

浮体式垂直軸型水車の回転影響が与える波強制力に関する実験的研究 An Experimental Study on effects of a VAT on Wave Excitations Acting on a Floating Body

○岩松幸花², 居駒知樹², 惠藤浩朗², 増田光一², 二瓶泰範³

*Saika Iwamatsu¹, Tomoki Ikoma², Hiroaki Eto², Koichi Masuda², Ysunori Nihei³

Studies on the floating type vertical axis marine turbine has been conducted on the performance of the turbine, although no detailed investigation has been done on floating body swaying and mooring cable tension considering the rotation effect of the turbine. In this study, we focused on the rotation effect of the turbine and made an Experimental on wave exciting force and moment. According to the experimental result, we found that a VAT affects surge and pitch and does not affect heave.

1. 緒言

潮流発電装置として一般的には海底に設置される計画が多いが、設置環境の冗長性を大きくする観点や欧州で浮体式潮流発電装置の開発が進められていることから浮体式装置の開発も必要である。潮流発電用の水車には水平軸型と垂直軸型があり、居駒¹⁾は新潟県粟島において、可変ピッチ翼を導入した垂直軸水車の曳航試験を実施し、その有用性を示した。榎本²⁾は、フォイトシュナイダー推進器模型を用いた水槽実験を行い、水車の回転は条件によっては係留索張力を小さくできることを示した。

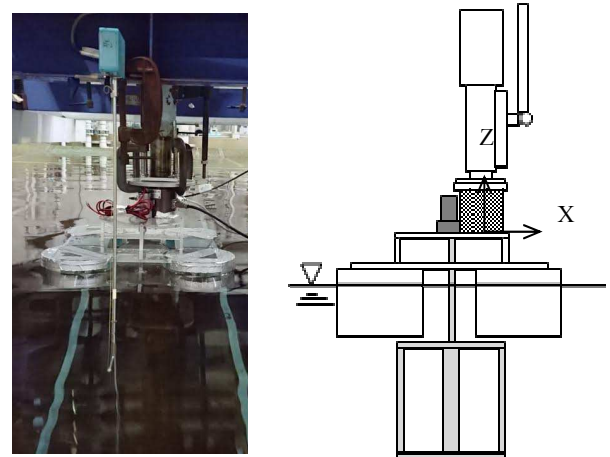
ところで、垂直軸タービンのトルク特性などを翼素運動量理論で予測することは容易ではない。理由は水車翼が流れに対して流れの上側と下側を通りながら回転しており、流れの攪乱の影響の予測が容易でないからである。結果として、水車に作用するスラストの予測も理論的な予測は容易ではない。

本研究は垂直軸水車を搭載した浮体の波強制力特性を調べ、スラスト影響を考察することを目的とした。

2. 実験概要

本実験は、日本大学理工学部船橋校舎テクノプレース 15 の平面水槽にて実施した。実海域に波浪条件を波高 0.1~1.5 m, 波周期 3.0~10.0 秒程度と想定し、実験スケールを 1/25 とした。実験時の入射波高は 0.02~0.04 m で 0.01 m 刻み、波周期は 0.6~2.0 秒の範囲で 0.1 秒刻みの規則波とし、水深は 1.0 m であった。回転する水車の影響を加えるため、水車をモーターで強制回転させた。電圧ごとの回転数は目視で 60 秒間計測し、4 V は 38 rpm, 5 V は 50 rpm, 6 V は 58 rpm であった。水車の回転数は 0 V の無回転状態と 4~6 V で実施した。模型は三分力計を介して固定し、surge と sway および pitch を計測した。また、水車の有無との比較のため、水車を取り外した状態でも波強制力を計測した。

