

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7635786号
(P7635786)

(45)発行日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類	F I			
G 1 0 K 15/00 (2006.01)	G 1 0 K 15/00			L
G 1 0 K 11/16 (2006.01)	G 1 0 K 11/16		1 1 0	
H 0 4 R 3/00 (2006.01)	H 0 4 R 3/00		3 2 0	
H 0 4 R 5/027(2006.01)	H 0 4 R 5/027			A
G 0 1 H 17/00 (2006.01)	G 0 1 H 17/00			C
請求項の数 5 (全17頁)				

(21)出願番号	特願2022-550400(P2022-550400)	(73)特許権者	000004237
(86)(22)出願日	令和3年7月30日(2021.7.30)		日本電気株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/028343		東京都港区芝五丁目7番1号
(87)国際公開番号	WO2022/059364	(74)代理人	100149548
(87)国際公開日	令和4年3月24日(2022.3.24)		弁理士 松沼 泰史
審査請求日	令和5年2月22日(2023.2.22)	(74)代理人	100181135
(31)優先権主張番号	特願2020-156368(P2020-156368)		弁理士 橋本 隆史
(32)優先日	令和2年9月17日(2020.9.17)	(72)発明者	山口 僚太
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72)発明者	大杉 孝司
			東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		審査官	佐久 聖子
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 音響処理システム、音響処理方法、およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の音源信号に基づく音を発する音源と、
到来した音の受音信号を取得する受音部と、
前記受音信号から前記音源から前記受音部へのインパルス応答を取得する演算部と、
前記音の発生から少なくとも所定の観測期間内に前記受音部に到来する反射音の経路上の物体を被覆する吸音材と、
前記インパルス応答の測定環境の画像に対して画像認識処理を行い前記測定環境における吸音材に相当する被写体の材質と、当該材質の分布を判定する測定環境情報取得部と、
材質ごとに音の反射率の情報を含む反射特性関連データを保存する反射率保存部と、
前記反射特性関連データを参照し、特定した材質に対応する反射率を特定し、
前記材質の分布から算出される評価領域内の平均反射率に基づいて前記インパルス応答を測定する否かを判定する測定環境判定部と、を備える
音響処理システム。

【請求項2】

前記演算部は、
前記インパルス応答の前記観測期間の経過後の信号値を減衰させる
請求項1に記載の音響処理システム。

【請求項3】

前記音源からの音の発生、前記受音信号の取得、および前記インパルス応答の取得を複

数回反復させる測定制御部を備え、

前記演算部は、

複数の前記インパルス応答を同期加算する

請求項 1 または請求項 2 に記載の音響処理システム。

【請求項 4】

音源から音の発生から少なくとも所定の観測期間内に受音部に到来する反射音の経路上の物体を被覆する吸音材と、を備える音響処理システムのため音響処理方法であって、

前記音源が、所定の音源信号に基づく音を発する第 1 のステップと、

前記受音部が、到来した音の受音信号を取得する第 2 のステップと、

演算処理部が、前記受音信号から前記音源から前記受音部へのインパルス応答を取得する第 3 ステップと、

測定環境情報取得部が、前記インパルス応答の測定環境の画像に対して画像認識処理を行い前記測定環境における吸音材に相当する被写体の材質と、当該材質の分布を判定する第 4 ステップと、

測定環境判定部が、反射率保存部に保存された材質ごとに音の反射率の情報を含む反射特性関連データを参照し、特定した材質に対応する反射率を特定し、

前記材質の分布から算出される評価領域内の平均反射率に基づいて前記インパルス応答を測定する否かを判定する第 5 ステップと、を有する

音響処理方法。

【請求項 5】

音源から音の発生から少なくとも所定の観測期間内に受音部に到来する反射音の経路上の物体を被覆する吸音材と、を備える音響処理システムのコンピュータに、

前記音源が、所定の音源信号に基づく音を発する第 1 のステップと、

前記受音部が、到来した音の受音信号を取得する第 2 のステップと、

演算処理部が、前記受音信号から前記音源から前記受音部へのインパルス応答を取得する第 3 ステップと、

測定環境情報取得部が、前記インパルス応答の測定環境の画像に対して画像認識処理を行い前記測定環境における吸音材に相当する被写体の材質と、当該材質の分布を判定する第 4 ステップと、

測定環境判定部が、反射率保存部に保存された材質ごとに音の反射率の情報を含む反射特性関連データを参照し、特定した材質に対応する反射率を特定し、

前記材質の分布から算出される評価領域内の平均反射率に基づいて前記インパルス応答を測定する否かを判定する第 5 ステップと、

を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、音響処理システム、音響処理方法、およびプログラムに関する。本発明は、例えば、ヘッドホン、イヤホンなどを用いて立体感を有する音を再現するための頭部インパルス応答（H R I R：Head Related Impulse Response）を取得する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から立体感を有する音を再現する方法が提案されている。例えば、特許文献 1 は、音源から受聴者の左右の耳に至る音波の伝達特性を頭部伝達関数として、それぞれソース音に畳み込んで 2 チャンネルの音響信号を合成する手法について開示している。この手法により得られた音響信号に基づく音を受聴者の左右の耳に提示することで、音源方向への音像定位が実現する。H R I R は、頭部伝達関数を時間領域のインパルス応答として表現したものに相当する。

他方、予め共通な H R I R を用いて合成された音響信号を用いても、3 割以上の受聴者には所望の立体感が得られないことが知られている。そのため、個々の受聴者に対して H

