

第 9 回八光熱の実験コンテスト

「電熱製品で綿菓子を作ろう!」

東京電機大学 未来科学部 ロボット・メカトロニクス学科
岩瀬・畠山研究室 (A 班)

1 概要

本実験では綿菓子製造機の仕組みを踏まえた上で、熱風発生機から発生する熱風を用いてザラメを加熱し、プロペラを取り付けたアルミ缶を揚力により回転させることにより、綿菓子を生成することを目的とする。

本実験で製作した製造機の構造として、熱風発生機にフレキホースを取り付け、底面に穴を空けた金属バケツにフレキホースを通して熱風を送る。そして熱風発生機からの熱風によりプロペラを取り付けたアルミ缶を回転させ、綿菓子を生成する。プロペラはアルミ缶を加工し、サイズを 350ml, 500ml とし羽の枚数を 3 枚, 6 枚でそれぞれ検証した。

アルミ缶のサイズを 350ml, 500ml とし羽の枚数を 3 枚, 6 枚でそれぞれ実験を行った結果、熱風発生機を用いて綿菓子を生成することができた。またサイズ、羽の枚数を変えたときでも同様に綿菓子を生成することを確認した。しかし綿菓子の生成量が少なく、綿菓子の粒が固まった状態が出てきた。

熱風発生機を用いて、綿菓子を効率良く生成するためには、ザラメを溶かすための温度、プロペラを回転させるための風力と構造、綿菓子を放出させる缶の穴の加工方法の 3 点から改善案を挙げた。

本実験では綿菓子の生成量が少なかったため、製造機の改善が必要であることがわかったが、熱風発生機を用いて綿菓子を生成することには成功した。

2 実験日時・室温・湿度

実験日時：2015 年 11 月 12 日 (木)

室温：24.1℃ (15:00 現在)

湿度：34.0% (15:00 現在)

3 目的

綿菓子製造機は主に二つの原理を利用して綿菓子を作り出している。一つ目は物質を加熱・冷却することで固体・液体・気体へと変化する物質の状態変化である。この原理により、ザラメが熱せられることで固体から液体に変化させている。二つ目にザラメを熱する容器に対して行う遠心力である。遠心力によって、容器に空いている穴から外へ熱せられて固体から液体に変化したザラメは排出される。この二つの原理によってザラメは綿のような糸のようになり、綿菓子を製造することが可能になる。

本実験では綿菓子製造機の仕組みを踏まえた上で、熱風発生機から発生する熱風を用いてザラメを加熱し、またプロペラを取り付けたアルミ缶を揚力により回転させ、ザラメを排出することで、綿菓子を生成することを目的とする。

4 実験機器

本実験で使用した機器を表1、使用した材料を表2に示す。

表 1: 使用機器一覧

機器名	型番	メーカー
100V 熱風発生機	HAP1112	株式会社八光電機

表 2: 使用材料一覧

材料名	材質	個数
フレキホース (長さ 0.65m, 直径 0.075m)	ステンレス	1
ホースクリップ	ステンレス	1
金属バケツ	トタン材	1
スポーク	ステンレス	1
L 字アングル A (1 辺の横幅 0.04m 長さ 1m)	アルミニウム	1
L 字アングル B (1 辺の横幅 0.025m 長さ 0.058m)	アルミニウム	4
U 字チャンネル (1 辺の横幅 0.025m, 長さ 0.03m)	アルミニウム	1
木材 A (横幅 0.063m, 厚さ 0.038m, 長さ 0.91m)	-	2
木材 B (横幅 0.1m, 厚さ 0.01m, 長さ 0.1m)	-	2
アルミ缶 (350ml)	アルミニウム	3
アルミ缶 (500ml)	アルミニウム	2

