

強化したモーターでの円錐コロ軸受けの推進力の計測実験

発行日 2024年6月6日

グラビティエンジニアリング(株)

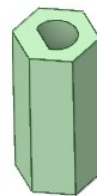
代表取締役 都田 隆 (Takashi TSUDA)

前回までは370モーターを使っていたが、推進力を強化するために、より強力な380モーターや540モーターを使ってみることにした。

540モーターは以前も使っていたが、540モーター自身の回転重力場の影響を減らそうとより小さい370モーターを使っていたが、今回、540モーターでも顕著な推進力が観測できた。(おそらく、以前540モーターで推進力がほとんど観測できなかったのは計測の方法が良くなかった。)

380モーター(直径28mm程度)は370モーター(直径24mm程度)とあまり変わらない大きさながら7.2[v](最大12[v])の入力も可能でかなりパワフルなので使ってみたいものだったが、回転軸の直径が2.3mmと半端で市販の歯車と適合性が悪いし、円柱形のためトルクに耐えられないのがあまり良くない。(370モーターの回転軸は直径2mmで平らな面があるので使っていた。)

この380モーターの回転軸をグラインダーで削ってしまって(危険な作業)、更に内径6mmの歯車に合うような部品を3Dプリンターで作って接合することにした。(何か大きな力がかかって歯車が外れてしまうので、このような部品が必要。モーターとの接合は昔から難しい。540モーターにもこのような部品を今回作った。540モーターの回転軸には平面がある。)



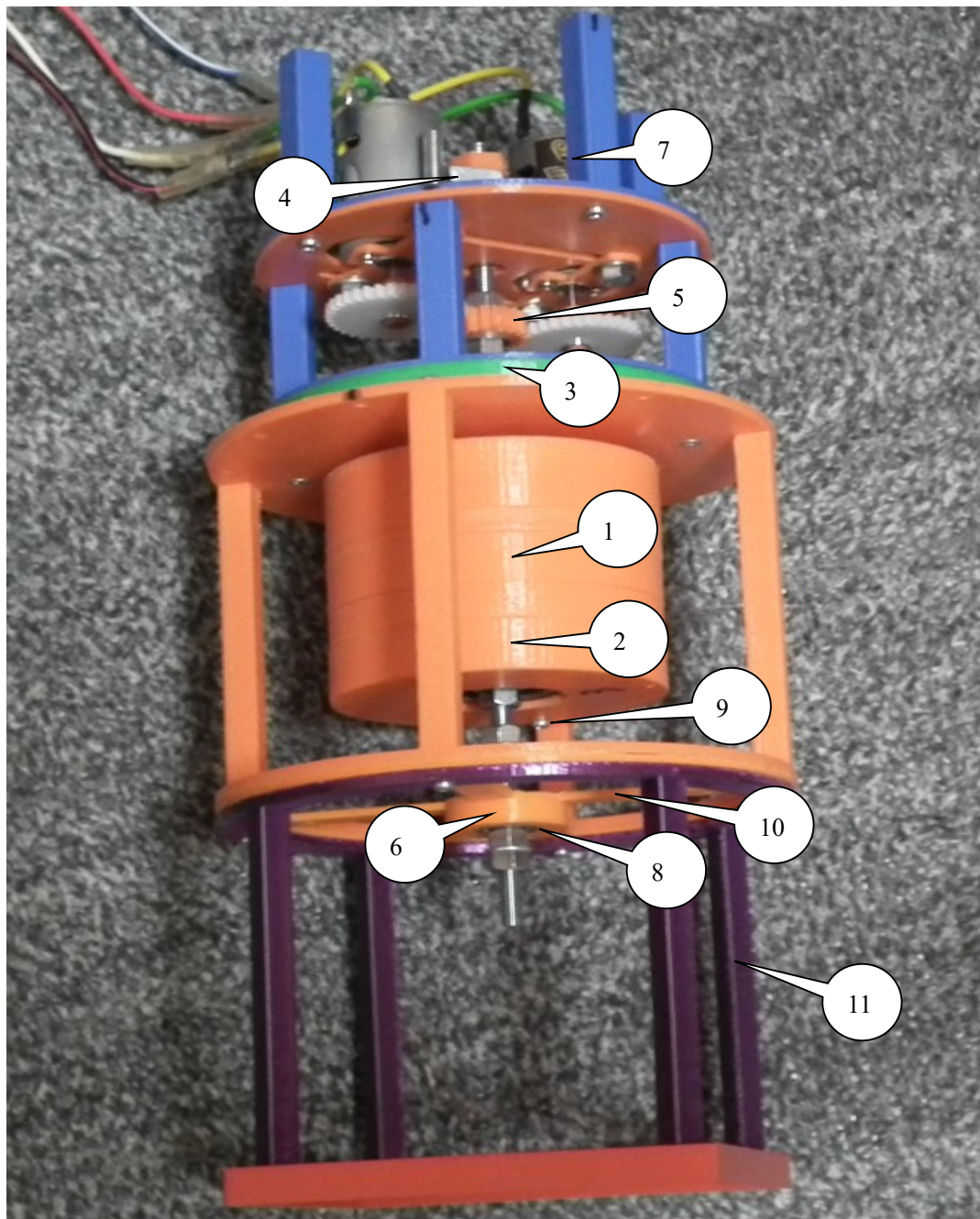
今回は380モーターと540モーターを使って前回と同様のジャンプした実績がある2連装の円錐コロ軸受け(NTN_30306、NTN_30302)による推進力を計測する。強化したモーターでの推進力が得られれば370モーター以上も使えるようになる。

