

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5842935号
(P5842935)

(45) 発行日 平成28年1月13日(2016. 1. 13)

(24) 登録日 平成27年11月27日(2015. 11. 27)

(51) Int.Cl. F 1
B 6 O G 17/015 (2006.01) B 6 O G 17/015 A

請求項の数 7 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2013-555269 (P2013-555269)	(73) 特許権者	000003997
(86) (22) 出願日	平成25年1月22日(2013. 1. 22)		日産自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/051182		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(87) 国際公開番号	W02013/111742	(74) 代理人	100119644
(87) 国際公開日	平成25年8月1日(2013. 8. 1)		弁理士 綾田 正道
審査請求日	平成26年3月25日(2014. 3. 25)	(72) 発明者	菊池 宏信
(31) 優先権主張番号	特願2012-12597 (P2012-12597)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(32) 優先日	平成24年1月25日(2012. 1. 25)		日産自動車株式会社
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		内
		(72) 発明者	平山 勝彦
			神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
			日産自動車株式会社
			内
		審査官	平野 貴也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の制御装置および車両の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ショックアブソーバのストローク速度を検出するストローク速度検出手段と、
 前記ストローク速度検出手段により検出されたストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量として求める周波数スカラー量演算手段と、

乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域である0.5~3Hzに相当する周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率を求める比率演算手段と、

前記比率演算手段により求められた前記比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とするアクチュエータの制御量を演算する制御量演算手段と

前記比率演算手段により求められた前記比率の変化速度が高いほど、前記制御量演算手段において演算した前記制御量の変化速度を抑制するように補正し、補正した前記制御量を前記ショックアブソーバに対して出力する姿勢制御手段と、
 を備えたことを特徴とする車両の制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の車両の制御装置において、

前記制御量演算手段は、前記乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域に相当する周波数帯の乗員への振動伝達特性に基づいて前記制御量を演算することを特徴とする車両の制御装置。

【請求項3】

請求項 2 に記載の車両の制御装置において、

前記制御量演算手段は、前記乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域に相当する前記周波数スカラー量に第一ゲインを乗算し、前記乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域よりも高周波数側の周波数帯の前記周波数スカラー量に前記第一ゲインよりも大きな第二ゲインを乗算して前記比率を演算することを特徴とする車両の制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 いずれか一つに記載の車両の制御装置において、

前記制御量演算手段は、前記比率に前記乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域に相当する周波数帯に対応した周波数フィルタを施すことを特徴とする車両の制御装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 いずれか一つに記載の車両の制御装置において、

前記ストローク速度検出手段は、車輪速の変化に基づいてストローク速度を推定することを特徴とする車両の制御装置。

【請求項 6】

ショックアブソーバのストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量としたとき、乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域である $0.5 \sim 3\text{Hz}$ に相当する周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とするアクチュエータの制御量を演算し、前記比率の変化速度が高いほど前記制御量の変化速度を抑制するコントローラと、

20

前記制御量に応じた制御力を発生するアクチュエータと、
を備える車両の制御装置。

【請求項 7】

コントローラが、

ストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量としたとき、乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域である $0.5 \sim 3\text{Hz}$ に相当する周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とするアクチュエータの制御量を演算し、

前記比率の変化速度が高いほど前記制御量の変化速度を抑制するように演算し、

30

前記制御量をアクチュエータの制御力で制御することを特徴とする車両の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の状態を制御する車両の制御装置および車両の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

車両の制御装置に関する技術として、特許文献 1 に記載の技術が開示されている。この公報には、減衰力を変更可能なサスペンション制御装置を用いて車体姿勢を制御する技術が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 7 - 117435 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、路面側から高周波振動が入力された場合に、スカイック制御のようにストローク速度とばね上速度の符号の関係（位相等）が重要となるベクトル制御では僅かな位相ずれによって適正な制御が困難となる場合があり、乗員に違和感を与えるおそれが

50

あった。

【0005】

本発明は、上記問題に着目してなされたもので、乗員への違和感を低減しつつ、車体姿勢を制御可能な車両の制御装置および車両の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】

上記目的を達成するため、本発明の車両の制御装置では、ショックアブソーバのストローク速度を検出するストローク速度検出手段と、前記ストローク速度検出手段により検出されたストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量として求める周波数スカラー量演算手段と、乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域である0.5~3Hzに相当する周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率を求める比率演算手段と、前記比率演算手段により求められた前記比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とするアクチュエータの制御量を演算する制御量演算手段と、前記比率演算手段により求められた前記比率の変化速度が高いほど、前記制御量演算手段において演算した前記制御量の変化速度を抑制するように補正し、補正した前記制御量を前記ショックアブソーバに対して出力する姿勢制御手段と、を備えた。

【発明の効果】

【0007】

すなわち、路面の状況を表すストローク速度の周波数スカラー量の比率に応じてアクチュエータ制御量を設定することで、高周波振動が入力された場合であっても、スカイフック制御のようなベクトル制御に伴う位相ずれを起こす懸念が無く、滑らかな乗り心地が得られるため、乗員への違和感を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施例1の車両の制御装置を表すシステム概略図である。

【図2】実施例1の車両の制御装置の制御構成を表す制御ブロック図である。

【図3】実施例1のロールレイト抑制制御の構成を表す制御ブロック図である。

【図4】実施例1のロールレイト抑制制御の包絡波形形成処理を表すタイムチャートである。

【図5】実施例1の走行状態推定部の構成を表す制御ブロック図である。

【図6】実施例1のストローク速度演算部における制御内容を表す制御ブロック図である。

【図7】実施例1の基準車輪速演算部の構成を表すブロック図である。

【図8】車体振動モデルを表す概略図である。

【図9】実施例1のピッチ制御を行う際の各アクチュエータ制御量算出処理を表す制御ブロック図である。

【図10】実施例1のブレーキピッチ制御を表す制御ブロック図である。

【図11】車輪速センサにより検出された車輪速周波数特性と、実施例では搭載していないストロークセンサのストローク周波数特性とを同時に書き表した図である。

【図12】実施例1のばね上制振制御における周波数感応制御を表す制御ブロック図である。

【図13】各周波数領域における人間感覚特性を表す相関図である。

【図14】実施例1の周波数感応制御によるフワ領域の振動混入比率と減衰力との関係を表す特性図である。

【図15】実施例1の周波数感応制御によるフワ領域の振動混入比率の変化速度と減衰力制御量の変化速度との関係を表す図である。

【図16】フワ領域の振動混入比率の変化速度に応じて減衰力制御量の変化速度を設定したときのタイムチャートである。

【図17】ある走行条件において車輪速センサにより検出された車輪速周波数特性を表した図である。

10

20

30

40

50

【図 18】実施例 1 のばね下制振制御の制御構成を表すブロック図である。

【図 19】実施例 1 の減衰力制御部の制御構成を表す制御ブロック図である。

【図 20】実施例 1 のスタンダードモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

【図 21】実施例 1 のスポーツモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

【図 22】実施例 1 のコンフォートモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

【図 23】実施例 1 のハイウェイモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

10

【図 24】うねり路面及び凹凸路面を走行する際の減衰係数変化を表すタイムチャートである。

【図 25】実施例 1 の減衰係数調停部において走行状態に基づくモード選択処理を表すフローチャートである。

【符号の説明】

【0009】

1 エンジン

1 a エンジンコントローラ (エンジン制御部)

2 ブレーキコントロールユニット

2 a ブレーキコントローラ (ブレーキ制御部)

20

3 S/A (減衰力可変ショックアブソーバ)

3 a S/A コントローラ

5 車輪速センサ

6 一体型センサ

7 舵角センサ

8 車速センサ

20 ブレーキ

31 ドライバ入力制御部

32 走行状態推定部

33 ばね上制振制御部

30

33 a スカيفック制御部

33 b 周波数感応制御部

34 ばね下制振制御部

35 減衰力制御部

331 第1目標姿勢制御量演算部

332 エンジン姿勢制御量演算部

333 第2目標姿勢制御量演算部

334 ブレーキ姿勢制御量演算部

335 第3目標姿勢制御量演算部

336 ショックアブソーバ姿勢制御量演算部

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

[実施例 1]

図 1 は実施例 1 の車両の制御装置を表すシステム概略図である。車両には、動力源であるエンジン 1 と、各輪に摩擦力による制動トルクを発生させるブレーキ 20 (以下、個別の輪に対応するブレーキを表示するときには右前輪ブレーキ: 20FR、左前輪ブレーキ: 20FL、右後輪ブレーキ: 20RR、左後輪ブレーキ: 20RL と記載する。) と、各輪と車体との間に設けられ減衰力を可変に制御可能なショックアブソーバ 3 (以下、S/A と記載する。個別の輪に対応する S/A を表示するときには右前輪 S/A: 3FR、左前輪 S/A: 3FL、右後輪 S/A: 3RR、左後輪 S/A: 3RL と記載する。) と

50

、を有する。

【 0 0 1 1 】

エンジン 1 は、エンジン 1 から出力されるトルクを制御するエンジンコントローラ（以下、エンジン制御部とも言う。動力源制御手段に相当。）1 a を有し、エンジンコントローラ 1 a は、エンジン 1 のスロットルバルブ開度や、燃料噴射量、点火タイミング等を制御することで、所望のエンジン運転状態（エンジン回転数やエンジン出力トルク）を制御する。

【 0 0 1 2 】

また、ブレーキ 2 0 は、各輪のブレーキ液圧を走行状態に応じて制御可能なブレーキコントロールユニット 2 から供給される液圧に基づいて制動トルクを発生する。ブレーキコントロールユニット 2 は、ブレーキ 2 0 の発生する制動トルクを制御するブレーキコントローラ（以下、ブレーキ制御部とも言う。ブレーキ制御手段に相当。）2 a を有し、運転者のブレーキペダル操作によって発生するマスタシリンダ圧、もしくは内蔵されたモータ駆動ポンプにより発生するポンプ圧を液圧源とし、複数の電磁弁の開閉動作によって各輪のブレーキ 2 0 に所望の液圧を発生させる。

【 0 0 1 3 】

S / A 3 は、車両のばね下（アクスルや車輪等）とばね上（車体等）との間に設けられたコイルスプリングの弾性運動を減衰する減衰力発生装置であり、アクチュエータの作動により減衰力を可変に構成されている。S / A 3 は、流体が封入されたシリンダと、このシリンダ内をストロークするピストンと、このピストンの上下に形成された流体室の間の流体移動を制御するオリフィスとを有する。更に、このピストンには複数種のオリフィス径を有するオリフィスが形成され、S / A アクチュエータの作動時には、複数種のオリフィスから制御指令に応じたオリフィスが選択される。これにより、オリフィス径に応じた減衰力を発生することができる。例えば、オリフィス径が小さければピストンの移動は制限されやすいため、減衰力が高くなり、オリフィス径が大きければピストンの移動は制限されにくいいため、減衰力は小さくなる。

【 0 0 1 4 】

尚、オリフィス径の選択以外にも、例えばピストンの上下に形成された流体を接続する連通路上に電磁制御弁を配置し、この電磁制御弁の開閉量を制御することで減衰力を設定してもよく、特に限定しない。S / A 3 は、S / A 3 の減衰力を制御する S / A コントローラ 3 a を有し、S / A アクチュエータによりオリフィス径を動作させて減衰力を制御する。

【 0 0 1 5 】

また、各輪の車輪速を検出する車輪速センサ 5（以下、個別の輪に対応する車輪速を表示するときには右前輪車輪速：5 F R、左前輪車輪速：5 F L、右後輪車輪速：5 R R、左後輪車輪速：5 R L と記載する。）と、車両の重心点に作用する前後加速度、ヨーレート及び横加速度を検出する一体型センサ 6 と、運転者のステアリング操作量である操舵角を検出する舵角センサ 7 と、車速を検出する車速センサ 8 と、エンジントルクを検出するエンジントルクセンサ 9 と、エンジン回転数を検出するエンジン回転数センサ 1 0 と、マスタシリンダ圧を検出するマスタ圧センサ 1 1 と、ブレーキペダル操作が行なわれるとオン状態信号を出力するブレーキスイッチ 1 2 と、アクセルペダル開度を検出するアクセル開度センサ 1 3 と、を有する。これら各種センサの信号は、S / A コントローラ 3 a に入力される。尚、一体型センサ 6 の配置は車両の重心位置でもよいし、それ以外の場所であっても、重心位置における各種値が推定可能な構成であればよく、特に限定しない。また、一体型である必要は無く、個別にヨーレート、前後加速度及び横加速度を検出する構成としてもよい。

