

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7600944号
(P7600944)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類

F I

B 6 0 G 17/015(2006.01)

B 6 0 G 17/015

B 6 0 G 23/00 (2006.01)

B 6 0 G 23/00

請求項の数 7 (全18頁)

(21)出願番号	特願2021-156015(P2021-156015)	(73)特許権者	000003207
(22)出願日	令和3年9月24日(2021.9.24)		トヨタ自動車株式会社
(65)公開番号	特開2023-47085(P2023-47085A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43)公開日	令和5年4月5日(2023.4.5)	(74)代理人	110003199
審査請求日	令和6年2月14日(2024.2.14)		弁理士法人高田・高橋国際特許事務所
		(72)発明者	古田 浩貴
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		審査官	池田 晃一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両用サスペンション制御装置、及び車両用サスペンション制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1制御対象輪のサスペンションストロークを制御する第1アクチュエータと、
前記第1制御対象輪又は前記第1制御対象輪と異なる第2制御対象輪のサスペンションストロークを制御し、前記第1アクチュエータと比べて高い応答性と低い出力を有する第2アクチュエータと、
電子制御ユニットと、
を備える車両用サスペンション制御装置であって、
前記電子制御ユニットは、
車両姿勢制御のための要求制御量を算出する算出処理と、
前記第1アクチュエータが出力可能な第1制御量の最大値である第1最大制御量だけでは前記要求制御量に対する制御量の不足がある場合には、前記第1最大制御量を前記第1アクチュエータに指令し、かつ、前記不足を補うための第2制御量を前記第2アクチュエータに指令する指令処理と、
を実行し、
前記車両姿勢制御は、車両操作入力に対する第1姿勢制御、及び、路面入力に対する第2姿勢制御の少なくとも一方を含み、
前記要求制御量は、前記第1姿勢制御のための第1要求制御量、及び、前記第2姿勢制御のための第2要求制御量の少なくとも一方を含む
ことを特徴とする車両用サスペンション制御装置。

【請求項 2】

前記車両姿勢制御は、前記第 1 姿勢制御及び前記第 2 姿勢制御の双方を含み、

前記算出処理において、前記電子制御ユニットは、前記第 1 要求制御量と前記第 2 要求制御量との和を前記要求制御量として算出する

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制御装置。

【請求項 3】

前記第 1 姿勢制御は、前記車両のロール制御を含み、

前記第 1 要求制御量は、前記ロール制御のためのロール要求制御量を含む

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制御装置。

【請求項 4】

前記第 1 アクチュエータが適用される前記第 1 制御対象輪は、前記車両の左右前輪及び左右後輪の一方であって、

前記第 2 アクチュエータは前記第 2 制御対象輪に適用され、前記第 2 制御対象輪は前記車両の左右前輪及び左右後輪の他方であって、

前記算出処理において、前記電子制御ユニットは、前記車両の全輪の合計のロール要求制御量を前記要求制御量として算出する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の車両用サスペンション制御装置。

【請求項 5】

前記第 1 姿勢制御は、前記車両のピッチ制御を含み、

前記第 1 要求制御量は、前記ピッチ制御のためのピッチ要求制御量を含む

ことを特徴とする請求項 1 ～ 4 の何れか 1 つに記載の車両用サスペンション制御装置。

【請求項 6】

前記第 2 姿勢制御は、前記路面入力に対する前記車両のばね上構造体の振動を低減する振動制御を含み、

前記第 2 要求制御量は、前記振動制御のための要求制御量を含む

ことを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れか 1 つに記載の車両用サスペンション制御装置。

【請求項 7】

前記指令処理において、前記電子制御ユニットは、前記第 1 アクチュエータの第 1 制御量だけで前記要求制御量を満たせる場合には、前記要求制御量のすべてを前記第 1 アクチュエータに指令し、かつ、前記第 2 アクチュエータへの前記要求制御量に関する指令は行わない

ことを特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れか 1 つに記載の車両用サスペンション制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、サスペンションストロークを制御するために互いに応答性及び出力の異なる第 1 及び第 2 アクチュエータを備える車両用サスペンション制御装置及び車両用サスペンション制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、車両の各輪に電動アクチュエータを備えるアクティブサスペンション装置を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2011-251636 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

車両の姿勢を制御するためには、大きな力が必要となる。サスペンションストロークを

10

20

30

40

50

制御するアクチュエータの応答性と出力は、一般的に相反する関係にある。具体的には、アクチュエータが大きな出力を発生させるためには、アクチュエータが大きくなり、体格の大きなアクチュエータは応答性が低くなる。このため、応答性と出力の両立が難しい。

【0005】

本開示は、上述のような課題に鑑みてなされたものであり、応答性と出力とを両立しつつ車両姿勢制御を行えるようにした車両用サスペンション制御装置及び車両用サスペンション制御方法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】

【0006】

本開示に係る車両用サスペンション制御装置は、第1アクチュエータと、第2アクチュエータと、電子制御ユニットと、を備える。第1アクチュエータは、第1制御対象輪のサスペンションストロークを制御する。第2アクチュエータは、第1制御対象輪又は当該第1制御対象輪と異なる第2制御対象輪のサスペンションストロークを制御し、第1アクチュエータと比べて高い応答性と低い出力を有する。電子制御ユニットは、車両姿勢制御のための要求制御量を算出する算出処理を実行する。また、電子制御ユニットは、第1アクチュエータが出力可能な第1制御量の最大値である第1最大制御量だけでは要求制御量に対する制御量の不足がある場合には、第1最大制御量を第1アクチュエータに指令し、かつ、当該不足を補うための第2制御量を第2アクチュエータに指令する指令処理を実行する。

【0007】

車両姿勢制御は、車両操作入力に対する第1姿勢制御、及び、路面入力に対する第2姿勢制御の少なくとも一方を含んでもよい。そして、要求制御量は、第1姿勢制御のための第1要求制御量、及び、第2姿勢制御のための第2要求制御量の少なくとも一方を含んでもよい。

【0008】

車両姿勢制御は、第1姿勢制御及び第2姿勢制御の双方を含んでもよい。そして、算出処理において、電子制御ユニットは、第1要求制御量と第2要求制御量との和を要求制御量として算出してもよい。

【0009】

第1姿勢制御は、車両のロール制御を含んでもよい。そして、第1要求制御量は、ロール制御のためのロール要求制御量を含んでもよい。

【0010】

第1アクチュエータが適用される第1制御対象輪は、車両の左右前輪及び左右後輪の一方であってもよい。第2アクチュエータは第2制御対象輪に適用され、第2制御対象輪は車両の左右前輪及び左右後輪の他方であってもよい。そして、算出処理において、電子制御ユニットは、車両の全輪の合計のロール要求制御量を要求制御量として算出してもよい。

【0011】

第1姿勢制御は、車両のピッチ制御を含んでもよい。そして、第1要求制御量は、ピッチ制御のためのピッチ要求制御量を含んでもよい。

【0012】

第2姿勢制御は、路面入力に対する車両のばね上構造体の振動を低減する振動制御を含んでもよい。そして、第2要求制御量は、振動制御のための要求制御量を含んでもよい。

【0013】

指令処理において、電子制御ユニットは、第1アクチュエータの第1制御量だけで要求制御量を満たせる場合には、要求制御量のすべてを第1アクチュエータに指令し、かつ、第2アクチュエータへの要求制御量に関する指令は行わなくてもよい。

