度 $x_{pb}$ 'の大きさを増大させる方向に作用する。よって、従来のサスペンション装置の場合には、減衰力の制御によってばね上部材HAの振動が悪化される。

【0081】

これに対し、第一の実施形態においては、ステップ160において否定判別が行われると、ステップ210において、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力 $F_{dt}$ が、ばね上速度 $x_{pb}$ '及び目標減衰係数 $C_t$ の積と同一の大きさで符号が逆転された値 $-x_{pb}' \times C_t$ に設定される。よって、最終目標減衰力 $F_{dt}$ が負の値になって、縮み側の可変絞り装置34が制御されることにより、伸び方向の減衰力が発生し、ばね上速度 $x_{pb}$ 'の大きさを減少させる方向に作用する。従って、ばね上部材HAの制振が良好に行われる。

30

【0082】

また、[ケースH]の場合には、目標減衰力 $F_{dt}$ が正の値であるが、相対速度 $V_{re}$ が負の値であるので、伸び側の可変絞り装置32を制御すると、縮み方向の減衰力が発生し、ばね上速度 $x_{pb}$ 'の大きさを増大させる方向に作用する。よって、従来のサスペンション装置の場合には、減衰力の制御によってばね上部材HAの振動が悪化される。

【0083】

また、第一の実施形態においては、最終目標減衰力 $F_{dt}$ が正の値になるので、従来のサスペンション装置の場合と同様に、伸び側の可変絞り装置32が制御される。よって、ケースHの場合には、第一の実施形態によっても、ばね上制振の効果を向上させることはできない。

40

【0084】

[2]目標減衰力が伸び方向の減衰力である場合

目標減衰力が伸び方向の減衰力になるのは、目標減衰力が負の場合であるので、上記ケースB、C、F、Gの四つの場合である。

【0085】

ステップ150において否定判別が行われ、ステップ170において、ばね上速度 $x_{pb}$ 'が0又は負の値であるか否かの判別、すなわち、目標減衰力 $F_{dt}$ の符号及びばね上速

50

度  $x_{pb}'$  の符号が共に負で同一（0の場合を含む）であるか否かの判別が行われる。

【0086】

[2-1] 目標減衰力の符号及びばね上速度の符号が同一である場合

上記ケースF及びGの場合であり、これらの場合には、ステップ170において肯定判別が行われ、ステップ200において、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力  $F_{dt}$  が目標減衰力  $F_{dt}$  に設定される。

【0087】

[ケースF]の場合には、相対速度  $V_{re}$  が負の値であるので、縮み側の可変絞り装置34により発生される伸びみ方向の減衰力は、ばね上速度  $x_{pb}'$  の大きさを減少させる方向に作用する。よって、ばね上部材HAの制振が良好に行われる。

10

【0088】

これに対し、[ケースG]の場合には、相対速度  $V_{re}$  が正の値であるので、縮み側の可変絞り装置34を制御しても伸び方向の減衰力を発生させることができない。よって、ばね上部材HAの制振は行われない。

【0089】

なお、ケースF及びGの何れの場合も、従来及び第一の実施形態のサスペンション装置の作動は同一であり、従って、ばね上制振の効果も同一である。

【0090】

[2-2] 目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異なる場合

上記ケースB及びCの場合であり、これらの場合には、ステップ170において否定判別が行われ、ステップ210において、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力  $F_{dt}$  が、ばね上速度  $x_{pb}'$  及び目標減衰係数  $C_t$  の積と同一の大きさで符号が逆転された値  $-x_{pb}' \times C_t$  に設定される。

20

【0091】

[ケースB]の場合には、相対速度  $V_{re}$  が正の値であるので、縮み側の可変絞り装置34を制御しても縮み方向の減衰力を発生させることができない。よって、従来のサスペンション装置の場合には、ばね上部材HAの制振は行われない。

【0092】

これに対し、第一の実施形態においては、ステップ170において否定判別が行われると、ステップ210において、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力  $F_{dt}$  が、正の値  $-x_{pb}' \times C_t$  に設定される。よって、伸び側の可変絞り装置32が制御されることにより、縮み方向の減衰力が発生し、ばね上速度  $x_{pb}'$  の大きさを減少させる方向に作用する。従って、ばね上部材HAの制振が良好に行われる。

