

# 実験による検証(組立時)

## 1. 入荷部品寸法の検査

(材質、寸法、特性等図面内容を確認する)

## 2. 巻線の特性

(外径サイズ、抵抗値、個体間のばらつき、レアショート耐圧)

## 3. ロータの特性

(耐遠心力、アンバランス)

## 4. スタータの特性

(結線前相間耐圧、3相間の抵抗ばらつき、対地耐圧)

## 5. モータの特性

(ロータの回転抵抗、異音)

# 実験による検証(試験法)

1. 絶縁抵抗試験  
(リード線と本体間の絶縁を確認)
2. 巻線抵抗  
(リード端子間での線間抵抗確認)
- 3-1. 誘起電圧  
(3相アンバランス、高調波分析)
- 3-2. 無負荷トルク  
(鉄損、機械損、漂遊損分析)
4. コギングトルク  
(高調波分析による要因の把握)

# 実験による検証(試験法)

## 5. 拘束トルク試験

(トルク定数、飽和トルクの把握)

## 6. 負荷試験

(効率の把握と損失の要因分析)

## 7-1. 推力試験(用いるプロペラを事前に設定)

(ロードセルを用いた推力、電力の回転速度特性を把握)

## 7-2. ヒートラン試験

(定格出力に対する温度上昇判定と熱分布分析)

# 実験による検証(試験法)

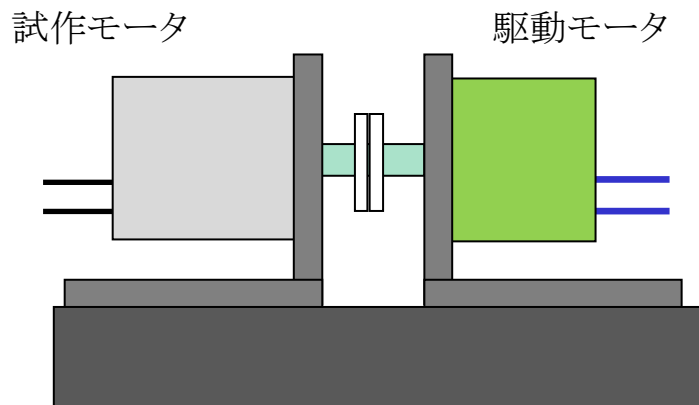
## 8. 騒音評価

(高調波分析による要因の把握)

## 9. 耐久試験(繰り返し耐久、耐振動、耐環境等)

(要求品質を保証するに足る耐久性を確認する)

# 3-1. 誘起電圧



## 測定と解析例

- ・誘起電圧はトルク定数  
正弦波電流駆動では高調波成分はトルクリップルの第1要因となる。

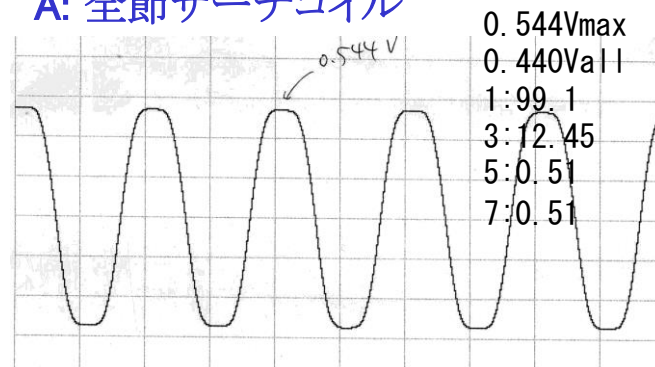
A→B

前節から短節巻化により、3次高調波が軽減

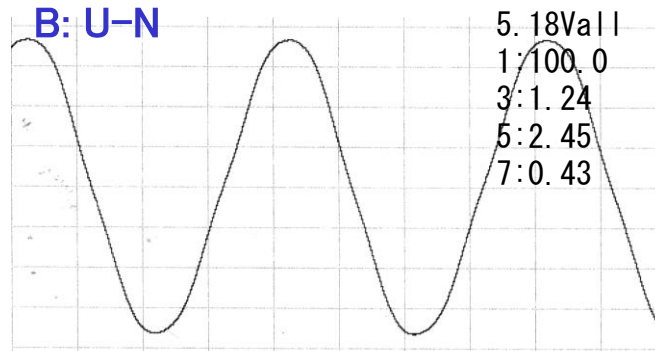
B→C

1相から線間により、3次高調波がキャンセル  
(5次の対策が次の課題となっている)

