

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-286502

(P2004-286502A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004.10.14)

(51) Int. Cl.⁷

GO 1 M 17/007
// B 6 1 F 5/22

F I

GO 1 M 17/00 Z
B 6 1 F 5/22 Z

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-77045 (P2003-77045)
(22) 出願日 平成15年3月20日 (2003.3.20)

(71) 出願人 000173784
財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(74) 代理人 100089635
弁理士 清水 守
(74) 代理人 100096426
弁理士 川合 誠
(72) 発明者 鈴木 浩明
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内
(72) 発明者 白戸 宏明
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内
(72) 発明者 手塚 和彦
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内

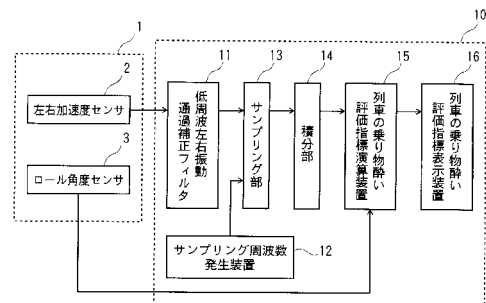
(54) 【発明の名称】 列車の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 列車の乗り物酔い評価指標を確実に計測することができる列車の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、左右加速度センサ2と、この左右加速度センサ2からの左右加速度情報が入力される低周波左右振動通過補正フィルタ11と、この低周波左右振動通過補正フィルタ11から出力される低周波左右振動の瞬時値をサンプリングするサンプリング部13と、このサンプリング部13によりサンプリングされた値を積分する積分部14と、この積分部14から出力される積分値に基づいて列車の乗り物酔い評価指標の計測を行う列車の乗り物酔い評価指標演算装置15とを具備する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

左右加速度センサからの左右加速度情報を低周波左右振動通過補正フィルタとサンプリング部に通し、そこから得られた低周波左右振動の瞬時値を積分することにより、列車の乗り物酔い評価指標の計測を行うことを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記低周波左右振動通過補正フィルタが、略 0.25 から 0.315 Hz をピーク周波数とし、略 -18 dB / オクターブの特性を有することを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記低周波左右振動の積分値を X とし、A と C を定数項とした場合に、酔いの評価式が $Y = A \cdot X + C$ であることを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測方法。

【請求項 4】

請求項 3 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記低周波左右振動の積分値は、1 秒間に 100 Hz のサンプリング周波数に基づいて瞬時値をサンプリングし、該瞬時値を 30 分間積分して得ることを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記酔いの評価式が $Y = 0.2X - 3$ であることを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測方法。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、更に、ロール角度情報を組み合わせることを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測方法。

【請求項 7】

(a) 左右加速度センサと、
 (b) 該左右加速度センサからの左右加速度情報が入力される低周波左右振動通過補正フィルタと、
 (c) 該低周波左右振動通過補正フィルタから出力される低周波左右振動の瞬時値をサンプリングするサンプリング手段と、
 (d) 該サンプリング手段によりサンプリングされた瞬時値を積分する積分手段と、
 (e) 該積分手段から出力される積分値に基づいて列車の乗り物酔い評価指標の計測を行う乗り物酔い評価指標の計測手段とを具備することを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、前記低周波左右振動通過補正フィルタが、略 0.25 から 0.315 Hz をピーク周波数とし、略 -18 dB / オクターブの特性を有することを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、前記サンプリング手段は 1 秒間に 100 Hz のサンプリング周波数に基づいたサンプリングを行い、前記積分手段でそのサンプリング値を 30 分間積分することを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測装置。

【請求項 10】

請求項 7 ~ 9 のいずれか 1 項記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、更に、ロール角度センサを備え、ロール角度又はロール角速度情報を組み合わせることを特徴とする列車の乗り物酔い評価指標の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

30

40

50

【発明の属する技術分野】

本発明は、列車の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置に係り、特に、車体傾斜車両の曲線走行時の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来一般的な乗り物酔いに関する提案として、下記特許文献2～4、下記非特許文献1～9が挙げられる。

【0003】

一方、本願発明者らは、既に、サービスの質を評価する意味での乗り心地指標を与えることができる乗り心地評価方法及びその装置について、下記特許文献1として、提案している。 10