本実験で使用した試料を以下に示す。

- ザラメ

5 システム構成

本実験のシステム構成を図1、図2に示す。ここで、図1は本システムの構成の側面図を表している。

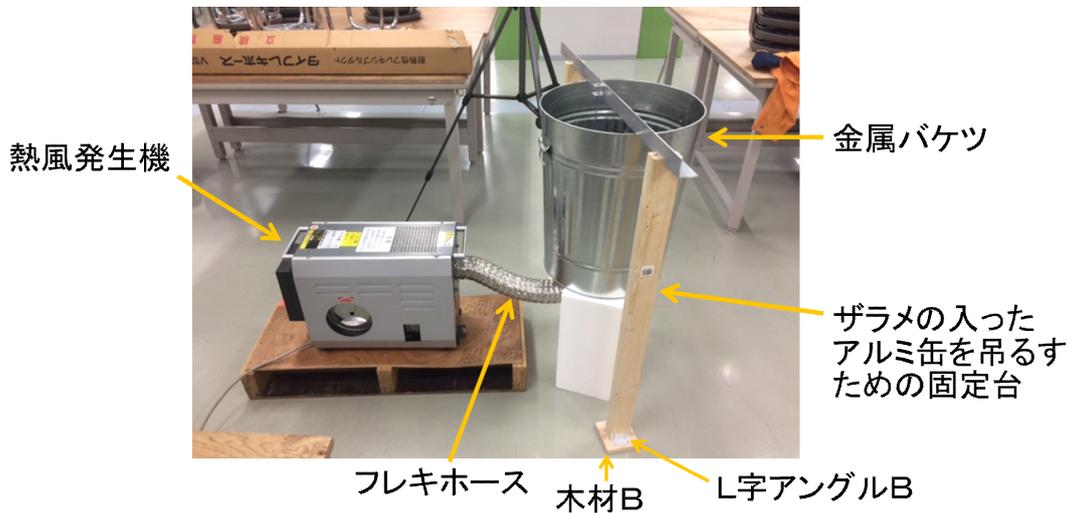


図 1: システム構成（側面図）

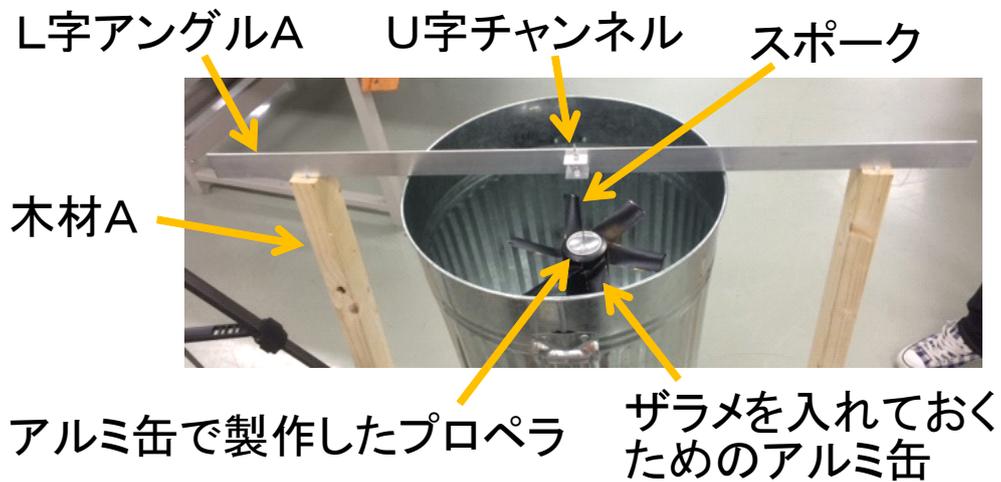


図 2: システム構成（正面図）

本実験では熱風発生器から放出される熱風をフレキホースを通してアルミ缶に当てるため、熱風発生器の熱風放出部とフレキホースを図1のように接続している。接続部はホースクリップを用いて固定している。

綿菓子を作る際、生成された綿菓子が周囲に飛び散ることを防ぐために、金属バケツを図1のように配置している。金属バケツの底には穴が空いており、その穴にフレキホースを通して、アルミ缶に直接熱風を当てる。

