

(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2005-315675
(P2005-315675A)

(43) 公開日 平成17年11月10日(2005.11.10)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 21/00	GO 1 B 21/00	2 D 0 5 3
GO 1 B 21/30	GO 1 B 21/30	2 F 0 6 9
GO 1 C 7/04	GO 1 C 7/04	
GO 1 P 15/00	GO 1 P 15/00	J
// EO 1 C 23/01	EO 1 C 23/01	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 20 頁)		

(21) 出願番号 特願2004-132554 (P2004-132554)
(22) 出願日 平成16年4月28日 (2004. 4. 28)

(71) 出願人 503360115
独立行政法人科学技術振興機構
埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(74) 代理人 100107010
弁理士 橋爪 健
(72) 発明者 川村 彰
北海道網走市字呼人123-5
Fターム(参考) 2D053 AA33 AB03 FA01
2F069 AA01 AA57 AA60 AA71 BB24
EE00 JJ01 JJ04 NN00 NN02

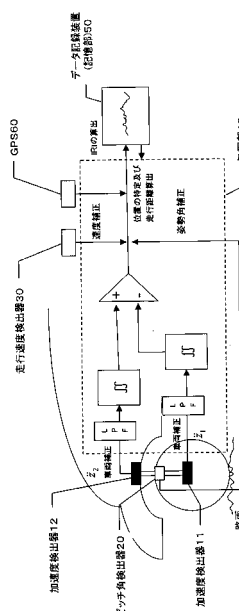
(54) 【発明の名称】 路面平坦性測定装置

(57) 【要約】

【課題】 国際ラフネス指数 (I R I) を簡易な装置により測定する。

【解決手段】 第1の検出器11は、車両の車軸に取り付けられ、バネ下における上下方向の第1の加速度又は速度を検出する。第2の検出器12は、第1の検出器11側のサスペンションが支持する車体に取り付けられ、バネ上における上下方向の第2の加速度又は速度を検出する。処理部40は、第1及び第2の加速度又は速度について、ピッチ角検出器20からのピッチ角に基づき、加速度検出方向の軸と鉛直軸のずれによる、検出された方向と鉛直方向との相違を補正する (姿勢角補正)。また、処理部40は、IRI算定の基準速度と、走行速度検出器30により検出された走行速度との相違を補正する (速度補正)。処理部40は、IRI算定の基準車と測定車両との相違を補正する (車両補正)。処理部40は、補正された第1及び第2の加速度又は速度に基づきIRIを求める。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両の車軸側又はサスペンション下側に取り付けられ、路面の凹凸により生ずる車体を支えるバネ下又はサスペンション下における、サスペンションの軸方向に対して上下方向の第 1 の加速度又は速度を検出するための第 1 の検出器と、

サスペンションが支持する車体側又はサスペンション上側に取り付けられ、路面の凹凸により生ずる車体を支えるバネ上又はサスペンション上における、サスペンションの軸方向に対して上下方向の第 2 の加速度又は速度を検出するための第 2 の検出器と、

車両のピッチ角を検出するピッチ角検出器と、

車両の走行速度を検出する走行速度検出器と、

前記第 1 及び第 2 の検出器により検出された第 1 及び第 2 の加速度又は速度と、前記ピッチ角検出器により検出されたピッチ角を入力し、第 1 及び第 2 の加速度又は速度を補正し、補正された第 1 及び第 2 の加速度又は速度に基づき国際ラフネス指数を求めるための処理部と、

前記処理部により読み込まれ及び書き込まれる記憶部とを備え、

前記記憶部は、

国際ラフネス指数の算出に用いられるクォーターカー・パラメータの諸元を有するクォーターカー・モデルを基準車と呼ぶ時、基準車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、車両の走行速度で走行する場合に路面変位入力によって生じる系の第 1 及び第 2 の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位に関する振動応答との関係を示す走行速度毎の第 1 の周波数応答関数と、

基準車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、国際ラフネス指数算定の基準速度で走行する場合に路面変位入力によって生じる系の第 1 及び第 2 の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位に関する振動応答との関係を示す第 2 の周波数応答関数と、

前記車両をクォーターカー・モデルで表現したものを測定車と呼ぶ時、測定車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、路面変位入力によって生じる系の第 1 及び第 2 の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位に関する振動応答との関係を示す第 3 の周波数応答関数と、

基準車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、路面変位入力によって生じる系の第 1 及び第 2 の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位に関する振動応答との関係を示す第 4 の周波数応答関数とが記憶され、

前記処理部は、

第 1 及び第 2 の加速度又は速度を、検出されたピッチ角に基づき、鉛直方向の加速度又は速度に補正するための姿勢角補正手段と、

第 1 及び第 2 の加速度又は速度を、前記記憶部に記憶された第 1 の周波数応答関数と、前記走行速度検出器により検出された走行速度に対応する第 2 の周波数応答関数との比に基づき、基準速度と走行速度の相違を補正して速度補正された第 1 及び第 2 の加速度又は速度を求めるための速度補正手段と、

第 1 及び第 2 の加速度又は速度を、前記記憶部に記憶された第 3 の周波数応答関数と、第 4 の周波数応答関数との比に基づき、基準車と前記車両との相違を補正して車両補正された第 1 及び第 2 の加速度又は速度を求めるための車両補正手段とを有し、

前記処理部は、前記姿勢角補正手段、前記速度補正手段及び前記車両補正手段により補正された第 1 及び第 2 の加速度又は速度に基づく相対変位と、予め定められた測定道路区間長との比に基づいて、国際ラフネス指数を求める平坦性測定装置。

【請求項 2】

前記処理部は、

10

20

30

40

50

前記姿勢角補正手段、前記速度補正手段、前記車両補正手段により補正された第 1 の加速度又は速度に基づく第 1 の変位と、補正された第 2 の加速度又は速度に基づく第 2 の変位との差をとることで相対変位を求め、

車両の走行距離が予め設定された測定道路区間長に達するまで、所定時間又は所定距離毎に相対変位を求めることを繰り返し、

走行距離が予め設定された測定道路区間長に達した場合に、次式に従い国際ラフネス指数 I R I を算出する請求項 1 に記載の平坦性測定装置。

【数 1】

$$IRI = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |z'_i - z'_{i+1}|}{L}$$

10

ここで、 z'_i : 所定時間毎の相対変位、 L : 測定道路区間長、 n : 求められた相対変位の数

【請求項 3】

前記処理部は、次式に従い国際ラフネス指数 I R I を算出する請求項 1 に記載の平坦性測定装置。

【数 2】

$$IRI = \left\{ \int_0^{L/v} |\dot{z}_2 - \dot{z}_1| dt \right\} / L$$

20

ここで、 L : 測定道路区間長、 v : 検出された走行速度、 z_2 : 第 2 の加速度に対応する変位、 z_1 : 第 1 の加速度に対応する変位

【請求項 4】

前記姿勢角補正手段は、

前記速度検出器により検出された走行速度の時間変化に基づき走行方向の加速度 A_x を求め、

30

検出された第 1 及び第 2 の加速度、速度補正された第 1 及び第 2 の加速度、車両補正された第 1 及び第 2 の加速度のいずれかについて、次式に従い鉛直方向の姿勢角補正された第 1 及び第 2 の加速度 A_{z1} 及び A_{z2} を求めることを含む請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の平坦性測定装置。