<構造>

■全体構成図

基本的な構造は前回と変わっていないが、以下の2点が大きく異なっている。

- ・ 370 モーターから 380 モーターに変更した (540 モーターも使う)
- ・ 重量計に接続する柱を前回より長くして高床式のようにした

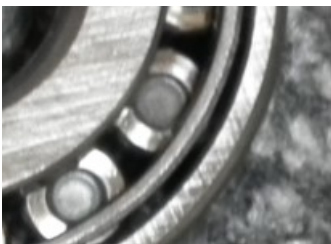
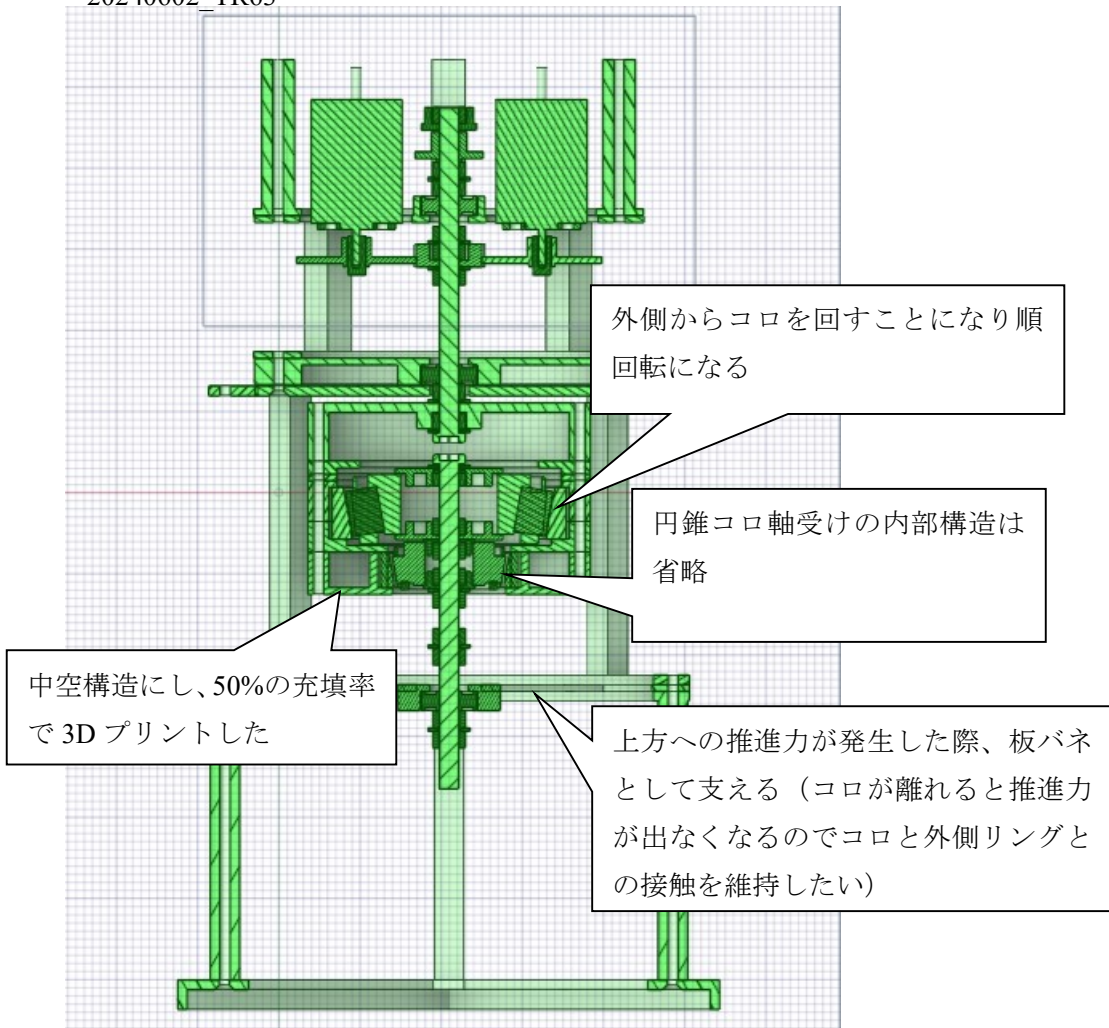


