

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6233023号
(P6233023)

(45) 発行日 平成29年11月22日(2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4S	1/00	(2006.01)	HO4S	1/00	500
HO4S	7/00	(2006.01)	HO4S	7/00	300
			HO4S	7/00	310

請求項の数 5 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2014-178 (P2014-178)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成26年1月6日(2014.1.6)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2015-130550 (P2015-130550A)	(74) 代理人	100072718 弁理士 古谷 史旺
(43) 公開日	平成27年7月16日(2015.7.16)	(74) 代理人	100151002 弁理士 大橋 剛之
審査請求日	平成28年9月5日(2016.9.5)	(74) 代理人	100201673 弁理士 河田 良夫
		(72) 発明者	藤本 純也 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響処理装置、音響処理方法および音響処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、前記所定の範囲の外側の第2方向から前記頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測部と、

前記第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、前記予測部で予測された遅延時間に合わせて補正する補正部と、を備え、

前記予測部は、

前記頭部とインパルス応答の計測の際に前記第1方向に設置された音源との位置関係として、前記音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定部と、

前記特定部によって特定された位置関係に基づいて、前記第2方向から前記頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出部と、を有する

ことを特徴とする音響処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載の音響処理装置において、

前記補正部で遅延時間が補正された基準のインパルス応答を用いて、前記第2方向に音像を定位させる音響を生成する生成部を備える

ことを特徴とする音響処理装置。

【請求項3】

10

20

請求項 1 または請求項 2 に記載の音響処理装置において、
前記特定部は、

前記位置関係の特定に、前記複数の第 1 方向のうち前記所定の範囲の境界に近い第 1 方向から前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答の遅延時間に対する重みを、前記境界から離れた第 1 方向から前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答の遅延時間に対する重みよりも大きくした重み付けを用いる

ことを特徴とする音響処理装置。

【請求項 4】

頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第 1 方向のそれぞれから前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、前記所定の範囲の外側の第 2 方向から前記頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測工程と、

前記第 2 方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、前記予測工程で予測された遅延時間に合わせて補正する補正工程と、を含み、

前記予測工程は、

前記頭部とインパルス応答の計測の際に前記第 1 方向に設置された音源との位置関係として、前記音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定工程と、

前記特定工程によって特定された位置関係に基づいて、前記第 2 方向から前記頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出工程と、を有する

ことを特徴とする音響処理方法。

【請求項 5】

頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第 1 方向のそれぞれから前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、前記所定の範囲の外側の第 2 方向から前記頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測工程と、

前記第 2 方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、前記予測工程で予測された遅延時間に合わせて補正する補正工程と、を含む処理をコンピュータに実行させ、

前記予測工程は、

前記頭部とインパルス応答の計測の際に前記第 1 方向に設置された音源との位置関係として、前記音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定工程と、

前記特定工程によって特定された位置関係に基づいて、前記第 2 方向から前記頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出工程と、を有する

ことを特徴とする音響処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音響処理装置、音響処理方法および音響処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

音が人の頭部や耳介の影響を受けて左右の耳に入るまでの時間的な特性を示す頭部インパルス応答(HRIR: Head Related Impulse Response)を用いることで、任意の方向から音が聞こえてくるように人に感じさせる技術がある。この種の技術は、音像定位技術あるいは立体音響技術と呼ばれている。

【0003】

頭部インパルス応答には個人差がある。そこで、個人の頭部の周囲に設けられた複数の音源のそれぞれを用いて頭部インパルス応答を計測し、計測した複数の頭部インパルス応答を互いに補間することで、任意の方向の頭部インパルス応答を求める技術が提案されている(例えば、特許文献 1 参照)。また、複数の方向について計測した個人の頭部インパルス応答相互の補間に、複数の人物について計測して蓄積した頭部インパルス応答に対する

10

20

30

40

50

統計的な学習で求めた共通の頭部インパルス応答を用いる手法が提案されている(例えば、特許文献2, 3参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2000-166000号公報

【特許文献2】特表2008-527821号公報

【特許文献3】特開2010-45489号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

複数の方向について計測した個人の頭部インパルス応答を補間することで任意の方向の頭部インパルス応答を生成する従来の技術では、個人の頭部の周囲に例えば等間隔で複数の音源を配置した状態で、個人の頭部インパルス応答の計測が行われる。したがって、この種の技術では、個人の頭部インパルス応答を計測するために、大規模な計測装置が設けられる場合が多く、また、周囲に設けられた音源のそれぞれについて計測が繰り返されるので、頭部インパルス応答の計測作業も煩雑である。

【0006】

ところで、例えば、展示会などに集まった多数の人物のそれぞれを対象として音像定位技術を用いたサービスを実現するためには、多数の人物のそれぞれに対応して、任意の方向についての頭部インパルス応答を用意することが望ましい。

【0007】

しかしながら、多数の人物のそれぞれに対応した頭部インパルス応答の計測に大規模な計測装置を準備し、また、煩雑な作業を繰り返すことは、計測装置を設置する場所の制約や時間的な制約のために、実現が困難である。

【0008】

本件開示の音響処理装置、音響処理方法および音響処理プログラムは、一部の方向について個人毎に計測した頭部インパルス応答を用いて、良好な音像定位を実現する技術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】

【0009】

一つの観点によれば、音響処理装置は、頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、所定の範囲の外側の第2方向から頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測部と、第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、予測部で予測された遅延時間に合わせて補正する補正部と、を備え、予測部は、頭部とインパルス応答の計測の際に第1方向に設置された音源との位置関係として、音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定部と、特定部によって特定された位置関係に基づいて、第2方向から頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出部と、を有する。

【0010】

別の観点によれば、音響処理方法は、頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、所定の範囲の外側の第2方向から頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測工程と、第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、予測工程で予測された遅延時間に合わせて補正する補正工程と、を含み、予測工程は、頭部とインパルス応答の計測の際に第1方向に設置された音源との位置関係として、音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定工程と、特定工程によって特定された位置関係に基づいて、第2方向から頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出工程と、を有す

10

20

30

40

50

る。

【0011】

別の観点によれば、音響処理プログラムは、頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、所定の範囲の外側の第2方向から頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測工程と、第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、予測工程で予測された遅延時間に合わせて補正する補正工程と、を含む処理をコンピュータに実行させ、予測工程は、頭部とインパルス応答の計測の際に第1方向に設置された音源との位置関係として、音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定工程と、特定工程によって特定された位置関係に基づいて、第2方向から頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出工程と、を有する。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明の音響処理装置、音響処理方法および音響処理プログラムは、一部の方向について個人毎に計測した頭部インパルス応答を用いて、良好な音像定位を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】音響処理装置の一実施形態を示す図である。

20

【図2】図1に示した計測装置により個別頭部インパルス応答を計測する範囲の例を示す図である。

【図3】個別頭部インパルス応答の例を示す図である。

【図4】遅延時間と音源の方向との関係の例を示す図である。

【図5】共通頭部インパルス応答の遅延時間の補正例を示す図である。

【図6】図1に示した音響処理装置の動作を示す図である。

【図7】図2に示したマイクロホンと音源との位置関係の例を示す図である。

【図8】音響処理装置の別実施形態を示す図である。

【図9】図8に示した算出部によって算出される遅延時間の例を示す図である。

【図10】音響処理装置の別実施形態を示す図である。

30

【図11】図10に示した重み設定部により設定される重みの例を示す図である。

【図12】音響処理装置の別実施形態を示す図である。

【図13】図12に示した人物と展示会場内の展示物との位置関係の例を示す図である。

【図14】音響処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図15】図14に示した位置検出装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図16】図14に示した計測装置の動作を示す図である。

【図17】図14に示した音響AR装置の動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面に基づいて、実施形態を説明する。以下では、所定の計測範囲に含まれる方向について個人毎に計測された頭部インパルス応答と、計測範囲に含まれない他の方向について予め用意した共通の頭部インパルス応答とを組み合わせる技術が説明される。

40

【0015】

ここで、人物の頭部の向きを基準とする角度で示される様々な方向についての頭部インパルス応答を比較すると、人物の頭部の前方の頭部インパルス応答は、頭部の側方及び後方の頭部インパルス応答に比べて個人差が大きい。そこで、以下では、人物の頭部の向きを含む所定の範囲について個人毎に計測した頭部インパルス応答と、個人毎の計測を行わない範囲についてダミーヘッドを用いた計測などにより予めモデル化された頭部インパルス応答とを組み合わせる場合について説明する。

50

【 0 0 1 6 】

図 1 は、音響処理装置の一実施形態を示す。図 1 に示した音響処理装置 1 0 は、予測部 1 1 と、補正部 1 2 とを含んでいる。また、図 1 に示した計測装置 E Q は、図 2 を用いて説明する所定の計測範囲 R の内側に設定された複数の方向である第 1 方向について、人物 Q 1 に固有の頭部インパルス応答を計測し、計測で得られた人物 Q 1 の頭部インパルス応答を音響処理装置 1 0 に渡す。また、図 1 に示した記憶装置 S D は、計測装置 E Q による計測範囲 R の外側に設定された複数の方向である第 2 方向について、ダミーヘッドなどを用いた計測を行うことで得られた別の頭部インパルス応答を示す情報を格納している。記憶装置 S D は、音響処理装置 1 0 とは独立した構成要素として設けられてもよいし、音響処理装置 1 0 に含まれていてもよい。

10

【 0 0 1 7 】

以下の説明において、計測装置 E Q による計測で得られる人物 Q 1 に固有の頭部インパルス応答は、個別頭部インパルス応答と称される。また、記憶装置 S D に格納された情報で示される別の頭部インパルス応答は、共通頭部インパルス応答と称される。共通頭部インパルス応答は、ダミーヘッドなどを用いた計測によって得られた頭部インパルス応答に限られず、計測範囲 R の外側に設定された第 2 方向からの音響に対して予めモデル化された頭部インパルス応答であればよい。例えば、共通頭部インパルス応答は、多数の人物についての計測で得られた頭部インパルス応答の学習によりモデル化された頭部インパルス応答でもよい。なお、計測装置 E Q による個別頭部インパルス応答の計測および共通頭部インパルス応答の計測については、図 2 を用いて後述する。

20

【 0 0 1 8 】

図 1 に示した音響処理装置 1 0 において、予測部 1 1 は、計測装置 E Q によって第 1 方向のそれぞれについて計測された個別頭部インパルス応答を受ける。予測部 1 1 は、受けた個別頭部インパルス応答に基づいて、図 3 及び図 4 を用いて後述する予測処理を行い、計測装置 E Q による計測範囲 R の外側に設定された複数の第 2 方向のそれぞれから人物 Q 1 に音響が到達する場合の遅延時間を予測する。予測部 1 1 において、各第 2 方向について予測された遅延時間は、補正部 1 2 に渡される。補正部 1 2 は、図 5 を用いて後述する補正処理を行うことで、記憶装置 S D に各第 2 方向に対応して格納された共通頭部インパルス応答の遅延時間を、同じ方向について予測された遅延時間に合わせる。補正部 1 2 によって遅延時間が補正された共通頭部インパルス応答と計測された個別頭部インパルス応答とは、次に述べる音響 A R (Augmented Reality: 拡張現実) 装置 A R C に渡される。音響 A R 装置 A R C に渡された個別頭部インパルス応答と補正された共通頭部インパルス応答とは、任意の方向に音像を定位させる処理である音像定位処理において、組み合わせて用いられる。

30

【 0 0 1 9 】

音響 A R 装置 A R C は、制御部 C N T と、音声データベース D B 1 と、例えば、スマートフォンやタブレット型端末などの人物 Q 1 によって携帯可能な端末装置 U E に内蔵された音響処理部 S P とを含んでいる。制御部 C N T は、音声データベース D B 1 に接続されており、制御部 C N T は、音声データベース D B 1 に格納された音声情報を取得可能である。また、制御部 C N T と音響処理部 S P とは、例えば、無線 L A N (Local Area Network) などを用いた通信経路により接続されている。音響処理部 S P は、制御部 C N T から受けた音声情報に基づいて音響信号を生成する機能を有する。

40

【 0 0 2 0 】

制御部 C N T は、例えば、音像定位処理により音像が定位させられる方向毎に、音響処理装置 1 0 から渡される個別頭部インパルス応答あるいは補正された共通頭部インパルス応答を対応付ける。例えば、制御部 C N T は、所定の計測範囲 R の内側に設定された第 1 方向のそれぞれと、当該第 1 方向についての計測で得られた個別頭部インパルス応答との対応関係を示す情報を内部のメモリなどに記憶する。また、制御部 C N T は、計測範囲 R の外側に設定された第 2 方向のそれぞれと、当該第 2 方向に対応する共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正することで得られた補正後の共通頭部インパルス応答との対応関係

50

を示す情報を内部のメモリなどに記憶する。

【0021】

制御部CNTは、音声データベースDB1から取得した音声情報を音響処理部SPに渡す際に、音像を定位させる方向に対応して格納された個別頭部インパルス応答あるいは補正された共通頭部インパルス応答を示す情報を内部のメモリなどから読み出す。そして、制御部CNTは、内部のメモリなどから読み出した情報を、音声情報から生成した音響信号に適用する頭部インパルス応答を示す情報として、音声データベースDB1から取得した音声情報とともに音響処理部SPに渡す。

【0022】

音響処理部SPは、制御部CNTから受けた音声情報に基づいて音響信号を生成する。また、音響処理部SPは、内蔵のフィルタを用いて、制御部CNTから渡される頭部インパルス応答と音声情報から生成した音響信号との畳み込み処理を行い、畳み込み処理後の音響信号を、人物Q1の耳に装着されたイヤホンEPL, EPRにより出力する。

