

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5405130号
(P5405130)

(45) 発行日 平成26年2月5日(2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月8日(2013.11.8)

(51) Int.Cl.	F I
HO4R 3/12 (2006.01)	HO4R 3/12 Z
HO4R 1/40 (2006.01)	HO4R 1/40 320A
HO4R 3/00 (2006.01)	HO4R 3/00 310
G1OL 21/028 (2013.01)	HO4R 3/00 320
G1OL 21/0272 (2013.01)	G1OL 21/02 201A

請求項の数 6 (全 22 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-3880 (P2009-3880)	(73) 特許権者	000001487
(22) 出願日	平成21年1月9日(2009.1.9)		クラリオン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-161735 (P2010-161735A)		埼玉県さいたま市中央区新都心7番地2
(43) 公開日	平成22年7月22日(2010.7.22)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成23年12月5日(2011.12.5)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	戸上 真人
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	小窪 浩明
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内
		審査官	▲吉▼澤 雅博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音再生装置および音再生方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のスピーカを再生音源として備えた音再生装置であって、
複数のマイクロホンからなるマイクロホンアレイの位置での音源方向を推定する音源方向推定部と、

推定した前記マイクロホンアレイの位置での音源方向をユーザ聴取位置での音源方向に変換する音源方向変換部と、

前記変換した音源方向を基に、前記再生音源以外の雑音源の前記ユーザ聴取位置での音源方向を算出し、当該雑音源の前記ユーザ聴取位置での音源方向と前記複数のスピーカから音を放射した際の音像定位方向が異なるように前記複数のスピーカそれぞれの出力係数を決定する出力係数決定部と、

を有することを特徴とする音再生装置。

【請求項2】

乗員を検出する座席センサを備え、
前記出力係数決定部は、前記座席センサによって検出した乗員位置に前記雑音源が存在すると見なして演算を行うことを特徴とする請求項1に記載の音再生装置。

【請求項3】

乗員を検出する座席センサを備え、
前記出力係数決定部は、前記座席センサによって検出した乗員位置が前記ユーザ聴取位置であると見なして演算を行うことを特徴とする請求項1に記載の音再生装置。

【請求項 4】

前記ユーザ聴取位置に対するマイクロホンアレイ位置の位置ベクトルである第 1 の位置ベクトルに、前記マイクロホンアレイ位置に対する再生音源以外の音源位置の位置ベクトルである第 2 の位置ベクトルを加算することで、前記ユーザ聴取位置に対する前記音源位置の位置ベクトルである第 3 の位置ベクトルを算出し、当該第 3 の位置ベクトルを基に、前記マイクロホンアレイの位置での音源方向をユーザ聴取位置での音源方向に変換することを特徴とする請求項 1 に記載の音再生装置。

【請求項 5】

所定の位置に複数のマイクロホンと複数のスピーカとが配置された環境において、前記複数のスピーカを再生音源として用いて音再生装置からの音を再生する音再生方法であって、

複数のマイクロホンからなるマイクロホンアレイからの音の情報と、前記マイクロホンアレイと各前記スピーカとの位置関係の情報とを用いて、前記複数のスピーカからの再生音源以外の音源の、前記マイクロホンアレイの位置での音源方向を推定する音源方向推定工程と、

推定した前記マイクロホンアレイの位置での音源方向をユーザ聴取位置での音源方向に変換する音源方向変換工程と、

前記変換した音源方向を基に、前記再生音源以外の雑音源の前記ユーザ聴取位置での音源方向を算出し、当該雑音源の前記ユーザ聴取位置での音源方向と、前記複数のスピーカから音を放射した際の音像定位方向が異なるようにそれぞれの前記スピーカの出力係数を決定する出力係数決定工程と、

決定した前記出力係数によって前記スピーカから音を放射する音放射工程と、

を含むことを特徴とする音再生方法。

【請求項 6】

前記出力係数決定工程では、前記複数のスピーカのうち、前記ユーザ聴取位置での音源方向が異なる方向に位置するものを選択する、

ことを特徴とする請求項 5 に記載の音再生方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車室内などの雑音環境下で複数台のスピーカの音再生制御を行う音再生装置および音再生方法に関する。

【背景技術】

【0002】

これまで複数のスピーカを用いて、高臨場感で音を再生する技術が広く検討されてきている。一例を挙げると、5.1chサラウンド再生が代表的な技術と言える。また、自動車の車室内のように雑音の大きい環境でも、十分な音量で音声を再生することが可能なように、雑音量をモニタリングして、それに合わせて、再生音量をコントロールするオートボリュームコントロール技術が検討されてきている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

さらに、複数のマイクロホンを用いた複数チャンネルのデジタルフィルタ処理により、所望の目的音以外の音を高精度に抑圧する技術が検討されてきている（例えば、非特許文献 1 参照）。この技術は、複数チャンネルのデジタルフィルタ処理により、所望の方向の音のみを歪みを生じさせることなく抽出することを目的とするものである。この音源分離技術を応用すれば、雑音量の高精度なモニタリングが可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 4 - 235600 号公報

【非特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【非特許文献 1】戸上真人，天野明雄 “人間共生ロボットEMIEWの騒音下音声認識技術”
，計測と制御，Vol.46，No.6，2007年6月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来のオートボリュームコントロール技術（特許文献 1 記載）では、ユーザ聴取位置から見た雑音源の方向と再生音をスピーカアレイで再生した際の音像定位方向が重なった場合に、音が聞き取りにくくなるという問題点があった。つまり、人間の聴覚プロセスには、両耳間到達時間差や振幅差の情報から到来方向ごとに音を聞き分ける機能が組み込まれていると考えられている。しかし、音の方向が重なると、そのような機能ではスピーカ再生音を聞き分けることができなくなってしまうためだと考えられる。

10

【 0 0 0 7 】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、雑音が存在する環境でも、所望音を聞きやすい音で聴取可能にできる音再生装置および音再生方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

前記課題を解決するために、本発明による音再生装置は、例えば、複数のマイクロホンアレイを用いた音源分離処理により、マイクロホンアレイなどから見た相対的な音源方向を推定するとともに、推定した音源方向をユーザ位置から見た音源方向に変換する音源方向変換処理部を有する。そして、音再生装置は、推定した前記マイクロホンアレイの位置での音源方向をユーザ聴取位置での音源方向に変換する音源方向変換処理部を有する。さらに、音再生装置は、音源方向変換処理部などによって変換された音源方向を基に、再生音源以外の雑音源のユーザ聴取位置での音源方向を算出し、当該雑音源のユーザ聴取位置での音源方向と再生音源としてのスピーカアレイの音像定位方向とが異なるように音像定位方向を制御する出力係数設定部を有する、ことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、雑音が存在する環境でも、所望音を聞きやすい音で聴取可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明による第 1 実施形態の音再生装置の適用例を示す説明図である。

【図 2】本発明による第 1 実施形態の音再生装置を示すハードウェア構成図である。

【図 3】本発明による第 1 実施形態のプログラム構成を示すブロック図である。

【図 4】音源位置変換処理の幾何学的なイメージを示す説明図である。

【図 5】本実施形態で設定した出力係数を出力ソースに重畳して、スピーカから出力する構成を示したブロック図である。

【図 6】音源位置変換部の詳細な構成を示すブロック図である。

【図 7】図 3 の出力係数決定部の第 1 例を詳細に示すブロック図である。

40

【図 8】本発明の第 1 実施形態で生成されるヒストグラムの一例である。

【図 9】推定した雑音の音源位置とユーザ位置及びスピーカ合成波面のユーザ位置から見た定位方向の一例を示す説明図である。

【図 10】図 3 の出力係数決定部の第 2 例を詳細に示すブロック図である。

【図 11】変形例の方向行列計算部を示すブロック図である。

【図 12】図 3 の音源分離部を詳細に示すブロック図である。

【図 13】音源分離フィルタの適応処理を示すフローチャートである。

【図 14】図 3 の音源位置推定部を詳細に示すブロック図である。

【図 15】図 3 の音響エコーキャンセラを詳細に示すブロック図である。

【図 16】本発明による第 1 実施形態のソフトウェアブロックとハードウェアとの関連性

50

を示す説明図である。

【図17】本実施形態において音楽などのオーディオ出力音の出力方法を制御する構成を示すブロック図である。

【図18】出力係数決定タイミングを決める処理を示すフローチャートである。

【図19】出力係数設定タイミングとオーディオソース再生タイミングの一例を示したタイミングチャートである。

【図20】本発明による第2実施形態の音再生装置を示すハードウェア構成図である。

【図21】本発明によるユーザ聴取位置での音源位置変換処理を使って、仮想的な音源位置における音場を再現する音場再現システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明を実施するための最良の形態（以下、「実施形態」という）について、添付した各図を参照し、詳細に説明する。