- ①円錐コロ軸受け (NTN_30306) の円盤相当 (外径 72mm、内径 30mm) が内部に入っている。
- ②円錐コロ軸受け (NTN_30302) の円盤相当 (外径 42mm、内径 15mm) が内部に入っている。
- ③内部にベアリングが入っている

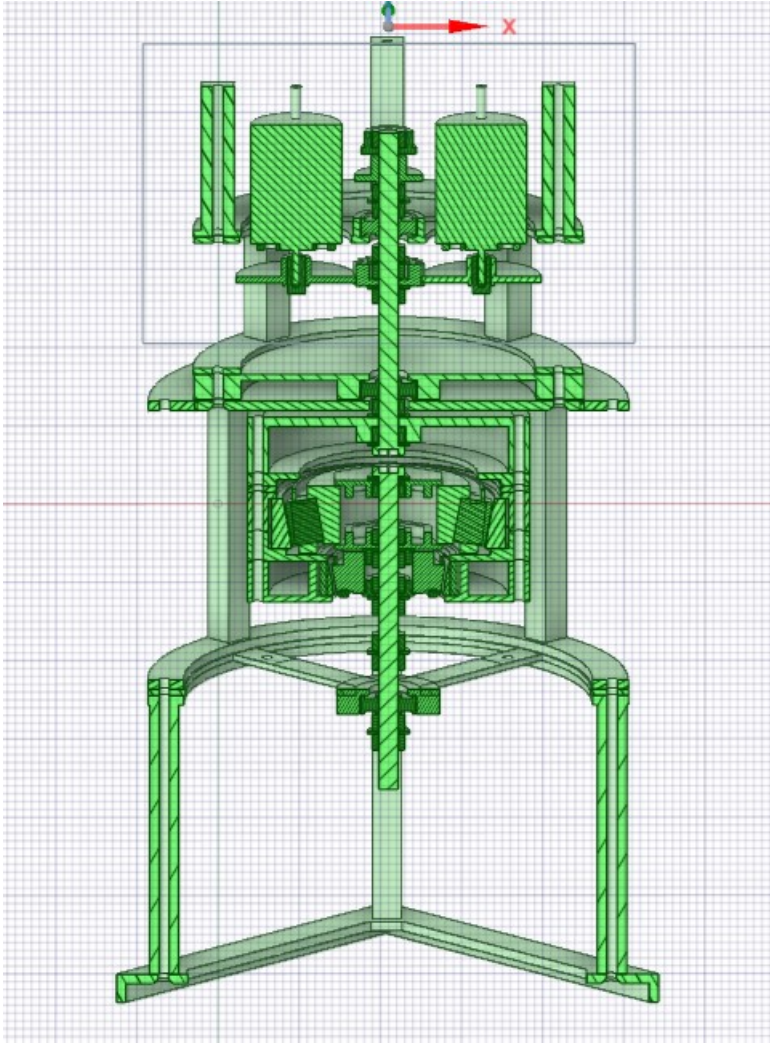
- ④回転数を測るためだけに反射テープを貼り付けた歯車を設置している。上下からナットで固定しており、カバーしているのは回転計が反射を拾うことがあるため。
 - ⑤中心に六角ナットを埋め込んだ歯車を自作した(上下に多少動けるように、中心の精度も少しは上がる)。歯車はモーター側が35歯、タービン側が20歯で減速比は1.75とした。
 - ⑥内部にベアリングが入っている
 - ⑦370より強力になったTAMIYA 380 SPORTS tuned motor、7.2[v]の入力が可能。
 - ⑧今回はこの遊びを無くして板バネの柔構造で2連装の円錐コロ軸受けが飛んで行かないようにし、コロの推進力になるべく維持できるようにすることを狙っている。
 - ⑨太さ3mm、長さ35mm、ナベのタッピングネジで(上下のそれぞれ2本で)固定している。
 - ⑩モーター側と上下から引くように板バネで安定させる。
 - ⑪高床式に柱の足を伸ばした。
- ・ほぼ同型のタービンの重さと内部構造



