

グローバルサイエンスキャンパス
令和2年度全国受講生研究発表会

研究成果の要約集

ーオンライン開催ー

令和2年10月23日(金)～30日(金): 一次審査 (動画配信)

令和2年11月15日(日): 二次審査, 表彰式 (ライブ配信)

主 催: 国立研究開発法人科学技術振興機構

後 援: 文部科学省

分野と発表番号

分野	発表番号	
	分野番号	連番
数学	A	1～2
物理	B	3
化学	C	4
生物	D	5～22
生命科学・医科学	E	23～31
地学	F	32～33
天文学	G	34
情報	H	35～37
環境	I	38～40
工学（テクノロジー）	J	41～44

目 次

発表番号	発表テーマ	発表者がGSCを受講している機関	発表者	ページ
A-1	一筆書きとメビウスの輪 One-stroke drawing and the Moebius strip	広島大学	亀田 あかり	1
A-2	多面体の分解合同 Scissors Congruence of Polyhedra	金沢大学	新 太陽	3
B-3	熱起電力向上の新たなアプローチ The novel approach for enhancement of thermoelectric voltage	九州大学	坂本 百香	5
C-4	活性炭の賦活によるMg 空気電池の性能向上～非常用電源の開発を目指して～ Improving Performance of Mg-Air Battery by Activation of Charcoal for Positive Electrode ~Toward the Development of an Emergency Power Battery~	愛媛大学	能智 航希	7
D-5	睡眠はショウジョウバエの新奇な食物臭への嗜好性に寄与する Sleep contributes to preference for novel food odors in <i>Drosophila</i>	静岡大学	谷澤 文礼	9
D-6	ミドリゾウリムシの低酸素状態での細胞行動の解析 Analysis of cell behavior under hypoxic conditions in <i>Paramecium bursaria</i>	神戸大学 (共同機関:兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	長谷川 碧泉	11
D-7	瀬戸内海におけるワカレオタマボヤの分布と硫化物濃度の影響について Relation between the distribution of <i>Oikopleura dioica</i> in Seto Inland Sea and concentration of hydrogen sulfide	神戸大学 (共同機関:兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	伊勢上 さくら	13
D-8	自家不和合性遺伝子から見た屋久島に生育するハマダイコンの多様性 Diversity of self-incompatibility genes of wild radish populations in Yakushima	東北大学	鹿股 とほこ	15
D-9	有用タンパク質の暗所での生産に適したイネ品種の探索 Searching for suitable rice cultivars for production of useful proteins under dark condition	東北大学	佐々木 華凜 高橋 乃愛	17
D-10	効果的で持続性に優れたアリの忌避剤の探索 Research for the effective and sustainable ant repellent	東京農工大学	新関 鈴子	19
D-11	シアノバクテリアに含まれる光合成色素の抽出 Separation of Photosynthetic pigments contained in cyanobacteria	東京農工大学	石橋 陽菜	21
D-12	昆虫食の安全性:コオロギの餌に含まれる毒性物質と、それを解毒する腸内細菌の解析 Safety of insect diets: toxic substances in cricket food and Analysis of the gut bacteria that detoxify it	東京農工大学	大久保 仙騎	23
D-13	プロテオロドプシンの色の制御に関与するアミノ酸残基の特定 Identification of amino acid residues involved in the color regulation of proteorhodopsin	愛媛大学	今泉 壮太	25
D-14	サンゴの産卵時期は人為的に変えられるのか? ~ウスエダミドリイシ(<i>Acropora tenuis</i>)の性ステロイドホルモン合成経路の解明からのアプローチ~ Molecular study of steroid biosynthesis in relation to the reproductive activity in stony corals	琉球大学	平良 建史朗	27
D-15	亜熱帯地域(沖縄地域)における肉用山羊の放牧を目指して~肉用山羊の寄生虫感染を克服する~ Meat goat grazing in the Okinawan subtropical region - Overcoming parasitic infection in meat goats	琉球大学	金城 三桜	29