【0012】

図1は、本発明による第1実施形態の音再生装置1の適用例を示す説明図である。

図1を参照し、音再生装置1の概要を説明する。自動車10などの車室11内に複数のマイクロホン102を有するマイクロホンアレイ101を設置する。マイクロホンアレイ101で収録した音から雑音の到来方向を推定する。そして、スピーカ112によって再生される音が、ユーザ聴取位置で、雑音の到来方向と異なる方向に定位されるように、スピーカ112ごとにスピーカ出力係数を設定する。このような構成により、ユーザは、聞きやすい音でスピーカ再生音を聞くことが可能となる。

20

【0013】

図2は、本発明による第1実施形態の音再生装置1を示すハードウェア構成図である。

マイクロホンアレイ101は、車室11内で音を収録し、収録した音を示すアナログ信号を出力する。

多チャンネルA/D変換機202は、このアナログ信号をマイクロホン102ごとにデジタル信号に変換する。

スピーカアレイ111は、所望の再生音を車室11内に放射する。

【0014】

中央演算装置203は、変換されたデジタル信号に、デジタル信号処理を施す。具体的には、デジタル信号中に含まれる雑音成分を抽出し、雑音到来方向を推定する。そして、その雑音到来方向からスピーカ出力係数を制御する。信号処理プログラムは、不揮発性メモリ205に蓄えられていて、実行時に揮発性メモリ204にロードされ、展開される。またワークメモリなどプログラム実行に必要なメモリ領域は揮発性メモリ204内に確保される。また、マイクロホン102の配置などの情報は不揮発性メモリ205に蓄えられている。

30

中央演算装置203は、スピーカ出力係数を制御し、生成したデジタル信号（スピーカ出力信号）を出力する。

【0015】

多チャンネルD/A変換機206は、スピーカ出力信号をアナログ信号に変換して、スピーカアレイ111の複数のスピーカ112ごとに出力する。

スピーカ112は、このアナログ信号によって鳴動し、音を空中に放射する。

40

【0016】

また、座席センサ208によって乗員/同乗者の存在（着席）を検出し、乗員/同乗者の発話の有無にかかわらず、乗員位置/同乗者位置を音源位置またはユーザ聴取位置とみなして、スピーカ出力係数を制御するような構成にしてもよい。具体的には、乗員/同乗者を雑音源とみなして、乗員方向/同乗者方向と異なる方向にスピーカ出力音が定位されるように制御してもよいし、乗員/同乗者を聴取者とみなして、乗員位置/同乗者位置でのスピーカ出力音の定位方向と雑音の到来方向とが異なるようにスピーカ出力音の係数を

50

制御するような構成にしてもよい。後者の構成を採ることで、運転者のみならず他の乗員 / 同乗者にとっても所望の音を聞きやすい音場を形成することが可能となる。

【 0 0 1 7 】

図 3 は、本発明による第 1 実施形態のプログラム構成を示すブロック図である。

波形取り込み部 3 0 1 は、多チャンネル A / D 変換機 2 0 2 (図 2 参照) を制御し、デジタル信号を取得する。

音響エコーキャンセラ 3 0 7 は、取得したデジタル信号に含まれるスピーカ出力に起因する成分 (音響エコー成分) を除去する。音響エコーキャンセラ 3 0 7 の具体的な構成については後記する。音響エコーキャンセラ 3 0 7 は、マイクロホン素子ごとに動作する。音響エコー消去後の複数チャンネル信号は、音源分離部 3 0 2 に送られる。

10

【 0 0 1 8 】

通常、車室 1 1 内には多数の音源が存在する。音源分離部 3 0 2 は、この多数の音源を音源ごとの信号に分離する。音源の分離は、音響エコーキャンセラ 3 0 7 の出力信号を一定時間分取得するたびに行う。分離したそれぞれの信号は、音源ごとに音源位置推定部 3 0 3 に送られて、それぞれの音源位置が推定される。推定した音源位置は、マイクロホンアレイ 1 0 1 の位置と音源位置の相対位置となる。本実施形態では、ユーザ聴取位置から音源までの相対位置が必要となるため、音源位置変換部 3 0 4 では、事前のユーザ聴取位置情報から、ユーザ聴取位置 (ユーザ位置) から見た音源位置を算出する。

【 0 0 1 9 】

図 4 は、音源位置変換処理の幾何学的なイメージを示す説明図である。

20

具体的には、図 4 に示すように、ユーザ位置とマイクロホンアレイ 1 0 1 (図 1 参照) の位置から求めることができるユーザ位置ベクトル V_1 をマイクロホンアレイ 1 0 1 から見た音源の推定音源位置ベクトル V_2 に足し合わせることで、ユーザ位置から見た変換後音源位置ベクトル V_3 を取得することが可能となる。なお、マイクロホンアレイ 1 0 1 の設置位置は固定位置とする。この場合、ユーザ位置ベクトル V_1 は、ユーザ位置が分かれば決まる。ユーザ位置は、「運転席 1 2」にプリセットしてもよいし、座席センサ 2 0 8 (図 2 参照) が検知した乗員位置 / 同乗者位置の情報から決めてもよい。

【 0 0 2 0 】

図 3 に戻り、ヒストグラム更新部 3 0 5 は、変換した音源位置の情報から、雑音の到来方向のヒストグラム $P(\theta, \phi)$ を生成する。ここで、 θ は、音源方位角とする。ヒストグラムは、 $P(\theta, \phi)$ といった形で、方位角 θ と仰角 ϕ の二次元ヒストグラムを生成してもよい。ここで i 番目の分離信号の音源方向を方位角 θ_i 、仰角 ϕ_i とする。雑音の到来があるごとに、到来した雑音の θ_i 、 ϕ_i に相当するヒストグラム $P(\theta_i, \phi_i)$ に値 1 を加算する。また、 i 番目の分離信号の平均パワーもしくはパワーの関数を $P(\theta_i, \phi_i)$ に加えるような構成を採ってもよい。また、ヒストグラムは音源分離部 3 0 2 で一度処理するたびに初期化してもよいし (すなわち、 $P(\theta, \phi) = 0$ (すべての θ, ϕ に対して)) としてもよいし)、音源分離を一度行うたびに、 $P(\theta, \phi) = P(\theta, \phi) \cdot C$ (C は 0 以上 1 以下の定数) といったように忘却係数 C を乗算することで、過去の情報をゆっくりと忘れる構成としてもよい。

30

【 0 0 2 1 】

40

出力係数決定部 3 0 6 は、得られたヒストグラム $P(\theta, \phi)$ の情報からスピーカ出力係数を決定する。ヒストグラムの値が大きいほど、雑音が高い方向と考えられる。スピーカ出力係数は、得られたヒストグラム $P(\theta, \phi)$ の値が大きい方向との方向の異なりが大きい方向にスピーカ出力音が定位されるように制御する。つまり、ヒストグラム $P(\theta, \phi)$ の値が大きい方向とは、雑音が聞こえる頻度が大きく、雑音が高いと見なせる方向であるから、本実施形態では、この雑音が高いと見なせる方向を避けて、雑音が聞こえる方向とは異なる方向 (典型的には、反対方向) から所望の音が聞こえるように、スピーカ出力音が定位するようにする。

【 0 0 2 2 】

図 5 は、本実施形態で設定した出力係数を出力ソースに重畳して、スピーカ 1 1 2 から

50

出力する構成を示したブロック図である。

本実施形態で設定された出力係数記憶部 401 は、不揮発性メモリ 205 または揮発性メモリ 204 上に確保される。出力ソース取得部 403 は、オーディオやハンズフリー通話の出力音などの原信号を取得する。そして、スピーカ出力部 402 は、出力するスピーカ 112 ごとに、出力係数記憶部 401 に蓄えられている出力係数を重畳して、出力を行う。出力係数は、単なる音量値でもよいし、FIR (Finite Impulse Response) フィルタまたは、短時間フーリエ変換により時間周波数領域に変換した後、周波数ごとに出力係数を設定し、時間周波数領域に戻して出力するような構成を採ってもよい。

【0023】

図 6 は、図 3 の音源位置変換部 304 の詳細な構成を示すブロック図である。

10

音源位置推定部 303 が推定した各音源のマイクロホンアレイ 101 の位置から見た相対的な音源位置 $P=(x, y, z)^T$ (肩字の T は、ベクトル・行列の転置であることを示す。) が、音源位置変換部 304 へ入力となる。

