

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年11月15日 (15.11.2007)

PCT

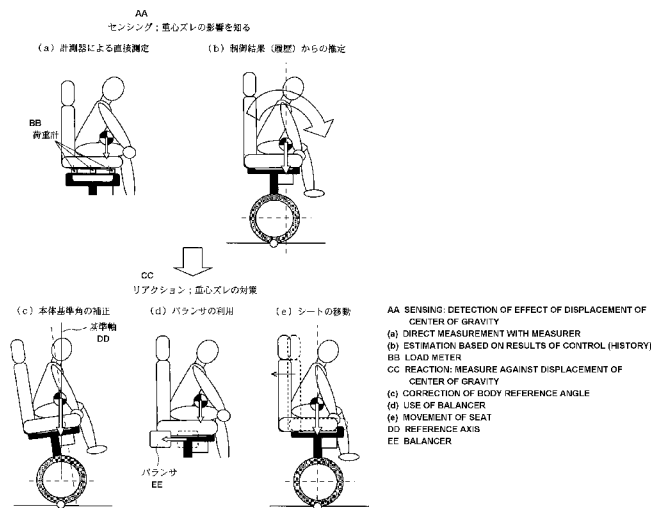
(10) 国際公開番号
WO 2007/129505 A1

- (51) 国際特許分類:
B62K 17/00 (2006.01) *B62K 3/00* (2006.01)
B60L 15/20 (2006.01) *G05D 1/08* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/055201
- (22) 国際出願日: 2007年3月15日 (15.03.2007)
- (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2006-130644 2006年5月9日 (09.05.2006) JP
 特願2006-162402 2006年6月12日 (12.06.2006) JP
 特願2006-162403 2006年6月12日 (12.06.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社エクオス・リサーチ (EQUOS RESEARCH CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 土井 克則 (DOI, Katsunori) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクオス・リサーチ内 Tokyo (JP). 安藤 正夫 (ANDO, Masao) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクオス・リサーチ内 Tokyo (JP). 澤田 和昭 (SAWADA, Kazuaki) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクオス・リサーチ内 Tokyo (JP). 三木 修昭 (MIKI, Nobuaki) [JP/JP]; 〒1010021 東京都千代田区外神田2丁目19番12号 株式会社エクオス・リサーチ内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: VEHICLE, CHARACTERISTIC VALUE ESTIMATING DEVICE, AND LOADED ARTICLE DETERMINATION DEVICE

(54) 発明の名称: 車両、特性量推定装置及び搭載物判定装置



(57) Abstract: A vehicle whose attitude can be controlled even if the position of the actual center of gravity of the vehicle is not aligned with the position of the designed center of gravity or moved. The effect of the displacement of the actual center of gravity of the vehicle from the designed center of gravity is detected as the torque value produced by the displacement of the center of gravity of the vehicle as shown in Figs. 1 (a), 1(b). As shown in Figs. 1 (c) to 1(e), the displacement of the center of gravity of the vehicle is corrected according to the detected torque value due to one of the correction of body reference angle, movement of balancer, and movement of seat so that the actual center of gravity of the vehicle is aligned with the design center of gravity of the vehicle.

(57) 要約: 実重心の位置が設計重心の位置と一致しない場合や、移動した場合であっても、姿勢制御を行うことが可能な車両を提供することを目的とする。まず実車両重心が設計車両重心からズレていることの影響を、図1(a)、(b)に示すように、重心のズレにより生じるトルク値として検出する。そして、図1(c)~(e)に示すように、本体基準角の補正、バランサの移動、シートの移動のいずれかにより、検出したトルク値に対応して実車両重心が設計車両重心と一致するように、重心ズレを修正する。

[続葉有]



WO 2007/129505 A1



(74) 代理人: 仲野 均, 外 (NAKANO, Hitoshi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 8-12-8 梅屋ビル B 1 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

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。

明 細 書

車両、特性量推定装置及び搭載物判定装置

技術分野

[0001] 本発明は、車両、特性量推定装置及び搭載物判定装置に係り、例えば、倒立振り子の姿勢制御を利用した車両に関する。

背景技術

[0002] 倒立振り子の姿勢制御を利用した車両(以下、単に倒立振り子車両という)が注目され、現在実用化されつつある。

例えば、同軸上に配置された2つの駆動輪を有し、運転者の重心移動による駆動輪の姿勢を感知して駆動する技術が特許文献1で提案されている。

また、従来の円形状の駆動輪1つや、球体状の駆動輪1つの姿勢を制御しながら移動する車両が特許文献2で提案され、また、特許文献2のなかにおいても各種倒立振り子車両について指摘されている。

[0003] 特許文献1:特開2004-276727公報

特許文献2:特開2004-129435公報

[0004] このような、車両では、運転者による体重移動量、リモコンや操縦装置からの操作量、予め入力されて走行データ等に基づいて、姿勢制御を行いながら停車状態を維持したり走行したりするようになっている。

このような姿勢制御では、予め既知の車体重量及び車体重心位置と、一般的な重量体(例えば、荷物や搭乗者)を想定したモデル重量及びモデル重心位置とから設計上の重心(設計車両重心)の位置を使用して、姿勢制御系の制御パラメータが規定されており、これらの値を使用して制御するようになっている。

そして車軸と設計重心とを結ぶ線を基準軸とした場合、基準軸の傾斜角度を傾斜計で検出し、基準軸の傾斜角度が基準角(鉛直線に対して目標となる角度)と一致するように姿勢を制御している。例えば、車両の停止状態では基準角ゼロ(鉛直線と一致)とし、傾斜計が角度 θ を検出していれば、基準軸の傾斜角がゼロとなるようにトルクを与えることで姿勢を制御することになる。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記姿勢制御において、基準軸の傾斜角を基準角に一致させる姿勢制御は、設計車両重心の位置が実車両重心(車体と、人や荷物等の重量体とによる実際の重心)の位置と一致していることを前提としている。

しかし、実際の重量体は、想定モデルの条件に対して、(1)座る位置が異なる、(2)座る姿勢が異なる、姿勢が変わる、(3)体重、体型が異なる等の原因で実重心は設計重心からズレる場合が多い。

この重心位置のズレについては、傾斜計で検出することはできない。

このため、実重心が設計重心よりも前方にズレている場合や移動した場合、一般には前傾したまま前進することになり、姿勢制御が成立しないことになる。

[0006] そして、実際に車両には、様々な体重、体型の人が乗ったり、種々の重量、形状の荷物(以下、重量体という)が搭乗することになり、乗る人等によって質量、重心高さ、慣性モーメントが大きく異なるため、姿勢制御系の特性量が設計値からずれることになる。

また、搭乗している重量体についても、常に一定状態が保持されている訳ではなく、搭乗者の姿勢が変わったり(動く、倒れる等)、荷物が増加したりする場合がある。それによっても、質量、重心高さ、慣性モーメント(以下、力学的特性量という)が変化し、設計した姿勢制御系の特性量が設計値からずれることになる。

[0007] そして、本実施形態で想定している倒立振り子の姿勢制御を利用した車両では、車体が小さく、軽くなるほど、また搭乗部が高くなるほど、相対的に搭乗物の変化による制御系特性への影響は大きくなる。

このため、設計時に想定した搭乗者に基づく制御パラメータのままでは、安定した姿勢制御を行うことができず、快適な搭乗を搭乗者に提供できなくなり、制御パラメータを修正する必要がある。

そして、制御パラメータを修正するための前提として、重量体(搭乗物)の実際の力学的特性量や重量体の種別(人、荷物等)を知ることが必要になる。

[0008] そこで本発明は、実重心の位置が設計重心の位置と一致しない場合や、移動した

場合であっても、姿勢制御を行うことが可能な車両を提供することを第1の目的とする。

そこで本発明は、車両に搭乗している重量体の状態に適した姿勢制御を行うことが可能な車両を提供することを第2の目的とする。

そこで本発明は、車両に搭乗している重量体の実際の力学的特性量を推定するパラメータ推定装置を提供することを第3の目的とする。

また、本発明は、推定した力学的特性量から車両に搭乗している重量体を判定する搭載物判定装置を提供することを第4の目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] (1) 請求項1に記載した発明では、駆動輪が配置される車軸を1つ備え、車体の姿勢制御を行う車両であって、実際の車両重心である実車両重心の、設計上の設計車両重心と前記車軸を結ぶ基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出するズレ量算出手段と、前記算出した物理量に基づいて、前記実車両重心の位置を前記基準軸上に移動させる重心位置制御手段と、を車両に具備させて前記第1の目的を達成する。
- (2) 請求項2に記載した発明では、請求項1に記載の車両において、荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、前記搭乗部に配置された荷重センサと、を備え、前記ズレ量算出手段は、前記荷重センサの検出値から、実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトルク値を算出する、ことを特徴とする。
- (3) 請求項3に記載した発明では、請求項1に記載の車両において、前記ズレ量算出手段は、実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトルク値を外乱オブザーバにより算出する、ことを特徴とする。
- (4) 請求項4に記載した発明では、請求項1、請求項2、又は請求項3に記載の車両において、前記重心位置制御手段は、前記算出した物理量に応じて、車体の傾斜角を制御することで実車両重心を前記基準軸上に移動させる、ことを特徴とする。
- (5) 請求項5に記載した発明では、請求項1、請求項2、又は請求項3に記載の車両において、車体に対して移動可能に配置されたバランスを備え、前記重心位置制御手段は、前記算出した物理量に応じて、前記バランスを移動させることで実車両重

心を前記基準軸上に移動させる、ことを特徴とする。

(6) 請求項6に記載した発明では、請求項1、請求項2、又は請求項3に記載の車両において、前記車体は、本体と、該本体に対して移動可能に配置され荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部とを備え、前記重心位置制御手段は、前記算出した物理量に応じて、前記搭乗部を移動させることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる、ことを特徴とする。

(7) 請求項7に記載した発明では、請求項1に記載の車両において、荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、前記搭乗部に配置された荷重センサと、前記荷重センサの検出値から、実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトルク値を算出する第1のトルク算出手段と、実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトルク値を外乱オブザーバにより算出する第2のトルク値算出手段と、を備え、前記ズレ量算出手段は、前記算出した第1及び第2のトルク値に基づいて実車両重心の前記基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出する、ことを特徴とする。

(8) 請求項8に記載した発明では、請求項1に記載の車両において、前記ズレ量算出手段は、前記算出した第1及び第2のトルク値の周波数成分に基づいて実車両重心の前記基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出する、ことを特徴とする。

(9) 請求項9に記載した発明では、請求項1、請求項2、又は請求項3に記載の車両において、前記重心位置制御手段は、物理量に応じて、車体の傾斜角を制御することで実車両重心を前記基準軸上に移動させる第1移動手段と、物理量に応じて、車体に対して移動可能に配置されたバランスを移動させることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる第2移動手段と、物理量に応じて、車体本体に対して搭乗部を移動させることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる第3移動手段と、前記ズレ量算出手段で算出した物理量を、前記第1、第2、及び第3移動手段に分配する物理量分配手段と、を具備したことを特徴とする。

(10) 請求項10に記載した発明では、請求項9に記載の車両において、前記物理量分配手段は、前記ズレ量算出手段で算出した物理量の周波数成分に基づいて分配する、ことを特徴とする。

(11) 請求項11記載の発明では、車体の姿勢制御を行う車両であって、前記車体の

姿勢制御系における、被制御対象の実際の力学的特性量を推定する推定手段と、前記推定した実際の力学的特性量に基づいて、前記姿勢制御系における制御系特性量を修正する制御系特性量修正手段と、を車両に具備させて前記第2の目的を達成する。

(12) 請求項12に記載した発明では、請求項11に記載の車両において、前記推定手段は、力学的特性量として、搭乗部に乗せる荷物や乗員などの重量体の質量、前記重量体の重心の高さ、及び前記重量体の慣性モーメントを推定する、ことを特徴とする。

(13) 請求項13に記載した発明では、請求項11、又は請求項12に記載の車両において、荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、前記搭乗部に配置された荷重センサと、前記重量体の高さを測定する高さセンサと、を備え、前記推定手段は、前記荷重センサ及び前記高さセンサの検出値から、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする。

(14) 請求項14に記載した発明では、請求項11又は請求項12に記載の車両において、前記推定手段は、外乱オブザーバを使用して力学的特性量を推定する、ことを特徴とする。

(15) 請求項15に記載した発明では、請求項11又は請求項12に記載の車両において、荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、前記搭乗部に配置された荷重センサと、前記重量体の高さを測定する高さセンサと、前記荷重センサ及び前記高さセンサの検出値から、力学的特性量を推定する直接推定手段と、力学的特性量を外乱オブザーバにより推定する間接推定手段と、を備え、前記推定手段は、前記直接推定手段及び間接推定手段による推定値に基づいて、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする。

(16) 請求項16に記載した発明では、請求項15に記載の車両において、前記推定手段は、前記直接推定手段及び間接推定手段による推定値の周波数成分に基づいて、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする。

(17) 請求項17に記載した発明では、請求項11から請求項16のうちのいずれか1の請求項に記載の車両において、前記制御系特性量修正手段は、前記推定した力学

的特性量に応じて、前記車体の姿勢制御系における制御パラメータを変更することで前記制御系特性量を修正する、ことを特徴とする。

(18) 請求項18に記載した発明では、請求項11から請求項16のうちのいずれか1の請求項に記載の車両において、前記制御系特性量修正手段は、前記推定した力学的特性量に応じて、車体の形状を変形させることで前記制御系特性量を修正する形状変形手段を有する、ことを特徴とする。

(19) 請求項19に記載した発明では、請求項11から請求項16のうちのいずれか1の請求項に記載の車両において、前記制御系特性量修正手段は、前記推定した力学的特性量に応じて、前記車体の姿勢制御系における制御パラメータを変更することで前記制御系特性量を修正する制御パラメータ修正手段と、前記推定した力学的特性量に応じて、車体の形状を変化させることで前記制御系特性量を修正する車体変形手段と、前記推定手段で推定した力学的特性量を、前記制御パラメータ修正手段、及び前記車体変形手段に分配する力学的特性量分配手段と、を具備したことを特徴とする。

(20) 請求項20に記載した発明では、請求項19に記載の車両において、前記力学的特性量分配手段は、前記推定手段で推定した力学的特性量の周波数成分に基づいて分配する、ことを特徴とする。

(21) 請求項21に記載した発明では、請求項18、請求項19、又は請求項20に記載の車両において、前記車体に対して移動可能に配置されたウェイトを備え、前記車体変形手段は、前記推定した力学的特性量に応じて、前記ウェイトを移動させることで車体の形状を変化させる、ことを特徴とする。

(22) 請求項22に記載した発明では、車体の姿勢制御を行う車両に搭載された重量体の力学的特性量を推定する特性量推定装置であって、荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、前記搭乗部に配置された荷重センサと、前記重量体の高さを測定する高さセンサと、前記荷重センサ及び前記高さセンサの測定値から、前記重量体の力学的特性量を推定する推定手段と、を特性量推定装置に具備させて前記第3の目的を達成する。

(23) 請求項23に記載した発明では、車体の姿勢制御を行う車両に搭載された重量

体の力学的特性量を推定する特性量推定装置であって、前記重量体の力学的特性量を外乱オブザーバを使用して推定する推定手段を特性量推定装置に具備させて前記第3の目的を達成する。

(24) 請求項24に記載した発明では、車体の姿勢制御を行う車両に搭載された重量体の力学的特性量を推定する特性量推定装置であって、荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、前記搭乗部に配置された荷重センサと、前記重量体の高さを測定する高さセンサと、前記荷重センサ及び前記高さセンサの測定値から、力学的特性量を推定する直接推定手段と、力学的特性量を外乱オブザーバにより推定する間接推定手段と、前記直接推定手段及び前記間接推定手段による推定値に基づいて、力学的特性量を推定する推定手段と、を特性量推定装置に具備させて前記第3の目的を達成する。

(25) 請求項25に記載した発明では、請求項24に記載の特性量推定装置において、前記直接推定手段及び前記間接推定手段で推定した両推定値を用いて、推定値の誤り判定を行う誤り判定手段を備え、前記推定手段は、一方の推定値が誤りと判定された場合に、他方の推定値を力学的特性量として推定する、ことを特徴とする。

(26) 請求項26に記載した発明では、請求項24又は請求項25に記載の特性量推定装置において、前記推定手段は、前記直接推定手段及び間接推定手段による推定値の周波数成分に基づいて、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする。

(27) 請求項27に記載した発明では、請求項22から請求項26のうちのいずれか1の請求項に記載の特性量推定装置において、前記推定手段は、力学的特性量として、前記重量体の質量、前記重量体の重心の高さ、及び前記重量体の慣性モーメントを推定する、ことを特徴とする。

(28) 請求項28に記載した発明では、請求項22又は請求項24に記載の特性量推定装置において、加速度センサと、傾斜角センサと、を備え、前記推定手段又は前記直接推定手段は、前記荷重センサ、前記高さセンサの測定値、及び前記加速度センサと前記傾斜角センサの検出値から前記重量体の力学的特性量を推定する、ことを特徴とする。

(29) 請求項29に記載した発明では、請求項22から請求項28のうちのいずれか1の

請求項に記載の特性量推定装置と、前記特性量推定装置で推定した、力学的特性量を使用して前記車両に搭載された重量体の種別を判定する種別判定手段と、を搭載物判定装置に具備させて前記第4の目的を達成する。

発明の効果

[0010] (1) 請求項1から請求項10に記載した本発明では、初期状態で実重心の位置が設計重心の位置と一致しない場合や、実重心が移動した場合であっても、実際の車両重心である実車両重心の基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出して実車両重心の位置を基準軸上に移動するので、姿勢制御を行うことが可能になる。

(2) 請求項11から請求項21に記載した本発明では、車体の姿勢制御系における、被制御対象の実際の力学的特性量を推定し、前記姿勢制御系における制御系特性量を修正するようにしたので、搭乗体に適した姿勢制御を行うことが可能になる。

(3)

請求項22記載の発明では、重量体の質量と高さの測定値から、請求項23記載の発明では外乱オブザーバにより、請求項24記載の発明では重量体の質量と高さの測定値及び外乱オブザーバにより、重量体の力学的パラメータを推定することができる。

これにより、本発明では、推定した重量体の力学的パラメータから、車体の姿勢制御系における、被制御対象の実際の力学的パラメータを推定し、前記姿勢制御系における制御パラメータを修正することが可能になり、より安定した姿勢制御を行うことが可能になる。

発明を実施するための最良の形態

[0011] 以下、本発明の車両における好適な実施の形態について、図1から図13を参照して詳細に説明する。

(1) 第1実施形態の概要

図1は第1実施形態による重心ズレ制御の概要を表したものである。

第1実施形態では、まず実車両重心が設計車両重心からズレていることの影響を、図1(a)、(b)に示すように、重心のズレにより生じるトルク値として検出する。

そして、図1(c)～(e)に示すように、検出したトルク値に対応して実車両重心が設

計車両重心と一致するように、本体基準角の補正、バランスの移動、シートの移動のいずれかによる重心ズレ対策制御を行う。

[0012] 図1(a)は、重心ズレによる影響を計測器により直接測定する方法について表したもので、シートの下に複数の荷重計を配置し、荷重分布から乗員部の重心位置と重量を測定することで、車体全体の重心位置(実車両重心)を算出し(車体の重心位置は既知)、さらに重心ズレにより作用するトルク値を算出する。

[0013] 図1(b)は重心ズレによる影響を制御結果(履歴)から推定する方法について表したもので、車体の姿勢変化やトルク入力履歴から重心のズレを推定する。

すなわち、基準軸の傾斜角が基準角と一致している(制御上は傾いていないはず)にもかかわらず、車体が傾斜しようとする(傾斜のトルクが作用している)場合には、実車両重心が設計車両重心からズレていると考えられるので、例えば、外乱オブザーバにより、外乱トルクとして推定する。

[0014] 以上により重心ズレによる影響量として算出したトルク値に対して、本体基準角の補正、バランスの利用、シート(乗員搭乗部)の移動により、実車両重心を設計車両重心に一致させる重心ズレ対策を行う。

[0015] 図1(c)は、本体基準角の補正による制御で、実車両重心が基準軸上にくる車体傾斜角を基準(目標)角とし、この角度に近づける制御を行なうことで、車体を傾けて釣り合わせる。

図1(d)は、バランスの利用による制御で、全体の重心が鉛直軸上に来るようにバランスを移動させる。既存のバランスに対しては、その基準位置を変更する。

図1(e)はシートの移動による制御で、シート(搭乗部)をスライドすることで、実車両重心を設計車両重心に一致させる。すなわち、シートを実車両重心がズレている方向と逆にずらすことで一致させる。

[0016] 実車両重心のズレ対策(c)~(e)で使用するトルク値として、直接測定から算出した値と、外乱オブザーバで推定した値に対して、それぞれ周波数成分に応じた重み付けをした値を採用する。周波数成分に応じた重み付けは、荷重計及びオブザーバの周波数特性に応じて決定される。

[0017] なお、両トルク値の平均値を採用したり、いずれか一方を採用するようにしてもよい

。一方を採用する場合として例えば、重心ズレの変化速度が外乱オブザーバの推定可能速度よりも大きい場合には直接測定による値を使用し、小さい場合には外乱オブザーバによる推定値を使用するようにする。

[0018] 一方、決定したトルク値を使用した実車両重心のズレ対策(c)～(e)の選択は、トルク値の周波数成分に応じた割合で該周波数に対するトルク値を分配する。

その他、バランス移動制御、シート(搭乗部13)移動制御、本体傾斜制御の優先順位とし、現在行っている制御の限界値を超えた制御が必要になった場合に、次の優先順の制御を補完的に行うようにしてもよい。

また、3つの制御のうち主となる制御を決めておき、通常はこの主制御を使用するが、主制御が故障した場合の残りを2つで補うようにしてもよい。この場合、適用周波数の近い方で代用する。

[0019] (2) 第1実施形態の詳細

図2は、第1実施形態における車両の外観構成を例示したものである。

図2に示されるように、車両は、同軸上に配置された2つの駆動輪11a、11bを備えている。

両駆動輪11a、11bは、それぞれ駆動モータ12で駆動されるようになっている。

[0020] 駆動輪11a、11b(以下、両駆動輪11aと11bを指す場合には駆動輪11という)及び駆動モータ12の上部には、重量体である荷物や乗員等が搭乗する搭乗部13(シート)が配置されている。

搭乗部13は、運転者が座る座面部131、背もたれ部132、及びヘッドレスト133で構成されている。

[0021] 搭乗部13は、駆動モータ12が収納されている駆動モータ筐体121に固定された支持部材14により支持されており、図示しない駆動機構(後述するシート駆動アクチュエータ63)により、支持部材14又はバランス駆動部18に対して移動可能に構成されている。

[0022] 搭乗部13の左脇には操縦装置30が配置されている。この操縦装置30は、運転者の操作により、倒立振り子車両の加速、減速、旋回、回転、停止、制動等の指示を行う為のものである。

