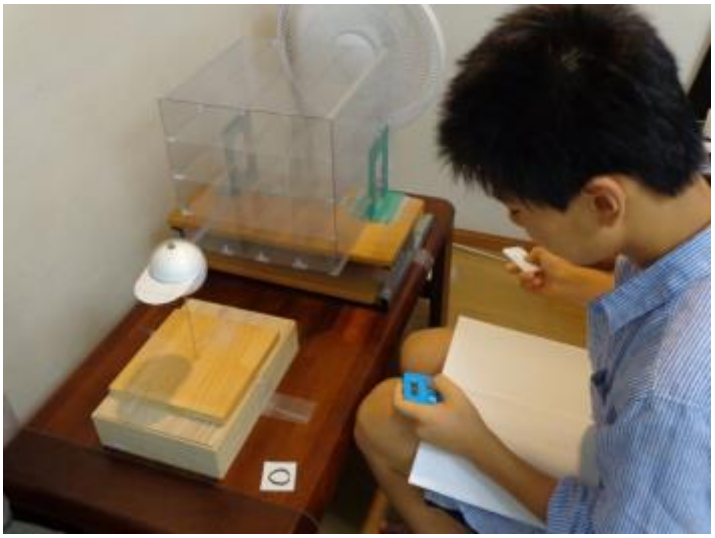
風で帽子を飛ばされないようにするには



千葉市立千城台西中学校

３年３組 15 番　西村　友宏

風で帽子を飛ばさないようにするには

目　　次

Ⅰ．動　機 1
Ⅱ．目　的 1
Ⅲ．準　備 2
Ⅴ．実験方法（各実験に共通の方法） 4
1　装置の全体構成 4
2　整流器の製作 5
3　帽子モデルの製作 6
4　頭部モデルの製作 7
5　上半身モデルの製作 8
6　吹き流しの製作 9
7　測定方法 10
実験 0　扇風機の風量レベルと風速の関係 12
実験 1　ハットの角度と飛ばされやすさの関係 15
実験 2　ハットの質量と飛ばされやすさの関係 22
実験 3　ハットのつばの大きさと飛ばされやすさの　関係 32
実験 4　キャップの風に対する角度と飛ばされやすさの関係 39
実験 5　キャップのつばの大きさと 46
飛ばされやすさの関係 46
実験 6　キャップの重さと飛ばされやすさの関係 55
実験 7　上半身モデルがついたときのハットの風に対する角度と飛ばされやすさの関係 63
実験 8　上半身モデルがついたときのハットのつばの大きさと飛ばされやすさの関係 69
実験 9　上半身モデルがついたときのキャップの風に対する角度と飛ばされやすさの関係 77
実験 10　上半身モデルがついたときのキャップのつばの大きさと飛ばされやすさの関係 85
実験 11　吹き流しを使用して帽子モデル周辺の空気の流れを調べる 92
Ⅶ．研究の考察 106
Ⅷ．研究のまとめ 109
Ⅸ．感想と反省 109

Ⅰ．動　機

朝，テレビ番組（4ch　ZIP）を見ていたら，平成 26 年秋頃から，つばがかなり大きな帽子がはやっているという内容を放送していた。街頭の取材例では，顔も見えなくなるようなつばが大きい帽子であった。これでは，風が来たら，すぐに風で飛ばされてしまうのではないかと思った。

また，帽子のつばの大きさをはじめ，形状やいろいろなかぶり方の違いで，風による飛ばされやすさに違いが関係があるのではないかと思った。そこで，帽子が風で飛ばされないようにするため条件を探る研究を開始した。

Ⅱ．目　的

風で飛ばされにくい帽子の形状やかぶり方を調べ，その研究結果を生活に役立てるため。

・どういう形状の帽子が風によって飛ばされにくいのかを明らかにする。
・同じ帽子において，つばの部分の向きや角度によって風に飛ばされやすいかを明らかにする。

図 1　いろいろな帽子

Ⅲ．準　備

以下のものを準備した。

- 頭部モデルの材料
  - 発泡スチロール球φ80
  - 竹串
  - 板
  - 木箱

図 2　頭部モデル

- 帽子モデルの材料
  - PET 透明半球φ80
  - 工作用紙
  - エナメル線φ0.8，φ0.2
  - メンディングテープ
  - スポンジ
  - 画鋲

- ノートパソコン用 2 段ラック

　整流器の台として使用。高さを得て，上板と下板の間に隙間があり，空気の流れを妨害しにくいと考えて用いた。

- リビング扇風機 SLS-3001　SIROCA（風量 1～32 段階　リモコン操作可能　7 枚羽根）
  - 風量をレベル 1（最弱）からレベル 32（最強）までの 32 段階に変化させることができ，数字で風量が表示される。
  - また，電源のオン，オフや風量等はリモコンで操作できる。

図 3　風量レベル表示

- 整流器の材料
  - 硬質塩化ビニール板 10 枚（1 mm 厚　4 枚，0.5 mm 厚 6 枚）
  - ブックエンド×2
  - セロハンテープ

図 4　硬質塩化ビニル板（厚さは 1 mm と 0.5 mm を使用）

- 環境測定器　AHLT-100 CUSTOM
  - 扇風機の風量レベルを風速で確認するために使用

図 5　多機能環境測定器

図 6　ミニデジタルスケール

- ミニデジタルスケール　ParadoxX
  - 最小表示 0～100 g／0.01 g　101～500 g／0.1 g
  - ひょう量 500 g
  - モデルやエナメル線の質量を測定に用いた。
  - 0.01 g まで測定できる。

Ⅴ．実験方法（各実験に共通の方法）

1　装置の全体構成

部屋エアコンの影響を受けない部屋の居間の隅に下図のように装置を配置して実験を行った。固定は主にメンディングテープを使用した。

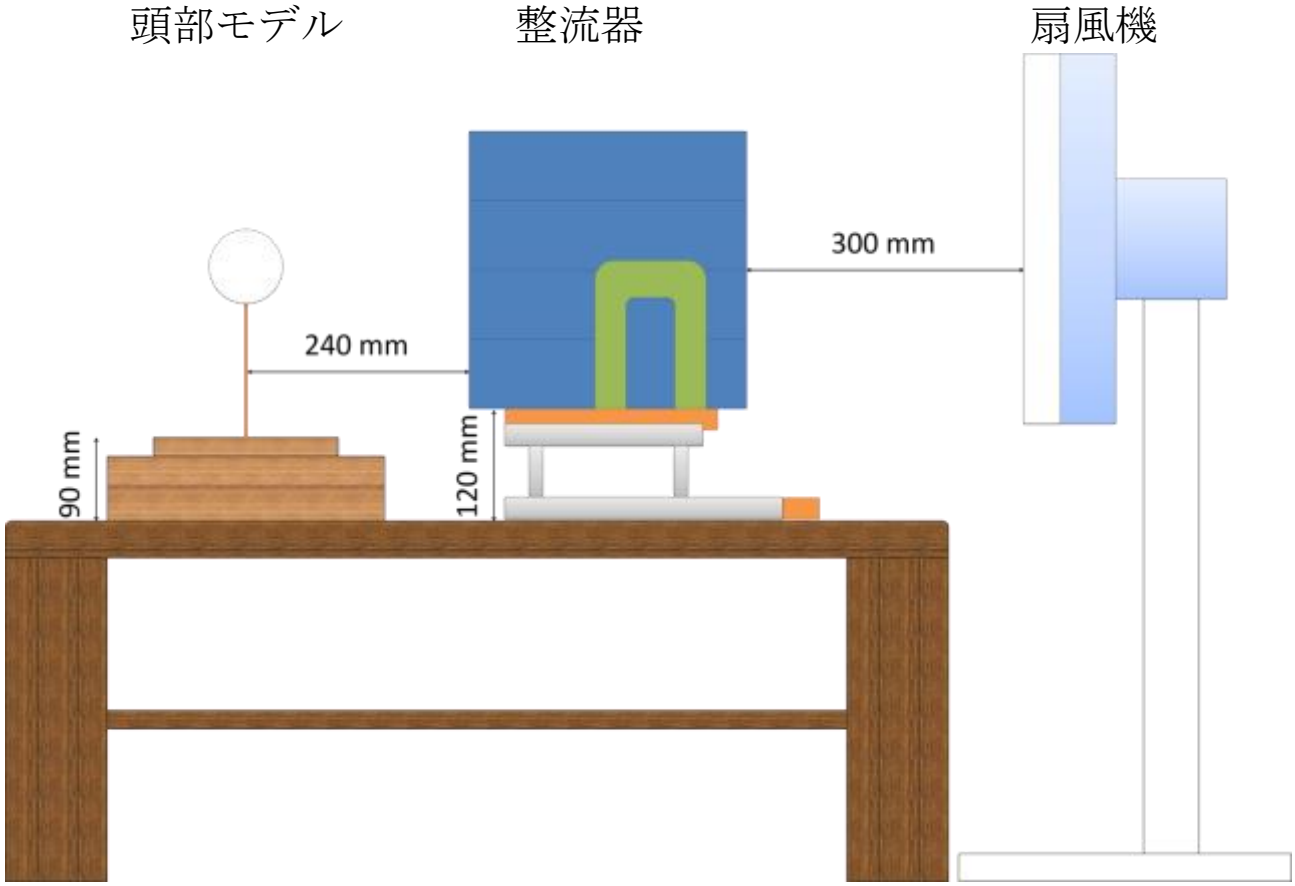


図 7　装置全体模式図

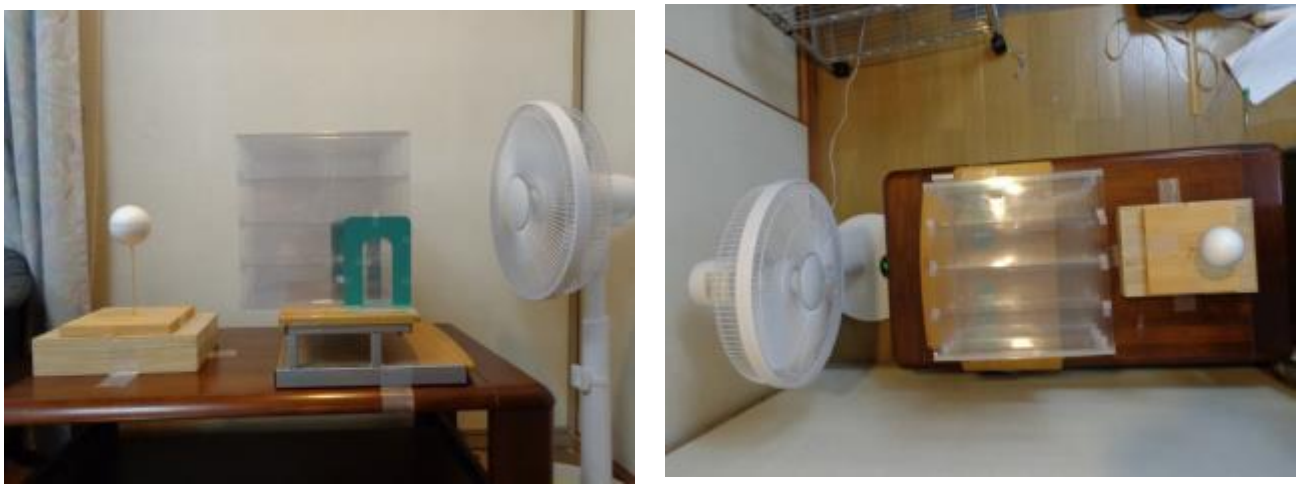


図 8　装置全体図（左：側面全体写真　右：上から撮影したもの）

2　整流器の製作

扇風機の風を直線方向に安定させるために，塩ビ板 300×300 mm の大きさの 10 枚で製作した。外側部分の 4 枚は 1 mm 厚，内側のしきりは 0.5 mm 厚さのものではさみで切れ込みを交互にいれて，組み上げ，セロハンテープで固定たものである。

実験する前に整流器の直後（吹き出し口）の風速を測定した。扇風機の中央のキャップの部分の影響で多少中央の風速が遅い傾向がある。

図 9　整流器の出口で風速を測定

上

1.8	1.2	1.4	2.3
1.5	0.9	1.1	2.2
1.9	1.3	1.6	1.7
1.3	1.4	1.6	1.3

左　右

下

※整流器の吹き出し口での測定

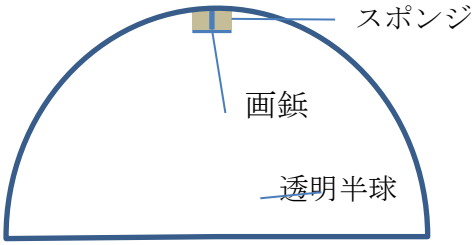
風量レベル30のときの風速m/s

図 10　整流器の吹き出し口

3　帽子モデルの製作

帽子モデルのベースとして直径 80 mm の PET 製透明半球を用いた。頂上部分に画鋲を内側から刺し 5 mm 角のスポンジを挟んだ。

当初，スチロール球と透明半球がともに直径 80 mm で予備実験を行ったが，球と透明半球のサイズがぴったりのためゆとりがなく，摩擦が大きくなりすぎ，帽子が風では飛びにくいことがわかった。そのため毎回の実験で自然に球体にのせれば，かぶった状態となるように，約 5 mm 画鋲を内側から刺し固定することにした。スポンジは，画鋲の安定性を増すためである。安全のため，画鋲の針が外部に出ている部分は切断し，セロハンテープを貼った。



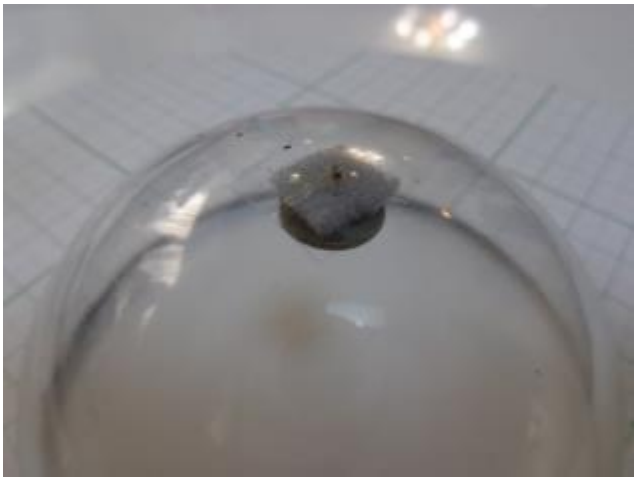


図 11　　透明半球

（1）　ハットの場合

工作用紙で半径 41 mm の直径の円をサークルカッターで抜いた（40 mm だと，透明半球にはまらないため）。つばの部分は，半径 5 cm から 1 cm ごとに大きくしてサークルカッターで抜き取った。透明半球とは，メンディングテープで 4 カ所固定することとした。

重量を変化させるためには，エナメル線で透明半球の下の部分にまきつけるようにしてエナメル線の長さ（太さ 0.8 mm の場合 1 g で 341 mm）となっていることをもとに長さで，調節することとした。

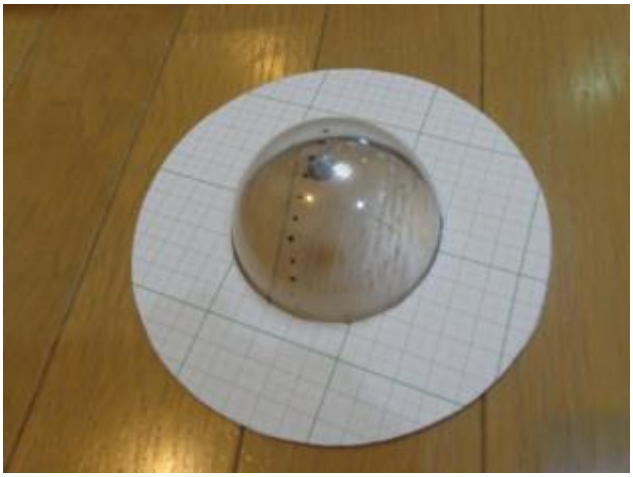


図 13　ハット型モデル

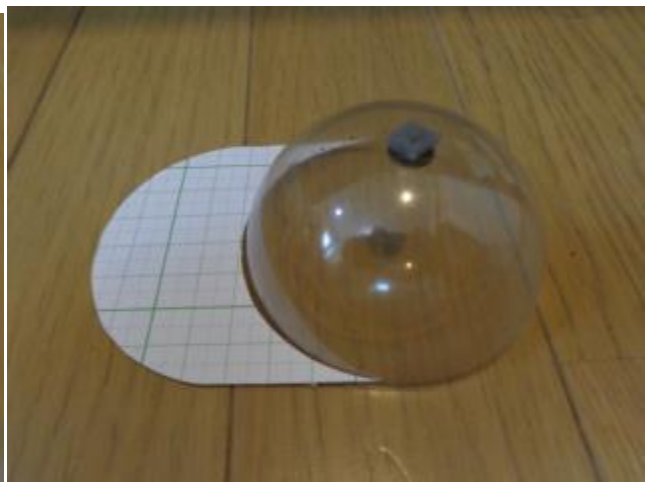


図 12　キャップ型モデル

（2）　キャップの場合

半径 40 mm の円の半円をつばの先端部分とし，長さのみを変化させた。透明半球とはメンディングテープで 2 カ所固定することにした。重量の変化はハットと同様にした。

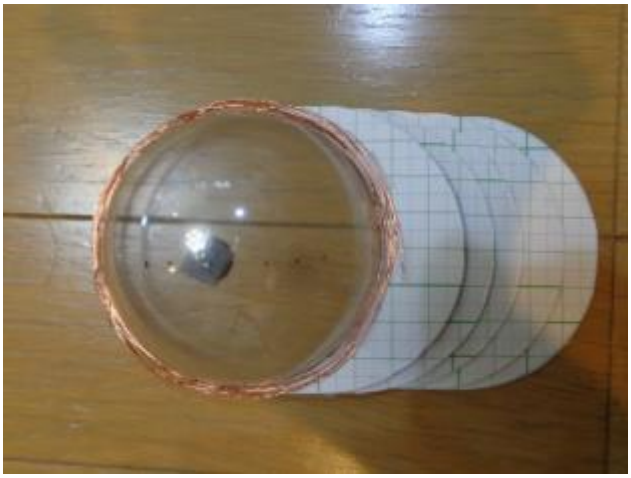


図 14 つばの大きさの違い

4　頭部モデルの製作

頭部のモデルとなる球体は，直径 8 cm の発泡スチロール球に 10 度ごとに印をつけた（経線方向，緯線方向）。

この球体に竹串を刺して製作した。基部は，扇風機と高さとあわせ，重量により風による移動させないために，乾麺が入っていた木箱を置き，その上に置いた板の中心にキリで穴をあけて固定した。

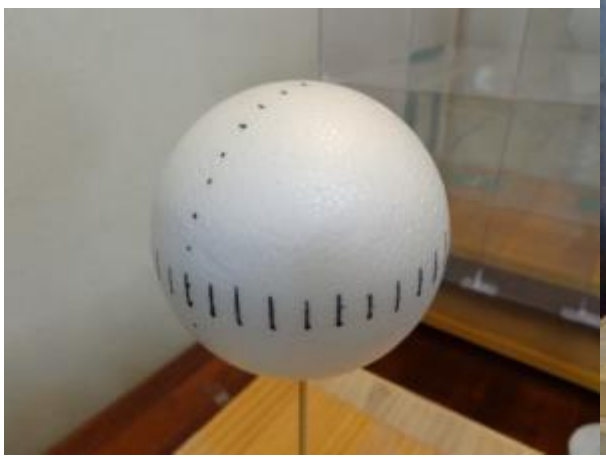


図 15　頭部モデルにつけた角度の表示

16 頭部モデル　側面図

5　上半身モデルの製作

直径 10 cm のスチロール球を半分にし，両肩の部分とし，下に発泡スチロールを切断して作った約 10×5×7.5 cm の直方体を固着し，それを芯として上半身を工作用紙で製作した。また，半径 3 cm の筒を上部に取り付け，首の部分とした。

自分の頭の幅と自分の肩幅を図ると，それぞれ 16 cm，40 cm であった。球の直径は 8 cm のため，肩幅は 20 cm 前後がよいと考え，この大きさに決定した。

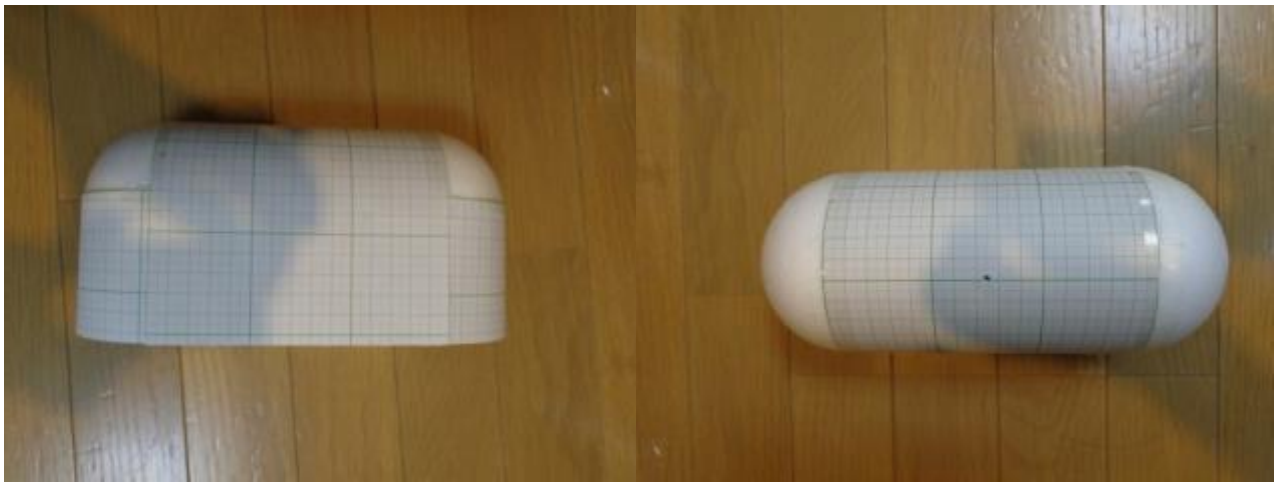


図 17　上半身モデル（左，右とも）

図 18　上半身モデル設置図　左　側面図　　右　上面図

6　吹き流しの製作

風の流れのようすを視覚的に確認するため, 吹き流しを製作した。被膜付き針金に先端から 1 cm の位置にテッシュペーパー1 枚に裁断用ばさみで等間隔（約 2 mm 幅）に切りこみを入れたものを結び，セメダインで固着した。同じものを 2 cm 間隔で 4 か所, 合計 5 か所に取り付けた。針金の先にエナメル線を固定して延長した。

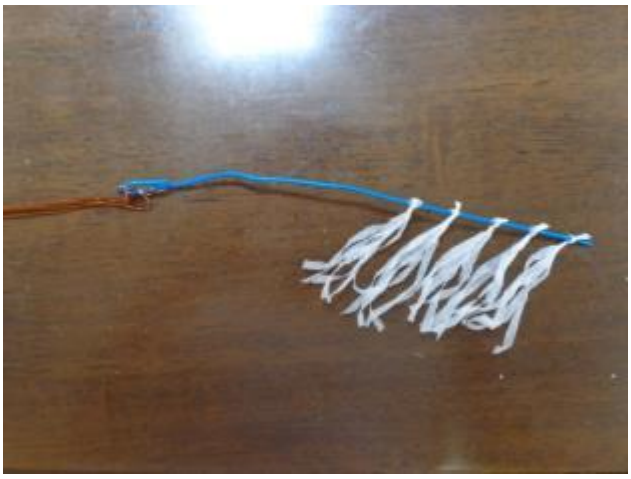


図 19　製作した吹き流し

図 15　裁断用のはさみ　ティッシュを裁断したもの

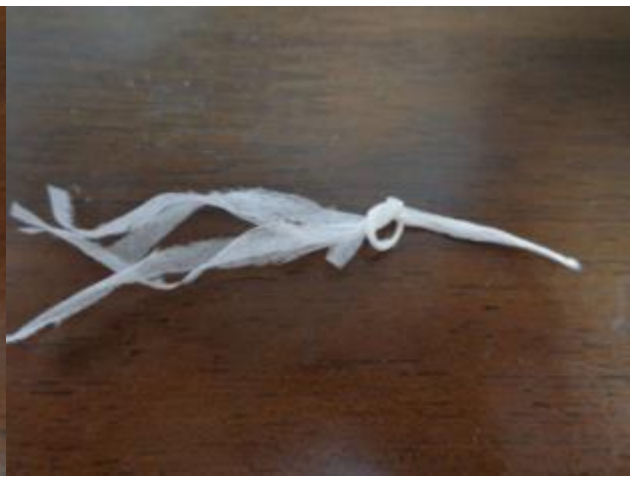


図 20　裁断したティシュで輪をつくり，針金に結ぶ。

7　測定方法

扇風機の電源を入れるとともにタイマーをスタートさせた。風量段階の切り替えは，羽の回転および風量が安定するまでの時間を考慮して 5 秒ごとに変化させることにした。また，結果の表に示した風量レベルは，帽子のモデルが飛んだ時の値を示した。実験は同条件で 5 回測定し，平均は最大値と最小値を除いた 3 値で算出した。

VI. 実験

実験 0

扇風機の風量レベルと風速の関係

実験０　扇風機の風量レベルと風速の関係

目的

実験に先だって，扇風機の 1～32 の 32 段階の風量レベルが，実際の風速とどのような関係になっているかを確認しておく。

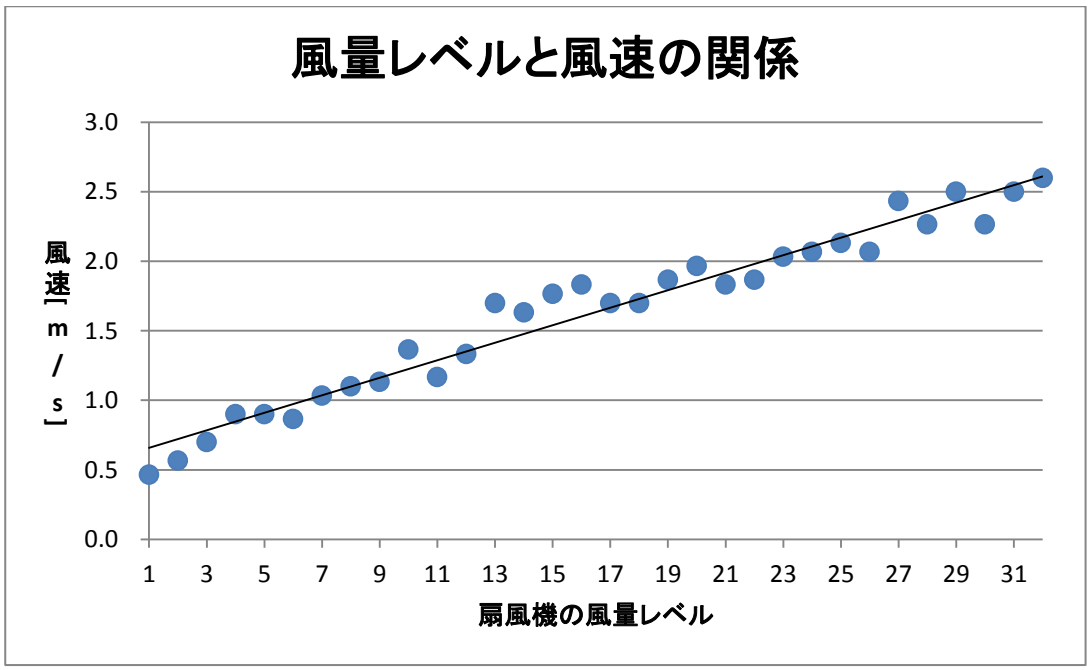
方法

頭部モデルの位置で環境測定機用いて，風速を 3 回測定した。結果は 3 回の平均とした。

結果

結果を表とグラフに表すと以下のようであった。また，グラフはエクセルで処理した。

風量レベル	風速[m/s]				風量レベル	風速[m/s]			
	1 回目	2 回目	3 回目	平均		1 回目	2 回目	3 回目	平均
1	0.4	0.5	0.5	0.5	17	1.7	1.8	1.6	1.7
2	0.5	0.6	0.6	0.6	18	1.8	1.7	1.6	1.7
3	0.7	0.7	0.7	0.7	19	2.0	1.8	1.8	1.9
4	0.9	1.0	0.8	0.9	20	1.8	2.0	2.1	2.0
5	1.0	0.8	0.9	0.9	21	1.8	1.8	1.9	1.8
6	0.8	0.8	1.0	0.9	22	1.9	1.7	2.0	1.9
7	0.9	1.1	1.1	1.0	23	1.9	2.1	2.1	2.0
8	1.1	1.1	1.1	1.1	24	2.0	2.2	2.0	2.1
9	1.1	1.1	1.2	1.1	25	2.1	2.2	2.1	2.1
10	1.4	1.3	1.4	1.4	26	2.1	2.0	2.1	2.1
11	1.2	1.2	1.1	1.2	27	2.5	2.4	2.4	2.4
12	1.3	1.4	1.3	1.3	28	2.5	2.1	2.2	2.3
13	1.7	1.7	1.7	1.7	29	2.5	2.5	2.5	2.5
14	1.8	1.5	1.6	1.6	30	2.3	2.3	2.2	2.3
15	1.7	1.8	1.8	1.8	31	2.4	2.6	2.5	2.5
16	1.9	1.9	1.7	1.8	32	2.8	2.5	2.5	2.6



