

日本航海学会誌

NAVIGATION

21世紀の新しい針路を求めて

静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定
— その5 : 没水円柱に対する証明 —

堀 勉

*A Positioning on Ship's Centre of Buoyancy
Derived by Surface Integral of Hydrostatic Pressure
— Part 5 : The Proof for Submerged Circular Cylinder —*

Tsutomu HORI

令和2年
10月
第214号



研究・調査

静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — その5 : 没水円柱に対する証明 —

堀 勉

A Positioning on Ship's Centre of Buoyancy Derived by Surface Integral of Hydrostatic Pressure — Part 5 : The Proof for Submerged Circular Cylinder —

Tsutomu HORI

キーワード: 浮心, 圧力中心, 没水円柱, 静水圧, 圧力積分

1. 前書き

船に作用する浮力の中心「浮心」は、水面下の体積（排水体積）を水で置き換えた重心（即ち、水面下の幾何学的形状の体積中心）に等しいことは、造船学上、否、物理学上の周知の事実である。

Archimedes の原理⁽¹⁾が教える浮力は、静水圧の圧力積分によって明快に求められるが、浮心位置については、物理学や水理学、造船学や航海力学など、どの教科書（例えば、第1報⁽²⁾の参考文献(2)~(16)）にも、水面下の体積を水で置き換えた重心位置であると記述されていて、静水圧による圧力中心としての説明は見当たらない。

そんな状況の中、10年ほど前、小松⁽³⁾によって、「浮心≠圧力中心？」の問題提起が成され、日本船舶海洋工学会の推進性能・運動性能合同研究会等で、瀬戸^{(4),(5)}、鈴木(勝)⁽⁶⁾、芳村・安川⁽⁷⁾、小松⁽⁸⁾、藪下⁽⁹⁾、慎⁽¹⁰⁾らによって、活発に議論が成された。

この問題に対して、著者は、この航海学会誌上で、第1報⁽²⁾と第2報⁽¹¹⁾において、鉛直方向の圧力中心を定められない原因は、直立状態では、水平方向の力が平衡してゼロになる為であると考え、その打開策として、船を θ だけ横傾斜させた状態で、静水圧を圧力積分し、船に固定して傾斜した座標系に関して、作用する力とモーメントを計算した。その場合、合力の両成分ともゼロにならな

いことから、傾斜時の圧力中心を決定し得ることを示した。その結果を、 $\theta \rightarrow 0$ とすることで、圧力中心が、直立状態での水面下の図心、即ち、周知の浮心に位置することを、矩形断面⁽²⁾に続いて、任意の横断面形状⁽¹¹⁾について証明した⁽¹²⁾。

この問題については、一色⁽¹³⁾や藪下⁽¹⁴⁾は、重力の作用方向を、鉛直方向から傾斜させることにより、「浮心=圧力中心」であることを示した。その後、藪下ら⁽¹⁵⁾は、浮体や重力の作用方向を傾斜させるのではなく、座標系のみを傾斜させることで、同様の結論が得られることを示した。一方、鈴木(勝)⁽¹⁶⁾、小松^{(17),(18)}、一色⁽¹⁹⁾、藪下ら⁽²⁰⁾が、種々のアプローチで、この問題に対して検討を加え、議論も深まってきた。

このような状況に鑑み、著者は、第3報⁽²¹⁾として、傾斜しても水面下の形状が変化しない半没円柱について、第4報⁽²²⁾では三角柱について、「浮心=圧力中心」であることを証明し、浮体については完結した。

この第5報では、没水円柱について、「浮心=静水圧の圧力中心」であることを証明する。半没円柱⁽²¹⁾の場合と同じく、傾斜しても断面形状が変化しないので、同様な手法により、没水体についても証明できたので、ここにご報告させて頂く次第である。

