

# クリスマスピラミッドの設計要件

2年B組 南島 怜子

指導教員 田中 海

## 1. 要約

本研究では、ドイツの装飾的燭台のクリスマスピラミッドの機構部を作り、ろうそくの上昇気流の力が回転の力に変わる様子について検討した。プロペラの枚数・角度、ろうそくの本数を変えて実験を行い、結果プロペラの枚数とろうそくの本数が多く、角度が小さいものがろうそくの上昇気流を1番多く回転の力に変えることができるとわかった。

キーワード:クリスマスピラミッド・上昇気流・ろうそく・火・プロペラ

## 2. はじめに

「クリスマスピラミッド」は、ドイツのエルツ山地の民俗と文化に根付いた、クリスマスのデコレーションの一種である。

「クリスマスピラミッド」は中央にメリーゴーラウンド状の部品がついており、ろうそくに火がともされると、ろうそくの火によって起きる上昇気流でその部品の先端についた回転部が回る仕組みである。

私はこの「クリスマスピラミッド」を制作したいと考え、そのためにプロペラやろうそくの長さなど、「クリスマスピラミッド」の機構部分の設計要件を検討した。

## 3. 方法

### 3-1. 土台の制作

#### (1)材料

9mm厚の板材とφ10の丸棒100mmを四本、釘を8本とM4の六角穴付きボルトの長さ10mmを1本用意した。

#### (2)制作

9mm厚の板からφ20の円盤とφ10の円盤を切り出しそれぞれ中心にφ5とφ2.5の穴を開ける。4本のφ10の丸棒をφ20の円盤の中心から50mmのところ

に等間隔に釘で打ち付け4本の丸棒の上にφ10の円盤の中心をφ20の円盤の中心に合わせて、釘で打ち付ける(図1)。



図1. 制作した土台

プロペラはφ2の真鍮の棒250mmの一方の先端をとがらせ、もう一方をプロペラと固定して、M4の六角穴付きボルトの六角穴にとがらせた先端を入れて使う。

### 3-2. 実験方法

3-1で作った土台とそれぞれのプロペラで、ろうそくの本数を1,2,3,...,6本と増やしていき、それぞれ回転が安定してから30秒間の回転数を数えて結果をまとめた。

## 4. 実験

### 4-1. 4枚羽プロペラ

初めに4枚羽のプロペラ(図2)を作り、実験を行った。ろうそくを1,2,3,...,6本と増やしていきプロペラが回転するかを観察

したが、ろうそくを6本まで増やしても回らなかった。



図2. 制作した4枚羽プロペラ

#### 4-2. 8枚羽プロペラ 53°

4-1の実験結果から、ろうそくの上昇気流を受けるには羽部分の面積が少なかったのではないかと考え、羽の枚数を増やして8枚の羽にした。制作方法を図3と図4に、完成写真を図5に示す。4枚のときと同様にろうそくを1,2,3,...,6本と増やしていきプロペラが回るかを観察したが、6本まで増やしても回らなかった。

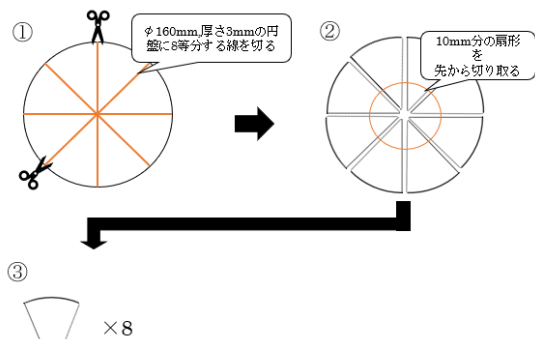


図3. 羽の作り方

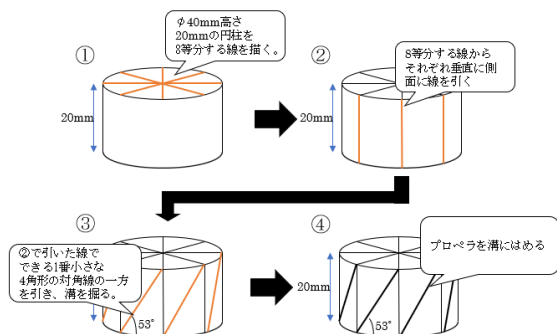


図4. 8枚羽プロペラ 53° の付け根の作り方



図5. 制作した8枚羽プロペラ 53°

ろうそくの火とプロペラの距離に問題がある可能性を考えて、ろうそくの火を近づけるため、ろうそくを「ダルマ」から「3号」という長いものに変えてみたが、回らなかった。

#### 4-3. ろうそくの上昇気流の観察

4-2でもプロペラを回すことはできなかったので、ろうそくの上昇気流はどのようなものかを考え直してみることにした。

ろうそくの上昇気流は範囲が広くプロペラを簡単に回せるくらいの力があると考え、それを可視化するため、250mm×250mm×350mmの発泡スチロールの箱の中に線香の煙を満たして、ろうそくを入れて観察した。するとろうそくから真上に細く線香の煙を押し上げる気体の柱がわずかながら観察できた(図6)。



