

# クラドニ図形～振動によって粒子はどのような模様を描くか～

宮城県仙台第三高等学校

02 班

クラドニ図形とは音の波を砂などによって実体化したものであり、従来のクラドニ図形作成には板に直接振動源を与えているものは無かった。この研究は、直接振動を与えて図形を作り、図形の規則性を見つけることを目的としている。私たちは低周波発信器とアンプとスピーカユニットによって生じた音をねじでステンレス板に直接振動を伝えることによってクラドニ図形を作成した。その結果、異なる振動数でも似ている図形ができたものもあり、2000Hz以上の振動数では図形を作り出すことができなかった。

異なる振動数でも似ている図形ができた原因としては倍音が関係していると考えられる。2000Hz以上の振動数では図形を作り出すことができなかった原因としては、振動数が高すぎて節と節の間隔が短くなってしまい砂糖の集まる場所がなくなってしまったことが考えられる。これらの結果から、私たちは今後、砂糖よりも粒が細かい粉末、異なる長さのねじ、異なる形のステンレス板を用いて実験を行い、それぞれ条件を変えることによって図形のでき方にどのような変化をもたらすかを調べていきたい。

## 1 背景

クラドニ図形とは波を実体化したもので、ドイツの物理学者エルンスト・クラドニの名にちなんだ図形である。周波数によって形が変わることが知られている。仕組みとしては、音の波の節に砂が集まるというようになっている。節は振動しないため砂もその場から動かない。よって図形ができる。しかし謎も多く、図形ができる規則性は詳しくは知られていないようだ。研究の目的としては、美しく幻想的な図形を作成する、音の可視化を試みる、など直接社会問題への解決につなげるための目的ではなく、始めは興味があったからというものが多い。そのような先行研究<sup>2)</sup>を踏まえて、私たちは、周波数を変えてみて図形にどのような規則性があるかを見つけるという目的のもと研究を行った。また、従来の実験方法とは異なり、直接振動が伝わるようにねじでスピーカの振動部分と板をつなげた。直接振動を与えても図形はできるのかということも調べたいと考えた。

## 2 材料と方法

私たちは実験を行う際に、低周波発振器、アンプ、装置を用いた。図1のようにワニ口クリップを用いて各装置をつなげた。装置をつなげたときに電流が強すぎて火花が散ってしまったため、それを防ぐために、抵抗(10Ω)を用いて電流を弱めた。低周波発信機で様々な振動数の振動を作り、アンプより増幅させ、それを装置につなげることにより、クラドニ図形を作成した。

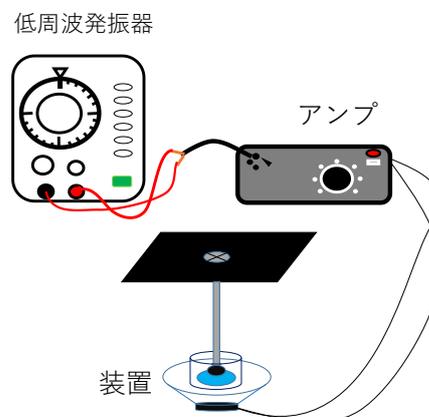


図1 実験装置のつなぎ方



図2 低周波発信器の説明

低周波発信器とは図2のようなもので、振動を作り出すための装置である。右下のボタンが電源のボタンで、ダイヤルと5つのボタンは振動数を調整するものである。私たちは波形を正弦波にして実験を行った。

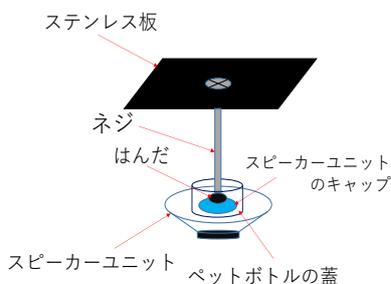


図3 装置の説明

装置は図3のようにステンレス板(縦横250mm、厚さ0.5mm)、ねじ、ペットボトルのキャップ、はんだ、接着剤、スピーカーユニットを用いて作成した。

今回の実験は安価で手に入りやすく、身体に害のないという理由で使用する粉末を砂糖とした。振動を与え模様ができたなら記録を取り、そしてまた異なる周波数で振動を与え、できた記録を記録するという作業を繰り返す。その際にできた図形ごとに節と節との間隔を定規で測り、波長を求めた。振動の節と節の間隔は波長の半分の長さになるため、私たちは砂糖の縦と横の間隔を定規でそれぞれはかり、その長さを2倍することにより、図形の波長を求めた。図4のように定規のはかる部分をステンレス板の中心(ネジの中心部分)を通るようにして縦と横の間隔をそれぞれはかった。

