

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 11 月 20 日 (20.11.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/095261 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B60L 15/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/05658
- (22) 国際出願日: 2003 年 5 月 6 日 (06.05.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-132008 2002 年 5 月 7 日 (07.05.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ブリヂストン (KABUSHIKI KAISHA BRIDGESTONE) [JP/JP]; 〒104-8340 東京都 中央区 京橋 1-1 0-1 Tokyo (JP).

(WAKAO, Yasumichi) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都 小平市 小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン技術センター内 Tokyo (JP). 芥川 恵造 (AKUTAGAWA, Keizo) [JP/JP]; 〒187-8531 東京都 小平市 小川東町 3-1-1 株式会社ブリヂストン技術センター内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 宮園 純一 (MIYAZONO, Junichi); 〒102-0072 東京都 千代田区 飯田橋三丁目 4 番 4 第 5 田中ビル 6 F Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 若尾 泰通

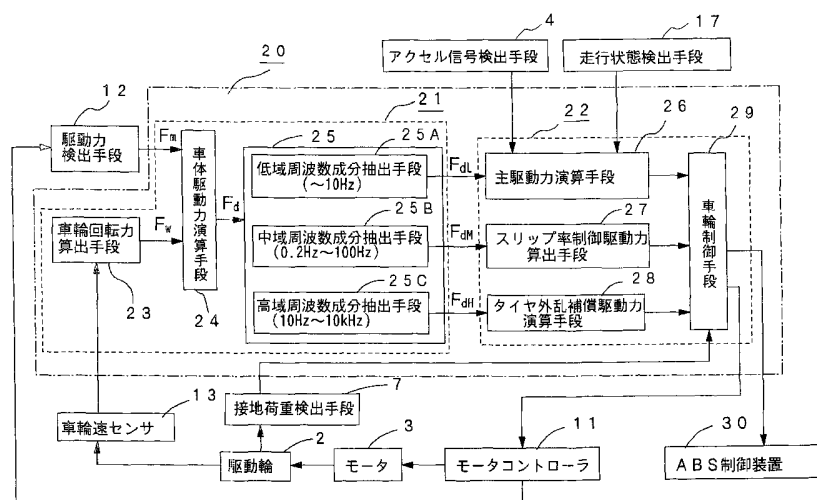
添付公開書類:

— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING VEHICLE

(54) 発明の名称: 車両制御方法及び車両制御装置



17...RUNNING STATE DETECTION MEANS

2...DRIVE WHEEL

3...ELECTRIC MOTOR

4...ACCELERATOR SIGNAL DETECTION MEANS

7...GROUND CONTACT LOAD DETECTION MEANS

11...MOTOR CONTROLLER

12...DRIVE FORCE DETECTION MEANS

13...WHEEL SPEED SENSOR

23...WHEEL ROTATIONAL FORCE CALCULATION MEANS

24...BODY DRIVE FORCE CALCULATION MEANS

25A...LOW RANGE FREQUENCY COMPONENT EXTRACTION MEANS

25B...MIDDLE RANGE FREQUENCY COMPONENT EXTRACTION MEANS

25C...HIGH RANGE FREQUENCY COMPONENT EXTRACTION MEANS

26...MAIN DRIVE FORCE CALCULATION MEANS

27...SLIP RATIO CONTROLLABLY DRIVE FORCE CALCULATION MEANS

28...TIRE DISTURBANCE COMPENSATION DRIVE FORCE CALCULATION MEANS

29...WHEEL CONTROL MEANS

30...ABS CONTROL DEVICE

(57) Abstract: A method and a device for controlling a vehicle, the device comprising a wheel speed sensor (13), a wheel rotational force calculation means (23) for calculating a wheel rotational force by using a wheel speed, a drive force detection means (12) for detecting a drive force generated by an electric motor (3), a body drive force calculation means (24) for calculating a body drive force by using the drive force and the wheel rotational force, a body drive force varying component extraction means (25) for extracting varying components in a plurality of frequency bands of the body drive force, and a controllably driving force control part (22)

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

for controlling the running state of a vehicle, wherein a controllably driving force applied to wheels is provided by using a main drive force, a slip ratio controllably driving force, and a tire disturbance compensation driving force calculated based on the varying components of the extracted body drive force and sent to a motor controller (11) to drive controllably drive wheels (2), and minute vibration produced between the tire and a road surface is suppressed by adding minute vibration to the tire, whereby a ground contact between the tire and the road surface can be increased by compensating for a disturbance applied to the tire so as to increase the steering stability of the vehicle.

(57) 要約: 車輪センサ13と、上記車輪速から車輪回転力を算出する車輪回転力算出手段23と、電気モータ3の発生する駆動力を検出する駆動力検出手段12と、上記駆動力と車輪回転力とから車体駆動力を演算する車体駆動力演算手段24と、上記車体駆動力の複数の周波数帯域の変動成分を抽出する車体駆動力変動成分抽出手段25と、車両の走行状態を制御する制駆動力制御部22とを備え、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて演算された主駆動力、スリップ率制御駆動力、タイヤ外乱補償駆動力とから車輪に加えられる制駆動力を求めてモータコントローラ11に送り、駆動輪2を制駆動するとともに、タイヤに微小振動を付加してタイヤ路面間に発生する微小振動を抑制することにより、タイヤに加わる外乱を補償して、タイヤ路面間の接地性を向上させ、車両の操縦安定性を向上させるようにした。

明 細 書

車両制御方法及び車両制御装置

技術分野

本発明は、車両の制御方法に関するもので、特に、車輪に加わる制駆動力を適切に制御するとともに、タイヤに作用する外乱を抑制するための制御方法とその装置に関する。

背景技術

従来、駆動輪に加わる駆動力を制御して車両の走行状態を制御する方法としては、エンジン駆動車であれば、入力されたアクセル信号に基づき、エンジンの目標回転数を演算し、車速センサで検出される実際の車速が上記目標回転数から算出される車速になるように、スロットルバルブ開度などを制御してエンジン回転数を制御して、駆動輪に連結される出力軸に加えられる駆動トルクを制御する方法が一般的である。

また、電気モータにより駆動輪を制駆動する電気自動車においては、第12図の制御フローに示すように、駆動トルク検出手段51により、駆動輪50Rを制駆動する電気モータ50Mの出力トルクを検出するとともに、車輪速センサ52で車輪速を検出し、目標車輪速演算手段53にて、必要とされる駆動トルクを得るための目標駆動力（モータトルク指令値）と上記検出されたモータの出力トルクとを用いて、上記検出された車輪速が上記目標車輪速になるように、粘着状態における目標車輪速を演算し、モータ駆動・制御手段54により、上記電気モータ50Mの発生する制駆動力を制御して駆動輪50Rに加えられる制駆動力を制御するようにしている。このとき、上記車輪回転力と車体駆動力との比が、車輪の質量と車体の質量との比となるように制御される。なお、上記モータ50Mの発生する制駆動力は、モータ出力軸のトルクを検出したり、モータ電流を直接検出したりするなどして、モータ駆動・制御手段54にて、上記電気モータ50Mに流れる電流の大きさを制御する。

また、電気モータ 50 M の出力トルクの変動に伴う車両の振動が発生した場合、これを制御する方法として、例えば、モータトルクをモータ回転角度 θ_m もしくは回転速度 ω_m として検出し、この θ_m もしくは ω_m と、プラントモデルで推定されたモータ回転角度の推定値 θ_{me} もしくは回転速度の推定値 ω_{me} との偏差 e を算出し、この偏差 e から外乱トルクを推定して実プラントに入力されるモータトルクを制御する方法（例えば、特開 2000-217209 号公報参照）や、モータの平均回転数 ω_M と駆動輪の平均回転数 ω_b とを検出してその偏差 $\Delta\omega$ を算出し、この偏差 $\Delta\omega$ にゲイン k を乗じた補正值 τ' を用いてモータへ入力するトルク指令 τ_M を補正する方法（例えば、特開 2002-152916 号公報参照）などが提案されている。

また、スイッチング回路にて駆動する SR モータを用いた車両において、モータから検出したモータ回転数信号から、バンドパスフィルタにより上記共振周波数帯域の信号を取り出してこれをフィードバックして、上記モータまたは車体の共振に起因するモータ振動によるモータ軸の回転ムラを低減する方法も提案されている（例えば、特開 2002-171778 号公報参照）。

また、上記の車両制御においては、ヨーレートセンサや車速センサで検出される車両の姿勢や車速の制御を行う際に、制御対象である車両の挙動の時定数に応じて駆動輪に加わる制駆動力を制御するようにしている。具体的には、ループ内にローパスフィルタを設けて上記車両の挙動に対するノイズ成分となる高周波成分を除去することにより、エンジン駆動車では、約 100 msec ~ 10 sec の、電気自動車では、約 1 msec ~ 10 sec の制御周期で駆動輪に加わる制駆動力を制御する。

一方、低 μ 路での走行においては、路面 μ を推定し、この路面 μ に基づいて車両の走行状態を制御する方法が行われている。路面 μ の推定方法としては、例えば、タイヤと路面との間の摩擦特性を含む車輪共振系への入力に対する応答出力の精度向上のため車輪速の振動を抽出し、この車輪速の振動から周期的な振動のみを選択し、この周期的な振動に基づいて車輪共振系の伝達関数を同定することにより路面 μ を推定する方法が提案されている（例えば、特開平 11-178120 号公報参照）。

また、低 μ 路での急発進における車輪のスピン抑制のためには、第12図に示すように、車体速センサ55を用いて車体速を検出し、スリップ率演算手段56にて、上記検出された車体速と車輪速センサ52を用いて検出された車輪速とから車輪スピンによって発生する車輪速－車体速間の速度差によって決定されるスリップ率を演算し、上記スリップ率が予め設定されたスリップ率になるように上記目標車輪速を補正して上記スリップ率の上昇を抑制し、制駆動距離を短縮する制御を行っているが、この制御についても、車両挙動の情報を基に駆動輪に加わる制駆動力の制御を行うため、同じ制御周波数での制御を行っている。

また、車体速と車輪速との速度差からスリップ率を算出する代わりに、駆動輪部の加速度を加速度センサで検出し、この加速度センサの出力と駆動輪の回転増加量との関係から、当該車両がスリップしているかどうかを判定し、スリップと判定した場合にはモータトルクを減少させる制御方法も提案されている（例えば、特開平11-178120号公報参照）。

また、路面状態に応じて、タイヤに車体の応答周波数よりも高い周波数をもつ微小振動を与えてタイヤと路面間の摩擦力を変化させることで、タイヤのスリップ率またはスリップ角を一定の状態を維持したままで、タイヤの摩擦力を制御して車両の走行状態を制御する方法も提案されている（例えば、国際公開第02/00463号パンフレット参照）。

しかしながら、上記エンジン駆動車の一般的車両制御では、周期が100msec以下の、路面状態の変化に起因するタイヤ接地圧の変動やサスペンションを含むバネ下振動の変化等によるタイヤに加わる外乱（微小振動）の影響を補償することができないため、タイヤの接地性を悪化させているといった問題点があった。一方、電気自動車においては、上記エンジン駆動車よりも短い周期の制御が可能であるにもかかわらず、上記検出されたモータトルクや車輪速に含まれる、車体の応答周波数よりも高い周波数領域の変動成分を特化することができないため、上記タイヤに加わる外乱の影響を補償することができなかった。

また、タイヤに直接微小振動を与える方法では、タイヤの摩擦力制御のみを行っているため、車両の姿勢や車速の制御については十分とはいえなかった。

更に、車両の姿勢や車速の制御やスリップ率の制御を、同じ制御周波数範囲で行っているため、車両の姿勢や車速の制御に対しては、オーバーフィードバックになるなど、十分な車両制御ができなかった。