【 0 0 1 6 】

図 2 は実施例 1 の車両の制御装置の制御構成を表す制御ブロック図である。実施例 1 では、コントローラとして、エンジンコントローラ 1 a と、ブレーキコントローラ 2 a と、S / A コントローラ 3 a との 3 つで構成されている。

10

20

30

40

50

S/Aコントローラ3a内には、運転者の操作（ステアリング操作、アクセル操作及びブレーキペダル操作等）に基づいて所望の車両姿勢を達成するドライバ入力制御を行うドライバ入力制御部31と、各種センサの検出値に基づいて走行状態を推定する走行状態推定部32と、推定された走行状態に基づいてばね上の振動状態を制御するばね上制振制御部33と、推定された走行状態に基づいてばね下の振動状態を制御するばね下制振制御部34と、ドライバ入力制御部31から出力されたショックアブソーバ姿勢制御量と、ばね上制振制御部33から出力されたばね上制振制御量と、ばね下制振制御部34から出力されたばね下制振制御量とに基づいて、S/A3に設定すべき減衰力を決定し、S/Aの減衰力制御を行う減衰力制御部35（減衰力制御手段に相当。）とを有する。

【0017】

実施例1では、コントローラとして、3つのコントローラを備えた構成を示したが、例えば、減衰力制御部35をS/Aコントローラ3aから除外して姿勢制御コントローラとし、減衰力制御部35をS/Aコントローラとして4つのコントローラを備えた構成としてもよいし、各コントローラを全て一つの統合コントローラから構成してもよく特に限定しない。尚、実施例1においてこのように構成したのは、既存の車両におけるエンジンコントローラとブレーキコントローラをそのまま流用してエンジン制御部1a及びブレーキ制御部2aとし、別途S/Aコントローラ3aを搭載することで実施例1の車両の制御装置を実現することを想定したものである。

【0018】

（車両の制御装置の全体構成）

実施例1の車両の制御装置にあっては、ばね上に生じる振動状態を制御するために、3つのアクチュエータを使用する。このとき、それぞれの制御がばね上状態を制御するため、相互干渉が問題となる。また、エンジン1によって制御可能な要素と、ブレーキ20によって制御可能な要素と、S/A3によって制御可能な要素はそれぞれ異なり、これらをどのように組み合わせるべきかが問題となる。

【0019】

例えば、ブレーキ20はバウンス運動とピッチ運動の制御が可能であるが、両方を行なうと減速感が強く運転者に違和感を与えやすい。また、S/A3はロール運動とバウンス運動とピッチ運動の全てを制御可能であるが、S/A3によって全ての制御を行う場合、S/A3の製造コストの上昇を招き、また、減衰力が高くなる傾向があることから路面側からの高周波振動が入力されやすく、やはり運転者に違和感を与えやすい。言い換えると、ブレーキ20による制御は高周波振動の悪化を招くことは無いが減速感の増大を招き、S/A3による制御は減速感を招くことは無いが高周波振動の入力を招くというトレードオフが存在する。

【0020】

そこで、実施例1の車両の制御装置にあっては、これらの課題を総合的に判断し、それぞれの制御特性として有利な点を活かしつつ、相互の弱点を補完しあう制御構成を実現することで、安価でありながらも制振能力に優れた車両の制御装置を実現するために、主に、以下に列挙する点を考慮して全体の制御システムを構築した。

（1）エンジン1及びブレーキ20による制御を優先的に行うことで、S/A3による制御量を抑制する。

（2）ブレーキ20の制御対象運動をピッチ運動に限定することで、ブレーキ20による制御での減速感を解消する。

（3）エンジン1及びブレーキ20による制御量を実際に出力可能な制御量よりも制限して出力することで、S/A3での負担を低減しつつ、エンジン1やブレーキ20の制御に伴って生じる違和感を抑制する。

（4）全てのアクチュエータによりスカイフック制御を行う。このとき、一般にスカイフック制御に必要とされるストロークセンサやばね上下加速度センサ等を使用することなく、全ての車両に搭載されている車輪速センサを利用して安価な構成でスカイフック制御を実現する。

10

20

30

40

50

(5) S/A3によるばね上制御を行なう際、スカイフック制御のようなベクトル制御では対応が困難な高周波振動の入力に対し、新たにスカラー制御(周波数感応制御)を導入する。

(6) 走行状態に応じて、S/A3が実現する制御状態を適宜選択することで、走行状況に応じた適切な制御状態を提供する。

以上が、実施例において構成した全体の制御システムの概要である。以下、これらを実現する個別の内容について、順次説明する。

【0021】

(ドライバ入力制御部について)

まず、ドライバ入力制御部について説明する。ドライバ入力制御部31は、エンジン1のトルク制御によって運転者の要求する車両姿勢を達成するエンジン側ドライバ入力制御部31aと、S/A3の減衰力制御によって運転者の要求する車両姿勢を達成するS/A側ドライバ入力制御部31bと、を有する。エンジン側ドライバ入力制御部31a内では、前輪と後輪の接地荷重変動を抑制する接地荷重変動抑制制御量、舵角センサ7や車速センサ8からの信号に基づいて運転者の達成したい車両挙動に対応するヨー応答制御量を演算し、エンジン制御部1aに対して出力する。

10

【0022】

S/A側ドライバ入力制御部31bでは、舵角センサ7や車速センサ8からの信号に基づいて運転者の達成したい車両挙動に対応するドライバ入力減衰力制御量を演算し、減衰力制御部35に対して出力する。例えば、運転者が旋回中において、車両のノーズ側が浮き上がると、運転者の視界が路面から外れやすくなることから、この場合にはノーズ浮き上がりを防止するように4輪の減衰力をドライバ入力減衰力制御量として出力する。また、旋回時に発生するロールを抑制するドライバ入力減衰力制御量を出力する。

20

【0023】

(S/A側ドライバ入力制御によるロール制御について)

ここで、S/A側ドライバ入力制御によって行われるロール抑制制御について説明する。図3は実施例1のロールレイト抑制制御の構成を表す制御ブロック図である。横加速度推定部31b1では、舵角センサ7により検出された前輪舵角 δ_f と、後輪舵角 δ_r (後輪操舵装置を備えた場合は実後輪舵角を、それ以外の場合は適宜0でよい。) と、車速センサ8により検出された車速VSPに基づいて横加速度Ygを推定する。この横加速度Ygは、ヨーレイト推定値 $\dot{\gamma}$ を用いて以下の式により算出される。

30

$$Yg = VSP \cdot \dot{\gamma}$$

なおヨーレイト推定値 $\dot{\gamma}$ は以下の式により算出される。

$$\begin{cases} \beta \\ \gamma \end{cases} = \mathbf{N} \begin{cases} \delta_f \\ \delta_r \end{cases}$$

$$\begin{cases} \beta \\ \gamma \end{cases} = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{N} \begin{cases} \delta_f \\ \delta_r \end{cases}$$

ここで、

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}, \mathbf{N} = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{21} & n_{22} \end{bmatrix} \quad 10$$

$$m_{11} = -(K_{tf} \cdot L_f - K_{tv} \cdot L_v)$$

$$m_{12} = -\frac{1}{V} (K_{tf} \cdot L_f^2 - K_{tv} \cdot L_v^2)$$

$$m_{21} = -2(K_{tf} + K_{tv})$$

$$m_{22} = -\frac{2}{V} (K_{tf} \cdot L_f - K_{tv} \cdot L_v) - M \cdot V$$

$$n_{11} = -K_{tf} \cdot L_f$$

$$n_{12} = K_{tv} \cdot L_r$$

$$n_{21} = -2 \cdot K_{tf} \quad 20$$

$$n_{22} = -2 \cdot K_{tv}$$

車体すべり角	β
車体ヨーレート	γ
前輪舵角	δ_f
後輪舵角	δ_r
車体	V
前輪CP	K_{tf}
後輪CP	K_{tv}
前軸～重心点距離	L_f
後軸～重心点距離	L_r
車体質量	M

30

【 0 0 2 4 】

90°位相進み成分作成部31b2では、推定された横加速度 Y_g を微分して横加速度微分値 dY_g を出力する。90°位相遅れ成分作成部31b3では、横加速度微分値 dY_g の位相を90°遅らせた成分 $F(dY_g)$ を出力する。成分 $F(dY_g)$ は、90°位相進み成分作成部31b2において低周波領域が除去された成分の位相を横加速度 Y_g の位相に戻したものであって、横加速度 Y_g のDCカット成分、つまり横加速度 Y_g の過渡成分である。90°位相遅れ成分作成部31b4では、推定された横加速度 Y_g の位相を90°遅らせた成分 $F(Y_g)$ を出力する。40

ゲイン乗算部31b5では、横加速度 Y_g 、横加速度微分値 dY_g 、横加速度DCカット成分 $F(dY_g)$ 、90°位相遅れ成分 $F(Y_g)$ にそれぞれゲインを乗算する。各ゲインは、操舵角に対するロールレート伝達関数に基づいて設定する。また各ゲインは、後述する4つの制御モードに応じて調整しても良い。二乗演算部31b6では、ゲインを乗算した各成分の二乗して出力する。合成部31b7では、二乗演算部31b6が出力した値を足し合わせる。ゲイン乗算部31b8では、足し合わせた各成分の二乗の値にゲインを乗算して出力する。平方根演算部31b9は、ゲイン乗算部31b7が出力した値の平方根を演算することで、ロールレート抑制制御用のドライバ入力姿勢制御量を演算し、減衰力制御部35に対して出力する。

90°位相進み成分作成部31b2、90°位相遅れ成分作成部31b3、90°位相遅れ成分 50

作成部31b4、ゲイン乗算部31b5、二乗演算部31b6、合成部31b7、ゲイン乗算部31b8、平方根演算部31b9は、ヒルベルト変換を利用した包絡波形を生成するヒルベルト変換部31b10に相当する。

【 0 0 2 5 】

図4は実施例1のロールレイト抑制制御の包絡波形形成処理を表すタイムチャートである。

時刻 t_1 において、運転者が操舵を開始すると、ロールレイトが徐々に発生し始める。このとき、 90° 位相進み成分 dYg を加算して包絡波形を形成し、包絡波形に基づくスカラー量に基づいてドライバ入力姿勢制御量を演算することで、操舵初期におけるロールレイトの発生を抑制することができる。さらに、横加速度DCカット成分 $F(dYg)$ を加算して包絡波形を形成することで、運転者が操舵を開始もしくは終了する際の過渡的な状態において発生するロールレイトを効率的に抑制することができる。言い換えると、ロールの発生が安定している定常旋回状態では、過度に減衰力を高めることがなく、乗り心地の悪化を回避できる。

10

次に、時刻 t_2 において、運転者が保舵状態となると、 90° 位相進み成分 dYg および横加速度DCカット成分 $F(dYg)$ は無くなり、今度は 90° 位相遅れ成分 $F(Yg)$ が加算される。このとき、定常旋回状態でロールレイト自体の変化はさほどない場合であっても、一旦ロールした後、ロールの揺り返しに相当するロールレイト共振成分が発生する。仮に、位相遅れ成分 $F(Yg)$ が加算されていないと、時刻 t_2 から時刻 t_3 における減衰力は小さな値に設定されてしまい、ロールレイト共振成分による車両挙動の不安定化を招くおそれがある。このロールレイト共振成分を抑制するために 90° 位相遅れ成分 $F(Yg)$ を付与するものである。

20

【 0 0 2 6 】

時刻 t_3 において、運転者が保舵状態から直進走行状態に移行すると、横加速度 Yg は小さくなり、ロールレイトも小さな値に収束する。ここでも 90° 位相遅れ成分 $F(Yg)$ の作用によってしっかりと減衰力を確保しているため、ロールレイト共振成分による不安定化を回避することができる。

【 0 0 2 7 】

(走行状態推定部について)

次に、走行状態推定部について説明する。図5は実施例1の走行状態推定部の構成を表す制御ブロック図である。実施例1の走行状態推定部32では、基本的に車輪速センサ5により検出された車輪速に基づいて、後述するばね上制振制御部33のスライフック制御に使用する各輪のストローク速度、バウンスレイト、ロールレイト及びピッチレイトを算出する。まず、各輪の車輪速センサ5の値がストローク速度演算部321に入力され、ストローク速度演算部321において演算された各輪のストローク速度からばね上速度を演算する。

