

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5540581号
(P5540581)

(45) 発行日 平成26年7月2日 (2014.7.2)

(24) 登録日 平成26年5月16日 (2014.5.16)

(51) Int.Cl.

F I

HO4S 5/02 (2006.01)

HO4R 5/027 (2006.01)

HO4S 5/02 D

HO4R 5/027 A

請求項の数 9 (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2009-148738 (P2009-148738)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成21年6月23日 (2009.6.23)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2011-9842 (P2011-9842A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成23年1月13日 (2011.1.13)	(74) 代理人	100082740
審査請求日	平成24年3月7日 (2012.3.7)		弁理士 田辺 恵基
		(72) 発明者	福井 隆郎
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
			式会社内
		(72) 発明者	西尾 文孝
			東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
			式会社内
		審査官	菊池 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音声信号処理装置および音声信号処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2チャンネル以上の複数チャンネルの音声信号から、リスナの両耳の近傍の位置に設置される2個の電気音響変換手段により音響再生する2チャンネルの音声信号を生成して出力する音声信号処理装置であって、

前記2個の電気音響変換手段で音響再生したときに、前記2チャンネル以上の複数チャンネルの各チャンネルについて想定される仮想音像定位位置に音像が定位するように聴取されるようにするための頭部伝達関数を、前記複数チャンネルの各チャンネルの音声信号に畳み込む頭部伝達関数畳み込み処理部と、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部からの複数チャンネルの音声信号から、前記2個の電気音響変換手段に供給するための2チャンネルの音声信号を生成する2チャンネル信号生成手段と、

を備え、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部では、前記複数チャンネルのうちの、少なくとも、左および右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数は畳み込まない一方、前記仮想音像定位位置からリスナの両耳への反射波に関する頭部伝達関数は畳み込む音声信号処理装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の音声信号処理装置において、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部は、前記複数チャンネルのうちの、左および右チャン

10

20

ネルを除くそれぞれのチャンネルについては、

前記仮想音像定位位置に音源を設置し、前記電気音響変換手段の位置に收音手段を設置して測定した、前記音源から前記收音手段への直接波の方向についての直接波方向頭部伝達関数と、前記音源から前記收音手段への、選択された 1 または複数の反射波の方向についての反射波方向頭部伝達関数とが、記憶される記憶部と、

前記直接波方向頭部伝達関数と、前記選択された 1 または複数の反射波の方向についての反射波方向頭部伝達関数とを、前記記憶部から読み出して、前記音声信号に畳み込む畳み込み手段と、

を備え、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部は、前記複数チャンネルのうちの、左および右チャンネルについては、

10

前記仮想音像定位位置に音源を設置し、前記電気音響変換手段の位置に收音手段を設置して測定した、前記音源から前記收音手段への、選択された 1 または複数の反射波の方向についての反射波方向頭部伝達関数が、記憶される記憶部と、

前記選択された 1 または複数の反射波の方向についての反射波方向頭部伝達関数を、前記記憶部から読み出して、前記音声信号に畳み込む畳み込み手段と、

を備える

音声信号処理装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の音声信号処理装置において、

20

前記記憶部に記憶される前記直接波方向頭部伝達関数と前記反射波方向頭部伝達関数とは、前記左および右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数で正規化されている

音声信号処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の音声信号処理装置において、

前記 2 チャンネル信号生成手段の後段に、前記左および右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数の逆関数を畳み込むことにより、前記左および右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数は、畳み込まないようにする手段を設ける

30

音声信号処理装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の音声信号処理装置において、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部は、前記複数チャンネルのそれぞれについて、

前記仮想音像定位位置に音源を設置し、前記電気音響変換手段の位置に收音手段を設置して測定した、前記音源から前記收音手段への直接波の方向についての直接波方向頭部伝達関数と、前記音源から前記收音手段への、選択された 1 または複数の反射波の方向についての反射波方向頭部伝達関数とが、記憶される記憶部と、

前記直接波方向頭部伝達関数と、前記選択された 1 または複数の反射波の方向についての反射波方向頭部伝達関数とを、前記記憶部から読み出して、前記音声信号に畳み込む畳み込み手段と、

40

を備える音声信号処理装置。

【請求項 6】

請求項 2、請求項 3 または請求項 5 に記載の音声信号処理装置において、

前記畳み込み手段では、

前記音声信号の時系列信号に対して、前記直接波および前記反射波の前記仮想音像定位位置から前記電気音響変換手段の位置までの音波の行路長に応じて定められた、前記直接波方向頭部伝達関数の畳み込み処理を開始する開始時点、および前記 1 または複数の反射波方向頭部伝達関数のそれぞれの畳み込み処理を開始する開始時点のそれぞれから、対応する前記直接波方向頭部伝達関数および前記反射波方向頭部伝達関数の畳み込みを実行す

50

る

音声信号処理装置。

【請求項 7】

請求項 2、請求項 3 または請求項 5 に記載の音声信号処理装置において、

前記畳み込み手段では、

前記反射波方向頭部伝達関数は、想定される反射部における音波の減衰率に応じてゲイン調整されて前記畳み込みが実行される

音声信号処理装置。

【請求項 8】

請求項 2、請求項 3 または請求項 5 のいずれかに記載の音声信号処理装置において、

前記直接波方向頭部伝達関数および前記反射波方向頭部伝達関数は、

前記電気音響変換手段が設置されると想定されるリスナの耳の近傍の位置に、音響電気変換手段を設置し、前記リスナの位置にダミーヘッドまたは人間が存在する状態で、想定される音源位置で発せられた音波を前記音響電気変換手段でピックアップして測定した頭部伝達関数を、前記ダミーヘッドまたは前記人間が存在しない素の状態で、前記想定される音源位置で発せられた音波を前記音響電気変換手段でピックアップして測定した素の状態の伝達特性により正規化した正規化頭部伝達関数である

音声信号処理装置。

【請求項 9】

2 チャンネル以上の複数チャンネルの音声信号から、リスナの両耳の近傍の位置に設置される 2 個の電気音響変換手段により音響再生する 2 チャンネルの音声信号を生成して出力する音声信号処理装置における音声信号処理方法であって、

頭部伝達関数畳み込み処理部が、前記 2 個の電気音響変換手段で音響再生したときに、前記 2 チャンネル以上の複数チャンネルの各チャンネルについて想定される仮想音像定位位置に音像が定位するように聴取されるようにするための頭部伝達関数を、前記複数チャンネルの各チャンネルの音声信号に畳み込む頭部伝達関数畳み込み処理工程と、

2 チャンネル信号生成手段が、前記頭部伝達関数畳み込み処理工程での処理結果の複数チャンネルの音声信号から、前記 2 個の電気音響変換手段に供給するための 2 チャンネルの音声信号を生成する 2 チャンネル信号生成工程と、

を有し、

前記頭部伝達関数畳み込み処理工程では、前記複数チャンネルのうちの、少なくとも、左および右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数は畳み込まない一方、前記仮想音像定位位置からリスナの両耳への反射波に関する頭部伝達関数は畳み込むようにする

音声信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、多チャンネルサラウンド方式などの 2 チャンネル以上の音声信号を、リスナの両耳近傍に配置される 2 チャンネル用の電気音響再生手段により音響再生させるようにするための音声信号処理を行う音声信号処理装置および音声信号処理方法に関する。特に、リスナの耳の近傍に配置される、例えばヘッドホンの音響再生用ドライバーなどの電気音響変換手段により音響再生したときに、リスナの前方位置など、予め想定された位置に音源が仮想的に存在するように聴取できるようにする発明に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、リスナがヘッドホンを頭部に装着して、両耳で音響再生信号を聴取する場合において、ヘッドホンで再生する音声信号が、リスナの前方左右に設置されるスピーカに供給される通常の音声信号である場合が多々ある。このような場合、ヘッドホンで再生される音像がリスナの頭の中にこもる、いわゆる頭内定位の現象が生じることが知られている

10

20

30

40

50

。

【 0 0 0 3 】

この頭内定位の現象の問題を解決したものとして、例えば特許文献 1 (W O 9 5 / 1 3 6 9 0 号公報) や特許文献 2 (特開平 0 3 - 2 1 4 8 9 7 号公報) には、仮想音像定位と呼ばれる技術が開示されている。

【 0 0 0 4 】

この仮想音像定位は、ヘッドホンなどで再生したときに、あたかもリスナの前方の左右位置など、予め想定された位置に音源、例えばスピーカが存在するように再生される (仮想的に当該位置に音像を定位させる) ようにするもので、次のようにして実現される。

【 0 0 0 5 】

図 2 9 は、左右 2 チャンネルステレオ信号を、例えば 2 チャンネルステレオ用ヘッドホンで再生する場合における仮想音像定位の手法を説明するための図である。

【 0 0 0 6 】

図 2 9 に示すように、例えば 2 チャンネルステレオ用ヘッドホンなどの 2 個の音響再生用ドライバーが設置されると想定されるリスナの両耳の近傍の位置 (測定点位置) に、マイクロホン M L および M R を設置する。また、仮想音像定位させたい位置にスピーカ S P L および S P R を配置する。ここで、音響再生用ドライバーおよびスピーカは、電気音響変換手段の例であり、マイクロホンは、音響電気変換手段の例である。

【 0 0 0 7 】

そして、ダミーヘッド 1 (または人間つまりリスナ自体でもよい) が存在する状態で、まず、一方のチャンネル、例えば左チャンネルのスピーカ S P L で、例えばインパルスを音響再生する。そして、その音響再生により発せられたインパルスを前記マイクロホン M L および M R のそれぞれでピックアップして、左チャンネル用の頭部伝達関数を測定する。この例の場合、頭部伝達関数は、インパルスレスポンスとして測定する。

【 0 0 0 8 】

この場合、この左チャンネル用の頭部伝達関数としてのインパルスレスポンスには、図 2 9 に示すように、マイクロホン M L でピックアップした左チャンネル用のスピーカ S P L からの音波のインパルスレスポンス (以下、左主成分のインパルスレスポンスという) H L d と、マイクロホン M R でピックアップした左チャンネル用のスピーカ S P L からの音波のインパルスレスポンス (以下、左クロストーク成分のインパルスレスポンスという) H L c とを含む。

【 0 0 0 9 】

次に、右チャンネルのスピーカ S P R で同様にインパルスを音響再生し、その再生により発せられたインパルスを前記マイクロホン M L および M R のそれぞれでピックアップする。そして、右チャンネル用の頭部伝達関数、つまり、右チャンネル用のインパルスレスポンスを測定する。

【 0 0 1 0 】

この場合、右チャンネル用の頭部伝達関数としてのインパルスレスポンスには、マイクロホン M R でピックアップした右チャンネル用のスピーカ S P R からの音波のインパルスレスポンス (以下、右主成分のインパルスレスポンスという) H R d と、マイクロホン M L でピックアップした右チャンネル用のスピーカ S P R からの音波のインパルスレスポンス (以下、右クロストーク成分のインパルスレスポンスという) H R c とを含む。

【 0 0 1 1 】

そして、測定して得た、左チャンネル用の頭部伝達関数および右チャンネル用の頭部伝達関数のインパルスレスポンスを、ヘッドホンの左右チャンネル用の音響再生用ドライバーのそれぞれに供給する音声信号に、そのまま畳み込むようにする。すなわち、左チャンネルの音声信号に対して、測定して得た左チャンネル用の頭部伝達関数としての左主成分のインパルスレスポンスおよび左クロストーク成分のインパルスレスポンスを、そのまま畳み込む。また、右チャンネルの音声信号に対して、測定して得た右チャンネル用の頭部伝達関数としての右主成分のインパルスレスポンスおよび右クロストーク成分のインパルス

10

20

30

40

50

レスポンスを、そのまま畳み込む。

【 0 0 1 2 】

このようにすると、ヘッドホンの2個の音響再生用ドライバーなどで、リスナの耳の近傍で音響再生されているにもかかわらず、例えば左右2チャンネルステレオ音声の場合であれば、あたかもリスナの前方に設置された左右のスピーカで音響再生されているように音像定位（仮想音像定位）させることができる。

【 0 0 1 3 】

以上は、2チャンネルの場合であるが、3チャンネル以上の多チャンネルの場合には、同様にして、それぞれのチャンネルの仮想音像定位位置にスピーカを配置して、例えばインパルスを再生し、それぞれのチャンネル用の頭部伝達関数を測定する。そして、測定して得た頭部伝達関数のインパルスレスポンスを、ヘッドホンの左右2チャンネルの音響再生用のドライバに供給する音声信号に畳み込むようにすればよい。

10

【 0 0 1 4 】

ところで、最近は、DVD (Digital Versatile Disc) の映像再生に伴う音響再生などにおいて、5.1チャンネル、7.1チャンネルなど、多チャンネルサラウンド方式が賞用されている。

【 0 0 1 5 】

このマルチサラウンド方式の音声信号を2チャンネルのヘッドホンで音響再生する場合においても、上述の仮想音像定位の手法を用いて、各チャンネルに応じた音像定位（仮想音像定位）させるようにすることも提案されている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 6 】

【 特許文献 1 】 WO 9 5 / 1 3 6 9 0 号公報

【 特許文献 2 】 特開平 0 3 - 2 1 4 8 9 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 7 】

ヘッドホンが、周波数特性や位相特性において、フラットな特性を備える場合には、上述のような仮想音像定位の手法により、理論的には、理想的なサラウンド効果を作り出すことができる筈である。

30

【 0 0 1 8 】

ところが、実際的には、上述のような仮想音像定位の手法を用いて作成した音声信号をヘッドホンで再生し、その再生音を聴取したときに、所期のサラウンド感が得られず、独特の音色を生じたりしてしまう場合があることが判明した。これは、次のような理由によるものと考えられる。

【 0 0 1 9 】

ヘッドホンなどの音響再生装置は、できるだけ、リスナの左右前方に置かれたスピーカで聴取したときと、聴感上の周波数バランスや音色などが違和感がないように、音質チューニングされることが多い。特に、高級のヘッドホンなどでは、その傾向が大である。

40

【 0 0 2 0 】

このような音質チューニングが行われると、意識的なものか、無意識的なものかに関わらず、ヘッドホンを用いて再生音を聴取する耳の近傍または耳穴位置の周波数特性や位相特性は、結果的に頭部伝達関数に類似した特性を持ってしまうと考えられる。

【 0 0 2 1 】

このため、このように音質チューニングされたヘッドホンで、仮想音像定位処理により頭部伝達関数を埋め込んだサラウンド音声を音響再生した場合、ヘッドホンでは、頭部伝達関数が2重にかかってしまうような効果が発生すると考えられる。これにより、ヘッドホンでの音響再生音は、所期のサラウンド感が得られず、独特の音色を生じたりしてしまうと推察される。

50

【 0 0 2 2 】

この発明は、以上のような問題点を改善することができる音声信号処理装置および音声信号処理方法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】

【 0 0 2 3 】

上記の課題を解決するために、この発明は、

リスナの両耳の近傍の位置に設置される２個の電気音響変換手段により音響再生する２チャンネルの音声信号を出力する音声信号処理装置であって、

前記２個の電気音響変換手段で音響再生したときに、２チャンネル以上の複数チャンネルの各チャンネルについて想定される仮想音像定位位置に音像が定位するように聴取されるようにするための頭部伝達関数を、前記複数チャンネルの各チャンネルの音声信号に畳み込む頭部伝達関数畳み込み処理部と、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部からの複数チャンネルの音声信号から、前記２個の電気音響変換手段に供給するための２チャンネルの音声信号を生成する手段と、

を備え、

前記頭部伝達関数畳み込み処理部では、前記複数チャンネルのうちの、少なくとも、左および右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数は、畳み込まない一方、前記仮想音像定位位置からリスナの両耳への反射波に関する頭部伝達関数は畳み込むようにする

ことを特徴とする音声信号処理装置を提供する。

【 0 0 2 4 】

上述の構成のこの発明によれば、２個の電気音響変換手段により音響再生されるチャンネルのうち、左右チャンネルについて想定される仮想音像定位位置からリスナの両耳への直接波に関する頭部伝達関数は、畳み込まれない。このため、２個の電気音響変換手段が音質チューニングにより、頭部伝達特性と類似する特性を持ったとしても、２重に頭部伝達関数がかかったような特性となるのを防止することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 5 】

この発明によれば、２個の電気音響変換手段が音質チューニングにより、頭部伝達特性と類似する特性を持ったとしても、２重に頭部伝達関数がかかったような特性となるのを防止することができる。これにより、２個の電気音響変換手段からの音響再生音の劣化を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図１】この発明による音声信号処理装置の実施形態に用いる頭部伝達関数の算出装置を説明するシステム構成例を示すブロック図である。

【図２】この発明による音声信号処理装置の実施形態に用いる頭部伝達関数を算出する際の測定位置を説明するための図である。

【図３】この発明による音声信号処理装置の実施形態に用いる頭部伝達関数を算出する際の測定位置を説明するための図である。

【図４】この発明による音声信号処理装置の実施形態に用いる頭部伝達関数を算出する際の測定位置を説明するための図である。

【図５】この発明の実施形態において、頭部伝達関数測定手段および素の状態の伝達特性測定手段で得られる測定結果データの特性例を示す図である。

【図６】この発明の実施形態により得られる正規化頭部伝達関数の特性の例を示す図である。

【図７】この発明の実施形態により得られる正規化頭部伝達関数の特性と比較する特性例を示す図である。

【図８】この発明の実施形態により得られる正規化頭部伝達関数の特性と比較する特性例を示す図である。

【図 9】従来の一般的な頭部伝達関数の畳み込みプロセス区間を説明するための図である。

【図 10】この発明の実施形態における正規化頭部伝達関数の畳み込みプロセスの第 1 の例を説明するための図である。

【図 11】この発明の実施形態における正規化頭部伝達関数の畳み込みプロセスの第 1 の例を実施するためのハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図 12】この発明の実施形態における正規化頭部伝達関数の畳み込みプロセスの第 2 の例を説明するための図である。

【図 13】この発明の実施形態における正規化頭部伝達関数の畳み込みプロセスの第 2 の例を実施するためのハードウェア構成例を示すブロック図である。

10

【図 14】7 . 1 チャンネルマルチサラウンドの一例を説明するための図である。

【図 15】この発明の実施形態の音声信号処理方法を適用した音響再生システムの一部を示すブロック図である。

【図 16】この発明の実施形態の音声信号処理方法を適用した音響再生システムの一部を示すブロック図である。

【図 17】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数を畳み込む音波の方向の例を説明するための図である。

【図 18】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数の畳み込み開始タイミングの例を説明するための図である。

【図 19】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数を畳み込む音波の方向の例を説明するための図である。

