

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6778924号  
(P6778924)

(45) 発行日 令和2年11月4日(2020.11.4)

(24) 登録日 令和2年10月15日(2020.10.15)

(51) Int. Cl.	F I				
<b>GO 1 C 13/00 (2006.01)</b>	GO 1 C	13/00			W
<b>B 6 3 B 49/00 (2006.01)</b>	B 6 3 B	49/00			Z

請求項の数 11 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-72061 (P2016-72061)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成28年3月31日 (2016.3.31)		国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
(65) 公開番号	特開2017-181413 (P2017-181413A)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成29年10月5日 (2017.10.5)	(74) 代理人	100098545
審査請求日	平成31年3月19日 (2019.3.19)		弁理士 阿部 伸一
		(74) 代理人	100087745
			弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611
			弁理士 辻田 幸史
		(72) 発明者	池本 義範
			東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内
		審査官	仲野 一秀
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波浪計測装置、波浪計測情報伝達システム、及び浮体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

浮体周辺の液面の高さの変化を検出する液面検出手段と、前記液面検出手段の近傍に配置した前記液面検出手段の運動を測定する運動測定手段と、前記液面と前記液面検出手段が成す角度を調整する角度調整手段を備え、前記液面検出手段の検出結果を前記運動測定手段の測定結果と前記角度調整手段の前記角度に基づいて補正して波浪を計測し、かつ前記浮体の航行に伴い、前記浮体から生じる波を回避できる前記液面の範囲に前記角度調整手段にて前記角度を変更することを特徴とする波浪計測装置。

【請求項 2】

前記角度調整手段が前記運動測定手段の前記液面に対する前記角度を同時に変えること  
特徴とする請求項 1 に記載の波浪計測装置。 10

【請求項 3】

前記角度調整手段にて前記浮体の停止時に前記浮体の水位を検出する前記角度に前記液面検出手段を調整する請求項 1 または請求項 2 に記載の波浪計測装置。

【請求項 4】

前記液面検出手段の検出結果を、前記角度調整手段の調整した前記角度に基づいて補正することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

【請求項 5】

前記角度調整手段が、前記浮体の動揺時に前記液面の計測点が同一点となる様に前記角度を変更することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置 20

## 【請求項 6】

前記液面検出手段と前記運動測定手段および前記角度調整手段を一つのモジュールとして構成することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

## 【請求項 7】

前記モジュールを前記浮体に 3 個以上設置することを特徴とする請求項 6 に記載の波浪計測装置。

## 【請求項 8】

前記モジュールを前記浮体の前方に設置することを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の波浪計測装置。

## 【請求項 9】

前記液面検出手段としてマイクロ波を用いたことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

## 【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置から得られる波浪計測結果または波浪計測結果から将来の波浪に関する情報を、前記浮体の乗員または乗客へ伝達する情報伝達手段を備えたことを特徴とする波浪計測情報伝達システム。

## 【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置又は波浪計測情報伝達システムを浮体に搭載したことを特徴とする浮体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、波浪計測装置、波浪計測情報伝達システム、及び浮体に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

波浪に関する情報は、船舶や海洋構造物等の浮体が例えば危険を回避する上で重要な情報である。浮体は波浪によって動揺するので、センサを用いて浮体周辺の波浪を計測する場合には、浮体の動揺を考慮する必要がある。

例えば特許文献 1 には、水位センサを用いて船体の相互に離間した 3 点以上の相対水位を測定し、水位センサが船体姿勢の影響をキャンセルできないタイプの場合には更に演算を行って相対水位の測定値から入射波の波高と波向を推定する方法が記載されている。なお、この特許文献 1 には船体運動検出手段が記載されているが、相対水位の測定値から入射波の波高と波向を推定することとの係わりについては何ら記載されていない。

また、特許文献 2 には、船体の所定部で検出した上下方向の加速度、ピッチングおよびローリングの検出信号から、船体の任意の箇所検出した波高から船の上下動の変位による誤差を除去するようにした超音波波高計において、一点で検出した動揺から、任意の場所に設置した超音波センサの取り付け箇所での上下動による変位を演算して求め、この変位を除去できるように超音波センサにおける送信タイミングもしくは受信タイミングを補正することが記載されている。

また、特許文献 3 には、船首に取付けられた上下加速度センサ及び波高計からの計測データに基づき、平均波々長、スペクトラムピークの波長および周波数を演算して、波浪特性の抽出を行えるようにした波浪特性注出装置が記載されている。

また、特許文献 4 には、シミュレーションや水槽実験等により予め大型浮体の上下動、左右揺れ、前後揺れ、横揺れ、縦揺れおよび船首揺れのうち少なくとも 3 つの動揺の応答特性を推定してその動揺応答特性曲線を求めておき、実際の浮体の上下方向加速度を計測し、その加速度データと動揺応答特性曲線に基づいて演算等を行うことによって波高、波向、波周期等を計測する方法が記載されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特開2011-213191号公報

【特許文献2】特開平5-34450号公報

【特許文献3】特許第2934564号公報

【特許文献4】特開2002-13923号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1の推定方法では、複雑な演算処理が必要となる。

また、特許文献2又は3のように計測した上下加速度を用いて補正する場合、すなわち 10  
図7に示すように、加速度計301と波高計302を備えた船舶300において、波高計302から超音波303を海面に向けて照射して計測した波高を、加速度計301の計測値で補正する場合には、自動水平台304等を設けて加速度計301の傾斜の影響を取り除く必要がある。

