

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6867666号  
(P6867666)

(45) 発行日 令和3年5月12日(2021.5.12)

(24) 登録日 令和3年4月13日(2021.4.13)

(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 39/14 (2006.01)</b>	B 6 3 B 39/14

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-136919 (P2016-136919)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成28年7月11日(2016.7.11)		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2017-21029 (P2017-21029A)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成29年1月26日(2017.1.26)	(74) 代理人	100098545
審査請求日	令和1年7月4日(2019.7.4)		弁理士 阿部 伸一
(31) 優先権主張番号	特願2015-139100 (P2015-139100)	(74) 代理人	100087745
(32) 優先日	平成27年7月10日(2015.7.10)		弁理士 清水 善廣
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(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・港湾・航空技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波浪計測装置および波浪計測装置を備えた浮体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

浮体の周辺の液面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計測する運動計測手段とを備え、前記液面検出手段と、前記運動計測手段と、前記液面検出手段の検出結果を前記運動計測手段の計測結果により補正した液面変動データを時系列で得るコンピュータとを前記浮体に取り付けられる一つのモジュールとして構成するとともに、複数個の前記モジュールを前記浮体に所定の間隔をおいて配置し、複数個の前記モジュールで補正したそれぞれの前記液面変動データに基づいて波浪を計測することを特徴とする波浪計測装置。

【請求項 2】

前記波浪を計測する処理の前に、前記モジュールが前記液面検出手段の検出結果を前記運動計測手段の計測結果によって前記浮体の動揺の影響を除去することにより前記補正をおこなったことを特徴とする請求項 1 に記載の波浪計測装置。

【請求項 3】

前記補正結果を液面変動データとして時系列で記憶手段に記憶することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の波浪計測装置。

【請求項 4】

前記波浪の計測は、時系列で記憶した前記液面変動データに基づいて波周期及びノ又は方向波を演算して求めるものであることを特徴とする請求項 3 に記載の波浪計測装置。

【請求項 5】

10

20

前記波周期及び／又は前記方向波を演算するに当り、前記浮体の速度及び前記浮体の方位に基づいて補正をおこなったことを特徴とする請求項 4 に記載の波浪計測装置。

【請求項 6】

前記液面検出手段は、前記浮体の引き起こす波の影響を受けない前記浮体から所定の範囲離れた前記液面高さの変化を検出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】

前記運動計測手段の計測結果に基づいて前記浮体の姿勢又は動揺を計測することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

【請求項 8】

前記液面検出手段の計測結果に基づいて前記浮体の喫水を計測することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

【請求項 9】

ネットワーク通信手段を前記モジュールに配置し、前記モジュールで得られた前記波浪を計測した計測結果を前記ネットワーク通信手段により通信することを特徴とする請求項 8 に記載の波浪計測装置。

【請求項 10】

前記ネットワーク通信手段による前記通信により、前記波浪を計測した前記計測結果を前記コンピュータ間で相互に交換したことを特徴とする請求項 9 に記載の波浪計測装置。

【請求項 11】

前記コンピュータは、前記ネットワーク通信手段の前記通信による他の前記モジュールの故障検出機能を具備し、故障した前記モジュールを除外および代替する処理を行い、前記波浪を計測する機能を維持することを特徴とする請求項 10 に記載の波浪計測装置。

【請求項 12】

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 11 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

【請求項 13】

前記浮体の乗員又は乗客に前記波浪を計測した結果を表示する表示装置を具備することを特徴とする請求項 1 から請求項 12 のうちの 1 項に記載の波浪計測装置。

【請求項 14】

請求項 1 から請求項 13 までのいずれか 1 項に記載の波浪計測装置を浮体に搭載したことを特徴とする波浪計測装置を備えた浮体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、波浪計測装置および波浪計測装置を備えた浮体に関する。

【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、水位センサが船体運動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

10

20

30

40

50

位を除去できるよう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。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【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】

【0004】

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、すなわち図8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。

20

また、図7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7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。しかし、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、波高計202とジャイロ及び加速度計等の設置位置の誤差に加え、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、誤差が大きく計測精度が悪くなってしまう。

30

【0005】

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および波浪計測装置を備えた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】

【0006】

請求項1記載に対応した波浪計測装置においては、浮体の周辺の液面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運動を計測する運動計測手段とを備え、液面検出手段と、運動計測手段と、液面検出手段の検出結果を運動計測手段の計測結果により補正した液面変動データを時系列で得るコンピュータとを浮体に取り付けられる一つのモジュールとして構成するとともに、複数のモジュールを浮体に所定の間隔において配置し、複数のモジュールで補正したそれぞれの液面変動データに基づいて波浪を計測することを特徴とする。

40

請求項1に記載の本発明によれば、補正值として用いる液面検出手段の運動を、その近傍に一つのモジュールとして構成して配置した運動計測手段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、従来のように浮体の運動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

50

運動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、波浪の計測精度が大幅に劣る。また本発明は、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。また、コンピュータにより液面検出手段ごとに、液面検出手段の検出結果と運動計測手段の計測結果を処理して波浪を計測することができる。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 記載の本発明は、波浪を計測する処理の前に、モジュールが液面検出手段の検出結果を運動計測手段の計測結果によって浮体の動揺の影響を除去することにより補正をおこなったことを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、波浪を計測する処理の前に、浮体の動揺の影響を除去する補正をおこなうことにより、波浪を正確に計測することができる。

