

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5366875号
(P5366875)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

| | | | | |
|----------------|---------------|------------------|---------|---------------|
| (51) Int. Cl. | | F I | | |
| GO 1 M | 17/007 | (2006.01) | GO 1 M | 17/00 Z |
| G 1 O K | 15/04 | (2006.01) | G 1 O K | 15/04 3 O 2 J |
| GO 1 H | 17/00 | (2006.01) | GO 1 H | 17/00 Z |

請求項の数 9 (全 12 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2010-93854 (P2010-93854) | (73) 特許権者 | 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| (22) 出願日 | 平成22年4月15日(2010.4.15) | (74) 代理人 | 100091096 弁理士 平木 祐輔 |
| (65) 公開番号 | 特開2011-226790 (P2011-226790A) | (74) 代理人 | 100105463 弁理士 関谷 三男 |
| (43) 公開日 | 平成23年11月10日(2011.11.10) | (72) 発明者 | 瀬戸 信治 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内 |
| 審査請求日 | 平成24年9月3日(2012.9.3) | (72) 発明者 | 平工 賢二 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音生成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に搭載される特定の現行部品を新規部品に交換したときに車両から発生する車両音を合成した合成車両音を生成する音生成装置であって、

車両から発生する車両音の音圧データを取得する現行音取得手段と、

前記現行部品が起因となって発生する現行部品起因音を演算する現行部品起因音演算手段と、

該車両音の音圧データから前記現行部品起因音を除去した現行部品除去音を演算する現行部品起因音除去手段と、

前記新規部品が起因となって発生する新規部品起因音を演算する新規部品起因音演算手段と、

前記現行部品除去音に前記新規部品起因音を合成して前記合成車両音の音圧波形を生成する合成音生成手段と、

該合成音生成手段により生成された合成車両音の音圧波形から合成車両音を発生させる合成音発生手段と、

を有することを特徴とする音生成装置。

【請求項 2】

前記現行音取得手段は、回転機械の複数の回転数で、車両で発生する車両音の音圧データを取得し、

前記現行部品起因音演算手段は、前記車両音のうち前記回転機械の駆動力によって駆動

10

20

される特定の部品が起因で発生する現行部品起因音の音圧データを前記回転機械の回転数に比例した周波数である回転次数成分ごとの音圧次数成分データで演算し、

前記現行部品起因音除去手段は、前記車両音の音圧データから前記回転次数成分ごとの音圧次数成分データに変換し、現行部品起因音の音圧次数成分データを、前記車両音の音圧次数成分データから同じ位相基準で差し引くことで、前記回転次数成分の現行部品除去音の音圧次数成分データを求めることを特徴とする請求項 1 に記載の音生成装置。

【請求項 3】

前記音圧次数成分データが音圧の振幅と前記回転機械の所定の位置を基準とした位相遅れから構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の音生成装置。

【請求項 4】

新規部品起因音演算手段は、前記回転機械の回転駆動力により部品回転軸が回転されることで部品が起因で発生する新規部品起因音の音圧データを前記部品回転軸の回転数に比例する周波数である部品回転次数成分ごとの音圧次数成分データで演算し、

前記合成音生成手段は、前記回転機械の回転数を入力として、前記部品除去音の前記音圧次数成分データから前記現行部品除去音の音圧波形を生成し、前記部品回転軸の回転数を前記回転機械の回転数から生成し、前記新規部品音の音圧次数成分データから前記新規部品音の音圧波形を生成し、前記現行部品除去音の音圧波形と前記新規部品音の音圧波形を足し合わせて合成音の音圧波形を生成することを特徴とする請求項 3 に記載の音生成装置。

【請求項 5】

前記新規部品起因音の音圧次数成分データが振幅と前記部品回転軸の所定の位置を基準とした位相遅れから構成され、

前記合成音生成手段は、前記新規部品音の音圧次数成分データから前記新規部品音の音圧波形を前記部品回転軸の初期位置を任意に変更した音圧波形を生成し、前記現行部品除去音の音圧と前記新規部品音の音圧波形を足し合わせて合成音の音圧波形を生成することを特徴とする請求項 4 に記載の音生成装置。

