

一番風速が大きくなるうちわの形

3531 三嶋秀一朗 3612 後藤朝陽 3539 大和谷倅心 2619 佐藤岬

うちわの形と風速の関係を明らかにすることを実験の目的としている。仮説は、上底が下底より大きい台形のうちわが最も風速が大きくなると考えている。実験 2 で 13 通りのうちわの形を予備実験をもとにつくられた実験装置と風速計を使って、それぞれの形について風速を測定し、正方形が最も風速が大きいと分かった。実験 3 ではうちわに骨組みをつけて、しなりを抑えた場合の風速を調べ、更に風速が大きくなるうちわの形があることが明らかになった。

1. 目的

うちわの形を変えた時の風速を測定し、面積一定の条件において最も風速が大きくなるうちわの形を明らかにする。

2. 仮説

火起こしなど大きな風を必要とするときによく使われる形である台形のうちわ
(上底 : 下底 : 高さ = 3 : 2 : 3)
が最も風速が大きいと考える。

3. 器具・装置

実験装置の部品は以下の通り

- ・タミヤ ハイスピードギヤー ボックス HE
- ・タミヤ ユニバーサルプレートセット
- ・タミヤ ユニバーサルアームセット
- ・タミヤ 単 3 電池ボックス
- ・(2 本用、逆転スイッチ) × 2

実験 1 に用いたうちわの材質は塩化ビニル (厚さ 1mm、面積 300 cm²) で 13 通りのうちわの形を用意する。



図 1 うちわをあおがせるための装置

表 1 13 通りのうちわの形

形状	円	正方形	一般形
画像			
備考	-	-	-

形状	長方形 a	長方形 b	長方形 c	長方形 d
画像				
備考	縦:横 =2:1	1:2	3:2	2:3

形状	台形 a	台形 b	扇形 a	扇形 b
画像				
備考	上底 : 下底 : 高さ =2:3:3	3:2:3	中心角 =60°	90°

4. 予備実験

i) 概要と手順

実験装置の設定のために班員と1年生、計8人(男6人女2人)のうちわを1秒間にあおぐ回数(回/s)とあおぐ角度を計測した。

被験者には10秒間あおいでもらい、被験者の1秒間あたりにあおいだ回数を求めた。なお、うちわが1往復したら2回あおいだものとしている。

ii) 予備実験の結果

あおいだ回数の平均は6.2回/s、角度の平均は83°で持ち手の長さは(うちわの下端から)13.0cmであった。

5. 実験1

i) 手順

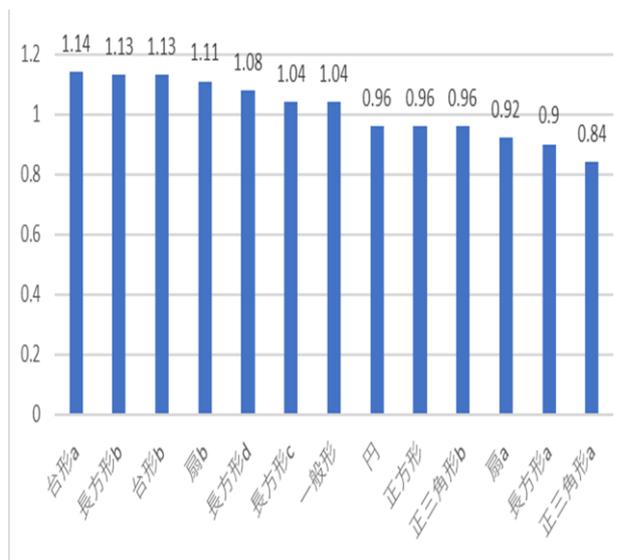
予備実験の結果を基にして実験装置を作成した。図1の実験装置(うちわの先端)と風速計の距離を1cmに固定し、うちわと風速計が垂直になるようにする。5秒間うちわをあおぎ風速を測定した。この作業を5回行った。なお、風速は風速計の示した最大値を採用している。

ii) 結果

表2 うちわの図形による風速の違い

(順位は風速の大きい順番である)

図形	平均風速[m/s]	順位
①円	0.96	8
②正方形	0.96	8
③長方形 a	0.90	12
④長方形 b	1.13	2
⑤長方形 c	1.04	6
⑥長方形 d	1.08	5
⑦台形 a	1.14	1
⑧台形 b	1.13	2
⑨扇形 a	0.92	11
⑩扇形 b	1.11	4
⑪正三角形 a	0.84	13
⑫正三角形 b	0.96	8
⑬一般形	1.04	6



単位：[m/s]

図2 うちわの図形による風速の違い
(左から右へ風速の大きい順番である)

表3 うちわの図形による風速の違い(実験結果)
(図形の①から⑬は表2に対応している。)

