

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6824155号
(P6824155)

(45) 発行日 令和3年2月3日 (2021. 2. 3)

(24) 登録日 令和3年1月14日 (2021. 1. 14)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 4 R	3/00	(2006. 01)	HO 4 R	3/00	3 1 0
HO 4 S	1/00	(2006. 01)	HO 4 S	1/00	5 0 0

請求項の数 14 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-507406 (P2017-507406)
 (86) (22) 出願日 平成27年9月22日 (2015. 9. 22)
 (65) 公表番号 特表2017-532816 (P2017-532816A)
 (43) 公表日 平成29年11月2日 (2017. 11. 2)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2015/071639
 (87) 国際公開番号 WO2016/046152
 (87) 国際公開日 平成28年3月31日 (2016. 3. 31)
 審査請求日 平成30年9月14日 (2018. 9. 14)
 (31) 優先権主張番号 14186097.3
 (32) 優先日 平成26年9月24日 (2014. 9. 24)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁 (EP)

前置審査

(73) 特許権者 504147933
 ハーマン ベッカー オートモーティブ
 システムズ ゲーエムベーハー
 ドイツ国 デー ー 7 6 3 0 7 カールスバ
 ッド, ベッカーゲーリングーシュトラ
 ーセ 1 6
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策
 (74) 代理人 100113413
 弁理士 森下 夏樹
 (72) 発明者 クリストフ, マルクス
 ドイツ国 9 4 3 1 5 シュトラウビング
 , アム グシュテュット 4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音声再生システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リスニング環境の第 1 の位置に内蔵ラウドスピーカを備えたモバイルデバイスを配置し、前記リスニング環境の少なくとも 1 つの第 2 の位置に少なくとも 1 つのマイクロフォンを配置することと、

前記リスニング環境の前記第 1 の位置にある前記モバイルデバイスの前記ラウドスピーカからテスト音声コンテンツを発することであって、前記ラウドスピーカは、欠けている周波数範囲を有する前記テスト音声コンテンツを発する帯域制限されたラウドスピーカである、ことと、

前記リスニング環境の前記少なくとも 1 つの第 2 の位置にある前記少なくとも 1 つのマイクロフォンを用いて前記ラウドスピーカが発した前記テスト音声コンテンツを受信することと、

前記受信したテスト音声コンテンツに少なくとも部分的に基づいて、所望の音声コンテンツに少なくとも 1 つのイヤホンによって再生する前に適用する 1 つまたは複数の調整を決定することと

を含む方法であって、

前記第 1 の位置及び前記第 2 の位置は、互いに離れて、前記少なくとも 1 つのマイクロフォンが、前記ラウドスピーカの近距離場内にあり、

前記少なくとも 1 つのマイクロフォンが、前記欠けている周波数範囲を考慮するために近距離測定中に前記テスト音声コンテンツを受信するための一対のバイノーラルマイクロ

10

20

フォンのうちの1つである、方法。

【請求項2】

前記所望の音声コンテンツに適用する1つまたは複数の調整を決定することは、前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生にスペクトル分析を行って、前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生の周波数応答を提供することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生の周波数応答を目標周波数応答と比較することと、

前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生の前記周波数応答と目標周波数応答との比較に少なくとも部分的に基づいて、前記所望の音声コンテンツに適用する1つまたは複数の調整を決定することと

をさらに含む、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記少なくとも1つのマイクロフォンは、前記少なくとも1つのイヤホン内若しくはイヤホン上に配置される、または、前記少なくとも1つのインイヤイヤホンによって提供される、請求項1～3のいずれかに記載の方法。

【請求項5】

前記少なくとも1つのイヤホンは、リスナーの耳に差し込まれたインイヤイヤホンである、請求項1～4のいずれかに記載の方法。

【請求項6】

前記少なくとも1つのイヤホンは、前記少なくとも1つのイヤホンをマイクロフォンとして使用する時、受信機周波数特性を有し、

前記少なくとも1つのイヤホンの前記周波数特性は、前記テスト音声コンテンツを受信する時、目標受信機周波数特性に基づいて、等化される、請求項1～5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】

前記少なくとも1つのイヤホンは、前記少なくとも1つのイヤホンがスピーカとして使用される時、エミッタ周波数特性を有し、

前記少なくとも1つのイヤホンの前記エミッタ周波数特性は、前記所望の音声コンテンツを再生する時、目標エミッタ周波数特性に基づいて、等化される、請求項1～6のいずれかに記載の方法。

【請求項8】

第1のマイクロフォン及び第2のマイクロフォンをさらに備え、前記第1のマイクロフォンは、前記リスニング環境内のリスナーの片方の耳の近くの第1の位置に配置され、第2のマイクロフォンは、前記リスニング環境内の前記リスナーの他方の耳の近くの第1の位置に配置される、請求項1～7のいずれかに記載の方法。

【請求項9】

前記モバイルデバイスの前記ラウドスピーカは、ラウドスピーカ目的関数に基づいて等化される周波数特性を有する、請求項1～8のいずれかに記載の方法。

【請求項10】

前記少なくとも1つのマイクロフォンの前記周波数特性は、圧力室効果を使用または模倣することによって測定される、請求項1～9のいずれかに記載の方法。

【請求項11】

前記所望の音声コンテンツを前記少なくとも1つのイヤホンによって再生する前に、前記所望の音声コンテンツへの前記調整の適用をさらに含む、請求項1～10のいずれかに記載の方法。

【請求項12】

リスニング環境の第1の位置に配置された内蔵ラウドスピーカを備えるモバイルデバイスと、

前記リスニング環境の少なくとも1つの第2の位置に配置された少なくとも1つのマイ

10

20

30

40

50

クロフォンと

を備えるシステムであって、前記モバイルデバイスは、

前記リスニング環境の前記第 1 の位置で前記ラウドスピーカを介してテスト音声コンテンツを発することであって、前記ラウドスピーカは、欠けている周波数範囲を有する前記テスト音声コンテンツを発する帯域制限されたラウドスピーカである、ことと、

前記リスニング環境の前記少なくとも 1 つの第 2 の位置で前記ラウドスピーカが発した前記テスト音声コンテンツを前記イヤホンから受信することと、

前記受信した音声コンテンツに少なくとも部分的に基づいて、前記所望の音声コンテンツに前記イヤホンによって再生される前に前記モバイルデバイスが適用する 1 つまたは複数の調整を決定することと

10

を実行するように構成され、

前記第 1 の位置及び前記第 2 の位置は互いに離れて、前記少なくとも 1 つのマイクロフォンが前記ラウドスピーカの近距離場内にあり、

前記少なくとも 1 つのマイクロフォンが、前記欠けている周波数範囲を考慮するために近距離測定中に前記テスト音声コンテンツを受信するための一対のバイノーラルマイクロフォンのうちの 1 つである、システム。

【請求項 1 3】

前記モバイルデバイスは、モバイルフォン、スマートフォン、ファブレット、または、タブレットを含む、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

