

- 強度が強くなり始めた点→増加開始点
×強度が最強の点→視線速度
▲強度がベースラインに戻った点→減少終了点
と定義し、横軸に観測した方向の銀経、縦軸に観測した周波数を光のドップラー効果の式を用いて視線速度に変換したものを表したのが図3である。

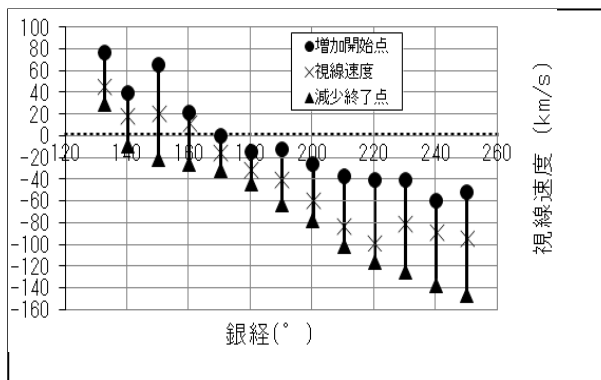


図3 前回(平成27年5月9日)の観測結果

前回の観測では、銀経 132.5° の視線速度は正の値であるが、徐々に減少していき、銀経 250° では負の値になった。すなわち、銀経 132.5° の星間物質は地球から遠ざかっているが、銀経 250° に近づくにつれて地球に接近していることがわかった。

5. 今回の観測

5-1. 観測範囲

図4の白点に示すとおり前回と同じ範囲を観測した。

銀緯 0° 銀経 132.5°

銀緯 0° 銀経 140° ~ 250° を 10° 間隔で

銀緯 80° 銀経 180°

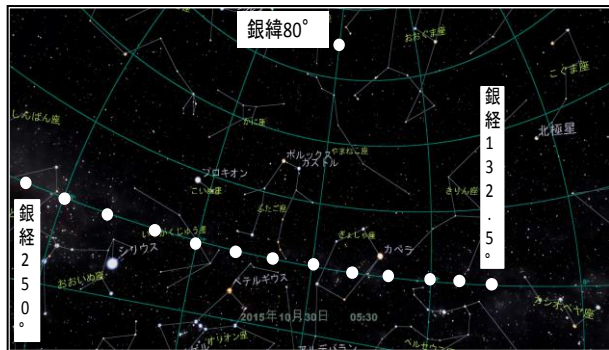


図4 観測した範囲

5-2. 観測日時と場所など

観測日時 平成27年8月2日日曜日

午前10時~正午

観測場所 和歌山県海草郡紀美野町

みさと天文台敷地内

観測機器 和歌山大学 8m 電波望遠鏡

天候 晴れ

5-3. 観測結果

今回の観測結果を、4-2. で示す●~▲の範囲、ならびに、視線速度×の値をまとめたものが表1であり、それを図3と同様のグラフにまとめたものが図5である。

表1 銀緯 0° における視線速度

銀経(°)	有意な値の視線速度(km/s)	強度最大値の視線速度(km/s)
132.5	-19.12~33.11	4.1
140	15.01~104.11	74.0
150	16.1~121.2	60.1
160	3.01~99	55.0
170	4.1~84.3	42.1
180	-82.5~-35.11	-48.1
190	-19.1~55	9.0
200	-91.01~-43.4	-43.0
210	-42.4~30.4	-18.1
220	-78.3~4.06	-48.7
230	-97.26~3.01	-61.4
240	-115.21~4.06	-84.6
250	-5.43~38.89	7.2

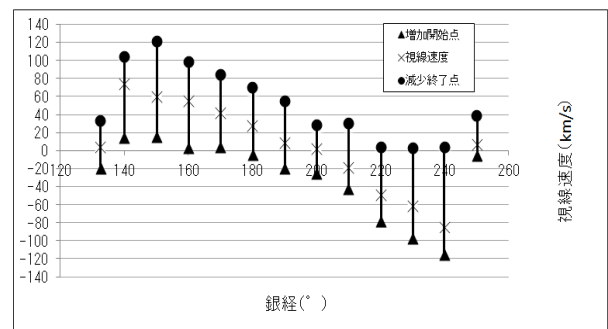


図5 今回(平成27年8月2日)の観測結果

6. 考察と今後の方針

図5に示すとおり、概ね視線速度が前回の観測より大きくなっている。これは、地球が太陽の周りを約 30km/s で公転していることと観測日に3ヶ月の差があることが原因と考えられ、これを利用した地球と太陽との間の距離の測定を今後試みる。

7. 謝辞

今回の観測で大変お世話になりました次の先生方にはこの場を借りて深くお礼申し上げます。

・和歌山大学宇宙教育研究所

秋山 演亮 氏, 小谷 朋美 氏, 森田 克己 氏,
貴島 政親 氏, 佐藤 奈穂子 氏

・紀美野町 みさと天文台 台長 矢動丸 泰 氏

・同天文台友の会宇宙通信苦楽部 岸裏 一起 氏

8. 参考文献

- 第37回全国高総文祭(2013 長崎しおかぜ総文祭)自然科学部門 発表論文集 pp. 206~207
- 第38回全国高総文祭(いばらき総文祭 2014)自然科学部門 発表論文集 pp. 244~245
- 第39回全国高総文祭(2015 滋賀びわこ総文)自然科学部門 発表論文集 pp. 254~255
- 海部 宣男, 宇宙の観測 I, 恒星社, p. 135, 1981
- 国立天文台・四次元デジタル宇宙プロジェクト開発 3D 天体シミュレーター「mitaka」

中紀地方のアコウの分布・生態とアコウコバチについて

和歌山県立紀央館高等学校 自然科学部
3 年 名古美幸 坂口幸紀 2 年 岡本直樹

1. はじめに

自然科学は平成 26 年度から中紀地方のアコウ *Ficus superba* について調査を開始している。

2. 調査・研究内容・目的

(1) 調査方法

- ① 中紀地方（有田市～御坊市の 6 地域）のアコウの分布状況を調査。
- ② 月に 2 ～ 4 回程度中紀地方のアコウの調査・観察を実施。
- ③ 花のう及び果のうを採集し、直径・斑点の数・空洞直径・果実の色及びアコウコバチ（顕微鏡観察）の調査。
- ④ 花のう及び果のうを半分に割り試験管に入れ、出てくるアコウコバチをカウントし観察。動画及び画像を撮る。
- ⑤ アコウの木にハエ取り紙をしかけ、飛んでいるアコウコバチの採集調査を行う。(H27. 7. 24～8. 4)

(2) アコウとは

クワ科イチジク属で紀伊半島以南に分布し、温暖な地域に自生。樹高は 10～20m で鳥類などにより種子散布される。アカギやヤシなどの樹木の上に運ばれ発芽し、成長すると気根で親樹を覆い尽くし、枯らすこともある。

(i) アコウの新芽の成長過程

（有田群湯浅町田 H27. 4 月～5 月）観察した結果 4 月初旬に、バナナ状の新芽が出ると、非常に速い速度で成長し、一時、葉は赤くなる。春芽が成長すると、約 30 センチメートル以上にも達し、アコウは非常に成長が速い植物である

(ii) アコウの花のう・果のう

イチジクを小型のした形で、枝の各所から直接生える。花のうを 2 個ずつつけるものが最も多い。
その他に 1 個・3 個・4 個・5 個の場合もある。花のうが確認できるのは枝の樹皮を突き破っ

て直径 2～3mm となった頃で、黄緑色をしており、成熟すると度合により緑から赤味を帯び紫に変色。この頃直径は 12～20mm にと急激に肥大し、やわらかくなり落下する。

(iii) 新芽と落葉の関係についての考察

アコウは新芽や花のうが出てから落葉する。

(3) 中紀地方のアコウの分布調査

2014 年 10 月 4 日から中紀地方のアコウ分布調査を行い、現時点で 14 か所の生育を確認。白浜町や紀伊大島にもアコウの大木があるが、自生のもではない。



図 1 中紀地方のアコウの分布調査

(i) アコウの自生地

有田市：宮崎町矢櫃	1 ケ所
湯浅町：田、栖原	2 ケ所
由良町：三尾川、衣奈、大引、神谷	4 ケ所
三尾川：大木は未確認	
日高町：小浦、津久野、比井、産湯	4 ケ所
美浜町：三尾 龍王神社	1 ケ所
御坊市：名田町の上楠井、下楠井	2 ケ所
	以上 14 ケ所

(ii) 中紀地方のアコウ分布調査 結果・考察

- ・アコウの自生地北限は有田市矢櫃
- ・有田市矢櫃は南斜面のみ生育。(陽当たりの良い場所)
- ・湯浅町田、栖原は海岸に沿った道路の山側や柑橘園の石垣に生育、また田の國津神社には数多くのアコウを確認。これらのアコウはほとんどが南斜面である。
- ・由良町衣奈では北斜面にも自生しているものがあり、南北斜面を問わない。
- ・アコウの北限地方では陽当たりの良い場所(温度)が生育の条件の大きな要素である。
- ・アコウが沿岸部や川岸に生育することから

乾燥をきらい、一定の湿度が必要なことから、生育の条件といえる。

(4) アコウコバチの生態

アコウコバチ *Blastophaga ishiiana* とはイチジクコバチ類で、アコウとアコウコバチは共生関係にあり、雌がアコウの花粉を運ぶ。

(i) アコウコバチ 雌雄の相違点

- ・雌には翅があり雄には翅がない。
- ・雌の体色は黒色で雄は茶褐色
- ・体長は雌雄どちらも 1.7mm
- ・雌には産卵管があり産卵管は 0.2mm
- ・雌には体毛がないが雄にはある。触覚や口の形態がかなり違い、雄は昆虫のクワガタに似ている。