【 0 0 0 8 】

請求項 3 記載の本発明は、補正結果を液面変動データとして時系列で記憶手段に記憶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、補正結果を液面変動データとして時系列で記憶手段に記憶することにより、波浪の計測や解析に幅広く役立てることができる。

【 0 0 0 9 】

請求項 4 記載の本発明は、波浪の計測は、時系列で記憶した液面変動データに基づいて波周期及び / 又は方向波を演算して求めるものであることを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、時系列で記憶した液面変動データに基づいて波周期及び / 又は方向波を演算して求めることにより、記憶した任意の時間の液面変動データに基づいて、より正確に波周期及び / 又は方向波を求めることができる。そして波周期及び / 又は方向波に基づいて波浪の到来を予測し、例えば浮体の危険回避に役立てることができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 5 記載の本発明は、波周期及び / 又は方向波を演算するに当り、浮体の速度及び浮体の方位に基づいて補正をおこなったことを特徴とする。

請求項 5 に記載の本発明によれば、浮体の速度及び浮体の方位に基づいて波周期及び / 又は方向波の補正をおこなうことにより、真の波周期及び / 又は真の方向波をより正確に求めることができ、例えば浮体の危険回避がより正確にできる。

【 0 0 1 1 】

請求項 6 記載の本発明は、液面検出手段は、浮体の引き起こす波の影響を受けない浮体から所定の範囲離れた液面高さの変化を検出することを特徴とする。

ここで、「所定の範囲」とは、浮体の作る波の影響を受ける範囲である。請求項 6 に記載の本発明によれば、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、液面高さの正確な変化を検出することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 7 記載の本発明は、運動計測手段の計測結果に基づいて浮体の姿勢又は動揺を計測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、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）においても浮体のトリム角、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や、例えば荷崩れ対策やバランスの良い荷積み等を行い、浮体の危険回避を行うことに役立てることができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 記載の本発明は、液面検出手段の計測結果に基づいて浮体の喫水を計測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、停泊中など航走していない状態の浮体の喫水の変化、又は航走時の浮体の喫水の変化（ヒール角）を把握することによって、計測結果を浮体の停泊時や航走時の制御に利用することや、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。

【 0 0 1 4 】

請求項 9 に記載の本発明は、ネットワーク通信手段をモジュールに配置し、モジュールで得られた波浪を計測した計測結果をネットワーク通信手段により通信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、ネットワーク通信手段を含めてモジュール化することで装置の設置や保守が一層容易となる。また、ネットワーク通信手段によって波浪の計測データをモジュールの外部に送信することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 10 に記載の本発明は、ネットワーク通信手段による通信により、波浪を計測した計測結果をコンピュータ間で相互に交換したことを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、波浪の計測データをコンピュータ間で相互に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。

【 0 0 1 6 】

請求項 11 に記載の本発明は、コンピュータは、ネットワーク通信手段の通信による他のモジュールの故障検出機能を具備し、故障したモジュールを除外および代替する処理を行い、波浪を計測する機能を維持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、ネットワーク内の一部のモジュール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 1 7 】

請求項 12 に記載の本発明は、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 12 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。

【 0 0 1 8 】

請求項 13 に記載の本発明は、浮体の乗員又は乗客に波浪を計測した結果を表示する表示装置を具備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、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、例えば危険回避行動などをとることができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 14 に記載に対応した波浪計測装置を備えた浮体においては、請求項 1 から請求項 13 までのいずれか 1 項に記載の波浪計測装置を浮体に搭載したことを特徴とする。

請求項 14 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 2 0 】

本発明の波浪計測装置によれば、補正值として用いる液面検出手段の運動を、その近傍に一つのモジュールとして構成して配置した運動計測手段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、従来のように浮体の運動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、浮体運動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、波浪の計測精度が大幅に劣る。また、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。また、コンピュータにより液面検出手段ごとに、液面検出手段の検出結果と運動計測手段の計測結果を処理して波浪を計測することが

きる。

【 0 0 2 1 】

また、波浪を計測する処理の前に、モジュールが液面検出手段の検出結果を運動計測手段の計測結果によって浮体の動揺の影響を除去することにより補正をおこなった場合には、波浪を計測する処理の前に、浮体の動揺の影響が除去されて波浪を正確に計測することができる。

【 0 0 2 2 】

また、補正結果を液面変動データとして時系列で記憶手段に記憶する場合には、補正結果を液面変動データとして時系列で記憶手段に記憶することにより、波浪の計測や解析に幅広く役立てることができる。

10

【 0 0 2 3 】

また、波浪の計測は、時系列で記憶した液面変動データに基づいて波周期及び／又は方向波を演算して求めるものである場合には、時系列で記憶した液面変動データに基づいて波周期及び／又は方向波を演算して求めることにより、記憶した任意の時間の液面変動データに基づいて、より正確に波周期及び／又は方向波を求めることができる。そして波周期及び／又は方向波に基づいて波浪の到来を予測し、例えば浮体の危険回避に役立てることができる。