【数 3】

$$A_1 = (A_{z1} - g) \cos \theta + A_x \sin \theta$$

$$A_2 = (A_{z2} - g) \cos \theta + A_x \sin \theta$$

40

ここで、 A_1 、 A_2 : 検出された第 1 及び第 2 の加速度、速度補正された第 1 及び第 2 の加速度、車両補正された第 1 及び第 2 の加速度のいずれか、 g : 重力加速度、 θ : 検出された傾斜角 (ピッチ角)、 A_x : 走行方向の加速度

【請求項 5】

前記記憶部は、

第 1 の加速度の第 1 の周波数応答関数と、第 1 の加速度の第 2 の周波数応答関数との周波数成分ごとの比をとることにより予め求められた第 1 の加速度に対する第 1 の速度補正重み関数 $|V_1(n)|$ (n は周波数) と、

50

第2の加速度の第1の周波数応答関数と、第2の加速度の第2の周波数応答関数との周波数成分ごとの比をとることにより予め求められた第2の加速度に対する第2の速度補正重み関数 $|V_2(n)|$ と
が車両の走行速度毎に記憶され、

前記速度補正手段は、

前記記憶部を参照して、前記速度検出器により検出された走行速度に対応する第1及び第2の速度補正重み関数 $|V_1(n)|$ 及び $|V_2(n)|$ をそれぞれ読み出し、姿勢角補正された第1及び第2の加速度、車両補正された第1及び第2の加速度、検出された第1及び第2の加速度のいずれかと、読み出された第1及び第2の速度補正重み関数とに基づき、次式に従い速度補正された第1及び第2の加速度 B'_1 及び B'_2 を求めることを含む請求項1乃至4のいずれかに記載の平坦性測定装置。

10

$$B'_1 = B_1 / |V_1(n)|$$

$$B'_2 = B_2 / |V_2(n)|$$

ここで、 B_1 、 B_2 ：姿勢角補正された第1及び第2の加速度、車両補正された第1及び第2の加速度、検出された第1及び第2の加速度のいずれか、 $|V_1(n)|$ 、 $|V_2(n)|$ ：第1及び第2の速度補正重み関数

【請求項6】

前記記憶部は、

第1の加速度の第3の周波数応答関数を、第1の加速度の第4の周波数応答関数で除すことにより予め求められた第1の加速度に対する第1の車両補正重み関数 $|W_1(n)|$ (n は周波数)と、

20

第2の加速度の第3の周波数応答関数を、第2の加速度の第4の周波数応答関数で除すことにより予め求められた第2の加速度に対する第2の車両補正重み関数 $|W_2(n)|$ と

が記憶され、

前記車両補正手段は、

前記記憶部を参照して、第1及び第2の車両補正重み関数 $|W_1(n)|$ 及び $|W_2(n)|$ をそれぞれ読み出し、速度補正された第1及び第2の加速度、姿勢角補正された第1及び第2の加速度、検出された第1及び第2の加速度のいずれかと、読み出された第1及び第2の車両補正重み関数とに基づき、次式に従い車両補正された第1及び第2の加速度 C'_1 及び C'_2 を求めることを含む請求項1乃至5のいずれかに記載の平坦性測定装置。

30

$$C'_1 = C_1 / |W_1(n)|$$

$$C'_2 = C_2 / |W_2(n)|$$

ここで、 C_1 、 C_2 ：速度補正された第1及び第2の加速度、姿勢角補正された第1及び第2の加速度、検出された第1及び第2の加速度のいずれか $|W_1(n)|$ 、 $|W_2(n)|$ ：第1及び第2の車両補正重み関数

【請求項7】

前記処理部は、前記姿勢角補正手段による姿勢角補正、前記速度補正手段による速度補正、前記車両補正手段による車両補正を所定の順序で行い、補正された第1及び第2の加速度が次の補正の計算に用いられる請求項1乃至6のいずれかに記載の平坦性測定装置。

40

【請求項8】

車両の走行位置の位置情報を求めるためのGPS

をさらに備え、

前記処理部は、前記GPSにより求められる測定道路区間の所定位置の位置情報に対応して、求められた国際ラフネス指数を記憶する、及び/又は、該位置情報に対応して求められた国際ラフネス指数を表示する請求項1乃至7のいずれかに記載の平坦性測定装置

。

【請求項9】

前記処理部は、予め設定された測定道路区間長毎に国際ラフネス指数を求めることを繰

50

り返す請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の平坦性測定装置。

【請求項 10】

前記処理部は、検出された走行速度が予め定められた速度以下でないこと、及び、定速走行であること、及び、走行距離が停止状態から予め定められた距離以上であること、のいずれか又は複数が満たされた場合に、国際ラフネス指数の算出を開始する請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の平坦性測定装置。

【請求項 11】

前記処理部は、前記第 1 及び第 2 の検出器からの第 1 及び第 2 の加速度をローパスフィルタ処理し、

前記姿勢角補正手段、速度補正手段及び / 又は車両補正手段は、ローパスフィルタ処理後の第 1 及び第 2 の加速度に対して、姿勢角補正、速度補正及び / 又は車両補正を行う請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の平坦性測定装置。

10

【請求項 12】

前記処理部は、前記車両が路面を走行中にリアルタイムに国際ラフネス指数を算出する請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の平坦性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、路面平坦性測定装置に係り、特に、簡易な構成で国際ラフネス指数を算出する路面平坦性測定装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

道路における維持管理は、平坦性、わだち掘れ、ひびわれの主として 3 項目により行われているが、道路利用者の快適性（例えば、乗り心地）、走行費用（例えば、燃費、車両の耐久性等）及び沿道住民の環境（例えば、振動、騒音等によるもの）に最も影響を与えるのは平坦性であり、平坦性指標により評価がなされている。

【0003】

従来、わが国における路面の平坦性（ ）指標としては、3 m プロフィロメータによる（標準偏差：mm）や 8 m プロフィロメータによる P r I（Profile Index：cm/km）があるが、工事の出来形管理のために作成された指標であり、乗り心地との相関が見られないことや海外との比較が困難であるなどの課題がある。

30

【0004】

現在、国際的には世界銀行で提案された国際ラフネス指数（IRI：International Roughness Index：m/km）が用いられるようになっており、乗り心地との相関も良いとされている。例えば、路面の縦断プロファイルと乗り心地の関係に注目し、IRI の高速道路路面での適用性について、乗り心地評価試験などを実施して、IRI の乗り心地の関連性が示された文献が開示されている（例えば、非特許文献 1 参照）。また、道路を管理する事業者では、IRI による高速道路の管理を検討する所もあり、IRI を容易に求める測定装置が望まれている。さらに、コンクリート舗装の示方書では、乗り心地評価指標として I R I が導入されている。

40

【0005】

IRI は、路面の平坦性を表す指標である。これまで、路面平坦性の測定方法は、世界各国で様々な装置が使用されていたが、各測定装置相互の関連性や物理的意味が不明確なものが多かった。そこで、世界銀行が中心となって路面平坦性の測定評価方法についての研究により、1986 年に得られた指標が I R I である。クォーターカーシミュレーションに対し、適宜の方法で測定された路面の縦断プロファイル（縦断形状）を与えることにより、誰が計算しても同一の値が得られるという優れた点を持っている。また、IRI は、数値が大きい程平坦性が悪いことを表す。