- [0023] 第1実施形態における操縦装置30は、座面部131に固定されているが、有線又は無線で接続されたリモコンにより構成するようにしてもよい。また、肘掛けを設けその上部に操縦装置30を配置するようにしてもよい。
- [0024] また、第1実施形態の車両には、操縦装置30が配置されているが、予め決められた走行データに従って自動走行する車両の場合には、操縦装置30に代えて走行データ取得部が配設される。走行データ取得部は、例えば、半導体メモリ等の各種記憶媒体から走行データを読み取る読み取り手段で構成し、または／及び、無線通信により外部から走行データを取得する通信制御手段で構成するようにしてもよい。
- [0025] なお、図2において、搭乗部13には人が搭乗している場合について表示しているが、必ずしも人が運転する車両には限定されず、荷物だけを乗せて外部からのリモコン操作等により走行や停止をさせる場合、荷物だけを乗せて走行データに従って走行や停止をさせる場合、更には何も搭乗していない状態で走行や停止をする場合であってもよい。
- [0026] 第1実施形態において、操縦装置30の操作により出力される操作信号によって加減速等の制御が行われるが、例えば、特許文献1に示されるように、運転者が車両に対する前傾きモーメントや前後の傾斜角を変更することで、その傾斜角に応じた車両の姿勢制御及び走行制御を行うように切替可能にしてもよい。
- 運転者による傾きモーメントによる姿勢制御及び走行制御を行う場合には、第1実施形態による姿勢制御は行わない。
- [0027] 搭乗部13の座面部131には、図示しないが後述する荷重計51a～eが配置されている。
- [0028] 搭乗部13と駆動輪11の間には制御ユニット16が配置されている。
- 第1実施形態において制御ユニット16は、搭乗部13の座面部131の下面に取り付けられているが、支持部材14に取り付けるようにしてもよい。
- [0029] 制御ユニット16の下部には、第1実施形態におけるバランス駆動部(バランス及びバランス駆動アクチュエータ)18が配置されている。
- バランス駆動部18は、両駆動輪11間の略中心上で、駆動輪に挟まれる位置に配置されている。

[0030] 図3は、制御ユニット16の構成を表したものである。

車両の走行、姿勢制御、及び第1実施形態における重心ズレ制御等の各種制御を行う制御ECU(電子制御装置)20を備えており、この制御ECU20には、操縦装置30、走行、姿勢制御用センサ40、重心ズレ制御用センサ50、アクチュエータ60、及びバッテリー等のその他の装置が電氣的に接続されている。

[0031] バッテリーは、駆動モータ12及びバランス駆動アクチュエータ62に電力を供給する。また、制御ECU20にも制御用の低電圧の電源を供給するようになっている。

[0032] 制御ECU20は、走行制御プログラム、姿勢制御プログラム、重心ズレ制御プログラム等の各種プログラムやデータが格納されたROM、作業領域として使用されるRAM、外部記憶装置、インターフェイス部等を備えたコンピュータシステムで構成されている。

[0033] 制御ECU20は走行及び姿勢制御を行う車体基本制御システム21と、重心ズレ制御システム22を備えている。

重心ズレ制御システム22は、実車両重心の基準軸からのズレ量に対応した物理量として、トルク値を算出する外乱オブザーバ23と重心ズレ算出部24を備えている。

[0034] 重心ズレ制御システム22は、外乱オブザーバ23と重心ズレ算出部24で算出したトルク値に基づいて、実車両重心を設計車両重心に一致させるために、車体傾斜角制御における基本目標値の修正値や、バランス駆動アクチュエータ62、シート駆動アクチュエータ63の指令値を算出してそれぞれ供給するようになっている。

[0035] 走行、姿勢制御用センサ40は、車両の速度(車輪回転角)を検出する走行速度計(車輪回転計)41と、車体傾斜角(傾斜角速度)を検出する車体傾斜角度計(角速度計)42を備えている。

走行、姿勢制御用センサ40による検出値は、車体基本制御システム21、及び重心ズレ制御システム22の外乱オブザーバ23と重心ズレ算出部24に供給される。

[0036] 重心ズレ制御用センサ50は、複数の荷重計51(荷重分布計)を備えており、各シート荷重系51で検出した荷重データの値(シート荷重分布)が重心ズレ算出部24に供給される。

[0037] 図4は、荷重計51の配置について表したものである。

この図4に示されるように、第1実施形態では、荷重計51は、座面部131(シート)の下の四隅と中央の5カ所に配置されている。

各荷重計51は、シート構造(座面部131)よりも下に配置されており、乗員が後ろにもたれても測定可能に構成されている。また、シートに荷物を乗せた場合にも測定可能である。更に、外から人がシート(座面部131)を押した場合の荷重についても測定可能である。

第1実施形態における荷重計51により、直立静止時ならば、完全な測定が可能である。

[0038] なお、駆動輪11と駆動モータ12を除く車体の重量(以下車体重量という)と、その重心位置(以下車体重心位置という)は固定されており、設計時に予め決定してあるので、荷重計51の計測対象外である。

この車体重量と車体重心位置、及び各荷重計51a~eの検出値から、実重心位置及び、車体と搭乗体の重量合計が、重心ズレ算出部24で計算される。

[0039] 1次元(車両の前後方向)の重心位置を特定するには、少なくとも2つの荷重計51があればよいが、より多くの荷重計(第1実施形態では5つ)を設置することで、フェイルセーフが実現(荷重計が1つ壊れても大丈夫)される。

[0040] なお、荷重計51として、引張荷重も測定できるセンサを使用するようにしてもよい。これによりセンサで構成される多角形の外に重心があっても測定可能になる。

また、3軸センサ(引張圧縮+せん断力)を使用し、2成分から、乗員の動きに伴う慣性力についても重心ズレ算出部24で推定するようにしてもよい。

さらに、ねじりトルク計を使用して搭乗部13のねじりトルクを測定することにより、重心ズレ計測を行うようにしてもよい。

[0041] アクチュエータ60は、車体基本制御システム21から供給される指令値に従って駆動輪11を駆動するタイヤ回転アクチュエータ61と、重心ズレ制御システム22から供給される指令値に従ってバランスを移動させるバランス駆動アクチュエータ62、同じく指令値に従って搭乗部13を前後に移動させるシート駆動アクチュエータ63を備えている。

[0042] 以上のように構成された1実施形態としての車両における、重心ズレ制御について

次に説明する。

図5は、重心ズレ制御の内容を表したフローチャートである。

この重心ズレ制御では、まず実車両重心のズレ量を物理量であるトルク値で求め(ステップ11～ステップ17)、続いて、求めたトルク値に基づいてズレた実車両重心を基準軸上に移動させる(ステップ18～ステップ27)。

以下、各処理の内容について説明する。

[0043] ステップ11～ステップ13により、各荷重計51と姿勢制御用の測定値から、実車両重心のズレ量とそれによるトルク値を算出し、外乱オブザーバ23を使用してステップ14からステップ16により外乱によるトルク値を推定する。

なお、トルク値の算出、推定については、両処理が並行して行われる。

[0044] まず、座面部131に配設した5つの荷重計51a～51eで計測される荷重分布が計測され、制御ECU20の重心ズレ制御システム22に供給される(ステップ11)。

重心ズレ制御システム22では、取得した荷重分布データ(各荷重計51の計測値)から、搭乗部13に作用している力(垂直成分、水平成分)とトルクを算出する(ステップ12)。

[0045] 荷重計(k)に作用する垂直力を $F_n^{(k)}$ 、横力を $F_t^{(k)}$ 、トルクを t_{tn} とすると、搭乗部13に作用する垂直力、横力トルクは、次の数式1により求められる。

$$F_n = \sum F_n^{(k)}, F_t = \sum F_t^{(k)}, t_{tn} = \sum F_n^{(k)} X^{(k)} \quad (\text{数式1})$$

[0046] 次に、重心ズレ制御システム22は、走行、姿勢制御用センサ40から得られる車体傾斜角 θ_1 、並進加速度aを使用して、重心ズレの影響量を評価する(ステップ13)。

すなわち重心ズレ制御システム22は、力(垂直力、横力)とトルクの釣り合いを表す次の6つの数式2から、搭乗部13(座面部131)に載っている重量体A(乗員や荷物等)の情報として、重量体Aの重量 m_H 、重量体Aの重心の基準軸nからのズレ λ_H 、荷重計51取り付け位置を基準とする重量体Aの重心高さ h_H を算出する。

[0047] 図6は、重量体Aが搭乗部13に作用している力(慣性力を含む)とモーメントとの釣り合い状態を表したものである。

数式2は、図6に従ってたてられ、搭乗部13に載せた荷物は、「乗員＝不確定要素」として計算される。

また、車体傾斜運動(搭乗部13の傾斜運動)における遠心力と接線方向慣性力は無視している。

なお、数式1、2において、 $X^{(k)}$ は、車体中心点を基準とした荷重計(k)の取り付け位置、 m_s は搭乗部13の質量、 λ_s は車体中心点を基準とした搭乗部13の重心位置、 h_s は搭乗部13の重心高さ、 g は重力加速度を表している。

なお、並進加速度 a は、走行速度計41で検出する車速から算出する。

[0048] [数2]

$$m_c (g \cos \theta_1 + a \sin \theta_1) = -F_n$$

$$m_c (g \sin \theta_1 - a \cos \theta_1) - m_H \ddot{\lambda}_H = F_t$$

$$F_n \lambda_c - F_t h_c - m_H \ddot{\lambda}_H (h_c - h_H) = T_m$$

$$m_c = m_H + m_s, \quad \lambda_c = \frac{m_H \lambda_H + m_s \lambda_s}{m_c}, \quad h_c = \frac{m_H h_H + m_s h_s}{m_c}$$

[0049] 上記数式2では、姿勢制御用の車体傾斜角度計42による角度のデータ θ_1 を用いることで、搭乗部13の傾斜時においても、重量体Aの重心位置の推定が可能になる。

また、姿勢制御用の走行速度計41(タイヤ回転角センサ)による並進加速度 a を参照することにより、加減速時にも重量体Aの重心位置の評価が可能になる。

これにより、例えば、急制動時の乗員(重量体A)の動きも正確に把握することが可能になる。

また、重心ズレの影響と乗員慣性力の影響を正確に区分することができ、乗員の動きを把握することも可能になる。

[0050] 重心ズレ制御システム22は、数式2から求めた重量体Aの情報(重量 m_H 、重心のズレ λ_H 、重心高さ h_H)から、重量体Aにより搭乗部13に作用するトルク T を次の数式3から算出する。

数式3において、 l_s は駆動輪11の車軸から荷重センサ51までの距離である。

[0051] [数3]

$$T = m_H g \lambda_H - m_H (h_H + \ell_S) \ddot{\lambda}_H$$

[0052] 一方、外乱オブザーバ23を使用して、車体の運動、姿勢制御の結果(時間履歴)から外乱、すなわち、搭乗部13の重心ズレの影響量(トルク値)を推定する(ステップ14~16)。

図7は、外乱オブザーバ23により外乱推定の状態を概念的に表したものである。

図7において、制御器は車体基本制御システム21に相当し、制御対象実物はタイヤ回転アクチュエータ61(制御の対象)と車両全体(外乱を受ける対象)に相当する。

[0053] 外乱オブザーバ23は、制御対象モデルと推定器で構成される。

制御対象モデルは、現実の制御対象である制御対象実物に対応する、設計車両重心に基づいた理論的なモデルである。

[0054] 制御器からの入力 u (実際は図7に示されるようにベクトルであるが、表記の都合上、ベクトル表記を省略して説明する。以下同じ。)は、制御対象実物と制御対象モデルの両者に入力される。

すると、制御対象モデルからは論理値としての出力 y^{\wedge} (ベクトルと同様に、図面とは表記を変えている、以下同じ)、が出力される。

これに対して制御対象実物からは外乱 d が作用している状態に対する出力 y (傾斜角 θ 等の実測値)として出力される。

[0055] この理論値である出力 y^{\wedge} と、実測値である出力 y との両者から、推定器により搭乗部13に作用している外乱の推定値 d^{\wedge} を、次の数式4に従って算出する。

この推定器における推定(数式4)では、実車両重心のズレの影響を外乱の一部とみなして推定している。

また、最小次元オブザーバを利用して、計算時間を短くしている(ロバスト性を優先する場合には、同一次元オブザーバも利用可能)。

推定速度は、外乱オブザーバ23のフィードバックゲイン L によって決定される。ここで、推定速度を速くしすぎると推定が不安定になるため、推定にはある程度の時間が必要となる。

[0056] [数4]

$$\hat{d} = \bar{z} + \mathbf{L} \bar{y}$$

$$\dot{\bar{z}} = -\mathbf{L} \{ \mathbf{D} \bar{z} + (\mathbf{A} + \mathbf{DL}) \bar{y} + \mathbf{B} \bar{u} \}$$

[0057] 次に、外乱推定値 \hat{d} を算出する上記数式4の導出について説明する。

図8は、乗員の動きによる実車両重心の動きを考慮した力学モデルを図示したものである。

この図8における各記号は次の通りである。

(a) 状態量

θ_w : タイヤの回転角 [rad]

θ_1 : 本体の傾斜角 (鉛直軸基準) [rad]

λ_2 : バランサの位置 (車体中心点基準) [m]

(b) 入力

τ_w : 駆動モータトルク (2輪合計) [Nm]

S_B : バランサ駆動力 [N]

(c) 物理定数

g : 重力加速度 [m/s²]

(d) パラメータ

m_w : タイヤの質量 [kg]

R_w : タイヤの半径 [m]

I_w : タイヤの慣性モーメント (車軸周り) [kgm²]

D_w : タイヤ回転に対する粘性減衰係数 [Nms/rad]

m_1 : 本体の質量 (乗員含む) [kg]

l_1 : 本体の重心距離 (車軸から) [m]

I_1 : 本体の慣性モーメント (重心周り) [kgm²]

D_1 : 本体回転に対する粘性減衰係数 [Nms/rad]

m_2 : バランサの質量 [kg]

l_2 : バランサの基準重心距離(車軸から) [m]

I_2 : バランサの慣性モーメント(重心周り) [kgm²]

D_2 : バランサ並進に対する粘性減衰係数 [Ns/m]

[0058] 図8の状態において、乗員の動きを考慮した力学モデルの標準形として、数式5の線形2階微分方程式で表現される。

数式5中の各値は数式6に示す通りである。

また、数式6における $I_{W,a}$ 、 $I_{12,a}$ は次の通りである。

$$I_{W,a} = I_W + (m_1 + m_2 + m_W) R_W^2$$

$$I_{12,a} = (I_1 + m_1 l_1^2) + (I_2 + m_2 l_2^2)$$

[0059] [数5]

$$\mathbf{M}_S \ddot{\vec{x}}_S + \mathbf{C}_S \dot{\vec{x}}_S + \mathbf{K}_S \vec{x}_S = \mathbf{P}_u \vec{u} + \mathbf{P}_d \vec{d}$$

[0060] [数6]

$$\vec{x}_s = \begin{bmatrix} \theta_w \\ \theta_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} \quad \vec{u} = \begin{bmatrix} \tau_w \\ S_B \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M}_s = \begin{bmatrix} I_{W,a} & (m_1 \ell_1 + m_2 \ell_2) R_w & m_2 R_w \\ (m_1 \ell_1 + m_2 \ell_2) R_w & I_{12,a} & m_2 \ell_2 \\ m_2 R_w & m_2 \ell_2 & m_2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C}_s = \begin{bmatrix} D_w & 0 & 0 \\ 0 & D_1 & 0 \\ 0 & 0 & D_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{K}_s = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -(m_1 \ell_1 + m_2 \ell_2)g & -m_2 g \\ 0 & -m_2 g & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P}_u = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{外乱 } \vec{d} = \begin{bmatrix} m_H g \lambda_H - m_H \ell_H \ddot{\lambda}_H + \tau_e \end{bmatrix}$$

$$\text{進入経路 } \mathbf{P}_d = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0061] なお、重量体A(乗員)が動く外乱に対する外乱オブザーバ23で扱いやすいように、数式5をシステムの状態方程式の形で表すと数式7で表現される。

数式7中の各値は数式8に示す通りであり、Iは単位行列である。

[0062] [数7]

$$\dot{\vec{x}} = \mathbf{A}\vec{x} + \mathbf{B}\vec{u} + \mathbf{D}\vec{d} \quad \vec{y} = \mathbf{C}\vec{x}$$

[0063] [数8]

$$\begin{aligned} \vec{x} &= \begin{bmatrix} \vec{x}_s \\ \dot{\vec{x}}_s \end{bmatrix} & \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{K}_s & -\mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{C}_s \end{bmatrix} \\ \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{P}_u \end{bmatrix} & \mathbf{C} &= \mathbf{I} & \mathbf{D} &= \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{P}_d \end{bmatrix} \\ \vec{x}_s &= [\theta_w \quad \theta_1 \quad \lambda_2]^T & \vec{u} &= [\tau_w \quad S_B]^T \\ \vec{d} &= [m_H g \lambda_H - m_H \ell_H \ddot{\lambda}_H + \tau_e]^T \end{aligned}$$

[0064] 外乱オブザーバ23は、姿勢制御における入力u(図1におけるタイヤ回転アクチュエータ61に対するトルク指令値)、及び、出力y(同走行、姿勢制御用センサ40の検出値(速度、車体傾斜角))を取得する(ステップ14)。

そして、外乱オブザーバ23は、上記数式4を推定器で解くことで、搭乗部13に作用している外乱の推定値d^を算出する(ステップ15)。

なお、外乱オブザーバでは、最小次元オブザーバを利用しているが、同一次元オブザーバでも推定可能である。

算出した外乱の推定値d^は数式9で示される。

[0065] [数9]

$$\hat{\vec{d}} = [m_H g \lambda_H - m_H \ell_H \ddot{\lambda}_H + \tau_e]$$

[0066] 数式9に示すように、推定した外乱d^は3つの外乱の合計として算出される。

各外乱は数式上の値であり、個別に求まることはないが、3つの外乱全てが車体の傾斜運動に寄与しており、全体の値d^が算出される。

第1の外乱は、乗員が移動することによる重心移動の影響量で、数式9の右辺第1項($m_H g \lambda_H$)で表される。

第2の外乱は、重量体A(乗員)が速く動くことによる慣性力の影響で右辺第2項($-m_H \ell_H (\lambda)_H$)、:(λ)は λ ドット、ドット)で表される。

第3の外乱は、その他の外乱(外から車体を押す等)で、右辺第3項(τ)で表される。

[0067] 第1実施形態における重心ズレ制御では外乱全体の大きさに対して制御するため、推定した外乱 d の成分を知らなくても制御可能である。

しかし、各成分を知ることで次のような利用が可能である。

(a) 各センサ(荷重計51など)のデータと比較し、両者の値が大きく異なる場合にはいずれかの故障と判断することで、各センサのフェイルチェックが可能になる。

(b) 外乱オブザーバ自身のエラー判定(例えば、慣性力の影響が、重量体A(乗員)質量の影響に対して大きすぎる、長時間作用し続ける等)が可能になる。

(c) 他の制御との区別、他の制御への利用(例えば、定常的な重心ズレ→シート形状、操作系位置変化)が可能になる。

[0068] 第1実施形態では、以上の理由から、各成分を抽出し、算出した外乱推定値 d に対して評価をしている(ステップ16)。

各外乱成分の一般的傾向として、重量体Aの重心ズレは、定常的、低周波域であり、重心移動による慣性力は非定常的で、中周波数域(人間が動ける速さ)であり、その他の外乱は非定常的で、高周波域である。

[0069] そこで、第1実施形態ではローパスフィルタによって低周波成分を抽出し、それを重心ズレの影響とみなしている。

また、慣性力の影響についても、ある周波数帯(1Hz~10Hz程度)の成分を取り出すことで抽出する。

[0070] なお、シートの荷重計などから得られた情報を利用することにより、各成分を分解するようにしてもよい。

[0071] 以上の処理により荷重計51による荷重分布の直接測定に基づいて算出したトルク値、と外乱オブザーバ23で推定したトルク値を求めると、重心ズレ制御システム22は、2つのデータを比較し、対応する重心ズレの影響量を決定する(ステップ17)。

すなわち、重心ズレ制御システム22は、求めた両トルク値から、後述の実車両重心のズレの修正(ステップ18~ステップ27)で使用するトルクを決定する。

[0072] なお、以下の説明では、荷重分布の直接測定に基づいて算出したトルク値を T_k で

表し、外乱オブザーバ23で推定したトルク値を T_g で表す。

[0073] 荷重計51を使用して算出(ステップ11~13)したトルク値 T_k と、外乱オブザーバ23で推定(ステップ14~16)したトルク値 T_g には、評価可能な周波数の上限値 f_1 、 f_2 がある。

すなわち、荷重計51によるトルク値 T_k は、固有振動数や応答性能といったハードとしての上限 f_1 があり、外乱オブザーバ23によるトルク値 T_g は、推定速度(極)から決定される安定性(ロバスト性)に対する上限 f_2 がある。

[0074] そこで、第1実施形態では、両トルク値 T_k 、 T_g の周波数成分に対して、上限 f_1 、 f_2 に基づいて、各周波数成分に基づく重み付けが次のように決められている。

図9は、算出した両トルク値に対する各周波数成分毎の重み付けを表したものである。

[0075] (a) 外乱オブザーバ23によるトルク値 T_g については、周波数の上限 f_2 よりも大きくなるに従って重みを小さくする。

(b) 荷重計51によるトルク値 T_k については、周波数の上限 f_1 よりも大きくなるに従って重みを小さくする。

(c) 外乱オブザーバ23の信頼性が高い範囲(上限 f_2 以下の周波数範囲)については、外乱オブザーバ23によるトルク値 T_g に対する重みを大きくし、荷重計51によるトルク値 T_k に対する重みは、徐々に小さくなるようにする。

(d) 荷重計51によるトルク値 T_k だけを使用する f_1 以上の周波数に対しては1以下の重みとし、 f_1 未満の周波数に対する両重みの合計は1とする。

例えば、 f_2 では T_k の重み=0.4、 T_g の重み=0.6となる。

[0076] なお、第1実施形態では、両トルク値 T_k 、 T_g について、一方の値を他方の値のフェイル判定指標として用いている。

すなわち、各周波数成分について、両者の値の差を評価し、差が大きい場合には、詳細な検討を行い、誤りである可能性が高い方をフェイルとみなすようにしている。

一方がフェイルと判定された場合、他方のトルク値を重み1で使用する。

[0077] 以上により、各周波数成分毎に採用するトルク値 T_k 、 T_g の値(T_f とする)が決まると(ステップ17)、重心ズレ制御システム22は、対応すべき重心ズレの影響量 T_f を、各

要素(重心ズレ修正機構(システム)S1、S2、S3)に分配する(ステップ18)。

ここで、各重心ズレ修正機構S1～S3は、図1の(c)～(e)で概要を説明した、本体基準角の補正(c)、付加ウェイト(バランサ)の利用による重心補正(d)、車体の変形(シート移動)による重心補正(e)が対応している。

[0078] 各修正機構(システム)S1～S3には、周波数成分に対して各々使用に適した周波数領域が存在する。例えば、バランサの移動による修正機構S2には上限 f_3 が存在し、シート移動による修正機構S3には上限 f_4 が存在する。

そこで、重心ズレ制御システム22は、ステップ17で決定したトルク値 T_f を、その周波数成分に応じて、各修正機構(システム)で使用するトルク値として分配する。

[0079] 図10は、トルク値 T_f を各重心ズレ修正機構(システム)S1、S2、S3に分配するための周波数毎の重み付けを表したものである。

第1実施形態では図10に示されるように、各重心ズレ修正機構(システム)の特性に併せて、トルク T_f を配分する重み付けが次のように決められている。

(1)低周波領域では、シート移動による修正機構S3の重みを大きくし、本体傾斜による修正機構S1の重みを周波数が小さくなるに従って小さくなるように決められる。

(2)高周波領域では、バランサの移動による修正機構S2の重みを大きくし、本体傾斜による修正機構S1の重みを周波数が大きくなるに従って小さくなるように決められる。

またバランサ移動による上限 f_3 以上の高周波領域では、周波数が大きくなるに従って重み付けが小さくなるように決められる。

(3)中周波数領域では、S3とS2の補完として、本体傾斜の修正システムS1の重み付けを大きくし、高周波側から周波数が下がるに従ってS2の重み付けが小さくなるように、また、低周波側から周波数が上がるに従ってS3の重み付けが小さくなるように決められる。