【 0 0 2 4 】

また、波周期及び／又は方向波を演算するに当り、浮体の速度及び浮体の方位に基づいて補正をおこなった場合には、浮体の速度及び浮体の方位に基づいて波周期及び／又は方向波の補正をおこなうことにより、真の波周期及び／又は真の方向波をより正確に求めることができ、例えば浮体の危険回避がより正確にできる。

20

【 0 0 2 5 】

また、液面検出手段が、浮体の引き起こす波の影響を受けない浮体から所定の範囲離れた液面高さの変化を検出する場合には、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、液面高さの正確な変化を検出することができる。

【 0 0 2 6 】

また、運動計測手段の計測結果に基づいて浮体の姿勢又は動揺を計測する場合には、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、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）においても浮体のトリム角、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や、例えば荷崩れ対策やバランスの良い荷積み等を行い、浮体の危険回避を行うことに役立てることができる。

30

【 0 0 2 7 】

また、液面検出手段の計測結果に基づいて浮体の喫水を計測する場合には、停泊中など航走していない状態の浮体の喫水の変化、又は航走時の浮体の喫水の変化（ヒール角）を把握することによって、計測結果を浮体の停泊時や航走時の制御に利用することや、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。

40

【 0 0 2 8 】

また、ネットワーク通信手段をモジュールに配置し、モジュールで得られた波浪を計測した計測結果をネットワーク通信手段により通信する場合には、ネットワーク通信手段を含めてモジュール化することで装置の設置や保守が一層容易となる。また、ネットワーク通信手段によって波浪の計測データをモジュールの外部に送信することができる。

【 0 0 2 9 】

また、ネットワーク通信手段による通信により、波浪を計測した計測結果をコンピュータ間で相互に交換した場合には、波浪の計測データをコンピュータ間で相互に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。

50

## 【 0 0 3 0 】

また、コンピュータが、ネットワーク通信手段の通信による他のモジュールの故障検出機能を具備し、故障したモジュールを除外および代替する処理を行い、波浪を計測する機能を維持する場合には、ネットワーク内の一部のモジュール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 1 】

また、液面検出手段として、マイクロ波を用いた場合には、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。

## 【 0 0 3 2 】

また、浮体の乗員又は乗客に波浪を計測した結果を表示する表示装置を具備する場合には、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、例えば危険回避行動などをとることができる。

## 【 0 0 3 3 】

また、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。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 4 】

【 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 】 本発明の各実施形態による波浪計測装置における各機器の接続を示す図  
 【 図 4 】 本発明のさらに他の実施形態による波浪計測装置における波浪計測（有義波高及び波周期）フロー図  
 【 図 5 】 同波浪計測装置における波浪計測（方向波スペクトル）フロー図  
 【 図 6 】 同波浪計測装置における信号処理例を示す図  
 【 図 7 】 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 8 】 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 3 5 】

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 6 】

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）11 を複数備える。水位センサ 11 はホーンアンテナを用いたマイクロ波水位センサであり海面に向けてマイクロ波 16 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 16 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、精度よく確実に海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、例えば移動体検知センサ等に用いられる 24 GHz 帯のマイクロ波 16 を用いて実現される。

## 【 0 0 3 7 】

それぞれの水位センサ 11 の近傍には運動計測手段 12（加速度計、ジャイロセンサ、又はこれらの組み合わせ）が配置され、水位センサ 11 及び運動計測手段 12 の近傍にはコンピュータ 13 が配置されている。水位センサ 11 と、運動計測手段 12 と、コンピュータ 13 と、ルーター等のネットワーク通信手段 14 は、一つのモジュール 10 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。水位センサ 11

は、照射したマイクロ波を受波するホーン11'が下方に付いているため、運動計測手段12は水位センサ11の側面あるいは上面に固定して設けることが好ましく、水位センサ11と一体化して構成することは更に好ましい。水位センサ11と運動計測手段12を極力、近接して設けることは、水位センサ11の運動をより精密に計測し、より正確に波浪計測をする観点から好ましい。

なお、水位センサ11は、ホーン11'が波浪から受ける荷重の影響（ホーンが曲がる）を避ける場合やより小型化を狙う場合は、パッチアンテナを用いた水位センサとすることもできる。パッチアンテナは、直接に平面状の導体に給電するもので、ホーン11'は使用しなくて済む。しかし、マイクロ波の送受信面は、パッチアンテナを用いた水位センサ11であっても、ホーン11'と同様に下方の一面が担当することになるため、運動計測手段12の取り付けは、水位センサ11の（パッチアンテナの）側面あるいは上面に固定して設けることが好ましいことには変わりはない。

モジュール10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。PCC（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10は、それぞれのネットワーク通信手段14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10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11をモジュール化してネットワーク通信手段14を搭載することで、水位センサ11（モジュール10）の増設が容易となる。なお、モジュール10の数は、波浪計測の目的によっても異なるが、海洋波を観測する場合は、複数個を組み合わせたことが好ましい。また、船舶1の周辺の特定の点の波高や喫水だけの計測の場合は、モジュール10の数を一つとしてもよい。

#### 【0038】

運動計測手段12は、例えばMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）等の超小型6自由度の加速度計やジャイロであり、水位センサ11の運動を計測する。

