

3Dプリンターによる

「推進ローター実験装置」製作と各種ローターの実験

(レオナルド・ダ・ヴィンチのヘリコプター(スケッチ)に関連した活動)

2025.05.13 近藤

1. [経緯]

ヘリコプターの原理を考案したのは、天才として余りにも有名なレオナルド・ダ・ヴィンチとされています。そして彼の誕生日 1452 年 4 月 15 日から 4 月 15 日は「ヘリコプターの日」と全日本航空事業連合会が制定しています。

彼の考案した原理は「空気スクリュー(Aerial Screw)」と呼ばれ螺旋形の翼型をしています。

その後、多くの方が研究されたようですが、彼の考案した「空気スクリュー(Aerial Screw)」は実用されていません。

ただし様々な趣向を凝らしたプラ又は木製模型が数多く販売されていますが「飛びません」と明記されています。

有名なのは「大人の科学 vol.12 レオナルド・ダ・ヴィンチと飛行の特集号 (2006 年発売)」があります。

<https://otonanokagaku.net/magazine/vol12/index.html>

しかしこの原理を生かしてドローンとして改良再現させた大学が動画(YouTube)を公開しています。

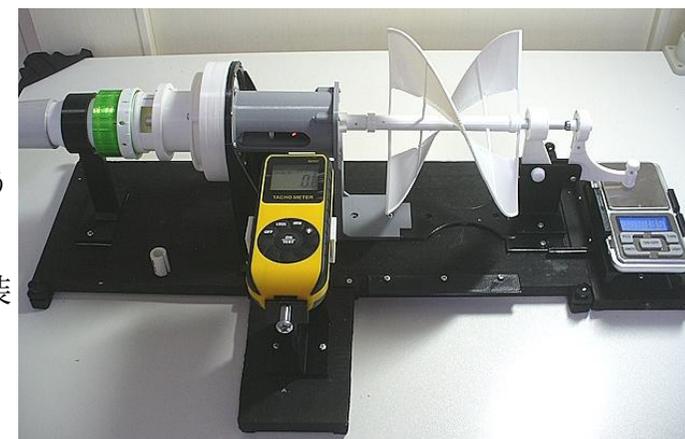
Crimson Spin: A New Take on da Vinci's "Aerial Screw"

<https://www.youtube.com/watch?v=VEFv6gs67zA>

今回、私は 3D プリンターを使用し、類似の螺旋翼型ローターを再現すべく試み、ようやく類似品が製作出来るようになりました。

しかし「飛ばない」理由を実感したくて、種々のローターを定量的に比較出来る実験装置を 3D プリンターで製作しました。

【目次】	(頁)
1.[経緯]	1
2.[実験装置]	2
全体図、断面図。軸仕様	
3.[供試体ローター]	4
4.[実験結果]	5
総括 (記録表、相関グラフ)	
(1) 空気スクリュー	8
(2) 竹トンボ系	9
現代ヘリ用ローターの原型	
(3) 変わり種系	10
(4) 3D プリンター教材関連	11
(5) トロイダル・プロペラ	12
ドローンの騒音低減で注目	



2. [実験装置]

