

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6646080号
(P6646080)

(45) 発行日 令和2年2月14日 (2020.2.14)

(24) 登録日 令和2年1月14日 (2020.1.14)

(51) Int. Cl.	F 1
G 1 O K 15/04 (2006.01)	G 1 O K 15/04 3 O 2 J
B 6 O R 11/02 (2006.01)	B 6 O R 11/02 B

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2018-8102 (P2018-8102)	(73) 特許権者	000005326
(22) 出願日	平成30年1月22日 (2018.1.22)		本田技研工業株式会社
(65) 公開番号	特開2019-128378 (P2019-128378A)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(43) 公開日	令和1年8月1日 (2019.8.1)	(74) 代理人	100077665
審査請求日	平成30年9月27日 (2018.9.27)		弁理士 千葉 剛宏
		(74) 代理人	100116676
			弁理士 宮寺 利幸
		(74) 代理人	100191134
			弁理士 千馬 隆之
		(74) 代理人	100149261
			弁理士 大内 秀治
		(74) 代理人	100136548
			弁理士 仲宗根 康晴
		(74) 代理人	100136641
			弁理士 坂井 志郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 能動型効果音発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の駆動源として電動機を備える前記車両に搭載される能動型効果音発生装置であって、

車速を検出する車速検出手段と、

検出された前記車速に応じてスピーカから発生しようとする複数の次数成分の周波数からなる効果音の車速対応周波数を設定する車速対応周波数設定手段と、を備え、

前記車速対応周波数設定手段は、

前記車速対応周波数を、下限周波数と上限周波数との間に設定し、車速の増加に応じて複数の前記次数成分の周波数をそれぞれ前記下限周波数から前記上限周波数まで指数関数的に増大させると共に、複数の前記次数成分の周波数比が定数倍の関係になるように設定し、且つ車速の増加に応じて、前記下限周波数と前記上限周波数との間で、前記効果音が繰り返して発生されるように制御するに辺り、

前記定数倍を a ($a > 1$)、

$\wedge$ を累乗として、前記車速対応周波数を f_n 、 $f_n \times a$ 、 $f_n \times a^2$ 、 $\dots$ 、

前記下限周波数を F_{min} 、

前記上限周波数を F_{max} 、

前記車速を v 、

周波数変化率調整係数を k 、

前記効果音が前記上限周波数 F_{max} になったときの前記車速 v を V

10

20

とした場合、前記車速対応周波数 f_n を、
式

$$f_n = F_{min} \times a^{\{(v-V)/k\}}, \text{ If } f_n \geq F_{max}$$

Then $V \rightarrow V+1$

で求める

ことを特徴とする能動型効果音発生装置。

【請求項 2】

車両の駆動源として電動機を備える前記車両に搭載される能動型効果音発生装置であって、

車速を検出する車速検出手段と、

検出された前記車速に応じてスピーカから発生しようとする複数の次数成分の周波数からなる効果音の車速対応周波数を設定する車速対応周波数設定手段と、を備え、

前記車速対応周波数設定手段は、

前記車速対応周波数を、下限周波数と上限周波数との間に設定し、車速の増加に応じて複数の前記次数成分の周波数をそれぞれ前記下限周波数から前記上限周波数まで指数関数的に増大させると共に、複数の前記次数成分の周波数比が定数倍の関係になるように設定し、且つ車速の増加に応じて、前記下限周波数と前記上限周波数との間で、前記効果音が繰り返して発生されるように制御するに辺り、

前記定数倍を a ($a > 1$)、

$\wedge$ を累乗として、前記車速対応周波数を f_n 、 $f_n \times a$ 、 $f_n \times a^2$ 、 $\dots$ 、

前記下限周波数を F_{min} 、

前記上限周波数を F_{max}

前記車速を v 、

周波数変化率調整係数を k 、

前記効果音が前記上限周波数 F_{max} になったときの前記車速 v を V 、

車速増分を Δv 、

効果音増分を Δf_n 、

前記車速 v より車速増分 Δv だけ低い車速対応周波数を f_{n-1} とした場合、前記車速対応周波数 f_n を、

式

$$f_n = (f_{n-1}) + \Delta f_n \\ = (f_{n-1}) + (\log a / k) \times F_{min} \times a^{\{(v-V)/k\}} \times \Delta v$$

If $f_n \geq F_{max}$

Then $V \rightarrow V+1$ (0 、 v_1 、 v_2 、又は v_3 、 $\dots$)、 $f_n \rightarrow F_{min}$

で求める

ことを特徴とする能動型効果音発生装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の能動型効果音発生装置において、

前記周波数変化率調整係数 k を前記車速 v に基づき制御する

ことを特徴とする能動型効果音発生装置。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の能動型効果音発生装置において、

さらに、前記スピーカに入力する効果音信号をゲイン倍するゲイン手段を備え、

該ゲイン手段は、

前記車速 v の増加中に前記車速対応周波数 f_n を前記上限周波数 F_{max} から前記下限周波数 F_{min} に切り替えるとき、効果音が小さくなるように前記ゲイン倍を設定する

ことを特徴とする能動型効果音発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

この発明は、車速に応じた効果音を車内のスピーカから車室内に発生させる能動型効果音発生装置に関し、特に、車両の駆動源として電動機を備える前記車両に搭載される能動型効果音発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1に開示されているように、駆動源として電動機を備え、能動型効果音発生装置が搭載された車両では、車速の増加に応じて増加するエンジン回転数に対応する仮想周波数と該仮想周波数の調波の周波数を混合した音響信号をスピーカに供給するように設定される（特許文献1の[0037]、[0038]、[0043]、図1、図2）。

10

【0003】

さらに、アクセル開度及び前記仮想周波数が増加するにつれて前記音響信号の振幅が増加するように設定され、車内のスピーカで車室内に発生する効果音が大きくなるように制御されている（特許文献1の[0053]、[0054]、図2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-229403号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

上記従来の能動型効果音発生装置では、アクセル開度及び仮想周波数の増加に応じて、車室内の効果音が大きくなるように制御されているので、運転者等の乗員は、運転者のアクセルペダル操作及び該操作に伴う車速の変動に応じた効果音を聞くことができ、運転操作時の快適性を得ることができる。このように、能動型従来の効果音発生装置は、商品性が高い。

【0006】

ところで、上記従来の能動型効果音発生装置では、車両が高速になるにつれて、車速対応周波数に基づき発生される効果音の中、指向性の広い低周波成分に比較して指向性の狭い（高い）高周波成分が支配的になり、その結果、効果音がスピーカで再生されていることが運転者等の乗員に気付かれ易くなる。

30

【0007】

しかしながら、高速領域において、車速の増加に応じて発生する効果音がスピーカから再生されていることが運転者等の乗員に気付かれると、自動車走行音としてのリアリティが損なわれ、運転者等の乗員に違和感を与え、結果として、高速領域では、能動型効果音発生装置の商品性が低下してしまう虞がある。

【0008】

この発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、車速の増加に応じて発生する効果音が、高速領域であっても自動車走行音としてリアリティの高い能動型効果音発生装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明に係る能動型効果音発生装置は、車両の駆動源として電動機を備える前記車両に搭載される能動型効果音発生装置であって、

車速を検出する車速検出手段と、

検出された前記車速に応じてスピーカから発生しようとする複数の次数成分の周波数からなる効果音の車速対応周波数を設定する車速対応周波数設定手段と、を備え、

前記車速対応周波数設定手段は、

前記車速対応周波数を、下限周波数と上限周波数との間に設定し、車速の増加に応じて複数の前記次数成分の周波数をそれぞれ前記下限周波数から前記上限周波数まで指数関数

50

的に増大させると共に、複数の前記次数成分の周波数比が定数倍の関係になるように設定し、且つ車速の増加に応じて、前記下限周波数と前記上限周波数との間で、前記効果音が繰り返して発生されるように制御する。

【0010】

この発明によれば、無限音階のコンセプトを利用し、下限周波数と上限周波数との間で、各次数成分の複数の周波数の周波数比が常に定数となる効果音を繰り返し発生させることで、比較的低周波領域の音のみを利用しても、車速と車速加速度に応じた違和感のない加速効果音を発生させることができる。

