

3Dプリンターを用いたフェラムネの研究

群馬県立高崎高等学校

後藤 明至 高宮 崇 小玉 直嵩

要旨

定番ラムネであるフェラムネというお菓子がある。このフェラムネの音の鳴る仕組みについて調べることにした。そこで3Dプリンターを用いてモデルを作製し、その形状と生じる音の大きさや高さとの関係性について研究した。その結果、フェラムネ内の空間の大きさに関係があることが予測された。

1. はじめに

1.1 研究全体の目的

コリス株式会社の看板商品で、定番ラムネであるフェラムネというお菓子がある。このフェラムネの音の鳴る仕組みについて調べたが、あまり詳しく調べている研究が見つからなかったため調べることにした。

参考文献[1]、[2]によるとカルマン渦が生じる事によって音が鳴るとある。カルマン渦とは流体中で固体を動かしたときにその後方に交互にできる渦の列のことである。しかしこのサイトの中には実験データもなく、本当にフェラムネの中でカルマン渦ができることによって音が鳴っているのかという根拠があまりなく、パラメータを変えると音量や音の高さにどのような変化が起きるのが気になり、高崎高校にある3Dプリンターを用いて調べることにした。また、インターネットで調べたところヘルムホルツ共鳴、キャビティトーン、エッジトーン、気柱の共鳴が音に関わっているということもわかった。

1.2 研究の仮説

様々なパラメータを持つフェラムネ（空間の幅、奥行き、穴の大きさの異なる）のモデルを作製し、音の大きさや高さを測定することで関係性が導き出せると考えた。

2. 検証実験

2.1 実験1

2.1.1 実験方法

①3Dプリンターで図1にあるように X 、 X' 、 Y 、 Y' の値を変えて、図2のフェラムネに似せた3Dモデルを作る。

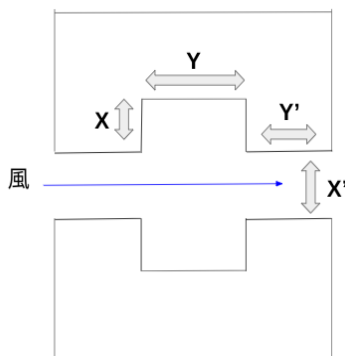


図1 3Dモデル



図2 3Dプリンターで作製した3Dモデル

X : フェラムネ内にある円柱型の空洞の深さ(mm)

X' : 空気が通る穴の直径(mm)

Y : フェラムネ内にある円柱の長さ(mm)

Y' : フェラムネの空洞から反対側までの長さ(mm)

②特定の人が5回吹いて、図3のように音が鳴ったときのスペクトルを調べ、基本振動数の平均値を測定する。

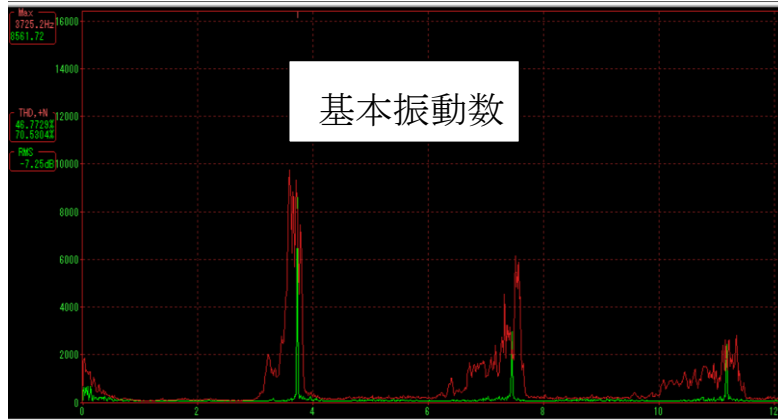


図3 スペクトルによる振動数の測定

③パラメータを変化させたときにどのように基本振動数が変化するかを調べる。

2.1.2 実験結果

図4をみると、他のパラメータを固定し、空間の幅Yを大きくすると振動数が低くなることがわかる。また、空間の深さXを大きくすると振動数が低くなること示唆される。図5は空間の幅と深さを固定し、風の通り穴の直径や穴の長さを変化させたものであるが、振動数はほとんど変化していないように見える。また、穴の直径が小さく、4mmの場合には音を鳴らすことはできなかった。

