

2021 年度 高等学院同窓会学術研究奨励金 研究成果報告書概要（WEB 公開用）

高等学院長
高等学院同窓会理事長 殿

研究代表者氏名 [黒木勇人]

学年・組・番号 [3年 1組 12番]

研究課題： 羽ばたき型ドローンの研究とそれらの飛行能力の研究
(英文) Research on flapping type drones and their flying abilities

研究概要：

(研究課題を選んだ動機、達成するための計画・目的・方法等について 200～400 字で記入してください)

羽ばたき型ドローンは虫の飛び方を模範としたドローンです。虫の飛び方を模範とすることで、虫のような高い飛行能力を持てることが期待されています。しかし、モータの回転運動を羽ばたき運動に変換するメカニズムなどがまだ成長中です。僕も羽ばたき型ドローンに興味を持ち、研究してみたいくなりました。

ギアなどの部品は 3D プリンターで印刷します。

回路図は次のようにします。図 2-1 において、⑤のリチウムポリマー電池から 4.2V を送り、⑥のラジオ受信機の並列回路で⑦—⑩のブラシレスモータやサーボモータに 4.2V を送ります。また、⑥のラジオ受信機で受け取ったシグナルを、2つのサーボモータ（回転する角度を調整できるモータ）と、2つのブラシレスモータに送ることで、⑬のラジオ受信機でサーボモータの回転する角度とブラシレスモータのスピードをコントロールできます。⑪、⑫の ESC (Electrical Speed Controller) は、⑥のラジオ受信機からのシグナルをブラシレスモータのために変換したりするために使います。

飛行メカニズムは次のようになっています。図 2-2 において、①のサーボモータ（回転する角度を調整できるモータ）を回転することで、揚力の中心を前後にずらし、ドローンを前や後ろに傾けることで、前と後ろに動けます。

また、図 2-3 のように、左右のブラシレスモータ（回転の速度を簡単に調整できるモータ）のそれぞれの回転の速度を調整することで、羽ばたく速さを左右の羽で変えることができます。すると、それぞれのはねの揚力の強さを調整し、ドローンを左右に傾け、右や左に動くことができます。全体の揚力を強くしたり弱くしたりすることで、上下の動きができます。羽を 4 枚にすることで、2 枚のペアの羽が逆の方向に動くので、反動を打ち消し合い、左右のペアの羽の羽ばたくスピードを変えても、反動でバランスが崩れることはありません。

図 2-4 において、②のサーボモータを回転することで、それぞれの羽の根元が前と後ろに引っ張られ、それぞれの羽の揚力の中心を逆の向きに調整し、ドローンは自分の軸を中心に一回転できます。

図 2-5 のように、羽の一部が引っ張られることで、モータの回転運動を羽ばたき運動に変換します。

研究成果：

(研究の結果概要、結果に対するフィードバックや感想等について 200～400 字で記入してください)

プラスチックの部品は、全て 3D プリンターで印刷しました。

まず、tinkercad.com という CAD ソフトウェアで STL フォーマットの 3D オブジェクトを作ります。(図 1-1) ここでは、直方体などの基本的な形を組み合わせ、複雑な形を作りました。

次に、これらのデータを、スライスソフトウェアを使い、3D プリンターが認識できる g-code に変換

しました。(図1-2) スライスソフトウェアは、cura というスライスソフトウェアを使いました。

全ての部品を印刷した後、(図1-3～図1-12) モータをギアにセットして、無線でモータを制御して回転させたところ、ギアはうまく回転しました。(図2-6)

しかし、クランクが絡まり合い、上手に羽ばたき運動ができませんでした。

学習発表会では3Dプリンターを稼働させ、部品を印刷させました。また、モータの無線コントロールを来た人々に見てもらいました。(図3-1, 図3-2)

その後、ギアの回転運動がうまく羽ばたき運動に変換されなかった問題を解決するため、メカニズムを改善しました。

羽ばたき型飛行体はかなり軽量でないといけません。モータはブラシレスモータだとESC やリチウムポリマー電池が必要で、機体が重くなってしまいます。そこで、図4-1のように、これをブラシモータにすることで、軽量化を図りました。ブラシレスモータなら、ESCは必要ないし、軽量なりチウムイオン電池を使えます。難点はモータのスピードを調整できなくなることです。

また、前に、回転運動が羽ばたき運動にうまく変換されなかったのは、クランクなどの部品の長さの問題があるようでした。羽ばたきメカニズムは、“Evans mechanism”(図4-2) をもとに新しいものとししました。クランクの数が増えますが、モータの回転運動がしっかりと羽ばたき運動に変換されると考えられます。

最後に飛行メカニズムは、モータが一つで済むように、2枚の羽が一定の速度で羽ばたき続け、サーボモータが尾翼の角度を調節することで、飛行をコントロールすることにしました。

