

Title	再生可能エネルギーの有効利用へ向けた垂直軸型二重タービンの最適化に関する研究
Sub Title	Optimization of the dual vertical-axis-turbine system towards the efficient use of renewable energy resource
Author	小尾, 晋之介(Obi, Shinnosuke)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2019
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2018. )
JaLC DOI	
Abstract	<p>流れに対して垂直方向に回転軸を有する垂直軸型タービンは、潮流発電をはじめとする再生可能エネルギー利用において高いポテンシャルが期待されると同時に未解明の特性が残されている。本研究は2つのタービンを組み合わせるシステムを提唱し、最適な動作条件を探ることを目的として実験ならびに数値解析により流れの解析およびエネルギー効率を評価した。実験室で回流水槽にそれぞれ3枚ずつの回転翼を有する一組のタービンを設置し、両者の軸間距離、回転の位相、回転方向の組み合わせから合計で12の異なる実験を行った。</p> <p>実験を行った回流水槽のテストセクションは長さ3.5m、幅0.3m、高さ0.15mで、タービンのローター直径は68mmであった。ローター直径と主流速度に基づくレイノルズ数は約20,000である。異なる条件の比較を行った実験では、出力への影響が顕著に現れることが分かった。</p> <p>オープンソースのCFDコードであるOpenFOAMによる数値解析では2次元近似のモデルに対して SST-k-<math>\omega</math>乱流モデルを用いた。回転翼を有するタービンの周辺はダイナミックメッシュ方式により主流とは独立した計算格子システムで表現することで、流れの中で回転するタービンを再現した。ただし、軸間距離がタービン直径よりも小さい、オーバーラップの条件ではスライディング格子による近似ができないため、計算対象からは除いた。</p> <p>計算の結果、実験では観察できなかったタービン翼周辺の脈動流を見出すことができた。また、回転の位相角度によって発生するトルクには大きな変動が生じることが定量的に示された。</p> <p>以上の結果については2018年7月のアメリカ機械学会流体工学部門講演会（カナダ・モントリオールで開催）において口頭発表した。また、2019年7月開催予定の同会議（アメリカ合衆国・サンフランシスコ）でも引き続き口頭発表を行う予定である。</p> <p>Power generation of laboratory-scaled marine hydrokinetic (MHK) cross-flow (vertical axis) turbines in counter-rotating configurations was scrutinized both experimentally and numerically. A tabletop experiment, designed around a magnetic hysteresis brake as the speed controller and a Hall-effect sensor as the speed transducer was built to measure the rotor rotational speed and the hydrodynamic torque generated by the turbine blades. A couple of counter-rotating straight-three-bladed vertical-axis turbines were linked through a transmission of spur gears and timing pulleys/belt and coupled to the electronic instrumentation via flexible shaft couplers. A total of 12 experiments in 3 configurations, with various relative distances and phase angles, were conducted in the water channel facility (3.5-m long, 0.30-m wide, and 0.15-m deep) at rotor diameter base Reynolds number of 20,000. The power curve of the counter-rotating turbines (0.068-m rotor diameter) was measured and compared with that of a single turbine of the same size. Experimental results show the tendency of power production enhancement of different counter-rotating configurations. Additionally, the two-dimensional (2D) turbine wakes and blade hydrodynamic interactions were simulated by the shear stress transport k-<math>\omega</math> (SST k-<math>\omega</math>) model using OpenFOAM. The computational domain included a stationary region and two rotating regions (for the case of counter-rotating turbines) set at constant angular velocities. The interface between the rotating and stationary region was modeled as separated surface boundaries sliding on each other. Velocity, pressure, turbulent kinetic energy, eddy viscosity, and specific dissipation rate field were interpolated between these boundaries.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000005-20180033">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000005-20180033</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	教授	補助額	100 (C) 千円
	氏名	小尾 晋之介	氏名（英語）	Shinnosuke Obi		