考察

一次関数のグラフになっている。よって，扇風機の風量レベル（1～32 段階）と風速はほぼ比例している。

まとめ

風量レベルの 1～32 において，扇風機の風量レベルと風速はほぼ比例しているといえる。

図 21　頭部モデルの位置で風速を測定

実験 1

ハットの角度と飛ばされやすさの関係

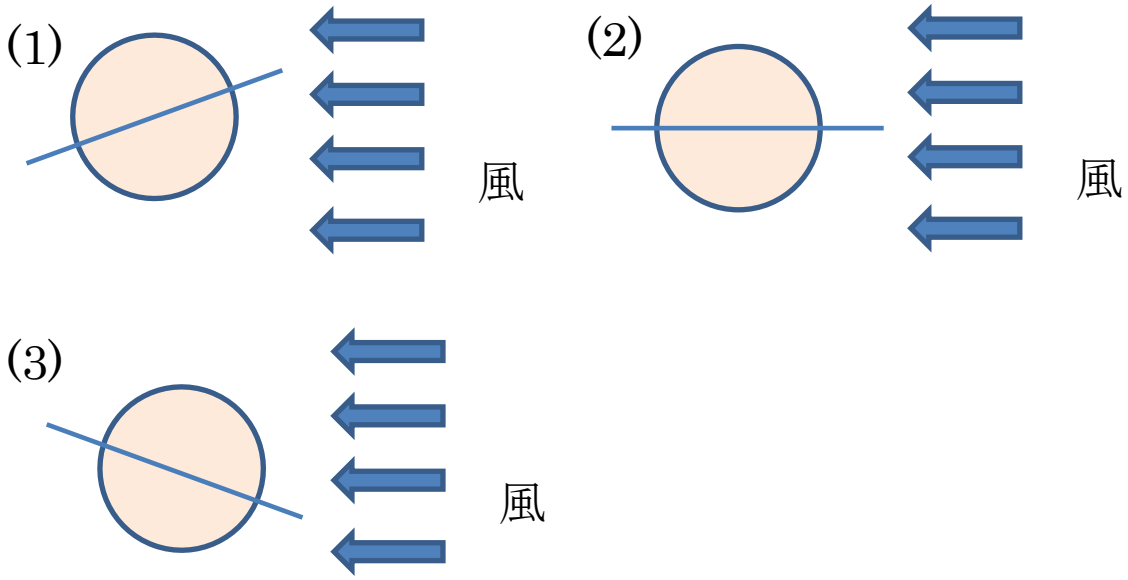
実験１　ハットの角度と飛ばされやすさの関係

目的

ハット型帽子をかぶる角度（つばが上に向いたときと下を向けたとき）によって，帽子の風による飛ばされやすさの変化を調べる。

方法

半径 8 cm のつばのハット型モデルを使い，スチロール球にいれた 10 度の目盛りに従って角度を 10 度ずつに変化させた。また，帽子を水平にかぶっている状態を 0 度とし（1），つばがそれよりも上を向いている場合をプラス（2），つばが下を向いている場合をマイナスとした（3）。今回は－3 度 0～80 度の範囲で帽子モデルが飛んだときの扇風機の風量レベルを測定した。



（1）角度プラス　　（2）0 度（水平）　　（3）角度マイナス

0
10
20

30
40
50

60
70
80

図 22　実験１の測定時の様子
※写真中の札に記されている数字は帽子のつばの角度。水平を０度。マイナスは帽子のつばが下がった状態。プラスは帽子のつばが上がった状態。

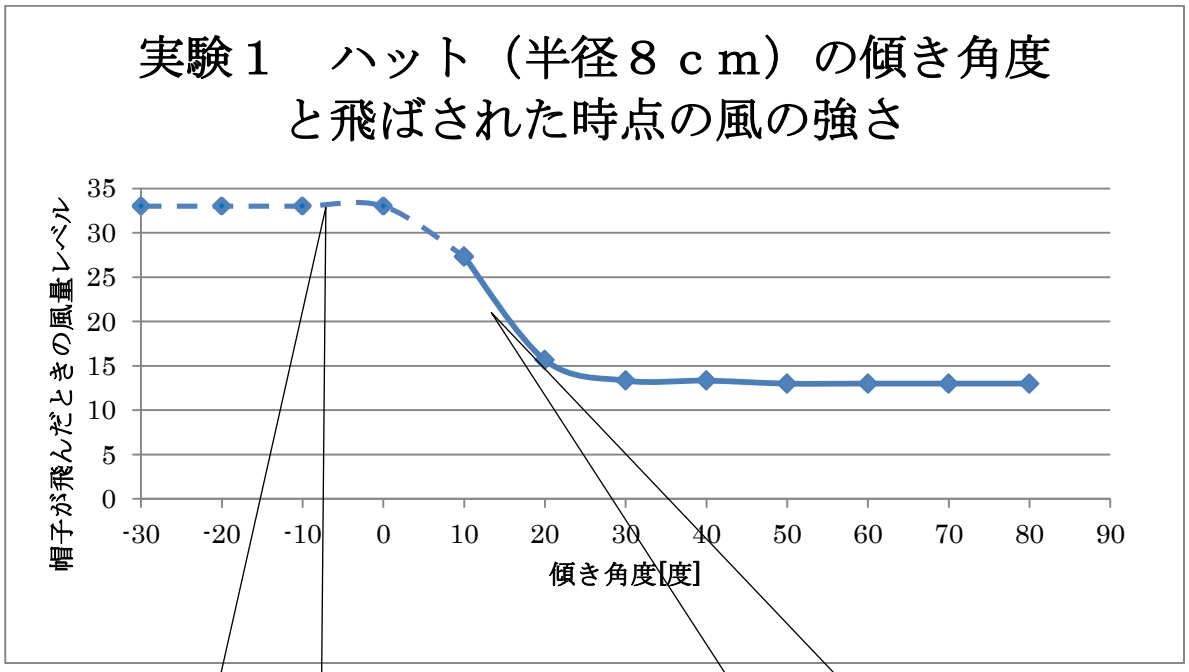
結果

表とグラフに表すと以下のようであった。

実験1　ハット（半径8cm）の傾き角度と飛ばされた時点の風の強さ

傾き角度	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1回目	33	33	33	33	28	14	14	15	13	13	13	13
2回目	33	33	33	33	21	16	13	14	13	13	14	13
3回目	33	33	33	33	25	19	13	13	13	13	13	13
4回目	33	33	33	33	29	13	13	13	13	13	13	13
5回目	33	33	33	33	29	17	15	13	13	13	13	13
3回計					82	47	40	40	39	39	39	39
平　均					27.3	15.7	13.3	13.3	13.0	13.0	13.0	13.0

※黄色部分は，5 回のうち最大・最小値で平均の算出からは除いた



最大風量レベルの 32 でも帽子は飛ばなかった。（点線で示した部分）。

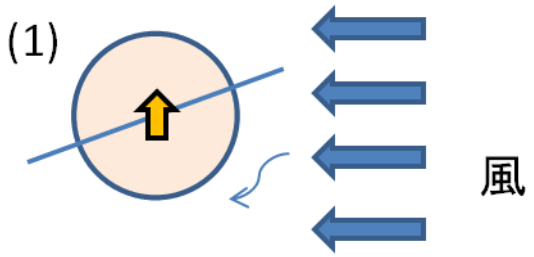
つばの角度が 10，20，30 と上がると飛ばされやすいことがわかる。30 度以上はほぼ一定（実線で示した部分）。

考察

（1）　傾き角度がプラスのとき

（帽子のつばを上げてかぶった場合）

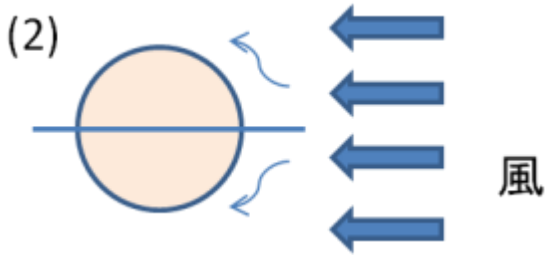
帽子モデルのつばは上向きの力（揚力）を受け，傾き角度が 0 度の時，マイナスのときと比べて同じ風量レベルでも飛びやすくなっている。しかし，傾き角度が 30 度以上の場合は，帽子の質量や球との摩擦などによりそれ以上飛びやすさは変化しなくなったと思われる。



（2）　傾き角度が 0 度のとき

（帽子のつばが水平の状態でかぶった場合）

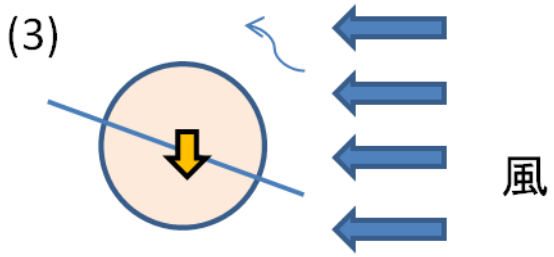
帽子モデルのつばは，風の方向に対して平行な向きになっているため，風の影響をほぼ受けない。風は帽子の透明半球部分を包むように流れていくため帽子は球に抑えつけられ，飛ばない。



（3）　傾き角度がマイナスのとき

（帽子のつばを下げてかぶった場合）

つば自体も下向きの力を受けるため，帽子が 0 度のときよりも強く球に抑えつけられるため飛ばない。



まとめ

(1) 傾き角度がプラスのとき，帽子モデルのつばは上向きの力（揚力）を受け，飛びやすくなる。傾き角度が 30 以上の時，飛びやすさは変化しなくなる。

(2) 傾き角度が 0 度のとき，帽子モデルのつばは，球に抑えつけられて飛ばない。

(3) 傾き角度がマイナスのときは，飛ばない。

実験 2

ハットの重さと飛ばされやすさの関係

実験２　ハットの質量と飛ばされやすさの関係

目的

しっかりとした布でできているような重たい(質量がおおきい)ハット型帽子とメッシュでできているような軽い（質量が小さいでは，ハット型帽子で，飛びやすさがどう違うのかを調べる。

方法

半径 80 mm のハット帽子モデルの透明半球の下端部に 1 g 分のエナメル線（太さ 0.8 mm）を取り付け，おもさをまで 1 g ごとに変化させて，帽子モデルが飛んだ時の扇風機の風量レベルを測定した。なお，半径 8 cm のハット型モデルの質量は約 7 g である。

１）追加質量 1 g（角度 20，40，60，80 度）

※

写真内の札に書かれている黒字は傾き角度，
赤字は追加質量を表わす。

２）追加質量 2 g（角度 20，40，60，80 度）

２）追加質量 3 g（角度 20，40，60，80 度）

４）追加質量 4 g（角度 20，40，60，80 度）

5）追加質量 5 g（角度 20，40，60，80 度）

6）追加質量 6 g（角度 20，40，60，80 度）

7）追加質量 7 g（角度 20，40，60，80 度）

8）追加質量 8 g（角度 20，40，60，80 度）

9）追加質量 9 g（角度 20，40，60，80 度）

１０）追加質量 10 g（角度 20，40，60，80 度）

結果

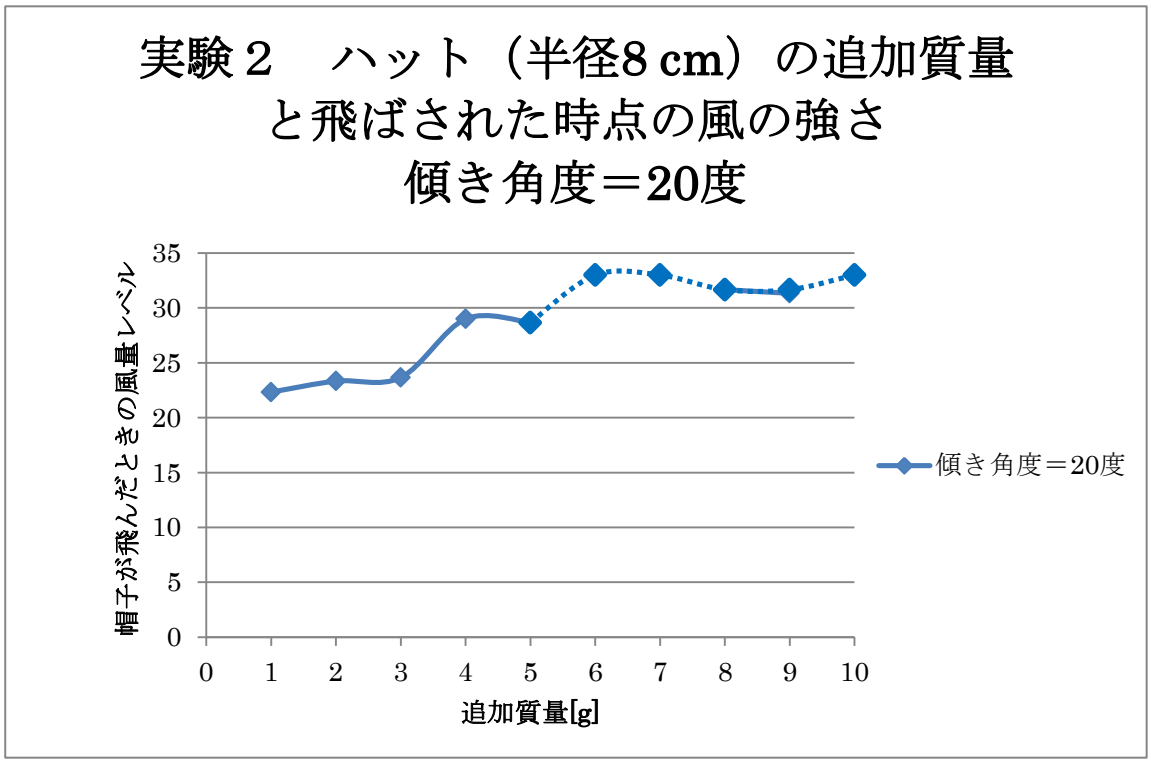
結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

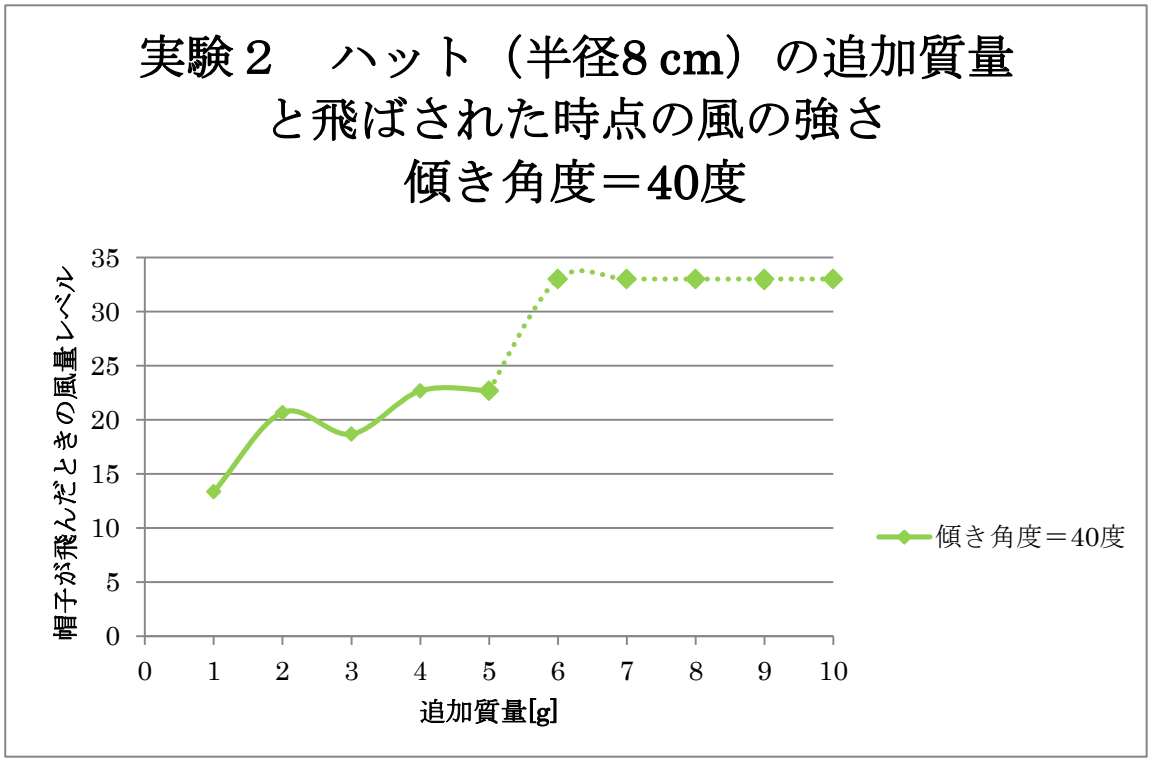
実験2　ハット（半径8 cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ									傾き角度＝20	
追加質量[g]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]	11.73	12.73	13.73	14.73	15.73	16.73	17.73	18.73	19.73	20.73
1回目	22	29	26	29	29	33	33	26	30	33
2回目	18	21	23	29	29	33	33	32	32	33
3回目	27	23	28	29	28	33	33	33	32	33
4回目	27	24	22	29	29	33	33	30	31	33
5回目	18	23	19	30	27	33	33	33	31	33
3回計	67	70	71	87	86	99	99	95	94	99
平　均	22.3	23.3	23.7	29.0	28.7			31.7	31.3	
					28.67	33.0	33.0	31.7	31.67	33.0

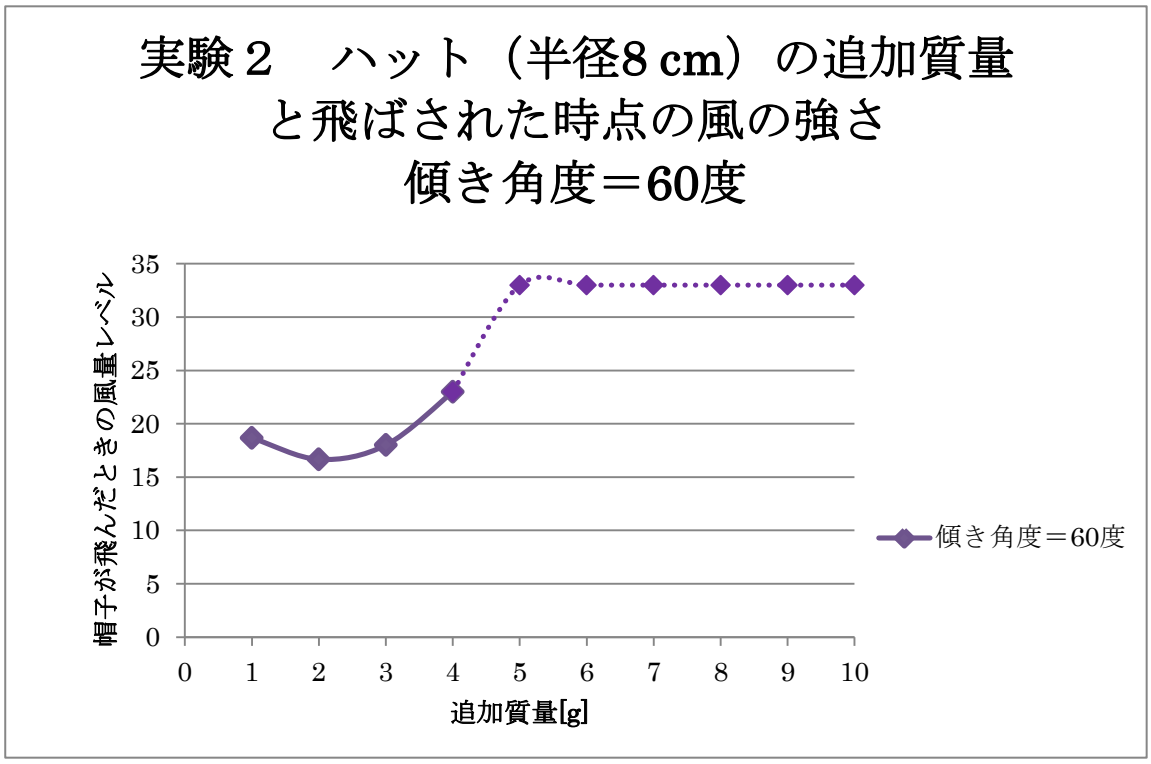
実験2　ハット（半径8 cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ									傾き角度＝40	
追加質量[g]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]	11.73	12.73	13.73	14.73	15.73	16.73	17.73	18.73	19.73	20.73
1回目	13	20	18	26	24	33	33	33	27	33
2回目	13	22	20	26	22	33	33	33	33	33
3回目	16	22	21	18	24	33	33	33	33	33
4回目	13	20	18	22	19	33	33	33	32	33
5回目	14	19	18	20	22	33	33	33	33	33
3回計	40	62	56	68	68	99	99	99	98	99
平　均	13.3	20.7	18.7	22.7	22.7				32.7	

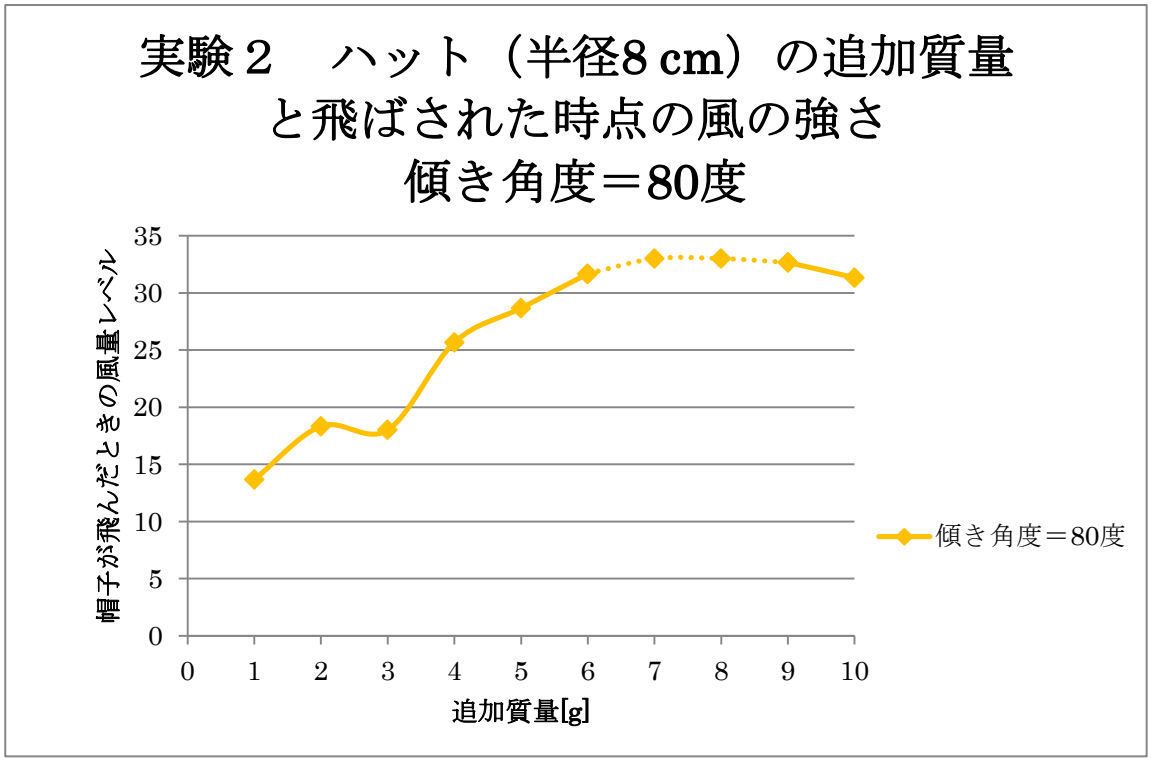
実験2　ハット（半径8 cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ									傾き角度＝60	
追加質量[g]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]	11.73	12.73	13.73	14.73	15.73	16.73	17.73	18.73	19.73	20.73
1回目	18	14	18	27	33	27	33	33	33	33
2回目	22	16	18	21	33	32	33	33	33	33
3回目	16	19	19	21	33	33	33	33	33	33
4回目	18	18	18	25	33	33	33	33	33	33
5回目	20	16	18	23	33	33	33	33	33	33
3回計	56	50	54	69	99	98	99	99	99	99
平　均	18.7	16.7	18.0	23.0						

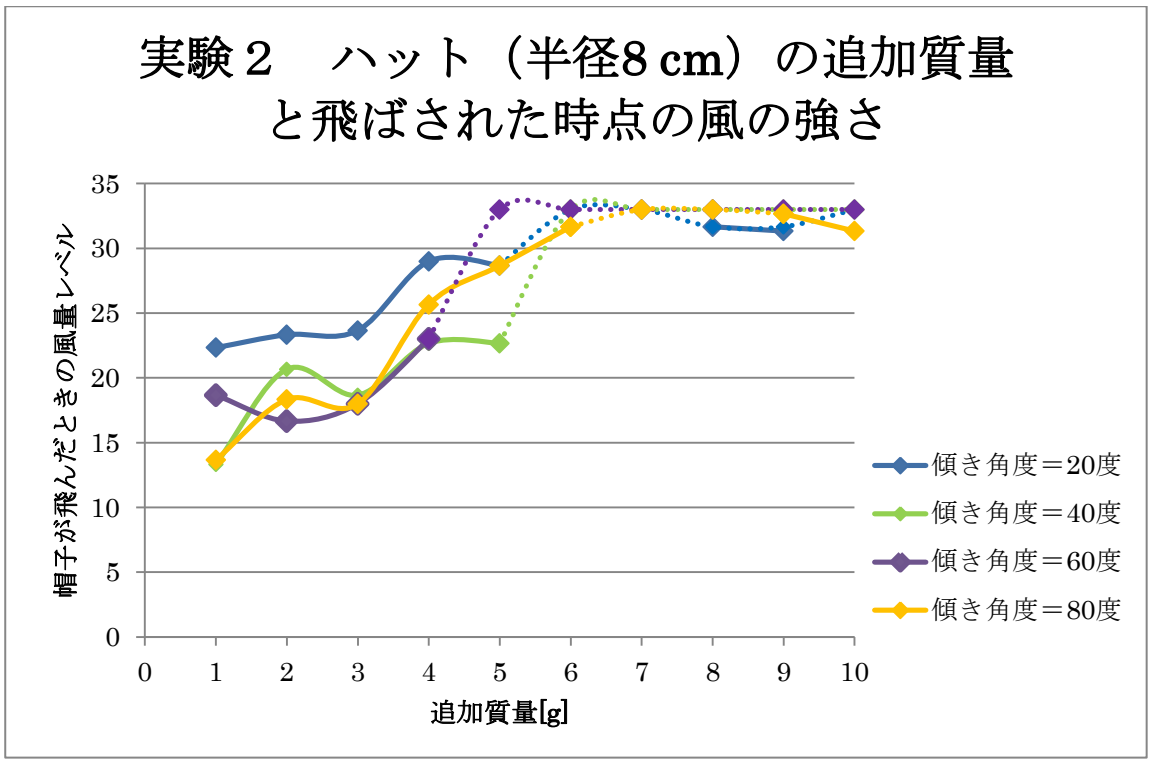
実験2　ハット（半径8 cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ									傾き角度＝80	
追加質量[g]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]	11.73	12.73	13.73	14.73	15.73	16.73	17.73	18.73	19.73	20.73
1回目	13	20	18	18	25	29	33	33	33	29
2回目	14	18	21	16	21	28	33	33	29	30
3回目	14	17	18	33	29	33	33	33	32	32
4回目	16	13	13	32	32	33	33	33	33	32
5回目	13	20	18	29	33	33	33	33	33	33
3回計	41	55	54	77	86	95	99	99	98	94
平　均	13.7	18.3	18.0	25.7	28.7	31.7			32.7	31.3


実験２　ハット（半径8 cm）の追加質量
と飛ばされた時点の風の強さ
傾き角度＝20度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
追加質量[g]
傾き角度＝20度


実験２　ハット（半径8 cm）の追加質量
と飛ばされた時点の風の強さ
傾き角度＝40度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
追加質量[g]
傾き角度＝40度


実験２　ハット（半径8 cm）の追加質量
と飛ばされた時点の風の強さ
傾き角度＝60度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
追加質量[g]
傾き角度＝60度