【請求項 6】

前記現行音取得手段は、回転機械駆動時の車両音と回転機械停止時の車両走行時の車内音を取得し、

前記合成音生成手段は、前記現行部品除去音と新規部品起因音と回転機械停止時の車内音を合成して合成車両音の音圧波形を生成することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の音生成装置。

【請求項 7】

現行部品起因音演算手段と、部品起因音除去手段と、新規部品起因音演算手段と、合成音生成手段と、合成音発生手段と、部品回転角度計測手段と、部品回転速度計測手段とから構成され、

部品回転角度計測手段および前記部品回転速度計測手段は、車両に搭載された特定の部品の回転角度および回転速度を計測し、

前記現行部品起因音演算手段は、回転機械の駆動力によって駆動される特定の部品が起因で発生する現行部品起因音の音圧データを前記回転機械の回転数に比例した周波数である回転次数成分ごとの音圧次数成分データで演算し、

前記新規部品起因音演算手段は、前記回転機械の回転駆動力により部品回転軸が回転されることで部品が起因で発生する新規部品起因音の音圧データを前記部品回転軸の回転数に比例する周波数である部品回転次数成分ごとの音圧次数成分データで演算し、

前記合成音生成手段は、前記部品回転角度計測手段と部品回転速度計測手段とから得られた前記特定の部品の部品回転軸の回転角度および回転速度から現行部品起因音とは逆位相の音圧波形を生成し、前記新規部品音の音圧次数成分データから前記新規部品音の音圧波形を前記部品回転軸の初期位置を任意に変更した音圧波形を生成し、前記現行部品起因音とは逆位相の音圧波形と前記新規部品起因音の音圧波形を足し合わせた合成音の音圧波形を生成し、

10

20

30

40

50

前記合成音発生手段は、前記合成音の音圧波形から音を発生することを特徴とする音生成装置。

【請求項 8】

前記現行部品起因音または前記新規部品起因音が、部品で発生する加振力が複数の伝達経路を伝播して受音点に達するものであり、

前記現行部品起因音演算手段または前記新規部品起因音演算手段は、前記伝達経路への入力と前記伝達経路の伝達関数を乗じることで、前記現行部品起因音または前記新規部品起因音を算出し、前記伝達経路への入力と前記伝達関数を計測して求めることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の音生成装置。

【請求項 9】

前記現行部品起因音演算手段または前記新規部品起因音演算手段は、前記伝達関数への入力と前記伝達経路の伝達関数のうち少なくとも一方が計算機上で演算されることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の音生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両に搭載される部品が動作することで発生する車両音を生成する音生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両に搭載される部品が動作することで発生する車両音の生成方法としては、従来、部品がエンジンである場合について、たとえば、単発音の波形データを、吸気音、エンジン爆発音、排気音などといったその単発音を成す要素毎の波形データとして準備しておいて、エンジンの設計条件に応じて選択したそれらの要素毎の波形データに周波数変更や時間、振幅の揺らぎを付加した後に合成して出力することによって、エンジン音のシミュレーションを行う方法が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 258980 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、上述した従来の方法では、エンジン以外の部品が起因となって発生する音や複数の部品が起因となって発生する音を生成することはできない。したがって、エンジン以外の部品を新たな部品に交換したときに、その新たな部品が起因となって発生する音等については、実際に製作して車両に取り付けるまで、聞くことはできなかった。

【0005】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的は、車両に搭載された複数の部品が動作することで発生する複数の音成分のうち、特定の音成分を変更した場合の車両音を生成することができ、これにより、車両音の善し悪しを迅速に判断することができる音生成装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決する本発明の音生成装置は、車両から発生する車両音の音圧データを取得し、現行部品が起因となって発生する現行部品起因音を演算し、車両音の音圧データから現行部品起因音を除去した現行部品除去音を演算し、新規部品が起因となって発生する新規部品起因音を演算し、現行部品除去音に新規部品起因音を合成して合成車両音の音圧波形を生成し、その合成車両音の音圧波形から合成車両音を発生させることを特徴としている。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、車両に搭載される特定の現行部品を新規部品に交換したときに車両から発生する車両音を合成した合成車両音を生成することができるので、例えば、車両に搭載された複数の部品が動作することで発生する複数の音成分のうち、特定の音成分を変更した場合の車両音を生成することができ、音の善し悪しを迅速に判断することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る音生成装置を示す図。