(4)バランサ移動による上限 f_3 以上の周波数に対しては1以下の重み付けとし、 f_3 未満の周波数に対する重みの合計は1とする。

[0080] なお、各修正機構(システム)S1～S3の重み付け(図10)に従ってトルク T_f を分配する場合について説明したが、バランサ移動による修正機構S2を主として使用し、そ

の能力の限界を超える場合の代用又は補足的にシート移動による修正機構S3を使用するようにしてもよい。

そして、シート移動による修正機構S3を使用しても、限界を超える場合には、本体傾斜による修正システムS1を代用又は補足的に使用する。

各修正機構(システム)S1～S3の限界は次のようになっている。

(a) バランサ移動による修正機構S2は、限界(重量、ストロークによる)の値が小さい。

(b) シート(搭乗部13)移動による修正機構S3は、限界(ストロークによる)の値が中位である。

(c) 本体傾斜による修正システムS1は、限界値が大きい。ただし、周波数的限界はある。

[0081] また、低周波領域はシート移動による修正機構S3に、高周波領域はバランサ移動による修正機構S2に、中周波数領域は本体傾斜の修正システムS1に、対応する周波数のトルク値の全てを分配するようにしてもよい。

[0082] また、3つの修正機構(システム)S1～S3は、フェイルセーフのための代用として使用するようにしてもよい。

すなわち、3つの制御のうち主となる修正機構、例えばS2を決めておき、通常はこの主制御を使用するが、主制御が故障した場合の残りを2つで補うようにしてもよい。この場合、2つのいずれを使用するかについては、適用可能な周波数が近い方で代用する。

[0083] 各修正機構(システム)S1～S3に対して配分したトルク値 $T_f (= \tau_{1,e})$ が決まると、重心ズレ制御システム22は、各修正機構(システム)毎に重心ズレ修正を行う(ステップ19～21、ステップ22～24、ステップ25～27)。

[0084] 図11は、各修正機構(システム)S1～S3による重心ズレの修正方法を表したものである。

図11では、決定した全トルク値 T_f を各修正機構(システム)に分配した場合を例に表示しており、単独の修正機構(システム)で実車両重心Pが基準軸n上に移動する場合について表している。

なお、各修正機構(システム)S1～S3にトルク値 T_f を分配した場合には、分配され

た修正機構(システム)全体の動作によって実車両重心Pが基準軸上に移動することになる。

[0085] 本体傾斜の修正システムS1の場合、重心ズレ制御システム22は、図11(a)に示すように、重心ズレの影響を打ち消す本体傾斜角(基本目標値 $\theta_{1,0}^*$ の修正値 $\theta_{1,1}^*$)を次の数式10に従って計算し、車体基本制御システム21に供給する(ステップ19)。

ここで、基本目標値 $\theta_{1,0}^*$ は、全体の重心が車体軸上にあるという仮定の下で設定する目標傾斜角であり、その修正値 $\theta_{1,1}^*$ は、重心ズレの影響を考慮した目標傾斜角の補正值である。

[0086] $\theta_{1,1}^* = -\sin^{-1}(\tau_{1,e} / m_1 g)$ (数式10)

[0087] 車体基本制御システム21では、供給された修正値 $\theta_{1,1}^*$ を使用して、姿勢制御(サーボ)の目標値を、次の数式11に従って、基本目標値 $\theta_{1,0}^*$ から修正目標値 θ_1^* に修正する(ステップ20)。

数式11において m_1 は本体と乗員の質量である。

[0088] $\theta_1^* = \theta_{1,0}^* + \theta_{1,1}^* = \theta_{1,0}^* - \sin^{-1}(\tau_{1,e} / m_1 g)$ (数式11)

[0089] ついで車体基本制御システム21は、修正目標値 θ_1^* を使用して駆動モータ12の駆動トルク(2輪合計) τ_w を数式12に従って算出し、指令値としてタイヤ回転アクチュエータ61に供給することで、実車両重心が基準軸n(図では鉛直線)上に移動するように本体(搭乗部13)を傾ける(ステップ21)。

[0090] $\tau_w = -K(\theta_1 - \theta_1^*) - \dots$ (数式12)

[0091] この本体傾斜の修正システムで実車両重心のズレを修正する場合には、既存の姿勢制御システムのままで、重心ズレに対応することが可能になる。

[0092] 次に、バランス移動による修正(ステップ22~24)について説明する。

バランス移動による修正機構S2では、図11(b)に示されるように、全体の重心が基準軸n上にくるように、車体に付加した質量(バランス)の位置制御を行う。

すなわち、重心ズレ制御システム22は、重心ズレの影響を打ち消すバランスの位置 λ_2^* を数式13に従って計算する(ステップ22)。

なお、 m_2 はバランスの質量である。

[0093] $\lambda_2^* = -(\tau_{1,e} / m_2 g)$ (数式13)

[0094] 次いで重心ズレ制御システム22は、計算した位置にバランス制御の目標値を設定し(ステップ23)、重心が基準線(図では鉛直線)上に移動するようにバランスを駆動する(ステップ24)。

すなわち、重心ズレ制御システム22は、現在のバランス位置を λ とし、次の数式14に従って、バランス駆動力 S_B を算出し、指令値としてバランス駆動アクチュエータ62に供給する。これにより、バランスが所定位置に移動することで実車両重心が基準軸n(図では鉛直線)上に移動する。

[0095] $S_B = -K(\lambda_2 - \lambda_2^*) - \dots$ (数式14)

[0096] このバランス移動により実車両重心のズレを修正する場合、重心ズレの高周波数成分に対しても対応することが可能である。

また、シートを動かす必要がないため、乗員に余分な慣性力が作用しない。

基本姿勢制御システムにバランスの移動を使用している場合は、バランス位置 λ_2^* を修正値として与える。

なお、バランスを車軸と同じ高さにすれば、バランス加減速時の反力の影響を無くすることができる。

[0097] 次に、車体の変形(シート移動)による修正(ステップ25~27)について説明する。

シート移動による修正機構S3では、図11(c)に示されるように、全体の重心が基準軸n上にくるように、搭乗部13を前後に平行移動させる。

[0098] すなわち、重心ズレ制御システム22は、重心ズレの影響を打ち消すシート(搭乗部13)の位置 λ_3^* を数式15に従って計算する(ステップ25)。

なお、 m_c は搭乗部13と重量体A(例えば、乗員)の合計の質量である。

第1実施形態において重量体Aの質量は、各荷重計51の計測値から求めるが、荷重計を使用しない場合には、設計車両重心を決定する場合に想定したモデル重量の値を使用する。

[0099] $\lambda_3^* = -(\tau_{1,e} / m_c g)$ (数式15)

[0100] 次いで重心ズレ制御システム22は、計算したシート位置 λ_3^* にシート制御の目標値を設定し(ステップ26)、重心が基準線(図では鉛直線)上に移動するようにシートを動かす(ステップ27)。

すなわち、重心ズレ制御システム22は、車体の中心点を基準とする移動前のシート位置を λ_3 とし、次の数式16に従って、シート(搭乗部13)駆動力 S_s を算出し、指令値としてシート駆動アクチュエータ63に供給する。これにより、搭乗部13が所定位置に移動することで実車両重心が基準軸n(図では鉛直線)上に移動する。

[0101]
$$S_s = -K(\lambda_3 - \lambda_3^*) - \dots$$
 (数式16)

[0102] このシート移動により実車両重心のズレを修正する場合、シート(搭乗部13)を速く動かすことができないので、重心ズレの低周波数成分に対して対応することができる。

また、ストロークによって、補正できる量に定量的限界があるが、この限界値はバランサ仕様に比べて大きい。

なお、シートを後ろに加速すると同時に車輪を前に加速することで、乗員に慣性力を感じさせないようにすることも可能である。

基本姿勢制御システムに可動シートを利用している場合は、シート位置 λ_3^* を修正値として与えるようにする。

[0103] 以上、本発明の車両における1実施形態について説明したが、本発明は説明した実施形態に限定されるものではなく、各請求項に記載した範囲において各種の変形を行うことが可能である。

例えば、説明した実施形態では、車体の変形による実車両重心のズレ修正として、搭乗部13を平行移動させる場合について説明したが、他の機構により車体を変形させるようにしてもよい。

例えば、図12(a)に示すように、車体の一部を傾斜させることで実車両重心のズレを修正するようにしてもよい。

また、図12(b)に示すように、車軸との結合部から上側の部分を平行移動させるようにしてもよい。

[0104] また、説明した実施形態では、1軸上に2つの駆動輪が配置された車両について説明したが、本発明では1つの駆動輪で前後左右のバランスを取りながら走行する車両を対象とすることも可能である。

[0105] また、説明した実施形態では、実車両重心が車両の進行方向に対して前後方向に

ズレた場合の修正について説明したが、左右方向にズレた場合についても同様に制御することが可能である。

この左右方向の重心ズレ制御は2輪の場合にも可能であるが、上記した1輪の車両に置いて特に有効である。

[0106] 図13は、図1、図11に対応して左右方向(横方向)のズレ量(トルク値)を算出する場合、及び算出したトルク値に対応してズレを修正する機構(システム)について表したものである。

[0107] 図13(a)は、図1(a)に対応し、座面部131に配置した荷重計51a～eによる荷重分布から、乗員部の重心位置と重量を算出する場合を表している。

図13の説明では、左右方向について説明するが、前後方向及び左右方向のズレ量を算出及び修正する場合も当然に含まれる。

[0108] 図13(b)は、図1(b)に対応し、制御制御結果(履歴)からのズレ量を推定する場合を表している。

車体の姿勢変化やトルク入力の履歴から重心のズレを外乱オブザーバ23などにより推定する。

すなわち、基準軸に対する基準角と一致している(制御上は傾いていないはず)にもかかわらず、車体が左右に傾斜しようとする(傾斜のトルクが作用している)場合には、実車両重心が設計車両重心から左右にズレていると考えられるので、例えば、外乱オブザーバにより、外乱トルクとして推定する。

なおこの場合、車体が実際に左右方向に傾斜する必要があるので、1輪の場合に適用される。

[0109] 図13(a)、(b)により算出したトルク値は、上述したステップ17と同様に、周波数に応じた重み付けに基づいて決定する。

また、周波数に応じて決定したトルク値についても、上述したステップ18と同様に、各ズレ修正機構(システム)の周波数特性に応じて分配する。

[0110] 図13(c)～(e)は、図1(c)～(e)、及び図11(a)～(c)に対応したズレ修正機構(システム)を表している。

すなわち、図13(c)に示すように、分配されたトルク値に対応して、左右方向の本

体基準角を補正する。

また図13(d)に示すように、分配トルク値に対応して、バランスを左右方向に移動させる。

さらに図13(e)に示すように、分配トルク値に対応して、シートを左右方向に移動させる。

[0111] また、説明した実車両重心のズレ量の算出、及びズレ量の修正制御を次のように利用することも可能である。

(1) 搭乗、降車時の設定

すなわち、搭乗完了、降車完了を重心ズレの履歴から推定することができる。

また、搭乗、降車のサポートとして、搭乗、降車の開始を検知したら意識的に重心をずらすことで、重心の極端なズレによる転倒を防止することができる。

[0112] (2) 情報の入力、記憶…運転パネル(操縦装置30等)での直接入力やメモリの利用
すなわち、運転パネル等の入力装置から、搭乗する重量体Aについて人、荷物、無し等区別を入力することで、制御対象に対して、頻繁に動く、動かない、軽い、無い等の定性的傾向を把握することができる。

また、体重や体型を入力することで、重量、重心ズレ量に対するフェイルチェックの参考値、推定の初期値とすることができる。

[0113] (3) 過去の運転履歴の記憶

すなわち、乗員のパラメータ、運動履歴を記憶しておくことで、フェイルチェックの参考値、推定の初期値とすることができる。

[0114] (4) 重心移動運転システム

すなわち、乗員自身が重心を移動させることによって操縦するシステム(運転者による傾きモーメントによる姿勢制御及び走行制御するシステム)の場合、説明した実施形態で算出した実車両重心ズレ量を、車両の操作系入力として使用するようにしてもよい。

その際、低周波数成分は乗員の入力と判断、高周波成分は外乱として抑制制御することも可能である。これにより、乗員の意志(動き)をより正確に運転操作に反映させることができる。

この場合、実際の重心ズレによるトルクにゲインをかけて出力(パワーアシスト)し、また、零点付近に不感帯を設けるようにしてもよい。

[0115] 次に、本発明の第2実施形態における車両、特性量推定装置及び搭載物判定装置における好適な実施の形態について、図14から図24を参照して詳細に説明する。

以下の第2実施形態では、特性量推定装置及び搭載物判定装置について、姿勢制御を行う車両であって、実際の力学的特性量の推定と、推定した力学的特性量を使用して制御パラメータを修正することで、車両に搭乗している重量体の状態に適した姿勢制御を行うことを可能とする車両を例に説明する。

(1) 第2実施形態の概要

図14は、第2実施形態による、実際の重量体に応じて制御系特性量を最適値に修正する制御系特性量修正処理の概要を表したものである。

なお、本明細書において、車両の中でバランスを取るために傾斜させる部分を「被制御対象」という。

また「搭乗物」は、人、荷物、動物等が該当し、車両外部から搭乗しているもの全てを指し、「重量体」を意味する。

そして、「被制御対象」から「搭乗物」を除いた部分を「車体」という。

[0116] 第2実施形態では、図14(a)、(b)に示すように、計測器による直接測定、及び／又は、制御結果(履歴)からの推定によって、現在の車両に搭乗している搭乗物を含めた被制御対象全体の実際の力学的特性量を得る(センシング)。

そして、図14(c)、(d)に示すように、リアクションとして、推定した力学的特性量に基づいて姿勢制御系における制御系特性量を修正することで、制御に利用する。

[0117] 図14(a)は、搭乗物の力学的特性量を計測器により直接測定する方法について表したものである。

すなわち、搭乗部(シート)の下に体重計(荷重計)を、背もたれ部に座高計をそれぞれ配置し、搭乗物の重量と座高を測定し、搭乗物の各力学的特性量を推定し、それから、被制御対象全体の力学的特性量を計算する(車体の特性量は既知)。

[0118] 図14(b)は、被制御対象の姿勢変化やトルク入力履歴から力学的特性量を、例

例えば外乱オブザーバを使用して、推定する場合について表したものである。

すなわち、与えたトルク(トルク入力)に対して、車体(被制御対象)の姿勢変化、例えば起きるのが遅い／早い場合には、搭乗物が想定値よりも重い又は重心位置が高い／軽い又は低いはずである。

このような影響を外乱オブザーバを使用して推定し、被制御対象全体の力学的特性量を推定する。

[0119] 以上により推定した被制御対象の実際の力学的特性量を使用して、実際の姿勢制御系の特性量を修正する。

図14(c)は、制御パラメータを修正する場合を表したものである。

推定した力学的特性量から、姿勢制御系におけるフィードバックゲインなどの制御系特性量を修正する。

この場合、推定した力学的特性量に対し、最適な制御パラメータの値を算出する方法と、制御系特性量をできるだけ変えないように制御パラメータの値を修正する方法とがある。第2実施形態としては、二者のうちいずれか一方を使用するようにしてもよく、両者を使用するようにしてもよい。両者を使用する場合には、例えば力学的特性量の変化が検出された当初の所定時間は特性不変パラメータ計算により、所定時間経過後は特性最適化パラメータ計算による。

[0120] 図14(d)は、ウェイト(おもり)による制御系特性量調整について表したものである。

車体背面に上下方向に移動可能に配置したウェイトを移動させることで制御系特性量を基準値に近づける。例えば、乗員が荷物を足下から座席上に上げた場合や、腕を上げた場合に、ウェイトの位置を下げることによって、被制御対象の重心位置を調整すると共に、慣性モーメントを小さくすることで、設計値に近づける。

[0121] (2)第2実施形態の詳細

図15は、第2実施形態における車両の外観構成を例示したものである。

図15に示されるように、車両は、同軸上に配置された2つの駆動輪11a、11bを備えている。

両駆動輪11a、11bは、それぞれ駆動モータ12で駆動されるようになっている。

[0122] 駆動輪11a、11b(以下、両駆動輪11aと11bを指す場合には駆動輪11という)及

び駆動モータ12の上部には、重量体である荷物や乗員等が搭乗する搭乗する搭乗部13(シート)が配置されている。

搭乗部13は、運転者が座る座面部131、背もたれ部132、及びヘッドレスト133で構成されている。

[0123] 搭乗部13は、駆動モータ12が収納されている駆動モータ筐体121に固定された支持部材14により支持されている。

[0124] 搭乗部13の左脇には操縦装置30が配置されている。この操縦装置30は、運転者の操作により、車両の加速、減速、旋回、回転、停止、制動等の指示を行う為のものである。

[0125] 第2実施形態における操縦装置30は、座面部131に固定されているが、有線又は無線で接続されたリモコンにより構成するようにしてもよい。また、肘掛けを設けその上部に操縦装置30を配置するようにしてもよい。

[0126] また、第2実施形態の車両には、操縦装置30が配置されているが、予め決められた走行データに従って自動走行する車両の場合には、操縦装置30に代えて走行データ取得部が配設される。走行データ取得部は、例えば、半導体メモリ等の各種記憶媒体から走行データを読み取る読み取り手段で構成し、または／及び、無線通信により外部から走行データを取得する通信制御手段で構成するようにしてもよい。

[0127] なお、図15において、搭乗部13には人が搭乗している場合について表示しているが、必ずしも人が運転する車両には限定されず、荷物だけを乗せて外部からのリモコン操作等により走行や停止をさせる場合、荷物だけを乗せて走行データに従って走行や停止をさせる場合、更には何も搭乗していない状態で走行や停止をする場合であってもよい。

[0128] 第2実施形態において、操縦装置30の操作により出力される操作信号によって加減速等の制御が行われるが、例えば、特許文献1に示されるように、運転者が車両に対する前傾きモーメントや前後の傾斜角を変更することで、その傾斜角に応じた車両の姿勢制御及び走行制御を行うように切替可能にしてもよい。

運転者による傾きモーメントによる姿勢制御及び走行制御を行う場合には、第2実施形態による姿勢制御は行わない。

[0129] 搭乗部13の下側(座面部131裏面側)には、図示しないが後述する荷重計51が配置されている。

また、搭乗部の背面(背もたれ部の裏側、若しくは内部)には、ウェイト(おもり)134が配置されている。このウェイト134は、後述するウェイト駆動アクチュエータ62によって上下方向に移動可能に構成されている。

[0130] 搭乗部13と駆動輪11の間には制御ユニット16が配置されている。

第2実施形態において制御ユニット16は、搭乗部13の座面部131の下面に取り付けられているが、支持部材14に取り付けるようにしてもよい。

[0131] 図16は、制御ユニット16の構成を表したものである。

車両の走行、姿勢制御、及び第2実施形態における制御系特性量修正制御等の各種制御を行う制御ECU(電子制御装置)20を備えており、この制御ECU20には、操縦装置30、走行、姿勢制御用センサ40、力学的特性量推定用センサ50、アクチュエータ60、及びバッテリー等のその他の装置が電氣的に接続されている。

[0132] バッテリーは、駆動モータ12、ウェイト駆動アクチュエータ62、制御ECU20等に電力を供給するようになっている。

[0133] 制御ECU20は、走行制御プログラム、姿勢制御プログラム、制御系特性量修正処理プログラム等の各種プログラムやデータが格納されたROM、作業領域として使用されるRAM、外部記憶装置、インターフェイス部等を備えたコンピュータシステムで構成されている。

[0134] 制御ECU20は走行及び姿勢制御を行う車体基本制御システム21と、力学的特性量推定制御システム22を備えている。

力学的特性量推定制御システム22は、姿勢制御系における、被制御対象の実際の力学的特性量を、力学的特性量推定用センサ50の測定値から推定すると共に、制御結果(履歴)から外乱オブザーバ23を使用して推定することで、推定手段として機能する。

また、力学的特性量推定制御システム22は、推定した実際の力学的特性量に基づいて姿勢制御系の制御系特性量を修正するために、制御パラメータ補正値を車体基本制御システム21に供給し、ウェイト駆動アクチュエータ62にウェイト134(図1

4)の移動量を示す指令値を供給する。

[0135] 走行、姿勢制御用センサ40は、車両の速度(車輪回転角)を検出する走行速度計(車輪回転計)41と、車体傾斜角(傾斜角速度)を検出する車体傾斜角度計(角速度計)42を備えている。

走行、姿勢制御用センサ40による検出値は、車体基本制御システム21、及び力学的特性量推定制御システム22に供給される。

[0136] 力学的特性量推定用センサ50は、荷重計51(又は荷重分布計)と座高計(又は形状測定器)52を備えている。

図17は、荷重計51と座高計52の配置について表したものである。

図17(b)に示されるように、荷重計51は搭乗部13の下側、具体的には座面部131の下面部に配置されており、搭乗物の質量が計測され、力学的特性量推定制御システム22に供給される。荷重計51は、搭乗部13の下側に配置されることで、搭乗部に配置された搭乗物だけでなく、背もたれ部132やヘッドレスト133に掛けられた荷物の荷重や、その他の箇所に配置された全ての搭乗物の荷重を測定可能に構成されている。

なお、車体の重量(以下車体重量という)と、その重心位置(以下車体重心位置という)は固定されており、設計時に予め決定してあるので、荷重計51の計測対象外である。

[0137] 第2実施形態の荷重計51としては、1成分荷重計1つによって直立低速走行時に乗員の質量を測定するようになっているが、姿勢制御に用いる本体傾斜角度センサと並進加速度センサ、あるいは、3成分の荷重計を使用するようにしてもよい。

これにより、傾斜時、加速時にも荷重を測定することが可能になる。

また、複数の荷重計を配置し、荷重分布を測定することで、搭乗者の大きさを推定するようにしてもよい。

[0138] 図17(a)、(b)に示されるように、背もたれ部132には、乗員等の搭乗物の座高(高さ)を測定するための座高計52が配設されている。

座高計52は、複数の固定型光センサをz軸方向(高さ方向)に配置し、乗員の座高を離散的に測定し、測定値を力学的特性量推定制御システム22(図16)に供給する

ようになっている。

なお、座高計52は、移動型(走査型)の光センサをz軸方向に走査させるようにしてもよく、これにより高精度な測定が可能になる。

また、固定型光センサを平面上に分布、または、走査型光センサを平面上に走査させることで、搭乗者の大きさや形を特定し、搭乗物を区別(人、荷物等)するようにしてもよい。

[0139] 図18は、背もたれ部132に配置されたウェイト134を表したものである。

図18(a)に示されるように、ウェイト134は背もたれ部132に配置されており、上下方向に移動可能に構成されている。上下方向の移動は、ボールネジにより、また、リニアモータを利用してレール上を移動することにより、その他各種方法により実現される。