実験２　ハット（半径8 cm）の追加質量
と飛ばされた時点の風の強さ
傾き角度＝80度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
追加質量[g]
傾き角度＝80度



考察

(1)　追加重量を大きくすると，帽子のモデルの全体質量が大きくなり，ハットが動きにくくなり，飛びにくくなる。

(2)　傾き角度との関係においては，傾き角度が大きくなると，実験１と同様に飛びやすくなる。

質量大　揚力は一定

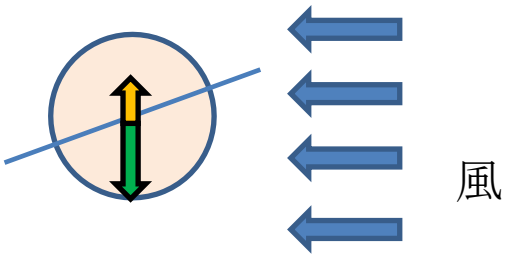


図 23　質量が大きい場合

質量小　揚力は一定

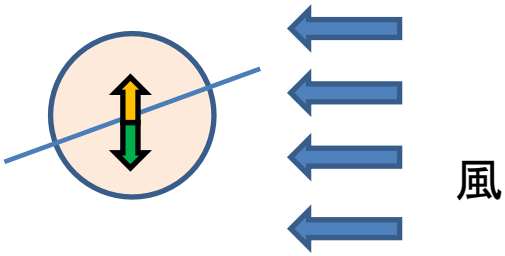


図 24　質慮が小さい場合

まとめ

(1) 帽子のモデルの質量が大きくなると，飛びにくくなる。

(2) 傾き角度が大きくなると，実験１と同様に飛びやすくなる。

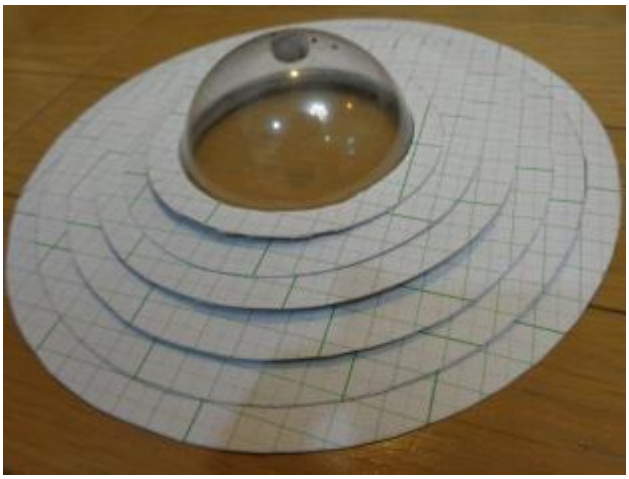
実験 3

ハットのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

実験３　ハットのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

目的

この研究の動機でもある。つばの大きいハット型帽子とつばの小さいものを比較して，つばの大きさ（風を受ける面積）と飛ばされやすさの関係を調べる。



方法

つばの部分の半径を 1 cm ずつ大きくし，半径 100 mm, 90 mm, 80 mm，70 mm，60 mm，50 mm と変化させた。帽子の重さは一定となるようにエナメル線で調整し，帽子モデルが飛んだときの扇風機の風量レベルを測定した。エナメル線（太さ 0.8 mm）の 1 g 当たりの長さ（34.2 cm）をもとに追加質量にあった長さを加えて補正した。

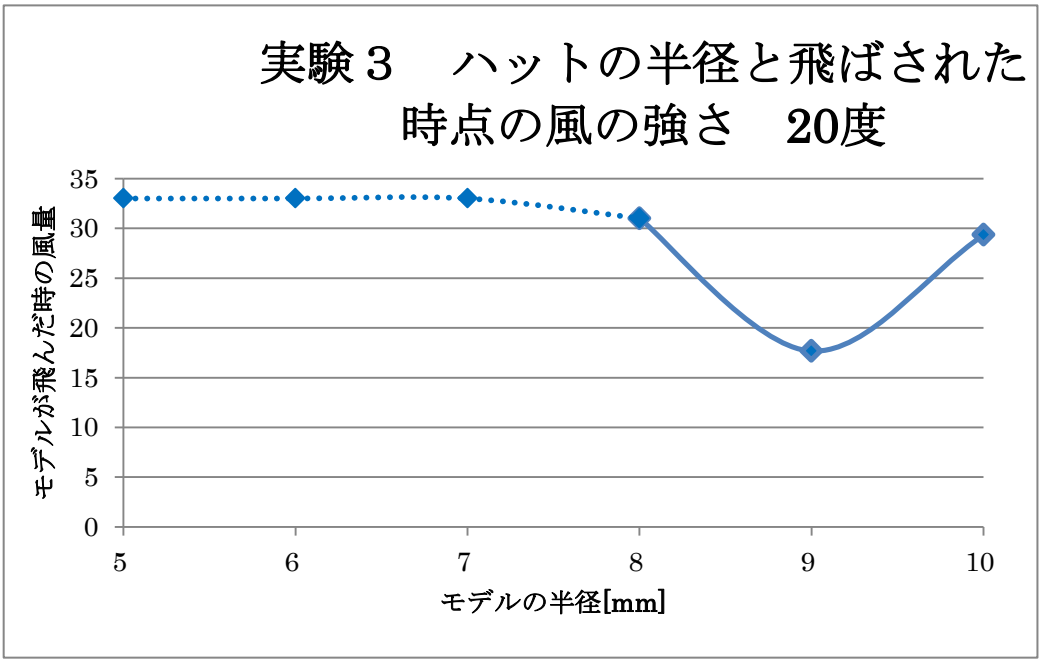
ハットつばの半径cm	ハットつばの質量g	追4.054.054.05加質量g	補正後つば＋補正分g	エナメル線長さcm	透明半球＋画鋲の質量g	ハット全体質量g
5	0.54	5.06	5.6	0	3.81	9.41
6	1.32	4.28	5.6	0	3.81	9.41
7	2.14	3.46	5.6	0	3.81	9.41
8	3.15	2.45	5.6	0	3.81	9.41
9	4.34	1.26	5.6	0	3.81	9.41
10	5.6	0	5.6	0	3.81	9.41

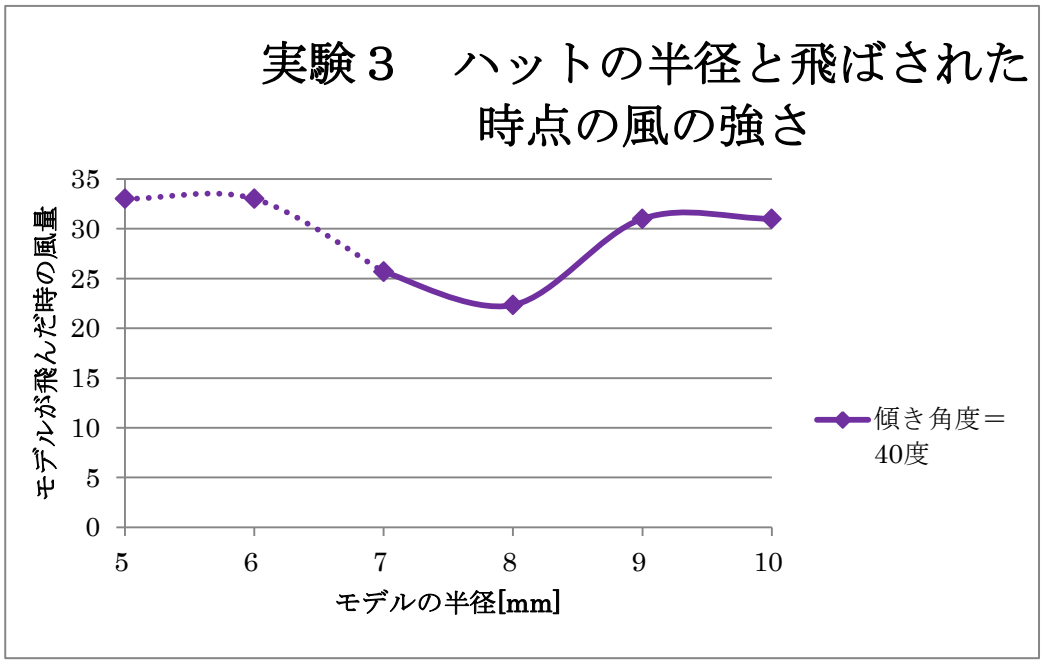
1gの針金の長さ	34.197531	←	エナメル線	エナメル線の質量g
cm	g	算出根拠	cm	
			138.5	4.05

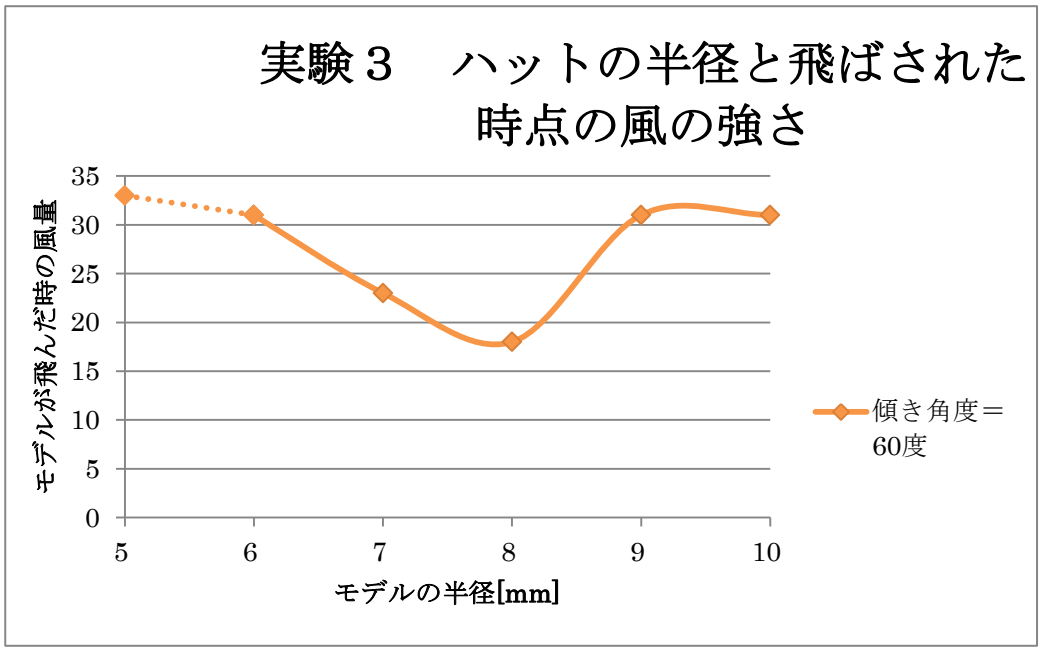
結果

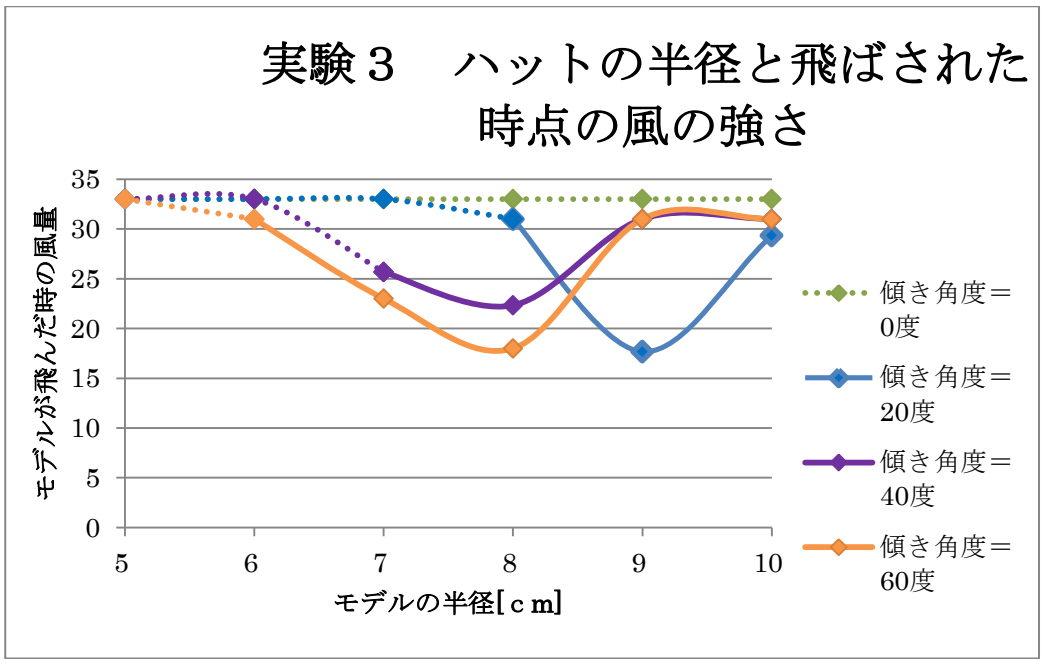
結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

半径cm	つば面積	角度	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	3回計	平均
10	263.8	0度	—	—	—	—	—		
		20度	29	28	31	24	31	88	29.3
		40度	13	11	13	13	14	39	13.0
		60度	13	13	13	13	13	39	13.0
9	204.1	0度	—	—	—	—	—		
		20度	31	17	16	19	17		0.0
		40度	13	13	13	13	13	39	13.0
		60度	13	13	13	13	13	39	13.0
8	150.7	0度	—	—	—	—	—		
		20度	29	31	31	32	31	93	31.0
		40度	24	22	23	22	22	67	22.3
		60度	18	18	18	18	18	54	18.0
7	103.6	0度	—	—	—	—	—		
		20度	—	—	—	—	—		
		40度	25	25	27	28	24	77	25.7
		60度	25	24	23	22	20	69	23.0
6	62.8	0度	—	—	—	—	—		
		20度	—	—	—	—	—		
		40度	—	—	—	—	—		
		60度	31	31	31	31	29	93	31.0
5	28.26	0度	–	—	—	—	—		
		20度	—	—	—	—	—		
		40度	–	—	—	—	—		
		60度	—	—	—	—	—		




実験３　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
5
6
7
8
9
10
モデルの半径[mm]
傾き角度＝40度


実験３　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
5
6
7
8
9
10
モデルの半径[mm]
傾き角度＝60度



考察

(1) ハットのつばを大きくすると，風を受ける面積が大きくなり，おのずと飛びやすくなると考えていたが，結果はそうではなく谷型のグラフになった。ある一定の面積のときに急に飛びやすくなり，その 1cm 大きいものがとても飛びにくいようだ。

まとめ

(1)　ハットのつばを大きくすると，ある一定の面積のときに急に飛びやすくなる。また，ある面積のときに急に飛びにくくなる。

実験 4

キャップの風に対する角度と飛ばされやすさの関係

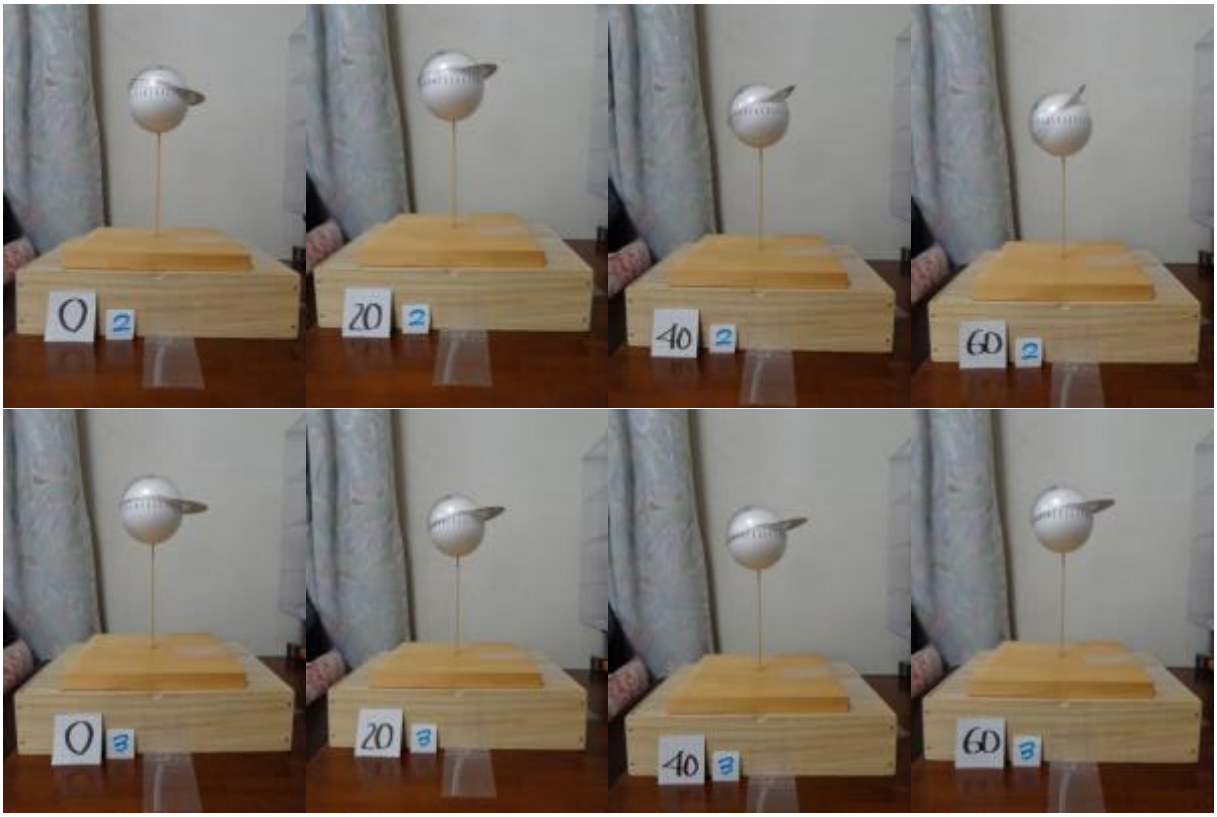
実験４　キャップの風に対する角度と飛ばされやすさの関係

目的

キャップ型帽子をかぶる角度（つばが上に向いたときと下を向けたとき）によって，帽子の風による飛ばされやすさの変化を調べる。

方法

キャップ型帽子のモデルを使って，実験１と同様に角度を 10 度ごとに変化させて飛ばされた時点の風量レベルを調べた。実験４－１として，帽子のつばが顔側にくる場合に相当する「キャップのつばが扇風機のかぜが吹いてくる方向を向いているパターン」と実験４－２として，帽子のつばが後頭部にくる場合に相当する「つばが風が吹いていく方向を向いたパターン」の 2 パターンを測定した。



結果

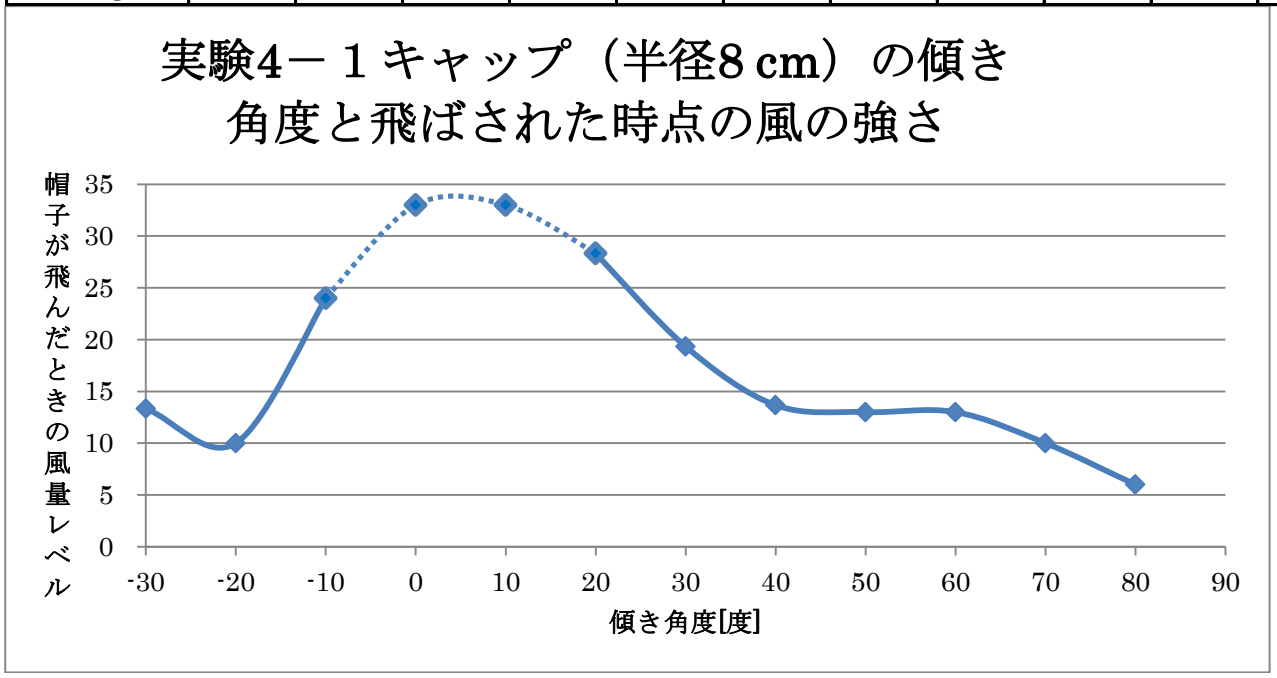
結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

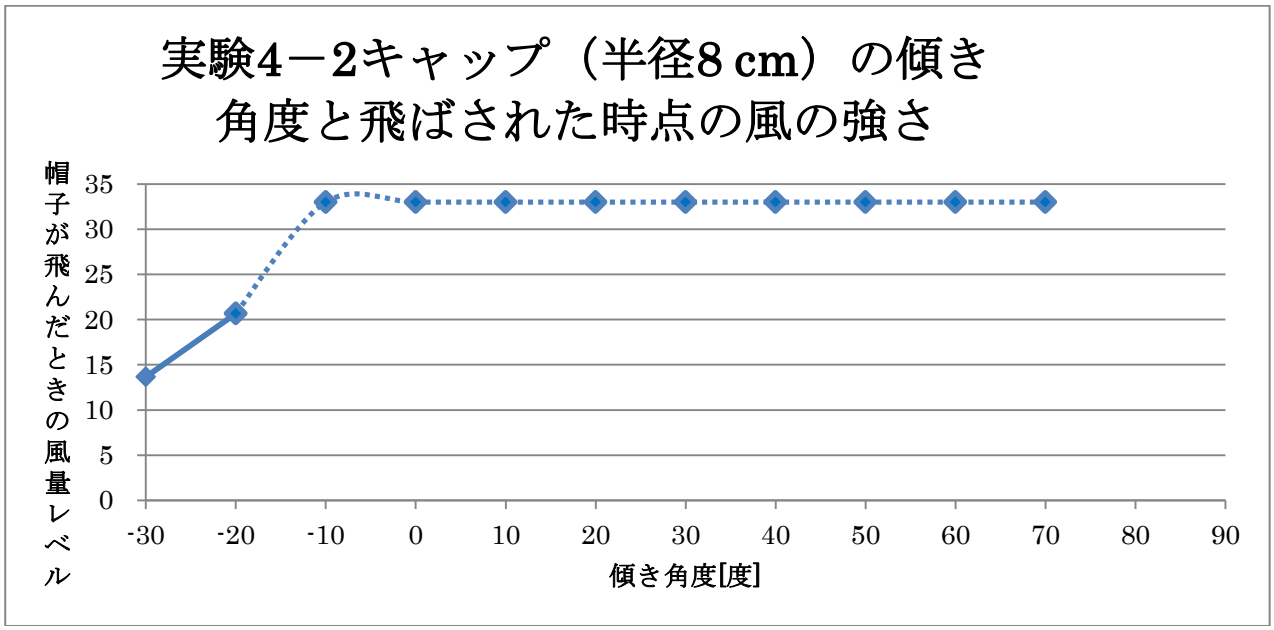
実験4-1　キャップ(半径8 cm)の傾き角度と飛ばされた時点の風の強さ

傾き角度	−30	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1回目	13	13	19	33	33	28	20	13	13	13	13	7
2回目	22	17	18	33	33	25	20	14	13	13	10	5
3回目	14	13	26	33	33	29	18	14	13	13	10	4
4回目	13	21	27	33	33	29	18	13	13	13	10	6
5回目	11	14	28	33	33	28	20	14	13	13	8	8
3回計	40	30	72	99	99	85	58	41	39	39	30	18
平　均	13.3	10.0	24.0			28.3	19.3	13.7	13.0	13.0	10.0	6.0

実験4-2　キャップ(半径8 cm)の傾き角度と飛ばされた時点の風の強さ

傾き角度	−20	−10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1回目	13	21	32	30	33	33	33	33	33	33	33
2回目	15	22	33	33	33	33	33	33	33	33	33
3回目	14	20	33	33	33	33	33	33	33	33	33
4回目	10	21	33	33	33	33	33	33	33	33	33
5回目	14	20	33	33	33	33	33	33	33	33	33
3回計	41	62	99	99	99	99	99	99	99	99	99
平　均	13.7	20.7									





考察

(1) 実験４－１（キャップのつばを風が吹いてくる方向に向ける）で，キャップのつばの傾き角度が０度のとき，モデルのつばは，風の方向に対して平行な向きになっているため，風の影響をほぼ受けない。風は帽子の透明半球部分を包むように流れていくため帽子は球に抑えつけられ，飛ばない。

(2) 実験４－１で，キャップのつばの傾き角度がプラスのとき，帽子モデルのつばは上向きの力（揚力）を受け，傾き角度が０度のとき，比べて同じ風量レベルでも飛びやすくなっている。

(3) 実験４－１で，キャップのつばの傾き角度がマイナスのとき，キャップのつばは下向きの力を受ける。実験１のハットとは違い，帽子はキャップのつばが付いている部分のみ力を受けるため，風が吹いてくる方向に回転しようとする。結果，キャップはかぜがふいてくる方向に飛ぶ。

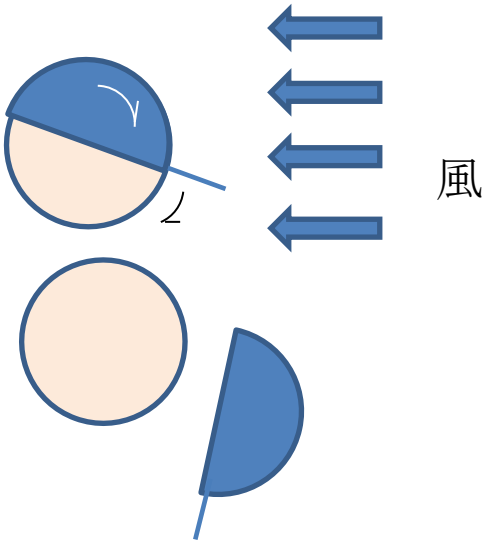


図 25　考察（3）説明図

(4) 実験４－２（キャップのつばを風が吹いていく方向に向ける）で，キャップのつばの傾き角度が０度のとき，モデルのつばは，風が吹き抜けていく方向を向いているため，風の影響をほぼ受けない。風は帽子の透明半球部分を包むように流れていくため帽子は球に抑えつけられ，飛ばない。

(5) 実験４－２で，キャップのつばの傾き角度がプラスのとき，風は帽子のつばを沿うように流れていくため，帽子モデルは見た目より風の影響を受けにくい。

(6) 実験４－２で，キャップのつばの角度がマイナスのとき，帽子モデルの透明半球部分と球の間に入り込み，帽子を持ち上げるため，帽子モデルが一瞬空中に滞空しその後，飛んだ。この現象は，帽子モデルと球の間に風が入り込むことができる。場合のみ発生するため，傾き角度が０度，プラスのときは起こらなかったものと考えられる。

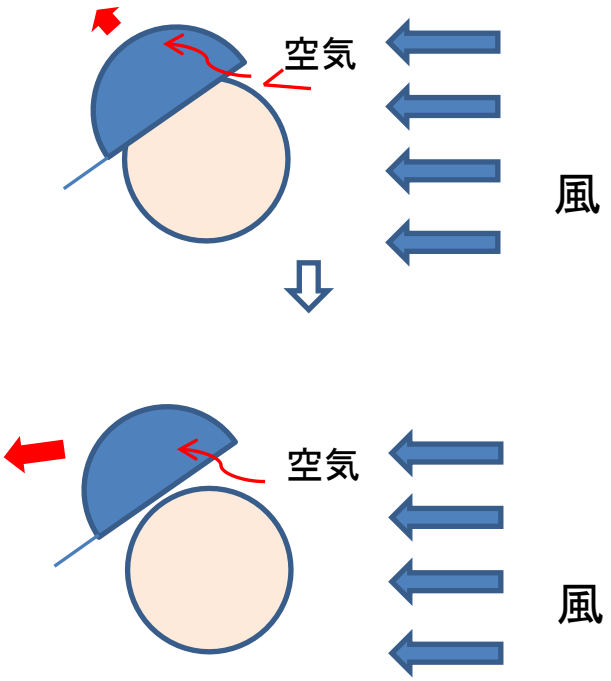


図 26　（6）の説明図

まとめ

(1) キャップのつばを風が吹いてくる方向に向けると，キャップのつばの傾き角度が０度のとき，風の影響をほぼ受けない。

(2) キャップのつばを風が吹いてくる方向に向けると，キャップのつばの傾き角度がプラスのとき，比較的飛びやすくなる。

(3) キャップのつばを風が吹いてくる方向に向けると，キャップのつばの傾き角度がマイナスのとき，帽子モデルは風が吹いてくる方向に回転し，キャップはかぜが吹いてくる方向に飛ぶ。