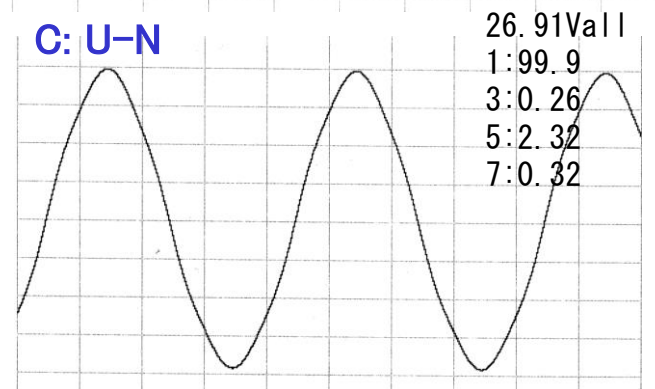
A: 全節サーチコイル



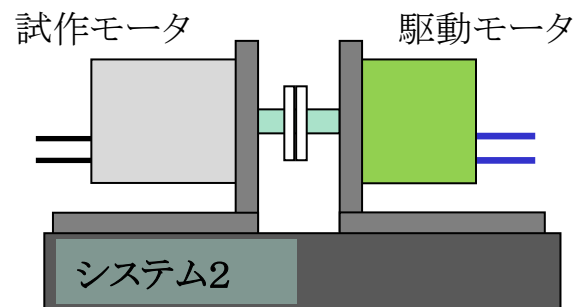
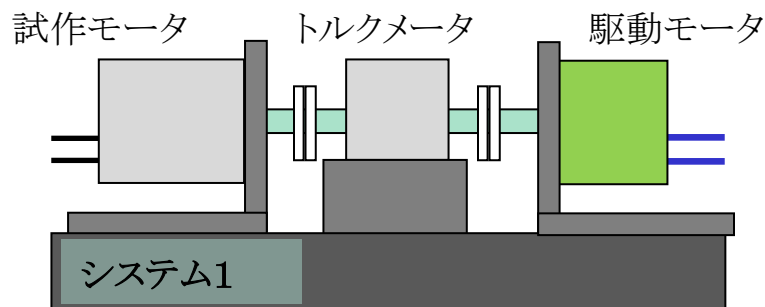
B: U-N



