

(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2023-141978  
(P2023-141978A)

(43)公開日

令和5年10月5日(2023. 10. 5)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G10K 11/16 (2006.01)	G10K 11/16 150	5D061
H04R 29/00 (2006.01)	H04R 29/00 310	5J083
H04R 1/44 (2006.01)	H04R 29/00 320	
H04B 11/00 (2006.01)	H04R 1/44 310	
H04B 17/15 (2015.01)	H04R 1/44 320	

審査請求 未請求 請求項の数 13 OL (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2022-48597(P2022-48597)	(71)出願人	501204525 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(22)出願日	令和4年3月24日(2022. 3. 24)	(74)代理人	100098545 弁理士 阿部 伸一
		(74)代理人	100189717 弁理士 太田 貴章
		(72)発明者	篠野 雅彦 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内
		Fターム(参考)	5D061 BB40 5J083 AC17 AD04

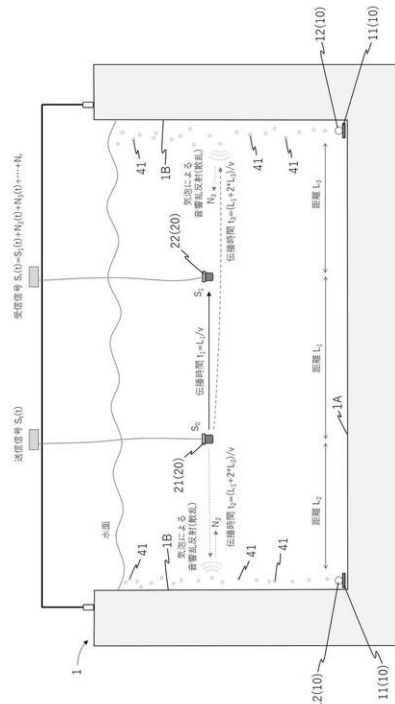
(54)【発明の名称】 水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法、音響反射影響の評価方法、及び音響反射影響の軽減システム

(57)【要約】

【課題】 水槽側面による音響反射影響を比較的簡便に軽減して水槽中での音響通信試験又は音響測位試験を行うことができる水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法、音響反射影響の評価方法、及び音響反射影響の軽減システムを提供すること。

【解決手段】 水槽側面 1 B の下部に設けた気泡発生装置 1 0 から供給される気泡 4 1 により、水槽側面 1 B に沿った鉛直な気泡面 4 0 を形成させ、水槽側面 1 B に沿った気泡面 4 0 の内側の水域で音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより水槽側面 1 B による音響反射影響を軽減する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響を軽減する方法であって、水槽側面の下部に設けた気泡発生装置から供給される気泡により、前記水槽側面に沿った鉛直な気泡面を形成させ、前記水槽側面に沿った前記気泡面の内側の水域で前記音響通信試験又は前記音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより前記水槽側面による前記音響反射影響を軽減することを特徴とする水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法。

**【請求項 2】**

前記気泡を前記水槽側面の下部に設けた前記気泡発生装置から離散的な気泡列として供給し前記気泡面を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法。

10

**【請求項 3】**

前記気泡列の水平方向の間隔を前記音響通信試験又は前記音響測位試験に使用する音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも 1 つに基づいて設定することを特徴とする請求項 2 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法。

**【請求項 4】**

前記音響通信試験又は前記音響測位試験のための送信波として、周波数 10 ~ 30 KHz の音波を用いたことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法。

20

**【請求項 5】**

前記気泡の直径を前記音響通信試験又は前記音響測位試験に用いる前記送信波の波長よりも小さく設定することを特徴とする請求項 4 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法。

**【請求項 6】**

前記水槽側面に突起物が設けられている場合に、前記突起物の下方に設けた前記気泡発生装置から供給される前記気泡により、前記突起物の前面又は前記突起物の突起端部に鉛直な前記気泡面を形成させ、前記水槽中の前記突起物を含まない前記水域で前記音響通信試験又は前記音響測位試験のための前記送信及び前記受信を行うことにより前記突起物による前記音響反射影響を軽減することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法。

30

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法における前記水槽側面に前記突起物が設けられている場合の評価方法であって、前記突起物の下方に設けた前記気泡発生装置から気泡を供給する場合と供給しない場合を比較することにより、前記突起物の前記前面又は前記突起物の前記突起端部に鉛直な前記気泡面を形成させた場合とさせない場合を比較し、前記水槽中において前記音響通信試験又は前記音響測位試験のための前記送信及び前記受信を行うことにより前記突起物による前記音響反射影響を評価することを特徴とする水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の評価方法。

40

**【請求項 8】**

水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響を軽減するシステムであって、水槽側面に沿った鉛直な気泡面を形成させるための気泡を供給する前記水槽側面の下部に設けた気泡発生装置と、前記水槽側面に沿って形成される前記気泡面の内側の水域に設けた音響通信手段又は音響測位手段とを備え、前記音響通信手段又は前記音響測位手段で送信及び受信を行う際に前記気泡面で前記音響反射影響を軽減することを特徴とする水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システム。

**【請求項 9】**

前記気泡発生装置が離散的な開口を有したホースにより構成され、前記開口から前記気

50

泡を気泡列として供給することにより前記気泡面を形成することを特徴とする請求項 8 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システム。

【請求項 10】

離散的な前記開口の水平方向の間隔が、前記音響通信手段又は前記音響測位手段の音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも 1 つに基づいて設定されていることを特徴とする請求項 9 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システム。

【請求項 11】

前記音響通信手段又は前記音響測位手段の送信波が周波数 10 ~ 30 KHz の音波であることを特徴とする請求項 8 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システム。

10

【請求項 12】

前記開口の形状が、前記気泡の直径が前記音響通信試験又は前記音響測位試験に用いる前記送信波の波長よりも小さくなる形状に設定されていることを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 を引用する請求項 11 に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システム。

【請求項 13】

前記水槽側面に突起物が設けられている場合に、前記突起物の下方に前記気泡発生装置を設け、前記気泡発生装置から供給される前記気泡により、前記突起物の前面又は前記突起物の突起端部に鉛直な前記気泡面を形成させることを特徴とする請求項 8 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響を軽減する水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法、音響反射影響の評価方法、及び音響反射影響の軽減システムに関する。