【図2】本発明の第一の実施形態に係る実測音のフーリエ変換結果の一例を示す図。

10

【図3】本発明の第一の実施形態に係る音圧の回転次数成分を示す図。

【図4】本発明の第一の実施形態に係る音圧の回転次数成分の値の一例を示す図。

【図5】本発明の第一の実施形態に係る複数条件の音圧の回転次数成分の値の一例を示す図。

【図6】本発明の第一の実施形態に係るエンジン音算出方法を示す図。

【図7】本発明の第一の実施形態に係る部品起因音の伝達経路を示す図。

【図8】本発明の第二の実施形態に係る音生成装置を搭載した車両の概要図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明の音生成装置の第一実施例を図1から図7を用いて説明する。

20

音生成装置1は、複数の部品が動作することで発生する複数の音成分のうち、特定の音成分を変更した場合の車両音を生成するものである。本実施例では、自動車の車内音のうちエンジンによって駆動される部品のひとつによって発生する音成分を変更した場合の車内音を生成する音生成装置1を例に説明する。

【0010】

図1において、音生成装置1は、現行音取得手段としての現行音取得部2、現行部品起因音除去手段としての現行部品起因音除去部3、現行部品起因音演算手段としての現行部品起因音演算部4、新規部品起因音演算手段としての新規部品起因音演算部5、合成音生成手段としての合成音生成部6、合成音発生手段としての合成音発生部7とから構成される。

30

【0011】

まず、現行音取得部2について説明する。

現行音取得部2では、自動車車内音の音圧データを取得する処理が行われる。この際、いろいろな条件での音圧データがあることが望ましい。例えば、車内音は主にエンジン回転数により変わるため、回転数を徐々に変化させた場合の音圧データを取得しておく。さらに必要に応じてアクセル開度や走行速度などを変化させた場合の音圧データを取得しておくことが望ましい。また、エンジン燃焼の1サイクルは燃料の吸気、圧縮、爆発、排気で行われ、このタイミングと車内音圧には関係があるためこの1サイクルを360°としたときの位相（以下、燃焼サイクル）と音圧データは同時に計測しておくことが望ましい。

40

【0012】

つぎに、現行部品起因音除去部3について説明する。

自動車には、プーリーやチェーンなどによりエンジン駆動力が伝えられて駆動する回転部品がある。この回転部品の加振力がさまざまな経路を伝播して車内音となる。

【0013】

現行部品起因音除去部3は、現行音取得部2で取得した音圧データから、回転部品のうちのひとつから発生する音（以下、現行部品起因音と称す）を除去した音圧データを作成する部分である。以下、現行部品起因音を除去したデータは主にエンジンが起因となって発生する音であるため、エンジン音と称す。

【0014】

50

現行部品起因音除去部 3 での処理について説明する。まず、現行音取得部 2 で得られた音圧データを回転数ごとに、フーリエ変換を行う。変換を行った結果の一例を図 2 に示す。図 2 は横軸が周波数、縦軸が回転数、色の濃さが音圧を表わす。音圧が高い部分を結びと直線となり、回転数に比例して周波数が変わる部分があることがわかる。これは、主にエンジンに起因する音であり、燃焼サイクルの 1 次成分とその倍数成分（次数成分）である。

