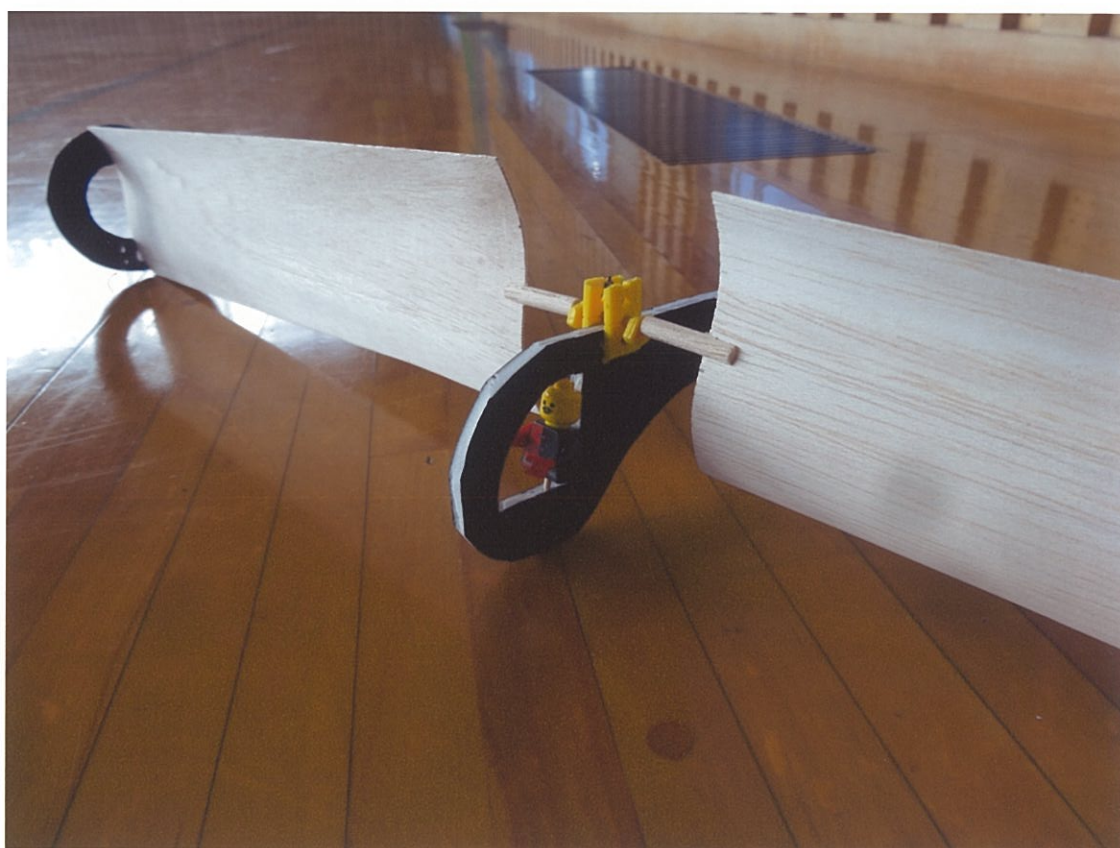


飛ばそう！クルクルグライダー

～主翼の回転するグライダーに、レゴ人形を乗せて滑空できるか～



愛知県 東海市立 加木屋中学校 3年

服部 泰知

飛ばそう！クルクルグライダー ～主翼の回転するグライダーに、レゴ人形を乗せて滑空できるか～

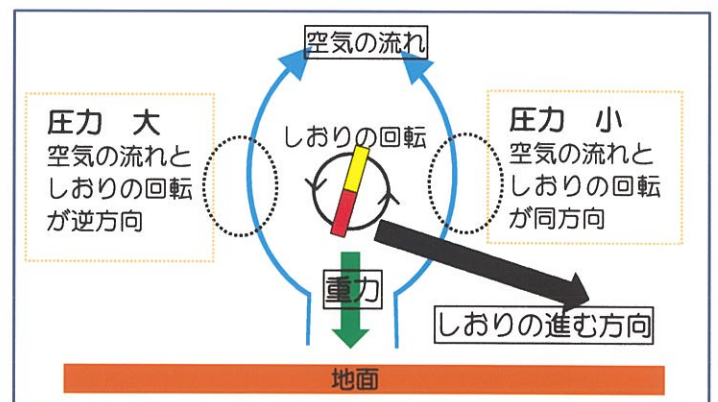
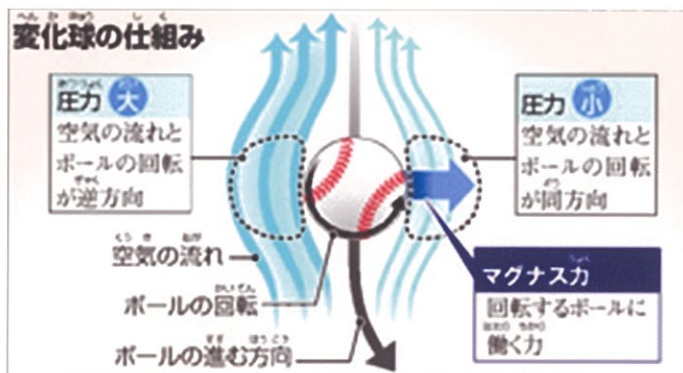
はじめに

学校でたまたま紙のしおりを落した時に、くるくる回転しながら前進して飛んでいくのを見たことがあった。その時に、この原理を使って主翼の回転するグライダーをつくれなにかと思いついた。主翼が回転するグライダーなんて見たことがないからとても面白そうと思った。

[1]なぜ、しおりはくるくる回転しながら飛んだのか

1・仮説1 カーブボールの原理について

なぜ、しおりは回転しながら進むのか考えてみた。まず、野球のカーブボールの原理ではないかという仮説を立てた。カーブボールの原理は、ボールが進みながら回転することによって気圧の変化が生まれ、ボールが気圧の低い方に流れるというものである。しおりも何かの拍子に外部から力が加わって少し回転したことにより、気圧差が生まれ前進しているのではないかと考えた。

