

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7524614号
(P7524614)

(45)発行日 令和6年7月30日(2024.7.30)

(24)登録日 令和6年7月22日(2024.7.22)

(51)国際特許分類		F I	
G 1 0 K	15/10 (2006.01)	G 1 0 K	15/10
G 1 0 K	15/00 (2006.01)	G 1 0 K	15/00 L
H 0 4 R	3/00 (2006.01)	H 0 4 R	3/00 3 2 0
H 0 4 R	3/12 (2006.01)	H 0 4 R	3/12 Z

請求項の数 15 (全16頁)

(21)出願番号	特願2020-96757(P2020-96757)	(73)特許権者	000004075 ヤマハ株式会社 静岡県浜松市中央区中沢町10番1号
(22)出願日	令和2年6月3日(2020.6.3)	(74)代理人	110000970 弁理士法人 楓国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-189364(P2021-189364 A)	(72)発明者	橋本 悌 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤ マハ株式会社内
(43)公開日	令和3年12月13日(2021.12.13)	(72)発明者	渡辺 隆行 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤ マハ株式会社内
審査請求日	令和5年4月20日(2023.4.20)	審査官	富澤 直樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 音信号処理方法、音信号処理装置および音信号処理プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

音源の音信号を取得し、

互いに異なる複数の領域を有する所定の空間における前記音源の位置情報を取得し、
前記音源の位置情報に基づいて、前記複数の領域のうち前記音源が位置する領域を決定
し、

前記音信号に、前記音源が位置する領域に対応する初期反射音のインパルス応答を畳み
 込んで初期反射音制御信号を生成し、

前記音信号に、残響音のインパルス応答を畳み込んで残響音制御信号を生成する、
 音信号処理方法。

【請求項2】

前記残響音制御信号は、前記音源が位置する領域に対応する前記残響音のインパルス応
 答を畳み込んで生成する、

請求項1に記載の音信号処理方法。

【請求項3】

前記初期反射音および前記残響音のインパルス応答は、予め前記所定の空間における前
記複数の領域のそれぞれで測定したインパルス応答である、

請求項1または請求項2に記載の音信号処理方法。

【請求項4】

前記初期反射音および前記残響音のインパルス応答は、予め前記所定の空間における前

記複数の領域のそれぞれで、前記初期反射音制御信号および前記残響音制御信号を出力するスピーカ毎に測定する、

請求項 3 に記載の音信号処理方法。

【請求項 5】

前記複数の領域は第 1 領域および第 2 領域を含み、

前記初期反射音および前記残響音のインパルス応答は、それぞれ前記第 1 領域に対応する第 1 インパルス応答および前記第 2 領域に対応する第 2 インパルス応答を含む、

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の音信号処理方法。

【請求項 6】

前記第 1 インパルス応答から前記第 2 インパルス応答に切り替える際に、前記第 1 インパルス応答を畳み込む音信号と、前記第 2 インパルス応答を畳み込む音信号と、をクロスフェードする、

請求項 5 に記載の音信号処理方法。

【請求項 7】

前記残響音のインパルス応答を畳み込む音信号は、無指向性マイクから取得する、

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の音信号処理方法。

【請求項 8】

音源の音信号を取得する音信号取得部と、

互いに異なる複数の領域を有する所定の空間における前記音源の位置情報を取得する位置情報取得部と、

前記音源の位置情報に基づいて、前記複数の領域のうち前記音源が位置する領域を決定し、前記音信号が位置する領域に対応する初期反射音のインパルス応答を畳み込んで初期反射音制御信号を生成する初期反射音制御信号生成部と、

前記音信号に、残響音のインパルス応答を畳み込んで残響音制御信号を生成する残響音制御信号生成部と、

を備えた音信号処理装置。

【請求項 9】

前記残響音制御信号生成部は、前記音源が位置する領域に対応する前記残響音のインパルス応答を畳み込んで前記残響音制御信号を生成する、

請求項 8 に記載の音信号処理装置。

【請求項 10】

前記初期反射音および前記残響音のインパルス応答は、予め前記所定の空間における前記複数の領域のそれぞれで測定したインパルス応答である、

請求項 8 または請求項 9 に記載の音信号処理装置。

【請求項 11】

前記インパルス応答は、予め前記所定の空間における前記複数の領域のそれぞれで、前記初期反射音制御信号および前記残響音制御信号を出力するスピーカ毎に測定する、

請求項 10 に記載の音信号処理装置。

【請求項 12】

前記複数の領域は第 1 領域および第 2 領域を含み、

前記初期反射音および前記残響音のインパルス応答は、それぞれ前記第 1 領域に対応する第 1 インパルス応答および前記第 2 領域に対応する第 2 インパルス応答を含む、

請求項 8 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の音信号処理装置。

【請求項 13】

前記第 1 インパルス応答から前記第 2 インパルス応答に切り替える際に、前記第 1 インパルス応答を畳み込む音信号と、前記第 2 インパルス応答を畳み込む音信号と、をクロスフェードするクロスフェード処理部を備えた

請求項 12 に記載の音信号処理装置。

【請求項 14】

前記音信号取得部は、前記残響音のインパルス応答を畳み込む音信号を、無指向性マイ

10

20

30

40

50

クから入力する、

請求項 8 乃至請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の音信号処理装置。

【請求項 1 5】

音源の音信号を取得し、

互いに異なる複数の領域を有する所定の空間における前記音源の位置情報を取得し、
前記音源の位置情報に基づいて、前記複数の領域のうち前記音源が位置する領域を決定し、

前記音信号に、前記音源が位置する領域に対応する初期反射音のインパルス応答を畳み込んで初期反射音制御信号を生成し、

前記音信号に、残響音のインパルス応答を畳み込んで残響音制御信号を生成する、

処理を音信号処理装置に実行させる音信号処理プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明の一実施形態は、取得した音信号に対して処理を行なう音信号処理方法、音信号処理装置および音信号処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

