

ジャイロスコープによる方位の特定について

兵庫県立三田祥雲館高等学校 理科部
2年 田中暁, 中島香名子
1年 今川楽人, 福田尚寿, 門島杏果

1. 動機及び目的

本校理科部は、平成 24 年度よりロボカップジュニアサッカーチャレンジに取り組んでいる。

昨年度の全国大会競技会場は、鉄骨による構造柱およびエレベーター等の電力線が、フィールド近くにあるためか、地磁気のずれた場所が複数あった。競技中に機体はその場所に侵入すると、コンパスセンサーだけでは、本来の方位を示せず、機体は動作不能となった。全チームが同一条件で試合に臨むのだが、一部のチームはジャイロスコープを搭載し、地磁気のずれた場所においても試合を優位に進めていた。

どのような場所においても安定した試合を行うために、コンパスおよびジャイロスコープによるハイブリッドシステムを構築し、方位を特定することを本研究の目的とする。

2. 方法 ジャイロスコープシステムの構築

ジャイロ効果とは

回転する物体は角運動量保存の法則に従い、外力のモーメントが加わらない限り、回転軸の方向を変えることはない。

北極星に軸を向けて一度回転させた物体は、物体の移動や地球の自転の影響を受けず、常に天空の北極星に軸を向けて回り続けるということなどが、例として挙げられる。

振動型 MEMS ジャイロスコープ

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

小型機体に搭載するため、一般的な高速回転するコマをベースとする回転型センサーではなく、電子回路と駆動部が一体化した振動型 MEMS ジャイロスコープを使用する。

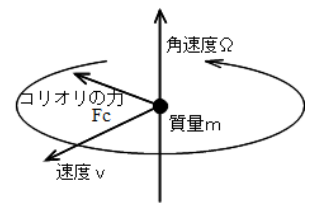


図 1 MPU-6050

このセンサーは、移動中の物体に回転運動が加わる時に発生する「コリオリの力」を検出することで、角速度（回転の速さ）を電気信号に変換する慣性力センサーである。

コリオリの力の検知

速度 v で動作する質量 m の物体が、角速度 Ω で回転した時に受けるコリオリの力は、 $F_c = 2mv \times \Omega$ となる。



回転の向きが反時計回りの場合は、コリオリの力は進行方向から 90° 右向きとなる。

振動ジャイロの基本原則

振動している弾性体に、回転を加えると、コリオリの力の為に振動方向がずれる。その振動方向のずれを計測し、角速度を電気信号に変換する。

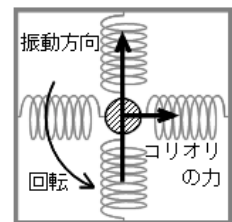


図 3 振動ジャイロ

システム構成

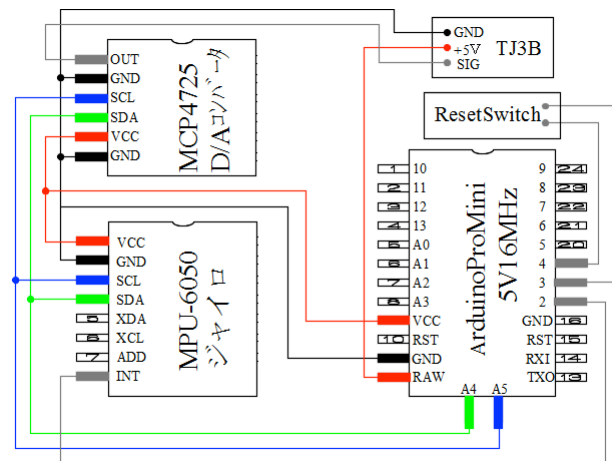


図 4 システム構成図

①ジャイロスコープ InvenSense 社 MPU-6050

MPU-6050 には、3 軸加速度計、3 軸ジャイロスコープ、また、これらのセンサーを統合する DMP (Digital Motion Processor) が内蔵されている。ジャイロにより測定された角速度を加速度計のデータと比較し、ノイズ除去し、角速度を積分して、姿勢角を出力させることができる。

②信号処理用 CPU ArduinoProMini328 5V 16MHz

センサーから入力されたヨー軸の姿勢角より、現在の方位を生成する。(起動時の方位は 180° とする。)