【0006】

従来、IRI を算出するには、路面性状測定車などで測定された縦断プロファイルデー

50

タをもとに、乗用車の一輪を取り出したクォーターカー・モデルと呼ばれる仮想車両が、80 km/hで走行する際の上下方向変位をシミュレーションにより求め、求められた変位に基づいてIRIが算出されている。

【0007】

縦断プロファイルは、例えば、レーザ変位計と加速度計によるシステムにより測定できることが開示されている（例えば、特許文献1、非特許文献1参照）。図6は、縦断プロファイル測定の概略図である。縦断プロファイルの測定原理は、レーザ変位計で路面高を測定し、加速度計で測定した上下方向の振動加速度を積分して得られる変位量に基づいて車両自体の上下動を相殺して、路面の縦断プロファイル（高さ）を求めている。また、速度検出器の出力に基づき走行距離を算出し、所定間隔（例えば、10 cm）で測定する。

10

【特許文献1】特開昭61-83907号公報

【非特許文献1】大野滋也、佐藤正和、鈴木一隆、「乗り心地に着目した路面管理指標に関する研究、IRI（国際ラフネス指数）の適用性」、EXTEC No. 61、2002年6月発行、p.37-40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従来IRIの算出に用いられる縦断プロファイルは、低速プロフィロメータと高速プロファイラにより測定されるが、高速走行での連続測定が可能となる高速プロファイラは、主としてレーザ変位計による測定である。レーザ変位計による高速プロファイラは、他の路面性状も同時測定するために一般に大型車ならびに高価な測定装置が必要とされていた。また、冬期路面の平坦性の測定は、レーザの特性により測定が困難であった。IRIの算出にあたっては、上述のような測定装置及び平坦性測定車による縦断プロファイル測定結果をコンピュータプログラムに入力し求めているのが実状であり、高価な装置になる原因ともなっている。

20

【0009】

ここで、「プロファイル」とは、道路上のある仮想線に沿って路面をスライスしてできる2次元の表面形状である。別の表現では表面の凹凸であり、プロファイルデータとは、一定距離間隔毎の路面高さデータである。図7に、プロファイルの説明図を示す。道路の縦断方向に沿ってスライスしたものを「縦断プロファイル」と呼び、縦断勾配、ラフネス、テクスチャ（キメとも呼ぶ）が得られる。プロファイルが、種々の振幅と周波数を持った波の集合体と考えた場合、ラフネスは、およそ50 cmから50 mの波長成分に相当し、車の乗り心地、燃費、耐久性などに関係がある。また、テクスチャは50 cm以下の波長成分となり、タイヤ路面間のすべり抵抗に関係するので、安全性やロードノイズ（騒音）に影響があるといえる。本測定装置は、ラフネス部分の測定に用いることができる。

30

【0010】

プロファイルは形状のため、平坦（凹凸）の程度を示す指標に置き換えることにより、定量的評価が可能になる。既存の平坦性指標には、呼称が「平坦性」という路面プロファイルデータから求めるものがあるが、IRIは、車のサスペンションの変化量により、平坦性を評価するというものであり、必ずしもプロファイル測定は必要ない。

40

【0011】

本発明は、以上の点に鑑み、国際ラフネス指数（IRI）を簡易な構成で測定可能な平坦性測定装置を提供することを目的とする。また、本発明は、IRI算定の基準速度以外の速度においても、IRIを測定可能とすることを目的とする。本発明は、加減速による速度変化に関わらずIRIを測定可能とすることを目的とする。さらに、本発明は、IRI算定に基準車以外の車種によってもIRIを測定可能とすることを目的とする。また、本発明は、車体の姿勢によらず測定可能とすることを目的とする。

【0012】

本発明の他の目的は、安価でコンパクト（軽量）な測定装置とすることである。また、本発明は、高速測定可能な、及び/又は、乗り心地評価が同時に可能な測定装置を提供す

50

ることも目的のひとつである。さらに、本発明は、測定箇所（位置）が正確に特定可能とすることを目的とする。また、本発明は、冬期路面の平坦性測定可能とすることも目的とする。

【0013】

また、本発明は、測定結果を基に、路面の維持管理を行うことが可能な測定装置を提供することを目的とする。例えば、維持補修の可否判断に利用可能とする。本発明は、測定結果を道路のデータバンクに記録し、舗装の維持管理システム構築に活用可能することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の解決手段によると、

車両の車軸側又はサスペンション下側に取り付けられ、路面の凹凸により生ずる車体を支えるパネ下又はサスペンション下における、サスペンションの軸方向に対して上下方向の第1の加速度又は速度を検出するための第1の検出器と、

サスペンションが支持する車体側又はサスペンション上側に取り付けられ、路面の凹凸により生ずる車体を支えるパネ上又はサスペンション上における、サスペンションの軸方向に対して上下方向の第2の加速度又は速度を検出するための第2の検出器と、

車両のピッチ角を検出するピッチ角検出器と、

車両の走行速度を検出する走行速度検出器と、

前記第1及び第2の検出器により検出された第1及び第2の加速度又は速度と、前記ピッチ角検出器により検出されたピッチ角を入力し、第1及び第2の加速度又は速度を補正し、補正された第1及び第2の加速度又は速度に基づき国際ラフネス指数を求めるための処理部と、

前記処理部により読み込まれ及び書き込まれる記憶部とを備え、

前記記憶部は、

国際ラフネス指数の算出に用いられるクォーターカー・パラメータの諸元を有するクォーターカー・モデルを基準車と呼ぶ時、基準車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、車両の走行速度で走行する場合に路面変位入力によって生じる系の第1及び第2の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位についての振動応答との関係を示す走行速度毎の第1の周波数応答関数と、

基準車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、国際ラフネス指数算定の基準速度で走行する場合に路面変位入力によって生じる系の第1及び第2の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位についての振動応答との関係を示す第2の周波数応答関数と、

前記車両をクォーターカー・モデルで表現したものを測定車と呼ぶ時、測定車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、路面変位入力によって生じる系の第1及び第2の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位についての振動応答との関係を示す第3の周波数応答関数と、

基準車の振動系に与えられる路面変位入力に基づく空間周波数又は時間周波数と、路面変位入力によって生じる系の第1及び第2の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位についての振動応答との関係を示す第4の周波数応答関数とが記憶され、

前記処理部は、

第1及び第2の加速度又は速度を、検出されたピッチ角に基づき、鉛直方向の加速度又は速度に補正するための姿勢角補正手段と、

第1及び第2の加速度又は速度を、前記記憶部に記憶された第1の周波数応答関数と、前記走行速度検出器により検出された走行速度に対応する第2の周波数応答関数との比に基づき、基準速度と走行速度の相違を補正して速度補正された第1及び第2の加速度又は速度を求めるための速度補正手段と、

10

20

30

40

50

第 1 及び第 2 の加速度又は速度を、前記記憶部に記憶された第 3 の周波数応答関数と、第 4 の周波数応答関数との比に基づき、基準車と前記車両との相違を補正して車両補正された第 1 及び第 2 の加速度又は速度を求めるための車両補正手段とを有し、

前記処理部は、前記姿勢角補正手段、前記速度補正手段及び前記車両補正手段により補正された第 1 及び第 2 の加速度又は速度に基づく相対変位と、予め定められた測定道路区間長との比に基づいて、国際ラフネス指数を求める平坦性測定装置が提供される。