## 研究課題（日本語）

再生可能エネルギーの有効利用へ向けた垂直軸型二重タービンの最適化に関する研究

## 研究課題（英訳）

Optimization of the dual vertical-axis-turbine system towards the efficient use of renewable energy resource

## 1. 研究成果実績の概要

流れに対して垂直方向に回転軸を有する垂直軸型タービンは、潮流発電をはじめとする再生可能エネルギー利用において高いポテンシャルが期待されると同時に未解明の特性が残されている。本研究は2つのタービンを組み合わせるシステムを提唱し、最適な動作条件を探ることを目的として実験ならびに数値解析により流れの解析およびエネルギー効率を評価した。実験室で回流水槽にそれぞれ3枚ずつの回転翼を有する一組のタービンを設置し、両者の軸間距離、回転の位相、回転方向の組み合わせから合計で12の異なる実験を行った。

実験を行った回流水槽のテストセクションは長さ3.5m、幅0.3m、高さ0.15mで、タービンのロータ一直径は68mmであった。ロータ一直径と主流速度に基づくレイノルズ数は約20,000である。異なる条件の比較を行った実験では、出力への影響が顕著に現れることが分かった。

オープンソースのCFDコードであるOpenFOAMによる数値解析では2次元近似のモデルに対してSST-k- $\omega$ 乱流モデルを用いた。回転翼を有するタービンの周辺はダイナミックメッシュ方式により主流とは独立した計算格子システムで表現することで、流れの中で回転するタービンを再現した。ただし、軸間距離がタービン直径よりも小さい、オーバーラップの条件ではスライディング格子による近似ができないため、計算対象からは除いた。

計算の結果、実験では観察できなかったタービン翼周辺の脈動流を見出すことができた。また、回転の位相角度によって発生するトルクには大きな変動が生じることが定量的に示された。

以上の結果については2018年7月のアメリカ機械学会流体工学部門講演会（カナダ・モントリオールで開催）において口頭発表した。また、2019年7月開催予定の同会議（アメリカ合衆国・サンフランシスコ）でも引き続き口頭発表を行う予定である。

## 2. 研究成果実績の概要（英訳）

Power generation of laboratory-scaled marine hydrokinetic (MHK) cross-flow (vertical axis) turbines in counter-rotating configurations was scrutinized both experimentally and numerically. A tabletop experiment, designed around a magnetic hysteresis brake as the speed controller and a Hall-effect sensor as the speed transducer was built to measure the rotor rotational speed and the hydrodynamic torque generated by the turbine blades. A couple of counter-rotating straight-three-bladed vertical-axis turbines were linked through a transmission of spur gears and timing pulleys/belt and coupled to the electronic instrumentation via flexible shaft couplers. A total of 12 experiments in 3 configurations, with various relative distances and phase angles, were conducted in the water channel facility (3.5-m long, 0.30-m wide, and 0.15-m deep) at rotor diameter base Reynolds number of 20,000. The power curve of the counter-rotating turbines (0.068-m rotor diameter) was measured and compared with that of a single turbine of the same size. Experimental results show the tendency of power production enhancement of different counter-rotating configurations. Additionally, the two-dimensional (2D) turbine wakes and blade hydrodynamic interactions were simulated by the shear stress transport k- $\omega$  (SST k- $\omega$ ) model using OpenFOAM. The computational domain included a stationary region and two rotating regions (for the case of counter-rotating turbines) set at constant angular velocities. The interface between the rotating and stationary region was modeled as separated surface boundaries sliding on each other. Velocity, pressure, turbulent kinetic energy, eddy viscosity, and specific dissipation rate field were interpolated between these boundaries.

## 3. 本研究課題に関する発表

発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)
Minh N. Doan, Ivan H. Alayeto, Claudio Padricelli, Shinnosuke Obi and Yoshitaka Totsuka	Experimental and Computational Fluid Dynamic Analysis of Laboratory-Scaled Counter-Rotating Cross-Flow Turbines in Marine Environment	Proceedings of the ASME 2018 5th Joint US-European Fluids Engineering Summer Conference	2018年7月18日