

# 宇宙航空研究開発機構研究開発報告

JAXA Research and Development Report

## 電動化航空機におけるプロペラブレードを用いた エネルギー回生に関する実験的研究

An Experimental Study on Energy Regeneration Using Propellers

足立 憲彦 小林 宙  
箱島 秀昭 西沢 啓

Norihiko ADACHI Hiroshi KOBAYASHI  
Hideaki HAKOJIMA Akira NISHIZAWA

2015年7月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

## 目次

概要	1
第1章. はじめに	2
1.1 研究背景	2
1.2 プロペラによる発電	2
1.3 ピッチとピッチ角	3
1.4 研究目的	3
第2章. 試験装置・方法	5
2.1 回生エネルギー・抗力計測	5
2.1.1 試験方法	5
2.1.2 パラメータの定義	8
2.2 後流速度分布計測	9
2.2.1 試験装置	9
2.2.2 計測位置	9
2.2.3 計測条件	9
第3章. 試験結果	11
3.1 エネルギー回生特性	11
3.1.1 回転数と軸出力の関係	11
3.1.2 軸出力と抗力の関係	12
3.1.3 進行率と効率の関係	12
3.2 後流速度分布	15
3.2.1 ブレード回転面径方向の後流速度分布	15
3.2.1.1 エネルギー回生時	16
3.2.1.2 推進時	16
3.2.2 後流速度の時間変動	17
3.3 最大回生条件	19
3.4 推進性能と回生性能	20
第4章. 実機における性能検討	22
第5章. まとめ	28
参考文献	29
補遺	31

# 電動化航空機におけるプロペラブレードを用いた エネルギー回生に関する実験的研究\*

足立憲彦<sup>\*1</sup>, 小林宙<sup>\*2</sup>, 箱島秀昭<sup>\*2</sup>, 西沢啓<sup>\*2</sup>

## An Experimental Study on Energy Regeneration Using Propellers \*

Norihiko ADACHI<sup>\*1</sup>, Hiroshi KOBAYASHI<sup>\*2</sup>,  
Hideaki HAKOJIMA<sup>\*2</sup> and Akira NISHIZAWA<sup>\*2</sup>

**Abstract:** When an aircraft powered by an electrical motor (electric aircraft) with rechargeable batteries descends, it is easy to utilize wind power for charging the batteries by rotating propeller passively. In this study we examined characteristics of propeller-blades to regenerate energy in some conditions in a wind tunnel by using model-aircraft propellers and main rotor for model-helicopter. The changed conditions are follows; 1) wind speed, 2) blade diameter and 3) blade pitch angle. Based on the results of this experiment, it is found that electric aircraft can regain 10% of potential energy while descending. In addition, slipstream measurements were conducted and local drag and local thrust of blade elements were calculated. These results demonstrated that local drag is mainly generated by blade elements in  $r/R < 0.6$ .

**Keywords:** Electric Aircraft, Regeneration, Propeller

### 概要

本報告では電動モータで推進系を駆動する電動化航空機における、推進用プロペラブレードを用いたエネルギー回生効果について検討する。風速、直径、ブレードピッチなどをパラメータとして行った風洞試験の結果、小型機においては降下時に回生を行うことで位置エネルギーの10%程度を回収できる見通しが得られた。また、熱線流速計を用いたブレードの後流計測から、回生時に発生するプロペラ抗力にはプロペラ半径の60%よりハブ側の翼素における局所抗力の影響が大きいことが分かった。

---

\* 平成 27 年 3 月 5 日受付(Received 5 March 2015)

\*1 早稲田大学大学院  
(Waseda University)

\*2 航空本部 航空技術実証研究開発室  
(Technology Demonstration Research Office, Institute of Aeronautical Technology)

## 第 1 章 はじめに

### 1.1 研究背景

現在、地球温暖化や原油価格の高騰の問題から、自動車業界においてハイブリッド自動車や電気自動車の導入が進められている。航空業界においても、航空輸送量の著しい伸展に伴い、自動車同様に温室効果ガス排出量の削減、低燃費化が要求され<sup>1),2)</sup>、航空機用エネルギーの多様化についても模索されている<sup>3),4)</sup>。これらを背景に、電気をエネルギーとしモータによりプロペラを回すことで飛行する電動化航空機の研究開発が積極的に行われるようになってきている<sup>5)</sup>。それに加え、ハイブリッド航空機<sup>5),6)</sup>の研究開発も行われている。しかし、商業機としては、スポーツやレジャー用途を中心に小規模の市販にとどまっている<sup>7)</sup>。

電動化航空機の有人飛行は 1880 年代にフランスで実現されたが、これは飛行船に電動モータを取り付けた物であった<sup>8)</sup>。固定翼である飛行機の電動化有人飛行に成功したのは、1970 年代後半である<sup>9)</sup>。飛行機の電動化有人飛行の実現が難しかったのは、電動モータの重量あたりの出力と電力源の出力密度およびエネルギー密度が不足していたためである<sup>9)</sup>。現在もこの電動モータと電力源の性能に課題は残っているものの、電動化技術の性能成長は著しく<sup>7)</sup>、1500 kg 以下の乗員 4 人クラスの航空機が実現されるまでになっている<sup>10)</sup>。しかし、大型旅客機レベルまで大型化することは近い将来の範囲では難しいと思われる<sup>11),12)</sup>。電動化航空機の利点として、排気ガスを出さないこと、エネルギー効率が低い、整備費の削減、低騒音、低振動等が挙げられる<sup>13)</sup>。一方で

課題として、さらなる電動モータ性能の向上、二次電池および燃料電池システムのエネルギー密度および出力密度の向上が主として挙げられる<sup>13)</sup>。

### 1.2 プロペラによる発電

プロペラは本来、空力要素としての羽根(ブレード)を発動機により回転させることで推力を得る装置である。電動化航空機の場合、滑空降下時にブレードを風車のブレードと同様に回転させ、電動モータを発電機として利用することで、エネルギー回生が容易となる。つまり、機体の持つ位置エネルギー・運動エネルギーを電力として回生することができる。本報告では、プロペラのブレードを推力を得る装置として用いる他に、エネルギー回生を行うために用いる場合、風車と区別するため、以降「プロペラブレード」と呼ぶことし、風車のものを「風車ブレード」と呼ぶこととする。

風車工学として風車による発電の研究は進められている一方で、プロペラによるエネルギー回生についてはわずかな報告があるのみ<sup>14),15)</sup>である。その理由は、今までの熱機関を有する航空機では、推進装置として用いられているプロペラでのエネルギー回生は現実的ではなく、位置エネルギーの回生にはラムエアタービン等を用いるのみであったためである。しかし、このプロペラブレードによりエネルギー回生をする際の状態は、従来のプロペラ機で“風車ブレーキ状態”として知られている状態である。

プロペラブレードと風車ブレードの相違点として設計点の違いが挙げられる。プロ

ペラブレードは推進効率の最大化を目標として設計されているのに対し、風車ブレードは発電効率の最大化を目標として設計されている。それに伴い、ブレード形状も異なっている<sup>16)</sup>。

プロペラブレードのエネルギー回生について考えるにあたり、この違いがエネルギー回生の特性にどれほど影響してくるのかを調べる必要がある。また、航空機ではエネルギー回生量に加え、抗力というファクターも重要視されるため、これも合わせて考えなければならない。

### 1.3 ピッチとピッチ角

ピッチとピッチ角については混合されることが多いが、厳密な定義は異なる。本稿では、ピッチとピッチ角という用語を用いるにあたり、本来の定義<sup>17)</sup>を念頭に記述してあるので、ここで改めて確認する。

プロペラが回転する際、各半径位置における翼素への風の流入速度は、回転面に垂直な成分ではどの半径位置でも同じであるが、回転方向成分では、プロペラ先端の方が長い距離を移動することになるため、先端付近では速く、中心付近では遅くなる。ゆえに、プロペラ翼素に作用する速度成分は、回転面に垂直な成分と回転成分の合成成分となるため、どの翼素においてもこの合成成分に対する迎え角が適切な値となるように、ねじりが付けられている(図 1.3)。このねじりを定義する際に、ピッチとピッチ角という用語が用いられる。ピッチとは、プロペラをネジと見立てた時、一回転する間に進む前進距離のことである。ピッチ角とは、図 1.3 においてプロペラ回転面と任意の位置の翼弦とのなす角  $\beta$  である。この

2つの用語の他に、本稿では「取付角(Blade Angle)」という用語を用いている。取付角とは、後述する試験においてプロペラブレードアダプタを使用することで、固定ピッチプロペラの各半径位置での翼素ピッチ角  $\beta$  を  $\beta'$  に増加させたときの  $\beta$  と  $\beta'$  のなす角度、つまり  $\beta' - \beta$  のことである(図 1.4)。

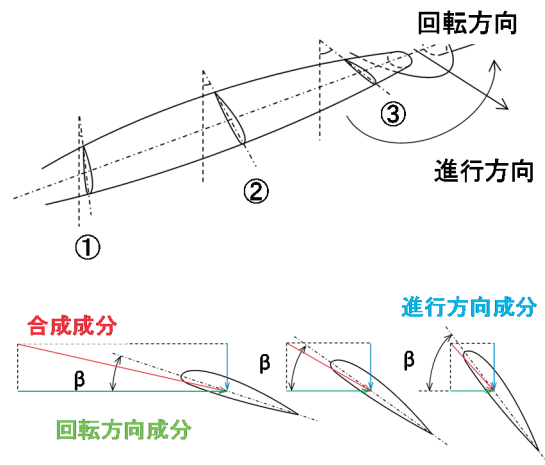


図 1.3 プロペラのねじりと翼断面

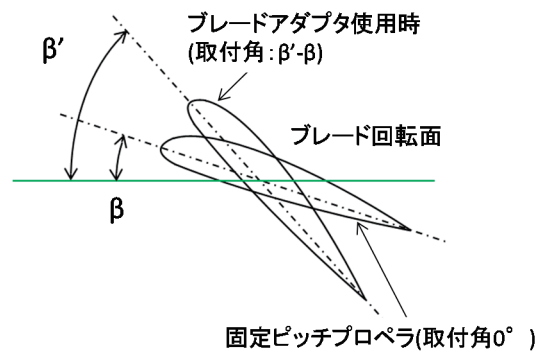


図 1.4 取付角

### 1.4 研究目的

電動化航空機では、プロペラブレードによるエネルギー回生のような、従来のエンジン機では現実的ではなかった技術の適用可能性が指摘されている<sup>18),19)</sup>が、このような技術に対する研究は未だ十分ではない。本研究では、プロペラブレードのエネルギー回生について主として実験的な手法を用い、

プロペラブレードのピッチや取付角(可変ピッチ・プロペラを想定したもの), サイズの違いによる回転数と軸出力と抗力を測定し, 実機を想定した実用性を検討すること

で電動化航空機におけるエネルギー回生の将来性を調査する.

## 第2章 試験装置・方法

### 2.1 回生エネルギー・抗力計測

#### 2.1.1 試験方法

本実験では、宇宙航空研究開発機構(JAXA) 調布航空宇宙センター所有の小型低乱風洞に図 2.1.1,2.1.2 のようにロードセル, トルク計およびモータを設置し, モータにプロペラブレードを取り付けて, 風速を変化させて動的に回転させた際の回転数, 抗力, 軸出力を計測した. 計測系の概要を図 2.1.3 に示す. なお, プロペラブレードおよびプロペラブレードアダプタを取り付けていない状態の実験装置自体の抗力は差し引いている. 各センサにより各物理量を電圧値として, ローパスフィルタと端子台と A/D ボードを介してパソコンに取り込み記録した. 表 2.1.1 に計測した物理量と用いたセンサをまとめる. また, 出力電圧, 電流は発電電力をモニタするために計測している.

表 2.1.1 計測項目

計測項目	センサ	型番
風速 U (動圧)	ピトー管	ツクバリカセイキ φ 6-380LTR
	圧力計	サヤマトレーディング S10-2KP-DG
回転数 n	光センサ (回転計)	OMRON E3Z-R61
	F/V コンバータ	TEXAS INSTRUMENTS LM2907N-8 (図 2.1.4)
抗力 D	ロードセル	共和電業 LUX-B-50N-ID UNIPULSE UNLRS-200N-FG
軸出力 P	トルク計	HBM T22
出力電圧	分圧回路	-
出力電流	電流センサ	LEM HX 10-P

使用したプロペラブレード(図 2.1.5,6)の緒元は表 2.1.2 の通りである. プロペラブレードの最初の数字(11, 12, 13)は直径(inch)であり, 次の数字は, 固定ピッチプロペラとして使用した際のピッチ(inch)を表してい

る.

①~⑤は購入時の状態からブレードをハブから切り離し, 図 2.1.7,8 に示すプロペラアダプタを用い, 各プロペラブレードの取付角を変化させて計測を行った. それに伴い, 直径は, 元のプロペラブレードの直径よりもプロペラブレードアダプタの径方向サイズ分(46mm)だけ大きくなっている. 今後, プロペラブレードアダプタを使用したもの(①~⑤)に関しては, ヘリブレードの取付角  $x^\circ$ , 13×p インチプロペラの取付角  $x$ ンというように「取付角  $x^\circ$ 」という語句を語尾に付け加える表現をし, 「取付角  $x^\circ$ 」という語句を付け加えていないものに関しては, プロペラブレードアダプタを使用していないもの(⑥~⑫)を表すこととする.

表 2.1.2 使用したプロペラブレード

#	プロペラブレード	取付角 [角度]	回転直径 $D_p$ [mm]	メーカー
①	ヘリブレード (対称翼)	0, 10, 20, 40, 60	376	JR プロポ
②	13x4 インチプロペラブレード	0, 5, 10, 20, 40, 60, 90	376	APC propeller
③	13x6.5 インチプロペラブレード	0	376	APC propeller
④	13x8 インチプロペラブレード	0	376	APC propeller
⑤	13x10 インチプロペラブレード	0, 5, 10, 20, 40, 60, 90	376	APC propeller
⑥	11x5.5 インチプロペラブレード	---	279	APC propeller
⑦	11x7 インチプロペラブレード	---	279	APC propeller
⑧	11x8 インチプロペラブレード	---	279	APC propeller
⑨	11x8.5 インチプロペラブレード	---	279	APC propeller
⑩	11x10 インチプロペラブレード	---	279	APC propeller
⑪	12x8 インチプロペラブレード	---	305	APC propeller
⑫	13x8 インチプロペラブレード	---	330	APC propeller

回転計(光センサ)電源とトルク計電源の電圧はそれぞれ 12V と 13V とし, サンプル

ング周波数は 20kHz, サンプル数は 60,000 点(3 秒)とした. 発電電流の増加関数(図 2.1.9,10)であるトルクを変化させるため, 電子負荷で発電電流あるいは抵抗を制御して, 軸出力を変化させた. 13×10 インチプロペラブレードの取付角 0° は接続する電気抵抗を小さくしていく方向に電子負荷の制御を行ったが, それ以外は電流を大きくしていった. 主に電流制御を用いたのは, 13×10 インチプロペラブレードの取付角 0° で試験的に抵抗制御と電流制御の両方を行った際に電流制御の方がトルクが安定したからである. これは, トルクと電流が比例関係にあるからだと考えられる(図 2.1.9,10).

風速は, ヘリブレードの取付角 0° が 12m/s, ヘリブレードの取付角 10° が 12, 15, 18, 21m/s, ヘリブレードの取付角 20° が 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30m/s とし, それ以外は 21, 24, 27, 30m/s を目標値とした. ヘリブレードの取付角 0, 10° で風速を上げられなかったのは, ヘリブレードの回転数が過大になり装置を壊す恐れがあり, 抗力もロードセルの定格容量を超えたためである. 風速  $U$  [m/s]は, 圧力計から得られた動圧  $\Delta h$  [Pa]と気温  $T$  [°C]と気圧  $P_{atm}$  [Pa]より

$$U = 395.673 \sqrt{\frac{\Delta h(1 + 0.00366T)}{P_{atm}}} \quad (2.1.1)$$

である.

ロードセルは, ヘリブレードの取付角 0, 10° では UNLRS-200N-FG を用い, それ以外のプロペラブレードには LUX-B-50N-ID を用いた. また, UNLRS-200N-FG ロードセルを用いた際は, 図 2.1.11 のようにロードセルを固定した. 本試験では発電用に 2 種

類のモータを使用しており, ①～⑤が HYPERION 社製 Z4020-16(HYPERION モータ), ⑥～⑫が HACKER 社製 A40-12S V2(HACKER モータ)である. HYPERION モータに関しては, 整流回路の定格電流が 15 A であり, プロペラブレードからの入力トルクがこれを上回ることが予想されたので, モータのデルタ結線をスター結線に配線し直し, KV 値を  $1/\sqrt{3}$  (291rpm/V)にすることで入力トルクに対する発電電流値を下げた.

電子負荷で発電電流を制御するため, モータにより発電された AC 電圧電流を DC 電圧電流に変える目的で整流回路を用いた. 回生時のモータ軸出力と電子負荷における消費電力の間には, 配線での電圧降下やモータ効率, 整流回路等に起因する発電効率の低下が作用していると考えられるが, 本実験では, プロペラブレードが生じさせるトルクをトルク計で直接計測することで軸出力を求めているため, これらの電気的要素は軸出力の計測値に影響しない.

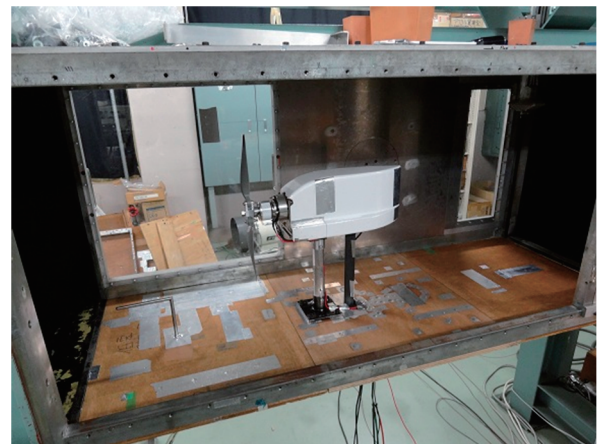


図 2.1.1 試験装置外観  
(プロペラアダプタ使用時)



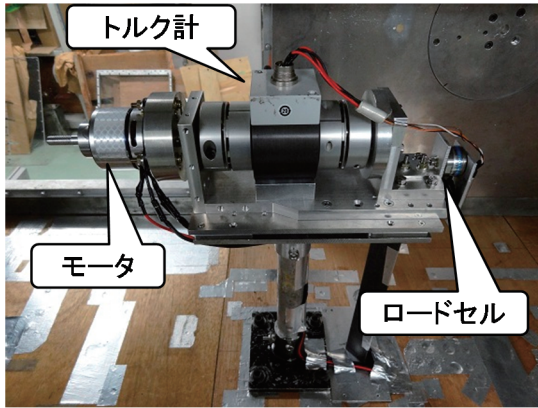


図 2.1.2 試験装置内部

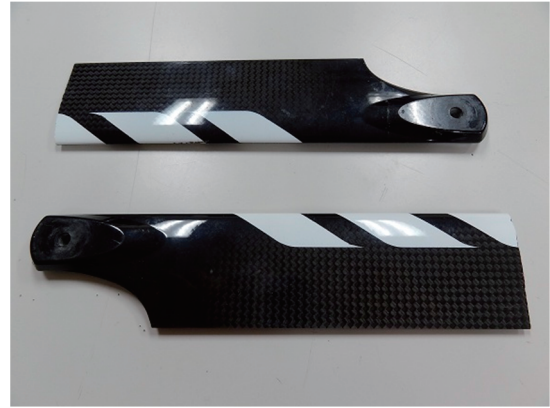


図 2.1.5 ヘリブレード

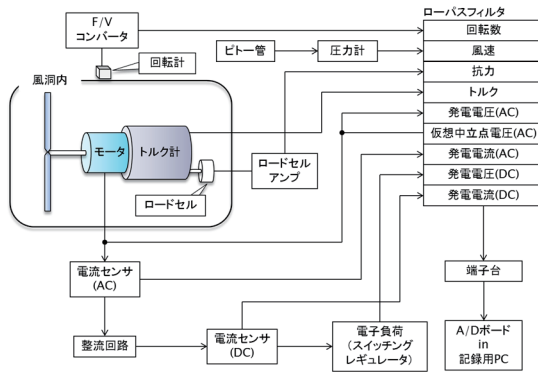


図 2.1.3 計測系概要

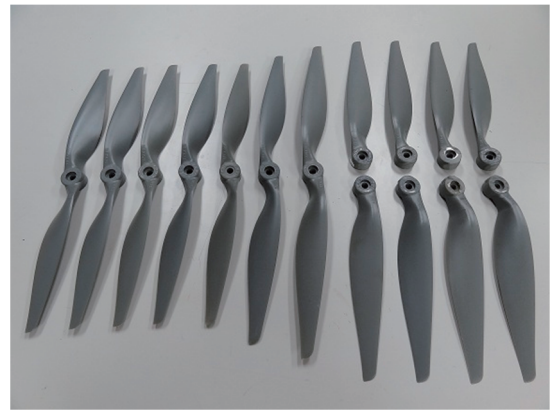


図 2.1.6 プロペラ

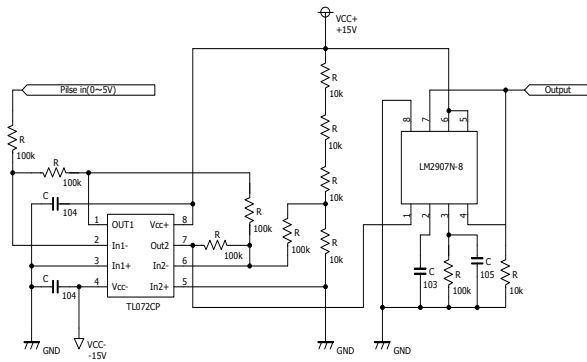


図 2.1.4 F/V コンバータ



図 2.1.7 プロペラアダプタ

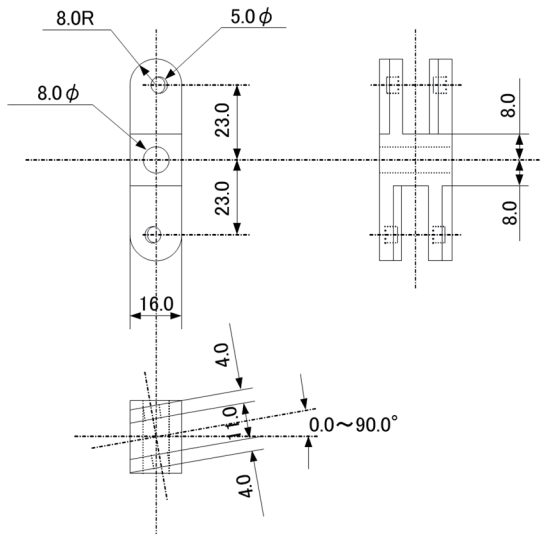


図 2.1.8 プロペラアダプタ緒元

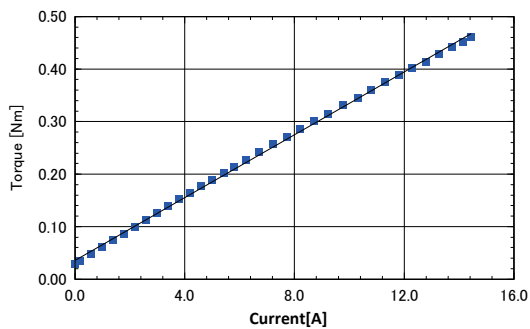


図 2.1.9 HYPERION モータの電流-トルク特性

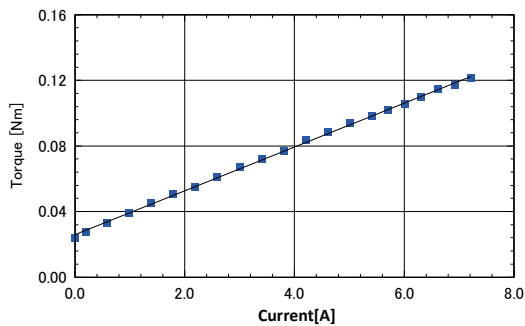


図 2.1.10 HACKER モータの電流-トルク特性

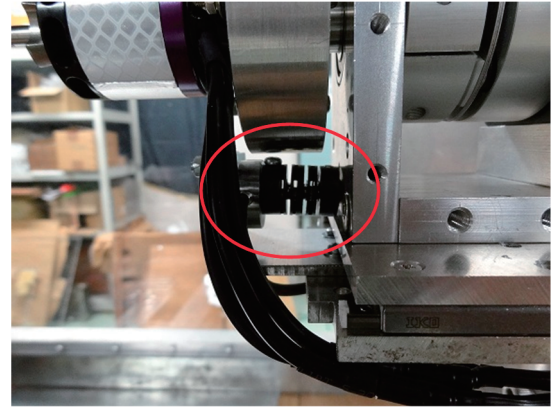


図 2.1.11 推力計測時のロードセル配置

## 2.1.2 パラメータの定義

本稿では、軸出力を抗力は正の値として算出する。

軸出力  $P_{sh}$ [W]は、

$$P_{sh} = 2\pi nQ \quad (2.1.2)$$

である。ただし、

$\pi$  : 円周率,  $n$  : 回転数[rps],  $Q$  : トルク [Nm]

また、プロペラの推進の特性を定義する指標として利用される進行率  $J$ 、推力係数  $C_T$ 、パワー係数  $C_P$  を、エネルギー回生の特性を定義する指標としても用いた。ただし、エネルギー回生の際は、推進の際と作用する力の方向が逆であるので、 $C_T$ 、 $C_P$  に負号を付け、負の値とする。

$J$ 、 $C_T$ 、 $C_P$  (いずれも無次元数) は次式で示される。

$$J = \frac{U}{nD_p} \quad (2.1.3)$$

$$C_T = -\frac{D}{\rho n^2 D_p^4} \quad (2.1.4)$$

$$C_P = -\frac{P_{sh}}{\rho n^3 D_p^5} \quad (2.1.5)$$

ただし、

U：風速[m/s],  $D_p$ ：プロペラ直径 [m], D：抗力[N],  $\rho$ ：空気密度 [kg/m<sup>3</sup>]

効率 $\eta$ は、プロペラブレードが受けたエネルギー(風速×抗力)UD に対する軸出力  $P_{sh}$  の比率で定義する。すなわち、

$$\eta = \frac{P_{sh}}{UD} \quad (2.1.6)$$

である。ただし、この効率は、風車の効率を示す指標  $P_{out}/P_{wind}$  とは異なる。ここで、 $P_{wind}$  は風のもつ全エネルギー、 $P_{out}$  はそれから取り出せるエネルギーである。

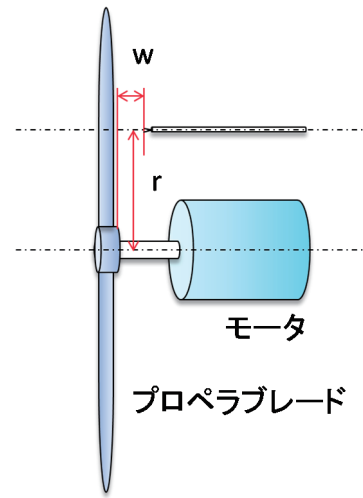


図 2.2.1 後流速度分布計測位置

## 2.2 後流速度分布計測

### 2.2.1 試験装置

本試験では 2.1.1 の条件に加えプロペラが推力を発生する状態において、プロペラ回転面において加減速された流速の分布を計測する。計測には表 2.2.1 に示す熱線流速計を用いた。

表 2.2.1 流速分布計測装置

項目	製造元	型番
センサ	日本カノマックス	0223
プローブ	JAXA	-
流速計	ユキ電子	CTA011



図 2.2.2 熱線流速計

### 2.2.2 計測位置

本試験は、2.1 と同じ装置構成に加え、熱線流速計を図 2.2.1,2 に示すようにプロペラブレードの後方で半径方向へトラバースすることにより、プロペラブレードの後流速度分布を計測した。計測したプロペラブレード及び計測位置を表 2.2.2 に示す。

表 2.2.2 プロペラブレード及び計測位置

プロペラブレード	取付角 [deg]	w [mm]	r/R
ヘリブレード	40	20	0.42-1.01
13x10 インチ	0	12	0.42-1.01
11x8 インチ	0	9.5	0.31-1.1
13x8 インチ	0	9.5	0.35-0.94

※R:プロペラ半径(=D<sub>p</sub>/2)

### 2.2.3 計測条件

計測条件として、風速(Wind Velocity)の目標値を 21, 30m/s の 2 通り、プロペラブレードの動作状態として、P1：軸出力最小, P2：P1 と最大軸出力の間, P3：最大軸出力点, P4：最大軸出力点よりも抗力が大きい点の 4 通りとした。P1,P2,P3,P4 を高い風速の点のみ、発電特性を取得した際の軸出力と抗力の関係のグラフを用いて図 2.2.3-6 に示す。なお、図 2.2.3-6 には風速 30m/s のケースにのみ P1,P2,P3,P4 の表記をしている。同様に推力を発生する状態について 11×8 インチプロペラブレードと 13×8 インチプロペラブレードを用いて計測を行った。その際の

計測条件を表 2.2.3 に示す. さらに, 計測した流速の時系列データにはプロペラブレードの通過周期でアンサンブル平均を施した.

表 2.2.3 計測条件(推力発生時)

プロペラ ブレード	風速 [m/s]	回転数[rpm]
11x8 インチ	9	4000,5000,6000,7000
	27	8000,9000
13x8 インチ	9	4000,5000,6000
	27	7500,8000

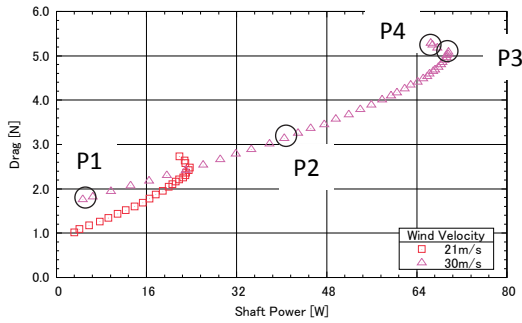


図 2.2.3 後流計測条件

(ヘリブレード取付角 40°, 30m/s のみ表記)

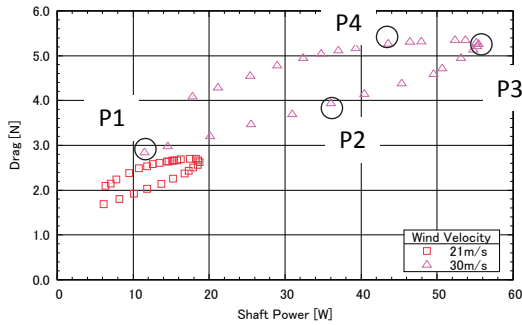


図 2.2.4 後流計測条件

(13 流計測インチ取付角 0°, 30m/s のみ表記)

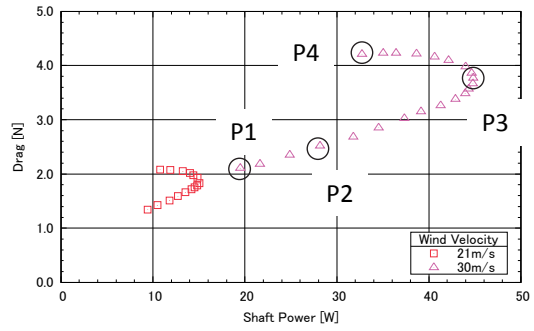


図 2.2.5 後流計測条件

(11x8 インチ取付角 0°, 30m/s のみ表記)

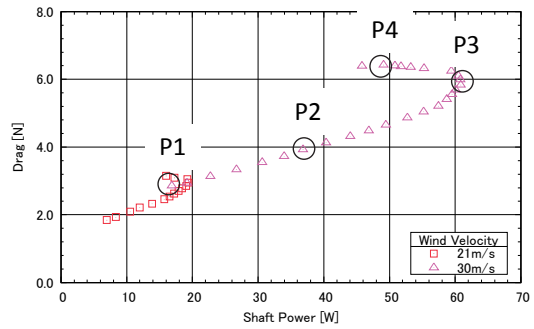


図 2.2.6 後流計測条件

(13x8 インチ取付角 0°, 30m/s のみ表記)

## 第3章 試験結果

### 3.1 エネルギー回生特性

各ブレードの軸出力を風速、ブレード直径、ピッチ、取付角で比較する。

なお、13x4、13x10 インチプロペラブレードの取付角  $90^\circ$  は、他のプロペラブレードの回転とは逆回転であった。これはこのほかのケースにおいてはブレード翼素が奥山<sup>14)</sup>の指摘する風車状態にあり、翼素に作用する揚力が推進時と同方向にプロペラブレードを回転させる成分を持つのに対し、これら2ケースは揚力の作用方向が取付角の増加と共に傾き推進時と逆方向に回転させる方向を向くためである。

なお、ブレード回転面に流入する流れはプロペラブレードにより減速されるが、減速の割合が大きすぎると、風洞の送風機が目標値まで主流を増速しきれず、主流速度が目標値を下回る場合がある。この減速の度合いはほとんどのプロペラブレードにおいておよそ3.5%未満であり、最も減速幅の大きいヘリブレードの取付角  $0^\circ$  の状態でも、13.4m/s の風速目標値に対し10%程度である。なお、以降では特に断らない限り奥山<sup>14)</sup>の指摘した推力(抗力)による一様流速補正後の値を示すものとする。

#### 3.1.1 回転数と軸出力の関係

プロペラブレードから得られる軸出力と回転数の関係を図3.1.1.1~3.1.1.4にそれぞれ示す。このほかのプロペラブレードについては補遺を参照されたい。ここでは図2.1.1のように試験装置を設置し、風洞を起動し風速を目標値まで上げたのちに、電子負荷を調節し発電電流を増していく方法で

発電状態を変化させていった。どのプロペラブレードも発電電流を零から増す、すなわち軸トルクが増すにつれて、回転数は小さくなっていった。同様に軸出力も回転数の減少とともに増加していくが、ある値で最大値を取った後に減少に転じる傾向を示した。また、計測時に軸出力が最大値を取らなかったプロペラブレードもあるが、これらは整流回路や電子負荷の電氣的な側面で制約があったために計測できなかったものであり、電氣的制約がなければ最大値を取った後、減少に転じていたと思われる。

図3.1.1.1から、風速の増加に伴い各回転数における軸出力は大きく増加している。しかし各風速における軸出力の最大値  $P_{max}$  を風車の理論的な最大出力<sup>16)</sup> $P_{betz}$ と比較すると、図3.1.1.5のようになり、ヘリブレード取付角  $20^\circ$  では実際の軸出力は理論値のおよそ2割程度であることが分かる。回生時における最大出力条件およびブレードの設計パラメータとの関連については後述する。

また図3.1.1.2から、ブレード回転直径が増すにつれて、ほとんどの回転数領域においても軸出力が増していることが分かる。しかしどのブレード回転直径においても  $P_{max}$  をとる回転数は大きく変わらない。

図3.1.1.3から、ピッチのより小さいプロペラブレードの方がより高い回転数、すなわちより小さい進行率で  $P_{max}$  をとることがわかる。さらに  $P_{sh}=0$  となる回転数もピッチが小さくなるにつれて大きくなると思われる。同様に図3.1.1.4から、取付角(ピッチ角)についても小さくなるにつれてより高い回転数で  $P_{max}$  をとり、 $P_{sh}=0$  となる回転数も大

きくなると共に、取付角の小さい方が  $P_{\max}$  も大きくなっている。加えて図 3.1.1.4 から、回転数の小さい領域においては一部の取付角を除いてどの取付角でも回転数と軸出力が比例していることが分かる。これは発生するトルクがほぼ一定であるということであり、これが回転数とプロペラブレードの取付角、つまりブレード翼素の迎角に依存していないことから、大部分の翼素において流れは迎角による影響の少ない状態あると考えられる。

### 3.1.2 軸出力と抗力の関係

プロペラブレードの発生する抗力と軸出力の関係を図 3.1.2.1～3.1.2.4 に示す。図 3.1.2.1 から、風速の増加とともに軸出力と同じく抗力も増加している。3.1.1 と同様に発電状態を変化させると、抗力は軸出力が最大値を取った後も増加しており、一般的な風車の傾向と一致している。しかし、図 3.1.2.5,6 に示すように一部のプロペラブレードに関しては、軸出力がある値で最大値を取った後、抗力がわずかに減少する傾向も見られた。これらのケースを含め、式 (2.1.4) で定義された  $C_T$  を比較すると図 3.1.2.7 のようになり、どのケースも  $J$  が増加する(回転数が減少する)につれて  $C_T$  が増加する傾向は変わっていない。上記から抗力が減少したのは、回転数が減少に伴う翼素に作用する動圧の減少が原因の一つと考えられる。

図 3.1.2.3-4 から同一の軸出力においてピッチ又は取付角が極端に大きい場合を除いて、ピッチ又は取付角の大きい方が抗力が小さいことが分かる。少なくとも取付角については可変ピッチプロペラをフェザリン

グさせていくことになり、風車状態における抗力が減少していくのは一般的なプロペラの特徴そのものである。

ところで、航空機においてはプロペラブレードの発生する抗力が機体の揚抗比に大きく影響するため、プロペラブレードはなるべく小さな抗力で大きな軸出力が得られることが望ましい。よって、プロペラを回生状態で運用する場合には、低抗力高軸出力領域、すなわち図 3.1.2.1-6 において、より右下の領域で動作させることになる。これは図 3.1.1.1-4 においては軸出力が最大値をとる状態より高回転側の領域であり、このときプロペラブレードは正転かつ比較的推進状態に近い回転数となる。電動化航空機においては、モータの発電電流を調整することで、任意の動作点を選択できるため、対気速度等の飛行状態に応じて軸出力又は抗力を任意の値に制御できる。さらに可変ピッチプロペラであれば、取付角も調整することで軸出力と抗力の両方を任意の値に調整することが可能である。

### 3.1.3 進行率と効率の関係

式(2.1.6)の定義によって算出した効率  $\eta$  と進行率  $J$  の関係を 3.1.3.1-4 に示す。図 3.1.3.1 から、今回試験した範囲では風速により効率は大きく変化しない。しかし図 3.1.3.3-4 から、ピッチ及び取付角を変化させると最大効率が変化することが分かる。さらにピッチ及び取付角を大きくすると最大効率をとる進行率が大きくなっており、これは推進状態で使用するプロペラの特性和同様である。

軸出力と抗力の傾向と式(2.1.6)より、効率がある  $J$  において最大値を持つことが推測

でき、本試験における最大効率率は図 3.1.3.5 に示すようにヘリブレードでは最大で 0.6 程度、他のプロペラブレードでは図 3.1.3.4 から最大で 0.45 程度である。ただし、その時発生する抗力もヘリブレードの方が大きいため、実際の運用においては機体全体の飛行性能に与える影響を考慮する必要がある。

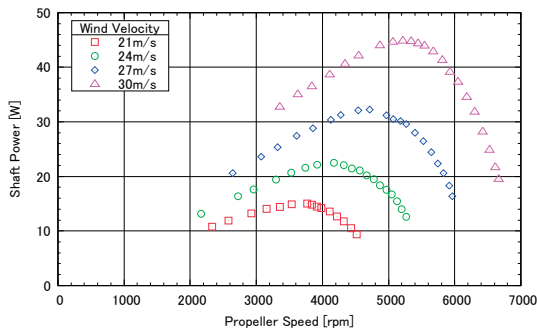


図 3.1.1.1 軸出力と回転数の関係

(11×8 インチプロペラブレード固定ピッチ)

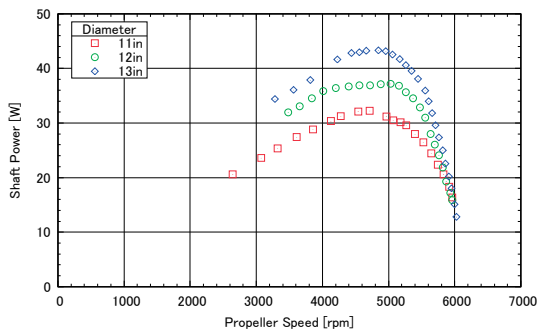


図 3.1.1.2 軸出力と回転数の関係

(8 インチピッチプロペラブレード固定ピッチ, U=27m/s)

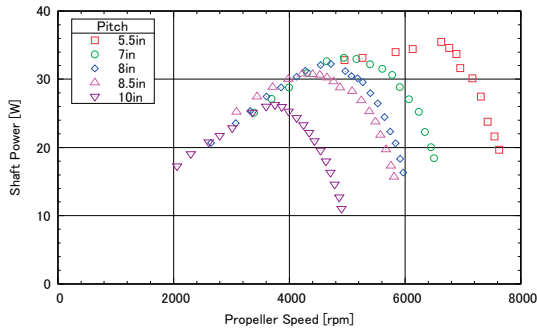


図 3.1.1.3 軸出力と回転数の関係

(直径 11 インチピッチプロペラブレード固定ピッチ, U=27m/s)

チ, U=27m/s)

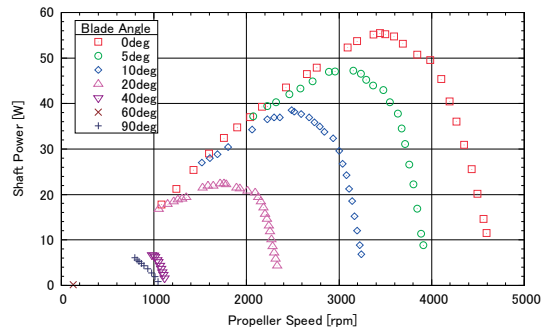


図 3.1.1.4 軸出力と回転数の関係

(13x10 インチプロペラブレード, U=30m/s)

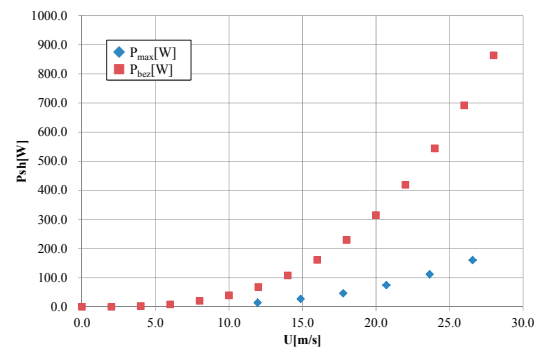


図 3.1.1.5 最大軸出力と風速の関係

(ヘリブレード, 取付角 20°)

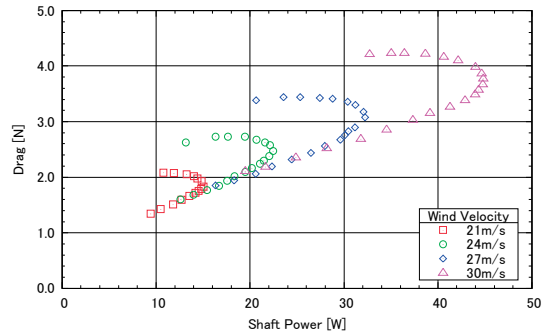


図 3.1.2.1 抗力と軸出力の関係

(11×8 インチプロペラブレード固定ピッチ)

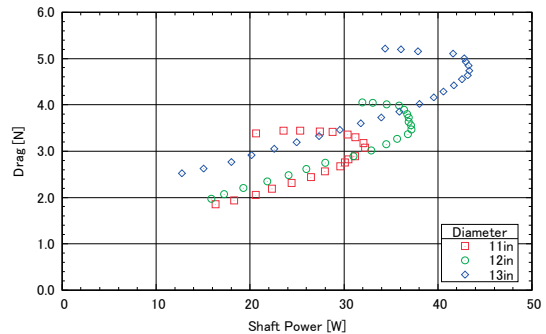


図 3.1.2.2 抗力と軸出力の関係

(8 インチピッチプロペラブレード固定ピッチ, U=27m/s)

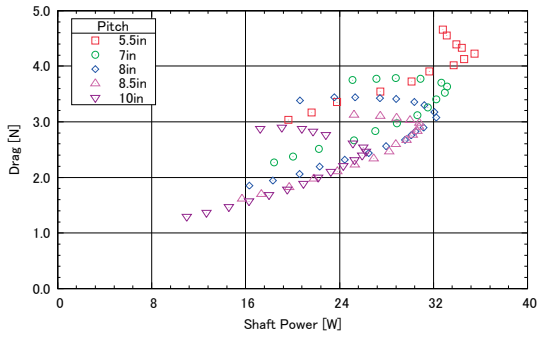


図 3.1.2.3 抗力と軸出力の関係

(直径 11 インチピッチプロペラブレード固定ピッチ, U=27m/s)

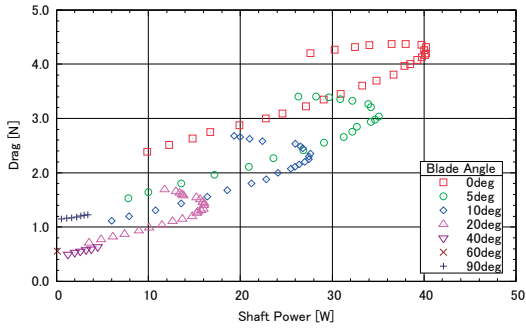


図 3.1.2.4 抗力と軸出力の関係

(13x10 インチプロペラブレード, U=27m/s)

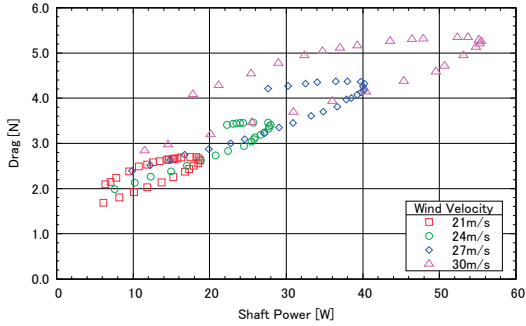


図 3.1.2.5 抗力と軸出力の関係

(13x10 インチプロペラブレード, 取付角 0°)

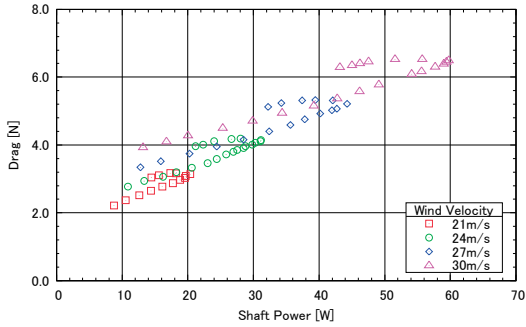


図 3.1.2.6 抗力と軸出力の関係

(13x8 インチプロペラブレード, 取付角 0°)

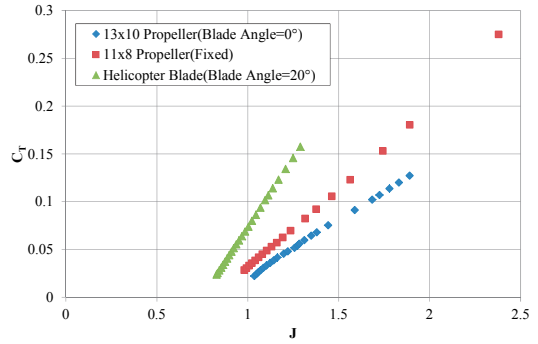


図 3.1.2.7 推力係数と進行率の関係

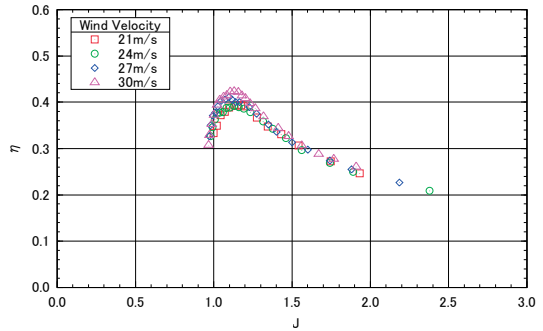


図 3.1.3.1 効率と進行率の関係

(11x8 インチプロペラブレード固定ピッチ)

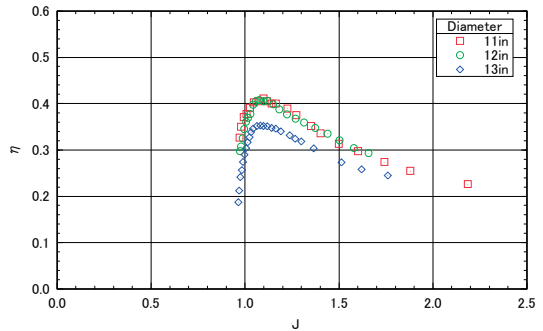


図 3.1.3.2 効率と進行率の関係

(8 インチピッチプロペラブレード固定ピッチ, U=27m/s)

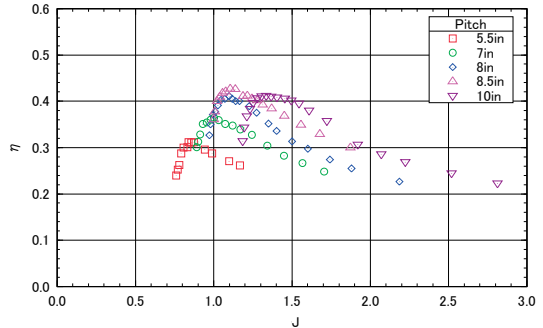


図 3.1.3.3 効率と進行率の関係

(直径 11 インチピッチプロペラブレード固定ピッチ, U=27m/s)



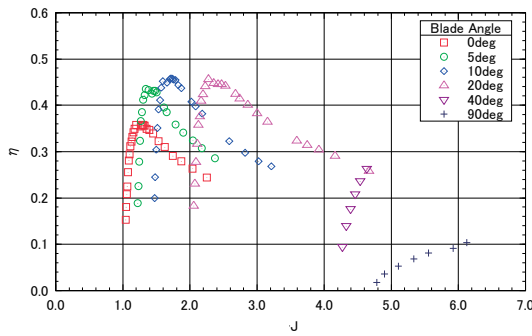


図 3.1.3.4 効率と進行率の関係

(13x10 インチプロペラブレード, U=27m/s)

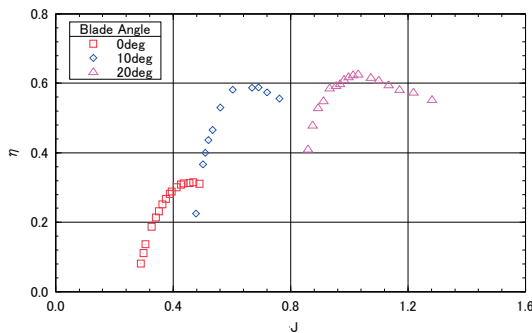


図 3.1.3.5 効率と進行率の関係

(ヘリブレード, U=12m/s)

## 3.2 後流速度分布

### 3.2.1 ブレード回転面径方向の後流速度分布

プロペラブレード翼素への単位時間あたりの流入質量は

$$\frac{dm}{dt} = 2\pi r dr \rho U \quad (3.2.1)$$

である。ただし、 $\pi$ :円周率,  $r$ :プロペラブレード回転面径方向位置[m],  $dr$ : $r$ における翼素の微小幅[m],  $\rho$ :大気密度[kg/m<sup>3</sup>],  $U$ :風速[m/s]である。ここで、ある回転面径方向位置においてプロペラブレード前後で質量保存の法則が成り立つと仮定すると、プロペラブレードにエネルギー回生をさせたとき、プロペラブレードにより  $u_{Dx}$ [m/s]減速されたとし、プロペラブレード前と後の単位時間あたりの運動量はそれぞれ

プロペラブレード前

$$p_0 = 2\pi r dr \rho U \times U \quad (3.2.2)$$

プロペラブレード後

$$p_1 = 2\pi r dr \rho U \times (U - u_{Dx}) \quad (3.2.3)$$

ゆえに局所抗力  $D_{local}$ [N/m]は

$$\begin{aligned} D_{local} &= (p_0 - p_1) / dr \\ &= 2\pi r \rho U \times U - 2\pi r \rho U \times (U - u_{Dx}) \\ &= 2\pi r \rho U u_{Dx} \end{aligned} \quad (3.2.4)$$

プロペラブレードに推力を発生させた場合は、プロペラブレードにより  $u_{Tx}$ [m/s]増速されたとし、プロペラブレード前と後の単位時間あたりの運動量はそれぞれ

プロペラブレード前

$$p_0 = 2\pi r dr \rho U \times U \quad (3.2.5)$$

プロペラブレード後

$$p_1 = 2\pi r dr \rho U \times (U + u_{Tx}) \quad (3.2.6)$$

ゆえに局所推力  $T_{local}$ [N/m]は

$$\begin{aligned} T_{local} &= (p_1 - p_0) / dr \\ &= 2\pi r \rho U \times (U + u_{Tx}) - 2\pi r \rho U \times U \\ &= 2\pi r \rho U u_{Tx} \end{aligned} \quad (3.2.7)$$

となる。

式(3.2.4), (3.2.7)にそれぞれ、 $U$ :ピトー管の風速、 $u_{Dx}$ と  $u_{Tx}$ :ピトー管と熱線流速計で計測した風速の差、 $\rho$ :実験時の大気密度とし、代入してグラフ化した。エネルギー回生時のものを図 3.2.1.1-2 に、推進時のものを図 3.2.1.3-4 に示す。縦軸は局所抗力あるいは局所推力、横軸は計測位置  $r$  をプロペラブレードの半径  $R$  で無次元化した値である。計測された運用状態は 2.2.2 で図示したが、P1:最も低い軸出力点, P2:最も低い軸出力と最大軸出力の間, P3:最大軸出力点, P4:最大軸出力点よりも

抗力が大きい点である。

### 3.2.1.1 エネルギー回生時

図 3.2.1.1 からヘリブレードの局所抗力は  $r/R=0.43$  の翼素での値が最大となり、外側にいくにしたがって抗力は小さくなる傾向にある。さらにブレード回転面の中心付近の局所抗力は  $P1>P2>P3>P4$  であるのに対し、翼端付近では  $P4>P3>P2>P1$  となっている。運用点が  $P1$  っている。運用点がと変化していくにつれて、外側の翼素で抗力が増加しており、この部分がプロペラ全体の抗力増加に主に寄与しているものと思われる。後流速度分布を図 3.2.1.5 に示す。図 3.2.1.5 から、主流も局所抗力と同様にブレードハブ付近で最も減速されており、一般的なプロペラ型風車の後流分布<sup>17)</sup>と傾向は一致している。

これに対し図 3.2.1.2 から、プロペラブレードにおける局所抗力はブレード回転中心付近ではない部分で最も大きくなっており、上述のヘリブレードの分布と異なる分布となっている。最大値をとる位置は  $P1$  付近ではない部分での運用点の変化に対し、 $r/R=0.6\sim 0.8$  付近でブレード回転面外周側から中央方向へ推移しておりその値も大きくなっている。特に  $P4$  については径方向に局所抗力が急激に変化する点が存在し、そこから外周へ向かうにつれて抗力は小さくなる。後流速度分布を図 3.2.1.6 に示す。こちらについても、減速幅の最も大きくなる半径位置は運用点の変化に伴いブレード回転面外周側から中央へ向かって変化している。 $P4$  では外周側において減速幅が小さくなっていく傾向となっているが、外周部における減速幅は他の運用点と大きな差はない。図 3.2.1.2 からブレード回転面中央部の局所抗力は  $P4>P3>P2>P1$  であるのに対し、

外周部では  $P4,P3<P2,P1$  とヘリブレードと逆の傾向を示している。プロペラ全体の抗力は  $P4>P3>P2>P1$  であることから、 $P3,P4$  においては  $r/R<0.6$  に局所抗力のブレード全体の抗力に及ぼす影響が大きいと考えられる。このような分布となる原因の一つとしては砂田ら<sup>15)</sup>が指摘したようにプロペラブレードのねじり分布により、回生時においては外周部の翼素で 0 に近い値をとるのに対し中央部では負の値となる点が挙げられる。

### 3.2.1.2 推進時

図 3.2.1.3-4 から、どちらの流速でも回転数の増加に伴い局所推力の最大値をとる位置がブレード回転面外周方向へ移動しており、 $r/R>0.9$  では一様に局所推力は減少している。加えて回転数が増加するにつれて局所推力の最大値と最小値の差が大きくなっていることから、回転数の増加による推力増加は主として  $r/R>0.6$  の部分の寄与によるものと思われる。つまり回生時と比較すると、推進時にはブレード回転面外周部で主要な推力を発生し、回生時にはブレード回転面中央部で大きな抗力を発生しているといえる。

また図 3.2.1.4 における  $N_p=7000\text{rpm}$  のケースでは、プロペラブレードは回生している状態ではないが、プロペラブレード全域にわたって抗力を発生しており奥山<sup>14)</sup>のいうブレーキ状態となっている。この回転数から回生を始める  $N_p<6200\text{rpm}$  にかけて局所推力(抗力)の分布が図 3.2.1.2 の  $P1$  のような分布に定性的には一致していくと推測される。

## 3.2.2 後流速度の時間変動

回生時のプロペラブレードの後流速度をブレードの回転位相に同期して 1 周期分アンサ

ンブル平均したものを図 3.2.2.1-4 にそれぞれ示す。各図において点線はプロペラブレードが熱線流速計プローブ上流を通過した時刻を表しているが、表 2.2.2 に示すようにプローブはブレード回転面から 9.5mm 下流にあるため、ブレード通過時刻に対しずれた時刻でその影響は検知されていることに注意されたい。図 3.2.2.1-4 から、どの運用点においてもブレード通過の前後で急激な速度変化があるが、その他の時間帯では変動は小さい。P1 では各計測位置における  $u_{local}$  の最小値は大差ないが、運用点が P1 小値は大差ないが、と変化するにつれて、 $u_{local}$  の  $U$  に対する減速幅が大きく、すなわち速度の最小値が小さくなっている。特に  $r/R=0.41, 0.53$  においては  $u_{local}$  の最小値だけでなく、後述するように減速している位相も長いために、局所抗力も大きくなっていると思われる。また、 $r/R=0.41$  ではどの運用点でも  $u_{local}$  は  $U$  まで回復せず、ブレードが回転している間、常に減速していることが分かる。逆に  $r/R=0.95$  ではほとんどの位相で  $u_{local} \approx U$  となっており、 $0.41 < r/R < 0.95$  の計測位置ではブレード中央に近いほど  $u_{local} < U$  となっている位相が長くなっている。

これに対し、推進時のプロペラブレード後流速度のアンサンブル平均値を図 3.2. 2.5-7 に示す。ブレードの通過により  $u_{local}$  が減少するのは回生時と同様だが、推力を発生している  $N_p=7500, 8000rpm$  においてはブレード通過の前後で増速幅が大きいことが分かる。この増速幅はブレード中央に近いほど大きいですが、外周部 ( $r/R=0.82, 0.88, 0.94$ ) においては回生時と同様に  $u_{local}$  の時間変動が小さい、つまり  $u_{local} > U$  となっている位相が長く、長時間にわたり平均的に推力を発生していると言える。

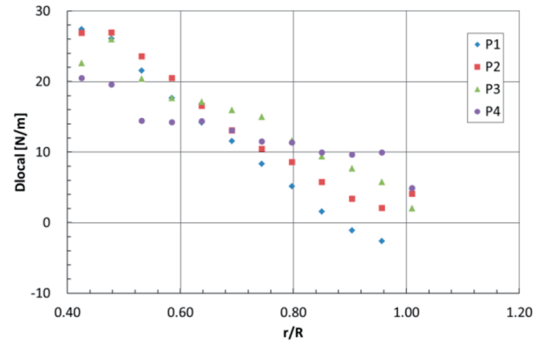


図 3.2.1.1 エネルギー回生時の局所抗力 (ヘリブレードの取付角 40°, 風速 21m/s)

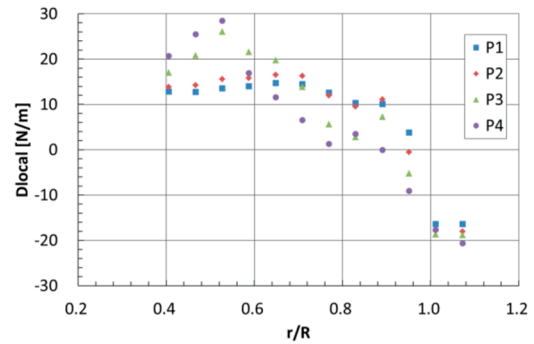


図 3.2.1.2 エネルギー回生時の局所抗力 (13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 21m/s)

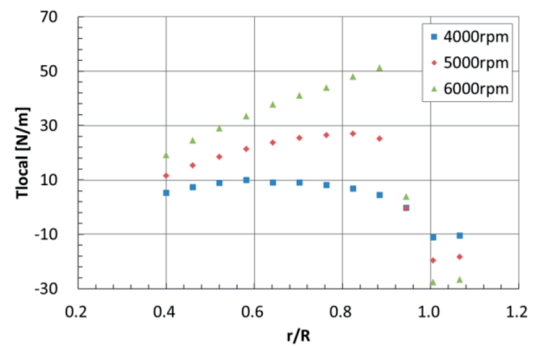


図 3.2.1.3 推進時の局所推力 (13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 9m/s)

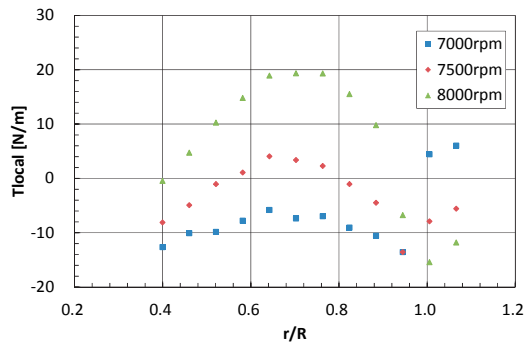


図 3.2.1.4 推進時の局所推力  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 27m/s)

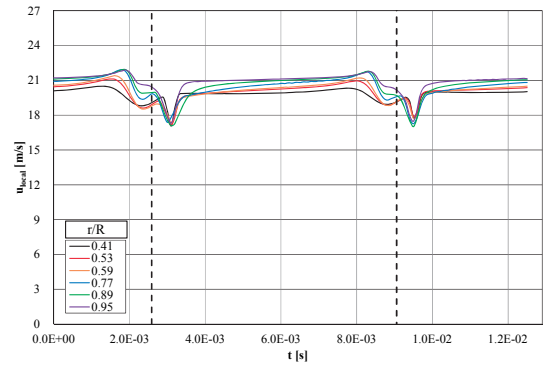


図 3.2.2.1 エネルギー回生時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 21m/s, P1)

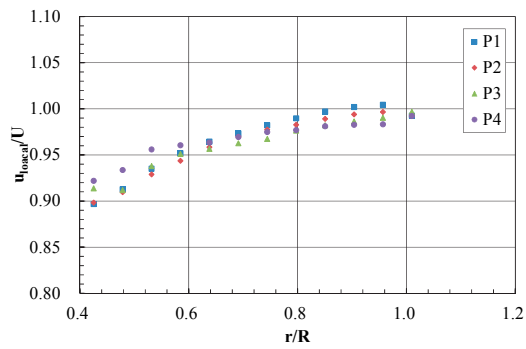


図 3.2.1.5 エネルギー回生時の速度分布  
(ヘリブレードの取付角 40°, 風速 21m/s)

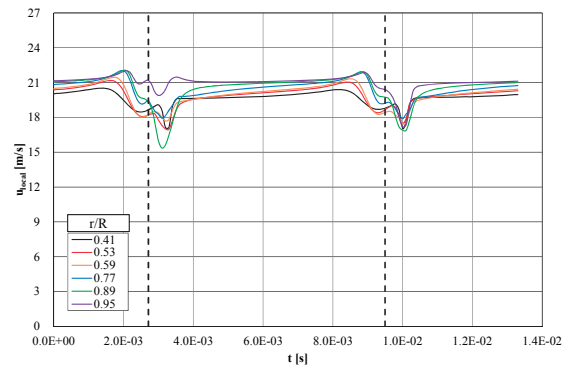


図 3.2.2.2 エネルギー回生時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 21m/s, P2)

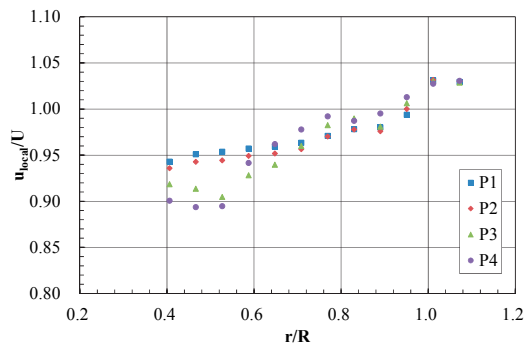


図 3.2.1.6 エネルギー回生時の速度分布  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 21m/s)

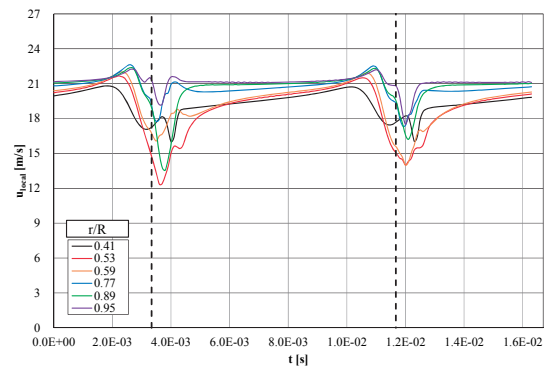


図 3.2.2.3 エネルギー回生時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 21m/s, P3)

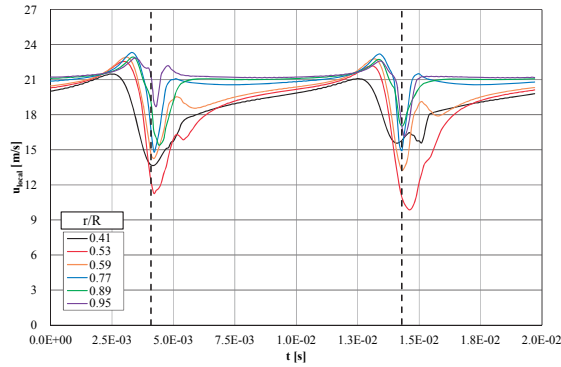


図 3.2.2.4 エネルギー回生時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 21m/s, P4)

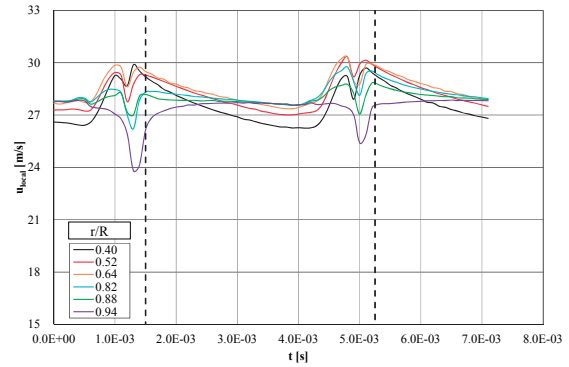


図 3.2.2.7 推進時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 27m/s, 8000rpm)

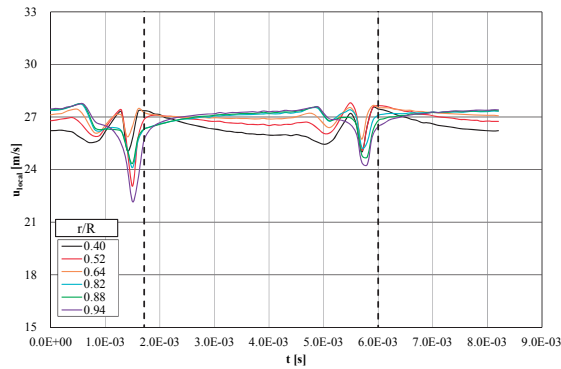


図 3.2.2.5 推進時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 27m/s, 7000rpm)

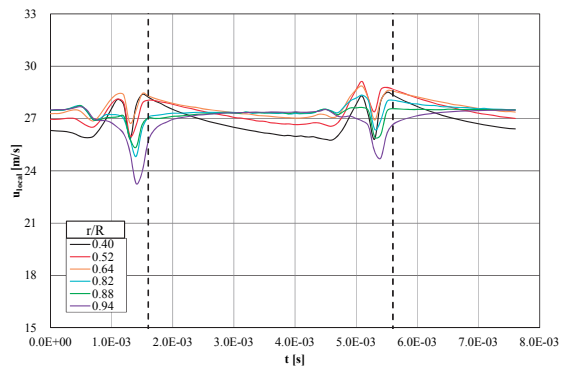


図 3.2.2.6 推進時の速度推移  
(13×8 インチプロペラブレード固定ピッチ, 風速 27m/s, 7500rpm)

### 3.3 最大回生条件

既に述べたようにプロペラを用いて回生を行う場合には単位時間あたりに回生可能なエネルギーには上限が存在する。ここではプロペラブレードの回生時の軸出力が最大になる条件について検討する。一般のプロペラでは推進効率などの特性は進行率の関数としてあらわされるため、ここでも進行率によって整理することを考える。図 3.3.1 に  $P_{sh}$  が最大値  $P_{max}$  となる時のプロペラ回転数  $N_{Pmax}$  と  $U$  の関係を示す。図 3.3.1 から  $N_{Pmax}$  は  $U$  に比例することが分かる。これは軸出力が最大となる時進行率  $J_{Pmax}(=U/(N_{Pmax}D_p))$  は  $U$  によらず一定であることを示している。つまり、

$$N_{Pmax} = C_u U \quad (C_u = const) \quad (3.3.1)$$

とすると、

$$J_{Pmax} = \frac{U}{N_p D_p} = \frac{1}{C_u D_p} = const \quad (3.3.2)$$

であり、 $J$  の関数である  $C_T, C_P$  等もほぼ一定となる。すなわち、

$$P_{max} = \rho N_p^3 D_p^5 C_P \quad (3.3.3)$$

(3.3.1)式を考慮して、

$$P_{max} = \rho (C_u U)^3 D_p^5 C_P \quad (3.3.4)$$

ここで風車の理論最大出力  $P_{\text{betz}}$  を  $\eta_{\text{betz}}$  を Betz 効率(=0.593)として

$$P_{\text{betz}} = \frac{1}{2} \rho U^3 \frac{D_p^2}{4} \pi \eta_{\text{betz}} \quad (3.3.5)$$

とすれば、 $P_{\text{max}}$  の  $P_{\text{betz}}$  に対する割合は、

$$\frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{betz}}} = \frac{\rho(C_u U)^3 D_p^5 C_P}{\frac{1}{2} \rho U^3 \frac{D_p^2}{4} \pi \eta_{\text{betz}}} \quad (3.3.6)$$

となり、さらに(3.3.2)式を考慮すると

$$\frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{betz}}} = \frac{8C_u^3 D_p^3 C_P}{\pi \eta_{\text{betz}}} = \frac{8C_P}{\pi J_{P_{\text{max}}}^2 \eta_{\text{betz}}} \quad (3.3.7)$$

でこちらも  $U$  によらず一定となる。図 3.3.2 に本試験により得られた  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  と  $U$  の関係を示すと、やはり上述したようにどのプロペラブレードについても  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  は  $U$  によって変化せず、一定の値をとることが分かる。また、図 3.3.3 に  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  と取付角の関係を示す。図 3.3.3 からわかるように、どのプロペラブレードも取付角が小さくなるほど  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  は大きくなり、ヘリブレードではその最大値は 0.8 近くになる。一方、13×10 インチプロペラブレードでは  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  は 0.1 未満であり、風車としての性能はヘリブレードに劣るが、 $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  は取付角を  $20^\circ \rightarrow 0^\circ$  とすることで 2.5 倍以上に増加しこちらも取付角が大きく影響している。

### 3.4 推進性能と回生性能

プロペラブレードの形状設計パラメータには、ブレード長さ(回転半径)やブレード枚数、ソリディティといった全体的なもの他に、局所的なパラメータとして翼素の翼型や翼弦長、 $\beta$ の分布などがある。これらを決定する設計プロセスにおいては、吸収馬力や対気速度等の要求仕様に合わせて推進効率を最大化するように上記パラメータ

が決定される。例えば、各翼素の $\beta$ の分布、翼型及び翼弦長などは各翼素の誘導速度を加味した上で、有効迎角が最適となるよう設定される。回生時における翼素の動作状態について奥山<sup>14)</sup>の行った考察によれば、回生状態にあるブレード翼素は気流に対し負の有効迎角を持ち、単位幅あたりの回生パワーは有効迎角が負の領域で、翼素揚抗比が極大となる値で実現されるため、この翼素揚抗比の極大値が大きい対称翼型をブレード翼素として用いる方が非対称翼型より回生パワーを大きくとりやすいと考えられる。また $\beta$ の分布については砂田ら<sup>15)</sup>が調べたように、推進条件で最適設計されたプロペラブレードでも、推進条件に対し取付角を  $10^\circ$  前後減少させることで、翼素迎角の分布を揚抗比の高い迎角( $<0$ )に近づけることができている。これは図 3.3.3 に示す傾向と一致し、取付角  $0^\circ$  における  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  は約 0.07 で本試験で得られた値と大きな差はない。ただし上記のように取付角を  $-10^\circ$  前後にした場合でも、算出された  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  は 0.2 以下と見込まれる。

これまでに示したようにプロペラブレードを回生に用いる場合、一般的なプロペラブレードよりヘリブレードの方が  $P_{\text{max}}/P_{\text{betz}}$  及び回生効率の双方において優っている。その原因としては、ヘリブレードは対称翼型を用いている点が挙げられるが、 $\beta$ の分布やソリディティの差の影響についても明らかにするには更なる検討が必要である。ただし、ソリディティすなわち翼素翼弦長の分布や $\beta$ の分布は推進時の性能を大きく左右する設計パラメータであるため、回生時の性能を改善するために翼素翼弦長や $\beta$ の分布を変更することは、各ブレード翼素の

推進条件における最適設計点から外れることとなり、推進効率を損なうなどの推進性能上のデメリットを生じる可能性がある。このようにプロペラブレードの推進性能と回生性能はトレードオフの関係にある。運用シーンとして回生動作も想定するプロペラブレードは、ブレード形状の設計プロセスにおいて回生特性を評価し、 $\beta$ 分布や翼型などの設計パラメータを調整するステップを加える必要があると思われる。その一方で取付角については、推進時の値より小さい領域まで可動範囲を広げることで  $P_{\max}/P_{\text{betz}}$  を大きく改善でき、可変ピッチプロペラであれば上記のような推進時のデメリットは生じにくい。

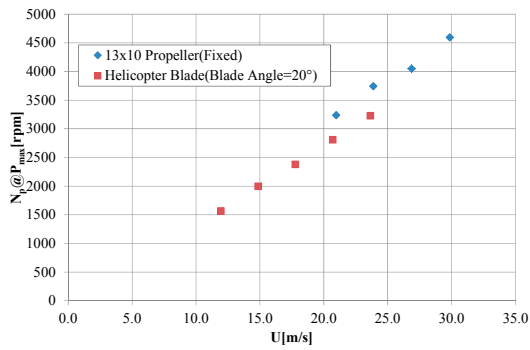


図 3.3.1 最大出力時の回転数と風速の関係

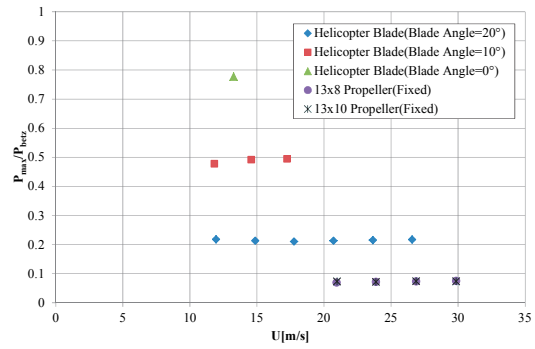


図 3.3.2  $P_{\max}/P_{\text{betz}}$  と風速の関係

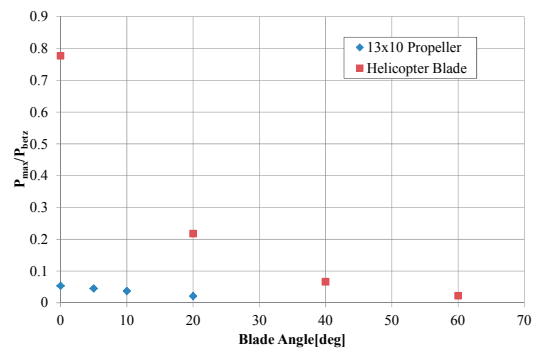


図 3.3.3  $P_{\max}/P_{\text{betz}}$  と取付角の関係

## 第4章 実機における性能検討

風試結果をもとに、実機が降下する際のエネルギー回生効果について検討する。高度や速度が変化する航空機のエネルギー収支は次式で与えられる<sup>2)</sup>。

$$(T - D)U = mg \frac{dH}{dt} + mU \frac{dU}{dt} \quad (4.1.1)$$

ただし、

T	推力[N]
D	全機体抗力[N]
U	機体速度[m/s]
m	機体質量[kg]
g	重力加速度(9.80665 m/s <sup>2</sup> )
H	高度[m]

$dH/dt$  は正の場合は上昇率(rate of climb)、負の場合は降下率(sinking rate)となる。

高度 H から滑空速度  $U_{gen} = \text{const}$  で定常滑空降下した場合、式(4.1.1)の右辺第二項が0( $dU/dt=0$ )となるので、 $T=0$  とすると  $dH/dt$  は

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{DU_{gen}}{mg} \quad (4.1.2)$$

であり、高度 H [m]降下するのに要する時間  $T_{gen}[s]$ は

$$T_{gen} = -\frac{H}{\left(\frac{dH}{dt}\right)} = \frac{mgH}{DU_{gen}} \quad (4.1.3)$$

ゆえに、プロペラブレードのエネルギー回生時の軸出力が  $P_b[W]$ である時、回生エネルギー  $E_{gen}[J]$ は

$$E_{gen} = P_b T_{gen} = \frac{P_b mgH}{DU_{gen}} \quad (4.1.4)$$

である。高度 H 分の位置エネルギー  $E_{pot}$  は  $mgH$

[J]であるので、軸出力ベースの位置エネルギー回生効率 $\eta_{gen}$ は

$$\eta_{gen} = \frac{E_{gen}}{E_{pot}} = \frac{P_b}{DU_{gen}} \quad (4.1.5)$$

ここで、D を、プロペラを除いた機体抗力  $D_0[N]$ とプロペラの抵抗  $D_b[N]$ に分けて考えると、式(4.1.5)は

$$\eta_{gen} = \frac{P_b}{(D_0 + D_b)U_{gen}} \quad (4.1.6)$$

また、巡航時のプロペラの必要馬力を  $P_{th}[W]$ 、巡航速度を  $U_c[m/s]$ とすると回生エネルギー  $E_{gen}$ で増加する巡航時間  $T_c[s]$ と到達距離  $L_c[m]$ は発電及び充放電効率、巡航時モータ効率をそれぞれ $\eta_{cd}, \eta_{mc}$ として

$$T_c = \frac{E_{gen} \eta_{cd} \eta_{mc}}{P_{th}} \quad (4.1.7)$$

$$L_c = \frac{E_{gen} \eta_{cd} \eta_{mc}}{P_{th}} U_c \quad (4.1.8)$$

滑空と巡航を合わせた飛行時間  $T_{total}[s]$ と距離  $L_{total}[m]$ は

$$T_{total} = -\frac{H}{\left(\frac{dH}{dt}\right)} + T_c \quad (4.1.9)$$

$$L_{total} = -\frac{H}{\left[\left(\frac{dH}{dt}\right)\right]} U_{gen} + L_c \quad (4.1.10)$$

である。



エネルギー回生技術の適用先として Cessna Skyhawk 100 II(以下, Cessna 172)<sup>22)</sup>を想定し, プロペラ特性に本実験で取得したデータを適用する. この機体の大きさは, 現段階で実用化を目指している電動化航空機の大きさに適しており, 実際にこのクラスの機体において, 電動化航空機の開発が進められている<sup>23)</sup>.