2. 没水円柱の圧力中心 C_P の位置決め

図1は、半径 R の円柱が、頂部までの深度 f の位置に没水した状態で、右舷側に θ だけ横傾斜した横断面を示す。

円柱の中心（深度 $f+R$ ）に原点 o を置き、 z 軸を鉛直下向きに取った空間固定座標系を $o-yz$ 、円柱に固定して時計回りに θ だけ回転した座標系を $o-\eta\zeta$ とする。

以下、後者の $o-\eta\zeta$ 座標系について、 ζ 軸から反時計方向に測った偏角 ϕ を変数として、解析を進める。

円柱表面 $(\eta, \zeta) = (R \sin \phi, R \cos \phi)$ での水深 $Z(\phi)$ は、

$$Z(\phi) = f + R + z(\phi) \dots\dots\dots(1)$$

である。ここに、右辺の $z(\phi)$ は、原点 o からの水深であり、 η, ζ 座標で書くと、

$$\begin{aligned} z(\phi) &= (\zeta + \eta \tan \theta) \cos \theta \\ &= (R \cos \phi + R \sin \phi \cdot \tan \theta) \cos \theta \\ &= R (\cos \phi \cos \theta + \sin \phi \sin \theta) \\ &= R \cos(\phi - \theta) \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

となり、図からも容易に導かれる結果で、負値も

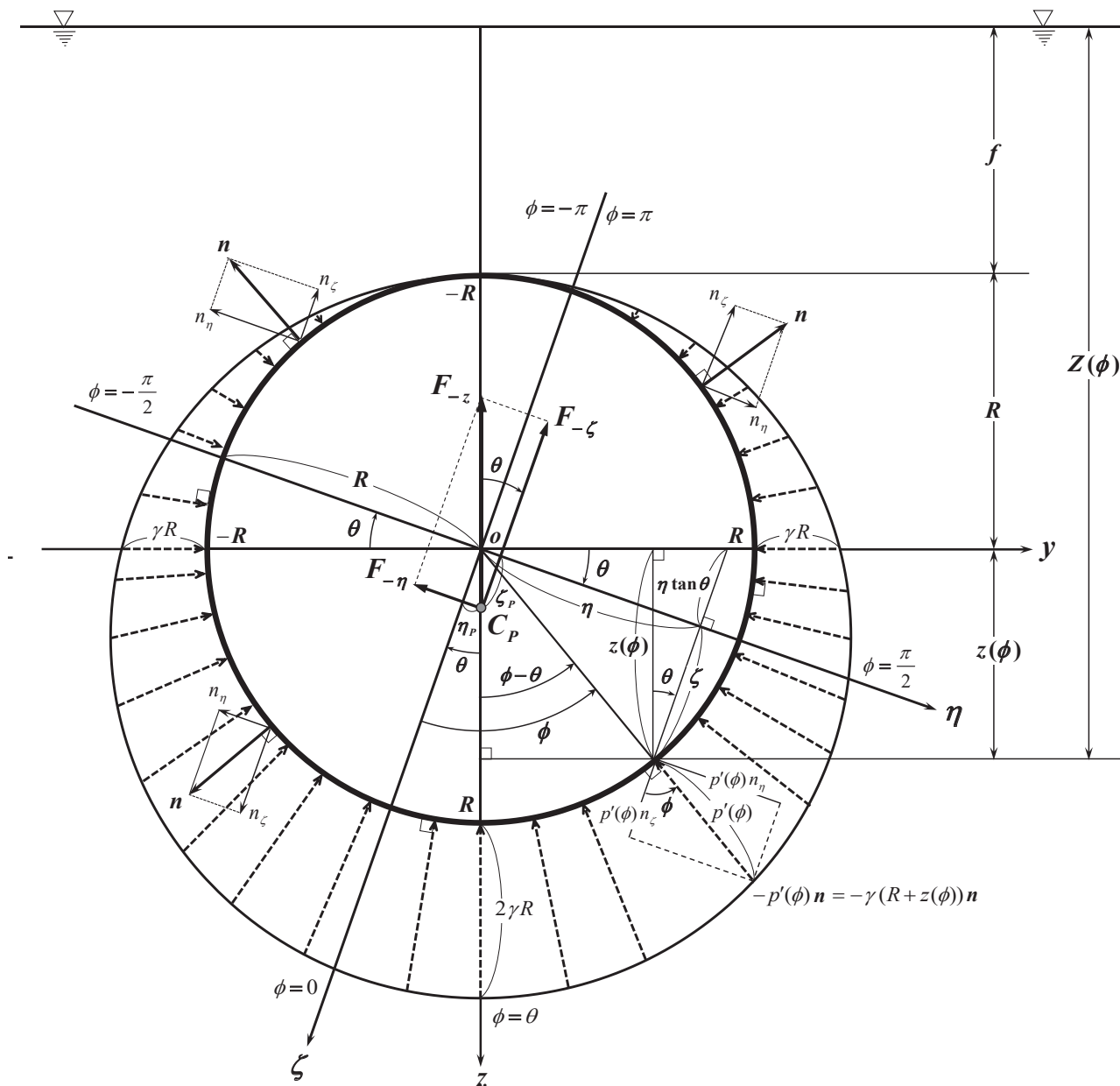


図1 横傾斜した没水円柱に作用する静水圧 $p' = p - (p_0 + \gamma f)$ の分布と圧力中心

取り得る.

円柱表面での静水圧 $p(\phi)$ は, 大気圧を p_0 , 水の比重量を γ とし, 水深 $Z(\phi)$ に(1)式を用いると,

$$\begin{aligned} p(\phi) &= p_0 + \gamma Z(\phi) \\ &= p_0 + \gamma f + \gamma(R+z(\phi)) \\ &= p_0 + \gamma f + p'(\phi) \quad \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

のように書ける. ここに, 右辺の $p'(\phi)$ は,

$$\begin{aligned} p'(\phi) &\equiv p(\phi) - (p_0 + \gamma f) \\ &= \gamma(R+z(\phi)) \quad \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

