

## 3段すっ飛びボールの質量比に関する研究 ～中段球の質量と上段球が跳ね上がる高さの関係～

宮本 華那    横田 宇未    岡本 久瑠美    白濱 なつみ    平田 真理

### 要旨

本研究では、質量比を変化させることで、3段すっ飛びボールの上段球がより高く跳ね上がる条件について考察を行った。その結果、3段すっ飛びボールの上段球の跳ね上がる高さを数式で表すことで、理想の中段球の質量を求めることができた。また、理想的な条件のとき、3段すっ飛びボールの上段球が跳ね上がる高さの限界は、落下距離の49倍であることが分かった。

キーワード：すっ飛びボール，質量，高さ

### 1 序論

すっ飛びボールとは、2つ以上のボールを質量順に重ねたものことで、これを落下させると、運動量保存則より上段球は落下させた地点より高く跳ね上がる。2段すっ飛びボールは、2球の質量比が大きくなるほど上段球の跳ね上がる高さが高くなるが、跳ね上がる高さは落下距離の9倍が上限である。また、質量比が同じ組み合わせでは跳ね上がる高さと同じになることから、ボールの質量比が跳ね上がる高さに関係することが分かっている<sup>1)</sup>。

我々は、3段すっ飛びボールの上段球が跳ね上がる高さを数式化することで、理想の中段球の質量を求めることを目的として、実験、考察を行った。

### 2 実験方法

今回、様々な質量のスーパーボールを18個用いて2つの実験を行った。

#### 【実験1】 2球間の反発係数の測定

木枠(W1)の四隅を机に固定し2本の木の棒を木枠の上に置いた。穴を開けたスーパーボールを2つ用意し、テグス(G)を通して、2本の棒に1つずつV字に固定した。スーパーボール(B1)はW1に固定したW2につるし、レンガ(B)と鉄製スタンド(S)に固定した。もう一つのスーパーボール(B2)はW3に吊るし、B1とB2が接するように、W3を固定した。B2を40°の位置からそれぞれ30回ずつB1に衝突させ、ビデオ撮影した。跳ね返った角度は木枠に固定した分度器を用いて測定した。30回の計測のうち、最もよく跳ねたときが理想に最も近い値であると考え、その値を用いて反発係数を計算した。

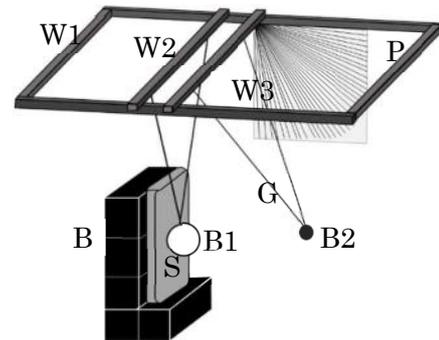


図1 2球間の反発係数の測定装置  
W1:木枠, W2, W3:木の棒, G:テグス, B1・B2:球  
1・球2, B:レンガ, S:鉄製スタンド, P:分度器

#### 【実験2】 上段球と下段球の質量を固定し、中段球の質量を変化させたときの、上段球の跳ね上がる高さの測定

天井のフック(H)にGをひっかけ、3mmの穴を開けたスーパーボールを3個通して、床に置いたSにあけた3mmの穴に通して下で固定した。

鉄製スタンド(S)から下段球(B3)の下部までの距離が10cmになるように3球を手で持ち上げた後、落下させた。跳ね上がった様子をそれぞれ100回ずつビデオ撮影した。跳ね上がった高さは、Sの横に置いた目盛りスタンドを用いて測定した。100回の計測のうち、もっともよく跳ねたときが理想に最も近い値であると考え、その値を記録した。

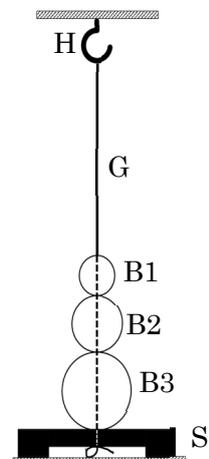


図2 3段すっ飛びボールの装置  
S:鉄製スタンド, B1～B3:スーパーボールの上・中・下段球, G:テグス, H:フック

5組1班

3段すっ飛びボールの上段球が跳ね上がる速度の理論式は運動量保存則より、以下の通りである。

$$h = \frac{\left( -v_0 + \frac{v_0 M_2 (EM_3)}{M_2^2 + M_2(M_1 + M_3) + M_1 M_3} \right)^2}{2g}$$

※  $M_3, M_2, M_1$  下段球, 中段球, 上段球のボールの質量  
 $V_0$  跳ね返る直前の速度(上中下のボールは同じ速度)  
 $V_3, V_2$  下段球と中段球の衝突直後の下段球, 中段球の速度  
 $V_2', V_1$  中段球と上段球の衝突直後の中段球, 上段球の速度  
 $e$  下段球と床面の反発係数  
 $e_1$  下段球と中段球の反発係数  
 $e_2$  中段球と上段球の反発係数  
 $g$  重力加速度

※  $E = e + ee_1 + e_1 + ee_2 + ee_1e_2 + e_1e_2 + e_2 + 1$   
 $(1 < E < 8)$

### 3 結果

$M_3, M_2, M_1$ は電子ばかり(誤差範囲は0.5g)で測定した値,  $e, e_1, e_2$ は実験2で使用した装置と同様のものを使用して測定した値, 10cmから落下させたため  $V_0 = 1.4\text{m/s}$ ,  $g = 9.8\text{m/s}^2$ を理論式に代入し, その値を理論値とした。

実験2では, 手持ちのボールのうち, 最も軽いものと最も重いものを  $M_3, M_1$ とし,  $M_2$ を変化させたとき跳ね上がった高さを測定値とした。