コンサートホール等の施設では、様々なジャンルの音楽が演奏されたり、講演等のスピーチが行なわれたりする。このような施設は、多様な音響特性（例えば残響特性）が求められる。例えば、演奏では比較的長い残響が求められ、スピーチでは比較的短い残響が求められる。

20

【0003】

しかし、ホール内の残響特性を物理的に変化させるには、例えば天井を移動させる等して音響空間の大きさを変化させる必要があり、非常に大がかりな設備が必要であった。

【0004】

そこで、例えば特許文献 1 に示すような音場制御装置は、マイクで取得した音を F I R (Finite Impulse Response) フィルタで処理することにより残響音を生成し、ホール内に設置されたスピーカから当該残響音を出力することで、音場を支援する処理を行なっている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平 6 - 2 8 4 4 9 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、残響音を付与するだけでは定位感がぼやける。近時、より明瞭な音像定位と豊かな空間の拡がりを実現することが望まれている。

【0007】

そこで、この発明の一実施形態は、より豊かな音響空間を制御する音信号処理方法および音信号処理装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

音信号処理方法は、音源の音信号を取得し、前記音信号に、前記音源の場所に依じた初期反射音のインパルス応答を畳み込んで初期反射音制御信号を生成し、前記音信号に、残響音のインパルス応答を畳み込んで残響音制御信号を生成する。

【発明の効果】

【0009】

音信号処理方法は、より明瞭な音像定位および豊かな空間の拡がりを実現することがで

50

きる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態1の空間を模式的に示した透過斜視図である。

【図2】実施形態1の音場支援システムの構成を示すブロック図である。

【図3】音信号処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図4】室62、スピーカ51A～スピーカ51J、および音源65の関係を模式的に示した平面図である。

【図5】図5(A)は、フィルタ係数に用いるインパルス応答の時間波形における音の種類分類例を示す模式図であり、図5(B)は、FIRフィルタ24Aに設定するフィルタ係数の時間波形を示す模式図である。

10

【図6】図6(A)は、FIRフィルタ24Bに設定するインパルス応答を示す模式図であり、図6(B)は、FIRフィルタ24Bに設定するフィルタ係数の時間波形を示す模式図である。

【図7】空間620と室62との関係を模式的に示した平面図である。

【図8】FIRフィルタ24Aの機能的構成を示すブロック図である。

【図9】変形例1に係る音信号処理部10の構成を示すブロック図である。

【図10】変形例2に係る音信号処理部10の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、空間を構成する室62を模式的に示した透過斜視図である。図2は、音場支援システム1の構成を示すブロック図である。

20

【0012】

室62は、概ね直方体形状の空間を構成する。音源65は、室62のうち前方のステージ60上に存在する。室62の後方はリスナの座る観客席に相当する。音源65は、例えば声、歌唱音、アコースティック楽器、エレキ楽器、または電子楽器等である。

【0013】

なお、室62の形状、および音源の配置等は、図1の例に限らない。本発明の音信号処理方法および音信号処理装置は、どのような形状の空間であっても所望の音場を提供でき、従来よりもより明瞭な音像定位および豊かな空間の拡がりを実現することができる。

30

【0014】

音場支援システム1は、室62内に、指向性マイク11A、指向性マイク11B、指向性マイク11C、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、無指向性マイク12C、スピーカ51A～スピーカ51J、スピーカ61A～スピーカ61Fを備える。

【0015】

スピーカ51A～スピーカ51Jは、壁面に設定されている。スピーカ51A～スピーカ51Jは、比較的指向性の高いスピーカであり、主に観客席に向けて音を出力する。スピーカ51A～スピーカ51Jは、初期反射音を再現した初期反射音制御信号を出力する。また、スピーカ51A～スピーカ51Jは、音源の直接音を再現した直接音制御信号を出力する

40

スピーカ61A～スピーカ61Fは、天井に設置されている。スピーカ61A～スピーカ61Fは、比較的指向性の低いスピーカであり、室62の全体に音を出力する。スピーカ61A～スピーカ61Fは、残響音を再現した残響音制御信号を出力する。また、スピーカ61A～スピーカ61Fは、音源の直接音を再現した直接音制御信号を出力する。なお、スピーカの数は、図1に示す数に限らない。

【0016】

指向性マイク11A、指向性マイク11B、および指向性マイク11Cは、主に、ステージ上の音源65の音を收音する。図1に示す様に、指向性マイク11Aは、観客席から見てステージ60の左側の領域110Aの音を收音する。指向性マイク11Bは、観客席から見てステージ60の中央の領域110Bの音を收音する。指向性マイク11Cは、観

50

客席から見てステージ 6 0 の右側の領域 1 1 0 C の音を收音する。

【 0 0 1 7 】

ただし、音源 6 5 の音は、ライン入力してもよい。ライン入力とは、楽器等の音源から出力される音をマイクで收音して入力するのではなく、音源に接続されたオーディオケーブル等から音信号を入力することである。あるいは、音源 6 5 の音は、話者または歌唱者等の演者の音声または歌唱音をハンドマイク、スタンドマイク、ピンマイク等から入力してもよい。音源の音は、高い S N 比で收音することが好ましい。

【 0 0 1 8 】

無指向性マイク 1 2 A、無指向性マイク 1 2 B、および無指向性マイク 1 2 C は、天井に設置される。無指向性マイク 1 2 A、無指向性マイク 1 2 B、および無指向性マイク 1 2 C は、音源 6 5 の直接音および室 6 2 内の反射音等を含む、室 6 2 内の全体の音を收音する。図 1 に示す指向性マイクおよび無指向性マイクの数はいずれも 3 つである。ただし、マイクの数、図 1 に示す例に限らない。また、マイクおよびスピーカの設置位置は、図 1 に示す例に限るものではない。

