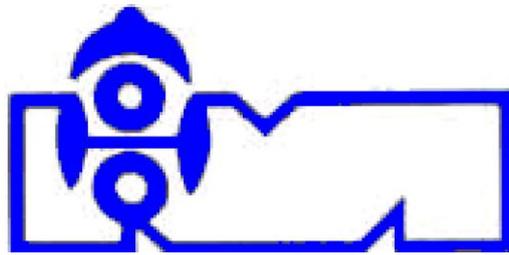


平成25年度指定

スーパーサイエンスハイスクール  
研究論文集

第5年次



平成30年3月

群馬県立前橋女子高等学校

## 目 次

活動の様子	1
<b>【全国発表論文】</b>	
1 国際宇宙ステーションの見やすさの予測～夜空に輝く「きぼう」に迫る～	5
2 混雑時に出口から早く出るには	10
<b>【3年生論文】</b>	
(SS探究)	
1 消しゴムの質量変化	13
2 女子高校生に対するインフルエンザワクチンの有効性	15
3 チョークの上手な再利用方法	18
4 綱引きの必勝法	20
5 ミントの葉の抗菌作用	23
(地学部)	
1 写真からライトダウンを評価したい！～伝統的七夕ライトダウンの科学的評価Ⅲ～	26
2 春分の日と秋分の日の昼間が長い理由を観測したい	31
3 地球は青いのか?!～地球照の分析による宇宙から見た地球の色の再現～	35
<b>【SS探究・理科部・地学部】</b>	
1 雨の日にぬれない傘の差し方	40
2 アリの味覚・好みに関する研究	41
3 牛乳を温めても膜が張らないようにする方法	42
4 鶏卵の環境変化に伴う細菌の増殖	43
5 消臭剤の除菌効果	44
6 虫を遠ざけるには～虫が嫌がる音～	45
7 「スマホのぼうし」の正体を探れ!	46
8 旗はなぜはためくのか	47
9 信頼できる星天気予報を探せ! 第二報	48
10 金星が一番美しく見えるときは?	48
11 惑星シュミレーションによる長期的見頃予測	49
12 地球照の再現～地球照から議論する地球は青いのか?～	49
13 あなたの踏み道、快適に!	50
14 エチレンガスの応用～保水と酸化防止に着目して～	50
15 キャベツの発芽について	51
16 季節による植物の色素の変化	51
17 光合成が最も早い観葉植物の追求	52
18 土砂の流出を防ぐ～花壇や畑の姿を考える～	52
19 どっちが楽なの? 1段? 2段?	53
<b>【科学的探究Ⅰ】</b>	
1 [課題1] 実測による円周率 $\pi$ を求める	54
2 [課題2] なるべく長く空中にとどまるしゃぼん玉はどんなしゃぼん玉?	58
3 [課題3] 前女生のための発音向上委員会～前女生が苦手な発音を調査す～	62
4 [課題4] 子どもの名前の変遷と未来の人気予測	66
5 [課題5] 現代における「古今異義語」の考察	70
6 [課題6] ロングセラー商品の作り方～「飽きさせない」を科学する～	74
7 [課題7] ふかふかパンを作るには?～アルコール発酵の速度をより早くする条件を探す～	78
8 [課題8] 「ちゃんと言ったのに伝わらない?」伝言ゲームの情報伝達率を調査する～	82
<b>【科学的探究Ⅱ】</b>	
2年1組～8組 (全75研究)	86
<b>【マレーシア・シンガポール研修】</b>	
[現地発表ポスター]	
1 The process for analyzing night view photos	124
2 The Japanese Historical Context Seen in Old Stories	124
3 To keep your hair beautiful	125
[マレーシア・シンガポール研修報告]	
4 SSH trip in Malaysia and Singapore	125
<b>【Graded Reading】</b>	
1年1組～8組 (全16発表)	126

# 活動の様子

## 【科学的探究Ⅰ】



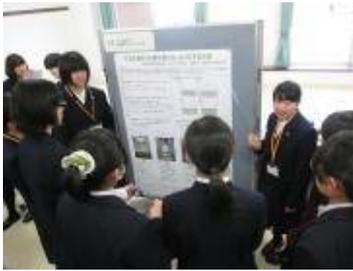
## 【科学的探究Ⅱ】



## 【大学・企業訪問：2017.11.10】



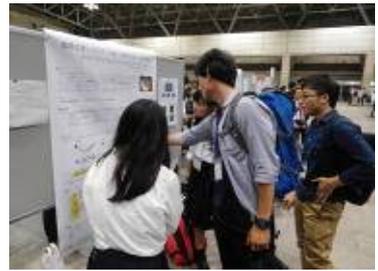
## 【外部発表】



課題研究発表会(お茶の水女子大学)



合同成果発表会(桐生市市民文化会館)



地球惑星連合大会(幕張メッセ)



全国総合文化祭(宮城)



中間発表会(県総合教育センター)



群馬県理科研究発表会(群馬大学)

## 【SSH生徒研究発表会:2017.8.8~10】



## 【公開発表会:2018.1.27】



【SS-Lecture講座】



情報社会を創る数理



エネルギーと環境と応用化学のあやしい関係



おいしいってなんだろう？



おいしいってなんだろう？



機械工学のおもしろさ



機械工学のおもしろさ

【SS-Lecture 研修】



第1回 QST 国際シンポジウム



京都大学研修



つくばサイエンスツアー



つくばサイエンスツアー



つくばサイエンスツアー



カネコ種苗研究所



冬のフィールド`実習



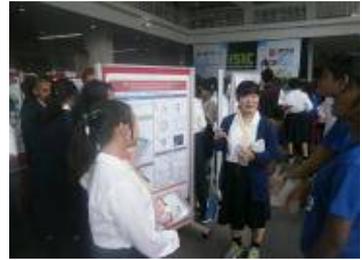
冬のフィールド`実習



冬のフィールド`実習

(筑波大学菅平山岳科学センター高原実習所)

【マレーシア・シンガポール研修：2017.9.20～24】



【その他の活動】



S S 探究



S S 探究



S S 探究



科学の甲子園県予選



SSH 指定女子 6 校研修  
(お茶の水女子大学)



SSH 指定女子 6 校研修

---

# 国際宇宙ステーションの見やすさの予測

～夜空に輝く「きぼう」に迫る～

## The visibility of ISS

堀内 桃音 丸山 玲花 小材 昌子 関口 舞 齊藤 あすか (高3)

【群馬県立前橋女子高校 地学部】

---

### 概要 (Abstract)

私たちは ISS の見やすさを予測するために、ISS の連続写真を撮り、ISS の見やすさ指数 = (ISS の明るさ) ÷ (背景の空の明るさ) を調べたところ、ISS の見やすさは大きく変化することがわかった。これは主に ISS の明るさが変化しているためではないかと考え、ISS 自体の明るさを左右する条件について、ISS の模型と太陽に見立てた光源を使って実験を行った。その結果、ISS と太陽と観測地点の位置関係により ISS の明るさが大きく変化することがわかった。また、ISS の明るさだけでなく、背景の空の明るさについても調査した。これらから予測した ISS の見やすさ指数と実際の ISS の見やすさ指数には正の相関が見られた。

### 1. 研究動機

地学部で ISS を観望していたとき、ISS の見やすさがだんだん変化し、また、日によって見やすさが違うことに気が付き、それに疑問を抱いた。そこでいつ ISS は見やすいのかを知るために JAXA の ISS 予想サイトを見たところ、時間と方角、仰角は知ることができたが、見やすさは知ることができなかった。印象としては概ね仰角が大きいときに ISS は見やすいが、その他の条件も関係しているのではと思い、ISS の見やすさについて詳しく調べてみたいと思った。ISS の見やすさは、「ISS の明るさ」と「背景の空の明るさ」のコントラストにより決まると考えた。

もしも ISS の見やすさを事前に予測できれば、見やすい日を選んで見ることができ、より多くの人に ISS の観望を楽しんでもらえると思う。以前、地学部では、先輩方が ISS を連続的に撮影した写真から軌跡の長さや位置を求め、撮影した ISS の高度や速度を導くという研究を行っていた。それらの結果を生かすこともできると思い研究を始めた。

### 2. 目的

ISS 通過時に「ISS の明るさ」と「背景の空の明るさ」の変化を観測し、ISS の見やすさがどんな条件にどの程度影響されているかを調べ、ISS の見やすさを通過前に予測する。

### 3. ISS の予備観測

実際に ISS を撮影し、「ISS の明るさ」と「背景の空の明るさ」の変化を調べた。

### 3.1 方法

#### (1) ISS の撮影

- I. JAXA の Web サイト「きぼうを見よう」から、ISS の通過日時や位置、仰角を確認する。
- II. カメラ Nikon D7000 を ISS が通過する向きに設置し、設定を行う。
- III. 通過時間に合わせて撮影する。

#### (2) 写真の分析

- I. 撮影した写真の NEF ファイルを raw2fits にドラック&ドロップし、fits に変換する。
- II. 変換した fits の中の g.fits(緑色)をすばる画像処理ソフト「makali'i」で開き、ISS を開口測光する。
- III. II の測光で得た、バックグラウンド (SKY) の平均値、対象天体の輝度 (Count) を用いてグラフを作成し、分析を行う。

### 3.2 結果

(1) 撮影日時：2016/2/5 18:21:30~18:25:30 露出時間 1/5 秒 撮影場所：前橋市

見え始め			最大仰角			見え終わり		
時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角
18:21:30	292(西北西)	12°	18:23:30	335(北北西)	18°	18:25:30	15(北北東)	11°

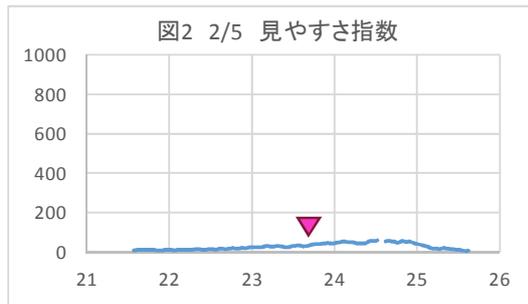
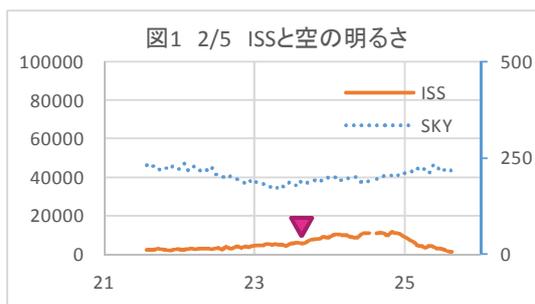


図1 左縦軸：1/5秒間にISSからきた光の総量 右縦軸：背景の空1ピクセルあたりの明るさ 横軸：時刻(分)

図2 縦軸：ISSの見やすさ指数  $\{ = (\text{ISSの明るさ}) \div (\text{背景の空の明るさ}) \}$  横軸：時刻(分)

(2) 撮影日時：2016/2/17 19:07:00~19:08:30 露出時間 1/5 秒 撮影場所：前橋市

見え始め			最大仰角			見え終わり		
時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角
19:07:00	332(北西)	11°	19:08:30	335(北北西)	25°	19:08:30	335(北北西)	25°

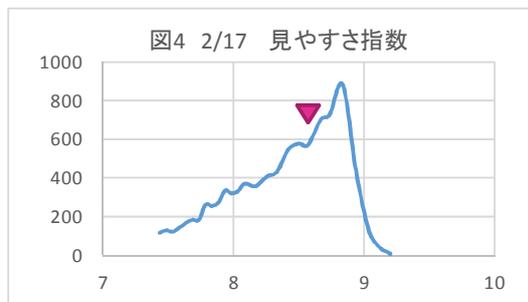
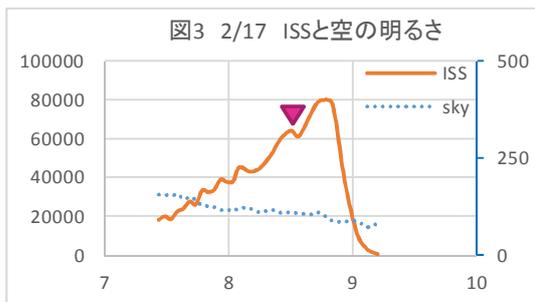


図3 左縦軸：1/5秒間にISSからきた光の総量 右縦軸：背景の空1ピクセルあたりの明るさ 横軸：時刻(分)

図4 縦軸：ISSの見やすさ指数  $\{ = (\text{ISSの明るさ}) \div (\text{背景の空の明るさ}) \}$  横軸：時刻(分)

(3) 撮影日時：2016/2/18 18:15:00~18:19:00 露出時間 1/5 秒 撮影場所：前橋市

見え始め			最大仰角			見え終わり		
時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角
18:15:00	335(北北西)	11°	18:17:30	29(北北東)	26°	18:19:00	72(東北東)	19°

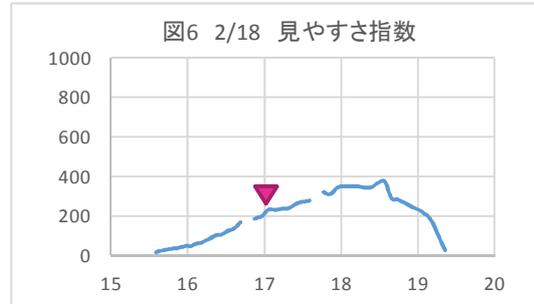


図5 左縦軸：1/5秒間にISSからきた光の総量 右縦軸：背景の空1ピクセルあたりの明るさ 横軸：時刻(分)

図6 縦軸：ISSの見やすさ指数 {=(ISSの明るさ)÷(背景の空の明るさ)} 横軸：時刻(分)

### 3.3 考察

図1, 3から、ISSの明るさが日によって大きく異なることがわかった。ISSが明るいほど、同時に背景となる夜空が暗いほど、ISSは見やすいと推定されるので、仮に、

$$\text{ISSの見やすさ指数} = (\text{ISSの明るさ}) \div (\text{背景の空の明るさ})$$

と定義し、計算してみると、撮影日より指数は大きく異なる値となった(図2, 4)。また、目視で感じた見やすさの変化と、見やすさ指数のグラフの変化が一致したため、この見やすさ指数は今後使用していくことができるかと判断した。



図7 見やすさ指数の異なるISS画像

## 4. ISSの明るさに関する分析 I

ISSの明るさを左右する条件について、次の仮説1を立てた。

**仮説1**：観測地点とISSの直距離が短いほど、ISSは明るい。

### 4.1 理由

ISSを目視したとき、仰角が大きい(=直距離が短い)ほど見やすいように思えたため。

### 4.2 方法

予備調査で取ったデータと、JAXAのサイトから得た仰角の情報を比較する。

### 4.3 結果

撮影によるISSの見やすさ調査のグラフ(図1~6)の、逆三角のマークがついているところが、その日のISSの仰角が最大の時刻である。ISSを目視したとき、仰角が大きい(=直距離が短い)ほど見やすいように思えたが、グラフからISSが一番明るいのは、直距離が最短の時刻ではないことが分かった。よって、直距離の影響はあるかもしれないが、他にも要因があると考えられる。

## 5. ISSの明るさに関する分析Ⅱ

ISSの明るさを左右する条件について、次の仮説2を立てた。

**仮説2**：ISSに反射した太陽光が観測地点に届きやすい位置関係（角度）にあるとISSは明るい。

この仮説を検証するために、ISSの模型を用いた室内実験を行った。

### 5.1 目的

ISSと観測地点の直距離が等しいとき、ISSと観測地点の位置関係、また太陽と観測地点の位置関係によってISSの明るさは変化するかを調査する。

### 5.2 方法1

図8のように、光源（太陽）とカメラ（観測者）とISSの模型を設置する。ISSとカメラの角度を、光源側から10°、5°、0°、-5°、-10°と変え、また、模型に上から、水平から、下から光を当て、部屋を暗くして、ISSの模型を撮影する。

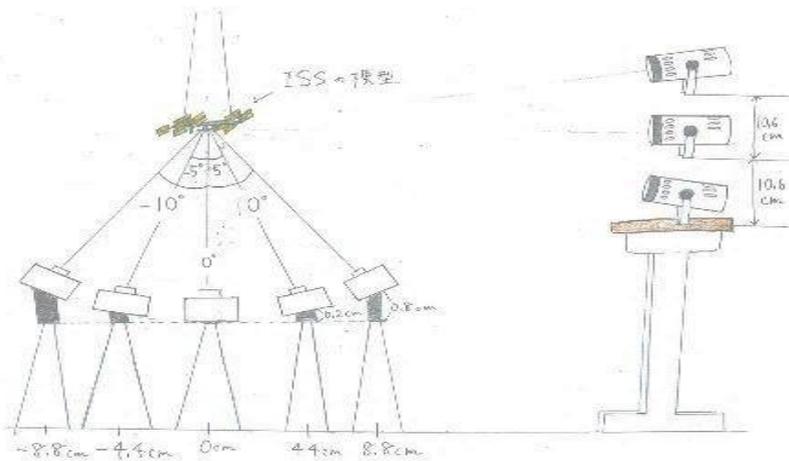


図8

### 5.3 結果

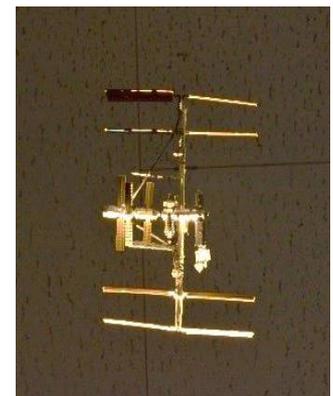
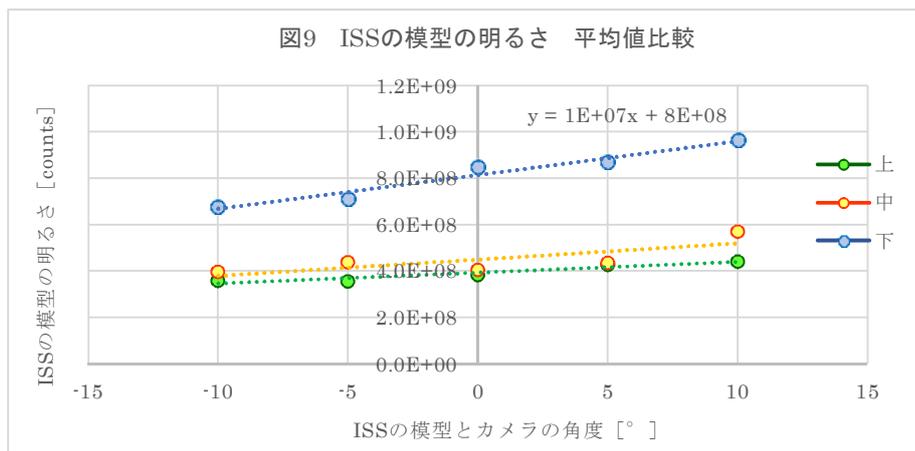


図10 撮影した写真

## 5.4 考察

ISSの模型の明るさは、図9より、カメラが光源側にあるときのほうが明るい。また、光源を下から当てたときはグラフの傾きが特に大きい。これは、ISSが観測地点から見て太陽と逆側にあるときのほうが明るいことと、日の出前・日没後はISSの位置の変化による明るさの変化が大きいことを表していると思われる。

模型の下から光を当てた時は、水平・上から当てた時より明るい。これは、日の出前、日没後（太陽が出ていないとき）の方が明るいことを表していると思われる。

これらのことは、図11のように図にしてみるとわかりやすい。

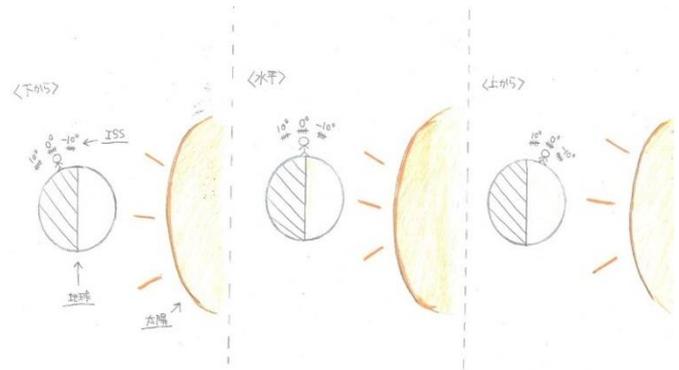


図11 ISSと太陽光の位置関係

## 5.5 方法2

方法1と同様の光源（太陽）とカメラ（観測者）を用い、ISSの模型を表面積が大きいもの（ナノブロック）に変え、各角度の定義域を見直し、再度実験する。

- (1) 方法1での実験器具の配置を90°横に倒し、机の上の平面上に設置する。
- (2) 中心には、円を36等分し、ISSの模型を10°ずつ回転させられるような紙を貼る。
- (3) その紙の上に置いたISSの模型を中心とした半円上に5°ごとにシールで印をつける。
- (4) カメラをISSの模型と同じ高さで、模型全体が入るように固定する。
- (5) ISSの模型を、(2)で作成した紙の上で-70°から70°まで10°ずつ回転させる。このときISSの模型の太陽光パネルは実際の状況に近づけるために、常に光源のほうに向けておく。
- (6) 光源を、ISSの模型の太陽光パネルの延長線上から5°ずつ30分、カメラ側に動かす。
- (7) インターバルタイマーを15秒ごとにセットし、その間に光源を30分動かしたらISSの模型を10°回転させるという作業を繰り返す。
- (8) raw2fitsのショートカットにドラッグ&ドロップし、NEFファイルをg.fitsに変換する。
- (9) (8)のファイル（計83枚）を画像処理ソフトImageJで開き、ISSの模型の領域と明るさの範囲を選択して、自動処理を開始する。その後、グラフを作成する。

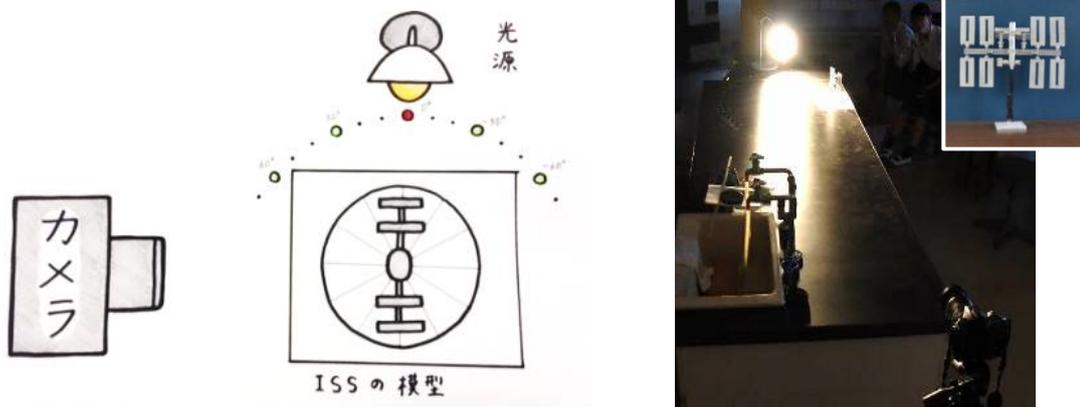


図12 実験装置の概略と記録写真

※ (5) の補足 ISS の模型を回転させる角度が $\pm 70^\circ$ でよい理由

見え始め時刻 $\equiv$ 見え終わりの時刻となる仰角が  $10^\circ$ なので、ISS を見ることが出来る限界の仰角は  $10^\circ$ であることがわかる。このことから、ISS から地球に対して垂直に降ろした線と ISS と観測者を結んだ直線のなす角が  $80^\circ$ となる。また、ISS が見える時間は最大 6 分程度なので、ISS が 90 分で地球を一周することより、地球の周りを  $24$ 回り、ISS は観測者に対して最大で $\pm 10^\circ$ ほど傾く。よって ISS の傾きは $\pm 70^\circ$ を考えればよい (図 13)。

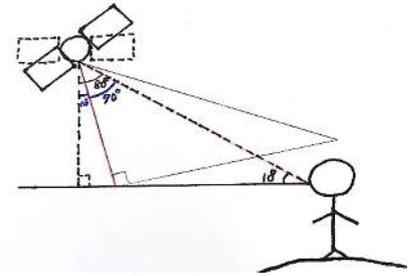


図 13 ISS と観測者の位置関係

※ (6) の補足 光源を当てる角度が水平方向から下  $30^\circ$ まででよい理由

過去の統計から ISS を見ることが出来る時間は日没時の場合、日没時刻 $\sim$ 日没後 150 分の間である。ステラナビゲータ 10 を用いて日没後 150 分の太陽高度を調べたところ (図 14)、ほとんどの季節において $-29^\circ \sim -30^\circ$ 程度だったため、光源を当てる角度は水平方向から下  $30^\circ$ まででよい。ちなみに、夏場だけ高度低下が緩やかになるようだ。

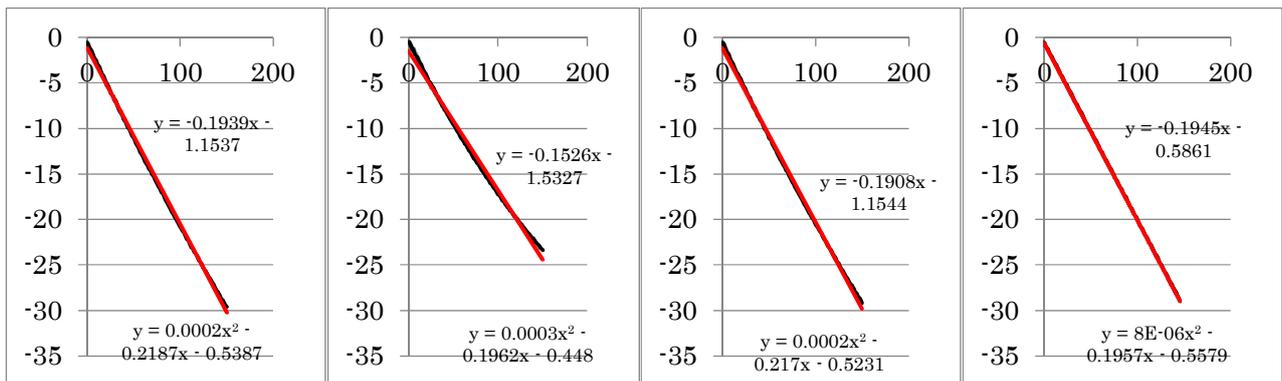


図 14 季節ごとの日没 150 分間の太陽高度 (左から春夏秋冬, 縦軸: 高度 $[\circ]$ , 横軸: 日没後の時間[分])

※ (7) の補足 特に太陽高度が低い時に測定角度が少ない理由

図のように、太陽高度が下がると、ISS の見える軌跡が短くなる。よって、太陽高度と ISS の地球を回転する角度の関係によっては、まったく ISS を見ることができないこともある。このことを考慮して、実現しない角度は実験から除外した。

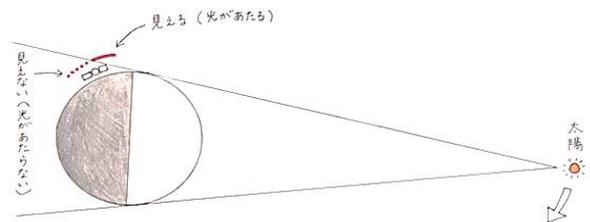


図 15 太陽高度が低いと見えない軌跡が増加する

## 5.6 結果

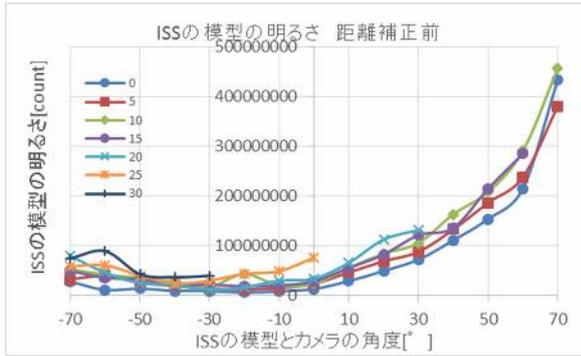


図 16 ISS の模型の明るさ (距離補正前)

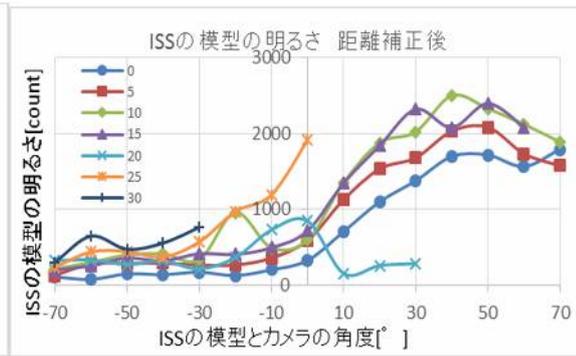


図 17 ISS の模型の明るさ (距離補正後)

表 1

	0	5	10	15	20	25	30
-70	116.2019	134.315	219.8075	205.263	329.1092	243.2625	308.635
-60	83.10772	288.4845	305.6341	261.4334	338.2138	443.6399	650.6942
-50	155.5805	291.8769	403.9765	362.7063	279.6208	448.5532	478.7821
-40	144.5049	296.0509	416.9743	325.8552	324.234	377.5097	560.0446
-30	177.2569	270.765	340.7824	419.6182	221.2418	574.7624	765.1972
-20	134.3098	272.3508	959.7883	411.5227	368.9406	972.8262	
-10	208.9965	363.5869	497.859	498.6774	732.5962	1192.628	
0	332.0968	594.639	600.2046	719.8782	849.3086	1911.723	
10	710.2362	1129.642	1352.137	1346.591	162.083		
20	1101.437	1533.695	1875.621	1837.987	265.9076		
30	1377.32	1678.217	2019.259	2315.118	287.1569		
40	1695.56	2027.916	2494.681	2075.128			
50	1714.448	2078.99	2324.508	2391.439			
60	1564.535	1731.487	2117.198	2072.873			
70	1789.743	1572.398	1886.416				

縦軸 : ISS の模型とカメラの角度 [° ]

横軸 : ISS の模型と光源の角度 [° ]

## 5.7 考察

図 16 は ISS の模型全体の明るさを count 値で表した。図 17 は図 16 を距離の 2 乗で割り補正したものである。±70° に近づくほど ISS と観測者の距離が長くなるため、図 17 では±70° 付近の値が小さくなっている。

図 17 では、横軸の正の方に大きい値が集中したが、これは「西寄りの ISS より東寄りの ISS の方が比較的明るく見える」という実際の状況から推測される結果と一致する。また、光源と ISS の角度が大きいほど、ISS の模型の明るさの値は大きくなる。つまり、太陽高度が低いほど、ISS の明るさは大きくなることになる。

ここで、5.5 の実験を理論化する。

方位角  $\theta$  [degree]、仰角  $\phi$  [degree]、直距離  $r$  [km]、太陽高度  $S$  [degree] (地平線下を正とする) とすると、図 18 に示す太陽と ISS のなす角度  $\alpha$  (実験における光源と ISS の模型の角度) と、ISS と観測者のなす角度  $\beta$  (実験における ISS の模型とカメラの角度) は以下のように求めることができる。

【空間座標の原点を観測者とした ISS の位置】

図 19 より、

$$x = r \cos \phi \sin \theta \quad (\text{東を正とする})$$

$$y = r \cos \phi \cos \theta \quad (\text{北を正とする})$$

$$z = r \sin \phi \quad (\text{上を正とする})$$

【ISS から地球中心に向かうベクトル  $\vec{n}$ 】

地球半径を  $R$  ( $=6380\text{km}$ ) とすると、

$$\vec{ISS} = (x, y, z), \quad \vec{\text{地球中心}} = (0, 0, -R) \text{ より}$$

$$\vec{n} = \vec{\text{地球中心}} - \vec{ISS} = (-x, -y, -z-R)$$

$$|\vec{n}| = \sqrt{x^2 + y^2 + (z+R)^2}$$

【太陽から ISS にさすベクトル  $\vec{S}$ 】

空間座標上で太陽から ISS 方向へのベクトルは太陽位置を真西の遙か遠方と近似すると、

$$|\vec{S}| = 1 \text{ とし、} \vec{S} = (\cos S, 0, \sin S)$$

(1)  $\alpha$  の求め方

$\alpha + 90^\circ$  は  $\vec{n}$  と  $\vec{S}$  のなす角なので

$$\vec{n} \cdot \vec{S} = |\vec{n}| |\vec{S}| \cos(\alpha + 90^\circ)$$

$$\cos(\alpha + 90^\circ) = \frac{\vec{n} \cdot \vec{S}}{|\vec{n}| |\vec{S}|} = \frac{-x \cos S - (z+R) \sin S}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z+R)^2}}$$

(2)  $\beta$  の求め方

観測者と ISS の直距離を  $r$  として、

余弦定理より

$$\cos \beta = \frac{r^2 + |\vec{n}|^2 - R^2}{2r|\vec{n}|} = \frac{r^2 + x^2 + y^2 + (z+R)^2 - R^2}{2r\sqrt{x^2 + y^2 + (z+R)^2}}$$

## 6. 背景の空の明るさに関する分析

全天の魚眼画像を用いて、背景の空の明るさを調べた。

### 6.1 方法

雲のない晴れた日の日没後、デジタル一眼レフカメラと魚眼レンズを用い、1 分間隔で日没時刻から日没後 150 分までの空の写真を撮影する。撮影した写真は、次の手順で処理を行う。日の出前も同様。

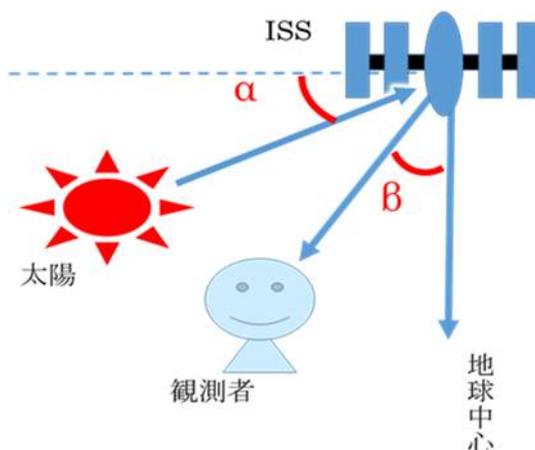


図 18 ISS, 太陽, 観測者の位置関係を表す模式図

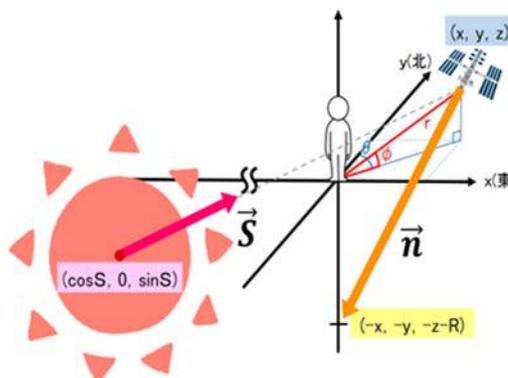


図 19 極座標設定

- (1) 予測したい日の ISS の最大仰角時刻を JAXA の WEB から、日没時刻をステラナビゲータ 10 から調べ、日没から ISS が最大仰角になるまでに経過した時間を求める。
- (2) (1) で調べた、日没後の経過時間が一致する全天の魚眼画像を探す。
- (3) 該当写真の RAW 画像 (.NEF) を画像処理ソフト Raw2fits に直接ドロップし、FITS を作成する。
- (4) 複数ある FITS ファイルから緑色の画像 (.g.fits) を選び、makali'i から開く。
- (5) グラフ作成画面から JAXA の WEB サイト「きぼうを見よう」が予報する path に沿う形に線を引く。
- (6) ISS が通過する時刻の空の明るさの分布を得る。

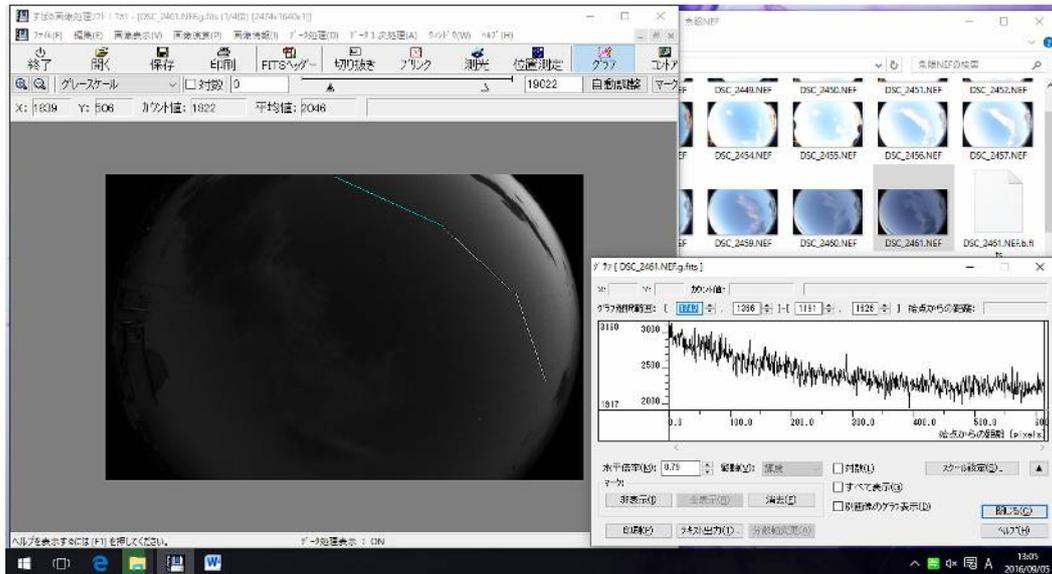


図 21 ISS の通過 path に沿う空の明るさ分布



図 22 全天の魚眼画像



図 23 ISS の軌道と魚眼画像を重ねた画像

## 6.2 結果

図 21 の右下に表示されたように、明るい西側から暗い北側へ向かう空の明るさ分布を数値化した。

## 6.3 考察

ISS の path に沿った背景の空の明るさの推移を予測するには、この方法には課題が存在する。第一に、予報された ISS の通過 path (曲線) に正確に沿う線を引くことが難しいという問題が挙げられる。第二に、図 1 などと比較しようとする横軸を時間に変換するのが難しいという問題が挙げられる。ISS は path の最大仰角付近に向かうにつれて見かけ上加速し、最大仰角を過ぎると見かけ上減速するからである。そこで、ISS の見やすさを予測する際に必要となる、仰角や方位角などの情報が明らかな ISS 最大仰角時の位置の空を測光し、予測に利用した。

