

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2020-20880
(P2020-20880A)

(43) 公開日 令和2年2月6日(2020. 2. 6)

(51) Int.Cl.			F I		テーマコード (参考)	
G 1 O K	11/30	(2006.01)	G 1 O K	11/30	3 D O 2 3	
B 6 O R	13/02	(2006.01)	B 6 O R	13/02	A	
B 6 O R	13/08	(2006.01)	B 6 O R	13/08		
B 6 4 C	1/40	(2006.01)	B 6 4 C	1/40		
B 6 4 C	1/00	(2006.01)	B 6 4 C	1/00	B	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)						
(21) 出願番号			特願2018-142617 (P2018-142617)		(71) 出願人	
(22) 出願日			平成30年7月30日 (2018. 7. 30)		000006208	
					三菱重工業株式会社	
					東京都千代田区丸の内三丁目2番3号	
			(74) 代理人		110002147	
					特許業務法人酒井国際特許事務所	
			(72) 発明者		藤田 清孝	
					東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内	
			(72) 発明者		富部 俊広	
					東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内	
			(72) 発明者		高橋 慎一	
					東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内	
			最終頁に続く			

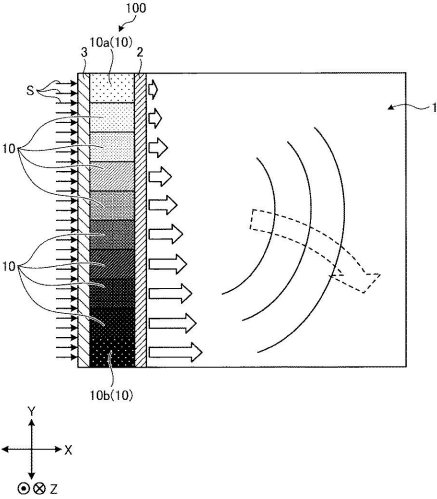
(54) 【発明の名称】 音波方向制御部材

(57) 【要約】

【課題】 重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることが可能な音波方向制御部材を提供する。

【解決手段】 音波方向制御部材100は、自身を通過して放射空間（所定空間）1へと進行する音波Sの方向を制御する。音波方向制御部材100は、延在方向である方向Yに沿って密度が増加する。方向Yに沿って密度すなわち空隙以外の固体部分が増加するため、音波方向制御部材100を通過する音波Sは、密度が増加する位置ほど音速が増加することになる。その結果、音波方向制御部材100を通過した音波Sは、放射空間1において、延在方向の密度が増加する方向へと屈折して進行する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自身を通過して所定空間へと進行する音波の進行方向を制御する音波方向制御部材であって、

延在方向に沿って密度が増加することで、通過する音波の進行方向を前記延在方向の密度が増加する方向に向けて屈折させる音波方向制御部材。

【請求項 2】

前記延在方向に沿って防音材が少なくとも部分的に設けられる請求項 1 に記載の音波方向制御部材。

【請求項 3】

互いに密度の異なる複数の前記防音材が前記延在方向に沿って並べて配置される請求項 2 に記載の音波方向制御部材。

【請求項 4】

前記防音材の密度が前記延在方向に沿って変化する請求項 2 または請求項 3 に記載の音波方向制御部材。

【請求項 5】

前記所定空間は、隔壁部材によって少なくとも部分的に囲まれた空間であり、

前記隔壁部材の少なくとも一部に適用される請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の音波方向制御部材。

【請求項 6】

前記所定空間は、生体を収容して搬送する輸送体の内部の空間であり、前記隔壁部材は、前記内部の空間を形成するための部材である、請求項 5 に記載の音波方向制御部材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、音波方向制御部材に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、室内など種々の環境において、音の伝搬を抑制するための技術が知られている。例えば、特許文献 1 には、ソファータイプの家具において、座部や背もたれ部の内部にグラスウール素材の吸音材を配置することで、室内の音源から発せられた音により生じる残響音を抑制する室内残響音低減システムが開示されている。この室内残響音低減システムでは、密度の大きな第 1 の吸音材と、密度の小さな第 2 の吸音材とを楔形に組み合わせた 2 層構造とすることで、残響音をより効果的に抑制している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 5 8 4 9 3 8 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記特許文献 1 に示されるような吸音材を用いて音を吸音する場合、吸音性能の向上を図ろうとすると、吸音材の重量が増加しがちである。しかしながら、吸音材の重量の増加は、吸音材が設けられる製品全体の重量増加を招いてしまう。例えば航空機や高速走行する車両等では、重量が燃費や航続性能といった性能に直結する。このように、重量制限が厳しい環境においては、重量増加を抑制しつつ、音量低減を図ることが求められる。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることが可能な音波方向制御部材の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、自身を通過して所定空間へと進行する音波の進行方向を制御する音波方向制御部材であって、延在方向に沿って密度が増加することで、通過する音波の進行方向を前記延在方向の密度が増加する方向に向けて屈折させる。

【0007】

この構成により、延在方向に沿って密度すなわち固体部分が増加するため、音波方向制御部材を通過する音波は、密度が増加する位置ほど音速が増加することになる。その結果、音波方向制御部材を通過した音波は、所定空間において、延在方向の密度が増加する方向へと屈折して進行する。これにより、音波方向制御部材を通過した音波を所望の方向へと進行させることが可能となるため、音量低減を達成したい領域へと音波が進行することを抑制することができる。したがって、音波方向制御部材について、重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることができる。

10

【0008】

また、本発明にかかる音波方向制御部材は、前記延在方向に沿って防音材が少なくとも部分的に設けられることが好ましい。

【0009】

この構成により、防音材を用いて音波方向制御部材を容易に形成することができる。

【0010】

また、本発明にかかる音波方向制御部材は、互いに密度の異なる複数の前記防音材が前記延在方向に沿って並べて配置されることが好ましい。

20

【0011】

この構成により、音波方向制御部材の密度を容易に変化させることができる。

【0012】

また、本発明にかかる音波方向制御部材は、前記防音材の密度が前記延在方向に沿って変化することが好ましい。

【0013】

この構成により、複数の防音材を用いる場合に比べて、部品点数を削減することができる。

【0014】

また、前記所定空間は、隔壁部材によって少なくとも部分的に囲まれた空間であり、本発明にかかる音波方向制御部材は、前記隔壁部材の少なくとも一部に適用されることが好ましい。

30

【0015】

この構成により、隔壁部材によって少なくとも部分的に囲まれた所定空間において、音量低減を達成したい領域へと音波が進行することを、音波方向制御部材により抑制することが可能となる。

【0016】

また、前記所定空間は、生体を収容して搬送する輸送体の内部の空間であり、前記隔壁部材は、前記内部の空間を形成するための部材であることが好ましい。

40

【0017】

この構成により、生体を収容して搬送する輸送体の内部の空間において、例えば生体が滞在する位置へと音波が進行することを、音波方向制御部材により抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材の一例を模式的に示す説明図である。

