



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

構造物に搭載されて液体を前記液体よりも上方に空間を残して収納する平面視した形状が円環状の液体収納手段と、前記液体に旋回流を発生させる旋回流発生手段と、前記旋回流発生手段を制御する旋回流制御手段とを備え、前記旋回流を制御することにより前記構造物の揺動を低減することを特徴とする旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 2】

前記旋回流制御手段が、前記旋回流の速度を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 3】

前記液体の供給と回収を行なう液体供給・回収手段を備え、前記液体供給・回収手段で前記液体収納手段の中に収納した前記液体の量を増減することにより前記空間の高さを調節することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 4】

前記旋回流発生手段が、前記液体供給・回収手段を兼ねたことを特徴とする請求項 3 に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 5】

前記液体収納手段に天板と、前記天板を昇降させる昇降手段を備え、前記昇降手段による前記天板の昇降により前記空間の高さを調節することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 6】

前記空間の高さを  $h_c$ 、前記液体収納手段の底面から前記液体の液面までの高さを  $h_w$  とした場合に、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定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 項に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 7】

前記構造物の揺動を検出する揺動検出手段を備え、前記揺動検出手段で検出した前記構造物の揺動の大小に応じて前記旋回流を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 8】

前記旋回流制御手段が、前記旋回流が前記液体収納手段の上面、又は前記天板と接触する寸法を所定の範囲になるように前記旋回流を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 9】

前記液体収納手段の底部の外側部分が曲面を成すことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 10】

前記構造物が船舶、又は水に浮かぶ浮体であることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺装置。

## 【請求項 11】

構造物に搭載された平面視した形状が円環状の液体収納手段に液体を前記液体よりも上方に空間を残して収納し、前記液体に旋回流を発生させ、前記旋回流を制御することにより、前記構造物の揺動を低減することを特徴とする旋回流を利用した減揺方法。

## 【請求項 12】

前記旋回流の速度を制御することを特徴とする請求項 11 に記載の旋回流を利用した減揺方法。

## 【請求項 13】

前記液体収納手段の中に収納した前記液体の量を増減することにより前記空間の高さを調節することを特徴とする請求項 11 又は請求項 12 に記載の旋回流を利用した減揺方法。

## 【請求項 14】

前記液体収納手段の中に収納した前記液体の量を増減することにより前記空間の高さを調節することを特徴とする請求項 11 又は請求項 12 に記載の旋回流を利用した減揺方法。

10

20

30

40

50

前記液体収納手段に備えた天板の昇降により前記空間の高さを調節することを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺方法。

【請求項 1 5】

前記空間の高さを  $h_c$ 、前記液体収納手段の底面から前記液体の液面までの高さを  $h_w$  とした場合に、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定することを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺方法。

【請求項 1 6】

前記旋回流が前記液体収納手段の上面、又は前記天板と接触する寸法を所定の範囲になるように前記旋回流を制御することを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の旋回流を利用した減揺方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、船舶や浮体等といった構造物の揺動を低減する減揺装置及び減揺方法に関する。

【背景技術】

【0002】

船舶や浮体等といった構造物の揺れを低減する装置として、アンチローリングタンク (ART) に代表される流体式減揺装置が用いられている。アンチローリングタンクは、構造物に搭載されたタンク内を液体が移動することによって構造物の揺れを減少させることができる。

【0003】

また、特許文献 1 には、高速で回転するジャイロと、このジャイロを支持するジンバル等を備え、船艇・船舶、スキー用ゴンドラ、又はロープウェイ等の回転揺れを抑制する回転揺れ制振装置が開示されている。

また、特許文献 2 には、流体が循環する流路が形成された筐体と、流体に流れを発生させるべく電圧が印加される電極部等を備え、3軸の角速度を測定する流体レートジャイロが開示されている。

また、特許文献 3 には、流体ジャイロにおいて、印加された電界の変化に応じて見かけの粘性が変化する流体を中空状の円環部に循環可能に封入しておき、許容量以上の外力が検知された場合には、流体に電界を印加することでその復元力を変更する方法が開示されている。

また、特許文献 4 には、高速回転時にジャイロスコープとしての特性を呈するローターと、ローターと歯車を介して接続されている 2 本のシャフトと、シャフトを制動するブレーキ手段と、バラストタンク等を備え、乗物の姿勢を安定させるジャイロ式スタビライザーが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 5 - 272585 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 149765 号公報

【特許文献 3】特開 2001 - 33254 号公報

【特許文献 4】特公昭 48 - 40233 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、従来式のアンチローリングタンクに代表される流体式減揺装置は、構造物の揺れに対し受動的に作用することから、構造物の固有振動数等の動揺特性が変化する場合に減揺効果が著しく低下するという課題がある。また、従来の流体式減揺装置は、横揺れ (Roll) 又は縦揺れ (Pitch) の一方向の揺れに対応するのみであり、L/B (L:長さ、B:幅)

10

20

30

40

50

が小さくなるような作業船や浮体式洋上プラント等の減揺対策としては不十分である。

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 1 に記載された回転揺れ制震装置や、特許文献 4 に記載されたジャイロ式スタビライザーのように、ジャイロを用いた機械的な減揺装置は、構成及び制御が複雑となり、耐久性やコスト面等において課題がある。また構造上、船舶や浮体等の大型構造物への適用が困難である。

また、特許文献 2 に記載された流体レートジャイロは、3 軸の角速度を計測するものであり、減揺装置に関するものではない。

また、特許文献 3 に記載された流体ジャイロは、複数の電極板や特殊な流体を封入する容器を取り付け、電圧を印加することで復元力の変更を図るもので、構成が複雑になってしまう。

10

【 0 0 0 7 】

そこで本発明は、船舶や浮体等といった構造物の揺動を低減する減揺効果を能動的に制御可能とし、また、構造物の固有振動数に依存せず幅広い周波数域での減揺を可能とする、旋回流を利用した減揺装置、及び旋回流を利用した減揺方法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】

【 0 0 0 8 】

請求項 1 記載に対応した旋回流を利用した減揺装置においては、構造物に搭載されて液体を液体よりも上方に空間を残して収納する平面視した形状が円環状の液体収納手段と、液体に旋回流を発生させる旋回流発生手段と、旋回流発生手段を制御する旋回流制御手段とを備え、旋回流を制御することにより構造物の揺動を低減することを特徴とする。

20

請求項 1 に記載の本発明によれば、旋回流の遠心力等から生じる流体力を利用して能動的に減揺効果を制御できる。また、旋回流を制御することにより構造物の固有振動数に依存せず幅広い周波数域での減揺が可能となる。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 記載の本発明は、旋回流制御手段が、旋回流の速度を制御することを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、旋回流の速度を制御することにより減揺効果を調整することができる。