10

【0023】

すなわち、図1に示した音響AR装置ARCは、人物Q1に対して第1方向のそれぞれに音像を定位させる音響の生成に、人物Q1に同じ第1方向から音響を到達させた状態で計測された個別頭部インパルス応答を用いる。そして、音響AR装置ARCは、人物Q1に対して第2方向に音像を定位させる音響の生成に、第2方向からの音響に対してモデル化された共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正することで得られた補正後の共通頭部インパルス応答を用いる。

20

【0024】

なお、端末装置UEは、スマートホンやタブレット型端末に限らず、人物Q1による持ち運びが可能であり、イヤホンEPL, EPRにステレオ音響を出力させるための音響処理部SPを含む装置であればよく、携帯電話や携帯型ゲーム機などでもよい。また、音響AR装置ARCの制御部CNTは、端末装置UEに含まれていてもよいし、また、音響処理装置10は、音響AR装置ARCの制御部CNT及び音響処理部SPを含んでもよい。

【0025】

次に、音響処理装置10に含まれる予測部11および補正部12の機能および動作の説明に先立って、計測装置EQにより、個別頭部インパルス応答を計測する手法について説明する。

30

【0026】

図2は、図1に示した計測装置EQにより個別頭部インパルス応答を計測する範囲の例を示す。なお、図2に示す要素のうち、図1に示した要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに要素の説明を省略する場合がある。

【0027】

図2に示した人物Q1の耳EL, ERのそれぞれには、マイクロホンMCL, MCRが装着されている。マイクロホンMCL, MCRの出力は、計測装置EQに接続されている。計測装置EQは、インパルス応答の測定用の信号であるTSP(Time stretched Pulse)信号を生成する機能を有しており、生成したTSP信号をスピーカS1に入力する。なお、図2の例では、スピーカS1は、人物Q1の頭部の正面の方向を示す向きDirを基準にして角度 θ 1の方向に人物Q1から距離Dの位置に設置されている。また、図2において、点線で示した円形S'は、図2とともに図4を用いて後述する共通頭部インパルス応答の計測に用いられる音源の一例を示す。

40

【0028】

計測装置EQは、例えば、スピーカS1から人物Q1に到達した音響を、マイクロホンMCL, MCRで得られる音響信号として受ける。そして、受けた音響信号で示されるインパルス応答を、人物Q1の頭部の向きDirから角度 θ 1で示される方向について個別頭部インパルス応答として音響処理装置10に渡す。即ち、計測装置EQは、個別頭部インパルス応答を計測する。

【0029】

50

同様に、計測装置EQは、人物Q1の頭部の向きDirを中心軸とし、中心角2の扇形で示される計測範囲Rにおいて、スピーカS1が設置される角度1を変えながら、個別頭部インパルス応答の計測を行う。例えば、計測装置EQは、計測範囲Rを示す扇形の弧上に計測を行う角度1のそれぞれで示される位置に設置された複数のスピーカS1のそれぞれに順次にTSP信号に対応する音響を発生させる。そして、計測装置EQは、各スピーカS1の位置に対応する第1方向（例えば、角度1の方向）から人物Q1に到達した音響を示す音響信号から、第1方向のそれぞれについての個別頭部インパルス応答を求める。なお、図2に示した計測範囲Rは、人物Q1の正面の向きDirを基準とする角度が所定の範囲内である計測範囲の一例であり、角度1で示される方向は、計測範囲Rの内側に設定された複数の第1方向の一例である。また、計測範囲Rを示す扇形の中心角2は、例えば、角度180度よりも小さい角度であり、120度～150度程度に設定されることが望ましい。

10

【0030】

図2に示した計測範囲Rに含まれる各方向についての個別頭部インパルス応答の計測は、人物Q1の周囲の360度方向について頭部インパルス応答を計測する場合に比べて少ないスペースで計測を行うことができる。このため、人物Q1の周囲の360度方向について頭部インパルス応答を計測する場合に比べて、スピーカS1の設置数及びスピーカS1と計測装置EQとを接続する配線数を削減することができ、また、計測時間も短縮できる。

【0031】

20

次に、人物Q1の頭部を基準とする所定の範囲について計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間を用いて、共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正する手法について説明する。

【0032】

図1に示した予測部11は、計測装置EQから受けた個別頭部インパルス応答に基づいて、図2に示した計測範囲Rの外側に設定された複数の第2方向のそれぞれから音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する。

【0033】

予測部11は、各第1方向の個別頭部インパルス応答に基づいて、第1方向のそれぞれから音響が人物Q1の頭部に到達する際の遅延時間を特定する。例えば、予測部11は、計測装置EQから受けた個別頭部インパルス応答において、音響が発生した時刻から波形の振幅が所定の閾値以上となるまでの時間を遅延時間とする。なお、遅延時間の特定に用いる閾値は、例えば、音響信号において、雑音成分を判別する際に用いられる閾値と同等の値を設定することが望ましい。

30

【0034】

図3は、個別頭部インパルス応答の例を示す。なお、図3に示した座標軸tは、音響が生成された時刻からの時間を示し、座標軸Pは音圧を示す。ここで、音響が生成された時刻としては、図2に示した計測装置EQからスピーカS1にTSP信号が渡された時刻を用いることが望ましい。

【0035】

40

図3の例は、図2において角度1で示した方向から人物Q1の頭部に音響を到達させた際にマイクロホンMCL, MCRのいずれかで得られた音響信号から求めた個別頭部インパルス応答の波形を示す。図3の例において、図2において角度1で示される方向についての個別頭部インパルス応答の遅延時間は、座標軸tの原点($t = 0$)から個別頭部インパルス応答を示す波形が閾値Thpを初めて超えるまでの時間p(1)で示される。なお、図3の例では、人物Q1の耳の一方について求められた個別頭部インパルス応答を示し、他方の耳について求められた個別頭部インパルス応答の図示は省略されている。

【0036】

予測部11は、図2に示した計測範囲Rの内側に設定された各第1方向（例えば、図2

50

の 1) と、個別頭部インパルス応答の遅延時間 $p(1)$ との関係から、計測範囲 R の外側の他の方向からの音響に対するインパルス応答の遅延時間を予測する。

【0037】

図4は、遅延時間と音源の方向との関係の例を示す。図4において、座標軸 t は、図2に示した人物 Q1 の頭部の向き Dir を基準とする音源の方向を示し、座標軸 r は、図3に示した遅延時間を示す。なお、図4の例において、図2に示した人物 Q1 の頭部の正面の向き Dir から時計回りで測った角度は、座標軸 r において正の値として示され、人物 Q1 の頭部の向き Dir から反時計回りに測った角度は、座標軸 r において負の値として示される。すなわち、図2に示した計測範囲 R は、図4に示した座標軸 r において、角度「 $-$ 」～角度「 $+$ 」の範囲に相当する。

10

【0038】

また、図4の例において、黒丸のそれぞれは、図2に示した計測範囲 R に設定された複数の第1方向のそれぞれに配置された音源から音響が人物 Q1 の一方の耳に到達する場合について計測された個別頭部インパルス応答が示す遅延時間を示す。例えば、黒色の円形 $Pm(1)$ は、図2に示した人物 Q1 の頭部の向き Dir に対して角度 1 の方向に音源(例えば、スピーカ $S1$)がある場合について計測された個別頭部インパルス応答に現れる遅延時間を示す。なお、図4においては、人物 Q1 の他方の耳に音響が到達する場合について計測された個別頭部インパルス応答が示す遅延時間と音源の方向との関係についての図示は省略されている。

【0039】

20

図1に示した予測部 11 は、例えば、図4に示した複数の黒丸の分布に近似する曲線 CV を求めることで、音源の方向と遅延時間との関係を推定する。そして、予測部 11 は、推定した関係を示す曲線 CV に基づいて、図2に示した計測範囲 R の外側に設定された第2方向のそれぞれに音源を配置した計測を行った場合に想定される個別頭部インパルス応答が示す遅延時間を予測する。なお、予測部 11 において、計測された個別頭部インパルス応答で示される遅延時間から計測範囲 R の外側に設定される各方向から音響が到達する場合に予測される遅延時間を求める方法は、図4に示した曲線 CV を求める方法に限られない。例えば、予測部 11 は、図7から図9を用いて後述する手法を用いて、音源の方向と遅延時間との関係を推定してもよい。

【0040】

30

図1に示した記憶装置 SD には、図2に示した計測範囲 R の外側に設定された第2方向のそれぞれについて、ダミーヘッドなどを用いて予め計測された共通頭部インパルス応答を示す情報が記憶されている。なお、共通頭部インパルス応答は、ダミーヘッドを用いて計測された頭部インパルス応答に限られない。例えば、共通頭部インパルス応答は、図2に示した人物 Q1 とは別の人物の頭部に図2に示した計測範囲 R の外側に設定された第2方向のそれぞれから音響を到達させた状態で計測した頭部インパルス応答でもよい。また、図2において、点線で示した円形 S' は、共通頭部インパルス応答の計測に用いた音源の一例を示す。

【0041】

ここで、図2に示した人物 Q1 の頭部と個別頭部インパルス応答の計測に用いられた音源であるスピーカ $S1$ との距離 D と、ダミーヘッドと共通頭部インパルス応答の計測に用いられた音源 S' との距離 D' とは、厳密には一致しない場合がある。なぜなら、人物 Q1 の両耳を結ぶ線分の midpoint およびダミーヘッドの両耳を結ぶ線分の midpoint のそれぞれを、計測範囲 R を示す扇形の中心に位置決めすることは困難だからである。同様に、人物 Q1 の両耳間の距離と、共通頭部インパルス応答の計測のためにダミーヘッドに装着された2つのマイクロホン相互の距離とは、厳密には一致しない場合がある。このため、図2に示した計測範囲 R の外側に設定された第2方向のそれぞれについて予測された遅延時間と、対応する方向に音源がある場合について記憶装置 SD に記憶された共通頭部インパルス応答が示す遅延時間とは一致しない場合がある。例えば、人物 Q1 の頭部の向き Dir から角度 $2(2 < -)$ の方向について図4に示した曲線 CV から予測される遅延時間 (

40

50

2)と、同じ角度 θ で示される方向に音源 S' がある場合の共通頭部インパルス応答が示す遅延時間とは、必ずしも一致しない。

【0042】

そこで、図1に示した補正部12は、図2に示した計測範囲Rの外側に設定された複数の第2方向のそれぞれについて記憶装置SDに記憶された共通頭部インパルス応答に、予測部11によって対応する方向について求められた遅延時間を示させる補正を行う。

【0043】

図5は、共通頭部インパルス応答の遅延時間の補正例を示す。図5において、座標軸 t は、共通頭部インパルス応答における時間の経過を示し、座標軸 P は、音圧を示す。

【0044】

図5(A)は、図2に示した人物Q1の頭部の位置に、ダミーヘッドの正面の向きを人物Q1の頭部の向き Dir と一致させて配置し、頭部の向き Dir と角度 θ で交差する方向から音響を到達させた状態で計測された頭部インパルス応答の例である。即ち、図5(A)に示した頭部インパルス応答は、図1に示した記憶装置SDに角度 θ に対応して記憶された共通頭部インパルス応答の一例である。なお、角度 θ で示される方向は、図2に示した計測範囲Rの外側に設定された第2方向の一つである。図5(A)に示した共通頭部インパルス応答の遅延時間は、共通頭部インパルス応答を表す波形が閾値 Thp を初めて超える時刻 $c(\theta)$ で示される。

【0045】

また、図5(B)は、図1に示した補正部12で得られる補正された共通頭部インパルス応答の例を示す。すなわち、補正部12は、図5(A)に示した共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正することで、図5(B)に示す補正後の共通頭部インパルス応答を得る。

【0046】

図1に示した補正部12は、記憶装置SDに第2方向のそれぞれについて保持されている共通頭部インパルス応答を時間軸方向において移動させることで、第2方向のそれぞれについて予測部11によって予測された遅延時間に合わせる。

【0047】

例えば、補正部12は、図2に示した頭部の向き Dir から角度 θ の方向について、図4に示した関係から予測された遅延時間 $c(\theta)$ と図5(A)に示した共通頭部インパルス応答の遅延時間 $c(\theta)$ との差分 d を求める。そして、補正部12は、差分 d がなくなるように、角度 θ で示される方向の共通頭部インパルス応答を座標軸 t 上で移動させる。補正部12は、以上に説明した補正を行うことで、移動後の共通頭部インパルス応答の波形が閾値 Thp を超えるまでの経過時間と、予測部11によって予測された遅延時間とをほぼ同等にする。

【0048】

図6は、図1に示した音響処理装置10の動作を示す。図6に示したステップS301～ステップS303の処理は、図1に示した音響処理装置10の動作を示す。また、図6に示した各ステップの処理は、個人について計測された個別頭部インパルス応答と予め用意された共通頭部インパルス応答とを用いて任意の方向についての音像定位を実現するための音響処理方法および音響処理プログラムの例を示す。例えば、図6に示す処理は、音響処理装置10に搭載されたプロセッサが音響処理プログラムを実行することで実現される。なお、図6に示す処理は、音響処理装置10に搭載されるハードウェアによって実行されてもよい。

【0049】

ステップS301において、図1に示した音響処理装置10は、例えば、図2に示した計測範囲Rの内側に設定された複数の第1方向のそれぞれについて、計測装置EQによって計測された個別頭部インパルス応答を受ける。

【0050】

ステップS302において、図1に示した予測部11は、計測された個別頭部インパル

10

20

30

40

50

ス応答から、図 2 に示した計測範囲 R の外側に設定された複数の第 2 方向について計測した場合に得られる個別頭部インパルス応答が示す遅延時間を予測する。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 3 0 3 において、図 1 に示した補正部 1 2 は、第 2 方向のそれぞれに対応する共通頭部インパルス応答が示す遅延時間を、ステップ S 3 0 2 の処理で予測された遅延時間に近づける補正を行う。