【図2】図2は、比較例としての音波方向制御部材を模式的に示す説明図である。

【図3】図3は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材による音量レベルの低減効果の

50

数値解析モデルの一例を示す説明図である。

【図４】図４は、図３の数値解析モデルによる数値解析結果の一例を示す説明図である。

【図５】図５は、比較例としての音波方向制御部材による音量レベルの低減効果の数値解析結果の一例を示す説明図である。

【図６】図６は、図４および図５に示す数値解析結果において、音量評価点を含む位置の音圧変化をプロットした説明図である。

【図７】図７は、図４および図５に示す数値解析結果および他の数値解析結果における音圧の変化を示す説明図である。

【図８】図８は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した場合の例を示す説明図である。

10

【図９】図９は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した場合の例を示す説明図である。

【図１０】図１０は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した場合の例を示す説明図である。

【図１１】図１１は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した場合の例を示す説明図である。

【図１２】図１２は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材の変形例を示す説明図である。

【図１３】図１３は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材の他の変形例を示す説明図である。

20

【図１４】図１４は、第二実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した例を示す説明図である。

【図１５】図１５は、第二実施形態にかかる音波方向制御部材の他の適用例を示す説明図である。

【図１６】図１６は、第二実施形態にかかる音波方向制御部材の他の適用例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

以下に、本発明にかかる音波方向制御部材の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

30

【００２０】

[第一実施形態]

図１は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材の一例を模式的に示す説明図である。第一実施形態において、音波方向制御部材１００は、音波Ｓの放射空間（所定空間）１の外部と内部とを隔てる隔壁部材に隣接して設けられ、図示しない外部音源からの音に対して防音効果を発揮する。図１に示す例では、放射空間１を画成する内壁２が、外部音源と放射空間１とを隔てる隔壁部材である。放射空間１は、隔壁部材である内壁２によって、少なくとも部分的に囲まれた空間であり、音波方向制御部材１００は、隔壁部材である内壁２の少なくとも一部に適用される。音波方向制御部材１００は、内壁２と外壁３との間に設けられる。音波方向制御部材１００の具体的な適用例については後述するが、放射空間１は、例えば航空機や比較的に高速で走行する車両、船舶の客室といった、人や動物等の生体を収容して搬送する輸送体の内部の空間が挙げられる。この場合、隔壁部材は、輸送体の内部の空間を形成するための部材である。

40

【００２１】

以下の説明において、音波方向制御部材１００の厚み方向（図１では左右方向）を方向Ｘと称し、厚み方向と直交する音波方向制御部材１００の延在方向（図１では上下方向）を方向Ｙと称し、方向Ｘおよび方向Ｙと直交する方向を方向Ｚと称する。

【００２２】

音波方向制御部材１００は、図１に示すように、並んで配置された複数の吸音材１０を備えている。複数の吸音材１０は、音波方向制御部材１００において、方向Ｙに沿って少

50

なくとも部分的に設けられる。各吸音材 10 は、例えばグラスウール素材等により形成される多孔質吸音材を封止部材の内部に封止したものである。各吸音材 10 は、空隙（本実施形態では、孔）を有している。音波方向制御部材 100 は、音波 S が通過する際に、空隙と当該空隙を形成する固体部分（骨格部分）との間で、音波 S のエネルギーを摩擦、粘性、固体部分の振動等によって熱エネルギーに変換させる。それにより、音波方向制御部材 100 は、音波 S のエネルギーを低減させて吸音する。ただし、音波方向制御部材 100 は、吸音材 10 に限られず、他の種類の防音材を備えるものであってもよい。ここでの防音材とは、例えば石膏等により形成された遮音機能を有する遮音材、または、例えばゴム素材等により形成された防振機能を有する防振材もしくは制振機能を有する制振材等を含み、防音効果を発揮するものであればよい。

10

【0023】

音波方向制御部材 100 は、方向 Y に沿って吸音材 10 の密度が増加するように構成されている。図 1 に示す例では、音波方向制御部材 100 は、方向 Y の一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かうにつれて、吸音材 10 の密度が増加する。つまり、最も図中上側に配置される吸音材 10 a が最も密度が小さく、最も図中下側に配置される吸音材 10 b の密度が最も大きい。なお、ここでは、複数の吸音材 10 は、方向 Y の一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かうにつれて、密度が線形に増加するものとする。ただし、各吸音材 10 の一つずつの密度は、一様とする。この構成により、音波方向制御部材 100 は、方向 Y の一方側から他方側に向かうにつれて、固体部分が多くなり、空隙部分が少なくなる。なお、吸音材 10 が上述した他の種類の防音材であったとしても、微視的な視点では内部に空隙を有しているといえるため、密度が相対的に高い範囲では固体部分が相対的に多くなることは、吸音材 10 と同様である。

20

【0024】

ここで、図 2 は、比較例としての音波方向制御部材を模式的に示す説明図である。比較例としての音波方向制御部材 150 は、方向 Y に沿って並んで配置された複数の吸音材 15 を備える。また、音波方向制御部材 150 は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材 100 と、総重量が同じになるように構成されている。そして、音波方向制御部材 150 において、複数の吸音材 15 は、すべて同じ一様の密度とされている。つまり、音波方向制御部材 150 は、方向 Y の一方側から他方側にかけて、一様の密度となるように構成されている。このように、一様な密度の吸音材 15 を方向 Y に沿って配置した場合、音波方向制御部材 150 を通過する音波 S の音速は、図 2 に実線白抜き矢印で模式的に示すように、方向 Y において基本的に一様となる。そのため、放射空間 1 の外部から音波方向制御部材 150 に入射した音波 S は、図 2 に破線白抜き矢印で模式的に示すように、基本的に放射空間 1 の内部へと方向 X に沿って直進することになる。

30

【0025】

一方、上述したように、第一実施形態にかかる音波方向制御部材 100 では、方向 Y の一方側から他方側に向かうにつれて、吸音材 10 の密度が増加する。その結果、図 1 に実線白抜き矢印で模式的に示すように、吸音材 10 の密度が小さい領域、つまり空隙部分が多い領域ほど通過する音波 S の音速が小さくなり、吸音材 10 の密度が大きい領域、つまり固体部分が多い領域ほど通過する音波 S の音速が大きくなる。そのため、放射空間 1 の外部から音波方向制御部材 100 に入射した音波 S は、図 1 に破線白抜き矢印で模式的に示すように、放射空間 1 の内部へと、方向 Y の一方側から他方側に向けて屈折する方向（図中下方向）に進行する。このように、音波方向制御部材 100 は、通過する音波 S に指向性を付与することができる。それにより、音波方向制御部材 100 の配置位置、吸音材 10 の密度の増加程度を調整することで、所望の方向に音波 S を進行させて、放射空間 1 において音量の低減が望ましい領域に音波 S が進行することを抑制することが可能となる。その結果、放射空間 1 において、例えば人が滞在する位置等の音量レベルを低減することが可能となる。