30

【0093】

[ケースC]の場合には、目標減衰力  $F_{dt}$  が負の値であり、相対速度  $V_{re}$  も負の値であるので、縮み側の可変絞り装置34を制御すると、伸び方向の減衰力が発生し、ばね上速度  $x_{pb}'$  の大きさを増大させる方向に作用する。よって、従来のサスペンション装置の場合には、減衰力の制御によってばね上部材HAの振動が悪化される。

【0094】

また、第一の実施形態においては、最終目標減衰力  $F_{dt}$  が負の値になるので、従来のサスペンション装置の場合と同様に、縮み側の可変絞り装置34が制御される。よって、ケースCの場合には、第一の実施形態によっても、ばね上制振の効果を向上させることはできない。

40

【0095】

かくして、第一の実施形態によれば、目標減衰力及びばね上速度の符号が異なる場合には、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力  $F_{dt}$  が、目標減衰力  $F_{dt}$  ではなく、ばね上速度  $x_{pb}'$  及び目標減衰係数  $C_t$  の積と同一の大きさで符号が逆転された値（スライフック理論に基づく減衰力と同様の減衰力）に設定される。そして、上記目標減衰力の修正により、修正前の減衰力がばね上を制振するに必要な方向とは逆の方向に作用する状況において、ばね上を制振するに必要な方向に減衰力を作用させることができる（ケースE

50

)。換言すれば、「振動悪化」を「振動悪化なし」にすることができる。また、上記目標減衰力の修正により、修正前の減衰力がばね上を制振させる方向に作用しない状況において、ばね上を制振するに必要な方向に減衰力を発生させることができる(ケースB)。換言すれば、「制振効果なし」を「制振効果あり」にすることができる。従って、ショックアブソーバ18の減衰力が常に目標減衰力Fdtになるよう制御される場合に比して、ばね上の制振効果を向上させることができる。

【0096】

なお、第一の実施形態によれば、目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異ならないときには、ショックアブソーバ18の最終目標減衰力Ffdtは目標減衰力Fdtに設定される。よって、目標減衰力Fdtに基づくショックアブソーバ18の減衰力が、ばね上を制振するに必要な方向とは逆の方向に作用しない状況においては、非線形H制御理論に基づいて演算される目標減衰係数に基づいて減衰力を制御することができる。このことは、後述の第三の実施形態においても同様である。

【0097】

[第二の実施形態]

図6は第二の実施形態に於ける減衰力制御プログラムを示すフローチャートである。なお、図6において、図3に示されたステップと同一のステップには図3において付されたステップ番号と同一のステップ番号が付されている。このことは、後述の図7及び図8についても同様である。

【0098】

この第二の実施形態においては、それぞれ伸び行程用の減衰力発生弁及び縮み行程用の減衰力発生弁として機能する可変絞り装置32及び34の実効通路断面積、すなわち、開度はアクチュエータ36により無段階に、すなわち、連続的に制御可能である。換言すれば、ショックアブソーバ18の伸び行程及び縮み行程の減衰係数は連続的に制御可能である。

【0099】

図6に示されている如く、この第二の実施形態においては、ステップ100~170は、第一の実施形態と同様に実行される。よって、ステップ150~170における判別の内容は第一の実施形態の場合と同一である。

【0100】

ステップ160において、肯定判別、すなわち、ばね上速度 $x_{pb}'$ が正の値である旨の判別が行われたときには、或いは、ステップ170において、肯定判別、すなわち、ばね上速度 $x_{pb}'$ が0又は負の値である旨の判別が行われたときには、制御はステップ205へ進む。これに対し、ステップ160又は170において、否定判別が行われたときには、制御はステップ215へ進む。

【0101】

ステップ205においては、ショックアブソーバ18の最終目標減衰係数Cftが、ステップ130において演算された目標減衰係数Ctに設定される。これに対し、ステップ215においては、最終目標減衰係数Cftが、ばね上速度 $x_{pb}'$ 及び目標減衰係数Ctの積と同一の大きさで符号が逆転された値を相対速度Vreにて除算した値 $-x_{pb}' \times Ct / Vre$ に設定される。