結果として、車速の増加に応じて発生する効果音が、高速領域であっても自動車走行音としてのリアリティ（自然感）の高さを維持することができる。

10

【0011】

この場合、

前記定数倍を a ($a > 1$)、

$\wedge$ を累乗として、前記車速対応周波数を f_n 、 $f_n \times a$ 、 $f_n \times a^2$ 、…、

前記下限周波数を F_{min} 、

前記上限周波数を F_{max} 、

前記車速を v 、

周波数変化率調整係数を k 、

前記効果音が前記上限周波数 F_{max} になったときの前記車速 v を V

とした場合、前記車速対応周波数 f_n を、

20

式

$$f_n = F_{min} \times a^{\{(v - V) / k\}}, \text{ If } f_n \geq F_{max}$$

Then $V \rightarrow V + 1$

で求めるようにしてもよい。

【0012】

この発明によれば、無限音階のコンセプトを利用し、下限周波数 F_{min} と上限周波数 F_{max} との間で、各次数成分の複数の周波数の周波数比が常に定数倍 a となる効果音を繰り返し発生させることで、比較的低周波領域の効果音のみを利用しても、車速 v と車速加速度に応じた違和感のない加速効果音を発生させることができる。

結果として、車速 v の増加に応じて発生する効果音が、高速領域であっても自動車走行音としてのリアリティ（自然感）の高さを維持することができる。

30

【0013】

この場合において、

前記定数倍を a ($a > 1$)、

$\wedge$ を累乗として、前記車速対応周波数を f_n 、 $f_n \times a$ 、 $f_n \times a^2$ 、…、

前記下限周波数を F_{min} 、

前記上限周波数を F_{max} 、

前記車速を v 、

周波数変化率調整係数を k 、

前記効果音が前記上限周波数 F_{max} になったときの前記車速 v を V 、

40

車速増分を Δv 、

効果音増分を Δf_n 、

前記車速 v より車速増分 Δv だけ低い車速対応周波数を f_{n-1} とした場合、前記車速対応周波数 f_n を、

式

$$f_n = (f_{n-1}) + \Delta f_n$$

$$= (f_{n-1}) + (\log a / k) \times F_{min} \times a^{\{(v - V) / k\}} \times \Delta v$$

If $f_n \geq F_{max}$

Then $V \rightarrow V + 1$ (0 、 v_1 、 v_2 、又は v_3 、…)、 $f_n \rightarrow F_{min}$

で求めるようにしてもよい。

50

【0014】

この発明によれば、車速 v に応じて、周波数変化率調整係数 k や上限周波数 F_{max} 等のパラメータを切り替えても効果音の周波数を車速の増加に応じて連続的に変化させることができる。

【0015】

なお、前記周波数変化率調整係数 k を前記車速 v に基づき制御するようにしてもよい。

この発明によれば、周波数変化率調整係数 k を車速 v に基づき制御するようにしているので、車速の変化に対して車速対応周波数の変化量を制御（チューニング）することができる。自動車走行音としてのリアリティを確認しながら効果音を生成することができる。

【0016】

また、上記各発明において、

さらに、前記スピーカに入力する効果音信号をゲイン倍するゲイン手段を備え、該ゲイン手段は、

前記車速 v の増加中に前記車速対応周波数 f_n を前記上限周波数 F_{max} から前記下限周波数 F_{min} に切り替えるとき、効果音が小さくなるように前記ゲイン倍を設定するようにしてもよい。

この発明によれば、車速の増加に応じて上限周波数が下限周波数に切り替わるとき、効果音を滑らかに、自然に、且つ違和感なく切り替えることができる。

【発明の効果】

【0017】

この発明によれば、無限音階のコンセプトを利用し、下限周波数と上限周波数との間で、各次数成分の複数の周波数の周波数比が常に定数となる効果音を繰り返し発生させることで、比較的low周波領域の効果音のみを利用しても、車速と車速加速度に応じた違和感のない加速効果音を発生させることができる。

【0018】

結果として、車速の増加に応じて発生する効果音が、高速領域であっても自動車走行音としてのリアリティ（自然感）の高さを維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1は、第1実施例に係る能動型効果音発生装置を搭載した車両の概略構成を示すブロック図である。

【図2】図2Aは車速ゲインテーブル、図2Bはアクセルゲインテーブル、図2Cは加速度ゲインテーブルの例を示すマップである。

【図3】図3は、基本周波数生成テーブルの一例を示すマップである。

【図4】図4は、基本周波数生成テーブルと、次数音響信号生成テーブルの構成及び作用の説明に供される特性図である。

【図5】図5は、比較例の車速対周波数の波形データテーブルである。

【図6】図6は、変形例に係る基本車速対応周波数生成器のアルゴリズムの説明図である。

【図7】図7A、図7Bは、車速の増加に対して上限周波数又は下限周波数を増加させる第2実施例の波形データテーブルの説明図である。

【図8】図8A、図8Bは、第3実施例の波形データテーブルの説明図である。

【図9】第4実施例に係る能動型効果音発生装置を搭載した車両のブロック図である。

【図10】図10Aは、第4実施例に係る周波数ゲインテーブルの作成例を示す説明図である。図10Bは、周波数ゲイン特性テーブルの説明図である。

【図11】図11は、第5実施例に係る能動型効果音発生装置を搭載した車両のブロック図である。

【図12】図12は、第5実施例に係る正規化周波数ゲインテーブルの説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

10

20

30

40

50

以下、この発明に係る能動型効果音発生装置について好適な実施形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

【0021】

[第1実施例]

[第1実施例の構成]

図1は、第1実施例に係る能動型効果音発生装置10を搭載した車両12の概略構成を示すブロック図である。

【0022】

車両12は、燃料電池自動車やハイブリッド自動車等を含む電気自動車（マニュアル運転自動車の他、自動運転自動車でもよい。）であり、車輪（駆動輪）102の駆動源としてモータ100を備える。モータ100は、コンピュータであるモータECU（Electronic Control Unit）104により制御される。

10

【0023】

モータECU104には、アクセルペダル106の開度を検出するアクセル開度センサ14からアクセル開度 θ_{ap} が供給されている。

【0024】

モータECU104は、アクセル開度 θ_{ap} に従いモータ100を駆動し、駆動されたモータ100は、車軸101を介して車輪102を回転させる。モータ100と車軸101との間にトランスミッションを介してもよい。

20

【0025】

モータ100の回転数あるいは車軸101の回転数に基づき車速センサ16により車速 v [km/h] が検出される。

【0026】

能動型効果音発生装置10は、音響制御ECUにより構成され、車速センサ16から供給される車速 v 、及びアクセル開度センサ14から供給されるアクセル開度 θ_{ap} に応じた音響信号 S_{ad} を生成し、図示しないD/A変換器を介してスピーカ20に供給する。

【0027】

スピーカ20は、能動型効果音発生装置10により生成された音響信号 S_{ad} に対応する効果音を車室内に出力する。

30

【0028】

能動型効果音発生装置10は、車速 v に基づいて次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e を有する次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e を生成する波形データテーブル（次数音響信号生成器ともいう。）22と、次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e の振幅（ゲイン）をそれぞれ調整（通常、増幅）して次数音響信号 $S_{c'}$ 、 $S_{d'}$ 、 $S_{e'}$ を生成するゲインCテーブル24cとゲインDテーブル24dとゲインEテーブル24eからなる振幅データテーブル（次数毎の車速ゲインテーブルともいう。）24と、次数音響信号 $S_{c'}$ 、 $S_{d'}$ 、 $S_{e'}$ を合成（加算）して音響信号 S_b を生成する加算器26と、を備える。

【0029】

ここで、ゲインCテーブル24cとゲインDテーブル24dとゲインEテーブル24eは、それぞれ、車速 v に応じて次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e の振幅を個々に定義する（変化させる）テーブルデータである。

40

【0030】

なお、次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e の数は、3個に限らず、4個、5個、…10個以上等、2個以上の複数個に選択される。

