

L-55

ダリウス形タービンに用いる円弧翼のレイノルズ数を考慮した空力特性に関する基礎検討  
 Fundamental study on aerodynamic characteristics considering the Reynolds number  
 of arc camber blade for Darrieus turbine

○宮前翔平<sup>1</sup>, 茂木雄太<sup>2</sup>, 直井和久<sup>3</sup>, 塩野光弘<sup>3</sup>, 柳平和寛<sup>4</sup>, 鈴木勝行<sup>3</sup>  
 \*Shohei Miyamae<sup>1</sup>, Yuuta mogi<sup>2</sup>, Kazuhisa Naoi<sup>3</sup>, Mitsuhiro Shiono<sup>3</sup>, Kazuhiro Yanagidaira<sup>4</sup>, Katsuyuki Suzuki<sup>3</sup>

Abstract: We require to study about the aerodynamic characteristics of blade in Reynolds number that is higher than a wind turbine to analyze the Darius turbine as a water turbine. Then, we consider the preliminary steps for the experiments by the Reynolds number supposing a water turbine. In this paper, We set Reynolds number as about  $1 \times 10^5$ , and experimented with the large scale wind tunnel. This Reynolds number is the maximum which be possible to set up with the small scale wind tunnel. In the result of an experiment, the similarity of the flow by Reynolds number was realized about each aerodynamic characteristic of arc camber blade.

1.はじめに

ダリウス形タービンを潮流発電用の水車として使用した場合,円弧翼は直線翼よりも性能の良いことが水路実験によって明らかにされている<sup>[1]</sup>.我々はこれまで,このタービンの性能を風車として解析した場合のレイノルズ数における円弧翼の空力特性を明らかにしてきた<sup>[2]</sup>.しかし,潮流発電用水車として解析する場合には風車よりも高いレイノルズ数である約  $2.3 \times 10^5$  における円弧翼の空力特性を明らかにする必要がある.ここで,レイノルズ数を高くするためには翼弦長と風速を大きくしなければならない.しかし,これまで実験を行ってきた小型風洞施設(測定部:幅 300mm×高さ 600mm×奥行き 1400mm)で設定できる風速は最大 15m/s,翼弦長は最大 105mm であるためレイノルズ数は最大で約  $1 \times 10^5$  までしか設定できない.そこで,風速は 50m/s まで,翼弦長は小型風洞施設より大きく設定できる大型風洞施設(測定部:幅 2000mm×高さ 2000mm×奥行き 5300mm)により空力特性を求める必要がある.

本稿では,水車を想定したレイノルズ数で実験を行う前段階として,小型風洞施設で設定できる最大レイノルズ数である約  $1 \times 10^5$  に大型風洞施設のレイノルズ数を設定し,それぞれの風洞実験結果より円弧翼の空力特性を比較検討する.

2. 翼の空力特性<sup>[3]</sup>

図 1 に翼に働く力を示す.ここで, $V$ : 風速, $D$ : 抗力, $L$ : 揚力, $F_T$ : 接線力, $F_N$ : 法線力, $PM$ : ピッチングモーメント, $\alpha$ : 迎角, $\theta$ :  $\alpha=0^\circ$ を基準とし

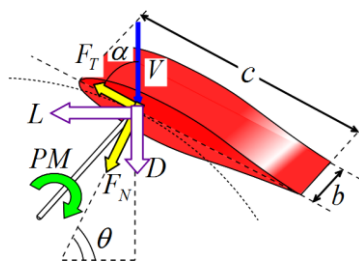


Figure1. Relations of the force

た翼の回転位置角, $b$ : 翼幅, $c$ : 翼弦長である.

抗力係数  $C_D$ ,揚力係数  $C_L$ 及びピッチングモーメント係数  $C_M$ は風洞実験で測定した  $D,L$  及び  $PM$  を用いて(1),(2),(3)式より算出する.

$$C_D = \frac{D}{0.5\rho AV^2} \quad (1)$$

$$C_L = \frac{L}{0.5\rho AV^2} \quad (2)$$

$$C_M = \frac{PM}{0.5\rho AV^2 c} \quad (3)$$

ここで, $\rho$ : 空気密度, $A$ : 翼の断面積( $=c \times b$ )である.法線力係数  $C_N$ ,接線力係数  $C_T$ は翼の  $C_D, C_L$  及び  $\alpha$  と以下のような関係がある.

$$C_N = C_L \cos\alpha + C_D \sin\alpha \quad (4)$$

$$C_T = C_L \sin\alpha - C_D \cos\alpha \quad (5)$$

3. 実験方法

実験に用いる NACA63<sub>3</sub>-018 の円弧翼の翼形を図 2 に示す.翼弦線は前縁と後縁を結ぶ直線,キャンバー線は翼の厚さの中心を結ぶ線である.円弧翼はタービンの回転軌跡に一致するようにキャンバー線を曲げた非対称翼である.