【発明の効果】

【0015】

本発明によると、国際ラフネス指数（IRI）を容易に測定可能な平坦性測定装置を提供することができる。また、本発明によると、IRI 算定の基準速度以外の速度においても、IRI を測定可能とすることができる。本発明によると、加減速による速度変化に関わらず IRI を測定可能とすることができる。さらに、本発明によると、IRI 算定に基準車以外の車種によっても IRI を測定可能とすることができる。また、本発明によると、車体の姿勢によらず測定可能とすることができる。

10

【0016】

さらに、本発明によると、安価でコンパクト（軽量）な測定装置とすることである。また、本発明によると、高速測定可能な、及び / 又は、乗り心地評価が同時に可能な測定装置を提供することができる。さらに、本発明によると、測定箇所（位置）が正確に特定可能とすることができる。また、本発明によると、冬期路面の平坦性測定可能とすることができる。

20

【0017】

また、本発明によると、測定結果を基に、路面の維持管理を行うことが可能な測定装置を提供することができる。例えば、維持補修の可否判断に利用可能となる。本発明によると、測定結果を道路のデータバンクに記録し、舗装の維持管理システム構築に活用可能とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

1. 平坦性測定装置の概略

例えば、測定車（パトロールカーでもよい）に装置を取り付け、対象道路区間（冬期路面も含む）走行時に IRI を算出し、路面の平坦性評価を行う。

30

【0019】

（IRI の直接測定法）

IRI の算定式は単純であり、クォーターカー・モデルにおける次式で示されることから、2 対の加速度計（速度計もしくは変位計）を主体とした計測装置で算出できる。

【0020】

【数 1】

$$IRI = \left\{ \int_0^{L/v} |\dot{z}_2 - \dot{z}_1| dt \right\} / L$$

40

ここで、 z_1 : 車体（ばね上質量）の上下変位、 z_2 : タイヤ（ばね下質量）の上下変位、 L : 走行距離、 v : 走行速度である。

【0021】

そのため、測定車両の 1 輪のばね下とばね上位置に加速度計を設置し、評価対象道路区間を走行した記録結果を上式に代入することにより IRI を求めることが可能であり、路面プロファイルの測定は不要である。

【0022】

（装置の構成）

50

測定装置は、例えば、加速度計 2 個、ピッチ角度計、速度計 1 個及びデータ記録装置を備え、測定箇所の特定のために GPS を含めることもできる。装備に際しては普通乗用車でも可能であり、コンパクトで安価な測定システム構成となる。加速度計は、基本的に左側前輪側のばね上及びばね下位置に取り付けることができる。ピッチ角度計は、加速度計の上下方向軸の傾斜角を測定できる位置に取り付けることができる。

【0023】

(補正計算)

IRI は、クォーターカー・モデルとよばれる仮想車両が、80 km/h で定速走行した際の車両の上下変位を基に計算することから、一般道路を通常走行する際の速度変動に対しては補正計算が必要となる。

10

【0024】

これを解決する手段として、傾斜角(ピッチ角)補正を行う。また、例えば周波数応答関数を比較して、測定車の周波数特性の走行速度による補正を行う(速度補正)。さらに、周波数応答関数比較して、IRI 算定の基準クォーターカー・モデルと測定車から誘導されたクォーターカー・モデルのシステムパラメータの相違を補正する(車両補正)。

【0025】

また、上記の結果は、路面の維持管理に利用できる。例えば、維持補修の可否判断に利用可能である。また、上記の結果を道路のデータバンクに記録し、舗装の維持管理システム構築に活用できる。

【0026】

20

2. 装置構成

図 1 は、平坦性測定装置の装置構成ブロック図である。

平坦性測定装置は、第 1 の加速度検出器 11 と、第 2 の加速度検出器 12 と、ピッチ角(姿勢角)検出器 20 と、走行速度検出器 30 と、処理部 40 と、データ記録装置(記憶部) 50 と、GPS (Global Positioning System) 60 とを備える。なお、これら装置が取り付けられる車両は、例えば普通乗用車など、適宜の車を用いることができる。

【0027】

第 1 の加速度検出器(第 1 の検出器) 11 は、例えば、独立懸架サスペンションを有する車両(以下、測定車両と呼ぶこともある)の前車軸(バネ下)に取り付けられる加速度計である。なお、図 1 は、前車軸の左側に第 1 の加速度検出器 11 が取り付けられた例である。第 1 の加速度検出器 11 は、路面の凹凸等により生ずるバネ下のサスペンション軸方向に対して上下加速度(第 1 の加速度)を検出する。

30

【0028】

第 2 の加速度検出器 12 (第 2 の検出器) は、第 1 の加速度検出器 11 が取り付けられた側(例えば、前車軸の左側)のサスペンションが支持する車体(バネ上)に取り付けられた加速度計である。第 2 の加速度検出器 12 は、路面の凹凸等により生ずるバネ上のサスペンション軸方向に対して上下加速度(第 2 の加速度)を検出する。なお、第 1 の加速度検出器 11 及び第 2 の加速度検出器 12 は、例えば、左側前輪側のばね上及びばね下位置に取り付けることができるが、これ以外にも後輪側(後車軸)に取り付ける等、適宜の車輪の該当する位置に取り付けてもよい。

40

【0029】

ピッチ角(姿勢角)検出器 20 は、車両のピッチ角を検出する。例えば、測定中の速度変化や過大な路面凹凸等により生ずる車両のピッチ角が検出される。ピッチ角検出器 20 としては、例えば、角度センサや、角速度センサを用いることができる。検出されたピッチ角は、第 1 の加速度検出器 11 及び第 2 の加速度検出器 12 の鉛直軸(又は加速度検出方向)と、真の鉛直軸とのずれを補正するために用いられる。ピッチ角検出器 20 は、第 1 の加速度検出器 11 及び第 2 の加速度検出器 12 の上下方向軸の傾斜角を測定できる位置に取り付けることができる。

【0030】

50

走行速度検出器 30 は、車両の走行速度を検出する。検出された速度は、例えば、速度が 80 km/h と異なる場合の I R I 算出の補正計算をするために用いられる。また、検出された走行速度に基づいて走行方向の加速度が求められ、第 1 の加速度検出器 11 及び第 2 の加速度検出器 12 の鉛直軸と真の鉛直軸とのずれを補正するために用いられる。

【0031】

処理部 40 は、検出された第 1 及び第 2 の加速度に基づき I R I を求める。また、姿勢角補正手段、車両補正手段、速度補正手段を有する。処理部 40 の具体的処理については後述する。GPS 60 は、測定車両の車両走行位置を得るための装置である。また、GPS 60 からの位置情報に基づいて走行距離を求めることもできる。

【0032】

図 2 は、記憶部 50 に記憶されるデータのデータフォーマット例である。記憶部 50 は、例えば、求められた I R I と位置情報が対応して記憶される(図 2(a))。また、走行速度に対応して、速度補正のための第 1 の加速度に対する速度補正重み関数 $|V_1(n)|$ (n は周波数) と、第 2 の加速度に対する速度補正重み関数 $|V_2(n)|$ とが予め記憶される(図 2(b))。また、車両補正のための車両補正重み関数が予め記憶される。なお、速度補正重み関数、車両補正重み関数については、後に詳しく述べる。また、記憶部 50 には、速度補正重み関数、車両補正重み関数を求めるための適宜の周波数応答(例えば、後述する第 1 ~ 第 4 の周波数応答)が記憶されても良い。