10

【 0 0 1 9 】

図 2 において、音場支援システム 1 は、図 1 に示した構成に加えて、音信号処理部 1 0 と、メモリ 3 1 と、を備えている。音信号処理部 1 0 は、主に C P U および D S P (Digital Signal Processor) から構成される。音信号処理部 1 0 は、機能的に、音信号取得部 2 1、ゲイン調整部 2 2、ミキサ 2 3、パニング処理部 2 3 D、F I R (Finite Impulse Response) フィルタ 2 4 A、F I R フィルタ 2 4 B、レベル設定部 2 5 A、レベル設定部 2 5 B、出力信号生成部 2 6、出力部 2 7、遅延調整部 2 8、位置情報取得部 2 9、インパルス応答取得部 1 5 1、およびレベルバランス調整部 1 5 2 を備える。音信号処理部 1 0 は、本発明の音信号処理装置の一例である。

20

【 0 0 2 0 】

音信号処理部 1 0 を構成する C P U は、メモリ 3 1 に記憶されている動作プログラムを読み出して、各構成を制御する。C P U は、該動作プログラムにより、機能的に、インパルス応答取得部 1 5 1 およびレベルバランス調整部 1 5 2 を構成する。なお、動作プログラムは、メモリ 3 1 に記憶されている必要はない。C P U は、例えば不図示のサーバから都度、動作プログラムをダウンロードしてもよい。

【 0 0 2 1 】

図 3 は、音信号処理部 1 0 の動作を示すフローチャートである。まず、音信号取得部 2 1 は、音信号を取得する (S 1 1)。音信号取得部 2 1 は、指向性マイク 1 1 A、指向性マイク 1 1 B、指向性マイク 1 1 C、無指向性マイク 1 2 A、無指向性マイク 1 2 B、および無指向性マイク 1 2 C から音信号を取得する。あるいは、音信号取得部 2 1 は、エレキ楽器または電子楽器等から音信号をライン入力してもよい。また、音信号取得部 2 1 は、ピンマイク等の楽器または演者に直接設置されたマイクから音信号を入力してもよい。音信号取得部 2 1 は、アナログ信号を取得した場合には、デジタル信号に変換して出力する。

30

【 0 0 2 2 】

ゲイン調整部 2 2 は、音信号取得部 2 1 で取得した音信号のゲインを調整する。ゲイン調整部 2 2 は、例えば、音源 6 5 に近い位置の指向性マイクのゲインを高く設定する。なお、ゲイン調整部 2 2 は、本発明において必須の構成ではない。

40

【 0 0 2 3 】

ミキサ 2 3 は、ゲイン調整部 2 2 でゲイン調整した音信号をミキシングする。また、ミキサ 2 3 は、ミキシングした音信号を複数の信号処理系統に分配する。ミキサ 2 3 は、分配した音信号をパニング処理部 2 3 D、F I R フィルタ 2 4 A、および F I R フィルタ 2 4 B に出力する。

【 0 0 2 4 】

例えば、ミキサ 2 3 は、指向性マイク 1 1 A、指向性マイク 1 1 B、および指向性マイク 1 1 C から取得した音信号をスピーカ 5 1 A ~ スピーカ 5 1 J に合わせて、1 0 個の信

50

号処理系統に分配する。あるいは、ミキサ23は、ライン入力した音信号をスピーカ51A～スピーカ51Jに合わせて、10個の信号処理系統に分配してもよい。

【0025】

また、ミキサ23は、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、および無指向性マイク12Cから取得した音信号をスピーカ61A～スピーカ61Fに合わせて、6つの信号処理系統に分配する。

【0026】

ミキサ23は、10個の信号処理系統にミキシングした音信号を、それぞれFIRフィルタ24Aに出力する。また、ミキサ23は、6つの信号処理系統にミキシングした音信号をFIRフィルタ24Bに出力する。

【0027】

以後、FIRフィルタ24Bに出力する6つの信号処理系統は、第1系統または残響音系統と称し、FIRフィルタ24Aに出力する10の信号処理系統は、第2系統または初期反射音系統と称する。また、パニング処理部23Dに出力する10の信号処理系統は、第3系統または直接音系統と称する。FIRフィルタ24Aは、初期反射音制御信号生成部に対応し、FIRフィルタ24Bは、残響音制御信号生成部に対応する。パニング処理部23Dは、直接音制御信号生成部に対応する。

【0028】

なお、分配の態様は、上記例に限らない。例えば、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、および無指向性マイク12Cから取得した音信号は、直接音系統または初期反射音系統に分配してもよい。また、ライン入力した音信号を残響音系統に分配してもよい。また、ライン入力した音信号と、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、および無指向性マイク12Cから取得した音信号と、をミキシングして直接音系統または初期反射音系統に分配してもよい。

【0029】

なお、ミキサ23は、EMR (Electronic Microphone Rotator) の機能を備えていてもよい。EMRは、固定されたマイクとスピーカとの間の伝達関数を時間的に変化させることで、フィードバックループの周波数特性を平坦化する手法である。EMRは、マイクと信号処理系統の接続関係を時々刻々と切り換える機能である。ミキサ23は、指向性マイク11A、指向性マイク11B、および指向性マイク11Cから取得した音信号の出力先を切り換えるようにしてパニング処理部23DおよびFIRフィルタ24Aに出力する。あるいは、ミキサ23は、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、および無指向性マイク12Cから取得した音信号の出力先を切り換えるようにしてFIRフィルタ24Bに出力する。これにより、ミキサ23は、室62においてスピーカからマイクに至る音響帰還系の周波数特性を平坦化できる。また、ミキサ23は、ハウリングに対する安定性を確保することができる。

