

J-10

可変ピッチ垂直軸型風車における連成動的応答解析ツールの開発

A Development on an Analysis Method of a Coupled Dynamic Response of a Variable Pitch Controlled Vertical Axis Floating Offshore Wind Turbine

居駒知樹¹, ○千田悠斗²

Tomoki Ikoma¹, *Yuto Senda¹

Abstract : Several software packages exist capable of performing coupled dynamic response analysis for floating vertical-axis wind turbines. However, none can account for variable-pitch mechanisms. Such mechanisms hold the potential to achieve wind turbine performance equal to or exceeding that of horizontal-axis turbines. Therefore, the objective is to model the variable-pitch mechanism and integrate it into coupled dynamic response analysis software. Existing research and software calculation results were compared, showing good agreement. The variable pitch mechanism was modeled and incorporated into the software for calculations.

1. 研究背景

「2050年カーボンニュートラル」の宣言を受けて、日本は再生可能エネルギーの主力電源化に向けての取り組みが推進されるようになった。経済産業省によると、再生可能エネルギーの中でも、洋上風力発電は「切り札」^[1]と位置付けられている。

導入計画は、いずれも水平軸型風車で進んでいる。一方の垂直軸型風車は1980年代に性能が劣ると結論づけられ、研究活動が少なくなった。しかし近年、垂直軸型風車の製造コストや保守コストが低いことから関心が高まり、研究件数が急増している[3]。その中で、Brianら[4]によってOWENSが開発された。OWENSは、浮体式垂直軸型風車の連成動的応答解析ツールである。しかし、OWENSには可変ピッチ機構のモデル化が組み込まれていない。可変ピッチ機構には風車性能の向上が見込める[5]。そのため、垂直軸型風車に可変ピッチ機構を搭載することで、水平軸型風車と同等もしくは同等以上の風車性能が期待できる。その可能性を明らかにするために、可変ピッチ機構のモデル化をOWENSに組み込み、風車性能を比較する必要がある。

よって本研究では、第一段階として可変ピッチ機構のモデル化をOWENSに組み込み、その風車性能が正しく評価されているか明らかにすることとした。

2. 数値計算

本研究では二段多流管理論によって風車性能の計算を行った。二段多流管理論は、垂直軸型風車の設計で広く用いられる。運動量理論と翼素理論から、上流側と下流側における風速の速度低減率を求め、それによって翼に作用する荷重を求められる。

3. 風洞実験との比較

OWENSの連成動的応答解析が正しく評価できているか確認するため、既存研究との比較を行った。まず、Watanabeら[6]による風洞実験と比較した。模型の諸元をTable 1に示す。流入風速は8.0 m/sである。計算値と実験値との比較をFigure 1に示す。

Table 1. Specifications of the Wind Turbine in the Experiment by Watanabe et al.

項目	値	単位
翼型	NACA0018	-
翼弦	0.15	m
風車半径	0.35	m
翼長さ	0.70	m
翼枚数	2	-

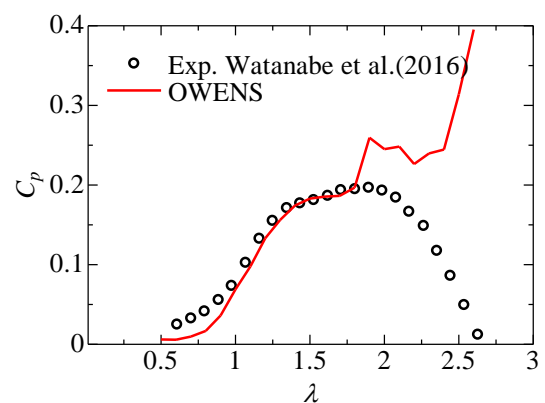


Figure 1. Comparison of Experimental and Numerical Results for Power Coefficients (Watanabe et al.)

1: 日大理工・教員・海建 2: 日大理工・院(前)・海建

結果を比較すると、周速比 1.8 まで良好な一致が見られるが、それ以降計算値の発散が確認された。

つぎに, Elkhouly ら [7] による風洞実験と比較した。模型の諸元を Table 2 に示す。流入風速は 10.0 m/s である。

Table 2. Specifications of the Wind Turbine in the Experiment by Elkhouly et al.

