

(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2017-12302
(P2017-12302A)

(43) 公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
A61M	21/02	(2006.01)	A61M	21/02	C	5D378		
G10H	1/00	(2006.01)	G10H	1/00	Z	5D478		
G10H	1/043	(2006.01)	G10H	1/043	A			
			A61M	21/02	G			

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-130156 (P2015-130156)
(22) 出願日 平成27年6月29日 (2015.6.29)

(71) 出願人 000004075
ヤマハ株式会社
静岡県浜松市中区中沢町10番1号
(74) 代理人 100125689
弁理士 大林 章
(74) 代理人 100128598
弁理士 高田 聖一
(74) 代理人 100121108
弁理士 高橋 太朗
(72) 発明者 山木 清志
静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマ
ハ株式会社内
(72) 発明者 森島 守人
静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマ
ハ株式会社内

最終頁に続く

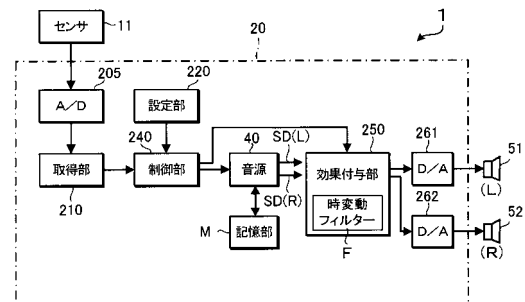
(54) 【発明の名称】 音源装置

(57) 【要約】

【課題】睡眠等を改善する場合に、発生させる音によって飽きるなどの感じを被験者に与えないようにする。

【解決手段】音源装置20は、被験者の生体情報を取得する取得部210と、波形データを記憶する記憶部Mと、記憶部Mから読み出した波形データに基づいて音データSDを生成する音源40と、音データに時間的に変化する音響効果を付与する効果付与部250と、呼吸周期や心拍周期といった生体周期に応じた周期で音響効果を時間的に変動するように効果付与部250を制御する制御部240とを備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被験者の生体情報を取得する取得部と、
前記生体情報に基づいて前記被験者の呼吸周期又は心拍周期の少なくとも一方を特定する制御部と、
音データに、前記呼吸周期又は前記心拍周期に応じた周期で変化する周波数特性を付与する効果付与部と、
を備えた音源装置。

【請求項 2】

前記効果付与部は、
前記音データが入力され、カットオフ周波数を変更可能な時変動フィルターを備え、
前記呼吸周期又は前記心拍周期に応じた周期で前記カットオフ周波数を変化させる、
請求項 1 に記載の音源装置。

10

【請求項 3】

前記生体情報に基づいて睡眠の状態を推定する推定部を備え、
前記制御部は、前記推定部で推定した睡眠の状態に応じてビブラート周期を決定し、
前記効果付与部は、
前記音データに、前記呼吸周期又は前記心拍周期に応じた周期で変化する周波数特性を付与するとともに、前記制御部で決定したビブラート周期に応じたビブラート効果を付与する、
請求項 1 に記載の音源装置。

20

【請求項 4】

前記制御部は、前記ビブラート周期を、現在の睡眠の状態よりも睡眠が深くなった場合に出現すると予測される脳波の周期に設定する請求項 3 に記載の音源装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記ビブラート周期を前記心拍周期又は前記呼吸周期の一方の自然数分の 1 に設定する、請求項 3 又は 4 に記載の音源装置。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明は、音源装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、体動や、呼吸、心拍などの生体情報を検出するとともに、当該生体情報に応じた音を発生させて、睡眠の改善やリラクゼーション効果を付与する技術が提案されている（例えば特許文献 1 参照）。また、被験者のリラクゼーション状態に応じて、発生させる音の種類、音量、テンポのうち、少なくとも 1 つを調整する技術も提案されている（例えば特許文献 2 参照）。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 4 - 269972 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 344284 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ところで、音の発生によって睡眠等を改善する場合に、音が単調であったりすると、飽きる、耳につくななどの理由により却って睡眠等を妨害する、という点が指摘された。

50

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、発生させる音によって睡眠等を改善する場合に、飽きる、耳につくなどの感じを被験者に与えないようにした音源装置を提供することを解決課題の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明に係る音源装置の一態様は、被験者の生体情報を取得する取得部と、前記生体情報に基づいて前記被験者の呼吸周期又は心拍周期の少なくとも一方を特定する制御部と、音データに、前記呼吸周期又は前記心拍周期に応じた周期で変化する周波数特性を付与する効果付与部と、を備える。

【0006】

この態様によれば、周波数特性の時間的な変化を呼吸周期や心拍周期といった生体リズムに連動するように付与することができるので、音のバリエーションを拡げることが可能となる。さらに、一つの音コンテンツだけで簡単にバリエーションに富んだ音を作ることができる。この結果、被験者が再生された音に飽きず、睡眠に誘導することが可能となる。

ここで、呼吸周期又は心拍周期に応じた周期とは、呼吸周期そのもの、あるいは心拍周期そのものである必要はなく、呼吸周期又は心拍周期と一定の関係にある周期であればよい。

【0007】

上述した音源装置の一態様において、前記効果付与部は、前記音データが入力され、カットオフ周波数を変更可能な時変動フィルターを備え、前記呼吸周期又は前記心拍周期に応じた周期で前記カットオフ周波数を変化させることが好ましい。