【0030】

次に、パニング処理部23Dは、音源65の位置に応じて、直接音系統のそれぞれの音信号の音量を制御する(S12)。これにより、パニング処理部23Dは、直接音制御信号を生成する。

【0031】

図4は、室62、スピーカ51A～スピーカ51J、および音源65の関係を模式的に示した平面図である。図4の例では、音源65は、観客席から向かってステージの右側の場所に位置する。パニング処理部23Dは、音源65の位置に音像が定位するように、直接音系統のそれぞれの音信号の音量を制御する。

【0032】

パニング処理部23Dは、位置情報取得部29から音源65の位置情報を取得する。位置情報は、室62のある位置を基準とした2次元または3次元の座標を示す情報である。音源65の位置情報は、例えばBluetooth (登録商標) 等の電波を送受信するビーコンおよびタグで取得できる。室62は、予め少なくとも3つのビーコンを設置してい

10

20

30

40

50

る。音源 6 5 は、タグを備える。つまり、演者または楽器は、タグを取り付ける。各ビーコンは、タグに電波を送受信する。各ビーコンは、電波を送信してから受信するまでの時間差に基づいて、タグとの距離を計測する。位置情報取得部 2 9 は、ビーコンの位置情報を予め取得しておけば、少なくとも 3 つのビーコンからタグまでの距離をそれぞれ測定することで、タグの位置を一意に求めることができる。

【 0 0 3 3 】

位置情報取得部 2 9 は、この様にして測定したタグの位置情報を取得することで、音源 6 5 の位置情報を取得する。また、位置情報取得部 2 9 は、スピーカ 5 1 A ~ スピーカ 5 1 J、およびスピーカ 6 1 A ~ スピーカ 6 1 F のそれぞれの位置情報を予め取得する。

【 0 0 3 4 】

パニング処理部 2 3 D は、取得した位置情報およびスピーカ 5 1 A ~ スピーカ 5 1 J、およびスピーカ 6 1 A ~ スピーカ 6 1 F の位置情報に基づいて、音源 6 5 の位置に音像が定位する様にスピーカ 5 1 A ~ スピーカ 5 1 J、およびスピーカ 6 1 A ~ スピーカ 6 1 F に出力するそれぞれの音信号の音量を制御することで、直接音制御信号を生成する。

【 0 0 3 5 】

パニング処理部 2 3 D は、音源 6 5 と、スピーカ 5 1 A ~ スピーカ 5 1 J、およびスピーカ 6 1 A ~ スピーカ 6 1 F のそれぞれのスピーカとの距離に応じて音量を制御する。例えば、パニング処理部 2 3 D は、音源 6 5 の位置に近いスピーカに出力する音信号の音量を大きくし、音源 6 5 の位置から遠いスピーカに出力する音信号の音量を小さくする。これにより、パニング処理部 2 3 D は、音源 6 5 の音像を所定の位置に定位させることができる。例えば、図 4 の例では、パニング処理部 2 3 D は、音源 6 5 に近い 3 つのスピーカ 5 1 F、5 1 G、および 5 1 H に出力する音信号の音量を大きく、他のスピーカの音量を小さくする。これにより、音源 6 5 の音像は、観客席から向かってステージの右側に定位する。

【 0 0 3 6 】

仮に、音源 6 5 がステージの左側に移動すると、パニング処理部 2 3 D は、移動した音源 6 5 の位置情報に基づいて、スピーカ 5 1 A ~ スピーカ 5 1 J、スピーカ 6 1 A ~ スピーカ 6 1 F に出力するそれぞれの音信号の音量を変更する。例えば、パニング処理部 2 3 D は、スピーカ 5 1 A、5 1 B、および 5 1 F に出力する音信号の音量を大きく、他のスピーカの音量を小さくする。これにより、音源 6 5 の音像は、観客席から向かってステージの左側に定位する。

【 0 0 3 7 】

以上の様にして、音信号処理部 1 0 は、ミキサ 2 3 およびパニング処理部 2 3 D により、分配処理部を実現する。

【 0 0 3 8 】

次に、インパルス応答取得部 1 5 1 は、F I R フィルタ 2 4 A および F I R フィルタ 2 4 B のフィルタ係数をそれぞれ設定する (S 1 3)。

【 0 0 3 9 】

ここで、フィルタ係数に設定するインパルス応答データについて説明する。図 5 (A) は、フィルタ係数に用いるインパルス応答の時間波形における音の種類のカテゴリ例を示す模式図であり、図 5 (B) は、F I R フィルタ 2 4 A に設定するフィルタ係数の時間波形を示す模式図である。図 6 (A)、図 6 (B) は、F I R フィルタ 2 4 B に設定するフィルタ係数の時間波形を示す模式図である。

【 0 0 4 0 】

図 5 (A) に示すように、インパルス応答は、時間軸上に並ぶ、直接音、初期反射音、および残響音に区別できる。そして、F I R フィルタ 2 4 A に設定するフィルタ係数は、図 5 (B) に示すように、インパルス応答における直接音および残響音を除いた初期反射音の部分によって設定される。F I R フィルタ 2 4 B に設定するフィルタ係数は、図 6 (A) に示すように、インパルス応答における直接音および初期反射音を除いた残響音によって設定される。なお、F I R フィルタ 2 4 B は、図 6 (B) に示すように、インパルス