表 4.1.1 に高度 1524m(5000ft)における Cessna 172 の機体特性<sup>24)</sup>を示す. 降下高度は 3048m(10000ft)とし, 大気密度はその中間高度 1524m (5000ft)での値(1.0556kg/m<sup>3</sup>)を代表値として今後の検討を進めるものとする.

表 4.1.1 Cessna 172 機体特性

速度 [m/s]	$D_0$ [kgf]	$L/D_0$	機体重量 [kgf]
25.5 (57mph)	127 (279lb)	7.8	1043 (2300lb)
26.8 (60mph)	118 (261lb)	8.4	
31.3 (70mph)	100 (221lb)	9.9	
35.8 (80mph)	92 (203lb)	10.8	
40.2 (90mph)	91 (200lb)	10.9	
44.7 (100mph)	94 (207lb)	10.6	
49.2 (110mph)	100 (221lb)	9.9	
53.6 (120mph)	109 (240lb)	9.1	
58.1 (130mph)	120 (265lb)	8.3	
62.6 (140mph)	133 (294lb)	7.4	
67.1 (150mph)	148 (326lb)	6.7	
68.8 (154mph)	154 (340lb)	6.4	

また, プロペラブレードの特性は 11×8.5 インチプロペラブレードのデータを用いた. これは 11×8.5 インチプロペラブレードの性能曲線(図 4.1.1.1)と Cessna 172 のプロペラブレードの性能曲線<sup>25)</sup>が, ほぼ同じ進行率で最大効率点を持ち, 類似していたためである.

速度  $U_c$  で巡航する Cessna 172 の必要馬力  $P_{th}[W]$ は, プロペラブレードの推進効率 $\eta_{th}$ と  $D_0$ より

$$P_{th} = \frac{U_c D_0}{\eta_{th}} \tag{4.1.11}$$

ここで,  $\eta_{th}$ を求める. 11×8.5 インチプロペラブレードの推進時における推力特性を図 4.1.1.2 に示す. 定常巡航時を仮定すると, 推力  $T=D_0$ であるので式(2.1.4)より

$$Thr = D_0 = C_T \rho n^2 D_p^4 \tag{4.1.12}$$

図 4.1.2 で,  $C_T$ に二次近似式を与えると

$$C_T = -0.177J^2 + 0.0278J + 0.117 \tag{4.1.13}$$

である.  $n$ も式(2.1.3)より  $J$ の関数であるので, Cessna 172 のプロペラ直径  $D_p=1.905m(75inch)$ として, 式(4.1.12)を  $J$ について解き, 11×8.5 インチプロペラブレードの性能曲線より $\eta_{th}$ が求まる.

表 4.1.2 に各巡航速度における  $J$ と $\eta_{th}$ と  $P_{th}$ を示す. なお,  $U_c=67.1, 68.8m/s(150, 154mph)$ においては, 必要馬力が最大出力馬力を超えるため, 記載していない.

表 4.1.2 巡航時のプロペラ特性

巡航速度 $U_c$ [m/s]	進行率 $J$	プロペラ 効率 $\eta_{th}$	必要馬力 $P_{th}$ [W]
25.5 (57mph)	0.23	0.44	72,327
26.8 (60mph)	0.27	0.49	63,417
31.3 (70mph)	0.39	0.63	48,631
35.8 (80mph)	0.48	0.71	45,415
40.2 (90mph)	0.55	0.75	47,901
44.7 (100mph)	0.59	0.76	53,962
49.2 (110mph)	0.62	0.77	62,833
53.6 (120mph)	0.64	0.77	74,179
58.1 (130mph)	0.65	0.77	88,628
62.6 (140mph)	0.66	0.77	105,856
最大出力	---	---	119,312 (160HP)

以上のデータを元に,  $\eta_{gen}$ を求める. 式

(2.1.4), (2.1.5)より  $D_b$ ,  $P_b$  は

$$D_b = -C_T \rho n^2 D_p^4 \quad (4.1.14)$$

$$P_b = -C_P \rho n^3 D_p^5 \quad (4.1.15)$$

11×8.5 インチプロペラブレードのエネルギー回生時における進行率と推力係数の関係および進行率とパワー係数の関係をそれぞれ図 4.1.1.3, 図 4.1.1.4 に示す. 回生時の両係数は進行率に対し線形であるとみなし, 下記のように近似する.

進行率と推力係数の関係

$$C_T = -0.154J + 0.129 \quad (4.1.16)$$

進行率とパワー係数の関係

$$C_P = -0.0920J + 0.0824 \quad (4.1.17)$$

これらと式(2.1.3)より  $C_T$ ,  $C_P$ ,  $n$  は  $J$  の関数であるので,  $J=1.8\sim 1.0$  の範囲で  $U_{gen}=25.5, 26.8, 31.3, 35.8, 40.2, 44.7, 49.2, 53.6, 58.1, 62.6, 67.1, 68.8\text{m/s}(57, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 154\text{mph})$  の時の  $D_b$ ,  $P_b$  を算出して式(4.1.6)に代入して  $\eta_{gen}$  を求めた(図 4.1.1.5). また, 横軸を  $U_{gen}$ , 縦軸を最大エネルギー回生効率  $\eta_{genmax}$  とし図 4.1.1.6 にプロットした. ただし,  $D_0$  は  $mg \div L$  ( $L$  [N]: 揚力)として

$$D_0 = mg \frac{D_0}{mg} \approx mg \frac{1}{L/D_0} \quad (4.1.18)$$

としている.

図 4.1.1.5, 4.1.1.6 をみると,  $U_{gen}$  が大きいほど  $\eta_{gen}$  が高く,  $U_{gen}$  が大きくなるにつれ  $\eta_{gen}$  はおよそ 0.13 付近に漸近していく. また, どの  $U_{gen}$  においても進行率が 1.3 付近で最大効率を持つことがわかる.

次に,  $T_c$  と  $L_c$  を求める.  $T_c$  については, Go-around を念頭に最大出力を出せる時間も

合わせて求めた.  $E_{gen}$  は  $\eta_{gen}$  が最大となる時の値を用いて算出している. また, ここでは  $\eta_{mc}$  を 92%<sup>26)</sup>,  $\eta_{cd}$  を 87%(=92%×95%)<sup>27)</sup>と仮定する.  $H$  は 10000ft,  $U_{gen}$  は 26.8, 35.8, 40.2, 53.6, 62.6m/s (60, 80, 90, 120,140mph)の 5 通りについて算出した. ただし, 上述したように大気密度は  $H=1524\text{m}$  (5000ft)の値を代表値として用いている. 算出された  $T_c$ ,  $L_c$  を図 4.1.1.7~4.1.1.8 にそれぞれ示す.

図 4.1.1.7 から  $T_c$  は必要馬力が最小となる  $U_c=35.8\text{m/s}$  (80mph)で最大となり, 図 4.1.1.8 から  $L_c$  は  $L/D_0$  が最大となる  $U_c=40.2\text{m/s}$  (90mph)の時に最も長くなるということが分かる.  $T_c$ ,  $L_c$  の最大値をそれぞれ  $T_{cmax}$ ,  $L_{cmax}$  とすると,  $U_{gen}$  との関係は図 4.1.1.9 のようになり,  $\eta_{gen}$  と同様に  $U_{gen}$  の増加とともにある値に漸近していく. また, Go-around をすることになった場合には, 最大出力を維持可能な時間  $T_{pmax}$  は図 4.1.1.10 のようになり, 最大でおよそ 30 秒弱程度の間上昇することが可能であり,  $H=0\text{m}$  における最大上昇率は  $689\text{fpm}$ <sup>23)</sup>であるので, 104m (340ft)程度の上昇が可能である. そして, これらの場合, 予め余分に積んでいるエネルギーをエネルギー回生で補うことで, バッテリーの重量を軽くすることができる.

さらに, エネルギー回生をせずに滑空降下した際( $L_c=0$ ,  $T_c=0$ ) の滑空時間と距離を表 4.1.3 に示す. なお, この時  $D_b=0$  と仮定している.

表 4.1.3 エネルギー回生をせずに滑空降下した際の滑空時間と距離(H=10000ft)

$U_{gen}$ [m/s]	$T_{total}$ [s]	$L_{total}$ [km]
26.8	955.2	25.6
35.8	893.9	32.0
40.2	825.9	33.2
53.6	516.8	27.7
62.6	361.0	22.6

式(4.1.9), (4.1.10)より, それぞれの滑空速度, 巡航速度において  $T_{total}$  と  $L_{total}$  を求め表 4.1.3 と比較すると, エネルギー回生を行った場合は, 回生を行わずに降下した場合よりも滑空時間と距離が短くなる.

以上より, プロペラブレードによるエネルギー回生技術は, 航続時間や航続距離の延長には効果が見込めない一方, 下記のようなミッションには有効であると考えられる.

- ・ 空域制限などにより意図的に大きな降下率を確保しなければならない場合
- ・ 航空写真の撮影や災害調査, 飛行訓練などで, 高度変更時に大きな降下率が必要であるミッション

また, 回生エネルギーの利用法としては次のことが挙げられる.

- ・ 着陸滑走距離を短くするために, プロペラブレードを空カブレーキとして用いる際の利用.
- ・ ロイター飛行や Go-around をする際の利用.

最後に誤差要因について考える. まず, 最初に 11×8.5 インチプロペラブレードと実機のプロペラブレードの性能曲線による差異による影響が挙げられる. 両プロペラブレードの

効率の差は最大効率時に最大となり, 11×8.5 インチプロペラブレードの方が約 5%小さい. この原因としてブレード形状はもとよりレイノルズ数の違いによるものが考えられる. 主要翼素におけるレイノルズ数は, 11×8.5 インチプロペラで  $1.0 \times 10^4$  であり実機のプロペラで  $6.0 \times 10^5$  程度であることを考慮すると, 奥山ら<sup>28)</sup>が調べたように本検討では  $\eta_{th}$ ,  $C_T$ ,  $C_P$  を過小評価している可能性がある.

次に, 大気密度においた仮定の影響が挙げられる. 今回は計算の簡易化のため, 一律に中間高度 1524m(5000ft)での大気密度を用いたが, 実際には当然降下中の高度変化により大気密度は変化する. 0m(0ft)での標準大気密度は  $1.2250\text{kg/m}^3$  であり, 今回計算で用いた最大高度である 3048 m(10000ft)での大気密度は  $0.9048\text{kg/m}^3$ <sup>24)</sup>であるため, どの高度から降下を開始するかでプロペラの特性だけでなく, 対気速度, 揚抗比, 必要馬力, エネルギー回生時の抗力とエネルギー回生量等にも影響する.

最後に, 機体にプロペラブレードをインストールした際の, プロペラブレード後流と機体との干渉が挙げられが, これは今後の検討課題である.

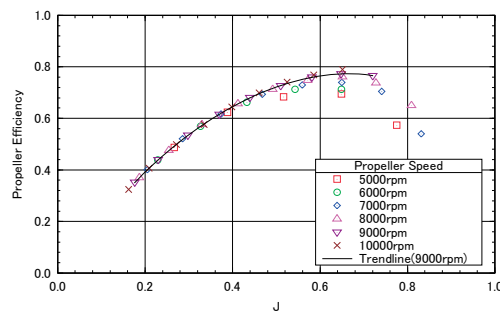


図 4.1.1.1 推進効率(11×8.5 インチプロペラブレード)

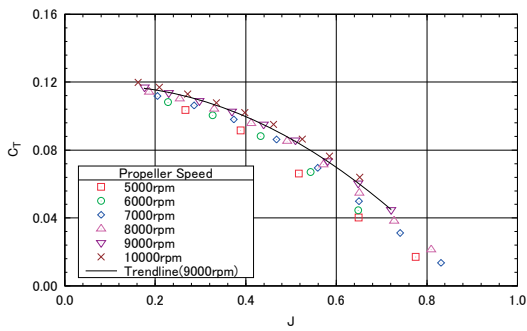


図 4.1.1.2 進行率と推力係数の関係(11×8.5 インチプロペラブレード推進時)

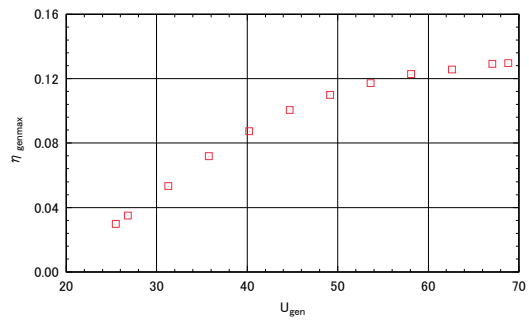


図 4.1.1.6 最大エネルギー回生効率と進行率の関係

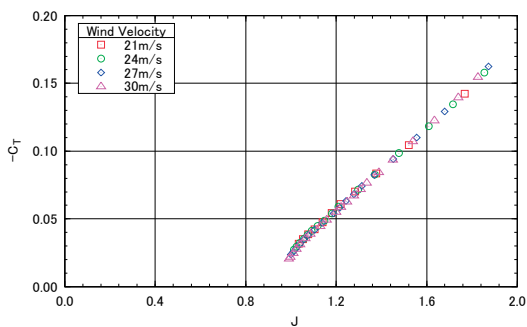


図 4.1.1.3 進行率と推力係数の関係(11×8.5 インチプロペラブレード回生時)

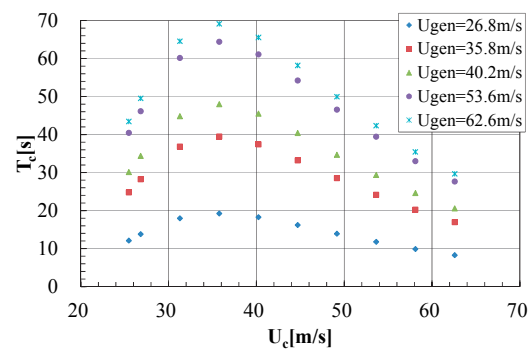


図 4.1.1.7 H=10000ft から回生降下した場合の増加巡航時間

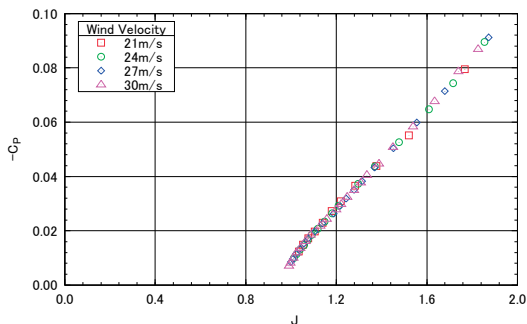


図 4.1.1.4 進行率とパワー係数の関係(11×8.5 インチプロペラブレード回生時)

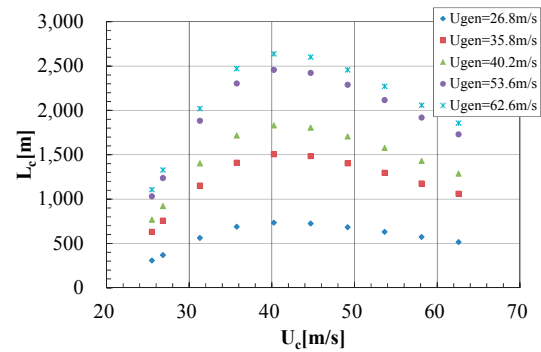


図 4.1.1.8 H=10000ft から回生降下した場合の増加巡航距離

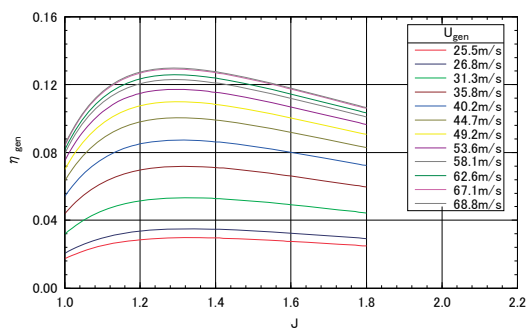


図 4.1.1.5 Cessna172 のエネルギー回生効率

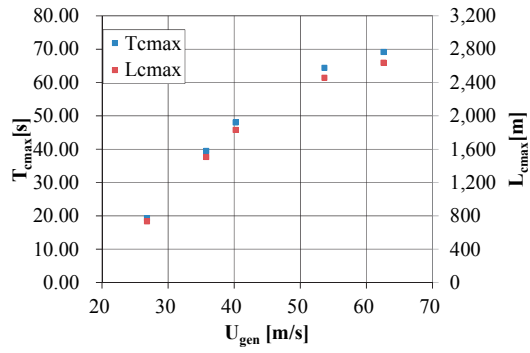


図 4.1.1.9  $U_{gen}$  と  $T_{cmax}, L_{cmax}$  の関係

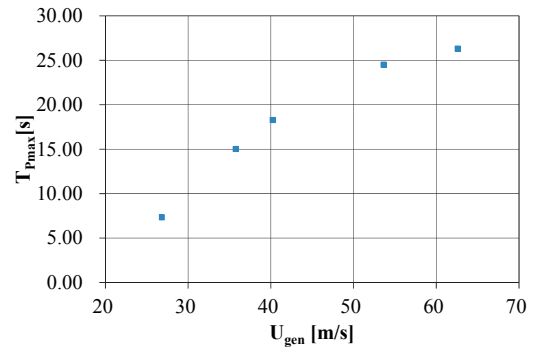


図 4.1.1.10  $U_{gen}$  と最大出力維持可能時間の関係

## 第5章 まとめ

電動化航空機では、従来のエンジン機では現実的ではなかったことが実現できる。本報告ではそのうちの一つである、プロペラブレードによるエネルギー回生について議論してきた。まず基礎データとして、小型低乱風洞に設置されたモータ兼発電機に取り付けたプロペラブレードの回転数、抗力、軸出力を計測し、エネルギー回生特性を取得した。これに加え、熱線流速計によって、プロペラブレードの後流を計測した。

発電特性の計測では、プロペラブレードが生み出すトルクを大きくしていくと、軸出力はある値で最大値を取った後に減少に転じる傾向を示し、抗力は増加、回転数は減少する傾向を示した。また、風速およびブレードの回転直径が大きいほど、ピッチおよび取付角が小さいほど最大軸出力と抗力が大きくなり、その時の進行率も小さいすなわち回転数も高くなる。試験で得られた最大軸出力の理論値に対する割合は風速によらず一定であり、これも取付角が小さくなると大きくなることに加え、ヘリブレードの方が一般的なプロペラブレードより大きな値をとる。また、同じプロペラブレードであれば、ある取付角の範囲であれば、回転数の低い領域では、軸出力と回転数の関係は取付角に依存しない。効率は、ある

進行率において最大となる値があり、ヘリブレードでは最大 60%程度、一般的なプロペラブレードでは最大 45%程度であった。この効率はプロペラブレードの取付角によって変化し、効率が最大となる取付角が存在する。また、可変ピッチプロペラにおいては回生時の軸出力と抗力を任意の値に制御することができる。

回生時におけるプロペラブレードの後流は主にブレード回転面中心部で減速されており局所抗力が大きくなっているが、推進時には逆に主に外周部で増速され局所推力が大きくなっている。局所速度はブレード通過の前後で大きく変化するものの、回生時にはブレード回転面中央部、推進時には外周部において一様流速より速度が増減している時間が長くなっている。

風試によって得られた基礎データをもとに Cessna 172 を想定した飛行性能検討を行った結果、降下時に適切に回生を行うことで位置エネルギーの約 10%を回生できる可能性が示された。しかし、エネルギー回生を行った場合は、回生を行わずに降下した場合よりも滑空時間と距離が短くなるため、状況に応じてこの技術の採用を決める必要がある。

## 参考文献

- 1) Penner, J.E. et al., “Aviation and the Global Atmosphere”, IPCC Special Reports on Climate Change  
<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/av-en.pdf>
- 2) 日原勝也, 岡野まさ子, 鈴木真二, “国際民間航空と地球環境問題~ICAOにおける最近の議論と今後について~”, 日本航空宇宙学会誌 57 巻 670 号, 2009
- 3) 岡井敬一, 本郷素行, 小林弘明, 田口秀之, 藤原仁志, “航空用代替燃料の動向”, 日本航空宇宙学会 42 期講演会, 2011
- 4) 岡井敬一, 西沢啓, “脱化石燃料航空機技術”, えあろすぺーす ABC, 日本航空宇宙学会誌 2010 年 10 月号
- 5) “Dr. Peter Harrop, Dr.Harry Zervos, “Electric Aircraft 2011-2021”,
- 6) Sigler, D., “Motor and Controller Technology”, CAFE Foundation Electric Aircraft Symposium, 2009.
- 7) 西沢啓, 小林宙, 岡井敬一, “電動化航空機の可能性と課題”, 日本航空宇宙学会第 41 期講演会, 2010
- 8) Boucher, R.J., “History Of Solar Flight”, AIAA Paper 84-1429, 1984
- 9) Dudley, M. and Misra, A., “Electric Airplane Power-system Performance Requirements”, CAFE Foundation Electric Aircraft Symposium, 2009.
- 10) Tine Tomazic 他, Pipistrel Taurus G4: on Creation and Evolution of the Winning Aeroplane of NASA Green Flight Challenge 2011, INVITED PAPER.  
[http://www.sv-jme.eu/data/upload/2011/12/02\\_2011\\_212\\_Tomazic\\_04.pdf](http://www.sv-jme.eu/data/upload/2011/12/02_2011_212_Tomazic_04.pdf)
- 11) 伊藤文博, 勝原正, 西沢啓, 泉耕二, “燃料電池航空機の成立可能性検討”, 第 43 回飛行機シンポジウム, 2005
- 12) 野村聡幸, 高橋則之, 久真司, 宮原啓, 高桑真, “燃料電池航空機に関する基礎的な成立性検討”, 第 47 回飛行機シンポジウム, 2009
- 13) 西沢啓, “電動化航空機の動向と JAXA における研究開発の概要”, 航空プログラムシンポジウム 2012.  
<http://www.apg.jaxa.jp/publication/pamphlets/pdf/apg2012-kouen03.pdf>
- 14) 奥山政広, 小林宙, 西沢啓”プロペラにおける風車状態の空力特性”, JAXA RM, 2015
- 15) 砂田茂, 野玉達郎”プロペラによるバッテリー充電に関する検討”, 日本航空宇宙学会第 45 期講演会, 2014
- 16) 牛山泉, “風車工学入門”, 森北出版株式会社, 2003.
- 17)[https://www.mhi.co.jp/products/pdf/wind\\_sonota\\_0312\\_01.pdf](https://www.mhi.co.jp/products/pdf/wind_sonota_0312_01.pdf)
- 18) 日本航空技術協会, “航空工学講座 第 6 巻 プロペラ”, 大應, 2010.
- 19) 小林宙, 西沢啓, 箱島秀昭, “電動逆回転プロペラの空カブレーキに関する研究”, 第 48 回飛行機シンポジウム, 2010
- 20) 岡井敬一, “将来の航空機エンジンを適用をめざした大口径軽量外周駆動モータ概念”, 日本機械学会誌トピックス, 日本機械学会誌 2009 年 11 月号.
- 21) EUROCONTROL EXPERIMENTAL CENTRE, “USER MANUAL FOR THE BASE

- OF AIRCRAFT DATA (BADA) REVISION 3.1”, EEC Technical /Scientific Report No. 12/04/10-45
- 22) Cessna Aircraft Company, “Skyhawk”  
<http://www.cessna.com/single-engine/skyhawk.html>
- 23) Cessna Aircraft Company, “Cessna and Bye Energy Developing Electric-Powered Proof-of-Concept Skyhawk”.  
<http://www.cessna.com/NewReleases/FeaturedNews/NewReleaseNumber-1192324720455.html>
- 24) Jhon McIver, “Cessna Skyhawk II / 100 Performance Assessment”, Temporal Images, 2003.  
<http://www.temporal.com.au/c172.pdf>
- 25) ALLSTAR Network, “Propeller Aircraft Performance and The Bootstrap Approach”, 2011-01-18.  
<http://www.allstar.fiu.edu/aero/BA-Background.htm>
- 26) 小林宙, 西沢啓, 岡井敬一, “航空機用電動推進系の動向と課題”, 第49回飛行機シンポジウム講演集, 2011
- 27) 資源エネルギー庁, “蓄電池技術の現状と取り組みについて”, 2009-04.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90225a05j.pdf>
- 28) 奥山政広, 中舘正顕, 河野敬, 木村善行, 近藤夏樹, “大型模型用プロペラ特性の取得と利用” 第49回飛行機シンポジウム, 2011



## 補遺

### A.1 エネルギー回生特性

各ブレードのエネルギー回生特性を図 A.1.1-162 及び表 A.1.1-27 にそれぞれ示す。

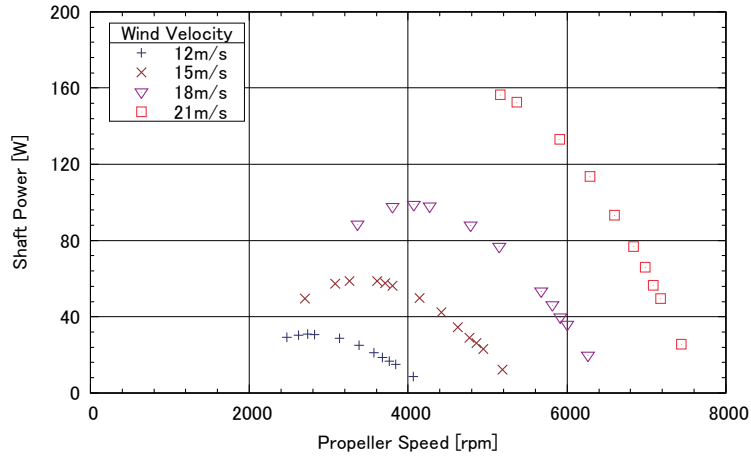


図 A.1.1 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 10° , 風速比較)

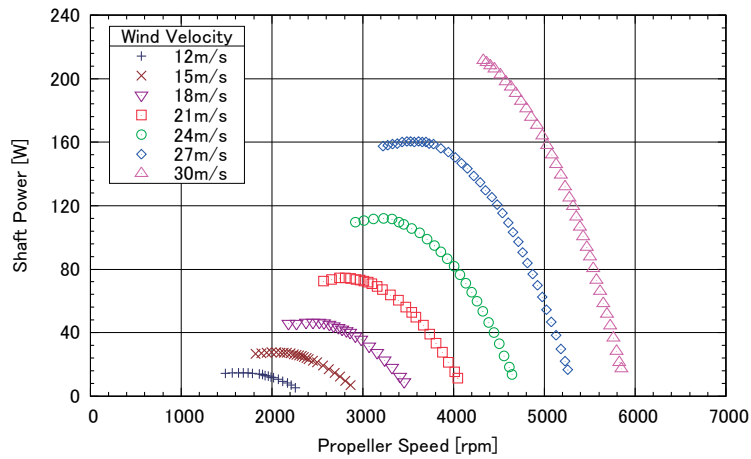


図 A.1.2 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 20° , 風速比較)

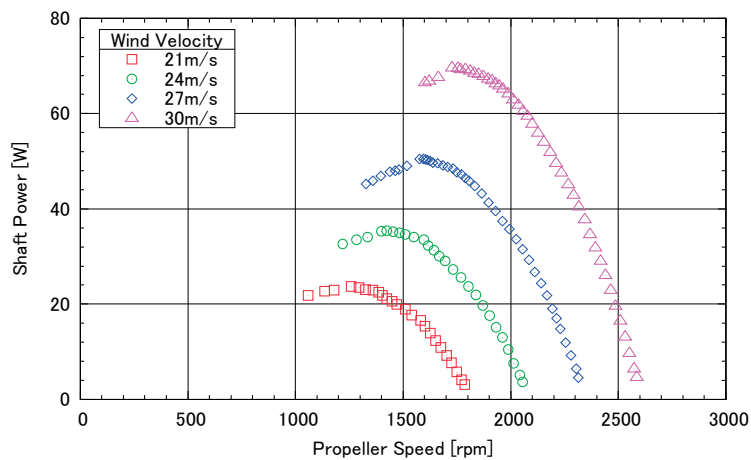


図 A.1.3 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 40° , 風速比較)

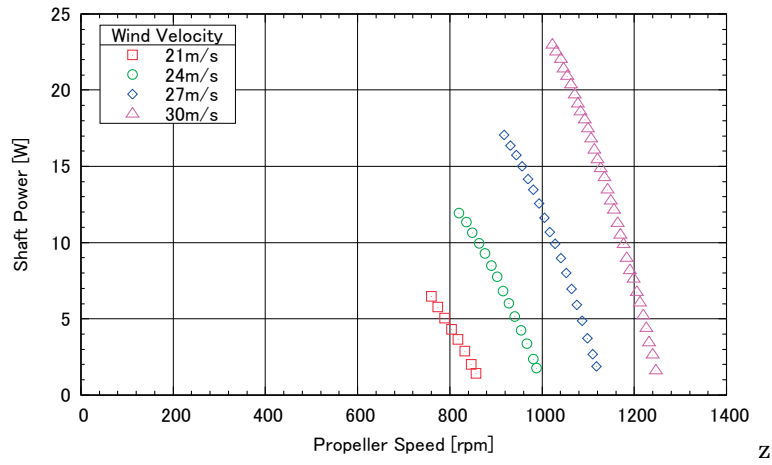


図 A.1.4 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角  $60^\circ$  , 風速比較)

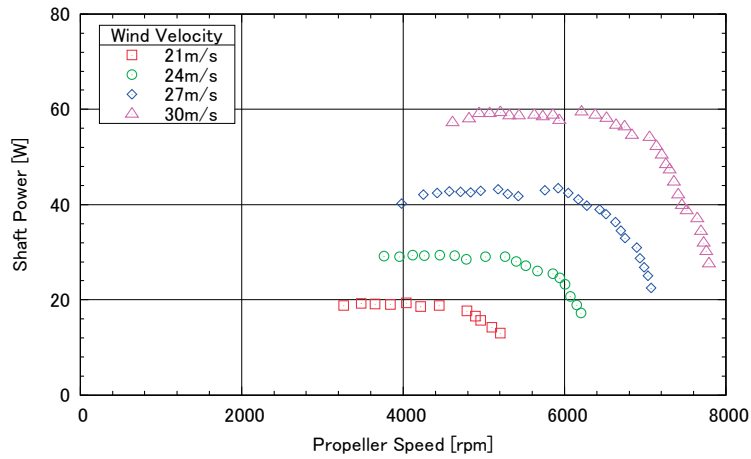


図 A.1.5 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  , 風速比較)

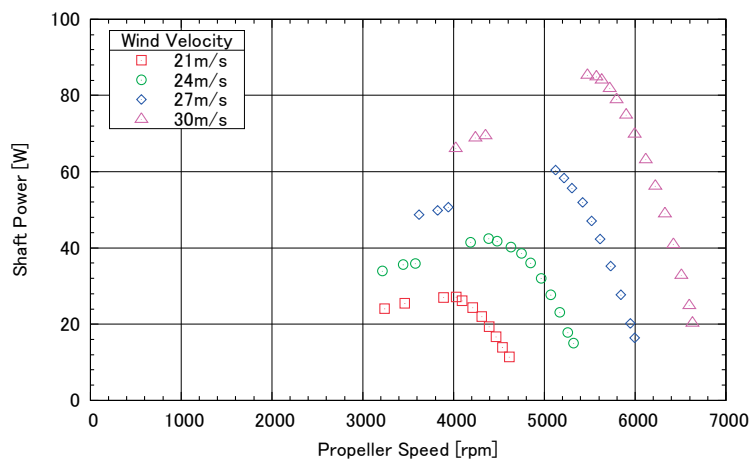


図 A.1.6 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角  $5^\circ$  , 風速比較)

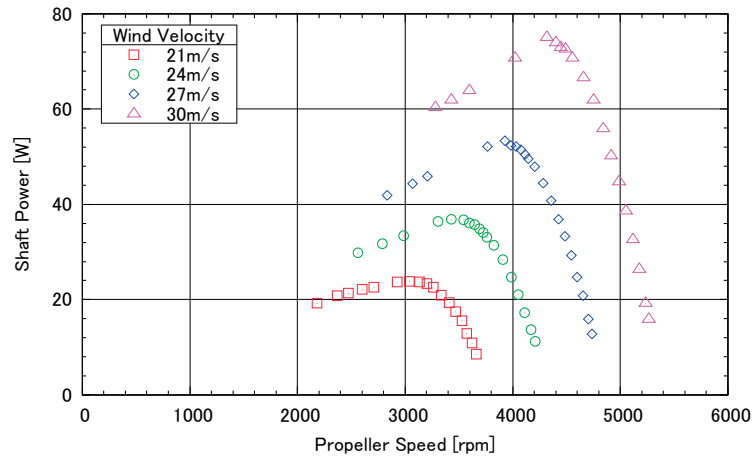


図 A.1.7 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 10° , 風速比較)

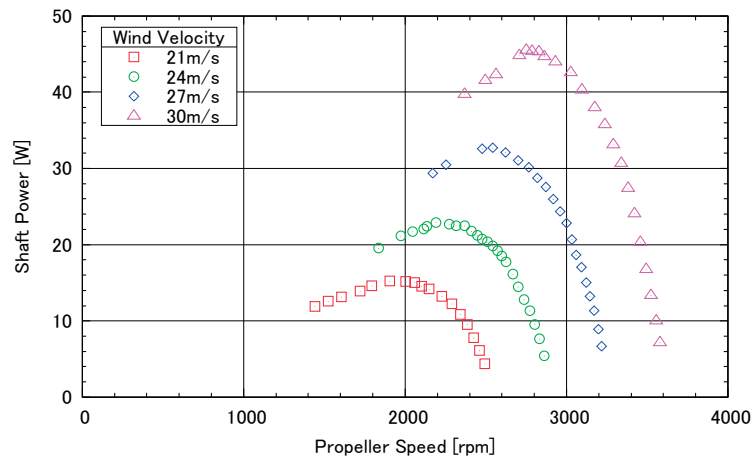


図 A.1.8 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 20° , 風速比較)

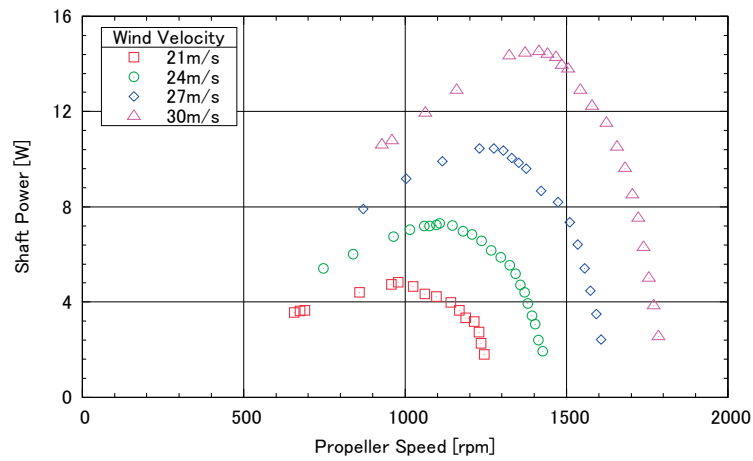


図 A.1.9 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 40° , 風速比較)

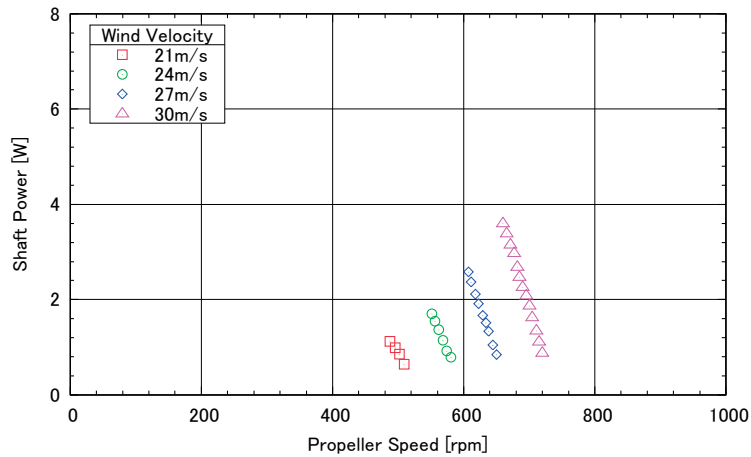


図 A.1.10 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 60° , 風速比較)

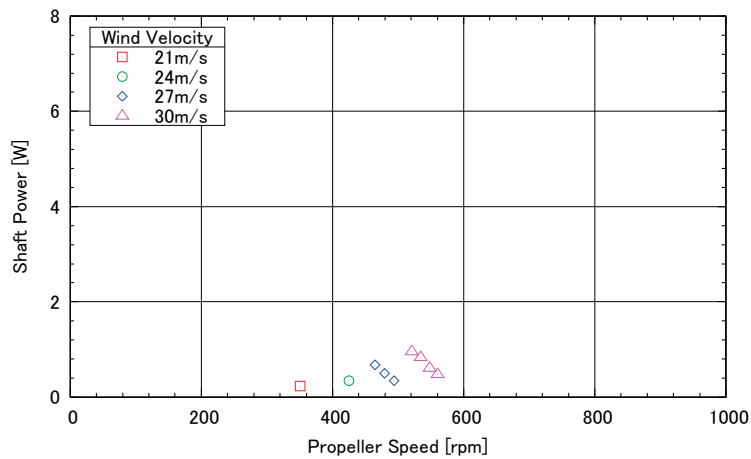


図 A.1.11 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 90° , 風速比較)

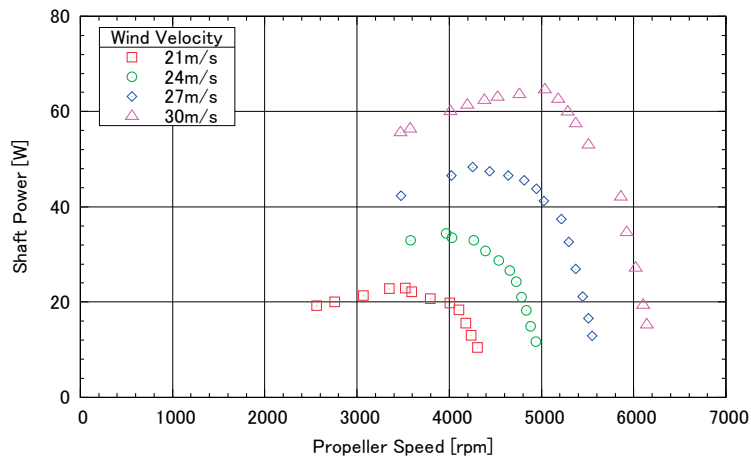


図 A.1.12 回転数と軸出力の関係(13×6.5 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

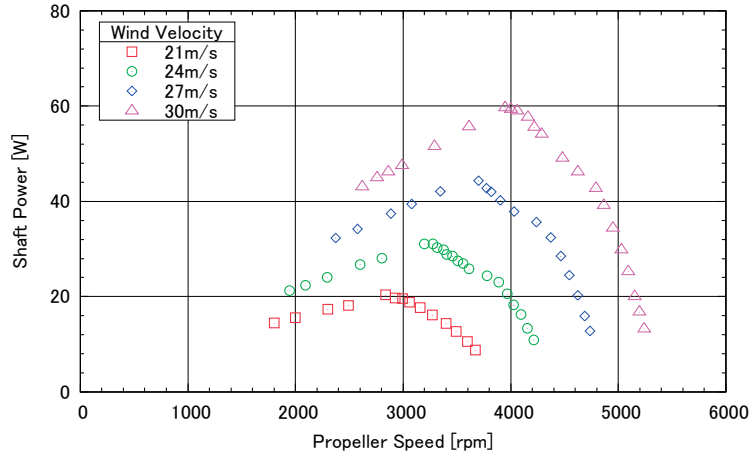


図 A.1.13 回転数と軸出力の関係(13×8 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

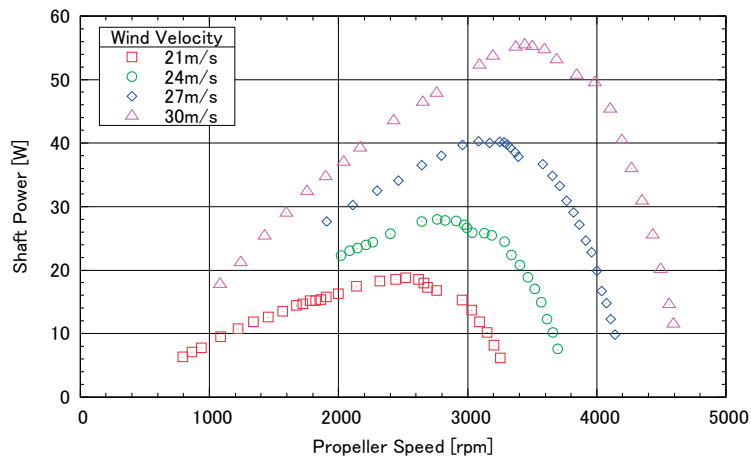


図 A.1.14 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

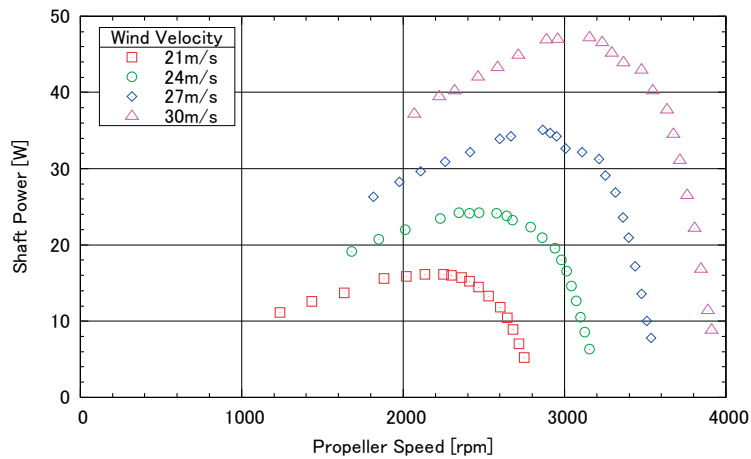


図 A.1.15 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 5° , 風速比較)

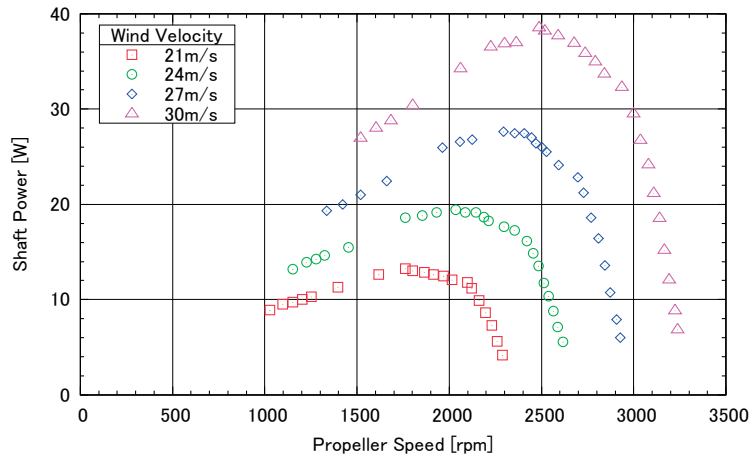


図 A.1.16 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 10° , 風速比較)

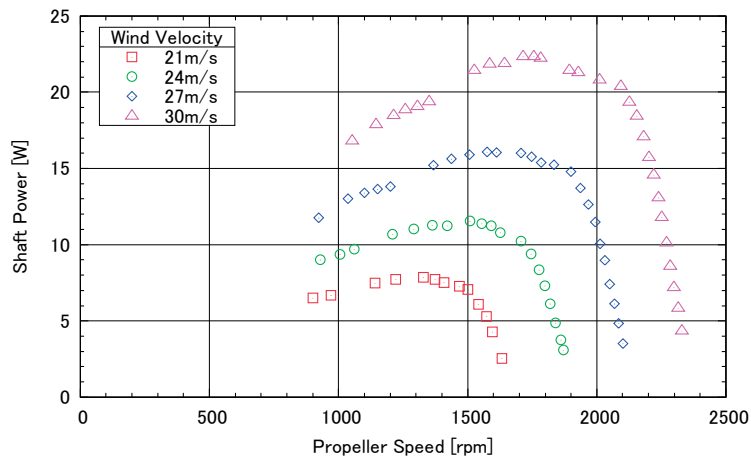


図 A.1.17 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 20° , 風速比較)

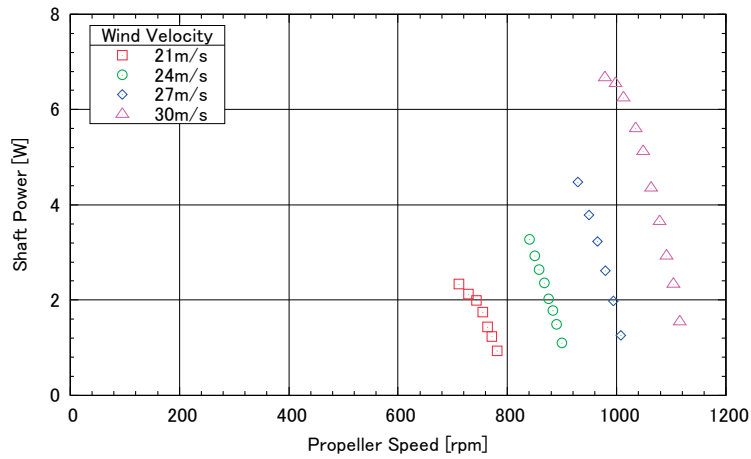


図 A.1.18 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 40° , 風速比較)

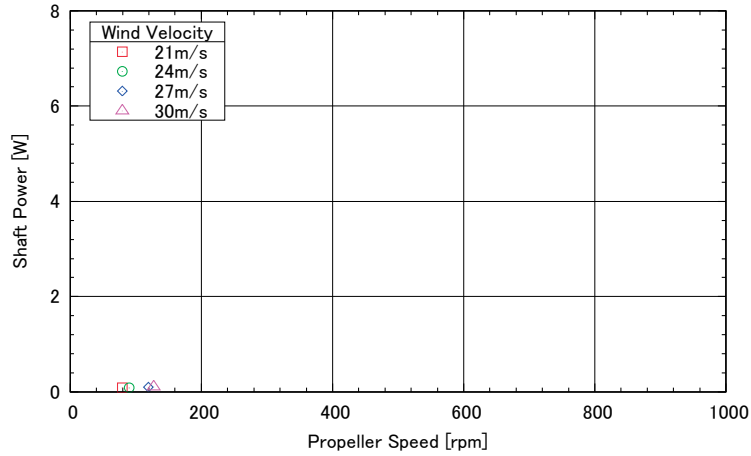


図 A.1.19 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 60° , 風速比較)

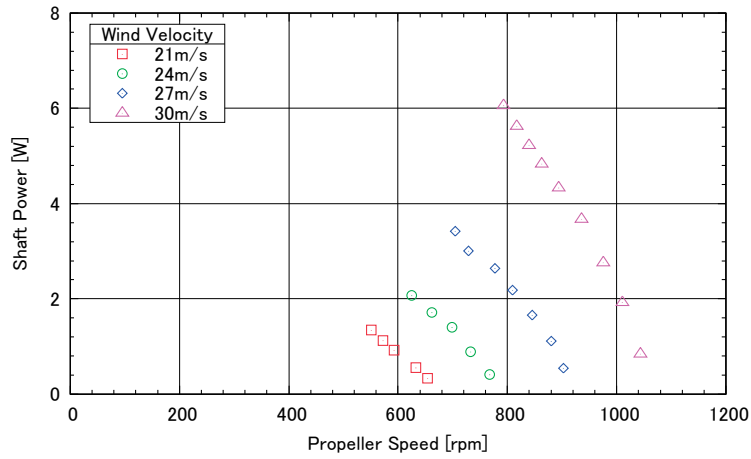


図 A.1.20 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 90° , 風速比較)

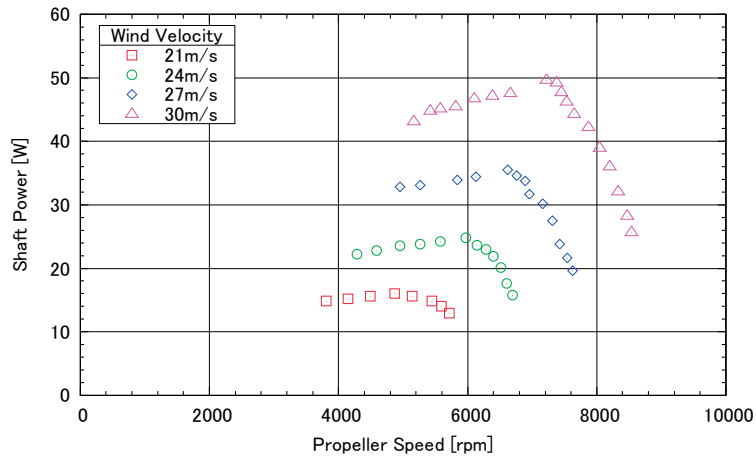


図 A.1.21 回転数と軸出力の関係(11×5.5 インチプロペラ, 風速比較)

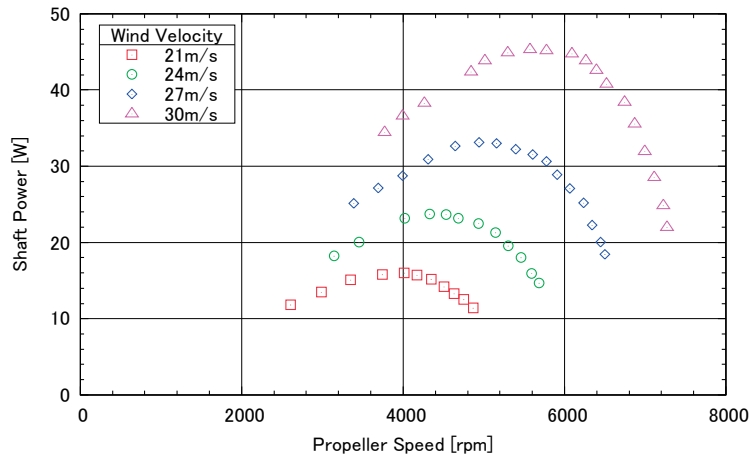


図 A.1.22 回転数と軸出力の関係(11×7 インチプロペラ, 風速比較)

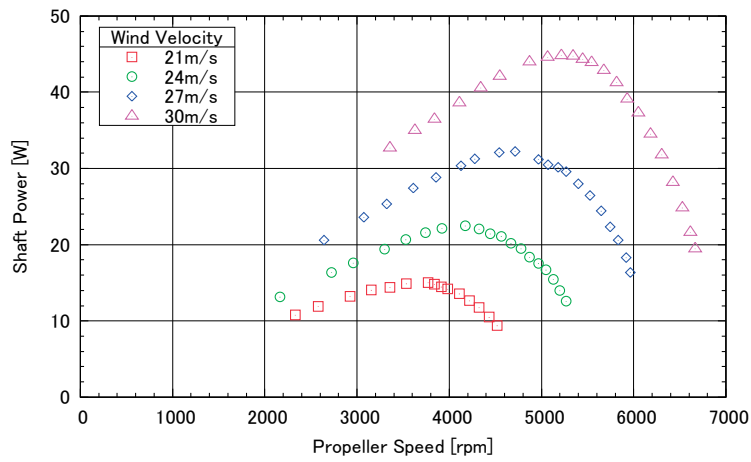


図 A.1.23 回転数と軸出力の関係(11×8 インチプロペラ, 風速比較)

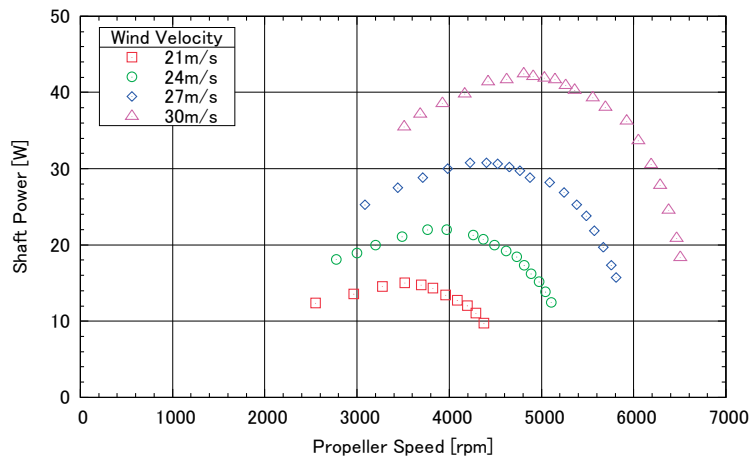


図 A.1.24 回転数と軸出力の関係(11×8.5 インチプロペラ, 風速比較)



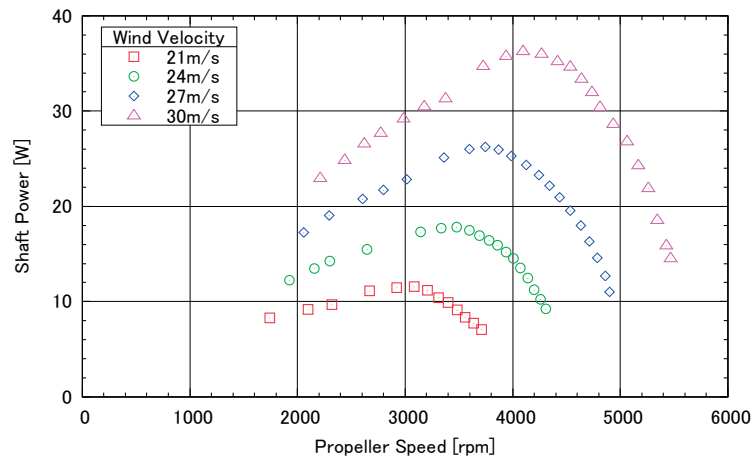


図 A.1.25 回転数と軸出力の関係(11×10 インチプロペラ, 風速比較)

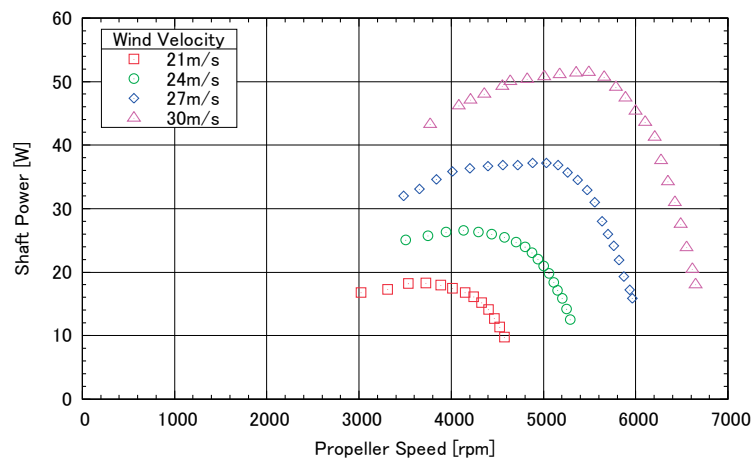


図 A.1.26 回転数と軸出力の関係(12×8 インチプロペラ, 風速比較)

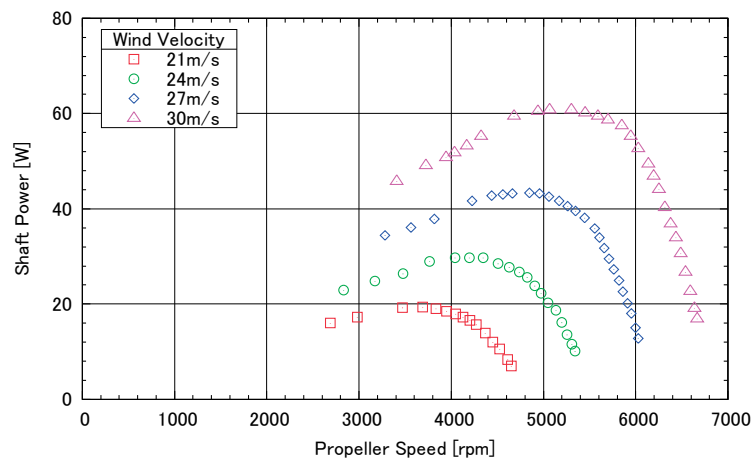


図 A.1.27 回転数と軸出力の関係(13×8 インチプロペラ, 風速比較)

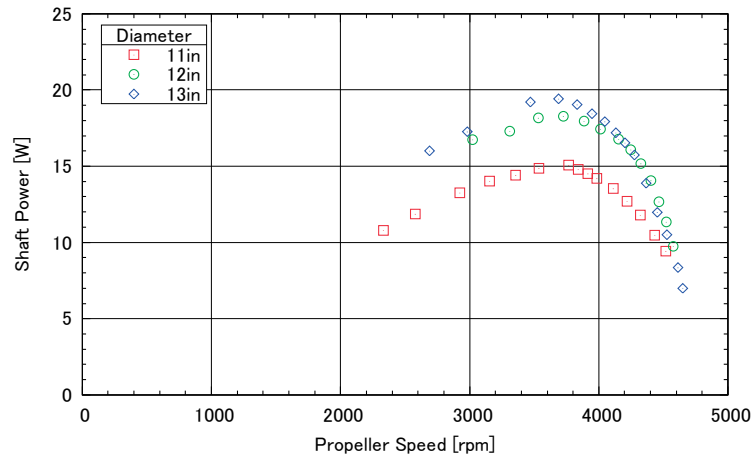


図 A.1.28 回転数と軸出力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 21m/s, 直径比較)

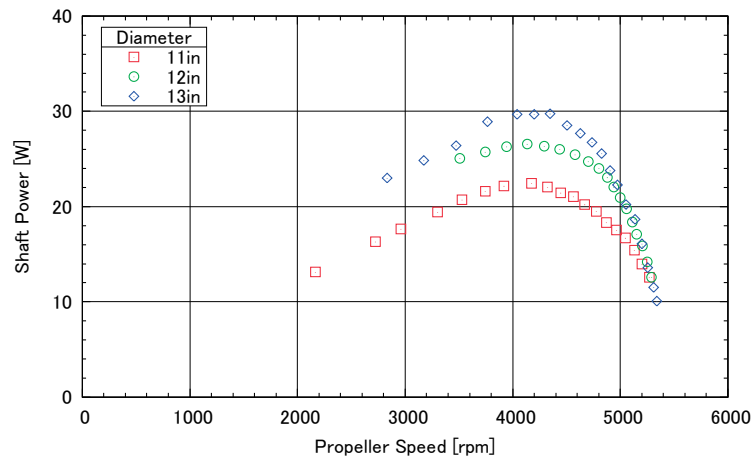


図 A.1.29 回転数と軸出力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 24m/s, 直径比較)

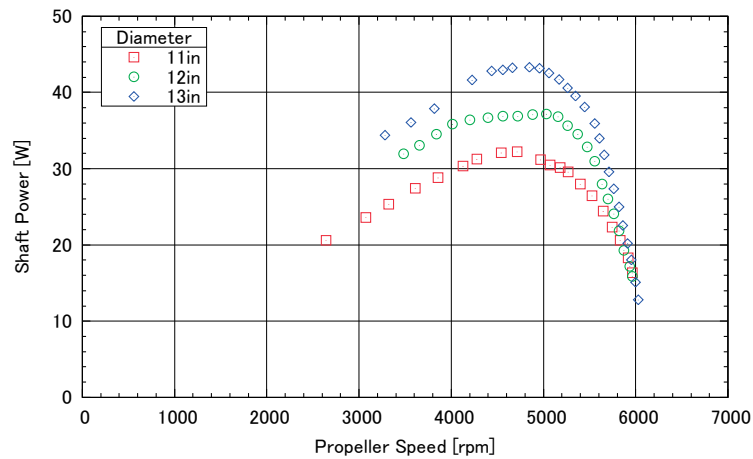


図 A.1.30 回転数と軸出力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 27m/s, 直径比較)

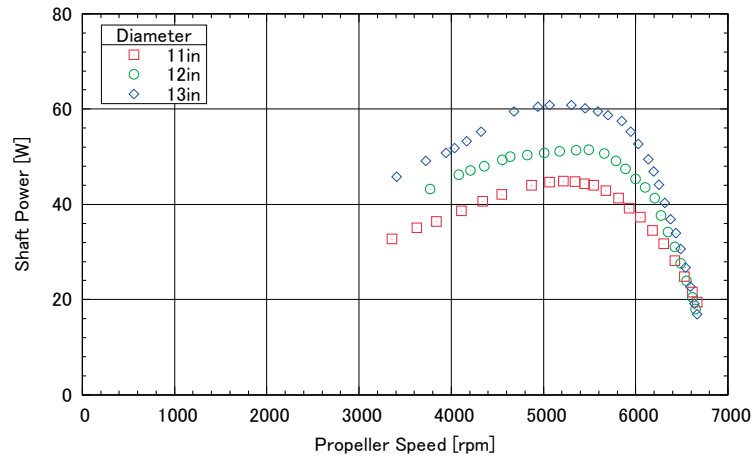


図 A.1.31 回転数と軸出力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 30m/s, 直径比較)

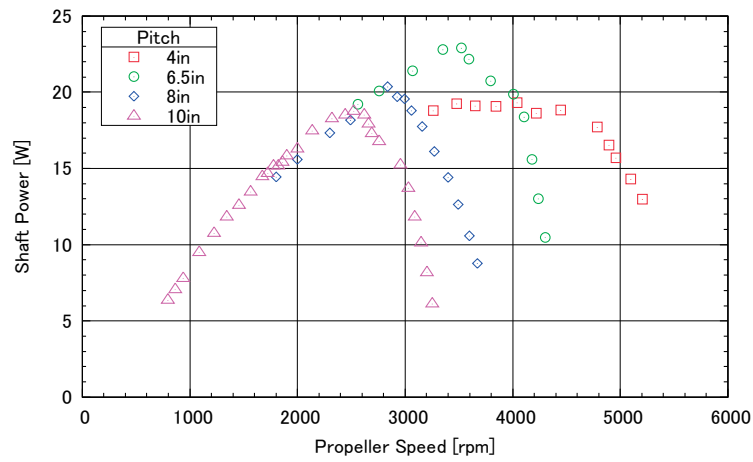


図 A.1.32 回転数と軸出力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  風速 21m/s, ピッチ比較)

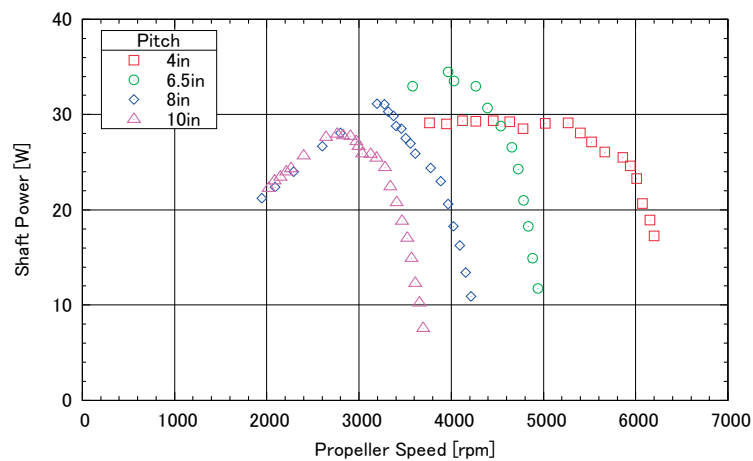


図 A.1.33 回転数と軸出力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  風速 24m/s, ピッチ比較)