このウェイト134を上下に移動させることで、車体の重心位置や慣性モーメントを変化させる車体変形手段として機能する。

なお、図18(b)に示されるように、搭乗部13(被制御対象)の高さを変えることで、車体の重心位置や慣性モーメントを変化させてもよい。

また、車体の重量分布を変更する重量分布変更手段を用いて車体の重心位置や慣性モーメントを変化させてもよい。

[0140] 図16において、アクチュエータ60は、車体基本制御システム21から供給される指令値に従って駆動輪11を駆動するタイヤ回転アクチュエータ61と、力学的特性量推定制御システム22から供給される指令値に従ってウェイト134を上下方向に移動させるウェイト駆動アクチュエータ62を備えている。

[0141] 以上のように構成された1実施形態としての車両における制御系特性量修正処理について次に説明する。

図19は、制御系特性量修正処理の内容を表したフローチャートである。

この制御系特性量修正処理では、被制御対象(車体+搭乗物)の実際の力学的特性量を推定し(推定手段:ステップ11~ステップ17)、続いて、求めた力学的特性量に基づいて、姿勢制御系における制御系特性量を修正する(制御系特性量修正手段:ステップ18~ステップ23)。

以下、各ステップの内容について説明する。

[0142] 荷重計51と座高計52の測定値を使用してステップ11～ステップ13により、また、外乱オブザーバ23を使用してステップ14～ステップ16により、実際の力学的特性量を推定する。

なお、実際の力学的特性量の推定については、両処理が並行して行われる。

[0143] まず、力学的特性量推定用センサ50において、搭乗部13に配設した荷重計51と座高計52により搭乗物の重量と高さが測定され、力学的特性量推定制御システム22に供給される(ステップ11)。

[0144] そして、力学的特性量推定制御システム22では、取得した測定データから、被制御対象の質量(m_1)と一次モーメント($m_1 l_1$)、慣性モーメント($I_1 + m_1 l_1^2$)を以下のようにして推定する(ステップ12)。

すなわち、力学的特性量推定制御システム22は、測定によって得られた質量 m_H と座高 ζ_H の値から、例えば、次の閾値によって搭乗物が何かを判別する。

(a) $m_H < 0.2\text{kg}$ 、かつ、 $\zeta_H < 0.01\text{m}$ の場合搭乗物は「無し」と判別する。

(b) $m_H > 8\text{kg}$ 、かつ、 $\zeta_H > 0.3\text{m}$ 、かつ、 $m_H / \zeta_H > 30\text{kg/m}$ の場合搭乗物は「人」と判別する。

(c) その他の場合(上記(a)、(b)以外の場合)、搭乗物は「荷物」と判別する。

以上の判別条件において、人の判別条件(b)で体重が8kgと小さいのは子供が乗車している場合も想定しているためである。また、単位座高当たりの重さ(m_H / ζ_H)を人の判別条件に加えることで、人の判定をより正確に行うことが可能になる。この場合、小さくて重い荷物(例えば、鉄塊)を乗せた場合も人と判定しないために、上限として $m_H / \zeta_H < p$ (例えば、80kg/m)を判別条件(アンド条件)に加えてもよい。

なお、各判別条件及び判別値は、一例であり、想定される使用条件に応じて適宜変更され、判定される。

[0145] 以下、力学的特性量推定制御システム22は、判別した搭乗物の種類に応じて、搭乗物の重心高さ(座面部131からの高さ) h_H と、慣性モーメント(重心周り) I_H を推定する。このように、搭乗物を判別し、その種類に応じた式により評価することで、より正確な力学的特性量を推定することができる。

[0146] (a) 搭乗物が「無し」の場合

$$h_H = 0$$

$$I_H = 0$$

(b) 搭乗物が「人」の場合

$$h_H = (\zeta_H / \zeta_{H,0}) h_{H,0}$$

$$I_H = (m_H / m_{H,0}) (\zeta_H / \zeta_{H,0})^2 I_{H,0}$$

ここで、 $\zeta_{H,0}$ 、 $h_{H,0}$ 、 $I_{H,0}$ は、人体の座高、重心高さ、慣性モーメント(重心周り)の標準値である。第2実施形態では、標準値として、 $\zeta_{H,0} = 0.902\text{m}$ 、 $h_{H,0} = 0.264\text{m}$ 、 $I_{H,0} = 5.19\text{kgm}^2$ が使用される。

[0147] (c) 搭乗物が「荷物」の場合

$$h_H = ((1 - \gamma) / 2) \zeta_H$$

$$I_H = ((1 - 3\gamma^2) / 12) m_H \zeta_H^2$$

ここで、 γ は重心の下方方向のズレを表す偏心率である。

第2実施形態における偏心率としては、例えば、 $\gamma = 0.4$ が使用されるが、想定される使用条件に応じて適宜変更可能である。

[0148] ついで力学的特性量推定制御システム22は、測定した搭乗物の質量 m_H と、推定した搭乗物の重心高さ h_H 、慣性モーメント I_H から、被制御対象の実際の力学的特性量である質量(m_1)、一次モーメント($m_1 l_1$)、及び慣性モーメント($I_1 + m_1 l_1^2$)を算出する(ステップ13)。

すなわち、力学的特性量推定制御システム22は、搭乗物と車体の、質量、駆動輪11の軸から重心までの高さ、及び慣性モーメントを、それぞれ(m_H 、 l_H 、 I_H)、(m_c 、 l_c 、 I_c)とした場合、被制御対象の質量 m_1 、駆動輪11の軸から重心までの高さ l_1 、慣性モーメント I_1 は次の(a)～(c)により求まる。

$$(a) m_1 = m_H + m_c$$

$$(b) l_1 = (m_H l_H + m_c l_c) / m_1$$

$$(c) I_1 = I_H + m_H (l_H - l_1)^2 + I_c + m_c (l_c - l_1)^2$$

[0149] なお、搭乗物の質量 m_H はステップ11の計測値であり、慣性モーメント I_H はステップ12で算出した慣性モーメント I_H である。

また、重心までの高さ l_H は、駆動輪11の軸から座面部131の座面までの高さ h_0 として、ステップ12で算出した重心高さ h_H から、 $l_H = h_0 + h_H$ により求まる。

[0150] 一方、力学的特性量推定制御システム22は、車体の運動、姿勢制御結果(時間履歴)から外乱オブザーバ23で外乱(実際の力学的特性量)を推定する(ステップ14~16)。

[0151] 力学的特性量推定制御システム22は、姿勢制御における入力 $u(\rightarrow)$ (図14におけるタイヤ回転アクチュエータ61に対するトルク指令値)、及び、出力 $y(\rightarrow)$ (図14における走行、姿勢制御用センサ40の検出値(速度、車体傾斜角))を取得する(ステップ14)。

そして、力学的特性量推定制御システム22は、想定した搭乗者に基づく設計上の力学的特性量に基づく挙動と異なる挙動が、想定とは異なる搭乗物が搭乗しているという外乱に基づいていると想定し、取得した入力 u 、出力 y と、外乱オブザーバ23を使用して外乱を推定する(ステップ15)。

次いで、力学的特性量推定制御システム22は、得られたデータから被制御対象の質量、一次モーメント、及び慣性モーメントを決定する(ステップ16)。

[0152] 以下、外乱オブザーバ23を使用して実際の力学的特性量を推定する処理について説明する。

図20は、力学的特性量を推定する流れの概要を表したものである。

まず、外乱オブザーバを用いて外乱推定値 $d(\rightarrow \wedge)$ を算出し(ステップ31)、車両制御用センサ(走行、姿勢制御用センサ40)で検出(ないし検出値に基づき算出)されるタイヤ回転角加速度 $\theta_w(\dots)$ 、本体傾斜角加速度 $\theta_1(\dots)$ 、本体傾斜角 θ_1 からなる車両状態量 $\xi(\rightarrow)$ を決定する(ステップ32)。

なお、本明細書では、表記の都合上、図面とは表記を変えている。例えば、 $d(\rightarrow \wedge)$ や $\theta(\dots)$ のように、文字の後のカッコ内の記号のうち、「 \rightarrow 」はベクトル量(行列)であることを表し「 \wedge 」は推定値であることを表し、また「 \cdot 」と「 \dots 」はカッコの前の文字についての1回微分と2回微分を表すものとする。

[0153] ついで力学的特性量推定制御システム22は、外乱推定値 $d(\rightarrow \wedge)$ と車両状態量 $\xi(\rightarrow)$ とから、最小二乗法により変動量行列 Λ を推定し(ステップ33)、変動量行列

Λ から本体(被制御対象)の各力学特性量変動を推定する(ステップ34)。

以下、力学的特性の変動量推定の詳細について説明する。

[0154] 図21は、外乱オブザーバ23により外乱推定の状態を概念的に表したものである。

図21において、制御器は車体基本制御システム21に相当し、制御対象実物はタイヤ回転アクチュエータ61(入力)と車両全体(被制御対象)に相当する。

[0155] 外乱オブザーバ23は、制御対象モデルと推定器で構成される。

制御対象モデルは、搭乗者の想定値に基づく設計上の力学的特性量を使用した姿勢制御系の理論的なモデルである。

[0156] 制御器からの入力 $u(\rightarrow)$ は、制御対象実物と制御対象モデルの両者に入力される。

すると、制御対象モデルからは理論値としての出力 $y(\rightarrow\wedge)$ が出力される。

これに対して制御対象実物(被制御対象)からは外乱 $d(\rightarrow)$ が作用している状態に対する出力 $y(\rightarrow)$ (傾斜角 θ 等の実測値)として出力される。

[0157] この理論値である出力 $y(\rightarrow\wedge)$ と、実測値である出力 $y(\rightarrow)$ との両者の差から、推定器により作用している外乱の推定値 $d(\rightarrow\wedge)$ を、次の数式17に従って算出する。

この推定器における推定(数式17)では、設計値と異なる体重、体型の搭乗者等が搭乗していることによる影響を外乱の原因とみなして推定している。すなわち、変動量=力学的特性量のノミナル値(想定値)との差異の影響を外乱とみなして、外乱オブザーバ23により推定する。

この推定において、第2実施形態では、最小次元オブザーバを利用して、計算時間を短くしているが、ロバスト性を優先する場合には、同一次元オブザーバを利用するようにしてもよい。

推定速度は、外乱オブザーバ23のフィードバックゲイン L によって決定される。ここで、推定速度を速くしすぎると推定が不安定になるため、推定にはある程度の時間が必要となる。

[0158] [数17]

$$\hat{\vec{d}} = \vec{z} + \mathbf{L} \vec{y}$$

$$\dot{\vec{z}} = -\mathbf{L} \{ \mathbf{D} \vec{z} + (\mathbf{A} + \mathbf{DL}) \vec{y} + \mathbf{B} \vec{u} \}$$

[0159] 次に、外乱推定値 \hat{d} ($\rightarrow \wedge$)を算出する上記数式17の導出について説明する。

第2実施形態において、車両姿勢制御系の力学モデルは図8で表される。

図8におけるバランサは、車両の姿勢制御を行うための重量体で、車軸及び車両中心軸に垂直な方向に移動する場合を例示している。また、上下方向に移動するウェイト134は本体に含まれる。

この図8における各記号は、第1実施形態で説明した通りである。

[0160] 図8の力学モデルは、数式18の線形2階微分方程式で表現される。

数式18中の各値は数式19に示す通りである。

また、数式19における $I_{W,a}$ 、 $I_{12,a}$ は次の通りである。

$$I_{W,a} = I_W + (m_1 + m_2 + m_W) R_W^2$$

$$I_{12,a} = (I_1 + m_1 l_{11}^2) + (I_2 + m_2 l_{22}^2)$$

[0161] [数18]

$$\mathbf{M}_S \ddot{\vec{x}}_S + \mathbf{C}_S \dot{\vec{x}}_S + \mathbf{K}_S \vec{x}_S = \mathbf{P}_u \vec{u} + \mathbf{P}_d \vec{d}$$

[0162] [数19]

$$\vec{x}_s = \begin{bmatrix} \theta_w \\ \theta_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} \quad \vec{u} = \begin{bmatrix} \tau_w \\ S_B \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{M}_s = \begin{bmatrix} I_{w,a} & (m_1 \ell_1 + m_2 \ell_2) R_w & m_2 R_w \\ (m_1 \ell_1 + m_2 \ell_2) R_w & I_{12,a} & m_2 \ell_2 \\ m_2 R_w & m_2 \ell_2 & m_2 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C}_s = \begin{bmatrix} D_w & 0 & 0 \\ 0 & D_1 & 0 \\ 0 & 0 & D_2 \end{bmatrix} \quad \mathbf{K}_s = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -(m_1 \ell_1 + m_2 \ell_2) g & -m_2 g \\ 0 & -m_2 g & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P}_u = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0163] そして、搭乗者のパラメータ変動による外乱 $d(\rightarrow \wedge)$ は、車両状態量を $\xi(\rightarrow)$ 、変動量行列を Λ 、外乱進入経路を P_d とすると、次の数式20で表される。

数式20において、車両状態量 $\xi(\rightarrow)$ において、 θ_1 、 $\dot{\theta}_1(\dots)$ 、 $\dot{\theta}_w(\dots)$ は上述したように、本体(車体)傾斜角、本体傾斜角加速度、タイヤ回転角速度である。

なお、外乱進入経路 P_d の第3行要素 $P_{d31} = 0$ 、 $P_{d32} = 0$ であることから、本体のパラメータ変動はバランスの運動特性に直接影響を及ぼさないことになる。

[0164] [数20]

$$\vec{d} = -\Lambda \vec{\xi}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} R_w^2 \Delta m_1 & R_w \Delta(m_1 \ell_1) & 0 \\ R_w \Delta(m_1 \ell_1) & \Delta(I_1 + m_1 \ell_1^2) & -g \Delta(m_1 \ell_1) \end{bmatrix}$$

$$\vec{\xi} = \begin{bmatrix} \ddot{\theta}_w \\ \ddot{\theta}_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{P}_d = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0165] さらに、外乱オブザーバ23で扱いやすいように、数式18を一般的な状態方程式の形にすると数式21で表現される。

数式21中の各値は数式22に示す通りであり、Iは単位行列である。

[0166] [数21]

$$\dot{\vec{x}} = \mathbf{A}\vec{x} + \mathbf{B}\vec{u} + \mathbf{D}\vec{d} \quad \vec{y} = \mathbf{C}\vec{x}$$

[0167] [数22]

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} \vec{x}_s \\ \dot{\vec{x}}_s \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{K}_s & -\mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{C}_s \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{P}_u \end{bmatrix} \quad \mathbf{C} = \mathbf{I} \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{P}_d \end{bmatrix}$$

[0168] 外乱オブザーバ23は、姿勢制御における入力u(図14におけるタイヤ回転アクチュエータ61に対するトルク指令値)、及び、出力y(同走行、姿勢制御用センサ40の検出値(速度、車体傾斜角))を取得する。

そして、外乱オブザーバ23は、上記数式17を推定器(図21)で解くことで、外乱の推定値d(→Λ)を算出する(ステップ32)。

なお、外乱オブザーバでは、最小次元オブザーバを利用しているが、同一次元オブザーバでも推定可能である。

[0169] ここで、数式17で示されるモデルでは外乱の推定値 $d(\rightarrow \wedge)$ について、 $d(\rightarrow \wedge \cdot) = 0$ (外乱の変動速度は推定速度より遅いこと)を仮定しているために、高周波成分の信頼性が低い。

このため第2実施形態では後述するように、高周波成分については外乱オブザーバ23ではなく、計測器(力学的特性量推定用センサ50)の計測値から算出(ステップ11~ステップ13)した値を使用することで、高周波成分についての信頼性を確保するようにしている。

[0170] 一方、外乱オブザーバ23は、走行、姿勢制御用センサ40から、車両状態量 $\xi(\rightarrow)$ を取得する(ステップ32)。

そして、外乱オブザーバ23は、車両状態量 $\xi(\rightarrow)$ と外乱推定値 $d(\rightarrow \wedge)$ の時間履歴から変動量行列 Λ を最小二乗法で推定する(ステップ33)。

すなわち、N個の離散時間データ列 $\xi^{(k)}(\rightarrow)$ 、 $d^{(k)}(\rightarrow \wedge)$ に対して、次の数式23から、数式24に示す変動量行列 Λ (数式20中の式と同じ)を推定する。

なお、参照時間 $T_{ref} = N \Delta t$ (Δt は離散データの時間刻み)は、オブザーバの推定時間よりも長くする。

[0171] なお、数式23において、 $\xi(\rightarrow)$ の相関を無視する、すなわちテンソル積 $\xi^{(k)}(\rightarrow) \xi^{(k)}(\rightarrow)$ の非対角成分を0とすることにより、計算を簡素化してもよい。

[0172] [数23]

$$\Lambda^T = - \left\{ \sum_{k=1}^N (\vec{\xi}^{(k)} \vec{\xi}^{(k)}) \right\}^{-1} \left\{ \sum_{k=1}^N (\vec{\xi}^{(k)} \hat{d}^{(k)}) \right\}$$

[0173] [数24]

$$\Lambda = \begin{bmatrix} R_w^2 \Delta m_1 & R_w \Delta(m_1 \ell_1) & 0 \\ R_w \Delta(m_1 \ell_1) & \Delta(I_1 + m_1 \ell_1^2) & -g \Delta(m_1 \ell_1) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \Lambda_{11} & \Lambda_{12} & \Lambda_{13} \\ \Lambda_{21} & \Lambda_{22} & \Lambda_{23} \end{bmatrix}$$

[0174] ついで外乱オブザーバ23は、推定した変動量行列における各成分の値から、本体（被制御対象）の3つのパラメータ変動量として、質量 Δm_1 、一次モーメント $\Delta(m_1 \ell_1)$ 、慣性モーメント $\Delta(I_1 + m_1 \ell_1^2)$ を数式25に示すとおり推定する（ステップ34）。

[0175] 数式25

$$\Delta m_1 = (1/R_w^2) \Lambda_{11}$$

$$\Delta(m_1 \ell_1) = -(1/g) \Lambda_{23} = (1/R_w) \Lambda_{12} = (1/R_w) \Lambda_{21}$$

$$\Delta(I_1 + m_1 \ell_1^2) = \Lambda_{22}$$

[0176] 一次モーメントの変動量 $\Delta(m_1 \ell_1)$ は、数式25に示されるように、変動量行列の3つの要素 Λ_{23} 、 Λ_{12} 、 Λ_{21} のいずれから推定（算出）可能である。

そして、各要素 Λ_{23} は状態量の θ_1 に、 Λ_{12} は状態量の $\theta_1(\dots)$ に、 Λ_{21} は状態量の $\theta_w(\dots)$ に対応している。

そこで、第2実施形態では、一次モーメントの変動量 $\Delta(m_1 \ell_1)$ については、3つの状態量 θ_1 、 $\theta_1(\dots)$ 、 $\theta_w(\dots)$ のうち、参照時間内で変動幅が最大の状態量に対応する式を使用することで、精度の高い値を算出することができる。

[0177] 以上の処理によって、力学的特性量推定用センサ50の測定値から力学的特性量を推定し、また、外乱オブザーバ23から力学的特性量を推定すると、力学的特性量推定制御システム22は、2つのデータを比較し、力学的特性量である被制御対象の質量、一次モーメント（重心高さ）、慣性モーメントを決定する（図19、ステップ17）。

なお、以下の説明では、力学的特性量推定用センサ50の測定値から推定した力学的特性量をPkで表し、また、外乱オブザーバ23で推定した力学的特性量をPgで表す。

[0178] 第2実施形態では、2つの方法により力学的特性量Pk、Pgを推定したが、この両者を次の(1)～(4)のように使用することで、より高精度な力学的特性量変動の推定を

実現している。

図22は、力学的特性量 P_k 、 P_g の使い分けの一例を示したものである。

(1) 信頼性に応じた使い分け

各力学的特性量の要素3つについて、評価の信頼性の高い推定システムは異なるので、図22(a)に示すように、信頼度に応じた重みを与える。

計測器は、質量(m_1)の信頼性が高く、外乱オブザーバは1次モーメント(m_{11})の信頼性が高い。

そこで、図22(a)に例示したように、力学的特性量 P_k 、 P_g を次の割合で重み付けして使用する。なお、両者の割合については例示であり、他の値とすることも可能である。

質量については P_k を90%使用し、 P_g を10%使用する。

また一次モーメントについては、 P_k を30%使用し、 P_g を70%使用する。

また慣性モーメントについては、 P_k を50%使用し、 P_g を50%使用する。

[0179] (2) 周波数成分に応じた使い分け

計測値を使用して算出(ステップ11~13)した力学的特性量 P_k と、外乱オブザーバ23で推定(ステップ14~16)した力学的特性量 P_g には、評価可能な上限の周波数 f_1 、 f_2 がある。

すなわち、力学的特性量 P_k には、固有振動数や応答性能といったハードとしての上限 f_1 がある。

一方、外乱オブザーバ23による力学的特性量 P_g には、推定速度(極)から決定される安定性(ロバスト性)に対する上限 f_2 がある。

[0180] そこで、第2実施形態では、両力学的特性量 P_k 、 P_g の周波数成分に対して、上限 f_1 、 f_2 に基づいて、各周波数成分に基づく重み付けが、図22(b)に例示されるように、決められている。

[0181] (a) 外乱オブザーバ23による力学的特性量 P_g については、周波数の上限 f_2 よりも大きくなるに従って重みを小さくする。

(b) 計測値に基づく力学的特性量 P_k については、周波数の上限 f_1 よりも大きくなるに従って重みを小さくする。

(c) 外乱オブザーバ23の信頼性が高い範囲(上限 f_2 以下の周波数範囲)については、外乱オブザーバ23による力学的特性量 P_g に対する重みを大きくし、計測値による力学的特性量 P_k に対する重みは、徐々に小さくなるようにする。

(d) 計測値による力学的特性量 P_k だけを使用する f_1 以上の周波数に対しては1以下の重みとし、 f_1 未満の周波数に対する両重みの合計は1とする。

[0182] (3) 走行状態に応じた使い分け

外乱オブザーバは加速度の変化、姿勢の変化が大きく、十分な観測時間が無いと、高精度で推定できない。

そこで、制御開始時(制御開始から所定時間 T_1 までの間)や、穏やかな走行時(加速度の変化率及び姿勢角の変化率が α 1%以下の場合)には、計測値による力学的特性量 P_k を100%使用し、その値を外乱オブザーバの初期値として与える。

それ以外の場合については、上記(1)、又は(2)による。

[0183] (4) フェイルセーフとしての併用

第2実施形態では、両力学的特性量 P_k 、 P_g について、一方の値を他方の値のフェイル判定指標として用いている。

すなわち、各周波数成分について、両者の値の差を評価し、差が大きい場合には、詳細な検討を行い、誤りである可能性が高い方をフェイルとみなすようにしている。

一方がフェイルと判定された場合、他方の特性量を重み1で使用する。

なお、このフェイルセーフ判定指標としての P_k 、 P_g の使用については、上記(1)～(3)とは独立して常時使用され、判断されている。

[0184] 以上により、各周波数成分毎に採用する力学的特性量変動(P_f とする)が決まると(ステップ17)、力学的特性量推定制御システム22は、対応すべき力学的特性量変動 P_f を、各対応機構(システム)へ適切に分配する(ステップ18)。

ここで、各対応機構(システム)は、図14の(c)、(d)で概要を説明した、制御パラメータ自体の修正(以下パラメータ変更システムという)と、ウェイトによる制御系特性量調整(以下ウェイト調整機構という)の各機構である。