(ii) アコウコバチの共生（相利共生）関係

- ・アコウは雌雄同株で雄花は 0.5~0.6 μm 、ゴールは 1.0~1.2 μm の大きさ。花のうはコバチより受粉すると果のうとなる。
- ・1つの花のうから平均 42 のコバチが出てくるが、そのうちほとんどが雌で、雄は 1~2 個体であった。

- ・空洞直径の調査では花のうの直径が 4mm を超えると空洞直径が約 1mm 以上となり、花のうの直径が 10mm を超えると空洞直径が 3mm 以上となる。花のう直径が 17mm を超えると、空洞直径が 4mm 以上という調査結果であった。

(iii) アコウコバチの生活環

- ・成長すると果実の中で交尾をする。
- ・交尾後、雄は果実から出ることなく死んでしまう。雌は果実から飛び出し、新しいアコウの果実に潜り込み、いくつかの雌花に卵を産み付けると同時に花粉をばらまく。
- ・平均、4.2mm~花のうに斑点（コバチの産卵跡）が現れる。

(iv) アコウコバチのハエ取り紙調査

調査方法は湯浅町の田・湯浅、由良町の神谷、日高町の比井、御坊市の下楠井、以上の 5 地点のアコウの地上から約 1m50cm 程度の高さにハエ取り紙を仕掛けアコウコバチを採集し、雌のアコウコバチの数をカウントする。

結果（雌のアコウコバチの個体数）

湯浅町田：8~21 由良町神谷：1630
日高町比井：412 御坊市下楠井：27

(v) アコウコバチの生態 考察

- ・中紀地方のアコウの「花のう」と「果のう」のアコウコバチを年間を通して継続的に調査してきた。その結果とハエ取り紙調査の結果から雌のアコウコバチは 7 月~8 月が最も産卵のピークであると考ええる。

- ・年間を通して継続的にアコウコバチを採集できたのは 6 地点のうち湯浅（4 月~5 月）と日高町の比井（5 月）、御坊市下楠井（4 月）の 3 地点だけであり、その数も雌と比較して極めて少なかった。採集時期に共通しているのは 4 月から 5 月という点である。

- ・アコウの「花のう」の産卵管の斑点調査をした結果、平均すると花のうの直径が約 4.2mm 以上になると雌のアコウコバチが花のうに産卵すると考える。

- ・アコウコバチのライフサイクルはタマゴ、幼虫、蛹、そして成虫になり花のうの外に飛び出し、他の花のうに入りタマゴを産み付ける。そして、越冬する。

(vi) アコウコバチの生態 展望

- ・アコウコバチの生活環において幼虫から成虫になる過程の画像撮るための工夫を考える。
- ・アコウコバチの調査については、さらに継続的な調査と調査方法を工夫することにより、多くの未解明な点について一つずつ解明していきたい。

3. 参考文献

- ・伊波佑輝.1999:身近なイチジク属の植物の教材化 花のうに共存するイチジクコバチ類を通して、沖縄県立宜野座高校（研報）,p211-216.
- ・大谷達也.2006:絞め殺しの木アコウの生活史.九州の森と林業 ,No78,p1-4.
- ・伊藤淑子・片山忠.1976：アコウの研究 アコウの北限を求めて,和歌山県立耐久高等学校生物部(研) ,p1-4.

- ・ J.galil ・ D.eisikowitch.1971:Studies on Mutualistic Symbiosis Between Syconia and Sycophilous Wasps in MnoeciousFigs.NewPhytol,(1971)70,773-787.

4. 謝辞

アコウおよびアコウコバチの調査研究に当たっては県立自然博物館理事吉田元重先生に、ご指導して頂いたことに深く、感謝申しあげます。

熱気球はどこまで軽くできるか

兵庫県立宝塚北高等学校 化学部
3年 平野 猿, 3年 多治見 大地, 2年 水田 千尋

1. はじめに

熱気球は、空気が暖まると膨張し密度が小さくなることを利用して浮揚する気球である。

熱気球の装置の質量を m 、常温で熱気球と同体積の気体の質量を w 、熱気球内の加熱された気体の質量を w' とすると、熱気球の飛ぶ条件は、

$$w' + m < w$$

と表される。気体の状態方程式 $pV = wRT/M$ より、気球内の加熱された気体の絶対温度を T' として熱気球が飛ぶ条件をまとめると次の式で表される。

$$m < \frac{MPV(T' - T)}{RTT'} \dots \textcircled{1}$$

アルキメデスの原理によれば浮力は体積が大きいほど大きくなり気球は飛びやすくなる。以上より熱気球をどれだけ小さく軽くできるかに興味をもった。また、過去の文献では燃料を除いた質量が 1.8 g のものが最軽量であることが分かった。

2. 目的

熱気球をどこまで軽くできるかを調べ、できるだけ軽い熱気球を製作して飛ばす。

3. 実験と結果および考察

熱気球は、袋、接続部、熱源から構成される。はじめは身近な袋、針金、エタノールを用いて様々な熱気球を製作し、飛ぶかどうか調べた。

袋(1)材質について

- ・ポリエチレン製のゴミ袋：飛んだが重い(27g)
 - ・コンビニのポリエチレン袋：熱で溶けた
 - ・アルミニウム箔で作った袋：重く飛ばなかった
- 可能な限り軽い素材として、食品用ラップフィルムを用いることにした。ラップフィルムを二重に重ねてアルミニウム箔で挟み、はんだごての熱で溶かして接着し、袋状にして実験した。
- ・ポリエチレン製ラップ(耐熱温度 110℃)：溶けた
 - ・ナイロンの両面をポリエチレンでコーティングしたラップ(耐熱温度 160℃)：溶けた
 - ・ポリメチルペンテン製ラップ(耐熱温度 -30℃～180℃)：溶けずに飛んだ

以上より、ポリメチルペンテン製ラップを用いることとした。このラップの質量は、 $1.8 \times 10^3 \text{ cm}^2$ あたり 1.519g であった。また、袋内の温度は 160℃ に到達していると仮定して実験を進めた。

(2)体積について

袋の体積は、表面積が同じであれば球形で最大である。平面状のラップから球形を製作するのは困難なため、ラップを折りたたんで正方形が 2 枚

重なった形にし、その 2 辺を接着して袋を作った。

様々な大きさの袋について、水槽に沈めながら内部に色水を入れて体積を測定し、元の正方形の一辺の長さと、内部の体積の関係を調べた(図 1)。

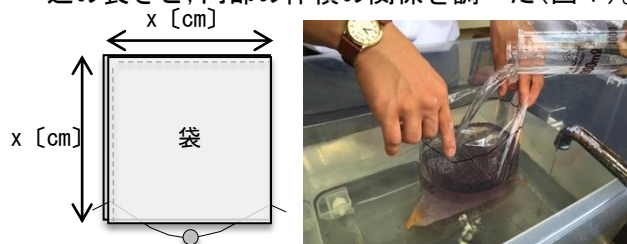


図 1. 熱気球の袋の一辺の長さと体積の測定

得られたデータから近似曲線を求めると、ほぼ一辺の 3 乗に比例することが分かった(図 2)。

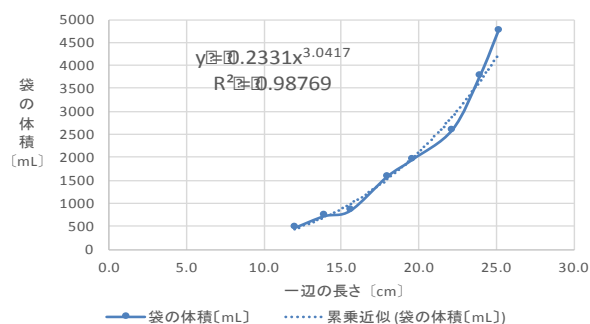


図 2. 袋の一辺の長さと体積の関係

(3)袋の内部の温度について

袋の内部が 160℃ に到達していることから熱源からの距離と温度の関係について調べた。0.50g の脱脂綿に 1.0mL のエタノールを含ませて燃焼させ、上方の温度変化を測定した(図 3)。

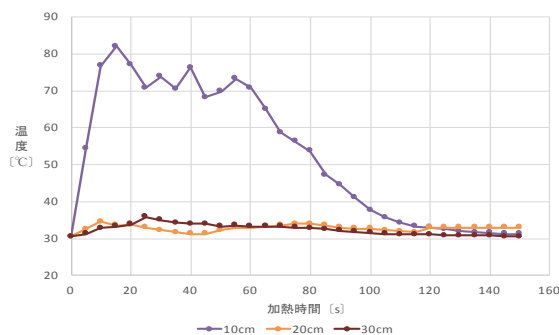


図 3. 加熱時間と熱源の上方の温度の変化

熱源から 10cm の高さで 82℃ まで、20cm, 30cm の高さでは、ほとんど温度が変化しなかった。

熱源の上方の温度が高くなる要因には、輻射熱および高温の気体自身の上昇の 2 つが考えられるが、20cm, 30cm の高さで温度変化がなかったことから、気球内部の温度上昇の原因は、高温の気体自身の上昇によるものと考えられる。

次に、燃焼によって生じた高温の二酸化炭素と水蒸気が上昇することを確かめるため、4 本のろうそくを縦に並べ、火をつけてから筒の中に入れて蓋をし、消える順番を調べたところ、ろうそくは上から順に消えた。二酸化炭素の分子量は 44