この態様によれば、時変動フィルターのカットオフ周波数を呼吸周期又は心拍周期といった生体周期に応じた周期で時間的に変化させるので、多様な音を生成することができる。特に、時変動フィルターがローパスフィルター又はハイパスフィルターである場合、音データに含まれるある音の周波数範囲が、ローパスフィルター又はハイパスフィルターのカットオフ周波数が増減する周波数範囲の一部である場合には、当該音が鳴ったり鳴らなかったりするというバリエーションを持たせることが可能となる。

【0008】

上述した音源装置の一態様において、前記生体情報に基づいて睡眠の状態を推定する推定部を備え、前記制御部は、前記推定部で推定した睡眠の状態に応じてビブラート周期を決定し、前記効果付与部は、前記音データに、前記呼吸周期又は前記心拍周期に応じた周期で変化する周波数特性を付与するとともに、前記制御部で決定したビブラート周期に応じたビブラート効果を付与することが好ましい。

この態様によれば、睡眠の状態に応じたビブラート周期のビブラート効果を音データに付与することが可能となる。

【0009】

上述した音源装置の一態様において、前記制御部は、前記ビブラート周期を、現在の睡眠の状態よりも睡眠が深くなった場合に出現すると予測される脳波の周期に設定することが好ましい。この態様によれば、ビブラート周期は、睡眠がより深くなると出現すると予測される脳波の周期とできるので、被験者を入眠に向かわせることができ、入眠した後は、より深い睡眠に誘導することが可能となる。

【0010】

上述した音源装置の一態様において、前記制御部は前記ビブラート周期を前記心拍周期又は前記呼吸周期の自然数分の1に設定することが好ましい。この態様によれば、ビブラート周期を被験者の心拍周期又は呼吸周期の自然数分の1に設定するので、再生音を聴いている被験者に由来する生体周期の連動する周波数のゆらぎを再生音に付与することができ、睡眠の質をより改善することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1実施形態に係る音源装置を含むシステムの全体構成を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2】同音源装置の機能構成を示すブロック図である。

【図 3】同音源装置の音源の構成例を示すブロック図である。

【図 4】同音源装置に用いるローパスフィルターのカットオフ周波数の時間変化の一例を示す説明図である。

【図 5】音データの波形、ローパスフィルターのカットオフ周波数の時間変化、及びトリガ信号の関係を示すタイミングチャートである。

【図 6】同音源装置の動作を示すフローチャートである。

【図 7】第 2 実施形態に係る音源装置の機能構成を示すブロック図である。

【図 8】同音源装置の動作を示すフローチャートである。

【図 9】変形例に係る音源装置における周波数特性の制御パターンを説明するための説明図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、第 1 実施形態に係る音源装置 20 を含むシステム 1 の全体的な構成を示す図である。図に示されるように、システム 1 は、センサ 11 と音源装置 20 とスピーカ 51、52 とを含んだ構成である。このシステム 1 は、ベッド 5 の上で仰向けの姿勢をとっている被験者 E に対し、スピーカ 51、52 から発せられる音を聴かせる、もしくは、感じさせることによって例えば睡眠を改善しようとするものである。

20

【0013】

センサ 11 は、例えば、シート状の圧電素子からなり、ベッド 5 のマットレスの下部などに配置される。被験者 E がベッド 5 に横たわると、被験者 E の生体情報がセンサ 11 によって検出される。被験者 E の呼吸や心拍を含む身体の様々なものに起因する体動は、センサ 11 によって検出され、これらの成分が重畳した検出信号がセンサ 11 から出力される。図では便宜的に検出信号が有線で音源装置 20 に伝送される構成を示しているが、無線で伝送される構成でも良い。

【0014】

音源装置 20 では、センサ 11 から出力される検出信号（生体情報）に基づいて、被験者 E の呼吸周期 B R m、心拍周期 H R m、及び体動を取得できるようになっている。音源装置 20 は、例えば携帯端末やパーソナルコンピュータなどであり、予めインストールされたプログラムを CPU が実行することによって、後述する複数の機能ブロックが構築される。

30

【0015】

スピーカ 51、52 は、仰向けの姿勢にある被験者 E にステレオの音を聴かせる位置に配置され、このうち、スピーカ 51 は、音源装置 20 から出力されるステレオのレフト（L）の信号を内蔵アンプで増幅させて放音させる。同様に、スピーカ 52 は、音源装置 20 から出力されるステレオのライト（R）の信号を内蔵アンプで増幅させて放音させる。なお、被験者 E に対しヘッドフォンによって音を聴かせる構成もあり得るが、本実施形態では、スピーカ 51、52 を用いる構成で説明する。

40

【0016】

図 2 は、システム 1 のうち、主に音源装置 20 における機能ブロックの構成を示す図である。この図に示されるように、音源装置 20 は、A/D 変換部 205、取得部 210、設定部 220、制御部 240、効果付与部 250、記憶部 M、音源 40、及び D/A 変換器 261、262 を有し、このうち、A/D 変換部 205 及び D/A 変換器 261、262 を除く機能ブロックが上記プログラムの実行によって構築される。なお、音源 40 や効果付与部 250 を L S I（Large Scale Integration）で構成してもよい。記憶部 M は複数の音コンテンツを記憶する。ここで、音コンテンツは音源 40 において音データを生成できるのであれば、どのようなデータであってあってもよい。例えば、演奏情報をデータ化した演奏データや、あるいは音源 40 を制御するパラメータ等でもよいが、以下の説明

50

では、波形データを音コンテンツの一例として説明する。

【0017】

A/D変換部205は、センサ11による検出信号をデジタル信号に変換する。取得部210は、変換されたデジタル信号を内部メモリに一旦蓄積するとともに、制御部240に供給する。