30

【 0 0 1 0 】

請求項 3 記載の本発明は、液体の供給と回収を行なう液体供給・回収手段を備え、液体供給・回収手段で液体収納手段の中に収納した液体の量を増減することにより空間の高さを調節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、液体の量を増減することにより減揺効果を簡便に調整することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 記載の本発明は、旋回流発生手段が、液体供給・回収手段を兼ねたことを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、液体供給・回収手段をより少ない機器で構成できるため、設置場所及びコスト等を低減することができる。

40

【 0 0 1 2 】

請求項 5 記載の本発明は、液体収納手段に天板と、天板を昇降させる昇降手段を備え、昇降手段による天板の昇降により空間の高さを調節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、液位又は旋回流の流速を変更した場合に、空間の高さを最適な高さに修正しやすくなる。また、液体が天板と接触する寸法を変更して減揺効果を調整することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 6 記載の本発明は、空間の高さを  $h_c$ 、液体収納手段の底面から液体の液面までの高さを  $h_w$  とした場合に、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定すること

50

を特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、旋回流を液体収納手段の上面又は天板に接触させやすくしたり、より高い減揺効果を得ることができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 7 に記載の本発明は、構造物の揺動を検出する揺動検出手段を備え、揺動検出手段で検出した構造物の揺動の大小に応じて旋回流を制御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、構造物の揺動の大小に応じて減揺効果をより適切に調整することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 8 に記載の本発明は、旋回流制御手段が、旋回流が液体収納手段の上面、又は天板と接触する寸法を所定の範囲になるように旋回流を制御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、より高い減揺効果を得ることができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 9 に記載の本発明は、液体収納手段の底部の外側部分が曲面を成すことを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、旋回流発生時における液体の液位又は隆起量を大きくすることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 10 に記載の本発明は、構造物が船舶、又は水に浮かぶ浮体であることを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、旋回流の遠心力等から生じる流体力を利用して船舶又は浮体の揺動を低減することができる。また、船舶又は浮体の固有振動数に依存せずに波浪等に対応して幅広い周波数域での減揺が可能となる。

【 0 0 1 8 】

請求項 11 に記載に対応した旋回流を利用した減揺方法においては、構造物に搭載された平面視した形状が円環状の液体収納手段に液体を液体よりも上方に空間を残して収納し、液体に旋回流を発生させ、旋回流を制御することにより、構造物の揺動を低減することを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、旋回流の遠心力等から生じる流体力を利用して減揺効果を能動的に制御できる。また、旋回流を制御することにより構造物の固有振動数に依存せずに幅広い周波数域での減揺が可能となる。

【 0 0 1 9 】

請求項 12 に記載の本発明は、旋回流の速度を制御することを特徴とする。

請求項 12 に記載の本発明によれば、旋回流の速度を制御することにより減揺効果を調整することができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 13 に記載の本発明は、液体収納手段の中に収納した液体の量を増減することにより空間の高さを調節することを特徴とする。

請求項 13 に記載の本発明によれば、液体の量を増減することにより減揺効果を簡便に調整することができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 14 に記載の本発明は、液体収納手段に備えた天板の昇降により空間の高さを調節することを特徴とする。

請求項 14 に記載の本発明によれば、液位又は旋回流の流速を変更した場合に、空間の高さを最適な高さに修正しやすくなる。また、液体が天板と接触する寸法を変更して減揺効果を調整することができる。

【 0 0 2 2 】

請求項 15 に記載の本発明は、空間の高さを  $h_c$ 、液体収納手段の底面から液体の液面までの高さを  $h_w$  とした場合に、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定することを特徴とする。

10

20

30

40

50

請求項 15 に記載の本発明によれば、旋回流を液体収納手段の上面又は天板に接触させやすくなり、より高い減揺効果を得ることができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 16 に記載の本発明は、旋回流が液体収納手段の上面、又は天板と接触する寸法を所定の範囲になるように旋回流を制御することを特徴とする。

請求項 16 に記載の本発明によれば、より高い減揺効果を得ることができる。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 2 4 】

本発明の旋回流を利用した減揺装置によれば、旋回流の遠心力等から生じる流体力を利用して減揺効果を能動的に制御できる。また、旋回流を制御することにより構造物の固有振動数に依存せずに幅広い周波数域での減揺が可能となる。

10

【 0 0 2 5 】

また、旋回流制御手段が、旋回流の速度を制御する場合には、旋回流の速度を制御することにより減揺効果を調整することができる。

【 0 0 2 6 】

また、液体の供給と回収を行なう液体供給・回収手段を備え、液体供給・回収手段で液体収納手段の中に収納した液体の量を増減することにより空間の高さを調節する場合には、液体の量を増減することにより減揺効果を簡便に調整することができる。

【 0 0 2 7 】

また、旋回流発生手段が、液体供給・回収手段を兼ねた場合には、液体供給・回収手段をより少ない機器で構成できるため、設置場所及びコスト等を低減することができる。

20

【 0 0 2 8 】

また、液体収納手段に天板と、天板を昇降させる昇降手段を備え、昇降手段による天板の昇降により空間の高さを調節する場合には、液位又は旋回流の流速を変更した場合に、空間の高さを最適な高さに修正しやすくなる。また、液体が天板と接触する寸法を変更して減揺効果を調整することができる。

【 0 0 2 9 】

また、空間の高さを  $h_c$ 、液体収納手段の底面から液体の液面までの高さを  $h_w$  とした場合に、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定する場合には、旋回流を液体収納手段の上面又は天板に接触させやすくなり、より高い減揺効果を得ることができる。

30

【 0 0 3 0 】

また、構造物の揺動を検出する揺動検出手段を備え、揺動検出手段で検出した構造物の揺動の大小に応じて旋回流を制御する場合には、構造物の揺動の大小に応じて減揺効果をより適切に調整することができる。

【 0 0 3 1 】

また、旋回流制御手段が、旋回流が液体収納手段の上面、又は天板と接触する寸法を所定の範囲になるように旋回流を制御する場合には、より高い減揺効果を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

また、液体収納手段の底部の外側部分が曲面を成す場合には、旋回流発生時における液体の液位又は隆起量を大きくすることができる。

40

【 0 0 3 3 】

また、構造物が船舶、又は水に浮かぶ浮体である場合には、旋回流の遠心力等から生じる流体力を利用して船舶又は浮体の揺動を低減することができる。また、船舶又は浮体の固有振動数に依存せずに波浪等に対応して幅広い周波数域での減揺が可能となる。