マイク位置データベース 504 には、マイクロホンアレイ 101 の車室 11 内における空間的位置 $p_2=(x_2, y_2, z_2)^T$ が記載されているものとする。ユーザ位置抽出部 502 は、車室 11 内におけるユーザ聴取位置の空間的位置 $p_u=(x_u, y_u, z_u)^T$ を取得する。座席センサ 208 などにより検出した乗員/同乗者の位置からユーザ聴取位置を決めてもよいし、予めユーザ聴取位置を運転席 12 (図 1 参照) に固定するなどしてプリセットしておいてもよい。変換ベクトル生成部 503 では、ユーザ聴取位置 p_u とマイクロホンアレイ 101 の空間的位置 p_2 の差 $b = p_2 - p_u$ を計算する。変換ベクトル加算部 505 では推定したマイクロホンアレイ位置での音源位置 P に b を加算した $P' = P + b$ を得る。 P' は、ユーザ聴取位置から見た音源の相対的な位置となる。

20

【0024】

このように (図 4 参照)、簡単なベクトル計算によってユーザ聴取位置での音源位置を知ることができる。音源位置変換処理は、音源分離処理を 1 度実行するごとに、音源分離部 302 が分離して出力する音源ごとに 1 回ずつ行ってもよいし、音源分離部 302 が、音源または周波数ごとに音を分離する場合、音源分離処理を 1 回行うごとに、音源または周波数ごとに 1 回ずつ音源位置変換処理を行うようにしてもよい。

【0025】

図 7 は、図 3 の出力係数決定部 306 の第 1 例を詳細に示すブロック図である。

30

出力係数決定部 306 は、音源位置変換部 304 (図 3 参照) により変換した音源ごとかつ周波数ごとの音源位置から、音源の相対的な方位角 または仰角値 を取り出す。これは音源位置 (x, y, z) を極座標 $(r \cos \theta \cos \phi, r \sin \theta \cos \phi, r \sin \theta \sin \phi)$ と見立てて、推定することができる。通常、車室 11 内では音源はすべて同一水平面上に存在すると仮定しても実用上問題がないと考えられるため、 $\theta = 0$ としてもよい。

【0026】

方向行列計算部 602 は、抽出した音源ごとかつ周波数ごとの音源方向 (θ, ϕ) または (θ, ϕ, ψ) から、前記した方法で、音源方向ごとの頻度を示すヒストグラム $P(\theta, \phi)$ またはヒストグラム $P(\theta, \phi, \psi)$ を生成する。

【0027】

40

図 8 は、本発明の第 1 実施形態で生成されるヒストグラム $P(\theta, \phi)$ の一例である。

音源方向 (θ, ϕ) ごとに、音源の頻度 P がヒストグラム $P(\theta, \phi)$ 上に得られる。

【0028】

ここで、以後の説明で用いるステアリングベクトルを定義する。音源位置 p に存在する周波数 f の音が各マイクロホン 102 に到達するまでの位相の遅延量を要素に持つベクトル $a_p(f)$ を、次の式 (1) で定義する。

【0029】

【数 1】

$$\mathbf{a}_p(f) = [\exp(jT_{p,1}(f)) \quad \exp(jT_{p,2}(f)) \quad \dots \quad \exp(jT_{p,M}(f))]^T \quad \dots (1)$$

【0030】

ここで、 j は虚数単位を表すものとする。ここで、 M はマイクロホン 102 の数とする。

【0031】

人間の両耳を 2 つのマイクロホン 102 と見立てると、音源位置 p から両耳に音が届くまでの位相の遅延量も $a_p(f)$ で表すことができる。本実施形態においては、 $a_p(f)$ のマイクロホン 102 間で共通の遅延量は特に意味をもたないため、 $a_p(f)$ は必ずしも、音源位置からの遅延量として定義する必要はなく、基準のマイクロホン 102 からの遅延量として定義してもよい。本実施形態では、1 番目のマイクロホン 102 を基準のマイクロホン 102 として遅延量 $T_{p,m}(f)$ を次の式 (2) で定義する。 $t_m(p)$ は音源位置 p の音が m 番目のマイクロホン 102 まで届くまでの時間とする。

【0032】

【数 2】

$$T_{p,m}(f) = 2\pi f(t_m(p) - t_1(p)) \quad \dots (2) \quad 20$$

【0033】

人間の両耳のようにマイクロホン 102 が直線上に並んでいると仮定し、音源位置 p がマイクロホン間隔に対して十分遠い距離に存在すると仮定すると、 $T_{p,m}(f)$ は、次の式 (3) で近似することができる。

【0034】

【数 3】

$$T_{p,m}(f) = 2\pi f d_m c^{-1} \sin \theta \quad \dots (3)$$

【0035】

ここで、 d_m は m 番目のマイクロホン 102 と 1 番目のマイクロホン 102 の間の距離とする。 c は音速であり、常温で 340[m/s] 程度となるため、通常この値に設定する。は、マイクロホンアレイ 101 を構成する直線に対して直交する平面に対して、マイクロホンアレイ 101 と音源位置 p を結んだ直線が成す角とする。これをマイクロホンアレイ 101 の位置から見た相対的な方位角とする。マイクロホンアレイ 101 が直線配置以外の場合は、 $T_{p,m}(f)$ はより複雑な形となるが、いずれにせよマイクロホンアレイ 101 の幾何学配置が既知であれば、単純な幾何学計算により求めることができる。本実施形態では、マイクロホンアレイ 101 の幾何学配置はあらかじめ不揮発性メモリ 205 (図 2 参照) に記憶されているとし、その情報を利用してステアリングベクトルを生成するものとする。

【0036】

図 7 に戻り、方向行列計算部 602 は、ヒストグラム $P(\theta, \phi)$ またはヒストグラム $P(\theta, \phi)$ を使って次の式 (4) で定義されるマイクロホンアレイ 101 の位置での雑音共分散行列推定値 $\mathbf{R}_n(f)$ を計算する。

【0037】

【数 4】

$$\mathbf{R}_n(f) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J P(\theta_j, \phi_j) \mathbf{n}_j(f) \mathbf{n}_j(f)^* \quad \dots (4)$$

【0038】

ここで J はヒストグラムの分割数とする。 J は各分割された格子として、 \mathbf{n}_j は格子 j

10

20

30

40

50

の方位角、 θ_j は格子 j の仰角とする。 $n_j(f)$ は格子 j の位置に音源が存在すると仮定した時のユーザ聴取位置から見たステアリングベクトルとする。つまり $R_n(f)$ はヒストグラムの頻度が大きいところの影響が大きくなるように設定した行列となる。

【 0 0 3 9 】

さらに $H(f)$ を次の式 (5) で定義する。

【 0 0 4 0 】

【 数 5 】

$$\mathbf{H}(f) = [\mathbf{h}_1(f) \quad \mathbf{h}_2(f) \quad \dots \quad \mathbf{h}_L(f)] \quad \dots (5)$$

【 0 0 4 1 】

ここで、 L はスピーカ素子数とする。 $\mathbf{h}_i(f)$ は i 番目のスピーカ位置に音源があると仮定した時のユーザ聴取位置から見たステアリングベクトルとする。

【 0 0 4 2 】

$H(f)$ と $R_n(f)$ を用いて、行列 $A(f)$ を、次の式 (6) で求める。

【 0 0 4 3 】

【 数 6 】

$$\mathbf{A}(f) = \mathbf{H}(f)^* \mathbf{R}_n(f) \mathbf{H}(f) \quad \dots (6)$$

【 0 0 4 4 】

ユーザ聴取位置が複数存在する場合は、次の式 (7) のようにユーザ聴取位置ごとに雑音共分散行列 $R_{i,n}(f)$ と、スピーカ 1 1 2 のステアリングベクトルからなる行列 $H_i(f)$ を用いて $A(f)$ を構成してもよい。

【 0 0 4 5 】

【 数 7 】

$$\mathbf{A}(f) = \sum_i \mathbf{H}_i(f)^* \mathbf{R}_{i,n}(f) \mathbf{H}_i(f) \quad \dots (7)$$

【 0 0 4 6 】

$A(f)$ をこのような構成にすることで、複数の聴取位置で聞き取りやすいスピーカ出力音を得ることができる。

【 0 0 4 7 】

固有値・ベクトル計算部 6 0 3 では、 $A(f)$ の最小固有値を与える固有ベクトル $S(f)$ を求める。 $S(f)$ はスピーカ素子数分の要素数を持つ。ここで、 $S(f)$ の各要素を各スピーカ素子の伝達関数に重畳して、すべてのスピーカ 1 1 2 から同時に音を放射した場合、放射音の合成波面のステアリングベクトルは $H(f)S(f)$ となる。 $H(f)S(f)$ は雑音のステアリングベクトルとの異なりが最大となるステアリングベクトルになる。