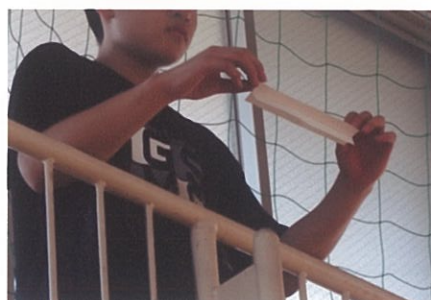


朝日新聞社「ののちゃんDO科学」より引用

しかし、紙は軽く、空気抵抗でどんどん回転が減速してしまい、野球ボールのように何回転もできないのではないかと考えた。もの数回転で回転が止まって落下してしまうはずである。カーブボールの原理では、しおりの回転の持続を説明できないと思った。

確かめるために十字に組んだ紙に回転をかけて落としてみた。もし、カーブボールの原理で回転しているのなら、十字に組んだ紙でもしおりのように回転しながら進むはずである。

結果は、はじめに加えた回転が持続している間は少し前に進んだが、空気抵抗で回転が止まりすぐに落下した。ぼくが以前見たしおりは、落下せず数メートルは回転しながら前に進んでいたことから、カーブボールの原理によってしおりが回転しながら進んでいたのではないと分かった。



2・仮説 2 滑空について

次に、滑空に注目してみることにした。

滑空とは

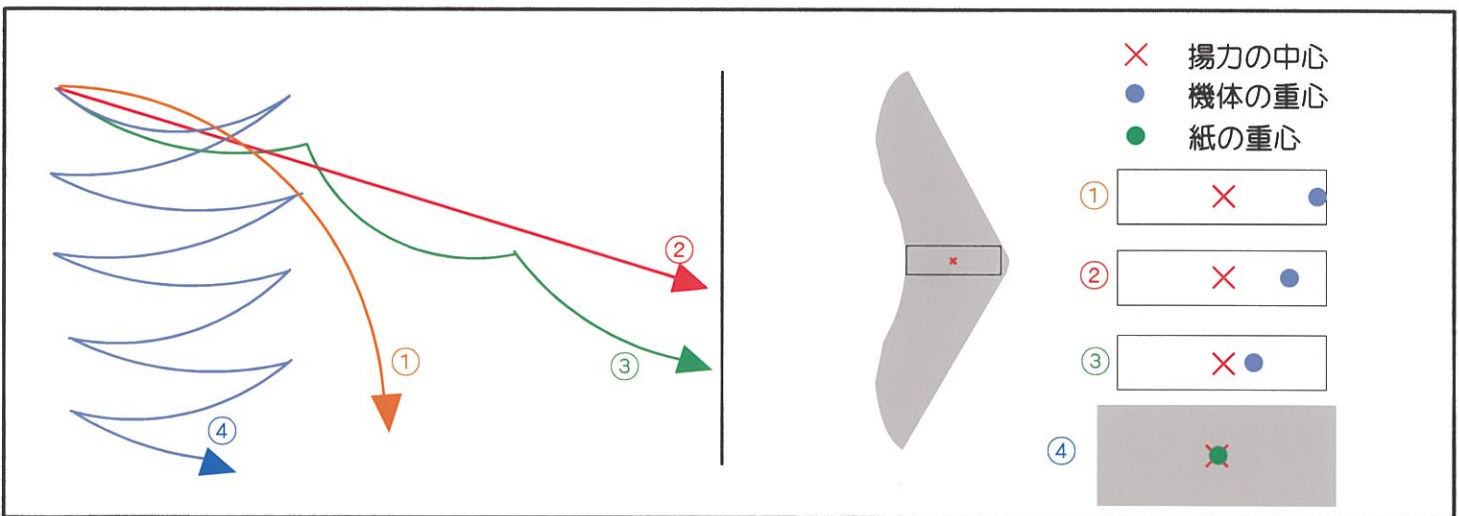
【飛行機や滑空機（グライダー）がエンジン推力のない状態で、ゆるい角度で降下すること。】ブリタニカ国際大百科事典より引用

【航空機がエンジンの力によらずに、上昇気流や地面に対して一定の角度で降下することによって揚力を得て空を飛ぶこと。空中滑走。】大辞林 第三版より引用

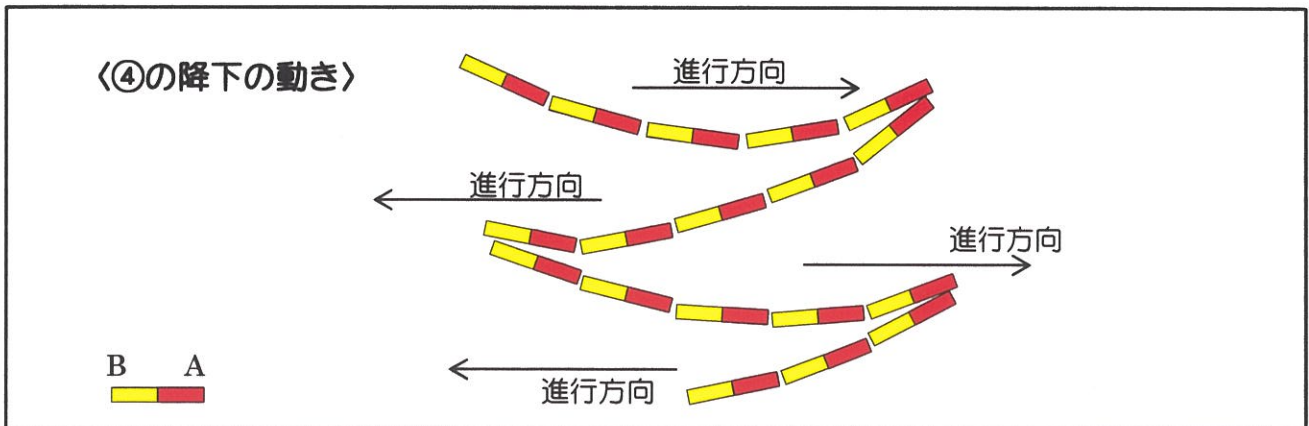
滑空の種類

僕は小学校4年生の時、ものすごくグライダーを作ることに熱中していた。毎日作って飛ばして遊んでいた。家でも学校でも、どうしたら飛距離を伸ばせるか考えて何個も作って試していた。何回も飛ばしている中で、飛行の軌道に3通りあることに気が付いた。①の滑空は急降下する。②の滑空はまっすぐに飛ぶ。③の滑空は波打ちながら飛ぶ。この違いは、揚力の中心と機体の重心の位置によって決まることが分かった。