C: U-N



## 3-2. 無負荷トルク



### システム2による測定例

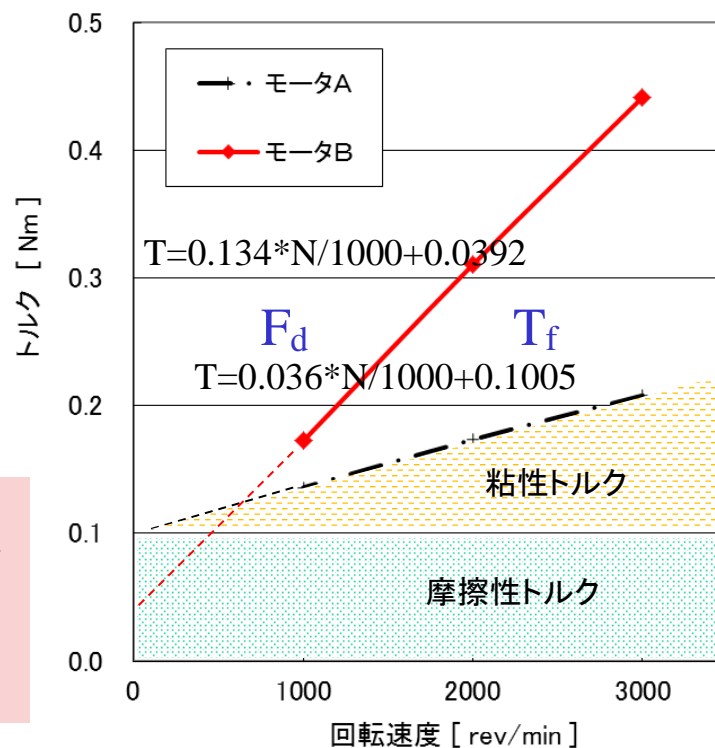
駆動モータトルク定数: 0.35Nm/A

	回転速度 [ rev/min ]	電流 [ A ]	算出トルク [ Nm ]	修正トルク [ Nm ]
試作モータなし	3000	0.315	0.110	
	2000	0.222	0.078	
	1000	0.123	0.043	
モータA (35A360)	3000	0.910	0.318	0.208
	2000	0.718	0.251	0.174
	1000	0.512	0.179	0.136
モータB (50A290)	3000	1.577	0.552	0.442
	2000	1.109	0.388	0.311
	1000	0.616	0.216	0.173

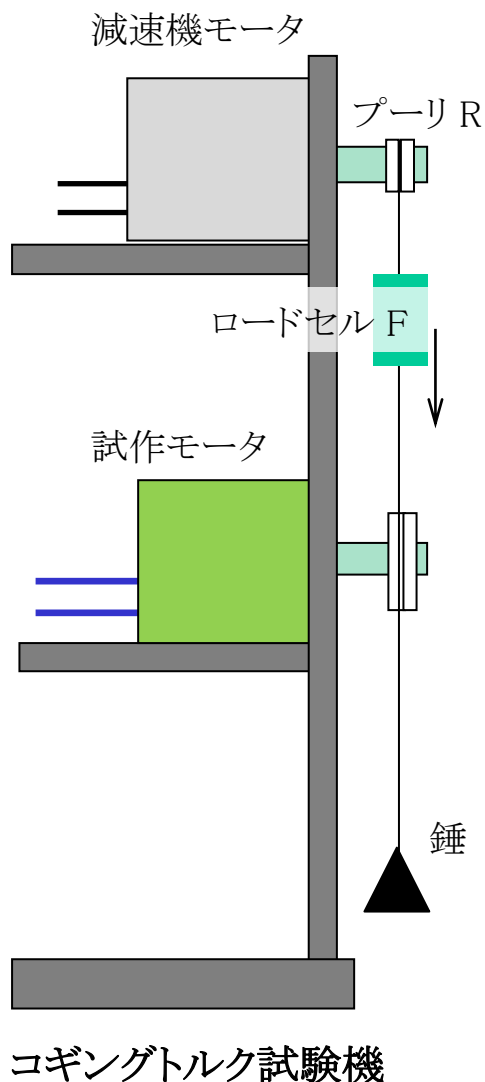
一般に無負荷トルクは、外部回転速度に対して直線的に増加する。静止時に相当するトルクが摩擦性トルク、直線の傾きが粘性トルク定数である。

