

Hydro-VENUS の倒立振り子に作用する流体力特性

岡山大学大学院 学生会員 ○大熊 広樹
岡山大学大学院 正会員 比江島 慎二

1. はじめに

従来の潮流発電はプロペラ回転で発電機を駆動する方式が一般的であるが、流体力振動を利用した新たな発電方法を開発している。Fig.1 に示すように円柱などの柱状物体の片端を回転軸として水流中に沈め、浮力などを復元力として振り子を流体力振動させる。この方式を Hydro-VENUS (Hydrokinetic Vortex ENergy Utilization System) と名付けた。振り子には流れ方向に大きな流体力とモーメントが作用すると考えられることから、振り子に作用する抗力とピッチングモーメントを測定した。

2. 実験方法

Fig.2 に示すように、基部に検力計センサーを内蔵した振り子をフレーム構造底部に支持し、回転振動をタイミングベルトでフレーム構造上部に伝達して発電機を駆動した。この装置全体を回流水槽に沈め、流体力振動時の振り子に作用する抗力 F_D 、ピッチングモーメント M_P を測定した。また、抗力 F_D 、ピッチングモーメント M_P から、水の密度 $\rho_w = 1000 \text{kg/m}^3$ 、流速 U 、円柱の長さ $L = 700 \text{mm}$ 、円柱の直径 $D = 165 \text{mm}$ として定常抗力係数 C_D と定常ピッチングモーメント係数 C_M を次式により求めた。

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho_w U^2 DL}, \quad C_M = \frac{M_P}{\frac{1}{2} \rho_w U^2 DL^2}$$

既往の研究では、倒立振り子の上流側に固定円柱を設置することでより大きな励振力を得られることが分かっていることから¹⁾、上流固定円柱なしと直径 165mm の上流固定円柱を設置した 2 ケースで実験した。

3. 実験結果

流速 U に対する定常抗力 F_D 、定常ピッチングモーメント M_P 、定常抗力係数 C_D 、定常ピッチングモーメント係数 C_M の変化を Fig.3 と Fig.4 に示す。発電機回路の電気抵抗を変化させることで発電量が変化し、振り子に作用する減衰力も変化して振り子応答も変化するため、それに対応して同一流速 U で複数のデータがプロットされている。 F_D と M_P は、発振流速 $U = 0.5 \text{m/s}$ から増加し始め、流速とともに漸増する。 C_D と C_M は、静止時は $C_D = 1.0$ 、 $C_M = 0.5$ 程度でほぼ一定であるが、発振後は電気抵抗の変化によるばらつきが大きい。次に、 U の代わりに周速比 $\lambda (= \omega L / U)$ (ω は振り子の平均角速度) に対して C_D と C_M を示したのが Fig.5 である。 C_D と C_M は、振動の有無や電気抵抗あるいは流速の違いに関わらず、周速比 λ に対してほぼ一本の直線に載っているのが分かる。特に、上流固定円柱を設置した場合はその傾向が強い。図中にこれらの回帰直線を示す。