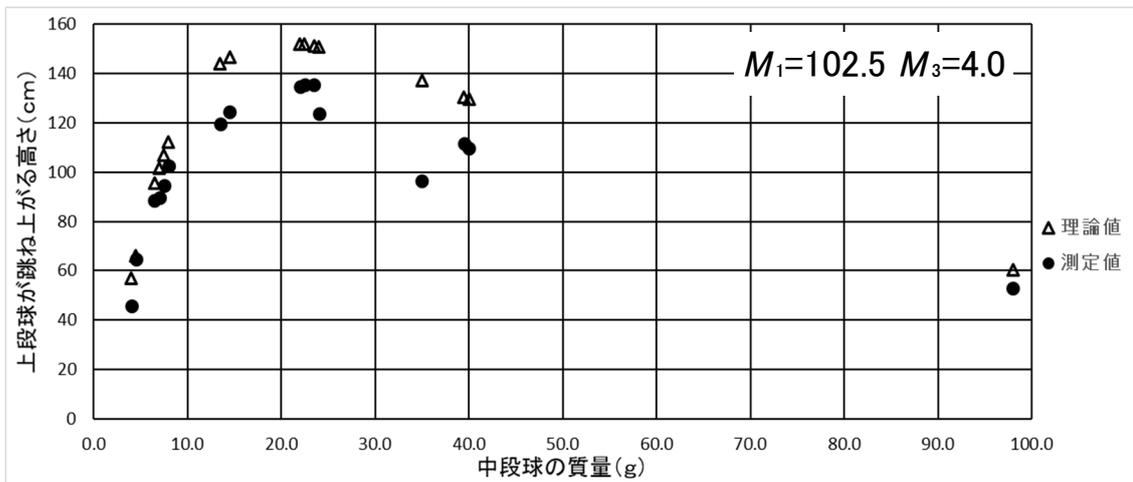


図4 上段球と下段球の質量を固定し, 中段球の質量を変化させた時の上段球の跳ね上がる高さ

### 4 考察

図4より, 完全には一致していないものの, 理論値と測定値のグラフはおおむね一致していると考えられる。したがって, この理論式で最高点になる中段球の質量が求められる。理論式を微分し極大値をとるときの中段球の質量を求めると,  $M_2 = \sqrt{M_1 M_3}$ となる。また, この式を解析すると, 反発係数が1.0のとき, 3段すっ飛びボールの上段球が跳ね上がる高さの限界は, 落下距離の49倍であることが分かった。

また, 反発係数をより正確に計測して, それぞれの値を代入すれば, 測定値に近づくと考えられる。

### 5 結論

3段すっ飛びボールの理想の中段球の質量は, 上段球と下段球の質量の積の正の平方根である。また, 理想的な条件のとき, 3段すっ飛びボールの上段球が跳ね上がる高さの限界は, 落下距離の49倍である。

### 6 今後の展望

実際に, 理論上の限界の高さまで跳ね上がるのかを検証したい。

#### 【文献】

- 1) 静岡県立科学技術高等学校「すっ飛びボールの運動の研究」  
(<http://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/113111.pdf>), 2018年12月4日アクセス
- 2) 静岡県立科学技術高等学校「すっ飛びボールの運動の研究」  
(<http://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/h24/123159.pdf>), 2018年12月4日アクセス

## 表面張力による1円玉の運動

赤澤 凜 小田切 勇樹 合田 亘佑 中村 隆裕 平井 亮夢 村上 友哉

## 要旨

2つの1円玉が同じ水の表面に浮いているとき、加速しながらくっつくということが分かった。本研究では、どのくらいの距離から加速し始め、どのくらいの力がかかっている、そしてなぜくっつくのか、ということ調べた。結果として近づくと速度が上昇し、表面張力の向きの変化によってくっつくことが分かった。

キーワード：表面張力，加速度，浮力

## 1 序論

2つの1円玉が同じ水の表面に浮いているとき、加速しながらくっつくということが分かった。本研究では、どのくらいの距離から加速し始め、どのくらいの力がかかっている、そしてなぜくっつくのか、ということ調べた。

## 2 目的

2つの1円玉が同じ水面上に浮いている時、一定の距離まで近づくと、加速しながらくっつくという現象があることが分かった。この実験では、どのくらいの距離で加速し始め、どのくらいの加速度があり、そしてなぜくっつくのかについて調べることを目的にした。

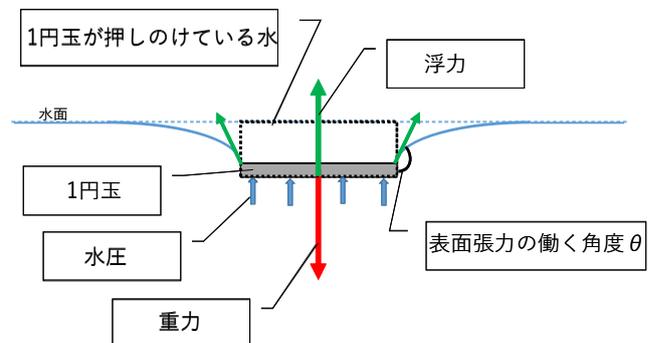


図1 1円玉が浮くときの水面と力のようす

## 3 仮説

1円玉が浮いているとき、1円玉の周りの水面は図1のように曲がること知られている。図2のように、2つの1円玉が近づくと2つの1円玉の間の曲がっている水面がだんだん水平になり、表面張力の水平方向の成分の力が大きくなることによってくっつくのではないかと考えた(図2)。

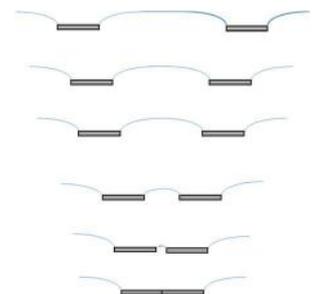


図2 1円玉が近づくときの水面のようす

## 4 実験方法

図3のように、まず桶の中に水を5cmの深さになるように入れ、桶の中心の水面から20cmのところにカメラを置く。次に1円玉を数個浮かせる。

- (1) 1円玉は自然とくっつくのでその動きを撮影する。その動画を解析し、1円玉の淵から淵までの距離を測る。そしてその結果を基に速度、加速度、力を求める。
- (2) 1円玉を水平方向から撮影し、1円玉の淵と淵の距離とそのときの図1の示す $\theta$ を求める。また2つの1円玉がくっつくときの横の角度も求める。