【0102】

ステップ235においては、図には示されていない最終目標減衰係数-制御位置(開弁位置)参照テーブルを参照して、ショックアブソーバ18の減衰係数を最終目標減衰係数Cftにするための可変絞り装置32又は34の目標制御位置が決定される。この場合、最終目標減衰係数Cftが正の値であるときには、伸び側の可変絞り装置32の目標制御位置PEtが参照テーブルを参照して決定され、縮み側の可変絞り装置34の目標制御位置PCtはフルソフトに対応する制御位置に決定される。これに対し、最終目標減衰係数Cftが0又は負の値であるときには、縮み側の可変絞り装置34の目標制御位置PCtが参照テーブルを参照して決定され、伸び側の可変絞り装置32の目標制御位置PEtはフルソ

10

20

30

40

50

フトに対応する制御位置に決定される。

【 0 1 0 3 】

ステップ 2 4 5 においては、目標制御位置  $P_{Et}$  及び  $P_{Ct}$  に対応する制御信号がそれぞれ可変絞り装置 3 2 及び 3 4 へ出力されることにより、可変絞り装置により制御位置が目標制御位置に制御される。よって、ショックアブソーバ 1 8 の減衰力が最終目標減衰係数  $C_{ft}$  に対応する減衰力に制御される。

【 0 1 0 4 】

かくして、第二の実施形態によれば、目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異なるときには、最終目標減衰係数  $C_{ft}$  が、ばね上速度  $x_{pb}'$  及び目標減衰係数  $C_t$  との積と同一の大きさで符号が逆転された値（スカイフック理論に基づく減衰力と同様の減衰力）を相対速度  $V_{re}$  にて除算した値  $-x_{pb}' \times C_t / V_{re}$  に設定される。よって、最終目標減衰係数  $C_{ft}$  と相対速度  $V_{re}$  との積であるショックアブソーバ 1 8 の減衰力は、 $-x_{pb}' \times C_t$  となり、上述の第一の実施形態の最終目標減衰力  $F_{fdt}$  と同一になる。

10

【 0 1 0 5 】

従って、第一の実施形態の場合と同様に、ショックアブソーバ 1 8 の修正前の減衰力が、ばね上を制振するに必要な方向とは逆の方向に作用する状況（ケース E）において、ばね上を制振するに必要な方向に減衰力を作用させることができる。また、ショックアブソーバ 1 8 の修正前の減衰力が、ばね上を制振させる方向に作用しない状況（ケース B）において、ばね上を制振するに必要な方向に減衰力を発生させることができる。従って、目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異なるときにも減衰係数が修正されない場合に比して、ばね上の制振効果を向上させることができる。

20

【 0 1 0 6 】

なお、第二の実施形態によれば、目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異ならないときには、ショックアブソーバ 1 8 の最終目標減衰係数  $C_{ft}$  は係数  $C_t$  に設定される。よって、目標減衰力  $F_{dt}$  に基づくショックアブソーバ 1 8 の減衰力が、ばね上を制振するに必要な方向とは逆の方向に作用しない状況においては、非線形 H 制御理論に基づいて演算される目標減衰係数に基づいて減衰力を制御することができる。このことは、後述の第四の実施形態においても同様である。

【 0 1 0 7 】

[ 第三の実施形態 ]

図 7 は第一の実施形態の修正例として構成された第三の実施形態に於ける減衰力制御プログラムの要部を示すフローチャートである。

【 0 1 0 8 】

この第三の実施形態においては、図 7 に示されている如く、ステップ 1 0 0 ~ 1 7 0、2 0 0、2 1 0、2 3 0 ~ 2 5 0 は、第一の実施形態の場合と同様に実行される。よって、ステップ 1 5 0 ~ 1 7 0 における判別の内容も第一及び第二の実施形態の場合と同一である。

30

【 0 1 0 9 】

ステップ 1 6 0 又は 1 7 0 において、肯定判別が行われたときには、換言すれば、ばね上速度  $x_{pb}'$  の符号が目標減衰力  $F_{dt}$  の符号と同一である旨の判別が行われたときには、制御はステップ 2 0 0 へ進む。しかし、ステップ 1 6 0 において、否定判別が行われたときには、制御はステップ 1 8 0 へ進み、ステップ 1 7 0 において、否定判別が行われたときには、制御はステップ 1 9 0 へ進む。