【背景技術】

【0002】

海洋や湖沼等において、調査水域に調査船から AUV（自律型無人潜水機）を投入し、水底の鉱物資源やエネルギー資源等を調査する水底探査が行われているところ、調査船と AUV との間での通信や測位に用いられる水中音響通信装置及び通信音響測位装置に関して、実水域ではなく、水槽で動作試験を行いたいという状況が多く存在している。

30

しかし、ほとんどの水槽は、音源から水槽壁面（水槽側面）までの距離が短く、その水槽壁面（境界面）がコンクリート等で形成されているため、水槽壁面での水中音響の反射の影響が大きく、水中音響通信装置及び通信音響測位装置の動作試験等を実施することが難しい。

ここで、特許文献 1 には、水槽の側面、底面に沿って適宜隙間を存してそれぞれ張られたアクリル樹脂側壁板、アクリル樹脂底壁板と、水槽のすきまにそれぞれ適宜間隔で縦横に配設された複数の気泡発生器とを具えた無響水槽が開示されている。

40

また、特許文献 2 には、液体を二重壁容器中に充填し、液体中に泡を存在せしめ、液体による遮音と泡による遮音および音の減衰作用とにより音の伝播を阻止する泡による防音方法が開示されている。

また、特許文献 3 には、実質的に貯水可能に構成された二重壁間に水を満し、壁の長手方向全域に亘って壁間下部に多数の気泡噴出口を列設配備して気泡膜を形成せしめて成る遮音壁が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献1】特開平4 - 297865号公報

【特許文献2】特開昭52 - 145002号公報

【特許文献3】実願昭57 - 106084号(実開昭59 - 12196号)のマイクロフィルム

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来、水中音響の壁面反射を軽減する方法としては、スポンジ状物質等の吸音性に優れた物質を水槽壁面一面に敷設する方法や、音響反射を全反射から乱反射(散乱)に近づけるために、水槽壁面に波型構造等の微細な構造を施す方法が取られている。しかし、これらの方法では、壁面反射音対策が施された専用の水中音響試験水槽を設けることになるため、水中音響通信装置及び通信音響測位装置に関する動作試験等は、その専用の水中音響試験水槽で実施する必要があるため、それ以外の水槽では実施することができない。さらに、この専用の水中音響試験水槽を、模型船の曳航試験など、他の試験でも用いることは困難である。

10

また、特許文献1の無響水槽は、アクリル樹脂板を水槽の側面等に沿ってすきまを存して張る必要があるため、アクリル樹脂板の設置及び撤去作業等が大掛かりなものとなる。また、水槽側面が複雑な構造であったり、水槽側面に装置や器具等が取り付けられていたりしている場合は、アクリル樹脂板を水槽の側面に沿って張ることが困難である。

また、特許文献2の泡による防音方法、及び特許文献3の遮音壁は、水槽に適用しようとするれば、液体を充満した二重壁を水槽に設置する必要があるため、二重壁の設置及び撤去作業等が大掛かりなものとなる。また、水槽側面が複雑な構造であったり、水槽側面に装置や器具等が取り付けられていたりしている場合は、二重壁を水槽の側面に沿って配置することが困難である。

20

そこで本発明は、水槽側面による音響反射影響を比較的簡便に軽減して水槽中での音響通信試験又は音響測位試験を行うことができる水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法、音響反射影響の評価方法、及び音響反射影響の軽減システム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】

【0005】

請求項1記載に対応した水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法においては、水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響を軽減する方法であって、水槽側面の下部に設けた気泡発生装置から供給される気泡により、水槽側面に沿った鉛直な気泡面を形成させ、水槽側面に沿った気泡面の内側の水域で音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより水槽側面による音響反射影響を軽減することを特徴とする。

30

請求項1に記載の本発明によれば、水槽側面による音響反射影響を比較的簡便な方法で軽減することができる。このため、音響通信試験又は音響測位試験を専用の水中音響試験水槽ではなく一般的な水槽で行うことも可能となる。

【0006】

請求項2記載の本発明は、気泡を水槽側面の下部に設けた気泡発生装置から離散的な気泡列として供給し気泡面を形成することを特徴とする。

40

請求項2に記載の本発明によれば、気泡は上昇するに従い水平方向に揺らいで分布が適度に拡散して気泡列同士の間隔が狭まるため、連続的な気泡列として供給するよりも少ない気泡で十分に音響信号を吸収及び散乱させることができる。

【0007】

請求項3記載の本発明は、気泡列の水平方向の間隔を音響通信試験又は音響測位試験に使用する音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも1つに基づいて設定することを特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、気泡列の間隔を適切に設定することができる。

50

## 【 0 0 0 8 】

請求項 4 記載の本発明は、音響通信試験又は音響測位試験のための送信波として、周波数 10 ~ 30 KHz の音波を用いたことを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、実機で用いられることの多い 10 ~ 30 KHz の周波数とすることで、試験を実際に近い条件で行うことができる。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 5 記載の本発明は、気泡の直径を音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さく設定することを特徴とする。

請求項 5 に記載の本発明によれば、気泡による音響信号の吸収及び散乱をより十分なものとすることができる。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 6 記載の本発明は、水槽側面に突起物が設けられている場合に、突起物の下方に設けた気泡発生装置から供給される気泡により、突起物の前面又は突起物の突起端部に鉛直な気泡面を形成させ、水槽中の突起物を含まない水域で音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより突起物による音響反射影響を軽減することを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、水槽側面の突起物による音響反射影響を軽減して音響通信試験又は音響測位試験を効率よく行うことができる。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 7 記載に対応した水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の評価方法においては、水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法における水槽側面に突起物が設けられている場合の評価方法であって、突起物の下方に設けた気泡発生装置から気泡を供給する場合と供給しない場合を比較することにより、突起物の前面又は突起物の突起端部に鉛直な気泡面を形成させた場合とさせない場合を比較し、水槽中において音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより突起物による音響反射影響を評価することを特徴とする。

請求項 7 に記載の本発明によれば、突起物による音響反射影響を簡便に評価することができる。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 8 記載に対応した水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システムにおいては、水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響を軽減するシステムであって、水槽側面に沿った鉛直な気泡面を形成させるための気泡を供給する水槽側面の下部に設けた気泡発生装置と、水槽側面に沿って形成される気泡面の内側の水域に設けた音響通信手段又は音響測位手段とを備え、音響通信手段又は音響測位手段で送信及び受信を行う際に気泡面で音響反射影響を軽減することを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、水槽側面による音響反射影響を比較的簡便な構成で軽減することができる。このため、音響通信試験又は音響測位試験を専用の水中音響試験水槽ではなく一般的な水槽で行うことも可能となる。