あと、グライダーではないが、何もおもりのついていないただの紙を落とすと、紙は左右にひらひらしながら降下する。この場合は揚力の中心と紙の重心が同じ位置である。これを④の降下とする。

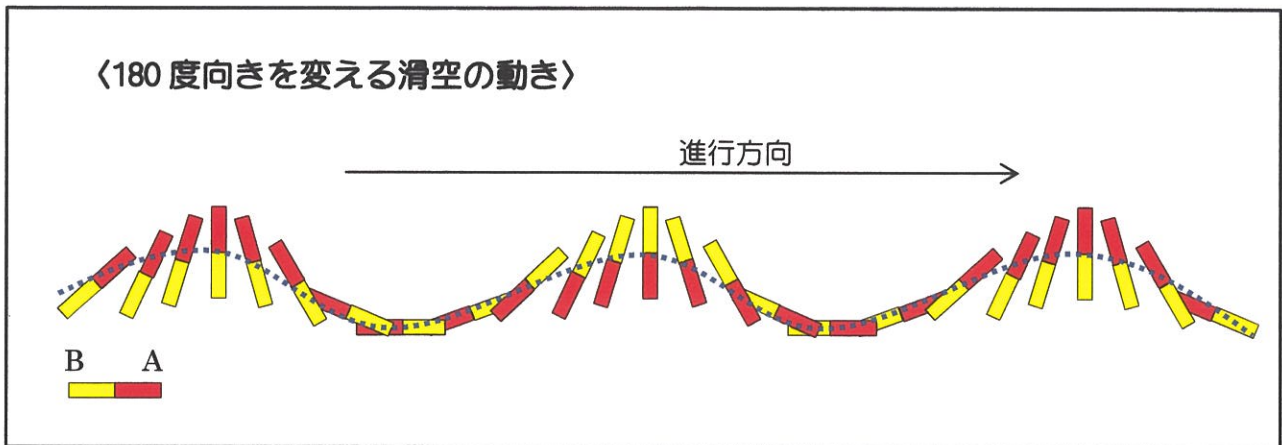


④の降下の動きは、左右に行ったり来たりする。A と B が交互に前になる。A が前に進みながら上を向くと、B が前になって逆向きに進み上を向く。これが繰り返され、前進することはない。A と B の滑空を左右に連続させながらゆっくり落下していく。



僕は何回もグライダーを自分で作って飛ばした経験から、しおりが回転しながら進んだ理由は、④の降下の特別な場合なのではないかと仮説を立てた。④の降下と同様に、しおりも揚力の中心としおりの重心は同じ位置である。そして、前進する時 A と B が交互に前になるが、④の降下とは違う動きをする。A が前に進みながら上を向き、地面との角度が垂直になる。その後、B が前になって同じ方向に進み上を向き、地面との角度がまた垂直になる。これが繰り返され、前進していく。つまり、しおりは、180度向きを変えながら A と B

の小さな滑空を連続させ前進しているのだと思う。軌道は、とても小さく波打つように進むと考えた。

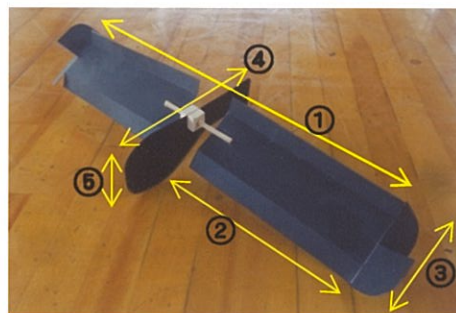
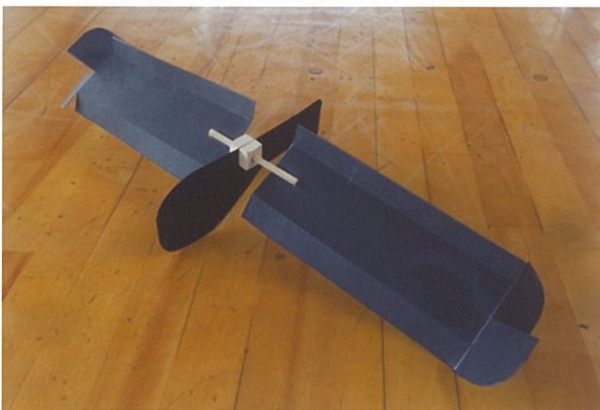


確かめるために、幅の広い紙（縦10cm×横30cm）に回転をかけて落してみた。幅を広くすることで回転数を下げ、目で見て観察した。仮説で予想した通り、紙が小さく波打つように、回転しながら滑空していることが確認できた。



[2]主翼が回転するグライダーを作る

1・クルクルグライダー1号



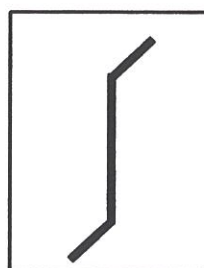
- ① 羽全長 24.2 cm
- ② 片羽の長さ 10.9 cm
- ③ 羽の幅 5cm
- ④ 胴体の長さ 10.6 cm
- ⑤ 胴体の高さ 3.9 cm