③MCP4725 搭載 D/A コンバータモジュール

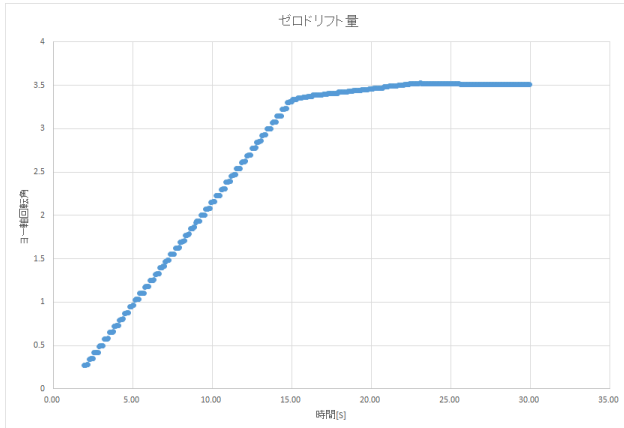
方位 0° ~ 360° を 0v ~ 5.0v のアナログ電圧に変換し、メインボード T13B (PIC18F2620) へ送信する。

3. 結果と考察

①ゼロドリフトの補正

センサーが静止している状態でも、温度変化や外部振動により、振動ジャイロのゼロ点は時間経過とともに自己変動する。この変動量をゼロドリフトと言い、この量を補正しなければ、誤った角度（姿勢角）を表してしまう。

グラフ1 ゼロドリフト量の時間変化



今回は、上記グラフの時間と角度を参考に、ソフトウェアにより補正を行うこととする。

②積分法による積算誤差

センサーで測定された角速度を積分することで姿勢角を算出するために、移動の頻度および時間経過に従い積算誤差が徐々に大きくなると考えられる。本センサーではDMPによる演算から姿勢角を得ているため、連続的に運用するには、その誤差をどこかで修正する必要がある。

③前回大会におけるフィールドの状態

地磁気はフィールド全体でずれているのではなく、特定の場所でずれていた。また、競技開始時に機体をスタートさせるホームポジション(HP)では、地磁気は正常に計測されるようにフィールドが設置されていた。

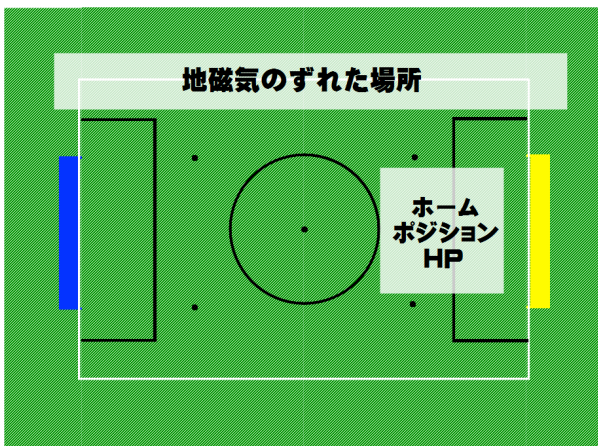


図5 競技フィールド図

コンパスセンサーとのハイブリットシステム

上記の3点を踏まえ、方位の特定をするためにコンパスセンサーを併用し、実践レベルに対応させることを考えた。

スタート時にコンパスで方位を修正、その後、ジャイロ姿勢角をセットする。競技中は、ジャイロ姿勢角のみで機体制御を行う。機体がHPに戻った時にコンパスによる方位修正を行い、ずれたジャイロ姿勢角をリセットする。

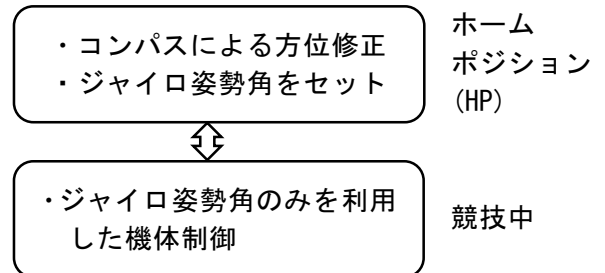


図6 ジャイロとコンパスの併用

競技時間は5～10分であるが、試合の展開上、概ね1分以内には、機体はHPに戻ってくるので、ジャイロ姿勢角のみを利用した制御を1分間行うことができれば、動作不能に陥ることはないと考えられる。

4. 反省と課題

実際にジャイロ스코プを搭載した機体を動かしてみたが、地磁気の安定した環境ではコンパスセンサーを搭載したものより劣ることとなった。

静止時には問題ないのだが、競技中は移動に伴う振動が想像以上に大きく、姿勢角の値、出力タイミング等に狂いが生じたのではないと思われるため、スムーズな動作が要求される。また、姿勢角をリセットするためのタイミングをプログラムにどのように組み込むかを考察する必要がある。大会では、会場の地磁気が安定しているかということ踏まえたうえで、ジャイロ스코プを使用するかどうかを決めるべきだと思われる。

今後、競技規約が赤外線発光ボールからカラーボールとなる可能性があり、カメラを用いた方位及びボール位置の特定を研究する必要がある。

5. 参考文献(web サイト)

