

明 細 書

発明の名称：

音響信号処理方法、コンピュータプログラム、及び、音響信号処理装置
技術分野

[0001] 本開示は、音響信号処理方法などに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1では、音響信号処理装置である三次元音場空間再生装置に係る技術が開示されており、この音響信号処理装置は、畳み込み演算された音響信号に、受聴者の移動速度及び音源の移動速度に基づきドップラー効果の処理を施すドップラー演算手段を備える。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平07-312800号公報

特許文献2：国際公開第2021/180938号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、特許文献1が示す技術では、受聴者に臨場感を与えることが困難な場合がある。

[0005] そこで、本開示は、受聴者に臨場感を与えることができる音響信号処理方法などを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、前記仮想空間における受聴者の位置を示す第2位置情報を取得する取得ステップと、取得された前記第1位置情報に基づいて、前記オブジェクトの移動速度を算出する第1算出ステップと、取得された前記第1位置情報及び取得された前記第2位置情報

に基づいて、前記オブジェクトと前記受聴者との距離を算出する第2算出ステップと、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記オブジェクトの移動により生じる風が前記受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、生成された前記空力音信号を出力する出力ステップと、を含む。

[0007] また、本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、雑音信号を複数の帯域強調フィルタのそれぞれで処理して、処理された複数の前記雑音信号の合成を行って処理することで、仮想空間における受聴者の耳に風が到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、生成された前記空力音信号を出力する出力ステップと、を含み、前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記受聴者の耳又は頭部の形状に起因して生じる前記空力音を模擬するためのフィルタである。

[0008] また、本開示の一態様に係るプログラムは、上記の音響信号処理方法をコンピュータに実行させる。

[0009] また、本開示の一態様に係る音響信号処理装置は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、前記仮想空間における受聴者の位置を示す第2位置情報を取得する取得部と、取得された前記第1位置情報に基づいて、前記オブジェクトの移動速度を算出する第1算出部と、取得された前記第1位置情報及び取得された前記第2位置情報に基づいて、前記オブジェクトと前記受聴者との距離を算出する第2算出部と、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記オブジェクトの移動により生じる風が前記受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成部と、生成された前記空力音信号を出力する出力部と、を備える。

[0010] なお、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、又は、コンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの非一時的な記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、及び、記録媒体の任意な組み合わせ

せで実現されてもよい。

発明の効果

[0011] 本開示の一態様に係る音響信号処理方法によれば、受聴者に臨場感を与えることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、受聴者の頭部又は耳に達することで発生する空力音を説明する図の一例である。

[図2A]図2Aは、受聴者の頭部又は耳に達することで発生する空力音を説明する図の他の一例である。

[図2B]図2Bは、本開示の音響処理又は復号処理が適用可能なシステムの一例である立体音響（Immersive Audio）再生システムを示す図である。

[図2C]図2Cは、本開示の符号化装置の一例である符号化装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図2D]図2Dは、本開示の復号装置の一例である復号装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図2E]図2Eは、本開示の符号化装置の別の一例である符号化装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図2F]図2Fは、本開示の復号装置の別の一例である復号装置の構成を示す機能ブロック図である。

[図2G]図2Gは、図2D又は図2Fにおけるデコーダの一例であるデコーダの構成を示す機能ブロック図である。

[図2H]図2Hは、図2D又は図2Fにおけるデコーダの別の一例であるデコーダの構成を示す機能ブロック図である。

[図2I]図2Iは、音響信号処理装置の物理的構成の一例を示す図である。

[図2J]図2Jは、符号化装置の物理的構成の一例を示す図である。

[図3A]図3Aは、実施の形態に係る音響信号処理装置の機能構成を示すブロック図である。

[図3B]図3Bは、実施の形態に係る選択部の動作例のフローチャートである。

[図4]図4は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例1のフローチャートである。

[図5]図5は、図4が示すステップS50において生成部が空力音信号を生成する第1例の方法を示すフローチャートである。

[図6]図6は、図4が示すステップS50において生成部が空力音信号を生成する第1例の方法を示すフローチャートである。

[図7]図7は、動作例1における第1例の方法に係る空力音データを收音するためのダミーヘッドマイクを示す模式図である。

[図8]図8は、動作例1における第1例の方法に係る空力音データを收音するための他のダミーヘッドマイクを示す模式図である。

[図9]図9は、図4が示すステップS50において生成部が空力音信号を生成する第2例の方法を示すフローチャートである。

[図10A]図10Aは、動作例1における第2例の方法に係る生成部が空力音信号を生成する処理を説明する図である。

[図10B]図10Bは、動作例1における第2例の方法に係る生成部が空力音信号を生成する処理を説明する他の図である。

[図11]図11は、動作例1における第2例の方法に係る4つのバンドパスフィルタの一例とその処理を示す図である。

[図12]図12は、動作例1における第2例の方法に係る生成部が処理信号を生成する処理を説明する他の図である。

[図13]図13は、動作例1における第2例の方法に係る生成部が処理信号を生成する処理を説明する他の図である。

[図14]図14は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例2のフローチャートである。

[図15]図15は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例3のフローチャートである。

[図16]図16は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例4のフローチャートである。

[図17]図17は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例4に係るオブジェクトである航空機を示す図である。

[図18]図18は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例5に係るオブジェクトであるうちわを示す図である。

[図19]図19は、実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例5のフローチャートである。

[図20]図20は、図2G及び図2Hのレンダリング部がパイプライン処理を行う場合を説明するための機能ブロック図及びステップの一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] (本開示の基礎となった知見)

従来、仮想空間において、ドップラー効果を発揮させるために音響信号（つまりは音信号）を処理する音響信号処理装置が知られている。

[0014] 特許文献1では、音響信号処理装置である三次元音場空間再生装置に係る技術が開示されている。この音響信号処理装置は、畳み込み演算された音響信号に、受聴者の移動速度及び音を発する音源（つまりは音を発するオブジェクト）の移動速度に基づきドップラー効果の処理を施すドップラー演算手段を備える。これにより、受聴者がドップラー効果の処理が施された音を受聴することで、受聴者は、音を発するオブジェクト（例えばサイレンを発する救急車）が移動していることを認識することができる。

[0015] また、特許文献1には開示はないが、音を発さないオブジェクトであっても当該オブジェクトが移動することで風切り音を生じている場合、受聴者が当該風切り音を受聴することとなる。これにより、受聴者は、当該オブジェクトが移動していることをより強く認識することができる。例えば、オブジェクトが野球で用いられるバットである場合に、このオブジェクト（バット）が移動（位置の変化）したとき、つまりはバットがスイングされたときに

、風切り音が生じる。受聴者は、この風切り音を受聴することで、バットがスイングされたことを認識することができる。

[0016] このようなドップラー効果の処理が施された音及び風切り音は、仮想現実（バーチャル・リアリティ：VR（Virtual Reality））、又は、拡張現実（オーグメンテッド・リアリティ：AR（Augmented Reality））などの、ユーザが存在する空間において立体的な音を再生するためのアプリケーションにおいて、利用されている。

[0017] ここで、音を発さず、かつ、風切り音が生じるほど高速に移動していないオブジェクトについて検討を行う。

[0018] このようなオブジェクトであっても、空気中を移動することによって風が発生させ、当該風が受聴者に達する場合がある。この場合に、当該風が、例えば受聴者の頭部又は耳に達することで、空力音が発生する。空力音とは、仮想空間における受聴者の耳に風が到達することで生じる音でもあり、受聴者の耳又は頭部の形状に起因して生じる音でもある。受聴者が、当該空力音を受聴することによって、当該オブジェクトが移動していることを知覚する。この例について、図1及び図2Aを用いて説明する。

[0019] 図1は、受聴者Lの頭部又は耳に達することで発生する空力音を説明する図の一例である。図1が示す車両400は、例えばサイレンなどの音を発さず、かつ、風切り音が生じるほど高速に移動していない。

[0020] このような車両400であっても、車両400が移動することによって、風Wが起こる。この風Wが受聴者Lに達した場合、例えば受聴者Lの耳の形状に応じた空力音が生じ、受聴者Lが、当該空力音を受聴することとなる。このため、受聴者Lは、車両400が移動していることを聴覚によって知覚することができる。

[0021] 図2Aは、受聴者Lの頭部又は耳に達することで発生する空力音を説明する図の他の一例である。図2Aが示す扇風機600は複数の大きな羽根601を有し、羽根601が回転している。

[0022] この羽根601が回転しており、かつ、風切り音が生じるほど高速に回転

していない場合であっても、風Wが起こる。この風Wが受聴者Lに達した場合、例えば受聴者Lの耳の形状に応じた空力音が生じ、受聴者Lが、当該空力音を受聴することとなる。このため、受聴者Lは、羽根601が回転（移動）していることを聴覚によって知覚することができる。

[0023] このような空力音によって、受聴者Lがオブジェクト（車両400又は羽根601）が移動していることを知覚できれば、受聴者Lは、より臨場感を得ることができる。

[0024] このように、上記風Wが、受聴者Lの頭部又は耳などに達することで発生する空力音は、特許文献1に開示される技術では、受聴者Lに出力されることは明らかになっていない。すなわち、当該空力音を出力することができない従来技術（特許文献1が示す技術）では、受聴者Lに臨場感を与えることが困難な場合がある。

[0025] そのため、受聴者Lに臨場感を与えることができる音響信号処理方法などが求められている。

[0026] そこで、本開示の第1態様に係る音響信号処理方法は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、前記仮想空間における受聴者の位置を示す第2位置情報を取得する取得ステップと、取得された前記第1位置情報に基づいて、前記オブジェクトの移動速度を算出する第1算出ステップと、取得された前記第1位置情報及び取得された前記第2位置情報に基づいて、前記オブジェクトと前記受聴者との距離を算出する第2算出ステップと、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記オブジェクトの移動により生じる風が前記受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、生成された前記空力音信号を出力する出力ステップと、を含む。

[0027] これにより、音響信号処理方法は、仮想空間におけるオブジェクトの位置及び受聴者の位置に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風が受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成し、生成された空力音信号を出力することができる。この空力音信号などがヘッドフォン又

はスピーカなどに出力されることで、受聴者は当該空力音を受聴することができる。このため、受聴者は、当該オブジェクトが移動していることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、受聴者に臨場感を与えることができる。

[0028] また、例えば、本開示の第2態様に係る音響信号処理方法は、前記生成ステップでは、算出された前記移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された前記距離が小さいほど前記空力音の音量を大きくするように前記空力音信号を生成する、第1態様に係る音響信号処理方法である。

[0029] これにより、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者との距離に応じて、受聴者が受聴する空力音を制御することができるため、受聴者は、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0030] また、例えば、本開示の第3態様に係る音響信号処理方法は、前記取得ステップでは、前記オブジェクトが前記空力音を生成するか否かを示す可否情報を取得し、前記生成ステップでは、取得された前記可否情報が、前記オブジェクトが前記空力音を生成することを示す場合に、前記空力音信号を生成する、第1又は第2態様に係る音響信号処理方法である。

[0031] これにより、可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示す場合のみに空力音信号が生成される。つまりは、音響信号処理方法は、可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示さない場合には空力音信号を生成する必要がないため、音響信号処理方法において、空力音を発生させるための処理負荷を抑制することができる。

[0032] また、例えば、本開示の第4態様に係る音響信号処理方法は、前記取得ステップでは、前記オブジェクトの形状を示す形状情報を取得し、前記生成ステップでは、取得された形状情報が示す前記形状、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記空力音信号を生成する、第1又は第2態様に係る音響信号処理方法である。

- [0033] これにより、空力音信号が、オブジェクトの形状、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者との距離に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者が受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。
- [0034] また、例えば、本開示の第5態様に係る音響信号処理方法は、前記生成ステップでは、算出された前記移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された前記距離が小さいほど前記空力音の音量を大きくするように、かつ、取得された前記形状情報に基づいて前記オブジェクトの体積が大きいほど前記空力音の音量を大きくするように前記空力音信号を生成する、第4態様に係る音響信号処理方法である。
- [0035] これにより、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者との距離、及び、オブジェクトの体積に応じて、受聴者が受聴する空力音を制御することができるため、受聴者は、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。
- [0036] また、例えば、本開示の第6態様に係る音響信号処理方法は、算出された前記移動速度及び取得された前記形状情報に基づいて、前記オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する第3算出ステップを含み、前記生成ステップでは、算出された前記移動速度、算出された前記距離及び算出された前記風量に基づいて、前記空力音信号を生成する、第4態様に係る音響信号処理方法である。
- [0037] これにより、空力音信号が、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者との距離、及び、上記風量に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者が受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。
- [0038] また、例えば、本開示の第7態様に係る音響信号処理方法は、前記生成ステップでは、算出された前記移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された前記距離が小さいほど前記空力音の音量を大きくするように、かつ、算出された前記風量が大きいほど前記空力音の音

量を大きくするように前記空力音信号を生成する、第6態様に係る音響信号処理方法である。

[0039] これにより、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者との距離、及び、上記風量に応じて、受聴者が受聴する空力音を制御することができるため、受聴者は、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0040] また、例えば、本開示の第8態様に係る音響信号処理方法は、前記生成ステップでは、算出された前記移動速度、算出された前記距離及び人の耳の形状に基づいて、前記空力音信号を生成する、第1～第7態様のいずれか1つの態様に係る音響信号処理方法である。

[0041] これにより、空力音信号が、人の耳の形状に基づく音生成モデルに応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者が受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0042] また、例えば、本開示の第9態様に係る音響信号処理方法は、人の耳又は人の耳を模したモデルに風が到達することで生じる音が收音されたデータである空力音データが記憶される記憶ステップと、前記生成ステップでは、記憶された前記空力音データ、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記空力音信号を生成する、第1～第7態様のいずれか1つの態様に係る音響信号処理方法である。

[0043] これにより、空力音信号が、実際に生じた音が收音されたデータに応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者が受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0044] また、例えば、本開示の第10態様に係る音響信号処理方法は、前記第3算出ステップでは、取得された前記形状情報に示される前記オブジェクトの移動方向から見た前記オブジェクトの面積、及び、算出された前記移動速度に基づいて、前記風量を算出する、第6又は第7態様に係る音響信号処理方

法である。

- [0045] これにより、上記風量が、形状情報に示されるオブジェクトの移動方向から見たオブジェクトの面積、及び、移動速度に基づいて算出される。そして、空力音信号が、このような風量、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者との距離に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者が受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。
- [0046] また、例えば、本開示の第11態様に係る音響信号処理方法は、前記第1算出ステップでは、取得された前記第1位置情報に基づいて、前記オブジェクトの前記移動速度及び移動方向を算出し、前記第3算出ステップでは、取得された前記形状情報、算出された前記移動方向、及び、算出された前記移動速度に基づいて、前記風量を算出する、第6又は第7態様に係る音響信号処理方法である。
- [0047] これにより、上記風量が、形状情報、移動方向及び移動速度に基づいて算出される。そして、空力音信号が、このような風量、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者との距離に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者が受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。
- [0048] また、本開示の第12態様に係る音響信号処理方法は、雑音信号を複数の帯域強調フィルタのそれぞれで処理して、処理された複数の前記雑音信号の合成を行って処理することで、仮想空間における受聴者の耳に風が到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、生成された前記空力音信号を出力する出力ステップと、を含み、前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記受聴者の耳又は頭部の形状に起因して生じる前記空力音を模擬するためのフィルタである。
- [0049] これにより、音響信号処理方法は、仮想空間における受聴者に、仮想空間における受聴者の耳に風が到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成し、生成した空力音信号を出力することができる。この空力音信号など

がヘッドフォン又はスピーカなどに出力されることで、受聴者は当該空力音を受聴することができる。このため、受聴者は、仮想空間において風が吹いていることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、受聴者に臨場感を与えることができる。

[0050] また、本開示の第13態様に係る音響信号処理方法は、前記複数の帯域強調フィルタは、処理された前記複数の雑音信号のうち当該帯域強調フィルタが処理した雑音信号に当該帯域強調フィルタに対応する所定の係数の乗算を行い、前記生成ステップでは、前記乗算が行われた後に、前記合成を行う、第12態様に係る音響信号処理方法である。

[0051] これにより、音響信号処理方法により生成される空力音が、現実空間で受聴者が受聴する空力音により似た音となる。そのため、受聴者は、より臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0052] また、本開示の第14態様に係る音響信号処理方法は、前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記耳に到達する前記風の風速に応じて特性が変動する、第12又は第13態様に係る音響信号処理方法である。

[0053] これにより、音響信号処理方法により生成される空力音が、現実空間で受聴者が受聴する空力音により似た音となる。そのため、受聴者は、より臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0054] また、本開示の第15態様に係る音響信号処理方法は、前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記耳に到達する前記風の風向に応じて特性が変動する、第12～第14のいずれか1つの態様に係る音響信号処理方法である。