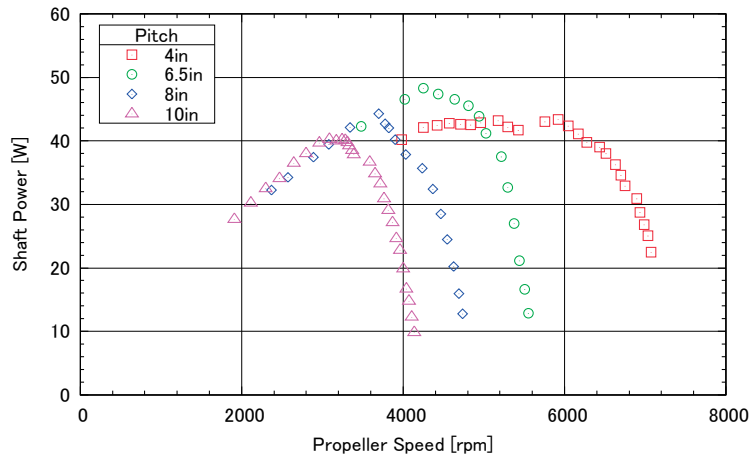


図 A.1.34 回転数と軸出力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角 0° 風速 27m/s, ピッチ比較)

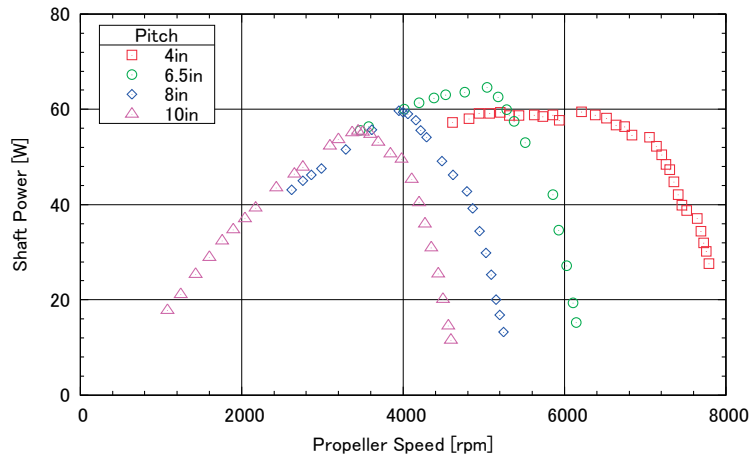


図 A.1.35 回転数と軸出力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角 0° 風速 30m/s, ピッチ比較)

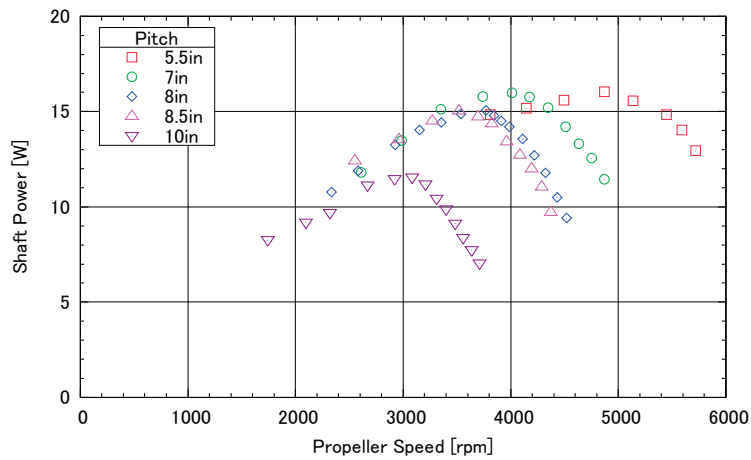


図 A.1.36 回転数と軸出力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 21m/s, ピッチ比較)

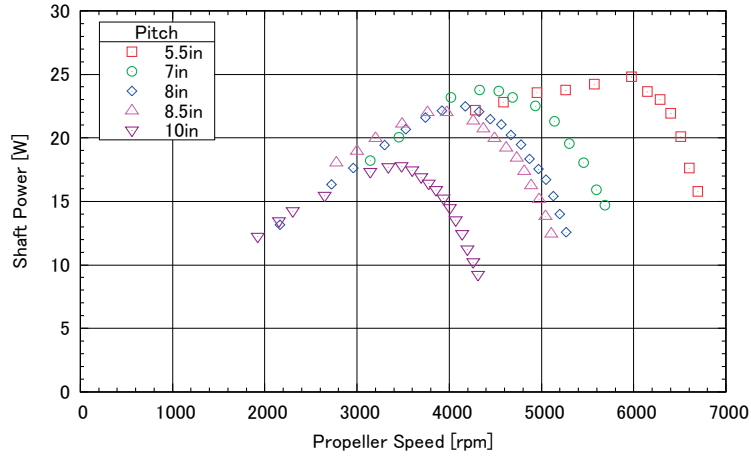


図 A.1.37 回転数と軸出力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 24m/s, ピッチ比較)

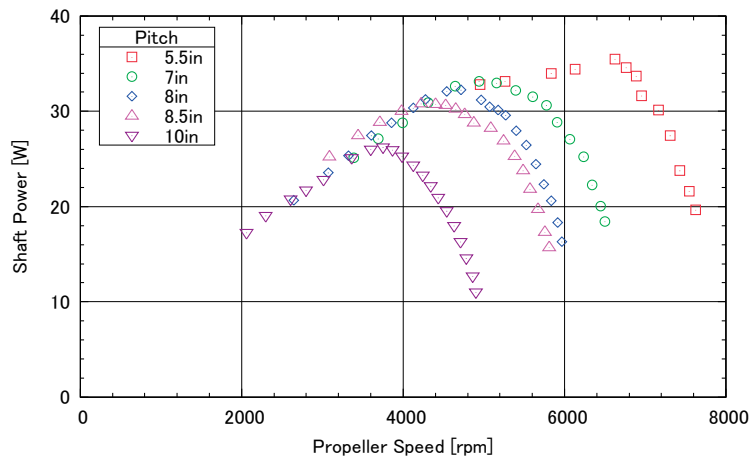


図 A.1.38 回転数と軸出力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 27m/s, ピッチ比較)

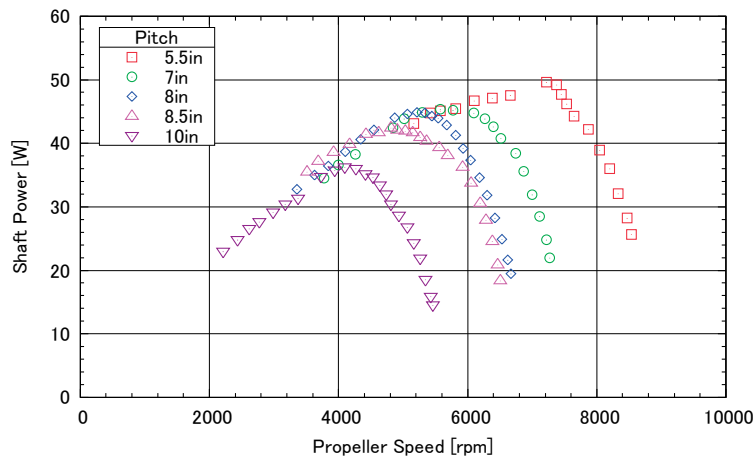


図 A.1.39 回転数と軸出力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 30m/s, ピッチ比較)

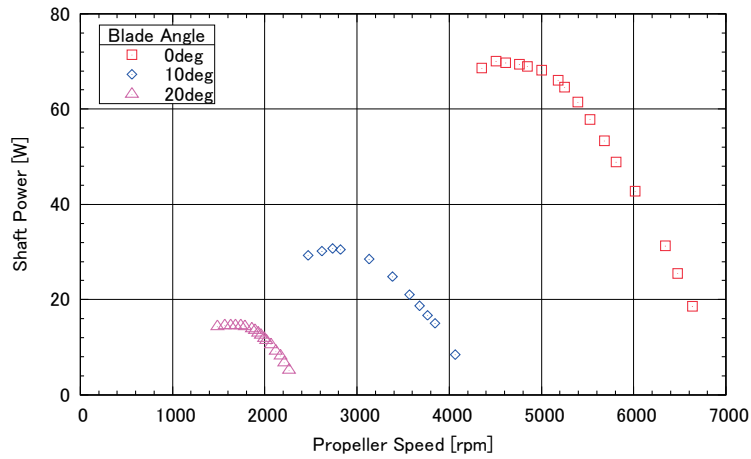


図 A.1.40 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 12m/s, 取付角比較)

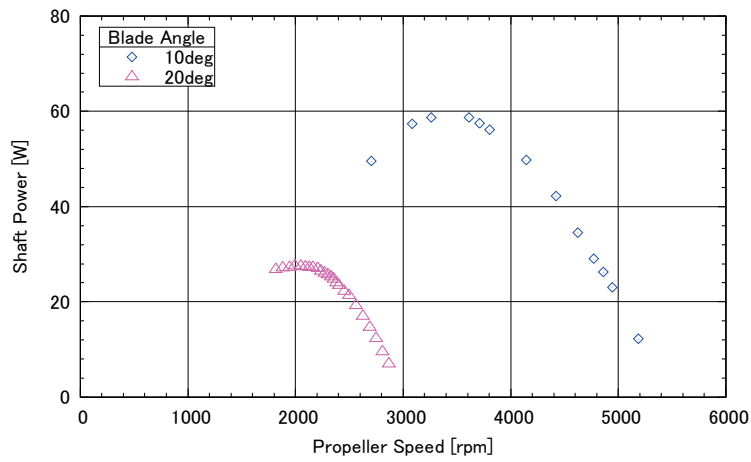


図 A.1.41 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 15m/s, 取付角比較)

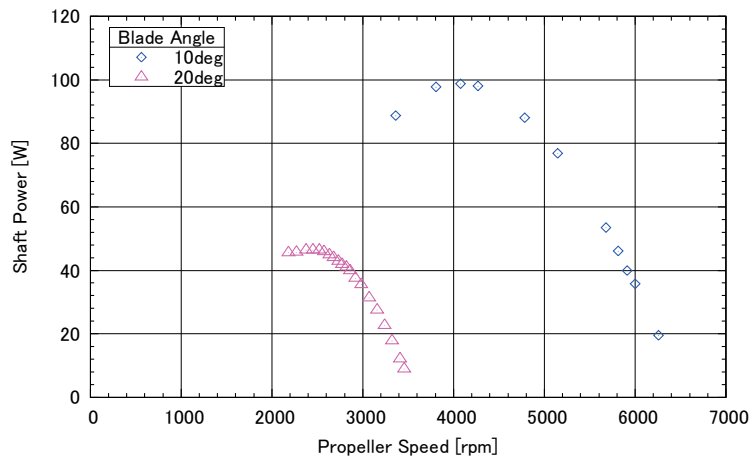


図 A.1.42 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 18m/s, 取付角比較)

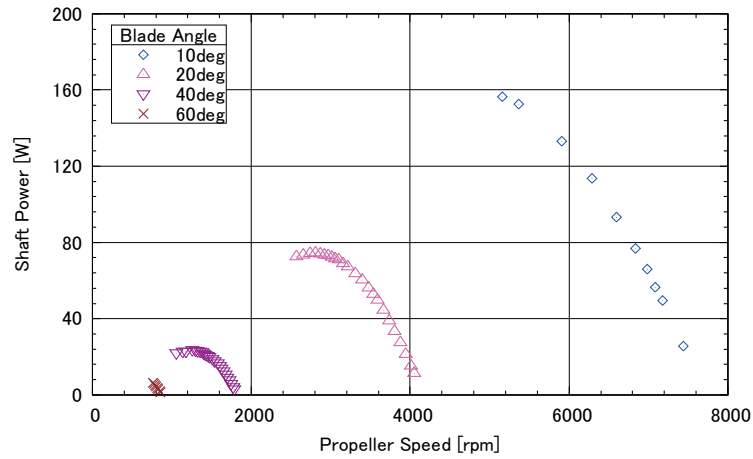


図 A.1.43 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 21m/s, 取付角比較)

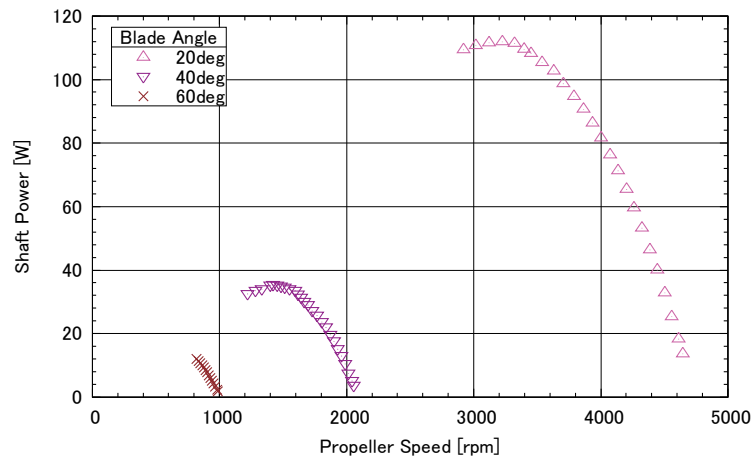


図 A.1.44 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 24m/s, 取付角比較)

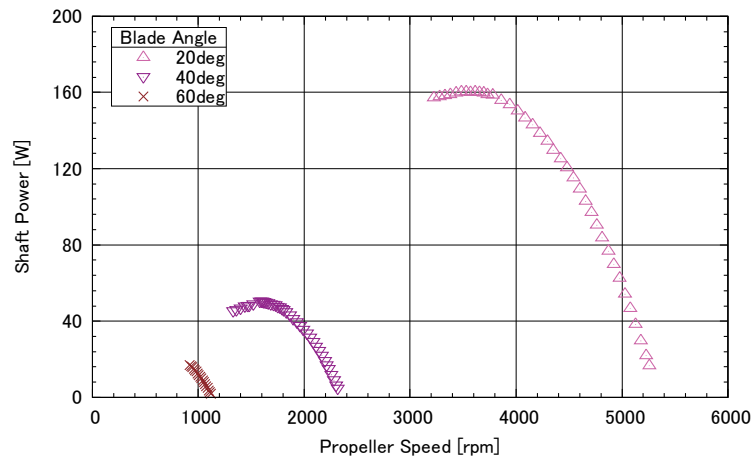


図 A.1.45 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 27m/s, 取付角比較)

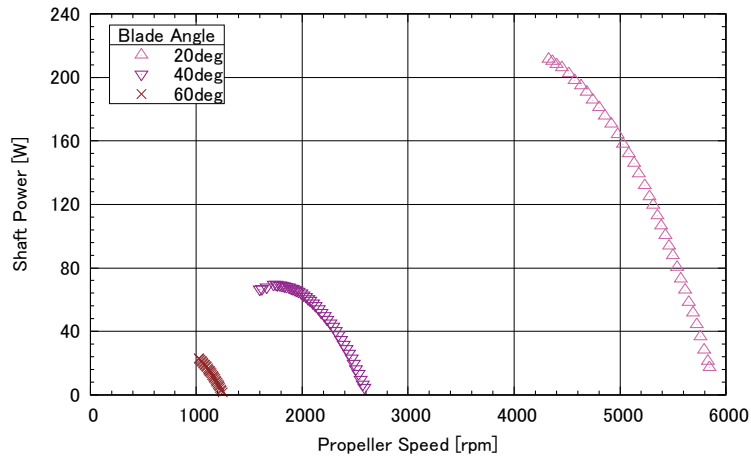


図 A.1.46 回転数と軸出力の関係(ヘリブレード 風速 30m/s, 取付角比較)

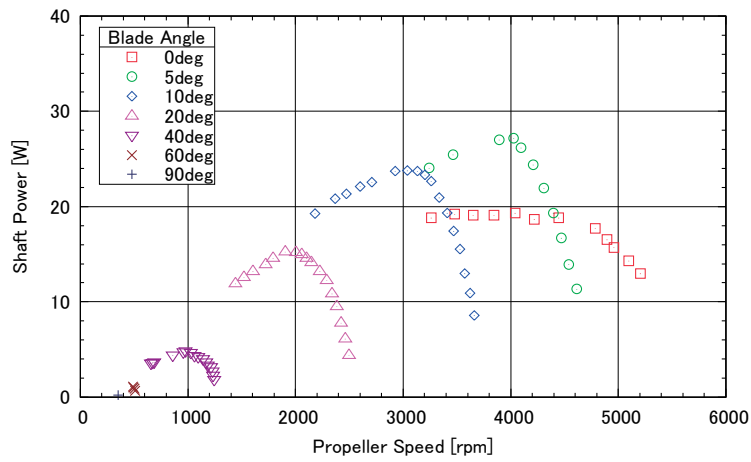


図 A.1.47 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 21m/s, 取付角比較)

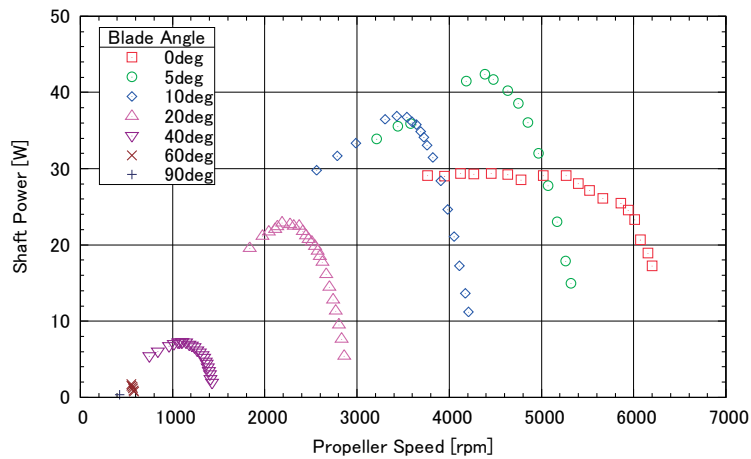


図 A.1.48 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 24m/s, 取付角比較)



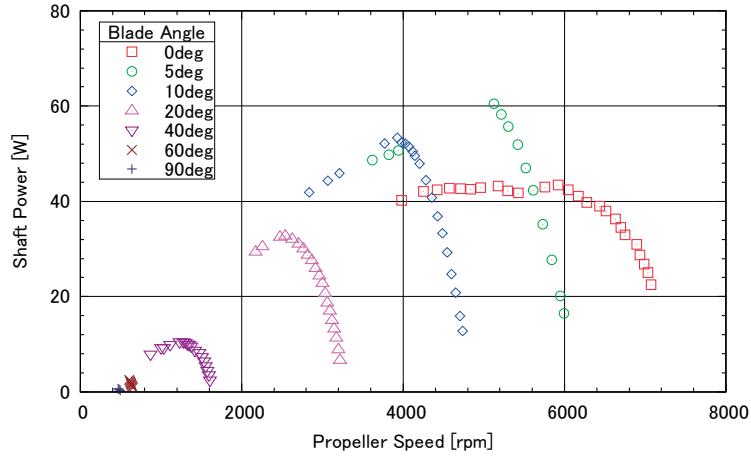


図 A.1.49 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 27m/s, 取付角比較)

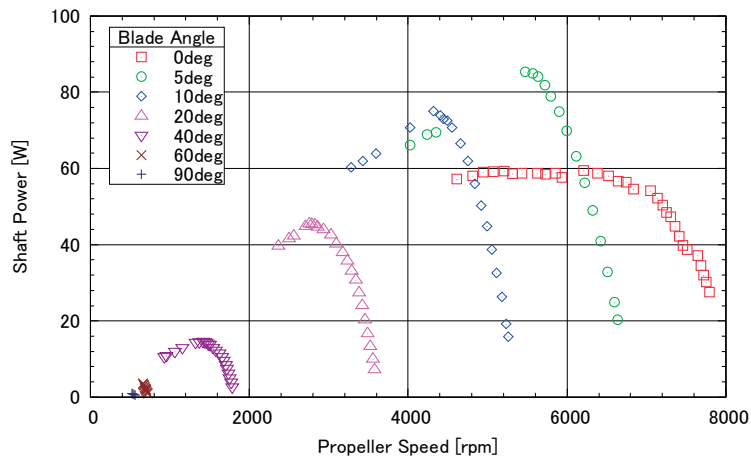


図 A.1.50 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 30m/s, 取付角比較)

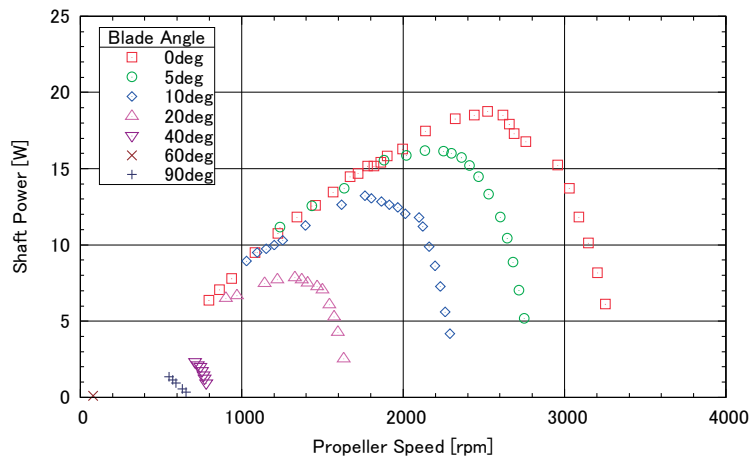


図 A.1.51 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 21m/s, 取付角比較)

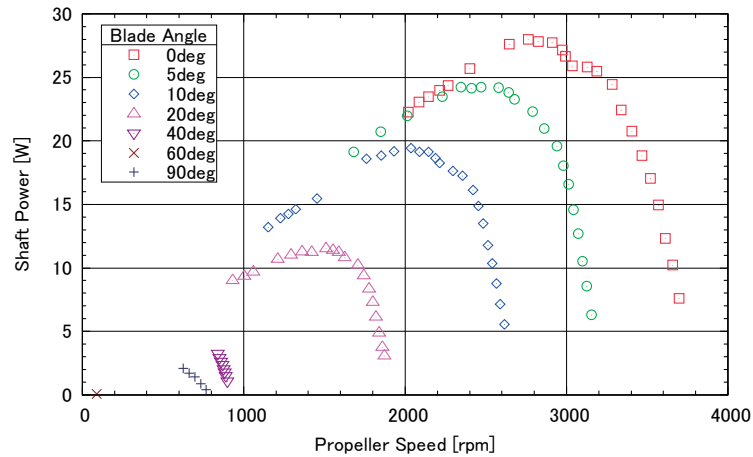


図 A.1.52 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 24m/s, 取付角比較)

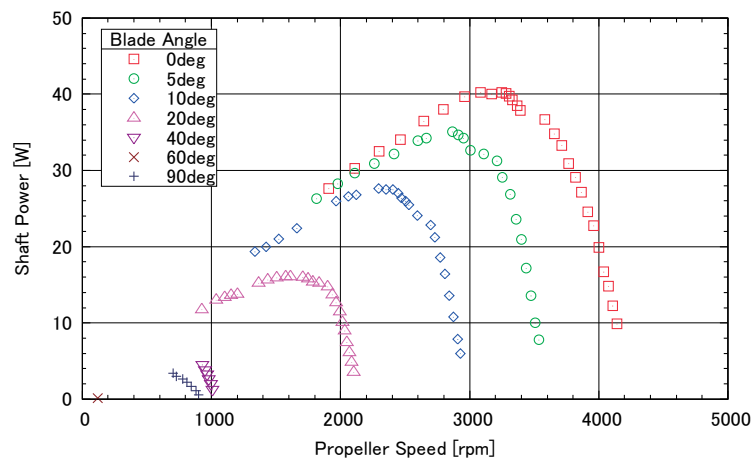


図 A.1.53 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 27m/s, 取付角比較)

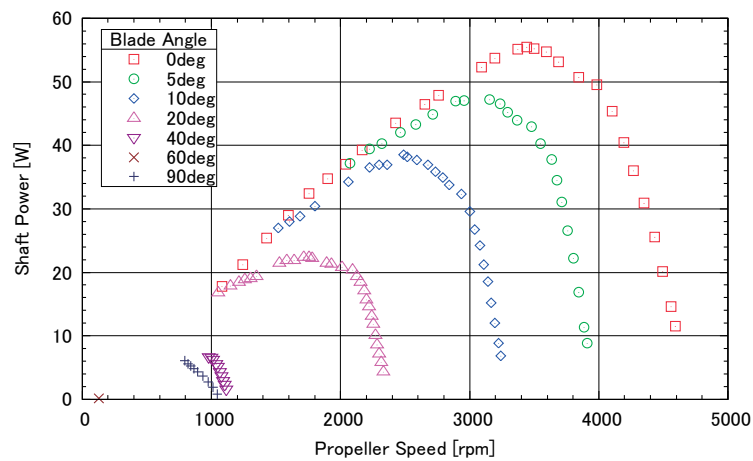


図 A.1.54 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 30m/s, 取付角比較)

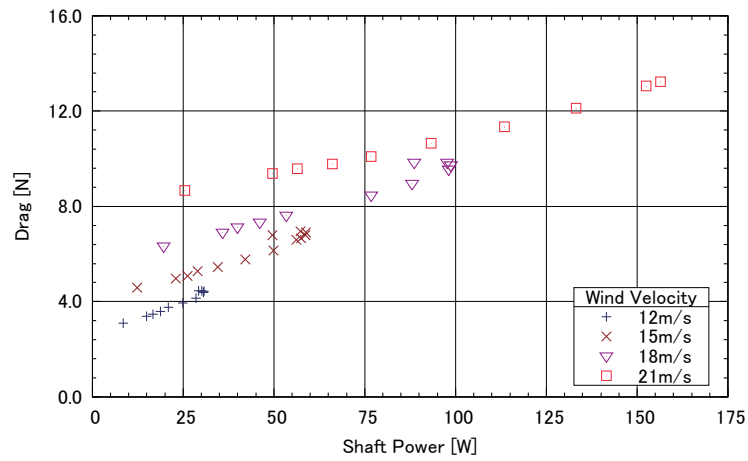


図 A.1.55 軸出力と抗力の関係(ヘリブレードの取付角  $10^\circ$  , 風速比較)

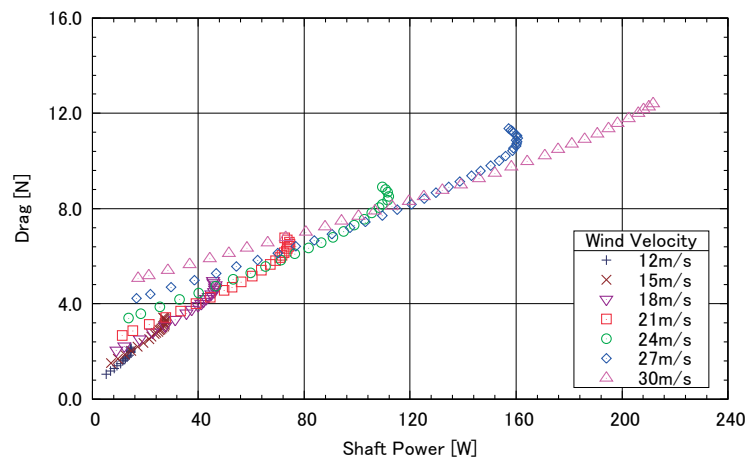


図 A.1.56 軸出力と抗力の関係(ヘリブレードの取付角  $20^\circ$  , 風速比較)

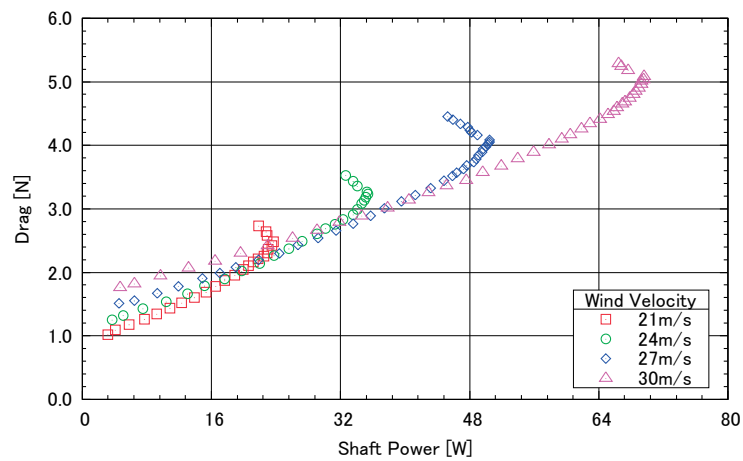


図 A.1.57 軸出力と抗力の関係(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速比較)

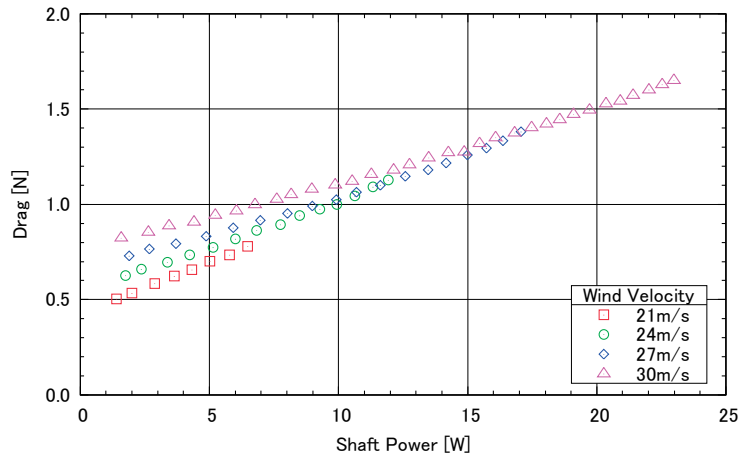


図 A.1.58 軸出力と抗力の関係(ヘリブレードの取付角 60° , 風速比較)

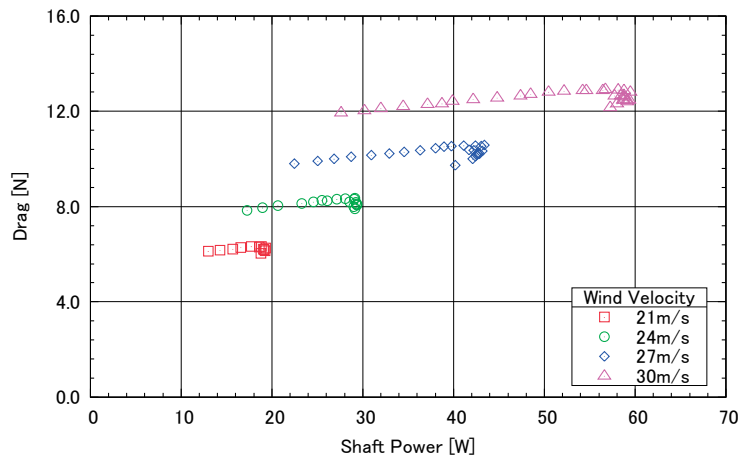


図 A.1.59 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

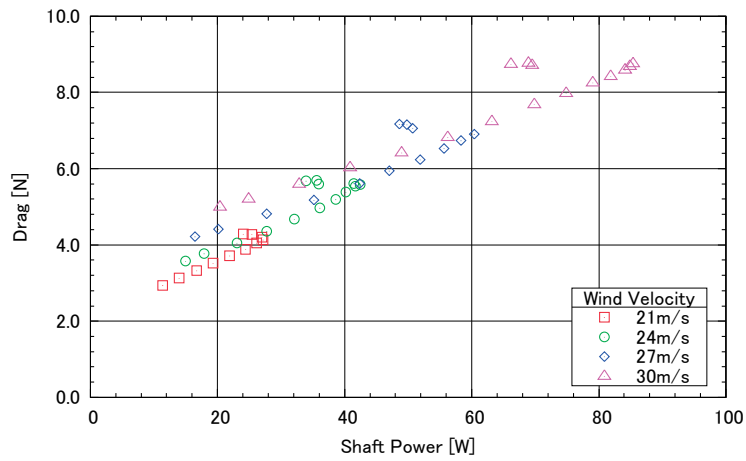


図 A.1.60 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 5° , 風速比較)

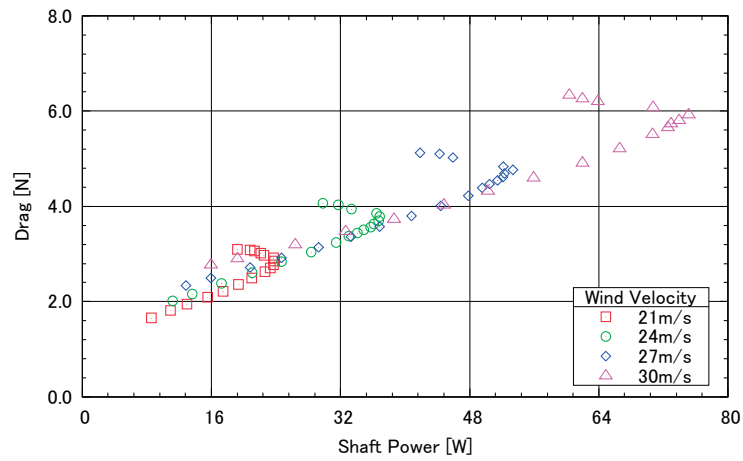


図 A.1.61 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 10° , 風速比較)

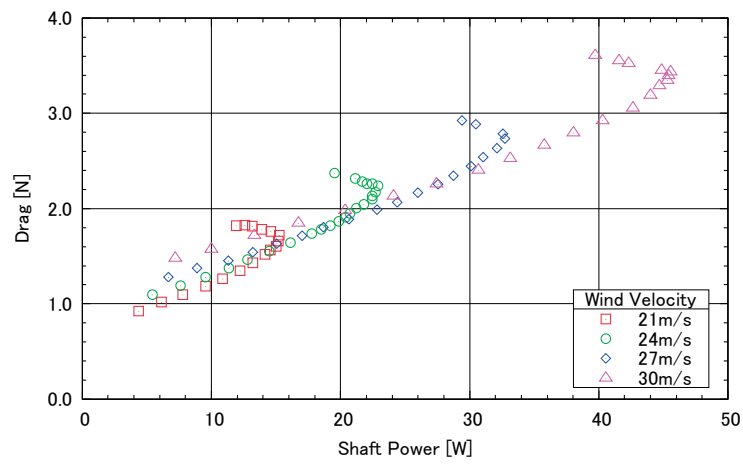


図 A.1.62 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 20° , 風速比較)

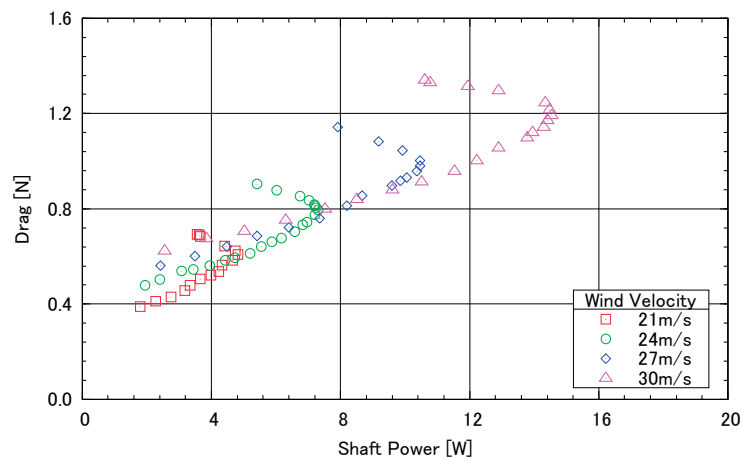


図 A.1.63 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 40° , 風速比較)

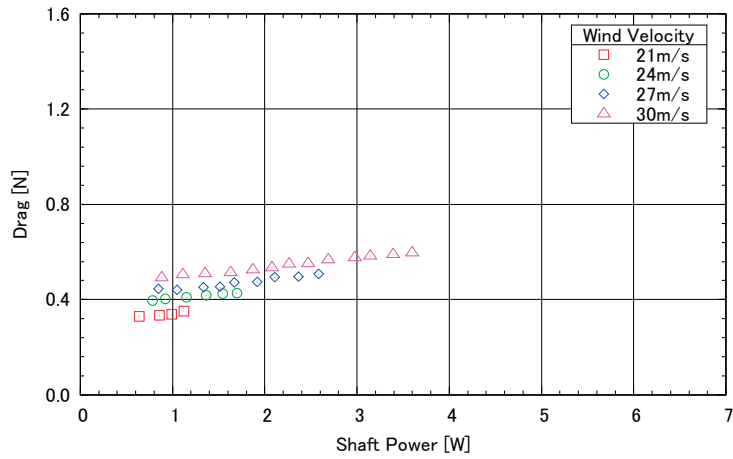


図 A.1.64 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 60° , 風速比較)

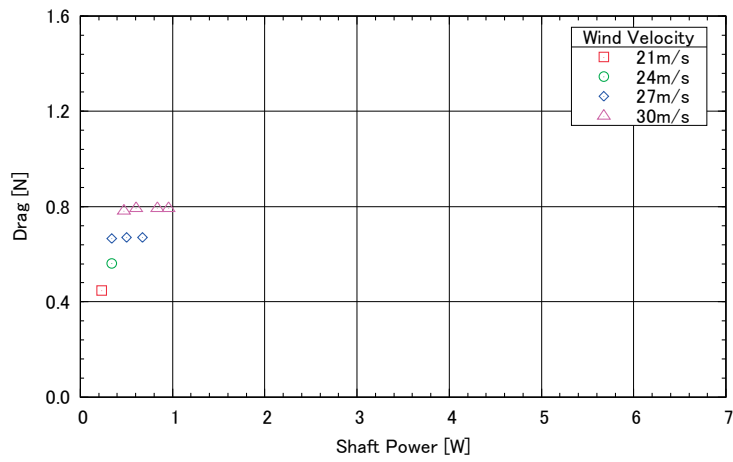


図 A.1.65 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 90° , 風速比較)

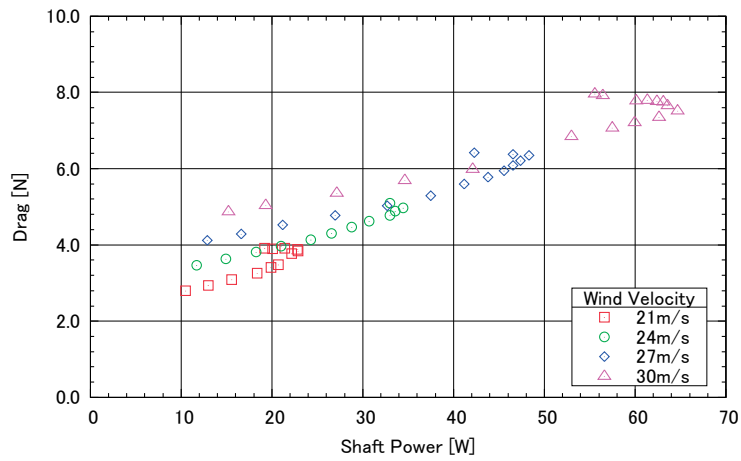


図 A.1.66 軸出力と抗力の関係(13×6.5 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

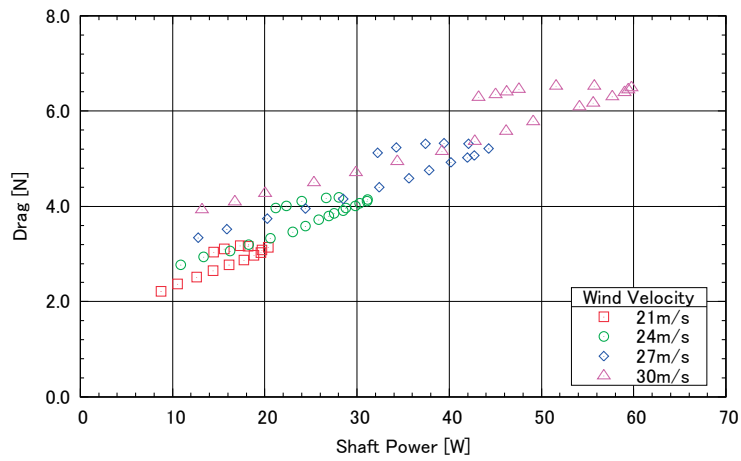


図 A.1.67 軸出力と抗力の関係(13×8 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

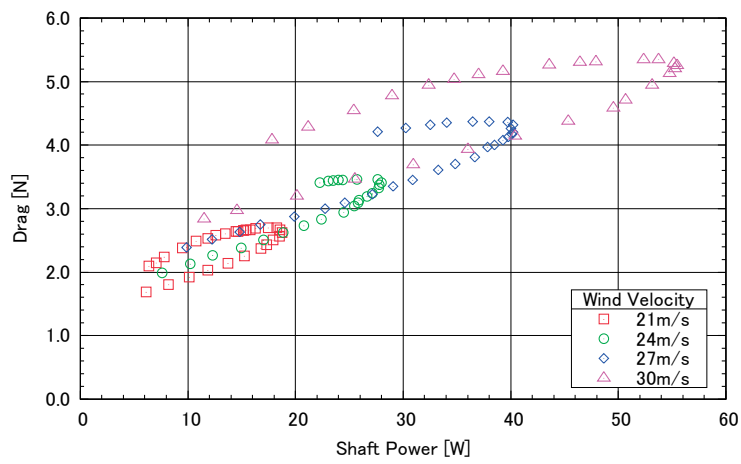


図 A.1.68 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

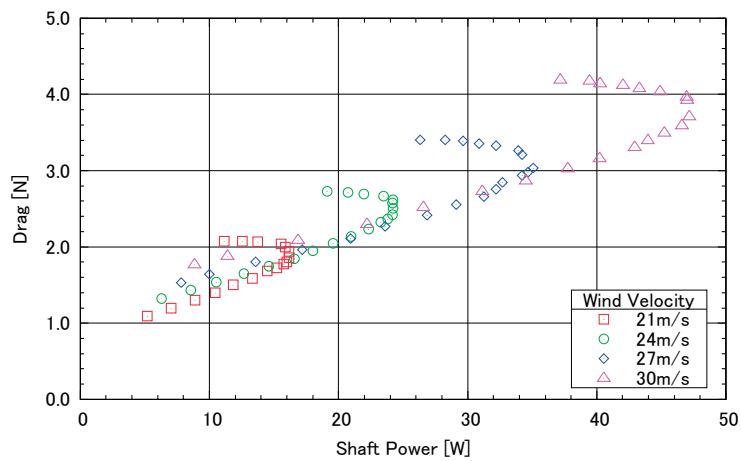


図 A.1.69 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 5° , 風速比較)

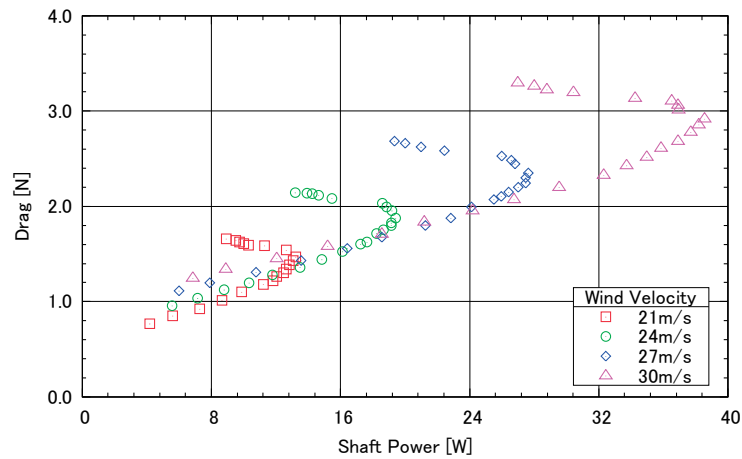


図 A.1.70 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 10° , 風速比較)

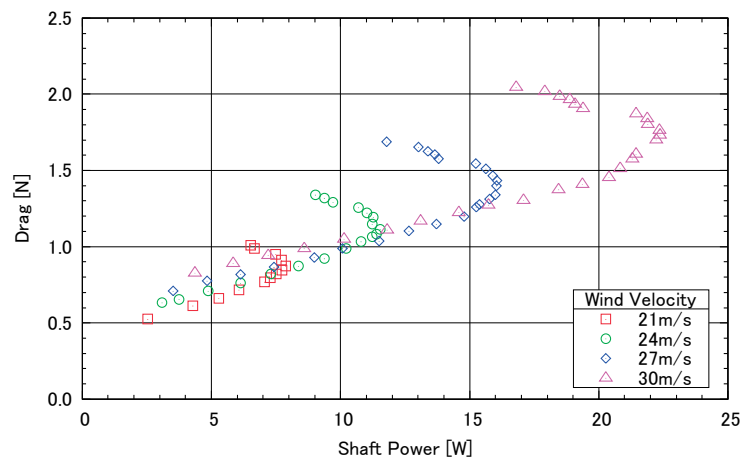


図 A.1.71 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 20° , 風速比較)

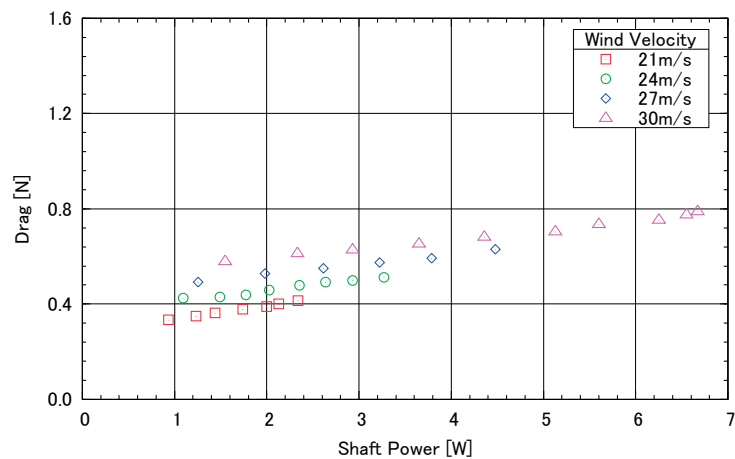


図 A.1.72 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 40° , 風速比較)



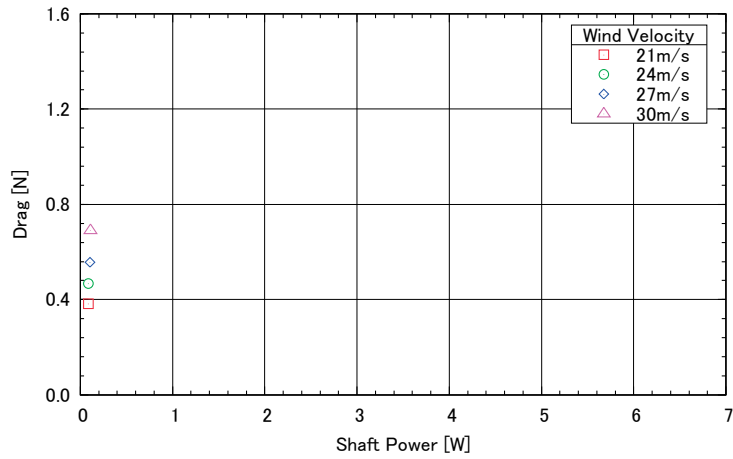


図 A.1.73 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 60° , 風速比較)

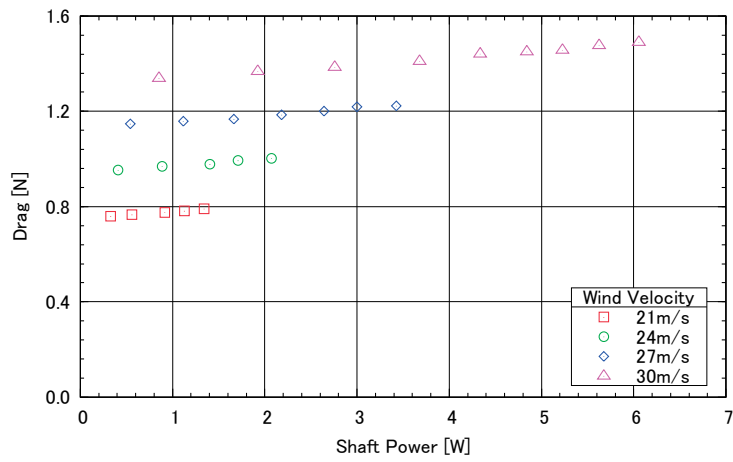


図 A.1.74 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 90° , 風速比較)

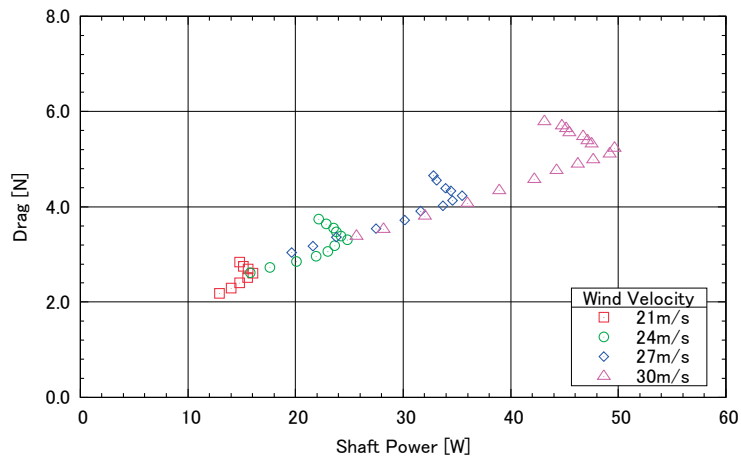


図 A.1.75 軸出力と抗力の関係(11×5.5 インチプロペラ, 風速比較)

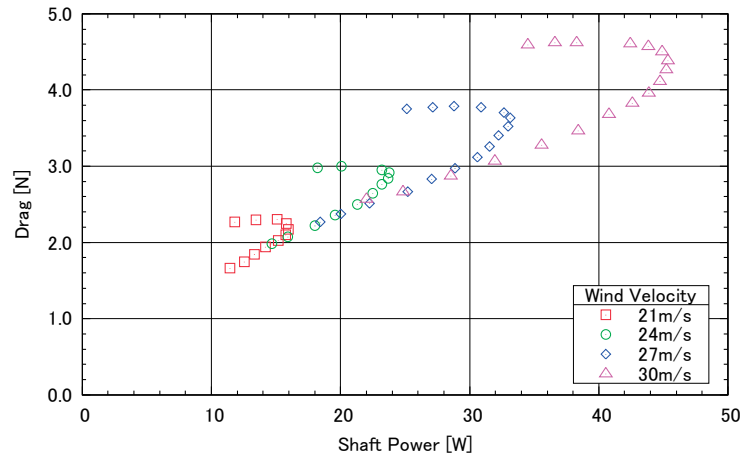


図 A.1.76 軸出力と抗力の関係(11×7 インチプロペラ, 風速比較)

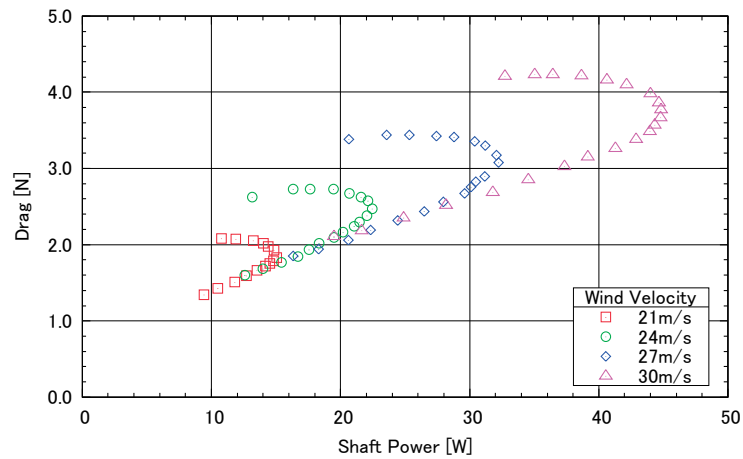


図 A.1.77 軸出力と抗力の関係(11×8 インチプロペラ, 風速比較)

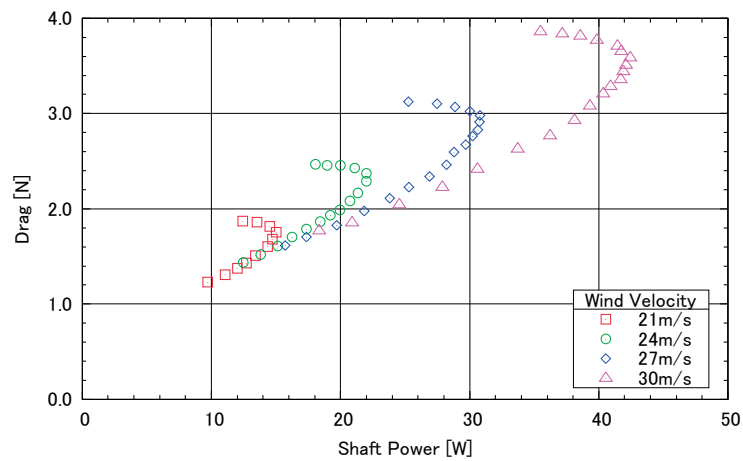


図 A.1.78 軸出力と抗力の関係(11×8.5 インチプロペラ, 風速比較)

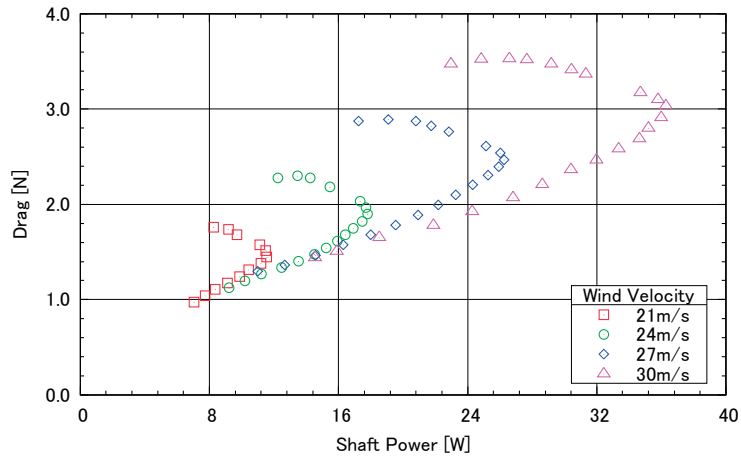


図 A.1.79 軸出力と抗力の関係(11×10 インチプロペラ, 風速比較)

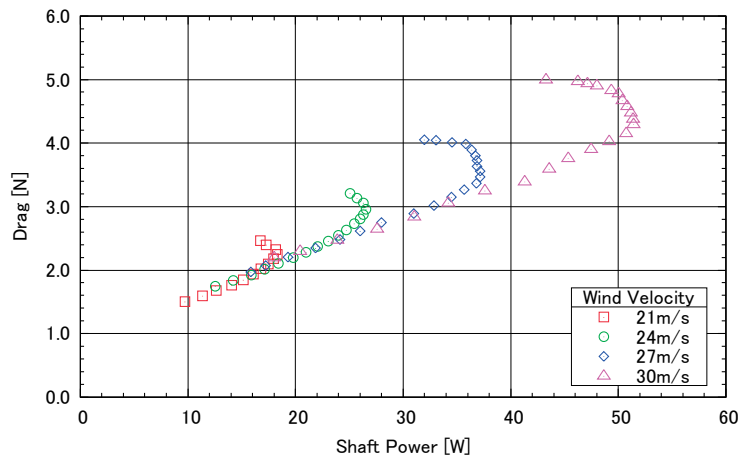


図 A.1.80 軸出力と抗力の関係(12×8 インチプロペラ, 風速比較)

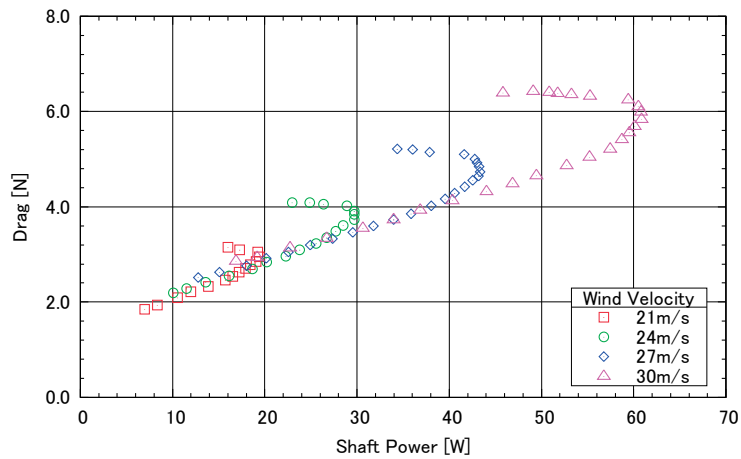


図 A.1.81 軸出力と抗力の関係(13×8 インチプロペラ, 風速比較)

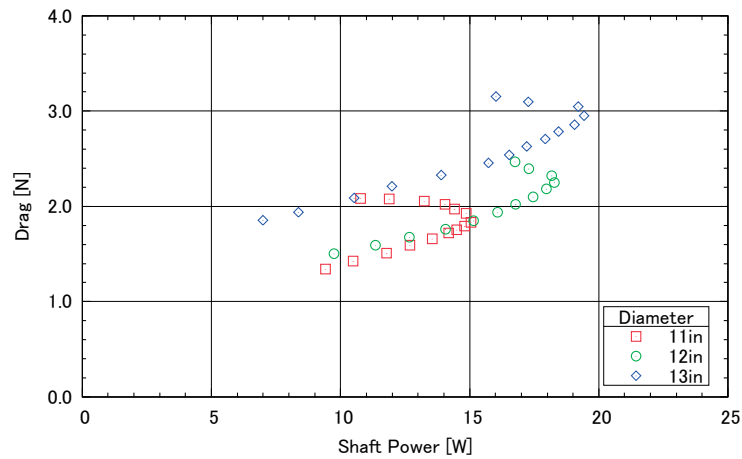


図 A.1.82 軸出力と抗力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 21m/s, 直径比較)

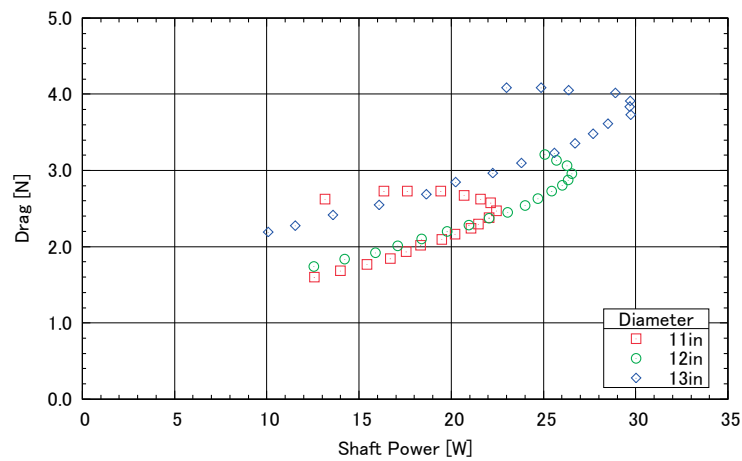


図 A.1.83 軸出力と抗力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 24m/s, 直径比較)

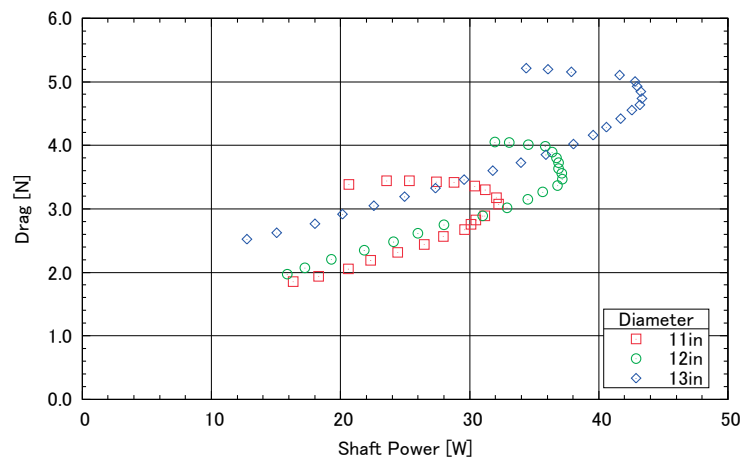


図 A.1.84 軸出力と抗力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 27m/s, 直径比較)

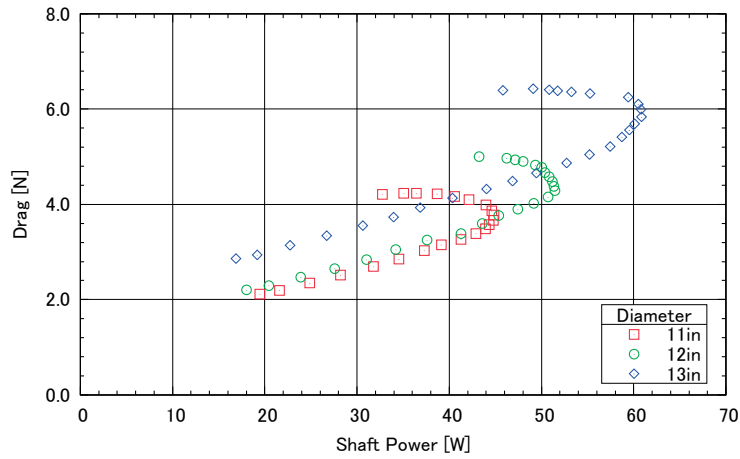


図 A.1.85 軸出力と抗力の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 30m/s, 直径比較)

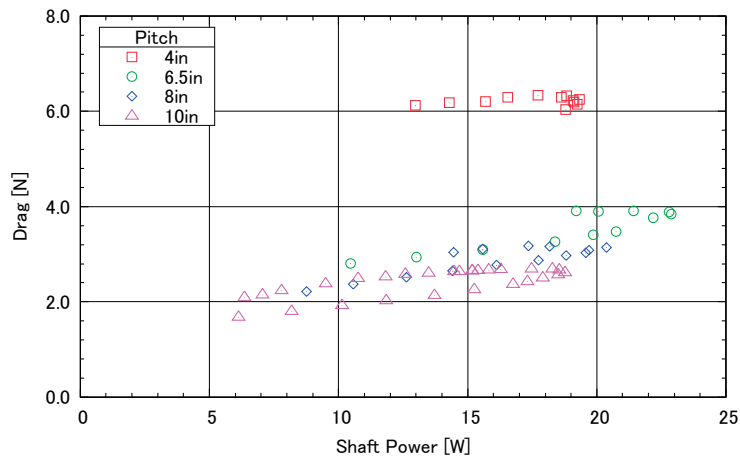


図 A.1.86 軸出力と抗力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角 0° 風速 21m/s, ピッチ比較)

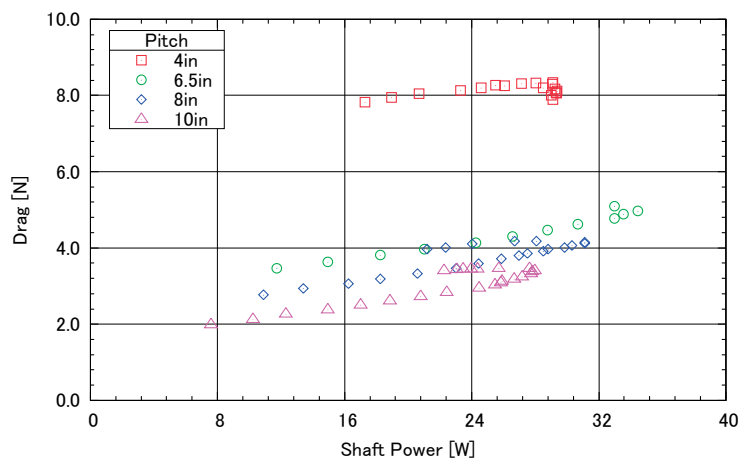


図 A.1.87 軸出力と抗力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角 0° 風速 24m/s, ピッチ比較)

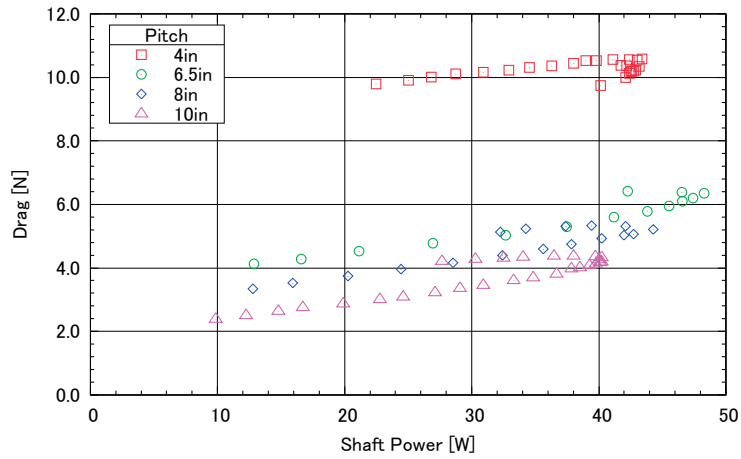


図 A.1.88 軸出力と抗力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  風速 27m/s, ピッチ比較)

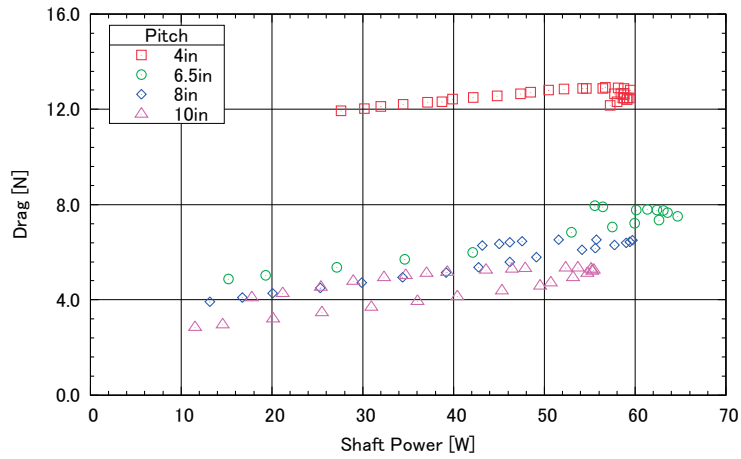


図 A.1.89 軸出力と抗力の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  風速 30m/s, ピッチ比較)

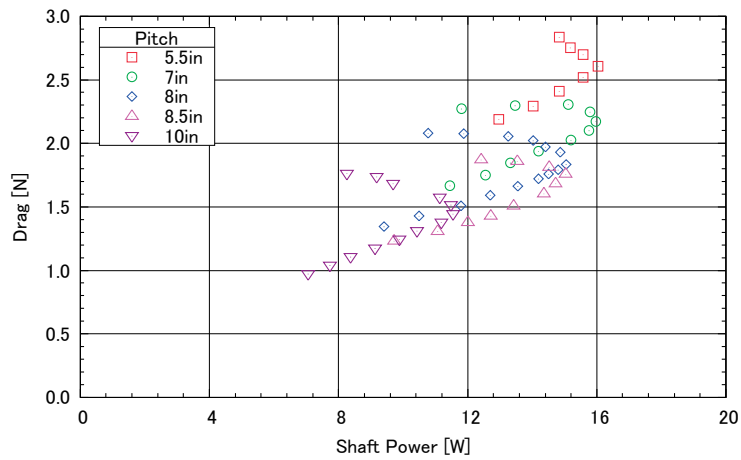


図 A.1.90 軸出力と抗力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 21m/s, ピッチ比較)

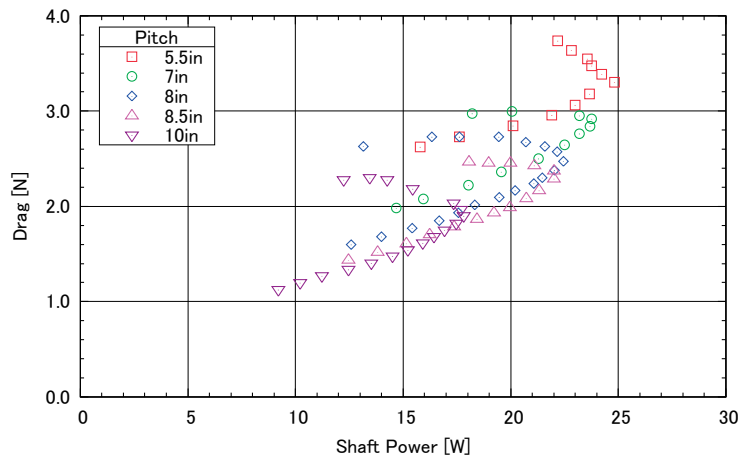


図 A.1.91 軸出力と抗力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 24m/s, ピッチ比較)

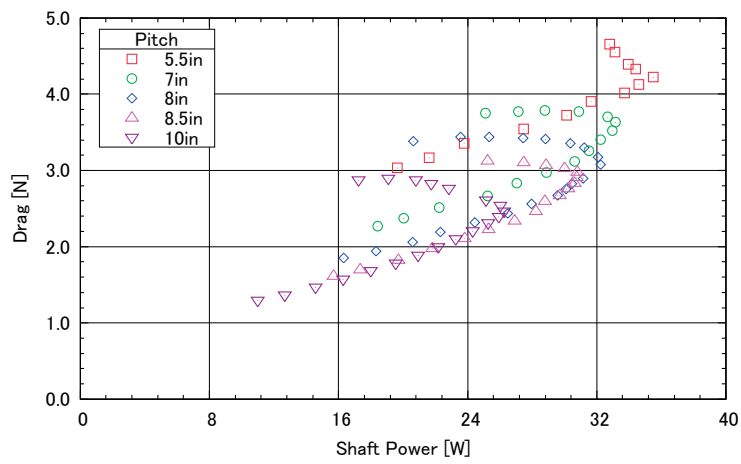


図 A.1.92 軸出力と抗力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 27m/s, ピッチ比較)

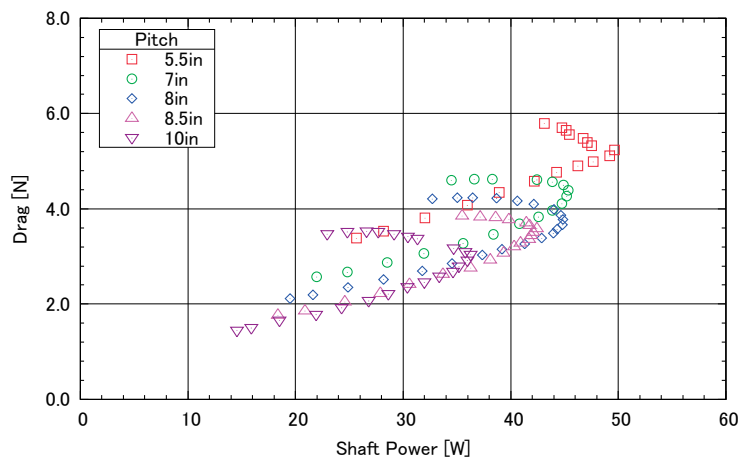


図 A.1.93 軸出力と抗力の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 30m/s, ピッチ比較)

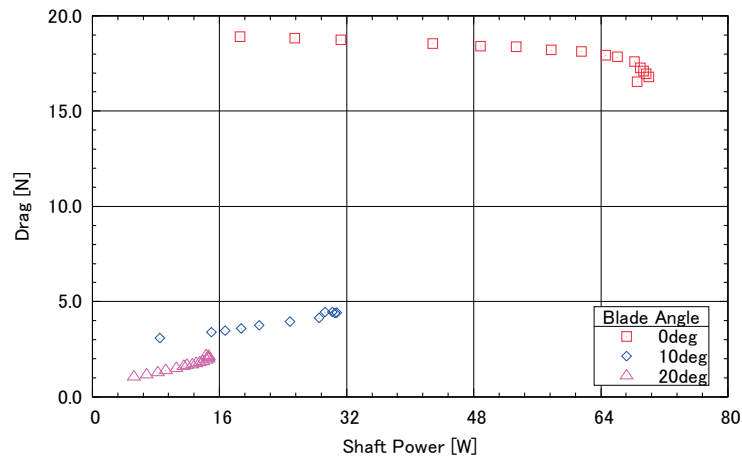


図 A.1.94 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 12m/s, 取付角比較)