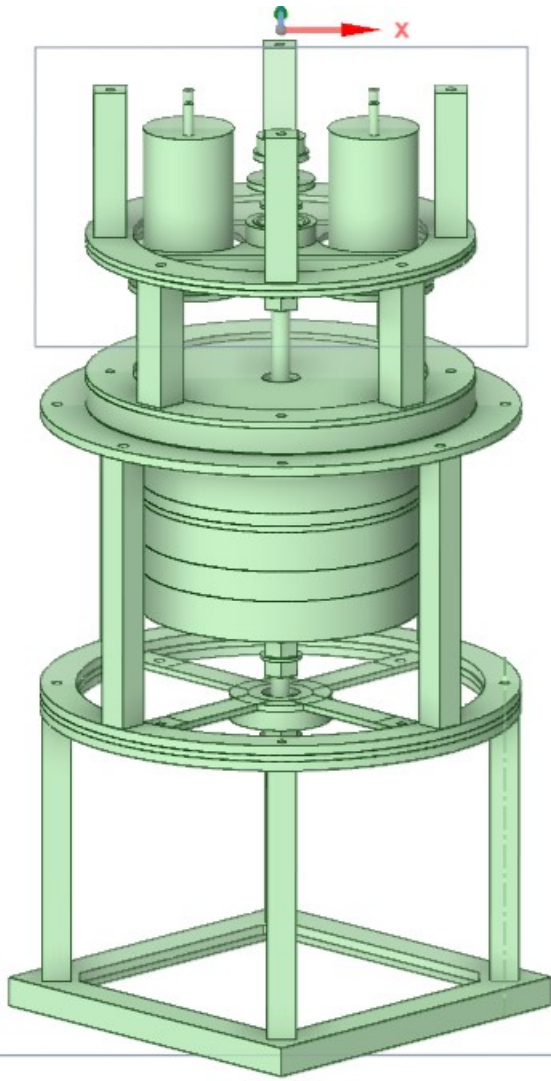
20240602_TR63



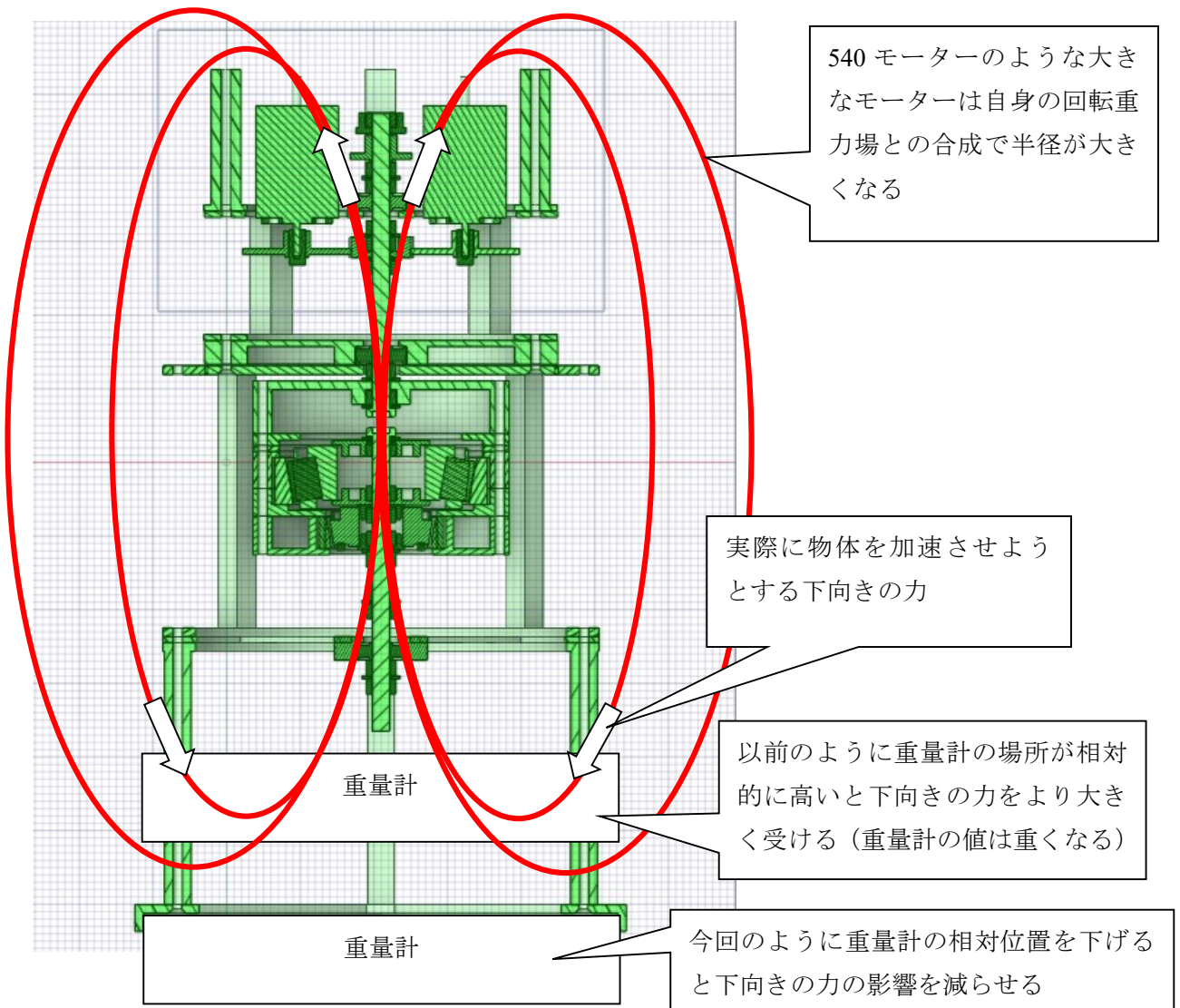
1マスおよそ3mm
(ボルトの直径が6mm、ネジ部分の長さが100mm)
(タッピングネジが省略されているなど実物と少しの違いはある)



