

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7410127号
(P7410127)

(45)発行日 令和6年1月9日(2024.1.9)

(24)登録日 令和5年12月25日(2023.12.25)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 S 3/00 (2006.01)

H 0 4 S 7/00 (2006.01)

G 1 0 K 15/00 (2006.01)

H 0 4 S 3/00 2 0 0

H 0 4 S 7/00 3 0 0

G 1 0 K 15/00 L

請求項の数 4 (全14頁)

(21)出願番号	特願2021-508809(P2021-508809)	(73)特許権者	000251060
(86)(22)出願日	令和2年2月20日(2020.2.20)		林テレンプ株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/006854		愛知県名古屋市中区上前津1丁目4番5号
(87)国際公開番号	WO2020/195407	(74)代理人	100096703
(87)国際公開日	令和2年10月1日(2020.10.1)		弁理士 横井 俊之
審査請求日	令和4年11月14日(2022.11.14)	(72)発明者	春日井 将士
(31)優先権主張番号	特願2019-56484(P2019-56484)		日本国愛知県名古屋市中区上前津1丁目4番5号 林テレンプ株式会社内
(32)優先日	平成31年3月25日(2019.3.25)	審査官	間宮 嘉誉
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
特許法第30条第2項適用 平成30年10月25日に林テレンプ株式会社のウェブサイト、中部経済新聞、日刊自動車新聞及び日刊工業新聞にて公開			
特許法第30条第2項適用 平成30年10月31日に中日新聞朝刊にて公開			
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 音響シミュレーション装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の室内の音響をシミュレートする音響シミュレーション装置であって、
前記車両の2箇所以上であるNp箇所の部位にそれぞれ仮想スピーカーがあるとして、
前記室内の聴取位置における立体音の収音信号に基づいて、前記Np箇所の仮想スピーカーに前記立体音を再現させる仮想再現信号を生成する仮想再現信号生成部と、
前記仮想再現信号、及び、前記Np箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化を表す情報に基づいて、前記聴取位置において予測される予測音を前記Np箇所の仮想スピーカーに出力させる仮想予測信号を生成する仮想予測信号生成部と、
前記仮想予測信号に基づいて、複数箇所のスピーカーに前記予測音を出力させる出力信号を生成する出力信号生成部と、を備える音響シミュレーション装置。

10

【請求項2】

前記仮想再現信号生成部は、
前記収音信号を複数の収音指向特性の第一エンコード信号に変換する第一フォーマット変換部と、
前記第一エンコード信号に基づいて前記仮想再現信号を生成する第一デコード部と、を有し、
前記出力信号生成部は、
前記仮想予測信号を前記複数の収音指向特性の第二エンコード信号に変換する第二フォーマット変換部と、

20

前記第二エンコード信号に基づいて前記出力信号を生成する第二デコード部と、を有する、請求項 1 に記載の音響シミュレーション装置。

【請求項 3】

前記仮想スピーカーの設定箇所の数 N_p は、前記スピーカーの設置箇所の数よりも多い、請求項 1 又は請求項 2 に記載の音響シミュレーション装置。

【請求項 4】

前記仮想スピーカーの設定箇所を受け付ける仮想スピーカー設定箇所受付部をさらに備える、請求項 1 ～ 請求項 3 のいずれか一項に記載の音響シミュレーション装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、車両の室内の音響をシミュレートする音響シミュレーション装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の車室の音響を予測するため、車室の音響のコンピューターシミュレーションが行われている。

また、特開平9-149491号公報には、音響を立体的に再現する技術が開示されている。この技術では、正四面体の頂点となる位置にそれぞれ設置されたマイクにより4方向の録音が行われ、正四面体の頂点となる位置にそれぞれ設置されたスピーカーから立体音が出力される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平9 - 149491号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、車室の音響を立体的に予測することは、行われていない。車室の立体音をシミュレートすることができると、車室の音響を精度よく評価することができる。

【0005】

30

本発明は、車両の室内の立体音を精度よくシミュレートすることが可能な音響シミュレーション装置を開示するものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の音響シミュレーション装置は、車両の室内の音響をシミュレートする音響シミュレーション装置であって、

前記車両の2箇所以上である N_p 箇所の部位にそれぞれ仮想スピーカーがあるとして、前記室内の聴取位置における立体音の收音信号に基づいて、前記 N_p 箇所の仮想スピーカーに前記立体音を再現させる仮想再現信号を生成する仮想再現信号生成部と、

前記仮想再現信号、及び、前記 N_p 箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化を表す情報に基づいて、前記聴取位置において予測される予測音を前記 N_p 箇所の仮想スピーカーに出力させる仮想予測信号を生成する仮想予測信号生成部と、

40

前記仮想予測信号に基づいて、複数箇所のスピーカーに前記予測音を出力させる出力信号を生成する出力信号生成部と、を備える、態様を有する。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、車両の室内の立体音を精度よくシミュレートすることが可能な音響シミュレーション装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

50

【図 1】図 1 はアンビソニックマイクロフォンが設置された自動車の内装の例を側面部の図示が省略された状態で模式的に示す図。

【図 2】図 2 は音響シミュレーション装置の例を模式的に示す図。

【図 3】図 3 は音響シミュレーション装置の信号処理の例を模式的に示すブロック図。

【図 4】図 4 は音響シミュレーション装置の制御部の構成例を周辺部とともに模式的に示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施形態を説明する。むろん、以下の実施形態は本発明を例示するものに過ぎず、実施形態に示す特徴の全てが発明の解決手段に必須になるとは限らない。

【0010】

(1) 本発明に含まれる技術の概要：

まず、図 1 ~ 4 に示される例を参照して本発明に含まれる技術の概要を説明する。尚、本願の図は模式的に例を示す図であり、これらの図に示される各方向の拡大率は異なることがあり、各図は整合していないことがある。むろん、本技術の各要素は、符号で示される具体例に限定されない。

また、本願において、数値範囲「Min ~ Max」は、最小値Min以上、且つ、最大値Max以下を意味する。

【0011】

[態様 1]