30

【 0 0 2 8 】

図6は実施例1のストローク速度演算部における制御内容を表す制御ブロック図である。ストローク速度演算部321は、各輪に個別に設けられており、図6に示す制御ブロック図は、ある輪に着目した制御ブロック図である。

40

ストローク速度演算部321内には、車輪速センサ5の値と、舵角センサ7により検出された前輪舵角 δ_f と、後輪舵角 δ_r (後輪操舵装置を備えた場合は実後輪舵角を、それ以外の場合は適宜0でよい。) と、車体横速度と、一体型センサ6により検出された実ヨーレイトとに基づいて基準となる車輪速を演算する基準車輪速演算部300と、演算された基準車輪速に基づいてタイヤ回転振動周波数を演算するタイヤ回転振動周波数演算部321aと、基準車輪速と車輪速センサ値との偏差(車輪速変動)を演算する偏差演算部321bと、偏差演算部321bにより演算された偏差をサスペンションストローク量に変換するGEO変換部321cと、変換されたストローク量をストローク速度に校正するストローク速度校正部321dと、ストローク速度校正部321dにより校正された値にタイヤ回転振動周波数演算部321aにより演算された周波数に応じたバンドエリミネーショ

50

ンフィルタを作用させてタイヤ回転一次振動成分を除去し、最終的なストローク速度を算出する信号処理部 3 2 1 e とを有する。

【 0 0 2 9 】

〔基準車輪速演算部について〕

ここで、基準車輪速演算部 3 0 0 について説明する。図 7 は実施例 1 の基準車輪速演算部の構成を表すブロック図である。基準車輪速とは、各車輪速のうち、種々の外乱が除去された値を指すものである。言い換えると、車輪速センサ値と基準車輪速との差分は、車体のバウンス挙動、ロール挙動、ピッチ挙動又はばね下上下振動によって発生したストロークに応じて変動した成分と関連がある値であり、実施例では、この差分に基づいてストローク速度を推定する。

10

【 0 0 3 0 】

平面運動成分抽出部 3 0 1 では、車輪速センサ値を入力として車体プランビューモデルに基づいて各輪の基準車輪速となる第 1 車輪速 V_0 を演算する。ここで、車輪速センサ 5 により検出された車輪速センサ値を (rad/s) 、舵角センサ 7 により検出された前輪実舵角を $f(\text{rad})$ 、後輪実舵角を $r(\text{rad})$ 、車体横速度を V_x 、一体型センサ 6 により検出されたヨーレイトを (rad/s) 、算出される基準車輪速 V_0 から推定される車体速を $V(\text{m/s})$ 、算出すべき基準車輪速を V_{FL} 、 V_{FR} 、 V_{RL} 、 V_{RR} 、前輪のトレッドを T_f 、後輪のトレッドを T_r 、車両重心位置から前輪までの距離を L_f 、車両重心位置から後輪までの距離を L_r とする。以上を用いて、車体プランビューモデルは以下のように表される。

【 0 0 3 1 】

(式 1)

$$V_{FL} = (V - T_f / 2 \cdot \dot{\psi}) \cos f + (V_x + L_f \cdot \dot{\psi}) \sin f$$

$$V_{FR} = (V + T_f / 2 \cdot \dot{\psi}) \cos f + (V_x + L_f \cdot \dot{\psi}) \sin f$$

$$V_{RL} = (V - T_r / 2 \cdot \dot{\psi}) \cos r + (V_x - L_r \cdot \dot{\psi}) \sin r$$

$$V_{RR} = (V + T_r / 2 \cdot \dot{\psi}) \cos r + (V_x - L_r \cdot \dot{\psi}) \sin r$$

尚、車両に横滑りが発生してない通常走行時を仮定すると、車体横速度 V_x は 0 を入力すればよい。これをそれぞれの式において V を基準とする値に書き換えると以下のように表される。この書き換えにあたり、 V をそれぞれの車輪に対応する値として V_{OFL} 、 V_{OFR} 、 V_{ORL} 、 V_{ORR} (第 1 車輪速に相当) と記載する。

(式 2)

$$V_{OFL} = \{V_{FL} - L_f \cdot \dot{\psi} \sin f\} / \cos f + T_f / 2 \cdot \dot{\psi}$$

$$V_{OFR} = \{V_{FR} - L_f \cdot \dot{\psi} \sin f\} / \cos f - T_f / 2 \cdot \dot{\psi}$$

$$V_{ORL} = \{V_{RL} + L_r \cdot \dot{\psi} \sin r\} / \cos r + T_r / 2 \cdot \dot{\psi}$$

$$V_{ORR} = \{V_{RR} + L_r \cdot \dot{\psi} \sin r\} / \cos r - T_r / 2 \cdot \dot{\psi}$$

【 0 0 3 2 】

ロール外乱除去部 3 0 2 では、第 1 車輪速 V_0 を入力として車体フロントビューモデルに基づいて前後輪の基準車輪速となる第 2 車輪速 V_{OF} 、 V_{OR} を演算する。車体フロントビューモデルとは、車両を前方から見たときに、車両重心点周りに発生するロール運動によって生じる車輪速差を除去するものであり、以下の式で表される。

$$V_{OF} = (V_{OFL} + V_{OFR}) / 2$$

$$V_{OR} = (V_{ORL} + V_{ORR}) / 2$$

これにより、ロールに基づく外乱を除去した第 2 車輪速 V_{OF} 、 V_{OR} が得られる。

【 0 0 3 3 】

ピッチ外乱除去部 3 0 3 では、第 2 車輪速 V_{OF} 、 V_{OR} を入力として車体サイドビューモデルに基づいて全輪の基準車輪速となる第 3 車輪速 V_{bFL} 、 V_{bFR} 、 V_{bRL} 、 V_{bRR} を演算する。ここで、車体サイドビューモデルとは、車両を横方向から見たときに、車両重心点周りに発生するピッチ運動によって生じる誤差を除去するものであり、以下の式で表される。

(式 3)

$$V_{bFL} = V_{bRL} = V_{bFR} = V_{bRR} = \{L_r / (L_f + L_r)\} V_{OF} + \{L_f / (L_f + L_r)\} V_{OR}$$

基準車輪速再配分部 3 0 4 では、(式 1) に示す車体プランビューモデルの V に V_{bFL} (= V_{bRL})

20

30

40

50

bRL = VbRL = VbRR) をそれぞれ代入し、最終的な各輪の基準車輪速VFL、VFR、VRL、VRRを算出し、それぞれタイヤ半径r0で除算して基準車輪速 v_0 を算出する。

【 0 0 3 4 】

上述の処理により、各輪における基準車輪速 v_0 が算出されると、この基準車輪速 v_0 と車輪速センサ値との偏差が演算され、この偏差がサスペンションストロークに伴う車輪速変動であることから、ストローク速度Vz_sに変換される。基本的に、サスペンションは、各輪を保持する際、上下方向にのみストロークするのではなく、ストロークに伴って車輪回転中心が前後に移動すると共に、車輪速センサ5を搭載したアクスル自身も傾きを持ち、車輪との回転角差を生じる。この前後移動に伴って車輪速が変化するため、基準車輪速と車輪速センサ値との偏差がこのストロークに伴う変動として抽出できるのである。尚、どの程度の変動が生じるかはサスペンションジオメトリに応じて適宜設定すればよい。

10

【 0 0 3 5 】

ストローク速度演算部321において、上述の処理により各輪におけるストローク速度Vz_sFL、Vz_sFR、Vz_sRL、Vz_sRRが算出されると、ばね上速度演算部322においてスカイフック制御用のバウンスレイト、ロールレイト及びピッチレイトが演算される。

【 0 0 3 6 】

〔 推定モデルについて 〕

スカイフック制御とは、S/A3のストローク速度とばね上速度の関係に基づいて減衰力を設定し、ばね上を姿勢制御することでフラットな走行状態を達成するものである。ここで、スカイフック制御によってばね上の姿勢制御を達成するには、ばね上速度をフィードバックする必要がある。今、車輪速センサ5から検出可能な値はストローク速度であり、ばね上に上下加速度センサ等を備えていないことから、ばね上速度は推定モデルを用いて推定する必要がある。以下、推定モデルの課題及び採用すべきモデル構成について説明する。

20

【 0 0 3 7 】

図8は車体振動モデルを表す概略図である。図8(a)は、減衰力が一定のS/Aを備えた車両(以下、コンベ車両と記載する。)のモデルであり、図8(b)は、減衰力可変のS/Aを備え、スカイフック制御を行う場合のモデルである。図8中、Msはばね上の質量を表し、Muはばね下の質量を表し、Ksはコイルスプリングの弾性係数を表し、CsはS/Aの減衰係数を表し、Kuはばね下(タイヤ)の弾性係数を表し、Cuはばね下(タイヤ)の減衰係数を表し、Cvは可変とされた減衰係数を表す。また、z2はばね上の位置を表し、z1はばね下の位置を表し、z0は路面位置を表す。

30

【 0 0 3 8 】

図8(a)に示すコンベ車両モデルを用いた場合、ばね上に対する運動方程式は以下のように表される。なお、z1の1回微分(即ち速度)をdz1で、2回微分(即ち加速度)をddz1で表す。

(推定式1)

$$M_s \cdot ddz_2 = -K_s(z_2 - z_1) - C_s(dz_2 - dz_1)$$

この関係式をラプラス変換して整理すると下記のように表される。

(推定式2)

$$dz_2 = - (1/M_s) \cdot (1/s^2) \cdot (C_s \cdot s + K_s) (dz_2 - dz_1)$$

ここで、dz2 - dz1はストローク速度(Vz_sFL、Vz_sFR、Vz_sRL、Vz_sRR)であることから、ばね上速度はストローク速度から算出できる。しかし、スカイフック制御によって減衰力が変更されると、推定精度が著しく低下するため、コンベ車両モデルでは大きな姿勢制御力(減衰力変更)を与えられないという問題が生じる。

40

【 0 0 3 9 】

そこで、図8(b)に示すようなスカイフック制御による車両モデルを用いることが考えられる。減衰力を変更するとは、基本的にサスペンションストロークに伴ってS/A3のピストン移動速度を制限する力を変更することである。ピストンを積極的に望ましい方向に移動することはできないセミアクティブなS/A3を用いるため、セミアクティブス

50

カイツックモデルを採用し、ばね上速度を求めると、下記のように表される。

(推定式 3)

$$d z 2 = - (1 / M s) \cdot (1 / s 2) \cdot \{ (C s + C v) \cdot s + K s \} (d z 2 - d z 1)$$

ただし、

$$d z 2 \cdot (d z 2 - d z 1) = 0 \text{ のとき } C v = C s k y \cdot \{ d z 2 / (d z 2 - d z 1) \}$$

$$d z 2 \cdot (d z 2 - d z 1) < 0 \text{ のとき } C v = 0$$

すなわち、 $C v$ は不連続な値となる。

【 0 0 4 0 】

今、簡単なフィルタを用いてばね上速度の推定を行いたいと考えた場合、セミアクティブスカイツックモデルでは、本モデルをフィルタとして見た場合、各変数はフィルタ係数に相当し、擬似微分項 $\{ (C s + C v) \cdot s + K s \}$ に不連続な可変減衰係数 $C v$ が含まれるため、フィルタ応答が不安定となり、適切な推定精度が得られない。特に、フィルタ応答が不安定となると、位相がずれてしまう。ばね上速度の位相と符号との対応関係が崩れると、スカイツック制御を達成することはできない。そこで、セミアクティブな $S / A 3$ を用いる場合であっても、ばね上速度とストローク速度の符号関係に依存せず、安定的な $C s k y$ を直接用いることが可能なアクティブスカイツックモデルを用いてばね上速度を推定することとした。アクティブスカイツックモデルを採用し、ばね上速度を求めると、下記のように表される。

【 0 0 4 1 】

(推定式 4)

$$d z 2 = - (1 / s) \cdot \{ 1 / (s + C s k y / M s) \} \cdot \{ (C s / M s) s + (K s / M s) \} (d z 2 - d z 1)$$