【0014】

本開示に係る車両用サスペンション制御方法は、第1制御対象輪のサスペンションストロークを制御する第1アクチュエータと、第1制御対象輪又は当該第1制御対象輪と異なる第2制御対象輪のサスペンションストロークを制御し且つ第1アクチュエータと比べて

10

20

30

40

50

高い応答性と低い出力を有する第2アクチュエータと、を備える車両用サスペンションを制御する。この制御方法は、車両姿勢制御のための要求制御量を算出する算出処理と、第1アクチュエータが出力可能な第1制御量の最大値である第1最大制御量だけでは要求制御量に対する制御量の不足がある場合には、第1最大制御量を第1アクチュエータに指令し、かつ、当該不足を補うための第2制御量を第2アクチュエータに指令する指令処理と、を含む。

【発明の効果】

【0015】

本開示に係る車両用サスペンション制御装置、及び車両用サスペンション制御方法によれば、車両姿勢制御のための要求制御量の実現のために応答性及び出力の異なる第1及び第2アクチュエータが組み合わせて用いられる。そして、車両姿勢制御のためのメインのアクチュエータとして出力の高い第1アクチュエータを利用しつつ、要求制御量を実現するための制御量を必要に応じて応答性の高い第2アクチュエータを利用して補うことができる。これにより、応答性と出力との両立を可能としつつ車両姿勢制御を行えるようになる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】実施の形態に係る車両の構成の一例を概略的に示す図である。

【図2】実施の形態に係るサスペンションの構成例を示す概念図である。

【図3】プレビュー制御を説明するための概念図である。

【図4】実施の形態に係る車両姿勢制御に関する処理を示すフローチャートである。

【図5】要求制御量 X 、第1最大制御量 X_{1max} 、及び第2制御量 X_2 の関係を概略的に表したタイムチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付図面を参照して、本開示の実施の形態について説明する。以下に示す実施の形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数に、本開示に係る技術思想が限定されるものではない。

【0018】

1. 車両の構成例

図1は、実施の形態に係る車両1の構成の一例を概略的に示す図である。車両1は、車輪2とサスペンション3を備えている。車輪2は、左前輪2FL、右前輪2FR、左後輪2RL、及び右後輪2RRを含んでいる。それら左前輪2FL、右前輪2FR、左後輪2RL、及び右後輪2RRのそれぞれに対してサスペンション3FL、3FR、3RL、及び3RRが設けられている。以下の説明では、特に区別の必要が無い場合、各車輪を車輪2と呼び、各サスペンションをサスペンション3と呼ぶ。

【0019】

図2は、実施の形態に係るサスペンション3の構成例を示す概念図である。サスペンション3は、車両1のばね下構造体4とばね上構造体5との間を連結するように設けられている。ばね下構造体4は、車輪2を含んでいる。サスペンション3は、スプリング3S及びダンパ（ショックアブソーバ）3Dとともに、第1アクチュエータ3A1及び第2アクチュエータ3A2を含んでいる。スプリング3S、ダンパ3D、並びに、第1及び第2アクチュエータ3A1、3A2は、ばね下構造体4とばね上構造体5との間に並列に設けられている。スプリング3Sのばね定数は K である。ダンパ3Dの減衰係数は C である。第1及び第2アクチュエータ3A1、3A2は、それぞれ、ばね下構造体4とばね上構造体5との間に上下方向の制御力 F_{c1} 及び F_{c2} を作用させることにより、サスペンション3のストロークを制御する。

【0020】

より具体的には、第1及び第2アクチュエータ3A1、3A2を備えることにより、サ

10

20

30

40

50

スペンション 3 は、アクティブサスペンションを構成している。そして、第 1 アクチュエータ 3 A 1 と第 2 アクチュエータ 3 A 2 とは、次のように構成されている。すなわち、第 2 アクチュエータ 3 A 2 は、第 1 アクチュエータと比べて高い応答性と低い出力を有する。このような特性の違いを有する第 1 及び第 2 アクチュエータ 3 A 1、3 A 2 は、例えば次のように構成できる。

【0021】

すなわち、相対的に出力（制御力 $F_c 1$ ）は高いが応答性は低い第 1 アクチュエータ 3 A 1 は、例えば、油圧式のアクティブアクチュエータ（いわゆる、フルアクティブサスペンションを構成するアクチュエータ）である。一方、相対的に応答性は高いが出力（制御力 $F_c 2$ ）は低い第 2 アクチュエータ 3 A 2 は、例えば、電動式のアクティブアクチュエータ（いわゆる、フルアクティブサスペンションを構成するアクチュエータ）である。より詳細には、第 2 アクチュエータ 3 A 2 は、例えば、リニアモータ式のアクティブサスペンション装置（例えば、特開 2019-162909 号公報参照）に含まれるリニアモータに相当する。

【0022】

さらに、車両 1 は、電子制御ユニット（ECU）10 を備えている。ECU 10 は、プロセッサ、記憶装置、及び入出力インターフェースを備えている。入出力インターフェースは、車両 1 に取り付けられたセンサ類 12 からセンサ信号を取り込むとともに、第 1 アクチュエータ 3 A 1 及び第 2 アクチュエータ 3 A 2 に対して操作信号を出力する。記憶装置には、アクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 を制御するための各種の制御プログラムが記憶されている。プロセッサは、制御プログラムを記憶装置から読み出して実行し、これにより、アクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 を利用した「アクティブサスペンション」の制御（後述の車両姿勢制御を含む）が実現される。

【0023】

センサ類 12 は、例えば、車両 1 に作用する横加速度 $L A$ 及び前後加速度 $F A$ をそれぞれ検出する加速度センサ、ばね上構造体 5 の上下加速度を検出するばね上加速度センサ、サスペンションストロークセンサ、並びに、各車輪 2 に設けられた車輪速センサを含む。車輪速センサによれば、車速 V を検出できる。また、センサ類 12 は、例えば、アクセルペダル及びブレーキペダルの踏み込み量をそれぞれ検出するアクセルポジションセンサ及びブレーキポジションセンサ、並びに、車輪 2 の舵角センサを含む。さらに、センサ類 12 は、車両 1 の位置及び方位を検出する位置センサを含む。当該位置センサは、例えば、GNSS（Global Navigation Satellite System）受信機を含んでいる。

【0024】

また、車両 1 は通信装置 14 を備える。ECU 10 は、通信装置 14 を介して車両 1 の外部と通信を行う。

【0025】

2. 車両姿勢制御

車両 1 の姿勢制御である車両姿勢制御は、車両操作入力に対する第 1 姿勢制御、及び、路面入力に対する第 2 姿勢制御の少なくとも一方を含む。本実施形態では、車両姿勢制御として、第 1 姿勢制御及び第 2 姿勢制御が組み合わされて実行される。