前と同じ方法で新しいメカニズムの部品の3Dデータを作りました。(図5-1～図5-5) これをこれから印刷していこうと思います。

今年の研究では、3Dプリンターで部品を印刷し、それを組み立てることができました。また、モータを無線コントロールすることができました。しかし、まだこの2つのシステムを組み合わせ、羽ばたき運動をさせることを達成していません。それはこれから改善されたメカニズムを使って成し遂げたいです。

同窓会奨励研究金を頂けたおかげで、この研究をすることができ、とても感謝しています。また、3Dプリンターの使い方や、モータの無線コントロールの仕方を学ぶことができ、とても良い経験になりました。この研究を通じて、機械工学や航空宇宙工学に興味を持つようになりました。皆様のおかげです。本当にありがとうございました。

また、研究をサポートしてくださった竹田淳一郎先生や、中学理科部の先生方にとっても感謝しています。

研 究 者 : (以下の、代表者・分担者は学年・組・氏名を明記する)

研究代表者 3年1組12番 黒木勇人

研究分担者 3年1組5番 海野佑太

担当教諭 竹田淳一郎 (受給額 : 25000 円)

※研究課題、研究概要、研究成果、研究代表者名がWEB ページ上で公開されることに同意します
(次のページに続きます)

研究成果写真 :

(研究過程がわかる写真や、研究結果がわかる写真などを数点貼り付けてください)

