

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 9 月 1 日(01.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/136887 A1

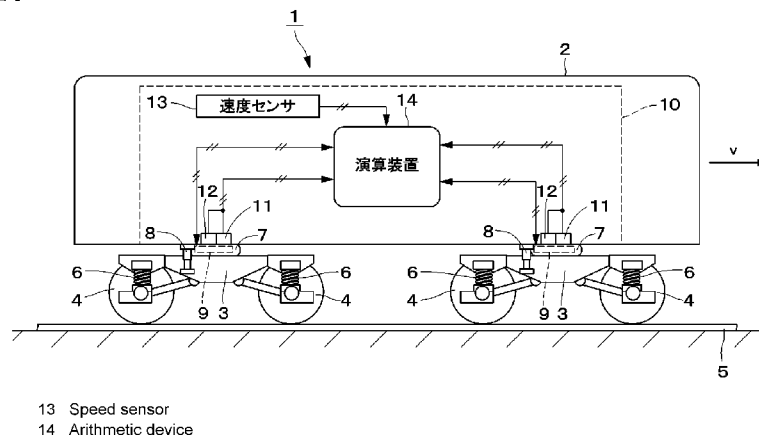
- (51) 国際特許分類:
B61F 5/24 (2006.01) B60G 99/00 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/055657
- (22) 国際出願日: 2016 年 2 月 25 日(25.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-039129 2015 年 2 月 27 日(27.02.2015) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5
20 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 木下 智博(KINOSHITA Tomohiro); 〒
2100011 神奈川県川崎市川崎区富士見一丁目 6
番 3 号 日立オートモティブシステムズ株式会
社 知的財産部 気付 Kanagawa (JP). 赤見 裕介
(AKAMI Yusuke); 〒2100011 神奈川県川崎市川崎
区富士見一丁目 6 番 3 号 日立オートモティブ
システムズ株式会社 知的財産部 気付
Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 広瀬 和彦(HIROSE Kazuhiko); 〒1600023
東京都新宿区西新宿 3 丁目 1 番 3 号 西新宿小
出ビル 4 階 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, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: SUSPENSION CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: サスペンション制御装置

[図1]



13 Speed sensor
14 Arithmetic device

(57) Abstract: This suspension control device is provided with a lateral damper (9) provided in a vehicle (1) having a vehicle body (2) and a wheeled platform (3), and is also provided with a controller (10) that controls the damping force of the lateral damper (9). The controller (10) has a lateral acceleration sensor (11) that detects lateral acceleration (a_{sy}) of the vehicle body (2) acting in the lateral direction relative to the traveling direction of the vehicle (1), an excessive-centrifugal-acceleration calculator (15) that detects or estimates excessive-centrifugal-acceleration (a_{rg}) (centrifugal acceleration (a_r)) of the vehicle body (2) on the basis of the yaw rate (ω_z) of the vehicle body (2), and a lateral acceleration corrector (16) that determines vibration acceleration (a_y) by subtracting the detected value from the excessive-centrifugal-acceleration calculator (15) from the detected value from the lateral acceleration sensor (11).

(57) 要約: サスペンション制御装置は、車体 (2) と台車 (3) とを有する車両 (1) に設けられる左右動ダンパ (9) と、該左右動ダンパ (9) の減衰力を制御するコントローラ (10) と、を備えている。コントローラ (10) は、車両 (1) の進行方向に対して左右方向に作用する車体 (2) の左右加速度 (a_{sy}) を検出する左右加速度センサ (11) と、車体 (2) のヨーレート (ω_z) に基づいて車体 (2) の超過遠心加速度 (a_{rg}) (遠心加速度 (a_r)) を検出、または推定する超過遠心加速度算出部 (15) と、左右加速度センサ (11) の検出値から超過遠心加速度算出部 (15) の検出値を減算して振動加速度 (a_y) を求める左右加速度補正部 (16) と、を有している。

WO 2016/136887 A1



(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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : サスペンション制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、車両の振動等を低減するのに好適に用いられるサスペンション制御装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば従来の鉄道用セミアクティブサスペンションとして、車体の振動低減や台車の安定性向上を図るために、複数の減衰力調整式緩衝器（ダンパ）を設ける構成が知られている（例えば、特許文献１参照）。特許文献１には、車体の前後方向に離間して第１台車と第２台車とが設けられると共に、各台車と車体との間には、上下方向の減衰力を調整する減衰力調整式緩衝器を設けた構成が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００９－４００８１号公報

発明の概要

[0004] ところで、鉄道車両は曲線（曲線路）進入時と曲線走行中とに遠心力を受け、それに伴い、鉄道車両の車体も左右方向の加速度（左右加速度、横加速度）を受ける。この場合、セミアクティブサスペンションは、左右加速度による車体の振動を抑制するために曲線走行中の左右加速度を０（零）にしようとする。このため、曲線走行中にも拘わらず車両が直進するように制御を行ってしまい、車両の曲線走行を妨げ、車両の乗り心地が悪化するという問題がある。

[0005] このような問題に対する一般的な手法として、曲線走行中の左右加速度の信号にハイパスフィルタを用いて、左右加速度における超過遠心加速度をキャンセルする方法が考えられる。しかしながら、この方法では、定常円である曲線走行中の超過遠心加速度はキャンセルできるが、緩和曲線である曲線

進入時は、超過遠心加速度が立ち上がるポイントのため、ハイパスフィルタでは超過遠心加速度をキャンセルできない。この場合、超過遠心加速度が除去されていない加速度に基づいて制御を行うため、車体の振動とは異なる制御を行うことになり、車両の乗り心地が悪化するという問題がある。

[0006] これに対して、特許文献1には、車両の走行地点における軌道情報を用いて超過遠心加速度を求め、車体の振動を抑制する構成が記載されている。しかしながら、特許文献1に記載されたサスペンション制御装置では、先頭車両で走行位置情報を計測する場合に、それ以外の車両では誤差が生じてしまい、制御精度が低下するという問題がある。また、走行位置情報を取得できない線区では、この方法を適用することができない。さらに、走行位置情報に誤りがあった場合は、超過遠心加速度をキャンセルできないため、車両の乗り心地が悪化する可能性がある。

[0007] 本発明は、上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、振動成分の左右加速度に基づいてダンパを制御することができるサスペンション制御装置を提供することにある。

[0008] 上述した課題を解決するため、本発明は、車体と台車とを有する車両に設けられる減衰力調整式緩衝器と、該減衰力調整式緩衝器の減衰力を制御するコントローラと、を備えたサスペンション制御装置であって、前記コントローラは、前記車両の進行方向に対して左右方向に作用する前記車体の左右加速度を検出する左右加速度検出部と、前記車体のヨーレートに基づいて前記車体の超過遠心加速度を検出、または推定する超過遠心加速度検出部と、前記左右加速度検出部の検出値から前記超過遠心加速度検出部の検出値を減算して振動成分の左右加速度を求める振動加速度算出部と、を有することを特徴としている。

[0009] この構成によれば、振動成分の左右加速度に基づいてダンパを制御することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1の実施の形態によるサスペンション制御装置が適用された鉄道車両

を示す正面図である。

[図2]第1、第3、第4の実施の形態による曲線走行中の鉄道車両の内部を上側からみた平面図である。

[図3]図2中の曲線走行中の鉄道車両の左右加速度、超過遠心加速度、振動加速度を模式的に示す説明図である。

[図4]第1の実施の形態によるコントローラを示すブロック図である。

[図5]第1の実施の形態によるコントローラが実行するサスペンション制御処理を示す流れ図である。

[図6]第2の実施の形態によるサスペンション制御装置が適用された鉄道車両を示す正面図である。

[図7]第2の実施の形態における曲線走行中の鉄道車両の左右加速度、超過遠心加速度、振動加速度等を模式的に示す説明図である。

[図8]第2の実施の形態によるコントローラを示すブロック図である。

[図9]第2の実施の形態によるコントローラが実行するサスペンション制御処理を示す流れ図である。

[図10]第3の実施の形態によるコントローラを示すブロック図である。

[図11]第3の実施の形態によるコントローラが実行するサスペンション制御処理を示す流れ図である。

[図12]第4の実施の形態における曲線走行中の鉄道車両の左右加速度、超過遠心加速度、振動加速度等を模式的に示す説明図である。

[図13]第4の実施の形態によるコントローラを示すブロック図である。

[図14]第4の実施の形態によるコントローラが実行するサスペンション制御処理を示す流れ図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態によるサスペンション制御装置を、添付図面に従って詳細に説明する。

[0012] 図1ないし図5は本発明の第1の実施の形態を示している。図1ないし図3において、鉄道車両1（車両）は、例えば乗客、乗員等が乗車する車体2

と、車体 2 の下側に設けられた前側及び後側の台車 3（1 位台車及び 2 位台車）とを有している。これらの台車 3 は、車体 2 の前部側と後部側とに離間して配置され、各台車 3 にはそれぞれ 4 個の車輪 4 が設けられている。鉄道車両 1 は、各車輪 4 が左右のレール 5 上を回転することにより、レール 5 に沿って走行駆動する。

[0013] 各台車 3 と各車輪 4 との間には、車輪 4（輪軸）からの振動や衝撃を緩和する軸ばね 6 が設けられている。また、車体 2 と各台車 3 との間には、枕ばねとしての空気ばね 7 が複数設けられると共に、空気ばね 7 と並列に減衰力調整式緩衝器としての上下動ダンパ 8 が複数設けられている。空気ばね 7 及び上下動ダンパ 8 は、各台車 3 の左右両側に配置され、各台車 3 にそれぞれ 2 個ずつ設けられている。このため、空気ばね 7 及び上下動ダンパ 8 は、鉄道車両 1 全体で合計 4 個設けられている。

[0014] 各上下動ダンパ 8 は、図 1 ないし図 3 に示すように、それぞれの減衰力を個別に調整可能な作動油が封入されたシリンダ装置として、例えば、セミアクティブダンパと呼ばれる減衰力調整式の油圧緩衝器を用いて構成されている。この上下動ダンパ 8 は、台車 3 に対する車体 2 の上下方向の振動に対して、振動を低減させるような減衰力を発生する。これにより、上下動ダンパ 8 は、車体 2 の上下方向の振動を低減する。

[0015] また、図 3 に示すように、車体 2 と各台車 3 との間に位置し、車両 1 の左右方向には、減衰力調整式緩衝器としての左右動ダンパ 9 が設けられている。左右動ダンパ 9 は、例えば、能動動作する上述のセミアクティブダンパやフルアクティブダンパ、または受動動作するパッシブダンパを用いて構成されている。この左右動ダンパ 9 は、台車 3 に対する車体 2 の左右方向の振動に対して、振動を低減させるような減衰力を発生する。これにより、左右動ダンパ 9 は、車体 2 の左右方向の振動を低減する。

[0016] コントローラ 10 は、図 4 に示すように、左右加速度センサ 11、ヨーレートセンサ 12、速度センサ 13、演算装置 14 等を含んで構成されている。このコントローラ 10 は、各車輪 4 の減衰力制御処理に従って左右動ダン

パ9のアクチュエータ（図示せず）に出力すべき制御指令信号（制御指令）を目標電流値として演算処理し、左右動ダンパ9の減衰力を制御する。具体的には、コントローラ10は、車体2の上下方向の振動を低減すべく、サンプリング時間毎に例えばスカイフック理論（スカイフック制御則）に基づいて左右動ダンパ9の減衰力を制御する。そして、左右動ダンパ9は、アクチュエータに供給された目標電流値（制御指令信号）に従って減衰力がハードとソフトの間で連続的に、または複数段で可変に制御される。

[0017] 左右加速度センサ11は、各台車3の直上近傍に位置し、例えばばね上側となる車体2に設けられ、車体2の左右方向の加速度（左右加速度、横加速度、横G）を検出する。即ち、左右加速度センサ11は、車両1の進行方向に対して左右方向に作用する車体2の左右加速度を検出する左右加速度検出部を構成している。このため、左右加速度センサ11は、車両1の走行中に、1位側および2位側の台車3の直上近傍で、車体2に作用する左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} を検出する。そして、左右加速度センサ11は、検出信号（検出値）である左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} を演算装置14に出力する。この場合、図3に示すように、車両1がカント等による傾斜面のため傾いているときは、該傾斜面と左右方向とは平行となる。