10

20

30

40

50

応答における直接音を除いた初期反射音と残響音によって設定されていてもよい。

【 0 0 4 1 】

インパルス応答のデータは、メモリ 3 1 に記憶されている。インパルス応答取得部 1 5 1 は、メモリ 3 1 からインパルス応答のデータを取得する。ただし、インパルス応答のデータは、メモリ 3 1 に記憶されている必要はない。インパルス応答取得部 1 5 1 は、インパルス応答のデータを、例えば、不図示のサーバ等から都度ダウンロードしてもよい。

【 0 0 4 2 】

インパルス応答取得部 1 5 1 は、予め初期反射音だけ切り出されたインパルス応答のデータを取得して、F I R フィルタ 2 4 A に設定してもよい。あるいは、インパルス応答取得部 1 5 1 は、直接音、初期反射音、および残響音の含まれたインパルス応答のデータを取得して、初期反射音だけを切り出して F I R フィルタ 2 4 A に設定してもよい。同様に、インパルス応答取得部 1 5 1 は、残響音のみを用いる場合には、予め残響音だけ切り出されたインパルス応答のデータを取得して、F I R フィルタ 2 4 B に設定してもよい。あるいは、インパルス応答取得部 1 5 1 は、直接音、初期反射音、および残響音の含まれたインパルス応答のデータを取得して、残響音だけを切り出して F I R フィルタ 2 4 B に設定してもよい。

10

【 0 0 4 3 】

F I R フィルタ 2 4 A は、入力した音信号に、初期反射音のインパルス応答のデータを畳み込むことで、所定の空間の初期反射音を再現した初期反射音制御信号を生成する (S 1 4)。また、F I R フィルタ 2 4 B は、入力した音信号に、残響音のインパルス応答のデータを畳み込むことで、所定の空間の残響音を再現した残響音制御信号を生成する (S 1 4)。

20

【 0 0 4 4 】

図 7 は、空間 6 2 0 と室 6 2 との関係性を模式的に示した平面図である。図 7 に示す様に、インパルス応答のデータは、音場を再現する対象となるコンサートホールまたは教会等の所定の空間 6 2 0 で予め測定する。例えば、インパルス応答のデータは、ステージ上の所定の位置でテスト音 (パルス音) を発し、空間 6 2 0 に設置した複数のマイクでそれぞれテスト音を收音することにより測定する。

【 0 0 4 5 】

本実施形態では、インパルス応答のデータは、ステージ 6 0 の左側の領域 1 1 0 A でテスト音を発した場合のインパルス応答、ステージ 6 0 の中央の領域 1 1 0 B でテスト音を発した場合のインパルス応答、およびステージ 6 0 の右側の領域 1 1 0 C でテスト音を発した場合のインパルス応答を測定する。

30

【 0 0 4 6 】

初期反射音のインパルス応答のデータは、壁面の近傍に設置した複数の指向性マイク 5 1 0 A ~ 5 1 0 J を用いて測定する。壁面の近傍に設置した指向性マイクを用いる場合、インパルス応答のデータは、信号処理系統毎に別々の指向性マイクで測定する。例えば、図 7 に示す様に、ステージ 6 0 に向かって右後方に設置されたスピーカ 5 1 J に対応する信号処理系統に対して、インパルス応答のデータは、ステージ 6 0 に向かって右後方の壁面の近傍に設置した指向性マイク 5 1 0 J で測定する。

40

【 0 0 4 7 】

インパルス応答のデータは、領域 1 1 0 A、領域 1 1 0 B、および領域 1 1 0 C の 3 つの音源の系統に対して、それぞれ指向性マイク 5 1 0 A ~ 5 1 0 J の 1 0 系統で測定する。すなわち、インパルス応答のデータは、指向性マイク 5 1 0 A ~ 5 1 0 J で測定された 1 0 個のインパルス応答を音源の位置に応じて、3 つ測定する。以下、領域 1 1 0 A の音源で測定された 1 0 個のインパルス応答を第 1 インパルス応答、領域 1 1 0 B の音源で測定された 1 0 個のインパルス応答を第 2 インパルス応答、領域 1 1 0 C の音源で測定された 1 0 個のインパルス応答を第 3 インパルス応答と称する。領域 1 1 0 A、領域 1 1 0 B、および領域 1 1 0 C の 3 つの系統はそれぞれ室 6 2 における指向性マイク 1 1 A、指向性マイク 1 1 B、および指向性マイク 1 1 C に対応し、指向性マイク 5 1 0 A ~ 5 1 0 J

50

の10系統は、スピーカ51A～51Jに対応する。

【0048】

図8は、FIRフィルタ24Aの機能的構成を示すブロック図である。図8に示すように、ミキサ23は、指向性マイク11A、指向性マイク11B、および指向性マイク11Cで取得した音信号を、それぞれ10個の系統の音信号に分配する。FIRフィルタ24Aは、第1インパルス応答、第2インパルス応答、および第3インパルス応答を、ミキサ23から分配された音信号に畳み込む。

【0049】

FIRフィルタ24Aは、音源65が領域110A内に位置する場合に、第1インパルス応答に対応する10個のFIRフィルタLA～FIRフィルタLJでフィルタ処理を行う。同様に、FIRフィルタ24Aは、音源65が領域110B内に位置する場合に、第2インパルス応答に対応する10個のFIRフィルタCA～FIRフィルタCJでフィルタ処理を行う。FIRフィルタ24Aは、音源65が領域110C内に位置する場合に、第3インパルス応答に対応する10個のFIRフィルタRA～FIRフィルタRJでフィルタ処理を行う。