【0004】

そこで、更に、研究を進めて、車体傾斜車両の曲線走行時の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置について提案するに至った。

【0005】

ところで、乗り物酔いのなかでも、特に船酔いを評価するための研究が盛んに行われている（下記非特許文献9参照）。それによると、低周波上下振動の加速度や周波数の変化が嘔吐発生率に及ぼす影響を検討した結果から、約0.17Hz（周期6秒）付近に嘔吐率のピークがあることが明らかにされている（図6参照）。こうした先行研究を参考に、国際標準化機構（ISO）では、ISO 2631規格を制定・改訂してきた。 20

【0006】

この規格は、乗り物などの振動が人間の快・不快に及ぼす影響の評価指針であり、その最新版では船舶等で生じる低周波上下振動を対象に、動揺病ドーズ値（motion sickness dose value, MSDV）という評価指標が提案されている（非特許文献3参照）。なお、ドーズとは薬の服用量などの“ある分量”を示すものであるが、的確な訳語がないためにそのままドーズと表記されることが多い。

【0007】

MSDVの計算法には2つの方法が示されている。1つは暴露総時間から算出する場合で、次式で求められる。

【0008】

【数1】

$$MSDV_z = \left(\int_0^T a_w^2(t) dt \right)^{1/2} \quad \dots (1)$$

【0009】

ここで、 $a_w(t)$ は、フィルタ W_f の周波数補正曲線（図7）を用いた振動加速度瞬時値を、 T は暴露時間の総時間（秒）を表す。また、 z は上下方向（ z 軸）の振動評価であることを意味する。

【0010】

もう1つは、振動が連続的かつ近似的に一定の大きさで表せる場合であり、次式で求められる。 40

【0011】

$$MSDV_z = a_w \cdot T_0^{1/2} \quad \dots (2)$$

a_w は同様の周波数補正を行った振動加速度実効値、 T_0 は暴露時間（秒、ただし240秒以上）を表す。

【0012】

MSDVは現在のところ最も広く知られている酔いの評価指標である。

【0013】

因みに、船酔いを評価するための上下振動フィルタのISO規格は、下記の表1の通りである。 50

【 0 0 1 4 】

【 表 1 】

0.02	, -32.33	
0.025	, -28.48	
0.0315	, -24.47	
0.04	, -20.25	
0.05	, -16.10	
0.063	, -11.49	
0.08	, -6.73	10
0.1000	, -3.16	
0.1250	, -0.96	
0.1600	, 0.05	
0.2000	, -0.07	
0.2500	, -1.37	
0.3150	, -4.17	
0.4000	, -8.31	
0.5000	, -13.00	
0.6300	, -18.69	20
0.8000	, -25.51	
1.0000	, -32.57	
1.2500	, -40.02	
1.6000	, -48.47	
2.0000	, -56.19	
2.5000	, -63.93	
3.1500	, -71.96	
4.0000	, -80.26	
100.0	, -80.0	30

【 0 0 1 5 】

このように船酔いを評価するための上下振動フィルタについては、1997年にISO規格化（その前身は1985年）されているが、列車酔いの評価については、上下、左右、前後などの各振動のどれが影響するかは明らかになっていなかった。

【 0 0 1 6 】

【 特許文献 1 】

特開 2001 - 255242 号公報（第 6 - 7 頁 図 1）

【 特許文献 2 】

特開平 5 - 245149 号公報（第 2 - 3 頁 図 1）

40

【 特許文献 3 】

特開 2002 - 191572 号公報（第 3 - 4 頁 図 1）

【 特許文献 4 】

特開 2003 - 15676 号公報（第 3 - 4 頁 図 1）

【 非特許文献 1 】

鈴木浩明：鉄道車両の振動乗り心地に関する人間科学的研究，鉄道総研報告，特別 24 号，1998

【 非特許文献 2 】

小柳志郎：振子車の振動乗り心地評価法 - 車体傾斜角速度による評価 - ，鉄道技術研究報告，No. 1274，1984

50

【非特許文献3】

ISO: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part 1: General requirements, ISO 2631-1. ISO, 1997

【非特許文献4】

ISO: Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort of fixed guideway transport systems ISO/CD 2631-4. ISO, 1998