RoboCupJunior Japan, RoboCupJunior Soccer Rule 2015, http://www.robocupjunior.jp/rule/2015rule/soccer_2015.pdf (Oct. 3, 2016)

微小重力下での濡れ性による水の挙動

兵庫県立加古川東高等学校
自然科学部物理班微小重力チーム
2年 荒谷健太, 頃安祐輔, 玉田麗
1年 高井みく, 藤原圭梧

【キーワード】

- ・濡れ性…固体面と液体面の引き合う性質
- ・接触角…固体面と液体面のなす角度

この角度が小さいと「濡れ性が大きい」、この角度が大きいと「濡れ性が小さい」と表現される(図1)。

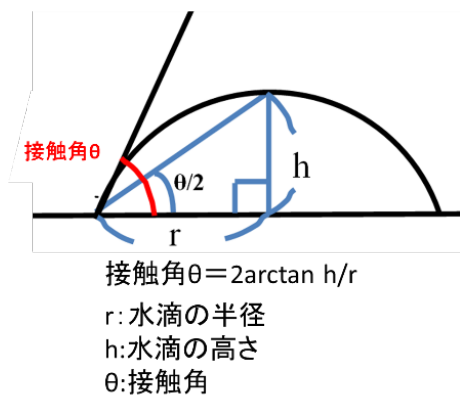


図1 接触角の計測方法

1. 動機及び目的

微小重力空間での水の取り扱いが難しく、国際宇宙ステーションでは地上で用いられる一般的なピペットは使用できない。そこで一昨年度の研究で明らかとなった「濡れ性の違い」を利用して、微小重力空間でも使用できる新しいデザインの宇宙ピペットを開発しようと考えた。そこで本研究では水が微小重力下で濡れ性の大きな管内を上昇するという仮説の検証を行う。



図2 国際宇宙ステーション内で雑巾を絞った様子

2. 実験方法・結果

「微小重力下では水は濡れ性の大きな面を上昇する」ことを検証するための実験として、自作した実験装置を本校の校舎4階(約12m)から落下させ、一時的に微小重力状態をつくり実験を行った。

実験装置の内部にカメラを設置し動画を撮影することで、データを得た。なお実験において実験装置は作成した時系列に沿って、初期型、旧型、新型とする。

○初期型

装置は発泡スチロール製の箱型で、内部に水を入れたガラス管やカメラを入れ、校舎の4階から自由落下させた。また、箱にひもをくくりつけ、木枠にかけて落下させた。

結果、水は上昇しなかった。

○旧型

初期型で水が上昇しなかったのは、装置にかかる空気抵抗が大きかったことが原因であったと考えた。そこで装置を小型化し、箱の下部を段ボールで流線型に加工することで、空気抵抗を軽減した。

<結果>

実験の結果、水はガラス管内を約2.5cm上昇した。

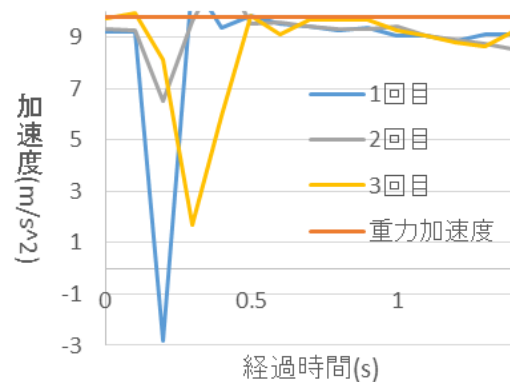


図3 旧型の落下加速度

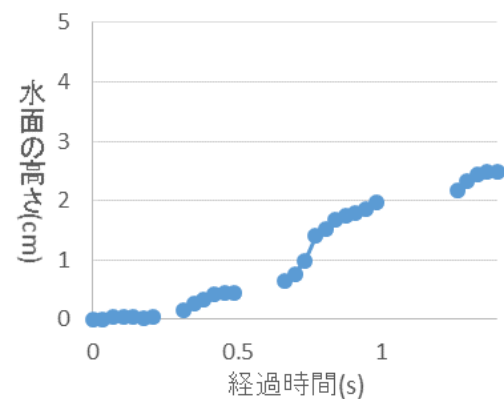


図4 旧型での水面の挙動

○新型

初期型から旧型に実験装置を改良したことにより空気抵抗を削減させ、落下加速度を重力加速度に近づけたことで水の上昇がみられたといえる。

よってさらに改良を行うことで水面はさらに上昇すると考えた。

実験装置の材質を塩ビパイプにし、ロケット型で先をとがらせることで、装置に加わる空気抵抗を減らし、精度の高い微小重力環境をつくり出すことができると考えた。

また、木枠に紐をかけて実験を行うと、落下の際に装置が安定しないので、落下方法を改良した。さらに装置内に水の挙動を確認するための液面感知センサーと加速度センサーを搭載し、落下中の装置にかかる加速度を計測した(図5)。