[0055] これにより、音響信号処理方法により生成される空力音が、現実空間で受聴者が受聴する空力音により似た音となる。そのため、受聴者は、より臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理方法

は、受聴者により臨場感を与えることができる。

[0056] また、本開示の第16態様に係るコンピュータプログラムは、第1～第16のいずれか1つの態様に係る音響信号処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

[0057] これにより、コンピュータが、コンピュータプログラムに従って、上記の音響信号処理方法を実行することができる。

[0058] また、本開示の第17態様に係る音響信号処理装置は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、前記仮想空間における受聴者の位置を示す第2位置情報を取得する取得部と、取得された前記第1位置情報に基づいて、前記オブジェクトの移動速度を算出する第1算出部と、取得された前記第1位置情報及び取得された前記第2位置情報に基づいて、前記オブジェクトと前記受聴者との距離を算出する第2算出部と、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記オブジェクトの移動により生じる風が前記受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成部と、生成された前記空力音信号を出力する出力部と、を備える。

[0059] これにより、音響信号処理装置は、仮想空間におけるオブジェクトの位置及び受聴者の位置に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風が受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成し、生成された空力音信号を出力することができる。この空力音信号などがヘッドフォン又はスピーカなどに出力されることで、受聴者は当該空力音を受聴することができる。このため、受聴者は、当該オブジェクトが移動していることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理装置は、受聴者に臨場感を与えることができる。

[0060] さらに、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、又は、コンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの非一時的な記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム、及び、記録媒体の任意な組み合わせ

わせで実現されてもよい。

- [0061] 以下、実施の形態について図面を参照しながら具体的に説明する。
- [0062] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、請求の範囲を限定する主旨ではない。
- [0063] また、以下の説明において、第1及び第2等の序数が要素に付けられている場合がある。これらの序数は、要素を識別するため、要素に付けられており、意味のある順序に必ずしも対応しない。これらの序数は、適宜、入れ替えられてもよいし、新たに付与されてもよいし、取り除かれてもよい。
- [0064] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、各図において縮尺などは必ずしも一致していない。各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。
- [0065] 本明細書において、垂直などの要素間の関係性を示す用語、数値範囲は、厳格な意味のみを表す表現ではなく、実質的に同等な範囲、例えば数%程度の差異をも含むことを意味する表現である。
- [0066] (実施の形態)
[本開示の音響処理技術又は符号化／復号技術を適用可能な装置例]
(立体音響再生システム)
図2Bは、本開示の音響処理又は復号処理が適用可能なシステムの一例である立体音響(Immersive Audio)再生システムA0000を示す図である。立体音響再生システムA0000は、音響信号処理装置A0001と音声提示装置A0002を含む。
- [0067] 音響信号処理装置A0001は、仮想音源が発した音声信号に対して音響処理を施して、リスナ(つまりは受聴者)に対して提示される音響処理後の音声信号を生成する。音声信号は声に限らず可聴音であればよい。音響処理とは、例えば、音源から発生した音が、当該音が発せられてからリスナが聴

くまでの間に受ける一又は複数の音に関する作用を再現するために音声信号に対して施される信号処理である。音響信号処理装置A0001は、上述した音に関する作用を引き起こす要因を記述した情報に基づいて音響処理を実施する。空間情報は、例えば、音源、リスナ、周囲のオブジェクトの位置を示す情報、空間の形状を示す情報、音の伝搬に関するパラメータなどを含む。音響信号処理装置A0001は、例えば、PC (Personal Computer)、スマートフォン、タブレット、またはゲームコンソールなどである。

[0068] 音響処理後の信号は、音声提示装置A0002からリスナ（ユーザ）に提示される。音声提示装置A0002は、無線又は有線の通信を介して音響信号処理装置A0001と接続されている。音響信号処理装置A0001で生成された音響処理後の音声信号は、無線または有線の通信を介して音声提示装置A0002に伝送される。音声提示装置A0002が、例えば、右耳用のデバイスと左耳用のデバイスなど複数のデバイスで構成されている場合、複数のデバイス間または複数のデバイスのそれぞれと音響信号処理装置A0001が通信することで、複数のデバイスは同期して音を提示する。音声提示装置A0002は、例えば、リスナの頭部に装着されるヘッドフォン、イヤホン、ヘッドマウントディスプレイ、または固定された複数のスピーカで構成されたサラウンドスピーカーなどである。

[0069] なお、立体音響再生システムA0000は、視覚的にAR／VRを含むER (Extended Reality) 体験を提供する画像提示装置又は立体映像提示装置と組み合わせて用いられてもよい。

[0070] なお、図2Bは、音響信号処理装置A0001と音声提示装置A0002とが別々の装置であるシステム構成例を示しているが、本開示の音響信号処理方法または復号方法が適用可能な立体音響再生システムは図2Bの構成に限定されない。例えば、音響信号処理装置A0001が音声提示装置A0002に含まれ、音声提示装置A0002が音響処理と音の提示との両方を行ってもよい。また、音響信号処理装置A0001と音声提示装置A0002

とが本開示で説明する音響処理を分担して実施してもよいし、音響信号処理装置A0001又は音声提示装置A0002とネットワークを介して接続されたサーバが本開示で説明する音響処理の一部又は全体を実施してもよい。

[0071] なお、上記説明では、音響信号処理装置A0001と呼んでいるが、音響信号処理装置A0001が音声信号又は音響処理に用いる空間情報の少なくとも一部のデータを符号化して生成されたビットストリームを復号して音響処理を実施する場合、音響信号処理装置A0001は復号装置と呼ばれてもよい。

[0072] (符号化装置の例)

図2Cは、本開示の符号化装置の一例である符号化装置A0100の構成を示す機能ブロック図である。

[0073] 入力データA0101はエンコーダA0102に入力される空間情報及び／又は音声信号を含む符号化対象となるデータである。空間情報の詳細については後で説明する。

[0074] エンコーダA0102は、入力データA0101を符号化して、符号化データA0103を生成する。符号化データA0103は、例えば、符号化処理によって生成されたビットストリームである。

[0075] メモリA0104は、符号化データA0103を格納する。メモリA0104は、例えば、ハードディスク又はSSD (Solid State Drive) であってもよいし、その他のメモリであってもよい。

[0076] なお、上記説明ではメモリA0104に記憶される符号化データA0103の一例として符号化処理によって生成されたビットストリームを挙げたが、ビットストリーム以外のデータであってもよい。例えば、符号化装置A0100は、ビットストリームを所定のデータフォーマットに変換して生成された変換後のデータをメモリA0104に記憶してもよい。変換後のデータは、例えば、一又は複数のビットストリームを格納したファイル又は多重化ストリームであってもよい。ここで、ファイルは、例えばISO BMFF (ISO Base Media File Format) などのファイルフ

フォーマットを有するファイルである。また、符号化データA0103は、上記のビットストリーム又はファイルを分割して生成された複数のパケットの形式であってもよい。エンコーダA0102で生成されたビットストリームをビットストリームとは異なるデータに変換する場合、符号化装置A0100は、図示されていない変換部を備えていてもよいし、CPU（Central Processing Unit）で変換処理を行ってもよい。

[0077] （復号装置の例）

図2Dは、本開示の復号装置の一例である復号装置A0110の構成を示す機能ブロック図である。

[0078] メモリA0114は、例えば、符号化装置A0100で生成された符号化データA0103と同じデータを格納している。メモリA0114は、保存されているデータを読み出し、デコーダA0112の入力データA0113として入力する。入力データA0113は、例えば、復号対象となるビットストリームである。メモリA0114は、例えば、ハードディスク又はSSDであってもよいし、その他のメモリであってもよい。

[0079] なお、復号装置A0110は、メモリA0114が記憶しているデータをそのまま入力データA0113とするのではなく、読み出したデータを変換して生成された変換後のデータを入力データA0113としてもよい。変換前のデータは、例えば、一又は複数のビットストリームを格納した多重化データであってもよい。ここで、多重化データは、例えばISOBMFFなどのファイルフォーマットを有するファイルであってもよい。また、変換前のデータは、上記のビットストリーム又はファイルを分割して生成された複数のパケットの形式であってもよい。メモリA0114から読み出したビットストリームとは異なるデータをビットストリームに変換する場合、復号装置A0110は、図示されていない変換部を備えていてもよいし、CPUで変換処理を行ってもよい。

[0080] デコーダA0112は、入力データA0113を復号して、リスナに提示される音声信号A0111を生成する。

[0081] (符号化装置の別の例)

図 2 E は、本開示の符号化装置の別の一例である符号化装置 A 0 1 2 0 の構成を示す機能ブロック図である。図 2 E では、図 2 C の構成と同じ機能を有する構成に図 2 C の構成と同じ符号を付しており、これらの構成については説明を省略する。

[0082] 符号化装置 A 0 1 0 0 は符号化データ A 0 1 0 3 をメモリ A 0 1 0 4 に記憶していたのに対し、符号化装置 A 0 1 2 0 は符号化データ A 0 1 0 3 を外部に対して送信する送信部 A 0 1 2 1 を備える点で符号化装置 A 0 1 0 0 と異なる。

[0083] 送信部 A 0 1 2 1 は、符号化データ A 0 1 0 3 又は符号化データ A 0 1 0 3 を変換して生成した別のデータ形式のデータに基づいて送信信号 A 0 1 2 2 を別の装置又はサーバに対して送信する。送信信号 A 0 1 2 2 の生成に用いられるデータは、例えば、符号化装置 A 0 1 0 0 で説明したビットストリーム、多重化データ、ファイル、又はパケットである。

[0084] (復号装置の別の例)

図 2 F は、本開示の復号装置の別の一例である復号装置 A 0 1 3 0 の構成を示す機能ブロック図である。図 2 F では、図 2 D の構成と同じ機能を有する構成に図 2 D の構成と同じ符号を付しており、これらの構成については説明を省略する。

[0085] 復号装置 A 0 1 1 0 は入力データ A 0 1 1 3 をメモリ A 0 1 1 4 から読み出していたのに対し、復号装置 A 0 1 3 0 は入力データ A 0 1 1 3 を外部から受信する受信部 A 0 1 3 1 を備える点で復号装置 A 0 1 1 0 と異なる。

[0086] 受信部 A 0 1 3 1 は、受信信号 A 0 1 3 2 を受信して受信データを取得し、デコーダ A 0 1 1 2 に入力される入力データ A 0 1 1 3 を出力する。受信データは、デコーダ A 0 1 1 2 に入力される入力データ A 0 1 1 3 と同じであってもよいし、入力データ A 0 1 1 3 とは異なるデータ形式のデータであってもよい。受信データが、入力データ A 0 1 1 3 と異なるデータ形式のデータの場合、受信部 A 0 1 3 1 が受信データを入力データ A 0 1 1 3 に変換

してもよいし、復号装置A 0 1 3 0が備える図示されていない変換部又はC P Uが受信データを入力データA 0 1 1 3に変換してもよい。受信データは、例えば、符号化装置A 0 1 2 0で説明したビットストリーム、多重化データ、ファイル、又はパケットである。

[0087] (デコーダの機能説明)

図2 Gは、図2 D又は図2 FにおけるデコーダA 0 1 1 2の一例であるデコーダA 0 2 0 0の構成を示す機能ブロック図である。

[0088] 入力データA 0 1 1 3は符号化されたビットストリームであり、符号化された音声信号である符号化音声データと音響処理に用いるメタデータとを含んでいる。

[0089] 空間情報管理部A 0 2 0 1は、入力データA 0 1 1 3に含まれるメタデータを取得して、メタデータを解析する。メタデータは、音空間に配置された音に作用する要素を記述した情報を含む。空間情報管理部A 0 2 0 1は、メタデータを解析して得られた音響処理に必要な空間情報を管理し、レンダリング部A 0 2 0 3に対して空間情報を提供する。なお、本開示では音響処理に用いる情報が空間情報と呼ばれているが、それ以外の呼び方であってもよい。当該音響処理に用いる情報は、例えば、音響処理に用いる情報を音空間情報と呼ばれてもよいし、シーン情報と呼ばれてもよい。また、音響処理に用いる情報が経時的に変化する場合、レンダリング部A 0 2 0 3に入力される空間情報は、空間状態、音空間状態、シーン状態などと呼ばれてもよい。

[0090] また、空間情報は音空間ごと又はシーンごとに管理されていてもよい。例えば、異なる部屋を仮想空間として表現する場合、それぞれの部屋が異なる音空間のシーンとして管理されてもよいし、同じ空間であっても表現する場面に応じて異なるシーンとして空間情報が管理されてもよい。空間情報の管理において、それぞれの空間情報を識別する識別子が付与されておいてもよい。空間情報のデータは、入力データの一形態であるビットストリームに含まれていてもよいし、ビットストリームが空間情報の識別子を含み、空間情報のデータはビットストリーム以外から取得してもよい。ビットストリーム

に空間情報の識別子のみが含まれる場合、レンダリング時に空間情報の識別子を用いて、音響信号処理装置A0001のメモリ又は外部のサーバに記憶された空間情報のデータが入力データとして取得されてもよい。

[0091] なお、空間情報管理部A0201が管理する情報は、ビットストリームに含まれる情報に限定されない。例えば、入力データA0113は、ビットストリームには含まれないデータとして、VR又はARを提供するソフトウェアアプリケーション又はサーバから取得された空間の特性又は構造を示すデータを含んでいてもよい。また、例えば、入力データA0113は、ビットストリームには含まれないデータとして、リスナ又はオブジェクトの特性又は位置などを示すデータを含んでいてもよい。また、入力データA0113は、リスナの位置を示す情報として復号装置を含む端末が備えるセンサで取得された情報、又は、センサで取得された情報に基づいて推定された端末の位置を示す情報を含んでいてもよい。つまり、空間情報管理部A0201は外部のシステム又はサーバと通信し、空間情報及びリスナの位置を取得してもよい。また、空間情報管理部A0201が外部のシステムからクロック同期情報を取得し、レンダリング部A0203のクロックと同期する処理を実行してもよい。なお、上記の説明における空間は、仮想的に形成された空間、つまりVR空間であってもよいし、実空間（現実空間）又は実空間に対応する仮想空間、つまりAR空間又はMR（Mixed Reality）空間であってもよい。また、仮想空間は音場又は音空間と呼ばれてもよい。また、上記の説明における位置を示す情報は、空間内における位置を示す座標値などの情報であってもよいし、所定の基準位置に対する相対位置を示す情報であってもよいし、空間内の位置の動き又は加速度を示す情報であってもよい。

[0092] 音声データデコーダA0202は、入力データA0113に含まれる符号化音声データを復号して、音声信号を取得する。

[0093] 立体音響再生システムA0000が取得する符号化音声データは、例えば、MPEG-H 3D Audio（ISO/IEC 23008-3）等

の所定の形式で符号化されたビットストリームである。なお、MPEG-H 3D Audioはあくまでビットストリームに含まれる符号化音声データを生成する際に利用可能な符号化方式の一例であり、他の符号化方式で符号化されたビットストリームと符号化音声データとして含んでいてもよい。例えば、用いられる符号化方式は、MP3 (MPEG-1 Audio Layer-3)、AAC (Advanced Audio Coding)、WMA (Windows Media Audio)、AC3 (Audio Codec-3)、Vorbisなどの非可逆コーデックであってもよいし、ALAC (Apple Lossless Audio Codec)、FLAC (Free Lossless Audio Codec)などの可逆コーデックであってもよいし、上記以外の任意の符号化方式が用いられてもよい。例えば、PCM (pulse code modulation) データが符号化音声データ的一种であるとしてもよい。この場合、復号処理は、例えば、当該PCMデータの量子化ビット数がNである場合、Nビットの二進数を、レンダリング部A0203が処理できる数形式（例えば浮動小数点形式）に変換する処理としてもよい。

[0094] レンダリング部A0203は、音声信号と空間情報とを入力とし、空間情報を用いて音声信号に音響処理を施して、音響処理後の音声信号A0111を出力する。

[0095] 空間情報管理部A0201は、レンダリングを開始する前に、入力信号のメタデータを読み込み、空間情報で規定されたオブジェクト又は音などのレンダリングアイテムを検出し、レンダリング部A0203に送信する。レンダリング開始後、空間情報管理部A0201は、空間情報及びリスナの位置の経時的な変化を把握し、空間情報を更新して管理する。そして、空間情報管理部A0201は、更新された空間情報をレンダリング部A0203に送信する。レンダリング部A0203は入力データに含まれる音声信号と、空間情報管理部A0201から受信した空間情報とに基づいて音響処理を付加した音声信号を生成し出力する。