10

【非特許文献5】

鈴木浩明・手塚和彦・吉岡博・高井秀之：鉄道振動の快適性評価に関わる国際規格原案，鉄道総研報告，vol. 12, No. 11, pp. 37~42, 1998

【非特許文献6】

CEN: Railway applications - Ride comfort of passengers. Measuring and evaluation, Final draft, CEN/TC 256 prENV 12299. CEN, 1996

20

【非特許文献7】

仲川滋：在来線到達時分短縮にむけて - TRY-Zによる曲線通過速度向上試験 - , JREA, Vol. 41, No. 4, pp. 26~28, 1998

【非特許文献8】

大野央人・鈴木浩明・芳賀一郎・辻野昭道・杉森昌樹：鉄道車両の車体ローリング乗り心地を規定する要因に関する一考察，日本機械学会第7回交通・物流部門大会論文集，pp. 183~184, 1998

【非特許文献9】

鈴木浩明・白戸宏明・中川千鶴・大野央人：乗り物酔いの評価に関する研究の現状と課題，鉄道総研報告，Vol. 12, No. 11, pp. 1~6, 1998

【0017】

30

【発明が解決しようとする課題】

本願発明者らは、上記した船酔いの評価方法をベースに列車の乗り物酔い評価指標の計測方法について研究を重ねて、その研究の結果、船舶における乗り物酔いとは異なり、列車での乗り物酔いに、上下振動は影響しないことを確認するとともに、左右振動が酔いに影響することを明らかにし、その周波数特性も解明した。

【0018】

本発明は、上記状況に鑑みて、列車の乗り物酔い評価指標を確実に計測することができる列車の乗り物酔い評価指標の計測方法及びその装置を提供することを目的とするものである。

【0019】

40

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、左右加速度センサからの左右加速度情報を低周波左右振動通過補正フィルタとサンプリング部に通し、そこから得られた低周波左右振動の瞬時値を積分することにより、乗り物酔い評価指標の計測を行うことを特徴とする。

【0020】

〔2〕上記〔1〕記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記低周波左右振動通過補正フィルタが、略0.25から0.315 Hzをピーク周波数とし、略-18 dB/オクターブの特性を有することを特徴とする。

50

【 0 0 2 1 】

〔 3 〕 上記〔 2 〕 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記低周波左右振動の積分値を X とし、 A と C を定数項とした場合に、酔いの評価式が $Y = A \cdot X + C$ であることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

〔 4 〕 上記〔 3 〕 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記低周波左右振動の積分値は、1秒間に100Hzのサンプリング周波数に基づいて瞬時値をサンプリングし、この瞬時値を30分間積分して得ることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

〔 5 〕 上記〔 4 〕 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、前記酔いの評価式が $Y = 0.2X - 3$ であることを特徴とする。 10

【 0 0 2 4 】

〔 6 〕 上記〔 1 〕 ~〔 5 〕 のいずれか1項記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測方法において、更に、ロール角度情報を組み合わせることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

〔 7 〕 列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、左右加速度センサと、この左右加速度センサからの左右加速度情報が入力される低周波左右振動通過補正フィルタと、この低周波左右振動通過補正フィルタから出力される低周波左右振動の瞬時値をサンプリングするサンプリング手段と、このサンプリング手段によりサンプリングされた瞬時値を積分する積分手段と、この積分手段から出力される積分値に基づいて乗り物酔い評価指標の計測を行う乗り物酔い評価指標の計測手段とを具備することを特徴とする。 20

【 0 0 2 6 】

〔 8 〕 上記〔 7 〕 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、前記低周波左右振動通過補正フィルタが、略0.25から0.315Hzをピーク周波数とし、略-18dB/オクターブの特性を有することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

〔 9 〕 上記〔 8 〕 記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、前記サンプリング手段は1秒間に100Hzのサンプリング周波数に基づいたサンプリングを行い、前記積分手段でそのサンプリング値を30分間積分することを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

〔 10 〕 上記〔 7 〕 ~〔 9 〕 のいずれか1項記載の列車の乗り物酔い評価指標の計測装置において、更に、ロール角度センサを備え、ロール角度又はロール角速度情報を組み合わせることを特徴とする。 30