10

20

30

40

50

R I Rを取得することが重要となる。

【0003】

特許文献1には、被験者の頭部の回りから発する疑似音源の信号を被験者の耳にマイクロホンを設置して頭部伝達関数を測定する測定装置について記載されている。この測定装置は、音源記憶部、出力制御部、出力部、入力部、測定開始を支持するキー入力部、データ記憶部に測定データの記録を行う入力制御部および反射板を有する。そして、この測定装置は、無反響処理の施されていない測定室での測定時に、出力制御部の出力と同期して入力を開始し、残響音が入力部に到達する前にデータ入力を終了し、測定時間内に入力部に到達する反射音の経路に反射板が配されていることを特徴とする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】日本国特開平8-307988号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、H R I Rを取得するには、特殊な環境を要する。特殊な環境とは、無響室のように反射がない環境、もしくは、その影響が無視できるほど反射が少ない環境を指す。H R I Rに反射の影響が含まれていると、音像定位の目標とする目標方向から左右の各耳に到来する音波を再現できなくなるためである。この点、特許文献1に記載の測定装置は反射音の経路に反射板を配することで、マイクロホンへの反射を遮断することで反射の影響を低減している。そのため、反射音の経路に反射板を配することは、反射音の経路に係る知見を有する音響技術者を除いては困難である。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述の課題を解決すべくなされた。本発明の目的の一例は、より簡易にH R I Rを取得することができる音響処理システム、音響処理方法、およびプログラムを提供することである。

【0007】

本発明の第1の態様によれば、音響処理システムは、所定の音源信号に基づく音を発する音源と、到来した音の受信信号を取得する受信部と、前記受信信号から前記音源から前記受信部へのインパルス応答を取得する演算部と、前記音の発生から少なくとも所定の観測期間内に前記受信部に到来する反射音の経路上の物体を被覆する吸音材と、前記インパルス応答の測定環境の画像に対して画像認識処理を行い前記測定環境における吸音材に相当する被写体の材質と、当該材質の分布を判定する測定環境情報取得部と、材質ごとに音の反射率の情報を含む反射特性関連データを保存する反射率保存部と、前記反射特性関連データを参照し、特定した材質に対応する反射率を特定し、前記材質の分布から算出される評価領域内の平均反射率に基づいて前記インパルス応答を測定する否かを判定する測定環境判定部と、を備える。

【0008】

また本発明の第2の態様によれば、音響処理方法は、音源から音の発生から少なくとも所定の観測期間内に受信部に到来する反射音の経路上の物体を被覆する吸音材と、を備える音響処理システムのための音響処理方法であって、前記音源が、所定の音源信号に基づく音を発する第1のステップと、前記受信部が、到来した音の受信信号を取得する第2のステップと、演算処理部が、前記受信信号から前記音源から前記受信部へのインパルス応答を取得する第3ステップと、測定環境情報取得部が、前記インパルス応答の測定環境の画像に対して画像認識処理を行い前記測定環境における吸音材に相当する被写体の材質と、当該材質の分布を判定する第4ステップと、測定環境判定部が、反射率保存部に保存された材質ごとに音の反射率の情報を含む反射特性関連データを参照し、特定した材質に対応する反射率を特定し、前記材質の分布から算出される評価領域内の平均反射率に基づい

10

20

30

40

50

て前記インパルス応答を測定する否かを判定する第5ステップと、を有する。

【0009】

また本発明の第3の態様によれば、プログラムは、音源から音の発生から少なくとも所定の観測期間内に受音部に到来する反射音の経路上の物体を被覆する吸音材と、を備える音響処理システムのコンピュータに、前記音源が、所定の音源信号に基づく音を発する第1のステップと、前記受音部が、到来した音の受信信号を取得する第2のステップと、演算処理部が、前記受音信号から前記音源から前記受音部へのインパルス応答を取得する第3ステップと、測定環境情報取得部が、前記インパルス応答の測定環境の画像に対して画像認識処理を行い前記測定環境における吸音材に相当する被写体の材質と、当該材質の分布を判定する第4ステップと、測定環境判定部が、反射率保存部に保存された材質ごとに音の反射率の情報を含む反射特性関連データを参照し、特定した材質に対応する反射率を特定し、前記材質の分布から算出される評価領域内の平均反射率に基づいて前記インパルス応答を測定する否かを判定する第5ステップと、を実行させる。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明の一態様によれば、より簡易にH R I Rを取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施形態に係る音響処理システムの構成例を示す平面図である。

【図2】第1の実施形態に係る音響処理システムの構成例を示す側面図である。

20

【図3】第1の実施形態に係る音響処理装置のハードウェア構成例を示す概略ブロック図である。

【図4】第1の実施形態に係る音響処理装置の機能構成例を示す概略ブロック図である。

【図5】第1の実施形態に係るH R I R測定処理の例を示すフローチャートである。

【図6】第2の実施形態に係る音響処理システムの構成例を示す側面図である。

【図7】第2の実施形態に係る制御部の機能構成例を示す概略ブロック図である。

【図8】第2の実施形態に係る測定環境判定処理の例を示すフローチャートである。

【図9】上記の実施形態の構成の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

30

以下、本発明の複数の実施形態に係る音響処理システムについて、図面を参照して説明する。

<第1の実施形態>

第1の実施形態に係る音響処理システムは、音を発するための音源と、到来した音の受信信号を取得する受音部と、到来した音を吸音する吸音材と、音響処理装置を備える。音響処理装置10の機能構成例については、後述する。

図1は、本実施形態に係る音響処理システム1の構成例を示す平面図である。図2は、本実施形態に係る音響処理システム1の構成例を示す側面図である。図2は、図1のA-A'線を通し、垂直方向に平行な側面を示す。

【0013】

40

図1、図2に示す例では、音響処理システム1は、屋内の空間R mにおいて使用されている。空間R mは、空間全体として特段の防音、反響設備が施されていない室であってもよい。即ち、空間R mは、防音室、実験室などに限られず、事務室、教室、集会室、居室、などのいずれであってもよい。空間R mは、ほぼ直方体の形状を有し、平面視して長方形の形状を有する。空間R mは、4つの側面、1つの底面、および1つの天面に囲まれる。天面は、底面に向かい合った面であり、図1、図2において、底面よりも上方に表されている。側面、底面および天面を内面と総称する。側面、底面、天面は、それぞれ壁面、床面、天井をなす。空間R mには、音を放射するための音源として2個のスピーカS p、吸音材A sおよび座席P fが配置されている。