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、タイヤに加わる外乱を補償して、タイヤ-路面間の接地性を向上させ、車両の操縦安定性を向上させることのできる車両制御方法とその装置を提供することを目的とする。

発明の開示

本発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、車輪速または車体駆動力の変動を抽出し、この抽出された車輪速または車体駆動力の変動を抑制する制御を行うことにより、車両の走行状態を安定させることができることを見だし、本発明に到ったものである。具体的には、車輪速センサにより検出される車輪速や、駆動輪に加えられる駆動力と車輪回転力とから求められる、タイヤ接地面で発生している、車体を前進させるための車体駆動力のいずれかに含まれる車体の姿勢や車速の変化、更には、タイヤ外乱に起因する変動成分を分離して抽出し、これらの各変動成分を直接目標駆動力にフィードバックしたり、各変動成分に応じて駆動輪に加えられる駆動力や制動力を制御したり、更には、タイヤに振動を与えて上記タイヤ外乱によるタイヤ変形を抑制したりするなどして駆動力の変動や上記外乱に起因する振動を抑制することにより、安定した車両制御が可能となる。

すなわち、本発明の請求の範囲 1 に記載の車両制御方法は、駆動輪に加えられる駆動力と車輪回転力とを検出して、上記検出された駆動力と車輪回転力とから車体駆動力を算出し、上記算出された車体駆動力の、少なくとも 1 つの周波数帯域の変動成分を抽出し、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、車輪を制駆動したり、車輪に振動を与えたりして、車両の走行状態を制御するようにしたことを特徴とする。

請求の範囲 2 に記載の車両制御方法は、上記算出された車体駆動力の複数の周波数帯域における変動成分を抽出し、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、駆動輪に加えられる制駆動力を制御するようにしたことを特徴とするも

ので、これにより、車両の制駆動や姿勢制御、スリップ率の上昇抑制、タイヤ外乱の補償等の制御を同時にかつ的確に行うことが可能となる。

請求の範囲3に記載の車両制御方法は、エンジンにより駆動される車両において、駆動輪の出力軸に加えられる駆動力を検出して、上記駆動力と車輪回転力とから算出される車体駆動力の、少なくとも10Hz～1kHzの周波数帯域を含む変動成分を抽出し、上記抽出された変動成分に基づいて車両の走行状態を制御するようにしたもので、これにより、周期が100ms以下、路面状態の変化に起因するタイヤ接地圧の変動やサスペンションを含むバネ下振動の変化等によるタイヤに加わる外乱（微小振動）の影響を補償することが可能となり、タイヤの接地性を向上させることができる。

また、請求の範囲4に記載の車両制御方法は、モータにより制駆動される車両において、駆動輪を制駆動するモータの発生する制駆動力を検出して、上記制駆動力と車輪回転力とから算出される車体駆動力の、少なくとも10Hz～10kHzの周波数帯域を含む変動成分を抽出し、上記抽出された変動成分に基づいて車両の走行状態を制御するようにしたもので、これにより、周期が100ms以下、路面状態の変化に起因するタイヤ接地圧の変動やサスペンションを含むバネ下振動の変化等によるタイヤに加わる外乱（微小振動）の影響を確実に補償することが可能となり、タイヤの接地性を更に向上させることができる。

請求の範囲5に記載の車両制御方法は、上記車体駆動力の変動成分のうち、10Hz～200Hzにおける変動成分を抽出して、車体駆動力の変動を抑制する制御を行うようにしたことを特徴とするもので、これにより、上記10Hz～10kHzの変動成分のうち、トレッドのパターンブロックやサイプの影響による微細振動よりも低周波側にある、タイヤケースの固有振動などに起因するタイヤダイナミックスの周波数帯域での外乱を抑制して、車体駆動力の変動を低減することが可能となる。

請求の範囲6に記載の車両制御方法は、上記車体駆動力の変動成分のうち、30Hz～100Hzにおける変動成分を抽出して、車体駆動力の変動を抑制する制御を行うようにしたことを特徴とするもので、これにより、上記10Hz～10kHzの変動成分のうち、タイヤの縦バネ、及び、前後バネの共振周波数近傍

での外乱を抑制することが可能となる。

請求の範囲 7 に記載の車両制御方法は、請求の範囲 1 ～請求の範囲 6 のいずれかに記載の車両制御方法において、左、右の駆動輪を独立に制御するようにしたことを特徴とするもので、従来のギア等の差動装置（デフ）によるトルク配分とは異なり、他方の駆動輪の駆動トルクによる制限がないので、左、右の駆動輪の駆動トルクを適切に設定することが可能となる。

請求の範囲 8 に記載の車両制御方法は、上記請求の範囲 7 に記載の車両制御方法において、ステアリング特性の変化に基づいて左、右の駆動輪をそれぞれ制御するようにしたもので、これにより、ステアリング特性の変化を抑制できるので、車両の姿勢や車速の制御を確実に行うことが可能となる。

請求の範囲 9 に記載の車両制御方法は、タイヤに作用する接地荷重に基づいて車両の走行状態を制御するようにしたもので、これにより、タイヤに作用する接地荷重の変化に伴うタイヤ－路面間の摩擦力の変化を補償することができ、車両の制御特性を更に向上させることが可能となる。

また、請求の範囲 10 に記載の車両制御方法は、少なくとも 1 つの周波数帯域の車輪速や車輪回転力の変動などの、車輪の変動を抽出し、上記抽出された車輪の変動に基づいて、上記車輪の変動を抑制するように駆動輪を制駆動することを特徴とする。

請求の範囲 11 に記載の車両制御方法は、請求の範囲 10 に記載の車両制御方法において、上記車輪の、少なくとも 10 Hz ～ 10 kHz の周波数帯域を含む変動を抽出し、この抽出された車輪の変動を用いて駆動輪を制駆動するモータの制駆動力を制御するようにしたことを特徴とする。

また、請求の範囲 12 に記載の車両制御装置は、駆動輪の車輪速を検出する手段と、上記検出された車輪速から車輪回転力を算出する手段と、上記駆動輪に加えられる駆動力を検出する手段と、上記駆動力と車輪回転力とから車体駆動力を演算する手段と、上記演算された車体駆動力から少なくとも 1 つの周波数帯域の変動成分を抽出する手段と、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて車両の走行状態を制御する走行状態制御手段とを備え、車体駆動力の変動成分に含まれる車体の姿勢や速度の変化、更には、タイヤ外乱に起因する変動成分を分離

して抽出し、これらの変動成分に基づいて車両の走行状態を制御することにより、車両制御特性を向上させるようにしたものである。

請求の範囲 1 3 に記載の車両制御装置は、駆動輪を制駆動するモータの発生する制駆動力を検知して、上記駆動輪に加えられる制駆動力を検出するようにしたものである。

請求の範囲 1 4 に記載の車両制御装置は、請求の範囲 1 2 または請求の範囲 1 3 に記載の車両制御装置において、上記走行状態制御手段に、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて車輪を制駆動する手段を設けたものである。

請求の範囲 1 5 に記載の車両制御装置は、上記車体駆動力の、 $0.2\text{ Hz} \sim 100\text{ Hz}$ の周波数帯域の変動成分を抽出して車体速度と車輪速度との速度差を算出する手段を設け、上記算出された速度差に基づいて車輪を制駆動するようにしたもので、これにより、スリップ率の上昇を抑制して、適切な車輪速制御を行うことが可能となる。

また、請求の範囲 1 6 に記載の車両制御装置は、左、右の駆動輪を独立に制御して、車両の旋回安定性を向上させるようにしたものである。

請求の範囲 1 7 に記載の車両制御装置は、左、右の駆動輪の車体駆動力の 10 Hz 以下の周波数帯域の変動成分をそれぞれ抽出する手段を設け、上記抽出された各変動成分に基づいて左、右の駆動輪をそれぞれ制御することにより、ステアリングの変化に伴う不安定化を抑制して、車両の姿勢制御や車速の制御を確実にを行うことを可能としたものである。

請求の範囲 1 8 に記載の車両制御装置は、操舵系の舵角を検出する手段と、車体のヨーレートを検出する手段と、上記検出された舵角とヨーレートの大きさから、ステアリング特性の変化を検出するとともに車体の不安定性を判定する手段とを設け、車体が不安定と判定された場合には、上記ステアリング特性の変化に応じて、旋回内側の駆動輪、及び、旋回外側の駆動輪のいずれか一方、あるいは両方を制駆動するようにしたもので、これにより、姿勢制御の安定性を更に向上させることが可能となる。

また、請求の範囲 1 9 に記載の車両制御装置は、請求の範囲 1 2 ～請求の範囲 1 8 のいずれかに記載の車両制御装置において、上記走行状態制御手段に、タイ

やに振動を与える手段を設けて、タイヤに加わる微小振動の影響を補償するようにしたものである。

請求の範囲 2 0 に記載の車両制御装置は、上記車体駆動力の $10\text{ Hz} \sim 10\text{ kHz}$ の周波数帯域の変動成分を抽出してタイヤに作用する外乱の大きさを算出する手段を設け、上記算出された外乱の大きさに基づいてタイヤに振動を与えるようにしたものである。

請求の範囲 2 1 に記載の車両制御装置は、上記車体駆動力の変動成分のうち、 $10\text{ Hz} \sim 200\text{ Hz}$ における変動成分を抽出して、上記変動成分に含まれるタイヤケースの固有振動などに起因するタイヤダイナミックスの周波数帯域での外乱を抑制し、車体駆動力の変動を低減する制御を行うようにしたものである。

請求の範囲 2 2 に記載の車両制御装置は、上記車体駆動力の変動成分のうち、 $30\text{ Hz} \sim 100\text{ Hz}$ における変動成分を抽出して、上記変動成分に含まれるタイヤの縦バネ、及び、前後バネの共振周波数近傍での外乱を抑制し、車体駆動力の変動を低減する制御を行うようにしたものである。

また、請求の範囲 2 3 に記載の車両制御装置は、請求の範囲 1 2 ～請求の範囲 2 2 のいずれかに記載の車両制御装置において、タイヤに作用する接地荷重を検出する手段を設け、上記検出された接地荷重に基づいて車両の走行状態を制御するようにしたもので、これにより、タイヤに作用する接地荷重の変化に伴うタイヤー路面間の摩擦力の変化を補償することができるので、車両の制御特性を更に向上させることが可能となる。

請求の範囲 2 4 に記載の車両制御装置は、請求の範囲 2 3 に記載の車両制御装置において、サスペンションの変位量を検出する手段と、ホイールの上下加速度を検出する手段と、上記検出されたサスペンションの変位量とホイールの上下加速度とから上記接地荷重を算出する手段とを備え、タイヤに作用する接地荷重を検出するようにしたものである。

また、請求の範囲 2 5 に記載の車両制御装置は、駆動輪の車輪速を検出する手段と、上記検出された車輪速の少なくとも $10\text{ Hz} \sim 10\text{ kHz}$ の周波数帯域の変動成分を抽出する手段と、上記抽出された車輪速の変動成分を用いて駆動輪を制駆動するモータの発生する制駆動力を補正する走行状態制御手段とを備えたも

ので、これにより、タイヤ外乱に起因する車輪速の変動を低減して車両の走行状態を安定させることが可能となる。

また、請求の範囲 2 6 に記載の車両制御装置は、請求の範囲 1 2 ～請求の範囲 2 5 のいずれかに記載の車両制御装置において、上記モータを、直接駆動輪を駆動するダイレクトドライブモータとしたものである。