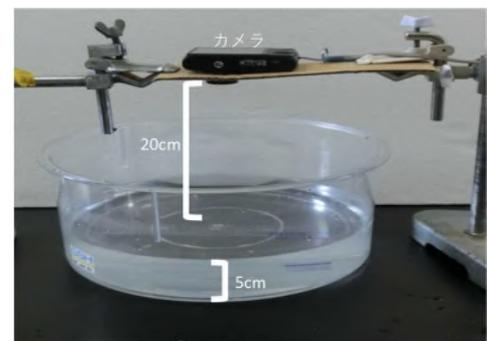
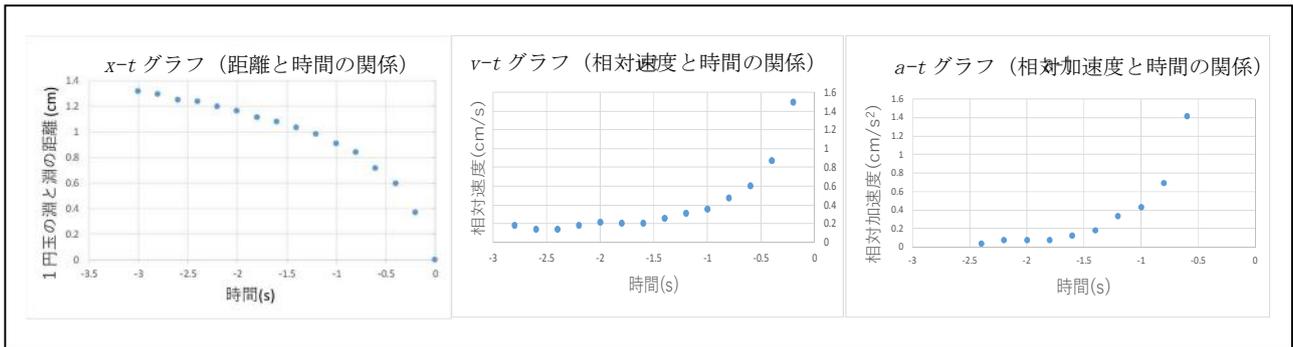
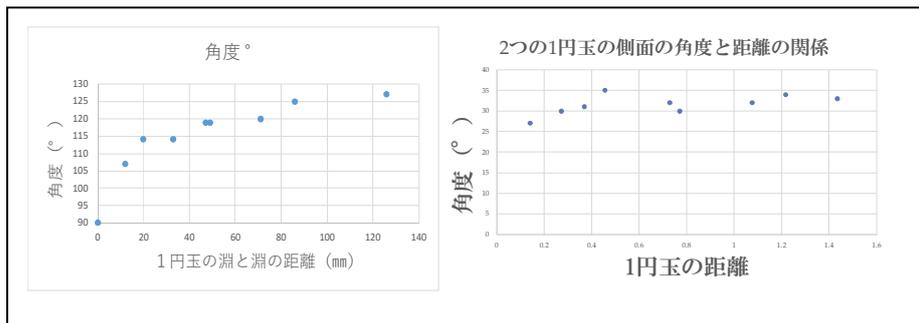


図3 実験装置全体の写真

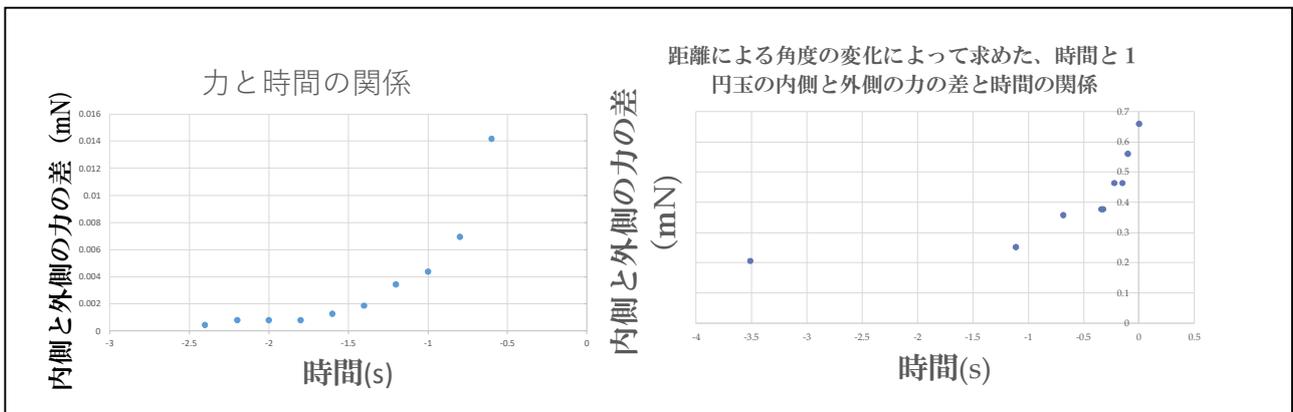
5組2班  
5 結果  
(1)



(2)



6 結論と今後の課題



左のグラフは表面張力の水平成分のうち、内側にはたらく力の大きさから外側にはたらく力の大きさを引いた量の時間変化、右のグラフは一円玉同士の距離と角度の関係によって求めた力と時間の関係である。右のグラフで  $(\text{表面張力}) \times \cos \theta$  で求めるがその表面張力の値が分からなかったため今回は 2.25mN を入れており、正しい値では無い。グラフの概形が同じたため、仮説は正しいと考えている。今後、検証が必要である。

【文献】

- ・林 英子, 稲場秀明: 1円玉はなぜ水に浮かぶのか  
([https://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii\\_20181004092927.pdf?id=ART0007341277](https://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii_20181004092927.pdf?id=ART0007341277)), 2018年10月22日アクセス
- ・協和界面科学株式会社「表面張力とは？」  
(<https://www.fia-sims.com/p40-interface-science.html>), 2018年10月22日アクセス
- ・協和界面科学株式会「1円玉はなぜ浮くのか」  
([http://www.face-kyowa.co.jp/science/familiar/4-3-2\\_money.money.money/](http://www.face-kyowa.co.jp/science/familiar/4-3-2_money.money.money/)), 2018年10月22日アクセス

## サイフォンの原理による粘度・温度の関係性についての考察

井上 朋佳 清野 桃菜 迫田 葉南 林 瑠夏 三宅 華佳

## 要旨

液体の種類と温度を変え、サイフォンの原理を用いて液体の移動時間を調べた。その結果、温度が高くなると粘度が小さくなり、この性質は液体の種類に関係なく作用することがわかった。

キーワード：サイフォンの原理，粘度，温度

## 1 序論

今回の実験で利用する「サイフォンの原理」は、液体を満たした管を利用して液体をある地点から目的地まで、出発地点より高い地点を通して導くという理論である。今回の研究では、サイフォンの原理を用いて液体が移動するのにかかった時間をもとに、液体の粘度・温度の関係性を考察することを目的とした。

## 2 研究内容

文献調査より、今回使用した液体が20℃のときの粘度は表1の通りである。

表1 液体の粘度<sup>(1), (2)</sup>

液体の種類	水	コーヒー	ウスターソース	オリーブオイル	オレンジジュース
粘度cP {mPa・s}	0.89	1.3	2	90	1.2

## 3 実験装置について

今回の実験では、図1に示した二つの容器に液体を入れ、液体を満たした管を通して液体が移動する装置を使用した。

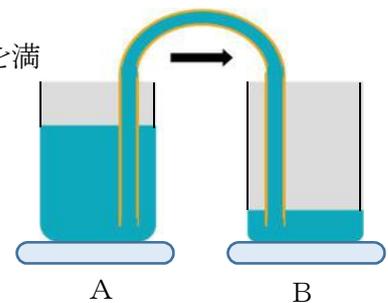


図1 実験装置

## 4 実験内容

(ア) 液体の種類（水，コーヒー，ウスターソース，オリーブオイル，オレンジジュース）を変えて実験する。

(イ) 水(2℃，25℃，40℃，60℃)，オリーブオイル(20℃，45℃)の温度を変えて実験する。

## 5 実験方法

- (1) 図1で示した500mLビーカーAに液体を400g，500mLビーカーBに100g入れ，電子天秤の上にそれぞれ乗せる。
- (2) 液体を満たした管の両端をそれぞれの容器に入れ，液体が移動し始めたら時間の計測を開始