【 0 0 5 2 】

以上に説明したステップ S 3 0 3 の処理で遅延時間が補正された共通頭部インパルス応答は、ステップ S 3 0 1 の処理で計測装置 E Q から受けた個別頭部インパルス応答とともに、図 1 に示した音響 A R 装置 A R C に渡される。

10

【 0 0 5 3 】

そして、音響 A R 装置 A R C は、図 2 に示した計測範囲 R の内側に設定された第 1 方向に音像を定位させる音響の生成に、同じ方向からの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答を用いる。また、音響 A R 装置 A R C は、計測範囲 R の外側に設定された第 2 方向に音像を定位させる音響の生成に、同じ方向からの音響に対してモデル化された共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正することで得られた補正後の共通頭部インパルス応答を用いる。

【 0 0 5 4 】

つまり、図 1 に示した音響 A R 装置 A R C において、第 2 方向に音像を定位させる音響の生成に用いられる頭部インパルス応答の遅延時間は、同じ第 2 方向について予測部 1 1 によって予測された遅延時間とほぼ同等になる。ここで、予測部 1 1 によって予測された遅延時間は、図 2 に示したスピーカ S 1 が配置された弧の延長上に設置された別のスピーカ S 1 ' から人物 Q 1 に音響を到達させた状態で計測される頭部インパルス応答の遅延時間とほぼ同等である。

20

【 0 0 5 5 】

即ち、図 1 に示した音響処理装置 1 0 は、任意の方向に音像を定位させるために音響 A R 装置 A R C によって生成される音響において、対応する方向についての個別頭部インパルス応答が示す遅延時間を再現することができる。したがって、図 1 に示した音響処理装置 1 0 を用いることにより、人物 Q 1 に聴取させる音響が有する遅延時間の観点において、全ての方向につき個別頭部インパルス応答を計測した場合と同等の良好な音像定位を実現することができる。

30

【 0 0 5 6 】

ここで、人間は、両耳のそれぞれで聴取した音響の時間差に基づいて、聴取した音響に対応する音源の方向を知覚する。したがって、任意の方向に音像を定位させる音響において、対応する方向についての個別頭部インパルス応答が示す遅延時間を再現することで、人物 Q 1 と音源との相対位置が変化する場合にも、人物 Q 1 に不自然な印象を与えない音響を聴取させることができる。

【 0 0 5 7 】

また、図 2 を用いて説明したように、計測範囲 R に含まれる各方向について個別頭部インパルス応答を計測するために用いるスペースは、人物 Q 1 の周囲 3 6 0 度についての計測のために用いられるスペースよりも小さい。更に、計測範囲 R を分割して得られる複数の範囲ごとに個別頭部インパルス応答を計測することで、個別頭部インパルス応答の計測のために用意するスペースを縮小することも可能である。例えば、計測範囲 R を示す扇形の内角を n (n は 2 以上の整数) 個に分割して得られる図形に外接する程度の大きさの矩形を底面とする箱型のブース内に、回転可能なイスと複数のスピーカとを対向させて配置することで、個別頭部インパルス応答の計測は可能である。この場合に、図 2 に計測範囲 R に含まれる各方向の個別頭部インパルス応答は、イスに着席した人物 Q 1 と複数のスピーカとの相対位置を変えて、計測処理を n 回繰り返すことで計測することができる。

40

【 0 0 5 8 】

以上に説明したように、図 1 に示した音響処理装置 1 0 で用いる個別頭部インパルス応

50

答の計測は、従来の技術で用いられたような大規模な設備を用いなくても実現することが可能である。したがって、例えば、展示会などの会場の一角などに、個別頭部インパルス応答の計測用のブースを設け、展示会などに集まった多数の人物のそれぞれについて、個別頭部インパルス応答の計測を行うことが可能である。そして、多数の人物のそれぞれについての計測で得られた個別頭部インパルス応答を用いて、各人物に対して音像定位技術を用いたサービスを提供することが可能となる。なお、図1に示した音響処理装置10を用いて、例えば、人物Q1に対して音像定位技術を用いたサービスを提供する音響ARシステムについては、図12～図17を用いて後述する。

【0059】

次に、図1に示した予測部11において、計測に用いられたマイクロホンと音源との位置関係を推定することで、人物Q1の頭部の向きDirを基準とする音源の方向と、個別頭部インパルス応答が示す遅延時間との関係を推定する手法について説明する。

【0060】

図7は、図2に示したマイクロホンMCL, MCRとスピーカS1との位置関係の例を示す。なお、図7に示す要素のうち、図2に示した要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに要素の説明を省略する場合がある。また、図7に示したスピーカS1は、個別頭部インパルス応答の計測に用いられた音源の一例である。

【0061】

図7において、線分DLおよび線分DRは、スピーカS1と2つのマイクロホンMCL, MCRとを互いに結んで得られる三角形の辺のうち、スピーカS1に相当する頂点を挟む2つの辺をそれぞれ示す。即ち、図7に示した線分DLの長さ|DL|は、スピーカS1からマイクロホンMCLまでの距離を示し、線分DRの長さ|DR|は、スピーカS1からマイクロホンMCRまでの距離を示す。また、線分Dは、2つのマイクロホンMCL, MCRを互いに結ぶ線分の midpoint QcとスピーカS1とを結んで得られる線分を示す。そして、線分Dの長さYは、2つのマイクロホンMCL, MCRを互いに結ぶ線分Wの midpoint QcからスピーカS1までの距離を示し、線分Wの長さXは、2つのマイクロホンMCL, MCR間の距離を示す。すなわち、線分Dの長さYは、人物Q1の両耳を結ぶ線分の midpointからスピーカS1までの距離を示し、線分Wの長さXは、人物Q1の両耳の間の距離を示す。

【0062】

スピーカS1が人物Q1の頭部の正面の向きDirを基準として角度θの方向にある場合に、スピーカS1からマイクロホンMCL, MCRまでの距離|DL|および距離|DR|のそれぞれは、角度θの関数として式(1)、式(2)で表される。なお、式(1)、式(2)において、符号Yは、線分Wの midpoint QcからスピーカS1までの距離を示し、符号Xは、2つのマイクロホンMCL, MCR間の距離Xを示す。

【0063】

【数1】

$$DL(\theta) = \sqrt{\left(\frac{X}{2} + Y \sin \theta\right)^2 + (Y \cos \theta)^2} \quad \dots (1)$$

【0064】

【数2】

$$DR(\theta) = \sqrt{\left(\frac{X}{2} - Y \sin \theta\right)^2 + (Y \cos \theta)^2} \quad \dots (2)$$

そして、スピーカ S 1 で発生した音響をマイクロホン M C L , M C R で受けた際に得られる音響信号から頭部インパルス応答を求めた場合に、求めた頭部インパルス応答に現れる遅延時間 T L , T R は、式(3)、式(4)で示される。なお、式(3)および式(4)において、符号 D L () は、角度 θ の関数として式(1)で表されるスピーカ S 1 からマイクロホン M C L までの距離を示す。また、符号 D R () は、角度 θ の関数として式(2)で表されるスピーカ S 1 からマイクロホン M C R までの距離を示す。そして、符号 V は、空気中の音速を示し、符号 C は、図 1 に示した計測装置 E Q による頭部インパルス応答の計測処理にかかる処理時間などを含む固定のオフセット時間を示す。

【 0 0 6 5 】

【数 3】

$$TL(\theta) = \frac{DL(\theta)}{V} + C \quad \dots (3)$$

【 0 0 6 6 】

【数 4】

$$TR(\theta) = \frac{DR(\theta)}{V} + C \quad \dots (4)$$

式(1)から式(4)に示した関係を用いれば、計測装置 E Q を用いて複数の方向について計測された個別頭部インパルス応答のそれぞれに現れた遅延時間に基づいて、図 7 に示した距離 X , 距離 Y と式(3)、(4)に示したオフセット時間 C とを推定することができる。ここで、図 7 に示した距離 X , 距離 Y と式(3)、(4)に示したオフセット時間 C とは、人物 Q 1 の個別頭部インパルス応答を計測した際に固有のパラメータであり、計測装置 E Q による人物 Q 1 についての計測を特徴付ける計測条件である。即ち、音響処理装置 1 0 の予測部 1 1 において上述の式(1)から式(4)に示した関係を用いることで、一部の方向について計測された個別頭部インパルス応答から、計測時における人物 Q 1 の両耳と音源との位置関係を含む計測条件を推定することができる。そして、推定された計測条件に基づいて、計測装置 E Q による計測が行われていない任意の方向について、人物 Q 1 の個別頭部インパルス応答が示すと予想される遅延時間を求めることができる。

【 0 0 6 7 】

図 8 は、音響処理装置 1 0 の別実施形態を示す。なお、図 8 に示す構成要素のうち、図 1 に示した構成要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

【 0 0 6 8 】

図 8 に示した音響処理装置 1 0 は、予測部 1 1 および補正部 1 2 に加えて、記憶装置 S D と生成部 1 3 とを含んでいる。図 8 の例では、計測装置 E Q による第 1 方向のそれぞれについての計測で得られた個別頭部インパルス応答(個別 H R I R : Head Related Impulse Response) P I R は、例えば、第 1 方向のそれぞれに対応して記憶装置 S D に格納される。また、記憶装置 S D は、第 2 方向のそれぞれに対応して予め用意された共通頭部インパルス応答(共通 H R I R) C I R を格納しており、補正部 1 2 は、記憶装置 S D にアクセスすることで、共通頭部インパルス応答 C I R を取得する。そして、補正部 1 2 によって補正された共通頭部インパルス応答(補正 H R I R) A I R は、記憶装置 S D に格納される。

【 0 0 6 9 】

図 8 に示した生成部 1 3 は、例えば、設定部 1 3 1 と、選択部 1 3 2 と、音響処理部 S P と、記憶部 M E M とを含んでいる。図 8 に示した音響処理部 S P は、例えば、端末装置

10

20

30

40

50

UEに搭載されたハードウェアである。また、記憶部MEMは、端末装置UEに内蔵されたメモリの一部を用いて実現される。そして、選択部132は、例えば、端末装置UEに搭載されたプロセッサにより、図17を用いて後述するアプリケーションプログラムを実行することによって実現される。また、設定部131は、例えば、無線LANなどのネットワークNWを介して端末装置UEに接続されており、記憶部MEMに対するアクセスが可能である。

【0070】

図8に示した生成部13において、設定部131は、図2に示した計測範囲Rの内側に設定された第1方向のそれぞれに対応して、当該第1方向についての計測で得られた個別頭部インパルス応答を記憶部MEMに記憶させる。また、設定部131は、計測範囲Rの外側に設定された第2方向のそれぞれに対応して、当該第2方向についての共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正することで得られた補正後の共通頭部インパルス応答を記憶部MEMに記憶させる。

10

【0071】

選択部132は、例えば、ネットワークNWを介して、サーバ装置SVから音像を定位させる方向を示す情報を受け、受けた情報で示される方向に対応して記憶部MEMに格納された個別頭部インパルス応答あるいは補正後の共通頭部インパルス応答を読み出す。そして、選択部132は、読み出した個別頭部インパルス応答あるいは補正後の共通頭部インパルス応答を、サーバ装置SVからの情報で示された方向に音像を定位させる音響の生成に用いるインパルス応答として音響処理部SPに渡す。

20

【0072】

また、音声データベースDB1に蓄積された音響情報は、例えば、サーバ装置SVによって読み出され、ネットワークNWを介して、音響処理部SPに渡される。そして、音響処理部SPは、サーバ装置SVから渡された音響情報から生成した音響信号と選択部132から渡されたインパルス応答との畳み込み処理を行うことで、サーバ装置SVからの情報で示された方向に音像を定位させる音響を生成する。

【0073】

即ち、図8に示した生成部13は、補正部12で遅延時間が補正された共通頭部インパルス応答を用いて、第2方向に音像を定位させる音響を生成する。そして、生成部13は、計測装置EQによって計測された個別頭部インパルス応答を用いて、第1方向に音像を定位させる音響の生成を行う。また、図8に示したサーバ装置SVおよび選択部132は、図1に示した音響AR装置ARCの制御部CNTに相当する機能を果たす。

30

【0074】

図8に示した音響処理装置10において、予測部11は、特定部111と、算出部112とを含んでいる。特定部111は、人物Q1の頭部と個別頭部インパルス応答の計測の際に各第1方向に設置された音源との位置関係として、各音源から到達する音響の遅延時間が、計測された個別頭部インパルス応答のそれぞれの遅延時間となる位置関係を特定する。算出部112は、特定された計測条件に基づいて、第2方向のそれぞれから人物Q1の頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出し、第2方向のそれぞれについて算出した遅延時間を補正部12に渡す。

40

【0075】

特定部111は、例えば、上述の式(1)から式(4)に示した関係を用いて、個別頭部インパルス応答が計測された際の計測条件として、図7に示した距離X、距離Yと式(3)、(4)に示したオフセット時間Cとを求める。ここで、図7に示した角 θ で示される第1方向についての計測で左耳について得られた遅延時間 t_L ()に含まれる誤差は、遅延時間 t_L ()と式(3)で求められる遅延時間 T_L ()との差で示される。同様に、角 θ で示される第1方向のそれぞれについての計測で右耳について得られた遅延時間 t_R ()に含まれる誤差は、遅延時間 t_R ()と式(4)で求められる遅延時間 T_R ()との差で示される。そこで、特定部111は、図7に示した角度 θ が値 θ_{min} から値 θ_{max} の範囲で変化する場合について、例えば、式(5)で示される誤差の二乗和Eを最小