【0033】

3. フローチャート

図 3 は、I R I 算出のフローチャートである。

まず、処理部 40 は、計算条件を設定する(S101)。例えば、処理部 40 は、測定道路区間長 L、サンプリング時間間隔を設定する。測定道路区間長 L は、I R I を算出する間隔を示し、例えば、100m や 200m とすることができる。サンプリング時間間隔は、処理部 40 がデータを入力して I R I を算出する処理時間の間隔を示し、処理部 40 は、設定されたサンプリング時間間隔ごとの時刻(サンプル時刻)に以下の処理を実行する。なお、処理部 40 は、サンプリング時間間隔毎に処理を実行する以外にも、所定の距離毎に処理を実行するようにしてもよい。

【0034】

処理部 40 は、データを入力する(S103)。例えば、処理部 40 は、第 1 の加速度検出器 11 で検出された第 1 の加速度と、第 2 の加速度検出器 12 で検出された第 2 の加速度と、ピッチ角検出器で検出された車両のピッチ角と、走行速度検出器 30 で検出された車両の走行速度とを入力する。ここで、処理部 40 は、入力された第 1 及び第 2 の加速度をローパスフィルタ処理することができる。

【0035】

次に、処理部 40 は、測定可能条件が満足されているか判断する(S105)。ここで、測定可能条件とは、例えば、走行速度が 25 km/h 以下でないこと、定速走行であること、走行距離が停止状態から 11m 以上走行していること等のいずれか又は複数とすることができる。なお、走行距離は、走行速度検出器 30 から入力された走行速度に基づいて求めることができ、又は、GPS 60 からの位置座標に基づいて求めることもできる。

【0036】

処理部 40 は、測定可能条件が満足されていないと判断した場合(S105)、ステップ S103 に戻り、次のサンプル時刻に S103 以降の処理を実行する。一方、処理部 40 は、測定可能条件が満足されていると判断した場合(S105)、ステップ S107 の処理に移る。

【0037】

ステップ S107 では、処理部 40 (姿勢角補正手段) は、姿勢角補正計算をする(S107)。例えば、処理部 40 は、検出されたピッチ角に基づき、第 1 及び第 2 の加速度検出器 11 及び 12 の加速度検出方向に対する軸と鉛直軸とのずれによる、検出された加速度及び鉛直方向の加速度の相違を補正することにより、鉛直方向の加速度 A_{z1} 及び A_{z2}

10

20

30

40

50

z_2 を求める。

【0038】

次に、処理部40（速度補正手段）は、速度補正計算をする（S109）。例えば、処理部40は、IRI算定の基準速度における予め求められた第2の周波数応答関数と、走行速度検出器30により検出された走行速度における予め求められた第1の周波数応答関数との比に基づき、基準速度と走行速度の相違を補正することにより、補正された加速度 A'_{z_1} 及び A'_{z_2} を求める。

【0039】

また、処理部40（車両補正手段）は、車両補正計算をする（S111）。例えば、処理部40は、予め求められたIRI算定の基準車の路面入力に対する上下方向加速度の第4の周波数応答関数と、予め求められた測定車両の路面入力に対する上下方向加速度の第3の周波数応答関数との比に基づき、基準車と測定車両のシステムパラメータの相違を補正することにより、補正された加速度 A''_{z_1} 及び A''_{z_2} を求める。

10

【0040】

なお、姿勢角補正計算、速度補正計算、車両補正計算の詳細、及び、第1～第4の周波数応答関数については後述する。また、ステップS107、S109、S111の各補正手段による各処理は、適宜の順序で行っても良い。

【0041】

処理部40は、相対変位 z' を計算する（S113）。例えば、処理部40は、補正計算して求められた加速度 A''_{z_1} 及び A''_{z_2} を二重積分して、バネ下の変位（第1の変位） z_1 及びバネ上の変位（第2の変位） z_2 を求め、求められた z_1 と z_2 に基づき、次式により相対変位 z' を計算する。

20

$$z_i' = z_1 - z_2$$

ここで、パラメータ i は、1～ n の整数（ n ：サンプルデータ数）であり、例えば、サンプル時刻に対応する。また、処理部40は、求められた相対変位 z_i' をパラメータ i に対応して適宜記憶部50に記憶する。なお、処理部40は、サンプル時間ごとの $z_i = |z_i' - z'_{i+1}|$ 、（又は、 $z_{i-1} = |z_{i-1}' - z'_i|$ ）をさらに求めて、パラメータ i に対応して記憶してもよい。

【0042】

処理部40は、走行距離が、設定された測定道路区間長 L に達したか判断する（S115）。ここで、走行距離は、走行速度検出器30により検出された走行速度を積分して求めてもよいし、GPS60の位置座標に基づき求めてもよい。処理部40は、走行距離が、測定道路区間長 L に達していない場合（S115）、ステップS203の処理に戻り、次のサンプル時刻にステップS203以降の処理を実行する。

30

【0043】

一方、処理部40は、走行距離が測定道路区間長 L に達した場合（S115）、ステップS113で記憶された z_i' （ $i = 1 \sim n$ ）を読み出し、次の計算式によりIRIを算出する（S117）。

【0044】

【数2】

$$IRI = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |z'_i - z'_{i+1}|}{L}$$

40

なお、記憶部50に z_i が記憶されている場合には、処理部40は、記憶された $z_i = |z_i' - z'_{i+1}|$ を読み出してIRIを計算するようにしてもよい。

【0045】

なお、上述の数式2以外にも、以下のIRIの算定式に応じた適宜の式によりIRIを

50

求めても良い。

【数 3】

$$IRI = \left\{ \int_0^{L/v} |\dot{z}_2 - \dot{z}_1| dt \right\} / L$$

【0046】

また、処理部 40 は、GPS 60 により求められる測定道路区間内の所定位置の位置情報とに対応して、求められた IRI を記憶部 50 に記憶することもできる。ここで、位置情報 10 は、走行距離が L に達した時の位置情報、測定を開始した時の位置情報、それらの中間点の位置情報などを用いることができ、処理部 40 は適宜のタイミングで GPS 60 から位置情報を入力して保持しておくことができる。

【0047】

処理部 40 は、測定を終了するか判断する (S119)。処理部 40 は、測定を終了しない場合 (S119)、ステップ S103 の処理へ戻り、次のサンプル時刻にステップ S103 以降の処理を実行する。このとき処理部 40 は、パラメータ i、走行距離等のデータをリセットする。一方、処理部 40 は、測定を終了すると判断した場合 (S119)、処理を終了する。なお、処理部 40 は、測定を終了すると判断した場合 (S119)、記憶部 50 に記憶された位置情報に対応する IRI を読み出して、位置情報に対応して IRI 20 を適宜の表示部に表示し、処理を終了するようにしてもよい。例えば、横軸を位置情報 (又は距離)、縦軸を IRI としたグラフとして表示してもよい。

【0048】

(周波数応答関数について)

まず、速度補正における周波数応答関数について説明する。速度補正では、走行速度の違いが出力 (振動応答) に与える影響を補正する。IRI は、クォーターカー・モデルの振動特性から以下のような、路面入力に対する周波数応答特性を持っている。