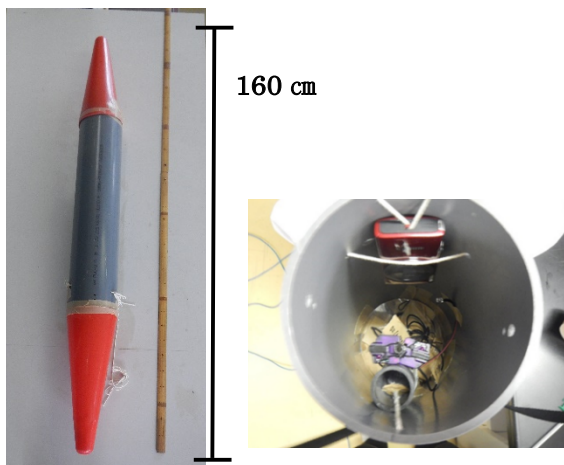


図5 新型実験装置 (外形と内部)

<結果>

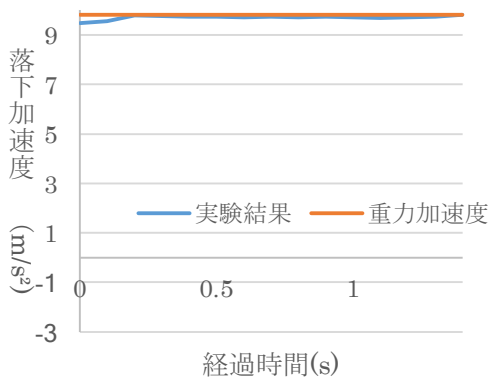


図6 新型の落下加速度

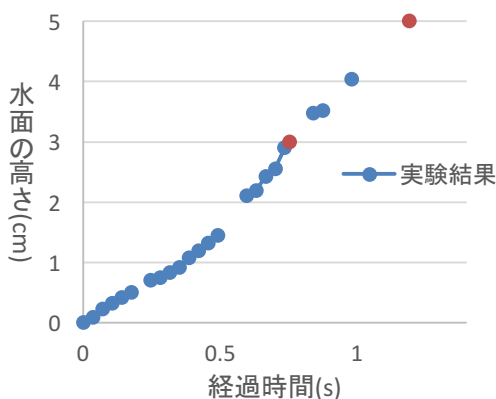


図7 新型での水面の挙動

加速度センサーのデータより、落下加速度は非常に安定していることが分かる。

さらに、実験装置内の残留重力を計算すると、約 1.0×10^{-2} [G] となった。国際宇宙ステーションは 1.0×10^{-6} [G], 微小重力実験塔は 1.0×10^{-3} [G] である。これらの微小重力環境ほど残留重力は小さくないが、自作した実験装置は飛行機によるパラボリックフライト実験の 1.0×10^{-2} [G] に等しく、短時間で実施する実験としては、十分な精度であるといえる。

この微小重力実験により、ガラス管内の水が 5 cm 以上上昇する様子が見られた。以上より、微小重力下では濡れ性の大きい面を水が上昇することが確認できた。

3. 宇宙ピペットの開発

微小重力下では水は濡れ性の力方向に動くので、濡れ性の小さい面では水が下降する。よってガラス管内で濡れ性の異なる境界をつくれれば、水はその境界で止まると考えた。このことから、次のようなデザインの宇宙ピペットを提案する。

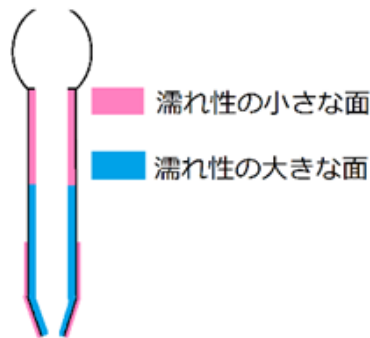


図8 宇宙ピペット案

4. 今後の課題

濡れ性の異なる面の境界で水が止まることの検証実験を、校内微小重力実験装置で実施する。

参考文献

1) ドウジェンヌ ブロシャール-ヴィアーレ ケレ 共著 奥村剛 訳. 表面張力の物理学—しずく、あわ、みずたま、さざなみの世界—. 吉岡書店, 2008, 294p.