【0014】

50

2個のスピーカSpは、空間Rmの4つの側面のうち、2つの隣り合う側面（以下、隣接面と呼ぶ）が交わる交線となる1つの辺（以下、スピーカ設置辺と呼ぶ）から所定範囲内に近接した位置にそれぞれ設置されている。但し、2個のスピーカSpは、図2に示されるように垂直方向に異なる高さの位置に設置されている。2個のスピーカSpを、スピーカSp01、Sp02などと呼ぶことで、両者を区別することがある。図1には、2個のスピーカSpのうち、スピーカSp01が表れ、スピーカSp01よりも低い位置に設置されたスピーカSp02は表れていない。音響処理装置10からは、いずれか1個のスピーカSp（図1に示す例では、スピーカSp01）に再生信号が入力される。スピーカSpは、音響処理装置10から入力される音源信号に基づく音を放射（再生）する。

【0015】

座席Pfは、その中央部が、隣接面がなす角の二等分面上であって個々のスピーカSpから、それぞれ所定の距離（例えば、1～2m）となる位置に対面するように設置されている。座席Pfは、座板と背もたれを有し、これらにより被験者Sbを座位の姿勢で静止して支持することを可能とする。被験者Sbは、スピーカSpから左右各耳までのHRI Rの測定対象とする人物である。

【0016】

吸音材Asは、空間Rmの内面の少なくともその一部を覆うように設置される。図1、図2に示す例では、吸音材Asは、底面の一部と隣接面の一部を覆うように設置されている。なお、図示が省略されているが、座席Pfを覆う吸音材が設置されてもよい。吸音材Asは、到来した音の反射率が十分に低い素材を含む。吸音材Asは、到来する音の振動のエネルギーの大部分を熱に変換することで、音のエネルギーを吸収し、熱として散逸する素材であればよい。吸音材Asは、例えば、グラスウール、ロックウール、ウレタンスポンジ、などが利用可能である。吸音材は、遮音材、防音材、などとも呼ばれることがある。吸音材Asが設置される領域については、後述する。

【0017】

被験者Sbの左右の各耳には、受音部として、マイクロホンMicが装着される。左耳、右耳に装着されるマイクロホンを、それぞれマイクロホンMicL、MicRと呼ぶことで区別する。マイクロホンMicL、MicRは、それぞれ自部に到来した音を受音し、受音した音を受音信号に変換する。マイクロホンMicL、MicRは、それぞれ変換した受音信号を音響処理装置10に出力する。以下の説明では、マイクロホンMicL、MicRから出力される受音信号を、それぞれ左受音信号、右受音信号と呼ぶことがある。

【0018】

スピーカSpから放射される音波は、マイクロホンMicL、MicRまで、それぞれ多様な経路上を伝搬する。図1に例示されるようにスピーカSpからマイクロホンMicL、MicRの間にいずれの物体も設置されていない場合には、スピーカSpから放射される音波の一部は、直接音としてマイクロホンMicL、MicRに到来する。この音波の他の一部は、その経路上に配置された物体の表面で反射し、反射音としてマイクロホンMicL、MicRに到来する。

【0019】

ここで、スピーカSpが発した音波Sが、物体表面のある反射点を伝搬経路として含み、その反射点で反射する場合を仮定する。この場合、いずれかのマイクロホンMicが設置された受音点において観測される反射波Srnは、式（1）で示される。

【0020】

【数1】

$$S_{rn} = R \times L \times S$$

【0021】

式（1）において、R、Lは、それぞれ、反射点における音波の反射率、距離に応じた

10

20

30

40

50

減衰率を示す。

一般には、反射点は無数に存在するため、受音点に到来する反射波 S_r は、式 (2) に示すように反射点ごとの反射波 S_{rn} を合成したものに相当する。式 (2) において、 Σ は反射点間の和を示す。これらの反射点の集合が、スピーカ S_p から到来した音を反射する各種の反射体の表面に相当する。

【0022】

【数2】

$$S_r = \sum S_{rn}$$

10

【0023】

従って、受音点に到来する音波 S' は、式 (3) に示すようにスピーカ S_p からの直接波 S の成分と反射波 S_r の成分を合成したものとなる。

【0024】

【数3】

$$S' = S + \sum S_{rn}$$

20

【0025】

他方、頭部インパルス応答は、音源から被験者 S_b の各耳までの音波の伝搬特性を示す。言い換えれば、頭部インパルス応答には、被験者 S_b の頭部の表面（例えば、耳介等）に音源から到来する音波の反射および回折による伝搬特性が含まれる。純粋な頭部インパルス応答を取得するには、反射波の影響を除去することが期待される。従来は、無響室など音波の反射が生じない環境で頭部インパルス応答を測定することが一般的であった。これは、音波の伝搬経路上に設置された物体による反射音による寄与を含めないためである。

【0026】

本実施形態に係る音響処理システム 1 は、頭部インパルス応答には、少なくとも頭部における音波の反射および回折による成分が含まれる期間（以下、頭部伝達期間）において、その他の物体による反射音の成分を低減する。そこで、音響処理装置 10 には、少なくとも頭部伝達期間を含む期間を頭部インパルス応答の観測期間として予め設定しておく。頭部伝達期間は、人間の頭部の大きさにもよるが、スピーカ S_p から到来する直接波が被験者 S_b の頭部に最初に到来する時刻を起点として、典型的には 1 ～ 3 ms 程度の期間となる。よって、少なくとも観測期間内にマイクロホン M_{icL} 、 M_{icR} に到来する反射音をもたらす反射体の領域を吸音材 A_s で覆うことで、その反射音の成分を低減することができる。吸音材 A_s は設置されても反射板ほど空間 R_m の利用を妨げず、その設置に係る作業に係る負荷が軽い。そのため、図 1 に例示されるように、空間 R_m の隅などの、ありふれた環境においても $HRI R$ が取得可能となる。但し、音源と座席 P_f もしくは被験者 S_b との位置関係は、図 1、図 2 に例示されるものに限られない。例えば、座席 P_f は、空間 R_m の中央部に設置されてもよい。また、空間 R_m の形状も、図 1、図 2 に例示されるものに限られない。例えば、空間 R_m の形状は、円柱であってもよい。