で空気の平均分子量より大きい、高温のため、水蒸気とともに上昇することが確かめられた。
接続部 熱に耐え軽いことが必要なので、ステンレス製で直径 0.19mm の針金を用いた。袋の下端が円形になったときの直径の長さで両端の袋に掛ける部分の 1.0cm ずつとを合わせて $2x/\pi + 2.0$ [cm] とし、袋の下端から 1.5cm の所に穴を開けて引っ掛けた。質量は 25cm あたり 0.056g であった。

熱源 (1) 素材について

熱源には、燃料、吸収材、受け皿の 3 つが必要と考え、はじめはエタノールと脱脂綿と受け皿のアルミニウム箔を用いたが、受け皿は重い使用せず液体燃料と脱脂綿だけを用いることにした。

(2) 燃料について

5 種類の物質について、0.050g の脱脂綿に燃料を含ませて、その質量、物質質量、燃焼して気体が生成するときに発生する熱量を調べた (表 1)。

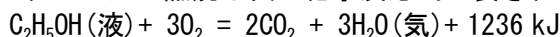
表 1. 0.050g の脱脂綿が含む物質とその燃焼熱

物質	化学式	質量 [g]	物質質量 [mol]	発生する熱量 [kJ]
メタノール	CH ₃ OH	0.393	0.0123	7.85
エタノール	C ₂ H ₅ OH	0.550	0.0120	14.8
アセトン	CH ₃ COCH ₃	0.436	0.00751	12.7
1-ペンタノール	CH ₃ (CH ₂) ₄ OH	0.415	0.00482	14.7
ヘキサン	C ₆ H ₁₄	0.315	0.00366	14.1

脱脂綿はセルロースからなり多くのヒドロキシ基 (-OH) をもつため、分子中に -OH をもち、その割合が大きい物質ほど多くの物質質量が含まれることが確かめられた。同質量の脱脂綿が含む燃料から最も燃焼熱が多く出るものはエタノールであった。

(3) エタノールの燃焼で生じる気体と熱について

エタノールの燃焼は次の化学反応式で表される。



空気の比熱を 1.0J/(g・K)、空気の平均分子量を 28.8 とすると、V [L] の気体を、t [°C] から 160°C まで上昇するには、

$$1.0 \times \frac{V}{22.4 \times \frac{273+t}{273}} \times 28.8 \times (160-t) \times 10^{-3} \text{ [kJ]}$$

の熱が必要である。ただし、暖めた気体はシャルルの法則によって膨張して袋から出るため、熱の損失がある。熱を加えて袋内に残る気体の割合は、 $\frac{273+t}{273+160} \times 100$ [%] である。これを熱効率とする。

まとめ 以上より、製作する熱気球の質量 $m_{\text{実際}}$ は、

$$\text{袋: } m_1 = \frac{1.519}{1.8 \times 10^3} \times 2x^2, \text{ 接続部: } m_2 = \frac{0.056}{25} \times \left(\frac{2x}{\pi} + 2.0\right)$$

$$\text{燃料: } m_3 = \frac{1.0 \times \frac{2.331 \times 10^{-4} x^3 \cdot 0.0417}{22.4 \times \frac{273+t}{273}} \times 28.8 \times (160-t)}{\frac{273+t}{273+160} \times 1236 \times 10^3} \times 46$$

$$\text{吸収材: } m_4 = \frac{0.050}{0.550} \times m_3$$

の和で、 $m_{\text{実際}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ である。この $m_{\text{実際}}$ が、前ページ①式の理論上の限界質量 $m_{\text{理論}} = \frac{MPV(T'-T)}{RTT'}$ を下回るとき、熱気球は飛ぶと考えられる。

いま、袋の体積是一片の長さ x のほぼ 3 乗に比例するのに対し、 $m_{\text{実際}}$ の大部分を占める袋は x を

小さくしてもラップの厚さが変わらないため 2 乗に比例する。したがって、x を小さくしていくと、あるところで $m_{\text{実際}}$ が $m_{\text{理論}}$ を上回り、限界となる。25°C で、様々な一片の長さ x と、 $m_{\text{実際}}$ と $m_{\text{理論}}$ を計算し、グラフを描いた (図 4)。

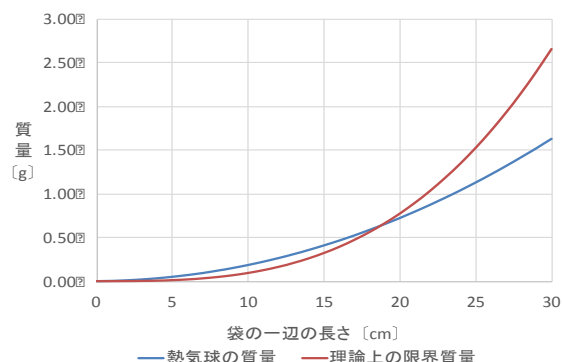


図 4. 袋の一辺の長さ x と質量の関係 (25°C)

このグラフの交点が、気温 25°C における限界質量 (0.650g) を示し、このとき x=18.9cm である。

さらに、気温と限界温度の関係を計算しグラフを描いた (図 5)。これより、限界質量の近似値を求めることができる。

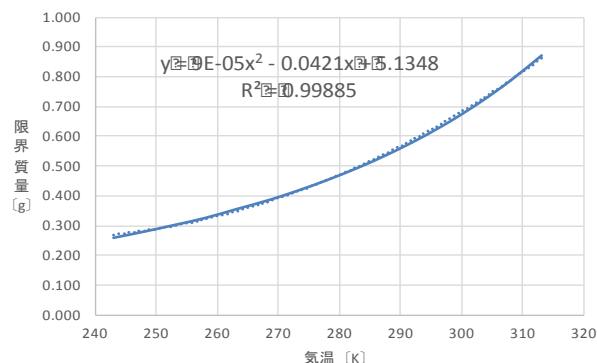


図 5. 気温と熱気球の限界質量の関係

以上をふまえて軽量化に挑戦した。これまでに飛んだ最軽量のは、 1.0×10^5 Pa, 11.5°C で、0.704 g (袋 0.661g, 針金 0.029g, 燃料 0.012g, 脱脂綿 0.002g, x=19.5cm) である (2016. 3. 9 現在)。

4. 結論

熱気球の限界質量は、袋、接続部、燃料の吸収材、燃料の種類と周囲の気温で決まる。

この研究の熱気球の製作方法では、理論上 25°C で 0.650g まで軽くすることができる。

5. 今後の課題

袋の形状の改良、熱効率および袋内の温度の正確な測定と、理論値に近い熱気球の製作を行う。

6. 参考文献

- 化学基礎、化学 (実教出版)
- ニューステージ化学図説 (浜島書店)
- いきいき物理わくわく実験 (愛知物理サークル)

大川における底質を中心とした水環境について

立命館守山高等学校 サイテック部
3年 小西祥太
2年 杉浦快, 前川銀太郎

1. 動機及び目的

滋賀県守山市北部の準用河川大川は、もともと野洲川の南流であったが 1979 年に改修工事が終わり、現在は水深の浅い、細長い池のような状態になっている。本校サイテック部は地域住民の取り組みと連携して、この大川で水質浄化を試みたり、景観の美化を試みたり様々な活動を行ってきた。

これまでの活動を通して、大川はリンや窒素などの富栄養化にかかわるイオンの濃度は少なく、特に問題のないレベルであるが、川底にヘドロが多く、溶存酸素が少ないことが課題として明らかになってきた。そして、この問題を解決するために、地元自治会、守山市をはじめとする関係諸団体が連携して、2017 年度以降に、大川へ農業用水の導水が計画されるようになった。

そこで、導水前後で水環境にどのような違いが生じるかを判断できるように、大川の底質の環境を分析することにした。大川で問題となっている溶存酸素量やヘドロは底質ときわめて関わりが深く、導水前後で底質の環境が大きく変化することが予想されるからである。

そこで、大川の特徴ある 3 地点（図 1）を調査地点とし、それぞれの環境の特徴から底質近くの溶存酸素、酸化還元電位および、底質中の硫化物量、生物相について仮説を立てて調査することとした。（表 1）



図 1 大川の調査地点

	源流	上流	下流
環境の特徴	ヘドロが堆積し、基本的に嫌氣的		
	周囲にヨシ帯	底泥から気泡発生	川幅が広く川底砂多し
溶存酸素	比較的多い	少ない	比較的多い
酸化還元電位	比較的高い	低い	比較的高い
硫化物量	少ない	多い	少ない
底泥中の生物	ミミズ類 ユスリカ類	ミミズ類 のみ	ミミズ類 ユスリカ類

表 1 調査地点の特徴と仮説

なお、酸化還元電位とはその調査地点が酸化的

な環境にあるか、還元的環境にあるかを示すもので正の値であれば酸化的な環境、負の値であれば還元的な環境である。たとえば、酸化還元電位が +400~+500mV で硝化 ($\text{HN}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$) が起こり、0~-200mV で硫酸還元 ($\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$) が生じ、さらに低くなるとメタン生成 ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$) が起こるとされる。

また、硫化物量は嫌氣的な環境では、鉄イオンは 3 価から 2 価になり、硫酸イオンは硫化物イオンになり、底泥中に硫化鉄 (II) が増える傾向にある。

2. 方法

溶存酸素と酸化還元電位は多項目水質計で測定した。硫化物量はヘドロテックと気体検知管を用いて、底泥中の硫化物に濃硫酸を反応させて発生した硫化水素の質量から求めた。底泥の生物は長柄杓 2 杯分 (3.6L) の底泥中に生息する生物を、目開き 2mm および 0.5mm のふるいで採取し、個体数を調べた。なお、調査日は 4 月 29 日である。

