

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6295988号
(P6295988)

(45) 発行日 平成30年3月20日(2018.3.20)

(24) 登録日 平成30年3月2日(2018.3.2)

(51) Int.Cl. F 1
H04S 7/00 (2006.01) H04S 7/00 370

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-62581 (P2015-62581)	(73) 特許権者	308036402
(22) 出願日	平成27年3月25日 (2015.3.25)		株式会社 JVCケンウッド
(65) 公開番号	特開2016-181886 (P2016-181886A)		神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(43) 公開日	平成28年10月13日 (2016.10.13)	(74) 代理人	100103894
審査請求日	平成29年3月30日 (2017.3.30)		弁理士 冢入 健
		(72) 発明者	小西 正也
			神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
		(72) 発明者	村田 寿子
			神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
		(72) 発明者	藤井 優美
			神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音場再生装置、音場再生方法、音場再生プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

周波数が増加するスイープ信号を発生するスイープ信号発生部と、
前記スイープ信号を受聴者に向けて出力する出力部と、
前記出力部から出力される前記スイープ信号を受聴する受聴者からの操作に応じて、前記スイープ信号の音量が増加する周波数を記憶する設定記憶部と、
前記設定記憶部に記憶された前記周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、受聴者による音量調整の操作を受け付ける入力部と、
前記周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時の情報に基づいて、フィルタ係数を算出するフィルタ係数算出部と、
音の信号に対して、前記フィルタ係数を用いたフィルタ処理を行い、前記出力部に出力するフィルタ部と、を備えた音場再生装置。

【請求項2】

周波数が増加するスイープ信号を発生するステップと、
前記スイープ信号を受聴者に向けて出力するステップと、
前記スイープ信号を受聴する受聴者からの操作に応じて、前記スイープ信号の音量が増加する周波数を記憶するステップと、
記憶された前記周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、受聴者による音量調整の操作を受け付けるステップと、
前記周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時の情報に基づいて

、フィルタ係数を算出するステップと、
音の信号に対して、前記フィルタ係数を用いたフィルタ処理を行うステップと、
フィルタ処理が行われた前記音の信号を前記受聴者に向けて出力するステップと、を備えた音場再生方法。

【請求項 3】

周波数が増加するスイープ信号を発生するステップと、
前記スイープ信号を受聴者に向けて出力するステップと、
前記スイープ信号を受聴する受聴者からの操作に応じて、前記スイープ信号の音量が変化する周波数を記憶するステップと、

記憶された前記周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、受聴者による音量調整の操作を受け付けるステップと、

前記周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時の情報に基づいて、フィルタ係数を算出するステップと、

音の信号に対して、前記フィルタ係数を用いたフィルタ処理を行うステップと、
フィルタ処理が行われた前記音の信号を前記受聴者に向けて出力するステップと、をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音場再生装置、音場再生方法、音場再生プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、従来、頭外に音像を定位させる方法として、受聴者の頭部伝達関数 $HRTF$ (Head Related Transfer Function) を用いる方法が知られている (例えば、特許文献 1 参照)。ヘッドホン又はイヤホンを用いる場合、仮想音源から受聴者の両耳までの頭部伝達関数と、外耳道伝達関数 $ECTF$ (Ear Canal Transfer function) との逆特性を再生信号に畳み込んでいる。こうすることで、ヘッドホン又はイヤホンの特性をキャンセルして、耳の近傍から音が出ているにもかかわらず、仮想音源方向から音が聞こえているかのように音場を再生することができる。受聴者の外耳道内に測定マイクを挿入、又はダミーヘッドで代用することで、外耳道伝達関数 $ECTF$ の測定が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 209300 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、理想的な音像定位は外耳道が開放された状態であるのに対し、実際の測定ではヘッドホンあるいはイヤホンを装着した状態で測定するため外耳道は閉塞された状態となる。その結果、外耳道内で共鳴が発生し、特定の周波数にピークあるいはディップが発生する。外耳道伝達関数の逆特性 (外耳道補正関数ともいう) を再生信号に畳み込んだ結果、聴感上の音質が悪化する場合がある。また頭部伝達関数を用いたスピーカによる立体音場再生においても、測定空間の反射等の影響によって共鳴が発生することがあり音質の劣化を招く。共鳴により発生したピークあるいはディップ部分を再生信号の波形から検出することは難しい。したがって、適切に音場を再生することができないおそれがある。

【0005】

本発明は上記の点に鑑みなされたもので、適切に音場を再生することができる音場再生装置、音場再生方法、音場再生プログラム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】