設定部220は、各種設定をするためのものである。音源装置20は、被験者Eを飽きさせないように、多数の楽音を再生可能である。設定部220は、被験者Eの入力操作に従って、再生すべき楽音を設定することができる。

【0018】

制御部240は、音源40及び効果付与部250の動作を制御する。記憶部Mには、複数の波形データが記憶されている。この波形データは、例えば、波の音、鐘の音、ギターやピアノの音などである。制御部240は、設定部220の設定に基づいて音源40を制御して、どの波形データを再生するかを指示する。なお、波形データの数は一つであってもよい。

10

【0019】

音源40は、記憶部Mに記憶されている波形データに基づいて、各種の楽音を再生する。図3に音源40の詳細な構成を示す。音源40は、第1乃至第3の音源部410乃至430と、ミキサ451及び452を備える。この例では三種類の音の同時発音が可能である。なお、第1の音源部410のみを採用しても良い。

第1乃至第3の音源部410乃至430は、制御部240によって指定されたタイミングで記憶部Mに記憶された波形データを再生し、デジタルでステレオの2チャンネルの形式で出力する。

20

【0020】

ミキサ451は、第1乃至第3の音源部410乃至430のそれぞれから出力されるレフト(L)の信号を混合(加算)し、同様に、ミキサ452は、各音源部のそれぞれから出力されるライト(R)の信号を混合して、音データSD(L)、SD(R)を出力する。

図2に示す効果付与部250は、音データSDに音響効果を付与するものであって、いわゆるエフェクタが含まれる。音響効果としては、時間とともに周波数特性を変化させたり、あるいは、時間とともに歪の大きさが変化するものが含まれる。即ち、効果付与部250は、時間とともに変化する音響効果を付与する。この音響効果の変化は、周期的なものであって制御部240によって指示される。

30

この例の効果付与部250は、少なくとも周波数特性を変化させることが可能な時変動フィルタFを備える。ここでは、時変動フィルタFの一例として、低域の周波数成分を通過させるローパスフィルタを取り上げて説明するが、時変動フィルタFは高域の周波数成分を通過させるハイパスフィルタであってもよいし、あるいは、所定帯域の周波数成分を通過させるバンドパスフィルタであってもよい。

【0021】

図4にローパスフィルタのカットオフ周波数の時間変化の一例を示す。この図に示すように、カットオフ周波数は、時刻 t_0 では周波数 f_1 となり、時刻 t_1 で周波数 f_2 まで高くなり、時刻 t_2 で周波数 f_3 となる。この後、カットオフ周波数は低くなり時刻 t_3 で周波数 f_2 となり、更に時刻 t_4 で周波数 f_1 になる。ここで、音データSDに周波数 f_1 から周波数 f_2 までの範囲内の周波数成分を有する波の音と、周波数 f_2 から周波数 f_3 までの範囲内の周波数成分を有する鐘の音が含まれていたとする。この場合、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの期間及び時刻 t_3 から時刻 t_4 までの期間では、波の音が聞こえ鐘の音が消音され、時刻 t_1 から時刻 t_3 までの期間では、鐘の音と波の音が聞こえる。このように音データSDが、ローパスフィルタのカットオフ周波数が変化する周波数範囲の一部の周波数範囲が有する音を含む場合、当該音を鳴らしたり消音したりすることが可能となる。よって、音コンテンツが仮に一つであっても、再生する音信号にバリエーションを持たせることが可能となる。

40

【0022】

50

また、効果付与部 250 は、制御部 240 から供給されるトリガ信号に従って、周波数特性の時間変化を制御する。効果付与部 250 によって音響効果が付与された音データ S D(L) は D/A 変換器 261 によってアナログ信号に変換されスピーカ 51 に供給される。また、効果付与部 250 によって音響効果が付与された音データ S D(R) は D/A 変換器 262 によってアナログ信号に変換されスピーカ 52 に供給される。

【0023】

トリガ信号は被験者 E の呼吸周期 B R m に応じた切換周期 B R s でアクティブとなる。図 5 に音データの波形、ローパスフィルターのカットオフ周波数の時間変化、及びトリガ信号の関係を示す。ここで、呼吸周期 B R m に応じた切換周期 B R s とは、必ずしも検出された呼吸周期 B R m と一致しなくてもよく、検出された呼吸周期と一定の関係があればよいことを意味する。例えば、検出された呼吸周期 B R m を所定期間で平均し、その平均値を K 倍 (K は、 $1 < K < 1.1$ を満たす任意の値) してもよい。この例では、平均値を 1.05 倍して切換周期 B R s を定める。この場合、被験者 E の平均の呼吸周期 B R m が 5 秒であるとすれば、切換周期 B R s は 5.25 秒となる。人はリラックスすると、呼吸周期 B R m が長くなる傾向がある。このため、測定された呼吸周期 B R m より若干長い切換周期 B R s とすることによって、入眠に向けて誘導することが可能となる。

また、図 5 に示す例では、トリガ信号の前後で、ローパスフィルターのカットオフ周波数が最も小さくなっているため、トリガ信号の前後で音データ S D が最も減衰する。そのため被験者 E には、トリガ信号の前後で音データ S D の音量が最も小さくなって聞こえる。よって、被験者 E は自分自身の呼吸周期 B R m を音の音量の変化で感じることができる。