20

【図 20】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数の畳み込み開始タイミングの例を説明するための図である。

【図 21】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数を畳み込む音波の方向の例を説明するための図である。

【図 22】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数の畳み込み開始タイミングの例を説明するための図である。

【図 23】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数を畳み込む音波の方向の例を説明するための図である。

【図 24】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数の畳み込み開始タイミングの例を説明するための図である。

30

【図 25】この発明の実施形態の音声信号処理方法において、正規化頭部伝達関数を畳み込む音波の方向の例を説明するための図である。

【図 26】この発明の実施形態の音声信号処理装置の要部の比較例を示すブロック図である。

【図 27】この発明の実施形態の音声信号処理装置の要部の構成例を示すブロック図である。

【図 28】この発明の実施形態により得られる正規化頭部伝達関数の特性の例を示す図である。

【図 29】頭部伝達関数を説明するために用いる図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0027】

この発明の実施形態を説明する前に、この発明の実施形態で用いる頭部伝達関数の生成および取得方法について説明する。

【0028】

〔実施形態で用いる頭部伝達関数〕

頭部伝達関数の測定を行う場所が反射のない無響室ではないときには、測定された頭部伝達関数には、想定された音源位置（仮想音源位置に対応）からの直接波のみではなく、図 29 において点線で示したような反射波の成分も、分離できずに含まれる。このため、測定した従来の頭部伝達関数は、反射波による成分のため、測定を行った部屋や場所

50

などの形状や、音波を反射する壁や天井、床などの材質に応じた当該測定場所の特性が含まれたものとなっている。

【 0 0 2 9 】

部屋や場所の特性を除去するためには、床、天井、壁面などからの音波の反射のない無響室で、頭部伝達関数を測定することが考えられる。

【 0 0 3 0 】

しかし、無響室で測定した頭部伝達関数をそのまま音声信号に畳み込んで、仮想音像定位させようとした場合、反射波が存在しないため、仮想音像定位位置や方向性がぼけるという問題がある。

【 0 0 3 1 】

そのため、従来は、音声信号にそのまま畳み込む頭部伝達関数の測定は、無響室では行わず、ある程度の響きが存在するが、特性が良いとされている部屋や場所で行うようにしているのである。そして、例えば、スタジオ、ホール、ラージルームなど、頭部伝達関数を測定した部屋や場所のメニューを提示して、ユーザに、好みの部屋や場所の頭部伝達関数を、前記メニューの中から選択してもらうなどの方策が採られたりしていた。

【 0 0 3 2 】

しかしながら、上述したように、従来は、想定された音源位置の音源からの直接波のみではなく、必ず、反射波を伴うものとして、直接波と反射波のインパルスレスポンスを分離できずに両者を含む頭部伝達関数を測定して得るようにしている。このため、測定された場所や部屋に応じた頭部伝達関数のみしか得られず、望む周囲環境や部屋環境に応じた頭部伝達関数を得て、それを音声信号に畳み込むということが困難であった。

【 0 0 3 3 】

例えば、周囲に壁や障害物がない大平原において、前方にスピーカが配置されたように想定された視聴環境に応じた頭部伝達関数を音声信号に畳み込むことは困難であった。

【 0 0 3 4 】

また、想定された所定の形状や容積、所定の吸音率（音波の減衰率に対応）の壁を備える部屋における頭部伝達関数を得ようとする場合には、従来は、そのような部屋を探したり、作製したりして、その部屋で頭部伝達関数を測定して得るしか方策がなかった。しかし、実際的には、そのような所望の視聴環境や部屋を探し出したり、作製したりすることは困難であり、所望の任意の視聴環境や部屋環境に応じた頭部伝達関数を、音声信号に畳み込むことはできないというのが現状である。

【 0 0 3 5 】

以下に説明する実施形態では、以上の点にかんがみ、所望の任意の視聴環境や部屋環境に応じた頭部伝達関数であって、所望の仮想音像定位感が得られるようにした頭部伝達関数を音声信号に畳み込むようにしている。

【 0 0 3 6 】

〔実施形態の頭部伝達関数の畳み込み方法の概要〕

上述したように、従来の頭部伝達関数の畳み込み方法においては、仮想音像定位させたいとして想定された音源位置にスピーカを設置して、直接波と反射波とのインパルスレスポンスを分離できずに両者を含むものとして頭部伝達関数を測定している。そして、当該測定して得た頭部伝達関数をそのまま音声信号に畳み込むようにしていた。

【 0 0 3 7 】

すなわち、従来は、仮想音像定位させたいとして想定された音源位置からの直接波の頭部伝達関数と反射波の頭部伝達関数とを分離して測定してはならず、両者が含まれる総合的な頭部伝達関数として測定していた。

【 0 0 3 8 】

これに対して、この発明の実施形態においては、仮想音像定位させたいとして想定された音源位置からの直接波の頭部伝達関数と反射波の頭部伝達関数とを分離して測定しておくようにする。

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

50

このため、この実施形態では、測定点位置から見て、特定の方向に想定される想定音源方向位置からの直接波（つまり、反射波を含まない直接に測定点位置に到達する音波）についての頭部伝達関数を得るようにする。

【0040】

反射波の頭部伝達関数は、壁などで反射した後の音波の方向を音源方向として、その音源方向からの直接波として測定するようにする。すなわち、所定の壁に反射して測定点位置に入射する反射波を考えた場合、壁で反射した後の壁からの反射音波は、当該壁での反射位置方向に想定した音源からの音波の直接波として考えることができるからである。

【0041】

この実施形態では、仮想音像定位させたいとして想定された音源位置からの直接波の頭部伝達関数を測定するときには、当該仮想音像定位させたいとして想定された音源位置に測定用音波の発生手段としての電気音響変換器、例えばスピーカを配置する。また、仮想音像定位させたいとして想定された音源位置からの反射波の頭部伝達関数を測定するときには、測定しようとする反射波の測定点位置への入射方向に、測定用音波の発生手段としての電気音響変換器、例えばスピーカを配置するようにする。

10

【0042】

したがって、種々の方向からの反射波についての頭部伝達関数は、それぞれの反射波の測定点位置への入射方向に、測定用音波の発生手段としての電気音響変換器を設置して測定するようにする。

【0043】

20

そして、この実施形態では、以上のようにして測定した直接波および反射波についての頭部伝達関数を音声信号に畳み込むことにより、目的とする再生音響空間における仮想音像定位を得るようにする。ただし、この場合において、反射波の頭部伝達関数は、目的とする再生音響空間に応じて選択した方向の反射波についてのみ、音声信号に畳み込むようにする。

【0044】

また、この実施形態では、直接波および反射波についての頭部伝達関数は、測定用音源位置から測定点位置までの音波の経路長に応じた伝播遅延分は、除去して測定するようにする。そして、音声信号に、それぞれの頭部伝達関数を畳み込み処理する際に、測定用音源位置（仮想音像定位位置）から測定点位置（再生用音響再生手段位置）までの音波の経路長に応じた伝播遅延分を考慮するようにする。

30

【0045】

これにより、部屋の大きさなどに応じて任意に設定した仮想音像定位位置についての頭部伝達関数を、音声信号に畳み込むことが可能となる。

【0046】

そして、反射音波の減衰率に関連する壁の材質などによる反射率あるいは吸音率などの特性は、当該壁からの直接波の利得として想定するようにする。すなわち、この実施形態では、例えば想定音源方向位置からの測定点位置への直接波による頭部伝達関数を、減衰無しで、音声信号に畳み込む。また、壁からの反射音波成分については、その壁の反射位置方向に想定された音源からの直接波による頭部伝達関数を、壁の特性に応じた反射率あるいは吸音率に応じた減衰率（利得）で畳み込むようにする。

40

【0047】

このように頭部伝達関数を畳み込んだ音声信号の再生音を聴取するようにすれば、壁の特性に応じた反射率あるいは吸音率により、どのような仮想音像定位の状態になるかを検証することができる。

【0048】

また、直接波の頭部伝達関数と、選択した反射波についての頭部伝達関数とを、減衰率を考慮しつつ、音声信号に畳み込んで音響再生することで、様々な部屋環境、場所環境における仮想音像定位をシミュレーションすることもできる。これは、想定音源方向位置からの直接波と、反射波とを分離して、頭部伝達関数として測定することにより実現が可能

50

となったものである。

【 0 0 4 9 】

[スピーカやマイクロホンの特性の影響の除去について：第 1 の正規化]

前述したように、特定の音源からの、反射波成分を除く直接波のみについての頭部伝達関数は、例えば無響室で測定することで得ることができる。そこで、無響室において、希望する仮想音像定位位置からの直接波と、想定される複数の反射波について、頭部伝達関数を測定して、畳み込みに用いるようにする。

【 0 0 5 0 】

すなわち、無響室において、リスナの両耳近傍の測定点位置に、測定用音波を收音する音響電気変換手段としてのマイクロホンを設置する。また、前記直接波および前記複数の反射波の方向の位置に測定用音波を発生する音源を設置して、頭部伝達関数の測定をするようにする。

10

【 0 0 5 1 】

ところで、無響室で頭部伝達関数を得たとしても、頭部伝達関数を測定する測定系のスピーカとマイクロホンの特性は排除することはできない。そのため、測定して得た頭部伝達関数は、測定に用いたスピーカやマイクロホンの特性の影響を受けてしまうという問題がある。

【 0 0 5 2 】

マイクロホンやスピーカの特性の影響を除去するためには、頭部伝達関数の測定に用いるマイクロホンおよびスピーカとして、周波数特性が平坦な、特性の良い高価なマイクロホンおよびスピーカを用いることが考えられる。

20

【 0 0 5 3 】

しかしながら、高価なマイクロホンやスピーカであっても、理想的な平坦な周波数特性は得られず、これらマイクロホンやスピーカの特性の影響を完全に除去することができず、再生音声の音質の劣化を招いてしまうことがあった。

【 0 0 5 4 】

また、測定系のマイクロホンやスピーカの逆特性を用いて、頭部伝達関数を畳み込んだ後の音声信号に対して補正をすることで、マイクロホンやスピーカの特性の影響を除去するようにすることも考えられる。しかし、その場合には、音声信号再生回路に、当該補正回路を設けなければならず、構成が複雑になると共に、測定系の影響を完全に除去する補正は困難であるという問題がある。

30

【 0 0 5 5 】

以上の問題点を考慮して、測定する部屋や場所の影響を取り除くために、この実施形態では、測定に用いるマイクロホンやスピーカの特性の影響を除去するために、以下に説明するような正規化処理を、測定して得た頭部伝達関数に施すようにする。最初に、この実施形態における頭部伝達関数測定方法の実施形態を、図を参照しながら説明する。

【 0 0 5 6 】

図 1 は、この発明の実施形態における頭部伝達関数測定方法に用いる正規化頭部伝達関数のデータを取得するための処理手順を実行するシステムの構成例を示すブロック図である。

40

【 0 0 5 7 】

頭部伝達関数測定手段 10 では、直接波のみの頭部伝達特性を測定するために、この例では、無響室において頭部伝達関数の測定を行う。そして、頭部伝達関数測定手段 10 においては、無響室において、前述した図 29 のように、リスナ位置にダミーヘッドまたはリスナとしての人間そのものを配置する。そして、当該ダミーヘッドまたは人間の両耳の近傍であって、頭部伝達関数を畳み込んだ音声信号を音響再生する電気音響変換手段が配置される位置（測定点位置）に、測定用音波を收音する音響電気変換手段としてのマイクロホンを設置する。

【 0 0 5 8 】

頭部伝達関数を畳み込んだ音声信号を音響再生する電気音響変換手段が、例えば左右 2

50

チャンネルのヘッドホンである場合には、左チャンネルのヘッドホンドライバの位置に左チャンネル用のマイクロホンが、右チャンネルのヘッドホンドライバの位置に右チャンネル用のマイクロホンが、それぞれ設置される。

【0059】

そして、リスナあるいは測定点位置であるマイクロホン位置を基点として、頭部伝達関数を測定しようとする方向に、測定用音波を発生する音源の例としてのスピーカを設置する。この状態で、このスピーカにより頭部伝達関数の測定用音波、この例ではインパルス再生して、2個のマイクロホンで、そのインパルスレスポンスをピックアップする。なお、測定用音源としてのスピーカが設置される、頭部伝達関数を測定したい方向の位置を、以下の説明においては、想定音源方向位置と称することにする。

10

【0060】

この頭部伝達関数測定手段10において、2個のマイクロホンから得られるインパルスレスポンスは、頭部伝達関数を表わすものとなっている。

【0061】

素の状態の伝達特性測定手段20においては、頭部伝達関数測定手段10と同一環境において、リスナ位置に前記ダミーヘッドまたは前記人間が存在しない、つまり、測定用音源位置と測定点位置との間に障害物が存在しない素の状態の伝達特性の測定を行う。

【0062】

すなわち、素の状態の伝達特性測定手段20においては、無響室において、頭部伝達関数測定手段10では設置されていたダミーヘッドまたは人間を除去して、想定音源方向位置のスピーカとマイクロホンとの間に障害物がない素の状態にする。

20

【0063】

そして、想定音源方向位置のスピーカやマイクロホンの配置は、頭部伝達関数測定手段10における状態と全く同じ状態として、その状態で、想定音源方向位置のスピーカにより測定用音波、この例ではインパルスを再生する。そして、2個のマイクロホンで、その再生されたインパルスをピックアップする。

【0064】

この素の状態の伝達特性測定手段20で2個のマイクロホン出力から得られるインパルスレスポンスは、ダミーヘッドや人間などの障害物が存在しない素の状態における伝達特性を表わすものとなっている。

30

【0065】

なお、頭部伝達関数測定手段10および素の状態の伝達特性測定手段20においては、直接波について、2個のマイクロホンのそれぞれから前述した左、右主成分の頭部伝達関数および素の状態の伝達特性と、左右のクロストーク成分の頭部伝達関数および素の状態の伝達特性とが得られる。そして、主成分と、左右のクロストーク成分のそれぞれについて、後述する正規化処理が同様になされるものである。

【0066】

以下の説明では、簡単のため、例えば主成分についてのみの正規化処理についての説明し、クロストーク成分についての正規化処理についての説明は省略する。なお、クロストーク成分についても、同様にして正規化処理が行われるのは言うまでもない。

40

【0067】

頭部伝達関数測定手段10および素の状態の伝達特性測定手段20で取得したインパルスレスポンスは、この例では、サンプリング周波数が96kHzで、8192サンプルのデジタルデータとして、出力される。

【0068】

ここで、頭部伝達関数測定手段10から得られる頭部伝達関数のデータは、 $X(m)$ 、ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots, M-1$ ($M=8192$)と表わすこととする。また、素の状態の伝達特性測定手段20から得られる素の状態の伝達特性のデータは、 $X_{ref}(m)$ 、ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots, M-1$ ($M=8192$)と表わすこととする。

【0069】

50

頭部伝達関数測定手段 10 からの頭部伝達関数のデータ $X(m)$ および素の状態の伝達特性測定手段 20 からの素の状態の伝達特性のデータ $X_{ref}(m)$ は、それぞれ遅延除去頭詰め部 31 および 32 に供給される。

【0070】

遅延除去頭詰め部 31 および 32 では、想定音源方向位置のスピーカからの音波の、インパルスレスポンス取得用のマイクロホンへの到達時間に相当する遅延時間分だけ、前記スピーカでインパルスが再生開始された時点からの頭の部分のデータが除去される。遅延除去頭詰め部 31 および 32 では、また、次段（次工程）での時間軸データから周波数軸データへの直交変換の処理が可能ないように、データ数が、2 のべき乗のデータ数に削減される。

10

【0071】

次に、遅延頭詰め部 31 および 32 でデータ数が削減された頭部伝達関数のデータ $X(m)$ および素の状態の伝達特性のデータ $X_{ref}(m)$ は、それぞれ FFT (Fast Fourier Transform) 部 33 および 34 に供給される。FFT 部 33 および 34 では、時間軸データから周波数軸データに変換される。なお、この実施形態では、FFT 部 33 および 34 においては、位相を考慮した複素高速フーリエ変換（複素 FFT）処理を行うものである。

【0072】

FFT 部 33 での複素 FFT 処理により、頭部伝達関数のデータ $X(m)$ は、実部 $R(m)$ および虚部 $jI(m)$ からなる FFT データ、すなわち、 $R(m) + jI(m)$ に変換される。

20

【0073】

また、FFT 部 34 での複素 FFT 処理により、素の状態の伝達特性のデータ $X_{ref}(m)$ は、実部 $R_{ref}(m)$ および虚部 $jI_{ref}(m)$ からなる FFT データ、すなわち、 $R_{ref}(m) + jI_{ref}(m)$ に変換される。

【0074】

FFT 部 33 および 34 で得られる FFT データは、 $X-Y$ 座標データであるが、この実施形態では、この FFT データは、さらに、極座標変換部 35 および 36 において、極座標のデータに変換される。すなわち、頭部伝達関数の FFT データ $R(m) + jI(m)$ は、極座標変換部 35 により、大きさ成分である動径 $y(m)$ と、角度成分である偏角 $\theta(m)$ とに変換される。そして、この極座標データである動径 $y(m)$ と、偏角 $\theta(m)$ とが、正規化および $X-Y$ 座標変換部 37 に送られる。

30

【0075】

また、素の状態の伝達特性の FFT データ $R_{ref}(m) + jI_{ref}(m)$ は、極座標変換部 35 により、動径 $y_{ref}(m)$ と、偏角 $\theta_{ref}(m)$ とに変換される。そして、この極座標データである動径 $y_{ref}(m)$ と、偏角 $\theta_{ref}(m)$ とが、正規化および $X-Y$ 座標変換部 37 に送られる。

【0076】

正規化および $X-Y$ 座標変換部 37 では、先ず、ダミーヘッドまたは人間を含んで測定された頭部伝達関数を、ダミーヘッドなどの障害物がない素の状態の伝達特性を用いて正規化する。ここで、正規化処理の具体的な演算は、次の通りである。

40

【0077】

すなわち、正規化処理後の動径を $y_n(m)$ 、正規化処理後の偏角を $\theta_n(m)$ とすると、

$$y_n(m) = y(m) / y_{ref}(m)$$

$$\theta_n(m) = \theta(m) - \theta_{ref}(m)$$

・・・（式 1）

となる。

【0078】

そして、正規化および $X-Y$ 座標変換部 37 では、正規化処理後の極座標系のデータ動

50

径 $y_n(m)$ および偏角 $\theta_n(m)$ を、 $X-Y$ 座標系の実部 $R_n(m)$ および虚部 $j I_n(m)$ ($m = 0, 1, \dots, M/4 - 1$) からなる周波数軸データに変換する。変換後の周波数軸データは正規化頭部伝達関数データである。