摩擦性トルク: ヒステリシス損、ベアリングの摩擦分等

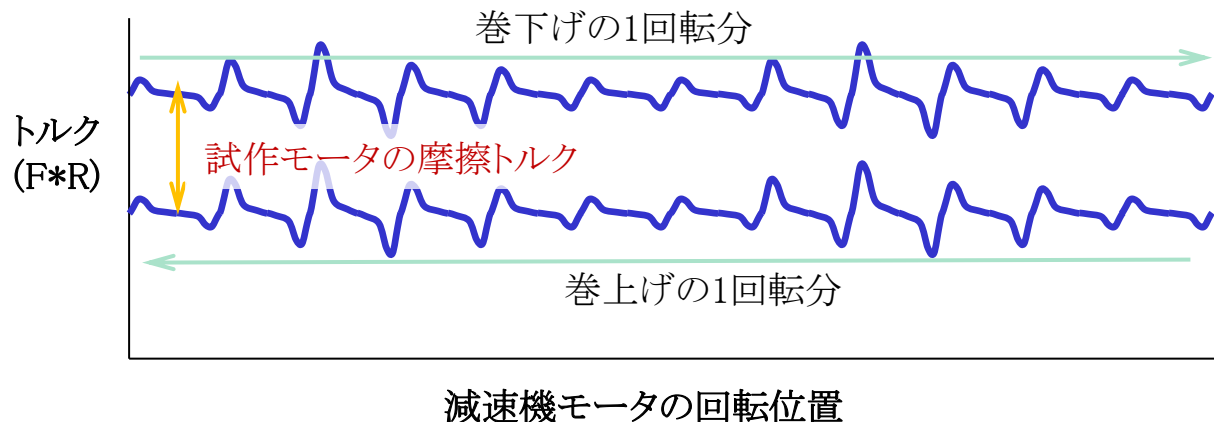
粘性トルク : 渦電流損、ベアリングのグリス抵抗、風損等



# 4. コギングトルク



測定した波形例

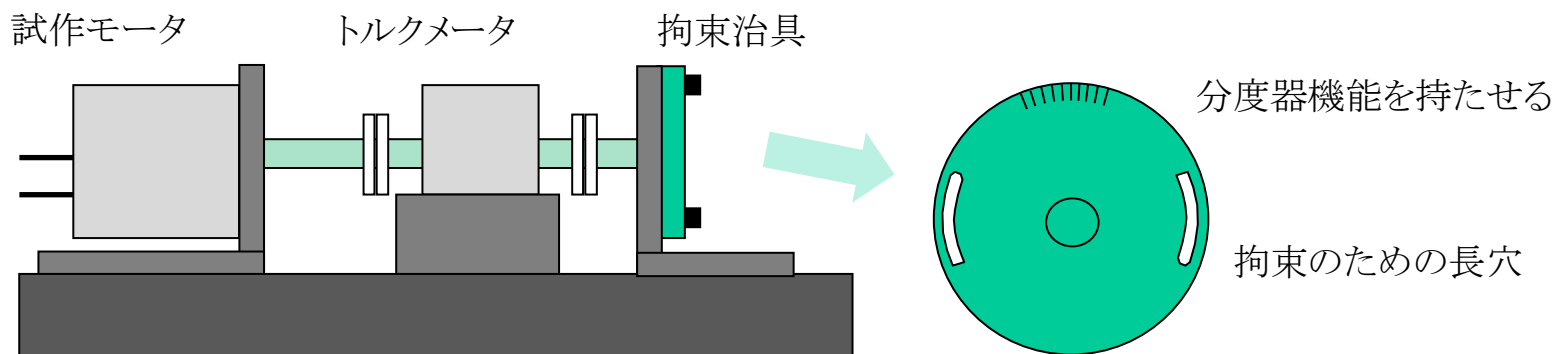


※「磁界解析通りに出来ていればコギングトルクは小さい」という確信が重要

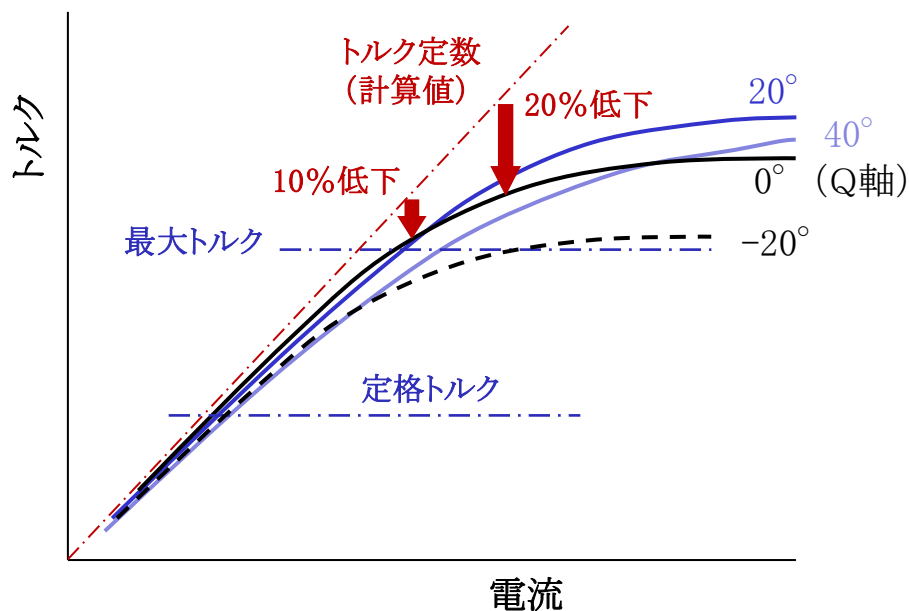
波形例では以下の要因が考えられる。

- ①12山  
マグネットの貼付位置誤差  
マグネットの着磁不均一
- ②10山  
ティースのピッチ誤差  
ステータの真円度不足  
ステータとロータの同軸度不足