【0024】

この例では、カットオフ周波数の時間変化を被験者 E の呼吸周期 B R m に応じたものとしたが、被験者 E の心拍周期 H R m に応じた切換周期 H R s としてもよい。ここで、心拍周期 H R m に応じた切換周期 H R s とは、必ずしも検出された心拍周期 H R m と一致しなくてもよく、検出された心拍周期 H R m と一定の関係があればよいことを意味する。例えば、検出された心拍周期 H R m を所定期間で平均し、その平均値を K 倍 (K は、 $1 < K < 1.1$ を満たす任意の値) してもよい。例えば、平均値を 1.02 倍して切換周期 H R s を定めてもよい。この場合、被験者 E の平均の心拍周期 H R m が 1 秒であるとすれば、切換周期は 1.02 秒となる。人はリラックスすると、心拍周期 H R m が長くなる傾向がある。このように、実際の心拍周期 H R m よりも長い切換周期 H R s を設定することによって、入眠に向けて人をリラックスさせることが可能となる。

【0025】

このように効果付与部 250 は、音データ S D に、呼吸周期 B R m 又は心拍周期 H R m に応じた周期で変化する周波数特性を付与する。これにより、多様な音を再生することが可能となる。なお、上記の説明では、カットオフ周波数を時間的に変化させる時変動フィルター F の一例としてローパスフィルターを取りあげたが、時変動フィルター F はハイパスフィルターであっても良いし、あるいは、バンドパスフィルターであってもよい。

【0026】

次に、音源装置 20 の動作について説明する。図 6 は、音源装置 20 の動作を示すフローチャートである。まず、制御部 240 は、取得部 210 で取得した被験者 E の生体情報を示す検出信号に基づいて、被験者 E の心拍周期 H R m 及び呼吸周期 B R m を検出する (S a 1)。検出信号に重畳する呼吸成分の周波数帯域は約 0.1 Hz ~ 0.25 Hz であり、検出信号に重畳する心拍成分の周波数帯域は約 0.9 Hz ~ 1.2 Hz である。制御部 240 は、検出信号から呼吸成分に対応する周波数帯域の信号成分を抽出し、抽出した成分に基づいて被験者 E の呼吸周期 B R m を検出する。また、制御部 240 は、検出信号から心拍成分に対応する周波数帯域の信号成分を抽出し、抽出した成分に基づいて被験者 E の心拍周期 H R m を検出する。なお、制御部 240 は、以下の各処理を実行中にも、被験者 E の心拍周期 H R m 及び呼吸周期 B R m を常時検出している。

【0027】

制御部 240 は、設定部 220 から設定データを取得すると (S a 2)、記憶部 M からの波形データを読み出すべきかを音源 40 に指令する (S a 3)。この後、音源 40 は、波形データを読み出して音データ S D の再生を開始する (S a 4)。

【0028】

次に、制御部 240 は、被験者 E の呼吸周期 B R m に応じた切換周期 B R s 又は心拍周期 H R m に応じた切換周期 H R s のトリガタイミングであるか否かを判定する (S a 5)。なお、呼吸周期 B R m に応じた切換周期 B R s を採用するか、心拍周期 H R m に応じた切換周期 H R s を採用するかは、予め定められていてもよいし、あるいは、ステップ S a 3 で選択した波形データの種別によって定めてもよい。

【0029】

ステップ S a 5 の判定条件を充足しない場合には、判定条件を充足するまで判定を繰り返し、判定条件が充足されると、制御部 240 はトリガ信号をアクティブにする。これにより、効果付与部 250 は、付与すべき音響効果の時間変化をリセットして、予め定められた音響効果の付与を開始する (S a 6)。具体的には、図 4 に示す時刻 t 0 からのカットオフ周波数の変化に従って時変動フィルタ F の周波数特性が変化する。

【0030】

このように本実施形態によれば、音響効果の時間的な変化を呼吸周期 B R m や心拍周期 H R m といった生体リズムに連動するように付与することができるので、音のバリエーションを拡げることが可能となる。つまり、付与する音響効果を変え、さらに音響効果の時間的な変化を変えることで、一つの音コンテンツだけで簡単にバリエーションに富んだ音を作ることができる。この結果、本実施形態では被験者が再生された音に飽きず、被験者 E を睡眠に誘導させることが可能となる。

【0031】

< 第 2 実施形態 >

上述した第 1 実施形態は、効果付与部 250 において、呼吸周期 B R m や心拍周期 H R m などの生体周期に応じた周期で、時間的に変化する音響効果を付与した。これに対して、第 2 実施形態に係る音源装置 20 は、被験者 E の生体情報に基づいて睡眠の段階 (睡眠の状態) を推定し、推定した睡眠の段階に応じて、効果付与部 250 においてビブラート効果を付与するものである。

【0032】

図 7 は、第 2 実施形態に係るシステム 1 の構成例を示すブロック図である。図 7 に示す第 2 実施形態の音源装置 20 は、推定部 230 を備える点、制御部 240 が推定結果と心拍周期 H R m に応じて効果付与部 250 を制御する点、効果付与部 250 が音響効果として周波数特性の変化に加えてビブラート効果を付与する点を除いて、第 1 実施形態の音源装置 20 と同様に構成されている。ビブラート効果は狭義には、原音にビブラート周期で周波数変調する音響効果の意味であるが、本明細書では、いわゆるトレモロを含む広義の概念で使用する。即ち、ビブラート効果には、原音にビブラート周期で振幅変調する音響効果も含む。

【0033】

本実施形態において推定部 230 は、センサ 11 の検出結果から、被験者 E が安静から熟睡に至るまでの睡眠の段階を、例えば、3 段階で推定する。一般に人は、安静状態から深い眠りに至るまでの間に、呼吸周期 B R m や心拍周期 H R m が長くなる傾向にある。また、それらの周期の変動が小さくなる傾向がある。加えて、眠りが深くなると体動も減少する。そこで、推定部 230 は、センサ 11 の検出信号 (生体情報) に基づいて、呼吸周期 B R m 及び心拍周期 H R m の変化、並びに体動の単位時間当たりの回数を組み合わせ、複数の閾値と比較することによって、睡眠の段階を第 1 段階、第 2 段階、及び第 3 段階で推定する。