この装置の概要は次の通りです。

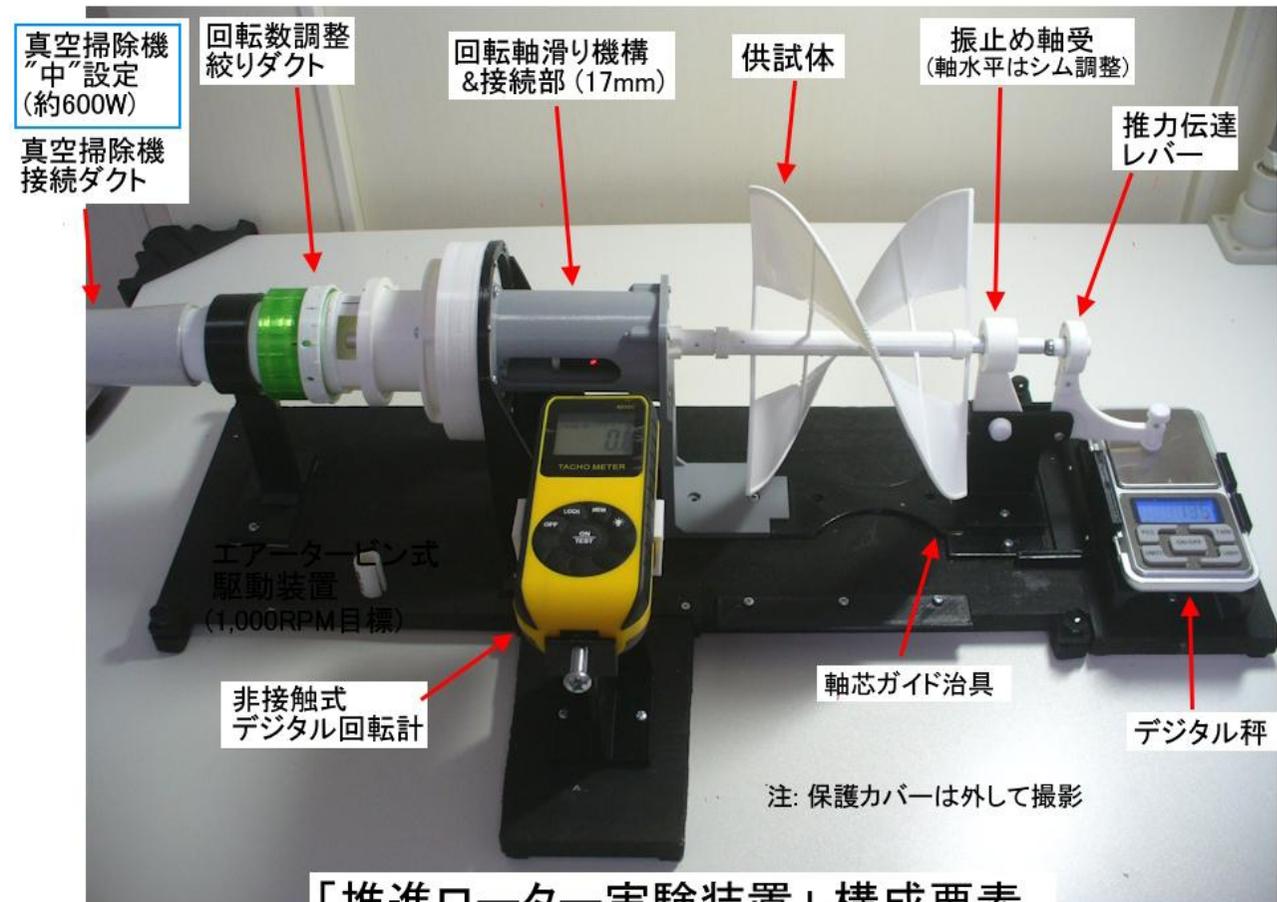
- ・可変回転駆動・・・2段軸流タービンを真空掃除機(家庭用)で駆動し、絞りダクトを使用して回転を調整する方法
- ・供試体ローター配置・・・回転/滑り機構を開発し横置き式、ローターは回転しながら自力で進む方式
この方式にした理由は、ローター毎に重量が異なるので、その影響を打ち消すため
- ・回転数測定・・・非接触型タコメーター(市販品)使用
- ・推力測定・・・回転機構付レバーを介しデジタル秤(市販品)で測定
- ・駆動力の目安・・・絞りダクトの絞り具合を目盛にて記録する方式
- ・保護カバーも用意

[注意事項]

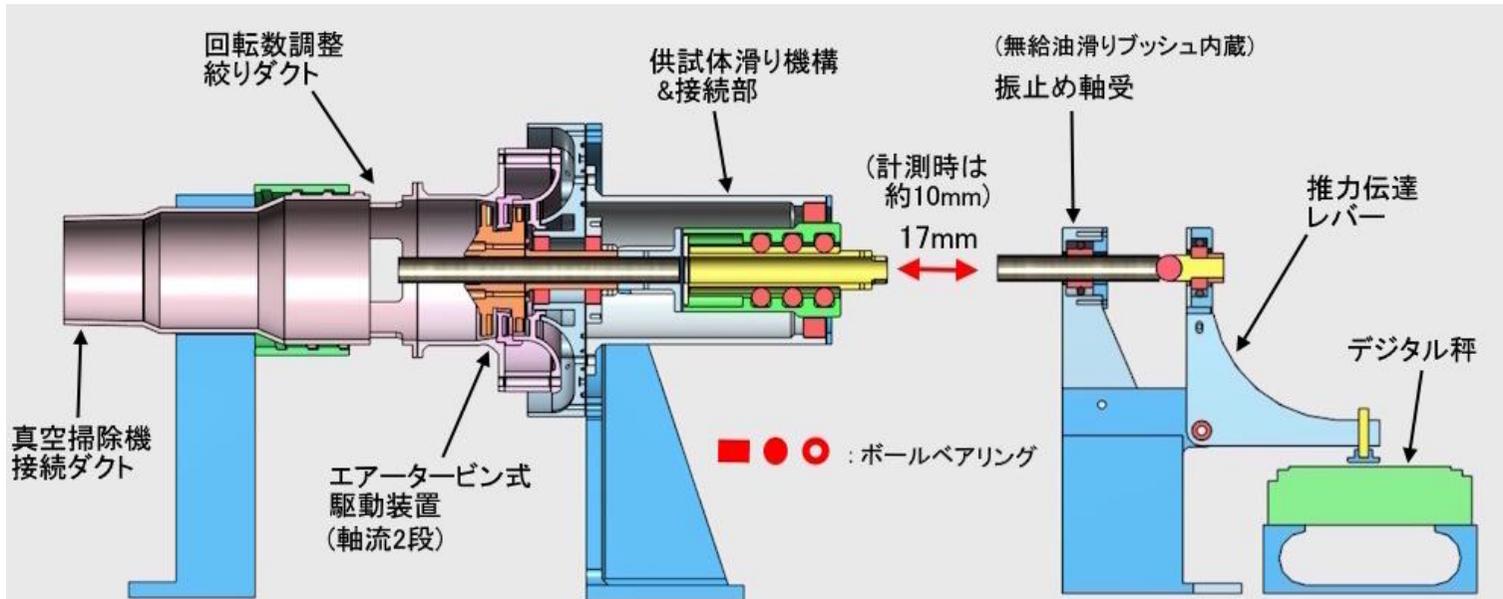
真空掃除機の出力を「中」以下で使用のこと
(約 600W 以下)

