

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5241556号
(P5241556)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int. Cl.	F 1
B 6 0 W 40/068 (2012.01)	B 6 0 W 40/06 1 6 8
B 6 0 W 40/06 (2012.01)	B 6 0 R 16/02 6 6 1 A
B 6 0 T 8/172 (2006.01)	B 6 0 R 16/02 6 6 1 B
	B 6 0 T 8/172 B

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-35711 (P2009-35711)	(73) 特許権者	000005278
(22) 出願日	平成21年2月18日(2009.2.18)		株式会社ブリヂストン
(65) 公開番号	特開2010-188885 (P2010-188885A)		東京都中央区京橋1丁目10番1号
(43) 公開日	平成22年9月2日(2010.9.2)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成24年2月14日(2012.2.14)		弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	100114292
			弁理士 来間 清志
		(74) 代理人	100134005
			弁理士 澤田 達也
		(74) 代理人	100119530
			弁理士 富田 和幸
		(72) 発明者	織田 敬司
			東京都小平市小川東町3-1-1 株式会 社ブリヂストン 技術センター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 路面状態推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両速度を測定する車両速度測定手段と、タイヤの内側に設けられ、タイヤ内の音を測定するタイヤ内音測定手段と、タイヤ内音測定手段からの音測定信号に基づいて路面状態を推定する演算を行う演算手段と、を具えた路面状態推定装置において、

予め定められたI個の路面状態と、予め定められたJ個の車両速度領域とを組み合わせたI x J個の条件下で車両を走行させて得られた音測定信号のそれぞれから、予め定められたK個の周波数帯域に対する強度もしくはそれに相関する物理量Pとして得られたI x J x K個の基準特性値 $P0_{ijk}$ ($i=1,2,\dots,I, j=1,2,\dots,J, k=1,2,\dots,K$) を格納する記憶部を具え、

前記演算手段は、車両走行下で、タイヤ内音検出手段からの音測定信号と、車両速度測定手段からの車両速度信号とをリアルタイムに入力し、車両速度信号に基づいて音測定信号入力時の車両速度領域 V_n を前記J個の車両速度領域の中から推定するとともに、音測定信号からK個の各周波数帯域 F_k に対する強度もしくはそれに相関する前記物理量Pを、音測定信号入力時の車両速度領域 V_n に対応する測定特性値 $P1_{nk}$ として算出し、これらのK個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、車両速度領域 V_n に属するI個の路面状態のそれぞれに対応するK個の基準特性値 $P0_{ink}$ ($i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K$) と、を比較することにより、前記音測定信号測定時に走行していた路面の路面状態を推定し、

前記K個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、車両速度領域 V_n に属するI個の路面状態のそれぞれに対応するK個の基準特性値 $P0_{ink}$ とを比較するに際し、K個の測定特性値 $P1_{nk}$ を、K次元空間

における点 $Q_n (P1_{n1}, P1_{n2}, \dots, P1_{nk})$ で表し、車両速度領域 V_n に属し、 i 番目の路面状態に対応する K 個の基準特性値 $P0_{in}$ を、 K 次元空間における点 $Q_{in} (P0_{in1}, P0_{in2}, \dots, P0_{ink})$ で表して、点 Q_n と l 個の点 Q_{in} との距離 D_l を式(1)に基づいてそれぞれ算出してこれらを比較し、これらの l 個の距離のうちもっとも近い距離に対応する路面状態を、前記音測定信号測定時に走行していた路面の路面状態として推定する路面状態推定装置。

$$D_i = \sqrt{\sum_{k=1}^K (P1_{nk} - P0_{ink})^2} \quad (1)$$

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タイヤの内側に設けられ、タイヤ内の音を測定するタイヤ内音測定手段と、タイヤ内音測定手段からの音測定信号に基づいて路面状態を推定する演算を行う演算手段と、を具えた路面状態推定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

走行中の車両が接地している路面の状態をリアルタイムに検知することは極めて有意義であり、この情報を運転者に伝えることにより走行時の安全性を向上させ、また、路面状態を知ることによりアンチロックブレーキシステムを効果的に作動させることができる等の効果を生み出すことができる。路面状態を検知する方法として、スリップ率を測定しそこから求められる摩擦係数に基づく方法も提案されているが、求められた摩擦係数は、特にスリップ率が小さなおきには信頼性が極めて低いため、路面の推定がうまく行えないという問題があり、その対応策として、路面によってタイヤ内の音の変化することを利用して、タイヤ内の音を測定し、この測定音を、予め登録されている各路面状態に対応する基準音と比較（より具体的には、測定音と基準音との、予め定められた周波数領域の音の強度を比較）し判定することによって、路面状態を推定する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。 20