[0018] ヨーレイトセンサ12は、各台車3の直上近傍に位置し、車体2に設けられている。このヨーレイトセンサ12は、例えばジャイロセンサによって構成され、車両1の重心回りに発生する旋回方向の回転角の変化速度、即ち車体2のヨーイング挙動を示すヨーレイト ω_z を検出する。そして、ヨーレイトセンサ12は、検出信号であるヨーレイト ω_z を演算装置14に出力する。なお、ヨーレイトセンサ12と左右加速度センサ11は、別個に設ける必要はなく、例えば6軸センサ等のように、左右加速度とヨーレイトを一緒に計測可能な複合センサを用いてもよい。

[0019] 速度センサ13は、走行速度検出部として車体2に設けられ、例えば車両1の走行速度（車速） v を検出する。即ち、速度センサ13は、車両1の走行中に、車両1の車速 v を検出し、その検出信号である車速 v を演算装置1

4に出力する。ここで、速度センサ13は、例えば、車輪4の回転速度（車輪速）から車速 v を検出してもよいし、モニタ装置や速度発電機のパルス等（いずれも図示せず）から車速 v を検出する構成としてもよい。

[0020] 演算装置14は、例えば、マイクロコンピュータ等からなるCPU（図示せず）により構成され、図4に示すように、超過遠心加速度算出部15と、左右加速度補正部16と、制御指令値算出部17とを有している。この演算装置14は、各センサ11、12、13から入力された検出信号に基づいて、車体2の振動を制御するために、左右動ダンパ9が発生すべき減衰力を演算する。そして、演算装置14は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ9のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ9に出力する。

[0021] 超過遠心加速度算出部15の入力側は、ヨーレートセンサ12と速度センサ13とに接続されている。また、超過遠心加速度算出部15の出力側は、左右加速度補正部16に接続されている。この超過遠心加速度算出部15は、ヨーレートセンサ12から入力された車体2のヨーレート ω_z と、速度センサ13から入力された車速 v とに基づいて、車体2の超過遠心加速度を検出（推定）する。超過遠心加速度算出部15は、超過遠心加速度検出部を構成し、以下の数1式に基づいて遠心加速度 a_r を超過遠心加速度として算出する。

[0022] [数1]

$$a_r = \omega_z v \quad [\text{m/s}^2]$$

[0023] 左右加速度補正部16の入力側は、1位台車側および2位台車側の左右加速度センサ11と、超過遠心加速度算出部15とに接続されている。また、左右加速度補正部16の出力側は、制御指令値算出部17に接続されている。この左右加速度補正部16は、各左右加速度センサ11から入力された左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} と、超過遠心加速度算出部15から入力された遠心加速度 a_r とに基づいて、振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求める。この場合、左右加速度補正部16は、以下の数2式、数3式に示すように

、各左右加速度センサ 11 の検出値である左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} から超過遠心加速度算出部 15 の検出値である遠心加速度 a_r を減算して、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} を補正する。

[0024] 即ち、図 3 に示すように、各左右加速度センサ 11 は、車両 1 が曲線走行することによる遠心加速度 a_r と車体 2 の中心位置での振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} とを合わせた左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} をそれぞれ検出する。このとき、振動加速度算出部としての左右加速度補正部 16 は、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} から遠心加速度 a_r を減算して、振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} をそれぞれ求めることができる。

[0025] [数2]

$$a_{y1} = a_{sy1} - a_r \quad [m/s^2]$$

[0026] [数3]

$$a_{y2} = a_{sy2} - a_r \quad [m/s^2]$$

[0027] 制御指令値算出部 17 の入力側は、左右加速度補正部 16 に接続されている。また、制御指令値算出部 17 の出力側は、左右動ダンパ 9 に接続されている。この制御指令値算出部 17 は、左右加速度補正部 16 から入力された振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて、車体 2 の振動を制御するために左右動ダンパ 9 が発生すべき減衰力を算出する。そして、制御指令値算出部 17 は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ 9 のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ 9 に出力する。

[0028] 次に、コントローラ 10 が制御周期毎に実行する左右動ダンパ 9 の制御用のプログラムについて図 5 を用いて説明する。

[0029] まず、ステップ 1 では、コントローラ 10 は、各センサ 11、12、13 からの検出信号に基づいて、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} とヨーレイト ω_z と車速 v とを検出する。この場合、コントローラ 10 は、例えば A/D 変換器（図示せず）を用いて、アナログ信号からなる各センサ 11、12、13 の検出信号をデジタル信号に変換する。

- [0030] 次に、ステップ2では、コントローラ10の超過遠心加速度算出部15は、ヨーレイト ω_z と車速 v とにより超過遠心加速度を算出する。この場合、上記数1式で示したように、ヨーレイト ω_z と車速 v とに基づいて算出した遠心加速度 a_r を超過遠心加速度と推定する。
- [0031] ステップ3では、コントローラ10の左右加速度補正部16は、左右加速度センサ11で求めた左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} と上記ステップ2で求めた超過遠心加速度としての遠心加速度 a_r とを用いて、振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を算出する。具体的には、上記数2式、数3式に示したように、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} から遠心加速度 a_r を減算して、車体2の中心位置での振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求めることができる。
- [0032] そして、ステップ4では、コントローラ10の制御指令値算出部17は、左右加速度補正部16で求めた振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて、左右動ダンパ9を制御する制御指令値を算出する。
- [0033] かくして、第1の実施の形態によれば、コントローラ10は、車体2の左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} を検出する左右加速度センサ11と、車体2のヨーレイト ω_z と車速 v とに基づいて車体2の遠心加速度 a_r を検出する超過遠心加速度算出部15と、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} から遠心加速度 a_r を減算して振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求める左右加速度補正部16とを有している。これにより、ヨーレイト ω_z と車速 v とに基づいて、車体2の振動成分である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求めることができる。この結果、車両1に曲線走行に伴う左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} が作用する場合でも、車体2に振動を引き起こす振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて左右動ダンパ9を制御することができるので、車両1の乗り心地を向上することができる。
- [0034] また、車両1が、定常円である曲線走行中においても、緩和曲線である曲線進入時や曲線退出時においても、ヨーレイト ω_z と車速 v とに基づいて、車体2の振動成分である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求めることができる。これにより、車両1の走行位置を取得する必要がないから、車両1の走行位置情報に基づいて制御する場合に比べて、適用可能な線路区間を広げることができる。

。

[0035] 次に、図6ないし図9は本発明の第2の実施の形態を示している。第2の実施の形態の特徴は、コントローラは、重力加速度の左右方向成分に基づいて超過遠心加速度を算出することにある。なお、第2の実施の形態では、前述した第1の実施の形態と同一の構成要素に同一符号を付し、その説明を省略するものとする。

[0036] 第2の実施の形態による鉄道車両21は、第1の実施の形態による鉄道車両1とほぼ同様に、車体2、台車3、車輪4、左右動ダンパ9、左右加速度センサ11、ヨーレイトセンサ12、速度センサ13、コントローラ22、演算装置24等を備える。

[0037] コントローラ22は、第1の実施の形態によるコントローラ10とほぼ同様に構成されている。具体的には、コントローラ22は、図8に示すように、左右加速度センサ11、ヨーレイトセンサ12、速度センサ13、上下加速度センサ23、演算装置24等を含んで構成されている。このコントローラ22は、各車輪4の減衰力制御処理に従って左右動ダンパ9のアクチュエータ（図示せず）に出力すべき制御指令信号（制御指令）を目標電流値として演算処理し、左右動ダンパ9の減衰力を制御する。

[0038] 上下加速度センサ23は、各台車3の直上近傍に位置し、例えばばね上側となる車体2に設けられ、車体2の上下方向の加速度（上下加速度、上下G）を検出する。即ち、上下加速度センサ23は、上下加速度検出部を構成し、車両21の走行中に、上下方向に作用する車体2の上下加速度 a_{sz} を検出する。そして、上下加速度センサ23は、検出信号（検出値）である上下加速度 a_{sz} を演算装置24に出力する。この場合、図7に示すように、車両21がカント等による傾斜面によって傾いているときは、上下加速度センサ23が検出する車体2の上下方向と該傾斜面とは垂直となる。

[0039] 上下加速度 a_{sz} は、重力加速度の左右方向成分を算出するために用いられる。一方、車体2に上下振動が生じる場合は、上下加速度 a_{sz} は、変化し、重力加速度に振動成分が加わったものになる。このため、上下加速度センサ23

は、車体 2 の上下振動による振動成分を除去して重力加速度成分を抽出するために、ローパスフィルタ 23A を有している。なお、上下加速度センサ 23 は、左右加速度センサ 11、ヨーレートセンサ 12 と別個に設ける必要はなく、例えば 6 軸センサ等のように、上下加速度センサ、左右加速度、ヨーレートを一緒に計測可能な複合センサを用いてもよい。

[0040] 演算装置 24 は、例えば、マイクロコンピュータ等からなる CPU（図示せず）により構成され、図 8 に示すように、遠心加速度算出部 25 と、重力加速度左右方向成分算出部 26 と、超過遠心加速度算出部 27 と、左右加速度補正部 28 と、制御指令値算出部 29 とを有している。この演算装置 24 は、各センサ 11, 12, 13, 23 から入力された検出信号に基づいて、車体 2 の振動を制御するために、左右動ダンパ 9 が発生すべき減衰力を演算する。そして、演算装置 24 は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ 9 のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ 9 に出力する。

[0041] 遠心加速度算出部 25 の入力側は、ヨーレートセンサ 12 と速度センサ 13 とに接続されている。また、遠心加速度算出部 25 の出力側は、超過遠心加速度算出部 27 に接続されている。この遠心加速度算出部 25 は、ヨーレートセンサ 12 から入力された車体 2 のヨーレート ω_z と、速度センサ 13 から入力された車速 v とに基づいて、車体 2 の遠心加速度 a_r を算出する。そして遠心加速度算出部 25 は、遠心加速度検出部を構成し、第 1 の実施の形態と同様に、数 1 式に基づいて遠心加速度 a_r を算出する。

[0042] 重力加速度左右方向成分算出部 26 の入力側は、上下加速度センサ 23 に接続されている。また、重力加速度左右方向成分算出部 26 の出力側は、超過遠心加速度算出部 27 に接続されている。この重力加速度左右方向成分算出部 26 は、上下加速度センサ 23 から入力された上下加速度 a_{sz} に基づいて、重力加速度左右方向成分 a_{gy} を算出する。この場合、重力加速度左右方向成分算出部 26 は、以下の数 4 式に示すように、上下加速度センサ 23 の検出値である上下加速度 a_{sz} と重力加速度 g とを用いて、三平方の定理により重力

加速度左右方向成分 a_{gy} を算出する。なお、重力加速度左右方向成分 a_{gy} が左右方向のいずれを向いているかは、ヨーレートセンサ 12 やロールレートセンサ（図示せず）等を用いて検出することができる。即ち、図 7 に示すように、車両 21 が図 7 上における左側に傾斜している場合は、重力加速度左右方向成分 a_{gy} も左向きとなる。通常の曲線路では、重力加速度左右方向成分 a_{gy} は、遠心加速度 a_r に対して左右方向で逆向きに作用する。

[0043] [数4]

$$a_{gy} = \sqrt{g^2 - a_{sz}^2} \quad [m/s^2]$$

[0044] 超過遠心加速度算出部 27 の入力側は、遠心加速度算出部 25 と重力加速度左右方向成分算出部 26 とに接続されている。また、超過遠心加速度算出部 27 の出力側は、左右加速度補正部 28 に接続されている。この超過遠心加速度算出部 27 は、遠心加速度算出部 25 から入力された遠心加速度 a_r と、重力加速度左右方向成分算出部 26 から入力された重力加速度左右方向成分 a_{gy} とに基づいて、車体 2 の超過遠心加速度 a_{rg} を検出（推定）する。この超過遠心加速度算出部 27 は、超過遠心加速度検出部を構成し、以下の数 5 式に基づいて超過遠心加速度 a_{rg} を算出する。

[0045] 即ち、図 7 に示すように、遠心加速度算出部 25 で算出した遠心加速度 a_r から重力加速度左右方向成分算出部 26 で算出した重力加速度左右方向成分 a_{gy} を除くことにより、実際に車体 2 に作用する超過遠心加速度 a_{rg} を算出することができる。

[0046] [数5]

$$a_{rg} = a_r - a_{gy} \quad [m/s^2]$$

[0047] 左右加速度補正部 28 の入力側は、1 位台車側および 2 位台車側の左右加速度センサ 11 と、超過遠心加速度算出部 27 とに接続されている。また、左右加速度補正部 28 の出力側は、制御指令値算出部 29 に接続されている。この左右加速度補正部 28 は、各左右加速度センサ 11 から入力された左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} と、超過遠心加速度算出部 27 から入力された超過遠心加