[参考]

「中」絞り弁閉じ切状態時回転数
AS03(螺旋2翅1巻)の場合
約 2,100RPM
EN01(ブリスク・ファン)の場合
約 1,600RPM

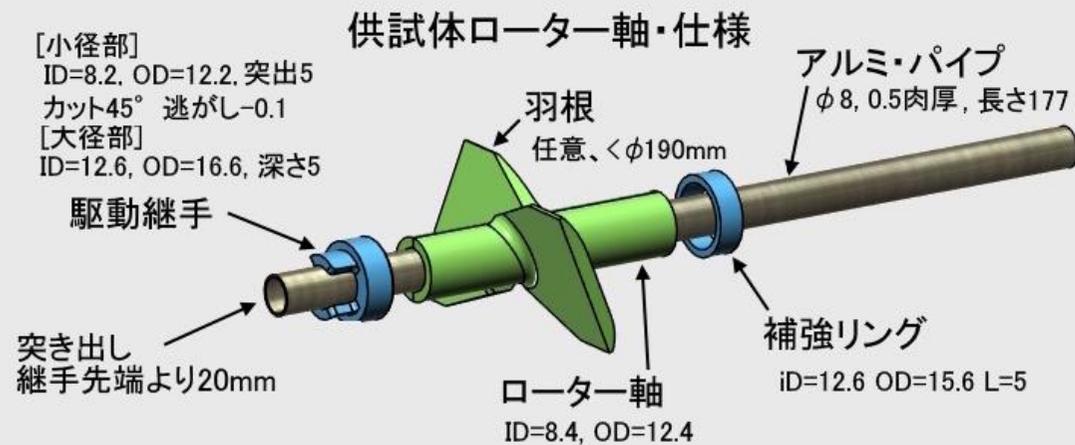


2025.05.13



推進ローター実験装置・断面図

2025.05.02



3. [供試体ローター]・・・装置と3Dプリンターの関連で直径は140mm(1部190mm)に統一

(1) 空気スクリーユ系ローター

レオナルド・ダ・ヴィンチのスケッチに類似したローター、それを改良した各種螺旋翼ローター

(2) 竹とんぼ系ローター

翅枚数、直径、翼型改善

(3) 変わり種ローター

折り紙・風車、二宮忠八・玉虫型飛行器

(4) 3Dプリンター教材関連ローター

代表的ファン、ライトフライヤー

(5) トロイダル・プロペラ

ドローンの騒音低減で注目のプロペラ



4. [実験結果]

- ・全般（実験記録表 P.6、相関グラフ P.7 参照）

今回実験したローターは大なり小なり推力は発生するが、私の期待より小さかった。

ヘリコプターのように垂直に浮上することの難しさを体感した。直径の大きなローター又は多数の小径ローターが必要である。

4(1) 空気スクリー系ローター (P.8 参照)

レオナルド・ダ・ヴィンチの考案した「空気スクリー(Aerial Screw)」は「渦巻状螺旋形」のため不釣合な形であり、振動が大きく高速回転出来ない。また迎え角が小さく、かつ翼の重なる部分があり、先翼の送り出した空気が後続の翼にあたり推力が発生しにくくために推力を計測できなかった。(φ120 サイズのものは推力が計測出来たので、このφ140 では振動による影響で摩擦抵抗が増え推力が相殺されたと思われる)

対策として「等径・2翅」にし、迎え角を大きくしたローターを試作した結果、それなりに推力を得ることが出来た。

AS03, AS04 が該当するローターです。

前出の大学のドローンも 3D プリンター製ではないが「等径・2翅」で迎え角も大きくなっている。

4(2) 竹とんぼ系ローター (現代のヘリコプターのローターの原型) (P.9 参照)