3. 結果と考察

調査の結果、下表 2 のデータを得た。

	溶存酸素 (mg/L)	酸化還元電位 (mV)	硫化物量 (mg/g)	底生生物 (3.6L 中)	
				ユスリカ類	ミミズ類
源流	2.45	-65	0.094	29	131
上流	4.00	-65	0.71	1	45
下流	5.40	151	0.25	0	36

表 2 調査結果

①溶存酸素について

仮説では源流の溶存酸素が多いと予想したが、結果は 3 地点で一番少なく、逆に、溶存酸素が一番少ないという仮説だった上流が予想以上に多かった。

これは源流と上流の間に砂防ダム状の構造物があり、水がそこを流れ落ちる際に酸素を含むためだと考えられる。

②硫化物量と底泥の生物の個体数の相関について

源流の硫化物量は他の 2 地点に比べ低い。これは、他の地点ではほとんどいなかったユスリカ類の幼虫が源流には多く生息していたことが原因だと考えられる。ユスリカは図 2 のように底泥の硫

化物を多く含む還元層に酸素を供給することが知られており、還元層の硫化物が酸化され、全体の硫化物量が少なくなったのだと考えられる。

③溶存酸素と底泥の生物の個体数の相関について

源流は溶存酸素が少ないにもかかわらず生物の個体数が多く、下流は溶存酸素が多いにもかかわらず生物の個体数が少なく仮説と異なる結果となった。これは溶存酸素を測定した地点と底泥の生物を採集した地点が5メートル程度ずれていたことがわかり、その程度のわずかな位置の違いでも、底質の状況が異なっていることが想定され、その違いによるものではないかと考えられる。

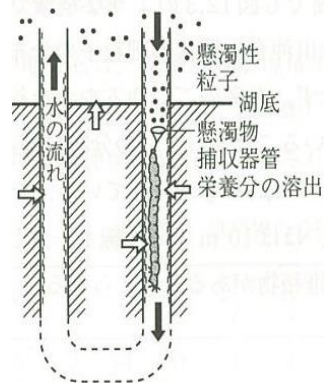


図2 底泥とユスリカ幼虫

4. 反省と課題

今後の調査はこれらの考察を検証するために以下の取り組みを行いたい。

一つ目は、源流と上流の間に実際に落差があり、その前後で溶存酸素量がどれくらい異なるのかを調べることである。二つ目は、源流と下流、それぞれ同じ地点で溶存酸素の測定と底泥の生物の採集をして検証することである。

そして、溶存酸素については水中のクロロフィルa量も測定するとともに、上流では実際に底泥からガスが発生していたので、硫化水素の濃度を調査し、光合成細菌による溶存酸素への影響も検証していきたい。

参考文献

- 1) 榊 佳之・平石 明/編、理工系学生のための生命科学・環境科学、東京化学同人(2011)
- 2) 西條 八束、三田村 緒佐武/著、新編 湖沼調査法、講談社(2009)

四つ葉のクローバーの発生条件

京都府立嵯峨野高等学校 サイエンス部生物班

2 年 城千遥 高野翔子 杉本有紀

1 年 吉田詩穂 犬伏順哉 森田航

【動機・目的】

四つ葉のクローバーの発生には遺伝的要因や外的要因が関わっていることが知られている。遺伝的要因については多くの研究がなされているが、外的要因について定量的に検討された研究は確認されなかった。そこで、本研究では外的要因の中でも踏まれるなどの傷に注目し、四つ葉以上のクローバーの発生条件やその確率について検討することとした。

【予備調査】

屋外に生えているクローバーの中にはどのくらいの確率で四つ葉以上のものがあるのかを調べるために、梅小路公園の様々な場所に計 12 区画を設け、1 区画あたり 400 cm²の範囲にあるクローバーの三つ葉、四つ葉、五つ葉、六つ葉の数を数えた。

【仮説】

人通りが多いと思われる区画では、人通りが少ないと思われる区画より四つ葉以上のクローバーが多く見つかるのではないかと考えた。

【結果】

四つ葉以上のクローバーが見つかった区画はヒトの立入が制限されていない区画であった。一方、ヒトの立入が制限されている区画では三つ葉のクローバーしか見つからなかった。



水族館横の芝生

三つ葉	四つ葉	五つ葉	六つ葉	合計
704	3	1	2	710



木の根元の植え込み

三つ葉	四つ葉	五つ葉	六つ葉	合計
291	0	0	0	291

【考察】

調査対象が屋外に生えているクローバーであるため四つ葉以上になった原因として外的要因に加えて土壌などの環境や遺伝的な違いが考えられる。

そこで、土壌などの環境や遺伝的な違いを取り除くため、人工的にクローバーを育てて実験することとした。

【実験①】

ホワイトクローバー (*Trifolium repens*) をプランターで栽培し、上からレンガを落とすことにより葉を傷つけ、四つ葉以上のクローバーが生える確率を調べた。

【仮説】

レンガによって葉を傷つければ四つ葉以上のクローバーがより多く発生するのではないかと考えた。

【方法】

1. プランター4 つにホワイトクローバーの種 2.0g をまき、1 日 1 回 250ml ずつ水を与えた。
2. 種まきから 2 か月後、クローバーが十分に成長したのを確認し、4 つのプランターのうち 2 つに土の表面の 5 cm 上からレンガを落とした。
3. 対象区のプランターは 1 か月に 1 回、レンガを落とした方のプランターは 2 週間に 1 回、クローバーの数を数えた。



【結果】

対象区のプランターからは三つ葉のクローバーしか発生しなかったが、レンガを落としたプランターからは三つ葉に加え、四つ葉、五つ葉、六つ葉が発生した。

	三つ葉	四つ葉	五つ葉	六つ葉	合計
対象区	6408	0	0	0	6408
レンガを落とした	5766	2	4	2	5774



【考察】

葉を傷つけられることで四つ葉以上のクローバーが発生することが確認された。本実験で出現した四つ葉や五つ葉、六つ葉を観察すると、はじめから生えていたと思われる大きな三枚の小葉よりも上部から小さな四つ目、五つ目、六つ目の小葉が生じている事が確認された。そこで、小葉が生じている部分である葉原基が傷つけられたことで四つ葉以上が生じるのではないかと考えた。

【実験②】

新たに2つのプランターを用意し、クローバーの葉原基を柄つき針で傷つけ、四つ葉以上のクローバーが発生する確率を調べた。

【仮説】

小葉の元である葉原基を直接傷つけると、実験①よりも四つ葉や五つ葉が高い確率で出現するのではないかと考えた。

【結果】

ほぼ全てのクローバーが枯れてしまった。

【考察】

葉原基を強くつきすぎたせいで枯れてしまったと考えられる。

【今後の方針】

- ・栽培しやすくするためにクローバーを脱脂綿上で育てる。
- ・葉原基をつく強さを弱くして再度、実験を行う。

【参考文献】

一般社団法人 日本植物生理学会

四葉のクローバーと突然変異について

https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=2923

ネクシャル・データランド・ファーム・アムラン
クローバー・ハンターズ

<http://www5f.biglobe.ne.jp/~amuran/clhs/clhsf.html>

擬ニュートンポテンシャルを用いた三体問題のシミュレーション

京都市立堀川高等学校 自然科学部
2 年小池なつみ
1 年井上詩乃 門田海

1. 動機及び目的

スペースコロニーを建設する軌道の候補を求め
る方法として、三体問題の特殊解として知られる
ラグランジュ点を利用する方法がある。スペース
コロニーとは宇宙空間に作られた人工の居住地で
あり、地球温暖化、人口の爆発的増加、資源枯渇
などの地球における様々な問題の解決策の 1 つと
して、人間がスペースコロニーに移り住むという
案が挙げられている。

三体問題とは、宇宙に 3 つ天体があるときのそ
れぞれの天体の運動をモデル化したものである。
通常、三体問題はカオスが生じ一般解を出すこと
ができないが、特殊な条件をつけた場合にのみ、

3 体目の物体が安定した軌道を描くことができ
る。3 体目の天体の質量が他の二天体の質量に比
べ無視できるほど小さいという条件下では、3 体
目の天体が特殊な位置にあれば他の 2 天体との相
対位置を変えずにその位置に留まっていることが
できる。このような位置をラグランジュ点といい、
現在、ニュートン力学におけるラグランジュ点は
5 つ発見されている。しかし、ニュートン力学（古
典力学）を用いた三体問題では、一般相対性理論
に基づく空間の歪みを再現することができない。
そこで、ニュートンポテンシャルの式を変形した
擬ニュートンポテンシャルを用いれば、比較的簡
単な式で一般相対論の計算を再現することができる。

本研究ではニュートンポテンシャル、擬ニュー
トンポテンシャル、一般相対論をそれぞれ用いて
三体問題を解き、ラグランジュ点を求め、擬ニュー
トンポテンシャルの一般相対論に対する再現度
を求める。一般相対論における空間の歪みが考慮
されたラグランジュ点を、擬ニュートンポテンシ
ヤルによってより簡単な計算で求めることができ
れば、スペースコロニーの候補をより効率的に求
めることができる。

2. 方法

表計算ソフト Excel を用いて、以下の式を基に
三体問題のシミュレーションを行った。(添え字の
N はニュートン、PN は擬ニュートン、GR は一
般相対論を示す。また、G は万有引力定数、M は
質量、r は初期位置からの距離、c は光速、a は
シュバルツシルト半径を示す。)