コンピュータ13は、水位センサ11の検出結果と運動計測手段12の計測結果を処理して波浪を計測する。すなわちコンピュータ13は、水位センサ11が計測した海面高さの変化から、運動計測手段12が計測した水位センサ11の運動に基づいて船舶1の動揺（傾斜や回転運動）の影響を除去することで、正確な波浪を計測する。

このように水位センサ11が計測した海面高さの変化から船舶1の動揺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。また、運動計測手段12としてジャイロセンサと加速度計を組み合わせて用いることで、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11の運動を、その近傍に配置した運動計測手段12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全体の変位を計測してその結果により水位センサ11の検出値を補正する場合は、船舶1の運動を計測する計測手段の位置と水位センサ11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の運動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11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11が離れていては、正しい補正はできない。また、水位センサ11と加速度センサの離れた設置に伴う誤差に加え、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。

この点について、以下に詳しく述べる。

(1) 実船の航海機器として、通常、方位ジャイロは搭載されているが、縦揺れ、横揺れ

計測用のバーチカルジャイロと上下動揺の加速度計等のセンサは標準搭載されていない。

(2) 加速度を測る理由は、上下変位  $Z$  を直接計測することが困難なためであり、加速度を2重積分して上下変位  $Z$  を求める。

(3) 船舶1のピッチングとローリングの回転運動を考慮して、水位センサ11の設置位置における上下変位を求める。

簡単のためピッチングのみを考えると下記式(1)となる。

$$\eta = z + (x_p - x_g) \sin \theta - Z \dots (1)$$

ここで、 $\eta$  は実際の波面の水面変動、 $z$  はヒーピングの変位、 $\theta$  はピッチ角、 $(x_p - x_g)$  は重心(回転中心)から水位センサ11までの距離である。この補正には重心位置から水位センサ11の設置位置までの距離と方向が正確に分かっている必要がある。

全長200メートルの典型的なばら積み船を想定した場合、重心位置から水位センサ11の設置位置までの距離を50メートルと仮定する。水位センサ11の設置位置の精度が1/1000の精度で出せたとしても、5センチメートルの誤差を生ずる。

この上に、船体のひずみの影響が加わる。仮にこれを1センチメートルと仮定すると、合計6センチメートルの誤差を生ずる。さらにローリングの誤差や、重心位置と加速度センサの距離の誤差の集積を考慮すると、10センチメートル程度の測定誤差を生じる可能性がある。また、重心位置はばら積み船などでは、貨物の積み付け状態により変化するために補正が大変であり、この誤差も考慮すると20センチメートル程度の誤差に拡大するものと推定される。なお、設置位置を計測するに当たって使用するレーザ距離計等の機器としての精度は高いが、船体内や船橋(ブリッジ)に設置された加速度センサと水位センサ11の設置位置関係を積み上げて求めるに当たっては、上記の1/1000程度が限界である。

波浪計測の一例として、統計的な有義波高は、気象庁の以下のURLにも示される。

<http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/wave/stat/stat.php>

ここでは、メートルの1/100(センチメートル)までの数値を沿岸波浪計統計値として扱っている。このように、波浪計測においては1センチメートルまでの波高の精度が要求されるが、20センチメートルもの測定誤差を生じていたのでは、正確な波浪計測とはほど遠いものとなる。

従って、単純に上記の測定誤差をセンチメートル以下にするには、水位センサ11と加速度センサの設置位置の距離は、50メートルの1/20の2.5メートル以下にする必要があり、さらにミリメートルレベルの計測を行うには、さらに1/10の2.5センチ以下とすることが必要である。

水位センサ11と運動計測手段12を浮体に取り付けられる一つのモジュール10として構成することにより、水位センサ11と運動計測手段12との距離を2.5メートル以下とすることは無論、2.5センチメートル以下にすることも容易に可能となる。

また本実施形態の場合、コンピュータ13が水位センサ11及び運動計測手段12の近傍に配置されているので、モジュール10ごとに水位センサ11の検出結果と運動計測手段12の計測結果を処理して波浪を計測することができる。

【0039】

また、コンピュータ13は、複数の水位センサ11で検出される海面高さの変化の時間的変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11の検出結果の時間的変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。

この船舶1の危険回避とは、具体的には次のようなものである。

複数の水位センサ11で検出される海面高さをもとに運動計測手段12の計測結果により補正し、その時間的変化を蓄積して解析し、波向等の現在遭遇している波浪を計測する。一方、運動計測手段12で計測される船体動揺データを時系列的に蓄積する。波浪の計測結果と船体動揺データに加え、風向と風速データ、及びGPS情報と船舶1の方位と船速情報を得る。そして、これら波浪計測の結果、船体動揺データ、風向と風速データ、GPS情報と船舶1の方位と船速情報に基づき、例えば2時間後に船舶1が遭遇する波や船体運動

を予測する。そして、波浪の発達方向を考慮して荒天における危険を回避する。

【0040】

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10ごとにコンピュータ13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14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13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10のコンピュータ13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14によって波浪の計測データをモジュール10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13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13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。

【0041】

また、コンピュータ13は、ネットワーク通信手段14の通信による他のモジュール10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10が備える健全性確認部から定期的に他のモジュール10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モジュール10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10に故障が発生したと判断した場合は、健全なモジュール10のコンピュータ13は、故障したモジュール10を波浪計測から除外及び代替する処理を行い、健全なモジュール10で波浪計測を継続する。