また、図6は発明者らが本発明の研究途上で検討した波浪計測装置を備えた船舶を示す概略側面図である。図6に示すように、GPS受信装置201と複数の波高計202を備えた船舶200において、船体全体の変位をジャイロと加速度計等で取得し、ジャイロと加速度計データから各波高計202の変位を計算し、その計算結果を用いて、波高計202から電波203を海面に向けて照射して計測した波高を補正することも考えられるが、このように波高計202の鉛直方向の変位を船体全体の変位から計算する場合には、波浪 20  
によって船体に十数ミリのひずみが生じることもあり、誤差が大きく計測精度が悪くなってしまう。

## 【 0 0 0 5 】

そこで本発明は、浮体の航行時又は停泊時において波浪を精度よく計測できる波浪計測装置、波浪計測情報伝達システム、及び浮体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 6 】

請求項1記載に対応した波浪計測装置においては、浮体周辺の液面の高さの変化を検出する液面検出手段と、液面検出手段の近傍に配置した液面検出手段の姿勢を測定する運動測定手段と、液面と液面検出手段が成す角度を調整する角度調整手段を備え、液面検出手段の検出結果を運動測定手段の測定結果と角度調整手段の角度に基づいて補正して波浪を計測し、かつ浮体の航行に伴い、浮体から生じる波を回避できる液面の範囲に角度調整手段にて角度を変更することを特徴とする。 30

ここで、「浮体から生じる波を回避できる液面の範囲」とは、浮体の作る波の影響を受けない範囲である。

請求項1に記載の本発明によれば、液面検出手段の検出結果を、その近傍に配置した運動測定手段の測定結果と液面と液面検出手段が成す角度を調整する角度調整手段の角度で補正し波浪を計測することで船体が引き起こす波の影響を避け、正確に計測することができる。これに対して、従来のように浮体の姿勢を計測してその結果により液面検出手段の検出値を補正する場合は、浮体姿勢の計測手段の位置と液面検出手段の位置から生じる誤差や波浪により浮体に生じるひずみの影響を受けることなどにより、波浪の計測精度が劣る。また、液面検出手段に角度調整手段が付随しないものでは浮体の動揺に合わせた角度調整が出来ず、浮体自身が起こす波の影響を回避することが困難である。 40

また、例えば浮体が起こす航走波（ケルビン波）の影響を軽減し波浪をより正確に計測することができる。航走波は浮体の速度、大きさによらず浮体の前方（航走時の先端）から浮体の中心軸に対して左右19.5度ずつ開いた範囲に作られるため、この波より外側の波を計測することによって、航走波と浮体から反射する波の影響を避け、液面高さの正確な変化を検出することができる。

また、運動測定手段の角度を変更することにより、検出範囲内にある波浪以外の物体を検出することが出来るため、波浪計測以外に障害物検知に適用できる。例えば、漁船など 50

の小型船舶の接近を検出することで衝突防止に供することが出来る。

【0007】

請求項2記載の本発明は、角度調整手段が運動測定手段の液面に対する角度を同時に変えることを特徴とする。

請求項2に記載の本発明によれば、運動測定手段の液面に対する角度を同時に変え、角度調整に伴う浮体の動揺ならびに浮体が引き起こす波の影響を除去する補正をおこなうことにより、波浪をより正確に計測することができる。

【0008】

請求項3記載の本発明は、角度調整手段にて浮体の停止時に浮体の水位を検出する角度に液面検出手段を調整する特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、液面検出手段を停止時に航走時と異なった計測点に切り替えることができる。例えば浮体が航走している場合には、航走時のトリム角、ヒール角（横傾斜）、ローリング、ピッチング、及びヒープ（上下揺）等の計測を行うことができる。また、浮体が航走していない場合（停泊中など）には浮体のトリム角、ヒール角等の計測を行うことができる。これらの情報を得ることによって、計測結果を浮体の航走に利用することは無論、例えば荷崩れ対策やバランスの良い荷積みを行い、浮体の危険回避に役立てることができる。

【0009】

請求項4記載の本発明は、液面検出手段の検出結果を、角度調整手段の調整した角度に基づいて補正することを特徴とする。

請求項4に記載の本発明によれば、液面検出手段が液面に対しある角度を持って得られた検出結果を波高計測で直接得られた計測に適用し、適切な値に変換することができる。

【0010】

請求項5記載の本発明は、角度調整手段が、浮体の動揺時に液面の計測点が同一点となる様に角度を変更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、浮体の動揺があっても液面上の同一の点を計測することによって、同じ場所のより精度の高い波高計測が可能になる。

【0011】

請求項6記載の本発明は、液面検出手段と運動測定手段および角度調整手段を一つのモジュールとして構成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、モジュール化することで装置の設置や保守が容易となる。

【0012】

請求項7記載の本発明は、モジュールを浮体に3個以上設置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、各モジュールごとに、液面検出手段の検出結果と運動測定手段の計測結果を処理して波向スペクトルを計算することができる。

【0013】

請求項8記載の本発明は、モジュールを浮体の前方に設置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、浮体前方に設置することで他のモジュールの設置位置の自由度を上げることができる。また、例えば浮体が起こす航走波（ケルビン波）が広がらない範囲で、船体により近い波浪を計測することが出来る。

【0014】

請求項9記載の本発明は、液面検出手段としてマイクロ波を用いたことを特徴とする。

請求項9に記載の本発明によれば、超音波を用いた場合のように浮体の航走に伴い発生する気泡に影響されることがない。また光波を用いた場合のように海水への透過が大きいゆえに海面から反射しないという現象もなく、精度よく確実に液面高さの変化を検出することができる。また、マイクロ波反射体であれば検出可能であるため波浪以外の障害物の検知を行うことが出来る。

【0015】

請求項10記載の本発明は請求項1から請求項10のうちの1項に記載の波浪計測装置

10

20

30

40

50

から得られる波浪計測結果または波浪計測結果から将来の波浪に関する情報を、浮体の乗員または乗客へ伝達する情報伝達手段を備えたことを特徴とする。

請求項 1 0 に記載の本発明によれば、計測結果を乗員又は乗客に報せることができる。乗員又は乗客はその結果を基に、例えば適切な危険回避行動などをとることができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 1 に記載の本発明は、請求項 1 から請求項 1 1 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置又は波浪計測情報伝達システムを浮体に搭載したことを特徴とする。