(3)　キャップのつばを風が吹いていく方向に向けると，キャップのつばの傾き角度が０度のとき，モデルのつばは，飛ばない。

(5) キャップのつばを風が吹いていく方向に向けると，キャップのつばの傾き角度がプラスのとき，風の影響を受けにくい。

(6) キャップのつばを風が吹いていく方向に向けると，キャップのつばの角度がマイナスのとき，帽子モデルが一瞬空中に滞空しその後，飛んだ。

実験 5

キャップのつばの大きさと
飛ばされやすさの関係

実験５　キャップのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

目的

つばの大きいキャップとつばの小さいキャップでは，どちらが飛びやすいかを調べる。

方法

キャップ型の帽子モデルの、つばの部分の先端と基部を半径を4cm の円の曲線で切断し、間に長方形を入れた形を作り、長方形を 1cm ずつのばした。帽子の重さは一定となるようにエナメル線の長さで調整し，帽子モデルが飛んだ時の扇風機の風量レベルを測定した。

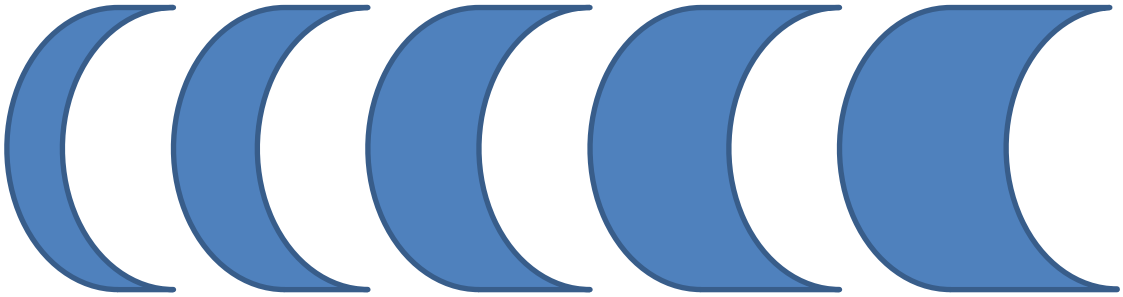


図 27　実験したキャップ型モデルのつばの形状

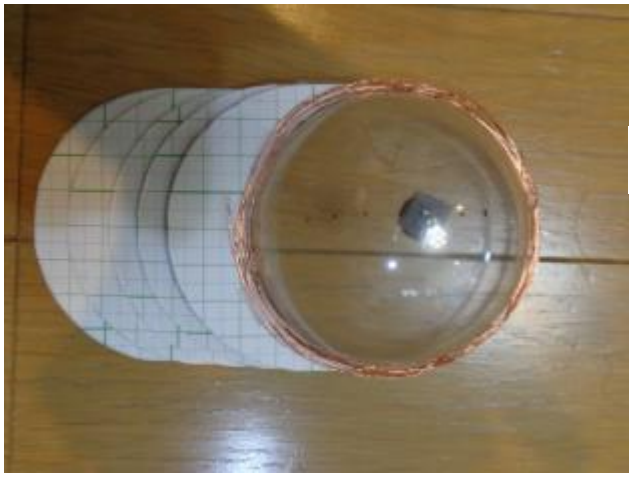


図 28　キャップ型のつばの違い　エナメル線で質量補正

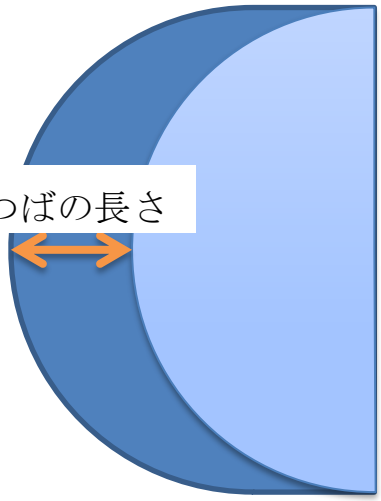


図 29　つばの長さ

※写真内の札の黒字は傾き角度，青字はつばの半径を表わしている。

つばの長さ２　ｃｍ

つばの長さ３　ｃｍ

つばの長さ４　ｃｍ

つばの長さ５　ｃｍ

つばの長さ６　ｃｍ

結果

結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

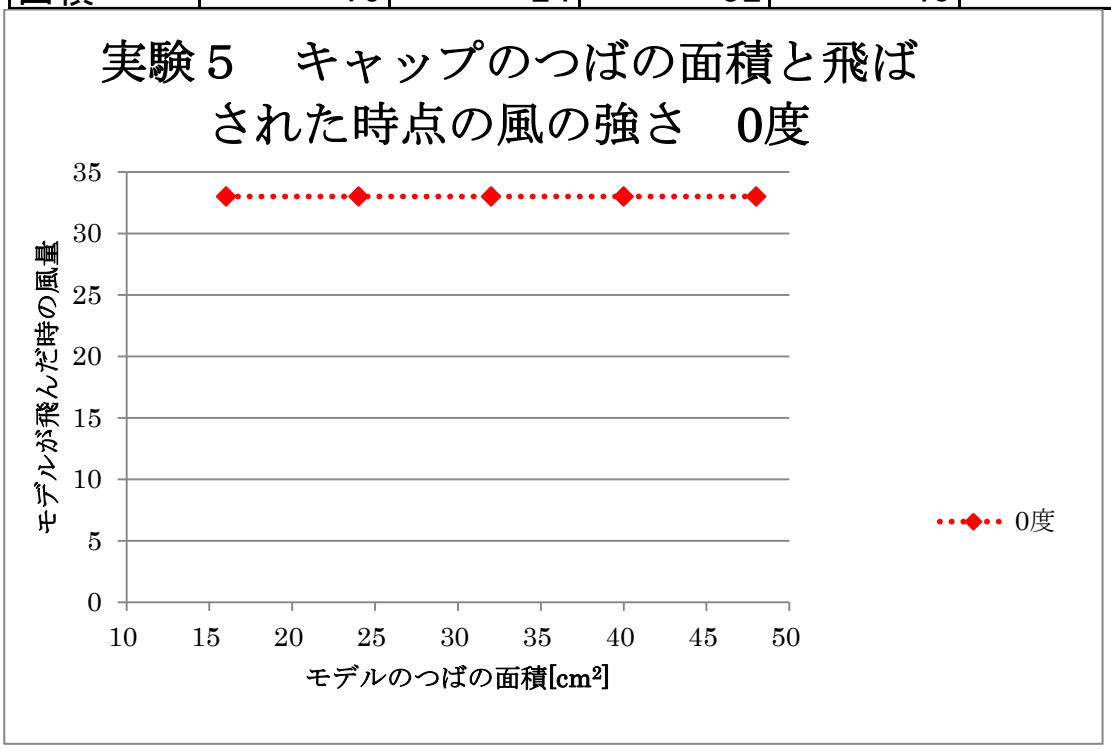
実験5　ハットの半径と飛ばされた時点の風の				傾き角度＝0度	
半径[cm]	6	7	8	9	10
1回目	—	—	—	—	—
2回目	—	—	—	—	—
3回目	—	—	—	—	—
4回目	—	—	—		—
5回目	—	—	—	—	—
3回計	—	—	—	—	—
平　均	—	—	—	—	—
面積	16	24	32	40	48

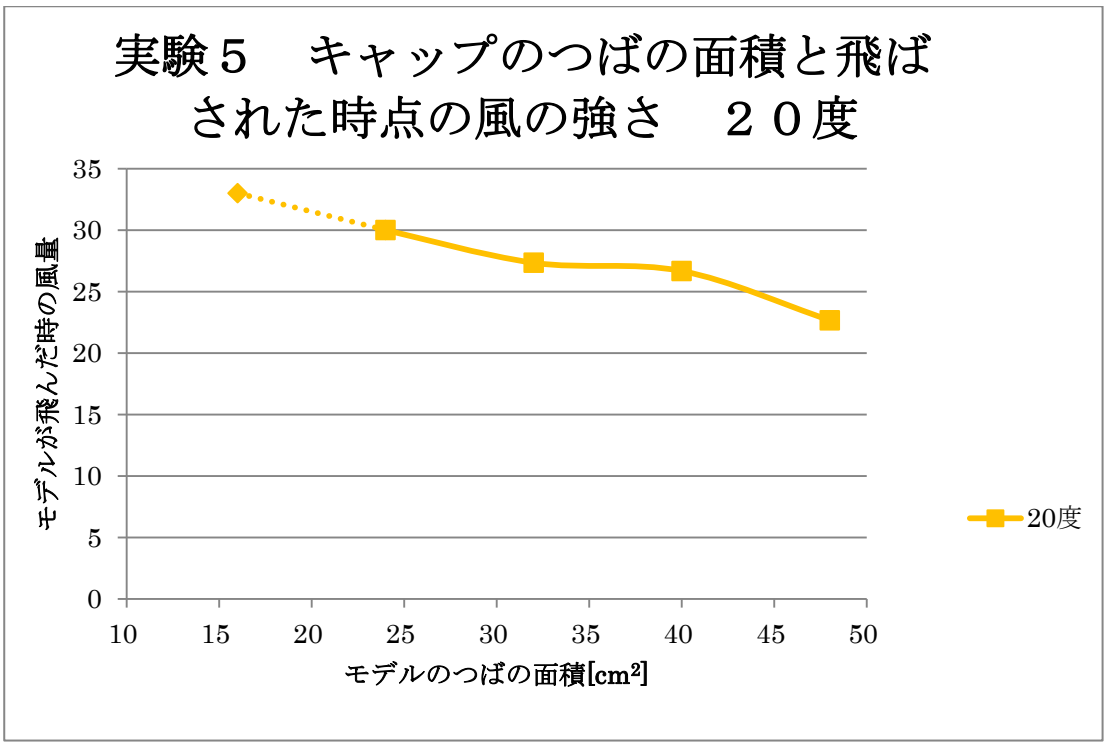
※マイナスは，飛ばなかったことを意味する

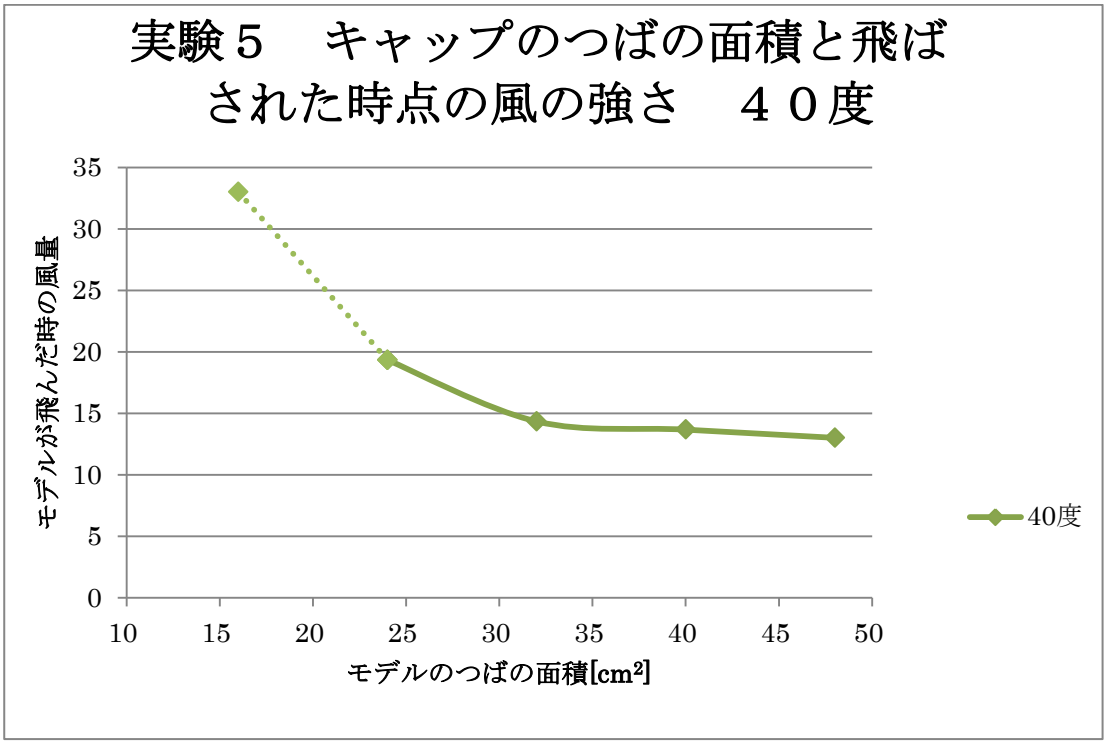
実験5　ハットの半径と飛ばされた時点の風の				傾き角度＝20度	
半径[cm]	6	7	8	9	10
1回目	–	32	27	25	24
2回目	–	30	27	27	23
3回目	–	31	28	27	22
4回目	–	29	27	27	23
5回目	–	28	29	26	22
3回計	–	90	82	80	68
平　均		30.0	27.3	26.7	22.7
面積	16	24	32	40	48

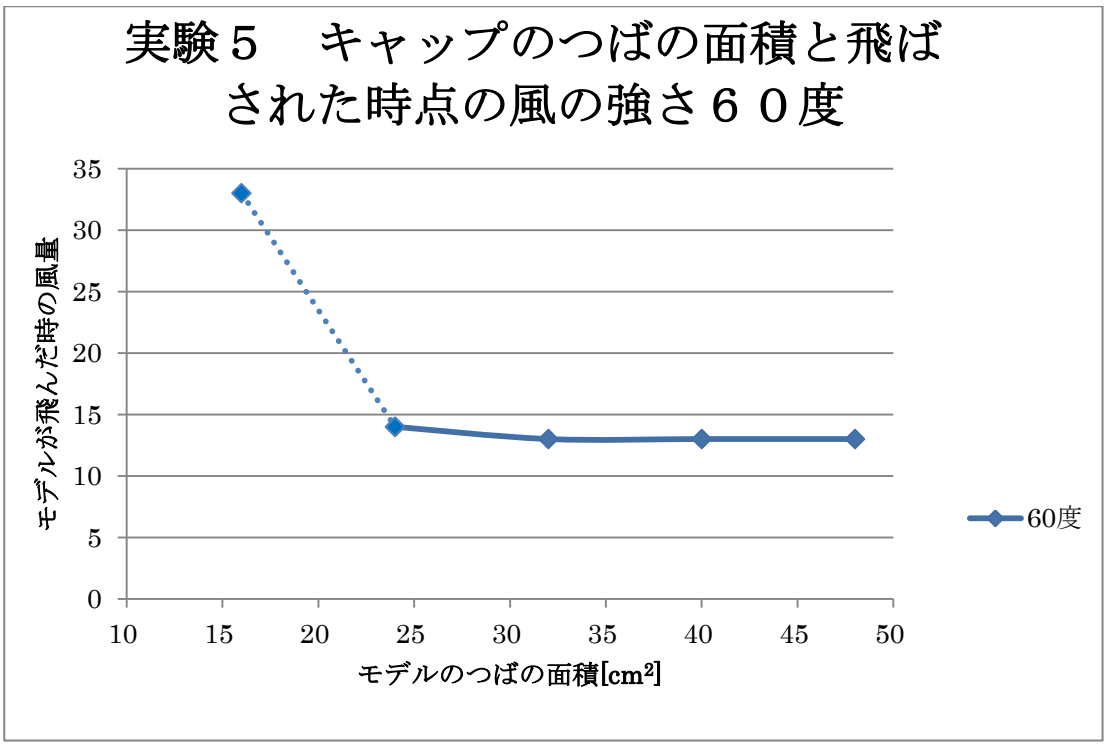
実験5　ハットの半径と飛ばされた時点の風の				傾き角度＝40度	
半径[cm]	6	7	8	9	10
1回目	–	20	16	13	13
2回目	–	20	13	16	13
3回目	–	19	13	15	13
4回目	–	19	14	13	13
5回目	–	18	17	13	13
3回計	–	58	43	41	39
平　均		19.3	14.3	13.7	13.0
面積	16	24	32	40	48

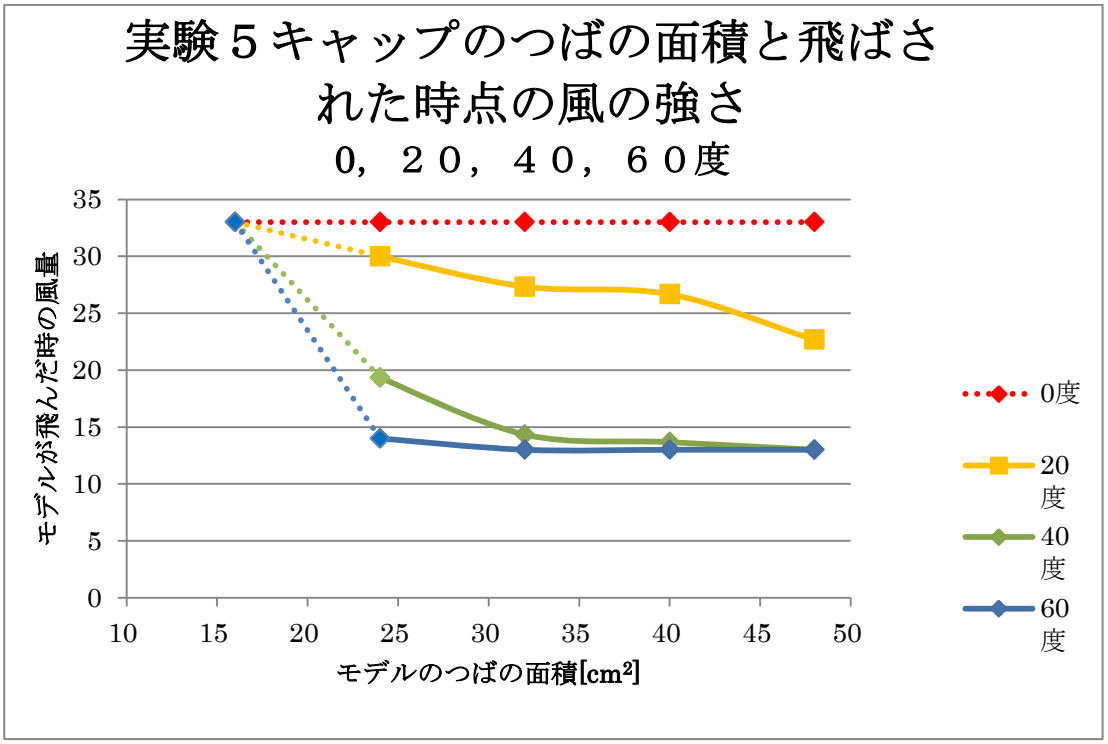
実験5　キャップの半径と飛ばされた時点の風				傾き角度＝60度	
半径[cm]	6	7	8	9	10
1回目	−	16	13	13	13
2回目	−	16	13	13	13
3回目	−	13	13	13	13
4回目	−	13	13	13	13
5回目	−	15	13	13	13
3回計		42	39	39	39
平　均		14.0	13.0	13.0	13.0
面積	16	24	32	40	48




実験５　キャップのつばの面積と飛ばされた時点の風の強さ　２０度
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
10
15
20
25
30
35
40
45
50
モデルのつばの面積[cm²]
20度


実験５　キャップのつばの面積と飛ばされた時点の風の強さ　４０度
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
10
15
20
25
30
35
40
45
50
モデルのつばの面積[cm²]
40度





考察

(1) キャップ型帽子モデルのつばを大きくすると，風を受ける面積が大きくなり，つばに働く揚力が大きくなるため，モデルが飛びやすくなる。

(2) 角度が大きくなるとキャップ型帽子モデルは風を受けややすく飛びやすくなっている。また，20～40 の 20 度で飛びやすさが大きく変化している。
(3) 風を受ける面の形状が円形ではないため、実験中に少し角度が変化すると、左右に回転してしまうことがあった。
(4) 特に、つばの長さが 2 cm のときと 3 cm のときでは飛びやすさに大きな変化があった。

まとめ

(1) キャップ型帽子モデルのつばを大きくすると，飛びやすくなる。
(2) つばの角度が大きくなるとキャップ型帽子モデルは飛びやすくなる。

(3) 実験中に少しでもつばの向きが左右に変化するとすると、その向きに回転してしまう。
(4) 特に、つばの長さが 2 cm のときと 3 cm のときでは飛びやすさに大きな変化があった。

実験６

キャップの質量と
飛ばされやすさの関係

実験６　キャップの質量と飛ばされやすさの関係

目的

キャップ型帽子モデルの質量と飛ばされやすさの関係を調べる。

方法

＜実験６－１＞

半径 80 mm のキャップ型帽子モデルの透明半球の下端部に質量１～4g のエナメル線を順に取り付けた。質量を 4g まで１g ごとに変化させ、帽子モデルが飛んだ時の扇風機の風量レベルを測定した。

＜実験６－２＞

実験６－１の結果、1g 単位で質量を大きくしてもいずれも最高風量レベルでも飛ばなかった。そのため、1.0ｇ以下で再度 0.2g ごとに質量を変化させて実験した。

結果

結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

実験6　ハット（半径8cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ						傾き角度＝
追加質量[g]	1	2	3	4		
1回目	―	―	―	―		
2回目	―	―	―	―		
3回目	―	―	―	―		
4回目	―	―	―	―		
5回目	―	―	―	―		
3回計	―	―	―	―		
平　均	―	―	―	―		

実験6　ハット（半径8cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

追加質量[g]	1	2	3	4
1回目	—	—	—	—
2回目	—	—	—	—
3回目	—	—	—	—
4回目	—	—	—	—
5回目	—	—	—	—
3回計	—	—	—	—
平　均	—	—	—	—

実験6　ハット（半径8cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

追加質量[g]	1	2	3	4
1回目	24	—	—	—
2回目	20	—	—	—
3回目	27	—	—	—
4回目	30	—	—	—
5回目	—	—	—	—
3回計	81	—	—	—
平　均	27.0			

実験6　ハット（半径8cm）の質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

追加質量[g]	1	2	3	4
1回目	—	—	—	—
2回目	—	32	—	—
3回目	—	—	—	—
4回目	—	32	—	—
5回目	—	32	—	—
3回計	—	—	—	—
平　均	—	—	—	—

実験6-2　ハット（半径8cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

追加質量[g	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1回目	–	–	–	–	–	–
2回目	–	–	–	–	–	–
3回目	–	–	–	–	–	–
4回目	–	–	–	–	–	–
5回目	–	–	–	–	–	–
3回計	–	–	–	–	–	–
平　均						

実験6　ハット（半径8cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

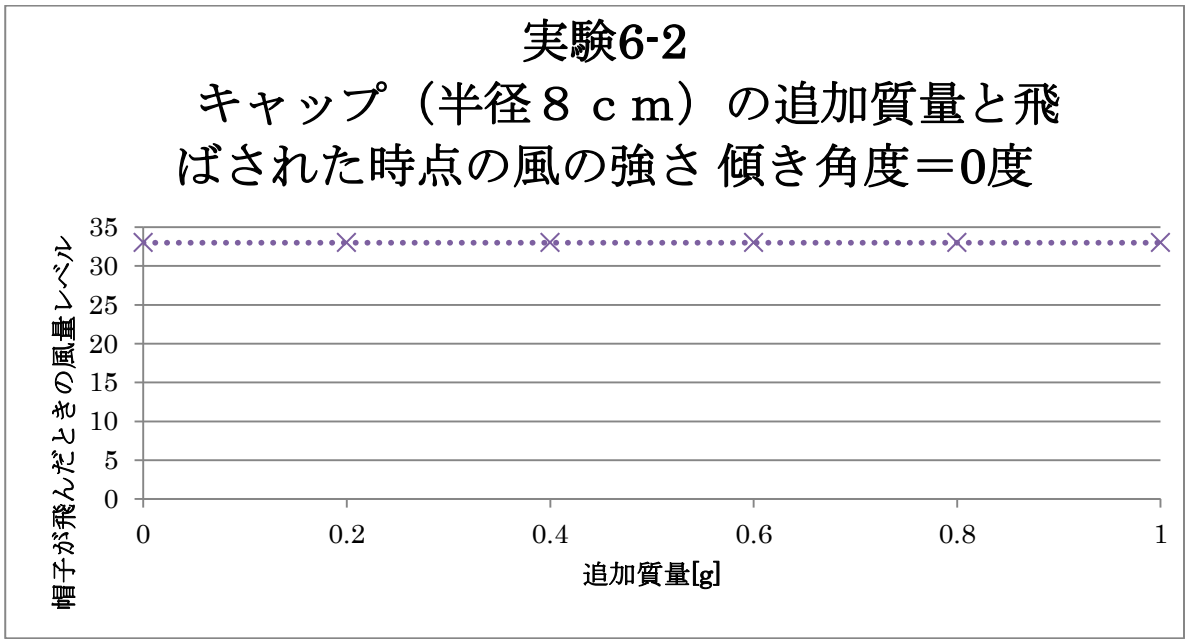
追加質量[g	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1回目	32	–	–	–	–	–
2回目	–	–	–	–	–	–
3回目	32	–	–	–	–	–
4回目	32	–	–	–	–	–
5回目	32	–	–	–	–	–
3回計	96	–	–	–	–	–
平　均	32.0					

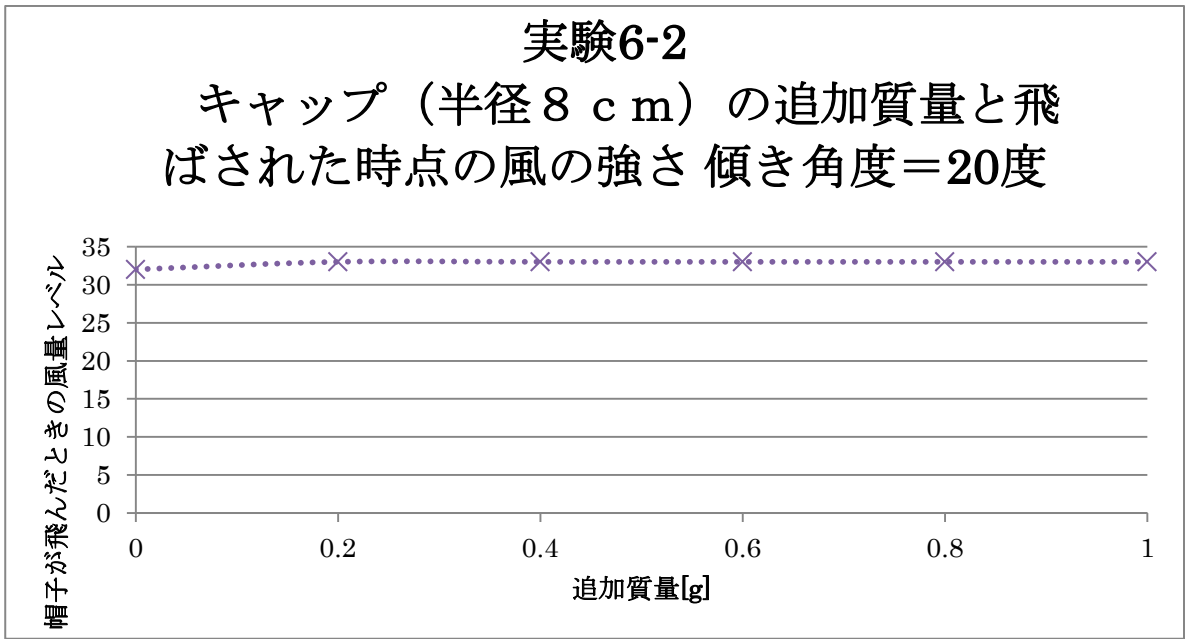
実験6　ハット（半径8cm）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