- [0096] 空間情報の更新処理と、音響処理を付加した音声信号の出力処理とが同じスレッドで実行されてもよいし、空間情報管理部A0201とレンダリング部A0203とはそれぞれ独立したスレッドに配分してもよい。空間情報の更新処理と、音響処理を付加した音声信号の出力処理とが異なるスレッドで処理される場合、スレッドの起動頻度が個々に設定されてもよいし、平行して処理が実行されてもよい。
- [0097] 空間情報管理部A0201とレンダリング部A0203とが異なる独立したスレッドで処理を実行することで、レンダリング部A0203に優先的に演算資源を割り当てることができるので、僅かな遅延も許容できないような出音処理の場合、例えば、1サンプル(0.02ms)でも遅延した場合にプチっというノイズが発生するような出音処理であっても安全に実施することができる。その際、空間情報管理部A0201には演算資源の割り当てが制限される。しかし、空間情報の更新は、音声信号の出力処理と比較して、低頻度の処理(例えば、受聴者の顔の向き of 更新のような処理)である。このため、音声信号の出力処理のように必ずしも瞬間的に応答しなければならないというものではないので、演算資源の割り当てを制限しても受聴者の与える音響的な品質に大きな影響はない。
- [0098] 空間情報の更新は、予め設定された時間又は期間ごとに定期的に行われてもよいし、予め設定された条件が満たされた場合に実行されてもよい。また、空間情報の更新は、リスナ又は音空間の管理者によって手動で行われてもよいし、外部システムの変化をトリガとして実行されてもよい。例えば、受聴者がコントローラーを操作して、自身のアバターの立ち位置を瞬間的にワープしたり、時刻を瞬時に進めたり戻したり、或いは、仮想空間の管理者が、突如、場の環境を変更するような演出を施したりした場合、空間情報管理部A0201が配置されたスレッドは、定期的な起動に加えて、単発的な割り込み処理として起動されてもよい。
- [0099] 空間情報の更新処理を実行する情報更新スレッドが担う役割は、例えば、受聴者が装着しているVRゴーグルの位置又は向きに基づいて、仮想空間内

に配置された受聴者のアバターの位置又は向きを更新する処理、及び、仮想空間内を移動している物体の位置の更新などであり、数10Hz程度の比較的低頻度で起動する処理スレッド内で賄われるものである。そのような、発生頻度の低い処理スレッドで直接音の性質を反映させる処理が行われるようにしてもよい。それは、オーディオ出力のためのオーディオ処理フレームの発生頻度より直接音の性質が変動する頻度が低いためである。むしろそうすることで、当該処理の演算負荷を相対的に小さくすることができるし、不必要に速い頻度で情報を更新するとパルシブなノイズが発生するリスクが生じるので、そのリスクを回避することもできる。

[0100] 図2Hは、図2D又は図2FにおけるデコーダA0112の別の一例であるデコーダA0210の構成を示す機能ブロック図である。

[0101] 図2Hは、入力データA0113が、符号化音声データではなく符号化されていない音声信号を含んでいる点で図2Gと異なる。入力データA0113は、メタデータを含むビットストリームと音声信号を含む。

[0102] 空間情報管理部A0211は、図2Gの空間情報管理部A0201と同じであるため説明を省略する。

[0103] レンダリング部A0213は、図2Gのレンダリング部A0203と同じであるため説明を省略する。

[0104] なお、上記説明では図2Hの構成がデコーダと呼ばれているが、音響処理を実施する音響処理部と呼ばれてもよい。また、音響処理部を含む装置が復号装置ではなく音響処理装置と呼ばれてもよい。また、音響信号処理装置A0001が音響処理装置と呼ばれてもよい。

[0105] (音響信号処理装置の物理的構成)

図2Iは、音響信号処理装置の物理的構成の一例を示す図である。なお、図2Iの音響信号処理装置は、復号装置であってもよい。また、ここで説明する構成の一部は音声提示装置A0002に備えられていてもよい。また、図2Iに示される音響信号処理装置は、上記の音響信号処理装置A0001の一例である。

- [0106] 図21の音響信号処理装置は、プロセッサと、メモリと、通信IFと、センサと、スピーカとを備える。
- [0107] プロセッサは、例えば、CPU (Central Processing Unit) 又はDSP (Digital Signal Processor) 又はGPU (Graphics Processing Unit) であり、当該CPU又はDSP又はGPUがメモリに記憶されたプログラム実行することで本開示の音響処理又はデコード処理を実施してもよい。また、プロセッサは、本開示の音響処理を含む音声信号に対する信号処理を行う専用回路であってもよい。
- [0108] メモリは、例えば、RAM (Random Access Memory) 又はROM (Read Only Memory) で構成される。メモリは、ハードディスクなどの磁気記憶媒体又はSSD (Solid State Drive) などの半導体メモリなどを含んでいてもよい。また、CPU又はGPUに組み込まれた内部メモリを含めてメモリと呼ばれてもよい。
- [0109] 通信IF (Interface) は、例えば、Bluetooth (登録商標) 又はWIFI (登録商標) などの通信方式に対応した通信モジュールである。図21に示される音響信号処理装置は、通信IFを介して他の通信装置と通信を行う機能を有し、復号対象のビットストリームを取得する。取得したビットストリームは、例えば、メモリに格納される。
- [0110] 通信モジュールは、例えば、通信方式に対応した信号処理回路とアンテナとで構成される。上記の例では、通信方式としてBluetooth (登録商標) 又はWIFI (登録商標) を例に挙げたが、LTE (Long Term Evolution)、NR (New Radio)、又はWi-Fi (登録商標) などの通信方式に対応していてもよい。また、通信IFは、上記のような無線通信方式ではなく、Ethernet (登録商標)、USB (Universal Serial Bus)、HDMI (登録商標) (High-Definition Multimedia Interface) などの有線の通信方式であってもよい。

- [0111] センサは、リスナの位置又は向きを推定するためのセンシングを行う。具体的には、センサは、リスナの頭部など身体の一部又は全体の位置、向き、動き、速度、角速度、又は加速度などのうちいずれか一つ又は複数の検出結果に基づいてリスナの位置及び／又は向きを推定し、リスナの位置及び／又は向きを示す位置情報を生成する。なお、位置情報は実空間におけるリスナの位置及び／又は向きを示す情報であってもよいし、所定の時点におけるリスナの位置及び／又は向きを基準としたリスナの位置及び／又は向きの変位を示す情報であってもよい。また、位置情報は、立体音響再生システム又はセンサを備える外部装置との相対的な位置及び／又は向きを示す情報であってもよい。
- [0112] センサは、例えば、カメラなどの撮像装置又はLiDAR (Light Detection And Ranging) などの測距装置であってもよく、リスナの頭部の動きを撮像し、撮像された画像を処理することでリスナの頭部の動きを検知してもよい。また、センサとして例えばミリ波などの任意の周波数帯域の無線を用いて位置推定を行う装置を用いてもよい。
- [0113] なお、図21に示される音響信号処理装置は、センサを備える外部の機器から通信IFを介して位置情報を取得してもよい。この場合、音響信号処理装置はセンサを含んでいなくてもよい。ここで、外部の機器とは、例えば図2Bで説明した音声提示装置A0002又は、リスナの頭部に装着される立体映像再生装置などである。このときセンサは、例えば、ジャイロセンサ及び加速度センサなど各種のセンサを組み合わせて構成される。
- [0114] センサは、例えば、リスナの頭部の動きの速度として、音空間内で互いに直交する3軸の少なくとも1つを回転軸とする回転の角速度を検知してもよいし、上記3軸の少なくとも1つを変位方向とする変位の加速度を検知してもよい。
- [0115] センサは、例えば、リスナの頭部の動きの量として、音空間内で互いに直交する3軸の少なくとも1つを回転軸とする回転量を検知してもよいし、上記3軸の少なくとも1つを変位方向とする変位量を検知してもよい。具体的

には、センサは、リスナの位置として6 D o F（位置（x、y、z）及び角度（yaw、pitch、roll）を検知する。センサは、ジャイロセンサ及び加速度センサなど動きの検知に使用される各種のセンサを組み合わせで構成される。

[0116] なお、センサは、リスナの位置を検出できればよく、カメラ又はGPS（Global Positioning System）受信機などにより実現されてもよい。LiDAR（Laser Imaging Detection and Ranging）等を用いて自己位置推定を実施して得られた位置情報を用いてもよい。例えば、センサは、音声信号再生システムがスマートフォンにより実現される場合には、スマートフォンに内蔵される。

[0117] また、センサには、図21に示される音響信号処理装置の温度を検出する熱電対などの温度センサ、及び、音響信号処理装置が備える、又は音響信号処理装置と接続されたバッテリーの残量を検出するセンサなどが含まれていてもよい。

[0118] スピーカは、例えば、振動板と、マグネット又はボイスコイル等の駆動機構とアンプとを有し、音響処理後の音声信号を音としてリスナに提示する。スピーカは、アンプを介して増幅させた音声信号（より具体的には、音の波形を示す波形信号）に応じて駆動機構を動作させ、駆動機構によって振動板を振動させる。このようにして、音声信号に応じて振動する振動板は、音波を発生させ、音波が空気を伝搬してリスナの耳に伝達し、リスナが音を知覚する。

[0119] なお、ここでは図21に示される音響信号処理装置がスピーカを備え、当該スピーカを介して音響処理後の音声信号を提示する場合を例に挙げて説明したが、音声信号の提示手段は上記の構成に限定されない。例えば、通信モジュールで接続された外部の音声提示装置A0002に音響処理後の音声信号が出力されてもよい。通信モジュールで行う通信は有線でも無線でもよい。また別の例として、図21に示される音響信号処理装置が音声のアナログ

信号を出力する端子を備え、端子にイヤホンなどのケーブルを接続してイヤホンなどから音声信号を提示してもよい。上記の場合、音声提示装置A0002であるリスナの頭部又は体の一部に装着されるヘッドフォン、イヤホン、ヘッドマウントディスプレイ、ネックスピーカー、ウェアラブルスピーカー、又は固定された複数のスピーカで構成されたサラウンドスピーカーなどが音声信号を再生する。

[0120] (符号化装置の物理的構成)

図2Jは、符号化装置の物理的構成の一例を示す図である。また、図2Jに示される符号化装置は、上記の符号化装置A0100及びA0120などの一例である。

[0121] 図2Jの符号化装置は、プロセッサと、メモリと、通信IFとを備える。

[0122] プロセッサは、例えば、CPU (Central Processing Unit 又は DSP (Digital Signal Processor)) であり、当該CPU又はGPUがメモリに記憶されたプログラム実行することで本開示の符号化処理を実施してもよい。また、プロセッサは、本開示の符号化処理を含む音声信号に対する信号処理を行う専用回路であってもよい。

[0123] メモリは、例えば、RAM (Random Access Memory) 又はROM (Read Only Memory) で構成される。メモリは、ハードディスクなどの磁気記憶媒体又はSSD (Solid State Drive) などの半導体メモリなどを含んでいてもよい。また、CPU又はGPUに組み込まれた内部メモリを含めてメモリと呼ばれてもよい。

[0124] 通信IF (Interface) は、例えば、Bluetooth (登録商標) 又はWi-Fi (登録商標) などの通信方式に対応した通信モジュールである。符号化装置は、通信IFを介して他の通信装置と通信を行う機能を有し、符号化されたビットストリームを送信する。

[0125] 通信モジュールは、例えば、通信方式に対応した信号処理回路とアンテナとで構成される。上記の例では、通信方式としてBluetooth (登録

商標)又はW I G I G (登録商標)を例に挙げたが、L T E (L o n g T e r m E v o l u t i o n)、N R (N e w R a d i o)、又はW i e F i (登録商標)などの通信方式に対応していてもよい。また、通信 I F は、上記のような無線通信方式ではなく、E t h e r n e t (登録商標)、U S B (U n i v e r s a l S e r i a l B u s)、H D M I (登録商標) (H i g h - D e f i n i t i o n M u l t i m e d i a I n t e r f a c e)などの有線の通信方式であってもよい。

[0126] [構成]

そして、実施の形態に係る音響信号処理装置100の構成について説明する。図3Aは、本実施の形態に係る音響信号処理装置100の機能構成を示すブロック図である。

[0127] 本実施の形態に係る音響信号処理装置100は、仮想空間(音再生空間)におけるオブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成して出力するための装置である。なお、空力音とは、仮想空間における受聴者Lの耳に風Wが到達することで生じる音でもあり、受聴者Lの耳又は頭部の形状に起因して生じる音でもある。本実施の形態に係る音響信号処理装置100は、一例として仮想現実又は拡張現実(VR/AR)などの仮想空間における様々なアプリケーションに応用される装置である。

[0128] 仮想空間におけるオブジェクトは、当該仮想空間内で実行されるコンテンツ(ここでは一例として映像)を表示する表示部300に表示される当該コンテンツに含まれるものであれば、特に限定されない。当該オブジェクトは、移動体であり、例えば、動植物、人工物又は自然物などを示すオブジェクトを含む。人工物を示すオブジェクトの例として、車両、自転車及び航空機などが挙げられる。また、人工物を示すオブジェクトの例として、野球用のバット及びテニス用のラケットなどのスポーツ用品と、机、椅子、扇風機及び柱時計などの家具と、集合住宅及び商業施設などの建築物と、などが挙げられる。なお、オブジェクトは、一例としては、当該コンテンツ内にて移動

し得るもの、及び、移動され得るもののうち少なくとも一方であるとよいがこれに限られない。なお、図2Aが示す扇風機600は、天井に設置され扇風機600自体が移動しなくても、扇風機600の羽根601が移動する。このような扇風機600も、当該オブジェクトに含まれる。

[0129] また、本実施の形態に係る空力音とは、仮想空間内において、当該オブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる音である。より具体的には、空力音とは、当該オブジェクトの移動による空気の移動によって生じる風Wに起因する音である。また、耳とは、耳介及び外耳の少なくとも一方を意味する。

[0130] 音響信号処理装置100は、仮想空間における空力音を示す空力音信号を生成して、ヘッドフォン200に出力する。

[0131] 次に、ヘッドフォン200について説明する。

[0132] ヘッドフォン200は、空力音を再生する装置であり、音声出力装置である。より具体的には、ヘッドフォン200は、音響信号処理装置100によって出力された空力音信号に基づいて、空力音を再生する。これにより受聴者Lは、空力音を受聴することができる。なお、ヘッドフォン200にかえて、スピーカなど他の出力チャンネルが用いられてもよい。

[0133] 図3Aが示すように、ヘッドフォン200は、頭部センサ部201と、出力部202とを備える。

[0134] 頭部センサ部201は、仮想空間における水平面の座標及び垂直方向の高さで定められる受聴者Lの位置をセンシングして、仮想空間における受聴者Lの位置を示す第2位置情報を音響信号処理装置100に出力する。

[0135] 頭部センサ部201は、受聴者Lの頭部の6DoF (Degrees of Freedom) の情報をセンシングするとよい。例えば、頭部センサ部201は、慣性測定ユニット (IMU: Inertial Measurement Unit)、加速度計、ジャイロスコープ、磁気センサ又はこれらの組合せであるとよい。

[0136] 出力部202は、音再生空間において受聴者Lに到達する音を再生する装

置である。より具体的には、出力部202は、音響信号処理装置100によって処理されかつ音響信号処理装置100から出力された上記空力音を示す空力音信号に基づいて、上記空力音を再生する。

[0137] 続いて、表示部300について説明する。

[0138] 表示部300は、仮想空間におけるオブジェクトを含むコンテンツ（映像）を表示する表示装置である。表示部300がコンテンツを表示するための処理については、後述する。表示部300は、例えば、液晶パネル又は有機EL（Electro Luminescence）パネルなどの表示パネルによって実現される。

[0139] さらに、図3Aが示す音響信号処理装置100について説明する。

[0140] 図3Aが示すように、音響信号処理装置100は、取得部110と、算出部120と、生成部130と、出力部140と、記憶部150とを備える。

[0141] 取得部110は、例えば入力信号から第1位置情報及び第2位置情報を取得する。入力信号については、下記にて説明する。第1位置情報とは、仮想空間におけるオブジェクトの位置を示す情報である。第2位置情報とは、上記の通り、仮想空間における受聴者Lの位置を示す情報である。なお、取得部110は入力信号以外から第1位置情報及び第2位置情報を取得してもよい。

[0142] また、取得部110は、さらに、可否情報を取得してもよく、形状情報を取得してもよい。可否情報とは、オブジェクトが空力音を生成するか否かを示す情報である。形状情報とは、オブジェクトの形状を示す情報である。

[0143] 本実施の形態においては、取得部110は、第1位置情報、可否情報及び形状情報を音響信号処理装置100以外の装置（ここでは、例えばクラウドサーバなどのサーバ装置500）から取得するがこれに限られない。また、取得部110は、第2位置情報をヘッドフォン200（より具体的には、頭部センサ部201）から取得するがこれに限られない。