10

20

30

40

50

【0006】

本発明の一態様にかかる音場再生装置は、周波数が変化するスイープ信号を発生するスイープ信号発生部と、前記スイープ信号を受聴者に向けて出力する出力部と、前記出力部から出力される前記スイープ信号を受聴する受聴者からの操作に応じて、前記スイープ信号の音量が変化する周波数を記憶する設定記憶部と、前記設定記憶部に記憶された前記周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、受聴者による音量調整の操作を受け付ける入力部と、前記周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時の情報に基づいて、フィルタ係数を算出するフィルタ係数算出部と、音の信号に対して、前記フィルタ係数を用いたフィルタ処理を行い、前記出力部に出力するフィルタ部と、を備えたものである。

10

【0007】

本発明の一態様にかかる音場再生方法は周波数が変化するスイープ信号を発生するステップと、前記スイープ信号を受聴者に向けて出力するステップと、前記スイープ信号を受聴する受聴者からの操作に応じて、前記スイープ信号の音量が変化する周波数を記憶するステップと、記憶された前記周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、受聴者による音量調整の操作を受け付けるステップと、前記周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時の情報に基づいて、フィルタ係数を算出するステップと、音の信号に対して、前記フィルタ係数を用いたフィルタ処理を行うステップと、フィルタ処理が行われた前記音の信号を前記受聴者に向けて出力するステップと、を備えたものである。

20

【0008】

本発明の一態様にかかるプログラムは、周波数が変化するスイープ信号を発生するステップと、前記スイープ信号を受聴者に向けて出力するステップと、前記スイープ信号を受聴する受聴者からの操作に応じて、前記スイープ信号の音量が変化する周波数を記憶するステップと、記憶された前記周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、受聴者による音量調整の操作を受け付けるステップと、前記周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時の情報に基づいて、フィルタ係数を算出するステップと、音の信号に対して、前記フィルタ係数を用いたフィルタ処理を行うステップと、フィルタ処理が行われた前記音の信号を前記受聴者に向けて出力するステップと、をコンピュータに実行させるものである。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、適切に音場を再生することができる音場再生装置、音場再生方法、音場再生プログラムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施の形態1に係る音場再生装置を示すブロック図である。

【図2】等感曲線を示す図である。

【図3】実施の形態1に係る音場再生方法を示すフローチャートである。

【図4】スイープ動作、及び周波数特性の変化を説明するための図である。

40

【図5】スイープ動作、及び周波数特性の変化を説明するための図である。

【図6】スイープ動作、及び周波数特性の変化を説明するための図である。

【図7】スイープ動作、及び周波数特性の変化を説明するための図である。

【図8】本実施の形態2に係る音場再生装置を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本実施の形態にかかる音場再生装置の概要について説明する。

本実施形態にかかる音場再生装置は、個人の頭部伝達特性（頭部伝達関数ともいう）あるいは外耳道伝達特性（外耳道伝達関数ともいう）を測定し、その特性を用いて頭外定位等の音場再生を実現するものである。具体的には、音場再生装置において、伝達特性測定

50

時に空間の反射の影響や外耳道が閉塞されていることに起因して発生する共鳴の影響を排除して、音質劣化を改善する。

【 0 0 1 2 】

本実施形態では、スピーカから聴取者の耳までの頭部伝達特性、もしくはヘッドホンやイヤホンを装着した状態での外耳道伝達特性を用いて頭外定位等の音場処理を実現している。頭部伝達特性又は外耳道伝達特性等の空間伝達特性においては測定空間での反射等の影響により、共鳴が発生し、高域にピークあるいはディップが発生することがある。また、外耳道伝達特性の測定においても、外耳道が閉塞された状態で測定することにより共鳴が発生し、高域にピークあるいはディップが発生することがある。これは個人によって差がある個人特性であり、聴取者にしか知覚できないもので、自動的に補正することは困難である。

10

【 0 0 1 3 】

そこで、周波数が徐々に変化する周波数スイープ信号(スイープ信号)が用いられる。受聴者が周波数スイープ信号を聴きながら、音量が大きく変わったと感じた部分でボタンなどを操作する。このようにすることで、ピーク、ディップの位置(周波数)を特定することができる。ピーク又はディップの周波数を中心にノッチフィルタ又はピーキングフィルタ等のフィルタをかける。こうすることによって、不要な共鳴を除去しフラットな周波数特性に補正することが可能となる。

【 0 0 1 4 】

上記の操作によりピーク、ディップの位置(周波数)を特定した後、その周辺の周波数を繰り返しスイープさせるようにしてもよい。そして、音量が一定に聴こえるようにフィルタのピークレベルを受聴者が調整することにより、さらに細かい補正が可能となる。

20

【 0 0 1 5 】

人間の聴覚の特性上、音の周波数によって、音の聴覚的な強さは異なるため、頭外定位処理においてA G C (自動ゲイン制御)をかけることが好ましい。こうすることで、音の周波数の音の周波数の高低に関わらず、受聴者は一定の聴覚的な強さで音を聴くことができ、ピーク、ディップの位置を特定する際のボタン操作が適切に可能となる。

【 0 0 1 6 】

実施の形態 1 .