発表番号	発表テーマ	発表者がGSCを受講している機関	発表者	ページ
D-16	栃木県にて採取された大型陸生貧毛類の未記載種 An undescribed species of earthworms collected in Tochigi Prefecture	宇都宮大学	遠藤 颯	31
D-17	野生系統から新しく見つかったアルビノの原因遺伝子の同定 Identification of a novel gene responsible for albino medaka emerged from a wild population	宇都宮大学	松本 京佳	33
D-18	微小重力下における鶏の胚の発生 The development of hatching eggs under microgravity	広島大学	川上 雄大	35
D-19	凍結による線虫Caenorhabditis elegans の記憶保持の検証 Memory Retention of Caenorhabditis elegans by Freezing	広島大学	藤縄 悠之介	37
D-20	マツタケとマツタケ菌根圏細菌との相互作用の解明 Interaction between Tricholoma matsutake and Mycorrhizobacteria	東京大学	久家 諒也	39
D-21	キダイ(レンコダイ)の腸内細菌について Bacteria in the intestine of yellowback seabream, Dentex tumifrons	大阪大学	中崎 宏哉	41
D-22	バイオマス発電に適する木材の種類の研究 Study on Type of wood suitable for biomass power generation	埼玉大学	上竹 聡雅	43
E-23	緑茶溶出液と茶殻の栄養成分の分析および茶殻の活用法の検討 Analysis of Nutritional Components of Green Tea Extract and Used Tea Leaves, and Investigation of Utilization of Used Tea Leaves	静岡大学	山田 茉莉衣	45
E-24	突然変異を抑制する物質の探索 Search for substances that inhibit mutations	東北大学	佐藤 綺海 柴田 理央	47
E-25	ガーナのHIV-1 感染者におけるHLA 関連アミノ酸変異体の系統発生ベースの感染動態 Phylogeny-based Transmission Dynamics of HLA-associated Amino Acid Variants in HIV-1 Infected Individuals in Ghana	慶應義塾大学	黒谷 ケイト	49
E-26	慢性的なストレスからの自発的な回復におけるアストロサイトの関与の解明 Astrocytic involvement in resilience to chronic mild stress	慶應義塾大学	光主 真子	51
E-27	タブレット端末を使用した授業が認知機能に与える影響 The effect of using a tablet in class on cognitive function	九州大学	今村 郁音	53
E-28	睡眠の長さや質と暗記力の関係について The relationships between sleep quality and memory function	九州大学	小代 万里奈	55
E-29	過ぎたるは及ばざるが如し？アラキドン酸の脳機能への影響から見る薬物摂取量 Too Much of a Good Thing: Appropriate Medication Studied by Investigating the Effects of Arachidonic Acid on Brain Activity	愛媛大学	梶原 悠生	57
E-30	間葉系幹細胞が血管新生に与える影響とそのメカニズム Effects and Mechanisms of Mesenchymal Stem Cells on Angiogenesis	東京大学	千田 小春 アリシア	59