このようにモジュール10の故障検出機能を具備し、いずれかのモジュール10に故障が発生したことを検出した場合には、健全なモジュール10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10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。

【0042】

また、コンピュータ13は、運動計測手段12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、運動計測手段12が計測した水位センサ11の運動（変位）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。また、上述したような荒天における危険を回避することにも繋げられる。

【0043】

また、コンピュータ13は、運動計測手段12の計測結果に基づいて船舶1の喫水を計測する。つまり、運動計測手段12が計測した水位センサ11の運動（変位）から、船舶1の喫水を計測する。停泊中の船舶1の荷役による喫水の変化、又は航走時の船舶1の喫水の変化（ヒール角）を把握することによって、計測結果を船舶1の停泊時や航走時の制御に利用することや、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。

【0044】

また、船舶1は表示装置15を備える。複数のモジュール10による波浪計測結果は、ネットワーク通信手段14を介して表示装置15に送信され、表示装置15に表示される。表示装置15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15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 4 5 】

なお、コンピュータ 1 3 は、水位センサ 1 1 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 6 】

上記のように船舶 1 は、複数のモジュール 1 0 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、その情報を表示手段 1 5 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 7 】

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 1 0 0 は、タンカーであり、船橋に突出部（ブリッジウイング）1 0 1 を有する。

四つの水位センサ 1 1 のうち後方側の水位センサ 1 1 A、1 1 B は、ブリッジウイング 1 0 1 に取り付けられている。ブリッジウイング 1 0 1 は船舶 1 0 0 の船体側面よりも側方に突出しているため、水位センサ 1 1 A、1 1 B は、船舶 1 0 0 から所定の範囲離れた海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 1 0 1 に水位センサ 1 1 A、1 1 B を取り付けすることで、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、船舶 1 0 0 の作る波の影響を受ける範囲である。例えば、船舶 1 0 0 が起こす航走波（ケルビン波）は船の速度、大きさによらず船首前方から左右 1 9 . 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、海面高さの正確な変化を検出することができる。また、航走波（ケルビン波）加えて、船体表面からの反射波や船体の運動による造波を総合的に考慮し所定の範囲を設定することもできる。この所定の範囲は、大きくは航走波（ケルビン波）に左右されるところ、船舶 1 の船首側では小さく、船尾に行くに従って大きくなる傾向にある。従って、船舶 1 への取付け位置にもよるが、船舶 1 の前方側の水位センサ 1 1 C、1 1 D の海面に対する照射角度は、後方側の水位センサ 1 1 A、1 1 B の海面に対する照射角度よりも大きくなる。相対水位の計測に当っては、この照射角度に応じた補正を行う。

このように、前方側の水位センサ 1 1 C、1 1 D 及び後方側の水位センサ 1 1 A、1 1 B の取付け角度はそれぞれの位置における航走波（ケルビン波）を避ける角度、すなわち船舶 1 0 0 から所定の範囲離れた海面に向けて船体よりも外方向かつ斜め下方に設定されている。したがってマイクロ波 1 6 は水位センサ 1 1 から海面に向けて斜め下方に照射される。後方側の水位センサ 1 1 A、1 1 B はブリッジウイング 1 0 1 に設けられているため、航走波（ケルビン波）の幅が広がる後方においても後方側の水位センサ 1 1 A、1 1 B の角度をそれ程大きくする必要がなくなり、戻るマイクロ波 1 6 を低減することなく計測が可能となる。なお、マイクロ波 1 6 を水位センサ 1 1 から海面に向けて斜め下方に照射することは、波が船体に当た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 1 0 0 の停泊中は航走波（ケルビン波）が発生しないので、停泊中の喫水の

10

20

30

40

50

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 の取付け角度を内方向に変更し、より船体に近い海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取付け角度を内方向に変更し、より船体に近い海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 の取付け角度を内方向に変更し、水位センサ 11 のほぼ真下の海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ィング 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海面の高さの変化を検出することができない場合には、取付け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 から離れた海面の高さの変化を検出する。

10

また、本実施形態において、運動計測手段 12 は水位センサ 11 の近傍に配置しているもののユニット化はしていないが、上記した実施形態と同様にユニット化してもよい。

#### 【0048】

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、本発明の波浪計測装置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、運動計測手段 12、コンピュータ 13、及びネットワーク通信手段 14 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。

20

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。

なお、船内 LAN 20 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 LAN 20 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 LAN 20 を使用しない、各種の方法が採用できる。

#### 【0049】

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。

30

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 LAN 20 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、表示手段 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。

40

#### 【0050】

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。

#### 【0051】

50

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。

また、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。

#### 【0052】

次に、図4から図6を用いて波浪計測の方法について詳細に説明する。

図4及び図5は、本発明のさらに他の実施形態による波浪計測装置における波浪計測フロー図であり、図6は、同波浪計測装置における信号処理例を示す図である。 10

図4に有義波高及び波周期を推定するフロー図を示し、図5に方向波スペクトルを推定するフロー図を示す。

図6は、図6(A)に加速度の2回積分値を示し、図6(B)にハイパスフィルターによるドリフトの除去を示す。

なお、図4から図6における実施の形態においては、モジュール10を3つ用いた例を示しているが、モジュール10を4つ用いた図1又は図2における実施形態の波浪計測装置に対しても適用可能である。