■ポテンシャル

$$\psi_N = -\frac{GM}{r}$$

$$\psi_{PN} = -\frac{GM}{r-a}$$

$$\psi_{GR} = c^2 \ln \sqrt{1 - \frac{a}{r}}$$

$$a = \frac{2GM}{c^2}$$

■単位質量あたりの力 F

$$F_N = -\frac{GM}{r^2}$$

$$F_{PN} = -\frac{GM}{(r-a)^2}$$

$$F_{GR} = \frac{GM}{r^2 \sqrt{1 - a/r}}$$

太陽・地球・月の三体における三体問題をニュ
ートンポテンシャル、擬ニュートンポテンシャル、
一般相対論でシミュレーションし、擬ニュートン
ポテンシャルによる一般相対論の再現度を検証す
る。なお、データの正確性は、1 年間で太陽の周
りを回る地球と月の軌道が入れ替わる回数で検証
する。

3. 結果・考察

シミュレーションの結果、地球と月の軌道が入
れ替わる回数は、ニュートンポテンシャルが 6 回、
擬ニュートンポテンシャルが 7 回、一般相対論が
7 回だった（実際の地球と月の軌道が入れ替わる
回数は約 13.27 回）。そこから、ニュートンポテ
ンシャルと比較すると、擬ニュートンポテンシヤ
ルの方がより一般相対論の結果を再現している
ということがいえる。

section3.pdf> (2016 年 8 月 15 日)

- 4) “二体問題と三体問題の物理法則と運動方程式”. <[https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn528554\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn528554(v=vs.85).aspx)> (2016 年 8 月 15 日)

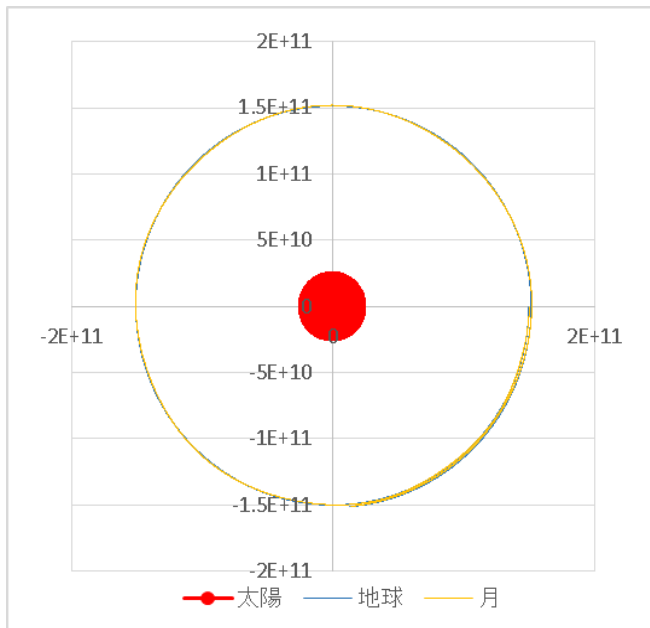


図 1 太陽・地球・月における三体問題のシミュレーション（赤が太陽，青が地球，黄色が月の軌道）

しかし，どの結果でも，地球と月は太陽の周りを一周した後，軌道が徐々にずれていったり，大きく外れていったりした。また，実際の地球と月の軌道が入れ替わる回数とシミュレーションによる回数に違いがあることから，数値に誤差が生じているということが考えられる。

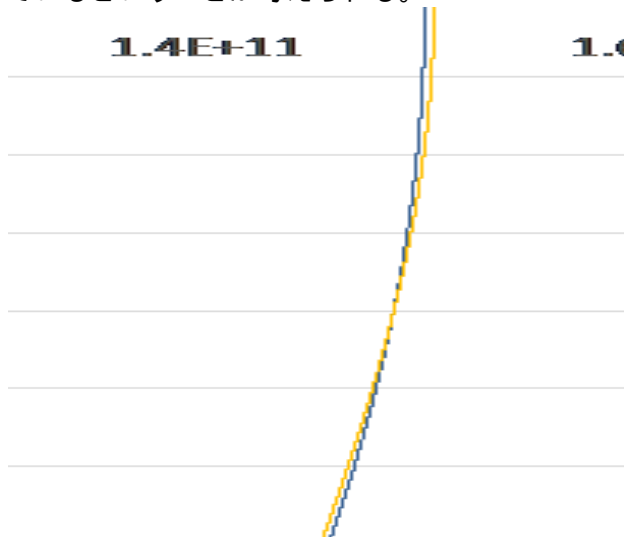


図 2 地球と月の軌道が入れ替わっている様子

参考文献

- 1) 福江純, “らくらく相対論入門 その1ー擬ニュートンポテンシャルの特徴ー”, 天文月報
- 2) ポール・ヘリングス, パソコンで宇宙物理学, 国書刊行会 (2008)
- 3) “The Restricted Three-Body Problem”, <www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~ssd/doc/SEC03/>

コンテリクラマゴケの構造色について

京都私立大谷中学校・高等学校 科学部

2年 林紫稀 平木克哉 柳澤直輝

3年 小原誉正 下村隼生

1. はじめに

なぜコンテリクラマゴケを本研究のテーマにしたかという、部活の先輩方が水生植物の研究をしているなか、顧問の先生から「コンテリクラマゴケ」という植物を奨めていただきました。学校の近くの稲荷山にコンテリクラマゴケを見に行くと青色に光る群生があり葉が青色をしていました。そこで我々はなぜ青色をしているのか不思議に思い、研究を始めるに至りました。

コンテリクラマゴケとはイワヒバ科イワヒバ属の常緑のシダ類 学名は *Selaginella uncinata*

。英名は Peacock moss, Rainbow spikemoss

常緑性の多年草本。主茎は地上を横に這って長30～60cmに達する。所々に側枝と、その基部から根を出す。いずれの葉も表面に紺色の光沢がある。中国南部から西南部に分布する。日本には観賞用に持ち込まれあちこちで野生化している。(私たちは京都市伏見区稲荷山で採取した。)

仮説 1

コンテリクラマゴケ自体の色素に青色が含まれている。

コンテリクラマゴケ



クラマゴケ



2. 実験について

仮説1を確かめるために、コンテリクラマゴケとその近縁の種であるクラマゴケを用いて、この2種の色素をペーパークロマトグラフィーと、有機溶剤を用いた色素の分離を行った。

実験方法

ペーパークロマトグラフィーの抽出液はメチルアルコールとアセトン、展開液はトルエンとベンゼンを用いた。

有機溶剤を用いた色素の分離はメチルアルコールと石油ベンゼンを用いて分離した。

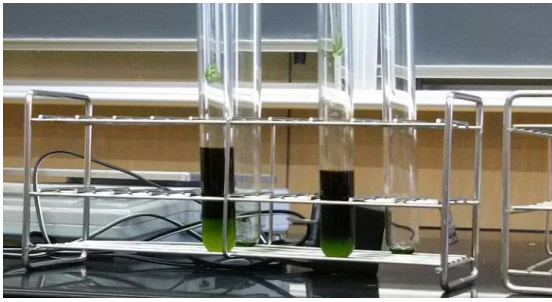
- ① 乳鉢、乳棒を使ってコンテリクラマゴケ、クラマゴケをすり潰す。
- ② すり潰したものに抽出液であるメチルアルコールとアセトンを混ぜ、再びすり潰す。
- ③ 2でできた液体をろ紙に染み込ませる。
- ④ ろ紙の下部分を展開液であるトルエン、ベンゼンに浸す。

実験結果

コンテリクラマゴケ(右)とクラマゴケ(左)では色素に明確な違いはなかった。しかし、コンテリクラマゴケには僅かだが赤い色素がみられた。



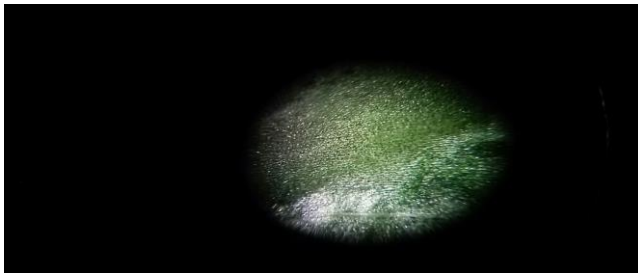
※補足 1ですり潰したものと有機溶剤であるメチルアルコール、石油ベンゼンを混ぜてろ過したところ、クロロフィル(葉緑素)に大きな違いが生まれた。



3. 実験考察

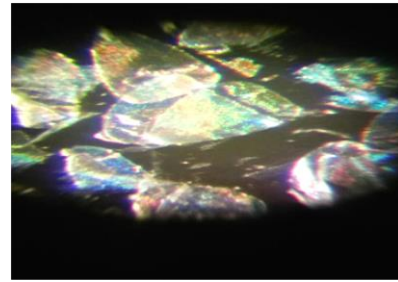
先ほどの実験結果からコンテリクラマゴケ自体には青色の色素が含まれていないことが分かった。しかし、コンテリクラマゴケの色素の緑色と黄色の間に赤色の色素が確認できた。クラマゴケの色素は緑色と黄色のみであるが、その量はコンテリクラマゴケよりも多いことが確認できた。しかし、色素自体にははっきりとした違いは見られなかった。そこで我々は葉の表面に何か特徴があるのではないかと考え、顕微鏡を使い表面の構造を調べることにした。