## 7. ISSの見やすさの予測

### 7.1 方法

第一に、JAXAのISS予想サイト<sup>[1]</sup>やStellaNavigatorを用い、方位角 $\theta$  [degree]、仰角 $\phi$  [degree]、直距離 $r$  [km]、太陽高度 $S$  [degree]（地平線下を正とする）を調べ、 $\alpha$ と $\beta$ を求める。求めた角度を5.5の実験のグラフに当てはめ、ISSの明るさを予測する。

第二に、観測前に取得できる、日没時刻と各時刻（見え始め、仰角最大、見え終わり）を用い、6.の方法で空の明るさを求める。

この二つをISSの見やすさ指数の定義式に代入することで、見やすさを予測する。

### 7.2 結果

表2

日付	$\alpha$	$\beta$	予測の見やすさ指数	実際の見やすさ指数
2016/12/18	18.5	27.7	0.2013	6721
2016/12/19	19.3	-47.0	0.1929	7542
2017/1/27	19.8	-39.5	0.2903	362.5
2017/2/14	0.8	-52.5	0.1087	685.1
2017/2/15	14.2	-3.20	0.4992	7543
2017/4/13	15.9	14.8	0.3378	1539

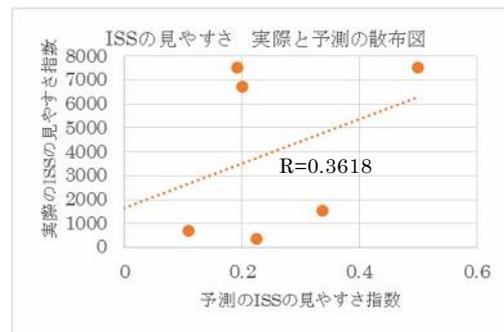


図25 ISSの見やすさの散布

### 7.3 考察

ISSの見やすさの実際の値と予測の値に正の相関が見られた。このことから、私たちは実際の見やすさに近い予測をすることができたといえる。ただし、相関係数が小さくなってしまったが、その理由としては、撮影した場所とカメラの種類が異なってしまったこと、データ点数が少ないこと、実験による $\beta$ の取り方に不足があったことが挙げられる。

## 8. 結論

ISS通過時に「ISSの明るさ」と「背景の空の明るさ」の変化を観測し、ISSの見やすさがどんな条件に影響されているかを調べ、ISSの見やすさを通過前に予測することができた。今後はデータ数を増やすとともに、実験や計算を見直し相関係数が大きくなるように工夫し、より精度の高いISSの見やすさの予測をできるようにしたい。

## 9. 参考文献

- ・JAXA 宇宙航空研究開発機構「きぼうを見よう」(<http://kibo.tksc.jaxa.jp/>)
- ・「国際宇宙ステーションの観測と高度測定」日本天文学会 2013年ジュニアセッション講演予稿集 pp. 18-19
- ・「国際宇宙ステーションの見やすさの予測」日本天文学会 2016年ジュニアセッション講演予稿集 pp. 62-63
- ・「国際宇宙ステーションの見やすさの予測II」日本天文学会 2017年ジュニアセッション講演予稿集 p. 87

# 混雑時に出口から早く出るには

群馬県前橋女子高等学校 理科部 2年 福田紗夕 増淵結衣 金井綾香

## 1. 動機および目的

私達は毎日電車通学をしているが、毎朝、駅から出るときに、混んでいて早く出られない。そこで、大勢の人が一つの出口から早く出るにはどうすればよいのかと疑問に思い実験を始めた。

早く出られないのは、出口から出るときに多くの人が出口付近に集まってしまうため、単位時間あたりの出口から出られる人数が減ってしまうからだと考えた。そこで、出口までの通路に壁を設置して人の流れを分ければ、一度に出口付近に集まる人数が減り、単位時間あたりの出口から出られる人数が増加し、全員が早く出られるのではないかと仮説を立てた。壁を設置する位置については、近すぎると出口付近で人が詰まってしまう、遠すぎると壁によって分けた人の流れが元に戻ってしまうと考えた。

本研究では、ビー玉を使ったモデル実験を行い検証した。人の動きは、意思により動きが変化するなど多くの変数に関わり大変複雑である。このため、まずは、物体の動きを単純化し、多数の動く物体が短時間に出口から出る条件を探した。具体的には、ビー玉と出口を狭くしたビー玉が流れるレールを使い、どこに壁を設置すると、ビー玉が早く出終わるか調べた。

## 2. 実験の方法

ビー玉(直径 12.5mm)を人間(肩幅の平均値 375mm)に見立てて実験を行った。ビー玉直径の縮尺は人間の肩幅の約1/30である。次に、図1左のように、前橋駅の出口付近の約1/30の模型(縦1500mm、横168mm、出口の幅61.7mm)を、プラスチック段ボールで制作した。ただし、縦の長さは、前橋駅よりも長い。この模型を、図1右のように、ビー玉が転がるように傾斜5度をつけた金属板の上に設置した。その後、ビー玉を出口から離れたところに板でせき止めておき、板を離してから、全てのビー玉が出口から出るまでの時間を計測した。出口の角度(図1A)、壁の設置の有無や出口から壁までの距離(図1B)、出口からビー玉までの距離(図1C)やビー玉の数、壁の長さなどの条件を表1のように変えて、【実験1】～【実験5】を行った。1つの条件につき30回ずつ計測した。また、ビー玉の流れる様子を観察した。その後、統計処理を行った。相関係数は、CORREL関数で求めた。

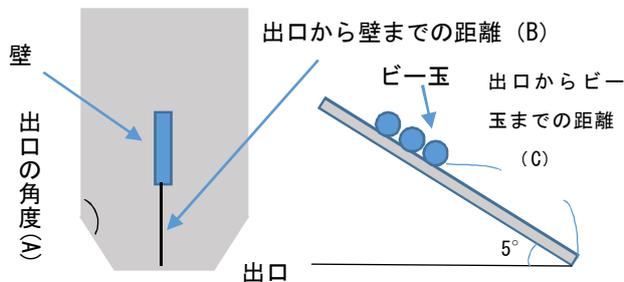


図1：実験の模式図

表1：実験1から実験5の各条件

『壁の設置 無』の欄の○は、壁を設置しないという条件でも実験したこと、×は実験しなかったことを示す。

	出口の角度 (図1A)	壁の設置		出口からビー玉までの距離(図1C)	壁の長さ	ビー玉の数
		無	有 出口から壁までの距離(図1B)			
実験1	135°	○	100mm~500mm	700mm	200mm	150個
実験2	165°	○	100mm~500mm	700mm	200mm	150個
実験3	165°	○	300mm	700mm	200mm	75個、300個
実験4	165°	○	100mm~800mm	1200mm	200mm	150個
実験5	165°	×	800mm	1200mm	100mm~50mm	150個

【実験1】 壁は効果があるのかを調べるために実験1を行った。

出口の角度(図1A) 135度、出口からビー玉までの距離(図1C) 700mm、壁の長さ: 200mm、ビー玉150個で、以下のように、壁の有無、壁と出口の距離(図1B)を変えて実験を行った。

(1) 壁を設置しない。

(2) 壁を設置する。(図1B) ①100mm ②200mm ③300mm④400mm ⑤500mm

【実験2】 ビー玉の動きをより人間に近づけても壁の効果はあるのかを調べるために実験2を行った。

出口の角度を135度にして、実験1を行った時、角で跳ねたりするビー玉がみられた。人は、このような動きはしない。このため、角で跳ねないように、出口の角度(A)を135度から165度にして、ビー玉の動きをより人の動きに近づけ、実験1と同様の実験を行った。

【実験3】 数が変化しても壁の効果はあるかを調べるため実験3を行った。

出口の角度(図1A) 165度、出口からビー玉までの距離壁の長さ(図1C) 700mm、壁の長さ: 200mm、ビー玉150個で、人に見立てたビー玉の数を増減させて、それぞれ壁のない場合と、出口から壁までの距離(B)を300mmとして壁を設置した場合とで実験を行った。

(1) ビー玉75個(基準150個の1/2) ①壁を設置しない ②壁を設置する

(2) ビー玉300個(2倍) ①壁を設置しない ②壁を設置する

【実験4】 ビー玉の設置位置がより遠くなくても壁の効果はあるのかを調べるために実験4を行った。

出口の角度(図1A) 165度、出口からビー玉の設置位置までの距離(図1C) 1200mmにして、壁の有無、壁と出口の距離(図1B)を以下のように変えて実験を行った。

(1) 壁を設置しない

(2) 壁を設置する(図1B) ①100mm ②200mm ③300mm ④400mm ⑤500mm ⑥600mm ⑦700mm ⑧800mm

【実験5】 短い壁でも効果はあるのかを調べるために、実験5を行った。

出口の角度(図1A) 165度、出口からビー玉の設置位置までの距離(図1C)を1200mmにして、壁の長さを以下のように変えて実験を行った。なお、出口から壁までの距離(図1B)は800mmと統一した。

(1) 壁を設置する ①長さ100mm(1/2)の壁 ②長さ50mm(1/4)の壁

### 3. 結果

【流れる様子の観察】 図2、3に壁が無いときと有るときの流れる様子の写真を示した。壁が無い時よりも、有る時の方がビー玉は壁にぶつかることで散乱し、出口付近のビー玉の密度が小さいことが分かる。



図2: 壁が無い時の流れる様子



図3: 壁が有る時の流れる様子

【実験1】 実験1の代表値と度数分布表を表2、3に示す。平均値は壁を出口から500mm離して設置した場合が一番小さくなった。壁なしの場合を除き、出口から壁までの距離(図1B)とすべてのビー玉が出口から出るのに掛かる時間との相関係数は-0.53となり、負の相関が認められた。

表 2 : 実験 1 の代表値 (単位:秒)

壁と出口の距離 (図 1B)	壁無し	100 mm	200 mm	300 mm	400 mm	500 mm
平均値	4.25	4.30	4.30	4.15	4.11	4.07
標準偏差	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.12

表 3 : 実験 1 の度数分布表 (縦軸:秒、横軸: 壁と出口の距離 (図 1B))

(秒)	壁なし	100	200	300	400	500
3.8~3.89	0	0	0	1	1	2
3.9~3.99	0	0	0	0	5	9
4.0~4.09	0	1	1	11	8	7
4.1~4.19	12	5	6	7	6	7
4.2~4.29	8	7	8	7	9	4
4.3~4.39	5	10	10	4	0	1
4.4~4.49	5	6	4	0	1	0
4.5~4.59	0	1	0	0	0	0
4.6~4.69	0	0	0	0	0	0
4.7~4.79	0	0	1	0	0	0

【実験 2】 実験 2 の代表値と度数分布表を表 4, 5 に示す。平均値は壁を出口から 300mm 離して設置した場合が一番小さく、300mm より離すと大きくなった。

表 4 : 実験 2 の代表値 (単位:秒)

壁と出口の距離 (図 1B)	壁無し	100 mm	200 mm	300 mm	400 mm	500 mm
平均値	3.32	3.26	3.15	3.09	3.31	3.49
標準偏差	0.09	0.12	0.16	0.15	0.11	0.14

表 5 : 実験 2 の度数分布表 (縦軸:秒、横軸: 壁と出口の距離 (図 1B))

(秒)	壁なし	100	200	300	400	500
2.8~2.89	0	0	1	1		
2.9~2.99	0	0	6	0	0	0
3.0~3.09	0	2	4	2	2	0
3.1~3.19	2	8	7	8	4	1
3.2~3.29	10	8	5	8	5	1
3.3~3.39	10	8	6	8	10	4
3.4~3.49	7	4	1	4	8	6
3.5~3.59	1	0	0	0	1	12
3.6~3.69	0	0	0	0	0	6

【実験 3】 実験 3 の代表値を表 6 に示す。75 個の場合は壁を設置しない方が平均値は小さくなったが、300 個の場合は壁を設置した方が平均値は小さくなった。

表 6 : 実験 3 の代表値 (単位:秒)

ビー玉の数	75 個		300 個	
壁の有無	なし	あり	なし	あり
平均値	2.38	2.49	4.95	4.67
標準偏差	0.09	0.12	0.12	0.11

【実験 4】 実験 4 の代表値と度数分布量を表 7, 8 に示す。ビー玉の設置位置をより遠くすると、平均値は、壁を出口から 800mm, 600mm 離して設置した場合が一番小さくなった。壁を設置した場合のほうが、壁がない場合よりデータの散らばりが大きい。壁なしの場合を除き、出口から壁までの距離 (図 1

B) とすべてのビー玉が出口から出るのに掛かる時間との相関係数は-0.41 となった。

表 7：実験 4 の代表値 単位:秒

壁と出口の距離 (図 1B)	壁無し	100 mm	200 mm	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	700 mm	800 mm
平均値	3.52	3.58	3.60	3.60	3.54	3.56	3.29	3.35	3.29
標準偏差	0.14	0.10	0.10	0.26	0.26	0.28	0.24	0.20	0.17

表 8：実験 4 の度数分布表 (縦軸:秒、横軸:壁と出口の距離 (図 1B))

(秒)	壁なし	100	200	300	400	500	600	700	800
2.9~3.09	0	0	0	0	0	0	2	0	1
3.0~3.09	0	0	0	2	1	2	5	4	2
3.1~3.19	0	0	0	1	1	2	7	3	5
3.2~3.29	0	0	0	1	3	0	4	8	13
3.3~3.39	7	0	0	2	6	4	2	4	3
3.4~3.49	8	6	3	1	6	5	4	4	3
3.5~3.59	6	10	13	6	2	4	2	3	0
3.6~3.69	5	12	8	9	1	4	3	3	2
3.7~3.79	3	1	4	2	3	3	0	0	1
3.8~3.89	1	1	2	2	3	1	0	1	0
3.9~3.99	0	0	0	2	2	0	0	0	0
4.0~4.09	0	0	0	1	2	5	1	0	0
4.1~4.19	0	0	0	1	0	0	0	0	0

【実験 5】 実験 5 の代表値を表 9 に示す。ただし、壁無しと壁の長さ 200mm の代表値は、実験 4 の数値である。平均値は 200mm の 1/4 の長さの壁でも、平均値は壁がない場合より値が小さくなった。ただし、壁の長さ 200mm の場合の値が一番小さい。壁なしの場合を除き、壁の長さとしてすべてのビー玉が出口から出るのに掛かる時間との相関係数は-0.39 となった。

表 9：実験 5 の代表値 (単位:秒)

壁の長さ	壁無し	200mm (1 倍)	100mm (1/2)	50mm (1/4)
平均値	3.52	3.29	3.38	3.47
標準偏差	0.14	0.17	0.19	0.15

【統計処理】 これまでの実験の統計処理を行った。一元配置の分散分析を使用。DEVSQ 関数、F. DIST. RT 関数を用いて計算を行った。帰無仮説を平均値に差は無いとして、水準間 (条件間) の平均値の平方/水準内 (同条件内) の平均の平方を検定統計量 (F 値) とする。この F 値をもとに、確率を求めた。その結果を表 10 に示す。

表 10：統計処理の結果

		統計処理に使用したデータ数	F 値	確率
実験 1		30 回 × 6 通りの条件 = 180	18.6	$1.79 \times 10^{-14}$
実験 2		30 回 × 6 通りの条件 = 180	33.1	$6.89 \times 10^{-23}$
実験 3	75 個	30 回 × 2 通りの条件 = 60	35.5	$1.81 \times 10^{-06}$
	300 個	30 回 × 2 通りの条件 = 60	84.9	$5.85 \times 10^{-13}$
実験 4		30 回 × 9 通りの条件 = 270	12.3	$6.88 \times 10^{-15}$
実験 5		30 回 × 4 通りの条件 = 120	11.7	$8.98 \times 10^{-07}$

## 5. 考察

表 10 から分かるとおり、確率は、0.05 以下であるため、帰無仮説は棄却された。つまり、測定値に差はある。それぞれの実験ごとに、ビー玉が出口から出る時間は、壁の有無やその他の条件によ

り違いがあるといえる。このため、各実験の平均値に基づいて、考察していく。

#### ①壁は効果があるか。

すべての実験において、壁がない時より壁を設置した方が平均値（秒）は小さくなった。このため、壁はビー玉が出口から早く出るのに効果があるといえる。

なぜ、壁を設置すると効果が生まれるのか。これは、ビー玉の流れの観察（図2、3）から、ビー玉が壁にぶつかる事で、速度に差が付き、一度に出口付近に集まるビー玉の数が減るため、早く出られるのではないかと考えられる。

#### ②壁はどこに設置すると最も効果があるか。

壁を設置する場合、出口から壁までの距離（図1B）により、平均値（秒）が異なる。最も平均値（秒）が小さくなる出口から壁までの距離（図1B）の最適値は、実験1と実験2の比較から、出口の角度（図1A）により異なることが分かった。また、出口の角度（図1A）が135度より165度の時の方が、どの条件の場合でも平均値（秒）が小さくなっている。このことから、出口直前でレールの幅が狭くなるよりも、徐々にレールの幅が狭くなる方が、一度に出口付近に集まるビー玉の数が減るため、ビー玉が出終わるまでの時間は短いと考えられる。

次に、実験1、実験4では、相関係数から壁を上流（ビー玉の出発点側）に設置するほど効果があることが分かる。しかし、実験2の結果（表5）はそれを否定している。しかし、どの場合でも出口からビー玉までの距離（図1C）の半分より、上流（ビー玉の出発点側）に壁を設置した方が、測定値（秒）は小さくなった。私たちは、実験前に、壁を設置する位置が出口から遠いと壁で分けた流れが元に戻ってしまい早く出られないと考えたが、今回の実験の範囲からは、ある程度出口から壁までの距離（図1B）が大きい方が早く出られることが分かった。

#### ③物体の数が少ない時にも壁は効果があるか。

実験3の結果から、ビー玉が多い時だけ、壁の効果があることが分かった。数が少ない場合には、一度に出口に集まるビー玉数が少ない。壁を設置すると、ビー玉が散乱するため、すべてのビー玉が出終わる時間が長くなるといえる。

#### ④壁は短くても効果をもたらすか。

実験5の結果から、壁を設置するとき、その壁は短くても効果があると考えられる。ただし、相関係数から、壁が長い方が、効果があるといえる。

## 6. 結論

ビー玉の数が多きときには壁を設置すると、すべてのビー玉が出口から出終わるまでの時間は短くなる。壁は、ビー玉が流れる距離の半分以上上流に設置するとよい。壁自体の長さは短くても効果がある。また、出口に近づくにつれて、徐々にレールの幅が狭くなる方が、ビー玉は速く出終わる。

速度が意思により変化する人と加速度運動をするビー玉では動き方が異なるが、人にも壁の効果がある可能性が示唆された。

## 7. 展望

本研究は、大勢の人が一秒でも早く避難する方法や、多くの原料を管を通して効率的に供給する方法を改善するのに役立つことが期待できる。

今後は、出口の角度、壁の設置位置、壁の長さの最適値を見つけたい。また、壁があった方がビー玉が早く出終わる理由について、壁を設置した場合としない場合のビー玉の動きの違いを調べ、深く解明したい。最終的には人に応用できるか検証していきたい。

## 8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、群馬大学理工学府理工学基盤部門 教授 高橋 学先生、群馬大学大学院理工学府分子科学部門 教授 大澤 研二先生にご助言をいただきました。有り難うございました。

## 9. 参考文献

- ・西成活裕 とんでもなく役に立つ数学 角川ソフィア文庫
- ・大村 平 (2013) 改訂版 実験計画と分散分析の話 日科技連出版社



# 消しゴムの質量変化

伊原 和歌子

## 1. 研究を始めた動機

先輩方が鉛筆の濃さ(2H, B, 4B)による消しゴムの質量変化を調べる実験(2014年)を行っていた。その結果はどの濃さにおいても消しゴムと消しゴムのカス(以下:「消しカス」とする)を合わせた質量が減少していた。私はこの結果に驚くと同時に、興味を持った。そこで本当に質量は減少するのか、また、減少の原因は一体何なのかを調べるために実験を始めた。

## 2. 仮説

私は、消しカスに黒鉛が含まれるため、使用前の質量よりも使用後の消しゴムと消しカスを合わせた質量は増加すると予想した。

## 3. 実験方法と結果

### (1)実験 I

まず、先輩方の実験が本当に正しいかどうかを検証するために、4種類の鉛筆を用いて実験を行った。

実験はすべてトンボの鉛筆、MONO 消しゴムを用い、紙は 10cm×10cm に切った厚紙で統一した。質量は 0.1mg まで計量できる分析用てんびんで計量した。

#### ・方法

①4種類の濃さの鉛筆(2H, HB, 2B, 4B)で紙の端を 5mm 程度残して、まんべんなく塗る。



図1 黒鉛を塗った紙の様子

②塗った後の紙+使用前の消しゴムの質量を量る。

③②で量った紙を消しゴムで消す。

④紙が白くなったら、消した後の紙+使用後の消しゴム+消しカスの質量を量る。



図2 紙、消しゴム、消しカスの質量計測

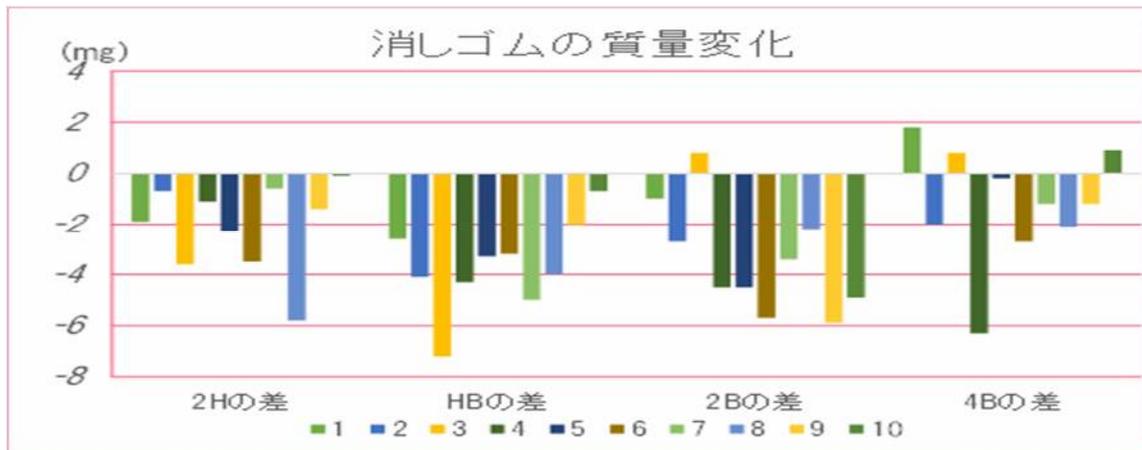
⑤②の質量=A、④の質量=Bとおき、 $B - A$ で使用前後の質量の変化を求める。

これを各濃さ 10 回ずつ行った。

黒鉛を紙に塗る際の強さや消しゴムで消す際の力の入れ方を統一しようと試みたが、人の手で行うのは難しかったので紙に黒鉛を塗った人間が消しゴムで消すとルールを決めることにした。

また私の仮説が正しいければ、⑤の値は正の値になる。

・結果



グラフ1 10回の結果(上向きのグラフは質量の増加を表し、下向きのグラフは質量の減少を表している)

実験の結果から質量の増減の平均を各濃度で求めると、2H：-2.1mg、HB：-3.6mg、2B：-3.6mg、4B：-1.2mg という結果になった。

(2)実験Ⅱ

次に、実験Ⅰの結果が黒鉛の有無によるものなのかを確かめるため、実験Ⅱでは鉛筆は用いずに実験をした。

また、消しカスがこぼれてしまったり、紙に手の皮脂がついたりして正確な結果が得られないのではないか、という指摘をいただいたので、実験Ⅱからは静電気の起こらないビニール袋の中で、ゴム手袋を着用して実験を進めた。

・方法

- ①紙と消しゴムの質量を量る。
- ②紙を消しゴムで15秒間擦る。
- ③擦った紙+使用後の消しゴム+消しカスの質量を量る。



図3 実験Ⅱの質量測定の様子

④実験Ⅰ同様、①の質量=A、③の質量=Bとおき、 $B-A$  で変化を求める。これを10回行った。

・結果

紙+消しゴム (g)	紙+消しゴム+消しカス(g)	差(mg)
14.9871	14.9869	-0.2
14.9318	14.9314	-0.4
14.9115	14.9110	-0.5
14.9387	14.9379	-0.8
14.8807	14.8800	-0.7
14.8717	14.8711	-0.6
14.8132	14.8109	-2.3
14.7713	14.7702	-1.1
14.7419	14.7404	-1.5
14.6560	14.6551	-0.9
	平均	-0.9

表1 実験Ⅱの10回の測定の結果

10回の増減の平均を求めると、 $-0.9\text{mg}$  という結果になった。

### (3)実験Ⅲ

ここで、私は揮発成分が質量の減少に関わっているのではないかという仮説を立てた。このことを確かめるために実験Ⅲを行った。そこで、まず、この実験で使用する恒温器の温度設定を行うために次の予備実験を行った。

#### ・方法

消した後の消しゴムの表面温度を調べるために、紙を消しゴムで15秒間擦り、その後サーモカメラで温度を測定した。10回繰り返し、温度の平均を求めた。

#### ・結果

表面温度の平均は $45^{\circ}\text{C}$ ということになった。

⇒この結果をもとに培養器は $25^{\circ}\text{C}$ と $45^{\circ}\text{C}$ に設定した。

$25^{\circ}\text{C}$ は室温を想定した。

#### ・方法

①ラップを巻く消しゴム、巻かない消しゴムの2種類を3個ずつシャーレの中に入れる。



図4 ラップを巻いた消しゴムの様子

※図4のようにラップはシャーレではなく、消しゴムに直接巻いた。

②①の質量を量る。

③ $25^{\circ}\text{C}$ と $45^{\circ}\text{C}$ の恒温器の中に3個ずつ消しゴムを入れ、放置する。

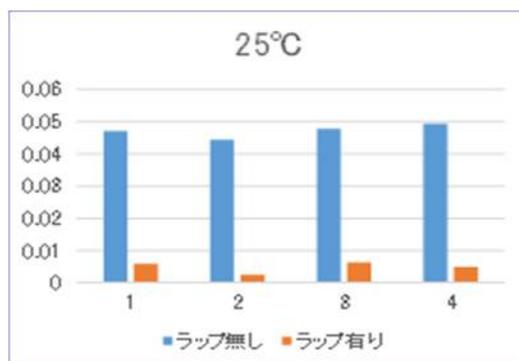


図5 培養器に消しゴムを入れた様子

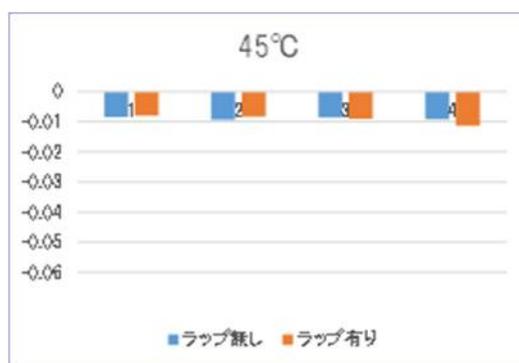
④毎日、放課後に③の質量を量り、1週間記録をとる。

⑤②の質量=A、④の質量=Bとおき、 $B - A$ で質量の変化を求める。

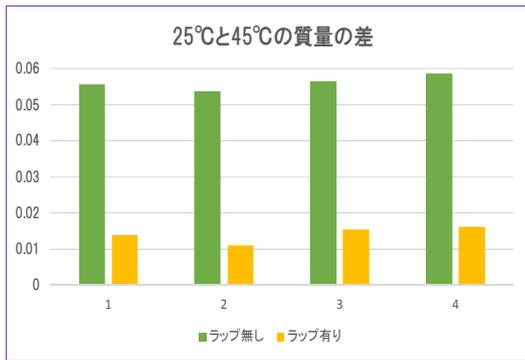
#### ・結果



グラフ2  $25^{\circ}\text{C}$ の培養器に入れた結果



グラフ3  $45^{\circ}\text{C}$ の培養器に入れた結果



グラフ4 25°Cと45°Cの質量の差

#### 4. 考察

実験Ⅰから、どの濃さにおいても質量は減少していることから消しゴムは消しカスになると質量が減少するとわかった。

消しゴムについて Tombow や三菱ケミカル、株式会社ジェイ・プラスのホームページで詳しく調べていったところ次のことがわかった。

##### MONO 消しゴム

塩化ビニール樹脂＋可塑剤＋粒子の細かい研磨剤 でできている。

※可塑剤…塩化ビニール樹脂を中心としたプラスチックを軟らかくするために用いる。

そのほとんどが酸＋アルコール(＝エステル)である。

##### MONO 消しゴムのフタル酸エステル

→フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)  $C_{24}H_{38}O_4$

～特徴～

- ・水に溶けにくく、常温で無色の気体
- ・合成樹脂を軟らかくする性質をもつ

実験Ⅱから、黒鉛を用いなくても質量は減少しているため、実験Ⅰの結果は黒鉛の有無によるものではなく、減少に黒鉛が関係していないことが証明された。

実験Ⅲのグラフ2では塵がシャーレの中に入ったためラップなしの質量が増加したと考えられる。グラフ3では、25°Cと同じ条件で実験を行ったため、25°Cで増加した分も45°Cで揮発し、質量が減少したと考えられる。グラフ4から、ラップの有無で約4倍の差が見られるため、揮発したと考えられる。

#### 5. 結論

実験の結果と調べ学習の結果から、消しゴムは消しカスになると質量が減少するということがわかった。

また、Tombow の会社に問い合わせたところ、可塑剤のフタル酸ビスはほとんど揮発しないという返答をいただいたことから質量の減少はわずかに起こった揮発による減少だと考えられる。

#### 6. 展望

ラップで消しゴムを包んだが、完全に水分や空気が遮断されているわけではなく、減少の原因が空気なのか、水分なのかまでははっきりと明らかにはできていない。また、今回は MONO 消しゴムで統一したが、他社の製品や、プラスチック消しゴムではなく、デッサンの際に用いられている砂消しゴムなどのもとの成分が異なった消しゴムでも減少は見られるのかを確認できればいいと思う。

# 女子高校生に対するインフルエンザワクチンの有効性

群馬県立前橋女子高等学校 宮崎なな美 矢島杏純

【概要】私たちは、インフルエンザワクチンを接種すると、インフルエンザの発症・重症化を防げるのか疑問に思い、女子高校生に対するワクチンの有効性を調べようと考えた。そこで前橋女子高校の生徒を対象にアンケート調査を行い、結果を分析し検証した。検証の結果、2015/16、2016/17シーズンともに、インフルエンザ発症者の割合は、ワクチン非接種者より接種者のほうが高かった。インフルエンザの発症予防に対して、ワクチンに効果があるとは言い切れないということになる。また、2016/17シーズンはワクチン非接種者より接種者のほうが、症状が僅かに軽かったが有意差はなかった。インフルエンザの重症化予防に対するワクチンの効果をより明確に示せるよう、アンケートの調査項目や分析方法を見直したい。

## 1. 序論

H27年度の2月、筆者の1人が、ワクチンを接種していたにも関わらずインフルエンザに罹患してしまった。私達の周囲には、ワクチンを接種するとむしろインフルエンザを発症しやすくなるとか、ワクチンの効果は信用できないから接種しないようにしている、などと言う人も多い。本来、ワクチンはインフルエンザウイルスの流行株を予測して作成されているので、一定の効果をもつはずだが、その効果を実感できない人は多いようだ。そこで、ワクチン接種の効果を示せることを期待して、女子高校生に対するインフルエンザワクチンの有効性を調べようと考えた。

## 2. 研究手法

H28～29年度の前橋女子高校の生徒を対象に、前年度のワクチン接種とインフルエンザ発症に関する無記名のアンケートを行なった。アンケートの項目は以下の通りである。アンケートで得たデータを、国内や群馬県内のインフルエンザ流行状況なども参考に分析した。

### \*2015/16 シーズン

- ・秋から冬にワクチンを接種したか
- ・ワクチンの接種回数、時期
- ・秋から春にインフルエンザを発症したか
- ・インフルエンザの発症回数、時期、型、症状（発熱、頭痛、全身倦怠感など）、入院したか

- ・風邪症状（インフルエンザの症状と同じ項目）、アレルギー性疾患（喘息、花粉症など）、交通手段、予防行動（手洗いうがい、マスク、アルコール消毒など）

H28年度の結果から、H29年度は項目を限定することにした。

### \*2016/17 シーズン

- ・秋から冬にワクチンを接種したか
- ・ワクチンの接種回数、時期、過去3年間の接種歴
- ・秋から春にインフルエンザに発症したか
- ・インフルエンザの発症回数、時期、型、最高体温、発熱日数
- ・予防行動（うがいに限定）

## 3. 結果

### (1) インフルエンザ流行状況

#### \*2015/16 シーズン（国内）

- ・流行時期：1～3月（ピークは2月中旬）
- ・入院患者数、脳症患者数：例年通り
- ・ワクチン株と実際の流行株はほぼ一致していた

#### \*2016/17 シーズン

##### ◎国内

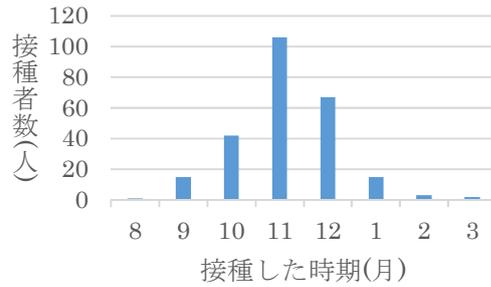
- ・流行時期：11～4月（ピークは1月下旬～2月上旬）
- ・入院患者数、脳症患者数：例年通り
- ・ワクチン株と実際の流行株は一部乖離していた

◎県内

- ・流行時期は国内と同様で、ピークは1月下旬
- ・流行株も国内と一致

(2) アンケート調査結果

回収率は、2015/16 シーズンは 49.6%、  
2016/17 シーズンは 55.9%だった。



① ワクチン接種

\*2015/16 シーズン

	人数 (人)	割合 (%)
接種者	216	45
非接種者	264	55

\*2016/17 シーズン

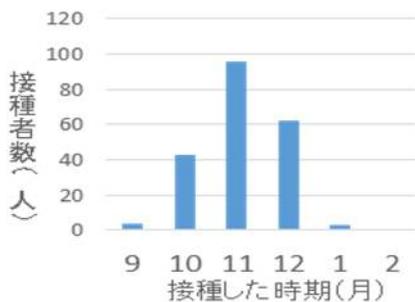
	人数 (人)	割合 (%)
接種者	267	50
非接種者	266	50

接種履歴	人数(人)
3年以上連続して接種している	155
3年以上連続して接種していない	109
不明	3

② ワクチン接種回数・時期・接種履歴

\*2015/16 シーズン

回数	人数 (人)
1回	163
2回	42
不明	11



\*2016/17 シーズン

回数	人数 (人)
1回	212
2回	53
不明	2

③ インフルエンザ発症

\*2015/16 シーズン

	人数 (人)	割合 (%)
発症した	22	4
発症しなかった	441	92
不明	18	4

\*2016/17 シーズン

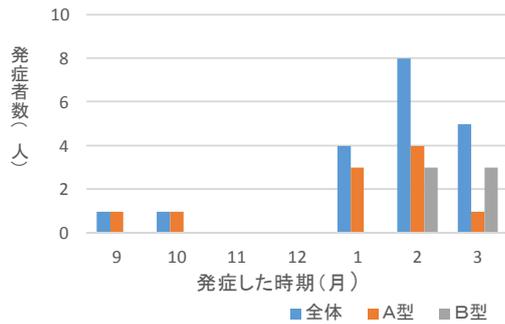
	人数 (人)	割合 (%)
発症した	48	9
発症しなかった	468	87
不明	20	4

④ インフルエンザ発症回数・型・時期・症状等

\*2015/16 シーズン

- ・回数：全員1回
- ・入院者なし

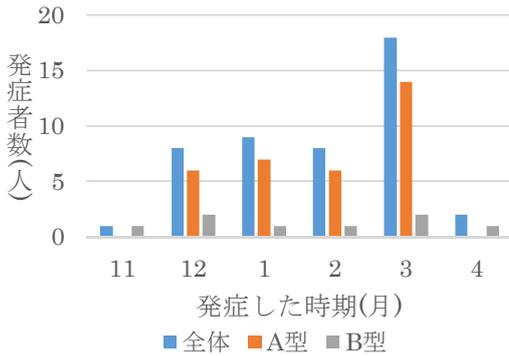
型	人数 (人)
A型	10
B型	6
不明	6



**\*2016/17 シーズン**

- ・回数：1人だけ2回 他は全員1回
- ・入院者なし

型	人数(人)
A型	34
B型	8
不明	6



最高体温	人数(人)
37.0℃未満	0
37.0～38.0℃	7
38.0℃以上	40
不明	1

発熱日数	人数(人)
3日未満	29
3日以上	17
不明	2

**4. 考察**

**\*2015/16 シーズン**

- ・ワクチン接種者の割合は45%だった。一般成人

の接種率は約30%なので、本校生徒のワクチン接種率は比較的高いと言える。

- ・国内のインフルエンザ流行は例年通りで、ワクチン株と流行株は一致していたので、ワクチンは効果が期待できる
- ・ワクチンの有効時期は、接種してから2週間～5ヶ月後までである。本校生徒のワクチン接種時期と国内のインフルエンザ流行時期を比較して、2015/16シーズンは接種者全員にワクチンの有効性が期待できると考える。
- ・インフルエンザ発症者の割合を、ワクチン接種の有無で比較すると、以下のようになる。なお、以降の分析ではいずれも、不明の項目の割合は出していない。

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種者	216	11	5.1
非接種者	264	9	3.4

ワクチン接種者のほうがインフルエンザ発症者の割合が高かった。

- ・次に、ワクチンの接種回数別に比較した。

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
1回	163	5	3.1
2回	42	6	14

以上より、ワクチン接種回数が多いほどインフルエンザを発症しにくいとは言えないことが分かる。

- ・次に、発症した型別に比較した。

◎A型

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種者	216	6	2.8
非接種者	264	2	0.76

ワクチン接種者のほうが発症の割合が高い。

◎B型

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種者	216	2	0.93
非接種者	264	4	1.5

ワクチン接種者のほうが発症の割合が低かったが、有意差とは言えない。以上のことから、インフルエンザの発症を防ぐことに対して、ワク

チンに有効性があるとは言い切れない。

- ・インフルエンザの発症者が少なかったため、重症化を予防する効果を調べることはできなかった。

＊2016/17 シーズン

- ・ワクチン接種者の割合は50%だった。前シーズンと同様、前橋女子高校の生徒のワクチン接種率は比較的高い。
- ・国内、県内のインフルエンザの流行規模は例年通りだったが、A型ウイルスの一部がワクチン株と乖離していた。よって、ワクチンは前シーズンほど効果が期待できない
- ・前シーズンと同様、本校生徒のワクチン接種時期と国内、県内の流行時期を比較すると、2016/17 シーズンも接種者ほぼ全員にワクチンの有効性が期待できる
- ・インフルエンザ発症者の割合を、ワクチン接種の有無で比較する。