【0050】

FIRフィルタ24Aは、この様にして、3×10系統の初期反射音制御信号を生成する。FIRフィルタ24Bは、3×6系統の残響音制御信号を生成する。

【0051】

なお、残響音は、音の到来方向の定まらない反射音である。したがって、残響音のインパルス応答のデータは、初期反射音に比べると音源の位置の変化による変化は小さい。したがって、残響音のインパルス応答のデータは、上記指向性マイク510A～510Jではなく、別の無指向性マイクを用いて測定してもよい。また、FIRフィルタ24Bは、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、および無指向性マイク12Cで取得した音信号をミキシングした音信号に、同じ1つのインパルス応答のデータを畳み込んで、残響音制御信号を生成してもよい。

【0052】

レベル設定部25Aは、初期反射音制御信号のレベル調整を行なう。レベル設定部25Bは、残響音制御信号のレベル調整を行なう。レベルバランス調整部152は、パンニング処理部23D、レベル設定部25Aおよびレベル設定部25Bのレベル調整量を設定する(S15)。レベルバランス調整部152は、直接音制御信号、初期反射音制御信号および残響音制御信号のそれぞれのレベルを参照し、これらの信号のレベルバランスを整える。例えば、レベルバランス調整部152は、直接音制御信号のうち時間的に最後のレベルと、初期反射音制御信号のうち時間的に最初の成分のレベルバランスを整える。また、レベルバランス調整部152は、初期反射音制御信号のうち時間的に最後の成分のレベルと、残響音制御信号のうち時間的に最初の成分のレベルとのバランスを整える。あるいは、レベルバランス調整部152は、初期反射音制御信号のうち時間的に後半部分となる複数成分のパワーと、残響音制御信号のうち時間的に前半部分となる成分のパワーとのバランスを整えてもよい。これにより、レベルバランス調整部152は、直接音制御信号、初期反射音制御信号および残響音制御信号の音を個別に制御し、適用する空間に合わせて、適切なバランスに制御することができる。

【0053】

遅延調整部28は、任意のマイクと複数のスピーカとの距離に応じて、遅延時間を調整する(S16)。例えば、遅延調整部28は、複数のスピーカにおいて、指向性マイク11Bとスピーカとの距離が短い順に、遅延時間を小さく設定する。或いは、遅延調整部28は、音場を再現する空間620でのインパルス応答を測定する音源とマイクの位置から遅延時間を調整する。例えば、FIRフィルタ24Aにおいて、スピーカ51Jに空間620内に設置した指向性マイク510Jで測定したインパルス応答データを畳み込む場合、遅延調整部28におけるスピーカ51Jの遅延時間は、空間620の指向性マイク510Jと音源65の距離に相当する遅延時間を設定する。これにより、初期反射音制御信号

10

20

30

40

50

および残響音制御信号は、直接音よりも遅れてリスナに到達し、明瞭な音像定位と豊かな空間の拡がりを実現する。

【 0 0 5 4 】

なお、音信号処理部 1 0 は、直接音制御信号に遅延調整を行わないことが好ましい。仮に、遅延調整により音像定位を制御する場合、音源 6 5 の位置が短時間の間に大きく変化すると、複数のスピーカから出力された音同士で位相干渉を起こす。音信号処理部 1 0 は、直接音制御信号に遅延調整を行わないことで、音源 6 5 の位置が短時間に大きく変化した場合でも、位相干渉を起こすことなく、音源 6 5 の音色を維持することができる。出力信号生成部 2 6 は、直接音制御信号、初期反射音制御信号および残響音制御信号をミキシングして出力信号を生成する (S 1 7)。なお、出力信号生成部 2 6 は、ミキシングの時に各信号のゲイン調整および周波数特性の調整等を行なってもよい。

10

【 0 0 5 5 】

出力部 2 7 は、出力信号生成部 2 6 から出力される出力信号をアナログ信号に変換する。また、出力部 2 7 は、アナログ信号を増幅する。出力部 2 7 は、増幅したアナログ信号を対応するスピーカに出力する (S 1 8)。

【 0 0 5 6 】

以上の構成により、音信号処理部 1 0 は、音信号を取得し、取得した音信号に、音源の位置に応じた初期反射音のインパルス応答を畳み込んで初期反射音制御信号を生成する。また、音信号処理部 1 0 は、取得した音信号に、音源の場所に応じた残響音のインパルス応答を畳み込んで残響音制御信号を生成する。

20

【 0 0 5 7 】

例えば、図 7 の例では、音源 6 5 は、ステージ 6 0 の領域 1 1 0 C に存在する。この場合、初期反射音制御信号は、図 8 に示す F I R フィルタ R A ~ R J で初期反射音制御信号が生成される。仮に、音源 6 5 がステージ 6 0 の領域 1 1 0 B に移動すると、初期反射音制御信号は、図 8 に示す F I R フィルタ C A ~ C J で生成される。また、仮に、音源 6 5 がステージ 6 0 の領域 1 1 0 A に移動すると、初期反射音制御信号は、図 8 に示す F I R フィルタ L A ~ L J で生成される。この様に、音信号処理部 1 0 は、音源の位置に応じて F I R フィルタのフィルタ係数を変更することで、従来よりも、より自然な音像の定位感と空間の拡がりを実現することができる。

【 0 0 5 8 】

ただし、指向性マイク 1 1 A ~ C、無指向性マイク 1 2 A ~ C から取得した音信号から初期反射音制御信号および残響音制御信号を生成してもよい。例えば、図 7 の例では、音源 6 5 は、ステージ 6 0 の右側に存在する。この場合、指向性マイク 1 1 C で取得した音信号のレベルが高くなる。したがって、初期反射音制御信号は、図 8 に示す F I R フィルタ R A ~ R J で生成される初期反射音制御信号のレベルが優位になる。仮に、音源 6 5 がステージ 6 0 の中央に移動すると、指向性マイク 1 1 B で取得した音信号のレベルが高くなる。したがって、初期反射音制御信号は、図 8 に示す F I R フィルタ C A ~ C J で生成される初期反射音制御信号のレベルが優位になる。また、仮に、音源 6 5 がステージ 6 0 の左側に移動すると、指向性マイク 1 1 C で取得した音信号のレベルが高くなる。したがって、初期反射音制御信号は、図 8 に示す F I R フィルタ L A ~ L J で生成される初期反射音制御信号のレベルが優位になる。すなわち、音信号処理部 1 0 は、音源の位置を検出することなく、音源の位置に応じて F I R フィルタのフィルタ係数を変更することができる。この様に、音信号処理部 1 0 は、音源の位置に応じて F I R フィルタのフィルタ係数を変更することで、従来よりも、より自然な初期反射音の定位感と響きを再現することができる。