20

前記少なくとも 1 つのマイクロフォンと前記モバイルデバイスとの間に接続された音声レコーダをさらに備え、前記音声レコーダは、前記モバイルデバイスによって制御され、前記音声レコーダは、前記マイクロフォンによって受信された前記テスト音声コンテンツを録音して、前記録音したテスト音声コンテンツを要求に応じて前記モバイルデバイスに送信するように構成されている、請求項 1 2 または 1 3 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、音声再生システム及び方法に関し、詳細には、高度に個別化した音声再生システム及び方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

イヤホンを介して音声コンテンツをバイノーラル再生するための多くのアルゴリズムが、市場に存在する。それらのアルゴリズムは、合成バイノーラル室内インパルス応答 (B R I R) に基づいており、それは、アルゴリズムが、大きい頭部伝達関数 (H R T F) データベースの標準的なダミーヘッドまたは一般的な関数等、一般的な H R T F に基づいていることを意味する。さらに、一部のアルゴリズムは、B R I R の所与のセットから最も適切な B R I R をユーザが選択するのを可能にする。このようなオプションによって、リスニング品質を向上させることができる。このようなオプションは、外在化及び頭外定位を含むが、個別化 (例えば、頭部シャドーイング、肩反射または耳介効果) は、信号処理チェーンから抜けている。特に、耳介情報は、指紋と同様、一意である。個人の B R I R による個別化を追加することによって、自然さを向上させることができる。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

本明細書に記載の方法は、リスニング環境の第 1 の位置に内蔵スピーカを有するモバイルデバイスと、リスニング環境の少なくとも 1 つの第 2 の位置に少なくとも 1 つのマイクロフォンを配置することと、リスニング環境の第 1 の位置のモバイルデバイスのラウドスピーカからテスト音声コンテンツを発することと、リスニング環境の少なくとも 1 つの第 2 の位置の少なくとも 1 つのマイクロフォンを用いてラウドスピーカが発したテスト音声

50

コンテンツを受信することと、受信したテスト音声コンテンツに少なくとも部分的に基づいて、所望の音声コンテンツに少なくとも1つのイヤホンによって再生される前に適用する1つまたは複数の調整を決定することと、を含み、第1の位置及び第2の位置は、互いに離れていて、少なくとも1つのマイクロフォンが、ラウドスピーカの近距離場内にある。

【0004】

バイノーラル室内インパルス応答を測定するシステムは、リスニング環境の第1の位置に配置された内蔵スピーカを備えたモバイルデバイスと、リスニング環境の少なくとも1つの第2の位置に配置された少なくとも1つのマイクロフォンとを備える。モバイルデバイスは、リスニング環境の第1の位置のラウドスピーカを介してテスト音声コンテンツを発し、ラウドスピーカが発し、リスニング環境の少なくとも1つの第2の位置でイヤホンが受信したテスト音声コンテンツを、イヤホンから受信するように構成される。モバイルデバイスは、受信した音声コンテンツに少なくとも部分的に基づいて、所望の音声コンテンツにイヤホンによって再生される前にモバイルデバイスが適用する1つまたは複数の調整を決定するようにさらに構成され、第1の位置と第2の位置は、互いに離れて、少なくとも1つのマイクロフォンは、ラウドスピーカの近距離場内にある。

10

本明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目1)

リスニング環境の第1の位置に内蔵スピーカを備えたモバイルデバイスと、前記リスニング環境の少なくとも1つの第2の位置に少なくとも1つのマイクロフォンを配置することと、

20

前記リスニング環境の前記第1の位置の前記モバイルデバイスの前記ラウドスピーカからテスト音声コンテンツを発することと、

前記リスニング環境の前記少なくとも1つの第2の位置の前記少なくとも1つのマイクロフォンを用いて前記ラウドスピーカが発した前記テスト音声コンテンツを受信することと

、
前記受信したテスト音声コンテンツに少なくとも部分的に基づいて、所望の音声コンテンツに少なくとも1つのイヤホンによって再生する前に適用する1つまたは複数の調整を決定することと、

を備える方法であって、

30

前記第1の位置及び前記第2の位置は、互いに離れて、前記少なくとも1つのマイクロフォンが、前記ラウドスピーカの近距離場内にある、前記方法。

(項目2)

前記所望の音声コンテンツに適用する1つまたは複数の調整を決定することは、前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生にスペクトル分析を行って、前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生の周波数応答を提供することを含む、項目1に記載の方法。

(項目3)

前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生の周波数応答を目標周波数応答と比較することと、

前記テスト音声コンテンツの前記受信した再生の前記周波数応答と目標周波数応答との比較に少なくとも部分的に基づいて、前記所望の音声コンテンツに適用する1つまたは複数の調整を決定することと、

40

をさらに含む、項目2に記載の方法。

(項目4)

前記少なくとも1つのマイクロフォンは、前記少なくとも1つのイヤホン内若しくはイヤホン上に配置される、または、前記少なくとも1つのインイヤイヤホンによって提供される、先行項目のいずれかに記載の方法。

(項目5)

前記少なくとも1つのイヤホンは、リスナーの耳に差し込まれたインイヤイヤホンである、先行項目のいずれかに記載の方法。

50

(項目6)

前記少なくとも1つのイヤホーンは、前記少なくとも1つのイヤホーンをマイクロフォンとして使用する時、受信機周波数特性を有し、
前記少なくとも1つのイヤホーンの前記周波数特性は、前記テスト音声コンテンツを受信する時、目標受信機周波数特性に基づいて、等化される、
先行項目のいずれかに記載の方法。

(項目7)

前記少なくとも1つのイヤホーンは、前記少なくとも1つのイヤホーンがスピーカとして使用される時、エミッタ周波数特性を有し、
前記少なくとも1つのイヤホーンの前記エミッタ周波数特性は、前記所望の音声コンテンツを再生する時、目標エミッタ周波数特性に基づいて、等化される、
先行項目のいずれかに記載の方法。

10

(項目8)

第1のマイクロフォン及び第2のマイクロフォンをさらに備え、前記第1のマイクロフォンは、前記リスニング環境内のリスナーの片方の耳の近くの第1の位置に配置され、第2のマイクロフォンは、前記リスニング環境内の前記リスナーの他方の耳の近くの第1の位置に配置される、先行項目のいずれかに記載の方法。

(項目9)

前記モバイルデバイスの前記ラウドスピーカは、ラウドスピーカ目的関数に基づいて等化される周波数特性を有する、先行項目のいずれかに記載の方法。

20

(項目10)

前記少なくとも1つのマイクロフォンの前記周波数特性は、圧力室効果を使用または模倣することによって測定される、先行項目のいずれかに記載の方法。

(項目11)

前記所望の音声コンテンツを前記少なくとも1つのイヤホーンによって再生する前に、前記所望の音声コンテンツへの前記調整の適用をさらに含む、先行項目のいずれかに記載の方法。

(項目12)

リスニング環境の第1の位置に配置された内蔵スピーカを備えるモバイルデバイスと、
前記リスニング環境の少なくとも1つの第2の位置に配置された少なくとも1つのマイクロフォンと、
を備えるシステムであって、前記モバイルデバイスは、
前記リスニング環境の前記第1の位置で前記ラウドスピーカを介してテスト音声コンテンツを発し、
前記リスニング環境の前記少なくとも1つの第2の位置で前記ラウドスピーカが発した前記テスト音声コンテンツを前記イヤホーンから受信し、
前記受信した音声コンテンツに少なくとも部分的に基づいて、前記所望の音声コンテンツに前記イヤホーンによって再生される前に前記モバイルデバイスが適用する1つまたは複数の調整を決定するように、