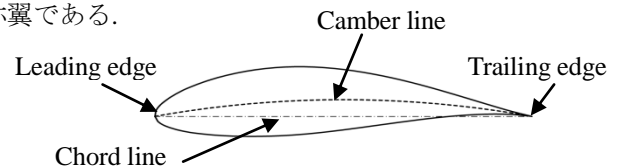


Figure2. Arc camber blade

実験方法は共に,風速を変化させたとき翼の空力特性が変化する範囲である  $\alpha = -20^\circ$  から  $20^\circ$  まで  $1^\circ$  毎に設定し  $D, L, PM$  を測定する.これらの測定値を用いて  $C_D, C_L, C_M$  を算出し, (4), (5) 式から  $C_N, C_T$  を算出する.

ここで動粘性係数を  $\nu$  とするとレイノルズ数  $Re$  は(6)式より算出できる.

1: 日大理工・学部・電気 2: 日大理工・院(前)・電気 3: 日大理工・教員・電気 4: 日大理工・教員・機械

$$Re = \frac{cV}{\nu} \quad (6)$$

小型風洞施設での実験条件は、 $c=105\text{mm}$ 、 $b=295\text{mm}$ 、 $V=15\text{m/s}$ 、 $\nu=1.61 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$  であり、測定時のレイノルズ数は  $Re=0.98 \times 10^5$  である。従って大型風洞施設での実験条件を、 $c=210\text{mm}$ 、 $b=700\text{mm}$ 、 $V=7.5\text{m/s}$  にする。大型風洞施設での動粘性係数は  $\nu=1.45 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$  であり、測定時のレイノルズ数は  $Re=1.09 \times 10^5$  である。