【 0 0 3 4 】

本発明の旋回流を利用した減揺方法によれば、旋回流の遠心力等から生じる流体力を利用して減揺効果を能動的に制御できる。また、旋回流を制御することにより構造物の固有振動数に依存せずに幅広い周波数域での減揺が可能となる。

【 0 0 3 5 】

50

また、旋回流の速度を制御する場合には、旋回流の速度を制御することにより減揺効果を調整することができる。

【0036】

また、液体収納手段の中に収納した液体の量を増減することにより空間の高さを調節する場合には、液体の量を増減することにより減揺効果を簡便に調整することができる。

【0037】

また、液体収納手段に備えた天板の昇降により空間の高さを調節する場合には、液位又は旋回流の流速を変更した場合に、空間の高さを最適な高さに修正しやすくなる。また、液体が天板と接触する寸法を変更して減揺効果を調整することができる。

【0038】

また、空間の高さを  $h_c$ 、液体収納手段の底面から液体の液面までの高さを  $h_w$  とした場合に、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定する場合には、旋回流を液体収納手段の上面又は天板に接触させやすくなり、より高い減揺効果を得ることができる。

【0039】

また、旋回流が液体収納手段の上面、又は天板と接触する寸法を所定の範囲になるように旋回流を制御する場合には、より高い減揺効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の一実施形態による減揺装置を構造物に搭載した状態を示す図

【図2】同減揺装置の構成を示す図

【図3】同減揺装置による減揺効果の説明図

【図4】本発明の他の実施形態による減揺装置の構成を示す図

【図5】本発明の更に他の実施形態による減揺装置における液体収納手段の中央断面図

【図6】構造物への搭載例を示す図

【図7】構造物への搭載例を示す図

【図8】検証に用いた模型の外観写真

【図9】検証に用いた液体収納手段の中央断面図

【図10】流速と減衰比の関係図

【図11】流速と減衰比の関係図

【図12】検証に用いた液体収納手段の中央断面図

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下に、本発明の実施形態による旋回流を利用した減揺装置、及び旋回流を利用した減揺方法について説明する。

【0042】

図1は、本実施形態による減揺装置を構造物に搭載した状態を示す図であり、上段が上面図、下段が側面図である。

図1において構造物2は船舶である。減揺装置1は、船舶(構造物2)の船首甲板上と船尾甲板上に一台ずつ搭載されている。

減揺装置1は、平面視した形状が楕円形の円環状に形成されたタンク(液体収納手段10)を備える。液体収納手段10は、波風等による構造物2の横揺れを抑制するために長軸方向を船幅方向として設置されている。液体収納手段10内には、水等の液体20が収納される。なお、液体収納手段10は、タンクの代わりにホース又はチューブを用いて構成することもできる。

【0043】

図2は、本実施形態による減揺装置の構成を示す図であり、図2(a)は正面図、図2(b)は上面図、図2(c)は側面図、図2(d)は循環ポンプ停止時における図2(b)のA-A断面図、図2(e)は循環ポンプ作動時における図2(b)のA-A断面図である。

減揺装置1は、液体収納手段10の他、液体20に旋回流を発生させる旋回流発生手段

10

20

30

40

50

30と、旋回流発生手段30を制御する旋回流制御手段40と、液体20の供給と回収を行なう液体供給・回収手段50と、構造物2の揺動を検出する揺動検出手段60を備える。

【0044】

図2(b)に示すように、液体収納手段10は、曲管部10Aと直管部10Bからなる楕円形の円環状に形成されている。また、図2(a)に示すように、液体収納手段10の底部の外側部分は曲面を成している。

図2(d)に示すように、液体収納手段10内に収納されている液体20の液位は、液体収納手段10が水平な状態にあり、かつ液体20に旋回流が発生していない状態において、液面よりも上方に空間Xが残るように調整されている。

なお、空間Xとは、液面よりも上方に生じる空間であって、液面上昇を実質的に妨げるものが存在しない空間のことをいう。よって、図2に示す液体収納手段10においては、液面から液体収納手段10の内部の上面11までが、空間Xとなる。

【0045】

旋回流発生手段30は、循環ポンプ31と、吸入管32と、注入管33とを有する。

循環ポンプ31は、液体収納手段10によって取り囲まれた楕円形の孔部10Cに配置されている。循環ポンプ31の吸入口には吸入管32の後端が接続され、循環ポンプ31の吐出口には注入管33の後端が接続されている。

吸入管32は、第一吸入管32Aと第二吸入管32Bからなる。第一吸入管32Aの先端は、一方の直管部10Bの外周側に接続されている。第二吸入管32Bの先端は、他方の直管部10Bの外周側に接続されている。

注入管33は、第一注入管33Aと第二注入管33Bからなる。第一注入管33Aの先端は、一方の直管部10Bの内周側に接続されている。第二注入管33Bの先端は、他方の直管部10Bの内周側に接続されている。また、第一注入管33A及び第二注入管33Bのそれぞれの先端は、循環ポンプ31から送出される液体20を、液体収納手段10に生じる旋回流の流れ方向に沿って噴出するように構成されている。

このように構成された旋回流発生手段30は、循環ポンプ31により液体収納手段10内の液体20を循環させることによって、液体収納手段10内に旋回流を発生させることができる。

なお、電圧を印加することによって流れが生じる液体を液体収納手段に収納する場合は、電圧を印加する電極も旋回流発生手段の構成部材となる。

【0046】

旋回流制御手段40は、旋回流発生手段30を制御することにより、旋回流を制御する。例えば、循環ポンプ31の運転を開始させることで旋回流を発生させ、循環ポンプ31の運転を停止させることで旋回流を消失させることができる。

図2(b)は、循環ポンプ31が運転中の状態を示している。循環ポンプ31の運転が開始されると、液体収納手段10に収納されている液体20は、吸入管32を介して循環ポンプ31に吸い込まれ、注入管33を介して液体収納手段10へ吐出される。

上述のように、注入管33から吐出される液体20は旋回流の流れ方向に沿って噴出されるため、液体収納手段10に収容されている液体20に流れが生じ、やがて旋回流となる。なお、図2(b)において、実線矢印は循環する液体20の流れ方向を示し、点線矢印は液体収納手段10内の液体20の旋回流の流れ方向を示している。

【0047】

旋回流が発生すると、液体収納手段10内の液体20の旋回流の流れ方向が変化する際に遠心力が生じ、図2(e)に示すように、液体収納手段10に収納された液体20の外周側の液位が上昇し内周側の液位が低下して高低差が生じた状態になる。この遠心力(慣性力)等から生じる流体力を利用して構造物2の揺動を低減するように能動的に制御することができる。また、旋回流を制御することにより構造物2の固有振動数に依存せずに幅広い周波数域での減揺が可能となる。