し、容器Bの質量が150g増加したところで計測をやめる。

- (3) 1種類につき計測を5回行い、平均を求める。
- (4) 液体の種類を変えて、(1)～(3)の操作をそれぞれ行う。

## 6 結果と考察

文献調査と下に示した実験の結果から考察した。

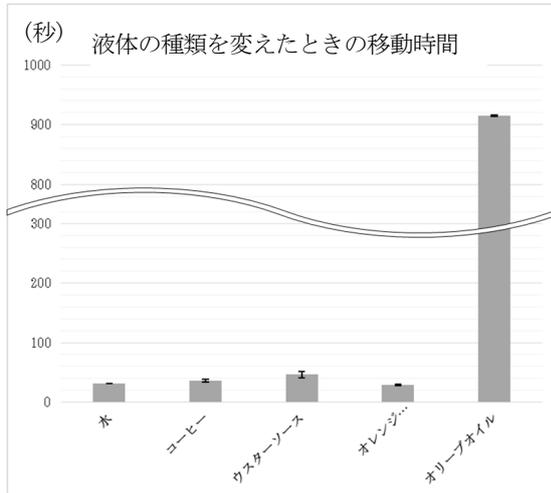


図2

図2より、粘度にほとんど差のない液体は液体の移動時間に大きな差は見られなかった。粘度が高いオリーブオイルにおいては他の4種類の液体に比べ大幅に時間がかかったことが分かる。

以上から、粘度は液体の流動に影響を与えると考えられる。

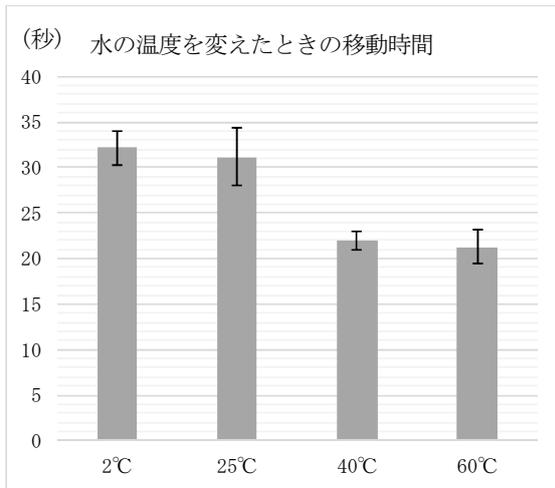


図3

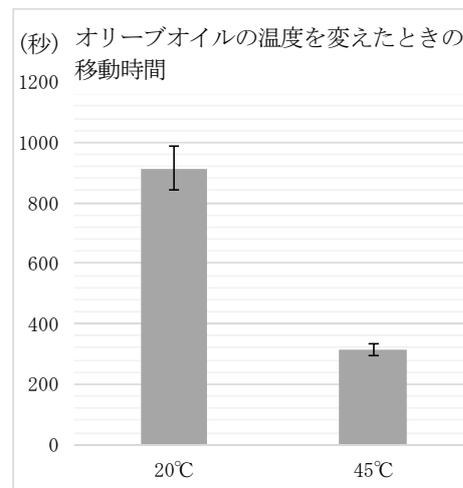


図4

図3より、温度が高くなると液体の移動時間が短くなっていることがわかる。このことから、高温になると液体の流動がなめらかになることがわかる。図4より、オリーブオイルにおいても水の結果と同じ傾向が見られた。

以上から、温度は液体の種類に関係なく温度が高くなると粘度が小さくなると考えられる。

### 【文献】

- ・ 純粋の粘度、動粘度および密度 | 粘度計 | アカデミー・コーナー | アズワン  
(<https://www.as-1.co.jp/academy/24/24-2.html>), 2018年12月13日アクセス
- ・ 農林水産省/ウスターソース類の日本農林規格 ([http://www.maff.go.jp/j/kokuji\\_tuti/kokuji/k0000102.html](http://www.maff.go.jp/j/kokuji_tuti/kokuji/k0000102.html)), 2018年12月13日アクセス

## 用水路における傾斜と水流について

佐藤 愛莉 塩田 桃子 高橋 知里 丸川 心愛 吉武 怜美

### 要旨

近年、川や用水路での事故のニュースをよく耳にする。そこで、私たちは用水路の水の流れによって物体がどう流されていくかについて調べることにした。自作の装置を用いて実験を行ったところ、水深の深さによる抵抗力の違いが物体の速さに与える影響について示唆された。

キーワード：流速 水量 傾斜

### 1 序論

岡山県などの川や用水路が多い地域では、水による死亡事故が多い。特に、水流が激しくなれば、事故による危険性も高まる。そこで、私たちは川や用水路の水量と傾斜が水の流れの速さに関係していると考え実験を行った。

また、水の有無により物体の動いていく速さに変化するのか実験した。

### 2 実験方法

図1は実験に使用した装置の全体の写真である。水を流す装置はプラスチック段ボールを折り曲げて水路として使用した。まず図2のように1.5Lのペットボトルに水が15秒で入るように調整する。つまり流速は毎秒0.1Lとし、どの実験においても流速の条件は変わらないこととする。次にバケツや古本などを用いて、水平面から10～40cmの範囲で5cm毎に高さを変えて傾斜を作る。そこに流速毎秒0.1Lの水を流し、ピンポン球が水路の上端から下端まで到達する時間を計る。そしてそれぞれ10回ずつ実験を行い、標準偏差を計算した。図4に示したものが、プラスチックダンボールで作成した実験装置全体の模式図である。※表に表記している「水あり」は毎秒0.1Lの水を水路に流した実験で、「水なし」は、水路に水を流さず、ピンポン球だけを水路に沿って転がしたときのものである。水ありの場合との比較のために行った。



図1 実験装置の全体



図2 流速を均一化するための計測



図3 実験に使用したピンポン球

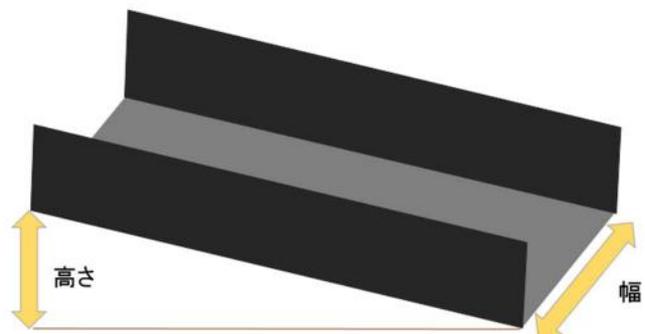


図4 実験装置全体の模式図

### 3 実験結果

#### ① 幅 30 c m 水あり

高さ	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm
平均 [S]	4.97	4.18	3.36	2.96	2.83	2.39	2.26
標準偏差	0.52	0.12	0.31	0.10	0.18	0.09	0.1