主翼を回転させながら飛ぶグライダーを作ってみた。羽は画用紙を利用して作成した。羽の形状は、回転を促すために、羽のふちを反対方向に折ることにした。

また、胴体をつけることにした。羽だけだとまっすぐ飛ばないため、胴体を中心に付けて舵の役目を持たせるようにした。

連結部分の構造は、2枚の羽を竹ひごでつなぎ、胴体を取り付ける部品を木で作成し、木と胴体に穴をあけ竹ひごを貫通させてある。

飛んでいる時に羽がくるくる回る様子から、主翼が回転するグライダーをクルクルグライダーと名付ける。これは1号目なので、クルクルグライダー1号とする。



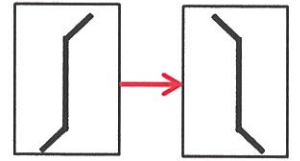
横からの羽の形状



連結部の構造

2・よく飛ばすにはどうすればよいか

家でクルクルグライダー1号を飛ばしてみると、主翼を回転させながら前に飛ばすことができた。さらに、羽の形状を反転させる（羽のふちを折った部分を逆に折り返す）と、バックしながら飛んだ。バックできる理由は、揚力の中心と機体の重心が同じ位置だからである。飛行機はバックしながら飛行できないので、この点はクルクルグライダーの面白い特徴だと思う。

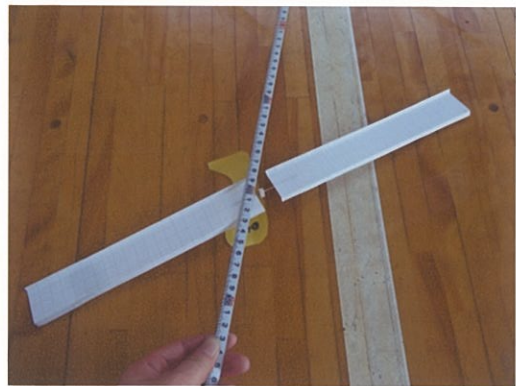


飛ばしているうちにもっと遠くに飛ばしたくなった。そこで、クルクルグライダー1号を改良して、新たにグライダーを作ることにする。そのために、どんな羽が一番よく飛ぶのか、羽の幅を調べてみることにする。クルクルグライダー1号は羽を画用紙で作成していたが、もっと薄い紙で作った方が飛距離を伸ばせるのではないかと考えたため、ノートの紙を使って幅の異なる羽を5種類作り実験してみることにした。

実験方法

体育館の2階のベランダの柵の上(高さ430cm)からグライダーを飛ばす。主翼を持っていた手を離すのみで、勢いをつけて投げたりしない。

飛行開始箇所から垂直に床におろした点を始点にして、グライダーが着陸した地点までの直線距離を計測する。その際、始点からグライダーの中心までの直線距離を測る。

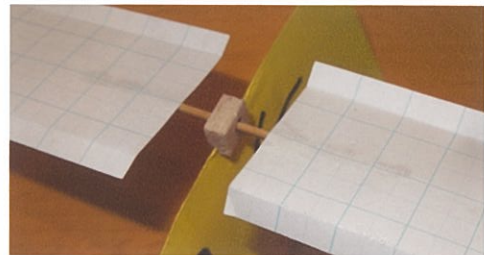


主翼と胴体の種類

主翼は5種類。片方の羽のサイズで、タイプ1(幅2cm)、タイプ2(幅3cm)、タイプ3(幅4cm)、タイプ4(幅6cm)、タイプ5(幅8cm)。どのタイプも長さは22cm。

胴体は、大、小の2種類。連結部の木に切り込みがあり、胴体を差し込んで取り付ける。胴体をいろいろな羽に付け替えられるようになっている。

胴体大はタイプ3、タイプ4、タイプ5に付ける。胴体小はタイプ1、タイプ2に付ける。



予想

羽が細い方が、回転数が増えるから飛距離を伸ばせるのではないかと。そのため、タイプ1が一番よく飛ぶのではないかと。

実験結果

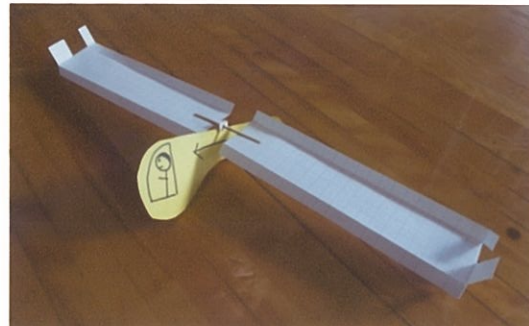
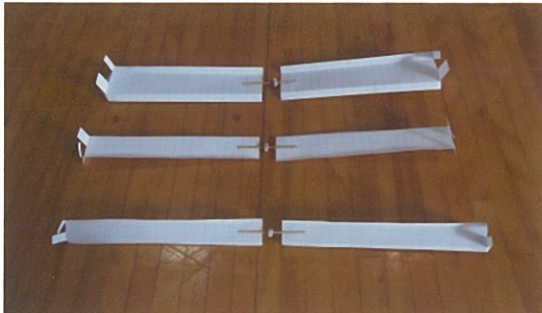
予想がはずれ、タイプ1は連結部の摩擦(竹ひごと木の穴の摩擦)が大きすぎたため、羽が回転せず滑空しなかった。よって、タイプ2、タイプ3、タイプ4、タイプ5の計測を行う。

タイプ5は失速して落ち飛距離が伸びないので、7回目以降計測から外した。

どのタイプも思ったより真っすぐに飛ばず、考えていたより飛距離が伸びなかった。そのため、8回目から、真っすぐに飛ばす工夫として、羽の両端に2cmの切り込みを入れ折り曲げた。羽の両端に切り込みを入れたことで、どのタイプも回転数が上がった。