[0185] 対応すべき力学的特性量変動 P_f の、パラメータ変更システムとウェイト調整機構への分配については、次のいずれかの方法による。

(1) 周波数成分に応じた使い分け

すなわち、パラメータ変更システムにおいて、制御パラメータの再計算は時間がかかるので、比較的高い周波数域では、ウェイト調整機構を用いる。

パラメータ変更システムでは、計算時間、安定性(ロバスト性)から、上限周波数 f_4 が存在し、ウェイト調整機構にはハード的限界から上限周波数 f_3 が存在すると共に、姿勢制御系との連成をふせぐために姿勢制御系の基本周波数帯を回避する必要がある。

そこで、図23に示されるように、ステップ17で決定した力学的特性量変動 P_f を、周波数成分に応じた重み付けにより、パラメータ変更システムとウェイト調整機構に分配する。

なお、第2実施形態におけるシステムは力学的特性量の準定常的な変動(姿勢制御系の特性速度よりも遅い変動、例えば、数秒単位の動き)を対象としているため、図23に示されるように、高周波成分をカットすることで、かなり速い変動は無視する。

[0186] (2) 能力の限界に対する代用

一方、ウェイト調整機構には、質量を調整(増減)できないという定性的限界と、ウェイトの質量、可動ストロークが有限であるという定量的な限界がある。

そこで、ウェイト調整機構の限界を越える部分について、パラメータ変更システムによって対応、修正する。

[0187] (3) フェイルセーフとしての代用

例えば、パラメータ変更システムでは、制御パラメータ再計算の破綻、例えば、陰的な方程式を繰り返し計算法で解くときに、解が発散する可能性がある。

また、ウェイト調整機構のハード的な故障が発生する可能性もある。

そこで、第2実施形態では、一方が故障したとき、それを他方で補うように使用する。

[0188] 配分する力学的特性量変動 P_f が決まると、力学的特性量推定制御システム22は、パラメータ変更システムとウェイト調整機構による、姿勢制御系の制御系特性量修正を行う(ステップ19~20、ステップ21~23)。

図24は、パラメータ変更システムによる制御パラメータの修正について、概念的に

表したものである。

この図24に示されるように、力学的特性量変動Pfの配分(質量、一次モーメント、慣性モーメント)の条件に適した制御パラメータに修正する。

[0189] この制御対象モデルは、数式26で表され、これを扱い易いようにシステムの状態方程式の形で表すと数式27で表現される。

数式26における、 $\mathbf{x}_s(\rightarrow)$ 、 $\mathbf{u}(\rightarrow)$ 、 \mathbf{M}_s 、 \mathbf{C}_s 、 \mathbf{K}_s については、上記数式19の通りである。

なお、数式26では、外乱を推定する外乱オブザーバのモデル(数式18)と異なり、 $\mathbf{P}_d \mathbf{d}(\rightarrow)$ の項は存在せず、また、数式27においても、システムの状態方程式(数式21)と異なり、 $\mathbf{D} \mathbf{d}(\rightarrow)$ の項は存在しない。

[0190] [数26]

$$\mathbf{M}_s \ddot{\mathbf{x}}_s + \mathbf{C}_s \dot{\mathbf{x}}_s + \mathbf{K}_s \mathbf{x}_s = \mathbf{P}_u \ddot{\mathbf{u}}$$

[0191] [数27]

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{B} \ddot{\mathbf{u}} \quad \ddot{\mathbf{y}} = \ddot{\mathbf{x}}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\mathbf{M}_s^{-1} \mathbf{K}_s & -\mathbf{M}_s^{-1} \mathbf{C}_s \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}_s^{-1} \mathbf{P}_u \end{bmatrix}$$

[0192] 力学的特性量推定制御システム22は、上記数式26又は数式27に従って、分配された力学的特性量変動Pfに対して最適な制御パラメータ(フィードバックゲインG)を再計算し(ステップ19)、得られた制御パラメータを制御システムに導入する(ステップ20)。

ここで、分配された力学的特性量変動Pfに対する制御パラメータの算出方法として、特性最適化パラメータ計算と、特性不変パラメータ計算の2つがある。

[0193] 特性最適化パラメータ計算では、例えば最適レギュレータ等を使用することでフィ

ードバックゲインGを一から計算し直すことで、条件(分配された力学的パラメータ量 Pf)に最適なゲインGを得る。

一方、特性不変パラメータ計算では、設計時の制御系特性をできるだけ変えないようなゲインGを計算する。

[0194] 特性最適化パラメータ計算では、条件に最適なゲインが得られるが、計算に時間がかかるというデメリットがある。

これに対して特性不変パラメータ計算では、最適値ではないが、ある程度妥当なゲインを短時間で算出できるというメリット、また制御系設計時の詳細な調整を生かすことができるというメリットがある。

第2実施形態では、2つの制御パラメータ計算方法(設定システム)を次のように使い分けている。

すなわち、最初は特性不変パラメータ計算で仮設定を行い、特性最適化パラメータ計算による最適値が算出された後に、最適値である制御パラメータに最終変更する。

なお、ゲインを急に変更することにより、姿勢制御が不安定になることを防止するために、各パラメータについて線形に遷移させることで、ゲインの変更を滑らかに行なう。

[0195] ここで、制御パラメータの設定における、特性不変パラメータ計算について説明する。

状態フィードバックによる姿勢制御系において、制御パラメータを修正する前のモデル(ノミナルモデル)は数式28で表され、この特性方程式は数式29で表される。

[0196] [数28]

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}} &= \mathbf{A}\bar{x} + \mathbf{B}\bar{u} & \bar{u} &= -\mathbf{G}(\bar{x} - \bar{x}^*) \\ \bar{x} &= \begin{bmatrix} \bar{x}_s \\ \dot{\bar{x}}_s \end{bmatrix} & \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{K}_s & -\mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{C}_s \end{bmatrix} & \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}_s^{-1}\mathbf{P}_u \end{bmatrix} \\ \mathbf{G} &= [\mathbf{G}_k \quad \mathbf{G}_c] \end{aligned}$$

[0197] [数29]

$$\det(s\mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{G}) = 0$$

[0198] そして、修正前のノミナルモデルに対して、数式190で表される実際の制御対象の力学的特性を考慮した場合、その推定モデルは数式191で表される。そして、この場合の特性方程式は数式192で表される。

なお、数式190の制御対象特性において、 M_s 、 K_s には上述した数式19で示されるように、分配された力学的特性量変動(質量、一次モーメント、慣性モーメント)を含んでいる。

[0199] [数30]

$$\tilde{M}_s = M_s + \Delta M_s, \quad \tilde{K}_s = K_s + \Delta K_s$$

[0200] [数31]

$$\dot{\tilde{x}} = \tilde{\mathbf{A}}\tilde{x} + \tilde{\mathbf{B}}\tilde{u} \quad \tilde{u} = -\tilde{\mathbf{G}}(\tilde{x} - \tilde{x}^*)$$

$$\tilde{x} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_s \\ \dot{\tilde{x}}_s \end{bmatrix} \quad \tilde{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\tilde{M}_s^{-1}\tilde{K}_s & -\tilde{M}_s^{-1}\tilde{C}_s \end{bmatrix} \quad \tilde{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \tilde{M}_s^{-1}\mathbf{P}_u \end{bmatrix}$$

$$\tilde{\mathbf{G}} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{G}}_k & \tilde{\mathbf{G}}_c \end{bmatrix}$$

[0201] [数32]

$$\det(s\mathbf{I} - \tilde{\mathbf{A}} + \tilde{\mathbf{B}}\tilde{\mathbf{G}}) = 0$$

[0202] 力学的特性量推定制御システム22では、閉ループ系の極配置(フィードバック制御系の基本特性)ができるだけ変わらないようにフィードバックゲインGを修正する。

そして、制御パラメータ(ゲイン)の変更前後で、閉ループ系の特性方程式(数式29と数式192)が同じになる条件は、数式193で表される。

[0203] [数33]

$$\mathbf{P}_u \Delta \mathbf{G}_K = \Delta \mathbf{M}_S \mathbf{M}_S^{-1} (\mathbf{P}_u \mathbf{G}_K - \mathbf{K}_S) + \Delta \mathbf{K}_S$$

$$\mathbf{P}_u \Delta \mathbf{G}_C = \Delta \mathbf{M}_S \mathbf{M}_S^{-1} (\mathbf{P}_u \mathbf{G}_C - \mathbf{C}_S)$$

[0204] 力学的特性量推定制御システム22は、数式193の2式から、ゲイン修正量 $\Delta \mathbf{G}_K$ 、 $\Delta \mathbf{G}_C$ を求める。

ここで、行列 \mathbf{P}_u が正則であれば、正確な計算が可能であり、極配置を全く変えないようにゲインを変更することができる。一方、 \mathbf{P}_u が正則でなければ、上式を完全に満足するようなゲインは無いので、最小二乗法などで、近似的にゲインを求める。

一般に、一輪車、二輪車の姿勢制御では \mathbf{P}_u は正則でないので、第2実施形態の力学的特性量推定制御システム22では、近似的にゲイン修正量 ($\Delta \mathbf{G}_K$ 、 $\Delta \mathbf{G}_C$) を求める。

なお、算出したゲイン修正量 ($\Delta \mathbf{G}_K$ 、 $\Delta \mathbf{G}_C$) でフィードバックゲイン \mathbf{G} を修正した後に、その閉ループ系の安定性を確認計算する必要があり、不安定になる場合には、修正は行わずに修正前の値のまま姿勢制御を継続する。

[0205] 次に、ウェイト調整機構による、姿勢制御系の制御系特性量の修正について説明する。

力学的特性量推定制御システム22は、分配された力学的特性量に基づく値とミナル値(制御想定値)との差異を最小とするようなウェイト134(図18参照)の配置を計算し(ステップ21)、計算した位置をウェイトの目標位置に設定する(ステップ22)。

そして、力学的特性量推定制御システム22は、ウェイト駆動アクチュエータ62に目標位置へウェイトを動かすための指令値を出力する。これによりウェイト駆動アクチュエータ62により、車体に取り付けたウェイト134が目標位置に移動され、力学的特性量の値がミナル値に近づく(ステップ23)ことになる。

[0206] 具体的には、ミナル値(制御想定値)に対する実際の力学的特性量のズレを、一次モーメント $\Delta(m_1 l_1)$ 、慣性(2次)モーメント $\Delta(I_1 + m_1 l_1^2)$ (車軸基準)で表すと、このズレを相殺するために、次の数式194に従って、ウェイト $m_b^{(k)}$ を上下方向に $\Delta h_b^{(k)}$ だけ動かす。

ここで、数式194は、それぞれ独立して上下動可能なN個のウェイトが配置される場合を想定した式であり、 $^{(k)}$ はN個の中のk番目のウェイトを指し、 $l_b^{(k)}$ は車軸からウェイト基準位置までの距離を表す。

[0207] [数34]

$$\sum_{k=1}^N (m_b^{(k)} \Delta h_b^{(k)}) = -\Delta(m_1 \ell_1) \quad \dots (a)$$

$$\sum_{k=1}^N (m_b^{(k)} \Delta h_b^{(k)} (2\ell_b^{(k)} + \Delta h_b^{(k)})) = -\Delta(I_1 + m_1 \ell_1^2) \quad \dots (b)$$

[0208] 上記数式194から決定された、目標位置へのサーボ制御を各ウェイトに対して行なう(ただし、既存の姿勢制御システムの特性速度よりも遅く動かす)。

この場合、ウェイト134を2つ使えば、両パラメータ(一次モーメントと慣性モーメント)の適合が可能になる。

また、ウェイト134を更に増やすことで、ウェイトの移動距離やエネルギー消費の低減が可能になる。

例えば、ウェイト134が1つの場合、数式194(a)又は(b)より、一次モーメント又は慣性モーメントの一方を調整する。この場合、直接的な調整は一方だけであるが、一般的には一次モーメントと慣性モーメントとの一方を調整することで他方もそれに伴って良い方向に変化する。

[0209] また、ウェイト134が2つの場合、数式194(a)及び(b)より、一次モーメントと慣性モーメントの両者を調整する。

さらに、ウェイト134が3つ以上である場合、両パラメータ調整に加えて、ウェイト134の移動距離最小制御や消費エネルギー最小制御が可能になる。

[0210] なお、図18(b)に示したように、ウェイト134の移動に加えて、又はウェイト134に変えて、シートの高さを変えることでも制御可能である。

[0211] 説明した第2実施形態では、1軸の二輪車における前後方向の姿勢制御を例に説明したが、本発明では、一輪車の姿勢制御、一輪車、二輪車の左右の姿勢制御に対しても、第2実施形態における力学的特性量推定及び制御系特性量修正の方法

を適用することも可能である。

図面の簡単な説明

- [0212] [図1]第1実施形態による重心ズレ制御の概要を表した説明図である。
- [図2]第1実施形態における車両の外観構成図である。
- [図3]制御ユニットの構成図である。
- [図4]荷重計の配置について表した説明図である。
- [図5]重心ズレ制御の内容を表したフローチャートである。
- [図6]重量体Aが搭乗部に作用している力とモーメントとの釣り合い状態を表した説明図である。
- [図7]外乱オブザーバにより外乱推定の状態を概念的に表した説明図である。
- [図8]乗員の動きによる実車両重心の動きを考慮した力学モデルを図示した説明図である。
- [図9]算出した両トルク値に対する各周波数成分毎の重み付けを表した説明図である。
- 。
- [図10]トルク値 T_f を各重心ズレ修正機構(システム)S1、S2、S3に分配するための周波数毎の重み付けを表した説明図である。
- [図11]各修正機構(システム)による重心ズレの修正方法を表した説明図である。
- [図12]車体の変形による実車両重心のズレ修正をする他の例を表した説明図である。
- 。
- [図13]左右方向(横方向)のズレ量の算出と、算出トルク値に対応してズレを修正する機構(システム)についての説明図である。
- [図14]制御系特性量を実際の車両状態にあわせた最適値に修正する制御系特性量修正処理の概要を表した説明図である。
- [図15]第2実施形態における車両の外観構成図である。
- [図16]制御ユニット16の構成図である。
- [図17]荷重計と座高計の配置説明図である。
- [図18]背もたれ部に配置されたウェイトの説明図である。
- [図19]制御系特性量修正処理の内容を表したフローチャートである。

[図20]力学的特性量を推定する流れの概要説明図である。

[図21]外乱オブザーバによる外乱推定の方法を概念的に表した説明図である。

[図22]力学的特性量変動 P_k 、 P_g の使い分けの一例を示した説明図である。

[図23]決定した力学的特性量変動 P_f の分配についての説明図である。

[図24]パラメータ変更システムにより制御パラメータの修正について、概念的に表した説明図である。

符号の説明

- [0213]
- 11 駆動輪
 - 12 駆動モータ
 - 13 搭乗部
 - 131 座面部
 - 14 支持部材
 - 16 制御ユニット
 - 20 制御ECU
 - 21 車体基本制御システム
 - 22 重心ズレ制御システム(第1実施形態)
 - 22 力学的特性量推定制御システム(第2実施形態)
 - 23 外乱オブザーバ
 - 24 重心ズレ算出部
 - 30 操縦装置
 - 40 走行, 姿勢制御用センサ
 - 41 走行速度計
 - 42 車体傾斜角度計
 - 50 重心ズレ制御用センサ(第1実施形態)
 - 50 力学的特性量推定用センサ(第2実施形態)
 - 51 荷重計
 - 52 座高計
 - 60 アクチュエータ

- 61 タイヤ回転アクチュエータ
- 62 バランサ駆動アクチュエータ(第1実施形態)
- 62 ウェイト駆動アクチュエータ(第2実施形態)
- 63 シート駆動アクチュエータ
- 134 ウェイト

請求の範囲

- [1] 駆動輪が配置される車軸を1つ備え、車体の姿勢制御を行う車両であって、
実際の車両重心である実車両重心の、設計上の設計車両重心と前記車軸を結ぶ
基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出するズレ量算出手段と、
前記算出した物理量に基づいて、前記実車両重心の位置を前記基準軸上に移動
させる重心位置制御手段と、を具備したことを特徴とする車両。
- [2] 荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、
前記搭乗部に配置された荷重センサと、を備え、
前記ズレ量算出手段は、前記荷重センサの検出値から、実車両重心のズレ量に対
応した物理量としてのトルク値を算出する、ことを特徴とする請求項1に記載の車両。
- [3] 前記ズレ量算出手段は、実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトルク値を
外乱オブザーバにより算出する、ことを特徴とする請求項1に記載の車両。
- [4] 前記重心位置制御手段は、前記算出した物理量に応じて、車体の傾斜角を制御
することで実車両重心を前記基準軸上に移動させる、ことを特徴とする請求項1、請
求項2、又は請求項3に記載の車両。
- [5] 車体に対して移動可能に配置されたバランスを備え、
前記重心位置制御手段は、前記算出した物理量に応じて、前記バランスを移動さ
せることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる、ことを特徴とする請求項1、請
求項2、又は請求項3に記載の車両。
- [6] 前記車体は、本体と、該本体に対して移動可能に配置され荷物や乗員などの重量
体を乗せる搭乗部とを備え、
前記重心位置制御手段は、前記算出した物理量に応じて、前記搭乗部を移動させ
ることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる、ことを特徴とする請求項1、請求
項2、又は請求項3に記載の車両。
- [7] 荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、
前記搭乗部に配置された荷重センサと、
前記荷重センサの検出値から、実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトル
ク値を算出する第1のトルク算出手段と、

実車両重心のズレ量に対応した物理量としてのトルク値を外乱オブザーバにより算出する第2のトルク値算出手段と、を備え、

前記ズレ量算出手段は、前記算出した第1及び第2のトルク値に基づいて実車両重心の前記基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出する、ことを特徴とする請求項1に記載の車両。

[8] 前記ズレ量算出手段は、前記算出した第1及び第2のトルク値の周波数成分に基づいて実車両重心の前記基準軸からのズレ量に対応した物理量を算出する、ことを特徴とする請求項1に記載の車両。

[9] 前記重心位置制御手段は、

物理量に応じて、車体の傾斜角を制御することで実車両重心を前記基準軸上に移動させる第1移動手段と、

物理量に応じて、車体に対して移動可能に配置されたバランスを移動させることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる第2移動手段と、

物理量に応じて、車体本体に対して搭乗部を移動させることで実車両重心を前記基準軸上に移動させる第3移動手段と、

前記ズレ量算出手段で算出した物理量を、前記第1、第2、及び第3移動手段に分配する物理量分配手段と、を具備したことを特徴とする請求項1、請求項2、又は請求項3に記載の車両。

[10] 前記物理量分配手段は、前記ズレ量算出手段で算出した物理量の周波数成分に基づいて分配する、ことを特徴とする請求項9に記載の車両。

[11] 車体の姿勢制御を行う車両であって、

前記車体の姿勢制御系における、被制御対象の実際の力学的特性量を推定する推定手段と、

前記推定した実際の力学的特性量に基づいて、前記姿勢制御系における制御系特性量を修正する制御系特性量修正手段と、を具備したことを特徴とする車両。

[12] 前記推定手段は、力学的特性量として、搭乗部に乗せる荷物や乗員などの重量体の質量、前記重量体の重心の高さ、及び前記重量体の慣性モーメントを推定する、ことを特徴とする請求項11に記載の車両。

- [13] 荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、
前記搭乗部に配置された荷重センサと、
前記重量体の高さを測定する高さセンサと、を備え、
前記推定手段は、前記荷重センサ及び前記高さセンサの検出値から、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする請求項11、又は請求項12に記載の車両。
- [14] 前記推定手段は、外乱オブザーバを使用して力学的特性量を推定する、ことを特徴とする請求項11又は請求項12に記載の車両。
- [15] 荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、
前記搭乗部に配置された荷重センサと、
前記重量体の高さを測定する高さセンサと、
前記荷重センサ及び前記高さセンサの検出値から、力学的特性量を推定する直接推定手段と、
力学的特性量を外乱オブザーバにより推定する間接推定手段と、を備え、
前記推定手段は、前記直接推定手段及び間接推定手段による推定値に基づいて、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする請求項11又は請求項12に記載の車両。
- [16] 前記推定手段は、前記直接推定手段及び間接推定手段による推定値の周波数成分に基づいて、力学的特性量を推定する、ことを特徴とする請求項15に記載の車両。
- [17] 前記制御系特性量修正手段は、前記推定した力学的特性量に応じて、前記車体の姿勢制御系における制御パラメータを変更することで前記制御系特性量を修正する、ことを特徴とする請求項11から請求項16のうちのいずれか1の請求項に記載の車両。
- [18] 前記制御系特性量修正手段は、前記推定した力学的特性量に応じて、車体の形状を変化させることで前記制御系特性量を修正する車体変形手段を有する、ことを特徴とする請求項11から請求項16のうちのいずれか1の請求項に記載の車両。
- [19] 前記制御系特性量修正手段は、
前記推定した力学的特性量に応じて、前記車体の姿勢制御系における制御パラメ

ータを変更することで前記制御系特性量を修正する制御パラメータ修正手段と、

前記推定した力学的特性量に応じて、車体の形状を変化させることで前記制御系特性量を修正する車体変形手段と、

前記推定手段で推定した力学的特性量を、前記制御パラメータ修正手段、及び前記車体変形手段に分配する力学的特性量分配手段と、を具備したことを特徴とする請求項11から請求項16のうちのいずれか1の請求項に記載の車両。

[20] 前記力学的特性量分配手段は、前記推定手段で推定した力学的特性量の周波数成分に基づいて分配する、ことを特徴とする請求項19に記載の車両。

[21] 前記車体に対して移動可能に配置されたウェイトを備え、
前記車体変形手段は、前記推定した力学的特性量に応じて、前記ウェイトを移動させることで車体の形状を変化させる、ことを特徴とする請求項18、請求項19、又は請求項20に記載の車両。

[22] 車体の姿勢制御を行う車両に搭載された重量体の力学的特性量を推定する特性量推定装置であって、
荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、
前記搭乗部に配置された荷重センサと、
前記重量体の高さを測定する高さセンサと、
前記荷重センサ及び前記高さセンサの測定値から、前記重量体の力学的特性量を推定する推定手段と、
を具備したことを特徴とする特性量推定装置。

[23] 車体の姿勢制御を行う車両に搭載された重量体の力学的特性量を推定する特性量推定装置であって、
前記重量体の力学的特性量を外乱オブザーバを使用して推定する推定手段を具備したことを特徴とする特性量推定装置。

[24] 車体の姿勢制御を行う車両に搭載された重量体の力学的特性量を推定する特性量推定装置であって、
荷物や乗員などの重量体を乗せる搭乗部と、
前記搭乗部に配置された荷重センサと、

前記重量体の高さを測定する高さセンサと、
前記荷重センサ及び前記高さセンサの測定値から、力学的特性量を推定する直接推定手段と、
力学的特性量を外乱オブザーバにより推定する間接推定手段と、
前記直接推定手段及び前記間接推定手段による推定値に基づいて、力学的特性量を推定する推定手段と、
を具備したことを特徴とする特性量推定装置。

[25] 前記直接推定手段及び前記間接推定手段で推定した両推定値を用いて、推定値の誤り判定を行う誤り判定手段を備え、
前記推定手段は、一方の推定値が誤りと判定された場合に、他方の推定値を力学的特性量として推定する、
ことを特徴とする請求項24に記載の特性量推定装置。