【0079】

この $X-Y$ 座標系の周波数軸データの正規化頭部伝達関数データは、逆 FFT 部 38 で、時間軸の正規化頭部伝達関数データであるインパルスレスポンス $X_n(m)$ に変換する。この逆 FFT 部 38 では、複素逆高速フーリエ変換（複素逆 FFT）処理を行う。

【0080】

すなわち、

$$X_n(m) = \text{IFFT}(R_n(m) + j I_n(m))$$

10

ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots, M/2 - 1$

なる演算が逆 FFT (IFFT (Inverse Fast Fourier Transform)) 部 38 で行われる。こうして、逆 FFT 部 38 から、時間軸の正規化頭部伝達関数データであるインパルスレスポンス $X_n(m)$ が得られる。

【0081】

この逆 FFT 部 38 からの正規化頭部伝達関数のデータ $X_n(m)$ は、IR (インパルスレスポンス) 簡略化部 39 において、処理可能（後述する畳み込み可能）なインパルス特性のタップ長に簡略化する。この実施形態では、600 タップ（逆 FFT 部 38 からのデータの頭から 600 個のデータ）に簡略化する。

【0082】

20

この IR 簡略化部 39 で簡略化された正規化頭部伝達関数のデータ $X_n(m)$ ($m = 0, 1, \dots, 599$) は、後述する畳み込み処理のために、正規化頭部伝達関数メモリ 40 に書き込まれる。なお、この正規化頭部伝達関数メモリ 40 に書き込まれる正規化頭部伝達関数は、各想定音源方向位置（仮想音像定位位置）毎のそれぞれにおいて、主成分の正規化頭部伝達関数と、クロストーク成分の正規化頭部伝達関数とを含むことは前述した通りである。

【0083】

以上の説明は、リスナ位置に対して特定の 1 方向において、測定点位置（マイクロホン位置）から所定距離だけ離れた 1 箇所の想定音源方向位置に、測定用音波（例えばインパルス）を再生するスピーカを設置し、当該スピーカ設置位置に対する正規化頭部伝達関数を取得する処理の説明である。

30

【0084】

この実施形態では、測定用音波の例としてのインパルスを再生するスピーカの設置位置である想定音源方向位置を、測定点位置に対して異なる方向に種々変更して、以上と同様に、各想定音源方向位置に対する正規化頭部伝達関数を取得するようにする。

【0085】

すなわち、この実施形態では、仮想音像定位位置からの直接波のみではなく、反射波についての頭部伝達関数を取得するため、反射波の測定点位置への入射方向を考慮して、複数個の位置に想定音源方向位置を設定して、その正規化頭部伝達関数を求める。

【0086】

40

ここで、スピーカ設置位置である想定音源方向位置は、水平面内において、測定点位置であるマイクロホン位置あるいはリスナを中心にした 360 度または 180 度の角範囲を、例えば 10 度角間隔毎に変化させて設定するようにする。この設定は、リスナの左右の壁からの反射波についての正規化頭部伝達関数を求めるために、得ようとする反射波の方向についての必要な分解能を考慮したものである。

【0087】

同様に、スピーカ設置位置である想定音源方向位置は、垂直面内において、測定点位置であるマイクロホン位置あるいはリスナを中心にした 360 度または 180 度の角範囲を、例えば 10 度角間隔毎に変化させて設定するようにする。この設定は、天井または床からの反射波についての正規化頭部伝達関数を求めるために、得ようとする反射波の方向に

50

についての必要な分解能を考慮したものである。

【 0 0 8 8 】

360度の角範囲を考慮する場合は、直接波としての仮想音像定位位置がリスナの後方にも存在する、例えば5, 1チャンネル, 6, 1チャンネル, 7, 1チャンネルなどのマルチチャンネルサラウンド音声を再生する場合を想定した場合である。また、リスナの後方の壁からの反射波を考慮する場合にも360度の角範囲を考慮する必要がある。

【 0 0 8 9 】

180度の角範囲を考慮する場合は、直接波としての仮想音像定位位置がリスナの前方にのみ存在し、また、リスナの後方の壁からの反射波を考慮しなくて良い状態を想定した場合である。

10

【 0 0 9 0 】

また、この実施形態では、リスナに実際に再生音を供給するヘッドホンのドライバーなどの音響再生ドライバーの位置に応じて、頭部伝達関数および素の状態の伝達特性の測定手段10および20におけるマイクロホンの設置位置を変えるようにする。

【 0 0 9 1 】

図2は、リスナに実際に再生音を供給する電気音響変換手段（音響再生手段）がインナーヘッドホンの場合における頭部伝達関数および素の状態の伝達特性の測定位置（想定音源方向位置）と、測定点位置としてのマイクロホン設置位置を説明するための図である。

【 0 0 9 2 】

図2(A)は、リスナに再生音を供給する音響再生手段がインナーヘッドホンである場合における頭部伝達関数測定手段10での測定状態を示すもので、リスナ位置にはダミーヘッドまたは人間OBを配置する。そして、想定音源方向位置においてインパルスを再生するスピーカは、図2(A)で丸印P1、P2、P3、・・・で示すような位置に配置する。すなわち、この例では、スピーカは、リスナ位置またはインナーヘッドホンの2個のドライバー位置の中心位置を中心にして、10度角間隔毎の、頭部伝達関数を測定したい方向の所定位置に配置する。

20

【 0 0 9 3 】

また、このインナーヘッドホンの場合の例においては、2個のマイクロホンML, MRは、図2(A)に示すように、ダミーヘッドまたは人間の耳の耳殻内位置に設置するようにする。

30

【 0 0 9 4 】

図2(B)は、リスナに再生音を供給する音響再生手段がインナーヘッドホンである場合における素の状態の伝達特性測定手段20での測定状態を示すもので、図2(A)におけるダミーヘッドまたは人間OBを除去した測定環境の状態を示している。

【 0 0 9 5 】

上述の正規化処理は、図2(A)において、丸印P1、P2、・・・で示す想定音源方向位置のそれぞれにおいて測定した頭部伝達関数を、図2(B)において、同じ想定音源方向位置P1、P2、・・・のそれぞれにおいて測定した素の状態の伝達特性で、それぞれ正規化することによりなされる。つまり、例えば、想定音源方向位置P1で測定した頭部伝達関数は、同じ想定音源方向位置P1で測定した素の状態の伝達特性で正規化するようにする。

40

【 0 0 9 6 】

次に、図3は、リスナに実際に再生音を供給する音響再生手段がオーバーヘッドホンの場合における頭部伝達関数および素の状態の伝達特性を測定するときの想定音源方向位置およびマイクロホン設置位置を説明するためのものである。この図3の例のオーバーヘッドホンでは、左右の耳用としてそれぞれヘッドホンドライバーが1個ずつとされている。

【 0 0 9 7 】

すなわち、図3は、リスナに再生音を供給する音響再生手段がオーバーヘッドホンである場合における頭部伝達関数測定手段10での測定状態を示すもので、リスナ位置にはダミーヘッドまたは人間OBを配置する。そして、インパルスを再生するスピーカは、丸印

50

P 1、P 2、・・・で示すように、リスナ位置またはオーバーヘッドホンの２個のドライバー位置の中心位置を中心にして、例えば１０度角間隔毎の、頭部伝達関数を測定したい方向の想定音源方向位置に配置する。

【００９８】

また、２個のマイクロホン M L，M R は、図３に示すように、ダミーヘッドまたは人間の耳の耳殻に対向した耳の近傍位置に設置するようにする。

【００９９】

この音響再生手段がオーバーヘッドホンの場合における素の状態の伝達特性の測定手段 20 での測定状態は、図３におけるダミーヘッドまたは人間 O B を除去した測定環境となる。図示は省略するが、この場合にも、頭部伝達関数および素の状態での伝達特性の測定および前記正規化処理は、図２の場合と同様にしてなされるのは言うまでもない。

10

【０１００】

以上は、音響再生手段がヘッドホンの場合であるが、この発明は、例えば特開 2006-345480 号公報に開示されているような、リスナの両耳の近傍に配されるスピーカを音響再生手段として使用する場合にも適用可能である。このように、リスナの両耳の近傍に配置されるスピーカは、ヘッドホンの場合と同様に、リスナの左右前方に置かれたときと、聴感上の周波数バランスや音色などが違和感がないように音質チューニングされる場合が多いと考えられるからである。

【０１０１】

この場合のスピーカは、例えばリスナが座る椅子のヘッドレスト部分に取り付けられて、図４に示すように、リスナの耳の近傍となるように配置される。図４は、このように音響再生手段としてのスピーカが配置される場合における頭部伝達関数および素の状態の伝達特性を測定するときの想定音源方向位置およびマイクロホン設置位置を説明する図である。

20

【０１０２】

図４の例では、リスナの頭部後方の左右に２個のスピーカを配置して音響再生する場合における頭部伝達関数および素の状態の伝達特性を測定するようにする。

【０１０３】

すなわち、図４は、リスナに再生音を供給する音響再生手段が、椅子のヘッドレスト部分の左右に設置された２個のスピーカである場合における頭部伝達関数測定手段 10 での測定状態を示すものである。リスナ位置にはダミーヘッドまたは人間 O B を配置する。そして、インパルス再生するスピーカは、丸印 P 1、P 2、・・・で示すように、リスナ位置または椅子のヘッドレスト部分に設置された２個スピーカ位置の中心位置を中心にして、例えば１０度角間隔毎の想定音源方向位置に配置する。

30

【０１０４】

また、２個のマイクロホン M L，M R は、図４に示すように、椅子のヘッドレストに取り付けられる２個のスピーカの設置位置に相当する、ダミーヘッドまたは人間の頭部後方にあってリスナの耳の近傍位置に設置するようにする。

【０１０５】

この音響再生手段が、椅子のヘッドレストに取り付けられる電気音響変換ドライバーの場合における素の状態の伝達特性の測定手段 20 での測定状態は、図４におけるダミーヘッドまたは人間 O B を除去した測定環境となる。この場合にも、頭部伝達関数および素の状態での伝達特性の測定および前記正規化処理は、図２の場合と同様にしてなされるのは言うまでもない。

40

【０１０６】

以上により、正規化頭部伝達関数メモリ 40 に書き込まれた正規化頭部伝達関数としては、例えば１０度角間隔ずつ離れた仮想音源位置からの、反射波を除く直接波のみについての頭部伝達関数を得ることができる。

【０１０７】

そして、取得された正規化頭部伝達関数は、インパルスを発生したスピーカの特性や、

50

インパルスピックアップしたマイクロホンの特性が、正規化処理により、排除されたものとなる。

【 0 1 0 8 】

さらに、取得された正規化頭部伝達関数は、この例では、遅延除去頭詰め部 3 1 , 3 2 において、インパルスを発生するスピーカ位置（想定音源方向位置）と、インパルスをピックアップするマイクロホン位置（想定ドライバー位置）との距離に対応する遅延が除去されたものである。したがって、取得された正規化頭部伝達関数は、この例では、インパルスを発生するスピーカ位置（想定音源方向位置）と、インパルスをピックアップするマイクロホン位置（想定ドライバー位置）との距離に無関係となる。つまり、取得された正規化頭部伝達関数は、インパルスをピックアップするマイクロホン位置（想定ドライバー位置）から見て、インパルスを発生するスピーカ位置（想定音源方向位置）の方向のみに応じた頭部伝達関数となる。

10

【 0 1 0 9 】

そして、直接波について、正規化頭部伝達関数を、音声信号に畳み込むときには、音声信号に対して、仮想音像定位位置と想定ドライバー位置との距離に応じた遅延を付与するようにする。すると、この付与された遅延により、想定ドライバー位置に対する想定音源方向位置の方向の、前記遅延に応じた距離位置を、仮想音像定位位置として音響再生させることができる。

【 0 1 1 0 】

また、想定音源方向位置方向からの反射波については、仮想音像定位させたい位置から壁などの反射部で反射された後に想定ドライバー位置に入射する方向を、反射波についての想定音源方向位置の方向と考える。そして、想定音源方向位置方向から想定ドライバー位置に入射するまでの、反射波についての音波の経路長に応じた遅延を音声信号に施して、正規化頭部伝達関数を畳み込むようにする。

20

【 0 1 1 1 】

つまり、直接波および反射波について、正規化頭部伝達関数を音声信号に畳み込むときには、音声信号に対して、仮想音像定位させたい位置から、想定ドライバー位置に入射するまでの音波の経路長に応じた遅延を音声信号に施すようにするものである。

【 0 1 1 2 】

なお、頭部伝達関数測定方法の実施形態を説明するための図 1 のブロック図における信号処理は、全て D S P (Digital Signal Processor) で行うことができる。その場合において、頭部伝達関数測定手段 1 0 および素の状態の伝達特性測定手段 2 0 における頭部伝達関数のデータ X (m) および素の状態の伝達特性のデータ X r e f (m) の取得部と、遅延除去頭詰め部 3 1 , 3 2 、 F F T 部 3 3 , 3 4 、極座標変換部 3 5 , 3 6 、正規化および X - Y 座標変換部 3 7 、逆 F F T 部 3 8 および I R 簡略部 3 9 は、それぞれを D S P で構成しても良いし、全体の信号処理を、まとめて 1 個あるいは複数個の D S P で構成するようにしてもよい。

30

【 0 1 1 3 】

なお、上述の図 1 の例では、正規化頭部伝達関数や素の状態での伝達特性のデータについては、遅延除去頭詰め部 3 1 , 3 2 で、想定音源方向位置とマイクロホン位置との間の距離に対応する遅延時間分の先頭データを除去して、頭詰めするようにしている。これは、頭部伝達関数の後述する畳み込みの処理量を削減するためであるが、この遅延除去頭詰め部 3 1 , 3 2 でのデータの除去処理を、例えば D S P の内部メモリを用いて行うようにする。しかし、この遅延除去頭詰め処理は行わなくても良い場合は、D S P では、元のデータを、そのまま、8 1 9 2 サンプルのデータで処理を行うようにする。

40

【 0 1 1 4 】

また、I R 簡略部 3 9 は、頭部伝達関数を後述する畳み込みの処理する際における畳み込み処理量を削減するためのもので、これは、省略することもできる。

【 0 1 1 5 】

さらに、上述の実施形態において、F F T 部 3 3 , 3 4 からの X - Y 座標系の周波数軸

50

データを、極座標系の周波数データに変換したのは、 $X - Y$ 座標系の周波数データのままで、正規化処理ができなかった場合があることを考慮したものである。しかし、理想的な構成であれば、 $X - Y$ 座標系の周波数データのままで正規化処理は可能である。

【0116】

なお、上述の例では、種々の仮想音像定位位置およびその反射波の想定ドライバー位置への入射方向を想定して、多数の想定音源方向位置についての正規化頭部伝達関数を求めるようにした。このように多数の想定音源方向位置についての正規化頭部伝達関数を求めたのは、後で、必要な想定音源方向位置の方向の頭部伝達関数を、その中から選択することができるようにするためである。

【0117】

10

しかし、予め、仮想音像定位位置が固定されており、かつ、反射波の入射方向も定まっている場合には、その固定された仮想音像定位位置や反射波の入射方向の想定音源方向位置のみに対する正規化頭部伝達関数を求めるようにしても勿論良い。

【0118】

なお、複数の想定音源方向位置からの直接波のみにについての頭部伝達関数および素の状態の伝達特性を測定するために、上述の実施形態では、無響室において測定を行うようにした。しかし、無響室ではなく、反射波が含まれる部屋や場所であっても、当該反射波が直接波に対して大きく遅延している場合には、直接波成分のみを時間ウィンドーを掛けて、抽出するようにすることもできる。

【0119】

20

また、想定音源方向位置でスピーカで発生する頭部伝達関数の測定用音波を、インパルスではなく、TSP (Time Stretched Pulse) 信号としてもよい。TSP 信号を用いる場合には、無響室ではなくても、反射波を除去して、直接波のみにについての頭部伝達関数および素の状態の伝達特性を測定することができる。

【0120】

[正規化頭部伝達関数を用いることによる効果の検証]

実際に頭部伝達関数の測定に用いたスピーカおよびマイクロホンを含む測定系の特性を、図5に示す。すなわち、図5(A)は、ダミーヘッドや人間などの障害物を入れない状態で、スピーカにより、0から20kHzまでの周波数信号の音を、同じ一定レベルで再生し、マイクロホンでピックアップしたときの、当該マイクロホンからの出力信号の周波数特性である。

30

【0121】

ここで使用したスピーカは、業務用のかなり特性の良いとされるスピーカであるが、それでも、図5(A)に示すような特性を有し、平坦な周波数特性とならない。また、実際にも、この図5(A)の特性は一般的なスピーカの中ではかなりフラットな部類に属される優秀な特性とされている。

【0122】

従来は、このスピーカおよびマイクロホンの系の特性が、頭部伝達関数に付加された状態であり、それが除去されないので、頭部伝達関数を畳み込んで得られる音の特性や音質が、そのスピーカおよびマイクロホンの系の特性に左右されてしまうことになる。

40

【0123】

図5(B)は、同じ条件で、ダミーヘッドや人間などの障害物を入れた状態におけるマイクロホンからの出力信号の周波数特性である。1200Hz付近や10kHz付近で大きなディップが生じ、かなり変動する周波数特性となることが分かる。

【0124】

図6(A)は、図5(A)の周波数特性と、図5(B)の周波数特性とを重ねて示した周波数特性図である。

【0125】

これに対して図6(B)は、上述したような実施形態により、正規化した頭部伝達関数の特性を示すものである。この図6(B)から、正規化した頭部伝達関数の特性において

50

は、低域においても、ゲインは下がらない特性となっていることが分かる。

【 0 1 2 6 】

上述した実施形態においては、複素 F F T 処理を行い、位相成分を考慮した正規化頭部伝達関数を用いるようにしている。このため、位相を考慮せずに、振幅成分のみを用いて正規化した頭部伝達関数を用いた場合に比べて、正規化頭部伝達関数の忠実度が高いという特徴がある。

【 0 1 2 7 】

すなわち、位相を考慮せずに振幅のみを正規化する処理を行い、最終的に用いるインパルス特性を再度 F F T して特性を取ったものを、図 7 に示す。

【 0 1 2 8 】

この図 7 と、この実施形態の正規化頭部伝達関数の特性である図 6 (B) とを比較参照すると、次のようなことが分かる。すなわち、頭部伝達関数 $X(m)$ と、素の状態の伝達特性 $X_{ref}(m)$ との特性の差分が、この実施形態の複素 F F T では、図 6 (B) に示すように正しく得られるが、位相を考慮しない場合は、図 7 に示すように、本来のものからずれてしまう。