この場合、擬似微分項 $\{ (C s / M s) s + (K s / M s) \}$ には不連続性が生じず、 $\{ 1 / (s + C s k y / M s) \}$ の項はローパスフィルタで構成できる。よって、フィルタ応答が安定し、適切な推定精度を得ることができる。尚、ここで、アクティブスカイツックモデルを採用しても、実際にはセミアクティブ制御しかできないことから、制御可能領域が半分となる。よって、推定されるばね上速度の大きさはばね上共振以下の周波数帯で実際よりも小さくなるが、スカイツック制御において最も重要なのは位相であり、位相と符号との対応関係が維持できればスカイツック制御は達成され、ばね上速度の大きさは他の係数等によって調整可能であることから問題はない。

【 0 0 4 2 】

以上の関係によって、各輪のストローク速度が分かれば、ばね上速度を推定できることが理解できる。次に、実際の車両は1輪ではなく4輪であるため、これら各輪のストローク速度を用いてばね上の状態を、ロールレート、ピッチレート及びバウンスレートにモード分解して推定することを検討する。今、4輪のばね上速度から上記3つの成分を算出する場合、対応する成分が一つ足りず、解が不定となるため、対角輪の動きを表すワーブレイトを導入することとした。ストローク量のバウンス項を x_{sB} 、ロール項を x_{sR} 、ピッチ項を x_{sP} 、ワーブレイト項を x_{sW} とし、 Vz_sFL 、 Vz_sFR 、 Vz_sRL 、 Vz_sRR に対応するストローク量を z_sFL 、 z_sFR 、 z_sRL 、 z_sRR とすると、以下の式が成り立つ。

【 0 0 4 3 】

(式 1)

$$\begin{Bmatrix} z_sFL \\ z_sFR \\ z_sRL \\ z_sRR \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_{sB} \\ x_{sR} \\ x_{sP} \\ x_{sW} \end{Bmatrix} \Rightarrow \begin{Bmatrix} x_{sB} \\ x_{sR} \\ x_{sP} \\ x_{sW} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} z_sFL \\ z_sFR \\ z_sRL \\ z_sRR \end{Bmatrix}$$

以上の関係式から、 x_{sB} の微分 $d x_{sB}$ は以下の式で表される。

$$d x_{sB} = 1/4 (Vz_sFL + Vz_sFR + Vz_sRL + Vz_sRR)$$

10

20

30

40

50

$$d_{xsR} = 1/4 (Vz_sFL - Vz_sFR + Vz_sRL - Vz_sRR)$$

$$d_{xsP} = 1/4 (-Vz_sFL - Vz_sFR + Vz_sRL + Vz_sRR)$$

$$d_{xsW} = 1/4 (-Vz_sFL + Vz_sFR + Vz_sRL - Vz_sRR)$$

【 0 0 4 4 】

ここで、ばね上速度とストローク速度との関係は上記推定式 4 より得られているため、推定式 4 のうち、 $-(1/s) \cdot \{1/(s + Cs ky / Ms)\} \cdot \{(Cs / Ms)s + (Ks / Ms)\}$ 部分を G と記載し、それぞれ $Cs ky$ 、 Cs 及び Ks のバウンス項、ロール項、ピッチ項に応じたモーダルパラメータ ($Cs ky B$ 、 $Cs ky R$ 、 $Cs ky P$ 、 $Cs B$ 、 $Cs R$ 、 $Cs P$ 、 $Ks B$ 、 $Ks R$ 、 $Ks P$) を考慮した値を GB 、 GR 、 GP とし、各バウンスレイトを dB 、ロールレイトを dR 、ピッチレイトを dP とすると、以下の値として算出できる。

$$dB = GB \cdot d_{xsB}$$

$$dR = GR \cdot d_{xsR}$$

$$dP = GP \cdot d_{xsP}$$

以上から、各輪のストローク速度に基づいて、実際の車両におけるばね上の状態推定が達成できる。

【 0 0 4 5 】

(ばね上制振制御部)

次に、ばね上制振制御部 33 の構成について説明する。図 2 に示すように、ばね上制振制御部 33 は、上述のばね上速度推定値に基づいて姿勢制御を行うスカイフック制御部 33 a と、路面入力周波数に基づきばね上振動を抑制する周波数感応制御部 33 b とを有する。

【 0 0 4 6 】

[スカイフック制御部の構成]

実施例 1 の車両の制御装置にあっては、ばね上姿勢制御を達成するアクチュエータとして、エンジン 1 と、ブレーキ 20 と、S/A 3 の三つを備えている。このうち、スカイフック制御部 33 a では、S/A 3 についてはバウンスレイト、ロールレイト、ピッチレイトの 3 つを制御対象とし、エンジン 1 についてはバウンスレイト及びピッチレイトを制御対象とし、ブレーキ 20 についてはピッチレイトを制御対象とする。ここで、作用の異なる複数のアクチュエータに対して制御量を割り付けてばね上状態を制御するには、それぞれに共通の制御量を用いる必要がある。実施例 1 では、上述の走行状態推定部 32 により推定されたばね上速度を用いることで、各アクチュエータに対する制御量を決定することができる。

【 0 0 4 7 】

バウンス方向のスカイフック制御量は、

$$FB = Cs ky B \cdot dB$$

ロール方向のスカイフック制御量は、

$$FR = Cs ky R \cdot dR$$

ピッチ方向のスカイフック制御量は、

$$FP = Cs ky P \cdot dP$$

となる。FB はエンジン 1 及び S/A 3 にバウンス姿勢制御量として送信され、FR は S/A 3 においてのみ実施される制御であることから、ロール姿勢制御量として減衰力制御部 35 に送信される。

【 0 0 4 8 】

次に、ピッチ方向のスカイフック制御量 FP について説明する。ピッチ制御は、エンジン 1、ブレーキ 20 及び S/A 3 により行なわれる。

図 9 は実施例 1 のピッチ制御を行う際の各アクチュエータ制御量算出処理を表す制御ブロック図である。スカイフック制御部 33 a は、全てのアクチュエータに共通して使用可能な制御量である第 1 目標姿勢制御量である目標ピッチレイトを演算する第 1 目標姿勢制御量演算部 331 と、エンジン 1 によって達成するエンジン姿勢制御量を演算するエンジ

10

20

30

40

50

ン姿勢制御量演算部 332 と、ブレーキ 20 によって達成するブレーキ姿勢制御量を演算するブレーキ姿勢制御量演算部 334 と、S/A3 によって達成する S/A 姿勢制御量を演算する S/A 姿勢制御量演算部 336 とを有する。

【0049】

本システムのスカイフック制御では、ピッチレイトを抑制するように作動することを第一優先としていることから、第 1 目標姿勢制御量演算部 331 ではピッチレイトをそのまま出力する（以下、このピッチレイトを第 1 目標姿勢制御量と記載する。）。エンジン姿勢制御量演算部 332 では、入力された第 1 目標姿勢制御量に基づいてエンジン 1 が達成可能な制御量であるエンジン姿勢制御量を演算する。

【0050】

エンジン姿勢制御量演算部 332 内には、運転者に違和感を与えないためにエンジン姿勢制御量を制限する制限値が設定されている。これにより、エンジン姿勢制御量を前後加速度に換算したときに所定前後加速度範囲内となるように制限している。よって、第 1 目標姿勢制御量に基づいてエンジン姿勢制御量を演算し、制限値以上の値が演算された場合には、制限値によって達成可能なエンジン姿勢制御量を出力する。エンジン姿勢制御量演算部 332 から出力されるエンジン姿勢制御量は、エンジン 1 によって抑制されるピッチレイトに $Cskyp$ を乗算した値として出力される。なお、後述する第 2 目標姿勢制御量演算部 333 に対しては換算部 332a においてエンジン姿勢制御量をピッチレイトに換算した値が出力される。また、エンジン制御部 1a では、制限値に対応するエンジン姿勢制御量に基づいてエンジントルク制御量が演算され、エンジン 1 に対して出力される。

【0051】

第 2 目標姿勢制御量演算部 333 では、第 1 目標姿勢制御量と換算部 332a においてエンジン姿勢制御量をピッチレイトに換算した値（以下、この値も単にエンジン姿勢制御量と呼ぶ）との偏差である第 2 目標姿勢制御量が演算され、ブレーキ姿勢制御量演算部 334 に出力される。

ブレーキ姿勢制御量演算部 334 内には、エンジン 1 と同様に運転者に違和感を与えないためにブレーキ姿勢制御量を制限する制限値が設定されている。これにより、ブレーキ姿勢制御量を前後加速度に換算したときに所定前後加速度範囲内となるように制限している。よって、第 2 目標姿勢制御量に基づいてブレーキ姿勢制御量を演算し、制限値以上の値が演算された場合には、制限値によって達成可能なブレーキ姿勢制御量を出力する。ブレーキ姿勢制御量演算部 334 から出力されるブレーキ姿勢制御量は、ブレーキ 20 によって抑制されるピッチレイトに $Cskyp$ を乗算した値として出力される。なお、後述する第 3 目標姿勢制御量演算部 335 に対しては換算部 334a においてブレーキ姿勢制御量をピッチレイトに換算した値が出力される。また、ブレーキ制御部 2a では、制限値に対応するブレーキ姿勢制御量に基づいて制動トルク制御量が演算され、ブレーキコントロールユニット 2 に対して出力される。

【0052】

第 3 目標姿勢制御量演算部 335 では、第 2 目標姿勢制御量と換算部 334a においてエンジン姿勢制御量をピッチレイトに換算した値（以下、この値も単にエンジン姿勢制御量と呼ぶ。）との偏差である第 3 目標姿勢制御量が演算され、S/A 姿勢制御量演算部 336 に出力される。S/A 姿勢制御量演算部 336 では、第 3 目標姿勢制御量に応じたピッチ姿勢制御量を出力する。また、減衰力制御部 35 では、バウンス姿勢制御量、ロール姿勢制御量及びピッチ姿勢制御量（以下、これらを総称して S/A 姿勢制御量と記載する。）に基づいて減衰力制御量が演算され、S/A3 に対して出力される。

【0053】

以上のように、ピッチレイトについては、第 1 目標姿勢制御量を演算し、次に、エンジン姿勢制御量を演算し、第 1 目標姿勢制御量とエンジン姿勢制御量との偏差である第 2 目標姿勢制御量からブレーキ姿勢制御量を演算し、第 2 姿勢制御量とブレーキ姿勢制御量との偏差である第 3 目標姿勢制御量から S/A 姿勢制御量を演算する。これにより、S/A3 が行なうピッチレイト制御量を、エンジン 1 及びブレーキ 20 の制御によって減少させ

10

20

30

40

50

ることができるため、S/A3の制御可能領域を比較的狭くすることができ、安価なS/A3によりばね上姿勢制御を達成することができる。

【0054】

また、S/A3による制御量を増大させると、基本的に減衰力が増大する。減衰力の増大とは、硬いサスペンション特性となることを意味するため、路面側から高周波振動が入力された場合、高周波入力を伝達しやすくなり、乗員の快適性を損なう（以下、高周波振動特性の悪化と記載する。）。これに対し、エンジン1及びブレーキ20といった路面入力による振動伝達特性に影響を及ぼさないアクチュエータによってピッチレイトを抑制し、S/A3の制御量を低下させることで高周波振動特性の悪化を回避することができる。以上の効果は、S/A3より先にブレーキ20の制御量を定めること、S/A3より先にエンジン1の制御量を定めることによって得られる。

10

【0055】

〔ブレーキピッチ制御〕

ここで、ブレーキピッチ制御について説明する。一般に、ブレーキ20については、バウンスとピッチの両方を制御可能であることから、両方を行うことが好ましいとも言える。しかし、ブレーキ20によるバウンス制御は4輪同時に制動力を発生させるため、制御優先度が低い方向にも関わらず、制御効果が得にくい割には減速感が強く、運転者にとって違和感となる傾向があった。そこで、ブレーキ20についてはピッチ制御に特化した構成とした。図10は実施例1のブレーキピッチ制御を表す制御ブロック図である。車体の質量を m 、前輪の制動力を $B F f$ 、後輪の制動力を $B F r$ 、車両重心点と路面との間の高さを $H c g$ 、車両の加速度を a 、ピッチモーメントを $M p$ 、ピッチレイトを $V p$ とすると、以下の関係式が成立する。

20

【0056】

$$B F f + B F r = m \cdot a$$

$$m \cdot a \cdot H c g = M p$$

$$M p = (B F f + B F r) \cdot H c g$$

ここで、ピッチレイト $V p$ が正、つまり前輪側が沈み込んでいるときには制動力を与えてしまうと、より前輪側が沈み込み、ピッチレイトを助長してしまうため、この場合は制動力を付与しない。一方、ピッチレイト $V p$ が負、つまり前輪側が浮き上がっているときには制動ピッチモーメントが制動力を与えて前輪側の浮き上がりを抑制する。これにより、運転者の視界を確保し、前方を見やすくすることで、安心感、フラット感の向上に寄与する。以上から、