また、本実施形態においては、液体収納手段10の底部の外側部分が曲面を成している

ことにより、旋回流発生時における液体 20 の液位又は隆起量を大きくすることができる。

なお、仮に吸入管 32 の先端が液体収納手段 10 の内周側に接続されていると、旋回流が発生した際に、液体 20 の内周側の液位が低下することによって吸入管 32 の先端が露出して循環ポンプ 31 が吸込不良を起こす可能性がある。よって、吸入管 32 の先端は、旋回流発生時に液体 20 の液位が上昇する外周側に接続することが好ましい。

また、図 2 (b) に示すように、直管部 10B のうちの上流側に吸入管 32 の先端を接続し、曲管部 10A のうちの上流側に注入管 33 の先端を接続すると、旋回流をより発生させやすくなる。

#### 【0048】

また、旋回流制御手段 40 は、循環ポンプ 31 の吸入口の開口率を調整することにより液体収納手段 10 に注入する液体 20 の量を増減させて、旋回流の速度を制御することができる。旋回流の速度を制御することによって、減揺装置 1 による減揺効果を調整することができる。

また、旋回流制御手段 40 は、センサ等の揺動検出手段 60 で検出した構造物 2 の揺動の大小に応じて旋回流を制御する。これにより、構造物 2 の揺動の大小に応じて減揺装置 1 による減揺効果をより適切に調整することができる。なお、揺動検出手段 60 は、構造物 2 に直接設けてもよいし、減揺装置 1 に設けてもよく、凡そ構造物 2 の揺動が検出できる場所であれば設置場所を問わない。

#### 【0049】

液体供給・回収手段 50 は、液体 20 を移送する可逆ポンプ (図示略) を備えている。また、液体 20 を貯留する貯留タンク (図示略) をさらに備えていてもよい。

液体供給・回収手段 50 は、液体 20 を液体収納手段 10 に供給することによって液体収納手段 10 に収納されている液体 20 の量 (液位) を増やすことができる。また、液体収納手段 10 に収納されている液体 20 を回収することによって液体収納手段 10 に収納されている液体 20 の量を減らすことができる。このように液体収納手段 10 に収納されている液体 20 の量を増減させることにより、空間 X の高さ  $h_c$  を調節することができる。これにより、減揺装置 1 による減揺効果を簡便に調整することができる。

なお、図 2 に示す液体収納手段 10 においては、液体 20 の液面から上面 11 までの高さが、空間 X の高さ  $h_c$  となる。液体 20 の液位 (液体収納手段 10 の底面 12 から液面までの高さ) を  $h_w$  としたとき、 $(h_c + h_w) / h_w$  を 1 を超え 1.6 以下に設定することで、旋回流を上面 11 に接触させやすくなり、より高い減揺効果を得ることができる。

また、液体収納手段 10 が水平な状態において、旋回流が上面 11 に接触する寸法を所定の範囲になるように旋回流を制御することで、より高い減揺効果を得ることができる。

また、液体供給・回収手段 50 は、旋回流発生手段 30 が兼ねてもよい。例えば、循環ポンプ 31 を介して液体 20 の供給又は回収を行う構成とすれば、可逆ポンプ等を省略することができるため、設置場所やコストを低減することができる。

#### 【0050】

図 3 は、減揺効果の説明図である。

図 3 において、減揺装置 1 の液体収納手段 10 は、支持台 3 を介して構造物 2 に固定されている。

図 3 (a) は、構造物 2 が水平な状態を示している。構造物 2 が水平のときは液体収納手段 10 も水平である。液体収納手段 10 内に高速の旋回流を発生させると、旋回流の遠心力によって液体 20 が半径方向に押し出されるため、外周側の液体 20 の液位が上昇し、内周側の液体 20 の液位が下降する。なお、図 3 の点線矢印は旋回流の回転方向を示す。

図 3 (b) は、構造物 2 に波風等による揺動が生じて構造物 2 が傾いた状態を示している。構造物 2 が傾いたときは液体収納手段 10 にも傾きが生じ、液体収納手段 10 内の液体 20 が低い方に偏り、低い方の液体 20 の量が多くなる。そして、旋回流の遠心力によ

10

20

30

40

50

って液体 20 が半径方向に押し出される際に、傾斜した液体収納手段 10 の上面 11、及び底面 12 を押し戻すように作用する流体力が低い方により大きく生じることにより、減揺効果を得ることができる。図 3 (b) では、減揺効果として作用する力の向きと大きさを実線矢印で示している。

図 2 又は図 3 に示すような、液体収納手段 10 内の流路の高さが固定された減揺装置 1 は、比較的大型の構造物 2 へも適用しやすい。構造物 2 に適用する際は、液体収納手段 10 の外觀形状及び流路形状、液体 20 の液位、並びに循環ポンプ 31 の出力等を予め設計しておく。

#### 【0051】

減揺装置 1 による減揺効果の調整は、例えば、構造物 2 の揺動が小さい場合は、液体 20 を液体収納手段 10 に満載近く ( $h_c = 0$ ) まで入れて、旋回流を発生させないか、又は低速の旋回流を発生させるように制御し、構造物 2 の揺動が大きい場合は、 $(h_c + h_w) / h_w$  が 1 を超え 1.6 以下となるように液位  $h_w$  を調整するとともに、高速の旋回流を発生させるように制御することで行う。

#### 【0052】

なお、液体収納手段は、図 2 又は図 3 に示すような平面視した形状が楕円形の円環状以外に、平面視した形状が真円形の円環状や、平面視した形状が角丸形の円環状など、液路の方向が緩やかに変化する円環形状を選択できる。

図 4 は、本発明の他の実施形態による減揺装置の構成を示す図であり、平面視した形状が真円形の円環状の液体収納手段を備えている。なお、上記した実施形態と同一機能部材については対応する符号を付して説明を省略する。

真円形の円環状に形成された液体収納手段 110 の内周側には、3本の注入管 133 のそれぞれの先端が等間隔で接続され、外周側には、2本の吸入管 132 のそれぞれの先端が 180 度離して接続されている。なお、図 4 において、実線矢印は循環する液体 200 の流れ方向を示し、点線矢印は液体収納手段 110 内の液体 120 の旋回流の流れ方向を示している。

#### 【0053】

また、液体収納手段は、図 2 又は図 3 に示すような流路の高さが固定された構成ではなく、流路の高さが可変の構成とすることもできる。

図 5 は、本発明の更に他の実施形態による減揺装置における液体収納手段の中央断面図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材については対応する符号を付して説明を省略する。また、図 5 において、点線矢印は液体収納手段 210 に収納された液体 220 に生じた旋回流の流れ方向を示している。