本技術の一態様に係る音響シミュレーション装置 1 は、車両（例えば自動車 100）の室内 S P 0 の音響をシミュレートする音響シミュレーション装置 1 であって、仮想再現信号生成部 U 1、仮想予測信号生成部 U 2、及び、出力信号生成部 U 3 を備える。前記仮想再現信号生成部 U 1 は、前記車両（100）の 2 箇所以上である N p 箇所の部位にそれぞれ仮想スピーカー V S 0 があるとして、前記室内 S P 0 の聴取位置 120 における立体音の收音信号 S G 1 に基づいて、前記 N p 箇所の仮想スピーカー V S 0 に前記立体音を再現させる仮想再現信号 S G 3 を生成する。前記仮想予測信号生成部 U 2 は、前記仮想再現信号 S G 3、及び、前記 N p 箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化を表す情報（例えば音響特性変化情報 I M 1）に基づいて、前記聴取位置 120 において予測される予測音を前記 N p 箇所の仮想スピーカー V S 0 に出力させる仮想予測信号 S G 4 を生成する。前記出力信号生成部 U 3 は、前記仮想予測信号 S G 4 に基づいて、複数箇所のスピーカー 300 に前記予測音を出力させる出力信号 S G 6 を生成する。

【0012】

上記態様 1 では、N p 箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化が精度よく反映された予測音を出力させる出力信号 S G 6 が生成される。従って、本態様は、車両の室内の立体音を精度よくシミュレートすることが可能な音響シミュレーション装置を提供することができる。

【0013】

ここで、信号は、データを表現するために用いられる物理量の変化を意味し、例えば、デジタルデータで表現される。

收音信号には、アンビソニックマイクロフォンにより收音された A フォーマット信号等を用いることができる。

仮想再現信号は、N p 箇所の仮想スピーカーの位置に実際にスピーカーがあるとすれば該スピーカーにより聴取位置に元の立体音が再現されるような信号を意味する。

仮想予測信号は、N p 箇所の仮想スピーカーの位置に実際にスピーカーがあるとすれば該スピーカーにより聴取位置に予測音が出力されるような信号を意味する。

尚、上述した付言は、以下の態様においても適用される。

【0014】

[態様 2]

図 3、4 に例示するように、前記仮想再現信号生成部 U 1 は、前記收音信号 S G 1 を複

10

20

30

40

50

数の収音指向特性（例えば成分 W ， X ， Y ， Z ）の第一エンコード信号 $SG2$ に変換する第一フォーマット変換部 $U11$ を有していてもよく、前記第一エンコード信号 $SG2$ に基づいて前記仮想再現信号 $SG3$ を生成する第一デコード部 $U12$ を有していてもよい。前記出力信号生成部 $U3$ は、前記仮想予測信号 $SG4$ を前記複数の収音指向特性（ W ， X ， Y ， Z ）の第二エンコード信号 $SG5$ に変換する第二フォーマット変換部 $U31$ を有していてもよく、前記第二エンコード信号 $SG5$ に基づいて前記出力信号 $SG6$ を生成する第二デコード部 $U32$ を有していてもよい。本態様は、第一エンコード信号 $SG2$ の複数の収音指向特性（ W ， X ， Y ， Z ）が第二エンコード信号 $SG5$ の複数の収音指向特性（ W ， X ， Y ， Z ）と同じであるので、第一フォーマット変換部 $U11$ の変換処理、及び、第二フォーマット変換部 $U31$ の変換処理を簡素化させることができる。また、第一デコード部 $U12$ の信号生成処理、及び、第二デコード部 $U32$ の信号生成処理も簡素化させることができる。従って、本態様は、信号処理を簡素化させた音響シミュレーション装置を提供することができる。

10

【0015】

ここで、「第一」及び「第二」は、類似する構成要素が複数有る場合にこれら複数の構成要素に含まれる各構成要素を識別するために使用している用語であり、順序を意味しない。

第一エンコード信号及び第二エンコード信号には、アンビソニックスのBフォーマット信号等を用いることができる。

尚、上述した付言は、以下の態様においても適用される。

20

【0016】

[態様3]

前記仮想スピーカー $VS0$ の設定箇所の数 Np は、前記スピーカー 300 の設置箇所の数 Ns よりも多くてもよい。この態様は、車両の室内の立体音をさらに精度よくシミュレートする音響シミュレーション装置を提供することができる。

【0017】

[態様4]

図3，4に例示するように、本音響シミュレーション装置1は、前記仮想スピーカー $VS0$ の設定箇所を受け付ける仮想スピーカー設定箇所受付部 $U4$ をさらに備えていてもよい。この態様は、車両に応じた室内の立体音をシミュレートすることが容易な音響シミュレーション装置を提供することができる。

30

【0018】

また、本技術は、前記音響シミュレーション装置を含む複合装置、音響シミュレーション方法、前記複合装置の制御方法、音響シミュレーションプログラム、前記複合装置の制御プログラム、前記音響シミュレーションプログラムや前記制御プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な媒体、等に適用可能である。前記音響シミュレーション装置や前記複合装置は、分散した複数の部分で構成されてもよい。

【0019】

(2) 音響シミュレーション装置の具体例：

図1は、アンビソニックマイクロフォン $AM0$ が設置された自動車 100 の内装 110 を側面部の図示が省略された状態で模式的に例示している。図1の下部には、アンビソニックマイクロフォン $AM1$ ， $AM2$ を総称するアンビソニックマイクロフォン $AM0$ の拡大図を示している。図1中、FRONT、REAR、UP、DOWNは、それぞれ、前、後、上、下を示す。左右の位置関係は、自動車 100 から前を見る方向を基準とする。また、Z方向は自動車 100 の前後方向を示し、X方向は自動車 100 の上下方向を示している。むろん、各部の位置関係の説明は、例示に過ぎない。

40

【0020】

図1に示す自動車 100 は、道路上で使用されるように設計及び装備された路上走行自動車とされ、例えば、鋼板製といった金属製の車体パネルが車室 $SP1$ 及び荷室 $SP2$ を囲んで車体を形成している。本技術を適用可能な自動車は、ステーションワゴン等のよう

50

に車室 S P 1 と荷室 S P 2 が繋がった自動車に限定されず、セダン等のように車室 S P 1 と荷室 S P 2 が分離している自動車も含まれる。尚、車室 S P 1 と荷室 S P 2 を室内 S P 0 と総称する。