ほか

「立体ミウラ折り」

兵庫県立北須磨高等学校 サイエンスクラブ
 2年 小林皓紀 大前大輔 和田翔夢
 1年 徳田 真 市丸泰平 中道 海

1. 動機及び目的

ミウラ折りは、平面の2点に加えた力を効率よく利用し、折りたたむことができる「平面⇄平面」の折りたたみである。私たちは、平面を立体に発展させ「平面⇄立体」の折りたたみについて研究した。特に、立方体について、面の正方形に折りたたむことができる折り方を作成し、3D 画像処理により動画化し、折りの過程における頂点や辺、面の動作を観察、分析した。そして、オリジナルの「立体ミウラ折り」を完成させた。

2. 方法

- (1) 立方体について、面である正方形に折りたためる折り方を考え、紙を使い立方体を作成する。
- (2) 空間座標において頂点の座標を数式化するとともに、「3D-GRAPES」を用いて折りたたみの過程を視覚化し、動的に捉えることで、立方体の頂点、辺、面の動き、変形、干渉を分析する。
- (3) (2)をもとに「立体ミウラ折り」を作成する。

3. 結果と考察

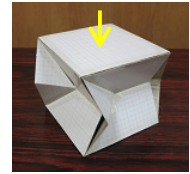
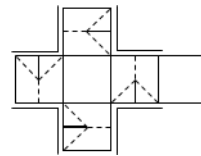
(1) 立方体の作成

折りたたみ方を以下の2つに大別した。

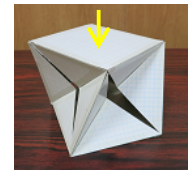
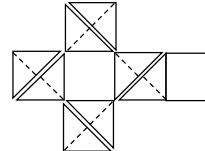
- ・タイプ I (T 型) … 上面を底面に向けて上から押し潰すように折りたたむ方法。たたみ折り。
- ・タイプ II (N 型) … 側面の対角線に折り目を入れ、ねじるように折りたたむ方法。ねじり折り。

タイプ I、II ともに、面に折り目を入れるだけでは、折りたたみの過程において、辺や面の変形、干渉が生じる。これを避けるため、切り込みを入れた立体をいくつか作成した。その中でバランスの取れた3種類の立体を以下に挙げる。なお、力を加える2点は上面と底面の正方形の中心である。
 * 展開図の実線は山折り、点線は谷折り、二重線は切り込み（未接続）を表す。

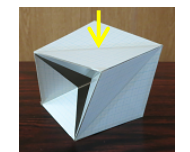
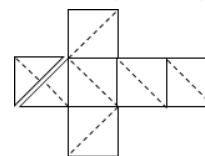
T2 型 … タイプ I をもとに側面の正方形の縦すべてに切り込みを入れた。



N2 型 … タイプ II をもとに側面の正方形の対角線すべてに切り込みを入れた。



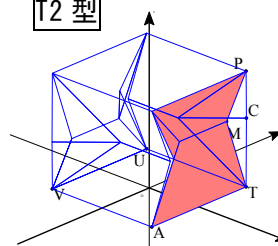
K2 型 … 切り込みを1か所だけにし、面の変形を避けるため上面と底面に折り目を入れた。



(2) 空間座標への数式化と 3D-GRAPES の画像処理

変数 t の値を変化させることで折りたたみ過程が逐次、再現される。さらに、その時の2点間の長さや、線分のなす角などが表示できる（右枠）。

T2 型



∠MUT= ι ($90^\circ > \iota > 0^\circ$)としたときの $\iota=67^\circ$ の状態
 SP=2 PQ=2 QR=2 RS=2 AT=2 TU=2 UV=2 VA=2
 SF=1 PC=1 QD=1 RE=1 AF=1 TC=1 UD=1 VE=1
 SG=1.4142 PJ=1.4142 QB=1.4142 RH=1.4142
 AG=1.4142 TJ=1.4142 UB=1.4142 VH=1.4142
 PM=1 QN=1 RK=1 SL=1 TM=1 UN=1 VK=1 AL=1
 SM=2.2361 PN=2.2361 QK=2.2361 RL=2.2361
 AM=2.2361 TN=2.2361 UK=2.2361 VL=2.2361
 PG=1.4142 QJ=1.4142 RB=1.4142 SH=1.4142
 TG=1.4142 UJ=1.4142 VB=1.4142 AH=1.4142
 FG=1 GM=1 CJ=1 JN=1 DB=1 BK=1 EH=1 HL=1
 1辺の長さを1としたときの立方体の高さ=0.9205
 隙間面積率($8 \times \triangle PMC$ / 表面積) = 0.051617

正方形 $T(1,1,0)$, $U(-1,1,0)$, $V(-1,-1,0)$, $A(1,-1,0)$ を底面とする立方体を考える。∠MTU= t とすると $M(1-\cos t, 1, \sin t)$, $P(1, 1, 2\sin t)$ であり、距離、内積計算により、 $J(0, 1-\cos t, \sin t)$