【0049】

図 8 に、クォーターカー・モデルの空間座標における周波数応答特性を示す。図 8 に示す例は、路面入力 z_p によって生じる第 1 の加速度に関する周波数応答の例である。また、図 9 に、クォーターカー・モデルの時間座標における周波数応答特性を示す。図 8 では、横軸が空間周波数 (波数) のため、走行速度 $v = 80 \text{ km/h}$ で走行するとして、空間周波数を時間周波数に変換すると図 9 のようになる (第 2 の周波数応答関数)。このとき、空間周波数 (波数) [cycle/m] と時間周波数 f [Hz : cycle/s] とに次式の関係が成立する。 30

【0050】

【数 4】

$$f = v \cdot \gamma$$

40

【0051】

したがって、任意の走行速度に関して IRI クォーターカー・フィルタの時間周波数応答 (第 1 の周波数応答関数) を求め、図 9 の IRI クォーターカー・フィルタとの周波数成分ごとの比により得られる関数を重み関数として、測定データを補正することにより、速度補正が可能になる。なお、第 2 の加速度に関する周波数応答関数についても同様である。

【0052】

ここで、第 1、第 2 の周波数応答関数は、以下のように定義される。

第 2 の周波数応答関数は、IRI の算出に用いられるクォーターカー・パラメータの諸元を有するクォーターカー・モデルをクォーターカー・モデル (基準車) と呼ぶ時、クオ 50

ーターカー・モデル（基準車）の振動系に与えられる路面変位入力（後述する数式 6 でいう z_p ）に基づく空間周波数又は時間周波数と、IRI 算定の基準速度で走行する場合に路面変位入力によって生じる系の第 1 及び第 2 の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位に関しての振動応答との関係を振動数の関数として表現したものである。

【0053】

第 1 の周波数応答関数は、走行速度毎に、IRI の算出に用いられるクォーターカー・パラメータの諸元を有するクォーターカー・モデルをクォーターカー・モデル（基準車）と呼ぶ時、クォーターカー・モデル（基準車）の振動系に与えられる路面変位入力（後述する数式 6 でいう z_p ）に基づく空間周波数又は時間周波数と、測定車の走行速度で走行する場合に、路面変位入力によって生じる系の第 1 及び第 2 の加速度若しくは速度又はこれら加速度若しくは速度に対応する変位に関しての振動応答との関係を振動数の関数として表現したものである。

10

【0054】

次に、車両補正における周波数応答関数について説明する。車両補正は、測定車両の周波数特性が、IRI の計算条件として考えているクォーターカー・モデルと異なる場合にそれを補正するものである。本実施の形態において異なる場合として想定しているのは、例えば、1) 測定車両をクォーターカー・モデルに置き換えた時の周波数特性の違いと、2) 走行速度が 80 km/h と異なる場合の 2 点である。

【0055】

ここで、第 4 の周波数応答関数を定義すると、IRI の算出に用いられるクォーターカー・パラメータの諸元を有するクォーターカー・モデルをクォーターカー・モデル（基準車）と呼ぶ時、クォーターカー・モデル（基準車）の振動系に与えられる路面変位入力（後述する数式 6 でいう z_p ）に基づく空間周波数又は時間周波数と、それによって生じる系の振動応答（後述する数式 6 でいう z_1 及び z_2 に関して）との関係を振動数の関数として表現したものである。

20

【0056】

また、第 3 の周波数応答関数は、測定車をクォーターカー・モデルで表現したものをクォーターカーモデル（測定車）と呼ぶ時、クォーターカー・モデル（測定車）の振動系に与えられる路面変位入力（後述する数式 6 でいう z_p ）に基づく空間周波数又は時間周波数とそれによって生じる系の振動応答（後述する数式 6 でいう z_1 及び z_2 に関して）との関係を振動数の関数として表現したものである。なお、振動応答は、 z_1 及び z_2 に関する変位以外にも、速度、加速度など適宜のものを用いてもよい。

30

【0057】

なお、クォーターカー・モデル（測定車）のパラメータが周波数応答関数に及ぼす影響について、例えば、自動車技術ハンドブック〈第 1 分冊〉基礎・理論編、1990 年 12 月 1 日発行、p. 265 を参照することができる。

【0058】

（傾斜角補正）

図 4 は、傾斜角（ピッチ角）補正の説明図である。例えば、大きな加減速運動や路面凹凸により車両が傾くと加速度計の軸も傾き、検出される加速度は、鉛直軸方向の加速度とずれが生じる。そこで、ピッチ角検出器により検出される車両のピッチ角変位を用いて、大きな加減速運動や路面凹凸により生じた加速度計の軸の変化を補正する。

40

【0059】

例えば、処理部 40 は、次式の関係を用いて、鉛直方向の加速度 A_{z_1} 及び A_{z_2} を求める。

【数 5】

$$\begin{aligned}\ddot{z}_1 &= (A_{z1} - g)\cos\theta + A_x \sin\theta \\ \ddot{z}_2 &= (A_{z2} - g)\cos\theta + A_x \sin\theta\end{aligned}$$

ここで、 \ddot{z}_1, \ddot{z}_2 : 第 1 の加速度、第 2 の加速度

【0060】

また、 g : 重力加速度、 θ : 検出された傾斜角 (ピッチ角)、 A_x : ブレーキングによる走行方向の加速度である。なお、処理部 40 は、走行方向の加速度 A_x を走行速度検出器 30 より得られた速度の時間変化に基づき求めることができる。 10

【0061】

(速度補正)

IRI の算定条件は、クォーターカーが 80 km/h で定速走行した際の路面入力となっている。実路走行する際には、基本的には実勢速度での定速走行となるが、一般道では 80 km/h と異なるため、路面入力の補正を行う。一般乗用車を用いる場合、実用的には、25 km/h ~ 100 km/h の速度範囲を対象とすることができる。この範囲では、路面の平坦性が過度に低下していない限り、路面入力に対する車両の振動応答は線形性が確保される。 20

【0062】

そこで、走行速度ごとに、車両の路面入力に対する第 1 の加速度の第 1 の周波数応答関数 $|J_1(n)|$ を予め作成しておき、既存のクォーターカー・モデルの基準速度における第 1 の加速度の第 2 の周波数応答関数 $|Hs_1(n)|$ との周波数成分ごとの比により得られる第 1 の加速度に対する速度補正重み関数 $|V_1(n)|$ (第 1 の速度補正重み関数) を、走行速度に対応して記憶部 50 に記憶しておく。

$$|V_1(n)| = |J_1(n)| / |Hs_1(n)|$$

【0063】

また、第 2 の加速度についても同様に第 2 の速度補正重み関数 $|V_2(n)|$ を求め、走行速度に対応して記憶部 50 に記憶しておく。 30

$$|V_2(n)| = |J_2(n)| / |Hs_2(n)|$$

ここで、 $|J_2(n)|$ は、車両の路面入力に対する第 2 の加速度の第 1 の周波数応答関数、 $|Hs_2(n)|$ は、既存のクォーターカー・モデルの基準速度における第 2 の加速度の第 2 の周波数応答関数である。なお、車両の路面入力に対する第 1 の加速度及び第 2 の加速度の周波数応答関数 $|J_1(n)|$ 、 $|J_2(n)|$ は、クォーターカー・モデルの周波数応答関数の周波数軸をシフトして作成されることができる。