現在のヘリコプターのローターの原型であり、直径が大きく推力に影響することがわかる。

4(3) 変わり種ローター (P.10 参照)

折り紙風車が推力ローターとして使用可能か興味あり実験した。羽根に複角をつけると推力を発生することがわかった。

二宮忠八の玉虫型飛行器の模型より類推して試作したが、予想より推力を発生した。

扇風機の羽根は予想以上に推力を発生することがわかった。

4(4) 3D プリンター教材関連ローター (P.11 参照)

元々飛行用であり、推力を発生するが、予想より少なく、離陸時に滑走が必須であることを再認識した。。

4(5) トロイダル・プロペラ (ドローンの低音化対策として注目) (P.12 参照)

ネットにて公開されている形状のものをまねて試作したが、デザインはかなり難しかった。

今回の実験では真空掃除機の音がうるさく騒音測定に不向きであった。また他に比し推力的な優位性を見出せなかった。

「推進ローター実験装置」各種推進ローター実験記録表(一次分)

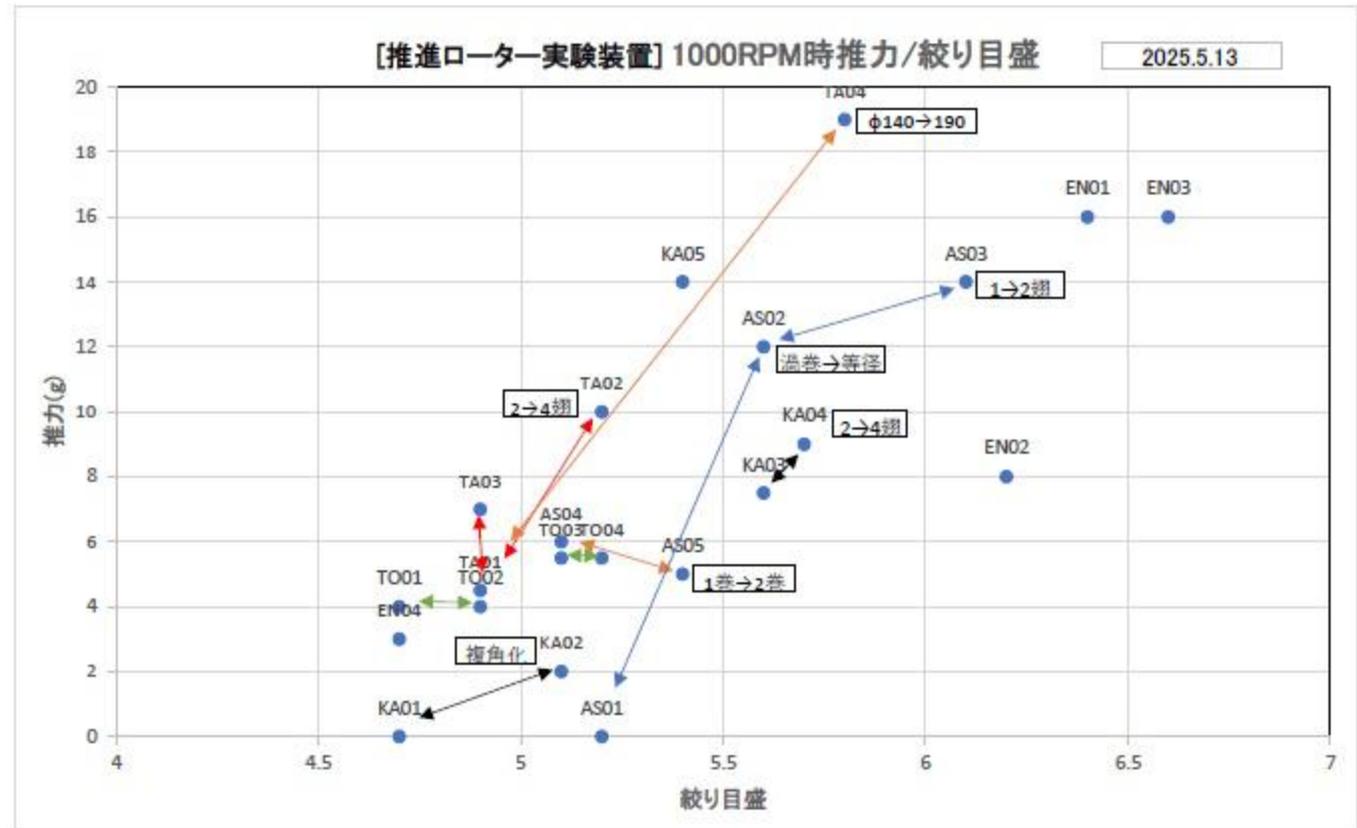
2025.05.13

分類	ローター No.	ローター・分類(注1)	条(翅)数	巻数	直径 (mm)	ピッチ (mm)	ピッチ角 (0.7R)	計測値(概略値)		関連3Dプリンター教材 備考
								1000RPM時		
								推力(g)	絞り目盛 (注2)	
1	AS01	渦巻螺旋(1翅1.5巻P43) (ダヴンチヘリコプター類似)	1	1.5	約140	43	6から7	0	5.2	振動大で測定不可
1	AS02	螺旋(等径)(1翅1巻P100)	1	1	140	100	31	12	5.6	振動で計測不安定
1	AS03	螺旋(等径)(2翅1巻P100)	2	1	140	100	17	14	6.1	
1	AS04	螺旋(等径)(2翅1巻P50)	2	1	140	50	16	6	5.1	