【0031】

能動型効果音発生装置10は、また、車速 v を微分して車両加速度 Δa を生成する車両加速度生成器28と、車速ゲインテーブル30、アクセルゲインテーブル32、及び加速度ゲインテーブル34からなる振幅データテーブル（ゲイン生成器ともいう。）36と、乗算器38と、加算器40と、を備える。

【0032】

50

図 2 A は、車速ゲインテーブル 30、図 2 B は、アクセルゲインテーブル 32、図 2 C は、加速度ゲインテーブル 34 の例を示すマップ（特性）である。

【0033】

車速ゲインテーブル 30 は、供給される車速 v に対し、低中速域まで出力される車速ゲイン G_v が一定で、低中速域から高速域まで出力される車速ゲイン G_v が線形に増加する特性になっている。

【0034】

アクセルゲインテーブル 32 は、供給されるアクセル開度 θ_{ap} に対し、低中速域まで出力されるアクセルゲイン（アクセル開度ゲインともいう。） G_{ap} が一定で、低中速域から中高速域まで出力されるアクセルゲイン G_{ap} が線形に増加し、高速域では出力されるアクセルゲイン G_{ap} が一定の特性になっている。

10

【0035】

加速度ゲインテーブル 34 は、供給される車両加速度 Δa に対し、低中速域まで出力される加速度ゲイン $G_{\Delta a}$ が一定で、低中速域から高速域まで出力される加速度ゲイン $G_{\Delta a}$ が対数的に増加する特性になっている。

【0036】

車速ゲイン G_v とアクセルゲイン G_{ap} が乗算器 38 で乗算され、乗算結果（積： $G_v \times G_{ap}$ ）に対し、加算器 40 で加速度ゲイン $G_{\Delta a}$ が加算され、加算結果（和： $G_v \times G_{ap} + G_{\Delta a}$ ）が調整ゲイン G_s （ $G_s = G_v \times G_{ap} + G_{\Delta a}$ ）として出力される。

【0037】

20

さらに、能動型効果音発生装置 10 は、ゲインの調整が可能なゲインアンプ 42 を備えている。

【0038】

ゲインアンプ 42 は、加算器 26 から供給される音響信号 S_b のゲインを、加算器 40 から供給される調整ゲイン G_s 倍して、音響信号 S_{ad} を生成しスピーカ 20 に供給する可変ゲインアンプとして機能する。

【0039】

[波形データテーブル 22 の構成と作用]

波形データテーブル 22 の構成と作用について説明する。

【0040】

30

波形データテーブル 22 は、車速 v に基づいて基本車速対応周波数（基本周波数、車速対応周波数ともいう。） f_n を生成する基本周波数生成テーブル（車速対応周波数生成テーブル又は基本車速対応周波数生成器もしくは車速対応周波数生成器ともいう。）50 と、基本周波数 f_n から、それぞれ、次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e を有する次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e を生成する次数音響信号生成テーブル（次数音響信号生成器ともいう。）52c、52d、52e からなる次数音響信号生成テーブル 52 と、を備える。

【0041】

図 3 は、基本周波数生成テーブル 50 の一例のマップ（特性）を示している。基本周波数生成テーブル 50 の特性図と考えてもよい。

【0042】

40

横軸が車速 v で、車速 $v = 0$ から車速 $v = v_1$ まで、車速 $v = v_1$ から車速 $v = v_2$ まで、車速 $v = v_2$ から車速 $v = v_3$ まで、車速 $v = v_3$ から車速 $v = v_3$ 以上と 4 分割されている。この第 1 実施例では、後述する周波数変化率調整係数 k を車速 v に対して定数としているので、 $v_1 = v_2 - v_1 = v_3 - v_2 \dots$ と等分割になっている。

【0043】

縦軸が基本周波数 f_n で、下限周波数 F_{min} から上限周波数 F_{max} までが定義されている。この場合、下限周波数 F_{min} は、スピーカ 20 から出力可能な音の最低周波数以上の低周波数に設定され、上限周波数 F_{max} は、乗員がスピーカ 20 から音が出力されていると気づき難い上限周波数以下の高周波数に設定されている。下限周波数 F_{min} 及び上限周波数 F_{max} は、車両構造、シート位置等、車室内の構造にも影響されるので

50

、各値は、車種毎にチューニングされる。

【0044】

ここで、基本周波数 f_n は、例えば、車速 $v = v_1$ の下限周波数 F_{min} から車速 v_2 の上限周波数 F_{max} まで指数関数的に増加する。

【0045】

車速 $v = 0 \sim v_1$ 、車速 $v = v_2 \sim v_3$ 、車速 $v = v_3$ 以上で、車速 $v = v_1 \sim v_2$ までの同じ指数関数的増加を繰り返す、いわゆるシェパードの無限音階に近似した設定とされている。

【0046】

具体的には、指数関数の底（後述する定数倍と同じ）を a ($a > 1$) とし、「 $\wedge$ 」を累乗として、基本周波数 f_n を、次の（１）式により算出するようにしている。

$f_n = F_{min} \times a^{\{(v - V) / k\}}$, If $f_n \geq F_{max}$
Then $V \rightarrow V + 1$ (0、 v_1 、 v_2 、又は v_3 、...) ... (1)

なお、（１）式では、毎回、下限周波数 F_{min} をベースに基本周波数 f_n を計算しているので、上限周波数 F_{max} から下限周波数 F_{min} に戻す必要はない。

【0047】

但し、 f_n ：基本周波数（基本車速対応周波数）、 F_{min} ：下限周波数、 a ：定数倍、 v ：車速、 V ： $V = 0$ 、 v_1 、 v_2 、 v_3 、...であって、基本周波数 f_n が上限周波数 F_{max} となる車速、及び k ：周波数変化率調整係数であって、 k は $k > 0$ で、この第 1 実施例では、 k が定数である。このように、基本周波数 f_n は、変数としての車速 v の指数関数であり、残り F_{min} 、 a 、 V 、 F_{max} 、及び k はパラメータである。

【0048】

図 4 は、基本周波数生成テーブル 50 と、次数音響信号生成テーブル 52 の構成及び作用の説明、すなわち波形データテーブル 22 の構成及び作用の説明に供される特性図である。

【0049】

図 4 から分かるように、周波数変化率調整係数 k は、物理的な意味合いとして、効果音の周波数構成が繰り返される周期（車速間隔）である。周波数変化率調整係数 k の値は、車速 v に基づき設定される。

【0050】

図 4 において、例えば、時点 t_1 、 t_2 、 t_3 において、次数 c (Ord_c)、次数 d (Ord_d)、次数 e (Ord_e) の周波数 f の大小関係が入れ替わっているが、周波数成分としては F_{min} 、 $F_{min} \times a$ 、 $F_{min} \times a^2$ と同じ構成になっている。

【0051】

ここで、時点 t_1 、 t_2 、 t_3 の車速間隔は、周波数変化率調整係数 k で定義される。周波数変化率調整係数 k が大きいほど、同じ周波数構成に戻るまでの車速間隔が大きくなり、周波数変化率が小さくなる。

【0052】

例えば、 $k = 20$ の場合、 20 [km/h] 毎に効果音の周波数構成が同じになる。この場合、 20 [km/h] 毎に、下限周波数 F_{min} から上限周波数 F_{max} まで変化する周波数構成が繰り返されるような設定になる {上記（１）式参照}。

【0053】

また、１つの次数に対して、上限周波数 F_{max} になる車速間隔 (v_1 、 $v_2 - v_1$) は、 $Ord_N \times k$ となる。 Ord_N は、次数周波数の数であり、図 4 例では、 Ord_c 、 Ord_d 、 Ord_e と、 $Ord_N = 3$ である。

【0054】

図 4 中、車速 v が $v = v_1$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 c では、次数 c (Ord_c という。) の次数音響周波数 f_c を有する次数音響信号 $S_c = S_{c1}$ を生成する際に、基本周波数 f_n (図 3 も参照) を参照して、次数音響周波数 $f_c = f_{c1} = F_{min}$

nを生成した後、該次数音響周波数 f_{c1} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{c1} を生成する。