速度 a_{rg} に基づいて、振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} , a_{y2} を求める。この場合、左右加速度補正部 28 は、以下の数 6 式、数 7 式に示すように、各左右加速度センサ 11 の検出値である左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から超過遠心加速度算出部 27 の検出値である超過遠心加速度 a_{rg} を減算して、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} を補正する。

[0048] 即ち、図 7 に示すように、各左右加速度センサ 11 は、車両 21 が曲線走行することによる超過遠心加速度 a_{rg} と車体 2 の中心位置での振動加速度 a_{y1} , a_{y2} とを合わせた左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} をそれぞれ検出する。このとき、振動加速度算出部としての左右加速度補正部 28 は、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から超過遠心加速度 a_{rg} を減算して、振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ求めることができる。

[0049] [数 6]

$$a_{y1} = a_{sy1} - a_{rg} \quad [m/s^2]$$

[0050] [数 7]

$$a_{y2} = a_{sy2} - a_{rg} \quad [m/s^2]$$

[0051] 制御指令値算出部 29 の入力側は、左右加速度補正部 28 に接続されている。また、左右加速度補正部 28 の出力側は、左右動ダンパ 9 に接続されている。この制御指令値算出部 29 は、左右加速度補正部 28 から入力された振動加速度 a_{y1} , a_{y2} に基づいて、車体 2 の振動を制御するために左右動ダンパ 9 が発生すべき減衰力を算出する。そして、制御指令値算出部 29 は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ 9 のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ 9 に出力する。

[0052] 次に、コントローラ 22 が制御周期毎に実行する左右動ダンパ 9 の制御用のプログラムについて図 9 を用いて説明する。

[0053] まず、ステップ 11 では、コントローラ 22 は、各センサ 11, 12, 13, 23 からの検出信号に基づいて、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} とヨーレイト ω_z

と車速 v と上下加速度 a_{sz} とを検出する。この場合、コントローラ 22 は、第 1 の実施の形態と同様に、例えば A/D 変換器（図示せず）を用いて、アナログ信号からなる各センサ 11, 12, 13, 23 の検出信号をデジタル信号に変換する。

[0054] 次に、ステップ 12 では、コントローラ 22 の遠心加速度算出部 25 は、上記数 1 式で示したように、ヨーレート ω_z と車速 v とにより遠心加速度 a_r を算出する。

[0055] ステップ 13 では、コントローラ 22 の重力加速度左右方向成分算出部 26 は、上下加速度センサ 23 で求めた上下加速度 a_{sz} に基づいて、重力加速度左右方向成分 a_{gy} を算出する。具体的には、上記数 4 式に示したように、上下加速度 a_{sz} と重力加速度 g とを用いて、三平方の定理により重力加速度左右方向成分 a_{gy} を算出することができる。

[0056] 次に、ステップ 14 では、コントローラ 22 の超過遠心加速度算出部 27 は、遠心加速度算出部 25 で算出した遠心加速度 a_r と重力加速度左右方向成分算出部 26 で算出した重力加速度左右方向成分 a_{gy} とを用いて、超過遠心加速度 a_{rg} を算出する。具体的には、上記数 5 式で示したように、遠心加速度 a_r から重力加速度左右方向成分 a_{gy} を除くことにより、実際に車体 2 に作用する超過遠心加速度 a_{rg} を算出することができる。

[0057] ステップ 15 では、コントローラ 22 の左右加速度補正部 28 は、左右加速度センサ 11 で求めた左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} と上記ステップ 14 で求めた超過遠心加速度 a_{rg} を用いて、振動加速度 a_{y1} , a_{y2} を算出する。具体的には、上記数 6 式、数 7 式に示したように、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から超過遠心加速度 a_{rg} を減算して、車体 2 の中心位置での振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ求めることができる。

[0058] そして、ステップ 16 では、コントローラ 22 の制御指令値算出部 29 は、左右加速度補正部 28 で求めた振動加速度 a_{y1} , a_{y2} に基づいて、左右動ダンパ 9 を制御する制御指令値を算出する。

[0059] かくして、第 2 の実施の形態でも、第 1 の実施の形態とほぼ同様の作用効

果を得ることができる。第2の実施の形態のコントローラ22は、重力加速度左右方向成分 a_{gy} に基づいて超過遠心加速度 a_{rg} を算出する。これにより、カント等によって曲線走行時に車両21が傾斜するときでも、このような傾斜による重力加速度左右方向成分 a_{gy} を考慮して超過遠心加速度 a_{rg} を算出することができる。従って、実際に車体2に作用する超過遠心加速度 a_{rg} を用いて、車体2の振動成分である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求めることができる。この結果、車両21に曲線走行に伴う左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} が作用する場合でも、車体2に振動を引き起こす振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて左右動ダンパ9を制御することができるので、車両21の乗り心地を向上することができる。

[0060] 次に、図2、図10及び図11は本発明の第3の実施の形態を示している。第3の実施の形態の特徴は、コントローラは、車両の走行位置での曲線半径情報に基づいて超過遠心加速度を算出することにある。なお、第3の実施の形態では、前述した第1の実施の形態と同一の構成要素に同一符号を付し、その説明を省略するものとする。

[0061] 第3の実施の形態によるコントローラ31は、第1の実施の形態によるコントローラ10とほぼ同様に構成されている。具体的には、コントローラ31は、図10に示すように、左右加速度センサ11、ヨーレートセンサ12、位置情報取得部32、演算装置33等を含んで構成されている。このコントローラ31は、各車輪4の減衰力制御処理に従って左右動ダンパ9のアクチュエータ（図示せず）に出力すべき制御指令信号を目標電流値として演算処理し、左右動ダンパ9の減衰力を制御する。

[0062] 位置情報取得部32は、車両1に設けられ、現在の車両1の走行位置の情報を得るものである。この位置情報取得部32は、例えば、速度センサ13から検出した車速 v を予め作成した車両1の走行マップにあてはめて、現在の車両1の走行位置の情報を得てもよい。また、車両1が走行する軌道に地上子を配置しておき、該地上子から現在の車両1の走行位置の情報を得てもよいし、GPSや車両1の運行管理センサ等から走行位置の情報を得てもよ

い。

[0063] 演算装置 33 は、例えば、マイクロコンピュータ等からなる CPU（図示せず）により構成され、図 10 に示すように、走行位置曲線半径算出部 34 と、超過遠心加速度算出部 35 と、左右加速度補正部 36 と、制御指令値算出部 37 とを有している。この演算装置 33 は、各センサ 11, 12 から入力された検出信号と、位置情報取得部 32 から入力された車両 1 の位置情報とに基づいて、車体 2 の振動を制御するために左右動ダンパ 9 が発生すべき減衰力を演算する。そして、演算装置 33 は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ 9 のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ 9 に出力する。

[0064] 走行位置曲線半径算出部 34 の入力側は、位置情報取得部 32 に接続されている。また、走行位置曲線半径算出部 34 の出力側は、超過遠心加速度算出部 35 に接続されている。この走行位置曲線半径算出部 34 は、位置情報取得部 32 から入力した車両 1 の位置情報に基づいて、曲線半径 r （曲線路の曲率半径）を算出する。この場合、走行位置曲線半径算出部 34 は、例えば、車両 1 の位置情報を車両 1 の走行マップに照らし合わせて、軌道情報から曲線半径 r を算出することができる。

[0065] 超過遠心加速度算出部 35 の入力側は、ヨーレートセンサ 12 と走行位置曲線半径算出部 34 とに接続されている。また、超過遠心加速度算出部 35 の出力側は、左右加速度補正部 36 に接続されている。この超過遠心加速度算出部 35 は、ヨーレートセンサ 12 から入力された車体 2 のヨーレート ω_z と、走行位置曲線半径算出部 34 から入力された曲線半径 r とに基づいて、車体 2 の超過遠心加速度を検出（推定）する。超過遠心加速度算出部 35 は、超過遠心加速度検出部を構成し、以下の数 8 式に基づいて遠心加速度 a_r を超過遠心加速度として算出する。

[0066] [数 8]

$$a_r = r \omega_z^2 \quad [\text{m} / \text{s}^2]$$

[0067] 左右加速度補正部 36 の入力側は、1 位台車側および 2 位台車側の左右加

速度センサ 11 と、超過遠心加速度算出部 35 とに接続されている。また、左右加速度補正部 36 の出力側は、制御指令値算出部 37 に接続されている。この左右加速度補正部 36 は、振動加速度算出部を構成し、各左右加速度センサ 11 から入力された左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} と、超過遠心加速度算出部 35 から入力された遠心加速度 a_r とに基づいて、振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} , a_{y2} を求める。この場合、左右加速度補正部 36 は、上記数 2 式、数 3 式に示したように、左右加速度センサ 11 の検出値である左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から超過遠心加速度算出部 35 の検出値である遠心加速度 a_r を減算して、振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ求めることができる。

[0068] 制御指令値算出部 37 の入力側は、左右加速度補正部 36 に接続されている。また、制御指令値算出部 37 の出力側は、左右動ダンパ 9 に接続されている。この制御指令値算出部 37 は、左右加速度補正部 36 から入力された振動加速度 a_{y1} , a_{y2} に基づいて、車体 2 の振動を制御するために左右動ダンパ 9 が発生すべき減衰力を算出する。そして、制御指令値算出部 37 は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ 9 のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ 9 に出力する。

[0069] 次に、コントローラ 31 が制御周期毎に実行する左右動ダンパ 9 の制御用のプログラムについて図 11 を用いて説明する。

[0070] まず、ステップ 21 では、コントローラ 31 は、各センサ 11, 12 からの検出信号に基づいて左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} とヨーレート ω_z とを検出し、位置情報取得部 32 から現在の車両 1 の位置情報を取得する。この場合、コントローラ 31 は、第 1 の実施の形態と同様に、例えば A/D 変換器（図示せず）を用いて、アナログ信号からなる各センサ 11, 12 の検出信号をデジタル信号に変換する。

[0071] 次に、ステップ 22 では、コントローラ 31 の走行位置曲線半径算出部 34 は、位置情報取得部 32 で取得した現在の車両 1 の位置情報に基づいて、車両 1 が走行している曲線路の曲線半径 r を算出する。

- [0072] そして、ステップ23では、コントローラ31の超過遠心加速度算出部35は、ヨーレイト ω_z と曲線半径 r とにより超過遠心加速度を算出する。この場合、上記数8式で示したように、ヨーレイト ω_z と曲線半径 r とに基づいて算出した遠心加速度 a_r を超過遠心加速度と推定する。
- [0073] ステップ24では、コントローラ31の左右加速度補正部36は、左右加速度センサ11で求めた左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} と上記ステップ23で求めた超過遠心加速度を用いて、振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を算出する。具体的には、上記数2式、数3式に示したように、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} から超過遠心加速度を減算して、車体2の中心位置での振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} をそれぞれ求めることができる。
- [0074] そして、ステップ25では、コントローラ31の制御指令値算出部37は、左右加速度補正部36で求めた振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて、左右動ダンパ9を制御する制御指令値を算出する。
- [0075] かくして、第3の実施の形態でも、第1の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。第3の実施の形態では、コントローラ31は、車両1の走行位置での曲線半径 r に基づいて超過遠心加速度を算出する。これにより、車速 v を用いずに超過遠心加速度を算出することができ、該超過遠心加速度を用いて、車体2の振動成分である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求めることができる。
- [0076] 次に、図2、図12ないし図14は本発明の第4の実施の形態を示している。第4の実施の形態の特徴は、コントローラは、車体の傾きを算出して、該車体の傾きに基づいて振動加速度を求めることにある。なお、第4の実施の形態では、前述した第1の実施の形態と同一の構成要素に同一符号を付し、その説明を省略するものとする。
- [0077] 第4の実施の形態によるコントローラ41は、第1の実施の形態によるコントローラ10とほぼ同様に構成されている。具体的には、コントローラ41は、図13に示すように、左右加速度センサ11、ヨーレイトセンサ12、速度センサ13、演算装置42等を含んで構成されている。このコントロ

ーラ 4 1 は、各車輪 4 の減衰力制御処理に従って左右動ダンパ 9 のアクチュエータ（図示せず）に出力すべき制御指令信号を目標電流値として演算処理し、左右動ダンパ 9 の減衰力を制御する。