50

化するパラメータのセットとして、図7に示した距離X，距離Yとオフセット時間Cとを特定する。なお、式(5)において、角度の変域の下限として示した値から角度の上限として示した値までの範囲は、図2に示した計測範囲Rの内側に相当する。

【0076】

【数5】

$$E = \sum_{\theta=-\varphi}^{+\varphi} \left[(TL(\theta) - tL(\theta))^2 + (TR(\theta) - tR(\theta))^2 \right] \dots (5)$$

10

そして、算出部112は、特定部111によって特定されたパラメータと上述の式(1)～式(4)とを用いることで、図2に示した計測範囲Rの外側に設定された複数の第2方向のそれぞれにおいて予測される遅延時間を算出する。つまり、算出部112は、特定されたパラメータX，Yと第2方向を示す角度とを式(1)を代入することで、個別頭部インパルス応答の計測条件が再現された場合に、計測範囲Rの外側に設置された音源から人物Q1の左耳までの距離DL()を求める。同様に、算出部112は、特定されたパラメータX，Yと第2方向を示す角度とを式(2)に代入することで、個別頭部インパルス応答の計測条件が再現された場合に、計測範囲Rの外側に設置された音源から人物Q1の右耳までの距離DR()を求める。そして、算出部112は、式(1)を用いて求めた距離DL()と特定されたパラメータCとを式(3)に代入することで、個別頭部インパルス応答の計測条件が再現された状態で、第2方向からの音響に対して得られるインパルス応答の遅延時間を算出する。同様に、算出部112は、式(2)を用いて求めた距離DR()と特定されたパラメータCとを式(4)に代入することで、個別頭部インパルス応答の計測条件が再現された状態で、第2方向からの音響に対して得られるインパルス応答の遅延時間を算出する。

20

【0077】

図9は、図8に示した算出部112によって算出される遅延時間の例を示す。なお、図9に示す要素のうち、図4に示した要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

【0078】

図9(A)は、図8に示した計測装置EQによる計測で得られた個別頭部インパルス応答の遅延時間と式(1)～式(5)とに基づいて特定部111によって特定されたパラメータを用いた場合に、算出部112によって算出される遅延時間の例を示す。また、図9(B)は、図10を用いて後述する別の特定部111aによって特定されたパラメータを用いた場合に算出部112によって算出される遅延時間の例を示す。

30

【0079】

まず、図9(A)の例について説明する。図9(A)に示した黒丸のそれぞれは、計測装置EQによる計測範囲Rに含まれる複数の第1方向のそれぞれについて得られた個別頭部インパルス応答の遅延時間を示す。また、図9(A)に示した曲線Cvaは、式(5)で示される誤差の二乗和Eを最小化するパラメータを代入した式(3)あるいは式(4)から算出された遅延時間の角度に対応する変化を示す。そして、図9(A)に示した白丸のそれぞれは、図8に示した記憶装置SDに格納された共通頭部インパルス応答のそれぞれに対応する第2方向について、算出部112によって算出される遅延時間を示す。

40

【0080】

ここで、上述した式(5)で示される誤差の二乗和Eにおいては、計測で得られた全ての遅延時間に同等の重みが与えられている。このため、式(5)を用いる特定部111によって得られるパラメータのセットは、図9(A)に示した全ての黒丸の分布を近似する曲線Cvaを与えるパラメータのセットとなる。しかしながら、曲線Cvaを与えるパラメータのセットと式(1)から式(4)とを用いて、計測範囲Rの内側と外側の境界を示す境界方向の遅延時間を算出すると、計測で得られた遅延時間と算出される遅延時間との

50

間に差が生じる場合がある。例えば、図9(A)の例では、計測範囲Rの境界方向を示す角度 $\theta = -$ について計測された個別頭部インパルス応答に表れる遅延時間 $P_m(-)$ と、特定されたパラメータのセットを用いて算出された遅延時間 $T_a(-)$ との間には差 d が生じている。

【0081】

図9(A)の例に示した差 d は、計測範囲Rの内側に設定された第1方向のそれぞれからの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答に含まれる誤差によって発生する。このような差 d が生じていると、計測範囲Rの境界付近において、計測で得られた個別頭部インパルス応答が示す遅延時間と、共通頭部インパルス応答の補正に用いる遅延時間とが滑らかに接続しなくなる。例えば、図9(A)の例では、計測範囲Rの境界付近に設定された第2方向を示す角度 $\theta = 3$ について算出された遅延時間 $T_a(3)$ と境界方向についての計測で得られた遅延時間 $P_m(3)$ との間に、差 d と同程度の大きさを持つギャップ d_A が生じている。そして、このようなギャップ d_A が生じていると、計測範囲Rの境界付近で音響を定位させる方向が変化した際に、人物Q1に聴取させる音響に不自然な無音時間が発生する場合や、順次に聴取されるはずの音響が重なり合って聴取される場合などが発生する。

10

【0082】

図9(A)に示したギャップ d_A は、図10に示す特定部111aにより特定されたパラメータのセットを用いることにより、計測で得られた全ての遅延時間に同等の重みを与えた最小二乗法で特定されたパラメータを用いる場合に比べて小さくすることができる。

20

【0083】

図10は、音響処理装置10の別実施形態を示す。なお、図10に示す構成要素のうち、図1または図8に示した構成要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

【0084】

図10の音響処理装置は、図8に示した音響処理装置10の特定部111に代えて、特定部111aを有している。図10に示した特定部111aは、最小二乗法などを用いた回帰分析により、上述の式(1)から式(4)に示したパラメータ X, Y, C を求める分析部113と、分析部113による回帰分析に用いる重みを設定する重み設定部114とを含んでいる。

30

【0085】

分析部113は、例えば、上述の式(5)に代えて、次に示す式(6)で示される誤差の二乗和 E' を最小化するパラメータ X, Y, C を求める。なお、式(6)において、符号 $W(\theta)$ は、人物Q1の正面の向き Dir を基準として角度 θ の方向からの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に対して、重み設定部14によって設定される重みを示す。

【0086】

【数6】

$$E' = \sum_{\theta=-\varphi}^{+\varphi} \left[W(\theta)(TL(\theta) - tL(\theta))^2 + W(\theta)(TR(\theta) - tR(\theta))^2 \right] \dots (6)$$

40

重み設定部14は、例えば、角度 θ の下限 ($\theta = -$) および上限 ($\theta =$) に設定された第1方向からの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に他の第1方向よりも大きい重みを設定する。

【0087】

図11は、図10に示した重み設定部114により設定される重みの例を示す。なお、図11において、座標軸 θ は、図2に示した人物Q1の頭部の向き Dir を基準とする音源の方向を示し、座標軸 W は、重みとして設定される値の大きさを示す。なお、図4の例

50

において、図 2 に示した人物 Q 1 の頭部の正面の向き $D i r$ から時計回りで測った角度は、座標軸 において正の値として示され、人物 Q 1 の頭部の向き $D i r$ から反時計回りに測った角度は、座標軸 において負の値として示される。すなわち、図 2 に示した計測範囲 R は、図 4 に示した座標軸 において、角度「 - 」～角度「 + 」の範囲に相当する。

【 0 0 8 8 】

図 1 1 (A) 及び図 1 1 (B) のそれぞれは、図 1 0 に示した重み設定部 1 1 4 により、式 (6) において、角度 の関数 $W ()$ として設定される重みの例を示す。

【 0 0 8 9 】

図 1 1 (A) に示した重み $W ()$ は、角度 の下限 ($= -$) および上限 ($=$) に設定された第 1 方向の計測で得られた個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に重み $W 1$ を与える。一方、重み $W ()$ は、他の第 1 方向の計測で得られた個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に、重み $W 1$ よりも小さい値を持つ重み $W 2$ を与える。

10

【 0 0 9 0 】

図 1 0 に示した分析部 1 1 3 は、図 1 1 (A) に示した重み $W ()$ が設定された式 (6) で示される誤差の二乗和を最小化するパラメータ X, Y, C を求めることで、遅延時間 $t L (-)$, $t R (-)$ を含む項で示される誤差を最小化するパラメータを求める。これにより、図 9 (B) に示したように、分析部 1 1 3 で求められたパラメータのセットで示される曲線 $C V b$ が角度 $= -$ の場合に示す遅延時間と計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間との差を、図 9 (A) に示した差 d よりも小さくできる。

20

【 0 0 9 1 】

図 9 (B) の例では、角度 $= -$ の方向について計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間 $P m (-)$ と、特定されたパラメータ X, Y, C を用いて算出部 1 1 2 により算出される遅延時間 $T b (-)$ とはほぼ同等になっている。これに伴って、図 9 (B) に示した角度 3 について算出部 1 1 2 により算出される遅延時間 $T b (- 3)$ と計測で得られた遅延時間 $P m (-)$ との間のギャップ $d B$ は、図 9 (A) に示したギャップ $d A$ よりも小さくなっている。

【 0 0 9 2 】

即ち、図 1 0 に示した特定部 1 1 1 a により特定されたパラメータを用いることで、個別頭部インパルス応答の計測に誤差がある場合でも、個別頭部インパルス応答の遅延時間と補正された共通頭部インパルス応答の遅延時間とを平滑に接続することができる。

30

【 0 0 9 3 】

したがって、図 1 0 に示した特定部 1 1 1 a を有する音響処理装置 1 0 は、生成部 1 3 により、個別頭部インパルス応答の計測に誤差がある場合でも、計測範囲 R の境界付近において、音源の方向が滑らかに変化する音響を人物 Q 1 に与えることができる。

【 0 0 9 4 】

なお、重み設定部 1 1 4 によって設定される重み $W ()$ は、図 1 1 (A) に示した重み $W ()$ に限らず、計測で得られた個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に、計測範囲 R の境界に近いほど大きい重みを与える重み $W ()$ であればよい。重み設定部 1 1 4 は、例えば、図 1 1 (B) に示すように、角度 と角度 あるいは角度 - との差に応じて、重みとして設定する値を段階的に変化させる重み $W ()$ を設定してもよい。

40

【 0 0 9 5 】

図 1 1 (B) に示した重み $W ()$ は、角度 が角度 - + より大きく角度 - 未満である範囲内に設定された第 1 方向からの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に所定の値 $W 2$ を持つ重みを設定する。一方、図 1 1 (B) に示した重み $W ()$ は、角度 が角度 - あるいは角度 である第 1 方向からの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に、値 $W 2$ よりも大きい値 $W 1$ を持つ重みを設定する。そして、図 1 1 (B) に示した重み $W ()$ は、角度 が角度 - + あるいは角度 - である第 1 方向からの音響に対して計測された個別頭部インパルス応答の遅延時間の誤差に、値 $W 1$ よりも小さく、かつ値 $W 2$ よりも大きい値 $W 3$ を持つ重

50

みを設定する。

【 0 0 9 6 】

また、重み設定部 1 1 4 は、図 1 1 (A) , (B) の例に限らず、重みとして設定する値を 4 段階以上に区切って設定する重み W () を用いて、分析部 1 1 3 における重み付けを設定してもよい。

【 0 0 9 7 】

また、特定部 1 1 1 a において、パラメータ X , Y , C を求めるために用いる手法は、重み付き最小二乗法に限られない。特定部 1 1 1 a は、例えば、計測範囲 R の境界に近い第 1 方向の個別頭部インパルス応答の遅延時間に対して、境界から離れた第 1 方向の個別頭部インパルス応答の遅延時間に対する重みよりも大きい重み与える重み付けで、パラメータ X , Y , C を求めればよい。

10

【 0 0 9 8 】

以上に説明した音響処理装置 1 0 は、例えば、展示会場などへの来場者に対して、展示物を説明する音声情報を展示物の方向から聞こえるように認識させる案内システムを実現する上で有用である。

【 0 0 9 9 】

図 1 2 は、音響処理装置 1 0 の別実施形態を示す。なお、図 1 2 に示す構成要素のうち、図 1 または図 8 に示した構成要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

【 0 1 0 0 】

20

図 1 2 に示した音響処理装置 1 0 及び音響 A R 装置 A R C は、音像定位技術を用いて、展示会場などへの来場者に音声情報による案内を行う案内システム G S に含まれている。

【 0 1 0 1 】

図 1 2 に示した音響 A R 装置 A R C は、図 8 に示したサーバ装置 S V と音声データベース D B 1 と選択部 1 3 2 と音響処理部 S P とに加えて、展示データベース D B 2 と、方位特定部 D R D とを含んでいる。

【 0 1 0 2 】

図 1 2 に示したサーバ装置 S V は、音声データベース D B 1 及び展示データベース D B 2 のそれぞれに接続されており、サーバ装置 S V は、音声データベース D B 1 及び展示データベース D B 2 に蓄積された情報にアクセス可能である。展示データベース D B 2 には、図 1 3 を用いて後述する展示会場 H L 内に配置された展示物のそれぞれの位置を示す情報が蓄積されている。また、図 1 2 に示した音声データベース D B 1 には、展示会場 H L に配置された展示物のそれぞれを説明するための音声情報が蓄積されている。

30

【 0 1 0 3 】

また、図 1 2 に示した方位特定部 D R D は、例えば、端末装置 U E に搭載されたプロセッサにより、図 1 7 を用いて後述するアプリケーションプログラムを実行することにより実現される。方位特定部 D R D は、例えば、近距離無線通信技術を用いた無線通信経路などにより、人物 Q 1 の頭部に装着された位置検出装置 H M D に接続されており、位置検出装置 H M D によって得られた情報を受ける。また、方位特定部 D R D は、ネットワーク N W を介してサーバ装置 S V に接続されており、サーバ装置 S V に対して問い合わせを行うことにより、展示データベース D B 2 に蓄積された情報を参照する。

