

10MW 級風車を搭載するスパー型浮体の動揺特性に関する研究

—その1 水槽実験による動揺特性の分析—

東京電力ホールディングス（株）	正会員	○西郡 一雅	富田 真之
五洋建設（株）	廣井 康伸	正会員 保木本 智史	正会員 道前 武尊

1. はじめに

浮体式洋上風力発電設備の動揺特性を把握するためには、浮体に働く非線形な力を適切に評価することが重要である。このうち、係留系の非線形復原力については、水槽実験により確認することが多い。

ここで、浮体式洋上風力発電設備でよく適用されるカテナリー係留は、広い展張が特徴的である。すなわち、これを実験で模擬するにあたっては、水槽寸法の制約を受ける。スパーク型浮体に適用する係留については、水平・鉛直反力特性をばねで模擬した実験¹⁾が実施されているが、純粋にカテナリーを模擬した実験はない。本研究は、カテナリー係留システムを持つスパーク型浮体を対象とした水槽実験を実施したので、これを報告する。

2. 実験概要

(1) 実験施設

本実験は 2 次元造波水槽にて実施した。水槽の諸元は、全長 50.1m・水路幅 8.0m 水深 4.5m であり、最大で波高 0.5m の造波が可能である。本水槽は、曳航台車を備えており、これを固定し、送風機を設置した。計測装置として、浮体動揺計測用のカメラ、風速計、波高計を設置した。風と波は同一方向から与えることができる。

(2) 模型

本模型の縮尺比は、実機に対して 1/50 とし、相似則にフルード則を採用した。模型寸法を表-1 に示す。

a) 風車部

基本諸元は、10MW 級風車を搭載する浮体を想定し、設定した．ローターの代わりに回転しない多孔円盤（以下、受風盤と称す）をハブ高さに設置し、ここに送風することで、所定の抗力（スラスト）を発生させた．

b) 浮体部

浮体部は、アルミ製の円筒で、内部バラストとして砂と重心調整ウェイトを設置した。タワー接合部に カラーボールを設置し、モーションキャプチャ（カメラ）により、浮体動揺量と加速度を計測した。

キーワード：浮体式洋上風力発電，スパ一型浮体，水槽実験

連絡先 : 〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3、東京電力 HD(株) 土木・建築 EC、TEL 03-6373-1111 (代表)

c) 係留系

係留系は図-1 に示す通り、上流と下流 1 本ずつのカタナリー係留とし、張力計を浮体側に配置した。浮体の横流れを抑制するために水平係留索（ワイヤ+弱ばね）を浮体両側に設置してある（図-2）。水平係留索の有無が固有周期に与える影響について、自由動揺試験により確認し、Yaw 固有周期が水平係留索なしと比較して 14%短くなることが分かった。一方で、Surge・Heave・Pitch に対しては有意な影響を与えないことも分かった（表-2）。

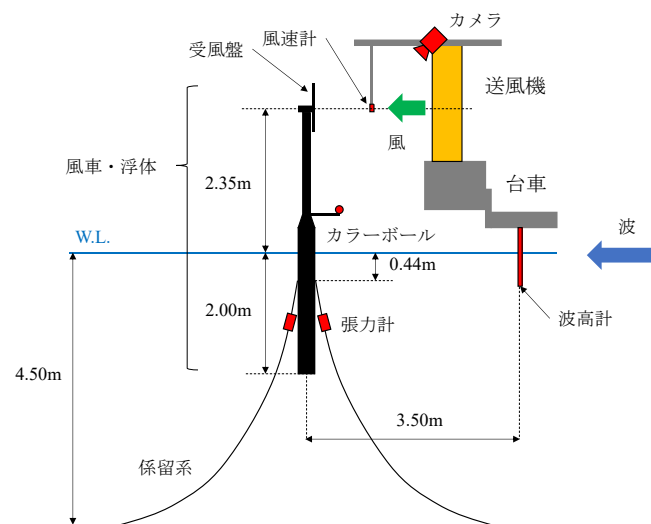


図-1：実験概要（側面図）

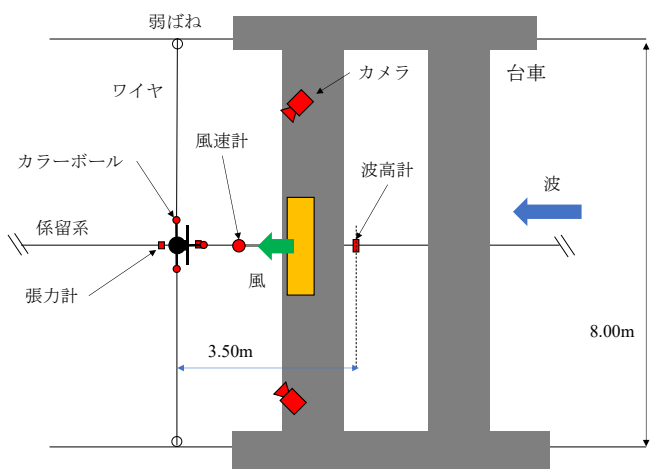


図-2：実験概要（平面図）

表-1：模型と実機の諸元

モデル	模型(1/50)	実機
ハブ高さ [m]	2.35	118
浮体部長さ [m]	2.50	125
喫水 [m]	2.00	100
浮体部直径 [m]	0.32	16
総重量 [t]	0.16	19,800