【0064】

例えば、処理部 40 は、記憶部 50 を参照して、走行速度検出器 30 により検出された走行速度に対応する速度補正重み関数 $|V_1(n)|$ 、 $|V_2(n)|$ を読み出し、姿勢角補正された鉛直方向の加速度 A_{z1} 及び A_{z2} と、読み出された速度補正重み関数に基づき、次式に従い加速度 A'_{z1} 及び A'_{z2} を求める。 40

$$A'_{z1} = A_{z1} / |V_1(n)|$$

$$A'_{z2} = A_{z2} / |V_2(n)|$$

【0065】

なお、速度補正重み関数を読み出す代わりに、処理部 40 は、第 1 の周波数応答、第 2 の周波数応答を記憶部 50 から読み出し、これらに基づいて速度補正重み関数を求めるようにしてもよい。

【0066】

(車両補正)

図 5 は、クォーターカー・モデルの説明図である。 50

IRIは、図5(a)に示すように、2軸4輪の乗用車の1輪を取り出して、「質量 - ばね - ダッシュポット」で構成される2自由度の力学モデルで抽象化された仮想車両モデルにより算定される。この仮想車両モデルはクォーターカー・モデル(基準車)と呼ばれる。本実施の形態における平坦性測定装置は、例えば乗用車等に備えられることもでき、この場合、クォーターカー・モデル(基準車)と、測定車両とのシステムパラメータが異なるため、それによる周波数特性の相違を補正する。

【0067】

図5(b)は、クォーターカー・モデルの各要素を模式的に示したものである。IRI算出に用いられるクォーターカー・モデルの諸元は規定されているため周波数応答特性が計算できる。クォーターカー・モデルの各要素は、以下のパラメータで決まる。すなわち、図5において、 c_1 : 車体懸架装置の減衰率、 c_2 : タイヤの減衰率、 k_1 : 車体懸架装置の弾性率、 k_2 : タイヤの弾性率、 m_1 : バネ上質量(車輪一個によって支持された車体の重量)、 m_2 : バネ下質量(車輪・タイヤの各重量と車体懸架装置・車軸の各1/2重量)である。また、図5において、 z_1 はバネ上質量の変位、 z_2 はバネ下質量の変位、 z_p は路面高さを示す。

10

【0068】

具体的数値は、各パラメータをバネ上質量 m_1 で除し基準化することにより、以下のよう示されている。

$$c_1 / m_1 = 6.0 \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

$$c_2 / m_1 = 0.0$$

$$k_1 / m_1 = 653 \text{ (s}^{-2}\text{)}$$

$$k_2 / m_1 = 63.3 \text{ (s}^{-2}\text{)}$$

$$m_2 / m_1 = 0.15$$

20

【0069】

また、クォーターカー・モデルの運動方程式は、次式で表すことができる。

【数6】

$$m_2 \ddot{z}_2 + c_2 (\dot{z}_2 - \dot{z}_p) + c_1 (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) + k_2 (z_2 - z_p) + k_1 (z_2 - z_1) = 0$$

$$m_1 \ddot{z}_1 + c_1 (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + k_1 (z_1 - z_2) = 0$$

30

【0070】

上式をラプラス変換して整理することにより、路面入力に対する車体(バネ上)の第2の加速度及びタイヤ(バネ下)の第1の加速度の周波数応答関数を求めることができる。

【0071】

システムパラメータの相違を補正するとは、測定車両が基準車のパラメータと異なる諸元である場合、それによる周波数特性の相違を補正するものである。なお、測定車が規定の基準車で表現できる場合は補正を省略することができる。

【0072】

例えば、実車での振動測定などの適宜の方法で、路面入力に対するバネ下の第1の加速度の第3の周波数応答関数 $|G_1(n)|$ (n は周波数)を予め求めておき、基準車における同じ個所の第4の周波数応答関数 $|Hc_1(n)|$ で除すことにより、第1の加速度の車両補正重み関数 $|W_1(n)|$ (第1の車両補正重み関数)を予め求めて、記憶部50に記憶しておく。

40

$$|W_1(n)| = |G_1(n)| / |Hc_1(n)|$$

【0073】

また、バネ上の第2の加速度についても同様に、第2の車両補正重み関数 $|W_2(n)|$ を予め求めて、記憶部50に記憶しておく。

$$|W_2(n)| = |G_2(n)| / |Hc_2(n)|$$

ここで、 $|G_2(n)|$ は、路面入力に対するバネ下の第2の加速度の第3の周波数応答

50

関数、 $|Hc_2(n)|$ は、基準車における同じ個所の第4の周波数応答関数である。

【0074】

測定の際には、測定加速度値に対して、車両補正重み関数による演算処理を行い、基準車で得られたものに変換することにより車両の相違補正を行う。

例えば、処理部40は、記憶部50を参照して、車両補正重み関数 $|W_1(n)|$ 、 $|W_2(n)|$ を読み出し、速度補正された加速度 A'_{z1} 及び A'_{z2} と、読み出された車両補正重み関数に基づき、次式に従い加速度 A''_{z1} 及び A''_{z2} を求める。

$$A''_{z1} = A'_{z1} / |W_1(n)|$$

$$A''_{z2} = A'_{z2} / |W_2(n)|$$

【0075】

なお、車両補正重み関数を読み出す代わりに、処理部40は、第3の周波数応答関数、第4の周波数応答関数を記憶部50から読み出し、これらに基づいて車両補正重み関数を求めるようにしてもよい。

【0076】

なお、上述の説明では、路面入力に対する第1及び第2の加速度の周波数応答関数を用いているが、加速度以外のもの例えば路面入力に対する第1及び第2の変位の周波数応答関数を用いて補正重み関数を求め、第1及び第2の変位に対して速度補正計算、車両補正計算をするようにしても良い。

また、本実施の形態では、測定車両が路面を走行中にリアルタイムにIRIを求めることができる。

【0077】

4. 変形例

また、姿勢角補正、速度補正、車両補正の各補正計算は、予め定められた適宜の順序で行うこともできる。この場合、補正された第1及び第2の加速度が次の補正の計算に順次用いられる。例えば、上述の第1の加速度についての補正計算の式を、一般的に表すと、以下のようなになる。

【0078】

(姿勢角補正)

【数7】

$$A_1 = (A_{z1} - g) \cos \theta + A_x \sin \theta \quad (1)$$

ここで、 A_1 ：検出された又は補正された第1の加速度、 g ：重力加速度、 θ ：検出された傾斜角（ピッチ角）、 A_x ：走行方向の加速度

【0079】

(速度補正)

$$B'_1 = B_1 / |V_1(n)| \quad (2)$$

ここで、 B_1 ：検出された又は補正された第1の加速度、 $|V_1(n)|$ ：第1の加速度に対する速度補正重み関数

(車両補正)

$$C'_1 = C_1 / |W_1(n)| \quad (3)$$

ここで、 C_1 ：検出された又は補正された第1の加速度、 $|W_1(n)|$ ：第1の加速度に対する車両補正重み関数

【0080】

上述のフローチャートの例は、姿勢角補正、速度補正、車両補正の順序で計算する例であり、検出された第1の加速度を A_1 として、式(1)に従い姿勢角補正された第1の加速度 A_{z1} を求め（姿勢角補正）、次に、求められた A_{z1} を B_1 として、式(2)に従い速度補正された第1の加速度 B'_1 を求め（速度補正）、さらに、求められた B'_1 を C_1 として、式(3)に従い車両補正された第1の加速度 C'_1 を求め（車両補正）、求められた第1の加速度 C'_1 に基づきIRIを求める例である。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