【0055】

また、車速 v が $v = v_1$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 d では、次数 d (Ord d という。) の次数音響周波数 f_{d1} を有する次数音響信号 $S_d = S_{d1}$ を生成する際に、次数音響周波数 $f_c = f_{c1}$ を a 倍して生成する ($f_{d1} = a \times f_{c1} = a \times F_{min}$)。そして、該次数音響周波数 f_{d1} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{d1} を生成する。

【0056】

さらに、車速 v が $v = v_1$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 e では、次数 e (Ord e という。) の次数音響周波数 f_{e1} を有する次数音響信号 $S_e = S_{e1}$ を生成する際に、次数音響周波数 $f_c = f_{c1}$ を a^2 倍して生成する ($f_{e1} = a \times a \times f_{c1} = f_{c1} \times a^2 = F_{min} \times a^2$)。そして、該次数音響周波数 f_{d1} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{d1} を生成する。

10

【0057】

同様に、図 4 中、車速 v が $v = v_n$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 c では、次数 c (Ord c) の次数音響周波数 f_c を有する次数音響信号 $S_c = S_{cn}$ を生成する際に、基本周波数 f_n (図 3 も参照) を参照して、次数音響周波数 $f_c = f_{cn}$ を生成した後、該次数音響周波数 f_{cn} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{cn} を生成する。

【0058】

20

また、車速 v が $v = v_n$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 d では、次数 d (Ord d) の次数音響周波数 f_{dn} を有する次数音響信号 $S_d = S_{dn}$ を生成する際に、次数音響周波数 $f_c = f_{cn}$ を a 倍して生成する ($f_{dn} = a \times f_{cn}$)。そして、該次数音響周波数 f_{dn} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{dn} を生成する。

【0059】

さらに、車速 v が $v = v_n$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 e では、次数 e (Ord e) の次数音響周波数 f_{en} を有する次数音響信号 $S_e = S_{en}$ を生成する際に、次数音響周波数 $f_c = f_{cn}$ を a^2 倍して生成する ($f_{en} = a \times a \times f_{cn} = f_{cn} \times a^2$)。そして、該次数音響周波数 f_{en} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{dn} を生成する。

30

【0060】

少し詳しくなるが、念のために説明すると、同様に、図 4 中、車速 v が $v = v_m$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 c では、次数 c (Ord c) の次数音響周波数 f_c を有する次数音響信号 $S_c = S_{cm}$ を生成する際に、基本周波数 f_n (図 3 も参照) を参照して、次数音響周波数 $f_c = f_{cm}$ を生成した後、該次数音響周波数 f_{cm} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{cm} を生成する。

【0061】

また、車速 v が $v = v_m$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 d では、次数 d (Ord d) の次数音響周波数 f_{dm} を有する次数音響信号 $S_d = S_{dm}$ を生成する際に、次数音響周波数 $f_c = f_{cm}$ を a 倍して生成する ($f_{dm} = a \times f_{cm}$)。そして、該次数音響周波数 f_{dm} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{dm} を生成する。

40

【0062】

さらに、車速 v が $v = v_m$ のとき、次数音響信号生成テーブル 52 e では、次数 e (Ord e) の次数音響周波数 f_{em} を有する次数音響信号 $S_e = S_{em}$ を生成する際に、 $f_{em} = f_{cm} \times a^2$ とするが、この $f_{em} = f_{cm} \times a^2$ の値は、 $f_{em} \geq F_{max}$ となっている。このとき、 f_{em} は、 $f_{em} = f_{em} / (a^{\wedge} OrdN)$ となるので、 $f_{em} = f_{em} / a^{\wedge} 3$ になり、 $f_{em} = f_{cm} \times a^2 / a^{\wedge} 3 = f_{cm} / a$ になる。結果として、この第 1 実施例では、 $OrdN = 3$ であるので、次数音響周波数 f_{em} を生成する際、次数音響周波数 f_{cm} を $1/a$ 倍して生成すればよい。そして、該次数音響周波数 f_{em} を有する一定振幅の次数音響信号 S_{dm} を生成する。

50

【0063】

このように次数音響信号 (f_{c1} 、 f_{d1} 、 f_{e1})、(f_{cn} 、 f_{dn} 、 f_{en})、(f_{cm} 、 f_{dm} 、 f_{em}) は、次の (2) 式に示すように、各次数成分の周波数比が常に定数倍 a になっている。なお、特に $a=2$ の場合、各次数成分の次数音響周波数 f_{c1} 、 f_{d1} 、 f_{e1} 、 f_{cn} 、 f_{dn} 、 f_{en} 、 f_{cm} 、 f_{dm} 、 f_{em} は、調和 (2 倍、4 倍、…) になっている。

【0064】

$$f_{c1} : f_{d1} : f_{e1} = f_{cn} : f_{dn} : f_{en} = f_{em} : f_{cm} : f_{dm} = 1 : a : a^{\text{OrdN}-1} \quad \cdots (2)$$

第1実施例の場合、 $\text{OrdN}=3$ であるので、 $1:2:4$ になる。

10

【0065】

このようにして、波形データテーブル22において、車速 v に基づき基本周波数生成テーブル50で生成された基本周波数 f_n から次数音響信号生成テーブル52c、52d、52eにより、それぞれが車速対応周波数である次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e を有する次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e が生成される。

【0066】

ここで、具体的な数値例での計算例を説明する。

(1) 式において、 $a=2$ 、 $F_{min}=60$ [Hz]、 $\text{OrdN}=3$ 、 $F_{max}=F_{min} \times a^{\text{OrdN}} = 60 \times 2^3 = 480$ [Hz]、 $k=20$ [km/h] とする。

【0067】

20

1. 車速 $v=k=20$ [km/h] の場合、基本周波数 f_n は、 $f_n = F_{min} \times 2^{\{(20-0)/20\}} = 120$ [Hz] で、 Ord_e の次数音響周波数 $f_e = f_n \times 2^2 = 480$ [Hz] = F_{max} になる。

その直後に $f_e = f_e / (a^{\text{OrdN}}) = 60$ [Hz] = F_{min} と、次数音響周波数 f_e を下限周波数 F_{min} 方向に戻す。

このとき、音の周波数構成は、0 [km/h] 時と同じく 60 [Hz] (Ord_e)、120 [Hz] (Ord_c)、240 [Hz] (Ord_d) となる。このように、効果音は、周波数変化率調整係数 k の車速間隔で繰り返される。

【0068】

2. 車速 $v=v_1=k \times \text{OrdN}$ のとき、(1) 式より、 $V=0$ [km/h]、 $f_n = F_{min} \times 2^{\{(60-0)/20\}} = 480$ [Hz] = F_{max} になる。

30

このように、 $v=k \times \text{OrdN}$ の間隔で基本周波数 f_n が下限周波数 F_{min} から上限周波数 F_{max} になる。ここで、 $f_n = f_c$ であるが、 f_d 、 f_e も同様な車速間隔で上限周波数 F_{max} になる。

【0069】

3. その直後に、 $V=v_1=60$ [km/h] になり、 $f_n = F_{min} \times 2^{\{(60-60)/20\}} = F_{min}$ になって、基本周波数 f_n が下限周波数 F_{min} に戻る。

【0070】

4. $v_2=120$ [km/h] のとき、 $V=60$ [km/h]、 $f_n = F_{min} \times 2^{\{(120-60)/20\}} = 480$ [Hz] = F_{max} になる。このように、 $v=k \times \text{OrdN}$ の間隔 ($v_2 - v_1$) で基本周波数 f_n が、下限周波数 F_{min} から上限周波数 F_{max} になる。

40

【0071】

[第1実施例の全体動作]

音響制御 ECU により構成される能動型効果音発生装置 10 は、サンプリングクロックに基づき、ms オーダーのきわめて短い時間に、車速 v に基づく無限音階に係る音響信号 S_{ad} を生成 (制御) する。制御の主体は、音響制御 ECU (の CPU) である。