【0026】

2-1. 第 1 姿勢制御

車両操作入力に対する第 1 姿勢制御は、車両 1 の操舵に伴う旋回時のロール制御、及び車両 1 の加減速に伴うピッチ制御の少なくとも一方を含む。本実施形態では、第 1 姿勢制御として、ロール制御及びピッチ制御が組み合わされて実行される。

【0027】

ここでいうロール制御とは、車両 1 の操舵に伴う旋回時に生じるロールを打ち消すように、アクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 の制御力 $F_c 1$ 及び $F_c 2$ を制御して逆ロールモーメントを発生させる制御のことである。より詳細には、「ロールを打ち消す」とは、ロール制御なしの場合と比べて発生するロールを抑制したり、発生するロールと逆方向のロー

10

20

30

40

50

ルを発生させたりすることをいう。同様に、ここでいうピッチ制御とは、車両 1 の加減速時に生じるピッチを打ち消すように、アクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 の制御力 F_{c1} 及び F_{c2} を制御して逆ピッチモーメントを発生させる制御のことである。より詳細には、「ピッチを打ち消す」とは、ピッチ制御なしの場合と比べて発生するピッチを抑制したり、発生するピッチと逆方向のピッチを発生させたりすることをいう。

【0028】

2-2. 第2姿勢制御

路面入力に対する第2姿勢制御（換言すると、乗り心地制御）は、路面入力に対するばね上構造体 5 の振動（より詳細には、上下振動）を低減する振動制御を含む。このような振動制御は、車両 1 の乗り心地の改善のために、路面入力に伴うばね上構造体 5 の姿勢（挙動）の変化を抑制する制御ともいうことができる。

【0029】

第2姿勢制御（乗り心地制御）は、例えば、車両前方の路面情報に基づくプレビュー制御である。図 3 は、プレビュー制御を説明するための概念図である。車両前方の路面情報は、例えば、車両 1 が通信装置 1 4 を介してクラウド上の管理サーバから路面データマップとして取得することができる。この路面データマップは、路面の上下方向の変位 Z_r に関連する路面変位関連値をデータ記憶位置（地図上の位置）と関連付けてマップ化したものである。その具体例は、路面変位関連値の一例としてばね下変位 Z_u を用いるばね下変位マップである。なお、路面データマップの生成及び更新は、車両 1 を含む多数の車両から収集した情報に基づいて事前に行われている。なお、車両前方の路面情報は、路面データマップを利用した取得に代え、例えば、車両前方に搭載されたカメラにより撮影される画像を利用して取得されてもよい。

【0030】

プレビュー制御において、ECU 10 は、各車輪 2 の現在位置 P_0 を取得する。車両 1 における車両位置の基準点と各車輪 2 との間の相対位置関係は既知情報である。その相対位置関係と位置情報で示される車両位置に基づいて、各車輪 2 の位置を算出することができる。ここでいう位置情報は、例えば、センサ類 1 2 に含まれる位置センサを用いて取得される。また、位置情報は、デッドレコニングによって取得されてもよい。

【0031】

ECU 10 は、プレビュー時間 t_p 後の車輪 2 の予測通過位置 P_f を算出する。プレビュー時間 t_p は、例えば、サスペンション 3 のアクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 を作動させるまでに必要な計算処理や通信処理に要する時間以上に設定される。プレビュー時間 t_p は、固定であってもよいし、状況に応じて可変であってもよい。プレビュー距離 L_p は、プレビュー時間 t_p と車速 V の積により与えられる。予測通過位置 P_f は、現在位置 P_0 からプレビュー距離 L_p だけ前方の位置である。変形例として、ECU 10 は、車速 V と車輪 2 の舵角に基づいて予想走行ルートを出し、予想走行ルートに基づいて予測通過位置 P_f を算出してもよい。

【0032】

ECU 10 は、予測通過位置 P_f におけるばね下変位 Z_u をばね下変位マップから読み出す。そして、ECU 10 は、予測通過位置 P_f におけるばね下変位 Z_u に基づいて、サスペンション 3 のアクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 の目標制御力 F_{c_t} を算出する。目標制御力 F_{c_t} は、例えば、次のように算出される。この目標制御力 F_{c_t} は、プレビュー制御のために必要とされる制御力 F_c (F_{c1} と F_{c2}) の要求値（すなわち、後述の要求制御量 X_{pv}) に相当する。

【0033】

ばね上構造体 5（図 2 参照）に関する運動方程式は、次の式（1）により表される。

$$m \cdot Z_{s''} = C (Z_{u'} - Z_{s'}) + K (Z_u - Z_s) - F_c \quad \dots (1)$$

【0034】

式（1）において、 m はばね上構造体 5 の質量であり、 Z_s はばね上変位であり、 C はダンパ 3 D の減衰係数であり、 K はスプリング 3 S のばね定数であり、 F_c ($= F_{c1} +$

10

20

30

40

50

$F_c 2$) はアクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 が発生させる上下方向の制御力である。仮に、制御力 F_c によってばね上構造体 5 の振動が完全に打ち消される場合 ($Z_s'' = 0$, $Z_s' = 0$, $Z_s = 0$)、その制御力 F_c は次の式 (2) により表される。

$$F_c = C \cdot Z_u' + K \cdot Z_u \quad \dots (2)$$

【0035】

少なくとも制振効果をもたらす制御力 F_c は、次の式 (3) により表される。

$$F_c = \alpha \cdot C \cdot Z_u' + \beta \cdot K \cdot Z_u \quad \dots (3)$$

【0036】

式 (3) において、ゲイン α は、0 より大きく且つ 1 以下であり、ゲイン β も、0 より大きく且つ 1 以下である。式 (3) 中の微分項を省略した場合、少なくとも制振効果をもたらす制御力 F_c は、次の式 (4) により表される。

$$F_c = \beta \cdot K \cdot Z_u \quad \dots (4)$$

【0037】

ECU10 は、上記式 (3) あるいは式 (4) に従って、目標制御力 F_{c_t} (すなわち、要求制御量 X_{pv}) を算出する。すなわち、ECU10 は、予測通過位置 P_f におけるばね下変位 Z_u を式 (3) あるいは式 (4) に代入して、目標制御力 F_{c_t} (要求制御量 X_{pv}) を算出する。

【0038】

ECU10 は、車輪 2 が予測通過位置 P_f を通過するタイミングで目標制御力 F_{c_t} (要求制御量 X_{pv}) を発生させるようにアクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 を制御する。車輪 2 が予測通過位置 P_f を通過するタイミングはプレビュー時間 t_p から分かる。2 つのアクチュエータ 3 A 1 及び 3 A 2 への要求制御量 X_{pv} を含む要求制御量 X の具体的な指令手法は、図 4 を参照して後述される。

【0039】

以上に説明されたプレビュー制御によれば、車両 1 (ばね上構造体 5) の振動を効果的に抑制することが可能となる。

【0040】

第 2 姿勢制御は、プレビュー制御に代え、あるいはそれとともに、例えば、ばね上変位、ばね上速度、及びばね上加速度の少なくとも 1 つを用いてばね上構造体 5 の振動を低減するためのスカイフック制御則に基づくフィードバック制御 (例えば、特開 2019-135120 号公報参照) であってもよい。