Fig. 1 の 1), 2) に模型を含む実験装置, Fig. 2 に浮体模型の平面図を示す。水車模型は直径 0.25 m, ブレード長さ 0.25 m の 3 枚翼である。浮体模型は直径 0.2 m の円筒コラムのセミサブである。天板の中心から水車模型をぶら下げる。水線面二次モーメント I , 排水容積 V , メタセンター M , 重心 G , 浮心 B , キール K を用いて GM を求めた。その結果を Table. 1 に示す。



1) Experimental Image 2) Installation Overview

Fig.1 Experimental Set-up System

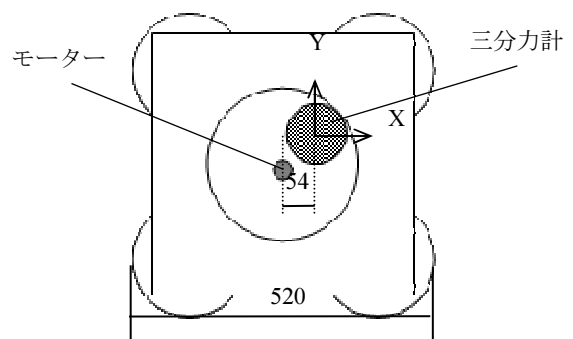


Fig.2 Model plan view (mm)

Table.1 GM calculation

BM	KB	KG	GM
0.74 m	0.12 m	0.10 m	0.76 m

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大理工・教員・海建 3: 大阪府立大学大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻・准教授

3. 結果及び考察

三分力計で計測され且つサンプリング周波数 100 Hz で記録された波強制力とモーメントのデータは高速フーリエ変換 (FFT) を用いて解析した。通常は規則波中での計測データは離散フーリエ解析が妥当であるが、水車の回転によって明らかに入射波の周波数の整数倍とは異なる周波数成分が計測データに含まれるために FFT 解析を行った。

Figs. 3~4 は入射波の波高 0.02 m, 波周期 1.6 秒のときの実験値を FFT 解析した波強制力及び波強制モーメントである。縦軸は Fig. 3 では波強制力及び波強制モーメントのフーリエ係数, Fig. 4 ではパワースペクトル, 横軸はそれぞれ角周波数 ω rad/s で示した。

Fig. 3 の 1), 3) より, Surge と Pitch では水車の回転数ごとの波強制力及び波強制モーメントの値は角周波数 10~20 rad/s でそれぞれの回転数の周波数成分が確認できる。Fig. 3 の 2) の Heave では全ての回転数で同程度の波強制力となった。よって, 水車回転時に歳差運動が発生して浮体模型の Surge と Pitch の波強制力に影響を与えたと考えられる。また, 水車に対する Heave の波強制力は浮体模型に影響するほど大きくないと。

Fig. 4 の 1), 3) より, Surge と Pitch において, Fig. 3 の 1), 3) 同様の結果が得られた。また, Pitch においては波周波数を上回る結果が得られた。Fig. 4 の 2) より, Heave では水車の回転による影響は確認できない。

4. 結言

本研究では以下の結論を得た。

- 1) 水車の回転は Heave に対してはほぼ影響しない。
- 2) 水車を回転させることで Surge と Pitch の波強制力やモーメントを小さく抑える効果がある。また, 回転時の波強制力は入射波成分を上回る。
- 3) 無回転時は水車を考慮する必要はなく, 水車非搭載の 4 本コラムと同等に考えられる。

5. 参考文献

- [1] 居駒知樹, 増田光一, 惠藤浩朗, 榎本修: 浮体式垂直軸可変ピッチ水車の実海域での性能に関する基礎的研究, 土木学術論文集 B3, 71 (2), pp233-pp238, 2015
- [2] 榎本修, 居駒知樹, 増田光一, 惠藤浩朗: 垂直水車の波浪中応答特性に関する実験的研究, 日本建築学会学術講演概要集 2015, pp77-78, 2015.
- [3] 日本造船学会 海洋工学委員会性能部会 編: 実践 浮体の流体力学 後編-実験と解析, 成山堂書店, pp21-35, 2003.5
- [4] 竹沢誠二, 酒井敏夫: 波浪中の浮遊式海洋構造物に作用する流体力および運動について, 日本造船学会論文集, pp92-102, 1908.5.
- [5] 石川善彦, 根本泰行, 牛山泉: 各種垂直軸風車の推力に関する研究, 風力エネルギーシンポジウム, Vol.23, pp72-75, 2007