請求項 1 1 に記載の本発明によれば、波浪を正確に計測することができる波浪計測装置を備えた浮体を提供することができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明の波浪計測装置によれば、液面検出手段と、その近傍に配置した運動測定手段と、液面検出手段が成す角度を調整する角度調整手段を備えた場合には、液面検出手段の検出結果を、その近傍に配置した運動測定手段の測定結果と、液面と液面検出手段が成す角度を調整する角度調整手段の角度に基づいて補正し波浪を計測することで船体が引き起こす波の影響を避け、波浪を正確に計測することができる。

また、浮体の航行に伴い、浮体から生じる波を回避できる液面の範囲に角度調整手段にて角度を変更した場合には、この波より外側の波を計測することによって、航走波や浮体から反射する波の影響を避け、液面高さの正確な変化を検出することができる。

【 0 0 1 8 】

また、角度調整手段が運動測定手段の液面に対する角度を同時に変えた場合には、角度調整に伴う運動測定手段の測定誤差を低減して浮体の動揺ならびに浮体が引き起こす波の影響を除去する補正をおこなうことにより、波浪をより正確に計測することができる。

【 0 0 1 9 】

また、角度調整手段にて浮体の停止時に浮体の水位を検出する角度に液面検出手段を調整した場合には、液面検出手段を停止時に航走時と異なった計測点に切り替え、浮体のトリム角、ヒール角等の計測を行うことができる。これらの情報を得ることによって、計測結果を浮体の航走に利用することは無論、例えば荷崩れ対策やバランスの良い荷積みを行い、浮体の危険回避に役立てることができる。

【 0 0 2 0 】

また、液面検出手段の検出結果を、角度調整手段の調整した角度に基づいて補正した場合には、液面検出手段が液面に対しある角度を持って得られた検出結果を液面計測で直接得られた計測に適用し、適切な値に変換することができる。

【 0 0 2 1 】

また、角度調整手段が、浮体の動揺時に液面の計測点が同一点となる様に角度を変更した場合には、浮体の動揺があっても液面上の同一の点を計測することによって、同じ場所のより精度の高い液面計測が可能になる。

【 0 0 2 2 】

また、液面検出手段と運動測定手段および角度調整手段を一つのモジュールとして構成した場合には、装置の設置や保守が容易となる。

【 0 0 2 3 】

また、モジュールを浮体に 3 個以上設置した場合には、液面検出手段の検出結果と運動測定手段の計測結果を処理して波向スペクトルを計算することができる。

【 0 0 2 4 】

また、モジュールを浮体の前方に設置した場合には、他のモジュールの設置位置の自由度を上げることができる。例えば、浮体が起こす航走波（ケルビン波）が広がる範囲外で、船体により近い波浪を計測することが出来る。

【 0 0 2 5 】

また、液面検出手段としてマイクロ波を用いた場合には、浮体の航走に伴い発生する気泡に影響されることがなく、精度よく確実に液面高さの変化を検出することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 6 】

また、波浪計測装置から得られる波浪計測結果または波浪計測結果から将来の波浪に関する情報を、浮体の乗員または乗客へ伝達する情報伝達手段を備えた波浪計測情報伝達システムとした場合には、計測結果を乗員又は乗客に報せることができ、乗員又は乗客はその結果を基に、例えば適切な危険回避行動などをとることができる。

## 【 0 0 2 7 】

また、波浪計測装置又は波浪計測情報伝達システムを浮体に搭載した場合には、波浪を正確に計測することができる波浪計測装置を備えた浮体を提供することができる。また、波浪計測結果を荷役の効率化や航海時の安全を保つことができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による波浪計測装置を備えた船舶を示す概略側面図

【 図 2 】 本発明の他の実施形態による波浪計測装置を備えた船舶を示す概略斜視図

【 図 3 】 本発明の波浪計測情報伝達システムにおける各機器の接続を示す図

【 図 4 】 本発明の波浪計測装置のモジュールの斜視図

【 図 5 】 本発明の波浪計測情報伝達システムにおける各機器の接続及び情報伝達を示す図

【 図 6 】 本発明の途上で検討した波浪計測装置を備えた船舶を示す概略側面図

【 図 7 】 従来の波浪計測装置を備えた船舶を示す概略側面図

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 9 】

以下に、本発明の実施形態による波浪計測装置および波浪計測装置を備えた浮体について説明する。

## 【 0 0 3 0 】

図 1 は本発明の一実施形態による波浪計測装置を備えた浮体を示す概略側面図である。図 1 では、浮体（船舶）1 の右側面が見えている。本実施形態による波浪計測装置は、船舶 1 周辺の液面（海面）高さの変化を検出する水位センサ（液面検出手段）1 1 を複数備える。水位センサ 1 1 はパッチアンテナを用いたマイクロ波水位センサであり液面に向けてマイクロ波 1 6 を照射する。超音波や光波（レーザー）を用いることも可能であるが、マイクロ波 1 6 を用いることによって、超音波を用いた場合のように船舶 1 の航走に伴い発生する気泡に影響されることなく、また光波を用いた場合のように海水への透過が大きく海面から反射しないことがなく、精度よく確実に液面高さの変化を検出することができる。マイクロ波水位センサは、例えば 2 4 G H z 帯のマイクロ波 1 6 を用いて実現される。

## 【 0 0 3 1 】

それぞれの水位センサ 1 1 の近傍にはジャイロセンサ 1 2（運動測定手段）が配置され、水位センサ 1 1 及びジャイロセンサ 1 2 の近傍にはコンピュータ 1 3 が配置されている。また、水位センサ 1 1 の液面（海面）に対する角度を調整する角度調整手段 1 8 が配置されている。