40

【 0 1 0 4 】

図 1 2 に示した位置検出装置 H M D は、図 1 3 を用いて後述する処理を行うことにより、人物 Q 1 の頭部の位置及び頭部の正面の向き $D i r$ を示す情報を取得する。

【 0 1 0 5 】

次に、図 1 2 に示した位置検出装置 H M D の機能および動作と音響 A R 装置 A R C に含まれる各構成要素の機能および動作とについて、図 1 3 を用いて説明する。

【 0 1 0 6 】

図 1 3 は、図 1 2 に示した人物 Q 1 と展示会場 H L 内の展示物との位置関係の例を示す。なお、図 1 3 に示す要素のうち、図 1 2 に示した要素と同等のものは、同一の符号で示

50

すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

【0107】

図13の例は、矩形の領域HLで示した展示会場内に、カプセル型の図形Exh1, Exh2で示した2つの展示物と、円形Anc1, Anc2で示した標識が設置されている場合を示す。標識Anc1, Anc2のそれぞれは、展示物Exh1, Exh2のそれぞれに対応付けられており、例えば、赤外線などを用いて、対応する展示物Exh1, Exh2を示す識別情報を発信する機能を有している。図13において、破線で示した扇形AR1, AR2のそれぞれは、標識Anc1, Anc2のそれぞれによって発信された識別情報を示す赤外線などが到達する範囲を示している。

【0108】

図13の例では、展示物Exh1および標識Anc1は、展示会場HLの角の一つに配置されており、展示物Exh2および標識Anc2は、展示会場HLの別の角の一つに配置されている。なお、展示会場HLには、3以上の展示物と展示物のそれぞれに対応付けられた標識が配置されてもよい。

【0109】

また、図13に示した音声データベースDB1は、例えば、展示物Exh1, Exh2のそれぞれを示す識別情報に対応して、各展示物Exh1, Exh2の内容を説明する音声情報を蓄積している。そして、展示データベースDB2は、例えば、各展示物Exh1, Exh2の識別情報に対応して、各展示物Exh1, Exh2の展示会場HLにおける位置を示す情報を蓄積している。

【0110】

図13に示した位置検出装置HMDは、標識Anc1, Anc2によって発信された識別情報を受信する機能と、ジャイロセンサなどにより人物Q1の位置および人物Q1の頭部の正面の向きDirを検出する機能を有している。また、位置検出装置HMDは、近距離無線通信技術などを用いて、受信した識別情報および人物Q1の位置および頭部の正面の向きDirを示す情報を端末装置UEに送信する機能を有している。なお、図13においては、位置検出装置HMDと端末装置UEとの間に設定される近距離無線通信技術による通信経路の図示は省略されている。また、位置検出装置HMDに含まれるジャイロセンサなどの機能および動作については、図15および図17を用いて後述する。

【0111】

図13の例では、端末装置UEは、展示会場HLの壁などに設置されたアクセスポイントAPを介してネットワークNWに接続されており、ネットワークNWを介してサーバ装置SVおよび音響処理装置10との間で情報の授受が可能である。

【0112】

図12に示した端末装置UEに含まれる方位特定部DRDは、例えば、所定の時間毎に、位置検出装置HMDから、位置検出装置HMDで受信された識別情報と位置検出装置で検出された人物Q1の位置及び人物Q1の頭部の向きDirを示す情報とを受ける。ここで、位置検出装置HMDで受信された識別情報は、人物Q1が図13に示した領域AR1, AR2のどちらに滞在しているか、即ち、人物Q1に最寄りの展示物が展示物Exh1, Exh2のいずれであるかを示している。図13の例では、人物Q1は領域AR1内に滞在しているため、位置検出装置HMDは、標識Anc1から発信された識別情報を受信し、受信した識別情報を人物Q1の頭部の位置及び向きDirを示す情報とともに、方位特定部DRDに渡す。

【0113】

方位特定部DRDは、位置検出装置HMDから受けた識別情報に基づいて、サーバ装置SVに問い合わせを行うことで、例えば、展示データベースDB2から展示物Exh1の位置を示す情報を取得する。そして、方位特定部DRDから受けた人物Q1の位置および頭部の向きDirを示す情報と展示物Exh1の位置を示す情報とに基づいて、人物Q1の頭部の向きDirを基準とする展示物Exh1の方向を示す角度を求める。ここで、人物Q1の頭部の向きDirを基準とする展示物Exh1の方向は、音響AR装置ARCに

10

20

30

40

50

よる音像定位処理により、展示物 E x h 1 を説明する音声情報に対応する音像を定位させる方向を示す。

【 0 1 1 4 】

つまり、方位特定部 D R D は、例えば、位置検出装置 H M D から人物 Q 1 に最寄りの展示物を示す情報と、人物 Q 1 の頭部の向き D i r を示す情報とを受ける毎に、音像定位処理により音像を定位させる方向を示す角度 を求める。そして、方位特定部 D R D は、求めた角度 を、音響処理部 S P による畳み込み処理に用いられる頭部インパルス応答を指定するための情報として、図 1 2 に示した選択部 1 3 2 に渡す。

【 0 1 1 5 】

音像を定位させる方向を示す角度 を示す情報を方位特定部 D R D から受けた場合に、
選択部 1 3 2 は、角度 に対応して記憶部 M E M に格納された個別頭部インパルス応答ある
いは補正後の共通頭部インパルス応答を読み出す。そして、選択部 1 3 2 は、読み出し
た個別頭部インパルス応答あるいは補正後の共通頭部インパルス応答を、音像定位処理
のための畳み込みに用いる頭部インパルス応答として、音響処理部 S P に渡す。

10

【 0 1 1 6 】

また、サーバ装置 S V は、例えば、方位特定部 D R D から展示物 E x h 1 を示す識別情
報に基づく問い合わせを受けた場合に、人物 Q 1 が展示物 E x h 1 に対応する領域 A R 1
に滞在していることを認識する。この場合に、サーバ装置 S V は、展示する E x h 1 を示
す識別情報に対応して音声データベース D B 1 に蓄積された音声情報を読み出し、読み出
した音声情報を、ネットワーク N W を介して端末装置 U E の音響処理部 S P に渡す。

20

【 0 1 1 7 】

したがって、音響処理部 S P は、人物 Q 1 の頭部の向き D i r を基準とする角度 の方
向が、図 2 に示した計測範囲 R の内側に設定された第 1 方向である場合に、展示物 E x h
1 の音声情報から生成した音響信号と個別頭部インパルス応答との畳み込みを行う。一方
、角度 の方向が、図 2 に示した計測範囲 R の外側に設定された第 2 方向である場合に、
音響処理部 S P は、展示物 E x h 1 の音声情報から生成した音響信号と補正後の共通頭部
インパルス応答との畳み込みを行う。

【 0 1 1 8 】

図 9 を用いて説明したように、人物 Q 1 の頭部の向き D i r を基準とする角度毎に記憶
部 M E M に格納された個別頭部インパルス応答あるいは補正された共通頭部インパルス応
答は、角度の変化に応じて滑らかに変化する遅延時間を示す。したがって、方位特定部 D
R D で求められた角度 の変化に応じて、例えば、音響処理部 S P での畳み込み処理に用
いる頭部インパルス応答が個別頭部インパルス応答と補正後の共通頭部インパルス応答と
の間で切り替えられても遅延時間の連続性は維持される。

30

【 0 1 1 9 】

即ち、図 1 2 に示した音響 A R 装置 A R C は、例えば、図 1 3 に示した展示会場 H L 内
で移動する人物 Q 1 と展示物 E x h 1 との相対位置の変化を、人物 Q 1 に対して定位させ
る音像の位置に滑らかに反映することができる。即ち、図 1 2 に示した案内システム G S
は、人物 Q 1 の頭部の前方方向の所定の範囲内について計測された個別頭部インパルス応
答と予め用意された共通頭部インパルス応答とを用いて、任意の方向に仮想的な音像を定
位させて音声による案内を提供可能である。

40

【 0 1 2 0 】

図 2 を用いて説明したように、計測装置 E Q による計測を人物 Q 1 の頭部の正面方向を
含む一部の方向に限定することで、例えば、展示会場などに訪れる多数の人物についての
個別頭部インパルス応答の計測が可能となる。したがって、図 1 2 に示した案内システム
G S は、展示会場などに訪れる多数の人物に対して、個別に全ての方向について個別頭部
インパルス応答を計測する場合よりも低いコストで、ほぼ同等の自然さで音像を定位させ
るサービスを提供することができる。

【 0 1 2 1 】

以上に説明した本件開示の音響処理装置 1 0 は、コンピュータ装置などを用いて実現す

50

ることができる。

【0122】

図14は、音響処理装置10のハードウェア構成の一例を示す。なお、図14に示す構成要素のうち、図12に示した構成要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

【0123】

コンピュータ装置20は、プロセッサ21と、メモリ22と、ハードディスク装置23と、ネットワークインタフェース24と、オーディオインタフェース25と、音響信号生成部26とを含んでいる。図14に示したプロセッサ21と、メモリ22と、ハードディスク装置23と、ネットワークインタフェース24と、オーディオインタフェース25と、音響信号生成部26とは、バスを介して互いに接続されている。コンピュータ装置20は、ネットワークインタフェース24を介して、ネットワークNWに接続されており、サーバ装置SV及び端末装置UEのそれぞれとネットワークを介したデータの授受が可能である。また、コンピュータ装置20は、オーディオインタフェース25を介して、複数のスピーカSPKと人物Q1の両耳のそれぞれに装着されたマイクロホンMCL, MCRとに接続されている。

10

【0124】

図14において、プロセッサ21と、メモリ22と、ハードディスク装置23と、ネットワークインタフェース24と、オーディオインタフェース25とは、音響処理装置10に含まれる。また、プロセッサ21と、メモリ22と、音響信号生成部26と、オーディオインタフェース25とは、計測装置EQに含まれる。

20

【0125】

図14に示したメモリ22は、コンピュータ装置20のオペレーティングシステムを格納している。更に、メモリ22は、プロセッサ21が図6に示した音響処理を実行するためのアプリケーションプログラムを格納している。また、メモリ22は、更に、図2を用いて説明した個別頭部インパルス応答を計測するための計測処理を実行するためのアプリケーションプログラムを格納している。なお、図6に示した音響処理を実行するためのアプリケーションプログラム及び計測処理を実行するためのアプリケーションプログラムは、例えば、光ディスクなどの記憶媒体に記録して頒布することもできるし、ネットワークNWを介して配信することもできる。例えば、図6に示した音響処理のためのアプリケーションプログラム及び計測処理のためのアプリケーションプログラムは、ネットワークインタフェース24を介して、サーバ装置SVからダウンロードされてもよい。ダウンロードされたアプリケーションプログラムは、メモリ22あるいはハードディスク装置23に格納されることで、プロセッサ21による実行が可能になる。なお、音響処理のためのアプリケーションプログラムは、ダミーヘッドなどを用いて計測された共通頭部インパルス応答を示す情報を含んでいることが望ましい。

30

【0126】

プロセッサ21は、メモリ22に格納された音響処理のためのアプリケーションプログラムを実行することにより、図1に示した予測部11、補正部12の機能を果たす。また、プロセッサ21は、メモリ22に格納された計測処理のためのアプリケーションプログラムに基づいて、音響信号生成部26およびオーディオインタフェース25の動作を制御することにより、図1に示した計測装置EQの機能を果たす。なお、計測装置EQに含まれる音響信号生成部26の機能及び計測装置EQの動作については、図16を用いて後述する。

40

【0127】

図14に示した端末装置UEは、プロセッサ31と、メモリ32と、ネットワークインタフェース33と、音響処理部SPと、近距離無線通信インタフェース34とを含んでいる。図14に示したプロセッサ31と、メモリ32と、ネットワークインタフェース33と、音響処理部SPと、近距離無線通信インタフェース34とは、バスを介して互いに接続されている。端末装置UEは、ネットワークインタフェース33を介してネットワーク

50

NWに接続されており、サーバ装置SV及び音響処理装置10のそれぞれとネットワークNWを介したデータの授受が可能である。また、端末装置UEは、近距離無線通信インタフェース34を介して、人物Q1'の頭部に装着された位置検出装置HMDに接続されている。また、音響処理部SPは、人物Q1'の両耳のそれぞれに装着されたイヤホンEPL, EPRのそれぞれに接続されている。音響処理部SPで生成された音響信号は、イヤホンEPL, EPRにより音響として出力され、イヤホンEPL, EPRにより出力された音響は人物Q1'によって聴取される。なお、図14に示した人物Q1'は、計測装置EQによって個別頭部インパルス応答の計測が行われた人物Q1と同一の人物を示している。また、位置検出装置HMDのハードウェア構成については、図15を用いて後述する。

10

【0128】

図14に示した端末装置UEにおいて、プロセッサ31と、メモリ32と、ネットワークインタフェース33と、音響処理部SPと、近距離無線通信インタフェース34とは、音響AR装置ARCに含まれる。

【0129】

図14に示したメモリ32は、端末装置UEのオペレーティングシステムとともに、プロセッサ31が、人物Q1'に対して音像定位技術を用いたサービスを提供するための音響AR処理を実行するためのアプリケーションプログラムを格納している。なお、音響AR処理を実行するためのアプリケーションプログラムは、例えば、メモリカードなどの記憶媒体に記録して頒布することもできるし、ネットワークNWを介して配信することもできる。例えば、音響AR処理のためのアプリケーションプログラムは、ネットワークインタフェース34を介して、サーバ装置SVからダウンロードされてもよい。ダウンロードされたアプリケーションプログラムは、メモリ32に格納されることで、プロセッサ31による実行が可能になる。

20

【0130】

そして、プロセッサ31は、メモリ32に格納された音響AR処理のためのアプリケーションプログラムを実行することにより、図12に示した選択部132及び方位特定部RDの機能を果たす。