1マスおよそ 3mm
(ボルトの直径が 6mm、ネジ部分の長さが 100mm)
(タッピングネジが省略されているなど実物と少しの違いはある)



■ どうして重量計の示す値が本体重量よりかなり小さいのに浮上すると言えるのか



もし、ロケットの下に重量計を置いたなら、発射直後は大きな噴射の力を受けて軽くなることは観測されず、重くなることを観測するだろう。重量計の値が軽くならなくてもロケットは上昇するのであり、同じようなことが重力制御の推進力でも言える。

重量計をなるべく本体から離れた方が回転重力場の影響を小さくできる。

また、上昇力を維持するにはコロを回し続けることが望ましいので、回転軸の上下の遊びを無くすことが重要のようだ。（板バネにより円錐コロ軸受けを戻そうとする力が上方への推進力になり、その板バネにより機械抵抗が大きくなり、それがモーター側の回転数と円錐コロ軸受け側の回転数差を大きくすることになり、コロをより加速させられる。）

<実験>

■実験装置

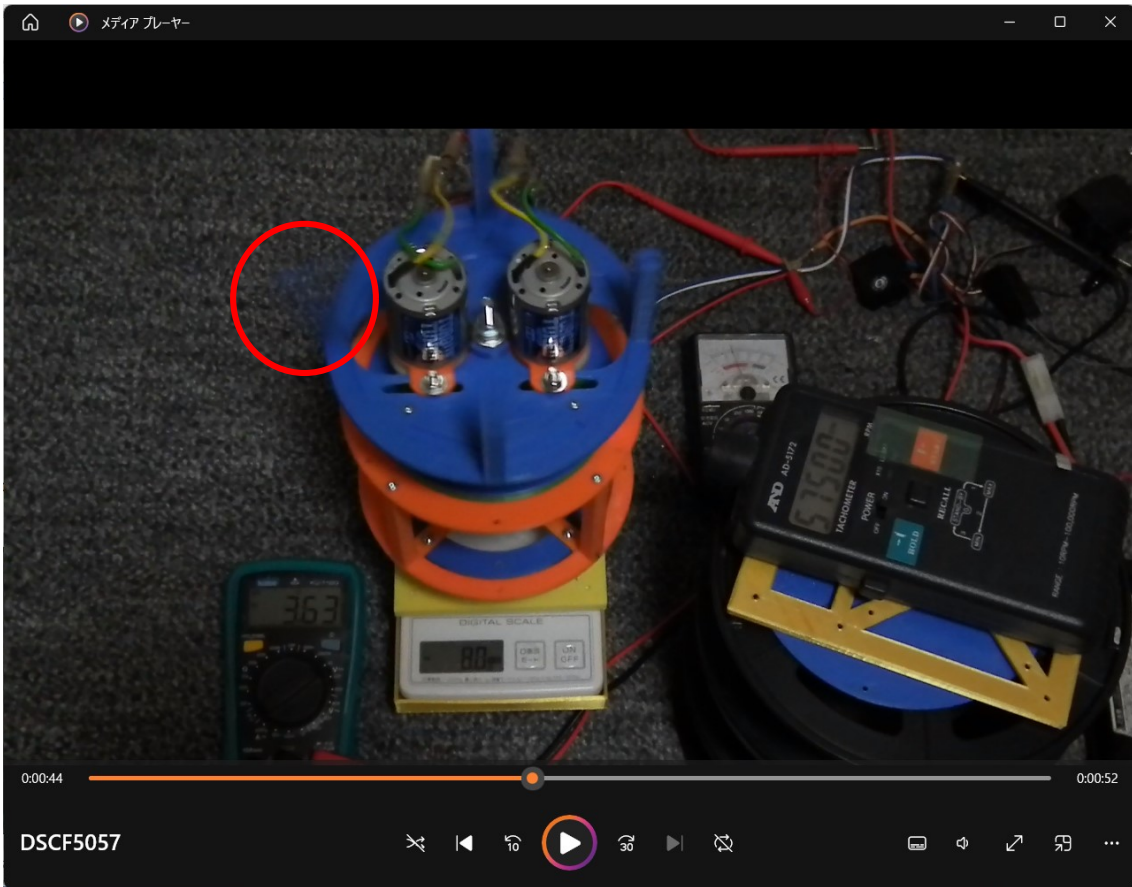


■実験結果

時系列的に以下の5つの動画での実験結果を公開する。最後の(5)の動画が今回の目標的なもの。

- (1) 540_5750rpm_-8.0g_3.63v_低床_上柱外側へ動く_DSCF5057
- (2) 540_6291rpm_-9.8g_3.61v_バースト的推進力_DSCF5071
- (3) 540_6184rpm_3.71v_重量計パニック_DSCF5075
- (4) 380_7110rpm_-19.8g_4.83v_顕著な上方推進力_DSCF5078
- (5) 380_5404rpm_-20.7g_3.09v_エネルギー増幅と上方推進力の両立_DSCF5080

■(1)540_5750rpm_-8.0g_3.63v_低床_上柱外側へ動く_DSCF5057



重量計の液晶の左端には「-」があり、-8.0[g]で軽くなっている。

-8.0[g]、0:44、3.63[v]、5750.0[rpm]

計測値（撮影した動画[/TR63/DSCF5057. mp4]から数値を取得）

No.	電圧[v]①	回転数[rpm]②	(動画の継続時間)	重量計[g]③