【 0 0 2 9 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 3 0 】

図1は本発明の実施例を示す車体傾斜車両の曲線走行時の乗り物酔い評価指標の計測装置の概略構成図、図2はその処理フローチャートを示す模式図である。

【 0 0 3 1 】

図1において、1は車載センサ装置であり、この車載センサ装置1としては、左右加速度センサ2、ロール角度センサ3などが搭載される。10は列車の乗り物酔い評価指標の計測装置であり、この列車の乗り物酔い評価指標の計測装置10は、低周波左右振動通過補正フィルタ11、サンプリング周波数発生装置12、サンプリング部13、積分部14、列車の乗り物酔い評価指標演算装置15、列車の乗り物酔い評価指標表示装置16などを具備している。 40

【 0 0 3 2 】

そこで、図2(a)に示すような車載センサ装置1の左右加速度センサ2からの列車の左右加速度を検出する(ステップS1)。次に、図2(b)に示すように、低周波左右振動通過補正フィルタ11に通して低周波左右振動値を得る(ステップS2)、図2(c)に 50

示すように、その得られた低周波左右振動値をサンプリング周波数に基づいたサンプリング部 13 でサンプリングし、低周波左右振動の瞬時値を得て (ステップ S3)、その低周波左右振動の瞬時値を、積分部 14 で図 2 (d) に示すように積分を行う (ステップ S4)。次いで、列車の乗り物酔い評価指標演算装置 15 で評価式に基づいて列車の乗り物酔い評価指標の演算を行い、列車の乗り物酔い評価指標を求める (ステップ S5)。必要に応じて列車の乗り物酔い評価指標表示装置 16 にて表示する。

【0033】

また、列車の乗り物酔い評価指標の精度を高める場合には、ロール角度センサ 3 からのロール角度情報、又はロール角度情報の時間的変化情報であるロール角速度情報を列車の乗り物酔い評価指標演算装置 15 に取り込んで列車の乗り物酔い評価指標を演算し、必要に応じて列車の乗り物酔い評価指標表示装置 16 にて表示することもできる。

10

【0034】

このように、左右加速度センサ 1 が車載センサ装置 1 に搭載され、その左右加速度センサ 2 からの出力信号は、低周波左右振動通過補正フィルタ 11 を介して、サンプリングおよび積分されて、列車の乗り物酔い評価指標の計測装置 10 に取り込まれる。

【0035】

つまり、その列車の乗り物酔い評価指標の計測装置 10 は、左右加速度センサ 1 からの左右加速度情報を低周波左右振動通過補正フィルタ 11 を通し、その低周波左右振動の瞬時値を、例えば、サンプリング周波数発生装置 (サンプリング周波数 100 Hz) 12 からのサンプリング周波数 (100 Hz) に基づいて、サンプリング部 13 で 1 秒間に 100 個サンプリングし、そのサンプリング値を積分部 14 で 30 分間積分することにより、列車の乗り物酔い評価指標の計測を行う。

20

【0036】

以下、本発明の特徴となる低周波左右振動通過補正フィルタについて詳細に説明する。

【0037】

左右振動に起因する不快感が、上下振動と同じ周波数特性で説明できるかどうかはこれまで検証されていない。このため、Wf フィルタのピーク周波数を低周波側、高周波側にずらして、いくつかのバンドパスフィルタ (減衰率: -20 dB/oct.) を作成して、酔いの発生率との関係を分析した。Wf 曲線の形状を規定した ISO 規格を参考に、ピーク周波数を 3 分の 1 オクターブずつずらすことで、0.063, 0.1, 0.16, 0.2, 0.25, 0.315, 0.4, 0.5, 0.63, 0.8 の十種のフィルタを作成して、各列車の低周波左右振動累積値と酔い発生率との相関関係を分析した。また、前後振動、上下振動についても同様の分析を行った。各フィルタの中心周波数と酔い発生率の関係は、図 3 のように整理でき、以下のことが明らかになった。