本実施の形態にかかる音場再生装置 1 0 0 を図 1 に示す。図 1 は、音場再生装置 1 0 0 のブロック図である。音場再生装置 1 0 0 は、ヘッドホン 1 9 を装着する受聴者 U に対して音場を再生する。そのため、音場再生装置 1 0 0 は、スイープ信号発生部 1 1 と、音楽信号再生部 1 2 と、頭外定位処理部 1 3 と、A G C (Auto Gain Control) 処理部 1 4 と、可変フィルタ部(フィルタ部) 1 5 と、フィルタ係数算出部 1 6 と、設定記憶部 1 7 と、入力部 1 8 と、ヘッドホン(出力部) 1 9 とを備えている。

30

【 0 0 1 7 】

また、本実施の形態にかかる音場再生装置 1 0 0 は、パーソナルコンピュータなどの情報処理装置であり、プロセッサ等の処理手段、メモリやハードディスクなどの記憶手段、有機 E L ディスプレイやプラズマディスプレイなどの液晶モニタ等の表示手段、タッチパネル、ボタン、キーボード、マウスなどの入力手段、スピーカやヘッドホンに接続される出力手段を備えている。あるいは、音場再生装置 1 0 0 は、スマートホンやタブレット P C であってもよい。また、音場再生装置 1 0 0 は、出力手段であるスピーカやヘッドホンなどにプロセッサ等の処理手段、メモリなどの記憶手段を内蔵させ、このヘッドホンなどに、液晶モニタ等の表示手段と、タッチパネルなどの入力手段とを接続できる構成としてもよい。

40

【 0 0 1 8 】

スイープ信号発生部 1 1 は、周波数が変化する周波数スイープ信号を発生する。スイープ信号発生部 1 1 は、予め設定されたスイープ範囲を徐々にスイープする正弦波を周波数スイープ信号として出力する。周波数スイープ信号は、例えば、純音であり、中心周波数が徐々に変わっていく信号である。スイープ信号発生部 1 1 は、周波数スイープ信号を頭

50

外定位処理部 13 に出力する。周波数スイープ信号は、後述する処理が施されて、ヘッドホン 19 から出力される。周波数スイープ信号は一定の速度で周波数が高くなっていく。また、周波数スイープ信号は連続的に周波数が高くなっていてもよく、段階的に周波数が高くなっていてもよい。あるいは、徐々に周波数が低くなっていてもよい。周波数スイープ信号は、ステレオ信号であってもよい。

【0019】

音楽信号再生部 12 は、メモリ、ディスクに予め記録された音楽信号を再生する。音場再生装置 100 の内部に音楽信号再生部 12 は持たず、外部音源からの音楽信号を頭外定位処理部 13 に入力する形でもよい。例えば、音楽信号は、外部の CD プレーヤ等から出力されるステレオ信号であってもよい。音楽信号は、後述するフィルタ処理が施されてから、最終的にヘッドホン 19 から出力される。音楽信号は、例えば、楽器や肉声による演奏をデジタル化したステレオの再生信号であり、ヘッドホン 19 の左右のユニットから出力される。なお、音楽信号は、楽器や肉声による演奏をデジタル化した信号だけではなく、会話、動物の鳴き声、さざ波など人間が聴覚によって聴こえる音をデジタル化した信号であればよい。

10

【0020】

なお、音楽再生時には、音楽信号再生部 12 が音楽信号を頭外定位処理部 13 に出力し、スイープ信号発生部 11 が周波数スイープ信号を発生させない。一方、音質調整のためのフィルタ係数の測定時には、スイープ信号発生部 11 が周波数スイープ信号を頭外定位処理部 13 に出力し、音楽信号再生部 12 が音楽信号を再生しない。すなわち、周波数スイープ信号をヘッドホン 19 から出力して、外耳道形状等の個人特性に起因する共鳴を排除するための測定を行う。このように、頭外定位処理部 13 には、音楽信号又は周波数スイープ信号の一方が入力される。以下、フィルタ係数を測定するため、周波数スイープ信号を出力する処理を中心に説明する。

20

【0021】

頭外定位処理部 13 は、外耳道伝達特性を用いて、周波数スイープ信号に対して畳み込み処理を行う。具体的には、予め測定された外耳道伝達特性の逆特性（外耳道補正関数ともいう）が周波数スイープ信号に畳み込まれる。頭外定位処理部 13 は畳み込み処理が行われた周波数スイープ信号を AGC 処理部 14 に出力する。また、後述するように、頭外定位処理部 13 は、音楽信号に対して外耳道伝達特性の逆特性を畳み込む。

