熱水鉱床開発用プラットフォームの位置保持性能評価

正会員 湯 川 和 浩* 正会員 南 佳 成* 佐 藤 宏*
正会員 大 坪 和 久* 正会員 谷 口 友 基*

Estimation of Position-Keeping Ability of an Offshore Platform for SMS Mining

by Kazuhiro Yukawa, *Member* Yoshimasa Minami, *Member* Hiroshi Sato
Kazuhisa Ohtsubo, *Member* Tomoki Taniguchi, *Member*

Summary

In 2010, National Maritime Research Institute (NMRI) had developed an integrated design support system, called "Harmonic Design Tool", to construct offshore platforms that harmonize with safety, economical aspects, and environmental matters. Using this tool in the basic design phase of platform, we are able to propose, in consideration of its operation plan, an optimum hull size and the specification of equipment such as mooring system and DPS, and to roughly estimate construction cost and other expenses. The safety of mooring system and DPS can be also evaluated with the tool.

In this paper, we discuss the position-keeping ability of a ship type platform designed in 2009 for mining of SMS (Seafloor Massive Sulfides), and evaluate the safety of its DPS (Dynamic Positioning System) using the "Harmonic Design Tool". At the same time, based on the model test carried out under complicated environmental conditions at Ocean Engineering Basin in NMRI, we evaluate DPS capability of the platform, and the accuracy of the "Harmonic Design Tool" is also verified. Because these evaluations revealed that our basic design of the platform could be materialized, we report the results in this paper.

1. 緒 言

近年、鉱物やエネルギー、水産資源等の海洋資源の開発促進の重要性が増しており、その基盤となる浮体技術の確立や浮体構造物の信頼性向上、設計の効率化の実現が不可欠となっている。また、平成 20 年 3 月に閣議決定された海洋基本計画では、政府が今後 5 年の間に総合的かつ計画的に講ずべき施策として、我が国の排他的経済水域（EEZ）内の海底エネルギー・鉱物資源開発の推進や、海洋空間利用に向けた取り組みとして安全性や経済性に優れた外洋上プラットフォームの技術の確立を推進する方針等が示されている。

このような背景のもと、平成 19 年度から 22 年度にかけて、(独)海上技術安全研究所では国土交通省の受託研究として、基盤技術の構築を目的とした「外洋上プラットフォームの研究開発」に取り組み、海洋構造物の計画段階で安全性・経済性・環境影響の最適なバランスを図るための設計支援ツールである「調和設計プログラム」の開発を行った¹⁾²⁾³⁾。また、著者らは安全性評価のためのツールとして、複合環境外力下における DPS 性能と位置保持のための DPS スペックが提案可能な位置保持性能評価プログラムを開発し⁴⁾、「調和設計プログラム」に組み込んだ。

本論文では、海底熱水鉱床が存在し、我が国の EEZ 内で特にレアメタル等の推定埋蔵量の多い伊豆・小笠原海域を想定稼働海域として試設計を行った船型の熱水鉱床開発用プラットフォーム⁵⁾を対象として、著者らが開発並びに「調和設計プログラム」への組み込みを行った位置保持性能評価プログラムを用いて、対象プラットフォームの位置保持性能を評価するとともに、模型試験との比較からその有意性を検証したので、結果を報告する。

2. 調和設計プログラムにおける位置保持性能評価

「調和設計プログラム」は基本計画支援部と安全性評価支援部で構成される。基本計画支援部では、浮体の形式や生産計画に照らし合わせ、海洋構造物データベースの中からプラットフォームの要目等のスペックを算出することが出来る。また、プラットフォームに搭載するアクチュエータの基数並びにその容量も算出可能である。一方、安全性評価支援部では、基本計画支援部の算出結果を基に、アクチュエータ容量や位置保持性能に関して詳細な検討が可能となる。実行フローを Fig.1 に示す。