40

【0026】

図面を参照しながら、第一実施形態の音波方向制御部材 100 による音量レベルの低減

50

効果について、より詳細に説明する。図3は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材による音量レベルの低減効果の数値解析モデルの一例を示す説明図であり、図4は、図3の数値解析モデルによる数値解析結果の一例を示す説明図であり、図5は、比較例としての音波方向制御部材による音量レベルの低減効果の数値解析結果の一例を示す説明図である。

【0027】

図3に示すように、放射空間1を構成する内壁2に音波方向制御部材100が取り付けられているものとする。放射空間1の内部（音波Sの放射空間）および外部は、空気を満たされているものとし、内壁2は、音波Sの反射がない無反射境界とする。ここでは、単純化のため、音波方向制御部材100と放射空間1との間には、内壁2が存在しないものとして考える。また、音波方向制御部材100の放射空間1と反対側の領域には、外壁3が存在するものとする。また、音波方向制御部材100の方向Yに沿った長さを" L_1 "とし、方向Xに沿った厚みを" t "とする。

【0028】

音波方向制御部材100を通過する音波Sについて、空気に対する音波方向制御部材100の屈折率は、次式(1)に従って算出することができる。式(1)中の" C_{air} "は空気中の音速であり、" C_{10} "は、音波方向制御部材100（吸音材10）での音速である。式(1)より、音速 C_{10} が大きくなるほど屈折率 n が小さくなり、音速 C_{10} が小さくなるほど屈折率 n が大きくなることがわかる。したがって、屈折率 n は、密度が最も小さい、つまり固体部分が最も少ない吸音材10aにおいて最大値 n_{max} となる。また、屈折率 n は、密度が最も大きい、つまり固体部分が最も多い吸音材10bにおいて最小値 n_{min} となる。このとき、音波方向制御部材100を通過した音波Sのうち、方向Yの中央における屈折角度 θ （図3参照）は、次式(2)に従って算出することができる。したがって、屈折率 n の最大値 n_{max} と最小値 n_{min} との差が大きいほど、屈折角度 θ が大きくなる。

【0029】

$$n = C_{air} / C_{10} \cdots (1)$$

$$\theta = \arctan(t / L_1 \cdot (n_{max} - n_{min})) \cdots (2)$$

【0030】

図4は、図3に示す数値解析モデルおよび式(1)、(2)に基づく数値解析結果の一例として、放射空間1内における音圧の分布を示している。図示するように、音波方向制御部材100を通過した音波Sは、方向Yの一方側から他方側に向けて屈折して進行していることが分かる。一方、図5は、図3に示す数値解析モデルにおいて、音波方向制御部材100にかえて比較例としての音波方向制御部材150を用いた場合の数値解析結果の一例を示している。図5に示すように、比較例としての音波方向制御部材150を通過した音波Sは、図中の上下方向において対称となるように拡散している。つまり、音波方向制御部材150を通過した音波Sは、全体としては方向Xに沿って直進する。

【0031】

図6は、図4および図5に示す数値解析結果において、音量評価点を含む位置の音圧変化をプロットした説明図である。図中の実線は、図4におけるA-A線に沿った音圧の変化を示す。同様に、図中の破線は、図5におけるB-B線に沿った音圧の変化を示す。A-A線およびB-B線は、図3に示す音量評価点Pを含み、方向Yに沿って延びる線である。音量評価点Pは、図3に示すように、方向Yにおける音波方向制御部材100（比較例の場合は、音波方向制御部材150）の中央部から、方向Xに沿って所定距離 L_2 だけ離れた位置とした。所定距離 L_2 は、任意に定めることができる。なお、図6においては、図中左側が図4および図5の上側、つまり方向Yにおける一方側であり、図中右側が図4および図5の下側、つまり方向Yにおける他方側である。

【0032】

図示するように、第一実施形態の音波方向制御部材100による数値解析結果における音圧の変化を示すグラフの頂点T1は、比較例の音波方向制御部材150による数値解析

結果における音圧の変化を示すグラフの頂点T 2よりも、方向Yにおける他方側に位置している。つまり、第一実施形態の音波方向制御部材1 0 0を用いた場合、比較例の音波方向制御部材1 5 0を用いた場合に比べて、音圧の変化を示すグラフが方向Yにおける他方側（図中右側）にずれている。その結果、第一実施形態の音波方向制御部材1 0 0を用いた場合、比較例の音波方向制御部材1 5 0を用いた場合に比べて、音量評価点Pにおける音圧の値が低下する。このように、音波方向制御部材1 0 0は、比較例の音波方向制御部材1 5 0と同じ総重量で、音量評価点Pにおける音量レベルを低下させることができる。

【0 0 3 3】

図7は、図4および図5に示す数値解析結果および他の数値解析結果における音圧の変化を示す説明図である。図中の実線および破線は、図6に示す実線および破線と同じものである。ただし、図7は、図6よりも、頂点T 1および頂点T 2近傍での音圧の変化を示している。そして、図7における二点鎖線は、音波方向制御部材1 0 0の総重量を、実線および破線で示す場合よりも、6 0 %低減させた場合の数値解析結果を示している。図示するように、音波方向制御部材1 0 0の総重量を低減させた場合には、音圧変化を示すグラフの頂点T 3が、頂点T 1よりも方向Yの一方側（図中左側）に位置するものの、頂点T 2よりは、方向Yの他方側（図中右側）に位置している。そのため、音波方向制御部材1 0 0の総重量を低減させた場合にも、比較例としての音波方向制御部材1 5 0に比べて、音量評価点Pにおける音圧が低下する。このように、第一実施形態にかかる音波方向制御部材1 0 0は、総重量を比較例の音波方向制御部材1 5 0よりも低減させても、音量評価点Pにおける音量レベルを低下させることができる。

【0 0 3 4】

次に、第一実施形態にかかる音波方向制御部材1 0 0の具体的な適用例について説明する。図8から図1 1は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した場合の例を示す説明図である。図8から図1 1に示す例において、音波方向制御部材1 0 0を、音波方向制御部材1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C、1 0 0 Dと称して説明する。なお、図8から図1 1（および後述する図1 2から図1 6）において、白抜き矢印は、音波Sの屈折方向を説明するための例示にすぎず、音波Sが進行する方向は、実機において音量レベルを低減すべき領域を避けるように設定されればよい。

【0 0 3 5】

図8から図1 1に示す例において、音波Sが放射される放射空間1は、航空機5において乗員が滞在する客室5 aである。客室5 aは、内装パネル5 bによって画成されている。なお、図中において、内装パネル5 bおよび外板5 cは、その一部のみ記載している。航空機5においては、航行中に外板5 cが振動することによる音の発生が考えられる。そのため、内装パネル5 bが外部音源と放射空間1とを隔てる隔壁部材となる。