そこで、9回目から、重量を軽くして飛距離を伸ばすために、すべてのタイプの羽で胴体小を使用した。

〈8回目からの羽の状態〉

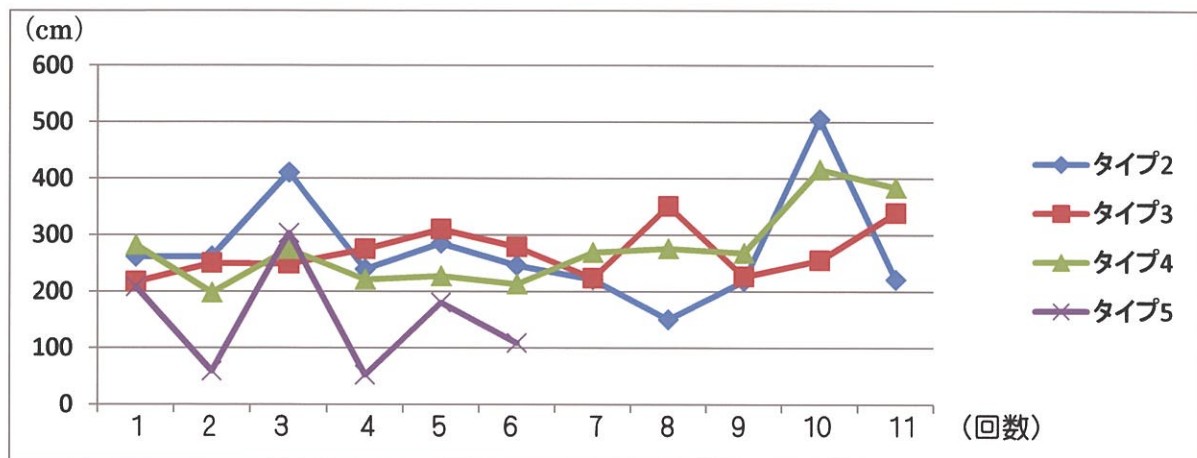


〈異なる羽の幅による飛距離調べ〉

(cm)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	平均
タイプ2	261	262	410	239	285	246	221	150	218	505	221	274
タイプ3	217	250	249	275	310	279	223	351	226	255	339	270
タイプ4	282	198	275	221	227	213	269	276	268	416	384	275
タイプ5	208	59	303	52	180	109						

切り込みあり →
胴体すべて小 →



クルクルグライダー1号も体育館で飛ばしてみることにした。

〈クルクルグライダー1号の飛距離〉

(cm)

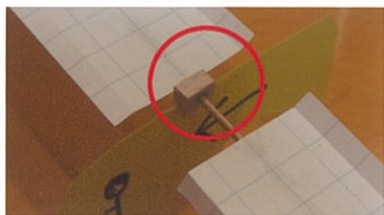
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
1号	347	382	379	361	370	367

3・実験から分かったこと

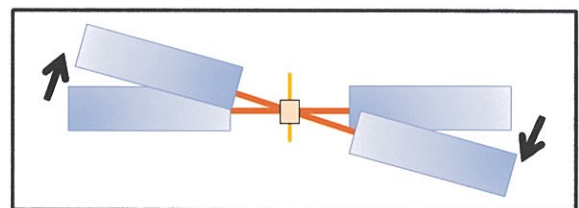
- ①羽は薄い方がよいと思って実験したが、ノートの紙は画用紙より飛距離が伸びなかった。
- ②タイプ5は旋回しやすい。羽の幅が広いと空気抵抗が増し、回転させる力が弱くなり飛距離が伸びないこと

が分かった。

- ③タイプ 3、タイプ 4 は回転数が上がってくると、連結部の摩擦(竹ひごと木の穴の摩擦)が大きくなり、飛行の後半に回転数が下がるが多かった。
- ④タイプ 2 は良く飛行した時もあったが、回転数が上がることで連結部の摩擦(竹ひごと木の穴の摩擦)の影響を受けやすくうまく飛ばないこともあった。
- ⑤羽の回転数が上がると、連結部の摩擦が増し、回転数が落ちる原因となるため、より摩擦の少ない連結部を考えないといけない。
- ⑥連結部の摩擦はゼロにはならないため、1回の回転でたくさんの距離を進ませなければならない。
- ⑦胴体の連結部品が飛行中に動きやすく、羽と胴体がぶつかって回転が安定しないことがあった。
- ⑧連結部で竹ひごが揺れ羽が斜めに動くことがあり、真っすぐに飛ばないことがあった。

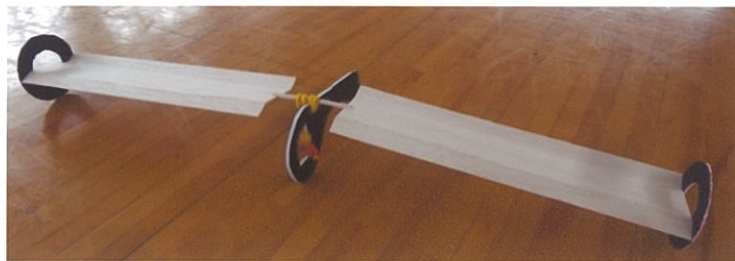


⑦の写真



⑧の図 上から見たところ

4・クルクルグライダー2号



- ① 羽全長 66 cm
- ② 片羽の長さ 30 cm
- ③ 羽の幅 8cm
- ④ 胴体の長さ 15.4 cm
- ⑤ 胴体の高さ 5.6 cm

胴体にレゴ人形を乗せた状態で飛ぶ、主翼が回転するグライダーを作成してみることにする。

工夫① 大きさ

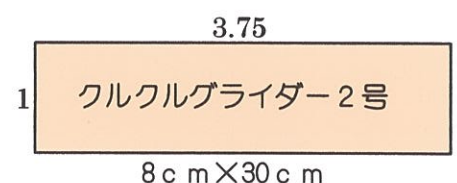
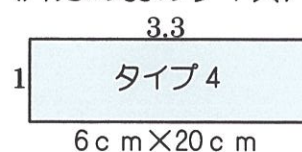
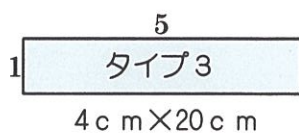
レゴ人形の重さを運ぶために、クルクルグライダー1号より揚力が必要なので、羽の大きさを大きくしようと考えた。上記の実験より、どのタイプの羽の大きさを参考にしようか検討した。