顕微鏡の写真



写真を見ると、突起のようなものなものが確認できた。この突起の葉が青色に見える原因なのではないかと考えた。下記の写真は「表面に特徴をもつ構造色」という点で合致するモルフォチョウの羽を顕微鏡でみたものである。

モルフォチョウの羽の写真



鱗のようなものが重なっているようにみられた。この二つを比較すると表面の構造が明らかに違うということが分かった。以上のことからコンテリクラマゴケの葉が青く見える原因は葉の表面の構造が原因ではないことが分かった。

3. 総合考察

葉の表面の構造が構造色と直接関係してるわけではなかった。そもそも青色に見えるのは可視光線の光の中の青色を反射するからではないかと考えた。青色の光は波長が短いためコンテリクラマゴケは、他の植物に比べると青色のような短い波長を反射する性質があるのではないかと考えた。コンテリクラマゴケが自生し始めた時代はオゾン層が少なかった時代だったので、紫外線が植物に大きな影響をあたえていた。そのような環境でも生きていくためにコンテリクラマゴケは波長の短い紫外線を反射または透過しているのではないかと考えた。

4. 課題

そう考えた我々は紫外線ライトを使って、紫外線反射率、可視光線、反射率を調べてみることにした。尚、コンテリクラマゴケと比較するためにケヤキ、カタバミ、アワダチソウ、スメノカタビラ、イラクサも調べたい。

洗濯物の乾きやすさと色の関係

私立ノートルダム女学院中学高等学校
高校科学クラブ

2年 広瀬 文乃, 増田 瞳子, 伊藤 梨奈
中村 由, 宮本 望

1年 山崎 千尋, 水口 那美, 常廣 理菜
瀬尾 桃子, 友田あやの, 松野ゆかり

1. 動機及び目的

洋服売り場に行くと汗を吸い取りやすい素材、汗をかいても乾きやすい素材などを売り文句にしたシャツが多数売られているように、生地の種類によって乾きやすさに違いが出るということはよく知られている。

また、夏の暑い日には黒い服より、白い服の方が涼しく過ごせる。私たちは、服の色によって、同じ素材でも乾き方に違いがあるのかどうかに興味を持ち、調べてみることにした。

2. 方法

実験は3種類行った。

実験 1

試料：ホームセンターで購入した5色入りタオルセット（綿100%、淡い色彩）

1: 緑、青、白、黄、ピンクのそれぞれのタオルについて、乾燥時の質量を測定する。

2: それぞれのタオルに同量（90g）の蒸留水をしみこませ、ハンガーを用いて屋外に干す。

3: 10分おきにハンガーから外し、その時点での質量と表面温度を測定し記録する。

実験 2

実験1よりより原色に近い色の6色のタオル（緑、青、白、黄、赤、黒）を入手して、それぞれに同量（100g）の蒸留水をしみこませ、同様の実験を行った。

実験 3

実験2で使用した6色のタオルについて、エアコンのきいた実験室内で「部屋干し」した時の質量、温度の変化を記録した。

3. 結果と考察

実験 1 の結果

※80分後のデータはハチが現れたために屋内に避難したので測定できていない。

質量の変化 (g)

(分)	緑	青	白	黄	ピンク
0	150	152	147	150	150
10	138	143	138	140	142
20	136	138	134	136	137
30	131	134	132	133	134
40	126	129	130	129	130
50	108	121	123	115	120
60	106	120	118	114	118
70	105	110	115	113	112
80	*	*	*	*	*
90	96	96	104	101	100
100	90	89	98	94	93
110	83	82	92	88	86
120	77	76	86	83	80
130	73	73	82	79	76
140	69	69	78	75	71
150	66	67	73	71	68
160	64	66	68	67	65
170	62	64	65	65	64
180	62	64	62	64	63

温度の変化 (°C)

(分)	緑	青	白	黄	ピンク
10	23.8	23.6	23.4	23.2	23.0
20	24.4	24.4	23.8	23.8	23.2
30	24.0	24.2	23.8	23.6	23.6
40	25.2	24.6	25.2	24.2	23.6
50	24.6	25.0	23.6	24.0	23.4
60	26.0	26.0	24.8	25.0	24.6
70	26.6	26.6	25.4	25.4	24.6
80	*	*	*	*	*
90	26.8	27.2	26.2	27.0	26.6
100	26.6	27.0	25.8	26.4	26.4
110	27.0	27.2	26.0	26.2	25.8
120	26.4	25.8	24.4	25.2	24.2
130	25.8	27.4	25.4	25.6	25.4
140	26.6	27.6	25.0	25.6	25.4
150	28.0	29.4	27.0	27.4	27.6
160	31.2	32.2	27.0	29.2	30.0
170	31.2	34.2	28.8	30.0	29.6
180	31.6	32.6	29.4	30.8	31.2

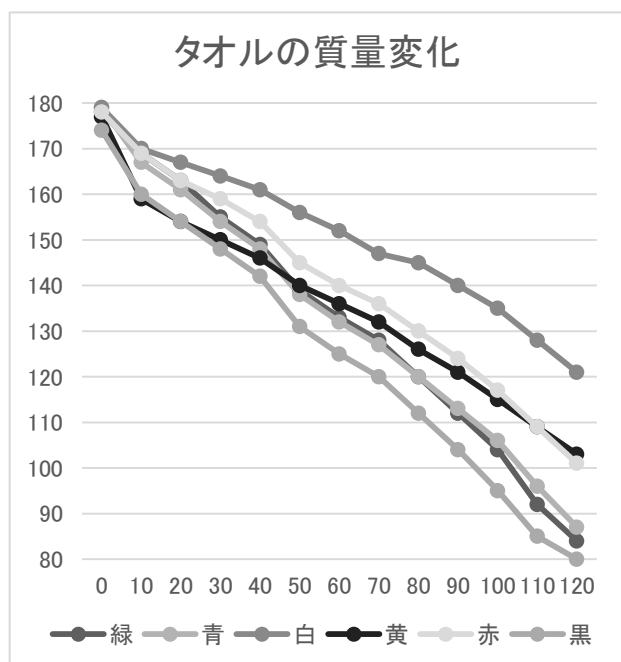
タオル表面の温度変化からは、白のタオルが比較的低温であることが見られたが、質量の減少、すなわち水の蒸発量については大きな違いは見られなかった。淡い色合いのタオルで行ったから差が小さかったのだろうと考え、より濃い色のものを入手して実験2を行うことにした。

実験 2 の結果 質量の変化 (g)

(分)	緑	青	白	黄	赤	黒
0	178	179	179	177	178	174
10	169	167	170	159	169	160
20	163	161	167	154	163	154
30	155	154	164	150	159	148
40	149	148	161	146	154	142
50	139	138	156	140	145	131
60	133	132	152	136	140	125
70	128	127	147	132	136	120
80	120	120	145	126	130	112
90	112	113	140	121	124	104
100	104	106	135	115	117	95
110	92	96	128	109	109	85
120	84	87	121	103	101	80

温度の変化 (°C)

(分)	緑	青	白	黄	赤	黒
10	27.0	26.6	25.0	25.4	25.4	25.6
20	27.6	28.2	25.4	25.8	25.6	25.8
30	27.6	27.8	26.4	26.6	26.2	27.0
40	26.6	27.0	25.4	26.0	27.2	27.8
50	26.0	25.2	24.4	24.6	24.8	24.6
60	25.4	25.4	24.4	24.6	24.6	25.4
70	26.0	26.2	24.8	25.0	25.6	25.6
80	27.0	26.8	25.4	25.6	26.0	26.6
90	27.0	26.6	25.6	25.8	26.2	27.2
100	27.0	26.4	25.4	25.6	25.6	26.2
110	29.0	27.8	26.4	26.2	27.2	32.2
120	32.6	30.6	26.6	27.0	27.4	30.6



各色のグラフの近似直線を求め、10 分間に蒸発した水の質量の平均値を求めた。計算は Microsoft Excel を使い、最小 2 乗法によって直線を求め、その傾きを蒸発速度とした。

10 分間に蒸発した水の質量 (g) 屋外

緑	青	白	黄	赤	黒
7.6	7.2	4.4	5.4	6.0	7.6

この結果から黒や緑に比べて、白い色のタオルは乾きが遅いことが分かる。

実験 3 の結果

実験 2 と同じ測定を、25°C に設定したクーラーの効いた実験室内で行い、10 分間に蒸発した水の質量の平均値を求めた。

10 分間に蒸発した水の質量 (g) 室内

緑	青	白	黄	赤	黒
6.6	6.4	6.3	6.2	6.3	6.5

綿 100% のタオルについて、色によって水が蒸発する速度に違いがあるということが、実験で確かめられた (実験 2)。色が異なると、太陽光が当たった時の温度上昇に違いが生じることが原因であろうと考えられる。空調の効いた部屋という、色による温度の違いが生じにくい条件では蒸発速度にほとんど差が見られない (実験 3) ことから、蒸発には温度が大きく影響しているとわかる。

4. 反省と課題

タオルを干すときに、すべてのタオルに対して同じ角度で太陽光が当たらなければならないが、実験当日は風が吹いており、ハンガーが突風で寄ってしまったたり、隣のタオルと接触したりしていた。より正確な測定のためには、干し方に工夫をしなければならない。

黒は熱を吸収し、白は反射するので乾き方に違いが生じたのだと考えられるが、そのほかの色、たとえば赤と青での違いについて、原因の考察が十分でないのでさらに研究を進めていきたい。