[0078] 演算装置 4 2 は、例えば、マイクロコンピュータ等からなる CPU（図示せず）により構成され、図 1 3 に示すように、超過遠心加速度算出部 4 3 と、左右加速度補正部 4 4 と、制御指令値算出部 4 5 とを有している。この演算装置 4 2 は、各センサ 1 1, 1 2, 1 3 から入力された検出信号に基づいて、車体 2 の振動を制御するために左右動ダンパ 9 が発生すべき減衰力を演算する。そして、演算装置 4 2 は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ 9 のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ 9 に出力する。

[0079] 超過遠心加速度算出部 4 3 の入力側は、ヨーレイトセンサ 1 2 と速度センサ 1 3 とに接続されている。また、超過遠心加速度算出部 4 3 の出力側は、左右加速度補正部 4 4 に接続されている。この超過遠心加速度算出部 4 3 は、ヨーレイトセンサ 1 2 から入力された車体 2 のヨーレイト ω_z と、速度センサ 1 3 から入力された車速 v とに基づいて、車体 2 の超過遠心加速度を検出（推定）する。即ち、超過遠心加速度算出部 4 3 は、第 1 の実施の形態の超過遠心加速度算出部 1 5 と同様に超過遠心加速度検出部を構成し、上記数 1 式に基づいて遠心加速度 a_r を超過遠心加速度として算出する。

[0080] この場合、図 1 2 に示すように、遠心加速度 a_r は地面（地平面）に対して水平方向となる。即ち、車両 1 の車体 2 がカント等による傾斜面によって傾き θ だけ傾いている場合は、遠心加速度 a_r のベクトルの向きは、車両 1 の左右方向とは傾き θ だけ異なっている。また、車両 1 が傾き θ だけ傾いているので、遠心加速度 a_r の上下方向成分 a_{rz} は該傾斜面とは垂直（ $a_{rz} = a_r \sin \theta$ ）となる。一方、遠心加速度 a_r の左右方向成分 a_{ry} は該傾斜面とは平行（ $a_{ry} = a_r \cos \theta$ ）となる。

[0081] 左右加速度補正部 4 4 の入力側は、1 位台車側および 2 位台車側の左右加速度センサ 1 1 と、超過遠心加速度算出部 4 3 とに接続されている。また、

左右加速度補正部 4 4 の出力側は、制御指令値算出部 4 5 に接続されている。この左右加速度補正部 4 4 は、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ除去するローパスフィルタ 4 4 A, 4 4 B と、車両 1 の傾き θ を算出する傾き算出部 4 4 C とを含んで構成されている。そして、左右加速度補正部 4 4 は、各左右加速度センサ 1 1 から入力された左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} と、超過遠心加速度算出部 4 3 から入力された遠心加速度 a_r とに基づいて、振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} , a_{y2} を求める。

[0082] ローパスフィルタ 4 4 A, 4 4 B は、各左右加速度センサ 1 1 で検出した左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ除去する算出部として設けられている。ローパスフィルタ 4 4 A, 4 4 B のカットオフ周波数は、振動加速度 a_{y1} , a_{y2} を除去するが、車体 2 のロール振動成分は除去しない所定の値に設定されている。これは、ローパスフィルタ 4 4 A, 4 4 B により車体 2 のロール振動成分を除去してしまうと、ロール振動による車体 2 の傾きを考慮することができなくなってしまうからである。このローパスフィルタ 4 4 A, 4 4 B は、以下の数 9 式および数 10 式で示すように、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ除去するものである。

[0083] [数 9]

$$a_{sy1} - a_{y1} = a_{syf1} \quad [m/s^2]$$

[0084] [数 10]

$$a_{sy2} - a_{y2} = a_{syf2} \quad [m/s^2]$$

[0085] 傾き算出部 4 4 C は、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} と遠心加速度 a_r と重力加速度 g とから車両 1 の傾き θ を算出するものである。ここで、図 12 に示すように、車両 1 がカント等による傾斜面や車両傾斜装置等のため傾き θ だけ傾いているときは、各左右加速度センサ 1 1 で検出される左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} は、該傾斜面とは平行となる。また、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} にローパスフィルタ

4 4 A, 4 4 Bを適用した左右加速度 a_{syf1} , a_{syf2} は、振動成分が除去されているため、遠心加速度（超過遠心加速度） a_r と概ね等しいと考えられる。このため、左右加速度 a_{syf1} , a_{syf2} のベクトル（方向）は、遠心加速度 a_r の左右方向成分 a_{ry} と重力加速度 g の左右方向成分 a_{gy} （ $= g \sin \theta$ ）と向きが等しいと仮定すると、以下の数 1 1 式および数 1 2 式が成立する。

[0086] [数11]

$$a_{syf1} = a_{ry} - a_{gy} \quad [m/s^2]$$

[0087] [数12]

$$a_{syf2} = a_{ry} - a_{gy} \quad [m/s^2]$$

[0088] この場合、車両 1 の傾き θ が 15° 未満（ $\theta < 15^\circ$ ）である場合は、 $\sin \theta \doteq \theta$ 、 $\cos \theta \doteq 1$ が成立する。従って、傾き算出部 4 4 Cは、以下の数 1 3 式および数 1 4 式により車両 1 の傾き θ （1 位台車側の傾き $\theta 1$ 及び 2 位台車側の傾き $\theta 2$ ）を算出することができる。

[0089] [数13]

$$\theta 1 = \frac{a_r - a_{syf1}}{g} = \frac{\omega_z V - a_{syf1}}{g}$$

[0090] [数14]

$$\theta 2 = \frac{a_r - a_{syf2}}{g} = \frac{\omega_z V - a_{syf2}}{g}$$

[0091] そして、振動加速度算出部としての左右加速度補正部 4 4 は、以下の数 1 5 式および数 1 6 式に示すように、傾き $\theta 1$, $\theta 2$ を用いて、左右加速度 a_{sy1} , a_{sy2} から遠心加速度 a_r の左右方向成分 a_{ry} （ $= a_r \cos \theta$ ）を減算して、振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ求めることができる。

[0092] [数15]

$$a_{y1} = a_{sy1} - (a_r \cos \theta 1 - g \sin \theta 1) \quad [m/s^2]$$

[0093] [数16]

$$a_{y2} = a_{sy2} - (a_r \cos \theta 2 - g \sin \theta 2) \quad [m/s^2]$$

- [0094] 制御指令値算出部45の入力側は、左右加速度補正部44に接続されている。また、制御指令値算出部45の出力側は、左右動ダンパ9に接続されている。この制御指令値算出部45は、左右加速度補正部44から入力された振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて、車体2の振動を制御するために左右動ダンパ9が発生すべき減衰力を算出する。そして、制御指令値算出部45は、算出した減衰力に基づいて左右動ダンパ9のアクチュエータに供給すべき目標電流値を演算し、該目標電流値を制御指令信号として左右動ダンパ9に出力する。
- [0095] 次に、コントローラ41が制御周期毎に実行する左右動ダンパ9の制御用のプログラムについて図14を用いて説明する。
- [0096] まず、ステップ31では、コントローラ41は、各センサ11、12、13からの検出信号に基づいて左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} とヨーレイト ω_z と車速 v とを検出する。この場合、コントローラ41は、第1の実施の形態と同様に、例えばAD変換器（図示せず）を用いて、アナログ信号からなる各センサ11、12、13の検出信号をデジタル信号に変換する。
- [0097] 次に、ステップ32では、コントローラ41の超過遠心加速度算出部43は、ヨーレイト ω_z と車速 v とにより超過遠心加速度を算出する。この場合、上記数1式で示したように、ヨーレイト ω_z と車速 v とに基づいて算出した遠心加速度 a_r を超過遠心加速度と推定する。
- [0098] そして、ステップ33では、コントローラ41の左右加速度補正部44は、左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} と遠心加速度 a_r と重力加速度 g とを用いて、車体2の傾き θ を算出する。具体的には、左右加速度補正部44のローパスフィルタ44A、44Bは、各左右加速度センサ11で検出した左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} から振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} をそれぞれ除去して、左右加速度 a_{syf1} 、 a_{syf2} を算出する（数9式および数10式参照）。そして、左右加速度補正部44の傾き算出部44Cは、左右加速度 a_{syf1} 、 a_{syf2} と遠心加速度 a_r と重力加速度 g とを用いて、車体2の傾き θ を算出する（数13式および数14式参照）。

- [0099] ステップ34では、コントローラ41の左右加速度補正部44は、左右加速度センサ11で求めた左右加速度 a_{sy1} 、 a_{sy2} と上記ステップ33で求めた車体2の傾き θ を用いて、車体2の中心位置での振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を算出する（数15式および数16式参照）。
- [0100] そして、ステップ35では、コントローラ41の制御指令値算出部45は、左右加速度補正部44で求めた振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} に基づいて、左右動ダンパ9を制御する制御指令値を算出する。
- [0101] かくして、第4の実施の形態でも、第1の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。第4の実施の形態では、コントローラ41は、車両1の車体2の傾き θ に基づいて、車体2の振動成分である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を算出する。これにより、カントの傾斜面や車体傾斜装置の情報がなくても、車体2の傾き θ を推定して、該車体2の傾き θ に基づいて車体2に振動を引き起こす振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を算出することができる。
- [0102] なお、前記第1の実施の形態では、左右加速度センサ11とヨーレートセンサ12とを、各台車3の直上近傍に位置して車体2に2個ずつ設ける構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、車体の任意の位置に設けられたセンサからの検出信号を用いて、必要箇所の左右加速度やヨーレートを演算によって求めてもよい。従って、左右加速度センサとヨーレートセンサは、車体に1個ずつ設ける構成としてもよい。この構成は、第2、第3、第4の実施の形態にも同様に適用することができる。
- [0103] また、前記第3の実施の形態では、コントローラ31は、車両1の走行位置での曲線半径 r に基づいて超過遠心加速度を算出し、該超過遠心加速度を用いて車体2の振動成分である振動加速度 a_{y1} 、 a_{y2} を求める構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、第2の実施の形態と同様に、曲線半径に基づいて算出した超過遠心加速度から重力加速度による左右方向成分を除いて振動加速度を算出する構成としてもよい。
- [0104] また、前記第4の実施の形態では、左右加速度補正部44は、ローパスフィルタ44A、44Bを用いて、各左右加速度センサ11で検出した左右加

速度 a_{sy1} , a_{sy2} から振動成分の左右加速度である振動加速度 a_{y1} , a_{y2} をそれぞれ除去する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、左右加速度補正部は、左右加速度センサで検出した加速度から所定の時間毎における平均値を求めて、振動加速度を除去する構成としてもよい。具体的には、例えば、振動加速度の周期が 0.5 秒程度であり、車体のロール成分の振動周期が 1.5 秒程度である場合には、左右加速度センサで検出した加速度から 1 秒間毎における平均値を求めて、振動加速度を除去する構成としてもよい。

[0105] また、前記第 4 の実施の形態では、超過遠心加速度算出部 43 は、車体 2 のヨーレイト ω_z と、車速 v とに基づいて、車体 2 の超過遠心加速度を検出する構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、第 3 の実施の形態と同様に、超過遠心加速度算出部は、車体のヨーレイト ω_z と、車両の位置情報から算出した曲線半径 r とに基づいて、車体の超過遠心加速度を検出する構成としてもよい。

[0106] また、前記第 1 の実施の形態では、コントローラ 10 は、スカイフック制御則によって左右動ダンパ 9 の減衰力指令値を演算する構成としたが、本発明はこれに限らず、例えば LQG 制御則、 H_∞ 制御則等のような他の制御則に基づいて減衰力指令値を演算してもよい。この構成は、第 2、第 3、第 4 の実施の形態にも適用することができる。

[0107] また、前記各実施の形態では、ダンパ 8, 9 がセミアクティブダンパである場合を例に挙げて説明したが、これに代えて、アクティブダンパを用いるようにしてもよい。

[0108] また、前記各実施の形態では、作動油が封入された減衰力調整式油圧緩衝器からなるダンパ 8, 9 に適用した場合を例に挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限らず、例えば作動流体として空気が封入された減衰力調整式空圧緩衝器に適用してもよい。

[0109] さらに、前記各実施の形態では、本発明のサスペンション制御装置を鉄道車両 1, 21 に適用した場合を例に挙げて説明したが、自動車等の他の車両に適用してもよい。