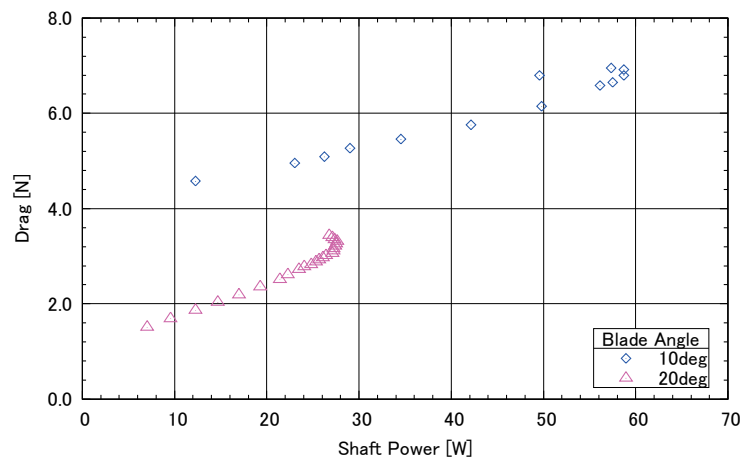


図 A.1.95 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 15m/s, 取付角比較)

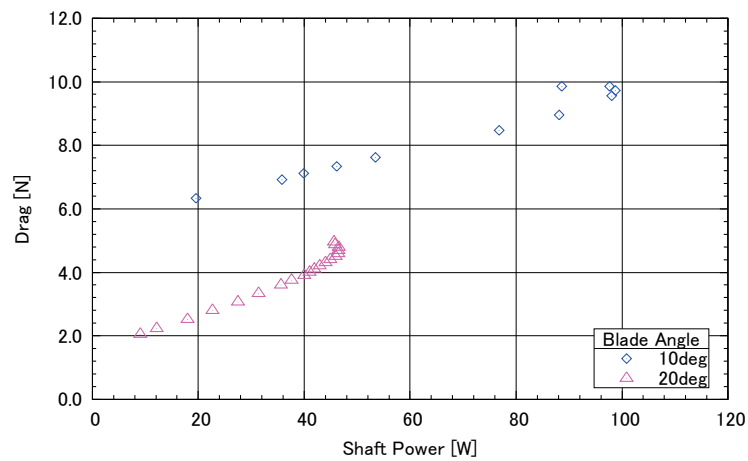


図 A.1.96 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 18m/s, 取付角比較)



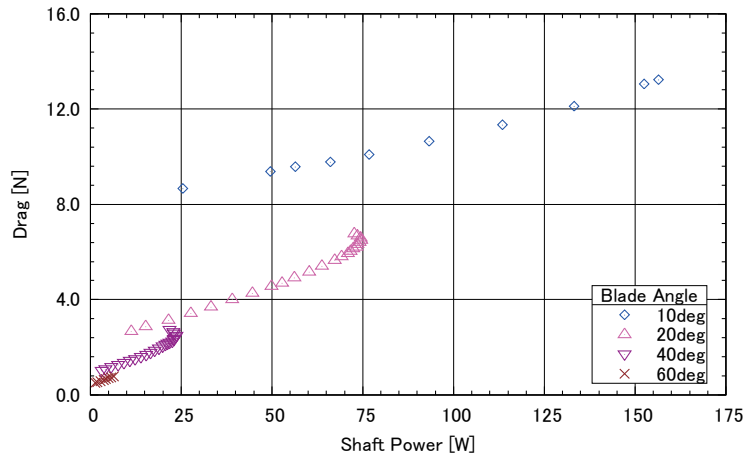


図 A.1.97 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 21m/s, 取付角比較)

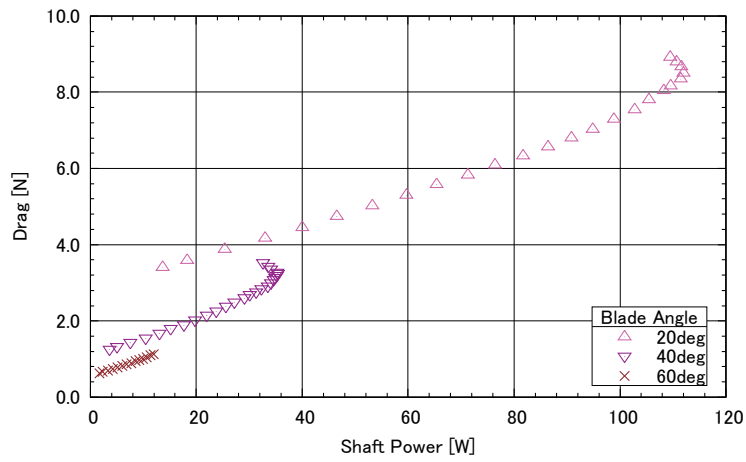


図 A.1.98 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 24m/s, 取付角比較)

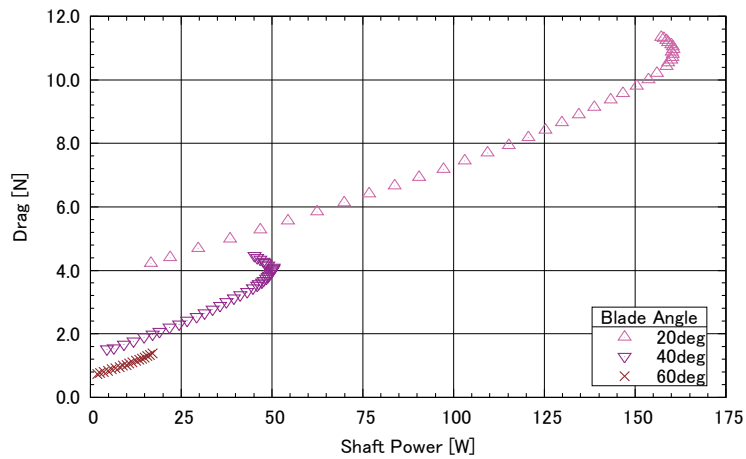


図 A.1.99 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 27m/s, 取付角比較)

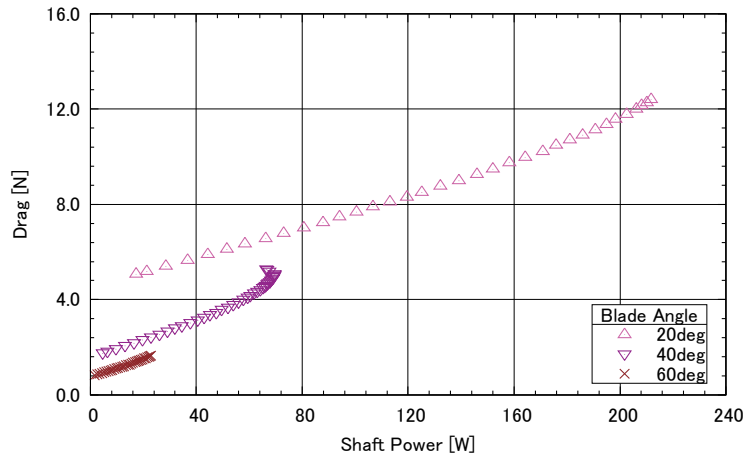


図 A.1.100 軸出力と抗力の関係(ヘリブレード 風速 30m/s, 取付角比較)

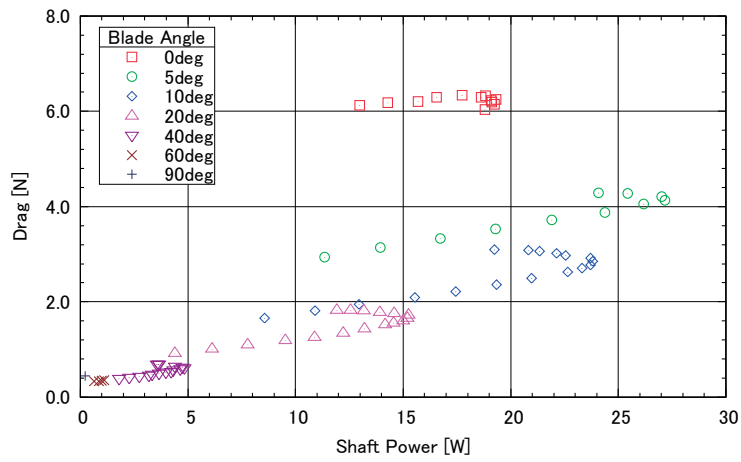


図 A.1.101 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 21m/s, 取付角比較)

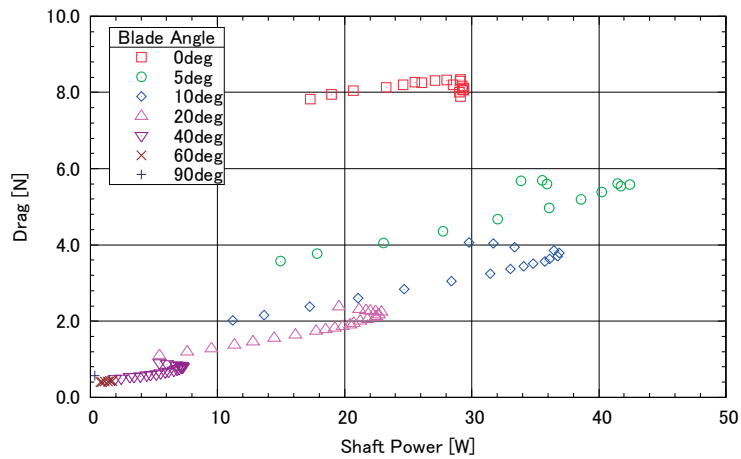


図 A.1.102 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 24m/s, 取付角比較)

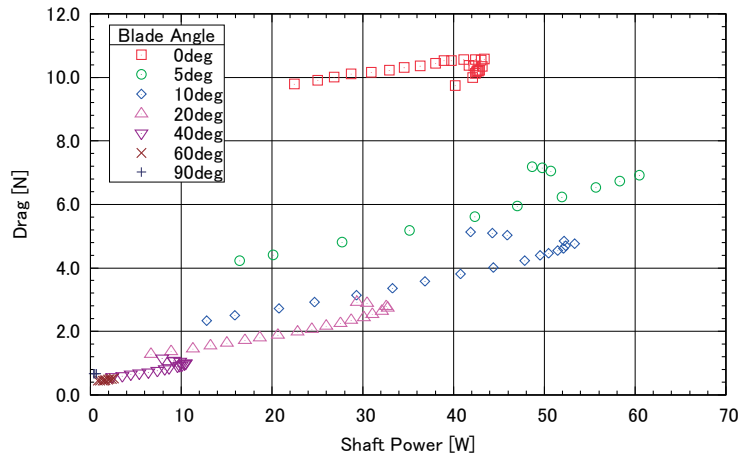


図 A.1.103 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 27m/s, 取付角比較)

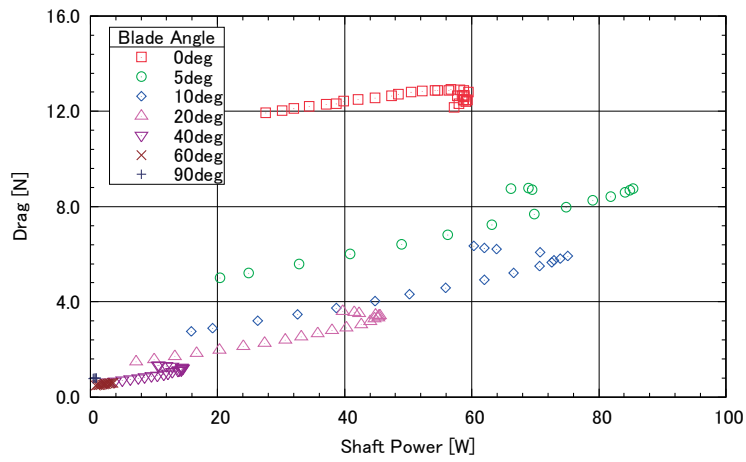


図 A.1.104 軸出力と抗力の関係(13×4 インチプロペラ 風速 30m/s, 取付角比較)

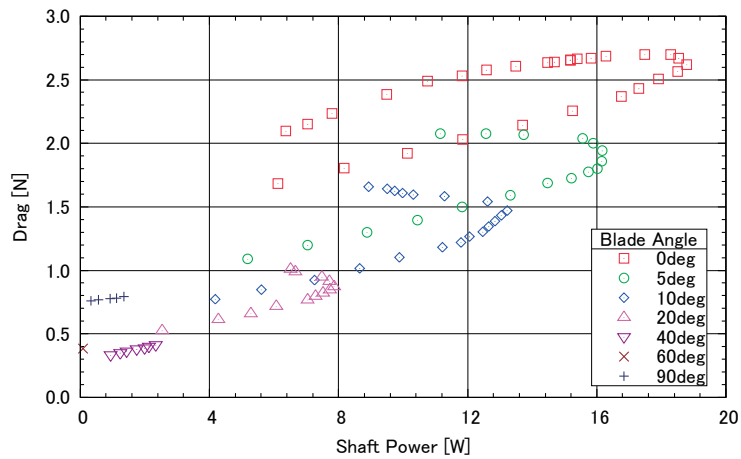


図 A.1.105 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 21m/s, 取付角比較)

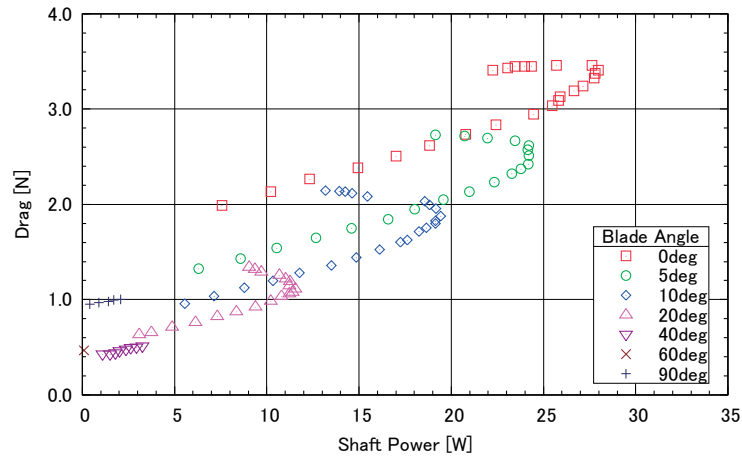


図 A.1.106 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 24m/s, 取付角比較)

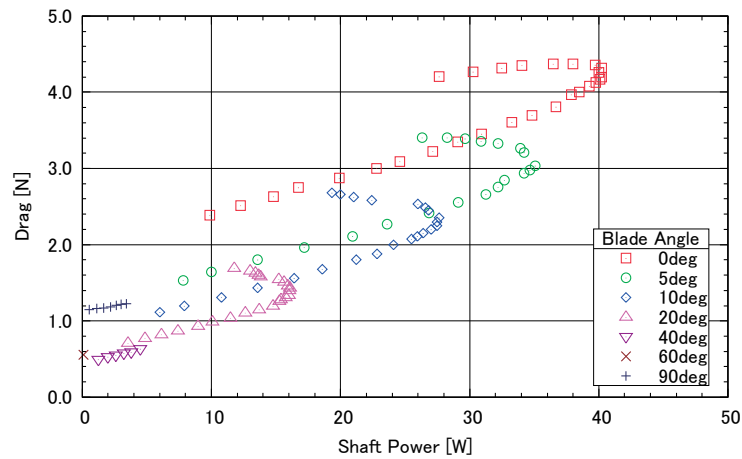


図 A.1.107 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 27m/s, 取付角比較)

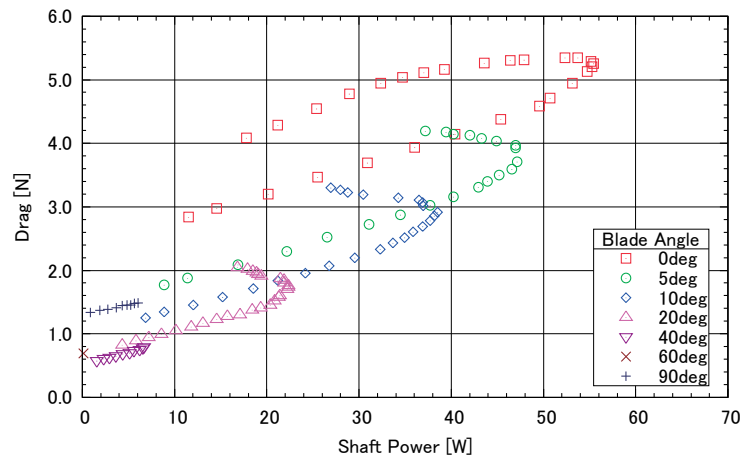


図 A.1.108 軸出力と抗力の関係(13×10 インチプロペラ 風速 30m/s, 取付角比較)

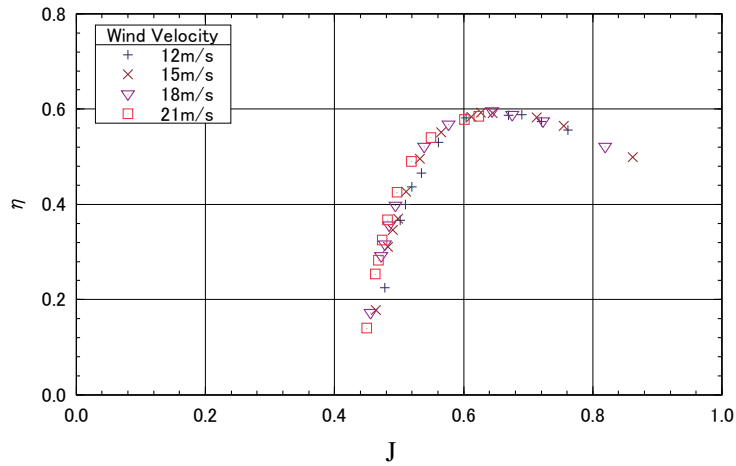


図 A.1.109 進行率と効率の関係(ヘリブレードの取付角  $10^\circ$  , 風速比較)

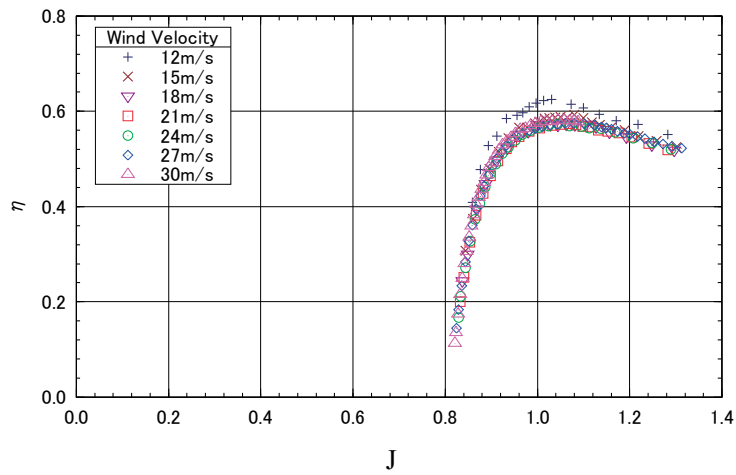


図 A.1.110 進行率と効率の関係(ヘリブレードの取付角  $20^\circ$  , 風速比較)

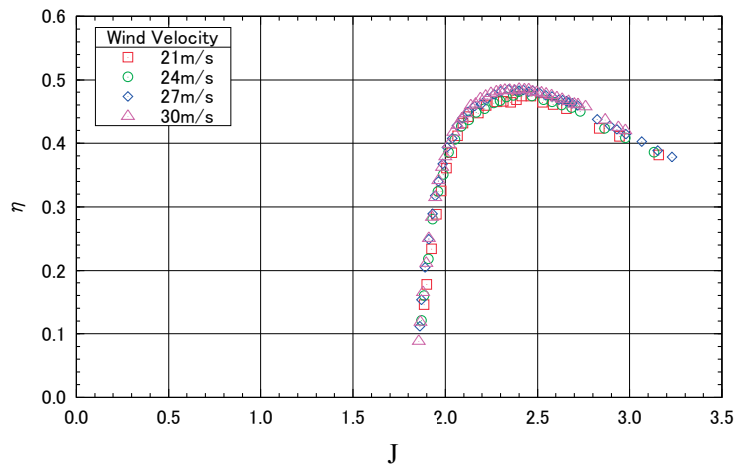


図 A.1.111 進行率と効率の関係(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速比較)

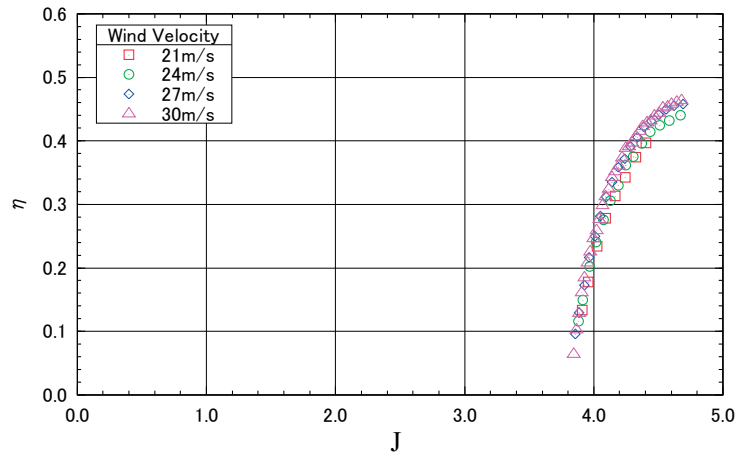


図 A.1.112 進行率と効率の関係(ヘリブレードの取付角  $60^\circ$  , 風速比較)

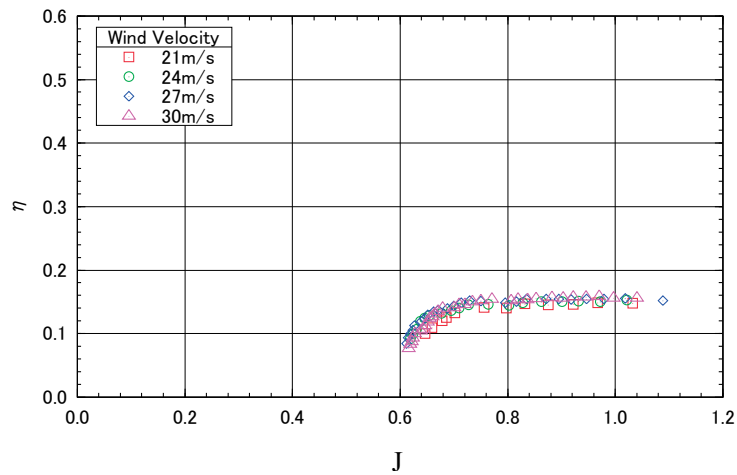


図 A.1.113 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  , 風速比較)

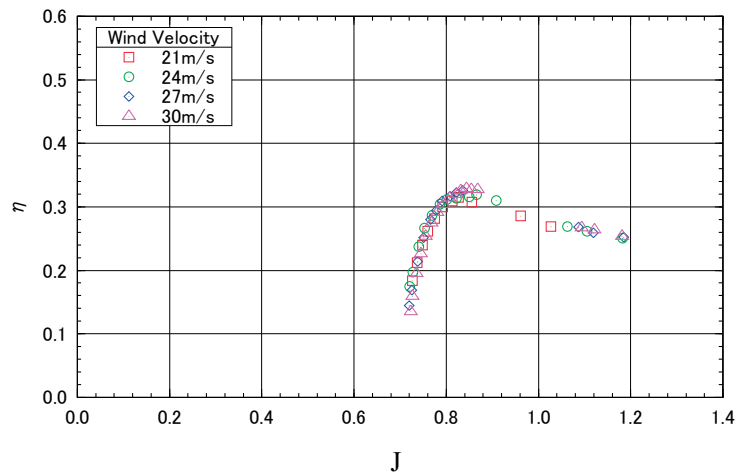


図 A.1.114 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角  $5^\circ$  , 風速比較)

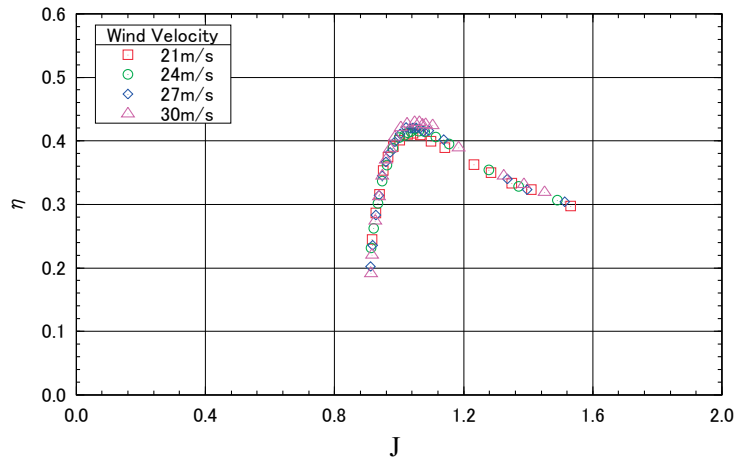


図 A.1.115 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角 10° , 風速比較)

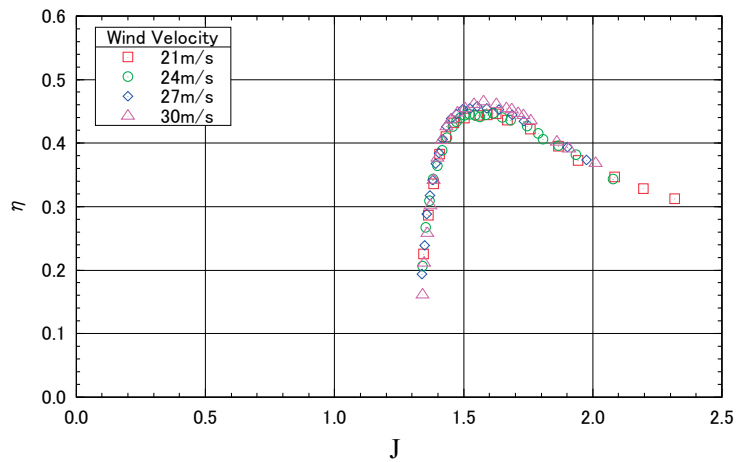


図 A.1.116 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角 20° , 風速比較)

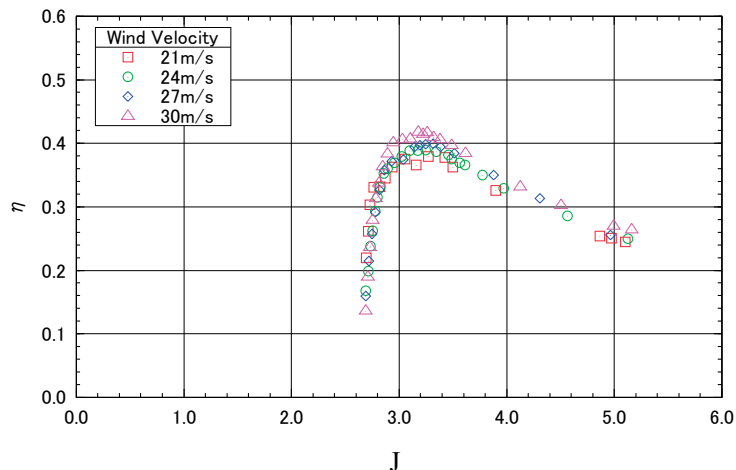


図 A.1.117 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角 40° , 風速比較)

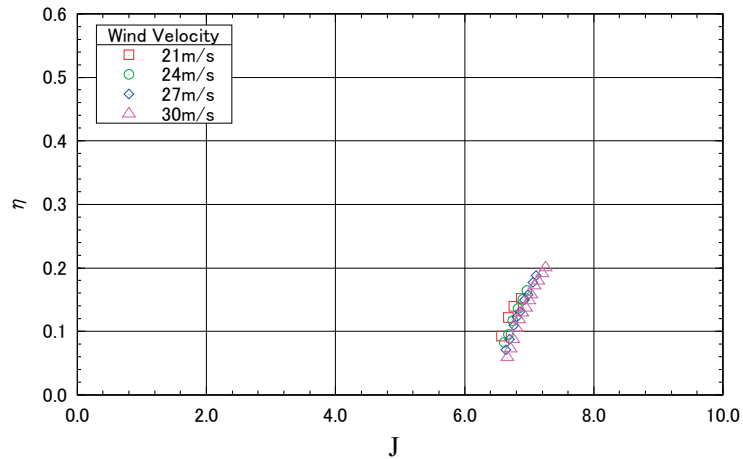


図 A.1.118 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角 60° , 風速比較)

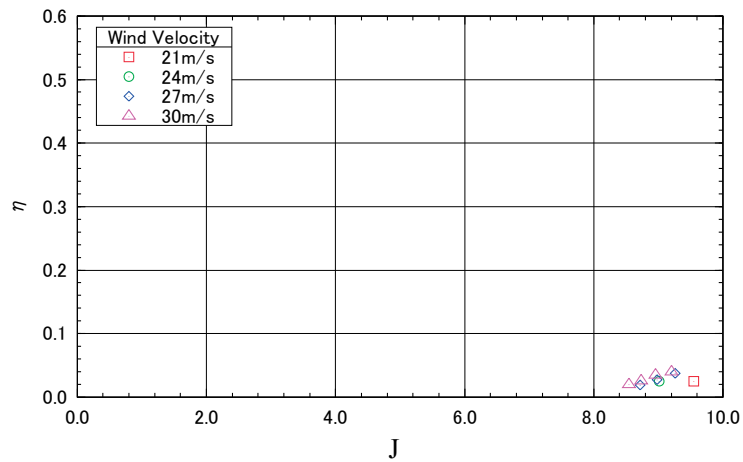


図 A.1.119 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラの取付角 90° , 風速比較)

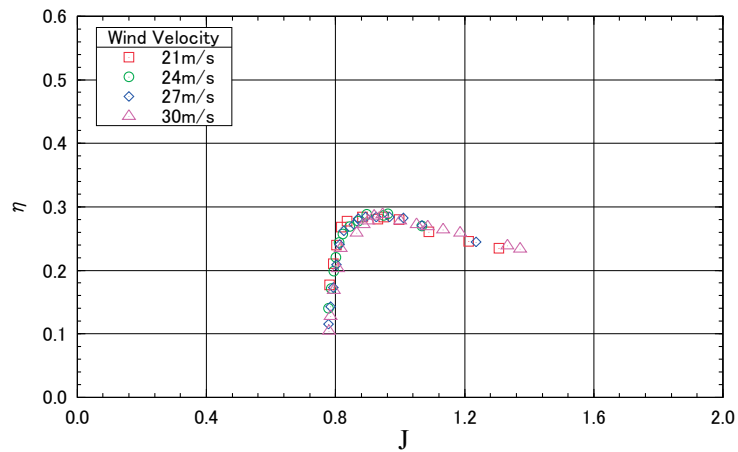


図 A.1.120 進行率と効率の関係(13×6.5 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)



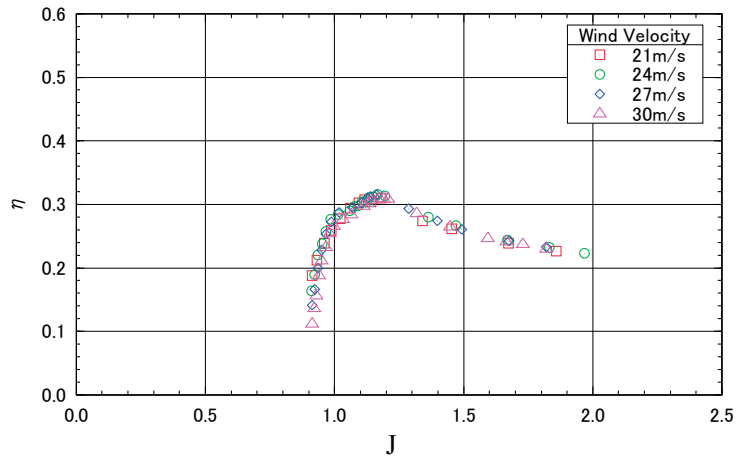


図 A.1.121 進行率と効率の関係(13×8 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

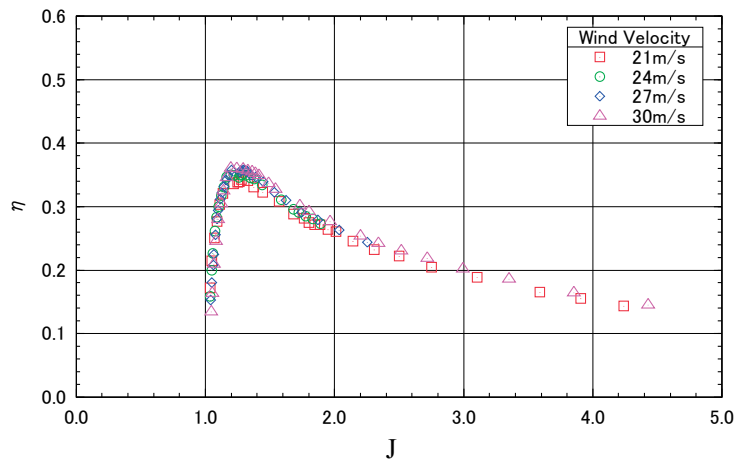


図 A.1.122 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速比較)

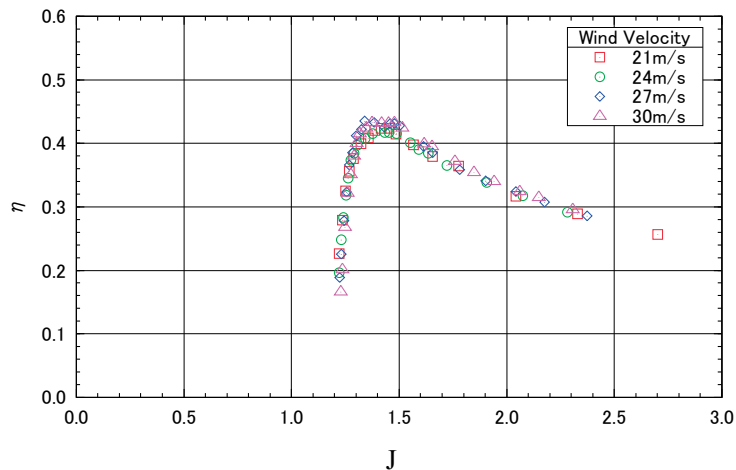


図 A.1.123 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 5° , 風速比較)

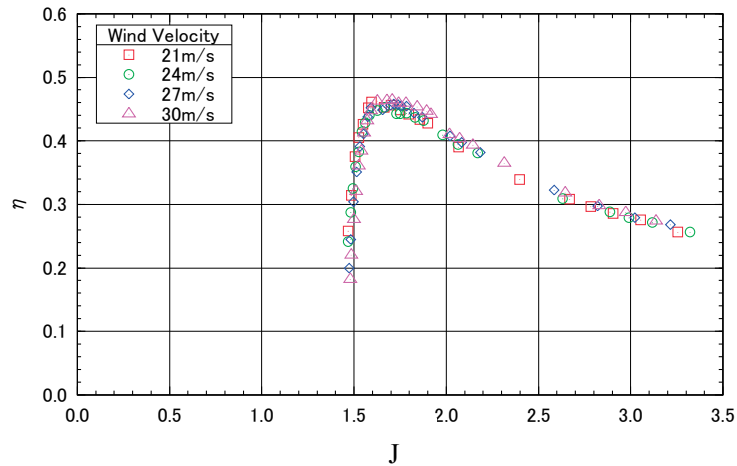


図 A.1.124 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 10° , 風速比較)

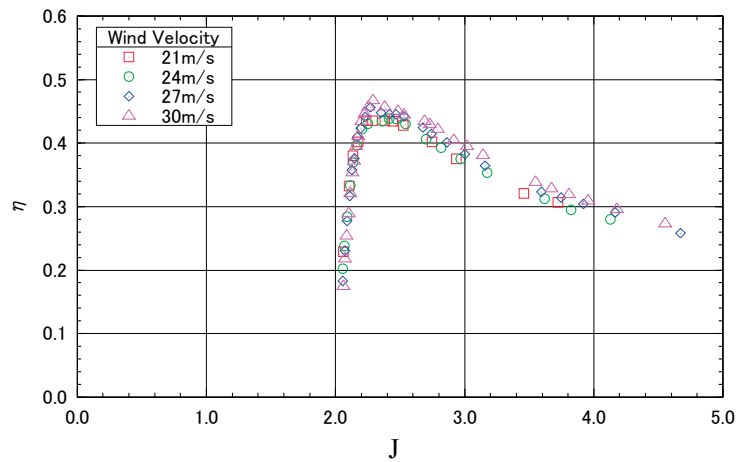


図 A.1.125 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 20° , 風速比較)

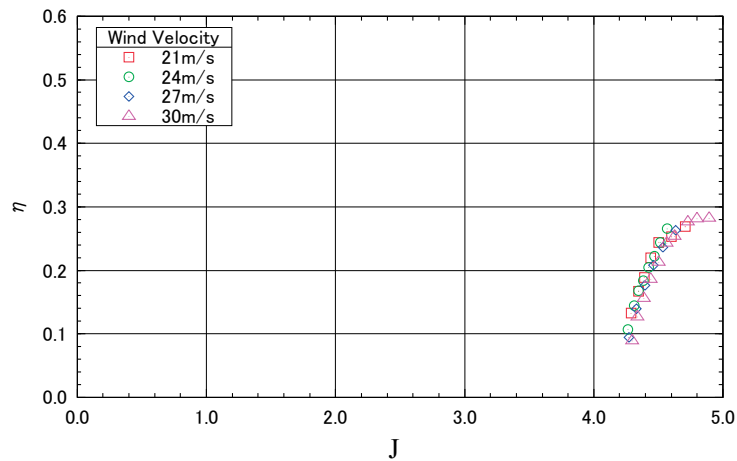


図 A.1.126 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 40° , 風速比較)

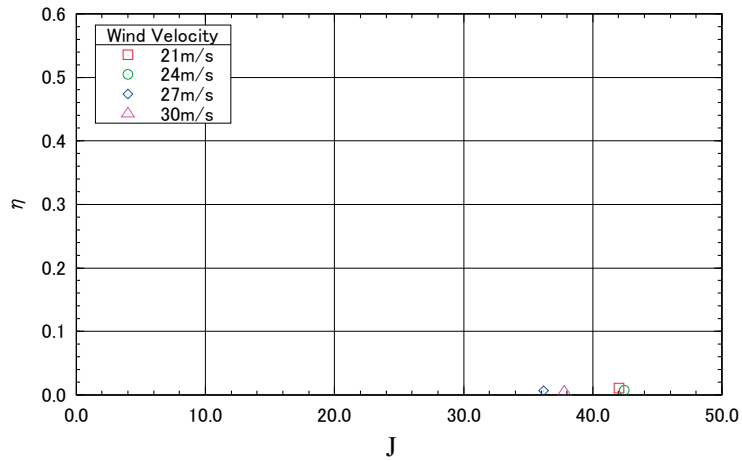


図 A.1.127 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 60° , 風速比較)

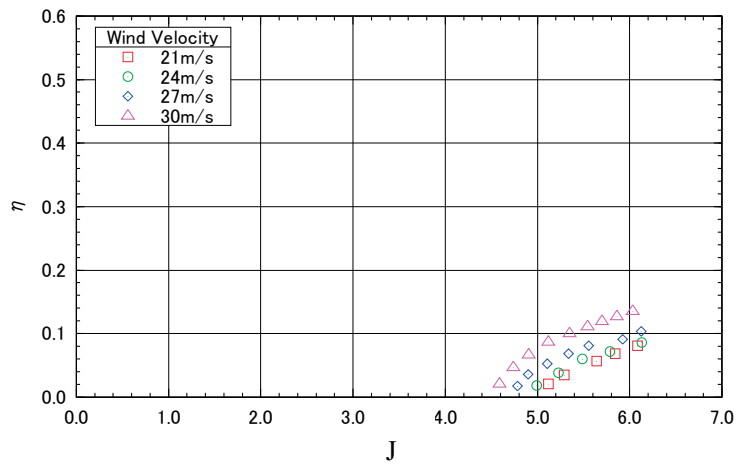


図 A.1.128 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラの取付角 90° , 風速比較)

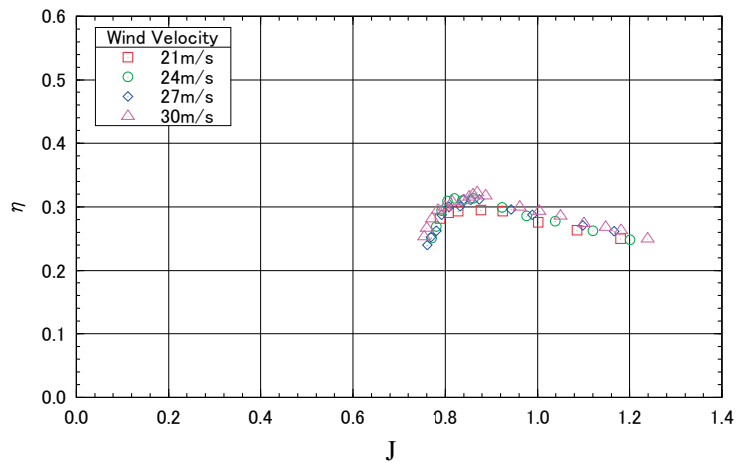


図 A.1.129 進行率と効率の関係(11×5.5 インチプロペラ, 風速比較)

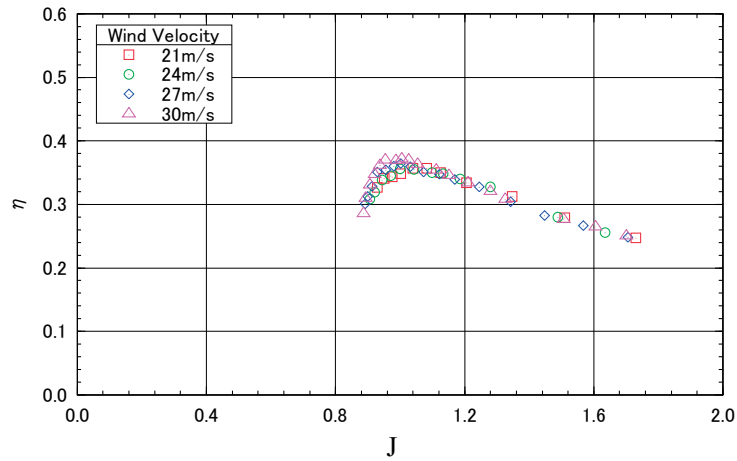


図 A.1.130 進行率と効率の関係(11×7 インチプロペラ, 風速比較)

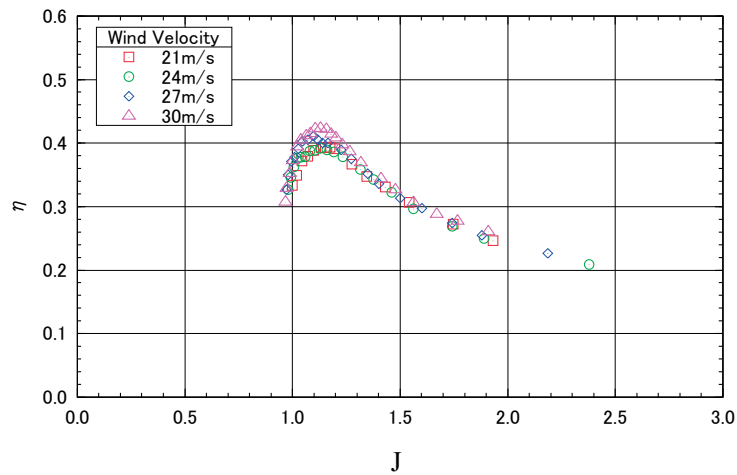


図 A.1.131 進行率と効率の関係(11×8 インチプロペラ, 風速比較)

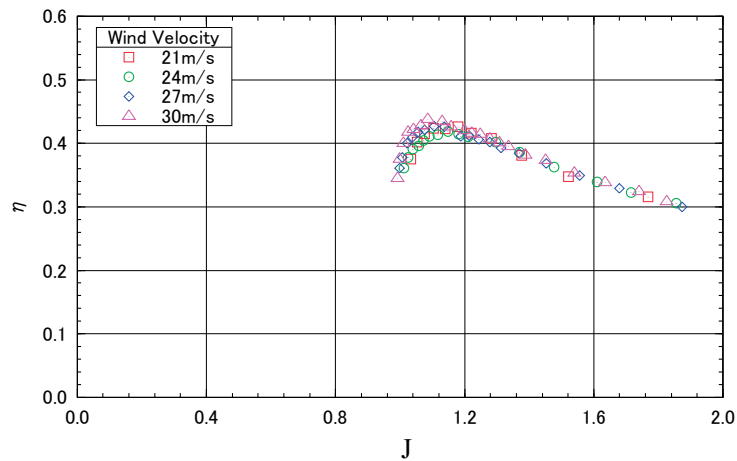


図 A.1.132 進行率と効率の関係(11×8.5 インチプロペラ, 風速比較)

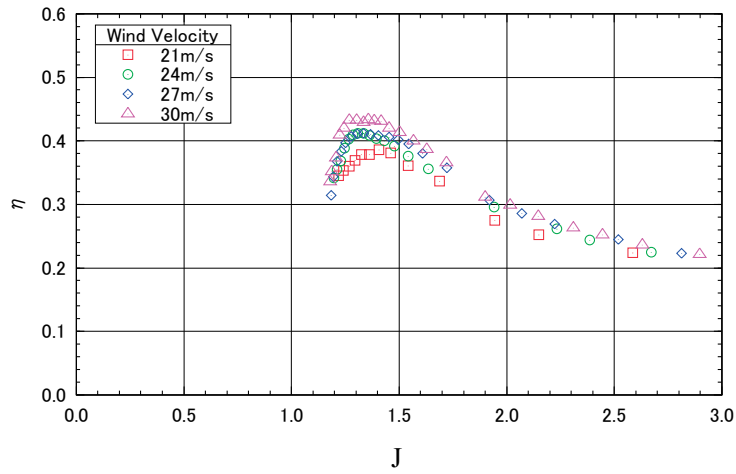


図 A.1.133 進行率と効率の関係(11×10 インチプロペラ, 風速比較)

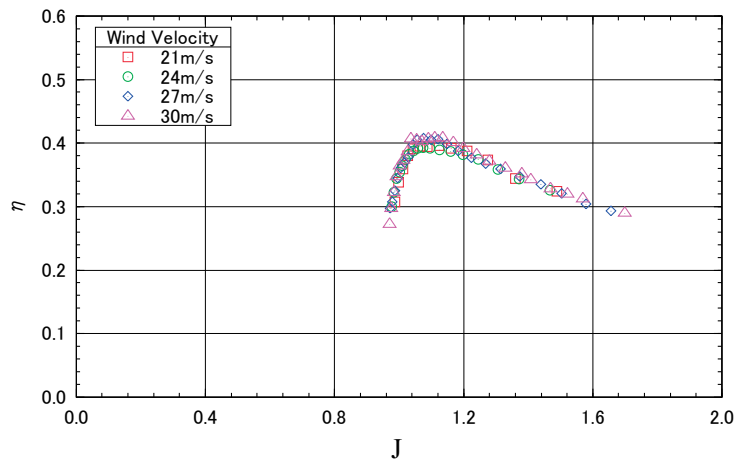


図 A.1.134 進行率と効率の関係(12×8 インチプロペラ, 風速比較)

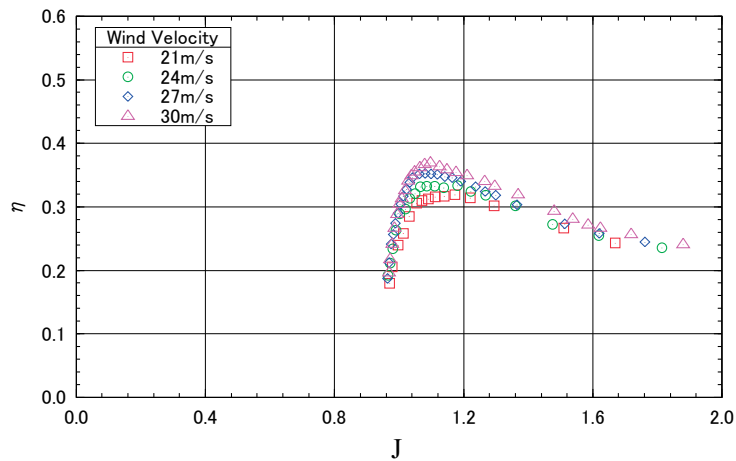


図 A.1.135 進行率と効率の関係(13×8 インチプロペラ, 風速比較)

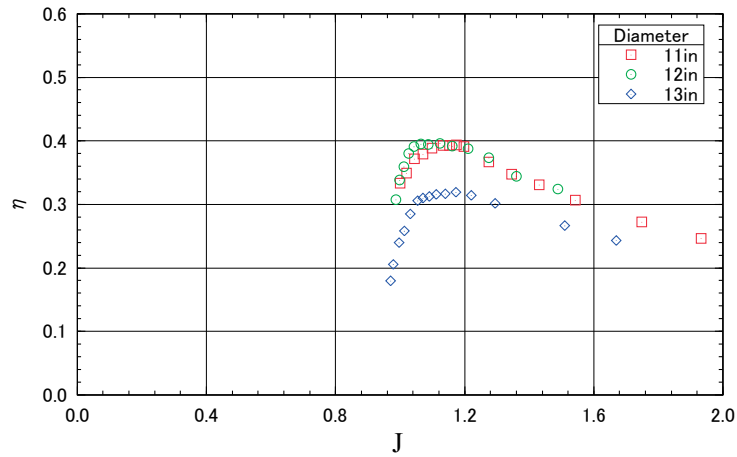


図 A.1.136 進行率と効率の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 21m/s, 直径比較)

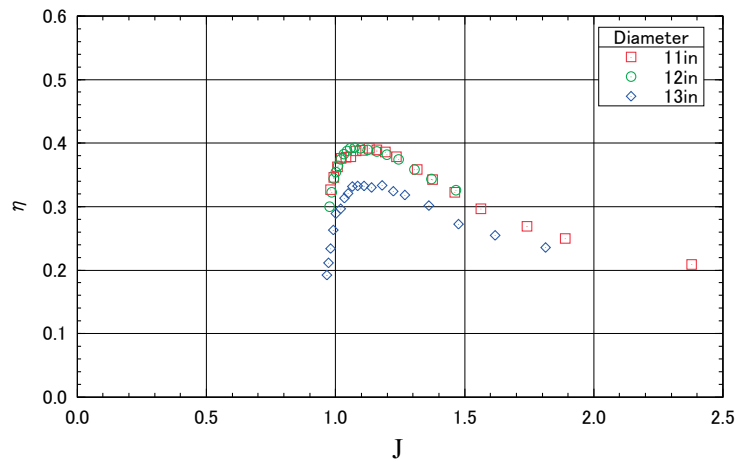


図 A.1.137 進行率と効率の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 24m/s, 直径比較)

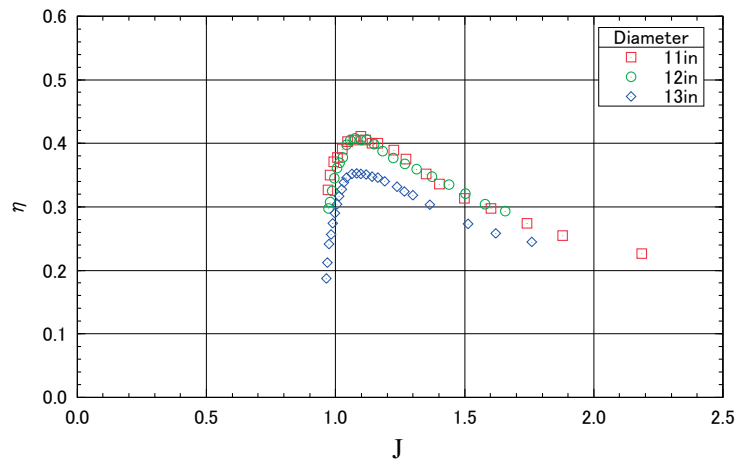


図 A.1.138 進行率と効率の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 27m/s, 直径比較)

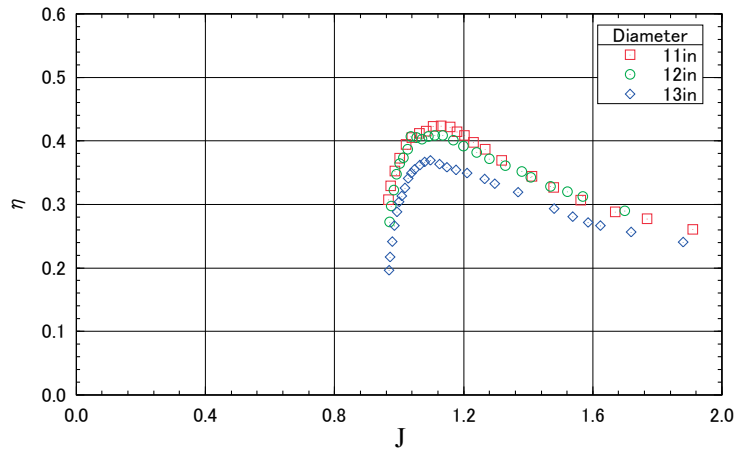


図 A.1.139 進行率と効率の関係(ピッチ 8 インチプロペラ 風速 30m/s, 直径比較)

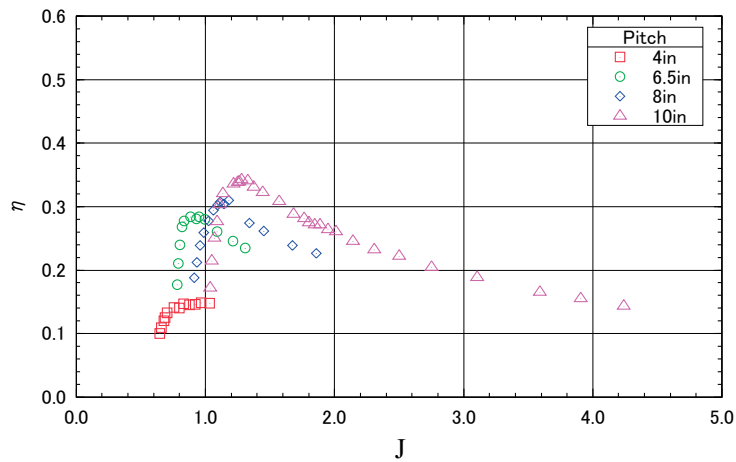


図 A.1.140 進行率と効率の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角 0° 風速 21m/s, ピッチ比較)

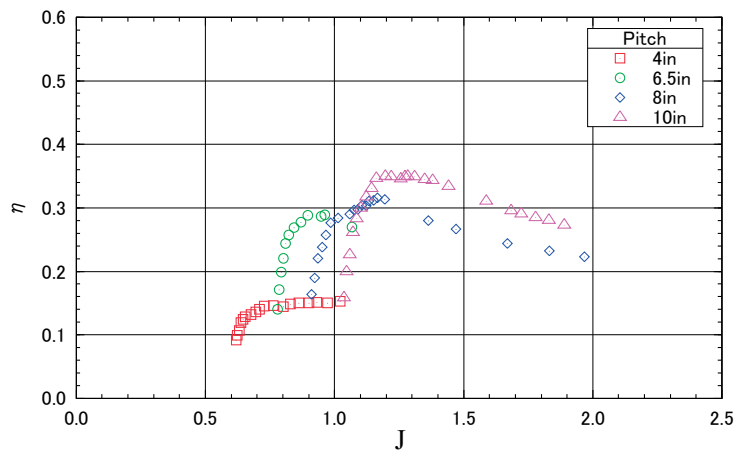


図 A.1.141 進行率と効率の関係

(直径 13 インチプロペラの取付角 0° 風速 24m/s, ピッチ比較)

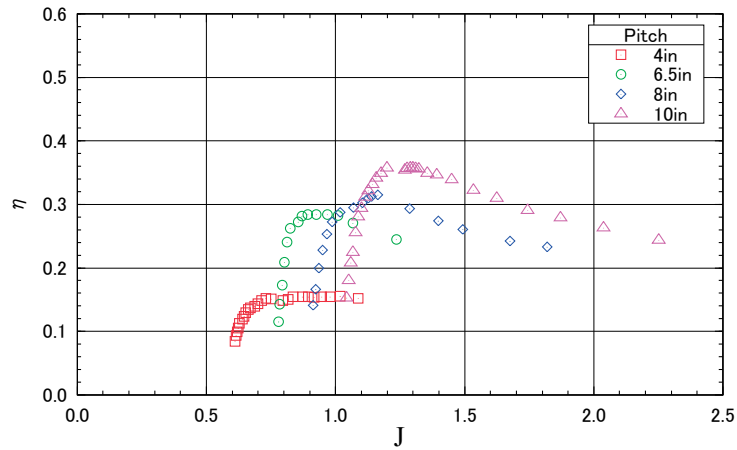


図 A.1.142 進行率と効率の関係

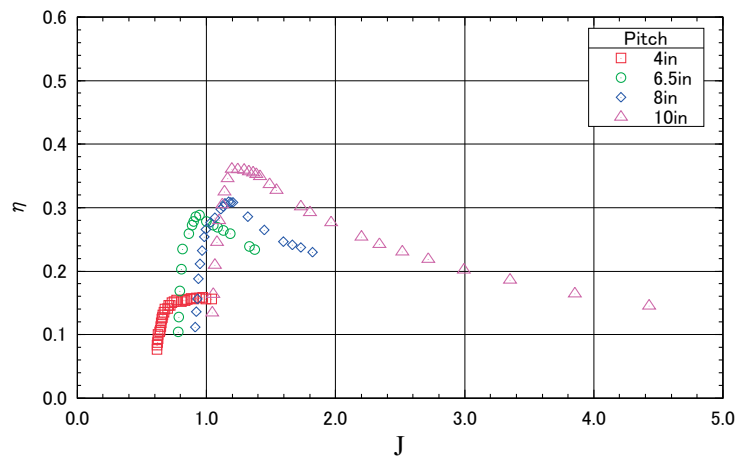
(直径 13 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  風速 27m/s, ピッチ比較)

図 A.1.143 進行率と効率の関係

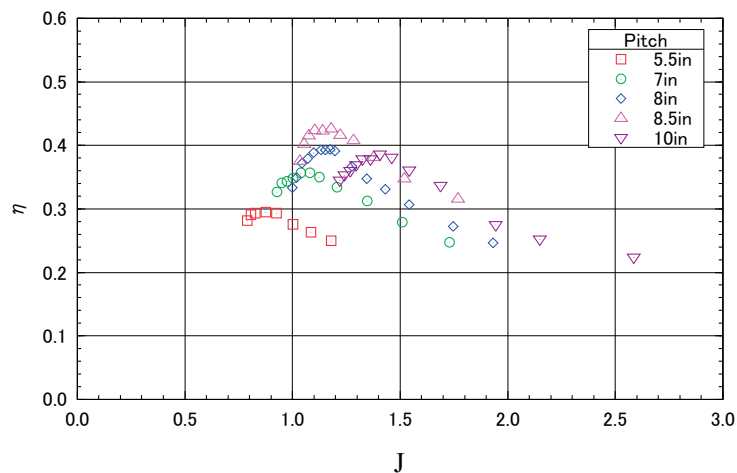
(直径 13 インチプロペラの取付角  $0^\circ$  風速 30m/s, ピッチ比較)

図 A.1.144 進行率と効率の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 21m/s, ピッチ比較)



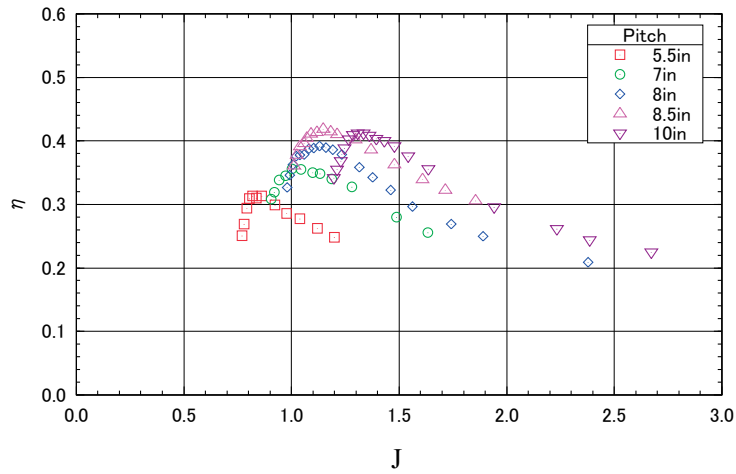


図 A.1.145 進行率と効率の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 24m/s, ピッチ比較)

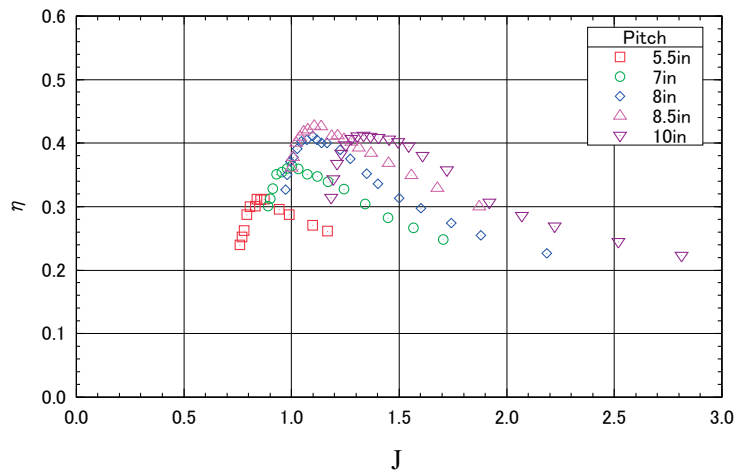


図 A.1.146 進行率と効率の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 27m/s, ピッチ比較)

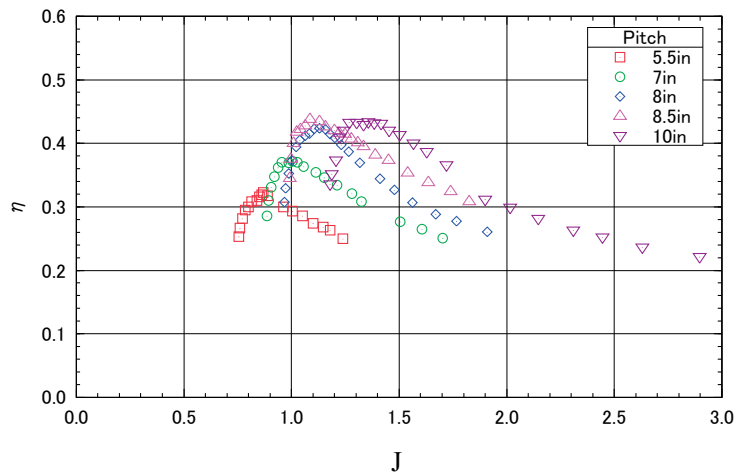


図 A.1.147 進行率と効率の関係(直径 11 インチプロペラ 風速 30m/s, ピッチ比較)

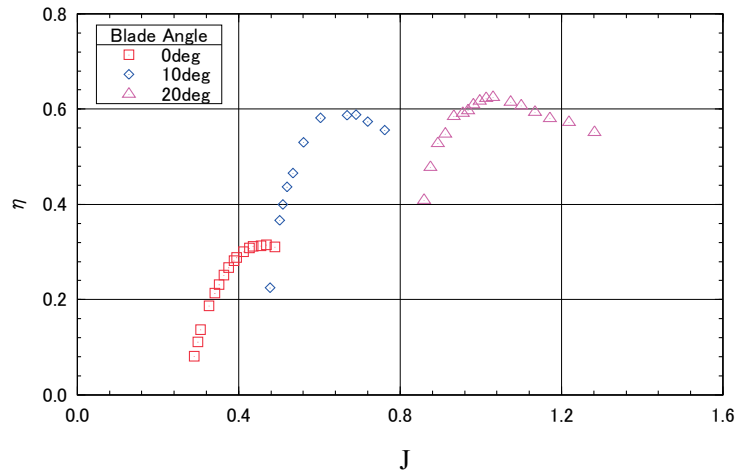


図 A.1.148 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 12m/s, 取付角比較)

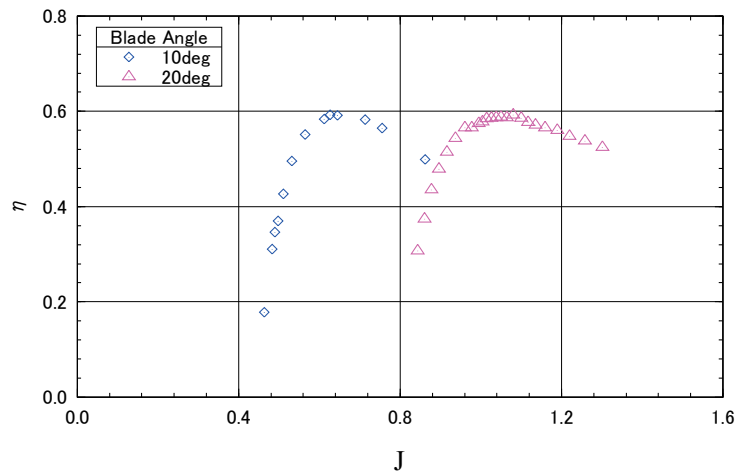


図 A.1.149 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 15m/s, 取付角比較)

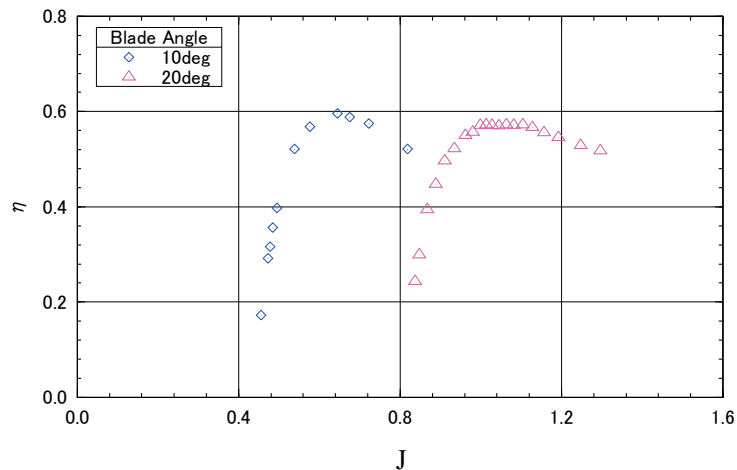


図 A.1.150 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 18m/s, 取付角比較)

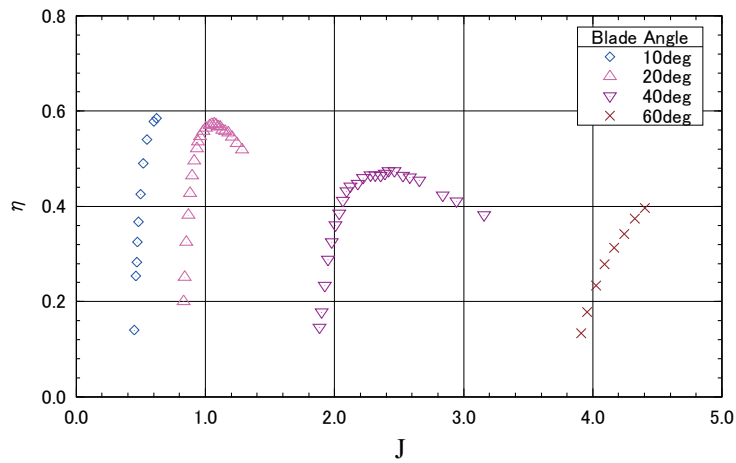


図 A.1.151 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 21m/s, 取付角比較)

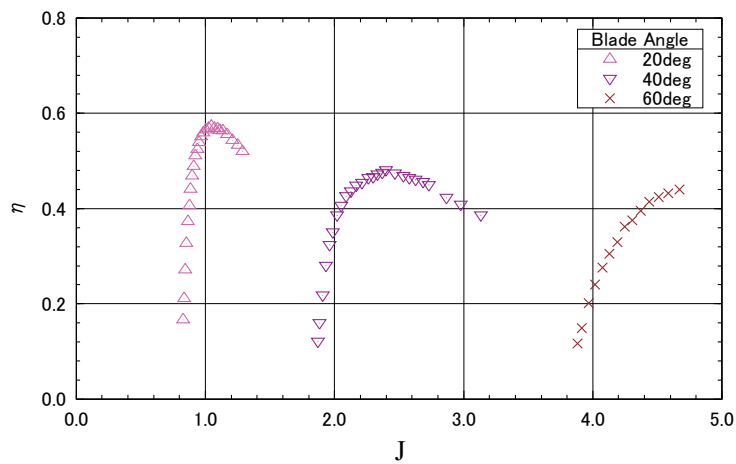


図 A.1.152 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 24m/s, 取付角比較)

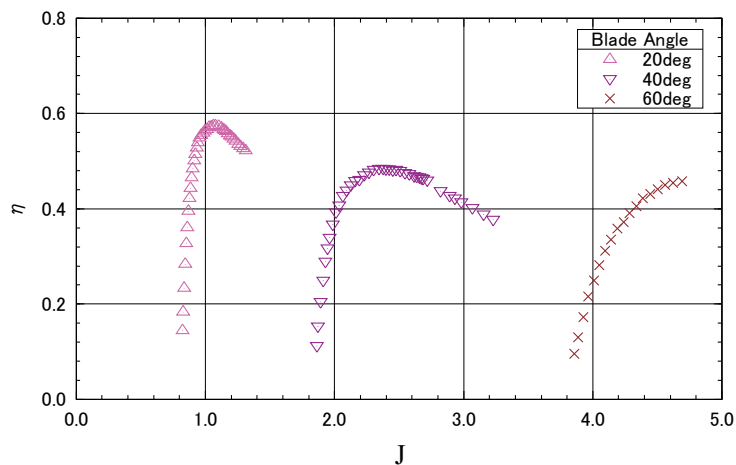


図 A.1.153 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 27m/s, 取付角比較)

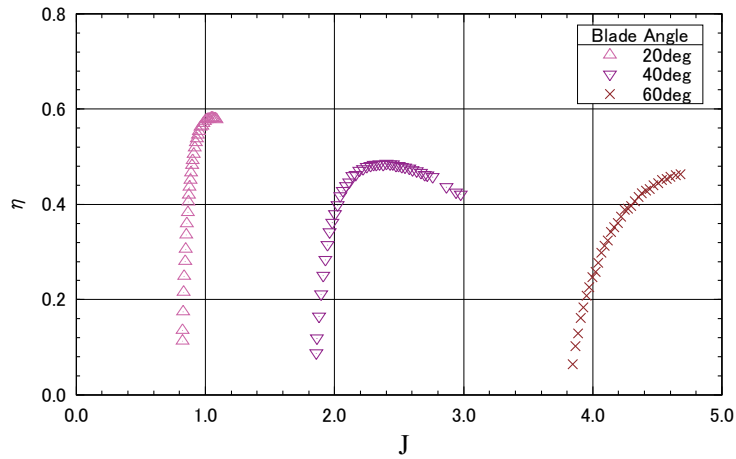


図 A.1.154 進行率と効率の関係(ヘリブレード 風速 30m/s, 取付角比較)

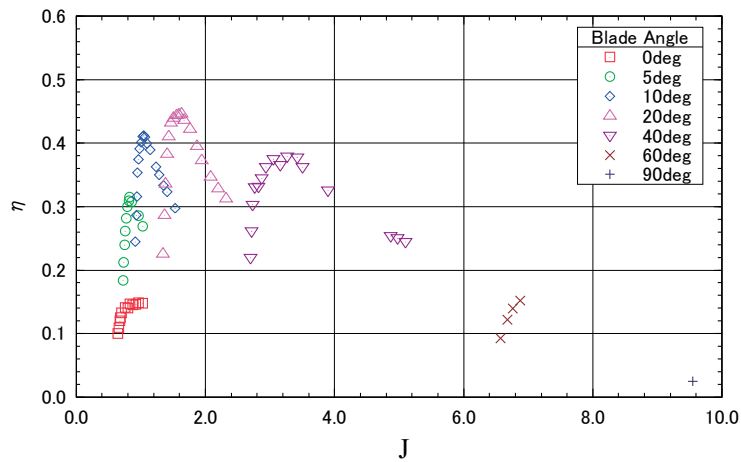


図 A.1.155 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラ 風速 21m/s, 取付角比較)