請求の範囲 2 7 に記載の車両制御装置は、上記モータを、車輪に取付けられた電気モータによりホイールを駆動するインホイールモータとしたものである。

請求の範囲 2 8 に記載の車両制御装置は、上記モータを、ギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータとすることにより、ギヤのバッククラッシュに起因する振動をなくして、高い周波数での制御を確実に行うことができるようにしたものである。

請求の範囲 2 9 に記載の車両制御装置は、上記モータを、緩衝部材または緩衝装置を介して、車輻バネ下部、及び、車体側のいずれか一方、あるいは、両方に取付けて、車両の凹凸路走行時における接地力の変動レベルを低減するようにしたもので、これにより、制御すべき周波数領域が少なくなり、制御周波数の選択の自由度が大きくなるとともに、変動レベルそのものが小さくなっているため、高い周波数領域での制御を容易に行うことができる。

図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の車両制御装置を搭載した車両の構成を示す図である。

第 2 図は、本発明の最良の形態に係る車両制御装置の構成を示す図である。

第 3 図は、本最良の形態に係る駆動力制御手段の構成を示す図である。

第 4 図は、本発明の車両制御の制御アルゴリズムを示す模式図である。

第 5 図は、タイヤに作用する外乱を示す模式図である。

第 6 図は、本発明によるタイヤ外乱の抑制効果を示す図である。

第 7 図は、車体駆動力の伝達特性を示す図である。

第 8 図は、本発明による車体不安定性の判定方法を示す図である。

第 9 図は、ギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータの一例を示す図である。

第10図は、上記インホイールモータに使用されるフレキシブルカップリングの一構成例を示す図である。

第11図は、本発明の車両制御の他の制御アルゴリズムを示す模式図である。

第12図は、従来の車両制御方法を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の最良の形態について、図面に基づき説明する。

第1図は、本発明による車両制御装置10を搭載した車両の構成を示す模式図であり、第2図は上記車両制御装置10の制御ブロック図である。本例では、2台の電動モータにより左、右の後輪を独立に制駆動する2輪独立制御の電気自動車について説明する。各図において、1L、1Rは従動輪である左、右の前輪、2L、2Rは駆動輪である左、右の後輪、3L、3Rは上記左、右の後輪（以下、駆動輪という）2L、2Rを制駆動する電気モータで、この電気モータ3L、3Rとしては、駆動輪2L、2Rを直接制駆動するダイレクトドライブモータを用いることが好ましく、特に、アウターロータ型あるいはインナーロータ型のインホイールモータを用いることが好ましい（但し、第1図では、発明の構成を見易くするため、電気モータ3L、3Rを駆動輪2L、2Rの外側に表示した）。

4は図示しないアクセルペダルの開度を検出して車両の必要駆動力信号を出力するアクセル信号検出手段、5はステアリング系の舵角を検出する舵角検出手段、6は車体のヨー角速度を検出するヨーレートセンサ、7L、7Rは左、右のホイール部にそれぞれ取付けられた上下加速度計8L、8Rと、左、右のサスペンション部にそれぞれ取付けられたサスペンション変位計9L、9Rとを備え、左、右の駆動輪2L、2Rのタイヤに作用する接地荷重を検出する接地荷重検出手段、10は駆動輪2L、2Rを制駆動する電気モータ3L、3Rを駆動・制御する左、右のモータコントローラ11L、11Rと、このモータコントローラ11L、11Rから出力される駆動輪2L、2Rの制駆動力をそれぞれ検出する駆動力検出手段12L、12Rと、上記駆動輪2L、2Rの回転速度を検出する車輪速センサ13L、13Rと、上記駆動力検出手段12L、12Rで検出された制駆動力と、車輪速センサ13L、13Rで検出された車輪速とから車体駆動力の

変動成分を抽出して左、右の駆動輪 2 L, 2 R のそれぞれに加える制駆動力を演算し、これを上記左、右のモータコントローラ 1 1 L, 1 1 R に出力するとともに、図示しない A B S 制御装置等の制動手段を制御して、左、右の駆動輪 2 L, 2 R を制駆動する制駆動力制御手段 1 4 とを備えた車両制御装置である。

なお、上記車輪速センサ 1 3 L, 1 3 R としては、制御周期を 5 m s e c 以下にするためには、車輪 1 回転当たり 1 0 0 パルス以上を発生するセンサ、あるいは回転分解能が $1/100$ 以上のセンサを用いることが好ましく、車輪 1 回転当たり 5 0 0 パルス以上、あるいは回転分解能が $1/500$ 以上のものを用いるようにすれば、更に好ましい。

制駆動力制御手段 1 4 は、第 2 図に示すように、舵角検出手段 5 からの舵角信号とヨーレートセンサ 6 からのヨーレート信号とから、ステアリング特性の変化を検出するステアリング特性検出手段 1 5 と、上記検出されたステアリング特性から車両の不安定性を判定する車両不安定性判定手段 1 6 とを有し、車両の走行状態を検出する走行状態検出手段 1 7 と、アクセル信号検出手段 4 からの必要駆動力信号と、左、右の駆動力検出手段 1 2 L, 1 2 R で検出された左、右の駆動輪 2 L, 2 R に加えられる制駆動力と、車輪速センサ 1 3 L, 1 3 R からの車輪速信号とを用いて車体駆動力を演算するとともに、上記車体駆動力の変動成分を抽出する車体駆動力変動成分抽出部 2 1、及び、上記抽出された車体駆動力変動成分と、上記走行状態検出手段 1 7 で検出された車両の走行状態と、接地荷重検出手段 7 L, 7 R からの接地荷重力とに基づいて、左、右の駆動輪 2 L, 2 R のそれぞれに加えられる制駆動力を演算して左、右のモータコントローラ 1 1 L, 1 1 R や、A B S 制御装置 3 0 に出力する制駆動力制御部 2 2 とを有し、車両の走行状態を制御する走行状態制御手段 2 0 とを備え、左、右の駆動輪 2 L, 2 R や前輪 1 L, 1 R を制駆動するとともに、車体が不安定と判定された場合には、上記ステアリング特性の変化に応じて、左、右の駆動輪 2 L, 2 R への制駆動力を独立に制御するようにしている。

第 3 図は、上記走行状態制御手段 2 0 の構成を示す機能ブロック図で、車体駆動力変動成分抽出部 2 1 は、駆動輪 2 の車輪速を検出する車輪速センサ 1 3 で検出された車輪速から車輪回転力を算出する車輪回転力算出手段 2 3 と、電気モー

タ 3 の発生する駆動力（制駆動力）を検出する駆動力検出手段 1 2 で検出された駆動力 F_m と、上記車輪回転力算出手段 2 3 で算出された車輪回転力 F_w とから車体駆動力 $F_d = F_m - F_w$ を演算する車体駆動力演算手段 2 4 と、上記演算された車体駆動力 F_d の複数の周波数帯域の変動成分を抽出する車体駆動力変動成分抽出手段 2 5 とを備えている。また、制駆動力制御部 2 2 は、上記抽出された車体駆動力の各変動成分に基づいて後述する主駆動力、スリップ率制御駆動力、タイヤ外乱補償駆動力をそれぞれ演算する主駆動力演算手段 2 6 と、スリップ率制御駆動力算出手段 2 7 と、タイヤ外乱補償駆動力演算手段 2 8 と、上記主駆動力、スリップ率制御駆動力、タイヤ外乱補償駆動力、及び、接地荷重検出手段 7 からの接地荷重とに基づいて、左、右の駆動輪 2 L, 2 R を制駆動したり、タイヤに振動を与えるたりする制御を行う車輪制御手段 2 9 とを備えている。

車体駆動力変動成分抽出手段 2 5 は、詳細には、上記車体駆動力 F_d の 10 Hz 以下の周波数帯域成分 F_{dl} を抽出する低域周波数成分抽出手段 2 5 A と、上記 F_d の 0.2 Hz ~ 100 Hz の周波数帯域成分 F_{dm} を抽出する中域周波数成分抽出手段 2 5 B と、10 Hz ~ 10 kHz の周波数帯域成分 F_{dh} を抽出する高域周波数成分抽出手段 2 5 C とを備え、車体駆動力 F_d の複数の周波数帯域の変動成分である F_{dl} , F_{dm} , F_{dh} をそれぞれ抽出して、上記 F_{dl} を制駆動力制御部 2 2 の主駆動力演算手段 2 6 に、 F_{dm} をスリップ率制御駆動力算出手段 2 7 に、 F_{dh} をタイヤ外乱補償駆動力演算手段 2 8 に出力する。

主駆動力演算手段 2 6 は、上記 F_{dl} と、アクセル信号検出手段 4 からの必要駆動力、及び、走行状態検出手段 1 7 からのステアリング特性変化、及び、車両不安定性の判定結果に基づき、駆動輪 2（左、右の駆動輪 2 L, 2 R）を制駆動するための主駆動力を演算する。また、スリップ率制御駆動力算出手段 2 7 は、上記車体駆動力 F_d を積算して算出した車体速 V と上記検出した車輪速 V_w とから車体速 V と車輪速 V_w との速度差を求め、この速度差を用いてスリップ率を算出するとともに、上記 F_{dm} と、上記算出されたスリップ率とに基づいて駆動輪 2 に加えられる制駆動を制御するためのスリップ率制御駆動力を演算する。また、タイヤ外乱補償駆動力演算手段 2 8 は、上記 F_{dh} を用いて、タイヤに作用する外乱を補償するためのタイヤ外乱補償駆動力を演算する。

車輪制御手段 29 は、上記演算された主駆動力、スリップ率制御駆動力から、左、右の駆動輪 2L, 2R の（駆動輪 2）のそれぞれに加えられる制駆動を演算してモータコントローラ 11（左、右のモータコントローラ 11L, 11R）に送り、駆動輪 2 の駆動力を制御したり、上記タイヤ外乱補償駆動力を上記制駆動に重畳してタイヤに振動を加えて上記タイヤ外乱を抑制するとともに、必要に応じて、ABS 制御装置 30 等の制動装置を制御して駆動輪 2L, 2R 及び従動輪 1L, 1R に制動力を与える制御を行う。

次に、上記構成の車両制御装置 10 の動作について説明する。

電気モータ 3 の発生する駆動力 F_m は、第 4 図に示すように、駆動輪 2 を回転させるための車輪回転力 F_w と、車体を前進させるための車体駆動力 F_d とに分けられる。したがって、モータコントローラ 11 から得られる電気モータ 3 の発生する駆動力 F_m と、車輪速センサ 13 で検出された駆動輪 2 の車輪速 V_w の変化から得られる車輪回転力 F_w とから、タイヤ接地面で発生している車体駆動力 $F_d = F_m - F_w$ が求められる。この車体駆動力 F_d は、第 5 図に示すように、タイヤ接地面の外乱 N_1 による変動成分やバネ下振動 N_2 による変動成分のような、車体変化よりも速い変動成分を含んでいる。

そこで、本例では、車輪回転力算出手段 23 により、車輪速センサ 13 で検出された駆動輪 2 の車輪速 V_w とから車輪回転力 F_w を算出するとともに、車体駆動力演算手段 24 により、駆動力検出手段 12 で検出された電気モータ 3 の発生する駆動力 F_m と、上記車輪回転力 F_w とから車体駆動力 $F_d = F_m - F_w$ を演算した後、車体駆動力変動成分抽出手段 25 により、上記車体駆動力 F_d の複数の周波数帯域の変動成分を抽出する。

