

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14154

研究課題名(和文)新動力技術『縦渦リニアドライブ』による円柱翼風車の実用化に向けた基本特性の解明

研究課題名(英文)Evaluation of power feature of circular cylinder blade wind turbine using a novel turbine technique "Linear drive by longitudinal vortex"

研究代表者

高橋 勉 (TAKAHASHI, TSUTOMU)

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：20216732

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では縦渦リニアドライブ風車の動力特性に影響を及ぼす形状因子の解明を中心に実験的研究を行った。形状因子としては、円柱翼の直径、リング状平板の半径方向への厚さ、円柱翼とリング状平板のすき間が最も重要であった。円柱翼の長さに関しては、後流リングの幅から翼の飛び出し量が大きすぎる場合にはカルマン渦が形成され縦渦による揚力が低減することを見だし、最適な長さ、飛び出し量を実験により求めた。パワー係数の向上のために多翼化を行い、翼の枚数の増加により回転数が受ける影響は小さいが、トルクが枚数に比例して増加することを見いだした。

研究成果の概要(英文)：In this study, the form factors that affect the power feature of the novel wind turbine using a linear drive mechanism induced by the longitudinal vortex is examined experimentally. The diameter of the circular cylinder blade, the width of the ring-plate and the ratio of the gap between the blade and the ring-plate to the blade diameter are most important factors in this turbine. The length of the blade has an optimal size. When the length is too long and elongated to the outside from the ring-plate rim, the lift force caused by the longitudinal vortex is reduced by formation of Karman vortex. The multi-blade turbine is effective to improve the power feature of this turbine. The rotation speed of the turbine is not affected by the number of the blade but the torque increases with increasing the number of the blade.

研究分野：流体力学

キーワード：風車 円柱翼 縦渦 揚力

1. 研究開始当初の背景

『縦渦リニアドライブ』は風車・水車のための新しい駆動方式である。『縦渦リニアドライブ』風車は水平軸型風車のプロペラを円柱に置き換えて後流にリング状平板を設置した単純な構造であり、国内外の学術論文および特許を検索しても類似例はない。円柱を回転翼とする風車にはマグナス効果を利用した例があるが、円柱を自転させる機構が必要であり、本発明とは動作原理が根本的に異なる。

『縦渦リニアドライブ』のアイディアの起源は本申請者らが 20 余年にわたり研究を続けている縦渦励振現象にある。円柱の後流側に別の柱状体を十字交差配置するとカルマン渦が抑制され、交差部からネックレス渦などの縦渦が周期的に発生する。前方の円柱が弾性支持される場合、縦渦により強い振動(縦渦励振現象)が発生する。円柱を回転翼として周速を与えることで、風速との相対迎え角により縦渦が片側に定在的に形成され回転方向の揚力が発生すると予想した。予想は的中し、縦渦を定常回転の動力とすることができた。円柱がリング状平板をレールとしてこれに沿って滑走する様子はリニアモーターカーのようで、『縦渦リニアドライブ』と呼称している。

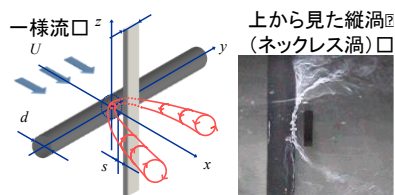


図1 円柱と直交する平板の間に発生するネックレス渦

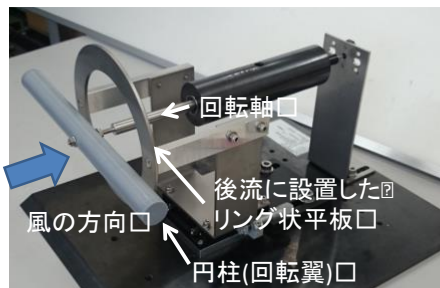


図2 縦渦リニアドライブ風車試作1号機

2. 研究の目的

『縦渦リニアドライブ』機構は風車として利用できることが示されたばかりであり、風車性能を表すパワー係数やトルク係数に及ぼす形状因子の影響はまだ不明確である。本研究では『縦渦リニアドライブ』風車の動力特性を明らかにし、性能に及ぼす円柱の太さや長さ、リング状平板の直径、幅など形状因子の影響を実験的に求め、より高性能な形状を探索することを目的とする。