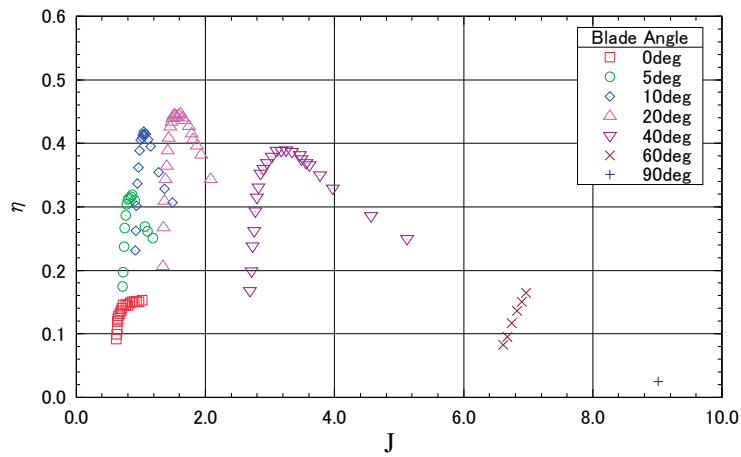


図 A.1.156 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラ 風速 24m/s, 取付角比較)

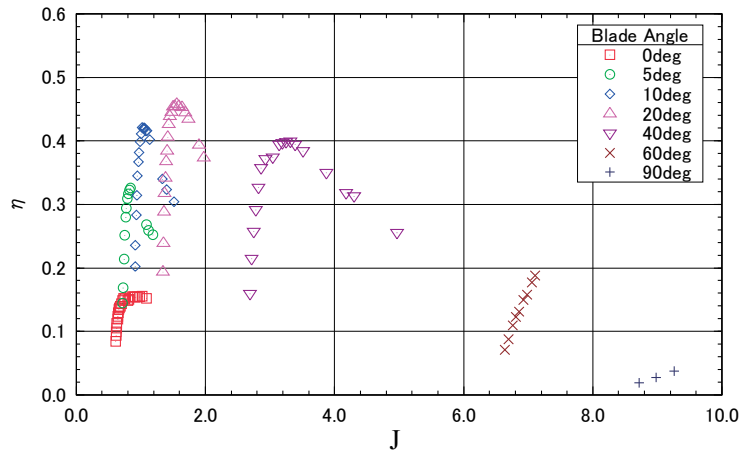


図 A.1.157 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラ 風速 27m/s, 取付角比較)

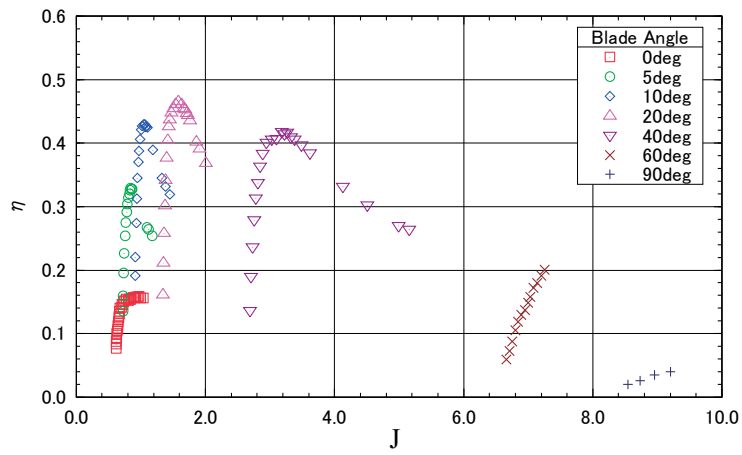


図 A.1.158 進行率と効率の関係(13×4 インチプロペラ 風速 30m/s, 取付角比較)

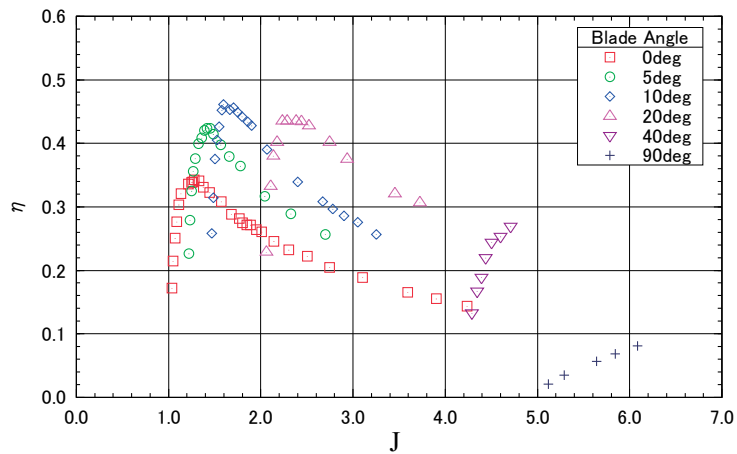


図 A.1.159 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラ 風速 21m/s, 取付角比較)

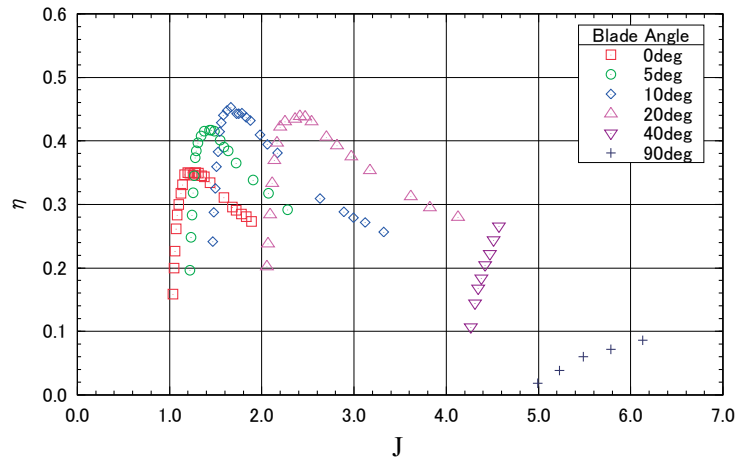


図 A.1.160 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラ 風速 24m/s, 取付角比較)

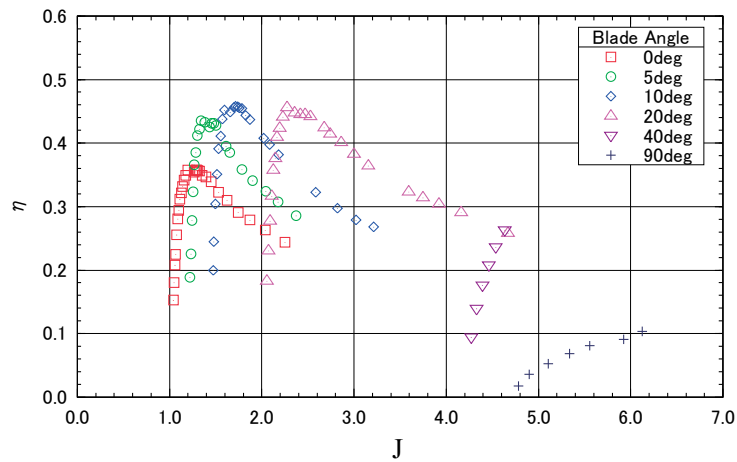


図 A.1.161 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラ 風速 27m/s, 取付角比較)

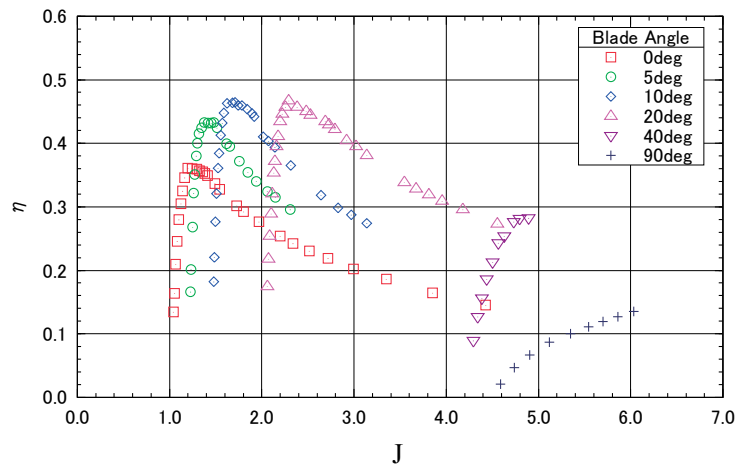


図 A.1.162 進行率と効率の関係(13×10 インチプロペラ 風速 30m/s, 取付角比較)

表 A.1.1 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 10°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
12.55	0.4923	-0.0285	-0.0031	0.2180	4065.5230	3.2129	8.7902
12.49	0.5186	-0.0350	-0.0064	0.3538	3842.9370	3.5198	15.5602
12.47	0.5280	-0.0372	-0.0076	0.3863	3766.4446	3.5960	17.3236
12.44	0.5394	-0.0403	-0.0092	0.4212	3677.6568	3.7150	19.4659
12.45	0.5560	-0.0450	-0.0112	0.4476	3571.8223	3.9105	21.7919
12.42	0.5853	-0.0523	-0.0156	0.5082	3385.6872	4.0897	25.8222
12.41	0.6317	-0.0643	-0.0225	0.5549	3132.9249	4.3012	29.6197
12.44	0.7036	-0.0840	-0.0330	0.5588	2820.5355	4.5569	31.6841
12.45	0.7262	-0.0901	-0.0366	0.5590	2733.3798	4.5902	31.9388
12.45	0.7583	-0.0989	-0.0408	0.5446	2618.7319	4.6234	31.3487
12.44	0.8021	-0.1110	-0.0470	0.5280	2472.6745	4.6261	30.3788
15.52	0.4773	-0.0260	-0.0021	0.1726	5185.1268	4.7576	12.7407
15.45	0.4984	-0.0309	-0.0046	0.3005	4945.3128	5.1494	23.9109
15.42	0.5063	-0.0328	-0.0056	0.3348	4857.9758	5.2794	27.2536
15.42	0.5157	-0.0353	-0.0065	0.3570	4769.2605	5.4742	30.1371
15.36	0.5297	-0.0389	-0.0085	0.4115	4623.6747	5.6700	35.8343
15.35	0.5538	-0.0449	-0.0118	0.4764	4421.7260	5.9840	43.7711
15.35	0.5906	-0.0546	-0.0170	0.5279	4144.0828	6.3850	51.7254
15.34	0.6431	-0.0693	-0.0248	0.5561	3803.9110	6.8354	58.3003
15.33	0.6591	-0.0736	-0.0273	0.5636	3710.8434	6.9063	59.6845
15.37	0.6791	-0.0794	-0.0303	0.5619	3610.8846	7.0546	60.9469
15.37	0.7521	-0.0991	-0.0412	0.5528	3259.7956	7.1770	60.9853
15.39	0.7960	-0.1115	-0.0475	0.5356	3082.5102	7.2224	59.5146
15.37	0.9069	-0.1417	-0.0610	0.4744	2703.4212	7.0586	51.4752
18.40	0.4687	-0.0246	-0.0019	0.1683	6260.3730	6.5721	20.3449
18.32	0.4869	-0.0292	-0.0040	0.2827	6001.0460	7.1730	37.1545
18.30	0.4936	-0.0310	-0.0047	0.3063	5912.2945	7.3922	41.4345
18.28	0.5013	-0.0330	-0.0057	0.3439	5814.9108	7.6135	47.8576
18.25	0.5128	-0.0360	-0.0071	0.3839	5676.0711	7.9138	55.4506
18.16	0.5625	-0.0487	-0.0137	0.4993	5149.2563	8.7945	79.7473
18.14	0.6045	-0.0596	-0.0195	0.5420	4785.6544	9.3038	91.4598
18.17	0.6785	-0.0798	-0.0306	0.5653	4270.2645	9.9159	101.8339
18.19	0.7123	-0.0893	-0.0355	0.5579	4073.5749	10.0967	102.4799

18.21	0.7632	-0.1037	-0.0431	0.5441	3805.4706	10.2338	101.3992
18.23	0.8645	-0.1327	-0.0566	0.4936	3362.9099	10.2270	92.0281
21.56	0.4621	-0.0238	-0.0015	0.1364	7440.3656	8.9945	26.4567
21.50	0.4777	-0.0277	-0.0033	0.2461	7177.1577	9.7298	51.4840
21.46	0.4833	-0.0291	-0.0039	0.2744	7083.5098	9.9427	58.5636
21.45	0.4897	-0.0306	-0.0047	0.3146	6984.5303	10.1612	68.5561
21.40	0.4992	-0.0329	-0.0058	0.3550	6838.8356	10.4880	79.6840
21.34	0.5161	-0.0373	-0.0079	0.4103	6594.0889	11.0615	96.8534
21.31	0.5404	-0.0437	-0.0111	0.4703	6287.6840	11.7620	117.8673
21.28	0.5746	-0.0529	-0.0157	0.5166	5907.2893	12.5759	138.2711
21.28	0.6327	-0.0691	-0.0240	0.5494	5364.0807	13.5445	158.3419
21.28	0.6575	-0.0757	-0.0276	0.5551	5162.8574	13.7469	162.4167

表 A.1.2 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 20°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
12.28	0.8668	-0.0310	-0.0109	0.4051	2260.3500	1.0806	5.3776
12.28	0.8844	-0.0360	-0.0151	0.4733	2213.8644	1.2021	6.9846
12.28	0.9029	-0.0412	-0.0194	0.5220	2168.8974	1.3204	8.4625
12.27	0.9229	-0.0467	-0.0233	0.5417	2120.0676	1.4306	9.5067
12.26	0.9450	-0.0526	-0.0287	0.5772	2069.6382	1.5366	10.8752
12.26	0.9689	-0.0594	-0.0336	0.5834	2017.4742	1.6479	11.7826
12.25	0.9820	-0.0630	-0.0363	0.5880	1989.8760	1.6990	12.2393
12.25	0.9967	-0.0669	-0.0401	0.6007	1959.5742	1.7516	12.8847
12.24	1.0127	-0.0711	-0.0438	0.6074	1927.3794	1.8011	13.3875
12.23	1.0295	-0.0757	-0.0477	0.6129	1895.0274	1.8520	13.8837
12.23	1.0477	-0.0804	-0.0518	0.6150	1861.9458	1.8994	14.2876
12.22	1.0923	-0.0921	-0.0608	0.6044	1784.1888	1.9992	14.7665
12.21	1.1199	-0.0995	-0.0664	0.5963	1739.2710	2.0512	14.9386
12.20	1.1552	-0.1087	-0.0732	0.5830	1684.5054	2.1025	14.9551
12.19	1.1932	-0.1188	-0.0808	0.5698	1630.0644	2.1514	14.9482
12.19	1.2426	-0.1315	-0.0917	0.5616	1564.1502	2.1920	15.0010
12.18	1.3082	-0.1488	-0.1052	0.5405	1484.5830	2.2358	14.7149
15.28	0.8509	-0.0277	-0.0072	0.3044	2864.9820	1.5494	7.2101
15.29	0.8685	-0.0323	-0.0104	0.3710	2807.1366	1.7353	9.8397
15.29	0.8863	-0.0371	-0.0142	0.4307	2751.1920	1.9157	12.6147



15.28	0.9057	-0.0423	-0.0181	0.4735	2690.5752	2.0851	15.0863
15.27	0.9272	-0.0478	-0.0225	0.5083	2626.6734	2.2493	17.4573
15.26	0.9498	-0.0540	-0.0275	0.5359	2562.8106	2.4186	19.7813
15.25	0.9740	-0.0607	-0.0330	0.5578	2498.0214	2.5810	21.9601
15.24	0.9918	-0.0657	-0.0363	0.5572	2451.4200	2.6900	22.8465
15.23	1.0109	-0.0711	-0.0406	0.5656	2403.1872	2.7977	24.1014
15.23	1.0207	-0.0739	-0.0429	0.5688	2379.8046	2.8513	24.6980
15.23	1.0318	-0.0769	-0.0457	0.5756	2353.7412	2.9050	25.4619
15.22	1.0430	-0.0802	-0.0482	0.5764	2327.6874	2.9614	25.9830
15.22	1.0560	-0.0834	-0.0508	0.5774	2298.5028	3.0019	26.3784
15.21	1.0687	-0.0867	-0.0536	0.5781	2270.3772	3.0459	26.7875
15.21	1.0839	-0.0905	-0.0567	0.5774	2238.1068	3.0911	27.1451
15.21	1.0992	-0.0946	-0.0605	0.5825	2206.7472	3.1388	27.8058
15.20	1.1202	-0.1002	-0.0646	0.5752	2163.6660	3.1972	27.9488
15.19	1.1386	-0.1053	-0.0679	0.5664	2127.4986	3.2470	27.9343
15.19	1.1573	-0.1105	-0.0717	0.5609	2092.7826	3.2992	28.1036
15.18	1.1820	-0.1171	-0.0769	0.5554	2048.4042	3.3498	28.2451
15.17	1.2127	-0.1254	-0.0836	0.5498	1994.8650	3.3999	28.3535
15.16	1.2442	-0.1337	-0.0893	0.5371	1943.8770	3.4429	28.0424
15.16	1.2844	-0.1442	-0.0976	0.5267	1882.5468	3.4842	27.8232
15.14	1.3283	-0.1565	-0.1069	0.5143	1818.4398	3.5278	27.4795
18.27	0.8438	-0.0259	-0.0053	0.2415	3453.8712	2.1030	9.2785
18.28	0.8552	-0.0289	-0.0074	0.2974	3408.7482	2.2908	12.4539
18.26	0.8760	-0.0343	-0.0117	0.3901	3324.2850	2.5814	18.3895
18.26	0.8978	-0.0401	-0.0160	0.4429	3243.1968	2.8773	23.2660
18.24	0.9216	-0.0464	-0.0210	0.4907	3157.3248	3.1529	28.2243
18.24	0.9472	-0.0532	-0.0260	0.5160	3071.1570	3.4229	32.2161
18.23	0.9754	-0.0610	-0.0323	0.5423	2980.9158	3.6949	36.5323
18.21	0.9951	-0.0664	-0.0363	0.5487	2918.8842	3.8566	38.5385
18.20	1.0150	-0.0720	-0.0411	0.5621	2859.6930	4.0108	41.0297
18.19	1.0294	-0.0759	-0.0440	0.5634	2818.2552	4.1107	42.1280
18.18	1.0449	-0.0802	-0.0471	0.5615	2775.5412	4.2107	42.9957
18.18	1.0623	-0.0850	-0.0506	0.5608	2730.0240	4.3169	44.0214
18.16	1.0815	-0.0903	-0.0550	0.5631	2678.3100	4.4162	45.1647
18.17	1.1008	-0.0957	-0.0592	0.5613	2632.9764	4.5231	46.1431

18.16	1.1243	-0.1022	-0.0645	0.5615	2576.1096	4.6214	47.1258
18.15	1.1492	-0.1092	-0.0697	0.5560	2518.5990	4.7192	47.6191
18.14	1.1790	-0.1174	-0.0754	0.5451	2453.4852	4.8166	47.6139
18.13	1.2165	-0.1278	-0.0831	0.5346	2377.0308	4.9202	47.6934
18.11	1.2735	-0.1429	-0.0944	0.5187	2267.6280	5.0066	47.0237
18.11	1.3240	-0.1571	-0.1055	0.5074	2181.6630	5.0948	46.8141
21.29	0.8387	-0.0245	-0.0041	0.1989	4048.1532	2.7337	11.5754
21.29	0.8469	-0.0268	-0.0057	0.2495	4010.0682	2.9404	15.6204
21.29	0.8609	-0.0303	-0.0084	0.3220	3943.3248	3.2121	22.0131
21.28	0.8757	-0.0344	-0.0114	0.3787	3875.1444	3.5192	28.3533
21.27	0.8913	-0.0384	-0.0145	0.4237	3805.3722	3.7899	34.1523
21.26	0.9078	-0.0432	-0.0180	0.4590	3735.7932	4.1046	40.0592
21.26	0.9251	-0.0480	-0.0217	0.4893	3665.1222	4.3967	45.7289
21.24	0.9444	-0.0533	-0.0259	0.5149	3586.2600	4.6735	51.1073
21.22	0.9565	-0.0566	-0.0286	0.5287	3538.7274	4.8274	54.1641
21.22	0.9737	-0.0613	-0.0322	0.5391	3475.2294	5.0424	57.6734
21.21	0.9966	-0.0676	-0.0370	0.5496	3394.3890	5.3086	61.8870
21.19	1.0219	-0.0746	-0.0423	0.5555	3306.4254	5.5584	65.4172
21.18	1.0499	-0.0824	-0.0485	0.5610	3216.7824	5.8116	69.0429
21.16	1.0689	-0.0877	-0.0527	0.5627	3157.1388	5.9573	70.9348
21.16	1.0886	-0.0932	-0.0571	0.5632	3100.0968	6.1032	72.7346
21.15	1.1037	-0.0974	-0.0603	0.5605	3056.3970	6.2030	73.5420
21.15	1.1189	-0.1017	-0.0634	0.5578	3014.7696	6.2974	74.2962
21.14	1.1355	-0.1063	-0.0672	0.5566	2969.0064	6.3869	75.1496
21.15	1.1543	-0.1116	-0.0708	0.5495	2921.7432	6.4922	75.4415
21.13	1.1757	-0.1174	-0.0756	0.5475	2866.6164	6.5777	76.0942
21.12	1.2000	-0.1241	-0.0809	0.5436	2807.3058	6.6640	76.5108
21.12	1.2286	-0.1319	-0.0867	0.5349	2741.5260	6.7578	76.3413
21.12	1.2672	-0.1425	-0.0941	0.5211	2657.4756	6.8576	75.4543
21.10	1.3096	-0.1543	-0.1027	0.5083	2570.0262	6.9473	74.5178
24.30	0.8345	-0.0238	-0.0033	0.1653	4643.7096	3.4932	14.0318
24.30	0.8403	-0.0254	-0.0045	0.2098	4612.9470	3.6836	18.7867
24.31	0.8506	-0.0281	-0.0064	0.2697	4557.9864	3.9777	26.0811
24.32	0.8614	-0.0310	-0.0087	0.3247	4502.2152	4.2859	33.8364
24.30	0.8724	-0.0340	-0.0110	0.3696	4443.0216	4.5744	41.0925

24.30	0.8839	-0.0372	-0.0132	0.4026	4384.6320	4.8770	47.7141
24.28	0.8958	-0.0405	-0.0158	0.4368	4322.8818	5.1536	54.6510
24.26	0.9084	-0.0440	-0.0185	0.4638	4259.9124	5.4436	61.2659
24.26	0.9211	-0.0476	-0.0212	0.4834	4201.1640	5.7225	67.1204
24.25	0.9348	-0.0513	-0.0242	0.5043	4136.9484	5.9820	73.1538
24.24	0.9496	-0.0553	-0.0272	0.5171	4071.7338	6.2534	78.3886
24.23	0.9654	-0.0595	-0.0306	0.5317	4003.4226	6.5031	83.7974
24.22	0.9821	-0.0639	-0.0341	0.5429	3932.8986	6.7415	88.6393
24.22	1.0001	-0.0687	-0.0379	0.5511	3861.8994	6.9814	93.1810
24.20	1.0192	-0.0738	-0.0419	0.5574	3786.8778	7.2130	97.2916
24.18	1.0403	-0.0800	-0.0466	0.5599	3706.6494	7.4896	101.3961
24.18	1.0626	-0.0863	-0.0516	0.5634	3628.9974	7.7424	105.4645
24.16	1.0886	-0.0938	-0.0571	0.5591	3540.2538	8.0108	108.2380
24.15	1.1160	-0.1016	-0.0632	0.5576	3451.6494	8.2514	111.1260
24.16	1.1340	-0.1067	-0.0671	0.5546	3397.6134	8.3918	112.4275
24.15	1.1600	-0.1141	-0.0731	0.5525	3320.5848	8.5736	114.4066
24.13	1.1925	-0.1231	-0.0800	0.5451	3226.9200	8.7334	114.8551
24.13	1.2333	-0.1342	-0.0882	0.5327	3120.3900	8.9068	114.4903
24.10	1.2751	-0.1457	-0.0970	0.5221	3014.8458	9.0285	113.6144
24.11	1.3167	-0.1575	-0.1055	0.5089	2920.1370	9.1523	112.2983
27.36	0.8302	-0.0230	-0.0027	0.1439	5256.8838	4.3311	17.0539
27.36	0.8350	-0.0243	-0.0037	0.1819	5226.9666	4.5287	22.5455
27.36	0.8426	-0.0263	-0.0051	0.2318	5178.5460	4.8146	30.5390
27.36	0.8506	-0.0286	-0.0068	0.2819	5129.8632	5.1230	39.5127
27.34	0.8588	-0.0308	-0.0086	0.3243	5078.0256	5.4171	48.0405
27.32	0.8671	-0.0331	-0.0103	0.3579	5025.9450	5.7029	55.7731
27.32	0.8759	-0.0355	-0.0122	0.3913	4975.1994	5.9974	64.1167
27.32	0.8851	-0.0381	-0.0141	0.4177	4922.7384	6.2882	71.7614
27.31	0.8942	-0.0407	-0.0159	0.4384	4871.5314	6.5767	78.7467
27.28	0.9040	-0.0433	-0.0180	0.4606	4813.8672	6.8436	85.9980
27.28	0.9134	-0.0460	-0.0201	0.4785	4763.2446	7.1181	92.9146
27.28	0.9234	-0.0488	-0.0223	0.4953	4711.8558	7.3800	99.7196
27.27	0.9338	-0.0517	-0.0245	0.5078	4657.7016	7.6420	105.8307
27.26	0.9452	-0.0548	-0.0270	0.5214	4600.2432	7.8975	112.2565
27.25	0.9573	-0.0580	-0.0295	0.5320	4540.3656	8.1498	118.1576

27.24	0.9699	-0.0614	-0.0322	0.5412	4480.0656	8.3949	123.7758
27.24	0.9831	-0.0649	-0.0349	0.5461	4419.7548	8.6466	128.6399
27.22	0.9974	-0.0688	-0.0378	0.5510	4351.8546	8.8815	133.1918
27.23	1.0115	-0.0727	-0.0408	0.5550	4294.0410	9.1367	138.0899
27.21	1.0273	-0.0771	-0.0442	0.5580	4224.2520	9.3758	142.3548
27.20	1.0442	-0.0817	-0.0480	0.5623	4154.1840	9.6119	146.9886
27.19	1.0614	-0.0864	-0.0516	0.5628	4085.7474	9.8309	150.4502
27.19	1.0799	-0.0916	-0.0558	0.5643	4015.6512	10.0640	154.4064
27.19	1.0997	-0.0970	-0.0602	0.5642	3942.5388	10.2752	157.6110
27.16	1.1226	-0.1032	-0.0652	0.5626	3859.0416	10.4734	160.0412
27.16	1.1457	-0.1099	-0.0705	0.5599	3781.0956	10.7048	162.7853
27.16	1.1611	-0.1141	-0.0736	0.5555	3730.0584	10.8223	163.2615
27.15	1.1722	-0.1173	-0.0762	0.5540	3694.1982	10.9109	164.1293
27.14	1.1845	-0.1208	-0.0788	0.5510	3654.3810	10.9925	164.3866
27.14	1.1974	-0.1244	-0.0815	0.5472	3615.1656	11.0847	164.6270
27.13	1.2129	-0.1287	-0.0847	0.5424	3567.2724	11.1619	164.2324
27.12	1.2258	-0.1324	-0.0877	0.5401	3529.1064	11.2422	164.7089
27.14	1.2426	-0.1370	-0.0911	0.5353	3482.9034	11.3284	164.5436
27.12	1.2597	-0.1418	-0.0949	0.5311	3433.8018	11.3942	164.1168
27.10	1.2793	-0.1473	-0.0990	0.5251	3379.0014	11.4648	163.1679
27.11	1.2997	-0.1529	-0.1035	0.5205	3326.2788	11.5334	162.7165
27.11	1.3196	-0.1585	-0.1078	0.5153	3276.6552	11.6010	162.0776
27.10	1.3405	-0.1643	-0.1126	0.5110	3224.8914	11.6481	161.3226

表 A.1.3 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 40°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.17	1.8900	-0.0480	-0.0132	0.1457	1786.2408	1.0439	3.2204
21.17	1.9063	-0.0522	-0.0177	0.1776	1771.3356	1.1164	4.1985
21.17	1.9311	-0.0577	-0.0259	0.2328	1748.2596	1.2020	5.9232
21.16	1.9570	-0.0639	-0.0359	0.2874	1724.6844	1.2945	7.8726
21.16	1.9840	-0.0699	-0.0450	0.3242	1701.2304	1.3795	9.4642
21.16	2.0129	-0.0766	-0.0554	0.3591	1676.4750	1.4678	11.1533
21.16	2.0434	-0.0837	-0.0657	0.3838	1651.3524	1.5563	12.6386
21.15	2.0753	-0.0912	-0.0776	0.4101	1625.4282	1.6419	14.2393
21.15	2.1045	-0.0989	-0.0894	0.4298	1602.5676	1.7305	15.7269

21.16	2.1344	-0.1070	-0.1004	0.4397	1580.8182	1.8219	16.9495
21.15	2.1894	-0.1186	-0.1158	0.4459	1540.5906	1.9191	18.0961
21.14	2.2332	-0.1286	-0.1313	0.4573	1509.9606	1.9984	19.3201
21.14	2.2917	-0.1418	-0.1504	0.4627	1470.9966	2.0917	20.4545
21.15	2.3281	-0.1507	-0.1625	0.4631	1448.7078	2.1553	21.1079
21.14	2.3692	-0.1607	-0.1759	0.4620	1423.4430	2.2191	21.6756
21.15	2.4020	-0.1686	-0.1886	0.4658	1404.0516	2.2648	22.3065
21.14	2.4311	-0.1762	-0.2021	0.4719	1386.9648	2.3098	23.0435
21.13	2.4805	-0.1875	-0.2191	0.4711	1358.5014	2.3582	23.4740
21.13	2.5439	-0.2025	-0.2376	0.4612	1324.6146	2.4220	23.5988
21.14	2.6019	-0.2170	-0.2586	0.4582	1295.7162	2.4825	24.0442
21.13	2.6764	-0.2351	-0.2839	0.4512	1259.4102	2.5413	24.2350
21.12	2.8566	-0.2787	-0.3347	0.4204	1179.3834	2.6422	23.4628
21.12	2.9670	-0.3080	-0.3728	0.4079	1135.2426	2.7053	23.3067
21.13	3.1827	-0.3661	-0.4413	0.3788	1058.9106	2.7976	22.3903
24.18	1.8772	-0.0447	-0.0101	0.1208	2054.6508	1.2858	3.7572
24.19	1.8891	-0.0474	-0.0143	0.1598	2042.3172	1.3467	5.2066
24.17	1.9140	-0.0530	-0.0220	0.2173	2014.2372	1.4647	7.6928
24.17	1.9390	-0.0585	-0.0318	0.2801	1988.2758	1.5764	10.6751
24.18	1.9665	-0.0650	-0.0413	0.3232	1960.9776	1.7044	13.3195
24.17	1.9958	-0.0721	-0.0503	0.3497	1931.6136	1.8323	15.4859
24.17	2.0264	-0.0787	-0.0614	0.3847	1902.1308	1.9419	18.0546
24.16	2.0600	-0.0867	-0.0723	0.4046	1870.6146	2.0686	20.2212
24.16	2.0972	-0.0952	-0.0848	0.4251	1837.2414	2.1893	22.4851
24.16	2.1369	-0.1044	-0.0971	0.4350	1803.3954	2.3147	24.3261
24.16	2.1792	-0.1140	-0.1110	0.4468	1768.4970	2.4309	26.2452
24.16	2.2246	-0.1248	-0.1256	0.4525	1731.9744	2.5512	27.8877
24.16	2.2736	-0.1364	-0.1432	0.4615	1694.5794	2.6703	29.7701
24.15	2.3099	-0.1452	-0.1556	0.4641	1667.5548	2.7511	30.8334
24.14	2.3448	-0.1538	-0.1695	0.4700	1642.2804	2.8270	32.0834
24.13	2.3831	-0.1632	-0.1838	0.4726	1615.1808	2.9017	33.0975
24.14	2.4126	-0.1716	-0.1978	0.4780	1595.4972	2.9764	34.3386
24.14	2.4849	-0.1872	-0.2195	0.4718	1549.5924	3.0642	34.9013
24.14	2.5485	-0.2028	-0.2407	0.4659	1510.8276	3.1548	35.4800
24.14	2.5974	-0.2144	-0.2572	0.4619	1482.1638	3.2103	35.7909

24.13	2.6475	-0.2264	-0.2743	0.4575	1453.8246	3.2619	36.0172
24.13	2.7050	-0.2402	-0.2946	0.4534	1422.7962	3.3145	36.2617
24.14	2.7510	-0.2507	-0.3086	0.4474	1399.5702	3.3471	36.1501
24.14	2.8857	-0.2833	-0.3439	0.4207	1334.1594	3.4372	34.9042
24.13	2.9988	-0.3129	-0.3807	0.4056	1283.3466	3.5129	34.3828
24.14	3.1565	-0.3560	-0.4309	0.3834	1219.5498	3.6089	33.3995
27.10	1.8669	-0.0425	-0.0088	0.1115	2314.9596	1.5510	4.6876
27.10	1.8763	-0.0440	-0.0126	0.1530	2303.3718	1.5920	6.5985
27.10	1.8964	-0.0484	-0.0187	0.2040	2278.9038	1.7144	9.4785
27.10	1.9166	-0.0525	-0.0250	0.2481	2254.8204	1.8184	12.2247
27.09	1.9368	-0.0574	-0.0321	0.2884	2230.6362	1.9471	15.2085
27.11	1.9535	-0.0611	-0.0377	0.3164	2213.1438	2.0388	17.4866
27.10	1.9703	-0.0648	-0.0432	0.3385	2193.7152	2.1254	19.4953
27.10	1.9938	-0.0703	-0.0514	0.3665	2167.8366	2.2509	22.3576
27.09	2.0182	-0.0753	-0.0596	0.3917	2141.1162	2.3540	24.9801
27.10	2.0457	-0.0818	-0.0679	0.4057	2112.5058	2.4866	27.3379
27.10	2.0726	-0.0876	-0.0773	0.4258	2085.1512	2.5960	29.9516
27.10	2.1021	-0.0944	-0.0868	0.4372	2055.7578	2.7204	32.2237
27.09	2.1344	-0.1015	-0.0970	0.4478	2024.4930	2.8356	34.4000
27.09	2.1682	-0.1092	-0.1081	0.4565	1993.0578	2.9566	36.5677
27.09	2.2031	-0.1176	-0.1189	0.4591	1961.3916	3.0825	38.3386
27.10	2.2399	-0.1257	-0.1319	0.4682	1929.5760	3.1904	40.4816
27.08	2.2771	-0.1343	-0.1450	0.4742	1896.7188	3.2922	42.2801
27.08	2.3146	-0.1435	-0.1592	0.4793	1866.1614	3.4070	44.2249
27.07	2.3568	-0.1539	-0.1747	0.4815	1831.9812	3.5209	45.8965
27.08	2.3915	-0.1623	-0.1867	0.4811	1805.7360	3.6060	46.9743
27.07	2.4136	-0.1677	-0.1943	0.4801	1788.7392	3.6562	47.5105
27.07	2.4381	-0.1739	-0.2037	0.4806	1770.9708	3.7171	48.3606
27.06	2.4672	-0.1807	-0.2133	0.4783	1749.3600	3.7698	48.7967
27.07	2.4923	-0.1871	-0.2236	0.4796	1732.0056	3.8249	49.6445
27.05	2.5264	-0.1950	-0.2349	0.4767	1707.8574	3.8772	49.9964
27.06	2.5615	-0.2033	-0.2460	0.4724	1684.8516	3.9339	50.2843
27.05	2.5968	-0.2119	-0.2590	0.4707	1661.3628	3.9861	50.7504
27.05	2.6339	-0.2211	-0.2711	0.4655	1637.7816	4.0422	50.8978
27.05	2.6544	-0.2262	-0.2790	0.4646	1625.3442	4.0736	51.1981

27.05	2.6737	-0.2312	-0.2864	0.4634	1613.7648	4.1031	51.4408
27.06	2.6897	-0.2354	-0.2920	0.4611	1604.5146	4.1310	51.5383
27.06	2.7057	-0.2395	-0.2981	0.4600	1594.9644	4.1521	51.6849
27.06	2.7352	-0.2466	-0.3079	0.4565	1577.5818	4.1831	51.6630
27.06	2.8423	-0.2710	-0.3352	0.4351	1518.5520	4.2596	50.1583
27.05	2.9122	-0.2876	-0.3558	0.4247	1481.3700	4.3018	49.4242
27.06	2.9511	-0.2979	-0.3683	0.4189	1462.2216	4.3416	49.2088
27.07	3.0014	-0.3110	-0.3843	0.4117	1438.6314	4.3869	48.8932
27.06	3.0891	-0.3340	-0.4120	0.3993	1396.9872	4.4424	47.9993
27.07	3.1757	-0.3578	-0.4382	0.3856	1359.5136	4.5071	47.0500
27.06	3.2530	-0.3805	-0.4644	0.3752	1326.6636	4.5644	46.3372
30.18	1.8620	-0.0397	-0.0065	0.0880	2584.8246	1.8057	4.7933
30.15	1.8695	-0.0414	-0.0091	0.1182	2571.9906	1.8648	6.6452
30.16	1.8847	-0.0449	-0.0139	0.1648	2552.1072	1.9924	9.9004
30.16	1.9007	-0.0486	-0.0195	0.2108	2530.3374	2.1211	13.4850
30.15	1.9177	-0.0521	-0.0250	0.2496	2507.9484	2.2348	16.8221
30.15	1.9345	-0.0560	-0.0306	0.2828	2485.7292	2.3592	20.1122
30.15	1.9513	-0.0600	-0.0368	0.3142	2464.6842	2.4824	23.5185
30.14	1.9697	-0.0641	-0.0430	0.3406	2440.3452	2.6016	26.7044
30.15	1.9892	-0.0686	-0.0493	0.3611	2417.3952	2.7332	29.7590
30.14	2.0086	-0.0733	-0.0557	0.3782	2393.3958	2.8614	32.6184
30.13	2.0299	-0.0776	-0.0625	0.3969	2367.5502	2.9628	35.4351
30.14	2.0512	-0.0825	-0.0704	0.4160	2343.7782	3.0879	38.7217
30.14	2.0749	-0.0880	-0.0779	0.4267	2316.9438	3.2193	41.4119
30.16	2.0980	-0.0931	-0.0853	0.4369	2292.7464	3.3348	43.9425
30.16	2.1225	-0.0985	-0.0929	0.4446	2266.1682	3.4466	46.2161
30.14	2.1495	-0.1036	-0.1019	0.4577	2236.1502	3.5311	48.7073
30.16	2.1752	-0.1100	-0.1100	0.4596	2211.1530	3.6648	50.7999
30.15	2.2027	-0.1159	-0.1196	0.4684	2182.7562	3.7651	53.1604
30.15	2.2311	-0.1227	-0.1292	0.4721	2155.0488	3.8840	55.2754
30.15	2.2611	-0.1294	-0.1394	0.4763	2126.6100	3.9897	57.2898
30.14	2.2904	-0.1367	-0.1500	0.4789	2098.7574	4.1049	59.2519
30.14	2.3137	-0.1429	-0.1588	0.4805	2077.7238	4.2031	60.8686
30.14	2.3373	-0.1481	-0.1666	0.4810	2056.4538	4.2700	61.9041
30.14	2.3629	-0.1548	-0.1761	0.4813	2034.3312	4.3668	63.3436

30.14	2.3894	-0.1613	-0.1851	0.4802	2011.9050	4.4502	64.4061
30.13	2.4159	-0.1676	-0.1954	0.4826	1988.8734	4.5189	65.6953
30.12	2.4450	-0.1747	-0.2057	0.4816	1964.9562	4.5964	66.6882
30.12	2.4666	-0.1798	-0.2136	0.4815	1947.6042	4.6495	67.4403
30.12	2.4894	-0.1855	-0.2209	0.4786	1929.9942	4.7084	67.8758
30.11	2.5124	-0.1913	-0.2295	0.4776	1911.6450	4.7638	68.5160
30.11	2.5361	-0.1964	-0.2372	0.4763	1893.8508	4.8009	68.8634
30.12	2.5640	-0.2031	-0.2471	0.4746	1873.4946	4.8586	69.4433
30.11	2.5940	-0.2105	-0.2579	0.4723	1851.1872	4.9168	69.9130
30.11	2.6219	-0.2174	-0.2672	0.4689	1831.8798	4.9715	70.1976
30.11	2.6522	-0.2249	-0.2783	0.4665	1810.8186	5.0263	70.6121
30.11	2.6852	-0.2332	-0.2901	0.4633	1788.5946	5.0851	70.9445
30.11	2.7172	-0.2411	-0.3008	0.4590	1767.3390	5.1333	70.9505
30.11	2.7377	-0.2462	-0.3088	0.4581	1754.0958	5.1632	71.2109
30.11	2.7797	-0.2560	-0.3235	0.4546	1727.6748	5.2083	71.2927
30.11	2.8876	-0.2813	-0.3523	0.4338	1663.1010	5.3028	69.2577
30.11	2.9611	-0.2999	-0.3752	0.4225	1621.9608	5.3772	68.4090
30.11	2.9978	-0.3096	-0.3875	0.4175	1602.0408	5.4157	68.0809

表 A.1.4 回転数と軸出力の関係(ヘリブレードの取付角 60°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.03	3.916	-0.103	-0.054	0.133	856.482	0.516	1.446
21.02	3.960	-0.112	-0.079	0.178	846.619	0.547	2.046
21.03	4.030	-0.127	-0.119	0.233	832.396	0.600	2.943
21.02	4.099	-0.140	-0.159	0.278	817.885	0.638	3.726
21.02	4.174	-0.153	-0.200	0.313	803.101	0.673	4.424
21.01	4.251	-0.169	-0.246	0.341	788.389	0.717	5.148
21.02	4.332	-0.185	-0.299	0.374	773.858	0.754	5.920
21.02	4.412	-0.203	-0.354	0.396	759.780	0.798	6.638
24.09	3.887	-0.097	-0.044	0.116	988.454	0.643	1.800
24.10	3.919	-0.103	-0.060	0.149	980.696	0.676	2.428
24.08	3.972	-0.112	-0.089	0.201	967.096	0.712	3.455
24.09	4.025	-0.121	-0.117	0.240	954.576	0.752	4.347
24.08	4.082	-0.131	-0.148	0.276	941.009	0.794	5.266
24.08	4.137	-0.143	-0.180	0.305	928.393	0.839	6.161



24.07	4.196	-0.155	-0.214	0.329	914.967	0.883	6.995
24.08	4.256	-0.165	-0.253	0.361	902.385	0.914	7.943
24.08	4.315	-0.179	-0.289	0.375	889.787	0.964	8.700
24.07	4.379	-0.191	-0.330	0.395	876.792	0.999	9.504
24.08	4.446	-0.201	-0.370	0.414	863.761	1.022	10.182
24.06	4.522	-0.218	-0.417	0.424	848.770	1.069	10.897
24.08	4.595	-0.235	-0.465	0.431	835.829	1.118	11.612
24.08	4.682	-0.252	-0.518	0.439	820.228	1.155	12.214
27.08	3.862	-0.088	-0.032	0.096	1118.417	0.747	1.935
27.08	3.890	-0.093	-0.047	0.129	1110.188	0.784	2.747
27.06	3.931	-0.099	-0.067	0.172	1097.857	0.814	3.796
27.07	3.970	-0.106	-0.091	0.216	1087.187	0.852	4.984
27.06	4.015	-0.114	-0.114	0.249	1074.910	0.899	6.066
27.06	4.058	-0.122	-0.139	0.281	1063.697	0.939	7.138
27.05	4.102	-0.129	-0.165	0.311	1051.978	0.975	8.207
27.06	4.147	-0.138	-0.191	0.334	1040.798	1.017	9.199
27.05	4.196	-0.145	-0.218	0.358	1028.150	1.048	10.144
27.06	4.245	-0.155	-0.244	0.371	1016.672	1.090	10.953
27.05	4.293	-0.164	-0.274	0.390	1004.807	1.127	11.893
27.07	4.345	-0.175	-0.307	0.405	993.880	1.175	12.878
27.06	4.397	-0.184	-0.341	0.421	981.505	1.210	13.789
27.05	4.453	-0.195	-0.373	0.430	968.929	1.247	14.515
27.06	4.510	-0.207	-0.410	0.440	956.936	1.289	15.351
27.05	4.570	-0.218	-0.448	0.449	944.078	1.327	16.109
27.04	4.631	-0.231	-0.485	0.454	931.414	1.365	16.756
27.05	4.700	-0.246	-0.529	0.456	918.025	1.415	17.477
30.08	3.848	-0.080	-0.020	0.064	1246.729	0.845	1.633
30.07	3.868	-0.084	-0.033	0.102	1239.667	0.876	2.698
30.05	3.890	-0.088	-0.044	0.129	1232.086	0.909	3.516
30.06	3.911	-0.091	-0.057	0.161	1225.758	0.930	4.503
30.06	3.933	-0.095	-0.069	0.184	1219.052	0.967	5.345
30.07	3.956	-0.099	-0.081	0.208	1211.978	0.991	6.190
30.06	3.978	-0.103	-0.093	0.225	1204.874	1.023	6.923
30.07	4.000	-0.108	-0.106	0.246	1198.759	1.054	7.803
30.05	4.025	-0.112	-0.116	0.258	1190.675	1.078	8.371

30.06	4.049	-0.116	-0.129	0.276	1184.000	1.105	9.176
30.05	4.073	-0.120	-0.145	0.298	1176.652	1.128	10.105
30.04	4.098	-0.123	-0.158	0.312	1169.258	1.150	10.776
30.07	4.122	-0.128	-0.171	0.324	1163.632	1.185	11.533
30.07	4.148	-0.133	-0.188	0.342	1156.155	1.209	12.424
30.05	4.173	-0.138	-0.202	0.351	1148.750	1.238	13.059
30.07	4.199	-0.143	-0.217	0.360	1142.044	1.275	13.808
30.05	4.224	-0.148	-0.234	0.373	1134.764	1.302	14.599
30.06	4.253	-0.151	-0.249	0.388	1127.291	1.307	15.235
30.04	4.278	-0.158	-0.264	0.390	1119.821	1.352	15.842
30.06	4.306	-0.164	-0.279	0.396	1113.371	1.383	16.462
30.06	4.332	-0.169	-0.297	0.406	1106.790	1.410	17.222
30.05	4.361	-0.174	-0.316	0.415	1099.097	1.436	17.902
30.06	4.389	-0.179	-0.332	0.422	1092.091	1.458	18.488
30.05	4.422	-0.185	-0.350	0.427	1083.641	1.481	19.020
30.06	4.449	-0.191	-0.366	0.431	1077.591	1.509	19.569
30.06	4.479	-0.196	-0.385	0.439	1070.387	1.531	20.197
30.07	4.514	-0.203	-0.407	0.443	1062.388	1.565	20.840
30.06	4.545	-0.208	-0.427	0.451	1054.763	1.581	21.418
30.05	4.581	-0.216	-0.448	0.453	1046.208	1.612	21.928
30.08	4.612	-0.222	-0.469	0.457	1040.341	1.640	22.560
30.05	4.654	-0.231	-0.494	0.460	1029.994	1.667	23.069
30.07	4.689	-0.237	-0.515	0.463	1022.772	1.692	23.538

表 A.1.5 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 0°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.48	0.6584	-0.0344	-0.0022	0.0986	5203.6134	6.3546	13.4558
21.48	0.6719	-0.0362	-0.0026	0.1077	5097.5562	6.4063	14.8196
21.47	0.6907	-0.0384	-0.0031	0.1177	4958.3040	6.4350	16.2664
21.47	0.6994	-0.0399	-0.0034	0.1225	4896.9114	6.5205	17.1547
21.47	0.7151	-0.0420	-0.0039	0.1303	4788.6816	6.5672	18.3767
21.49	0.7707	-0.0487	-0.0052	0.1385	4446.0324	6.5590	19.5185
21.48	0.8125	-0.0539	-0.0060	0.1377	4216.8882	6.5296	19.3182
21.48	0.8472	-0.0581	-0.0071	0.1440	4042.9884	6.4773	20.0270
21.48	0.8917	-0.0641	-0.0082	0.1428	3842.3106	6.4493	19.7838

21.49	0.9388	-0.0707	-0.0095	0.1436	3651.2652	6.4216	19.8227
21.49	0.9851	-0.0773	-0.0111	0.1456	3478.9656	6.3753	19.9410
21.49	1.0506	-0.0862	-0.0131	0.1449	3262.5522	6.2560	19.4833
24.49	0.6298	-0.0310	-0.0018	0.0901	6201.9276	8.1195	17.9225
24.50	0.6353	-0.0319	-0.0020	0.0974	6151.9668	8.2376	19.6547
24.49	0.6429	-0.0332	-0.0022	0.1049	6075.8562	8.3441	21.4299
24.49	0.6500	-0.0343	-0.0026	0.1169	6009.2340	8.4297	24.1436
24.50	0.6579	-0.0354	-0.0028	0.1224	5937.8940	8.5042	25.4942
24.50	0.6671	-0.0367	-0.0031	0.1258	5858.5296	8.5771	26.4446
24.49	0.6896	-0.0391	-0.0035	0.1290	5663.9508	8.5531	27.0235
24.50	0.7078	-0.0415	-0.0039	0.1333	5520.1554	8.6127	28.1172
24.50	0.7232	-0.0434	-0.0043	0.1374	5402.4018	8.6365	29.0775
24.50	0.7419	-0.0458	-0.0048	0.1424	5266.1688	8.6488	30.1736
24.51	0.7784	-0.0501	-0.0056	0.1429	5022.1878	8.6067	30.1550
24.51	0.8177	-0.0546	-0.0063	0.1419	4780.8750	8.5028	29.5625
24.52	0.8435	-0.0578	-0.0071	0.1459	4636.1484	8.4734	30.3234
24.53	0.8784	-0.0622	-0.0081	0.1475	4453.7688	8.4159	30.4553
24.53	0.9175	-0.0676	-0.0092	0.1478	4264.7772	8.3748	30.3759
24.53	0.9491	-0.0722	-0.0102	0.1484	4121.4642	8.3625	30.4290
24.53	0.9900	-0.0779	-0.0114	0.1479	3951.9570	8.2952	30.0870
24.53	1.0396	-0.0848	-0.0133	0.1503	3763.7358	8.1886	30.1903
27.59	0.6223	-0.0298	-0.0015	0.0831	7071.2190	10.1591	23.2979
27.60	0.6263	-0.0305	-0.0017	0.0915	7029.6084	10.2720	25.9309
27.60	0.6298	-0.0312	-0.0019	0.0971	6989.2218	10.3712	27.8078
27.60	0.6347	-0.0319	-0.0021	0.1031	6936.3096	10.4715	29.7960
27.59	0.6383	-0.0325	-0.0023	0.1103	6893.5398	10.5261	32.0444
27.58	0.6516	-0.0341	-0.0026	0.1168	6750.4692	10.5958	34.1201
27.59	0.6572	-0.0350	-0.0028	0.1216	6694.2624	10.6802	35.8272
27.58	0.6634	-0.0359	-0.0030	0.1269	6630.8142	10.7466	37.6255
27.58	0.6751	-0.0374	-0.0033	0.1319	6516.0564	10.8305	39.3865
27.58	0.6839	-0.0387	-0.0036	0.1343	6432.3114	10.9067	40.4095
27.58	0.7008	-0.0406	-0.0039	0.1371	6276.3414	10.9134	41.2557
27.59	0.7130	-0.0422	-0.0042	0.1412	6170.6538	10.9406	42.6242
27.58	0.7273	-0.0439	-0.0046	0.1455	6048.6480	10.9507	43.9352
27.59	0.7433	-0.0459	-0.0051	0.1487	5920.0764	10.9656	44.9743

27.59	0.7641	-0.0483	-0.0055	0.1480	5757.6384	10.9231	44.5966
27.59	0.8109	-0.0536	-0.0063	0.1458	5426.9472	10.7521	43.2488
27.61	0.8314	-0.0561	-0.0069	0.1476	5296.8300	10.7347	43.7471
27.61	0.8508	-0.0587	-0.0076	0.1512	5176.6020	10.7198	44.7660
27.62	0.8875	-0.0631	-0.0085	0.1519	4963.7604	10.5968	44.4611
27.62	0.9112	-0.0663	-0.0091	0.1512	4834.0398	10.5567	44.0969
27.63	0.9349	-0.0700	-0.0099	0.1510	4712.7126	10.5924	44.1770
27.62	0.9636	-0.0742	-0.0109	0.1517	4571.8530	10.5718	44.3108
27.63	0.9966	-0.0787	-0.0119	0.1516	4422.6606	10.4903	43.9547
27.63	1.0367	-0.0842	-0.0133	0.1525	4250.6460	10.3647	43.6710
27.63	1.1072	-0.0935	-0.0155	0.1492	3979.7124	10.0952	41.6262
30.63	0.6270	-0.0299	-0.0014	0.0755	7792.5390	12.3701	28.6268
30.62	0.6299	-0.0304	-0.0016	0.0819	7754.2074	12.4705	31.2891
30.62	0.6326	-0.0309	-0.0017	0.0861	7721.1276	12.5693	33.1505
30.61	0.6351	-0.0314	-0.0018	0.0922	7687.4550	12.6614	35.7265
30.61	0.6387	-0.0320	-0.0020	0.0987	7643.9796	12.7384	38.4703
30.61	0.6497	-0.0332	-0.0022	0.1026	7513.9878	12.7798	40.1327
30.61	0.6547	-0.0340	-0.0023	0.1049	7455.6438	12.8771	41.3346
30.60	0.6585	-0.0346	-0.0025	0.1103	7410.7200	12.9474	43.6921
30.60	0.6632	-0.0353	-0.0027	0.1165	7358.0580	13.0337	46.4490
30.59	0.6679	-0.0361	-0.0029	0.1224	7304.3238	13.1092	49.0912
30.60	0.6729	-0.0368	-0.0031	0.1245	7253.7912	13.1820	50.2399
30.60	0.6772	-0.0375	-0.0033	0.1287	7206.5238	13.2803	52.2986
30.58	0.6831	-0.0383	-0.0035	0.1329	7139.4702	13.3146	54.0984
30.58	0.6916	-0.0394	-0.0037	0.1375	7053.2232	13.3604	56.1707
30.60	0.7138	-0.0419	-0.0041	0.1386	6836.6754	13.3542	56.6282
30.58	0.7235	-0.0431	-0.0045	0.1432	6740.8296	13.3592	58.4833
30.59	0.7347	-0.0445	-0.0047	0.1436	6640.4016	13.3853	58.7942
30.58	0.7479	-0.0461	-0.0051	0.1474	6521.4132	13.3674	60.2539
30.59	0.7644	-0.0481	-0.0055	0.1492	6383.0700	13.3473	60.9159
30.59	0.7856	-0.0505	-0.0060	0.1517	6211.0632	13.2857	61.6478
30.59	0.8217	-0.0546	-0.0067	0.1490	5937.2976	13.1261	59.8200
30.61	0.8342	-0.0563	-0.0071	0.1515	5852.4882	13.1383	60.9415
30.62	0.8521	-0.0586	-0.0075	0.1510	5730.6816	13.1085	60.5876
30.62	0.8681	-0.0606	-0.0080	0.1523	5624.9052	13.0745	60.9470

30.62	0.8987	-0.0643	-0.0089	0.1537	5434.3476	12.9389	60.9058
30.63	0.9193	-0.0672	-0.0095	0.1535	5314.5642	12.9292	60.8095
30.64	0.9385	-0.0700	-0.0102	0.1554	5206.4016	12.9278	61.5331
30.63	0.9625	-0.0737	-0.0110	0.1547	5074.9236	12.9336	61.2849
30.62	0.9880	-0.0772	-0.0119	0.1555	4943.4036	12.8635	61.2637
30.62	1.0144	-0.0809	-0.0126	0.1537	4814.1156	12.7809	60.1475
30.63	1.0585	-0.0869	-0.0141	0.1536	4614.5592	12.6148	59.3274

表 A.1.6 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 5°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.18	0.7323	-0.0210	-0.0028	0.1823	4613.7990	3.0397	11.7354
21.16	0.7435	-0.0231	-0.0036	0.2101	4540.0320	3.2422	14.4138
21.17	0.7552	-0.0252	-0.0045	0.2376	4470.7914	3.4384	17.2970
21.16	0.7678	-0.0277	-0.0055	0.2586	4394.7996	3.6473	19.9535
21.15	0.7830	-0.0304	-0.0066	0.2784	4307.7078	3.8482	22.6599
21.15	0.8015	-0.0333	-0.0079	0.2969	4208.0802	4.0132	25.1979
21.13	0.8228	-0.0367	-0.0092	0.3055	4096.3572	4.1919	27.0616
21.13	0.8368	-0.0387	-0.0101	0.3109	4027.1286	4.2744	28.0738
21.13	0.8660	-0.0422	-0.0111	0.3039	3891.3000	4.3501	27.9317
21.13	0.9732	-0.0541	-0.0148	0.2817	3462.8136	4.4192	26.3071
21.15	1.0400	-0.0619	-0.0171	0.2653	3242.7594	4.4392	24.9057
24.21	0.7259	-0.0192	-0.0024	0.1729	5319.8706	3.6975	15.4841
24.20	0.7338	-0.0207	-0.0030	0.1959	5260.2888	3.8954	18.4662
24.20	0.7466	-0.0230	-0.0040	0.2350	5168.9718	4.1921	23.8434
24.19	0.7607	-0.0257	-0.0051	0.2636	5071.9464	4.5014	28.7011
24.18	0.7765	-0.0288	-0.0063	0.2833	4965.3798	4.8389	33.1467
24.17	0.7947	-0.0320	-0.0077	0.3007	4850.5260	5.1350	37.3171
24.16	0.8111	-0.0349	-0.0087	0.3077	4750.3056	5.3685	39.9100
24.16	0.8319	-0.0380	-0.0098	0.3092	4632.4230	5.5652	41.5781
24.17	0.8603	-0.0419	-0.0112	0.3116	4480.3812	5.7280	43.1292
24.14	0.8771	-0.0439	-0.0121	0.3151	4388.9970	5.7691	43.8748
24.14	0.9196	-0.0486	-0.0137	0.3062	4185.7380	5.8037	42.8945
24.16	1.0764	-0.0664	-0.0190	0.2655	3579.0978	5.7943	37.1622
24.17	1.1197	-0.0729	-0.0211	0.2584	3443.0832	5.8872	36.7789
24.15	1.1979	-0.0833	-0.0247	0.2472	3215.4702	5.8695	35.0474

27.25	0.7249	-0.0178	-0.0018	0.1431	5996.0814	4.3657	17.0237
27.26	0.7309	-0.0189	-0.0023	0.1674	5947.7430	4.5664	20.8344
27.24	0.7439	-0.0214	-0.0034	0.2117	5839.6584	4.9742	28.6887
27.23	0.7578	-0.0239	-0.0045	0.2494	5729.6448	5.3518	36.3439
27.23	0.7733	-0.0270	-0.0058	0.2775	5614.7172	5.7983	43.8043
27.22	0.7859	-0.0296	-0.0068	0.2908	5522.9850	6.1469	48.6444
27.19	0.8000	-0.0322	-0.0079	0.3060	5420.5674	6.4503	53.6705
27.19	0.8177	-0.0352	-0.0090	0.3133	5304.2580	6.7574	57.5732
27.19	0.8317	-0.0376	-0.0099	0.3183	5214.3402	6.9621	60.2616
27.19	0.8463	-0.0399	-0.0109	0.3217	5124.4542	7.1453	62.5021
27.21	1.1006	-0.0688	-0.0200	0.2644	3942.2736	7.2928	52.4587
27.20	1.1338	-0.0741	-0.0215	0.2559	3825.5922	7.3960	51.4777
27.21	1.1995	-0.0832	-0.0249	0.2492	3617.5548	7.4200	50.3157
30.27	0.7278	-0.0172	-0.0017	0.1344	6634.1358	5.1740	21.0550
30.27	0.7321	-0.0182	-0.0021	0.1581	6594.0432	5.3846	25.7687
30.26	0.7411	-0.0200	-0.0029	0.1941	6511.3098	5.7868	33.9836
30.25	0.7514	-0.0222	-0.0037	0.2243	6420.0198	6.2269	42.2524
30.24	0.7625	-0.0243	-0.0047	0.2520	6325.6218	6.6398	50.6108
30.23	0.7751	-0.0268	-0.0056	0.2724	6220.8408	7.0562	58.1117
30.23	0.7881	-0.0294	-0.0067	0.2884	6117.5748	7.4920	65.3080
30.20	0.8033	-0.0324	-0.0078	0.3011	5996.8242	7.9446	72.2527
30.19	0.8161	-0.0348	-0.0088	0.3108	5899.3386	8.2496	77.3957
30.20	0.8315	-0.0373	-0.0098	0.3165	5793.5772	8.5441	81.6856
30.18	0.8419	-0.0391	-0.0106	0.3220	5717.8500	8.7118	84.6795
30.17	0.8544	-0.0411	-0.0114	0.3248	5632.3272	8.8795	87.0173
30.20	0.8647	-0.0425	-0.0119	0.3234	5570.7162	8.9878	87.7906
30.18	0.8791	-0.0443	-0.0126	0.3230	5475.4482	9.0560	88.2754
30.19	1.1070	-0.0699	-0.0204	0.2643	4349.3604	9.0123	71.9008
30.18	1.1360	-0.0741	-0.0219	0.2603	4237.4832	9.0734	71.2948
30.18	1.1959	-0.0820	-0.0246	0.2507	4024.4052	9.0465	68.4506

表 A.1.7 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 10°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.14	0.9203	-0.0188	-0.0042	0.2434	3663.6234	1.7175	8.8372
21.15	0.9320	-0.0209	-0.0056	0.2847	3620.1870	1.8682	11.2531

21.15	0.9438	-0.0231	-0.0068	0.3139	3574.3416	2.0127	13.3636
21.15	0.9563	-0.0255	-0.0086	0.3515	3526.9230	2.1594	16.0501
21.14	0.9713	-0.0279	-0.0101	0.3719	3470.6178	2.2926	18.0191
21.13	0.9887	-0.0307	-0.0118	0.3884	3408.6126	2.4330	19.9674
21.12	1.0094	-0.0339	-0.0136	0.3982	3337.1874	2.5740	21.6453
21.14	1.0334	-0.0375	-0.0158	0.4070	3262.0362	2.7179	23.3798
21.12	1.0513	-0.0399	-0.0171	0.4089	3203.9478	2.7888	24.0824
21.11	1.0742	-0.0427	-0.0186	0.4058	3133.9380	2.8587	24.4846
21.11	1.1078	-0.0467	-0.0205	0.3958	3039.7938	2.9407	24.5740
21.11	1.1505	-0.0515	-0.0229	0.3857	2925.8160	3.0063	24.4750
21.09	1.2421	-0.0614	-0.0274	0.3594	2708.5206	3.0694	23.2723
21.10	1.2953	-0.0678	-0.0305	0.3469	2598.3090	3.1205	22.8451
21.10	1.3609	-0.0758	-0.0341	0.3306	2472.4044	3.1591	22.0294
21.10	1.4218	-0.0833	-0.0379	0.3202	2366.5758	3.1812	21.4908
21.12	1.5442	-0.0986	-0.0448	0.2944	2180.9322	3.1976	19.8757
24.20	0.9172	-0.0172	-0.0036	0.2302	4207.4814	2.0752	11.5593
24.21	0.9256	-0.0188	-0.0045	0.2609	4171.6884	2.2311	14.0950
24.19	0.9384	-0.0213	-0.0060	0.2997	4111.8960	2.4572	17.8186
24.19	0.9523	-0.0240	-0.0077	0.3348	4050.6750	2.6856	21.7446
24.19	0.9680	-0.0270	-0.0094	0.3599	3985.2060	2.9261	25.4735
24.17	0.9862	-0.0302	-0.0115	0.3862	3908.9214	3.1399	29.3094
24.16	1.0073	-0.0335	-0.0136	0.4020	3825.3180	3.3438	32.4752
24.16	1.0245	-0.0361	-0.0150	0.4058	3761.4282	3.4804	34.1208
24.16	1.0336	-0.0375	-0.0159	0.4101	3727.5570	3.5540	35.2039
24.15	1.0440	-0.0390	-0.0168	0.4113	3689.6220	3.6217	35.9746
24.14	1.0562	-0.0406	-0.0178	0.4154	3645.5760	3.6814	36.9208
24.15	1.0701	-0.0425	-0.0187	0.4119	3599.1150	3.7491	37.2946
24.14	1.0871	-0.0447	-0.0200	0.4114	3541.3812	3.8202	37.9408
24.14	1.1224	-0.0488	-0.0221	0.4027	3430.8354	3.9153	38.0659
24.14	1.1650	-0.0535	-0.0244	0.3915	3304.7100	3.9822	37.6312
24.13	1.2885	-0.0669	-0.0303	0.3509	2986.7514	4.0685	34.4497
24.14	1.3815	-0.0787	-0.0354	0.3255	2787.1758	4.1665	32.7384
24.15	1.5034	-0.0938	-0.0428	0.3038	2561.8350	4.1952	30.7730
27.18	0.9155	-0.0158	-0.0029	0.2017	4735.0740	2.4187	13.2596
27.18	0.9218	-0.0171	-0.0037	0.2347	4703.6322	2.5776	16.4466

27.16	0.9313	-0.0190	-0.0050	0.2817	4651.7598	2.8019	21.4406
27.15	0.9421	-0.0209	-0.0061	0.3122	4596.5820	3.0080	25.4951
27.15	0.9531	-0.0231	-0.0075	0.3430	4543.7016	3.2475	30.2421
27.15	0.9652	-0.0253	-0.0089	0.3644	4485.4842	3.4723	34.3503
27.16	0.9784	-0.0276	-0.0103	0.3795	4427.3190	3.6919	38.0550
27.14	0.9929	-0.0303	-0.0119	0.3956	4358.7756	3.9231	42.1173
27.11	1.0096	-0.0331	-0.0137	0.4085	4283.1600	4.1399	45.8462
27.11	1.0288	-0.0362	-0.0156	0.4179	4202.3400	4.3605	49.4020
27.11	1.0430	-0.0387	-0.0168	0.4166	4145.7330	4.5280	51.1391
27.12	1.0508	-0.0399	-0.0175	0.4171	4116.3402	4.6056	52.0939
27.12	1.0612	-0.0415	-0.0184	0.4173	4075.1628	4.6947	53.1237
27.10	1.0726	-0.0431	-0.0192	0.4164	4029.8226	4.7662	53.7831
27.10	1.0851	-0.0448	-0.0200	0.4118	3983.6388	4.8406	54.0238
27.12	1.1013	-0.0468	-0.0213	0.4130	3927.1692	4.9181	55.0753
27.10	1.1473	-0.0516	-0.0236	0.3981	3767.1174	4.9938	53.8775
27.08	1.3465	-0.0740	-0.0336	0.3372	3208.0842	5.1893	47.3945
27.10	1.4093	-0.0821	-0.0371	0.3206	3066.8772	5.2636	45.7328
27.12	1.5265	-0.0968	-0.0445	0.3011	2833.1778	5.2942	43.2281
30.22	0.9156	-0.0151	-0.0026	0.1902	5263.6014	2.8574	16.4242
30.21	0.9203	-0.0160	-0.0032	0.2193	5235.3420	2.9967	19.8511
30.21	0.9306	-0.0181	-0.0046	0.2732	5176.9344	3.2995	27.2251
30.19	0.9414	-0.0201	-0.0059	0.3111	5115.7278	3.5855	33.6844
30.17	0.9527	-0.0222	-0.0073	0.3432	5050.0992	3.8543	39.9082
30.18	0.9645	-0.0245	-0.0087	0.3684	4989.7608	4.1625	46.2775
30.16	0.9784	-0.0271	-0.0102	0.3856	4916.8284	4.4605	51.8740
30.16	0.9937	-0.0297	-0.0119	0.4034	4841.3346	4.7450	57.7410
30.15	1.0118	-0.0329	-0.0139	0.4184	4752.9708	5.0722	63.9843
30.13	1.0319	-0.0364	-0.0159	0.4238	4656.7278	5.3811	68.7204
30.14	1.0556	-0.0403	-0.0181	0.4258	4552.9836	5.6879	72.9785
30.14	1.0706	-0.0425	-0.0194	0.4259	4489.3110	5.8397	74.9478
30.13	1.0809	-0.0440	-0.0201	0.4223	4445.0370	5.9218	75.3285
30.13	1.0915	-0.0454	-0.0209	0.4229	4402.2804	5.9904	76.3269
30.11	1.1125	-0.0482	-0.0226	0.4211	4315.9938	6.1162	77.5467
30.11	1.1941	-0.0570	-0.0263	0.3864	4021.0488	6.2777	73.0256
30.11	1.3351	-0.0727	-0.0332	0.3421	3596.3160	6.4053	65.9770



30.10	1.3987	-0.0806	-0.0370	0.3287	3431.9064	6.4667	63.9663
30.13	1.4632	-0.0890	-0.0412	0.3160	3283.9620	6.5439	62.2918

表 A.1.8 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 20°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.09	1.3482	-0.0223	-0.0068	0.2250	2494.8366	0.9473	4.4961
21.08	1.3666	-0.0253	-0.0099	0.2853	2460.3516	1.0433	6.2756
21.10	1.3875	-0.0281	-0.0131	0.3350	2424.9516	1.1271	7.9667
21.08	1.4106	-0.0314	-0.0169	0.3813	2383.7538	1.2151	9.7694
21.08	1.4361	-0.0347	-0.0204	0.4088	2340.9570	1.2949	11.1578
21.07	1.4673	-0.0387	-0.0244	0.4305	2290.0806	1.3815	12.5312
21.07	1.5093	-0.0434	-0.0287	0.4380	2226.8928	1.4677	13.5463
21.08	1.5646	-0.0496	-0.0343	0.4422	2148.2940	1.5591	14.5286
21.07	1.5991	-0.0533	-0.0377	0.4423	2101.2588	1.6025	14.9327
21.08	1.6334	-0.0570	-0.0413	0.4438	2058.0576	1.6442	15.3816
21.07	1.6769	-0.0622	-0.0453	0.4343	2003.5338	1.7026	15.5766
21.08	1.7653	-0.0715	-0.0530	0.4198	1904.1066	1.7664	15.6298
21.08	1.8752	-0.0824	-0.0608	0.3930	1792.7316	1.8059	14.9581
21.07	1.9529	-0.0904	-0.0655	0.3711	1720.9386	1.8254	14.2741
21.08	2.0956	-0.1061	-0.0767	0.3449	1604.0028	1.8599	13.5195
21.07	2.2074	-0.1185	-0.0855	0.3266	1522.6458	1.8727	12.8910
21.07	2.3294	-0.1319	-0.0953	0.3104	1442.6466	1.8703	12.2339
24.09	1.3426	-0.0202	-0.0056	0.2056	2862.0816	1.1260	5.5790
24.09	1.3561	-0.0223	-0.0081	0.2664	2832.9882	1.2196	7.8255
24.09	1.3705	-0.0245	-0.0104	0.3085	2803.5378	1.3149	9.7735
24.09	1.3860	-0.0269	-0.0128	0.3426	2772.0102	1.4096	11.6345
24.08	1.4026	-0.0293	-0.0150	0.3633	2738.4462	1.5000	13.1229
24.07	1.4205	-0.0320	-0.0176	0.3874	2702.5068	1.5906	14.8315
24.09	1.4399	-0.0347	-0.0204	0.4071	2668.5666	1.6857	16.5339
24.09	1.4634	-0.0379	-0.0236	0.4247	2625.1668	1.7797	18.2076
24.08	1.4778	-0.0397	-0.0253	0.4321	2598.5844	1.8255	18.9944
24.08	1.4929	-0.0414	-0.0271	0.4377	2572.6494	1.8692	19.7028
24.07	1.5098	-0.0435	-0.0290	0.4416	2542.9632	1.9152	20.3603
24.07	1.5290	-0.0456	-0.0310	0.4437	2510.5608	1.9602	20.9341
24.07	1.5495	-0.0478	-0.0327	0.4422	2477.3424	1.9989	21.2743