【 0 1 2 9 】

また、上述の図 1 の処理手順においては、I R 簡略化部 3 9 により、正規化頭部伝達関数の簡略化を最後に行っているので、最初からデータ数を少なくして処理する場合に比べて、特性のずれが少ないという特徴がある。

【 0 1 3 0 】

すなわち、頭部伝達関数測定手段 1 0 および素の状態の伝達特性測定手段 2 0 で得られたデータについて、最初に、データ数を少なくする簡略化を行った場合（最終的に必要なインパルス数以降を 0 として正規化を行う場合）には、正規化頭部伝達関数の特性は、図 8 に示すようなものとなり、特に、低域の特性にずれが出てきてしまう。これに対して、上述した実施形態の構成で得た正規化頭部伝達関数の特性は、図 6 (B) のようになり、低域においても特性のずれが少ない。

【 0 1 3 1 】

[正規化頭部伝達関数畳み込み方法の例]

図 9 は、従来の測定方法により求められた頭部伝達関数の例としてのインパルスレスポンスを示すもので、直接波のみではなく、全ての反射波の成分を含んだ総合的なものとなっている。従来は、図 9 に示すように、この直接波および反射波の全てを含む総合的なインパルスレスポンスの全体を、1 つの畳み込みプロセス区間で、音声信号に畳み込むようにする。

【 0 1 3 2 】

反射波として高次のものをも含み、また、仮想音像定位位置から測定点位置までの経路長が長い反射波を含むため、従来の畳み込みプロセス区間は、図 9 に示すように、比較的長い区間となる。なお、畳み込みプロセス区間の先頭の区間 D L 0 は、仮想音像定位位置からの直接波が測定点位置まで到達する時間に相当する遅延分を示している。

【 0 1 3 3 】

図 9 のような従来の頭部伝達関数畳み込み方法に対して、この実施形態では、上述のようにして求めた直接波の正規化頭部伝達関数と、選択された反射波の正規化頭部伝達関数とを、音声信号に畳み込むようにする。

【 0 1 3 4 】

ここで、この実施形態では、仮想音像定位位置を定めたとき、測定点位置（音響再生ドライバ設置位置）との間における直接波の正規化頭部伝達関数は、必ず、音声信号に畳み込む。しかし、反射波の正規化頭部伝達関数については、想定した聴取環境や部屋構造などに応じて選択したもののみを音声信号に畳み込むようにする。

【 0 1 3 5 】

例えば、前述した大平原のような聴取環境を想定した場合には、反射波としては、仮想音像定位位置から地面（床）での反射波のみを選択し、当該選択した反射波が測定点位置

10

20

30

40

50

に入射する方向について求められた正規化頭部伝達関数を音声信号に畳み込むようにする。

【 0 1 3 6 】

また、例えば、通常の直方体形状の部屋の場合には、天井、床、リスナの左右の壁、リスナの前方および後方の壁の全てからの反射波を選択して、それらの反射波が測定点位置に入射する方向について求められた正規化頭部伝達関数を畳み込むようにする。

【 0 1 3 7 】

また、後者の部屋のような場合、反射波としては、一次反射のみではなく、二次反射、三次反射などが生じるが、例えば一次反射のみを選択する。実験によれば、一次反射波のみについての正規化頭部伝達関数を畳み込んだ音声信号であっても、その音声信号を音響再生することにより、良好な仮想音像定位感が得られている。なお、2次以降の反射波についての正規化頭部伝達関数をさらに音声信号に畳み込むようにすれば、その音声信号を音響再生したときには、さらに良好な仮想音像定位感が得られる場合もある。

【 0 1 3 8 】

直接波についての正規化頭部伝達関数は、基本的には、そのままの利得（ゲイン）で音声信号に畳み込むようにする。反射波については、一次反射であるか、二次反射であるか、さらに高次の反射であるかに応じた利得で、正規化頭部伝達関数を音声信号に畳み込むようにする。

【 0 1 3 9 】

これは、この例で得られる正規化頭部伝達関数は、それぞれ所定の方向に設定した想定音源方向位置からの直接波について測定したものであり、当該所定の方向からの反射波についての正規化頭部伝達関数は、直接波に対して減衰したものであるからである。なお、反射波についての正規化頭部伝達関数の直接波に対する減衰量は、高次になるほど大きくなる。

【 0 1 4 0 】

また、前述もしたように、反射波の頭部伝達関数については、この実施形態では、さらに、想定する反射部位の表面形状、表面構造、材質などに応じた吸音率（音波の減衰率）を考慮した利得を設定することができるようになっている。

【 0 1 4 1 】

以上のように、この実施形態では、頭部伝達関数を畳み込む反射波を選択し、また、それぞれの反射波の頭部伝達関数の利得を調整するようにするので、任意の想定した部屋環境や聴取環境に応じた頭部伝達関数の音声信号に対する畳み込みが可能となる。つまり、従来のように、良好な音場空間を提供する部屋やスペースにおいて、頭部伝達関数の測定を行うことなく、良好な音場空間を提供すると想定される部屋やスペースにおける頭部伝達関数を音声信号に畳み込むことが可能となる。

【 0 1 4 2 】

[畳み込み方法の第1の例（複数処理）；図10、図11]

この実施形態では、直接波の正規化頭部伝達関数（直接波方向頭部伝達関数）と、それぞれの反射波の正規化頭部伝達関数（反射波方向頭部伝達関数）とは、上述したように、それぞれ独立に求められる。そこで、第1の例では、直接波および選択したそれぞれの反射波の正規化頭部伝達関数は、音声信号に対して、独立に畳み込み処理するようにする。

【 0 1 4 3 】

例えば、直接波（直接波の方向）のほかに、3個の反射波（反射波の方向）が選択されて、それぞれに対応する正規化頭部伝達関数（直接波方向頭部伝達関数および反射波方向頭部伝達関数）が畳み込まれる場合について説明する。

【 0 1 4 4 】

直接波および反射波のそれぞれに対しては、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間が予め求められる。この遅延時間は、測定点位置（音響再生ドライバー位置）と仮想音像定位位置が定まり、反射部位が定めれば、計算により求められる。そして、反射波については、正規化頭部伝達関数に対する減衰量（ゲイン）も予め

10

20

30

40

50

定められる。

【 0 1 4 5 】

図 1 0 に、直接波および 3 個の反射波についての遅延時間およびゲイン、さらに、畳み込み処理区間の例を示す。

【 0 1 4 6 】

図 1 0 の例においては、直接波の正規化頭部伝達関数（直接波方向頭部伝達関数）については、音声信号に対して、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する時間に相当する遅延 DL_0 が考慮される。すなわち、直接波の正規化頭部伝達関数の畳み込み開始時点は、図 1 0 の最下欄に示すように、前記遅延 DL_0 だけ音声信号を遅延した時点 t_0 となる。

10

【 0 1 4 7 】

そして、前述したようにして求められている当該直接波の方向についての正規化頭部伝達関数が、前記時点 t_0 から開始する、当該正規化頭部伝達関数のデータ長分（上述の例では、600 個のデータ分）の畳み込みプロセス区間 CP_0 で、音声信号に対して畳み込み処理がなされる。

【 0 1 4 8 】

次に、3 個の反射波のうち、第 1 の反射波 1 の正規化頭部伝達関数（反射波方向頭部伝達関数）については、音声信号に対して、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に対応する遅延 DL_1 が考慮される。すなわち、第 1 の反射波 1 の正規化頭部伝達関数の畳み込み開始時点は、図 1 0 の最下欄に示す、前記遅延 DL_1 だけ音声信号を遅延した時点 t_1 となる。

20

【 0 1 4 9 】

そして、前述したようにして求められている第 1 の反射波 1 の方向についての正規化頭部伝達関数が、前記時点 t_1 から開始する、当該正規化頭部伝達関数のデータ長の畳み込みプロセス区間 CP_1 で、音声信号に対して畳み込み処理される。ここで、時点 t_1 から開始する、正規化頭部伝達関数（反射波方向頭部伝達関数）のデータ長は、上述の例では、600 個のデータ分とされている。後述する第 2 の反射波および第 3 の反射波についても同様である。

【 0 1 5 0 】

この畳み込み処理に際して、前記正規化頭部伝達関数は、第 1 の反射波 1 が第何次の反射波であるかと、反射部位における吸音率（または反射率）とが考慮されたゲイン G_1 ($G_1 < 1$) 倍される。

30

【 0 1 5 1 】

また、同様にして、第 2 の反射波 2 および第 3 の反射波 3 の正規化頭部伝達関数（反射波方向頭部伝達関数）については、音声信号に対して、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に対応する遅延 DL_2 および DL_3 がそれぞれ考慮される。すなわち、図 1 0 の最下欄に示すように、第 2 の反射波 2 の正規化頭部伝達関数の畳み込み開始時点は、前記遅延 DL_2 だけ音声信号を遅延した時点 t_2 となる。また、第 3 の反射波 3 の正規化頭部伝達関数の畳み込み開始時点は、前記遅延 DL_3 だけ音声信号を遅延した時点 t_3 となる。

40

【 0 1 5 2 】

そして、前述したようにして求められている第 2 の反射波 2 の方向についての正規化頭部伝達関数が、前記時点 t_2 から開始する、当該正規化頭部伝達関数のデータ長の畳み込みプロセス区間 CP_2 で、音声信号に対して畳み込み処理がなされる。また、第 3 の反射波 3 の方向についての正規化頭部伝達関数が、前記時点 t_3 から開始する、当該正規化頭部伝達関数のデータ長の畳み込みプロセス区間 CP_3 で、音声信号に対して畳み込み処理がなされる。

【 0 1 5 3 】

この畳み込み処理に際して、前記正規化頭部伝達関数は、第 2 の反射波 2 および第 3 の反射波 3 のそれぞれが第何次の反射波であるかと、反射部位における吸音率（または反射

50

率)とが考慮されたゲイン G_2 および G_3 ($G_2 < 1$ および $G_3 < 1$) 倍される。

【0154】

以上説明した図10の例の畳み込み処理を実行する正規化頭部伝達関数畳み込み部のハードウェア構成例を、図11に示す。

【0155】

この図11の例は、直接波用の畳み込み処理部51と、第1～第3の反射波1, 2, 3用の畳み込み処理部52, 53, 54と、加算部55とからなる。

【0156】

これらの畳み込み処理部51～54のそれぞれは、全く同一の構成を備える。すなわち、この例においては、畳み込み処理部51～54のそれぞれは、遅延部511, 521, 531, 541と、頭部伝達関数畳み込み回路512, 522, 532, 542と、正規化頭部伝達関数メモリ513, 523, 533, 543とを備える。また、畳み込み処理部51～54のそれぞれは、ゲイン調整部514, 524, 534, 544と、ゲインメモリ515, 525, 535, 545とを備える。

【0157】

この例においては、遅延部511, 521, 531, 541のそれぞれには、頭部伝達関数を畳み込むべき入力音声信号 S_i が供給される。遅延部511, 521, 531, 541のそれぞれは、直接波および第1～第3の反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込みの開始時点 t_0 , t_1 , t_2 , t_3 まで、頭部伝達関数を畳み込むべき入力音声信号 S_i を遅延させるものである。したがって、この例では、図示のように、遅延部511, 521, 531, 541のそれぞれの遅延量は、 DL_0 , DL_1 , DL_2 , DL_3 とされる。

【0158】

頭部伝達関数畳み込み回路512, 522, 532, 542のそれぞれは、正規化頭部伝達関数を音声信号に畳み込む処理を実行する部分である。この例では、頭部伝達関数畳み込み回路512, 522, 532, 542のそれぞれは、例えば600タップのIIR (Infinite Impulse Response) フィルタあるいはFIR (Finite Impulse Response) フィルタで構成される。

【0159】

正規化頭部伝達関数メモリ513, 523, 533, 543は、頭部伝達関数畳み込み回路512, 522, 532, 542のそれぞれで畳み込む正規化頭部伝達関数を記憶保持するものである。正規化頭部伝達関数メモリ513には、直接波の方向の正規化頭部伝達関数が記憶保持される。正規化頭部伝達関数メモリ523には、第1の反射波の方向の正規化頭部伝達関数が記憶保持される。正規化頭部伝達関数メモリ533には、第2の反射波の方向の正規化頭部伝達関数が記憶保持される。正規化頭部伝達関数メモリ543には、第3の反射波の方向の正規化頭部伝達関数が記憶保持される。

【0160】

ここで、記憶保持される直接波の方向の正規化頭部伝達関数、第1の反射波の方向の正規化頭部伝達関数、第2の反射波の方向の正規化頭部伝達関数、および第3の反射波の方向の正規化頭部伝達関数は、例えば、前述の正規化頭部伝達関数メモリ41から選択されて読み出されて、対応する正規化頭部伝達関数メモリ513, 523, 533, 543のそれぞれに書き込まれる。

【0161】

ゲイン調整部514, 524, 534, 544は、畳み込む正規化頭部伝達関数のゲインを調整するためのものである。このゲイン調整部514, 524, 534, 544は、ゲインメモリ515, 525, 535, 545に記憶されているゲイン値 (< 1) を、正規化頭部伝達関数メモリ513, 523, 533, 543からの正規化頭部伝達関数に乗算する。そして、このゲイン調整部514, 524, 534, 544は、その乗算結果を頭部伝達関数畳み込み回路512, 522, 532, 542に供給する。

【0162】

この例では、ゲインメモリ515には、直接波についてのゲイン値 G_0 (< 1) が記憶

10

20

30

40

50

される。また、ゲインメモリ 525 には、第 1 の反射波についてのゲイン値 G_1 (< 1) が記憶される。また、ゲインメモリ 535 には、第 2 の反射波についてのゲイン値 G_2 (< 1) が記憶される。また、ゲインメモリ 545 には、第 3 の反射波についてのゲイン値 G_3 (< 1) が記憶される。

【0163】

加算部 55 は、直接波用の畳み込み処理部 51 と、第 1 ~ 第 3 の反射波 1, 2, 3 用の畳み込み処理部 52, 53, 54 からの、それぞれ正規化頭部伝達関数が畳み込まれた音声信号を加算して合成し、出力音声信号 S_o を出力する。

【0164】

以上のような構成において、頭部伝達関数を畳み込むべき入力音声信号 S_i が、遅延部 511, 521, 531, 541 のそれぞれに供給される。遅延部 511, 521, 531, 541 のそれぞれにおいては、入力音声信号 S_i は、直接波および第 1 ~ 第 3 の反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込みの開始時点 t_0, t_1, t_2, t_3 まで、遅延させられる。遅延部 511, 521, 531, 541 のそれぞれで、正規化頭部伝達関数の畳み込みの開始時点 t_0, t_1, t_2, t_3 まで、遅延させられた入力音声信号 S_i は、頭部伝達関数畳み込み回路 512, 522, 532, 542 に供給される。

【0165】

一方、正規化頭部伝達関数メモリ 513, 523, 533, 543 のそれぞれからは、それぞれ畳み込みの開始時点 t_0, t_1, t_2, t_3 から、順次に、記憶保持されている正規化頭部伝達関数データが読み出される。正規化頭部伝達関数メモリ 513, 523, 533, 543 のそれぞれからの正規化頭部伝達関数データの読み出しタイミング制御に関しては、ここでは省略する。

【0166】

読み出された正規化頭部伝達関数データは、ゲイン調整部 514, 524, 534, 544 のそれぞれにおいて、ゲインメモリ 515, 525, 535, 545 からのゲイン G_0, G_1, G_2, G_3 倍されて、ゲイン調整される。ゲイン調整された正規化頭部伝達関数データは、頭部伝達関数畳み込み回路 512, 522, 532, 542 のそれぞれに供給される。

【0167】

頭部伝達関数畳み込み回路 512, 522, 532, 542 のそれぞれでは、図 10 に示した畳み込みプロセス区間 CP_0, CP_1, CP_2, CP_3 のそれぞれにおいて、ゲイン調整された正規化頭部伝達関数データを畳み込み処理する。

【0168】

そして、これら頭部伝達関数畳み込み回路 512, 522, 532, 542 のそれぞれでの正規化頭部伝達関数データの畳み込み処理結果が加算部 55 で加算され、その加算結果が、出力音声信号 S_o として出力される。

【0169】

この第 1 の例の場合においては、直接波および複数の反射波についての正規化頭部伝達関数のそれぞれを、音声信号に独立に畳み込み処理することができる。このため、遅延部 511, 521, 531, 541 における遅延量およびゲインメモリ 515, 525, 535, 545 に記憶するゲインを調整することにより、さらに、正規化頭部伝達関数メモリ 513, 523, 533, 543 に記憶して畳み込む正規化頭部伝達関数を変えることにより、屋内や屋外などの聴取環境スペースの種類の違いや、部屋の形状、大きさ、反射部位の材質（吸音率や反射率）の違いなど、聴取環境の違いに応じた頭部伝達関数の畳み込みが容易にできる。

【0170】

遅延部 511, 521, 531, 541 を、外部からのオペレータなどの操作入力に応じて遅延量を可変できる可変遅延手段で構成してもよい。また、正規化頭部伝達関数メモリ 513, 523, 533, 543 に対して、オペレータが正規化頭部伝達関数メモリ 40 から選択した任意の正規化頭部伝達関数を書き込むようにする手段を設けても良い。さ

10

20

30

40

50

らに、ゲインメモリ 5 1 5 , 5 2 5 , 5 3 5 , 5 4 5 に対して、オペレータが任意のゲインを入力して記憶することができる手段を設けても良い。そのように構成した場合には、オペレータが任意に設定した聴取環境スペースや部屋環境などの聴取環境に応じた頭部伝達関数の畳み込みができる。

【 0 1 7 1 】

例えば、部屋形状が全く同じ聴取環境において、壁の材質（吸音率や反射率）に応じてゲインを変更することが容易にでき、壁の材質を種々変更して状況における仮想音像定位状態をシミュレートすることができる。

【 0 1 7 2 】

なお、図 1 0 の例の構成においては、直接波用の畳み込み処理部 5 1 および第 1 ~ 第 3 の反射波 1 , 2 , 3 用の畳み込み処理部 5 2 , 5 3 , 5 4 のそれぞれに正規化頭部伝達関数メモリ 5 1 3 , 5 2 3 , 5 3 3 , 5 4 3 を設けた。その代わりに、それらの畳み込み処理部 5 1 ~ 5 4 に共通に正規化頭部伝達関数メモリ 4 0 を設けると共に、畳み込み処理部 5 1 ~ 5 4 のそれぞれに、正規化頭部伝達関数メモリ 4 0 から、畳み込み処理部 5 1 ~ 5 4 のそれぞれで必要とする正規化頭部伝達関数を選択的に読み出す手段を設けるように構成しても良い。