[26] 前記推定手段は、前記直接推定手段及び間接推定手段による推定値の周波数成分に基づいて、力学的特性量を推定する、
ことを特徴とする請求項24又は請求項25に記載の特性量推定装置。

[27] 前記推定手段は、力学的特性量として、前記重量体の質量、前記重量体の重心の高さ、及び前記重量体の慣性モーメントを推定する、
ことを特徴とする請求項22から請求項26のうちのいずれか1の請求項に記載の特性量推定装置。

[28] 加速度センサと、
傾斜角センサと、を備え、
前記推定手段又は前記直接推定手段は、前記荷重センサ、前記高さセンサの測定値、及び前記加速度センサと前記傾斜角センサの検出値から前記重量体の力学的特性量を推定する、
ことを特徴とする請求項22又は請求項24に記載の特性量推定装置。

[29] 請求項22から請求項28のうちのいずれか1の請求項に記載の特性量推定装置と、
、
前記特性量推定装置で推定した、力学的特性量を使用して前記車両に搭載され

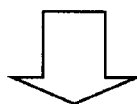
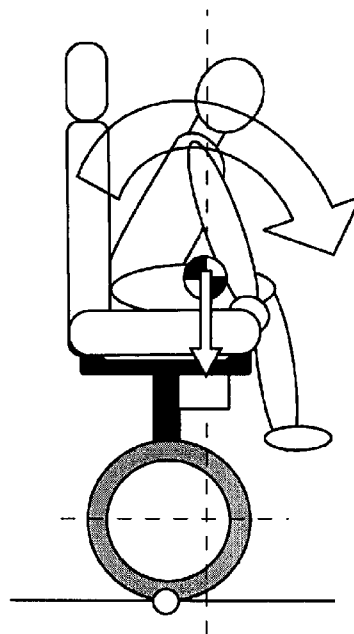
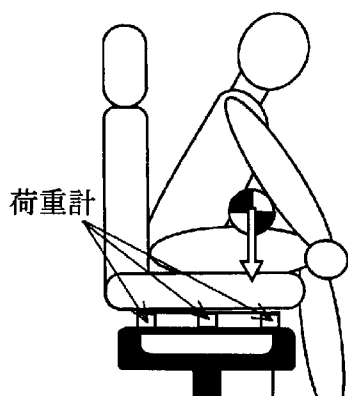
た重量体の種別を判定する種別判定手段と、
を具備したことを特徴とする搭載物判定装置。

[図1]

センシング；重心ズレの影響を知る

(a) 計測器による直接測定

(b) 制御結果（履歴）からの推定

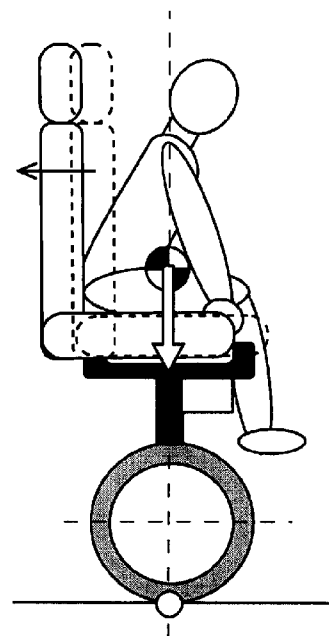
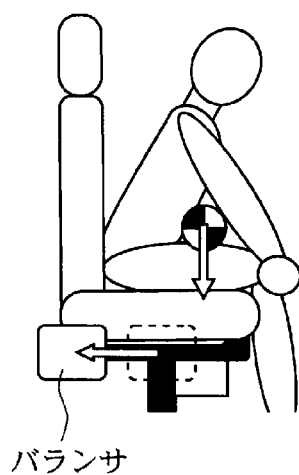
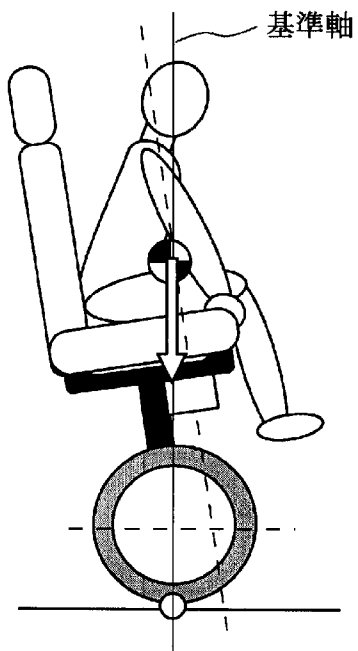


リアクション；重心ズレの対策

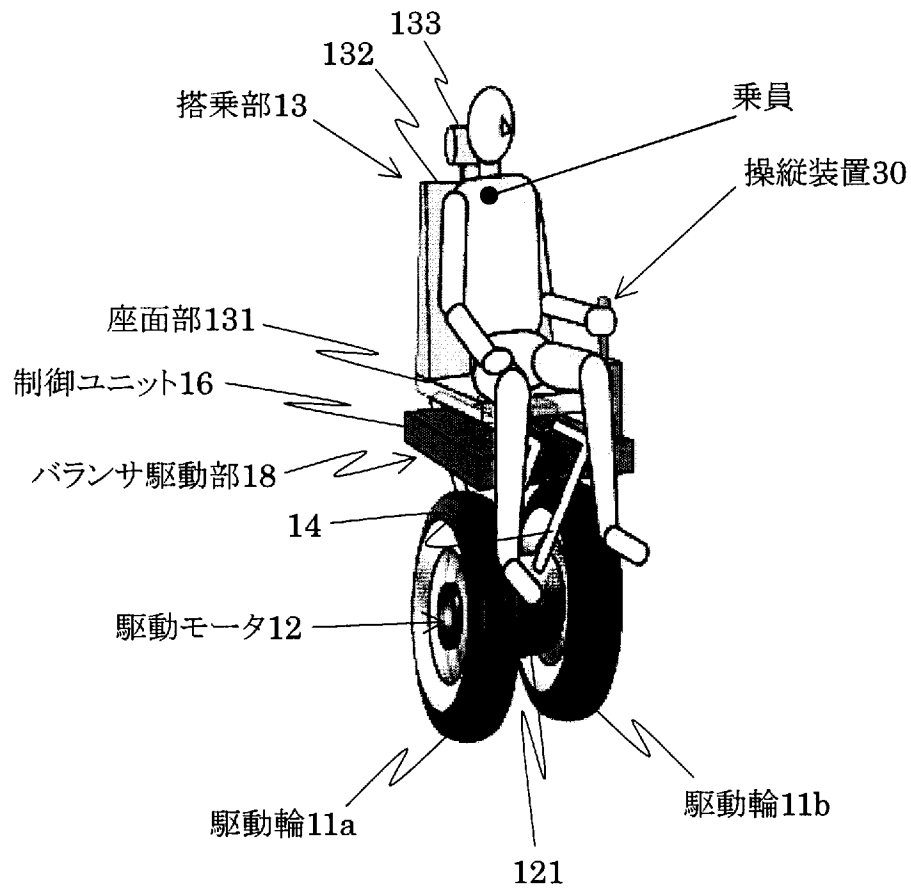
(c) 本体基準角の補正

(d) バランサの利用

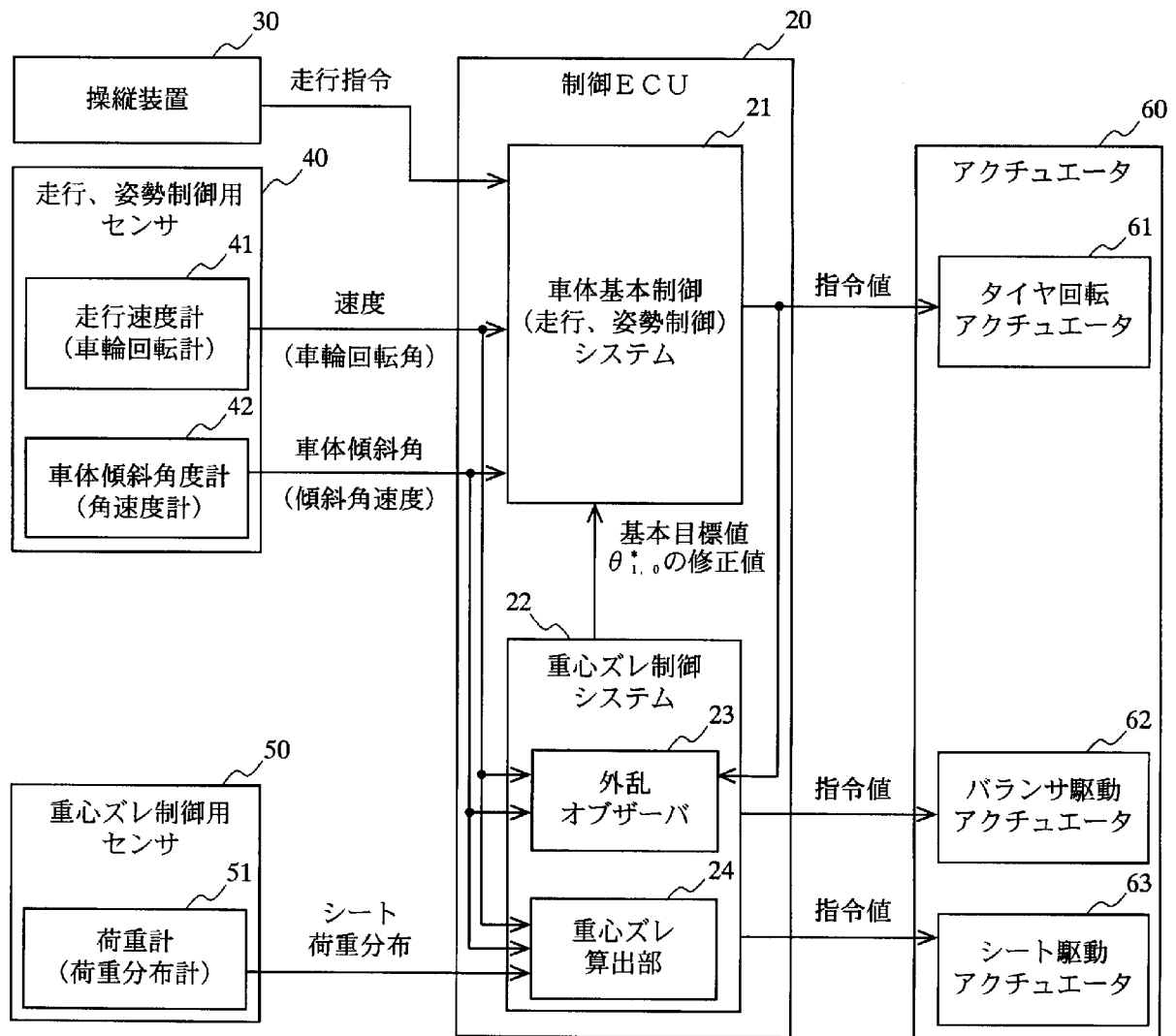
(e) シートの移動



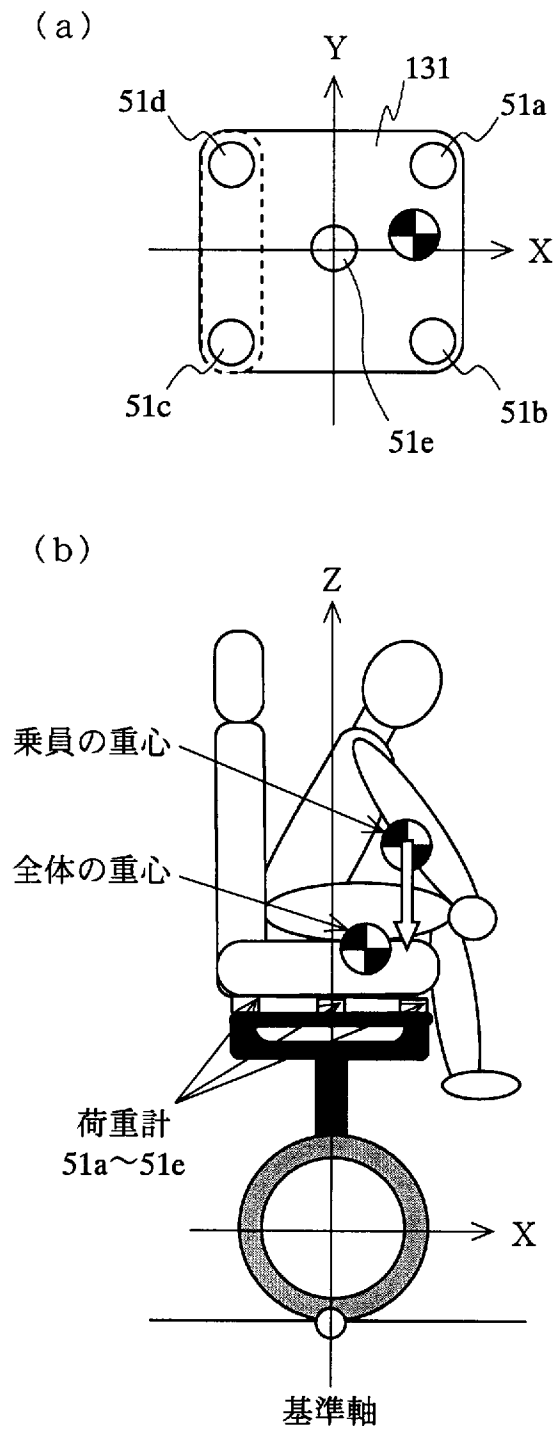
[図2]



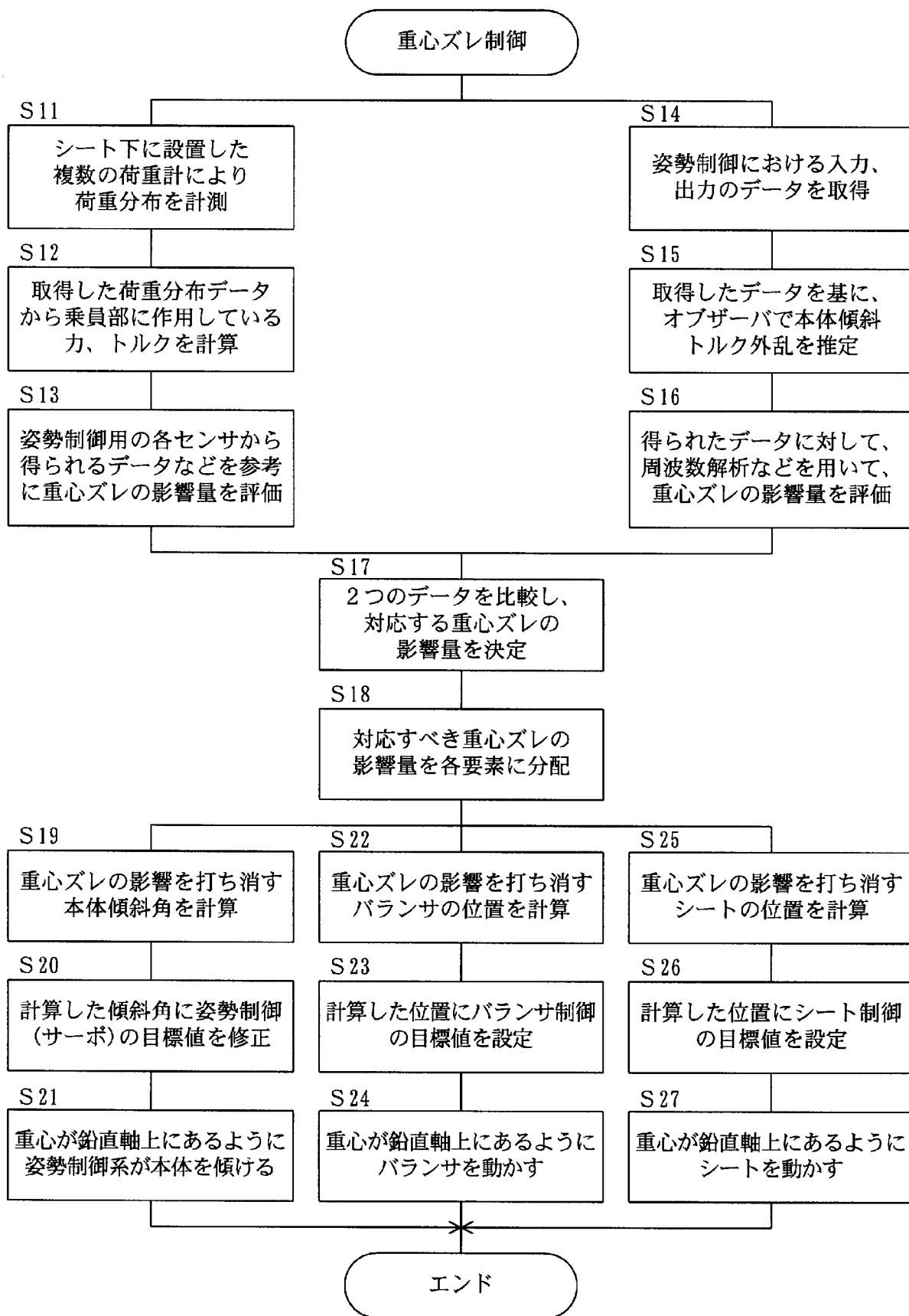
[図3]



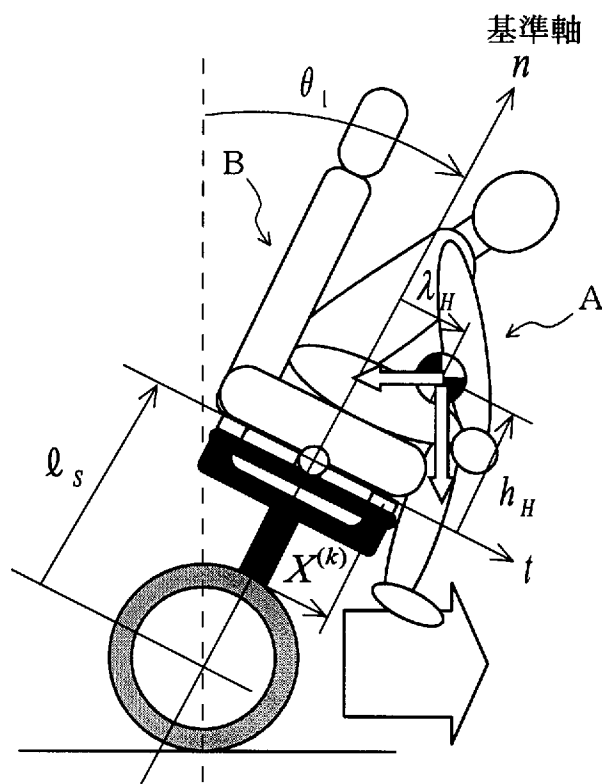
[図4]



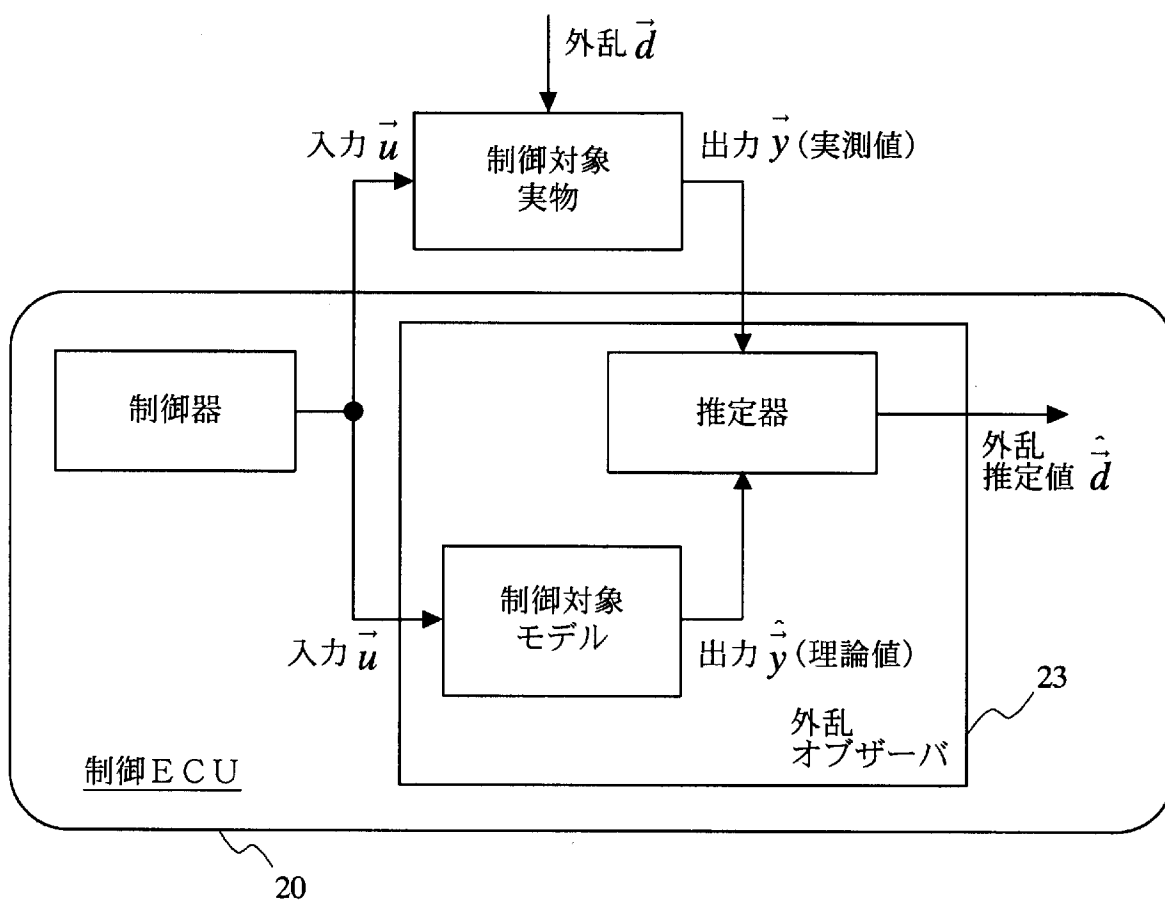
[図5]



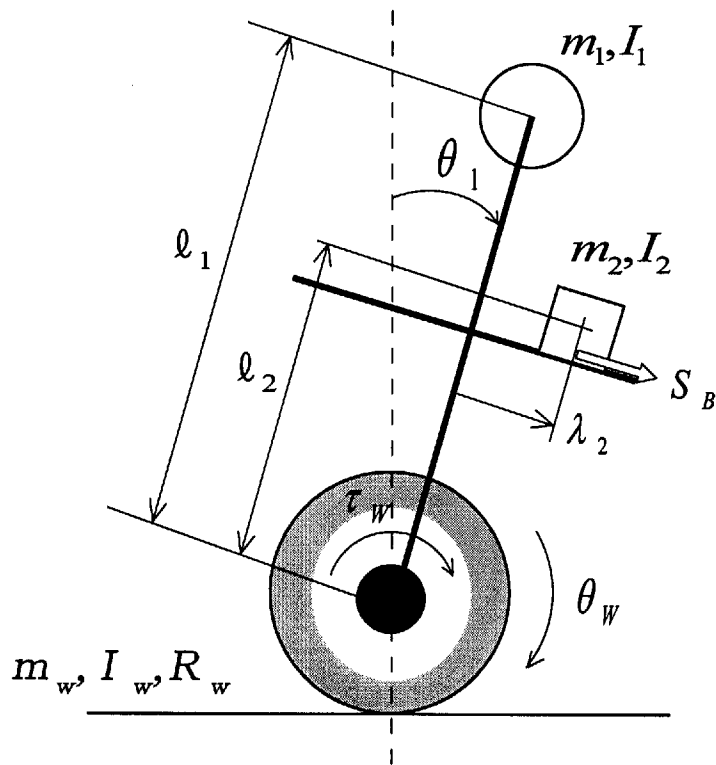
[図6]