30

構成され、

40

前記第1の位置及び前記第2の位置は互いに離れて、前記少なくとも1つのマイクロフォンが前記ラウドスピーカの近距離場内にある、
前記システム。

(項目13)

前記モバイルデバイスは、モバイルフォン、スマートフォン、タブレット、または、タブレットを含む、項目12に記載のシステム。

(項目14)

前記少なくとも1つのマイクロフォンと前記モバイルデバイスとの間に接続された音声レコーダをさらに備え、前記音声レコーダは、前記モバイルデバイスによって制御され、前記音声レコーダは、前記マイクロフォンによって受信された前記テスト音声コンテンツを

50

録音して、前記録音したテスト音声コンテンツを要求に応じて前記モバイルデバイスに送信するように構成された、項目 1 2 または 1 3 に記載のシステム。

【 0 0 0 5 】

以下の詳細な記載と図面を検討すると、他のシステム、方法、特徴、及び、長所が、当業者には明らかであろう、または、明らかとなるだろう。このような追加のシステム、方法、特徴、及び、長所は全て、この記載の範囲内であり、発明の範囲内であり、請求項によって保護されるものとする。

【 0 0 0 6 】

以下の記載及び図面を参照すると、システムは、よりよく理解されよう。図面内の構成要素は、必ずしも縮尺通りではなく、発明の原理を示すことに重点が置かれている。さらに、図中、類似の参照番号は、異なる図面を通して、対応する部分を示す。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】2 チャンネルステレオ、5 . 1 チャンネルステレオ、または、7 . 1 チャンネルステレオの信号をバイノーラル再生するための例示の音声システムを示す概略図である。

【図 2】スマートフォンとモバイルマイクロフォンレコーダとを用いて B R I R を測定する例示のシステムを示す概略図である。

【図 3】スマートフォンとヘッドフォンマイクロフォンとを用いて B R I R を測定する別の例示のシステムを示す概略図である。

【図 4】スマートフォンを用いて B R I R を測定する例示の方法を示すフローチャートである。

【図 5】異なる刺激に対する周波数応答を示す図である。

【図 6】（近距離測定から取得した）リヤスマートフォンラウドスピーカの周波数応答、例示の目標周波数応答、及び、逆フィルタを示す図である。

【図 7】ヘッドフォンの現実室内システムへの B R I R 測定の例示の適用を示すフローチャートである。

【図 8】逆フィルタを計算してスマートフォンのスピーカの欠陥を訂正する例示の方法を示すフローチャートである。

【図 9】スマートフォンのスピーカの欠陥を訂正する前後の周波数応答の比較を示す図である。

【図 1 0】例示のスペクトルバランサアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 1 1】イヤホン特性を測定する例示の装置を示す概略図である。

【図 1 2】例示のイヤホンイコライザアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 1 3】ヘッドフォン仮想室内システムで B R I R 測定の例示の適用を示すフローチャートである。

【図 1 4】残響除去装置で使用する窓関数を示す図である。

【図 1 5】図 1 4 に示す窓関数を適用する前後の B R I R を示す図である。

【図 1 6】様々な例示の測定された B R I R の振幅応答の比較を示す図である。

【図 1 7】図 1 6 に示す図の基礎を形成する例示の測定された B R I R の位相応答の比較を示す図である。

【図 1 8】マイクロフォンとして使用されるイヤホン変換器の振幅応答を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

録音された「サラウンドサウンド」は、典型的に、5 つ、6 つ、7 つ、または、8 つ以上のスピーカを通して伝えられる。現実世界の音は、無限の場所からユーザ（本明細書では、特に、ユーザの音響知覚に関する場合、「リスナー」とも称する）に届く。人間の聴覚系は 2 チャンネルシステムであるが、リスナーは、三次元空間の全ての軸で方向を容易に感じる。人間の聴覚系への 1 つの経路は、ヘッドフォン（本明細書では、特に、各耳に関する聴覚の振る舞いとなると「イヤホン」とも呼ばれる）を介する。ヘッドフォンの

10

20

30

40

50

弱点は、三次元の、広がりのある、完全に正確な音像を作成できないことである。一部の「仮想サラウンド」プロセッサは、この点で、段階的に進歩し、ヘッドフォンは、原理上、現実の室内で複数のスピーカによって作成されたのと同じように完全な、広がりのある、正確に位置を特定された、生き生きとした音体験を提供できる。

【0009】

様々な方向から来る音は、頭部及び胴体上部の形と寸法と、外耳（耳介）の形とに衝突すると、変化する。人間の脳は、これらの変化に非常に敏感で、音色の変化とは認識されずに、上、下、前、後ろ、または、間と位置を特定するように、リスナーによってかなり正確に体験される。この音響学的変化は、HRTFによって表すことができる。

【0010】

一種類の録音によって、2つの音声チャンネルが三次元体験を再現できることが分かった。バイノーラル録音は、一对の近くに置かれたマイクロフォンを用いて行われ、ヘッドフォンリスニングを対象としている。時には、マイクロフォンは、ダミーヘッド、または、頭部/胴体に埋め込まれて、HRTFを作成し、この場合、三次元性の感覚は、増強される。再現された音空間は、納得できるものであるが、元の環境を参照していないので、その正確さは、証明できない。いずれの場合でも、これらは、商用カタログではめったに見られない特殊な録音である。前、後ろ、時には、頭上の音を捕捉するための録音は、複数のマイクロフォンを用いて行われ、複数のチャンネルに記憶され、リスナーの周りに配置された複数のスピーカで再生されることを意図している。

【0011】

他のシステム（Smyth Realiser等）は、全く異なる体験を提供する。すなわち、（ステレオを含む）マルチチャンネル録音は、現実の室内でラウドスピーカアレイを通して出すのと区別できないほど同じ音がヘッドフォンを通して出る。原理的には、Smyth Realiserは、HRTFをマルチチャンネルサウンドに適用してヘッドフォンを駆動するという点で、他のシステムと類似している。しかし、他の改良点と共に、Smyth Realiserは、パーソナライズと、頭部追跡と、あらゆる実際のリスニング空間及びサウンドシステムの特性の捕捉という、他の製品には見られない3つの重要な構成要素を採用している。Smyth Realiserは、イヤプラグに挿入された一对のごく小さいマイクロフォンを備え、イヤプラグは、測定のためにリスナーの耳に配置される。リスナーは、ラウドスピーカアレイに囲まれたリスニング位置に座る。典型的には、5.1または7.1チャンネルであるが、ハイトチャンネルを含む、任意の設定も適用され得る。短時間のテスト信号セットがラウドスピーカを通して再生され、次に、リスナーがヘッドフォンを装着し、第2の短時間の測定値のセットを取得する。プロシージャ全体は、5分未満である。スピーカを用いた測定において、Smyth Realiserは、リスナーの個人的なHRTFを捕捉するだけでなく、部屋と、スピーカと、スピーカを駆動する電子機器とを完全に特徴づける。ヘッドフォンを用いた測定において、システムは、ヘッドフォンと耳の相互作用と、ヘッドフォン自体の応答を訂正するためのデータを収集する。合成データは、メモリに記憶され、合成データを使用して、音声信号経路に接続されたイコライザを制御できる。