【0 0 3 6】

音波方向制御部材1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C、1 0 0 Dは、内装パネル5 bと、航空機5の外板5 cとの間の空間に敷き詰められ、内装パネル5 bに隣接して設けられる。このとき、音波方向制御部材1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C、1 0 0 Dの延在方向である方向Y 1は、内装パネル5 bの延在方向に沿うことから、図示するように、内装パネル5 bの周方向に沿った方向となる。なお、音波方向制御部材1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C、1 0 0 Dの両端部には、例えばゴム、コイルスプリングといった弾性体により形成され、防振効果、防音効果を発揮するアイソレータ7が配置されている。また、音波方向制御部材1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C、1 0 0 Dは、内装パネル5 bと外板5 cとの間に配置された断熱材としても機能する。

【0 0 3 7】

図8に示す音波方向制御部材1 0 0 Aは、5つの吸音材1 0が方向Yに沿って並んで配置されている。ここでは、5つの吸音材1 0を、方向Yの一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かって並ぶ順に、吸音材1 0 1、1 0 2、1 0 3、1 0 4、1 0 5と称する。5つの吸音材1 0は、吸音材1 0 1、1 0 2、1 0 3、1 0 4、1 0 5の順番に密度が増加する（吸音材1 0 1の密度が最も小さく、吸音材1 0 5の密度が最も大きい）。

つまり、音波方向制御部材100Aは、方向Yの一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、外板5cから客室5a側に向かう音波Sは、音波方向制御部材100Aを通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中下方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波Sが放射空間1へと直進する場合に比べて、床面パネル5dに設けられた座席5eに座る乗客の耳元から音波Sを遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席5eに座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0038】

図9に示す例では、音波方向制御部材100Bは、図8に示す例と同様に、5つの吸音材101、102、103、104、105を備えている。音波方向制御部材100Bにおいて、5つの吸音材101、102、103、104、105は、方向Yの他方側（図中下側）から一方側（図中上側）に向かって並んで配置される。つまり、音波方向制御部材100Bは、方向Yの他方側（図中下側）から一方側（図中上側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、外板5cから客室5a側に向かう音波Sは、音波方向制御部材100Bを通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中上方向へと屈折して進行する。これにより、音波Sが放射空間1へと直進する場合に比べて、座席5eに座る乗客の耳元から音波Sを遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席5eに座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0039】

図10に示す例では、音波方向制御部材100Cは、5つの吸音材10として、上記吸音材101と、2つの上記吸音材103と、2つの上記吸音材105とを備えている。5つの吸音材10は、方向Yの他方側（図中下側）から一方側（図中上側）に向かって、吸音材105、吸音材103、吸音材101、吸音材103、吸音材105の順番に配置されている。つまり、音波方向制御部材100Cは、方向Yの中央側から一方側（図中上側）および他方側（図中下側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、外板5cから客室5a側に向かう音波Sは、音波方向制御部材100Cを通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中上方向および下方向の双方に屈折して進行する。これにより、音波Sが放射空間1へと直進する場合に比べて、座席5eに座る乗客の耳元から音波Sを遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席5eに座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0040】

図11に示す例では、音波方向制御部材100Dは、図10に示す例と同様に、5つの吸音材10として、上記吸音材101と、2つの上記吸音材103と、2つの上記吸音材105とを備えている。ただし、音波方向制御部材100Dにおいて、5つの吸音材10は、方向Yの他方側（図中下側）から一方側（図中上側）に向かって、吸音材101、吸音材103、吸音材105、吸音材103、吸音材101の順番に配置されている。つまり、音波方向制御部材100Dは、方向Yの一方側（図中上側）から中央側に向かうにつれて密度が増加すると共に、方向Yの他方側（図中下側）から中央側に向かうにつれて密度が増加する。そのため、外板5cから客室5a側に向かう音波Sは、音波方向制御部材100Dを通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中上方向および下方向の双方に屈折して進行する。これにより、音波Sが放射空間1へと直進する場合に比べて、座席5eに座る乗客の耳元から音波Sを遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席5eに座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0041】

以上説明したように、第一実施形態にかかる音波方向制御部材100は、方向Yに沿って密度すなわち固体部分が増加するため、音波方向制御部材100を通過する音波Sは、密度が増加する位置ほど音速が増加することになる。その結果、音波方向制御部材100

を通過した音波 S は、放射空間 1（所定空間、客室 5 a）において、方向 Y の密度が増加する方向へと屈折して進行する。これにより、音波方向制御部材 1 0 0 を通過した音波 S を所望の方向へと進行させることが可能となるため、音量低減を達成したい領域へと音波が進行することを抑制することができる。したがって、第一実施形態にかかる音波方向制御部材 1 0 0 によれば、重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることができる。

【0042】

また、第一実施形態にかかる音波方向制御部材 1 0 0 は、方向 Y に沿って防音材（吸音材 1 0）が少なくとも部分的に設けられる。

【0043】

この構成により、防音材（吸音材 1 0）を用いて音波方向制御部材 1 0 0 を容易に形成することができる。

【0044】

また、第一実施形態にかかる音波方向制御部材 1 0 0 は、互いに密度の異なる複数の防音材（吸音材 1 0）が方向 Y に沿って並べて配置される。

【0045】

この構成により、音波方向制御部材 1 0 0 の密度を容易に変化させることができる。

【0046】

なお、第一実施形態では、各防音材（吸音材 1 0）の一つずつの密度を一様とした。ただし、音波方向制御部材 1 0 0 は、全体として方向 Y に沿って密度が増加するものであれば、各防音材（吸音材 1 0）の一つずつの密度を方向 Y に沿って変化させてもよい。

【0047】

第一実施形態において、図 8 から図 1 1 に示した音波方向制御部材 1 0 0 の適用例では、音波方向制御部材 1 0 0 が複数の吸音材 1 0 を備えるものとした。ただし、音波方向制御部材 1 0 0 の密度を変化させる構成は、これに限られない。図 1 2 は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材の変形例を示す説明図である。図 1 2 に示す音波方向制御部材 1 0 0 E は、単一の吸音材 1 0 E を有している。単一の吸音材 1 0 E は、上述したグラスウール素材等による多孔質吸音材を、方向 Y に沿って密度が変化するように、封止部材に内封したものである。なお、吸音材 1 0 E は、上述した遮音機能、防振機能または制振機能等の防音効果を発揮する防音材であってもよい。図 1 2 に示す例では、吸音材 1 0 E は、方向 Y の一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かうにつれて、密度が増加する。その結果、図 8 に示す例と同様に、外板 5 c から客室 5 a 側に向かう音波 S は、音波方向制御部材 1 0 0 E を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中下方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波 S が放射空間 1 へと直進する場合に比べて、座席 5 e に座る乗客の耳元から音波 S を遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席 5 e に座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0048】