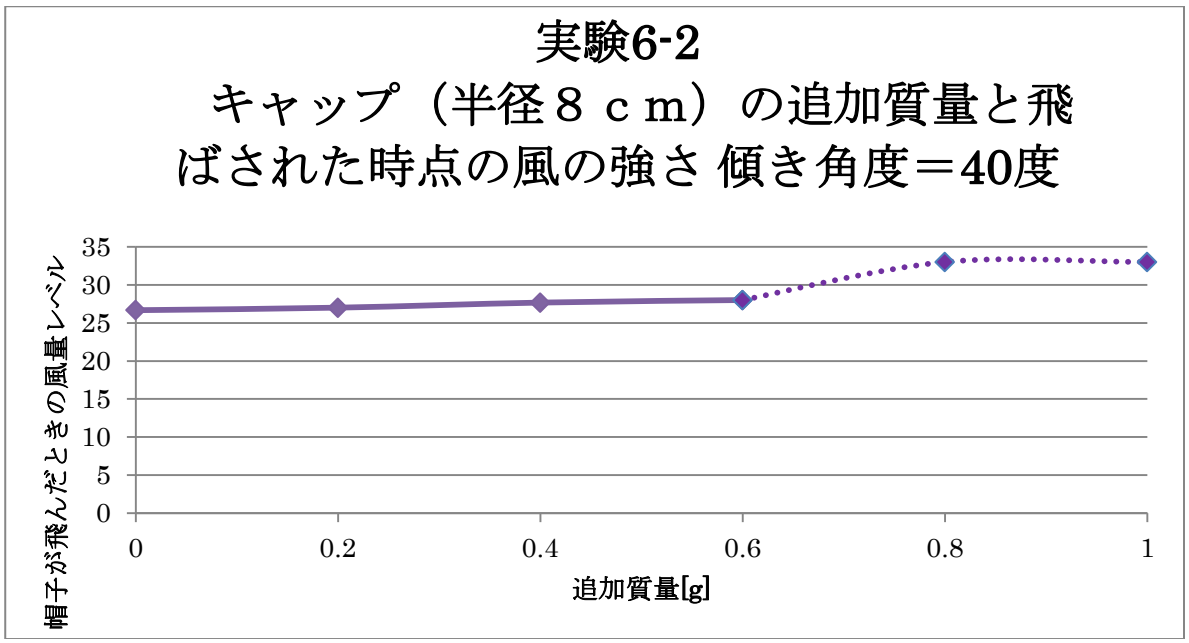
追加質量[g	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1回目	26	29	27	28	29	31
2回目	27	28	27	27	–	–
3回目	24	27	28	27	–	–
4回目	27	26	29	29	29	32
5回目	27	26	28	29	29	–
3回計	80	81	83	84		
平　均	26.7	27.0	27.7	28.0		

実験6　ハット（半径8cm）の質量と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝

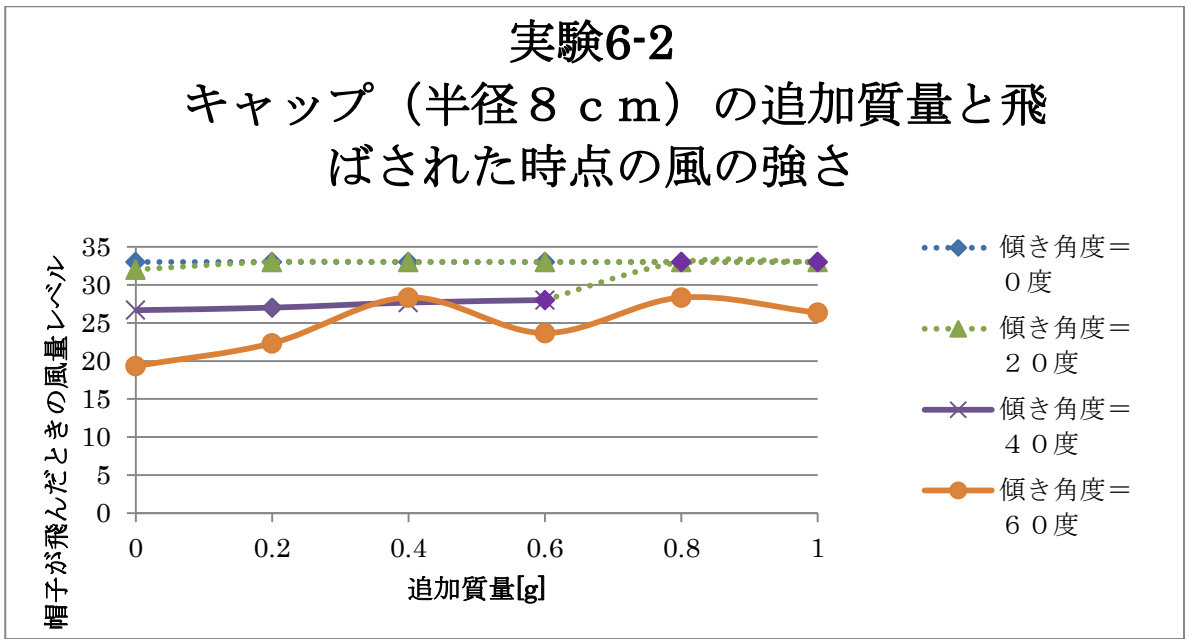
追加質量[g	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1回目	20	24	–	25	–	27
2回目	19	21	28	23	28	26
3回目	19	23	27	23	27	25
4回目	20	21	28	24	28	26
5回目	19	23	29	24	29	29
3回計	58	67	85	71	85	79
平　均	19.3	22.3	28.3	23.7	28.3	26.3


実験6-2
キャップ（半径８ｃｍ）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ 傾き角度＝0度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
追加質量[g]


実験6-2
キャップ（半径８ｃｍ）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ 傾き角度＝20度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
追加質量[g]



実験6-2
キャップ（半径８ｃｍ）の追加質量と飛ばされた時点の風の強さ 傾き角度＝40度
帽子が飛んだときの風量レベル
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
追加質量[g]



考察

（1）実験６－１では，つばの大きさが小さいため，追加質量が小さい，追加質量による影響が大きすぎて、実験中は、１パターン以外は飛ばなかった。

（2）実験６－２では，追加質量を１ｇ以下にして実験を行ったもので、追加重量が大きくなると、帽子モデルは飛びにくくなっている事がわかった。

（3）傾き角度が大きいほど（60度など）、追加質量が増えると、飛びにくくなる。逆に、傾き角度が小さいと（0度）などは、飛びやすさは、追加質量の影響を受けにくい。

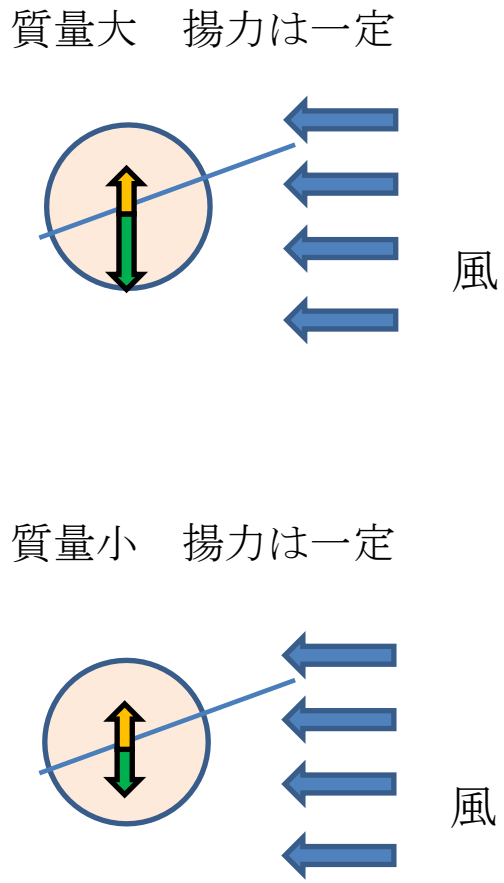


図 30　実験６　説明図

まとめ

（1）キャップ型帽子モデルは、つばの面積がハット型に比べて小さいため質量の影響を非常に受けやすい。

（2）　実験６－２では, 追加質量を１ｇ以下にして実験を行ったもので、追加重量が大きくなると、帽子モデルは飛びにくくなっている事がわかった。

（3）　傾き角度が大きいほど、追加質量が増えると、飛びにくくなる。

実験７

上半身モデルがついたときの
ハットの風に対する角度と
飛ばされやすさの関係

実験７　上半身モデルがついたときのハットの風に対する角度と飛ばされやすさの関係

目的

今までの実験（実験６まで）では、頭部モデルのみの実験だったが、実際には、人間の上半身の影響もあるのではないかと考えた。上半身モデルを自作し、その上で角度と飛ばされやすさの関係を調べ、実験１と比較して、上半身の影響を調べた。

方法

上半身モデルの中央にあなを開けスチロール球を固定してある竹串に通し，風の吹く方向に対して垂直に置いた。

そして，　実験１と同様に，角度を-30~40 度までの範囲で 10 度ごとに帽子モデルが飛んだときの扇風機の風量レベルを測定した。

図 31　上半身モデル設置図

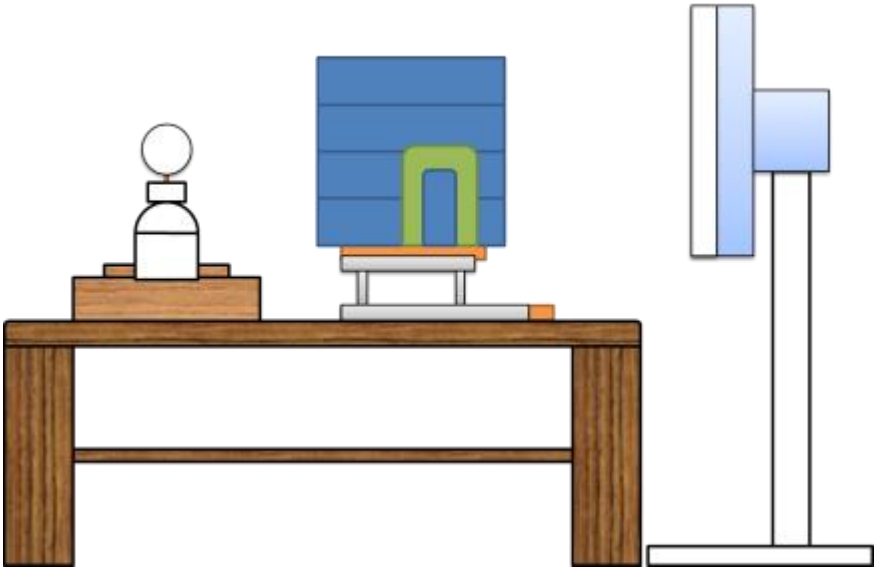


図 32　　装置全体図（上半身モデル使用）

傾き角度 0 度（水平）

傾き角度　プラス（つばが上向き）

傾き角度　-（つばが下向き）

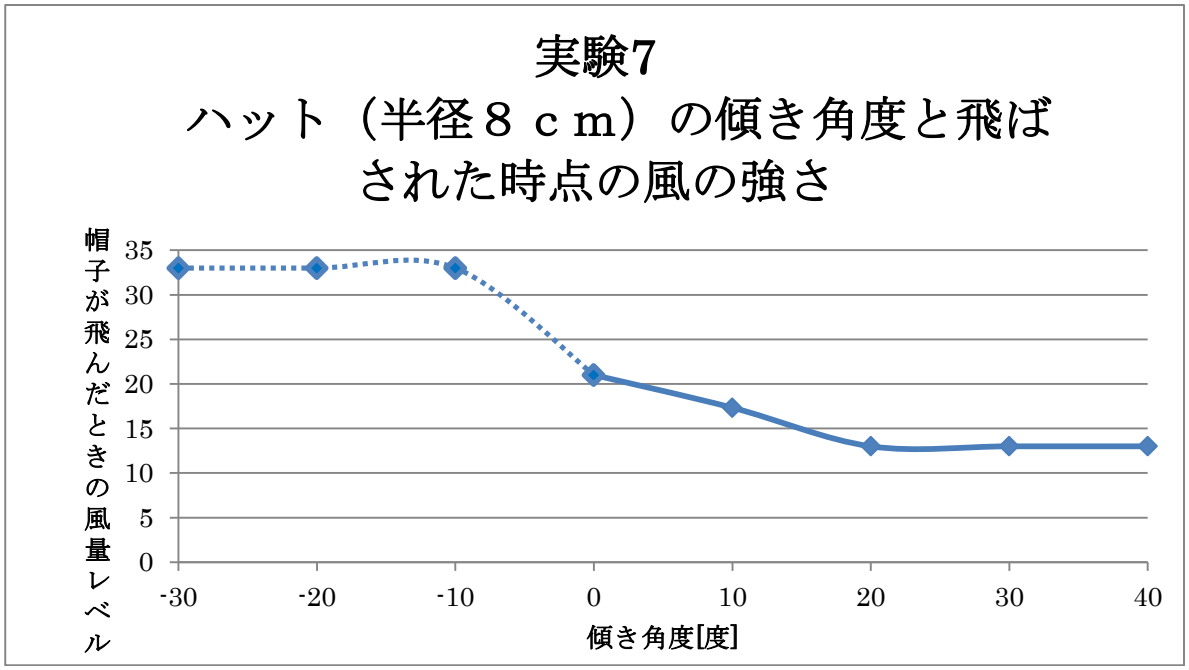
図 33　実験したハットのつばの角度の違い（-30,-20,-10,0,10,20,30,40 度）

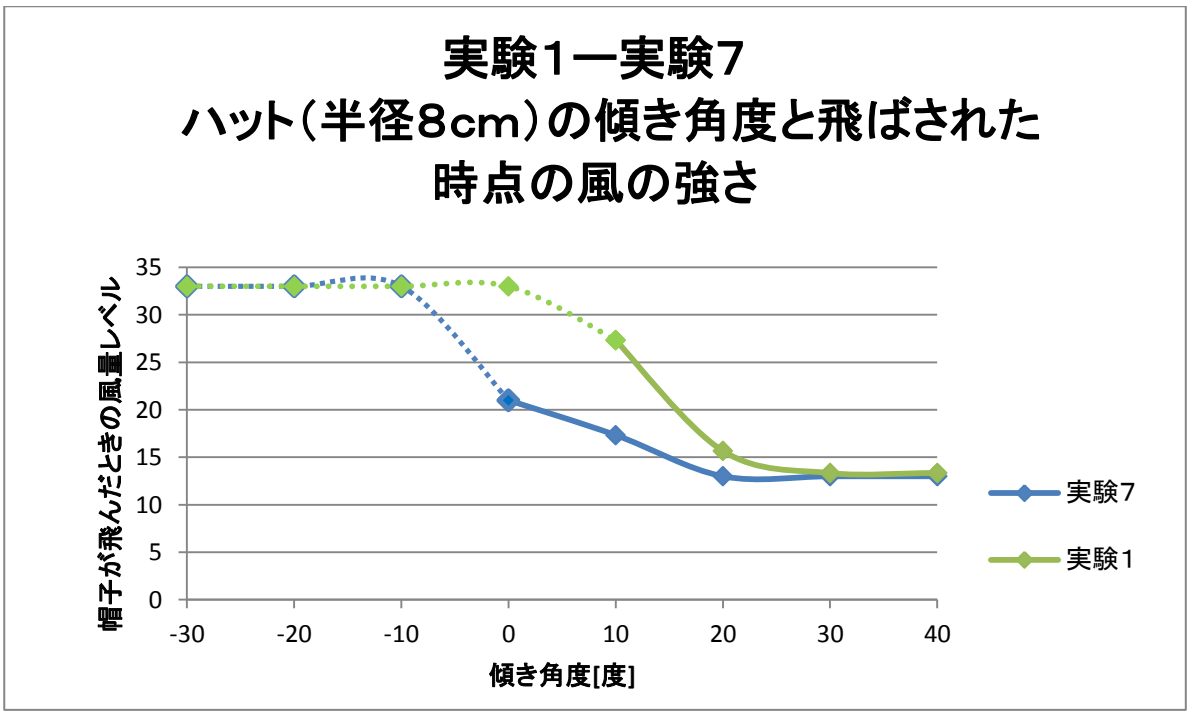
結果

結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

実験7　ハット（半径8cm）の傾き角度と飛ばされた時点の風の強さ 体つき

傾き角度	−30	−20	−10	0	10	20	30	40
1回目	—	—	32	21	17	13	13	13
2回目	—	—	—	24	16	13	13	13
3回目	—	—	—	19	19	13	13	14
4回目	—	—	—	21	18	13	13	13
5回目	—	—	—	21	17	13	13	13
3回計	—	—	—	63	52	39	39	39
平　均				21	17.3	13	13	13





※実験１は、頭部モデルのみの結果。実験７は上半身モデルを設置した場合の結果である。

考察

（1）実験７の場合も、帽子モデルの傾き角度が大きくなると，つばが上向き後から（揚力）をうけ、飛びやすくなる。

（2）実験１と比較すると，上半身モデルにあたった風が，曲面に沿って流れ，帽子モデルに上向きの風が当たる。その風が帽子モデルを持ち上げ，つばに対して上向きの力がより大きく働くので，同じ傾き角度でも飛びやすくなる。

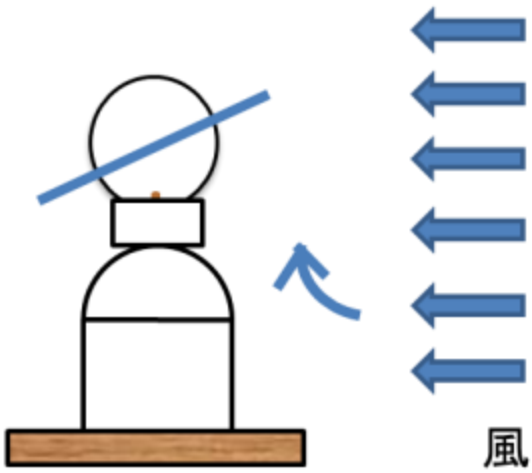


図 34　実験７　考察説明図

まとめ

(1)　帽子モデルの傾き角度が大きくなると，帽子モデルは，飛びやすくなる。

(2)　上半身モデルを取り付けると，風がモデルの曲面に沿って流れ，帽子モデルのつばに上向きの力を加える。

実験８

上半身モデルがついたときのハットのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

実験８　上半身モデルがついたときのハットのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

目的

実験６まででは、頭部モデルのみの実験だったが、実際には、人間の上半身の影響もあるのではないかと考えた。上半身モデルを自作し、その上でつばの半径と飛ばされやすさの関係を調べ、実験３と比較して、上半身の影響を調べた。

方法

上半身モデルの中央にあなを開けスチロール球を固定してある竹串に通し，風の吹く方向に対して垂直に置いた

つばの部分の半径を１cm ずつ大きくし, 半径 100mm, 90mm, 80mm，70mm，60mm，50mm と変化させた。帽子の重さは一定となるようにエナメル線で調整し，帽子モデルが飛んだ時の扇風機の風量レベルを測定した。

つばの半径　10 cm

つばの半径　9 cm

つばの半径　8 cm

つばの半径が 7 cm

つばの半径が 6cm

つばの半径が 5cm

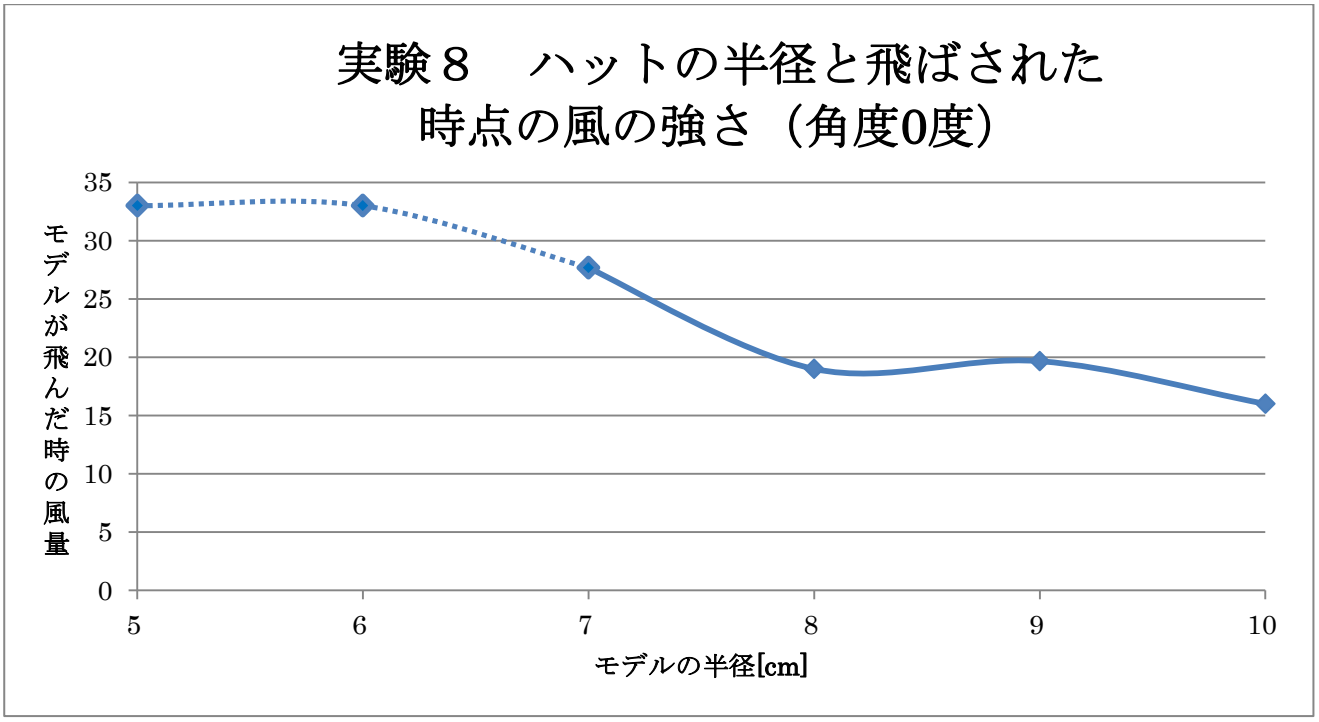
結果

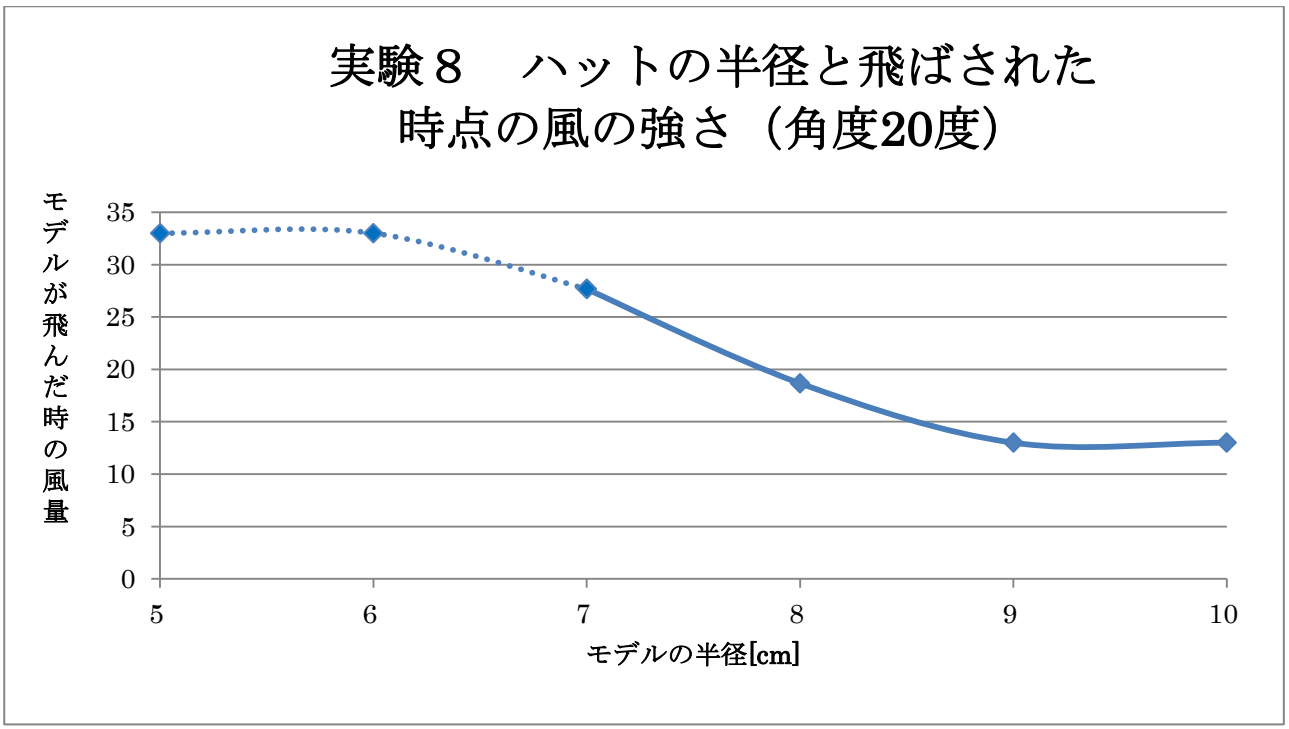
結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

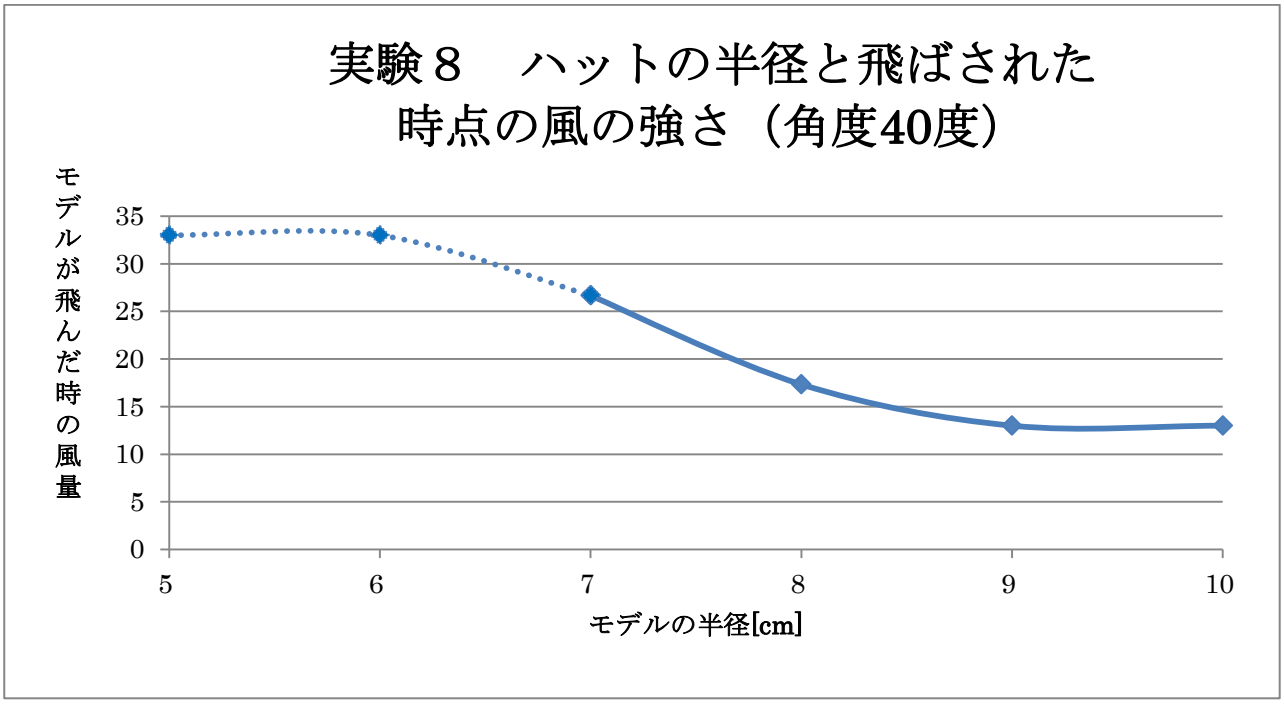
実験8　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　体つき						傾き角度＝0度
半径[cm]	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]						
1回目	―	―	25	18	19	16
2回目	―	―	29	20	22	16
3回目	―	―	26	20	20	16
4回目	―	―	30	19	18	16
5回目	―	―	28	18	20	13
3回計			83	57	59	48
平　均			27.7	19.0	19.7	16.0