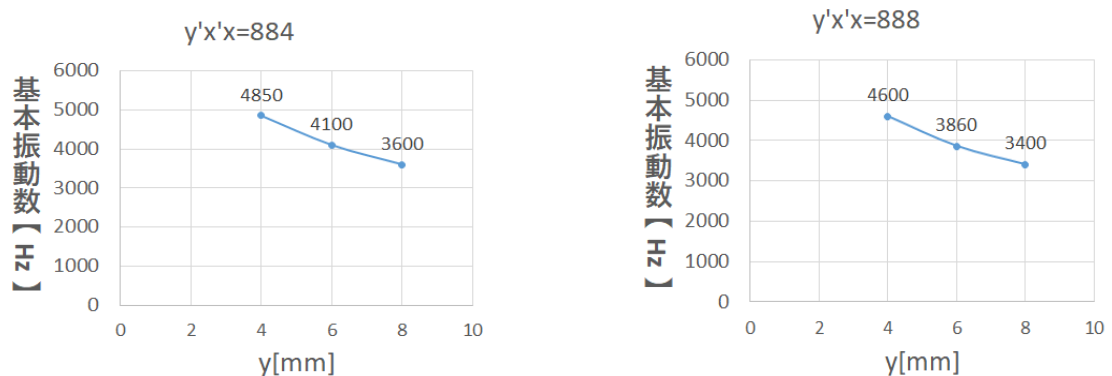


図4 X'、Y'を固定した場合の基本振動数

形状 (Y' X' X Y)	8444	8644	8844
基本振動数 (Hz)	×	4900	4850
形状 (Y' X' X Y)	4444	4644	4844
基本振動数 (Hz)	×	4500	5200

図5 X、Yを固定した場合の基本振動数

2.1.3 考察

ヘルムホルツ共鳴について調べた際、体積が大きくなるほど振動数が低くなることあった。また、口笛はヘルムホルツ共鳴が主に関係しており、口の大きさ（空間の体積）を変えることで音の高さを変えていることあった。ヘルムホルツ共鳴が関係している可能性がある。

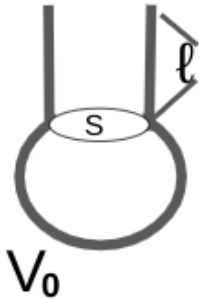
2.2 実験2

2.2.1 実験方法

- ①実験1で用いた3DモデルのうちXのみを変化させたものを送風機に直接つけて、大幅に音の大きさが上がり始めているところの振動数を測定する。
- ②測定値とヘルムホルツ共鳴を用いて計算した理論値と比較をする。

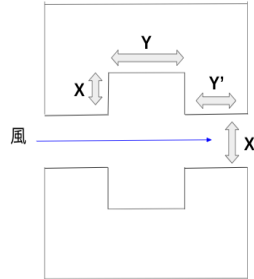
ヘルムホルツ共鳴

$$f = (v/2\pi) \{S/[V_0 (e+r)]\}^{1/2}$$



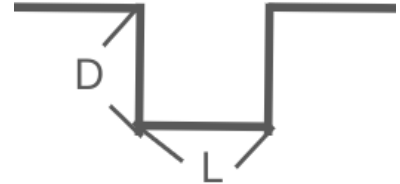
気柱の共鳴

$$\begin{aligned} \text{開管} &: f = v / \{2 \cdot (2Y' + Y)\} \\ \text{閉管} &: f = v / \{2 \cdot (2X' + X)\} \end{aligned}$$