【 0 1 7 3 】

なお、上述の第 1 の例は、直接波の他に、3 個の反射波を選択して、それらの正規化頭部伝達関数を音声信号に畳み込むようにした場合についての説明である。しかし、選択される反射波の正規化頭部伝達関数が 3 個以上であってもよい。3 個以上の場合には、図 1 1 の構成において、反射波用の畳み込み処理部 5 2 , 5 3 , 5 4 と同様の畳み込み処理部を、必要な数だけ設けることにより、全く同様にして、それらの正規化頭部伝達関数の畳み込みを行うことができる。

【 0 1 7 4 】

なお、図 1 0 の例では、遅延部 5 1 1 , 5 2 1 , 5 3 1 , 5 4 1 は、それぞれ入力音声信号 S_i を、畳み込み開始時点まで遅延するように構成したので、それぞれの遅延量は、 DL_0 , DL_1 , DL_2 , DL_3 とされている。しかし、遅延部 5 1 1 の出力端を遅延部 5 2 1 の入力端に接続し、遅延部 5 2 1 の出力端を遅延部 5 3 1 の入力端に接続し、遅延部 5 3 1 の出力端を遅延部 5 4 1 の入力端に接続するように構成するようにしても良い。そのように構成すれば、遅延部 5 2 1 , 5 3 2 , 5 4 2 での遅延量は、それぞれ $DL_1 - DL_0$, $DL_2 - DL_1$, $DL_3 - DL_2$ とすることで、小さくすることができる。

【 0 1 7 5 】

また、畳み込みプロセス区間 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 が互いに重ならない場合には、畳み込みプロセス区間 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 の時間長を考慮しながら、直列的に、遅延回路と畳み込み回路とを接続構成することもできる。その場合には、畳み込みプロセス区間 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 の時間長を TP_0 , TP_1 , TP_2 , TP_3 とすれば、遅延部 5 2 1 , 5 3 1 , 5 4 1 での遅延量は、それぞれ $DL_1 - DL_0 - TP_0$, $DL_2 - DL_1 - TP_1$, $DL_3 - DL_2 - TP_2$ とすることで、さらに小さくすることができる。

【 0 1 7 6 】

[畳み込み方法の第 2 の例（係数合成処理）；図 1 2、図 1 3]

この第 2 の例は、予め定まった聴取環境についての頭部伝達関数を畳み込み処理する場合に用いられる。すなわち、聴取環境スペースの種類や、部屋の形状、大きさ、反射部位の材質（吸音率や反射率）など、聴取環境が予め定まっている場合には、直接波および選択される反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込みの開始時点は定まったものとなる。また、その場合には、それぞれの正規化頭部伝達関数を畳み込む際の減衰量（ゲイン）も定まったものとなる。

【 0 1 7 7 】

例えば前述した直接波および 3 個の反射波の頭部伝達関数を例にとると、図 1 2 に示すように、直接波および第 1 ~ 第 3 の反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込みの開始時点は

、それぞれ前述した開始時点 t_0 , t_1 , t_2 , t_3 となる。

【0178】

そして、音声信号に対する遅延量は、 DL_0 , DL_1 , DL_2 , DL_3 となる。そして、直接波および第1～第3の反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込み時のゲインは、それぞれ G_0 , G_1 , G_2 , G_3 と定めることができる。

【0179】

そこで、第2の例においては、図12に示すように、これらの正規化頭部伝達関数を時系列的に合成して合成正規化頭部伝達関数とし、畳み込みプロセス区間を、音声信号に対して、これらの複数個の正規化頭部伝達関数の畳み込みを完了するまでの期間とする。

【0180】

ここで、図12に示すように、それぞれの正規化頭部伝達関数の実質的な畳み込み区間は、 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 であって、これらの畳み込み区間 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 以外の区間では、頭部伝達関数のデータは存在しない。そこで、その畳み込み区間 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 以外の区間では、データ0（ゼロ）を頭部伝達関数として用いるようにする。

【0181】

この第2の例の場合には、正規化頭部伝達関数畳み込み部のハードウェア構成例は、図13に示すようなものとなる。

【0182】

すなわち、この第2の例においては、頭部伝達関数を畳み込むべき入力音声信号 S_i は、直接波の頭部伝達関数についての遅延部61にて、直接波についての所定の遅延量 DL_0 だけ遅延された後、頭部伝達関数畳み込み回路62に供給される。

【0183】

この頭部伝達関数畳み込み回路62には、合成正規化頭部伝達関数メモリ63からの合成正規化頭部伝達関数が供給されて、音声信号に畳み込まれる。合成正規化頭部伝達関数メモリ63に記憶される合成正規化頭部伝達関数は、前述の図12を用いて説明した合成正規化頭部伝達関数である。

【0184】

この第2の例は、遅延量を変更したり、ゲインを変更したりする場合にも、合成正規化頭部伝達関数の全てを書き換える必要がある。しかし、図13に示すように、正規化頭部伝達関数を畳み込む回路のハードウェア構成を簡単にすることができるというメリットがある。

【0185】

[畳み込み方法の他の例]

上述した第1および第2の例では、直接波および選択した反射波については、畳み込みプロセス区間 CP_0 , CP_1 , CP_2 , CP_3 のそれぞれにおいて、予め測定しておいた対応する方向についての正規化頭部伝達関数を音声信号に畳み込むようにした。

【0186】

しかし、重要なのは、選択した反射波についての頭部伝達関数の畳み込み開始時点および畳み込みプロセス区間 CP_1 , CP_2 , CP_3 であり、実際に畳み込む信号は、対応する頭部伝達関数でなくとも良い。

【0187】

すなわち、例えば、上述した第1および第2の例と同様に、直接波の畳み込みプロセス区間 CP_0 においては、直接波についての正規化頭部伝達関数（直接波方向頭部伝達関数）を畳み込むようにする。しかし、反射波の畳み込みプロセス区間 CP_1 , CP_2 , CP_3 においては、簡易的に、畳み込みプロセス区間 CP_0 と同じ直接波方向頭部伝達関数を、必要なゲイン G_1 , G_2 , G_3 倍することで減衰させたものを、それぞれ畳み込むようにしても良い。

【0188】

すなわち、第1の例の場合であれば、正規化頭部伝達関数メモリ523 , 533 , 54

10

20

30

40

50

3 には、正規化頭部伝達関数メモリ 5 1 3 と同じ直接波についての正規化頭部伝達関数を記憶しておくようにする。あるいは、正規化頭部伝達関数メモリ 5 2 3 , 5 3 3 , 5 4 3 は省略して、正規化頭部伝達関数メモリ 5 1 3 のみを設ける。そして、当該正規化頭部伝達関数メモリ 5 1 3 からゲイン調整部 5 1 4 のみではなく、ゲイン調整部 5 2 4 , 5 3 4 , 5 4 4 にも、それぞれの畳み込みプロセス区間 $CP1$, $CP2$, $CP3$ で、直接波の正規化頭部伝達関数を読み出して供給するようにしても良い。

【0189】

さらには、同様に、上述した第 1 および第 2 の例において、直接波の畳み込みプロセス区間 $CP0$ においては、直接波についての正規化頭部伝達関数（直接波方向頭部伝達関数）を畳み込むようにする。しかし、反射波の畳み込みプロセス区間 $CP1$, $CP2$, $CP3$ においては、簡易的に、畳み込み対象である音声信号を、それぞれ対応する遅延量 $DL1$, $DL2$, $DL3$ だけ遅延したものを、それぞれ畳み込むようにしても良い。

【0190】

すなわち、畳み込み対象の音声信号を前記遅延量 $DL1$, $DL2$, $DL3$ だけ保持する保持手段を設け、それら保持手段で保持した音声信号を反射波の畳み込みプロセス区間 $CP1$, $CP2$, $CP3$ で畳み込むようにする。

【0191】

[実施形態の音声信号処理方法を用いた音響再生システムの例 ; 図 1 4 ~ 図 1 7]

次に、この発明による音声信号処理装置の実施形態を、2 チャンネルヘッドホンを用いてマルチサラウンド音声信号を再生する場合に適用した場合を例に説明する。すなわち、以下に説明する例は、上述した正規化頭部伝達関数を、各チャンネルの音声信号に畳み込むことにより、仮想音像定位を用いた再生を行うことができるようにした場合である。

【0192】

以下に説明する例は、ITU（国際電気通信連合）- R による 7 . 1 チャンネルマルチサラウンドの場合のスピーカ配置を想定して、オーバーヘッドホンにより、この 7 . 1 チャンネルマルチサラウンドのスピーカ配置位置に、各チャンネルの音声成分が仮想音像定位するように、頭部伝達関数を畳み込むようにする場合である。

【0193】

図 1 4 に、ITU - R の 7 . 1 チャンネルマルチサラウンドのスピーカ配置例を示すもので、リスナ位置 P_n を中心とした円周上に、各チャンネルのスピーカが位置するように定められる。

【0194】

図 1 4 において、リスナの正面位置である C は、センターチャンネルのスピーカ位置である。センターチャンネルのスピーカ位置 C を中心として、その両側において、互いに 60 度の角範囲だけ離れた位置である LF および RF は、それぞれ左前方チャンネルおよび右前方チャンネルのスピーカ位置を示している。

【0195】

そして、リスナの正面位置 C の左右 60 度から 150 度の範囲において、左側および右側に 2 個ずつのスピーカ位置 LS , LB および RS , RB が設定される。これらスピーカ位置 LS , LB と RS , RB とは、リスナに対して左右対称の位置に設定されるものである。スピーカ位置 LS および RS は、左側方チャンネルおよび右側方チャンネルのスピーカ位置であり、スピーカ位置 LB および RB は、左後方チャンネルおよび右後方チャンネルのスピーカ位置である。

【0196】

この音響再生システムの例においては、オーバーヘッドホンとして、左右の耳用のそれぞれに対して 1 個ずつのヘッドホンドライバが配置されるものを使用する。

【0197】

この実施形態では、7 . 1 チャンネルのマルチサラウンド音声信号を、この例のオーバーヘッドホンで音響再生したとき、図 1 4 の各スピーカ位置 C , LF , RF , LS , RS , LB , RB の方向を仮想音像定位方向として音響再生されるようにする。このため、後

述するようにして、7.1チャンネルのマルチサラウンド音声信号の各チャンネルの音声信号に、選択された正規化頭部伝達関数を畳み込むようにする。

【0198】

図15および図16は、この発明の実施形態の音声信号処理装置を用いる音響再生システムのハードウェア構成例を示すものである。図15と図16とに分けたのは、紙面の大きさの都合上、この例の音響再生システムを一つの紙面内に収めて示すことが困難であったためであり、図15の続きが図16となっている。

【0199】

この図15および図16に示した例は、電気音響変換手段が、左チャンネル用のヘッドホンドライバ120Lと、右チャンネル用のヘッドホンドライバ120Rとを備える2チャンネルステレオのオーバーヘッドホンの場合の例である。

10

【0200】

なお、この図15および図16においては、図14のスピーカ位置C, LF, RF, LS, RS, LB, RBに供給すべき各チャンネルの音声信号は、同じ記号C, LF, RF, LS, RS, LB, RBを用いて示している。ここで、図15および図16において、LFE (Low Frequency Effect) チャンネルは、低域効果チャンネルであり、これは、通常、音像定位方向が定まらない音声であるので、この例では、頭部伝達関数の畳み込み対象とはしない音声チャンネルとしている。

【0201】

図15に示すように、7.1チャンネルの音声信号LF, LS, RF, RS, LB, RB, C, LFEのそれぞれは、レベル調整部71LF, 71LS, 71RF, 71RS, 71LB, 71RB, 71C, 71LFEに供給されて、レベル調整される。

20

【0202】

このレベル調整部71LF, 71LS, 71RF, 71RS, 71LB, 71RB, 71C, 71LFEのそれぞれからの音声信号は、アンプ72LF, 72LS, 72RF, 72RS, 72LB, 72RB, 72C, 72LFEを通じて、A/Dコンバータ73LF, 73LS, 73RF, 73RS, 73LB, 73RB, 73C, 73LFEに供給されて、デジタル音声信号に変換される。

【0203】

A/Dコンバータ73LF, 73LS, 73RF, 73RS, 73LB, 73RB, 73C, 73LFEからのデジタル音声信号は、それぞれ、頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEに供給される。

30

【0204】

頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEのそれぞれにおいては、この例では、前述の畳み込み方法の第1の例により直接波およびその反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込み処理をする。

【0205】

また、この例では、頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEのそれぞれは、各チャンネルのクロストーク成分とその反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込み処理を、同様に行う。

40

【0206】

なお、後述するように、この例では、頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEのそれぞれにおいては、処理対象の反射波は、簡単のため1個の反射波のみとした。

【0207】

頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEのそれぞれからの出力音声信号は、2チャンネル信号生成手段としての加算処理部75に供給される。

【0208】

50

この加算処理部 75 は、2 チャンネルステレオのヘッドホンの左チャンネル用加算部（以下、L 用加算部という）75 L と、右チャンネル用加算部（以下、R 用加算部という）75 R とを備える。

【0209】

L 用加算部 75 L は、本来の左チャンネル成分 L F , L S , L B およびその反射波成分と、右チャンネル成分 R F , R S , R B のクロストーク成分およびその反射成分と、センターチャンネル成分 C および低域効果チャンネル成分 L F E とを加算する。

【0210】

そして、L 用加算部 75 L は、その加算結果を、図 16 に示すように、左チャンネル用のヘッドホンドライバー 120 L 用の合成音声信号 S L として、レベル調整部 110 L を通じて D / A 変換部 111 L に供給する。

10

【0211】

R 用加算部 75 R は、本来の右チャンネル成分 R F , R S , R B およびその反射波成分と、左チャンネル成分 L F , L S , L B のクロストーク成分およびその反射成分と、センターチャンネル成分 C および低域効果チャンネル成分 L F E とを加算する。

【0212】

そして、R 用加算部 75 R は、その加算結果を、図 16 に示すように、右チャンネル用のヘッドホンドライバー 120 R 用の合成音声信号 S R として、レベル調整部 110 R を通じて D / A 変換部 111 R に供給する。

20

【0213】

この例では、センターチャンネル成分 C および低域効果チャンネル成分 L F E は、L 用加算部 75 L および R 用加算部 75 R の両方に供給されて、左チャンネルおよび右チャンネルの両方に加算される。これにより、センターチャンネル方向の音声の定位感をより良くすることができると共に、低域効果チャンネル成分 L F E による低域音声成分を、より広がり良く再生できるようにしている。

【0214】

D / A コンバータ 111 L および 111 R においては、上述のようにして、頭部伝達関数が畳み込まれた左チャンネル用の合成音声信号 S L および右チャンネル用の合成音声信号 S R がアナログ音声信号に変換される。

【0215】

30

この D / A コンバータ 111 L および 111 R からのアナログ音声信号は、電流電圧変換部 112 L および 112 R のそれぞれに供給されて、電流信号から電圧信号に変換される。

【0216】

そして、電流電圧変換部 112 L および 112 R のそれぞれからの電圧信号とされた音声信号は、レベル調整部 113 L および 113 R のそれぞれで、レベル調整された後、利得調整部 114 L および 114 R のそれぞれに供給されて利得調整される。

【0217】

そして、利得調整部 114 L および 114 R の出力音声信号は、アンプ 115 L および 115 R により増幅された後、実施形態の音声信号処理装置の出力端子 116 L , 116 R に出力される。この出力端子 116 L , 116 R に導出された音声信号は、左耳用のヘッドホンドライバー 120 L および右耳用のヘッドホンドライバー 120 R に、それぞれ供給されて、音響再生される。

40

【0218】

この音響再生システムの例によれば、ヘッドホンドライバーが左右の耳用として 1 つずつのヘッドホン 120 L , 120 R により、7 . 1 チャンネルのマルチサラウンドの音場を仮想音像定位により良好に再生することができる。

【0219】

[実施形態の音響再生システムにおける正規化頭部伝達関数の畳み込み開始タイミングの例（図 17 ~ 図 26）]

50

次に、図 15 の頭部伝達関数畳み込み処理部 74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFE で畳み込まれる正規化頭部伝達関数およびその畳み込み開始タイミングの例について説明する。

【0220】

例えば、縦×横 = 4550mm×3620mmの直方体形状の10畳の部屋を想定する。そして、当該部屋において、左前方スピーカ位置LFと、右前方スピーカ位置RFとの距離を1600mmとして、ITU-Rの7.1チャンネルマルチサラウンドの再生音響空間を想定したときの頭部伝達関数の畳み込みについて説明する。なお、ここでは、説明の簡単のため、反射波については、天井反射と床反射は省略して、壁反射のみについて説明するものとする。

10

【0221】

この実施形態では、直接波についての正規化頭部伝達関数、そのクロストーク成分についての正規化頭部伝達関数、1次反射波についての正規化頭部伝達関数、およびそのクロストーク成分についての正規化頭部伝達関数を畳み込むようにする。

【0222】

まず、右前方スピーカ位置RFを仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図17に示すようなものとすることができる。

【0223】

すなわち、図17において、RFdは、位置RFからの直接波を示しており、また、xRFdはその左チャンネルへのクロストークを示している。なお、記号xは、クロストークであることを示している。以下同様である。

20

【0224】

また、RFsRは、位置RFから右側壁に一次反射した反射波を示しており、xRFsRは、その左チャンネルへのクロストークを示している。また、RFfRは、位置RFから前方壁に一次反射した反射波を示しており、xRFfRは、その左チャンネルへのクロストークを示している。

【0225】

また、RFsLは、位置RFから左側壁に一次反射した反射波を示しており、xRFsLは、その左チャンネルへのクロストークを示している。さらに、RFbRは、位置RFから後方壁に一次反射した反射波を示しており、xRFbRは、その左チャンネルへのクロストークを示している。

30

【0226】

直接波およびそのクロストーク、また、反射波およびそのクロストークのそれぞれについて、畳み込むべき正規化頭部伝達関数は、それらの音波がリスナ位置Pnに最後に入射する方向について測定した正規化頭部伝達関数とされる。

【0227】

そして、直接波RFdおよびそのクロストークxRFd、反射波RFsR、RFfR、RFsL、RFbRおよびそれらのクロストークxRFsR、xRFfR、xRFsL、xRFbRの正規化頭部伝達関数を、右前方チャンネルRFの音声信号に畳み込み開始すべき時点は、それら音波の経路長から計算されて、図18に示すようなものとなる。