30

【0022】

AGC 処理部 14 は、周波数スイープ信号の音の聴覚的な強さを表す信号レベル(ラウドネスレベル)を一定に保つ処理を行う。ここで、周波数が高い音と周波数が低い音は同じ音圧であっても、人間の聴覚が感じる音の聴覚的な強さに違いが生じる。この特性を表した等感曲線(ラウドネスカーブ)を図 2 に示す。この図 2 の横軸は周波数(Hz)、縦軸は音圧レベル(dB)である。各曲線は音の聴覚的な強さを表した信号レベルごとの周波数と音圧レベルとの関係を示している。例えば、音の聴覚的な強さを 60 phon で一定に保ちたい場合には、周波数に応じて、音圧レベルを変動させる必要があることがこの図から把握できる。したがって、周波数スイープ信号に対して頭外定位処理を行う際に AGC 処理部 14 が等感曲線に応じてゲインを調整する。AGC 処理部 14 におけるゲインは音量つまり音圧レベル、又は周波数に応じて変化する。AGC 処理部 14 が AGC (自動ゲインコントロール)処理を行うことによって、周波数スイープ信号が一定の信号レベルになるようにゲインが調整される。これにより、受聴者 U は音の周波数の高低に関わらず、一定の信号レベルで音を聴くことができる。AGC 処理部 14 にて AGC 処理された周波数スイープ信号は、可変フィルタ部 15 に出力される。

40

【0023】

可変フィルタ部 15 は、フィルタ係数算出部 16 によって算出されたフィルタ係数を読み出して、ノッチフィルタ、及びピーキングフィルタなどのフィルタをセットする。可変フィルタ部 15 は、セットされたフィルタを用いて、周波数スイープ信号に対してフィルタ処理を行う。なお、初期状態において、フィルタ係数算出部 16 には、フラットな特性

50

のフィルタが設定されている。したがって、A G C 処理部 1 4 からの周波数スイープ信号がそのままヘッドホン 1 9 に出力される。

【 0 0 2 4 】

ここでは、可変フィルタ部 1 5 は周波数スイープ信号をそのままヘッドホン 1 9 に出力する。ヘッドホン 1 9 は、受聴者 U に向けて周波数スイープ信号を出力する。ヘッドホン 1 9 は、ステレオヘッドホンであり、受聴者 U の左右の耳に対してそれぞれ周波数スイープ信号を出力する。受聴者 U は、ヘッドホン 1 9 から出力される周波数スイープ信号を受聴する。

【 0 0 2 5 】

受聴者 U は、頭外定位処理された周波数スイープ信号を聴きながら、音量が急激に変化するかどうかを確認する。スイープする周波数の範囲はあらかじめ設定されている。外耳道伝達関数の測定においては高域に共鳴が発生するため、周波数スイープ信号をスイープするスイープ範囲は、8 k H z ~ 2 0 k H z とされている。もちろん、スイープ範囲は、8 ~ 2 0 k H z に限られるものではない。例えば、スイープ範囲を 5 k H z ~ 2 0 k H z としてもよい。また、スイープ範囲については、測定環境等によってピーク/ディップが発生しやすい周波数が異なるため、測定環境毎に任意に設定するのが望ましい。もちろん、ヘッドホン 1 9 の再生周波数領域全てをスイープ範囲としてもよい。またスイープ範囲を受聴者 U が指定してもよい。

10

【 0 0 2 6 】

受聴者 U が周波数スイープ信号を受聴中に、音量が急激に変化した場合、入力部 1 8 を操作する。入力部 1 8 は、例えば、タッチパネル、キーボード、マウス、押しボタン、レバー、又はダイヤルなどの入力デバイスを備えている。例えば、受聴者 U は、周波数スイープ信号を聴きながら音量の急激な変化を確認したら、入力部 1 8 に設けられている周波数決定ボタンを押す。すると、入力部 1 8 は、受聴者 U によるボタン操作を受け付け、操作に応じた信号を設定記憶部 1 7 に出力する。

20

【 0 0 2 7 】

設定記憶部 1 7 には、スイープ信号発生部 1 1 から現在スイープ中の周波数が入力されている。設定記憶部 1 7 は、メモリ等を備えており、周波数決定ボタンが押された時点での周波数スイープ信号の周波数を記憶する。すなわち、設定記憶部 1 7 は、音量が急激に変化した周波数を記憶する。例えば、設定記憶部 1 7 は、急激に音量が低下した周波数をノッチ周波数として記憶する。あるいは、設定記憶部 1 7 は、音量が急激に上昇した周波数をピーク周波数として記憶する。ヘッドホン 1 9 から出力される周波数スイープ信号を受聴する受聴者 U からの操作に応じて、設定記憶部 1 7 は、周波数スイープ信号の音量が変化する周波数を記憶する。