必要推力の算出については、風、波、潮流が全て同一方向から到来することを想定し（到来する角度はユーザーが指定）、外力データベースを利用して対象浮体に働く環境外力を推定する。その環境外力下における位置保持に必要な最大推力 T_{max} を算出する。推力配分には Lagrange 未定乗数法を採用した。最終的な必要推力は次式から決定し、必要推力 T を満たす容量のアクチュエータを DPS データベースの中から選択する。但し、係

* (独)海上技術安全研究所

Fig. 1 Flowchart of the DPS safety evaluation

Fig. 2 Definition of single failure of an actuator

数 S_{dyn} は浮体の振れまわりによる推力変動や環境外力による推力低下等の影響を加味するもので、これまで海上技術安全研究所で実施してきた数値計算と水槽試験に基づき、対象浮体の目標位置に対する最大 Offset や発生推力の比較により同定している。

$$T = S_{dyn} \times T_{max} \quad (1)$$

位置保持性能の評価では、対象浮体の Capability Plot を算出する。潮流に船首を向けるものと仮定し、潮流に対する風と波の相対角を変化させ、各入射角において位置保持可能な（先に算出したアクチュエータの容量をオーバーしない）限界波高を求め、レーダーチャートとして出力する。この場合、アクチュエータが全て健全な場合と船首あるいは船尾部のアクチュエータが1基故障する Single Failure の状態についても計算対象とする。Single Failure の状態では、Fig.2に示すとおり、船首端と船尾後側のアクチュエータがそれぞれ故障する場合を対象とする。

3. 対象船型及び想定稼働海域

本論文で対象とする熱水鉱床開発用プラットフォームの外観図を Fig.3に示す。船体中央部にムーンプール、船側にはビルジキール、船尾船底にはスケグを有している。また、船首部分には5,500[kW]のアジマススラスター（最大推力71.6[tonf]）3基

Fig. 3 Schematic views of the platform

Table 1 Principal particulars of the platform

Length Overall (L_{OA})	220.0 [m]
Length (L_{PP})	200.0 [m]
Molded Breadth (B)	38.0 [m]
Molded Depth (D)	23.0 [m]
Draft (d)	16.5 [m]
Transverse Projected Area (A_T)	692.7 [m ²]
Lateral Projected Area (A_L)	3465.9 [m ²]

Table 2 Conditions of the target field

Condition	V_A [m/s]	$H_{1/3}$ [m]	T_P [s]	V_C [m/s]
Operation	19.0	5.5	9.9	1.9
Survival#1	8.0	2.5	6.6	2.7
Survival#2	24.4	7.0	10.6	1.9

Fig. 4 Overview of the SMS mining system

と船尾部分には5,400[kW]のトラクター型のPOD推進器（最大推力61.7[tonf]）2基が装備されており、DPS-Class3である。2基のPOD推進器により稼働海域まで自航し、稼働時にはDPSにより位置保持を行う。Table 1に対象船の主要目を示す。なお、喫水や投影面積は、満載状態での値である。

本研究では、伊豆・小笠原海域を稼働海域に設定した。この海域の水深は700~1400[m]程度で、資源量がある程度把握されている。前述したとおり、我が国のEEZ内においても特にレアメタル等の埋蔵量が多い海域である。その一方、この海域は黒潮流の強潮流の影響を受けるなど、海気象条件が厳しい海域でもある。そこで、本論文で位置保持性能評価を行う海気象条件として、Table 2に示す条件を設定した。但し、 V_A は平均風速、 $H_{1/3}$ は有義波高、 T_P はピーク波周期、 V_C は平均流速を表す。

採鉱システムとしては、Fig.4に示すNexans Norway社製の海底浚渫用ロボットを採鉱用に改造したSMINERを想定して

Fig. 5 Coordinate system

Fig. 6 Model for wind tunnel test

Table 3 Conditions of the wind tunnel test

V_A	25 [m/s]
θ_A	-180 ~ 180 [deg.] (every 15 [deg.])