また、今後の計画としては『海辺で潮風に当たるとベタベタして乾きにくい』についても実験したい。

直流電流による磁場の測定値の解析

開智高等学校 サイエンス部
2 年 藤原一登, 川本将生

1. 動機

前回の研究においては、直流電流による磁場の大きさを導線の長さが十分に長く無限であるとして、測定結果の解析を行った。導線の中央付近においては、測定誤差に収まる程度の一致を見たが、導線の端付近では、測定誤差をこえる違いが見られた。今回、この違いが導線の長さの有限性によるものであること確かめるため、その長さを有限として電流による磁場の大きさを算出し測定結果との比較を行った。

2. 理論

(1) 方位磁針の測定角度よりの磁場の算出

方位磁針の測定角度 θ 、地磁気の大きさ H_0 、設置された導線の測定面からの高さ h 、導線から方位磁針までの水平距離 y として、直流電流による磁場の大きさを次式より算出する。

$$H = \frac{\sqrt{h^2 + y^2}}{h} H_0 \tan \theta$$

(2) 直流電流による磁場の大きさ

電流の大きさ I 、導線から方位磁針までの距離 r として、導線が無限に長い場合の磁場の大きさ H は次式で与えられる。

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

一方、導線の長さが有限の場合には、ビオ・サバールの法則を用いて磁場の大きさ H は、

$$H = \frac{I}{2\pi r} \frac{\cos \theta_i - \cos \theta_f}{2}$$

となる。ここで、 θ_i 、 θ_f は、導線の両端と方位磁針とを結ぶ直線と導線とのなす角である。

3. 測定方法

(1) 実験装置

電流の周りの磁場の測定に際し、縦 100 cm 横 120 cm の模造紙、割りばし 2 本、太さ 1.2 mm のエナメル線 2 本、スタンド 2 台、方位磁石 12 個、ワニ口クリップ、直流電源装置、電圧計、直流電流計及びすべり抵抗器を用いて実験装置を設定した。模造紙の中央を原点として、長辺に平行に x 軸、短辺に平行に y 軸とする xy 座標系を取る。さらに、図 3-1 のように格子点 ($10.0k$ [cm], $10.0l$ [cm]) ($k = -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$ 及び $l = -2, -1, 0, 1, 2$) をとり、測定位置とする。また、エナメル線については、スタンドに取り付けて高さを調整しやすくするためエナメル線を割りばしに取り付けて、図 3-2 のように割りばし間の長さが 110.0 cm になるように設定する。

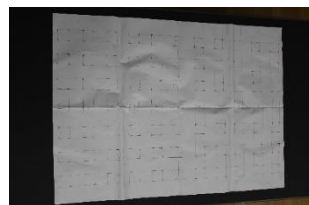


図 3-1 模造紙の準備



図 3-2 エナメル線



図 3-3 実験装置の設定

(2) 実験装置の設定

(1) で準備したものをを用い実験装置を設定する。まず、模造紙を方位磁石を用いて北を x 軸の正の方向とし、 x 軸と南北が平行となるように設定する。スタンドを用いて割りばしに取りつけたエナメル線を x 軸の上部に x 軸と平行になるように設置する。2 本のエナメル線をそれぞれエナメル線①、エナメル線②とし、図 3-3 のように電源装置、エナメル線①、電流計、エナメル線②、すべり抵抗器を直列に配線する。配線の後、方位磁石を x 軸上に配置し、電流の流れていない状態で方位磁石の磁針の向きがエナメル線に対して平行であることを確認する。平行でない場合は模造紙およびスタンドの位置を再度調整する。

(3) データの測定

- [1] x 軸上所定の位置に方位磁石を設置し、エナメル線の高さ h を 6.0cm にし、1.0A の電流を流す。
- [2] 模造紙におかれた方位磁石の磁針の角度を測定し、記録用紙に記録する。
- [3] 一度電流を止め、方位磁石の位置を変更し、電流を流し、方位磁石の磁針の角度を読み取る。この操作を繰り返し、模造紙に設定した測定位置 (x 軸方向 11, y 軸方向, 計 $11 \times 5 = 55$) すべてについて測定を行う。
- [4] 電流の値を 2.0 A, 3.0 A に変更し, [1] ~ [3] の操作を行う。
- [5] エナメル線の高さ h を 10.0cm に変更し, [1] ~ [4] の操作を行う。

4. 解析結果

導線の端付近ではその影響が測定結果に表れるが、中央付近では図 4-1 のグラフに示されているように測定誤差内に収まる結果が得られる。図 4-2, 図 4-3 に有限性を取り入れた解析結果を示す。図 4-2, 図 4-3 は、横軸を電流より計算した磁場の大きさ、縦軸に方位磁針の測定角度より算出した磁場の大きさをプロットしたグラフである。磁場の小さい領域で測定データのばらつきが見られるのは、方位磁針の振れが小さく測定誤差が大きく表れるためである。線形近似により求めたその傾きは 1 のまわりに概ね 10% で収まっている。表 4-1 は、測定した各 x での傾きをまとめたものであるが、誤差の大きさは 10% 程度で収まっている。

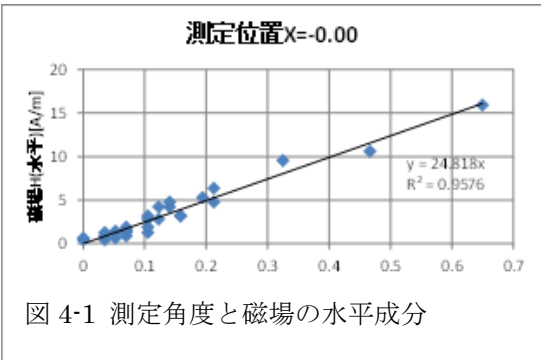


図 4-1 測定角度と磁場の水平成分

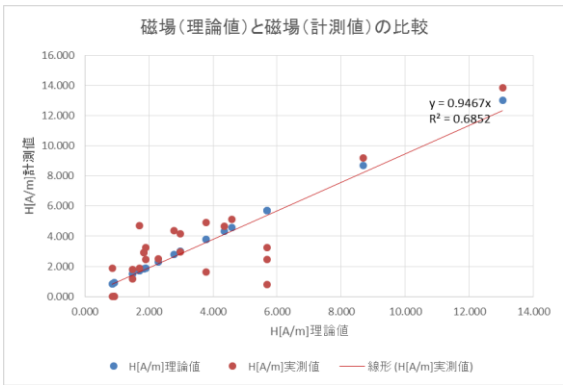


図 4-2 $x = 0.0\text{cm}$

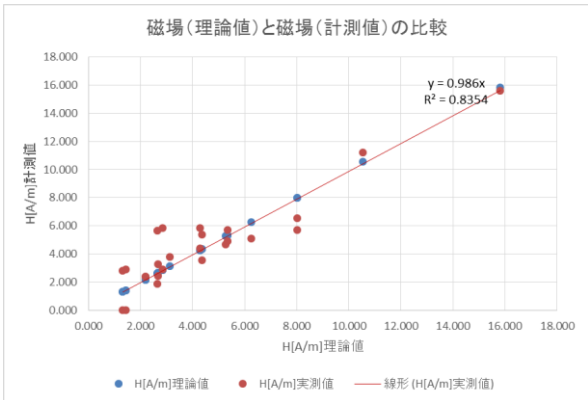


図 4-3 $x = 50.0\text{cm}$

表 4-1 各位置における計算値と計測値の比較

x の位置 [cm]	-50.0	-40.0	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
傾き	1.19	0.93	0.92	0.96	0.94	0.98	0.95	0.87	0.87	0.8	0.94

5. 考察

中央付近での測定結果は、「導線が十分に長い」という扱いが可能であるが、端部付近においては導線の長さが有限であることを補正しなければならない。これより我々の行った実験においては、有限であることの効果を計算に取り入れるることにより、導線に平行な方向に対し各位置における磁場の測定を誤差 10% 程度の精度で測定出来ることがわかった。

この測定にあたり実験の段階で屋内に地磁気以外の磁場の存在を確認している。今後、この実験結果を基準として磁場の存在している場所での磁場の測定を行い、その原因が何によるものであるかを探究しようと考えている。

6. 参考文献

中村 栄二ほか 14 名, 2014: 高等学校物理, pp. 218-224, 第 1 学習社

電波望遠鏡を利用した地球-太陽間の距離の測定 その2

近畿大学附属和歌山高等学校 科学部

2年 山田 直哉

1年 大野 龍世, 坂本 杜太, 西井 勇太

1. 動機

これまでの研究^{1) 2) 3)}で, 星間物質が放出する電波の周波数を測定し, ドップラー効果による周波数の変化から, 地球と星間物質の直線上の相対速度(以後視線速度という)を求める方法を習得した。

また, 同じ方向の星間物質の視線速度を, 期間を変えて測定したところ, 地球の公転速度の影響によるものと考えられる変化が観測された。

この変化から, 地球が太陽の周りを周る公転速度(以下地球の公転速度という)を計算で求めることができれば, 地球と太陽との間の距離(1天文単位)を求めることができるのではないかと考え, この研究を始めた。

2. 原理

同じ方向の星間物質の視線速度を, 期間をおいて2度観測し, その視線速度の差から地球の公転速度を求める。

地球の公転面に星間物質, 地球の動きを投影したものを図1に示す。視線速度は, 相対的に近づ

いていれば正, 遠ざかっていけば負の値で表す。

この公転面上の星間物質の移動速度を $V_{\text{星間物質}}$, 地球の公転速度を $V_{\text{地球}}$ とすると, 図1に示すとおり, 式1, 式2に示す関係が成立する。

$$\text{視線速度}_{5\text{月}} = V_{\text{星間物質}} - V_{\text{地球}} \times \cos 48.23^\circ \quad \text{---式1}$$

$$\text{視線速度}_{8\text{月}} = V_{\text{星間物質}} - V_{\text{地球}} \times \cos 129.30^\circ \quad \text{---式2}$$