図6. 上昇気流の動き

実験中に箱の天板に直径40mmの穴が開きかけた(図7)が、穴が開くには非常に長い時間がかかっていた。ろうそくの上昇気流は想像以上に細く、弱いと予想し

た。上記のことからプロペラは細い気流を受け止められていないと仮説を立てた。仮説の概念図を図8に示す。



図7. 上昇気流によって形成された窪み

仮説の概念図

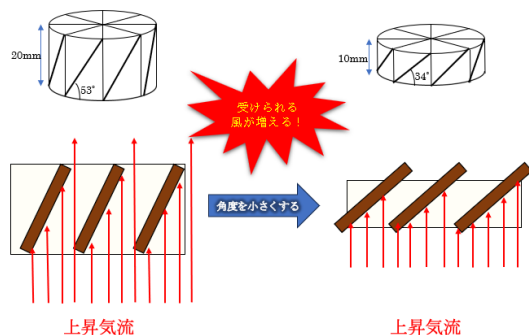


図8. 仮説の概念図

#### 4-4. 8枚羽プロペラ 34°

細い上昇気流を受けるために、プロペラの取り付け角度を小さくすることでプロペラ同士の隙間を減らした。制作方法を図9に、完成写真を図10に示す。4枚、8枚の53°のときと同様にろうそくの本数を1,2,3,...,6本と増やしていくと、3本の時から回りはじめ、ろうそくの本数を増やすごとに回転速度が上昇した。

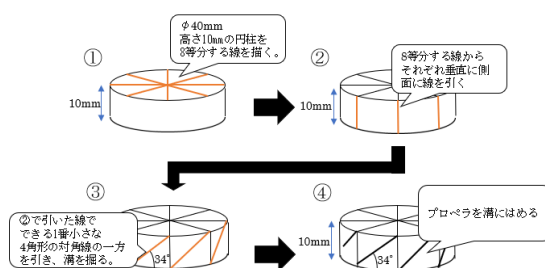


図9. 8枚羽プロペラ 34°  
の付け根の作り方



図10. 8枚羽プロペラ 34°

#### 4-5. ろうそくの長さ

34°プロペラでも、ろうそくの長さを長いものにして実験をした。するとろうそくを6本まで増やしてもプロペラは回転しなかった。

#### 5. まとめ

表1に30秒あたりのプロペラの回転数を示す。回転したのは8枚羽 34°のろうそくの短い場合でかつ3本以上で、プロペラは限られた条件でのみ回ることが分かった。

表1. 30秒あたりのプロペラの回転数

ろうそくの本数	1	2	3	4	5	6
プロペラの種類	本	本	本	本	本	本
4枚羽	×	×	×	×	×	×
8枚羽 53° ろうそく短	×	×	×	×	×	×
8枚羽 53° ろうそく長	×	×	×	×	×	×
8枚羽 34° ろうそく短	×	×	9	11	16	20
8枚羽 34° ろうそく長	×	×	×	×	×	×

## 6. 今後の展望

4-5の実験で、ろうそくの長さが長いとプロペラが回らなかったことから上昇気流がどこから始まるのかを把握する必要性を感じた。煙での上昇気流の可視化には限界があったので、今回の仮説を裏付けるためにもサーモグラフィや気流可視化装置等を使用した実験を行ってみたい。また、室温との関係についても検討したい。真鍮の棒の先端の研磨具合による摩擦の影響や、メリーゴーラウンド状の飾りをつけたときの重さの影響がある場合、それによってろうそくの必要な本数などに変化があるかについても今後調べていきたいと考えている。成功した実験用クリスマスピラミッドを図11に示す。



図 11. 実験用クリスマスピラミッド

## 7. 参考文献

- 1) クリスマスピラミッド - Wikipedia
- 2) 「ろうそくはなぜ燃え続けるの？簡単に解説！」 <https://www.science-kido.com/single-post/candle/>

## 謝辞

本研究を行うにあたり、サイエンス研究会顧問の田中海先生にご指導を賜りました。また、担任の石賀勇樹先生にはプロペラの角度の計算にあたって三角関数のグラフを用いての角度の計算方法について講義していただきました。そして、永守コレクションギャラリーの橋爪宏治館長にはクリスマスピラミッドの軸の材料の向き不向きや軸の回転のサポートの仕方について教えていただくなど、大変お世話になりました。この場を借りて皆様に深くお礼申し上げます。