図4を用いて有義波高及び波周期を求めるフローについて説明する。

ステップ1(S1)において、相対水位を求める。これは、水位センサ11で検出した水位の変化を時系列データとして求める。 20

ステップ2(S2)において、運動補正をする。これは、ステップ1(S1)で求めた水位の時系列データを、運動計測手段12で計測した水位センサ11の運動の時系列データをもって補正する。運動補正をこの段階でおこなう必要性は、時間にずれがあると波形の位相ずれの影響で正確に補正ができなくなるため、水位のデータを運動のデータに基づいて瞬時に補正する。すなわち、波浪を計測する処理の前に、船舶1の動揺の影響を除去する補正をおこなうことにより、以降で波浪を正確に計測できる。

なお、運動計測手段12で計測したデータをもって補正するに当たっては、注意すべき点がある。例えば、運動計測手段12で計測した加速度から、補正のために変位に変換するに当たっては、2重積分から変位を求める際に、誤差の累積から変位の波形が図6(A)に示すようにドリフトしてしまう。このドリフトの影響の対策に当たっては、図6(B)に結果を示すように、ハイパスフィルターを通して除去することが有効である。 30

ステップ3(S3)において、ステップ1(S1)の相対水位をステップ2(S2)で運動補正した結果を水位変動時系列データとしてメモリ(図示せず)に蓄積する。

ステップ4(S4)において、ステップ3(S3)の水位変動時系列データを用いて、有義波高及び見掛けの波周期を演算する。ここでは、波別(統計)解析法とスペクトル解析法の両方を用いて別々に有義波高及び見掛けの波周期を演算する。波別(統計)解析法は、波の1つひとつを解析する方法であり、スペクトル解析法は、不規則波の頻度分布がレイリー分布であることを仮定した方法であり、仮定が正しければ両者はほぼ一致する。これが一致しないと、その後の解析の前提が崩れるため、念のために両者の解析結果が一致することを確かめる。仮定が間違っていないと判断される場合は、両方を用いることは必須でなく、波別(統計)解析法あるいはスペクトル解析法のどちらか一方であってもよい。 40

ステップ5(S5)において、後で述べる真の方向波スペクトルの演算結果を準備する。

また、ステップ6(S6)においては、GPSから取得した船舶1の位置情報や時間情報を、GPSを基に演算した船速 $V_s$ 、またコンパスやジャイロから求め処理した船首方位を取得し準備する。

3つの水位センサ11、3つの運動検出手段12、また船速 $V_s$ 、船首方位は、全て時間軸を揃えた検出、計測、処理が必要なため、時間軸を揃えるに当たって、GPSの時間 50

情報を利用することができる。

ステップ7 (S7)において、真の波周期を演算する。この真の波周期の演算に当っては、ステップ4 (S4)の有義波高及び見掛けの波周期の演算結果、ステップ5 (S5)の真の方向波スペクトルの演算結果、ステップ6の船速 $V_s$ 、船首方位の演算結果を用いて、真の波周期を演算する。なお、「真の」とは、船がないことを仮定した場合の海洋波の波周期という意味である。

ステップ8 (S8)において、ステップ7 (S7)で求めた、真の波周期の演算結果や、途中のステップで得られた各種のデータ、また結果からさらに演算したデータや条件等をデータベースに貯える。また、このステップ8 (S8)においては、Aで示される後で説明する方向波スペクトルの推定結果も一緒にデータベースとして蓄積される。これらは、例えば、対地船速、船首方位、有義波高、平均波周期、主波向、波スペクトル、方向波スペクトル等である。ステップ8 (S8)においてデータベースに蓄積されたデータは、必要に応じて画面に表示することや他に転送することが可能である。

#### 【0053】

次に図5を用いて方向波スペクトルを推定するフローについて説明する。

図4と同じ内容は、同一符号を用いて表現し、詳しい説明を割愛する。

ステップ9において、ステップ3 (S3)で得られた3つのモジュールの系統の水位変動時系列データを用いて、それぞれ2つを組み合わせクロススペクトルを求める。このクロススペクトルは、ある周波数において2つの信号の周波数成分同士の相関と両者の成分の大きさを比較するものである。

ステップ10 (S10)において、波向きの演算と方向波スペクトルの演算を行う。この場合の演算結果は、船舶1の船体固定座標とした場合の演算結果である。

ステップ11 (S11)において、先のステップ6 (S6)において準備した内から船速 $V_s$ を除いた、GPS情報、船首方位を準備する。

そして、ステップ12 (S12)において、ステップ10 (S10)の方向波スペクトル演算結果をステップ11 (S11)で準備したGPS情報、船首方位を用いて補正して真の方向波スペクトル演算結果を得る。この真の方向波スペクトル演算結果は、ステップ5 (S5)の真の方向波スペクトル演算結果としても利用される。

また、ステップ12 (S12)においては、船首方位を使った方向波スペクトルの修正、方向スペクトルから主波向き、平均波周期の演算も行われる。

これら方向波スペクトルの推定結果や途中のステップで得られた各種のデータは、Aで示されるルートで先の図4のAに繋がって、そのまま、あるいは更に処理した結果としてデータベースに蓄積される。