液体収納手段 210 内には、収納された液体 220 の液面よりも上方に天板 270 が備えられている。天板 270 は、昇降手段 280 によって液体収納手段 210 内を上下に移動及び固定可能に構成されているため、液体 20 の液位や旋回流の流速を変更した場合でも、空間 X の高さを最適な高さに調整しやすくなる。また、液体 20 が天板 270 と接触する寸法 (幅) を調整することができる。このように、液体収納手段 210 内の流路の高さが可変の減揺装置 201 は、流路の高さが固定された減揺装置よりも減揺効果を調整しやすいため、比較的小型の構造物へも適用しやすい。

なお、昇降手段 280 は、ラック & ピニオン式や巻取り式、油圧式等、任意の手段で構成される。

液体収納手段 210 内に収納されている液体 220 の液位は、液体収納手段 210 が水平な状態にあり、かつ液体 220 に旋回流が発生していない状態において、液面よりも上方に空間 X が残るように調整されている。なお、上述のように空間 X とは、液面よりも上方に生じる空間であって、液面上昇を実質的に妨げるものが存在しない空間のことをいう。よって、図 5 に示す液体収納手段 210 においては、液面から液体収納手段 210 の上面 211 までではなく、液面から天板 270 までが空間 X となる。

#### 【0054】

天板 270 の外側面 271 と、液体収納手段 210 の外周内面 213 との間には、所定

10

20

30

40

50

の隙間Cを設けている。また、天板270の内側面272と、液体収納手段210の内周内面214との間には、所定の隙間Dを設けている。

天板270の側面と液体収納手段210の内面との間に隙間が無いと、液面から天板270までの間隔が小さい場合、旋回流を発生させたときに、外周側の液体220の隆起が天板270によって阻害されるため、外周側と内周側に十分な高低差が生じない。

しかし、本実施形態のように天板270の側面と液体収納手段210の内面との間に隙間にC、Dを設けると、液面から天板270までの間隔が小さい場合であっても、液体2は隙間Cを通過して天板270の上面に乗り上げることができるため、液体220に外周側と内周側とで十分な高低差をつけることができる。なお、天板270の上面に乗り上げた液体220は、隙間Dを通過して天板270から流れ落ちるため、旋回流の流れに戻すことができる。

ここで、隙間Cは極力狭くすることで天板270の下面と液体20との接触面積を増やすことができるため、液体収納手段210の流路の幅をBとすると、隙間Cの幅は、 $0.1B$ 以内とすることが好ましく、 $0.03B$ 以内とすることがより好ましい。

一方、隙間Dは天板270の上面に乗り上げた液体220を天板270よりも下方に戻す役割を担うため、隙間Dは隙間Cよりも広くする。隙間Dの幅は、 $0.4B$ 以内とすることが好ましく、 $0.2B$ 以内とすることがより好ましい。

なお、液体収納手段10としてタンクの代わりにホース又はチューブを用いて構成した場合には、外力を用いてホース又はチューブを押圧し、空間の形状を変形させ、空間の高さや上面と接触する寸法を変えることも可能である。この場合、必要に応じて、液体20の量を変更してもよい。

#### 【0055】

図1～図5を用いて説明した減揺装置は船舶の他、水に浮かぶ浮体等の構造物にも搭載可能である。図6及び図7に他の構造物への搭載例を示す。なお、図6(a)～(c)及び図7(a)(b)の各図において、上段は上面図、下段は側面図である。

図6(a)は、構造物が作業船302であり、作業船302の船殻内部に平面視した形状が真円形の円環状に形成された液体収納手段310を備える減揺装置301を搭載した例を示す図である。液体収納手段310を船長方向及び船幅方向に亘って配置することで、横揺れと縦揺れの2方向の揺れに対し、同時に減揺効果を得ることができる。また、液体収納手段310は、バラストタンクとしての役割も兼ねており、収納する液体320として海水を用いることができる。なお、作業船302の甲板上に搭載スペースが有る場合は、楕円形や小判形の円環状の減揺装置を搭載してもよい。

図6(b)は、構造物がバージ又は舳と呼ばれる船舶402であり、船舶402の船殻内部に平面視した形状が角丸四角形の円環状に形成された液体収納手段410を備える減揺装置401を搭載した例を示す図である。液体収納手段410を船長方向及び船幅方向に亘って配置することで、横揺れと縦揺れの2方向の揺れに対し、同時に減揺効果を得ることができる。また、液体収納手段410は、バラストタンクとしての役割も兼ねており、収納する液体420として海水を用いることができる。なお、船舶402の甲板上に搭載スペースが有る場合は、楕円形や小判形の円環状に形成された減揺装置を搭載してもよい。

図6(c)は、構造物がバージ又は舳と呼ばれる船舶502であり、船舶502の船首甲板上及び船尾甲板上に平面視した形状が楕円形の円環状に形成された液体収納手段510を備える減揺装置501を搭載した例を示す図である。液体収納手段510の長軸方向を船幅方向として設置することで、横揺れに対する減揺効果を得ることができる。

図7(a)は、構造物がセミサブマージブル(セミサブ)と呼ばれる浮体602であり、浮体602の甲板内と甲板下に平面視した形状が真円形の円環状に形成された液体収納手段610を備える減揺装置601を搭載した例を示す図である。液体収納手段610を浮体の長さ方向及び幅方向に亘って配置することで、横揺れと縦揺れの2方向の揺れに対し、同時に減揺効果を得ることができる。

図7(b)は、構造物が風車を備えた洋上発電装置702であり、洋上発電装置702

のブレードを支持する支持体の下方に設けられた浮体の上部に平面視した形状が真円形の円環状に形成された液体収納手段 710 を備える減揺装置 701 を搭載した例を示す図である。なお、図 7 ( b ) の左図はセミサブ型、右図はスパー型である。

なお、図示は省略するが、本発明による減揺装置は、構造物がスキー場等で用いられるゴンドラやリフト等の場合にも適用可能である。

#### 【 0 0 5 6 】

次に、減揺装置による減揺効果の検証結果について説明する。

図 8 は、検証に用いた模型の外観図である。

図 8 ( a ) は、円環状タンクを模した液体収納手段 810 を備える減揺装置 801 の斜視図である。但し、液体収納手段 810 の上方は開放している。吸入管 832 及び注入管 833 は、それぞれ 1 本としている。吸入管 832 の先端は液体収納手段 810 の底面に接続され、そこから 180 度離れた位置の液体収納手段 810 の底面から注入管 833 が立ち上げられている。注入管 833 の先端にはエルボ管継手を取り付けられ、噴射口が旋回流の流れ方向と同方向に向けられている。また、液体収納手段 810 の中央部分には循環ポンプ 831 が設けられている。