水位センサ 1 1 と、ジャイロセンサ 1 2 と、コンピュータ 1 3 と、ルーター等のネットワーク通信手段 1 4、及び角度調整手段 1 8 は、一つのモジュール 1 0 として構成されている。モジュール化することで装置の設置や保守が容易となる。

モジュール 1 0 は、船舶 1 の右側面に前後方向に所定の間隔をおいて二つ配置され、船舶 1 の左側面にも右側面と対称に二つ配置されている。P C C（自動車運搬船）のように海面から乾舷までの高さがある場合には海水打ち込みの影響が小さいので、図 1 のように船体側面に取り付けることができるが、タンカーなど乾舷の低い船では海水打ち込みの影響を避けるために船体側面よりも上方に取り付けることが好ましい。

この合計四つのモジュール 1 0 は、それぞれのネットワーク通信手段 1 4 を介して接続することでネットワーク化されている。なお、モジュール 1 0 間の通信は有線でも無線でもよい。それぞれの水位センサ 1 1 をモジュール化してネットワーク通信手段 1 4 を搭載することで、水位センサ 1 1（モジュール 1 0）の増設が容易となる。

## 【 0 0 3 2 】

ジャイロセンサ 1 2 は、例えば MEMS ( Micro Electro Mechanical Systems ) 等の超小型 6 自由度ジャイロであり、水位センサ 1 1 の姿勢を計測する。

コンピュータ 1 3 は、水位センサ 1 1 の検出結果とジャイロセンサ 1 2 の計測結果と角度調整手段 1 8 の角度を処理して波浪を計測する。すなわちコンピュータ 1 3 は、水位センサ 1 1 が計測した液面高さの変化から、ジャイロセンサ 1 2 が計測した水位センサ 1 1 の姿勢に基づいて船舶 1 の動揺 ( 傾斜や回転運動 ) の影響を除去し、角度調整手段 1 8 の角度に基づいて角度調整の影響を補正することで、正確な波浪を計測する。

このように水位センサ 1 1 が計測した液面高さの変化から船舶 1 の動揺の影響と角度調整手段 1 8 の角度調整の影響を除去することで、波浪を正確に計測することができる。角度調整手段 1 8 で水位センサ 1 1 の液面 ( 海面 ) に対する角度を調整したとすると、波浪の高さが同じであっても水位センサ 1 1 の検出結果は異なってくる。このため、正確に波浪計測を行うには、角度調整手段 1 8 の角度に応じて水位センサの検出結果を補正する必要がある。この補正を、船舶 1 が波浪によって動揺し、波浪の高さが同じであっても水位センサ 1 1 の検出結果が異なってくる場合の動揺の影響の補正とともにコンピュータ 1 3 が行う。

また、ジャイロセンサを用いることで、加速度計を用いる場合に必要な自動水平台などの水平保持装置が不要となる。また、補正值として用いる水位センサ 1 1 の姿勢を、その近傍に配置したジャイロセンサ 1 2 で直接計測することによって精度よく計測できるので、波浪を正確に計測することができる。これに対して、従来のように船舶 1 全体の姿勢を計測してその結果により水位センサ 1 1 の検出値を補正する場合は、船舶 1 の姿勢の計測手段の位置と水位センサ 1 1 の位置とが離れていることから生じる誤差や波浪により船舶 1 に生ずる船体ひずみの影響を受けることなどにより、波浪の計測精度が劣る。例えば、船舶 1 の姿勢を計測する手段として加速度センサが、船体のピッチングやローリングの中心点近傍に設けられていたとすると、中心点近傍は揺れが少ないため、加速度センサとしての検出値は小さくなる。ところが、水位センサ 1 1 は中心点を離れた位置に設けられているため加速度は大きく変位も大きい。従って、加速度センサと水位センサ 1 1 が離れていては、正しい補正はできない。また、波浪によって船体に十数ミリのひずみが生じることもあり、誤差が大きくなり計測精度が悪くなってしまう。さらに角度調整手段 1 8 のジャイロセンサ 1 2 が計測した水位センサ 1 1 の姿勢に基づいてコンピュータ 1 3 で計算し、船舶 1 の動揺 ( 傾斜や回転運動 ) の影響を除去するように調整し、水位センサ 1 1 の計測点が常に一定になるように維持することができる。

また、コンピュータ 1 3 が水位センサ 1 1 とジャイロセンサ 1 2 及び角度調整手段 1 8 の近傍に配置されているので、モジュール 1 0 ごとに水位センサ 1 1 の検出結果とジャイロセンサ 1 2 の計測結果と角度調整手段 1 8 の調整した角度を処理して波浪を計測することができる。

#### 【 0 0 3 3 】

また、コンピュータ 1 3 は、複数の水位センサ 1 1 で計測される液面高さの変化の時間的变化を解析することによって波向を計測する。このように水位センサ 1 1 の検出結果の時間的变化を解析することで、波向を計測して波浪の発達予測を行うなど、例えば船舶 1 の危険回避に役立てることができる。

#### 【 0 0 3 4 】

波浪 ( 波向を含む ) を計測した結果 ( 計測データ ) は、モジュール 1 0 ごとにコンピュータ 1 3 のメモリ等の記憶部に記憶されるとともに、ネットワーク通信手段 1 4 により送信され、ネットワークに接続されているコンピュータ 1 3 間で相互に交換される。交換されたデータも各モジュール 1 0 のコンピュータ 1 3 の記憶部に記憶される。このようにネットワーク通信手段 1 4 によって波浪の計測データをモジュール 1 0 の外部に送信することができる。また、波浪の計測データをコンピュータ 1 3 間で交換して共有することにより、データの消失に備えてバックアップを作成することができる。