#### ② 幅 15 c m 水あり

高さ	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm
平均 [S]	5.49	4.33	3.17	2.84	2.52	2.43	2.35
標準偏差	0.28	0.26	0.12	0.08	0.11	0.08	0.09

#### ③ 幅 30 c m 水なし

高さ	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm
平均	4.56	3.11	2.68	2.42	2.09	1.99	1.73
標準偏差	1.03	0.64	0.56	0.51	0.48	0.43	0.38

#### ④ 幅 15 c m 水なし

高さ	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm
平均	4.97	3.07	2.70	2.46	2.32	2.06	1.84
標準偏差	0.10	0.16	0.12	0.10	0.07	0.07	0.04

A と B の実験から、高さが 15 c m までは、幅が広い 30 c m の方が速く落ち、20 c m ~ 30 c m の高さでは、幅が狭い 15 c m の方が速く落ちた。高さが 35 c m を超えると、再び幅が広い方が速く落ちた。A と C、B と D を比較すると、いずれも水がない場合の方が速く落ちた。このことから、ピンポン球に対して、水流が抵抗となっていると考えられる。また、C と D は、いずれも水がない場合なので、同じ速さ(時間)で落ちるはずであるが、0.1~0.3 秒程度の誤差が生じている。このことから、この実験では、0.1~0.3 秒程度の誤差があると考えられる。

### 4 結論と今後の課題

A と B の実験において、高さが 20 c m ~ 30 c m の場合にだけ、幅が狭い 15 c m の方が速く落ちたというのは、C と D の結果より 0.1~0.3 秒程度の誤差が生じているため、幅が広い 30 c m の方が速く落ちると考えることもできる。そのように考えると、すべての高さにおいて、幅の狭い 15 c m の方が、幅の広い 30 c m の場合よりも遅く落ちたことになる。これは、水深と水の抵抗によるものだと考えられる。つまり、幅の狭い 15 c m の方が、幅の広い 30 c m の場合よりも水深が大きくなるので、水の抵抗が大きく、物体は減速されて落ちるのに時間がかかったと考えられる。今後は、水の深さの違いから、落ちる速さの違いやピンポン球への抵抗がどのくらい生じるのかということ課題にして、研究を進めていきたい。

#### 【文献】

参考文献等なし

## アントシアニン色素で金属イオンの量と色の関係調べる

池田 沙織 植田 あかり 大玉 菜摘 大山 栞 定光 乙恵 藤原 唯衣

## 要旨

アントシアニン色素について調べると pH の変化や金属イオンの存在によって色が変化することが分かった<sup>1)</sup>。これを利用してアントシアニン色素を多く含むバタフライピーを用い、金属イオンの量と色の関係調べる実験を行った。今回の実験では、銅 (II) イオンとアルミニウムイオンを使った。その結果、銅 (II) イオンの濃度が濃くなるにつれて、アントシアニン色素の色が濃く変化することがわかった。

キーワード：アントシアニン色素，金属イオン，色の変化

## 1 序論

アントシアニン色素について調べてみると pH の変化に加え、金属イオンの存在によって色が変化することを知った。文献<sup>1)</sup>から、特に銅 (II) イオンとアルミニウムイオンがアントシアニン色素の色の変化に強い影響を及ぼすことが分かったため今回の実験ではこの2つの金属イオンを使用した。酸性条件下、及びアルカリ性条件下でのアントシアニン色素を含む水溶液それぞれに、濃度の異なる金属イオンを加えると、どのような色の変化がみられるのか興味を持ち、実験を行った。また、色の濃さを測定するために吸光光度計を用いた。

## 2 実験方法について

- ① バタフライピーを 60°C のお湯 300mL で色を出し、ろ過をした。
- ② バタフライピーを A, B 2 つのビーカーに 48mL ずつ量り取り、A に塩酸 (2 mol/L ) , B に水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ pH が 0.7, 12.2 になるまで入れた。
- ③ A のビーカーを 8 本の試験管に 4 mL ずつに分け、4 本の試験管に塩化アルミニウム水溶液 0.25 mol/L, 0.50 mol/L, 0.75 mol/L, 1.00 mol/L をそれぞれに 2 mL ずつ入れ、もう一方の 4 本の試験管に塩化アルミニウム水溶液と同じ濃度の塩化銅 (II) 水溶液をそれぞれに 2 mL ずつ入れた。B も同様に行った。
- ④ ③の結果を、吸光光度計を用いて吸光度を測定した。それをグラフにまとめ、考察した。また、最大値と最小値の差が 0.05 以上見られた場合、色の変化したとみなす。