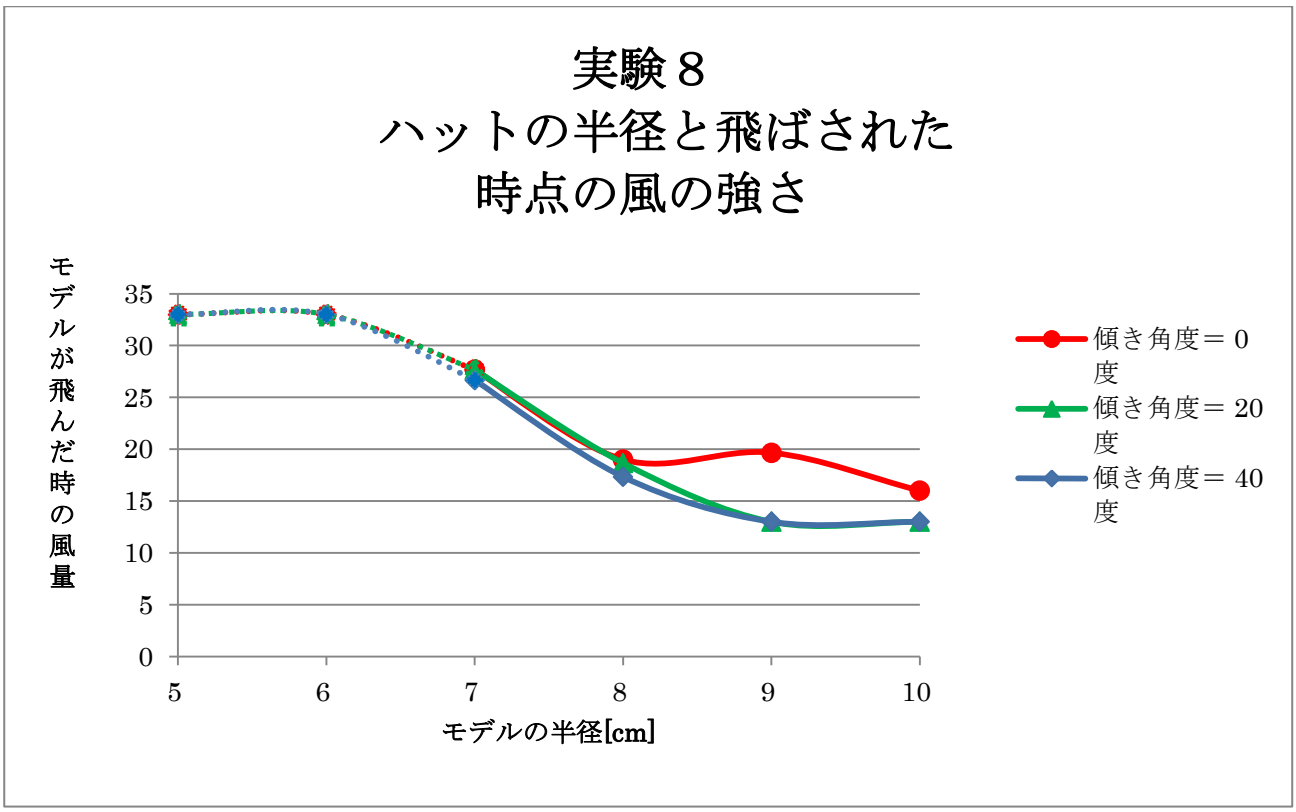
実験8　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　体つき						傾き角度＝20度
半径[cm]	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]						
1回目	―	―	28	18	14	13
2回目	―	―	28	18	13	13
3回目	―	―	28	21	13	13
4回目	―	―	27	20	13	17
5回目	―	―	27	18	13	13
3回計			83	56	39	39
平　均			27.7	18.7	13.0	13.0

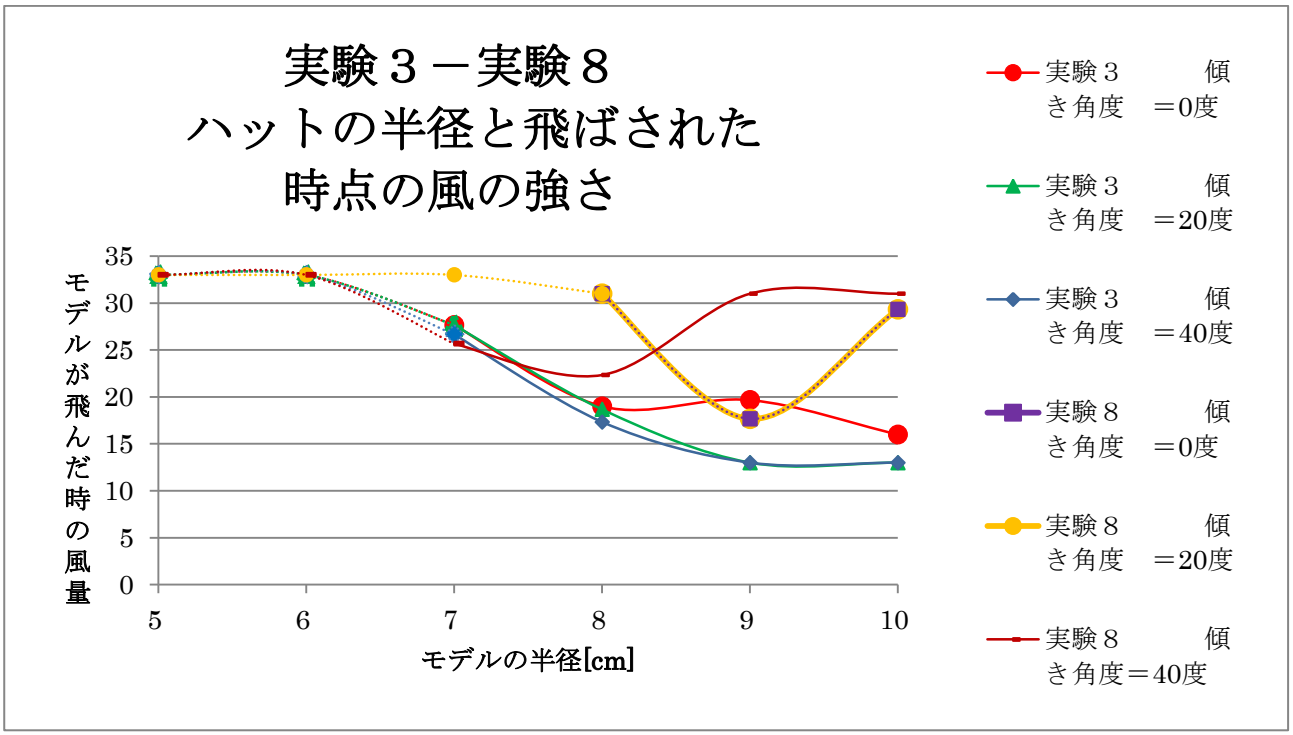
実験8　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　体つき						傾き角度＝40度
半径[cm]	5	6	7	8	9	10
帽子全体質量[g]						
1回目	―	―	26	18	13	13
2回目	―	―	28	18	13	13
3回目	―	―	29	18	13	13
4回目	―	―	26	16	14	13
5回目	―	―	24	16	13	13
3回計			80	52	39	39
平　均			26.7	17.3	13.0	13.0




実験８　ハットの半径と飛ばされた
時点の風の強さ（角度20度）
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
5
6
7
8
9
10
モデルの半径[cm]

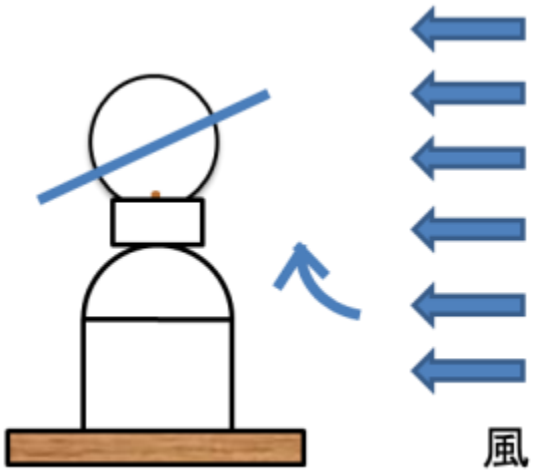

実験８　ハットの半径と飛ばされた
時点の風の強さ（角度40度）
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
5
6
7
8
9
10
モデルの半径[cm]


実験８
ハットの半径と飛ばされた
時点の風の強さ
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
5
6
7
8
9
10
モデルの半径[cm]
傾き角度＝０度
傾き角度＝２０度
傾き角度＝４０度


実験３－実験８
ハットの半径と飛ばされた
時点の風の強さ
モデルが飛んだ時の風量
35
30
25
20
15
10
5
0
5
6
7
8
9
10
モデルの半径[cm]
実験３　傾き角度　＝0度
実験３　傾き角度　＝20度
実験３　傾き角度　＝40度
実験８　傾き角度　＝0度
実験８　傾き角度　＝20度
実験８　傾き角度＝40度

考察

(1)実験 3 の結果と比較すると，ある一定のところで飛びにくくなることはなく，モデルの半径を増やすと，モデルは飛びやすくなっていいる。これも、上半身モデルにぶつかった風が上向きになるためだと考えられる。



(2)帽子モデルの傾きは結果にほとんど影響がなかった。これは上半身モデルにあたった空気がつばを下から常に押すため，角度に関係なく同じ量の風が帽子のつばにあたるためだと考えられる。

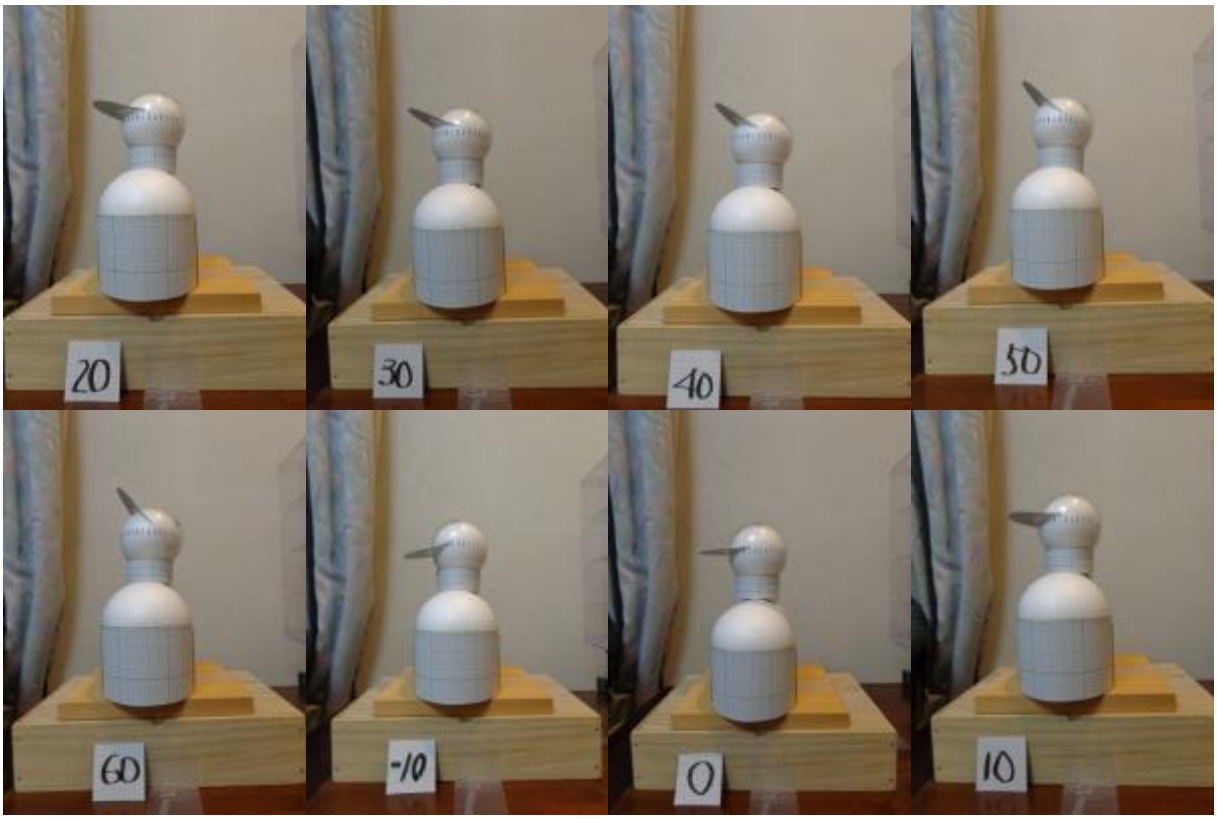
まとめ

（1）モデルの半径を増やすと，モデルは飛びやすくなる。
（2）帽子モデルの傾きは結果にほとんど影響がない。

実験９

　上半身モデルがついたときのキャップの風に対する角度と飛ばされやすさの関係

実験９　上半身モデルがついたときのキャップの風に対する角度と飛ばされやすさの関係



目的

実験６まででは、頭部モデルのみの実験だったが、実際には、人間の上半身の影響もあるのではないかと考えた。上半身モデルを自作し、その上でキャップ型帽子で角度と飛ばされやすさの関係を調べ、実験４と比較して、上半身の影響を調べた。

方法

上半身モデルの中央にあなを開けスチロール球を固定してある竹串に通し，風の吹く方向に対して垂直に置いた。

キャップ型帽子モデルを使って，実験４と同様に角度を 10 度ごとに変化させて飛ばされた時点の風量レベルを調べた。, 実験９－１として，つばが顔側にくる場合に相当する「キャップのつばが扇風機の風が吹いてくる方向を向いているパターン」と実験９－２として，帽子のつばが後頭部にくる場合に相当する「つばが風が吹いていく方向を向いたパターン」の 2 パターンを測定した。

0
10
20
30

40
50
-10
-20

0
10
20
30

40

50

-10

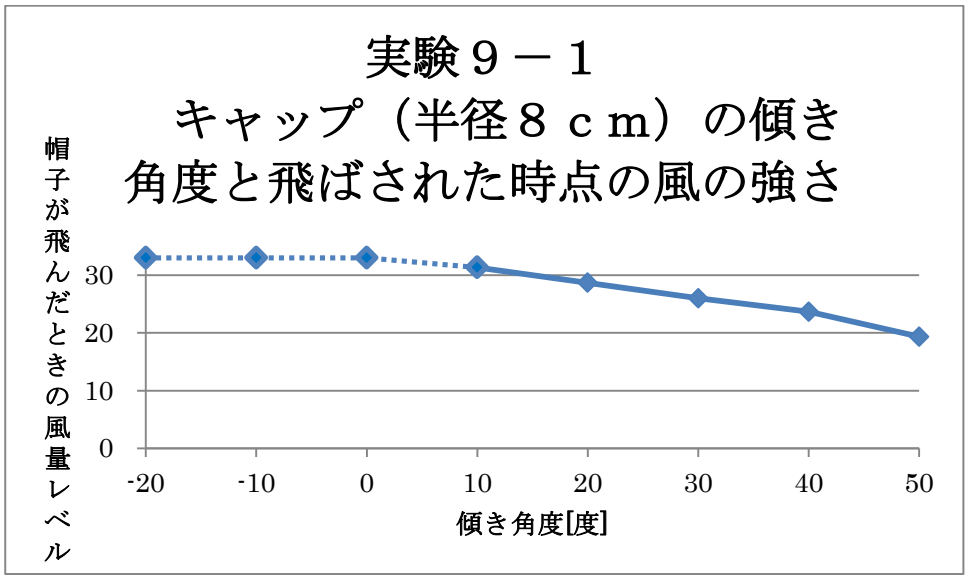
20

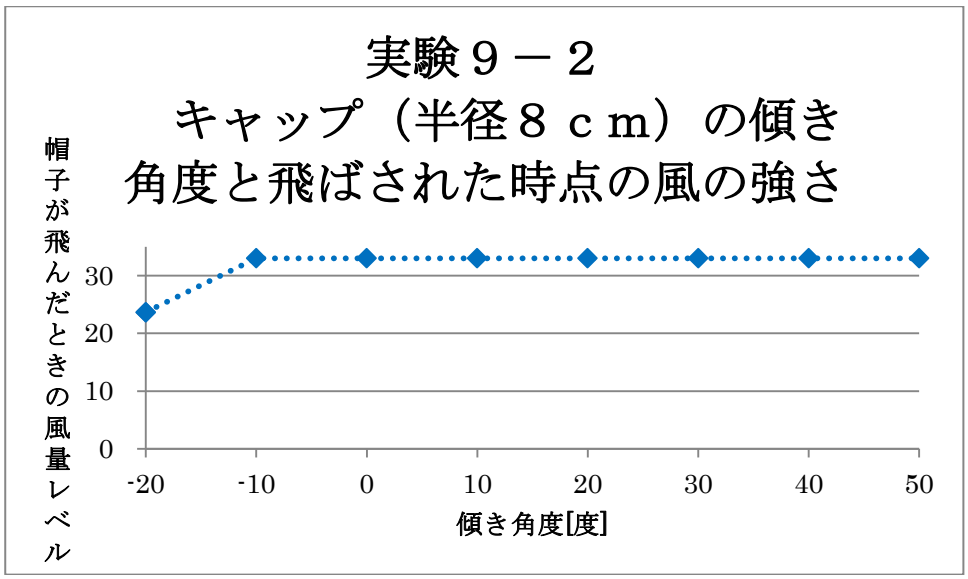
結果

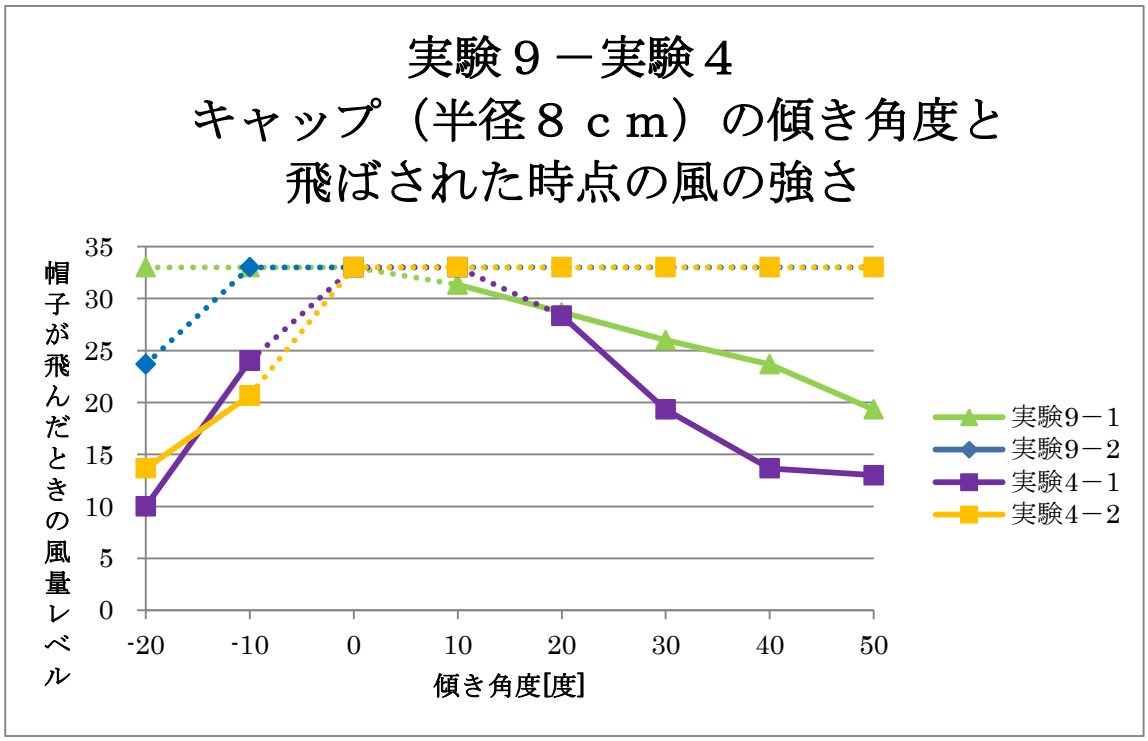
結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

実験9－1　キャップ（半径8cm）の傾き角度と飛ばされた時点の風の強さ 体つき								
傾き角度	−20	−10	0	10	20	30	40	50
1回目	—	30	32	—	29	26	25	20
2回目	—	—	32	32	32	26	26	20
3回目	—	—	32	31	28	29	24	18
4回目	—	—	32	31	29	26	21	26
5回目	—	—	—	29	29	24	22	18
3回計	—	—	—	94	86	78	71	58
平　均				31.3	28.7	26.0	23.7	19.3

実験9－2　キャップ（半径8cm）の傾き角度と飛ばされた時点の風の強さ 体つき								
傾き角度	−20	−10	0	10	20	30	40	50
1回目	—	—	—	—	—	—	—	—
2回目	22	—	—	—	—	—	—	—
3回目	22	—	—	—	—	—	—	—
4回目	23	—	—	—	—	—	—	—
5回目	26	—	—	—	—	—	—	—
3回計	71	—	—	—	—	—	—	—
平　均	23.7							







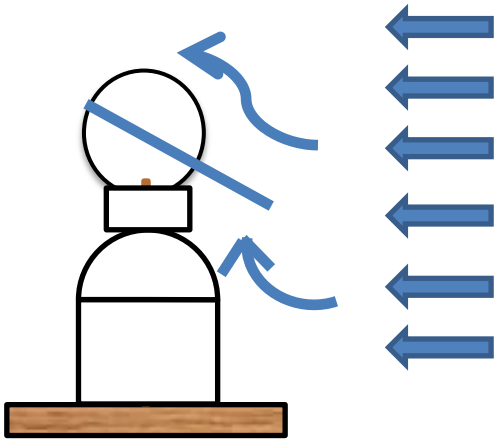
実験４－１は、(つばは前向き)頭部モデルのみで、キャップのつばは風が吹いてくる方向を向いている。実験４－２は、(つばは後ろ向き）頭部モデルのみで、キャップのつばは風が吹いていく方向を向いている。

考察

(1)　実験 9－1（キャップのつばが風の吹いてくる方向にある）では傾き角度が大きくなると，帽子モデルは飛びやすくなった。この結果を実験 4 の結果（つばは前向き）と比較すると，傾き角度がマイナス（つばが顔にかかる方向）のときに大きく違いがみられる。
これは，上半身モデルがついたことにより，帽子のつばの上面と下面を流れる風の強さのバランスが変化し，本来風が吹いている方向に回転しようとする帽子のつばに働いている下向きの力に対抗しているものだと思われる。

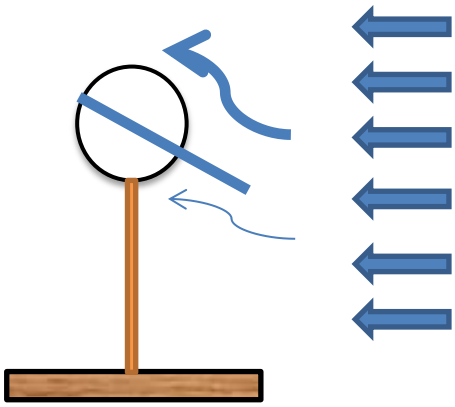
実験 9　上半身あり

つばを下から押す力が大



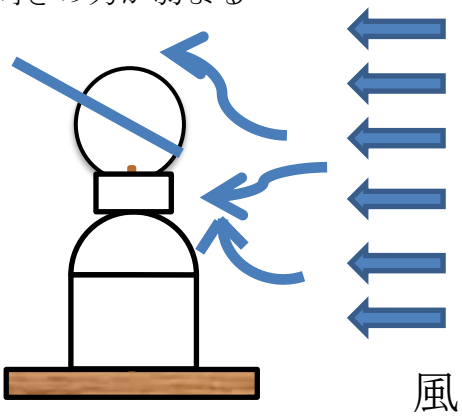
実験 4　頭部のみ

つばを下から押す力が小

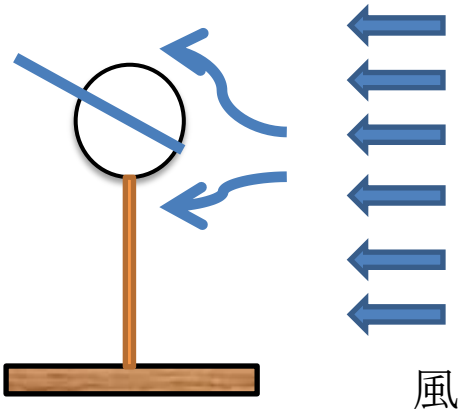


(2) 実験 9－2（キャップのつばが風の吹いていく方向にある）は実験 4 と比較してもあまり大きな変化は見られなかった。上半身モデルを取り付けても，球の風が吹いていく方向の部分の風の流れにはあまり影響がないようだ。

上向きの力が弱まる



球の場合とほぼ同様



まとめ

(1)　キャップのつばが風の吹いてくる方向にある（実験 9－1）では傾き角度が大きくなると, 帽子モデルは飛びやすくなった。

(2)　キャップのつばが風の吹いてくる方向にある（実験 9－1）で角度がマイナスのきは上半身モデルの影響により, 飛びにくくなる。

(3)　キャップのつばが風の吹いていく方向にある（実験 9－2）ではキャップは風の影響をほとんど受けない。

実験１０

上半身モデルがついたときのキャップのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

実験 10　上半身モデルがついたときのキャップのつばの大きさと飛ばされやすさの関係

目的

キャップ型帽子モデルを使用し，上半身モデルがついたときの影響をつばの大きさを変化させながら実験 5 と比較して調べる。

方法

上半身モデルの中央にあなを開けスチロール球を固定してある竹串に通し，風の吹く方向に対して垂直に置いた。

キャップ型の帽子モデルのつばの部分の半径を実験 5 と同様に，1 cm ずつ大きくした。帽子の重さは一定となるようにエナメル線で調整し，帽子モデルが飛んだ時の扇風機の風量レベルを測定した

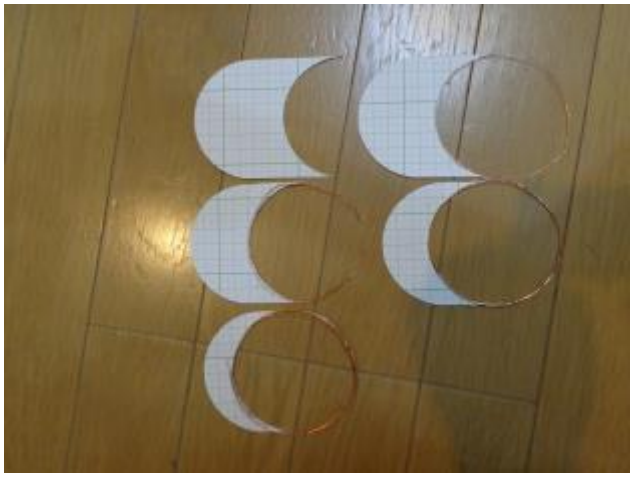


図 35　各種つばと質量補正エナメル線

0 2
20 2
2 40

0 3
20 3
40 3

0 4
20 4
40 4

0
5
20
5
40
5

0
6
20
6
40
6

結果

結果を表とグラフに表すと以下のようであった。

実験10　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝0度

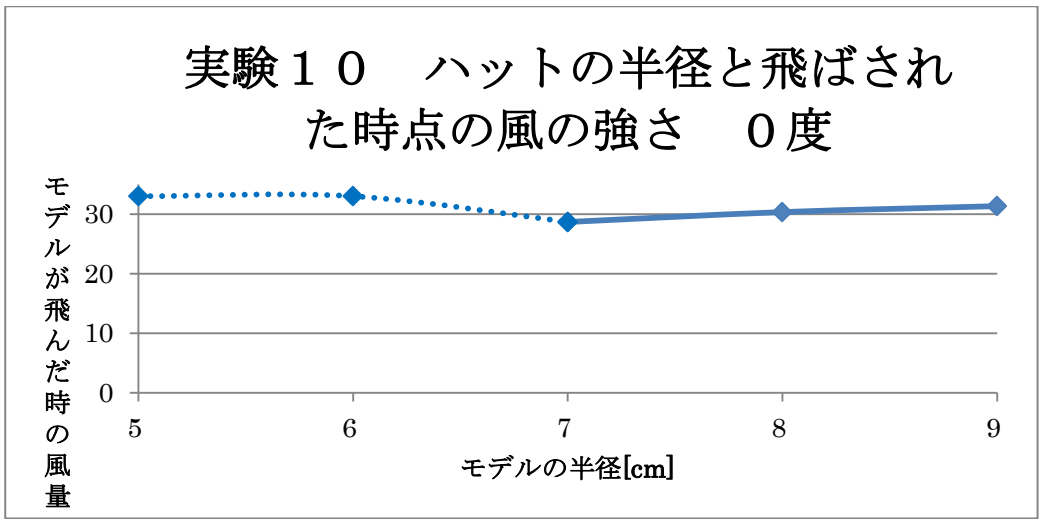
半径[cm]	5	6	7	8	9
1回目	―	―	29	29	32
2回目	―	―	29	31	32
3回目	―	―	28	30	29
4回目	―	―	31	30	―
5回目	―	―	28	31	30
3回計	―	―	86	91	94
平　均			28.7	30.3	31.3