Fig. 7 Measured results of the wind force

おり、揚鉱管から長さ 155[m] のフレキシブルチューブを接続して稼働させる。採鉱機の稼働許容範囲については、揚鉱管と採鉱機を繋ぐフレキシブルチューブに負荷が掛からないように海面上のプラットフォームを位置保持させることを考えると、揚鉱管から採鉱機への最大水平変位は 75[m] となる。本研究における熱水鉱床開発では、水深 700~1,400[m] をターゲットにしているため、例えば水深 1,400[m] の場合には、目標位置に対する揚鉱管の水平変位量 75[m] は水深の 5.4[%] に相当する。

4. 熱水鉱床開発用プラットフォームに働く環境外力

熱水鉱床開発用プラットフォームに働く環境外力を把握するため、風、波、潮流による力の計測、推定を行った。共通で使用する座標系を Fig.5 に示す。なお、载荷状態は全て満載とした。

得られた結果は全て無次元係数化し、入射角と各係数の関係を外力データベースとして整理した。また、後述する DPS 位置保持性能評価試験では、模型船に実装した制御アルゴリズムにデータベースを組み込んだ。Feedforward Control において、時々

Fig. 8 Meshed hull form for the calculation

Table 4 Calculation conditions

θ_W	0 ~ 180[deg.] (every 15[deg.])
H_W	2.0 [m]
T_W	4 ~ 17 [sec.], every 0.5 [sec.] + 18, 19, 20, 21, 23, 25, 30, 40 [sec.]

刻々の模型船の回頭角から外力の相対角を計算し、データベース内部で補間して各外力係数を推定出来るようにした。

4.1 風荷重

海上技術安全研究所の変動風水洞において、Fig.6に示す縮尺 1/150 の水面上模型を対象とした風荷重の計測試験を実施した。試験条件を Table 3に示す。但し、 θ_A は船体に対する相対風向を表す。風速 V_A の計測には超音波風速計を用いた。模型の Midship 位置に 6 分力計を設置し、ターンテーブルで模型の回転角度を変化させて相対風向 θ_A を変化させることで、船体に働く前後力 F_{AX} 、横力 F_{AY} 、横傾斜モーメント M_{AK} 、回頭モーメント M_{AZ} を計測した。

Fig.7に計測結果を示す。図中の記号は、計測結果をそれぞれ次式で無次元化を行って求めた風圧力/モーメント係数である。但し、式中の ρ_a は空気密度を表す。

$$\left. \begin{aligned} C_{AX} &= \frac{F_{AX}}{\frac{1}{2}\rho_a V_A^2 A_T}, & C_{AY} &= \frac{F_{AY}}{\frac{1}{2}\rho_a V_A^2 A_L} \\ C_{AK} &= \frac{M_{AX}}{\frac{1}{2}\rho_a V_A^2 \frac{A_L^2}{L_{OA}}}, & C_{AZ} &= \frac{M_{AZ}}{\frac{1}{2}\rho_a V_A^2 L_{OA} A_L} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

4.2 波漂流力

過去に海上技術安全研究所で開発した境界要素法に基づく計算プログラム⁶⁾を使用して熱水鉱床開発用プラットフォームに働く波漂流力を推定した。なお、このプログラムは、これまで海上技術安全研究所で実施した水槽試験結果との比較検討により、計算精度は検証されており、十分な精度で規則波中の定常波漂流力が推定可能であることを確認している。

数値計算で用いた船体表面メッシュ形状 (1/2 モデル) を Fig.8に示す。ビルジキールやアクチュエータ等の付加物は除き、水面下の主船体と船尾センタースケグの表面形状を 1,389 個の 2 次元面要素 (四角形 8 節点アイソパラメトリック要素) に分割して計算に用いた。計算条件を Table 4に示す。但し、 θ_W は波の入射角、 H_W は波高、 T_W は波周期を表す。

Fig.9に入射角が 30[deg.] 毎の計算結果を示す。図中の各実線は、波の入射角毎の波漂流力/モーメント係数である。各係数は、前後力 F_{WX} 、横力 F_{WY} 、回頭モーメント M_{WZ} の計算結果を次式で無次元化した。なお、式中の ρ は流体密度、 g は重力加