## 3 実験とその結果

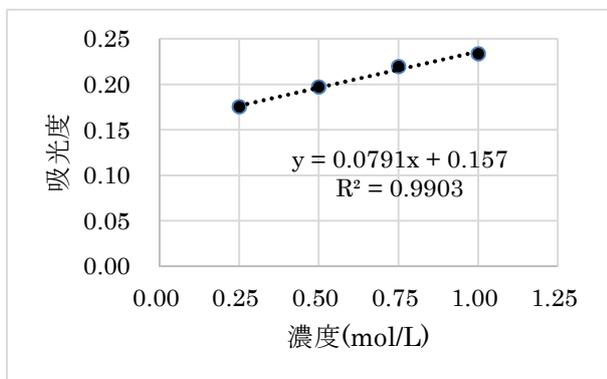


図1 HCl と塩化銅 (II) を入れた場合

塩化銅 (II) の濃度の上昇につれて、HCl を加えたバタフライピーの吸光度は上昇した。

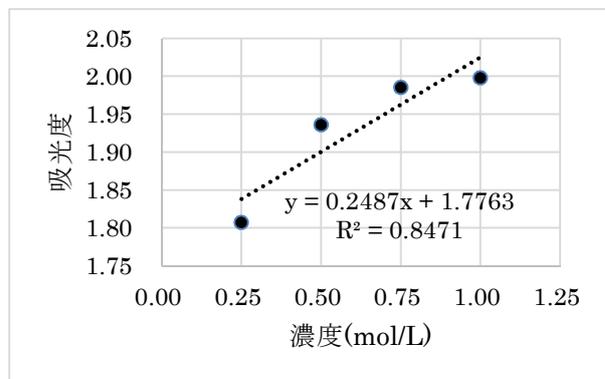


図2 NaOH と塩化銅 (II) を入れた場合

塩化銅 (II) の濃度の上昇につれて、NaOH を加えたバタフライピーの吸光度は上昇した。

5組5班

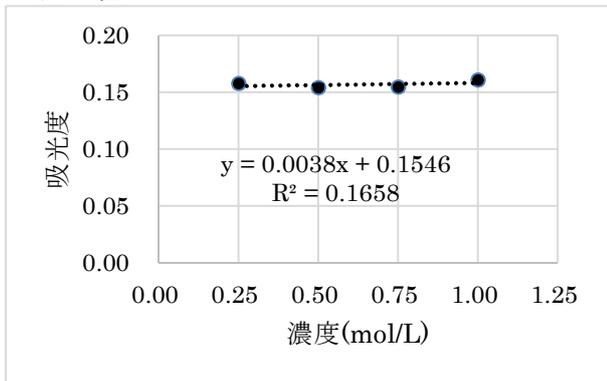


図3 HCl と塩化アルミニウムを入れた場合

最大値と、最小値の差が、0.05 未満だったため、吸光度の変化はない。

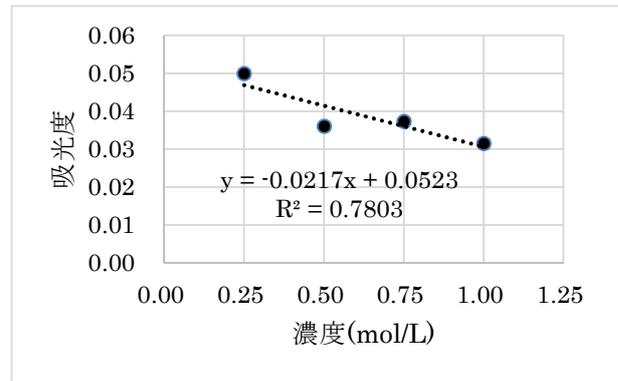


図4 NaOH と塩化アルミニウムを入れた場合

最大値と、最小値の差が、0.05 未満だったため、吸光度の変化はない。

#### 4 結論と今後の課題

図1と図2より、塩化銅(Ⅱ)水溶液を入れた場合、その濃度が大きくなるとともに、酸性条件下、及びアルカリ性条件下の両方で吸光度の上昇が見られた。図5のように、塩化銅(Ⅱ)水溶液そのものにも、色がついているため、その影響も考えられるが、図1と図2で、近似直線の傾きに違いが見られるため、アントシアニン色素の構造変化によるものと考えられる。図3、図4より、塩化アルミニウム水溶液は酸性条件下、アルカリ性条件下の両方で吸光度の差が見られなかった。塩化アルミニウム水溶液は、無色透明であるため、どの濃度においても、塩化銅(Ⅱ)水溶液の場合と比べて、吸光度の値は小さかった。図1から図4より、塩化銅(Ⅱ)水溶液、塩化アルミニウム水溶液の両方でアルカリ性条件下の方が、吸光度の変化が大きいことがわかる。これは文献<sup>2)</sup>より、酸性条件下より、塩基性条件下の方が、アントシアニン色素自体が不安定になることが知られており、金属イオンの有無とは関係がないと思われる。



図5 塩化銅(Ⅱ)水溶液  
(左から濃度の小さい順)

今後の課題としては、HCl に塩化銅(Ⅱ)水溶液を加えた場合、沈殿が生じるが、本研究では、これを取り除くことなく吸光度の測定を行ったため、正確な吸光度の値が得られなかった可能性があり、この点を改善することが挙げられる。

#### 【文献】

- ・ 1) 赤キャベツのアントシアニン系色素による絹布の染色 : 媒染条件と保存条件による比較 ([https://hirosaki.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=2548&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=21](https://hirosaki.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=2548&item_no=1&page_id=13&block_id=21)), 2018年9月19日アクセス
- ・ 2) アントシアニン系色素における呈色の経時変化 ([http://www.edu.utsunomiya-u.ac.jp/yamadayo/pdf/66-2-3-21\\_28.pdf](http://www.edu.utsunomiya-u.ac.jp/yamadayo/pdf/66-2-3-21_28.pdf)), 2019年2月8日アクセス

## 文理選択の要因についての因果解析

吉川 大智    武田 和真    普本 祐太朗    帆足 貫成    山田 光一朗    山本月弓

### 要旨

普通科高校1年生の時に行われる文理選択について、その選択の要因が何であるかということに注目して、文理選択とその要因の因果関係を解析した。その結果、外向的な人は文系、内向的な人は理系を選択する傾向があることなど、性格やコミュニケーションの得意・不得意なども大きな要因であることが分かった。

キーワード：文理選択，文系，理系，外向的，内向的，CART

### 1 研究目的

進学には文系・理系のどちらが有利であるかといった社会的通念に基づく選択や、科目の好き・嫌いや得意・不得意で文理選択をされると思われる。しかし、一般に大学の文系学部、理系学部では人が感じるイメージの違いなども選択を左右する要因と考えられる。そこで、本研究では、文理選択をする際の要因が、科目の好みや得意・不得意以外に存在すると考え、別の要因を明らかにし、分類することを目的とする。

### 2 調査内容

- 1) 文理選択の要因となりうる変数をまとめてアンケートを作成した。アンケート作成には、Google chrome®のアンケート作成ツール「Google Form」を使用した。今回用いた変数は以下の通りである。また、【】内は、解析を行った際の仮称である。
  - ・文理選択コース【intercept】：文系→1，理系→2
  - ・性別【gender】：男→1，女→2
  - ・得意科目（国，数，英，社，理のうち）【strong】：国→1，数→2，英→3，社→4，理→5
  - ・異性とのコミュニケーションが得意か【commu1】：得意→1，不得意→2
  - ・面と向かっての会話が得意か【commu2】：得意→1，不得意→2
  - ・チャットやSNSなどによる会話が得意か【commu3】：得意→1，不得意→2
  - ・運動部または文化部【club】：運動部→1，文化部→2
  - ・自身の性格（①外向，内向 ②感情，論理 ③計画的，柔軟的）【personality1~3】：①外向→1，内向→2，②感情→1，論理→2，③計画的→1，柔軟的→2
  - ・文理を決めた時期
  - ・文理選択の理由（記述回答）
- 2) 作成したアンケートを岡山県立倉敷天城高等学校1年5組で実施した。
- 3) 実施した結果を集計し、その集計結果をCART(Classification and Regression Tree)を適用し考察する。CARTとは、1984年にBreimanらによって開発された決定木のアルゴリズムの1つで、目的変数といくつかの説明変数があるときに、目的変数を最もよく「分類」する、説明変数の分岐を生成する手法である。
- 4) 本研究では、文理選択の要因と分類を行うことを目的としているため、CARTを適用することとする。  
合計30名の生徒から回答があった。

### 3 調査の結果

図1がCARTを適用し得られた、推定結果の一例である。

図1の円内にある数字は、文系と理系の相対的な指標で1に近づくと文系、2に近づくと理系と判断する。nはその分割に属する人数を表している。図1の結果では、まず、club>=2に着目する。これは回答が2より小さいとき、文系へと分割され、そうでないとき理系へと分割される。すなわち、運動部に所属していると答えた場合、回答者は左の分割へ移る。次

に、異性とのコミュニケーションが得意か不得意かという分割を考える（ページ数の関係で図は省略している）。このとき、得意と答えた回答者は左の分割へ移り、相対指標が1のグループに属するため、文系であると判断される。