30

【 0 0 2 8 】

そして、設定記憶部 1 7 は、記憶した周波数をスイープ信号発生部 1 1 に出力する。すると、スイープ信号発生部 1 1 は、入力された周波数を中心にその近傍をゆっくりとスイープする周波数スイープ信号を発生させる。すなわち、スイープ信号発生部 1 1 は、ノッチ周波数、又はピーク周波数の近傍において、周波数スイープ信号の周波数をゆっくりと変化させる。受聴者 U は、その周波数スイープ信号を受聴する。そして、音量が一定となるように入力部 1 8 を操作する。

40

【 0 0 2 9 】

例えば、入力部 1 8 には、音量を調整するためのレバーやダイヤルなどを備えている。受聴者 U が入力部 1 8 を操作することで、ヘッドホン 1 9 から出力される音の音量を調整することができる。受聴者 U が調整した音量を設定記憶部 1 7 が記憶する。設定記憶部 1 7 に記憶された周波数の近傍において周波数をスイープさせたときに、入力部 1 8 は、受聴者 U による音量調整の操作を受け付ける。

【 0 0 3 0 】

設定記憶部 1 7 は、音量を周波数と対応付けて記憶する。すなわち、ピーク又はディップの周波数と、その周波数において調整された音量が対応付けられる。フィルタ係数算出

50

部 16 は、設定記憶部 17 に記憶されている周波数と音量に基づいて、フィルタ係数を算出する。フィルタ係数算出部 16 は、既に決定された周波数と音量を用いてフィルタ係数をリアルタイムで算出する。

【 0031 】

フィルタ係数算出部 16 でリアルタイムに算出されたフィルタ係数は、可変フィルタ部 15 にセットされる。これにより、初期状態ではフラットな特性であった可変フィルタの特性が変化する。フィルタ係数算出部 16 は、頭外定位処理された周波数スイープ信号にフィルタ係数をかける。このようにすることで、頭外定位処理された周波数スイープ信号のピークレベルが変動する。

【 0032 】

そして、受聴者 U は、音量操作によって周波数スイープ信号が聴感的に一定レベルになったと判断した時点で、入力部 18 を操作する。例えば、受聴者 U が、一定レベルになると、調整完了ボタンを押す。こうすることで、音量が一定になるピークレベルが決定される。設定記憶部 17 は、調整完了ボタンが押された時点での、フィルタ係数、及び音量をレベル情報として記憶する。フィルタ係数算出部 16 はレベル情報に応じて、最終的なフィルタ係数を算出する。設定記憶部 17 に記憶された周波数の近傍において音量が一定となるように音量調整された時のレベル情報に基づいて、フィルタ係数算出部 16 は、フィルタ係数を算出する。

【 0033 】

周波数とレベル情報から算出された最終的なフィルタ係数が可変フィルタ部 15 にセットされる。このようにして、個人特性による共鳴を排除するための測定が完了する。測定が完了したら、頭外定位処理部 13 への入力がスイープ信号から音楽信号へ切り替わる。こうすることにより、通常の音楽再生モードとなり、音楽信号を用いた音場再生が可能になる。すなわち、音楽信号に対して、頭外定位処理部 13 における頭外定位処理、可変フィルタ部 15 におけるフィルタ処理が行われる。

【 0034 】

頭外定位処理部 13 は、外耳道補正関数を用いて、音楽信号に畳み込みを行う。畳み込み処理された音楽信号に対して、可変フィルタ部 15 は、前述の周波数スイープ信号を用いて設定されたフィルタ係数によりフィルタ処理を行い、ヘッドホン 19 に出力する。なお、音楽再生時は A G C 処理部 14 における A G C 処理は行われぬ。また、周波数スイープ信号を用いた測定時において、頭外定位処理部 13 が周波数スイープ信号について畳み込み処理を行わなくてもよい。

【 0035 】

このように、周波数スイープ信号を受聴者 U に受聴させて、ピーク周波数、又はディップ周波数を特定する。こうすることで、受聴者 U の個人特性に応じた共鳴を排除することができる。さらに、測定環境等によって生じるピーク又はディップを補正するためのフィルタ係数が設定されている。したがって、適切に音場を再生することができる。

【 0036 】

次に、図 3 ~ 図 7 を参照して、本実施の形態にかかる音場再生方法での音質調整について説明する。図 3 は、音場再生方法での音質調整を示すフローチャートである。図 4 ~ 図 7 は、調整動作における周波数特性の変化を示すグラフである。図 4 ~ 図 7 において横軸は、周波数、縦軸は、受聴者 U によって受聴される音量である。