30

40

【 0 0 5 9 】

図 9 は、変形例 1 に係る音信号処理部 1 0 の構成を示すブロック図である。図 9 のインパルス応答取得部 1 5 1 は、位置情報取得部 2 9 から音源 6 5 の位置情報を取得する。インパルス応答取得部 1 5 1 は、取得した位置情報に基づいて、F I R フィルタ 2 4 A および F I R フィルタ 2 4 B に設定するフィルタ係数をインパルス応答のデータから取得す

50

る。図7に示した様に、インパルス応答のデータは、音源の位置に応じて複数取得する。図7の例では、インパルス応答のデータは、第1インパルス応答、第2インパルス応答、および第3インパルス応答を有する。それぞれのインパルス応答は、それぞれの音源の位置情報に対応付けられている。

【0060】

インパルス応答取得部151は、取得した音源の位置情報に対応するインパルス応答のデータを取得する。例えば、インパルス応答取得部151は、音源65の位置がステージ60の左側である場合、第1インパルス応答のデータをメモリ31から読み出し、FIRフィルタ24Aに設定する。インパルス応答取得部151は、音源65の位置がステージ60の中央である場合、第2インパルス応答のデータをメモリ31から読み出し、FIR

10

【0061】

この様に、図9の例では、音信号処理部10は、音源の位置情報に基づいて、FIRフィルタ24Aに設定するフィルタ係数を変更する。

【0062】

なお、インパルス応答のデータは、図7の例の様に、3つに限らない。例えば、インパルス応答取得部151は、さらに多数の位置毎にインパルス応答のデータを取得することで、より自然な音像の定位感と空間の拡がりを実現することができる。

20

【0063】

図10は、変形例2に係る音信号処理部10の構成を示すブロック図である。図10の音信号処理部10は、ゲイン調整部22およびミキサ23に変えて、マトリクスミキサ23Mを備えている。

【0064】

マトリクスミキサ23Mは、指向性マイク11A、指向性マイク11B、指向性マイク11C、無指向性マイク12A、無指向性マイク12B、および無指向性マイク12Cで取得した音信号をそれぞれ所定のレベルでミキシングしてFIRフィルタ24AおよびFIRフィルタ24Bに分配する。

【0065】

マトリクスミキサ23Mは、位置情報取得部29で取得した音源の位置情報に基づいて、FIRフィルタ24AおよびFIRフィルタ24Bに分配する音信号のレベルを制御する。

30

【0066】

例えば、音源65の位置がステージ60の領域110B内にある場合、マトリクスミキサ23Mは、FIRフィルタCA～FIRフィルタCJに出力する音信号のレベルを高くする。仮に、音源65の位置がステージ60の領域110A内に移動した場合、マトリクスミキサ23Mは、FIRフィルタLA～FIRフィルタLJに出力する音信号のレベルを高くする。この様にして、マトリクスミキサ23Mは、音源の位置に応じて、各マイクから各システムに出力する音信号のレベルを調整することで、FIRフィルタのフィルタ係数を変更することができる。

40

【0067】

なお、音源65が、図7で示した領域110A、領域110B、および領域110Cをまたがって移動する場合、マトリクスミキサ23Mは、音信号をクロスフェードしてFIRフィルタを変更することが好ましい。例えば、音源65が、領域110Aから領域110Bに移動する場合、マトリクスミキサ23Mは、指向性マイク11AからFIRフィルタLA～FIRフィルタLJに出力する音信号のレベルを徐々に低くして、指向性マイク11BからFIRフィルタCA～FIRフィルタCJに出力する音信号のレベルを徐々に高くする。この場合、マトリクスミキサ23Mは、クロスフェード処理部に対応する。

【0068】

50

すなわち、音信号処理部 10 は、第 1 インパルス応答から第 2 インパルス応答に切り替える際に、第 1 インパルス応答を畳み込む音信号と、第 2 インパルス応答を畳み込む音信号と、をクロスフェードする。

【0069】

これにより、音信号処理部 10 は、さらに滑らかで自然な音源の移動感を演出することができる。

【0070】

なお、無指向性マイク 12 A、無指向性マイク 12 B、および無指向性マイク 12 C は、音源 65 の直接音および室 62 内の反射音等を含む、室 62 内の全体の音を收音する。したがって、音信号処理部 10 が、無指向性マイク 12 A、無指向性マイク 12 B、および無指向性マイク 12 C で取得した音信号を用いて残響音制御信号を生成すれば、ステージの音も観客席の音も同じ残響が再現される。よって、例えば演者の音でも観客の拍手の音でも同じ残響が再現され、演者と観客は一体感を得ることができる。

10

【0071】

また、初期反射音は、空間内を多重反射した残響音に比べて、反射回数が少ない。このため、初期反射音のエネルギーは、残響音のエネルギーよりも高い。したがって、初期反射音制御信号を出力するスピーカは、1 個あたりのレベルを高くすることで、初期反射音を持つ主観的な印象付けの効果を向上させることができ、初期反射音の制御性を高めることができる。