3. 研究の方法

実験には現有する風洞実験装置を用い、試験部に設置できる直径 250mm 以下の小型風車で測定を行った。図3に示すように風車の回転軸にトルク変換器と電磁ブレーキを設置した。設定した風速において、電磁ブレーキに与える電圧を調整し、負荷を変化させながら回転翼に作用するトルクと回転数を測定し、トルク係数とパワー係数を求めた。

縦渦リニアドライブ風車における重要な形状因子として、円柱翼の直径 d 、リング状平板の幅 W 、円柱翼とリング状平板のすき間 s を考え、これらが動力特性に及ぼす影響を調べた。このために、大きさの異なる円柱翼やリング状平板を各種作成した。

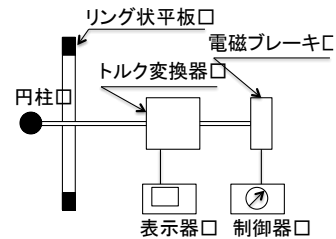


図3 風車性能試験概略図

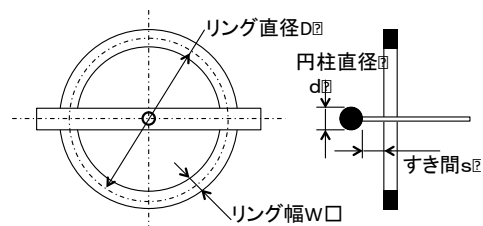


図4 重要な形状因子

単独円柱とリング状平板を設置したときの抗力を比較し、リング幅 W およびすき間 s と抗力との関係を明らかにした。さらに、静止時と回転中の回転翼に作用する抗力を比較することで『縦渦リニアドライブ』風車の性能をより明確にすることを目指す。回転翼に作用する抗力 FD の測定装置の概略を図5に示す。回転軸を支えるベアリングに回転とスライドが可能なものを使用し、ロードセルにより FD を測定し PC に記録する。

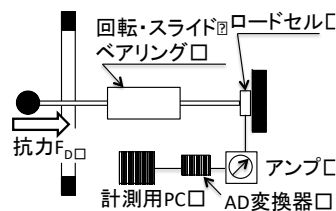


図5 抗力測定実験システム図

4. 研究成果

縦渦リニアドライブ風車として、もっとも単純な形状である単独円柱翼風車(図2)に関して風の速度 U と翼端の周速度 V_θ の関係

を図6に示す. リング状平板の幅 W を増加させると回転数が高くなる事が分かる. また, 縦渦リニアドライブ風車はいずれの W に対しても風速の増加に対して直線的に増加する. また, 図7に示すように円柱翼とリング状平板のすき間の比 s/d には最適値が存在し, それよりも少しでも狭い隙間においては回転力が発生しないことが明らかとなった.