【0131】

図15は、図14に示した位置検出装置HMDのハードウェア構成例を示す。なお、図15に示す要素のうち、図12に示した要素と同等のものは、同一の符号で示すとともに構成要素の説明を省略する場合がある。

30

【0132】

図15に示した位置検出装置HMDは、プロセッサ41と、近距離無線通信インタフェース42と、赤外線センサ43と、ジャイロセンサ44と、加速度センサ45とを含んでいる。図15に示した位置検出装置HMDにおいて、プロセッサ41は、近距離無線送受信部42、赤外線センサ43、ジャイロセンサ44及び加速度センサ45のそれぞれと接続されている。位置検出装置HMDは、近距離無線通信インタフェース42を介して端末装置UEに接続されている。また、赤外線センサ43は、図13に示した標識Anc1, Anc2から放出された赤外線で示される識別情報を受信する機能を有している。

40

【0133】

プロセッサ41に内蔵されたメモリは、ジャイロセンサ44及び加速度センサ45のそれぞれで得られた計測結果に基づいて、人物Q1'の頭部の位置及び頭部の正面の向きDir(図13)を検出する位置検出処理のためのプログラムを格納している。また、プロセッサ41は、内蔵のメモリに格納された位置検出処理のためのプログラムを実行することで、人物Q1'の頭部の位置及び向きを検出し、検出した位置及び向きを近距離無線通信インタフェース42により端末装置UEに送信する。なお、位置検出装置HMDの動作については、図17を用いて後述する。

【0134】

図16は、図14に示した計測装置EQの動作を示す。図16に示したステップS32

50

1 ~ ステップ S 3 2 6 の各処理は、図 1 4 に示したメモリ 2 2 に格納された計測処理のためのアプリケーションプログラムに含まれる処理の一例である。また、これらのステップ S 3 2 1 ~ ステップ S 3 2 6 の各処理は、図 1 4 に示したコンピュータ装置 2 0 のプロセッサ 2 1 によって実行される。

【 0 1 3 5 】

図 1 6 の例は、図 2 において計測範囲 R を示す扇形の内角を n (n は 2 以上の整数) 個に分割し、分割された計測範囲のそれぞれの内側に設定された複数の第 1 方向について、順次に個別頭部インパルス応答を計測する手法の例を示す。この場合に、図 1 4 に示した複数のスピーカ S P K のそれぞれは、例えば、人物 Q 1 が着席した回転可能なイスの回転中心を中心とする中心角 $2\pi/n$ の扇形の弧を m (m は 2 以上の整数) 等分する位置に設置される。なお、図 1 4 の例では、人物 Q 1 が着席しているイスおよびプロセッサ 2 1 によりイスを回転させるための機構の図示は省略されている。

10

【 0 1 3 6 】

そして、プロセッサ 2 1 は、人物 Q 1 が着席したイスを回転させることで、スピーカ S P K が配置された弧と分割された計測範囲の一つである選択範囲に対応する扇形の弧とを一致させた状態で、以降に述べる処理を開始する。この場合に、 m 個のスピーカ S P K のそれぞれとイスの回転中心とを結ぶ線分の方法は、選択範囲の内側に設定された m 個の第 1 方向のそれぞれを示す。

【 0 1 3 7 】

図 1 6 に示したステップ S 3 2 1 において、プロセッサ 2 1 は、音響信号生成部 2 6 に対して T S P 信号の生成を指示することで、複数のスピーカ S P K のそれぞれに順次に T S P 信号に対応する音響を出力させる。音響信号生成部 2 6 によって生成された T S P 信号は、例えば、オーディオインタフェース 2 5 を介して複数のスピーカ S P K のそれぞれに順次に渡される。そして、オーディオインタフェース 2 5 から T S P 信号を受けたスピーカ S P K は、T S P 信号に対応する音響を出力する。

20

【 0 1 3 8 】

ステップ S 3 2 2 において、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 1 の処理で出力された音響が人物 Q 1 の頭部に到達した際にマイクロホン M C L , M C R で生成された音響信号を受け、受けた音響信号をメモリ 2 2 またはハードディスク装置 2 3 に保持する。マイクロホン M C L , M C R のそれぞれで得られた音響信号は、オーディオインタフェース 2 5 を介してプロセッサ 2 1 に渡される。プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 1 において、T S P 信号の生成を指示した時刻から所定の時間が経過するまでの期間にオーディオインタフェース 2 5 を介してマイクロホン M C L , M C R のそれぞれから受けた音響信号をメモリ 2 2 などに保持させる。ここで、プロセッサ 2 1 は、マイクロホン M C L , M C R から受けた音響信号を、選択範囲の内側に設定された複数の第 1 方向のうち、音響を出力したスピーカ S P K に対応する第 1 方向からの音響としてメモリ 2 2 などに記憶させる。

30

【 0 1 3 9 】

ステップ S 3 2 3 において、プロセッサ 2 1 は、選択範囲の内側に設定された全ての第 1 方向から受けた音響を示す音響信号を保持したか否かに基づいて、選択範囲の計測が完了したか否かを判定する。

40

【 0 1 4 0 】

選択範囲の内側に設定された複数の第 1 方向の中に、まだ、音響信号を保持していない第 1 方向がある場合に、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 3 の否定判定ルート (N O) に従ってステップ S 3 2 1 の処理に戻る。この場合に、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 1 において、新たな第 1 方向に対応するスピーカ S P K に T S P 信号に対応する音響を出力させる。

【 0 1 4 1 】

ステップ S 3 2 1 ~ ステップ S 3 2 3 の処理を繰り返すことにより、選択範囲の内側に設定された全ての第 1 方向についての音響の出力が完了した場合に (ステップ S 3 2 3 の肯定判定 (Y E S)) 、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 4 の処理に進む。

50

【 0 1 4 2 】

ステップ S 3 2 4 において、プロセッサ 2 1 は、分割された計測範囲の全てについての計測が終了したか否か、即ち、図 2 に示した計測範囲 R についての計測が完了したか否かを判定する。

【 0 1 4 3 】

分割された計測範囲のいずれかについての計測がまだ終了していない場合に（ステップ S 3 2 4 の否定判定（NO））、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 5 の処理に進む。

【 0 1 4 4 】

ステップ S 3 2 5 において、プロセッサ 2 1 は、n 個の分割された計測範囲のうち、まだ計測が完了していない分割された計測範囲を選択範囲とし、選択範囲についての計測を行うための位置決め処理を行う。プロセッサ 2 1 は、例えば、人物 Q 1 が着席しているイスを回転させることで、人物 Q 1 の頭部と複数のスピーカ S P K との相対位置を変更し、計測が完了した選択範囲に隣接する範囲を新たな選択範囲とする。ここで、プロセッサ 2 1 は、分割された計測範囲の一つについての計測が完了する毎にプロセッサ 2 1 がイスを回転させる角度は、例えば、図 2 に示した角度 2 を n 等分した角度で示される。

【 0 1 4 5 】

一方、分割された計測範囲の全てについての計測が終了したと判定された場合に（ステップ S 3 2 4 の肯定判定（YES））、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 6 の処理に進む。

【 0 1 4 6 】

ステップ S 3 2 6 において、プロセッサ 2 1 は、第 1 方向のそれぞれに対応してメモリ 2 2 などに記憶させた音響信号に基づいて、人物 Q 1 の両耳のそれぞれについての個別頭部インパルス応答を求める。また、プロセッサ 2 1 は、第 1 方向のそれぞれに求めた個別頭部インパルス応答を示す情報を、メモリ 2 2 あるいはハードディスク装置 2 3 に格納する。メモリ 2 2 あるいはハードディスク装置 2 3 に格納された個別頭部インパルス応答を示す情報は、図 6 に示した音響処理のためのアプリケーションプログラムを実行する際に用いられる。

【 0 1 4 7 】

なお、第 1 方向のそれぞれの個別頭部インパルス応答を求める手法は、図 1 6 に示したステップ S 3 2 6 において一括して求める手法に限られない。例えば、プロセッサ 2 1 は、ステップ S 3 2 2 の処理で第 1 方向のそれぞれに対応する音響信号を取得する毎に、取得した音響信号から当該第 1 方向についての個別頭部インパルス応答を求めてもよい。

【 0 1 4 8 】

以上に説明した計測処理が完了した後に、プロセッサ 2 1 は、図 6 に示した音響処理のためのアプリケーションプログラムを実行する。音響処理のためのアプリケーションプログラムを実行する過程で、プロセッサ 2 1 は、例えば、図 7 ~ 図 9 を用いて説明したようにして、各第 1 方向についての計測処理で得られた個別頭部インパルス応答から、各第 2 方向についての遅延時間を予測する。そして、プロセッサ 2 1 は、予測された遅延時間を用いて、メモリ 2 2 またはハードディスク装置 2 3 に各第 2 方向に対応して保持された共通頭部インパルス応答の遅延時間を補正する。その後、プロセッサ 2 1 は、計測処理により各第 1 方向について得られた個別頭部インパルス応答を示す情報及び各第 2 方向について得られた補正後の共通頭部インパルス応答を示す情報を、ネットワーク NW を介して端末装置 UE に渡し、メモリ 3 2 に格納させる。以上に説明したようにして、音響処理のためのアプリケーションプログラムを実行する過程で、端末装置 UE のメモリ 3 2 に格納された情報は、端末装置 UE のプロセッサ 3 1 により、音響 A R 処理のためのアプリケーションプログラムが実行される際に用いられる。

【 0 1 4 9 】

図 1 7 は、図 1 4 に示した音響 A R 装置 A R C の動作を示す。図 1 7 に示したステップ S 3 3 1 ~ ステップ S 3 3 7 の各処理は、音響 A R 処理のためのアプリケーションプログラムに含まれる処理の一例である。また、これらのステップ S 3 3 1 ~ ステップ S 3 3 5

10

20

30

40

50

の各処理は、端末装置UEのプロセッサ31により、例えば、人物Q1'が図13に示した展示会場HLに入った後、数ミリ秒から数10ミリ秒程度に設定される所定の時間が経過する毎に実行される。

【0150】

ステップS331において、プロセッサ31は、位置検出装置HMDによって検出された人物Q1'の頭部の位置及び向きを示す情報と、図13に示した展示物Exh1, Exh2のうち人物Q1'に最寄りの一つを示す情報とを収集する。例えば、プロセッサ31は、近距離無線通信インタフェース35を介して、位置検出装置HMDに対して、ジャイロセンサ44と加速度センサ45と赤外線センサ43とのそれぞれで得られた計測結果の送信を要求する。プロセッサ31からの要求は、図15に示した近距離無線通信インタフェース42を介して、位置検出装置HMDのプロセッサ41に渡される。プロセッサ41は、プロセッサ31から渡された要求に基づいて、ジャイロセンサ44から角速度の計測結果を受けるとともに、加速度センサ45から加速度の計測結果を受ける。また、プロセッサ41は、図13に示した標識Anc1, Anc2のいずれかから赤外線センサ43に到達した赤外線を示される識別情報を受ける。そして、プロセッサ41は、角速度及び加速度の計測結果を示す情報とともに赤外線センサ43で得られた識別情報を、近距離無線通信インタフェース42を介して端末装置UEに送信する。位置検出装置HMDのプロセッサ41によって送信された情報は、端末装置UEの近距離無線通信インタフェース35を介してプロセッサ31に渡される。そして、プロセッサ31は、受けた情報に含まれる加速度及び角速度に基づいて、人物Q1'の頭部の位置及び向きを算出する。また、プロセッサ31は、受けた情報に含まれる識別情報を、展示物Exh1, Exh2のうち人物Q1'に最寄りの一つを示す情報として用いる。なお、人物Q1'の頭部の位置及び向きを算出する処理は、位置検出装置HMDのプロセッサ41によって実行されてもよい。

【0151】

ステップS332において、プロセッサ31は、ステップS331の処理で受けた識別情報が、以前に図17に示した処理を実行した際に受けた識別情報から変化しているか否かを判定する。

【0152】

図17に示した処理を初めて実行した場合またはステップS331の処理で以前とは異なる識別情報を受けた場合に、プロセッサ21は、ステップS332の肯定判定(YES)として、ステップS333の処理に進む。一方、ステップS331の処理で受けた識別情報と以前に受けた識別情報とが同一である場合に(ステップS332の否定判定(NO))、プロセッサ31は、ステップS333の処理を行わずに、ステップS334の処理に進む。

【0153】

ステップS333において、プロセッサ31は、ステップS331の処理で受けた新たな識別情報に基づき、図14に示したサーバ装置SVに対する問い合わせを行うことで、識別情報で示される展示物の位置を音声による案内を提供する対象の位置として取得する。

【0154】

ステップS334において、プロセッサ31は、案内の対象となる展示物の位置と、人物Q1'の頭部の位置及び向きとに基づいて、人物Q1'の頭部の向きを基準として、案内の対象となる展示物の方向を算出する。例えば、展示物Exh1の位置を示す情報及び人物Q1の頭部の位置および向きを示す情報に基づいて、プロセッサ31は、図13に示した人物Q1の頭部の向きDirと人物Q1の頭部と展示物Exh1とを結ぶ線分とが交差する角度を算出する。そして、プロセッサ31は、算出した角度を示す情報を、定位させる音像の方向を人物Q1'の頭部の正面の向きDirを基準として示す情報として、図14に示した音声処理部SPに渡す。

【0155】

ステップS335において、プロセッサ31は、サーバ装置SVから、案内の対象とな

10

20

30

40

50

る展示物に対応して音声データベースDB1に蓄積された音声情報の一部を受け。例えば、プロセッサ31は、図17に示した処理を実行する毎に、時間間隔と同等の時間で再生される量毎に分割された音声情報を順次に受け、受けた音声情報を音声処理部SPに渡す。