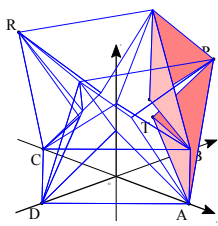
$C(\frac{\sin^2 t}{\cos^2 t + 1}, \frac{\sin^2 t \cos t}{\cos^2 t + 1} + 1, \sin t)$ となる。 t を変

化させても各面の三角形分割された辺の長さが一定であることから、面の変形は生じていない。また、 M から yz 平面におろした垂線の足を H , MH

と JC との交点を B とすると $MH - BH = \frac{(\cos t - 1)^2}{2} > 0$

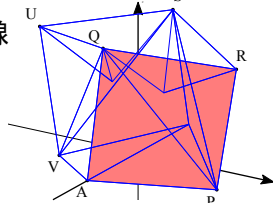
より頂点 M と辺 JC は干渉を起こしていない。

N2 型 正方形 $A(1,0,0)$, $B(0,1,0)$, $C(-1,0,0)$, $D(0,-1,0)$ を底面とする立方体を考える。 RP と x 軸のなす角を t とすると、上面の正方形の頂点 P は



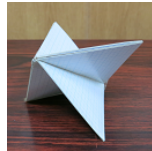
$P(\cos t, \sin t, \sqrt{2}\cos t)$ となる。正方形の中心U, Tの座標は複雑な式になるので、ここでは3D-GRAPESの機能を用いて位置を決定した。なお、 t を変化させても面の変形、干渉は生じなかった。

[K2型] 底面の正方形の対角線を $A(0,-1,0), B(0,1,0)$ とし、切り目のQSを上面に配置する。OPとx軸のなす角を t とおくと、Pをy軸についての回転運動と捉えることで、 $P(\cos t, 0, -\sin t)$ となる。さらに、



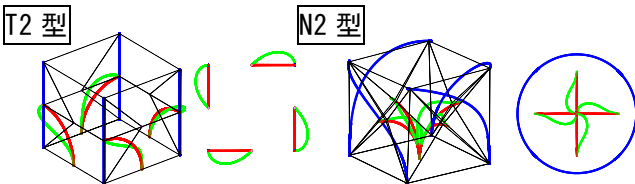
$Q(0, \sqrt{\frac{2\sin^2 t}{1+\sin^2 t}} - 1, \sqrt{\frac{2}{1+\sin^2 t}})$ である。 t を変えたときAR間距離が変化していることから、PQの折り目をなくすと面の変形が生じることがわかった。また、実物での観察ではわかりにくいが、

$SQ = 2 - 2\sqrt{\frac{2\sin^2 t}{1+\sin^2 t}}$ であることから、SとQの一致とPとVの一致は同時であることがわかった。このことから、T2、N2型は折りたたまれると同時に正方形になるのに対して、K2型は、直角2等辺三角形4枚が斜辺において垂直に接続された図形（写真）にたたまれた後、正方形になる。



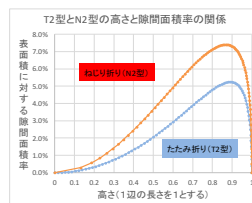
[頂点の軌跡の画像処理（底面固定）]

青色は立方体の上面の正方形の頂点、緑色と赤色は切込みの中心の軌跡である。中心が異なる軌跡を描いていることから、折りの途中で隙間が生じることがわかる。※各右図は上面への正射影



[隙間面積率]

T2、N2型について、立方体の高さ（1辺の長さを1としたときの高さ）と隙間率（立方体の表面積に対する隙間部分の面積が占める割合）の関係を示したものである。T2型は高さ0.89のとき隙間率は最大5.3%と



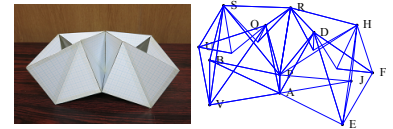
なり、N2型は高さ0.87のとき最大7.4%となることがわかった。なお、K2型は最大6.0%であった。

(3) 「立体ミウラ折り」の作成

K2型は最大隙間率ではT2型より大きいから立方体としての安定性に優れている。そこで、立体ミウラ折りにK2型を使用することにした。

[K2型2連結]

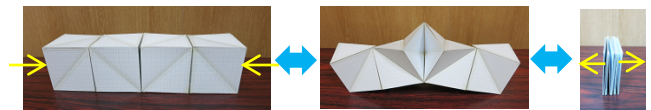
K2型の左ねじれと右ねじれの2種類の立方体を2辺RP, PAで接続した。両端の正方形UVBS, FEJHの中心の2点に力を加えると折りたためる。