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種者	267	28	10
非接種者	266	20	7.5

ワクチン接種者のほうがインフルエンザ発症者の割合が高かった。

- ・ワクチンの接種回数別の比較は以下の通り。

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
1回	212	23	11
2回	53	5	9.4

僅かに差があるものの、ワクチン接種回数が多いほどインフルエンザを発症しにくいとは言い切れない。

- ・発症した型別の比較は以下の通り。

◎A型

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種者	267	20	7.5
非接種者	266	14	5.3

ワクチン接種者のほうが発症の割合が高い。

◎B型

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種者	267	4	1.5
非接種者	266	4	1.5

前シーズンと同様、ワクチン接種者のほうが発症の割合が低いとは言えない。

- ・接種履歴別の比較は以下の通り。3年以上連続で接種していることを接種履歴ありとする。

	全体(人)	発症者(人)	割合(%)
接種履歴あり	155	18	18
接種履歴なし	109	10	9.2

接種履歴があるほうが、発症者の割合が高い。以上より、インフルエンザの発症を防ぐことに対して、ワクチンに有効性があるとは言い切れない。

- ・前シーズンに対してインフルエンザ発症者が増加したことと、症状に関する項目を限定していたことから、重症化を予防する効果を調べた。
- ・最高体温

	発症者(人)	37.0℃未満(人)	37.0℃～38.0℃(人)	38.0℃以上(人)
		[割合(%)]	[割合(%)]	[割合(%)]
接種者	28	0 [0]	4 [14]	23 [82]
非接種者	20	0 [0]	3 [15]	17 [85]

- ・発熱日数

	発症者(人)	3日未満(人)	3日以上(人)
		[割合(%)]	[割合(%)]
接種者	28	18 [64]	9 [32]
非接種者	20	11 [55]	8 [40]

以上の表より、ワクチン非接種者より接種者のほうが、症状が僅かに軽い、有意差はない。よって、ワクチンにインフルエンザの重症化を予防する効果がある、とも言い切れない。

5. 結論・展望

今回の検証では、ワクチンの有効性を示すことができなかった。その原因としては、アンケートの回収率が低く、データの量が十分でなか

ったこと、もともと女子高校生はインフルエンザを発症しにくい年齢層にあり、ワクチンの効果が表れているのかどうか分かりにくいことなどが挙げられる。

しかしながら、検証で行ったインフルエンザ発症者の割合の比較などでは、全て有意差がないことが分かっていて、決してワクチンに有効性がなかったり、不利益であったりすることを示すものではない。

また、ワクチンにはインフルエンザの発症よりむしろ重症化を予防する面で大きな効果が期待されているという。2016/17シーズンのインフルエンザの重症化についての考察に着目すると、有意な差はないが、ワクチン非接種者よりも接種者の方が、症状が軽くなる傾向がみられる。今後、アンケートの調査項目や分析方法を改善して、有効なデータをより多く集められれば、ワクチンの有効性、特にインフルエンザの重症化を予防する効果は確かにある、と言えるようになる可能性は十分にあるだろう、と考えている。

## 7. 引用文献・参考文献

- ・国立感染症研究所 今冬のインフルエンザについて（2015/16シーズン, 2016/17シーズン）
- ・延原弘章ほか わが国におけるインフルエンザワクチン接種率の推計 日本公衛誌 2014 61(7):354-359
- ・群馬県衛生環境研究所 感染症情報 インフルエンザ
- ・厚生労働省 インフルエンザ Q&A



# チョークの上手な再利用方法

群馬県立前橋女子高等学校 宮崎なな美

【概要】学校では小さくなったチョークが大量に捨てられている。そこで、チョークの新しい使い道を見つけて破棄されるチョークの量を減らしたいと考えた。チョークの性質を考慮して①チョークはクレヨンに再利用できる、②チョークは乾燥剤に再利用できるという2つの仮説を立て、それぞれ実験を行って検証した。検証の結果、①チョークとロウ、油を混ぜるとクレヨンに似た固体になり、クレヨンとして利用できる、②チョークに塩酸を加えると塩化カルシウムが生成し、乾燥剤として利用できるということが分かった。このようにチョークを再利用できれば、破棄されるチョークの量が減るだけでなく、身近な場面での利用も期待できる。

## I. チョークをクレヨンに再利用する

### 1. はじめに

クレヨンは着色用の顔料とロウを混ぜ合わせて固めたものである。また、チョークを砕いて固めると再び固体になる。そこで、チョークには多くの種類の色があるので、チョークを顔料としてロウに混ぜ合わせて固めると、身近な材料から作れるクレヨンになるのではないかと考えた。

### 2. 研究方法

#### (0) 予備実験

クレヨンを作る際のチョークとロウの適切な質量が分からなかったため、試しに多めのロウを砕いたチョークと混ぜ合わせて固めてみた。

#### (1) 実験 1

チョークを原料にクレヨンを作ることを目的として以下の実験を行った。なお、実験の精度を上げるために、本研究における実験では新品のチョークを使用している。

- ① チョークを細かく砕く
- ② ロウ(5.0g)を溶かして細かく砕いたチョークと混ぜ合わせて(写真1)、型に流し込んで固める  
ここでできる固体を「クレヨン」と考える
- ③ ①②で、チョークの質量を5.0~10.0gと変えてそれぞれクレヨンを作る

写真 1



#### (2) 実験 2

チョークから、より本物のクレヨンに近い質のものを作ることを目的として以下の実験を行った。

- ① チョーク：ロウ=7.0g：5.0gに統一して実験1と同様にクレヨンを作る
- ② ①でチョークとロウを混ぜ合わせる時、クレヨンの粉っぽさを軽減して手触りをよくするために、身近な材料であるサラダ油を1.0~5.0gと変えながら加えて、それぞれクレヨンを作る

## 3. 結果・考察

#### (0) 予備実験結果

ロウが多すぎて、できた固体がキャンドルのようなになった。よって、ロウを少なめにした方がクレヨンに似た固体を作れると考えた。

#### (1) 結果 1

クレヨンに似た固体を作ることに成功した。ここで、加えるチョークの質量の違いによって、クレヨンの質を比較した。本校の美術部員にクレヨンの書き心地、発色のよさ、粉っぽいかを、クレヨンの作成者に形成のしやすさを、ク

レヨンの中で相対的に比較してもらったのが以下の表1である。

表1 チョークの質量によるクレヨンの質の違い

チョークの質量	5.0g	7.0g	10.0g
書き心地	△	○	×
発色	×	△	○
粉っぽさの有無	○	○	×
形成のしやすさ	○	○	×

表1より、チョーク：ロウ=7：5のクレヨンが最も上質であると判断した。

## (2) 結果 2

加えるサラダ油の質量によって、(1)と同様にクレヨンの質を比較した。サラダ油を加えることで粉っぽさがなくなり、代わりに折れやすいものも出てきたので、作成者に折れやすさを比較してもらった。その結果を表2に示す。

表2 油の質量によるクレヨンの質の違い

油の質量	1.0g	2.0g	3.0g	4.0g	5.0g
書き心地	×	○	○	○	×
発色	×	○	○	○	○
形成のしやすさ	×	×	○	○	○
折れにくさ	○	○	○	×	×

表2より、チョーク：ロウ：油=7：5：3の時間が、最もクレヨンに近い書き心地で、形成しやすいと分かった。

よってチョークはロウ、サラダ油と混ぜるとクレヨンとして再利用できると考えられる。

## 4. 結論

今回、チョークはクレヨンとして再利用可能なことが分かった。実用化する時の課題として、加熱時に異臭がすること、形成が難しいこと、コストなどが挙げられる。今後それらの課題を解決できれば、チョークからクレヨンを作ることによって、チョークの破棄量を減らすことに加えて、絵を描く子供などにとって役に立つものを作ることができるので、身近な場面での有効活用が期待できる。

## II. チョークを乾燥剤に再利用する

### 1. はじめに

チョークの主成分は炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$  である。 $\text{CaCO}_3$  の利用法を探したとき、石灰など既に広く利用されているものや、新たに考えても現実的でなくて検証できないものが多かった。そこで、 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$  という反応を見つけた。この反応で生成する塩化カルシウム  $\text{CaCl}_2$  は乾燥剤として利用されている。そこで、チョークに塩酸を加えて塩化カルシウムを生成すると、それは乾燥剤になるのではないかと考えた。

### 2. 研究方法

チョークから乾燥剤を作ることを目的として以下の実験を行った。チョークの質量と塩酸の濃度は固定して、生成物の質量も考慮した上で、適切な塩酸の体積を決めた。

- ① チョーク 5.0g に 6.0mol/L の塩酸を 17mL 加えて塩化カルシウム水溶液を作る(写真2)
- ② ①の水溶液を加熱して水を蒸発し、塩化カルシウムの固体を取り出す(写真3)
- ③ 塩化カルシウムを入れたデシケーターA、入れないデシケーターBを用意する
- ④ A、B内の湿度の変化の様子を一定時間おきに観察する(写真4)

写真2



写真3



#### 写真 4

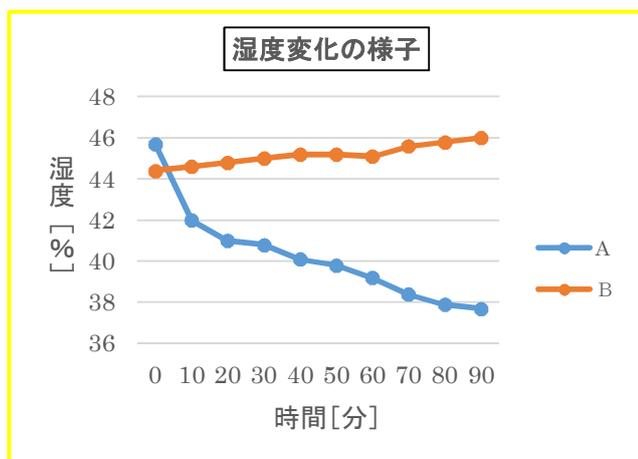
A: 右

B: 左



### 3. 結果・考察

実験結果を表しているのが以下のグラフである。



グラフより、塩化カルシウムを入れたデシケーターAのみ湿度が大きく減少したことが分かる。

よって、チョーク ( $\text{CaCO}_3$ ) に塩酸 ( $\text{HCl}$ ) を加えると塩化カルシウム ( $\text{CaCl}_2$ ) の固体が生成し、 $\text{CaCl}_2$  は乾燥剤として再利用できると考えられる。

### 4. 結論

今回、チョークは乾燥剤として再利用可能なことが分かった。加熱時に異臭がしたり、化学反応式の係数から必要なチョークや塩酸の質量を求めるとが大変だったりするが、もし実用化できれば、靴箱や室内などにおいて除湿に役立てることが期待できる。

### 5. 参考文献

ニューステージ新化学図表 浜島書店

### 6. 謝辞

研究全般で、前橋女子高校の生徒の新井愛菜さん、小田原優花さん、平松優花さんにご協力いただきました。ありがとうございました。



# 綱引きの必勝法 前橋女子高校 岩崎 桃子

## 要旨

綱引きの必勝法を見つけるために、姿勢、引く方向、体重、足元の摩擦係数の大きさを変えて実験を行った。その結果、綱引きは引っ張る力の大きさに関係なく、摩擦の大きさによって勝敗が決まるので、ルール範囲内で体の重さを重くし、足元の摩擦係数を大きくするとよいことがわかった。

## 〔序論〕

### 研究背景

みなさんは、綱引きをするときに具体的な対策を練って挑戦したことはあるだろうか。私は高校の体育祭の綱引きのとき、クラス全員で綱の引き方を工夫したり、引くときの体勢を意識したりしたところ、全勝することができた。しかし、勝因は、私たちの考えた作戦が正しかったためなのか疑問に思い、綱引きの必勝法に興味を持った。

### 研究目的

綱引きの必勝法を解明する。

### 研究意義

綱引きはほとんどの運動会や体育祭で行われ、主要な種目のうちの1つだ。だから、今まで深く考えず綱引きを行っていた人たちに、この研究を通してわかった綱引きの必勝法を知ってもらい、役立ててほしい。

### 仮説と根拠

仮説Ⅰ 体を後ろに反らして姿勢を低くすると、腕の力で引くよりも広範囲・多種類の筋肉を使うことができる。

仮説Ⅱ 綱と同じ向きに一直線に引くと、全員の引く力の合力が大きくなる。

仮説Ⅲ 体重を重くすると、相手が引きづらくなる。

仮説Ⅳ 足元の摩擦係数を大きくすると、摩擦が

大きくなり、相手が引きづらくなる。

## 〔本論〕

### 実験①

#### 目的

仮説Ⅰが正しいのか明らかにする。

#### 研究方法

下の写真のように、綱の一端を車のタイヤに縛りつけ、他端を2人でまっすぐ立った状態と、体を後ろに反らせ姿勢を低くした状態でそれぞれ5回ずつ引っ張り、タイヤが一定の距離動くまでの時間を測定する。



## 結果

	まっすぐ立った状態 (秒)	体を後ろに反らせ姿勢を低くした状態 (秒)
1回目	8.70	2.72
2回目	9.99	2.50
3回目	9.35	2.61
4回目	13.68	5.12
5回目	11.32	4.95
平均	10.61	3.58

## 考察

2グループとも体を後ろに反らせ姿勢を低くした状態で綱を引く方が、まっすぐ立った状態で引くよりも、かかる時間は短く、より強い力で引けることがわかった。これは、まっすぐ立った状態で引くと腕の力だけしか使われないのに対し、体を反らせ姿勢を低くすると、体の重心が後ろに集中し、自分の全体重を使って綱を引くことができるからだと考えた。よって、仮説Ⅰは正しく、綱引きのときは体を後ろに反らせ低い姿勢で行うのがよい。

## 実験②

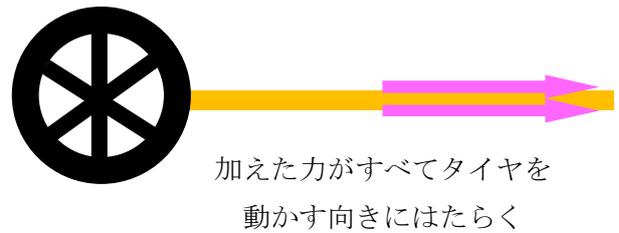
### 目的

仮説Ⅱが正しいのか明らかにする。

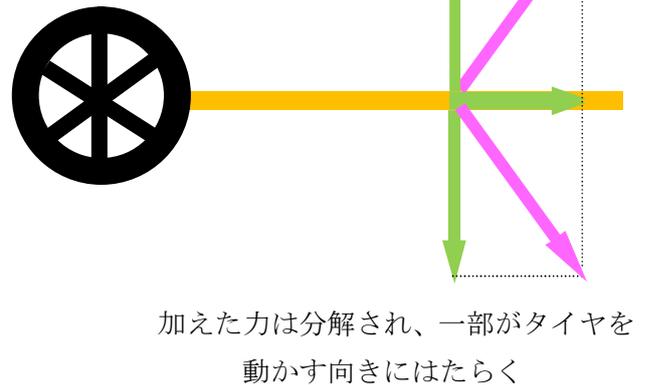
### 検証

2人が綱と同じ方向に引っ張るとすべての力がタイヤが動く方向にはたらくのに対し、バラバラの方向に引っ張ると力がタイヤが動く方向と、タイヤが動く方向と垂直の向きに分解されてしまう。(下図) よって、仮説Ⅱは正しい。

2人で綱と同じ方向に引っ張るとき  
(上から見た図)



2人でバラバラな方向に引っ張るとき  
(上から見た図)



→ 人が加えた力      → 分解された力

このことを確かめるために、次の実験を行った。

## 研究方法

仮説Ⅰの実験と同じように車のタイヤと綱を準備し、それを2人で引く。下の写真のように、なるべく2人が綱と同じ方向に引っ張ると、2人がバラバラの方向に引っ張る2種類の引き方でタイヤを5回ずつ引っ張り、タイヤが5メートル動くまでの時間を測定する。





### 結果

	同じ方向に引く (秒)	バラバラに引く (秒)
1回目	4.94	5.15
2回目	4.26	5.28
3回目	4.62	5.31
4回目	4.25	5.34
5回目	4.19	4.85
平均	4.45	5.19

### 考察

2人が綱と同じ方向に引っ張る方が、2人がバラバラの方向に引っ張るより、かかる時間は短く、より強い力で引けることがわかった。よって、前に述べたように、仮説Ⅱは正しく、綱引きのときはなるべく全員でバラバラな方向にならないように綱と同じ方向に引っ張るのがよい。

### 実験③

#### 目的

仮説Ⅲが正しいのか明らかにする。

#### 研究方法

写真のように、2人対1人で綱を持ち、引っ張り合う。1人の方は、何も持たない状態と、1kgのおもりをポケットに入れた状態と、2kgのおもりをポケットに入れた状態の3種類で行い、一定の距離を引っ張られるまで耐えられた時間を5回ずつ計測する。

### 結果

	0kg(秒)	1kg(秒)	2kg(秒)
1回目	3.35	3.34	4.06
2回目	1.85	2.59	3.62
3回目	2.12	2.46	4.50
4回目	1.50	1.84	2.31
5回目	3.44	3.60	4.56
平均	2.45	2.77	3.81

### 考察

おもりをポケットに入れ、体を重くした状態の方が、何も持たない状態で引っ張り合うより耐えられる時間が長いことがわかった。また、おもりの重さが重ければ重いほど耐えられる時間は長くなった。これは、体の重さが重くなれば摩擦力も大きくなるため、足が滑りにくくなるからだと考えた。よって仮説Ⅲは正しい。実際の綱引きでは、綱引きの前に飲み物を飲んだり、上着を着たりすることによって、体重を重くすることが可能だと思う。

### 実験④

#### 目的

仮説Ⅳが正しいのか明らかにする。

#### 研究方法

仮説Ⅲと同じように、2人対1人で綱を持ち、引っ張り合う。1人の方は摩擦係数の低い順に靴下、上履き、体育館シューズの3種類で行い、一

定の距離を引っ張られるまで耐えられた時間を5回ずつ計測する。



靴下                      上履き                      体育館シューズ

## 結果

	靴下 (秒)	上履き (秒)	体育館シューズ (秒)
1回目	1.83	3.13	4.65
2回目	1.80	2.73	4.23
3回目	1.81	2.54	3.79
4回目	1.50	3.33	5.34
5回目	2.31	3.85	4.98
平均	1.85	3.12	4.60

## 考察

摩擦の大きい足元で引っ張り合うほうが耐えられる時間が長いことがわかった。これは、摩擦が大きいほど足が滑りにくくなるからだと考えた。よって、仮説IVは正しいことがわかった。実際の綱引きでは、使い込んで擦れてしまった靴より、新しく擦れていない靴を使うなどの工夫ができると思う。

## 〔結論〕

### 結論

引っ張る力が強くなるので、体を後ろに反らして姿勢を低くした状態で全員が綱と同じ方向に引っ張ることが綱引きの必勝法だとわかった。また、体の重さを重くしたり、足下の摩擦係数を大きくしたりするとより効果的だが、これは実践しにくいいため綱引きの必勝法としては前者の2つがよいと考える。

## 展望

この研究の発表を行ったところ、先生から仮説 I、II は確かに引っ張る力の強さは強くなるが、綱引きは引っ張る力の大きさ比べではなく摩擦の大きさ比べであるので、綱引きの必勝法として正しくなく、私が綱引きの必勝法として優先度の低いと考えた仮説 III、IV の方が正しいと指摘を受けた。そこで、綱引きでは引っ張る力の大きさは関係なく、摩擦の大きさによって勝敗が決まるのかを今後調べていきたい。

## 〔序論〕

### 研究背景

綱引きの必勝法について研究し、綱引きの必勝法は引っ張る力が大きくなるため、体を後ろに反らして姿勢を低くした状態で、全員が綱と同じ方向に引っ張ることだと結論づけた。しかし、その結論を聞いた先生から、綱引きは引っ張る力の大きさではなく摩擦の大きさによって勝敗が決まるため、その結論は正しくないと指摘を受けた。そこで、本当に綱引きの勝敗には引っ張る力の大きさは関係なく、摩擦の大きさによって決まるのか疑問に思った。

### 研究目的

綱引きの勝敗は引っ張る力の大きさは関係なく、摩擦の大きさによって決まるのかを解明する。

### 仮説

綱引きの勝敗は引っ張る力の大きさは関係なく、摩擦の大きさによって決まる。

## 〔本論〕

### 目的

仮説が正しいか明らかにする。

### 研究方法

写真のように、2人対1人で綱を持ち、1人の方は台車に乗り摩擦を低くした状態で引っ張り合う。次に、2人の方が台車に乗り摩擦を低くし

た状態で引っ張り合う。



### 結果

1人の方が台車に乗り2人対1人の綱引きを5回行ったとき、5回とも2人の方が勝った。次に、2人の方が台車に乗り綱引きを5回行くと、5回とも1人の方が勝った。

### 考察

2人の方が台車に乗り摩擦の低い状態で綱引きを行うと、2人の方が力が強いにも関わらず負けてしまったので、綱引きに引っ張る力の大きさは関係なく、摩擦の大きさによって勝敗が決まると考えた。

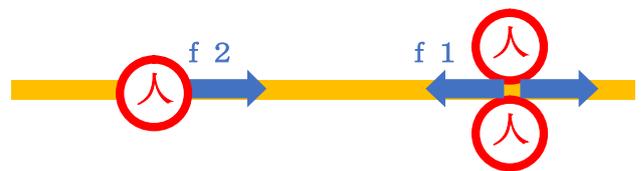
二人が綱を引っ張ったとき、二人が綱に加えた力は次の青の矢印ように表す。(図は上から見た状態。)



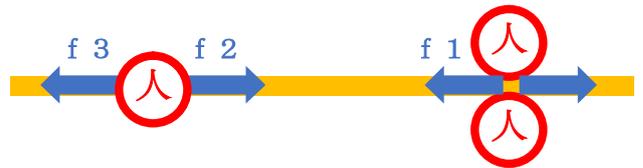
作用・反作用の法則により、綱から二人に、二人が綱に加えた力と同じ大きさの力が反対向きにはたらく。(f1)



両端の張力の大きさは等しいので、綱から1人の方に f1 の反対の向きで大きさの等しい力がはたらく。(f2)



作用・反作用の法則により、1人から綱に f2 と同じ大きさで向きが反対の力が加わる。(f3)



これと同じことが、1人から綱に加わる力についても言えるので、2人が綱に加える力と1人が綱に加える力は等しくなる。どんな大きさの力で引っ張っても、最終的にお互いの引っ張る大きさは等しくなるので、綱引きでは引っ張る力の大きさは関係ないと考えられる。摩擦の大きさを大きくすると引っ張られたときに耐えられる力の大きさが大きくなるので、足が滑りにくくなり、勝利に近づける。よって仮説は正しく、綱引きは引っ張る力には関係なく摩擦の大きさによって勝敗が決まる。

## 〔結論〕

### 結論

綱引きは引っ張る力には関係なく摩擦の大きさによって勝敗が決まる。よって、綱引きの必勝

法は綱引きの前に飲み物を飲んだり、上着を着たりすることによって、体重を重くすること、使い込んで擦れてしまった靴より、新しく擦れていない靴を使って足元の摩擦係数を大きくすることだとわかった。

## 展望

この綱引きの必勝法を知ってもらい、多くの人に綱引きをやるときに役立ててほしい。私自身も、高校生最後の体育祭を控えているので、綱引きを行うときにこの必勝法をクラスみんなに伝え、優勝に貢献できたらいいと思う。

## 謝辞

本論文をつくるにあたりご指導をいただいた先生、実験に協力してくれた友達に感謝します。

## ミントの葉の抗菌作用

群馬県立前橋女子高等学校 MJ ラボ ミント班 橋本綾乃 齋藤由佳

### 要旨

ミントの抗菌作用を調べるにあたり、扱いやすく繁殖力の高い納豆菌を用いた。予備実験では抗菌作用を確認しやすくするために納豆菌の最適希釈濃度を調べた。その後、調べた希釈濃度を用いて、実際にミントに抗菌作用があることを確認した。次にミントの抗菌作用を高める方法を検証しようとしたが、どの場合もミントの周りに菌が生えてしまい、抗菌作用が確認できなかった。その原因を解明しようとして検証を重ねたが、いまだ解明できていない。また、ミントの成分を抽出し、その抗菌効果を調べる実験も行ったが成功できていない。以上よりミントに抗菌効果は確かにあるが、それを発揮する条件は極めて厳しいものであるだろうと考えた。

### 1. 序論

#### ①研究背景

ある研究発表会でミントタブレットの抗菌作用を検証している研究を見た。そこではミントタブレットには抗菌作用があると結論づけられていた。私たちはミントの生の葉ではもっと抗菌作用が発揮されるのではないかと考え、この研究を始めた。

#### ②研究目的

○ミントの葉による抗菌作用を調べる。具体的には、成分、ミントの葉の種類、菌の種類による作用の違いを調べる。

○ミントの抗菌作用が最も発揮される条件を調べる。

#### ③研究意義

ミントの葉自体にどの程度抗菌作用があるのか、またその抗菌作用が最も発揮される条件を調べる。

最終的には、ミントの抗菌作用を用いた実用的な活用を目指す。

#### 《仮説》

1. ミントを置いたほうが菌の繁殖を抑えられる。

→《本実験1》より

2. ミントの葉内に含まれる成分を直接培地にま

いたほうが菌の繁殖を抑えられる。

→《本実験2》《本実験5》より

### 2. 方法と結果

今回ミントの抗菌作用を調べるにあたり、納豆菌を使用する。

※無害であり、ほかの菌に比べ扱いやすく、繁殖力が高いため。

また、実験に使用するミントは最も流通しているペパーミントにし、学校で育てた。



実際に使用したペパーミント  
培地はポテトデキストロース寒天培地  
(組成：ジャガイモ抽出液、ブドウ糖、寒天)  
を使用し、40℃で培養した。

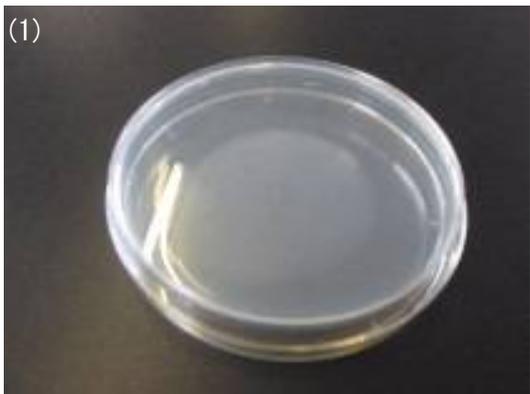
#### 《予備実験》

#### 方法

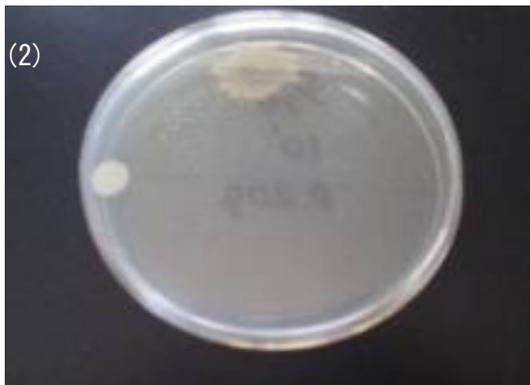
実験を始めるにあたり、これからの実験で基準となる、培地にまく納豆菌の希釈濃度を調べる。粉末納豆菌 0.1g を 0.1ℓ の滅菌水に溶かし、それを 10 倍希釈したものから得たコロニーをすべて採取し、これをさらに 10 倍希釈したものを培地にまいて、使用することにした。

## 結果

(1)



(2)



(3)



(1) 菌をまく前

(2) 粉末納豆菌 0.1g を 0.1ℓ の滅菌水に溶かし、それを 10 倍希釈したものを培地にまいたもの

→コロニー2個が確認できる

(3) (2) を採取しさらに 10 倍希釈したもの

→納豆菌が全体にうすく生えた。

この結果から、《本実験 1》では (3) の状態にした培地を使用することにした。

※なお、(3) の状態にした培地は《本実験 1》のみで使用し、それ以降の実験では後述の異なる方法で培養した培地を使用した。

## 《本実験 1》

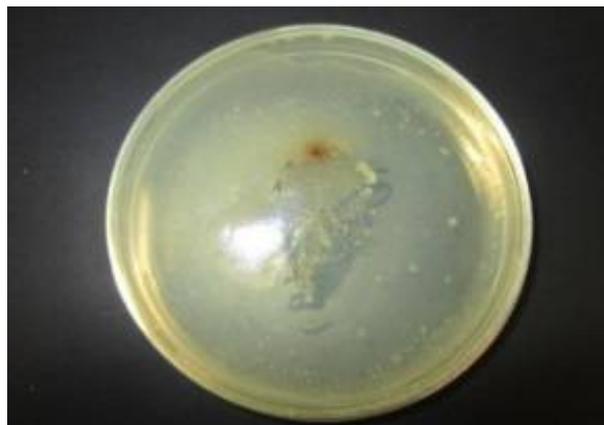
本当にミントに抗菌作用があるのか調べる。

## 方法

予備実験で調べた希釈濃度で、培地に納豆菌をまき、納豆菌がまかれた状態の培地の中心に滅菌水で洗ったペパーミントの葉 1 枚を置き、1 日、40℃ で培養する。1 日置いた後、実際に観察する。



## 結果



写真より、培地に一様に生えた納豆菌の一部が薄くなっているのを確認できる。この結果、実際に抗菌作用があることが確認できた。

## 《本実験 2》

《本実験 1》と同様の条件で抗菌作用を高める方

法を探す。

## 方法

以下の方法で実験を行った。

- ① ミントの葉を採取したままのもの

※《本実験 1》と同じ内容。

- ② ミントの葉を軽くつぶしたもの

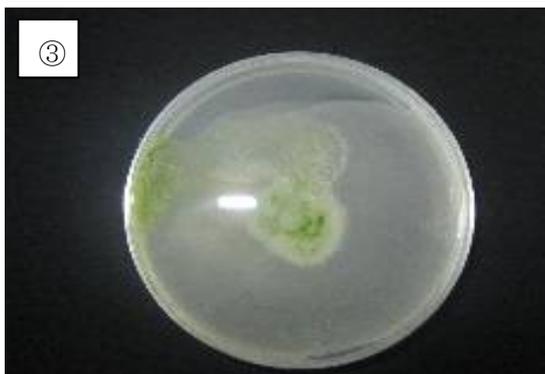
- ③ ミントの葉を完全につぶして出てきた汁

をそれぞれ培地にまいて結果を比較した。

※②と③はつぶすことで細胞内に含まれる抗菌成分が出てくると考えたため。

ここで培地の条件の正確性を求めて、培地にまく納豆菌は粉末納豆菌 0.1g を 0.1ℓの滅菌水を溶かしたものを  $10^3$  倍に希釈したものに变更した。

## 結果



- ① ミントの葉を採取したままのもの

- ② ミントの葉を軽くつぶしたもの

- ③ ミントの葉を完全につぶして出てきた汁

→どの場合もミントの葉または抽出液の周りに濃く菌が生えてきてしまった。

このとき生えた菌は写真からもわかる様に納豆菌とは色が違う。(納豆菌: 白色、生えた菌: 黄色) ゆえにここで生えた菌は納豆菌ではないと考えた。

抗菌作用があるはずのミントの葉または抽出液の周りに菌が生えてきたのは、葉の表面に菌が付着していたからだと考えた。

## 《本実験 3》

《本実験 2》で抗菌作用があるはずの葉を中心に菌が濃く生えてしまった原因を考える。

## 方法

私達はミントの葉の表面に細菌が付着し、それが培地に生えてしまったせいだと考えた。なお、この細菌は納豆菌とは色と生え方が違ったので、納豆菌とは異なる菌であると考えた。

そこで葉をアルコールで洗ってから《本実験 2》

- ①と同様の実験を行った。

## 結果

対照実験はミントの葉を水で洗ったものとした。それとアルコールでミントの葉を洗ったものの結果を比較した。

どちらの場合もミントの周りに菌が生えてしまった。

## 《本実験 4》

ミントの葉の表面に付着している細菌を滅菌するための別の方法を試す。

## 方法

《本実験 3》では、ミントに葉の表面の付着している菌の滅菌にアルコールでの洗浄を用いたが、今回はウォーターバスによる加熱での方法に変えて実験を行った。

※加熱とともにミント内のメントールが昇華し

てしまう可能性があったので、ミントの葉をジップロックで密閉して加熱した。



## 結果

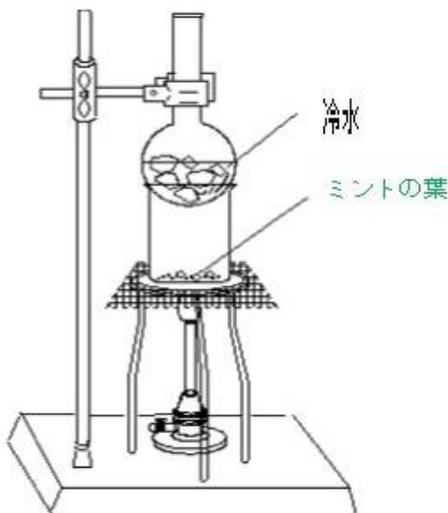
《本実験 2》同様、ミントの周りに菌が生えてしまった。

### 《本実験 5》

ミント内に含まれるメントールを抽出しミント内の成分に本当に抗菌作用があるのか確かめる。

## 方法

《本実験 1》はミントの抗菌効果を確認できた回数が少ないため信憑性に欠ける。また《本実験 2》と《本実験 3》では抗菌作用が確認できなかった。そこでミント内に含まれる成分を抽出し、その抽出物を直接培地にまいて抽出物に抗菌作用があるのか確認しようと考えた。私たちはミントの葉の中に含まれるメントールを抽出しようと考えた。



## ☆メントールとは

ハッカ油、ハッカ脳の主成分で分子式  $C_{10}H_{20}O$ 。さわやかな香りと味のある昇華性の結晶。融点  $41.6^{\circ}C$ 。融点  $216^{\circ}C$ 。水に難溶、有機溶媒、濃塩酸に易溶。医療(鎮痛、防腐、防臭薬)、歯磨き、菓子、化粧品などの付香に利用。

メントールの昇華性を持つ性質より、昇華法を用いた。具体的な方法はインターネット上のメントールの抽出実験(論文「医薬品と天然物～分子構造の比較～」より)を参考にし、下記のように行った。

## ☆メントールの抽出法

- ① ビーカーにミントを細かく揉みほぐして入れ、弱火で煎るようにして加熱する。
- ② ややミントの臭いがしてきたら、丸底フラスコに水を入れ、この丸底フラスコで蓋をする。
- ③ 弱火のまま蒸し焼き状態にする。
- ④ しばらくそのまま、ミントに火が付かないように見守る。
- ⑤ 頃合を見て丸底フラスコの底を観察する。(先行実験によれば、上手くいけば茶色をした針状の結晶が見える)

純粋なメントールは「無色の針状結晶」(デジタル大辞泉より)であるはずなので、このとき抽出されるメントールは不純物を含んでいると考えられる。

## 結果

メントールの抽出を昇華法を用いて行ったところ、ビーカーの中のミントが燃えてしまい抽出できなかった。これはミントに炭素が含まれていたためだと考えた。

## 3. 考察

《本実験 1》では、確かに納豆菌に対するミントの抗菌作用が確認できた。

しかし《本実験 2》以降いずれの場合もミントの葉の周りに菌が濃く生えてしまった。

以上より、ミントに抗菌効果は確かにあるが、そ

れを発揮する条件は極めて厳しいものであるだろうと考えた。

### ○ミントの抗菌作用の強さについて

《本実験 1》で確認できた抗菌作用の強さは、粉末納豆菌 0.1 g を 0.1ℓ の滅菌水に溶かし、それを 10 倍希釈したものからのコロニーの 10 倍希釈したものを培地にまいたその一部を抗菌するほどの強さである。しかし《本実験 1》でしか抗菌作用を確認できていないので断言することは出来ない。

### ○ミントの抗菌作用が発揮される条件について

《本実験 2》でミントの抗菌効果が発揮される方法を検証したが、どの場合も失敗してしまったので、抗菌効果が出る条件は発見できなかった。

### 参考

論文「医薬品と天然物～分子構造の比較～」

<http://www.takajo-hs.gsn.ed.jp/SSH/es3/09report/rep/09005.pdf#search=%27%E3%83%A1%E3%83%B3%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%AB+%E6%8A%BD%E5%87%BA+PDF%27>

百科事典マイペディア

デジタル大辞泉



---

# 写真からライトダウンを評価したい！

## ～伝統的七夕ライトダウンの科学的評価Ⅲ～

星野 有香（高3）、上野 萌恵、生方 朱莉、鈴木 里佳子（高2）

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

---

### 概要

私たちは夜空の明るさ調査を続ける一方、伝統的七夕ライトダウンに賛同し、2014年から県内への周知・普及活動を始めた。同時にライトダウンの影響を科学的に評価する方法を模索し、過去2年間に様々な処理方法を試みたが、信頼できる確実な方法にたどり着くことはできなかった。今回は画素の明るさを二値化し、人工光源だけを抽出し測定することを試み、かなり良い結果を得た。今回の伝統的七夕もライトダウンの消灯はあまりみられなかったが、今年から導入された祝日「山の日」の効果（平日と祝日の人々の生活の違い）を観察することができた。

#### 1. はじめに

私たち地学部は、2011年から群馬県内の夜空の明るさを継続的に調査している。都市部の夜空の明るさの原因は人工光による光害といわれている。私たちは地域の皆様に星空の素晴らしさを知っていただき、光害を意識してもらうことを目標に伝統的七夕ライトダウンという活動に賛同し、2014年から県内への周知・普及活動を始めた。

伝統的七夕ライトダウンとは、伝統的七夕ライトダウン推進委員会が主催する、伝統的七夕（旧暦の七夕）の日の20:00~22:00に明かりを消して星空を眺めようという活動である。2016年の開催日は8月9日、翌2017年の開催日は8月28日である。今年度も引き続き、県内の地学系部活動に広報活動への協力をお願いし、県民の皆様へはマスコミ各社（群馬テレビ、まえばしCITYエフエム、FMぐんま、上毛新聞、読売新聞）を通じて、伝統的七夕ライトダウンの広報を行った。一昨年度、昨年度と同様に、今年度もSQMとカメラを用いた観測を行い、伝統的七夕当日を含む一週間の前橋の街と夜空の光環境を記録した。