このように、吸音材 1 0 E を複数の区分けすることなく、延在方向に沿って密度を変化させた場合にも、通過した音波 S を所望の方向へと進行させることが可能となるため、音量低減を達成したい領域へと音波 S が進行することを抑制することができる。したがって、音波方向制御部材 1 0 0 E についても、重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることができる。また、複数の吸音材 1 0 を用いる場合に比べて、部品点数を削減することができる。

【0049】

なお、吸音材 1 0 E は、図 1 2 に例示する密度変化に限られず、図 9 から図 1 1 に示した例と同様に、延在方向に沿った何れかの方向に沿って密度が増加するように構成されればよい。また、音波方向制御部材 1 0 0 E は、延在方向に沿って密度が変化する単一の吸音材 1 0 E が方向 Y に沿って複数並べて配置されることで、全体として延在方向に沿って密度が増加するように構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【0050】

図13は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材の他の変形例を示す説明図である。図13に示す音波方向制御部材100Fは、複数の吸音材10Fを備えている。複数の吸音材10Fは、図示するように、客室5aを画成する内装パネル5bおよび床面パネル5dの客室5aとは反対側の面に貼り付けられている。各吸音材10Fは、互いに異なる密度とされ、一つずつの密度が一樣とされる。なお、吸音材10Fは、上述した遮音機能、防振機能または制振機能等の防音効果を発揮する防音材であってもよい。

【0051】

内装パネル5bに貼り付けられた複数の吸音材10Fは、音波方向制御部材100Fの延在方向である方向Y1に沿って並べて配置されている。複数の吸音材10Fは、図8に示す例と同様に、方向Y1の一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、図8に示す例と同様に、外板5cから客室5a側に向かう音波Sは、内装パネル5bにおける音波方向制御部材100Eを通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中下方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波Sが放射空間1へと直進する場合に比べて、座席5eに座る乗客の耳元から音波Sを遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席5eに座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0052】

また、床面パネル5dに貼り付けられた複数の吸音材10Fは、音波方向制御部材100Fの延在方向である方向Y2に沿って並べて配置されている。複数の吸音材10Fは、方向Y2の中央側から一方側（図中右側）および他方側（図中左側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、外板5cから客室5a側に向かう音波Sは、床面パネル5dにおける音波方向制御部材100Eを通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中左右方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波Sが放射空間1へと直進する場合に比べて、座席5eに座る乗客の耳元から音波Sを遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席5eに座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

【0053】

このように、複数の吸音材10Fを、外部音源と放射空間1とを隔てる音量部材（内装パネル5b、床面パネル5d）に貼り付けた場合にも、通過した音波Sを所望の方向へと進行させることが可能となるため、音量低減を達成したい領域へと音波Sが進行することを抑制することができる。したがって、音波方向制御部材100Eについても、重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることができる。また、吸音材10Fを内装パネル5bと外板5cとの間の空間に敷き詰められる場合に比べて、吸音材10Fの配置スペースを削減することができる。その結果、音波方向制御部材100Fは、狭いスペースしかない部分にも適用することができる。

【0054】

なお、吸音材10Fは、図13に例示する密度変化に限られず、図9から図11に示した例と同様に、延在方向に沿った何れかの方向に沿って密度が増加するように構成されればよい。また、音波方向制御部材100Fは、全体として方向Yに沿って密度が増加するものであれば、各吸音材10Fの一つずつの密度を方向Yに沿って変化させてもよい。

【0055】

[第二実施形態]

次に、第二実施形態にかかる音波方向制御部材200について説明する。図14は、第二実施形態にかかる音波方向制御部材を航空機に適用した例を示す説明図である。第二実施形態にかかる音波方向制御部材200は、第一実施形態にかかる音波方向制御部材100とは異なり、吸音材10を備えない。第二実施形態において、音波方向制御部材200は、外部音源と放射空間1とを隔てる隔壁部材の密度を増加させてなる。具体的には、図13の例において、客室5aを画成する内装パネル5bおよび床面パネル5dが、音波方

向制御部材 200 となる。

【0056】

第二実施形態において、内装パネル 5b および床面パネル 5d は、ハニカム構造で形成され、内部に空隙を有している。音波方向制御部材 200 は、内装パネル 5b および床面パネル 5d の空隙の少なくとも一部に、例えば樹脂材料等の充填材を充填することで、延在方向に沿って密度を増加させて構成される。ただし、内装パネル 5b および床面パネル 5d は、ハニカム構造で形成されて内部に充填材が充填されるものに限られず、延在方向に沿って密度を変化させることさえできれば、いかなる素材により形成されてもよく、いかなる構造であってもよい。以下の説明では、適宜、内装パネル 5b による音波方向制御部材 200 を音波方向制御部材 200A と称し、床面パネル 5d による音波方向制御部材 200 を音波方向制御部材 200B と称する。

10

【0057】

音波方向制御部材 200A（内装パネル 5b）は、延在方向である方向 Y1 に沿って密度が増加するように構成されている。より詳細には、音波方向制御部材 200A は、図 8 に示す例と同様に、方向 Y1 の一方側（図中上側）から他方側（図中下側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、図 8 に示す例と同様に、外板 5c から客室 5a 側に向かう音波 S は、音波方向制御部材 200A を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中下方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波 S が放射空間 1 へと直進する場合に比べて、座席 5e に座る乗客の耳元から音波 S を遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席 5e に座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

20

【0058】

音波方向制御部材 200B（床面パネル 5d）は、延在方向である方向 Y2 に沿って密度が増加するように構成されている。より詳細には、音波方向制御部材 200B は、図 13 に示す例と同様に、方向 Y2 の中央側から一方側（図中右側）および他方側（図中左側）に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、外板 5c から客室 5a 側に向かう音波 S は、床面パネル 5d における音波方向制御部材 200B を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中左右方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波 S が放射空間 1 へと直進する場合に比べて、座席 5e に座る乗客の耳元から音波 S を遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席 5e に座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

30

【0059】

このように、音波方向制御部材 200 を外部音源と放射空間 1 とを隔てる隔壁部材（内装パネル 5b、床面パネル 5d）そのもので構成した場合にも、通過した音波 S を所望の方向へと進行させることが可能となるため、音量低減を達成したい領域へと音波 S が進行することを抑制することができる。したがって、音波方向制御部材 200 についても、重量増加を抑制しつつ、所望の領域の音量低減性能を向上させることができる。また、別に吸音材等の防音材を用いる必要がないため、部品点数を削減し、製品重量の増加のさらなる抑制を図ることができる。また、防音材を配置するためのスペースが必要ないことから、音波方向制御部材 200 は、狭いスペースしかない部分にも適用することができる。