Fig. 9 Estimated results of the wave drift force

速度、 ζ は波の片振幅 ($H_W/2$) を表す。

$$C_{WX}, C_{WY} = \frac{F_{WX}, F_{WY}}{\frac{1}{2} \rho g L_{PP} \zeta^2}, \quad C_{WZ} = \frac{M_{WZ}}{\frac{1}{2} \rho g L_{PP}^2 \zeta^2} \quad (3)$$

4.3 潮流力

船体に働く潮流力を船体の回頭運動時まで含めて、流入角が大きな範囲まで精度良く推定することは非常に困難である。そこで、熱水鉱床開発用プラットフォームに働く潮流力の把握を目的として、海上技術安全研究所の海洋構造物試験水槽において縮尺 1/100 模型を対象とした斜航試験及び旋回試験を実施した。

熱水鉱床開発用プラットフォームの供試模型を Fig.10 に示す。船首部のアジマススラスタ模型 3 基と船尾部の POD 推進器模型 2 基は首振り角を全て 0[deg.] に固定し、プロペラは回転させずに計測を行った。試験条件を Table 5 に示す。潮流の流速 V_C と流入角 θ_C に相当する速度と回頭角で模型を曳航し、模型の Midship 位置に設置した 3 分力計で、船体に働く前後力 F_{CX} 、横力 F_{CY} 、回頭モーメント M_{CZ} を計測した。曳航速度は 0.267[m/s] (実機流速 5.2[knot] 相当) とした。なお、 r' は無次元回頭角速度を表す。

Fig.11 に計測結果を示す。図中の各記号は無次元回頭角速度

Fig. 10 Model for the captive towing test

Table 5 Conditions of the captive towing test

V_C	5.2 [knot]
θ_C	0 ~ 180 [deg.] (every 15 [deg.])
r'	0.0, 0.2, 0.4, 0.6

毎に船体に働く潮流力/モーメント係数を示す。なお、前後力 F_{CX} 、横力 F_{CY} 、回頭モーメント M_{CZ} 、回頭角速度 r はそれぞれ次式で無次元化を行った。

$$\left. \begin{aligned} C_{CX}, C_{CY} &= \frac{F_{CX}, F_{CY}}{\frac{1}{2} \rho L_{PP} d V_C^2}, \quad C_{CZ} = \frac{M_{CZ}}{\frac{1}{2} \rho L_{PP}^2 d V_C^2} \\ r' &= \frac{r L_{PP}}{V_C} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

5.DPS 位置保持性能評価試験

5.1 供試模型とセッティング

想定稼働海域における位置保持性能を確認するため、海上技術安全研究所の海洋構造物試験水槽において、対象浮体の 1/100 スケール模型を用いて、風、波、潮流の複合環境条件下における DPS 総合模型試験を実施した。载荷状態は満載とした。アクチュエータ模型とそれらを設置した船体模型の外観を Fig.12 に示す。アクチュエータ模型は、指示電圧により首振り及びプロペラ回転 (正転及び逆転) を行うことが可能であり、試験では、船体の運動に加えて、プロペラ回転数や首振り角度、推力等についても時々刻々データを収録した。

水槽の設営状況を Fig.13 に示す。風、波、潮流の計測については、Fig.14 に示すように風発生装置の前に超音波式風速計、模型の制御目標点の位置に合わせてサーボ式波高計と超音波式流速計を設置した。また、配線ケーブルが模型の運動を拘束しないように計測機器等は模型船内に搭載し、可能な限り自由航走に近い状態を作り出した。但し、外力計測の信号ケーブルと制御アルゴリズムを実装する LAN ケーブル、計測機器等へ電力を供給する電源ケーブルは、水槽の底を這わせて船体中央付近に存在するムーンプールから模型船内へ導入した。いずれも直径 2[mm] 程度の極細ケーブルを使用しているため、潮流による抵抗で模型船の運動を拘束する心配はない。模型船の位置計測には、平成 19 年度に当所で導入した室内 GPS 計測システム⁷⁾を用いた。衛星の代わりとなる送信機 5 台を水槽の周囲に設置し、模型船の船首部と船尾部に設置した受信センサーから位置を算出した。