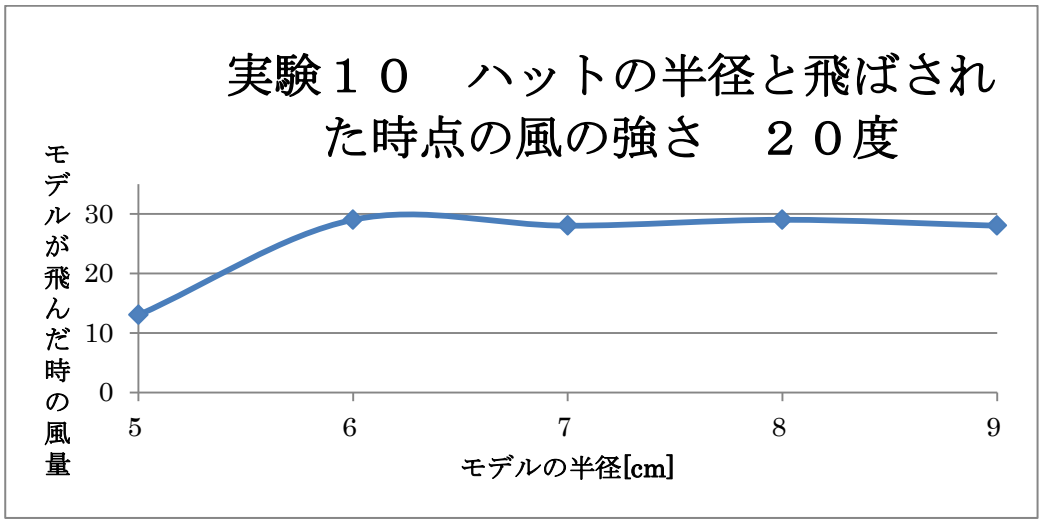
実験10　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝20度

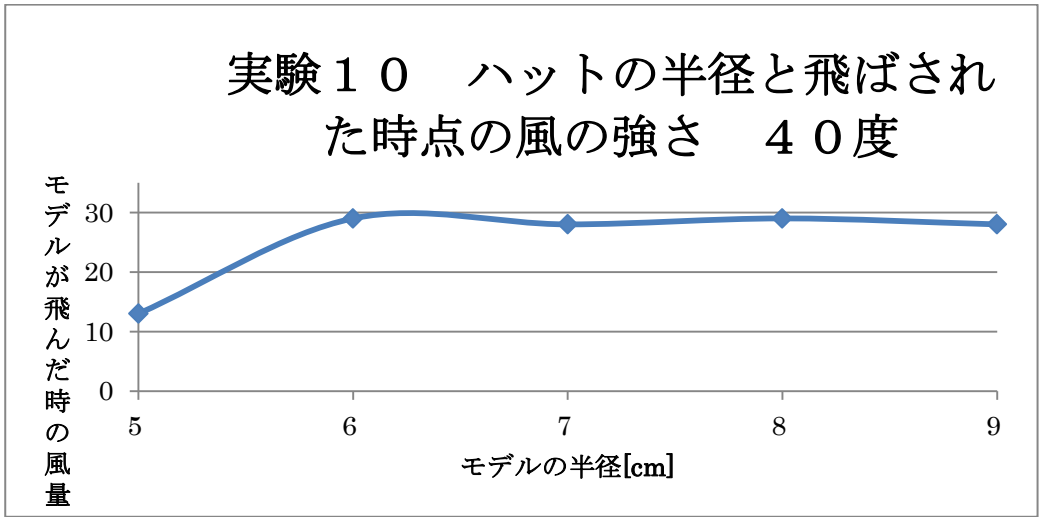
半径[cm]	5	6	7	8	9
1回目	32	29	28	29	25
2回目	32	29	28	29	28
3回目	32	29	28	29	29
4回目	32	29	28	29	29
5回目	32	30	29	30	27
3回計	39	87	84	87	84
平　均	13.0	29.0	28.0	29.0	28.0

実験10　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　傾き角度＝40度

半径[cm]	5	6	7	8	9
1回目	―	27	24	22	22
2回目	―	27	24	22	22
3回目	―	27	22	22	21
4回目	―	26	24	21	21
5回目	―	29	24	22	21
3回計		80	72	66	64
平　均	0.0	26.7	24.0	22.0	21.3


実験１０　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　０度
モデルが飛んだ時の風量
30
20
10
0
5
6
7
8
9
モデルの半径[cm]


実験１０　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　２０度
モデルが飛んだ時の風量
30
20
10
0
5
6
7
8
9
モデルの半径[cm]


実験１０　ハットの半径と飛ばされた時点の風の強さ　４０度
モデルが飛んだ時の風量
30
20
10
0
5
6
7
8
9
モデルの半径[cm]

考察

（1）ハットの半径を大きくしても，帽子型モデルの飛びやすさは大きく変化しなかった。これは実験 5 の結果とは逆である。これが何の原因で起こるのかははっきりとはわからない。

まとめ

（1）ハットの半径を大きくしても，帽子型モデルの飛びやすさは大きく変化しなかった。

実験１１

吹き流しを使用して帽子モデル周辺の空気の流れを調べる

実験 11　吹き流しを使用して帽子モデル周辺の空気の流れを調べる

目的

吹き流しを使用して，帽子モデル周辺の空気の流れを調べる

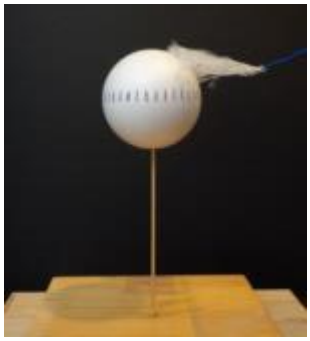
方法

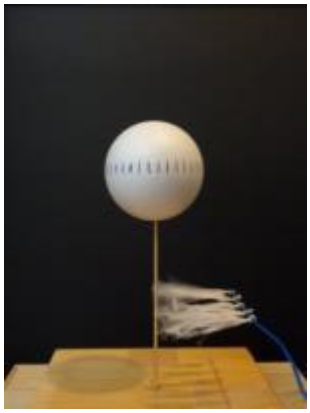
吹き流しをモデルの周囲のさまざまな水平方向及び鉛直下向きに移動させ、吹き流しが風を受けてどのようになびくかを写真撮影しながら調べた。吹き流しが見やすいように背面に黒いパネルを置いて撮影した。