【 0 0 1 5 】

この次数成分のうち、燃焼サイクル n 次成分の車内音 P_n に注目すると、図 3 に示すように、横軸が回転数、縦軸が振幅 A_n と位相遅れ ϕ_n のグラフが得られる。位相遅れは、燃焼サイクルの所定位置（たとえばピストン上死点での燃料吸入開始時）を 0° としたときの遅れを示す（以下、この位相遅れを燃焼サイクル基準位相遅れと称す）。回転数と振幅 A_n 、燃焼サイクル基準位相遅れ ϕ_n の関係をデータとして、例えば、図 4 に示す形で保存しておく。また、さらにアクセル開度など別の関数となる場合には、例えば、図 5 に示すように階層的にデータを保存する。

10

【 0 0 1 6 】

一方、現行部品起因音は、現行部品回転軸の回転により発生するために、燃焼サイクルの次数成分ではなく、現行部品を駆動する部品軸の回転数の次数成分で発生する。

【 0 0 1 7 】

そこで、まずクランクシャフトと現行部品回転軸の回転比から現行部品起因音の燃焼サイクル次数を算出する。たとえば、クランクシャフト回転と現行部品の回転比が 4 : 3 で、現行部品回転数の 1 次、2 次、3 次、4 次・・・で音が発生する部品について考える。クランクシャフト 2 回転で燃焼サイクル 1 回が行われる 4 サイクルエンジンを想定とすると、現行部品起因音が発生する現行部品回転数の 1 次、2 次、3 次、4 次は、燃焼サイクル次数では、 $8/3$ 次、 $16/3$ 次、8 次、 $32/3$ 次、・・・となる。一方、エンジン音は燃焼サイクル次数で 1 次、2 次、3 次、・・・で発生する。

20

【 0 0 1 8 】

そのため、8 次、16 次、・・・では現行部品起因音とエンジン音の周波数が一致する。そこで、エンジン音は車内音から現行部品起因音を差し引くことで求める。後述する現行部品起因音演算部 4 により、現行部品起因音 P_c の次数成分 P_{cn} （振幅 A_{cn} 、燃焼サイクル基準位相遅れ ϕ_{cn} ）を回転数ごとに計算しておく。

30

【 0 0 1 9 】

エンジン音 P_{en} は車内音 P_n と現行部品起因音 P_{cn} から

[数 1]

$$P_{en} = P_n - P_{cn} \cdots (1)$$

により求められる。

【 0 0 2 0 】

図 6 に示すように P_n 、 P_{cn} は、それぞれ振幅（ A_n 、 A_{cn} ）と燃焼サイクル基準位相遅れ（ ϕ_n 、 ϕ_{cn} ）の情報を持っているため、エンジン音 P_{en} も振幅 A_{en} と燃焼サイクル基準位相遅れ ϕ_{en} が求まる。これも図 4 に示す形で保存しておく。

【 0 0 2 1 】

つぎに、現行部品起因音演算部 4 について説明する。

一般に部品が起因となって発生する部品起因音は、部品からの振動などが複数の伝達経路を伝播することで発生する。図 7 に示すように、部品 15 が 3 か所で車体 11 に取り付けられる場合は、それぞれの取り付け点 17 a、17 b、17 c での力が伝達経路 10 a、10 b、10 c を伝播し車内音となり、取り付け点 17 の力 F_1 、 F_2 、 F_3 と伝達関数 G_1 、 G_2 、 G_3 をかけあわせることで車内音が求まる。一般化すると、すべての i に対する力 F_i と伝達関数 G_i を求めることで車内音が求まる。

40

【 0 0 2 2 】

そこで、現行部品起因音を求めるには、 i 番目の取り付け点の力 F_i は回転数を徐々に変化させた時の時刻歴データを計測しておく。また同時に燃焼サイクルも測定しておく。

50

このデータを用いて、 i 番目の取り付け点の力 F_i を回転数ごとにフーリエ変換を行い次数成分の抽出を行うと F_i の燃焼サイクル n 次成分 F_{ni} が求まる。 F_{ni} は振幅と燃焼サイクル基準位相遅れの情報を持つ。したがって、(2) 式に示す式により現行部品起因音 P_c の n 次成分 P_{cn} が求まる。