40

【0228】

そして、畳み込む正規化頭部伝達関数のゲインは、直接波については、減衰量0とされる。また、反射波については、想定される吸音率に応じた減衰量とされる。

【0229】

なお、図18は、直接波RFdおよびそのクロストークxRFd、反射波RFsR、RFfR、RFsL、RFbRおよびそれらのクロストークxRFsR、xRFfR、xRFsL、xRFbRの正規化頭部伝達関数を、音声信号に畳み込み開始すべき時点を示しているだけで、1つのチャンネル用のヘッドホンドライバに供給する音声信号に畳み込む正規化頭部伝達関数の畳み込み開始点を示しているわけではない。

【0230】

50

すなわち、直接波 $R F d$ およびそのクロストーク $x R F d$ 、反射波 $R F s R$ 、 $R F f R$ 、 $R F s L$ 、 $R F b R$ およびそれらのクロストーク $x R F s R$ 、 $x R F f R$ 、 $x R F s L$ 、 $x R F b R$ の正規化頭部伝達関数のそれぞれは、前記頭部伝達関数畳み込み処理部 74 L F、74 L S、74 R F、74 R S、74 L B、74 R B、74 C、74 L F E のうちから予め選定されたチャンネル用の頭部伝達関数畳み込み処理部において畳み込まれる。

【0231】

このことは、右前方スピーカ位置 $R F$ を仮想音像定位位置とするために畳み込むべき正規化頭部伝達関数のみではなく、他のチャンネルのスピーカ位置を仮想音像定位位置とするために畳み込むべき正規化頭部伝達関数と、畳み込み対象の音声信号との関係においても同様である。

10

【0232】

次に、左前方スピーカ位置 $L F$ を仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図 17 に示したものを、左右対称に、左側に移したようなものとすることができる。図示は省略するが、直接波 $L F d$ 、そのクロストーク $x L F d$ 、また、左側壁からの反射波 $L F s L$ 、そのクロストーク $x L F s L$ 、前方壁からの反射波 $L F f L$ 、そのクロストーク $x L F f L$ 、右側壁からの反射波 $L F s R$ 、そのクロストーク $x L F s R$ 、後方壁からの反射波 $L F b L$ 、そのクロストーク $x L F b L$ となる。そして、それらのリスナ位置 $P n$ への入射方向により、畳み込むべき正規化頭部伝達関数が定まり、その畳み込み開始タイミング時点は、図 18 に示したものと様となる。

【0233】

20

また、同様にして、センタースピーカ位置 C を仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図 19 に示すようなものとするができる。

【0234】

すなわち、直接波 $C d$ 、右側壁からの反射波 $C s R$ 、そのクロストーク $x C s R$ 、後方壁からの反射波 $C b R$ となる。図 19 には、右側の反射波のみについて示したが、左側についても同様に設定することができ、左側壁からの反射波 $C s L$ 、そのクロストーク $x C s L$ 、後方壁からの反射波 $C b L$ となる。

【0235】

そして、それらの直接波および反射波、そのクロストークの、リスナ位置 $P n$ への入射方向により、畳み込むべき正規化頭部伝達関数が定まり、その畳み込み開始タイミング時点は、図 20 に示すようなものとなる。

30

【0236】

次に、右側方スピーカ位置 $R S$ を仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図 21 に示すようなものとするができる。

【0237】

すなわち、直接波 $R S d$ 、そのクロストーク $x R S d$ 、また、右側壁からの反射波 $R S s R$ 、そのクロストーク $x R S s R$ 、前方壁からの反射波 $R S f R$ 、そのクロストーク $x R S f R$ 、左側壁からの反射波 $R S s L$ 、そのクロストーク $x R S s L$ 、後方壁からの反射波 $R S b R$ 、そのクロストーク $x R S b R$ となる。そして、それらのリスナ位置 $P n$ への入射方向により、畳み込むべき正規化頭部伝達関数が定まり、その畳み込み開始タイミング時点は、図 22 に示すようなものとなる。

40

【0238】

左側方スピーカ位置 $L S$ を仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図 21 に示したものを、左右対称に、左側に移したようなものとするができる。図示は省略するが、直接波 $L S d$ 、そのクロストーク $x L S d$ 、また、左側壁からの反射波 $L S s L$ 、そのクロストーク $x L S s L$ 、前方壁からの反射波 $L S f L$ 、そのクロストーク $x L S f L$ 、右側壁からの反射波 $L S s R$ 、そのクロストーク $x L S s R$ 、後方壁からの反射波 $L S b L$ 、そのクロストーク $x L S b L$ となる。そして、それらのリスナ位置 $P n$ への入射方向により、畳み込むべき正規化頭部伝達関数が

50

定まり、その畳み込み開始タイミング時点は、図 2 2 に示したものと同様となる。

【 0 2 3 9 】

また、右後方スピーカ位置 R B を仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図 2 3 に示すようなものとすることができる。

【 0 2 4 0 】

すなわち、直接波 R B d、そのクロストーク $\times$ R B d、また、右側壁からの反射波 R B s R、そのクロストーク $\times$ R B s R、前方壁からの反射波 R B f R、そのクロストーク $\times$ R B f R、左側壁からの反射波 R B s L、そのクロストーク $\times$ R B s L、後方壁からの反射波 R B b R、そのクロストーク $\times$ R B b R となる。そして、それらのリスナ位置 P n への入射方向により、畳み込むべき正規化頭部伝達関数が定まり、その畳み込み開始タイミング時点は、図 2 4 に示すようなものとなる。

10

【 0 2 4 1 】

左後方スピーカ位置 L B を仮想音像定位位置とするために、畳み込むべき正規化頭部伝達関数について音波の方向は、図 2 3 に示したものを、左右対称に、左側に移したようなものとすることができる。図示は省略するが、直接波 L B d、そのクロストーク $\times$ L B d、また、左側壁からの反射波 L B s L、そのクロストーク $\times$ L B s L、前方壁からの反射波 L B f L、そのクロストーク $\times$ L B f L、右側壁からの反射波 L B s R、そのクロストーク $\times$ L B s R、後方壁からの反射波 L B b L、そのクロストーク $\times$ L B b L となる。そして、それらのリスナ位置 P n への入射方向により、畳み込むべき正規化頭部伝達関数が定まり、その畳み込み開始タイミング時点は、図 2 4 に示したものと同様となる。

20

【 0 2 4 2 】

なお、前述したように、以上の説明においては、直接波および反射波の正規化頭部伝達関数の畳み込みについての説明は、壁反射のみについて行ったが、天井反射および床反射についても全く同様にして、考慮することができる。

【 0 2 4 3 】

すなわち、図 2 5 は、例えば右前方スピーカ R F を仮想音像定位位置とするために頭部伝達関数を畳み込むときに、考慮する天井反射および床反射を示すものである。すなわち、天井に反射して右耳位置に入射する反射波 R F c R と、同じく天井に反射して左耳位置に入射する反射波 R F c L と、床に反射して右耳位置に入射する反射波 R F g R と、同じく床に反射して左耳位置に入射する反射波 R F g L とを、考えることができる。また、これらの反射波については、図示は省略したが、クロストークを考慮することもできる。

30

【 0 2 4 4 】

これらの反射波およびクロストークについても、畳み込むべき正規化頭部伝達関数は、それらの音波がリスナ位置 P n に最後に入射する方向について測定した正規化頭部伝達関数とされる。そして、それぞれの反射波についての経路長を計算して、それぞれの正規化頭部伝達関数の畳み込み開始タイミングを定める

そして、畳み込む正規化頭部伝達関数のゲインは、天井および床の材質や表面形状などから想定される吸音率に応じた減衰量とされる。

【 0 2 4 5 】

なお、以上説明した実施形態の正規化頭部伝達関数の畳み込み手法は、特願 2 0 0 8 - 4 5 5 9 7 として、既に出願したものである。この発明の音声信号処理装置の実施形態においては、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B , 7 4 C , 7 4 L F E の内部構成例に特徴がある。

40

【 0 2 4 6 】

[この出願の発明の実施形態の要部との比較例]

図 2 6 に、既出願の場合における頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B , 7 4 C , 7 4 L F E の内部構成例を示す。この図 2 6 の例では、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B , 7 4 C , 7 4 L F E と、加算処理部 7 5 の L 用加算部 7 5 L および R 用加算部 7 5 R との間の接続関係も示している。

50

【 0 2 4 7 】

前述したように、この例の頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B , 7 4 C , 7 4 L F E のそれぞれにおける正規化頭部伝達関数の畳み込み方法としては、前述の畳み込み方法の第 1 の例を用いる。

【 0 2 4 8 】

そして、この例では、左チャンネルの成分 L F , L S , L B および右チャンネルの成分 R F , R S , R B については、直接波と反射波およびこれらのクロストーク成分のこれらの正規化頭部伝達関数の畳み込みを行う。

【 0 2 4 9 】

また、センターチャンネル C については、直接波と反射波についての正規化頭部伝達関数の畳み込みを行い、この例では、それらのクロストーク成分は考慮しない。

10

【 0 2 5 0 】

また、低域効果チャンネル L F E については、直接波とそのクロストーク成分についての正規化頭部伝達関数の畳み込みを行い、反射波については考慮しない。

【 0 2 5 1 】

以上のことから、図 2 6 に示すように、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B においては、4 個の遅延回路と、4 個の畳み込み回路とを備えるものとされる。

【 0 2 5 2 】

この構成は、図 1 1 に示した正規化頭部伝達関数畳み込み処理部を、これらの各チャンネル用の頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B に適用したものである。したがって、直接波、反射波およびそれらのクロストーク成分についての構成は、これら頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B において同一のものとなる。

20

【 0 2 5 3 】

そこで、それらの畳み込み処理部のうち、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F を例にとって、その構成を説明する。

【 0 2 5 4 】

この例の場合における左前方チャンネル用の頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F は、4 個の遅延回路 8 1 1 , 8 1 2 , 8 1 3 , 8 1 4 と、4 個の畳み込み回路 8 1 5 , 8 1 6 , 8 1 7 , 8 1 8 とからなる。

30

【 0 2 5 5 】

遅延回路 8 1 1 と畳み込み回路 8 1 5 とは、左前方チャンネルの直接波の信号 L F についての畳み込み処理部を構成する。これは、図 1 1 に示した直接波用の畳み込み処理部 5 1 に対応する。

【 0 2 5 6 】

遅延回路 8 1 1 は、左前方チャンネルの直接波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【 0 2 5 7 】

畳み込み回路 8 1 5 は、図 1 1 に示したようにして、左前方チャンネルの直接波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路 8 1 1 からの左前方チャンネルの音声信号 L F に対して畳み込む処理を実行する。

40

【 0 2 5 8 】

また、遅延回路 8 1 2 と畳み込み回路 8 1 6 とは、左前方チャンネルの反射波の信号 L F r e f についての畳み込み処理部を構成する。これは、図 1 1 における第 1 の反射波用の畳み込み処理部 5 2 に対応する。

【 0 2 5 9 】

遅延回路 8 1 2 は、左前方チャンネルの反射波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【 0 2 6 0 】

50

畳み込み回路 8 1 6 は、図 1 1 に示したようにして、左前方チャンネルの反射波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路 8 1 2 からの左前方チャンネルの音声信号 L F に対して畳み込む処理を実行する。

【 0 2 6 1 】

また、遅延回路 8 1 3 と畳み込み回路 8 1 7 とは、左前方チャンネルの右チャンネルへのクロストーク（左前方チャンネルのクロストークチャンネル）の信号 x L F についての畳み込み処理部を構成する。これは、図 1 1 に示した直接波用の畳み込み処理部 5 1 に対応する。

【 0 2 6 2 】

遅延回路 8 1 3 は、左前方チャンネルのクロストークチャンネルの直接波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【 0 2 6 3 】

畳み込み回路 8 1 7 は、図 1 1 に示したようにして、左前方チャンネルのクロストークチャンネルの直接波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路 8 1 3 からの左前方チャンネルの音声信号 L F に対して畳み込む処理を実行する。

【 0 2 6 4 】

また、遅延回路 8 1 4 と畳み込み回路 8 1 8 とは、左前方チャンネルのクロストークチャンネルの反射波の信号 x L F r e f についての畳み込み処理部を構成する。これは、図 1 1 に示した反射波用の畳み込み処理部 5 2 に対応する。

【 0 2 6 5 】

遅延回路 8 1 4 は、左前方チャンネルのクロストークチャンネルの反射波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【 0 2 6 6 】

畳み込み回路 8 1 8 は、図 1 1 に示したようにして、左前方チャンネルのクロストークチャンネルの反射波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路 8 1 4 からの左前方チャンネルの音声信号 L F に対して畳み込む処理を実行する。

【 0 2 6 7 】

他の頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B においても、全く同様の構成とされる。なお、図 2 6 においては、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L S , 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 L B , 7 4 R B においては、それぞれ 8 2 0 番台、8 3 0 番台、8 6 0 番台、8 7 0 番台、8 8 0 番台の参照符号を対応する回路に付与した。

【 0 2 6 8 】

頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 L B のそれぞれにおいて、直接波および反射波について正規化頭部伝達関数が畳み込まれた信号は、L 用加算部 7 5 L に供給される。

【 0 2 6 9 】

また、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F , 7 4 L S , 7 4 L B のそれぞれにおいて、クロストークチャンネルの直接波および反射波について正規化頭部伝達関数が畳み込まれた信号は、R 用加算部 7 5 R に供給される。

【 0 2 7 0 】

また、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 R B のそれぞれにおいて、直接波および反射波について正規化頭部伝達関数が畳み込まれた信号は、R 用加算部 7 5 R に供給される。

【 0 2 7 1 】

また、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 R F , 7 4 R S , 7 4 R B のそれぞれにおいて、クロストークチャンネルの直接波および反射波について正規化頭部伝達関数が畳み込まれた信号は、L 用加算部 7 5 L に供給される。

【 0 2 7 2 】

次に、センターチャンネル用の頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 C は、2 個の遅延回路

10

20

30

40

50

８４１および８４２と、２個の畳み込み回路８４３および８４４とからなる。

【０２７３】

遅延回路８４１と畳み込み回路８４３とは、センターチャンネルの直接波の信号Ｃについての畳み込み処理部を構成する。これは、図１１に示した直接波用の畳み込み処理部５１に対応する。

【０２７４】

遅延回路８４１は、センターチャンネルの直接波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【０２７５】

畳み込み回路８４３は、図１１に示したようにして、センターチャンネルの直接波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路８４１からのセンターチャンネルの音声信号Ｃに対して畳み込む処理を実行する。

10

【０２７６】

この畳み込み回路８４３からの信号は、Ｌ用加算部７５Ｌに供給される。

【０２７７】

また、遅延回路８４２は、センターチャンネルの反射波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【０２７８】

畳み込み回路８４４は、図１１に示したようにして、センターチャンネルの反射波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路８４２からのセンターチャンネルの音声信号Ｃに対して畳み込む処理を実行する。

20

【０２７９】

この畳み込み回路８４４からの信号は、Ｒ用加算部７５Ｒに供給される。

【０２８０】

次に、低域効果チャンネル用の頭部伝達関数畳み込み処理部７４ＬＦＥは、２個の遅延回路８５１および８５２と、２個の畳み込み回路８５３および８５４とからなる。

【０２８１】

遅延回路８５１と畳み込み回路８５３とは、低域効果チャンネルの直接波の信号Ｃについての畳み込み処理部を構成する。これは、図１１に示した直接波用の畳み込み処理部５１に対応する。

30

【０２８２】

遅延回路８５１は、低域効果チャンネルの直接波について、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【０２８３】

畳み込み回路８５３は、図１１に示したようにして、低域効果チャンネルの直接波についての正規化頭部伝達関数を、遅延回路８５１からの低域効果チャンネルの音声信号ＬＦＥに対して畳み込む処理を実行する。

【０２８４】

この畳み込み回路８５３からの信号は、Ｌ用加算部７５Ｌに供給される。

【０２８５】

40

また、遅延回路８５２は、低域効果チャンネルの直接波のクロストークについて、仮想音像定位位置から測定点位置まで到達する経路長に応じた遅延時間の遅延回路である。

【０２８６】

畳み込み回路８５４は、図１１に示したようにして、低域効果チャンネルの直接波のクロストークについての正規化頭部伝達関数を、遅延回路８５２からの低域効果チャンネルの音声信号ＬＦＥに対して畳み込む処理を実行する。

【０２８７】

この畳み込み回路８５４からの信号は、Ｒ用加算部７５Ｒに供給される。

【０２８８】

なお、畳み込み回路８１５～８１８で畳み込まれる正規化頭部伝達関数には、この例で

50

は、距離減衰分の遅延と再生音場での視聴テストによる僅かなレベル調整値が付加されている。

【0289】

以上説明したように、頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEで畳み込まれる正規化頭部伝達関数は、直接波と反射波と、それらのリスナの頭越しのクロストークに関するものとなる。ここで、この例では、左右チャンネルでは、リスナの正面と真後ろとを結ぶ線を対称軸として、対称的な関係となるので、同じ正規化頭部伝達関数を用いるようにしている。

【0290】

ここで、左右チャンネルを区別せずに、

直接波：F, S, B, C, LFE

頭越しのクロストーク：xF, xS, xB, xLFE

反射波：Fref, Sref, Bref, Cref

と表記することとする。

【0291】

そして、この表記が正規化頭部伝達関数を表わすとする、頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEで畳み込まれる正規化頭部伝達関数は、図26において括弧を囲んで示すものとなる。

【0292】

[この出願の発明の実施形態の要部の畳み込み処理部の例；第2の正規化]

以上は、正規化頭部伝達関数が畳み込まれた2チャンネルの音声信号が供給されるヘッドホンドライバー120L, 120Rの特性を考慮しない場合である。

【0293】

ヘッドホンドライバー120L, 120Rからなる2チャンネルヘッドホンの周波数特性および位相特性等が、限りなくフラットは理想的な音響再生装置であれば、この図26の構成のままで問題はない。

【0294】

ところで、2チャンネルヘッドホンのヘッドホンドライバー120L, 120Rに供給されるメイン信号は、左前方および右前方チャンネルの信号LF, RFである。これらの左前方および右前方チャンネルの信号LF, RFは、スピーカで音響再生する場合には、リスナの左前方および右前方に配置される2個のスピーカに供給される。

【0295】

そのため、課題の欄の説明したように、実際のヘッドホンのドライバー120L, 120Rは、リスナの左右前方にある2個のスピーカで音響再生された音が、リスナの耳で聴取されるように、音質チューニングがなされることが多々有る。