24.08	1.5701	-0.0504	-0.0348	0.4395	2446.0956	2.0569	21.7705
24.07	1.5928	-0.0530	-0.0374	0.4428	2409.9804	2.0968	22.3472
24.08	1.6203	-0.0562	-0.0405	0.4448	2369.8326	2.1503	23.0261
24.07	1.6567	-0.0597	-0.0433	0.4382	2317.2864	2.1849	23.0431
24.08	1.6899	-0.0633	-0.0464	0.4340	2272.5732	2.2270	23.2721
24.07	1.7534	-0.0703	-0.0523	0.4245	2189.7012	2.2968	23.4723
24.06	1.7982	-0.0746	-0.0554	0.4129	2134.2972	2.3170	23.0205
24.08	1.8166	-0.0762	-0.0560	0.4045	2114.0142	2.3204	22.5974
24.07	1.8763	-0.0821	-0.0607	0.3942	2046.1068	2.3436	22.2363
24.05	1.9445	-0.0895	-0.0661	0.3798	1972.9704	2.3739	21.6852
24.07	2.0899	-0.1059	-0.0756	0.3417	1837.0752	2.4356	20.0337
27.06	1.3412	-0.0186	-0.0048	0.1931	3218.4864	1.3122	6.8579
27.07	1.3509	-0.0203	-0.0065	0.2384	3195.9882	1.4106	9.1028
27.07	1.3611	-0.0218	-0.0085	0.2873	3171.6276	1.4913	11.5950
27.06	1.3722	-0.0235	-0.0102	0.3165	3145.1142	1.5825	13.5551
27.08	1.3837	-0.0252	-0.0119	0.3410	3121.2864	1.6705	15.4269
27.06	1.3958	-0.0270	-0.0138	0.3664	3092.0244	1.7615	17.4640
27.04	1.4089	-0.0290	-0.0156	0.3829	3060.8928	1.8498	19.1521
27.06	1.4231	-0.0309	-0.0178	0.4045	3032.7006	1.9356	21.1872
27.05	1.4387	-0.0333	-0.0203	0.4244	2998.6326	2.0402	23.4193
27.04	1.4565	-0.0354	-0.0225	0.4367	2961.2172	2.1169	25.0003
27.04	1.4780	-0.0382	-0.0251	0.4441	2918.1258	2.2191	26.6485
27.04	1.5018	-0.0411	-0.0279	0.4519	2872.1898	2.3127	28.2680
27.03	1.5300	-0.0445	-0.0308	0.4527	2817.8790	2.4072	29.4616
27.04	1.5596	-0.0481	-0.0342	0.4558	2765.6514	2.5051	30.8818
27.03	1.5954	-0.0523	-0.0378	0.4526	2702.0124	2.6021	31.8340
27.03	1.6438	-0.0576	-0.0427	0.4510	2622.9498	2.7024	32.9449
27.04	1.6966	-0.0638	-0.0478	0.4423	2541.4728	2.8068	33.5646
27.02	1.7407	-0.0684	-0.0515	0.4326	2475.7776	2.8573	33.4043
27.02	1.9110	-0.0853	-0.0638	0.3914	2254.7694	2.9566	31.2651
27.02	1.9848	-0.0934	-0.0689	0.3718	2171.2716	2.9999	30.1399
30.14	1.3431	-0.0174	-0.0038	0.1609	3578.7570	1.5215	7.3757
30.11	1.3504	-0.0188	-0.0053	0.2108	3555.5472	1.6180	10.2682
30.09	1.3620	-0.0208	-0.0073	0.2577	3523.3302	1.7634	13.6754
30.09	1.3746	-0.0228	-0.0094	0.3009	3491.7378	1.8975	17.1828

30.08	1.3879	-0.0250	-0.0118	0.3406	3457.0938	2.0358	20.8626
30.08	1.4028	-0.0274	-0.0145	0.3759	3420.1182	2.1851	24.7093
30.08	1.4190	-0.0298	-0.0170	0.4028	3380.5674	2.3202	28.1087
30.08	1.4367	-0.0324	-0.0198	0.4245	3339.3996	2.4649	31.4783
30.06	1.4574	-0.0352	-0.0223	0.4358	3290.2092	2.5943	33.9900
30.06	1.4819	-0.0383	-0.0254	0.4463	3235.4454	2.7352	36.7010
30.06	1.5106	-0.0417	-0.0285	0.4527	3173.7696	2.8655	38.9941
30.03	1.5469	-0.0459	-0.0326	0.4592	3096.2184	2.9964	41.3233
30.05	1.5834	-0.0502	-0.0369	0.4637	3027.0552	3.1379	43.7228
30.03	1.6333	-0.0558	-0.0419	0.4593	2932.2882	3.2718	45.1284
30.01	1.6730	-0.0605	-0.0458	0.4522	2860.9122	3.3773	45.8335
30.02	1.6931	-0.0630	-0.0481	0.4510	2827.7508	3.4317	46.4563
30.01	1.7175	-0.0658	-0.0503	0.4449	2787.1488	3.4861	46.5526
30.02	1.7401	-0.0683	-0.0525	0.4411	2751.4578	3.5266	46.7041
30.00	1.7682	-0.0710	-0.0544	0.4331	2705.6682	3.5411	46.0053
30.02	1.8689	-0.0808	-0.0604	0.4000	2561.5458	3.6155	43.4034
30.02	1.9165	-0.0857	-0.0640	0.3893	2498.0970	3.6470	42.6208
30.01	2.0201	-0.0968	-0.0717	0.3666	2368.9782	3.7037	40.7435

表 A.1.9 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 40°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.06	2.6985	-0.0382	-0.0226	0.2196	1244.7528	0.4033	1.8654
21.06	2.7186	-0.0410	-0.0291	0.2614	1235.3256	0.4265	2.3478
21.06	2.7338	-0.0432	-0.0358	0.3031	1228.4736	0.4446	2.8380
21.06	2.7666	-0.0470	-0.0430	0.3303	1214.1522	0.4726	3.2877
21.06	2.8288	-0.0516	-0.0483	0.3308	1187.3508	0.4963	3.4570
21.05	2.8754	-0.0562	-0.0556	0.3443	1167.8004	0.5221	3.7848
21.05	2.9407	-0.0608	-0.0647	0.3621	1141.8372	0.5400	4.1164
21.05	3.0589	-0.0677	-0.0775	0.3743	1097.3136	0.5553	4.3744
21.04	3.1638	-0.0760	-0.0879	0.3657	1060.5432	0.5827	4.4829
21.05	3.2751	-0.0844	-0.1046	0.3786	1024.9602	0.6041	4.8134
21.05	3.4285	-0.0963	-0.1245	0.3771	979.2618	0.6293	4.9956
21.03	3.5064	-0.1034	-0.1311	0.3617	956.7810	0.6449	4.9069
21.05	3.9062	-0.1322	-0.1679	0.3251	859.4358	0.6657	4.5557
21.06	4.8764	-0.2191	-0.2709	0.2536	688.8486	0.7085	3.7836

21.05	4.9820	-0.2304	-0.2868	0.2499	673.9974	0.7134	3.7531
21.05	5.1127	-0.2435	-0.3041	0.2443	656.7276	0.7157	3.6804
24.08	2.6933	-0.0358	-0.0162	0.1678	1425.7800	0.4961	2.0038
24.07	2.7174	-0.0384	-0.0207	0.1987	1412.5104	0.5216	2.4948
24.08	2.7370	-0.0416	-0.0270	0.2374	1402.9368	0.5581	3.1893
24.07	2.7565	-0.0427	-0.0308	0.2616	1392.9588	0.5647	3.5561
24.06	2.7796	-0.0446	-0.0363	0.2930	1380.6696	0.5796	4.0857
24.07	2.8029	-0.0472	-0.0417	0.3148	1369.4976	0.6034	4.5720
24.06	2.8277	-0.0490	-0.0458	0.3307	1356.8388	0.6148	4.8915
24.07	2.8593	-0.0516	-0.0519	0.3522	1342.8852	0.6338	5.3737
24.06	2.8975	-0.0555	-0.0577	0.3591	1324.1598	0.6631	5.7292
24.07	2.9601	-0.0597	-0.0653	0.3691	1296.8334	0.6847	6.0817
24.07	3.0312	-0.0640	-0.0735	0.3787	1266.4206	0.7001	6.3810
24.07	3.1048	-0.0699	-0.0842	0.3879	1236.3744	0.7288	6.8043
24.07	3.1791	-0.0762	-0.0940	0.3878	1207.3626	0.7573	7.0672
24.06	3.2512	-0.0812	-0.1026	0.3887	1180.1760	0.7707	7.2073
24.06	3.3490	-0.0897	-0.1161	0.3864	1145.7354	0.8026	7.4613
24.06	3.4651	-0.0984	-0.1301	0.3815	1107.2844	0.8226	7.5493
24.06	3.4964	-0.1013	-0.1327	0.3748	1097.4078	0.8311	7.4950
24.06	3.5692	-0.1068	-0.1405	0.3685	1074.9672	0.8411	7.4559
24.04	3.6200	-0.1107	-0.1465	0.3656	1059.3456	0.8467	7.4440
24.05	3.7789	-0.1231	-0.1627	0.3497	1015.2180	0.8647	7.2736
24.06	3.9782	-0.1392	-0.1819	0.3286	964.4328	0.8824	6.9745
24.05	4.5715	-0.1892	-0.2466	0.2850	839.1570	0.9082	6.2268
24.07	5.1374	-0.2456	-0.3143	0.2490	747.3216	0.9350	5.6053
27.14	2.6925	-0.0329	-0.0141	0.1589	1607.6190	0.5796	2.4997
27.16	2.7205	-0.0360	-0.0209	0.2140	1592.0562	0.6212	3.6106
27.12	2.7492	-0.0394	-0.0278	0.2567	1573.4022	0.6643	4.6237
27.13	2.7823	-0.0430	-0.0348	0.2912	1555.3344	0.7088	5.6003
27.15	2.8214	-0.0465	-0.0429	0.3266	1534.9416	0.7471	6.6263
27.13	2.8669	-0.0506	-0.0518	0.3568	1509.4494	0.7862	7.6120
27.13	2.9361	-0.0568	-0.0619	0.3712	1473.9252	0.8413	8.4742
27.13	3.0447	-0.0643	-0.0731	0.3737	1421.2926	0.8850	8.9724
27.12	3.1475	-0.0722	-0.0895	0.3935	1374.2730	0.9299	9.9250
27.12	3.1996	-0.0762	-0.0965	0.3959	1352.0454	0.9489	10.1908

27.13	3.2513	-0.0799	-0.1032	0.3976	1331.0922	0.9643	10.4050
27.15	3.3211	-0.0856	-0.1133	0.3986	1303.6494	0.9913	10.7272
27.14	3.3930	-0.0915	-0.1220	0.3933	1275.5154	1.0141	10.8219
27.16	3.5187	-0.1006	-0.1357	0.3836	1230.8790	1.0384	10.8180
27.15	3.8830	-0.1277	-0.1732	0.3494	1115.0130	1.0818	10.2612
27.13	4.3136	-0.1633	-0.2201	0.3125	1003.2666	1.1201	9.4992
27.14	4.9744	-0.2293	-0.2910	0.2551	870.0216	1.1831	8.1895
30.12	2.6914	-0.0298	-0.0109	0.1356	1784.7912	0.6462	2.6398
30.10	2.7121	-0.0327	-0.0168	0.1891	1769.9964	0.6989	3.9778
30.07	2.7329	-0.0349	-0.0225	0.2361	1754.9472	0.7316	5.1933
30.07	2.7582	-0.0378	-0.0290	0.2783	1738.7550	0.7795	6.5226
30.08	2.7863	-0.0409	-0.0357	0.3129	1721.6724	0.8273	7.7868
30.06	2.8152	-0.0440	-0.0417	0.3369	1703.2482	0.8695	8.8071
30.06	2.8507	-0.0473	-0.0489	0.3632	1681.6152	0.9113	9.9471
30.06	2.8940	-0.0505	-0.0560	0.3829	1656.7842	0.9448	10.8756
30.04	2.9523	-0.0552	-0.0653	0.4006	1622.6736	0.9911	11.9264
30.06	3.0351	-0.0611	-0.0751	0.4053	1579.5240	1.0384	12.6499
30.05	3.1077	-0.0674	-0.0851	0.4066	1542.3810	1.0923	13.3468
30.06	3.1850	-0.0737	-0.0979	0.4171	1505.2116	1.1375	14.2631
30.06	3.2274	-0.0771	-0.1030	0.4139	1485.6702	1.1603	14.4369
30.05	3.2685	-0.0807	-0.1097	0.4159	1466.4966	1.1828	14.7845
30.07	3.3272	-0.0856	-0.1165	0.4090	1441.2594	1.2126	14.9112
30.05	3.3878	-0.0904	-0.1242	0.4057	1414.8744	1.2333	15.0383
30.06	3.4928	-0.0979	-0.1355	0.3960	1372.6074	1.2576	14.9713
30.05	3.6219	-0.1079	-0.1500	0.3837	1323.1434	1.2879	14.8476
30.07	4.1344	-0.1464	-0.2001	0.3307	1159.8798	1.3420	13.3423
30.06	4.5152	-0.1770	-0.2414	0.3020	1061.8578	1.3603	12.3494
30.05	5.0016	-0.2200	-0.2965	0.2695	958.3848	1.3773	11.1543
30.06	5.1698	-0.2366	-0.3223	0.2635	927.2766	1.3868	10.9821

表 A.1.10 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 60°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.03	6.5807	-0.1902	-0.1161	0.0927	509.6520	0.3368	0.6566
21.03	6.6805	-0.1996	-0.1623	0.1217	502.0362	0.3430	0.8775
21.01	6.7650	-0.2075	-0.1957	0.1394	495.4338	0.3471	1.0170

21.03	6.8852	-0.2228	-0.2327	0.1517	487.1142	0.3602	1.1495
24.10	6.6217	-0.1768	-0.0964	0.0824	580.3956	0.4058	0.8057
24.08	6.6866	-0.1835	-0.1169	0.0953	574.3284	0.4125	0.9465
24.08	6.7523	-0.1903	-0.1498	0.1166	568.8390	0.4196	1.1787
24.08	6.8286	-0.1990	-0.1844	0.1357	562.3500	0.4288	1.4013
24.09	6.9082	-0.2072	-0.2154	0.1505	556.2630	0.4369	1.5844
24.08	6.9683	-0.2121	-0.2435	0.1647	551.2278	0.4393	1.7429
27.06	6.6403	-0.1585	-0.0742	0.0705	649.8834	0.4562	0.8708
27.08	6.7030	-0.1597	-0.0938	0.0877	644.3814	0.4519	1.0730
27.07	6.7654	-0.1671	-0.1232	0.1090	638.0760	0.4636	1.3680
27.07	6.8136	-0.1704	-0.1426	0.1229	633.6912	0.4664	1.5512
27.08	6.8644	-0.1792	-0.1609	0.1307	629.2386	0.4837	1.7126
27.07	6.9292	-0.1840	-0.1903	0.1493	623.0514	0.4869	1.9673
27.06	6.9839	-0.1946	-0.2146	0.1579	617.9136	0.5064	2.1634
27.05	7.0587	-0.1997	-0.2487	0.1764	611.2440	0.5084	2.4268
27.06	7.1106	-0.2073	-0.2771	0.1880	606.9882	0.5206	2.6478
30.10	6.6668	-0.1430	-0.0567	0.0595	720.0516	0.5052	0.9045
30.10	6.7140	-0.1490	-0.0728	0.0728	714.9270	0.5192	1.1375
30.09	6.7537	-0.1522	-0.0904	0.0879	710.6094	0.5237	1.3855
30.07	6.8044	-0.1558	-0.1118	0.1054	704.7066	0.5272	1.6713
30.08	6.8502	-0.1614	-0.1308	0.1183	700.3218	0.5396	1.9203
30.08	6.8969	-0.1660	-0.1480	0.1293	695.5878	0.5475	2.1291
30.08	6.9540	-0.1740	-0.1652	0.1365	689.9340	0.5647	2.3185
30.08	7.0007	-0.1767	-0.1840	0.1488	685.3578	0.5656	2.5312
30.07	7.0384	-0.1837	-0.2036	0.1575	681.4320	0.5815	2.7537
30.06	7.0852	-0.1895	-0.2303	0.1715	676.7628	0.5917	3.0509
30.06	7.1447	-0.1948	-0.2497	0.1794	671.1228	0.5980	3.2258
30.05	7.2055	-0.2005	-0.2762	0.1912	665.2236	0.6046	3.4746
30.06	7.2617	-0.2063	-0.3000	0.2002	660.2514	0.6130	3.6896

表 A.1.11 回転数と軸出力の関係(13×4 インチプロペラの取付角 90°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.01	9.5586	-0.5451	-0.1297	0.0249	350.6328	0.4568	0.2390
24.05	9.0201	-0.4656	-0.1058	0.0252	425.2464	0.5738	0.3476
27.03	8.7274	-0.4099	-0.0682	0.0191	493.8768	0.6814	0.3509

27.04	8.9908	-0.4365	-0.1091	0.0278	479.6094	0.6843	0.5142
27.03	9.2728	-0.4645	-0.1605	0.0373	464.9592	0.6844	0.6895
30.06	8.5523	-0.3735	-0.0644	0.0202	560.5464	0.7999	0.4846
30.06	8.7405	-0.3949	-0.0877	0.0254	548.4468	0.8096	0.6185
30.05	8.9685	-0.4160	-0.1309	0.0351	534.4038	0.8098	0.8537
30.05	9.2106	-0.4395	-0.1622	0.0401	520.3008	0.8108	0.9765

表 A.1.12 回転数と軸出力の関係(13×6.5 インチプロペラの取付角 0°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.24	0.7870	-0.0229	-0.0032	0.1758	4303.9404	2.8931	10.8025
21.22	0.7986	-0.0248	-0.0041	0.2087	4237.6128	3.0323	13.4290
21.22	0.8096	-0.0268	-0.0052	0.2376	4180.6758	3.1905	16.0853
21.23	0.8243	-0.0292	-0.0064	0.2657	4107.4416	3.3608	18.9544
21.22	0.8446	-0.0322	-0.0075	0.2746	4006.6308	3.5187	20.4979
21.21	0.8913	-0.0365	-0.0092	0.2813	3794.6346	3.5868	21.3977
21.21	0.9416	-0.0442	-0.0116	0.2777	3592.3464	3.8862	22.8847
21.20	0.9600	-0.0468	-0.0126	0.2812	3522.7746	3.9607	23.6177
21.20	1.0086	-0.0524	-0.0146	0.2766	3352.9566	4.0129	23.5334
21.21	1.1020	-0.0629	-0.0179	0.2580	3069.1878	4.0389	22.0955
21.20	1.2260	-0.0775	-0.0231	0.2430	2758.2822	4.0186	20.7096
21.20	1.3211	-0.0903	-0.0277	0.2318	2559.6372	4.0332	19.8210
24.28	0.7841	-0.0215	-0.0023	0.1396	4939.1808	3.5692	12.0981
24.26	0.7924	-0.0231	-0.0031	0.1697	4882.7268	3.7464	15.4206
24.27	0.8003	-0.0247	-0.0039	0.1974	4836.0180	3.9307	18.8262
24.25	0.8087	-0.0262	-0.0046	0.2185	4782.7230	4.0918	21.6831
24.25	0.8185	-0.0281	-0.0056	0.2419	4725.5472	4.2694	25.0490
24.24	0.8305	-0.0300	-0.0064	0.2552	4654.7130	4.4318	27.4144
24.22	0.8519	-0.0329	-0.0075	0.2660	4534.4292	4.6067	29.6848
24.22	0.8796	-0.0363	-0.0088	0.2744	4390.9326	4.7654	31.6631
24.24	0.9064	-0.0397	-0.0103	0.2853	4264.1652	4.9224	34.0339
24.21	0.9585	-0.0456	-0.0124	0.2833	4028.6736	5.0472	34.6181
24.22	0.9735	-0.0478	-0.0133	0.2863	3968.2740	5.1266	35.5483
24.23	1.0791	-0.0602	-0.0173	0.2669	3580.8576	5.2627	34.0277
27.29	0.7840	-0.0202	-0.0018	0.1146	5551.4988	4.2503	13.2980
27.28	0.7899	-0.0214	-0.0024	0.1420	5507.0016	4.4186	17.1185

27.26	0.7989	-0.0231	-0.0032	0.1717	5443.0080	4.6622	21.8243
27.26	0.8089	-0.0251	-0.0042	0.2067	5373.9174	4.9336	27.8007
27.23	0.8202	-0.0271	-0.0053	0.2386	5296.0170	5.1893	33.7206
27.24	0.8327	-0.0294	-0.0064	0.2599	5217.9858	5.4597	38.6587
27.25	0.8646	-0.0336	-0.0078	0.2699	5026.2924	5.7786	42.4954
27.24	0.8788	-0.0358	-0.0088	0.2786	4942.8720	5.9595	45.2188
27.23	0.9027	-0.0389	-0.0099	0.2813	4810.7046	6.1358	46.9932
27.23	0.9357	-0.0428	-0.0112	0.2808	4640.6580	6.2832	48.0397
27.22	0.9785	-0.0477	-0.0131	0.2806	4437.3348	6.4006	48.8979
27.23	1.0211	-0.0531	-0.0152	0.2794	4252.7706	6.5488	49.8186
27.24	1.0800	-0.0597	-0.0173	0.2679	4022.7336	6.5815	48.0236
27.25	1.2487	-0.0803	-0.0242	0.2417	3480.2490	6.6266	43.6343
30.26	0.7857	-0.0195	-0.0016	0.1034	6142.2216	5.0233	15.7217
30.26	0.7908	-0.0205	-0.0021	0.1267	6103.5798	5.1974	19.9292
30.23	0.8003	-0.0224	-0.0030	0.1675	6024.0276	5.5312	28.0136
30.23	0.8136	-0.0245	-0.0040	0.2014	5926.0320	5.8722	35.7536
30.20	0.8223	-0.0264	-0.0051	0.2326	5858.4054	6.1833	43.4477
30.19	0.8736	-0.0341	-0.0076	0.2564	5511.4386	7.0634	54.6720
30.19	0.8961	-0.0371	-0.0089	0.2693	5373.5958	7.2938	59.3080
30.17	0.9107	-0.0391	-0.0098	0.2757	5283.1110	7.4390	61.8770
30.18	0.9291	-0.0415	-0.0109	0.2823	5180.3286	7.5838	64.6080
30.18	0.9552	-0.0448	-0.0122	0.2852	5038.3164	7.7520	66.7127
30.17	1.0105	-0.0511	-0.0142	0.2751	4762.2456	7.9032	65.5991
30.17	1.0631	-0.0573	-0.0164	0.2697	4526.1504	7.9974	65.0806
30.18	1.0981	-0.0613	-0.0179	0.2660	4383.3774	8.0214	64.4012
30.17	1.1458	-0.0669	-0.0200	0.2611	4199.2020	8.0395	63.3195
30.18	1.1990	-0.0731	-0.0224	0.2560	4014.1584	8.0261	62.0039
30.20	1.3468	-0.0937	-0.0298	0.2360	3576.1392	8.1673	58.2056
30.20	1.3879	-0.1000	-0.0321	0.2312	3469.9320	8.2102	57.3205

表 A.1.13 回転数と軸出力の関係(13×8 インチプロペラの取付角 0°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.16	0.9188	-0.0246	-0.0042	0.1870	3672.9870	2.2624	8.9506
21.17	0.9386	-0.0274	-0.0054	0.2110	3596.6856	2.4161	10.7915
21.17	0.9662	-0.0308	-0.0071	0.2375	3494.0604	2.5662	12.9008



21.17	0.9936	-0.0344	-0.0088	0.2570	3397.6434	2.7039	14.7101
21.16	1.0308	-0.0387	-0.0110	0.2750	3274.1100	2.8293	16.4614
21.16	1.0686	-0.0432	-0.0135	0.2921	3157.4670	2.9332	18.1235
21.15	1.1033	-0.0476	-0.0157	0.2995	3058.1244	3.0315	19.2079
21.16	1.1262	-0.0506	-0.0174	0.3052	2996.7276	3.0958	19.9918
21.15	1.1521	-0.0540	-0.0187	0.3015	2928.4086	3.1535	20.1154
21.16	1.1899	-0.0585	-0.0213	0.3069	2836.0086	3.2042	20.8059
21.13	1.3530	-0.0764	-0.0281	0.2718	2490.9090	3.2300	18.5538
21.14	1.4665	-0.0898	-0.0341	0.2588	2299.0386	3.2366	17.7097
21.18	1.6892	-0.1163	-0.0466	0.2370	1999.5204	3.1702	15.9092
21.19	1.8753	-0.1401	-0.0590	0.2246	1801.9920	3.1000	14.7518
24.20	0.9154	-0.0234	-0.0035	0.1623	4215.9966	2.8314	11.1214
24.20	0.9283	-0.0254	-0.0045	0.1885	4157.1624	2.9975	13.6733
24.20	0.9425	-0.0274	-0.0057	0.2190	4095.6948	3.1321	16.5981
24.19	0.9580	-0.0295	-0.0067	0.2366	4026.6624	3.2574	18.6390
24.19	0.9729	-0.0318	-0.0079	0.2555	3965.0340	3.4029	21.0290
24.19	0.9927	-0.0344	-0.0094	0.2747	3886.3608	3.5378	23.5041
24.18	1.0207	-0.0376	-0.0108	0.2817	3778.6566	3.6603	24.9335
24.18	1.0676	-0.0428	-0.0131	0.2874	3612.0528	3.8017	26.4219
24.17	1.0832	-0.0449	-0.0143	0.2938	3559.3560	3.8745	27.5208
24.18	1.0992	-0.0470	-0.0152	0.2950	3508.4184	3.9393	28.0948
24.19	1.1158	-0.0491	-0.0165	0.3013	3457.3698	3.9963	29.1241
24.17	1.1329	-0.0513	-0.0175	0.3006	3402.5730	4.0473	29.4011
24.18	1.1419	-0.0527	-0.0185	0.3080	3376.5750	4.0928	30.4762
24.17	1.1625	-0.0553	-0.0199	0.3088	3315.9168	4.1470	30.9499
24.18	1.1768	-0.0574	-0.0211	0.3126	3277.0368	4.2010	31.7573
24.17	1.2052	-0.0608	-0.0227	0.3105	3198.0546	4.2353	31.7784
24.17	1.3764	-0.0799	-0.0305	0.2775	2801.0226	4.2702	28.6479
24.18	1.4826	-0.0925	-0.0362	0.2639	2601.7044	4.2690	27.2492
24.21	1.6840	-0.1170	-0.0476	0.2416	2292.8688	4.1928	24.5269
24.22	1.8469	-0.1375	-0.0584	0.2301	2091.1392	4.0989	22.8386
24.21	1.9849	-0.1569	-0.0688	0.2210	1945.4640	4.0471	21.6512
27.27	0.9182	-0.0223	-0.0029	0.1404	4735.7484	3.4125	13.0647
27.28	0.9280	-0.0240	-0.0037	0.1655	4689.2922	3.5983	16.2459
27.27	0.9409	-0.0262	-0.0049	0.1983	4623.0636	3.8234	20.6730

27.26	0.9566	-0.0287	-0.0062	0.2265	4545.8952	4.0404	24.9555
27.27	0.9739	-0.0312	-0.0077	0.2515	4465.1472	4.2463	29.1196
27.26	0.9944	-0.0345	-0.0093	0.2702	4371.5358	4.4928	33.0853
27.24	1.0251	-0.0382	-0.0112	0.2852	4238.1360	4.6822	36.3809
27.24	1.0772	-0.0438	-0.0138	0.2924	4032.9018	4.8514	38.6381
27.25	1.1135	-0.0484	-0.0161	0.2996	3903.8052	5.0275	41.0538
27.23	1.1370	-0.0516	-0.0180	0.3070	3819.7548	5.1299	42.8819
27.23	1.1496	-0.0532	-0.0189	0.3095	3777.3258	5.1751	43.6132
27.26	1.1748	-0.0570	-0.0209	0.3119	3700.8180	5.3181	45.2229
27.24	1.2991	-0.0712	-0.0269	0.2906	3344.6052	5.4293	42.9837
27.24	1.4107	-0.0842	-0.0323	0.2717	3079.5210	5.4394	40.2520
27.25	1.5059	-0.0956	-0.0372	0.2582	2885.9460	5.4278	38.1847
27.28	1.6897	-0.1182	-0.0479	0.2398	2575.2834	5.3436	34.9609
27.29	1.8352	-0.1365	-0.0578	0.2307	2371.5852	5.2310	32.9386
30.18	0.9186	-0.0214	-0.0022	0.1112	5240.8158	4.0120	13.4661
30.17	0.9259	-0.0227	-0.0029	0.1357	5196.9336	4.1796	17.1155
30.19	0.9350	-0.0242	-0.0035	0.1553	5150.2890	4.3668	20.4754
30.17	0.9455	-0.0260	-0.0046	0.1866	5090.1396	4.5928	25.8641
30.17	0.9571	-0.0279	-0.0056	0.2101	5026.9110	4.8115	30.4987
30.17	0.9720	-0.0302	-0.0068	0.2306	4949.8272	5.0478	35.1226
30.16	0.9887	-0.0326	-0.0081	0.2523	4864.5954	5.2605	40.0211
30.14	1.0037	-0.0351	-0.0093	0.2641	4789.7292	5.4862	43.6715
30.14	1.0402	-0.0392	-0.0112	0.2743	4621.4298	5.7030	47.1527
30.14	1.0733	-0.0432	-0.0131	0.2818	4478.9526	5.9055	50.1578
30.15	1.1214	-0.0496	-0.0164	0.2945	4288.7820	6.2233	55.2693
30.13	1.1392	-0.0520	-0.0177	0.2990	4218.2568	6.3040	56.7871
30.13	1.1553	-0.0546	-0.0191	0.3037	4160.1216	6.4374	58.9136
30.13	1.1837	-0.0581	-0.0211	0.3063	4059.6078	6.5292	60.2553
30.13	1.2003	-0.0603	-0.0221	0.3058	4003.6260	6.5824	60.6488
30.13	1.2169	-0.0624	-0.0232	0.3054	3948.4212	6.6287	60.9947
30.12	1.3307	-0.0751	-0.0283	0.2833	3610.0398	6.6678	56.8945
30.14	1.4607	-0.0903	-0.0346	0.2624	3290.6832	6.6628	52.6883
30.15	1.6086	-0.1083	-0.0425	0.2442	2988.8712	6.5938	48.5494
30.16	1.6795	-0.1170	-0.0470	0.2393	2863.8480	6.5378	47.1862
30.16	1.7452	-0.1253	-0.0514	0.2349	2756.1996	6.4884	45.9754

30.18	1.8360	-0.1371	-0.0572	0.2273	2621.7138	6.4223	44.0657
-------	--------	---------	---------	--------	-----------	--------	---------

表 A.1.14 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 0°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.21	1.0399	-0.0242	-0.0043	0.1715	3253.4952	1.7447	6.3471
21.22	1.0562	-0.0267	-0.0060	0.2134	3204.3678	1.8714	8.4729
21.21	1.0744	-0.0294	-0.0079	0.2489	3149.0538	1.9897	10.5065
21.22	1.0951	-0.0323	-0.0097	0.2750	3090.5346	2.1039	12.2763
21.22	1.1169	-0.0355	-0.0120	0.3018	3029.6676	2.2182	14.2041
21.21	1.1436	-0.0392	-0.0143	0.3190	2958.0420	2.3360	15.8036
21.20	1.2254	-0.0473	-0.0193	0.3337	2759.5026	2.4545	17.3657
21.19	1.2571	-0.0511	-0.0216	0.3360	2688.7770	2.5187	17.9329
21.20	1.2719	-0.0539	-0.0231	0.3369	2658.7434	2.5984	18.5605
21.18	1.2898	-0.0569	-0.0250	0.3404	2619.2976	2.6594	19.1775
21.18	1.3391	-0.0626	-0.0284	0.3384	2522.0730	2.7150	19.4563
21.18	1.3842	-0.0681	-0.0309	0.3280	2440.8354	2.7640	19.2057
21.18	1.4555	-0.0761	-0.0354	0.3199	2321.2140	2.7955	18.9444
21.20	1.5818	-0.0897	-0.0434	0.3056	2138.0298	2.7958	18.1175
21.21	1.6935	-0.1023	-0.0496	0.2860	1997.4240	2.7825	16.8762
21.22	1.7791	-0.1120	-0.0557	0.2795	1902.4578	2.7637	16.3917
21.21	1.8168	-0.1169	-0.0578	0.2725	1862.0508	2.7614	15.9587
21.22	1.8595	-0.1219	-0.0610	0.2691	1820.3916	2.7529	15.7221
21.22	1.9029	-0.1275	-0.0654	0.2695	1778.9586	2.7503	15.7310
21.21	1.9649	-0.1354	-0.0697	0.2621	1721.8860	2.7361	15.2151
21.23	2.0241	-0.1432	-0.0750	0.2588	1672.6320	2.7301	14.9959
21.22	2.1600	-0.1615	-0.0850	0.2438	1566.5604	2.7009	13.9684
21.22	2.3224	-0.1846	-0.0987	0.2301	1457.0622	2.6716	13.0442
21.21	2.5197	-0.2135	-0.1185	0.2202	1342.8108	2.6243	12.2574
21.23	2.7684	-0.2532	-0.1425	0.2033	1222.9908	2.5813	11.1411
21.24	3.1245	-0.3083	-0.1807	0.1876	1084.2012	2.4696	9.8403
21.25	3.6120	-0.3863	-0.2289	0.1640	938.0856	2.3172	8.0755
21.25	3.9285	-0.4390	-0.2660	0.1543	862.7886	2.2273	7.3018
21.25	4.2641	-0.5048	-0.3071	0.1427	794.8764	2.1737	6.5908
24.12	1.0401	-0.0221	-0.0036	0.1581	3698.3886	2.0620	7.8610
24.13	1.0520	-0.0242	-0.0051	0.1987	3657.8658	2.2087	10.5888

24.11	1.0643	-0.0264	-0.0063	0.2254	3612.7038	2.3472	12.7551
24.11	1.0771	-0.0284	-0.0080	0.2600	3570.0090	2.4688	15.4746
24.10	1.0915	-0.0307	-0.0095	0.2818	3521.1666	2.5974	17.6392
24.11	1.1085	-0.0331	-0.0109	0.2983	3468.2946	2.7145	19.5194
24.10	1.1285	-0.0358	-0.0128	0.3155	3405.5262	2.8317	21.5272
24.08	1.1496	-0.0386	-0.0146	0.3287	3340.1436	2.9356	23.2304
24.09	1.1698	-0.0415	-0.0167	0.3448	3284.4912	3.0502	25.3379
24.09	1.2052	-0.0454	-0.0191	0.3481	3187.6398	3.1473	26.3892
24.09	1.2279	-0.0480	-0.0204	0.3472	3128.6970	3.2001	26.7601
24.08	1.2652	-0.0516	-0.0225	0.3439	3035.1630	3.2412	26.8394
24.08	1.2824	-0.0541	-0.0241	0.3470	2994.7776	3.3067	27.6261
24.08	1.2916	-0.0558	-0.0250	0.3477	2973.1218	3.3605	28.1327
24.08	1.3198	-0.0597	-0.0273	0.3467	2909.8374	3.4442	28.7526
24.06	1.3589	-0.0644	-0.0299	0.3421	2824.2642	3.4992	28.8049
24.06	1.3892	-0.0679	-0.0322	0.3408	2762.6742	3.5340	28.9831
24.07	1.4522	-0.0753	-0.0363	0.3317	2643.4836	3.5854	28.6247
24.08	1.5997	-0.0912	-0.0450	0.3085	2401.1688	3.5835	26.6234
24.10	1.6967	-0.1021	-0.0508	0.2932	2265.5190	3.5713	25.2398
24.11	1.7367	-0.1070	-0.0536	0.2882	2213.6958	3.5751	24.8402
24.11	1.7920	-0.1137	-0.0576	0.2826	2145.8706	3.5696	24.3190
24.12	1.8441	-0.1200	-0.0616	0.2787	2085.6540	3.5563	23.8990
24.10	1.9037	-0.1272	-0.0656	0.2709	2018.7876	3.5331	23.0671
27.16	1.0465	-0.0212	-0.0034	0.1523	4140.0672	2.4729	10.2328
27.16	1.0548	-0.0226	-0.0043	0.1796	4106.7138	2.6027	12.6946
27.17	1.0640	-0.0241	-0.0053	0.2072	4073.5158	2.7241	15.3367
27.16	1.0722	-0.0256	-0.0062	0.2239	4039.6902	2.8494	17.3264
27.15	1.0819	-0.0273	-0.0075	0.2548	4002.1218	2.9796	20.6087
27.16	1.0937	-0.0291	-0.0089	0.2796	3960.8580	3.1071	23.5936
27.15	1.1057	-0.0307	-0.0099	0.2928	3916.1754	3.2061	25.4860
27.15	1.1200	-0.0328	-0.0114	0.3102	3865.8630	3.3376	28.1031
27.15	1.1340	-0.0349	-0.0127	0.3199	3818.3826	3.4700	30.1402
27.13	1.1492	-0.0370	-0.0140	0.3300	3765.9894	3.5771	32.0271
27.14	1.1655	-0.0397	-0.0157	0.3399	3714.3876	3.7369	34.4819
27.13	1.1840	-0.0421	-0.0173	0.3472	3654.8250	3.8315	36.0902
27.13	1.2075	-0.0450	-0.0193	0.3551	3583.4502	3.9426	37.9826

27.13	1.2763	-0.0525	-0.0236	0.3517	3390.5034	4.1109	39.2299
27.14	1.2856	-0.0537	-0.0245	0.3544	3366.8364	4.1472	39.8876
27.12	1.2990	-0.0559	-0.0258	0.3547	3330.3816	4.2272	40.6735
27.12	1.3078	-0.0573	-0.0266	0.3554	3307.6410	4.2755	41.2068
27.14	1.3184	-0.0588	-0.0275	0.3543	3282.9534	4.3214	41.5440
27.12	1.3324	-0.0606	-0.0285	0.3530	3246.7782	4.3519	41.6745
27.11	1.3642	-0.0645	-0.0305	0.3466	3168.7596	4.4132	41.4639
27.11	1.4021	-0.0690	-0.0333	0.3437	3083.5950	4.4738	41.6878
27.10	1.4606	-0.0756	-0.0372	0.3363	2959.2576	4.5149	41.1499
27.12	1.5460	-0.0849	-0.0421	0.3204	2797.9776	4.5304	39.3747
27.14	1.6365	-0.0950	-0.0478	0.3074	2644.5966	4.5300	37.7930
27.16	1.7575	-0.1088	-0.0551	0.2882	2464.7628	4.5062	35.2739
27.16	1.8854	-0.1242	-0.0649	0.2773	2297.9424	4.4712	33.6793
27.16	2.0518	-0.1456	-0.0780	0.2610	2111.3196	4.4240	31.3633
27.16	2.2681	-0.1753	-0.0962	0.2419	1910.2368	4.3589	28.6478
30.21	1.0495	-0.0205	-0.0029	0.1342	4590.8832	2.9467	11.9448
30.20	1.0564	-0.0217	-0.0037	0.1626	4559.6970	3.0767	15.1091
30.17	1.0708	-0.0241	-0.0054	0.2083	4494.2880	3.3181	20.8561
30.19	1.0864	-0.0268	-0.0071	0.2442	4432.0626	3.5879	26.4485
30.15	1.1055	-0.0296	-0.0091	0.2780	4349.8416	3.8229	32.0462
30.16	1.1272	-0.0329	-0.0112	0.3033	4267.5876	4.0796	37.3208
30.14	1.1458	-0.0358	-0.0133	0.3235	4194.8514	4.2929	41.8551
30.14	1.1712	-0.0395	-0.0159	0.3434	4104.2994	4.5390	46.9813
30.13	1.2064	-0.0439	-0.0190	0.3586	3983.1210	4.7505	51.3291
30.12	1.2496	-0.0485	-0.0216	0.3574	3843.9942	4.8798	52.5266
30.12	1.3023	-0.0552	-0.0257	0.3570	3688.7028	5.1204	55.0513
30.12	1.3367	-0.0604	-0.0286	0.3545	3593.1786	5.3144	56.7329
30.11	1.3716	-0.0646	-0.0312	0.3523	3500.9454	5.3963	57.2442
30.10	1.3944	-0.0674	-0.0329	0.3503	3443.1996	5.4492	57.4582
30.10	1.4240	-0.0708	-0.0349	0.3463	3371.2914	5.4828	57.1434
30.10	1.5019	-0.0795	-0.0399	0.3339	3196.3002	5.5376	55.6512
30.11	1.5529	-0.0850	-0.0429	0.3252	3092.0592	5.5387	54.2221
30.14	1.7431	-0.1062	-0.0553	0.2990	2758.1298	5.5052	49.6202
30.15	1.8137	-0.1147	-0.0604	0.2901	2651.6754	5.4976	48.0992
30.17	1.9819	-0.1358	-0.0738	0.2742	2427.5352	5.4550	45.1265

30.15	2.2171	-0.1668	-0.0933	0.2524	2168.9910	5.3470	40.6969
30.15	2.3570	-0.1868	-0.1057	0.2402	2040.0186	5.2982	38.3655
30.16	2.5344	-0.2125	-0.1232	0.2287	1898.2584	5.2190	36.0002
30.17	2.7374	-0.2433	-0.1445	0.2170	1757.6484	5.1237	33.5414
30.18	3.0150	-0.2851	-0.1727	0.2009	1596.3144	4.9512	30.0210
30.18	3.3729	-0.3393	-0.2120	0.1852	1426.9512	4.7088	26.3234
30.18	3.8746	-0.4221	-0.2679	0.1638	1242.4104	4.4405	21.9553
30.20	4.4519	-0.5308	-0.3408	0.1442	1081.8210	4.2340	18.4390

表 A.1.15 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 5°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.11	1.2238	-0.0219	-0.0060	0.2255	2751.5238	1.1289	5.3755
21.10	1.2393	-0.0247	-0.0085	0.2784	2716.0638	1.2416	7.2960
21.10	1.2556	-0.0275	-0.0112	0.3239	2679.8340	1.3479	9.2114
21.10	1.2729	-0.0304	-0.0137	0.3544	2644.0902	1.4473	10.8247
21.09	1.2929	-0.0337	-0.0163	0.3741	2602.0920	1.5543	12.2654
21.08	1.3279	-0.0377	-0.0199	0.3976	2531.4822	1.6477	13.8064
21.08	1.3628	-0.0421	-0.0234	0.4069	2467.2372	1.7485	14.9984
21.06	1.3923	-0.0451	-0.0263	0.4184	2412.5790	1.7898	15.7712
21.07	1.4227	-0.0483	-0.0290	0.4213	2362.3308	1.8380	16.3196
21.07	1.4612	-0.0518	-0.0319	0.4218	2300.3310	1.8676	16.6003
21.07	1.4924	-0.0557	-0.0343	0.4124	2251.7178	1.9262	16.7383
21.07	1.5745	-0.0648	-0.0403	0.3954	2134.7202	2.0118	16.7629
21.08	1.6649	-0.0746	-0.0468	0.3768	2018.8914	2.0730	16.4625
21.08	1.7875	-0.0876	-0.0567	0.3621	1881.0018	2.1129	16.1282
21.09	2.0558	-0.1174	-0.0760	0.3150	1636.2864	2.1419	14.2306
21.09	2.3423	-0.1531	-0.1029	0.2870	1435.9602	2.1511	13.0199
21.08	2.7168	-0.2060	-0.1427	0.2549	1237.7340	2.1511	11.5624
24.24	1.2250	-0.0202	-0.0049	0.1961	3155.5446	1.3727	6.5244
24.21	1.2355	-0.0223	-0.0068	0.2477	3125.9514	1.4822	8.8890
24.21	1.2457	-0.0244	-0.0086	0.2825	3099.8712	1.5962	10.9176
24.22	1.2575	-0.0266	-0.0106	0.3175	3072.0918	1.7089	13.1405
24.22	1.2689	-0.0287	-0.0125	0.3440	3044.3922	1.8138	15.1136
24.20	1.2815	-0.0309	-0.0147	0.3721	3012.2946	1.9082	17.1839
24.21	1.2956	-0.0334	-0.0165	0.3824	2980.0146	2.0188	18.6914

24.20	1.3119	-0.0360	-0.0187	0.3952	2941.4988	2.1222	20.2951
24.20	1.3491	-0.0397	-0.0217	0.4060	2860.7898	2.2124	21.7378
24.20	1.3836	-0.0436	-0.0250	0.4135	2789.2800	2.3125	23.1380
24.19	1.4412	-0.0493	-0.0294	0.4145	2676.8952	2.4064	24.1291
24.19	1.4594	-0.0516	-0.0312	0.4150	2643.1392	2.4564	24.6567
24.19	1.4957	-0.0553	-0.0342	0.4129	2579.0928	2.5082	25.0502
24.18	1.5599	-0.0624	-0.0389	0.3990	2472.0630	2.6005	25.0892
24.19	1.6004	-0.0674	-0.0418	0.3881	2410.5810	2.6678	25.0434
24.20	1.6450	-0.0724	-0.0455	0.3822	2345.8782	2.7148	25.1020
24.20	1.7311	-0.0816	-0.0514	0.3634	2229.6156	2.7663	24.3274
24.20	1.9170	-0.1012	-0.0653	0.3366	2013.1974	2.7954	22.7701
24.21	2.0867	-0.1207	-0.0794	0.3152	1850.1048	2.8159	21.4857
24.20	2.2958	-0.1470	-0.0977	0.2895	1680.8748	2.8312	19.8342
27.19	1.2265	-0.0186	-0.0043	0.1880	3535.9818	1.5845	8.1015
27.17	1.2349	-0.0202	-0.0056	0.2250	3508.4352	1.6986	10.3803
27.18	1.2473	-0.0227	-0.0078	0.2770	3475.5954	1.8665	14.0516
27.17	1.2600	-0.0253	-0.0103	0.3225	3438.5310	2.0351	17.8278
27.15	1.2740	-0.0278	-0.0129	0.3650	3399.1944	2.1878	21.6821
27.15	1.2887	-0.0305	-0.0151	0.3839	3360.5508	2.3487	24.4812
27.15	1.3059	-0.0334	-0.0179	0.4102	3316.1760	2.5002	27.8471
27.13	1.3306	-0.0367	-0.0205	0.4202	3252.3264	2.6480	30.1913
27.14	1.3469	-0.0391	-0.0228	0.4332	3213.5460	2.7537	32.3774
27.12	1.3916	-0.0433	-0.0260	0.4311	3108.5112	2.8538	33.3671
27.12	1.4387	-0.0479	-0.0292	0.4236	3006.4392	2.9490	33.8736
27.12	1.4660	-0.0513	-0.0323	0.4291	2950.8084	3.0474	35.4630
27.12	1.4862	-0.0535	-0.0341	0.4285	2910.5538	3.0916	35.9333
27.12	1.5094	-0.0562	-0.0361	0.4259	2865.9390	3.1474	36.3623
27.13	1.6226	-0.0686	-0.0438	0.3934	2666.7966	3.3239	35.4739
27.12	1.6644	-0.0736	-0.0469	0.3828	2598.6348	3.3863	35.1538
27.15	1.7924	-0.0867	-0.0554	0.3565	2415.4866	3.4468	33.3552
27.14	1.9136	-0.0998	-0.0648	0.3389	2261.6262	3.4809	32.0136
27.14	2.0538	-0.1160	-0.0768	0.3223	2107.9248	3.5126	30.7325
27.15	2.1888	-0.1323	-0.0885	0.3056	1978.0836	3.5271	29.2603
27.16	2.3865	-0.1573	-0.1067	0.2842	1814.9928	3.5318	27.2575
30.20	1.2318	-0.0176	-0.0036	0.1657	3910.3470	1.8353	9.1842

30.18	1.2382	-0.0189	-0.0047	0.2004	3887.4438	1.9508	11.8012
30.17	1.2511	-0.0215	-0.0072	0.2673	3846.4152	2.1648	17.4628
30.17	1.2646	-0.0241	-0.0098	0.3202	3805.3254	2.3805	23.0006
30.15	1.2792	-0.0271	-0.0121	0.3495	3758.8014	2.6118	27.5170
30.14	1.2945	-0.0301	-0.0147	0.3786	3713.1756	2.8256	32.2408
30.13	1.3077	-0.0323	-0.0169	0.3988	3674.6268	2.9759	35.7547
30.13	1.3220	-0.0348	-0.0191	0.4139	3634.8036	3.1366	39.1111
30.12	1.3543	-0.0382	-0.0219	0.4226	3546.8910	3.2756	41.6914
30.11	1.3807	-0.0416	-0.0248	0.4309	3477.7446	3.4297	44.4946
30.10	1.4261	-0.0456	-0.0279	0.4297	3366.4320	3.5213	45.5441
30.10	1.4571	-0.0490	-0.0307	0.4297	3294.2496	3.6234	46.8594
30.11	1.4844	-0.0522	-0.0334	0.4307	3235.2096	3.7227	48.2738
30.11	1.5225	-0.0567	-0.0365	0.4222	3153.7416	3.8462	48.8895
30.12	1.6247	-0.0683	-0.0441	0.3972	2956.4826	4.0717	48.7099
30.10	1.6615	-0.0723	-0.0472	0.3928	2889.5988	4.1160	48.6711
30.10	1.7690	-0.0833	-0.0545	0.3696	2714.1522	4.1816	46.5260
30.12	1.8586	-0.0929	-0.0608	0.3525	2584.4928	4.2282	44.8841
30.14	1.9514	-0.1034	-0.0682	0.3382	2463.0792	4.2746	43.5668
30.14	2.0712	-0.1169	-0.0781	0.3225	2320.5324	4.2914	41.7129
30.14	2.1621	-0.1285	-0.0871	0.3133	2223.3822	4.3296	40.8908
30.13	2.3206	-0.1486	-0.1015	0.2943	2070.8838	4.3445	38.5244

表 A.1.16 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 10°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.10	1.4705	-0.0222	-0.0084	0.2576	2288.4840	0.7914	4.3013
21.09	1.4891	-0.0251	-0.0117	0.3135	2258.5764	0.8723	5.7662
21.10	1.5085	-0.0279	-0.0157	0.3738	2230.3956	0.9462	7.4604
21.08	1.5307	-0.0317	-0.0196	0.4043	2196.2106	1.0423	8.8819
21.08	1.5548	-0.0356	-0.0235	0.4247	2162.4420	1.1344	10.1575
21.07	1.5832	-0.0396	-0.0282	0.4502	2122.5630	1.2147	11.5231
21.06	1.6009	-0.0417	-0.0307	0.4597	2098.0488	1.2520	12.1213
21.08	1.6688	-0.0470	-0.0354	0.4514	2014.9224	1.3012	12.3846
21.08	1.7080	-0.0507	-0.0393	0.4543	1968.1104	1.3383	12.8147
21.07	1.7554	-0.0553	-0.0433	0.4467	1914.5412	1.3806	12.9973
21.07	1.8022	-0.0600	-0.0476	0.4400	1864.9902	1.4229	13.1947



21.07	1.8650	-0.0665	-0.0536	0.4321	1802.2560	1.4719	13.4043
21.08	1.9069	-0.0714	-0.0580	0.4264	1762.9110	1.5124	13.5915
21.07	2.0758	-0.0886	-0.0715	0.3886	1618.8186	1.5833	12.9648
21.08	2.4092	-0.1226	-0.0998	0.3378	1395.7014	1.6276	11.5908
21.07	2.6808	-0.1529	-0.1258	0.3070	1253.5932	1.6375	10.5941
21.08	2.7960	-0.1676	-0.1382	0.2950	1202.3760	1.6510	10.2647
21.09	2.9173	-0.1841	-0.1528	0.2845	1152.8958	1.6676	10.0060
21.08	3.0668	-0.2061	-0.1734	0.2743	1096.2282	1.6884	9.7607
21.09	3.2690	-0.2362	-0.1970	0.2551	1029.1914	1.7051	9.1771
24.12	1.4709	-0.0210	-0.0075	0.2412	2615.2662	0.9809	5.7062
24.10	1.4849	-0.0232	-0.0099	0.2865	2588.4744	1.0610	7.3242
24.10	1.4988	-0.0257	-0.0125	0.3245	2564.6466	1.1542	9.0282
24.10	1.5133	-0.0280	-0.0152	0.3587	2540.0730	1.2297	10.6306
24.08	1.5286	-0.0306	-0.0178	0.3814	2512.9104	1.3157	12.0876
24.08	1.5468	-0.0331	-0.0212	0.4135	2483.2206	1.3932	13.8737
24.09	1.5649	-0.0361	-0.0241	0.4277	2454.8808	1.4809	15.2552
24.09	1.5870	-0.0393	-0.0273	0.4387	2420.5572	1.5679	16.5654
24.08	1.6314	-0.0437	-0.0318	0.4462	2354.2962	1.6493	17.7228
24.07	1.6719	-0.0464	-0.0350	0.4513	2296.0212	1.6678	18.1141
24.08	1.7354	-0.0528	-0.0405	0.4415	2212.9710	1.7625	18.7375
24.08	1.7556	-0.0553	-0.0428	0.4409	2187.5922	1.8044	19.1580
24.08	1.7912	-0.0590	-0.0467	0.4419	2143.6566	1.8490	19.6704
24.07	1.8386	-0.0632	-0.0506	0.4349	2087.7138	1.8782	19.6580
24.06	1.8853	-0.0682	-0.0553	0.4305	2035.7610	1.9262	19.9529
24.08	1.9895	-0.0790	-0.0641	0.4076	1930.5342	2.0075	19.7066
24.08	2.0725	-0.0875	-0.0712	0.3928	1852.8450	2.0466	19.3541
24.08	2.1802	-0.0987	-0.0817	0.3796	1761.5472	2.0880	19.0865
24.08	2.6419	-0.1486	-0.1209	0.3080	1453.9560	2.1414	15.8867
24.09	2.9011	-0.1818	-0.1514	0.2870	1324.2084	2.1732	15.0261
24.08	3.0044	-0.1966	-0.1639	0.2775	1278.2814	2.1891	14.6287
24.09	3.1324	-0.2143	-0.1814	0.2703	1226.5320	2.1971	14.3057
24.09	3.3370	-0.2441	-0.2079	0.2552	1151.1672	2.2051	13.5517
27.10	1.4758	-0.0195	-0.0057	0.1993	2928.4470	1.1423	6.1689
27.08	1.4858	-0.0213	-0.0077	0.2439	2906.3556	1.2275	8.1048
27.05	1.5015	-0.0239	-0.0109	0.3037	2873.3394	1.3454	11.0546

27.05	1.5176	-0.0267	-0.0142	0.3501	2843.0952	1.4715	13.9359
27.04	1.5353	-0.0297	-0.0178	0.3898	2808.8508	1.5994	16.8595
27.04	1.5570	-0.0329	-0.0210	0.4101	2769.6150	1.7207	19.0793
27.02	1.5792	-0.0364	-0.0251	0.4367	2729.2410	1.8488	21.8197
27.03	1.5975	-0.0389	-0.0280	0.4503	2698.2768	1.9283	23.4678
27.02	1.6612	-0.0447	-0.0332	0.4474	2594.5314	2.0487	24.7707
27.02	1.7045	-0.0489	-0.0379	0.4550	2528.4612	2.1293	26.1801
27.02	1.7206	-0.0506	-0.0397	0.4560	2504.8518	2.1641	26.6660
27.01	1.7445	-0.0531	-0.0421	0.4550	2469.7680	2.2066	27.1242
27.03	1.7621	-0.0554	-0.0443	0.4538	2446.7178	2.2614	27.7424
27.03	1.7912	-0.0584	-0.0474	0.4527	2406.9504	2.3070	28.2315
27.03	1.8317	-0.0625	-0.0507	0.4422	2353.4904	2.3610	28.2222
27.03	1.8783	-0.0673	-0.0550	0.4349	2295.1320	2.4159	28.4015
27.00	2.0278	-0.0818	-0.0673	0.4057	2123.9544	2.5140	27.5400
27.02	2.0928	-0.0883	-0.0731	0.3959	2059.3416	2.5512	27.2916
27.01	2.1932	-0.0989	-0.0824	0.3800	1964.3490	2.5999	26.6857
27.03	2.5961	-0.1413	-0.1178	0.3212	1660.2624	2.6548	23.0459
27.02	2.8341	-0.1710	-0.1435	0.2962	1520.7444	2.6957	21.5739
27.05	3.0342	-0.1984	-0.1673	0.2779	1421.6358	2.7334	20.5442
27.04	3.2285	-0.2267	-0.1951	0.2667	1335.6012	2.7558	19.8685
30.08	1.4813	-0.0179	-0.0048	0.1820	3239.1648	1.2824	7.0221
30.10	1.4895	-0.0195	-0.0064	0.2198	3222.5856	1.3776	9.1150
30.07	1.5017	-0.0215	-0.0089	0.2756	3193.1562	1.4949	12.3847
30.08	1.5146	-0.0238	-0.0115	0.3198	3167.0646	1.6248	15.6261
30.08	1.5280	-0.0262	-0.0144	0.3603	3139.6704	1.7586	19.0580
30.07	1.5428	-0.0287	-0.0170	0.3831	3108.1764	1.8899	21.7661
30.06	1.5573	-0.0311	-0.0199	0.4113	3078.4092	2.0099	24.8464
30.04	1.5772	-0.0338	-0.0230	0.4304	3037.5036	2.1265	27.4901
30.03	1.5966	-0.0368	-0.0263	0.4468	3000.1050	2.2606	30.3342
30.04	1.6315	-0.0407	-0.0307	0.4617	2936.0730	2.3929	33.1804
30.02	1.6844	-0.0453	-0.0353	0.4624	2842.0374	2.4948	34.6281
30.02	1.7138	-0.0486	-0.0386	0.4631	2793.2640	2.5833	35.9090
30.00	1.7489	-0.0525	-0.0421	0.4581	2735.8878	2.6807	36.8463
30.02	1.7890	-0.0566	-0.0463	0.4576	2675.8878	2.7608	37.9152
30.02	1.8480	-0.0624	-0.0521	0.4518	2590.7748	2.8563	38.7412

30.01	1.9004	-0.0678	-0.0575	0.4457	2518.7544	2.9330	39.2306
30.02	1.9256	-0.0712	-0.0603	0.4400	2486.2314	2.9981	39.5987
30.01	2.0261	-0.0815	-0.0674	0.4084	2361.9996	3.0981	37.9682
30.00	2.0817	-0.0874	-0.0730	0.4015	2298.5046	3.1472	37.9070
30.02	2.1522	-0.0946	-0.0797	0.3914	2224.7226	3.1926	37.5183
30.02	2.3235	-0.1113	-0.0941	0.3636	2060.8824	3.2227	35.1832
30.04	2.6569	-0.1481	-0.1248	0.3171	1803.2388	3.2822	31.2678
30.02	2.8416	-0.1714	-0.1448	0.2973	1684.7082	3.3158	29.5841
30.03	2.9867	-0.1914	-0.1633	0.2857	1603.4244	3.3540	28.7708
30.03	3.1521	-0.2151	-0.1848	0.2725	1519.6584	3.3861	27.7125

表 A.1.17 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 20°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.12	2.0626	-0.0300	-0.0142	0.2287	1632.9792	0.5451	2.6335
21.11	2.1087	-0.0365	-0.0255	0.3316	1596.5364	0.6339	4.4373
21.10	2.1399	-0.0406	-0.0330	0.3791	1572.5298	0.6846	5.4764
21.09	2.1806	-0.0459	-0.0401	0.4011	1542.5922	0.7438	6.2912
21.09	2.2412	-0.0520	-0.0506	0.4341	1500.8052	0.7978	7.3049
21.09	2.2928	-0.0562	-0.0559	0.4343	1467.0756	0.8241	7.5483
21.08	2.3874	-0.0629	-0.0652	0.4341	1408.4466	0.8510	7.7877
21.08	2.4485	-0.0682	-0.0725	0.4337	1373.2728	0.8770	8.0195
21.08	2.5305	-0.0753	-0.0813	0.4268	1328.7528	0.9060	8.1532
21.08	2.7526	-0.0931	-0.1027	0.4009	1221.4968	0.9463	7.9975
21.09	2.9451	-0.1106	-0.1218	0.3737	1141.9836	0.9833	7.7495
21.10	3.4662	-0.1593	-0.1765	0.3196	970.9980	1.0237	6.9053
21.10	3.7324	-0.1890	-0.2158	0.3060	901.4334	1.0466	6.7560
24.16	2.0596	-0.0275	-0.0114	0.2016	1871.1540	0.6558	3.1942
24.15	2.0710	-0.0288	-0.0141	0.2374	1859.7186	0.6785	3.8892
24.14	2.0924	-0.0319	-0.0189	0.2838	1839.9744	0.7362	5.0440
24.15	2.1154	-0.0349	-0.0246	0.3330	1820.5518	0.7890	6.3441
24.14	2.1397	-0.0385	-0.0304	0.3687	1799.6340	0.8508	7.5739
24.13	2.1666	-0.0421	-0.0362	0.3964	1776.1662	0.9060	8.6644
24.14	2.2068	-0.0461	-0.0428	0.4210	1744.8684	0.9564	9.7218
24.13	2.2540	-0.0515	-0.0498	0.4295	1707.3144	1.0227	10.5983
24.14	2.3668	-0.0594	-0.0609	0.4332	1626.4596	1.0704	11.1908

24.14	2.4199	-0.0639	-0.0677	0.4379	1590.6726	1.1020	11.6454
24.12	2.4755	-0.0681	-0.0737	0.4371	1553.9058	1.1202	11.8096
24.13	2.5481	-0.0743	-0.0813	0.4294	1510.1328	1.1546	11.9604
24.12	2.7096	-0.0867	-0.0951	0.4048	1419.9804	1.1912	11.6317
24.13	2.8234	-0.0976	-0.1079	0.3916	1363.1580	1.2356	11.6781
24.12	2.9772	-0.1111	-0.1239	0.3744	1292.3436	1.2650	11.4248
24.14	3.1819	-0.1306	-0.1463	0.3521	1210.0002	1.3029	11.0737
24.14	3.6273	-0.1743	-0.1968	0.3113	1061.1996	1.3382	10.0528
24.15	3.8342	-0.1987	-0.2240	0.2940	1004.7186	1.3674	9.7086
24.14	4.1386	-0.2352	-0.2718	0.2792	930.4308	1.3880	9.3573
27.14	2.0602	-0.0245	-0.0092	0.1827	2101.0878	0.7361	3.6506
27.15	2.0768	-0.0271	-0.0130	0.2301	2084.9718	0.8031	5.0164
27.14	2.0938	-0.0291	-0.0168	0.2765	2067.4758	0.8475	6.3609
27.13	2.1117	-0.0314	-0.0209	0.3160	2049.2304	0.8978	7.6970
27.14	2.1298	-0.0342	-0.0260	0.3566	2032.0374	0.9623	9.3128
27.13	2.1486	-0.0371	-0.0299	0.3751	2013.5628	1.0259	10.4387
27.13	2.1698	-0.0396	-0.0352	0.4091	1993.8756	1.0731	11.9076
27.12	2.1985	-0.0433	-0.0402	0.4226	1967.7360	1.1432	13.1033
27.12	2.2328	-0.0465	-0.0457	0.4400	1937.3742	1.1907	14.2109
27.12	2.2762	-0.0504	-0.0523	0.4554	1900.0344	1.2406	15.3186
27.12	2.3585	-0.0569	-0.0600	0.4470	1834.1478	1.3044	15.8165
27.11	2.4235	-0.0610	-0.0657	0.4444	1784.2014	1.3237	15.9473
27.10	2.4739	-0.0653	-0.0717	0.4440	1746.9174	1.3581	16.3402
27.11	2.5328	-0.0699	-0.0780	0.4407	1707.2970	1.3878	16.5810
27.10	2.6815	-0.0818	-0.0929	0.4234	1612.0800	1.4486	16.6237
27.12	2.7474	-0.0880	-0.0999	0.4130	1574.3130	1.4864	16.6495
27.12	2.8695	-0.0980	-0.1126	0.4004	1507.2120	1.5178	16.4780
27.12	3.0088	-0.1112	-0.1276	0.3816	1437.5250	1.5656	16.2028
27.11	3.1642	-0.1259	-0.1447	0.3632	1366.3806	1.6025	15.7791
27.13	3.6034	-0.1664	-0.1932	0.3223	1200.9510	1.6354	14.3027
27.13	3.7575	-0.1839	-0.2168	0.3137	1151.3718	1.6617	14.1383
27.12	3.9302	-0.2042	-0.2436	0.3036	1100.5380	1.6858	13.8784
27.12	4.1754	-0.2343	-0.2837	0.2900	1036.0914	1.7143	13.4839
27.13	4.6824	-0.3007	-0.3618	0.2570	924.0300	1.7496	12.2000
30.13	2.0621	-0.0232	-0.0083	0.1743	2330.3598	0.8590	4.5117

30.13	2.0759	-0.0253	-0.0114	0.2176	2314.7598	0.9239	6.0566
30.12	2.0896	-0.0271	-0.0144	0.2535	2299.3356	0.9762	7.4561
30.13	2.1035	-0.0288	-0.0175	0.2888	2284.1940	1.0250	8.9166
30.12	2.1172	-0.0310	-0.0210	0.3203	2268.8034	1.0883	10.4988
30.11	2.1325	-0.0333	-0.0251	0.3532	2252.1510	1.1507	12.2402
30.14	2.1463	-0.0355	-0.0283	0.3712	2239.6218	1.2133	13.5721
30.11	2.1623	-0.0378	-0.0323	0.3947	2220.8196	1.2707	15.1019
30.10	2.1800	-0.0399	-0.0357	0.4105	2202.1758	1.3192	16.2991
30.13	2.2020	-0.0417	-0.0399	0.4340	2181.9786	1.3533	17.6959
30.13	2.2294	-0.0450	-0.0447	0.4452	2155.3884	1.4255	19.1200
30.11	2.2591	-0.0475	-0.0489	0.4563	2125.3776	1.4612	20.0716
30.12	2.2948	-0.0505	-0.0540	0.4659	2093.0418	1.5066	21.1405
30.10	2.3870	-0.0570	-0.0621	0.4565	2011.3326	1.5706	21.5812
30.09	2.4879	-0.0644	-0.0720	0.4491	1929.0066	1.6338	22.0795
30.10	2.5358	-0.0682	-0.0767	0.4435	1892.8734	1.6648	22.2206
30.11	2.6940	-0.0814	-0.0952	0.4339	1782.6996	1.7637	23.0418
30.11	2.7362	-0.0856	-0.1003	0.4281	1755.0276	1.7979	23.1756
30.09	2.7970	-0.0911	-0.1073	0.4209	1715.7564	1.8284	23.1560
30.11	2.9236	-0.1016	-0.1198	0.4035	1642.5222	1.8683	22.6953
30.09	3.0274	-0.1114	-0.1331	0.3945	1585.4178	1.9087	22.6598
30.13	3.1482	-0.1223	-0.1463	0.3800	1526.2860	1.9419	22.2321
30.12	3.5581	-0.1592	-0.1910	0.3372	1350.2310	1.9779	20.0911
30.13	3.6811	-0.1727	-0.2079	0.3271	1305.3672	2.0054	19.7650
30.11	3.8196	-0.1891	-0.2301	0.3186	1257.4650	2.0381	19.5555
30.13	3.9642	-0.2056	-0.2516	0.3086	1212.3654	2.0598	19.1568
30.11	4.1899	-0.2338	-0.2885	0.2945	1146.0948	2.0928	18.5586
30.12	4.5639	-0.2810	-0.3496	0.2726	1052.4894	2.1217	17.4164

表 A.1.18 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 40°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.04	4.2935	-0.0827	-0.0471	0.1325	781.4088	0.3442	0.9597
21.03	4.3483	-0.0888	-0.0646	0.1672	771.4596	0.3601	1.2666
21.04	4.3955	-0.0938	-0.0778	0.1889	763.5180	0.3725	1.4806
21.04	4.4455	-0.1000	-0.0975	0.2194	754.7484	0.3882	1.7921
21.03	4.5084	-0.1063	-0.1168	0.2437	743.8422	0.4009	2.0547

21.03	4.6046	-0.1138	-0.1327	0.2532	728.5218	0.4118	2.1929
21.01	4.7131	-0.1236	-0.1564	0.2684	711.1086	0.4260	2.4033
24.08	4.2695	-0.0795	-0.0363	0.1069	899.4876	0.4382	1.1280
24.09	4.3166	-0.0819	-0.0509	0.1439	889.9104	0.4423	1.5330
24.09	4.3491	-0.0850	-0.0620	0.1677	883.3650	0.4523	1.8272
24.08	4.3870	-0.0903	-0.0727	0.1834	875.5794	0.4720	2.0847
24.09	4.4279	-0.0960	-0.0868	0.2042	867.8370	0.4929	2.4253
24.08	4.4759	-0.1011	-0.1005	0.2219	857.8872	0.5074	2.7108
24.07	4.5177	-0.1044	-0.1149	0.2434	849.9054	0.5142	3.0134
24.10	4.5733	-0.1094	-0.1327	0.2653	840.3810	0.5264	3.3653
27.01	4.2766	-0.0730	-0.0295	0.0945	1007.4678	0.5053	1.2905
27.01	4.3331	-0.0806	-0.0485	0.1389	994.0890	0.5431	2.0381
27.02	4.3990	-0.0864	-0.0669	0.1761	979.6170	0.5649	2.6881
27.02	4.4639	-0.0932	-0.0864	0.2076	965.2452	0.5919	3.3194
27.02	4.5388	-0.0993	-0.1065	0.2362	949.5420	0.6103	3.8955
27.01	4.6374	-0.1102	-0.1345	0.2632	928.8882	0.6483	4.6084
30.05	4.2986	-0.0702	-0.0269	0.0893	1115.0232	0.5947	1.5965
30.07	4.3425	-0.0758	-0.0417	0.1269	1104.2310	0.6297	2.4019
30.04	4.3923	-0.0795	-0.0544	0.1556	1090.8612	0.6450	3.0156
30.04	4.4429	-0.0848	-0.0700	0.1859	1078.5258	0.6722	3.7554
30.04	4.5051	-0.0910	-0.0872	0.2128	1063.4274	0.7010	4.4819
30.05	4.5692	-0.0966	-0.1070	0.2424	1048.7478	0.7243	5.2753
30.05	4.6320	-0.1037	-0.1217	0.2533	1034.7126	0.7570	5.7610
30.05	4.7347	-0.1109	-0.1451	0.2764	1012.1700	0.7743	6.4304
30.05	4.8028	-0.1174	-0.1587	0.2816	997.9524	0.7966	6.7400
30.05	4.8961	-0.1242	-0.1713	0.2817	978.7560	0.8110	6.8634