私たちは広報活動と同時に「ライトダウンの影響を科学的に評価すること」を目指し、特に街の明るさ調査として適切な夜景写真の処理方法を模索している。過去の研究から、(1) 夜空の明るさは天候に左右されやすく、ライトダウンの効果の評価には向いていない、(2) 街の明るさを数値化する一般的な方法は存在しない、ということが判明した。この「街の明るさを数値化する方法」を見つけたいと思い、研究を始めた。

#### 2. 研究目的

「前橋の街の夜景写真を撮影し、そこから街の明るさを適切に数値化する。」

適切な数値化に成功した場合、以下の小目的を目指す。

- (1) 今年の伝統的七夕ライトダウン（2016年8月9日）の実施状況を評価する。
- (2) 学校が夏休み中の新祝日「山の日」は祝日として機能したのか調査する。

※新祝日「山の日」は学校が夏休み中の祝日となるが、意味がある祝日なのか私たちは実感できないことから。祝日

として機能するとは、人々が平日とは違う過ごし方をすることにより、街の明かりの様子や時間変化が他の平日とは異なることをいう。

(3) 過去3年間の伝統的七夕ライトダウンの成果を比較し、総括する。

### 3. 観測方法

気象観測室の北側の窓を開け、三脚に乗せたカメラを北向きに設置し(図1)、5分ごとに前橋の街の様子をインターバル撮影した。

観測場所：前橋女子高等学校 気象観測室(北校舎5階)

観測日時：2014年8月2日(土)～4日(月) 各日19:00～28:00 伝統的七夕 8月2日(土)

2015年8月17日(月)～21日(金) 各日19:00～28:00 伝統的七夕 8月20日(月)

2016年8月8日(月)～12日(金) 各日19:00～28:00 伝統的七夕 8月9日(火)

観測装置：デジタル一眼レフカメラ「NIKON D7000」

レンズ「AF-S DX 18-300/3.5-6.3G ED VR」

三脚「SLIK CARBON MASTER 823 PRO N」

撮影条件：露出時間1秒, ISO速度400

焦点距離18mm, 絞りf/3.5



図1 撮影の様子

### 4 処理方法と評価

写真の処理方法は2014年に3種類、2015年に更に3種類、今年2016年は更に2種類考案し、試みた。図2に処理方法の名称と各年度の簡単な成否を掲載する。

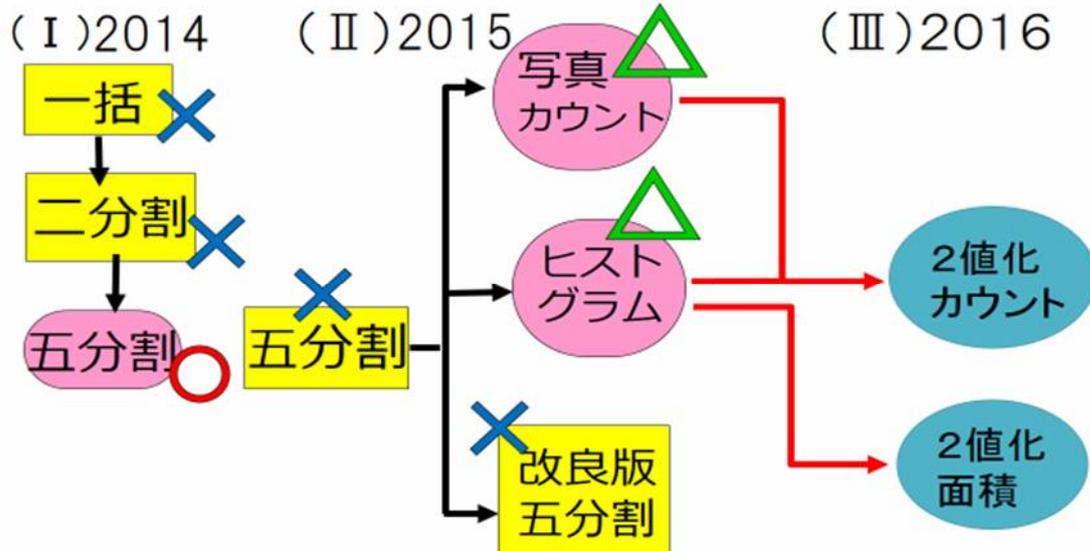


図2 処理方法の名称と各年度の簡単な成否

#### (1) 一括処理

撮影したRAW画像(.NEF)を画像処理ソフトraw2fitsにドラッグ&ドロップし、CSVに変換した。このソフトは写真のペイヤー配列の緑色のみを数値化することができる。このファイルをExcelで読み込み、画像全体の明るさ(カウント値)を平均した。

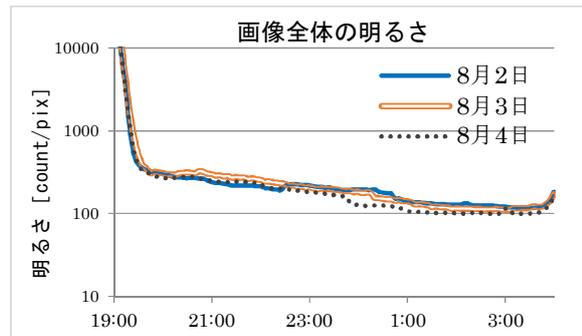


図3 一括処理の写真（一例）と明るさの平均値の時間変化（2014年）

結果：街の明るさと空の明るさが混在してしまい、測定した数値が何を表しているのか説明できない。

### (2) 二分割処理

画像を上下に二分割し、写真上部を空の明るさ、写真下部を街の明るさとした。

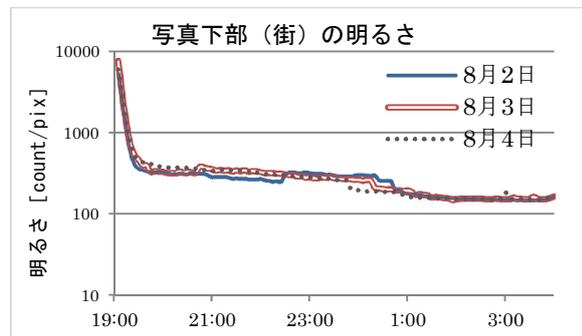


図4 二分割処理の写真（一例）と写真下部の明るさの平均値の時間変化（2014年）

結果：8月2日の22時を過ぎたあたりから急に明るくなっているのは、撮影場所直近の照明がついたことによる。この方法は撮影場所直近の明かりの影響が非常に大きく、町全体のライトダウンの成果を評価することは難しい。

### (3) 五分割処理

画像を上空・中空・低空・遠街・近街の五分割と、計算処理を小分けしていった。

- ① 上空（縦 1- 326pix×横 1-2474pix）の数値の和 … 空を三分割したときの最上部
- ② 中空（縦 327- 651pix×横 1-2474pix）の数値の和 … 空を三分割したときの中間部
- ③ 低空（縦 652- 912pix×横 1-2474pix - 県庁・市役所）の数値の和 … 空を三分割したときの最低部
- ④ 遠街（縦 913-1130pix×横 1-2474pix + 県庁・市役所）の数値の和 … 街を二分割したときの上方
- ⑤ 近街（縦 1131-1640 pix×横 1-2474 pix）の数値の和 … 街を二分割したときの下方

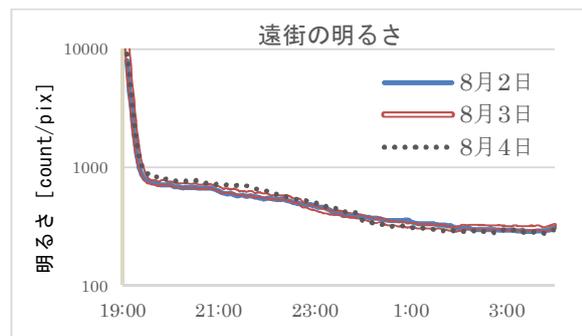
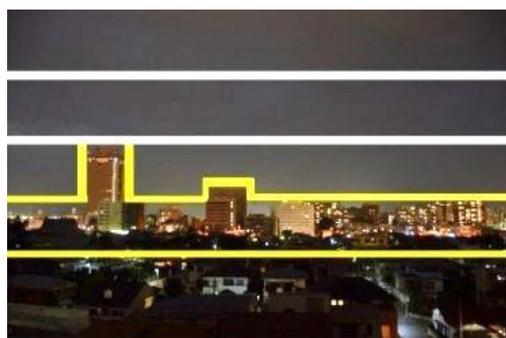
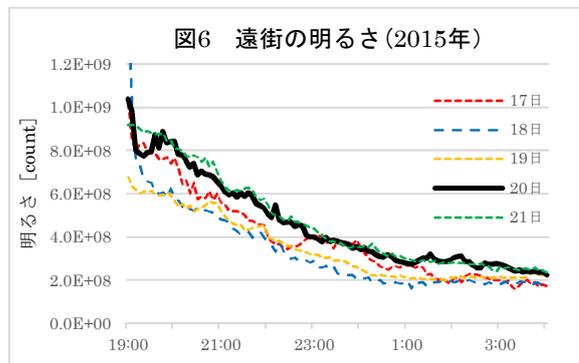


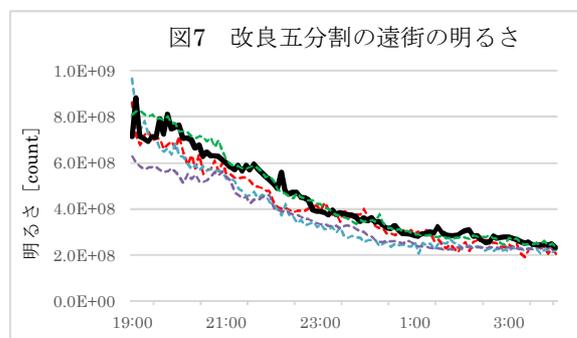
図5 五分割処理の写真（一例）と遠街領域の明るさの平均値の時間変化（2014年）

結果：一括、二分割のような急激な明るさの変化は近街の光が大きく影響していると確認できた。この影響を排除した遠街のみの明るさの変化を比べてみると、ライトダウンの8月2日が最も暗くなった。初年度2014年、この方法はライトダウンの成果の評価にふさわしいと考えられた。ところが、この方法を翌年2015年に採用したところ（図6）、ライトダウンの8月20日がそれほど暗くないという結果となってしまった。ただ、例えば18日と20日の20時の写真を比較したとき、街の明かりの様子に大きな違いは見られなかったが、18日は晴れ、20日は曇りと天気が違い、空の明るさが異なっていた。遠街の処理に空部分がほんの少し入り込んだことが明るくなった原因と予想され、この方法が信頼できないことが判明した。昨年は3日間とも曇りだったことから、影響が少なかったと思われる。



#### (4) 改良版五分割処理

天気を考慮した新しい観測方法を検討し、方法を見直す必要が生じた。これを踏まえ、第一案として五分割処理の低空と遠街の分け方をより細かくした。



結果：若干差異は小さくなったが、期待したような大きな変化は出なかった。細かく分割領域を設定しても正しく街明かりを測定できない理由は、図8の左右の

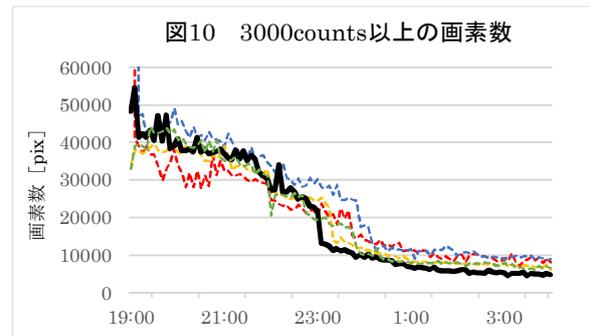
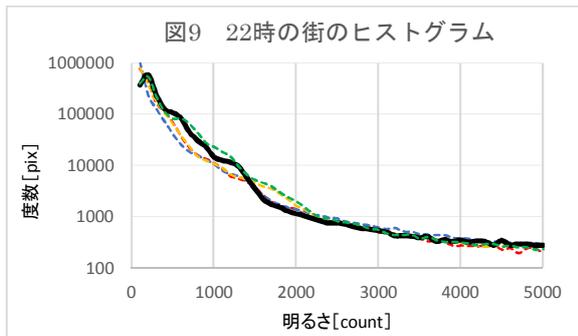
写真を見比べると、理解することができる。左右の写真の街明かりの数が大きく異なるように見えな。しかし、右の写真は空に一面の雲が発生しているのがわかる。同時に、街の家々の至る所が少し明るくなっているのがわかるだろう。実は、街明かりが照らした雲の明かりが、再度街全体を照らしているのだ。このことから、街のどの領域を切り取ったとしても、天候に左右されず客観的な街明かりの量を求めることは難しいことが証明された。



図8 17日 0:35 (左) と同日 1:15 (右) の写真の比較

#### (5) ヒストグラム

星空公団の小野問氏の助言を踏まえ、別案としてヒストグラムを採用した。ヒストグラムは横軸に明るさの段階を取り、縦軸に頻度（度数）を取る特殊なグラフ形式で、明るい側が左側になり、暗い側が右側になり、グラフは緩やかな下り坂になる。暗いと左側が上がり、右側が下がり、グラフは急激な下り坂となる。街明かりは特に、明るさの大きい領域に影響を与える。

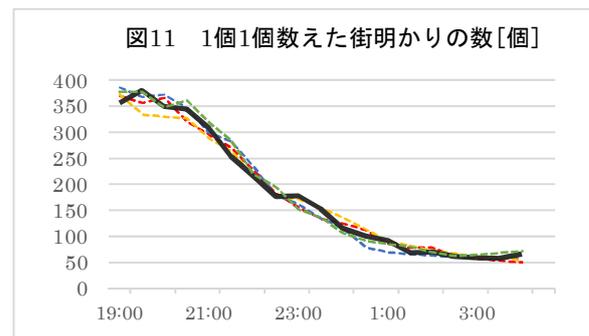


結果：図9より、七夕当日は500～1000 countsあたりの度数が大きく、1500～2000 countsあたりの度数が小さくなった。別途、空のヒストグラムを作成した結果、空の明るさは天気によらず3000 counts以下になることが分かり、3000 counts以上に明るさの範囲を指定すれば、街の明るさだけを反映したグラフを得られるかもしれないと予想した。この結果を踏まえ、写真全体から明るさ3000 counts以上の画素を数えたものが図10である。多くの街の明かりを短時間に測定できる反面、余計な明かり（例えば、車のライトなど）に結果が左右されやすい。また、この測定方法も撮影場所直近の照明に結果が大きく左右されるという問題点がある。

#### (6) 写真カウント

建物を県庁や市役所に指定して、明かりの数を1個1個手作業で数えることにした。写真を印刷し、分担を決めて数えた。

結果：伝統的七夕当日は21時～22時頃に最も明かりが少ないという結果になったが、他の日との差は小さく、ライトダウンの成果と断じることはできない。街のライトダウンの様子を調べるには、この方法が本質的に最も信頼度の高いデータが得られることが期待される。問題点は、信じられないくらい時間がかかる（延べ37時間かかった）ことと、狭い領域に限定して調べなければならないことである。



#### (7) 二値化面積処理

画像をある閾値により、閾値より明るい領域と暗い領域に選別し、閾値より明るい領域のみを処理の対象とする方法に挑戦した。画像は二値化することを踏まえ処理の軽いJPEG画像とし、画像処理ソフトImageJを使用した。処理は時間短縮と処理ミス防止の目的から、Macro（右に掲載）を取り入れることにした。二値化面積とは、閾値以上の明るい部分の合計面積を示す。

- (i) JPEG画像をImageJから開き、明るさだけの白黒画像にするために8bitに設定する。
- (ii) adjust→Thresholdを開き、写真を見ながら

```
for (filenum=355; filenum<=904; filenum++)
open("DSC_0"+filenum+".jpg");

//SET Threshold
run("8-bit");
setThreshold(____, 255);

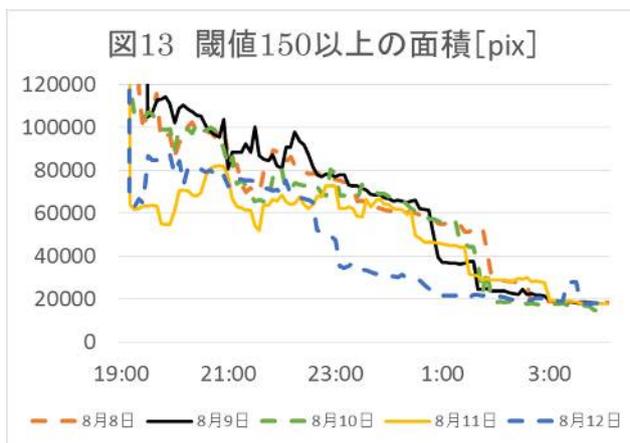
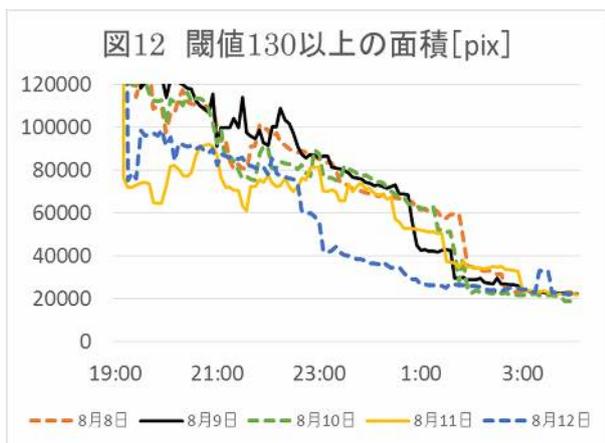
//SET Area
makeRectangle(0, 0, 4224, 2766); //near_all

//SET Method
run("Measure");
//run("Analyze Particles...", " show=Nothing summarize");

Run("Close");
```

抽出範囲が窓明かりの領域に一致するように閾値を調節する。

(iii) Macro の下線部に決めた閾値を書き込み、測定は Macro に任せる。



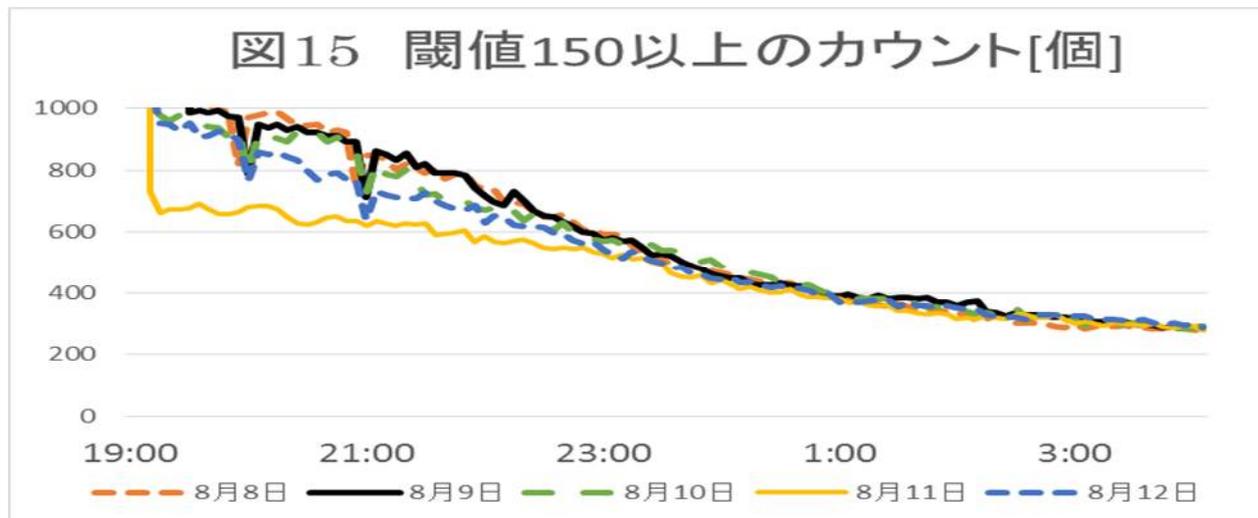
結果：閾値によらず、数値の急激な変化が目立つ。図 14 より、この変化は撮影場所から近い家屋（図 14 の右下寄りの家）の点灯・消灯によるものであることが分かる。このように一部の点灯・消灯によって全体の評価が大きく変わってしまうことは不適切である。五分割処理等と組み合わせれば改善の余地はあると思われる。

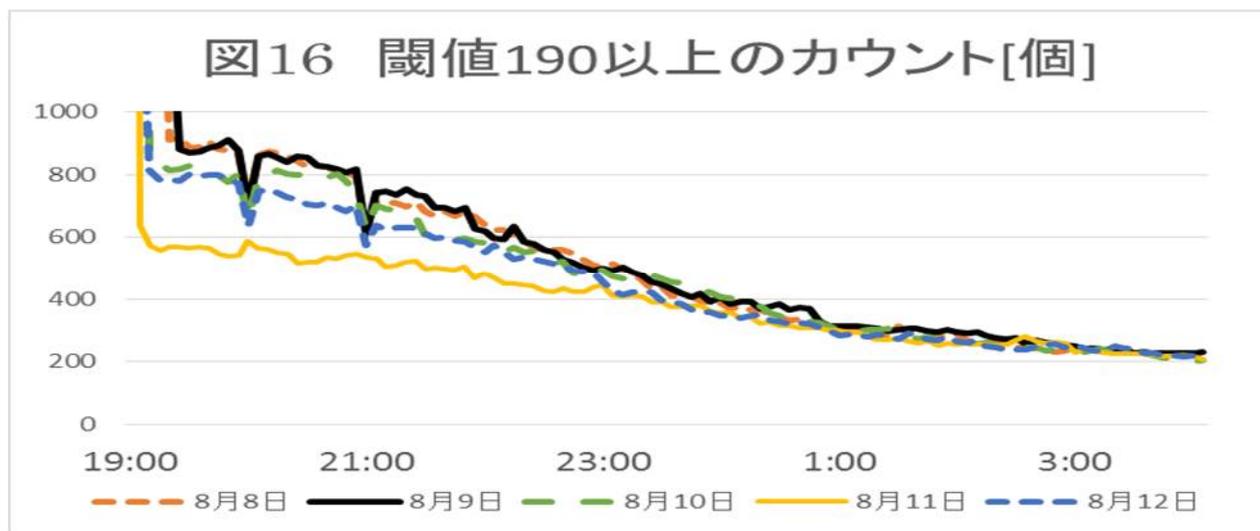


図 14 撮影画像の比較（左：8月9日 1：45，右：同日 1：55）

#### (8) 二値化カウント処理

二値化処理は(7)と同様。今回は二値化した領域を、明るい部分のまとまりごとにいくつかの領域が存在するか、個数を数える。処理の仕方は(7)の Macro の SET Method の部分を書き換え、上段の面積処理を無効にし、一段下段の処理を有効にする。





結果：図 17 は ImageJ の画像処理途中のものである。このようにこの方法を用いると、(6)の写真カウントで行ったのと同じ作業をより短時間に写真全体で行うことができる。よって、この方法を信頼できる確実な方法として採用したい。

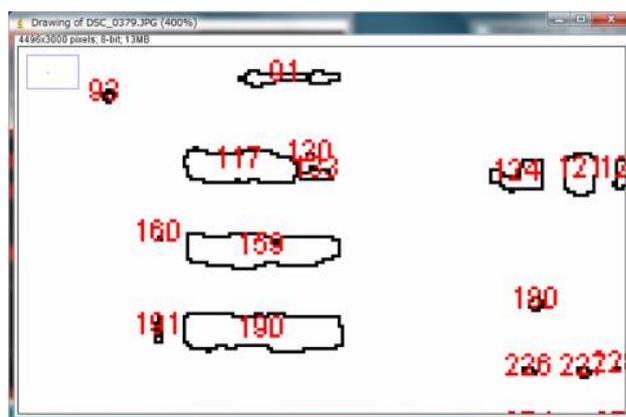


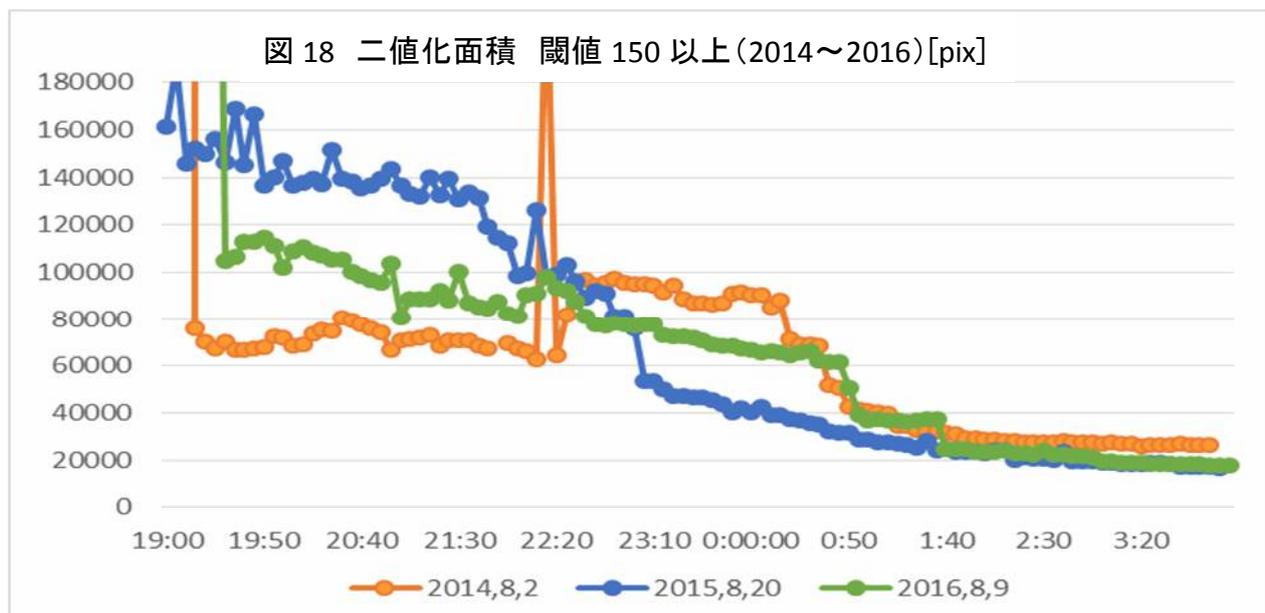
図 17 領域の個数のカウント

## 5 二値化による過去3年間の比較

3年間の総括として今回の二値化の処理方法で3年分の観測写真を分析し直した。伝統的七夕は陰暦のため各年度の日没時刻が異なり、少なからず影響を与えていることが予測される。

### (1) 二値化面積（3年間のライトダウン当日）

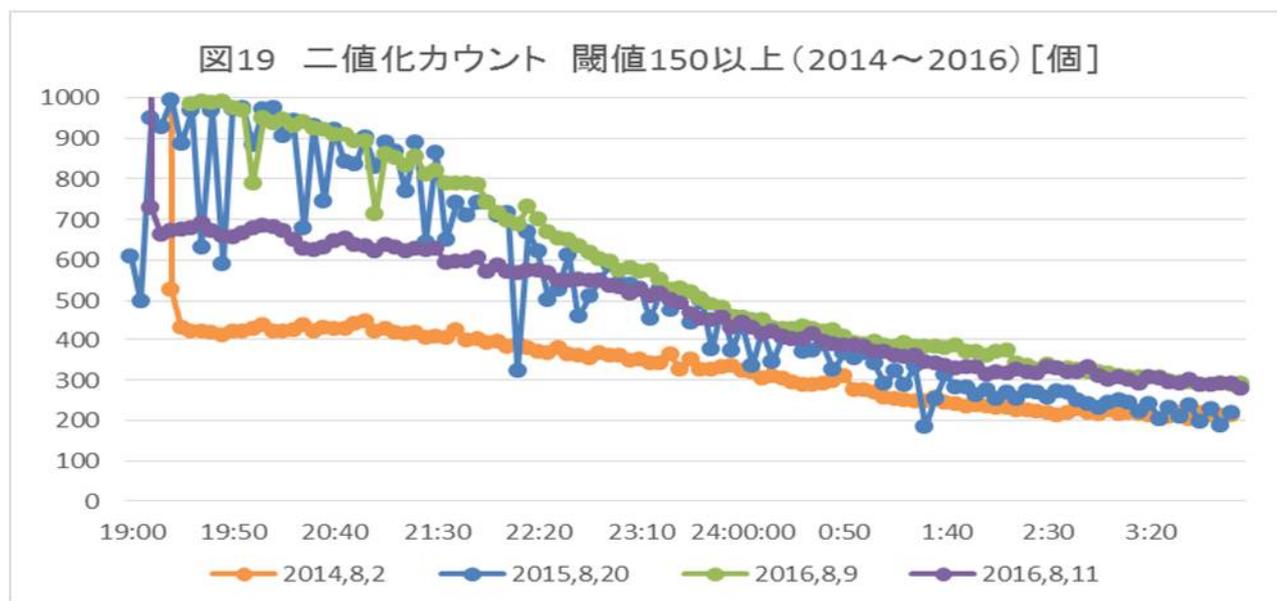
二値化面積の方法を2014年から2016年の3年間の観測データに適用し、再分析をした。



結果：まず、各年度の大きな違いとしては2014年が土曜日、2015年と2016年が平日であることが挙げられる。図18より、2014年が全体的に暗いことから、2016年の山の日のように休日はやはり暗くなりやすいことが分かる。2014年22:15の値が振り切れてから、比較的高い数値を保っている。これは、観測技術の違いによるものと思われる。観測写真から2016年以外の年の写真画面が多少ぼやけていることが分かった。ピントの合わせ方が不十分であったためと予測される。これにより光源とは別の反射光の範囲が広がってしまった。また、2015年、2016年が同じ平日なのに、結果に差が出た理由としては、天候の違いが考えられる。2016年は晴天であったのに対し、2015年は観測日含む1週間ほぼずっと曇りであったため、数値がより大きく、変化の多いグラフになった。

## (2) 二値化カウント（3年間のライトダウン当日）

二値化カウントの方法を2014年から2016年の3年間の観測データに適用し、再分析をした。



結果：(1)の二値化面積（3年間のライトダウン当日）と似たような傾向がみられる。しかし、今度は2014年が最初から明らかに暗く、2015年と2016年はあまり違いがみられない。写真と見比べると、街の明るさの様子や時間変化を図19は忠実に表現していると思われる。2014年が土曜日を測定したということがよくわかる結果となった。休日の影響をより明確にするために、2016年の山の日（8月11日）のデータを挿入した。祝日・休日は平日と比べ、暗くなりやすい傾向が現れた。

## 6 考察

有力な処理方法「二値化カウント」が、街の明るさを適切に数値化しているかどうかを検証する。図16を見ると、祝日の8月11日以外の平日4日間、20:00と21:00にグラフが急激に増減していることがわかる。実際の写真と比較してみると、19:55の写真では点灯していた県庁の明かりが20:00に一旦消え、20:05に再び点灯していることに気づいた。21:00の前後や他の日でも同様だった。この理由を群馬県庁に問い合わせたところ、群馬県庁管財課様から次のような回答をいただいた。「消灯時間及び期間 行政庁舎の8階から30階の執務室について、県議会開催中を除いた平日の19時、20時、21時に一斉消灯を行い、一斉消灯後は必要な箇所のみ再点灯するようにしています。」この回答を踏まえると、検討した全ての処理の中で「二値化カウント」のみが県庁の消灯を検出することができたといえる。図16や図19の結果を総合的に見ると、「二値化カウント」は街の明るさを適切に数値化することに成功したと結論できる。

次に、二値化カウント処理の結果（図 16）を用い、今年度のライトダウン当日の 8 月 9 日と前日の 8 月 8 日を比較する。多少の差異はあるが、ほぼ同じ傾向といえる。今回の伝統的七夕も、ライトダウンの消灯はあまり見られないという結果となってしまった。

今年から導入された「山の日」効果にも注目した。山の日 は 8 月 11 日である。図 16 を見ると一目瞭然、5 日間の中で最も暗い。次いで翌日 8 月 12 日と前日 8 月 10 日が暗くなっている。写真を直接比較してみても県庁、市役所等が他の日と比べて灯りが全然点いていなかった。多くの企業がお盆前の山の日から休みにしていた可能性が高い。図 19 によると、土曜日の暗さには一歩及ばないが、平日の明るさとは明確に区別される。夏休みとはいえ、山の日 はやはり祝日だったのだ。

## 7 結論

今回のライトダウンの画像処理方法（二値化カウント処理）は、過去 2 年のどの処理方法より適切で時間効率（処理にかかる時間）もかなり改善された。ライトダウンの科学的評価に「二値化カウント処理」は信頼できる確実な方法と結論付ける。この処理方法を生かして今後も、より良い画像処理方法を研究し続けていきたい。

## 8 参考文献・参考 WEB

- ・伝統的七夕ライトダウンの普及と科学的評価 日本天文学会 2015 年ジュニアセッション講演予稿集 98～99 頁
- ・ライトダウンに伴う適切な夜景写真の処理方法 日本天文学会 2016 年ジュニアセッション講演予稿集 38～39 頁
- ・伝統的七夕ライトダウン 2016 キャンペーン <http://7min.darksky.jp/>



# 春分の日と秋分の日の日が長い理由を観測したい

## Spring and Autumn Equinox : Why is the daytime longer than the nighttime ?

群馬県立前橋女子高等学校 地学部 3年 岡庭佳泉 長谷川千紗

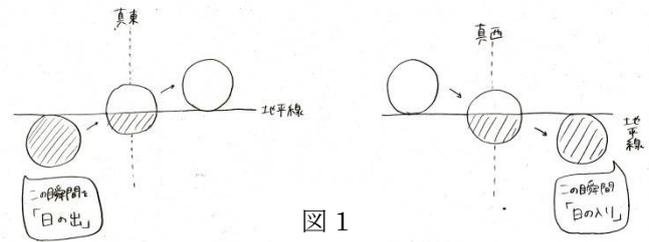
### <概要>

一般的に春分の日と秋分の日には昼と夜の長さが同じであると思われがちだが、実際には昼の方が長いという。理由は2つあり、1つは日の出・日没の定義の問題、もう1つは光の屈折の問題である。この事実を知った私たちは、特に後者について本当にそうなのか、自分たちで観測して確認したいと考え、研究を始めた。仮説を立て、太陽を連続的に撮影し、処理を行った結果、光の屈折により昼の長さが延長しているという事実の観測に成功した。

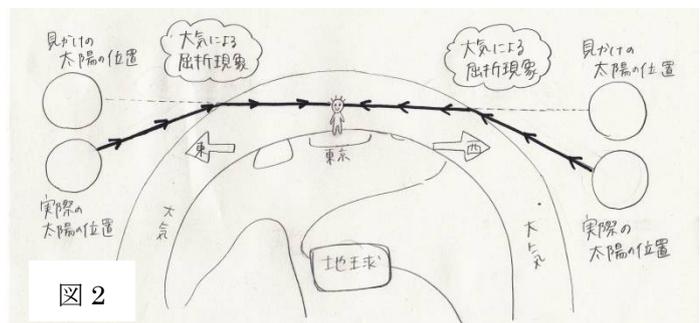
### 1 はじめに

春分の日と秋分の日には昼間と夜の長さが同じであると思われがちだが、実際には昼の方が十数分も長い。その理由を調べてみると、2つの理由があることがわかった<sup>1)</sup>。

1つ目の理由は、日の出入りの定義によるものである。「日の出は、太陽の上端が地平線に接した時刻、日の入りは、太陽の最後の縁が地平線に沈み完全に太陽が見えなくなった瞬間(図1)」を日の出・日の入りの定義と定め、また、昼の定義を日の出から日の入りまでの時間とした。このように考えると、昼の長さが夜の長さより太陽一個分長くなるのが確実である<sup>2)</sup>。



2つ目の理由は、大気の中を進む光の屈折によるものである。地平線近くにある太陽からの光は大気中を通過するときに屈折して私たちの目に届いている。このため実際に太陽が回った距離よりも見かけ上、回っていないように見える。もし太陽が実際に沈んでいるとしても地球上では太陽はまだ見えている可能性がある<sup>2)</sup> (図2)。



1つ目の理由は定義上の問題で実証することはできないので、私たちは2つ目の理由のみを実証することにした。どのような検証を行えばよいか考えたところ、「太陽高度が低いほど太陽光の屈折の影響が大きいことを証明すればよい」という考えに至った。具体的には、南中を過ぎてから日の入りに向かってつれて太陽が1分間に進む角度が小さくなることを示せると、光の屈折により昼間の長さが長くなるのが観測できたといえる。

## 2 仮説

南中を過ぎてから日の入りに向かうにつれて太陽が1分間に進む角度が小さくなり、縦軸を進む角度、横軸を時刻とすると、グラフは右肩下がりになるだろう。このことが示せると、光の屈折により昼間の長さが長くなることを観測できたことになる。

## 3 観測方法・処理方法

### (1) 観測方法

太陽観測フィルターを用いて下記のカメラで一定時間（日によって異なる）、太陽を撮影。その際、1分間ごとに正確に撮影するために、カメラのインターバル機能を使用した。

○使用器具 カメラ：Nikon D7000 レンズ：Nikon DX AF-S NIKKOR 35mm 1:1.8G

太陽観測フィルター：ND10000

○撮影条件 場所：本校屋上 露出時間：1/8000

### (2) 処理方法

「すばる画像処理ソフト：マカリ（図3）」を使用し、写真から太陽の中心座標（光の重心）を求めた。このとき、画像の倍率は4分の1、半自動で半径60ピクセルに設定し、行った。その後、「Excel（図4）」を使って1分間に太陽が動く角度を計算した。