- [0110] 次に、前記各実施の形態に含まれる発明について記載する。本発明によれば、コントローラは、車両の進行方向に対して左右方向に作用する車体の左右加速度を検出する左右加速度検出部と、前記車体のヨーレイトに基づいて前記車体の超過遠心加速度を検出、または推定する超過遠心加速度検出部と、前記左右加速度検出部の検出値から前記超過遠心加速度検出部の検出値を減算して振動成分の左右加速度を求める振動加速度算出部と、を有する構成とした。このため、車体のヨーレイトに基づいて、振動成分の左右加速度を求めることができる。この結果、車両に曲線走行に伴う左右加速度が作用する場合でも、車体に振動を引き起こす振動成分の左右加速度に基づいて、減衰力調整式緩衝器の減衰力を制御することができるので、車両の乗り心地を向上することができる。
- [0111] 本発明によれば、超過遠心加速度検出部は、車両の走行速度に基づいて超過遠心加速度を算出する構成とした。これにより、車両の走行速度とヨーレイトから超過遠心加速度を算出することができ、該超過遠心加速度に基づいて車体の振動成分の左右加速度を検出することができる。この結果、車両の走行位置を取得する必要がないから、車両の走行位置情報に基づいて制御する場合に比べて、適用可能な線路区間を広げることができる。
- [0112] 本発明によれば、超過遠心加速度検出部は、重力加速度の左右方向成分に基づいて超過遠心加速度を算出する構成とした。これにより、カント等によって曲線走行時に車両が傾斜するときでも、このような傾斜による重力加速度の左右方向成分を除去して超過遠心加速度を算出することができる。この結果、カント等の影響を考慮して、実際に車体に作用する超過遠心加速度を算出することができる。
- [0113] 本発明によれば、超過遠心加速度検出部は、車両の位置情報に基づいて超過遠心加速度を算出する構成とした。これにより、車両の走行速度を用いずに超過遠心加速度を算出することができ、該超過遠心加速度を用いて、車体の振動成分の左右加速度を求めることができる。
- [0114] 本発明によれば、振動加速度算出部は、左右加速度、超過遠心加速度、重

力加速度に基づいて前記車体の傾きを算出して、該車体の傾きに基づいて振動成分の左右加速度を求める構成とした。これにより、カントの傾斜面や車体傾斜装置の情報がなくても、車体の傾きを推定して、該車体の傾きに基づいて車体に振動を引き起こす振動加速度を算出することができる。

[0115] 以上説明した実施形態に基づくサスペンション制御装置として、例えば、以下に述べる態様のものが考えられる。

[0116] サスペンション制御装置の第1の態様としては、車体と台車とを有する車両に設けられる減衰力調整式緩衝器と、該減衰力調整式緩衝器の減衰力を制御するコントローラと、を備えたサスペンション制御装置であって、前記コントローラは、前記車両の進行方向に対して左右方向に作用する前記車体の左右加速度を検出する左右加速度検出部と、前記車体のヨーレートに基づいて前記車体の超過遠心加速度を検出、または推定する超過遠心加速度検出部と、前記左右加速度検出部の検出値から前記超過遠心加速度検出部の検出値を減算して振動成分の左右加速度を求める振動加速度算出部と、を有する。

[0117] 第2の態様としては、第1の態様において、前記超過遠心加速度検出部は、前記車両の走行速度に基づいて前記超過遠心加速度を算出する。

[0118] 第3の態様としては、第1の態様または第2の態様において、前記超過遠心加速度検出部は、重力加速度の左右方向成分に基づいて前記超過遠心加速度を算出する。

[0119] 第4の態様としては、第1の態様において、前記超過遠心加速度検出部は、前記車両の位置情報に基づいて前記超過遠心加速度を算出する。

[0120] 第5の態様としては、第1の態様乃至第4の態様のいずれかにおいて、前記振動加速度算出部は、左右加速度、超過遠心加速度、重力加速度に基づいて前記車体の傾きを算出して、該車体の傾きに基づいて前記振動成分の左右加速度を求める。

符号の説明

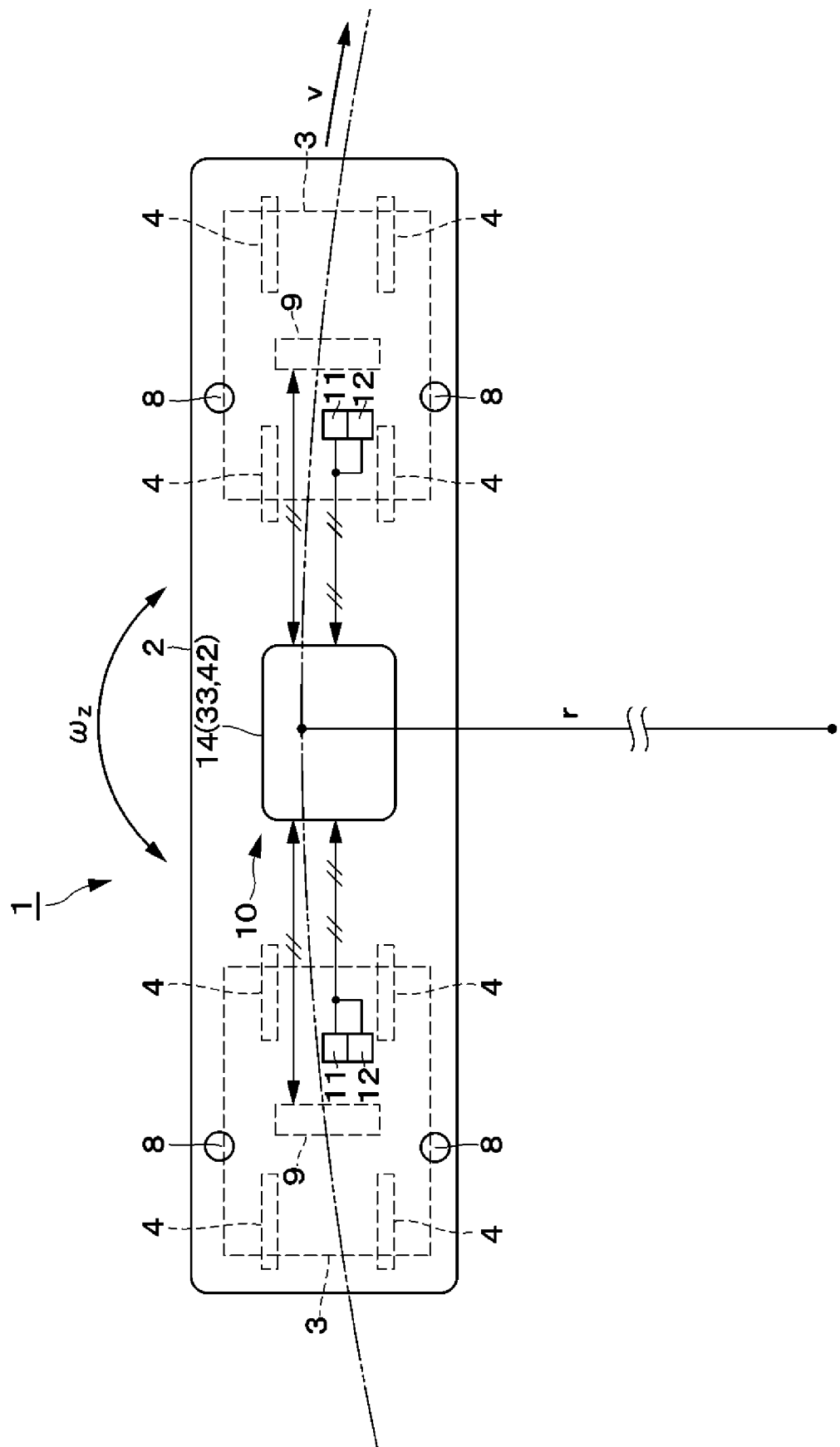
[0121] 1, 2 1 鉄道車両（車両）
2 車体

- 3 台車
- 8 上下動ダンパ（減衰力調整式緩衝器）
- 9 左右動ダンパ（減衰力調整式緩衝器）
- 10, 22, 31, 41 コントローラ
- 11 左右加速度センサ（左右加速度検出部）
- 15, 27, 35, 43 超過遠心加速度算出部（超過遠心加速度検出部
）
- 16, 28, 36, 44 左右加速度補正部（振動加速度算出部）
- 23 上下加速度センサ

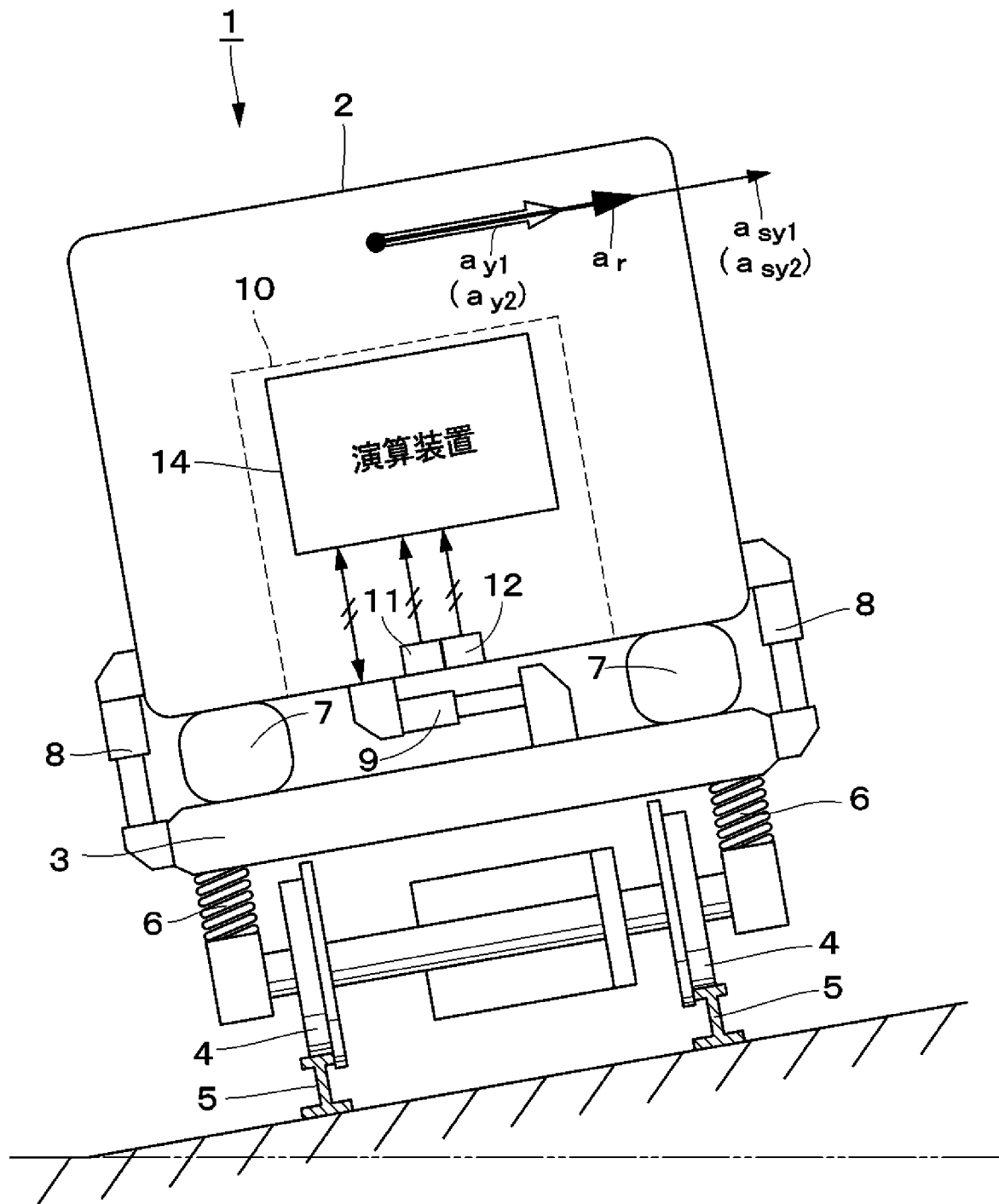
請求の範囲

- [請求項1] 車体と台車とを有する車両に設けられる減衰力調整式緩衝器と、
該減衰力調整式緩衝器の減衰力を制御するコントローラと、を備えたサスペンション制御装置であって、
前記コントローラは、
前記車両の進行方向に対して左右方向に作用する前記車体の左右加速度を検出する左右加速度検出部と、
前記車体のヨーレートに基づいて前記車体の超過遠心加速度を検出、または推定する超過遠心加速度検出部と、
前記左右加速度検出部の検出値から前記超過遠心加速度検出部の検出値を減算して振動成分の左右加速度を求める振動加速度算出部と、
を有することを特徴とするサスペンション制御装置。
- [請求項2] 前記超過遠心加速度検出部は、前記車両の走行速度に基づいて前記超過遠心加速度を算出する請求項1に記載のサスペンション制御装置。
- [請求項3] 前記超過遠心加速度検出部は、重力加速度の左右方向成分に基づいて前記超過遠心加速度を算出する請求項1または2に記載のサスペンション制御装置。
- [請求項4] 前記超過遠心加速度検出部は、前記車両の位置情報に基づいて前記超過遠心加速度を算出する請求項1に記載のサスペンション制御装置。
- [請求項5] 前記振動加速度算出部は、左右加速度、超過遠心加速度、重力加速度に基づいて前記車体の傾きを算出して、
該車体の傾きに基づいて前記振動成分の左右加速度を求める請求項1ないし4のいずれかに記載のサスペンション制御装置。

