

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656528

研究課題名(和文)浮動軸型洋上風車コンセプトの初期検討

研究課題名(英文)Preliminary study of the Floating Axis Wind Turbine concept

研究代表者

田中 謙司(tanaka, kenji)

東京大学・総括プロジェクト機構・特任准教授

研究者番号：40431788

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：浮体式洋上風車の主流は、陸上で実績のある水平軸型風車を浮体上に搭載する形式である。しかし、このような高重心の構造物を洋上で直立に保とうとすると、大型浮体のコスト、動揺する高所での保守作業の安全確保などにより経済性を高める事は難しい。

この問題の解決策の1つが、新形式の浮体式垂直軸型風車であるFloating Axis Wind Turbine (FAWT)である。円筒型浮体をタービンシャフトとし、回転軸の傾斜を許容する事で、支持構造を大幅に削減し、洋上風力発電の経済性を高める。本研究では、ローター軸支持機構、高アスペクト比の傾斜風車の実験方法、ローター動揺におけるジャイロ効果の影響を検討した。

研究成果の概要(英文)：The mainstream concept of floating offshore wind turbine is the horizontal axis wind turbine (HAWT) mounted on a float system. However, the top-heavy structure is not reasonable in offshore floating condition. The cost of large float system and the safety issue of the maintenance work in the nacelle moving on the top of tower deteriorate the economic performance of the wind turbine.

One solution is the new type floating vertical axis wind turbine, named Floating Axis Wind Turbine (FAWT). In the concept, a cylindrical float is the turbine shaft of rotor. The turbine axis is not in the fixed upright position so that the support structures are significantly reduced. In this research, we investigated the mechanism of rotor support system, experimental method of the wind tunnel test of tilted vertical axis wind turbine, and the influence of gyroscopic effect on the dynamics of floating turbine.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：浮動軸型風車 浮体式洋上風力発電 潮流・海流発電 再生可能エネルギー 垂直軸型タービン

### 1. 研究開始当初の背景

現在検討されている浮体式洋上風車の主流は、陸上で実績のある水平軸型風車を浮体上に搭載する形式である。しかし、このような重心の高い浮体構造物は、大型化する浮体によるコスト増、動揺する高所での保守作業の危険性などの問題があり、経済性を高める事が困難である。トップヘビーな浮体が高コストになる事は、海洋工学の基本から明らかであるが、陸上風車を中心に発展してきた風車産業では、これまで成功していたコンセプトを変える事が困難であると思われる。

一方、浮体式に適したコンセプトとして垂直軸型風車(VAWT)の再評価が欧米を中心に進められているが、VAWT ローターの大重量を支えるベアリングの開発が課題である。これを解消するコンセプトとして提案されているのが、円筒型浮体を VAWT ローターの回転軸とする Floating Axis Wind Turbine (FAWT)である(図1)。

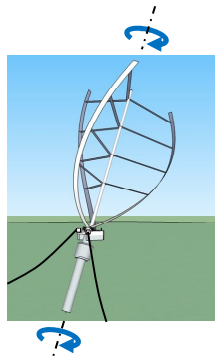


図1 FAWT コンセプト

この形式の VAWT ローターは、風力に応じて傾斜し、波浪中では強いジャイロ効果の影響を受けながら動揺するなど、従来の風車には無い条件の検討が必要である。

### 2. 研究の目的

(1) 本コンセプトでは、VAWT ローターを直立に維持せず、傾斜動揺を許容しながら発電機を駆動する機構が必要となる。装置コストと保守コストを下げるため、低コストで実現できる単純な機構が必要となる。

(2) VAWT ローターに傾斜した風があたる状況での性能評価は、屋上設置の風車についての検討例がある。しかし、これらはアスペクト比の低い小型風車に限られている。検討中の高アスペクト比の洋上風車に対応する風洞実験用風車モデルを検討する。また、浮体式風車であるため、小型 VAWT では計測例が少ないロール、ピッチ方向のモーメント、スラスト力の計測が必要となる。

(3) 本コンセプトのローターは剛に固定されていないものの、大型 VAWT で顕著となるジャイロ効果がローター姿勢の安定化に寄与

すると考えられる。単純化したローターの動力学モデルを作成し、ローターの運動シミュレーションを行う。

### 3. 研究の方法

(1) 支持機構の構造を検討するため、CAD モデル、模型等により、様々な機構を比較検討する。

(2) 傾斜状態での風車性能を把握するため、移動可能な台上に VAWT を横置きし、風洞との角度を変えて試験を行う。ブレード取り付け角度は調整可能とし、アスペクト比の影響を調べるため、スパン長の異なる2種類のブレードを用意する。実験模型は水槽試験、風洞試験の両方での使用を考慮して開発する。計測は、まず研究連携者の協力を得て風洞実験から行う。

### 4. 研究成果

(1) ローター支持機構の初期デザインでは、傾斜動揺を許容する多軸リンク機構を想定していた。しかしこれは、開発の難しさや保守作業の頻度の面から、洋上で使用すると高コストとなる懸念があった。検討の結果、支持装置は、安価で単純なゴム製ブロックによる弾性支持に置き換える事が可能となった(図2)。トルクの取り出し機構は電気自動車の回生ブレーキと同じ技術であり、回転浮体(=ローターシャフト)の円筒面に接するローラーによって発電機のトルクを取り出す。ローラーとシャフト間のスリップ防止も既存の制御技術で対応可能なレベルである事が分かった。