30

40

【0027】

図 1、図 2 に示す例では、吸音材 A_s が設置されている領域は、底面のうちスピーカ設置辺から座席 P_f を含む正方形の部分領域と、2 つの隣接面のそれぞれのうち底面の部分領域に接する部分から、少なくとも 2 つのスピーカ S_{p01} 、 S_{p02} のうち高い方の高さよりも所定の高さを加えた高さにわたる領域を含む。スピーカが音を発する時刻から観測期間の起点までの時間（以下、観測開始時間）は、スピーカ S_p から被験者 S_b までの距離と音速に基づいて算出される。音響処理装置 10 には、観測開始時間を予め設定してもよいし、スピーカ S_p の位置と座席 P_f もしくは被験者 S_b の位置に基づいて算

50

出してもよい。また、吸音材 A s が設置される領域は、反射音が観測期間内にマイクロホン M i c L、M i c R に到来する部位を含んでいればよく、その領域の大きさ、形状は、図 1、図 2 に例示されるものに限られない。例えば、吸音材 A s で床面を覆う領域の形状は、図 9 に例示されるように扇形であってもよいし、必ずしも座席 P f の位置を含んでいなくてもよい。

【0028】

吸音材 A s からマイクロホン M i c L、M i c R のそれぞれに到来する反射音の強度は完全にゼロにならないが、直接音の強度と比較して十分に低くなる。一般に、強度の異なる 2 つの音が被験者に提示されるとき、強度の弱い音は、強度の強い音にかき消されるために、聴取できない現象（マスキング）が知られている。吸音材 A s によれば、直接音の成分を信号成分、反射音の成分を雑音成分とするときの S / N 比を、反射音を知覚できない程度にまで低減できる。そのため、本実施形態に係る音響処理システム 1 により取得された頭部インパルス応答によっても、無響室で測定した頭部インパルス応答と同程度の立体感を聴覚上実現することができる。

【0029】

次に、本実施形態に係る音響処理装置 10 の構成について説明する。

図 3 は、本実施形態に係る音響処理装置 10 のハードウェア構成例を示す概略ブロック図である。

音響処理装置 10 は、制御部 110 と、記憶部 130 と、入出力部 140 と、表示部 150 と、操作部 160 と、を含んで構成される。音響処理装置 10 は、専用の装置として構成されてもよいし、汎用のコンピュータにより実現されてもよい。

【0030】

制御部 110 は、音響処理装置 10 が有する各種の機能を実現および制御するための処理を行う。制御部 110 は、制御部 110 は、アプリケーションプログラムなどの各種のプログラムに記述された命令（コマンド）で指示される処理を実行可能とし、音響処理装置 10 を構成する各部の動作を実行および制御する。制御部 110 は、例えば、C P U（Central Processing Unit）などの 1 個以上のプロセッサを含んで構成される。

【0031】

記憶部 130 は、制御部 110 が用いる各種のデータ、制御部 110 により取得された各種のデータ、各種のプログラムなどを格納する。記憶部 130 は、例えば、R O M（Read Only Memory）、R A M（Random Access Memory）などを含んで構成される。

【0032】

入出力部 140 は、音響処理装置 10 とは別個の機器と有線または無線で接続し、各種のデータを入出力する。入出力部 140 は、通信ネットワークと有線または無線で接続し、通信ネットワークに接続された別個の機器と各種のデータを送受信してもよい。入出力部 140 は、例えば、入出力インタフェース、通信インタフェースなどの入出力デバイスを含んで構成される。

【0033】

表示部 150 は、制御部 110 の制御のもとで、制御部 110 から入力される各種の表示データで指示される情報を視覚により認識可能に表示する。かかる表示データには、画像データ、テキストデータなどが含まれる。表示部 150 は、例えば、液晶ディスプレイ（L C D: Liquid Crystal Display）、有機エレクトロルミネッセンスディスプレイ（O L E D: Organic Electro-luminescence Display）、などのいずれの形態の表示デバイスを含んで構成される。

【0034】

操作部 160 は、ユーザの操作を受け付け、受け付けた操作に応じた操作信号を生成し、生成した操作信号を制御部 110 に出力する。操作信号は、音響処理装置 10 に対するユーザの指示、命令などの各種の情報を示す。操作部 160 は、例えば、プッシュボタン、スティックキーなどのいずれの形態の操作デバイスを含んで構成される。操作部 160 は、物理的に分離されている操作デバイス（例えば、リモートコントローラ）から無線（

10

20

30

40

50

赤外線を含む)で受信する受信器を含んで構成されてもよい。

【0035】

次に、本実施形態に係る音響処理装置10の機能構成例について説明する。

図4は、本実施形態に係る音響処理装置10の機能構成例を示す概略ブロック図である。音響処理装置10は、制御部110において、測定制御部112、録音部114および演算部116を含んで構成される。

【0036】

測定制御部112は、頭部インパルス応答の測定に係る各種の制御を行う。測定制御部112は、操作部160から測定開始を示す操作信号が入力されるとき、測定に用いるための所定の音源信号を生成する。音源信号は、例えば、インパルス信号である。インパルス信号は、あるサンプル時刻における信号値が有意にゼロとは異なる値(非零値)、その他の時刻における信号値がゼロとなる信号である。測定制御部112は、入出力部140を経由して生成した音源信号をスピーカSpに出力する。スピーカSpは、入力される音源信号に応じた音を発する。信号値が非零値をとるサンプル時刻が、スピーカSpからインパルス音が発される時刻に相当する。

【0037】

なお、図2に例示されるようにスピーカSpの個数が複数となる場合には、測定制御部112は、音を発するスピーカSpを音源信号の出力先として特定してもよい。出力先となるスピーカSpは、操作部160から入力される操作信号で指示されてもよいし、所定の順序に従って選択されてもよい。

【0038】

座席Pfは、床面に対して平行な水平面を有し、回動可能とする座板を有していてもよい。座板上に着座した被験者Sbが回転することで、スピーカSpとの水平面内の方向を相対的に変化させることができる。被験者Sbは、所定の角度(例えば、3~60°)ずつ向きを変更するごとに、操作部160を操作して測定開始を指示してもよい。これにより、水平面内の方向が異なるHRI Rを測定することが簡便に測定することができる。測定制御部112は、座席Pfの方向を示す方向情報を取得し、取得した方向情報を演算部116に出力し、演算部116に対して測定されたHRI Rと対応付けて記憶部130に記憶させてもよい。