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】実開平6-174543号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に開示された路面状態の推定方法においては、第一に、音は車両の走行速度に大きく依存して変化するはずなのに、車両の走行速度を無視して、それらの音を比較していること、第二に、比較の方法として、1つの周波数領域に限定してそれらを比較しており、設定された周波数領域では同程度の強度を示していても、別の周波数領域では強度が全く異なっていることがあり、その結果、この推定方法も、その推定精度において殆ど実用的なものには成り得なかった。 40

【0005】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、タイヤ内の音を測定するタイヤ内音測定手段音測定信号に基づいて、路面状態の推定を高精度に行えることのできる路面状態推定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

<1>は、車両速度を測定する車両速度測定手段と、タイヤの内側に設けられ、タイヤ内の音を測定するタイヤ内音測定手段と、タイヤ内音測定手段からの音測定信号に基づい 50

て路面状態を推定する演算を行う演算手段と、を具えた路面状態推定装置において、

予め定められたI個の路面状態と、予め定められたJ個の車両速度領域とを組み合わせられたI x J個の条件下で車両を走行させて得られた音測定信号のそれぞれから、予め定められたK個の周波数帯域に対する強度もしくはそれに相関する物理量Pとして得られたI x J x K個の基準特性値 $P0_{ijk}$ ($i=1,2,\dots,l, j=1,2,\dots,J, k=1,2,\dots,K$)を格納する記憶部を具え、

前記演算手段は、車両走行下で、タイヤ内音検出手段からの音測定信号と、車両速度測定手段からの車両速度信号とをリアルタイムに入力し、車両速度信号に基づいて音測定信号入力時の車両速度領域 V_n を前記J個の車両速度領域の中から推定するとともに、音測定信号からK個の各周波数帯域 F_k に対する強度もしくはそれに相関する前記物理量Pを、音測定信号入力時の車両速度領域 V_n に対応する測定特性値 $P1_{nk}$ として算出し、これらのK個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、車両速度領域 V_n に属するI個の路面状態のそれぞれに対応するK個の基準特性値 $P0_{ink}$ ($i=1,2,\dots,l, k=1,2,\dots,K$)と、を比較することにより、前記音測定信号測定時に走行していた路面の路面状態を推定し、

前記K個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、車両速度領域 V_n に属するI個の路面状態のそれぞれに対応するK個の基準特性値 $P0_{ink}$ とを比較するに際し、K個の測定特性値 $P1_{nk}$ を、K次元空間における点 $Q_n(P1_{n1}, P1_{n2}, \dots, P1_{nK})$ で表し、車両速度領域 V_n に属し、i番目の路面状態に対応するK個の基準特性値 $P0_{in}$ を、K次元空間における点 $Q_{in}(P0_{in1}, P0_{in2}, \dots, P0_{inK})$ で表して、点 Q_n とI個の点 Q_{in} との距離 D_i を式(1)に基づいてそれぞれ算出してこれらを比較し、これらのI個の距離のうちもっとも近い距離に対応する路面状態を、前記音測定信号測定時に走行していた路面の路面状態として推定する路面状態推定装置である。

$$D_i = \sqrt{\sum_{k=1}^K (P1_{nk} - P0_{ink})^2} \quad (1)$$

【発明の効果】

【0008】

< 1 >によれば、測定特性値 $P1_{nk}$ を、音測定時の車両速度の属する車両速度領域 V_n の基準特性値 $P0_{ink}$ に対して比較しており、すなわち、同一車両速度を合わせた上で、測定音と基準音とを比較しており、また、測定特性値 $P1_{nk}$ と基準特性値 $P0_{ink}$ との比較において、複数個の周波数領域において総合的に比較しており、これらることによって、路面状態の推定を精度の高いものとすることができる。

【0009】

また、< 1 >によれば、測定特性値 $P1_{nk}$ と基準特性値 $P0_{ink}$ との比較において、それらをK次元空間における点に対応させたときのそれらの点間の距離の大小で、測定特性値がどの路面状態の基準特性値にもっとも近いかを判定するので、極めて高い精度で、路面状態を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明に係る実施形態の路面状態推定装置の構成を示すブロック線図である。