## 【 0 0 1 3 】

請求項 9 記載の本発明は、気泡発生装置が離散的な開口を有したホースにより構成され、開口から気泡を気泡列として供給することにより気泡面を形成することを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、気泡は上昇するに従い水平方向に揺らいで分布が適度に拡散して気泡列同士の間隔が狭まるため、連続的な気泡列として供給するよりも少ない気泡で十分に音響信号を吸収及び散乱させることができる。

## 【 0 0 1 4 】

請求項 10 記載の本発明は、離散的な開口の水平方向の間隔が、音響通信手段又は音響測位手段の音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも 1 つに基づいて設定されていることを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、開口の間隔、ひいては気泡列の間隔を適切に設定

10

20

30

40

50

することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 1 1 記載の本発明は、音響通信手段又は音響測位手段の送信波が周波数 1 0 ~ 3 0 K H z の音波であることを特徴とする。

請求項 1 1 に記載の本発明によれば、実機で用いられることの多い 1 0 ~ 3 0 K H z の周波数とすることで、試験を実際に近い条件で行うことができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 2 記載の本発明は、開口の形状が、気泡の直径が音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さくなる形状に設定されていることを特徴とする。

請求項 1 2 に記載の本発明によれば、気泡による音響信号の吸収及び散乱をより十分なものとすることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 3 記載の本発明は、水槽側面に突起物が設けられている場合に、突起物の下方に気泡発生装置を設け、気泡発生装置から供給される気泡により、突起物の前面又は突起物の突起端部に鉛直な気泡面を形成させることを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、水槽側面の突起物による音響反射影響を軽減して音響通信試験又は音響測位試験を効率よく行うことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法によれば、水槽側面による音響反射影響を比較的簡便な方法で軽減することができる。このため、音響通信試験又は音響測位試験を専用の水中音響試験水槽ではなく一般的な水槽で行うことも可能となる。

【 0 0 1 9 】

また、気泡を水槽側面の下部に設けた気泡発生装置から離散的な気泡列として供給し気泡面を形成する場合には、気泡は上昇するに従い水平方向に揺らいで分布が適度に拡散して気泡列同士の間隔が狭まるため、連続的な気泡列として供給するよりも少ない気泡で十分に音響信号を吸収及び散乱させることができる。

【 0 0 2 0 】

また、気泡列の水平方向の間隔を音響通信試験又は音響測位試験に使用する音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも 1 つに基づいて設定する場合には、気泡列の間隔を適切に設定することができる。

【 0 0 2 1 】

また、音響通信試験又は音響測位試験のための送信波として、周波数 1 0 ~ 3 0 K H z の音波を用いた場合には、実機で用いられることの多い 1 0 ~ 3 0 K H z の周波数とすることで、試験を実際に近い条件で行うことができる。

【 0 0 2 2 】

また、気泡の直径を音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さく設定する場合には、気泡による音響信号の吸収及び散乱をより十分なものとすることができる。

【 0 0 2 3 】

また、水槽側面に突起物が設けられている場合に、突起物の下方に設けた気泡発生装置から供給される気泡により、突起物の前面又は突起物の突起端部に鉛直な気泡面を形成させ、水槽中の突起物を含まない水域で音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより突起物による音響反射影響を軽減する場合には、水槽側面の突起物による音響反射影響を軽減して音響通信試験又は音響測位試験を効率よく行うことができる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の評価方法によれば、突起物による音響反射影響を簡便に評価することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

また、本発明の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減システムによれば、水槽側面による音響反射影響を比較的簡便な構成で軽減することができる。このため、音響通信試験又は音響測位試験を専用の水中音響試験水槽ではなく一般的な水槽で行うことも可能となる。

## 【 0 0 2 6 】

また、気泡発生装置が離散的な開口を有したホースにより構成され、開口から気泡を気泡列として供給することにより気泡面を形成する場合には、気泡は上昇するに従い水平方向に揺らいで分布が適度に拡散して気泡列同士の間隔が狭まるため、連続的な気泡列として供給するよりも少ない気泡で十分に音響信号を吸収及び散乱させることができる。

10

## 【 0 0 2 7 】

また、離散的な開口の水平方向の間隔が、音響通信手段又は音響測位手段の音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも1つに基づいて設定されている場合には、開口の間隔、ひいては気泡列の間隔を適切に設定することができる。

## 【 0 0 2 8 】

また、音響通信手段又は音響測位手段の送信波が周波数10～30KHzの音波である場合には、実機で用いられることの多い10～30KHzの周波数とすることで、試験を実際に近い条件で行うことができる。

## 【 0 0 2 9 】

また、開口の形状が、気泡の直径が音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さくなる形状に設定されている場合には、気泡による音響信号の吸収及び散乱をより十分なものとすることができる。

20

## 【 0 0 3 0 】

また、水槽側面に突起物が設けられている場合に、突起物の下方に気泡発生装置を設け、気泡発生装置から供給される気泡により、突起物の前面又は突起物の突起端部に鉛直な気泡面を形成させる場合には、水槽側面の突起物による音響反射影響を軽減して音響通信試験又は音響測位試験を効率よく行うことができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本発明の実施形態による音響反射影響の軽減システムが設けられた水槽にて音響通信試験又は音響測位試験を行う状態を示す図

30

【 図 2 】 同気泡発生装置周辺を示す図

【 図 3 】 同水槽側面に突起物が設けられている場合の気泡面の形成を示す図

【 図 4 】 同音響反射影響の軽減システムが設けられた水槽における音響通信試験又は音響測位試験で取得される信号の例を示す図

【 図 5 】 比較例として音響反射影響の軽減システムが設けられていない水槽にて音響通信試験又は音響測位試験を行う状態を示す図

【 図 6 】 同音響反射影響の軽減システムが設けられていない水槽における音響通信試験又は音響測位試験で取得される信号の例を示す図

【 発明を実施するための形態 】

40

## 【 0 0 3 2 】

本発明の実施形態による水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法、音響反射影響の評価方法、及び音響反射影響の軽減システムについて説明する。

図1は音響反射影響の軽減システムが設けられた水槽にて音響通信試験を行う状態を示す図である。図2は気泡発生装置周辺を示す図であり、図2(a)は正面図、図2(b)は上面図、図2(c)は側面図である。