[0144] 入力信号は、例えば、空間情報とセンサ情報と音データ（音声信号）とで構成される。また、上記の情報と音データとは1つの入力信号に含まれてい

てもよいし、複数の別々の信号に上述の情報と音データとが含まれていてもよい。入力信号は、音データとメタデータ（制御情報）とで構成されるビットストリームを含んでいてもよく、その場合メタデータに空間情報及び音データを識別する情報が含まれていてもよい。

[0145] 上記で説明した、第1位置情報、第2位置情報、形状情報、可否情報は入力信号に含まれていてもよく、それ以外に含まれていてもよい。より具体的には、第1情報、形状情報、可否情報は空間情報に含まれていてもよく、第2情報はセンサ情報から取得される情報に基づいて生成されてもよい。センサ情報は、頭部センサ部201から取得されてもよく、他の外部装置から取得されてもよい。

[0146] 空間情報は、立体音響再生システムが作り出す音空間（三次元音場）に関する情報であって、音空間に含まれるオブジェクトに関する情報とリスナに関する情報とで構成される。オブジェクトには、音を発し音源となる音源オブジェクトと、音を発しない非発音オブジェクトとが存在する。非発音オブジェクトは、音源オブジェクトが発した音を反射する障害物オブジェクトとして機能するが、音源オブジェクトが別の音源オブジェクトが発した音を反射する障害物オブジェクトとして機能する場合もある。障害物オブジェクトは反射オブジェクトと呼ばれてもよい。

[0147] 音源オブジェクトと非発音オブジェクトとに共通して付与される情報として、位置情報、形状情報、及び、オブジェクトが音を反射する際の音量の減衰率などがある。

[0148] 位置情報は、ユークリッド空間の例えばX軸、Y軸、Z軸の3軸の座標値で表されるが、必ずしも三次元情報でなくてもよい。位置情報は、例えば、X軸、Y軸の2軸の座標値で表される二次元情報であってもよい。オブジェクトの位置情報は、メッシュ又はボクセルで表現される形状の代表位置で定められる。

[0149] 形状情報は、表面の素材に関する情報を含んでいてもよい。

[0150] 減衰率は、1以下又は0以上の実数で表現してもよいし、マイナスのデシ

ベル値で表現してもよい。実空間では反射によって音量が増幅することはないため、減衰率はマイナスのデシベル値が設定されるが、例えば、非現実空間の不気味さを演出するために、あえて1以上の減衰率、すなわち、プラスのデシベル値が設定されてもよい。また、減衰率は、複数の周波数帯域を構成する周波数帯域毎に異なる値が設定されてもよいし、周波数帯域毎に独立に値が設定されてもよい。また、減衰率がオブジェクト表面の素材の種類ごとに設定されている場合、表面の素材に関する情報に基づいて対応する減衰率の値が用いられてもよい。

[0151] また、音源オブジェクトと非発音オブジェクトとに共通して付与される情報は、オブジェクトが生物に属するか否かを示す情報又は、オブジェクトが動体であるか否かを示す情報などを含んでいてもよい。オブジェクトが動体である場合、位置情報は時間とともに移動してもよく、変化した位置情報又は変化量がレンダリング部A0203及びA0213に伝送される。

[0152] 音源オブジェクトに関する情報は、上述した音源オブジェクトと非発音オブジェクトとに共通して付与される情報に加えて、音データと音データを音空間内に放射するために必要な情報とを含む。音データは、音の周波数及び強弱に関する情報などを示す、リスナに知覚される音が表現されたデータである。音データは、典型的にはPCM信号であるが、MP3等の符号化方式を用いて圧縮されたデータであってもよい。その場合は、少なくとも当該信号が生成部130に到達するまでに復号化される必要があるため、レンダリング部A0203及びA0213に図示しない復号部を含んでいてもよい。或いは、当該信号は、音声データデコーダA0202で復号化してもよい。

[0153] 1つの音源オブジェクトに対して少なくとも1つの音データが設定されていればよく、複数の音データが設定されていてもよい。また、それぞれの音データを識別する識別情報が付与され、音源オブジェクトに関する情報として、音データの識別情報がメタデータとして保持されてもよい。

[0154] 音データを音空間内に放射するために必要な情報として、例えば、音データを再生する際に基準となる基準音量の情報、音源オブジェクトの位置に関

する情報、音源オブジェクトの向きに関する情報、及び、音源オブジェクトが発する音の指向性に関する情報などが含まれていてもよい。

[0155] 基準音量の情報は、例えば、音データを音空間に放射する際の音源位置における音データの振幅値の実効値であって、デシベル（d b）値として浮動小数点で表されてもよい。例えば基準音量が0 d bの場合、基準音量の情報は、音データが示す信号レベルの音量を増減させることなくそのままの音量で上記位置に関する情報が指し示す位置から音空間に対して音を放射することを示しているものとしてもよい。基準音量の情報は、−6 d bの場合、音データが示す信号レベルの音量を約半分にして上記位置に関する情報が指し示す位置から音空間に対して音を放射することを示しているものとしてもよい。基準音量の情報は、1つの音データに対して又は複数の音データに対してまとめて付与されてもよい。

[0156] 音データを音空間内に放射するために必要な情報に含まれる音量の情報として、例えば、音源の音量の時系列的な変動を示す情報が含まれていてもよい。例えば、音空間が仮想会議室であり、音源が話者である場合、音量は短い時間で断続的に遷移する。それをさらに単純に表現すれば、有音部分と無音部分とが交互に発生する、とも言える。また、音空間がコンサートホールであり、音源が演奏者である場合、音量は一定の時間長維持される。また、音空間が戦場であり、音源が爆発物である場合、爆発音の音量は一瞬だけ大となり以降は無音であり続ける。このように音源の音量の情報は、音の大きさの情報のみならず、音の大きさの遷移の情報を含むものであり、そのような情報を音データの性質を示す情報としてもよい。

[0157] ここで、音の大きさの遷移の情報は、周波数特性を時系列に示したデータであってもよい。音の大きさの遷移の情報は、有音である区間の継続時間長を示したデータであってもよい。音の大きさの遷移の情報は、有音である区間の継続時間長と無音である区間の時間長との時系列を示したデータであってもよい。音の大きさの遷移の情報は、音信号の振幅が定常的であるとみなせる（概ね一定であるとみなせる）継続時間とその間の当該信号の振幅値の

データとを複数組時系列で列挙したデータなどであってもよい。音の大きさの遷移の情報は、音信号の周波数特性が定常的であるとみなせる継続時間のデータであってもよい。音の大きさの遷移の情報は、音信号の周波数特性が定常的であるとみなせる継続時間とその間の当該周波数特性のデータとを複数組時系列で列挙したデータなどであってもよい。音の大きさの遷移の情報は、データの形式として例えば、スペクトログラムの概形を示すデータであってもよい。また、上記周波数特性の基準となる音量を上記基準音量としてもよい。基準音量の情報と音データの性質とを示す情報は、リスナに知覚させる直接音又は反射音の音量を算出する他、リスナに知覚させるか否か選択をするための選択処理に用いられてもよい。

[0158] 向きに関する情報は、典型的には、`y a w`、`p i t c h`、`r o l l`で表現される。または、`r o l l`の回転を省略し、アジマス (`y a w`)、エレベーション (`p i t c h`) で表現してもよい。向き情報は時間とともに変化してもよく、変化した場合、レンジリング部A0203及びA0213に伝送される。

[0159] リスナに関する情報は、音空間におけるリスナの位置情報と向きとに関する情報である。位置情報はユークリッド空間のXYZ軸の位置で表されるが、必ずしも三次元情報でなくてもよく、二次元情報であってもよい。向きに関する情報は、典型的には、`y a w`、`p i t c h`、`r o l l`で表現される。または、向きに関する情報は、`r o l l`の回転を省略し、アジマス (`y a w`)、エレベーション (`p i t c h`) で表現してもよい。位置情報と向き情報とは時間とともに変化してもよく、変化した場合、レンジリング部A0203及びA0213に伝送される。

[0160] センサ情報は、リスナが装着するセンサで検知された回転量又は変位量等とリスナの位置及び向きとを含む情報である。センサ情報はレンジリング部A0203及びA0213に伝送され、レンジリング部A0203及びA0213はセンサ情報に基づいてリスナの位置及び向きの情報を更新する。センサ情報は、例えば携帯端末がGPS、カメラ、又はLiDAR (L a s e

r Imaging Detection and Ranging)等を用いて自己位置推定を実施して得られた位置情報が用いられてもよい。またセンサ以外から、通信モジュールを通じて外部から取得した情報がセンサ情報として検出されてもよい。センサから、音響信号処理装置100の温度を示す情報、及び、バッテリーの残量を示す情報が、センサ情報として、取得されてもよい。音響信号処理装置100又は音声提示装置A0002の演算資源(CPU能力、メモリ資源、PC性能)を示す情報などがセンサ情報として、リアルタイムで取得されてもよい。

[0161] ここで、第1位置情報、第2位置情報、可否情報及び形状情報についてさらに具体的に説明する。

[0162] まずは、第1位置情報について説明する。

[0163] 上記の通り、仮想空間におけるオブジェクトは、表示部300に表示されるコンテンツ(映像)に含まれるものであり、当該コンテンツ内にて移動し得るもの、及び、移動され得るもののうち少なくとも一方であるとよい。例えば、仮想空間におけるオブジェクトは、図1が示す車両400である。

[0164] 第1位置情報は、仮想空間における車両400が、ある時点において、仮想空間内のどの位置にあるのかを示す情報である。なお、仮想空間においては、運転手が運転することで車両400は移動する可能性がある。このため、取得部110は、継続的に第1位置情報を取得する。取得部110は、例えば、空間情報管理部A0201及びA0211で実行される空間情報の更新ごとに第1位置情報を取得する。

[0165] 続いて、第2位置情報について説明する。

[0166] 受聴者Lは、仮想空間において移動し得る。第2位置情報は、仮想空間における受聴者Lが、ある時点において、仮想空間内のどの位置に居るのかを示す情報である。なお、受聴者Lは仮想空間において移動することができるため、取得部110は継続的に第2位置情報を取得する。取得部110は、例えば、空間情報管理部A0201及びA0211で実行される空間情報の更新ごとに第2位置情報を取得する。

- [0167] 次に、形状情報について説明する。
- [0168] 形状情報は、仮想空間におけるオブジェクト（例えば車両400）の形状を示す情報である。形状情報は、オブジェクトの形状を示し、より具体的には、オブジェクトの剛体として三次元形状を示す。オブジェクトの形状は、例えば、球体、直方体、立方体、多面体、円錐、角錐、円柱、角柱など、またこれらの組み合わせなどにより示される。なお、形状情報は、例えばメッシュデータ、又は、例えばボクセル、三次元点群もしくは三次元座標を持つ頂点からなる複数の面の集合として表現されてもよい。
- [0169] さらに可否情報について説明する。
- [0170] 可否情報は、オブジェクト（例えば車両400）が空力音を生成するか否かを示す情報である。つまり、可否情報には、当該空力音を生成すること、又は、当該空力音を生成しないことが示されている。例えば、可否情報が当該空力音を生成することを示す場合にはフラグとして「1」が示され、可否情報が当該空力音を生成しないことを示す場合にはフラグとして「0」が示される。可否情報は、フラグ情報であるとも言え、オブジェクトに係るメタデータの一例である。
- [0171] 可否情報は、オブジェクトが空力音を生成するか否かについては、可否情報が示すオブジェクトに応じて、予め決定されている。例えば、可否情報が真を示すか偽を示すかについては、表示部300に示されるコンテンツ（映像）の管理者などによって、予め定められていてもよい。また、図3Aで図示しない選択部が音響信号処理装置100に含まれていてもよく、可否情報に基づいてオブジェクトが空力音を生成するか否かの選択（選択処理）が、選択部で実行されてもよい。また、空力音以外の、他の音の生成に係る音響信号処理装置100全体の演算負荷を考慮して選択処理が実行されてもよい。また、空力音に予め優先順位を設定しておき優先順位の情報が可否情報に含まれてもよい。例えば、音響信号処理装置100の処理能力又は音空間の生成に係る全体の演算負荷を考慮して優先順位が低い空力音を生成しないことが選択されてもよい。また、音響信号処理装置100の処理能力と全体の

演算負荷を比較して、音響信号処理装置 100 の処理能力に余裕がない場合には、可否情報が真となっても空力音を生成しないことを選択してもよい。また、オブジェクトに、空力音以外の音源情報と、真を示す可否情報との両方が付与されている場合、処理能力に余裕がないときは、音源の生成を優先し、空力音を生成することが選択されないようにしてもよいし、音源の生成と空力音の生成とのいずれを優先させるかを予め設定した情報が可否情報に含まれていてもよい。

[0172] ここで選択部の処理の流れの例示（動作例）を図 3 B に示す。図 3 B は、本実施の形態に係る選択部の動作例のフローチャートである。まず、選択部は入力信号を解析し、入力信号に可否情報が含まれるか否かを特定する（S 100）。空力音を生成するか否かの選択に音響信号処理装置 100 の処理能力又は演算負荷を考慮する場合、このステップ S 100 で、それらの情報を取得してもよい。次に、選択部は、可否情報又は音響信号処理装置の処理能力又は演算負荷に基づいて、空力音を生成する選択（空力音の選択）をするか否かを決定する（S 110）。

[0173] なお、選択部において、空力音の選択処理だけでなく、他の音の選択処理を実行してもよい。

[0174] なお、第 1 位置情報にはオブジェクトを識別するための識別情報が含まれ、可否情報にもオブジェクトを識別するための識別情報が含まれ、形状情報にもオブジェクトを識別するための識別情報が含まれている。

[0175] このため、取得部 110 が第 1 位置情報、可否情報及び形状情報を別個で取得したとしても、第 1 位置情報、可否情報及び形状情報のそれぞれに含まれる識別情報が参照されることで、第 1 位置情報、可否情報及び形状情報のそれぞれが示すオブジェクトが識別される。例えばここでは、第 1 位置情報、可否情報及び形状情報のそれぞれが示すオブジェクトが、同一の車両 400 であることが容易に識別することができる。つまり、取得部 110 が取得した第 1 位置情報、可否情報及び形状情報のそれぞれは、3 つの識別情報が参照されることで当該第 1 位置情報、当該可否情報及び当該形状情報が車両

400に係る情報であることが明らかになる。従って、当該第1位置情報、当該可否情報及び当該形状情報は車両400について示す情報として紐づけられる。

[0176] なお、上記の第1位置情報、可否情報及び形状情報などは、入力信号に含まれるメタデータ、制御情報又はヘッダ情報に含まれていてもよい。つまり、音響信号処理装置100（より具体的には、取得部110）は、入力信号に含まれるメタデータ、制御情報又はヘッダ情報を取得し、メタデータ、制御情報又はヘッダ情報に基づいて音響処理を行ってもよい。なお、音響信号処理装置100（より具体的には、取得部110）は、上記の第1位置情報、可否情報及び形状情報を取得すればよく、取得先は入力信号に限定されない。

[0177] また、入力信号に含まれるオーディオコンテンツ情報（音声信号）は、MPEG-H 3D Audio（ISO/IEC 23008-3）（以下、MPEG-H 3D Audioと記載）などの符号化処理が施されているとよい。また、符号化処理に用いる技術はMPEG-H 3D Audioに限られず、公知の他の技術が用いられてもよい。また、音声信号以外の第1位置情報、可否情報及び形状情報などの情報を符号化処理対象としてもよい。つまり、音響信号処理装置100は、符号化されたビットストリームに含まれる音声信号及びメタデータを取得する。音響信号処理装置100においては、オーディオコンテンツ情報が取得されて復号される。本実施の形態においては、音響信号処理装置100は、復号装置が備えるデコーダとして機能し、より具体的には、当該デコーダが有するレンダリング部A0203及びA0213として機能する。なお、本開示におけるオーディオコンテンツ情報又は音データという用語は、技術内容に即して、音声信号そのものや、形状情報又は可否情報を含む情報として読み替えて解釈するものとする。