本実験では熱風をアルミ缶の真下から当てる。そのためにはアルミ缶を吊るす必要があり、本実験では図1に示す固定台によってアルミ缶を吊るすこととする。

固定台は図2に示すようにL字アングルA、U字チャンネル、木材によって構成されている。

図2において、U字チャンネルにはスポークを通すための穴が空いている。この穴にスポークを通し、その先端をアルミ缶に固定することで、アルミ缶を図3のように吊るしている。

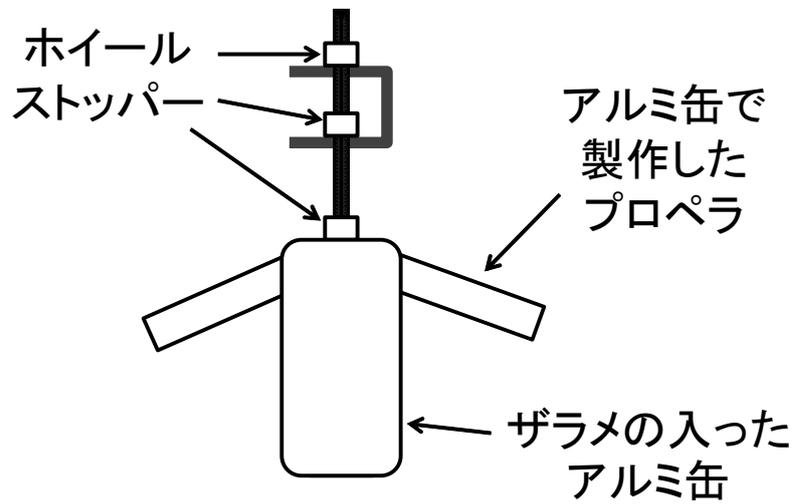


図 3: アルミ缶の吊るし方

6 実験

6.1 実験内容

本実験では、熱風発生機にフレキホースを取り付け、底面に穴を空けた金属バケツにフレキホースを通して熱風を送る。そして熱風発生機からの熱風により羽を取り付けたアルミ缶を回転させ、綿菓子を作る。

6.2 実験手順

1. 350 ml と 500 ml のアルミ缶を加工し、図 4 および図 5 のようにそれぞれ 3 枚羽と 6 枚羽のプロペラを製作する。

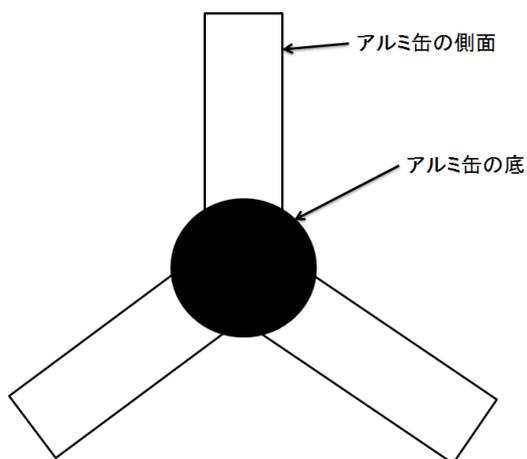


図 4: プロペラの加工 (3 枚羽)

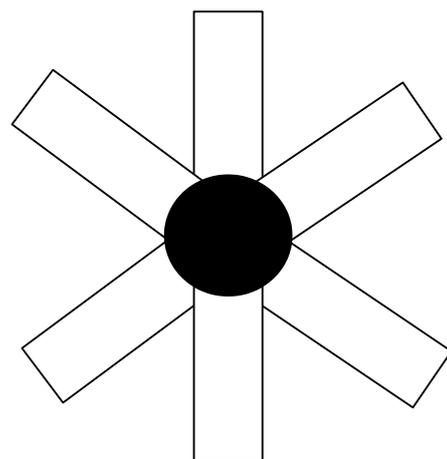


図 5: プロペラの加工 (6 枚羽)