40

【 0 1 1 0 】

ステップ 1 8 0 及び 1 9 0 においては、ばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  が負の値、すなわち、ばね上及びばね下が互いに近づいている状況であるか否かの判別が行われる。そして、肯定判別が行われたときには、制御はステップ 2 1 0 へ進み、否定判別が行われたときには、制御はステップ 2 2 0 へ進む。

【 0 1 1 1 】

50

ステップ 2 2 0 においては、ショックアブソーバ 1 8 の最終目標減衰力  $F_{fdt}$  が、ばね上速度  $x_{pb}'$  と目標減衰係数  $C_t$  との積  $x_{pb}' \times C_t$  に設定される。

【 0 1 1 2 】

< 第三の実施形態の作動 >

表 3 は第一の実施形態のサスペンション装置の作動を示している。なお、表 3 において、ハッチングが施された部分は、第三の実施形態のサスペンション装置の作動が従来のサスペンション装置の作動とは異なる部分を示している。

【 0 1 1 3 】

【表 3】

10

	ケース							
	A	B	C	D	E	F	G	H
ばね上速度 $x_{pb}'$	正	正	正	正	負	負	負	負
相対速度 $V_{re}$	正	正	負	負	負	負	正	正
目標減衰係数 $C_t$	正	負	正	負	負	正	負	正
目標減衰力 $F_{dt}$	正	負	負	正	正	負	負	正
符号の異同	同	異	異	同	異	同	同	異
最終目標減衰力 $F_{fdt}$	正	正	正	正	負	負	負	負
可変絞り装置	伸び	伸び	伸び	伸び	縮み	縮み	縮み	縮み
ばね上制振の効果	○	○	△	△	○	○	△	△

20

30

【 0 1 1 4 】

表 3 と表 2 との比較より解る如く、ケース C 及び H 以外のケースの作動は第一の実施形態のサスペンション装置の場合と同一である。ケース C 及び H は、第一の実施形態においては、従来のサスペンション装置の場合と同様に、減衰力がばね上速度  $x_{pb}'$  を増大させる方向に作用し、よって、減衰力の制御によればばね上部材 H A の振動が悪化されることを防止できないケースである。

【 0 1 1 5 】

この第三の実施形態においては、[ ケース C ] の場合には、目標減衰力  $F_{dt}$  及び相対速度  $V_{re}$  は負の値であり、ばね上速度  $x_{pb}'$  は正の値である。よって、ステップ 1 5 0 及び 1 7 0 において否定判別が行われ、ステップ 1 9 0 において肯定判別が行われ、これによりステップ 2 2 0 が実行される。

40

【 0 1 1 6 】

ステップ 2 2 0 においては、最終目標減衰力  $F_{fdt}$  が正の値に演算されるので、ステップ 2 4 0 において伸び側の可変絞り装置 3 2 が制御される。しかし、相対速度  $V_{re}$  は負の値であるので、伸び側の可変絞り装置 3 2 を制御しても縮み方向の減衰力を発生させることができない。よって、ばね上部材 H A の制振は行われませんが、減衰力の制御に起因してばね上部材 H A の振動が悪化されることを防止できる。

【 0 1 1 7 】

また、[ ケース H ] の場合には、目標減衰力  $F_{dt}$  及び相対速度  $V_{re}$  は正の値であり、ばね上速度  $x_{pb}'$  は負の値である。よって、ステップ 1 5 0 において肯定判別が行われ、

50

ステップ160及び180において否定判別が行われ、これによりステップ220が実行される。

【0118】

ステップ220においては、最終目標減衰力  $F_{fdt}$  が負の値に演算されるので、ステップ240において縮み側の可変絞り装置34が制御される。しかし、相対速度  $V_{re}$  は正の値であるので、縮み側の可変絞り装置34を制御しても伸び方向の減衰力を発生させることができない。よって、ばね上部材HAの制振は行われませんが、減衰力の制御に起因してばね上部材HAの振動が悪化されることを防止できる。

【0119】

従って、ケースC及びHの何れについても、減衰力の制御に起因してばね上部材HAの振動が悪化されることを防止することができる。換言すれば、ケースB及びEについて、第一の実施形態の場合と同様に、「制振効果なし」を「制振効果あり」にすると共に、ケースC及びHについて、「振動悪化」を「振動悪化なし」にすることができる。よって、この第三の実施形態によれば、第一の実施形態の場合よりもばね上の制振効果を向上させることができる。