5.2 制御系の設計

位置保持性能評価試験で用いた制御システムのロジックを Fig.15 に示す。水槽に設置した室内 GPS 計測システムより、模

Fig. 11 Measured results of the current force

型船に設置した受信センサー 2 台の位置情報 (X_1, Y_1, Z_1 座標) が得られる。この情報を基に制御点 (本試験の場合はムーンプールの中心に設定) の位置及び船体の回頭角を算出する。目標とする位置や回頭角に対する偏差を船体固定座標に変換した偏差量に対し、PID 制御コントローラは適切な制御力/モーメントを算出 (Feedback Control) する。なお、船体の前後、左右及び回頭運動に対して独立の PID 制御を用いた。

また、前述した熱水鉱床開発用プラットフォームに働く外力のデータベースも実装した。波高計や流速計、風速計からの情報と船体の姿勢を基に船体に働く外力を推定し、それに相当する制御力/モーメントを算出する Feedforward Control も併用し、即応性を高めた⁸⁾⁹⁾。

アクチュエータで発生する推力配分については、Lagrange 未定乗数法を採用した。Single Failure の状態で試験を行う場合には、アジマススラスタあるいは POD 推進器を 1 基停止させることで、そのアクチュエータへの推力配分指令を止め、残りのアクチュエータで推力の再配分を行うことにした。

5.3 試験条件及び稼働許容値の設定

試験条件を Table 6 に示す。表中の ψ_0 は目標回頭角、S.F. は Single Failure を表し、(F) と (A) はそれぞれ船首部と船尾部アクチュエータの故障を示す。また、不規則波の造波には

Fig. 12 Model ship for the DPS test

Fig. 13 Setup of Ocean Engineering Basin

JONSWAP の波スペクトル ($\gamma=2.5$) を使い、稼働条件の場合にはアジマススラスタや POD 推進器が 1 基故障した場合も対象として、合計 7 状態に対する計測を行った。なお、船首部のアジマススラスタ 3 基はともに同じプロペラ回転数、首振り角で稼働させることにし、Single Failure に関する試験の場合は、最初からアジマススラスタ #1 を停止させた状態で計測を行った。一方、POD 推進器 2 基は独立して稼働させたため、計測途中で POD 推進器 #1 を強制的に停止させることで故障の状態を模擬した。なお、アジマススラスタ #1 と POD 推進器 #1 の停止時には、首振り角を 0 [deg.] に戻してプロペラを停止させている。推力上限値の設定については、実機のアクチュエータの最大推力相当以上に推力が発生しないように、プロペラ回転数の指示電圧に上限値を設けて試験を行った。また、いずれのアクチュエータもプロペラ回転数に対する時定数を試設計した対象船の 1.5 倍に設定し、厳しめの評価を実施することにした。

稼働許容値については、次のように考えた。稼働条件下で熱水鉱床開発用プラットフォームのアクチュエータが全基健全な場合、揚鉱管から採鉱機への最大水平変位は 75 [m] のため、目標位置に対する最大オフセットが 75 [m] 以下になるかどうかを制御可否の判断基準とした。但し、荒天待機の場合や、アクチュエータの故障による Single Failure の場合には、運用上フレキシブルチューブを切り離して採鉱機を回収することを想定すれば、下流側に流されることなく、目標点近傍で位置保持が可能かどうかという点で判断を行うことにした。

Fig. 14 Scene of the DPS test

Fig. 15 Control diagram for the DPS test

Table 6 Conditions of the DPS test

No.	Condition	θ_A	θ_W	θ_C	ψ_0
1	Operation (Intact)	0.0	0.0	-1.4	-1.4
2	Operation (S.F.(F))	0.0	0.0	-1.4	-1.4
3	Operation (S.F.(F))	0.0	0.0	-1.4	-11.4
4	Operation (S.F.(A))	0.0	0.0	-1.4	-1.4
5	Survival#1 (Intact)	0.0	0.0	-4.3	-4.3
6	Survival#1 (Intact)	0.0	0.0	-4.3	-9.0
7	Survival#2 (Intact)	0.0	0.0	-1.4	-1.4