【0023】

【数2】

$$P_{cn} = \sum_i (G_i \times F_{ni}) \dots (2)$$

【0024】

F_{ni} は振幅と燃焼サイクル基準位相遅れ、 G_i は入力に対する出力のゲインと入力に対する出力の位相遅れの情報をもつため、 P_{cn} は振幅 A_{cn} と燃焼サイクル基準位相遅れ c_n の情報を持つ。

10

【0025】

ここでは F_i 、 G_i はあらかじめ計測しておいたが、たとえば有限要素法などにより求めてもよい。

【0026】

つぎに新規部品起因音演算部5について示す。

新規部品起因音とは、車両に搭載されている現行部品を現行部品とは異なる仕様の新規部品に変更した場合や、部品から車内音に至る伝達経路を変更した場合などに、部品が起因で発生する音である。

20

【0027】

新規部品起因音は、新規部品を搭載した場合には新規部品の車体への i 番目の取り付け点の力 F_{inew} を算出し、車体取り付け点から車内音に至る伝達経路を変更した場合には車体取り付け点の力から車内音までの伝達関数 G_{inew} を、それぞれ算出することで求まる。

【0028】

F_{inew} は、新規部品回転軸の回転により発生するため、新規部品回転軸の回転数の m 次成分 F_{minew} を振幅と位相遅れの情報として算出しておく。ここでの位相遅れは新規部品回転軸の所定の角度を 0° とし、それに対する遅れを示す(以下、この位相遅れを部品回転軸基準位相遅れと称す)。

30

【0029】

これにより、新規部品起因音 P_{cnew} の新規部品回転数の m 次成分 P_{cmnew} が(3) 式で表わされる。

【0030】

【数3】

$$P_{cmnew} = \sum_i (G_{inew} \times F_{minew}) \dots (3)$$

【0031】

P_{cmnew} も振幅 A_{cmnnew} と部品回転軸基準位相遅れ c_{mnnnew} として保存しておく。

40

【0032】

ここで、部品取り付け点で発生する力 F_{minew} の算出方法について述べる。 F_{minew} は、たとえば、計算機上で求めるものであり、有限要素法などを用いて部品内部で発生する力を入力、取り付け点で発生する力を出力して求める。また、実際に新規部品から発生する力を計測してもよい。

【0033】

伝達関数 G_{inew} は、計測して求めてもよいし、計算機上で有限要素法などを用いて求める方法でもよい。

【0034】

つぎに、合成音生成部6について説明する。

50

合成音生成部6は、エンジン音と新規部品起因音を合成した合成車内音を生成するものである。まず再現したいエンジン回転数の時刻歴 $c_s(t)$ を決め、これを積分することで(4)式に示す燃焼サイクルの時刻歴波形を生成する。

【0035】

【数4】

$$\theta_e(t) = \frac{1}{2} \int \omega_{cs}(t) dt \quad \dots (4)$$

【0036】

これによりエンジン音で発生する燃焼サイクルn次成分の音圧の時刻歴波形 $P_{en}(t)$ は(5)式となる。 10

【0037】

[数5]

$$P_{en}(t) = A_{en}(t) \times \sin(n \cdot e(t) - \theta_{en}(t)) \quad \dots (5)$$

【0038】

ここで $A_{en}(t)$ 、 $\theta_{en}(t)$ は(1)式で算出した振幅と燃焼サイクル位相遅れのデータを元に各回転数間でのデータを補間するように作成する。

【0039】

つぎに、各次数の音を足し合わせてエンジン音の音圧の時刻歴波形 $P_e(t)$ は(6)式となる。 20

【0040】

【数6】

$$P_e(t) = \sum_n P_{en}(t) \quad \dots (6)$$

【0041】

一方、新規部品回転軸の燃焼サイクルに対する回転比をkとすると新規部品回転軸の角度の時刻歴波形は(7)式で求まる。

【0042】

[数7]

$$c(t) = k \cdot e(t) + \theta_0 \quad \dots (7)$$

θ_0 は燃焼サイクルの基準位置に対する新規部品回転軸の初期角度を表わす。 30

【0043】

なお、回転比kや初期位相 θ_0 は必要に応じて変更できるようにすることで、回転比や初期角度を変更したときの音の合成が容易にできる。この式から新規部品回転数のm次で発生する音圧の時刻歴波形 $P_{cmnew}(t)$ は(8)式で生成される。