なお、船橋 ( ブリッジ ) 等にコンピュータ 1 3 を統括するメインコンピュータを備える

場合には、波浪の計測データをメインコンピュータにも送信し、メインコンピュータの記憶部に記憶させてもよい。

【 0 0 3 5 】

また、コンピュータ 1 3 は、ネットワーク通信手段 1 4 の通信による他のモジュール 1 0 の故障検出機能を具備する。例えば、メインコンピュータ又は各モジュール 1 0 が備える健全性確認部から定期的に他のモジュール 1 0 に対して確認信号を送信したときの応答信号の有無や、あるいは波浪の計測データの交換が正常に完了したか否か等によって、ネットワーク内の複数の他のモジュール 1 0 がすべて正常に動作しているか否かを判断する。

故障検出機能が、ネットワーク内の一部のモジュール 1 0 に故障が発生したと判断した場合は、健全な他のモジュール 1 0 のコンピュータ 1 3 は、故障したモジュール 1 0 を波浪計測から除外及び代替する処理を行い、他の健全なモジュール 1 0 で波浪計測を継続する。

このようにモジュール 1 0 の故障検出機能を具備し、いずれかのモジュール 1 0 に故障が発生したことを検出した場合には、健全な他のモジュール 1 0 で波浪を計測する機能を維持することで、ネットワーク内の一部のモジュール 1 0 が故障しても他の健全なモジュールによって波浪計測を継続することができる。したがって、故障に強い信頼性の高いシステムを構築することができる。

【 0 0 3 6 】

また、コンピュータ 1 3 は、ジャイロセンサ 1 2 の計測結果に基づいて船舶 1 の姿勢又は動揺を計測する。つまり、ジャイロセンサ 1 2 が計測した水位センサ 1 1 の姿勢から、船舶 1 の傾斜や回転運動を計測することができる。例えば船舶 1 が航走している場合には、航走時のトリム角、ヒール角、ローリング、ピッチング、及びヒープ（上下揺）等の計測等を行うことができる。また、船舶 1 が停泊中の場合には船舶 1 のトリム角、ヒール角等の計測を行うことができる。これらの情報を得ることによって計測結果を船舶 1 の航走に利用することや、例えば荷崩れ対策やバランスの良い荷積み等を行い、船舶 1 の危険回避に役立てることができる。この停泊時に、角度調整手段 1 8 は水位センサ 1 1 の計測点がトリム角、ヒール角等の計測に最適になるようモジュール 1 0 の計測方向を略鉛直方向に変更することができる。

また、モジュール 1 0 の計測方向を略鉛直方向に向け、液面（海面）からの水位センサ 1 1 の高さをより正確に計測し、船舶 1 の喫水の算出に役立てることができる。液面（海面）からの水位センサ 1 1 の高さを正確に把握しておくことは、正確な波浪計測に役立つ。

【 0 0 3 7 】

また、コンピュータ 1 3 は、船舶 1 の喫水以外にトリム角やヒール角を計測することもできる。すなわち、水位センサ 1 1 を用いて船舶 1 の荷役時の四つの水位センサ 1 1 で検出されるそれぞれの喫水から、姿勢の変化を計測する。停泊中の船舶 1 の荷役による姿勢の変化（トリム角、ヒール角）を把握することによって、計測結果を船舶 1 の停泊時にバランスの良い荷積み等を行うことに役立てることができる。また、航走時には喫水の変化を求めるに当たり、角度調整手段 1 8 の計測結果とジャイロセンサ 1 2 の計測結果の両方もしくはどちらか一方に基づいて補正を行うこともできる。

【 0 0 3 8 】

また、船舶 1 は表示装置（情報伝達手段）1 5 を備える。複数のモジュール 1 0 による波浪計測結果は、ネットワーク通信手段 1 4 を介して表示装置 1 5 に送信され、表示装置 1 5 に表示される。表示装置 1 5 を例えば船橋に設置することで、乗員に波浪計測の結果を即時に報せることができる。乗員はその結果を船舶 1 の例えば危険回避に役立てることができる。

なお、表示装置 1 5 を船室にも設置して乗客に波浪計測の結果を報せるようにしてもよい。この場合は、例えば波高が高いので甲板に出ることを禁止する旨等を併せて表示するなど、乗客に対して波浪計測の結果に基づく注意喚起を行うことができる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 9 】

なお、コンピュータ 13 は、水位センサ 11 の検出結果の時間的変化を解析することによって波のパワースペクトルを計測する。このことにより波浪の計測を行ってもよい。この場合は、波のパワースペクトルの 0 次モーメントから有義波高（統計処理した波の高さであり、目視での波の高さに近い）を求め、波のパワースペクトルの 0 次モーメントと 2 次モーメントから平均波周期を求める。

また、方向スペクトルを求めることで波の来訪方向が分かる。さらに、有義波高と平均波周期の時間的変化から波浪の発達予測を行うことができる。有義波高、平均波周期、波の来訪方向、発達予測に基づいて、例えば船舶 1 の危険回避に役立てることができる。

## 【 0 0 4 0 】

上記のように船舶 1 は、複数のモジュール 10 を用いて、航走時には波高、波周期、波向き、航走時のトリム角、ヒール角、ローリング、ピッチング、及びヒープ（上下揺）等を計測し、停泊時には喫水、ヒール角、及びトリム角等の計測を行い、乗員等に対し、その情報を表示装置 15 により報せることができる。また、計測結果を処理して有義波高、平均波周期、波の来訪方向、発達予測等を予測することができる。

したがって、船舶 1 は、計測結果や処理結果を乗員や乗客に知らせ、又は船舶 1 の制御に反映し、例えば危険海域を避けて航路を変更するなどの適切な危険回避行動をとることができる。また、計測結果や予測結果は海域の海象データの蓄積に役立てることができる。