[0178] また、第2位置情報も符号化処理が施されているとよい。つまり、取得部110は、第2位置情報を取得して復号する。

- [0179] 取得部 110 は、取得した第 1 位置情報及び第 2 位置情報を算出部 120 に出力する。また、取得部 110 が可否情報を取得した場合には、取得部 110 は、取得した可否情報を生成部 130 又は図示しない選択部に出力する。また、取得部 110 が形状情報を取得した場合には、取得部 110 は、取得した形状情報を算出部 120 及び生成部 130 に出力する。
- [0180] 算出部 120 は、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者 L との距離、及び、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量などを算出する。算出部 120 は、第 1 算出部 121、第 2 算出部 122 及び第 3 算出部 123 を有する。
- [0181] 第 1 算出部 121 は、取得部 110 によって取得された第 1 位置情報に基づいて、オブジェクトの仮想空間における移動速度を算出する。上記の通り、取得部 110 は、仮想空間におけるオブジェクトの位置を示す第 1 位置情報を空間情報管理部 A0201 及び A0211 で実行される空間情報の更新ごとに取得している。第 1 算出部 121 は、空間情報管理部 A0201 及び A0211 で実行される空間情報の更新ごとに取得された第 1 位置情報（より具体的には、複数の第 1 位置情報）に基づいて、仮想空間においてオブジェクトの位置を時間で微分することにより、オブジェクトの仮想空間における移動速度を算出する。第 1 算出部 121 は、算出された移動速度を、生成部 130 に出力する。
- [0182] また、第 2 算出部 122 は、取得部 110 によって取得された第 1 位置情報及び第 2 位置情報に基づいて、オブジェクトと受聴者 L との距離を算出する。上記の通り、取得部 110 は仮想空間における第 1 位置情報及び第 2 位置情報を空間情報管理部 A0201 及び A0211 で実行される空間情報の更新ごとに取得している。第 2 算出部 122 は、空間情報管理部 A0201 及び A0211 で実行される空間情報の更新ごとに取得された複数の第 1 位置情報及び複数の第 2 位置情報に基づいて、仮想空間においてオブジェクトと受聴者 L との距離を算出する。第 2 算出部 122 は、算出されたオブジェクトと受聴者 L との距離を、生成部 130 に出力する。

- [0183] また、取得部 110 が形状情報を取得している場合には、第 3 算出部 123 は、第 1 算出部 121 によって算出された移動速度及び取得部 110 によって取得された形状情報に基づいて、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する。
- [0184] 生成部 130 は、第 1 算出部 121 によって算出された移動速度、及び、第 2 算出部 122 によって算出された距離に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風 W が受聴者 L の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する。生成部 130 は、生成した空力音信号を出力部 140 に出力する。
- [0185] 出力部 140 は、生成部 130 によって生成された空力音信号を出力する。ここでは、出力部 140 は、空力音信号をヘッドフォン 200 に出力する。これにより、ヘッドフォン 200 は、出力された空力音信号が示す空力音を再生することができる。
- [0186] 記憶部 150 は、取得部 110、算出部 120、生成部 130 及び出力部 140 が実行するコンピュータプログラムなどが記憶される記憶装置である。
- [0187] ここで、本実施の形態に係る形状情報について再度説明する。形状情報は、仮想空間におけるオブジェクトの映像の生成のために用いられる情報であってオブジェクト（車両 400）の形状を示す情報でもある。つまり、形状情報は、表示部 300 に表示されるコンテンツ（映像）を生成するためにも用いられる情報である。
- [0188] 取得部 110 は、取得した形状情報を表示部 300 にも出力する。表示部 300 は、取得部 110 によって出力された形状情報を取得する。表示部 300 は、さらに、オブジェクト（車両 400）の仮想空間における形状以外の属性（色彩など）を示す属性情報を取得する。表示部 300 は、属性情報を、音響信号処理装置 100 以外の装置（サーバ装置 500）から直接取得してもよく、音響信号処理装置 100 から取得してもよい。表示部 300 は、取得した形状情報及び属性情報に基づいて、コンテンツ（映像）を生成し

て、表示する。

[0189] 以下、音響信号処理装置 100 によって行われる音響信号処理方法の動作例 1 ～動作例 5 について説明する。

[0190] [動作例 1]

図 4 は、本実施の形態に係る音響信号処理装置 100 の動作例 1 のフローチャートである。

[0191] はじめに、取得部 110 は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第 1 位置情報、仮想空間における受聴者 L の位置を示す第 2 位置情報、及び、オブジェクトが空力音を生成するか否かを示す可否情報を取得する (S10)。なお、このステップ S10 が取得ステップに相当する。

[0192] また、動作例 1 においては、形状情報が用いられないため、ステップ S10 において取得部 110 は、形状情報を取得しない。

[0193] また、取得部 110 は、継続的に、より具体的には空間情報管理部 A0201 及び A0211 で実行される空間情報の更新ごとに第 1 位置情報及び第 2 位置情報を取得する。つまり、空間情報管理部 A0201 及び A0211 で実行される空間情報の更新ごとに取得部 110 が第 1 位置情報及び第 2 位置情報を取得する処理が繰り返される。取得部 110 は、第 1 位置情報及び第 2 位置情報を取得するごとに当該第 1 位置情報及び当該第 2 位置情報を算出部 120 に出力、又は、一定数の第 1 位置情報及び第 2 位置情報を取得したのちに当該一定数の第 1 位置情報及び当該一定数の第 2 位置情報をまとめて算出部 120 に出力する。つまり、取得部 110 は、複数の第 1 位置情報及び複数の第 2 位置情報を算出部 120 に出力する。また、取得部 110 は、取得した可否情報を生成部 130 又は図示しない選択部に出力する。

[0194] 次に、算出部 120 (より具体的には、第 1 算出部 121) は、取得部 110 によって取得された第 1 位置情報に基づいて、オブジェクトの仮想空間における移動速度を算出する (S20)。なお、このステップ S20 が第 1 算出ステップに相当する。第 1 算出部 121 は、算出された移動速度を生成部 130 に出力する。

- [0195] 次に、算出部120（より具体的には、第2算出部122）は、取得部110によって取得された第1位置情報及び取得された第2位置情報に基づいて、オブジェクトと受聴者Lとの距離を算出する（S30）。なお、このステップS30が第2算出ステップに相当する第2算出部122は、算出された移動速度を生成部130に出力する。
- [0196] 続いて、生成部130は、取得部110によって取得された可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示すか否かを判断する（S40）。
- [0197] 可否情報が、オブジェクトが空力音を生成しないことを示す場合に（ステップS40でNo）、音響信号処理装置100は、動作を終了する。また、可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示す場合に（ステップS40でYes）、生成部130は、空力音信号を生成する（S50）。より具体的には、生成部130は、第1算出部121によって算出された移動速度、及び、第2算出部122によって算出された距離に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する。なお、このステップS50が生成ステップに相当する。
- [0198] そして、出力部140は、生成部130によって生成された空力音信号を出力する（S60）。なお、ステップS60が出力ステップに相当する。ここでは、出力部140は、空力音信号をヘッドフォン200に出力する。これにより、ヘッドフォン200は、出力された空力音信号が示す空力音を再生することができる。
- [0199] ここで、ステップS50において、生成部130が空力音信号を生成する方法として、以下の第1例及び第2例について説明する。
- [0200] <第1例>
- まずは、第1例について説明する。第1例においては、生成部130は、移動速度、及び、距離に加えて、空力音データに基づいて、空力音信号を生成する。
- [0201] 図5及び図6は、図4が示すステップS50において生成部130が空力

音信号を生成する第1例の方法を示すフローチャートである。

- [0202] 図5が示すように、生成部130が第1例の方法で空力音信号を生成する場合には、ステップS10の前に、空力音データが記憶部150に記憶される(S70)。そして、上記の通りステップS10～S40が行われた後、図6が示すように、生成部130は、記憶部150に記憶された空力音データ、第1算出部121によって算出された移動速度及び第2算出部122によって算出された距離に基づいて、空力音信号を生成する(S51)。
- [0203] より具体的には、ステップS51において、生成部130は、まず、記憶部150に記憶されている空力音データを取得する(S511)。
- [0204] 空力音データとは、人の耳又は人の耳を模したモデルに風Wが到達することで生じる音が收音されたデータである。本動作例では、空力音データは、人の耳を模したモデルに風Wが到達することで生じる音が收音されたデータである。
- [0205] ここで空力音データについて図7及び図8を用いて説明する。図7は、動作例1における第1例の方法に係る空力音データを收音するためのダミーヘッドマイク10を示す模式図である。図8は、動作例1における第1例の方法に係る空力音データを收音するためのダミーヘッドマイク20を示す模式図である。
- [0206] 図7が示すダミーヘッドマイク10は、ダミーヘッド11と、ダミーヘッド11の両耳のそれぞれに設けられたマイクロフォン12及び13とを備えている。また、図8が示すダミーヘッドマイク20は、簡易型のダミーヘッドマイクであり、人体の耳を模した模型にマイクロフォンが設けられている。このようなダミーヘッドマイク10及び20に、例えば扇風機50から風Wが放射されることで、ダミーヘッドマイク10及び20は、風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を收音することができる。空力音データとは、この收音された空力音を示すデータ(音信号)である。
- [0207] そして、生成部130は、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された距離が小さいほど空力音の音量

を大きくするように空力音信号を生成する（S 5 1 2）。つまり生成された空力音信号は、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせられた信号であって、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくする信号である。

[0208] より具体的には、生成部 1 3 0 は、空力音データに基づいて、第 1 算出部 1 2 1 によって算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせた空力音信号を生成する。ここでは、生成部 1 3 0 は、移動速度が大きいほど、空力音データが含む周波数成分の周波数を高周波数側にシフトさせた空力音信号を生成する。例えば、生成部 1 3 0 は、ある周波数成分の周波数に、移動速度に応じた値を乗算することで、周波数を高周波数側にシフトさせる。

[0209] また、さらに生成部 1 3 0 は、空力音データに基づいて、第 2 算出部 1 2 2 によって算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する。例えば所定の距離が記憶部 1 5 0 に記憶されており、生成部 1 3 0 は、当該所定の距離より算出された距離が小さいほど空力音の音量が大きくなるように、当該所定の距離より算出された距離が大きいほど空力音の音量が小さくなるように、空力音信号を生成する。また例えば、生成部 1 3 0 は、空力音の音量が、当該距離の a （ a は定数）乗で減衰するように空力音信号を生成する。

[0210] 第 1 例においては、生成部 1 3 0 は、周波数成分を高周波数側にシフトする上記処理と、空力音の音量を大きくする上記処理との両方を行うが、少なくとも一方を行ってもよい。

[0211] また、第 1 例においては、空力音データは、人の耳を模したモデルに風 W が到達することで生じる音が收音されたデータであったが、人の耳に風 W が到達することで生じる音が收音されたデータであってもよい。この場合、人の両耳のそれぞれにマイクロフォンが設けられ、例えば扇風機 5 0 から風 W が放射されることで、当該マイクロフォンが、風 W が受聴者 L の耳に到達することで生じる空力音を收音するとよい。空力音データとは、この收音され

た空力音を示すデータ（音信号）である。

[0212] <第2例>

続いて、生成部130が空力音信号を生成する第2例の方法について、説明する。

[0213] 図9は、図4が示すステップS50において生成部130が空力音信号を生成する第2例の方法を示すフローチャートである。

[0214] 上記の通りステップS40が行われた後、図9が示すように、生成部130は、空力音信号を生成する（S52）。ここでは、生成部130は、第1算出部121によって算出された移動速度、第2算出部122によって算出された距離及び人の耳の形状に基づいて、空力音信号を生成する。

[0215] より、具体的には、ステップS52において、まず、生成部130は、第1算出部121によって算出された移動速度及び人の耳の形状に基づいて、処理信号を生成する（S521）。

[0216] このステップS521では、以下の処理が行われる。生成部130は、雑音信号を複数の帯域強調フィルタのそれぞれで処理して、処理された複数の雑音信号のうち当該帯域強調フィルタが処理した雑音信号に当該帯域強調フィルタに対応する所定の係数を乗算する（S521a）。そして、生成部130は、所定の係数が乗算された複数の雑音信号を合成して処理信号を生成する（S521b）。

[0217] 図10Aは、動作例1における第2例の方法に係る生成部130が空力音信号を生成する処理を説明する図である。

[0218] 上記の通り、仮想空間においてオブジェクトが移動することで、風Wが生じる。図10Aが示すように、生じた風Wが人の耳に到達することで、空力音が生じる。より具体的には、生じた風Wが人の耳に到達することで、空気の渦（カルマン渦）が発生し、このカルマン渦により空力音が生じる。ここでは、人の耳が、複数の幅（例えば第1幅d1、第2幅d2、第3幅d3及び第4幅d4）を有する窪みの集合体とみなして、キャビティ音生成モデルを当てはめることで、生成部130は、空力音信号を生成する。また、人の

耳の例えば第1幅 d_1 に相当する箇所におけるカルマン渦周波数は、 f_1 で示され、式(1)を満たす。

[0219] $f_1 = (S_t \times v) \div d_1$ 式(1)

[0220] 同様に、人の耳の第2幅 d_2 、第3幅 d_3 及び第4幅 d_4 に相当する箇所におけるカルマン渦周波数は、それぞれ、 f_2 、 f_3 及び f_4 で示され、式(2)、式(3)及び式(4)を満たす。

[0221] $f_2 = (S_t \times v) \div d_2$ 式(2)

$$f_3 = (S_t \times v) \div d_3 \quad \text{式(3)}$$

$$f_4 = (S_t \times v) \div d_4 \quad \text{式(4)}$$

[0222] 例えば、第1～第4幅 $d_1 \sim d_4$ のそれぞれは、平均的な人の耳の大きさが用いられるとよく、例えば0 cm以上3 cm以下の値が用いられるとよい。つまり、図10Aに示される人の耳は、また、平均的な人の耳がモデルとされている。なお、第1算出部121によって算出されたオブジェクトの移動速度は、オブジェクトの移動により生じた風 W の風速である v (m/s)とみなすことができる。

[0223] さらに、 S_t は、ストローハル数であり、キャビティ音生成モデルにおいては、一例として約0.4となる。また、カルマン渦周波数は、空力音の周波数に相当する。生成部130はカルマン渦周波数である $f_1 \sim f_4$ を式(1)～式(4)に従って算出する。生成部130は、この $f_1 \sim f_4$ をそれぞれの中心周波数とする4つのバンドパスフィルタで雑音信号を処理することで、処理信号を生成する。

[0224] また、図10Aに示した第1～第4幅 $d_1 \sim d_4$ は、風 W が受聴者 L の正面から到来する場合の幅を示している。ここで、図10Bを用いて、風 W が受聴者 L の正面以外から到来する場合について説明する。

[0225] 図10Bは、動作例1における第2例の方法に係る生成部が空力音信号を生成する処理を説明する他の図である。より具体的には、図10Bにおいては、風 W が受聴者 L の斜め上方45度から到来する場合が示されている。この場合、図10Bのように幅はその角度に応じて見かけ上変動するので、そ

れに応じて周波数特性が変動することは自明である。

[0226] 図 1 1 は、動作例 1 における第 2 例の方法に係る 4 つのバンドパスフィルタの一例とその処理を示す図である。4 つのバンドパスフィルタは、それぞれ $f_1 \sim f_4$ を中心周波数とする周波数成分を通過させるフィルタであり、つまりは、受聴者 L の耳の形状に起因して生じる空力音を模擬するための帯域強調フィルタの一例である。

[0227] 生成部 1 3 0 は、雑音信号のうち図 1 1 が示す 4 つのバンドパスフィルタの周波数成分を取り出して、合成することで、処理信号とする。なお中心周波数とは、当該バンドパスフィルタのゲインのピークとなる周波数でもある。なお、第 2 例においては、4 つのバンドパスフィルタのそれぞれに入力される雑音信号として、白色雑音信号又はピンク雑音信号などが用いられるとよい。

[0228] また、ここでは、4 つのバンドパスフィルタから出力された出力信号に、当該中心周波数に応じた所定の係数を乗じてよい。なお、出力信号とは、処理された雑音信号を意味する。当該所定の乗数は、中心周波数が低いほど大きな値であってもよい。典型的な空力音の周波数帯域（例えば 5 kHz 程度以下）では、周波数が低いほど受聴者 L によって知覚されるラウドネスが小さいためである。当該所定の乗数は、複数のバンドパスフィルタ（複数の帯域強調フィルタ）ごとに対応して定められた値であり、当該バンドパスフィルタによって処理された雑音信号に乗算される。

[0229] また、4 つのバンドパスフィルタ（複数の帯域強調フィルタ）のそれぞれは、受聴者 L の耳に到達する風 W の風速に応じて特性が変動してもよく、受聴者 L の耳に到達する風 W の風向に応じて特性が変動してもよい。

[0230] さらに、図 9 が示すように、生成部 1 3 0 は、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する（S 5 1 2）。

[0231] 第 2 例においても、生成部 1 3 0 は、移動速度が大きいほど、合成された

処理信号が含む周波数成分の周波数を高周波数側にシフトさせた空力音信号を生成する。さらに生成部 130 は、第 2 算出部 122 によって算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する。つまりは、第 1 例で示した空力音データにかえて第 2 例では処理信号が用いられて処理が行われる。第 2 例においては、生成部 130 は、周波数成分を高周波数側にシフトする上記処理と、空力音の音量を大きくする上記処理との両方を行うが、少なくとも一方を行ってもよい。