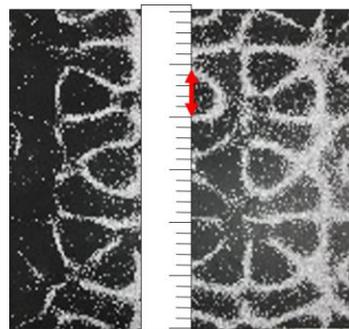


図4 波長のはかり方

### 3 結果と考察

表1 実験結果①

330Hz	490Hz	600Hz	620Hz
670Hz	700Hz	750Hz	800Hz
900Hz	1100Hz	1170Hz	1680Hz

塗装していないステンレス板を用いた実験の結果が表1である。この表を見てわかる通り、ステンレス板が光を反射したため、図形ははっきりとみられなかった。そこで私たちはステンレス板を黒ペンキで塗装することにした。また、ねじを通す位置が板の中心から少しずれていたため図形がステンレス板の中心からずれてしまい、いびつな形になってしまったと考えたのでステンレス板の中心に正確に穴をあけることにした。

私たちは新しく改良した装置では現時点で60種類以上のクラドニ図形を作成することに成功した。クラドニ図形の波長の縦と横のばらつきは表2、表3のようになった。このグラフの縦軸は、波長の長さを表している。横軸は、音の周波数を表している。

このグラフから分かることは、周波数と波長の長さには、相関がないということである。

得られた模様は図7のようであった。模様は全部で18個できた。板を黒くしたことで模様がはっきり見えるようになった。また模様もよりきれいになったことがわかる。この結果から2000Hzを超えると模様が得られないことがわかった。この原因としては、周波数が高くなると波長が短くなり振動の節の数が多くなるため砂糖の粒子よりも節と節との間隔が狭くなり砂糖の集まる場所がなくなったのではないかと考えた。

さらに周波数が異なっても似ている模様ができることがわかる。似ている図形は275Hzと1180Hz、320Hzと481Hzと995Hz、460Hzと945Hzがあげられる。似ている図形ができた原因としては、275Hzと1180Hzはともに275の倍数付近、320Hzと481Hzと995Hzはともに160の倍数付近、460Hzと945Hzはともに460の倍数付近であったため同時に複数の音が鳴り響く倍音に関係しているのではないかと考えた。