5.4 試験結果

5.4.1 位置保持性能

Fig.16~18に航跡の計測例を示す。航跡については、図中の原点 ($X_1=0[m]$, $Y_1=0[m]$) が位置保持の目標点である。実線は制御点であるムーンプール中央 (船体重心高さ) の航跡を示している。室内 GPS 計測システムで計測した受信センサー 2 台の位置情報と模型船内部に搭載した光ファイバージャイロの出力値を用いて、制御点周りの航跡に変換している。また、Single Failure の条件では、図中の×印が POD 推進器を 1 基停止させた (故障を模擬した) 場所を表している。なお、アジマススラスターの Single Failure については、計測開始時には既にアジマ

Fig. 16 Results of the DPS test (Case No.1)

ススラスター #1 を停止した状態にした。また、破線で描画した円は、計測時間中に制御点が目標点から最も離れた場合の水平変位 (最大オフセット) を表している。移動条件でアクチュエータが全基健全な場合には、移動許容値であるオフセット量 75[m] (水深が 1,400[m] の場合、水深に対して 5.4[%] に相当) 以下で十分位置保持可能であることが分かる。Single Failure の場合、オフセット量は大きくなるが、下流側へ流されことなく目標点近傍で位置保持出来ていることが分かる。また、他の計測結果も含めて、アジマススラスターより POD 推進器が故障した場合のほうがオフセット量は大きくなり、位置保持の条件としては、船尾部のアクチュエータが故障する方が厳しいことが分かった。荒天待機条件 #1 は、潮流速が 5.2[knot] 相当の環境条件下での位置保持となるが、ヘディングコントロールを行い、主流方向に船首を向けて位置保持を行うことで目標点近傍において比較的安定に位置保持可能であった。荒天待機条件 #2 は条件 (特に波高) が厳しく、アクチュエータが全基健全な状態であっても目標点に対するオフセット量が大きくなっているが、他の条件と同様に下流側へ流されことなく、位置保持出来ていることが分かる。

5.4.2 姿勢保持

Fig.16及び 17の中段に回頭角の計測例を示す。図中の太い実線は目標姿勢である。若干変動が見られるが、目標姿勢を保ちな

Fig. 17 Results of the DPS test (Case No.4)

から位置保持出来ていることが分かる。残りのコンディションにおいても、目標値を中心に姿勢保持出来ていることを確認した。

5.4.3 要求推力

Fig.16及び 17の下段にアジマススラスタと POD 推進器が発生した推力の計測例を示す。図中の太い実線は各アクチュエータの最大推力を表している。図より、Single Failure 後はアジマススラスタと POD 推進器の発生推力が大きくなっており、1基停止後も推力配分のアルゴリズムが正常に機能していることが分かる。アジマススラスタに比べて船尾部の POD 推進器が発生する推力の方がやや大きく、最大推力に達する頻度も多いが、他の条件も含めてアクチュエータの最大推力以内において位置保持可能であることを確認した。

6. 位置保持性能の評価

Fig.19にアクチュエータが発生する最大推力の比較結果を示す。前述した位置保持性能評価試験で実施した各コンディションに対し、横軸は試験番号で縦軸は最大推力 T の計測結果と推定結果の比を表した図である。推定には、「調和設計プログラム」の DPS 安全性評価支援部に組み込んだ位置保持性能評価プログラムを使用し、各印は船首部のアジマススラスタと船尾部の

Fig. 18 Trajectory of the platform (Case No.6,7)

Fig. 19 Comparison of the measured and estimated maximum thrust

POD 推進器の比較結果を示している。図より、位置保持性能評価プログラムの推定結果は、計測結果に対して若干大きめではあるが、概ね良い精度で推定出来ていると考えられる。