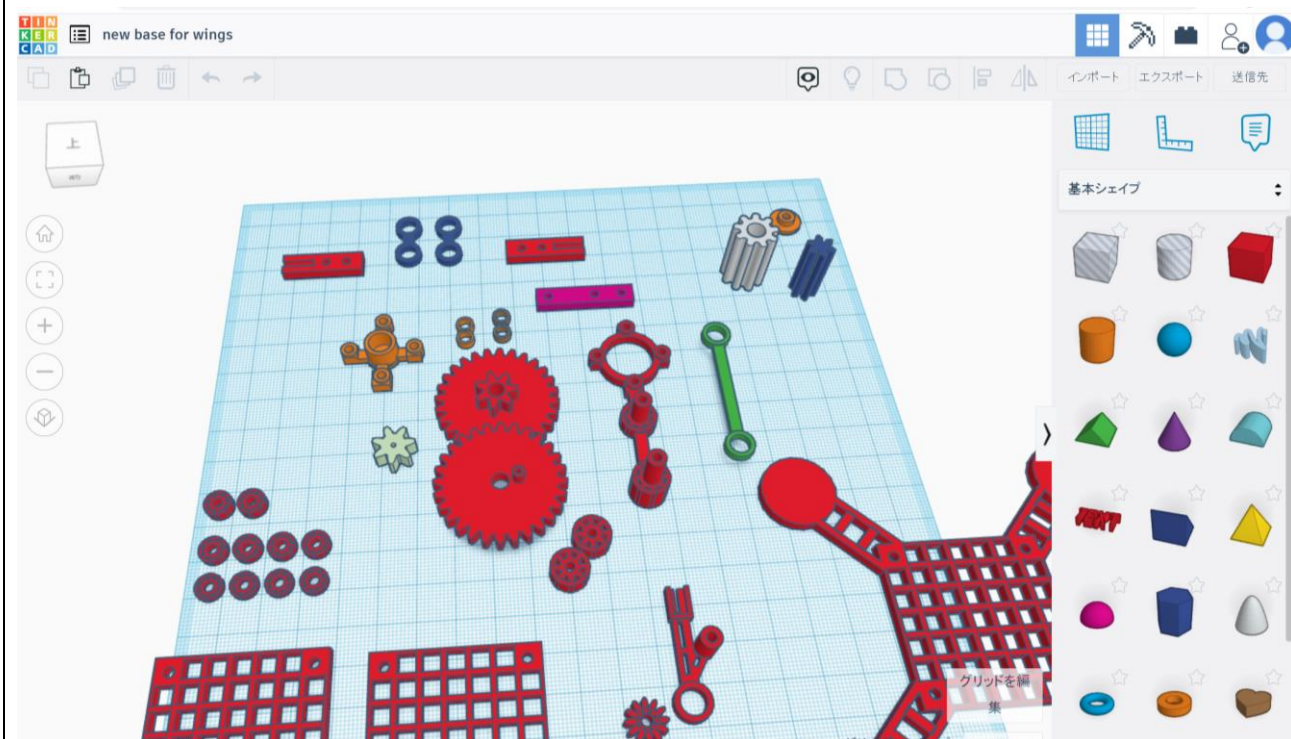


図 1 - 1

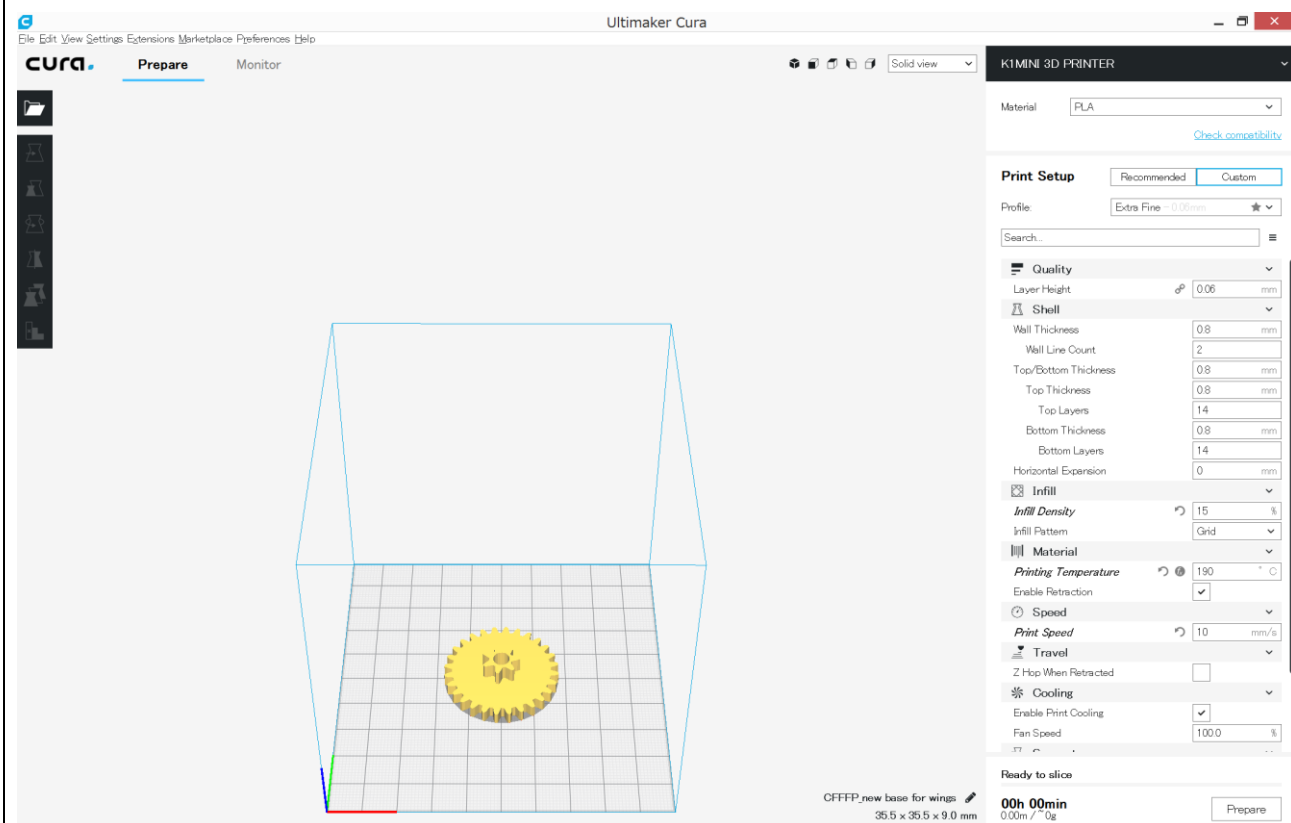


図 1 - 2



图 1-3



图 1-4



图 1-5



图 1-6



图 1-7



图 1-8

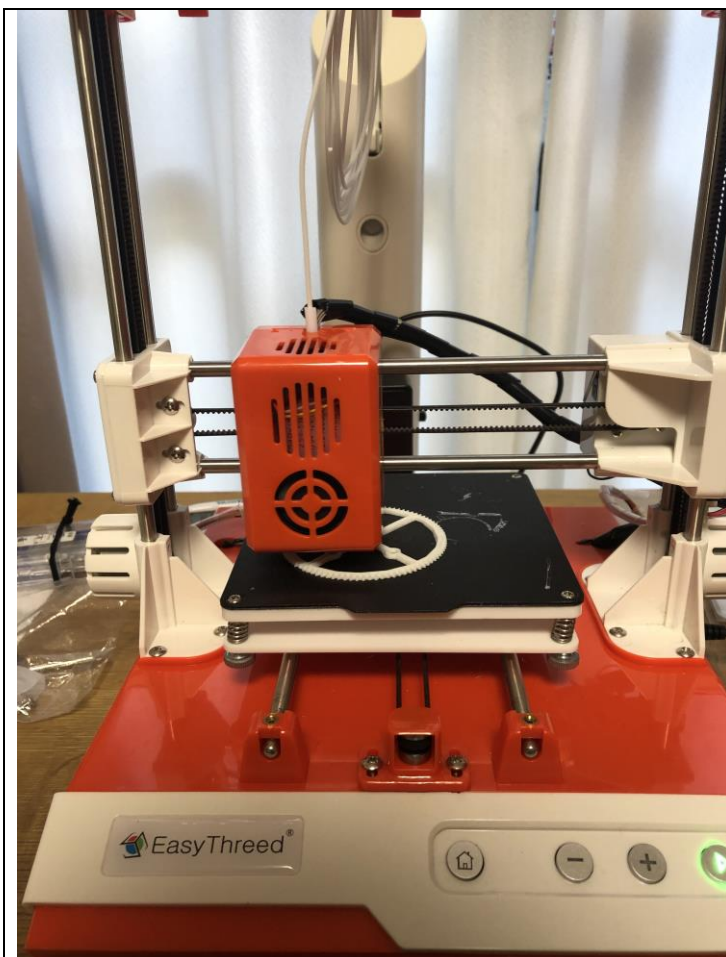


图 1-9

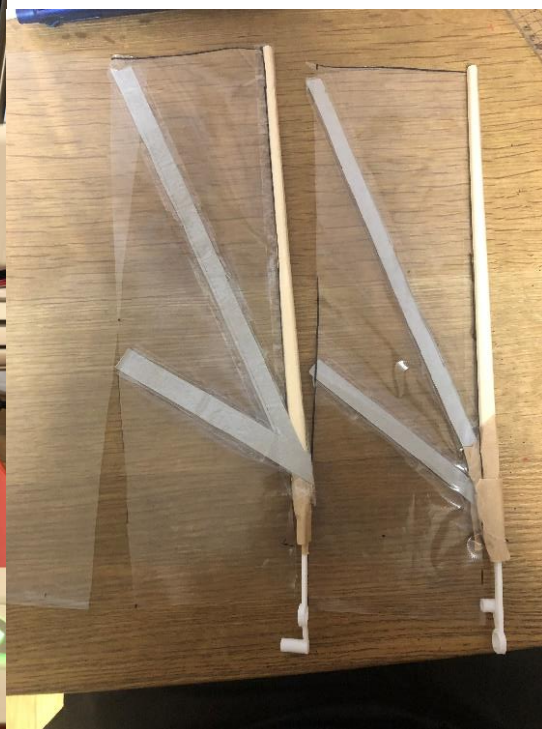