【0072】

停車中又は一定速度で走行中の車両 12 のアクセルペダル 106 が運転者により踏み込まれると、モータ ECU 104 を通じてモータ 100 が回転駆動され、この回転駆動によ

50

り車軸101を通じて車輪102が回転されることで、車両12が加速される。

【0073】

加速中に、車速センサ16により車速 v が検出される。検出された車速 v により波形データテーブル22が参照されて、車速 v が、例えば、 $v=0\sim v_1$ の間で、基本周波数生成テーブル50により基本周波数 f_n が生成され（図3）、生成した基本車速対応周波数 f_n に基づき、次数音響信号生成テーブル52c、52d、52eが参照されて次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e が生成される〔（2）式〕。

【0074】

生成された次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e の振幅が、振幅データテーブル24が参照されて調整され（ゲイン倍され）次数音響信号 S_c' 、 S_d' 、 S_e' が生成され、加算器26で合成されて音響信号 S_b が生成される。生成された音響信号 S_b は、ゲインアンプ42の入力端子に供給される。

10

【0075】

以下、同様にして、（1）式により計算される図4に示した波形データテーブル22（次数音響信号生成テーブル52）の特性に沿い、車速 v の増加に対して、下限周波数 F_{min} と上限周波数 F_{max} で繰り返す複数の次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e からなる音響信号 S_b がゲインアンプ42の入力端子に供給される。

【0076】

波形データテーブル22と振幅データテーブル24とにより音響信号 S_b が生成される動作と並列的に、車速 v と、車速 v に基づき車両加速度生成器28により生成された加速度 Δa と、アクセル開度 θ_{ap} と、から、それぞれ車速ゲインテーブル30（図2A）、加速度ゲインテーブル34（図2C）、及びアクセルゲインテーブル32（図2B）を参照して、さらに乗算器38及び加算器40により前記音響信号 S_b を増強するための調整ゲイン G_s （ $G_s = G_v \times G_{ap} + G_{\Delta a}$ ）が生成され、ゲインアンプ42のゲイン調整端子に供給される。

20

【0077】

調整ゲイン G_s により音響信号 S_b のゲイン（振幅）が調整（車両12の加速過程では増強）され、調整後の音響信号 S_{ad} がスピーカ20に供給される。

【0078】

これによりスピーカ20から車室内に、例として、図4に示したように、車速 v の増加に対して、下限周波数 F_{min} と上限周波数 F_{max} で繰り返す3つの次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e から聞こえる3つの効果音、いわゆる無限音階での3つの効果音が合成された効果音を発生することができる。結果として、車速 v の増加に応じて、自動車走行音としてリアリティの高い効果音を発生することができる。

30

【0079】

〔第1実施例の効果〕

上記した第1実施例の効果を、比較例と対比して説明する。

【0080】

図5は、比較例の車速 v 対周波数 f の波形データテーブル（比較例の波形データテーブルという。）60を示している。

40

【0081】

一般に、スピーカ20と車室内指向性に基づき、効果音のリアリティを損なわずに再生可能な周波数範囲は、下限周波数 F_{min} と上限周波数 F_{max} との間である。

【0082】

図5の比較例において、周波数 f は、低次数の特性 Ord_c 、中次数の特性 Ord_d 、及び高次数の特性 Ord_e を参照して、それぞれ $f = K \times v$ （常数 K と車速 v ）により発生可能である。

【0083】

比較例において、前記周波数範囲内を利用可能範囲の周波数とすると、第1に低次数の特性 Ord_c は、広い車速範囲で効果音を発生できるが、車速変化量に対する周波数変

50

化量が小さい。第2に、高次数の特性 Ord は、車速変化量に対する周波数変化量は大きい、効果音を発生できる車速範囲が狭い。結果として、効果音のリアリティを損なわない車速 v の範囲は、車速 v_r までの狭い範囲になる。

【0084】

これに対して、第1実施例では、図4に示したように、無限音階のコンセプトを利用し、一定な周波数範囲 $F_{min} \sim F_{max}$ 内で、同一車速 v で複数の次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e の各次数成分の周波数比が常に定数 a である効果音を繰り返させることで、比較的low周波領域の音のみを利用しても、車速 v と車両加速度 Δa に応じた違和感のない加速効果音を発生させることができるようになり、前述した問題点が解決される。

【0085】

10

すなわち、第1実施例による能動型効果音発生装置10によれば、車速 v の増加に応じて発生する効果音が、車速 v の高速領域であっても自動車走行音としてのリアリティ（自然感）の高さを維持することができる。

【0086】

[変形例]

上述した第1実施例では、図3に示した基本周波数生成テーブル50を参照して車速 v に対する基本周波数（基本車速対応周波数） f_n を生成するようにしている。この場合、上記（1）式中の下限周波数 F_{min} 、上限周波数 F_{max} 、及び周波数変化率調整係数 k の各パラメータは、それぞれ定数としている。

【0087】

20

後述する第2実施例及び第3実施例では、これらのパラメータ（ F_{min} 、 F_{max} 、 k ）を変数とすることで、基本周波数 f_n を車速 v の関数として変化させる例を示している。

【0088】

この変形例は、これらのパラメータを変化させても、基本周波数 f_n を連続的に算出できるようにした技術である。

【0089】

なお、この変形例（数式による基本車速対応周波数 f_n の算出）は、パラメータが定数である第1実施例にも利用可能である。

【0090】

30

図6は、変形例に係る基本車速対応周波数生成器（基本周波数生成テーブル）50Aのアルゴリズムの説明図である。

【0091】

基本車速対応周波数 f_n は、（1）式に示したように算出されるが、図6に示すように、1サンプリング時間前の基本車速対応周波数を f_{n-1} とし、現サンプリング時間での車速変化量 Δv が十分に小さい場合には、現在の基本車速対応周波数 f_n と、1サンプリング時間前の基本車速対応周波数 f_{n-1} との間のカーブは直線で近似することができる。

【0092】

そうすると、周波数変化量 Δf_n は、（1）式の指数関数を車速 v で微分したときの微分値を f' とすると、次の（3）式により算出することができる。

40

$$\begin{aligned} \Delta f_n &= f' \times \Delta v \\ &= \{ (\log a) / k \} \times F_{min} \times a^{\{ (v - V) / k \}} \times \Delta v \end{aligned} \quad \dots (3)$$

【0093】

この周波数変化量 Δf_n を計算することで、現在の基本車速対応周波数 f_n は、1サンプリング時間前の基本車速対応周波数 f_{n-1} と、1サンプリング時間での周波数変化量 Δf_n を用いて、次の（4）式により逐次的に算出することができる。

$$f_n = f_{n-1} + \Delta f_n \quad \dots (4)$$

【0094】

50

よって、この変形例においては、車速 $v = 0 \sim v_1$ 、車速 $v = v_2 \sim v_3$ 、車速 $v = v_3$ 以上で、指数関数の底（後述する定数倍と同じ）を a ($a > 1$) とし、「 $\wedge$ 」を累乗として、基本車速対応周波数 f_n は、次の（５）式により算出することができる。

【００９５】

$$f_n = f_{n-1} + \Delta f_n,$$

$$\Delta f_n =$$

$$\{(\log a) / k\} \times F_{min} \times a^{\{(v-V)/k\} \times \Delta v},$$

$$\text{If } f_n \geq F_{max}$$

$$\text{Then } V \rightarrow V+1 \quad (0, v_1, v_2, \text{又は } v_3, \dots), f_n \rightarrow F_{min} \quad \dots (5)$$

10

【００９６】

この変形例では、逐次計算により、加速に伴い、基本車速対応周波数 f_n が大きくなる一方であるので、 f_n が F_{max} となったとき、 f_n を F_{min} に戻す必要があることに留意する。

【００９７】

但し、 f_n ：基本車速対応周波数（車速対応周波数）、 F_{min} ：下限周波数、 a ：定数倍、 v ：車速、 V ： $V=0, v_1, v_2, v_3, \dots$ であって、基本車速対応周波数 f_n が上限周波数 F_{max} となる車速、及び k ：周波数変化率調整係数である。なお、（３）式及び（４）式を利用するに当たり、車速間隔、例えば、 $v_3 - v_2$ と $v_2 - v_1$ は、等しくなくともよい。