1	0.00	0	0:01	0.0
2	2.29	3767.2	0:18	0.0
3	3.63	5750.0	0:44	-8.0

No.1 は、実験開始

No.2 は、重量計の値は 0.0[g]ながら、この辺りで浮上しようとしているのがわかる

No.3 は、上方への推進力がこの動画で最大になったところであるが、上方の青の左の柱（赤丸）が外側に大きくぶれているのがわかる。循環流のような力が生じていることがこの動画から観測できる。

■(2)540_6291rpm_-9.8g_3.61v_バースト的推進力_DSCF5071



重量計の液晶の左端には「-」があり、-9.8[g]で軽くなっている。

-9.8[g]、0:33、3.61[v]、6291.3[rpm]

計測値（撮影した動画[/TR63/DSCF5071. mp4]から数値を取得）				
No.	電圧[v]①	回転数[rpm]②	（動画の継続時間）	重量計[g]③
1	0.00	0	0:03	0.0
2	3.56	6106.3	0:32	-1.2
3	3.61	6291.3	0:33	-9.8
4	1.09	5366.0	0:35	-18.8
5	0.77	3886.4	0:37	0.0

No.1 は、実験開始

No.2 は、重量計の値がマイナスになり始めた

No.3 は、上方へのバースト的な推進力が発生した

No.4 は、何か壊れたような音がしたので実験は中止した

No.5 は、右上のモーターの黄線の電線が外れた

急激な力が発生するとどこか壊れることが多い。

■(3)540_6184rpm_3.71v_重量計パニック_DSCF5075



重量計の液晶の左端には「-」がなく、8.8[g]で重くなっている。(跳ねた反動か)
8.8[g]、0:27、3.78[v]、6184.8[rpm]

計測値（撮影した動画[/TR63/DSCF5075. mp4]から数値を取得）				
No.	電圧 [v]①	回転数 [rpm]②	(動画の継続時間)	重量計 [g]③
1	0.00	0	0:01	0.0
2	3.63	5229.7	0:25	-1.6
3	3.78	6184.8	0:27	8.8
4	1.30	1525.7	0:28	8888.8(エラー)
5	0.75	3514.1	0:31	0