で定義した, 円柱頂部での静水圧 $p_0 + \gamma f$ に対する相対圧である. 図1に破線で示す圧力は, この $p'(\phi)$ であり, 円柱表面に対して垂直な $-n$ 方向に作用し, 円柱頂部では圧力ゼロである.

このとき, 円柱表面に立てた, 外向きの単位法線ベクトル n は, 偏角 ϕ を使って,

$$\begin{aligned} n &= n_\eta j + n_\zeta k \\ &= \sin\phi j + \cos\phi k \quad \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

のように書ける. ここに, n_η, n_ζ は, それぞれ, 円柱固定座標 η, ζ に対する方向余弦を意味する.

2.1 没水円柱に働く静水圧による力の η 成分 $F_{-\eta}$ と ζ 成分 $F_{-\zeta}$

円柱表面に作用する圧力 $p(\phi)$ は, 前節の(2),(3),(4)式により,

$$\begin{aligned} p(\phi) &= p_0 + \gamma f + p'(\phi) \\ &= p_0 + \gamma(f+R) + \gamma z(\phi) \\ &= p_c + \gamma R \cos(\phi-\theta) \quad \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

のように表記できる. 式中の p_c は,

$$p_c \equiv p_0 + \gamma(f+R) \quad \dots\dots\dots(7)$$

で定義したもので, 円の中心 o を通る y 軸上(水深 $f+R$) での静水圧を意味する.

円柱表面に働く, 静水圧による力の $-\eta$ 方向成分 $F_{-\eta}$ と $-\zeta$ 方向成分 $F_{-\zeta}$ は, (6)式に示す $p(\phi)$ の η, ζ それぞれの成分(図1に記す)を,

$$\left. \begin{aligned} F_{-\eta} &= \oint_{r=R} p(\phi) n_\eta d\ell \\ F_{-\zeta} &= \oint_{r=R} p(\phi) n_\zeta d\ell \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

のように, 円周に互って圧力積分することにより求まる. ここに, 円柱表面 ($r = \sqrt{\eta^2 + \zeta^2} = R$) では, 線素は $d\ell = R d\phi$, η 方向と ζ 方向の方向余弦は, (5)式により $n_\eta = \sin\phi, n_\zeta = \cos\phi$ と書けるから, 偏角 ϕ に関する積分で表記できる.

