

扇風機の回転数と音の関係

原口 毅之 結城 拓弥 露口 博貴

【概要】

多くの人は扇風機の音は騒音と感じる。では、その音の原因は何なのか不思議に思った。そこで、私たちは扇風機の羽の回転数とそこから発せられる音について研究を行った。FFT を用いて解析を行った結果、回転数が上がると比例して音も高くなることや、羽の固有振動数と音は関係していないことが分かった。今後は風洞実験を行いカルマン渦との関係を調べたい。

Many people feel fans are noisy, but what is the cause of sound?

So we studied the relationship between fan blade rotation speed and the sound of the fan.

The research method involved recording the sound and analyzing the data using the FFT analysis program. We found a directly proportional relationship between the fan sound and rotation speed. And, we found a not relationship between fan sound and material.

【研究動機・目的】

違う扇風機からは異なった音が出るということに興味を持ち、またその音を小さくするにはどうすればいいかと思い研究をしたいと思った。

ここで、私たちは羽の回転数と音との関係を調べることを目的とする

・Sonic visualizer

・Excel

・羽

使用した機材は写真-1である。また、羽は、
図-1のようになっている。

なお、羽の材質はポリプロピレン、形状は段プラスチックである。

【仮説】

羽の回転により、空気に周期的に密な部分と疎な部分ができ、音が発生する。このことから回転数が多くなると、空気の疎と密の部分の周期が小さくなり、音が高くなると考えられる。

また、日常生活で扇風機を使用している時に感じることであるが、扇風機の回転数を多くすると、様々な周波数の音が出ていると個人的に感じる。このことから、回転数が多くなると、さまざまな周波数の音がでてくるのではないかと考えた。

【実験器具・羽】

- ・扇風機
- ・電子式汎用計算機
- ・ダイナミックマイク (Pioneer 製)
- ・アンプ
- ・エフェクター
- ・サウンドレコーダー (PC ソフト)



写真-1

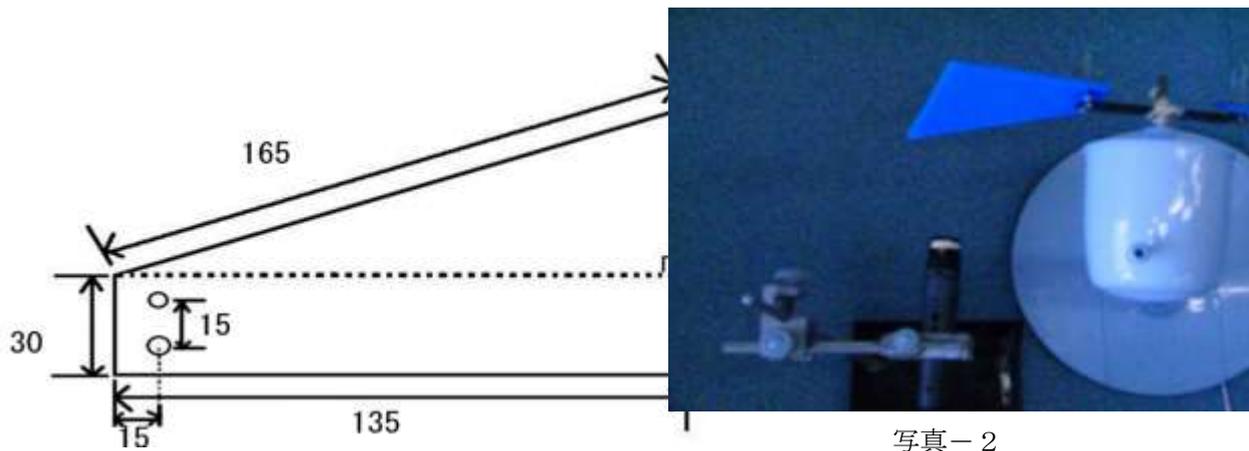


図-1 (単位は mm)

【実験方法・手順】

I. 羽の製作

今回、扇風機の羽は自作した。もともと扇風機に付いている羽を使わない理由は、今後の実験において羽の形状と音の関係についても調べるため、この段階で自分たちの実験の基準となるシンプルな羽を製作しておく方がよいと考えたため。

II. 回転数の測定

正確な回転数がわからなかったので強、中、弱で回転中の映像をハイスピードカメラ (300fps) で撮影し何フレームで一回転したかということから 1 分間の回転数を求めた。

III. 録音

録音時のマイクと羽の位置関係は写真-2 (上から見た図) のようになっている。羽からマイクまでの距離は 15 cm、扇風機の中心からの距離は 10 cm、床からの高さは 60 cm である。