次に、同じく位置保持性能評価プログラムを用いて、熱水鉱床開発用プラットフォームの位置保持性能を評価した。その結果を Fig.20に示す。対象船については、前述したとおり、5,500[kW]のアジマススラスタ 3 基と 5,400[kW]の POD 推進器 2 基を装備しており、DPS-Class3 を想定しているため、アジマススラスタあるいは POD 推進器が 1 基故障して停止している状態 (Single Failure) も考慮して評価をおこなった。伊豆・小笠原海域で稼働することを想定すると、特に黒潮の速い流れが位置保持性能に及ぼす影響が大きいのと考え、潮流の到来する方向は 0[deg.] に固定し、対象船は Heading Control により、絶えず船首を潮流の流向に向けているものとした。また、波と風は同一方向から到来するものとし、潮流に対する波と風の相対角度を変化させ、位置保持可能な限界波高を推定した。図の円周方向は潮流に対する波と風の相対角 [deg.]、放射状の軸は波高 [m]、太い実線は設計波高 [m] を示す。また、各線は推定結果である。Fig.20より、対象浮体が船首を潮流の方向に向けて位置保持する場合、風と波の入射角が $-25 \sim 25$ [deg.]、あるいは $-155 \sim 155$ [deg.] の範囲であれば、稼働条件下でアクチュエータが Single Failure の状態にあっても、あるいは荒天待機条件下においても位置保持可能であることが分かる。

7. まとめ

本論文では、伊豆・小笠原海域を想定稼働海域として試設計を行った船型の熱水鉱床開発用プラットフォームを対象として、

Fig. 20 Capability plot of the platform

船体に作用する環境外力の計測、推定を行った。また、海上技術安全研究所で開発を行った”調和設計プログラム”に組み込んだ位置保持性能評価プログラムを用いて、対象プラットフォームの位置保持性能を評価した。更に、検証のため複合環境外力下での DPS 位置保持性能評価試験を行い、実施した全ての条件下で位置保持可能であることを確認するとともに、位置保持中にアクチュエータが発生する最大推力に対して、位置保持性能評価プログラムによる推定結果と計測結果は概ね良く一致していることを確認した。”調和設計プログラム”に組み込んだ位置保持性能の評価手法は、DPS の安全性評価を実施していく上で活用可能な有効な手法であると言える。今後は、時間領域のシミュレーション計算等による検討も交えて、他の船型への適用性についても検証を行いたいと考えている。

謝 辞

本研究は、国土交通省受託研究「外洋上プラットフォームの研究開発」の一部として実施した。関係各位に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 中條俊樹、石田茂資、大越茂宏、正信聡太郎：安全性・経済性・環境影響評価を考慮した設計支援技術、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 9E 号、pp.5-6、2009.
- 2) 中條俊樹、石田茂資、湯川和浩、難波康広、中島康晴、加藤俊司：安全性・経済性・環境影響評価を考慮した設計支援技術—第 2 報—、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 10 号、pp.485-488、2010.
- 3) 中條俊樹、石田茂資、齊藤昌勝、湯川和浩、國分健太郎、中島康晴、山本讓司：外洋上プラットフォームの研究開発—調和設計法の開発—、第 22 回海洋工学シンポジウム、2011.
- 4) 湯川和浩：位置保持性能評価プログラム、一般財団法人ソフトウェア情報センター 登録番号 (P 第 9687 号-1)、2009.
- 5) S.Masanobu, S.Kato, S.Ishida, et.al.: Research and Development of Offshore Platforms for SMS Mining Part2 Conceptual Design of the Platform, Proc. 29th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE2010), OMAE2010-20836, 2010.
- 6) 加藤俊司：波浪中 2 浮体に作用する流体力、波力、波漂流力及び動揺計算プログラム、一般財団法人ソフトウェア情報センター 登録番号 (P 第 9673 号-1)、2009.
- 7) 湯川和浩：海洋構造物試験水槽における水槽試験、海上技術安全研究所報告 第 9 巻 第 2 号、pp.47-54、2009.
- 8) Yamamoto, I., Terada, Y., Yokokura, K.: An application of a position keeping control system to floating offshore platform, Proc. IEEE IECON, vol.3, pp.1867-1872, 1991.
- 9) Yamamoto, I., Maeda, K., Asanuma, T.: Research on the next generation dynamic positioning system of offshore platform, Proc. IFAC CAMS, pp.351-356, 2010.