图 1-10



图 1-11

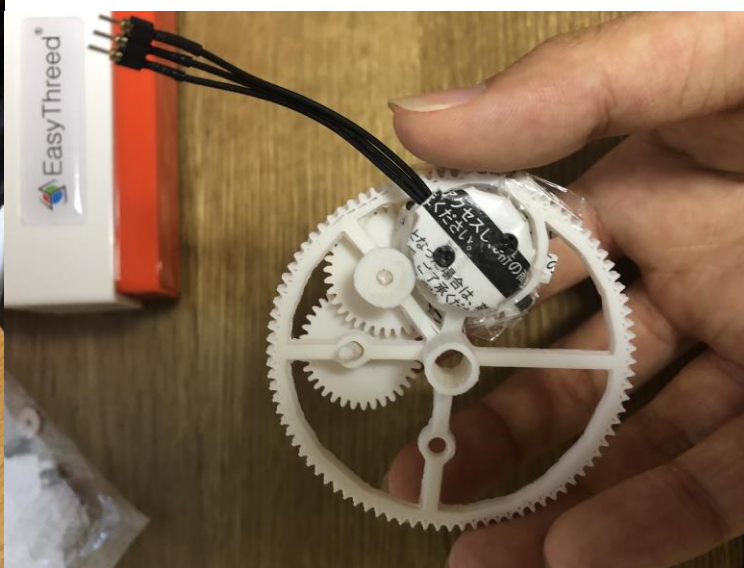


图 1-12

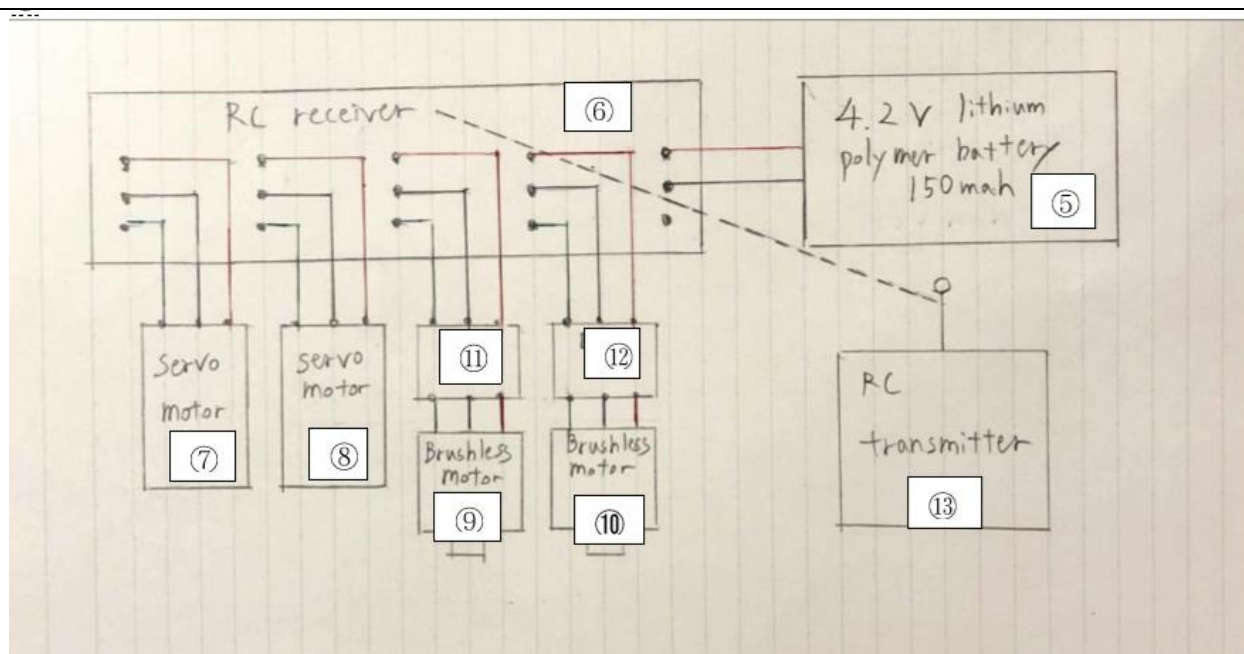


图 2-1

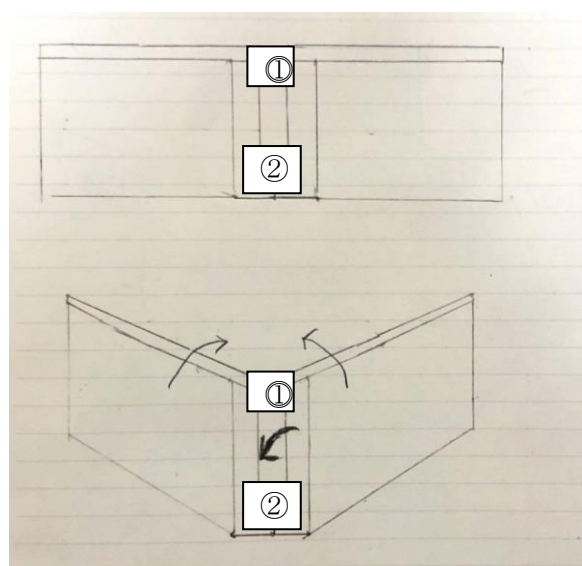


图 2-2

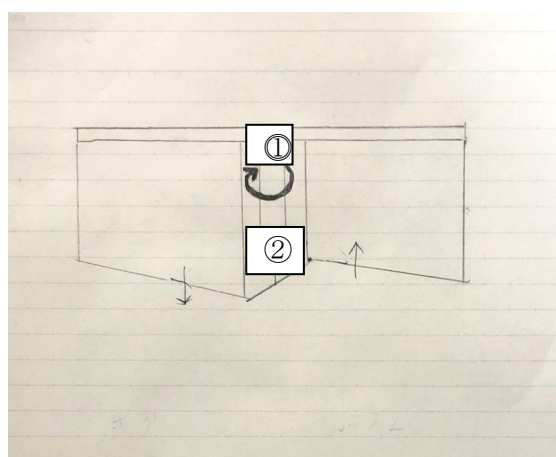


图 2-4