1	AS05	螺旋(等径)(2翅2巻P50)	2	2	140	50	17	5	5.4	
2	TA01	プロペラ(竹とんぼ)	2	—	140	—	22	4.5	4.9	
2	TA02	プロペラ(竹とんぼ(4翅))	4	—	140	—	22	10	5.2	
2	TA03	プロペラ(翼型断面)	2	—	140	—	22	7	4.9	
2	TA04	プロペラ(φ190)	2	—	140	—	22	19	5.8	
3	KA01	折り紙・風車	4	1	140	—	0	—	4.7	
3	KA02	折り紙・風車(傾斜)	4	1	140	—	20×20°	2	5.1	
3	KA03	プロペラ(玉虫型飛行器)	2	—	140	—	36	7.5	5.6	
3	KA04	プロペラ(玉虫型飛行器)	4	—	140	—	36	9	5.7	
3	KA05	扇風機	4	—	140	—	22(カーブ)	14	5.4	
4	EN01	ファン(ブリスク)	18	—	140	—	25	16	6.4	JEC-07-3-1
4	EN02	ファン(スナバー付)	33	—	140	—	60	8	6.2	TFE-07Eng
4	EN03	ファン(GTF)	20	—	132	—	58	16	6.6	TFE-03
4	EN04	プロペラ(ライトフライヤー)	2	—	140	—	30	3	4.7	RE-06PP(1/4.6に縮小)
5	TO01	トroidal・プロペラ(楕円)	2	—	140	—	36	4	4.7	
5	TO02	同上(翼断面改善)	2	—	140	—	36	4	4.9	
5	TO03	トroidal・プロペラ(円)	2	—	140	—	62	5.5	5.1	
5	TO04	同上(3翅)	3	—	140	—	62	5.5	5.2	

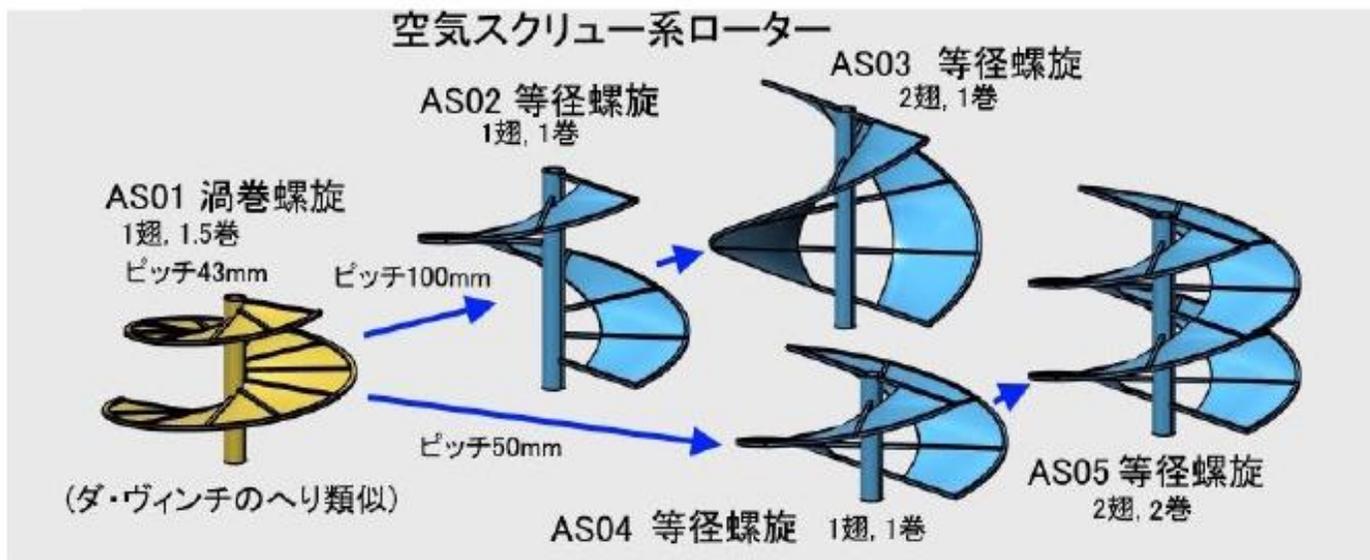
(注1): 各ローターは、私の判断でデザインしたものです。「ローター形状一覧表」参照