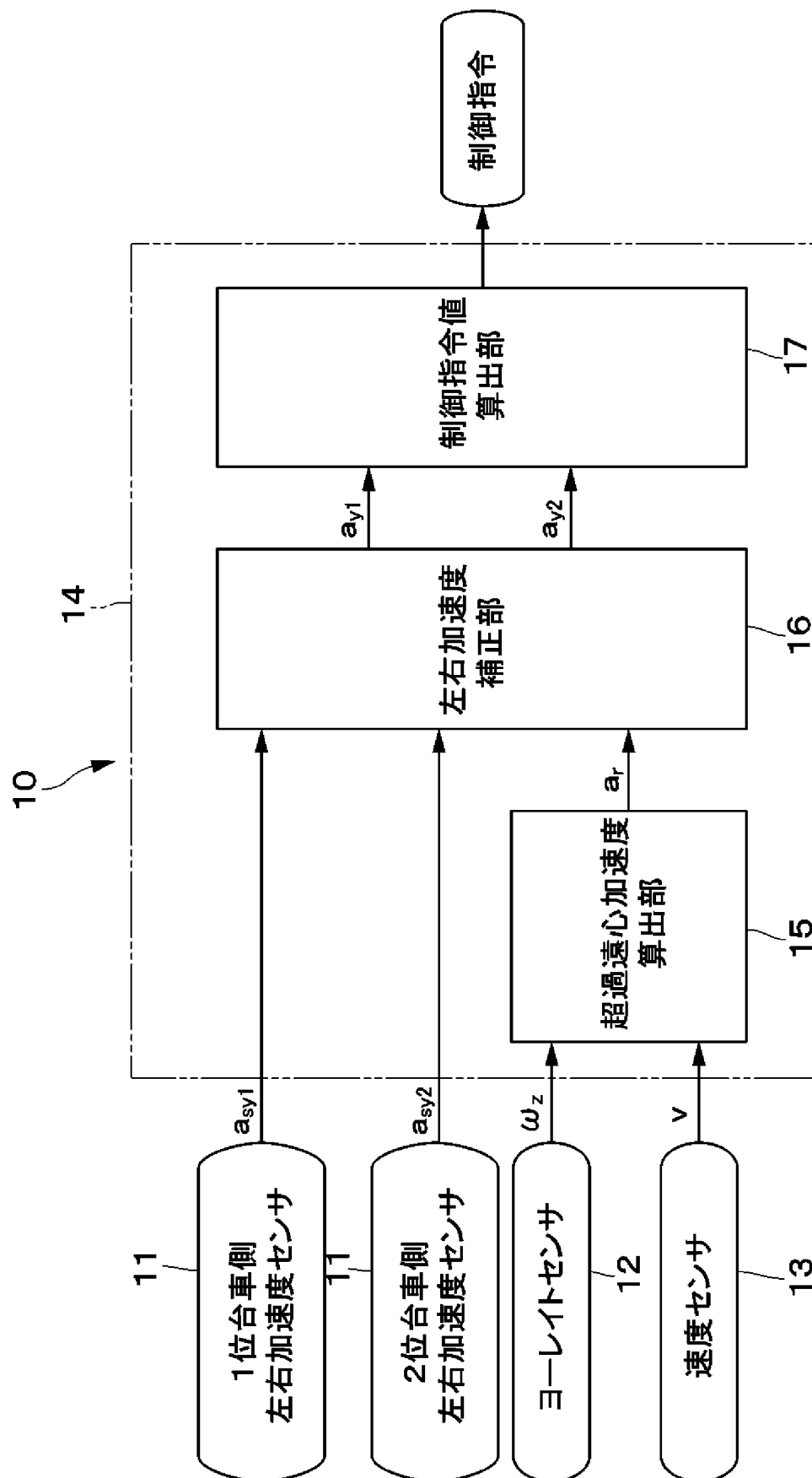
[図2]



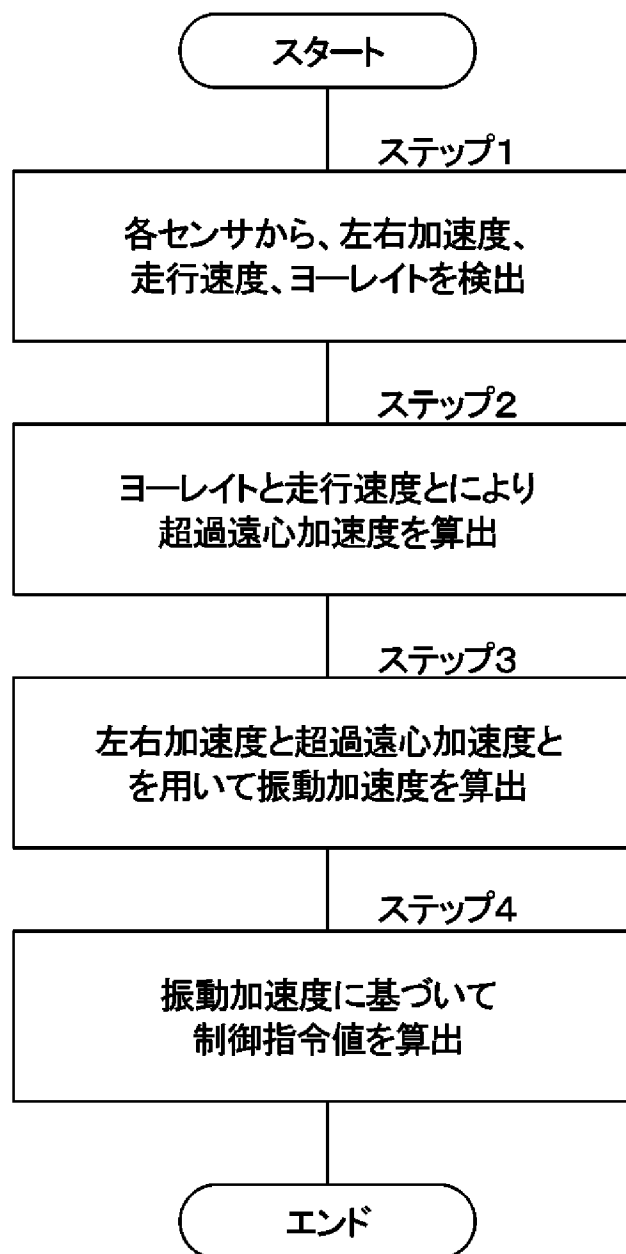
[図3]



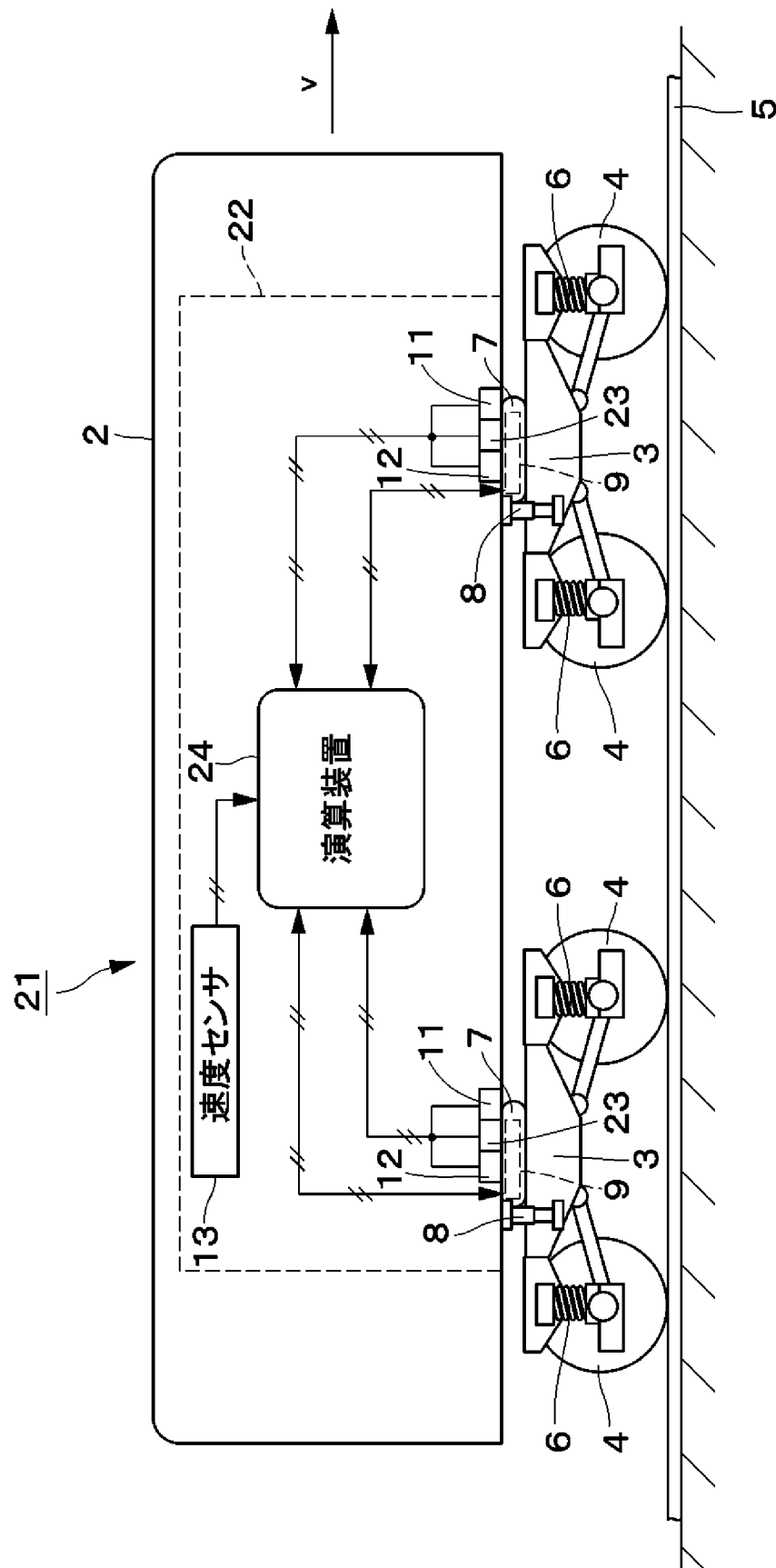
[図4]