【0039】

録音部114は、マイクロホンMic L、Mic Rから入出力部140を経由してそれぞれ入力される左受音信号、右受音信号を記憶(録音)する。

なお、マイクロホンMic L、Mic Rには、それぞれスピーカSpから直接または間接的に伝搬された音が到来し、到来した音が受音される。従って、録音部114には、マイクロホンMic L、Mic Rから、それぞれ左受音信号、右受音信号が入力される。音源信号としてインパルス信号が用いられる場合、左受音信号、右受音信号は、それぞれスピーカSpからマイクロホンMic L、Mic RまでのHRI Rを示す。そこで、録音部114は、操作部160から測定開始を示す操作信号が入力されるとき左受音信号、右受音信号の記録を開始し、記録の開始から所定の記録期間(例えば、0.2~2秒)の経過後、記録を停止してもよい。記録期間は、少なくとも上記の観測期間以上の長さを有していればよい。

【0040】

演算部116は、操作部160から測定開始を示す操作信号が入力され、上記の記録期間が経過した後、録音部114から新たに記録された受音信号を読み取る。演算部116は、読み取った受音信号からHRI Rを取得する。上記のように、観測期間内に含まれる反射音については吸音材Asにより著しく減衰する。しかしながら、上記の観測期間よりも後に到来する反射音の成分が受音信号に残されることがある。

【0041】

そこで、演算部116は、受音信号から得られるインパルス応答をなす信号値のうち、観測期間よりも後の期間の信号値を、漸次減衰(フェードアウト)させてもよい。演算部

10

20

30

40

50

116は、例えば、観測期間の終点から受信信号の信号値を時間経過に応じて予め定めた減衰時間（例えば、10～100ms）をかけてゼロに達するまで減衰させ、それ以降の時刻の信号値を棄却する。よって、受信信号に現れる観測期間よりも後に到来する反射音（以下、後期反射音）の影響が除去され、演算部116は、H R I Rとして有意な部分を取得することができる。後期反射音の成分には、例えば、天井からの反射音、被験者S bの背面、つまり、座席P fからスピーカS pの方向とは逆方向からの反射音、などが含まれる。演算部116は、取得したH R I Rを示すH R I R信号を記憶部130に記憶する。
【0042】

次に、本実施形態に係るH R I R測定処理の例について説明する。

図5は、本実施形態に係るH R I R測定処理の例を示すフローチャートである。但し、以下の処理を開始する前にスピーカS pからのインパルスの発生から少なくとも観測期間内に被験者S bの左耳、右耳にそれぞれ装着されたマイクロホンM i c L、M i c Rに到来するインパルスに対する反射音が到来する部位の反射物（即ち、床面、壁面、座席P f等）を吸音材A sで被覆しておく。

【0043】

（ステップS 102）測定制御部112は、インパルス信号をスピーカS pに出力する。スピーカS pは、インパルス信号に基づく測定音としてインパルスを発する。

（ステップS 104）マイクロホンM i c L、M i c Rは、それぞれ自部に到来した音を受音し、それぞれ受音した音を示す左受音信号、右受音信号を取得する。マイクロホンM i c L、M i c Rは、左受音信号、右受音信号をそれぞれ録音部114に出力する。

（ステップS 106）録音部114は、それぞれH R I Rを含む左受音信号、右受音信号を記録する。

（ステップS 108）演算部116は、録音部114に新たに記録された左受音信号、右受音信号のそれぞれから観測期間よりも後の期間の信号値を減衰および棄却することにより後期反射音を除去してH R I Rを取得する。

【0044】

なお、受音信号には、周囲からマイクロホンM i cに到来するノイズが含まれることがある。そこで、測定制御部112は、測定開始が指示された後、ステップS 102からステップS 108までのH R I R計測処理を所定回数以上反復させてもよい。反復回数として、測定制御部112には、2回以上の所定の回数を予め設定しておく。そこで、演算部116は、各回のH R I R計測処理が終了した後、H R I R取得終了通知を測定制御部112に出力する。測定制御部112は、H R I R取得終了通知が入力されるごとに、計測回数を1ずつ加算（インクリメント）することにより計数する。但し、計測回数の初期値を0とする。そして、測定制御部112は、計測回数が反復回数に達したか否かを判定し、達したと判定するとき、計測終了通知を演算部116に出力する。測定制御部112は、達していないと判定するとき、次のH R I R計測処理を開始する。

【0045】

演算部116は、測定制御部112から計測終了通知が入力されるとき、取得された反復回数分のH R I R信号に含まれる時刻ごとの信号値を、各時刻についてH R I R計測処理の繰り返し間で加算して得られる和を信号値として含む新たなH R I R信号を生成する（同期加算）。演算部116は、各時刻に係る信号値を繰り返し回数で除算して得られる商を、もとの信号値に代えて新たな信号値として含むH R I R信号を生成してもよい（正規化）。演算部116は、生成したH R I Rを記憶部130に記憶する。同期加算によりH R I Rの信号成分よりも、H R I R計測処理の繰り返し間でランダムに重畳するノイズ成分が相対的に低減する。そのため、信号対雑音比（S N R：Signal-to-Noise Ratio）が向上し、ノイズによる影響を低減することができる。

【0046】

<第2の実施形態>

次に、第2の実施形態について第1の実施形態との差異点を主として説明する。特に断らない限り、第1の実施形態と同様の構成、処理については、同一の符号を付して、その

10

20

30

40

50

説明を援用する。

【0047】

図6は、本実施形態に係る音響処理システム1の構成例を示す側面図である。

本実施形態に係る音響処理システム1は、音源としてのスピーカSp、受音部としてのマイクロホンMic L、Mic R（但し、Mic Rは、図6に表れていない）、吸音材Asおよび音響処理装置10の他、測定環境情報取得部の一例として画像取得部Cmを備える。画像取得部Cmは、H R I Rの測定環境の画像を測定環境情報の一例として撮影する。画像取得部Cmは、例えば、静止画像を撮影可能とするデジタルスチルカメラである。測定環境として、スピーカSpから放射される音に対する反射音のうち、マイクロホンMic L、Mic Rに観測期間内にそれぞれ到来する反射音をもたらす反射体が分布もしくは配置されている領域（以下、評価領域）が含まればよい。言い換えれば、画像取得部Cmは、空間Rmにおいて評価領域を視野内に含むように位置および向きが設置され、かつ、その視野角を設定しておけばよい。