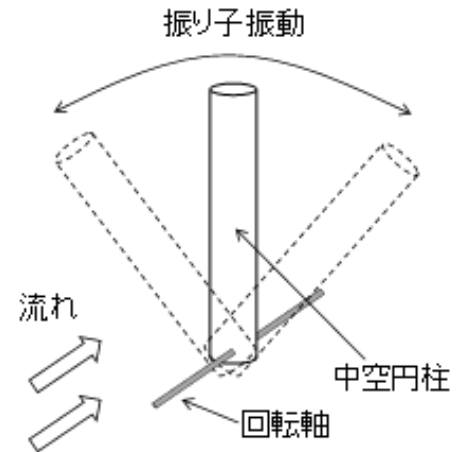


Fig. 1 Hydro-VENUS の仕組み

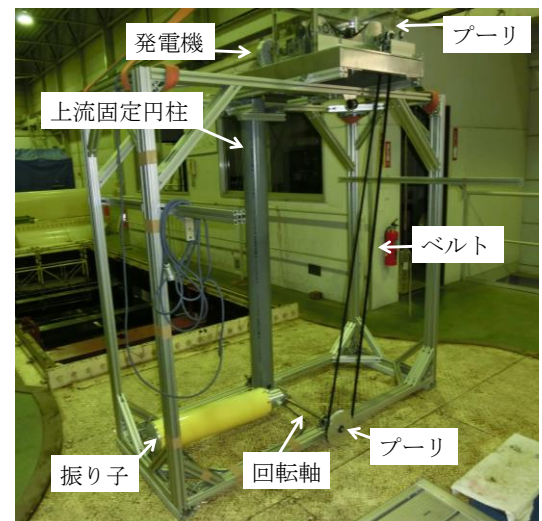


Fig. 2 Hydro-VENUS の実験装置

キーワード 潮流発電, 小水力発電, 流体力特性, 倒立振り子, 流体励起振動, Hydro-VENUS

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 hiejima@okayama-u.ac.jp

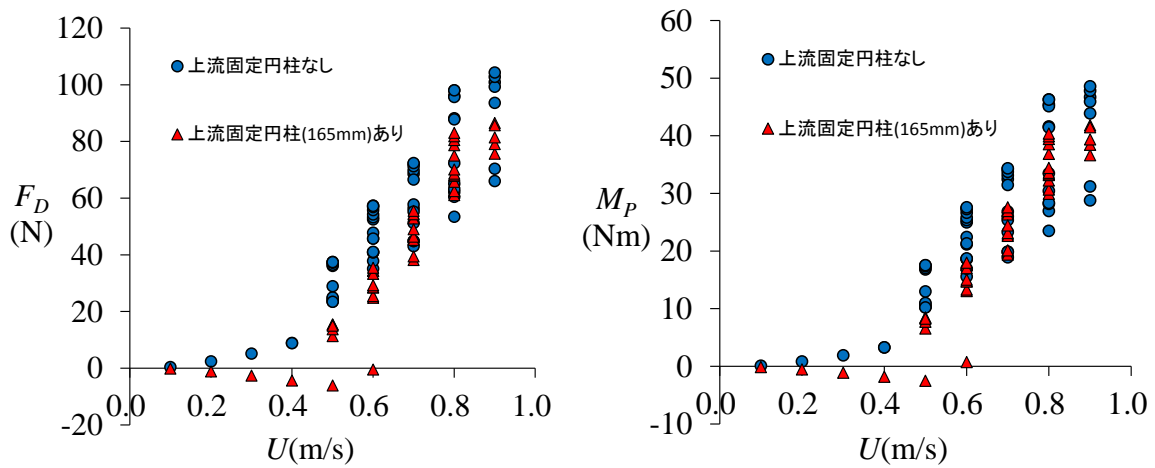


Fig. 3 流速に対する定常抗力と定常ピッチングモーメントの変化

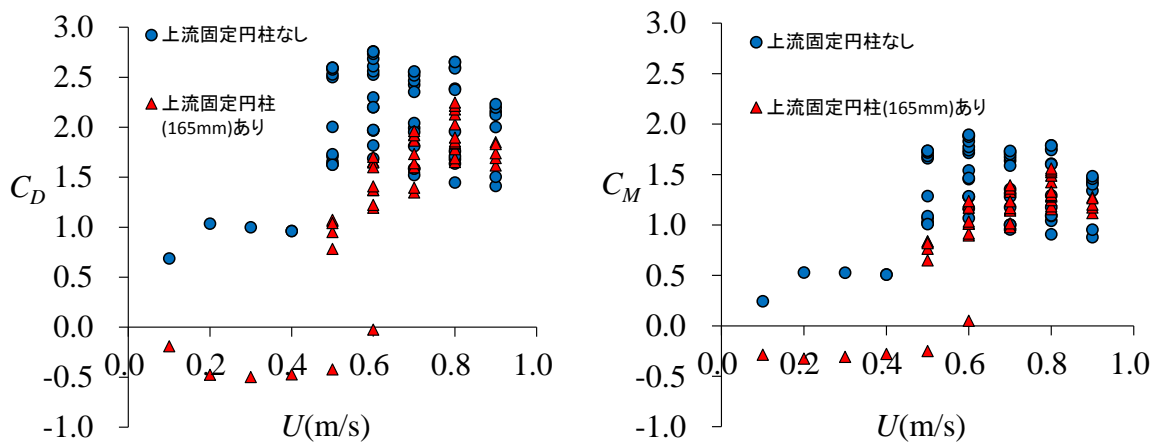


Fig. 4 流速に対する定常抗力係数と定常ピッチングモーメント係数の変化

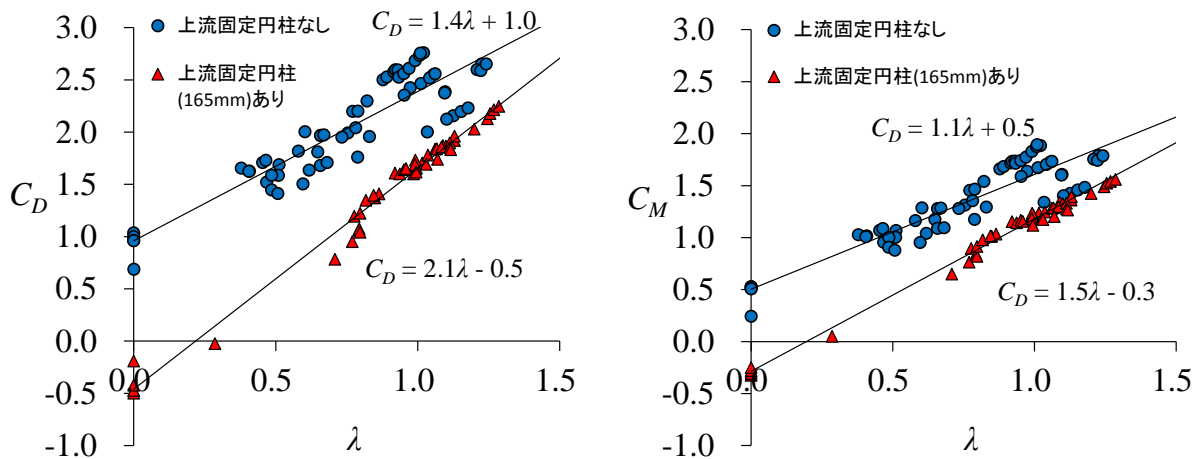


Fig. 5 周速比に対する定常抗力係数と定常ピッチングモーメント係数の変化

謝辞: この研究は三井造船(株)および鹿島建設(株)との共同研究により実施されたことを付記し謝意を表す。

参考文献

- 1) 比江島慎二, 岡圭人, 林健一, 井上浩男: 流体励起振動を利用した潮流発電のための基礎的実験, 「フッターの制御と利用」に関する第1回シンポジウム梗概集, pp.88-93, 2011.