【0041】

2-3. ECU による処理

本実施形態では、応答性と出力とを両立しつつ車両姿勢制御を行えるようにするために、ECU10 は、次のような「算出処理」及び「指令処理」を実行する。すなわち、ECU10 は、車両姿勢制御のための要求制御量 X を算出する算出処理を実行する。そして、ECU10 は、第 1 アクチュエータ 3 A 1 が出力可能な第 1 制御量 X_1 の最大値である第 1 最大制御量 X_{1max} だけでは要求制御量 X に対する制御量の不足がある場合には、第 1 最大制御量 X_{1max} を第 1 アクチュエータ 3 A 1 に指令し、かつ、当該不足を補うための第 2 制御量 X_2 を第 2 アクチュエータ 3 A 2 に指令する指令処理を実行する。

【0042】

一方、第 1 制御量 X_1 だけで要求制御量 X を満たせる場合には、ECU10 は、要求制御量 X のすべてを第 1 制御量 X_1 として第 1 アクチュエータ 3 A 1 に指令し、かつ、第 2 アクチュエータ 3 A 2 への要求制御量 X に関する指令は行わない。

【0043】

図 4 は、実施の形態に係る車両姿勢制御に関する処理を示すフローチャートである。このフローチャートの処理は、車両 1 の走行中に、所定の時間ステップ Δt (図 5 参照) 毎に繰り返し実行される。なお、図 4 では、ステップ S100 の処理が上述の「算出処理」の一例に相当し、ステップ S102 ~ S110 の処理が上述の「指令処理」の一例に相当する。

10

20

30

40

50

【0044】

<ステップS100>

ステップS100において、ECU10は、要求制御量Xを算出する。要求制御量Xは、車両1において行われる車両姿勢制御全体の（トータルの）要求制御量である。具体的には、ステップS100において、ECU10は、第1姿勢制御に含まれるロール制御及びピッチ制御のためのロール要求制御量 X_r 及びピッチ要求制御量 X_p をそれぞれ算出する。また、ECU10は、第2姿勢制御の一例であるプレビュー制御のための要求制御量 X_{pv} を算出する。そして、ECU10は、算出した要求制御量 X_r 、 X_p 、及び X_{pv} の和をトータルの要求制御量Xとして算出する。

【0045】

車両姿勢制御を構成するロール制御、ピッチ制御、及びプレビュー制御の制御則は特に限定されない。また、各要求制御量 X_r 、 X_p 、及び X_{pv} の算出方法も特に限定されず、アクティブサスペンションを構成するサスペンション3への何らかの制御要求であれば良い。そのうえで、各要求制御量 X_r 、 X_p 、及び X_{pv} の算出方法の一例は、下記のように説明される。

【0046】

まず、ロール要求制御量 X_r は、ロール制御のために必要とされる制御力 F_c の要求値に相当する。ピッチ要求制御量 X_p は、ピッチ制御のために必要とされる制御力 F_c の要求値に相当する。なお、制御力 F_c は、第1アクチュエータ3A1の制御力 F_{c1} と第2アクチュエータ3A2の制御力 F_{c2} との和に相当する。また、各車輪2において、サスペンション発生力である制御力 F_c は、ばね上構造体5を上方に持ち上げるように作用する時に正とする。これに伴い、要求制御量X（ X_r 、 X_p 、及び X_{pv} ）も、ばね上構造体5を上方に持ち上げるように作用する時に正となる。したがって、ロール要求制御量 X_r は、旋回外側の車輪2では正となり、旋回内側の車輪2では負となる。同様に、ピッチ要求制御量 X_p は、加速時には、前輪2FL及び2FRでは負となり、後輪2RL及び2RRでは正となり、逆に、減速時には、前輪2FL及び2FRでは正となり、後輪2RL及び2RRでは負となる。

【0047】

一例として、ロール要求制御量 X_r 及びピッチ要求制御量 X_p は、それぞれ、次の式（5）及び（6）により表される。なお、ロール要求制御量 X_r 及びピッチ要求制御量 X_p の和は、本開示に係る「第1要求制御量」の一例に相当する。

$$X_r = LA \times Gr \quad \dots (5)$$

$$X_p = FA \times Gp \quad \dots (6)$$

【0048】

式（5）に示すように、ロール要求制御量 X_r は、横加速度LAと制御ゲインGrとの積により与えられる。式（6）に示すように、ピッチ要求制御量 X_p は、前後加速度FAと制御ゲインGpとの積により与えられる。なお、ロール制御用の制御ゲインGrとピッチ制御用の制御ゲインGpは、同じでもよいし、異なってもよい。

【0049】

ステップS100では、ECU10は、次のサンプル時刻（ $k+1$ ）におけるロール要求制御量 X_r を算出する。ロール要求制御量 X_r は、例えば、今回のサンプル時刻（ k ）にて取得される横加速度LAに制御ゲインGr（比例係数）を乗じることによって算出される。このため、横加速度LAの絶対値が大きくなるにつれ、ロール要求制御量 X_r の絶対値も大きくなる。制御ゲインGrは、例えば事前に決定された固定値である。ただし、制御ゲインGrは、車両姿勢制御に関連するパラメータに応じて可変であってもよい。横加速度LAは、例えば横加速度センサを用いて取得できる。また、横加速度LAは、例えば、車速V及び舵角等の情報に基づいて推定されてもよい。

【0050】

また、ECU10は、次のサンプル時刻（ $k+1$ ）におけるピッチ要求制御量 X_p を算出する。同様に、ピッチ要求制御量 X_p は、例えば、今回のサンプル時刻（ k ）にて取

10

20

30

40

50

得される前後加速度 F_A に制御ゲイン G_p （比例係数）を乗じることによって算出される。このため、前後加速度 F_A の絶対値が大きくなるにつれ、ピッチ要求制御量 X_p の絶対値も大きくなる。制御ゲイン G_p は、例えば事前に決定された固定値である。ただし、制御ゲイン G_p は、車両姿勢制御に関連するパラメータに応じて可変であってもよい。前後加速度 F_A は、例えば前後加速度センサを用いて取得できる。また、前後加速度 F_A は、例えば、車両前後力の要求情報（例えば、要求エンジントルク、又は要求制動力）に基づいて推定されてもよい。

【0051】

また、第2姿勢制御の例であるプレビュー制御のための要求制御量 X_{pv} （目標制御力 F_{c_t} ）の算出手法の一例は、図3を参照して上述した通りである。なお、要求制御量 X_{pv} は、本開示に係る「第2要求制御量」の一例に相当する。また、要求制御量 X_{pv} とともに、スカイフック制御則に基づくフィードバック制御のための要求制御量が算出される例では、これらの要求制御量の和が「第2要求制御量」の他の一例に相当する。

【0052】

ステップS100では、ECU10は、車輪2毎に、上述のように算出される3つの要求制御量 X_r 、 X_p 、及び X_{pv} の和（すなわち、第1要求制御量と第2要求制御量との和）を要求制御量 X として算出する。