具体的には、低域周波数成分抽出手段 25A により、上記車体駆動力 F_d の 10 Hz 以下の周波数帯域成分 F_{dl} を抽出し、主駆動力演算手段 26 により、上記車体駆動力 F_d から算出した車体速 V と検出された車輪速 V_w との差を補償するように左、右の駆動輪 2L, 2R に加えられる制駆動をそれぞれ制御する。この結果、車輪速 V_w は車体速 V に近づく。このとき、主駆動力演算手段 26 は、上記 F_{dl} と、アクセル信号検出手段 4 からの必要駆動力（目標駆動力）、及び、走行

状態検出手段 17 からのステアリング特性変化、及び、車両不安定性の判定結果とに基づき、上記駆動力検出手段 12 で検出された駆動力が目標駆動力になるように、左、右の駆動輪 2L, 2R に加えられる主駆動力の最適値をそれぞれ演算して、左、右のモータコントローラ 11L, 11R に出力し、左、右の駆動輪 2L, 2R を独立に制御する。

また、中域周波数成分抽出手段 25B では、上記 F_d の $0.2\text{ Hz} \sim 100\text{ Hz}$ の周波数帯域成分 F_{mid} を抽出して、スリップ率制御駆動力算出手段 27 により車体速度と車輪速度との速度差を算出して、上記速度差に基づいてスリップ率を算出する。そして、上記算出されたスリップ率が予め設定されたスリップ率になるように、上記駆動力を補償するスリップ率制御駆動力を算出し、このスリップ率制御駆動力により、上記主駆動力を補正してスリップ率を制御する。

具体的には、車両が通常路面 ($\mu \div 1$) から水溜まりなどの低 μ 路に進入した場合には、低 μ 路では駆動力が路面に伝わらないため、車輪は空転する。このため、抽出される車輪速 V_w は上昇し、上記抽出された車輪速 V_w の変動成分の上昇により、車輪速 V_w と車体速 V 間に速度差が生じスリップ率が上昇する。このとき、目標スリップ率を λ とすると、車体速 V に対して、車輪速 V_w を $V = (1 - \lambda) V_w$ となるように、上記スリップ率制御駆動力を求めるようにする。なお、本例では、上述したように、車体速 V を車体駆動力 F_d を積算して算出するようにしているので、車速センサなど車体速度の情報なしにスリップ率の制御を行うことができる。

また、本例では、低域周波数成分抽出手段 25A を用いて、車体駆動力 F_d の 10 Hz 以下の周波数帯域成分 F_{low} を抽出して左、右の駆動輪 2L, 2R の主駆動力をそれぞれ制御するようにしているので、スリップ率制御では対応が難しい車両不安定化抑制制御が可能となる。また、スリップ率制御駆動力は、一般に、車体の挙動変化の時定数からかけ離れた速い時定数の変化まで補償しても効果は上がらないので、本例のように、車輪速の制御に適当な $0.2\text{ Hz} \sim 100\text{ Hz}$ の周波数帯域成分 F_{mid} を周波数帯域のスリップ率制御駆動力を用いることにより、正確なスリップ率制御を行うことが可能となる。

更に、本例では、高域周波数成分抽出手段 25C により、 $10\text{ Hz} \sim 10\text{ kHz}$

z の周波数帯域成分 F_{out} を抽出し、タイヤ外乱補償駆動力演算手段28により、上記タイヤ接地面の外乱 N_1 やバネ下振動 N_2 による駆動力の変動を補償するタイヤ外乱補償駆動力を算出して、このタイヤ外乱補償駆動力を上記車輪制御手段29に入力して主駆動力に重畳することにより、タイヤに加わる接地面あるいはバネ下振動などの影響による外乱を補償するようにしている。なお、別途、タイヤに微小振動を付加することにより、上記外乱を抑制するようにしてもよい。

一般に、制御周期が短くなると、制御周期はタイヤの応答時定数に近づいてくる。本例では、このとき、車輪（駆動輪）をタイヤとホイールとが一体であるとして扱うのではなく、タイヤのダイナミックスに起因する周波数帯域にある駆動力成分を抽出しタイヤに作用する外乱を検出し、タイヤの動的性質を制御するようにしている。上記周波数帯域にある駆動力の変動成分は、タイヤー路面間に発生しているもので、車体の挙動や運転者の操作速度に比べて非常に速く、これがタイヤー路面間の接地性を悪化させていたが、上記のように、高域周波数成分抽出手段25Cにより、10Hz～10kHzの周波数帯域成分 F_{out} を抽出してタイヤ外乱補償駆動力を算出し補償したり、あるいは、上記タイヤ外乱補償駆動力に基づいてタイヤに微小振動を付加することにより、タイヤー路面間に発生する微小振動を抑制することができるので、タイヤー路面間の接地性を向上させることができ、操縦安定性の向上を図ることが可能となる。

具体的には、上記車体駆動力の上記10Hz～10kHzの変動成分のうち、200Hzを超える変動成分を抽出してこれを補償することにより、トレッドのパターンブロックやサイプの影響による微細振動の影響を排除する。また、これよりも低周波側にある、上記外乱によるタイヤケースの固有振動などに起因するタイヤダイナミックスの周波数帯域（10Hz～200Hzの周波数帯域）での駆動力変動を抑制する。更には、上記車体駆動力の変動成分のうち、30Hz～100Hzにおける変動成分を抽出し、上記外乱により増大するタイヤの縦バネ、及び、前後バネの共振周波数近傍での駆動力変動を抑制する。

第6図(a)，(b)は、従来の制御と本発明の制御における駆動力 F_{in} と、車輪速 V_w の周波数分析結果を示す図で、同図から明らかなように、本発明の制御による制御では、駆動力 F_{in} と車輪速 V_w のいずれも、タイヤ外乱を含む外乱の

ピークがなくなっていることが分かる。また、上記のようにタイヤ外乱を抑制することで、第7図に示すように、車体駆動力 F_d の上記タイヤ外乱に起因する10Hz～1kHzの変動成分が抑制されるので、車体駆動力 F_d の伝達特性も改善されていることが確認された。

ところで、タイヤ-路面間の摩擦力は接地面圧（接地荷重）に比例することから、制御性を向上させるためには、上記主駆動力を上記接地荷重に比例するように補償する必要がある。

本例では、上記接地荷重を、接地荷重検出手段7により検出して主駆動力を補償する。具体的には、第1図に示すように、左、右の駆動輪2L, 2Rのそれぞれのホイール部に上下加速度計8L, 8Rを取付けて、バネ下に加わる力を算出するとともに、サスペンションにサスペンション変位計9L, 9Rを取付けて、サスペンションの変位量と変位変加速度とからサスペンションに加わる力を算出し、これら2つの力を加算して変位荷重を算出し、この変位荷重に、車両静止時のサスペンション変位量から求めた静止時の荷重を加えることで、上記接地荷重をリアルタイムに検出することができる。

次に、本発明による旋回安定性制御について説明する。

走行状態検出手段17は、舵角検出手段5からの舵角信号とヨーレートセンサ6からのヨーレート信号とから、ステアリング特性の変化を検出して左、右の駆動輪2L, 2Rの制駆動力の大きさを調整するが、本例では、従来の駆動力制御とは異なり、左、右の駆動輪2L, 2Rを独立制御するようにしている。すなわち、従来の制御は、駆動トルクの総和が一定であることから、一方の駆動輪の駆動トルクは、他方の駆動トルクの制限を受けていたが、本例では、左、右の駆動輪2L, 2Rをそれぞれ独立に制駆動する。

例えば、車両が旋回半径に対して限界速度近くに進入し、車体の挙動がオーバーステア（O/S）に変化している場合、従来は、駆動輪2L, 2Rの駆動力の配分を制御して車体の挙動をアンダーステア（U/S）方向に制御することにより、スピンを抑制して旋回を維持するようにしていたが、本発明では、ステアリング特性検出手段15と車体不安定性判定手段16とを備えた走行状態検出手段17を設け、舵角信号とヨーレート信号とからステアリング特性の変化を検出し

て車体不安定性を判定するとともに、ステアリング特性の変化に応じて、左、右の駆動輪 2 L, 2 R の駆動力を制御するようにしている。

例えば、車両が旋回半径に対して限界速度近くに進入した場合には、旋回内側の駆動力を増加させて、外側の駆動力を減少させることにより、アンダーステア (U/S) 方向に駆動力を発生させるように制御する。タイヤ応力は、駆動力が発生していないとき最大値をとり、更に旋回外側の接地荷重が高くなるので、本例の旋回制御により、車両の旋回速度を大きく損なうことなく車両を旋回させることができる。

車体不安定性判定手段 16 では、第 8 図の矢印 3 で示す、車両の特性によって決まる、通常運転時の時の舵角 (deg) とヨーレート (deg/sec) との関係を示す破線 1 と、旋回時の舵角 (X 座標) とヨーレート (Y 座標) を表わすスピン点 (X, Y) の軌跡の中心点との距離を不安定パラメータとし、この不安定パラメータの大きさから車体不安定性を判定する。

同図においては、スピン点 (X, Y) は、破線 1 の下に位置しており、かつ、車両は左旋回中であるので、車両はオーバーステア傾向にある。したがって、上記不安定パラメータが上記の場合より更に大きく、車体が不安定と判定された場合には、旋回内側の駆動力は増加させて、現状の駆動力を維持したまま、上記距離 (不安定パラメータ) に比例して外側の駆動力を減少させるように制御する。これにより、舵角に対するヒステリシスが減少し、車両の操作性と安定性をともに向上させることが可能となる。

但し、一様に旋回しているだけではなく、急激な車両の方向転換が必要とされる場合などには、状況に応じては、逆転 (後退) 側に駆動を加えることにより、操縦性を損なわないようにする。なお、駆動力を残している駆動輪については、上記スリップ率制御、タイヤ外乱補償、接地荷重補償を行って、車両の安定性を図るようにすることはいうまでもない。

また、本発明に用いられる電気モータ 3 L, 3 R としては、上述したように、駆動輪 2 L, 2 R を直接制駆動するアウトロータ型あるいはインナーロータ型のダイレクトドライブインホイールモータを用いることが好ましいが、ギヤのバ

ッククラッシュがあると2慣性系となり、不用な振動が発生するので、ギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータを用いることが好ましい。また、ギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータでは、ギヤのバッククラッシュがないので、高い周波数での制御を確実に行うことができる。

第9図は、ギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータの一構成例を示す図で、このインホイールモータ40は、ホイール径方向内側設けられた、ステータ40S取付けられた環状の非回転側ケース40aと、この非回転側ケース40aの外側に同心円状に配置された、ロータ40Rが取付けられた環状の回転側ケース40bとを、軸受け40jを介して回転可能に連結したもので、本例では、上記非回転側ケース40aを、直動ガイド部材41aと、この直動ガイド部材41aの稼動方向に伸縮するバネ部材とダンパーとから成るショックアブゾーバ41bとを備えた緩衝機構41を介して車両の足回り部品であるナックル42に取付け、上記回転側ケース40bを、フレキシブルカップリング43を介してホイール44に取付けて、上記インホイールモータ40をバネ下質量に対してダイナミックダンパーのウエイトとして作用させるようにしてある。

上記フレキシブルカップリング43は、中空円盤状のモータ側プレート42aと、ホイール2に取付けられた中空円盤状のホイール側プレート42b、上記プレート42a、42b間を結合する複数個のクロスガイド45とを備えたもので、クロスガイド45は、詳細には、第10図(a)に示すように、直交する2軸の直動ガイドを組合わせたもので、モータ側ガイドレール45Aとホイール側ガイドレール45Bとは、クロスガイド本体45Cの案内溝45a、45bに沿って互いに直交する方向に稼動することができる。