方向波を求めるために、3点以上の波高計測点で計測した波スペクトルは、例えば実運航船へ搭載した波高系アレイと異なり全て同一の値であり、補正の必要はない。

波浪の計測に当り、波浪のスペクトル密度関数は、波周期と波向きの関数になるため、真の波周期と真の波向きを求めることは、より正確な波浪計測を行うために重要である。

なお、海面検出手段が、船舶1の引き起こす波の影響を受けない浮体から所定の範囲離れた海面の高さの変化を検出する点については、別な視点から船舶1の引き起こす波の影響をうける範囲で計測することも可能である。これは、船舶1が前進することによって発生する波紋(ケルビン波)、船体表面からの波の反射(もっとも簡単な表現としては直立壁で反射係数1とし、直立壁に対する波の入射角の関数として表現しておく)、運動による造波(各運動モードによる造波の周波数特性)をデータベース化(数値計算または実験により)して、この影響を補正する。全ての関係について線形重ね合わせが成り立つとして差し引き、船が存在しない場合の海洋波を導き出すことも可能である。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0054】

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

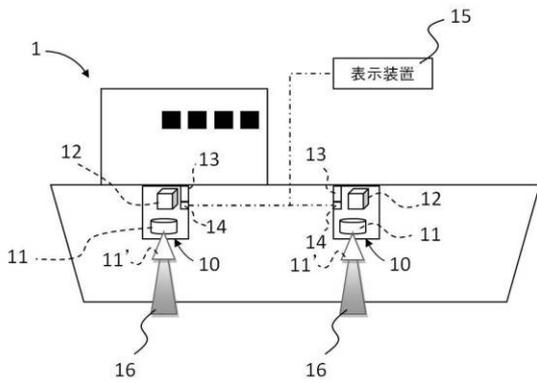
とにも適用でき、水に各種の調整剤等を混ぜた液体を使用した水槽における波浪計測にも適用できる。

【符号の説明】

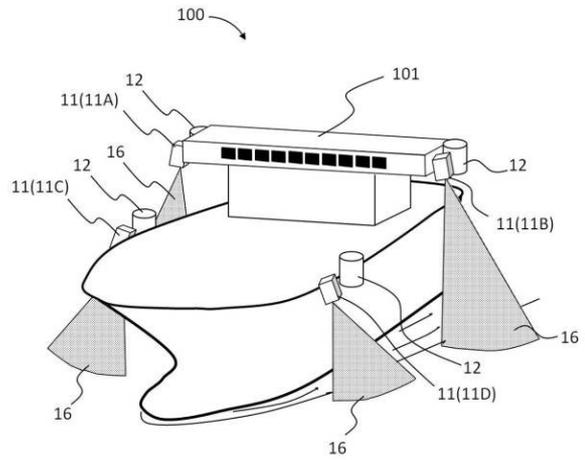
【 0 0 5 5 】

- 1 船舶
- 10 モジュール
- 11 水位センサ（液面検出手段）
- 12 運動計測手段
- 13 コンピュータ
- 14 ネットワーク通信手段
- 15 表示装置
- 16 マイクロ波