水槽1は、上面視で矩形の底面1Aと、底面1Aに対して垂直に立設した計四面の水槽側面(内壁面)1Bを有し、水が張られている。底面1A及び水槽側面1Bはコンクリート製である。

50

水槽 1 には音響反射影響の軽減システムが設けられている。音響反射影響の軽減システムは、水槽 1 に貯留されている水に気泡 4 1 を発生させる気泡発生装置 1 0 と、水中にて音響通信を行う音響通信手段（水中音響通信機）2 0 を備える。

なお、音響通信手段 2 0 の動作確認等を行う音響通信試験を実施する場合は、図 1 のように音響通信手段 2 0 を水中に配するが、音響通信手段 2 0 に代えて音響測位手段（水中音響測位機）を水中に配することにより、音響測位手段の動作確認等を行う音響測位試験を実施することもできる。

#### 【 0 0 3 3 】

気泡発生装置 1 0 は、水槽側面 1 B の下部に設けられている。気泡発生装置 1 0 は、水槽側面 1 B に隣接し底面 1 A に載置されたホース固定台 1 1 と、ホース固定台 1 1 の上面に固定されたホース 1 2 を有しており、ホース固定台 1 1 及びホース 1 2 は、水槽側面 1 B の一方の端部側から他方の端部側へ水平に延びている。水槽 1 の外にはホース 1 2 へ圧縮空気等の気体を供給するコンプレッサー 3 0 が配置されており、コンプレッサー 3 0 とホース 1 2 は配管 3 1 で接続されている。

ホース 1 2 には、開口 1 3 が軸方向に複数設けられている。開口 1 3 の配列は離散的、すなわち開口 1 3 同士が近接せず所定距離をあけた配列となっている。開口 1 3 同士の間隔 L は一定であり、例えば  $L = 50 \text{ cm}$  とする。

水槽 1 の底面 1 A に配設されているホース 1 2 に対してコンプレッサー 3 0 から気体の送開始されると、その気体がホース 1 2 の開口 1 3 から水中へ噴出して気泡 4 1 が連続的に発生する。この気泡 4 1 が水面側へ上昇していくことにより、水槽側面 1 B に沿った複数の気泡列 4 2 からなる鉛直な気泡面 4 0 が形成される。

なお、気泡面 4 0 は、気泡 4 1 が水中を遊動することにより厳密には鉛直とならないことも多いが、水槽側面 1 B に沿って概ね鉛直方向に形成されていればよい。

#### 【 0 0 3 4 】

音響通信手段 2 0 は、送信機 2 1 と受信機 2 2 を有する。送信機 2 1 と受信機 2 2 は、水槽 1 の底面 1 A からの高さ、換言すると深度が同じであり、送信機 2 1 から受信機 2 2 へ向けて水平方向に信号が送信される。

音響通信手段 2 0 の送信波は、周波数  $10 \text{ KHz} \sim 30 \text{ KHz}$  の音波としている。実機で用いられることの多い  $10 \text{ KHz} \sim 30 \text{ KHz}$  の周波数とすることで、試験を実際に近い条件で行うことができる。

#### 【 0 0 3 5 】

送信機 2 1 と受信機 2 2 は、水槽側面 1 B に沿って形成される気泡面 4 0 よりも内側（水槽 1 の中央側）の水域に設ける。

送信機 2 1 から受信機 2 2 へ向けて送信された音響信号の一部は、受信機 2 2 で直接受信されずに受信機 2 2 よりも奥側に位置する水槽側面 1 B へ向かうが、水槽側面 1 B の直前には気泡面 4 0 が形成されているため、気泡面 4 0 に達した音響信号は気泡 4 1 によって吸収及び散乱される。これにより、音響信号が水槽側面 1 B で反射することによる音響反射影響を軽減し、音響通信試験又は音響測位試験を実施しやすくなる。

なお、水槽側面 1 B は計四面あるが、気泡発生装置 1 0 は、すべての水槽側面 1 B の下部に設けるのではなく、送信機 2 1 から受信機 2 2 へ送信される音響信号の進行方向に位置する水槽側面 1 B の下部と、その水槽側面 1 B と向かい合う水槽側面 1 B の下部だけに設けてもよい。

#### 【 0 0 3 6 】

上述のように、本実施形態においては気泡発生装置 1 0 が離散的な開口 1 3 を有したホース 1 2 により構成され、開口 1 3 から気泡 4 1 を気泡列 4 2 として供給することにより気泡面 4 0 が形成される。開口 1 3 が離散的に設けられていることにより、開口 1 3 同士が近接して連続的に設けられている場合と比べて気泡列 4 2 同士の間隔が大きくなるが、気泡 4 1 は上昇するに従って水平方向に揺らいで分布が適度に拡散し、気泡列 4 2 同士の間隔が狭まる。例えば、開口 1 3 同士の間隔 L が  $50 \text{ cm}$  であっても、水槽 1 の底面 1 A から所定距離上方の位置においては、気泡列 4 2 同士の間隔は約数  $\text{cm}$  となる。このため



、離散的な開口 1 3 から供給される比較的量の少ない気泡 4 1 でも十分に音響信号を吸収及び散乱させることができる。

【 0 0 3 7 】

離散的な開口 1 3 の軸方向の間隔 L、すなわち水平に配設されているホース 1 2 における開口 1 3 の水平方向の間隔 L は、音響通信手段 2 0 の音の周波数と通信距離の少なくとも一方に基づいて設定することが好ましい。また、音響通信手段 2 0 に代えて音響測位手段を用いる場合は、当該間隔 L を音響測位手段の音の周波数と測位距離の少なくとも一方に基づいて設定することが好ましい。これにより、開口 1 3 の間隔 L、ひいては気泡列 4 2 の間隔を適切に設定することができる。

また、気泡列 4 2 の間を通り抜けた音響信号は回折現象を起こし、気泡列 4 2 も揺らぐため水槽側面 1 B からの反射は軽減され、さらに気泡列 4 2 の内側の水域に向う反射波も再び回折され反射影響がさらに軽減されるものと推定される。回折現象は、音響信号の波長（周波数）にも影響を受けるところ、気泡列 4 2 の間隔（開口 1 3 の間隔 L）を音響信号の波長（周波数）に基づいて設定することが好ましく、気泡列 4 2 と水槽側面 1 B の距離を適宜設定することが好ましい。