【図2】演算手段の1回の処理を示す概念図である。

【図3】基準特性値を設定する際の演算処理を示す概念図である。

【図4】n次元空間における点 Q_n と、点 Q_{in} との間の距離を表す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の実施形態について図に基づいて説明する。図1は、本発明に係る実施形態の路面状態推定装置の構成を示すブロック線図である。路面状態推定装置10は、車両速度を測定する車両速度測定手段1と、タイヤ20の内側に設けられ、タイヤ内20の音を測定するタイヤ内音測定手段2と、タイヤ内音測定手段2からの音測定信号に基づいて路面状

10

20

30

40

50

態を推定するための演算を行う演算手段3と、予め定められた値のデータを格納する記憶部4とを具える。

【0012】

車両測定手段1は、例えば、各車輪に設けられた周知の車輪回転速度センサ11a、11bと、車輪回転速度センサ11a、11bから得られた車輪速度を基に車両の平均速度を算出して車両速度信号を生成する車速演算部12とで構成することができ、車速演算部12は、例えば、演算手段3、および、記憶部4とともに、車両全体を制御する制御部5の中に設けられる。車速演算部12からの車両速度信号は、所定のサンプリングタイムでリアルタイムに演算手段3に入力される。

【0013】

また、タイヤ内音測定手段2は、これを、例えば、タイヤ20の内面に貼り付けられ、もしくは、リムに取り付けられた発信アンテナ付のマイクロフォンモジュールで構成することができ、この場合、タイヤ内音測定手段2からは、所定のサンプリングタイムで音測定信号が発信され、この信号は、タイヤの近くの車体側に設けられた受信アンテナ13で受信されて、演算手段3に入力される。

【0014】

本発明は、タイヤ内音測定手段2で測定された音測定信号から特性値を算出し、この測定特性値を、予め路面状態ごとに採取され保存されている基準特性値と照合し、測定特性値にもっとも近い基準特性値に対応する路面状態を、測定推定値に対応する路面状態であるとして推定する方法の1つであるが、その特長は、第一に、測定特性値をほぼ同じ車両速度の条件下で採取された基準特性値に対して比較する点であり、このことによって、車両速度条件が推定されていない基準特性値と比較する場合に対比して、高い信頼性をもって路面状態を推定することができ、第二に、測定特性値と基準特性値とを比較する際の特性値として、音測定信号から複数の周波数成分を抽出し、それぞれの成分に基づいたものを用いていることであり、このことによって、単一の周波数成分に基づいた特性値同士を比較する場合に対して一層高い信頼性をもって路面状態を推定することが可能となる。

【0015】

演算手段3の処理についてより具体的に説明する。演算手段3は、期間Tにわたって、所定のサンプリングタイムで連続的に入力される音測定信号 $X_n(m)$ の路面状態を推定する処理を1回行うものとし、図2は、演算手段3の1回の処理を示す概念図である。期間Tとしては、例えば、タイヤ1回転分をとり、 $m(m=1,2,3,\dots)$ は、この期間内におけるサンプリングポイントである。

【0016】

上記に説明したように、本発明に特徴の1つは、測定特性値とほぼ同じ車両速度の条件下で採取された基準特性値と比較する点であり、このため、演算手段3は、1回の路面状態推定処理について、この処理に対応する期間Tにおける車両の速度を知る必要があり、期間T内の1もしくは複数のサンプリングポイントにおける車両速度信号を入力し、この信号に基づいて、そのサンプリングポイントにおける車両速度が、予め定められたJ個の車両速度領域 $V_j(j=1,2,3,\dots,J)$ のいずれに属するかを推定する処理を行う。

【0017】

ここで、J個の車両速度領域としては、例えば、1番目の速度領域を10km/h未満、2番目の速度領域を10km/h以上20km/h未満、 \dots 、J番目の速度領域を $(J-1)*10\text{km/h}$ 以上 $J*10\text{km/h}$ 未満というように設定することができる。以下の説明においては、路面状態を推定する処理に対応する車両速度領域は V_n であったとする。(車両速度領域は V_n を推定する上記の説明は、図2には図示せず)