実際, $-\eta$ 方向に働く力 $F_{-\eta}$ は,

$$\begin{aligned} F_{-\eta} &= \int_{-\pi}^{\pi} (p_c + \gamma R \cos(\phi-\theta)) \sin\phi \cdot R d\phi \\ &= p_c R \int_{-\pi}^{\pi} \sin\phi d\phi + \gamma R^2 \int_{-\pi}^{\pi} \cos(\phi-\theta) \sin\phi d\phi \\ &= p_c R \int_{-\pi}^{\pi} \sin\phi d\phi + \frac{1}{2} \gamma R^2 \cos\theta \int_{-\pi}^{\pi} \sin 2\phi d\phi \\ &\quad + \frac{1}{2} \gamma R^2 \sin\theta \left(\int_{-\pi}^{\pi} d\phi - \int_{-\pi}^{\pi} \cos 2\phi d\phi \right) \quad \dots(9) \end{aligned}$$

のように, $-\zeta$ 方向に働く $F_{-\zeta}$ は,

$$\begin{aligned} F_{-\zeta} &= \int_{-\pi}^{\pi} (p_c + \gamma R \cos(\phi-\theta)) \cos\phi \cdot R d\phi \\ &= p_c R \int_{-\pi}^{\pi} \cos\phi d\phi + \gamma R^2 \int_{-\pi}^{\pi} \cos(\phi-\theta) \cos\phi d\phi \\ &= p_c R \int_{-\pi}^{\pi} \cos\phi d\phi + \frac{1}{2} \gamma R^2 \sin\theta \int_{-\pi}^{\pi} \sin 2\phi d\phi \\ &\quad + \frac{1}{2} \gamma R^2 \cos\theta \left(\int_{-\pi}^{\pi} d\phi + \int_{-\pi}^{\pi} \cos 2\phi d\phi \right) \quad \dots(10) \end{aligned}$$

のように, 展開して項別積分することにより, (9),(10)式ともに, 第1項, 第2項, 第4項の積分値はゼロとなって, 第3項のみから積分値 2π が生じ, それぞれ,

$$\left. \begin{aligned} F_{-\eta} &= \gamma \cdot \pi R^2 \cdot \sin\theta \\ F_{-\zeta} &= \gamma \cdot \pi R^2 \cdot \cos\theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

のように求まる. この結果, $F_{-\eta}, F_{-\zeta}$ とともに, 第1項の p_c に関する積分はゼロとなることから, 没水体に働く力は, 大気圧 p_0 や 没水深度 f に依らないことが分かる.

また, 次節(12)式の結果により, $F_{-\eta}, F_{-\zeta}$ は, それぞれ, 鉛直方向に働く浮力 F_{-z} の η 成分と ζ 成分として得られている.

2.2 y 方向と z 方向の合力 F_{-y}, F_{-z}

前節(11)式で求めた $F_{-\eta}, F_{-\zeta}$ を用いて, 水平成分 ($-y$ 方向) の F_{-y} と, 鉛直成分 ($-z$ 方向) の F_{-z}

を求めると、

$$\left. \begin{aligned} F_{-y} &= F_{-\eta} \cos \theta - F_{-\zeta} \sin \theta \\ &= \gamma \cdot \pi R^2 (\sin \theta \cdot \cos \theta - \cos \theta \cdot \sin \theta) \\ &= 0 \\ F_{-z} &= F_{-\zeta} \cos \theta + F_{-\eta} \sin \theta \\ &= \gamma \cdot \pi R^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) \\ &= \gamma \cdot \pi R^2 \end{aligned} \right\} \dots(12)$$