2. 図 6 のように、木材 A を L 字アングル B で木材 B に固定する。



図 6: 木材 A と木材 B の固定

3. 図7のように、アルミ缶に錐で綿菓子が出てくるための穴をあける。



図 7: アルミ缶の穴あけ加工

4. 図8のように、アルミ缶をつるすための U 字チャンネルを L 字アングル A に固定する。

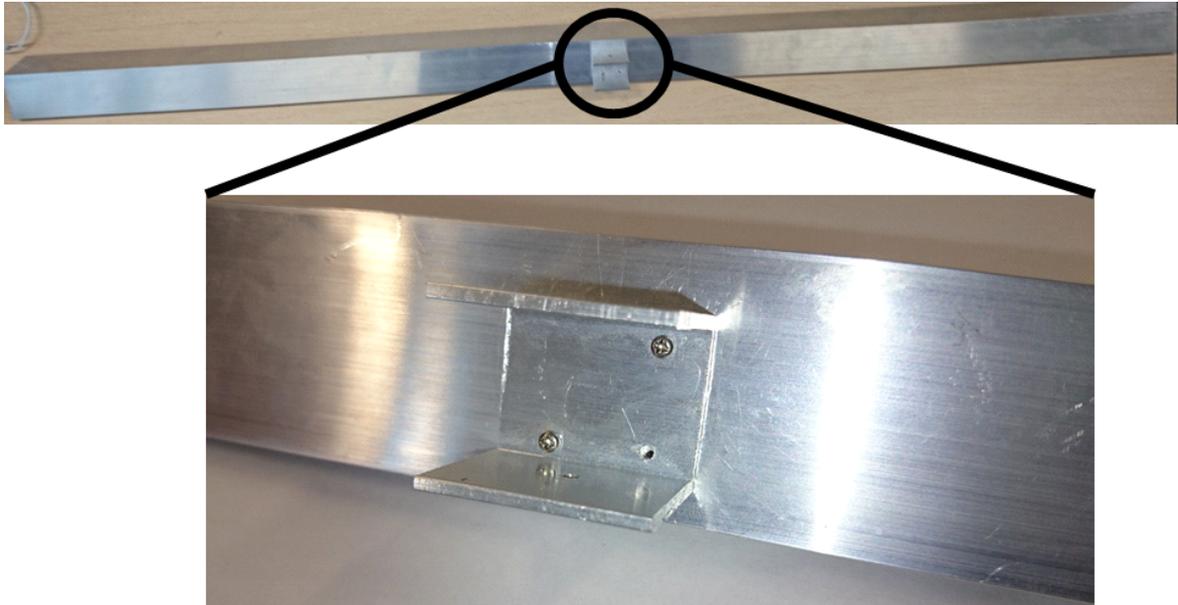


図 8: L字アングル A と U 字チャンネルの固定

5. スポークに手順 3 で作成したアルミ缶とプロペラを通し、手順 4 で作成した U 字チャンネルに固定する。
6. 手順 5 で作成した部品を手順 2 で作成した木材 A の上に固定する。
7. バケツの底面に直径 75 mm の穴をあけ、フレキホースを通す。
8. フレキホースを通して熱風発生機により発生させた熱風をバケツ内に送り、アルミ缶を回転させ、綿菓子を製作する。

6.3 実験結果

アルミ缶を加工し、製作したプロペラを図 9 および図 10 に示す。



図 9: アルミ缶 (350ml) で製作したプロペラ



図 10: アルミ缶 (500ml) で製作したプロペラ

今回アルミ缶の大きさは 500 ml サイズ, 羽の枚数は 6 枚として実験を行った結果について示す. ここでザラメの融点は約 160~180 度であるといわれている. このため熱風発生機からの熱風の温度は, フレキホースを通ることで温度がわずかに下がることを考慮して 240 度とした. 作成した綿菓子を図 11 に示す.