10

【0048】

音響処理装置10は、画像取得部Cmが撮影した画像に基づいて測定環境、とりわけ評価領域における吸音材の配置状態を判定する。音響処理装置10は、配置状態と反射特性との関係を示す反射特性関連データを参照して、配置状態から反射特性を推定する。そして、音響処理装置10は、推定した反射特性が所定の反射強度よりも著しいか否かに基づいてH R I Rを測定するか否かを判定する。これにより、立体感の実現に利用可能なH R I Rを測定することができるか否かが識別される。

20

【0049】

次に、本実施形態に係る音響処理装置10の機能構成例について説明する。図7は、本実施形態に係る音響処理システム1に備わる制御部110の機能構成例を示す概略ブロック図である。

制御部110は、測定制御部112と、録音部114と、演算部116と、反射率保存部124と、測定環境判定部126と、を備える。

【0050】

反射率保存部124には、予め反射特性関連データを記憶しておく。反射特性関連データは、材質と、その材質に対して到来する音波に対する反射率を対応付けて示す情報を、材質ごとに含んで構成されるデータである。反射率は、到来する音波の強度に対する、その音波に対する反射波の強度の比である。反射特性関連データには、少なくとも1種類以上の吸音材となりうる材質に係る情報が含まれていればよい。反射特性関連データには、吸音材とならない材質に係る情報が含まれてもよいし、含まれなくともよい。吸音材は、反射率が所定の反射率（例えば、 $-30 \sim -50$ dB）よりも十分に反射率が低い材質に相当する。

30

【0051】

測定環境判定部126には、画像取得部Cmから撮影された画像を示す画像データが入力される。測定環境判定部126は、入力された画像データに対して所定の画像認識処理を実行して測定環境における吸音材の配置状態を判定する。より具体的には、測定環境判定部126は、画像認識処理により画像データに示される画像を所定の大きさに細分化したブロックごとに、そのブロックに配置されている物体の材質を識別する。測定環境判定部126には、例えば、画像特徴量と材質との関係を示す画像認識データを予め設定しておく。測定環境判定部126は、画像認識処理において、例えば、各ブロックについて、そのブロック内に配置された画素ごとの画素値に基づいて画像特徴量を算出し、画像認識データを参照して、算出した画像特徴量に対応する被写体の材質を特定することができる。ここで、特定された材質が吸音材に相当する材質となるブロックの集合が吸音材領域に相当し、吸音材領域の分布により吸音材の配置状態が示される。

40

【0052】

測定環境判定部126は、吸音材の配置情報に基づいてH R I Rを測定するか否かを判定する。より具体的には、測定環境判定部126は、反射特性関連データを参照して、評

50

価領域に含まれるブロックごとに特定した材質の反射率を特定し、特定した反射率の評価領域内のブロック間の平均値を平均反射率として算出する。測定環境判定部126は、算出した平均反射率が予め定めた反射率の上限値（例えば、 $-25 \sim -40$ dB）以下であるか否かにより、H R I Rを測定するか否かを判定する。測定環境判定部126には、撮影される画像における評価領域を示す評価領域情報を予め設定しておく。評価領域は、上記のように、スピーカS pと座席P fとの位置関係、空間内R mの反射体（壁面、側面、座席P f、等）の分布、画像取得部C mの位置、向き、視野角の大きさなどに基づいて定まる。

【0053】

測定環境判定部126は、例えば、H R I Rを測定するか否かを示す判定結果に相当する判定情報を含む表示データを生成し、生成した表示データを表示部150に出力する。表示部150には、判定結果として測定環境が適切な環境、つまり、受聴者に対して立体感を十分に知覚させることができるH R I Rを測定できる環境であるか否かがユーザに通知される。ここで、ユーザは、H R I Rの測定に携わるオペレータであってもよいし、被験者S b自身であってもよい。

10

【0054】

測定環境判定部126は、その判定結果を示す判定情報を測定制御部112に出力してもよい。測定制御部112は、測定環境判定部126から入力される判定情報が、H R I Rを測定することを示す場合、上記のH R I R測定処理を実行し、その判定情報が、測定環境がH R I Rを測定しないことを示す場合、上記のH R I R測定処理を実行しなくてもよい。これにより、測定環境が適切ではない場合には、H R I Rの測定が制限され、測定環境が適切な場合に、H R I Rが測定される。そのため、測定されるH R I Rの品質が確保される。

20

【0055】

次に、本実施形態に係る測定環境判定処理の例について説明する。図8は、本実施形態に係る測定環境判定処理の例を示すフローチャートである。但し、図8に示す処理の実行を開始する前に、予め反射特性関連データを保存しておく。反射特性関連データには、材質ごとに、その材質の反射率を示す情報が含めておく。

【0056】

（ステップS202）画像取得部C mは、測定環境の画像を撮影し、撮影した画像を示す画像データを音響処理装置10に出力する。

30

（ステップS204）測定環境判定部126は、画像取得部C mから入力される画像データに対して画像認識処理を行って、画像を細分化したブロックごとに視野内に表される測定環境における被写体の材質を特定する。測定環境判定部126は、反射特性関連データを参照して、ブロックごとに特定した材質の反射率を定める。

【0057】

（ステップS206）測定環境判定部126は、所定の評価領域内のブロックごとに定めた反射率に基づいて、評価領域における反射率の代表値の例として平均反射率を定める。測定環境判定部126は、定めた平均反射率が所定の反射率の上限値以下であるか否かを判定する。測定環境判定部126は、平均反射率が上限値以下である判定されるとき、測定環境がH R I Rを測定すると判定し、平均反射率が上限値よりも大きいと判定されるとき、測定環境がH R I Rを測定しないと判定する。