20

【００９８】

上述した第１実施例においても、パラメータを変化させることができるが、パラメータの変化により生成される周波数が不連続になる場合があり、この場合には、聴音として違和感がある。これに対して、変形例の逐次計算の利点としては、連続的に周波数を算出しているので、パラメータ変化時の聴音としての違和感を解消することができる。

【００９９】

[第２実施例]

上記変形例を適用した第２実施例では、第１実施例に比較して、車速 v が高くなると、より加速感を味わえるように、上限周波数 F_{max} 又は下限周波数 F_{min} が大きくなるように、基本周波数 f_n を加工している。

30

【０１００】

これを実現するために、第２実施例に係る能動型効果音発生装置 １０Ａ（図１）では、第１実施例に係る能動型効果音発生装置 １０に対して、波形データテーブル ２２を波形データテーブル ２２Ａに変更している。

【０１０１】

図７Ａの車速 v に対する周波数変化の特性 q から、図７Ｂの第２実施例の波形データテーブル ２２Ａでは、車速 v の増加に対して周波数 f の上限周波数 F_{max}' （又は下限周波数 F_{min}' ）が、車速 v が $v=0$ では最小となり、車速 v の増加に応じてＳ字カーブ的に増加し、高車速 V_{max} で、最大値となるように設定している。

【０１０２】

40

なお、この第２実施例では、車速 v に応じてパラメータである下限周波数 F_{min}' 又は上限周波数 F_{max}' を変化させているので、基本周波数 f_n は、変形例の上記（５）式により連続的に算出することができる。

【０１０３】

このように第２実施例に係る能動型効果音発生装置 １０Ａでは、車速 v が高くなると、より加速感が味わえるように、車速 v の低い側に比較して車速 v の高い側で周波数範囲が広がるように設定可能になっている。

【０１０４】

すなわち、車速 v に応じて、周波数変化率調整係数 k や上限周波数 F_{max} 等のパラメータを切り替えても逐次更新により効果音の周波数を連続的に変化させることができる。

50

【0105】

この第2実施例によれば、無限音階のコンセプトを利用し、下限周波数 F_{min}' 又は上限周波数 F_{max}' を車速 v に応じて変化させた特性の中で、効果音を繰り返し発生させることで、比較的low周波領域の効果音のみを利用しても、車速 v と車速加速度 Δa に応じた違和感のない加速効果音を発生させることができる。

【0106】

實際上、 $F_{max} = F_{min} \times a^{\text{Ord}N}$ ($a^{\text{Ord}N}$ は、決定されたパラメータ) という関係があるので、例えば、一方の上限周波数 F_{max} を上限周波数 F_{max}' に変化させると、下限周波数 F_{min}' は、この関係に基づいて変化する。より具体的に説明すると、上限周波数 F_{max} 又は下限周波数 F_{min} の一方を、例えば、図7Aの特性 q のように車速 V の増加に沿って非線形 (線形でもよい。) で増加するように定義すると、図7Bに示すように、上限周波数 F_{max}' 又は下限周波数 F_{min}' の他方も上記関係に基づいて車速 V の増加に応じて非線形で増加することになる。

10

【0107】

結果として、車速 v の増加に応じて発生する効果音が、高速領域であっても自動車走行音としてのリアリティ (自然感) の高さを維持することができる。

【0108】

[第3実施例]

この第3実施例では、第1実施例に比較して、車速 v が高くなると、より加速感を味わえるように、車速 v の増加に対する周波数変化量 ($\Delta f / \Delta v$) が大きくなるように、車速対応周波数 f_n を加工している。

20

【0109】

これを実現するために、第3実施例に係る能動型効果音発生装置10B (図1) では、第1実施例に係る能動型効果音発生装置10に対して、波形データテーブル22を波形データテーブル22Bに変更している。

【0110】

図8Aに示すように、波形データテーブル22Bでは、上記(1)式の周波数変化率調整係数 k が、車速 $v = 0$ で最大値 max を取り、車速 v の増加に応じて低下するように設定している。

【0111】

30

このように設定すると、図8Bに示すように、第3実施例の波形データテーブル22Bは、車速 v の増加に対して、周波数 f の変化量が連続的に大きくなるようにできる。

【0112】

なお、この第3実施例では、車速 v に応じてパラメータである周波数変化率調整係数 k を変化させているので、基本車速対応周波数 f_n は、変形例の上記(5)式により算出する。

【0113】

このように第3実施例に係る能動型効果音発生装置10B (図1) では、車速 v が高くなると、より加速感を味わえるように、車速 v の低い側に比較して車速 v の高い側での周波数変化量 ($\Delta f / \Delta v$) が大きくなるように設定可能になっている。

40

【0114】

すなわち、周波数変化率調整係数 k を車速 v の増加に応じて小さくしているので、車速 v の増加に対して車速対応周波数 f_n の変化量 (周波数増分/車速増分) を大きくすることができ、自動車走行音としてのリアリティをより高くすることができる。

【0115】

なお、周波数変化率調整係数 k は、図8Aに示したように、車速 v の増加に応じて、一律に小さくするのではなく、実際の車両環境 (ウェット・ドライ、悪路等の路面状態や、環境温度、気圧、サスペンションの変更) 等を考慮して、車速 v に基づき制御 (チューニング) してもよい。この場合においても、自動車走行音としてのリアリティを確認しながら効果音が滑らかに聞こえるように、車速 v の変化に対して車速対応周波数 f_n の変換量

50

を制御（チューニング）することが好ましい。

【0116】

[第4実施例]

この第4実施例は、車速 v の増加に対して上限周波数 F_{max} と下限周波数 F_{min} が一定で変化しない第1実施例及び第3実施例に適用可能である。この第4実施例では、車室の音場特性の逆特性を反映することで、乗員耳位置で、加速時に滑らかな効果音の発生を実現できる。

【0117】

これを実現するために、図9に示す第4実施例に係る能動型効果音発生装置10Cでは、第1実施例及び第3実施例のゲインCテーブル24cとゲインDテーブル24dとゲインEテーブル24eからなる振幅データテーブル24（図1）を、1つの周波数ゲインテーブル24Fからなる振幅データテーブル24Aに代替している。

10

【0118】

図10Aは、周波数ゲインテーブル24Fの作成例を示している。図10Aの左側に示すゲインGの特性（ゲイン特性）200は、下限周波数 F_{min} と上限周波数 F_{max} との間で、ゲインGが釣り鐘状に変化する特性になっている。

【0119】

そして、図10Aの右側に示すゲインGの特性（ゲイン特性）202は、周波数 f の変化に対する車室内の音場特性の逆特性を示している。

【0120】

20

特性200と特性202とを周波数 f 毎に乗算することで、図10Bの縦軸（周波数 f 軸）の左側に示す周波数ゲインテーブル24Fの特性204を作成することができる。

【0121】

この周波数ゲインテーブル24Fの利用に際しては、車速 v の増加に応じて波形データテーブル22（図4）又は波形データテーブル22B（図8B）により、図10Bの縦軸の右側に示す車速・周波数特性（図4の波形データテーブル22を模式的に示している。）を参照して説明すると、車速 v に応じて、次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e を有する次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e を生成する。生成した次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e の振幅（ゲインG）を、次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e の周波数 f に対応するゲインGの特性（周波数ゲイン特性）204（図10B）から求め、次数音響信号 S_c' 、 S_d' 、 S_e' を生成する。

30

【0122】

このように生成した第4実施例に係る能動型効果音発生装置10C（図9）では、効果音の発生に車室の音場特性の逆特性202を反映したので、乗員の耳位置でより滑らかに増加する効果音を発生する。

【0123】

また、ゲイン特性200では、下限周波数 F_{min} と上限周波数 F_{max} 近傍のゲインGが小さくなるようにしているので、効果音の切り替わり時を感じさせない効果音を発生することができる。