【0044】

[数8]

$$P_{cmnew}(t) = A_{cmnew}(t) \times \sin(m \cdot c(t) - \theta_{cmnew}(t)) \quad \dots (8)$$

【0045】 40

ここで $A_{cmnew}(t)$ が振幅、 $\theta_{cmnew}(t)$ の値は(3)式で得られた値を元に各回転数間でデータを補間するように作成する。

【0046】

つぎに、(9)式に示すように各次数の音圧の時刻歴波形を足し合わせることで新規部品起因音の音圧の時刻歴波形 $P_c(t)$ が求められる。

【0047】

【数9】

$$P_c(t) = \sum_m P_{cm}(t) \quad \dots (9)$$

【0048】 50

車内音の音圧の時刻歴波形 $P(t)$ はエンジン音の音圧の時刻歴波形 $P_e(t)$ と部品起因音の音圧の時刻歴波形の $P_c(t)$ の合成なので (10) 式のように足し合わせて車内音が生成される。

【0049】

[数10]

$$P(t) = P_e(t) + P_c(t) \cdots (10)$$

【0050】

なお、回転数に依存しない成分（例えば風切り音、ロードノイズ）などは走行条件違いなどでエンジン停止時の車内音を計測しておき、それを (10) 式に足し合わせることで、走行時の音に関して、より現実に近い音を合成することが可能である。

10

【0051】

つぎに、合成音発生部7について説明する。

合成音発生部7は、得られた音圧の時刻歴波形 $P(t)$ を電気信号に変換し、スピーカ等で音を発生させるものである。

【0052】

以上のような構成により、部品変更時や、部品から車内音までの伝達経路変更時の車内音をスピーカで発生させることができる。

【0053】

本実施例によれば、車両に搭載された複数の部品が動作することで発生する複数の音成分のうち、特定の音成分を変更した場合の車両音を生成することができるため、音の善し悪しを迅速に判断することができる。

20

【0054】

したがって、車両に搭載されている現行部品を現行部品とは仕様が異なる新規部品に交換したときの車内音を生成して発生させることができ、例えば、新規部品を製作する部品メーカーは、実際に部品を交換することなく、顧客である車両メーカーに対して、新規部品を取り付けた状態の車内音を聞かせることができ、事前に音の評価を受けることが可能となる。

【0055】

なお、本実施例では車内音の生成、発生について記載したが、車外音など別の場所での音についても同様の方法で生成が可能である。また、エンジン以外の部品から発生する音としても同様の方法で生成が可能である。

30

【0056】

つぎに、本発明の第二実施例について図8を用いて説明する。

図8は音生成装置1とその一部を搭載した車両20を示す図である。

【0057】

音生成装置1は、現行部品起因音演算部4と、新規部品起因音演算部5と、合成音生成部6と、合成音発生部7と、部品回転軸センサ22とから構成され、そのうち少なくとも部品回転軸センサ22、合成音生成部6、合成音発生装置7とを車両20に搭載する。

【0058】

部品回転軸センサ22は、車両に搭載されていてエンジン回転駆動力により回転駆動される現行部品21の回転軸の角度と回転速度を検出するものであり、角度か回転速度の一方から他方を演算できるようなものであればよい。

40

【0059】

現行部品起因音演算部4では、あらかじめ部品軸の回転数の次数成分ごとに受音点23での音圧の振幅 A_{cm} と部品回転軸基準位相遅れ ϕ_{cm} を計算しておく。これは第一実施例で示した方法と同様に求める。