図形	1	2	3	4	5	平均
①	1.08	0.97	0.89	0.89	0.97	0.96
②	1.08	0.97	0.89	0.78	1.08	0.96
③	0.89	0.89	0.78	0.97	0.97	0.90
④	1.08	1.08	1.19	1.08	1.19	1.13
⑤	0.97	1.19	0.97	0.97	1.08	1.04
⑥	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
⑦	1.28	1.08	1.19	1.08	1.08	1.14
⑧	1.19	1.08	1.08	1.19	1.08	1.13
⑨	0.78	0.89	1.08	0.89	0.97	0.92
⑩	1.08	1.19	1.08	1.19	0.97	1.11
⑪	0.97	0.89	0.89	0.78	0.69	0.84
⑫	0.97	0.97	0.97	0.97	0.89	0.96
⑬	0.97	1.08	0.97	1.08	1.08	1.04

6. 考察1

持ち手から先端までの距離が長く、先端が大きい形の方が、あおぐペースが遅くなること、また素材に使った塩化ビニルが重すぎることが原因で、縦長の長方形より、横長の長方形のほうが速いペースであおぎ、風速が大きくなった。上底が長い台形より、上底が短い台形が風速が大きくな

ったのも同じ理由である。

また、一般的のうちわの形や円はうちわ全体として重心が中央にあるため、風速が比較的中間的な数値となった。

以上のことから素材に使った塩化ビニルが重すぎたため装置のあおぐペースが予備実験のペースよりも非常に遅くなった。

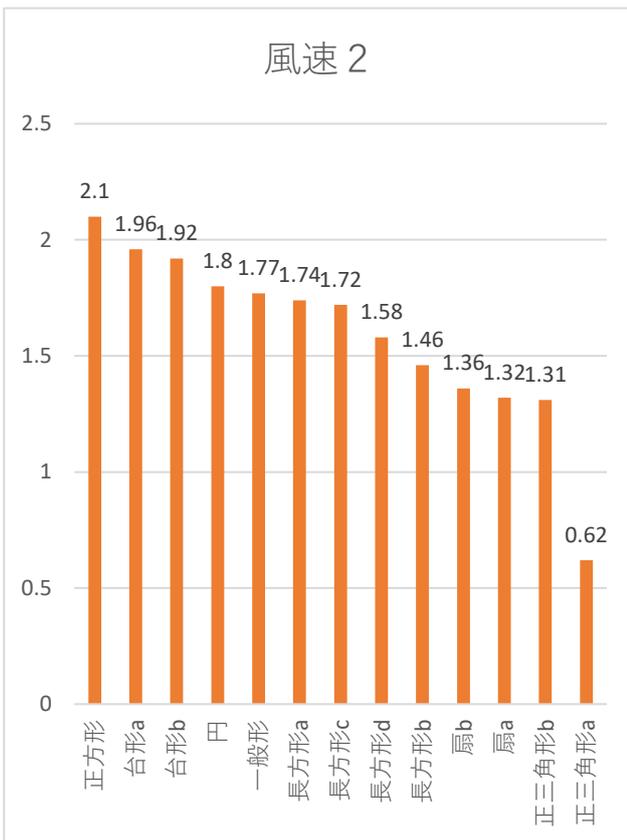
7. 実験 2

i) 目的

素材を塩化ビニルから厚紙に変えて、重さを軽量化し、予備実験のペースを保った状態で再度形による風速の違いを調べる。

ii) 結果

以下の 13 通りのうちわを 5 回計測した。

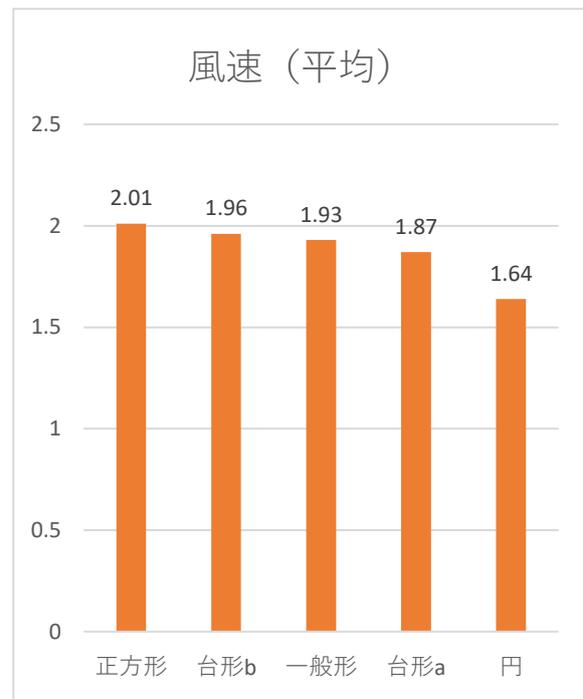


単位：[m/s]

図 3 うちわの形による風速の違い(厚紙)

また、この実験で風速が大きかった上位 5 つの図形を更に 10 回計測した。

先の実験とあわせた風速の結果は以下の通りである。



単位：[m/s]