【0053】

<ステップS102>

次に、ステップS102において、ECU10は、第1アクチュエータ3A1で出力可能な第1最大制御量 X_{1max} を算出する。より詳細には、第1最大制御量 X_{1max} は、第1制御量 X_1 が時間の経過とともに変化している時を含めて第1アクチュエータ3A1が出力可能な最大の第1制御量 X_1 に相当する。ステップS102では、ECU10は、次のサンプル時刻（ $k+1$ ）において出力可能な第1最大制御量 X_{1max} を算出する。

【0054】

ここで、第1アクチュエータ3A1で出力可能な制御力 F_{c1} の最大変化速度 V_{1max} 及び最大値 F_{1max} （図5参照）は、基本的には第1アクチュエータ3A1のスペックによって定まっている。このため、最大変化速度 V_{1max} 及び最大値 F_{1max} は事前に把握できる。ECU10の記憶装置は、最大変化速度 V_{1max} 及び最大値 F_{1max} 等の第1アクチュエータ3A1の基本的な動作特性に関する情報を記憶している。より詳細には、最大変化速度 V_{1max} は、単位時間（時間ステップ Δt ）当たりの最大変化量 ΔF_{1max} （図5参照）に相当する。

【0055】

図5は、要求制御量 X 、第1最大制御量 X_{1max} 、及び第2制御量 X_2 の関係を概略的に表したタイムチャートである。図5では、車両1の操舵に伴う旋回時が例示されているが、説明の簡素化のために、ロール要求制御量 X_r 以外のピッチ要求制御量 X_p 及び要求制御量 X_{pv} はゼロであるものとする。したがって、この例では、要求制御量 X_r が要求制御量 X と等しい。また、図5に表された関係は、旋回時に旋回外側となる車輪2におけるものである。旋回時に旋回内側となる車輪2における関係では、要求制御量 X 及び第1最大制御量 X_{1max} の符号は、図5に示す関係における符号と逆となる。

【0056】

図5に示す例では、サンプル時刻（ $k=0$ ）での操舵開始に伴い、時間経過とともに、横加速度 L_A が増加し、それに伴って要求制御量 X が増加している。また、この例では、その後に車速 V 及び横加速度 L_A が一定の定常円旋回状態となり、時間の経過に対して要求制御量 X が一定となっている。より詳細には、図5には、旋回時に発生する横加速度 L_A が異なる2通りの旋回時における要求制御量 X （実線及び破線）が表されている。

【0057】

各サンプル時刻 k での第1アクチュエータ3A1の第1最大制御量 X_{1max} は、例えば、上述の最大変化速度 V_{1max} 及び最大値 F_{1max} に基づいて算出できる。具体的

10

20

30

40

50

には、図5に示すように、まず、サンプル時刻 ($k = 0$) での第1最大制御量 X_{1max} はゼロである。次のサンプル時刻 ($k = 1$) での第1最大制御量 X_{1max} は、記憶装置に記憶されている最大変化速度 V_{1max} と時間ステップ Δt との積である最大変化量 ΔF_{1max} として算出される。次のサンプル時刻 ($k = 2$) 以降であって第1最大制御量 X_{1max} が最大値 F_{1max} に達するまでの期間中の各サンプル時刻 k の第1最大制御量 X_{1max} は、前回値に対して最大変化量 ΔF_{1max} を加算することによって算出される。第1最大制御量 X_{1max} が最大値 F_{1max} に達した後の第1最大制御量 X_{1max} は、最大値 F_{1max} として算出される。付け加えると、このように算出される第1最大制御量 X_{1max} を実線の要求制御量 X と比較したとき、第1最大制御量 X_{1max} の時間波形は、要求制御量 X の波形を最大変化速度 V_{1max} によってレート制限し、かつ、最大値 F_{1max} によって上限制限することによって得られる時間波形に相当する。

10

【0058】

また、図5に示す例では、要求制御量 X は、時間の経過に対して一定で推移した後、ゼロに向けて減少している。このように変化する要求制御量 X の実現のために、第1制御量 X_1 も時間の経過とともに減少させる必要がある。第1制御量 X_1 が減少する際の最大変化速度（すなわち、第1最大制御量 X_{1max} の時間波形の傾き）は V_{1max} （負の値）である。したがって、例えばサンプル時刻 ($k = m$) から第1制御量 X_1 を減少させる場合、各サンプル時刻 k の第1最大制御量 X_{1max} は、要求制御量 X が増加している時と同様に、前回値に対して負の最大変化量 ΔF_{1max} だけ減算することによって算出できる。

20

【0059】

付け加えると、第1最大制御量 X_{1max} の算出のために記憶装置に格納されている第1アクチュエータ3A1の基本的な動作特性に関する情報は、無駄時間特性及び一次遅れ特性等の動特性に関する情報を含んでいてもよい。そして、第1最大制御量 X_{1max} は、例えば、無駄時間特性及び一次遅れ特性の一方又は双方を考慮して算出されてもよい。

【0060】

<ステップS104>

次に、ステップS104において、ECU10は、第1アクチュエータ3A1が出力可能な第1最大制御量 X_{1max} だけでは要求制御量 X に対する制御量の不足があるか否かを判定する。この判定は、例えば、差分 ΔX_1 がゼロでないか否かに基づいて行うことができる。差分 ΔX_1 は、ステップS100にて算出した要求制御量 X からステップS102にて算出した第1最大制御量 X_{1max} を引くことにより得られる値 ($= X - X_{1max}$) である。

30

【0061】

具体的には、図5に例示されるように要求制御量 X が時間の経過とともに増加している場合には、要求制御量 X が第1最大制御量 X_{1max} よりも大きいため、上記の差分 ΔX_1 は正となる。また、同図に例示されるように、一定で推移する要求制御量 X が第1最大制御量 X_{1max} （最大値 F_{1max} ）よりも大きい場合にも、差分 ΔX_1 は正となる。これらのように、差分 ΔX_1 が正となることは、第1最大制御量 X_{1max} だけでは制御量が不足することを意味する。

40

【0062】

さらに、ステップS104において判定される「制御量の不足」は、図5中にハッチングを付して示される領域のように、差分 ΔX_1 が負となる時にも生じる。このハッチング領域は、例えば車両1の運転者による急なステアリングホイールの戻し動作を受けて減少する際の要求制御量 X の傾き（実線）が第1最大制御量 X_{1max} の傾きより大きくなることに起因して生じる。このハッチング領域では、各サンプル時刻 k における第1最大制御量 X_{1max} が要求制御量 X よりも大きくなる。すなわち、差分 ΔX_1 は負となる。

【0063】

<ステップS106>

ステップS104の判定結果がNoである場合（すなわち、制御量の不足がない場合）

50

には、処理はステップ S 1 0 6 に進む。例えば要求制御量 X が図 5 中に破線で表されるものであると、この判定結果が No となる。ステップ S 1 0 6 では、ECU 1 0 は、ステップ S 1 0 0 にて算出した要求制御量 X に等しい第 1 制御量 X_1 を第 1 アクチュエータ 3 A 1 に指令する。その結果、第 1 アクチュエータ 3 A 1 は、指令された要求制御量 X に応じた制御力 F_{c1} を発生させるように制御される。