【0012】

以上のように、バイノーラル測定を行うのに必要な試みは、専用測定マイクロフォン、サウンドカード、及び、他の機器が必要なので面倒である。本明細書に記載の方法及びシステムは、スマートフォンによるBRIRの測定を可能にして、高価なハードウェアを使用せずに、バイノーラル測定を容易にする。

【0013】

図1は、信号源101によって提供された2チャンネルステレオ、5.1チャンネルステレオ、または、7.1チャンネルステレオの信号をバイノーラル再生するための例示の音声システム100の概略図である。信号源は、CDプレイヤー、DVDプレイヤー、車両ヘッドユニット、MP EGサラウンドサウンド（MP S）デコーダ等であってよい。バイノーライザ102は、信号源101によって提供された2チャンネルステレオ、5.1チャ

10

20

30

40

50

ンネルステレオ、または、7.1チャンネルステレオの信号から、イヤホン103のための2チャンネル信号を生成する。BRIR測定システム104は、実際のBRIRの測定を可能にし、BRIRを表す信号をバイノーラライザ102に提供して、(ステレオを含む)マルチチャンネル録音が、現実の室内でラウドスピーカアレイを通して出すのと区別できないほど同じ音がイヤホン103を通して出る。図1に示す例示の音声システム100は、自動車用途のためにパーソナライズされたマルチチャンネルコンテンツの伝達に使用されてよく、また、全てのタイプのヘッドフォン(すなわち、オンイヤーヘッドフォンだけでなくインイヤーヘッドフォン)を対象としてよい。

【0014】

図2は、スマートフォン201(または、モバイルフォン、ファブレット、タブレット、ラップトップ等)を使用する例示のBRIR測定システム104の概略図で、ラウドスピーカ202と、2つのマイクロフォン204、205に接続されたモバイル音声レコーダ203とを備える。スマートフォン201のラウドスピーカ202は、マイクロフォン204、205によって捕捉された音を放射することによって、ラウドスピーカ202とマイクロフォン204、205との間に音響伝達経路206を確立する。デジタル音声信号及び/または命令を含むデジタルデータが、スマートフォン201とレコーダ203との間で双方向無線接続207を介してやり取りされる。双方向無線接続207は、ブルートゥース(登録商標)(BT)接続であってよい。

【0015】

図3は、スマートフォン301を使用する別の例示のBRIR測定システム104の概略図で、ラウドスピーカ302と、マイクロフォン304、305を備えたヘッドフォン303とを含む。スマートフォン301のラウドスピーカ302は、マイクロフォン304、305によって捕捉された音を放射することによって、ラウドスピーカ302と、マイクロフォン304、305との間に音響伝達経路306を確立する。デジタルまたはアナログ音声信号は、有線接続307によって、あるいは、BT接続(図3には示さず)等の無線接続によって、マイクロフォン304、305からスマートフォン301に伝達される。同じまたは別個の有線接続または無線接続(図3には示さず)を使用して、デジタルまたはアナログ音声信号をこれらの音声信号の再生のためにスマートフォン301からヘッドフォン303に伝達してよい。

【0016】

図4を参照する。ユーザからの開始コマンドが、図2に示すシステムのスマートフォン201等のモバイルデバイスによって受信されてよい(プロシージャ401)。開始コマンドを受信すると、スマートフォン201は、専用ソフトウェアアプリケーション(app)を開始して、モバイル音声レコーダ203とのBT接続を確立する(プロシージャ402)。スマートフォン201は、ユーザからの録音コマンドを受信して、BT接続207を介してモバイル音声レコーダ203に録音を開始するように命令する(プロシージャ403)。モバイル音声レコーダ203は、スマートフォン201から命令を受信して、録音を開始する(プロシージャ404)。スマートフォン201は、内蔵スピーカ202を介してテスト音声コンテンツを発し、モバイル音声レコーダ203は、マイクロフォン204、205が受信したテスト音声コンテンツを録音する(プロシージャ405)。スマートフォン201は、BTを介してモバイル音声レコーダ203に録音を停止するように命令する(プロシージャ406)。モバイル音声レコーダ203は、スマートフォン201から命令を受信して、録音を停止する(プロシージャ407)。モバイル音声レコーダ203は、次に、録音したテスト音声コンテンツをBTを介してスマートフォン201に送信し(プロシージャ408)、スマートフォン201は、モバイル音声レコーダ203から録音したテスト音声コンテンツを受信し、受信したテスト音声コンテンツを処理する(プロシージャ409)。スマートフォン201は、次に、モバイルレコーダとのBT接続を絶ち(プロシージャ410)、BRIRを表すデータを出力する(プロシージャ411)。図4に示すプロセスと類似のプロセスを図3に示すシステムに適用してよいが、音声録音は、モバイルデバイス(スマートフォン301)内で行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

研究において、図 2 に示す例示のシステムに関連して 4 つの刺激（テスト音声コンテンツ）を検討した。風船が割れる 5 0 1、2 つの異なるタイプの拍手 5 0 2、5 0 3、及び、正弦波掃引 5 0 4 である。これらの刺激は、無響室の特定の測定マイクロフォンから約 1 メートルで録音した。これらの測定値のインパルス応答の振幅を図 5 に示す。2 つの拍手 5 0 2、5 0 3 は、正弦波掃引 5 0 4 の測定値と大きく異なっているので、現在の形は理想的でないことがグラフから分かる。比較のために、インパルス刺激 5 0 5 も示している。周波数応答は、理想的には無響室で測定されるべきである。しかしながら、専門家以外は通常、無響室に近づくことができない。代わりに、近距離測定を使用する。近距離測定は、バイノーラル測定に使用されるのと同じマイクロフォンを使用することによって、技術的に実行可能である。従って、一回の拍手の録音では、必ずしも、その部屋の所望の特徴を提供するとは限らない。よって、測定を行うためにエンドユーザからのより実践的な試みが必要である。しかしながら、できるだけ簡単で一般のユーザにとって信頼できる測定プロシージャを作成することが望まれる。

10

【 0 0 1 8 】

ラウドスピーカ等の音響源は、近距離場領域及び遠距離場領域の両方を有する。近距離場内において、ラウドスピーカ（または、略して、スピーカ）によって生成された波面は、平行でなく、波の強さは、範囲と共に振動する。このため、近距離場領域内の目標物からのエコーのレベルは、位置が少し変わると大きく変動し得る。遠距離場になると、波面は、ほぼ平行となり、逆二乗法則で二乗されるように、強さは範囲と共に変わる。遠距離場内においては、ビームが適切に形成され、エコーレベルは、標準方程式から予測可能である。