【0034】

人が活動している状態の脳波は α 波が殆どを占めており、リラックスすると θ 波の脳波が出現し始める。 θ 波の周波数は、8 Hz ~ 14 Hz である。例えば、入床して

10

20

30

40

50

目を閉じると、波が出現し始める。そして、よりリラックスすると波が次第に大きくなる。人がリラックスして波が大きくなり始めるまでが、概ね、第1段階に相当する。即ち、第1段階は、波が優位になる前の段階である。

【0035】

さらに、睡眠に向かうと人の脳波は波の割合が大きくなるが、やがて減少して瞑想状態やまどろんだ状態に出るとされる波が出現し始める。概ねここまでが第2段階に相当する。即ち、第2段階は、波が優位になる前の段階である。波の周波数は、4 Hz ~ 8 Hzである。

【0036】

そして、波が優位になりほぼ入眠となる。そして、さらに睡眠が進むと、深い眠りについている状態とされる波が出現し始める。概ねここまでが第3段階である。即ち、第3段階は、波が優位になる前の段階である。波の周波数は、0.5 Hz ~ 4 Hzである。

10

【0037】

制御部240は、推定部230で推定した睡眠の状態に応じてビブラート周期を決定し、当該ビブラート周期でビブラート効果を付与するように、効果付与部250を制御する。

第1段階において、制御部240は、ビブラート周期が波の周波数である8 Hz ~ 14 Hzに相当する周期となるように効果付与部250を制御する。上述したように第1段階は波が優位になる前の段階であるので、ビブラート周期をそのように設定することによって、被験者Eに聴かせる音に波の周波数に相当する周波数揺らぎを付与することができる。これによって、被験者Eをよりリラックスさせて入眠に向けて心体状態を誘導することが可能となる。

20

【0038】

第2段階において、制御部240は、ビブラート周期が波の周波数である4 Hz ~ 8 Hzに相当する周期となるように効果付与部250を制御する。上述したように第2段階は波が優位になる前の段階であるので、ビブラート周期をそのように設定することによって、被験者Eに聴かせる音に波の周波数に相当する周波数揺らぎを付与することができる。これによって、被験者Eをよりリラックスさせて入眠に向けて心体状態を誘導することが可能となる。

30

【0039】

第3段階において、制御部240は、ビブラート周期が波の周波数である0.5 Hz ~ 4 Hzに相当する周期となるように効果付与部250を制御する。上述したように第3段階は波が優位になる前の段階であるので、ビブラート周期をそのように設定することによって、被験者Eに聴かせる音に波の周波数に相当する周波数揺らぎを付与することができる。これによって、被験者Eを深い眠りに誘導することが可能となる。

【0040】

上述したように、制御部240は推定した睡眠の段階に応じて、効果付与部250においてビブラートを付与した。ビブラート周期については、脳波(波、波、波)に基づいて決められており、特に、呼吸周期BRmや心拍周期HRmに連動するものではなかったが、以下に述べるように連動させてもよい。

40

まず、第1段階においては、ビブラート周期を波の周波数に設定する。波の周波数は8 Hz ~ 14 Hzであり、これは音楽テンポ480 ~ 840の一拍と次の一拍の間隔に相当する。一拍を4分音符とした場合、これを音楽テンポ60 ~ 105で換算すると隣り合う32分音符間隔の間隔になる。安静時の心拍周期HRmは、音楽テンポに換算すると60 ~ 75程度である。これを被験者Eに聴かせる音のテンポとした場合に、4分のX拍子換算で、32分音符間隔のビブラートを被験者Eに聴かせる音に対し付加することで、波に相当する周波数揺らぎを実現する。

また、ビブラート周期をVIsとすれば、ビブラート周期VIsは、以下の式1で与えられる。

50

$V I s = H R m / N 1 \dots$ 式 1

但し、 $N 1$ は 6 以上 14 以下の自然数である。 $N 1 = 8$ の場合、32 分音符間隔に相当するビブラートになる。このように、心拍周期 $H R m$ を適切な範囲の自然数 $N 1$ で除算することで、心拍周期 $H R m$ に連動し（心拍周期の自然数分の 1）かつ波の周波数 8 Hz ~ 14 Hz の範囲に入るビブラート周期 $V I s$ が求められる。

【0041】

次に、第 2 段階においては、ビブラート周期を波の周波数に設定する。波の周波数は 4 Hz ~ 8 Hz であり、これは音楽テンポ 240 ~ 480 の一拍と次の一拍の間隔に相当する。一拍を 4 分音符とした場合、これを音楽テンポ 60 ~ 105 で換算すると隣り合う 16 分音符間隔の間隔になる。安静時の心拍周期 $H R m$ は、音楽テンポに換算すると 60 ~ 75 程度である。これを被験者 E に聴かせる音のテンポとした場合に、4 分の X 拍子換算で、16 分音符間隔のビブラートを被験者 E に聴かせる音に対し付加することで、波に相当する周波数揺らぎを実現する。