【 0 0 2 1 】

自動車 1 0 0 の車体パネルには、室内 S P 0 側において種々の内装材、例えば、内装材 1 1 1 ~ 1 1 6 が配置されている。車室 S P 1 から下方にあるフロアパネル（車体パネルの例）には、車室 S P 1 に面しているフロアカーペット 1 1 1 が設置されている。車室 S P 1 から側方にあるドアパネル（車体パネルの例）には、車室 S P 1 に面しているドアトリム 1 1 2 が設置されている。同じく車室 S P 1 から側方にあるピラー（車体パネルの例）には、車室 S P 1 側に面しているピラートリム 1 1 3 が設置されている。ピラートリムは、ピラーガーニッシュとも呼ばれる。車室 S P 1 及び荷室 S P 2 から上方にあるルーフパネル（車体パネルの例）には、車室 S P 1 及び荷室 S P 2 に面しているルーフトリム 1 1 4 が設置されている。荷室 S P 2 から側方にあるデッキサイドパネル（車体パネルの例）には、荷室 S P 2 に面しているデッキサイドトリム 1 1 5 が設置されている。車室 S P 1 から前方にあるインストルメントパネル（車体パネルの例）には、車室 S P 1 に面しているインストルメントパネル内装材 1 1 6 が設置されている。

10

【 0 0 2 2 】

車室 S P 1 には、運転席と助手席を総称する前席 1 0 1、及び、前席 1 0 1 の背後に配置された後席 1 0 2 が配置されている。運転席に座る運転手の頭部に合わせた位置にアンビソニックマイクロフォン A M 1 が配置され、運転席の背後における後席 1 0 2 に座る乗員の頭部に合わせた位置にアンビソニックマイクロフォン A M 2 が配置されている。アンビソニックマイクロフォン A M 1 の位置は運転席に座る運転手の聴取位置 1 2 0 であり、アンビソニックマイクロフォン A M 2 の位置は運転席の背後における後席 1 0 2 に座る乗員の聴取位置 1 2 0 である。むろん、アンビソニックマイクロフォン A M 1 は助手席に座る乗員の頭部に合わせた位置に配置されてもよいし、アンビソニックマイクロフォン A M 2 は助手席の背後における後席 1 0 2 に座る乗員の頭部に合わせた位置に配置されてもよい。

20

【 0 0 2 3 】

図 1 の下部に示すように、アンビソニックマイクロフォン A M 0 は、正四面体の各面に対して外向きとなる向きの 4 個のマイクロフォンカプセル A M c を有している。各カプセル A M c は、空気中を伝播してきた音を電気信号に変換する。アンビソニックマイクロフォン A M 0 は、各カプセル A M c からの電気信号をデジタルの個別收音信号 M 1 ~ M 4（図 3 参照）に変換する。図 3 に例示するように、個別收音信号 M 1 ~ M 4 をまとめて收音信号 S G 1 と呼ぶことにする。收音信号 S G 1 は、4 方向からの音を收音することにより得られるデジタルの電気信号であり、室内 S P 0 の聴取位置 1 2 0 における立体音の收音信号である。

30

【 0 0 2 4 】

図 2 は、模擬的な自動車 2 0 0 を含む音響シミュレーション装置 1 を模式的に例示している。模擬的な自動車 2 0 0 は、自動車 1 0 0 の前席 1 0 1 に対応する前席 2 0 1、及び、自動車 1 0 0 の後席 1 0 2 に対応する後席 2 0 2 を備えている。音響シミュレーション装置 1 は、16 個のスピーカー 3 0 0 を備えている。16 個のスピーカー 3 0 0 は、前席 2 0 1 の聴取位置 1 2 0 に立体音を再現させるための 8 個のスピーカー 3 0 0、及び、後席 2 0 2 の聴取位置 1 2 0 に立体音を再現させるための 8 個のスピーカー 3 0 0 を含んでいる。図示の都合上、前席 2 0 1 用のスピーカー 3 0 0 は 4 個しか示されておらず、後席 2 0 2 用のスピーカー 3 0 0 は 4 個しか示されていない。前席 2 0 1 用の 8 個のスピーカー 3 0 0 は、前席 2 0 1 の聴取位置 1 2 0 から見て、前方左斜め上、前方右斜め上、後方左斜め上、後方右斜め上、前方左斜め下、前方右斜め下、後方左斜め下、及び、後方右斜め下に配置されている。後席 2 0 2 用の 8 個のスピーカー 3 0 0 も、後席 2 0 2 の聴取位置 1 2 0 から見て、前方左斜め上、前方右斜め上、後方左斜め上、後方右斜め上、前方左斜め下、前方右斜め下、後方左斜め下、及び、後方右斜め下に配置されている。

40

50

【 0 0 2 5 】

音響シミュレーション装置 1 は、さらに、前席 2 0 1 を基準として前方から両側方にかけて配置された曲面ディスプレイ 2 1 1 を有する映像表示装置 2 1 0、座席 2 0 1、2 0 2 から下方に配置された振動装置 2 2 0、及び、制御部 1 0 を備えている。映像表示装置 2 1 0 は、自動車の仮想的な走行時の映像をディスプレイ 2 1 1 に表示する。振動装置 2 2 0 は、自動車の仮想的な走行時の Z 方向への振動を座席 2 0 1、2 0 2 に加える。制御部 1 0 は、自動車の仮想的な走行時の立体音を複数のスピーカー 3 0 0 に出力させ、自動車の仮想的な走行時の映像を映像表示装置 2 1 0 に表示させ、自動車の仮想的な走行時の Z 方向への振動を振動装置 2 2 0 に生じさせる。制御部 1 0 は、スピーカー 3 0 0 による立体音の出力、映像表示装置 2 1 0 による映像表示、及び、振動装置 2 2 0 による振動出力を同期させる。自動車走行時の映像及び振動を立体音と同時に再生することにより、音響シミュレーション装置 1 の利用者は臨場感に優れた体感を得ることができる。

10

【 0 0 2 6 】

図 3 は、音響シミュレーション装置 1 の信号処理を模式的に例示している。この信号処理は、前席 1 0 1 用のアンビソニックマイクロフォン A M 1 から得られる個別收音信号 M 1 ~ M 4、及び、後席 1 0 2 用のアンビソニックマイクロフォン A M 2 から得られる個別收音信号 M 1 ~ M 4 に対して独立して行われる。本具体例において、スピーカー 3 0 0 の設置箇所の数 N s (整数) は、8 個である。前席 1 0 1 を対象とした信号処理により得られる個別出力信号 S 1 ~ S N s は、前席 2 0 1 用の 8 個のスピーカー 3 0 0 に出力される。後席 1 0 2 を対象とした信号処理により得られる個別出力信号 S 1 ~ S N s は、後席 2 0 2 用の 8 個のスピーカー 3 0 0 に出力される。図 3 に例示するように、個別出力信号 S 1 ~ S N s をまとめて出力信号 S G 6 と呼ぶことにする。