【0296】

そのような音質チューニングが行われると、意識的なものか、無意識的なものかに関わらず、ヘッドホンを用いて再生音を聴取する耳の近傍または耳穴位置の周波数特性や位相特性は、結果的に頭部伝達関数に類似した特性を持つてしまうと考えられる。この場合に、ヘッドホンが持つ、類似する頭部伝達関数は、リスナの左右前方にある2個のスピーカからリスナの両耳に到達する直接波について頭部伝達関数である。

【0297】

したがって、図26を用いて説明したような正規化頭部伝達関数が畳み込まれた各チャンネルの音声信号に対して、ヘッドホンにおいて、さらに前記頭部伝達関数が2重に畳み込まれているような効果が生じ、ヘッドホンでの再生音質を悪化させる場合がある。

【0298】

以上のことにかんがみ、この発明の実施形態では、頭部伝達関数畳み込み処理部74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFEの内部構成例は、図26に代えて、図27のようなものとする。

【0299】

10

20

30

40

50

この実施形態では、ヘッドホンでの音質チューニングを考慮して、2チャンネルヘッドホンに供給されるメイン信号である左右チャンネルの信号 $L F$ 、 $R F$ の直接波に畳み込むべき正規化頭部伝達関数「 F 」で、全ての正規化頭部伝達関数を正規化する。

【0300】

すなわち、図27の例における各チャンネルの畳み込み回路の正規化頭部伝達関数は、図26の正規化頭部伝達関数に $1/F$ を乗算したものとする。

【0301】

したがって、図27の例における頭部伝達関数畳み込み処理部74 $L F$ 、74 $L S$ 、74 $R F$ 、74 $R S$ 、74 $L B$ 、74 $R B$ 、74 C 、74 $L F E$ で畳み込まれる正規化頭部伝達関数は、次のようになる。

【0302】

つまり、

直接波： $F/F = 1$ 、 S/F 、 B/F 、 C/F 、 $L F E/F$

頭越しのクロストーク： $x F/F$ 、 $x S/F$ 、 $x B/F$ 、 $x L F E/F$

反射波： F_{ref}/F 、 S_{ref}/F 、 B_{ref}/F 、 C_{ref}/F

となる。

【0303】

ここで、左前方および右前方チャンネルの信号 $L F$ 、 $R F$ については、自分自身の正規化頭部伝達関数 F で正規化するので、 $F/F = 1$ となる。つまり、インパルスレスポンスは $\{1, 0, 0, 0, 0, \dots\}$ となり、左前方チャンネルの信号 $L F$ および右前方チャンネルの信号 $R F$ については、頭部伝達関数の畳み込みは不要となる。そこで、この実施形態では、図26の畳み込み回路815および865は、図27の例では設けず、左前方チャンネルの信号 $L F$ および右前方チャンネルの信号 $R F$ については頭部伝達関数の畳み込みは行わないようにする。

【0304】

なお、図26の畳み込み回路815により正規化頭部伝達関数 F が畳み込まれた信号の特性を、図28(A)の点線で示す。また、図26の畳み込み回路816により正規化頭部伝達関数 F_{ref} が畳み込まれた信号の特性を、図28(A)の実線で示す。さらに、図27の畳み込み回路816により正規化頭部伝達関数 F_{ref}/F が畳み込まれた信号の特性を、図28(B)に示す。

【0305】

このように、2チャンネルヘッドホンに供給されるメインチャンネルの直接波について畳み込むべき正規化頭部伝達関数で、全ての正規化頭部伝達関数を正規化することにより、ヘッドホンで、2重に頭部伝達関数が畳み込まれることがなくなる。

【0306】

したがって、この実施形態によれば、2チャンネルヘッドホンにより、当該ヘッドホンが備える音質性能を最大限に発揮する状態で、良好なサラウンド効果を得ることができる音響再生が可能となる。

【0307】

[他の実施形態および変形例]

上述の実施形態では、全てのチャンネルの信号についての正規化頭部伝達関数を、左前方および右前方チャンネルの直接波についての正規化頭部伝達関数で再正規化するようにした。しかし、リスナの聴感上、左前方および右前方チャンネルの直接波については、2重の頭部伝達関数が畳み込まれることによる影響は大きい、他のチャンネルについては影響が小さいと考えられる。

【0308】

そこで、左前方および右前方チャンネルの直接波についてのみ、自分自身の正規化頭部伝達関数で正規化するようにしても良い。つまり、左前方および右前方チャンネルの直接波のみについて、頭部伝達関数の畳み込み処理を行わないようにし、畳み込み回路815および865は設けないようにする。そして、左前方および右前方チャンネルの反射波、

10

20

30

40

50

クロストーク成分を含む他の全てのチャンネルについては、図 2 6 の正規化頭部伝達関数のままとする。

【 0 3 0 9 】

また、左前方および右前方チャンネルの直接波に加えて、センターチャンネル C の直接波についてだけ、左前方および右前方チャンネルの直接波に畳み込むべき正規化頭部伝達関数で再正規化するようにしても良い。その場合には、左前方および右前方チャンネルの直接波に加えて、センターチャンネルの直接波について、ヘッドホンの特性の影響を除去することができる。

【 0 3 1 0 】

さらには、左前方および右前方チャンネルの直接波、センターチャンネル C の直接波に加えて、その他のチャンネルの直接波についてだけ、左前方および右前方チャンネルの直接波に畳み込むべき正規化頭部伝達関数で再正規化するようにしても良い。

【 0 3 1 1 】

また、以上の実施形態の図 2 7 の例では、左前方および右前方チャンネルの直接波について畳み込むべき正規化頭部伝達関数「F」で、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F ~ 7 4 L F E における正規化頭部伝達関数を正規化するようにした。

【 0 3 1 2 】

しかし、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F ~ 7 4 L F E は、図 2 6 の構成のままとして、加算処理部 7 5 からの左チャンネルの信号および右チャンネルの信号のそれぞれに対して、 $1/F$ の頭部伝達関数を畳み込む回路を設けるようにしても良い。

【 0 3 1 3 】

つまり、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F ~ 7 4 L F E では、図 2 6 に示すようにして、正規化頭部伝達関数の埋め込み処理を行う。そして、L 用加算部 7 5 L および R 用加算部 7 5 R で、2 チャンネルに合成した信号に対して、左前方および右前方チャンネルの直接波について畳み込むべき正規化頭部伝達関数をキャンセルするために、 $1/F$ の頭部伝達関数を畳み込むようにするものである。この構成によっても、図 2 7 の例と同様の作用効果が得られる。ただし、図 2 7 の例の方が、頭部伝達関数埋め込み処理部の数を少なくすることができ、効率的である。

【 0 3 1 4 】

以上の実施形態の説明では、図 2 6 の構成例に代えて、図 2 7 の構成例を用いるとしたが、音響システムとして、図 2 6 の正規化頭部伝達関数と図 2 7 の正規化頭部伝達関数との両方を備え、両者を切り替え手段により切り替え可能とする構成としても良い。その場合、実際的には、図 1 1 における正規化頭部伝達関数メモリ 5 1 3 , 5 2 3 , 5 3 3 , 5 4 3 から読み出す正規化伝達関数を、図 2 6 の例の正規化伝達関数と、図 2 7 の例の正規化伝達関数とのいずれにするかを、切り替えるように構成すればよい。

【 0 3 1 5 】

また、頭部伝達関数畳み込み処理部 7 4 L F ~ 7 4 L F E は、図 2 6 の構成のままとして、加算処理部 7 5 からの左および右チャンネルの信号のそれぞれに対して、 $1/F$ の頭部伝達関数を畳み込む回路を設けるように場合にも、切り替え手段を適用可能である。すなわち、その場合には、加算処理部 7 5 からの左および右チャンネルの信号のそれぞれに対して、 $1/F$ の頭部伝達関数を畳み込む回路を挿入するか否かを切り替えるようにすれば良い。

【 0 3 1 6 】

そのような切り替え構成にすれば、ユーザは、音響再生するヘッドホンに応じて、切り替え手段により、適切とされる正規化頭部伝達関数を切り替えることができる。つまり、音質チューニングを行っていないヘッドホンの場合には、図 2 6 の正規化頭部伝達関数でよい場合もあるが、そのようなヘッドホンには、図 2 6 の正規化頭部伝達関数を適用するように切り替えればよい。実際的には、ユーザは、切り替え手段により、図 2 6 の例の正規化伝達関数と、図 2 7 の例の正規化伝達関数とのいずれにするかを切り替え、自分が適切とする方を選択するようにすることが可能である。

【0317】

以上の実施形態の説明では、左右チャンネルはリスナに対して対称的に配置としたので、正規化頭部伝達関数は、対応する左右チャンネルでは同じものとした。このため、図27の例では、左前方および右前方チャンネルの信号L F, R Fに畳み込むべき正規化頭部伝達関数「F」で、全てのチャンネルを正規化するようにした。

【0318】

しかし、左右チャンネルで異なる頭部伝達関数を用いる場合には、L用加算部75Lで加算するチャンネルの音声についての頭部伝達関数は、左前方チャンネルについての正規化頭部伝達関数で正規化し、R用加算部75Rで加算するチャンネルの音声についての頭部伝達関数は、右前方チャンネルについての正規化頭部伝達関数で正規化するようにして

10

【0319】

以上の実施形態では、所望の任意の視聴環境や部屋環境に応じた頭部伝達関数の畳み込みができ、所望の仮想音像定位感が得られるようにした頭部伝達関数であって、測定用マイクロホンや測定用スピーカの特性を除去するようにした頭部伝達関数を用いた。

【0320】

しかし、この発明は、このような特殊な頭部伝達関数を用いる場合に限られるものではなく、一般的な頭部伝達関数を畳み込む場合であっても適用可能である。

【0321】

上述の説明は、主としてヘッドホンを再生音声信号を音響再生する電気音響変換手段とした場合について説明したが、図4を用いて説明したようなリスナの両耳近傍に配置されるスピーカを出力系としたアプリケーションへも応用が可能である。

20

【0322】

音響再生システムは、マルチサラウンド方式の場合について説明したが、通常の2チャンネルステレオを、仮想音像定位処理をして、2チャンネルヘッドホンや両耳近傍に配置されるスピーカ供給する場合にも適用できることは言うまでもない。

【0323】

また、7.1チャンネルに限らず、5.1チャンネルや、9.1チャンネルなど、その他のマルチサラウンドの場合にも、同様に適用できることは勿論である。

【0324】

また、7.1チャンネルのマルチサラウンドのスピーカ配置は、ITU-Rスピーカ配置の場合を例に説明したが、THX社の推奨するスピーカ配置の場合にも適用できることは容易に理解できよう。

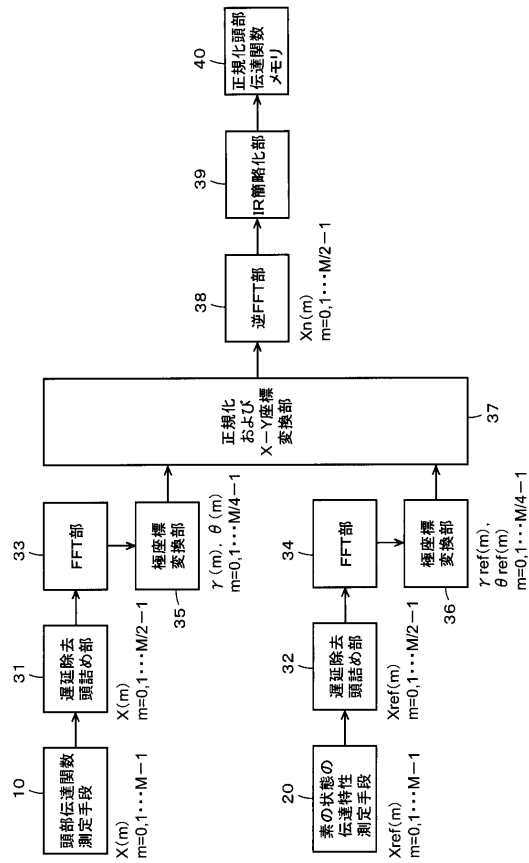
30

【符号の説明】

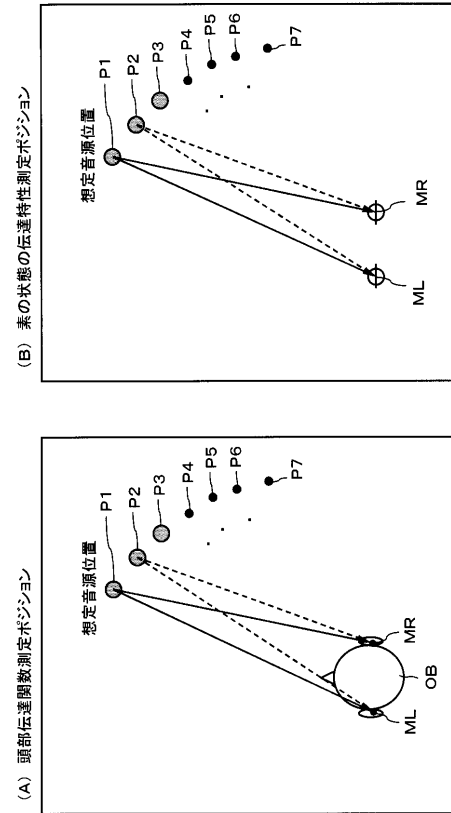
【0325】

74LF, 74LS, 74RF, 74RS, 74LB, 74RB, 74C, 74LFE
...頭部伝達関数畳み込み処理部、75...加算処理部、75L...L用加算部、75R...R用加算部、120L, 120R...2チャンネルヘッドホンのドライバー