【0060】

さらに、合成音発生部7から受音点23までの伝達関数 G_r を考慮し、(11)式に示すように

【数 1 1】

$$P_{cmo} = G_r^{-1} P_{cm} \quad \dots (11)$$

を演算し、振幅 A_{cm} と部品回転軸基準位相遅れ c_{cm} を回転数ごとに求めておくことが望ましい。

【0061】

新規部品起因音演算部 5 では、受音点 23 での新規部品回転数の m 次成分の振幅 A_{cmnew} と部品回転軸基準位相遅れ c_{cmnew} を計算しておく。これは第一実施例で示した方法と同様の方法で求める。さらに、合成音発生部 7 から受音点 23 までの伝達関数 G_r を考慮し、(12) 式に示すように

10

【数 1 2】

$$P_{cmnew} = G_r^{-1} P_{cmnew} \quad \dots (12)$$

を演算しておくことが望ましい。振幅 A_{cmnew} と部品回転角基準 c_{cmnew} を回転数ごとに求めておく。

【0062】

合成音生成部 6 では、現行部品音演算部で得られた結果と、新規部品音演算部で得られた結果、さらに部品回転軸センサ 22 から得られる結果から部品音の時刻歴波形を (13) 式により生成する。

【0063】

20

[数 1 3]

$$P_{cmo}(t) = A_{cmo}(t) \times \sin(m \cdot c(t) - c_{cmo}(t)) \quad \dots (13)$$

【0064】

ここで、 c は部品回転軸センサ 22 から得られる部品軸の回転角度であり、振幅 $A_{cmo}(t)$ と部品回転軸基準位相遅れ $c_{cmo}(t)$ は同様に部品回転軸センサ 22 から得られる回転軸の回転速度の値から補間して求める。また、新規部品起因音の音圧の時刻歴波形を (14) 式により生成する。

【0065】

[数 1 4]

30

$$P_{cmnew}(t) = A_{cmnew}(t) \times \sin(m \cdot c(t) - c_{cmnew}(t)) \quad \dots (14)$$

【0066】

ここで、 c は部品回転軸センサ 22 から得られる部品軸の回転角度であり、振幅 $A_{cmnew}(t)$ と部品回転軸基準位相遅れ $c_{cmnew}(t)$ は同様に部品回転軸センサ 22 から得られる回転軸の回転速度の値から補間して求める。

【0067】

そして (15) 式により合成音発生部 7 から発生させる音圧の時刻歴波形 $P_o(t)$ を合成する。

【0068】

40

【数 1 5】

$$P_o(t) = \sum_m (-P_{cmo} + P_{cmnew}) \quad \dots (15)$$

【0069】

この音圧の時刻歴波形 $P_o(t)$ を音発生部 7 により発生させる。(15) 式の第 1 項で発生する音はももとの車両で発生する現行部品起因音と受音点では逆位相の音となるため、現行部品起因音を打ち消すこととなる。第 2 項が新規部品音として受音点 23 で聴こえる。また、部品起因音以外の音はそのまま受音点で聴こえることになる。

【0070】

本実施例によれば、ある車両に取り付けられた部品を取り換えた場合や伝達経路や伝達

50

関数が変更になった場合に聴こえる車内音を、実際に部品を交換することなく、あるいは伝達経路を変更することなく、聞くことが可能になり、かつ変更した部品以外の音は車両の実際の音をそのままに聴くことができるため、より現実に近い音が聴くことができる。

【 0 0 7 1 】

以上、本発明によれば、車両に搭載された複数の部品が動作することで発生する複数の音成分のうち、特定の音成分を変更した場合の車両音を生成することができるため、音の善し悪しを迅速に判断することができる。

【 0 0 7 2 】

したがって、車両に搭載されている現行部品を現行部品とは仕様が異なる新規部品に交換したときの車内音を生成して発生させることができ、例えば、新規部品を製作する部品メーカーは、実際に部品を交換することなく、顧客である車両メーカーに対して、新規部品を取り付けた状態の車内音を聞かせることができ、事前に音の評価を受けることが可能となる。