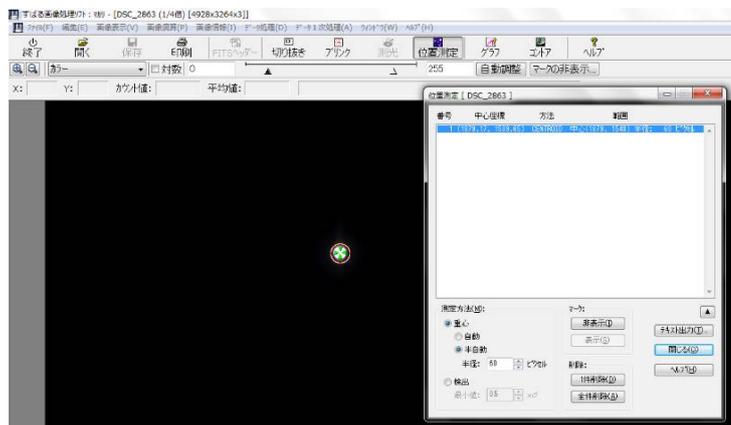


図3 すばる画像処理ソフト：マカリ

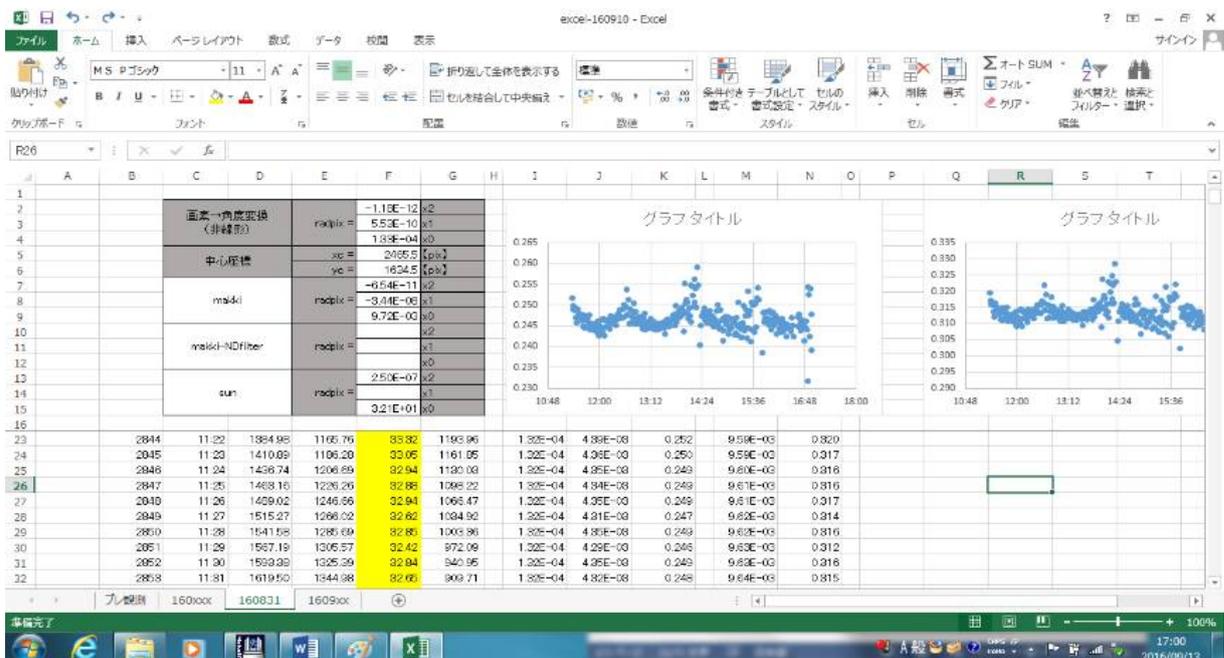


図4 Excelを用いた太陽の進む角度の計算

## 4 観測 I (~2016.1)

### (1) 観測日時

日時： 2016年1月9日 11時18分~16時33分

南中時刻：11時50分 天気：晴れ

### (2) 観測結果

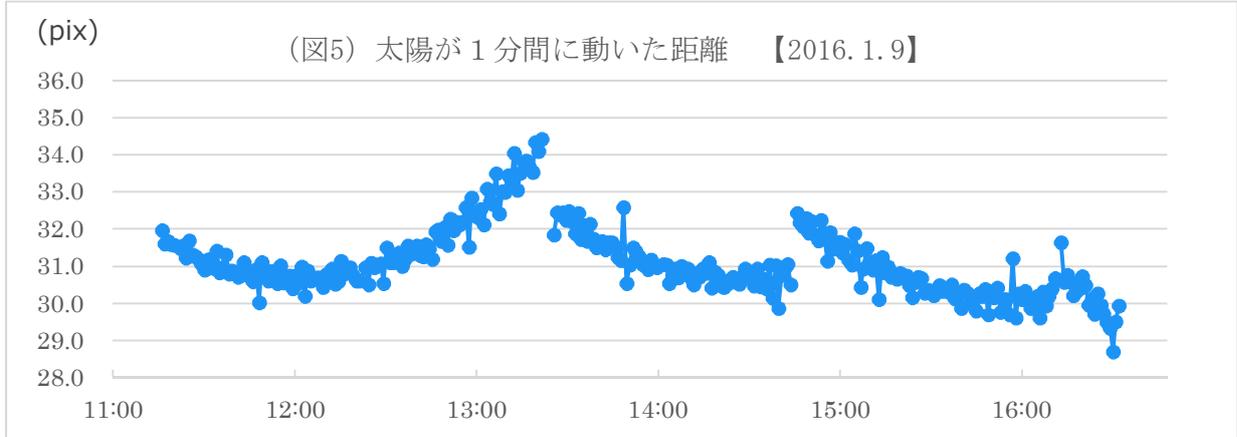
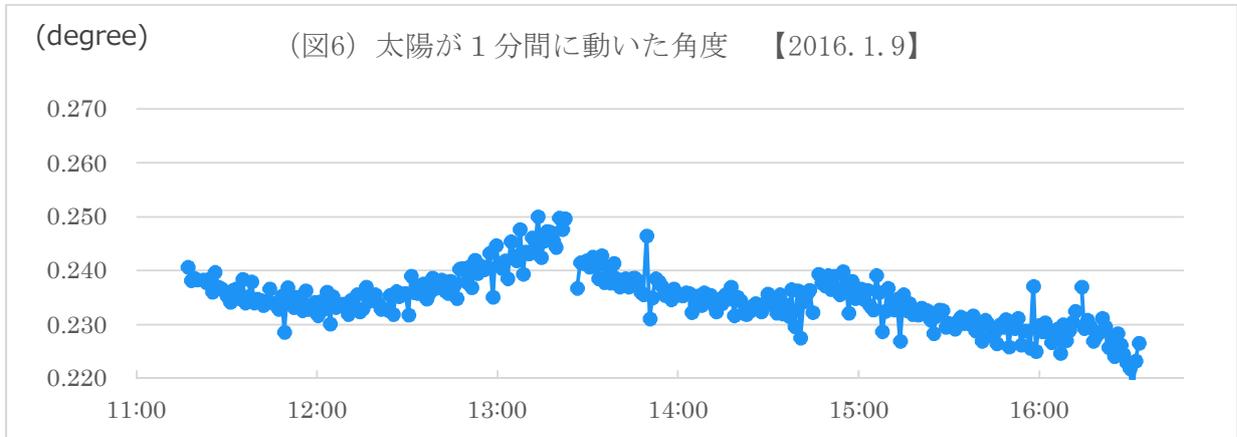


図5のグラフは写真上の太陽が1分間に動いた距離を表したものである。グラフが切れている時間にカメラの向きを変えた。所々誤差は出たもののうまく観測を行うことができた。私たちは、グラフはひと続きで上に凸の形になり、日没に近づくにつれて右肩下がりになると予想したが、予想とは異なる結果となった。

### (3) 分析結果



予想と異なる結果となったのは、カメラの向きを変えたときにグラフが繋がらないことを考慮すると、カメラのレンズのゆがみ（視野のゆがみ）が原因である可能性があると考えられる。そこで、地学部の先輩方がISSの高度測定の際に導いた変換式（ $y = -1.176 \times 10^{-12} r^2 + 5.532 \times 10^{-10} r + 1.329 \times 10^{-4}$ ）を使い<sup>3)</sup>、ゆがみの補正を行った。図6のグラフは、図5のグラフのカメラのレンズのゆがみを補正し、縦軸を画素数から太陽が1分間に動いた角度に変換したものである。

### (4) 結果の考察

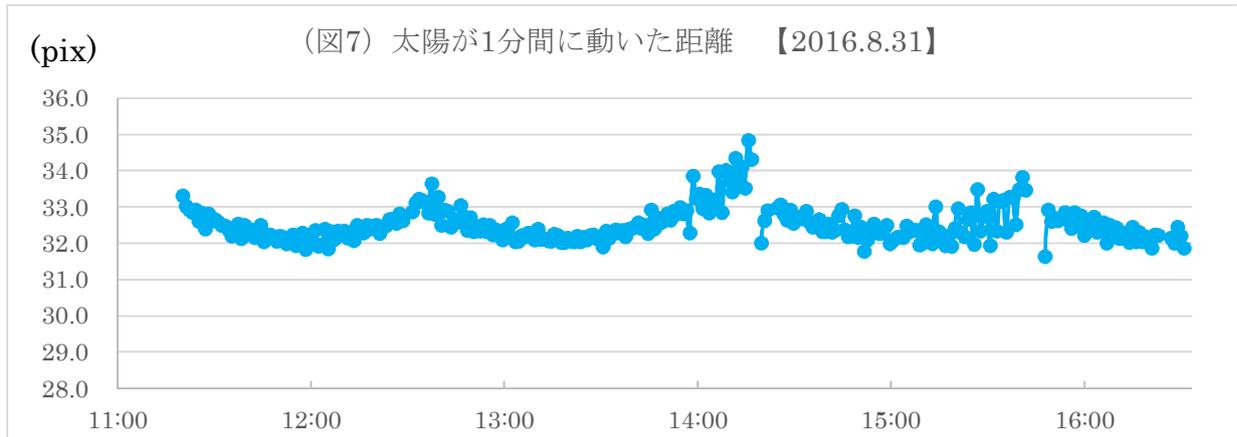
観測とデータ処理はうまく行うことができたが、グラフ上にカメラレンズが原因と考えられるゆがみが生じたため、それを正そうと補正を行った。その結果わずかではあるものの、補正することができた。しかし、それでもまだ予想したグラフには至らなかった。そこでもう一度補正方法を見直し、再度観測を行うことにした。

## 5 観測Ⅱ(～2016.8)

### (1) 観測日時

- ①日時： 2016年3月21日 11時56分～16時50分 雲がかかり中断  
南中時刻：11時51分 天気：晴れのち曇り
- ②日時：2016年8月17日 11時17分～14時9分 雨により中断  
南中時刻：11時48分 天気：晴れのち雨
- ③日時：2016年8月31日 11時22分～17時1分 採用  
南中時刻：11時44分 天気：晴れ

### (2) 観測結果



### (3) 分析方法

今回の分析は、前回使用した ISS の補正式ではなく、新しく作成した補正式を用いることとした。先輩の使った補正式は太陽観測フィルターがない場合のゆがみであり、太陽観測フィルターを使った私たちの観測では太陽フィルター越しの補正式を作る必要があると考えた。補正式の作成方法は以下の通りである。

- ① マジックペンをカメラから 7.0 m の位置に並べ、本観測と同条件のカメラの設定（太陽フィルターは太陽と同等の強さの光のものでないと同じ露出時間では映らないため、この作業内での露出時間は 30 秒とする）で撮影を行う。
- ② マジックペンの上端（太い方）の中心と、下端（細い方）の中心の座標をマカリで求め、Excel で処理を行い、マジックペンの画像上の長さを求めた。また、画像の中心からそれらがどれほど離れているかも求め、そこから歪みの大きさを考えた。
- ③ 歪みの大きさから、新たな補正式を作成した。

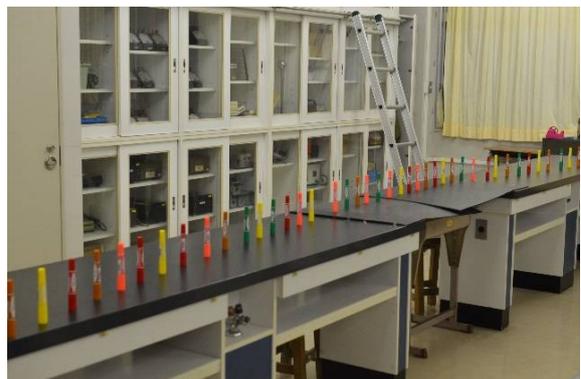


図8 マジックペンを並べた時の写真

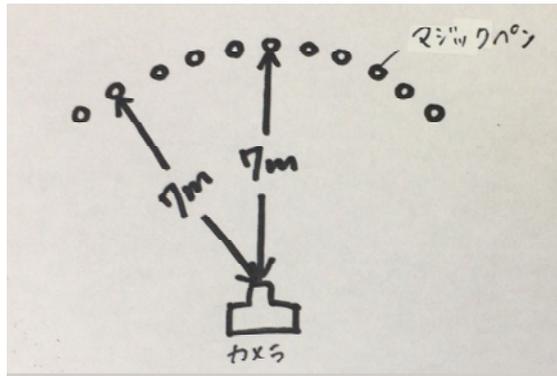
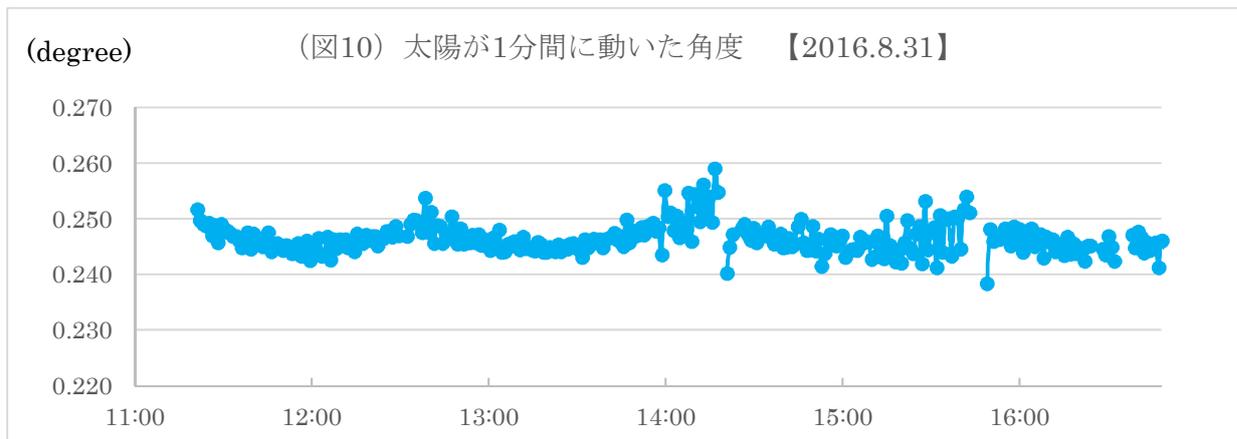


図9 実験の模式図（上から）

(4) 分析結果



(5) 結果の考察

グラフは前回より仮説に近い形へと変化した。しかしながら、依然として仮説の実証に至るには補正が不十分であると考えられたため、今までの研究を更に見直すことにした。2017年3月15日～18日にかけて行われた天文学会のポスターセッションにおいて大学の先生にご指摘いただいた、「日の出から日の入りまでをきちんと撮影する」ということを次の観測の目的とした。

6 観測Ⅲ(～2017.4)

(1) 観測日時

日時：2017年4月16日 5時27分～17時40分

一部、雲がかかったため、雲がかかったもの（図11）を削除し、残り（図12）を採用  
 南中時刻：11時44分 天気：晴れのち曇り

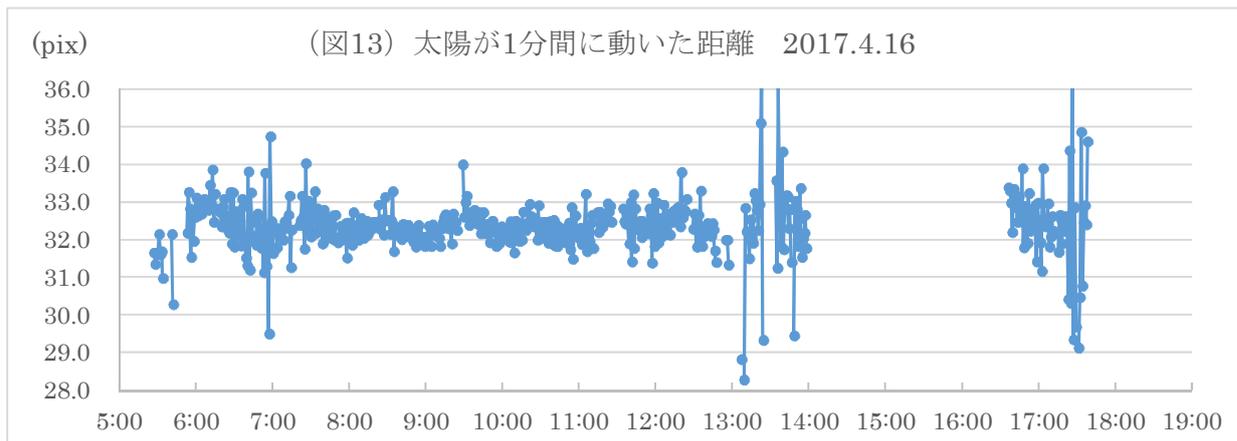


図11 雲のかかっている太陽



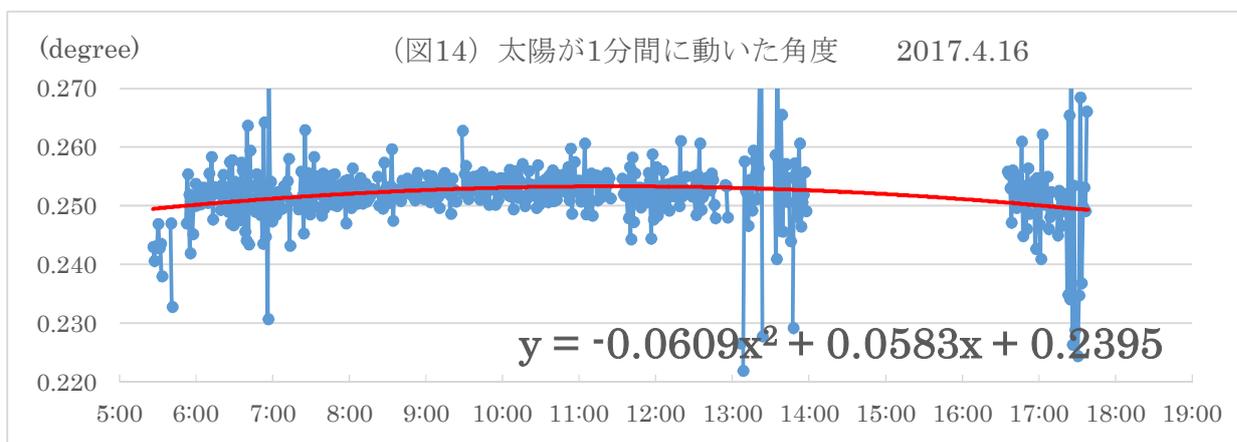
図12 雲のかかっていない太陽

(2) 観測結果



日の出から日の入りまでを観測した結果天候にも恵まれ、これまでの研究とは異なるグラフ、仮説に最も近い形のグラフにすることができた。グラフ内の空白は太陽が雲に隠れて正確な値を検出できないと考えたため、消去した部分である。

### (3) 分析結果



### (4) 結果の考察

観測Ⅱと同じ補正方法で補正を行った。日の出から日の入りまでを絶えず観測し、データ処理を行った。それらのデータに Excel の機能によって近似曲線（二次曲線）を追加することで、南中時刻付近で最も角度が大きくなり、それから日の入りに向かうにつれて、徐々に角度の値が下がる近似線を導き出すことができた。よって光の屈折により昼間の長さが長くなったことを観測できたといえる。このグラフは、以前のものより凹凸が目立つが、前後でそれぞれ調整されているため近似曲線には影響していない。さらに、近似線の頂点は 11 時 29 分になり、当日の南中時刻は 11 時 44 分。頂点と南中時刻の値が近いことから、このグラフの信用性が高いことがわかる。また、屈折がなければ太陽は視覚上 1 分間に  $0.25^\circ$  移動することになり、グラフは南中である頂点では屈折が起きないと考えられるため南中時刻付近で  $0.25^\circ$  になり、南中時刻から離れるにつれて 1 分間に進む角度が小さくなる。しかしながら、このグラフでは全体的に値が大きくなってしまっている。

これが解決されると、この研究から春分、秋分の昼間が長いことだけでなく、光の屈折によってどのくらい長くなるかという具体的な数値や、実際に暇と夜の長さが同じ日なども導き出すことができる。これら一連の新たな課題の達成が私たちの次なる目標及び展望となる。

## 7 結論

日の入りに向かうにつれて太陽が1分間に進む角度が小さくなることが観測でき、大気の中を進む光の屈折によって昼間が長くなることが実証できた。

## 8 参考文献

- 1) 国立天文台 WEB よくある質問 <http://www.nao.ac.jp/faq/a0303.html>
- 2) 昼と夜の長さ <http://www.astrophotoclub.com/syunbun.htm>
- 3) ISSの観測と高度測定第二報 日本天文学会 2012年ジュニアセッション講演予稿集 134～135頁



# 地球は青いのか？！

## ～地球照の分析による宇宙から見た地球の色の再現～

群馬県立前橋女子高等学校 地学部 3年 福田紫都 中野里美 中島志保 高草木寧緒

### 要旨

月の太陽に照らされている部分（以下、太陽照とする）と地球に照らされている部分（以下、地球照とする）の色の比較を3通りの方法で分析したところ、地球照は赤、緑に比べて青の成分の割合が高く、地球照は太陽照より青いことが確認された。しかし、地球照が青いことと地球が青いことは同一とは言えないという指摘を受け、地球照の光が私たちの目に届くまでの経路を見直し、地球が青いことを追究することを目指した。地球照と同じ高度の太陽と満月、大気の通過量の異なる太陽を撮影し、分析したところ、地球は青いと結論付けるに至った。

### 1. 序論

1961年、ロシア人宇宙飛行士のユーリ・ガガーリンは初めて宇宙を飛んだとき「地球は青かった」と言ったという。発言の真偽はさておき、宇宙にいけない私達も「地球は青い」と言いたい。無理ならば、かわりに「地球照は青い」と言いたい。地球照とは、太陽の光が当たらない月の暗い部分を地球の光が照らして薄く見える現象のことで、新月または三日月のような細長い月のときによく見える。地球照は地球の光を光源としているため、地球照が青ければ地球が青いと考え、太陽照と地球照を比較することにした。地球照は肉眼でははっきりと確認できるほど明るくはなく色は判断できないため、撮影して画像を分析することで地球照は青いのか調べようと思った。

### 2. 研究目的

地球照と太陽照を撮影し、画像を分析することで地球照が太陽照より青いかどうかを調べる。

### 3. 観測条件

【使用器具】デジタル一眼レフカメラ Nikon D7100、すばる画像処理ソフト「マカリ」、Microsoft Paint

(1) 2016年2月5日の月（月齢25.8）を日の出前の4時36分に撮影した。

露出時間：1/640s, 1/320s, 1/160s, 1/80s, 1/40s, 1/30s, 1/20s, 1/8s, 1/4s, 1/2s, 1/1.3s, 1s, 1.3s, 1.6s, 2s, 3s, 4s

ISO：1600

撮影場所：群馬県前橋市

天候：晴れ、気温1.1℃、湿度56%（同日6:00の値）

太陽照は1/640s（写真1）、地球照は3s（写真3）の露出時間のものを使用した。

(2) 2016年8月6日の月（月齢4.6）を日没後の19時36分、37分に撮影した。

露出時間：5s, 4s, 3s, 2.5s, 2s, 1.6s, 1.3s, 1s, 0.77s, 0.62s, 1/2s, 1/3s, 1/4s, 1/5s, 1/6s, 1/8s, 1/10s,

1/13s, 1/15s, 1/20s, 1/25s, 1/30s, 1/40s, 1/50s, 1/60s, 1/80s, 1/100s, 1/125s, 1/160s, 1/200s, 1/250s,

1/320s, 1/400s, 1/500s, 1/640s, 1/800s, 1/1000s, 1/1250s, 1/1600s, 1/2000s, 1/2500s

ISO：800

撮影場所：新潟県燕市

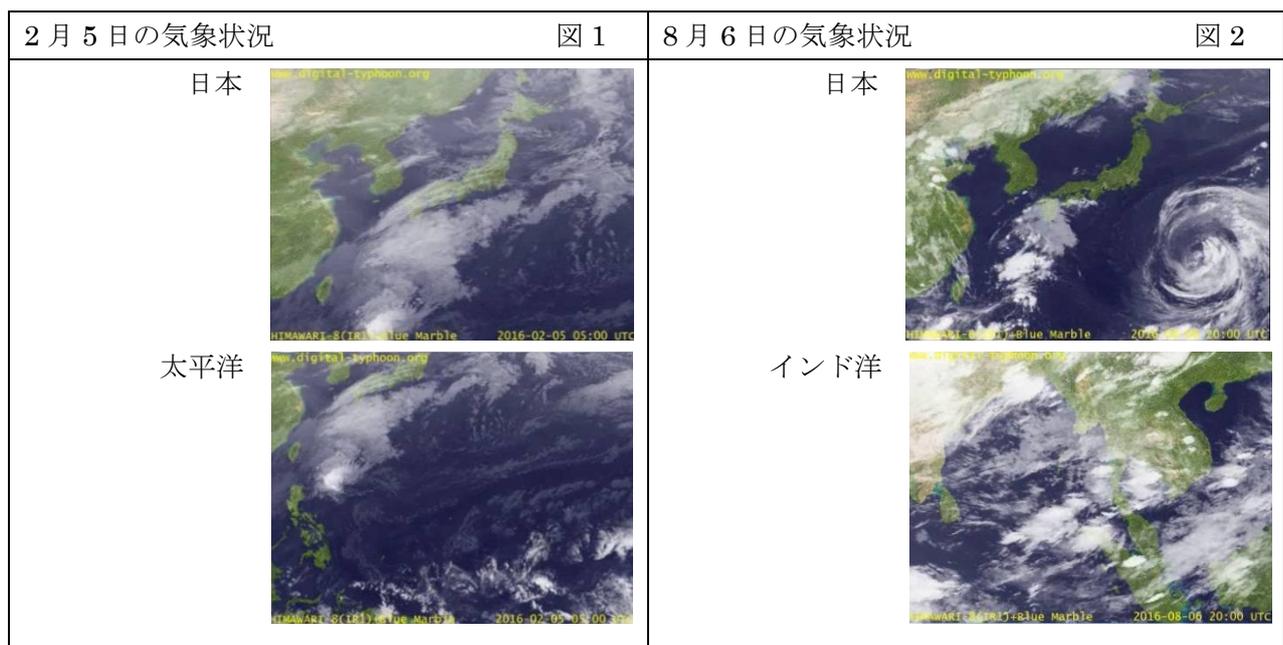
天候：快晴、気温28.6℃、湿度76%（同日18:00の値）

太陽照は 1/80s (写真 2)、地球照は 1s (写真 4) の露出時間のものを使用した。



処理には、すばる画像処理ソフト「マカリ」と Microsoft Paint を使用した。使用した画像は全て JPEG 画像である。これは、私たちは目で見たままの地球照の色を調べたいと考えていて、カメラによる処理がなされていない生のデータである RAW 画像よりもカメラによって処理され人間が見たものにより近い JPEG 画像のほうが私たちの研究には適している、と考えたからである。

太陽と地球と月の位置関係より、朝方の地球照は、主に地球の太平洋側に反射した太陽の光を受けて私達の目に届いている。一方、夕方地球照では、主にインド洋側に反射した太陽の光を受けて私達の目に届いている。私達は日本列島や太平洋、インド洋上空の気象状況も考慮すべきと考え、調べた。

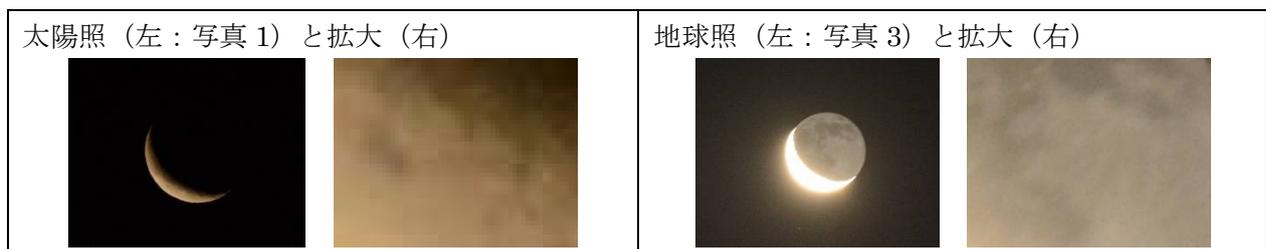


#### 4. 分析方法と結果

(1) 太陽照と地球照の写真を目視で比較する

【方法】

月の太陽照部分、地球照部分を拡大し、目視で色の違いを比べる。



【結果】

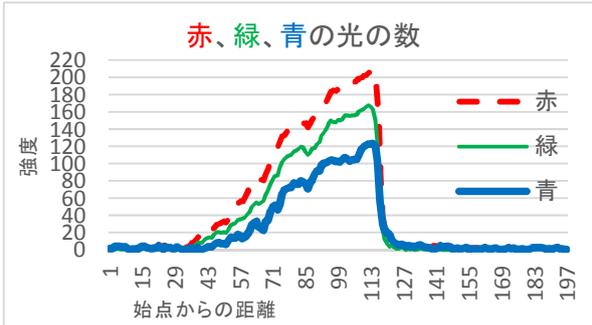
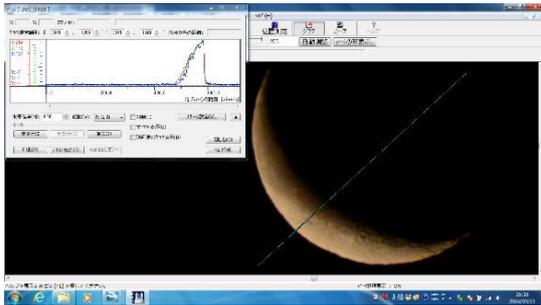
太陽照は、地球照よりも赤っぽいことが確認できた。

(2) 「マカリ」で画像に線を引き、赤・緑・青の光の量を比較する

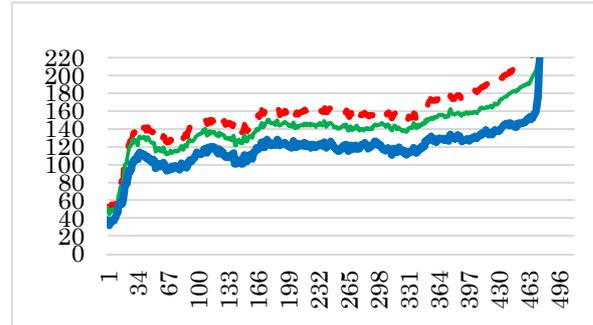
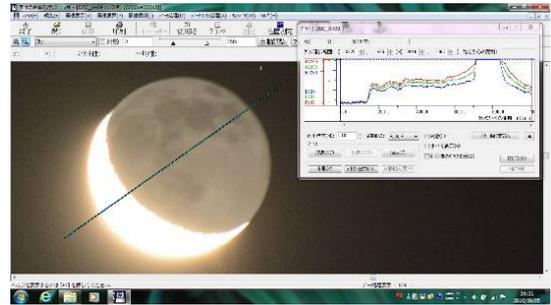
【方法】

2月5日の朝方の太陽照（写真1）と地球照（写真3）の写真を用い、すばる画像処理ソフト「マカリ」を用いて月に線を引き、赤・緑・青の光の量を測定した。太陽照は図3、地球照は図4に測光結果をグラフに示した。8月6日の夕方の太陽照と地球照も同様にして分析を行い、測光結果は、太陽照は図5に、地球照は図6に示した。

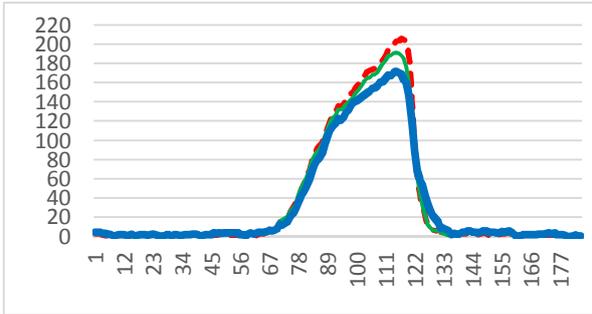
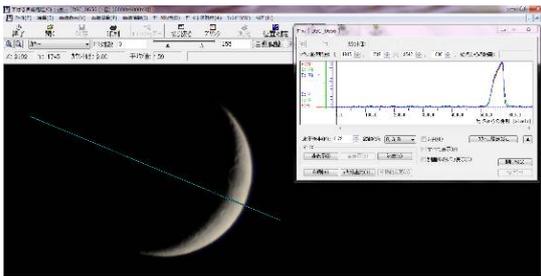
太陽照 2月5日 (図3)



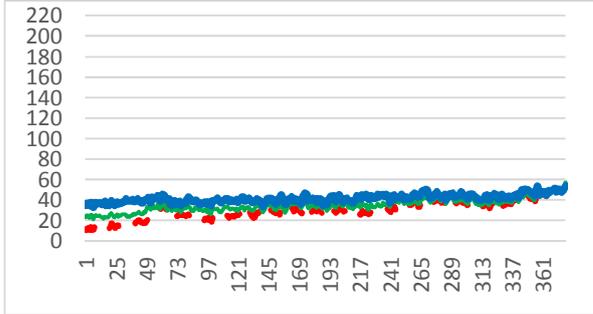
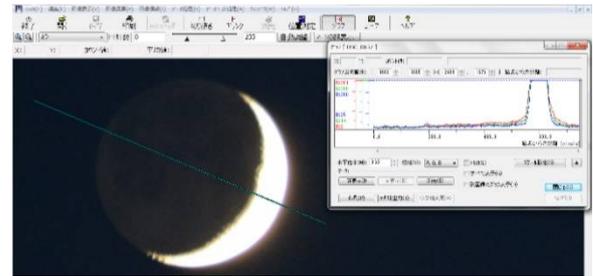
地球照 2月5日 (図4)



太陽照 8月6日 (図5)



地球照 8月6日 (図6)



【結果】

図3と図4を比較すると、どちらも光の強さの順は赤、緑、青だが、図3の太陽照の方が、赤が突出しているように見える。一方、図5と図6の比較の方が分かりやすく、図5の最も強い成分は赤だが、図6の最も強い成分は青である。以上のことから、地球照の方が太陽照より青っぽいことが確認できた。

(3) Microsoft Paint のスポイト機能を使い、赤・緑・青の光の割合を比較する

【方法】

図7のように、①全体（海・陸ランダムに）計50箇所、図8のように、②月の海（暗い部分）と陸（明るい部分）各20箇所、それぞれの部分ごとに Microsoft Paint のスポイト機能を使い、赤・緑・青の光の量を調べた。それらのそれぞれの光の量を平均して赤・緑・青の光の割合を出し、太陽照と地球照の割合を比較した。

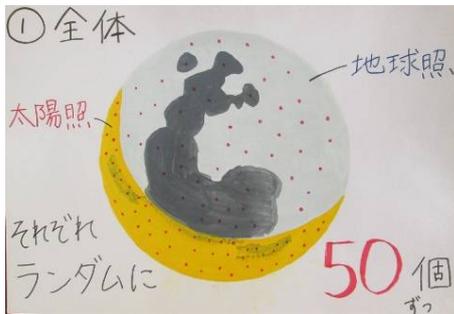


図 7

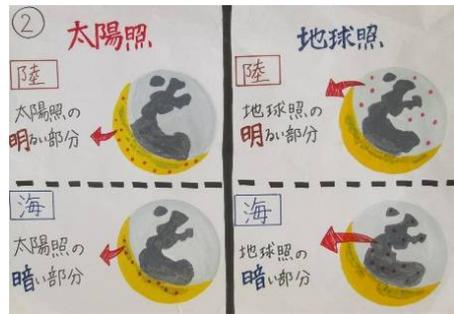
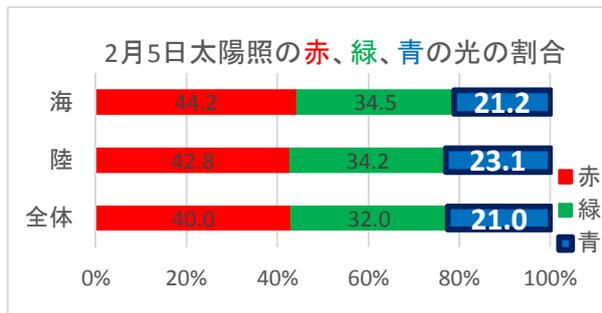
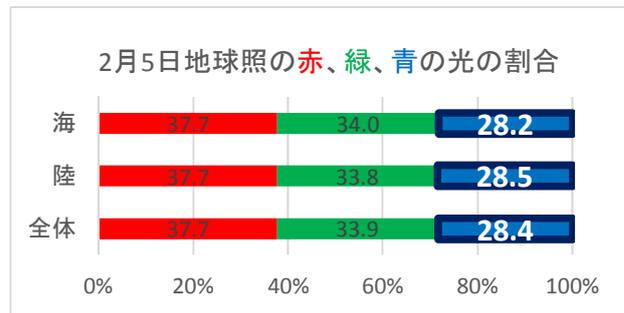


図 8

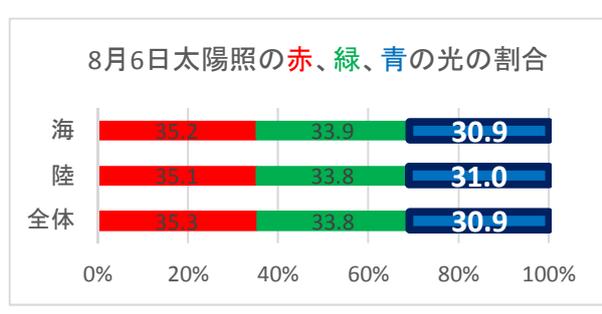
2月5日朝の太陽照 (図9)



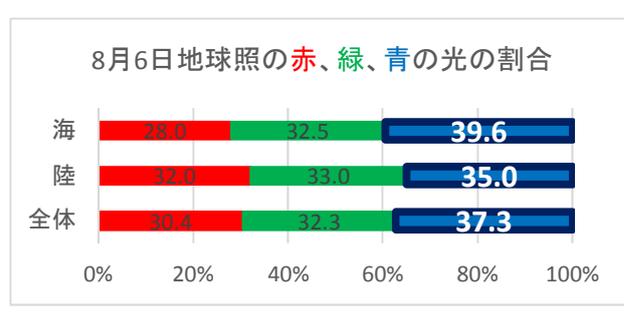
2月5日朝の地球照 (図10)



8月6日夕方の太陽照 (図11)



8月6日夕方の地球照 (図12)