[0232] また、上記説明においては、人の耳についてキャビティ音生成モデルを当てはめる例について説明したが、これに限られない。図 12 及び図 13 は、動作例 1 における第 2 例の方法に係る生成部 130 が処理信号を生成する処理を説明する他の図である。

[0233] 生成部 130 は、図 12 が示すように人の耳が 1 つのシリンダー形状であるとみなして、処理信号を生成してもよい。この場合、大きさ d_5 である耳によって生じるカルマン渦の周波数（カルマン渦周波数）は、 f_5 で示され、式（5）を満たす。

[0234] $f_5 = (S_t \times v) \div d_5$ 式（5）

[0235] ストローハル数である S_t は、このモデルにおいては、一例として約 0.2 となる。そして、生成部 130 は上記と同様に、 f_5 を中心周波数とするバンドパスフィルタで雑音信号を処理することで、処理信号を生成する。

[0236] また、生成部 130 は、図 13 が示すように人の頭部が 1 つのシリンダー形状であるとみなして、処理信号を生成してもよい。この場合、大きさ d_6 である頭部によって生じるカルマン渦の周波数（カルマン渦周波数）は、 f_6 で示され、式（6）を満たす。

[0237] $f_6 = (S_t \times v) \div d_6$ 式（6）

[0238] ストローハル数である S_t は、このモデルにおいては、一例として約 0.2 となる。そして、生成部 130 は上記と同様に、 f_6 を中心周波数とするバンドパスフィルタで雑音信号を処理することで、処理信号を生成する。なお、当該バンドパスフィルタは、受聴者 L の頭部の形状に起因して生じる空

力音を模擬するためのフィルタである。

[0239] このように、生成部130は、第1例及び第2例の方法で空力音信号を生成し、出力部140に出力する。

[0240] そして、ステップS60の処理が行われる。

[0241] [動作例2]

続いて、動作例2について説明する。

[0242] 図14は、本実施の形態に係る音響信号処理装置100の動作例2のフローチャートである。以下では、動作例1との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0243] はじめに、取得部110は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、仮想空間における受聴者Lの位置を示す第2位置情報、及び、オブジェクトの形状を示す形状情報を取得する(S10a)。

[0244] また、動作例2においては、可否情報が用いられないため、ステップS10aにおいて取得部110は、可否情報を取得しない。

[0245] なお、動作例1と同様に、取得部110は、継続的に、より具体的には空間情報管理部A0201及びA0211で実行される空間情報の更新ごとに第1位置情報及び第2位置情報を取得する。

[0246] 次に、ステップS20及びS30が行われる。

[0247] 続いて、生成部130は、取得部110によって取得された形状情報が示す形状、第1算出部121によって算出された移動速度及び第2算出部122によって算出された距離に基づいて、空力音信号を生成する(50a)。

[0248] ステップS50aにおいて、生成部130は、まず、記憶部150に記憶されている空力音データを取得する(S511)。

[0249] 次に、生成部130は、移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように、かつ、オブジェクトの体積が大きいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する(S512a)。つまり生成された空力音信号は、算出さ

れた移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせられた信号であって、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくする信号であって、オブジェクトの体積が大きいほど空力音の音量を大きくする信号である。なお、オブジェクトの体積は、形状情報が示す形状に基づいて、算出される。

[0250] 動作例2においては、生成部130は、周波数成分を高周波数側にシフトする上記処理と、距離に応じて空力音の音量を大きくする上記処理と、オブジェクトの体積に応じて空力音の音量を大きくする上記処理とを全て行うが、少なくとも1つを行ってもよい。なお、オブジェクトの体積に応じて空力音の音量を大きくする上記処理は、以下のように行われるとよい。例えば所定の体積が記憶部150に記憶されており、生成部130は、当該所定の体積よりオブジェクトの体積が大きいほど空力音の音量が大きくなるように、当該所定の体積よりオブジェクトの体積が小さいほど空力音の音量が小さくなるように、空力音信号を生成する。

[0251] さらに、出力部140は、生成部130によって生成された空力音信号を出力する(S60)。

[0252] なお、図14が示す動作例2においては、動作例1で示した第1例の方法の空力音データが用いられて、空力音信号が生成されたが、これに限られない。動作例2においては、動作例1で示した第2例の方法の処理信号が用いられて、空力音信号が生成されてもよい。

[0253] [動作例3]

続いて、動作例3について説明する。

[0254] 図15は、本実施の形態に係る音響信号処理装置100の動作例3のフローチャートである。以下では、動作例2との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0255] 動作例3においては、動作例2と同じくステップS10a、S20及びS30が行われる。

[0256] 次に、算出部120（より具体的には、第3算出部123）は、第1算出

部 1 2 1 によって算出された移動速度及び取得部 1 1 0 によって取得された形状情報に基づいて、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する (S 3 5)。

[0257] ここで当該風量とは、オブジェクトが移動することによって、移動する空気の量を意味する。例えば記憶部 1 5 0 には、オブジェクトの移動速度とオブジェクトの形状と当該移動速度及び当該形状に対応付けられた風量とを示す風量データが記憶されている。第 3 算出部 1 2 3 は、移動速度及び形状に基づいて、記憶部 1 5 0 に記憶されている風量データを参照することで、風量を算出するとよい。

[0258] 続いて、生成部 1 3 0 は、第 1 算出部 1 2 1 によって算出された移動速度、第 2 算出部 1 2 2 によって算出された距離及び第 3 算出部 1 2 3 によって算出された風量に基づいて、空力音信号を生成する (5 0 b)。

[0259] ステップ S 5 0 b において、生成部 1 3 0 は、まず、記憶部 1 5 0 に記憶されている空力音データを取得する (S 5 1 1)。

[0260] 次に、生成部 1 3 0 は、移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように、かつ、風量が大きいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する (S 5 1 2 b)。つまり生成された空力音信号は、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせられた信号であって、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくする信号であって、風量が大きいほど空力音の音量を大きくする信号である。

[0261] 動作例 3 においては、生成部 1 3 0 は、周波数成分を高周波数側にシフトする上記処理と、距離に応じて空力音の音量を大きくする上記処理と、風量に応じて空力音の音量を大きくする上記処理とを全て行うが、少なくとも 1 つを行ってもよい。なお、風量に応じて空力音の音量を大きくする上記処理は、以下のように行われるとよい。例えば所定の風量が記憶部 1 5 0 に記憶されており、生成部 1 3 0 は、当該所定の風量より算出された風量が大きいほど空力音の音量が大きくなるように、当該所定の風量より算出された風量

が小さいほど空力音の音量が小さくなるように、空力音信号を生成する。

[0262] さらに、出力部 140 は、生成部 130 によって生成された空力音信号を出力する (S60)。

[0263] [動作例 4]

続いて、動作例 4 について説明する。

[0264] 動作例 3 においては、ステップ S35 では、風量データが用いられて、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量が算出されたがこれに限られない。

[0265] 動作例 4 では、仮想空間におけるオブジェクトの移動方向（進行方向）に応じた処理が行われる例について説明する。

[0266] 図 16 は、本実施の形態に係る音響信号処理装置 100 の動作例 4 のフローチャートである。以下では、動作例 3 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

[0267] 動作例 4 においては、動作例 3 と同じくステップ S10a、S20 及び S30 が行われる。

[0268] 次に、ステップ S35 が行われる。このステップ S35 で行われる処理について、以下より詳細に説明する。

[0269] 本動作例においては、オブジェクトは、航空機 700 である。図 17 は、本実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例 4 に係るオブジェクトである航空機 700 を示す図である。このように、オブジェクトが航空機 700 である場合には、形状情報には、オブジェクトの移動方向が示されている。図 17 においては、オブジェクト（航空機 700）の移動方向（進行方向）は、紙面手前方向である。

[0270] この場合、ステップ S35 において、より詳細な処理として、以下の処理が行われる。すなわち、第 3 算出部 123 は、取得部 110 によって取得された形状情報に示されるオブジェクトの移動方向から見たオブジェクトの面積、及び、第 1 算出部 121 によって算出された移動速度に基づいて、風量を算出する (S35c)。

- [0271] 当該面積とは、オブジェクトである航空機 700 の移動方向（進行方向）から、当該オブジェクトを見たときに、当該オブジェクトの輪郭で囲まれる面積である。当該面積とは、例えば、図 17 が示す航空機 700 が占める範囲である。
- [0272] ステップ S35c では、第 3 算出部 123 は、オブジェクトの面積と、移動速度との乗算により風量を算出する。より具体的には、第 3 算出部 123 は、オブジェクトの面積と、移動速度と、所定の定数との乗算により風量を算出するとよい。
- [0273] そして、図 16 が示すように、ステップ S50b 及び S60 が行われる。
- [0274] なお、本動作例においては、オブジェクトとして航空機 700 が用いられたがこれに限られない。移動方向（進行方向）が自明であるオブジェクト、又は、形状情報に移動方向（進行方向）が示されているオブジェクトが用いられた場合には、本動作例の処理が適用可能である。
- [0275] [動作例 5]
- 続いて、動作例 5 について説明する。
- [0276] まずは、動作例 5 におけるオブジェクトについて説明する。
- [0277] 図 18 は、本実施の形態に係る音響信号処理装置の動作例 5 に係るオブジェクトであるうちわ 800 を示す図である。うちわ 800 は、動作例 4 に係る航空機 700 とは異なり移動方向が自明ではなく、うちわ 800 の移動方向は、例えば、図 18 の紙面上下方向、紙面左右方向及び紙面手前奥方向の少なくとも 1 つである。
- [0278] このように、移動方向が自明でないオブジェクトが用いられる場合には、動作例 4 の処理を行うことは困難である。動作例 5 では、このような場合においても、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する例を説明する。
- [0279] 図 19 は、本実施の形態に係る音響信号処理装置 100 の動作例 5 のフローチャートである。以下では、動作例 3 との相違点を中心に説明し、共通点の説明を省略又は簡略化する。

- [0280] 動作例5においては、動作例3と同じくステップS10aが行われる。
- [0281] 次に、第1算出部121は、取得部110によって取得された第1位置情報に基づいて、オブジェクトの移動速度及び移動方向を算出する（S20e）。上記の通り、取得部110は仮想空間におけるオブジェクトの位置を示す第1位置情報を空間情報管理部A0201及びA0211で実行される空間情報の更新ごとに取得している。第1算出部121は、1つの第1位置情報と、空間情報管理部A0201及びA0211で実行される空間情報の更新後に取得された1つの第1位置情報との差分から、オブジェクトの仮想空間における移動方向を算出する。
- [0282] 続いて、ステップS30が行われる。
- [0283] 次に、第3算出部123は、取得部110によって取得された形状情報、第1算出部121によって算出された移動方向、及び、算出された移動速度に基づいて、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する（S35e）。
- [0284] ステップS35eでは、まず、第3算出部123は、形状情報及び移動方向に基づいて、オブジェクトの移動方向から見たオブジェクトの面積を算出する。なお、オブジェクトであるうちわ800は、持ち手801と扇面802とを有する。うちわ800が、上下方向（以下第1方向）、左右方向（以下第2方向）及び紙面手前奥方向（以下第3方向）に移動した場合を検討する。なお、第1方向は、扇面802に水平な方向であって持ち手801が延びる方向である。第2方向は、扇面802に水平な方向であって第1方向に垂直な方向である。第3方向は、扇面802に垂直な方向である。図18が示すように、このうちわ800は、第3方向に厚みの薄いうちわである。
- [0285] うちわ800の移動方向が第1方向である場合に、移動方向から見たオブジェクトの面積を以下第1面積とする。うちわ800の移動方向が第2方向である場合に、移動方向から見たオブジェクトの面積を以下第2面積とする。うちわ800の移動方向が第3方向である場合に、移動方向から見たオブジェクトの面積を以下第3面積とする。うちわ800は第3方向に厚みが薄

いため、第1面積及び第2面積は、第3面積に比べて非常に小さい値となる。

[0286] さらに、ステップS35eでは、第3算出部123は、オブジェクトの移動方向から見たオブジェクトの面積、及び、移動速度に基づいて風量を算出する。例えば、動作例4のステップS35と同じく、第3算出部123は、オブジェクトの面積と、移動速度と、所定の定数との乗算により風量を算出するとよい。

[0287] 例えば本動作例においては、第1面積及び第2面積は、第3面積に比べて非常に小さい値となることから、うちわ800の移動方向が第1方向及び第2方向である場合に比べて、うちわ800の移動方向が第3方向である場合の風量が大きくなる。

[0288] そして、図19が示すように、ステップS50b及びS60が行われる。

[0289] 続いて、パイプライン処理について説明する。

[0290] 上述の算出部120、生成部130、及び、選択部で行われる処理は、例えば特許文献2で説明されているようなパイプライン処理の一部として行われてもよい。図20は、図2G及び図2Hのレンダリング部A0203及びA0213がパイプライン処理を行う場合を説明するための機能ブロック図及びステップの一例を示す図である。図20での説明においては、図2G及び図2Hのレンダリング部A0203及びA0213の一例であるレンダリング部900を用いて説明する。

[0291] パイプライン処理とは、音響効果を付与するための処理を複数の処理に分割し、各処理を1つずつ順番に実行することを指す。分割された処理のそれぞれでは、例えば、音声信号に対する信号処理、又は信号処理に用いるパラメータの生成などが実行される。

[0292] 本実施の形態におけるレンダリング部900は、パイプライン処理として、例えば残響効果、初期反射音、距離減衰効果、バイノーラル処理などを施す処理を含む。ただし、上記の処理は一例であり、それ以外の処理を含んでもよいし、一部の処理を含んでいなくてもよい。例えば、レンダリング

部 900 がパイプライン処理として、回折処理又はオクルージョン処理を含んでいてもよいし、例えば残響処理が不要な場合は省略されてもよい。また、それぞれの処理をステージと表現し、それぞれの処理の結果生成される反射音などの音声信号をレンダリングアイテムと表現してもよい。パイプライン処理における各ステージの順番と、パイプライン処理に含まれるステージとは図 20 に示した例に限られない。

[0293] なお、図 20 で示すすべてのステージがレンダリング部 900 に備わってなくてもよく、一部のステージが省略されたり、レンダリング部 900 以外に他のステージが存在したりしてもよい。

[0294] パイプライン処理の一例として、残響処理、初期反射処理、距離減衰処理、選択処理、生成処理、バイノーラル処理のそれぞれで行われる処理について説明する。それぞれの処理では入力信号に含まれるメタデータを解析して、反射音の生成に必要なパラメータを算出する。

[0295] なお、図 20 においては、レンダリング部 900 は、残響処理部 901、初期反射処理部 902、距離減衰処理部 903、選択部 904、算出部 120、生成部 130 及びバイノーラル処理部 905 を備える。ここでは、残響処理部 901 が残響処理ステップを、初期反射処理部 902 が初期反射処理ステップを、距離減衰処理部 903 が距離減衰処理ステップを、選択部 904 が選択処理ステップを、バイノーラル処理部 905 がバイノーラル処理ステップを行う例について説明する。

[0296] 残響処理ステップでは、残響処理部 901 が残響音を示す音声信号又は音声信号の生成に必要なパラメータを生成する。残響音とは、直接音の後に残響としてリスナに到達する残響音を含む音である。一例として、残響音は、後述する初期反射音がリスナへ到達した後の比較的后期（例えば、直接音の到達時から百数十 ms 程度）の段階で、初期反射音よりも多くの回数（例えば、数十回）の反射を経てリスナへ到達する残響音である。残響処理部 901 は、入力信号に含まれる音声信号及び空間情報を参照し、事前に準備してある残響音を生成するための所定の関数を用いて計算する。

- [0297] 残響処理部 901 は、当該音信号に、公知の残響生成方法を適用して、残響を生成してもよい。公知の残響生成方法とは、一例として、シュレーダー法であるが、これに限られない。また、残響処理部 901 は、公知の残響生成処理を適用する際に、空間情報が示す音再生空間の形状及び音響特性を用いる。これにより、残響処理部 901 は、残響を示す音声信号を生成するためのパラメータを算出することができる。
- [0298] 初期反射処理ステップでは、初期反射処理部 902 が、空間情報に基づいて、初期反射音を生成するためのパラメータを算出する。初期反射音は、音源オブジェクトから直接音がリスナへ到達した後の比較的初期（例えば、直接音の到達時から数十 ms 程度）の段階で、1 回以上の反射を経てリスナへ到達する反射音である。初期反射処理部 902 は、例えば音信号及びメタデータを参照し、三次元音場（空間）の形状、大きさ、構造物等のオブジェクトの位置、及びオブジェクトの反射率等を用いて、音源オブジェクトからオブジェクトで反射してリスナに到達する反射音の経路を計算する。また、初期反射処理部 902 が直接音の経路も算出してもよい。当該経路の情報が初期反射音を生成するためのパラメータとして用いられるとともに、選択部 904 における反射音の選択処理のためのパラメータとして用いられてもよい。
- [0299] 距離減衰処理ステップでは、距離減衰処理部 903 が、初期反射処理部 902 が算出した直接音の経路の長さとの差に基づいて、リスナに到達する音量を算出する。リスナに到達する音量は、音源の音量に対して、リスナまでの距離に比例して減衰（距離に反比例）するので、直接音の音量は、音源の音量を直接音の経路の長さで除して得ることができ、反射音の音量は、音源の音量を反射音のパスの長さで除して算出することができる。
- [0300] 選択処理ステップでは、選択部 904 が、生成する空力音又は反射音を選択する。それ以前のステップで算出されたパラメータに基づいて、選択処理が実行されてもよい。