【0018】

図2に示すように、入力した音測定信号 $X_n(m)$ は、予め定められたK個のバンドフィルタ $f_k(z^{-1})(k=1,2,3,\dots,K)$ によって各周波数帯域成分 $Y_{nk}(m)$ が抽出される。ここで、サフィックスnは、この音測定信号を採取された時点に対応する車両速度領域が V_n であることを意味し、また、サフィックスkは、周波数帯域を区別するための符号である。パ

10

20

30

40

50

ンドフィルタ $f_k(z^{-1})$ としては、 $K=4$ として、以下の周波数帯域 F_k のものを例示することができる。

バンドフィルタ $f_1(z^{-1})$ の周波数帯域 F_1 ：中心周波数31.5Hz、1/3オクターブ幅、
 バンドフィルタ $f_2(z^{-1})$ の周波数帯域 F_2 ：中心周波数125Hz、1/3オクターブ幅、
 バンドフィルタ $f_3(z^{-1})$ の周波数帯域 F_3 ：中心周波数250Hz、1/3オクターブ幅、
 バンドフィルタ $f_4(z^{-1})$ の周波数帯域 F_4 ：中心周波数3150Hz、1/3オクターブ幅

【0019】

音測定信号 $X_n(m)$ の各周波数帯域成分 $Y_{nk}(m)$ は、時間や、タイヤの位置、路面の微細な変化によるバラツキを抑えるために平均化処理を行う。平均化の処理としては、例えば、式(2)、(3)、(4)に示すように、期間 T にわたる二乗平均化しさらにこれを移動平均化するとよい。

10

$$Zave_{nk}(T) = G_k(z^{-1})Z_{nk}(T) \quad (2)$$

ただし、

$$Z_{nk}(T) = \frac{1}{N_T} \sqrt{\sum_{k \in T} Y_{nk}(m)^2} \quad (3)$$

$$Y_{nk}(m) = f_k(z^{-1})X_n(m) \quad (4)$$

N_T ：期間 T 内のサンプリングポイント数

20

$G_k(z^{-1})$ ：移動平均フィルタ

【0020】

ここで、上記平均化は、タイヤ5~10回転分に対応する期間 T について行うのが好ましく、期間 T がタイヤ5回転分に対応する期間より小さいと、期間 T 内の $Y_{nk}(m)$ のサンプリングポイントによるバラツキを十分抑えることがむづかしい。一方、期間 T を10回転分に対応する長さより長くすると路面の変化した時の推定がむづかしくなる。また、期間 T を、例えば、タイヤ10周分とした場合、タイヤ10周分に対応する期間 T はタイヤの回転速度によって異なるが、別途設けられている車速測定手段1の車輪回転速度センサ11aの情報を用いて補正することによってこの期間 T を、各処理の都度ほぼ正確に設定することができる。

30

【0021】

以上の平均化処理によって算出された $Zave_{nk}(T)$ は、先に説明した、車両速度領域 V_n に対応する K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ であり、演算手段3は、図2に示すように、平均化処理のあと、これらの測定特性値 $P1_{nk}$ を、予め設定された、車両速度領域 V_n に属する l 個の路面状態の対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ ($i=1,2,\dots,l$, $k=1,2,\dots,K$) に対して比較する比較演算処理を行う。

【0022】

基準特性値 $P0_{ijk}$ ($i=1,2,\dots,l$, $j=1,2,\dots,J$, $k=1,2,\dots,K$) は、図3に示すような演算を行うことによって得られる $Zave_{ijk}(T)$ で表すことができる。すなわち、基準特性値 $P0_{ijk}$ を求めるには、予め定められた l 個の路面状態のうち、 i 番目の路面状態の路面を、速度が車両速度領域 V_j となるようににして、車両を走行させ、そのとき、タイヤ内音測定手段2からの音測定信号 $X_{ij}(m)$ から、前記の K 個のバンドフィルタ $f_k(z^{-1})$ ($k=1,2,3,\dots,K$) によって各周波数帯域成分 $Y_{ijk}(m)$ を抽出する。