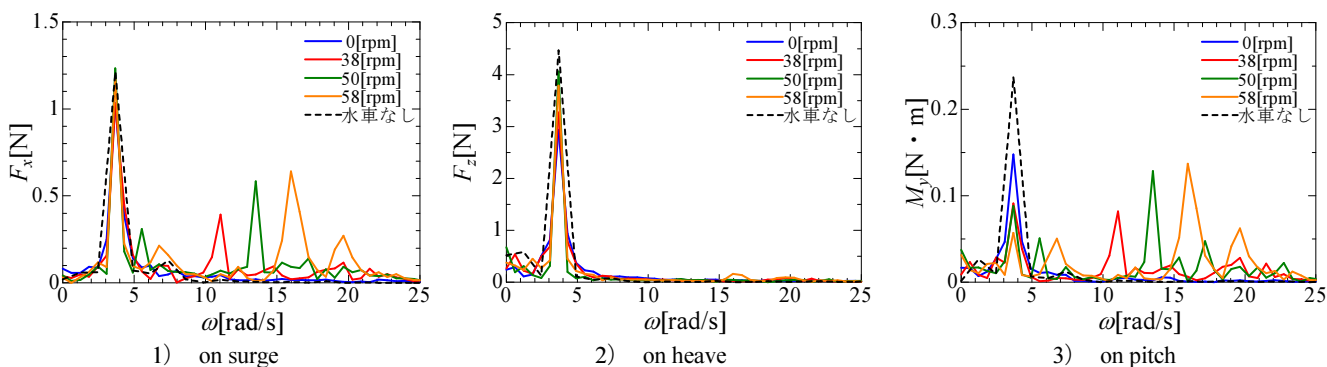


Fig.3 wave exciting forces and moment in wave with 0.02 wave height and 1.7 wave period

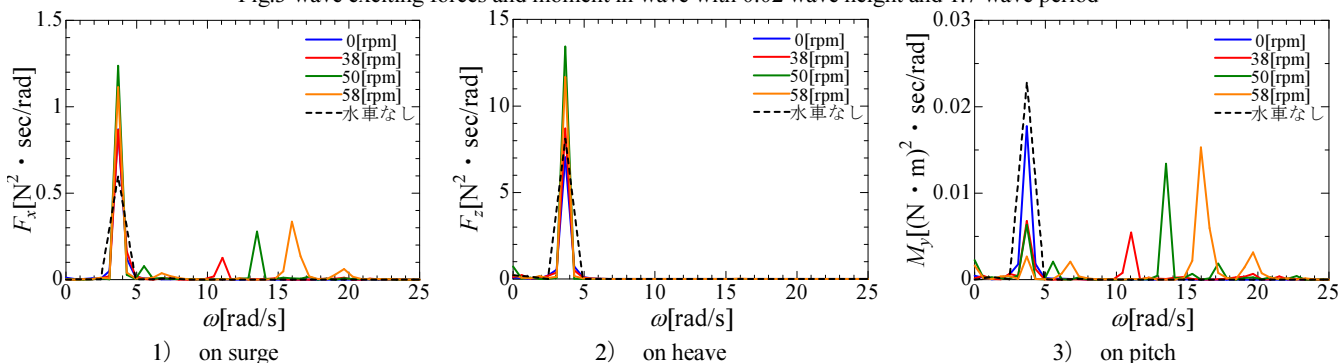


Fig.4 power spectrum in wave with 0.02 wave height and 1.7 wave period