【 0 0 4 8 】

最小コスト係数算出部 6 0 4 は、求めた周波数ごとのスピーカ出力係数 $S(f)$ をスピーカ (素子) 1 1 2 ごとに逆フーリエ変換して時間領域のスピーカ出力係数 $S(t)$ を求める。 $S(t)$ は FIR フィルタとみなせるため、 $S(t)$ をスピーカ 1 1 2 から出力する時間領域の音に畳みこむことで周波数ごとのステアリングベクトルが $H(f)S(f)$ となる合成波面を得ることができる。また $S(f)$ を得るために、次の式 (8) で定義される雑音のステアリングベクトルとの異なりが最大となる音源位置 p_{\min} を得た後、その次の式 (9) で $S(f)$ を求めてもよい。

【 0 0 4 9 】

【 数 8 】

$$p_{\min} = \arg \min_{p \in P} \sum_f \mathbf{a}_p(f)^* \mathbf{R}_n(f) \mathbf{a}_p(f) \quad \dots (8)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

【数 9】

$$S(f) = \mathbf{H}(f)^* [\mathbf{H}(f)\mathbf{H}(f)^*]^{-1} \mathbf{a}_{p_{\min}}(f) \quad \dots (9)$$

【 0 0 5 1 】

このようにして求めた合成波面のステアリングベクトル $\mathbf{H}(f) S(f)$ は定義される音源位置 p_{\min} のステアリングベクトルと完全に一致するとともに、出力係数 $S(f)$ が最小となるようなものとなる。

【 0 0 5 2 】

図 9 は、推定した雑音の音源位置とユーザ位置及びユーザ位置から見たスピーカ合成波面の定位方向の一例を示す説明図である。

本発明では、このように合成波面の方向を雑音の音源位置との異なりが大きい方向に設定することが可能となる。

【 0 0 5 3 】

図 10 は、出力係数決定部 306 の第 2 例を詳細に示すブロック図である。

この出力係数決定部 306 は、複数のスピーカ 112 の中から雑音とのステアリングベクトルの違いが最も大きいスピーカ（素子）112 を選択する構成を有している。

【 0 0 5 4 】

この第 2 例の方向行列計算部 702 は、図 7 に示す第 1 例の方向行列計算部 602 と同様に、 $R_n(f)$ を計算する。

スピーカ内積計算部 703 は、次の式 (10) で定義される各スピーカ（素子）112 のステアリングベクトルと $R_n(f)$ との内積計算を行う。

【 0 0 5 5 】

【数 10】

$$B_i = \mathbf{h}_i(f)^* \mathbf{R}_n(f) \mathbf{h}_i(f) \quad \dots (10)$$

【 0 0 5 6 】

最小コスト係数算出部 704 は、次の式 (11) により内積値が最小となるスピーカ（素子）112 を選択する。

【 0 0 5 7 】

【数 11】

$$i_{\min} = \arg \min_i B_i \quad \dots (11)$$

【 0 0 5 8 】

図 11 は、変形例の方向行列計算部 801 を示すブロック図である。

この方向行列計算部 801 は、図 10 に示す方向行列計算部 702 に、同乗者位置推定部 802 および既知雑音位置 803 が付加された構成である。したがって、この方向行列計算部 801 は、音源分離により検出した音源の情報のみから雑音共分散行列 $R_n(f)$ を生成するのではなく、同乗者位置推定部 802 からの乗員 / 同乗者の情報やワイパー音、エンジン音など予め既知の音源の情報を表す既知雑音位置 803 も用いて $R_n(f)$ を生成する構成を有している。

【 0 0 5 9 】

同乗者位置推定部 802 は、座席センサ 208（図 2 参照）の情報から乗員 / 同乗者が座っている位置を検出し、その位置を仮想的な雑音音源位置とみなして、雑音の方向ヒストグラム $P(\)$ に追加する。追加する頻度値はあらかじめ定めた値を入力する。既知雑音位置 803 はワイパー音やエンジン音などの既知の音源位置をプリセットしておいたものを読み出し、雑音の方向ヒストグラム $P(\)$ に追加する。方向行列計算部 801 では、ユーザ聴取位置への変換後の雑音の音源位置と乗員位置 / 同乗者位置及び既知雑音位置の情報から作られた雑音の方向ヒストグラム $P(\)$ から雑音の共分散行列 $R_n(f)$ を生成し、

10

20

30

40

50

$R_n(f)$ を出力する。

【 0 0 6 0 】

図 1 2 は、図 3 の音源分離部 3 0 2 を詳細に示すブロック図である。

各マイクロホン（素子）1 0 2 で受信したデジタル音圧波形は、バッファリング部 9 0 1 に送られる。

バッファリング部 9 0 1 は、マイクロホン（素子）1 0 2 ごとに例えば数秒間データが溜められ、データが溜まる度に後段処理にデータを出力する。

短時間周波数変換部 9 0 2 は、バッファリング部 9 0 1 の出力信号を例えば数十[m s]ごとに処理する。処理の単位をフレームと呼び、1 フレームで処理するマイクロホン（素子）1 0 2 ごとのポイント数をフレームサイズLframeと呼ぶ。1 フレームごとに処理を開始する位置をフレームシフトLshift分ずつずらす。つまり 番目のフレームで処理するデータは *Lshiftポイントから *Lshift+Lframeである。フレームごとにデータを短時間フーリエ変換により周波数領域に変換する。m 番目のマイクロホン素子について、フレームでの周波数 f 成分を $x_m(f, \tau)$ と表記する。短時間フーリエ変換に先立って、直流成分カット、窓関数重畳などの処理を波形（信号）に施してもよい。窓関数としてはハミング窓やハニング窓、ブラックマン窓などが適用可能である。

【 0 0 6 1 】

フィルタ適応部 9 0 3 では音源分離に必要なフィルタを周波数 f ごとに適応処理する。

フィルタリング部 9 0 4 では、フィルタ適応部 9 0 3 で適応した音源分離フィルタを使って、フレームごと、周波数ごとに音を音源ごとに分離する。ここで、ベクトル $X(f, \tau)$ を $[x_1(f, \tau), x_2(f, \tau), \dots, x_M(f, \tau)]^T$ で定義する。つまり、 $X(f, \tau)$ は、フレーム、周波数 f のすべてのマイクロホン（素子）1 0 2 の信号を要素に持つベクトルとなる。 $X(f, \tau)$ から音源分離フィルタ W を使って、次の式 (1 2) で分離信号を得る。

【 0 0 6 2 】

【数 1 2】

$$\mathbf{y}(f, \tau) = \mathbf{w}(f) \mathbf{X}(f, \tau) \quad \dots (12)$$

【 0 0 6 3 】

ここでベクトル $y(f, \tau)$ の各要素は、各分離信号の時間、周波数 f 成分に相当する。フィルタリング部 9 0 4 が出力する分離信号は、パワー正規化部 9 0 5 で、時間、周波数 f ごとに、

$$y_{norm}(f, \tau) = y(f, \tau) / |y(f, \tau)|$$

で正規化される。つまり $y_{norm}(f, \tau)$ のパワーは 0 から 1 までの値をとる。棄却判定部 9 0 6 では、正規化したパワーのフレーム平均値が閾値より小さい音源・周波数成分については、背景雑音成分と見直して音源分離結果から外し、閾値以上の成分についてのみ音源・周波数成分を出力する。出力の際、音源ごとに短時間フーリエ逆変換をかけて、時間領域の波形に戻した後、出力してもよい。

【 0 0 6 4 】

図 1 3 は、音源分離フィルタ W の適応処理を示すフローチャートである。

音源分離フィルタ W の値が十分収束したかどうかを判定する（収束判定；ステップ S 1 0 0 1）。フィルタ更新回数が所定回数に達した場合収束したと判定してもよいし、後述する非線形共分散行列の非対角項のパワーが対角項のパワーに対してあらかじめ定める値以下になった場合に収束したと判定してもよい。

【 0 0 6 5 】

収束したと判定されれば（ステップ S 1 0 0 1 の Yes）、処理を終了し、音源分離フィルタ W を出力する。

収束したと判定されなければ（ステップ S 1 0 0 1 の No）、次のステップへ進む。

【 0 0 6 6 】

処理開始位置をバッファリング部 9 0 1 が取り込んだ波形の先頭にセットする。また後記する $R(f)$ を 0 クリアする（初期化；ステップ S 1 0 0 2）。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