図 8 ( b ) に示すように、減揺装置 801 は、構造物に相当する振動発生手段 802 に搭載されている。

図 8 ( c ) は、液体収納手段 810 に液体 820 を収納した状態を示す斜視図である。液体 820 の上方には、流路形状に合わせて円盤状に形成された天板 870 が配置されている。

#### 【 0 0 5 7 】

図 9 は、検証に用いた液体収納手段の中央断面図である。

液体収納手段 810 の断面は矩形となっており、液体 820 の液面よりも上方であって液体収納手段 810 の上面 811 よりも下方に配置された天板 870 は、昇降手段 ( 図省略 ) によって昇降可能である。天板 870 を上昇又は下降させることにより、空間 X の高さ  $h_c$  を調節することができる。なお、空間 X の高さ  $h_c$  は、液体 820 の液面から天板 870 までの高さである。

検証においては、液体収納手段 810 内に収納された液体 820 の液位及び流速、並びに流路断面形状の違いによる減衰比の変化を計測した。液体 820 は、水道水とした。

#### 【 0 0 5 8 】

検証においては、循環ポンプ 831 の吸入口の開口率を、100% ( # 0 )、45% ( # 1 )、30% ( # 2 ) とすることで液体 820 に生じる旋回流の流速を変更し、各設定液位 (  $h_w = 50 \text{ mm}$ 、 $75 \text{ mm}$ 、 $100 \text{ mm}$ 、 $125 \text{ mm}$  ) における減衰比を計測した。なお、循環ポンプ 831 の吸入口の開口率が大きいほど旋回流の流速が速い。

計測の際は、液体収納手段 810 の上面 811 と天板 870 は設置せず、液体 820 よりも上方は開放された状態とした。図 10 は、計測結果に基づく流速と減衰比の関係図である。図 10 中「 $\square$ 」は液位  $h_w = 50 \text{ mm}$  の結果を示し、図 10 中「 $\triangle$ 」は液位  $h_w = 75 \text{ mm}$  の結果を示し、図 10 中「 $\circ$ 」は液位  $h_w = 100 \text{ mm}$  の結果を示し、図 10 中「 $\times$ 」は液位  $h_w = 125 \text{ mm}$  の結果を示している。また、縦軸は減衰比、横軸は流速 (  $\text{cm/s}$  ) である。

どの液位  $h_w$  においても、旋回流の流速が上昇するに伴い減衰比が高くなる傾向であることが分かる。

従って、本発明の減揺装置は、液体収納手段内に発生させる旋回流の流速を高速にすることで、より大きな減揺効果が得られる。

#### 【 0 0 5 9 】

次に、液位  $h_w = 75 \text{ mm}$ 、 $100 \text{ mm}$  を対象として、底面 812 から天板 870 までの高さ  $h_l$  と液位  $h_w$  の比  $h_l / h_w$  を 1.0 以上 1.5 以下の間で順次変更し、循環ポンプ 831 の吸入口の開口率を 100% ( # 0 )、45% ( # 1 )、30% ( # 2 ) と変えて旋回流の流速を調整した際の減衰比を計測した。

図 11 は、計測結果に基づく流速と減衰比の関係図である。図 11 において、縦軸は減

10

20

30

40

50

衰比、横軸は高さ  $h_1$  と液位  $h_w$  の比  $h_1 / h_w$  である。

また、図 12 は、検証に用いた液体収納手段の中央断面図であり、図 12 ( a ) は旋回流が発生していない状態、図 12 ( b ) は旋回流が発生した状態を示している。

【 0 0 6 0 】

図 11 ( a ) は液位  $h_w = 75 \text{ mm}$  の結果であり、「 $\square$ 」は開口率が 100% ( # 0 ) のときの結果を示し、「 $\square$ 」は開口率が 45% ( # 1 ) のときの結果を示し、「 $\square$ 」は開口率が 30% ( # 2 ) のときの結果を示し、「 $\square$ 」は液体 820 に流れが生じていないときの結果を示している。

図 11 ( b ) は液位  $h_w = 100 \text{ mm}$  の結果であり、「 $\square$ 」は開口率が 100% ( # 0 ) のときの結果を示し、「 $\square$ 」は開口率が 45% ( # 1 ) のときの結果を示し、「 $\square$ 」は開口率が 30% ( # 2 ) のときの結果を示し、「 $\square$ 」は液体 820 に流れが生じていないときの結果を示している。

図 11 から、液体 820 よりも上方に天板 870 を設けた場合にも、旋回流の流速が速いほど減衰比が高くなる傾向であることが分かる。また、減衰比は、底面 812 から天板 870 までの高さ  $h_1$  と液位  $h_w$  の比  $h_1 / h_w$  が 1.0 を超え 1.1 以下のときに高く、 $h_1 / h_w$  が 1.2 以上になると低下する傾向がみられた。このことから、天板 870 と液面の距離が離れている場合には、旋回流を発生させても液体 820 と天板 870 が接触しづらく、減揺効果が薄れることが分かる。よって、 $(h_c + h_w) / h_w$  は、減衰効果が得られる 1.0 を超え 1.6 以下に設定することが好ましく、1.0 を超え 1.2 未満に設定することがより好ましく、1.0 を超え 1.1 以下に設定することが最も好ましい。

このように、旋回流の流速が高速の場合は、空間 X の高さ  $h_c = h_1 - h_w$  を小さく設定することで良好な減揺効果を得られるが、空間 X の高さ  $h_c$  の値は、旋回流によって隆起した液面が水平状態の液体収納手段 810 の天板 870 と接触する寸法 (幅  $b$ ) が所定の範囲になるように設定することで、減揺効果をより高めることができる。幅  $b$  の所定の範囲は、液体収納手段 810 の流路の幅  $B$  に対して、 $1 / 8 B$  以上  $1 / 2 B$  以下であることが好ましい。

【 0 0 6 1 】

なお、液体収納手段 810 に収容された液体 820 の量が少なく、旋回流が速い場合は、流れが乱れて綺麗な旋回流にならない場合がある。流れが乱れると自励振動が発生し、減衰振動が収束しなくなったり増幅したりする。このような場合には、天板 870 と液面との距離 (空間 X の高さ  $h_c$ ) を小さく設定し、液体収納手段 810 が水平な状態であっても旋回流が常に天板 870 と接している状態とすることで、整流効果が働き、自励振動を抑えることができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 2 】

本発明は、船舶、浮体、又は洋上風力発電装置などをはじめ、ゴンドラやリフトといった構造物に生じる揺動を効果的に低減し、構造物の安全航行又は稼働率向上に寄与することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