30

$$V p > 0 \text{ (前輪沈み込み) のとき } M p = 0$$

$$V p < 0 \text{ (前輪浮き上がり) のとき } M p = C s k y P \cdot V p$$

の制御量を与えるものである。これにより、車体のフロント側の浮き上がり時のみ制動トルクを発生させるため、浮き上がりと沈み込み両方に制動トルクを発生する場合に比べて、発生する減速度を小さくすることができる。また、アクチュエータ作動頻度も半分で済むため、低コストなアクチュエータを採用できる。

【0057】

以上の関係に基づいて、ブレーキ姿勢制御量演算部334内は、以下の制御ブロックから構成される。不感帯処理符号判定部3341では、入力されたピッチレイト $V p$ の符号を判定し、正のときは制御不要であるため減速感低減処理部3342に0を出力し、負のときは制御可能と判断して減速感低減処理部3342にピッチレイト信号を出力する。

40

【0058】

減速感低減処理

次に、減速感低減処理について説明する。この処理は、ブレーキ姿勢制御量演算部334内で行なわれる上記制限値による制限に対応する処理である。2乗処理部3342aでは、ピッチレイト信号を2乗処理する。これにより符号を反転させると共に、制御力の立ち上がりを滑らかにする。ピッチレイト2乗減衰モーメント演算部3342bでは、2乗処理されたピッチレイトに2乗処理を考慮したピッチ項のスカイフックゲイン $C s k y P$ を乗算し

50

てピッチモーメント M_p を演算する。目標減速度算出部3342cでは、ピッチモーメント M_p を質量 m 及び車両重心点と路面との間の高さ H_{cg} により除算して目標減速度を演算する。

【0059】

ジャーク閾値制限部3342dでは、算出された目標減速度の変化率、すなわちジャークが予め設定された減速ジャーク閾値と抜きジャーク閾値の範囲内であるか否か、及び目標減速度が前後加速度制限値の範囲内であるか否かを判断し、いずれかの閾値を越える場合は、目標減速度をジャーク閾値の範囲内となる値に補正し、また、目標減速度が制限値を超える場合は、制限値内に設定する。これにより、運転者に違和感を与えないように減速度を発生させることができる。

10

【0060】

目標ピッチモーメント変換部3343では、ジャーク閾値制限部3342dにおいて制限された目標減速度に質量 m と高さ H_{cg} とを乗算して目標ピッチモーメントを算出し、ブレーキ制御部2a及び目標ピッチレイト変換部334aに対して出力する。目標ピッチレイト変換部334aでは、目標ピッチモーメントをピッチ項のスライフックゲイン C_{skyP} で除算して目標ピッチレイト（ブレーキ姿勢制御量に相当）に変換し、第3目標姿勢制御量演算部335に対して出力する。

【0061】

〔周波数感応制御部〕

次に、ばね上制振制御部内における周波数感応制御処理について説明する。実施例1では、基本的に車輪速センサ5の検出値に基づいてばね上速度を推定し、それに基づくスライフック制御を行うことでばね上制振制御を達成する。しかしながら、車輪速センサ5では十分に推定精度が担保出来ないと考えられる場合や、走行状況や運転者の意図によっては積極的に快適な走行状態（車体フラット感よりも柔らかな乗り心地）を担保したい場合もある。このような場合には、スライフック制御のようにストローク速度とばね上速度の符号の関係（位相等）が重要となるベクトル制御では僅かな位相ずれによって適正な制御が困難となる場合があることから、振動特性のスカラー量に応じたばね上制振制御である周波数感応制御を導入することとした。

20

【0062】

図11は車輪速センサにより検出された車輪速周波数特性と、実施例では搭載していないストロークセンサのストローク周波数特性とを同時に書き表した図である。ここで、周波数特性とは、周波数に対する振幅の大きさをスカラー量として縦軸に取った特性である。車輪速センサ5の周波数成分とストロークセンサの周波数成分とを見比べると、ばね上共振周波数成分からばね下共振周波数成分にかけて概ね同じようなスカラー量を取ることが理解できる。そこで、車輪速センサ5の検出値のうち、この周波数特性に基づいて減衰力を設定することとした。ここで、ばね上共振周波数成分が存在する領域を、乗員の体全体が振れることで乗員が空中に投げられたような感覚、更に言い換えると、乗員に作用する重力加速度が減少したような感覚をもたらす周波数領域としてフワ領域（0.5～3 Hz）とし、ばね上共振周波数成分とばね下共振周波数成分との間の領域を、重力加速度が減少するような感覚ではないが、乗馬で速足（trot）を行う際に人体が小刻みに跳ね上がるような感覚、更に言い換えると、体全体が追従可能な上下動をもたらす周波数領域としてヒョコ領域（3～6 Hz）とし、ばね下共振周波数成分が存在する領域を、人体の質量が追従するまでの上下動ではないが、乗員の太ももといった体の一部に対して小刻みな振動が伝達されるような周波数領域としてブル領域（6～23 Hz）と定義する。

30

40

【0063】

図12は実施例1のばね上制振制御における周波数感応制御を表す制御ブロック図である。バンドエリミネーションフィルタ350では、車輪速センサ値のうち、本制御に使用する振動成分以外のノイズをカットする。所定周波数領域分割部351では、フワ領域、ヒョコ領域及びブル領域のそれぞれの周波数帯に分割する。ヒルベルト変換処理部352では、分割された各周波数帯をヒルベルト変換し、周波数の振幅に基づくスカラー量（具

50

体的には、振幅と周波数帯により算出される面積)に変換する。

車両振動系重み設定部353では、フワ領域、ヒョコ領域及びプル領域の各周波数帯の振動が実際に車両に伝播される重みを設定する。人間感覚重み設定部354では、フワ領域、ヒョコ領域及びプル領域の各周波数帯の振動が乗員に伝播される重みを設定する。

【0064】

ここで、人間感覚重みの設定について説明する。図13は周波数に対する人間感覚特性を表す相関図である。図13に示すように、低周波数領域であるフワ領域にあっては、比較的周波数に対して乗員の感度が低く、高周波数領域に移行するに従って徐々に感度が増大していく。尚、プル領域以上の高周波領域は乗員に伝達されにくくなっていく。以上から、フワ領域の人間感覚重み W_f を0.17に設定し、ヒョコ領域の人間感覚重み W_h を W_f より大きな0.34に設定し、プル領域の人間感覚重み W_b を W_f 及び W_h より更に大きな0.38に設定する。これにより、各周波数帯のスカラー量と実際に乗員に伝播される振動との相関をより高めることができる。尚、これら二つの重み係数は、車両コンセプトや、乗員の好みにより適宜変更してもよい。

10

【0065】

重み決定手段355では、各周波数帯の重みのうち、それぞれの周波数帯の重みが占める割合を算出する。フワ領域の重みを a 、ヒョコ領域の重みを b 、プル領域の重みを c とすると、フワ領域の重み係数は $(a / (a + b + c))$ であり、ヒョコ領域の重み係数は $(b / (a + b + c))$ であり、プル領域の重み係数は $(c / (a + b + c))$ である。

スカラー量演算部356では、ヒルベルト変換処理部352により算出された各周波数帯のスカラー量に重み決定手段355において算出された重みを乗算し、最終的なスカラー量を出力する。ここまでの処理は、各輪の車輪速センサ値に対して行なわれる。

20

【0066】

最大値選択部357では、4輪においてそれぞれ演算された最終的なスカラー量のうち最大値を選択する。尚、下部における0.01は、後の処理において最大値の合計を分母とすることから、分母が0になることを回避するために設定したものである。比率演算部358では、各周波数帯のスカラー量最大値の合計を分母とし、フワ領域に相当する周波数帯のスカラー量最大値を分子として比率を演算する。言い換えると、全振動成分に含まれるフワ領域の混入比率(以下、単に比率と記載する。)を演算するものである。ばね上共振フィルタ359では、算出された比率に対してばね上共振周波数の1.2Hz程度のフィルタ処理を行い、算出された比率からフワ領域を表すばね上共振周波数帯の成分を抽出する。言い換えると、フワ領域は1.2Hz程度に存在することから、この領域の比率も1.2Hz程度で変化すると考えられるからである。そして、最終的に抽出された比率を減衰力制御部35に対して出力し、比率に応じた周波数感応減衰力制御量を出力する。

30

【0067】

図14は実施例1の周波数感応制御によるフワ領域の振動混入比率と減衰力との関係を表す特性図である。図14に示すように、フワ領域の比率が大きいときには減衰力を高く設定することで、ばね上共振の振動レベルを低減する。このとき、減衰力を高く設定しても、ヒョコ領域やプル領域の比率は小さいため、乗員に高周波振動やヒョコヒョコと動くような振動を伝達することはない。一方、フワ領域の比率が小さいときには減衰力を低く設定することで、ばね上共振以上の振動伝達特性が減少し、高周波振動が抑制され、滑らかな乗り心地が得られる。

40

【0068】

図15は実施例1の周波数感応制御によるフワ領域の振動混入比率の変化速度と減衰力制御量の変化速度との関係を表す図である。図15に示すように、比率の変化速度が高いときには減衰力制御量の変化速度を低くしている。

図16はフワ領域の振動混入比率の変化速度に応じて減衰力制御量の変化速度を設定したときのタイムチャートである。図16(a)は比率の変化速度が高いときの例を、図16(b)は比率の変化速度が低いときの例を示している。図16では実線は比率に応じた減衰力を示し、点線は出力される減衰力制御量を示す。

50

【 0 0 6 9 】

図 1 4 を用いて前述した通り、実施例 1 の周波数感応制御では、フワ領域の振動混入比率に応じて減衰力を設定している。つまり、比率の変化に応じて減衰力も変化することとなる。しかしながら、路面状況が急変すると比率も急変することとなり、それに伴い、減衰力も急変することとなる。これにより、急に S / A 3 が固くなったり柔らかくなったりするため、乗員に違和感を与えるおそれがあった。

実施例 1 では比率の変化速度が高いときには減衰力制御量の変化速度を低くするようにしているため、図 1 6 に示すように、比率の変化速度に関わらず、減衰力制御量の変化速度を同程度にすることができ、乗員への違和感を抑制することができる。

【 0 0 7 0 】

ここで、周波数感応制御とスカイフック制御とを対比した場合における周波数感応制御の利点について説明する。図 1 7 はある走行条件において車輪速センサ 5 により検出された車輪速周波数特性を表した図である。これは、特に石畳のような小さな凹凸が連続するような路面を走行した場合に表れる特性である。このような特性を示す路面を走行中にスカイフック制御を行うと、スカイフック制御では振幅のピークの値で減衰力を決定するため、仮に高周波振動の入力に対して位相の推定が悪化すると、誤ったタイミングで非常に高い減衰力を設定してしまい、高周波振動が悪化するという問題がある。

【 0 0 7 1 】

これに対し、周波数感応制御のようにベクトルではなくスカラー量に基づいて制御する場合、図 1 7 に示すような路面にあってはフワ領域の比率が小さいことから低い減衰力が設定されることになる。これにより、プル領域の振動の振幅が大きい場合であっても十分に振動伝達特性が減少するため、高周波振動の悪化を回避することができるものである。以上から、例え高価なセンサ等を備えてスカイフック制御を行ったとしても位相推定精度が悪化することで制御が困難な領域では、スカラー量に基づく周波数感応制御によって高周波振動を抑制できるものである。

【 0 0 7 2 】

(ばね下制振制御部)

次に、ばね下制振制御部の構成について説明する。図 8 (a) のコンベ車両において説明したように、タイヤも弾性係数と減衰係数を有することから共振周波数帯が存在する。ただし、タイヤの質量はばね上の質量に比べて小さく、弾性係数も高いため、ばね上共振よりも高周波数側に存在する。このばね下共振成分により、ばね下においてタイヤがバタバタ動いてしまい、接地性が悪化するおそれがある。また、ばね下でのバタつきは乗員に不快感を与えるおそれもある。そこで、ばね下共振によるバタつきを抑制するために、ばね下共振成分に応じた減衰力を設定するものである。