【 0037 】

測定が開始されると、ピーク及びディップの中心周波数を調べるため、周波数スイープ信号の周波数をスイープする (S 1)。ここでは、スイープ信号発生部 11 が、図 4 に示すように 8 k H z ~ 20 k H z までのスイープ範囲をスイープする。ここでは、受聴者 U が受聴することができる受聴範囲の高域側だけがスイープされる。受聴者 U は、周波数スイープ信号を聴きながら、急激な音量差を感じるか否かを判定する (S 2)。すなわち、一定レベルで出力されている周波数スイープ信号において、受聴者 U が音量差を感じるか否かを判定する。急激な音量差を感じない場合 (S 2 の N O)、引き続き周波数をスイー

10

20

30

40

50

プする。

【 0 0 3 8 】

急激な音量差を感じた場合（ S 2 の Y E S ）、受聴者 U は、入力部 1 8 の周波数決定ボタンを押下する（ S 3 ）。すなわち、音量が最大又は最小となるタイミングで受聴者 U は周波数決定ボタンを押す。すると、周波数決定ボタンが押下された時点での周波数を設定記憶部 1 7 が記憶する（ S 4 ）。図 5 に示すように、周波数決定ボタンが押された時点の周波数がピーク又はディップの中心周波数として決定される。

【 0 0 3 9 】

次に、記憶した周波数前後の繰り返しゆっくりとスイープする（ S 5 ）。すなわち、図 6 に示すように、記憶された周波数の近傍をレベル調整範囲とする。中心周波数を含むレベル調整範囲をスイープする周波数スイープ信号をスイープ信号発生部 1 1 が出力する。なお、レベル調整範囲におけるスイープ速度は、 S 1 におけるスイープ速度よりも遅くなっている。すなわち、スイープ信号発生部 1 1 は、スイープ範囲でのスイープよりもゆっくりとレベル調整範囲をスイープする。このように、 8 ~ 2 0 k H z のスイープ範囲の一部を抽出してレベル調整範囲として、ゆっくりとスイープする。

10

【 0 0 4 0 】

そして、レベル調整範囲をゆっくりとスイープしている間、受聴者 U が音量を操作する（ S 6 ）。ディップがある周波数では、受聴者 U に聞こえる音量が小さくなる。したがって、受聴者 U は、図 6 に示すように、聞こえる音量が一定になるように音量を上げていく。反対に、周波数特性にピークがある場合、音量を一定とするため、受聴者 U は中心周波数での音量を下げる。受聴者 U は、周波数スイープ信号を聴きながら、音量レベルを調整する。こうすることで、中心周波数において、受聴者 U が受聴する音量を調整することができる。

20

【 0 0 4 1 】

設定記憶部 1 7 が操作された音量を記憶し、記憶された音量と周波数に基づいてフィルタ係数算出部 1 6 がフィルタ係数を算出する（ S 7 ）。リアルタイムで算出されたフィルタ係数が、可変フィルタ部 1 5 にセットされる（ S 8 ）。このようにすることで、フィルタの特性が変化する。すなわち、ピーク周波数、又はノッチ周波数におけるフィルタ係数が変化する。そして、可変フィルタ部 1 5 は、周波数スイープ信号にフィルタ処理を行い、ヘッドホン 1 9 に出力する。すなわち、可変フィルタ部 1 5 は、フィルタ係数が乗じられた周波数スイープ信号をヘッドホン 1 9 に出力する。

30

【 0 0 4 2 】

ヘッドホン 1 9 は、フィルタ処理された周波数スイープ信号を受聴者 U に向けて出力する。受聴者 U は、ヘッドホン 1 9 から出力される周波数スイープ信号が一定のレベルに聞こえるか否かを判定する（ S 9 ）。すなわち、図 6 に示すレベル調整範囲においてスイープした場合に、周波数によらず音量が一定になるか否かを受聴者 U が判定する。

【 0 0 4 3 】

周波数スイープ信号が一定のレベルで聴こえないと判定された場合（ S 9 の N O ）、ステップ S 5 からの処理を一定レベルで聴こえるようになるまで繰り返す。すなわち、受聴者がレベル調整範囲におけるスイープ信号を聴きながら、音量を調整する。したがって、図 7 に示すように、周波数スイープ信号が一定のレベルで聴こえるまで、 S 5 から S 9 の処理が繰り返される。周波数スイープ信号が一定のレベルで聴こえたと判定された場合（ S 9 の Y E S ）、受聴者 U が調整完了ボタンを押す。これにより、調整完了ボタンが押された時の音量、及びフィルタ係数を設定記憶部 1 7 がレベル情報として記憶する（ S 1 0 ）。このようにすることで、図 7 に示すように、周波数によらず、ほぼ一定の音量で聴こえるようになる。