(注2): 回転数調整用「絞りダクト」の円周を10等分した時の開度を示す。「実験装置・概要」参照

No.	ローター・分類(注1)	絞り	推力
AS01	渦巻螺旋(ダウンテヘリ類似)	5.2	0
AS02	螺旋(等径)(1翅1巻P100)	5.6	12
AS03	螺旋(等径)(2翅1巻P100)	6.1	14
AS04	螺旋(等径)(2翅1巻P50)	5.1	6
AS05	螺旋(等径)(2翅2巻P50)	5.4	5
TA01	プロペラ(竹とんぼ)	4.9	4.5
TA02	プロペラ(竹とんぼ)(4翅)	5.2	10
TA03	プロペラ(翼型断面)	4.9	7
TA04	プロペラ(ϕ 190)	5.8	19
KA01	折り紙・風車	4.7	0
KA02	折り紙・風車(傾斜)	5.1	2
KA03	プロペラ(玉虫型飛行器)	5.6	7.5
KA04	プロペラ(玉虫型飛行器)	5.7	9
KA05	扇風機	5.4	14
EN01	ファン(プリスク)	6.4	16
EN02	ファン(スナバー付)	6.2	8
EN03	ファン(GTF)	6.6	16
EN04	プロペラ(ライトフライヤー)	4.7	3
TO01	トロイダル・プロペラ(楕円)	4.7	4
TO02	同上(翼断面改善)	4.9	4
TO03	トロイダル・プロペラ(円)	5.1	5.5
TO04	同上(3翅)	5.2	5.5



4(1) 空気スクリュー系ローター



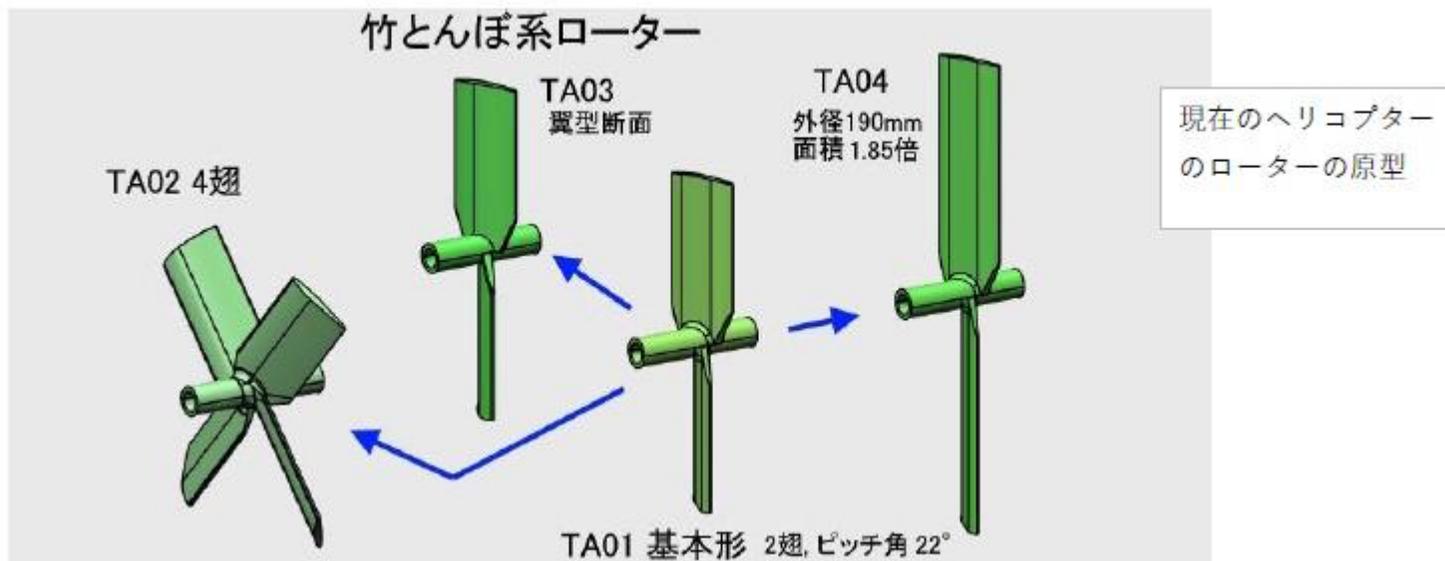
(1) 各種推進ローター実験記録表 (空気スクリュー系ローター)