項目	値	単位
翼型	NACA0018	-
翼弦	0.20	m
風車半径	0.40	m
翼長さ	0.80	m
翼枚数	3	-

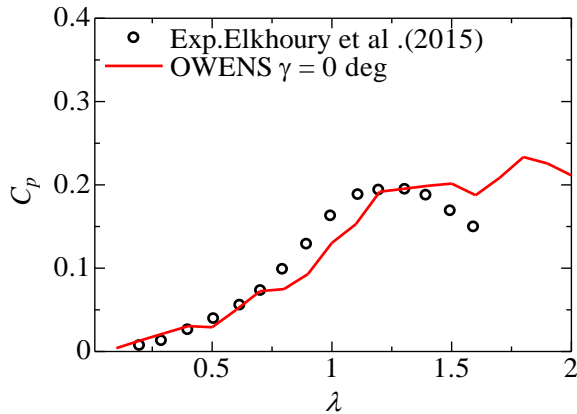


Figure 2. Comparison of Experimental and Numerical Results for Power Coefficients (Elkhouly et al.)

結果を比較すると、計算値と実験値はおおむね一致しており、ピーク値や傾向をとらえられている。

最後に、可変ピッチ機構のモデル化を OWENS に組み込んだ計算結果を Figure 3 に示す。初期取り付け角度を変化させることで、風車性能の向上が確認された。

4. 結言

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) OWENS による計算によって、垂直軸型風車の風車性能を正しく評価できることが明らかとなった。
- 2) 可変ピッチ機構のモデル化を組み込むことで、風車性能の向上が確認された。

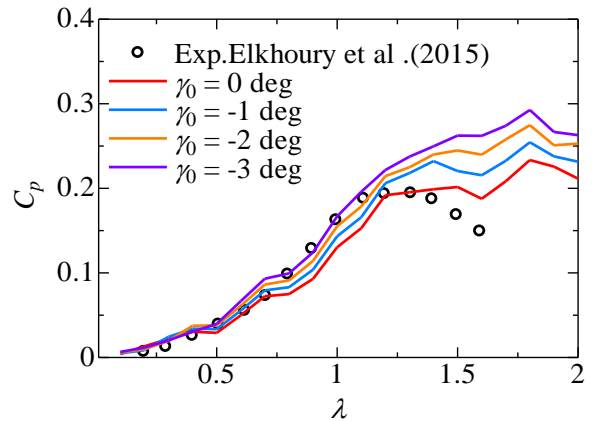


Figure 3. Comparison of Experimental and Numerical Results for Power Coefficients (Variable Pitch Control)

5. 参考文献

- [1] 経済産業省:洋上風力産業ビジョン(第1次)概要, 2020
- [2] NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版, 2013
- [3] Irawan, E. N., Majid, N. W. A., Venica, L., Aslami, F., & Fujita, G. : Analyzing the growth and trends of vertical axis wind turbine research: Insight from a bibliometric study , Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology , 14(1), 55-61, 2023
- [4] Brian C. Owens , John E. Hurtado , Joshua A. Paquette , Daniel T. Griffith , Matthew Barone : Aeroelastic Modeling of Large Offshore Vertical-axis Wind Turbines -Development of the Offshore Wind Energy Simulation Toolkit- , OSTI , 2013
- [5] 居駒知樹, 増田光一, 中澤那世留, 林昌奎, 惠藤浩明: 垂直軸可変ピッチ翼水車のソリディティとピッチ制御角度 が水車効率に与える影響, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) , 70 巻 , 2号 , p.1_91-1_96, 2014
- [6] M. Elkhoury , T. Kiwata , E. Aoun : Experimental and numerical investigation of a three-dimensional vertical-axis wind turbine with variable-pitch, J.Wind. Eng. Ind. AeroDyn. 139,111-123, 2015
- [7] Koichi Watanabe , Shuhei Takahashi , Yuji Ohya : Application of a Diffuser Structure to Vertical-Axis WindTurbines , energies 2016, 9(6), 406