## 【 0 0 4 1 】

次に図 2 を用いて、本発明の他の実施形態による波浪計測装置および波浪計測装置を備えた浮体を説明する。

図 2 は本実施形態による波浪計測装置を備えた浮体を示す概略斜視図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

船舶 100 は、タンカーであり、船橋に突出部（ブリッジウイング）101 を有する。四つの水位センサ 11 のうち後方側の水位センサ 11 A、11 B は、ブリッジウイング 101 に取り付けられている。ブリッジウイング 101 は船舶 100 の船体側面よりも側方に突出しているため、水位センサ 11 A、11 B は、船舶 100 から所定の範囲離れた液面の高さの変化を検出することができる。また、ブリッジウイング 101 に水位センサ 11 A、11 B を取り付けると、海水打ち込みの影響を避けることができる。

ここで、「所定の範囲」とは、例えば船舶 100 の作る波の影響を受ける範囲である。船舶 100 が起こす航走波（ケルビン波）102 は船の速度、大きさによらず船首前方から左右 19.5 度ずつ開いた範囲にあるため、この波より外側の波を計測することによって、液面高さの正確な変化を検出することができる。

前方側の水位センサ 11 C、11 D 及び後方側の水位センサ 11 A、11 B の調整角度はそれぞれの位置における航走波（ケルビン波）102 を避ける角度、すなわち船舶 100 から所定の範囲離れた液面に向けて船体よりも外方向かつめ下方向に設定されている。したがって、所定の範囲は前方側と後方側で異なり、前方側水位センサ 11 C、11 D 及び後方側の水位センサ 11 A、11 B の調整角度は異なっている。

角度調整手段 18 は、航走波（ケルビン波）102 を避ける角度に、水位センサ 11 C、11 D 及び水位センサ 11 A、11 B の角度を調整する。

浮体の航走に伴い発生する航走波（ケルビン波）102 は浮体の進行方向を頂点として左右に広がる。このため、水位センサ 11 C、11 D と船体側面のなす角度に対し、水位センサ 11 A、11 B と船体側面のなす角度の方が大きくなるように角度調整手段 18 で設定する。

したがってマイクロ波 16 は水位センサ 11 から液面に向けて斜め下方に照射される。後方側の水位センサ 11 A、11 B はブリッジウイング 101 に設けられているため、航走波（ケルビン波）102 の幅が広がる後方においても後方側の水位センサ 11 A、11 B の角度をそれ程大きくする必要が無くなり、戻るマイクロ波 16 を低減することなく計測が可能となる。なお、マイクロ波 16 を水位センサ 11 から液面に向けて斜め下方に照

10

20

30

40

50

射することは、波が船体に当って跳ね返る船体の反射波を避けることにも繋がる。

また、船舶100の停泊中は航走波(ケルビン波)102が発生しないので、停泊中の喫水の計測等においては、外方向に向けていた前方側の水位センサ11C、11Dの調整角度を角度調整手段18により内方向に変更し、より船体に近い液面の高さの変化を検出する。後方側の水位センサ11A、11Bについても同様に、停泊中の喫水の計測等においては、外方向に向けていた調整角度を内方向に変更し、より船体に近い液面の高さの変化を検出する。このように停泊中は、水位センサ11の調整角度を内方向に変更し、水位センサ11のほぼ真下の液面の高さの変化を検出するが、船体のフレアが無い部分に水位センサ11を取り付ける場合や、船幅と同程度の長さのブリッジウイング101に水位センサ11を取り付ける場合など、水位センサ11の下方に計測の障害となる障害物があり真下の液面の高さの変化を検出することができない場合には、調整角度を真下よりもやや外斜め方向とし、真下よりもやや船舶100から離れた液面の高さの変化を検出する。

また、本実施形態において、ジャイロセンサ12は水位センサ11の近傍に配置しているものの一体化はしていないが、上記した実施形態と同様に一体化してもよい。

#### 【0042】

次に図3を用いて、モジュール10等の各機器の接続について説明する。

図3は、本発明の波浪計測情報伝達システムにおける各機器の接続を示す図である。図3に示す各機器の接続は、図1を用いて説明した実施形態の波浪計測装置と、図2を用いて説明した実施形態の波浪計測装置の、どちらにも適用することができる。

船舶1が備える四つのモジュール10は、それぞれ水位センサ11、ジャイロセンサ12、コンピュータ13、ネットワーク通信手段14、角度調整手段18を有し、ネットワーク通信手段14を介して有線の船内LAN(Local Area Network)20に接続している。また、コンピュータ13は、波浪を計測した結果を記憶するメモリ等の記憶部17を有する。角度調整手段18はモジュール10の一部として浮体に取り付けられている。角度調整手段18はモジュール10の角度を変え、水位センサ11の液面(海面)に対して成す角度を調整することができる。

なお、船内LAN20には無線LANを使用することもできるが、通信の信頼性を確保する観点から、有線LANを使用することが好ましい。

また、各モジュール10へは、船内LAN20を通じて電力供給が行われる。なお、電力供給については、船内LAN20を使用しない、各種の方法が採用できる。

#### 【0043】

船舶1の船橋(ブリッジ)には、表示装置15、中央制御装置30、及び設定手段40が設けられている。

中央制御装置30は、メインコンピュータ31及びネットワーク通信手段32を有する。中央制御装置30は、ネットワーク通信手段32を介して船内LAN20に接続している。

各モジュール10が計測した船舶1の航走時の波高、波周期、波向、トリム角、ヒール角、ローリング、ピッチング、及びヒープ(上下揺)等の計測結果(計測データ)や、停泊時の喫水、ヒール角、及びトリム角等の計測結果(計測データ)は、それぞれの記憶部17に記憶されるとともに、中央制御装置30に送信される。送信された計測結果(計測データ)は中央制御装置30のメインコンピュータ31で処理され、その処理結果は、メインコンピュータ31のメモリ等の記憶部33に記憶されるとともに、表示装置15に表示される。