20

【 0 0 1 9 】

スマートフォンスピーカは低周波領域においては応答 5 0 6 が良くないことは図 5 より分かる。ピークも約 6 k H z で見られる。これらの欠陥に関わらず、以下に記載する理由のために、スマートフォンスピーカを依然として検討してよい。

【 0 0 2 0 】

a) スマートフォンスピーカは、周波数応答に制限があるが、約 6 0 0 H z を超える信号をレンダリングすることができる（図 6 も参照）。

【 0 0 2 1 】

b) スマートフォンスピーカ自体が、測定刺激のレンダリングに用いられる場合、エンドユーザは、測定のために、風船等、追加の物体を持つ必要がない。

30

【 0 0 2 2 】

c) 掃引正弦波刺激は、多くの製造業者及び研究者によって証明され、広く用いられているので、スマートフォンで容易に実施できる。

【 0 0 2 3 】

d) ユーザは、スマートフォン（スピーカ）を自分の頭部の周りの任意の位置に移動させることができる。これによって、任意の方位及び高さの組み合わせで B R I R を柔軟に測定できる。

【 0 0 2 4 】

近距離測定によって生成された例示のスマートフォンスピーカの振幅応答 6 0 1 を図 6 に示す。図から、スペクトルは、約 7 0 0 H z から先、均一な特性を有することが分かる。「フラットな」目的関数 6 0 2 と、振幅応答 6 0 1 を目的関数 6 0 2 に適合させるのに適用可能な例示の逆フィルタ関数 6 0 3 も示している。

40

【 0 0 2 5 】

B R I R 計算の 2 つの例示のアルゴリズムを以下に記載する。ヘッドフォンの現実室内（H R R）プロセスから生じる B R I R を用いて、ユーザの好きなコンテンツを、測定した部屋の情報を含めて、ヘッドフォンを介して聴くことができる。ヘッドフォンの仮想室内（H V R）プロセスから生じる B R I R を用いて、ユーザの好きなコンテンツを、バイノーラル情報のみを含めて、ヘッドフォンを介して聴くことができる。しかしながら、ユー

50

ザは、信号チェーンに仮想室をオプションで含むことができる。

【 0 0 2 6 】

H R Rシステム及び方法は、ヘッドフォン（イヤホン）を介したリスナーの部屋の情報を含めて、バイノーラルコンテンツをレンダリングすることを意図している。スマートフォン 7 0 1 を含む H R Rシステムへの B R I R測定の例示の適用のフローチャートを図 7 に示し、以下により詳細に記載する。ビルディングブロックとプロシージャも以下に簡単に記載する。

【 0 0 2 7 】

B R I R測定は、スマートフォンスピーカ 7 0 2 を用いることと、ユーザの外耳道の入口にバイノーラルマイクロフォン（図示せず）を配置することによって行われる。スペクトル分析のための掃引正弦波信号は、所望の方位角及び仰角でスマートフォンスピーカ 7 0 2 を介して再生される。リスナーの外耳道を完全に塞ぐように特別に設計された一対のバイノーラルマイクロフォンを用いてよい。マイクロフォンは、バイノーラルマイクロフォンの別個のセットであってよく、測定ハードウェアは、図 2 に示すシステム同様、スマートフォン 7 0 1 と別個であってよい。あるいは、イヤホン変換器自体が、音を捕捉する変換器として用いられてよい。B R I Rの測定、前処理、及び、最終計算は、例えば、図 4 に関して前述したプロセスを行うモバイルアプリケーションを用いて、スマートフォン 7 0 1 によって行われてよい。周波数ごとのスペクトル分析（例えば、上記のような、対応する狭帯域分析に関連する掃引狭帯域刺激）の代わりに、広帯域刺激またはインパルスを、高速フーリエ変換（F F T）またはフィルタバンク等の広帯域スペクトル分析に関連して用いてよい。

【 0 0 2 8 】

スマートフォンのスピーカの欠陥の訂正に関して、B R I Rを測定しながら、全ての周波数範囲をカバーするためには、理想的には、全帯域幅ラウドスピーカが必要とされる。帯域制限されたスピーカ、すなわち、スマートフォンスピーカ 7 0 1 を測定に用いるので、欠けている周波数範囲をカバーする必要がある。このため、近距離測定値をバイノーラルマイクロフォンの 1 つを用いて取得する。ここから、図 5 に示すように、例示の振幅周波数特性（「周波数特性」または「周波数応答」としても知られる）を用いた逆フィルタを計算して、左と右の耳の B R I R測定値に適用する。所与の例において、目標振幅周波数応答曲線は、フラットに設定されているが、任意の所望の曲線であってよい。位相相違及びレベル相違等の情報は、この方法では補正されないが、必要に応じて補正されてよい。このプロセスのフローチャートを図 8 に示す。プロセスは、スマートフォンスピーカ 7 0 2 の振幅周波数応答の近距離測定を含む（プロシージャ 8 0 1）。スマートフォンスピーカ 7 0 2 と測定を行うマイクロフォンとの間の音響経路の対応する伝達関数（「伝達特性」としても知られる）が計算され（プロシージャ 8 0 2）、逆目標振幅周波数関数 8 0 3 に加えられる（プロシージャ 8 0 4）。（直線の）有限インパルス応答（F I R）フィルタ係数が、次に、計算され（プロシージャ 8 0 5）、処理されて、直線位相から最小位相への変換を行う（プロシージャ 8 0 6）。プロシージャ 8 0 6 で行われたフィルタ係数が、次に、長さを低減された（プロシージャ 8 0 7）後、長さが低減されたフィルタ係数が出力される（プロシージャ 8 0 8）。訂正適用後の結果の比較を図 9 に示す。図 9 において、グラフ 9 0 1 は、等化前に測定した振幅周波数特性を示し、グラフ 9 0 2 は、等化後に測定された振幅周波数特性を示し、グラフ 9 0 3 は、等化に使用された振幅周波数特性を示す。

【 0 0 2 9 】

（オプションの）スペクトルバランサに関して、ユーザが、音にある音色を埋め込みたい場合、追加の等化を適用できる。このために、左耳と右耳の B R I Rの平均値を取得する。そのプロセスのフローチャートを図 1 0 に示す。プロセスは、左耳の身体伝達関数 B R T F Lを提供すること（プロシージャ 1 0 0 1）、右耳のバイノーラル伝達関数 B R T F Rを決定すること（プロシージャ 1 0 0 2）、平滑化すること（例えば、低域フィルタリング）（プロシージャ 1 0 0 3 及び 1 0 0 4）、及び、平滑化されたバイノーラル伝

10

20

30

40

50

達関数 $BRTF_L$ 及び $BRTF_R$ を合計すること（プロシージャ 1005）を含む。プロシージャ 1005 及び目標振幅周波数応答 1007 によって与えられた和を用いて、次に、対応する逆フィルタのフィルタ係数を計算する（プロシージャ 1006）。フィルタ係数は、プロシージャ 1008 で出力される。