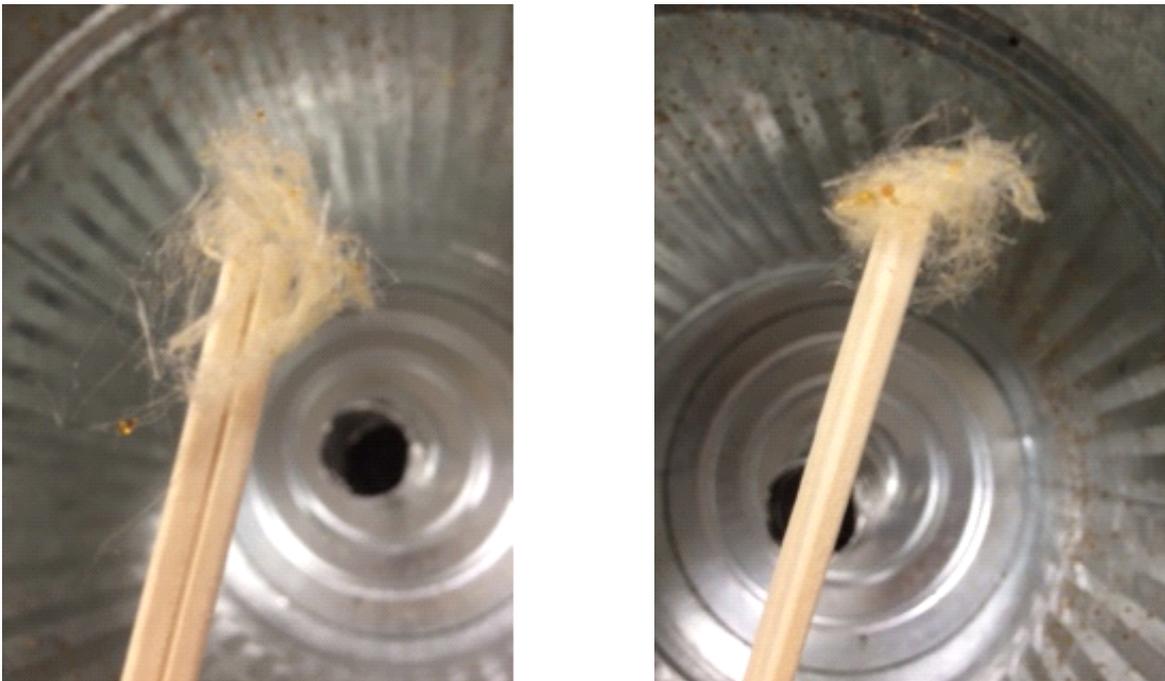


図 11: 生成した綿菓子

図 11 より, 熱風発生機を用いて綿菓子を製作することができた. また, アルミ缶のサイズ, 羽の枚数を変えたときでも同様に綿菓子を製作することができた.

7 考察

本実験において、缶を回転させるために熱風発生機の風量を増やすと、温度上昇率が低下した。綿菓子を作成するためには、160~180℃程度の温度が必要であり、毎分3000回転程の回転数が必要となる[1]。しかし、本実験では、目標温度と風量を最大にしたときの送風口付近の温度を計測すると70℃程度であり、そのときの缶の表面温度は50℃程度であった。目標温度を最大、風量を最小としたとき、送風口付近の温度は190℃、缶の表面温度は160℃程度であった。そのため、ザラメが溶けるまでは風量を最小とし、その後、風量を最大にして回転数を増加させることで綿菓子の作成を行った。

ここで、綿菓子を作る際には以下の3点が重要になると考えられる。

- ザラメを溶かすための”温度”
- 缶を回転させるための”風力”
- 綿菓子を放出する”缶の穴”

綿菓子作成時に生じた問題点としては、

- 綿菓子が、やや固まった状態が出てきた
- 綿菓子の生成量が少なかった

といったことが挙げられる。これらの問題に対して考察を加える。

7.1 綿菓子の形状、生成量について

綿菓子が、やや固まった状態が出てきた原因として、回転速度不足と作成方法、温度不足が挙げられる。

本実験では、ザラメを溶かしてから缶を回転させるという作成方法を取っていたので、回転速度が不足し、溶けたザラメが缶の外へ出るまでに時間がかかってしまった。この時間に溶けたザラメが固まり始めたと考えられる。また、缶の表面温度は最高でも160℃程度であったため、ザラメが完全に溶けなかったと考えられる。