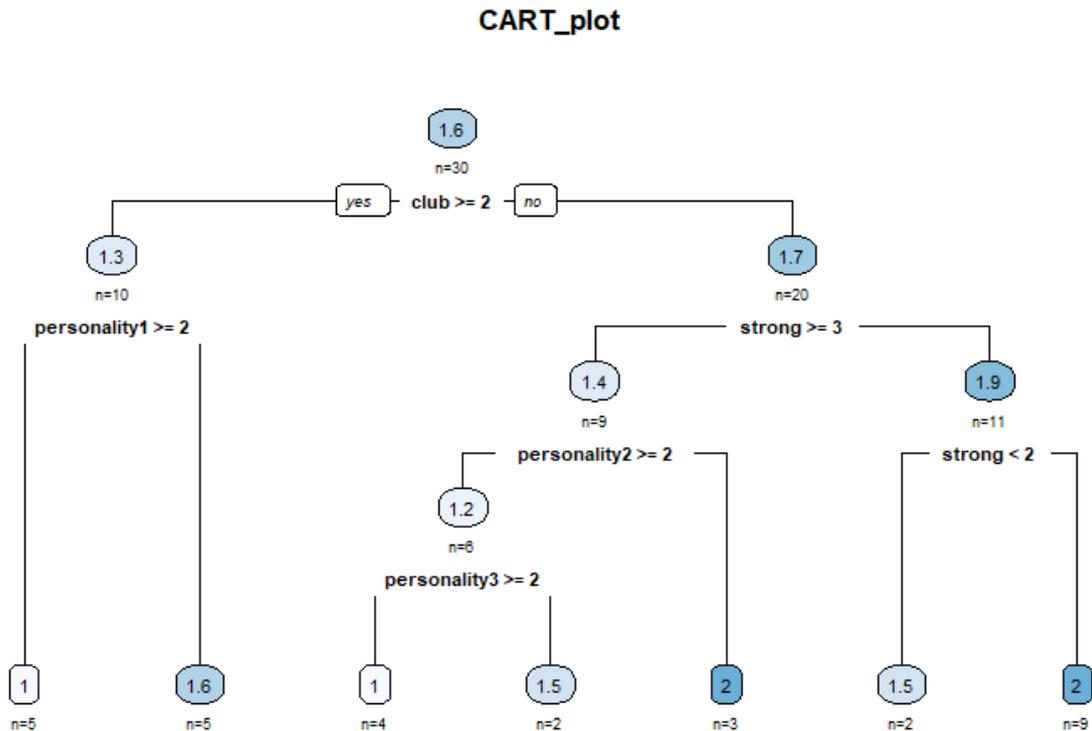


図1 CARTのプロット

表1 変数の重要度

strong	commu2	personality2	commu1	club
1.8711111	1.6876319	1.6876319	1.2246689	1.0666667
commu3	personality1	gender	personality3	
0.9991919	0.9	0.4266667	0.3333333	

#### 4 考察と結論

結果（表1）から、文理の選択に最も影響を与える要因は表面的な要因である「得意科目（strong）」であるが「面と向かってのコミュニケーションが得意か不得意か（commu2）」「感情か論理か（personality2）」など、その人の性格などの潜在的な要因も文理選択に大きな影響を与えることがわかった。コミュニケーションを得意とする人は文系を、不得意とする人は理系を選ぶ傾向があると言える。また、「感情的」よりも「論理的」な人は理系を選ぶ傾向があると言える。

#### 5 今後の課題

今回は、1クラスでしかデータをとることができなかったため、より正確なデータや詳しい因果関係を調べていくために、さらに多くのデータをアンケートで集めたい。また、解析の方法にその他の様々な手法を用いて、異なる観点からも解析を行っていきたい。

#### 【文献】

- ・ 涌井 良幸, 涌井 貞美: 統計学の図鑑, 技術評論社 (2015)
- ・ アンケート作成「Google chrome」 (<https://www.google.co.jp/chrome/>), 2018年12月13日アクセス

## 睡眠と集中力の関係性

泉 颯馬 亀岡 駿 近土 倫太郎 塚越 大貴 永長 陸 藤井 満太郎

### 要旨

私たちは睡眠時間が短いとき、集中力が持続しない経験があったため、睡眠と集中力に関係があると考えた。そこで、本研究では睡眠に関するアンケート調査とクレペリン検査から集中力が持続する睡眠とはどのようなものかを明らかにする。

キーワード：睡眠、集中力、クレペリン検査

### 1 序論

研究の目的を「集中力が持続する適切な睡眠時間を考察する」ことである。先行研究より、断眠開始後に日がたつにつれて、集中力が低下、簡単な計算が困難になったという結果が出ている。このことより、集中力の持続は睡眠時間に比例すると考え、1つ目の仮説を、「睡眠時間が長ければ、集中力がより持続する」とする。2つ目の仮説として、睡眠時間と同様に睡眠の質も集中力の持続とに関係すると考え、「睡眠の質が高ければ、集中力がより持続する」とする。

### 2 実験装置について

研究方法を3つの過程で進める。

#### ① アンケート調査

高校一年生の男子17人女子20人を対象に睡眠に関するアンケート調査を行う。

内容は、性別・年齢をはじめ、平均睡眠時間や就寝時間などの「睡眠時間」を調べるものや寝る時の体勢や寝る前後に何をしているかなどの「睡眠の質」を調べるものの2種類のものとした(図1)。

#### ② クレペリン検査を行う。

集中力の持続を調べるため内田クレペリン検査を参考に自作のクレペリン検査を作成した

(図2)。縦列に15行、1列20秒で行った。途中休憩をはさまずに行い、この実験は集中力の測定を用いた。

③①と②の結果をTurkey法によって比較する。Turkey法の「p adj」の値により、p値は「関係がないという仮説になる確率を示す。値が0.05以下になったとき2つの間に相関関係があると推測される。