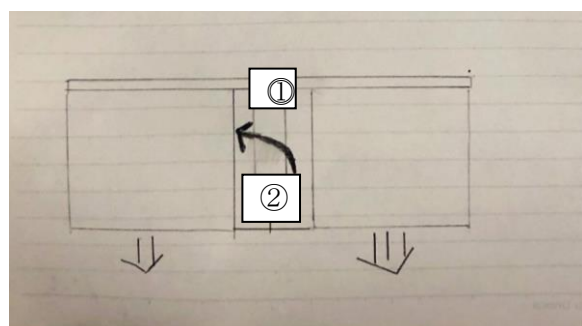


图 2-3

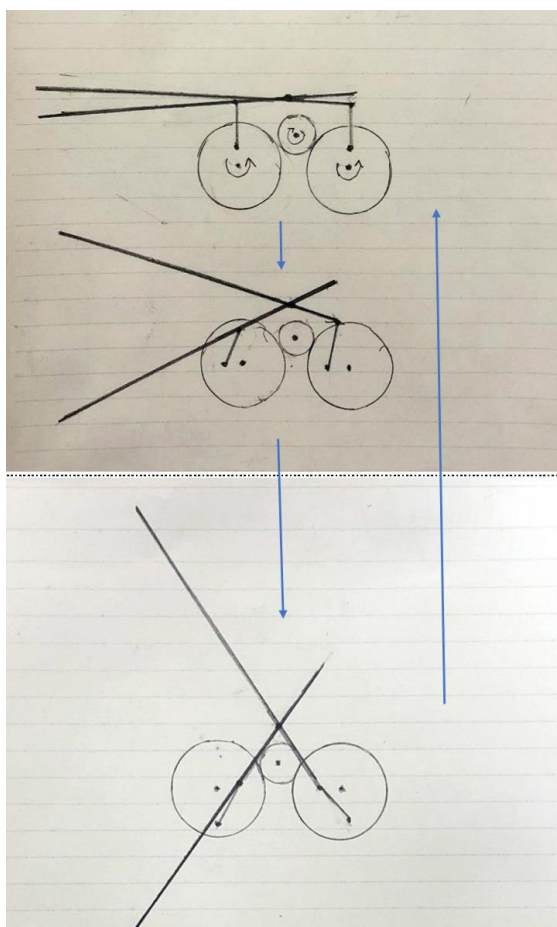


図 2 - 5

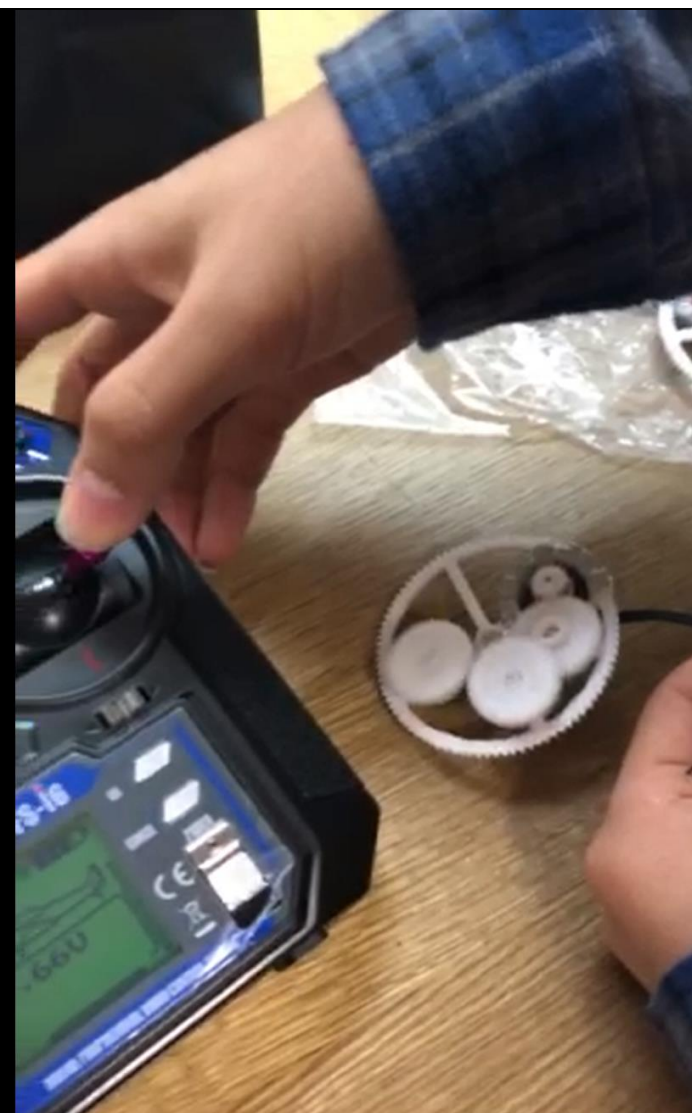


図 3 - 1

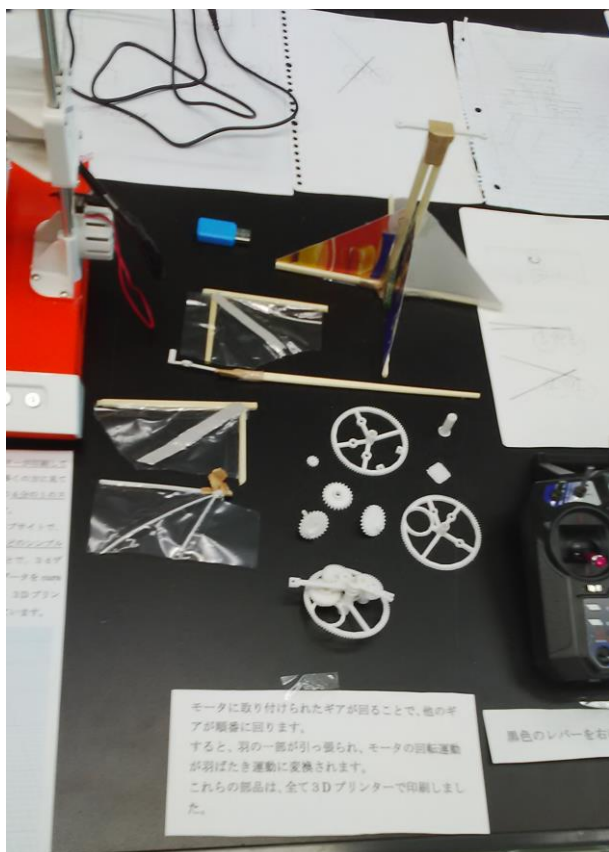


図 3 - 2

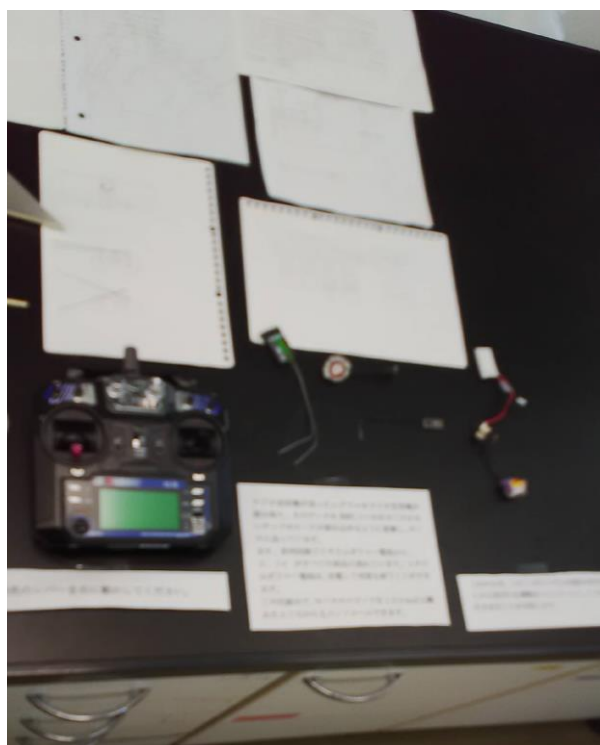