タイプ 2 は最大飛距離を記録したが、回転数が上がり、連結部の摩擦が増しやすいため参考から外した。

タイプ 3 とタイプ 4 は胴体が羽にぶつかって記録が伸びなかったが、胴体が羽にぶつかる前までは、滑らかに飛行していたため参考にしようと考えた。

さらに、タイプ 4 は上下に動く飛行がタイプ 3 より多くみられた点、またタイプ 3 はタイプ 4 より回転数が上がりやすく、連結部の摩擦が大きくなりやすい点の2点を考えあわせて、羽の大きさはタイプ 3 とタイプ 4 の間の値の縦横比を参考に決めることにした。

〈片方の羽のサイズ〉



工夫② 素材

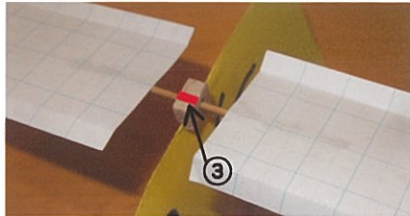
紙は厚みがなく揚力が得られにくいいため、厚さ 1 mm のバルサ材を利用する。また、羽を大きくするため、厚紙だと重く、バルサ材は厚さの割に、軽く加工がしやすいので選んだ。

工夫③ 連結部の揺れの軽減

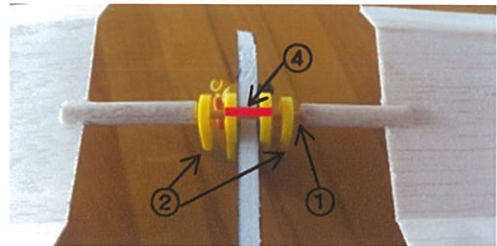
羽が胴体にぶつからないために、胴体をつける部分は竹ひごを使い、羽をつなぐ部分はバルサ材の丸棒を使って段差①を作った。胴体動いても丸棒で止まるようにした。

さらに、ワッシャーの役割に当たる部品②を付け、胴体が丸棒にまったく当たらないようにした。

また、竹ひごが斜めに揺れないように、竹ひごを通す穴の距離を長くした。(③は0.4cm、④は1.1cm)



実験の機体



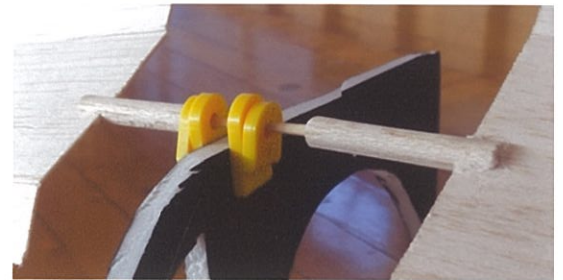
クルクルグライダー2号

工夫④ 連結部の摩擦の軽減

連結部の穴と竹ひごの摩擦を少なくするために、連結部の素材を木からプラスチックに変更した。

また、羽をバルサ材の丸棒でつなげたが、バルサ材の丸棒は太く、穴に接する面積が大きくなってしまったので、穴に通す部分は竹ひごを使用した。金属の細い棒ならより摩擦を減らせるが、金属は重いので、軽くて細い竹ひごを選択した。

さらに、穴と竹ひごの摩擦を減らすために、発砲パネルの胴体に穴をあけるのをやめ、プラスチックの穴にのみ竹ひごを通した。



工夫⑤ 回転の安定

実験より、羽の両端に切り込みを入れると回転が安定したことを受け、羽の両端に垂直方向に発砲パネルを付けた。形は空気が流れやすいように円にした。さらに、軽くするために中心の円を抜き取りドーナツ型にした。また、発砲パネルの厚さを半分にした。



クルクルグライダー2号を体育館で飛ばしてみることにした。



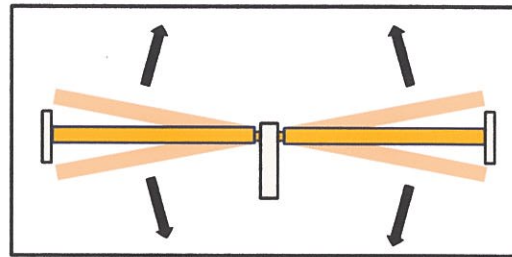
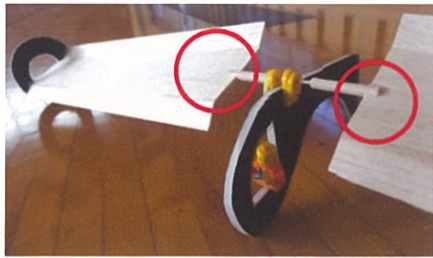
〈クルクルグライダー2号の飛距離〉

(cm)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	平均
2号	334	352	356	340	370	326	302	309	356	329	337