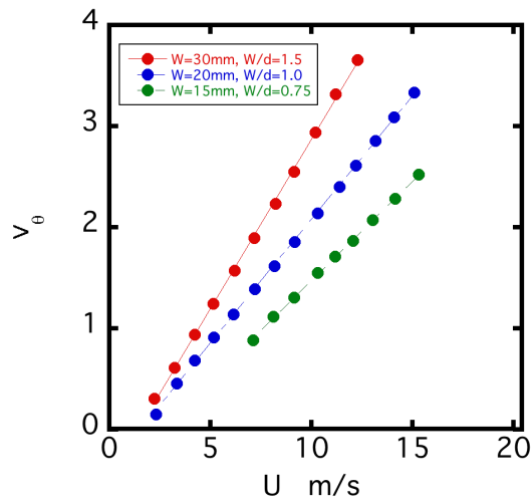


図6 翼端周速度と風速の関係

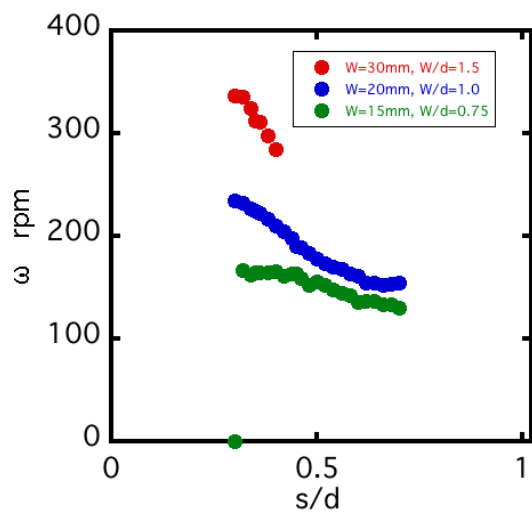


図7 隙間比と回転数の関係

さらに, より動力特性が高くなるように図8に示すように多翼化を行い, その動力特性, すなわちパワー係数とトルク係数を測定した. その結果を図9, 図10に示す. これらのグラフの横軸は周速比 λ で風の速度 U に対する翼端速度 V_θ の比を表す. λ は一般的な風車に比べて $1/5$ から $1/10$ と遅く, 結果としてパワー係数も低い. しかし, トルク係数は水平軸型風車に比べて数倍高く, サボニウス型のような抗力型小型風車に近い特性を示すことが分かった. さらに, 翼枚数を増やすと翼間距離が極端に狭くならない限り, 翼枚数に比例してトルクが増加することが分かった.

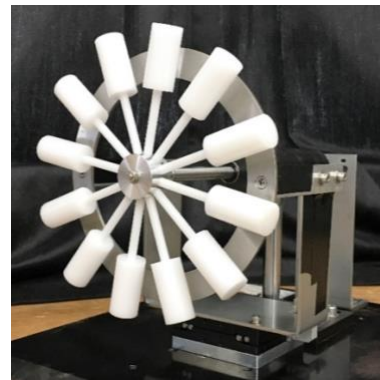


図8 12枚翼風車

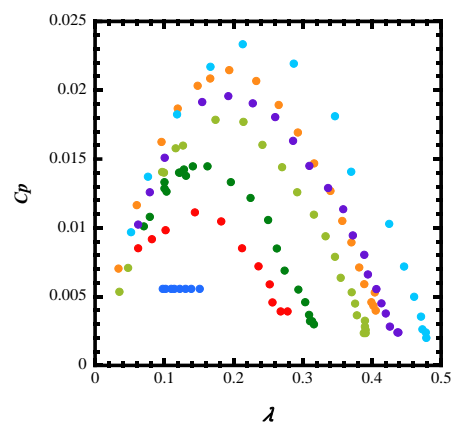


図9 12枚翼風車のパワー係数

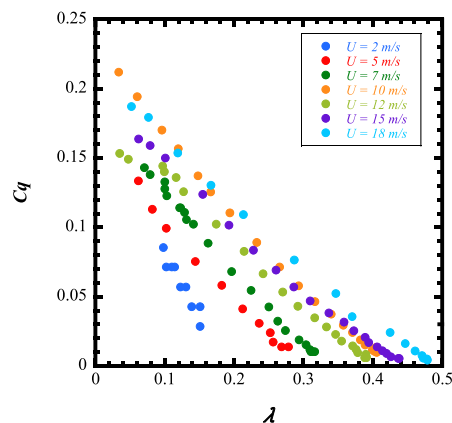


図10 12枚翼風車のトルク係数

また, 翼の長さは動力特性に対して大きく影響し, リング状平板の幅に対して 1.5 倍の長さが最も効率が高いことが分かった. ただし, リング状平板の縁からの飛び出し長さは外側と内側では最適値がことなり, 外側に少し長くすることでより効率が高くなることを見いだした.

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)

- ① W. Hemsuwan, K. Sakamoto, T. Takahashi, Lift force generation of a moving circular cylinder with a strip plate set downstream in cruciform arrangement: Flow field improving in tip-ends, International Journal of Aeronautical and Space Science, in press
- ② W. Hemsuwan, K. Sakamoto, T. Takahashi, Longitudinal Vortex Wind Turbine: Effect of the Blade Length, Fluid-Structure-Sound Interactions and Control, Springer, doi: 10.1007/978-981-10-7542-1_18, 2018, 117-123

[学会発表] (計 12

件)