さらに、回折だけではなく散乱の効果も重なることが考えられる。開口 1 3 から供給された気泡列 4 2 はきちんと規則的に並んでいるわけではなく、気泡 4 1 は上昇中に水平方向に振動するという特性があり、位置分布のランダム性が増え、散乱の効果も増す。気泡 4 1 の直径が 2 ~ 3 mm で、音響の進行方法分解精度（音響の波長）が 5 ~ 15 cm、音響の進行方向と垂直面内分解精度（音響ヘッドの大きさ）が 5 ~ 10 cm であるため、水中音響に対して個々の気泡 4 1 は、十分小さな散乱体と考えてよい。

また、例えば、通信距離や測位距離が短い場合は、水槽 1 の一部で通信や測位が行われるため、水槽側面 1 B と通信や測位が行われる位置との距離が大きく取れ、反射影響がはじめから低いため、開口 1 3 の間隔 L は大きくすることも可能である。

なお、音響通信手段 2 0 の音の周波数は、例えば、上述のように実機で用いられることの多い 10 KHz ~ 30 KHz の周波数とする。また、通信距離又は測位距離は、実際の使用距離を想定し、例えば 3 m ~ 10 m とする。

【 0 0 3 8 】

開口 1 3 は、上面視で送信波の波長よりも小さい直径の正円形とするなど、水槽 1 へ供給する気泡 4 1 の直径が音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さくなる形状に設定されていることが好ましい。

気泡発生装置 1 0 から水槽 1 内の水に供給する気泡 4 1 の直径を、音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さく設定することで、気泡 4 1 による音響信号の吸収及び散乱をより十分なものとすることができる。

【 0 0 3 9 】

図 3 は水槽側面に突起物が設けられている場合の気泡面の形成を示す図である。なお、コンプレッサー等の図示は省略している。

水槽側面 1 B は、それ自体が突起物 2 の設けられた複雑な構造をしている場合がある。また、水槽側面 1 B 自体は平面であっても、造波装置や昇降梯子等、複雑な形状の装置や器具等が取り付けられることにより、突起物 2 が設けられているのと同視し得る場合がある。

そのように突起物 2 が水槽側面 1 B に設けられている場合は、図 3 ( a ) に示すように開口 1 3 が突起物 2 の突起端部 2 A の真下よりも少し水槽 1 の中央寄り、又は図 3 ( b ) に示すように開口 1 3 が突起物 2 の突起端部 2 A の真下よりも水槽側面 1 B 寄りに位置するようにホース 1 2 を敷設することが好ましい。開口 1 3 を突起端部 2 A の真下よりも少し水槽 1 の中央寄りに位置させた場合は、突起物 2 の前面に鉛直な気泡面 4 0 を形成させることができ、開口 1 3 を突起端部 2 A の真下よりも水槽側面 1 B 寄りに位置させた場合は、突起物 2 の突起端部 2 A に鉛直な気泡面 4 0 を形成させることができる。なお、図 3 ( b ) に示すように開口 1 3 を突起端部 2 A の真下よりも水槽側面 1 B 寄りに位置させた場合、鉛直な気泡面 4 0 は、開口 1 3 から突起物 2 の下面までと、突起物 2 の下面よりも

上方とに形成され、上側の鉛直な気泡面 40 は下側の鉛直な気泡面 40 よりも水槽 1 の中央側に位置する。

このように、水槽側面 1 B が複雑な構造をしている水槽 1 や、水槽側面 1 B に装置又は器具等が取り付けられている水槽 1 であっても、突起物 2 の下方に気泡発生装置 10 を設け、気泡発生装置 10 から供給される気泡 41 により、突起物 2 の前面又は突起物 2 の突起端部 2 A に鉛直な気泡面 40 を形成させることで、水槽側面 1 B の突起物 2 による音響反射影響を軽減して音響通信試験又は音響測位試験を効率よく行うことができる。

#### 【0040】

図 4 は図 1 に示す音響反射影響の軽減システムが設けられた水槽における音響通信試験又は音響測位試験で取得される信号の例を示す図である。

また、図 5 は比較例として音響反射影響の軽減システムが設けられていない水槽にて音響通信試験又は音響測位試験を行う状態を示す図、図 6 は図 5 に示す音響反射影響の軽減システムが設けられていない水槽における音響通信試験又は音響測位試験で取得される信号の例を示す図である。

図 4 及び図 6 に示す信号例は、信号周波数を 10 KHz ~ 30 KHz、送信時間を 1 秒、通信距離を 3 m、送信機 21 又は受信機 22 から水槽側面 1 B までの距離を 3 m、水中音速  $v$  を 1,500 m/s と想定している。

#### 【0041】

図 5 に示す比較例においては、水槽 1 に気泡発生装置 10 を備えていないため、水槽側面 1 B に沿った鉛直な気泡面 40 は形成されない。

この水槽 1 において水中で送信機 21 から受信機 22 へ音波を送信した場合、水槽側面 1 B における音響信号（水中音波）の反射角と入射角はほぼ等しい。

図 6 においては、比較例における、送信機 21 からの送信信号  $S_t(t)$ 、水槽側面 1 B で反射することなく受信機 22 に直接受信された直接受信信号  $S_1(t)$ 、一方の水槽側面 1 B で一回反射した後に受信機 22 で受信された 1 回反射受信信号  $S_2(t)$ 、他方の水槽側面 1 B で一回反射した後に受信機 22 で受信された 1 回反射受信信号  $S_3(t)$ 、一方の水槽側面 1 B で一回反射した後に他方の水槽側面 1 B で一回反射して受信機 22 で受信された 2 回反射受信信号  $S_4(t)$ 、受信機 22 における受信信号  $S_r(t)$ 、並びに音響及び電気雑音  $N_r$  を示している。なお、 $S_0$  は送信機 21 からの送信信号である。

また、送信機 21 と受信機 22 との距離を  $L_1$ 、送信機 21 と一方の水槽側面 1 B との距離を  $L_2$ 、受信機 22 と他方の水槽側面 1 B との距離を  $L_3$  とすると、直接受信信号  $S_1(t)$  の伝播時間  $t_1$  は  $L_1/v$ 、1 回反射受信信号  $S_2(t)$  の伝播時間  $t_2$  は  $(L_1 + 2 * L_2) / v$ 、1 回反射受信信号  $S_3(t)$  の伝播時間  $t_3$  は  $(L_1 + 2 * L_3) / v$ 、2 回反射受信信号  $S_4(t)$  の伝播時間  $t_4$  は  $(L_1 + 2 * L_2 + 2 * L_3) / v$  となる。