表 A.1.19 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 60°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.06	42.0806	-9.0993	-4.1121	0.0107	79.8276	0.3952	0.0894
23.99	42.4640	-8.7208	-2.8768	0.0078	90.0942	0.4825	0.0899
27.04	36.2216	-5.9388	-1.4564	0.0068	119.0730	0.5739	0.1051
30.08	37.8125	-6.4818	-1.2782	0.0052	126.8688	0.7111	0.1115

表 A.1.20 回転数と軸出力の関係(13×10 インチプロペラの取付角 90°, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.02	5.1296	-0.2655	-0.0279	0.0205	653.5938	0.7729	0.3332
21.03	5.2994	-0.2857	-0.0525	0.0347	633.0030	0.7803	0.5690
21.03	5.6543	-0.3290	-0.1049	0.0564	593.1096	0.7887	0.9354
21.03	5.8565	-0.3561	-0.1429	0.0685	572.7654	0.7962	1.1477
21.04	6.0957	-0.3900	-0.1919	0.0807	550.5282	0.8057	1.3685
24.07	5.0022	-0.2417	-0.0216	0.0179	767.3208	0.9698	0.4173
24.07	5.2390	-0.2696	-0.0539	0.0381	732.6996	0.9866	0.9056
24.08	5.4944	-0.2993	-0.0978	0.0595	699.0786	0.9968	1.4283
24.07	5.8001	-0.3391	-0.1405	0.0714	661.8762	1.0126	1.7412
24.08	6.1421	-0.3835	-0.2024	0.0859	625.2324	1.0217	2.1136
27.12	4.7940	-0.2107	-0.0177	0.0175	902.3376	1.1690	0.5542
27.11	4.9109	-0.2234	-0.0390	0.0355	880.3830	1.1800	1.1360
27.12	5.1174	-0.2440	-0.0656	0.0526	845.2506	1.1882	1.6937
27.13	5.3471	-0.2702	-0.0981	0.0679	809.3052	1.2061	2.2223
27.12	5.5635	-0.2967	-0.1340	0.0812	777.5760	1.2227	2.6916
27.13	5.9354	-0.3423	-0.1845	0.0908	729.0858	1.2401	3.0563
27.13	6.1398	-0.3681	-0.2330	0.1031	704.8338	1.2465	3.4868
30.06	4.5959	-0.1839	-0.0178	0.0211	1043.2956	1.3643	0.8656
30.07	4.7484	-0.2002	-0.0444	0.0467	1010.0598	1.3922	1.9560
30.05	4.9131	-0.2175	-0.0708	0.0662	975.4236	1.4104	2.8064
30.08	5.1286	-0.2410	-0.1072	0.0867	935.3112	1.4368	3.7472
30.06	5.3606	-0.2694	-0.1444	0.1000	894.3348	1.4685	4.4137
30.04	5.5520	-0.2908	-0.1794	0.1111	863.0628	1.4762	4.9276
30.06	5.7092	-0.3085	-0.2103	0.1194	839.7564	1.4830	5.3220
30.06	5.8687	-0.3307	-0.2457	0.1266	817.0296	1.5048	5.7260
30.06	6.0470	-0.3540	-0.2895	0.1352	792.8604	1.5167	6.1653

表 A.1.21 回転数と軸出力の関係(11×5.5 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.15	0.7939	-0.0331	-0.0074	0.2801	5719.5792	2.2433	13.2875
21.14	0.8122	-0.0363	-0.0085	0.2891	5590.1334	2.3534	14.3857
21.12	0.8331	-0.0402	-0.0098	0.2914	5445.5562	2.4711	15.2126
21.13	0.8833	-0.0472	-0.0122	0.2925	5137.9614	2.5832	15.9702

21.13	0.9316	-0.0543	-0.0147	0.2914	4871.1222	2.6715	16.4488
21.12	1.0092	-0.0660	-0.0182	0.2734	4495.0476	2.7671	15.9803
21.12	1.0946	-0.0793	-0.0226	0.2609	4144.4130	2.8243	15.5661
21.12	1.1903	-0.0965	-0.0285	0.2476	3811.1304	2.9079	15.2108
24.16	0.7752	-0.0290	-0.0056	0.2493	6692.3688	2.6888	16.1943
24.14	0.7853	-0.0310	-0.0065	0.2676	6600.2346	2.7983	18.0768
24.15	0.7967	-0.0332	-0.0077	0.2924	6510.3900	2.9197	20.6207
24.14	0.8099	-0.0357	-0.0089	0.3067	6399.5490	3.0360	22.4760
24.14	0.8247	-0.0384	-0.0098	0.3108	6286.5258	3.1430	23.5847
24.14	0.8434	-0.0417	-0.0108	0.3078	6146.7582	3.2643	24.2553
24.13	0.8675	-0.0458	-0.0124	0.3114	5974.0386	3.3874	25.4538
24.14	0.9300	-0.0539	-0.0149	0.2964	5573.4252	3.4719	24.8423
24.12	0.9841	-0.0620	-0.0173	0.2834	5263.8786	3.5652	24.3728
24.13	1.0462	-0.0716	-0.0206	0.2751	4951.9836	3.6396	24.1573
24.12	1.1294	-0.0855	-0.0251	0.2601	4587.1800	3.7309	23.4123
24.14	1.2104	-0.1008	-0.0300	0.2459	4283.0154	3.8329	22.7523
27.16	0.7651	-0.0258	-0.0047	0.2383	7623.7776	3.1144	20.1595
27.15	0.7730	-0.0276	-0.0053	0.2510	7543.1262	3.2516	22.1580
27.15	0.7847	-0.0301	-0.0062	0.2609	7429.0350	3.4442	24.3921
27.15	0.7976	-0.0328	-0.0075	0.2854	7311.1548	3.6365	28.1826
27.13	0.8132	-0.0359	-0.0087	0.2983	7164.2820	3.8200	30.9098
27.13	0.8377	-0.0399	-0.0100	0.2986	6955.5246	4.0073	32.4669
27.14	0.8459	-0.0419	-0.0109	0.3091	6889.6842	4.1215	34.5720
27.13	0.8614	-0.0447	-0.0119	0.3087	6763.0128	4.2375	35.4908
27.14	0.8800	-0.0477	-0.0130	0.3093	6622.8132	4.3377	36.4124
27.12	0.9502	-0.0570	-0.0159	0.2933	6129.0246	4.4388	35.3038
27.10	0.9972	-0.0638	-0.0181	0.2852	5836.2276	4.5062	34.8270
27.14	1.1072	-0.0813	-0.0241	0.2682	5262.9756	4.6671	33.9669
27.12	1.1757	-0.0939	-0.0286	0.2595	4954.3332	4.7790	33.6404
30.12	0.7576	-0.0229	-0.0044	0.2520	8538.2058	3.4681	26.3282
30.13	0.7636	-0.0243	-0.0049	0.2655	8473.4712	3.6159	28.9226
30.11	0.7759	-0.0271	-0.0059	0.2797	8333.2440	3.9024	32.8654
30.11	0.7889	-0.0300	-0.0069	0.2928	8197.9056	4.1847	36.9014
30.10	0.8037	-0.0332	-0.0080	0.2980	8042.9820	4.4536	39.9531
30.08	0.8207	-0.0366	-0.0092	0.3060	7870.1922	4.6990	43.2452



30.11	0.8454	-0.0404	-0.0105	0.3081	7647.6720	4.8942	45.3984
30.10	0.8576	-0.0427	-0.0115	0.3132	7537.2912	5.0286	47.4065
30.09	0.8668	-0.0445	-0.0122	0.3172	7454.1438	5.1234	48.9011
30.10	0.8760	-0.0464	-0.0130	0.3199	7378.1586	5.2382	50.4392
30.08	0.8944	-0.0497	-0.0140	0.3152	7221.2796	5.3706	50.9179
30.05	0.9689	-0.0593	-0.0171	0.2972	6660.4470	5.4572	48.7375
30.06	1.0120	-0.0656	-0.0193	0.2907	6378.8628	5.5343	48.3556
30.07	1.0586	-0.0728	-0.0219	0.2838	6100.0452	5.6160	47.9258
30.07	1.1097	-0.0812	-0.0245	0.2718	5818.2522	5.7014	46.5929
30.07	1.1574	-0.0897	-0.0276	0.2658	5579.0154	5.7915	46.2890
30.04	1.1906	-0.0961	-0.0299	0.2612	5418.9570	5.8517	45.9155
30.05	1.2498	-0.1075	-0.0333	0.2477	5163.9678	5.9457	44.2541

表 A.1.22 回転数と軸出力の関係(11×7 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.16	0.9330	-0.0347	-0.0105	0.3249	4869.4320	1.7052	11.7203
21.14	0.9554	-0.0383	-0.0124	0.3392	4752.2712	1.7916	12.8502
21.14	0.9800	-0.0424	-0.0142	0.3416	4632.3390	1.8888	13.6389
21.16	1.0077	-0.0471	-0.0164	0.3462	4509.3420	1.9854	14.5439
21.15	1.0449	-0.0529	-0.0196	0.3548	4346.0586	2.0736	15.5603
21.14	1.0883	-0.0596	-0.0230	0.3545	4172.0214	2.1525	16.1320
21.13	1.1313	-0.0667	-0.0262	0.3478	4011.7032	2.2259	16.3597
21.15	1.2137	-0.0794	-0.0320	0.3321	3741.6654	2.3037	16.1776
21.15	1.3556	-0.1015	-0.0427	0.3101	3349.8384	2.3612	15.4823
21.14	1.5196	-0.1271	-0.0536	0.2774	2987.7564	2.3526	13.7960
21.15	1.7409	-0.1650	-0.0706	0.2458	2608.5186	2.3277	12.1008
24.11	0.9106	-0.0303	-0.0085	0.3071	5685.0990	2.0326	15.0494
24.11	0.9256	-0.0328	-0.0097	0.3181	5592.9372	2.1278	16.3172
24.11	0.9484	-0.0368	-0.0118	0.3368	5458.2888	2.2752	18.4711
24.11	0.9763	-0.0415	-0.0139	0.3436	5303.0334	2.4191	20.0388
24.10	1.0063	-0.0467	-0.0166	0.3536	5142.6582	2.5599	21.8157
24.10	1.0495	-0.0537	-0.0199	0.3532	4932.2082	2.7070	23.0444
24.10	1.1048	-0.0622	-0.0239	0.3480	4684.2768	2.8311	23.7450
24.10	1.1408	-0.0681	-0.0269	0.3462	4536.1854	2.9070	24.2545
24.09	1.1944	-0.0768	-0.0310	0.3381	4331.9622	2.9868	24.3334

24.10	1.2881	-0.0904	-0.0379	0.3257	4018.4916	3.0258	23.7579
24.10	1.4978	-0.1239	-0.0516	0.2778	3456.0636	3.0700	20.5551
24.10	1.6453	-0.1486	-0.0621	0.2539	3145.8726	3.0489	18.6596
27.11	0.8955	-0.0265	-0.0071	0.2997	6501.1566	2.3217	18.8623
27.12	0.9033	-0.0282	-0.0079	0.3108	6446.4018	2.4343	20.5150
27.10	0.9174	-0.0308	-0.0092	0.3271	6343.8012	2.5718	22.7945
27.11	0.9336	-0.0338	-0.0110	0.3492	6234.9798	2.7286	25.8275
27.11	0.9602	-0.0381	-0.0129	0.3524	6062.9178	2.9006	27.7095
27.09	0.9848	-0.0421	-0.0149	0.3582	5906.7666	3.0481	29.5744
27.10	1.0073	-0.0461	-0.0168	0.3623	5778.0696	3.1932	31.3533
27.09	1.0374	-0.0512	-0.0190	0.3571	5607.2820	3.3378	32.2910
27.11	1.0794	-0.0578	-0.0218	0.3492	5394.2898	3.4857	33.0027
27.11	1.1281	-0.0653	-0.0254	0.3451	5161.5186	3.6099	33.7765
27.10	1.1773	-0.0734	-0.0291	0.3369	4943.0358	3.7207	33.9638
27.10	1.2524	-0.0848	-0.0345	0.3250	4646.9436	3.7968	33.4446
27.11	1.3510	-0.1004	-0.0410	0.3020	4308.9210	3.8648	31.6450
27.13	1.4578	-0.1171	-0.0478	0.2802	3995.9184	3.8779	29.4705
27.12	1.5782	-0.1370	-0.0573	0.2651	3689.8878	3.8671	27.7993
27.12	1.7167	-0.1612	-0.0683	0.2467	3392.0304	3.8454	25.7226
30.11	0.8890	-0.0240	-0.0061	0.2844	7272.2628	2.6302	22.5192
30.12	0.8957	-0.0253	-0.0070	0.3090	7221.4758	2.7324	25.4292
30.12	0.9092	-0.0280	-0.0084	0.3297	7114.6116	2.9415	29.2118
30.11	0.9243	-0.0310	-0.0099	0.3458	6994.8102	3.1418	32.7113
30.12	0.9414	-0.0343	-0.0116	0.3604	6870.7566	3.3574	36.4497
30.11	0.9589	-0.0377	-0.0133	0.3680	6743.0940	3.5507	39.3382
30.11	0.9923	-0.0428	-0.0156	0.3677	6517.1574	3.7733	41.7808
30.10	1.0103	-0.0462	-0.0173	0.3699	6397.9668	3.9196	43.6382
30.09	1.0317	-0.0499	-0.0189	0.3681	6263.8188	4.0574	44.9403
30.10	1.0609	-0.0547	-0.0210	0.3615	6092.7996	4.2128	45.8372
30.09	1.1191	-0.0632	-0.0249	0.3523	5773.3728	4.3694	46.3136
30.09	1.1592	-0.0698	-0.0278	0.3433	5574.3648	4.4949	46.4332
30.08	1.2188	-0.0792	-0.0320	0.3316	5299.5438	4.6104	45.9857
30.07	1.2878	-0.0898	-0.0369	0.3190	5014.5996	4.6825	44.9170
30.07	1.3338	-0.0971	-0.0397	0.3062	4841.4768	4.7207	43.4597
30.09	1.5159	-0.1257	-0.0524	0.2750	4263.1902	4.7372	39.2016

30.08	1.6165	-0.1430	-0.0609	0.2632	3995.7606	4.7358	37.4882
30.09	1.7125	-0.1595	-0.0681	0.2493	3773.4060	4.7098	35.3332

表 A.1.23 回転数と軸出力の関係(11×8 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.11	1.0035	-0.0323	-0.0108	0.3319	4517.7174	1.3683	9.5878
21.13	1.0238	-0.0357	-0.0127	0.3479	4431.3066	1.4536	10.6851
21.12	1.0492	-0.0396	-0.0154	0.3701	4323.4428	1.5360	12.0065
21.12	1.0749	-0.0439	-0.0178	0.3780	4218.9156	1.6195	12.9266
21.12	1.1031	-0.0482	-0.0206	0.3864	4112.2518	1.6908	13.8014
21.11	1.1379	-0.0532	-0.0237	0.3906	3984.4680	1.7528	14.4561
21.11	1.1586	-0.0563	-0.0255	0.3911	3913.4730	1.7888	14.7703
21.12	1.1804	-0.0596	-0.0275	0.3912	3842.2242	1.8241	15.0710
21.11	1.2031	-0.0634	-0.0297	0.3890	3768.1254	1.8675	15.3349
21.12	1.2824	-0.0757	-0.0354	0.3650	3537.2274	1.9637	15.1384
21.12	1.3525	-0.0862	-0.0403	0.3458	3354.0702	2.0099	14.6800
21.13	1.4383	-0.0997	-0.0471	0.3287	3155.2116	2.0576	14.2908
21.14	1.5522	-0.1181	-0.0559	0.3049	2924.2470	2.0942	13.4942
21.12	1.7583	-0.1533	-0.0730	0.2708	2579.2860	2.1149	12.0949
21.12	1.9438	-0.1877	-0.0894	0.2451	2333.2248	2.1195	10.9709
24.14	0.9843	-0.0283	-0.0091	0.3257	5267.4924	1.6301	12.8194
24.13	0.9965	-0.0305	-0.0105	0.3446	5200.6008	1.7131	14.2483
24.15	1.0105	-0.0330	-0.0120	0.3613	5131.8126	1.8010	15.7127
24.13	1.0268	-0.0356	-0.0137	0.3744	5045.9880	1.8813	16.9944
24.15	1.0442	-0.0385	-0.0151	0.3762	4966.2438	1.9680	17.8804
24.14	1.0641	-0.0417	-0.0167	0.3770	4870.8378	2.0529	18.6797
24.13	1.0849	-0.0451	-0.0189	0.3855	4775.4906	2.1328	19.8368
24.12	1.1093	-0.0488	-0.0209	0.3869	4668.7692	2.2060	20.5835
24.14	1.1359	-0.0529	-0.0234	0.3896	4562.8584	2.2824	21.4596
24.13	1.1653	-0.0571	-0.0258	0.3871	4446.0390	2.3406	21.8585
24.12	1.1983	-0.0625	-0.0288	0.3840	4323.3210	2.4227	22.4401
24.13	1.2416	-0.0696	-0.0326	0.3768	4173.7554	2.5155	22.8745
24.14	1.3225	-0.0823	-0.0388	0.3563	3918.9042	2.6225	22.5519
24.13	1.3839	-0.0921	-0.0434	0.3407	3743.8638	2.6756	21.9958
24.14	1.4702	-0.1056	-0.0497	0.3203	3526.5708	2.7246	21.0689

24.16	1.5718	-0.1229	-0.0570	0.2951	3301.4700	2.7773	19.8016
24.15	1.7526	-0.1530	-0.0717	0.2675	2959.4406	2.7785	17.9490
24.13	1.9015	-0.1804	-0.0852	0.2483	2724.8646	2.7781	16.6425
24.13	2.3924	-0.2750	-0.1365	0.2075	2166.0084	2.6755	13.3955
27.07	0.9742	-0.0256	-0.0081	0.3253	5966.5470	1.8876	16.6205
27.07	0.9829	-0.0272	-0.0093	0.3490	5914.9548	1.9745	18.6530
27.07	0.9968	-0.0297	-0.0110	0.3699	5832.5748	2.0958	20.9871
27.07	1.0121	-0.0326	-0.0124	0.3762	5744.1366	2.2316	22.7272
27.07	1.0296	-0.0357	-0.0143	0.3896	5646.4038	2.3595	24.8877
27.07	1.0516	-0.0392	-0.0165	0.4009	5528.2530	2.4836	26.9551
27.07	1.0761	-0.0431	-0.0187	0.4031	5401.8510	2.6105	28.4818
27.06	1.1031	-0.0473	-0.0214	0.4089	5267.2986	2.7234	30.1317
27.07	1.1227	-0.0505	-0.0229	0.4030	5178.2244	2.8107	30.6659
27.07	1.1461	-0.0539	-0.0246	0.3985	5072.2794	2.8765	31.0284
27.07	1.1704	-0.0576	-0.0268	0.3978	4966.8348	2.9471	31.7394
27.07	1.2324	-0.0679	-0.0324	0.3871	4716.7272	3.1326	32.8272
27.07	1.2807	-0.0756	-0.0361	0.3732	4539.4296	3.2317	32.6487
27.07	1.3584	-0.0884	-0.0420	0.3499	4279.6218	3.3571	31.8024
27.09	1.4103	-0.0968	-0.0456	0.3343	4125.3696	3.4162	30.9377
27.09	1.5086	-0.1127	-0.0530	0.3116	3855.7134	3.4750	29.3308
27.07	1.6114	-0.1293	-0.0616	0.2957	3607.6728	3.4909	27.9441
27.08	1.7517	-0.1532	-0.0730	0.2720	3320.4054	3.5024	25.8004
27.07	1.8903	-0.1786	-0.0854	0.2531	3075.5568	3.5024	23.9963
27.07	2.1977	-0.2374	-0.1176	0.2254	2644.7802	3.4441	21.0104
30.12	0.9699	-0.0233	-0.0069	0.3062	6667.8960	2.1506	19.8328
30.08	0.9763	-0.0245	-0.0079	0.3285	6617.2344	2.2283	22.0180
30.08	0.9897	-0.0271	-0.0094	0.3517	6526.3242	2.3944	25.3278
30.08	1.0053	-0.0300	-0.0112	0.3716	6425.8938	2.5680	28.7072
30.06	1.0244	-0.0333	-0.0134	0.3932	6301.6686	2.7390	32.3727
30.04	1.0435	-0.0366	-0.0154	0.4033	6182.6700	2.9045	35.1966
30.05	1.0671	-0.0406	-0.0178	0.4104	6048.1812	3.0821	38.0173
30.05	1.0888	-0.0440	-0.0198	0.4135	5927.6268	3.2084	39.8767
30.03	1.1096	-0.0475	-0.0222	0.4210	5812.7262	3.3252	42.0483
30.03	1.1358	-0.0515	-0.0247	0.4220	5677.8654	3.4455	43.6644
30.04	1.1636	-0.0557	-0.0272	0.4196	5544.3558	3.5503	44.7485

30.04	1.1849	-0.0592	-0.0290	0.4127	5444.5188	3.6401	45.1331
30.04	1.2079	-0.0632	-0.0310	0.4064	5340.0144	3.7363	45.6051
30.05	1.2366	-0.0680	-0.0333	0.3956	5218.2750	3.8409	45.6561
30.03	1.2735	-0.0741	-0.0363	0.3845	5063.5566	3.9374	45.4635
30.03	1.3242	-0.0825	-0.0402	0.3676	4870.0908	4.0588	44.8016
30.04	1.4187	-0.0974	-0.0473	0.3419	4547.2026	4.1774	42.9029
30.04	1.4865	-0.1086	-0.0524	0.3245	4339.8108	4.2427	41.3581
30.06	1.5713	-0.1228	-0.0588	0.3048	4108.2960	4.2976	39.3796
30.04	1.6797	-0.1409	-0.0679	0.2868	3840.1230	4.3087	37.1203
30.04	1.7778	-0.1578	-0.0773	0.2757	3628.7010	4.3081	35.6803
30.01	1.9201	-0.1838	-0.0913	0.2589	3355.9440	4.2916	33.3348

表 A.1.24 回転数と軸出力の関係(11×8.5 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.12	1.0371	-0.0318	-0.0123	0.3739	4372.6242	1.2615	9.9617
21.12	1.0570	-0.0351	-0.0149	0.4003	4289.9052	1.3408	11.3331
21.10	1.0802	-0.0387	-0.0173	0.4134	4195.1940	1.4107	12.3068
21.09	1.1083	-0.0422	-0.0198	0.4220	4087.4268	1.4630	13.0253
21.10	1.1440	-0.0475	-0.0229	0.4212	3960.6474	1.5463	13.7428
21.10	1.1854	-0.0542	-0.0273	0.4240	3822.8916	1.6433	14.7041
21.11	1.2263	-0.0609	-0.0309	0.4144	3696.2430	1.7247	15.0852
21.11	1.2890	-0.0702	-0.0367	0.4054	3516.1830	1.7991	15.3950
21.10	1.3840	-0.0836	-0.0439	0.3792	3273.5706	1.8585	14.8700
21.09	1.5287	-0.1045	-0.0552	0.3455	2963.0466	1.9026	13.8631
21.10	1.7773	-0.1422	-0.0794	0.3144	2549.8692	1.9169	12.7176
24.13	1.0153	-0.0272	-0.0099	0.3598	5103.7044	1.4690	12.7549
24.14	1.0278	-0.0295	-0.0114	0.3765	5043.2352	1.5579	14.1563
24.15	1.0424	-0.0322	-0.0130	0.3893	4975.2690	1.6504	15.5184
24.15	1.0614	-0.0353	-0.0148	0.3949	4885.6782	1.7449	16.6381
24.13	1.0763	-0.0381	-0.0165	0.4026	4814.5368	1.8302	17.7798
24.13	1.0951	-0.0411	-0.0184	0.4095	4732.1220	1.9092	18.8662
24.12	1.1221	-0.0448	-0.0207	0.4119	4615.6116	1.9810	19.6790
24.12	1.1534	-0.0487	-0.0234	0.4164	4490.4768	2.0361	20.4507
24.13	1.1863	-0.0539	-0.0264	0.4129	4367.4870	2.1321	21.2397
24.12	1.2162	-0.0589	-0.0293	0.4084	4259.6640	2.2170	21.8439

24.10	1.3032	-0.0716	-0.0373	0.3994	3971.2692	2.3416	22.5416
24.13	1.3765	-0.0827	-0.0437	0.3843	3764.3022	2.4299	22.5337
24.11	1.4846	-0.0985	-0.0527	0.3604	3488.1264	2.4852	21.5951
24.11	1.6182	-0.1184	-0.0647	0.3377	3199.9122	2.5141	20.4697
24.11	1.7245	-0.1345	-0.0743	0.3205	3002.2284	2.5140	19.4241
24.10	1.8644	-0.1580	-0.0895	0.3039	2776.2438	2.5255	18.5010
27.09	1.0016	-0.0236	-0.0085	0.3598	5807.6850	1.6511	16.0903
27.09	1.0103	-0.0253	-0.0096	0.3763	5757.6318	1.7425	17.7610
27.06	1.0251	-0.0281	-0.0115	0.3986	5668.3380	1.8706	20.1729
27.05	1.0421	-0.0315	-0.0134	0.4077	5574.2958	2.0272	22.3553
27.09	1.0601	-0.0347	-0.0153	0.4161	5487.0894	2.1634	24.3833
27.06	1.0799	-0.0380	-0.0172	0.4195	5381.7114	2.2822	25.9123
27.07	1.1091	-0.0420	-0.0198	0.4249	5242.1076	2.3949	27.5510
27.05	1.1421	-0.0470	-0.0227	0.4239	5087.0214	2.5205	28.9075
27.08	1.1929	-0.0540	-0.0263	0.4093	4875.4254	2.6601	29.4831
27.06	1.2197	-0.0582	-0.0291	0.4103	4764.7428	2.7400	30.4236
27.07	1.2497	-0.0631	-0.0319	0.4043	4651.2012	2.8290	30.9558
27.06	1.2837	-0.0683	-0.0350	0.3996	4525.8816	2.9004	31.3597
27.04	1.3193	-0.0742	-0.0383	0.3908	4401.2214	2.9810	31.5014
27.07	1.3759	-0.0824	-0.0433	0.3821	4224.6288	3.0500	31.5425
27.06	1.4591	-0.0942	-0.0504	0.3664	3983.0250	3.1003	30.7383
27.04	1.5645	-0.1100	-0.0598	0.3477	3712.0164	3.1428	29.5506
27.06	1.6880	-0.1293	-0.0715	0.3275	3442.2498	3.1771	28.1489
27.05	1.8829	-0.1623	-0.0912	0.2986	3084.7044	3.2018	25.8537
30.10	0.9940	-0.0207	-0.0071	0.3445	6502.1964	1.8123	18.7886
30.11	1.0004	-0.0219	-0.0082	0.3741	6463.3728	1.8994	21.3939
30.10	1.0133	-0.0248	-0.0100	0.3991	6378.3006	2.0936	25.1487
30.09	1.0278	-0.0278	-0.0119	0.4161	6286.6584	2.2790	28.5365
30.10	1.0441	-0.0311	-0.0137	0.4206	6190.5186	2.4745	31.3271
30.09	1.0681	-0.0355	-0.0162	0.4264	6049.3416	2.6913	34.5318
30.07	1.0903	-0.0389	-0.0185	0.4358	5923.4262	2.8323	37.1231
30.06	1.1340	-0.0446	-0.0219	0.4328	5693.1738	2.9996	39.0264
30.07	1.1623	-0.0493	-0.0243	0.4247	5556.0852	3.1536	40.2738
30.07	1.2045	-0.0551	-0.0278	0.4180	5360.9904	3.2862	41.3092
30.06	1.2274	-0.0586	-0.0298	0.4146	5260.1298	3.3630	41.9143

30.05	1.2537	-0.0626	-0.0324	0.4128	5147.7324	3.4423	42.7028
30.07	1.2836	-0.0671	-0.0349	0.4051	5031.1968	3.5236	42.9286
30.06	1.3145	-0.0719	-0.0377	0.3987	4910.5962	3.5966	43.1058
30.05	1.3423	-0.0767	-0.0405	0.3934	4808.1174	3.6759	43.4646
30.04	1.3950	-0.0843	-0.0447	0.3803	4624.7454	3.7408	42.7345
30.04	1.4582	-0.0936	-0.0508	0.3717	4423.8336	3.8001	42.4344
30.04	1.5473	-0.1072	-0.0583	0.3515	4168.7640	3.8650	40.8060
30.03	1.6435	-0.1225	-0.0677	0.3365	3923.6850	3.9101	39.5054
30.04	1.7494	-0.1394	-0.0786	0.3224	3687.1392	3.9293	38.0571
30.02	1.8356	-0.1545	-0.0869	0.3064	3512.0628	3.9507	36.3442

表 A.1.25 回転数と軸出力の関係(11×10 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.09	1.2211	-0.0345	-0.0145	0.3440	3709.3260	0.9837	7.1377
21.10	1.2456	-0.0384	-0.0168	0.3522	3637.1046	1.0534	7.8274
21.08	1.2719	-0.0427	-0.0195	0.3585	3559.3146	1.1207	8.4708
21.08	1.2990	-0.0472	-0.0226	0.3683	3485.4882	1.1894	9.2369
21.07	1.3307	-0.0525	-0.0263	0.3769	3400.6650	1.2586	9.9959
21.07	1.3670	-0.0584	-0.0301	0.3774	3310.7238	1.3268	10.5524
21.08	1.4119	-0.0655	-0.0356	0.3846	3205.6206	1.3961	11.3179
21.08	1.4675	-0.0741	-0.0413	0.3793	3084.5460	1.4621	11.6912
21.08	1.5497	-0.0867	-0.0483	0.3591	2921.5794	1.5352	11.6215
21.07	1.6956	-0.1080	-0.0614	0.3353	2668.3926	1.5943	11.2647
21.07	1.9522	-0.1529	-0.0817	0.2735	2317.2420	1.7030	9.8118
21.07	2.1584	-0.1927	-0.1044	0.2509	2096.3208	1.7561	9.2850
21.08	2.5993	-0.2834	-0.1639	0.2225	1741.6866	1.7824	8.3602
24.06	1.1989	-0.0295	-0.0121	0.3407	4310.1552	1.1375	9.3261
24.07	1.2142	-0.0323	-0.0139	0.3538	4257.7608	1.2135	10.3361
24.07	1.2309	-0.0351	-0.0159	0.3677	4198.4754	1.2840	11.3622
24.07	1.2488	-0.0381	-0.0184	0.3871	4139.4840	1.3529	12.6062
24.07	1.2698	-0.0413	-0.0210	0.4011	4069.9218	1.4170	13.6795
24.07	1.2905	-0.0449	-0.0237	0.4084	4005.4674	1.4930	14.6767
24.07	1.3130	-0.0486	-0.0262	0.4104	3935.9886	1.5598	15.4064
24.06	1.3387	-0.0528	-0.0290	0.4103	3859.6440	1.6321	16.1136
24.06	1.3672	-0.0573	-0.0319	0.4067	3779.5224	1.6988	16.6242

24.07	1.3993	-0.0625	-0.0352	0.4023	3693.3852	1.7687	17.1258
24.07	1.4369	-0.0687	-0.0393	0.3983	3597.6822	1.8435	17.6771
24.07	1.4847	-0.0764	-0.0442	0.3900	3480.7416	1.9195	18.0135
24.05	1.5480	-0.0861	-0.0499	0.3745	3336.4308	1.9872	17.8995
24.06	1.6436	-0.1003	-0.0585	0.3547	3143.3856	2.0557	17.5433
24.06	1.9518	-0.1522	-0.0873	0.2939	2647.0224	2.2116	15.6398
24.04	2.2441	-0.2098	-0.1226	0.2605	2300.8920	2.3035	14.4261
24.06	2.3981	-0.2420	-0.1410	0.2431	2154.2382	2.3287	13.6161
24.04	2.6847	-0.3005	-0.1801	0.2233	1923.1932	2.3046	12.3718
27.07	1.1865	-0.0264	-0.0098	0.3135	4898.7138	1.3115	11.1290
27.08	1.1968	-0.0282	-0.0116	0.3426	4859.7006	1.3818	12.8221
27.07	1.2151	-0.0312	-0.0139	0.3668	4784.7270	1.4836	14.7334
27.09	1.2347	-0.0346	-0.0163	0.3822	4711.7880	1.5918	16.4809
27.08	1.2555	-0.0382	-0.0190	0.3953	4632.3768	1.7004	18.2058
27.08	1.2816	-0.0422	-0.0219	0.4054	4536.8592	1.8016	19.7774
27.08	1.3103	-0.0468	-0.0251	0.4097	4437.5328	1.9095	21.1830
27.09	1.3392	-0.0516	-0.0283	0.4103	4343.6988	2.0185	22.4334
27.09	1.3710	-0.0569	-0.0319	0.4088	4242.9144	2.1258	23.5404
27.09	1.4101	-0.0633	-0.0363	0.4071	4125.0084	2.2321	24.6128
27.08	1.4577	-0.0708	-0.0417	0.4043	3989.1750	2.3357	25.5734
27.07	1.5018	-0.0780	-0.0469	0.4003	3870.8406	2.4220	26.2463
27.07	1.5513	-0.0856	-0.0523	0.3935	3747.1560	2.4935	26.5631
27.08	1.6155	-0.0956	-0.0585	0.3787	3599.2008	2.5678	26.3266
27.08	1.7294	-0.1126	-0.0693	0.3558	3362.7096	2.6402	25.4376
27.07	1.9287	-0.1485	-0.0873	0.3050	3014.3514	2.7978	23.0995
27.07	2.0787	-0.1764	-0.1042	0.2843	2796.0852	2.8597	22.0046
27.07	2.2325	-0.2067	-0.1234	0.2674	2604.3258	2.9072	21.0447
27.08	2.5324	-0.2678	-0.1651	0.2434	2295.9204	2.9274	19.2946
27.09	2.8261	-0.3312	-0.2073	0.2215	2058.1650	2.9089	17.4513
30.08	1.1818	-0.0235	-0.0093	0.3356	5465.0952	1.4586	14.7205
30.05	1.1896	-0.0250	-0.0104	0.3512	5425.0740	1.5240	16.0843
30.07	1.2082	-0.0283	-0.0127	0.3722	5343.6906	1.6747	18.7422
30.05	1.2265	-0.0315	-0.0158	0.4084	5260.3800	1.8052	22.1511
30.02	1.2474	-0.0352	-0.0184	0.4192	5167.3806	1.9510	24.5520
30.02	1.2729	-0.0394	-0.0216	0.4316	5063.8602	2.0942	27.1293



30.01	1.3059	-0.0443	-0.0250	0.4313	4935.1830	2.2382	28.9710
30.02	1.3403	-0.0499	-0.0286	0.4281	4809.8946	2.3928	30.7532
30.02	1.3610	-0.0536	-0.0315	0.4318	4736.2974	2.4950	32.3403
30.00	1.3887	-0.0586	-0.0350	0.4302	4639.7826	2.6157	33.7659
30.00	1.4205	-0.0638	-0.0389	0.4296	4535.9382	2.7201	35.0577
30.01	1.4597	-0.0701	-0.0429	0.4188	4414.2774	2.8334	35.6048
30.00	1.5097	-0.0781	-0.0485	0.4115	4267.8390	2.9495	36.4180
29.99	1.5725	-0.0883	-0.0553	0.3986	4096.1382	3.0706	36.7107
29.99	1.6348	-0.0975	-0.0613	0.3847	3939.3060	3.1377	36.2026
29.98	1.7277	-0.1116	-0.0703	0.3646	3726.6012	3.2134	35.1244
29.99	1.9093	-0.1446	-0.0856	0.3099	3372.8334	3.4105	31.6971
29.97	2.0263	-0.1652	-0.0995	0.2972	3176.4624	3.4573	30.8008
29.96	2.1559	-0.1904	-0.1150	0.2802	2984.6064	3.5176	29.5287
29.97	2.3193	-0.2232	-0.1357	0.2621	2775.1182	3.5648	28.0031
29.96	2.4574	-0.2513	-0.1552	0.2514	2618.2824	3.5719	26.9004
29.99	2.6431	-0.2896	-0.1800	0.2351	2436.4428	3.5648	25.1329
29.97	2.9110	-0.3467	-0.2224	0.2204	2211.2022	3.5152	23.2218

表 A.1.26 回転数と軸出力の関係(12×8 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.13	0.9086	-0.0251	-0.0070	0.3064	4578.2544	1.5475	10.0213
21.13	0.9198	-0.0273	-0.0085	0.3368	4522.2684	1.6409	11.6777
21.14	0.9317	-0.0294	-0.0098	0.3576	4467.1644	1.7229	13.0279
21.13	0.9450	-0.0318	-0.0114	0.3783	4401.9474	1.8120	14.4839
21.13	0.9612	-0.0346	-0.0129	0.3887	4327.0752	1.9002	15.6040
21.14	0.9803	-0.0377	-0.0145	0.3927	4245.4776	1.9933	16.5497
21.15	1.0027	-0.0411	-0.0162	0.3922	4151.4138	2.0810	17.2568
21.12	1.0358	-0.0457	-0.0186	0.3934	4013.6856	2.1612	17.9561
21.14	1.0714	-0.0507	-0.0211	0.3893	3884.0262	2.2461	18.4853
21.13	1.1161	-0.0568	-0.0244	0.3850	3725.8728	2.3140	18.8208
21.12	1.1769	-0.0652	-0.0284	0.3707	3532.8792	2.3889	18.7026
21.12	1.2559	-0.0766	-0.0329	0.3419	3310.3302	2.4654	17.7992
21.11	1.3746	-0.0945	-0.0418	0.3220	3022.9362	2.5372	17.2443
24.14	0.8986	-0.0218	-0.0059	0.2987	5287.9554	1.7926	12.9255
24.15	0.9058	-0.0234	-0.0068	0.3209	5247.8190	1.8891	14.6372

24.15	0.9134	-0.0249	-0.0078	0.3425	5204.5818	1.9772	16.3564
24.13	0.9218	-0.0265	-0.0086	0.3526	5153.2494	2.0695	17.6114
24.15	0.9303	-0.0282	-0.0095	0.3624	5110.6152	2.1626	18.9308
24.15	0.9396	-0.0301	-0.0105	0.3727	5059.3548	2.2602	20.3440
24.13	0.9502	-0.0320	-0.0116	0.3808	4999.8054	2.3473	21.5702
24.14	0.9623	-0.0341	-0.0126	0.3853	4938.0162	2.4411	22.7033
24.14	0.9742	-0.0361	-0.0137	0.3895	4878.2982	2.5234	23.7273
24.15	0.9900	-0.0387	-0.0150	0.3907	4801.4274	2.6183	24.6989
24.13	1.0097	-0.0417	-0.0164	0.3892	4703.5518	2.7080	25.4272
24.14	1.0377	-0.0456	-0.0183	0.3866	4579.0506	2.8073	26.2001
24.13	1.0701	-0.0499	-0.0205	0.3847	4438.0152	2.8847	26.7707
24.11	1.1051	-0.0546	-0.0229	0.3797	4294.9260	2.9590	27.0925
24.12	1.1485	-0.0606	-0.0259	0.3722	4133.6244	3.0435	27.3224
24.12	1.2045	-0.0690	-0.0296	0.3562	3941.4102	3.1497	27.0544
24.10	1.2664	-0.0781	-0.0337	0.3407	3746.4864	3.2213	26.4553
24.12	1.3536	-0.0914	-0.0401	0.3239	3507.3534	3.3025	25.7987
27.11	0.8945	-0.0194	-0.0052	0.2963	5965.7286	2.0322	16.3246
27.12	0.8996	-0.0206	-0.0057	0.3065	5934.7398	2.1313	17.7173
27.08	0.9078	-0.0224	-0.0066	0.3237	5872.5042	2.2658	19.8606
27.09	0.9164	-0.0243	-0.0077	0.3438	5819.0430	2.4150	22.4894
27.09	0.9259	-0.0262	-0.0087	0.3591	5760.1794	2.5508	24.8196
27.09	0.9354	-0.0282	-0.0097	0.3674	5700.1164	2.6897	26.7662
27.09	0.9461	-0.0303	-0.0108	0.3760	5637.2250	2.8295	28.8221
27.09	0.9601	-0.0329	-0.0125	0.3957	5553.7818	2.9770	31.9090
27.07	0.9730	-0.0352	-0.0138	0.4027	5476.6842	3.1043	33.8447
27.06	0.9912	-0.0382	-0.0153	0.4054	5373.6168	3.2375	35.5127
27.08	1.0128	-0.0413	-0.0169	0.4032	5263.0764	3.3604	36.6938
27.07	1.0329	-0.0443	-0.0185	0.4038	5159.3148	3.4662	37.8942
27.08	1.0593	-0.0479	-0.0201	0.3961	5032.7106	3.5656	38.2498
27.08	1.0913	-0.0522	-0.0220	0.3856	4884.3060	3.6605	38.2168
27.07	1.1293	-0.0572	-0.0242	0.3744	4719.2286	3.7428	37.9424
27.08	1.1695	-0.0629	-0.0269	0.3652	4557.5424	3.8386	37.9539
27.07	1.2123	-0.0690	-0.0298	0.3566	4395.3342	3.9144	37.7826
27.05	1.2668	-0.0772	-0.0338	0.3454	4203.8580	4.0067	37.4415
27.05	1.3278	-0.0868	-0.0383	0.3325	4010.9160	4.1006	36.8902

27.06	1.3880	-0.0954	-0.0422	0.3183	3837.7998	4.1283	35.5545
27.07	1.4580	-0.1061	-0.0467	0.3019	3655.0008	4.1621	34.0106
27.05	1.5292	-0.1172	-0.0522	0.2914	3482.3376	4.1724	32.8919
30.12	0.8920	-0.0174	-0.0042	0.2719	6646.7640	2.2630	18.5320
30.12	0.8964	-0.0184	-0.0049	0.2961	6615.6600	2.3593	21.0477
30.12	0.9048	-0.0202	-0.0059	0.3210	6552.9882	2.5450	24.6055
30.11	0.9131	-0.0220	-0.0070	0.3462	6490.3092	2.7251	28.3992
30.11	0.9221	-0.0241	-0.0081	0.3629	6426.5466	2.9229	31.9296
30.10	0.9332	-0.0266	-0.0092	0.3722	6348.4020	3.1441	35.2155
30.09	0.9444	-0.0289	-0.0105	0.3849	6273.1902	3.3407	38.6993
30.10	0.9549	-0.0308	-0.0119	0.4049	6205.8462	3.4862	42.4908
30.09	0.9709	-0.0338	-0.0132	0.4028	6101.1948	3.6997	44.8451
30.08	0.9870	-0.0366	-0.0145	0.4007	6000.0012	3.8724	46.6814
30.08	1.0055	-0.0394	-0.0160	0.4044	5888.2584	4.0152	48.8391
30.09	1.0232	-0.0421	-0.0175	0.4059	5788.1808	4.1428	50.5916
30.07	1.0464	-0.0455	-0.0193	0.4061	5657.9304	4.2743	52.1971
30.07	1.0776	-0.0498	-0.0214	0.3984	5493.6792	4.4185	52.9377
30.08	1.1063	-0.0536	-0.0231	0.3897	5351.4846	4.5093	52.8536
30.08	1.1438	-0.0586	-0.0255	0.3798	5176.2054	4.6106	52.6622
30.05	1.1810	-0.0639	-0.0279	0.3695	5008.8198	4.7089	52.2872
30.05	1.2267	-0.0704	-0.0310	0.3587	4822.3854	4.8088	51.8378
30.03	1.2732	-0.0776	-0.0345	0.3489	4642.8408	4.9144	51.4940
30.06	1.2988	-0.0815	-0.0360	0.3399	4556.2116	4.9685	50.7689
30.05	1.3565	-0.0904	-0.0400	0.3259	4360.2240	5.0480	49.4215
30.04	1.4046	-0.0976	-0.0436	0.3180	4209.5856	5.0802	48.5171
30.03	1.4483	-0.1045	-0.0469	0.3099	4081.9932	5.1128	47.5877
30.04	1.5689	-0.1233	-0.0557	0.2880	3769.3938	5.1450	44.5121

表 A.1.27 回転数と軸出力の関係(13×8 インチプロペラ, 風速比較)

U[m/s]	J	CT	CP	$\eta$	N[rpm]	D[N]	Psh[W]
21.13	0.8251	-0.0216	-0.0032	0.1788	4652.2992	1.8942	7.1544
21.13	0.8325	-0.0231	-0.0039	0.2042	4611.3786	1.9828	8.5533
21.12	0.8481	-0.0258	-0.0052	0.2386	4525.6794	2.1361	10.7643
21.13	0.8625	-0.0282	-0.0062	0.2566	4452.1140	2.2603	12.2581
21.12	0.8785	-0.0308	-0.0077	0.2828	4368.6132	2.3781	14.2036

21.12	0.8977	-0.0340	-0.0092	0.3033	4274.4324	2.5105	16.0809
21.12	0.9127	-0.0364	-0.0102	0.3080	4203.9912	2.5997	16.9099
21.12	0.9291	-0.0389	-0.0112	0.3101	4130.7186	2.6865	17.5972
21.12	0.9486	-0.0418	-0.0124	0.3137	4045.6806	2.7690	18.3441
21.12	0.9719	-0.0452	-0.0138	0.3137	3947.9658	2.8483	18.8692
21.10	1.0003	-0.0491	-0.0155	0.3162	3833.4120	2.9202	19.4876
21.12	1.0407	-0.0549	-0.0178	0.3116	3687.7482	3.0175	19.8608
21.11	1.1053	-0.0639	-0.0211	0.2987	3470.0748	3.1148	19.6398
21.15	1.2886	-0.0881	-0.0299	0.2637	2982.0066	3.1679	17.6662
21.12	1.4259	-0.1101	-0.0378	0.2406	2691.0966	3.2244	16.3837
24.13	0.8211	-0.0194	-0.0030	0.1909	5340.2466	2.2386	10.3112
24.13	0.8264	-0.0204	-0.0035	0.2101	5306.9424	2.3295	11.8098
24.13	0.8342	-0.0221	-0.0043	0.2330	5257.1466	2.4690	13.8834
24.12	0.8428	-0.0238	-0.0053	0.2620	5200.0344	2.6062	16.4669
24.12	0.8530	-0.0258	-0.0063	0.2877	5137.7910	2.7499	19.0813
24.12	0.8678	-0.0282	-0.0072	0.2949	5051.0952	2.9080	20.6850
24.11	0.8804	-0.0303	-0.0083	0.3115	4976.2542	3.0315	22.7660
24.11	0.8934	-0.0326	-0.0093	0.3185	4904.1828	3.1696	24.3427
24.11	0.9080	-0.0351	-0.0105	0.3289	4824.3042	3.2999	26.1678
24.11	0.9246	-0.0378	-0.0115	0.3303	4738.3986	3.4298	27.3155
24.09	0.9459	-0.0411	-0.0128	0.3302	4626.6792	3.5622	28.3313
24.10	0.9714	-0.0449	-0.0143	0.3276	4507.1274	3.6934	29.1534
24.10	1.0072	-0.0499	-0.0166	0.3303	4347.8256	3.8193	30.3999
24.09	1.0431	-0.0551	-0.0184	0.3211	4197.2904	3.9237	30.3542
24.08	1.0829	-0.0606	-0.0207	0.3153	4040.2032	4.0015	30.3777
24.08	1.1615	-0.0716	-0.0248	0.2988	3767.0586	4.1078	29.5585
24.09	1.2598	-0.0848	-0.0289	0.2703	3474.9378	4.1420	26.9686
24.11	1.3817	-0.1028	-0.0358	0.2523	3170.8338	4.1806	25.4268
24.12	1.5484	-0.1289	-0.0465	0.2331	2830.9086	4.1797	23.5074
27.17	0.8193	-0.0176	-0.0027	0.1865	6024.7290	2.5775	13.0587
27.18	0.8233	-0.0184	-0.0032	0.2114	5999.3832	2.6826	15.4131
27.16	0.8293	-0.0197	-0.0039	0.2403	5950.7724	2.8255	18.4427
27.16	0.8350	-0.0211	-0.0045	0.2549	5909.5092	2.9799	20.6248
27.14	0.8414	-0.0225	-0.0052	0.2728	5860.4016	3.1201	23.0955
27.16	0.8480	-0.0238	-0.0058	0.2879	5818.9374	3.2635	25.5182

27.14	0.8555	-0.0253	-0.0066	0.3026	5763.3144	3.4035	27.9468
27.13	0.8629	-0.0268	-0.0073	0.3149	5712.5526	3.5380	30.2272
27.13	0.8709	-0.0284	-0.0080	0.3254	5661.6600	3.6816	32.5044
27.13	0.8792	-0.0300	-0.0089	0.3359	5607.0162	3.8118	34.7367
27.13	0.8874	-0.0316	-0.0096	0.3433	5554.7430	3.9418	36.7031
27.13	0.9053	-0.0343	-0.0108	0.3492	5444.5698	4.1075	38.9079
27.12	0.9216	-0.0368	-0.0119	0.3504	5346.5676	4.2561	40.4406
27.11	0.9359	-0.0391	-0.0128	0.3493	5262.5172	4.3830	41.4955
27.12	0.9533	-0.0418	-0.0139	0.3479	5168.3982	4.5196	42.6408
27.12	0.9739	-0.0449	-0.0151	0.3447	5059.8798	4.6552	43.5120
27.10	0.9931	-0.0477	-0.0163	0.3435	4958.8464	4.7454	44.1726
27.10	1.0160	-0.0510	-0.0175	0.3376	4846.6944	4.8422	44.3050
27.10	1.0560	-0.0564	-0.0196	0.3291	4663.6740	4.9582	44.2302
27.12	1.0804	-0.0599	-0.0208	0.3217	4561.6176	5.0385	43.9609
27.11	1.1096	-0.0642	-0.0225	0.3154	4439.2182	5.1186	43.7559
27.11	1.1657	-0.0723	-0.0253	0.3008	4225.2420	5.2204	42.5608
27.13	1.2916	-0.0894	-0.0313	0.2711	3817.0482	5.2676	38.7434
27.13	1.3834	-0.1035	-0.0366	0.2555	3563.3778	5.3169	36.8593
27.14	1.5034	-0.1225	-0.0447	0.2429	3280.2150	5.3328	35.1528
30.16	0.8223	-0.0163	-0.0026	0.1955	6664.6176	2.9294	17.2720
30.14	0.8254	-0.0169	-0.0030	0.2164	6635.8026	3.0059	19.6064
30.15	0.8315	-0.0183	-0.0037	0.2400	6588.6828	3.2134	23.2562
30.13	0.8376	-0.0197	-0.0044	0.2656	6536.8080	3.4110	27.2943
30.15	0.8443	-0.0213	-0.0052	0.2865	6487.6248	3.6292	31.3409
30.13	0.8511	-0.0228	-0.0059	0.3022	6433.2684	3.8161	34.7573
30.14	0.8584	-0.0244	-0.0065	0.3113	6379.5690	4.0194	37.7055
30.11	0.8667	-0.0262	-0.0074	0.3243	6313.9656	4.2254	41.2666
30.11	0.8751	-0.0279	-0.0083	0.3389	6252.8376	4.4142	45.0522
30.11	0.8831	-0.0296	-0.0091	0.3469	6195.4596	4.5891	47.9363
30.12	0.8919	-0.0313	-0.0098	0.3524	6135.8328	4.7659	50.5830
30.10	0.9072	-0.0339	-0.0110	0.3595	6029.5722	4.9808	53.9041
30.10	0.9197	-0.0361	-0.0121	0.3638	5946.4062	5.1583	56.4848
30.08	0.9345	-0.0385	-0.0132	0.3662	5848.5540	5.3334	58.7495
30.09	0.9597	-0.0422	-0.0146	0.3603	5697.8730	5.5401	60.0733
30.09	0.9785	-0.0450	-0.0157	0.3559	5588.0514	5.6828	60.8604

30.09	1.0025	-0.0484	-0.0170	0.3512	5453.2248	5.8169	61.4593
30.10	1.0321	-0.0525	-0.0188	0.3465	5299.2684	5.9686	62.2439
30.08	1.0787	-0.0590	-0.0215	0.3374	5067.5364	6.1244	62.1595
30.07	1.1059	-0.0632	-0.0230	0.3296	4940.4528	6.2417	61.8651
30.09	1.1682	-0.0721	-0.0266	0.3163	4679.7918	6.3867	60.7761
30.09	1.2642	-0.0855	-0.0314	0.2905	4325.0034	6.4682	56.5437
30.10	1.3129	-0.0926	-0.0338	0.2783	4165.4400	6.5004	54.4398
30.09	1.3538	-0.0990	-0.0361	0.2694	4038.4164	6.5325	52.9440
30.09	1.3863	-0.1041	-0.0381	0.2639	3943.4196	6.5480	51.9900
30.08	1.4671	-0.1171	-0.0436	0.2538	3726.1710	6.5768	50.2231
30.10	1.6045	-0.1391	-0.0532	0.2382	3408.4146	6.5381	46.8674

## A.2 後流速度分布

各ブレードの局所抗力、後流速度変動を図 A.2.1-67 にそれぞれ示す。

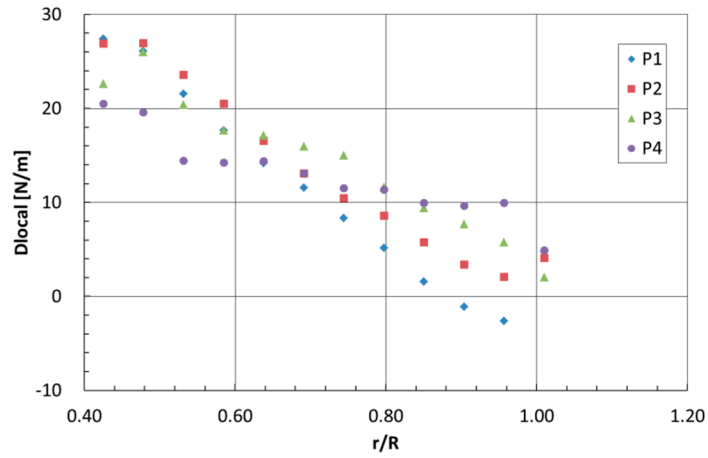


図 A.2.1 エネルギー回生時の局所抗力(ヘリブレードの取付角 40° , 風速 21m/s)

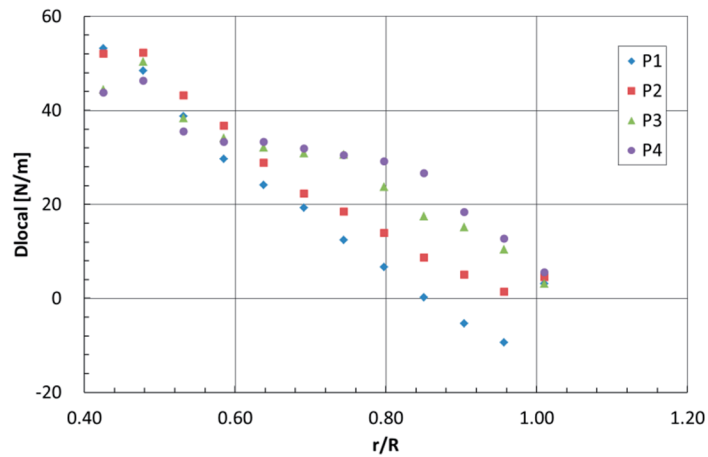


図 A.2.2 エネルギー回生時の局所抗力(ヘリブレードの取付角 40° , 風速 30m/s)

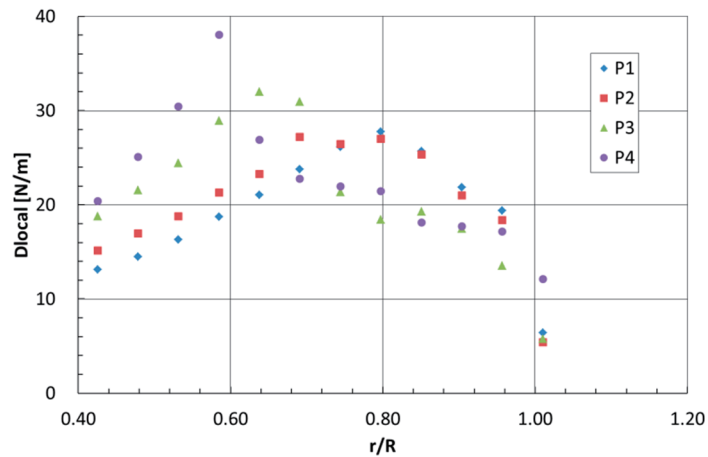


図 A.2.3 エネルギー回生時の局所抗力(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 21m/s)

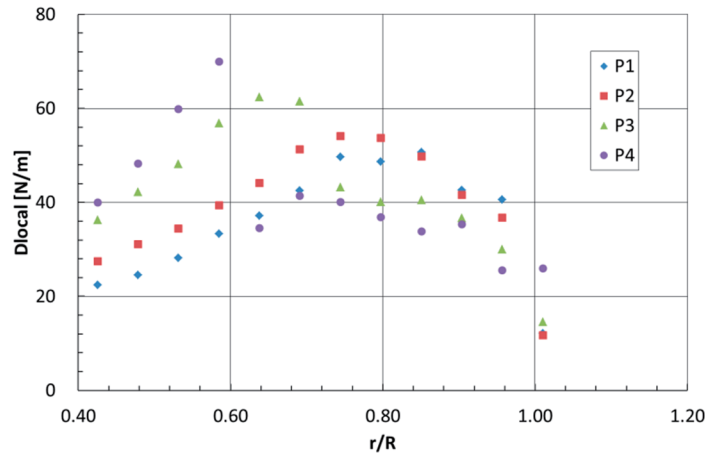


図 A.2.4 エネルギー回生時の局所抗力(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 30m/s)

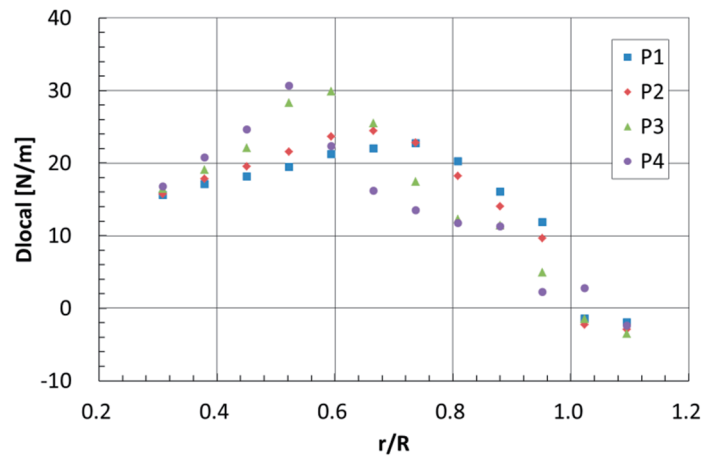


図 A.2.5 エネルギー回生時の局所抗力(11×8 インチプロペラ, 風速 21m/s)

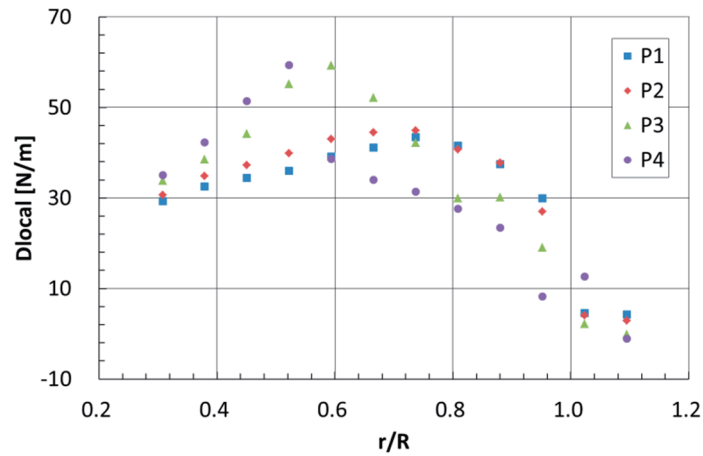


図 A.2.6 エネルギー回生時の局所抗力(11×8 インチプロペラ, 風速 30m/s)



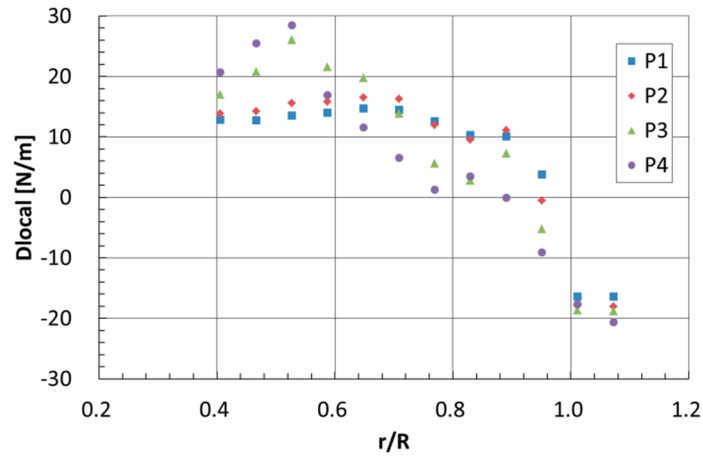


図 A.2.7 エネルギー回生時の局所抗力(13×8 インチプロペラ, 風速 21m/s)

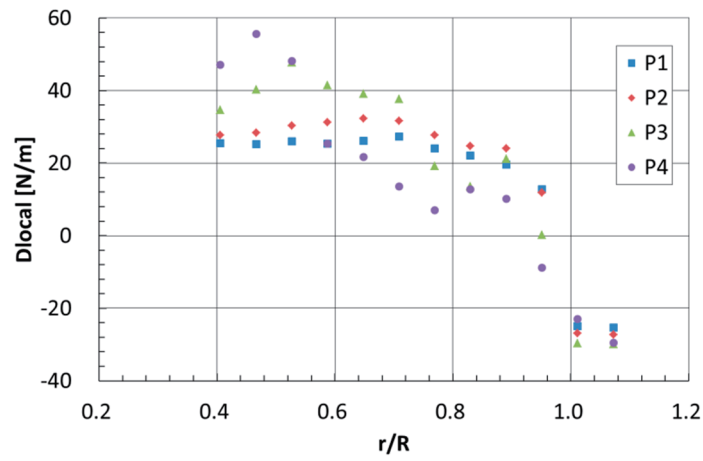


図 A.2.8 エネルギー回生時の局所抗力(13×8 インチプロペラ, 風速 30m/s)

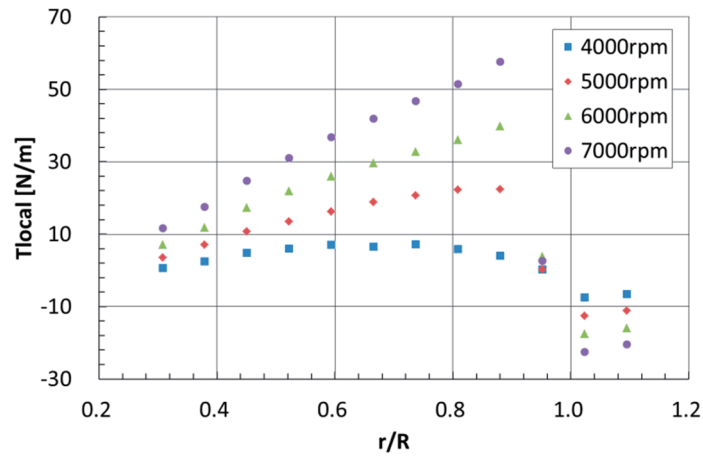


図 A.2.9 推進時の局所推力(11×8 インチプロペラ, 風速 9m/s)

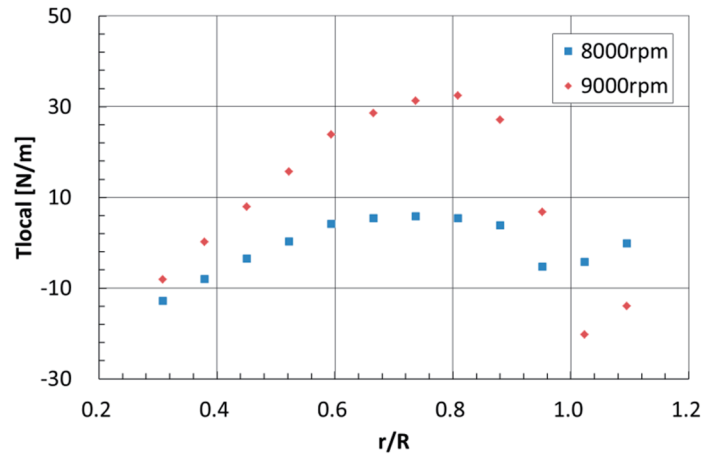


図 A.2.10 推進時の局所推力(11×8 インチプロペラ, 風速 27m/s)

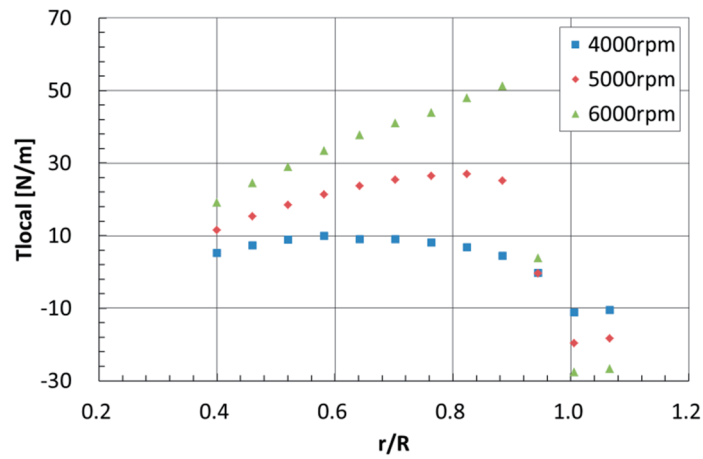


図 A.2.11 推進時の局所推力(13×8 インチプロペラ, 風速 9m/s)

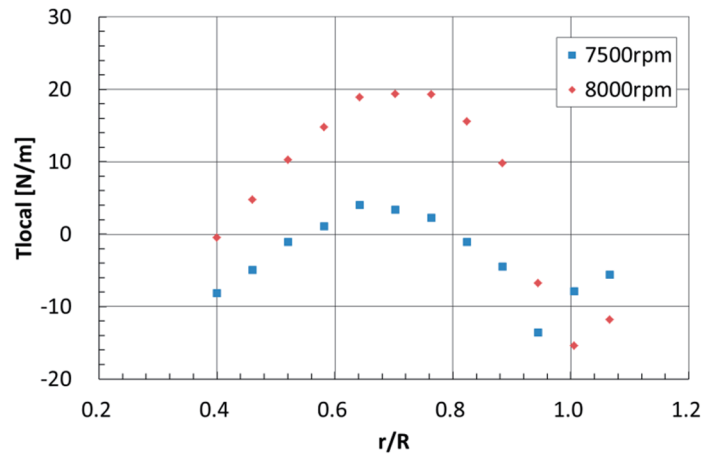


図 A.2.12 推進時の局所推力(13×8 インチプロペラ, 風速 27m/s)

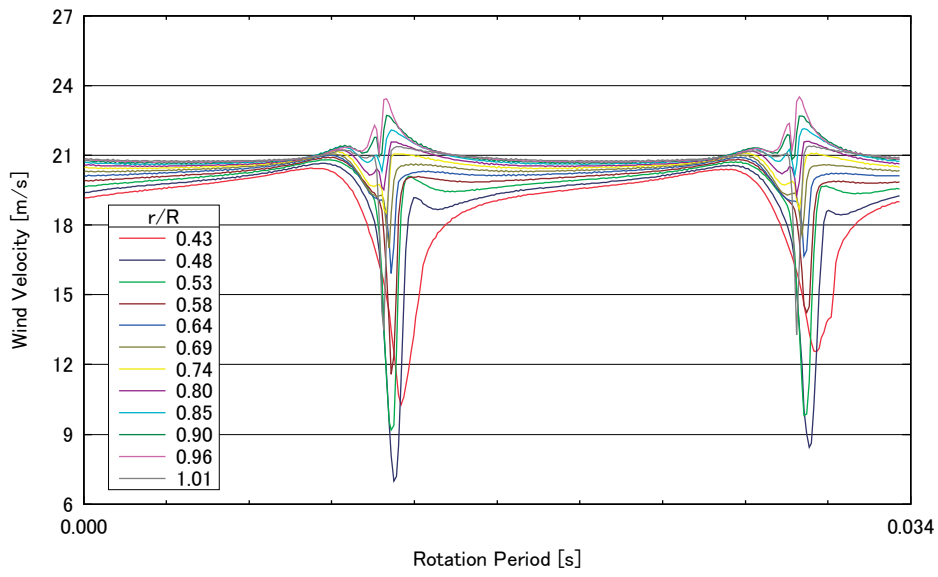


図 A.2.25 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速 21m/s, P1)

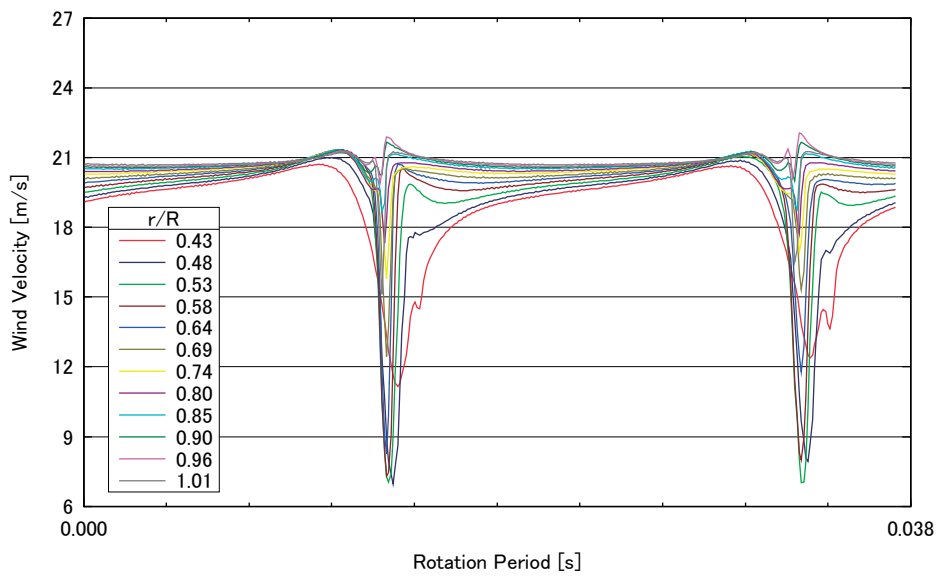


図 A.2.26 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速 21m/s, P2)

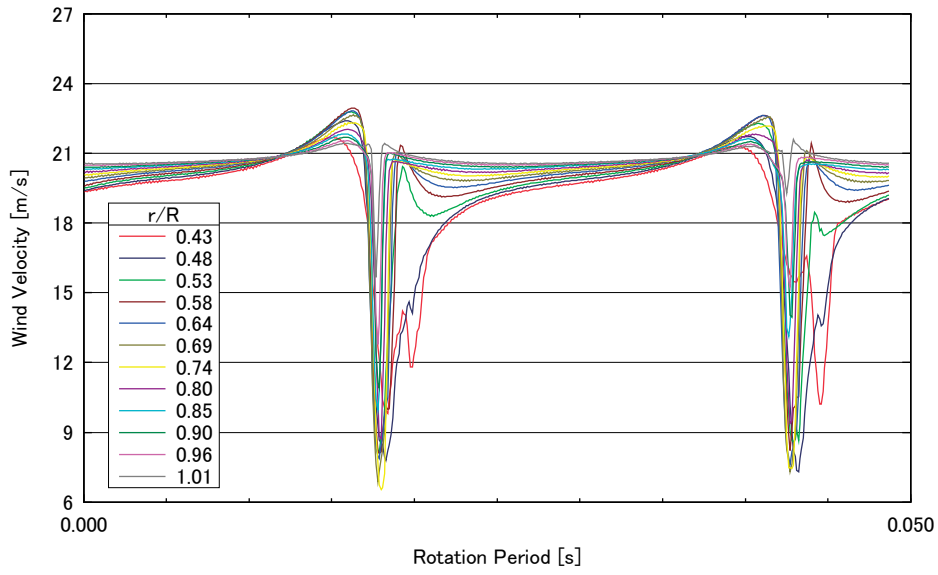


図 A.2.27 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角 40° , 風速 21m/s, P3)

