

紙鉄砲と音の関係

濱田 颯太 木原 美保 瀧口 らな 寺内 真優 前田 菜々実

【概要】

私たちは物理基礎で「弦の振動」と「気柱の振動」を学び、音が発音体の振動に関係していることを知った。そこで音に関する研究を探していたときに紙鉄砲は先行研究が少ないことを知り、紙鉄砲について調べようと思った。

私たちの実験では、振る速さ・紙の大きさ・面密度それぞれの条件を変えたときの振動数をフーリエ変換ソフトを用い調べた。

実験の結果、振る速さを変えたときの振動数は速く振ると大きくなり、紙の大きさを変えたときの振動数は大きさによって変わらず、面密度を変えたときも変わらなかった。

データを分析した結果、紙鉄砲には基本振動と3倍振動があることがわかり閉管と似た振動だということがわかった。

When we were looking for study about sounds, we found there are few preceding studies on Kamiteppo and we thought that tried to research it. We examined the frequency, changing the swing speed, size of the paper and the surface density of the paper of Kamiteppo with the software, "Wave Spectra." As a result, when we swing fast, frequency is bigger. When we changed paper size, frequency didn't change with paper size. When we changed the surface density, frequency didn't change with the surface density. After analyzing the data, there are fundamental vibration and three times vibration on Kamiteppo.

【研究動機・目的】

私たちは物理基礎で「弦の振動」と「気柱の振動」を学び、音が発音体の振動に関係していることを知った。そこで音に関する研究を探していたときに紙鉄砲は先行研究が少ないことが分かった。

予備実験において紙鉄砲を手で振ってみると、早く振ると高く大きな音が鳴り、遅く振ると低く小さな音が鳴るように感じた。そこで紙鉄砲を振る速さを違えて振動数および音の大きさを測定し、それらの関係を解明したいと思った。

【研究の仮説】

私たちは以下のような仮説を立てた。

- ①紙鉄砲の振る速さを速くすると、音は高く大きくなる。
- ②紙の面積を大きくすると、音は低くなる。
- ③紙の厚さを薄くすると、音は高くなる。

【実験器具】

A3・A4 コピー用紙 (0.09 mm)、色つきコピー用紙 (0.1 mm、0.2 mm)、広告紙 (0.06~0.09 mm)、新聞紙 (0.06 mm)、パソコン、ハイスピードカメラ、マイク、装置、5 cm方眼の黒板

【装置の製作】

私たちは、紙鉄砲の振る速さを一定にするために swingman 1 号機を製作した。

装置の材料は以下の通りである。
バインダー、木、輪ゴム、スポンジ、ダブル



クリップ

図1 装置の写真

輪ゴムの弾性力とバインダーのばねの弾性力を使ってうでを振るといふ動きを再現した。木の部分をうでに見立てた。うでの長さは45 cmに統一した。振る速さはうでを振り始める位置を変えることによって調節可能にした。

しかし、うでの中心部が折れたため Swingman 2 号機を製作した。Swingman 2 号機は、うでを耐久性の強い木に変えて、スタンド3個使用し、バインダーを固定した。

【実験方法】

私たちは3種類の実験を行った。

いずれの実験でも Wave Spectra というフーリエ解析ソフトを用いて振動数を測った。

(実験1)

紙鉄砲の振る速さを変えて、最も大きく出ている振動数を調べた。

(実験2)

実験1の結果から大きく出ている基本振動に3倍振動が含まれているか、もしくは大きく出ている3倍振動に基本振動が含まれているか、基本振動・3倍振動に着目し用紙の大きさを変えて基本振動・3倍振動の関係にある振動数を調べた。

この実験ではA4のような小さな面積の紙に Swingman 2 号機が対応できず、また、適度な速度で振って基本振動・3倍振動が同時に大きく現れるようにするために人の手で振った。

(実験3)

実験2と同様に紙の面密度を変えて実験を行った。

面密度とは、質量を面積で割ったもので、同じ面密度の紙の場合は厚さに比例する。

【結果】

(実験1) 以下のデータより紙鉄砲を11

m/s の速さで振ると 300 Hz 程度の振動数の音が大きく現れ、15 m/s の速さで振ると 1000 Hz 程度の音が大きく現れたことが分かった。今後、大きく現れる音の振動数をスペクトルと呼ぶ。

300 Hz 程度のスペクトルは振る速さによらず、約 400 bel の大きさの音ができる。速く振ると、このスペクトルも含まれるが、1000 Hz 程度のスペクトルの大きさのほうが大きくなる。300 Hz のスペクトルは振る速さによって変化しない。よって、振る速さによってスペクトルは連続的に変化しない。

振る速さ	11 m/s	15 m/s
振動数	342 Hz	1043 Hz
音の大きさ	389 B	962 B

図2 5回振ったときの平均値
(実験2)

用紙の大きさの違いによる振動数の違いはほとんど見られなかった。

	基本振動	3倍振動
A3(コピー用紙)	280Hz	818Hz
A4(コピー用紙)	280Hz	840Hz

図3 10回振ったときの最頻値
(実験3)

面密度と振動数に大きな相関関係は見られなかった。

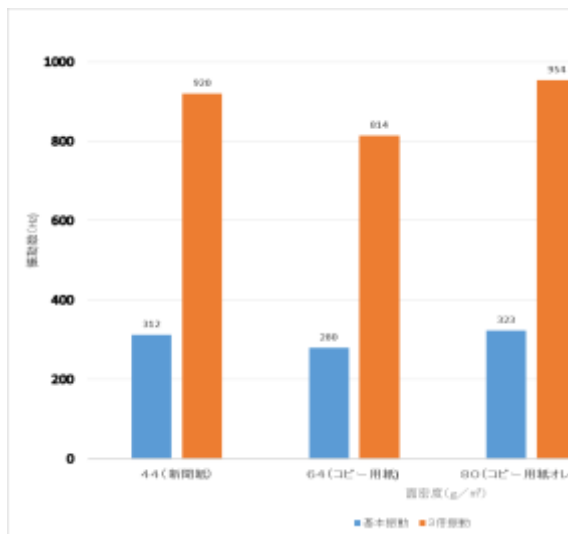


図4 10回振ったときの最頻値
面密度とは質量を面積で割ったものである。

【考察】

紙鉄砲の音は閉管と同じ奇数倍の固有振動をし、ゆっくりふると基本振動を多く含み、速く振ると基本振動より大きな3倍振動を含むと考える。紙の大きさや厚さによって振動数が大きく異なることはない。

また、紙の厚さが0.1 mmのときは基本振動と3倍振動のスペクトルは少ないが、0.2 mmのときはスペクトルが多い。厚い紙の方が鈍い音に聴こえるのはこのことが理由と考えられる。

【参考文献】

- ・物理科学のコンセプト3 流体と音波 発行 共立出版株式会社/南條 光章
- ・世界科学者事典4 物理学者 発行 原書房