観測で求めた視線速度_{5月}, 視線速度_{8月}を式1, 式2に代入して $V_{\text{地球}}$ を求め, その値を式3に代入して, 地球と太陽との間の距離を求める。

$$2 \times \pi \times \text{地球太陽間の距離}$$

$$= \text{太陽の一年間の移動距離}$$

$$= V_{\text{地球}} (\text{km/s}) \times 1 \text{ 年間の秒数} \quad \text{---式3}$$

3. 観測する方向の検討

(1) 視線速度の観測できる方向

これまでの研究により, H I 輝線のドップラーシフトにより視線速度が観測できるのは, 星間物質の多い銀河面方向, すなわち, 銀緯 0° 方向に限定されることがわかっている。

図2に天の川の断面図を示す。

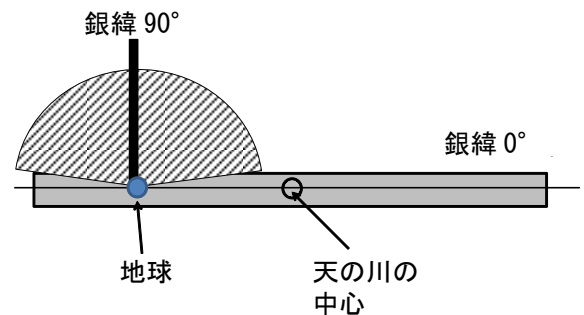


図2 天の川の断面図

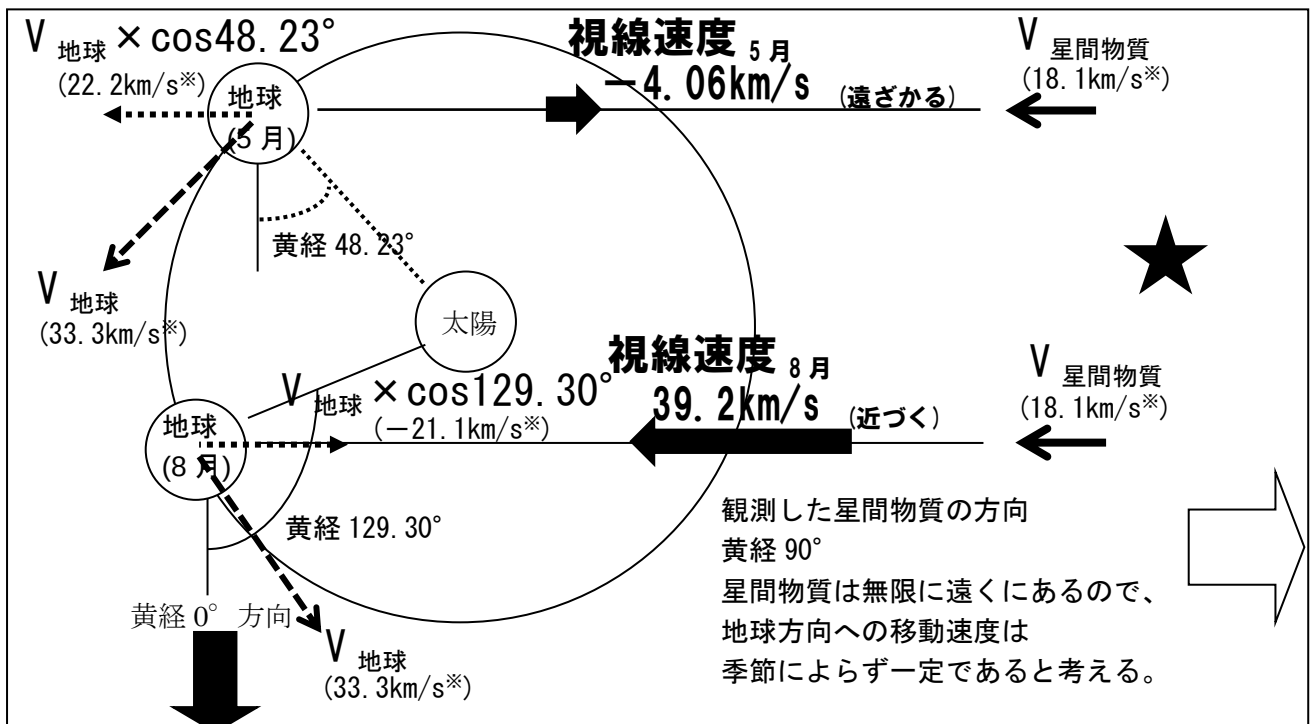


図1 原理の概略図(北から見た図) (※印で示している速度は今回の観測を元にした計算結果の値)

地球から銀緯 90° 方向に広がる斜線で示す扇形の部分には、星間物質があまり存在しないため、H I 輝線を観測出来ず、視線速度が計算できない。

(2) 計算の容易な方向

また、2. 原理で述べた原理に基づき計算するには、図 1 に示す地球の公転面に投影した速度を求める必要があるが、この公転面上にない方向の星間物質を観測した場合は、観測された視線速度についても、この公転面上に投影しなければならず、計算が煩雑になる。

この公転面というのは、黄緯 0° の面である。

(3) 観測する方向

(1)、(2) 両方の条件を満たす方向、すなわち、銀緯 0°、黄緯 0° の方向にある星間物質を観測することとする。

図 3 に示すとおり、この条件を満たす方向は 2 つあるが、今回は、5 月と 8 月の両方の観測時間帯に観測可能である黄経 90° 黄緯 0° の方向の星間物質を観測することとした。

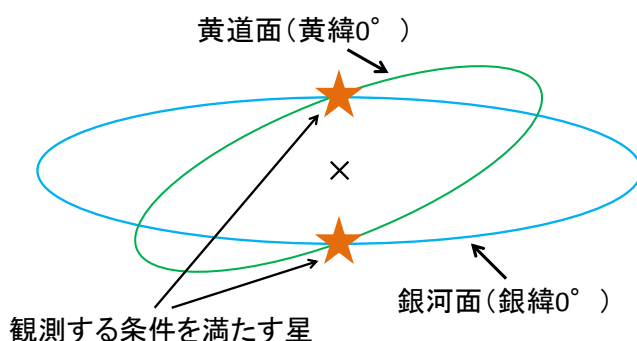


図 3 観測する星間物質

観測する星間物質の座標^(注)

黄道座標	黄経	90°	黄緯	0°
銀河座標	銀経	186°	銀緯	0°
赤道座標	赤経	90°	赤緯	23.14°

4. 観測結果

観測日時

① 平成 27 年 5 月 9 日土曜日

15 時～19 時

天候 雨のち晴れ

② 平成 27 年 8 月 2 日日曜日

8 時～12 時

天候 晴れ

観測場所 みさと天文台(和歌山県紀美野町)

観測機器 和歌山大学 8 メートル電波望遠鏡

5 月 9 日の視線速度 -4.06 km/s

8 月 2 日の視線速度 39.2 km/s

5. 計算結果、結論、考察

4. の観測結果を 2. の原理の式に代入して計算した結果、地球の公転速度は 33.3 km/s、地球と太陽の距離は、 1.67×10^8 km と求められた。

これは、真の値 1.50×10^8 km (1 天文単位)⁴⁾ に対して誤差 11% であった。

誤差の要因として次のことが考えられる。

- ・地球の公転軌道が真円ではないこと
- ・地球の公転速度が一定ではないこと
- ・星間物質が一定速度で直線運動しているとは限らないこと
- ・地球の自転の影響 (これまでの研究¹⁾での検討によると最大誤差は 2.6% 程度である。)

☆計算に使用した数値

一年 $\div 60 \times 60 \times 24 \times 365.2422$ 秒

$\cos 48.23^\circ \div 0.666$

$\cos 129.30^\circ \div -0.633$

円周率 $\div 3.14$

6. 今後の方針

誤差の影響度合い、誤差の生じた原因を取り除く方法を考え、より真の値に近い距離を求める。

7. 謝辞

今回の観測で大変お世話になりました次の先生方にはこの場を借りて深くお礼申し上げます。

・和歌山大学宇宙教育研究所

秋山 演亮 氏、小谷 朋美 氏、森田 克己 氏、

貴島 政親 氏、佐藤 奈穂子 氏

・紀美野町 みさと天文台 台長 矢動丸 泰 氏

・同天文台友の会宇宙通信苦楽部 岸裏 一起 氏

8. 参考文献

¹⁾ 第 37 回全国高総文祭(2013 長崎しおかぜ総文祭)自然科学部門 発表論文集 pp. 206～207

²⁾ 第 38 回全国高総文祭(いばらき総文祭 2014)自然科学部門 発表論文集 pp. 244～245

³⁾ 第 39 回全国高総文祭(2015 滋賀びわこ総文)自然科学部門 発表論文集 pp. 254～255

⁴⁾ 国立天文台編、平成 23 年：理科年表 第 84 冊、天文部 p. 天 1(77)

(注) 黄道座標、銀河座標、赤道座標

天球上の位置を表す座標はその基準の違いから三種類あり、これら互いの一対一に対応する。

それぞれの基準は次のとおりである。

黄道座標……黄道(太陽の天球上の通り道)

銀河座標……銀河中心(いて座方向)と銀河面

赤道座標……天の北極と天の南極