10

また、ビブラート周期 $V I s$ は、以下の式 2 で与えられる。

$V I s = H R m / N 2 \dots$ 式 2

但し、 $N 2$ は 2 以上 8 以下の自然数である。 $N 2 = 4$ の場合、16 分音符間隔に相当するビブラートになる。このように、心拍周期 $H R m$ を適切な範囲の自然数 $N 2$ で除算することで、心拍周期 $H R m$ に連動し（心拍周期の自然数分の 1）かつ波の周波数の範囲に入るビブラート周期 $V I s$ が求められる。なお、 $N 1$ と $N 2$ の範囲は適宜変更が可能である。

20

【0042】

次に、第 3 段階においては、波の周波数は 0.5 Hz ~ 4 Hz で、音楽テンポ 30 ~ 240 の一拍と次の一拍の間隔に相当する。4 分の X 拍子換算で、4 分音符の間隔となる。つまり、これは心拍周期 $H R m$ そのものとなるので、心拍周期 $H R m$ をそのままビブラート周期 $V I s$ とすればよい。ここで、上述した第 1 実施形態で説明した心拍周期 $H R m$ に応じた周期で音響効果が付与されている場合には、既に音信号が波に相当する周波数揺らぎを有することになる。この場合、制御部 240 は、ビブラート効果を付与するように効果付与部 250 を制御しない。一方、効果付与部 250 が呼吸周期 $B R m$ に応じた周期で第 1 実施形態の効果付与を実行している場合には、これに加えて、心拍周期 $H R m$ をビブラート周期 $V I s$ とするビブラート効果を付与するように効果付与部 250 を制御してもよい。

30

このように制御部 240 は、ビブラート周期 $V I s$ を、現在の睡眠の状態よりも睡眠が深くなった場合に出現すると予測される脳波の周期に設定することが可能となる。

【0043】

次に、第 2 実施形態の音源装置 20 の動作について説明する。図 8 は、音源装置 20 の動作を示すフローチャートである。ステップ $S b 1 \sim S b 3$ の処理は、図 6 を参照して説明した第 1 実施形態の音源装置 20 のステップ $S a 1 \sim S a 3$ の動作と同様であるので、説明を省略する。

ステップ $S b 4$ において、推定部 230 は生体情報に基づいて睡眠の段階を推定し、制御部 240 は推定結果に応じてビブラート周期を設定する ($S b 5$)。この後、制御部 240 は音源 40 に対して再生開始を指示する ($S b 6$)。これにより、楽音の再生が開始される。

40

次に、制御部 240 は、睡眠の段階が変化したか否かを判定し ($S b 7$)、睡眠の段階が変化すると、制御部 240 は、変化後の睡眠の段階に応じたビブラート周期に変更する ($S b 8$)。この後、制御部 240 は、再生終了か否かを判定し ($S b 9$)、判定条件を充足しない場合は、処理をステップ $S b 7$ に戻し、ステップ $S b 7$ からステップ $S b 9$ までの処理を繰り返し、判定条件を充足すると処理を終了する。

【0044】

このように本実施形態によれば、睡眠の段階を推定して、推定した睡眠の段階に応じてビブラート周期で音データ $S D$ にビブラート効果を付与した。ここで、ビブラート周期は

50

、次の睡眠の段階における脳波の周波数に応じたものとなっているので、被験者Eを入眠に向かわせることができ、入眠した後は、より深い睡眠に誘導することができる。さらに、ビブラート周期 $V I s$ を心拍周期 $H R m$ に応じたもの（自然数分の1）とすることで、再生音を聴いている被験者Eに由来する生体周期に連動する周波数のゆらぎを再生音に付与することができ、睡眠の質をより改善することが可能となる。

【0045】

<変形例>

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、例えば次に述べるような各種の応用・変形が可能である。また、次に述べる応用・変形の態様は、任意に選択された一又は複数を適宜に組み合わせることもできる。

【0046】

<変形例1>

上述した各実施形態では、シート状のセンサ11を用いて、被験者Eの生体情報を検出したが、本発明はこれに限定されるものではなく、生体情報が検出できるのであれば、どのようなセンサを用いてもよい。例えば、被験者Eの額に第1のセンサの電極を取り付け、当該被験者Eの脳波（波、波、波、波など）を検出してもよい。また、被験者Eの手首に第2のセンサを装着し、例えば橈骨動脈の圧力変化、すなわち脈波を検出してもよい。脈波は心拍に同期しているので、間接的に心拍を検出していることになる。また、被験者Eの頭部と枕との間に、加速度を検出する第3のセンサを設け、当該被験者Eの体動、具体的には呼吸や心拍など検出してもよい。

また、上述した各実施形態では、センサ11から出力される生体情報に基づいて、呼吸周期 $B R m$ と心拍周期 $H R m$ を特定したが、本発明はこれに限定されるものではなく、被験者の呼吸周期 $B R m$ 又は心拍周期 $H R m$ の少なくとも一方を特定し、音データ $S D$ に、呼吸周期 $B R m$ 又は心拍周期 $H R m$ に応じた周期で変化する周波数特性を持つ音響効果を付与してもよい。

【0047】

<変形例2>

上述した第1実施形態では、呼吸周期 $B R m$ 又は心拍周期 $H R m$ に応じた周期で、時間的に変化する音響効果を音データ $S D$ に付与したが、そのような音響効果の時間的な変化は例えば、図4に示すものであって、固定であった。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、制御部240は、音響効果の時間的な変化を示す複数の制御パターンの中からランダムで制御パターンを選択してもよい。例えば、図9に示すように10個の制御パターンを予め用意しておき、呼吸周期 $B R m$ 又は心拍周期 $H R m$ に応じた周期で、これをランダムで切り換えてもよい。なおランダムとは、いわゆる擬似ランダムを含む概念であり、例えば、M系列発生器で生成される擬似ランダム信号を用いて、各種の選択を行ってもよい。このように制御パターンをランダムで切り換えることにより、再生する音のバリエーションを増加させることができる。このため、記憶部Mに記憶する波形データの数が少なくても、被験者Eに飽きさせない再生音を聴かせることが可能である。