40

【 0 0 4 4 】

図 7 に示すように、音量が一定になったら、中心周波数とレベル情報から最終的なフィルタの係数をフィルタ係数算出部 1 6 が算出する（ S 1 1 ）。すなわち、レベル調整範囲において音量が一定になった時の音量に応じたレベル情報を周波数と対応付けて、設定記

50

憶部 17 が記憶する。そして、フィルタ係数算出部 16 が、設定記憶部 17 に記憶された周波数とレベル情報とに基づいて、その周波数におけるフィルタ係数を算出する。その後、最終的なフィルタ係数が可変フィルタ部 15 にセットされる (S12)。このようにして、フィルタ係数の測定が終了する。

【0045】

音楽再生時には、最終的なフィルタ係数が可変フィルタ部 15 にセットされる。音楽信号を再生する場合、頭外定位処理部 13 が音楽信号に頭外定位処理を施した後、可変フィルタ部 15 が音楽信号に対してフィルタ処理を行う。すなわち、可変フィルタ部 15 にセットされたフィルタに含まれるフィルタ係数が、音楽信号に乗じられる。そして、ヘッドホン 19 が、フィルタ処理された音楽信号を受聴者 U に向けて出力する。すなわち、頭外定位処理、及びフィルタ処理された音楽信号をヘッドホン 19 が受聴者 U に出力することで、音場が再生される。

10

【0046】

このように、スイープ信号を用いた測定により、フィルタ係数を求める。そして求められたフィルタ係数を含むフィルタでフィルタ処理することで、外耳道形状の個人特性の起因する共鳴を排除することができる。よって、頭外定位処理された音楽信号を適切に補正することができる。したがって、ヘッドホン 19 を用いた場合でも、適切に音場を再生することができる。なお、上記の説明ではヘッドホン 19 を用いた音場再生装置を示したが、イヤホンを用いた音場再生装置についても同様に処理することができる。

20

【0047】

なお、上記の説明は、周波数特性にディップがある場合について説明したが、ピークがある場合についても同様に音質を調整することができる。すなわち、ピーク周波数における音量を下げるように、S6において音量を下げればよい。これにより、ピーク周波数における音量が小さくなるように、音質を調整することができる。

【0048】

また、ピーク周波数及びディップ周波数が 2 以上ある場合も、それぞれの周波数について音量を調整すればよい。すなわち、スイープ範囲に含まれるピーク、及びディップのそれぞれについて、音量調整を行う。そして、音量調整が行われた時のレベル情報と、それに対応する周波数に応じてフィルタ係数算出部 16 がフィルタ係数を求めている。こうすることで、適切なフィルタを設定することができるため、適切に音場を再生することができる。また、ノッチフィルタ又はピーキングフィルタの幅を調整するようにしてもよい。

30

【0049】

表示部に提示されている周波数を表示すると受聴者 U にもわかりやすくなる。周波数スイープ信号発生部 11 が周波数をスイープする速度も、受聴者に調整させるようにしてもよい。

【0050】

実施の形態 2 .

本実施の形態にかかる音場再生装置について、図 8 を用いて説明する。図 8 は、実施の形態 2 に係る音場再生装置 200 を示すブロック図である。本実施の形態では、ヘッドホン 19 ではなく、スピーカ 29 を用いて音場を再生している。すなわち、ヘッドホン 19 の代わりに、スピーカ 29 が用いられている。

40

【0051】

スピーカ 29 はステレオスピーカやサラウンドスピーカ等の複数チャンネルを有するスピーカである。さらに、本実施の形態では、実施の形態 1 の頭外定位処理部 13 の代わりに、疑似サラウンド処理部 23 が設けられている。なお、疑似サラウンド処理部 23 以外の構成については、実施の形態 1 と同様であるため説明を省略する。

【0052】

スイープ信号発生部 21 で発生させたスイープ信号及び音楽信号再生部 22 で再生させた音楽信号は、疑似サラウンド処理部 23 に入力される。疑似サラウンド処理部 23 には、予め測定された頭部伝達特性 (頭部伝達関数ともいう) がセットされている。疑似サラ

50

ウンド処理部 23 は頭部伝達特性（頭部伝達関数ともいう）の畳み込み処理を行う。疑似サラウンド処理部 23 は、畳み込み処理が行われた周波数スイープ信号を、A G C 処理部 24 に出力する。A G C 処理部 24、可変フィルタ部 25、フィルタ係数算出部 26、設定記憶部 27、入力部 28 における処理は実施の形態 1 の A G C 処理部 14、可変フィルタ部 15、フィルタ係数算出部 16、設定記憶部 17、入力部 18 と同様である。したがって、実施の形態 1 と同様に、ノッチ又はピークの周波数が決定され、フィルタ係数算出部 26 がフィルタ係数を算出する。