【0064】

<ステップ S 1 0 8>

一方、ステップ S 1 0 4 の判定結果が Yes である場合（すなわち、制御量の不足がある場合）には、処理はステップ S 1 0 8 に進む。例えば要求制御量 X が図 5 中に実線で表されるものであると、この判定結果が Yes となる。

【0065】

ステップ S 1 0 8 では、ECU 1 0 は、第 2 アクチュエータ 3 A 2 の制御量である第 2 制御量 X_2 を算出する。より詳細には、ECU 1 0 は、次のサンプル時刻（ $k+1$ ）における第 2 制御量 X_2 を算出する。第 2 制御量 X_2 は、「制御量の不足」を補うために必要な値として算出される。

【0066】

具体的には、第 2 制御量 X_2 は、ステップ S 1 0 0 にて算出された要求制御量 X からステップ S 1 0 2 にて算出した第 1 最大制御量 X_{1max} を引くことにより得られる値、すなわち、差分 ΔX_1 である。その理由は、図 5 に例示されるように、差分 ΔX_1 が正である場合には、要求制御量 X のうちで第 1 最大制御量 X_{1max} だけでは不足する分（差分 ΔX_1 ）だけ第 2 アクチュエータ 3 A 2 の制御力 F_{c2} を高めることが必要となるためである。一方、差分 ΔX_1 が負となる場合には、第 1 最大制御量 X_{1max} のみでは負の差分 ΔX_1 だけ制御量が不足することになる。このため、負の差分 ΔX_1 だけ減少するように第 2 アクチュエータ 3 A 2 の制御力 F_{c2} を制御することが必要となる。

【0067】

<ステップ S 1 1 0>

ステップ S 1 0 8 に続くステップ S 1 1 0 では、ECU 1 0 は、ステップ S 1 0 2 にて算出した第 1 最大制御量 X_{1max} を第 1 制御量 X_1 として第 1 アクチュエータ 3 A 1 に指令するとともに、ステップ S 1 0 8 にて算出した第 2 制御量 X_2 を第 2 アクチュエータ 3 A 2 に指令する。その結果、第 1 アクチュエータ 3 A 1 は、指令された第 1 最大制御量 X_{1max} に応じた制御力 F_{c1} を発生させるように制御される。また、第 2 アクチュエータ 3 A 2 は、指令された第 2 制御量 X_2 に応じた制御力 F_{c2} を発生させるように制御される。

【0068】

付け加えると、図 5 に示す例において、サンプル時刻（ $k=m$ ）から減少し始める要求制御量 X の傾きが第 1 最大制御量 X_{1max} の傾きと同じ（一点鎖線）であるか小さい場合には、要求制御量 X が第 1 最大制御量 X_{1max} より大きい期間中はサンプル時刻（ $k=m$ ）から第 2 制御量 X_2 を時間経過とともにゼロにまで減らすことにより、その後第 1 制御量 X_1 のみで要求制御量 X を満たすことが可能である。

【0069】

3. 効果

車両の姿勢を制御するためには、大きな力が必要となる。しかしながら、一般的に、アクティブサスペンションのアクチュエータの応答性と出力は、相反する関係にあり、両立させることが難しい。より詳細には、一般的には、応答性を重視した場合、アクチュエータの出力は小さくなる。その結果、車両操作入力に対する第 1 姿勢制御（すなわち、操舵に対するロール制御、及び、加減速に対するピッチ制御）を満足に行うことが難しくなる。このことは、路面入力に対する第 2 姿勢制御（乗り心地制御）についても同様であり、大きな路面振幅に対して乗り心地制御を満足に行うことも難しくなる。一方、出力を重視した場合、第 1 姿勢制御（ロール及びピッチ制御）において要求制御量 X_r 及び X_p が過渡的に変化する時に、これらの制御の応答性を満足に確保することが難しくなる。同様に

10

20

30

40

50

、急な路面変化に対して乗り心地制御の応答性を満足に確保することが難しくなる。

【0070】

これに対し、本実施形態によれば、第1姿勢制御及び第2姿勢制御のための複数の要求制御量 X_r 、 X_p 、及び X_{pv} の組み合わせである要求制御量 X が、アクティブサスペンションであるサスペンション3の2つのアクチュエータ3A1及び3A2に分配される。このように、要求制御量 X の実現のために応答性及び出力の異なる第1及び第2アクチュエータ3A1、3A2が組み合わせて用いられる。より詳細には、指令処理において、第1アクチュエータ3A1が出力可能な第1最大制御量 X_{1max} だけでは要求制御量 X に対する制御量の不足がある場合には、第1最大制御量 X_{1max} が第1アクチュエータ3A1に指令され、かつ、上記不足を補うための第2制御量 X_2 が第2アクチュエータ3A2に指令される。

10

【0071】

これにより、車両姿勢制御（すなわち、第1姿勢制御及び第2姿勢制御）のためのメインのアクチュエータとして出力の高い第1アクチュエータ3A1を利用しつつ、要求制御量 X を実現するための制御量を必要に応じて応答性の高い第2アクチュエータ3A2を利用して補うことができる。これにより、応答性と出力との両立を可能としつつ、車両姿勢制御を行えるようになる。

【0072】

付け加えると、特に、応答性の高い第2アクチュエータ3A2をサブのアクチュエータとして利用することにより、要求制御量 X が過渡的に変化する時（増加又は減少する時）に、第1アクチュエータ3A1の応答遅れを補うことができる。これにより、過渡時に、2つのアクチュエータ3A1及び3A2の合計の制御量を要求制御量 X に好適に近づけることができる。また、2種類のアクチュエータ3A1及び3A2を使用することにより、アクチュエータ3A1及び3A2のそれぞれが出力可能な最大制御量を必要に応じて利用可能となる。その結果、アクチュエータ3A1及び3A2の一方のみの使用では満たせない大きさの要求制御量 X を、応答性と出力とを両立しつつ車両姿勢制御において実現できるようになる。このため、車両1の快適性が向上する。具体的には、変化率及び絶対量の少なくとも一方の大きな操舵及び加減速の少なくとも一方に対する第1姿勢制御の性能が向上する。また、大きく速い路面入力に対する第2姿勢制御（乗り心地制御）の性能が向上する。その結果、フィードフォワード制御（例えば、プレビュー制御）に適用された際に、ばね上構造体5の振動を効率良く抑制できる。また、フィードバック制御（例えば、スカイフック制御）に基づくフィードバック制御に適用された際に、フィードバック制御量が減るため、アクチュエータによるエネルギー消費、及びアクチュエータの発熱を減らすこともできる。

20

30

【0073】

4. 車両姿勢制御の補足説明

本開示に係る「車両姿勢制御」の実施に関し、下記のように補足説明を行う。

【0074】

4-1. 車両姿勢制御の具体例

図4を参照して説明した例に代え、車両操作入力に対する第1姿勢制御と路面入力に対する第2姿勢制御の何れか一方のみが車両姿勢制御として実行されてもよい。具体例には、例えば、第1姿勢制御に含まれるロール制御及びピッチ制御の少なくとも一方のみが実行されてもよい。また、プレビュー制御等の路面入力に対する第2姿勢制御のみが実行されてもよい。