この問題に対する改善案として、密閉状態にさせて温度を上昇させるということが挙げられる。本実験において、加熱は熱風発生機による熱風、熱の損失はバケツの熱伝導と蓋との隙間から逃げる熱である(図12)。

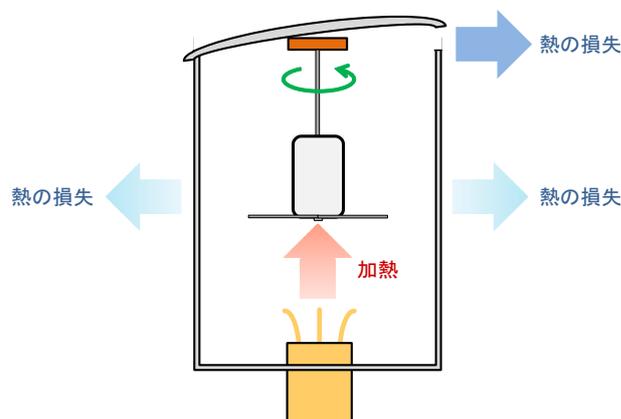


図 12: 今回の熱風発生機における熱損失の一例

本実験で用いた熱風発生機による缶の加熱では、表面温度 160℃程度が限界であった。ここで、蓋を閉めて密閉状態にできる構造であれば、蓋との隙間から熱が逃げることを防げるとともに、圧力上昇による温度上昇が期待できる。

綿菓子の生成量が少なかった原因の一つとしては、穴を外側から空けたことにより、綿菓子が外へ出にくい構造になったことが考えられる (図 13)。

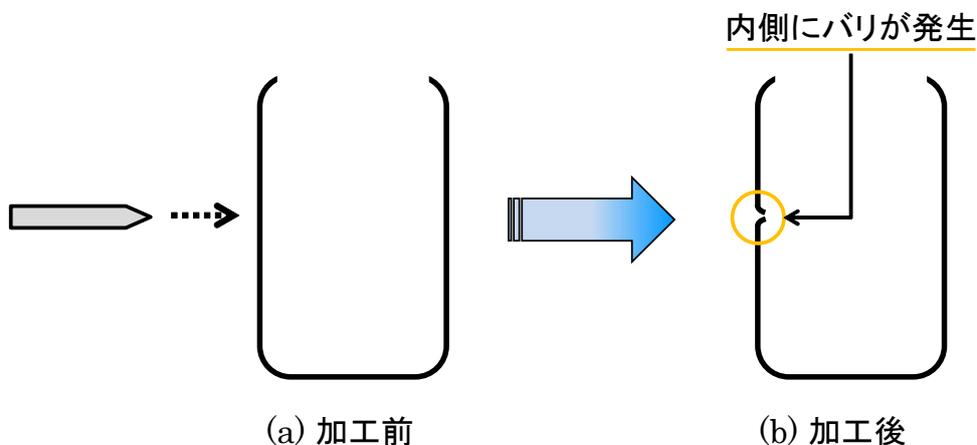


図 13: 外側から穴を開ける場合

上記の図 13 のように、外側から穴開けを行うと、内側にバリが発生してしまう。この内側にできたバリにザラメが引っ掛かることによって、生成量が減少したと考えられる。したがって、穴開けは缶の内側から開けることによって、この問題を改善できると考える (図 14)。また、回