20

【 0 0 2 7 】

図 3 に示す音響シミュレーション装置 1 は、シミュレートされた立体音を複数のスピーカー 3 0 0 から出力させる出力信号 S G 6 を收音信号 S G 1 から生成するため、仮想再現信号生成部 U 1、仮想予測信号生成部 U 2、出力信号生成部 U 3、及び、仮想スピーカー設定箇所受付部 U 4 を備えている。仮想再現信号生成部 U 1 は、收音信号 S G 1 を第一エンコード信号 S G 2 に変換する第一フォーマット変換部 U 1 1、及び、第一エンコード信号 S G 2 を仮想再現信号 S G 3 に変換する第一デコード部 U 1 2 を含んでいる。仮想予測信号生成部 U 2 は、仮想再現信号 S G 3 と音響特性変化情報 I M 1 に基づいて仮想予測信号 S G 4 を生成する。出力信号生成部 U 3 は、仮想予測信号 S G 4 を第二エンコード信号 S G 5 に変換する第二フォーマット変換部 U 3 1、及び、第二エンコード信号 S G 5 を出力信号 S G 6 に変換する第二デコード部 U 3 2 を含んでいる。図 3 に示す音響シミュレーション装置 1 はアンビソニックスを利用しており、フォーマット変換部 U 1 1、U 3 1 は A フォーマット信号を B フォーマット信号に変換する。B フォーマットの第一エンコード信号 S G 2 から N p 箇所の仮想スピーカー V S 0 に割り当てられた仮想再現信号 S G 3 を仮想予測信号生成部 U 2 が A フォーマットの仮想予測信号 S G 4 に変換することにより、室内 S P 0 の立体音が精度よくシミュレートされる。

30

【 0 0 2 8 】

まず、図 4 を参照して、音響シミュレーション装置 1 の制御部 1 0 の構成例を説明する。図 4 は、制御部 1 0 の構成を周辺部とともに模式的に例示している。

40

制御部 1 0 は、プロセッサである C P U (Central Processing Unit) 1 1、半導体メモリーである R O M (Read Only Memory) 1 2、半導体メモリーである R A M (Random Access Memory) 1 3、タイマー (Timer) 1 4、記憶装置 1 5、入力装置 1 6、出力装置 1 7、I / F (インターフェイス) 1 8、等を有する。各部 1 1 ~ 1 8 は、互いに情報を入出力可能に接続されている。記憶装置 1 5 は、オペレーティングシステム、音響シミュレーションプログラム、收音信号 S G 1、第一エンコード信号 S G 2、音響特性変化情報 I M 1、等を記憶している。C P U 1 1 は、R A M 1 3 をワークエリアとして使用しながらオペレーティングシステムと音響シミュレーションプログラムを実行することにより、仮想再現信号生成部 U 1、仮想予測信号生成部 U 2、出力信号生成部 U 3、及び

50

、仮想スピーカー設定箇所受付部U 4を有する制御部1 0としてコンピューターを機能させる。これにより、制御部1 0は音響シミュレーション装置1の動作を制御し、音響シミュレーション方法が実施される。記憶装置1 5は、コンピューターを音響シミュレーション装置1として機能させる音響シミュレーションプログラムを記録したコンピューター読み取り可能な記録媒体となる。

【0 0 2 9】

入力装置1 6は、仮想スピーカーV S 0の設定箇所の入力といった種々の入力を受け付ける。入力装置1 6には、ポインティングデバイス、キーボード、タッチパネル、等を用いることができる。出力装置1 7は、仮想スピーカーV S 0の設定箇所の表示といった種々の出力を受け付ける。出力装置1 7には、液晶ディスプレイといった表示装置、音声出力装置、プリンター、等を用いることができる。I / F 1 8は、アンビソニックマイクロフォンA M 0からの收音信号S G 1の入力、複数のスピーカー3 0 0に対する出力信号S G 6の出力、映像表示装置2 1 0に対する映像信号の出力、振動装置2 2 0に対する駆動信号の出力、等、周辺装置に対する通信を行う。尚、アンビソニックマイクロフォンA M 0による收音信号S G 1は記憶装置1 5に記憶されるため、音響をシミュレートする時に制御部1 0とアンビソニックマイクロフォンA M 0とが接続されている必要は無い。

【0 0 3 0】

図3に戻って、音響シミュレーション装置1の信号処理を詳細に説明する。上述したように前席1 0 1を対象とした信号処理と後席1 0 2を対象とした信号処理とは独立して行われるので、前席1 0 1を対象とした信号処理を例として説明する。

【0 0 3 1】

收音信号S G 1は、前席1 0 1に座る乗員の頭部に合わせた聴取位置1 2 0における立体音を收音することにより得られるAフォーマット信号である。アンビソニックマイクロフォンA M 1のカプセルA M cの数N mは4個であるので、收音信号S G 1を構成する個別收音信号M iは4つある。ここで、変数iは、個別收音信号を識別する変数であり、1からN mまでの整数をとり得る。尚、数N mは、4に限定されず、5以上でもよい。第一フォーマット変換部U 1 1は、Aフォーマットの收音信号S G 1を複数の收音指向特性(成分W, X, Y, Z)の第一エンコード信号S G 2に変換し、記憶装置1 5に記憶する。收音信号S G 1が変わらない限り、第一エンコード信号S G 2から出力信号S G 6を生成する処理が行われてもよい。