30

【0038】

(1) 左右振動と酔い発生率との相関が最も高く、とりわけ 0.25 ~ 0.315 Hz 付近の周波数の影響が顕著である。

【0039】

(2) 前後振動については、低周波になるほど酔いとの相関が高まる傾向がある。

【0040】

(3) 上下振動と酔いとの相関は全般に低めである。

40

【0041】

以上の結果をもとに、左右振動の各中心周波数における相関係数を重み付け値とみなして、図 4 に示すような縦軸を dB 表示するフィルタを作成した。上下方向の Wf と区別する意味で、これを低周波左右振動通過補正フィルタ (Wf-P フィルタ) と呼ぶ。

【0042】

図 4 は本発明の実施例を示す周波数補正曲線を示す図である。この図において、横軸は周波数 (Hz)、縦軸は低周波左右振動の重み付け (dB) を示しており、実線は本発明のフィルタを示す図である。

【0043】

50

この図より、W f より少し高周波にピークを持つ曲線であることが分かる。また、このフィルタを用いて、振動積分値と酔い発生率との関係を分析した結果をグラフ化したものを図 5 に示す。両者の相関係数は 0 . 5 7 であった。

【 0 0 4 4 】

なお、低周波左右振動通過補正フィルタ (W f - P フィルタ) は上記したように、略 0 . 2 5 から 0 . 3 1 5 H z をピーク周波数とし、略 - 1 8 d B / オクターブの特性を有する。詳細にその規格を示すと表 2 のようになる。

【 0 0 4 5 】

【表 2】

0.0625	, -30.7
0.1	, -23.1
0.16	, -7.8
0.2	, -2.3
0.25	, 0
0.315	, 0
0.4	, -4.4
0.5	, -10.3
0.63	, -15.6
0.8	, -21.8
1.0	, -28.1
2.0	, -46
4.0	, -64
100	, -64

10

20

【 0 0 4 6 】

次に、車体の乗物酔いとローリングについて説明する。

【 0 0 4 7 】

本発明では、前後・左右・上下の並進振動以外にローリングを測定した。ローリングが酔いに及ぼす影響を評価する指標は一切ないことから、ロール角とロール角速度の各々について下記のデータを算出して、酔い発生率の関係を分析した。なお、算出時間はいずれも並進振動と同じ 3 0 分間とした。

30

【 0 0 4 8 】

(1) 区間内の平均値

(2) 区間内の最大値

(3) 区間内の 9 5 % 値 : 振動分布の 9 5 % 値を用いた U I C 指標 (E N V 規格) を参考にしたもの

(4) 3 0 分間の積分値

これら各指標と酔い発生率との相関係数を表したものを表 3 に示す。

40

【 0 0 4 9 】

【表 3】

	平均値	最大値	95%値	積分値
ロール角	0.20	0.27	0.22	0.21
ロール角速度	0.30	-0.01	0.23	0.27

【 0 0 5 0 】

この表から分かるように、W f - P フィルタほどの高相関はみられなかったが、最大で 0

50

． 3 程度の相関が確認された。

【 0 0 5 1 】

本発明では、約 4 0 0 0 名の乗客を対象にした乗り心地試験の結果をもとに、列車酔いを生じやすい周波数の特定を行った。この周波数補正曲線（低周波左右振動の重み付け曲線）を用いてフィルタを作成して、列車で計測した振動データの補正を行い、酔いの発生率の予測および評価を行うことができた。

【 0 0 5 2 】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【 0 0 5 3 】

【 発明の効果 】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【 0 0 5 4 】

(A) 列車で計測した左右振動加速度から、乗り物酔い発生率の予測が可能となる。

【 0 0 5 5 】

(B) 乗り物酔い防止技術の有効性を定量的に評価することが可能になる。

【 0 0 5 6 】

(C) 任意の地点間の乗り物酔い発生率を予測することが可能になることから、乗り物酔いに関する軌道状態を定量的に評価することが可能になる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施例を示す車体傾斜車両の曲線走行時の乗り物酔い評価指標の計測装置の概略構成図である。