- ① Withun HEMSUWAN, Kasumi SAKAMOTO, Yumiko YOSHITAKE, Tsutomu TAKAHASHI 縦渦により駆動される円柱翼風車の翼まわりの流れ場の数値解析, 第 94 期流体工学部門講演会, 山口大学工学部, 2016/11/12-13
- ② 坂本夏澄, HEMSUWAN Withun, 吉武裕美子, 高橋勉, 縦渦により駆動される円柱翼風車の動力特性, 第 94 期流体工学部門講演会, 山口大学工学部, 2016/11/12-13
- ③ T. Takahashi, W. Hemsuwan and K. Sakamoto, A new wind / water turbine with circular cylinder propeller driven by longitudinal vortex, 1st International Symposium on Wind and Tidal Power, Holiday Inn Centreville Downtown Montreal, 2017/05/29-30
- ④ K. Sakamoto, W. Hemsuwan and T. Takahashi, Lift and Drag Forces on Circular Cylinder Blades Wind Turbine, 1st International Symposium on Wind and Tidal Power, Holiday Inn Centreville Downtown Montreal, 2017/05/29-30
- ⑤ 坂本夏澄, HEMSUWAN Withun, 高橋勉, 縦渦により駆動される円柱翼型風車の動力特性に及ぼす翼形状の影響, 第 22 回動力・エネルギー技術シンポジウム, 豊橋技術科学大学, 2017/6/14-15
- ⑥ W. Hemsuwan, K. Sakamoto and T. Takahashi, Longitudinal vortex wind turbines: Effect of the blade lengths, 4th Symposium on Fluid-Structure-Sound Interactions and Control, Nihon University, Tokyo,

2017/08/21-24

- ⑦ K. Sakamoto, W. Hemsuwan and T. Takahashi,
- ⑧ Enhancement of Efficiency of a New Horizontal Type Turbine Driven by Longitudinal Vortex, The Ninth JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference, Okinawa Convention Center, 2017/10/28-30
- ⑨ W. Hemsuwan, K. Sakamoto and T. Takahashi, Lift Force Generation of Cross-Flow Over A Linearly Translating Circular Cylinder by A Strip-Plate Set Downstream In Cruciform Arrangement, The 11th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing (PSFVIP-11), Kumamoto University, Kumamoto, 2017/12/1-3
- ⑩ W. Hemsuwan, K. Sakamoto and T. Takahashi, Lift force generation of a moving circular cylinder with a strip plate set downstream in cruciform arrangement: Flow field improving in tip-ends, 2017 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, Seoul, Korea, 2017/10/16-18
- ⑪ K. Sakamoto, W. Hemsuwan and T. Takahashi, Effect of Ring-Plate Configuration on a Circular Cylinder Blades Wind Turbine Driven by Longitudinal Vortex, グランド再生可能エネルギー2018, パシフィコ横浜, 2018/6/17-22
- ⑫ W. Hemsuwan, K. Sakamoto and T. Takahashi, A New Concept of Steady Lift-Force Generation on A Circular Cylinder in A Uniform Flow By Longitudinal Vortex, グランド再生可能エネルギー2018, パシフィコ横浜, 2018/6/17-22

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 4 件)

名称: 流体発電用回転装置および流体発電装置

発明者: 高橋勉, 吉武裕美子, 小又直, 植木由記子

権利者: 長岡技術科学大学

番号: 特願 2016-568339

出願年月日: 2015/12/25

国内外の別: 国内

名称: ROTARY DEVICE FOR FLUID POWER

GENERATION AND FLUID POWER GENERATION
DEVICE

発明者：高橋勉，吉武裕美子，小又直，植木
由記子

権利者：長岡技術科学大学

番号：15/542,184

出願年月日：2017/7/7

国内外の別： 国外 (US)

名称：ROTARY DEVICE FOR FLUID POWER
GENERATION AND FLUID POWER GENERATION
DEVICE

発明者：高橋勉，吉武裕美子，小又直，植木
由記子

権利者：長岡技術科学大学

番号：2015375706

出願年月日：2017/7/6

国内外の別： 国外 (AU)

名称：ROTARY DEVICE FOR FLUID POWER
GENERATION AND FLUID POWER GENERATION
DEVICE

発明者：高橋勉，吉武裕美子，小又直，植木
由記子

権利者：長岡技術科学大学

番号：15877081.8

出願年月日：2017/6/28

国内外の別： 国外 (EP)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://stream.nagaokaut.ac.jp/ryu/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 勉 (TAKAHASHI, Tsutomu)

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：20216732

(2) 研究分担者

吉武 裕美子 (YOSHITAKE, Yumiko)

長岡技術科学大学・工学研究科・助教

研究者番号：80453794