図 4 上位 5 種類のうちわの形による風速の違い

8. 考察 2

縦に長い図形(長方形 a、長方形 c)や根元が小さすぎる図形(扇形 a、扇形 b、正三角形 b)はしなりが強すぎるため、風が弱いと考えた。

横に長い図形(長方形 b や長方形 d)や先端が小さい形(正三角形 a)はあまりしならなかったが、一度にたくさんの空気を送れなかったため、風が弱いと考えた。

先端が大きく根元が小さくない形(正方形、台形 b、一般形、円)はあまりしならず、かつたくさんの空気を送れるため、風が強いと考えた。

台形 a は先端が大きくはないが根元は小さくなく、あまりしならなかったためたくさんの空気を送れて、強い風になったと考えた。

9. 実験 3 の予想と結果

実験 2 を通してうちわのしなりがうちわの形による風速の違いと密接に関わっており、風速を考えるうえで重要な要因であると考えた。

実験 3 では、以下の写真のように、うちわに割り箸を 2 本つけて、しなりの強弱による風速の違いを調べた。

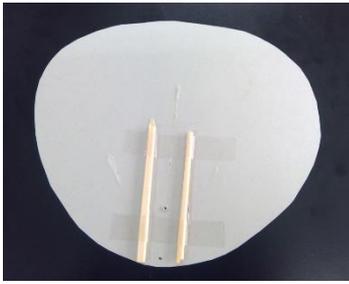


図5 割り箸をつけたうちわ(一般形)

i) 実験2を踏まえた実験3の結果の予想

先端が大きく根元が小さくない形(正方形、台形b、円、一般形)や、先端が大きくはないが根元は小さくない形(台形a)は、しなりが更になくなり、一度でより大きな風を送れるようになると考えた。

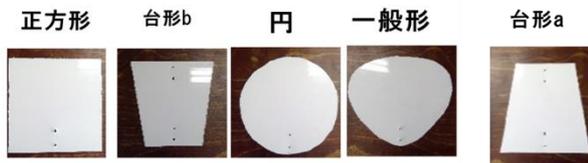


図6 うちわの形(上記に示したうちわ)

縦に長い図形(長方形a、長方形c)や根元が小さすぎる図形(扇形a、扇形b、正三角形b)はしなりが抑えられて一度にたくさんの空気が送れて風が強くなる。

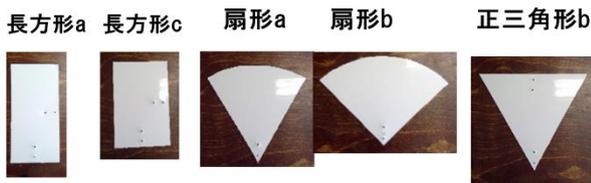


図7 うちわの形(上記に示したうちわ)

横に長い図形(長方形bや長方形d)や先端が小さい形(正三角形a)は、しなりが更になくなると考えられるが、形の性質上、結局一度に大きな風を送れず風の強さはあまり変化しない。

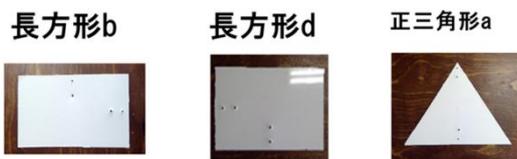


図8 うちわの形(上記に示したうちわ)

ii) 実験3の結果



図9 割り箸をつけたうちわの風速

10. 考察3

縦に長い図形(長方形c)は骨組み(割り箸)でしなりが抑えられたので風速が大きくなった。これは予想通りであった。

しかし、過度に縦に長い図形(長方形a、扇形a)は、しなりが抑えられていたが慣性モーメントが他の形よりも大きくなり、モーターへの負荷も増えたので、風が小さいままだった。これは予想に反していた。

実験2で風が強かった形(台形a、台形b、一般形)は骨組みをつける前からしなりが抑えられていたので風速があまり変わらなかった。これは風がさらに強くなるという予想と異なった。

根元が小さすぎる形(正三角形b、扇形b)はしなりが抑えられた分風は強くなった。しかし、飛躍的に風が強くなったわけではなかった。

11. 展望

実験3を通して、しなりを抑えると全体的に風が強くなること分かった。今後はしなりを抑えたうえで、形を微調整して一番風速が大きくなるうちわの形を調べていきたい。

1 2. 謝辞

本研究の遂行にあたり、原田先生におかれましては有益な助言をしていただき、また、熱心且つ的確なご指導を頂いております。心から感謝いたします。

1 3. 参考文献

・兵庫県立神戸高校「効率の良いうちわの形状」
小高滉人 谷川斗真 西浦裕 原田能拓
課題研究論文(うちわ班). pdf

<https://seika.ssh.kobe-hs.org/media/common/KadaiKenkyuu/buturi/2016/%E8%AA%B2%E9%A1%8C%E7%A0%94%E7%A9%B6%E8%B%96%E6%96%87%28%E3%81%86%E3%81%A1%E3%82%8F%E7%8F%AD%29.pdf>

(最終閲覧日 2024 年 1 月 10 日)

・茨城県立日立第一高等学校
「うちわの形による風圧の違い」日渡涼

https://www.science-academy.jp/showcase/09/pdf/HP-012_showcase2010.pdf

(最終閲覧日 2024 年 1 月 10 日)