処理開始位置がバッファリング部 9 0 1 が取り込んだ波形の終了位置以下かどうかを判定する (i length?判定、ステップ S 1 0 0 3)。

【 0 0 6 8 】

処理開始位置が波形の終了位置に達していない場合 (ステップ S 1 0 0 3 の No)、フレームごと、周波数ごとの $X(f, \tau)$ をフィルタリング処理して、音源分離音 $y(f, \tau)$ を得る (フィルタリング; ステップ S 1 0 0 4)。

【 0 0 6 9 】

ここで、得た音源分離音は、適応中の音源分離フィルタにより分離した波形であるため、分離が不十分であると考えられる。そこで、 $R(f)$ を、次の式 (1 3) で更新する (共分散更新; ステップ S 1 0 0 5)。

10

【 0 0 7 0 】

【数 1 3】

$$\mathbf{R}(f) = \mathbf{R}(f) + \varphi(\mathbf{y}(f, \tau)) \mathbf{y}(f, \tau)^* \quad \dots (13)$$

【 0 0 7 1 】

ここで $\phi(x)$ は音源の確率分布の微分関数に相当する関数であり、次の式 (1 4) で定義する。

【 0 0 7 2 】

【数 1 4】

$$\phi(x) = \frac{x}{|x|} \quad \dots (14)$$

20

【 0 0 7 3 】

$R(f)$ は非線形共分散行列と呼び、この非対角項が 0 に近づくほど、分離した各音源が独立になっていることを意味する。対角項は各音源の大きさに相当する。したがって、非対角項と対角項の比が重要になる。分離フィルタの収束判定ではこの比をチェックし、収束判定してもよい。

【 0 0 7 4 】

次に、波形の処理開始位置をフレームシフト Lshift 分加算する (変数更新; ステップ S 1 0 0 7)。

30

そして、ステップ S 1 0 0 3 以降の処理を繰り返す。

【 0 0 7 5 】

波形処理開始地点がバッファリング部 9 0 1 で取り込んだ波形の終了地点に達している場合 (ステップ S 1 0 0 3 の No)、ステップ S 1 0 0 6 に処理を移す。

【 0 0 7 6 】

次の式 (1 5) で分離フィルタを更新する (フィルタ更新; ステップ S 1 0 0 6)。

【 0 0 7 7 】

【数 1 5】

$$\mathbf{w}(f) \leftarrow \mathbf{w}(f) + \eta(\mathbf{I} - \mathbf{R}(f)) \mathbf{w}(f) \quad \dots (15)$$

40

【 0 0 7 8 】

η はフィルタ更新速度を制御するための変数であり、大きいほどフィルタ収束速度は上がるが、フィルタが発散する可能性が大きくなる。小さいほどフィルタ収束速度は遅いが、フィルタが発散する可能性は低くなる。

そして、ステップ S 1 0 0 1 以降の処理を繰り返す。

【 0 0 7 9 】

図 1 4 は、図 3 の音源位置推定部 3 0 3 を詳細に示すブロック図である。

音源分離部 3 0 2 (図 3 参照) が分離した分離フィルタの逆行列は音源ごとのステアリングベクトルから構成される行列であることが知られている。

50

逆行列計算部 1102 は、分離フィルタの逆行列の第 i 列 $w(f, \tau)^{-1}_i$ を抽出する。以降のブロックはフレームごと、周波数ごとに行われる。マイクロホンアレイ 101 は直線配置とする。本実施形態における音源位置推定部 303 は、マイクロホンアレイ 101 を構成するマイクロホン（素子）102 を 2 分割する。分割後のマイクロホンアレイ 101 をサブアレイと呼ぶ。それぞれのサブアレイで音源方向を推定した後、三角測量法により、その音源方向の交点をとることで、方向と距離を知ることができる。

【0080】

2 分割したサブアレイで音源方向を推定するので、1 つのサブアレイ分割部 1103 ごとに 2 つの方向推定部 1104 を具備し、2 つの方向推定部 1104 の推定結果によって、1 つの交点推定部 1105 は、ひとつの交点を推定することとなる。

10

【0081】

分離フィルタの逆行列の第 i 列は、サブアレイごとに、次の式 (16) のように分割される。

【0082】

【数 16】

$$\mathbf{W}(f, \tau)^{-1}_i = [\mathbf{W}(f, \tau)^{-1}_{i,1} \quad \mathbf{W}(f, \tau)^{-1}_{i,2}]^* \quad \dots (16)$$

【0083】

また音源位置 p に音源があると仮定した時のステアリングベクトルも、次の式 (17) のようにサブアレイごとに 2 分割される。

20

【0084】

【数 17】

$$\mathbf{a}_p(f) = [\mathbf{a}_{p,1}(f) \quad \mathbf{a}_{p,2}(f)]^* \quad \dots (17)$$

【0085】

方向推定部 1104 は、各サブアレイごとに、次の式 (18) 及び式 (19) に基づき、音源方向 $\hat{\theta}_{i,1}(f, \tau)$ 及び音源方向 $\hat{\theta}_{i,2}(f, \tau)$ を推定する。

【0086】

【数 18】

$$\hat{\theta}_{i,1}(f, \tau) = \arg \max_p |\mathbf{a}_{p,1}(f)^* \mathbf{W}(f, \tau)^{-1}_{i,1}| \quad \dots (18)$$

30

【0087】

【数 19】

$$\hat{\theta}_{i,2}(f, \tau) = \arg \max_p |\mathbf{a}_{p,2}(f)^* \mathbf{W}(f, \tau)^{-1}_{i,2}| \quad \dots (19)$$

【0088】

交点推定部 1105 は、各サブアレイの中心位置から見て推定した音源方向に音源が存在すると考え、三角測量により音源方向と距離を推定する。各サブアレイの中心位置間の距離は予め既知であると仮定できるため、三角測量により音源方向と距離の推定は容易に実行可能である。

40

【0089】

ヒストグラム推定部 1106 は、周波数ごとに求めた音源方向と距離のヒストグラムを推定し、最もヒストグラムの頻度が大きい音源方向と距離をその音源の方向と距離であると判断し、頻度が大きい音源方向と距離を出力する。

【0090】

図 15 は、図 3 の音響エコーキャンセラ 307 を詳細に示すブロック図である。

スピーカ出力音は空間を伝播し、マイクロホンアレイ 101 で受信される。本実施形態では、入力音は一義的に雑音であると判定するため、音響エコーキャンセラ 307 が存在

50

しない場合、マイクロホンアレイ 101 で受音されたスピーカ出力音は雑音と判断される。したがって、音響エコーキャンセラ 307 が存在しない場合、スピーカ出力係数を設定する際に、以前のスピーカ出力係数との異なりが大きくなるようにスピーカ出力係数を設定することになり、スピーカ出力係数が安定せず音響出力の定位方向が時々刻々不安定に変化してしまうという問題が起こる。この問題を避けるために、マイクロホンアレイ 101 で受音されたスピーカ出力音中に含まれるスピーカ出力成分をあらかじめ除去する必要がある。

【0091】

参照信号取り込み部 1501 ではスピーカ 112 からの出力音源信号 $u(t)$ を取得する。各スピーカ出力信号はスピーカ 112 ごとに異なる出力係数 $S_m(t)$ を重畳される。出力係数重畳部 1503 では $u(t)$ に $S_m(t)$ を次の式 (20) で畳みこむ。

10

【0092】

【数20】

$$u_m(t) = S_m * u(t) \quad \dots (20)$$

【0093】

畳み込み後の信号を $u_m(t)$ とする。ここで $u_m(t)$ は後段のエコー量推定フィルタと同じ長さを持つベクトルとし、畳み込み後の信号が時間という観点で新しいものから順番に並んでいるベクトルとする。 $u_m(t)$ をマイクロホン m の音響エコーキャンセラ 307 の参照信号として使用する。

20

【0094】

入力信号バッファリング部 1502 は、入力信号を所定時間分バッファリングし、後段へ出力する。

【0095】

フィルタリング部 1504 は、参照信号にエコー量推定フィルタ g_m を畳みこむ。

エコー消去部 1506 は、推定したエコー量をマイクロホン入力信号 $x_m(t)$ から引くことで、エコー消去後の信号 $e_m(t)$ を次の式 (21) のように得る。

【0096】

【数21】

$$e_m(t) = x_m(t) - g_m \cdot u_m(t) \quad \dots (21)$$

30

【0097】

フィルタ更新部 1505 は、エコー消去後の信号を 0 に近づけるようにエコー量推定フィルタ g_m を次の式 (22) に定義されるようにして更新する。

【0098】

【数22】

$$g_m = g_m + \mu \frac{e_m(t)u(t)}{|u(t)|^2} \quad \dots (22)$$

【0099】

ここで μ はフィルタ更新係数で 0 から 1 までの値をとる。エコー消去部 1506 で出力したエコー消去後の信号を音響エコーキャンセラ 307 による処理済の出力信号として出力する。