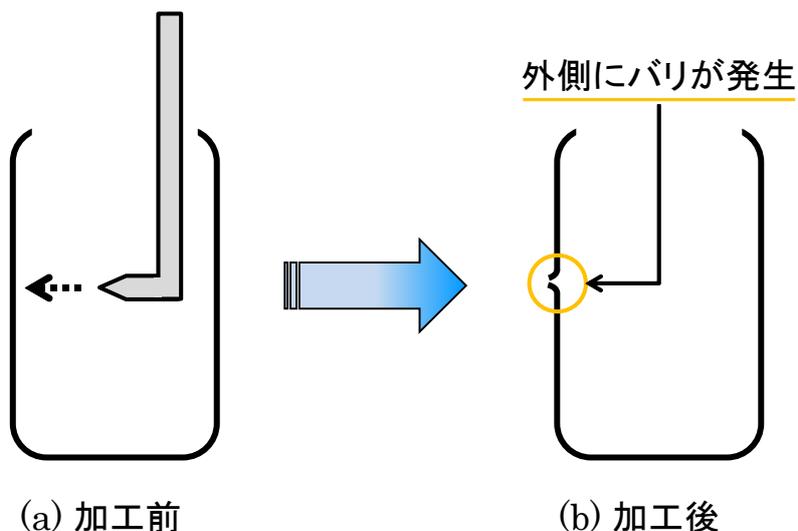


図 14: 内側から穴を開ける場合

転にぶれが生じたため熱をザラメにまんべんなく伝えることができず、箇所ごとの融解度合いが異なった (図 15)。ゆえにザラメが完全に溶けず、生成量が少なくなったと考えられる。この問題に対しては、回転のぶれを減らすよう軸受などの構造面の改良を行うことで熱を均等に伝えるということが考えられる (図 16)。

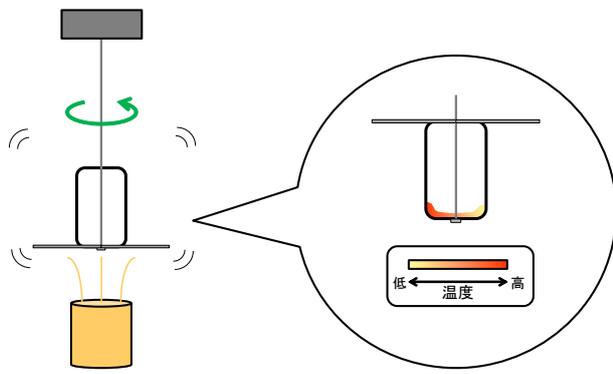


図 15: 偏心が大きい場合の伝熱

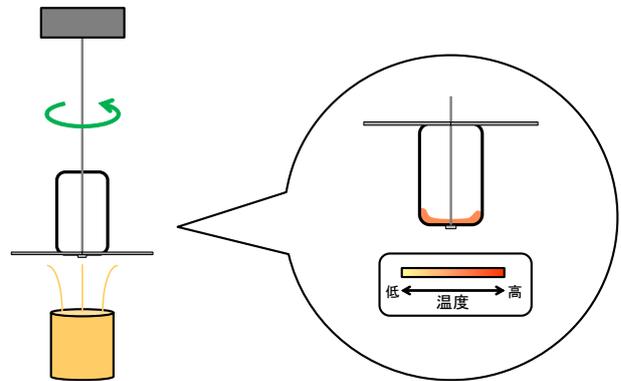
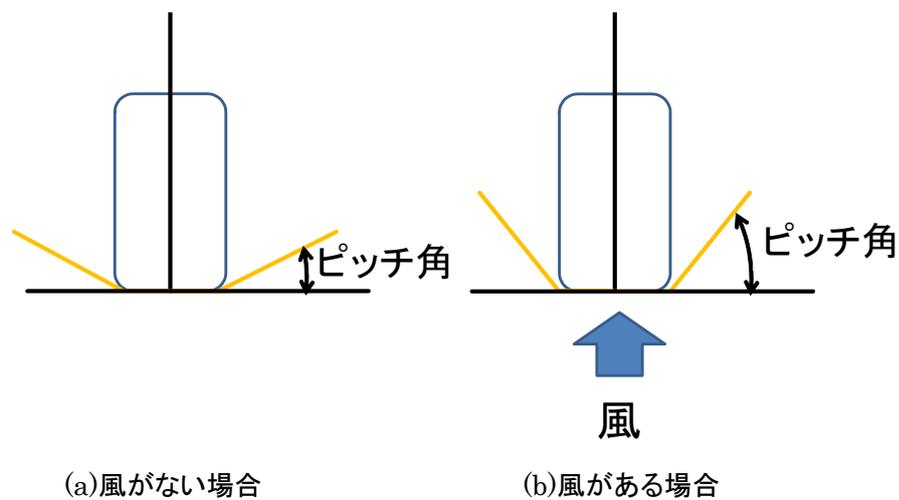