40

【0023】

次いで、各周波数帯域成分 $Y_{ijk}(m)$ を、例えば、式(5)、(6)、(7)に従って平均化処理する。この平均化処理に際しては、先に、式(2)、(3)、(4)について説明したのと同様に処理することができる。

$$Zave_{ij_k}(T) = G_k(z^{-1})Z_{ij_k}(T) \quad (5)$$

ただし、

$$Z_{ij_k}(T) = \frac{1}{N_T} \sqrt{\sum_{k \in T} Y_{ij_k}(m)^2} \quad (6)$$

$$Y_{ij_k}(m) = f_k(z^{-1})X_{ij}(m) \quad (7)$$

N_T : 期間 T 内のサンプリングポイント数

$G_k(z^{-1})$: 移動平均フィル

10

【 0 0 2 4 】

さて、図 2 に示した比較演算処理において、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ (すなわち $Zave_{nk}(T)$) と、1 組の路面状態のそれぞれに対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ (すなわち $Zave_{ink}(T)$) と比較する処理を行うが、もし、i 番目の路面状態に対して、実際の測定時の条件が、完璧に、基準特性値 $P0_{ink}$ を取得したときの条件と同じであったとするならば、この i に対して、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ は、対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ とすべて同じとなるはずである。しかし、実際には条件は微妙に異なるのでそうはならない。このような場合、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ が、対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ に総合的に見てもっとも近いよ

20

【 0 0 2 5 】

このような、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ との総合的な遠近度合いを表すものとして、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ を、K 次元空間における点 Q_n ($P1_{n1}, P1_{n2}, \dots, P1_{nK}$) で表し、i 番目の路面状態に対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ を、K 次元空間における点 Q_{in} ($P0_{in1}, P0_{in2}, \dots, P0_{inK}$) で表したときの点 Q_n と点 Q_{in} との間の距離を用い、点 Q_n に対して、この距離が最も近い点 Q_{in} に対応する路面状態 i を、現在走行中の路面として推定する。すなわち、先述の式 (1) で表される距離が最も小さくなる i に対応する路面状態 i を、現在走行中の路面として推定するものである。

【 0 0 2 6 】

なお、式 (1) で表される距離 D_i が、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、対応する K 個の基準特性値 $P0_{ink}$ との総合的な遠近度合いを表すものとするについては、 $K=3$ とした 3 次元空間における点 Q_n と例えば 2 個の点 Q_{in} ($i=1, 2$) を表す図 4 を見ると明らかである。

30

【 0 0 2 7 】

しかし、本発明は、上記遠近度合いを示す指標として、距離 D_i に限定されるものではなく、例えば、式 (8) であらわされるような、K 個の測定特性値 $P1_{nk}$ と、対応する基準特性値 $P0_{ink}$ とのそれぞれの差の絶対値の合計 C_i を用いることもできる。

$$C_i = \sum_{k=1}^K |P1_{nk} - P0_{ink}| \quad (8)$$

40

【実施例】

【 0 0 2 8 】

上記の説明に従った路面推定装置を搭載した車両を、路面状態の異なる路面上を、種々の速度で走行させ、路面を推定し、路面推定装置によって推定した路面状態と、実際の路面状態とを比較して速度ごとの正解率を算出し表 1 にまとめた。

【 0 0 2 9 】

走行させた路面は、

- 1) 舗装アスファルト路面
- 2) ひび割れアスファルト路面

50

3) 石畳路面

4) 低摩擦係数路面

の4種類とした。また、速度は、20km/h、30km/h、40km/h、50km/h、60km/h、70km/h、80km/hの7レベルで変化させた。

【0030】

バンドフィルタとしては、先に例示した $f_1(z^{-1})$ 、 $f_2(z^{-1})$ 、 $f_3(z^{-1})$ 、 $f_4(z^{-1})$ を用いた。それぞれのバンドフィルタの周波数帯域は以下の通りである。

バンドフィルタ $f_1(z^{-1})$ の周波数帯域 F_1 ：中心周波数31.5Hz、1/3オクターブ、

バンドフィルタ $f_2(z^{-1})$ の周波数帯域 F_2 ：中心周波数125Hz、1/3オクターブ、

バンドフィルタ $f_3(z^{-1})$ の周波数帯域 F_3 ：中心周波数250Hz、1/3オクターブ、

バンドフィルタ $f_4(z^{-1})$ の周波数帯域 F_4 ：中心周波数3150Hz、1/3オクターブ

10

【0031】

平均化処理には、式(2)~(4)に従った。また、基準特性値を求めるに際しては、式(5)~(7)に従った。また、判定には、式(1)を用いた。正解率の算出にあたっては、各条件について50回判定した際の正解率とした。