40

【0100】

図 16 は、本発明による第 1 実施形態のソフトウェアブロックとハードウェアとの関連性を示す説明図である。

複数のマイクロホン 102 から構成されるマイクロホンアレイ 101 で取り込んだアナログ音圧値は、A/D変換装置 1602 内に配置される A/D変換処理部 1602a によりデジタル音圧値に変換される。

変換されたデジタル音圧値は、中央演算装置 203 に送られて各種デジタル信号処理を

50

施される。波形取り込み部 1603a (図3の波形取り込み部 301に対応)はデジタル音圧波形を取り込んでバッファリングする。

音響エコーキャンセラ 1603b (図3の音響エコーキャンセラ 307に対応)は取り込んだデジタル音圧波形中のスピーカ出力信号成分を消去する。

エコー消去後の信号は、音源分離部 1603d (図3の音源分離部 302に対応)に送られ、音源ごとに分離される。

音源位置推定部 1603e (図3の音源位置推定部 303に対応)は、音源ごとの音源位置を推定する。推定した音源位置はマイクロホンアレイ位置から見た音源位置となる。

音源位置変換部 1603f (図3の音源位置変換部 304に対応)は、マイクロホンアレイ位置から見た音源位置をユーザ聴取位置から見た音源方向に変換する。

出力係数決定部 1603gは、ユーザ聴取位置から見た音源方向とスピーカ出力音の合成波面のユーザ聴取位置での音源方向の異なりが最大となるようにスピーカ出力係数を決定する。

音声再生部 1603cは、決定したスピーカ 112ごとの出力係数を出力音に畳み込む。ここまでのデジタル信号処理に必要なワークメモリ及びマイク配置等の事前情報は不揮発性メモリ 205、揮発性メモリ 204 (図2参照)に記憶される。

D/A変換装置 1604内に配置されるD/A変換処理部 1604aは、音声再生部 1603cが出力するデジタル信号をアナログ信号に変換する。

このアナログ信号は複数のスピーカ 112からなるスピーカアレイ 111に送られ、各スピーカ 112から音響信号として出力され空中に放射される。

【0101】

図17は、本実施形態において音楽などのオーディオ出力音の出力方法を制御する構成を示すブロック図である。

スピーカ出力係数決定部 1701は、前記したように、スピーカ合成波面のユーザ聴取位置での音源方向と雑音方向との異なりが最大となるようにスピーカ出力係数を決定する。

【0102】

オーディオソース取得部 1702では、コンパクトディスクプレーヤなどの再生機器から再生音を取得する。オーディオ再生 1703では、取得した再生音にスピーカ 112ごとの出力係数を重畳した後、各スピーカ 112から出力し、空中に放射する。また出力係数を雑音方向が変化するたびに、常に変化させると、かえって聞き取りにくい音になってしまう可能性がある。少なくとも同一ソース、例えば同じ音楽の曲を流している間は出力係数は変えないことが望まれる。

【0103】

図18は、出力係数決定タイミングを決める処理を示すフローチャートである。

まず、出力音のソースが変更されたかどうかを判定する(ソース変更判定;ステップS2001)。これは、音楽の場合は再生曲が終了したかどうかをオーディオ機器に問い合わせることで実現可能である。

【0104】

ソースが変更されている場合(ステップS2001のYes)、スピーカ出力係数を変更し(出力係数変更;ステップS2002)、次のステップ(ステップS2003)へ進む。

なお、出力係数変更(ステップS2002)では、更新したヒストグラムからスピーカ出力係数を決定する。

【0105】

ソースが変更されていない場合(ステップS2001のNo)、および出力係数を変更した後は、次の時間の波形を取り込む(波形取り込み;ステップS2003)。

【0106】

取り込んだ波形は音響エコーキャンセラ 307に送られ、音響エコー成分が消去される(ステップS2004)。

次に、音源ごとに分離される（音源分離；ステップS2005）。

そして、音源ごとのマイクロホン位置での音源位置が推定される（音源位置変換推定；ステップS2006）。

そして、ユーザ聴取位置での音源方向が算出される（音源位置変換；ステップS2007）。

そして、ユーザ聴取位置での音源方向のヒストグラムを更新する（ヒストグラム更新；ステップS2008）。

そして、再生終了か否かを判断する（ステップS2009）。再生終了の場合（ステップS2009のYes）、処理を終了する。

再生終了でない場合（ステップS2009のNo）、ステップS2001以降の処理を繰り返す。

【0107】

図19は、出力係数設定タイミングとオーディオソース再生タイミングの一例を示したタイミングチャートである。

雑音方向は 1 から 2 に変化するものとする。スピーカ出力係数を常時更新する場合、雑音の方向が変化したタイミングでスピーカ出力係数が変化することになるが、この例の場合、ソース(2)再生中に出力係数が変化することになり、ユーザにとって聞き取りにくい音となる。本例に示すように、ソース(2)とソース(3)のソースが変わるタイミングで出力係数を変化させる構成を取ることで、ユーザに与える不快感を軽減することが可能となる。5.1chサラウンド音楽など一つのソースに複数の音源が含まれている場合は、スピーカ出力音の合成波面の音源方向が雑音の音源方向との異なりが大きくなるものから順番に音源数分だけスピーカ出力係数を選択し、それぞれの音源に重畳するような構成を取ってもよい。

【0108】

図20は、本発明による第2実施形態の音再生装置1bを示すハードウェア構成図である。

図20に示す音再生装置1bは、車室11内でのハンズフリー通話に応用する際のハードウェア構成を示すものであって、図2で示した構成に加えて、携帯電話1801をハードウェアとして加えたものである。

【0109】

中央演算装置203で取得した車室11内のデジタル音圧データは携帯電話1801に送られる。

携帯電話1801は電話網を通してデジタル音圧データを通話相手に送信する。また電話網を通して通話相手の音声を送られてきた音を、中央演算装置203内で計算したスピーカごとの出力係数を重畳した後、多チャンネルD/A変換機206に送りアナログ信号に変換する。

アナログ信号はスピーカアレイ111に送られ各スピーカ112から出力されて、空中に放射される。

ハンズフリー通話の構成においては、ユーザ聴取位置から音が放射される可能性がある。そこで、本実施形態のスピーカ出力係数決定部1701においては、音源分離後の各音源の信号のうち音源位置がユーザ聴取位置近傍となる音源については棄却し雑音とみなさないという構成を取ってもよい。また、音源分離後のユーザ聴取位置近傍の音源を携帯電話1801に送信するような構成を取ってもよい。このような構成を取ることで、雑音が存在する車室11内でも雑音の少ないクリアな音を通話相手に送ることが可能となる。

【0110】

図21は、本発明によるユーザ聴取位置での音源位置変換処理を使って、仮想的な音源位置における音場を再現する音場再現システムのソフトウェア構成を示すブロック図である。