【 図 2 】 本発明の実施例を示す車体傾斜車両の曲線走行時の乗り物酔い評価指標の計測処理フローチャートを示す図である。

【 図 3 】 本発明にかかる各フィルタの中心周波数と酔い発生率の関係を示す図である。

【 図 4 】 本発明の実施例を示す列車酔いの評価に用いる左右振動補正フィルタの特性図である。

【 図 5 】 図 4 のフィルタで示した左右振動累積値と酔い発生率の関係を示す図である。

【 図 6 】 従来の船酔いの上下振動と嘔吐率の関係を示す図である。

【 図 7 】 従来の船酔い評価のための周波数補正曲線を示す図である。

【 符号の説明 】

1 車載センサ装置

2 左右加速度センサ

3 ロール角度センサ

1 0 列車の乗り物酔い評価指標の計測装置

1 1 低周波左右振動通過補正フィルタ

1 2 サンプリング周波数発生装置

1 3 サンプリング部

1 4 積分部

1 5 列車の乗り物酔い評価指標演算装置

1 6 列車の乗り物酔い評価指標表示装置

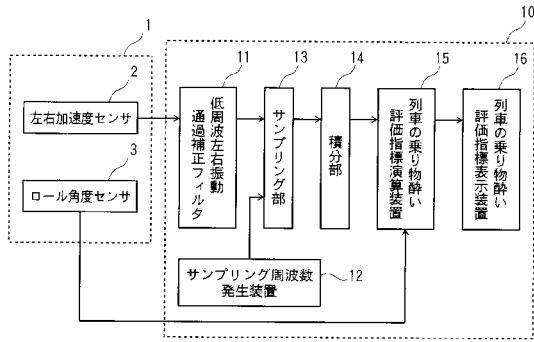
10

20

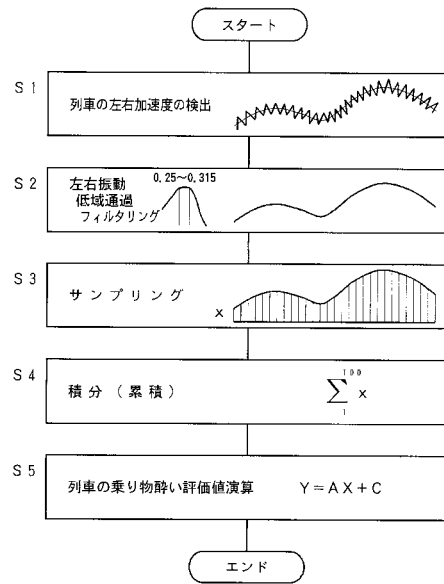
30

40

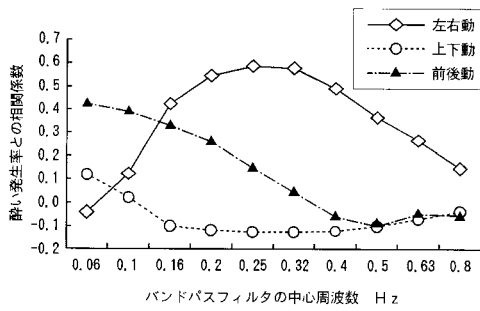
【 図 1 】



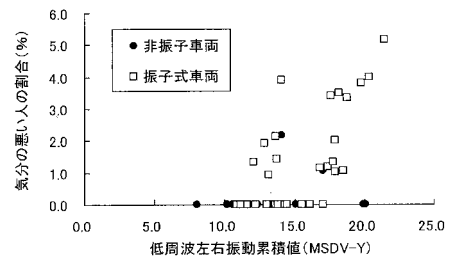
【 図 2 】



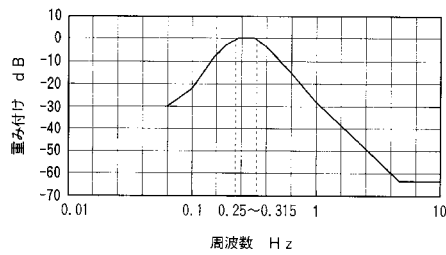
【 図 3 】



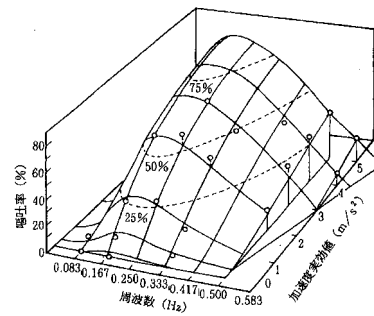
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 7 】