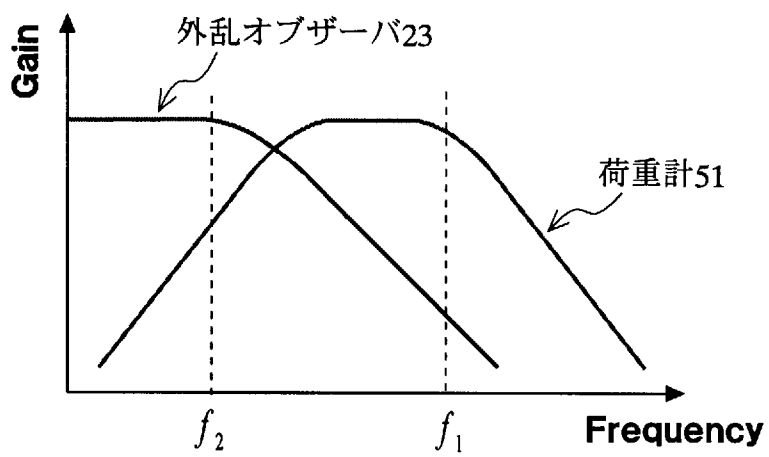
[図7]



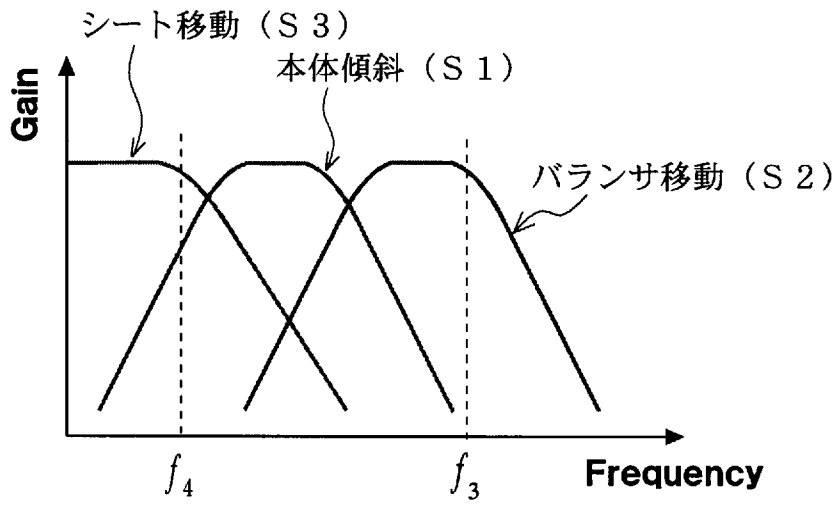
[図8]



[図9]

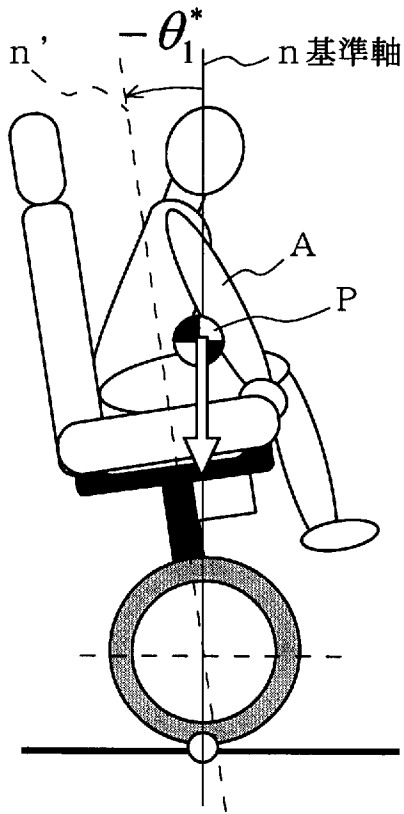


[図10]

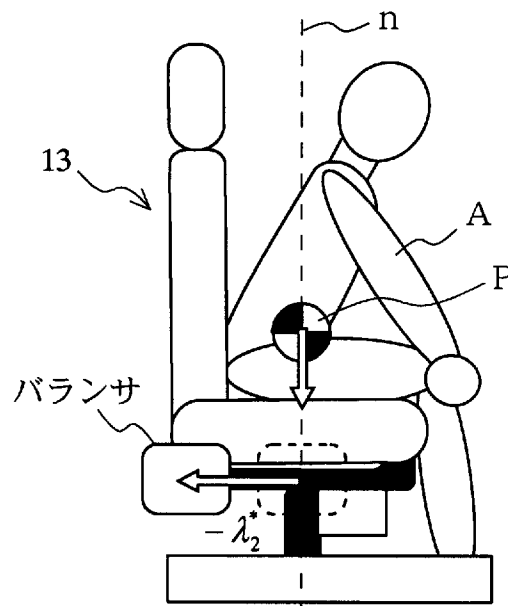


[図11]

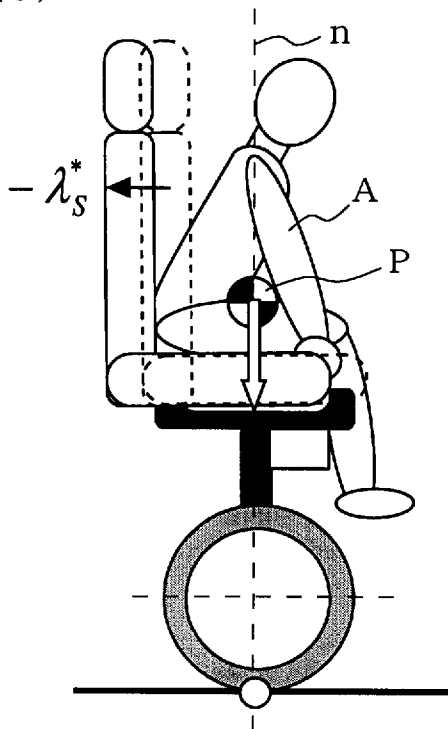
(a)



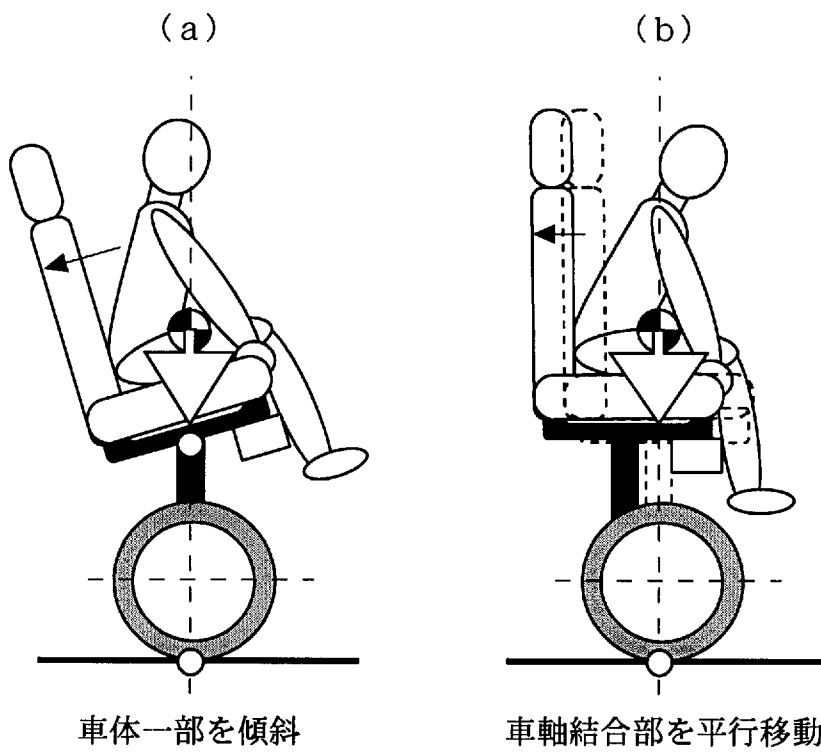
(b)



(c)



[図12]

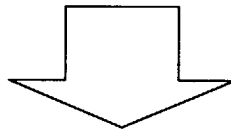
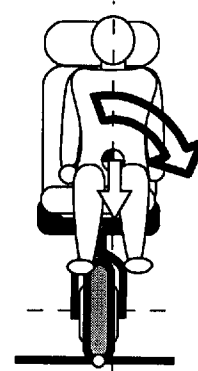
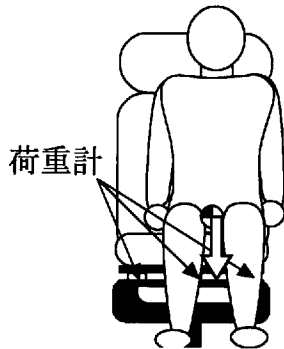


[図13]

センシング；重心ズレの影響を知る

(a) 計測器による直接測定

(b) 制御結果（履歴）からの推定

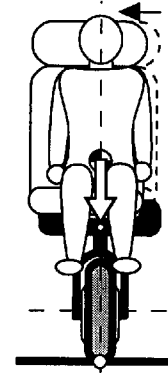
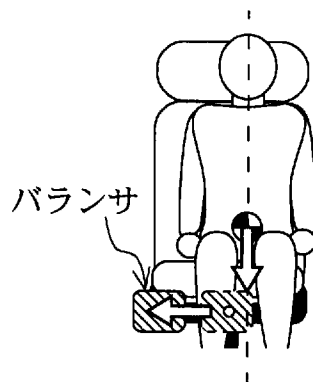
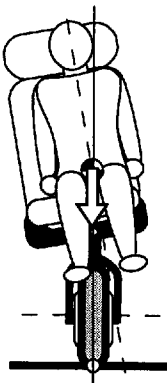


リアクション；重心ズレの対策

(c) 本体基準角補正

(d) バランサの利用

(e) シートの移動

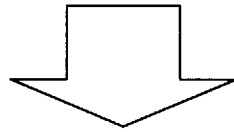
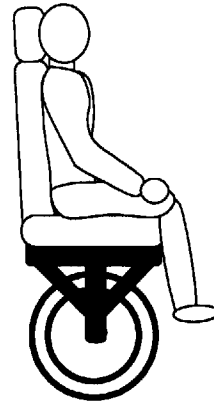
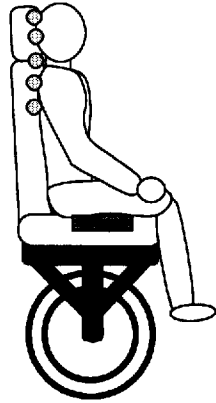


[図14]

センシング；力学的特性量を得る

(a) 計測器による測定値の利用

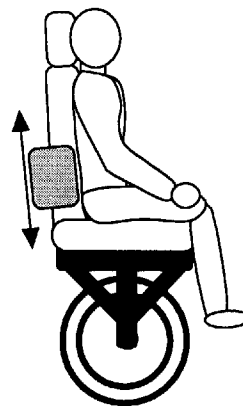
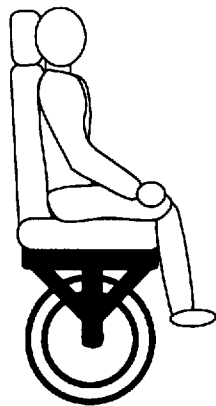
(b) 制御結果（履歴）からの推定



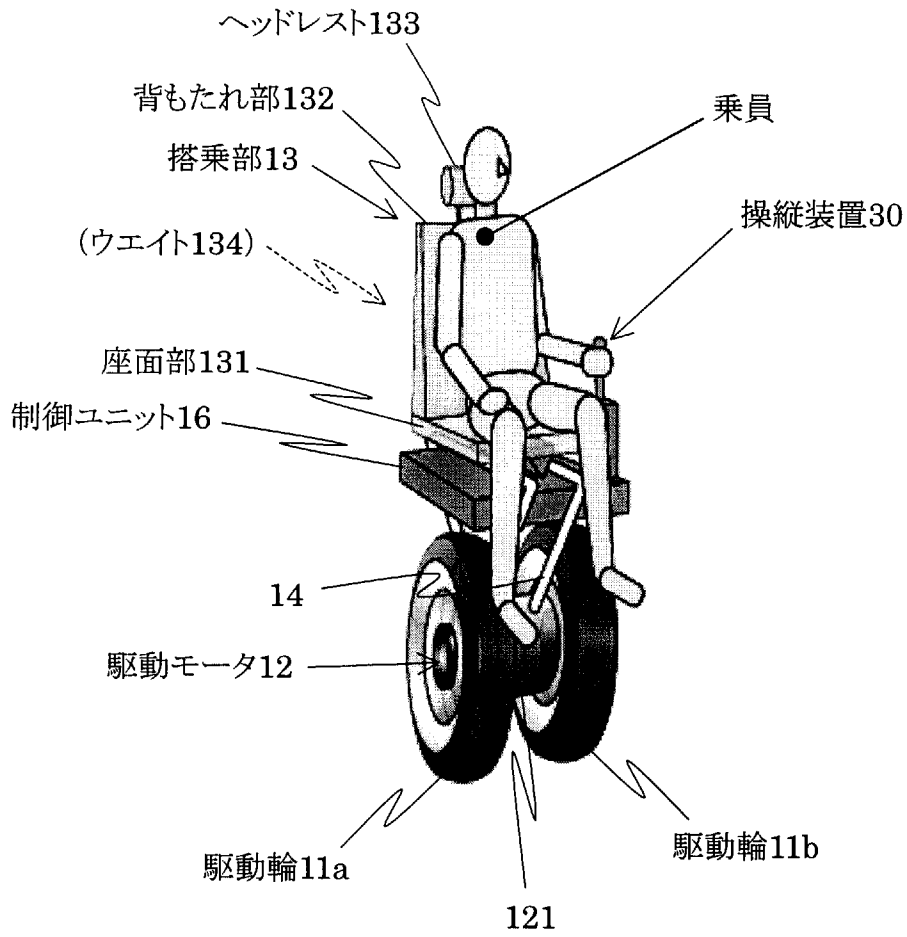
リアクション；制御系の特性量を修正する

(c) 制御パラメータの修正

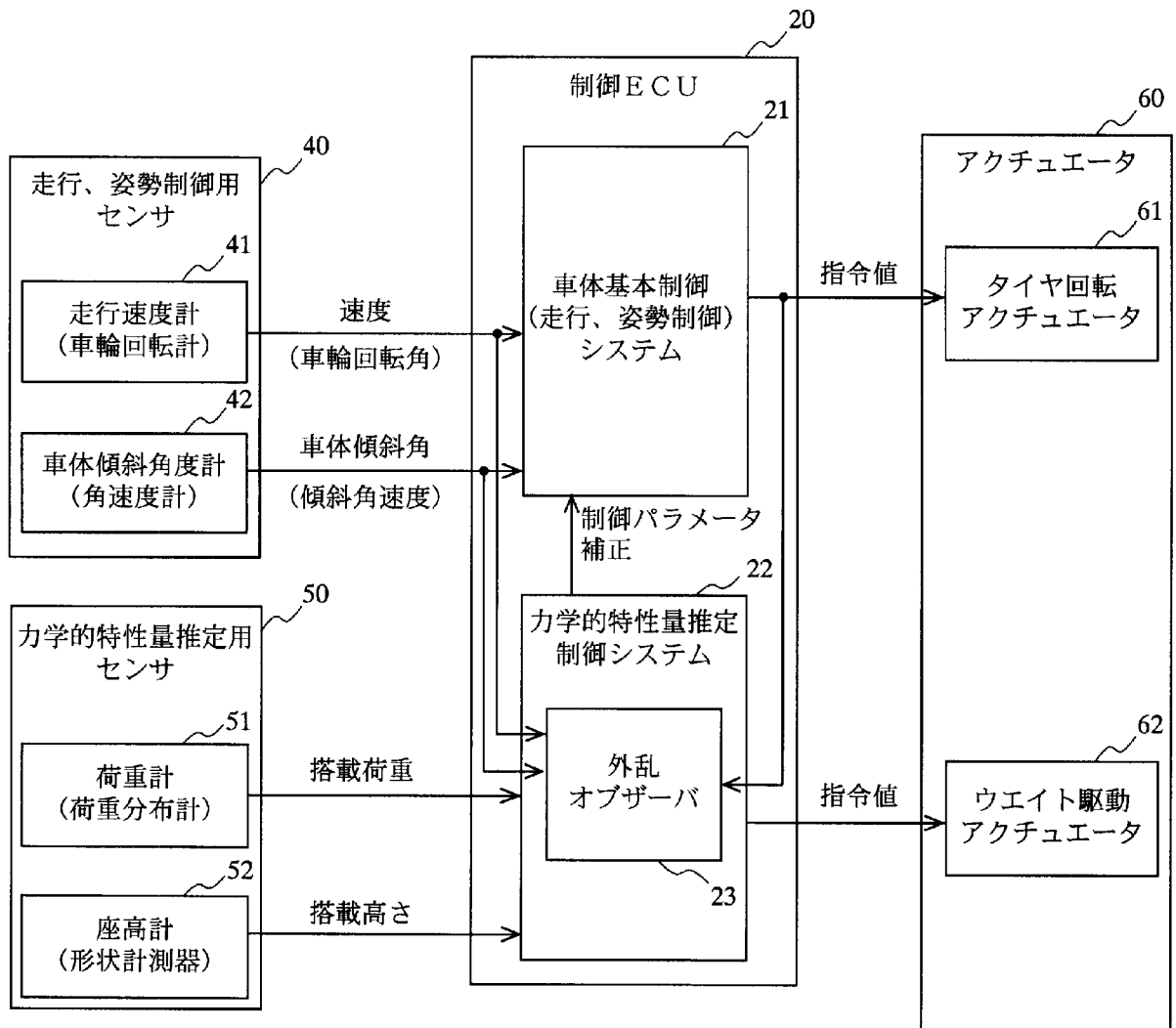
(d) 車両の重量配分の調整



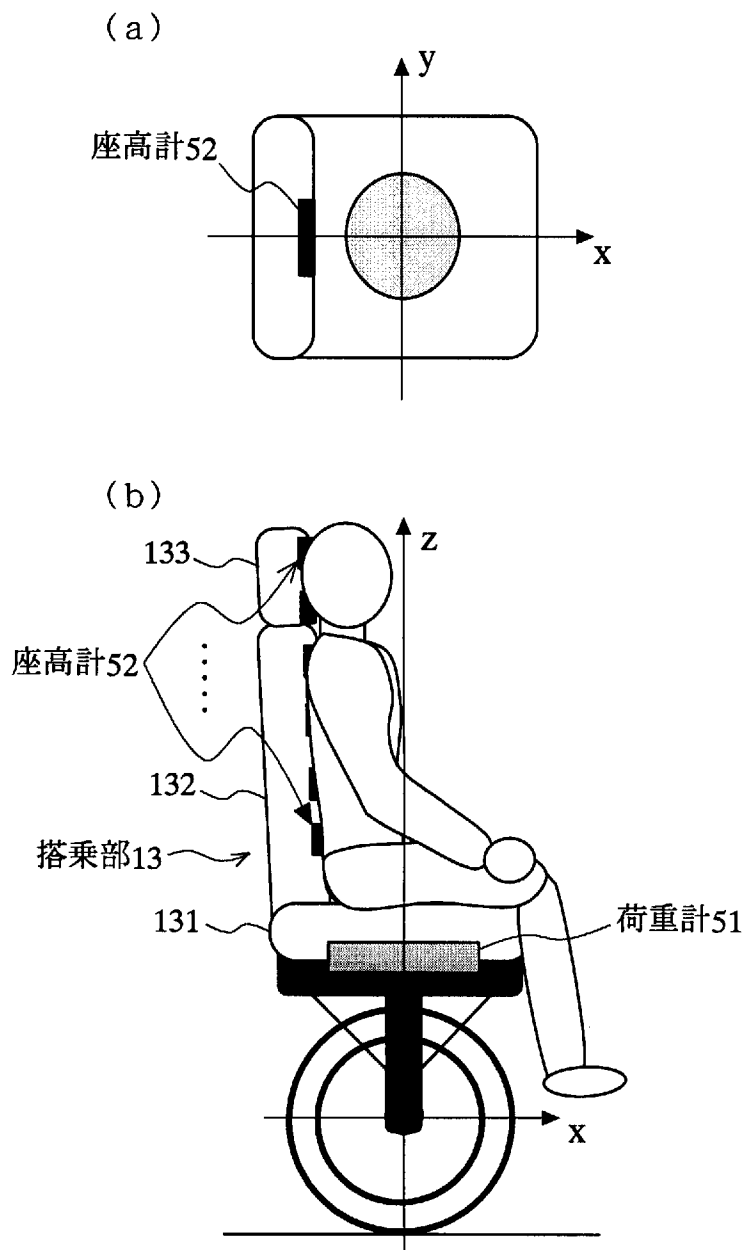
[図15]



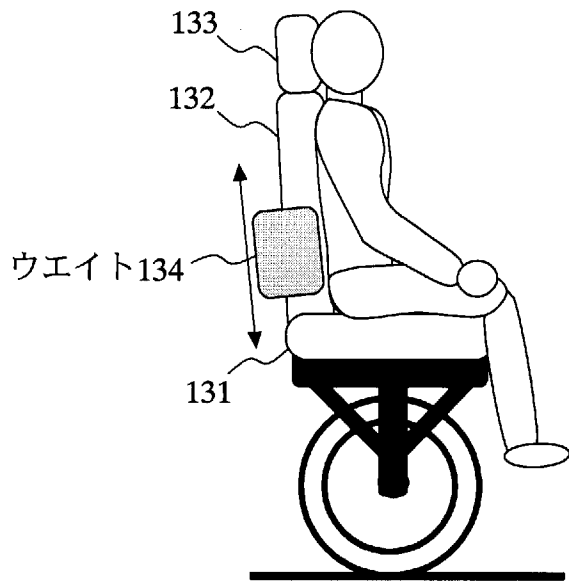
[図16]



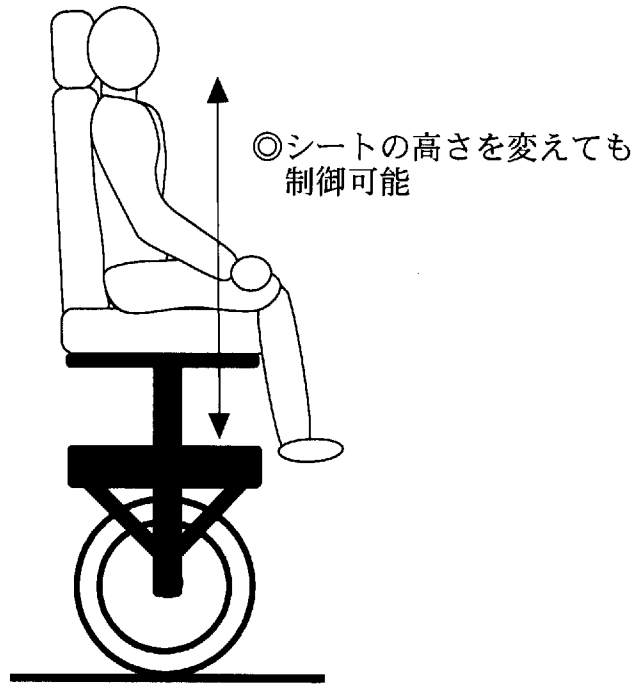
[図17]