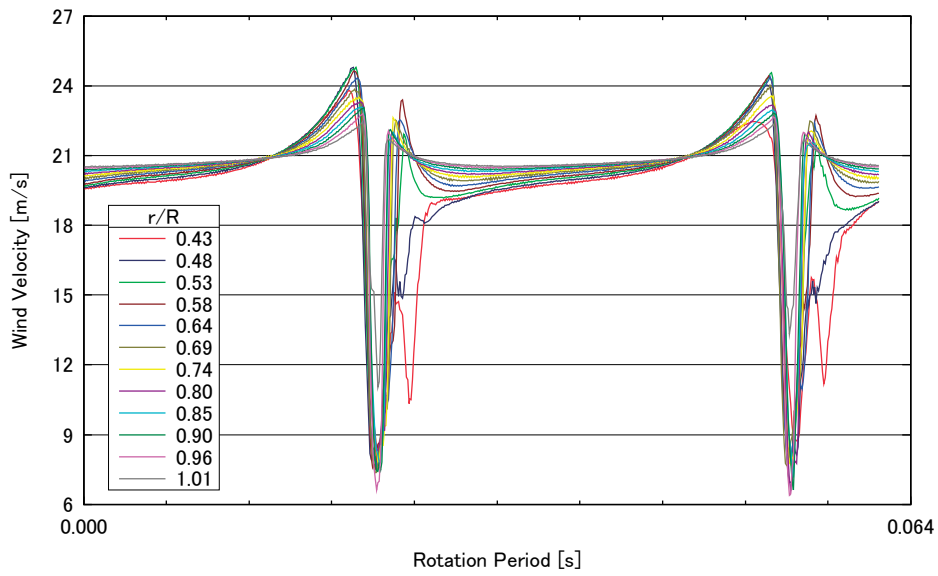


図 A.2.28 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角 40° , 風速 21m/s, P4)

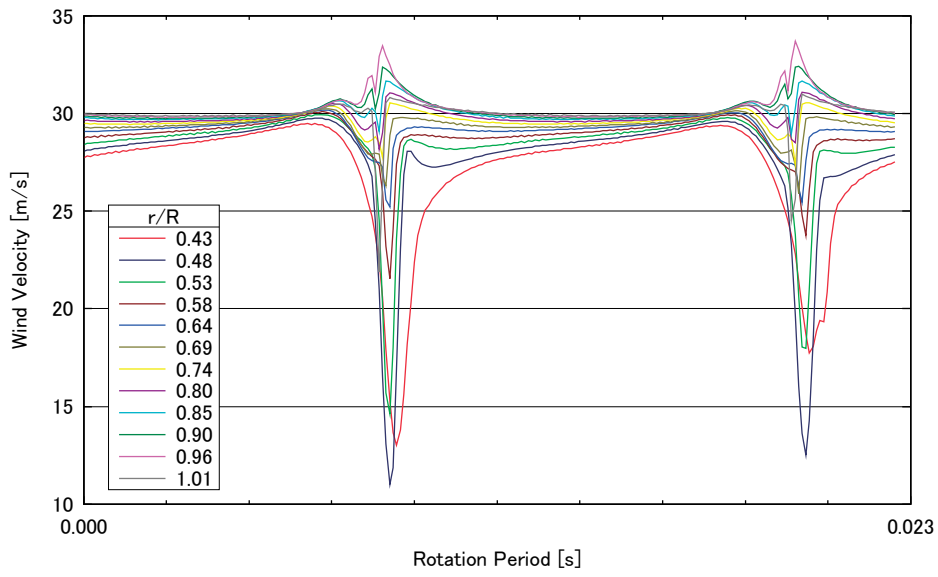


図 A.2.29 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速 30m/s, P1)

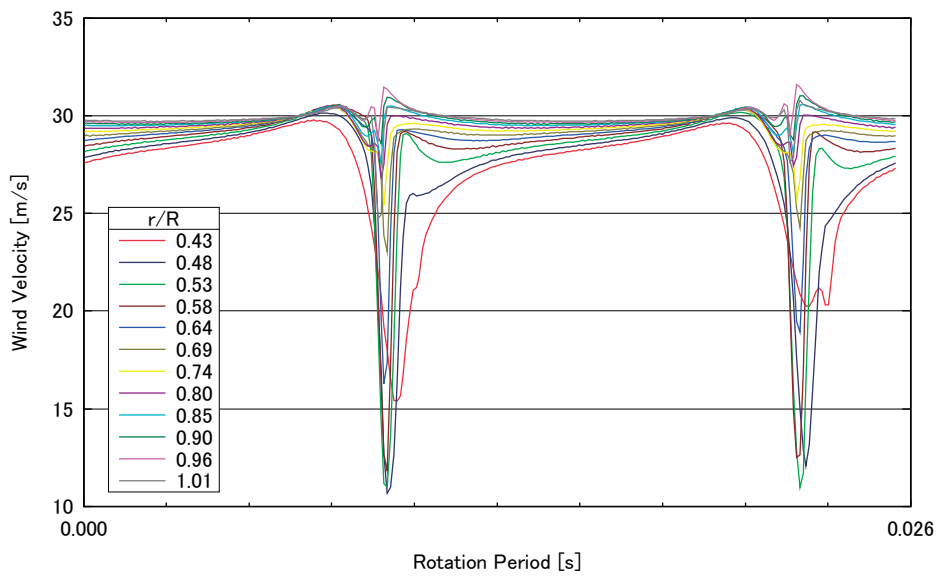


図 A.2.30 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速 30m/s, P2)

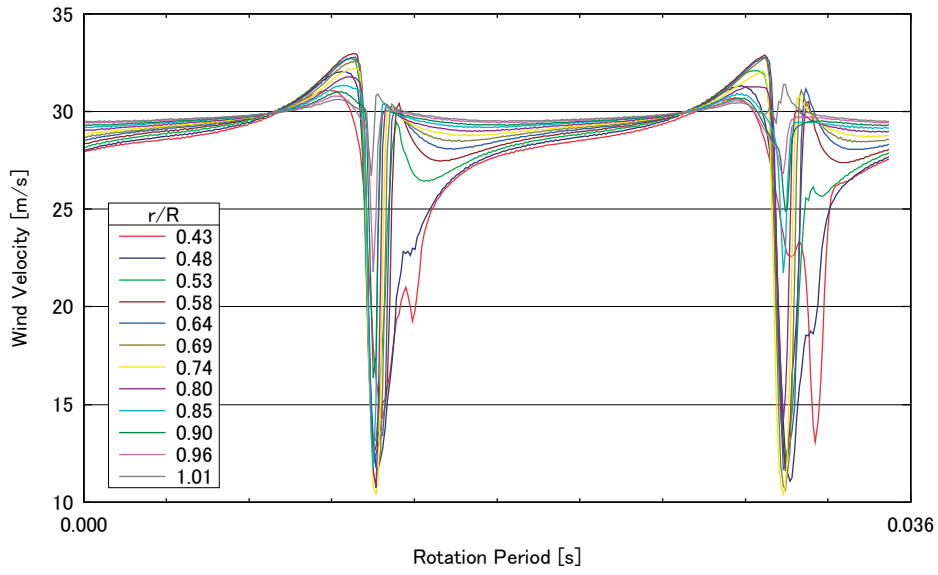


図 A.2.31 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速 30m/s, P3)

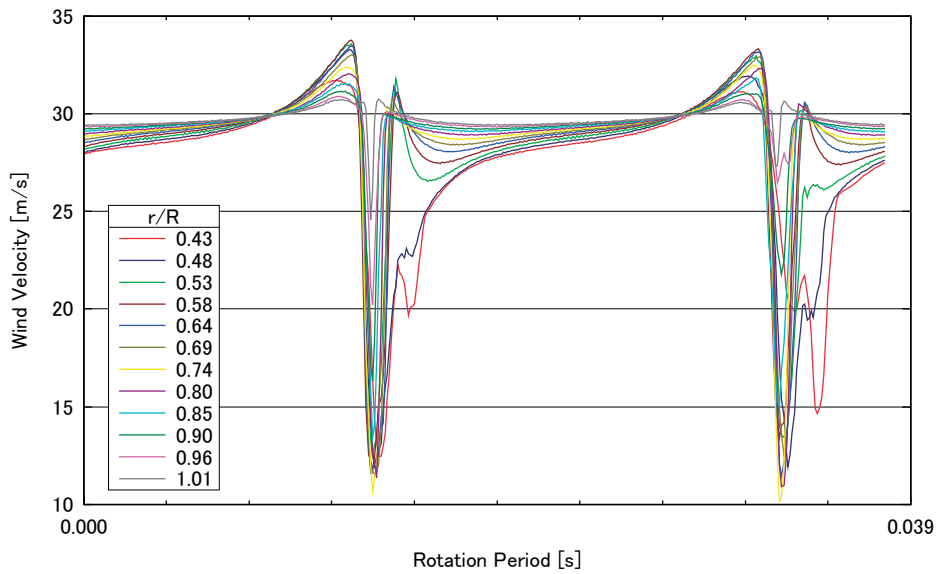


図 A.2.32 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(ヘリブレードの取付角  $40^\circ$  , 風速 30m/s, P4)

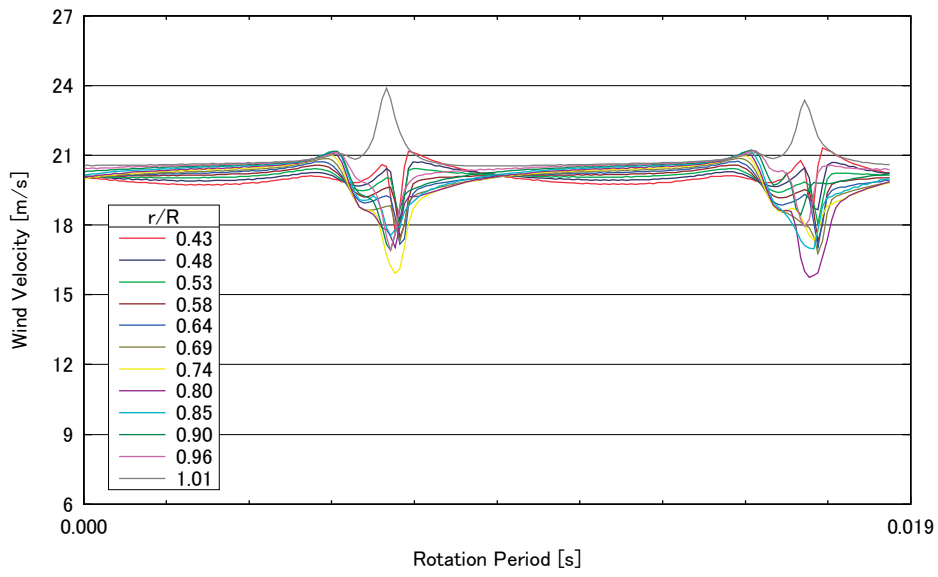


図 A.2.33 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 21m/s, P1)

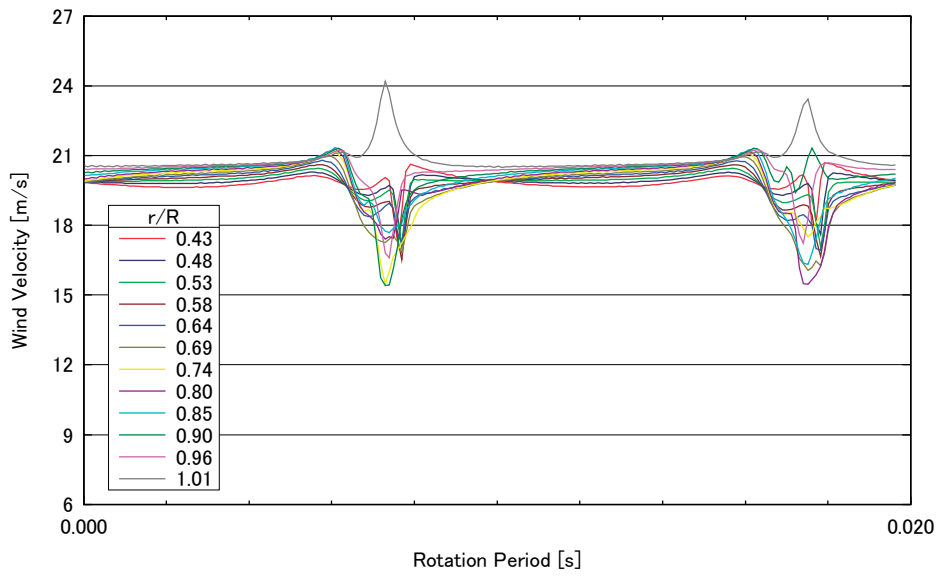


図 A.2.34 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 21m/s, P2)

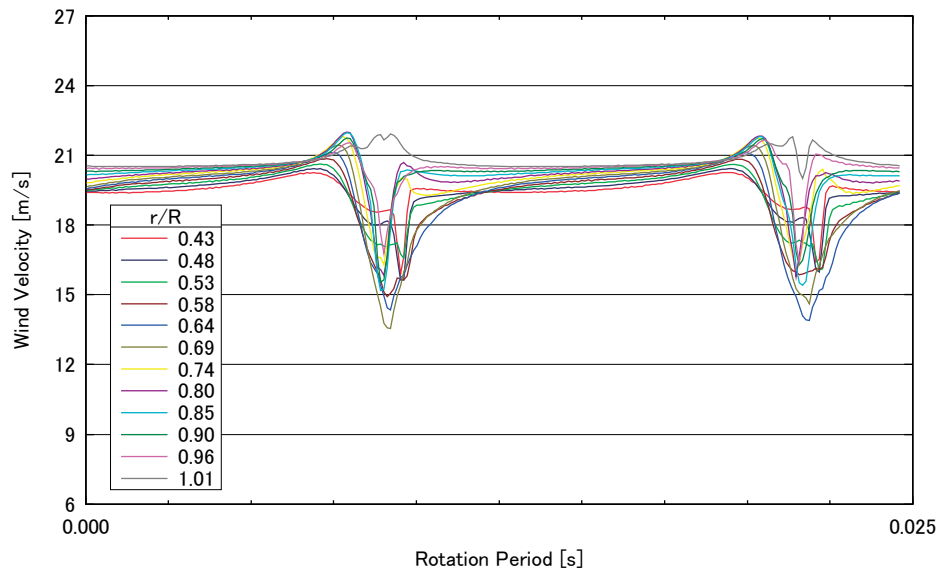


図 A.2.35 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 21m/s, P3)

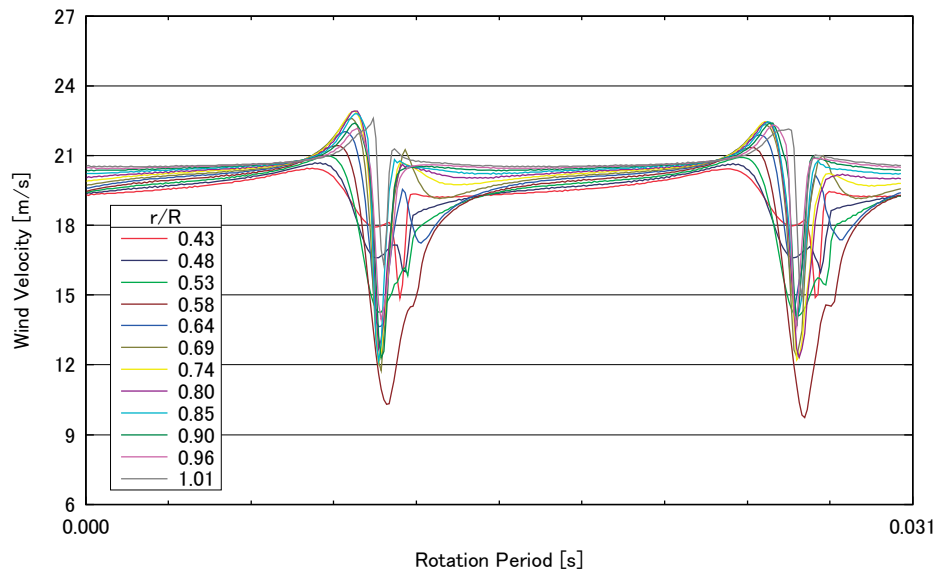


図 A.2.36 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 21m/s, P4)



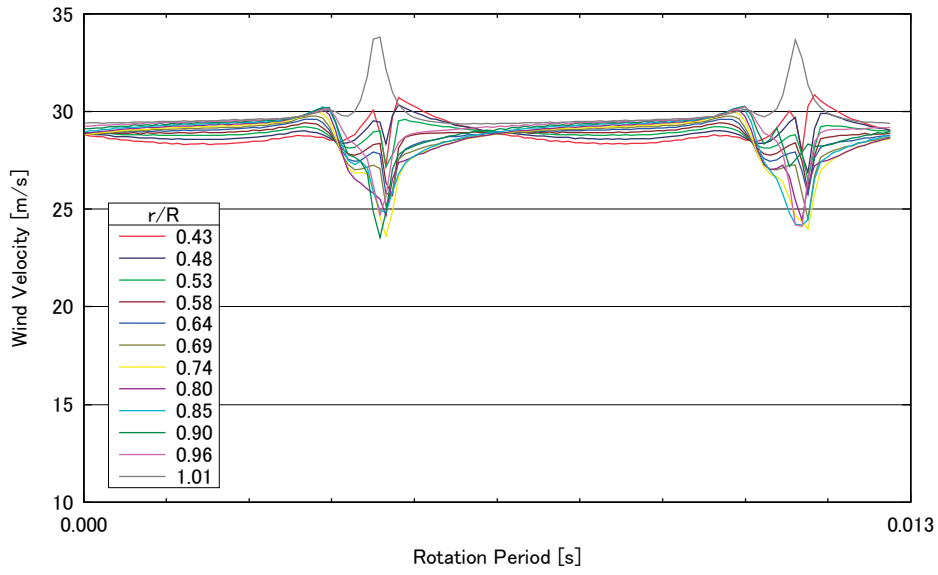


図 A.2.37 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 30m/s, P1)

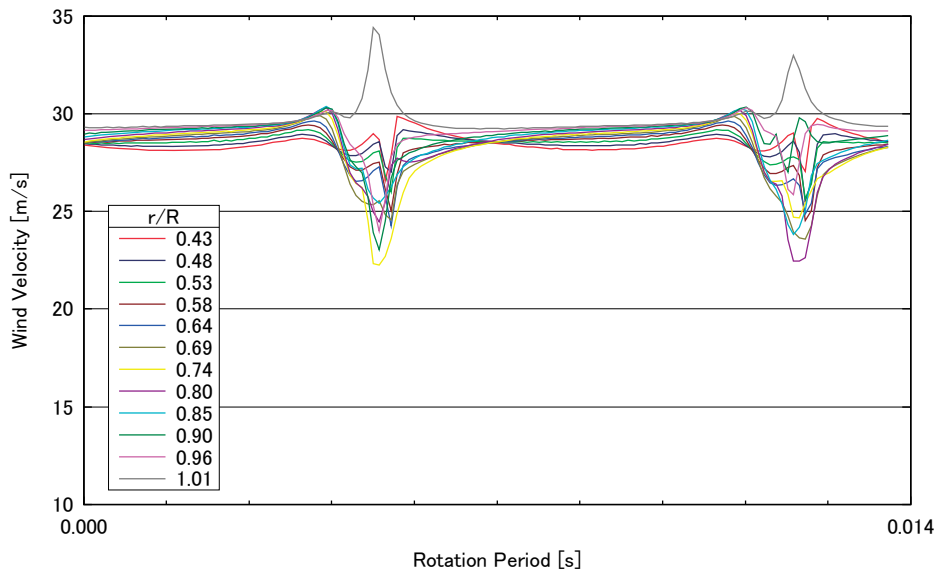


図 A.2.38 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 30m/s, P2)

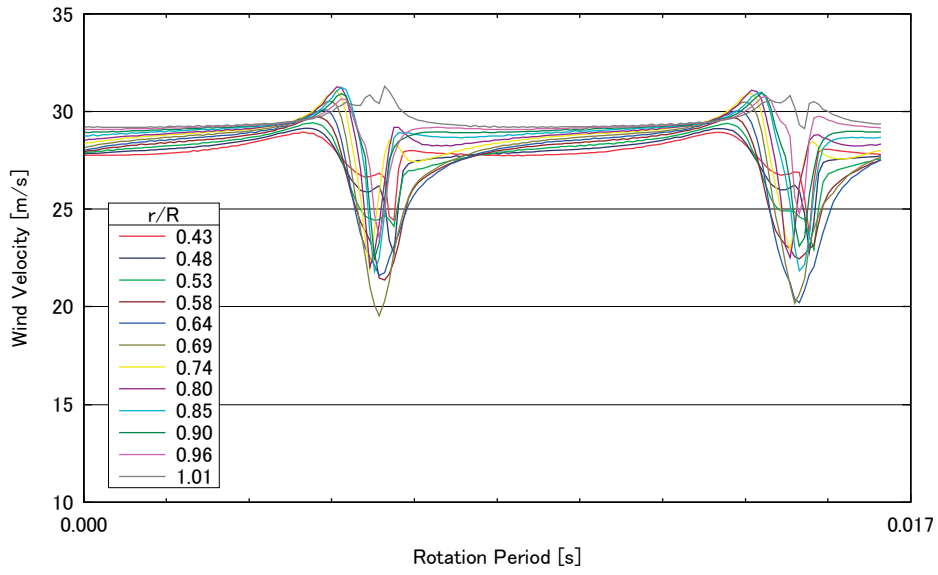


図 A.2.39 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 30m/s, P3)

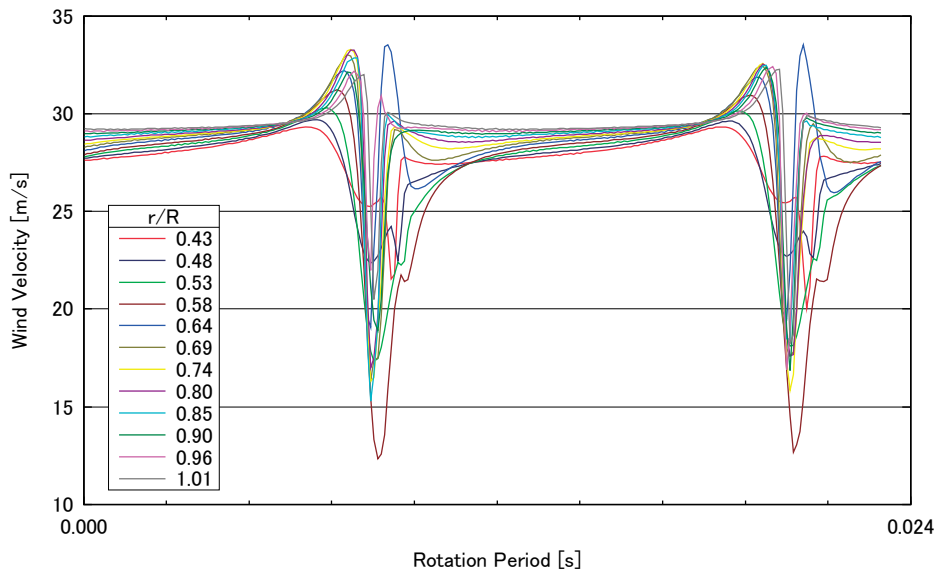


図 A.2.40 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×10 インチプロペラの取付角 0° , 風速 30m/s, P4)

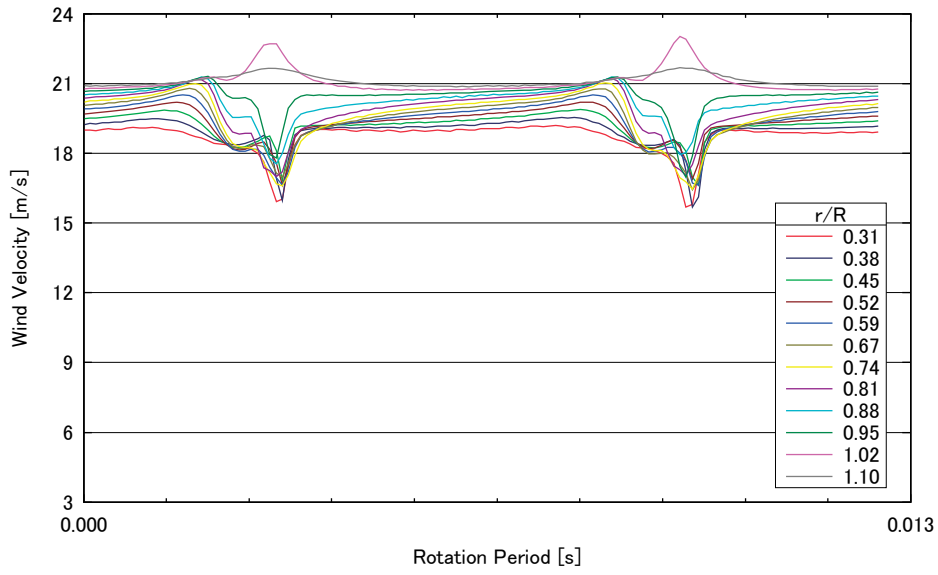


図 A.2.41 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P1)

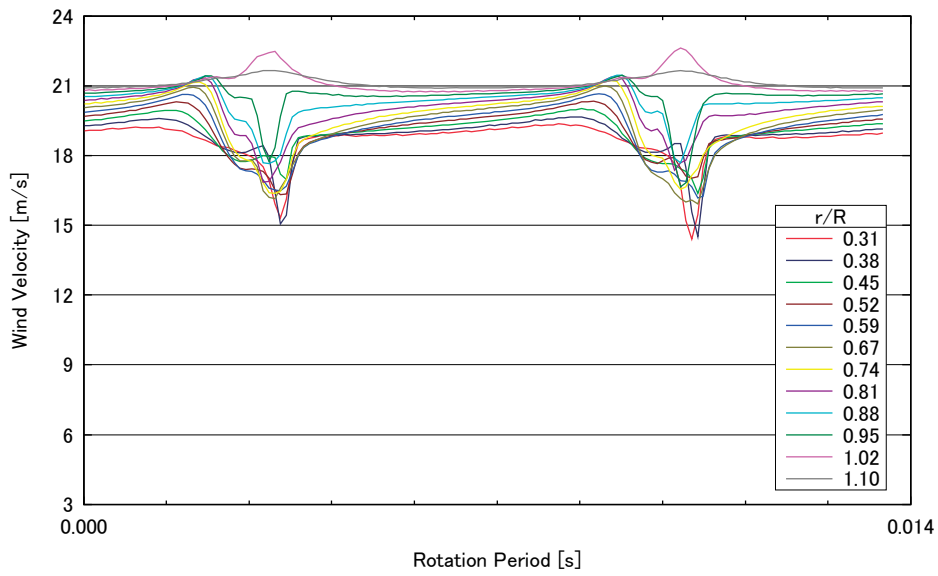


図 A.2.42 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P2)

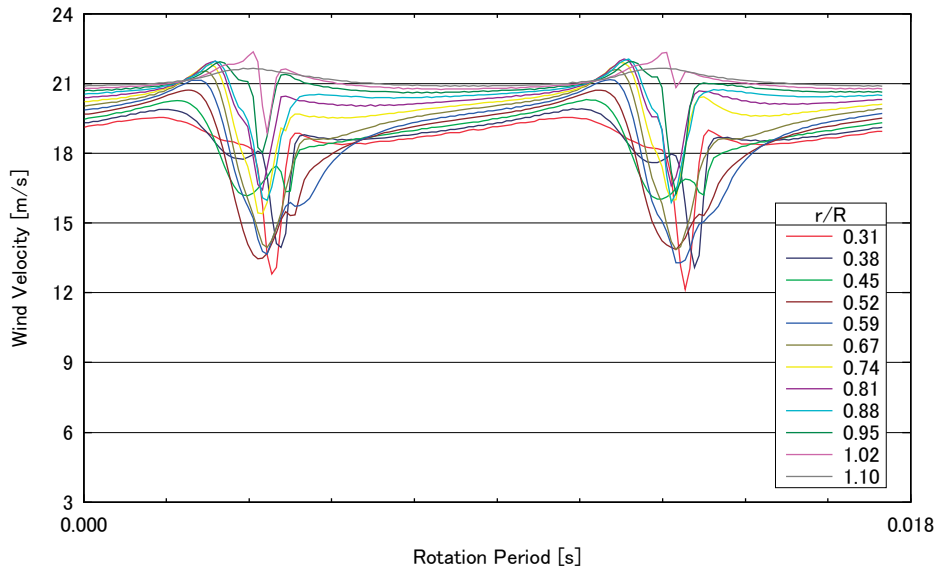


図 A.2.43 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P3)

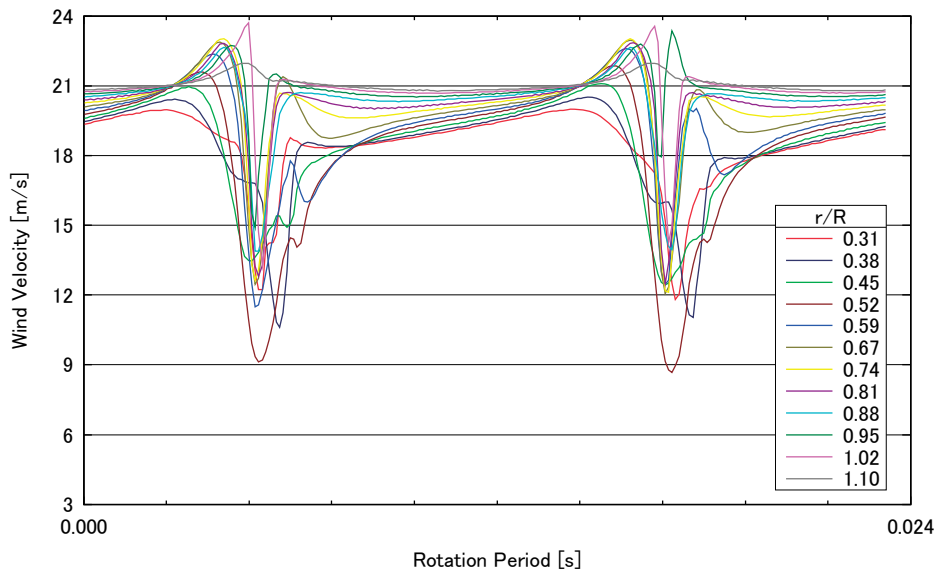


図 A.2.44 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P4)

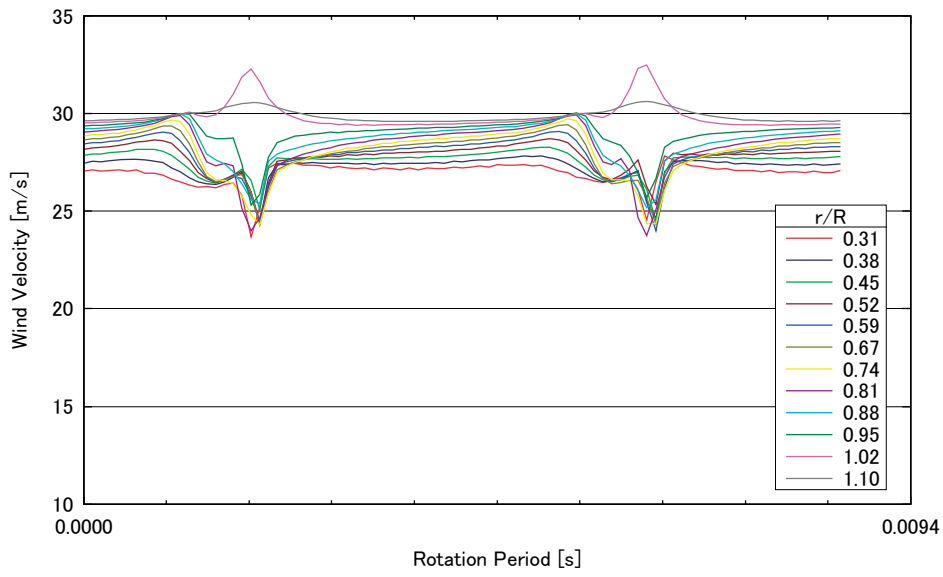


図 A.2.45 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P1)

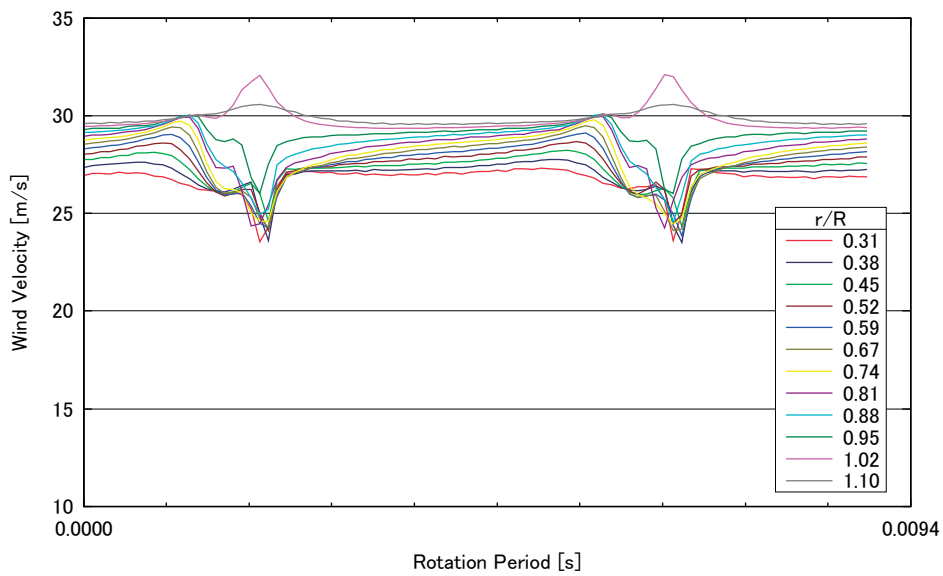


図 A.2.46 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P2)

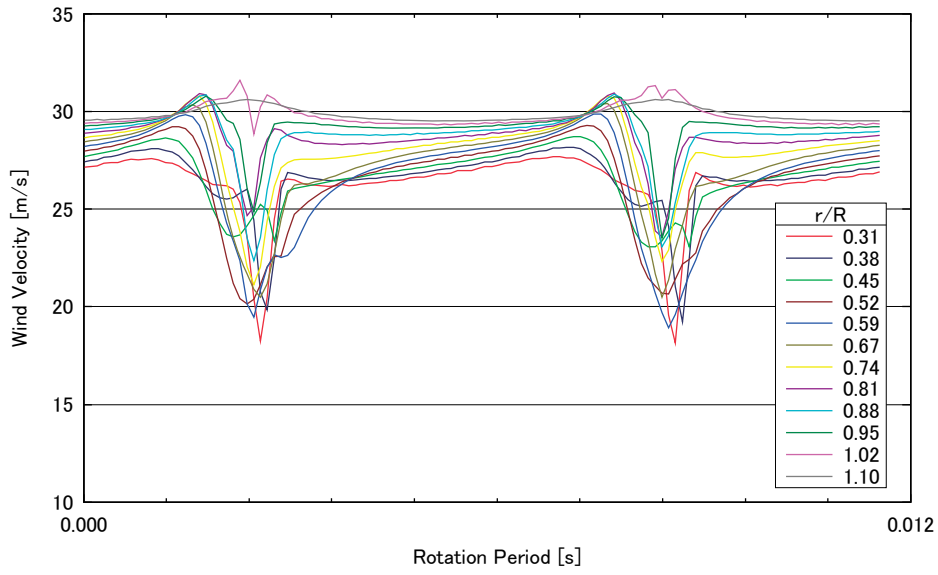


図 A.2.47 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P3)

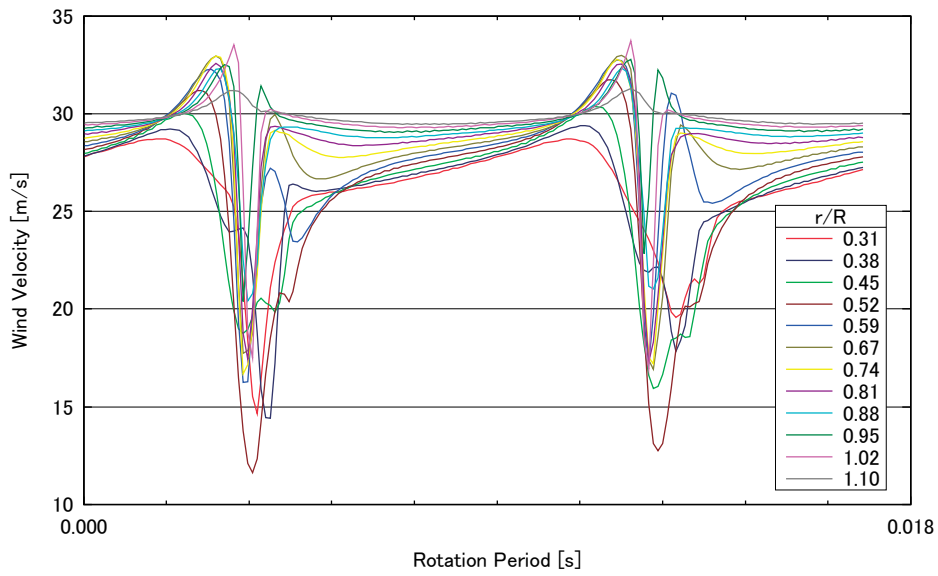


図 A.2.48 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P4)

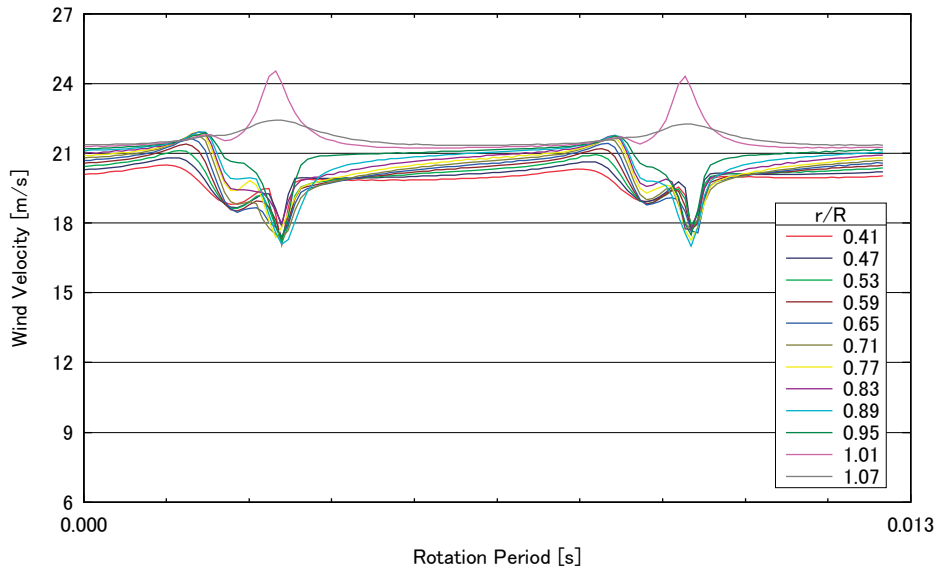


図 A.2.49 エネルギー回生状態時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P1)

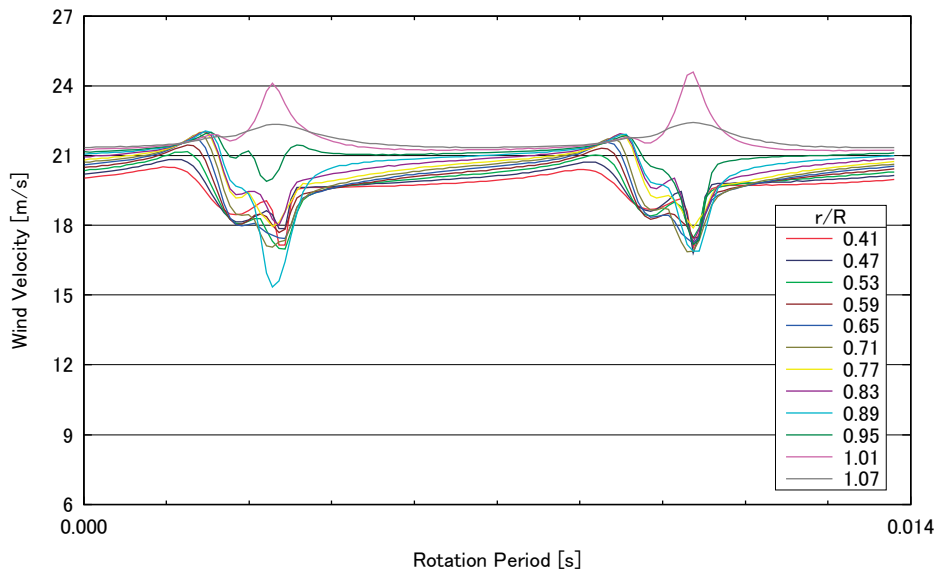


図 A.2.50 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P2)

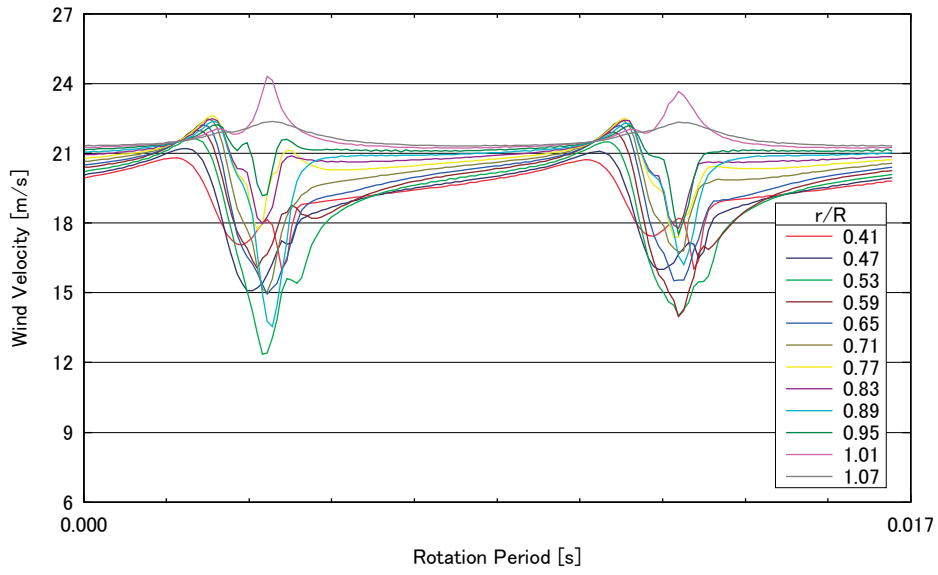


図 A.2.51 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P3)

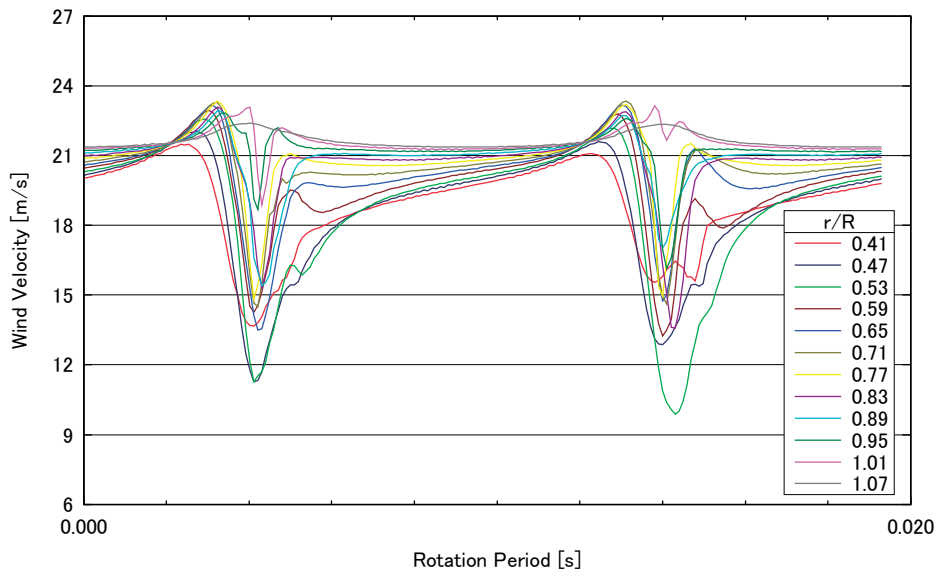


図 A.2.52 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 21m/s, P4)



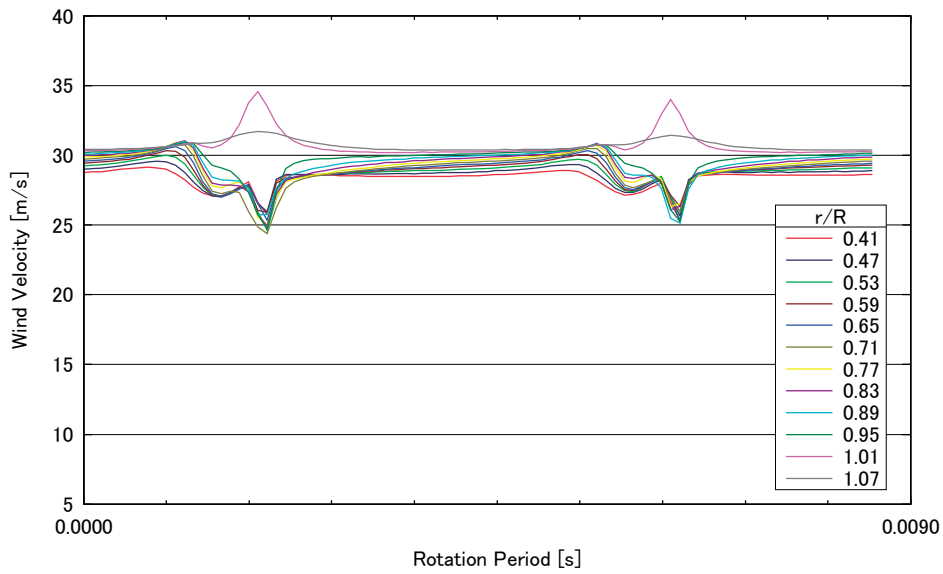


図 A.2.53 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P1)

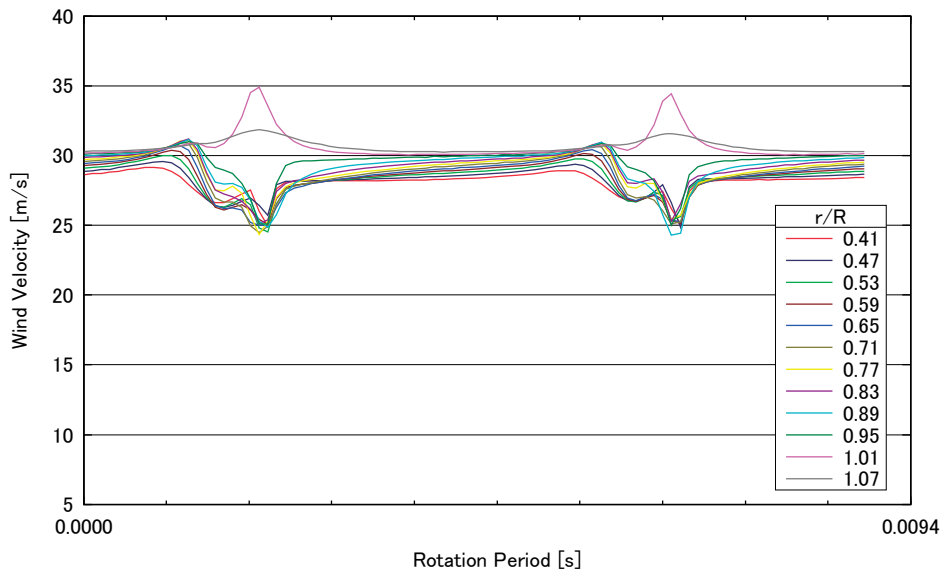


図 A.2.54 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P2)

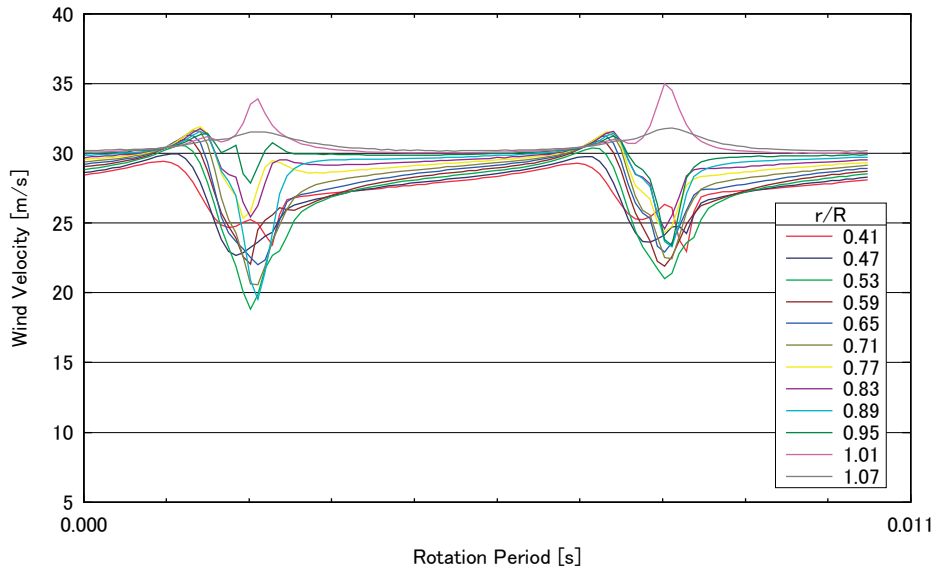


図 A.2.55 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P3)

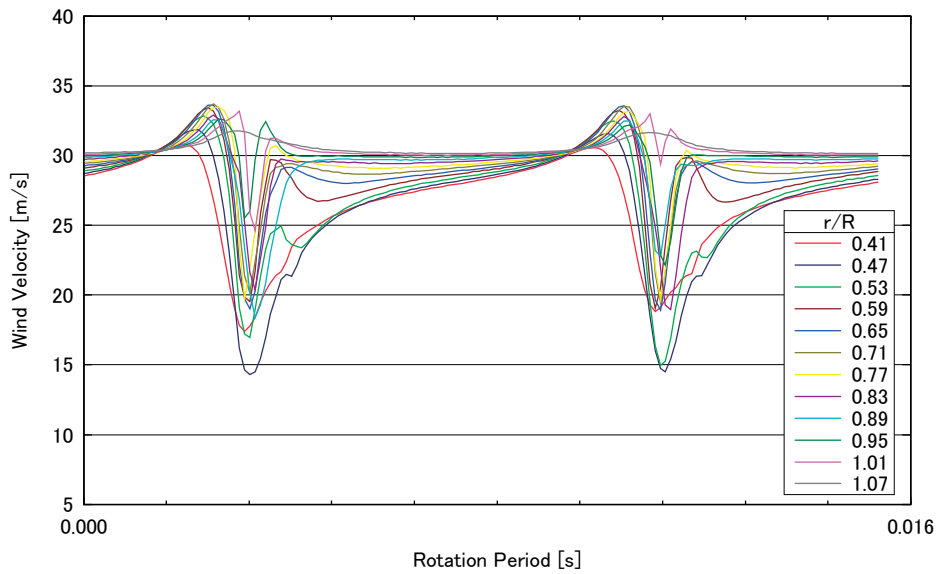


図 A.2.56 エネルギー回生時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 30m/s, P4)

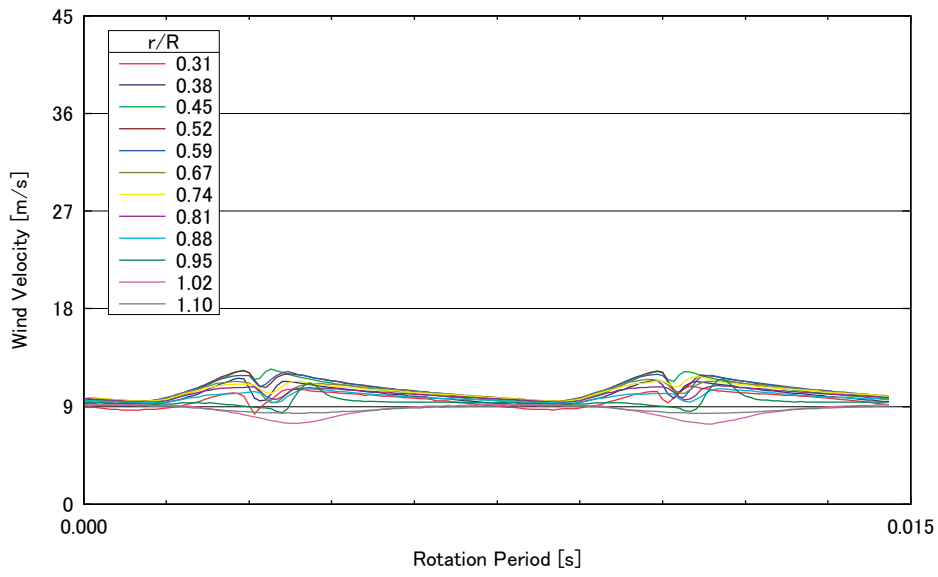


図 A.2.57 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 4000rpm)

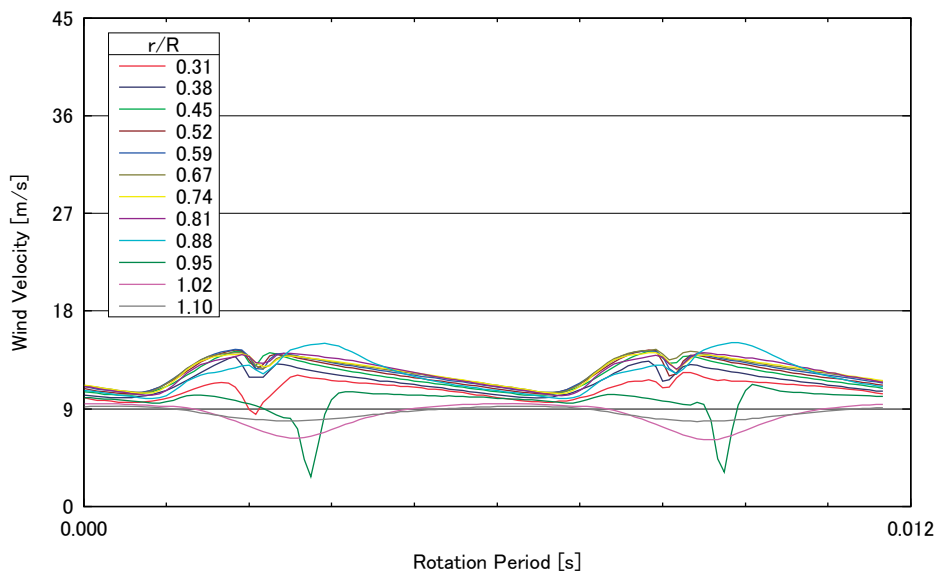


図 A.2.58 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 5000rpm)

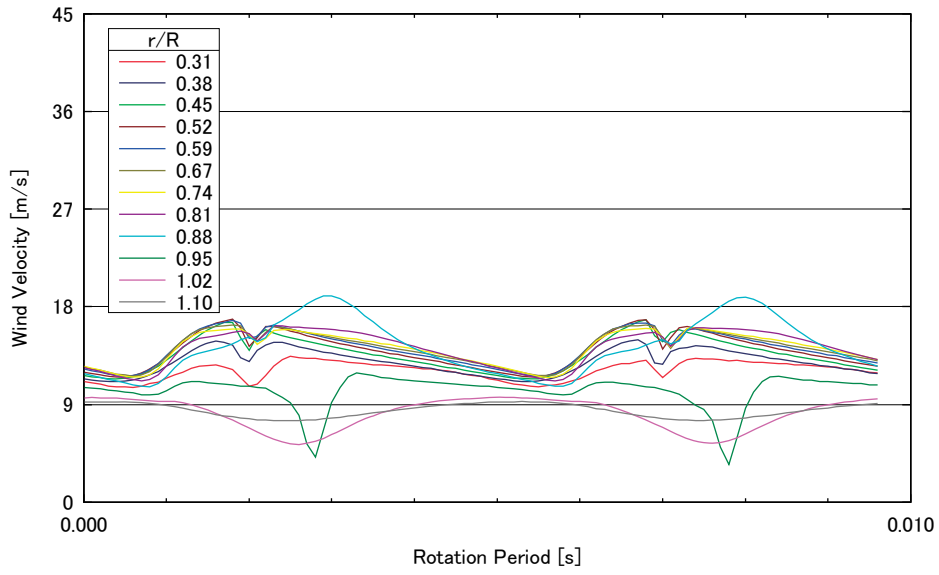


図 A.2.59 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 6000rpm)

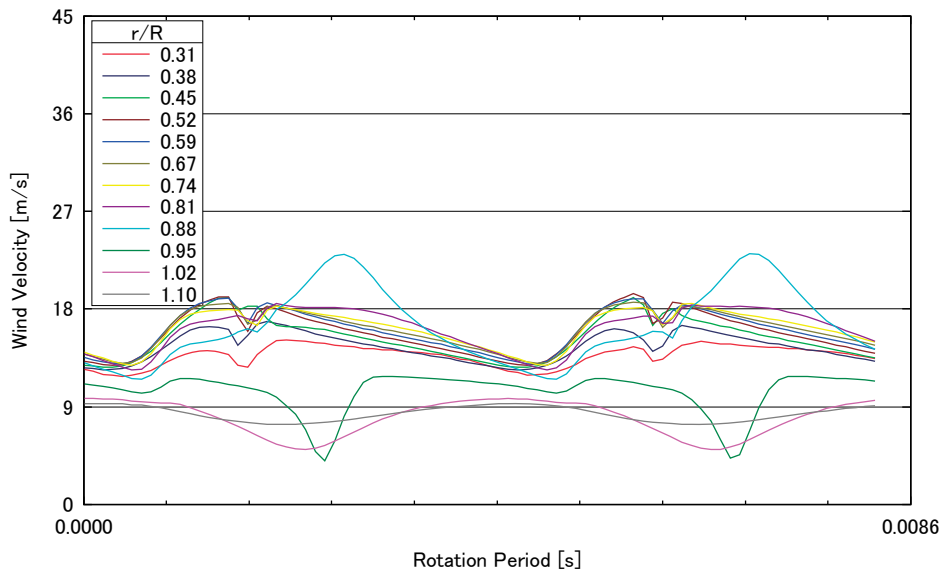


図 A.2.60 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 7000rpm)

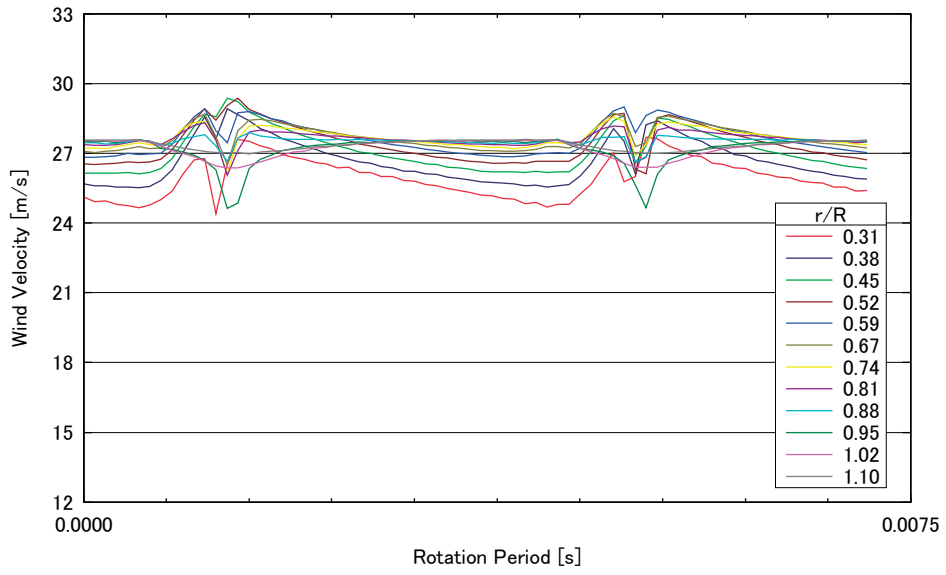


図 A.2.61 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 27m/s, 8000rpm)

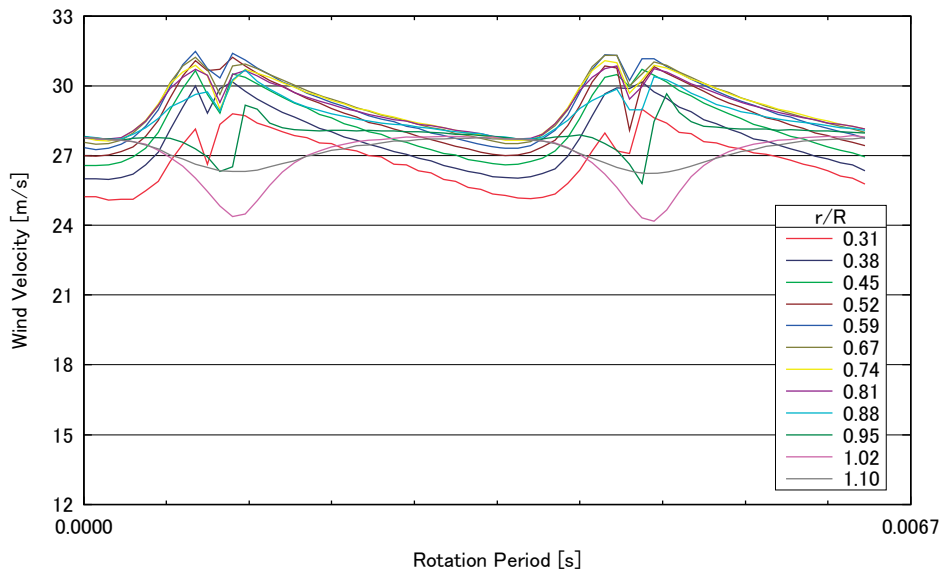


図 A.2.62 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(11×8 インチプロペラ, 風速 27m/s, 9000rpm)

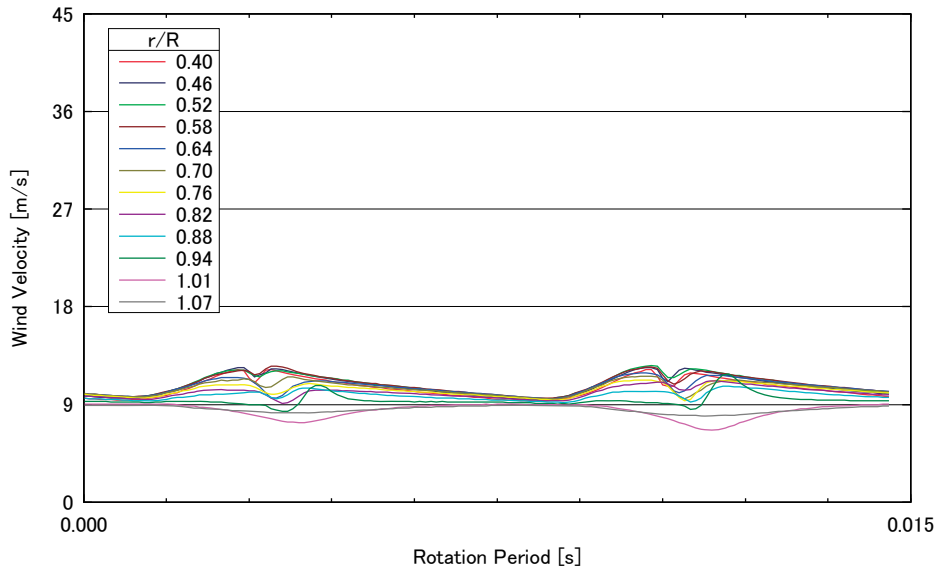


図 A.2.63 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 4000rpm)

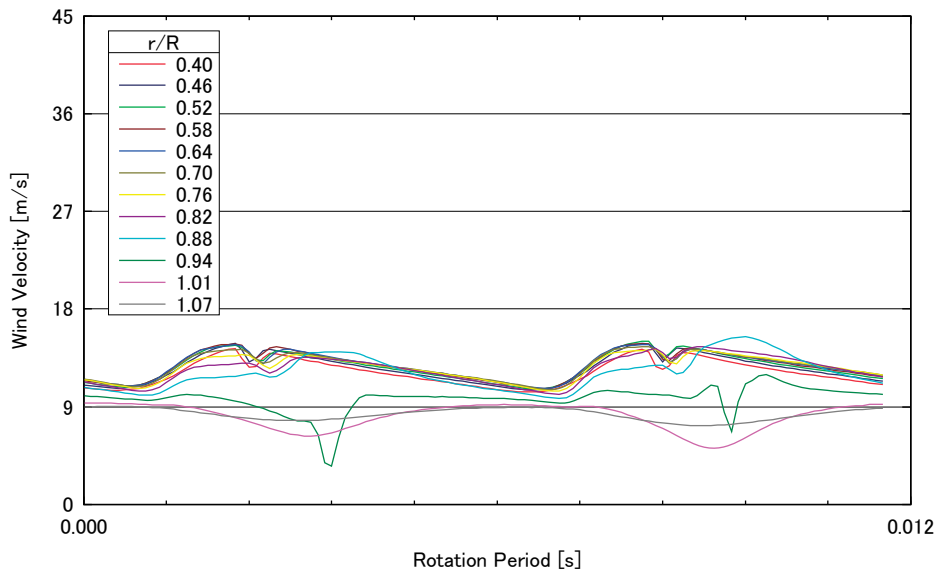


図 A.2.64 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 5000rpm)

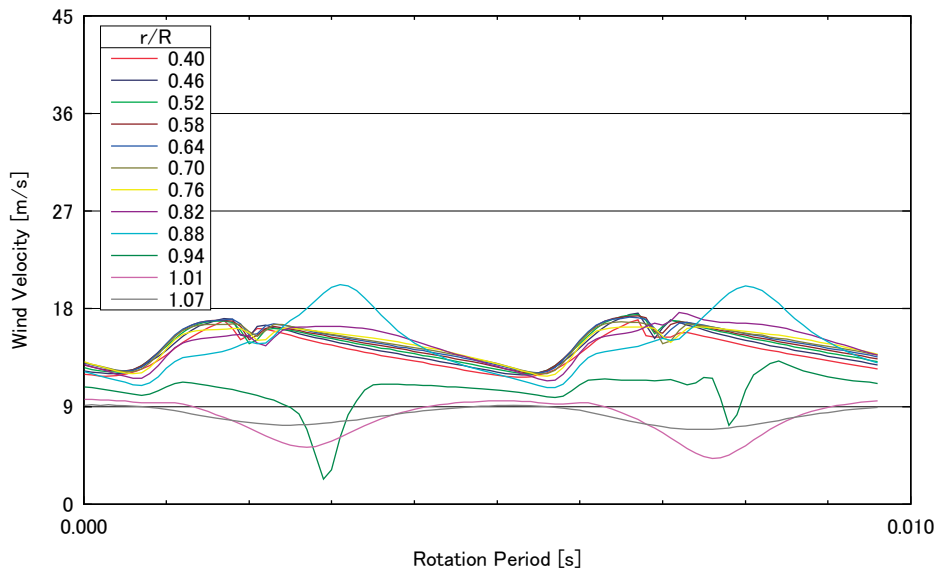


図 A.2.65 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 9m/s, 6000rpm)

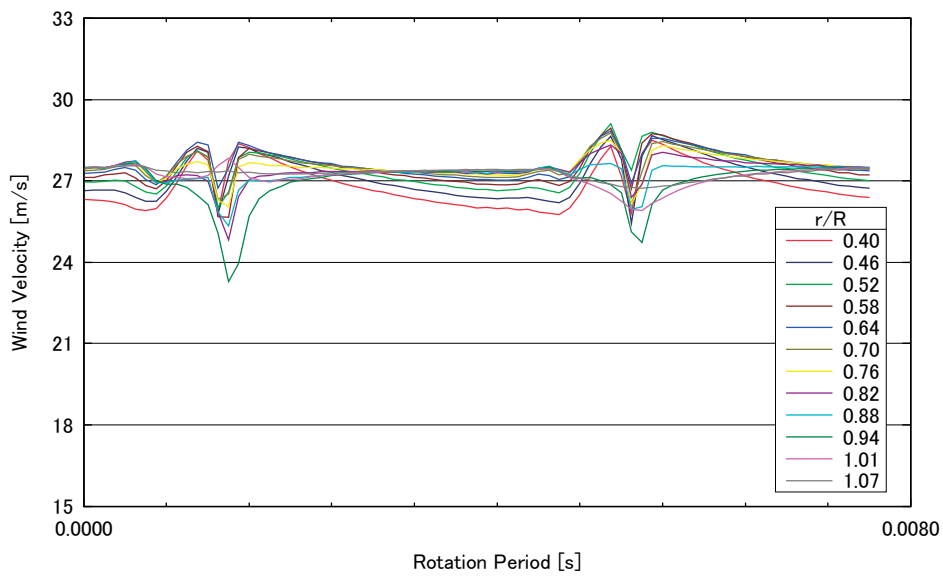


図 A.2.66 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 27m/s, 7500rpm)

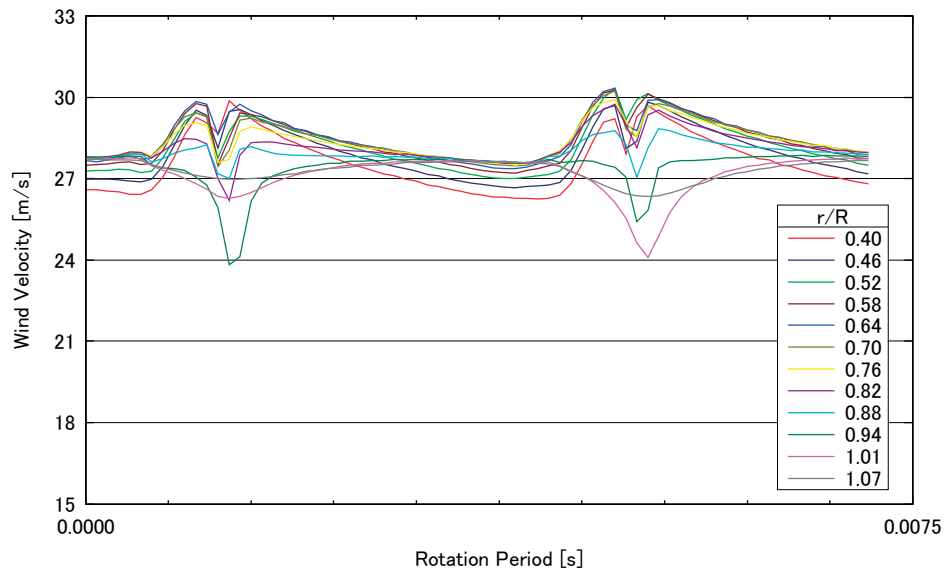


図 A.2.67 推進時の後流速度アンサンブル平均  
(13×8 インチプロペラ, 風速 27m/s, 8000rpm)