40

測定環境判定部126は、判定結果を示す判定情報を表示部150に出力してもよいし、測定制御部112に出力してもよい。

【0058】

なお、測定環境判定部126は、測定環境がH R I Rを測定する環境であるか否か判定する際、吸音材の配置状態の指標の例として、評価領域における反射率を定める場合を例にしたが、これには限られない。例えば、測定環境判定部126は、吸音材の配置状態の指標の例として、評価領域における所定の材質の吸音材の被覆率を定めてもよい。ここで、測定環境判定部126には、部材ごとに、当該部材が吸音材であるか否かを示す吸音材

50

情報を予め設定しておいてもよい。その場合には、反射率保存部 1 2 4 において予め反射特性関連データさせておかななくてもよい。

【0059】

測定環境判定部 1 2 6 は、上記のように画像データに対して画像認識処理を行い、ブロックごとに被写体の材質を識別する。測定環境判定部 1 2 6 は、自部に設定されている吸音材情報を参照して、識別した材質が吸音材であるか否かを特定することができる。測定環境判定部 1 2 6 は、特定された材質を吸音材として判定されたブロックの集合を吸音領域として判定する。測定環境判定部 1 2 6 は、評価領域の面積の、その評価領域に含まれる吸音領域の面積の割合を、吸音領域比として算出することができる。そして、測定環境判定部 1 2 6 は、吸音材の配置状態を示す指標値として、吸音領域比が所定の比の下限（例えば、0.8～0.98）以上であるか否かを判定する。測定環境判定部 1 2 6 は、吸音領域比が所定の下限以上と判定するとき、測定環境が H R I R を測定する環境として判定し、吸音領域比が所定の下限以下と判定するとき、測定環境が H R I R を測定しない環境として判定する。

10

【0060】

次に、上記の実施形態の構成の一例について説明する。図 9 は、構成の一例を示す説明図である。上記の実施形態に係る音響処理システム 1 は、音源（例えば、スピーカ S p）と、受音部（例えば、マイクロホン M i c）と、演算部 1 1 6 と、吸音材 A s と、を備える。音源は、所定の音源信号に基づく音を発する。受音部は、到来した音の受音信号を取得する。演算部 1 1 6 は、取得された受音信号から音源から受音部へのインパルス応答を取得する。吸音材は、音の発生から少なくとも所定の観測期間内に到来する反射音の経路上の物体を被覆する。

20

この構成によれば、吸音材の設置により、インパルス応答において少なくとも観測期間内に到来する反射音の成分の強度が吸音材が設置されていない場合よりも低減する。また、吸音材は、音源から受音部までの音波の伝搬経路のうち、少なくとも観測期間内に到来する反射音の伝搬経路に係る物体が被覆されていれば足りる。そのため、無響室のような特段の設備を有していない、ありふれた空間であっても、H R I R として利用するインパルス応答を簡易に取得することができる。ここで、吸音材の設置に係る負荷は比較的軽微で済み、空間を有効に活用することができる。

【0061】

また、演算部 1 1 6 は、取得したインパルス応答の観測期間の経過後の信号値を減衰させてもよい。

30

この構成によれば、取得したインパルス応答のうち観測期間内の部分が抽出され、観測期間の経過後の部分が除去される。そのため、観測期間内の H R I R として音の立体感の知覚に重要な部分が維持されるとともに、観測期間後に到来する後期反射音の影響を回避することができる。

【0062】

また、音響処理システム 1 は、音源からの音の発生、受音信号の取得、およびインパルス応答の取得を複数回反復させる測定制御部 1 1 2 を備えてもよい。演算部 1 1 6 は、取得された複数のインパルス応答を同期加算してもよい。

40

この構成によれば、同期加算により加算されたインパルス応答の成分に比べ、加算されたノイズ成分が相対的に低減する。そのため、より精度の高いインパルス応答を取得することができる。

【0063】

また、音響処理システム 1 は、測定環境情報取得部（例えば、画像取得部 C m）と、測定環境判定部 1 2 6 と、を備えてもよい。測定環境情報取得部は、インパルス応答の測定環境の情報を取得する。測定環境判定部は、予め設定した反射特性関連データを参照し、取得された情報に基づいて吸音材の配置状態を判定し、判定した吸音材の配置状態に基づいて測定環境がインパルス応答を測定するか否かを判定する。

この構成によれば、吸音材の配置状態に基づいて測定環境が、受聴者に対して立体感を

50

十分に知覚させることができるインパルス応答を取得できる適切な環境であるかが判定され、その判定結果に応じてインパルス応答の測定の要否が判定される。そのため、不適切なインパルス応答の取得が制限され、適切なインパルス応答の取得が促される。

【００６４】

また、音響処理システム１は、反射率保存部１２４を備えてもよい。反射率保存部１２４は、材質および音の反射率の情報を対応付けた情報を含む反射特性関連データを保存する。測定環境判定部１２６は、取得した情報として画像から特定される被写体の材質を特定し、反射特性関連データを参照して、特定した材質に対応する反射率を特定し、特定した反射率に基づいてインパルス応答を測定するか否かを判定する。

この構成によれば、取得された画像に表される被写体の材質を特定し、特定した材質から特定された反射率に基づいてインパルス応答を測定するか否かが判定される。そのため、実測を行わなくてもインパルス応答の測定環境における反射率が推定されるので、実測による音響環境の変化を伴わずにインパルス応答の測定の可否が判定される。

【００６５】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【００６６】

この出願は、２０２０年９月１７日に出願された日本国特願２０２０－１５６３６８号を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【産業上の利用可能性】