ローター No.	ローター・分類 (注1)	条(翅)数	巻数	直径 (mm)	ピッチ (mm)	ピッチ角 (0.7R)	計測値(概略値)		備考
							2025.05.13		
							1000RPM時		
							推力(g)	絞り目盛 (注2)	
AS01	渦巻螺旋 (ダヴィンチヘリコプター類似)	1	1.5	約140	43	6から7	0	5.2	振動大で 測定不可
AS02	螺旋 (等径)	1	1	140	100	31	12	5.6	振動で計測不安定
AS03	螺旋 (等径)	2	1	140	100	17	14	6.1	
AS04	螺旋 (等径)	2	1	140	50	16	6	5.1	
AS05	螺旋 (等径)	2	2	140	50	17	5	5.4	

(注1): 各ローターは、私の判断でデザインしたものです。「ローター形状一覧表」参照

(注2): 回転数調整用「絞りダクト」の円周を10等分した時の開度を示す。「実験装置・概要」参照

4(2) 竹とんぼ系ローター（現代のヘリコプターのローターの原型）



(2) 各種推進ローター実験記録表（竹とんぼ系ローター）

計測値(概略値)

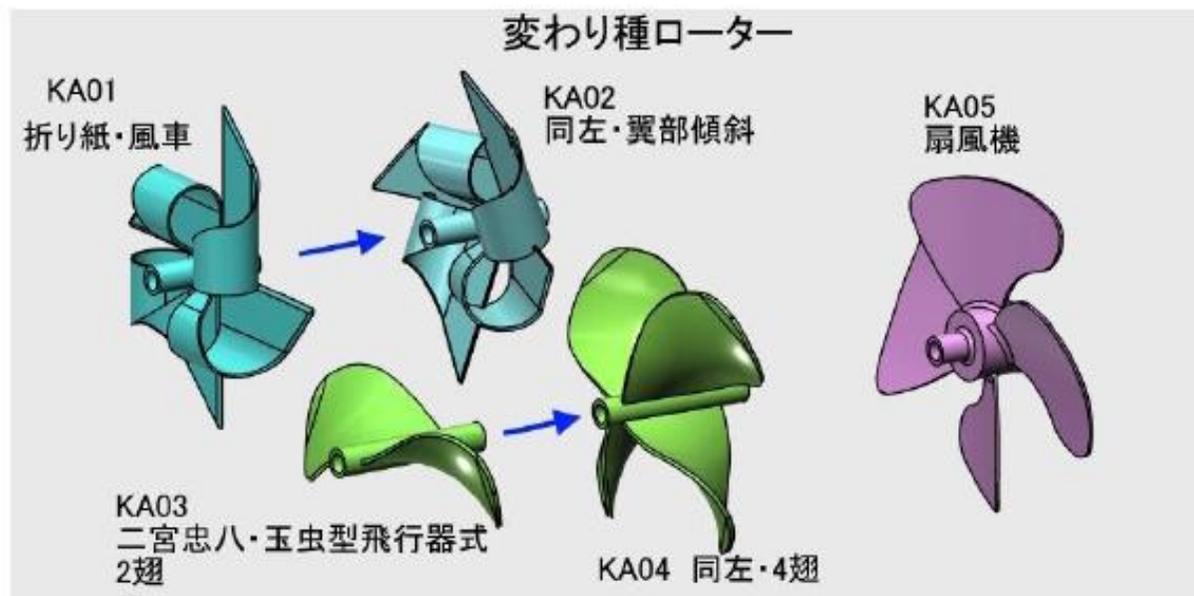
2025.05.13

ローター No.	ローター・分類 (注1)	条(翅)数	巻数	直径 (mm)	ピッチ (mm)	ピッチ角 (0.7R)	1000RPM時		備考
							推力(g)	絞り目盛 (注2)	
TA01	竹とんぼ (基本形)	2	—	140	—	22	4.5	4.9	
TA02	竹とんぼ (基本形)	4	—	140	—	22	10	5.2	
TA03	竹とんぼ (翼型断面)	2	—	140	—	22	7	4.9	
TA04	竹とんぼ (φ190)	2	—	190	—	22	19	5.8	

(注1): 各ローターは、私の判断でデザインしたものです。「ローター形状一覧表」参照

(注2): 回転数調整用「絞りダクト」の円周を10等分した時の開度を示す。「実験装置・概要」参照

4(3) 変わり種ローター



(3) 各種推進ローター実験記録表(変わり種ローター分)

計測値(概略値)

