

L-51

NACA63₃-018 翼形の空力特性を用いたダリウス形風車の起動トルクに関する基礎検討

Basic study about starting torque of Darrieus type turbine using aerodynamic characteristics of NACA63₃-018 wing section

○ 田中良平¹, 川田寛高², 直井和久³, 塩野光弘³, 柳平和寛⁴, 鈴木勝行³

○ Ryohei Tanaka¹, Hiroataka Kawata², Kazuhisa Naoi³, Mituhiro Shiono³, Kazuhiro Yanagidaira⁴, Katuyuki Suzuki³

Abstract : This paper investigate about the starting torque of vertical axis wind turbine. We use straight camber blades. Straight camber blade is basic symmetrical wing section of NACA63₃-018. Torque coefficients of one blade are calculated by the aerodynamic characteristic. And, the starting torque coefficient of two, three and four blades wind turbine are calculated by summation of starting torque coefficient of one blade wing turbine for every 180, 120 and 90-degree interval. And it is performed comparison with the experimental measured by wind tunnel experiments.

1. はじめに

我々はこれまでに垂直軸形タービンに分類されるダリウス形風車のパワー係数や起動トルク特性を風洞施設により実験的に明らかにしてきた^[1]。また、理論的な検討方法として多流管モデルを用いた風車のパワー係数の解析^[2]を行ってきた。

そこで本稿では起動トルク特性に着目し、空力特性を用いた NACA63₃-018 翼形 1 枚の起動トルク係数の計算値と、風洞実験により測定した実験値の比較検討を行った。更に、翼 1 枚の起動トルク特性から風車の翼枚数が 2~4 枚の時の起動トルク特性を算出し実験値との比較検討を行う。

2. 起動トルク係数の計算方法

図 1 に翼 1 枚に作用する力の関係を示す。ただし、 V : 風速、 D : 抗力、 L : 揚力、 α : 迎角、 θ : $\alpha=0^\circ$ を基準とした位置角、 $M_{1/4}$: ピッチングモーメントである。図 2 に 4 枚翼ダリウス形タービンの概形を示す。ただし、 c : 翼弦長、 r : 風車の半径、 h : 風車の高さである。

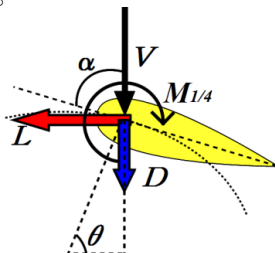


Fig.1. The relation of the force acting on one blade

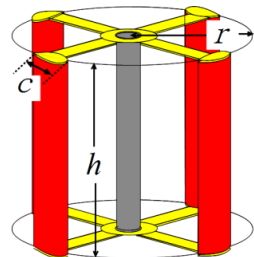


Fig.2. 4-blades Darrieus turbine

空力特性を示す抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L およびピッチングモーメント係数 $C_{M1/4}$ は抗力 D 、揚力 L およびピッチングモーメント $M_{1/4}$ を用いて以下のように表される^[3]。

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

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

$$C_{M1/4} = \frac{M_{1/4}}{0.5\rho AV^2 c} \quad (3)$$

ただし、 ρ : 流体密度、 A : 翼の投影面積($=c \times h$)である。

空力特性を用いて翼 1 枚に生じる起動トルク係数は次式で与えられる^[4]。

$$C_\tau = \frac{A}{S} \left(C_L \sin \alpha - C_D \cos \alpha - C_{M1/4} \frac{c}{r} \right) \quad (4)$$

ただし、 S : 風車の受風面積($=2r \times h$)である。

式(4)における C_D 、 C_L 、 $C_{M1/4}$ の解析条件は、図 3 に示す風洞実験により求めた風速 12m/s における NACA63₃-018 の α - C_D 、 C_L 、 $C_{M1/4}$ 特性^[5]を用いて算出する。

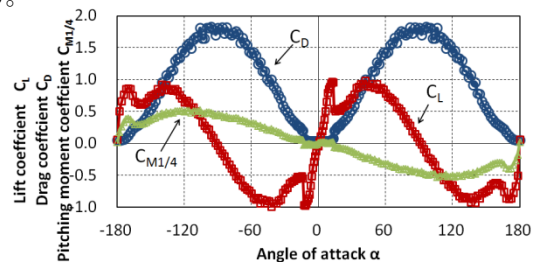


Fig.3. Characteristics of α - C_D , C_L and $C_{M1/4}$

図 3 は、 D 、 L 、 $M_{1/4}$ の 3 つの力を 3 分力検出器(日章電機製、型式 LMC-3531-50N)により測定し、式(1)~(3)より各係数を

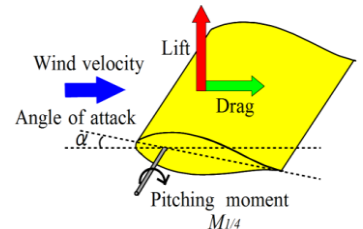


Fig.4. Relations of the force

算出した。図 4 に翼に作用する力の関係を示す。 α は 0° から測定を始め時計周りに 2° 毎に測定をするが、測定値の変化が著しい $0^\circ \sim 20^\circ$ 、 $340^\circ \sim 360^\circ$ では 1° ごとに測定し、これらを $-180 \sim 180^\circ$ として表した。

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

3. 起動トルク特性の計算値と実験値の比較

風車のモデルは図 2 の直線翼式ダリウス形タービンとし翼枚数は 1~4 枚について検討する。また、風車の半径 r は 300mm、高さ h は 450mm、翼弦長 c は 105mm とする。