40

【0075】

4-2. アクティブスタビライザ装置の利用（第1アクチュエータ）

図1及び図2に示す例における第1アクチュエータ3A1は、4つの車輪2のそれぞれに対して配置されている。第1アクチュエータ3A1に代え、本開示に係る「第1アクチュエータ」は、例えば、アクティブスタビライザ装置（例えば、特開2013-001225号公報参照）のアクチュエータ（例えば、電動モータ）であってもよい。以下、この

50

アクチュエータを、便宜上「第1アクチュエータ3A1'」と称する。

【0076】

このようなアクティブスタビライザ装置では、1つの第1アクチュエータ3A1'が左右前輪2FL及び2FRに対応するサスペンション3FL及び3FRにおいて共有される。同様に、1つの第1アクチュエータ3A1'が左右後輪2RL及び2RRに対応するサスペンション3RL及び3RRにおいて共有される。これらの第1アクチュエータ3A1'は、左右前輪2FL及び2FRに対し、又は左右後輪2RL及び2RRに対し、逆相の制御力 F_{c1} （モーメント）を発生させる。

【0077】

第1アクチュエータ3A1'は、第2アクチュエータ3A2（例えば、リニアモータ）と組み合わせて、次のようにロール制御に用いることができる。

【0078】

具体的には、ここでいうロール制御は、例えば左右前輪2FL及び2FRと左右後輪2RL及び2RRのそれぞれを対象として、次のように実行されてもよい。すなわち、ECU10は、まず、4つの車輪（全輪）2の合計のロール要求制御量 X_{rt} を算出する。このロール要求制御量 X_{rt} は、一例として、車体重心におけるロールモーメントの要求値であって、横加速度 L_A と所定の制御ゲインとの積によって表される。

【0079】

次いで、ECU10は、所定の演算式に従って、合計のロール要求制御量 X_{rt} を、左右前輪2FL及び2FRのロール要求制御量 X_{rtf} と、左右後輪2RL及び2RRのロール要求制御量 $X_{rt r}$ とに変換する。

【0080】

次いで、ECU10は、左右前輪2FL及び2FRの第1アクチュエータ3A1'の第1最大制御量 X_{1max} を算出する。そして、ECU10は、算出した第1最大制御量 X_{1max} だけではロール要求制御量 X_{rtf} に対する制御量の不足があるか否かを判定する。その結果、制御量の不足がない場合には、ECU10は、ロール要求制御量 X_{rtf} と等しい第1制御量 X_1 を第1アクチュエータ3A1'に指令する。一方、制御量の不足がある場合には、ECU10は、第1最大制御量 X_1 を第1アクチュエータ3A1'に指令し、不足分（ $=X_{rtf}-X_{1max}$ ）を左右前輪2FL及び2FRの第2アクチュエータ3A2に指令する。また、ECU10は、左右後輪2RL及び2RRに対しても、同様の処理を実行する。

【0081】

なお、第1アクチュエータ3A1'と第2アクチュエータ3A2との組み合わせは、ロール制御だけでなく、例えば、ロール制御と第2姿勢制御（例えば、プレビュー制御）との組み合わせに対して用いられてもよい。

【0082】

4-3. 制御対象輪（サスペンションストロークの制御対象となる車輪）の具体例

図1及び図2に示す例のように、本開示に係る「第1アクチュエータ」の制御対象輪は、「第2アクチュエータ」の制御対象輪と同一であってもよい（すなわち、これらの双方の制御対象輪が本開示に係る「第1制御対象輪」に相当していてもよい）。ただし、「第1アクチュエータ」及び「第2アクチュエータ」の制御対象輪が同一である場合、制御対象輪は、車両の全輪に限られず、例えば、左右前輪のみ、又は左右後輪のみであってもよい。

【0083】

また、「第1アクチュエータ」の制御対象輪は、「第2アクチュエータ」の制御対象輪とは異なってもよい。例えば、「第1アクチュエータ」の制御対象輪（第1制御対象輪）が左右後輪であって、「第2アクチュエータ」の制御対象輪（第2制御対象輪）が左右前輪であってもよい。また、これとは逆に、「第1アクチュエータ」の制御対象輪（第1制御対象輪）が左右前輪であって、「第2アクチュエータ」の制御対象輪（第2制御対象輪）が左右後輪であってもよい。

【0084】

4-4. 車両の前後で応答性が異なる場合

例えば、上述のように左右前輪及び左右後輪の一方に「第1アクチュエータ」が適用され、その他方に「第2アクチュエータ」が適用される例では、車両の前後でアクチュエータの応答性が異なるものとなる。

【0085】

このように車両の前後でアクチュエータの応答性が異なる場合、ロール制御は、例えば次のように実行されてもよい。すなわち、上記の項目4-2.において説明されたように、ECU10は、まず、4つの車輪（全輪）2の合計のロール要求制御量 X_{rt} を要求制御量 X として算出する。

【0086】

次いで、ECU10は、第1アクチュエータの第1最大制御量 X_{1max} を算出する。この場合の第1アクチュエータの例としては、左右前輪（又は左右後輪）のそれぞれに適用された第1アクチュエータ3A1、又は、左右前輪（又は左右後輪）に共有で適用された1つの第1アクチュエータ3A1'が相当する。

【0087】

次いで、ECU10は、算出した第1最大制御量 X_{1max} だけでは合計のロール要求制御量 X_{rt} に対する制御量の不足があるか否かを判定する。その結果、制御量の不足がない場合には、ECU10は、ロール要求制御量 X_{rt} と等しい第1制御量 X_1 を第1アクチュエータに指令する。一方、制御量の不足がある場合には、ECU10は、第1最大制御量 X_1 を第1アクチュエータに指令し、不足分（ $=X_{rt}-X_{1max}$ ）を第2アクチュエータ（例えば、第2アクチュエータ3A2）に指令する。

【0088】

付け加えると、車両の前後でアクチュエータの応答性が異なる場合、第1アクチュエータの出力と第2アクチュエータの出力との間に位相差が生じ得る。このような位相差に関連して次のような対策が行われてもよい。

【0089】

まず、第1アクチュエータと第2アクチュエータとを比較したとき、周波数応答特性の差は小さく、単にストローク速度に差があるといえる場合であれば、位相差は無視できる。このような場合には、実行される車両姿勢制御の種類によらず、ECU10は、既に説明された原則に従い、メインのアクチュエータとして出力の高い第1アクチュエータを利用しつつ、制御量の不足がある場合には不足分を応答性の高い第2アクチュエータを利用して補えばよい。

【0090】

また、第2姿勢制御の一例であるプレビュー制御を行う例では、第1及び第2アクチュエータの周波数応答及びシステム無駄時間の少なくとも一方を考慮して、次のような対策が行われてもよい。すなわち、ECU10は、プレビュー制御における上述のプレビュー時間（先読み時間） t_p を、応答性の低い方の第1アクチュエータの応答特性に合わせて決定する。そして、この例においても、ECU10は、既に説明された原則に従い、出力の高い第1アクチュエータが、要求制御量 X_{pv} を満たすために必要な第1制御量 X_1 を可能な限り多く発生させる。また、制御量の不足がある場合において応答性の高い第2アクチュエータが不足分の第2制御量 X_2 を発生させる際に、ECU10は、第2アクチュエータへの第2制御量 X_2 の指令のタイミングを、第2アクチュエータと第1アクチュエータとの応答時間差だけ遅らせる。