【0030】

ヘッドフォンイコライザに関して、同じ製造会社でさえ、時には、イヤホーンの周波数特性の大きなばらつきがあるので、イヤホンからの影響を補正するためにイコライザの適用が必要とされる。これを行うために、個々のイヤホーンの周波数応答が必要とされる。イヤホン特性のこの測定は、図 11 に示すように、簡単な装置を用いて行うことができる。イヤホン特性を測定する装置は、管状の本体部（本明細書では「管 1101」と称する）を含む。本体部の一端には、（インイヤ）イヤホン 1103 を管 1101 に結合するためのアダプタ 1102 を備え、他端には、閉止キャップ 1104 とキャップ 1104 に近接して管 1101 内に配置されたマイクロフォン 1105 とを備える。実際には、バイノーラルマイクロフォンのうちの 1 つが、図 11 に示すマイクロフォン 1105 の代わりに使用されてよい。管 1101 は、二端間のどこかに縮径部 1006 を有してよい。管 1101 の体積、長さ、及び、直径は、平均的な人間の外耳道と類似するべきである。図示の装置は、圧力室効果を模倣することができるので、測定された応答は、現実に近いなり得る。

【0031】

対応する測定プロセスの概略を図 12 に示す。プロセスは、イヤホン特性を測定すること（プロシージャ 1201）、及び、測定から対応する伝達関数を計算すること（プロシージャ 1202）を含む。さらに、プロシージャ 1204 で、目標伝達関数 1203 が、プロシージャ 1202 によって得られた伝達関数から減じられる。この和から、FIR 係数が、（線形に）計算されて（プロシージャ 1205）、続いて、直線位相から最小位相への変換（プロシージャ 1206）と長さの低減（プロシージャ 1207）が行われる。最後に、フィルタ係数 1208 が、他のアプリケーション及び/またはシステムに出力される。

【0032】

図 7 を再び参照すると、図示のプロセスは、モバイルデバイスのスピーカ、ここでは、スマートフォンスピーカ 702 の振幅周波数応答の近距離測定を含む（プロシージャ 703）。プロシージャ 703 による信号から、スマートフォンスピーカ 702 の振幅周波数応答を計算する（プロシージャ 704）。次に、逆フィルタ振幅周波数応答が、目標振幅周波数応答 706 と、スマートフォンスピーカ 702 の計算した振幅周波数応答とから計算される（プロシージャ 705）。スマートフォンスピーカ 702 を用いて BIR 測定を開始、実行した（プロシージャ 707）後、測定した BIR と計算した逆フィルタ振幅周波数応答を畳み込む（プロシージャ 708）。プロシージャ 708 から生じる信号は、対応する目標周波数応答 710 に基づいて、ルームイコライザによって処理される（プロシージャ 709）。プロシージャ 709 による信号は、対応する目標周波数応答 712 に基づいて、イヤホンイコライザによって処理される（プロシージャ 711）。プロシージャ 711 による信号は、N 個のモノラル音声ファイル 714（例えば、N = 2 ステレオ信号、N = 6 . 5 . 1 チャンネル信号または N = 8 . 7 . 1 チャンネル信号）と畳み込まれ（プロシージャ 713）、この畳み込みの結果が、イヤホンに出力される（プロシージャ 715）。

【0033】

ヘッドフォンの仮想室内（HVR）システムは、イヤホンを介したリスナーの部屋の情報を含めることなしに、バイノーラルコンテンツのレンダリングを意図している。リスナーは、オプションで、チェーンに仮想室を含むことができる。プロセスの概略を図 13 に示す。追加のビルディングブロックを以下に簡単に記載する。このプロセスは、図 7 ~ 図 12 に関連して前述したビルディングブロックも必要とする。残響除去装置や人工の残響付加装置等の追加のビルディングブロックのみを以下に記載する。

【 0 0 3 4 】

残響除去装置 / 平滑化 : 測定された室内インパルス応答が、不要なピークや谷を含む場合、不快な音響アーチファクトによって、音質を低下させる場合がある。部屋の情報を除くために、または、初期反射音及び後期反射音を除くために、(時間及び/またはスペクトル)窓関数技術を組み込むことができる。適用においては、図 1 4 に示すように、矩形窓とブラックマンハリス窓の組み合わせが用いられる。平滑化の前 (1 5 0 1) 及び (1 5 0 2) 後の例示の B R I R を図 1 5 に示す。

【 0 0 3 5 】

人工の残響付加装置 : 前のブロックにおいて、全ての部屋関連情報を除いた。すなわち、窓関数 (窓) の適用後、直接の情報のみ (例えば、両耳間時間差 [I T D] 及び両耳間レベル差 [I L D]) が B R I R に含まれる。よって、耳のすぐ近くに音源があるように感じられる。従って、距離情報を組み込む必要がある場合、人工の残響付加装置をオプションで使用してよい。任意の最先端の残響付加装置を、この目的で 사용할 こと が できる。

10

【 0 0 3 6 】

図 1 3 から分かるように、残響除去プロシージャ 1 3 0 1 及び人工の残響付加プロシージャ 1 3 0 2 は、図 7 に示すプロセスの B R I R 測定プロセス 7 0 7 とイヤホン等化プロシージャ 7 1 1 との間に挿入される。さらに、部屋等化プロシージャ 7 0 9 と対応する目標振幅周波数応答 7 1 0 は、スペクトルバランシングプロシージャ 1 3 0 3 と、対応する目標振幅周波数応答 1 3 0 4 とに代えられてよい。所与の窓を用いた窓関数を掛けることを含み得る残響除去プロシージャ 1 3 0 1 と、畳み込みプロシージャ 7 0 8 とは、逆フィルタ計算プロシージャ 7 0 5 の出力を受信し、畳み込みプロシージャ 7 0 8 は、イヤホン等化プロシージャ 7 1 1 と畳み込みプロシージャ 7 1 3 との間に 行 わ れ て よ い。

20

【 0 0 3 7 】

この研究を通して、焦点は、B R I R の位相情報を壊すことではない。例示の B R I R の図 1 6 の振幅周波数応答、及び、図 1 7 の位相周波数応答を提供する。振幅周波数応答は、B R I R の鋭いピークと谷が、残響除去アルゴリズムの適用後、除かれていることを示している。位相応答は、残響除去後でさえ、位相情報がかなり保存されることを示している。正式でないリスニングでは、畳み込まれた音声の定位も破壊されていないことが分かった。図 1 6 において、グラフ 1 6 0 1 は、イヤホン等化後の振幅周波数応答を示し、グラフ 1 6 0 2 は、部屋等化後の振幅周波数応答を示し、グラフ 1 6 0 3 は、残響除去後の振幅周波数応答を示し、グラフ 1 6 0 4 は、スマートフォン欠陥訂正後の振幅周波数応答を示す。図 1 7 において、グラフ 1 7 0 1 は、イヤホン等化後の位相周波数応答を示し、グラフ 1 7 0 2 は、部屋等化後の位相周波数応答を示し、グラフ 1 7 0 3 は、残響除去後の位相周波数応答を示し、グラフ 1 7 0 4 は、スマートフォン欠陥訂正後の位相周波数応答を示す。

