

## 水の体積と音の高さの関係

佐々木 貴弘 佐藤 立都 角南 陽友 藤原 将希 松本 光樹

## 要旨

容器内の水の体積と音の高さの関係を探るために2種類の実験を行った。その結果、水の体積だけでなく振動体（音源）などの他の要因も音の高さに関係していることが明らかになった。

キーワード：水の体積，振動数，振動体，音源

## 1 序論

水筒やガラス瓶といった筒状の容器の口に息を吹き込むと、容器内の空気が振動し、音が出る。そのとき発生する音は容器の大きさや容器中の水の量によって変化する。このことは、振動体となる空気の体積が変わると波長が変化し、それに伴い振動数（周波数）が変化するためであると考えられる。ここで、特に水の量を変化させることによる音の高さの変化に着目して2種類の実験を行い、実験結果から水の量と音の高さの関係を考察する。

## 2 仮説の設定と検証

## (1) 仮説の設定

管楽器の場合、大きな楽器ほど音が低く、小さな楽器ほど音が高い。また、波長 $\lambda$ と周波数 $f$ の関係式は、速さを $v$ とすると $v=f\lambda$ より $f=v/\lambda$ で表される。これらのことから、空気の体積が小さいほど高い音が出ると考えられ、容器中の水の体積と音の高さの関係について次の仮説を設定した。

**【仮説】水の体積が大きいほど音が高くなる。**

## (2) 実験方法

## 【実験1】

図1のワイングラス（容積200mL）に水を入れ、グラスのふちを水で濡らし滑りやすくした上で、指でこすり音を出した。水の体積によって変化する音の周波数をフリーソフト『WaveSpectra』を用いて測定した。

## 【実験2】

試験管に息を吹きかけると音が出ることを利用して、図2のように試験管に入れる水の体積を調節することで、あるCの音から1オクターヴ上のCまでの半音階を作り、それぞれの音について水の体積を測定した。なお、基準となるAの音の周波数を440Hzとした。



図1

図2

## (3) 実験結果

実験での測定値はそれぞれ次の表のとおりである。また、関係性を見やすくするため測定値をグラフで示したものを表の下に添えた。

### 【実験 1】

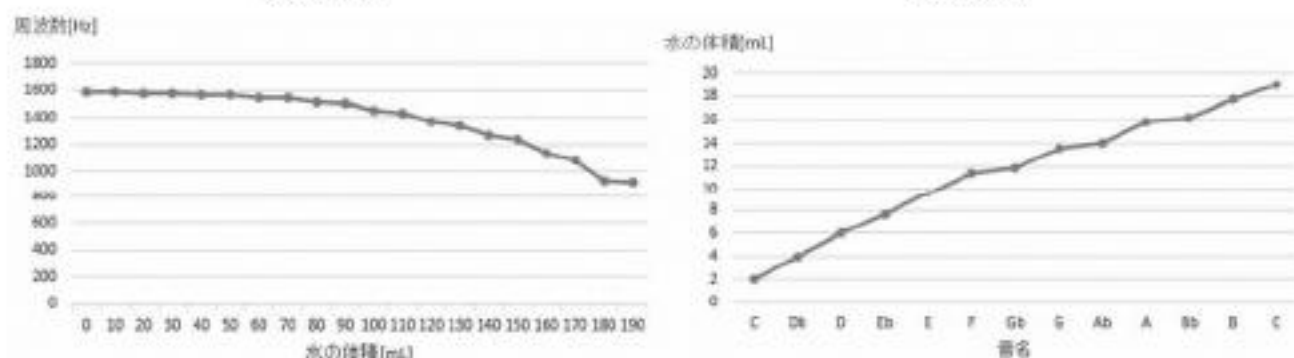
水の体積[mL]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
周波数[Hz]	1593.5	1593.5	1582.7	1582.7	1571.9	1571.9	1550.4	1550.4	1518.1	1507.3
水の体積[mL]	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
周波数[Hz]	1453.5	1593.5	1378.1	1345.8	1270.5	1238.2	1141.3	1087.4	936.7	925.9