表-2：水平係留索有無と固有周期の関係

水平係留索	なし W_0 [s]	あり W [s]	$1-(W/W_0)$ [%]
Surge	174.4	168.5	-3
Heave	20.5	20.5	± 0
Pitch	31.5	32.4	+3
Yaw	31.5	27.1	-14

3. 実験条件

本研究では、種々の風・波・拘束条件で実験を実施した。本紙では、風なし、波高 6, 9, 12m、波周期 8~24 秒における浮体の動揺特性について述べる。水平係留については、基本的になしとし、波高 6m のみ水平係留の有無両方の実験結果を示す（赤丸）。

4. 実験結果

図-3(a)~(d)は、規則波実験から得られた各運動の周波数応答（以下、RAO と称す）を示す。日本近海の主要な波周期帯（8~18s）から外れていることが確認できた。一方で、Heave 運動に着目すると、固有周期 20.5 秒において、応答倍率が 3.0 に達していることがわかる。制振の工夫が必要である可能性が示唆された。また、この Heave 固有周期周辺においては、波高に対する RAO が一致しなかった。これは、係留系の非線形復原力によるものと考えられる。Surge・Pitch 運動については、波高によらず RAO が一致した。

水平係留の影響について、波高 6m の結果（赤丸）を比較したところ、Surge・Heave 運動には有意な影響はみられなかったが、Pitch・Yaw 運動については、水平係留の制振効果が認められた。

また、静水状態で初期 Roll がわずかに発生していた。砂バラストの偏心によるものと推定される。偏心量自体は 1%程度であるが、続く再現解析²⁾において、この偏心が Yaw 運動を励起していた可能性が示唆されている。

5. まとめ

本研究では、基礎検討として 係留系を 2 次元モデル化した実験を実施した。今後は、係留索を展張でき

る水槽において、模型風車を搭載したスパー型浮体を対象とした実験を予定している。

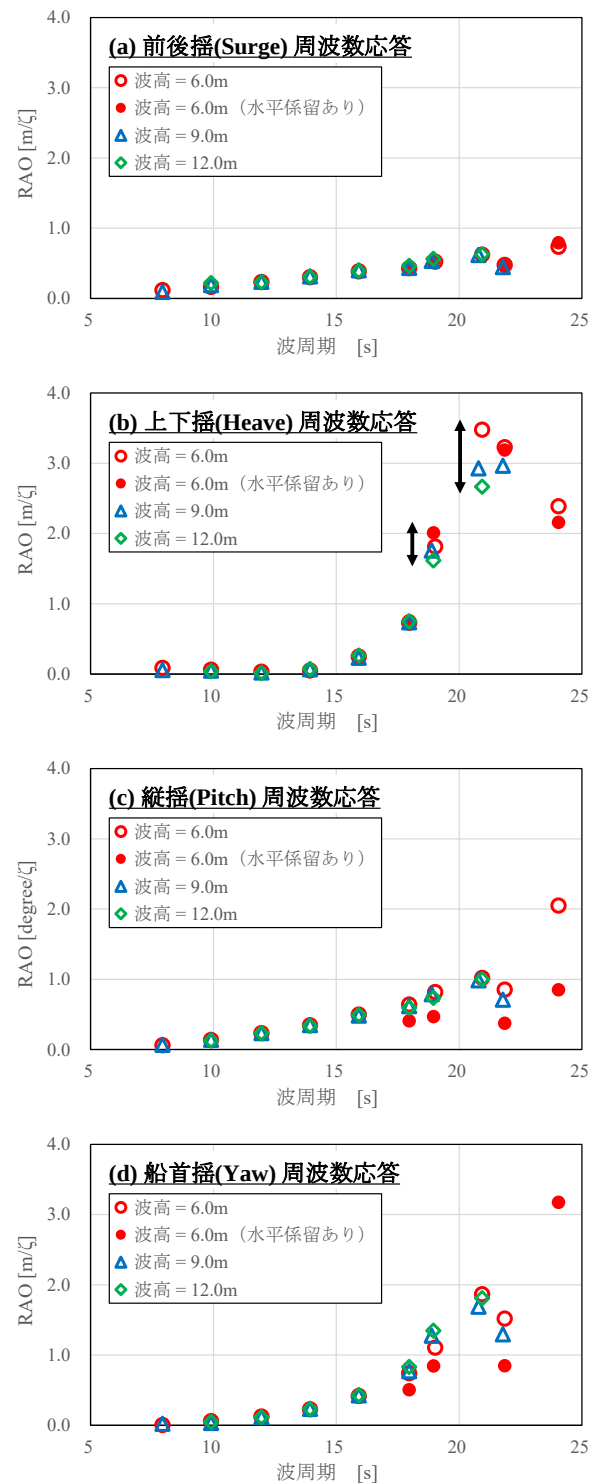


図-3(a)~(d)：各運動の周波数応答

参考文献

- 1) 浮体式洋上風力発電実証事業における小規模試験機の模型実験，國分健太郎，石田茂資，二村正，吉田茂雄，宇都宮智昭，日本風力エネルギー学会論文集，2013
- 2) 10MW 級風車を搭載するスパー型浮体の動揺特性に関する研究 ―その 2 動揺解析と実測値による検証―，菊地由佳，町田暁信，石原孟，第 76 回年次学術講演会