2025.05.13

ローターNo.	ローター・分類(注1)	条(翅)数	巻数	直径(mm)	ピッチ(mm)	ピッチ角(0.7R)	1000RPM時		備考
							推力(g)	絞り目盛(注2)	
KA01	折り紙・風車	4	—	140	—	0	0	4.7	
KA02	折り紙・風車(羽根傾斜)	4	—	140	—	傾斜20x20	2	5.1	
KA03	プロペラ(玉虫型飛行器)	2	—	140	—	36	7.5	5.6	
KA04	プロペラ(玉虫型飛行器)	4	—	140	—	36	9	5.7	
KA05	扇風機	4	—	140	—	22(カーブ)	14	5.4	

(注1): 各ローターは、私の判断でデザインしたものです。「ローター形状一覧表」参照

(注2): 回転数調整用「絞りダクト」の円周を10等分した時の開度を示す。「実験装置・概要」参照

4(4) 3D プリンター教材関連ローター



(4) 各種推進ローター実験記録表 (3Dプリンター教材関連)

計測値(概略値)

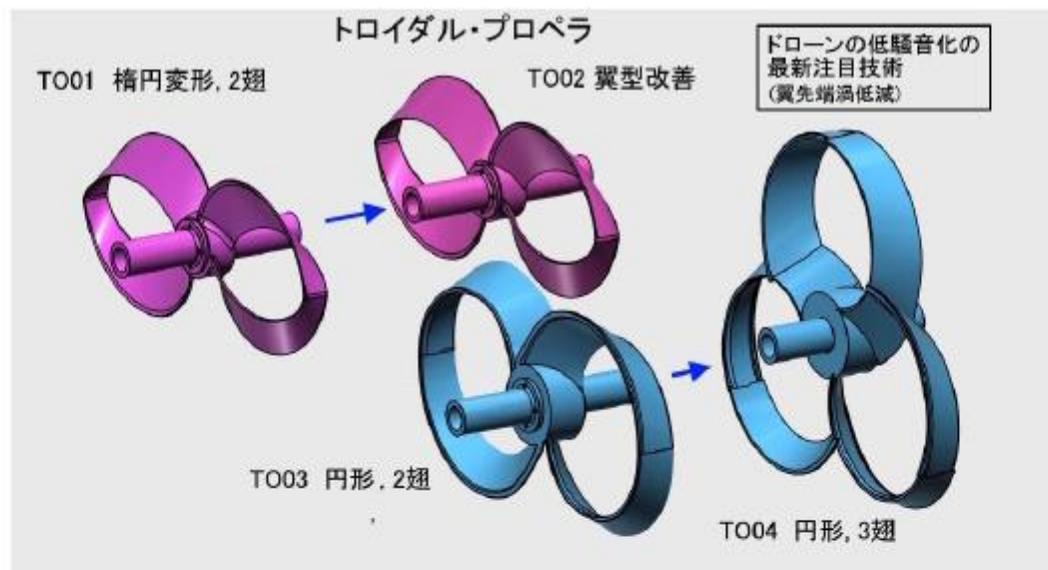
2025.05.13

ローター No.	ローター・分類 (注1)	条(翅)数	巻数	直径 (mm)	ピッチ (mm)	ピッチ角 (0.7R)	1000RPM時		備考
							推力(g)	絞り目盛 (注2)	
EN01	ブリスク・ファン (JEC-07-9-1)	18	—	140	—	25	16	6.4	
EN02	スナバー・ファン (TFE-07Eng)	33	—	140	—	60	8	6.2	
EN03	GTFファン (TFE-03)	20	—	132	—	58	16	6.6	
EN04	ライトフライヤー・プロペラ (RE-06PP)	2	—	140	—	30	3	4.7	

(注1): 各ローターは、私の判断でデザインしたものです。「ローター形状一覧表」参照

(注2): 回転数調整用「絞りダクト」の円周を10等分した時の開度を示す。「実験装置・概要」参照

4(5) トロイダル・プロペラ



(5) 各種推進ローター実験記録表 (トロイダル・プロペラ)

計測値(概略値)

2025.05.13

ローター No.	ローター・分類 (注1)	条(翅)数	巻数	直径 (mm)	ピッチ (mm)	ピッチ角 (0.7R)	1000RPM時		備考
							推力(g)	絞り目盛 (注2)	
TO01	トロイダル・プロペラ (楕円)	2	1	140	—	36	4	4.7	
TO02	同上 (翼型改善)	2	1	140	—	36	4	4.9	
TO03	トロイダル・プロペラ (円形)	2	1	140	—	62	5.5	5.1	
TO04	同上 (3翅)	3	1	140	—	62	5.5	5.1	

(注1): 各ローターは、私の判断でデザインしたものです。「ローター形状一覧表」参照

(注2): 回転数調整用「絞りダクト」の円周を10等分した時の開度を示す。「実験装置・概要」参照