【００６７】

本発明は、音響処理システム、音響処理方法、および記録媒体に適用してもよい。

【符号の説明】

【００６８】

１…音響処理システム

１０…音響処理装置

１１０…制御部

１１２…測定制御部

１１４…録音部

１１６…演算部

１２４…反射率保存部

１２６…測定環境判定部

１３０…記憶部

１４０…入出力部

１５０…表示部

１６０…操作部

Ａｓ…吸音材

Ｃｍ…画像取得部

Ｍｉｃ（Ｍｉｃ Ｌ、Ｍｉｃ Ｒ）…マイクロホン

Ｓｐ…スピーカ

10

20

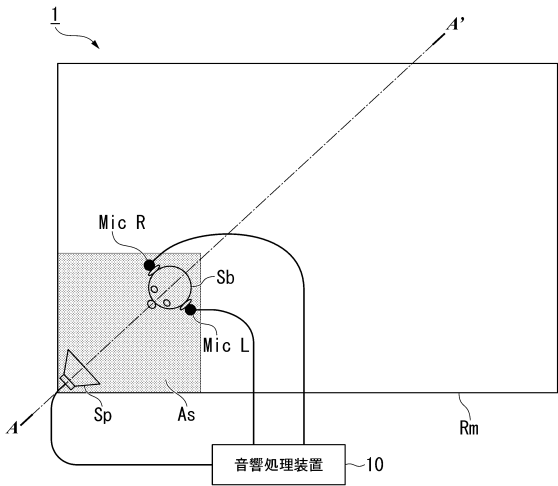
30

40

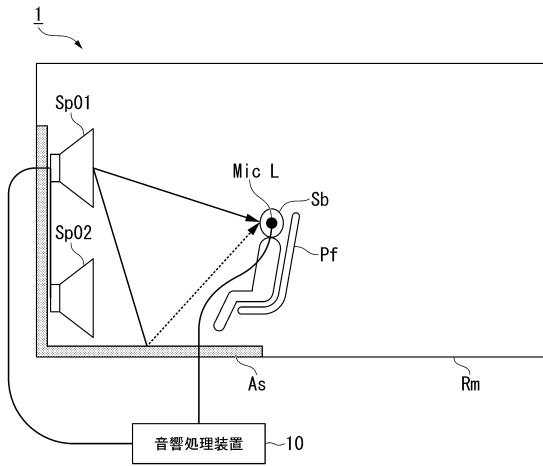
50

【図面】

【図 1】

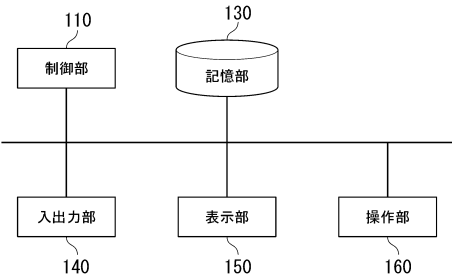


【図 2】

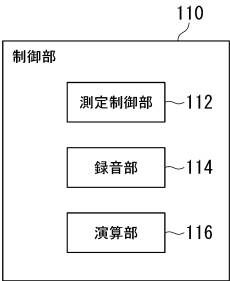


10

【図 3】



【図 4】



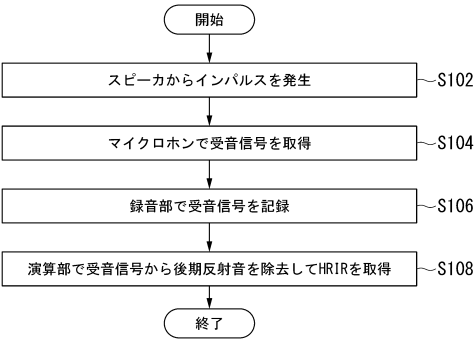
20

30

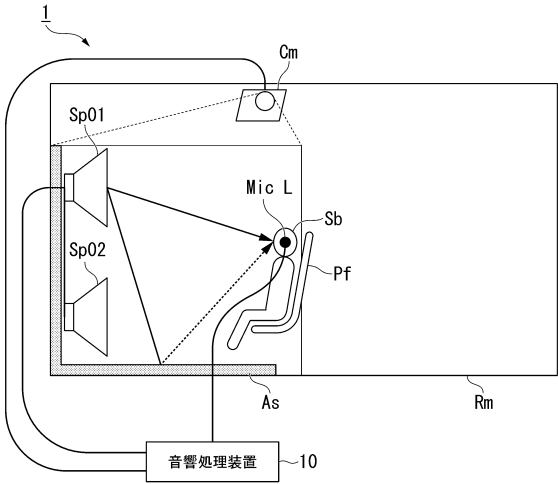
40

50

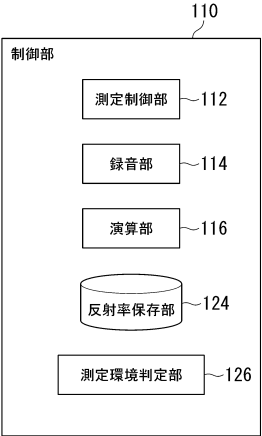
【図 5】



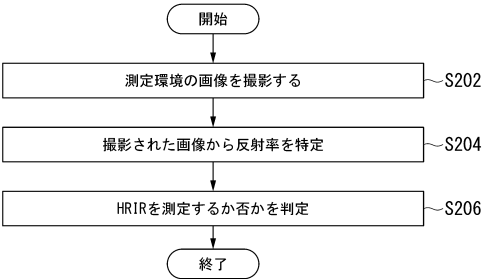
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

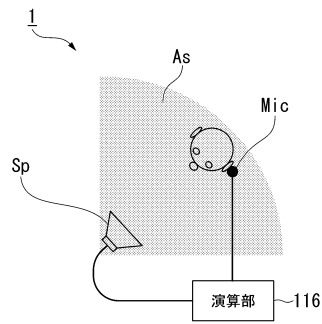
20

30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2011-259299 (JP, A)
特開 2011-244310 (JP, A)
国際公開第 2020/071200 (WO, A1)
国際公開第 2019/244315 (WO, A1)
平原 達也 ほか, 頭部伝達関数の計測とバイノーラル再生にかかわる諸問題 [online], Fundamentals Review, 2009年04月01日, Vol.2 No.4, pp68-85, 〈URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/essfr/2/4/2_4_4_68/_pdf〉 [検索日 2021.10.11], インターネット
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H04R 3/00-3/14
H04R 5/027
G10K 11/00-13/00
G10K 15/00-15/12
G01H 17/00