【0 0 3 2】

第一エンコード信号S G 2は、無指向性の0次成分W、前後方向の1次成分X、左右方向の1次成分Y、及び、上下方向の1次成分Zを含むBフォーマット信号である。ここで、1次成分Xは図1, 2におけるX方向に対応し、1次成分Zは図1, 2におけるZ方向に対応している。個別收音信号M iから第一エンコード信号S G 2の成分W, X, Y, Zへは、公知の換算式により変換することができる。例えば、西村竜一、「アンビソニック」、映像情報メディア学会誌、映像情報メディア学会、2 0 1 4年8月、第6 8巻、第8号、p. 6 1 6 - 6 2 0には、左前方の上向きのマイクロフォンカプセルによる信号L_F、左後方の下向きのマイクロフォンカプセルによる信号L_B、右前方の下向きのマイクロフォンカプセルによる信号R_F、及び、右後方の上向きのマイクロフォンカプセルによる信号R_BからBフォーマット信号の成分X, Y, Z, Wへの換算式が示されている。

$$X = L_F - R_B + R_F - L_B \quad (1)$$

$$Y = L_F - R_B - R_F + L_B \quad (2)$$

$$Z = L_F - L_B + R_B - R_F \quad (3)$$

$$W = L_B - L_F + R_F - R_B \quad (4)$$

図1に示す4個のマイクロフォンカプセルA M cの向きが上述の向きである場合、換算式(1) ~ (4)に従って個別收音信号M 1 ~ M 4を成分W, X, Y, Zに変換することができる。

【0 0 3 3】

第一デコード部U 1 2は、自動車1 0 0のN p箇所の部位にそれぞれ仮想スピーカーV

S 0 があるとして、聴取位置 1 2 0 における立体音を N p 箇所の仮想スピーカー V S 0 に再現させる仮想再現信号 S G 3 を第一エンコード信号 S G 2 に基づいて生成する。仮想スピーカー V S 0 の設定箇所は、図 1 で示した内装材 1 1 1 ~ 1 1 6 といった内装 1 1 0 の各部位である。また、フロアカーペット 1 1 1 における異なる箇所にそれぞれ仮想スピーカー V S 0 が設定される等、各内装材 1 1 1 ~ 1 1 6 の中で異なる箇所にそれぞれ仮想スピーカー V S 0 が設定されてもよい。仮想再現信号 S G 3 を構成する個別仮想再現信号 P j の数は、N p である。ここで、変数 j は、個別仮想再現信号 P 1 ~ P N p を識別する変数であり、1 から N p までの整数をとり得る。仮想スピーカー V S 0 の設定箇所の数 N p は、2 以上であればよいが、室内 S P 0 の立体音を精度よくシミュレートする点から、4 以上が好ましく、個別收音信号 M i の数 N m よりも多い方がより好ましく、実際のスピーカー 3 0 0 の設置箇所の数 N s よりも多い方がさらに好ましい。N p 個の仮想スピーカー V S 0 の設定箇所は、同一平面に無い方が好ましい。

10

【 0 0 3 4 】

模擬的な自動車 2 0 0 における N p 箇所の仮想スピーカー V S 0 の設定箇所は、仮想スピーカー設定箇所受付部 U 4 により変更可能である。仮想スピーカー設定箇所受付部 U 4 は、出力装置 1 7、例えば、表示装置に模擬的な自動車を表す画面を聴取位置 1 2 0 とともに表示し、画面の中から入力装置 1 6、例えば、ポインティングデバイスによる操作を受け付けることにより仮想スピーカー V S 0 の設定箇所を受け付ける。これにより、車両に応じた室内 S P 0 の立体音をシミュレートすることが容易となる。仮想スピーカー設定箇所受付部 U 4 は、仮想スピーカー V S 0 の設定箇所を 2 箇所以上、より好ましくは 4 箇所以上、さらに好ましくは N s 箇所以上、受け付けることが可能である。

20

【 0 0 3 5 】

第一エンコード信号 S G 2 の成分 W, X, Y, Z から個別仮想再現信号 P j へは、各仮想スピーカー V S 0 の設定箇所から聴取位置 1 2 0 までのベクトルに応じた換算式により変換することができる。

$$P_j = w_j \cdot W + x_j \cdot X + y_j \cdot Y + z_j \cdot Z \quad (5)$$

ここで、成分 W, X, Y, Z に対する係数 w j, x j, y j, z j は、変数 j に対応する仮想スピーカー V S 0 の設定箇所から聴取位置 1 2 0 までのベクトルに応じた値である。

【 0 0 3 6 】

参考として、仮想的な立方体の中心に聴取位置 1 2 0 があり、この聴取位置 1 2 0 から見て、前方左斜め上、前方右斜め上、後方左斜め上、後方右斜め上、前方左斜め下、前方右斜め下、後方左斜め下、及び、後方右斜め下の頂点にそれぞれ仮想スピーカー V S 0 が設置されていると仮定する。各仮想スピーカー V S 0 に割り当てる個別仮想再現信号を L F U, R F U, L B U, R B U, L F D, R F D, L B D, R B D とすると、上述した文献である「アンビソニックス」に示された換算式を適用することができる。

30

$$L_{FU} = W + 0.707(X + Y + Z) \quad (6)$$

$$R_{FU} = W + 0.707(X - Y + Z) \quad (7)$$

$$L_{BU} = W + 0.707(-X + Y + Z) \quad (8)$$

$$R_{BU} = W + 0.707(-X - Y + Z) \quad (9)$$

$$L_{FD} = W + 0.707(X + Y - Z) \quad (10)$$

40

$$R_{FD} = W + 0.707(X - Y - Z) \quad (11)$$

$$L_{BD} = W + 0.707(-X + Y - Z) \quad (12)$$

$$R_{BD} = W + 0.707(-X - Y - Z) \quad (13)$$

【 0 0 3 7 】

仮想予測信号生成部 U 2 は、聴取位置 1 2 0 において予測される予測音を N p 箇所の仮想スピーカー V S 0 に出力させる仮想予測信号 S G 4 を仮想再現信号 S G 3 と音響特性変化情報 I M 1 に基づいて生成する。音響特性変化情報 I M 1 は、自動車 1 0 0 の N p 箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化を表す情報であり、例えば、コンピュータシミュレーションにより得られる。各部位の音響特性は、図 3 に示すように、周波数 f (単位: Hz) と S P L (音圧レベル) (単位: dB) との対応関係を表すデータ、

50

例えば、1 / 3 オクターブバンド毎の周波数帯域に対する S P L を示すデータにより表される。音響特性変化情報 I M 1 は、基準仕様との差を表す情報といえ、乗員の頭部に対して各部位の方向から周波数毎の音圧が基準仕様からどれだけ上下したかを表す情報といえる。