### 【実験 2】

音名	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	C
		D $\flat$		E $\flat$			G $\flat$		A $\flat$		B $\flat$		
水の体積[mL]	2.0	4.0	6.0	7.6	9.6	11.4	11.8	13.6	14.0	15.8	16.2	17.8	19.0

### 【実験 1】

### 【実験 2】



## (4) 考察

実験 1 において、グラフから水の体積が大きくなると音は低くなっている。一方で、実験 2 においては、グラフから音が高くなると必要な水の体積が大きくなっており、逆に、水の体積が大きくなると音が高くなっていることがわかる。実験 1 では仮説に反した結果となり、実験 2 では仮説通りの結果が得られた。2 種類の実験で相反する結果が得られた理由として、発音の方法の相違が考えられる。実験 1 では容器であるワイングラスを指でこすって振動させたのに対し、実験 2 では直接的に容器内の空気を振動させた。実験 1 ではガラスの内部の水によりガラスの振動が抑制されたため、容器内の水の体積が大きくなると振動数が小さくなったと考えられる。また、実験 2 では直接試験管内の気柱を振動させたため、水の体積が大きくなると気柱の長さは小さくなり、 $f=v/\lambda$  より振動数が大きくなったと考えられる。これらのことから、容器中の水の体積によって音の高さに変化するが、その相関関係は一様ではなく、音源となる振動体によって様々であることがわかった。

## 3 結論

2 種類の実験を通して、容器に入れる水の体積と発生する音の高さには関係があることを確認できた。しかし、その関係性は振動体によって様々であり、音の高さは水の体積のみに決定されるものではないことが明らかになった。同様の実験をする際には、直接的な操作によって変えることができる水の体積だけでなく、それによって変化する他の要因についても考慮する必要がある。

### 【参考文献】

- ・ 國友正和ほか 10 名：物理基礎，数研出版株式会社，(2014)

## 気体の熱膨張について

森下 天義 前田 貴成 篠原 成輝 吉田 凌 安井 豪太 藤原 智博

## 要旨

注射器内の空気を温めたり、冷やしたりしたときのその空気の体積を測定した。その結果、絶対温度と空気の体積は比例関係にある、というシャルルの法則を検証することに成功した。

キーワード：シャルルの法則、気体の体積、絶対温度

## 1 序論

文献<sup>1)</sup>によると、シャルルの法則は

$$V = KT$$

$V$  = 空気の体積 [cm<sup>3</sup>]      $K$  = 定数 [cm<sup>3</sup>]/K      $T$  = 絶対温度 [K]

と表される。本研究では、空気の膨張、収縮の結果を利用して、シャルルの法則が成り立つことを確認する。

## 2 実験装置について

図1は実験に使用した装置の全体の写真である。お湯がはいったビーカーに温度計と一定の目盛りまで空気を入れてある注射器を入れた。その後、ビーカーの中のお湯の温度が一定間隔（10℃）で下がるごとに注射器の中の空気の体積量を測定した。今回使用したものは注射器(図2)、ビーカー(図3)、温度計(図4)である。