波形取り込み部301で取り込んだ複数チャンネルのデジタル波形は、音響エコーキャンセラ307に送られ、スピーカ出力音の成分が除去される。

10

20

30

40

50

音源分離部 3 0 2 は、除去後の波形（信号）を音源ごとに分離する。

音源位置推定部 3 0 3 は、分離した音源ごとにマイクロホンアレイ 1 0 1 の位置での音源位置を推定する。

音源位置変換部 3 0 4 は、仮想的なユーザ聴取位置での音源位置に変換する。

話者ボリューム決定部 1 9 0 6 は、音源分離部 3 0 2 で分離した出力信号に仮想的なユーザ聴取位置から見た音源のステアリングベクトルを重畳する。

すべての音源に対して同様な処理を繰り返した後、波形再結合部 1 9 0 7 は、マイクロホン（素子）1 0 2 ごとに音源ごとの波形を統合して出力する。

【符号の説明】

【 0 1 1 1 】

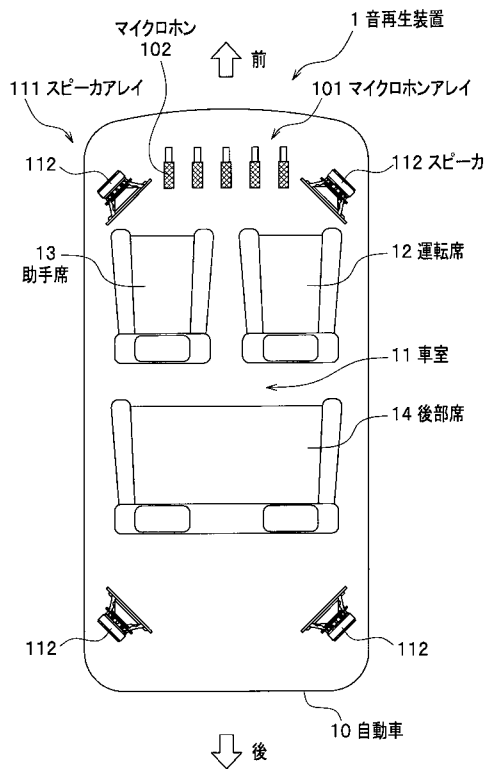
1	音再生装置（第 1 実施形態）	
1 b	音再生装置（第 2 実施形態）	
1 0	自動車	
1 1	車室	
1 2	運転席	
1 0 1	マイクロホンアレイ	
1 0 2	マイクロホン	
1 1 1	スピーカアレイ	
1 1 2	スピーカ	
2 0 2	多チャンネル A / D 変換機	20
2 0 3	中央演算装置	
2 0 4	揮発性メモリ	
2 0 5	不揮発性メモリ	
2 0 6	多チャンネル D / A 変換機	
2 0 8	座席センサ	
3 0 1	波形取り込み部	
3 0 2	音源分離部	
3 0 3	音源位置推定部	
3 0 4	音源位置変換部	
3 0 5	ヒストグラム更新部	30
3 0 6	出力係数決定部	
3 0 7	音響エコーキャンセラ	
4 0 1	出力係数記憶部	
4 0 2	スピーカ出力部	
4 0 3	出力ソース取得部	
5 0 2	ユーザ位置抽出部	
5 0 3	変換ベクトル生成部	
5 0 4	マイク位置データベース	
5 0 5	変換ベクトル加算部	
6 0 2	方向行列計算部	40
6 0 3	固有値・ベクトル計算部	
6 0 4	最小コスト係数算出部	
7 0 2	方向行列計算部	
7 0 3	スピーカ内積計算部	
7 0 4	最小コスト係数算出部	
8 0 1	方向行列計算部	
8 0 2	同乗者位置推定部	
8 0 3	既知雑音位置	
9 0 1	バッファリング部	
9 0 2	短時間周波数変換部	50

- 9 0 3 フィルタ適応部
- 9 0 4 フィルタリング部
- 9 0 5 パワー正規化部
- 9 0 6 棄却判定部
- 1 1 0 2 逆行列計算部
- 1 1 0 3 サブアレイ分割部
- 1 1 0 4 方向推定部
- 1 1 0 5 交点推定部
- 1 1 0 6 ヒストグラム推定部
- 1 5 0 1 参照信号取り込み部
- 1 5 0 3 出力係数重畳部
- 1 5 0 4 フィルタリング部
- 1 5 0 5 フィルタ更新部
- 1 5 0 6 エコー消去部
- 1 6 0 2 A / D 変換装置
- 1 6 0 4 D / A 変換装置
- 1 7 0 1 スピーカ出力係数決定部
- 1 7 0 2 オーディオソース取得部
- 1 7 0 3 オーディオ再生
- 1 8 0 1 携帯電話
- 1 9 0 6 話者ボリューム決定部
- 1 9 0 7 波形再結合部