【0053】

そして、算出されたフィルタ係数を有するフィルタが可変フィルタ部 25 にセットされる。スピーカ 29 は、フィルタ係数が乗じられた周波数スイープ信号を受聴者 U に向けて出力する。受聴者は、スピーカ 29 から出力される周波数スイープ信号を聴きながら、実施の形態 1 と同様に音量を調整する。最終的なフィルタ係数が算出されると、疑似サラウンド処理部 23 への入力を周波数スイープ信号から音楽信号に切替える。そして、音楽信号に対して、疑似サラウンド処理部 23、及び可変フィルタ部 25 が処理を行う。疑似サラウンド処理部 23、及び可変フィルタ部 25 の処理を経た音楽信号がスピーカ 29 から出力される。

10

【0054】

本実施の形態では、疑似サラウンド処理部 23 が、音楽信号に頭部伝達特性を畳み込んだ後、可変フィルタ部 15 が音楽信号にフィルタ処理を行っている。このようにすることで、スピーカ 29 から出力されるサラウンド音場を再生することができる。さらに、測定環境等によって生じるピーク又はディップを補正するためのフィルタ係数が設定されている。したがって、適切に音場を再生することができる。

20

【0055】

上記信号処理のうちの一部又は全部は、コンピュータプログラムによって実行されてもよい。上述したプログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば光磁気ディスク）、CD-ROM（Read Only Memory）、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ（例えば、マスクROM、PROM（Programmable ROM）、EPROM（Erasable PROM）、フラッシュROM、RAM（Random Access Memory））を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体（transitory computer readable medium）によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

30

【0056】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

40

【符号の説明】

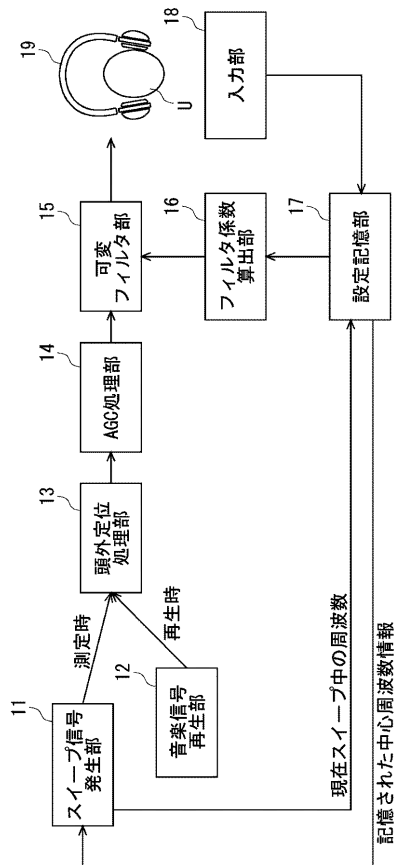
【0057】

- 11、21 スイープ信号発生部
- 12、22 音楽信号再生部
- 13 頭外定位処理部
- 14、24 A G C 処理部
- 15、25 可変フィルタ部(フィルタ部)

50

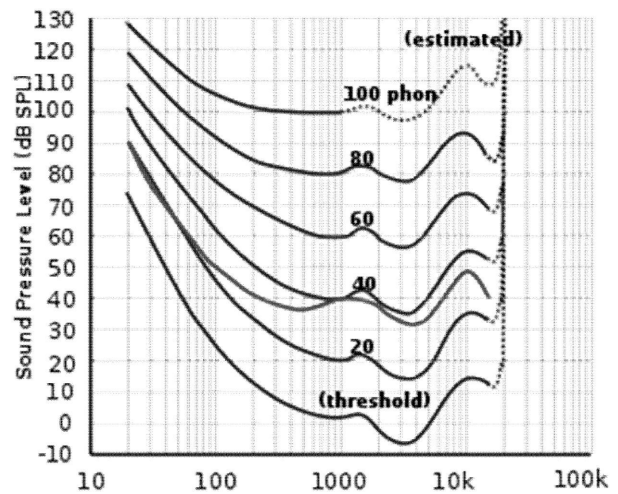
- 16、26 フィルタ係数算出部
- 17、27 設定記憶部
- 18、28 入力部
- 19 ヘッドホン(出力部)
- 23 疑似サラウンド処理部
- 29 スピーカ
- 100、200 音場再生装置

【図1】



100

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 下条 敬洋
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

審査官 渡邊 正宏

(56)参考文献 特開2011-146875(JP,A)
特開2009-288555(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G10K	15/00 - 15/12
H04M	1/00
H04M	1/02 - 1/23
H04M	1/24 - 1/82
H04M	99/00
H04R	3/00 - 3/14
H04R	25/00 - 25/04
H04R	29/00
H04S	1/00 - 7/00