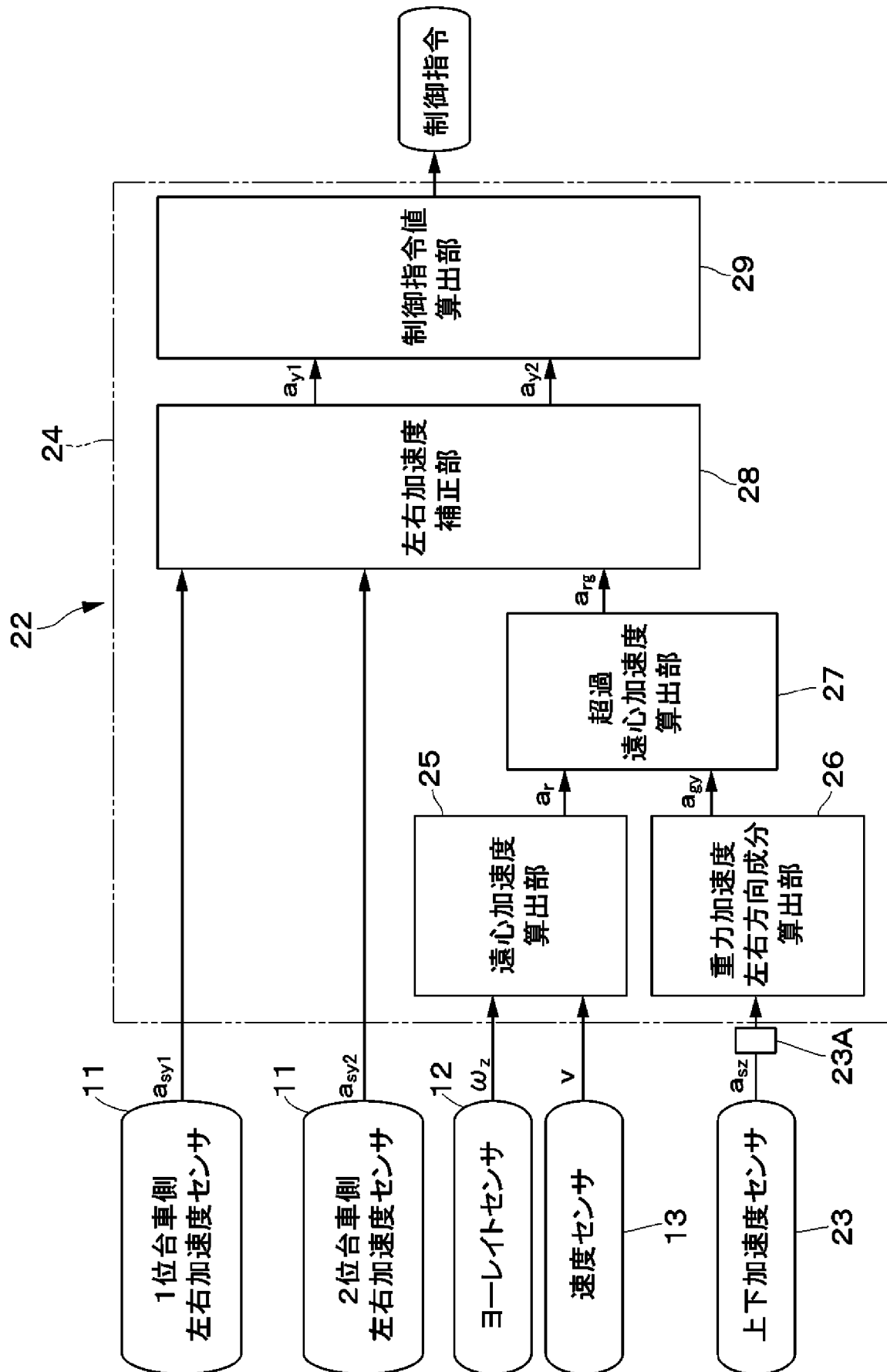
[図5]



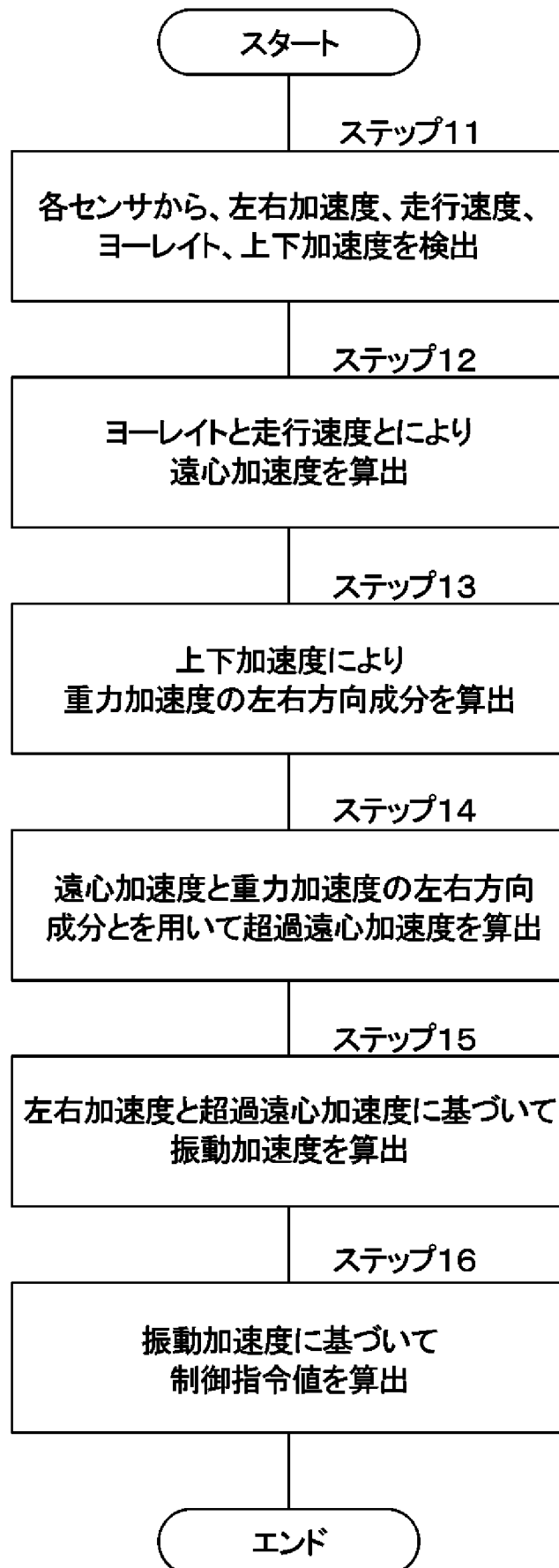
[図6]



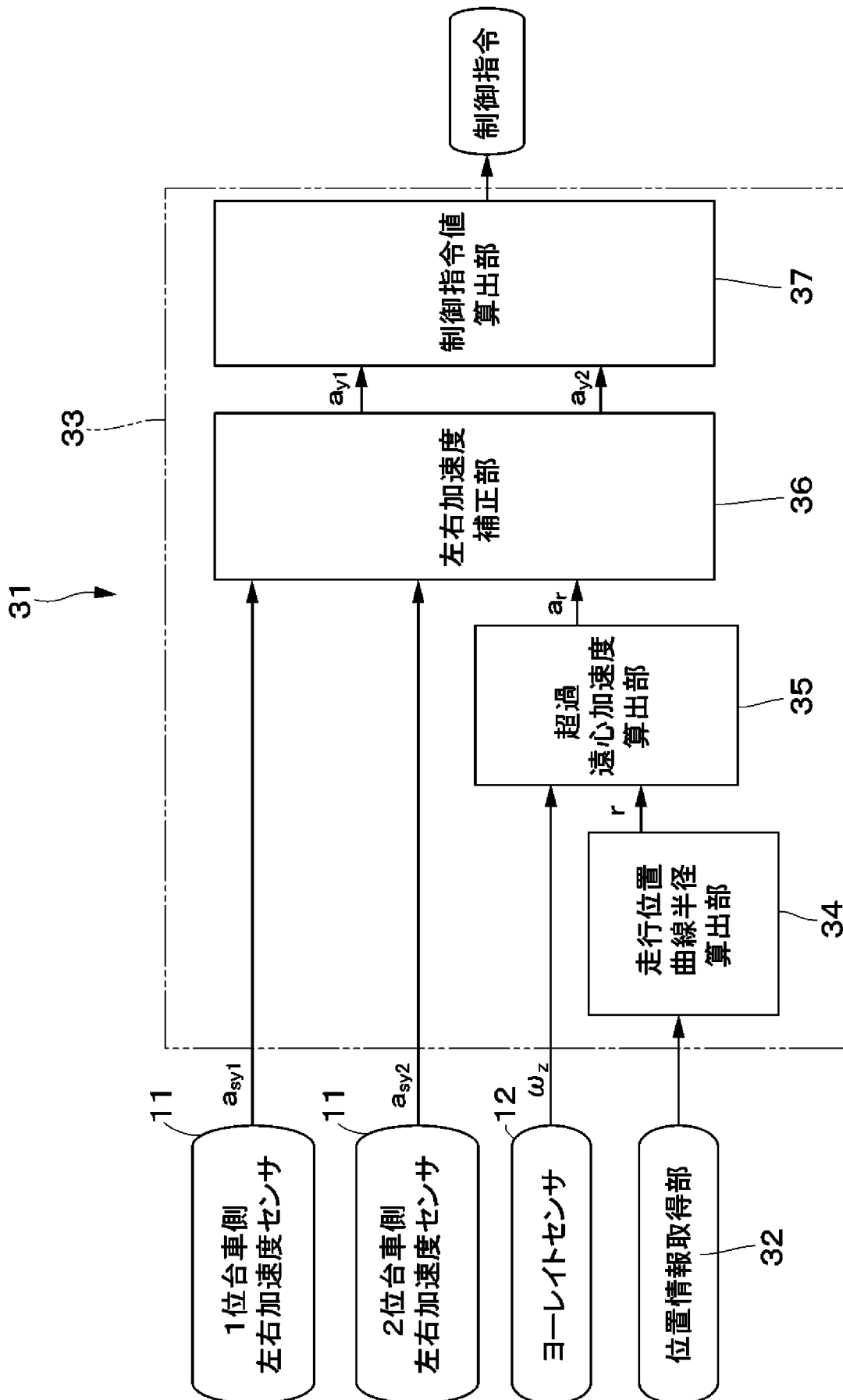
[図8]



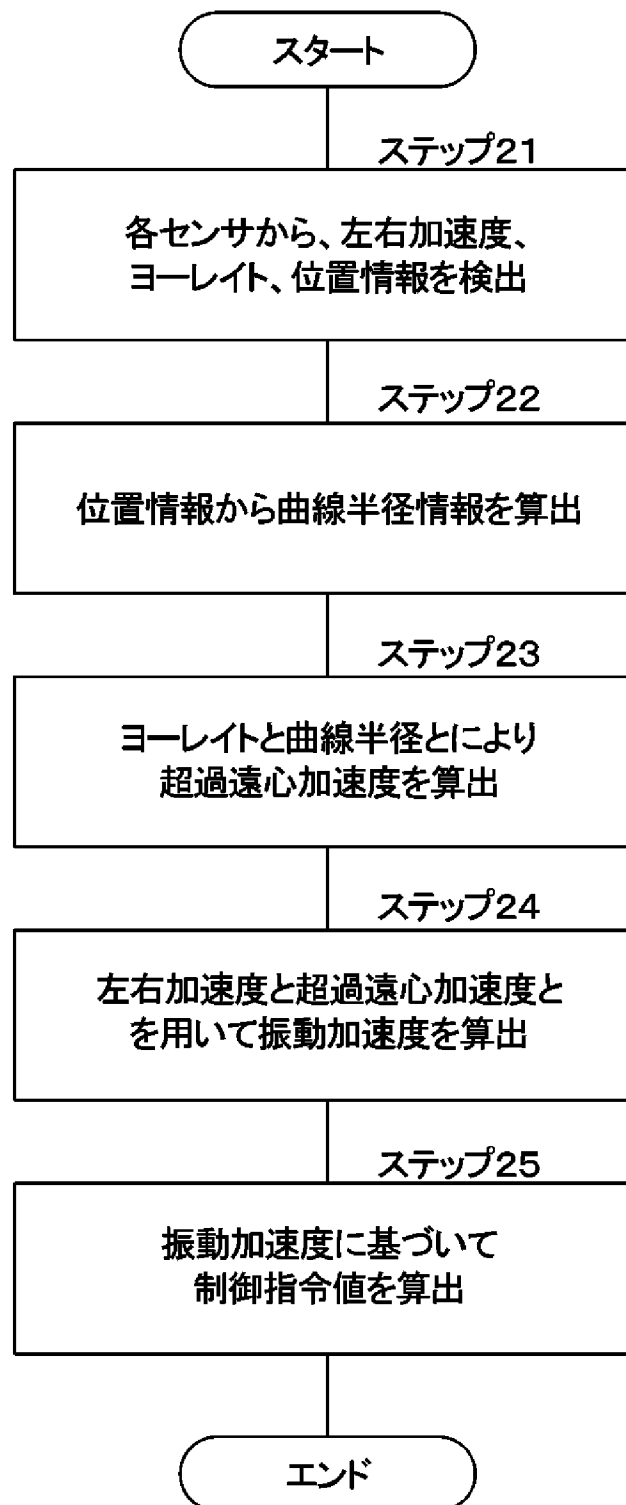
[図9]