【0156】

ステップS336において、プロセッサ31は、ステップS334の処理で受けた情報で示される方向に対応する耳毎の頭部インパルス応答とステップS335の処理で受けた音声情報から耳毎に生成した音響信号との畳み込み処理を音声処理部SPに実行させる。例えば、ステップS334の処理で算出された角度が第1方向のいずれかを示す場合に、音声処理部SPは、角度で示される第1方向に対応してメモリ32に保持された各耳の個別頭部インパルス応答と音響信号との畳み込み処理を実行する。一方、ステップS334の処理で算出された角度が第2方向のいずれかを示す場合に、音声処理部SPは、角度で示される第2方向に対応してメモリ32に保持された補正後の共通頭部インパルス応答と音響信号との畳み込み処理を実行する。

10

【0157】

ステップS337において、プロセッサ31は、ステップS336の処理で人物Q1の両耳のそれぞれについて生成された音響信号を、音響処理部SPからイヤホンEPL、EPRを介して出力させ、人物Q1に聴取させる。

【0158】

以上に説明したように、図14に示した端末装置UEのプロセッサ31により、所定の時間毎にステップS331～ステップS337の処理を実行することで、図12に示した音響AR装置ARCを実現することができる。すなわち、図14に示した音響AR装置ARCは、音響処理装置10によって端末装置UEのメモリ32に各方向に対応して格納された個別頭部インパルス応答あるいは補正後の共通頭部インパルス応答を用いて音響定位処理を行うことができる。

20

【0159】

これにより、音響AR装置ARCは、例えば、図13に示した展示会場HL内を移動する人物Q1の頭部の向きDirを基準とした展示物Exh1の方向からの音響として、展示物Exh1に対応する音声情報から生成した音響を人物Q1に聴取させることができる。すなわち、図14に示した音響AR装置ARCは、展示会場HL内を移動する人物Q1に対する音響定位技術を用いたサービスとして、展示物Exh1、Exh2などを説明する音声による情報を提供する案内サービスを実現することができる。

30

【0160】

以上の詳細な説明により、実施形態の特徴点及び利点は明らかになるであろう。これは、特許請求の範囲が、その精神および権利範囲を逸脱しない範囲で、前述のような実施形態の特徴点および利点にまで及ぶことを意図するものである。また、当該技術分野において通常の知識を有する者であれば、あらゆる改良および変更を容易に想到できるはずである。したがって、発明性を有する実施形態の範囲を前述したものに限定する意図はなく、実施形態に開示された範囲に含まれる適当な改良物および均等物に拠ることも可能である。

40

【0161】

以上の説明に関して、更に、以下の各項を開示する。

(付記1) 頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、前記所定の範囲の外側の第2方向から前記頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測する予測部と、

前記第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、前記予測部で予測された遅延時間に合わせて補正する補正部と、

を備えたことを特徴とする音響処理装置。

(付記2) 付記1に記載の音響処理装置において、

前記補正部で遅延時間が補正された基準のインパルス応答を用いて、前記第2方向に前

50

記音像を定位させる音響を生成する生成部と、
を備えたことを特徴とする音響処理装置。

(付記3) 付記1または付記2に記載の音響処理装置において、
前記予測部は、

前記頭部とインパルス応答の計測の際に前記第1方向に設置された音源との位置関係として、前記音源から到達する音響の遅延時間が、計測されたインパルス応答の遅延時間となる位置関係を特定する特定部と、

前記特定部によって特定された位置関係に基づいて、前記第2方向から前記頭部に音響が到達する場合に予測される遅延時間を算出する算出部とを有することを特徴とする音響処理装置。

10

(付記4) 付記3に記載の音響処理装置において、
前記特定部は、

前記位置関係の特定に、前記複数の第1方向のうち前記所定の範囲の境界に近い第1方向から前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答の遅延時間に対する重みを、前記境界から離れた第1方向から前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答の遅延時間に対する重みよりも大きくした重み付けを用いる

ことを特徴とする音響処理装置。

(付記5) 付記3に記載の音響処理装置において、
前記特定部は、

前記境界に近い第1方向を含む複数の第1方向についての計測で得られた前記インパルス応答の遅延時間のそれぞれに、前記境界に近いほど大きい重みを設定した回帰分析を行うことで、前記位置関係を特定する

ことを特徴とする音響処理装置。

20

(付記6) 頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、前記所定の範囲の外側の第2方向から前記頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測し、

前記第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、前記予測部で予測された遅延時間に合わせて補正する、

ことを特徴とする音響処理方法。

(付記7) 頭部の前方方向の所定の範囲内の複数の第1方向のそれぞれから前記頭部に音響が到達する際に計測されたインパルス応答に基づいて、前記所定の範囲の外側の第2方向から前記頭部に音響が到達する際のインパルス応答の遅延時間を予測し、

前記第2方向からの音響に対して予めモデル化された基準のインパルス応答の遅延時間を、前記予測部で予測された遅延時間に合わせて補正する、

処理をコンピュータに実行させることを特徴とする音響処理プログラム。

30

【符号の説明】

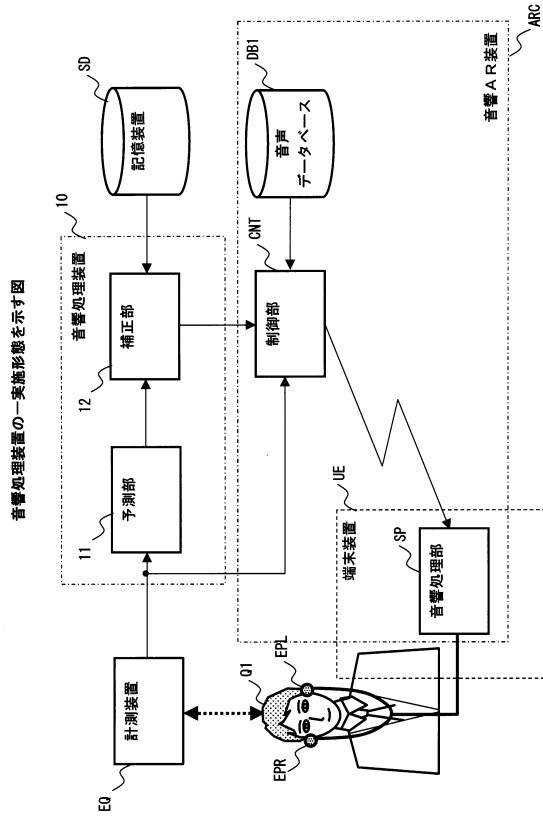
【0162】

10...音響処理装置；11...予測部11...補正部；13...生成部；111, 111a...特定部；112...算出部；131...設定部；132...選択部；20...コンピュータ装置；21, 31, 41...プロセッサ；22, 32...メモリ；23...ハードディスク装置；24, 33...ネットワークインタフェース；25...オーディオインタフェース；26...音響信号生成部；35, 42...近距離無線通信インタフェース；43...赤外線センサ；44...ジャイロセンサ；45...加速度センサ；EQ...計測装置；SD...記憶装置；ARC...音響AR (Augmented Reality: 拡張現実)装置；MEM...記憶部；CNT...制御部；DB1...音声データベース；DB2...展示データベース；UE...端末装置；SP...音響処理部；SV...サーバ装置；DRD...方位特定部；MCL, MCR...マイクロホン；EPL, EPR...イヤホン；HMD...位置検出装置；NW...ネットワーク；Q1...人物；Exh1, Exh2...展示物；Anc1, Anc2...標識；SPK...スピーカ