図1 実験装置全体の写真



図2 実験に使用した注射器



図3 実験に使用したビーカー



図4 実験に使用した温度計

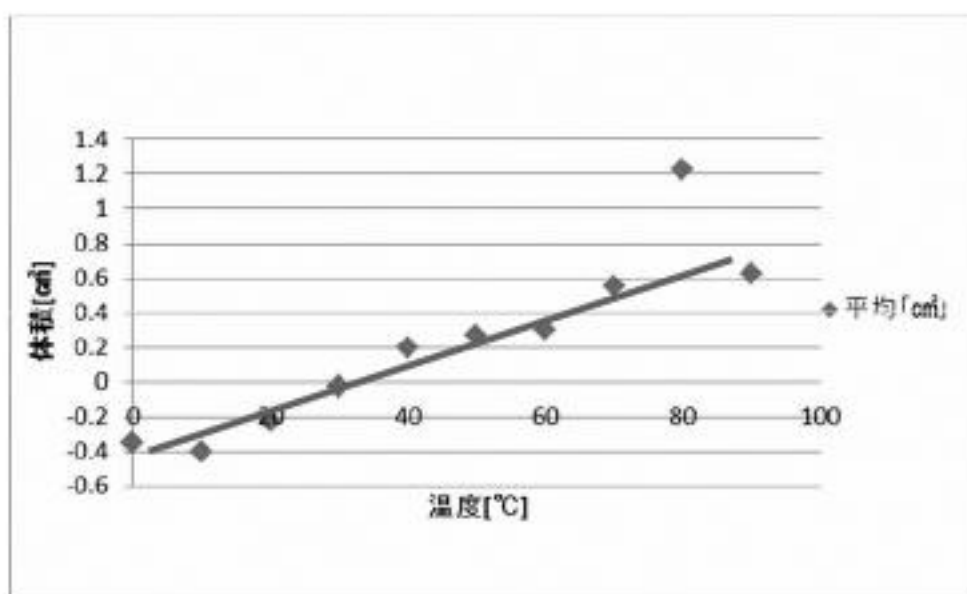
### 3 実験とその結果

「2 実験装置について」で述べた方法により、気体の体積の増加について計測した。表はその結果をまとめたもので、グラフは実験結果を表したものである。

表 実験結果

温度[°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1回目	-0.30	-0.30	-0.20	-0.20	0.20	0.30	0.30	0.60	0.60	0.70
2回目	-0.30	-0.40	-0.20	-0.10	0.10	0.20	0.30	0.20	1.70	0.40
3回目	-0.30	-0.20	-0.20	0.10	0.30	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60
4回目	-0.50	-0.80	-0.30	0.10	0.20	0.20	0.20	0.90	2.10	0.80
平均[cm]	-0.35	-0.40	-0.23	-0.03	0.20	0.28	0.30	0.55	1.23	0.63

グラフ(温度と体積の関係)



### 4 結論と今後の課題、未来への提言

この検証実験から、絶対温度と注射器の中の気体の体積はおおよそ比例関係にあることが確認できた。上記のグラフよりシャルルの法則が成り立つことが確認できた。

しかし、正確に比例関係のグラフにならなかったのは、日にちを跨いで実験することがあったので必ずしも同じ環境で実験ができていたとは限らなかったことや、温度の差により注射器の中に生じた水滴が原因ではないかと考えられる。

また、実験に使用した注射器が小さく、細かい目盛りまで記録が読み取ることができなかったことも一因であると考えられる。また今度この実験をする場合はより大きな容器を使用したいと考えている。

#### 【参考文献】

- 1) リードα化学基礎、教研出版(2014)
- 2) 藤井清ほか：物理実験ハンドブック Teacher's Guide to Physics Experiments, 講談社(1977)

## 洗剤の濃度が洗浄力に及ぼす影響

池本 博喬 北田 義弥 久我 飛翔 小林 璃玖 中澤 拓也 山本 達之

キーワード：洗浄力，濃度，上限

### 要旨

ある洗剤を用いて、その洗剤の濃度を比較対象とし、基準濃度から1倍、2倍、4倍、8倍の濃度での洗浄力の変化を調べたところ、1倍、2倍での変化に比べて4倍から8倍にかけての変化がごく小さいものであったことから、洗浄力の上限が4倍であることが分かった。

### 1 序論

本研究では、洗剤の量によってどのように洗浄力が変化するのか、について論じる。近年では、粉末洗剤、液体洗剤、部分洗い用洗剤、合成洗剤等々、使用用途に応じて様々な種類の洗剤が出てきており、主婦の絶大な味方となっている。そこで、本研究では洗浄力を測定することにより、洗う素材に応じてどの濃度が最適かについて実験を通して明らかにした。

### 2 研究目的

本研究では洗剤の量に対しどのように洗浄力が変化するのか、どのような関係があるのかを明らかにする。そして、洗う素材に応じてどの濃度が最適かを明らかにすることを目的とする。