# 5. 拘束トルク試験



## 測定例



インバータ駆動状態のある瞬間の状態として、U → V相、または U → V,W相に通電して、発生するトルクを測定する。

飽和トルクを把握することを主目的とする。

固定角度を変更することで、電機子反作用の影響を調べ、進角制御等の参考とする。



# 6. 負荷試験

$P_{in} = V_{dc} * I_{dc}$  : 直流

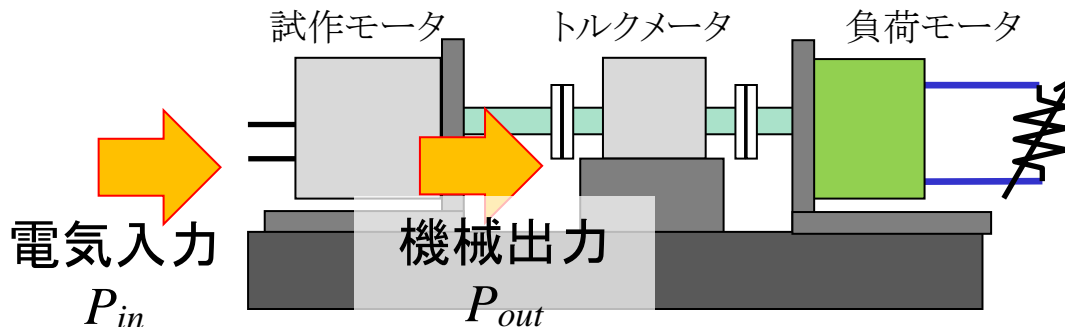
$\sqrt{3} V_a * I_f$  : 交流

モータ効率:

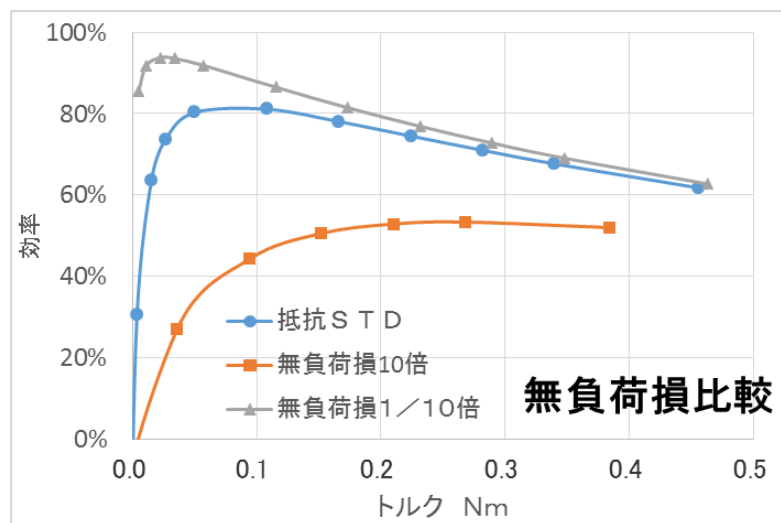
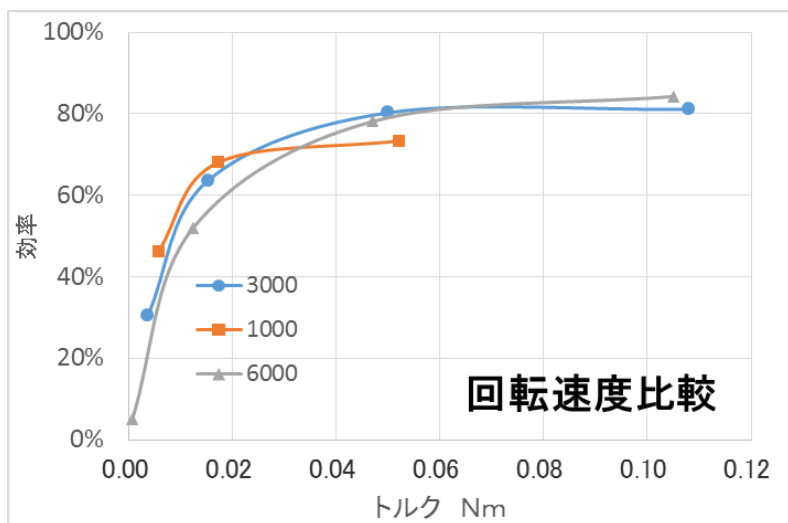
$$\eta = P_{out} / P_{in}$$