【 0 0 3 8 】

仮想予測信号生成部 U 2 は、自動車における内装材等の諸元を変更した時の解析をコンピュータシミュレーションにより行うことが可能であり、立体音について基準仕様との差を予測する。

仮想予測信号生成部 U 2 は、自動車における内装材や座席といった部材のそれぞれの位置、部材のそれぞれの形状を表すデータ、等といった室内 S P O の構造を表す車両モデルを有している。また、仮想予測信号生成部 U 2 は、様々な条件で自動車 1 0 0 を走行させた時に得られる音響特性を表す実車データベースも有している。さらに、仮想予測信号生成部 U 2 は、自動車の部材毎に音の吸音率の特性、音の反射率の特性、流れ抵抗、損失係数、等といった音響に関する特性を表す部材データベースを有している。ここで、前述の部材は、フロアカーペット 1 1 1 に適用可能な複数の種類の部材といった、同じ部位に適用可能な複数の種類の部材を含む。仮想予測信号生成部 U 2 は、実車データベースと部材データベースに格納されているデータのうち利用者の希望に応じた組合せのデータを車両モデルに適用するコンピュータシミュレーションにより音響特性変化情報 I M 1 を求めることが可能である。

【 0 0 3 9 】

また、簡単な例として、仮想予測信号生成部 U 2 は、或る条件で自動車 1 0 0 を走行させた時に N p 箇所の部位について音響特性 C H 0 を表すデータを取得し、或る部材を別の種類に変えた自動車 1 0 0 を走行させた時に N p 箇所の部位について音響特性 C H 1 を表すデータを取得し、音響特性 C H 0 , C H 1 の差から N p 箇所の音響特性変化情報 I M 1 を求めてもよい。フロアカーペット 1 1 1 のみ種類を変えた場合の音響特性変化情報、ドアトリム 1 1 2 のみ種類を変えた場合の音響特性変化情報、等を求めることにより、多くの音響特性変化情報 I M 1 が求められる。より簡単な例としては、部材の種類が変わった部位のみ音響特性変化情報 I M 1 を求め、部材の種類が変わっていない部位の音響特性は変化しないとして扱ってもよい。

【 0 0 4 0 】

仮想予測信号生成部 U 2 は、内装材 1 1 1 ~ 1 1 6 といった内装 1 1 0 の各部材の種類の変更を受け付け可能である。仮想予測信号生成部 U 2 は、出力装置 1 7、例えば、表示装置に模擬的な自動車を表す画面を表示し、画面の中から入力装置 1 6、例えば、ポインティングデバイスによる操作を受け付けることにより部材の選択、及び、当該部材の種類の変更を受け付ける。仮想予測信号生成部 U 2 は、実車データベースと部材データベースに格納されているデータの内、選択された部材の変更前の音響特性を示すデータ、及び、選択された部材の変更後の音響特性を示すデータを車両モデルに適用するコンピュータシミュレーションにより各部位の音響特性変化情報 I M 1 を求める。これにより、利用者の多様な要望に応じた音響のシミュレーションが行われる。

例えば、上述した画面で利用者がフロアカーペット 1 1 1 を選択する操作を入力装置 1 6 により行い、フロアカーペット 1 1 1 を元の種類（種類 C 0 とする。）から別の種類（種類 C 1 とする。）に変更する操作を入力装置 1 6 により行ったものとする。この場合、仮想予測信号生成部 U 2 は、フロアカーペット 1 1 1 が元の種類 C 0 である場合の音響特性 C H 0 と別の種類 C 1 である場合の音響特性 C H 1 との差を各部位について表す音響特性変化情報 I M 1 を求めることになる。

【 0 0 4 1 】

仮想再現信号 S G 3 と音響特性変化情報 I M 1 に基づいて生成される仮想予測信号 S G 4 を構成する個別仮想予測信号 Q j の数も、N p である。すなわち、1 から N p までの整数をとり得る変数 j は、個別仮想予測信号 Q 1 ~ Q N p を識別する変数でもある。個別仮想予測信号 Q j は、元の個別仮想再現信号 P j から音響特性変化情報 I M 1 に応じて変化

10

20

30

40

50

した信号となる。簡単な例として、仮想予測信号生成部 U 2 は、部材の種類の変更が受け付けられた部位にある仮想スピーカー V S 0 に予測音を出力させる個別仮想予測信号 Q j のみ、元の個別仮想再現信号 P j から音響特性変化情報 I M 1 に応じて変化させた信号にしてもよい。この場合、部材の種類が変わっていない部位にある仮想スピーカー V S 0 に予測音を出力させる個別仮想予測信号 Q j は、元の個別仮想再現信号 P j のままでもよい。

【 0 0 4 2 】

N p 個の仮想スピーカー V S 0 に予測音を出力させる仮想予測信号 S G 4 は、前席 1 0 1 に座る乗員の頭部に合わせた聴取位置 1 2 0 における予測音に対応する A フォーマット信号といえる。第二フォーマット変換部 U 3 1 は、A フォーマットの仮想予測信号 S G 4 を複数の収音指向特性（成分 W , X , Y , Z ）の第二エンコード信号 S G 5 に変換する。

10

【 0 0 4 3 】

第二エンコード信号 S G 5 も、無指向性の 0 次成分 W、前後方向の 1 次成分 X、左右方向の 1 次成分 Y、及び、上下方向の 1 次成分 Z を含む B フォーマット信号である。個別仮想予測信号 Q 1 ~ Q N p から第二エンコード信号 S G 5 の成分 W , X , Y , Z へは、各仮想スピーカー V S 0 の設定箇所から聴取位置 1 2 0 までのベクトルに応じた換算式により変換することができる。

【 数 1 】

$$X = \sum_{j=1}^{Np} (qxj \cdot Qj) \quad (14)$$

20

$$Y = \sum_{j=1}^{Np} (qyj \cdot Qj) \quad (15)$$

$$Z = \sum_{j=1}^{Np} (qzj \cdot Qj) \quad (16)$$

$$W = \sum_{j=1}^{Np} (qwj \cdot Qj) \quad (17)$$

30

ここで、個別仮想予測信号 Q j に対する係数 q x j , q y j , q z j , q w j は、変数 j に対応する仮想スピーカー V S 0 の設定箇所から聴取位置 1 2 0 までのベクトルに応じた値である。