【0124】

40

換言すれば、車速 v の増加に応じて上限周波数 F_{max} が下限周波数 F_{min} に切り替わるとき、効果音を滑らかに、自然に、且つ違和感なく、切り替えることができる。

【0125】

[第5実施例]

この第5実施例は、図7Bの波形データテーブル22Aを参照して説明した第2実施例に対し第4実施例の考え方を一部取り入れた技術内容である。

【0126】

つまり、この第5実施例では、車速 v の増加に対し、下限周波数 F_{min} を一定とし、上限周波数 F_{max} を、第2実施例と同様に、図7Bに示した上限周波数 F_{max}' のように増加させた場合に、上限周波数 F_{max}' と下限周波数 F_{min} でのゲインGを小さ

50

くして、効果音の切り替わり時を感じさせない効果音を発生させる技術内容である。

【0127】

そのため、図11に示す第5実施例に係る能動型効果音発生装置10Dでは、第4実施例で採用した周波数ゲインテーブル24Fを、図12に示すゲインGの特性（正規化周波数ゲイン特性）210を有する正規化周波数ゲインテーブル24Gに代替している。

【0128】

この第5実施例では、振幅データテーブル24B中の正規化周波数ゲインテーブル24Gの利用に際しては、車速 v の増加に応じて波形データテーブル22A'（図7Bに示した波形データテーブル22A）により、図12の縦軸の右側に示す車速・周波数特性（図7Bの波形データテーブル22を模式的に示している。）を参照して説明すると、車速 v に応じて、次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e を有する次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e を生成する。

10

【0129】

このとき、上限周波数 F_{max}' を、正規化周波数 f_{norm} に変換して、次数音響信号 S_c 、 S_d 、 S_e の振幅（ゲイン）を、次数音響周波数 f_c 、 f_d 、 f_e の周波数 f に対応するゲインGの特性（正規化周波数ゲイン特性）210（図12）から求め、次数音響信号 S_c' 、 S_d' 、 S_e' を生成する。

【0130】

このように、図12に示す正規化周波数ゲインテーブル24Gの特性210を利用することで、車速 v に応じて上限周波数 F_{max}' を変化させて、より加速感を味わえるようにすると共に、周波数 f の上限周波数 F_{max}' から下限周波数 F_{min} への切り替わり時において、効果音の切り替わりを感じさせることのない効果音を発生することができる。

20

【0131】

換言すれば、車速 v の増加に応じて上限周波数 F_{max}' が下限周波数 F_{min} （又は F_{min}' ）に切り替わるとき、効果音を滑らかに、自然に、且つ違和感なく、切り替えることができる。

【0132】

なお、この発明は、上述した実施例に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく種々の構成を採りうることができる。

30

【符号の説明】

【0133】

10、10A、10B、10C、10D…能動型効果音発生装置

12…車両

14…アクセル開度センサ

16…車速センサ

20…スピーカ

22、22A、22B…波形データテーブル

24、24A、24B、36…振幅データテーブル

50…基本周波数生成テーブル

52…次数音響信号生成テーブル

100…モータ

101…車軸

102…車輪

40

【図 1】

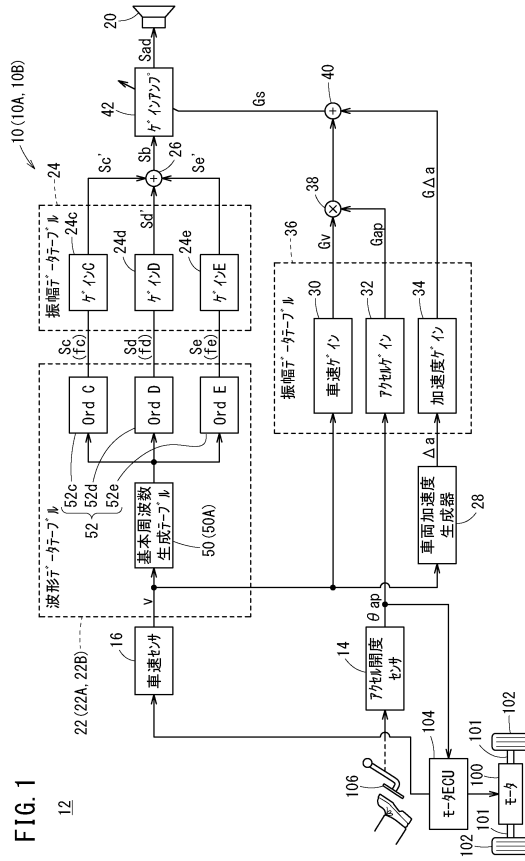


FIG. 1

【図 3】

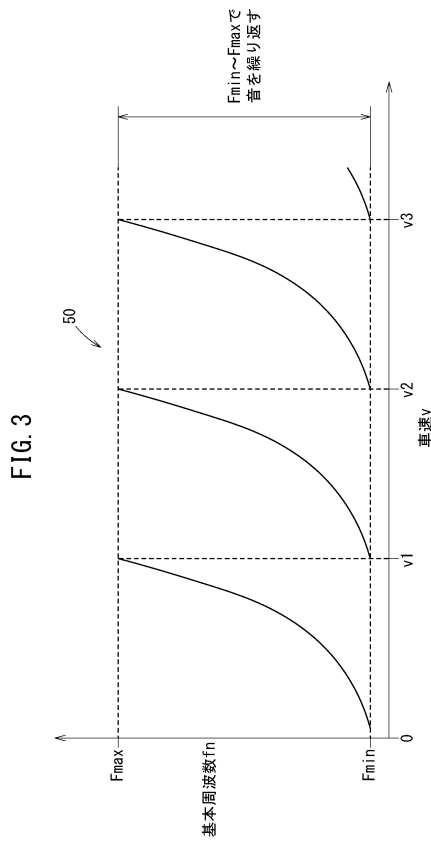


FIG. 3

【図 2】

FIG. 2A

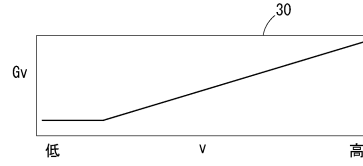


FIG. 2B

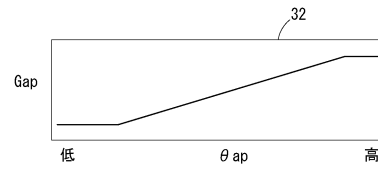
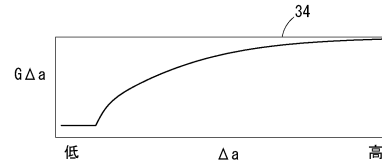
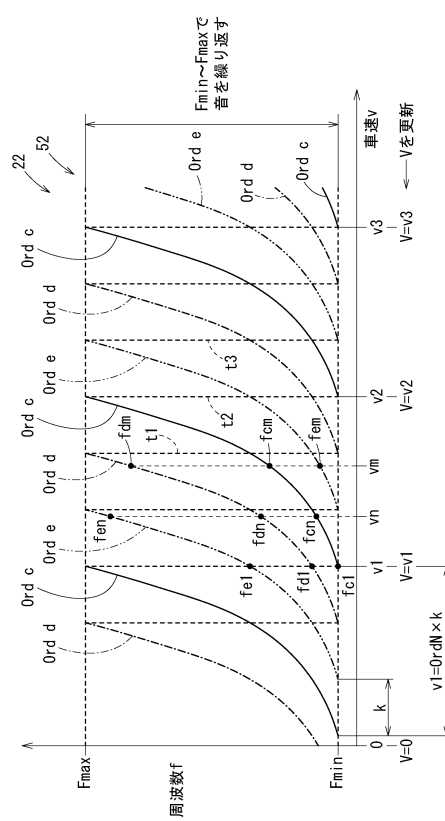