### 3 研究内容

#### (1) 研究の概要

今回の実験はまず、市販洗剤の中でも比較的良好に使用されるものを使った。タコ糸(アクリル毛糸)に市販のラー油を適量付け、その洗剤0.75mlを1Lの水に溶かしこれを基準として、2倍、4倍、8倍の濃度の水溶液をつくり、それぞれ200mlとした。そして、基準液にラー油付きタコ糸を入れ、下図1、2のように、そのラー油が解離し水面に浮きあがってくるまでの時間を測定する。この作業を2倍、4倍、8倍の水溶液でも同様に繰り返しどのような変化が現れるかを調べる。



図1



図2

#### (2) 実験器具・準備物

- ・試験管，ガラス棒，ピーカー，試験管立て，ストップウォッチ
- ・洗剤，ラー油，タコ糸，クリップ

#### (3) 実験方法

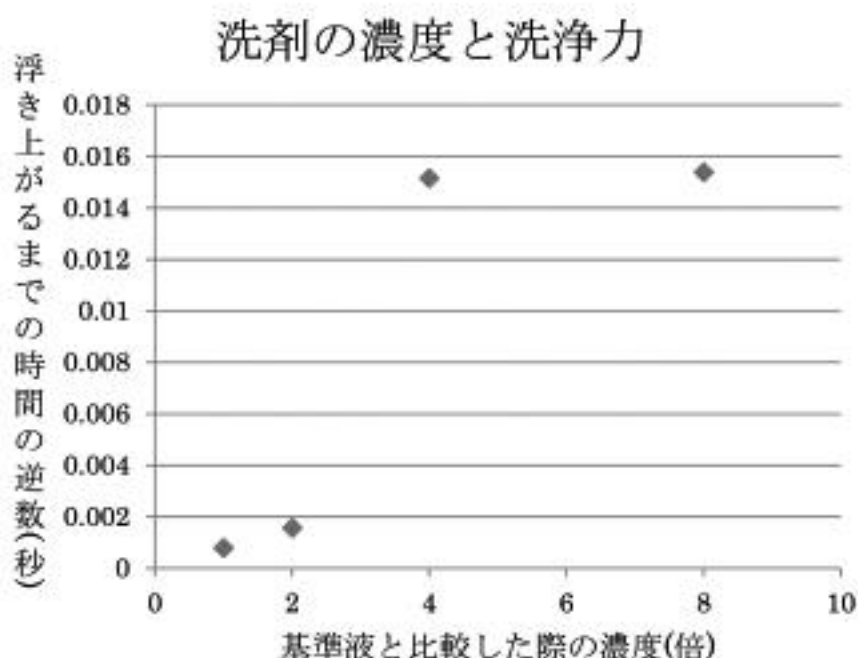
- ① 今回の洗剤は1Lに対し0.75mlが適量なので、同じ濃度になるように0.15mlの洗剤を水に溶かし200mlにする。これを基準にして2倍、4倍、8倍の濃度を作り試験管に15mlずつ入れる。

- ② タコ糸の先端から1 cmのところからラー油を適量付け、それとは逆側にクリップを付ける。
- ③ それぞれの水溶液にラー油付きタコ糸をクリップが下になるように入れて、ラー油が解離し水面に浮いてくるまでの時間を測定する。

#### 4 結果と考察

##### (1) 結果

実験で得られた結果をグラフ化すると下記のグラフのようになった。



##### (2) 考察

グラフより、洗剤の濃度が1倍から4倍かけて、 $1270 - 66 = 1203$ 秒の差が生じたが、4倍から8倍にかけては $66 - 65 = 1$ 秒の差しか生じなかった。したがって、濃度が4倍以上に達すると洗浄力とは比例関係をもたなくなると言える。今回使用したのは市販の洗剤であり、他の洗剤も、同様の成分で作られているため、同じような結果が得られると考察できる。この結果は、表面張力を最小にする最低限度である「臨界ミセル濃度」が関係すると考えられる。しかし、今回は体積の測定を行っていないため、これを証明することはできない。