【結果】

図9～図12より、海のみ、陸のみ、全体と、月の領域による色合いの大きな違いは見られなかった。これは光源の影響と比べ、地質の影響は小さいことが考えられる。

図9と図10の比較、図11と図12の比較、どちらの比較においても、地球照の色合いと太陽照の色合いは異なり、地球照の方が太陽照よりも青いことが分かる。

## 5. 考察

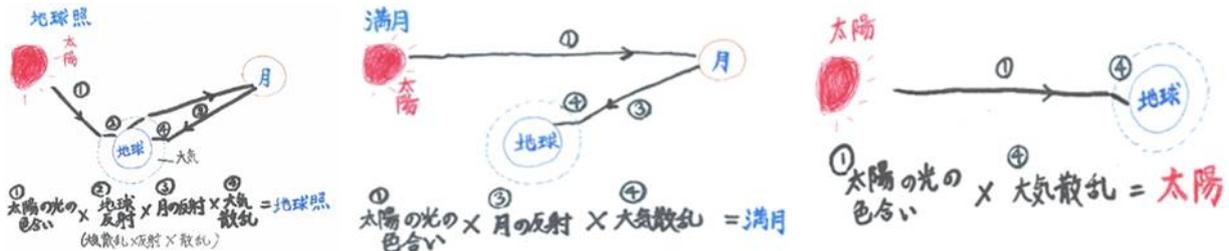
拡大写真を比べると地球照は太陽照よりも青っぽく見えるが、これだけでは地球照が本当に青いかは分からない。(1)(2)(3)の異なる3種類の 방법으로検証した結果が、どれも地球照の方が太陽照より青いことを示唆しており、「地球照は青い」と結論付けても良さそうだ。衛星画像より、日本、太平洋、インド洋の雲量の差異は結果に影響しなかったと考えられる。

季節や撮影場所、撮影条件が異なるにも関わらず、同じ傾向の結果が得られたことは、この結論を保証する良い材料になると思われる。

## 6. 新たな目的

以上の研究から「地球照が青い」ことは確認できた。しかし、地球照の青さはガガーリンが見た地球の青さとは異なるのではないだろうかという指摘を受け、私達も同じような疑問が出てきた。次は、ガガーリンが見た地球の青さそのものを観測したい。

私達は、地球照の光が地球にいる私達の目に届くまでの経路を見直すことにした。ガガーリンは宇宙から地球の青さを確認して、私達は地球上から月に映る地球照の青さを確認している。例えば、私達が撮影し、研究をした月（地球照）は地球の大気の下から見たものであり、宇宙から見える地球の色を直接反映しているわけではない。そこで、宇宙から見た地球の色を再現することを目的に研究を続けることにした。地球照は太陽からの光が地球の大気での散乱、地球や月での反射などの過程を経て私達の目に届くものだ。それらの過程を計算によって省くことができれば、宇宙から見た地球の色を再現できると考えた。以下に、地球照、満月、太陽の光が地球上にいる私達の目に届くまでの経路を示す。



式 1 (地球照の光の進み方)

式 2 (満月の光の進み方)

式 3 (太陽の光の進み方)

以上の3式を整理すると、

$$\textcircled{1} \text{太陽の光の色合い} \times \textcircled{2} \text{地球反射} \times \textcircled{3} \text{月の反射} \times \textcircled{4} \text{大気散乱} = \text{地球照 (式 1)}$$

$$\textcircled{1} \text{太陽の光の色合い} \times \textcircled{3} \text{月の反射} \times \textcircled{4} \text{大気散乱} = \text{満月 (式 2)}$$

$$\text{式 1} \div \text{式 2 より、} \quad \boxed{\textcircled{2} \text{地球反射}} = \text{地球照} \div \text{満月 (式 4)}$$

$$\textcircled{1} \text{太陽の光の色合い} \times \textcircled{3} \text{月の反射} \times \textcircled{4} \text{大気散乱} = \text{満月 (式 2)}$$

$$\textcircled{1} \text{太陽の光の色合い} \times \textcircled{4} \text{大気散乱} = \text{太陽 (式 3)}$$

$$\text{式 2} \div \text{式 3 より、} \quad \boxed{\textcircled{3} \text{月の反射}} = \text{満月} \div \text{太陽 (式 5)}$$

④大気散乱が求まらなければ、これ以上の計算は進まないが、太陽の高度変化に伴う大気減光を調べることにより④大気散乱が求まれば、連立方程式を解くことができる。

$$\textcircled{1} \text{太陽の光の色合い} \times \boxed{\textcircled{2} \text{地球反射}} \times \boxed{\textcircled{3} \text{月の反射}} \times \boxed{\textcircled{4} \text{大気散乱}} = \text{地球照 (式 1)}$$

(式 4)

(式 5)

私たちが知りたい宇宙から見た地球の色合いについては、以下の式で表すことができる。

$$\textcircled{1} \text{太陽の光の色合い} \times \textcircled{2} \text{地球反射} = \text{地球の色合い}$$

以上のことから、高度を揃えると大気散乱の値が同じになり、より正確に地球の色合いが求められるため、地球照、太陽、満月の三つの高度を揃えて撮影することにした。さらに、大気散乱の差をとれば大気減光が分かると考えたので、大気の通過量が異なる2種類の高度の太陽の写真も併せて撮影することにした。

## 7. 観測条件

下記の条件で撮影を行った。

地球照	太陽	満月	高度の高い太陽
2016年2月5日 4:36 高度：10.8° 露出時間：3s	2016年12月19日 15:21 高度：10.8° 露出時間：1/8000s	2016年12月14日 18:05 高度：10.8° 露出時間：1/100s	2016年12月17日 11:54 高度：30.2° 露出時間：1/8000s
2017年1月31日 19:30 高度：10.5° 露出時間：3s	2017年2月4日 15:18 高度：10.5° 露出時間：1/8000s	2017年2月11日 18:37 高度：10.5° 露出時間：1/200s	2016年12月17日 11:54 高度：30.2° 露出時間：1/8000s
2017年1月25日 5:45 高度：13.9° 露出時間：1.6s	2017年2月4日 15:51 高度：13.9° 露出時間：1/8000s	2017年2月11日 18:55 高度：13.9° 露出時間：1/200s	2016年12月17日 11:54 高度：30.2° 露出時間：1/8000s
2017年1月24日 5:28 高度：19.4° 露出時間：2.5s	2017年2月4日 16:11 高度：19.4° 露出時間：1/8000s	2017年2月11日 19:24 高度：19.4° 露出時間：1/1600s	2016年12月17日 11:54 高度：30.2° 露出時間：1/8000s

### 【使用器具】

デジタル一眼レフカメラ Nikon D7100、D7200

太陽観測フィルターND10000

天体画像処理ソフトウェア「ステライメージ7」

Microsoft Paint

## 8. 分析方法と結果

### 【方法】

下記の表1は、式1~3を整理したものである。

表1 各天体の色合いと変化の分析表

	太陽	大気散乱	地球反射	大気散乱	地球	月反射	月	大気散乱	地球照	地球照	
R/G											R
B/G											G
	太陽					月反射	月	大気散乱	満月	満月	R
R/G											G
B/G											B
	太陽							大気散乱	太陽像	太陽像	R
R/G											G
B/G											B

- ・表1は上から順に地球照、満月、太陽の光の進み方を示している。
- ・ピンク地になっている所は撮影した天体の平均のRGB（赤、緑、青）を示している。
- ・黄色地は各天体の赤さと青さを示している。
- ・青地は光が進む中で、赤さ、青さがどのくらい変化するかを示している。

なお、緑を基準として、赤さをR/G、青さをB/Gと定義した。

また、大気散乱は、三角関数と、国際航空連盟（FAI）が定義した大気圏の距離 100km を仮に用い、太陽光の大気圏通過距離を高度ごとに計算した。ここから太陽光が単位距離を通過するごとにどれくらい赤さと青さが増すかという数値を計算し、この数値の累乗を大気散乱の影響として使用した。

表 1 を用いて、以下の手順で地球の色合いを求めた。

- (1)天体画像処理ソフトウェア「ステライメージ 7」を用いて、高度 10.8° の地球照、満月、太陽それぞれを 50 箇所ずつ RGB の光の量を調べ、平均値を求める。
- (2)赤さと青さの定義より、地球照、満月、太陽のそれぞれの R/G、B/G を求める。
- (3)太陽の高度差を用いて求めた大気散乱の値をそれぞれ代入する。
- (4)(3)までで大気を通過する前の太陽の赤さと青さがわかるため、それぞれ代入する。
- (5)同様にして大気を通過する前の地球照と満月の赤さと青さの値を〈月〉に代入する。
- (6)満月の光の進み方の式から、(5)までを用いて、月反射の赤さと青さを求めて、それぞれ代入する。
- (7)地球照の光の進み方の式から、(6)までを用いて地球の色合いを求める。

**【結果】**

ここでは、地球照、満月、太陽の三つの天体の高度は 10.8° 高度が高い太陽は 30.2° の画像を用いた分析結果を示す。

表 2 JPEG 画像を用いた分析(高度 10.8° )

R/G	太陽 0.94	大気散乱 1.07	地球反射 0.82	大気散乱 1.07	地球 0.88	月反射 0.86	月 0.76	大気散乱 1.45	地球照 1.11	地球照	148 R 134 G 112 B
B/G	1.15	0.93	1.38	0.93	1.37	0.92	1.26	0.67	0.84		
R/G	太陽 0.94					月反射 0.86	月 0.81	大気散乱 1.45	満月 1.18	満月	173 R 147 G 104 B
B/G	1.15					0.92	1.06	0.67	0.71		
R/G	太陽 0.94							大気散乱 1.45	太陽像 1.37	太陽像	122 R 89 G 68 B
B/G	1.15							0.67	0.77		

表 3 RAW 画像を用いた分析(高度 10.8° )

R/G	太陽 0.94	大気散乱 1.07	地球反射 0.82	大気散乱 1.07	地球 0.88	月反射 0.87	月 0.77	大気散乱 1.44	地球照 1.10	地球照	40433 R 36604 G 30743 B
B/G	1.20	0.91	1.42	0.91	1.42	0.96	1.37	0.61	0.84		
R/G	太陽 0.94					月反射 0.87	月 0.82	大気散乱 1.44	満月 1.18	満月	43870 R 37291 G 26444 B
B/G	1.20					0.96	1.16	0.61	0.71		
R/G	太陽 0.94							大気散乱 1.44	太陽像 1.36	太陽像	31525 R 23246 G 17089 B
B/G	1.20							0.61	0.74		

上記の手順により分析した結果を、表 2 と表 3 に示した。

表 2 は JPEG 画像を用いたもので、地球の赤さは 0.88、青さは 1.37 であり、表 3 は RAW 画像を用いたもので、地球の赤さは 0.88、青さは 1.42 であった。これらをもとに Microsoft Paint で地球の色を作成した。図 16 は JPEG 画像を分析した結果を、図 17 は RAW 画像を分析した結果の地球の色を示している。



図 13 地球の色 (JPEG)



図 14 地球の色 (RAW)

図 13、図 14 より、JPEG 画像と RAW 画像の色の差はほとんど見られなかったため、他の高度(10.5°、13.9°、19.4°)はより精度の高い RAW 画像のみで分析を行った。



図 15 10.5° の分析結果

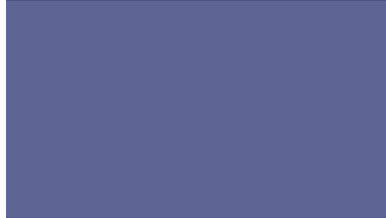


図 16 13.9° の分析結果



図 17 19.4° の分析結果

同様に、ステライメージ 7 を用いて NASA と JAXA が公開している衛星画像を 50 回ずつ測光し、Microsoft Paint で色を作成した。

南北アメリカ大陸 (図 18)	オセアニア・太平洋 (図 19)
 <p>(出典：NASA ホームページ) 私達が想像する地球の色。色味が加工されている。 B/G 1.44 R/G 1.00</p>	 <p>(出典：JAXA ホームページ) 無修正画像なので暗く感じる。 B/G 1.18 R/G 0.75</p>

## 9. 考察

今回の観測により宇宙から見た地球の色合いは赤さ (R/G) が 0.88、青さ (B/G) が 1.42 と求められた。この値を Microsoft Paint を用いて可視化したところ、自分たちが期待していたような青さは現れなかった。観測値や理論の不足もあるが、そもそもこの色は地球の白い雲の部分や陸地の部分も含む平均の色ということもある。このことを踏まえ、実際の地球の色を NASA 及び、JAXA が公開している写真 (図 18、図 19) を用いて同様に分析した結果、本来の地球も私たちが求めた地球の色に近い色であることが分かった。

## 10. 結論

宇宙から見た「地球は青い」と結論付けたい。その青さは期待していたものより「くすんだ青」ということも判明した。

## 参考文献・参考サイト

- ・ 国立天文台 こよみの計算 (<http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>)
- ・ こよみのページ 月齢カレンダー (<http://koyomi8.com/moonage.htm>)
- ・ 日本気象協会 過去天気 (<http://www.tenki.jp/past/>)
- ・ デジタル台風：台風画像と台風情報 (<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)
- ・ JAXA(<http://www.jaxa.jp/>)
- ・ NASA (<https://www.nasa.gov/>)



# 雨の日にぬれない傘のさし方

群馬県立前橋女子高等学校 SS 探究 長岡京花 新井和花 (高2)

## はじめに

雨の日に傘をさしてもぬれてしまうことがある。雨を防ぐのに効率の良い傘のさしかたとはどのようなものなのだろうか。私たちは雨の日にぬれない傘のさし方を探す研究をしようと考えた。

## 目的

雨に濡れない効率の良い傘のさしかたを調査する。

## 仮説 物理モデル

速度 $v_a$ で進む人から速度 $v_b$ で落下する雨の相対速度を $v_{ab}$ 、 $v_{ba}$ と鉛直方向との間の角を $\theta$ とする。傘は雨と垂直の時に最も雨を防ぐ面積が大きくなるから、雨にぬれないために、傘は鉛直上向きから角度 $\theta$ だけ傾ければ良い。速度 $v_a$ が速くなるほど角度 $\theta$ も大きくなることから、傘を傾ける角度も大きくなる。よって人の速度が速くなるほど傘を傾ければ、ぬれないと考えられる。

## 方法

### [1] 条件を考える

<ぬれ方と関係があると予想した条件>

傘と地面の角度、**人の速さ** 風の速度、  
雨の量、傘をさす高さ

#### 実験 1

変化させる条件		変化させない条件
人の速度	0.7m/s	傘と地面の角度(地面に対して垂直) 風の速度(なし) 雨の量(一定) 傘をさす高さ(地面からの高さ一定)
	1.4m/s	
	2.1m/s	

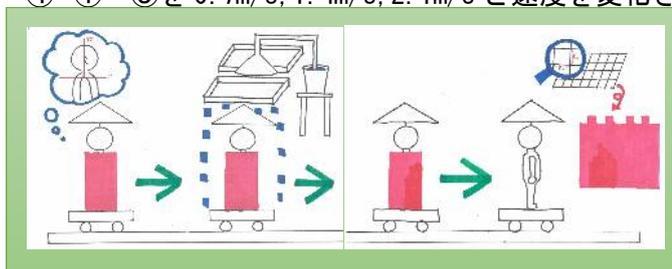
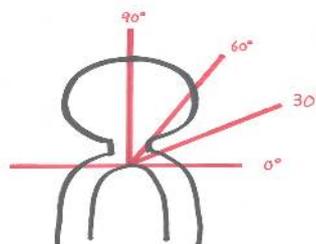
#### 実験 2

変化させる条件		変化させない条件
傘と地面の角度	30°	傘と地面の角度(地面に対して垂直) 風の速度(なし) 雨の量(一定) 傘をさす高さ(地面からの高さ一定)
	60°	
	90°	

### [2] 人の速さとぬれかたの関係

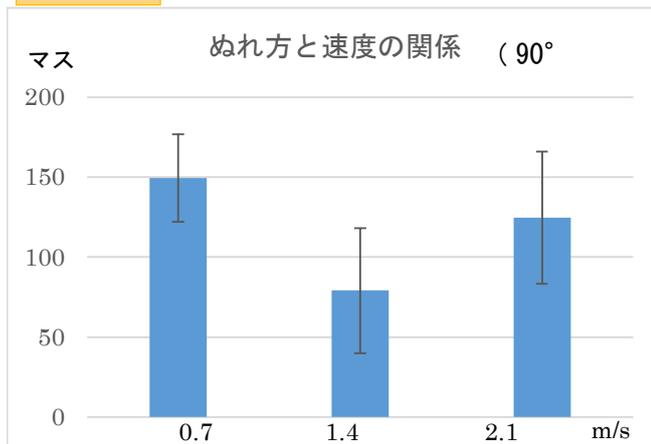
人形を人間のミニチュアに見立てて実験を行う。

- ① 人形にぬれると色が変わる紙を巻き、傘の角度を 90° (地面に垂直) にして台車に乗せる。
- ② バネ付き台車を用いてバネの力で台車を走らせ、シャワーの下を通らせる。
- ③ 巻きつけた紙を取り、5mm のマス目を書いた透明なシートをかぶせ、ぬれた面積を計測する。
- ④ ①～③を 0.7m/s, 1.4m/s, 2.1m/s と速度を変化させて、それぞれ 15 回ずつ繰り返す。

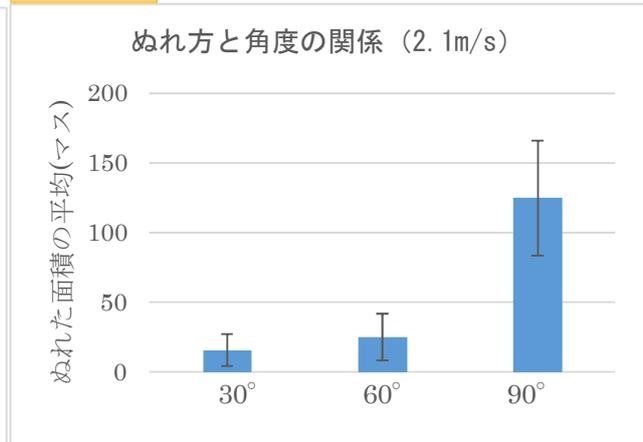


## 結果

### グラフ1



### グラフ2



グラフ1より 1.4m/s の時が最もぬれにくいことが分かる。また、0.7m/s と 2.1m/s の時の雨にぬれた量には、あまり変化がなかった。

グラフ2より傘の角度が 30° 60° 90° となるにつれて、雨にぬれる量が多くなっている。

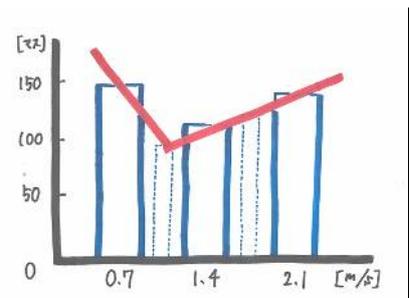
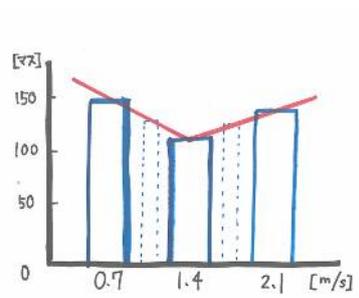
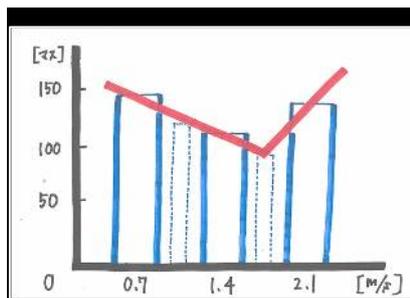
## 考察

0.7m/s の時は雨に当たる時間が長いからはねる水の量が多い。

1.4m/s の時は速すぎず、遅すぎない速さであったためぬれる面積が少なかった。

2.1m/s の時は速度が速く、角度のついた雨が人に向かって雨が降ってくる。

## 今後の展望



■ 上のこれらの図のように

- ① 1.4m/s と 2.1m/s の間に 1.4m/s よりもぬれない速さがあるのか
  - ② 1.4m/s が最もぬれない速さなのか
  - ③ 0.7m/s と 1.4m/s の間に 1.4m/s よりもぬれない速さがあるのか
- を調べる。

■ 0.7m/s と 1.4m/s の時の角度を 30°、60° と変化させて実験を行う。

## 参考文献

Minutephysics

“Is it Better to Walk or Run in the Rain?”

## アリの味覚・好みに関する研究

群馬県立前橋女子高等学校 理科部

2年 中村星梨那 横坂桃子

### 1. 動機および目的

人間は舌にある味覚芽、その中の味細胞と呼ばれる感覚器官によって基本味を感じている。しかし昆虫の多くは触角の受容性タンパク質によって味を判断している(図1)。そこで、昆虫はどのような味を感じ、どのような味を好むのかについて昆虫のなかでも私たちの身近にいる蟻をつかって調べることにした。まずは、糖類の好み(甘味の好み)を実験により明らかにすることにした。

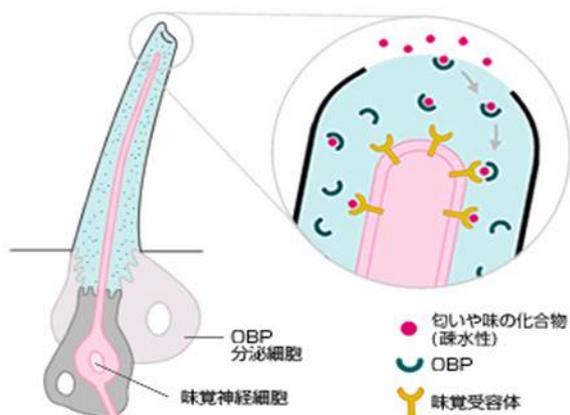


図1：蟻の触覚の模式図

<http://bit.ly/2ktgrUz> から引用

### 2. 方法

- ① 5種類の糖類をそれぞれ0.5gずつ量ってシャーレにいれる。(5種類で1組、3組作る。)
- ② ①のシャーレを1組ずつ3か所に置く。
- ③ ②に雨や風を防ぐための器具(写真1)をかぶせる。
- ④ データロガーをシャーレのある場所ともう1か所に置く。
- ⑤ 定点カメラで実験の様子を撮影する。
- ⑥ 23時間45分後にシャーレを回収し、乾燥させた後に質量を量る。

ここで、使用した糖類は、マルトース、ガラクトース、グルコース、フルクトース、スクロースの5種類で、研究対象は学校のクロヤマアリである。

### 3. 結果と考察

どのシャーレにも、蟻が寄り付いていた。

図2に結果のグラフを示す。図2のグラフは、回収した糖類の乾燥後の質量を表したものである。もとの質量である0.5gとの差が大きいものほど蟻にたくさん持っていかれているといえる。なかでも、スクロースとフルクトースは減った質量も多く、たくさんの蟻がよりついていたことから、蟻がスクロース(二糖類 グルコース+フルクトース)とフルクトース(単糖類)を好むことが分かった。また、マルトース、グルコース、ガラクトースは、蟻は寄り付いていたものの、あまり質量が減少しないことに気がついた。ここから、蟻は糖類を識別していると考えられる。今年度の結果に比べて去年度の結果の変化量が少ないのは、実験の時期が秋の中旬~下旬となってしまったからだと考えられる。グルコース(単糖類)とマルトース(二糖類 グルコース+グルコース)は蟻なしと蟻ありにほとんど差が無いことから、これらは蟻に人気が無いことが分かった。蟻なしでも質量が減っていることから、風などの影響を受けてしまったことが考えられる。参考に、使った糖の構造式を図3に示す。構造式から判断すると、蟻は5角形の糖(フルクトース)の部分を好んでいるのかもしれない。

### 4. 反省と課題

天候によって実験ができなくなることが多かったり、水槽の隙間に風が吹き込んでしまい、砂が混ざってしまったため、砂を取り除く必要があり質量をはかるまでに時間がかかってしまったりしたことで、実験回数をあまり多くすることができなかった。

今後は人工甘味料を用いたり、うま味、苦味、酸味、塩味の他の基本味についての実験をしたりしようと思う。

### 5. 参考・引用文献

- ・四訂版スクエア最新図説生物 neo 吉里勝利監修 第一学習社
- ・生命誌ジャーナル 2009年 秋号 CROSS - BRH をめぐる研究 - 食性転換は食わず嫌いをやめるところから 首都大学東京 細胞遺伝学研究室 松尾隆嗣(<http://bit.ly/2ktgrUz>)

図2：結果のグラフ

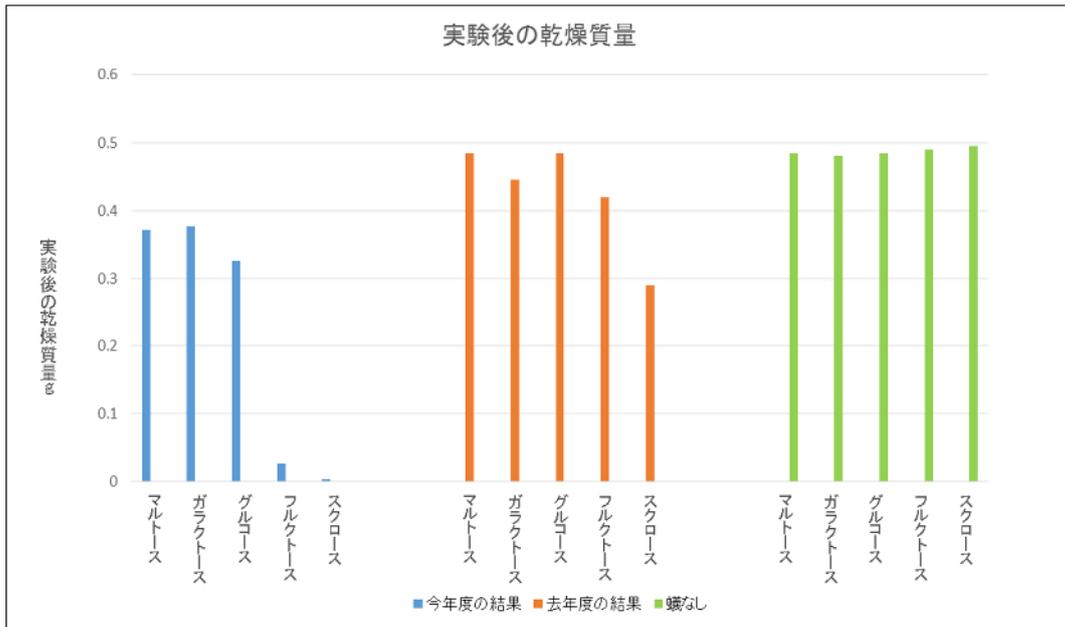
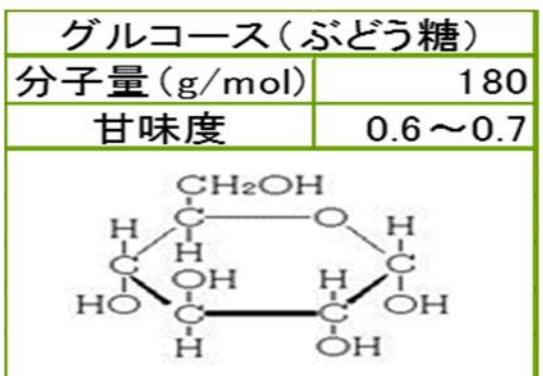
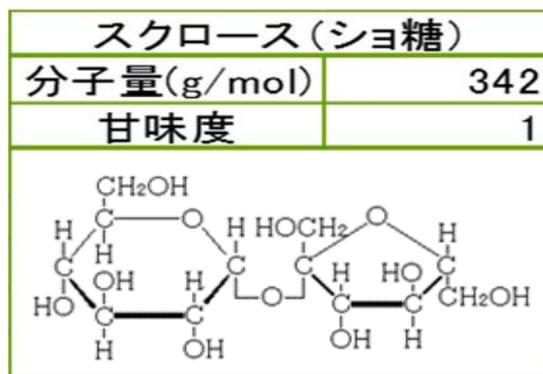
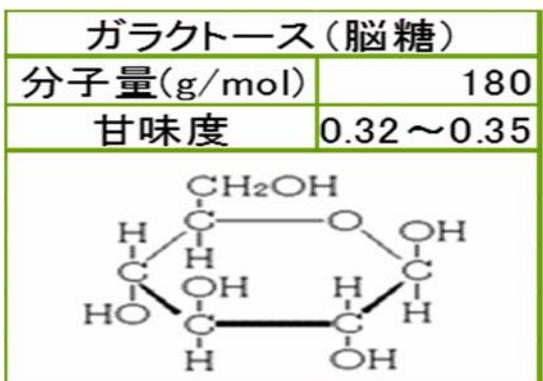
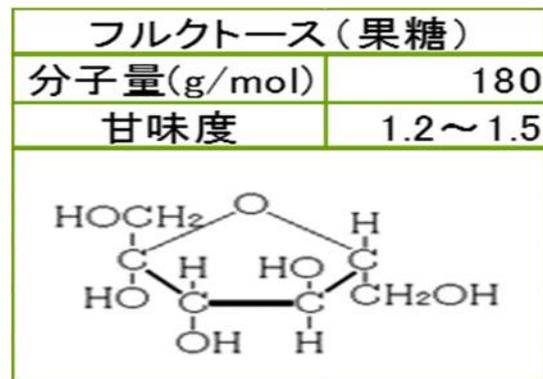
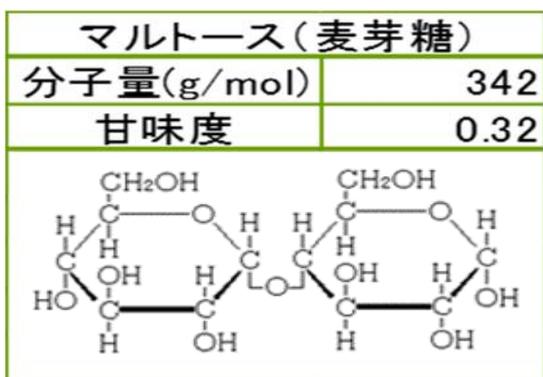


図3：糖類について



写真：雨風を防ぐ器具

# 牛乳を温めても膜が張らないようにする方法

群馬県立前橋女子高等学校 MJラボ 牛乳班 犬塚茉由子・栗原歩佳・濱名かのん

## はじめに

私たちは牛乳に膜が張らないようにする温め方を探る研究を行っている。そのために設定条件を様々に変えることで、膜の張りかたが変わることを実験で確かめ、その結果を利用して膜の張らない温め方を探っている。

## 予備調査及び予備実験

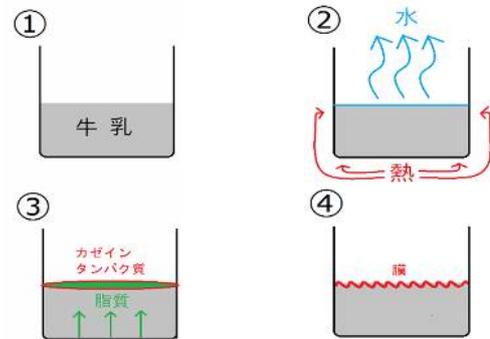
予備調査より、膜が形成されるためにはカゼインタンパク質と脂質が必要であり、ショ糖の存在はタンパク質の凝固を防ぎ凝固点を上昇させることがわかっている。

また、予備実験より、膜は液面にしか発生しないことと、熱する温度が高いほど多く発生することが確かめられた。

## 仮説 1

- ① 脂質量が増えると膜の質量も増える。
- ② レンネットでホエー（水、乳糖、ホエータンパク質のみ含む）を作り、それを熱しても膜は出来ない。

## 膜ができる原理（これまでの実験より）



- 1 牛乳を注ぐ
- 2 水分が液面から蒸発
- 3 タンパク質が液面で脂質を取り込みながら凝固
- 4 膜が形成される

## 実験 1-1 脂質によって膜質量の変化はあるか

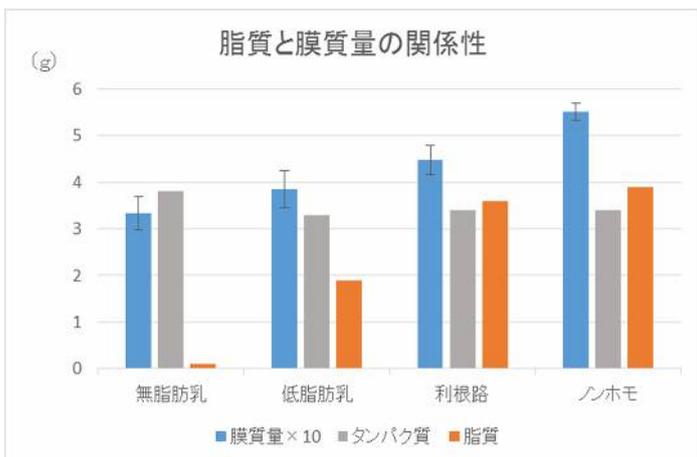
### 方法

- ① 100ml をガスバーナーで 70 度まで熱する
- ② 70 度に設定した恒温機に 10 分間入れる。
- ③ ガラス棒で膜を回収し自然乾燥させ、質量を量る。
- ④ 一つの種類につき 10 回行い質量の平均を出す。

### 結果

脂質と膜質量の関係性

	殺菌方法	平均質量	タンパク質	脂質
無	130 度 2 秒	0.149g	3.8g	0.1g
低	130 度 2 秒	0.196g	3.3g	1.9g
利根	130 度 3 秒	0.258g	3.4g	3.9g
ノンホモ	130 度 2 秒	0.319g	3.7g	3.3g



## 実験 1-2 タンパク質と膜質量

### 方法

- ① レンネットを用いて低温殺菌牛乳からホエーを抽出し、実験 1-1 と同じ方法で実験を行う
- ② 何も手を加えていない牛乳、脱脂粉乳（100ml 当たり脂質 0.04g）をそれぞれ熱したものと比較する。

### 結果



○ホエーを熱しても膜はできなかった。黄色く透明だったホエーが白く濁った。

○脱脂粉乳を熱すると白く薄い膜ができた。普通の牛乳の膜に比べ、膜質量は少なかった。

## まとめ

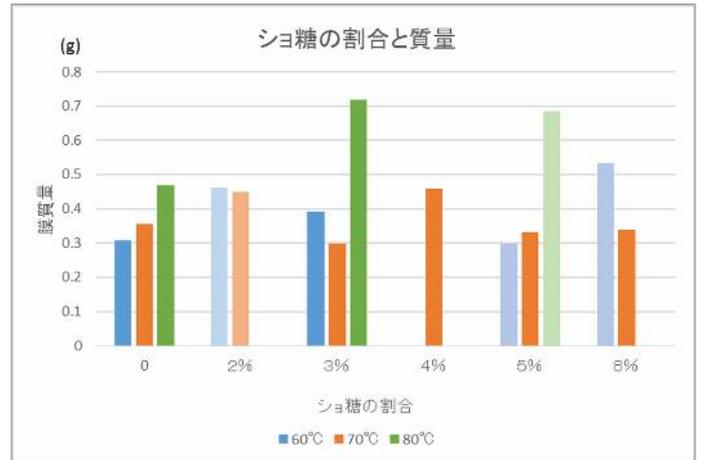
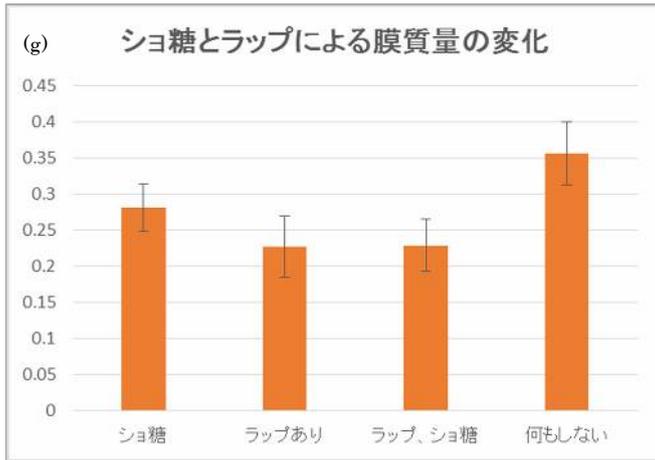
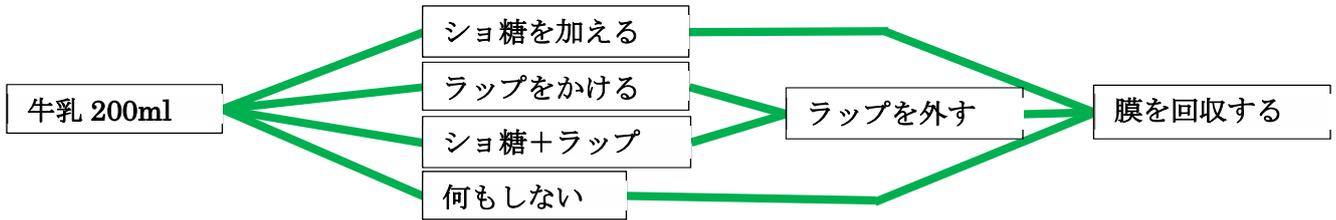
- 実験 1-1 より、脂質が増えると膜質量が増加するといえる。
- 実験 1-2 より脱脂粉乳に膜が発生したため、膜ができるためにはタンパク質が必要だと考えられる。ホエーには膜が張らなかったため、カゼインタンパク質が膜を形成していると考えられる。

## 仮説 2

実験 1 の結果を踏まえ新たに仮説を立てた。

- ① ショ糖を加えるとタンパク質の凝固点が上昇するため、膜が形成されにくくなる。
- ② 膜は液面にしか発生しないため、ラップをかけて水分の蒸発を抑えると、膜は発生しなくなる。

## 実験 2 ショ糖、ラップにより膜生成は抑えられるか



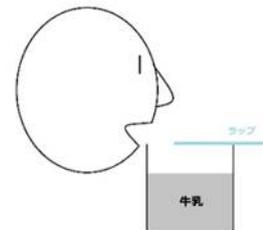
- ショ糖を加えると膜質量は減少する。
- ラップをかけると膜質量は減少する。しかし、ラップを外すとすぐに膜が形成されはじめた。
- ラップをかけた状態でショ糖を加えても、加えなかった場合に比べて、膜質量に変化は見られない。
- 温度を変化させても、ショ糖の割合と膜質量に相関が見られない。

## 考察

- ショ糖を加えたときに膜質量が減少するのは、**ショ糖により牛乳の沸点が上昇し、タンパク質が液面で凝集しにくくなった**からと考えられる。このことにより、仮説①が正しいことが確認できた。
- ラップをかけたときに膜質量が減少するのは、**液面からの水分蒸発を抑えることによりタンパク質が液面で凝集せず、膜が形成されない**からと考えられる。このことにより、仮説②が正しいことが確認できた。
- ラップのみの場合と、ラップとショ糖を加えた場合の膜質量に違いが見られないのは、**ラップによる膜形成の阻害が起こるとき、ショ糖による阻害は起こらない**からだと考えられる。
- 温度を変化させても、ショ糖の割合と膜質量に相関が見られないのは、ショ糖は電離しないので沸点上昇率が小さかった、データが不十分だったなどの要因が考えられる。

## まとめ：牛乳に膜が張らないようにする温め方

加熱開始から飲み終えるまでの間、空気の進入を最小限に抑えるためにラップをかけ続けるのが望ましい。



## 参考文献

- ・ 野口洋介「牛乳・乳製品の知識」幸書房
- ・ 東工大 Science Techno 牛乳の膜を科学する <http://www.t-scitech.net/miraikan/shokuhin/kouzou3.html>
- ・ 右田正男 (1968)「蛋白質と調理(Ⅲ)―蛋白質の加熱による変化―(その1)」調理科学, Vol. 1 NO. 4, 146-160.