フレキシブルカップリング43は、第10図(b)に示すように、モータ側プレート42aとホイール側プレート42aとの間に、上記クロスガイド45を4個等間隔(90°間隔)に配置するとともに、上記各クロスガイド45のモータ側ガイドレール45Aを、その稼動方向が全て上記ロータ40Rの径方向に対して45°方向になるように配置している。したがって、各モータ側ガイドレール45Aの稼動方向は全て同方向(45°方向)を向き、各ホイール側ガイドレール45Bの全ての稼動方向は、上記各モータ側ガイドレール45Aの稼動

方向に対してそれぞれ直交する方向となる。

したがって、インホイールモータ 40 の回転側ケース 40 b からの回転力は、まず、モータ側プレート 42 a を介して、モータ側ガイドレール 45 A に入力される。このモータ側ガイドレール 45 A に入力された周方向の力はクロスガイド本体 45 C を通して、ホイール側ガイドレール 45 B に伝達されホイール 44 を駆動する。

このように、電動モータとしてギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータ 40 を用いるとともに、上記インホイールモータ 40 を、上記のように、緩衝機構 41 を介して車両の足回り部品であるナックル 42 に取付け、上記回転側ケース 40 b を、フレキシブルカップリング 43 を介してホイール 44 に取付けるようにすれば、タイヤ 46 から入力される接地面の外乱による振動や、バネ下振動のような、タイヤの接地力変動に起因する振動を抑制することができる。したがって、車輪に入力する振動が更に低減されるので、制御すべき周波数領域が少なくなり、制御周波数の選択の自由度が大きくなるとともに、変動レベルそのものが小さくなっているため、高い周波数領域での制御を容易に行うことができ、更に安定した精度の高い制御を行うことができる。

このように、本最良の形態によれば、駆動輪 2 の車輪速 V_w を検出する車輪速センサ 13 と、上記車輪速 V_w から車輪回転力 F_w を算出する車輪回転力算出手段 23 と、駆動輪 2 を制駆動する電気モータ 3 の発生する駆動力（制駆動力） F_m を検出する駆動力検出手段 12 と、上記駆動力 F_m と車輪回転力 F_w とから車体駆動力 F_d を演算する車体駆動力演算手段 24 と、上記車体駆動力 F_d の複数の周波数帯域の変動成分を抽出する車体駆動力変動成分抽出手段 25 と、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、駆動輪 2 を駆動するための主駆動力や、車体速度と車輪速度との速度差から算出されるスリップ率に基づいて駆動輪 2 に加えられる制駆動力を制御するためのスリップ率制御駆動力、及び、タイヤに作用する外乱を補償するためのタイヤ外乱補償駆動力をそれぞれ演算して車両の走行状態を制御する制駆動力制御部 22 とを備え、上記演算された主駆動力、スリップ率制御駆動力、タイヤ外乱補償駆動力から駆動輪 2 に加えられる最適駆動力を

演算してモータコントローラ 11 に送り、駆動輪 2 を制駆動するとともに、タイヤに微小振動を付加してタイヤ路面間に発生する微小振動を抑制するようにしたので、車両の姿勢や車速の制御を確実に行うことができるとともに、タイヤ路面間の接地性を向上させることができる。したがって、操縦安定性の向上を図ることができ、車両制御特性を向上させることができる。

また、左右の駆動輪を独立に制御するようにしたので、車両の旋回安定性を向上させることができる。

更に、操舵系の舵角を検出する舵角検出手段 5 と、車体のヨーレートを検出するヨーレートセンサ 6 と、上記検出された舵角とヨーレートの大きさから、オーバーステアリングかアンダーステアリングかといったステアリングの変化状況を検出するステアリング特性検出手段 15、及び、上記ステアリング特性の変化から車体の不安定性を判定する車体不安定性判定手段 16 とを設け、車体が不安定と判定された場合には、上記ステアリングの変化状況に応じて、旋回内側の駆動力、及び、旋回外側の駆動力のいずれか一方、あるいは両方を増減させる制御を行うようにしたので、車両の旋回安定性を著しく向上させることができる。

また、タイヤに作用する接地荷重を検出する接地荷重検出手段 7L, 7R を設け、上記検出された接地荷重に基づいて上記駆動力を制御するようにしたので、タイヤに作用する接地荷重の変化に伴うタイヤ路面間の摩擦力の変化を補償することができ、車両の制御特性を更に向上させることができる。

なお、本最良の形態では、電気自動車について説明したが、エンジン車の場合にも、駆動力と車輪回転力とを検出して車体駆動力を算出し、この車体駆動力の変動から複数の周波数帯域の変動成分を抽出し、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、上記駆動輪に加えられる駆動力を制御することにより、同様の効果を得ることができる。但し、エンジン車の場合には、制御周期が電気自動車よりも長いので、車体駆動力の 10 Hz ~ 1 kHz の周波数帯域を含む周波数帯域成分を抽出して上記駆動力を制御すればよい。

また、上記最良の形態では、タイヤ外乱補償駆動力演算手段 26 で得られたタイヤ外乱補償駆動力を主駆動力に重畳してタイヤ外乱を補償するようにしたが、

駆動輪 2 L, 2 R、あるいは、従動輪 1 L, 1 R に車輪の回転方向あるいは幅方向に微小動的振動を付与するためのアクチュエータを設け、このアクチュエータを上記算出されたタイヤ外乱補償駆動力に基づいて駆動してタイヤに微小振動を付加して上記タイヤ外乱による影響を低減するような構成としてもよい。

また、本例では、後輪が駆動輪で前輪が従動輪である 2 輪駆動車について説明したが、2 輪駆動車や 4 輪駆動車などについても同様の制御が適用可能であることはいうまでもない。

また、本例では、駆動力検出手段 1 2 L, 1 2 R は、モータコントローラ 1 1 L, 1 1 R から出力される駆動輪 2 L, 2 R を駆動する電気モータ 3 の発生する駆動力を検出したが、上記駆動力は、上記モータ 3 の出力軸のトルクを検出したり、モータ 3 の駆動電流を直接検出したりするなどして、これらの値から電気モータ 3 の発生する駆動力を求めるようにしてもよい。

また、上記例では、車体駆動力の変動成分から 3 つの周波数帯域の変動成分を抽出した場合について説明したが、制御に使用する周波数帯域の数、及び、帯域幅等は上記例に限定されるものではなく、車両の性能や目標スペック等により適宜決定されるものである。

また、上記最良の形態では、駆動輪 2 を制駆動する電気モータ 3 の発生する駆動力 F_{m} と車輪回転力 F_{w} とから車体駆動力 F_{d} を演算し、上記車体駆動力 F_{d} の複数変動成分に基づいて、駆動輪 2 を制駆動したり、タイヤに微小振動を付加したりしたが、車体の挙動や運転者の操作速度に比べてその周波数領域が高い、10 Hz ~ 10 kHz の周波数帯域にあるタイヤの接地力変動に起因する振動は、主に、車輪速や車輪回転力の変動などの、車輪の変動に反映されるので、このような、車輪自体の変動を検出し、この検出された車輪の変動のみを用いて駆動輪を制駆動する制駆動力を制御して、上記車輪の変動を抑制するようにしても、タイヤ-路面間の接地性を十分に向上させることができる。具体的には、第 11 図に示すように、車輪速センサ 1 3 により駆動輪 2 の車輪速を検出し、上記車輪速の変動成分を抽出し、電気モータ 3 を制御するモータコントローラ 1 1 へ入力される駆動力 F_{m} の指令値から上記車輪速の変動成分に比例する駆動力を減算することにより、車輪速の変動、すなわち、第 5 図に示した、タイヤ接地面の外乱 N_1

による変動成分やバネ下振動 N_2 による変動成分のような、タイヤの接地力変動に起因する車輪の変動を打ち消すような制御を行う。このとき、制御に用いる車輪速センサ13の変動成分としては、上記のように、10Hz～10kHzの周波数帯域の変動成分を用いる。あるいは、上記車輪速の変動成分に代えて、車輪速から算出される車輪回転力の変動成分を求め、この車輪回転力の変動成分を打ち消すように上記電気モータ3を制御するようにしてもよい。

【実施例1】

本発明の効果を検証するため、2輪独立制御の電気自動車を実験車両として用いて旋回走行試験を行い、限界旋回速度を測定した。試験路の路面摩擦係数は0.4で、回転半径は30mである。車両の速度を上昇させながら旋回を続け、操舵量が閾値を超えたときの速度を限界速度とする。試験車両は限界域ではオーバーステアの傾向を示す。そのため、左旋回を例にとると、限界域ではスピン抑制のために舵角は右に振れることになるが、この右に振れたときの速度を上記限界速度とした。

以下の表1は、従来の制御（制御なし）と、本発明による制御による限界速度を比較した表で、制御（1）はタイヤ外乱補償を行ったもの、制御（2）はタイヤ外乱補償とスリップ率制御との両方を行ったものである。

【表1】

制約条件	限界速度[km/h]
制御なし	40
制御（1）	42
制御（2）	44

表1から明らかなように、本発明の駆動力制御により、限界旋回速度を5%～10%向上させることができた。

また、以下の表2は、従来の制御と、本発明による制御（荷重補償なし、及び、荷重補償あり）による上記限界域での操舵フィーリング性を10段階評価したもので、本発明の荷重なし制御では、既に、従来よりも操舵フィーリング性が向

上しているが、荷重補償を行うことにより、操舵フィーリング性が更に向上することが確認された。

【表 2】

制約条件	フィーリング
制御なし	5
荷重なし制御	6
荷重あり制御	7

また、試験車両を 44 km/h で旋回走行させた場合の、従来の制御と、本発明による駆動力配分制御、及び、各輪独立制御（不安定性判定）によるスピン発生の有無について調べた結果を以下の表 3 に示す。

【表 3】

制約条件	スピン発生の有無（速度44km/h）
制御なし	あり
駆動力配分制御のみ	ステアリング操作によっては発生
駆動力配分制御 + 駆動輪独立制御	なし

表 3 に示したように、同じ速度で旋回した場合、駆動力配分制御では急激なステアリング操作をしたときにスピンが発生したが、各輪独立制御を加えることで、スピンの発生をなくすることができた。

【実施例 2】

また、実験車両にて、車輪速の情報のみをもとに、上記第 13 図に示すような、車輪回転力の変動成分を抑制する制御を行い、これをドライアスファルト路面を走行させて、その操縦安定性について従来の制御（制御なし）と比較した結果を以下の表 4 に示す。

【表 4】

制御の有無	評点
なし	+ 6
あり	+ 7

表4より明らかなように、車輪速の情報のみをもとに車両の走行状態を制御した場合でも、制御の有無による官能評価の結果は、従来に対して優れていることが確認された。

産業上の利用可能性

以上説明したように本発明によれば、駆動輪に加えられる駆動力と車輪回転力とを検出して、上記検出された駆動力と車輪回転力とから車体駆動力を算出し、上記算出された車体駆動力の、少なくとも1つの周波数帯域の変動成分を抽出し、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、車輪を制駆動したり、車輪に振動を与えたりして、車両の走行状態を制御するようにしたので、車輪に加わる制駆動力を適切に制御することができるとともに、タイヤに加わる外乱微小振動の影響を補償することができる。したがって、タイヤの接地性が向上し、車両の操縦安定性を向上させることができる。また、車両の姿勢や車速の制御やスリップ率の制御を、適切な制御周波数範囲で行うことができるので、安定した車両制御を行うことができる。