【図 1】



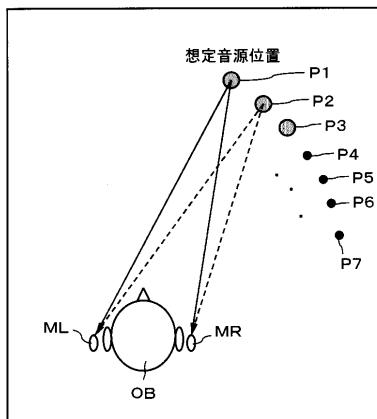
【図 2】



インナーヘッドホン用

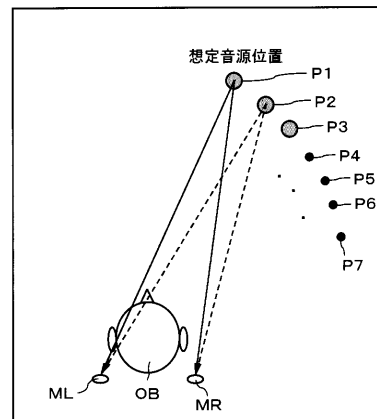
【図 3】

オーバーヘッドホン用頭部伝達関数測定ポジション

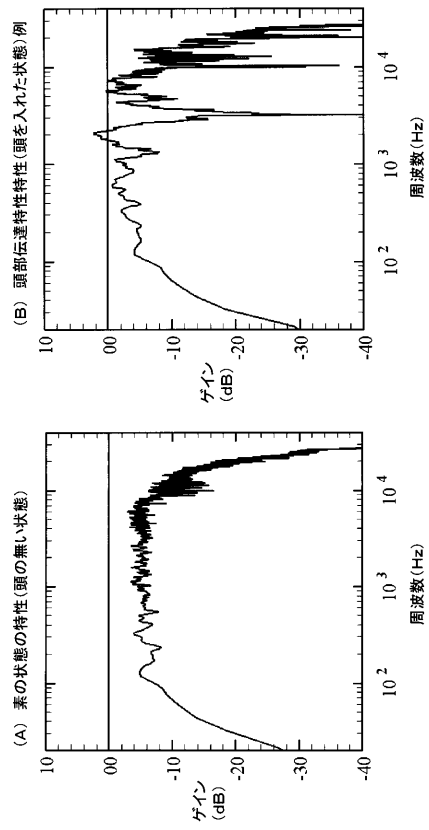


【図 4】

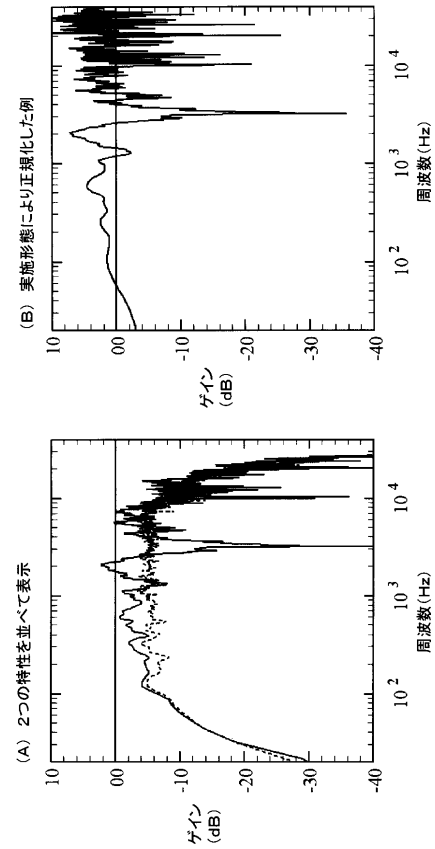
ヘッドレストスピーカ用頭部伝達関数測定ポジション



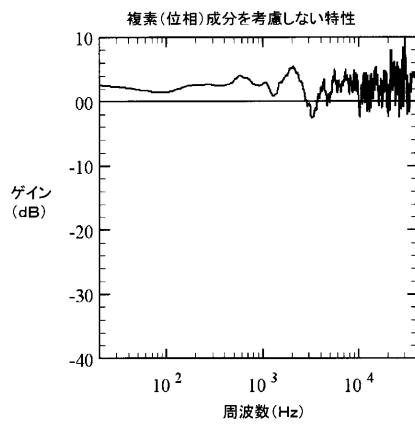
【図 5】



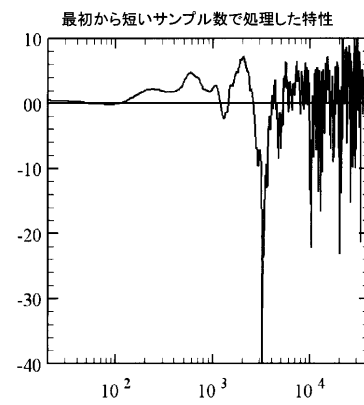
【図 6】



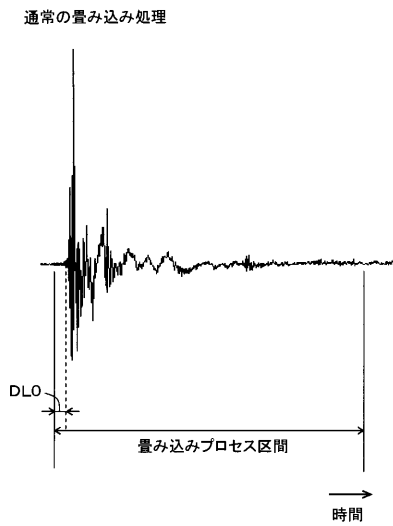
【図 7】



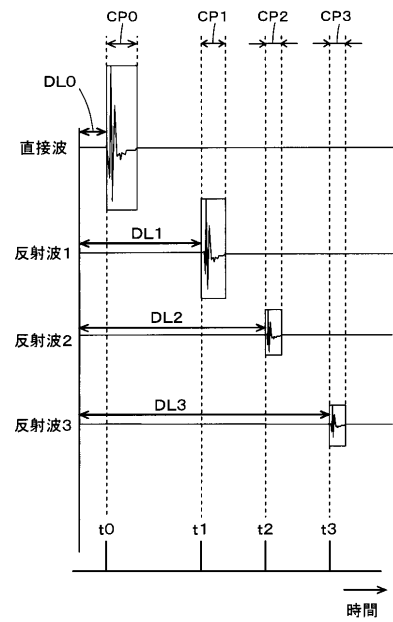
【図 8】



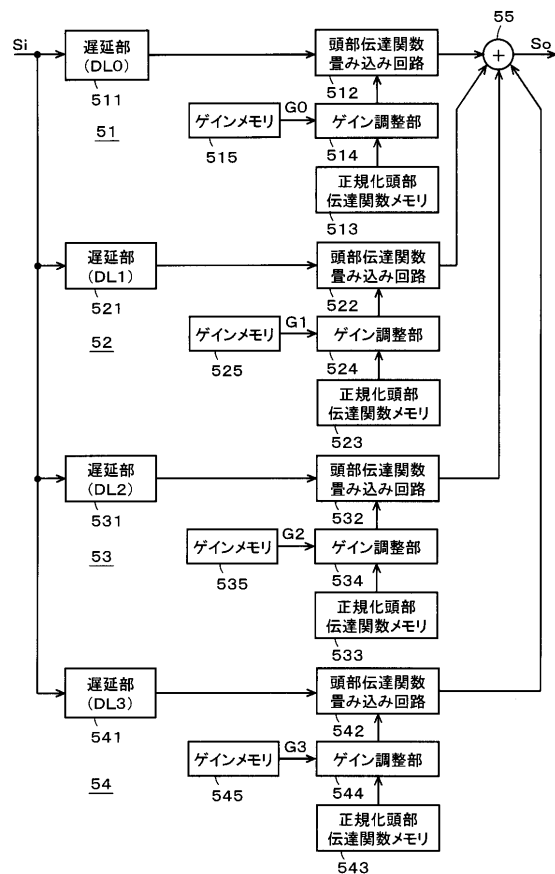
【図 9】



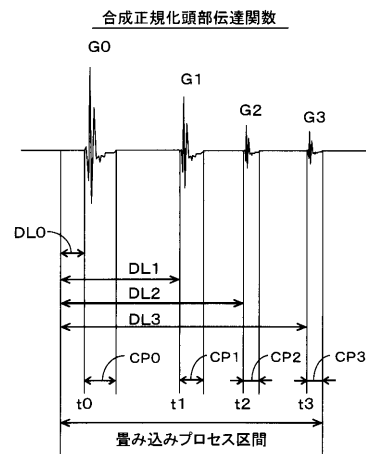
【図 10】



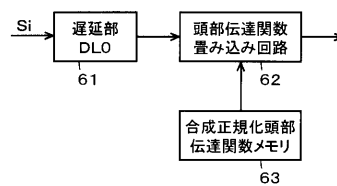
【図 11】



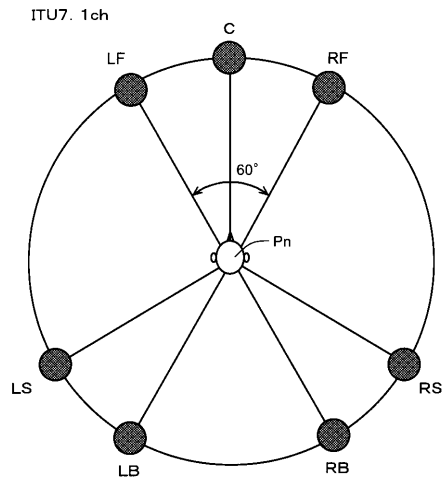
【図 12】



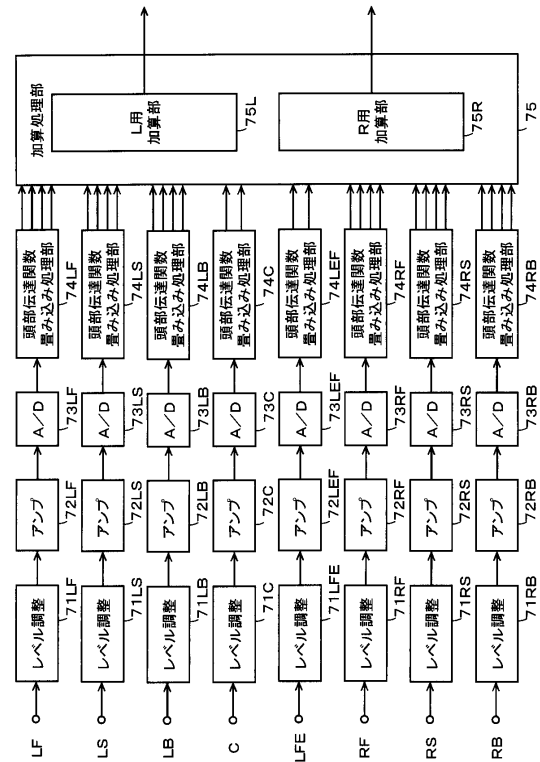
【図 13】



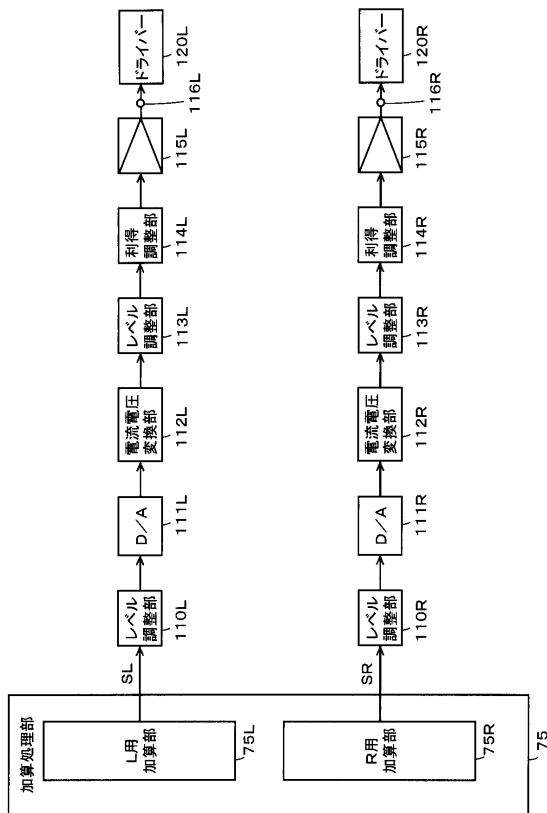
【図 14】



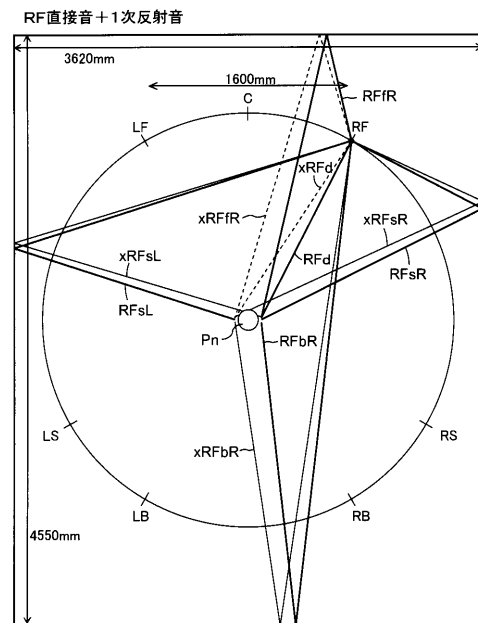
【図 15】



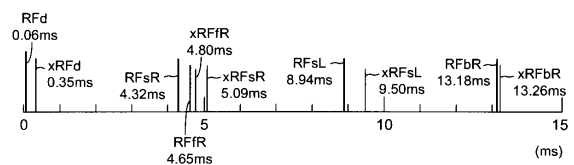
【図 16】



【図 17】

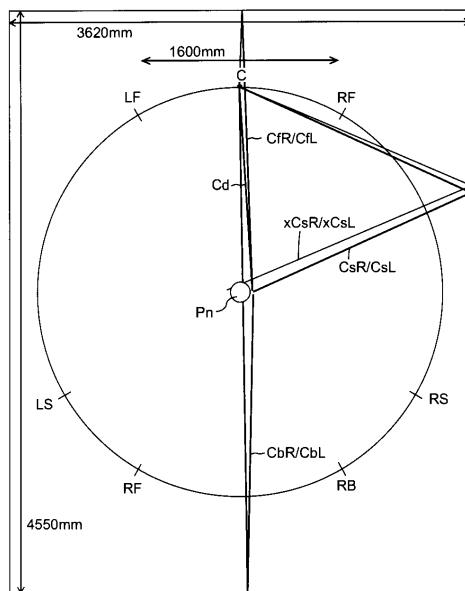


【図 18】

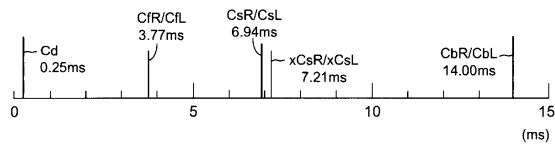


【図 19】

C直接音+1次反射音

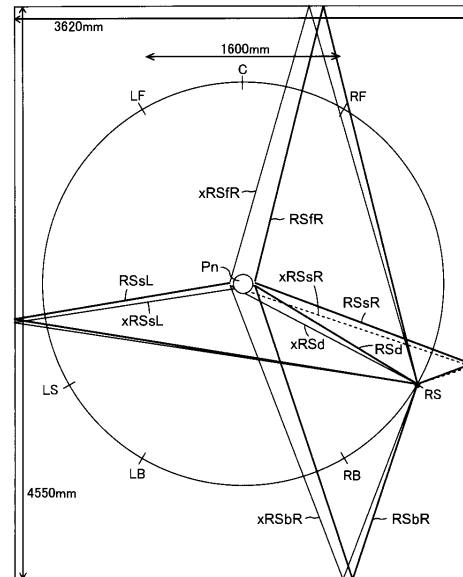


【図 20】

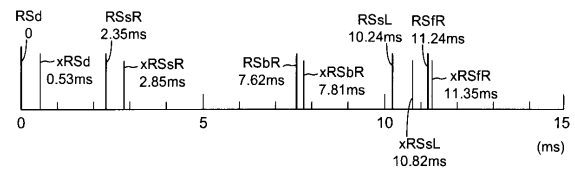


【図 21】

RS直接音+1次反射音

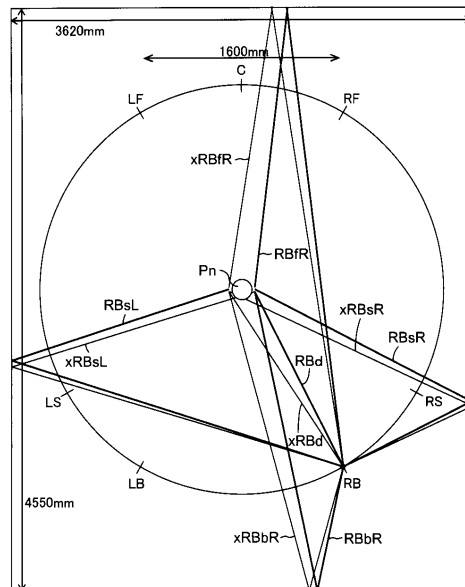


【図 22】

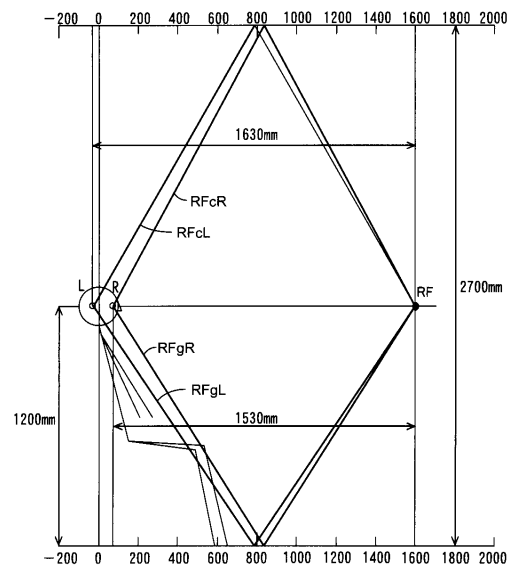


【図 23】

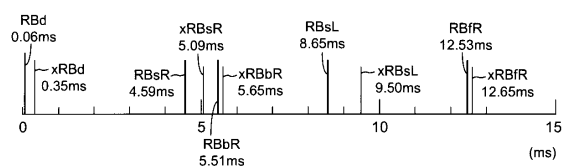
RB直接音+1次反射音



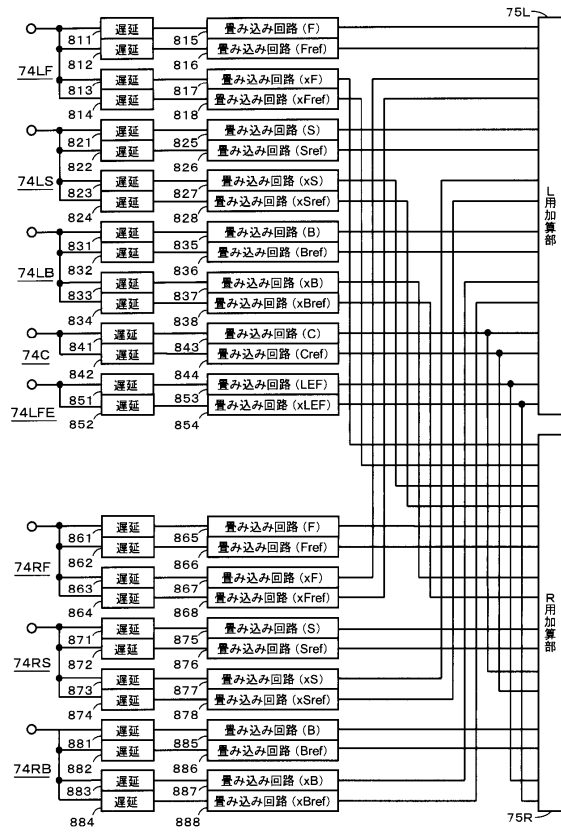
【図 25】



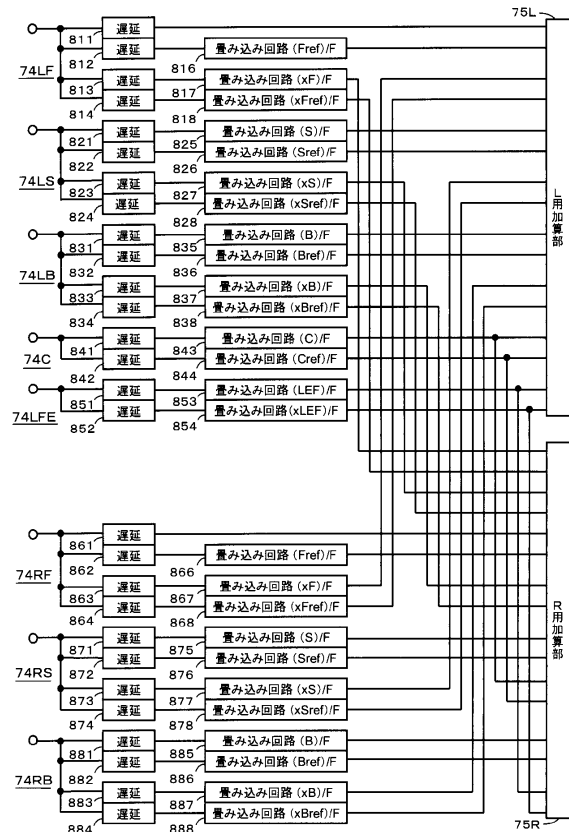
【図 24】



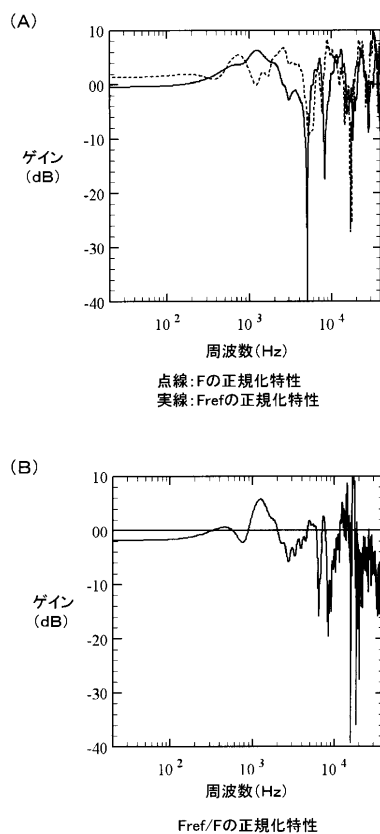
【図 26】



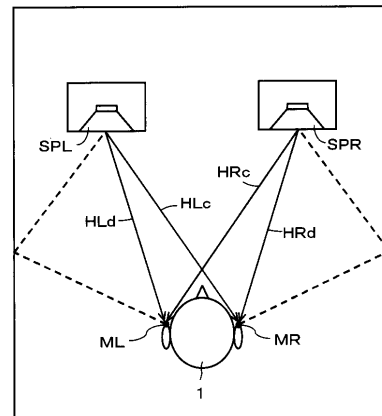
【図 27】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-200898(JP,A)
特開平07-288899(JP,A)
特開2008-311718(JP,A)
特開2001-285998(JP,A)
特開2006-352728(JP,A)
特開2002-191099(JP,A)
特開2007-202021(JP,A)
特開2003-061200(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04S 1/00 - 7/00
H04R 5/00 - 5/04