図 3 - 3

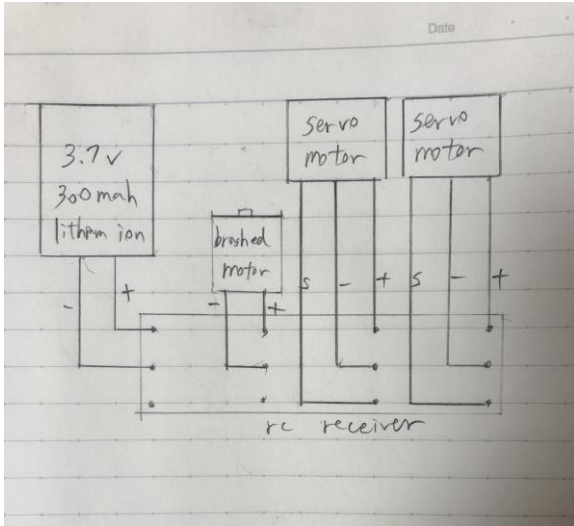


图 4-1

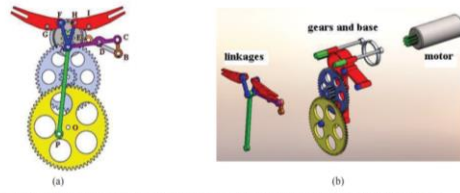


Figure 8. (a) FBL with Evans straight line mechanism assembly; (b) Exploded view of mechanism

Table 3 Dimension of the flapping mechanism with Evans straight line mechanism

Component	Size (mm)
1 st bar (OP)	2.5
2 nd bar (PA)	19
3 rd bar (AF)	5.516
Wing bar (FG)	3.25
Control short bar (DE)	2.5
Control medium bar (CB)	3
Control long bar (AC=AD+CD)	11.475=7.225+4.25