【 0 0 7 3 】

図 1 8 は実施例 1 のばね下制振制御の制御構成を表すブロック図である。ばね下共振成分抽出部 3 4 1 では、走行状態推定部 3 2 内の偏差演算部 3 2 1 b から出力された車輪速変動にバンドパスフィルタを作用させてばね下共振成分を抽出する。ばね下共振成分は車輪速周波数成分のうち概ね 1 0 ~ 2 0 H z の領域から抽出される。包絡波形成形部 3 4 2 では、抽出されたばね下共振成分をスカラー化し、EnvelopeFilter を用いて包絡波形を成形する。ゲイン乗算部 3 4 3 では、スカラー化されたばね下共振成分にゲインを乗算し、ばね下制振減衰力制御量を算出し、減衰力制御部 3 5 に対して出力する。尚、実施例 1 では、車輪速センサ検出値にバンドパスフィルタを作用させてばね下共振成分を抽出することとしたが、走行状態推定部 3 2 において、ばね上速度に併せてばね下速度を推定演算し、ばね下共振成分を抽出するようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

(減衰力制御部の構成について)

次に、減衰力制御部 3 5 の構成について説明する。図 1 9 は実施例 1 の減衰力制御部の制御構成を表す制御ブロック図である。等価粘性減衰係数変換部 3 5 a では、ドライバ入力制御部 3 1 から出力されたドライバ入力減衰力制御量と、スカイフック制御部 3 3 a か

10

20

30

40

50

ら出力された S / A 姿勢制御量と、周波数感応制御部 3 3 b から出力された周波数感応減衰力制御量と、ばね下制振制御部 3 4 から出力されたばね下制振減衰力制御量と、走行状態推定部 3 2 により演算されたストローク速度が入力され、これらの値を等価粘性減衰係数に変換する。

【 0 0 7 5 】

減衰係数調停部 3 5 b では、等価粘性減衰係数変換部 3 5 a において変換された減衰係数（以下、それぞれの減衰係数をドライバ入力減衰係数 k_1 、S / A 姿勢減衰係数 k_2 、周波数感応減衰係数 k_3 、ばね下制振減衰係数 k_4 と記載する。）のうち、どの減衰係数に基づいて制御するのかを調停し、最終的な減衰係数を出力する。制御信号変換部 3 5 c では、減衰係数調停部 3 5 b で調停された減衰係数とストローク速度に基づいて S / A 3 に対する制御信号（指令電流値）に変換し、S / A 3 に対して出力する。

10

【 0 0 7 6 】

〔減衰係数調停部〕

次に、減衰係数調停部 3 5 b の調停内容について説明する。実施例 1 の車両の制御装置にあっては、4 つの制御モードを有する。第 1 に一般的な市街地などを走行しつつ適度な旋回状態が得られる状態を想定したスタンダードモード、第 2 にワインディングロードなどを積極的に走行しつつ安定した旋回状態が得られる状態を想定したスポーツモード、第 3 に低車速発進時など、乗り心地を優先して走行する状態を想定したコンフォートモード、第 4 に直線状態の多い高速道路等を高車速で走行する状態を想定したハイウェイモードである。

20

【 0 0 7 7 】

スタンダードモードでは、スカイフック制御部 3 3 a によるスカイフック制御を行いつつ、ばね下制振制御部 3 4 によるばね下制振制御を優先する制御を実施する。

スポーツモードでは、ドライバ入力制御部 3 1 によるドライバ入力制御を優先しつつ、スカイフック制御部 3 3 a によるスカイフック制御とばね下制振制御部 3 4 によるばね下制振制御とを実施する。

コンフォートモードでは、周波数感応制御部 3 3 b による周波数感応制御を行いつつ、ばね下制振制御部 3 4 によるばね下制振制御を優先する制御を実施する。

ハイウェイモードでは、ドライバ入力制御部 3 1 によるドライバ入力制御を優先しつつ、スカイフック制御部 3 3 a によるスカイフック制御にばね下制振制御部 3 4 によるばね下制振制御の制御量を加算する制御を実施する。

30

以下、これら各モードにおける減衰係数の調停について説明する。

【 0 0 7 8 】

スタンダードモードにおける調停

図 2 0 は実施例 1 のスタンダードモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

ステップ S 1 では、S / A 姿勢減衰係数 k_2 がばね下制振減衰係数 k_4 より大きいかが否かを判断し、大きいときはステップ S 4 に進んで減衰係数として k_2 を設定する。

ステップ S 2 では、周波数感応制御部 3 3 b において説明したフワ領域、ヒョコ領域及びブル領域のスカラー量に基づいて、ブル領域のスカラー量比率を演算する。

40

ステップ S 3 では、ブル領域の比率が所定値以上か否かを判断し、所定値以上の場合は高周波振動による乗り心地悪化が懸念されることからステップ S 4 に進み、減衰係数として低い値である k_2 を設定する。一方、ブル領域の比率が上記所定値未満の場合は減衰係数を高く設定しても高周波振動による乗り心地悪化の心配が少ないことからステップ S 5 に進んで k_4 を設定する。

【 0 0 7 9 】

上述のように、スタンダードモードでは、原則としてばね下の共振を抑制するばね下制振制御を優先する。ただし、ばね下制振制御が要求する減衰力よりスカイフック制御が要求する減衰力が低く、かつ、ブル領域の比率が大きいときには、スカイフック制御の減衰力を設定し、ばね下制振制御の要求を満たすことに伴う高周波振動特性の悪化を回避する

50

。これにより、走行状態に応じて最適な減衰特性を得ることができ、車体のフラット感を達成しつつ、高周波振動に対する乗り心地悪化を同時に回避できる。

【 0 0 8 0 】

スポーツモードにおける調停

図 2 1 は実施例 1 のスポーツモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

ステップ S 1 1 では、ドライバ入力制御により設定された 4 輪のドライバ入力減衰係数 k_1 に基づいて 4 輪減衰力配分率を演算する。右前輪のドライバ入力減衰係数を k_{1fr} 、左前輪のドライバ入力減衰係数を k_{1fl} 、右後輪のドライバ入力減衰係数を k_{1rr} 、左後輪のドライバ入力減衰係数を k_{1rl} 、各輪の減衰力配分率を x_{fr} 、 x_{fl} 、 x_{rr} 、 x_{rl} とすると、

$$x_{fr} = k_{1fr} / (k_{1fr} + k_{1fl} + k_{1rr} + k_{1rl})$$

$$x_{fl} = k_{1fl} / (k_{1fr} + k_{1fl} + k_{1rr} + k_{1rl})$$

$$x_{rr} = k_{1rr} / (k_{1fr} + k_{1fl} + k_{1rr} + k_{1rl})$$

$$x_{rl} = k_{1rl} / (k_{1fr} + k_{1fl} + k_{1rr} + k_{1rl})$$

により算出される。

【 0 0 8 1 】

ステップ S 1 2 では、減衰力配分率 x が所定範囲内 (より大きく より小さい) か否かを判断し、所定範囲内の場合は各輪に対する配分はほぼ均等であると判断してステップ S 1 3 に進み、いずれか 1 つでも所定範囲外の場合はステップ S 1 6 に進む。

ステップ S 1 3 では、ばね下制振減衰係数 k_4 がドライバ入力減衰係数 k_1 より大きいか否かを判断し、大きいと判断した場合はステップ S 1 5 に進み、第 1 減衰係数 k として k_4 を設定する。一方、ばね下制振減衰係数 k_4 がドライバ入力減衰係数 k_1 以下であると判断した場合はステップ S 1 4 に進み、第 1 減衰係数 k として k_1 を設定する。

【 0 0 8 2 】

ステップ S 1 6 では、ばね下制振減衰係数 k_4 が S / A 3 の設定可能な最大値 max か否かを判断し、最大値 max と判断した場合はステップ S 1 7 に進み、それ以外の場合はステップ S 1 8 に進む。

ステップ S 1 7 では、4 輪のドライバ入力減衰係数 k_1 の最大値がばね下制振減衰係数 k_4 となり、かつ、減衰力配分率を満たす減衰係数を第 1 減衰係数 k として演算する。言い換えると、減衰力配分率を満たしつつ減衰係数が最も高くなる値を演算する。

ステップ S 1 8 では、4 輪のドライバ入力減衰係数 k_1 がいずれも k_4 以上となる範囲で減衰力配分率を満たす減衰係数を第 1 減衰係数 k として演算する。言い換えると、ドライバ入力制御によって設定される減衰力配分率を満たし、かつ、ばね下制振制御側の要求をも満たす値を演算する。

【 0 0 8 3 】

ステップ S 1 9 では、上記各ステップにより設定された第 1 減衰係数 k がスカイフック制御により設定される S / A 姿勢減衰係数 k_2 より小さいか否かを判断し、小さいと判断された場合はスカイフック制御側の要求する減衰係数のほうが大きいためステップ S 2 0 に進んで k_2 を設定する。一方、 k が k_2 以上であると判断された場合はステップ S 2 1 に進んで k を設定する。

【 0 0 8 4 】

上述のように、スポーツモードでは、原則としてばね下の共振を抑制するばね下制振制御を優先する。ただし、ドライバ入力制御側から要求される減衰力配分率は、車体姿勢と密接に関連し、特にロールモードによるドライバの視線変化との関連も深いことから、ドライバ入力制御側から要求された減衰係数そのものではなく、減衰力配分率の確保を最優先事項とする。また、減衰力配分率が保たれた状態で車体姿勢に姿勢変化をもたらす動きについてはスカイフック制御をセレクトハイで選択することで、安定した車体姿勢を維持することができる。

【 0 0 8 5 】

10

20

30

40

50

コンフォートモードにおける調停

図 2 2 は実施例 1 のコンフォートモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。

ステップ S 3 0 では、周波数感応減衰係数 k_3 がばね下制振減衰係数 k_4 より大きいかなかを判断し、大きいと判断した場合はステップ S 3 2 に進んで周波数感応減衰係数 k_3 を設定する。一方、周波数感応減衰係数 k_3 がばね下制振減衰係数 k_4 以下であると判断した場合はステップ S 3 2 に進んでばね下制振減衰係数 k_4 を設定する。

【 0 0 8 6 】

上述のように、コンフォートモードでは、基本的にばね下の共振を抑制するばね下共振制御を優先する。もともとばね上制振制御として周波数感応制御を行い、これにより路面状況に応じた最適な減衰係数を設定しているため、乗り心地を確保した制御を達成でき、ばね下がばたつくことによる接地感不足をばね下制振制御で回避することができる。尚、コンフォートモードにおいても、スタンダードモードと同様に、周波数スカラー量のブル比率に応じて減衰係数を切り替えるように構成してもよい。これにより、スーパーコンフォートモードとして更に乗り心地を確保することができる。

【 0 0 8 7 】

ハイウェイモードにおける調停

図 2 3 は実施例 1 のハイウェイモードにおける減衰係数調停処理を表すフローチャートである。尚、ステップ S 1 1 から S 1 8 までは、スポーツモードにおける調停処理と同じであるため、説明を省略する。

ステップ S 4 0 では、ステップ S 1 8 までで調停された第 1 減衰係数 k にスカイフック制御による S / A 姿勢減衰係数 k_2 を加算して出力する。

【 0 0 8 8 】

上述のように、ハイウェイモードでは、調停された第 1 減衰係数 k に S / A 姿勢減衰係数 k_2 を加算した値を用いて減衰係数を調停する。ここで、図を用いて作用を説明する。

図 2 4 はうねり路面及び凹凸路面を走行する際の減衰係数変化を表すタイムチャートである。例えば高車速走行時にわずかな路面のうねり等の影響で車体がゆらゆらと動くような動きを抑制しようとした場合、スカイフック制御のみで達成しようとする、僅かな車輪速変動を検知する必要があることから、スカイフック制御ゲインをかなり高く設定する必要がある。この場合、ゆらゆらと動くような動きを抑制することはできるが、路面の凹凸などが発生した場合、制御ゲインが大き過ぎて過剰な減衰力制御を行うおそれがある。これにより、乗り心地の悪化や車体姿勢の悪化が懸念される。

【 0 0 8 9 】

これに対し、ハイウェイモードのように第 1 減衰係数 k を常時設定しているため、ある程度の減衰力は常時確保されることになり、スカイフック制御による減衰係数が小さくても車体がゆらゆらと動くような動きを抑制できる。また、スカイフック制御ゲインを上昇させる必要がないため、路面凹凸に対しても通常の制御ゲインにより適切に対処できる。加えて、第 1 減衰係数 k が設定された状態でスカイフック制御が行われるため、セミアクティブ制御領域内において、減衰係数制限とは異なり、減衰係数の減少工程の動作が可能となり、高速走行時において安定した車両姿勢を確保することができる。