比較例のように気泡面 40 がない場合、受信信号  $S_r(t)$  に関して、 $SN$  比 =  $S_r(t) / N_r$  は、最も高くなる。ただし、比較例における受信信号  $S_r(t)$  は、期待されている直接受信信号  $S_1(t)$  以外に、1 回反射受信信号  $S_2(t)$  や、1 回反射受信信号  $S_3(t)$ 、2 回反射受信信号  $S_4(t)$  等が合成されることで、信号が崩れて解読できなくなるという問題が生じる。

#### 【0042】

一方、本発明を適用して気泡面 40 を形成する場合、水槽側面 1 B の近傍においては気泡 41 による音響乱反射（散乱）が生じる。

図 5 においては、本発明における、送信機 21 からの送信信号  $S_t(t)$ 、音響乱反射することなく受信機 22 に直接受信された直接受信信号  $S_1(t)$ 、一方の水槽側面 1 B に沿って形成された気泡面 40 により音響乱反射した後に受信機 22 で受信された 1 回散乱受信雑音  $N_2(t)$ 、他方の水槽側面 1 B に沿って形成された気泡面 40 により音響乱反射した後に受信機 22 で受信された 1 回散乱受信雑音  $N_3(t)$ 、受信機 22 における受信信号  $S_r(t)$ 、並びに散乱音響及び電気雑音  $N_r(t)$  を示している。なお、 $S_0$

は送信機 2 1 からの送信信号である。

また、送信機 2 1 と受信機 2 2 との距離を  $L_1$ 、送信機 2 1 と一方の水槽側面 1 B の直前に形成された鉛直な気泡面 4 0 との距離を  $L_2$ 、受信機 2 2 と他方の水槽側面 1 B の直前に形成された鉛直な気泡面 4 0 との距離を  $L_3$  とすると、直接受信信号  $S_1(t)$  の伝播時間  $t_1$  は  $L_1/v$ 、1 回散乱受信雑音  $N_2(t)$  の伝播時間  $t_2$  は  $(L_1 + 2 * L_2) / v$ 、1 回散乱受信雑音  $N_3(t)$  の伝播時間  $t_3$  は  $(L_1 + 2 * L_3) / v$  となる。

#### 【 0 0 4 3 】

水槽側面 1 B の直前に略鉛直の気泡面 4 0 を形成した場合は、上述のように壁面反射が気泡 4 1 による音響乱反射（散乱）となる。よって、比較例の場合の壁面反射角は一定であるのに対し、本発明の場合の散乱角はランダムである。これにより、水槽側面 1 B の近傍での 1 回散乱による受信信号への影響は、水槽側面 1 B の全ての場所が少しずつ寄与することになる。この場合、散乱場所によって経路長（例： $L_1 + 2 * L_2$ ）が少しずつ異なるため、1 回散乱の受信信号は、位相が少しずつ異なった信号の合成波となり、雑音として取り扱うことが可能になる。ただし、散乱音響及び電気雑音  $N_r(t) = N_2(t) + N_3(t) + \dots + N_r$  より、雑音レベルは増加する。このため、 $SN$  比 =  $S_r(t) / N_r$  は、気泡面 4 0 が形成されていない場合に比べて低くなる。

10

しかしながら、通常、音響通信手段 2 0 及び音響測位手段は、距離 1 km 程度以上の使用距離を想定しており、一方の水槽側面 1 B から他方の水槽側面 1 B までの距離が 10 m 程度の水槽試験では十分な  $SN$  比を確保できる。このため、 $SN$  比の低下は、水槽 1 を用いた音響通信試験及び音響測位試験に大きな影響を与えないと考えられる。

20

なお、気泡 4 1 が水槽 1 の中央部にも拡散し、送信機 2 1 と受信機 2 2 の間に位置すると、直接受信信号  $S_1(t)$  を散乱することになるため、音響通信試験及び音響測位試験に影響を及ぼす。このため、中央部に気泡 4 1 が拡散しないように十分に広い水槽 1 を使用することが好ましいが、十分に広い水槽 1 を使用できない場合でも、中央部に気泡 4 1 が拡散して直接受信信号  $S_1(t)$  に散乱の影響が出始めたら一旦試験を中断し、中央部に拡散した気泡 4 1 がさらに上昇して水面に到達するのを待って試験を再開する等の対処も可能である。

#### 【 0 0 4 4 】

以上説明したように、音響反射影響の軽減システムにおいては、水槽側面 1 B の近傍に形成される気泡面 4 0 の気泡 4 1 の働きによって水槽側面 1 B での反射音が吸収及び散乱されるため、音響通信手段 2 0 等を用いた音響通信試験又は音響測位試験の際に、水槽側面 1 B での水中音響の反射の影響（音響反射影響）を軽減することができる。

30

また、気泡発生装置 1 0 のホース 1 2 を水槽 1 の底面 1 A に設置して開口 1 3 から気体を噴出するだけで、気泡 4 1 は鉛直方向に移動し、水槽側面 1 B を全深度において覆うことができるため、水槽側面 1 B が複雑な構造をしていたり、水槽側面 1 B に造波装置等が取り付けられていたりしても、気泡 4 1 の発生には問題がない。

また、気泡 4 1 は、自己変形によって発生した流体抵抗の不均一のために、上昇中に水平方向に揺らぐ。この性質により、気泡 4 1 の分布を適度に拡散させることができるため、開口 1 3 を間隔  $L$  で配置することで発生量を少なくした気泡 4 1 でも十分に音響信号を散乱させることが可能となる。

40

#### 【 0 0 4 5 】

また、本発明による水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法は、例えば本発明による音響反射影響の軽減システムを用いて行うことができる。

本発明の水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の軽減方法によれば、水槽側面 1 B の下部に設けた気泡発生装置 1 0 から供給される気泡 4 1 により、水槽側面 1 B に沿った鉛直な気泡面 4 0 を形成させ、水槽側面 1 B に沿った気泡面 4 0 の内側の水域で音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより水槽側面 1 B による音響反射影響を軽減することで、音響通信試験又は音響測位試験を専用の水中音響試験水槽ではなく一般的な水槽で行うことが可能となる。

50

また、気泡 4 1 を水槽側面 1 B の下部に設けた気泡発生装置 1 0 から離散的な気泡列 4 2 として供給し気泡面 4 0 を形成することで、気泡 4 1 は上昇するに従い水平方向に揺らいで分布が適度に拡散して気泡列 4 2 同士の間隔が狭まり、場合によっては異なる気泡列 4 2 の気泡 4 1 が混じることもあり得るため、連続的な気泡列 4 2 として供給するよりも少ない気泡 4 1 で十分に音響信号を吸収及び散乱させることができる。