また、上述した第1実施形態では、効果付与部250において、呼吸周期 $B R m$ や心拍周期 $H R m$ に応じた周期で、時間的に変化する音響効果を付与した。本発明はこれに限定されるものではなく、被験者Eの生体活動に起因する生体周期であれば、効果付与部250はその生体周期に応じた周期で、時間的に変化する音響効果を付与すればよい。

【0048】

<変形例3>

上述した第2実施形態では、ビブラート周期 $V I s$ を生体周期と無関係な固定周期、あるいは心拍周期 $H R m$ に連動する周期としたが、本発明はこれに限定されるものではなく生体情報から得られる被験者Eの生体活動に起因して生じる何らかの生体周期に連動するものであってもよい。例えば、呼吸周期 $B R m$ に連動させてもよい。この場合、脳波の波を誘導する第1段階ではビブラート周期 $V I s$ は、以下の式3で与えられる。

$$V I s = B R m / N 3 \dots \text{式 3}$$

10

20

30

40

50

但し、 N_3 は 30 以上 70 以下の自然数である。

また、第 2 段階のビブラート周期 $V I s$ は、以下の式 4 で与えられる。

$$V I s = B R m / N_4 \dots \text{式 4}$$

但し、 N_4 は 10 以上 40 以下の自然数である。

さらに、第 3 段階のビブラート周期 $V I s$ は、以下の式 5 で与えられる。

$$V I s = B R m / N_5 \dots \text{式 5}$$

但し、 N_5 は 5 以上 10 以下の自然数である。ここで、式 3 ~ 式 5 において、呼吸周期 $B R m$ を N_3 、 N_4 、 N_5 (それぞれ示される範囲の何れかの自然数) で除算することで、呼吸周期 $B R m$ に連動する (呼吸周期の自然数分の 1 となる) 適切なビブラート周期 $V I s$ が求められる。なお、 N_3 、 N_4 、 N_5 の各範囲は適宜変更が可能である。

10

【0049】

<変形例 4>

上述した第 2 実施形態の効果付与部 250 は、第 1 実施形態における音響効果に加えてビブラート効果を付与するものであったが、本発明はこれに限定されるものではなく、第 1 実施形態の音響効果を付与せずに、第 2 実施形態のビブラート効果を付与してもよい。即ち、音源装置は、被験者の生体情報を取得する取得部と、前記生体情報に基づいて睡眠の状態を推定する推定部と、前記推定部で推定した睡眠の状態に応じてビブラート周期を決定する制御部と、前記制御部で決定したビブラート周期に応じたビブラート効果を付与する効果付与部とを備えるものであってもよい。

また、ビブラート効果を効果付与部 250 で付与するのではなく、音源 40 で付与してもよい。この場合、音源 40 が、図 3 に示すように複数の音源部から構成される場合は、そのうちの少なくとも 1 つでビブラート効果を付与すればよい。

20

また、上述した推定部 230 は睡眠の状態を 3 つの段階に分けて推定したが、本発明はこれに限定されるものではなく、2 以上の段階を推定してもよく、あるいは、睡眠の深さの程度を示す指標を推定してもよい。要は、睡眠の状態を推定できればよく、推定された睡眠の状態に応じて、時間的に変化する音響効果 (例えば、ビブラート周期) を制御できればよい。

くわえて、第 1 実施形態の時間的に変化する音響効果としては、音の定位 (PAN) を変えてもよい。具体的には切換周期 $B R s$ 又は $H R s$ において、音の定位の位置を $L \quad R \quad L$
 $R \quad \dots$ といったように切り換えてもよい。また、時間的に変化する音響効果としては、音のピッチを切換周期 $B R s$ 又は $H R s$ で変更するピッチチェンジであってもよい。

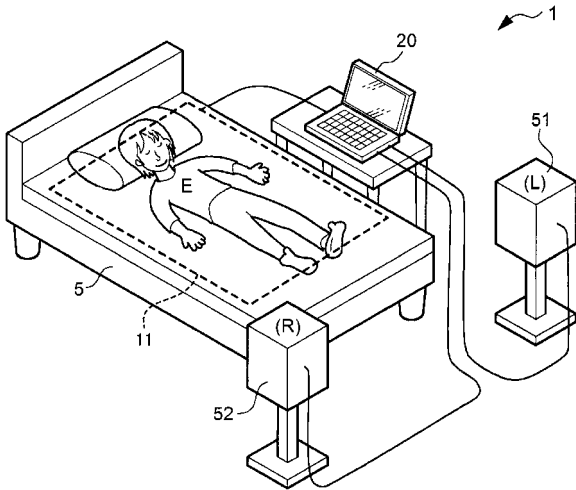
30

【符号の説明】

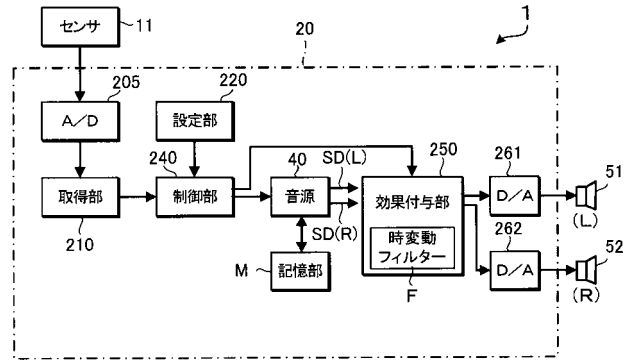
【0050】

1 ... システム、11 ... センサ、20 ... 音源装置、40 ... 音源、51, 52 ... スピーカ、210 ... 取得部、220 ... 設定部、230 ... 推定部、240 ... 制御部、250 ... 効果付与部、M ... 記憶部、F ... 時変動フィルター。