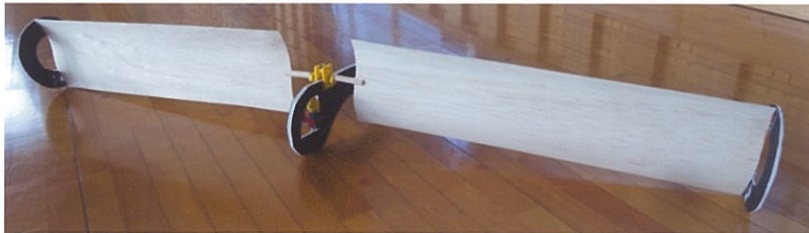
クルクルグライダー2号はクルクルグライダー1号と同程度の飛距離が得られた。

しかし、羽が長くなったことで、連結部が羽の端まで支えにくくなり、滑空中機体が上下に動く動作が生じ、回転数が落ちた。



正面からみたところ

5・クルクルグライダー3号



- ① 羽全長 66 cm
- ② 片羽の長さ 30 cm
- ③ 羽の幅 8cm
- ④ 胴体の長さ 15.4 cm
- ⑤ 胴体の高さ 5.6 cm

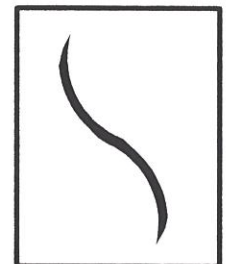
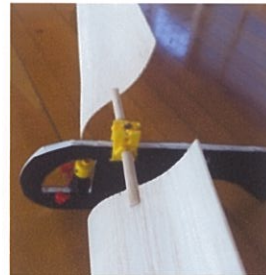
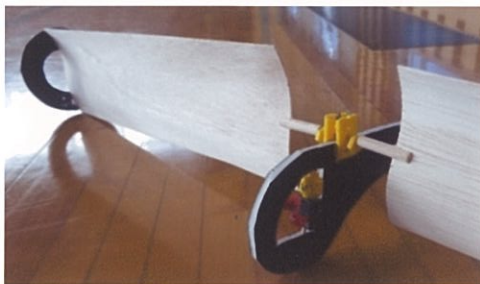
もっとよく飛ばすためにはどうしたら良いのかをさらに考えてみた。

工夫⑥ 曲面

羽の形状を平面ではなく曲面にする。曲げることにより、羽の形が滑らかになるから空気抵抗が減って、飛距離が伸びると考えた。

また、曲面にすることで羽の強度が増し、連結部が羽の端まで支えやすくなるから、無駄な上下運動が減り、飛距離が伸ばせると考えた。

羽はバルサ材厚さ1mmを使用。平面のバルサ材を湿らせS字型のカーブをつける。さらに、羽のはじをやすりで削り、より滑らかに空気が流れるようにした。

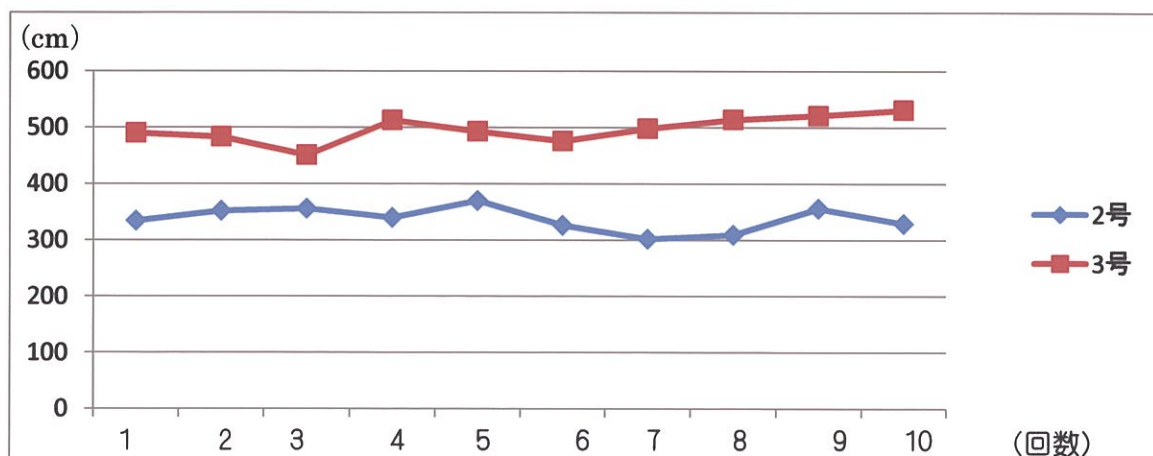


横からの羽の形状

クルクルグライダー3号を体育館で飛ばしてみることにした。

〈クルクルグライダー3号の飛距離〉

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	平均
3号	490	483	451	513	493	476	498	514	521	531	497



クルクルグライダー2号より回転数が安定し、まっすぐ飛ばすことに成功。上下の動きもほとんどなくなった。安定して5mの飛距離を出すことができた。

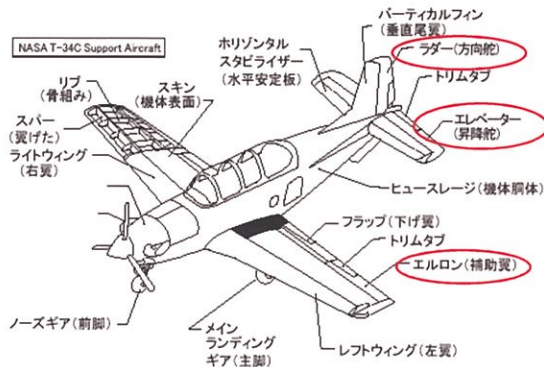
[3]主翼が回転するグライダーを旋回させる

1. どうやったら旋回するか

飛行機は旋回できるが、クルクルグライダーでも意図的に旋回させることができるのか確かめたくなった。

飛行機の旋回の仕組み

【飛行機が飛ぶ方向を変えるために、主翼にはエルロン（補助翼）、垂直尾翼にはラダー（方向舵）、水平尾翼にはエレベーター（昇降舵）と呼ばれる3つの「舵」がついています。これらを上手く利用することによって方向や高度を変え、飛行機は目的地を目指して飛行しているのです。】日本航空月刊誌『Agora』1998～2003年掲載 第30回 [Q]「飛行機はどうやって方向転換するの？」 文 日本航空 一等航空整備士 より引用



「空の日ネット」より引用

http://www.soranohi.net/play/nasa_14.shtml

クルクルグライダー1号、2号、3号をたくさん飛ばす中で、右に飛んだり、左に飛んだりすることが何回かあった。観察すると、右の羽が上がっているときは、左に飛んで行った。また、左の羽が上がっているときは、右に飛んで行った。このことから、以下の予想を立てた。