No.1 は、実験開始

No.2 は、重量計の値がマイナスになり始めた

No.3 は、上方へのバースト的な推進力が発生した

No.4 は、重量計がパニックを起こしてエラーになった。また、回転数が低いのは照射位置がずれて計測できなくなったからだろう

No.5 は、歯車に強い力がかかったから外れてしまった

■(4)380_7110rpm_-19.8g_4.83v_顕著な上方推進力_DSCF5078



重量計の液晶の左端には「-」があり、-19.8[g]で軽くなっている。

-19.8[g]、0:30、4.83[v]、7110.1[rpm]

計測値（撮影した動画[/TR63/DSCF5078. mp4]から数値を取得）

No.	電圧[v]①	回転数[rpm]②	(動画の継続時間)	重量計[g]③
1	0.00	0	0:02	0.0
2	3.81	5353.0	0:23	-2.9
3	4.29	6177.8	0:27	-13.8
4	4.83	7110.1	0:30	-19.8
5	0.62	4136.4	0:36	0.0

No.1 は、実験開始

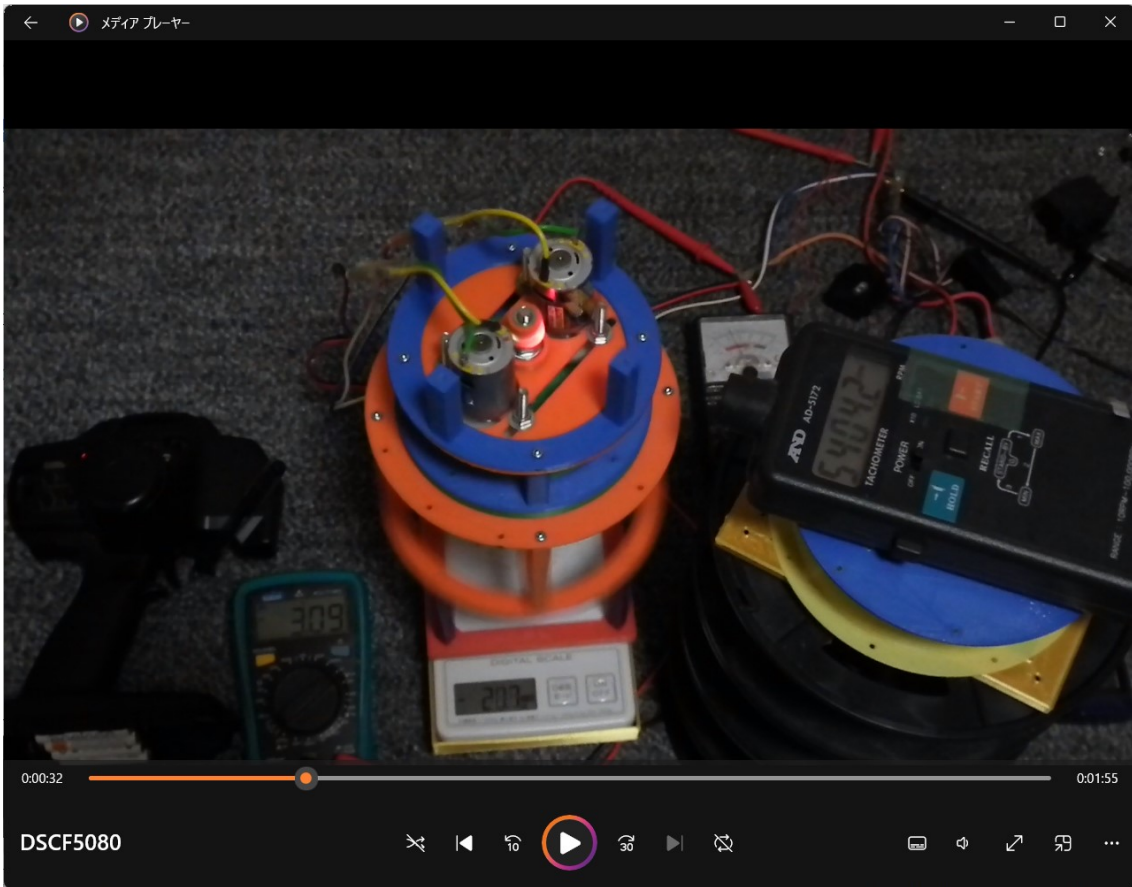
No.2 は、重量計の値がマイナスになり始めた

No.3 は、上方へ10[g]を超える推進力が発生した

No.4 は、上方への推進力が最大級になり、3秒程度推進力を維持した。上方への推進力により重量計から外れそうになると自転しようとし、歳差運動のように螺旋状に動くことになり、上方への推進力の方向が安定せず浮上することはない

No.5 は、回転数を下げると推進力は0.0に戻った

■(5)380_5404rpm_-20.7g_3.09v_エネルギー増幅と上方推進力の両立_DSCF5080



重量計の液晶の左端には「-」があり、-20.7[g]で軽くなっている。
-20.7[g]、0:32、3.09[v]、5404.2[rpm]