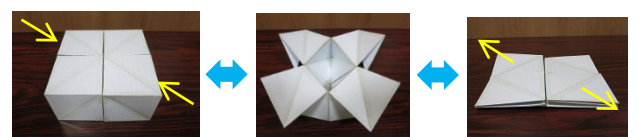
[立体ミウラ折り (M型)]

「立体ミウラ折り」として、K2型2連結を2個組み合わせた立体を完成させた。

[M1型]...K2型2連結を直列に配列。両端の立方体の面である正方形の中心（矢印）の2点に力を加えることにより折りたたみが可能。



[M2型]...K2型2連結を並列に配列。写真の斜めに向かい合う正方形の中心の2点に力を加えることにより折りたたみが可能。



4. まとめと課題

立方体を面の正方形に折りたたむ折り方を分析することで、「立体ミウラ折り」を完成させた。その過程で、空間内の点の運動の複雑さを知るとともに数式化を通して正確に再現できることがわかった。立体の変形は、特に工学面において様々な応用の可能性を秘めていると考える。今後、さらなる発展としてより複雑な立体の折りたたみについても研究していきたい。

参考文献

- 1) 「GRAPES」 www.osaka-kyoiku.ac.jp
- 2) 「ミウラ折り公式サイト」 www.miuraori.biz

モデルロケットの研究

県立芦屋国際中等教育学校 科学部
5年 Junichi Cheang
虫島 佑起
イナナル 仁貴

1. 動機および目的

(1) 動機

去年は水ロケットの研究を行ったが、より本物のロケットに近いものを飛ばしたいと思うようになった。そこでモデルロケットというものがあることを知り研究することにした。

(2) 目的

市販のロケットよりも以下の点で優れたものを開発する。

- ① まっすぐ飛ばす。
- ② 発射地点近くにゆっくり落ちる。
- ③ 高く飛んで滞空時間が長く見失わない。

2. モデルロケットの作り方

(1) 準備物

紙 (A4 コピー用紙または画用紙)、ビニール袋
糸またはゴム、ビニールテープ
モデルロケットエンジン A8-3
発射台、発射装置は市販のものを使う

(2) 作成方法

I) パラシュート

- ① ごみ袋を正六角形に切る (一辺 7 cm)。
- ② 各角にテープで糸またはゴムをつける。

II) ロケットの本体

- ① A4の大きさの紙を用意する。
紙を丸めて、火薬を入れボンドで固定する。
- ② 画用紙を円錐形に切り丸める。=先端部分
(半径 2 cm、弧径 7 cm)
- ③ 難燃紙を入れる。
- ④ 画用紙で尾翼をつける。
- ⑤ 糸またはゴムでパラシュートをくくって、
先端、本体とテープで固定する。

3. 実験

実験1 モデルロケットの作成と発射

目標：以下のことを調べる。

- ① きちんと飛ぶかどうか
- ② 市販のロケットとの飛び方の違い。
- ③ 画用紙とコピー用紙、どちらがよいか。

方法

- ① 同じ高さ、半径、先端、尾翼で、本体がコピー用紙、画用紙のロケットを製作する。
- ② 画用紙のロケット 2 本、コピー用紙のロケット 3 本を作って飛ばす。

予想：コピー用紙の方が画用紙のロケットや市販のロケットよりも軽いからよく飛ぶ。

同じエンジンを使うと、かかる力が同じになるので、コピー用紙の方が軽いから一番飛ぶと考えた。

結果 (P：パラシュートの開閉、翼：尾翼の数)

材料	質量	滞空時間	P	翼	備考
市販	56.5g	24.2秒	○	3	グラウンド外へ
コピー	26.6g	9.1秒	×	3	フラフラ飛んだ
画用紙	30.7g	8.2秒	×	3	
コピー	26.5g	13.1秒	×	3	
コピー	28.2g	17秒以上	×	4	グラウンド外へ
画用紙	31.9g	不明	×	4	

- ① 2本目のロケット以外はある程度まっすぐ飛んだ。コピー用紙の方が高く飛んだ。
- ② 市販のロケット以外はパラシュートが開かなかった。パラシュートは中で溶けていたものと、中で糸が燃えてしまったものがあった。
- ③ 安定して飛ばせなかったロケットは尾翼がやわらかすぎたので、高く飛ばすことができなかった。
- ④ 自分たちで作ったロケットの方が軽いので、より高く飛んだものがあった。