$= T * N / P_{in}$  : 測定効率

$= T * N / (T * N + I^2 * R + (T_f + F_d * N) * N)$  : 設計効率

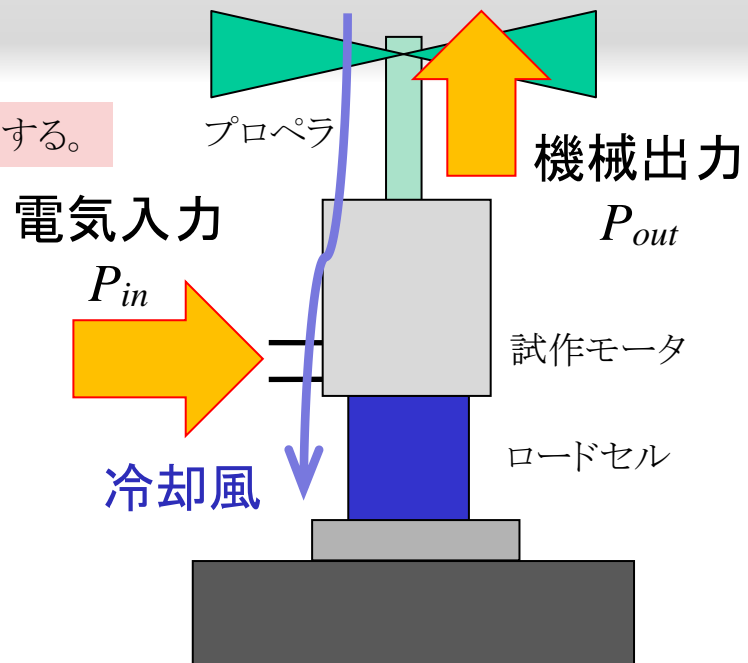
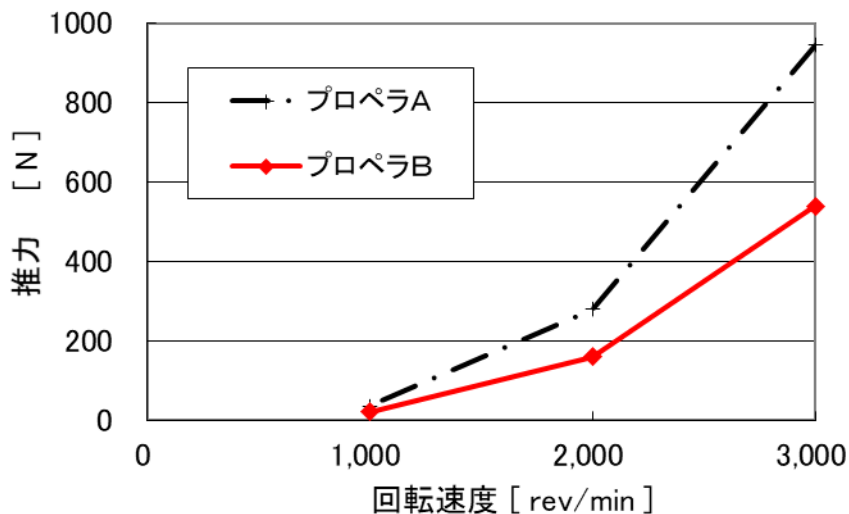