【 0 0 9 0 】

モード選択処理

次に、上記各走行モードを選択するモード選択処理について説明する。図 2 5 は実施例 1 の減衰係数調停部において走行状態に基づくモード選択処理を表すフローチャートである。

ステップ S 5 0 では、舵角センサ 7 の値に基づいて直進走行状態かなかを判断し、直進走行状態と判断された場合にはステップ S 5 1 に進み、旋回状態と判断された場合にはステップ S 5 4 に進む。

ステップ S 5 1 では、車速センサ 8 の値に基づいて高車速状態を表す所定車速 VSP1 以上かなかを判断し、VSP1 以上と判断された場合にはステップ S 5 2 に進んでスタンダードモ

10

20

30

40

50

ードを選択する。一方、VSP1未満と判断された場合にはステップS53に進んでコンフォートモードを選択する。

ステップS54では、車速センサ8の値に基づいて高車速状態を表す所定車速VSP1以上か否かを判断し、VSP1以上と判断された場合にはステップS55に進んでハイウェイモードを選択する。一方、VSP1未満と判断された場合にはステップS56に進んでスポーツモードを選択する。

【0091】

すなわち、直進走行状態において、高車速走行する場合にはスタンダードモードを選択することで、スカイフック制御による車体姿勢の安定化を図り、かつ、ヒョコやブルといった高周波振動を抑制することで乗り心地を確保し、更に、ばね下の共振を抑制することができる。また、低車速走行する場合にはコンフォートモードを選択することで、ヒョコやブルといった振動の乗員への入力を極力抑えながら、ばね下の共振を抑制することができる。

10

【0092】

一方、旋回走行状態において、高車速走行する場合にはハイウェイモードを選択することで、減衰係数を加算した値によって制御されるため、基本的に高い減衰力が得られる。これにより、高車速であってもドライバ入力制御によって旋回時の車体姿勢を積極的に確保しつつ、ばね下共振を抑制することができる。また、低車速走行する場合にはスポーツモードを選択することで、ドライバ入力制御によって旋回時の車体姿勢を積極的に確保しつつ、スカイフック制御が適宜行われながら、ばね下共振を抑制することができ、安定した車両姿勢で走行できる。

20

【0093】

尚、モード選択処理については、実施例1では走行状態を検知して自動的に切り替える制御例を示したが、例えば運転者が操作可能な切換スイッチ等を設け、これにより走行モードを選択するように制御してもよい。これにより、運転者の走行意図に応じた乗り心地や旋回性能が得られる。

【0094】

(効果)

実施例1にあっては下記に列挙する作用効果を奏する。

(1) S/A3(ショックアブソーバ)のストローク速度を検出する状態推定部32(ストローク速度検出手段)と、状態推定部32により検出されたストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量として求めるヒルベルト変換処理部352(周波数スカラー量演算手段)と、所定の周波数帯の周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率を求める比率演算部358(比率演算手段)と、比率演算部358により求められた比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とするS/A3(アクチュエータ)の制御量を演算し、比率の変化速度が高いほど制御量の変化速度を抑制するように補正し、補正した制御量をS/A3に対して出力する周波数感応制御部33b(制御量演算手段、姿勢制御手段)と、を備えた。

30

【0095】

すなわち、路面の状況を表すストローク速度の周波数スカラー量の比率に応じて減衰力を設定することで、高周波振動が入力された場合であっても、スカイフック制御のようなベクトル制御に伴う位相ずれを起こす懸念が無く、滑らかな乗り心地が得られるため、乗員への違和感を低減することができる。

40

また、フワ領域の振動混入比率の変化速度が高いときには減衰力制御量の変化速度を低くするようにしているため、比率の変化速度に関わらず、減衰力制御量の変化速度を同程度にすることができ、乗員への違和感を抑制することができる。

【0096】

(2) 周波数感応制御部33bは、所定の周波数帯の乗員への振動伝達特性に基づいて周波数感応減衰力制御量を演算することとした。

すなわち、低周波数領域であるフワ領域にあっては、比較的周波数に対して乗員の感度

50

が低く、高周波数領域に移行するに従って徐々に感度が増大していく。尚、ブル領域以上の高周波領域は乗員に伝達されにくくなっていく。これらの特性に応じて、各周波数帯のスカラー量に重み付けすることで、各周波数帯のスカラー量と実際に乗員に伝播される振動との相関をより高めることができる。

【 0 0 9 7 】

(3) 周波数感応制御部 3 3 b は、低周波数側の周波数スカラー量に人間感覚重み W_f (第一ゲイン) を乗算し、高周波数側の周波数スカラー量に W_f よりも大きな W_h , W_b (第二ゲイン) を乗算して比率を演算することとした。

これにより、乗員にとって違和感となりやすい高周波数側の振動を効果的に抑制することができる。

10

【 0 0 9 8 】

(4) 周波数感応制御部 3 3 b は、比率にばね上共振周波数の 1 . 2 H z 程度の (所定の周波数帯に対応した) ばね上共振フィルタ 3 5 9 (周波数フィルタ) を施すこととした。

すなわち、フワ領域は 1 . 2 H z 程度に存在することから、この領域の比率も 1 . 2 H z 程度で変化すると考えられるため、このフィルタ処理によりノイズを効果的に除去することができる。

【 0 0 9 9 】

(5) 状態推定部 3 2 は、車輪速の変化に基づいてストローク速度を推定することとした。

20

これにより、ばね上上下加速度センサや、ストロークセンサといった高価なセンサを備える必要がなく、一般的にどの車両にも搭載されている車輪速センサ 5 から全ての状態を推定することで、部品点数の削減及びコストの削減を図ることができ、車両搭載性を向上できる。また、車輪速センサ 5 を使用してストローク速度やばね上速度の推定を行い、スカイック制御を行うにあたり、ベクトル制御に伴う位相ずれが懸念される場面 (例えば、低車速時等、ストロークに伴う車輪速変動が検知しにくい領域) において、周波数感応制御を実施することは特に有利である。尚、実施例 1 では、ストローク速度検出手段として車輪速センサ 5 を用いたが、ストロークセンサやばね上上下加速度センサ等を採用して走行状態を検出しても良い。

【 0 1 0 0 】

30

(6) $S / A 3$ (ショックアブソーバ) のストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量としたとき、所定の周波数帯の周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とする $S / A 3$ (アクチュエータ) の制御量を演算し、比率の変化速度が高いほど制御量の変化速度を抑制する周波数感応制御部 3 3 b (コントローラ) と、制御量に応じた制御力を発生する $S / A 3$ (アクチュエータ) と、を備えた。

よって、フワ領域の振動混入比率の変化速度が高いときには減衰力制御量の変化速度を低くするようにしているため、比率の変化速度に関わらず、減衰力制御量の変化速度を同程度にすることができ、乗員への違和感を抑制することができる。

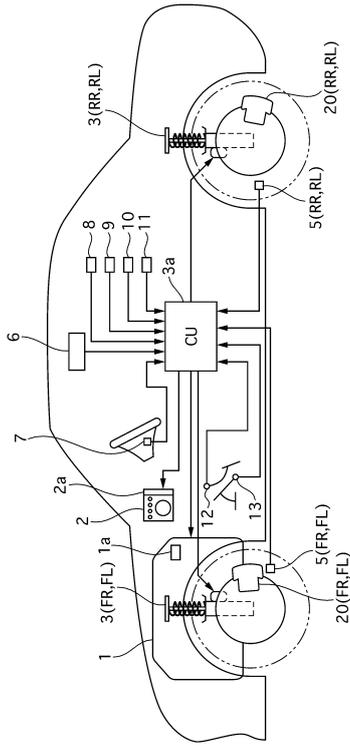
【 0 1 0 1 】

40

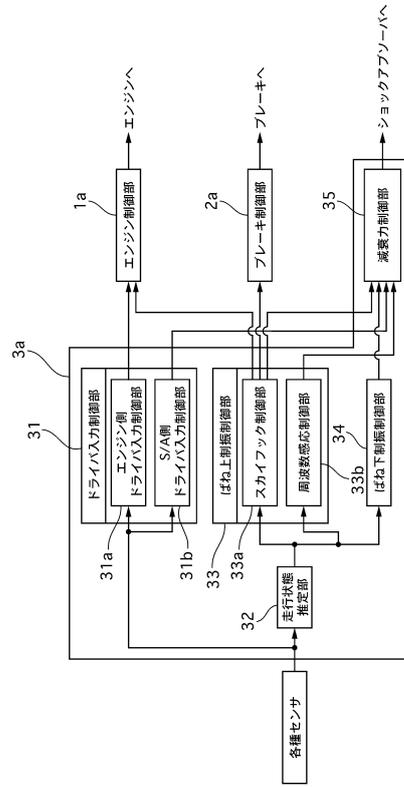
(7) 周波数感応制御部 3 3 b (コントローラ) が、ストローク速度の任意の周波数帯の振幅の大きさを周波数スカラー量としたとき、所定の周波数帯の周波数スカラー量と他の周波数帯の周波数スカラー量との比率に応じて車体の姿勢を目標姿勢とするアクチュエータの制御量を演算し、比率の変化速度が高いほど制御量の変化速度を抑制するように演算し、制御量を $S / A 3$ (アクチュエータ) の制御力で制御する。

よって、フワ領域の振動混入比率の変化速度が高いときには減衰力制御量の変化速度を低くするようにしているため、比率の変化速度に関わらず、減衰力制御量の変化速度を同程度にすることができ、乗員への違和感を抑制することができる。