10

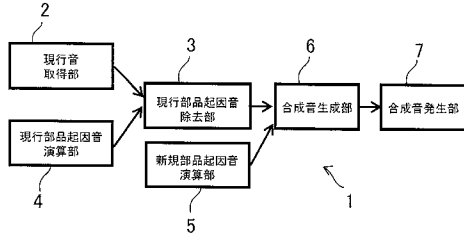
【符号の説明】

【 0 0 7 3 】

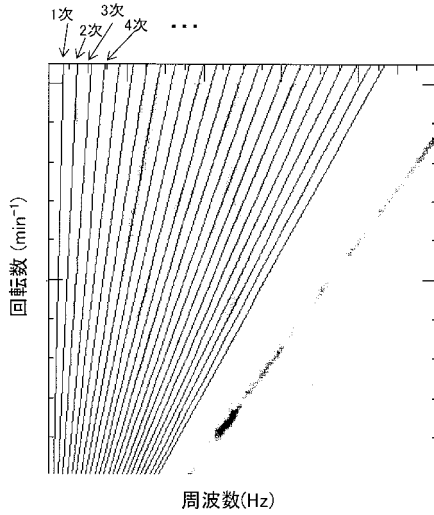
- 1 音生成装置
- 2 現行音取得部
- 3 現行部品起因音除去部
- 4 現行部品起因音演算部
- 5 新規部品起因音演算部
- 6 合成音生成部
- 7 合成音発生部
- 1 0 伝達経路
- 2 0 車両
- 2 1 回転駆動部品
- 2 2 部品回転軸センサ
- 2 3 受音点

20

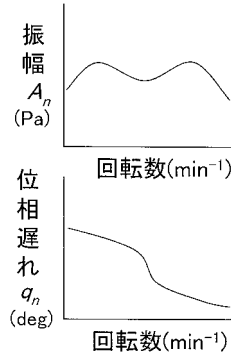
【図1】



【図2】



【図3】



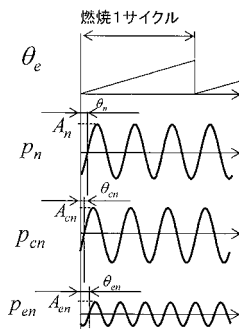
【図4】

| 回転数 min ⁻¹ | 1次 振幅 | 1次 位相 | 2次 振幅 | 2次 位相 | ... |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-----|
| 800 | 0.0366 | ... | ... | ... | |
| 820 | 0.0196 | ... | ... | ... | |
| 840 | 0.0163 | ... | ... | ... | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | |

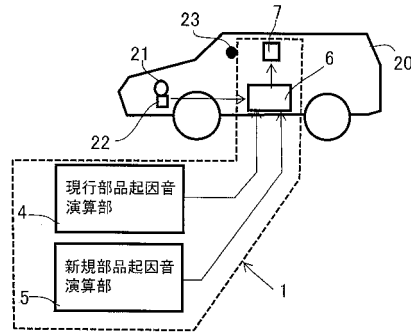
【図5】

| アクセル開度条件? | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-----|
| アクセル開度条件1 | | | | | |
| 回転数 min ⁻¹ | 1次 振幅 | 1次 位相 | 2次 振幅 | 2次 位相 | ... |
| 800 | 0.0366 | ... | ... | ... | |
| 820 | 0.0196 | ... | ... | ... | |
| 840 | 0.0163 | ... | ... | ... | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | |

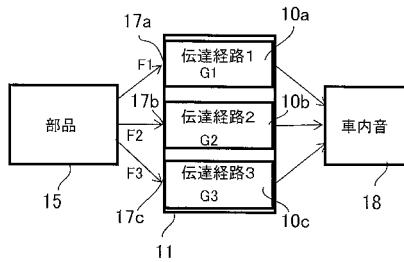
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 田部 洋祐
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内
- (72)発明者 松原 謙一郎
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内
- (72)発明者 高野 靖
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所 機械研究所内

審査官 萩田 裕介

- (56)参考文献 特開2007-258980(JP,A)
特許第4002498(JP,B2)
特許第3853807(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 17/00 - 17/10
G01H 17/00
G10K 15/04