#### 4 結論

今回の実験では、洗剤の濃度と洗浄力の間にはある程度までは比例関係があるが、限度があることが分かった。

今回は時間の関係により自分たちで洗剤を作ることはできなかったが、次の機会では自分たちで洗剤を作ってその洗剤でも洗剤の濃度と洗浄力に比例関係が出てくるのか、また「臨界ミセル濃度」の検証を行いたい。

【引用・参考文献・参考Webページ】

1) 洗剤の洗浄効果を調べる [http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/gakkoushien/kou\\_kagaku/kouzakiroku\\_h24\\_1.html](http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/gakkoushien/kou_kagaku/kouzakiroku_h24_1.html)



## 金属とゴムの比熱

大森 一輝    井上 峻輔    上原 孝仁    亀高 周真    土井 望    星島 大樹

### 要旨

金属とゴムの比熱の関係を調べるため、金属とゴムのそれぞれ単体の場合と比べることで、混合物の質量の比から比熱を求めることを試みた。実験の結果金属単体の比熱は、ほぼ正確に計測することができたが、混合物の質量の割合を計算で求めることはできなかった。

### 1 序論

金属にはそれぞれ決まった比熱というものがある。そこで3種類の金属とゴムを使い、それぞれの比熱を求め、それらを合わせたものの質量からその比熱を求めることができるのではないかと考えた。

### 2 仮説

金属とゴムを混合したものでも、それぞれの物質の質量の比によって混合物の比熱を求めることができるのではないか。また、それぞれの金属の比熱は一定であるのでそこから金属とゴムの割合を基に、他の混合物の成分を求めることができるのではないか。

### 3 実験内容

#### (1) 方法

- ① ビーカーに熱湯を用意し、熱容量計に100gの常温の水を入れる。この熱容量計内の温度を $t_1$ とする。
- ② 金属を熱湯に入れビーカー内の温度が変化しなくなるまで待つ。このときの温度を $t_2$ とする。
- ③ 熱容量計に金属を移し替え2秒ごとの温度を計測する。
- ④ 熱容量計内の温度変化の最終的な温度を $t_3$ とする。
- ⑤ 金属とゴムの重さをそれぞれ $m_1$ 、容器とかき混ぜ棒の重さを $m_2$ 、水の重さを $m_3$ として計算する。



#### (2) 結果

	$t_1$ [°C]	$t_2$ [°C]	$t_3$ [°C]	$C$ [J/(g·K)]			
ゴムと鉄	31.9	62.4	33.6	0.357	$m_1$	鉄	100g
ゴムとアルミニウム	29.3	64.2	32.7	1.197	$m_1$	アルミニウム	50g
ゴムと銅	34.9	60.9	35.9	0.242	$m_1$	銅	100g
ゴム	34.5	69.4	37.0	5.145	$m_1$	ゴム	9.98g
鉄	37.8	78.6	40.1	0.397	$m_2$	容器, かき混ぜ棒	100g
アルミニウム	34.5	59.4	35.9	0.792			
銅	35.7	81.2	37.9	0.338	$m_3$	水	150g

### (3) 計算式

金属が失った熱量

$$Q_1 [\text{J}] = m_1 \cdot c(t_2 - t_3)$$

熱容量計と水が得た熱量

$$Q_2 [\text{J}] = (m_2 \cdot 0.385 + m_3 \cdot 4.18)(t_3 - t_1)$$

$$\text{金属の比熱 } c [\text{J/g}\cdot\text{K}] = Q_2 / m_1 (t_2 - t_3)$$

文献値

金属名	比熱[J/(g·K)]
鉄	0.4471
アルミニウム	0.9021
銅	0.3848

求めたゴムと金属の比熱と質量比から混合物の比熱の理論値を求める。

ゴムと鉄の比熱 (1:10)

$$c = 5.14/11 + 0.397 \cdot 10/11 = 0.81 [\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$$

ゴムとアルミニウムの比熱 (1:5)

$$c = 5.14/6 + 0.792 \cdot 5/6 = 1.52 [\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$$

ゴムと銅の比熱 (1:10)

$$c = 5.14/11 + 0.338 \cdot 10/11 = 0.78 [\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$$