のように、圧力積分による合力として、水平成分 F_{-y} は生じないことが分かる。

鉛直成分 F_{-z} は、水の比重量 γ と没水円の面積 πR^2 の積となっていて、Archimedes の原理⁽¹⁾が教える通り、鉛直上向きに生じる浮力そのものである。

2.3 η, ζ 方向の圧力によるモーメント

円柱表面に働く $-\eta$ 方向の圧力による、原点 o に関する時計回りのモーメント M_η と、 $-\zeta$ 方向の圧力による、反時計回りのモーメント M_ζ は、それぞれ、(8)式にモーメントのレバーとして、 ζ 或いは η を乗じて積分することにより、

$$\left. \begin{aligned} M_\eta &= \oint_{r=R} p(\phi) \zeta \cdot n_\eta d\ell \\ M_\zeta &= \oint_{r=R} p(\phi) \eta \cdot n_\zeta d\ell \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)$$

によって求め得る。ここに、2.1 節の $F_{-\eta}, F_{-\zeta}$ に対する(9),(10)両式と同様に、偏角 ϕ に関する周回積分で表記すれば、 M_η は、

$$\begin{aligned} M_\eta &= \int_{-\pi}^{\pi} (p_c + \gamma R \cos(\phi - \theta)) R \cos \phi \cdot \sin \phi \cdot R d\phi \\ &= p_c R^2 \int_{-\pi}^{\pi} \sin \phi \cos \phi d\phi \\ &\quad + \gamma R^3 \int_{-\pi}^{\pi} \cos(\phi - \theta) \sin \phi \cos \phi d\phi \quad \dots\dots(14) \end{aligned}$$

によって、 M_ζ は、

$$\begin{aligned} M_\zeta &= \int_{-\pi}^{\pi} (p_c + \gamma R \cos(\phi - \theta)) R \sin \phi \cdot \cos \phi \cdot R d\phi \\ &= p_c R^2 \int_{-\pi}^{\pi} \sin \phi \cos \phi d\phi \\ &\quad + \gamma R^3 \int_{-\pi}^{\pi} \cos(\phi - \theta) \sin \phi \cos \phi d\phi \quad \dots\dots(15) \end{aligned}$$

によって求まることになり、両モーメントは、同値として得られることになる。展開して、計算を進めると、

$$\begin{aligned} M_\eta &= M_\zeta \\ &= \frac{1}{2} p_c R^2 \int_{-\pi}^{\pi} \sin 2\phi d\phi \\ &\quad + \gamma R^3 \cos \theta \int_{-\pi}^{\pi} \sin \phi \cos^2 \phi d\phi \\ &\quad + \gamma R^3 \sin \theta \int_{-\pi}^{\pi} \sin^2 \phi \cos \phi d\phi \\ &= 2\gamma R^3 \sin \theta \int_0^{\pi} \sin^2 \phi \cos \phi d\phi \quad \dots\dots(16) \end{aligned}$$

となり、第1項と第2項は、被積分関数が ϕ に関して奇関数であるからゼロになって、第3項は、偶関数であるから、積分区間を半分に戻して表記したものである。

更に、 $\phi = \phi - \frac{\pi}{2}$ によって、積分変数を ϕ から φ に置換することによって、

$$\begin{aligned} M_\eta &= M_\zeta \\ &= -2\gamma R^3 \sin \theta \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \varphi \sin \varphi d\varphi \\ &= 0 \quad \dots\dots\dots(17) \end{aligned}$$

となり、 φ に関して奇関数となるから、積分値はゼロとなって、没水円柱の場合、半没円柱⁽²¹⁾と異なり、静水圧の η, ζ 成分によって、モーメントを生じないことが分かる。