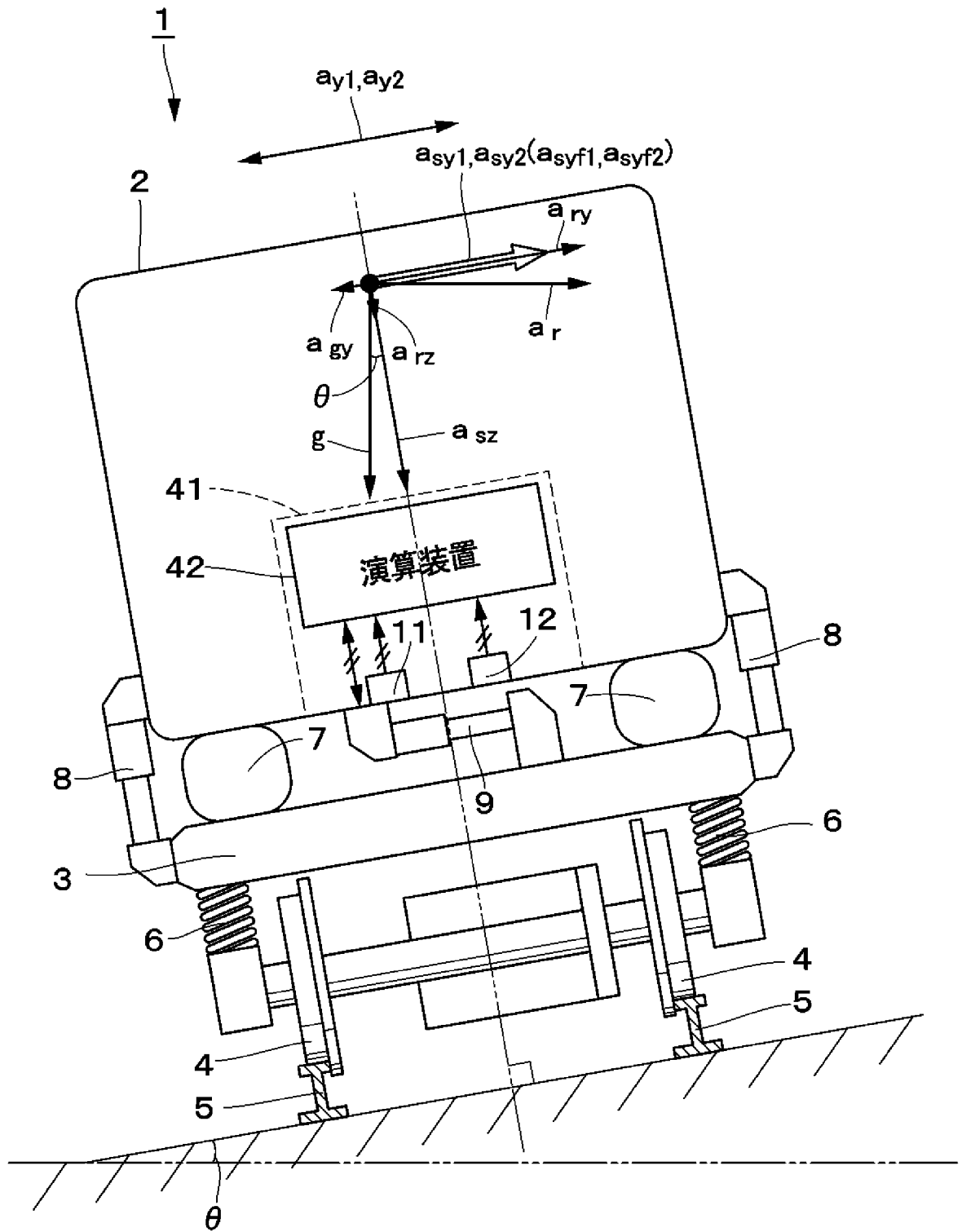
[図10]



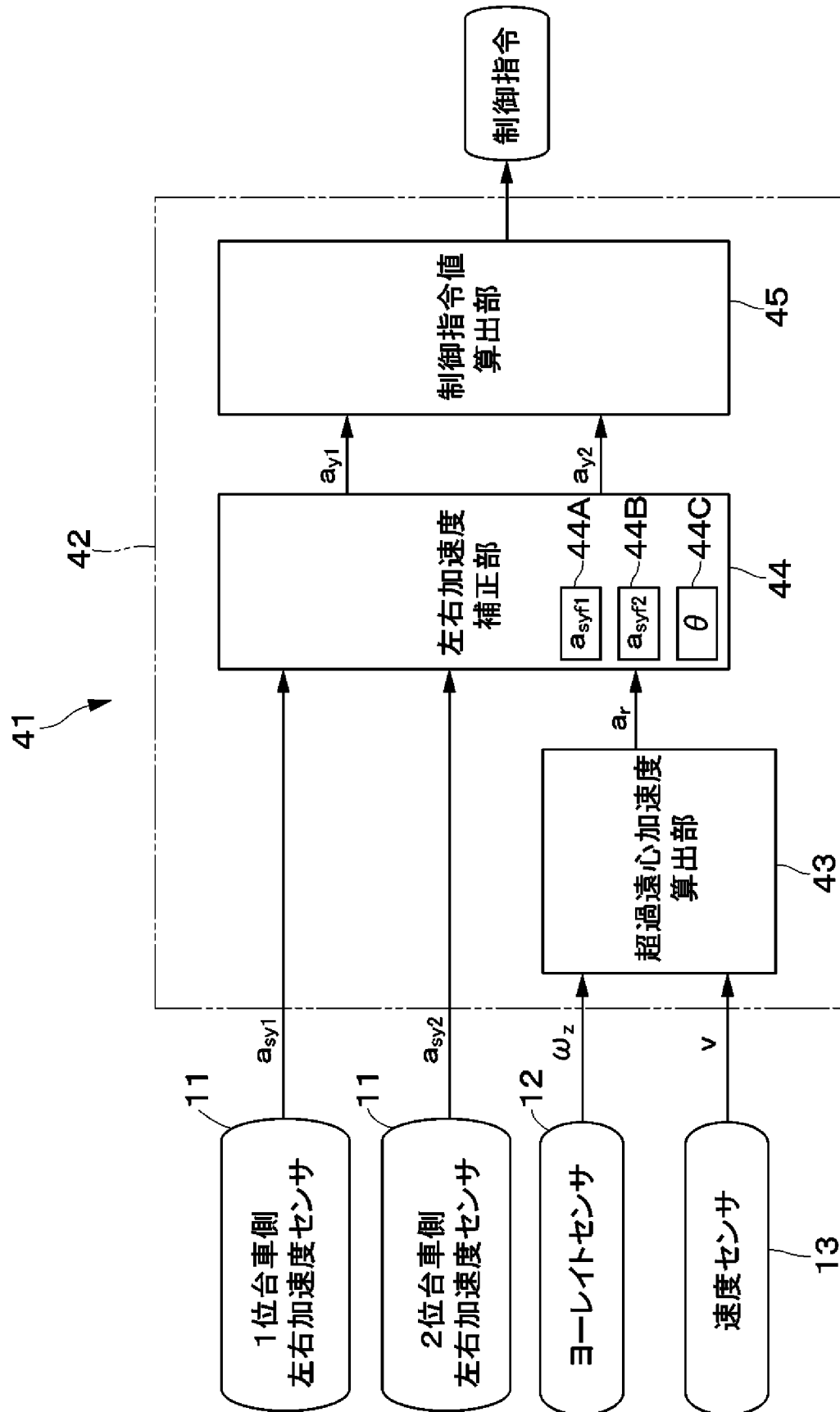
[図11]



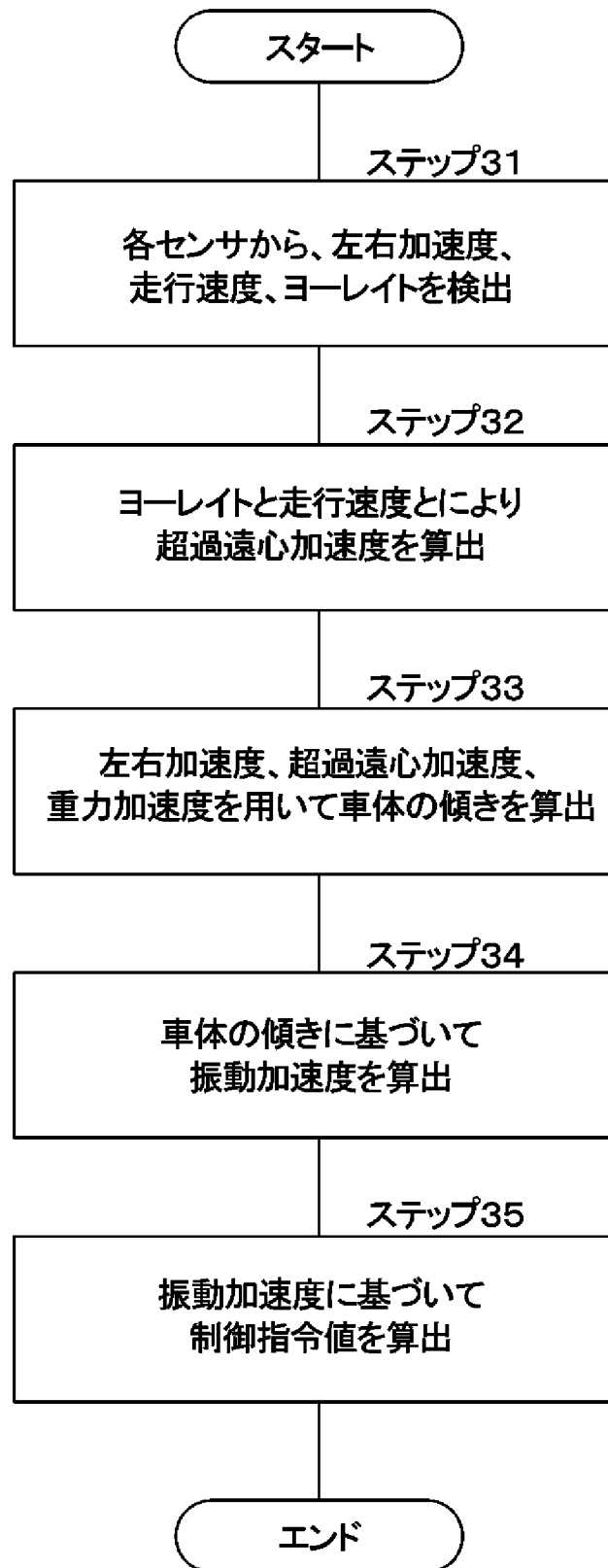
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/055657

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B61F5/24(2006.01)i, B60G99/00(2010.01)n

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)

B61F5/24, B60G99/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 2009-40081 A (Kayaba Industry Co., Ltd.), 26 February 2009 (26.02.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-4 5
Y A	JP 2009-241722 A (Railway Technical Research Institute), 22 October 2009 (22.10.2009), claim 1; paragraphs [0025] to [0033] (Family: none)	1-4 5
A	JP 2014-162420 A (JTEKT Corp.), 08 September 2014 (08.09.2014), paragraph [0050] & US 2014/0238769 A1 paragraph [0040] & EP 2772412 A2 & CN 104002860 A	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 April 2016 (05.04.16)

Date of mailing of the international search report
19 April 2016 (19.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/055657

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-171430 A (Advics Co., Ltd.), 10 September 2012 (10.09.2012), claim 6 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B61F5/24(2006.01)i, B60G99/00(2010.01)n

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. B61F5/24, B60G99/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 請求項の番号
Y A	JP 2009-40081 A (カヤバ工業株式会社) 2009.02.26, 全文、全図（ファミリーなし）	1-4 5
Y A	JP 2009-241722 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2009.10.22, 請求項1、段落【0025】～【0033】（ファミリーなし）	1-4 5
A	JP 2014-162420 A (株式会社ジェイテクト) 2014.09.08, 段落【0050】 & US 2014/0238769 A1, 段落【0040】 & EP 2772412 A2 & CN 104002860 A	1-5

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

05.04.2016

国際調査報告の発送日

19.04.2016

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）

畔津 圭介

3D

3621

電話番号 03-3581-1101 内線 3341

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 請求項の番号
A	JP 2012-171430 A (株式会社アドヴィックス) 2012. 09. 10, 請求項 6 (ファミリーなし)	1-5