実験2 確実にパラシュートが開くロケットの製作方法：(1)の実験と同じロケットを作る。

ただし以下の点で工夫を行った。

- i) コピー用紙で作る。
- ii) 先端の方にパラシュートを入れる。
- iii) パラシュートをつなぐのを、糸のかわりに輪ゴムを使う。

結果

質量	滞空時間	P	翼	備考
28.7g	不明	○	3	
28.7g	10.1秒	○	3	
28.4g	33.3秒	○	4	

- ① 1本目、2本目とも、ストローや尾翼が不安定だったので、まっすぐ飛ばずにすぐに落ちてきた。
- ② 3本目、まっすぐ飛んでパラシュートも開いた。市販のロケットよりも、かなり滞空時間は長かった。
- ③ パラシュートをつなぐものを輪ゴムに変えると、途中で燃えることがなくなる。

- ④ パラシュートを前方に積むと、出るまでの距離が短くなるため確実に開く。
- ⑤ ストローと尾翼がわずかに歪むと、まっすぐ飛ばすことができなくなる。
- ⑥ 尾翼が 4 枚のときがもっともまっすぐ安定して飛び、飛距離も出る。
- ⑦ 高く飛んだが、途中で見失ってしまった。

実験3 パラシュート、ストリーマーの落下実験 方法

- ① 一辺 12 cm のパラシュートを 2 つ用意して、一方のパラシュートの中心に一辺 2 cm の正方形の穴を空ける。
- ② 横 2 cm、縦 20 cm のストリーマーを用意する。
- ③ それぞれ、ペットボトルをつけて質量を 30 g に統一する。
- ④ 風の弱い日に 3 階の高さから同時に落として動きを調べる。

結果

- ① 落下速度はストリーマー、穴ありパラシュート、穴なしパラシュートの順であった。
- ② 一番まっすぐ落ちたのが、穴のあるパラシュートであった。

実験4 モデルロケットの長さを変えて飛ばす。

最適な長さや質量を調べると、高く飛んでも見失わないロケットを作る。

方法

- ① 尾翼を 4 枚つけたロケットを用意する。
- ② 全長が 20 cm、25 cm、30 cm のものを作る。
- ③ ロケットを見失わないように粉を入れる。結果

質量	時間	P	全長	備考
29.8g	16.0 秒	×	20 cm	
29.8g	11.0 秒	×	20 cm	
31.9g	40.9 秒	○	25 cm	
31.9g	27.3 秒	○	25 cm	グランド外へ
37.0g	9.1 秒	○	30 cm	
37.0g	15.0 秒	○	30 cm	

- ① 25 cm、31.9g のロケットが一番高く飛んだ。
- ② 20 cm のものはパラシュートが開かず、中で焼けてしまっていた。
- ③ 高く飛んだロケットも、粉のおかげで見失うことはなかった。

この結果を受けて、25 cm のロケットでの実験を 2 回重ねた。いずれも滞空時間は 30.9 秒、32.4 秒になりパラシュートも開いた。市販のロケットよりもより安定して高く飛ばすことができた。

4. 考察

(1) 尾翼の数

モデルロケットは尾翼が四枚の時に最も安定して飛ぶことが分かった。その理由として四枚の時の方が、方向を定めやすいからであると考えた。

(2) ロケットの質量・長さ

ロケットの質量は 30 g 前後が、もっとも高く飛ぶことが分かった。なぜならば、軽すぎると機体の重心を安定させるのが難しく、逸れて飛んでしまうので飛距離が短くなると思われる。

長さは今のところ画用紙で作った 25 cm のものが一番飛んでいる。パラシュートとエンジンとの距離が適正で、軽く作れるからそう思ったと考えられる。

(3) パラシュート

パラシュートは穴が開いて空いていると安定して落下することが分かった。なぜなら、穴がないとパラシュートが少し傾くだけでパラシュートが降下するときに受ける気流が全体に対して均等に抜けていけないからだと考えた。その一方で穴があるとパラシュートが降下中に傾いても上記の気流がそこを抜けていくので安定して落ちると考えられる。

またパラシュートの位置をエンジンから適度な距離を離す必要がある。本体の先の部分にたたくと、摩擦が少なくなるように収納すると確実に開いた。

5. 反省と課題

(1) 反省

高さをなかなかきちんと測ることができなかった。またいろんな事象に対して、実験を複数回さらに重ねるべきであった。ときどき、タイムを正確に測れなかったことも課題である。

(2) 課題

ロケット本体が風に流されやすく、落下位置によっては危険である。実験内容をより様々な分野において実験をするべきであった。

6. 感想

市販のモデルロケットよりも高く飛ばすことができた。安定感も向上させることができた。また、リーズナブルに効率良く飛ばすことができるということでも達成感のある研究であった。

7. 参考文献

新版 手作りロケット入門 (誠文堂新光社)