【 0 0 4 4 】

第二デコード部 U 3 2 は、N s 箇所のスピーカー 3 0 0 に予測音を出力させる出力信号 S G 6 を第二エンコード信号 S G 5 に基づいて生成する。出力信号 S G 6 を構成する個別出力信号 S k の数は、N s である。ここで、変数 k は、個別出力信号 S 1 ~ S N s を識別する変数であり、1 から N s までの整数をとり得る。スピーカー 3 0 0 の数 N s は、立体的な予測音を精度よく出力する点から、4 以上が好ましい。N s 個のスピーカー 3 0 0 の設置箇所は、同一平面に無い方が好ましい。

40

【 0 0 4 5 】

第二エンコード信号 S G 5 の成分 W , X , Y , Z から個別出力信号 S 1 ~ S N s へは、各スピーカー 3 0 0 の設置箇所から聴取位置 1 2 0 までのベクトルに応じた換算式により変換することができる。

$$S k = w k \cdot W + x k \cdot X + y k \cdot Y + z k \cdot Z \quad (18)$$

ここで、成分 W , X , Y , Z に対する係数 w k , x k , y k , z k は、変数 k に対応するスピーカー 3 0 0 の設置箇所から聴取位置 1 2 0 までのベクトルに応じた値である。

【 0 0 4 6 】

参考として、仮想的な立方体の中心に聴取位置 1 2 0 があり、この聴取位置 1 2 0 から

50

見て、前方左斜め上、前方右斜め上、後方左斜め上、後方右斜め上、前方左斜め下、前方右斜め下、後方左斜め下、及び、後方右斜め下の頂点にそれぞれスピーカー 300 が設置されていると仮定する。各スピーカー 300 に割り当てる個別出力信号を L_{FU} , R_{FU} , L_{BU} , R_{BU} , L_{FD} , R_{FD} , L_{BD} , R_{BD} とすると、上述した文献である「アンビソニックス」に示された換算式を適用することができる。

$$L_{FU} = W + 0.707(X + Y + Z) \quad (19)$$

$$R_{FU} = W + 0.707(X - Y + Z) \quad (20)$$

$$L_{BU} = W + 0.707(-X + Y + Z) \quad (21)$$

$$R_{BU} = W + 0.707(-X - Y + Z) \quad (22)$$

$$L_{FD} = W + 0.707(X + Y - Z) \quad (23)$$

$$R_{FD} = W + 0.707(X - Y - Z) \quad (24)$$

$$L_{BD} = W + 0.707(-X + Y - Z) \quad (25)$$

$$R_{BD} = W + 0.707(-X - Y - Z) \quad (26)$$

10

【0047】

以上、前席 101 を対象とした信号処理を説明したが、後席 102 を対象とした信号処理も上述した信号処理と同様に行われる。

【0048】

上述した具体例では、まず、B フォーマットの成分 W , X , Y , Z を有する第一エンコード信号 $SG2$ に基づいて Np 箇所の仮想スピーカー $VS0$ に立体音を再現させる個別仮想再現信号 $P1 \sim PNp$ が生成される。仮想再現信号 $SG3$ を構成する個別仮想再現信号 $P1 \sim PNp$ は、 Np 箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化を表す音響特性変化情報 $IM1$ に基づいて個別仮想予測信号 $Q1 \sim QNp$ に変換される。仮想予測信号 $SG4$ を構成する個別仮想予測信号 $Q1 \sim QNp$ は、B フォーマットの成分 W , X , Y , Z を有する第二エンコード信号 $SG5$ を経て Ns 箇所のスピーカー 300 に予測音を出力させる個別出力信号 $S1 \sim SNs$ に変換される。出力信号 $SG6$ を構成する個別出力信号 $S1 \sim SNs$ は、 Np 箇所の部位の少なくとも一部を変更した時の音響特性の変化が精度よく反映された予測音を Ns 箇所のスピーカー 300 に出力させる。

20

【0049】

以上により、 Np 箇所の仮想スピーカー $VS0$ に対応する設定箇所からの音の変化がコンピューターシミュレーション等により予測され、 Ns 箇所のスピーカー 300 から立体的な予測音出力される。これにより、利用者は、聴取位置 120 においてコンピューターシミュレーション等の予測結果を臨場感のある立体音として体感することができる。このため、利用者は、部材を実際に作製したり実際の自動車の部材を組み換えたりしなくても、予測音又は出力信号 $SG6$ に基づいて部材をスピーディーに開発することができる。また、利用者は予測音を繰り返し聴くことができるので、実際の自動車を用いた官能評価では判断し難い小さな変化が分かり易くなる。

30

【0050】

(3) 変形例：

本発明は、種々の変形例が考えられる。

上述した具体例では前席用の信号処理と後席用の信号処理の 2 系統の信号処理を行ったが、例えば、前席について運転席用の信号処理と助手席用の信号処理とを別々に行ってもよい。この場合、音響シミュレーション装置は、運転席用の Ns 箇所のスピーカー 300 と助手席用の Ns 箇所のスピーカー 300 とを備えていてもよい。後席についても、運転席後方の席のための信号処理と助手席後方の席のための信号処理とを別々に行ってもよい。むしろ、音響シミュレーション装置は、前席用の信号処理のみ行ってもよいし、後席用の信号処理のみ行ってもよい。

40

【0051】

收音信号 $SG1$ から仮想再現信号 $SG3$ を生成する処理は、B フォーマットの第一エンコード信号 $SG2$ を介する処理に限定されない。例えば、個別收音信号 $M1 \sim M4$ から個別仮想再現信号 $P1 \sim PNp$ への換算式を用いて收音信号 $SG1$ から仮想再現信号 $SG3$

50

を直接生成することも可能である。

仮想予測信号 S G 4 から出力信号 S G 6 を生成する処理は、B フォーマットの第二エンコード信号 S G 5 を介する処理に限定されない。例えば、個別仮想予測信号 Q 1 ~ Q N p から個別出力信号 S 1 ~ S N s への換算式を用いて仮想予測信号 S G 4 から出力信号 S G 6 を直接生成することも可能である。

【 0 0 5 2 】

(4) 結び：

以上説明したように、本発明によると、種々の態様により、車両の室内の立体音を精度よくシミュレートすることが可能な音響シミュレーション装置等の技術を提供することができる。むろん、独立請求項に係る構成要件のみからなる技術でも、上述した基本的な作用、効果が得られる。