40

【0060】

なお、音波方向制御部材 200 は、図 14 に例示する密度変化に限られず、図 9 から図 11 に示した例と同様に、延在方向に沿った何れかの方向に沿って密度が増加するように構成されればよい。また、音波方向制御部材 200 は、全体として延在方向に沿って密度が増加するものであれば、密度が一様になる部分を含んでもよいし、密度が一様になる部分を含まなくてもよい。

【0061】

第一実施形態、第二実施形態では、音波方向制御部材 100、200 を航空機 5 の客室 5a に適用した例を説明した。このように、音波方向制御部材 100、200 を航空機 5

50

の客室 5 a に適用することで、特に重量制限が厳しい航空機 5 について、音量低減と重量増加の抑制の両立を図ることができる。ただし、音波方向制御部材 1 0 0、2 0 0 は、航空機 5 以外に適用されてもよい。図 1 5 および図 1 6 は、第二実施形態にかかる音波方向制御部材の他の適用例を示す説明図である。図 1 5 および図 1 6 においては、第二実施形態にかかる音波方向制御部材 2 0 0 を、車両 6 に適用した例を示している。

【0 0 6 2】

図 1 5 および図 1 6 に示す例において、音波 S が放射される放射空間 1 は、車両 6 において乗員が滞在する客室 6 a である。客室 6 a は、天井パネル 6 b および床面パネル 6 c によって画成されている。なお、図中において、天井パネル 6 b および床面パネル 6 c は、一部の記載を省略している。車両 6 においては、天井パネル 6 b の上部に配置される空調 6 d による音の発生が考えられる。また、車両 6 においては、車輪 6 e からの振動による音の発生が考えられる。そのため、天井パネル 6 b および床面パネル 6 c が外部音源と放射空間 1 とを隔てる隔壁部材となる。

10

【0 0 6 3】

図 1 5 および図 1 6 に示す例では、天井パネル 6 b および床面パネル 6 c が、音波方向制御部材 2 0 0 とされる。天井パネル 6 b および床面パネル 6 c は、ハニカム構造で形成され、内部に空隙を有している。音波方向制御部材 2 0 0 は、天井パネル 6 b および床面パネル 6 c は、ハニカム構造で形成され、内部に空隙を有している。音波方向制御部材 2 0 0 は、天井パネル 6 b および床面パネル 6 c の空隙の少なくとも一部に、例えば樹脂材料等の充填材を充填することで、延在方向である方向 Y に沿って密度を増加させて構成される。以下の説明では、適宜、天井パネル 6 b による音波方向制御部材 2 0 0 を音波方向制御部材 2 0 0 C と称し、床面パネル 6 c による音波方向制御部材 2 0 0 を音波方向制御部材 2 0 0 D と称する。

20

【0 0 6 4】

図 1 5 に示す例では、音波方向制御部材 2 0 0 C (天井パネル 6 b) および音波方向制御部材 2 0 0 D (床面パネル 6 c) は、方向 Y の中央側から一方側 (図中左側) および他方側 (図中右側) に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、空調 6 d から客室 6 a 側に向かう音波 S は、音波方向制御部材 2 0 0 C を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中左右方向へと屈折して進行する。また、車輪 6 e から客室 6 a 側に向かう音波 S は、音波方向制御部材 2 0 0 D を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中左右方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波 S が放射空間 1 へと直進する場合に比べて、座席 6 f に座る乗客の耳元から音波 S を遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席 6 f に座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

30

【0 0 6 5】

また、図 1 6 に示す例では、音波方向制御部材 2 0 0 C、2 0 0 D は、方向 Y の一方側 (図中左側) および他方側 (図中右側) から中央側に向かうにつれて、密度が増加する。そのため、空調 6 d から客室 6 a 側に向かう音波 S は、音波方向制御部材 2 0 0 C を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中左右方向へと屈折して進行する。また、車輪 6 e から客室 6 a 側に向かう音波 S は、音波方向制御部材 2 0 0 D を通過することで、図中に実線白抜き矢印で模式的に示すように、図中左右方向へと屈折して進行する。これにより、図中に破線白抜き矢印で模式的に示すように、音波 S が放射空間 1 へと直進する場合に比べて、座席 6 f に座る乗客の耳元から音波 S を遠ざけ得る。したがって、必要な領域、すなわち座席 6 f に座る乗客の耳元近傍の領域において、音量レベルを低下させることが可能となる。

40

【0 0 6 6】

このように、音波方向制御部材 2 0 0 は、航空機 5 に限られず、例えば比較的に高速で走行し得る車両 6 にも適用することができる。これにより、特に重量制限が厳しい車両について、音量低減と重量増加の抑制の両立を図ることができる。なお、第一実施形態にか

50

かる音波方向制御部材 100 についても、吸音材 10 を配置できるスペースさえあれば、車両 6 に適用してもよい。

【0067】

また、音波方向制御部材 100、200 は、航空機 5 および車両 6 以外のいかなるものに適用されてもよい。例えば、音波方向制御部材 100、200 は、建築現場等に設けられ、建築作業において発生する音に対して防音効果を発揮することで、音が作業現場の周辺の所定空間に伝搬することを抑制するパネル状の部材等であってもよい。

【0068】

また、第一実施形態および第二実施形態では、方向 X および方向 Y の二次元平面を例にとって、音波方向制御部材 100、200 の構成を説明した。ただし、音波方向制御部材 100、200 は、厚み方向と直交する延在方向に沿って密度が増加することで、通過する音波 S を延在方向の密度が増加する方向に向けて屈折させるものであればよい。つまり、音波方向制御部材 100、200 は、方向 X を厚み方向とする場合、延在方向である方向 Y および方向 Z（図 1 参照）の少なくとも一方に沿って、密度が増加するように形成されればよい。

