

## ムーンプールの形状の変化が浮体の運動応答に与える影響に関する研究

## Study on the Effect of Changes in the Shape of the Moonpool on the Motion Responses of Floating Bodies

守津颯哉<sup>1</sup>, 居駒知樹<sup>2</sup>, 相田康洋<sup>2</sup>\*Satsuya Moritsu<sup>1</sup>, Tomoki Ikoma<sup>2</sup>, Yasuhiro Aida<sup>2</sup>

Abstract: In this study, we verified the difference in motion response characteristics when the shape of the moon pool was changed for a pontoon boat, using multiple models of the same weight. From the calculation results, it became clear that there is a possibility that the peak of the motor response can be moved by changing the shape of the moon pool. This suggests that it is possible to avoid resonance with the water mass inside the moon pool at any frequency by adjusting the size of the moon pool and the shape of the draft.

## 1. 緒言

浮体式洋上風力発電の浮体基盤として期待がもたれているポンツーン型浮体は、セミサブ型やスパー型などの浮体基盤に比べ喫水を浅く建造できる利点を有している。これにより水深の浅い港内で建造し沖へ曳航することが可能である。一方、水線面積が大きく鉛直方向の影響を受けやすく、ポンツーンの浮体基盤を沖合に設置する例はあまりない。IDEOL<sup>[1]</sup>はポンツーンに Damping pool と呼ばれる開口部を設ける方法で、波浪中での運動応答の減衰効果を期待した浮体基盤を提案し、北九州沖での実証試験を開始した。しかし、この開口部が名称の通り Damping Pool (以下、ムーンプール) としての役割を果たしているか若干疑問がある。この要因として、ムーンプールの水塊はスロッシングのような特異的な挙動を示す可能性があり、浮体の流体力特性や動揺特性自体が一般的なポンツーンと大きく異なる。そのため、ムーンプールを設けた際の運動応答特性および動揺低減効果を検証し、またムーンプールの形状の変化が浮体の運動応答に与える影響について検証することは浮体式洋上風力発電の浮体基盤の選択肢を広げられる点で意義がある。そこで本研究では、同排水量のポンツーン浮体に形状の異なるムーンプールを設けた際の運動応答特性を理論計算により明らかにし、ムーンプールによる動揺低減効果の検証と、同規模の浮体において任意の波周期における共振の回避が可能であるかの検証を行った。

## 2. 計算手法

本研究では、ikoma<sup>[2]</sup>らが提案した振動水柱型波力発電装置の流体力解析手法を適用した。本手法は線形ポテンシャル理論に基づき、自由表面等を満足したグリーン関数法を用いて境界積分方程式を解くグリーン関数法である。これより得られるラディエイション流体力と波強制力を、周波数領域の運動方程式に代入し浮体の運動応答を算出した。支配方程式はラプラスの方程式である。

本研究で用いた浮体モデルの諸元を Table 1 に示す。また、Figure 1 に理論計算に用いた浮体のメッシュ分割図を示す。

Table 1. Principal Particulars of Calculation Models

	Pontoon	Pontoon with Moonpool		
	Model1	Model2	Model3	Model4
<b>Hull</b>				
Breath	400mm			
Length	900mm			
Draft	47mm	69mm	92mm	111mm
Displacement	16m <sup>3</sup>			
<b>Moon-pools</b>				
Breath		100mm	150mm	150mm
Length		300mm	300mm	350mm

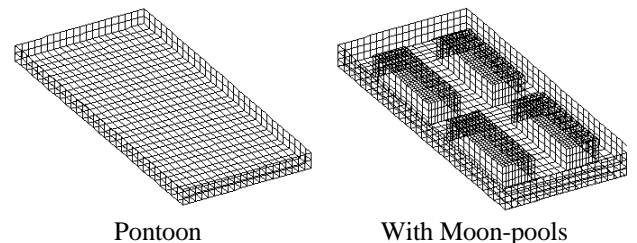


Figure 1. Mesh Division with Calculation Models

## 3. 結果および考察

Figure 2 から 4 に Sway, Heave, Roll の運動応答無次元値を無次元円周波数に対して示す。なおここでは、 $g$ : 重力加速度,  $B$ : 浮体幅である。

各結果より、ムーンプールを有するポンツーン浮体は一般的なポンツーンと比べ、異なる運動応答の傾向が確認された。また Sway の結果では各モデルにおいて運動応答に若干の変化がみられた。

Heave の結果では、高周波数側で一般的なポンツーンよりも低い応答を示した。またムーンプール面積の増加に伴い応答が減少する範囲が低周波数側に移動することが確認された。この要因として、水線面積の変化に伴い Heave の固有周期が変化することで生じたものと示唆され、同規模の浮体においてムーンプールの