10

また、上述した例の中で開示した各構成を相互に置換したり組み合わせを変更したりした構成、公知技術及び上述した例の中で開示した各構成を相互に置換したり組み合わせを変更したりした構成、等も実施可能である。本発明は、これらの構成等も含まれる。

20

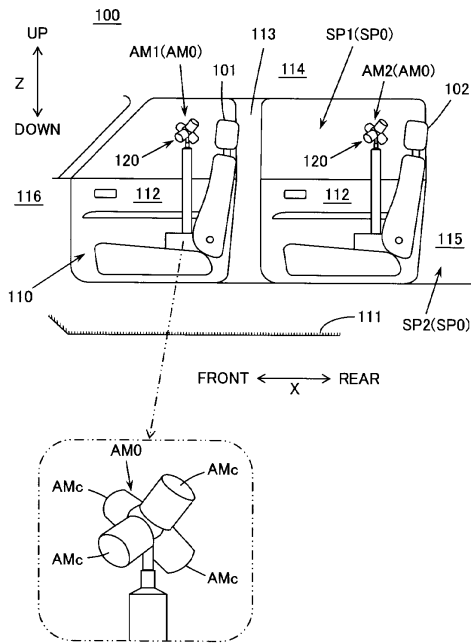
30

40

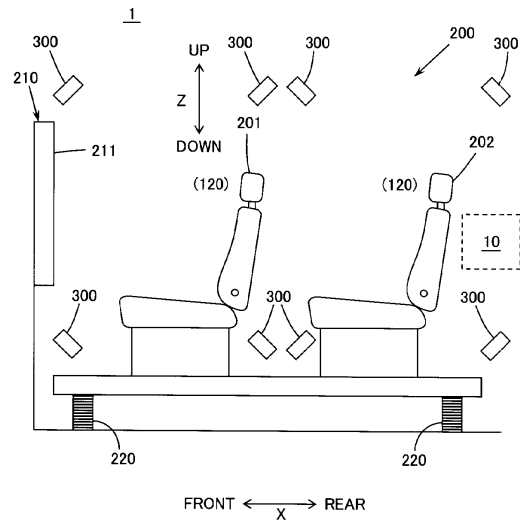
50

【図面】

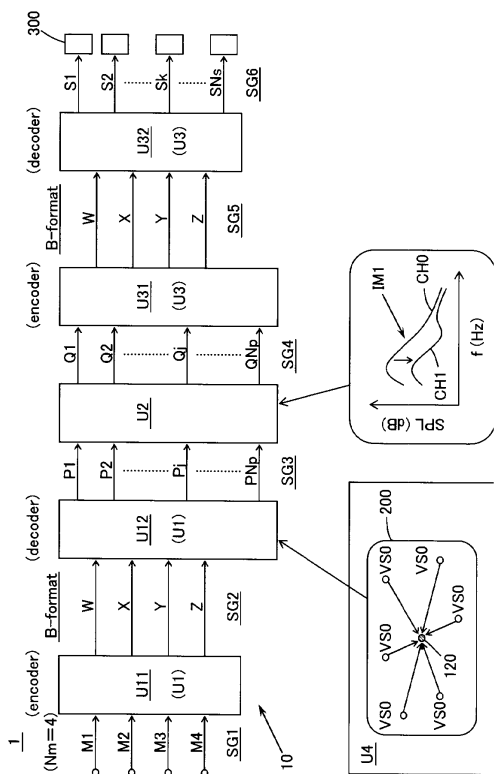
【図 1】



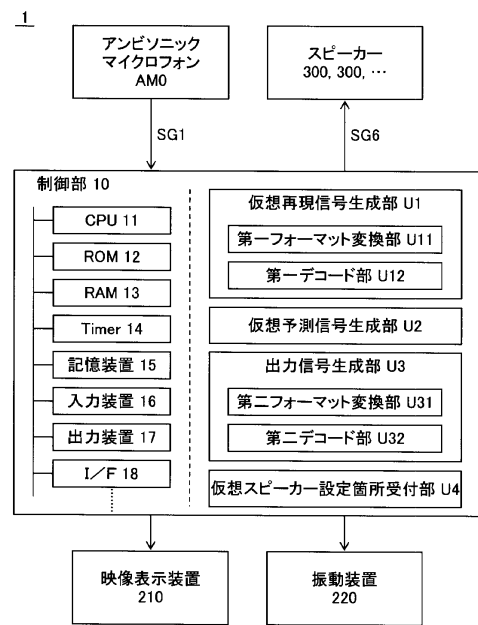
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献

特開 2 0 1 6 - 2 2 0 0 3 2 (J P , A)

特開平 1 1 - 3 8 9 7 9 (J P , A)

THRESH, Lewis et al. , A Direct Comparison of Localisation Performance When Using First, Third and Fifth Order Ambisonics for Real Loudspeaker and Virtual Loudspeaker Rendering , Proc. 143rd Convention of the Audio Engineering Society , 米国 , Audio Engineering Society , 2017年10月19日 , pp.1-9 , [online] , [retrieved on 2023-12-12] , Retrieved from the Internet: URL: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=19261>

BOEHM, Johannes , Decoding for 3D , Proc. 130th Convention of the Audio Engineering Society , 英国 , Audio Engineering Society , 2011年05月15日 , pp.1-16 , [online] , [retrieved on 2023-12-12] , Retrieved from the Internet: URL: <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=15893>

MISDARIIS, Nicolas et al. , Urban Environment Audio Simulation for Contextual Evaluation of Quiet Vehicles' Sound Design , Proc. 43rd International Congress on Noise Control Engineering , AU , Australian Acoustic Society , 2014年11月18日 , pp.1-10 , [online] , [retrieved on 2023-12-12] , Retrieved from the Internet: URL: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p753.pdf

MALHAM, David G. et al. , 3-D Sound Spatialization using Ambisonic Techniques , Computer Music Journal , 米国 , The MIT Press , 1995年 , Vol.19, No.4 , pp.58-70 , [online] , [retrieved on 2023-12-12] , Retrieved from the Internet: URL: <https://www.jstor.org/stable/3680991> , <https://doi.org/10.2307/3680991>

(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 - 1 5 / 1 2

G 1 0 L 1 9 / 0 0 - 9 9 / 0 0

I E E E X p l o r e