

扇風機の羽の形状による音の変化

2年3組 江崎龍ノ介 2年3組 岡崎 煌生
2年3組 薬師神直人 2年4組 森田 泰聡
指導者 中村 俊貴

1 課題設定の理由

扇風機に向かって声をだすと声が震えたように聞こえる。また扇風機の風量を変えると、発している声の高さと大きさを変えていなくても声が変わったように聞こえる現象があるが、その原理を明らかにしてみたいと思った。そこで、私たちは、扇風機を使うことで音にどんな影響を与えているのか、どのように音が変化して聞こえているのかについて研究することを決めた。具体的には、扇風機の羽の回転速度や羽の形状、羽の幅、表面の凹凸などが声の変化に影響しているのではないかと考え、いろいろな要素を変えて研究を始めた。

2 仮説

- (1) 回転数が増えることで、羽にあたる音が多かったり少なかったりすることで跳ね返ってくる音の大きさが変化するのでないかと考えた。
- (2) 音が扇風機の羽に反射して帰ってくる音と音源から出る音が重なって聞こえるため羽の形状や羽の幅が変わることによって羽に当たる音が小さくなり音の大きさが元の音の値から変化すると考えた。
 - ① 扇風機に向かって音を発すると、振幅は周期的に大きくなったり小さくなったりした波形が得られる。
 - ② ①の原因は、単に扇風機の羽が音を遮断しているからではなく、回転する羽で反射する際にドップラー効果が起こり、反射音の振動数がわずかに変化し、うなりが生じる。

3 実験・研究の方法

(1) 測定方法

図1のように扇風機の羽根の位置から一定の距離に音源と測定器を設置し、20秒間測定し音の大きさの変化をPCに保存する。

(2) 実験機材

【音源】タブレットPC（振動数 500Hz）

【測定器】Dr. DAQ（音センサー）【扇風機】

(3) 実験条件

気温 17℃、音源と扇風機の距離を 15cm、音源と測定機器の距離を 15cm、音源と測定機器との距離を 3cm 離れた。また、予備実験として、扇風機の回転周期と回転の速さを測定した（表1）



図1 扇風機・マイク・音源の配置

表1 扇風機の回転周期と速さ

	周期 [s]	速さ [m/s]
弱	0.10	8.9
強	0.065	15

4 結果と考察

(1) 【実験1】

① 実験方法

図2の羽根①を用いて扇風機の回転も速さについて着目し、速さを弱と強の二段階に分けて測定し、音の大きさと振動数の分布を調べる。振動数の分布はExcelでフーリエ変換を用いた。



図2 羽根①

② 実験結果

5秒間における音圧の変化は図3のようになった。音圧の変化をみると強、弱、音源のみの順に音圧が大きくなっていることが分かる。平均値として基準となる音源のみ音圧が72.5db、弱が78.9db、強が86.4dbとなった。そのことから、扇風機の速さが増すほど大きくなった。

音源のみの振動数分布は図4、風だけの振動数分布は図5、図6、音源と風を合わせた振動数分布は、図7、図8のようになった。30Hz付近に図5、図7と同じような波形が見られたことから、その付近の波形は扇風機による雑音によるものだと考える。図7と図8を比べると、500Hzにおける振幅に、少し変化が見られた。