2.4 没水円柱の圧力中心 C_p の位置決め

圧力中心 C_p を、円柱固定の $o-\eta\zeta$ 座標系で位置決めするには、第1報⁽²⁾、第2報⁽¹¹⁾、第3報⁽²¹⁾、第4報⁽²²⁾と同様に、大串⁽²³⁾が用いた水理学の手法に基づいて、 η 座標 η_p は、 $-\zeta$ 方向の圧力による合力 $F_{-\zeta}$ とモーメント M_ζ により、 ζ 座標 ζ_p は、 $-\eta$ 方向の圧力による $F_{-\eta}$ と M_η により、共に(11)、(17)式の結果を用いて、それぞれ、

$$\left. \begin{aligned} \eta_p &= \frac{M_\zeta}{F_{-\zeta}} = \frac{0}{\gamma \cdot \pi R^2 \cdot \cos \theta} = 0 \\ \zeta_p &= \frac{M_\eta}{F_{-\eta}} = \frac{0}{\gamma \cdot \pi R^2 \cdot \sin \theta} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

のように、求まる。この結果、没水円柱の圧力中心 C_p は、没水円に固定した $o-\eta\zeta$ 座標系で、

$$C_p(\eta_p, \zeta_p) = (0, 0) \quad \dots\dots\dots(19)$$

のように、没水円の中心である原点 o に位置することが分かり、空間固定の $o-yz$ 座標系でも、座

標変換するまでもなく、

$$C_p(y_p, z_p) = (0, 0) \dots\dots\dots(20)$$

である。

この(19),(20)両式は、正しく、没水円の図心位置を示していることから、没水体の場合も、静水圧の圧力中心が、周知の浮心位置であることを、証明できた。

3. 後書き

本稿で展開した没水円の場合も、第3報⁽²¹⁾の半没円柱と同様、横傾斜させても、その幾何学的形状が変化しないことから、第1報(矩形断面⁽²⁾)、第2報(任意の断面形状⁽¹¹⁾)、第4報(三角柱⁽²²⁾)のように、横傾斜角を $\theta \rightarrow 0$ として、直立時の圧力中心を求め直すまでもなく、圧力中心の位置決めをすることができた。

その結果、没水体の場合も、静水圧の圧力中心が、周知の浮心位置に一致することを、証明し得た訳である。

謝辞

本稿を閉じるに臨み、著者が学部1年生のとき、黒板に丁寧な図と式を書いて、初めて学ぶ造船学の専門科目として、船舶算法の理論を懇切に教えて下さった、今は亡き恩師 栗原 真人先生に、深甚なる感謝の意を捧げます。先生のお姿が、本研究のテーマや著者の研究姿勢の根幹になっているからです。

参考文献

- (1) ARCHIMEDES : The Works of Archimedes , On Floating Bodies, Book I & Book II, Edited and Translated by T. L. HEATH, Cambridge University Press, pp.253~300, 1897.
- (2) 堀 勉 : 静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — 浮心=圧力中心の証明 —, 日本航海学会誌, 第 203 号, pp.88~92, 2018 年 1 月.
- (3) 小松 正彦 : 浮体に働く浮力の作用中心に関する考察, 舟艇技報, No.93, pp.21~25, 2007 年 12 月.