表2 周波数と波長（縦）のグラフ

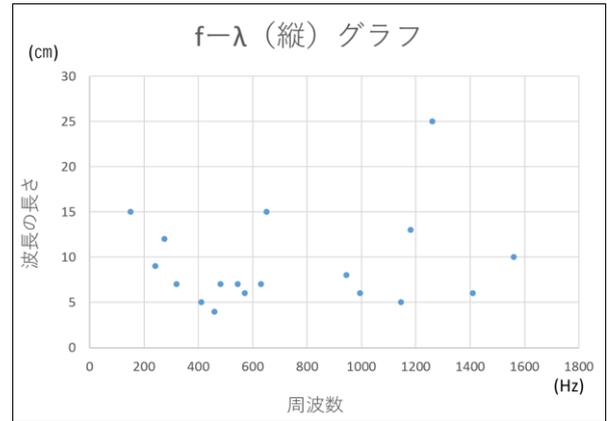


表3 周波数と波長（横）のグラフ

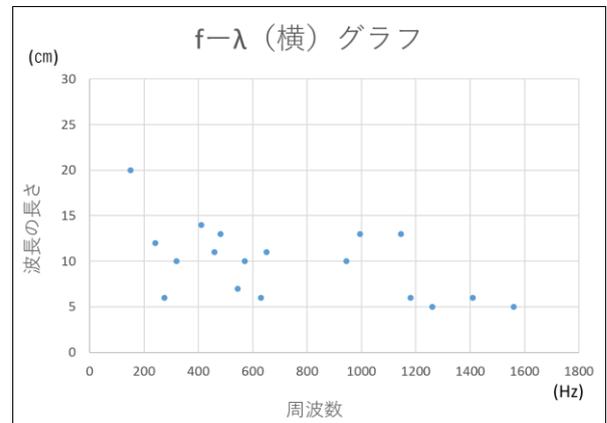
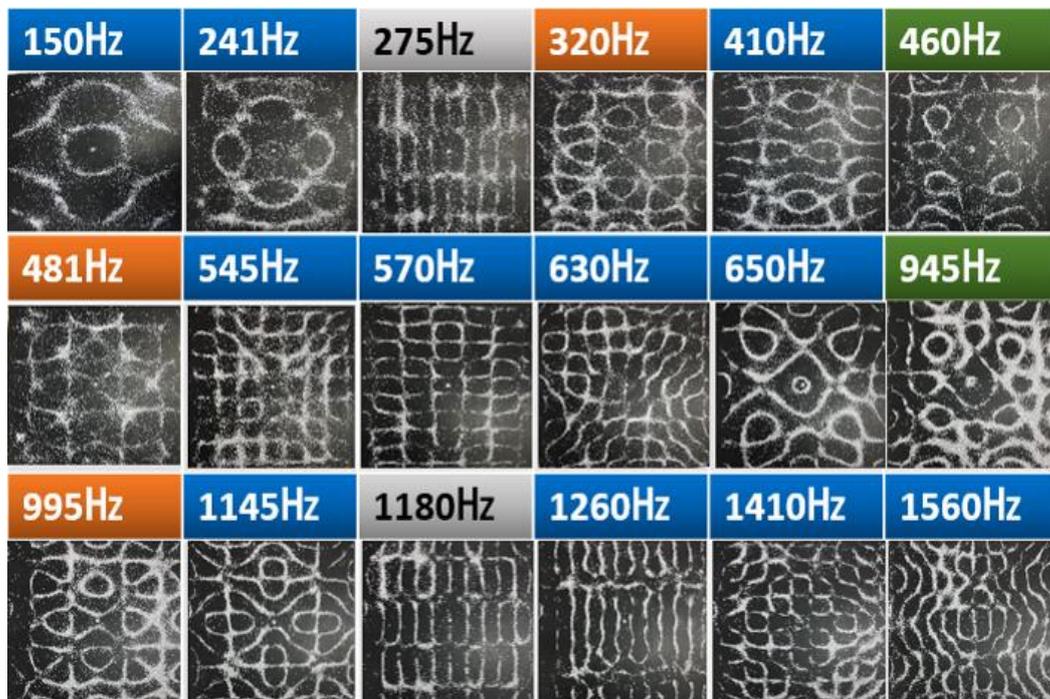


表4 実験結果②



#### 4 今後の展望

1つ目はステンレス板とスピーカーユニットの距離を変えろということである。私たちらは、振動がねじを通じて板に伝わる際にねじが左右に振動しているのではないかと考えた。そこで、ねじの長さを変えて、ステンレス板とスピーカーユニットの距離とねじの振動の伝わり方の関係について調べたいと思う。2つ目は粉末の粒形と図形のでき方の関係性を調べるということである。今回の砂糖を使った実験では、周波数が2000Hzを超えろときれいな模様の図形ができなかつた。そのため、小麦粉など、砂糖よりも小さい粒子の粉末を用いて実験を行っていきたく思う。3つ目は、周波数が異なるのに似ている図形ができる原因について倍音が関係しているのか、あるいは違つた現象が関係しているのかということについて調べていくということ、これら3点のことを今後の活動で行っていきたく思う。

#### 5 参考文献

1) クラドニ図形表示装置 | 三代光 | メカトロライフ

[「\[https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=2ahUKEwjCrKqQmPbfAhWDXrWkHay7DagQFjAKegQICRAB&url=https%3A%2F%2Fmechatro-life.com%2Fmisiromituru%2Ff9724df3-8c33-49f0-9913-a1b8f703da94&usg=A0vVaw26Sv5rcucNCwjbDKj3Ud\\\_z\]\(https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=2ahUKEwjCrKqQmPbfAhWDXrWkHay7DagQFjAKegQICRAB&url=https%3A%2F%2Fmechatro-life.com%2Fmisiromituru%2Ff9724df3-8c33-49f0-9913-a1b8f703da94&usg=A0vVaw26Sv5rcucNCwjbDKj3Ud\_z\)」](https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11&ved=2ahUKEwjCrKqQmPbfAhWDXrWkHay7DagQFjAKegQICRAB&url=https%3A%2F%2Fmechatro-life.com%2Fmisiromituru%2Ff9724df3-8c33-49f0-9913-a1b8f703da94&usg=A0vVaw26Sv5rcucNCwjbDKj3Ud_z)

2) おうちでできるクラドニ図形の作り方

[「<http://www.google.co.jp/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiwoInboYPgAhXHW7wKHWkJA0QQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Fkuteken.hatenablog.com%2Fentry%2F2014%2F03%2F11%2F155550&psig=A0vVaw1ExKzPD94cMyZEXy8XSIIi&ust=1548310898678921>」](http://www.google.co.jp/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiwoInboYPgAhXHW7wKHWkJA0QQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Fkuteken.hatenablog.com%2Fentry%2F2014%2F03%2F11%2F155550&psig=A0vVaw1ExKzPD94cMyZEXy8XSIIi&ust=1548310898678921)