図 5~8 に翼枚数が 1~4 枚における $\theta-C_t$ 特性を示す。ここで、計算値とは翼 1 枚の起動トルク特性から、2 枚翼風車では 180° 毎、3 枚翼風車では 120° 毎、4 枚翼風車で 90° 毎に特性をずらし重ね合わせることで算出する。また、図中の実験値とは水平式閉鎖回流型風洞で風車に発生するトルク T をトルク検出器により測定した。位置角は 5° 間隔で、風速は 12m/s 一定とする。測定した起動トルクから係数 C_t を次式より求めた。

$$C_t = \frac{T}{0.5\rho V^2 Ar} \quad (5)$$

図 5 においては $\theta=50\sim 120^\circ$ 付近、図 6 においては $\theta=60\sim 90^\circ$ 付近で計算値より実験値の方が大きい値となっているが、それ以外の位置角で特性はほぼ同じである。しかし 1 枚翼の方が、特性が一致している位置角が多い。図 7 において $\theta=50\sim 100^\circ$ 付近で計算値より実験値の方が高い値を示しているが、 $\theta=0\sim 10^\circ$ 、 $115\sim 120^\circ$ 付近では計算値の方が実験値より高い値を示している。また、図 6 に示した 2 枚翼風車と比べて特性が一致しない位置角が増えている。図 8 において $\theta=45\sim 90^\circ$ の特性が大きく異なり実験値の方が高い値を示している。

図 5~8 において C_t が最大となる位置角は 15° 付近ではほぼ一致している。しかし、それ以外の位置角では翼枚数が増えると計算値と実験値の差が大きくなっているのがわかる。この原因として特性が一致しない位置角は流向に対して上流側の翼と下流側の翼が重なる範囲であり、下流側の翼に乱れた風があたることや、図 5 において、特性が一致しない位置角の影響が翼枚数の増加とともに大きくなったと考えられる。そこで、各翼枚数における計算値と実験値の平均起動トルク係数を表 1 に示す。実験値と計算値の差を求めると 1 枚翼で 0.0035、2 枚翼で 0.0054、3 枚翼で 0.0076、4 枚翼で 0.0166 となり、翼枚数が増えると差が大きくなることが示された。

4. まとめ

本稿では、NACA63₃-018 翼形の空力特性より計算した翼 1 枚のトルク特性からダリウス形風車の起動トルク特性を求め風洞実験により測定した実験値と比較検討した。

その結果、翼枚数が増えると起動トルク特性は計算値と実験値に大きく差が見られた。この原因は、下流側の翼に乱れた風が当たることや 1 枚翼の起動トルク特性における実験値と計算値の差が考えられる。

参考文献

- [1] K. Naoi et al. : "A wind Power Generation System using the Vertical Axis Turbine with Arc Camber Blades". Proceedings of the Sixteenth (2006) International Offshore and Polar Engineering Conference, pp.369~374(2006-5)
- [2] 池田ほか:「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)
- [3] 牧野:「航空力学の基礎」, 産業図書株式会社, pp.86-87(2009.3)
- [4] 経塚 他:「潮流発電用ダリウス形水車の流力特性について」, 日本船舶海洋学会論文集, Vol.4, No.5, pp.39~45(2006)
- [5] 新田ほか:「垂直軸タービンに用いる直線翼の特性」, 平成 20 年度第 52 回日本大学理工学部学術講演会論文集, pp.1232~1233(2008)

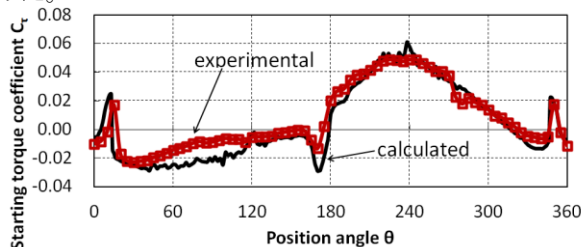


Fig.5. $\theta - C_t$ characteristics of 1blade

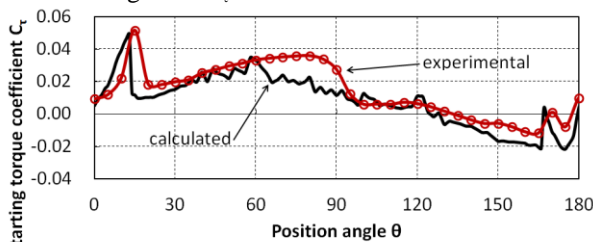


Fig.6. $\theta - C_t$ characteristics of 2blades wind turbine

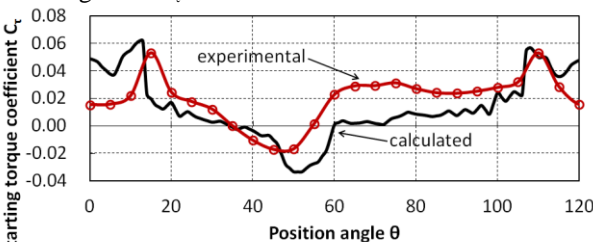


Fig.7. $\theta - C_t$ characteristics of 3blades wind turbine

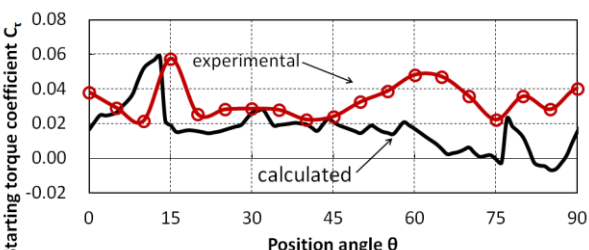


Fig.8. $\theta - C_t$ characteristics of 4 blades wind turbine

Table 1. Average of starting torque coefficient

	1 blade	2 blades turbine	3 blades turbine	4 blades turbine
Calculated	0.0042	0.0084	0.0127	0.0168
Experimental	0.0077	0.0138	0.0203	0.0334