今回の研究にあたってご協力いただいた、

高崎健康福祉大学健康福祉学部健康栄養学科の松岡寛樹教授に感謝します。

# 鶏卵の環境変化に伴う細菌の増殖

2年 福濱 実穂 後村 香織

【前橋女子高等学校 SS 探究】



## 1. 背景・目的

私達は鶏卵が常温で販売されているのに対し、家庭では冷蔵保存することに疑問を持ち、この研究を始めた。この研究では日数経過に伴う鶏卵中の”細菌数”を調査し、どのような環境下で細菌数が変化するか検証し、その結果から鶏卵の保存に最適な温度を見つける。

## 2. 方法

- ①冷蔵(5℃)、常温(25℃)保存した鶏卵をそれぞれ卵黄と卵白に分ける。
- ②1個の鶏卵につき卵黄と卵白をそれぞれ3つずつ寒天培地に塗る操作を、鶏卵2つ分行う。(1回で、計12個の寒天培地ができる。)
- ③温度37℃に保ったインキュベーター(恒温培養器)の中に②の培地を入れ、コロニーを繁殖させる(ここではコロニー1つで菌1つと定義される。)
- ④毎日同じ時間に作製した培地を観察し、コロニー数を数え、記録する。
- ⑤記録を基にグラフI・IIを作成し、結果を考察。

\*厚生労働省の資料より、鶏卵1gあたりの生菌数が100万~1000万のものを腐敗したと判定する。

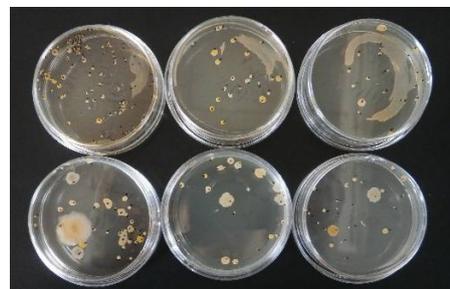
②の様子



③の様子

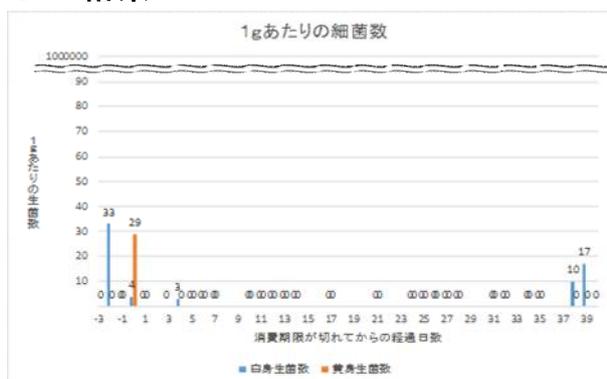


④の様子



↑(白点1つ1つがコロニー)

## 3. 結果



実験 I (5℃)



実験 II (25℃)

25、29日…コロニー数過多のため測定不可

## ※グラフ上の注意

実験Ⅰのはじめ、菌の増殖があったのは、その後しばらく菌の増殖がなかったことから、実験不備によるものだと考えられる。

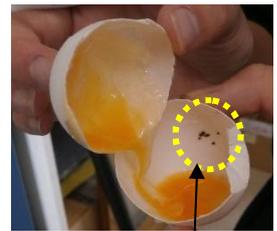
グラフⅠ・Ⅱは見やすくするために縦の値を変えている。

## 冷蔵(5℃)の時

鶏卵は消費期限が切れてから約40日経過してもあまり細菌の増加は見られなかった。

## 常温(25℃)の時

賞味期限切れから1日後は菌の増殖は見られなかったが、2日目から明らかに冷蔵庫(5℃)の時よりも細菌が増えた。また、実験開始20日後あたりから卵を割ると卵黄が気室側(鶏卵のとがっていない方)の膜とくっつき、無理に引っ張ると黄身が割れ、殻の内側には黒い付着物もあった。



卵黄より卵白の方にコロニーが多く発生した。

## 4. 考察 実験Ⅰ(5℃)実験Ⅱ(25℃)の比較

冷蔵(5℃)で保存すれば消費期限が一ヶ月以上過ぎた卵でも食べることができ、常温の場合、低温より鶏卵の細菌数の増加が著しかったことから、鶏卵の保存は冷蔵庫内ですべきである。また、常温で細菌が大量に増殖したことから、鶏卵中にあるはずのリゾチーム(溶菌作用がある)がうまく機能しなかったと予想できるが、消費者庁が示す腐敗の基準より大幅に下回ったので、“腐敗した”とまでは言えないと考えられる。

## 5. 結論

鶏卵は冷蔵保存のほうが細菌は繁殖しにくいいため、冷蔵保存すべきである。保存温度が上がると細菌の繁殖率も上がるが、腐敗の判定基準には達しなかったため、鶏卵中のリゾチームが作用している可能性が高い。

## 6. 今後の展望

実際にリゾチームを用いて、最適温度を調査する予備実験を行った。5℃と25℃で比較したところ、25℃のほうが、よりリゾチーム溶液が濁ったため25℃のほうが5℃よりも溶菌作用が強いだらうと判断した。今後の実験ではさらに詳しく最適温度を探ってリゾチームの働きを調査し、最終的に鶏卵の最適保存温度について調査していきたい。

## 7. 参考文献

<http://www2.kuma.u-tokai.ac.jp/~nougaku/Bio/araki/prot.htm>

<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzendu/000094499.pdf>

四訂版 スクエア最新図説生物 neo

# 消臭剤の除菌効果

群馬県立前橋女子高等学校 SS 探究 李水民 麦倉佳奈 吉田莉湖

## はじめに

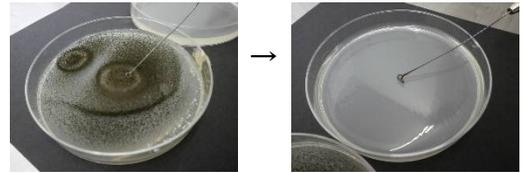
私たちの身近にある消臭剤。大々的にアピールされているフレーズは「99.9%除菌」である。  
 しかし、これは一体どのように使用した場合に得られる結果なのだろうか。消臭剤の効果を最大限に発揮できる使用法は？  
 消臭剤の除菌効果の真実を追究していく。

## <実験1> 消臭剤の濃度を変える

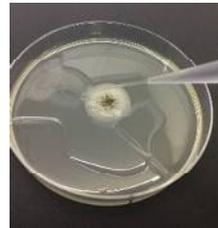
### 方法

- ① 空気中から採取したカビの胞子を寒天培地に移す  
→37°Cで72時間保管する
- ② 濃度を変えた消臭剤を3.00ml ずつ加える  
(100%、70%、50%)
- ③ カビの増加数の変化を調べる  
(1cm方眼の全てが埋まったもの→1  
全ては埋まらなかったもの→0.5)

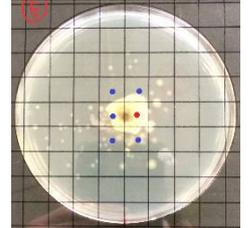
①



②



③

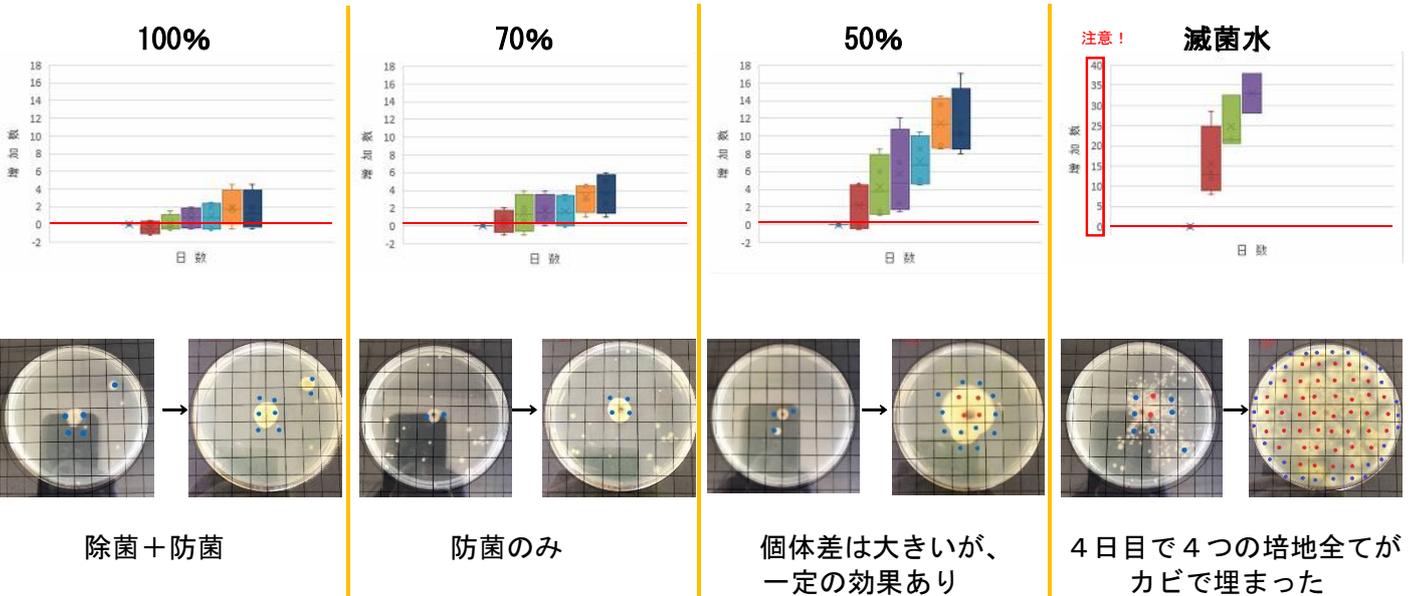


除菌→カビが小さくなる  
 防菌→カビが大きくなると、定義する

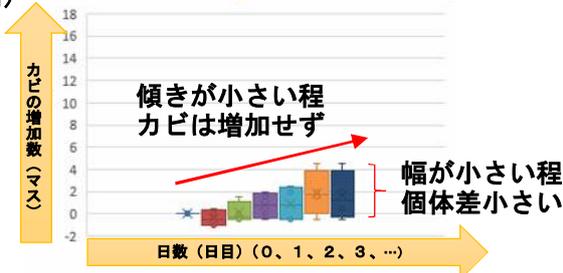
精製水を沸騰させて冷ましたもの

### 結果

それぞれ4つの培地で7日間測定 写真は投入前→6日後



例)



### 考察

消臭剤にはカビを除菌する効果がある  
 カビの増加数→100%<70%<50%<滅菌水  
 除菌効果は濃度に比例する  
 ただし、100%と70%は大差なく、50%まで薄めても滅菌水と比べてかなりの効果がみられる

## <実験2 除菌方法を変える>

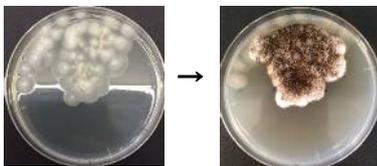
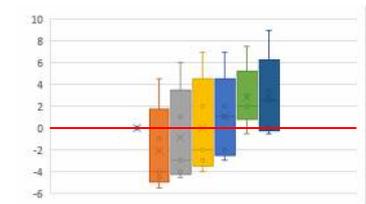
### 方法

- ① 実験1①と同時に、カビ培地を作る
- ② 実験対象液体を3.00ml ずつ加える (100%の消臭剤、アルコール、食卓スプレー、緑茶で実験)
- ③ カビの増加数の変化を調べる

**結果** それぞれ5つの培地で7日間測定

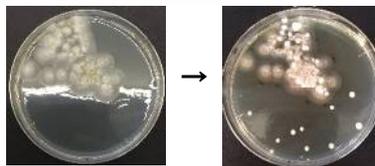
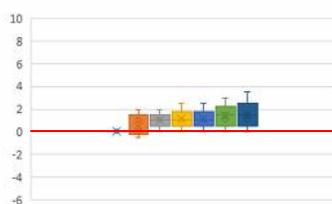
「99%除菌」との記載があるもの

#### 消臭剤



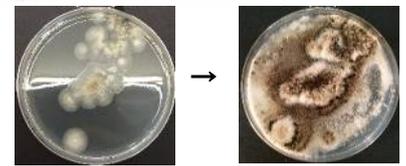
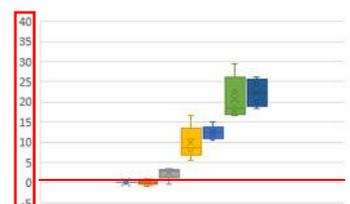
除菌+防菌

#### アルコール



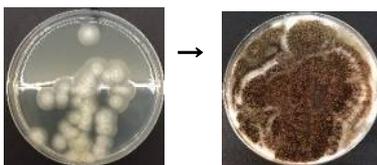
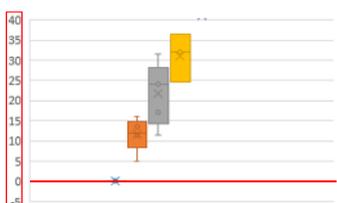
除菌はしないが、高い防菌効果がみられた

#### 食卓スプレー



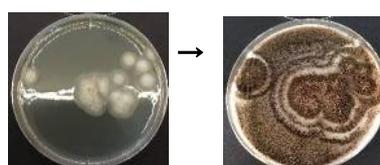
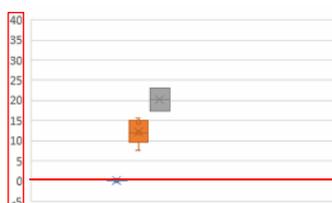
2日目まで防菌していたが、3日目からカビが急激に増加

#### 緑茶



4日目で5つの培地全てがカビで埋まった

#### 滅菌水



3日目で5つの培地全てがカビで埋まった

- ・ 消臭剤は2日目頃まで除菌され、3日目頃から防菌効果のみ、みられた
- ・ 食卓スプレーは3日目頃から防菌効果がなくなった
- ・ カビに対する緑茶の殺菌効果はみられなかったが、全てカビで埋まる日数から、滅菌水よりは防菌効果があったといえる

### 考察

カビの除菌には消臭剤が最も有効である  
用途に応じて除菌方法を変えることで、より高い効果が得られる

除菌→消臭剤  
長時間の防菌→アルコール  
短時間の防菌→食卓スプレー

**結論：消臭剤には高い除菌効果があり、カビの除菌に最も有効である**

# 虫を遠ざけるには～アリが嫌がる音～

群馬県立前橋女子高等学校 2年 水谷羽衣香 阿部由真 六本木美里

## 1. 序論

私たちは、虫が苦手だ。虫を避ける方法がないか探していたところ、音で虫などを遠ざけるスマートフォンのアプリをみつけた。本当に虫を音で遠ざけられるのかと疑問に思い、検証しようと思った。私たちが嫌がる虫は、蚊や蜂などだが、実験するにあたり、利用しやすいアリを実験対象とした。

## 2. 研究方法

### ① 同じ種類のアリを捕まえる

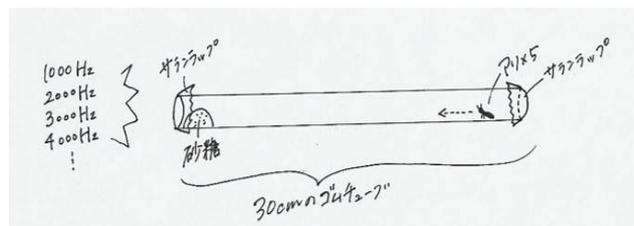
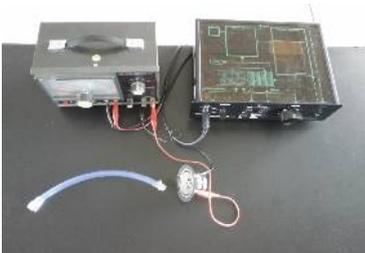
#### アミメアリ

- ・女王アリを持たず、働きアリが産卵することで巣が維持される。
- ・石の下や朽ち木などの隙間に集団でひそんでいて、餌を求めて適宜集団移動するのが特徴である。
- ・林道や人家の庭などで、たまに集団移動中の長い行列が見られる。

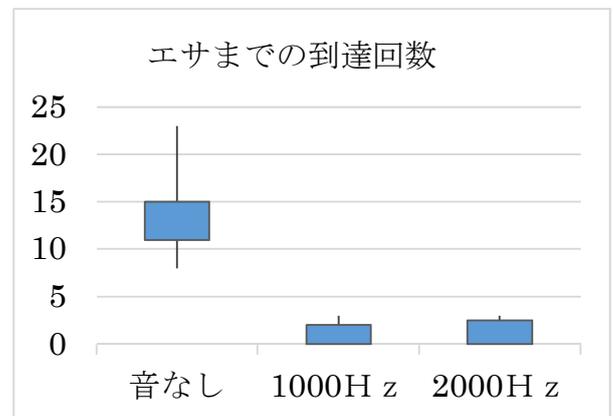
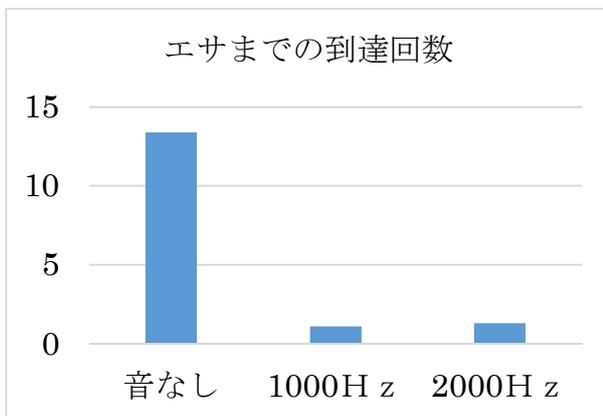


② 捕まえたアリの中から五匹を取り出し、約 30 cm のゴムチューブの端に入れる。

③ チューブのもう一端に砂糖を少量入れ、五分間にアリが何回砂糖まで行くかカウントする。



## 3. 結果



#### 4. 考察と展望

1000Hzの音を聞かせたときの方が音なしの時より極端に少なかったので、1000Hz・2000Hzの音は嫌いな音と推測できる。

どちらもエサに到達した回数が少ないことから、音の振動が嫌いとも推測できる。

アリの道しるべフェロモンが回数と関係しているかもしれない。

チューブは一方通行なので、必然的にエサにたどり着いてしまうという可能性がある。→広い場所でやったりもう一本道をつけたりし、アリに選択肢を与える。

この時期になるとアリが見られなくなってくるので、実験対象を変えて実験を進めていく必要がある。実験方法の見直しも必要。

音の高さを広げたうえでより細かくアリの嫌いな音を研究していきたい。

# 「スマホのぼうし」の正体を探れ！

地学部 吉田百花 生方朱莉 小林知夏

## 1. 序論

大気光学現象に注目してブロッケン現象の実験をしている途中、スマホの明かりをスクリーンに向けると、スマホの周りに虹色の光の輪が見られた。この新しく発見した現象がブロッケン現象の特徴であるミー散乱の後方散乱であるかどうかを見分ける実験をはじめた。これがブロッケン現象の一種であることを証明できれば、従来用意が大変なブロッケン現象の観察が格段に容易になる。

### 1.1 ブロッケン現象とは

ドイツのブロッケン山で発見された大気光学現象。前方に霧や雲があるときに背後から太陽の光が当たり、写真1のように、影ができるとその周りに虹色の輪ができる現象である。ミー散乱の後方散乱により色が分かれて見える。明確な定義がなされているわけではないので、私たちの研究においてはミー散乱の後方散乱によってできる虹色の輪をブロッケン現象であると定義づけている。

写真1 ブロッケン現象



### 1.2 ミー散乱とは

光の波長より大きく、中で屈折が起こるほど大きくない粒子による光の散乱である。色ごとに違う角度に曲がるため、色が分かれて見える。(外側が赤、内側が青)

図1からわかるように散乱は光、人、見える現象がほぼ一直線であり、虹は見える現象が太陽と人をつなぐ一直線からずれている。この場所の関係もミー散乱が起こる角度、屈折が起こる角度にかかわっている。私たちはブロッケン現象の再現実験を行うときにこの位置関係に注意した。

ミー散乱の起こる仕組みをさらに詳しく説明すると、図2において、例えば黒線が赤い光が入ったときの光の散乱であり、点線が青い光が入った時の光の散乱だとすると、色によって散乱の強さにより角度の大きさが異なるということがわかる。このずれにより虹色が見えている。

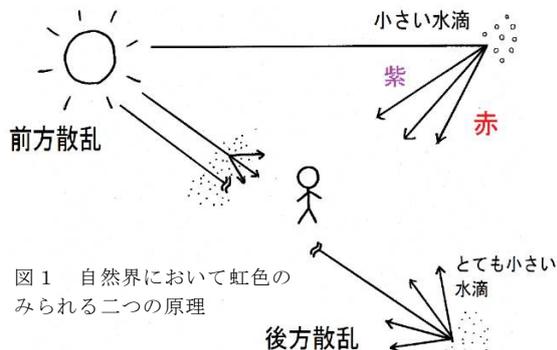


図1 自然界において虹色のみられる二つの原理

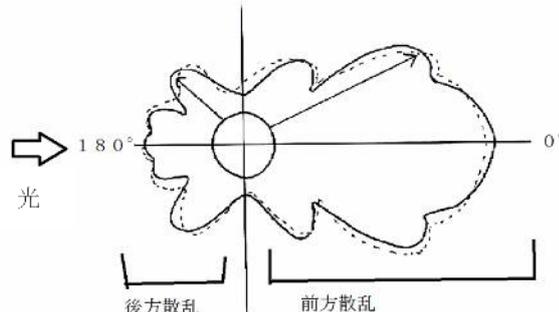


図2 ミー散乱の仕組み

### 1.3 「スマホのぼうし」の研究に至るまで

私たちはブロッケン現象について発生条件を調べるために再現実験を行っていた。この実験中、白色光源の準備ができず、スマホのフラッシュライトを代用したところ、スマホの周りにできた虹の輪を発見した。この現象は本来のスクリーンに出来るブロッケン現象とは違って、スマホの周りに立体的に見えて出来る位置が異なる。そこで、「スマホのぼうし」と仮の名前を付け、これがブロッケン現象と同じミー散乱の後方散乱によって発生する現象であるかどうか調べたい。



写真2 観察されたスマホのぼうし

## 2. 実験方法

### 実験① 散乱角の計測

2.5 cm刻みで「スマホのぼうし」の半径をあわせ、半径とスクリーンからスマホまでの距離、スクリーンからカメラまでの距離を使って10回角度を測る。 $\alpha - \beta = \theta$  (散乱角)

実験② 見える色の順番の観察 ミー散乱のシミュレーションソフトである「Mie plot」を利用して、ミー散乱の色の分かれ方の理論値を求める。実際に見えているものをスケッチし、その2つの色の順番を比べることでミー散乱の後方散乱によって色が分かれているか調べる。

Mie plot…実際の環境と条件をそろえてミー散乱のシミュレーションをするソフトである。今回、シミュレーションでは屈折率の値、散乱をおこす粒子の半径にガラスビーズに付属した説明書の値を用いた。

### 3. 結果

**実験① 散乱角の計測** 「スマホのぼうし」の半径が2.5cm～15cmのときの光の散乱角を、それぞれ10回ずつ計測した。(図3)

**実験② 見える色の順番の観察**

それぞれが見えているものをスケッチした。紫→黄→紫→青→緑→黄→橙→赤

○シミュレーション結果 **Mie plot**

本来見える色のシミュレート 白→黄→紫→青→水色→緑→黄→橙→赤

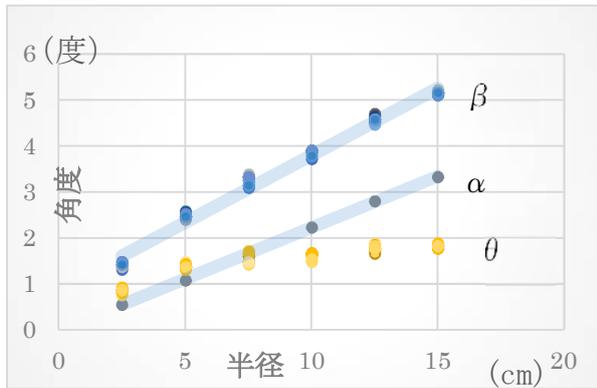


図3 後方散乱角

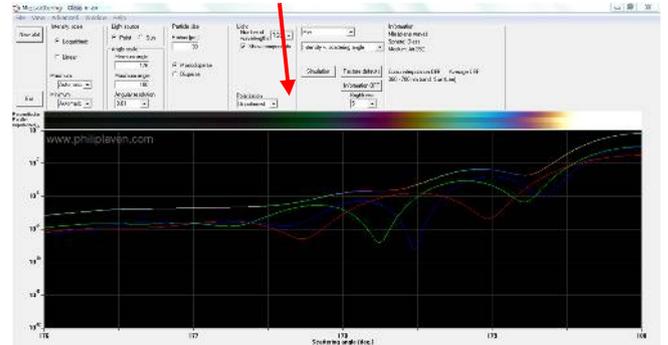


図4 Mie plot

**4. 考察** 実験などから、「スマホのぼうし」とミー散乱の後方散乱との共通点と相違点を導き出した。

〈「スマホのぼうし」とミー散乱の後方散乱の共通点〉

ミー散乱の後方散乱の特徴として、同じ色はほぼ同じ角度で散乱するということがわかっている。実験1より同様に「スマホのぼうし」も、半径を変えても同じ色はほぼ同じ角で散乱する。

次に、「スマホのぼうし」の散乱角の値が、本来見える色のシミュレーションの結果とほぼ等しい。グラフからわかるように $\theta$ はほぼ1度から2度のあたりで散乱しており、これはMie plotの、色が見える範囲が一致しているのでもう一度確認したい。

〈「スマホのぼうし」とミー散乱の後方散乱の相違点〉

色の順番という観点において、「スマホのぼうし」で中心側にはっきりと見えていた紫色がシミュレーションの結果では確認できない。この結果になった理由として、Mie plotの数値の入力が正確でなかったからであると考えられる。正確な値を入力してどうなるかをもう一度考察したい。

### 5. 結論

以上のことから、相違点はあるが「スマホのぼうし」はミー散乱の後方散乱によって色が分かれ、発生する現象であるといえる。言い換えると、最初に観察したブロッケン現象と同じ光学現象であるといえる。

### 6. これからの展望

「スマホのぼうし」がスマートフォンのフラッシュライト以外の光源でも発生するかどうか調べるために、光源をLEDに変えて観察した。その結果、同じように観察されることが分かった。LEDの単色光はスマホの光と違って、一色の光のみなので厳密な散乱角を求めることができる。よって、LEDの単色光(赤、青、緑)を使うことで、それぞれの色の散乱角を求め、Mie plotのデータと比較していきたい。



図5 LED(赤)

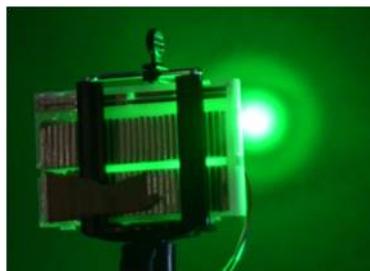


図6 LED(緑)

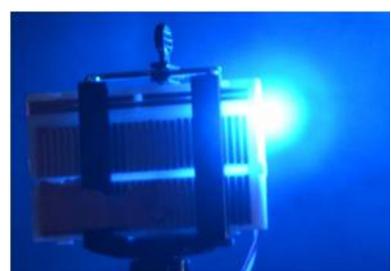


図7 LED(青)

# 旗はなぜはためくのか

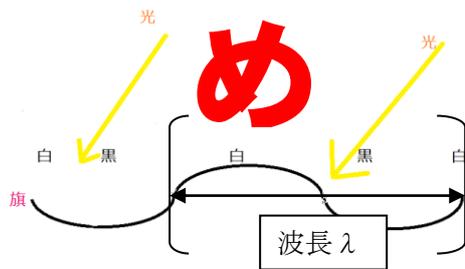
地学部 1年 ◎狩野美羽・宇津木優季・金澤優理

○旗はほぼまっすぐ進む風を受けているのにも関わらずばたばたとはためく運動を繰り返す。この研究は、身近にある旗がなぜはためく運動をするのか、どのようなはためき方をするのかを分析することを目的とする。身近に見られる旗は、布地の固定位置が様々だったり風の吹き方が不規則だったり、多様な条件に支配されている。本実験は、身近に見られる旗のはためき方の分析に加え、これらの条件制御を行い、実験室系における旗のはためき方について検討する。具体的には、扇風機を用いて旗の周期性や旗のはためく速度を分析する。今後は、風洞を用いて旗のはためきに関係すると言われるカルマン渦について調べていきたい。

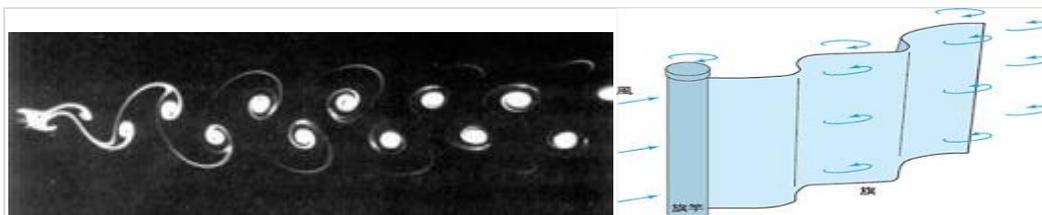
## 1. 旗のはためく速度

旗がはためいてる様子を動画で撮影し、それをスローモーションに加工してはためいた回数を調べる。これより、5秒間に22回はためいてることが分かった。よって周期は22分の5。振動数  $f$  (Hz) は4.4。波長は画像より、25 cm。(イラスト・画像より)

<公式: 速さ  $v$  (m/s) = 振動数  $f$  (Hz) × 波長  $\lambda$  (m)>を用いる。計算の結果 110 cm/s となった。(扇風機 強のとき)



## 2. カルマン渦について



この図のように旗の柄の部分に風が当たることで旗のはためくと考えられている。しかし、私たちは実験の中で旗の柄の部分が無いのにもかかわらず、旗のはためいたということを見た。そのため、風をより制御しカルマン渦が本当に旗のはためきに影響しているかを調べていきたいと思う。

## 3. 風洞

2を調べるために清風にし、条件をより整えようと考えた。そこで私たちはダンボールの筒やストローを使い風洞を作った(写真1)。また、従来の扇風機ではなく、風をより遠くに送る(清風により近い)カモメファンといわれる扇風機を用いる。(写真2)



(写真1)



(写真2)

### ○今後の展望

上記で述べたように、カルマン渦が旗のはためきに影響しているか否かを調べていくとともに、旗の材質、形、大きさなどではためき方が変わるのかなどを調べていくことを今後の課題としていきたいと思う。

# 信頼できる星空天気予報を探せ！第二報

群馬県立前橋女子高等学校 地学部 大岩歩香、阿久津彩希、遠藤綾香、田中唯月【1年】

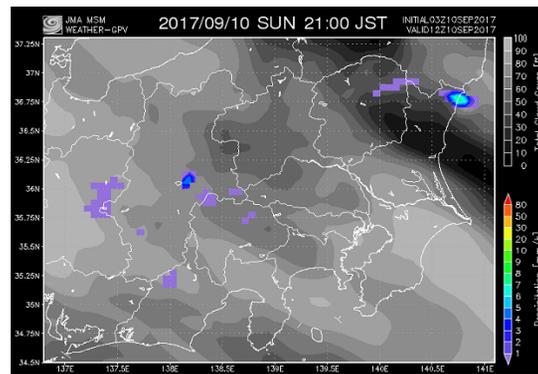
## Abstract

冬と違い、夏は晴れる日が少ない。そんな中、天体観測を目的とした合宿を成功させるためには星空の天気を予測することが必要だ。このことから、私たちはどの天気予報をどのように見ればよいのか、知るために研究を始めた。昨年の研究結果より、星空の天気予報は「晴れ曇り雨」という表現より「星空指数」という表現の方が的中率が高く、県内の地域差は見られないという傾向が明らかになった。今年、昨年調べた予報サイトの中からの的中率の高い予報に絞り、私たちが住んでいる前橋市に限定した調査を行った。今回は6月9日から9月23日までの104日間の天気予報の記録と実際の雲量観測の結果の比較を行う。昨年に引き続き研究は「晴れ予報→実際に晴れ」の確率に注目した分析を行うが、今年「晴れ予報」「実際に晴れ」と判断する星空指数・雲量のボーダーラインについて、適切な値を模索したいと思う。

## ◎調査方法

6月9日から9月23日までの104日間、星空指数で予報されるYahoo!天気と、雲量で予報されるGPV天気の2つを用いて、毎日16時台に私たちが住む前橋市の天気予報を記録した。そして、その日の21時~23時に実際の雲量を観測し、予報と比較した。

	9月10日(日)	9月14日(木)
洗濯	100 厚手の衣服も乾きます	90 バスタオルもパリッと
傘	20 傘の出番はなさそう	10 傘なしでも心配なし
紫外線	非常に強い 日焼け止めを忘れずに！	非常に強い 日焼け止めを忘れずに！
星空	10 雲が多く星は見えなそう	50 月がなければ見えそうです
熱中症	警戒 十分な休息と水分補給を	注意 こまめな水分補給を忘れずに
汗かき	タラタラ じっとしていても汗が出ます	ジワジワ 歩くともジワジワ汗がにじみます



Yahoo!天気(左)

([weather.yahoo.co.jp](http://weather.yahoo.co.jp))

GPV 天気(右)

(<http://weather-gpv.info/>)

## ◎調査結果

Yahoo!天気の星空指数(左)及びGPV天気の雲量予報(右)と実際の雲量から、1日ずつ表にあてはめていった。表の数字は、該当するデータの日数を表している。

yahoo!	指数100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
雲量0											
1		1	1								
2	1	1					1				1
3			2	2	1					1	
4					1			1	1	2	
5			1							3	
6					1	1				2	
7	1		1		2		4		8	3	
8			2		1	1	1	2	15	3	
9	1				1	1			9	10	
10							2		7	5	

GPV	予報0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雲量0											
1		2									
2		1		1			1				1
3	1	2	1	1						1	
4				1			1			3	
5						1	2			1	
6			2								2
7		2		6		2	1	3	1		4
8		1	1	1	1	4	1	3	1	2	10
9				2	3	2	1	1	1	2	10
10				2			3	1	2	1	5

## ◎結果の考察

表を分析するにあたり指数・雲量とも「晴れ」「曇り」に2分し、「晴れ予報→実際に晴れ」の条件付確率を求め、予報の評価を行う。昨年の研究では、指数50、雲量5をボーダーラインとしていたが、その値に特に根拠はないということだった。今回は私たちは、星空指数と雲量それぞれの晴れとするボーダーラインを変化させ、調査結果の表を用いて求めた条件付確率を下の表にまとめてみた。例えば、指数50と予報されたうち、実際に雲量5以下になったのは46%、雲量7以下になったのは71%と読める。

yahoo!	指数100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
雲量0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	20	17	14	10	8	7	6	6	2	2
2	33	60	33	29	19	17	18	14	14	6	6
3	33	60	50	57	43	38	36	29	28	13	12
4	33	60	50	57	48	42	39	34	36	19	16
5	33	60	58	64	52	46	43	37	39	24	20
6	33	60	58	64	57	54	50	43	44	29	24
7	67	80	75	79	76	71	64	66	67	45	45
8	67	80	92	93	90	88	85	86	86	76	65
9	100	100	100	100	100	100	93	93	94	89	87
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

GPV	予報0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雲量0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	22	15	7	6	5	4	3	3	3	2
2	0	33	23	15	13	10	10	9	8	7	6
3	100	63	54	33	27	23	20	17	16	16	12
4	100	67	54	37	32	25	24	21	19	16	16
5	100	67	54	37	32	28	30	26	24	23	20
6	100	67	69	44	39	33	34	29	27	26	24
7	100	89	85	74	65	58	56	53	51	48	41
8	100	100	100	85	77	78	74	74	71	70	65
9	100	100	100	93	94	95	90	90	87	87	87
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

色	期待度
青	期待できない
緑	どちらでもない
黄	期待できる!