【符号の説明】

【0069】

1 放射空間

2 内壁

3 外壁

5 航空機

5 a 客室

5 b 内装パネル

5 c 外板

5 d 床面パネル

5 e 座席

6 車両

6 a 客室

6 b 天井パネル

6 c 床面パネル

6 d 空調

6 e 車輪

6 f 座席

10、15 吸音材

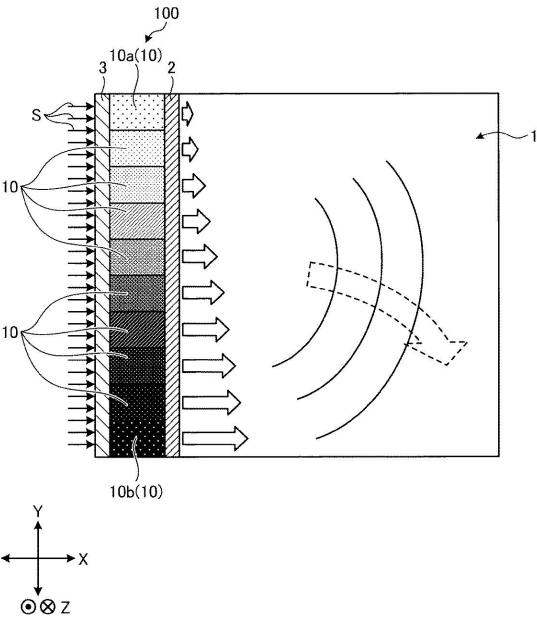
100、150、200 音波方向制御部材

10

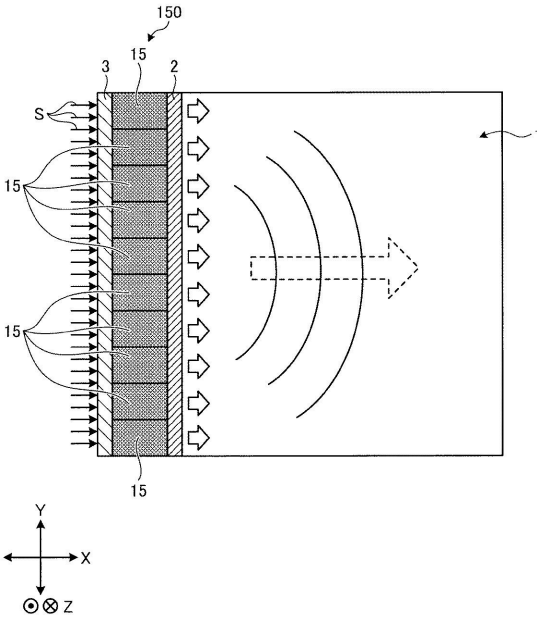
20

30

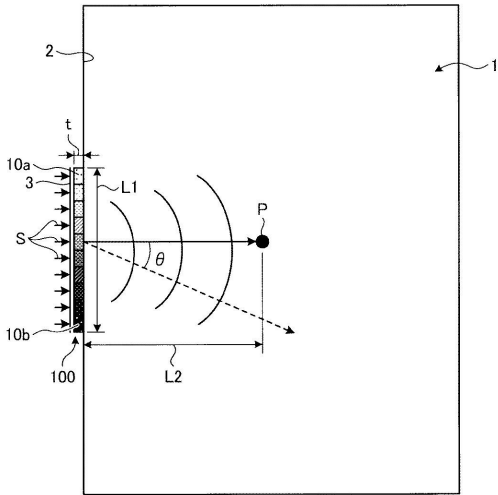
【図 1】



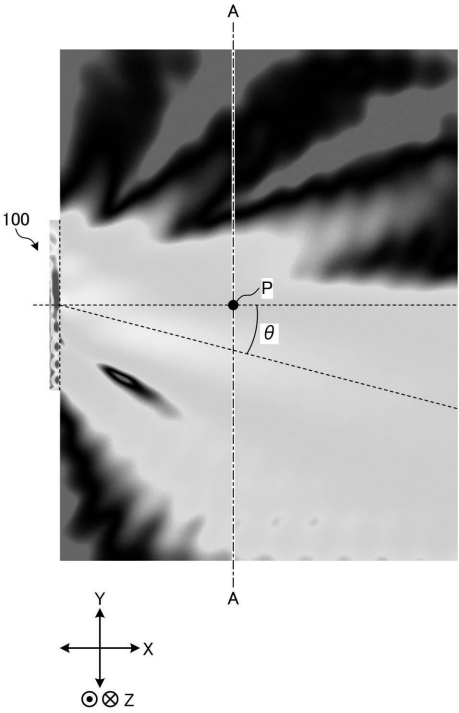
【図 2】



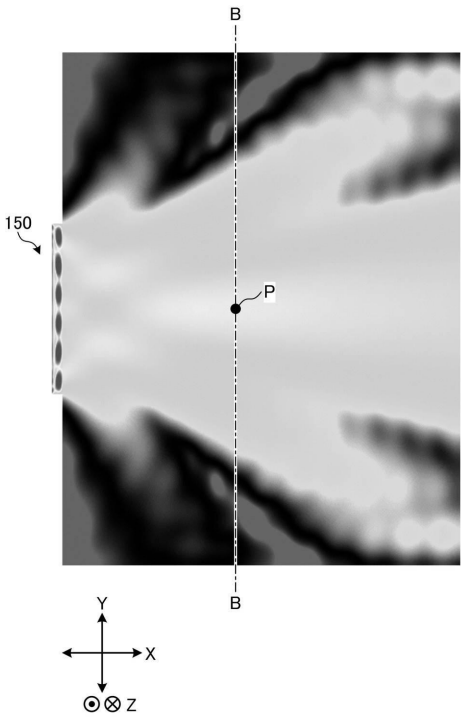
【図 3】



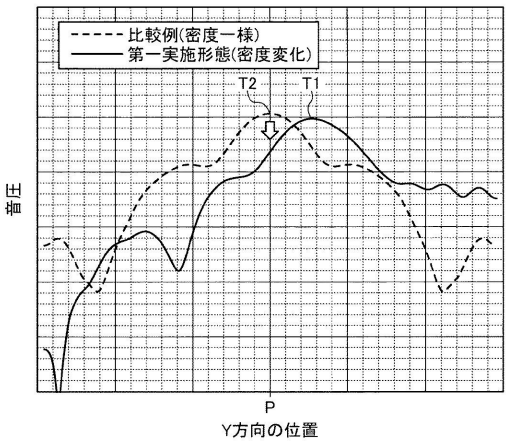
【図 4】



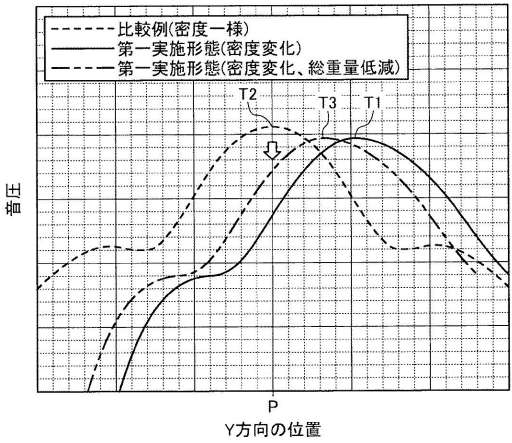
【図 5】



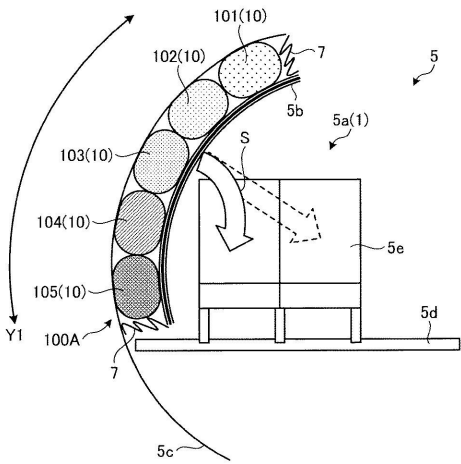
【図 6】