計測値（撮影した動画[/TR63/DSCF5080. mp4]から数値を取得）

No.	電圧 [v]①	回転数 [rpm]②	(動画の継続時間)	重量計 [g]③
1	0.00	0	0:00	0.0
2	2.81	1109.5	0:06	0.0
3	3.12	5210.1	0:22	-1.8
4	3.14	5477.2	0:30	-7.6
5	3.09	5404.2	0:32	-20.7
6	2.84	4422.3	0:37	-3.0
7	2.88	4176.3	0:48	-2.2
8	2.85	4289.9	0:54	-2.9
9	0.40	2670.0	1:00	0.0

No.1 は、実験開始

No.2 は、エネルギー増幅の開始（アクセル一定）

No.3 は、重量計の値がマイナスになり始めた

No.4 は、電圧は 2.81[v]から 3.14[v]にエネルギー増幅した。(アクセル一定なのに電圧が上がっている)

No.5 は、-20.7[g]の最大級の上方推進力が発生した。本体の位置も上方へ動いたことが確認できる。(アクセル一定のままなのに)

No.6 は、上方への-20[g]の推進力を維持できないのは、バランスが崩れたことが原因だろう

No.7 は、回転数がピーク後の最低になったが、この後増加に転ずる

No.8 は、上方推進力が低下したことにより安定性を取り戻し、再び回転数は増加し出したが、実験は終了させている。(無限に繰り返してもしょうがない)

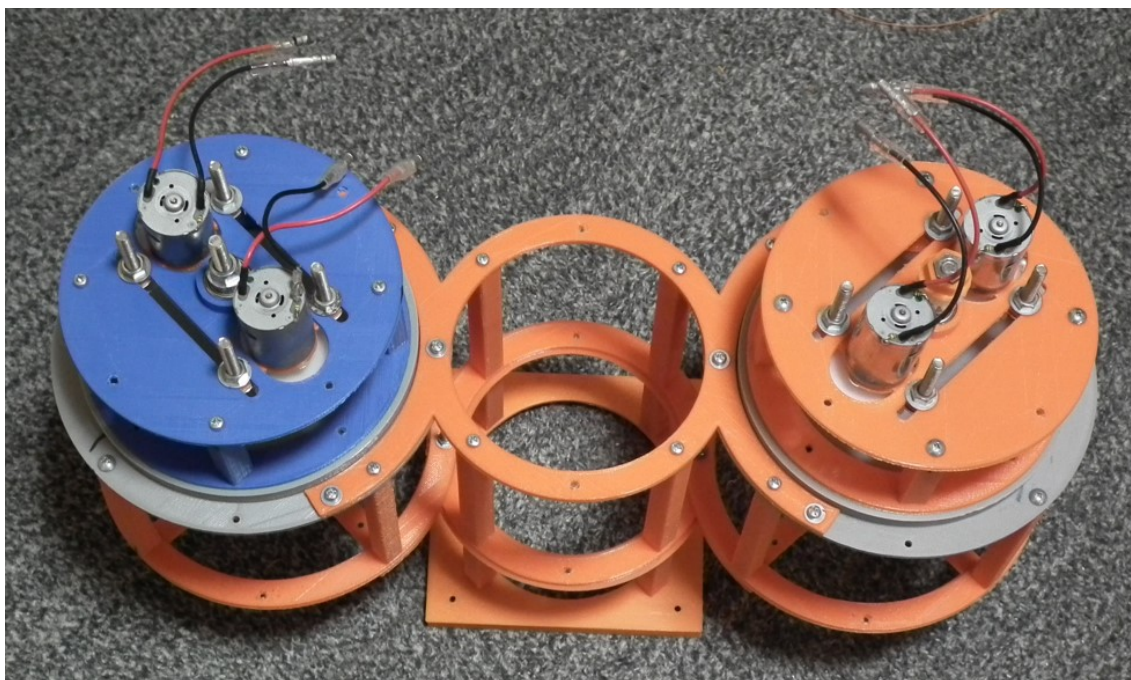
No.9 は、回転数を下げると推進力は 0.0 に戻った

この実験はエネルギー増幅させつつ上方への浮上可能なほどの顕著な推進力を発生させられることを示している。

■おわりに

シングルローターでは浮上すると自転するようなことになるので浮上させられない。
CH-47 輸送ヘリコプターのように2ローターにすればテールローターが無くても安定して
浮上させられるだろう。

2ローターの次回作はほとんどできている。



モーターの換装や高床式の改修を行う。

以上