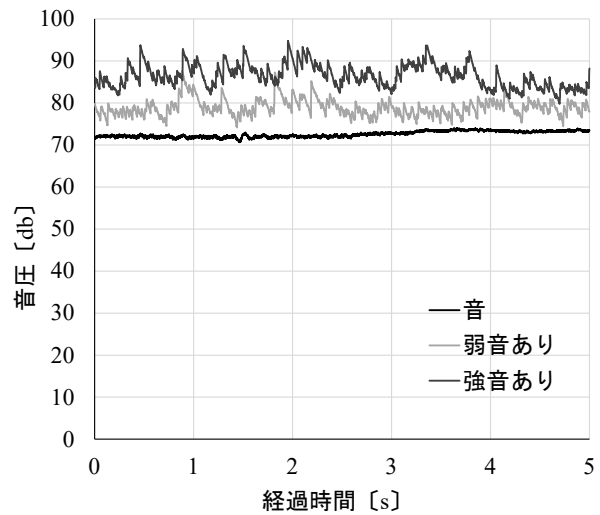


図3 羽根①5秒間における音圧の変化

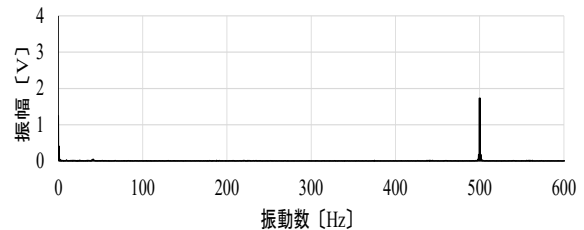


図4 音源のみのフーリエ変換値

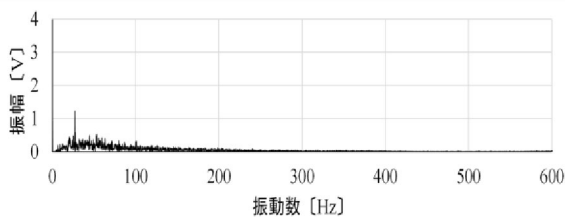


図5 羽根①弱風だけのフーリエ変換値

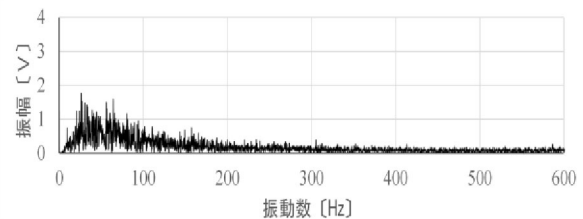


図6 羽根①強風だけのフーリエ変換値

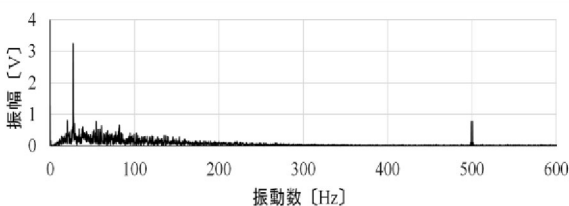


図7 音源+羽根①弱風のフーリエ変換値

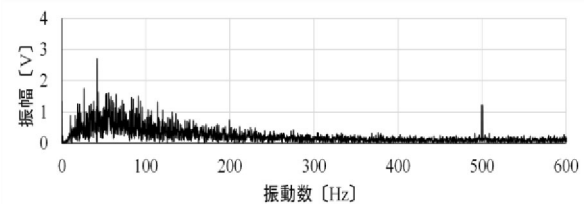


図8 音源+羽根①強風のフーリエ変換値

③ 考察

実験①では扇風機の雑音も入っており少しわかりづらい結果となってしまった。図7、図8を見ると500Hz付近を比べると図7では振幅が0.7Vのところ、図8では1.2Vとし変化したと考える。その理由として速さを変えると弱と強では同じ時間で羽に当たる音が強の方が多いため羽根にあたってかえってくる音も多くなり振幅が大きくなったと考えた。極端に速さを変えることで大きく変化がみられるのではないかと考える。

(2) 【実験2】

① 実験方法

羽根での変化を調べるために幅の長さを等しくて、形状の異なる羽根①と羽根②のような羽根を扇風機につけ、それぞれの測定を行った。また扇風機の速さは弱で行った。羽根①は実験1の結果を利用する。



図9 羽根②

② 実験結果

5秒間における音圧の変化は図10のようになった。

図12において、30Hz付近に図5、図7と同じような波形が見られたことから、その付近の波形は扇風機による雑音によるものだと考える。図7と図13を比較すると、羽の形を変化させても違いはあまり見られなかった。