30

【 0 0 3 8 】

図 1 8 は、マイクロフォンとしての、例示のイヤホン変換器の振幅周波数応答を示す。本明細書に記載のシステムは、消費者ユーザを対象とし得るので、イヤホン変換器及びハウジングは、特に、マイクロフォンとして使用されてよい。パイロット実験においては、市販のインイヤホン変換器をマイクロフォンとして使用して測定値を取得した。2 H z から 2 0 k H z にわたる掃引正弦波信号を無響室内のスピーカを通して再生した。イヤホン変換器は、スピーカから約 1 メートル離れた。比較のため、基準測定システムを用いて基準測定値を取得した。測定値の振幅周波数応答を図 1 8 に示す。図 1 8 において、グラフ 1 8 0 1 は、左チャンネル (1 8 0 1) 、右チャンネル (1 8 0 2) 、及び、基準測定 (1 8 0 3) の振幅周波数応答を示す。イヤホンに対応する曲線の形状が、約 1 , 0 0 0 H z ~ 9 , 0 0 0 H z の基準測定の曲線と類似していることがプロットから分かる。

40

【 0 0 3 9 】

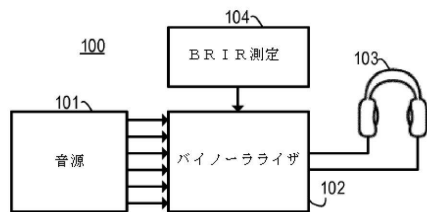
発明の様々な実施形態を記載したが、発明の範囲内でより多くの実施形態及び実装が可能であることは当業者には明らかであろう。従って、発明は、添付の請求項及びその等価の