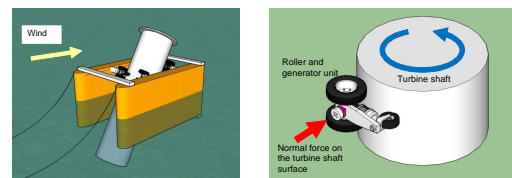


図2 VAWT ローター支持機構

(2) VAWT の風洞試験実績を持つ連携研究者の助言を受け、風車試験用モデルを作成した。ブレードの材質は CFRP である。風車性能はブレードの取り付け角によって大きく変わるため、ブレード取り付け角を高精度に調整できるデザインとした。またローターのアスペクト比と性能の関係を調べるため、スパン長(ローター高)の異なる2種のブレードを用意した。モデル製作の遅延により、風洞実験の予定は現在調整中である。

(3) 波浪中で動揺する大型 VAWT ローターの挙動を調べるため、ジャイロ効果を考慮した動力学モデルによる数値シミュレーションを実施した。本コンセプトのローターは、基本的にジャイロ効果によって安定性を強化

したスパー型浮体である。ローターは、歳差運動による螺旋軌道を描きながら安定した傾斜姿勢に落ち着く(図 3)。またローター慣性モーメントの増加が姿勢変化の速度を緩やかにする事も運動シミュレーション結果により確認できた。

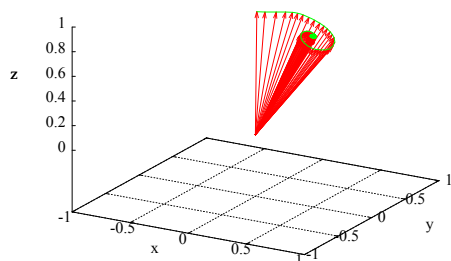


図 3 タービン回転軸方向の変化

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### 〔雑誌論文〕(計 2 件)

Y. Hara, T. Kawamura, H. Akimoto, K. Tanaka, T. Nakamura, K. Mizumukai, “Predicting double-blade vertical axis wind turbine performance by a quadruple-multiple streamtube model”, International Journal of Fluid Machinery and Systems, Vol. 7, No. 1, pp. 16-27, 2014. 査読あり

H. Akimoto, K. Tanaka, K. Uzawa. “A conceptual study of floating axis water current turbine for low-cost energy capturing from river, tide and ocean currents”, Renewable Energy, 57(0):283-288, 2013. 査読あり

### 〔学会発表〕(計 10 件)

秋元博路, A. M. Chowdhury, 田中謙司, 原豊, “FAWT 型浮体式洋上風車におけるジャイロ効果の評価”, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 仙台, 2014.

水口奨, 原豊, 住隆博, 秋元博路, 田中謙司, 川村隆文, 中村拓樹, “3次元 CFD による傾斜した垂直軸風車の流れ場解析”, 日本機械学会 中国四国支部第 52 期総会・講演会, 鳥取, 2014.

H. Akimoto, J-C Park, Se-min Jeong, H-S Lee, K. Tanaka, “On the flexible support system of the Floating Axis Wind Turbine”, The 2013 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM13), Jeju, Korea, 2013.

H. Akimoto, K. Tanaka, Y. Hara, K. Uzawa, “Design and estimated economic performance of a floating axis marine current turbine in Kuroshio ocean current”, 32nd Int. Conf. Ocean, Offshore and Arctic

Engineering (OMAE2013), Nantes, France, 2013.

秋元博路, 田中謙司, 原豊, 鷗澤潔, “浮動軸型浮体式洋上風車の動特性とタービン支持機構”, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 広島, 2013.

秋元博路, 原豊, 田中謙司, 鷗澤潔, “回転軸傾斜を許容した垂直軸型形式による浮体式洋上風車/海流タービンのコスト低減”, 第 34 回風力エネルギー利用シンポジウム, 科学技術館, 東京, 2012.

H. Akimoto, J-C Park, S-m Jeong, J K Heo, K. Tanaka, “Tidal and ocean current farm concept using floating axis water turbine”, Asian Wave and Tidal Energy Conference (AWTEC) 2012, Jeju, Korea, 2012.

H. Akimoto, J-C Park, S-m Jeong, K. Tanaka, “Conceptual study of tidal stream and ocean current turbine with floating axis configuration”, OCEANS 2012, Yeosu, Korea, 2012.

H. Akimoto, Jong-Chun Park, Se-min Jeong, Kenji Tanaka, “Preliminary study of the floating axis wind turbine”, OCEANS 2012, Yeosu, Korea, 2012.

秋元博路, 田中謙司, 鷗澤 潔, “浮動軸型タービンをを用いた潮流・海流発電の検討”, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 広島, 2012.

### 〔図書〕(計 0 件)

### 〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

### 〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田中 謙司 (TANAKA, Kenji)

東京大学・総括プロジェクト機構・特任准教授

研究者番号：40431788

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

原 豊 (HARA, Yutaka)

鳥取大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号： 60242822