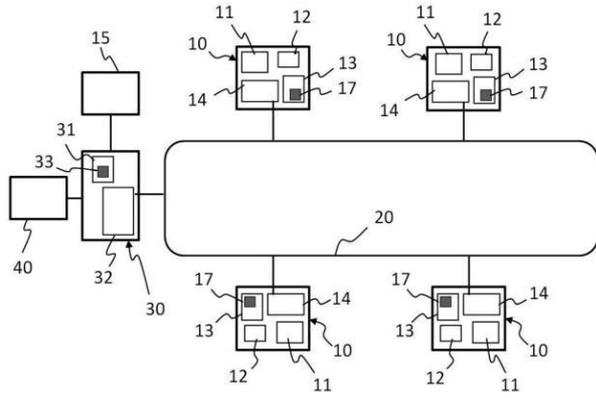
【 図 1 】



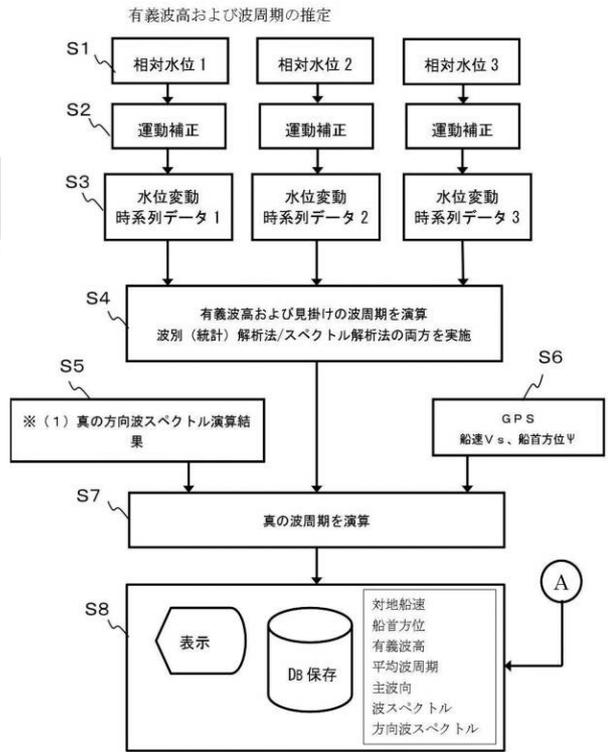
【 図 2 】



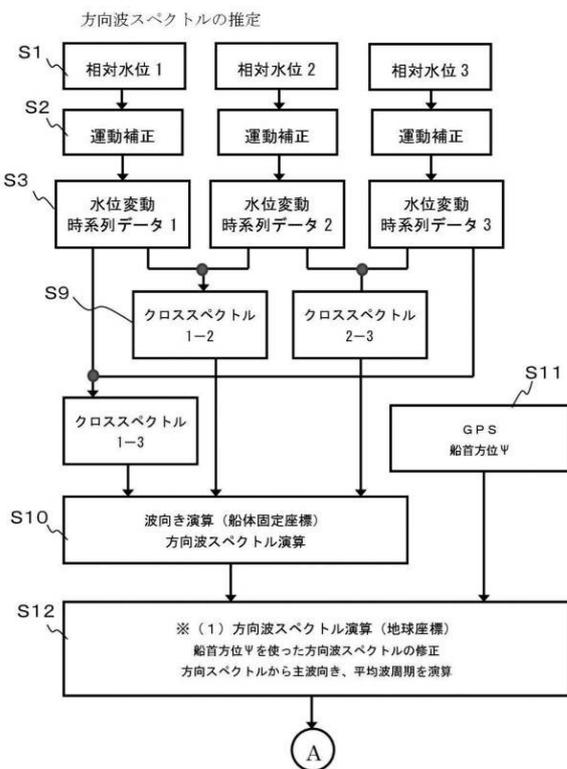
【図3】



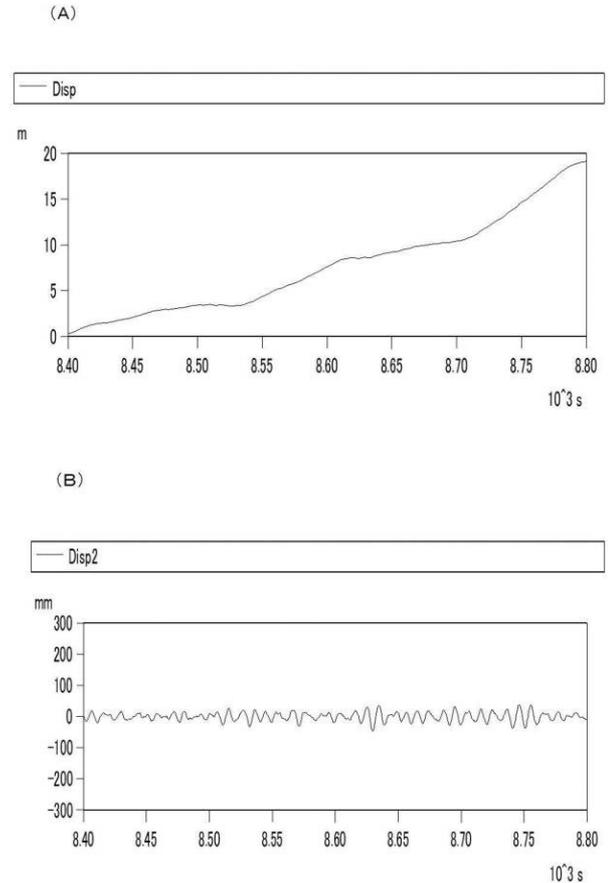
【図4】



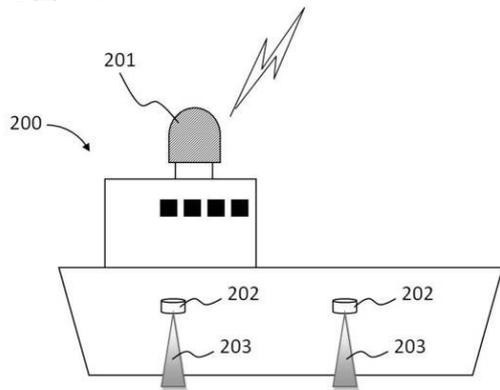
【図5】



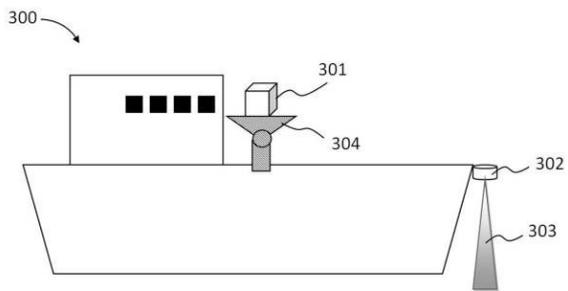
【図6】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 星野 邦弘

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

審査官 國田 正久

(56)参考文献 特開2005-233785(JP, A)

米国特許第06382022(US, B1)

桑島進、安田明生、金居康文、中村保博、有田彰男、船用マイクロ波式波高計の実船試験について、航海、公益社団法人日本航海学会、1984年12月15日、82巻、p.7-12、JST資料番号：G0250A ISSN：0919-9985

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 C 1 3 / 0 0

B 6 3 B 3 9 / 1 4