- [0301] 選択処理がパイプライン処理の一部で実行される場合、選択処理において選択されなかった反射音については、パイプライン処理における選択処理以降の処理を実行する対象としなくてもよい。選択されなかった反射音について選択処理以降の処理を実行しないことで、選択されなかった反射音についてバイノーラル処理のみを実行しないことを決定する場合よりも、音響信号処理装置 100 の演算負荷を低減することが可能になる。
- [0302] また、本実施の形態で説明した選択処理がパイプライン処理の一部で実行される場合、選択処理の順番が、パイプライン処理における複数の処理の順番のうちより早い順番で実行されるように設定すると、より多くの選択処理以降の処理を省略できるため、より多くの演算量を削減することができる。例えば算出部 120 及び生成部 130 が処理より前の順番で選択処理が実行されると、選択しないことが決定されたオブジェクトに係る空力音についての処理を省略することができ、より音響信号処理装置 100 における演算量を削減することが出来る。
- [0303] また、レンダリングアイテムを生成するパイプライン処理の一部で算出されたパラメータが、選択部 904 又は算出部 120 で用いられてもよい。
- [0304] バイノーラル処理ステップでは、バイノーラル処理部 905 が、直接音の音声信号に対して音源オブジェクトの方向からリスナに到達する音として知覚されるように、信号処理を実行する。さらにバイノーラル処理部 905 は、反射音が反射に関わる障害物オブジェクトからリスナに到達する音として知覚されるように、信号処理を実行する。音空間におけるリスナの座標及び向き（つまり、受聴点の位置及び向き）に基づいて、音源オブジェクトの位置又は障害物オブジェクトの位置から音がリスナに到達するように、H R I R Head-Related Impulse Responses) D B (Data base) を適用する処理を実行する。なお、受聴点は、例えば、リスナの頭部の動きに合わせてその位置及び方向が変化されてもよい。また、リスナの位置を示す情報がセンサから取得されてもよい。
- [0305] パイプライン処理及びバイノーラル処理に用いるプログラム、音響処理に

必要な空間情報、H R I R D B、及び、閾値データなどその他のパラメータは、音響信号処理装置 100 に備わるメモリ又は外部から取得する。H R I R (Head-Related Impulse Responses) とは、1 個のインパルスが発生させたときの応答特性である。言い換えれば、H R I R とは、耳殻、人頭及び肩まで含めた周辺物によって生じる音の変化を伝達関数として表現した頭部伝達関数をフーリエ変換することで、周波数領域における表現から時間領域における表現に変換された応答特性である。H R I R D B は、このような情報を含むデータベースである。

[0306] また、パイプライン処理の一例として、レンダリング部 900 は図示していない処理部を含んでいてもよい。例えば、回折処理部又はオクルージョン処理部を含んでいてもよい。

[0307] 回折処理部は、三次元音場（空間）におけるリスナと音源オブジェクトとの間にある障害物に起因する回折音を含む音を示す音声信号を生成する処理を実行する。回折音は、音源オブジェクトとリスナとの間に障害物がある場合に、当該障害物を回り込むようにして音源オブジェクトからリスナへ到達する音である。

[0308] 回折処理部は、例えば音信号及びメタデータを参照し、三次元音場（空間）における音源オブジェクトの位置、リスナの位置、並びに障害物の位置、形状、及び大きさ等を用いて、音源オブジェクトから障害物を迂回してリスナへと到達する経路を計算し、当該経路に基づいて回折音を生成する。

[0309] オクルージョン処理部は、いずれかのステップで取得した空間情報及び障害物オブジェクトの材質などの情報に基づいて、障害物オブジェクトの向こう側に音源オブジェクトがある場合に漏れ聞こえる音声信号を生成する。

[0310] なお、上記実施の形態では、音源オブジェクトに付与する位置情報は、仮想空間内における「点」として定義したものであり、所謂「点音源」であるとして発明の詳細を説明した。一方で、仮想空間における音源を定義する方法として、長さ、大きさ又は形状などを有する物体として、点音源でない、空間的に拡張された音源を定義する場合もある。そのような場合は、リスナ

と音源との距離又は音の到来方向が確定しないので、それに起因する反射音は解析が行われるまでもなく、或いは解析結果の如何にかかわらず、上記選択部904で「選択する」方の処理に限定してもよい。そうすることによって、反射音を選択しないことによって生じるかもしれない音質の劣化を避けることができるからである。又は、当該物体の重心など代表点が定められて、その代表点から音が発生しているとして本開示の処理を適用してもよいが、その場合は、音源の空間的な拡張の情報に応じて閾値を調整した上で本開示の処理を適用してもよい。

[0311] 続いて、ビットストリームの構造例について説明する。

[0312] ビットストリームには、例えば、音声信号と、メタデータと、が含まれる。音声信号は、音の周波数及び強弱に関する情報などを示す、音が表現された音データである。メタデータに含まれる空間情報は、音声信号に基づく音を聞くリスナが位置する空間に関する情報である。具体的には、空間情報は、当該音の音像を、音空間（例えば、三次元音場内）における所定の位置に定位させる際の、つまり、リスナに所定方向から到達する音として知覚させる際の当該所定の位置（定位位置）に関する情報である。空間情報には、例えば、音源オブジェクト情報と、リスナの位置を示す位置情報と、が含まれる。

[0313] 音源オブジェクト情報は、音声信号に基づく音を発生させる、つまり、音声信号を再生する物体を示すオブジェクトの情報であって、当該物体が配置される実空間に対応する仮想的な空間である音空間に配置される仮想的なオブジェクト（音源オブジェクト）に関する情報である。音源オブジェクト情報は、例えば、音空間に配置される音源オブジェクトの位置を示す情報、音源オブジェクトの向きに関する情報、音源オブジェクトが発する音の指向性に関する情報、音源オブジェクトが生物に属するか否かを示す情報、及び、音源オブジェクトが動体であるか否かを示す情報などを含む。例えば、音声信号は、音源オブジェクト情報が示す1以上の音源オブジェクトに対応している。

- [0314] ビットストリームのデータ構造の一例として、ビットストリームは、例えばメタデータ（制御情報）と音声信号とで構成される。
- [0315] 音声信号とメタデータとは一つのビットストリームに格納されていてもよいし、複数のビットストリームに別々に格納されていてもよい。同様に音声信号とメタデータとは一つのファイルに格納されていてもよいし、複数のファイルに別々に格納されていてもよい。
- [0316] ビットストリームは音源ごとに存在してもよいし、再生時間ごとに存在してもよい。再生時間ごとにビットストリームが存在する場合、同時に複数のビットストリームが並列で処理されてもよい。
- [0317] メタデータは、ビットストリームごとに付与されてもよく、複数のビットストリームを制御する情報としてまとめて付与されてもよい。また、メタデータは、再生時間ごとに付与されてもよい。
- [0318] 音声信号とメタデータとは、複数のビットストリーム又は複数のファイルに別々に格納されている場合、一つ又は一部のビットストリーム又はファイルに関連する他のビットストリーム又はファイルを示す情報が含まれていてもよいし、全てのビットストリーム又はファイルのそれぞれに関連する他のビットストリーム又はファイルを示す情報が含まれていてもよい。ここで、関連するビットストリーム又はファイルとは、例えば、音響処理の際に同時に用いられる可能性のあるビットストリーム又はファイルである。また、関連するビットストリーム又はファイルには、関連する他のビットストリーム又はファイルを示す情報をまとめて記述したビットストリーム又はファイルが含まれていてもよい。ここで、関連する他のビットストリーム又はファイルを示す情報とは、例えば当該他のビットストリームを示す識別子又は他のファイルを示すファイル名又はURL（Uniform Resource Locator）又はURI（Uniform Resource Identifier）などである。この場合、取得部110は、関連する他のビットストリーム又はファイルを示す情報に基づいてビットストリーム又はファイルを特定又は取得する。また、ビットストリーム内に関連する他のビ

ットストリームを示す情報が含まれていると共に、ビットストリーム内に別のビットストリーム又はファイルに関連するビットストリーム又はファイルを示す情報を含めていてもよい。ここで、関連するビットストリーム又はファイルを示す情報を含むファイルとは、例えばコンテンツの配信に用いられるマニフェストファイルなどの制御ファイルであってもよい。

[0319] なお、全てのメタデータ又は一部のメタデータは音声信号のビットストリーム以外から取得されてもよい。例えば、音響を制御するメタデータと映像を制御するメタデータとのいずれかがビットストリーム以外から取得されてもよいし、両方のメタデータがビットストリーム以外から取得されてもよい。また、映像を制御するメタデータが音声信号再生システムで取得されるビットストリームに含まれる場合は、音声信号再生システムは映像の制御に用いることができるメタデータを、画像を表示する表示装置、又は立体映像を再生する立体映像再生装置に対して出力する機能を備えていてもよい。

[0320] さらに、メタデータに含まれる情報の例について説明する。

[0321] メタデータは、音空間で表現されるシーンを記述するために用いられる情報であってもよい。ここでシーンとは、メタデータを用いて、音声信号再生システムでモデリングされる、音空間における三次元映像及び音響イベントを表すすべての要素の集合体を指す用語である。つまり、ここでいうメタデータとは、音響処理を制御する情報だけでなく、映像処理を制御する情報も含んでいてもよい。勿論、メタデータには、音響処理と映像処理とのいずれか一方だけを制御する情報が含まれていてもよいし、両方の制御に用いられる情報が含まれていてもよい。

[0322] 音声信号再生システムは、ビットストリームに含まれるメタデータ及び、追加で取得されるインタラクティブなリスナの位置情報などを用いて、音声信号に音響処理を行うことで、仮想的な音響効果を生成する。本実施の形態では、音響効果のうち、初期反射処理と、障害物処理と、回折処理と、遮断処理と、残響処理とを行う場合を説明するが、メタデータを用いてほかの音響処理を行ってもよい。例えば、音声信号再生システムは、距離減衰効果、

ローカリゼーション、ドップラー効果などの音響効果を付加することが考えられる。また、音響効果の全て又は一部のオンオフを切り替える情報、優先度情報をメタデータとして付加してもよい。

[0323] また、一例として、符号化されたメタデータは、音源オブジェクト及び障害物オブジェクトを含む音空間に関する情報と、当該音の音像を音空間内において所定位置に定位させる（つまり、所定方向から到達する音として知覚させる）際の定位位置に関する情報とを含む。ここで、障害物オブジェクトは、音源オブジェクトが発する音がリスナへと到達するまでの間において、例えば音を遮ったり、音を反射したりして、リスナが知覚する音に影響を及ぼし得るオブジェクトである。障害物オブジェクトは、静止物体の他に、人等の動物、又は機械等の動体を含み得る。また、音空間に複数の音源オブジェクトが存在する場合、任意の音源オブジェクトにとっては、他の音源オブジェクトは障害物オブジェクトとなり得る。建材又は無生物などの音を発しないオブジェクトである非発音オブジェクトも、音を発する音源オブジェクトも障害物オブジェクトとなり得る。

[0324] メタデータには、音空間の形状、音空間に存在する障害物オブジェクトの形状情報及び位置情報、音空間に存在する音源オブジェクトの形状情報及び位置情報、並びに音空間におけるリスナの位置及び向きをそれぞれ表す情報のすべて又は一部が含まれる。

[0325] 音空間は、閉空間又は開空間のいずれであってもよい。また、メタデータには、例えば床、壁、又は天井等の音空間において音を反射し得る構造物の反射率、及び音空間に存在する障害物オブジェクトの反射率を表す情報が含まれる。ここで、反射率は、反射音と入射音とのエネルギーの比であって、音の周波数帯域ごとに設定されている。勿論、反射率は、音の周波数帯域に依らず、一律に設定されていてもよい。音空間が開空間の場合は、例えば一律で設定された減衰率、回折音、初期反射音などのパラメータが用いられてもよい。

[0326] 上記説明では、メタデータに含まれる障害物オブジェクト又は音源オブジ

ェクトに関するパラメータとして、反射率を挙げたが反射率以外の情報を含んでいてもよい。例えば、反射率以外の情報は、音源オブジェクト及び非発音オブジェクトの両方に関わるメタデータとして、オブジェクトの素材に関する情報を含んでいてもよい。具体的には、反射率以外の情報は、拡散率、透過率、吸音率などのパラメータを含んでいてもよい。

[0327] 音源オブジェクトに関する情報として、音量、放射特性（指向性）、再生条件、ひとつのオブジェクトから発せられる音源の数及び種類、並びに、オブジェクトにおける音源領域を指定する情報などを含めてもよい。再生条件では例えば、継続的に流れ続ける音なのかイベント発動する音なのかが定められてもよい。オブジェクトにおける音源領域は、リスナの位置とオブジェクトの位置との相対的な関係で定めてもよいし、オブジェクトを基準として定めてもよい。オブジェクトにおける音源領域がリスナの位置とオブジェクトの位置との相対的な関係で定められる場合、リスナがオブジェクトを見ている面を基準とし、リスナから見てオブジェクトの右側からは音A、左側からは音Bが発せられているようにリスナに知覚させることができる。オブジェクトにおける音源領域がオブジェクトを基準として定められる場合、リスナの見ている方向に関わらず、オブジェクトのどの領域からどの音を出すかは固定にすることができる。例えばオブジェクトを正面から見たときの右側からは高い音、左側からは低い音が流れているようにリスナに知覚させることができる。この場合、リスナがオブジェクトの背面に回り込んだ場合、背面から見て右側からは低い音、左側からは高い音が流れているようにリスナに知覚させることができる。

[0328] 空間に関するメタデータとして、初期反射音までの時間、残響時間、直接音と拡散音との比率などを含めることができる。直接音と拡散音との比率がゼロの場合、直接音のみをリスナに知覚させることができる。

[0329] 本実施の形態をまとめると以下の通りである。

[0330] 本実施の形態に係る音響信号処理方法は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、仮想空間における受聴者L

の位置を示す第2位置情報を取得する取得ステップと、取得された第1位置情報に基づいて、オブジェクトの移動速度を算出する第1算出ステップと、取得された第1位置情報及び取得された第2位置情報に基づいて、オブジェクトと受聴者Lとの距離を算出する第2算出ステップと、算出された移動速度及び算出された距離に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、生成された空力音信号を出力する出力ステップと、を含む。

[0331] これにより、音響信号処理方法は、仮想空間におけるオブジェクトの位置及び受聴者Lの位置に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成し、生成された空力音信号を出力することができる。この空力音信号などがヘッドフォン200又はスピーカなどに出力されることで、受聴者Lは当該空力音を受聴することができる。このため、受聴者Lは、当該オブジェクトが移動していることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理方法は、受聴者Lに臨場感を与えることができる。

[0332] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、生成ステップでは、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する。

[0333] これにより、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者Lとの距離に応じて、受聴者Lが受聴する空力音を制御することができるため、受聴者Lは、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0334] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、取得ステップでは、オブジェクトが空力音を生成するか否かを示す可否情報を取得し、生成ステップでは、取得された可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示す場合に、空力音信号を生成する。

- [0335] これにより、可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示す場合のみに空力音信号が生成される。つまりは、音響信号処理方法は、可否情報が、オブジェクトが空力音を生成することを示さない場合には空力音信号を生成する必要がないため、音響信号処理方法において、空力音を発生させるための処理負荷を抑制することができる。
- [0336] さらに、第1位置情報、第2位置情報及び可否情報によって空力音信号が生成されることができる。つまりは、本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、第1位置情報、第2位置情報及び可否情報以外の他の情報がなくても、空力音信号が生成されることができる。
- [0337] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、取得ステップでは、オブジェクトの形状を示す形状情報を取得し、生成ステップでは、取得された形状情報が示す形状、算出された移動速度及び算出された距離に基づいて、空力音信号を生成する。
- [0338] これにより、空力音信号が、オブジェクトの形状、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者Lとの距離に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者Lが受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。
- [0339] さらに、第1位置情報、第2位置情報及び形状情報によって空力音信号が生成されることができる。つまりは、本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、第1位置情報、第2位置情報及び形状情報以外の他の情報がなくても、空力音信号が生成されることができる。
- [0340] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、生成ステップでは、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように、かつ、取得された形状情報に基づいてオブジェクトの体積が大きいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する。
- [0341] これにより、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者Lとの距離、及び、オブジェクトの体積に応じて、受聴者Lが受聴する空力音を制御す