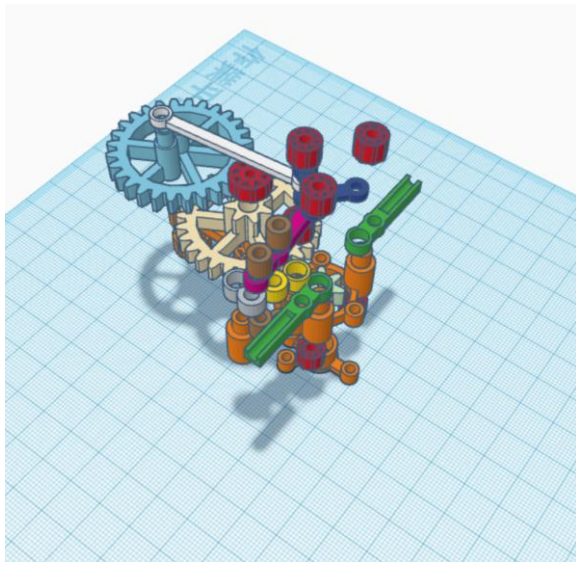


图 4-3

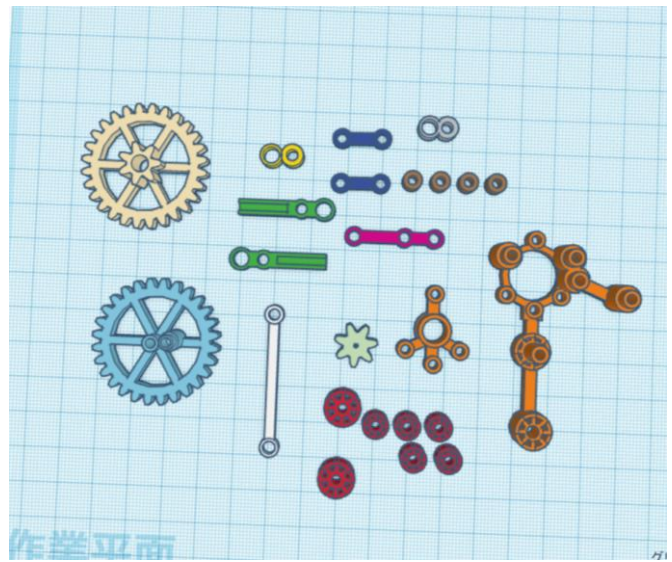


图 4-4

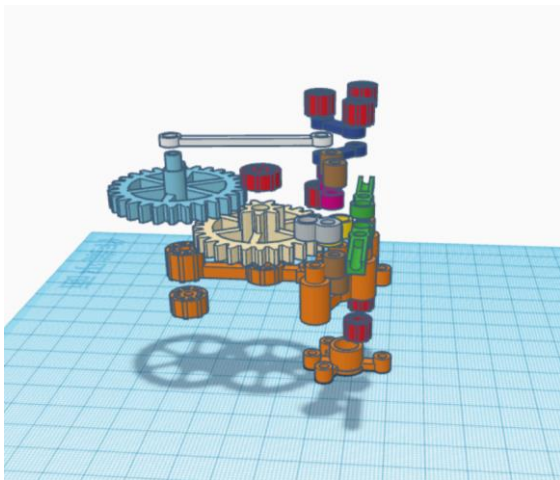


图 4-5

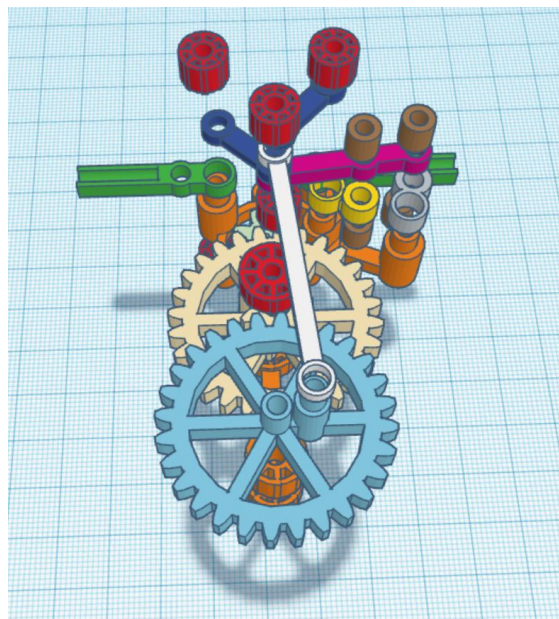


图 4-6

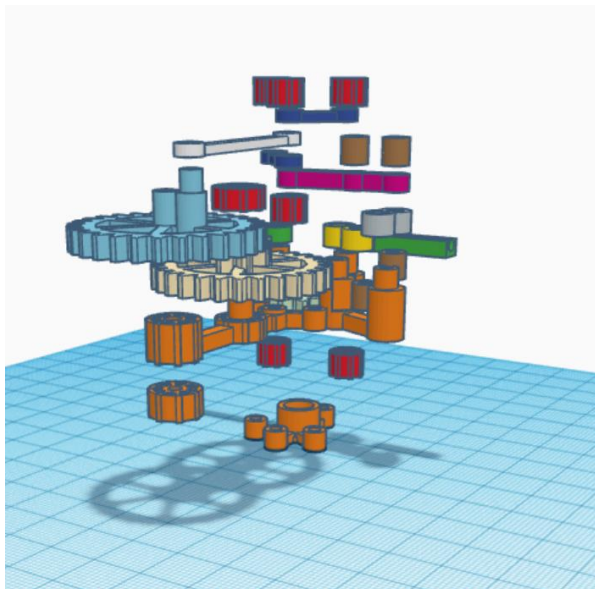


图 4 - 7

8 : 文献

<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1260/1756-8293.7.2.181>

Lung-Jieh Yang , Balasubramanian Esakki, Udayagiri Chandrasekhar, Kuan-Cheng Hung , Chieh-Ming Cheng
“Practical Flapping Mechanisms for 20 cm-span Micro Air Vehicles”