IV. 音の解析

まず、Sonic visualizer を使用して、録音した音から一周期分の波形のデータを取り出す。そのデータを Excel でフーリエ変換を行う。この操作を一つの録音した音につき 10 回繰り返す (同じ周期を 10 回繰り返すのではなく、違う周期を 10 回繰り返す)。そうして得られた周波数別の振幅のデータを平均し、グラフにする。

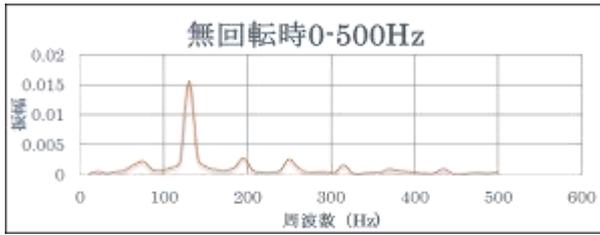
V. 解析結果のまとめ・考察

主にグラフから考察した。

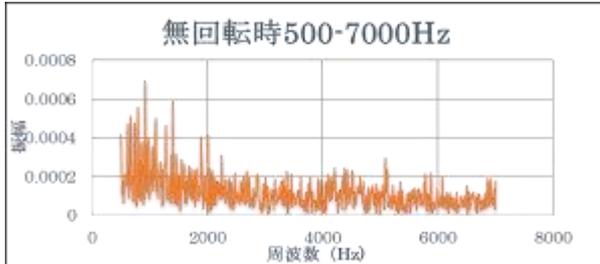
【実験結果】

i. 予備実験

音の録音中にはどのようにしても扇風機の音以外の雑音ははいつてしまう。その雑音がどの程度の音なのか知るために、ここでは録音時に使う部屋での扇風機を回していない時の音を録音、解析した(グラフ-1-2)。グラフ-1 からわかるように、130Hz 付近にピークがあることがわかる。また、グラフ-2 からわかるように高音域には大きなピークが見られない。



グラフ 1



グラフ 2

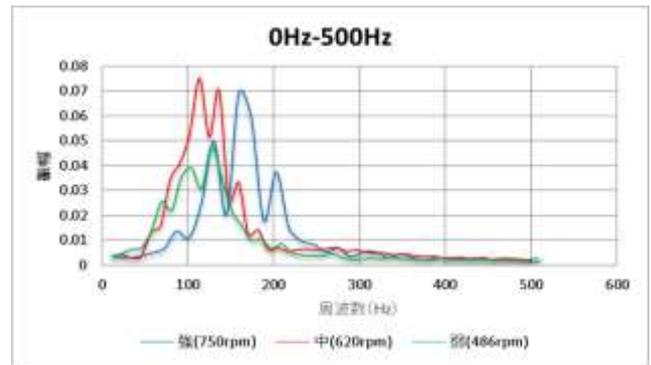
ii. 実験 I

この実験では、上記 3. 実験の概要で述べたように、扇風機の回転数と音の関係について検証する。検証方法は、扇風機の羽の回転数を変えて音を録音するというものである。検証する羽の回転数は使用する扇風機にもとよりある、弱、中、強を使用する。回転数は測定した結果、弱：486rpm、中：620rpm、強：750rpm であった。実験の結果は、グラフ 3、グラフ 4 のようになった。

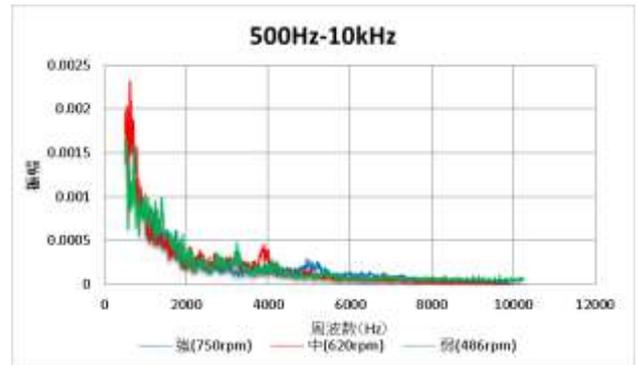
また、この実験結果を読み取るために、我々はピーク周波数を定めた。ピーク周波数とは、他の周波数の振幅と比べて突出して振幅が大きい周波数のことを指す。

グラフ 3 から読み取れるように、回転数が大きくなると、ピーク周波数が大きくなっている。また、グラフ 4 から、高音域でも回転数が大きくなると、ピーク周波数が大きくなっていることがわかる。