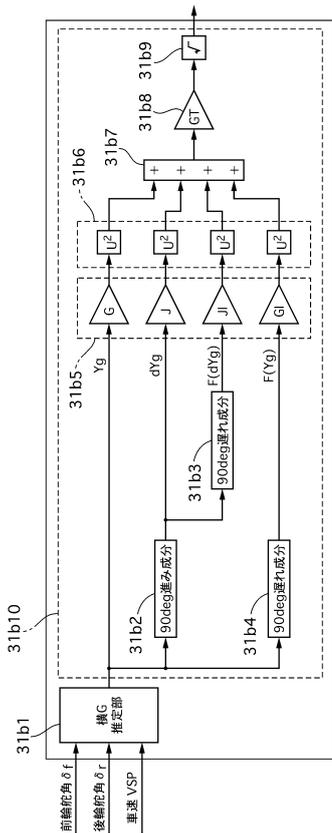
【図1】



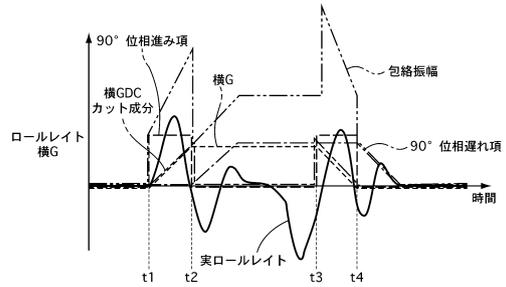
【図2】



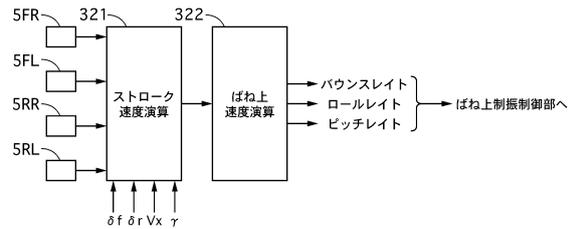
【図3】



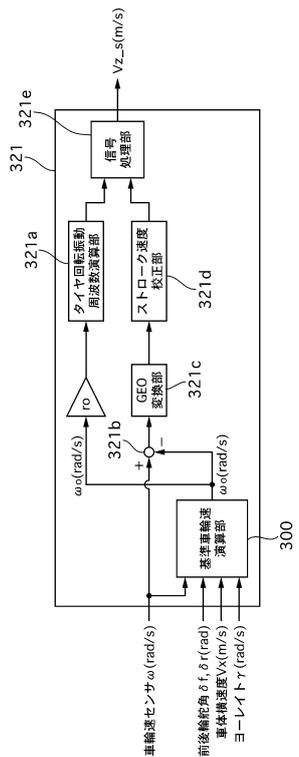
【図4】



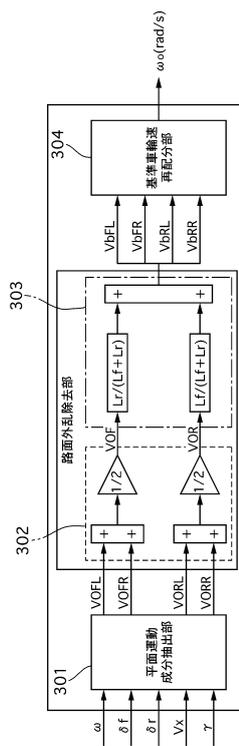
【図5】



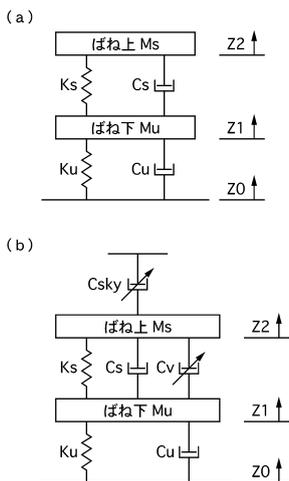
【図6】



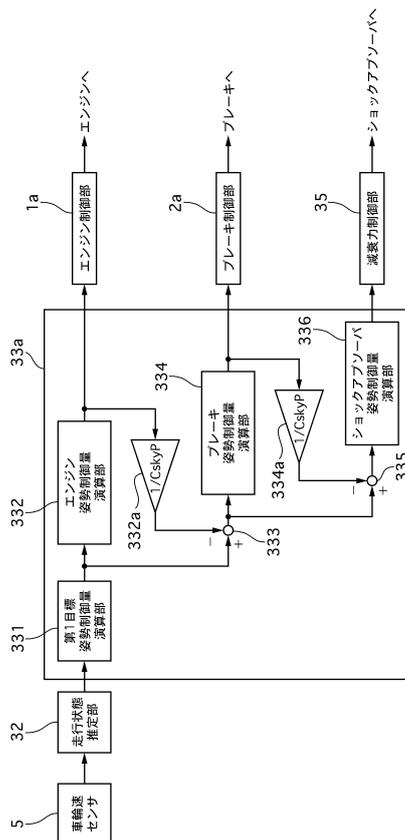
【図7】



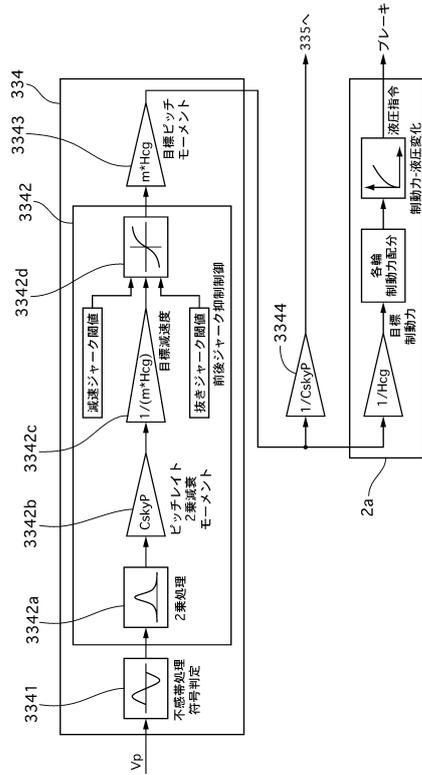
【図8】



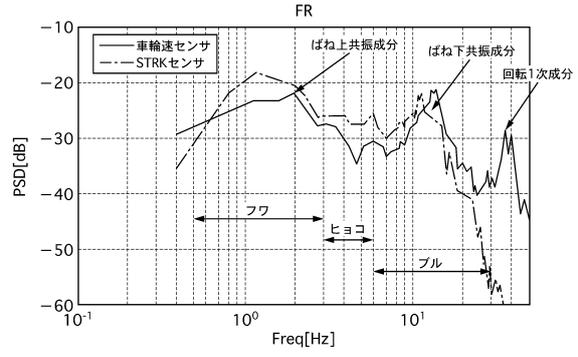
【図9】



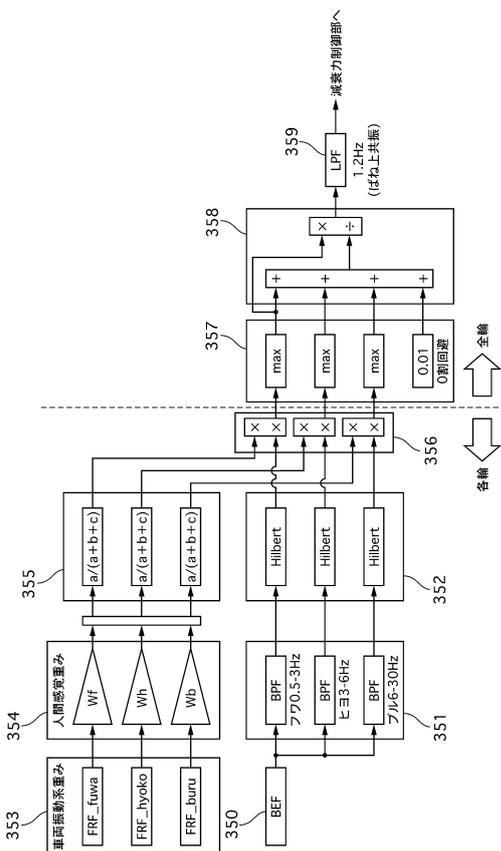
【図10】



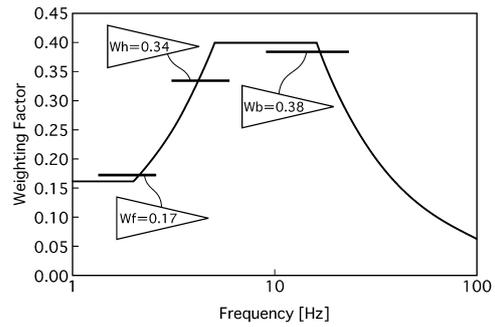
【図11】



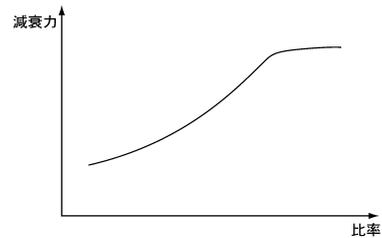
【図12】



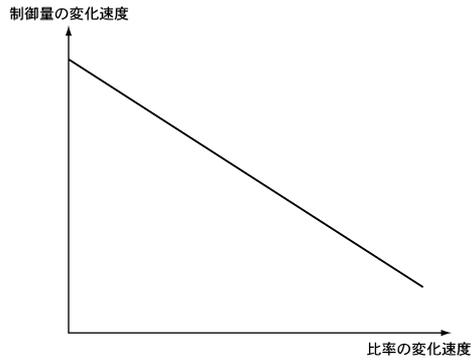
【図13】



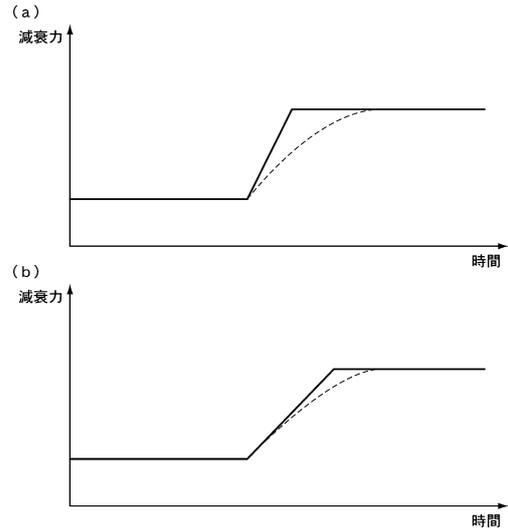
【図14】



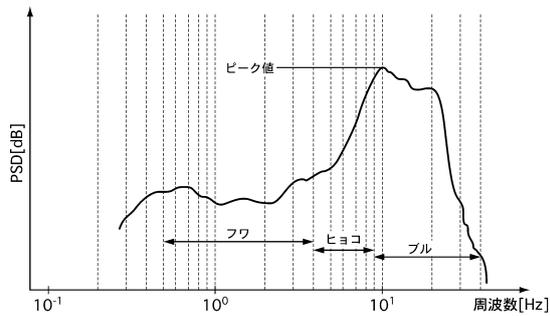
【図15】



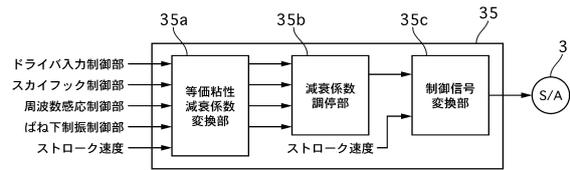
【図16】



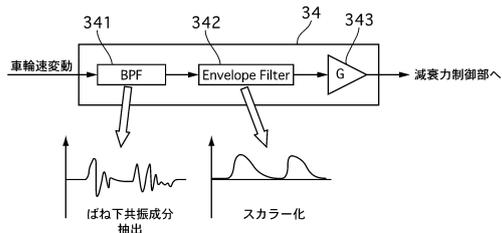
【図17】



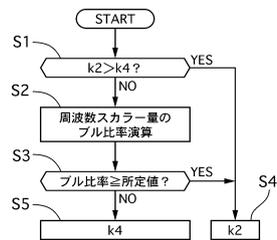
【図19】



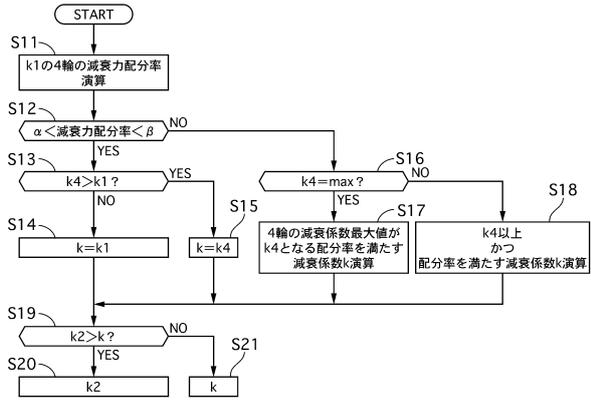
【図18】



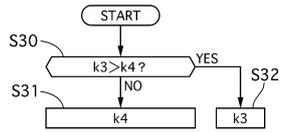
【図20】



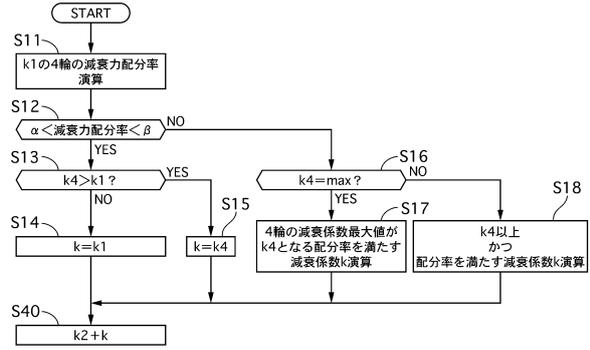
【図 2 1】



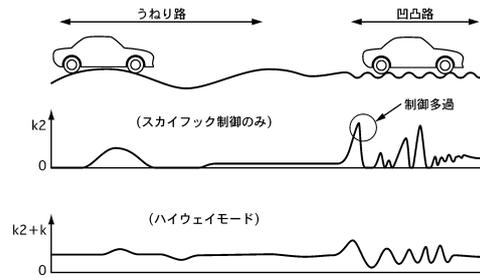
【図 2 2】



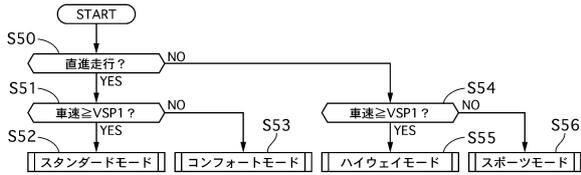
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06 - 227228 (JP, A)
特開平06 - 080007 (JP, A)
特開2009 - 241813 (JP, A)
特開平07 - 315029 (JP, A)
特開平08 - 238915 (JP, A)
特開2010 - 137794 (JP, A)
特開平05 - 229328 (JP, A)
特開平11 - 034631 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60G 1/00 - 99/00