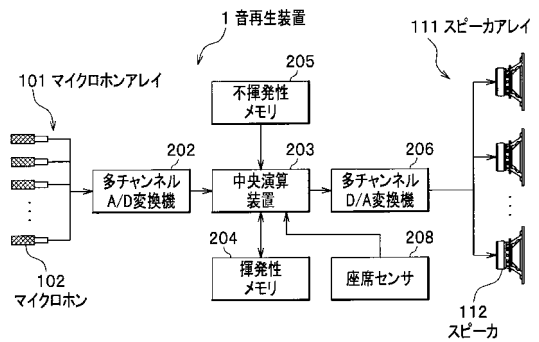
10

20

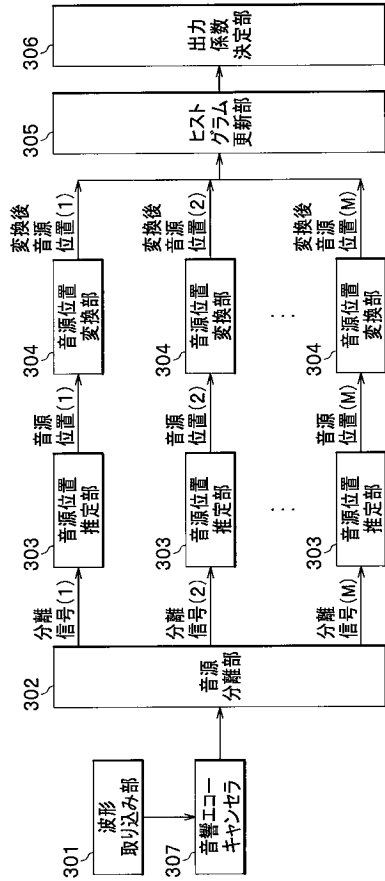
【図 1】



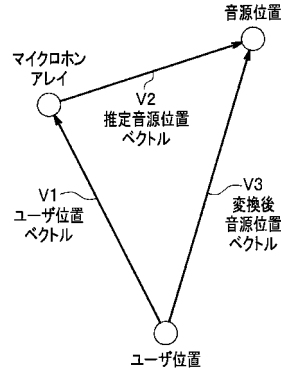
【図 2】



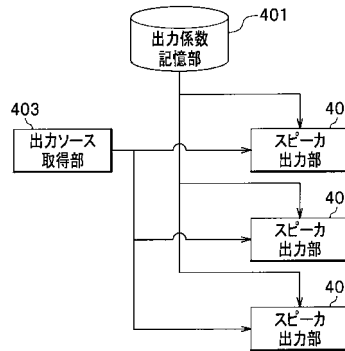
【図3】



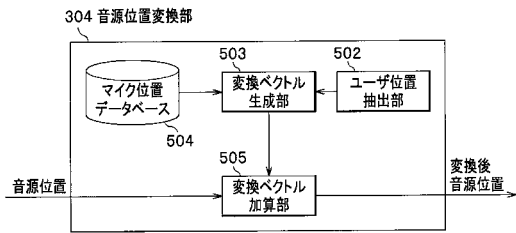
【図4】



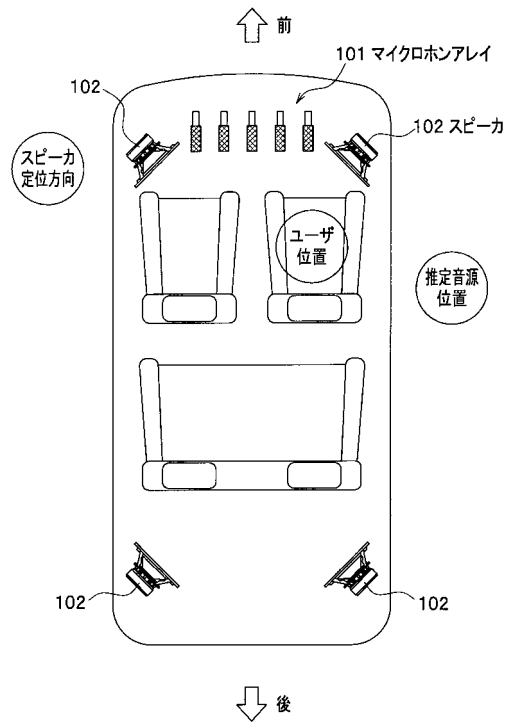
【図5】



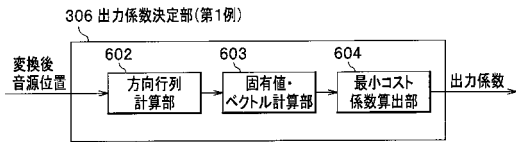
【図6】



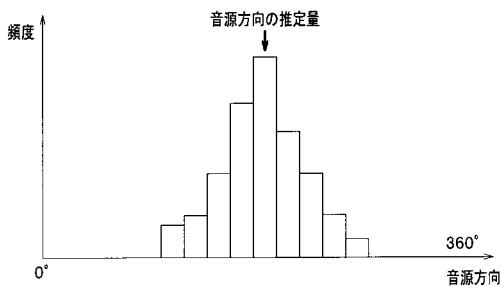
【図9】



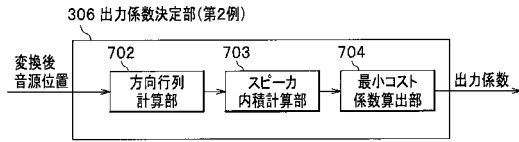
【図7】



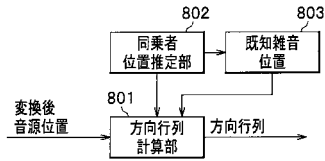
【図8】



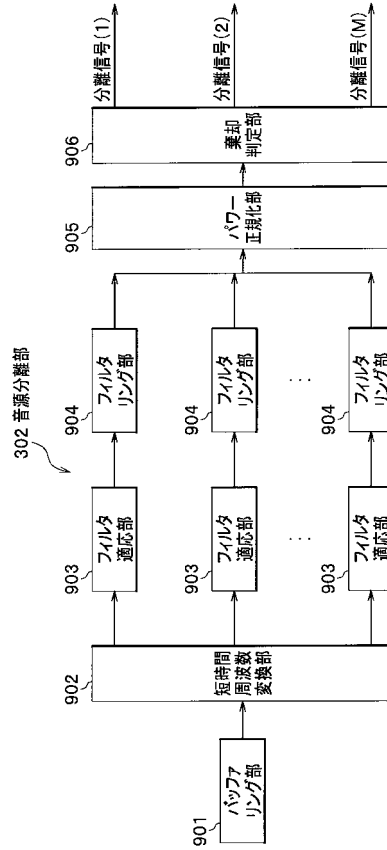
【図10】



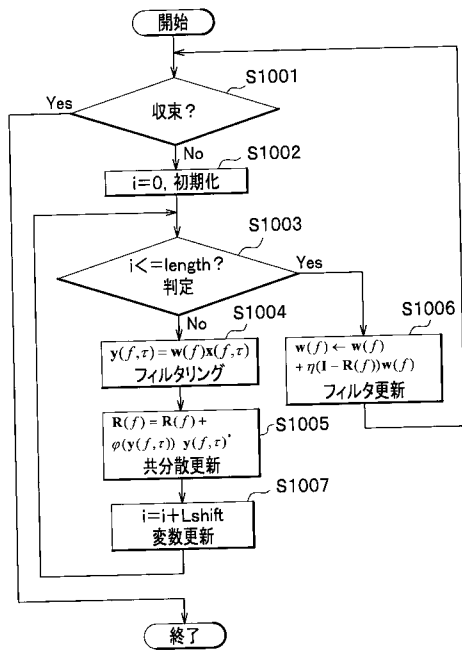
【図11】



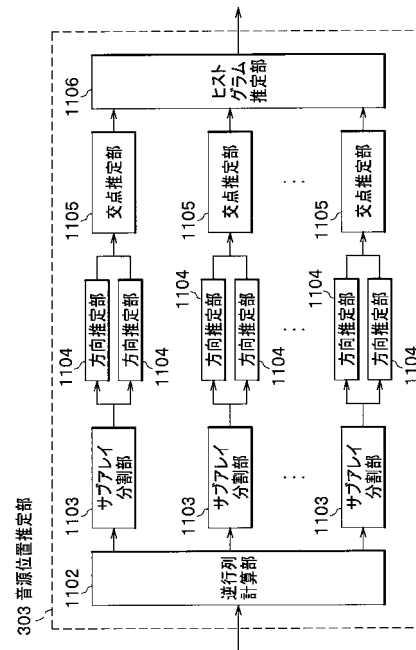
【図12】



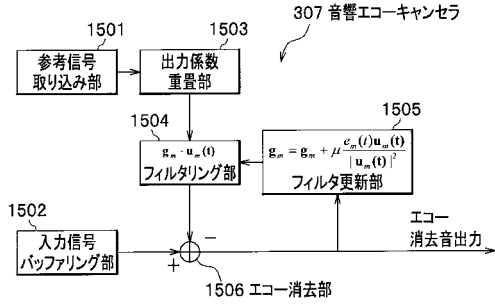
【図13】



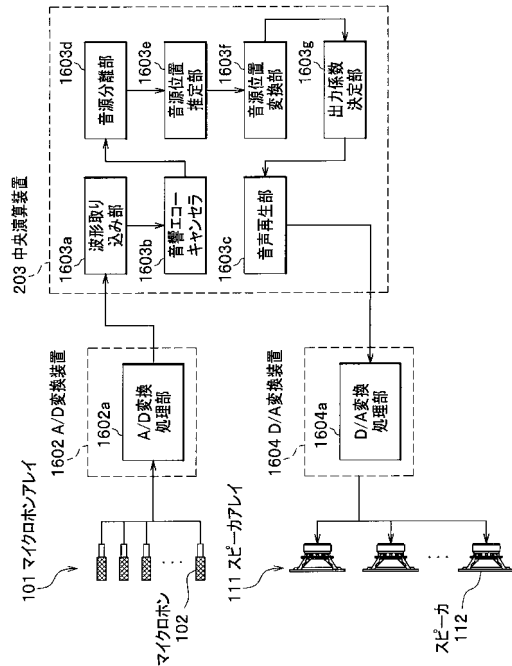
【図14】



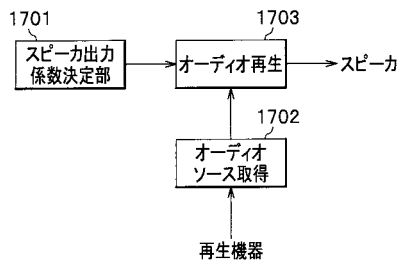
【図15】



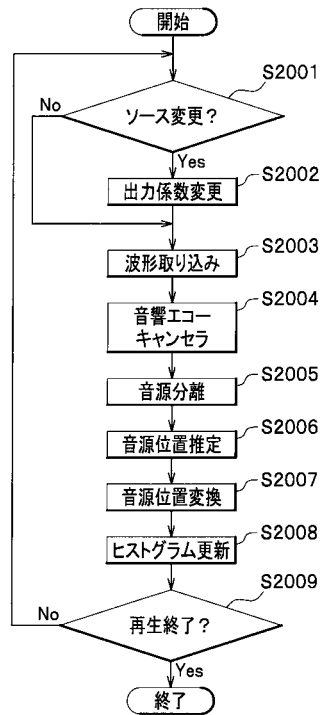
【図16】



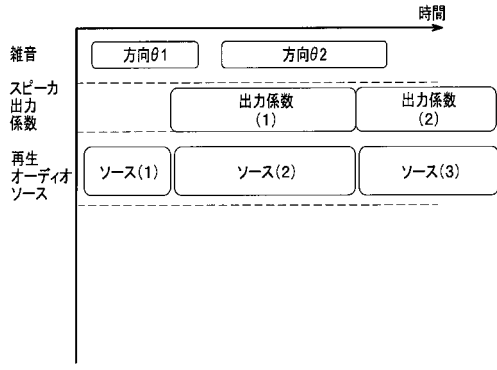
【図17】



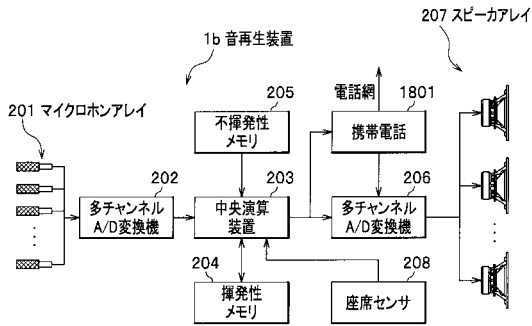
【図18】



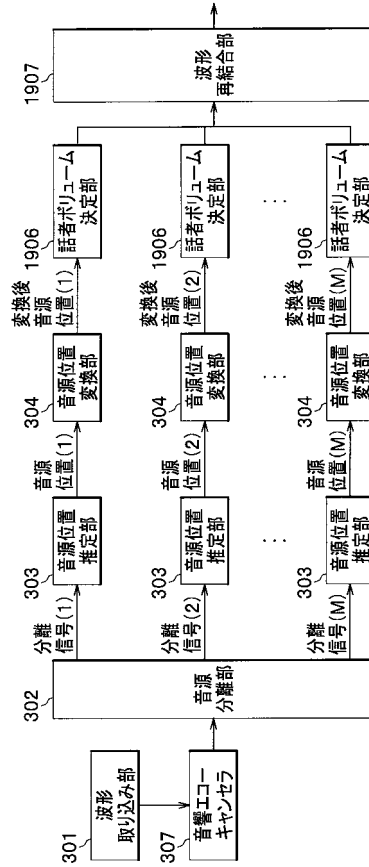
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 1 0 L 21/02 2 0 2 A

(56)参考文献 特開2006-114942(JP,A)
特開平09-083277(JP,A)
特開2007-019980(JP,A)
特開2008-205957(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 R 3 / 1 2
G 1 0 L 2 1 / 0 2 7 2
G 1 0 L 2 1 / 0 2 8
H 0 4 R 1 / 4 0
H 0 4 R 3 / 0 0