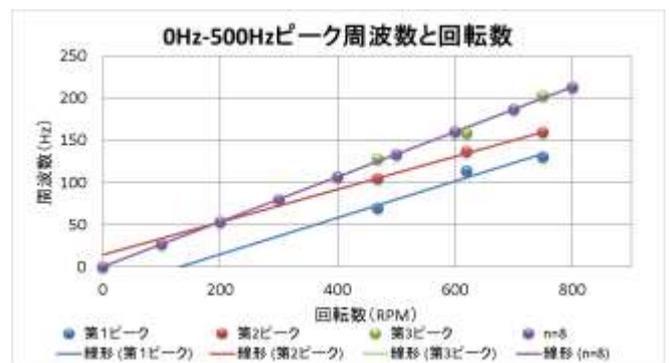
我々は弱、中、強のそれぞれの回転数のピーク周波数を周波数の小さい方から、第一ピーク、第二ピーク、第三ピークとした。



グラフ 3



グラフ 4



グラフ 5

グラフ 3 - 4 から各周波数ピークと回転数の関係をグラフにして表した。

グラフ 5 からは第一、第二ピークの近似直線は原点を通過しないが、第三ピークの近似直線は原点付近を通過することがわかる。第三ピークに関しては、私たちが予想していた結果になっていることから、回転数によって変化する疎密波を変数とした直線の式が立てられるのではないかと考えた。第三ピークの近似直線の式(式 1)をもとめた。

扇風機の羽の枚数をm、扇風機の羽が1分間に回転する回転数をRとし、扇風機の羽が通過する範囲に、ある一点Aを定める。扇風機が一回転する時、点Aではm回羽が通過する。扇風機は1秒間にR/60回転するので、扇風機の羽は1秒間に点AをmR/60回通過する。また、このとき羽が通過すると羽によって押し出されるので、空気疎密ができる。これが音の原因となると考えた。今回使った羽は2枚羽なのでm=2、よって2R/60[Hz]の音が発生すると考えた。しかし、この値は解析結果からあまりに離れた値だった。解析結果とフィッティングするために、整数倍し、次の式を考えた。

$$F=n*2R/60 \quad (式1)$$

F: その回転数における周波数[Hz]

2R/60: 二枚羽の扇風機から出る粗密波の周波数

この式においてn=8の時に第3ピークの近時直線の傾きとほぼ同じ値となった。

一方、これらのピークが羽の固有振動に関するものではないかと考え、羽を一樣な材質とみなし、板の振動の理論値(式2)に当てはめたところ、 $\omega = 225.471$ 、 $\omega_1 = 80.27\text{Hz}$ 、 $\omega_2 = 503.25\text{Hz}$ 、 $\omega_3 = 1409.64\text{Hz}$ 、 $\omega_4 = 2762.02\text{Hz}$ という値になった。 $\omega_1 \sim \omega_4$ がそれぞれの振動モードでの固有振動数である。振動モードとは物体の固有振動における変形パターンのことである。これらの値と実験で得たデータを比較すると大きく異なることが分かった。また、各振動モードの固有振動数の比と、強、中、弱それぞれ3つのピーク周波数の比は異なることがわかった。

$$\omega = \pi^2/l^2\sqrt{EI/\rho A} \quad (式2)$$

$$\omega_1 = 0.356\omega \quad \omega_2 = 2.232\omega \quad \omega_3 = 6.252\omega \quad \omega_4 = 12.25\omega$$

【考察・まとめ】

今回の実験からは、回転数が大きくなると羽から出る音が高くなることがわかった。また、第1、第2ピークは原点付近を通過しない。これは、無回転時でも扇風機から音が出ていることになり、実際の現象と合わない。ここから、扇風機から出る音には今回扱おうとしている、回転数以外の要素も大きく関わっているのではないかと考えられるが、実験の誤差によるものの可能性もあるため、より低回転数が必要であると考えられる。

さらに、板の振動の理論値から固有振動を求めたが固有振動とピーク周波数は関係していないことがわかった。

以上より、今回羽の単位時間当たりの通過数と、羽の固有振動数からアプローチしたが、扇風機から出る音と、これらの要素に関連は見られないという結果を得た。

扇風機の羽の回転数と音との間には、羽が空気を切り裂く時に発生する疎密波が関係していると考えられる。あくまで予測であるが、その中でもカルマン渦による影響が多きいのではないかと考えた。

【参考文献】

振動工学の基礎 岩壺卓三

【謝辞】

今回の研究に際して、各発表会にて助言してくださった方々、アドバイスを下さった城南高校教員の臣守大作先生へこの場を借りて御礼申し上げます。

【感想】

今回の研究では、あまり深く掘り下げることができなかったが、その結果に至るまでの過程や考え方など様々なことが勉強になった。今後は、振動工学や流体力学を勉強しながら実験を進めたいと思う。