【0032】

【表1】

路面種	速度						
	20km/h	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h	70km/h	80km/h
舗装アスファルト路面	100	100	100	100	100	100	100
ひび割れアスファルト路面	100	100	100	100	100	98.45	100
石畳路面	100	100	100	100	100	100	100
低摩擦係数路面	100	100	100	100	—	—	—

20

30

【符号の説明】

【0033】

1 車両速度測定手段

2 タイヤ内音測定手段

3 演算手段

4 記憶部

5 制御部

10 路面状態推定装置

11 a、11 b 車輪回転速度センサ

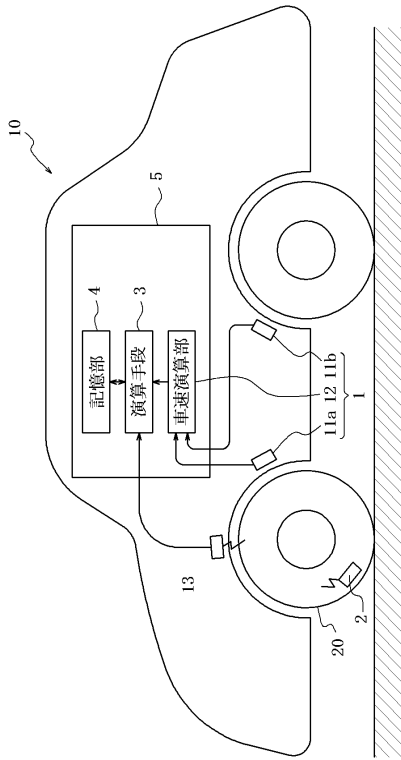
12 車速演算部

13 受信アンテナ

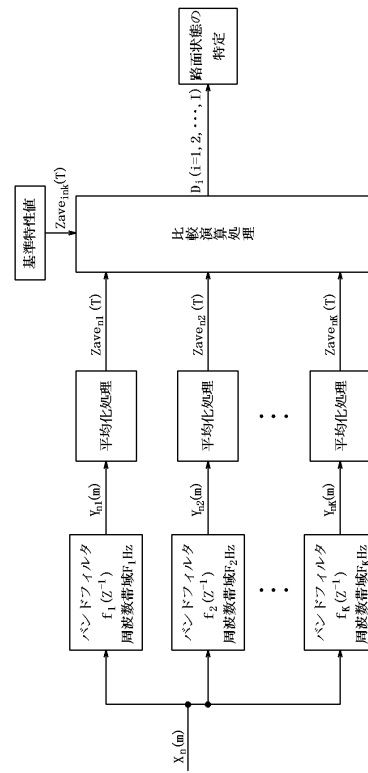
20 タイヤ

40

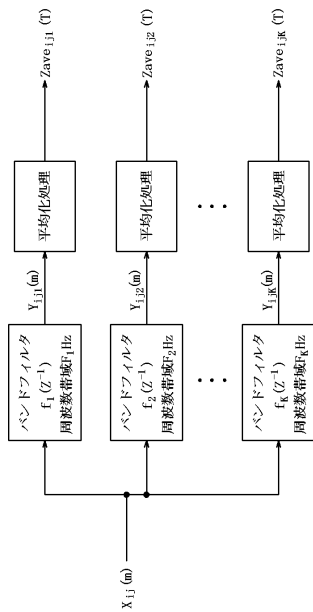
【 図 1 】



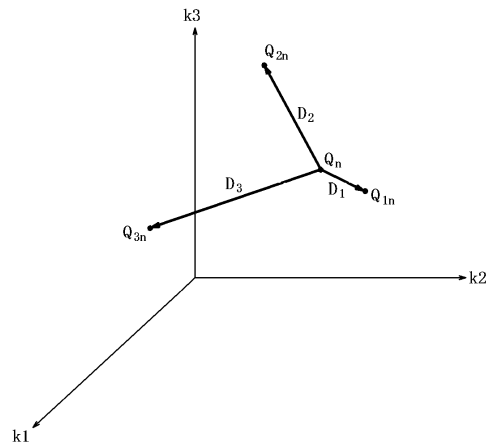
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 藤島 隆行

東京都小平市小川東町3 - 1 - 1 株式会社ブリヂストン 技術センター内

審査官 堀川 泰宏

(56)参考文献 特開平08 - 175334 (JP, A)

特開平08 - 298613 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W 10/00 - 50/08

B60T 7/12 - 8/96

B60R 16/02