1. あなたの <b>一週間の平均睡眠時間</b> を以下の項目から選んでください。☺				
1 3時間	2 4時間	3 5時間	4 6時間	5 7時間☺
6 8時間	7 9時間	8 その他( )☺		
☺				
2. あなたの <b>一週間の平均就寝時間</b> を以下の項目から選んでください。☺				
1 9時	2 10時	3 11時	4 12時	5 1時☺
6 2時	7 3時	8 その他( )☺		
☺				
3. あなたの <b>一週間の平均起床時間</b> を以下の項目から選んでください。☺				
1 4時以前	2 4時	3 5時	4 6時	5 7時☺
6 7時以降☺				
☺				
4. あなたの <b>寝る時の姿勢</b> を以下の項目から選んでください。☺				
1 うつ伏せ	2 仰向け	3 横向き(左)	4 横向き(右)	☺
5 その他( )☺				
☺				
5. スマホの <b>一週間の平均使用時間</b> を以下の項目から選んでください。(使っていない場合は0時間)☺				
1 1時間	2 2時間	3 3時間	4 4時間	5 5時間☺
6 6時間	7 7時間	8 その他( )時間☺		
☺				
6. <b>寝る前の1時間</b> にテレビやスマホなどを使用しますか?☺				
				はい・いいえ☺
☺				
7. 6で「いいえ」と答えた人は何をしていますか?☺				
[ ]☺				
☺				
8. 寝るときに <b>使用する寝具</b> はどれですか?☺				
ベッド・敷布団・その他( )☺				
☺				
9. 寝る前の <b>何時前</b> にお風呂に入りますか?☺				
1 1時間前	2 2時間前	3 3時間前	4 その他( )☺	
☺				
10. 寝る時の <b>部屋の室温</b> はどうですか?☺				
1 寒い	2 少し寒い	3 ちょうどいい	4 少し暑い	5 暑い☺

図1 実施したアンケートの一部

クレペリン検査																																				
4	5	4	1	2	3	9	8	7	5	6	3	2	4	9	8	7	6	7	5	1	5	3	7	6	8	4	9	6	5	6	6	8	4	9	1	2
5	4	9	6	6	8	2	7	1	5	6	4	2	9	0	2	2	1	6	4	9	2	9	2	1	5	1	4	3	8	6	5	5	9	7	0	6
5	6	9	7	1	3	2	6	5	7	8	1	5	8	4	9	4	2	3	1	6	5	9	8	4	1	9	6	2	3	5	1	5	4	7	9	8
1	5	1	8	1	7	6	5	9	5	7	4	2	5	1	6	1	3	0	4	8	4	6	5	1	3	7	8	4	6	2	5	5	2	1	4	7
8	4	9	5	3	2	7	6	1	4	5	9	8	2	1	0	3	5	2	7	9	4	8	1	3	8	6	5	9	4	7	1	2	0	4	8	3
4	5	4	7	1	8	9	2	5	9	7	6	3	1	4	7	8	9	6	3	2	1	4	7	5	8	9	6	3	1	5	7	9	4	6	2	1
4	8	9	5	6	2	3	1	0	7	4	8	6	5	9	8	4	6	2	3	3	6	2	5	4	7	8	8	4	8	9	5	6	2	4	1	7
5	6	4	5	6	4	2	3	4	5	8	9	4	5	7	3	2	9	4	6	3	8	1	6	0	5	6	1	0	9	7	6	5	1	3	9	5
9	8	2	4	6	3	7	1	0	5	9	8	1	6	1	5	5	1	2	3	7	9	1	6	0	8	1	5	4	3	9	5	6	4	8	2	2
2	0	8	9	7	6	8	4	3	9	5	8	4	6	2	1	2	8	4	3	5	9	4	6	2	7	8	5	2	4	6	4	5	6	5	5	5
7	6	1	9	3	0	5	4	6	2	8	7	2	2	4	9	3	5	7	6	4	3	5	7	9	5	6	4	3	4	8	2	3	4	6	8	5
1	2	5	6	3	2	1	4	7	8	5	2	6	9	1	4	5	2	3	6	1	9	5	7	4	2	3	3	5	1	4	7	8	6	5	2	1
5	2	3	6	9	8	5	1	4	2	6	9	5	8	7	3	1	2	5	7	8	9	6	3	2	4	5	1	2	5	1	4	6	7	9	8	1
8	7	9	6	4	3	2	4	9	7	6	5	8	1	3	4	6	4	9	7	2	6	4	8	3	1	9	4	0	3	1	9	4	6	7	5	8
7	9	4	3	0	5	1	4	6	7	3	1	9	8	4	7	9	8	4	6	1	3	5	5	6	4	2	0	4	9	7	6	8	1	1	6	4

図2 実施したクレペリン検査

5組7班

### 3 実験とその結果

11月にアンケート調査とクレペリン調査を同時に実施し、後日集計した。その結果、図3のTurkey法の「p adj」の値が有意水準5%より大きいため、睡眠時間によってクレペリン検査の得点に差はないと判断する。

### 4 結論と今後の課題

#### (1) 結論

実験結果より睡眠時間と集中力の関係性はないと考えられる。理由としてあげられるのは、睡眠時間が長いとしても、睡眠の質が良質でない場合は集中力が続かないのではないかと考えられる。注意の持続や集中力の発揮には、大脳皮質と自律神経の一つである交感神経や運動能力が重要な役割を担っている。睡眠時間の不足や睡眠時間は十分でも質的に悪化した睡眠しか取れない状態が続くと睡眠負債が蓄積されていき、睡眠負債が一定の限度を超えると過度の眠気が生じる。眠気は覚醒系への睡眠の混入であり、脳、特に大脳皮質の機能を低下させる。大脳皮質の機能の低下は、思考力や判断力などの機能の低下を意味する。このことより、十分な睡眠時間だけでなく、睡眠の質が良質である必要があると考えられる。

#### (2) 今後の課題

今回の実験では、睡眠時間と集中力の関係性は見られなかった。今後は睡眠時間では関係性が見られなかったが、就寝時間やアンケートで調査した寝る体勢や部屋の寒暖、明暗、特に、「睡眠の質」と集中力に関係性はあるのかを調査していきたい。

#### 【文献】

- ・内田クレペリン検査 ( [www.nsgk.co.jp/sv/kensa/kraepelin/](http://www.nsgk.co.jp/sv/kensa/kraepelin/) ), 2018年11月1日アクセス
- ・寝ないと脳の働き低下 | 睡眠健康大学 ( <http://sleep-col.com/> ), 2018年12月20日アクセス
- ・睡眠と注意・集中力 | 【テアニン情報センター】 ( [theanine.jp/feature/sleep\\_and\\_attention/](http://theanine.jp/feature/sleep_and_attention/) ),

2019年2月7日アクセス

```
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level
factor levels have been ordered

Fit: aov(formula = a$mean ~ a$time, data = a)

`a$time`
      diff      lwr      upr    p adj
5時間-7時間 0.2266667 -5.836285  6.289619 0.9999660
8時間-7時間 0.9166667 -7.580741  9.414074 0.9977522
6時間-7時間 1.8452381 -2.798899  6.489375 0.7746985
4時間-7時間 2.1000000 -5.146614  9.346614 0.9143029
8時間-5時間 0.6900000 -8.404428  9.784428 0.9994353
6時間-5時間 1.6185714 -4.044527  7.281670 0.9181388
4時間-5時間 1.8733333 -6.064934  9.811601 0.9575423
6時間-8時間 0.9285714 -7.288316  9.145459 0.9973067
4時間-8時間 1.1833333 -8.739501  11.106168 0.9966816
4時間-6時間 0.2547619 -6.660779  7.170303 0.9999680
```

図3 多重比較による検定結果 (Turkey法)