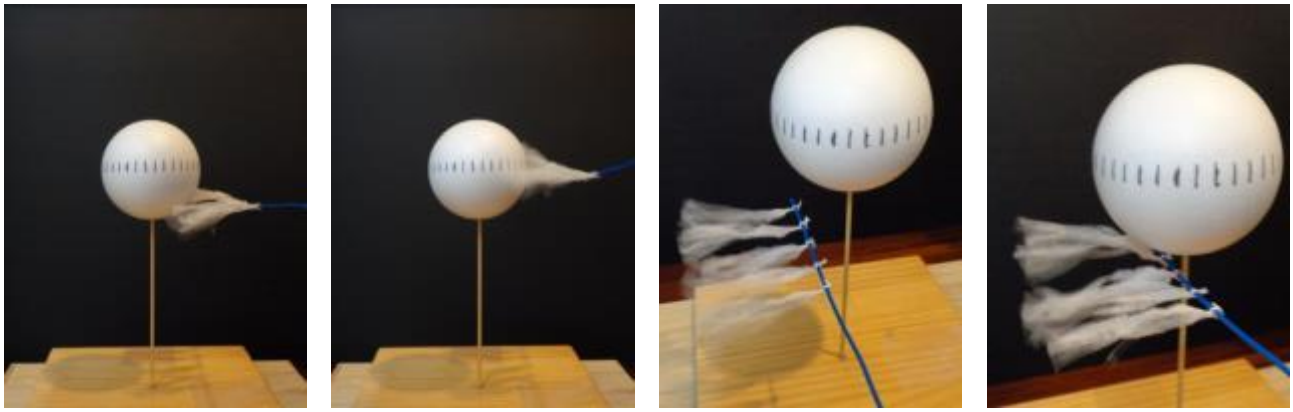
結果

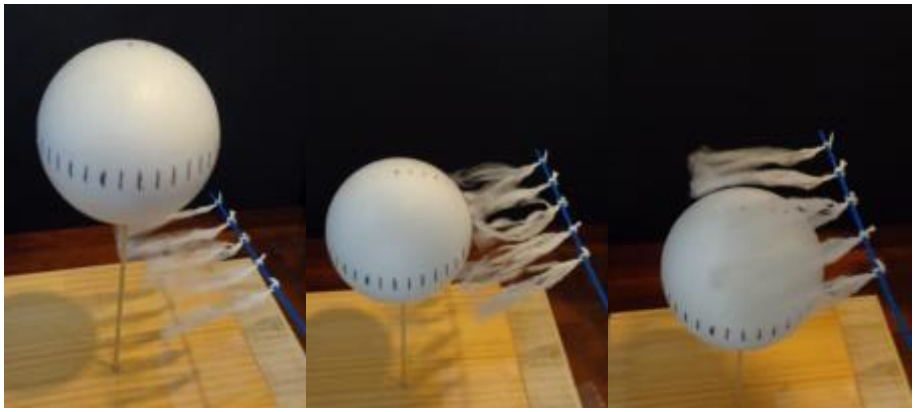
スチロール球周辺の空気の流れ

スチロール球付近は球の表面に沿って流れる

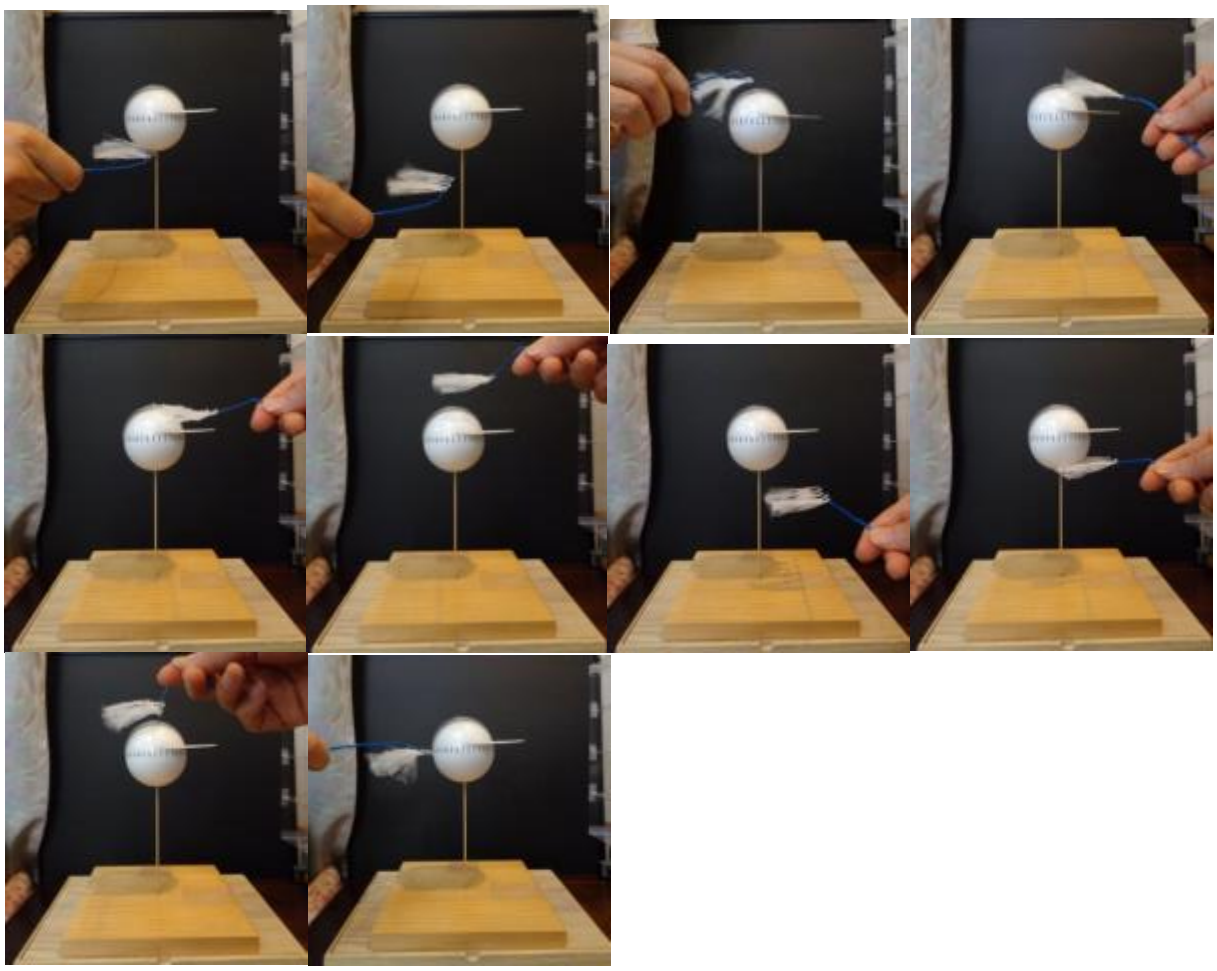




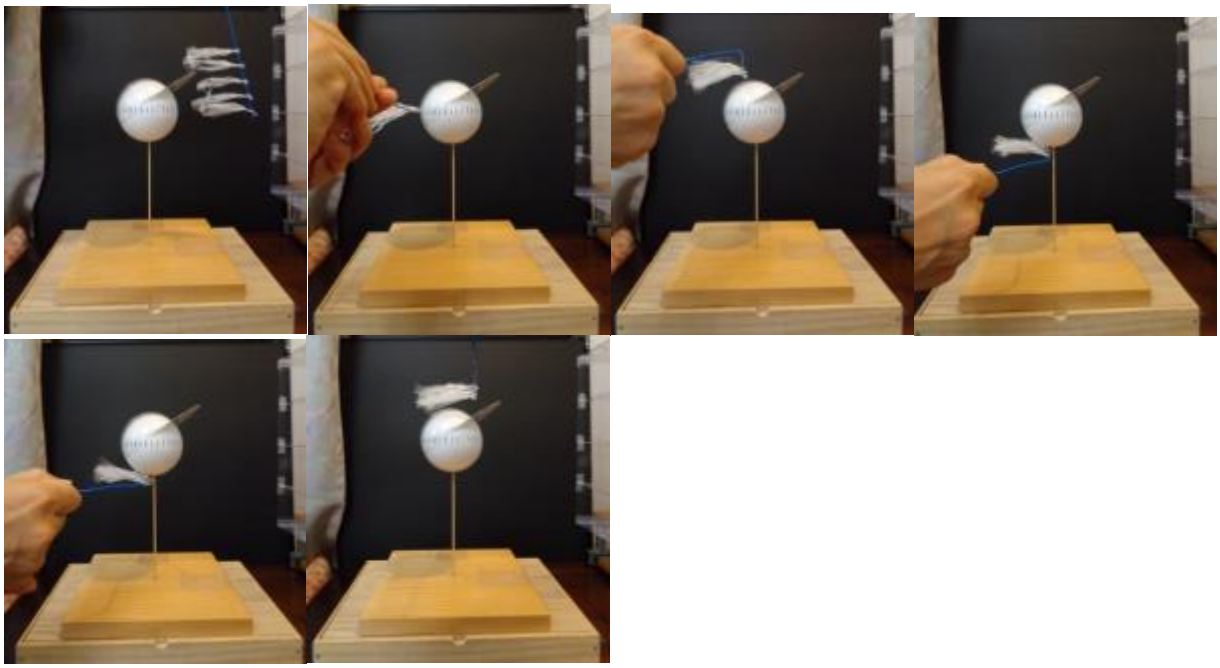




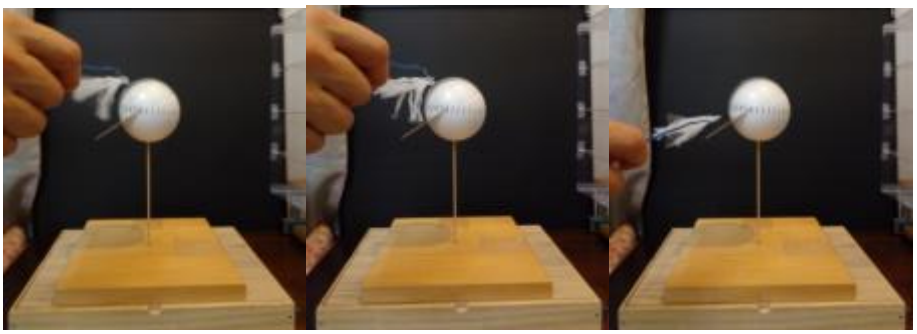
キャップ　つばが角度０°水平の場合



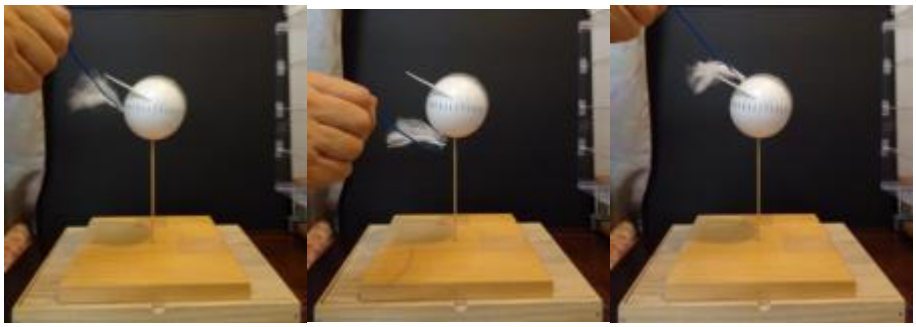
キャップ　つばが前側上向きの場合

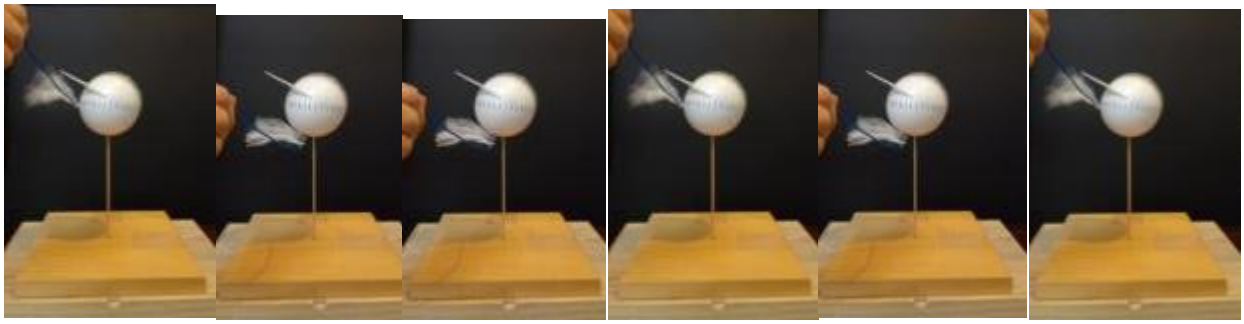


キャップ　つばが後ろ側下向きの場合

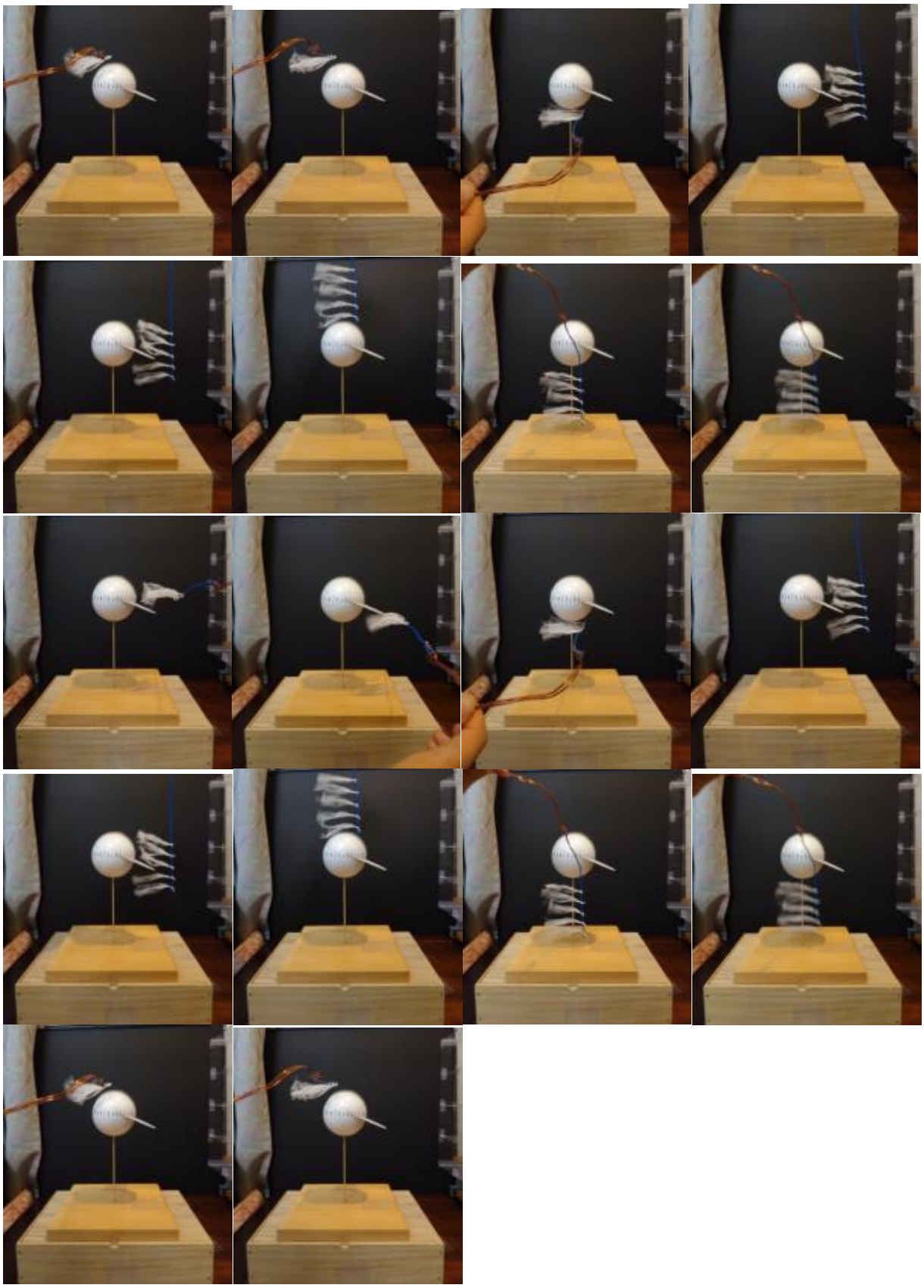


キャップ　つばが後ろ側上向きの場合

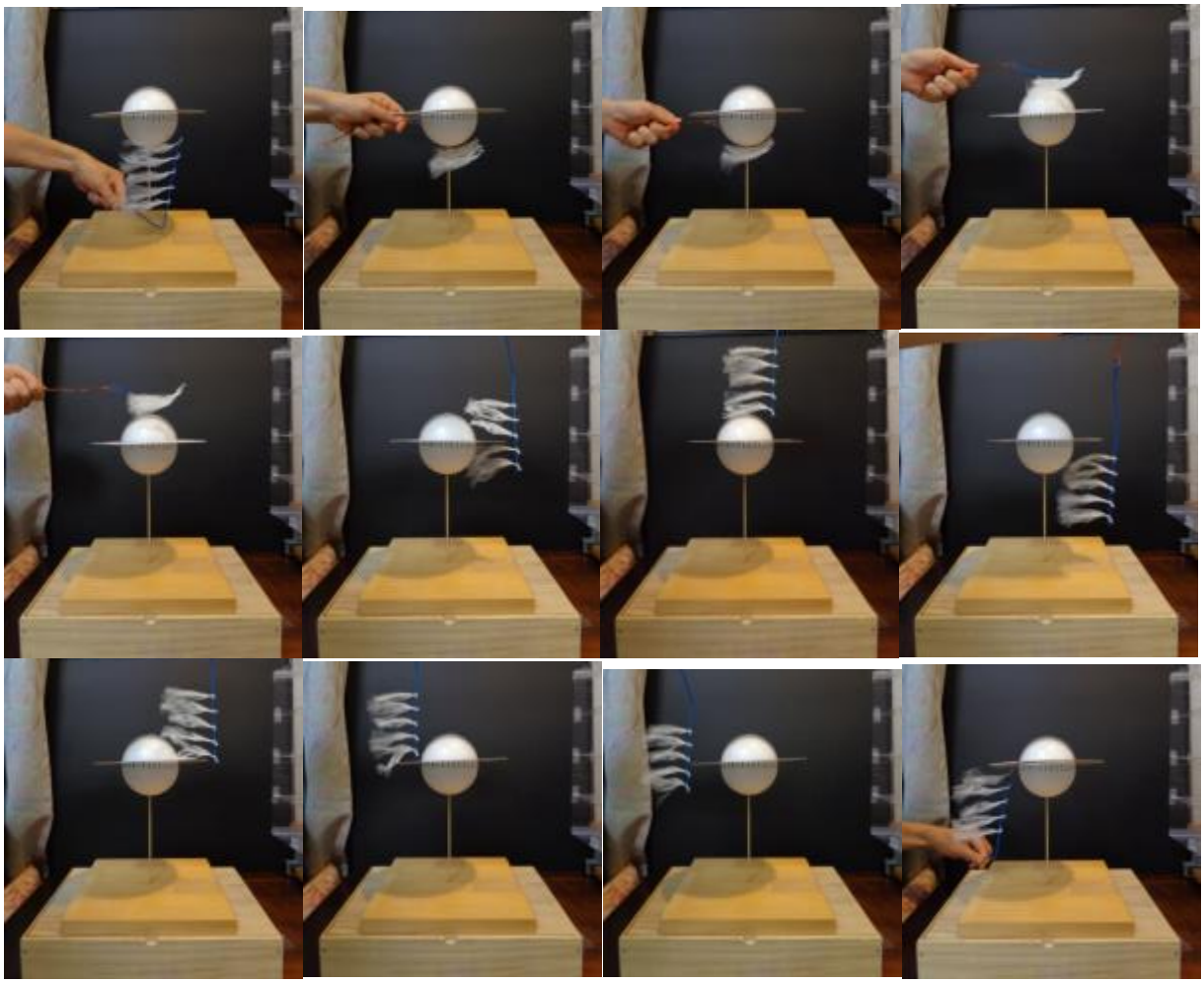




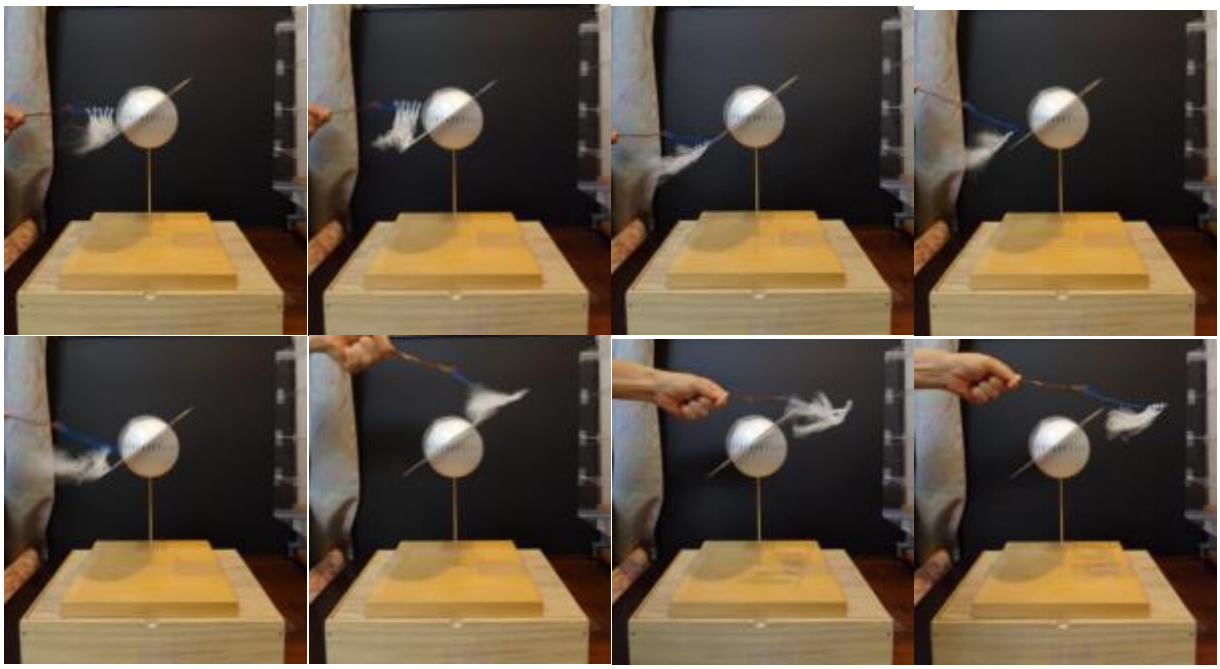
キャップ　つばが前側下向きの場合

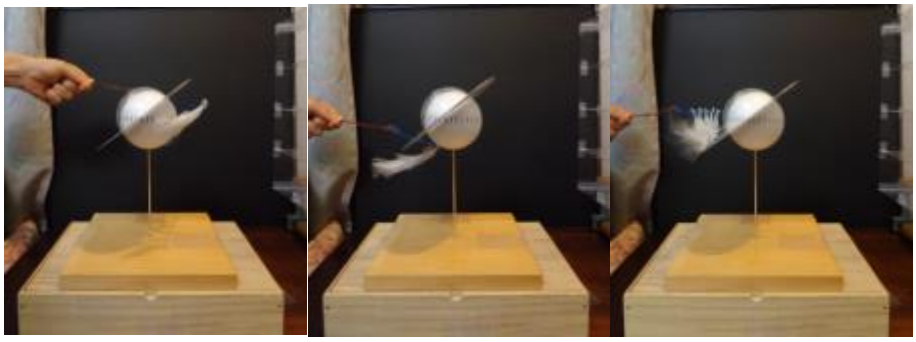


ハット　つばの角度 0 度（水平）



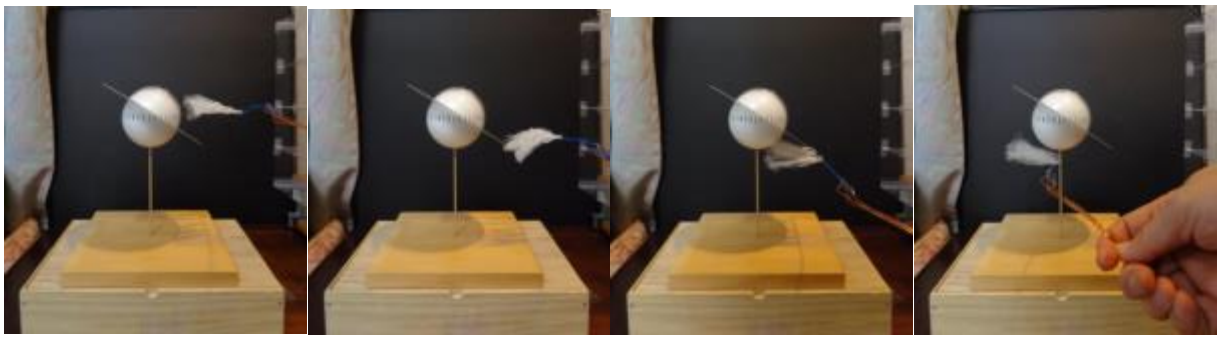
ハット　つばが上向きの場合（側面）



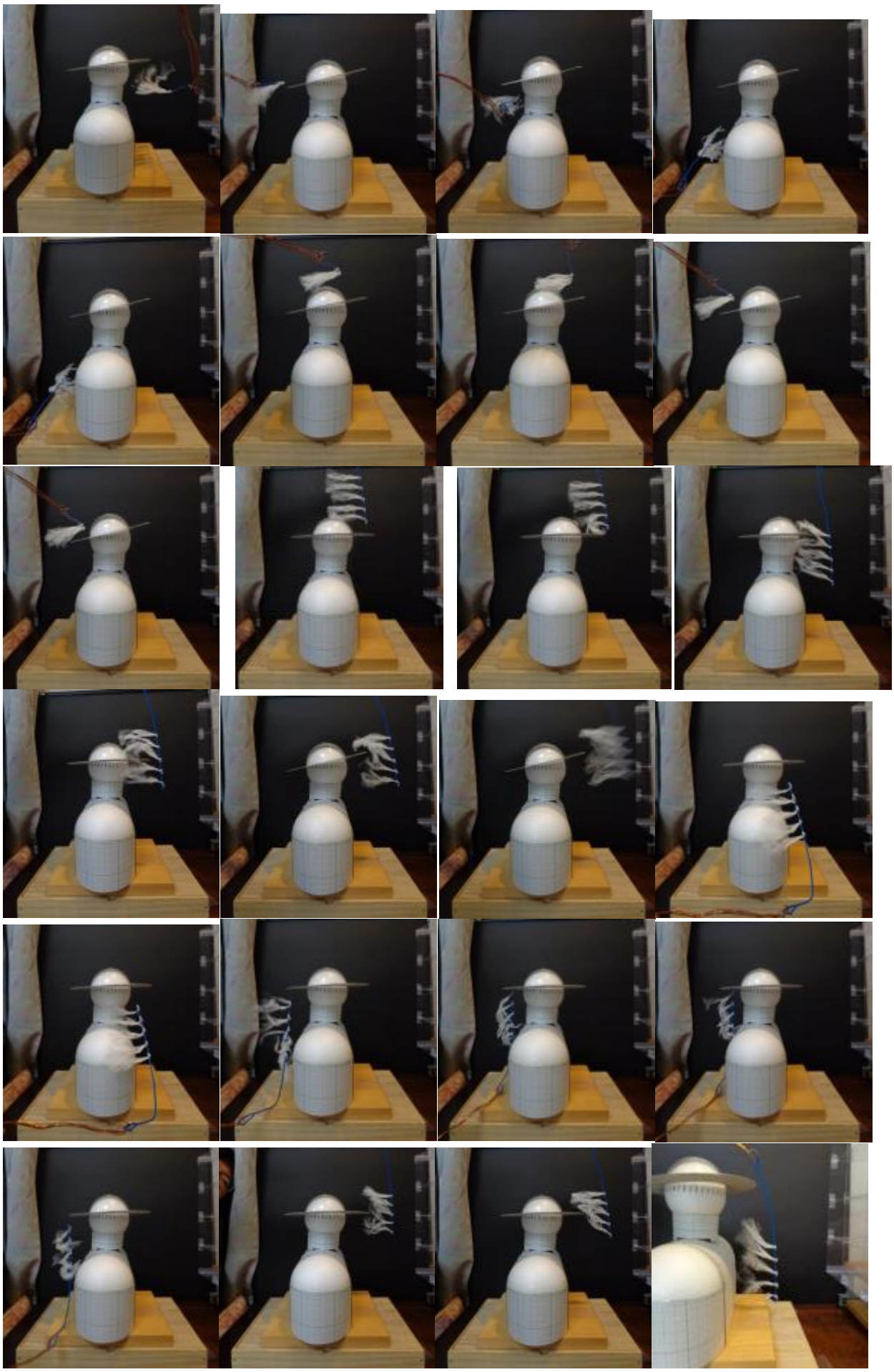


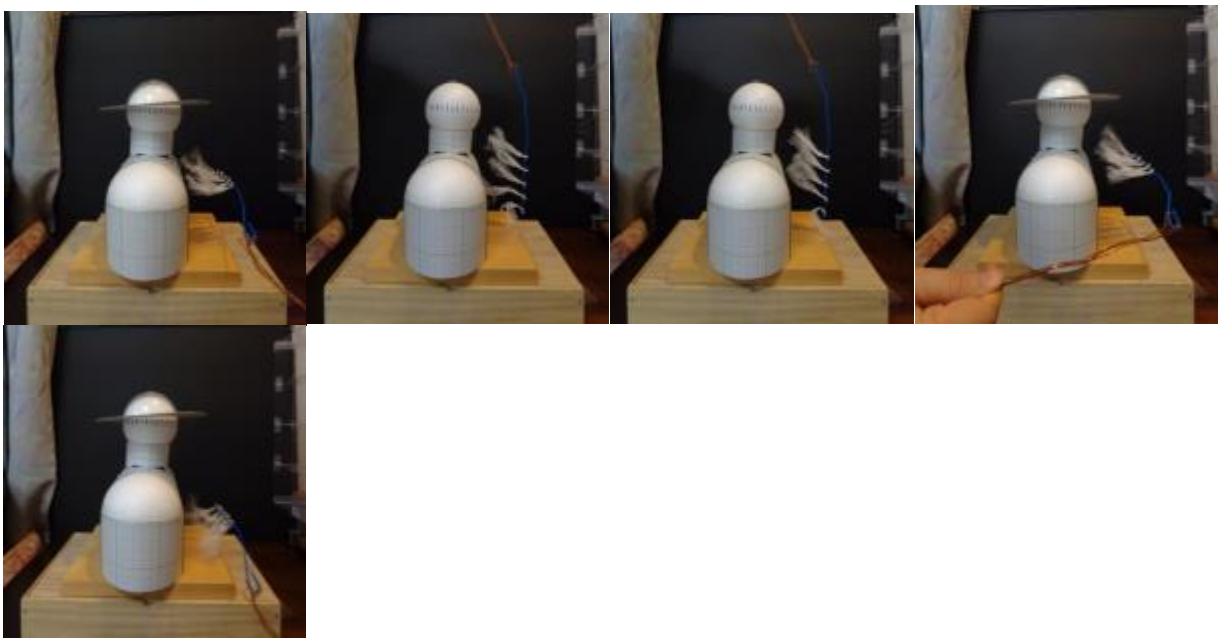
ハット　つばが上向きの場合（上面から）

ハット　つばが下向きの場合

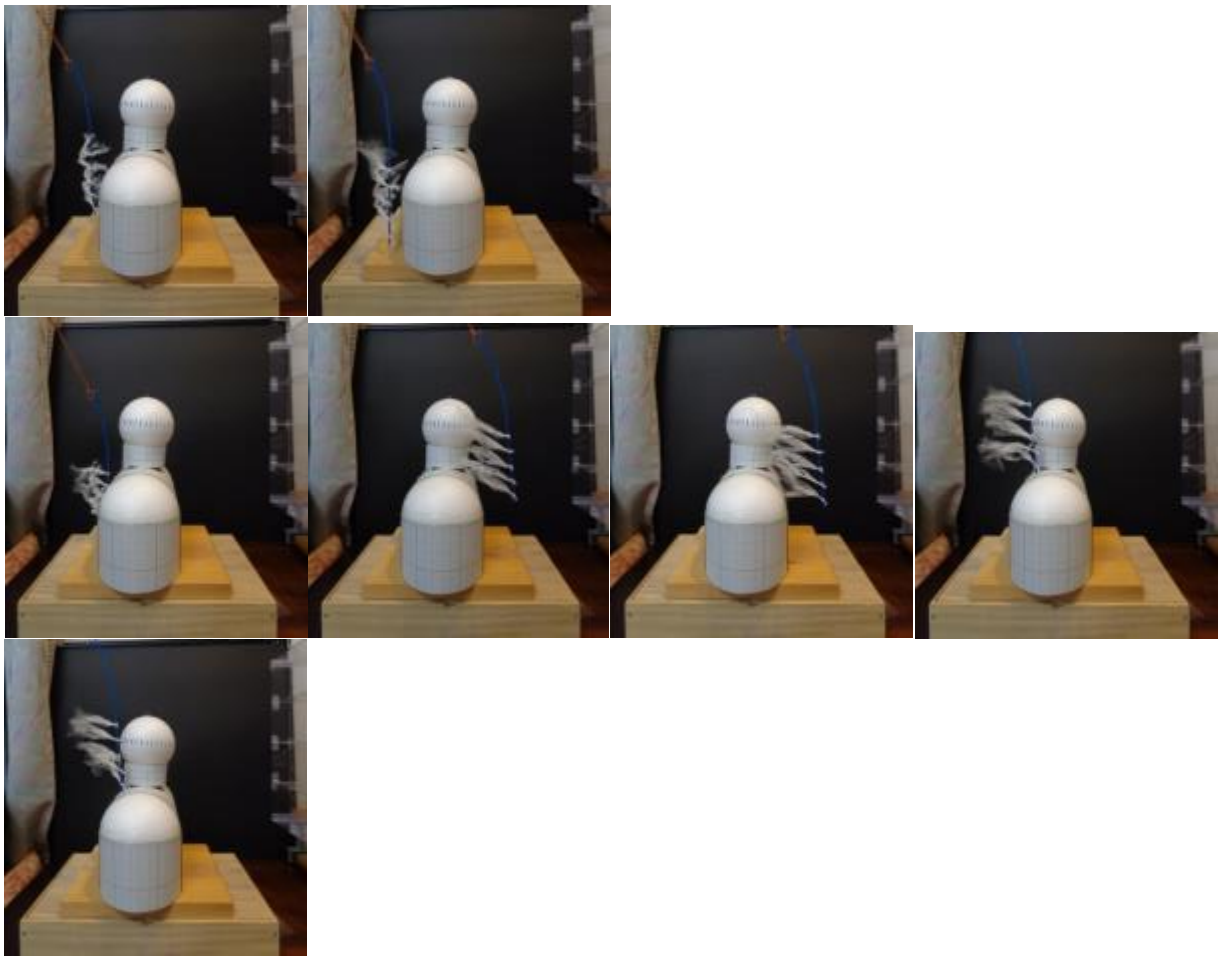


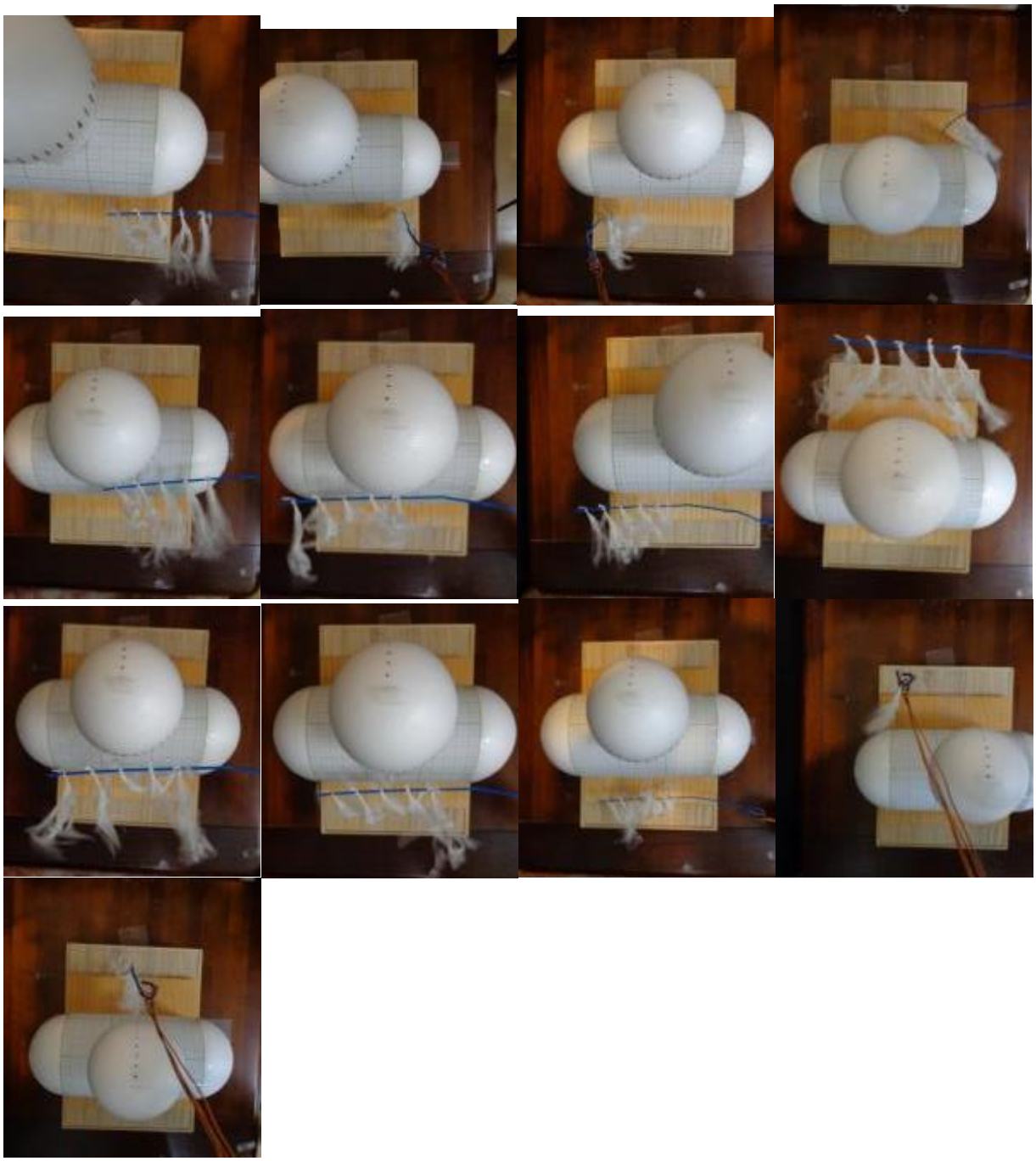
体付き　ハット　０度



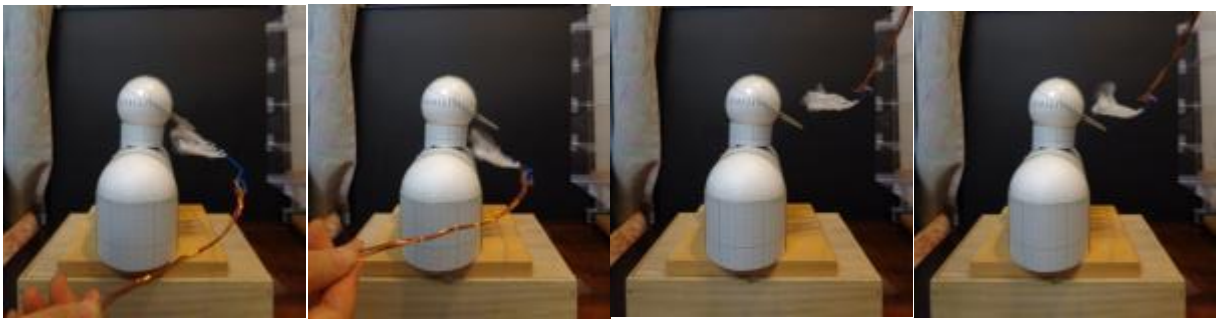


帽子モデルがない場合

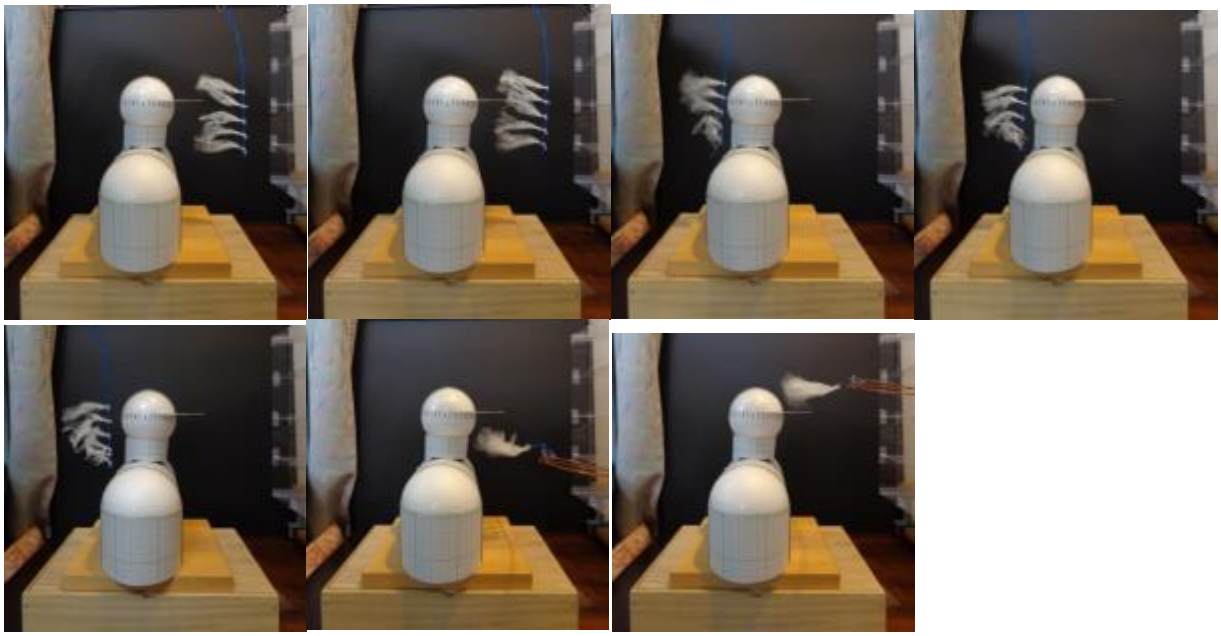




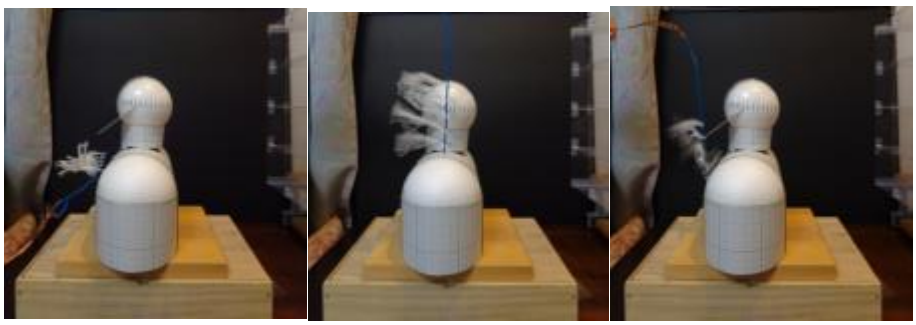
キャップ　つばが前側下向きの場合



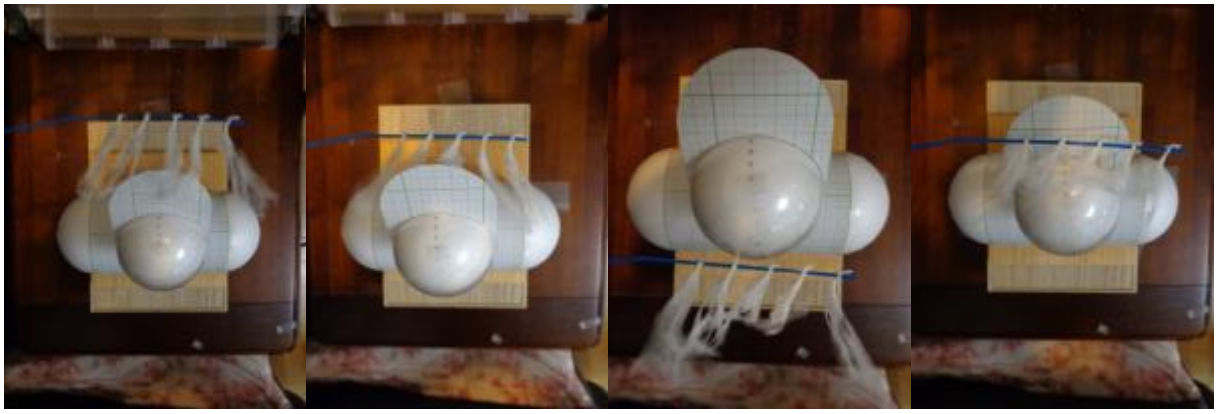
キャップ　つばが 0 度水平の場合



キャップ　つばが後ろ下向きの場合



上から



キャップ　つば前側上向きの場合

考察

(1)　基本的に風はスチロール球の周りを球の形に沿って流れていることが分かった。また，球の背面部分では，風が渦を作っていて，吹き流しが大きく上下左右に動いていた。

(2)　帽子のつばにあたった風は２つに分かれそれぞれ球の上面下面を包むように流れていた。

(3)　キャップのつばが前についているときは，キャップと球の間のくぼみで風がたまっていた。

(4)　キャップが後ろ向きのときは，風はキャップのつばに沿うように吹き抜けていた。

まとめ

（1）基本的に風はスチロール球の周りを球の形に沿って流れている。

（2）帽子のつばにあたった風は２つに分かれそれぞれ球の上面下面を包むように流れる。

（3）キャップのつばが前についているときは，キャップと球の間のくぼみで風がたまる。

（4）キャップが後ろ向きのときは，風はキャップのつばに沿うように吹き抜けている。

Ⅶ. 研究の考察

一次関数のグラフになっている。よって，扇風機の風量レベル（1～32 段階）と風速はほぼ比例している。

傾き角度がプラスのとき
（帽子のつばを上げてかぶった場合）
帽子モデルのつばは上向きの力（揚力）を受け，傾き角度が 0 度の時，マイナスのときと比べて同じ風量レベルでも飛びやすくなっている。しかし，傾き角度が 30 度以上の場合は，帽子の質量や球との摩擦などによりそれ以上飛びやすさは変化しなくなったと思われる。

（1）　傾き角度が 0 度のとき
帽子モデルのつばは，風の方向に対して平行な向きになっているため，風の影響をほぼ受けない。風は帽子の透明半球部分を包むように流れていくため帽子は球に抑えつけられ，飛ばない。

（2）　傾き角度がマイナスのとき
（帽子のつばを下げてかぶった場合）
つば自体も下向きの力を受けるため，帽子が 0 度のときよりも強く球に抑えつけられるため飛ばない。
（1）
実験４－１（キャップのつばを風が吹いてくる方向に向ける）で，キャップのつばの傾き角度が０度のとき，モデルのつばは，風の方向に対して平行な向きになっているため，風の影響をほぼ受けない。風は帽子の透明半球部分を包むように流れていくため帽子は球に抑えつけられ，飛ばない。

（2）実験４－１で，キャップのつばの傾き角度がプラスのとき，帽子モデルのつばは上向きの力（揚力）を受け，傾き角度が０度のとき，比べて同じ風量レベルでも飛びやすくなっている。

（2）　実験４－１で，キャップのつばの傾き角度がマイナスのとき，キャップのつばは下向きの力を受ける。実験１のハットとは

違い，帽子はキャップのつばが付いている部分のみ力を受けるため，風が吹いてくる方向に回転しようとする。結果，キャップはかぜがふいてくる方向に飛ぶ。

実験４－２（キャップのつばを風が吹いていく方向に向ける）で，キャップのつばの傾き角度が０度のとき，モデルのつばは，風が吹き抜けていく方向を向いているため，風の影響をほぼ受けない。風は帽子の透明半球部分を包むように流れていくため帽子は球に抑えつけられ，飛ばない。

（5）実験４－２で，キャップのつばの傾き角度がプラスのとき，風は帽子のつばを沿うように流れていくため，帽子モデルは見た目より風の影響を受けにくい。

（6）実験４－２で，キャップのつばの角度がマイナスのとき，帽子モデルの透明半球部分と球の間に入り込み，帽子を持ち上げるため，帽子モデルが一瞬空中に滞空しその後，飛んだ。この現象は，帽子モデルと球の間に風が入り込むことができる。場合のみ発生するため，傾き角度が０度，プラスのときは起こらなかったものと考えられる。

キャップ型帽子モデルのつばを大きくすると，風を受ける面積が大きくなり，つばに働く揚力が大きくなるため，飛びやすくなる。

（1）　帽子モデルの傾き角度が大きくなると，帽子モデルは風をじかに受ける面積が大きくなり，飛びやすくなる。

（2）　実験１と比較すると，上半身モデルにあたった風が，曲面に沿って流れ，帽子モデルに上向きの風が当たる。その風が帽子モデルを持ち上げ，つばに対して上向きの力が働くので，同じ傾き角度でも飛びやすくなる。

実験 9－1（キャップのつばが風の吹いてくる方向にある）では傾き角度が大きくなると，帽子モデルは飛びやすくなった。この結果を実験４の結果と比較すると，傾き角度がマイナス（つばが顔にかかる方向）のときに違いがみられる。これは，上半身モデルがついた

ことにより，帽子のつばの上面と下面を流れる影の強さのバランスが変化し，本来風が吹いている方向に回転しようとする帽子のつばに働いている下向きの力に対抗しているものだと思われる。

（2）実験 9－2（キャップのつばが風の吹いていく方向にある）は実験 4 と比較してもあまり大きな変化は見られなかった。上半身モデルを取り付けても，球の風が吹いていく方向の部分の影の流れにはあまり影響がないようだ。
ハットの半径を大きくしても，帽子型モデルの飛びやすさは大きく変化しなかった。これは実験 5 の結果とは逆である。これが何の原因で起こるのかははっきりとはわからない。

（1）　基本的に風はスチロール球の周りを球の形に沿って流れていることが分かった。また，球の背面部分では，風が渦を作っていて，吹き流しが大きく上下左右に動いていた。
（2）　帽子のつばにあたった風は 2 つに分かれそれぞれ球の上面下面を包むように流れていた。
（3）　キャップのつばが前についているときは, キャップと球の間のくぼみで風がたまっていた。
（4）　キャップが後ろ向きのときは, 風はキャップのつばに沿うように吹き抜けていた。

Ⅷ. 研究のまとめ

（1）飛びにくいぼうしは，ハット型で，つばが小さいもので，それを地面に水平な角度でかぶると帽子は飛びにくい。

（2）からだがあるときと，ないときでは飛び方に大きな違いがあった。

Ⅸ. 感想と反省

（1）　今回初めて手書きでなくパソコンで処理した。ワードで写真を貼ることやサイズ調整すること，エクセルでは表からグラフにすること、パワーポイントで簡単な図形を描くことなど多くのソフトの使いかたを大学生の兄に教えてもらい、かなり身につけることができた。

（2）　普段当然のことだと思っていても，実際に調べてみると，意外な結果が得られると分かった。

（3）　計画的になかなか実験が進められなかった