10

【0120】

[第四の実施形態]

図8は第二の実施形態の修正例として構成された第四の実施形態に於ける減衰力制御プログラムの要部を示すフローチャートである。

【0121】

この第四の実施形態においては、図8に示されている如く、ステップ100～170、205、215、235～250は、第二の実施形態の場合と同様に実行される。よって、ステップ150～170における判別の内容は第一乃至第三の実施形態の場合と同一である。また、ステップ180及び190は、第三の実施形態の場合と同様に実行される。よって、ステップ180及び190における判別の内容は第三の実施形態の場合と同一である。

20

【0122】

ステップ160又は170において、肯定判別が行われたときには、換言すれば、ばね上速度  $x_{pb}'$  の符号が目標減衰力  $F_{dt}$  の符号と同一である旨の判別が行われたときには、制御はステップ205へ進む。また、ステップ180及び190において、肯定判別が行われたときには、換言すれば、ばね上 - ばね下相対速度  $V_{re}$  が負の値である旨の判別が行われたときには、制御はステップ215へ進み、否定判別が行われたときには、制御はステップ225へ進む。

30

【0123】

ステップ225においては、ショックアブソーバ18の最終目標減衰係数  $C_{ft}$  が、ばね上速度  $x_{pb}'$  と目標減衰係数  $C_t$  との積を相対速度  $V_{re}$  にて除算した値  $x_{pb}' \times C_t / V_{re}$  に設定される。

【0124】

かくして、第四の実施形態によれば、目標減衰力  $F_{dt}$  及びばね上速度  $x_{pb}'$  の符号が異なり、相対速度  $V_{re}$  及びばね上速度の符号が同一であるとき(ケースB及びE)には、ステップ215において最終目標減衰係数  $C_{ft}$  が、 $-x_{pb}' \times C_t / V_{re}$  に設定される。よって、最終目標減衰係数  $C_{ft}$  と相対速度  $V_{re}$  との積であるショックアブソーバ18の減衰力は、 $-x_{pb}' \times C_t$  となり、上述の第一の実施形態の最終目標減衰力  $F_{fdt}$  と同一になる。

40

【0125】

従って、[ケースB]及び[ケースE]の何れについても、第一ないし第三の実施形態の場合と同様に、目標減衰力の符号とばね上速度の符号とが異なるときにも減衰係数が修正されない場合に比して、ばね上の制振効果を向上させることができる。

【0126】

また、目標減衰力  $F_{dt}$  及びばね上速度  $x_{pb}'$  の符号が異なり、かつ、相対速度  $V_{re}$  及

50

びばね上速度の符号が異なる時(ケースC及びH)には、ステップ225において最終目標減衰係数 $C_{ft}$ が、 $x_{pb}' \times C_t / V_{re}$ に設定される。

【0127】

特に、[ケースC]の場合には、目標減衰力 $F_{fdt}$ は負の値になるが、上記最終目標減衰係数 $C_{ft}$ の修正により、最終目標減衰力 $F_{fdt}$ は正の値になる。よって、ステップ245において伸び側の可変絞り装置32が制御される。しかし、相対速度 $V_{re}$ は負の値であるので、伸び側の可変絞り装置32を制御しても縮み方向の減衰力を発生させることができない。従って、ばね上部材HAの制振は行われぬが、減衰力の制御に起因してばね上部材HAの振動が悪化されることを防止できる。

【0128】

また、[ケースH]の場合には、目標減衰力 $F_{fdt}$ は正の値になるが、上記最終目標減衰係数 $C_{ft}$ の修正により、最終目標減衰力 $F_{fdt}$ は負の値になる。よって、ステップ245において縮み側の可変絞り装置34が制御される。しかし、相対速度 $V_{re}$ は正の値であるので、縮み側の可変絞り装置34を制御しても伸び方向の減衰力を発生させることができない。従って、ばね上部材HAの制振は行われぬが、減衰力の制御に起因してばね上部材HAの振動が悪化されることを防止できる。