[図18]

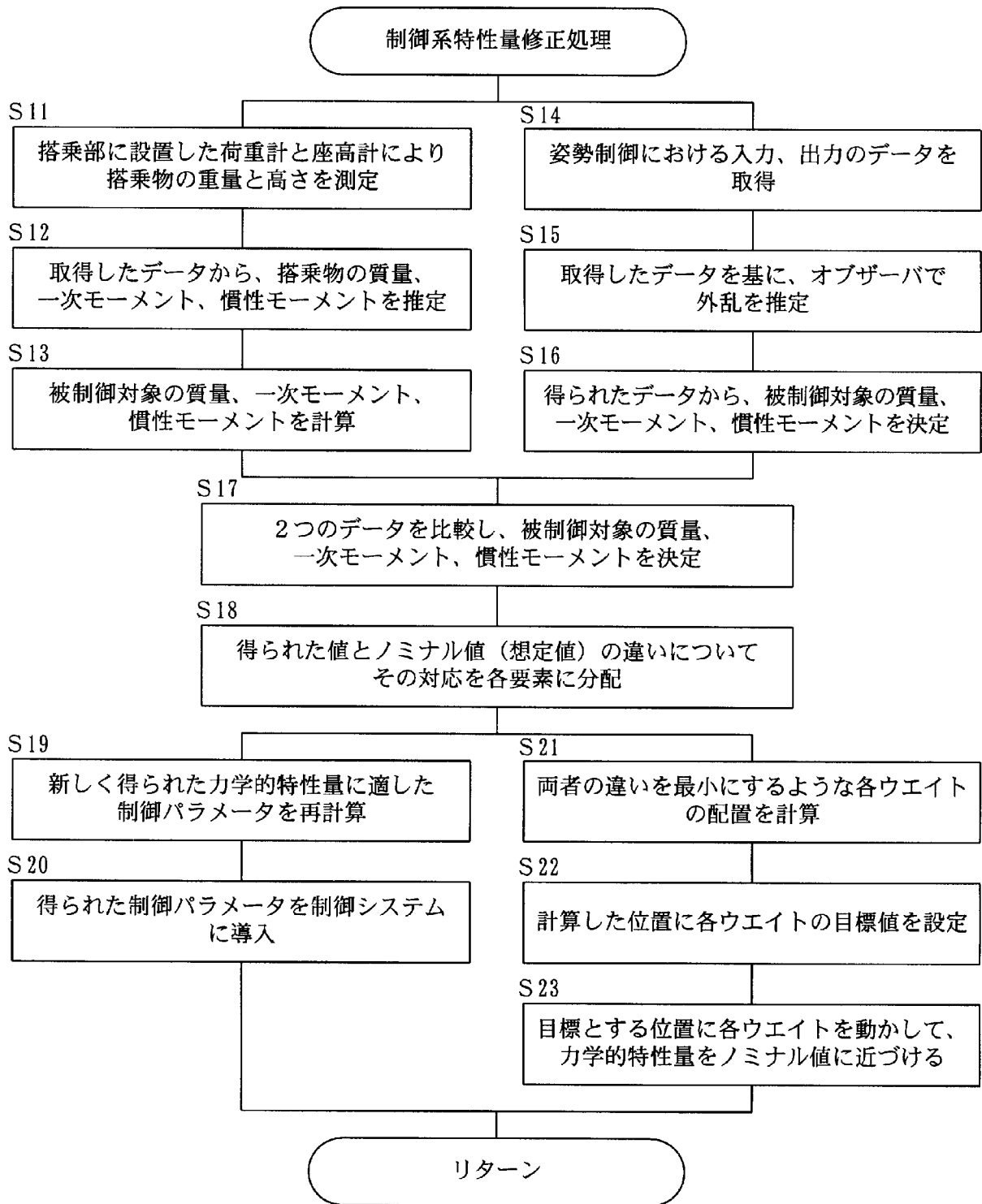


(a)

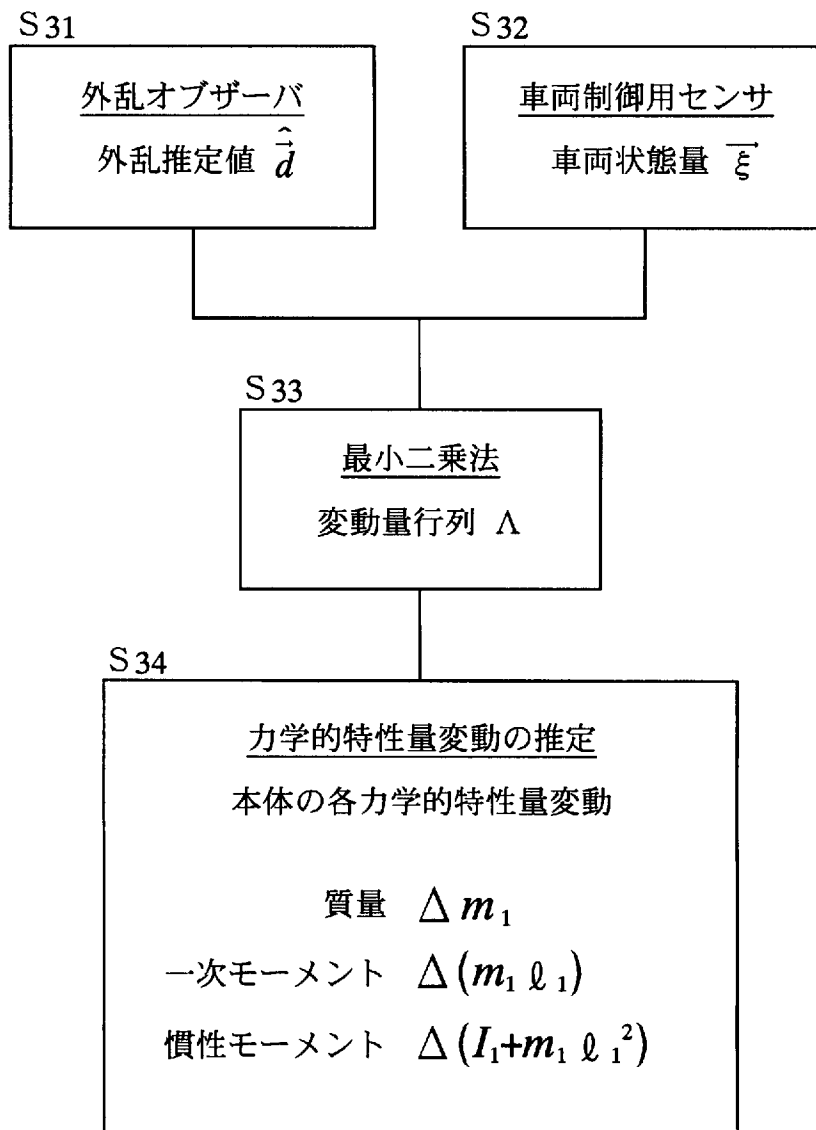


(b)

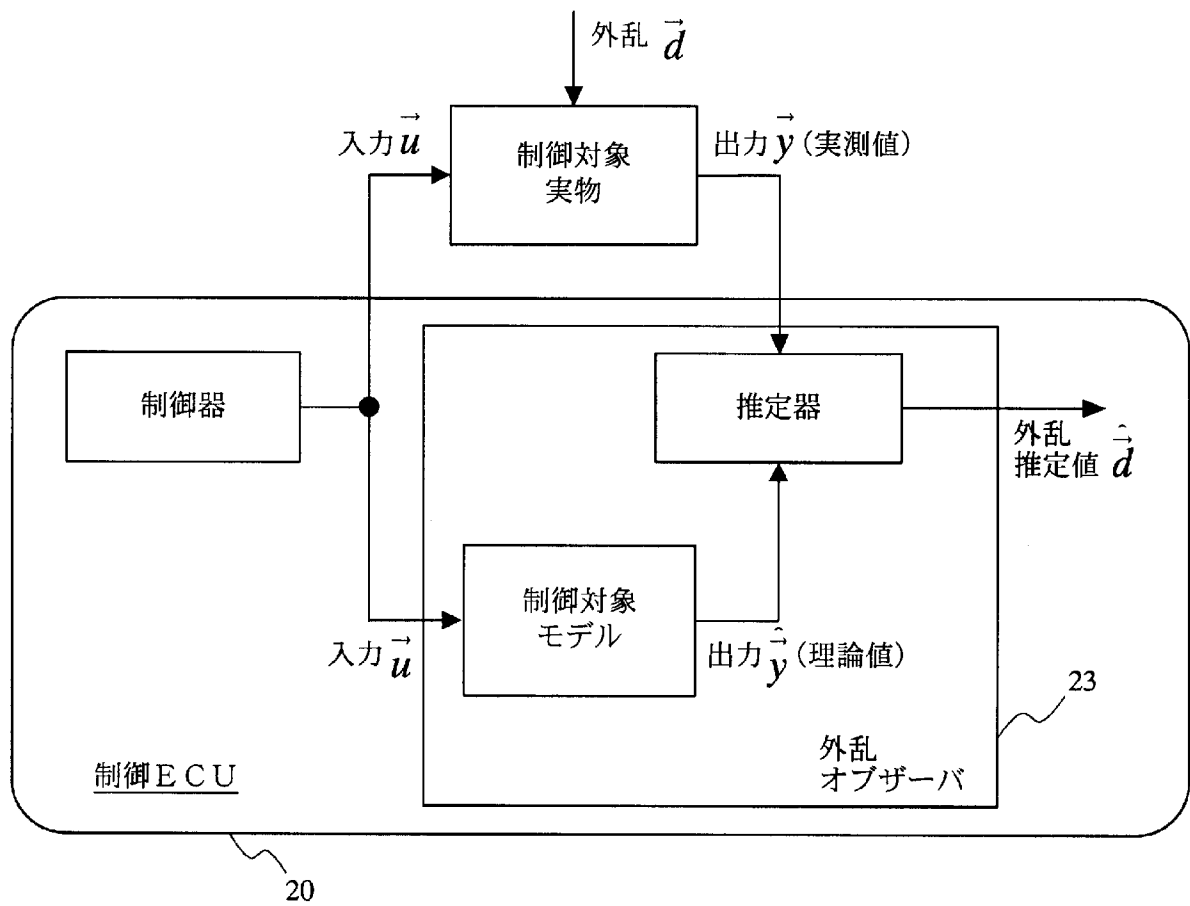
[図19]



[図20]



[図21]

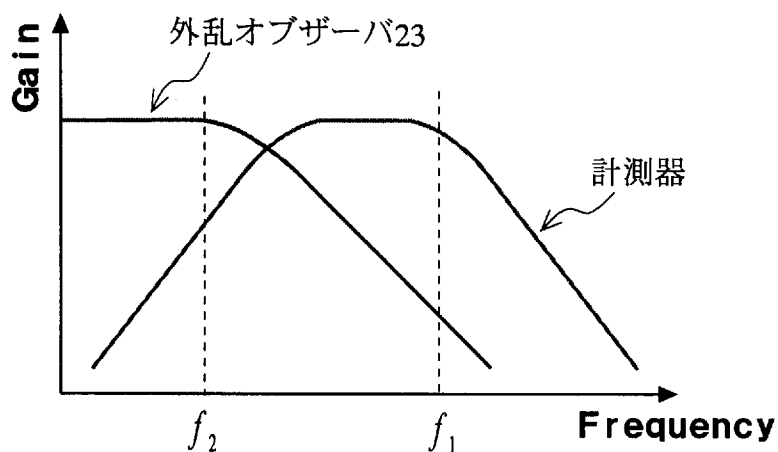


[図22]

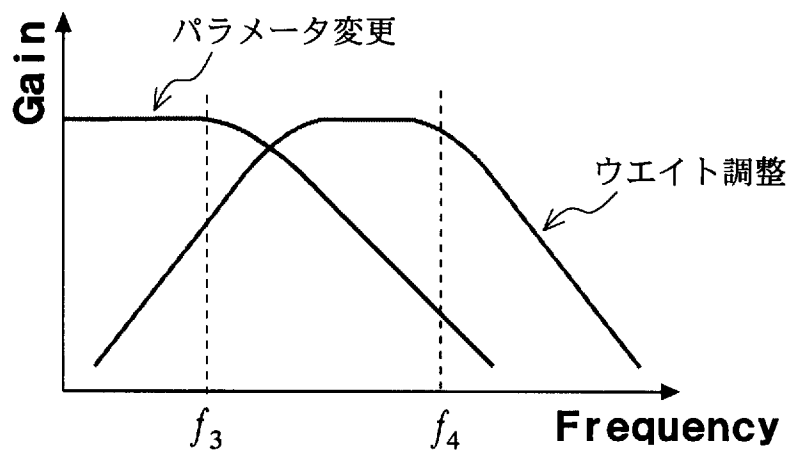
(a)

重み付け (例)	質量 m_1	一次 モーメント $m_1 l_1$	慣性 モーメント $I_1 + m_1 l_1^2$
① 計測器	90%	30%	50%
② 外乱オブザーバ	10%	70%	50%

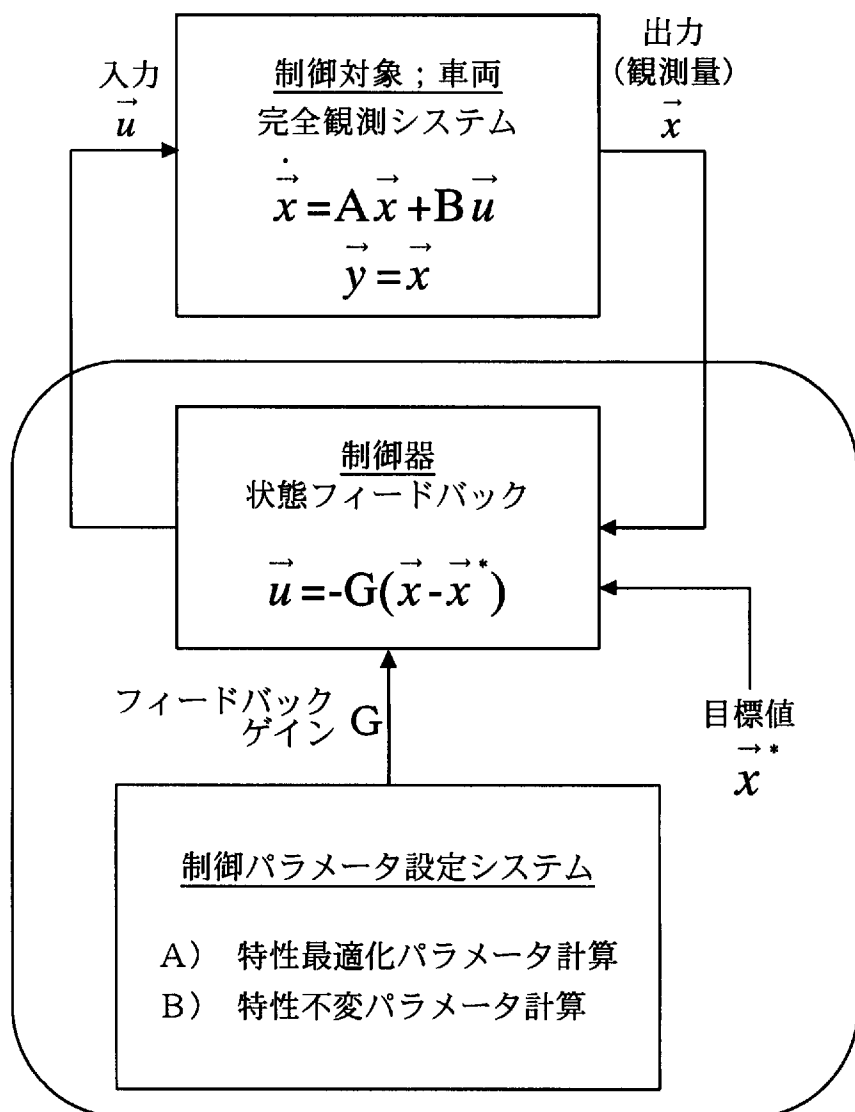
(b)



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/055201

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B62K17/00(2006.01) i, B60L15/20(2006.01) i, B62K3/00(2006.01) i, G05D1/08(2006.01) i

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)
B62K17/00, B60L15/20, B62K3/00, G05D1/08

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

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2007</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2007</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2007</i>

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.
Y A	JP 2003-237665 A (Sigma Solutions Co., Ltd.), 27 August, 2003 (27.08.03), Claim 4; Par. Nos. [0015] to [0017]; all drawings (Family: none)	1-7, 9 8, 10
Y A	JP 2001-191276 A (Sony Corp.), 17 July, 2001 (17.07.01), Claims 19, 21; Par. Nos. [0237], [0261] to [0308]; Figs. 29 to 39 & US 6505098 B1 & EP 1155786 A1 & WO 2001/032366 A1 & CN 1148281 C	1-7, 9 8, 10

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 application or patent 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 June, 2007 (14.06.07)	Date of mailing of the international search report 26 June, 2007 (26.06.07)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055201

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-138630 A (Sony Corp.), 02 June, 2005 (02.06.05), Abstract; Par. Nos. [0154] to [0158]; Figs. 1, 3, 30 to 31 & US 2005/0121238 A1 & EP 1529556 A2	2, 4-7, 9
Y	JP 6-175724 A (Tsubakimoto Chain Co.), 24 June, 1994 (24.06.94), Par. Nos. [0034] to [0046]; all drawings (Family: none)	3, 7
Y	JP 2004-129435 A (Sony Corp.), 22 April, 2004 (22.04.04), Claims 9 to 15; Par. Nos. [0027] to [0037], [0168] to [0240]; Figs. 26 to 44 (Family: none)	5, 9, 18-19, 21
Y	JP 2006-1385 A (Sony Corp.), 05 January, 2006 (05.01.06), Full text; all drawings (Family: none)	6, 9
A	JP 2005-335471 A (Sony Corp.), 08 December, 2005 (08.12.05), Par. Nos. [0049], [0074], [0113] (Family: none)	8, 10
X	JP 3260190 B2 (Hitachi, Ltd.), 25 February, 2002 (25.02.02), Full text; all drawings (Family: none)	11-12, 17 13-15, 18-19, 21 16, 20, 25-26
Y	JP 2005-96894 A (Toyota Industries Corp.), 14 April, 2005 (14.04.05), Abstract; Par. Nos. [0014] to [0025]; all drawings (Family: none)	22, 27 13, 15, 24, 28-29 16, 20, 25-26
Y	JP 2000-125406 A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 28 April, 2000 (28.04.00), Abstract (Family: none)	14, 15 16, 20
X	JP 11-252716 A (Toyo Electric Mfg. Co., Ltd.), 17 September, 1999 (17.09.99), Abstract; Claim 1; Par. Nos. [0010], [0013] to [0018] (Family: none)	23, 27 24 25-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055201

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-123854 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 May, 2006 (18.05.06), Par. Nos. [0002] to [0013], [0028] to [0088]; all drawings (Family: none)	28
Y	JP 2959469 B2 (NEC Corp.), 06 October, 1999 (06.10.99), Full text; all drawings (Family: none)	29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055201

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The special technical feature of the inventions in claims 1-10 is "the displacement amount calculation means" and "the control means for position of the center of gravity".

The special technical feature of the inventions in claims 11-21 is "the estimating means" and "the control system characteristic quantity correction means".

The special technical feature of the inventions in claims 22, 24-29 is "the estimating means for estimating the dynamic characteristic quantity based on the values measured by the load sensor and the height sensor".

(continued to extra sheet)

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055201

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The special technical feature of the invention in claim 23 is "the estimating means for estimating using the disturbance observer".

These inventions are not considered to be so linked as to form a single general inventive concept since they are not so technically related as to involve one or more of the same or corresponding special technical features.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B62K17/00(2006.01)i, B60L15/20(2006.01)i, B62K3/00(2006.01)i, G05D1/08(2006.01)i

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.Cl. B62K17/00, B60L15/20, B62K3/00, G05D1/08

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
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2007年
 日本国実用新案登録公報 1996-2007年
 日本国登録実用新案公報 1994-2007年

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
Y A	JP 2003-237665 A (株式会社シグマソリューションズ) 2003.08.27, 請求項 4、段落【0015】-【0017】、全図 (ファミリーなし)	1-7, 9 8, 10
Y A	JP 2001-191276 A (ソニー株式会社) 2001.07.17, 請求項 19、21、段落【0237】、【0261】-【0308】、図 29-39 & US 6505098 B1 & EP 1155786 A1 & WO 2001/032366 A1 & CN 1148281 C	1-7, 9 8, 10
Y	JP 2005-138630 A (ソニー株式会社) 2005.06.02, 【要約】、段落【0154】-【0158】、図 1, 3, 30-31 & US 2005/0121238 A1 & EP 1529556 A2	2, 4-7, 9

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 14.06.2007	国際調査報告の発送日 26.06.2007
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 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) 落合 弘之 電話番号 03-3581-1101 内線 3341	3D	2921
--	--	----	------

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	JP 6-175724 A (株式会社椿本チェーン) 1994. 06. 24, 段落【0034】 - 【0046】、全図 (ファミリーなし)	3, 7
Y	JP 2004-129435 A (ソニー株式会社) 2004. 04. 22, 請求項 9-15、段 落【0027】 - 【0037】 , 【0168】 - 【0240】、図 2 6 - 4 4 (ファミリ ーなし)	5, 9, 18-19, 21
Y	JP 2006-1385 A (ソニー株式会社) 2006. 01. 05, 全文、全図 (ファミ リーなし)	6, 9
A	JP 2005-335471 A (ソニー株式会社) 2005. 12. 08, 段落【0049】 , 【0074】 , 【0113】 (ファミリーなし)	8, 10
X Y	JP 3260190 B2 (株式会社日立製作所) 2002. 02. 25, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	11-12, 17 13-15, 18-19, 21
A		16, 20, 25-26
X Y	JP 2005-96894 A (株式会社豊田自動織機) 2005. 04. 14, 【要約】、 段落【0014】 - 【0025】、全図 (ファミリーなし)	22, 27 13, 15, 24, 28- 29
A		16, 20, 25-26
Y A	JP 2000-125406 A (東洋電機製造株式会社) 2000. 04. 28, 【要約】 (フ ァミリーなし)	14, 15 16, 20
X Y A	JP 11-252716 A (東洋電機製造株式会社) 1999. 09. 17 【要約】、請求 項 1、段落【0010】 , 【0013】 - 【0018】 (ファミリーなし)	23, 27 24 25-26
Y	JP 2006-123854 A (松下電器産業株式会社) 2006. 05. 18, 段落【0002】 - 【0013】 , 【0028】 - 【0088】、全図 (ファミリーなし)	28
Y	JP 2959469 B2 (日本電気株式会社) 1999. 10. 06, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	29

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-10に係る発明の特別な技術的特徴は、「ズレ量算出手段」と「重心位置制御手段」である。

請求の範囲11-21に係る発明の特別な技術的特徴は、「推定手段」と「制御系特性量修正手段」である。

請求の範囲22、24-29に係る発明の特別な技術的特徴は、「荷重センサと高さセンサの測定値から、力学的特性量を推定する推定手段」である。

請求の範囲23に係る発明の特別な技術的特徴は、「外乱オブザーバを使用して推定する推定手段」である。

これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係がないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。