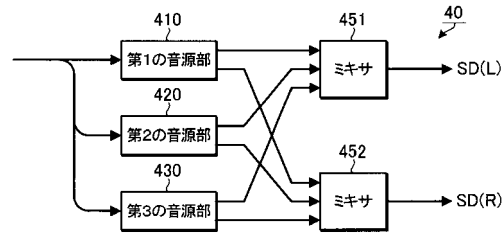
【 図 1 】



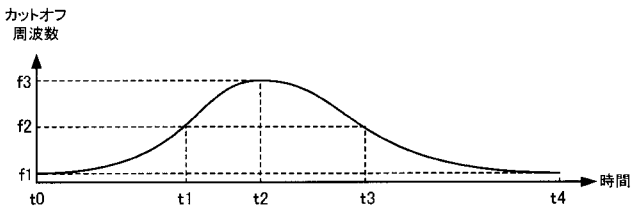
【 図 2 】



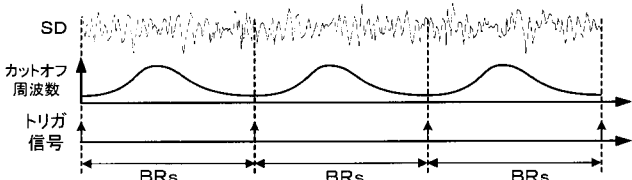
【 図 3 】



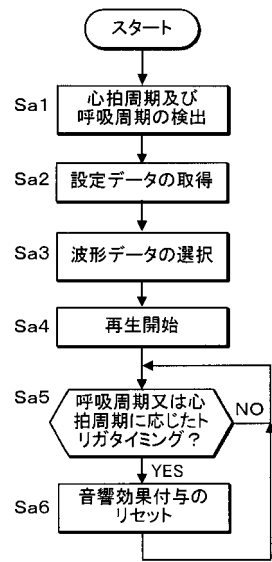
【 図 4 】



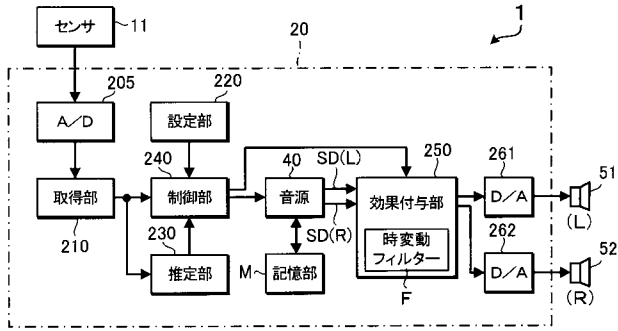
【 図 5 】



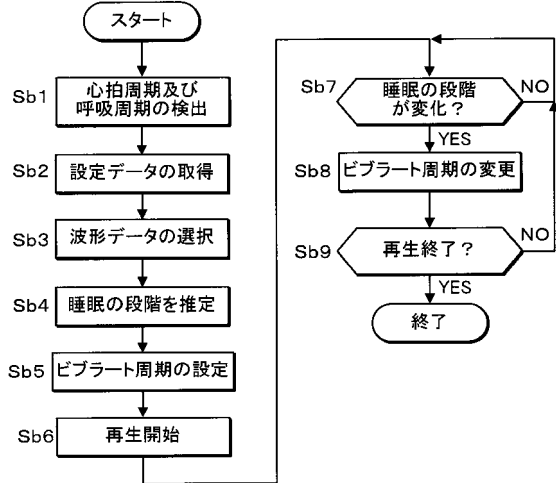
【 図 6 】



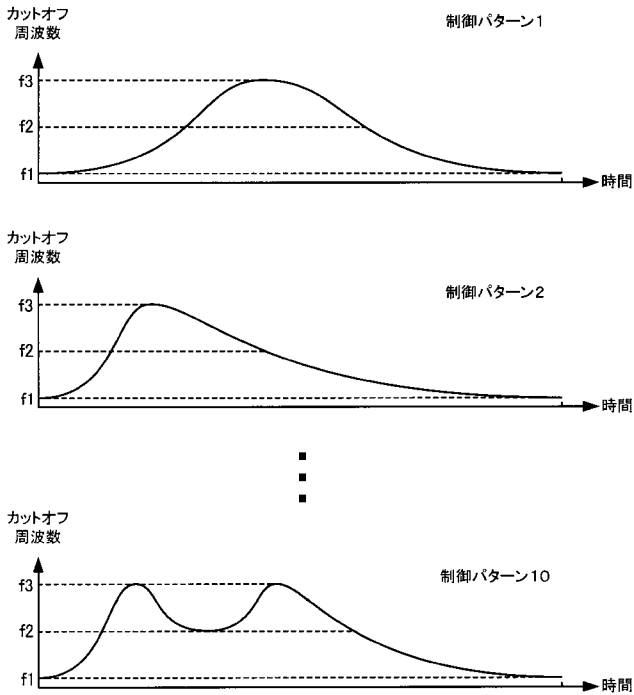
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 石原 淳
静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

(72)発明者 川原 毅彦
静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内

Fターム(参考) 5D378 KK32
5D478 DF00