キャビティトーン

$$f d \{1 + 0.65(L/D)\}^{0.75} / v = 0.25$$



2.2.2 実験装置

図6のような実験装置を用いた。

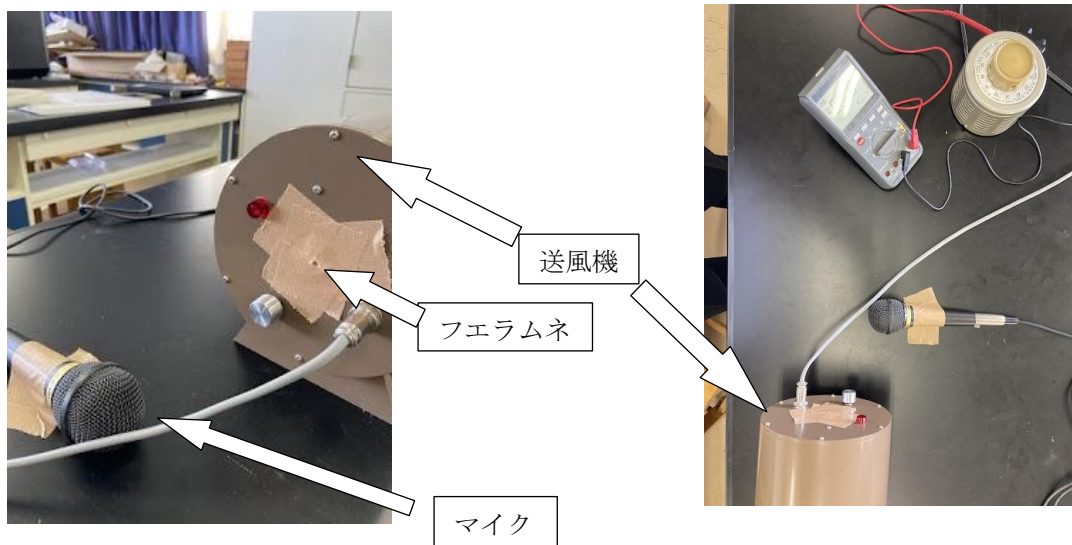


図6 送風機による測定装置

2.2.3 結果

図7より、 $Y' X' X Y = 8888$ のときは、以下の結果となった。

ヘルムホルツ共鳴	44616Hz
気柱の共鳴 (開管)	7083Hz
(閉管)	3541Hz
キャビティトーン	6439Hz
測定値	2900Hz

これより、キャビティトーンや気柱の共鳴は測定値と比較的近い値になった。また、ヘルムホルツ共鳴で求められた値が測定値よりも大幅に振動数が大きくなった。

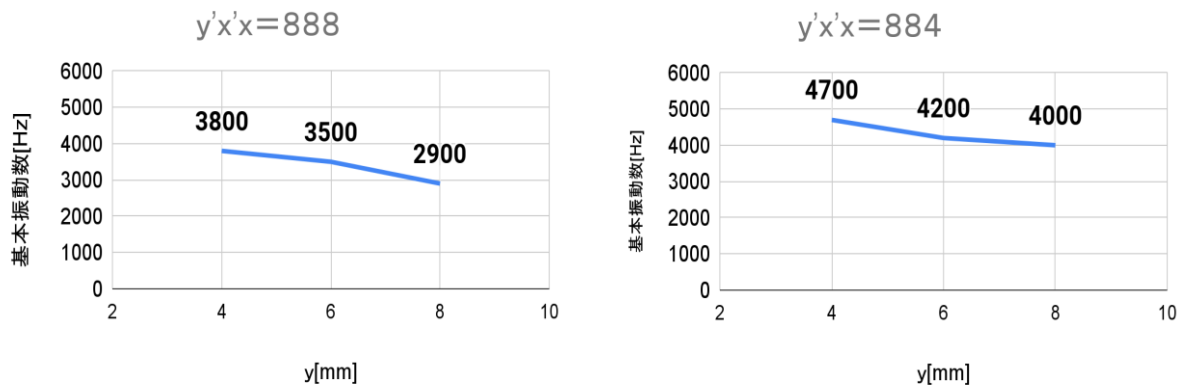


図7 送風機による測定結果

2.2.4 考察

ヘルムホルツ共鳴とフェラムネの音のなる仕組みは関係があまりないと考えられる。フェラムネの音はキャビティーンや気柱の共鳴と関係している可能性が高いと考えられる。これらから、口の中の空洞でヘルムホルツ共鳴が起きている可能性という考え方もできる。

2.3 実験3

2.3.1 実験方法

- ①送風機を用いて徐々に風速を上げ、実験2と同様の実験を行う。
- ②口で吹いて徐々に風速を上げ、実験2と同様の実験を行う。

2.3.2 結果

- ①、②の測定結果を比較すると、ほとんど同じ結果となった。

2.3.3 考察

口で吹いたときに声道での気柱の共鳴や口の中でヘルムホルツ共鳴が起きて振動数に影響を与える、ということはないと考えられる。

3.まとめ

3.1 結論

実験から、フェラムネの音の仕組みには気柱の共鳴が関係している可能性が高いと考えているが、計算値より測定値が少し低くなっていることから、気柱の共鳴が関係しているといっても、フェラムネの中は完全な気柱の共鳴とは考えにくい。単純な気柱の共鳴ではなく少し変わった空気の流れをしているのではないかと考えられる。

3.2 今後の展望

5円玉2枚を少し離して吹くと鳴るとい現象がある。フェラムネで音が鳴るしくみと関係性があるのではないかと考えているため、このような現象をもとにフェラムネで音のなる仕組みについてさらに考えていきたい。

謝辞

群馬県立高崎高等学校の教諭の岡田直之先生、QST等の外部発表での多くの講師の方々に様々な助言を頂きました。心より感謝申し上げます。

参考文献

[1] [フエガムもどき笛](#)

<http://web.kyoto-inet.or.jp/people/ebisan/huegum.htm>

[2] [フエガムに昭和の技術者の心意気をみた！](#)

<https://bonkura-oyaji.blog.ss-blog.jp/2009-09-01>

[3] [キャビティ音発生機構に基づいた新たな周波数予測式の提案](#)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kikaib/77/779/77_779_1522/_pdf