【0129】

従って、よって、ケースC及びHの何れについても、「振動悪化」を「振動悪化なし」にすることができ、減衰力の制御に起因してばね上部材HAの振動が悪化されることを防止することができる。従って、この第四の実施形態によれば、第三の実施形態の場合と同様に、第一及び第二の実施形態の場合よりもばね上の制振効果を向上させることができる。

【0130】

なお、表1と表2及び表3との比較より解る如く、ケースD及びGについては、第一ないし第四の何れの実施形態によっても、「制振効果なし」を「制振効果あり」にすることはできない。これらの場合には、ばね上の制振に必要な減衰力の作用方向がショックアブソーバにより発生可能な減衰力の作用方向とは逆になる。よって、これらのケースについては、減衰力の作用方向がばね上-ばね下の相対速度の方向により決定され、パッシブな減衰力しか発生できないショックアブソーバを如何に制御しても、制振効果を向上させることはできない。

【0131】

以上においては、本発明を特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内にて他の種々の実施形態が可能であることは当業者にとって明らかであろう。

【0132】

例えば、上述の第一及び第三の実施形態においては、ステップ170において、ばね上速度 $x_{pb}'$ が0又は負の値であるか否かの判別が行われるようになっている。しかし、ステップ150に先立ってばね上速度 $x_{pb}'$ が0であるか否かの判別が行われ、否定別が行われたときに制御がステップ150へ進み、肯定判別が行われたときには可変絞り装置32及び34の目標制御段 $S_{Et}$ 及び $S_{Ct}$ がフルソフトの値に設定されよう修正されてもよい。

【0133】

同様に、上述の第二及び第四の実施形態においては、ステップ150に先立ってばね上速度 $x_{pb}'$ が0であるか否かの判別が行われ、否定別が行われたときに制御がステップ150へ進み、肯定判別が行われたときには可変絞り装置32及び34による制御位置がフルソフトの制御位置に設定されよう修正されてもよい。

【0134】

また、上述の各実施形態においては、ばね上速度 $x_{pb}'$ が0でなければ、可変絞り装置32及び34の制御段又は制御位置がそれぞれ最終目標減衰力又は最終目標減衰係数に応じて制御される。しかし、ステップ150に先立ってばね上速度 $x_{pb}'$ の大きさが基

10

20

30

40

50

準値以下であるか否かの判別が行われ、否定別が行われたときに制御がステップ150へ進み、肯定判別が行われたときには目標制御段又は制御位置が前回値に維持定されるよう修正されてもよい。

【0135】

また、上述の各実施形態においては、目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号は相対速度及び目標減衰係数の積、すなわち、目標減衰力の符号である。しかし、相対速度及び目標減衰係数の符号が同一であるときには、目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号が正と判定され、相対速度及び目標減衰係数の符号が異なるときには、目標減衰係数に基づく目標減衰力の符号が負と判定されてもよい。

【0136】

また、上述の各実施形態においては、目標減衰係数は非線形H 制御理論に基づいて可演算される可変減衰係数と予め設定された固定減衰係数との和として演算され、状況によって目標減衰係数の大きさや符号が変化する。しかし、目標減衰係数の大きさや符号がばね上の制振や車両の姿勢制御の目的で変化される限り、目標減衰係数は任意の制御側に従って演算されてよい。

【符号の説明】

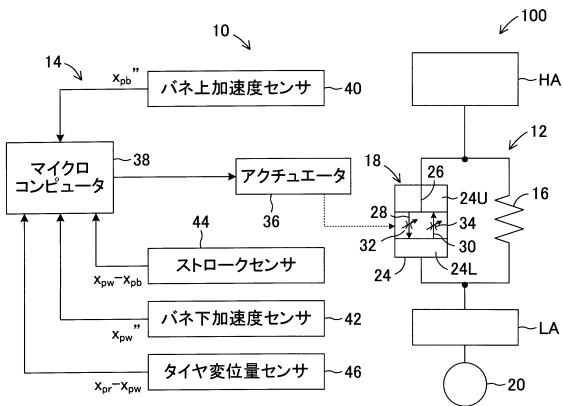
【0137】

10 ...サスペンション装置、12 ...サスペンション機構、14 ...演算制御装置、16 ...サスペンションスプリング、18 ...ショックアブソーバ、32, 34 ...可変絞り装置、36 ...アクチュエータ、38 ...マイクロコンピュータ、40 ...ばね上加速度センサ、42 ...ばね下加速度センサ、44 ...ストロークセンサ、46 ...タイヤ変位量センサ、100 ...車両、HA ...ばね上部材、LA ...ばね下部材