図 16: 偏心が小さい場合の伝熱

熱不足に加えて、回転速度が遅かったことも、溶けたザラメの生成量が減少した原因と考えられる。

本実験では、アルミ缶から切り出したものをプロペラとして用いた。アルミ缶は薄いため、切り出した部分は曲がりやすい。そのため、風を受けた際にピッチ角が大きくなり、最大の回転速度が低くなってしまったのではないかと考えられる。これは、ピッチ角が大きくなると、空気から受ける圧力が減少してしまうためである (図 17)。



(a)風がない場合

(b)風がある場合

図 17: ピッチ角の変化

そこで、プロペラのピッチ角が風によって変化しないための対策が必要となる。具体例として、プロペラ一枚ずつ骨組みをする、針金などでアルミ缶とプロペラの位置を固定することでピッチ角の変化を抑制することができると考えられる。

また、その他により小さい缶を用いることで回転速度を上げるということが考えられる (図 18)。回転物体の慣性モーメントの大きさは、質量と半径の大きさに比例する。そして、慣性モーメントが大きければそれだけ、物体は回転運動しにくい。そのため、より半径と質量が小さい缶を用いれば、缶の回転速度を上げることができると考えられる。

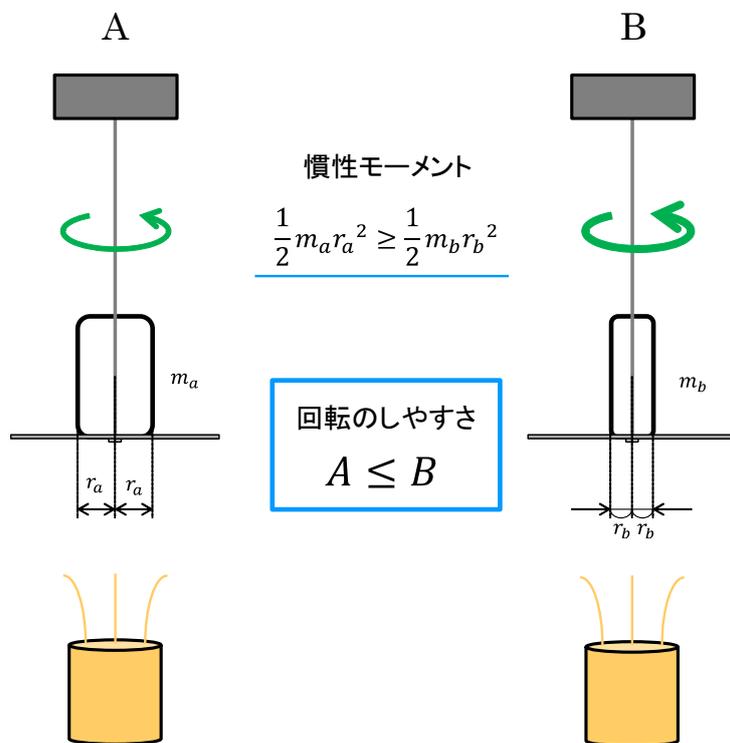


図 18: 形状による回転のしやすさ

8 結論

本実験では、熱風発生機から発生する熱風を用いてザラメを加熱し、プロペラを取り付けたアルミ缶を揚力により回転させることで、綿菓子を生成することを目的とし、綿菓子の生成実験を行った。綿菓子を生成することはできたが、生成量が少ないという課題が残った。この課題に対して実験装置の改善が必要であると考えた。

9 謝辞

本実験は、株式会社八光電機様の助成を賜りました。このような貴重な実験の機会を与えていただき、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] “わたあめ”: http://www8.plala.or.jp/i_love/wata/