また、気泡列 4 2 の水平方向の間隔を音響通信試験又は音響測位試験に使用する音の周波数、通信距離、及び測位距離の少なくとも 1 つに基づいて設定することで、気泡列 4 2 の間隔を適切に設定することができる。

また、音響通信試験又は音響測位試験のための送信波として、周波数 1 0 ~ 3 0 K H z の音波を用いることで、試験を実際に近い条件で行うことができる。

また、気泡 4 1 の直径を音響通信試験又は音響測位試験に用いる送信波の波長よりも小さく設定することで、気泡 4 1 による音響信号の吸収及び散乱をより十分なものとするることができる。

また、水槽側面 1 B に突起物 2 が設けられている場合に、突起物 2 の下方に設けた気泡発生装置 1 0 から供給される気泡 4 1 により、突起物 2 の前面又は突起物 2 の突起端部 2 A に鉛直な気泡面 4 0 を形成させ、水槽 1 中の突起物 2 を含まない水域で音響通信試験又は音響測位試験のための送信及び受信を行うことにより突起物 2 による音響反射影響を軽減することで、音響通信試験又は音響測位試験を効率よく行うことができる。

#### 【 0 0 4 6 】

また、本発明による水槽中での音響通信試験又は音響測位試験における音響反射影響の評価方法は、水槽側面 1 B に突起物 2 が設けられている場合の評価方法である。

本評価方法は、突起物 2 の下方に設けた気泡発生装置 1 0 から気泡 4 1 を供給する状態、すなわち突起物 2 の前面又は突起物 2 の突起端部 2 A に鉛直な気泡面 4 0 を形成させた状態で、水槽 1 において音響通信試験又は音響測位試験として送信機 2 1 による送信と受信機 2 2 による受信を行った場合の結果と、突起物 2 の下方に設けた気泡発生装置 1 0 から気泡 4 1 を供給しない状態、すなわち鉛直な気泡面 4 0 を形成させない状態で、水槽 1 において音響通信試験又は音響測位試験として送信機 2 1 による送信と受信機 2 2 による受信を行った場合の結果とを比較し、評価する。

これにより、突起物 2 による音響反射影響を簡便に評価することができる。

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 0 4 7 】

水面上の調査船と水底近傍の A U V の間で通信あるいは測位するための音響通信手段又は音響測位手段に関し、その動作試験などの音響通信試験又は音響測位試験を水槽で行いたい場合において、従来は大掛かりであった水槽側面での音響反射影響の軽減対策を、本発明を利用することで比較的簡便に実現することができる。

また、音響通信試験又は音響測位試験を水槽で行う場合、従来は壁面反射音対策が施された専用の水中音響試験水槽で実施する必要があったが、本発明を利用すれば、通常の水槽に気泡発生装置等を設置するだけで容易に音響通信試験又は音響測位試験を行うことができる。さらに、気泡発生を止めれば気泡発生装置を設置する前の元の水槽状態へ復旧できるため、模型船の曳航試験等、他の水槽試験への影響も少ないなど、利便性が向上する。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 8 】