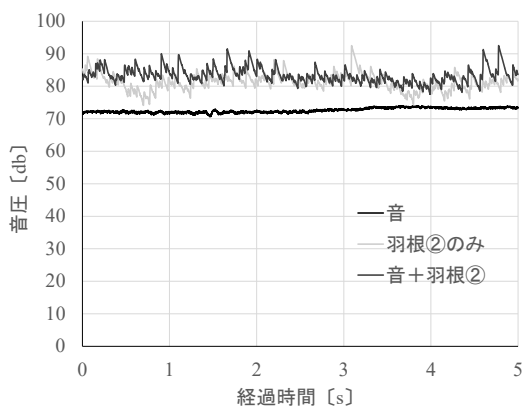


図10 羽根②5秒間における音圧の変化

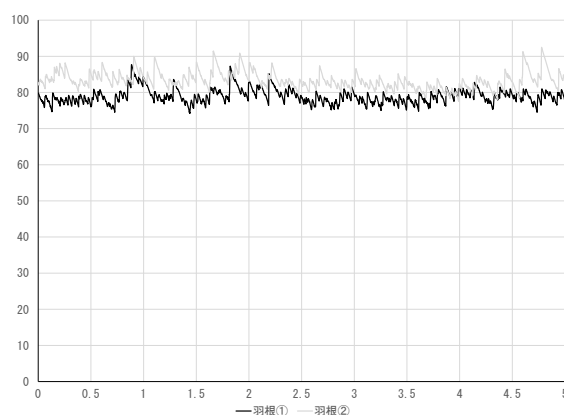


図11 羽根②5秒間における音圧の変化

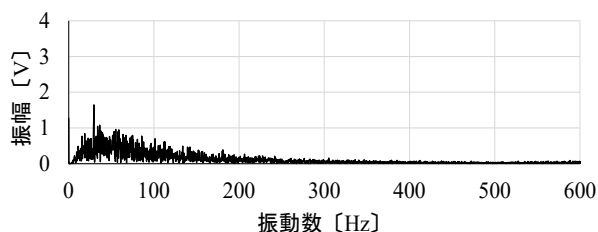


図12 羽②弱風のためのフーリエ変換値

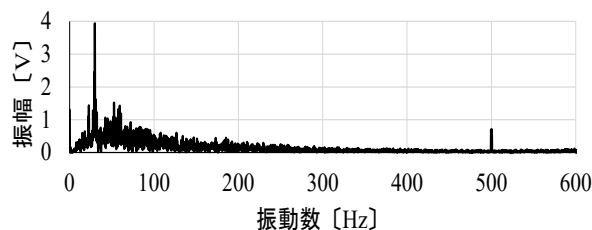


図13 音源+羽根②弱風のフーリエ変換値

③ 考察

図7と図13の間で大きな変化が見られなかった原因は、羽根①と羽根②では、羽根の面積がほぼ等しかったことであると考えた。また羽根の形状に変化が少なく、羽根に当たる音の量があまり変わらなかったことにより変化が小さかったと考えられる。もっと違いがはっきり分かるような形状を作成し2枚だけではなく3枚から4枚の羽根を用いて実験するとさらに変化が見られるのではないかと考える。

5 まとめと今後の課題

実験1では二つの速さの違いが小さかったと考えられるので、今後もっと速さに変化をつけてさらに正確なデータをとっていききたい。そしてスピードコントローラーなどの器具を使って速さを細かく調整できるようにして実験を行いたい。また実験2において、羽根の面積の差が小さかったという原因を改善するため、他の羽根を考えていろいろな羽根で確かめていきたい。今後、面積の観点から同じ羽根で横幅を短くして羽根の面積が小さくなるほど帰ってくる音も小さくなることを仮説として立てて実験を行う。また羽根に段ボールや発泡スチロールなどの何か素材を張り付けて素材によっても音の変化があるのかを確かめたい。そして、今回の実験では、扇風機に測定器具を近づけすぎて扇風機が回る音も測定器具が拾ってしまい正確なデータをとることができなかつたのでドップラー効果などの影響ついて調べることができなかつた。次回は、実験の方法から見直して実験をやり直し、同じ条件で正確なデータをとっていききたい。

6 謝辞

本実験を行うにあたって、アドバイスやご指摘を頂いた愛媛大学の小林教授をはじめとしたたくさんの方々にこの場を借りて、感謝申し上げます。

7 参考文献

- ・上田朝陽 大原千尋 廣川直哉 和気史佳 (2018)「扇風機による音の変化」愛媛県立松山南高校 <https://matsuyamaminami-h-ssh.esnet.ed.jp/file/2859>
- ・数研出版 物理
- ・中村健太郎 (2010) 『図解雑学 音の仕組み』 ナツメ社