請 求 の 範 囲

1. 駆動輪に加えられる駆動力と車輪回転力とを検出して、上記検出された駆動力と車輪回転力とから車体駆動力を算出し、上記算出された車体駆動力の、少なくとも1つの周波数帯域の変動成分を抽出し、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、車輪を制駆動したり、車輪に振動を与えたりして、車両の走行状態を制御するようにしたことを特徴とする車両制御方法。
2. 上記算出された車体駆動力の複数の周波数帯域における変動成分を抽出し、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて、駆動輪に加えられる制駆動力を制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲1に記載の車両制御方法。
3. 駆動輪の出力軸に加えられる駆動力を検出し、上記駆動力と車輪回転力とから算出される車体駆動力の、少なくとも10Hz～1kHzの周波数帯域を含む変動成分を抽出することを特徴とする請求の範囲1または請求の範囲2に記載の車両制御方法。
4. 駆動輪を制駆動するモータの発生する制駆動力を検出し、上記制駆動力と車輪回転力とから算出される車体駆動力の、少なくとも10Hz～10kHzの周波数帯域を含む変動成分を抽出することを特徴とする請求の範囲1または請求の範囲2に記載の車両制御方法。
5. 上記車体駆動力の変動成分のうち、10Hz～200Hzにおける変動成分を抽出して、車体駆動力の変動を抑制する制御を行うようにしたことを特徴とする請求の範囲3または請求の範囲4に記載の車両制御方法。
6. 上記車体駆動力の変動成分のうち、30Hz～100Hzにおける変動成分を抽出して、車体駆動力の変動を抑制する制御を行うようにしたことを特徴とする請求の範囲5に記載の車両制御方法。
7. 左、右の駆動輪を独立に制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲1～請求の範囲6のいずれかに記載の車両制御方法。
8. ステアリング特性の変化に基づいて左、右の駆動輪をそれぞれ制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲7に記載の車両制御方法。

9. タイヤに作用する接地荷重に基づいて車両の走行状態を制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲1～請求の範囲8のいずれかに記載の車両制御方法。
10. 少なくとも1つの周波数帯域の車輪の変動を抽出し、上記抽出された車輪の変動に基づいて、上記車輪の変動を抑制するように駆動輪を制駆動することを特徴とする車両制御方法。
11. 上記車輪の、少なくとも10Hz～10kHzの周波数帯域を含む変動を抽出し、この抽出された車輪の変動を用いて駆動輪を制駆動するモータの制駆動力を制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲10に記載の車両制御方法。
12. 駆動輪の車輪速を検出する手段と、上記検出された車輪速から車輪回転力を算出する手段と、上記駆動輪に加えられる駆動力を検出する手段と、上記駆動力と車輪回転力とから車体駆動力を演算する手段と、上記演算された車体駆動力から少なくとも1つの周波数帯域の変動成分を抽出する手段と、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて車両の走行状態を制御する走行状態制御手段とを備えたことを特徴とする車両制御装置。
13. 駆動輪を制駆動するモータの発生する制駆動力を検知して、上記駆動輪に加えられる制駆動力を検出するようにしたことを特徴とする請求の範囲12に記載の車両制御装置。
14. 上記走行状態制御手段は、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいて車輪を制駆動する手段を有することを特徴とする請求の範囲12または請求の範囲13に記載の車両制御装置。
15. 上記車体駆動力の、0.2Hz～100Hzの周波数帯域の変動成分を抽出して車体速度と車輪速度との速度差を算出する手段を設け、上記算出された速度差に基づいて車輪を制駆動するようにしたことを特徴とする請求の範囲14に記載の車両制御装置。
16. 左、右の駆動輪を独立に制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲12～請求の範囲15のいずれかに記載の車両制御装置。
17. 左、右の駆動輪の車体駆動力の、10Hz以下の周波数帯域の変動成分

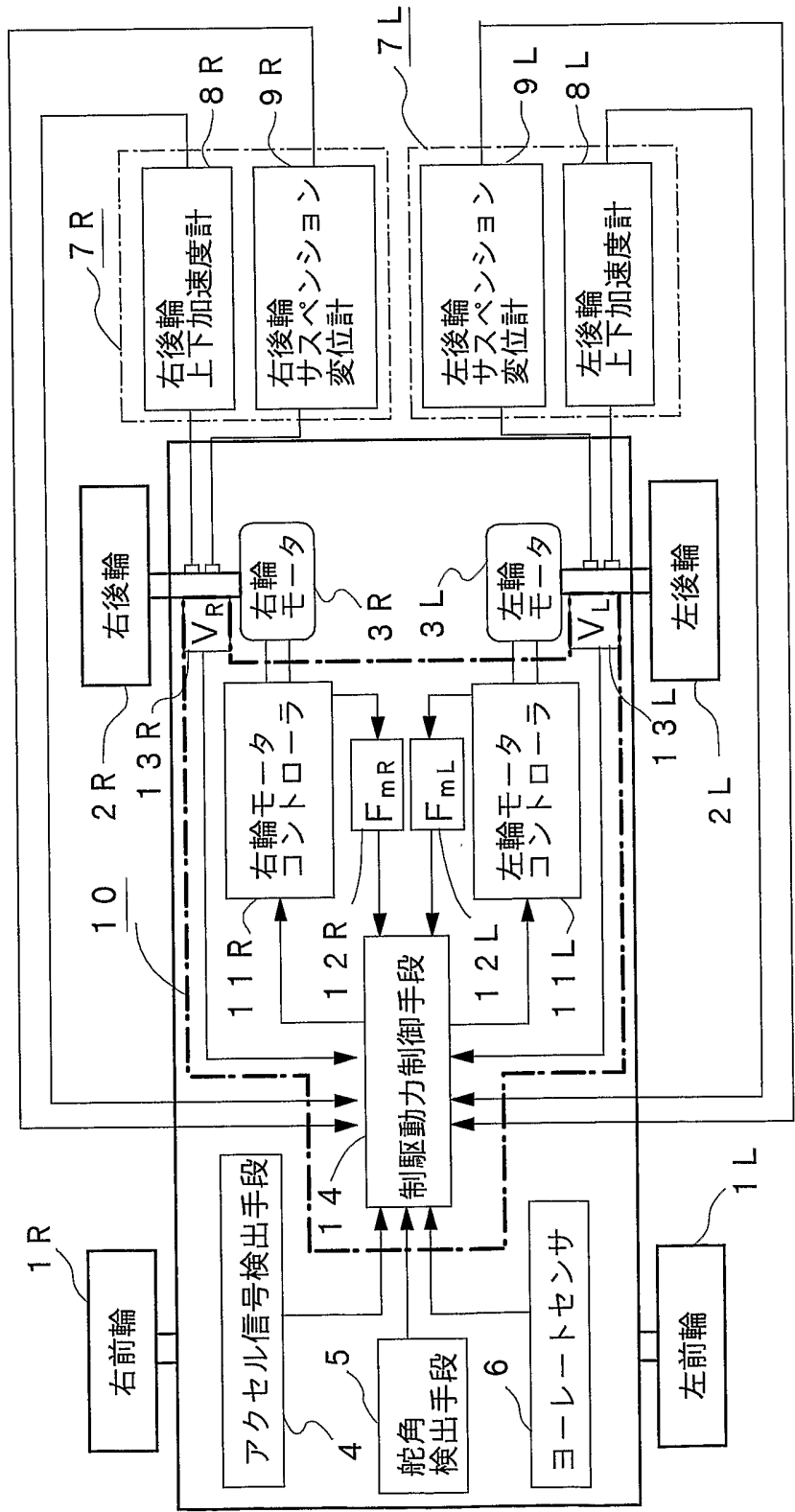
をそれぞれ抽出する手段を設け、上記抽出された各変動成分に基づいて左、右の駆動輪をそれぞれ制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲 16 に記載の車両制御装置。

18. 操舵系の舵角を検出する手段と、車体のヨーレートを検出する手段と、上記検出された舵角とヨーレートの大きさから、ステアリング特性の変化を検出するとともに車体の不安定性を判定する手段とを設け、車体が不安定と判定された場合には、上記ステアリング特性の変化に応じて、旋回内側の駆動輪、及び、旋回外側の駆動輪のいずれか一方、あるいは両方を制御駆動するようにしたことを特徴とする請求の範囲 17 に記載の車両制御装置。
19. 上記走行状態制御手段は、上記抽出された車体駆動力の変動成分に基づいてタイヤに振動を与える手段を有することを特徴とする請求の範囲 12 ～請求の範囲 18 のいずれかに記載の車両制御装置。
20. 上記車体駆動力の 10 Hz ～ 10 kHz の周波数帯域の変動成分を抽出してタイヤに作用する外乱の大きさを算出する手段を設け、上記算出された外乱の大きさに基づいてタイヤに振動を与えるようにしたことを特徴とする請求の範囲 19 に記載の車両制御装置。
21. 上記車体駆動力の変動成分のうち、10 Hz ～ 200 Hz における変動成分を抽出して、車体駆動力の変動を抑制する制御を行うようにしたことを特徴とする請求の範囲 20 に記載の車両制御装置。
22. 上記車体駆動力の変動成分のうち、30 Hz ～ 100 Hz における変動成分を抽出して、車体駆動力の変動を抑制する制御を行うようにしたことを特徴とする請求の範囲 21 に記載の車両制御装置。
23. タイヤに作用する接地荷重を検出する手段を設け、上記検出された接地荷重に基づいて車両の走行状態を制御するようにしたことを特徴とする請求の範囲 12 ～請求の範囲 22 のいずれかに記載の車両制御装置。
24. サスペンションの変位量を検出する手段と、ホイールの上下加速度を検出する手段と、上記検出されたサスペンションの変位量とホイールの上下加速度とから上記接地荷重を算出する手段とを備えたことを特徴とする請