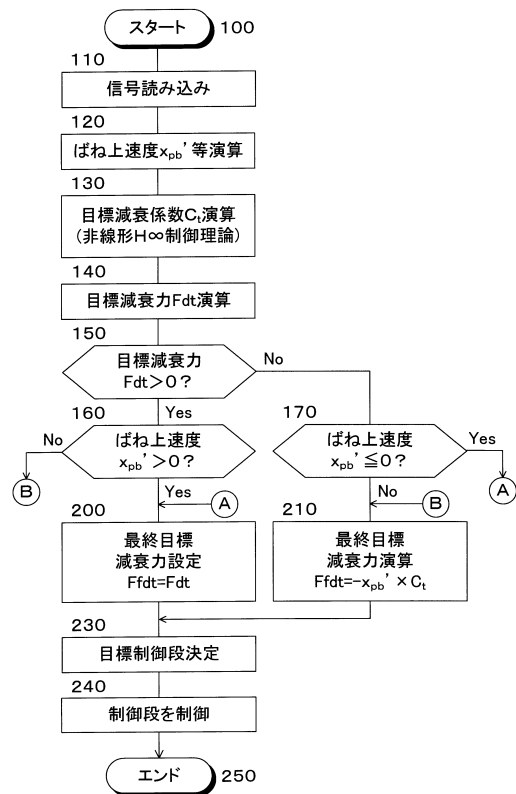
10

20

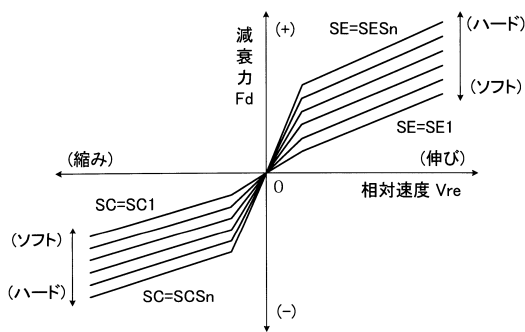
【図1】



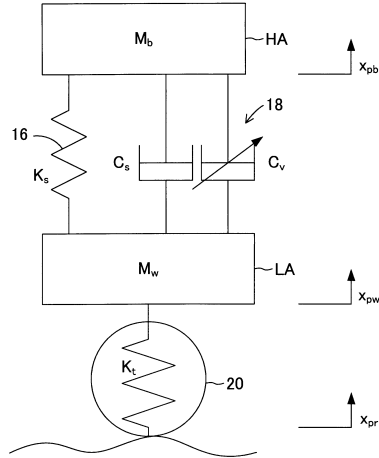
【図3】



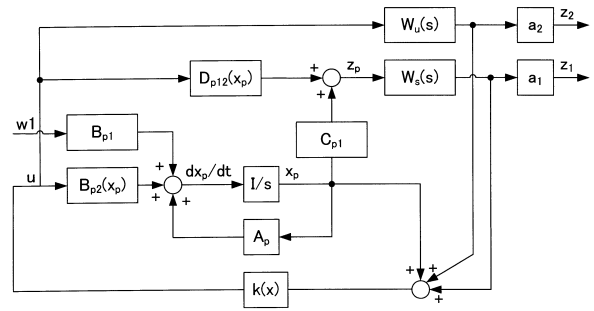
【図2】



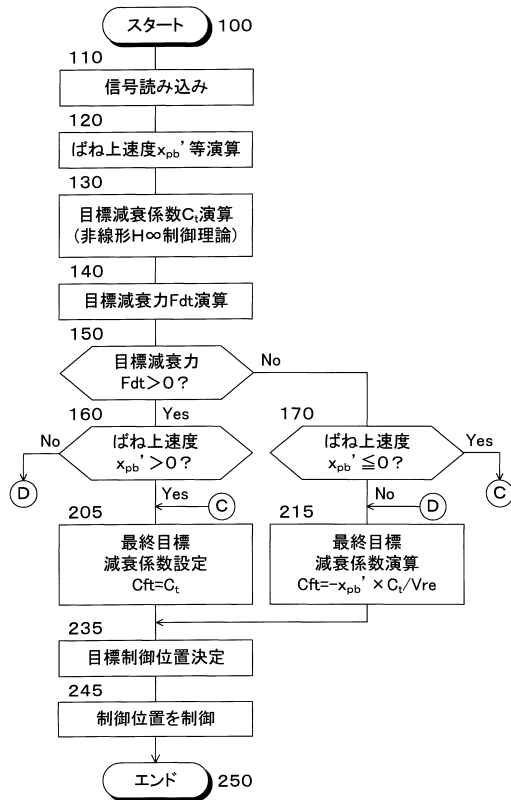
【図4】



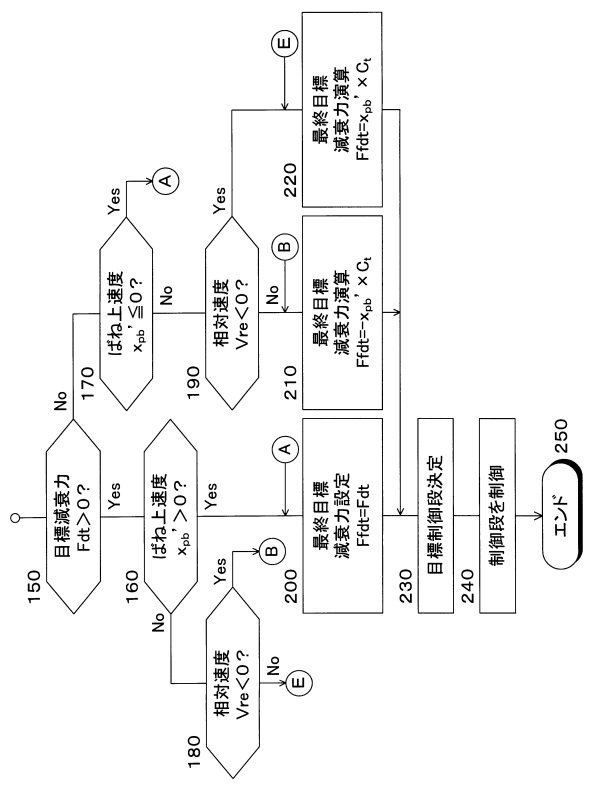
【図5】