- (4) 瀬戸 秀幸 : 「浮心」考 — 小松 : 浮体に働く浮力の作用中心に関する考察の再検討 —, 第 14 回推進性能・運動性能合同研究会, 2010 年.
- (5) 瀬戸 秀幸 : 浮力の作用中心に関する一考察, 日本船舶海洋工学会 講演会論文集, 第 12 号, pp.529~532, 2011 年 5 月.
- (6) 鈴木 勝雄 : 神説「浮心の法則」, 2011 年 1 月.
- (7) 芳村康男, 安川宏紀 : 浮力の作用中心と復原性の再考, 第 16 回 推進性能・運動性能合同研究会, 2011 年.
- (8) 小松 正彦 : 座標変換による浮力の作用中心に関する考察, 第 19 回 推進性能・運動性能合同研究会, 2012 年.
- (9) 渡辺 倫堂 : 船体周りの圧力分布と浮心の関係に関する研究, 防衛大学校 機械システム工学科 船舶工学講座 卒業論文, (指導) 藪下和樹, 岡畑 豪, pp.1~25, 2013 年 3 月.
- (10) 慎 燦益 : 造船幾何学 — 造船設計の基礎知識 —, 第 4 章 排水量等計算と曲線図, 4.2 アルキメデスの原理, 海文堂, pp.125~133, 2013 年 2 月 (初版).
- (11) 堀 勉 : 静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — その 2 : 任意の断面形状の場合 —, 日本航海学会誌, 第 205 号, pp.28~34, 2018 年 7 月.
- (12) 堀 勉 : 「浮体静力学」の基礎理論に対する新展開 — その 1 : 「浮心=圧力中心」の証明 —, 舟艇技法, 第 135 号, pp.1~10, 2018 年 9 月.
- (13) 一色 浩 : Pressure Center, 2018 年 3 月.
- (14) 藪下 和樹 : 船舶の復原及び推進性能(2018年度版), 第 4 章 浮力と圧力分布の関係, 防衛大学校 機械システム工学科 テキスト, pp.81~90, 2018 年 4 月.
- (15) 藪下 和樹, 日比 茂幸, 岡畑 豪 : 物体周りの圧力分布による浮心位置の同定, 第 10 回 推進・運動性能研究会, pp.1~14, 2018 年 6 月.
- (16) 鈴木 勝雄 : 見かけの浮心について — 堀論文⁽²⁾に関連して —, 2018 年 4 月.

- (17) 小松 正彦：浮体に働く浮力の作用中心に関する考察（続報），舟艇技法，第136号，pp.12～18，2018年12月．
- (18) 小松 正彦：圧力分布に着目した浮体の「浮力の作用中心」，第13回 推進・運動性能研究会，pp.1～22，2019年6月．
- (19) 一色 浩：浮心について，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第28号，No.2019S-OS2-9，pp.131～132，2019年5月．
- (20) 藪下 和樹，日比 茂幸，岡畑 豪：浮心位置の同定および圧力分布との関係，日本船舶海洋工学会講演会論文集，第30号，No.2020S-GS12-16，pp.629～636，2020年5月．
- (21) 堀 勉：静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — その3：半没円柱に対する証明 —，日本航海学会誌，第208号，pp.60～68，2019年4月．
- (22) 堀 勉：静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — その4：三角柱に対する証明 —，日本航海学会誌，第213号，pp.50～58，2020年7月．
- (23) 大串 雅信：理論船舶工学（上巻），1.3 浮力の例題，海文堂，pp.4～5，1971年6月（初版）．

令和2年8月8日投稿



ホリ ツトム
堀 勉

正会員 長崎総合科学大学 工学部 船舶工学コース 教授（☎851-0193 長崎市 網場町 536）
E-mail：HORI_Tsutomu@NiAS.ac.jp，HomePage：http://www.ship.nias.ac.jp/personnel/horiken/
1987年 大阪大学 大学院 工学研究科 造船学専攻 博士後期課程 修了，工学博士
所属学会：日本航海学会，日本船舶海洋工学会の各会員； 研究テーマ：水面波動力学

巻頭言

理事(改革検討担当)就任のごあいさつ / *An Inaugural Address of the Executive Director* 酒出 昌寿 / Masatoshi SAKAIDE ... (1)

特集

航法システム研究会特集号に寄せて / *Preface to the Special Articles of the "Navigation Systems Workshop"* 若林 伸和 / Nobukazu WAKABAYASHI ... (2)

富山湾沿岸における波と波浪災害への対応 / *Waves and the Prevention of Wave Disasters around the Coast of Toyama Bay*

..... 河合 雅司・中松 英也・大谷 咲季穂 / Masashi KAWAI, Hideya NAKAMATSU and Sakiho OTANI ... (4)