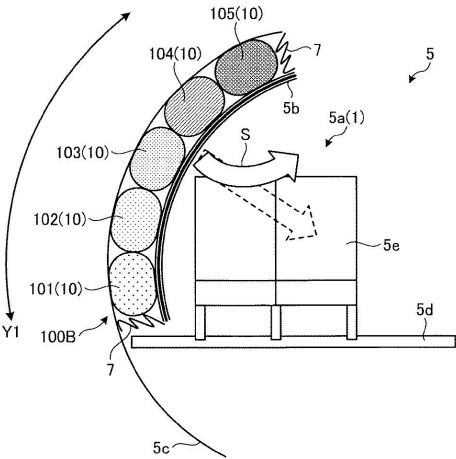
【図 7】



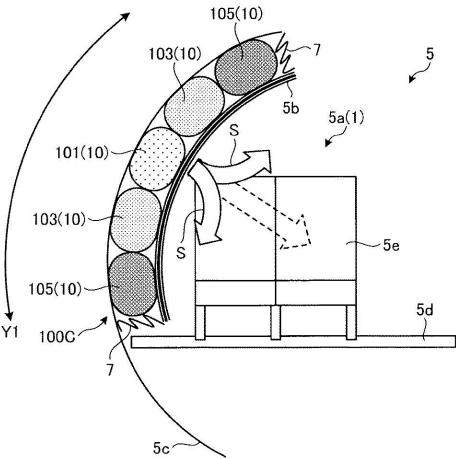
【図 8】



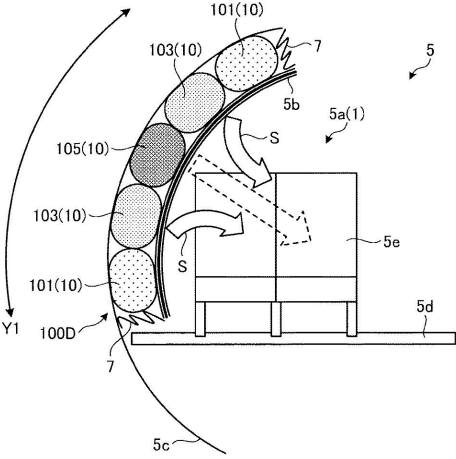
【図 9】



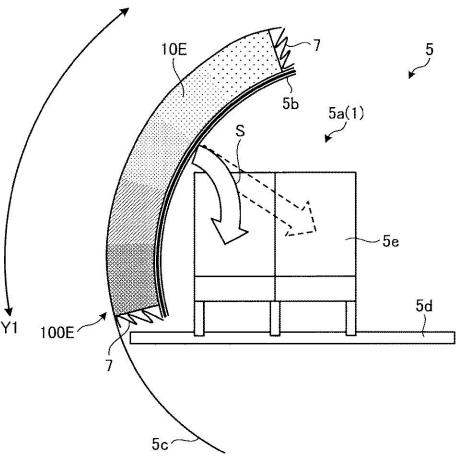
【図 10】



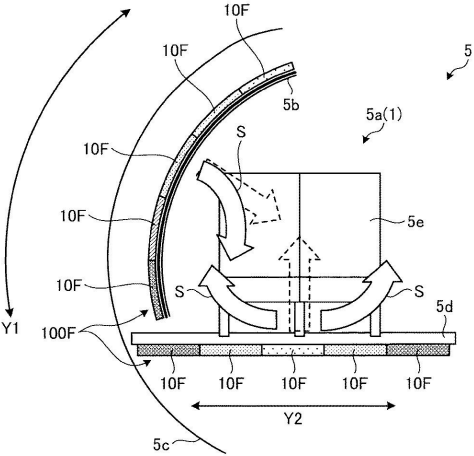
【図 11】



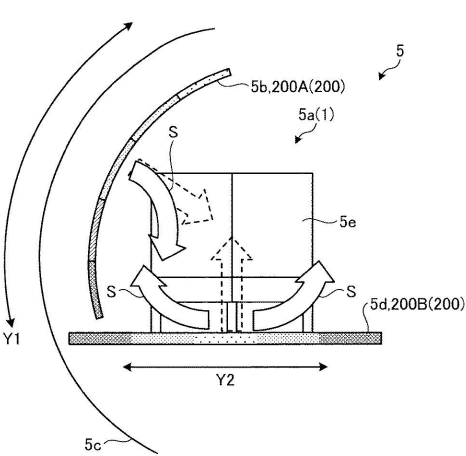
【図 12】



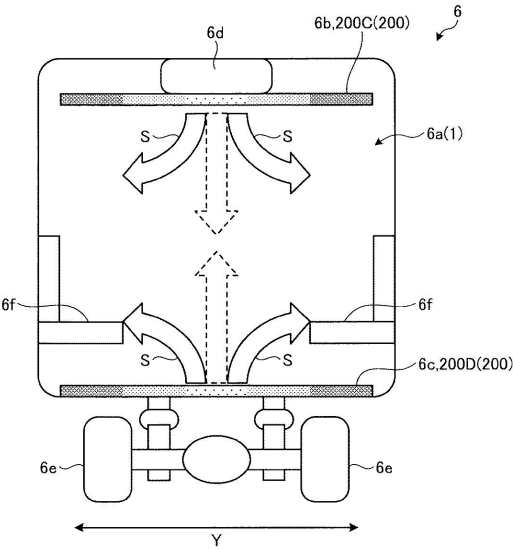
【図 1 3】



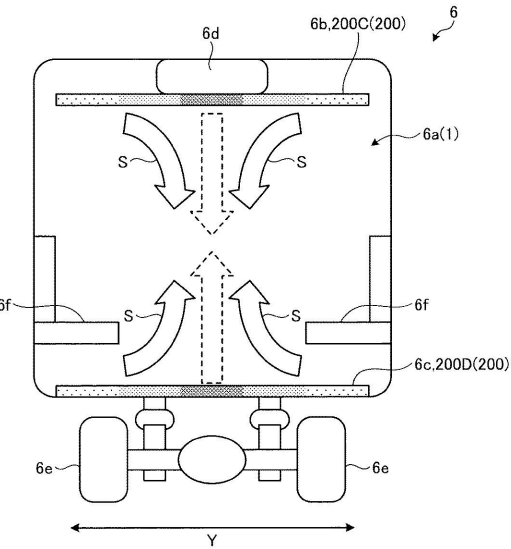
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



フロントページの続き

(72)発明者 中山 桂子

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内

Fターム(参考) 3D023 BA02 BA03 BB02 BB12 BB21 BB30 BD01 BD04 BE03 BE04