このように小型及び大型風洞施設でレイノルズ数を約  $1 \times 10^5$  に設定し、それぞれ実験を行う。

#### 4. 実験結果

2 つの実験結果より算出した  $\alpha$  に対する  $C_D, C_L, C_M, C_N, C_T$  をそれぞれ図 3~7 に示す。

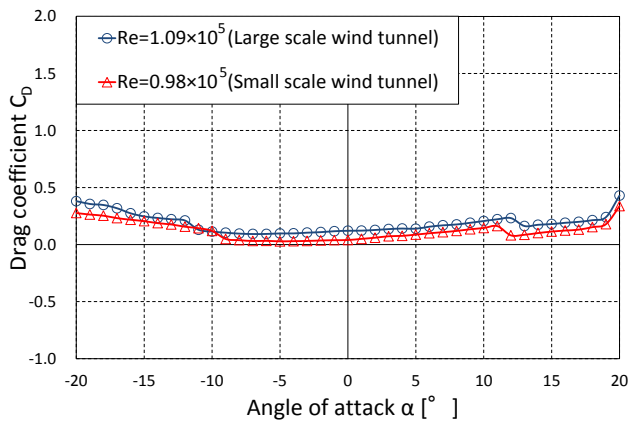


Figure3. Characteristics of  $\alpha - C_D$

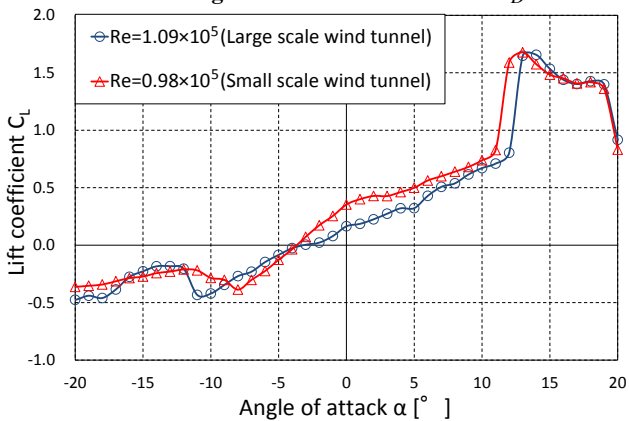


Figure4. Characteristics of  $\alpha - C_L$

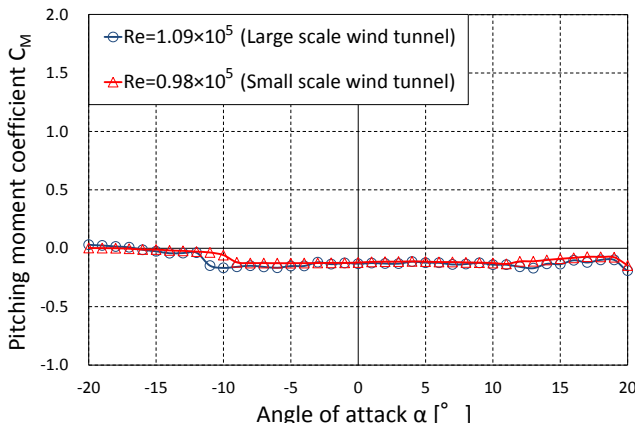


Figure5. Characteristics of  $\alpha - C_M$

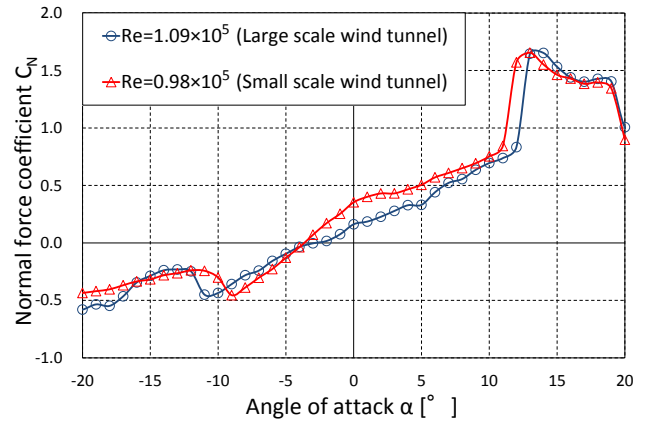


Figure6. Characteristics of  $\alpha - C_N$

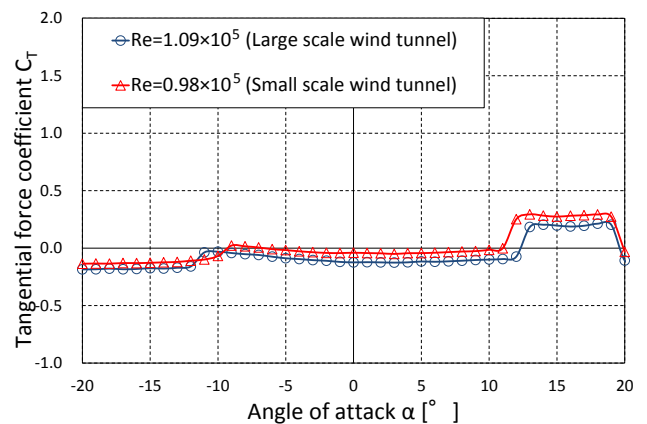


Figure7. Characteristics of  $\alpha - C_T$

$C_D, C_L, C_M, C_N, C_T$  はいずれも  $\alpha$  に対して各特性はほぼ一致していることがわかる。

#### 5. まとめ

レイノルズ数が約  $1 \times 10^5$  になるように設定した条件の異なる 2 つの実験より円弧翼の  $C_D, C_L, C_M, C_N, C_T$  を求めた。その結果、翼弦長や風速、動粘性係数などの条件が異なっても、 $\alpha$  に対する空力特性はほぼ一致した。これにより今回の実験条件下では円弧翼の各特性についてレイノルズ数による流れの相似性が成り立つといえる。

風洞実験に際し、御協力頂いた風洞実験室の安部先生、高橋先生に謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] 木方, 塩野: 「来島海峡におけるダリウス形水車による潮流発電」, 電気学会論文誌, Vol.112, No.6, pp.530~538(1992.6)
- [2] 池田他: 「円弧翼を用いたダリウス形タービンの翼取付角の違いによる性能の検討」, 電気設備学会全国大会講演論文集, pp.119~120(2010.8)
- [3] 牧野: 「航空力学の基礎」, 産業図書株式会社, pp.85~87(2009.3)