一般に  
測定効率 < 設計効率  
測定損失 - 設計損失 = 漂遊損とする。



# 7-1. 推力試験

規定のプロペラを装着して、推力等の回転速度特性を把握する。

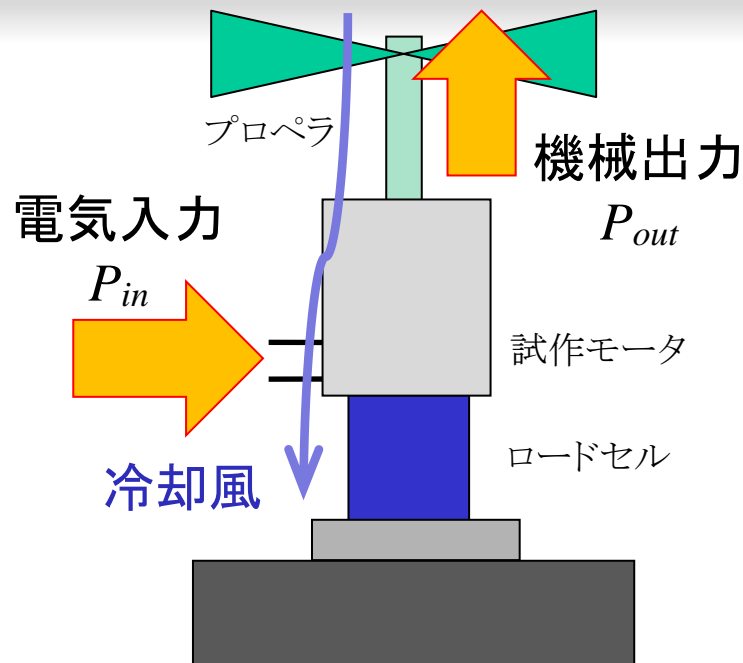
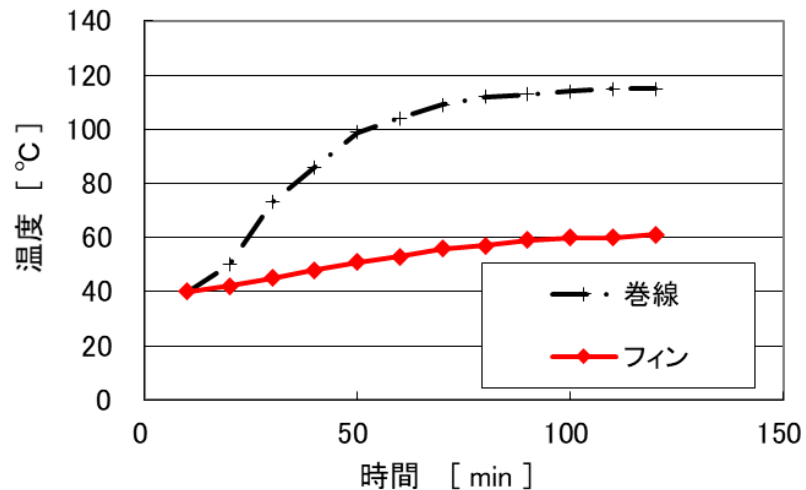


<https://store-en.tmotor.com/goods.php?id=732>

Load Testing Data										
Ambient Temperature			20°C		Voltage			DC Power Supplier		
Item No.	Voltage (V)	Prop	Throttle	Current (A)	Power (W)	Thrust (G)	RPM	Efficiency (G/W)	Torque (N*m)	Operating Temperature (°C)
U15II KV100	50	T-MOTOR G40x13.1CF	50%	31.3	1565	12800	2141	8.18	6.1	112
			55%	43	2150	15500	2370	7.21	7.6	
			60%	52.6	2630	17800	2515	6.77	8.6	
			65%	60.3	3015	20300	2628	6.73	9.6	
			75%	92.9	4645	25300	2986	5.45	12.2	
			85%	122.3	6115	29800	3196	4.87	14.7	
			100%	171	8550	35500	3473	4.15	17.8	

# 7-2. ヒートラン試験

規定のプロペラを装着して、連続運転に対する温度耐性を評価する。



時間 [min]	回転速度 [rev/min]	電流 [A]	電圧 [V]	温度[°C]		
				巻線	フィン	基板
10	3000	242	198	40	40	40
20	2999	242	198	50	42	50
30	2998	242	199	73	45	73
40	2999	242	199	86	48	86
50	2998	242	199	99	51	99
60	2997	242	199	104	53	104
70	2996	242	200	109	56	109
80	2994	242	201	112	57	112
90	2994	242	202	113	59	113
100	2992	242	203	114	60	114
110	2992	242	204	115	60	115
120	2992	242	206	115	61	115