また、例えば、車両補正、速度補正、姿勢角補正の順序で計算する場合には、検出された第1の加速度を C_1 として式(3)に従い車両補正された第1の加速度 C'_1 を求め(車両補正)、求められた第1の加速度 C'_1 を B_1 として、式(2)に従い速度補正された第1の加速度 B'_1 を求め(速度補正)、さらに、求められた B'_1 を A_1 として、式(1)に従い姿勢角補正された第1の加速度 A_{z1} を求め(姿勢角補正)、求められた第1の加速度 A_{z1} に基づきIRIを求めることができる。

【 0 0 8 2 】

なお、第2の加速度についても同様である。また、他の順序で計算する場合も同様に、補正された加速度を用いて順次、補正計算を実行することができる。

10

【 0 0 8 3 】

5. 速度計による変形例

(装置構成)

図1に示す平坦性測定装置において、第1の検出器11及び第2の検出器12は、加速度計以外にも速度計であっても良い。速度計を用いる場合、一度の積分により変位を求めることができるので累積誤差を小さくできる。処理部40は、第1の検出器11及び第2の検出器で検出された第1の速度及び第2の速度に対して、姿勢角補正、車両補正、速度補正を適宜行い、補正された第1及び第2の速度に基づく相対変位 Z' と測定道路区間長 L とに基づきIRIを求めることができる。

【 0 0 8 4 】

(フローチャート)

この場合、図3に示すフローチャートにおいて、処理部40は、以下の処理を実行する。

20

まず、処理部40は、上述のステップS101と同様の処理を実行する。また、処理部40は、ステップS103で、加速度の代わりに速度を第1及び第2の検出器から入力する。処理部40は、ステップS105と同様の処理を実行する。ステップS107~S111は、一例として、処理部40は入力された速度を微分して加速度を求め、求められた加速度について上述と同様に姿勢角補正、速度補正、車両補正を行うことができる。また、処理部40は、上述のステップS115~S119の処理を実行する。

【産業上の利用可能性】

30

【 0 0 8 5 】

本発明は、例えば、道路管理に関する産業に利用可能である。また、本発明は、例えば、路線・車線等のサービスレベルの評価、乗り心地改良箇所の抽出と判定、工事の仕上がり確認と改良の効果検証に関する産業に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 6 】

【図1】平坦性測定装置の装置構成ブロック図。

【図2】記憶部に記憶されるデータのデータフォーマット例。

【図3】IRI算出のフローチャート。

【図4】傾斜角(ピッチ角)補正の説明図。

40

【図5】クォーターカー・モデルの説明図。

【図6】縦断プロファイル測定の概略図。

【図7】プロファイルの説明図。

【図8】クォーターカー・モデルの周波数応答特性(空間座標)を示す図。

【図9】クォーターカー・モデルの周波数応答特性(時間座標)を示す図

【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

11 第1の加速度検出器(第1の検出器)

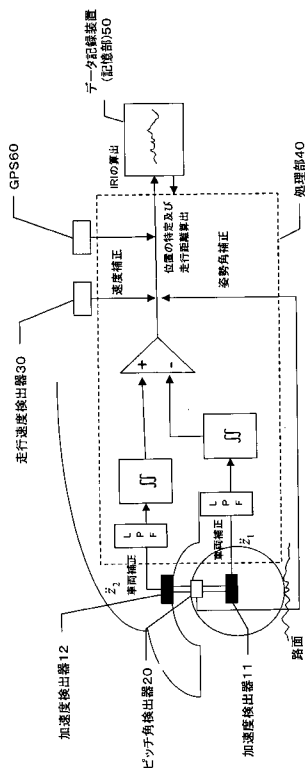
12 第2の加速度検出器(第2の検出器)

20 ピッチ角(姿勢角)検出器

50

- 3 0 走行速度検出器
- 4 0 処理部
- 5 0 データ記録装置 (記憶部)
- 6 0 G P S

【 図 1 】



【 図 2 】

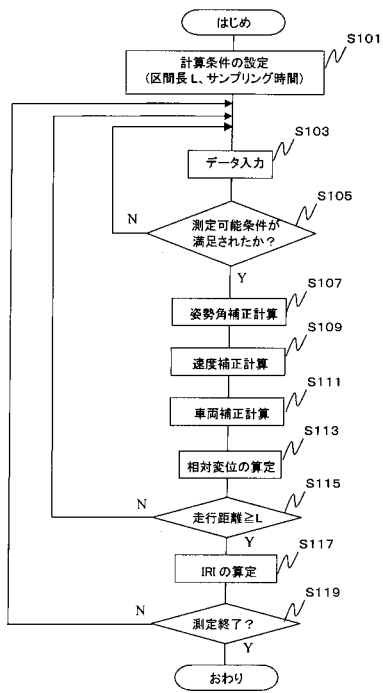
位置座標		R
x(経度)	y(緯度)	

(a)

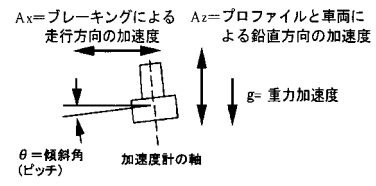
走行速度	速度重み関数	
	$ V_1(n) $	$ V_2(n) $

(b)

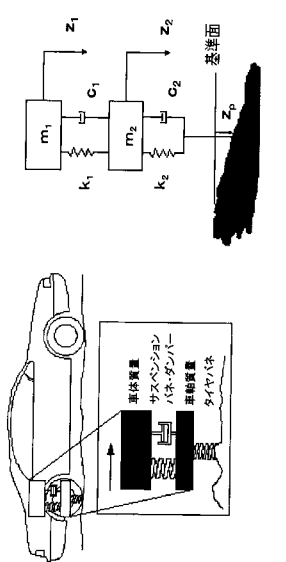
【 図 3 】



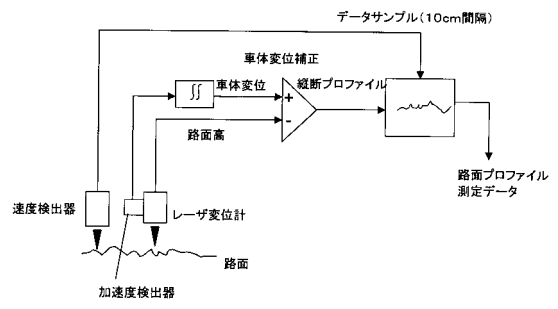
【 図 4 】



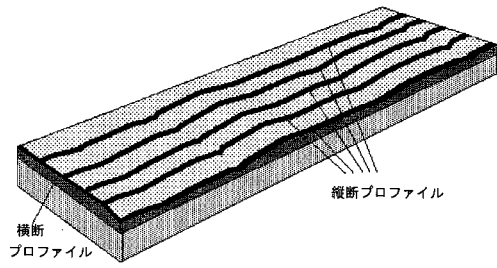
【 図 5 】



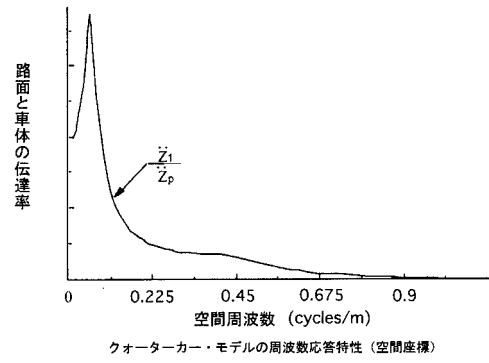
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