【0072】

また、初期反射音制御信号を出力するスピーカは、個数を少なくすることで、過剰な拡散音エネルギーの上昇を抑えることができる。すなわち、初期反射音制御信号による室内の残響延長を抑制でき、初期反射音の制御性を高めることができる。

20

【0073】

初期反射音制御信号を出力するスピーカは、観客に近い位置である室内の側方に設置することで、初期反射音を観客に届けるのに制御し易く、初期反射音の制御性を高めることができる。また、残響音制御信号を出力するスピーカは、室内の天井に設置することで、観客の位置による残響音の差を抑制できる。

【0074】

本実施形態の説明は、すべての点で例示であって、制限的なものではない。本発明の範囲は、上述の実施形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。さらに、本発明の範囲には、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

30

【符号の説明】

【0075】

1 ... 音場支援システム

10 ... 音信号処理部

11 A, 11 B, 11 C ... 指向性マイク

12 A, 12 B, 12 C ... 無指向性マイク

21 ... 音信号取得部

22 ... ゲイン調整部

23 ... ミキサ

23 M ... マトリクスミキサ

24 A, 24 B ... FIR フィルタ

25 A, 25 B ... レベル設定部

26 ... 出力信号生成部

27 ... 出力部

28 ... 遅延調整部

29 ... 位置情報取得部

31 ... メモリ

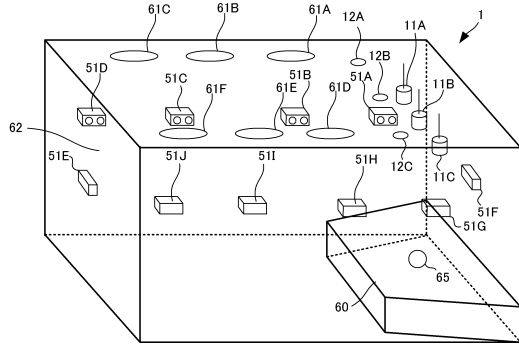
40

50

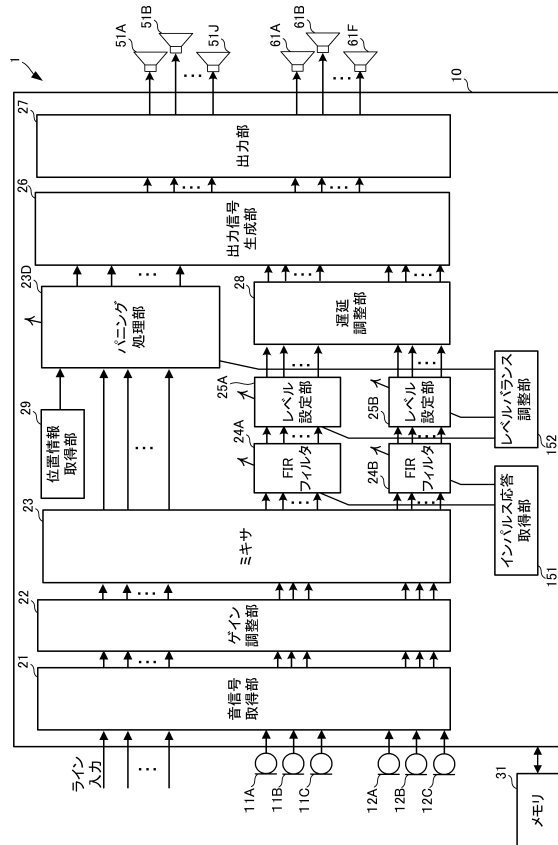
- 5 1 A ~ 5 1 J ... スピーカ
- 6 0 ... ステージ
- 6 1 A ~ 6 1 F ... スピーカ
- 6 2 ... 室
- 6 5 ... 音源
- 1 5 1 ... インパルス応答取得部
- 1 5 2 ... レベルバランス調整部
- 5 1 0 A ~ 5 1 0 J ... 指向性マイク
- 6 2 0 ... 空間

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

20

30

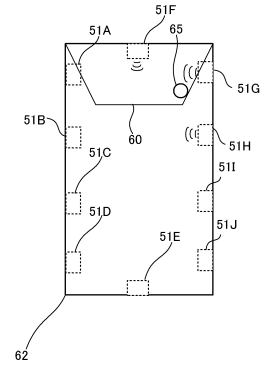
40

50

【図3】



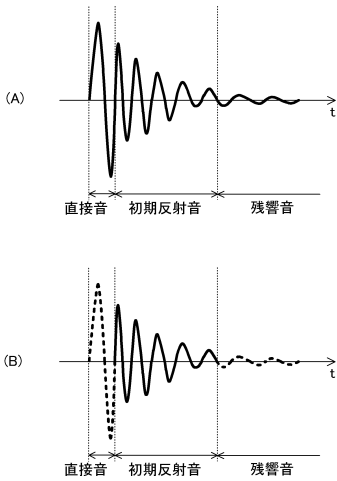
【図4】



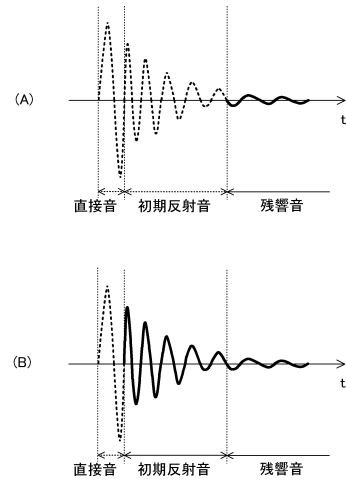
10

20

【図5】



【図6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-008395(JP,A)
特開2013-238643(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------------|
| G10K | 15/10 |
| G10K | 15/00 |
| H04R | 3/00 - 3/14 |
| H04S | 1/00 - 7/00 |