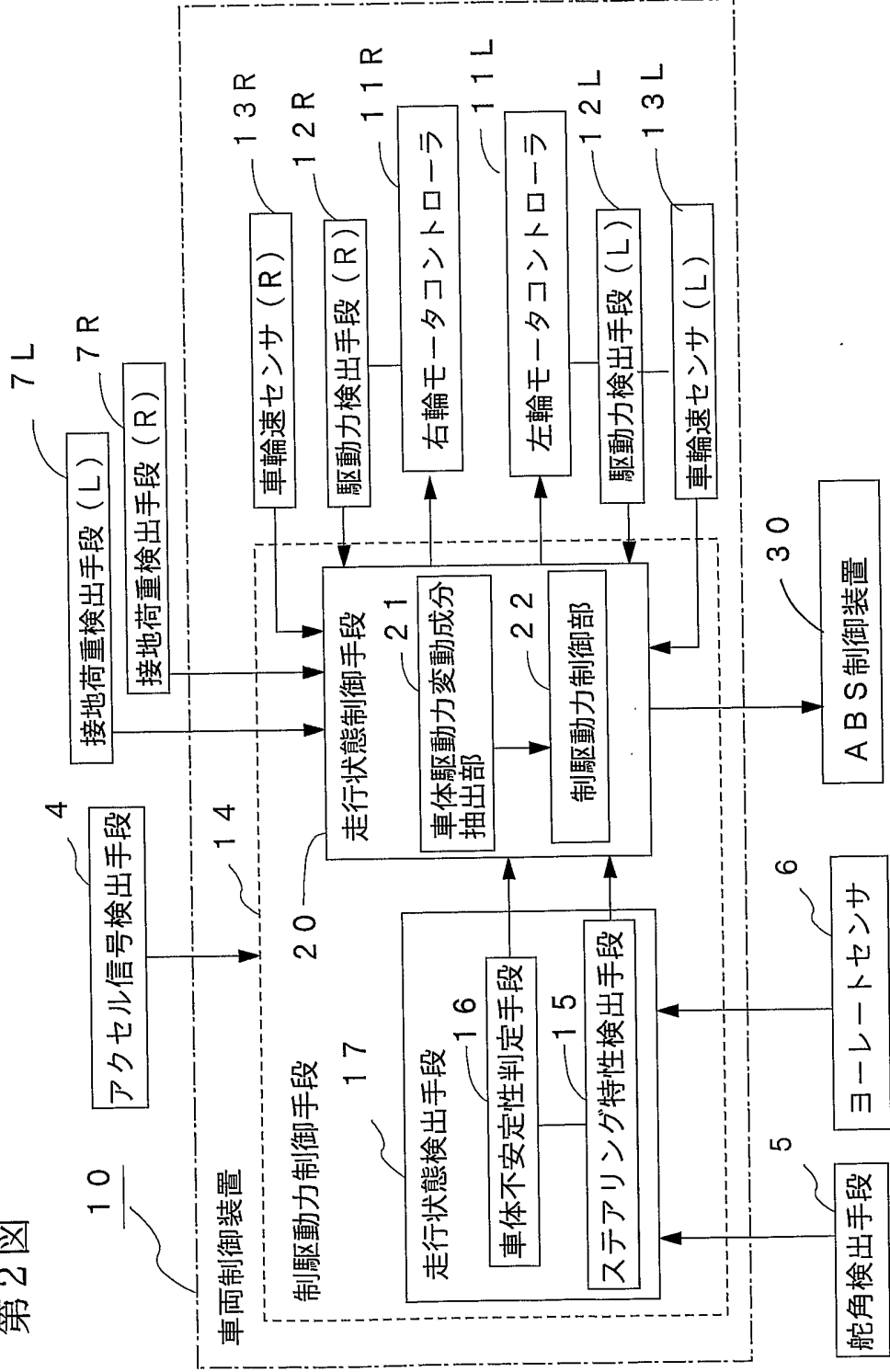
求の範囲 2 3 に記載の車両制御装置。

- 2 5. 駆動輪の車輪速を検出する手段と、上記検出された車輪速の少なくとも $10\text{ Hz} \sim 10\text{ kHz}$ の周波数帯域の変動成分を抽出する手段と、上記抽出された車輪速の変動成分を用いて駆動輪を制駆動するモータの発生する制駆動力を補正する走行状態制御手段とを備えたことを特徴とする車両制御装置。
- 2 6. 上記モータを、直接駆動輪を駆動するダイレクトドライブモータとしたことを特徴とする請求の範囲 1 2 ～請求の範囲 2 5 のいずれかに記載の車両制御装置。
- 2 7. 上記モータを、車輪に取付けられた電気モータによりホイールを駆動するインホイールモータとしたことを特徴とする請求の範囲 2 6 記載の車両制御装置。
- 2 8. 上記モータを、ギヤレスのダイレクトドライブインホイールモータとしたことを特徴とする請求の範囲 2 7 記載の車両制御装置。
- 2 9. 上記モータを、緩衝部材または緩衝装置を介して、車輛バネ下部、及び、車体側のいずれか一方、あるいは、両方に取付けたことを特徴とする請求の範囲 2 8 記載の車両制御装置。

第1図

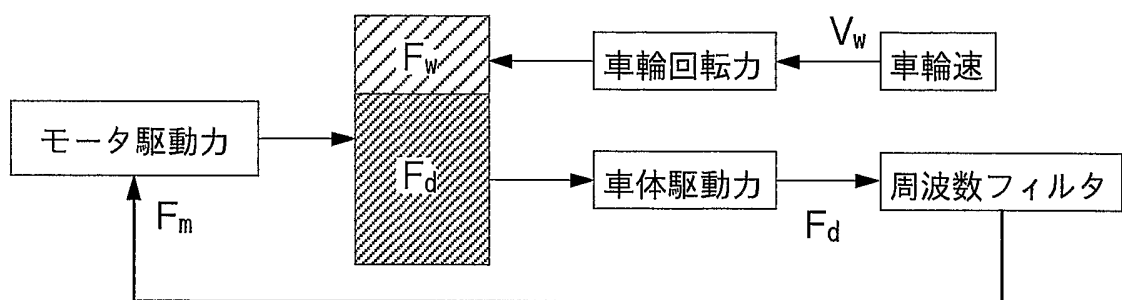


第2図

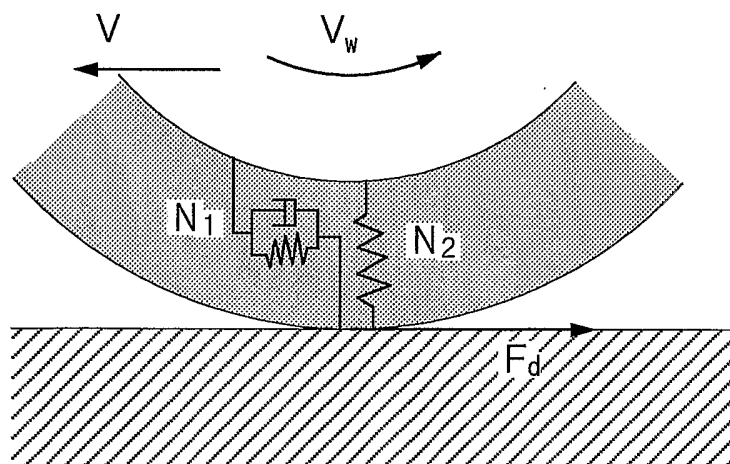


4 / 10

第4図

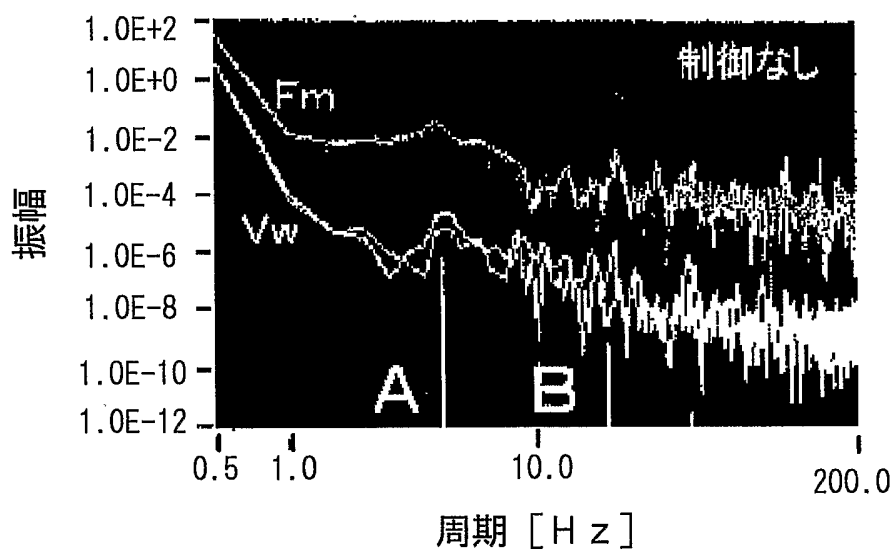
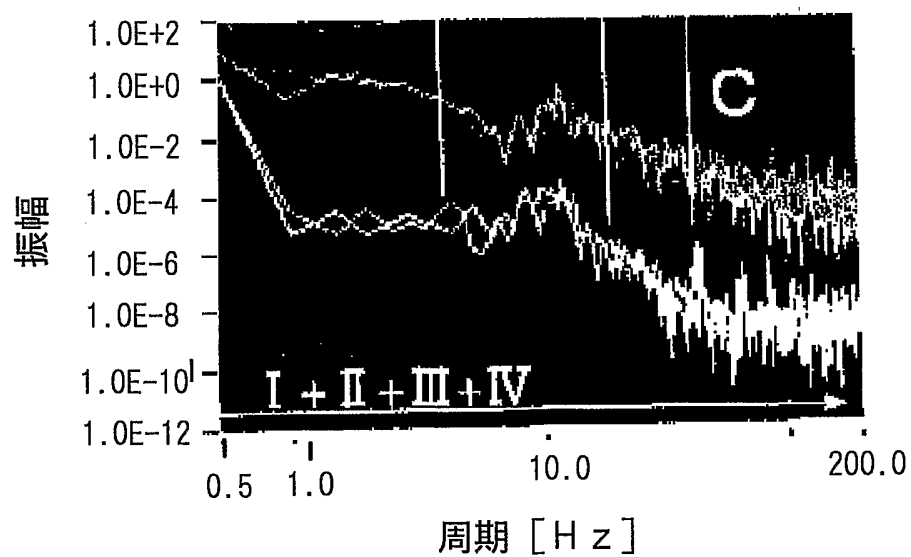