ることができるため、受聴者Lは、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0342] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、算出された移動速度及び取得された形状情報に基づいて、オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する第3算出ステップを含み、生成ステップでは、算出された移動速度、算出された距離及び算出された風量に基づいて、空力音信号を生成する。

[0343] これにより、空力音信号が、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者Lとの距離、及び、上記風量に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者Lが受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0344] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、生成ステップでは、算出された移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、算出された距離が小さいほど空力音の音量を大きくするように、かつ、算出された風量が大きいほど空力音の音量を大きくするように空力音信号を生成する。

[0345] これにより、オブジェクトの移動速度、オブジェクトと受聴者Lとの距離、及び、上記風量に応じて、受聴者Lが受聴する空力音を制御することができるため、受聴者Lは、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0346] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、生成ステップでは、算出された移動速度、算出された距離及び人の耳の形状に基づいて、空力音信号を生成する。

[0347] これにより、空力音信号が、人の耳の形状に基づく音生成モデルに応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者Lが受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0348] また、平均的な人の耳をモデルとすることで、仮想空間のユーザ（例えば

仮想空間内で実行されるコンテンツの提供者)が空力音を示すデータを、当該コンテンツのために準備しておく必要が省かれる。

[0349] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、人の耳又は人の耳を模したモデルに風Wが到達することで生じる音が収録されたデータである空力音データが記憶される記憶ステップと、生成ステップでは、記憶された空力音データ、算出された移動速度及び算出された距離に基づいて、空力音信号を生成する。

[0350] これにより、空力音信号が、実際に生じた音が収録されたデータに応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者Lが受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0351] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、第3算出ステップでは、取得された形状情報に示されるオブジェクトの移動方向から見たオブジェクトの面積、及び、算出された移動速度に基づいて、風量を算出する。

[0352] これにより、上記風量が、形状情報に示されるオブジェクトの移動方向から見たオブジェクトの面積、及び、移動速度に基づいて算出される。そして、空力音信号が、このような風量、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者Lとの距離に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者Lが受聴することができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0353] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、第1算出ステップでは、取得された第1位置情報に基づいて、オブジェクトの移動速度及び移動方向を算出し、第3算出ステップでは、取得された形状情報、算出された移動方向、及び、算出された移動速度に基づいて、風量を算出する。

[0354] これにより、上記風量が、形状情報、移動方向及び移動速度に基づいて算出される。そして、空力音信号が、このような風量、オブジェクトの移動速度、及び、オブジェクトと受聴者Lとの距離に応じて生成されるため、より臨場感のある空力音を受聴者Lが受聴することができる。つまりは、音響信

号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0355] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、雑音信号を複数の帯域強調フィルタのそれぞれで処理して、処理された複数の雑音信号の合成を行って処理することで、仮想空間における受聴者Lの耳に風Wが到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、生成された空力音信号を出力する出力ステップと、を含み、複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、受聴者Lの耳又は頭部の形状に起因して生じる空力音を模擬するためのフィルタである。

[0356] これにより、音響信号処理方法は、仮想空間における受聴者Lに、仮想空間における受聴者Lの耳に風Wが到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成し、生成した空力音信号を出力することができる。この空力音信号などがヘッドフォン又はスピーカなどに出力されることで、受聴者Lは当該空力音を受聴することができる。このため、受聴者Lは、仮想空間において風Wが吹いていることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lに臨場感を与えることができる。

[0357] さらに、仮想空間において吹いている風Wは、上記のように、オブジェクトの移動により生じる風Wとは異なり、現実空間で自然に吹いているそよ風、又は、暴風などを模した風であってもよい。当然この場合は、風Wの発生源の位置は特定されないし、当該位置と受聴者との位置関係も特定されない。この場合でも、受聴者Lは、仮想空間において風Wが吹いていることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。

[0358] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、複数の帯域強調フィルタは、処理された複数の雑音信号のうち当該帯域強調フィルタが処理した雑音信号に当該帯域強調フィルタに対応する所定の係数の乗算を行い、生成ステップでは、乗算が行われた後に、合成を行う。

[0359] これにより、音響信号処理方法により生成される空力音が、現実空間で受聴者Lが受聴する空力音により似た音となる。そのため、受聴者Lは、より

臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0360] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、耳に到達する風Wの風速に応じて特性が変動する。

[0361] これにより、音響信号処理方法により生成される空力音が、現実空間で受聴者Lが受聴する空力音により似た音となる。そのため、受聴者Lは、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0362] 本実施の形態に係る音響信号処理方法においては、複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、耳に到達する風Wの風向に応じて特性が変動する。

[0363] これにより、音響信号処理方法により生成される空力音が、現実空間で受聴者Lが受聴する空力音により似た音となる。そのため、受聴者Lは、より臨場感を得ることができる。つまりは、音響信号処理方法は、受聴者Lにより臨場感を与えることができる。

[0364] 本実施の形態に係るコンピュータプログラムは、上記記載の音響信号処理方法をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムである。

[0365] これにより、コンピュータが、コンピュータプログラムに従って、上記の音響信号処理方法を実行することができる。

[0366] 本実施の形態に係る音響信号処理装置100は、仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、仮想空間における受聴者Lの位置を示す第2位置情報を取得する取得部110と、取得された第1位置情報に基づいて、オブジェクトの移動速度を算出する第1算出部121と、取得された第1位置情報及び取得された第2位置情報に基づいて、オブジェクトと受聴者Lとの距離を算出する第2算出部122と、算出された移動速度及び算出された距離に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成部130と、生成された空力音信号を出力する出力部140と、を備える。

[0367] これにより、音響信号処理装置は、仮想空間におけるオブジェクトの位置及び受聴者Lの位置に基づいて、オブジェクトの移動により生じる風Wが受聴者Lの耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成し、生成された空力音信号を出力することができる。この空力音信号などがヘッドフォン200又はスピーカなどに出力されることで、受聴者Lは当該空力音を受聴することができる。このため、受聴者Lは、当該オブジェクトが移動していることを知覚することができ、臨場感を得ることができる。つまりは、本開示の一態様に係る音響信号処理装置は、受聴者Lに臨場感を与えることができる。

[0368] (その他の実施の形態)

以上、本開示の態様に係る音響信号処理方法及び音響信号処理装置100について、実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、この実施の形態に限定されるものではない。例えば、本明細書において記載した構成要素を任意に組み合わせて、また、構成要素のいくつかを除外して実現される別の実施の形態を本開示の実施の形態としてもよい。また、上記実施の形態に対して本開示の主旨、すなわち、請求の範囲に記載される文言が示す意味を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例も本開示に含まれる。

[0369] また、以下に示す形態も、本開示の一つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

[0370] (1) 上記の音響信号処理装置100を構成する構成要素の一部は、マイクロプロセッサ、ROM、RAM、ハードディスクユニット、ディスプレイユニット、キーボード、マウスなどから構成されるコンピュータシステムであってもよい。前記RAM又はハードディスクユニットには、コンピュータプログラムが記憶されている。前記マイクロプロセッサが、前記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、その機能を達成する。ここでコンピュータプログラムは、所定の機能を達成するために、コンピュータに対する指令を示す命令コードが複数個組み合わせられて構成されたものであ

る。

[0371] (2) 上記の音響信号処理装置 100 を構成する構成要素の一部は、1 個のシステム L S I (Large Scale Integration: 大規模集積回路) から構成されているとしてもよい。システム L S I は、複数の構成部を 1 個のチップ上に集積して製造された超多機能 L S I であり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAM などを含んで構成されるコンピュータシステムである。前記 RAM には、コンピュータプログラムが記憶されている。前記マイクロプロセッサが、前記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システム L S I は、その機能を達成する。

[0372] (3) 上記の音響信号処理装置 100 を構成する構成要素の一部は、各装置に脱着可能な I C カード又は単体のモジュールから構成されているとしてもよい。前記 I C カード又は前記モジュールは、マイクロプロセッサ、ROM、RAM などから構成されるコンピュータシステムである。前記 I C カード又は前記モジュールは、上記の超多機能 L S I を含むとしてもよい。マイクロプロセッサが、コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、前記 I C カード又は前記モジュールは、その機能を達成する。この I C カード又はこのモジュールは、耐タンパ性を有するとしてもよい。

[0373] (4) また、上記の音響信号処理装置 100 を構成する構成要素の一部は、前記コンピュータプログラム又は前記デジタル信号をコンピュータで読み取り可能な記録媒体、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、C D - R O M、M O、D V D、D V D - R O M、D V D - R A M、B D (B l u - r a y (登録商標) D i s c)、半導体メモリなどに記録したものとしてもよい。また、これらの記録媒体に記録されているデジタル信号であるとしてもよい。

[0374] また、上記の音響信号処理装置 100 を構成する構成要素の一部は、前記コンピュータプログラム又は前記デジタル信号を、電気通信回線、無線又は有線通信回線、インターネットを代表とするネットワーク、データ放送等を経由して伝送するものとしてもよい。

[0375] (5) 本開示は、上記に示す方法であるとしてもよい。また、これらの方法をコンピュータにより実現するコンピュータプログラムであるとしてもよいし、前記コンピュータプログラムからなるデジタル信号であるとしてもよい。

[0376] (6) また、本開示は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、前記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、前記マイクロプロセッサは、前記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。

[0377] (7) また、前記プログラム又は前記デジタル信号を前記記録媒体に記録して移送することにより、又は前記プログラム又は前記デジタル信号を、前記ネットワーク等を経由して移送することにより、独立した他のコンピュータシステムにより実施するとしてもよい。

産業上の利用可能性

[0378] 本開示は、音響信号処理方法及び音響信号処理装置に利用可能であり、特に、音響システムなどに適用可能である。

符号の説明

- [0379] 10、20 ダミーヘッドマイク
- 11 ダミーヘッド
- 12、13 マイクロフォン
- 50、600 扇風機
- 100、A0001 音響信号処理装置
- 110 取得部
- 120 算出部
- 121 第1算出部
- 122 第2算出部
- 123 第3算出部
- 130 生成部
- 140 出力部

150 記憶部
200 ヘッドフォン
201 頭部センサ部
202 出力部
300 表示部
400 車両
500 サーバ装置
601 羽根
700 航空機
800 うちわ
L 受聴者
W 風
A0000 立体音響再生システム
A0002 音声提示装置
A0100 符号化装置
A0101、A0113 入力データ
A0102 エンコーダ
A0103 符号化データ
A0104、A0114 メモリ
A0110、A0130 復号装置
A0111 音声信号
A0112 デコーダ
A0120 符号化装置
A0121 送信部
A0122 送信信号
A0131 受信部
A0132 受信信号
A0200、A0210 デコーダ

A 0 2 0 1、A 0 2 1 1 空間情報管理部

A 0 2 0 2 音声データデコーダ

A 0 2 0 3、A 0 2 1 3、9 0 0 レンダリング部

9 0 1 残響処理部

9 0 2 初期反射処理部

9 0 3 距離減衰処理部

9 0 4 選択部

9 0 5 バイノーラル処理部

請求の範囲

- [請求項1] 仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第1位置情報、及び、前記仮想空間における受聴者の位置を示す第2位置情報を取得する取得ステップと、
- 取得された前記第1位置情報に基づいて、前記オブジェクトの移動速度を算出する第1算出ステップと、
- 取得された前記第1位置情報及び取得された前記第2位置情報に基づいて、前記オブジェクトと前記受聴者との距離を算出する第2算出ステップと、
- 算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記オブジェクトの移動により生じる風が前記受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成ステップと、
- 生成された前記空力音信号を出力する出力ステップと、を含む音響信号処理方法。
- [請求項2] 前記生成ステップでは、
- 算出された前記移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、
- 算出された前記距離が小さいほど前記空力音の音量を大きくするように前記空力音信号を生成する
- 請求項1に記載の音響信号処理方法。
- [請求項3] 前記取得ステップでは、前記オブジェクトが前記空力音を生成するか否かを示す可否情報を取得し、
- 前記生成ステップでは、取得された前記可否情報が、前記オブジェクトが前記空力音を生成することを示す場合に、前記空力音信号を生成する
- 請求項1に記載の音響信号処理方法。
- [請求項4] 前記取得ステップでは、前記オブジェクトの形状を示す形状情報を取得し、

前記生成ステップでは、取得された形状情報が示す前記形状、算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記空力音信号を生成する

請求項 1 に記載の音響信号処理方法。

[請求項5]

前記生成ステップでは、

算出された前記移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、

算出された前記距離が小さいほど前記空力音の音量を大きくするように、かつ、

取得された前記形状情報に基づいて前記オブジェクトの体積が大きいほど前記空力音の音量を大きくするように前記空力音信号を生成する

請求項 4 に記載の音響信号処理方法。

[請求項6]

算出された前記移動速度及び取得された前記形状情報に基づいて、前記オブジェクトが移動する場合に生じる単位時間当たりの風量を算出する第 3 算出ステップを含み、

前記生成ステップでは、算出された前記移動速度、算出された前記距離及び算出された前記風量に基づいて、前記空力音信号を生成する

請求項 4 に記載の音響信号処理方法。

[請求項7]

前記生成ステップでは、

算出された前記移動速度が大きいほど周波数成分を高周波数側にシフトさせ、かつ、

算出された前記距離が小さいほど前記空力音の音量を大きくするように、かつ、

算出された前記風量が大きいほど前記空力音の音量を大きくするように前記空力音信号を生成する

請求項 6 に記載の音響信号処理方法。

[請求項8]

前記生成ステップでは、算出された前記移動速度、算出された前記

距離及び人の耳の形状に基づいて、前記空力音信号を生成する

請求項 1 に記載の音響信号処理方法。

[請求項9] 人の耳又は人の耳を模したモデルに風が到達することで生じる音が
収録されたデータである空力音データが記憶される記憶ステップと、
前記生成ステップでは、記憶された前記空力音データ、算出された
前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記空力音信号を
生成する

請求項 1 に記載の音響信号処理方法。

[請求項10] 前記第 3 算出ステップでは、取得された前記形状情報に示される前
記オブジェクトの移動方向から見た前記オブジェクトの面積、及び、
算出された前記移動速度に基づいて、前記風量を算出する

請求項 6 に記載の音響信号処理方法。

[請求項11] 前記第 1 算出ステップでは、取得された前記第 1 位置情報に基づい
て、前記オブジェクトの前記移動速度及び移動方向を算出し、
前記第 3 算出ステップでは、取得された前記形状情報、算出された
前記移動方向、及び、算出された前記移動速度に基づいて、前記風量
を算出する

請求項 6 に記載の音響信号処理方法。

[請求項12] 雑音信号を複数の帯域強調フィルタのそれぞれで処理して、処理さ
れた複数の前記雑音信号の合成を行って処理することで、仮想空間に
おける受聴者の耳に風が到達することで生じる空力音を示す空力音信
号を生成する生成ステップと、

生成された前記空力音信号を出力する出力ステップと、を含み、

前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記受聴者の耳又は頭
部の形状に起因して生じる前記空力音を模擬するためのフィルタであ
る

音響信号処理方法。

[請求項13] 前記複数の帯域強調フィルタは、処理された前記複数の雑音信号の

うち当該帯域強調フィルタが処理した雑音信号に当該帯域強調フィルタに対応する所定の係数の乗算を行い、

前記生成ステップでは、前記乗算が行われた後に、前記合成を行う請求項 12 に記載の音響信号処理方法。

[請求項14] 前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記耳に到達する前記風の風速に応じて特性が変動する

請求項 12 に記載の音響信号処理方法。

[請求項15] 前記複数の帯域強調フィルタのそれぞれは、前記耳に到達する前記風の風向に応じて特性が変動する

請求項 12 に記載の音響信号処理方法。

[請求項16] 請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の音響信号処理方法をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム。

[請求項17] 仮想空間における移動体であるオブジェクトの位置を示す第 1 位置情報、及び、前記仮想空間における受聴者の位置を示す第 2 位置情報を取得する取得部と、

取得された前記第 1 位置情報に基づいて、前記オブジェクトの移動速度を算出する第 1 算出部と、

取得された前記第 1 位置情報及び取得された前記第 2 位置情報に基づいて、前記オブジェクトと前記受聴者との距離を算出する第 2 算出部と、

算出された前記移動速度及び算出された前記距離に基づいて、前記オブジェクトの移動により生じる風が前記受聴者の耳に到達することで生じる空力音を示す空力音信号を生成する生成部と、

生成された前記空力音信号を出力する出力部と、を備える音響信号処理装置。