これらは、いずれも実験から得られたデータと一致しなかった。

## 4 結論

これらの実験から金属単体の比熱を求めることができた。しかし混合物の質量の割合を計算で求めることはできなかった。ゴムの比熱が飛びぬけて大きいため、ゴムと混合した物質の比熱は大きくなるものであると仮説をたてたが、その通りの結果は出なかった。その理由として考えられることは、ゴムが非常に熱を通しにくく、金属の中に熱が残ったまま温度変化が止まってしまい、そのデータを用いたことにより計算が合わなかったことである。今後の課題は、実験回数を増やすことと熱容量計内の水につける時間を増やすことで、実験におけるデータの誤差を小さくすることである。

【参考 web ページ】

高校物理実験：MAkasaka's Homepage (<http://www.makasaka.net/physics/hinetu/hinetu.html>)



## ハニカム構造の強度について

小福田 大輝 池田 光流 岡野 秀平 大鳥 祐汰

## 要旨

ハニカム構造の強度を検証するため、コピー紙を用いたモデル実験を行った。その結果、他の主要な多角柱や円柱と比較して、一番強度があるのは、ハニカム構造であることが明らかになった。

キーワード：ハニカム構造，強度，モデル実験

## 1 序論

ハニカム構造とは、正六角形または正六角柱を隙間なく並べた構造である。本研究では、扱う多角柱や円柱の側面積の大きさが等しくなければ比較出来ないのもので、同じ大きさの紙を用いて比較した。

## 2 仮説と検証

## (1) 仮説の設定

強度の違いの要因は何によるものか、次の仮説をたてて検証を行った。

【仮説】同じ大きさの図形を隙間なく並べたとき、六角柱が隙間なく並べることができる図形の中で最も強度があると考えられる。

## (2) 検証と結果

検証方法は、A4用紙1/4サイズの紙を用意し、それぞれの側面積が同じになるように図形を作る。その図形を10個で1セットとして、できる限り隙間なく並べ、これを3セット作る。それらの上に1個250gの重りを静かに乗せていき、強度を計測した。下の表はその結果である。

	1回目	2回目	3回目	平均値
三角柱	4500g	4000g	6000g	4830g
四角柱	5000g	4500g	5000g	4830g
五角柱	4000g	4000g	4000g	4000g
六角柱	6000g	6000g	6000g	6000g
円柱	5750g	6500g	5000g	5750g

結果として、六角柱は最も安定して強度が高いことが分かった。また、三角柱・四角柱・六角柱は隙間なく並べることができたが、五角柱・円柱は隙間なく並べることが出来なかった。特に、五角柱は隙間が大きく、数値も低かった。しかし、円柱は図形と図形の間隙間があるにも関わらず、2番目に数値が高かった。



左の図は六角柱の、右の図は五角柱の検証結果である。  
図形のへこみ具合と重りの数から分かる通り、六角柱のほうが五角柱より強度がある。

### 3 結論

六角柱は強度が安定して高いことから、建築物や飛行機等に使用されているのではないかと考えられる。

三角柱と四角柱は隙間なく敷き詰めることが可能だが、一辺の長さが六角柱より長く一辺にかかる負担が大きいため六角柱に比べ強度が低くなったと考えられる。五角柱は隙間なく敷き詰めることができず、さらにできた隙間が大きかったため強度が最も低くなってしまったと考えられる。円柱は最も周が短く、それ単体では最も強度があるが、今回は建築などに使用されることが前提にあるので、同じものを複数敷き詰めなければならない。その場合、五角柱と同じように隙間が空いてしまうので、強度が低くなってしまったと考えられる。

よって、隙間なく敷き詰めることができ、かつ周の長さも短い六角柱が最も強度が高くなった。

#### 【参考 web ページ】

- ・ハニカム構造の研究 ([http://www.anaki.okayama-c.ed.jp/SSH\\_2014/afp/H25/0304.pdf](http://www.anaki.okayama-c.ed.jp/SSH_2014/afp/H25/0304.pdf))  
2015年9月24日アクセス