40

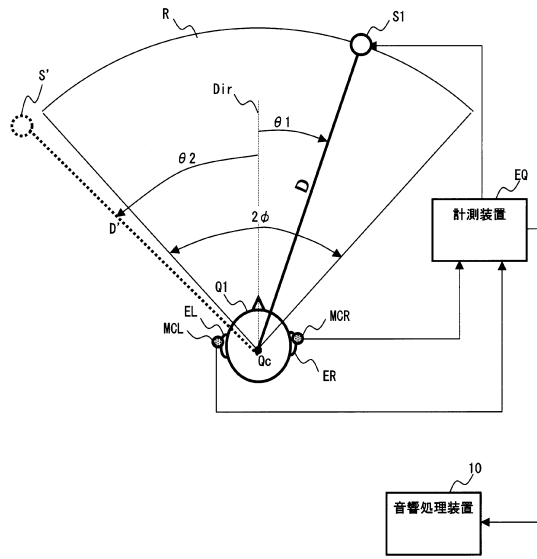
50

【図1】



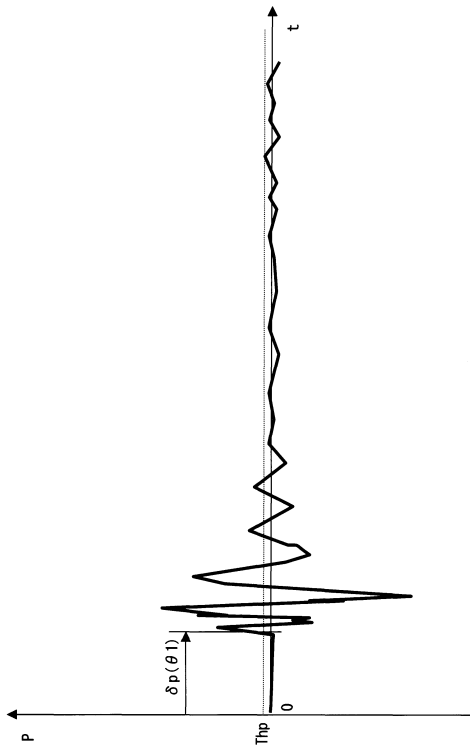
【図2】

図1に示した計測装置により個別頭部インパルス応答を計測する範囲の例を示す図



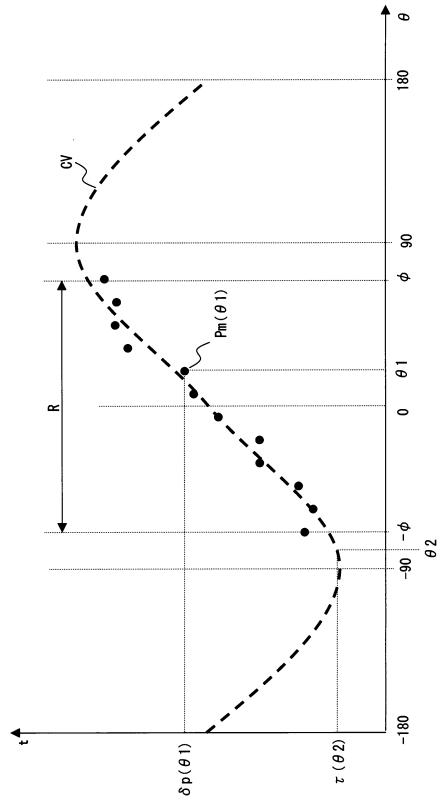
【図3】

個別頭部インパルス応答の例を示す図



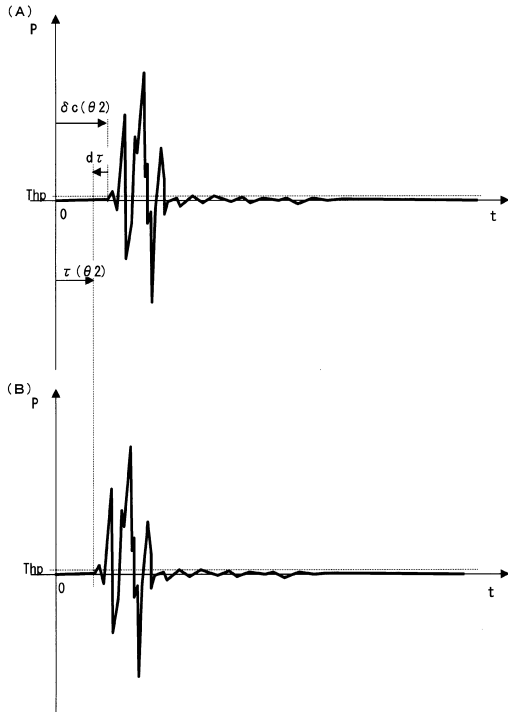
【図4】

遅延時間と音源の方向との関係の例を示す図



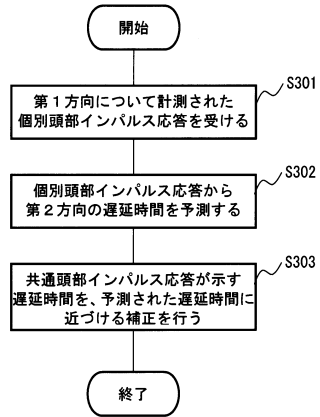
【図5】

共通頭部インパルス応答の遅延時間の補正例を示す図



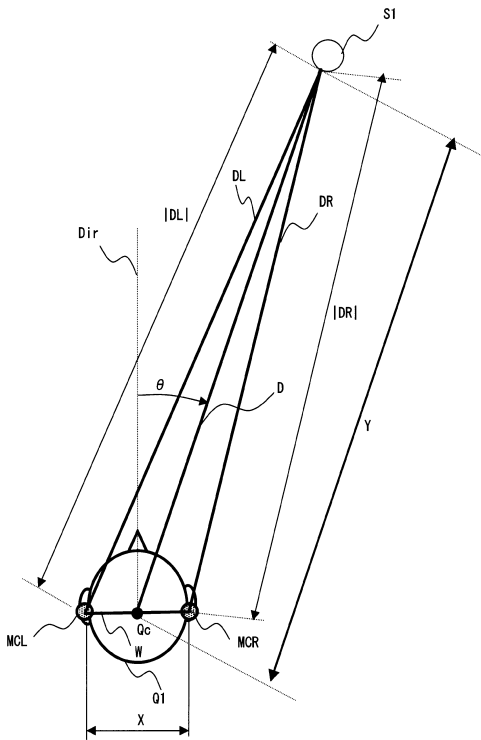
【図6】

図1に示した音響処理装置の動作を示す図



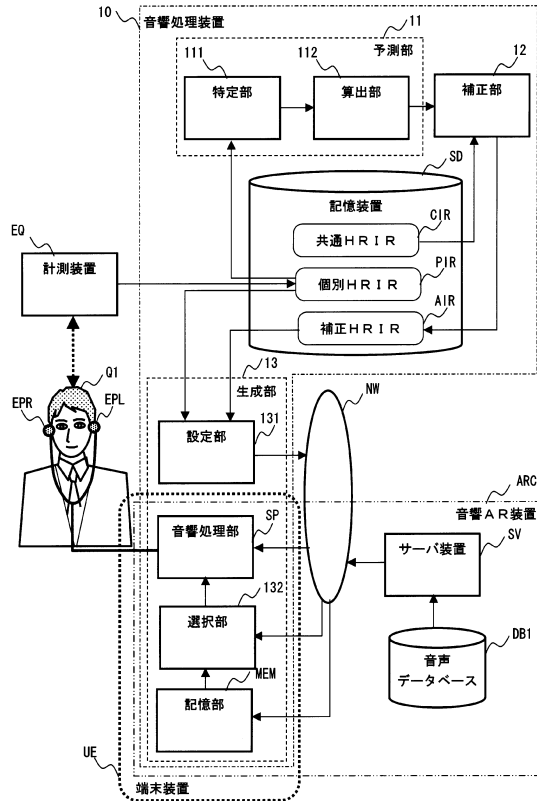
【図7】

図2に示したマイクロホンとスピーカとの位置関係の例を示す図



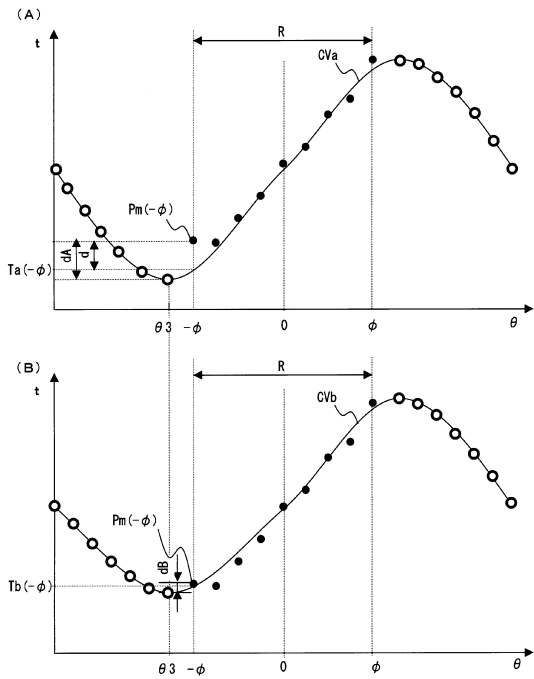
【図8】

音響処理装置の別実施形態を示す図



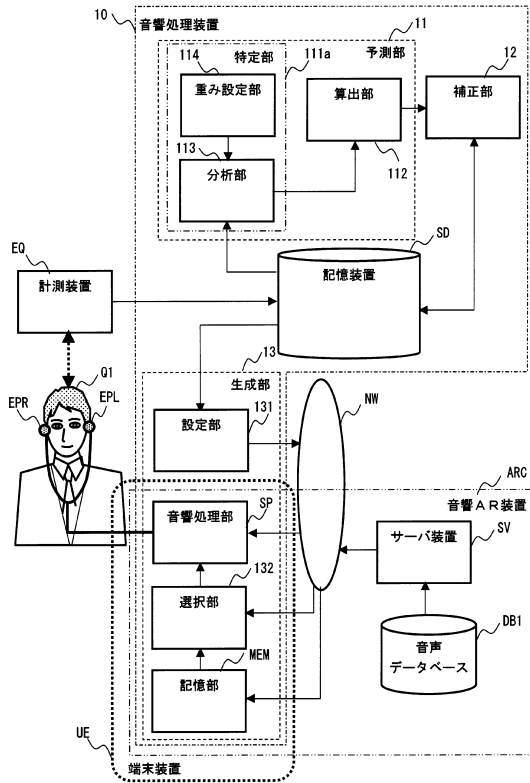
【図9】

図8に示した算出部によって算出される遅延時間の例を示す図



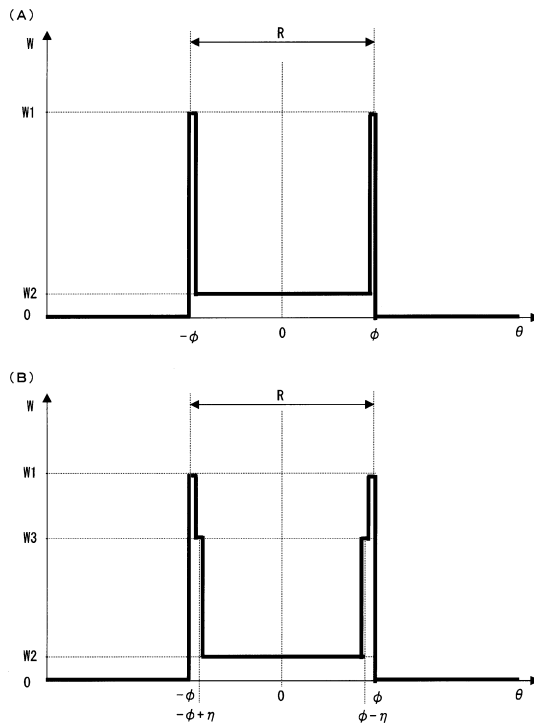
【図10】

音響処理装置の別実施形態を示す図



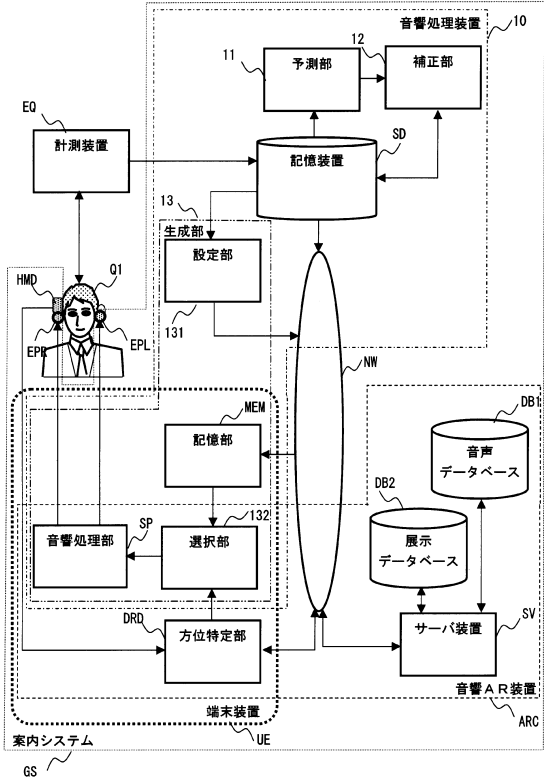
【図11】

図10に示した重み設定部により設定される重みの例を示す図



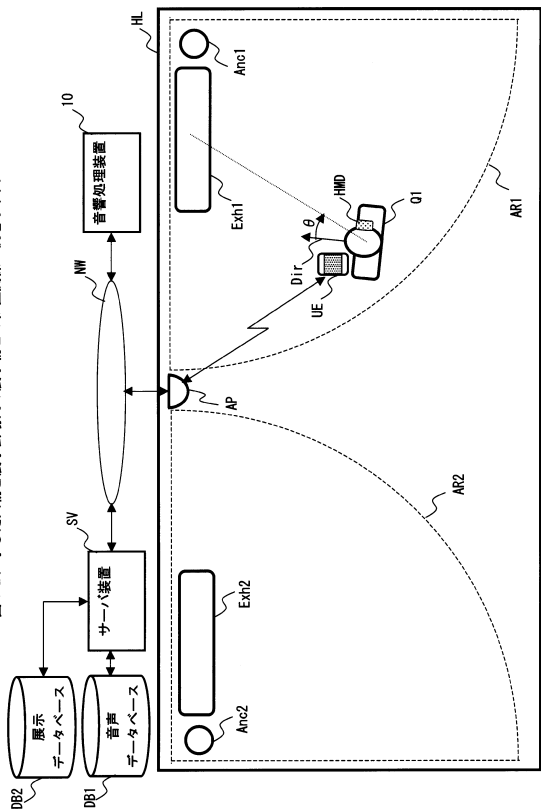
【図12】

音響処理装置の別実施形態を示す図



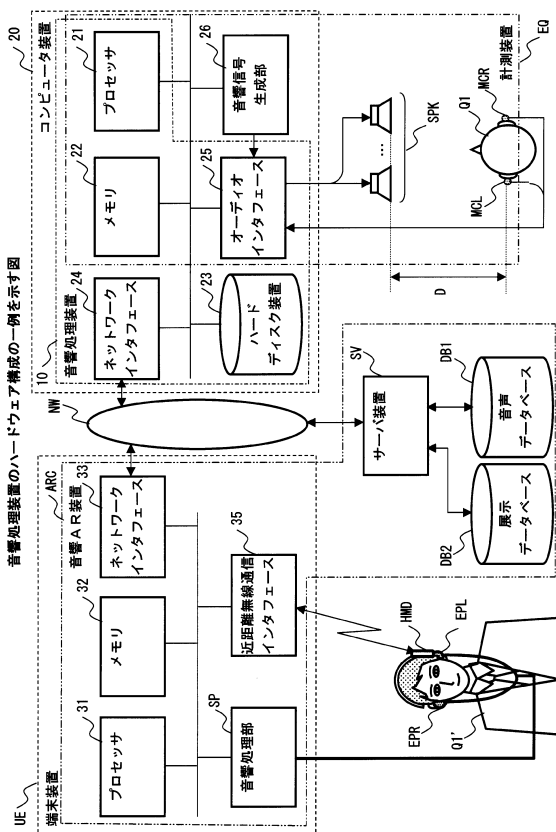
【図 13】

図 12 に示した人物と展示会場内の展示物との位置関係の例を示す図



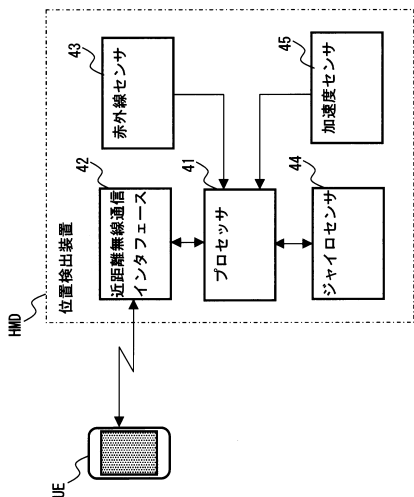
【図 14】

音響処理装置のハードウェア構成の一例を示す図



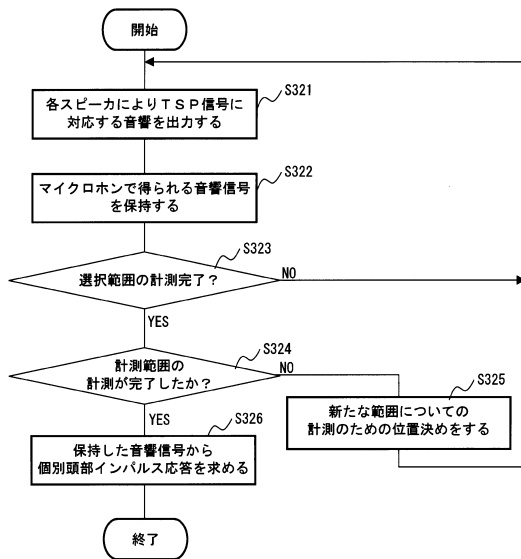
【図 15】

図 14 に示した位置検出装置のハードウェア構成例を示す図



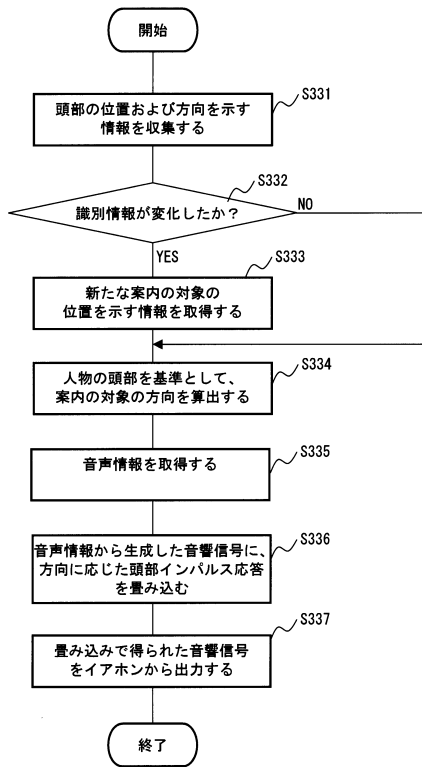
【図 16】

図 14 に示した計測装置の動作を示す図



【図 17】

図 14 に示した音響 AR 装置の動作を示す図



フロントページの続き

(72)発明者 岡林 桂樹

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 菊池 充

(56)参考文献 特開2008-211834(JP,A)

特表2008-512015(JP,A)

特開2001-016697(JP,A)

特開2006-086756(JP,A)

特開平10-075218(JP,A)

米国特許出願公開第2008/0219454(US,A1)

米国特許出願公開第2006/0045294(US,A1)

米国特許第06795556(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04S 1/00 - 7/00