また、メインコンピュータ31は、計測結果(計測データ)を処理して、有義波高、平均波周期、波の来訪方向、発達予測等を予測する。すなわち、波のパワースペクトルの0次モーメントから有義波高を求め、波のパワースペクトルの0次モーメントと2次モーメントから平均波周期を求め、方向スペクトルを求めることで波の来訪方向を予測し、有義波高と平均波周期の時間的变化から波浪の発達を予測する。

#### 【0044】

設定手段40は、波浪計測装置全体の起動又は停止の設定や、波浪計測装置の航走時、

停泊時の計測内容の設定、切替えの設定等を行う。設定手段40の設定内容は中央制御装置30に送信され、中央制御装置30は、受信した設定内容に従って各モジュール10を制御、統制する。

#### 【0045】

なお、波高等の計測結果（計測データ）の処理や、計測結果（計測データ）を処理して行う有義波高等の予測は、各モジュール10と中央制御装置30で任意に分担して行うことができる。

また、各モジュール10にはコンピュータ13を設けず、計測結果（計測データ）は中央制御装置30で処理するようにすることもできる。

その他、中央制御装置30を設けず、各モジュール10で分担して計測結果（計測データ）の処理を行うこともできる。

#### 【0046】

次に図4を用いてモジュール10の各機器の接続について説明する。図4は本発明の波浪計測情報伝達システムの一部を構成する装置（モジュール）の構成を示す図である。モジュール10は水位センサ11、ジャイロセンサ12、コンピュータ13、ネットワーク通信手段14、及び角度調整手段18を有し、ネットワーク通信手段14を介して有線の船内LAN（Local Area Network）20に接続している。また、コンピュータ13は、波浪を計測した結果を記憶するメモリ等の記憶部17を有する。以上の機能のうちジャイロセンサ12とコンピュータ13は防水性能を備えた格納容器50または角度調整手段18の本体のいずれか一方に設けられている。図4においては、実線で示すようにジャイロセンサ12が角度調整手段18の本体に、またコンピュータ13が格納容器50に設けられている。点線で示すように、ジャイロセンサ12とコンピュータ13を逆の配置にしてもよい。また、双方を角度調整手段18の本体または格納容器50の一方に設けてもよい。

角度調整手段18は駆動用電動機51、回転減速手段52、回転角度検出器53を有し、本体にジャイロセンサ12、コンピュータ13、及びネットワーク通信手段14も備えることができる。この場合、ネットワーク通信手段14を介して有線の船内LAN（Local Area Network）20に接続している。また、各モジュール10へは、船内LAN20を通じて電力供給が行われる。なお、電力供給については、船内LAN20を使用しない、各種の方法が採用できる。

#### 【0047】

図5を用いて上記の各機器の接続について説明する。図5は本発明の波浪計測情報伝達システムの情報伝達について示した図である。モジュール10はそれぞれネットワーク通信手段14を介して有線の船内LAN（Local Area Network）20に接続している。モジュール10は船内LANを通じて中央制御装置30に接続している。中央制御装置30は設定手段40によって制御条件が設定され、設定に従いモジュール10から得られた情報を処理する。中央制御装置30はノイズ処理、センサ補正処理、波高計算処理、方向波演算処理、波浪回避方向演算処理、波浪情報伝達処理（船体動揺情報、波浪来訪方向、回避支援情報等）の機能を具備している。中央制御装置は船内LAN20を通じて表示装置15（15A、15B）に対してそれぞれ波浪来訪方向回避支援情報、船体動揺情報、安全情報を送信する。これらの波浪来訪方向回避支援情報、船体動揺情報、安全情報は、表示装置15A、15Bのどちらに何を表示するかの制限はない。また、表示装置15A、15Bはどちらか一方であってもよいし、さらに機関室等別の箇所に設置してもよい。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0048】

本発明の波浪計測装置は波浪を精度よく計測できるため、船舶や海洋構造物等の浮体に搭載することによって、正確に波浪を計測することや波浪変化に対処して浮体の安全を維持することができる。また、大型の実海域水槽等で浮体の模型を用いて波浪を計測することにも適用でき、水に各種の調整剤等を混ぜた液体を使用した水槽における波浪計測にも

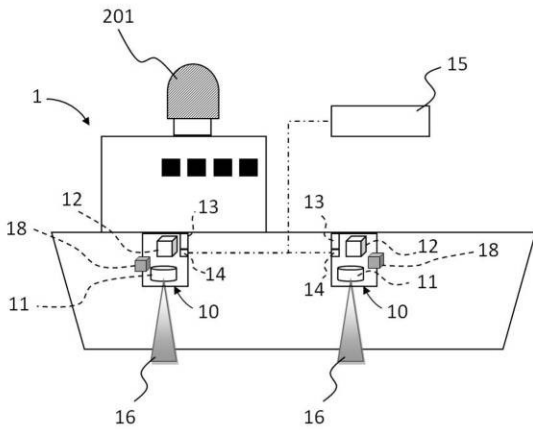
適用できる。

【符号の説明】

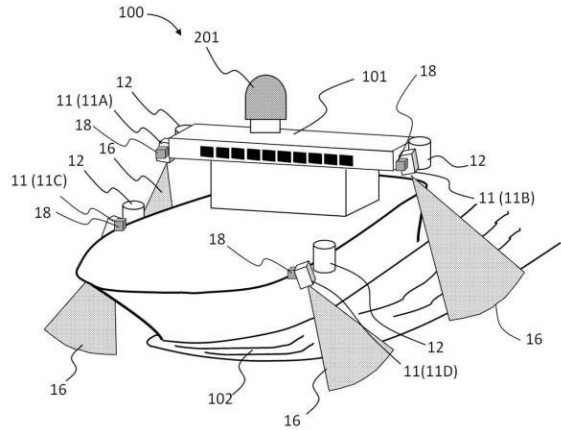
【0049】

- 1 船舶（浮体）
- 10 モジュール
- 11 水位センサ（液面検出手段）
- 12 ジャイロセンサ（運動測定手段）
- 13 コンピュータ
- 14 ネットワーク通信手段
- 15 表示装置（情報伝達手段）
- 16 マイクロ波
- 18 角度調整手段
- 50 格納容器