第5図

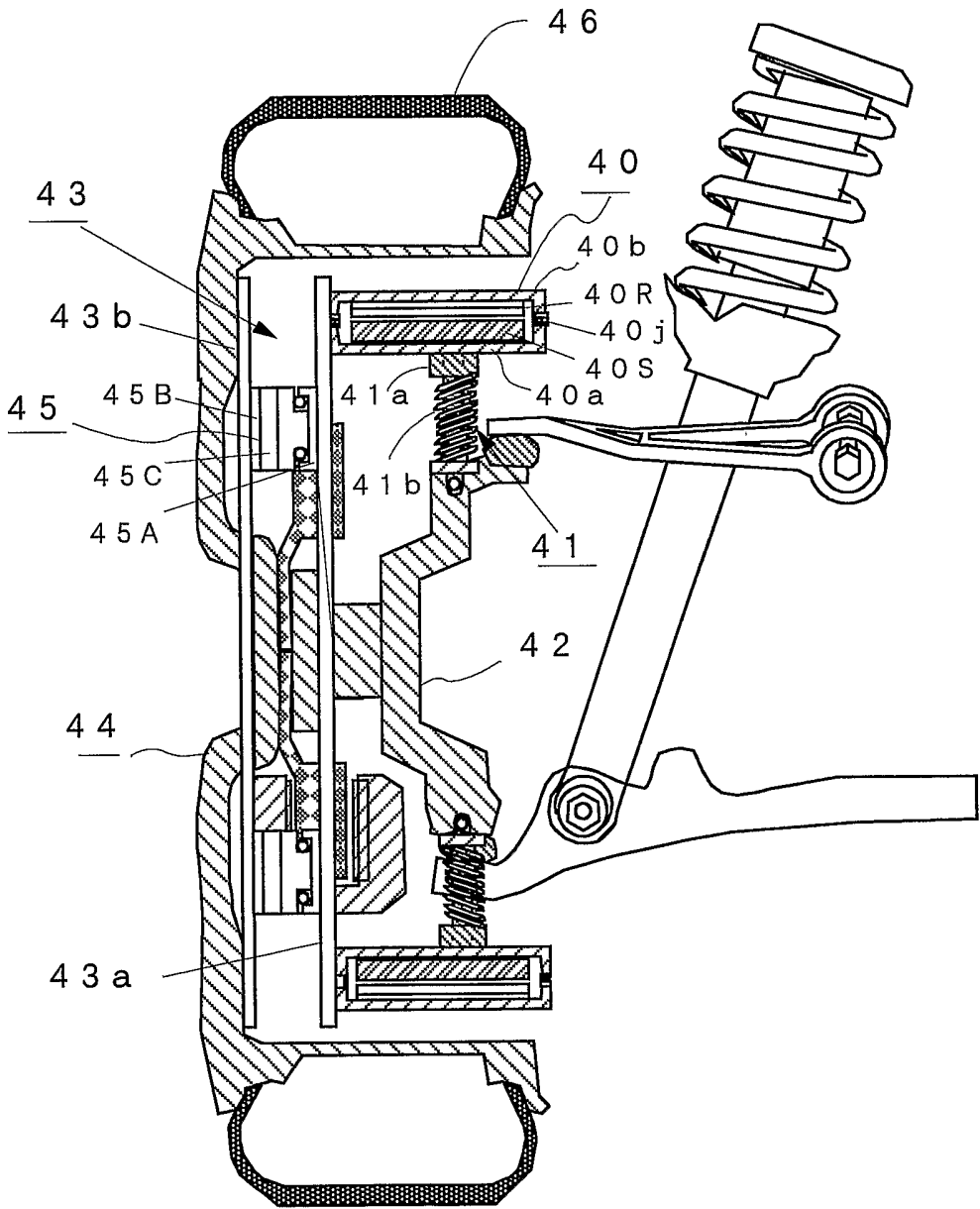


5 / 10

第6図

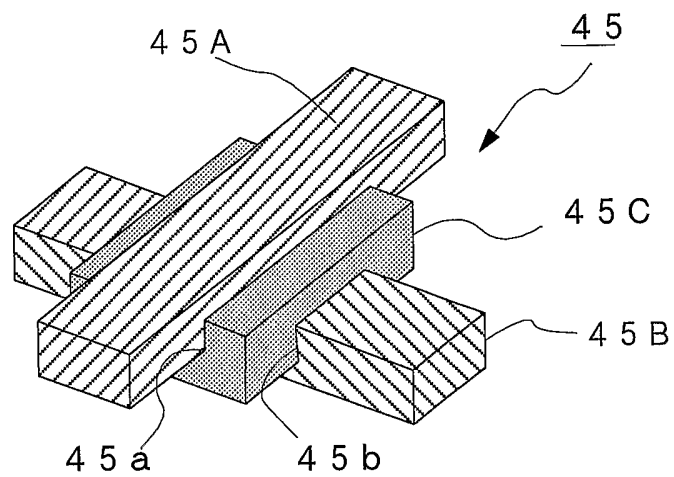
(a) F_m , V_m frequency-dependence(b) F_m , V_m frequency-dependence

第 9 図

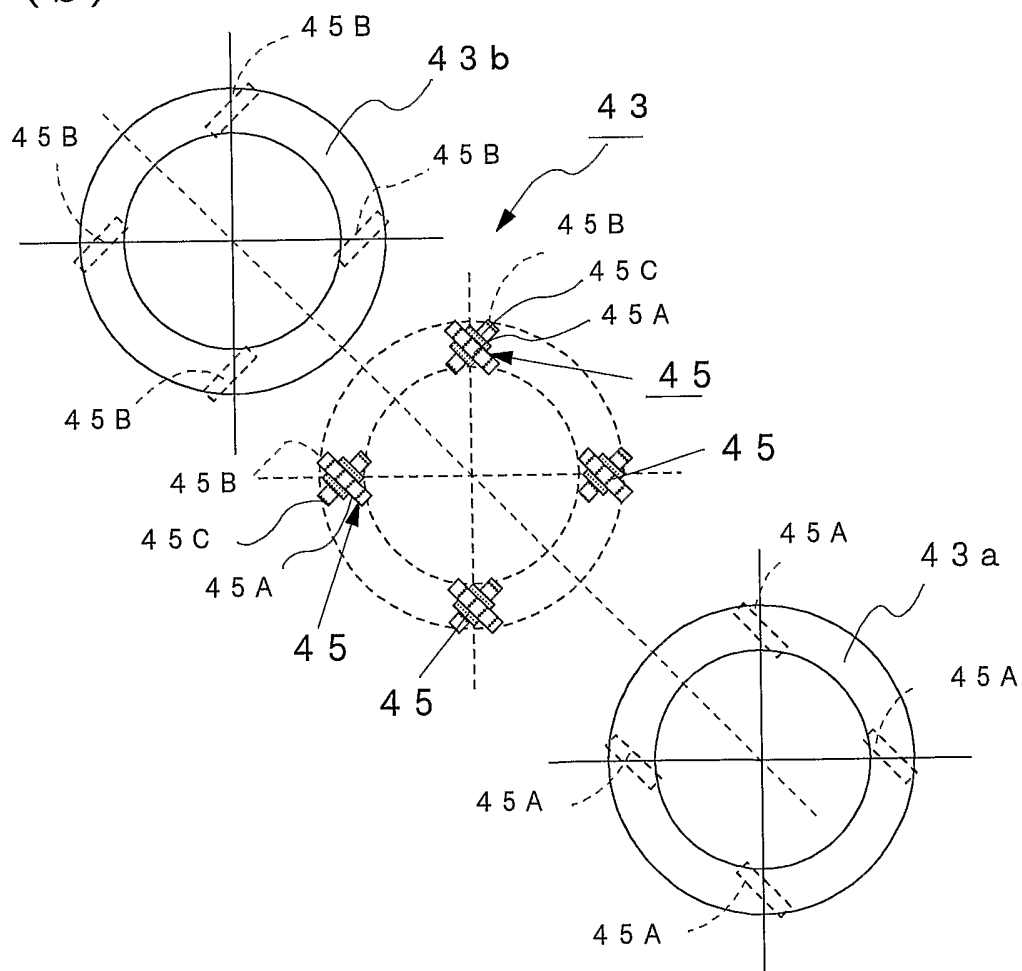


第10図

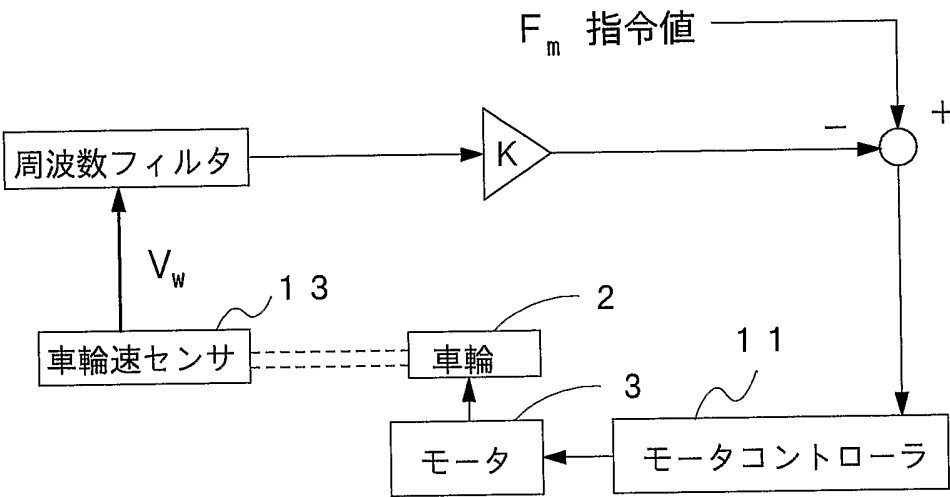
(a)



(b)

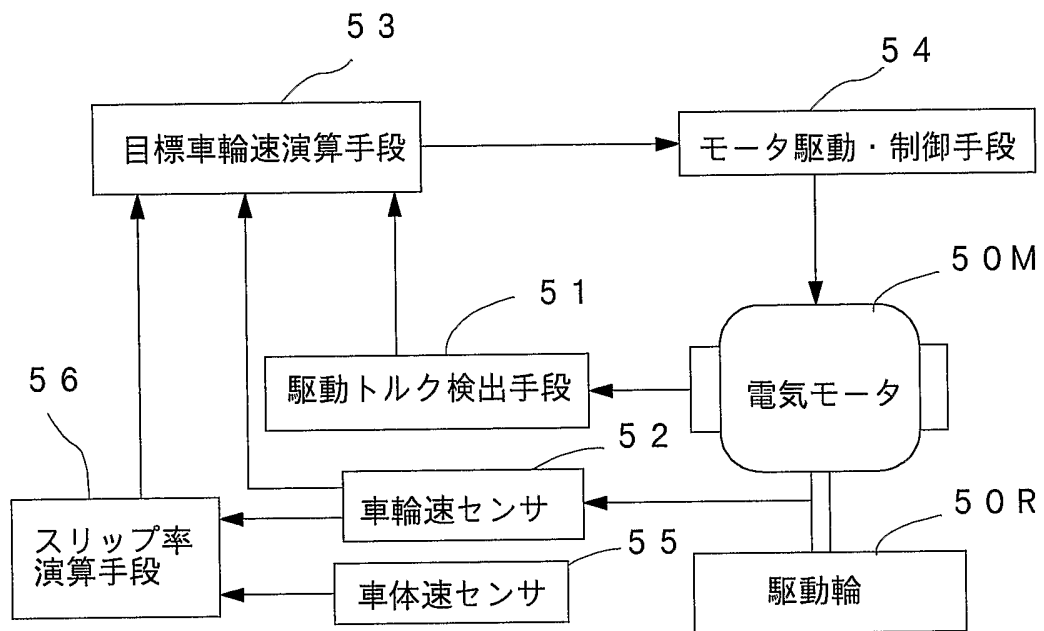


第 1 1 図



10/10

第12図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05658

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B60L15/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B60L15/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	US 2002/0060545 A1 (AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA), 23 May, 2002 (23.05.02), & DE 010146976 A & JP 2002-171778 A	1, 2, 10, 12-14
X Y	JP 9-215106 A (Toyota Motor Corp.), 15 August, 1997 (15.08.97), (Family: none)	1-6, 10-14, 25 7, 8, 16, 26-29
Y	JP 11-187506 A (Toyota Motor Corp.), 09 July, 1999 (09.07.99), (Family: none)	7, 8, 16, 26-29
Y	JP 10-210604 A (Toyota Motor Corp.), 07 August, 1998 (07.08.98), (Family: none)	7, 8, 16, 26-29

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 14 July, 2003 (14.07.03)	Date of mailing of the international search report 29 July, 2003 (29.07.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05658

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, A	JP 2003-9566 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 10 January, 2003 (10.01.03), (Family: none)	1-29
A	JP 8-294204 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 05 November, 1996 (05.11.96), (Family: none)	1-29
A	JP 2000-217209 A (Toyota Motor Corp.), 04 August, 2000 (04.08.00), (Family: none)	1-29

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B60L15/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B60L15/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PX	US 2002/0060545 A1 (AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) 2002.05.23 & DE 010146976 A & JP 2002-171778 A	1, 2, 10, 12-14
X Y	JP 9-215106 A (トヨタ自動車株式会社) 1997.08.15 (ファミリーなし)	1-6, 10-14, 25 7, 8, 16, 26-29

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.07.03

国際調査報告の発送日

29.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

長 馬 望

3H

9236

電話番号 03-3581-1101 内線 3316



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 11-187506 A (トヨタ自動車株式会社) 1999. 07. 09 (ファミリーなし)	7, 8, 16, 26-29
Y	J P 10-210604 A (トヨタ自動車株式会社) 1998. 08. 07 (ファミリーなし)	7, 8, 16, 26-29
EA	J P 2003-9566 A (日産自動車株式会社) 2003. 01. 10 (ファミリーなし)	1-29
A	J P 8-294204 A (日産自動車株式会社) 1996. 11. 05 (ファミリーなし)	1-29
A	J P 2000-217209 A (トヨタ自動車株式会社) 2000. 08. 04 (ファミリーなし)	1-29