- 1 減揺装置
- 2 構造物
- 10 液体収納手段
- 11 上面
- 12 底面
- 20 液体
- 30 旋回流発生手段
- 40 旋回流制御手段
- 50 液体供給・回収手段

10

20

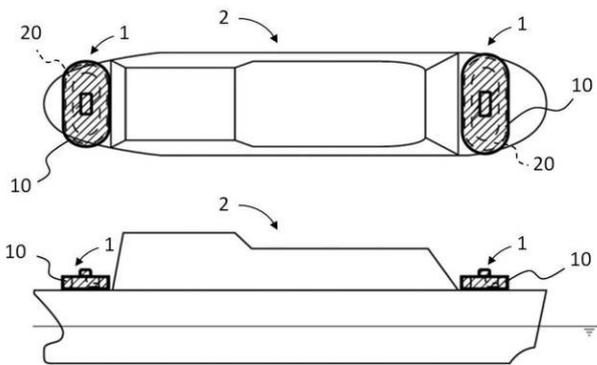
30

40

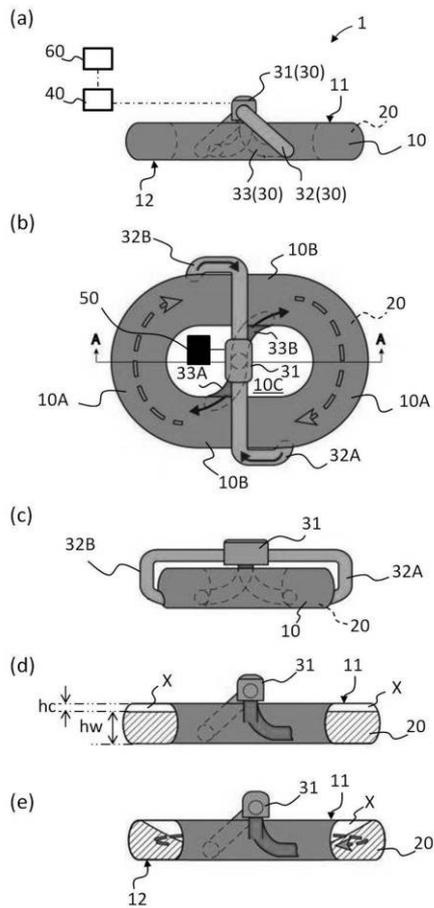
50

- 6 0 揺動検出手段
- 2 7 0 天板
- 2 8 0 昇降手段
- X 空間

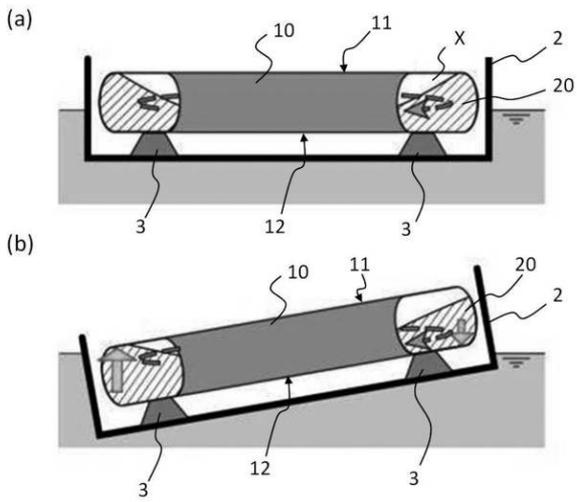
【図 1】



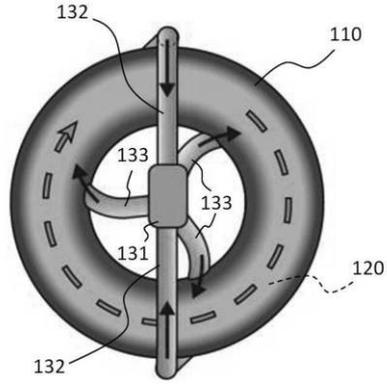
【図 2】



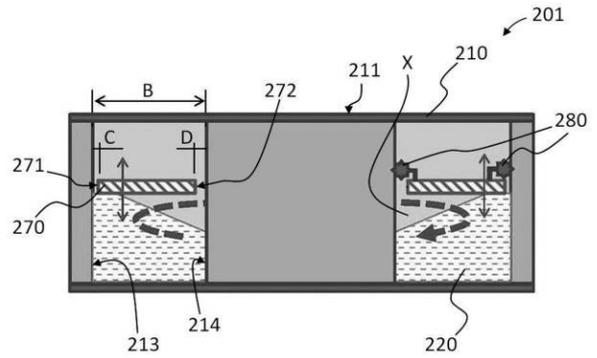
【 図 3 】



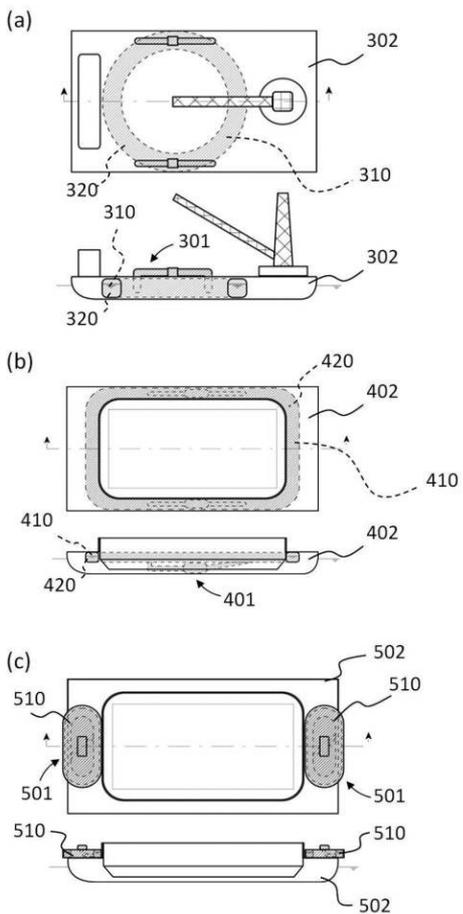
【 図 4 】



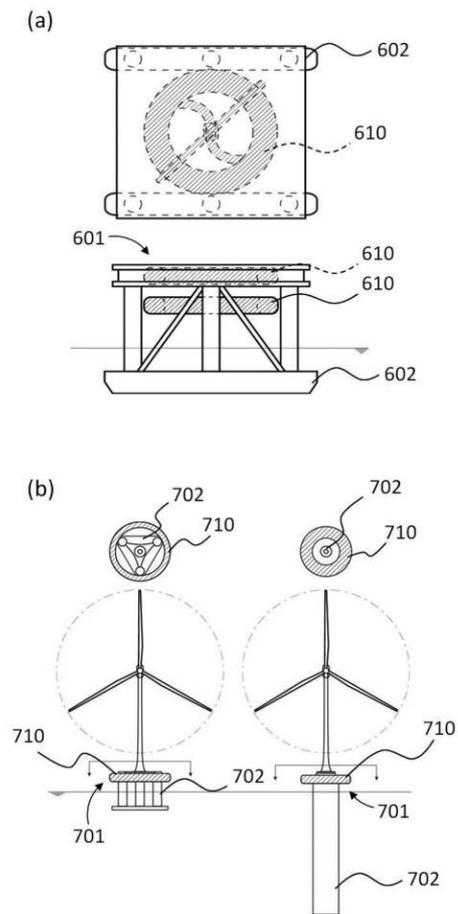
【 図 5 】