50

ものを考慮する以外は制限を受けない。

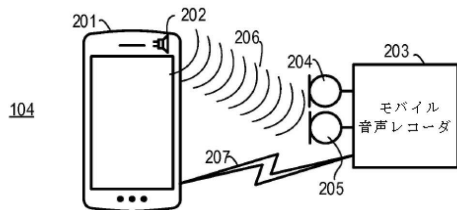
【 図 1 】

【図 1】

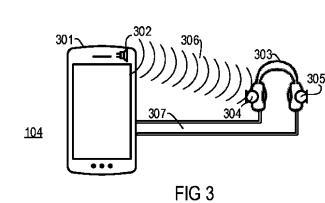


【 図 2 】

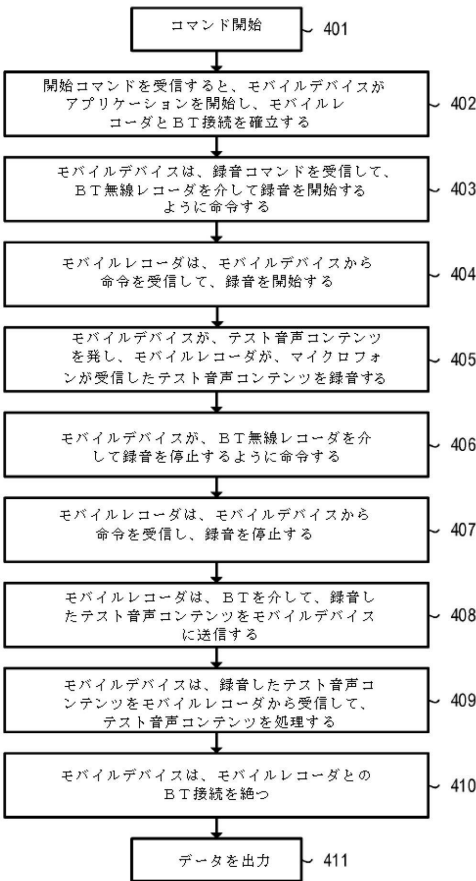
【図 2】



【 図 3 】

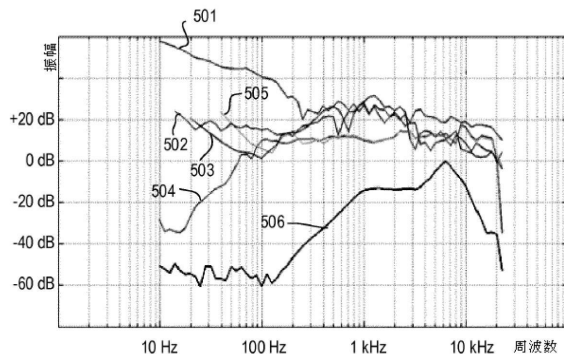


【 図 4 】



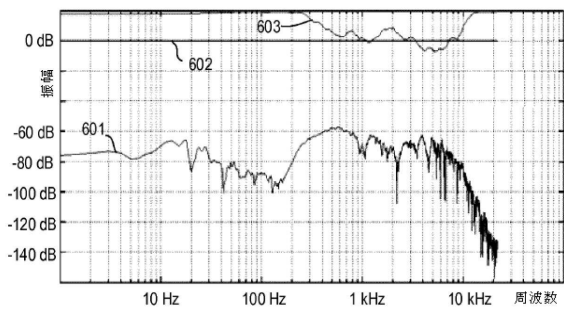
【図 5】

【図 5】



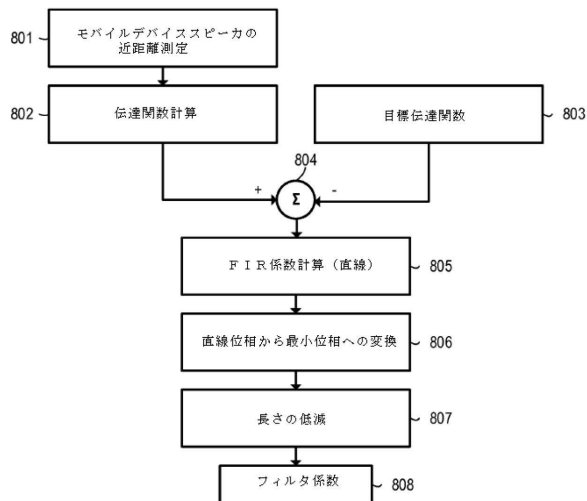
【図 6】

【図 6】



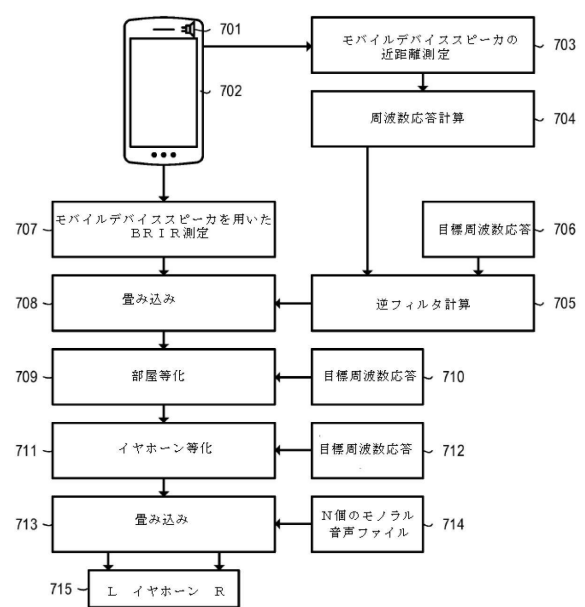
【図 8】

【図 8】



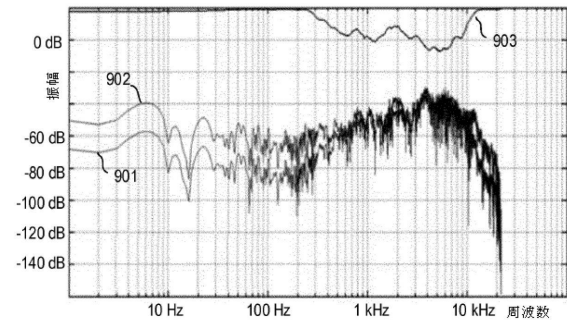
【図 7】

【図 7】



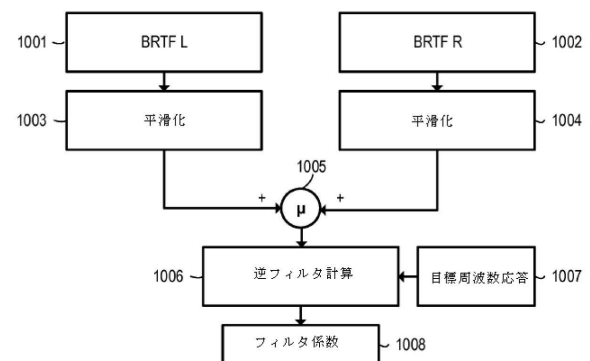
【図 9】

【図 9】

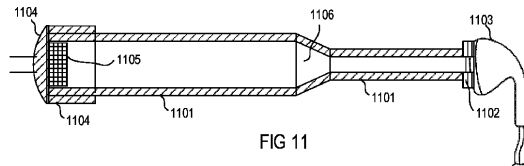


【図 10】

【図 10】

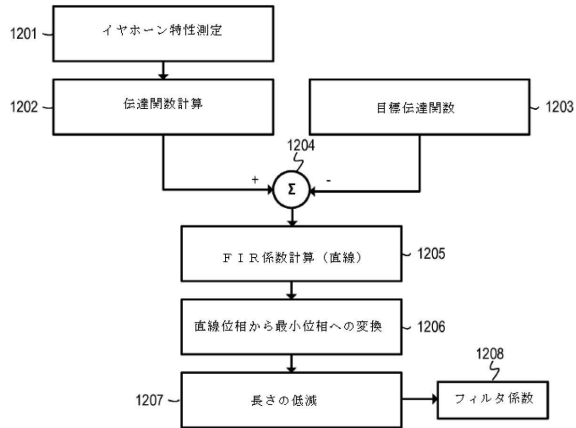


【図 1 1】



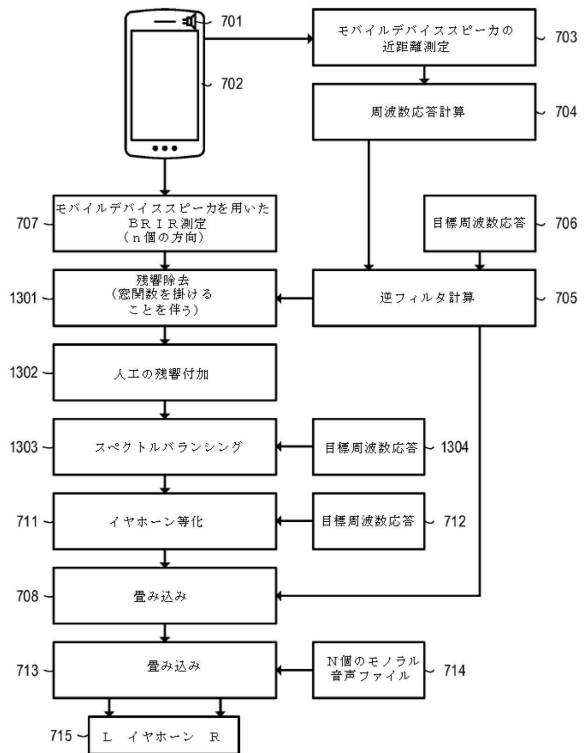
【図 1 2】

【図 1 2】



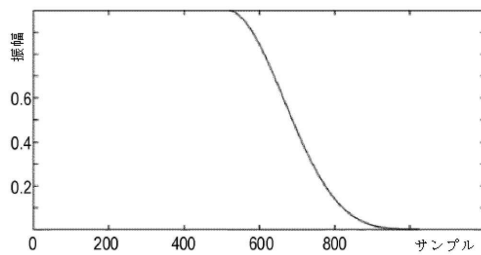
【図 1 3】

【図 1 3】



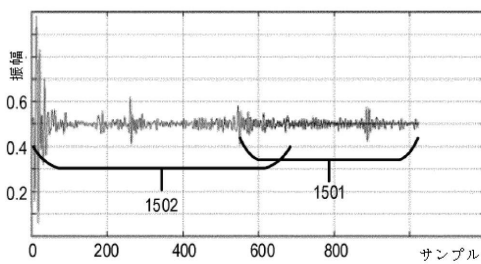
【図 1 4】

【図 1 4】



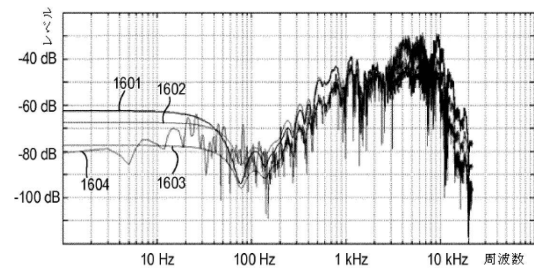
【図 1 5】

【図 1 5】



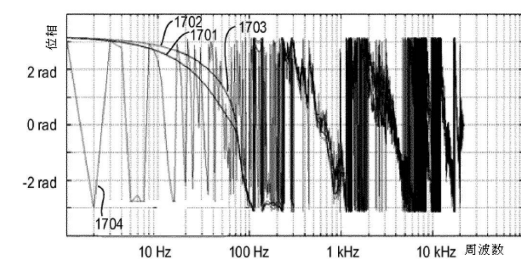
【図 1 6】

【図 1 6】



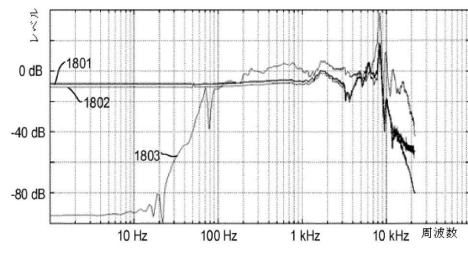
【図 1 7】

【図 1 7】



【図 18】

【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 アルームカル , サニッシュ ジョージ ジェイ .
ドイツ国 9 4 3 1 5 シュトラウピング , オットー - ヒエンドル - シュトラーセ 1

審査官 富澤 直樹

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 1 2 8 8 5 4 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 9 9 5 9 6 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 3 1 0 7 6 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 2 4 7 4 5 6 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 2 7 0 8 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 4 S 1 / 0 0 - 7 / 0 0
G 1 0 K 1 5 / 0 0
H 0 4 R 3 / 0 0
H 0 4 R 5 / 0 0 - 5 / 0 4
G 0 1 H 1 / 0 0 - 1 7 / 0 0