【0091】

さらに、第2姿勢制御として、プレビュー制御とともに上述のスカイフック制御則に基づくフィードバック制御を行う例では、次のような対策が行われてもよい。すなわち、フィードフォワード制御に相当するプレビュー制御と比べて、フィードバック制御は高い応答性を確保することが重要である。そこで、ECU10は、当該フィードバック制御の要求制御量については応答性の高い第2アクチュエータで実現するように第2アクチュエー

10

20

30

40

50

タに指令を行い、プレビュー制御の要求制御量 X_{pv} については上述の原則に従う手法で実現するように第 1 及び第 2 アクチュエータに指令を行ってもよい。

【符号の説明】

【 0 0 9 2 】

1 車両

2 車輪

3 サスペンション

3 A 1 第 1 アクチュエータ（高出力かつ低応答）

3 A 2 第 2 アクチュエータ（高応答かつ低出力）

5 ばね上構造体

1 0 電子制御ユニット（ E C U ）

1 2 センサ類

1 4 通信装置

10

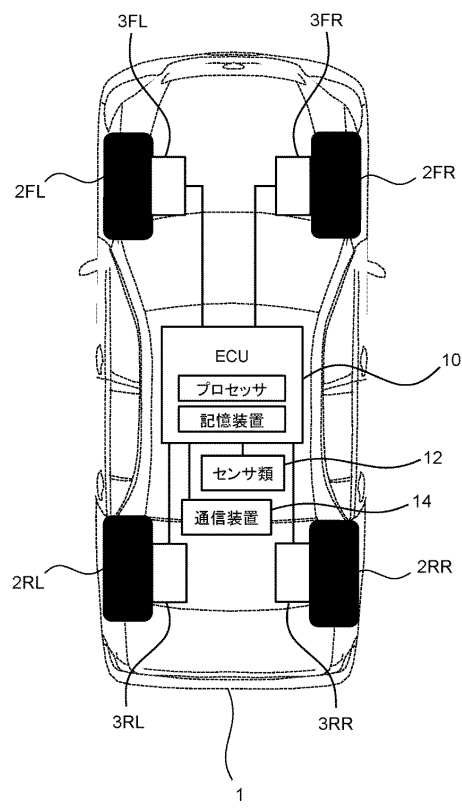
20

30

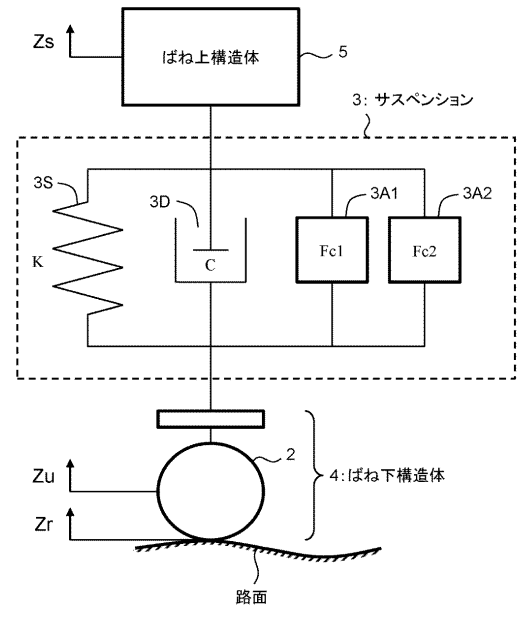
40

50

【図面】
【図 1】



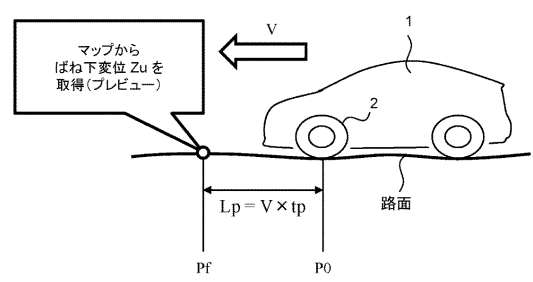
【図 2】



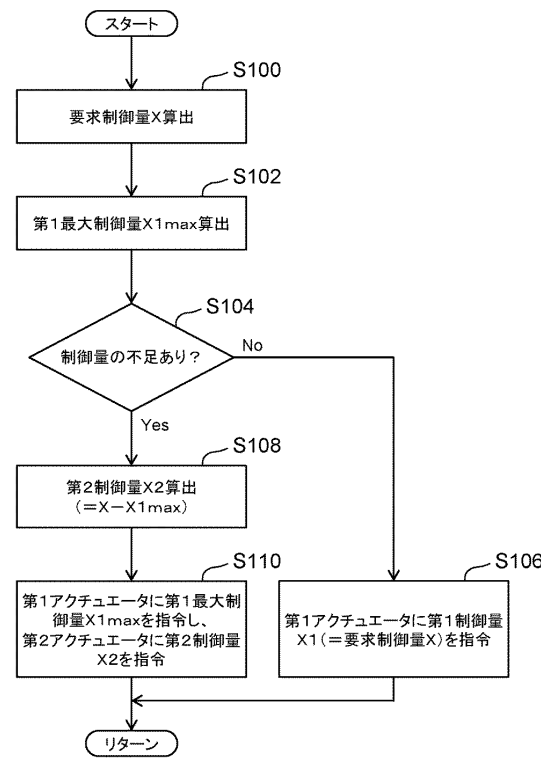
10

20

【図 3】



【図 4】

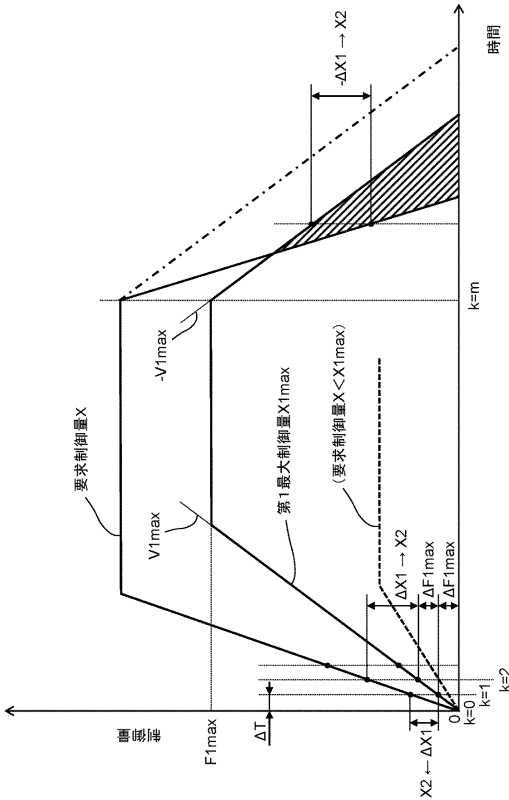


30

40

50

【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2012-066682 (JP, A)
特開 2005-119563 (JP, A)
特開 2006-117210 (JP, A)
米国特許出願公開第 2019/0023095 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60G 1/00 - 99/00