FIG. 2C

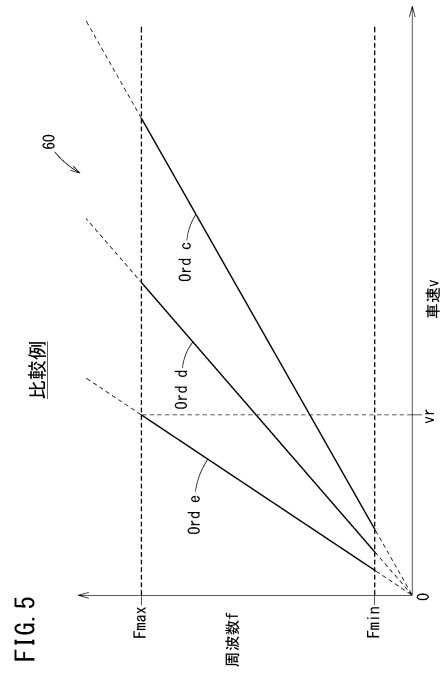


【図 4】

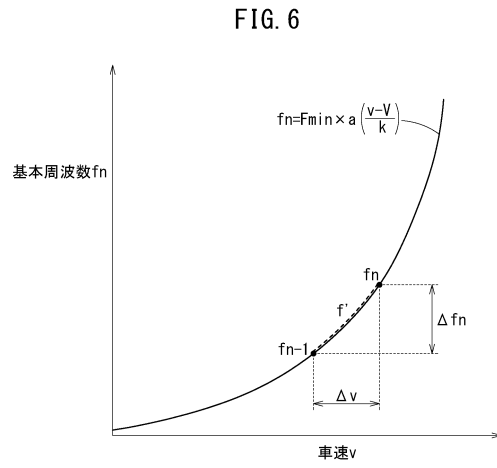
FIG. 4



【図 5】

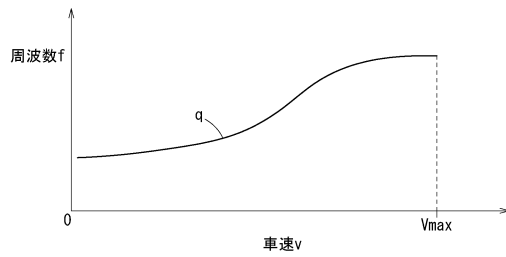


【図 6】



【図 7】

FIG. 7A



【図 8】

FIG. 8A

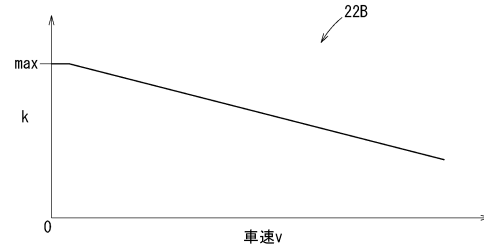


FIG. 7B

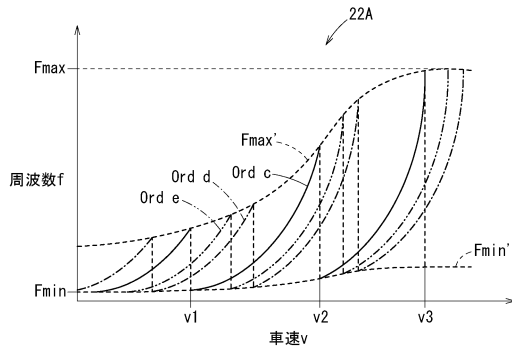
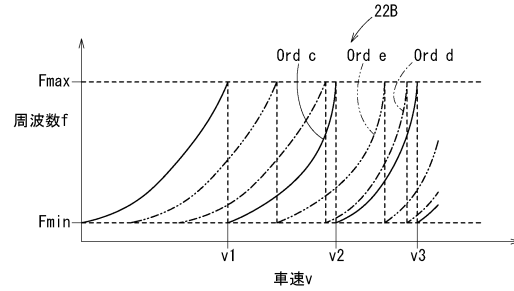
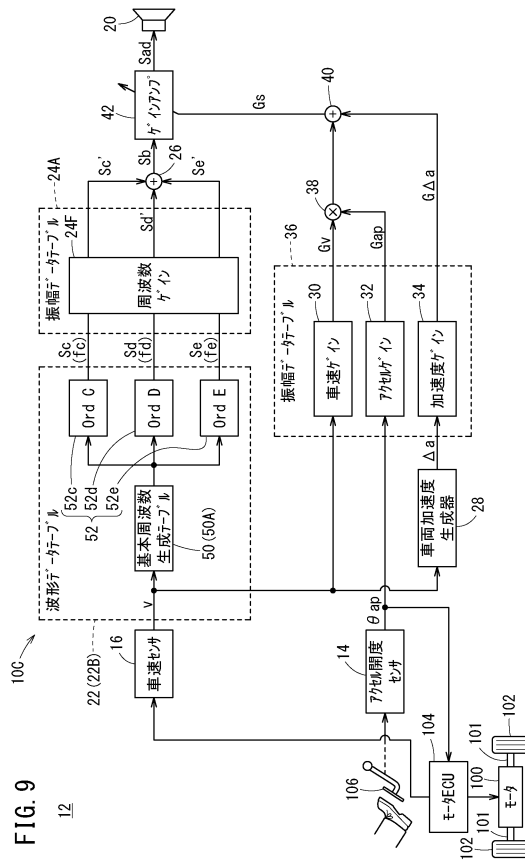


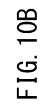
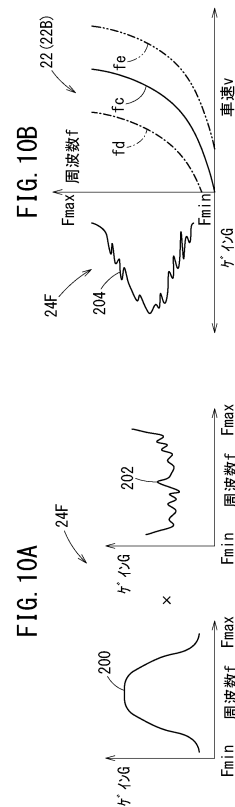
FIG. 8B



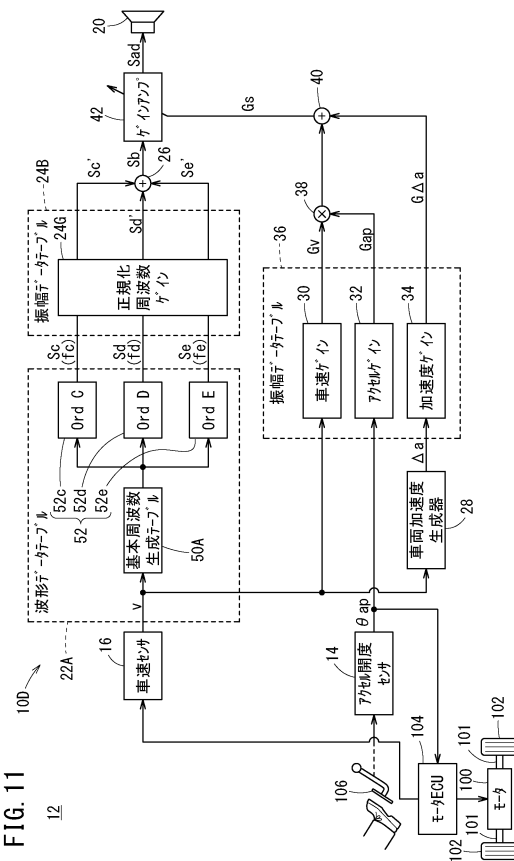
【図 9】



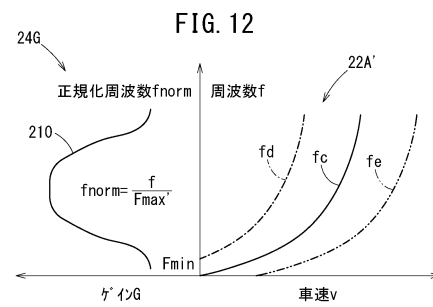
【図 10】



【図 1 1】



【图 1 2】



フロントページの続き

(74)代理人 100180448

弁理士 関口 亨祐

(72)発明者 王 循

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 井上 敏郎

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 前坂 拓摩

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 篠田 亨佑

(56)参考文献 特表2017-509522 (JP, A)

特開2011-207390 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10K 15/04

B60R 11/02