予想

右の羽と左の羽に高低差があるとき、旋回させることができるのではないかな。

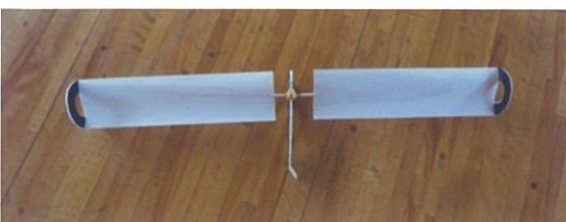
実験方法

クルクルグライダー3号にラダーとエルロンを付けて実験してみる。

- ・ラダー小 (3 cm × 4 cm)
- ・ラダー中 (8 cm × 6 cm)
- ・ラダー大 (12 cm × 8 cm)
- ・エルロン小 (4 cm × 2.5 cm)
- ・エルロン大 (5 cm × 3 cm)



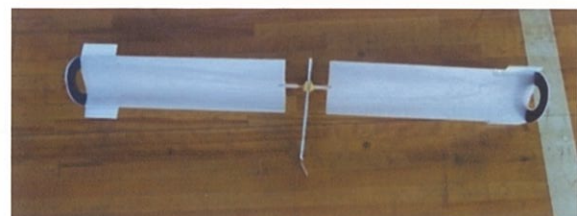
実験① 小さなラダーだけで旋回するか試してみる。



付けたもの：ラダー小

結果：まっすぐに飛び旋回しない。

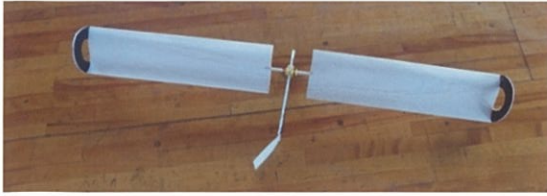
実験② ラダー小のみでは旋回しなかったので、ラダー小に加えてエルロン大を付けてみる。普通、エルロンは羽の後ろ側にしか付いていないが、クルクルグライダーは主翼が回転するため、羽の前後にエルロンをつけた。高低差をつけるために、右側のエルロンは折りたたむ。



付けたもの：ラダー小、エルロン大

結果：エルロンが大きすぎて回転数が落ち墜落した。

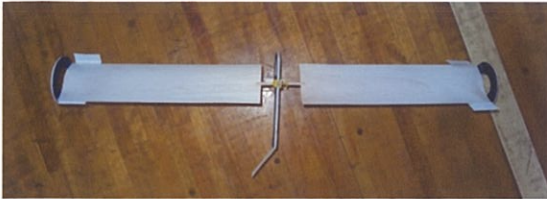
実験③ 少し大きめのラダーを付けて試してみる。



つけたもの：ラダー中

結果：まっすぐに飛び旋回しない。

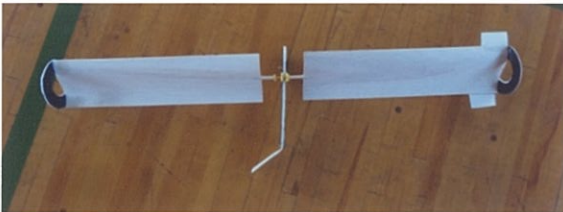
実験④ ラダー中に小さなエルロンを加えてみる。左側のエルロンは折りたたむ。



つけたもの：ラダー中、エルロン小

結果：横滑りしてしまう。(機体を斜めにしたまま直進する。)

実験⑤ ラダー中に加え、右翼にエルロン大と左翼にセロテープを付けてみる。エルロンが紙であるため、飛行中に広がり閉じた状態を保てないので、左翼に右翼と同じ重さのセロテープを付ける。

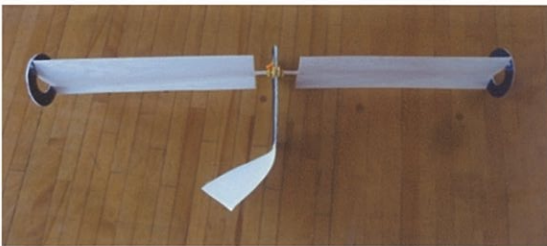


つけたもの：ラダー中

左翼にセロテープ、右翼にエルロン大

結果：横滑りしてしまう。(機体を斜めにしたまま直進する。)

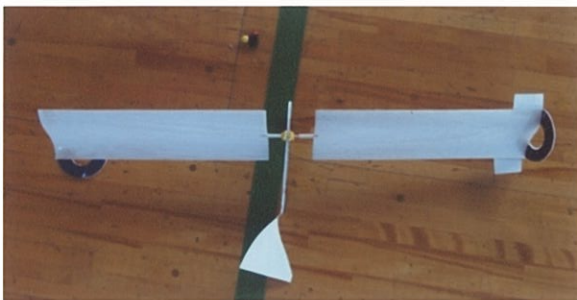
実験⑥ 大きいラダーのみで試してみる。



つけたもの：ラダー大

結果：横滑りしてしまう。(機体を斜めにしたまま直進する。)

実験⑦ 大きいラダーと小さいエルロン、セロテープの組み合わせを試してみる。



つけたもの：ラダー大

左翼にセロテープ、右翼にエルロン小

結果：左旋回に成功した。

旋回して着陸した衝撃でレゴ人形が落ち、機体の左側が破損した。

2・実験の結果から分かったこと

クルクルグライダーの旋回は、エルロンがないと曲がれないことが分かった。予想通り羽の高低差をつけることで、旋回させることができると分かった。エルロンとラダーをうまく組み合わせることによって旋回させることは可能だといえる。

終わりに

主翼が回転するグライダーなんて見たことがなく、レゴ人形を乗せて飛行させることに成功し面白いものができ上がった。バックできる点も面白いので、将来、このアイデアが何かに役立つといいなと思う。