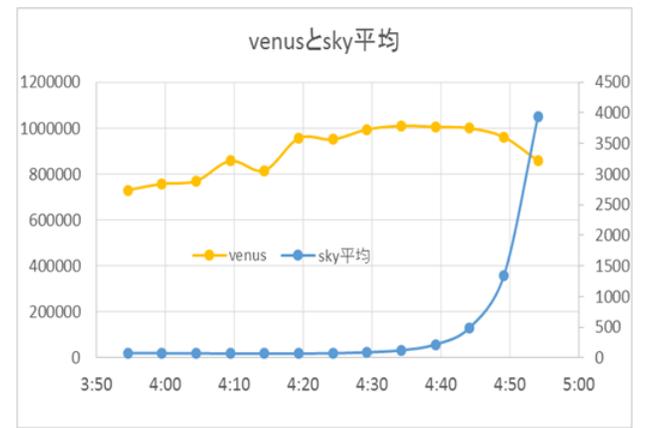
これまで、私たちは晴れとするボーダーラインの適切な値を模索してきた。しかし、どの雲量を星が見える雲量とするかは、目的に応じて変わってくることに気づいた。このことから「どのように天気予報を見ればよいのか」という目的に対して、私たちは上の2つの表自体を結論とすることにした。雲量2以下を求める人は、雲量2の列とその日の予報の行が重なったところを見ると望みどおりになる確率分かる。このように上の表を活用することで、晴れの日が少ない夏にも、晴れる確率をより確実に知ることができる。

# 金星が一番美しく見えるときは

手島菜月, 井田愛香, 天田夕貴(1年) 【群馬県立前橋女子高校 地学部】

## 1 序論

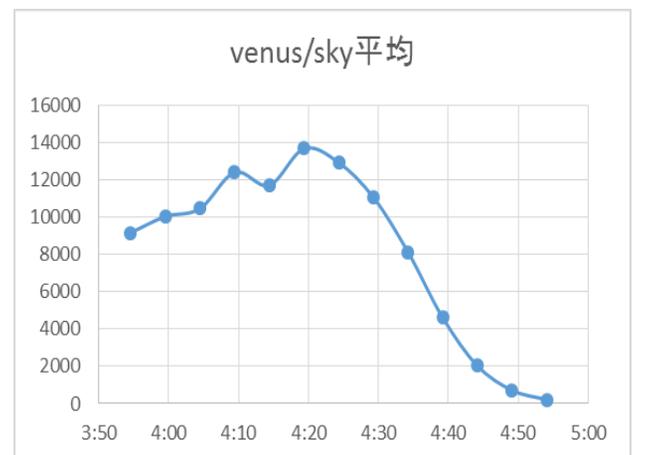
中学校の理科の授業で天体の学習をした際、金星についての興味が増し、もっと知りたいと思うようになった。また、金星は英語で VENUS と呼ばれ、女神という意味も持つ。そのため、どの条件で、一番美しく見えるのか気になった。遠くて欠けてない金星と近くで欠けている金星はどちらが明るいのか、そもそも金星自体が明るいときが一番美しく見えるのか、疑問に思い、研究をはじめた。研究にあたり、金星が美しいといえる状態を「**金星の美しさ = 金星の明るさ ÷ 背景の空の明るさ**」と仮に定義し（先輩の研究より）、作図を中心とした理論的な研究と実際の金星の観測を比較しながら、金星の美しさを議論する。



## 2 金星の観測

実際の金星は、今、明け方に見えるので、それを5分ごとに撮影した。

撮影日：2017 9/21 3:55~4:55 撮影場所：屋上



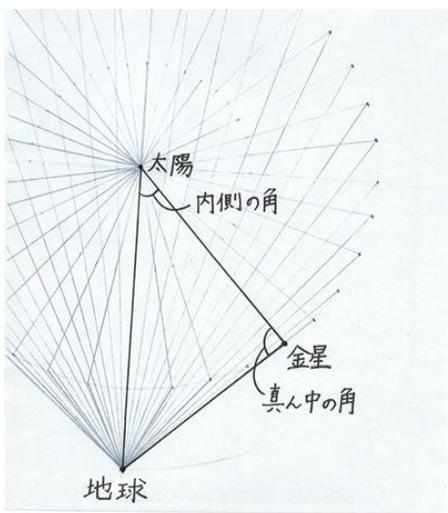
撮影した写真をソフト (raw2fits、すばる画像処理ソフトマカリ) をつかって処理 →金星の明るさと、背景の空の明るさを調べた

## 3 シミュレーション

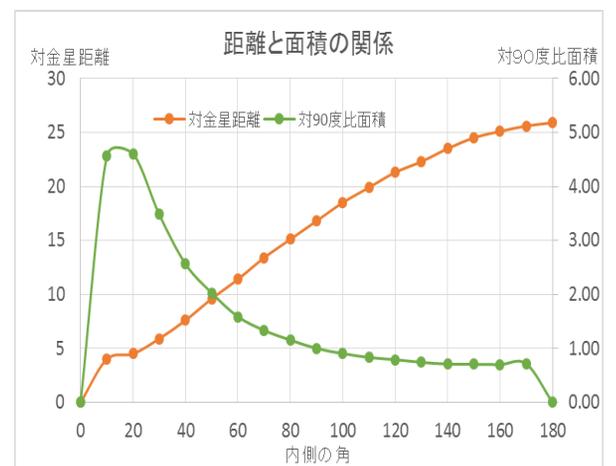
地球、太陽、金星の位置関係から金星の見え方を予測し、地球から見える金星の輝面面積の大きさを推定した。

明比率の公式：  $(180 - \gamma) \div 180$

面積： 明比率 ÷ 距離の二乗



内側の角 [degree]	対金星距離 [cm]	真ん中の角 [degree]	明比率 [%]	面積 [/cm <sup>2</sup> ]	対90度比面積
0	4	180	0	0.00000	0.00
10	4.5	146	0.19	0.00933	4.56
20	5.9	121	0.33	0.00942	4.60
30	7.6	106	0.41	0.00712	3.48
40	9.6	93	0.48	0.00524	2.56
50	11.4	83	0.54	0.00415	2.03
60	13.4	75	0.58	0.00325	1.59
70	15.1	68	0.62	0.00273	1.33
80	16.8	60	0.67	0.00236	1.15
90	18.5	54	0.70	0.00205	1.00
100	19.9	48	0.73	0.00185	0.91
110	21.3	41	0.77	0.00170	0.83
120	22.3	35	0.81	0.00162	0.79
130	23.5	29	0.84	0.00152	0.74
140	24.5	23	0.87	0.00145	0.71
150	25.1	16	0.91	0.00145	0.71
160	25.6	11	0.94	0.00143	0.70
170	25.9	3	0.98	0.00147	0.72
180	26	0	1	0.00000	0.00



## 4 結果の考察

実際の金星の観測の結果から

○1日の中でも「金星の美しさ」は変化することがわかった。

○金星自体は高度の上昇とともにだんだんと明るくなるが、空もだんだんと明るくなり、「金星の美しさ」はある時刻（今回は4:20）に最大を迎えた。

シミュレーションの結果から

○対金星距離が近い方が地球から見える金星の面積は大きくなり、遠い方が地球から見える面積は小さくなる。

○金星の明比率は、地球から近いときの方が小さく、遠いときの方が大きい。

→2つの条件が私達の美しさの定義に定まるのはいつかを調べると、**内側の角 10~20度の間のどこか**になりそうだ。

# 惑星の運動シミュレーションによる長期的見頃予測

上野 萌恵、加藤 愛理、三浦 天子 (高2) 【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

## 概要

本研究は、長期的な惑星の見頃を予測したカレンダーの作成である。国立天文台のホームページから、春分である3月20日19時28分56秒における地球と各惑星の日心座標を求めた。そして、惑星の位置を日心座標と公転半径を用いて円軌道として平面座標上にあらわした。求めた結果と国立天文台のホームページから得られた情報とを照合したところ、火星のみが非常に大きな誤差が生じた。

## 1. 研究目的

私たちのような中高生が、観測合宿などで惑星を計画的に観察する際に、各惑星の見頃の時期や観測できる方向を一目で理解できる長期間（10年間）の見頃カレンダーを惑星の運動シミュレーションにより予報し、作成する。

## 2. 研究方法・結果

国立天文台のホームページから、春分である3月20日19時28分56秒における地球と各惑星の日心座標を求め、日心黄経における地球、また各惑星の位置を求め、x, y座標平面上として表した。地球を始点、太陽を終点としたベクトルをaベクトル、また、地球を始点、対象惑星を終点としたベクトルをbベクトル、地球の公転半径をrとし、以下の式を使って地球から見た太陽・惑星の角度を求めた。(図1)

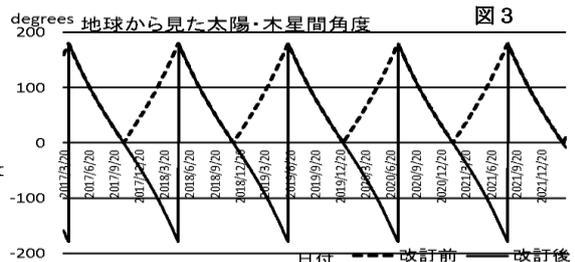
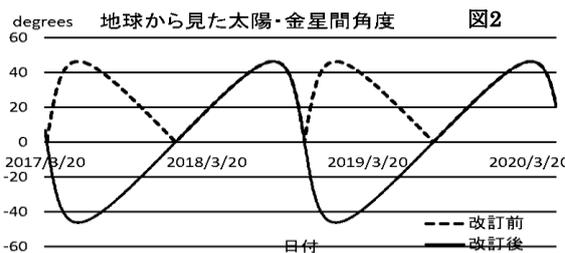
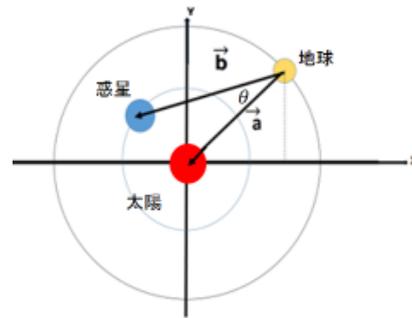
$$\cos\alpha = \frac{a \cdot b}{r|b|}$$

しかし、この角度差とは、地球から見た太陽と惑星の角度差のみを示すだけのものであり、太陽を中心として左右どちら側にこの角度が展開されているのかを知ることはできなかった。そこで、エクセル上で以下の数式を用いた。

$$\text{MOD}(\text{惑星の黄経} - \text{地球の黄経}, 2\pi) - \pi$$

上記の式を使うことによって、角度の展開方向を特定した。(図2・3)

図1 日心黄経による x, y 座標



ここで、本研究の正確性を確かめるために、各惑星が外合、内合等の位置に来る日付を国立天文台ホームページより求め、本研究によって得られたデータと比較した。(図4・表1)

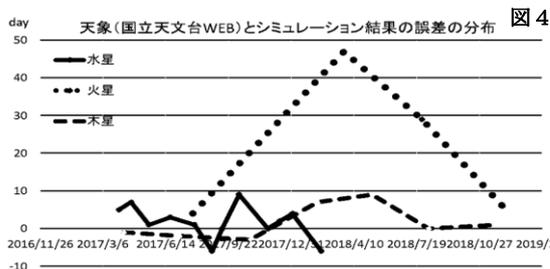


表 1

惑星	誤差の標準偏差	離心率
水星	21.500	0.2056
金星	2.400	0.0068
火星	775.500	0.0934
木星	20.714	0.0485
土星	5.667	0.0555
天王星	7.286	0.0463
海王星	7.857	0.0090

## 3. 考察

火星の誤差の標準偏差のみが非常に大きくなった。現在以下の原因が考えられる

- ・惑星の軌道は楕円軌道であるが、本研究では、円軌道として考えていること。
- ・火星は外惑星としては、比較的地球に近いこと。(少しのゆがみで大きな誤差が発生する)
- ・火星が外惑星であること。(内惑星と比べ、等しい角度差における誤差が大きくなる)

参考文献 ○国立天文台 暦計算室 URL: <http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>  
○天文年鑑2017

# 地球照～地球照から議論する地球は青いのか?!～

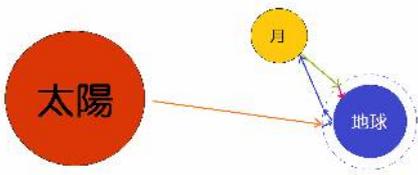
群馬県立前橋女子高等学校 2年 六本木美里 佐野徳美 1年 櫻井葉月 河合春佳



## 1. 序論・研究目的

地球照とは、新月、または三日月のような細長い月の暗い部分が地球の光を反射して見えるものである。地球上にいる限り地球の青さを感じることはできない。そこで、地球の光を反射して見られる地球照を利用すれば地球にいながら地球の青さを感じることができるのではないかと考えた。先行研究の「地球照は青いのか!？」によって、地球照は太陽照よりも青の色合いが高いということが分かった。続いて、「地球は青いのか!？」という研究を行い、地球照から導き出した地球の色は青いということも分かった。しかし、一つの写真を使って得られた結果のため、いつでもこのことが当てはまるとは限らないのではないかと考えた。そこで地球照の再現実験を行ったが様々な課題が生じたため、地球照の写真から高度の変化による色の変化や昇るときと沈む時の色の違いを調べ、どのような条件の時に地球照はより青くなるのかの調査を進めている。

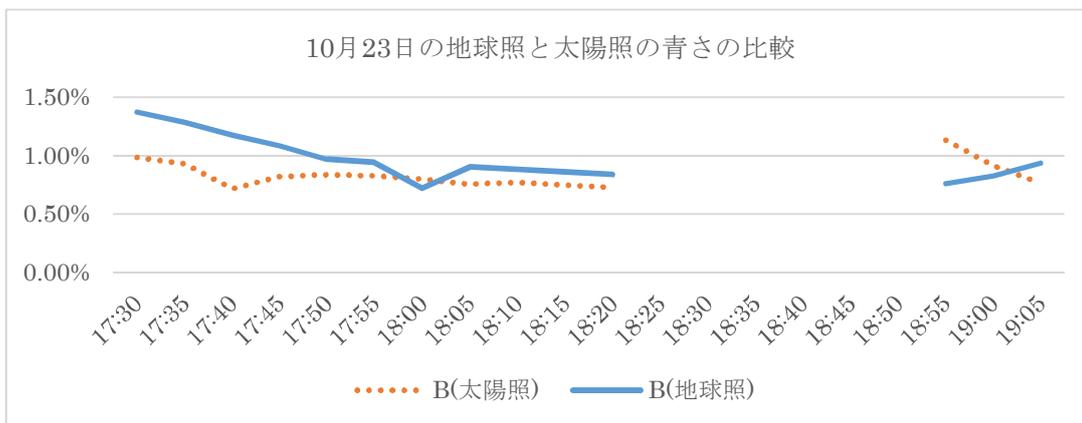
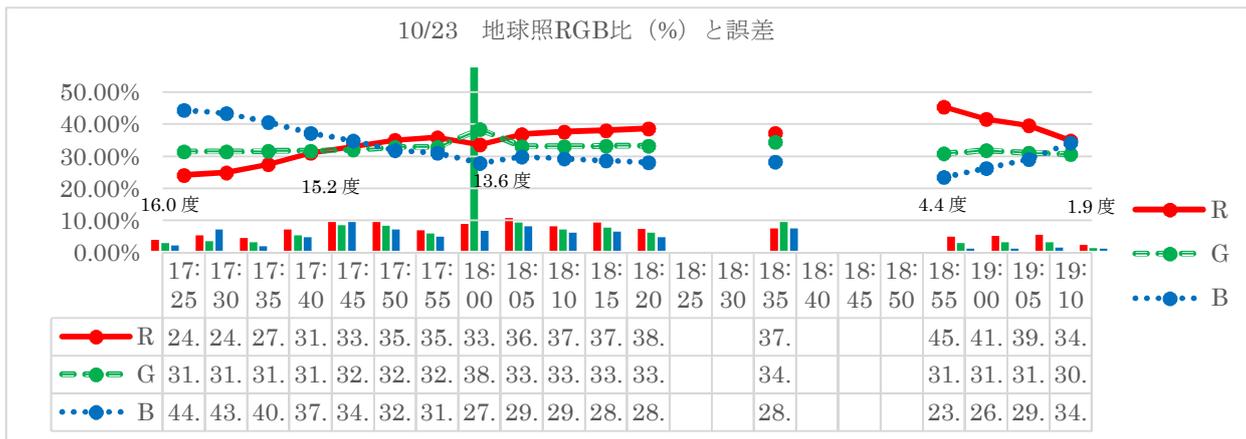
## 2. 分析方法・結果



$$\text{太陽の光の色合い} \times \text{地球反射} \times \text{月反射} \times \text{大気散乱} = \text{地球照}$$

10月23日に前橋女子高校の屋上で5分おきに撮影したRAW画像を用いて分析し、太陽照と地球照それぞれの光の色の割合(R:赤 G:緑 B:青)、誤差を出しグラフに表した。

また、左の図は先行研究「地球は青いのか!？」より引用した地球照の仕組みと色合いの求め方の式である。



- 使用器具**
- ・デジタル一眼レフカメラ Nikon D7200
  - ・三脚
  - ・ステライメージ7

## 3. 考察と展望

時間経過による色の変化や月の昇るときと沈む時との色の違いを調べたところ、昇る月は高度が高くなるにつれて青の割合が高くなり、沈む月は高度が低くなるにつれて赤の割合が高くなるということが分かった。このことから、高度によるRGBの割合の変化には大気散乱が関係していると考えられる。しかし、10/23の沈むときの変化ではグラフの中に特異点が多く見られ、その部分の誤差を棒グラフで表してみるとその部分の値が大きく、正しい結果と言えない部分もある。太陽照と地球照の青の割合を比較したところ、ほとんどの部分で地球照の方が割合が高く、時間の経過で見てみても地球照は太陽照よりも常に青いということがいえると考えられる。観測・分析を詳しく進め、さらに正確な結果を出すために進めていきたい。

# あなたの踏む道、快適に！

1年 木村 光里, 櫻井 美波, 高橋 志歩

## 背景

同じ量の太陽光が当たっているのに、地面の種類によって上に立っているときの体感温度が異なるのはなぜか疑問に思い、本テーマを研究しようと思った。

## 目的

季節ごとの最も過ごしやすい地面を、地面の温まり方の違いという観点から研究・発見する。

## 要旨

本当に地面によって温まり方が違うのか調べるための予備研究である。

## 研究手法(予備実験)

- ①植木鉢に土、砂利を入れ、地面に見立てたものを作成する。
- ②暗室で真上からライトを当て、熱量を与える。
- ③実験開始前と開始後にサーモカメラで植木鉢内を撮影する。

## 条件

- ・ライトを当てた時間は 10 分間。
- ・表面面積は  $6561\text{mm}^2$ 。
- ・与えた総熱量は  $7.8 \times 10^4 \text{J}$ 。



実験用の模擬地面  
(土)↓

↑実験時の様子(暗室内)

## 結果

↓地面中心の温度変化(数値は測定結果の平均)

	土	砂利
開始前	21.2	19.0
開始後	85.5	78.3
サーモカメラの画像		

## 結論

- ・土の方が温度変化量は大きかった。  
→土と砂利では温まり方が異なる。

## 考察

今回のような結果が出た理由として、

- ・土と砂利では内部にできる隙間の大きさが異なる(土<砂利)  
→逃げる熱量が異なる
- ・一般に空気は温まりにくい  
→隙間の量によって温まり方に違いが出る  
ということが考えられる。

## 展望

- ・コンクリートやアスファルトでも実験を行い、要旨の事柄を証明する。
- ・季節ごとの過ごしやすい地面を発見する。
- ・階層構造の地面についても研究を行う。

## 参考文献

「アスファルト舗装の内部温度の推定に関する研究」—土木学会論文集 第366号  
姫野賢治, 渡辺隆, 勝呂太

# エチレンガスの応用

～保水と酸化防止に着目して～

本郷ひなの 中島 有紀乃 齋藤 由菜

## 【概要】

エチレンは、水和反応によって発生したエタノールが空気中の酸素によって酸化する。このとき発生する水を利用して食物を保水できないかと思い、この実験を始めた。さらに、そのエタノールの酸化によって空気中の酸素濃度は下がるので、甘味や酸味の酸化を防ぎ、食物のおいしさを保てるのかどうかということも加えて実験した。

## 【はじめに】

どんな食材も保存が長引くとエチレンガスにより老化し傷んでしまう。このエチレンガスを私たちに役立てるにはどうすればいいのかと考え、この実験を始めた。

## ～エチレンガスとは～

エチレンという植物ホルモンの作用で放出されるガスであり、野菜や植物を成長させ、熟成させる。→老化し腐らせる

化学式=C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

## 【予備実験 1】 保水効果～こんにゃく～

- ① こんにゃくと、エチレンガスを出すものとしてカットしたリンゴを用意する
- ② こんにゃくだけのもの、こんにゃくとリンゴを一緒に入れたものをそれぞれ密閉する
- ③ 冷蔵庫(5℃)に入れ、1週間後変化を見る

## 【結果】

こんにゃくにおけるエチレンガスの影響は見られなかった。

- ・こんにゃくの質量を保てなかった
- ・こんにゃくの表面に多量の水滴が付いていた

## 【考察/今後の研究】

・エチレンガスの影響にはそれぞれの食材によって差があり、野菜などの葉物は影響を受けやすい

↓

今後の研究では、今回できなかった甘味や酸味の酸化防止を調べていくとともに、実際に生活に取り入れるにはどうしたらいいか考えていきたいです。

## 【予備実験 2】 保水効果～ほうれん草～

- ① 密閉できる袋の中にほうれん草を入れたものを同じ質量で2つ用意する
- ② 袋の中に量りを入れ、その上にほうれん草をのせる
- ③ 水 50g が入った容器を2つ用意し、片方にエチレンガスの入った石 0.1g を入れ、袋に入れて密閉し、一日ごとに変化を見る

## 【結果】

ほうれん草におけるエチレンガスの影響は見ることができた

・エチレンガスを閉じ込めた袋に入れたほうれん草の方がもう一方のほうれん草よりも質量を保つことができた。



# キャベツの発芽について

発芽班 前田萌衣 茂木那帆子 吉田遥子

## 1. 目的

植物について調べていたところ、発芽について興味を持った。調べていくにつれ、変温環境がどのような生理学的、生化学的機構を引き起こしているのか明らかになっていないことがわかったので、変温環境が発芽にどのような影響を与えているのかについて調べることにした。その予備調査として光が発芽に影響を与えるかどうか調べることにした。

## 2. 仮説

文献によりキャベツは明発芽種子であるため、暗所では発芽しない。

## 3. 実験方法

- ①寒天培地を作る
- ②シャーレ1つに50個の種子を入れる
- ③蓋をパラフィルムで密閉する
- ④人工気象器で25度の暗所と明所を作る
- ⑤それぞれ2つずつ人工気象器に入れる
- ⑥毎日同じ時間に観察する

## 4. 実験結果

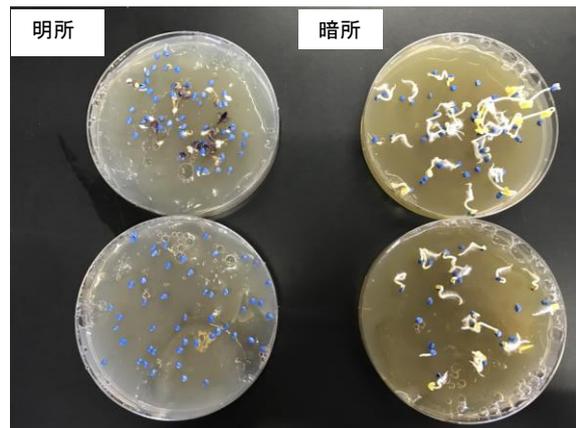
暗所のシャーレの1つに入れた種子の個数が50個のところ25個にしてしまった。

〈表1からわかること〉

1. 暗所の発芽率は72%である。
  2. 明所の発芽率は24%である。
- よって暗所の発芽率の方が高い

	明所	暗所
個数(コ)	24 /100個中	54 /75個中
割合(%)	24	72

(表1)



実験開始から7日目の様子

(図1)

## 5. 考察

以上の結果からキャベツは暗発芽種子であると考えられる。しかし、明所に置いたシャーレのうちの1つに発芽率2%のものがあつたことから、2つの仮説を立てた。

- ①寒天培地に問題があつた。
- ②種子に問題があつた。

以上の2つを検証したところどちらにも問題はなかつたのでこの実験に不備はなかつたと考えられる。

## 6. 今後の展望

このようにキャベツの種子は光をあてることで発芽が抑制されてしまうということがわかったので、光に注意しつつ、まだ解明されていない変温環境がどのような生理学的、生化学的機構を引き起こしているのかを調べたいと思う。また、この実験を通して光が発芽に及ぼす影響にも興味があったので、今後は光の波長ごとに発芽に及ぼす影響が違ふのか、違ふ場合はどの光がキャベツの発芽に適しているのかについても同時に研究を進めていきたいです。



# 季節による植物の色素の変化



SS探究1年 浅見百香

**要旨** 薄層クロマトグラフィーを用いて、植物に含まれる色素を調べた。今回は紅葉したモミジ(黄)とイチョウ(黄)で実験を行った。モミジには5つ、イチョウには3つの色素が存在し、この2つの植物には同様の色素も含まれると考えられた。

## 背景

・1年の葉の色の変化によって、葉に含まれる色素がどのように変化するのか興味を持った。

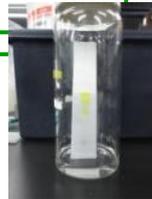
## 目的

・薄層クロマトグラフィーを用いて葉の色素を抽出し、Rf値を求めて、色素の同定を行う。

## 研究方法

### ○使用した物

- ・ジエチルエーテル(抽出溶媒)・シリカゲル
- ・石油エーテル、アセトン(展開溶媒〈6:4で混合する〉)
- ・TLCプラスチックシート(5cm×10cm)・乳鉢・乳棒
- ・マイクロチューブ(2ml)・蓋付きの透明のガラス瓶
- ・ピペット・葉さじ・葉(モミジ・イチョウ)



- (1) TLCシートの両端からそれぞれ1cmのところシリカゲルを削り落とさないように鉛筆で薄く線を引く。
- (2) 1瓶につき、10mlの展開溶液(石油エーテル:アセトン=6:4)をいれ、蓋をしめておく。
- (3) 乳鉢に葉をちぎり入れ、シリカゲルを加えて乳棒ですり潰す。適宜シリカゲルを加え、さらさらとした粉末状になるまで破碎する。
- (4) 粉末状の試料を葉さじでマイクロチューブの1/4程度入れ、ジエチルエーテルを1ml加える。ふたをしてよく振った後、静置しておく。
- (5) マイクロチューブの上澄みを毛细管でとり、TLCシートの片側の線の中央につける。何度も繰り返し、小さく、濃い色素スポットをつくる。
- (6) ガラス瓶の中に静かに真っ直ぐTLCシートを下ろし液面が揺れないように静かに蓋を閉める。
- (7) 展開液が上部の線に到達したら、TLCシートを取り出す。鉛筆で色素スポットの中心に印をつけ、Rf値を求め、色素を同定する。



## 今後の展望

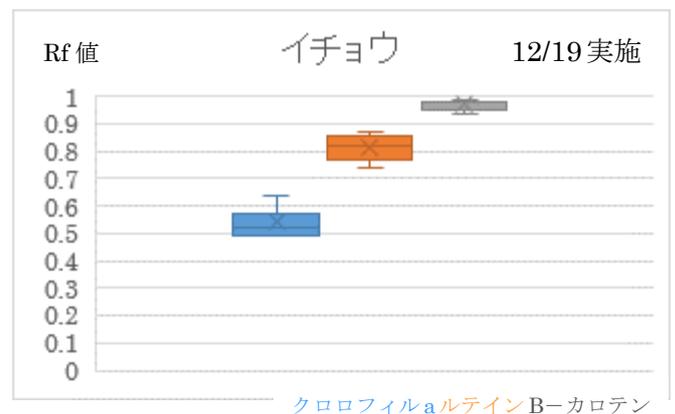
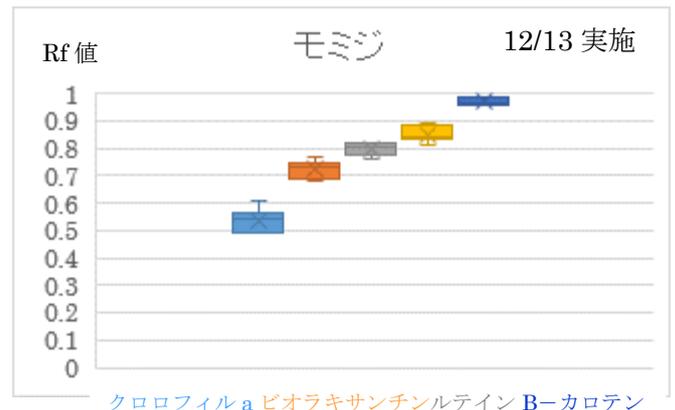
・1年を通して、同じ植物の色素を調べ、季節による色素の変化をまとめる。

## 結論

- ・モミジには、**クロロフィルa** 0.4~0.6、**ピオラキサンチン** 0.6~0.8、**ルテイン** 0.7~0.9、**B-カロテン** 0.9~1.0が含まれると推定された。
- ・イチョウには、**クロロフィルa** 0.4~0.6、**ルテイン** 0.7~0.9、**B-カロテン** 0.9~1.0が含まれると推定された。

## 結果

紅葉したモミジ(黄)、イチョウ(黄)を用いて実験を行った。なお、実験は10回ずつ行い、結果の値は成功したものの平均値で表している。(モミジ8回、イチョウ7回)



## 考察

・モミジとイチョウには**共通した色素(クロロフィルa、ルテイン、B-カロテン)**が含まれる。

## 参考文献

<http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/seibutu/se15/chromate/chromate.htm>

**1. 要旨** 光合成速度が最も速い観葉植物を提言するための予備実験として、気体濃度の計測の仕方を模索した。

## 2. 概要

**背景** 授業中の眠気の原因のひとつに、教室内の二酸化炭素濃度が高いことがあげられる。学校環境衛生基準による教室内の二酸化炭素濃度は 1500ppm 以下が望ましいとされている。しかし、本校で毎年行われる教室環境調査では教室の空気中の二酸化炭素濃度は、目安を大幅に越しているのだ。この状況を改善するには、適度な換気をすることがよい。しかし、植物の二酸化炭素吸収をするという作用を用いて、教室の空気中の二酸化炭素濃度を減少させることができないかと考えた。そこで、光合成速度が最も速い観葉植物を提言することにした。

### 目的

- ・気体濃度の測り方を確立させる。

## 3. 研究手法

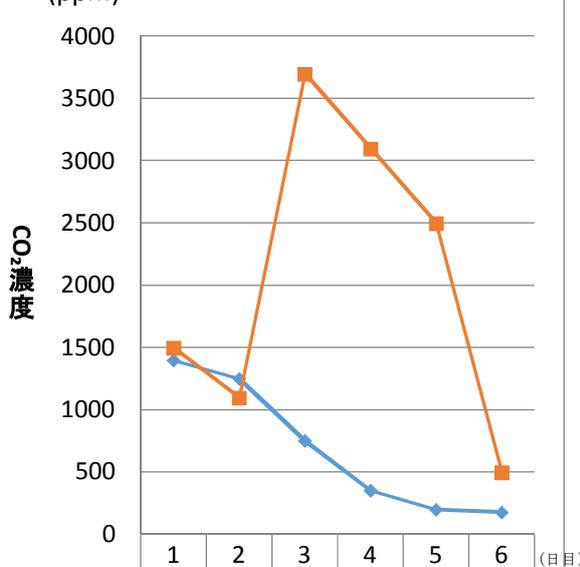
この実験では観葉植物を陰生植物とする。  
植物光合成用気体採取ポリ袋の中に、道管に水分が触れるようにしたオリヅルランの葉を入れて閉じた。それを、人工気象機（温度:25℃ 照度:3600LUX）の中に 24 時間入れ、光を当てた。検知管式気体測定器を用いて、光を当てる前の CO<sub>2</sub> 濃度を測り、その後どう変化していくかを見た。その際、対照実験として、空の袋も用意し、同じように CO<sub>2</sub> 濃度を測定した。



## 4. 結果

- ・日を追うごとに、オリヅルランを入れた袋内の CO<sub>2</sub> 濃度は減少していった。
- ・対照実験の CO<sub>2</sub> 濃度は激しく増減した。

CO<sub>2</sub>濃度の変化



## 5. 考察

オリヅルランを入れた袋の中の CO<sub>2</sub> 濃度は徐々に減少していった。  
→光合成をしたといえる。

本来なら CO<sub>2</sub> 濃度の増減が無いはずの対照実験の結果に、CO<sub>2</sub> 濃度の増減が見られた。

考えられる原因

- ・検知する際に、袋の外の CO<sub>2</sub> が検知管の中に入ってしまった。
- ・袋に穴が開いており、袋の中の空気の出入りがあった。

## 6. 今後の課題

- ・植物光合成用気体採取ポリ袋の性能を見直し、対照実験の正確性を高める。
- ・観葉植物の数を増やして、植物同士の光合成速度の違いを求める。

# 土砂の流出を防ぐ～花壇や畑の姿を考える～

1年 櫻井 叶子

## 研究目的

最近、日本でも夏場には、いわゆるゲリラ豪雨のように雨足の強い、短時間の雨が降るようになった。そういった雨の後の川や水路は、周囲の家から流れ込んだと思われる土砂で濁る。川の水位が普段より高くなり、河川敷や中洲に生える草木に運ばれてきた泥が付着する事により成長を妨げたりしてしまう事もある。

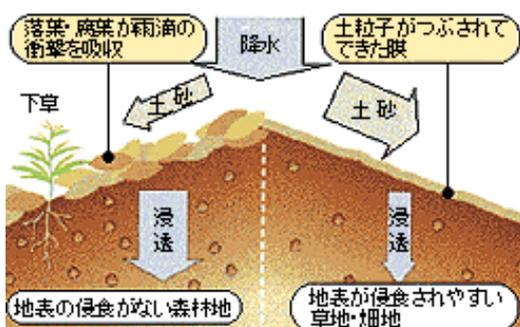
この研究では、土砂の流出を防ぐ事によって“庭”の土が削れないようにする方法を探究し、河川の環境を維持・保護する事を目的とする。

**雨天による土砂の流出は、“庭”にどのような工夫をすれば減らす事ができるのか。**

## 先行研究

### 雨による表面侵食

落下の運動エネルギーによって雨粒が地表面を打ち、衝撃力によって土砂を飛散させる。飛散した土砂が水分を含み、地表を覆うことで地面の浸透能が減少し表面流による輸送が起こりやすくなる。侵食の度合いはある一定時間内の降水量でも変わるが、水滴の運動エネルギーにあまり関係はなく滴径に比例し、乾燥密度が大きいほど地表の破壊直径は大きくなる。



ブナ林などの広葉樹林では、一度葉に落ちた水滴が、大きくなって地表へ落ちる。また、高木は日光をさえぎってしまうため、低木や草が生えにくい。

⇒高木の双子葉類は表面侵食を引き起こしやすい？

## 今後の研究の展望

実際に2, 3の種類 of 土を用意し、

### ・土表に石を敷き詰める

敷き詰める石の大きさ

石を敷き詰める密度

### ・大き目の石やコンクリート等で周囲を囲む

壁の高さ

水が逃げ、土砂が流出しにくいカタチ

### ・雨の水滴が直接土に着地しないようにする

親水性の高い布のようなもの

草木を植える（広葉樹、針葉樹）

などの、上記のような実験を行い、結果を集計して最も良い“庭”のすがたを発見する。

### 参考文献

水滴による地面侵食に関する二,三の実験

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1949/1956/35/1956\\_35\\_55/\\_article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1949/1956/35/1956_35_55/_article-char/ja/) 森林の持つ土壌侵食防止機能

<http://www.forest.rd.pref.gifu.lg.jp/rd/ikurin/0206gr.html>

矢作川の環境を考える懇談会第5回資料

[http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagigawa/kondan/kondan/05/shiryo/01\\_3.html](http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagigawa/kondan/kondan/05/shiryo/01_3.html)

# どっちが楽なの？ 1段？2段？

SS 探求 天方寛香、星野夢依夏、越沢琴奈

## 1. 背景

登山の文献では、登る時**小股で登ると疲れにくい**と書いてある。しかしそのことについての根拠がない。私たちは山を登るとき**小股のほうが疲れやすい**と感じた。そこで、小股と大股のどちらが疲れにくい、階段を使用して実験した。

## 2. 仮説

1段ずつで階段を上ると、1段飛ばしで階段を上るのは、**1段飛ばしのほうが疲れにくい**。なぜなら、山を登るときは**大股のほうが疲れにくい**と感じるから。

## 3. 実験方法

実際の登山だと起伏が多いため、階段で実験した。

- ① 上る前に最高血圧、最低血圧、脈拍数を計測。
- ② 時間を同じにして1段ずつと1段飛ばし(2段ずつ)距離を同じにして1段ずつと1段飛ばしで上った。
- ③ 上り終わった後すぐに、最高血圧、最低血圧、脈拍数を計測。

## 5. 考察

- ① 距離を同じにした時：1段飛ばしの方が**開始前と開始後の結果の差が少ない**のでより疲れにくいと考えられる。
- ② 時間を同じにした時：図の形は似ているが、**1段飛ばしの方がより長い距離を進んでいる**ので、1段飛ばしの方が疲れにくいと考えられる。

## 6. 結論

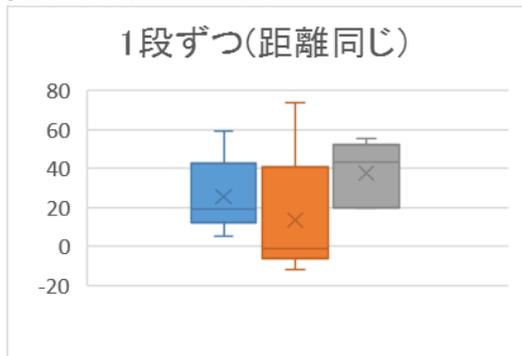
**1段飛ばしの方が疲れにくい。**

## 7. 今後の実験計画

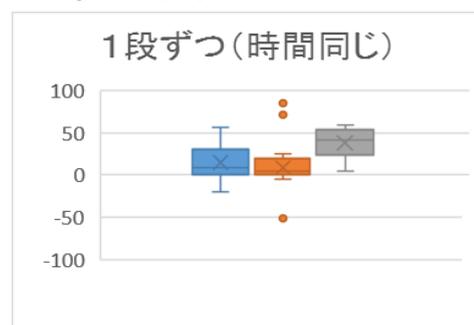
年齢、性別、運動をしている頻度などの条件の違う人たちに協力してもらい、より多くのデータを集める。距離が適切か、脈拍数、血圧だけで疲れ具合を決めてよいのか、もう一度考えて、他の条件でも実験したい。

## 4. 結果

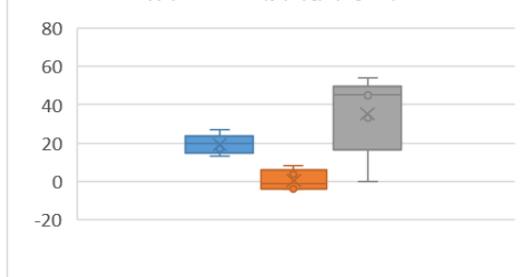
### ① 距離を同じにした時



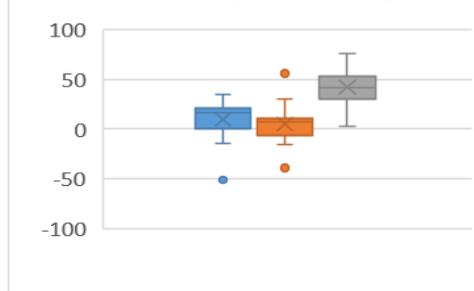
### ② 時間を同じにした時



### 1段とばし(距離同じ)



### 1段飛ばし(時間同じ)



■ 最高血圧の差  
■ 心拍数の差  
■ 最低血圧の差

## 8. 参考文献

- ・ 登山入門：近藤信行著、1982年出版
- ・ 血圧の話：尾前照雄著、1996年出版
- ・ One step or two? : University of Roehampton London、2012年発表