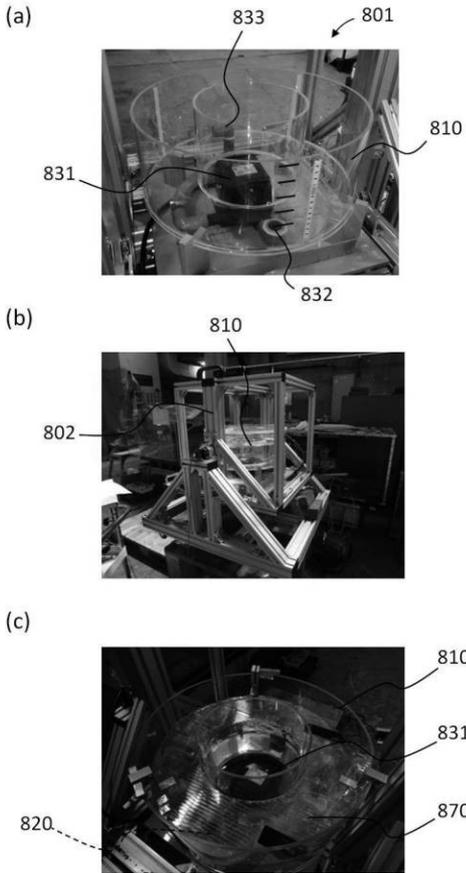
【 図 6 】



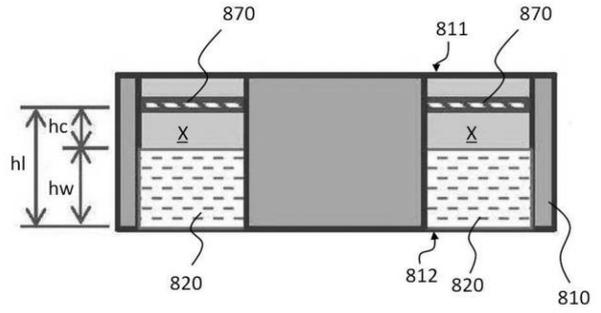
【 図 7 】



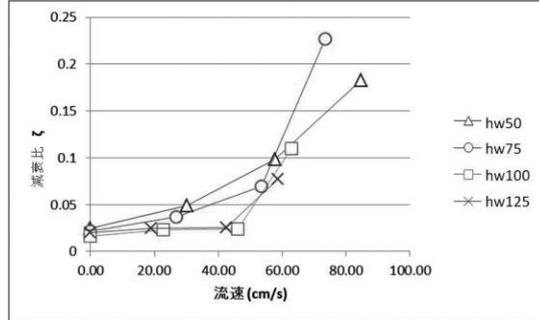
【図 8】



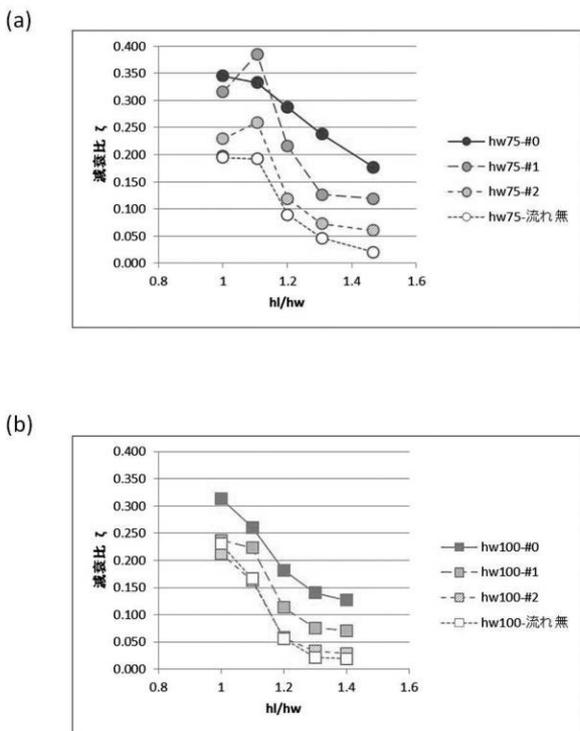
【図 9】



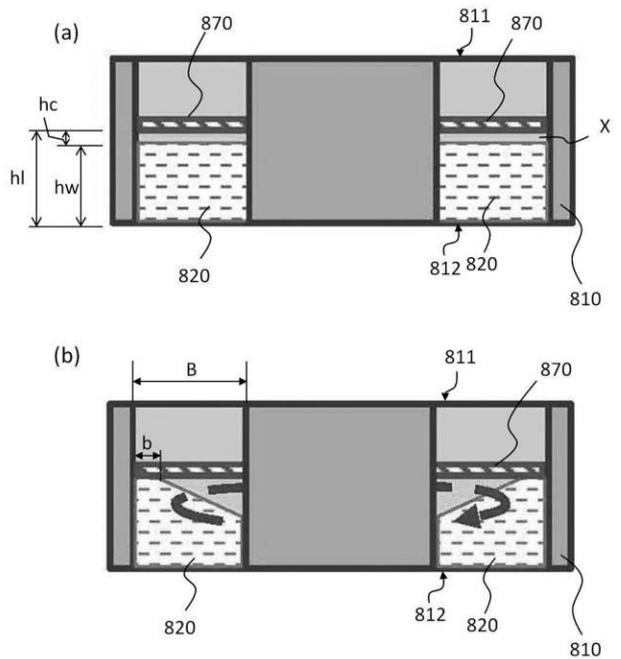
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 安藤 孝弘

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 岡 正義

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 佐久間 正明

東京都三鷹市新川6丁目3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) 3J048 AB07 AD06 BF11 BF12 CB21 CB22 EA37