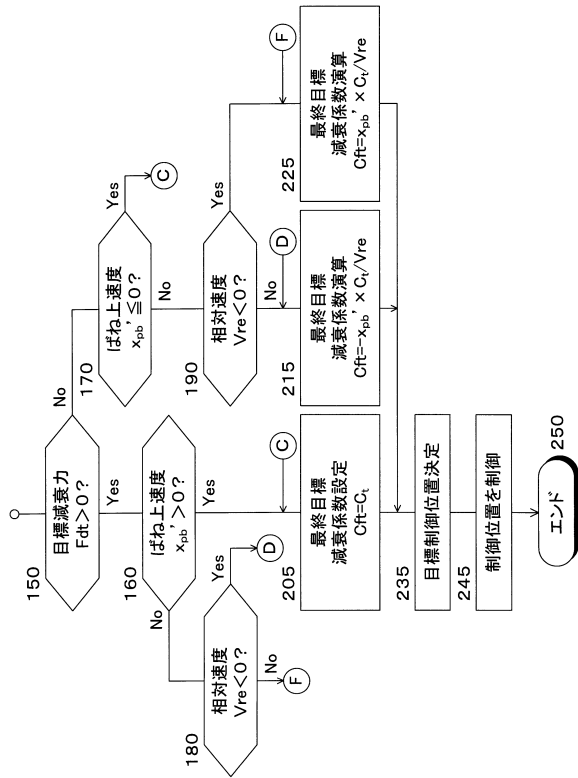
【図6】



【図7】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-148208(JP,A)  
特開平06-247117(JP,A)  
特開平07-149131(JP,A)  
特開2002-248920(JP,A)  
特開2010-089527(JP,A)  
国際公開第2010/073412(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60G 1/00-99/00  
F16F 9/50  
G05B 13/02