- 1 水槽
- 2 突起物
- 2 A 突起端部
- 1 B 水槽側面
- 1 0 気泡発生装置
- 1 2 ホース
- 1 3 開口

10

20

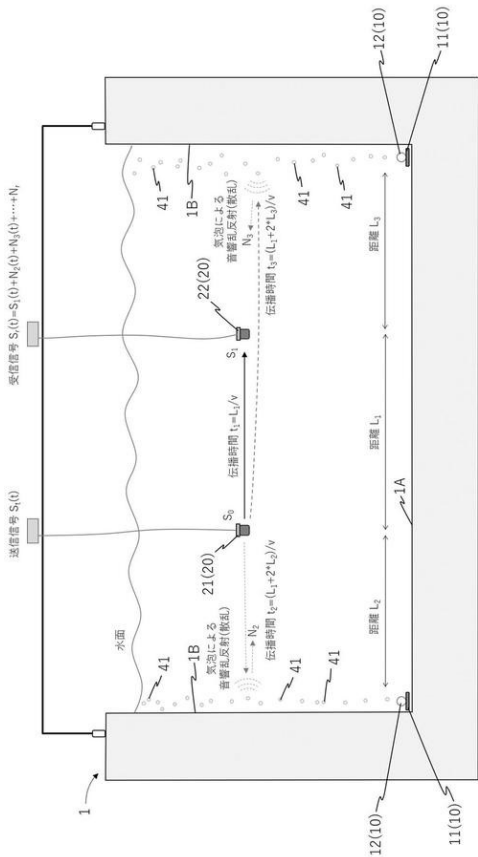
30

40

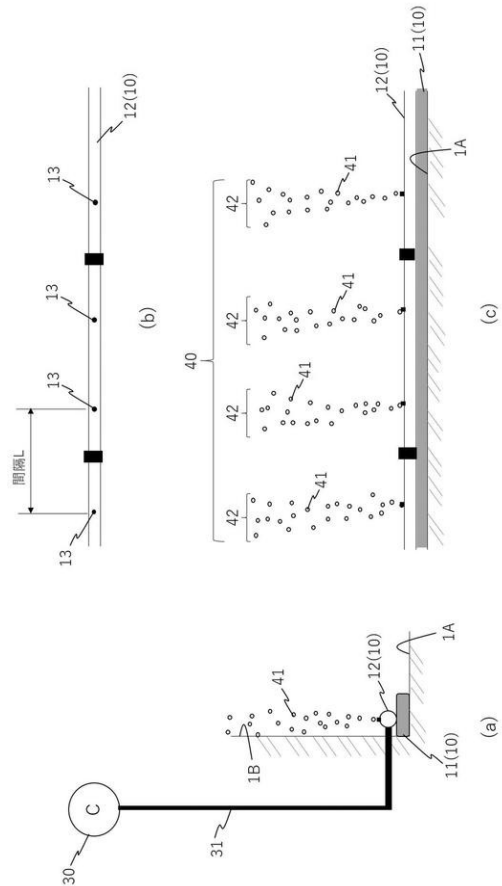
50

- 2 0 音響通信手段
- 4 0 気泡面
- 4 1 気泡
- 4 2 気泡列

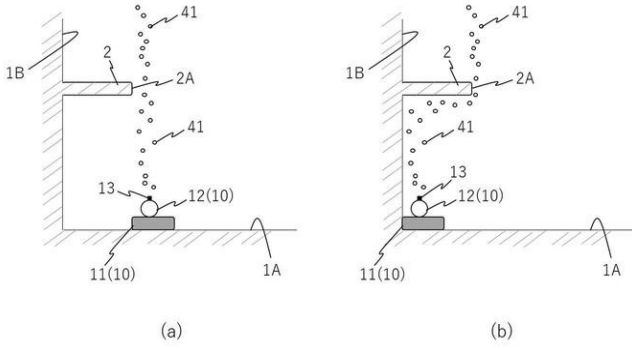
【 図 1 】



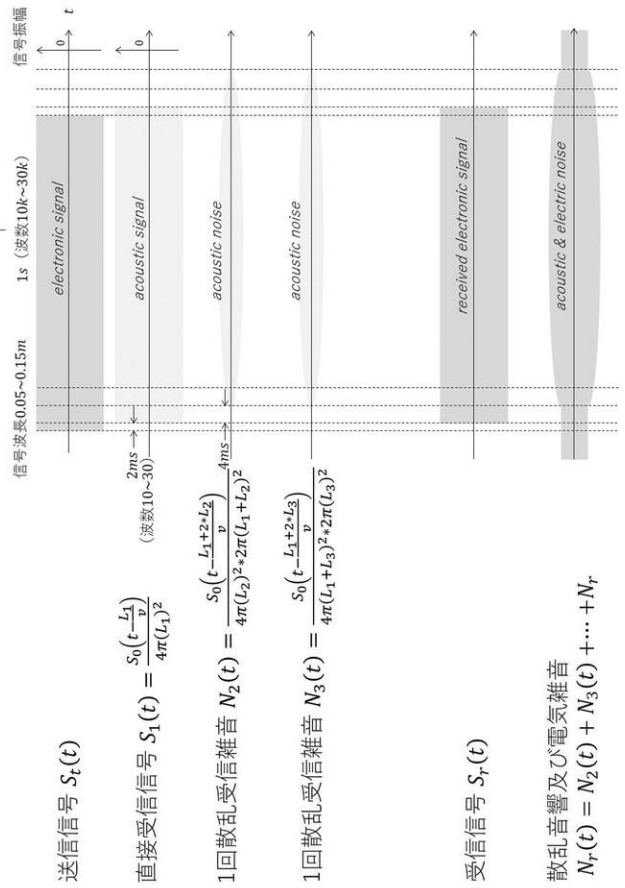
【 図 2 】



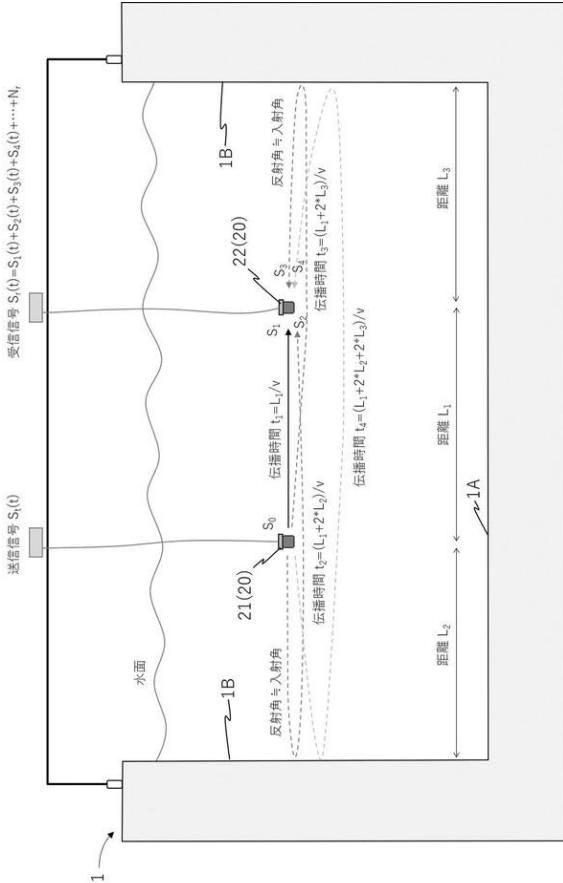
【 図 3 】



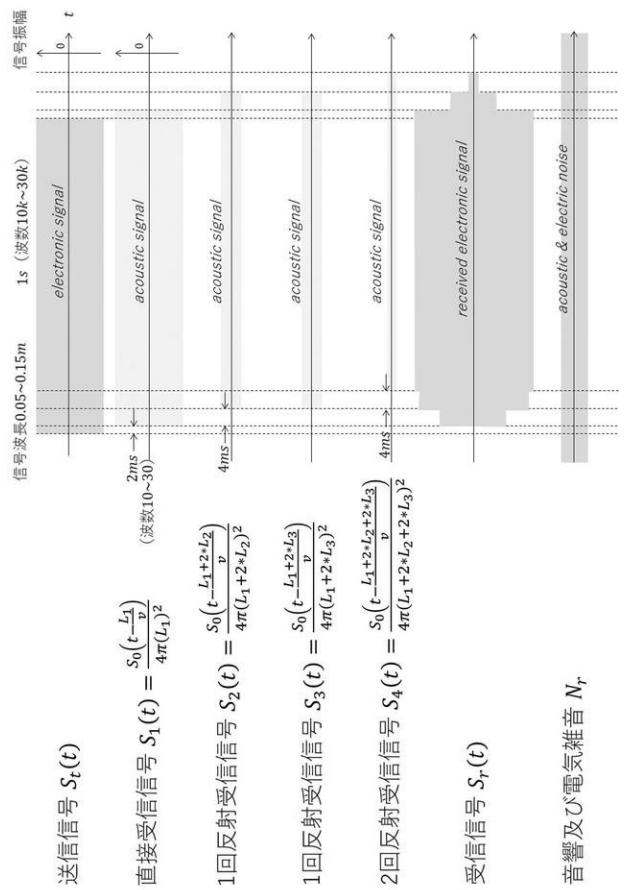
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
H 0 4 B	17/29	(2015.01)	H 0 4 B 11/00	D
G 0 1 S	15/08	(2006.01)	H 0 4 B 17/15	
			H 0 4 B 17/29	
			G 0 1 S 15/08	