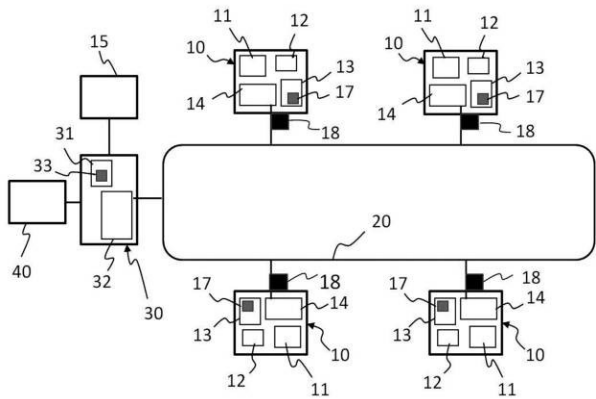
【図1】



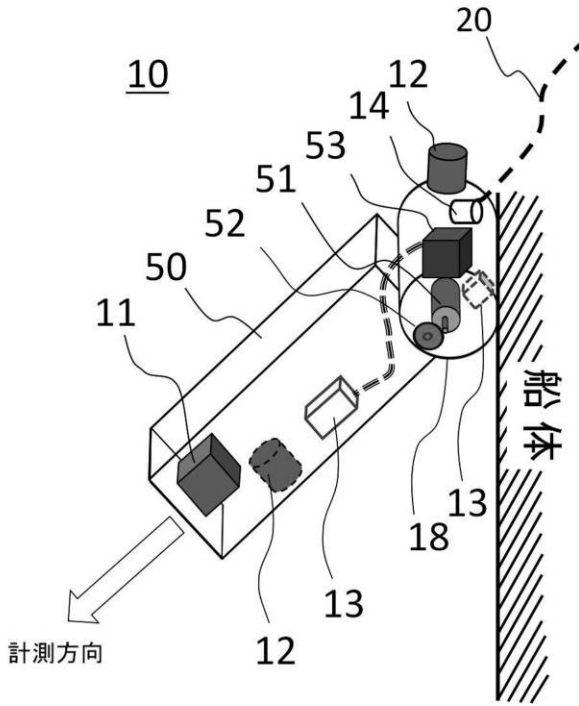
【図2】



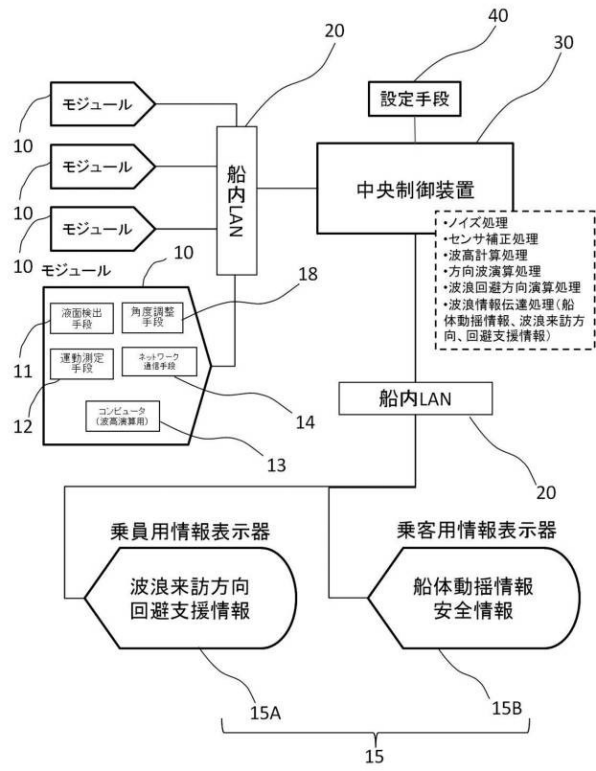
【図3】



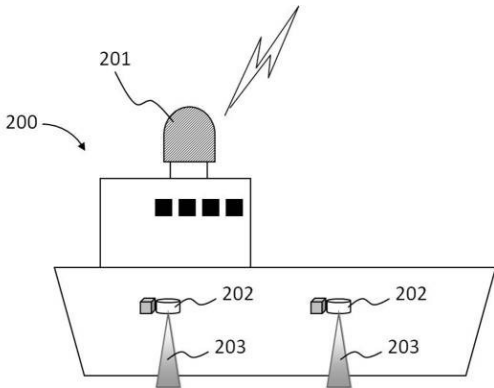
【図4】



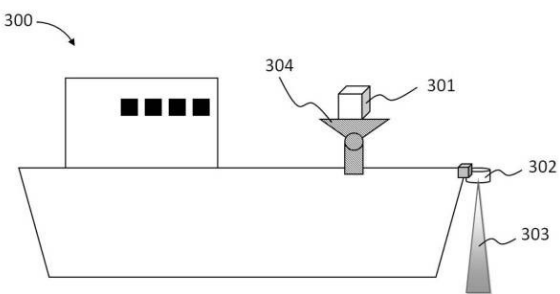
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭61-254813(JP,A)  
特開平10-148524(JP,A)  
特開平9-145366(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 13/00

B63B 49/00