面積を調整することで任意の周期の共振を回避することが可能であることが明らかになった。また、高周波数側ではムーンプールを設けたポンツーン浮体において固有周期とは異なる運動応答の増大が確認された。この要因としてムーンプール内部の水塊でスロッシングと思われる現象が発生し浮体の運動応答が増加したものと考えられる。

Rollの結果では、ムーンプール面積の増加に伴い運動応答は減少傾向にあった。この要因として本研究では各モデル同一排水量であり、ムーンプール面積が増加することで喫水が深くなる点が挙げられる。また、各モデルにおいて浮体の慣性モーメントが異なることから、結果としてムーンプールの面積が増加することでRollの運動応答が減少したと考えられる。しかし、実際には係留や波漂流力特性によってRollの運動応答が変化するため、今後は水槽実験を通して、係留を考慮した条件下で理論計算を実施し、詳細にRollの運動応答を考察し、ムーンプールによる運動応答低減効果を検証する価値がある。

#### 4. 結言

本研究ではムーンプールを設けることで、一般的なポンツーン浮体と比べ、一部を除き運動応答の低減が可能であることが示唆された。また、各自由度においてムーンプールも面積の変化に伴い運動応答のピークが変化したことから、同一排水量という条件下で、ムーンプールの面積を変化させることで任意の周期での共振を回避することが可能であることが示唆された。また、ムーンプールを設けることでムーンプール内部の水塊がスロッシングすることで、運動応答が増大することが明らかになった。しかし、この影響は各自由度での固有周期に比べ小さいことが明らかになった。

今後、ムーンプールを有したポンツーン浮体に垂直軸型風車を搭載し、縮尺模型を用いて水槽実験を実施する。これにより固有周期とは異なる運動応答の増大が確認された要因と考えられるムーンプール内部のスロッシングが、浮体の運動応答に及ぼす影響や風車の回転影響を調査し、ムーンプールを有するポンツーン浮体の特性について検証を行う価値がある。

#### 5. 参考文献

- [1] IDEOL : <http://ideol-offshore.com>, 2018.12  
 [2] Tomoki Ikoma, Koichi Masuda, Hikaru Omori, Hiroyuki Taguchi, Hiroyuki Osawa and Tsuyoshi Miyazaki, "Effects of the Projecting Wall and the End Wall to OWC Type WEC in Shallow Water," Proceedings of the International

Symposium on Marine and Offshore Renewable Energy, JASNAOE and RINA, Paper No. S8-3 Vol2, pp.22-34, 1998

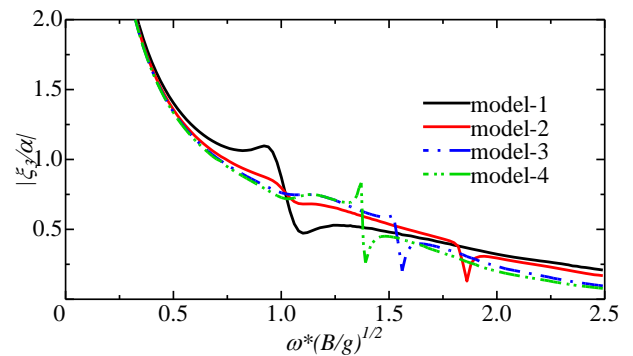


Figure 2. 1st-Order RAO of Sway Motion

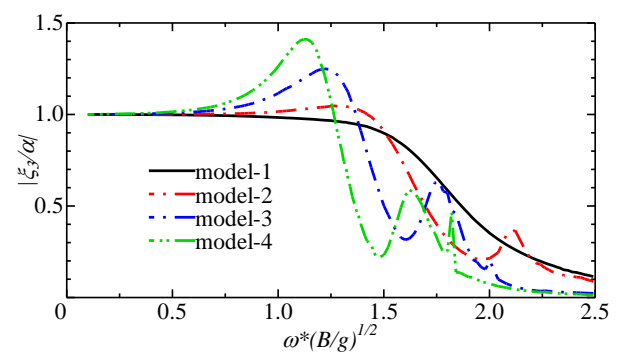


Figure 3. 1st-Order RAO of Heave Motion

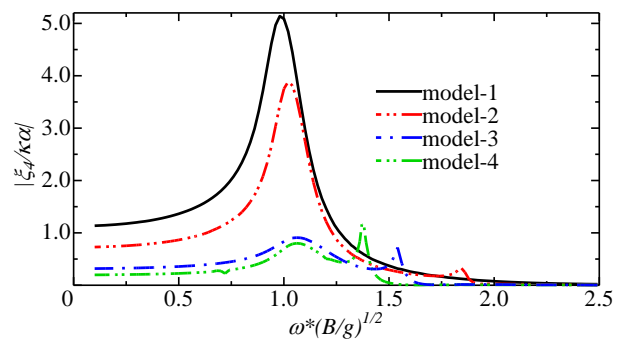


Figure 4. 1st-Order RAO of Roll Motion