海上無線通信の最新動向 / *Latest Trends of Maritime Radio Communication* 宮寺 好男 / Yoshio MIYADERA ... (13)

WINDSを用いた海洋ブロードバンド衛星通信の研究 / *R&D of Broadband Satellite Communication on the Ocean using WINDS*

..... 菅 智茂・吉村 直子・高橋 卓・豊嶋 守生 / Tomoshige KAN, Naoko YOSHIMURA, Takashi TAKAHASHI and Morio TOYOSHIMA ... (18)

衝突点と衝突領域 ~古くて新しい船舶航行支援情報~ / *Possible Collision Points and Collision Areas ~Traditional and New Navigation-Related Information~*

..... 箱山 忠重・八木 修 / Tadashige HAKOYAMA and Osamu YAGI ... (25)

滋賀県におけるスマート水産業の取り組み / *Smart Fisheries in Shiga Prefecture - In the Case of "KOITOAMI" -*

..... 和田 雅昭・関 慎介 / Masaaki WADA and Shinsuke SEKI ... (33)

水産大学校漁業練習船「天鷹丸」における漁労・調査時の運航

/ *Ship Operation during Fishing and Survey in National Fisheries University Fisheries Training Vessel "TENYO MARU"*

..... 酒井 健一・富賀見 清彦・服部 真 / Kenichi SAKAI, Kiyohiko FUKAMI and Makoto HATTORI ... (37)

事業所紹介

日本無線株式会社 長野事業所の紹介 / *Introduction of Nagano Plant in Japan Radio Co., Ltd.*

..... 足立 誠幸・高山 正樹 / Nobuyuki ADACHI and Masaki TAKAYAMA ... (43)

研究室紹介

東京海洋大学海事システム工学部門 福田研究室 / *Tokyo University of Marine Science and Technology Fukuda's Laboratory* 福田 徹 / Gen FUKUDA ... (48)

解説・展望

模型船の重心位置を測る / *Measuring the Centroid Position of the Model Ship* 岩本 才次 / Seiji IWAMOTO ... (51)

研究・調査

明石海峡周辺におけるイカナゴ船びき網漁業 / *Boat Seine Fishing for Sand Lance (*Ammodytes personatus*) in the around Akashi Strait*

..... 松本 浩文・山崎 大輔・小林 哲朗・宗和 貴光 / Hirofumi MATSUMOTO, Daisuke YAMASAKI, Tetsuro KOBAYASHI and Takamitsu SOUWA ... (54)

静水圧の圧力積分による船の浮心位置の決定 — その5 : 没水円柱に対する証明 —

/ *A Positioning on Ship's Centre of Buoyancy Derived by Surface Integral of Hydrostatic Pressure — Part 5 : The Proof for Submerged Circular Cylinder —*

..... 堀 勉 / Tsutomu HORI ... (62)

内航海運における暫定措置事業の混乱と評価 / *Confusion and Evaluation of the "Transitional Business Scheme(Zantei Sochi Jigyo)" in Domestic Shipping Industry*

..... 松尾 俊彦 / Toshihiko MATSUO ... (68)

報告

新型コロナウイルス感染症対策に伴う代替乗船実習 - 東海大学の取り組み - / *Remote Sea Training for COVID-19 Infection Prevention -Efforts of Tokai University-*

..... 吉野 慎剛・瀬田 広明・高嶋 恭子・榊原 繁樹・海野 哲平 / Shingo YOSHINO, Hiroaki SETA, Kyoko TAKASHIMA, Shigeki SAKAKIBARA and Teppei UNNO ... (78)

事務局だより

..... (84)

投稿要領

..... (85)

日本航海学会

Japan Institute of Navigation

c/o Tokyo University of Marine Science and Technology, 1-6, Etchujima 2, Koto-ku, Tokyo, 135-8533 JAPAN

定価 2,000 円 (税込)