発表番号	発表テーマ	発表者がGSCを受講している機関	発表者	ページ
E-31	酵素を用いた糖鎖切断による、血液型変換の可能性 Possibility of blood type conversion by glycan cleavage using enzyme	大阪大学	鶴田 一葉	61
F-32	金星大気の惑星規模波の再現に向けた観測システムシミュレーション実験 Observing system simulation experiments to reproduce planetary-scale wave in the Venus atmosphere	慶應義塾大学	白坂 翠萌	63
F-33	ワニ類2型における四肢骨からの全長推定—化石種への応用— How to estimate body length from bones of the extremities in two types of crocodylians and its application to fossil species	筑波大学	田中 拓海	65
G-34	測光観測による星団の距離と固有運動の研究 Research on the distance and proper motion of star clusters by photometric observation	埼玉大学	岸川 涼	67
H-35	コロナ時代の密を考慮した避難所ナビゲーションアプリの開発 Development of Shelter Navigation avoiding 3Cs in the corona age	神戸大学 (共同機関: 兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	中田 大翔	69
H-36	観光地評価システム Tourist Spot Evaluation System	国立情報学研究所 (共同機関: 情報処理学会, 情報オリンピック日本委員会)	菅野 楓	71
H-37	AmoebaSAT アルゴリズムの高速化 Acceleration of the AmoebaSAT Algorithm	国立情報学研究所 (共同機関: 情報処理学会, 情報オリンピック日本委員会)	鈴木 季	73
I-38	中国における都市封鎖・ロックダウンが日本に輸送されるエアロゾルに与える影響 Impact of Chinese Urban Lockdown on the Aerosols Transported to Japan	金沢大学	柳澤 亮汰	75
I-39	ウルトラファインバブルと超音波を組み合わせた光合成細菌の殺菌 Disinfection of cyanobacteria by ultrasound irradiation in the presence of ultrafine bubbles	金沢大学	狐塚 天音	77
I-40	衛星リモートセンシングによるインドネシアKahayan 川流域泥炭地からのCOD(溶解性有機物)流出量の推定 Estimating COD (dissolved organic matter) runoff from peatlands in Kahayan River basin, Indonesia using satellite remote sensing	北海道大学	北井 朝子	79
J-41	ペーパーヘルメットの衝撃エネルギー吸収量に及ぼすハニカムの形状と湿度の影響 Influence of Honeycomb Shape and Humidity on Impact Energy Absorption of Paper Honeycomb for Helmet Application	静岡大学	上杉 朋花	81
J-42	筋電信号を用いたコントローラの開発 ～QOL の向上を目指して～ Development of EMG-Based Controller: Toward an Improvement of QOLs for People with Physical Disabilities of the Extremities	琉球大学	高良 慎之亮	83
J-43	段差歩行のためのサラマンダーロボットの研究 Research on Bio-inspired Salamander Robot for Uneven Terrains	宇都宮大学	石園 桃香	85
J-44	加速度情報の視覚を用いた事前提示による動揺病の抑制 Suppression of motion sickness by visual pre-presentation of acceleration information	東京大学	田中 雄大	87

(事業名の略称)

GSC:グローバルサイエンスキャンパス

一筆書きとメビウスの輪

亀田 あかり（広島大学附属高等学校 3年）

久保 亮・木村 俊一（広島大学大学院先進理工系科学研究科）

1. 研究の目的と意義

通常、一筆書きは平面上で考えるが、本研究では、3次元空間の中でメビウスの輪（ひねった輪）の縁が一筆書きできるかどうかを、2次元に射影した図の交点の個数から判定する方法を考えた。ここで言う一筆書きとは、縁を一筆でなぞりきれること、（つまり輪を縁に沿って切っていったときに、輪が2つ以上にわかれにくいこと）を言う。

一筆書きとメビウスの輪は子供達にも比較的親しみのある数学の題材だが、研究の結果意外な関係が明らかになった。

2. 研究の手法

実際に輪を沢山作成し、それぞれの輪について射影の交点数と一筆書きの可否を調べて実験を行い、予想をたてて、数学的な証明を試みた。また、複数の輪をつなげた場合にも議論を広げた。交点は、メビウスの輪を平面に射影し（あるいは写真に撮り）、3次元では交わることのない縁と縁が見かけ上十字に互いに通るような形で交わる点を交点とした。射影の仕方によって交点の数えかたが微妙なケースが4つあり、それぞれについて対策を考えて交点をきちんと数えられるようにした。

3. 結果と考察（図表等）

ひとつのメビウスの輪の場合、一筆書きできる条件は、ひねった回数が奇数回となることであるが、ひねった回数の偶奇と交点の個数の偶奇が一致することがわかった。一筆書きできる輪を縁に沿って切ると輪は必ず1つになり、それ以外は2つ以上の輪になる。

複数のメビウスの輪をつなげた時も交点の個数が奇数個であるときに一筆書きができることが証明できたが、この原稿提出直前に、逆は必ずしも成り立たないという反例が見つかった。図の記号で言うと、0 & 0の場合（表には未記入）

に交点数は4であるが、一筆書きができる。他にどのような反例がありうるか、またひねりかたや輪のつなげかたから一筆書きの可否を考える問題は、今後の課題である。

以上の研究結果から、交点の個数が奇数であることが、一筆書きできるための十分条件であることが証明された。

4. 謝辞

本研究においてご指導をいただいた広島大学の久保亮先生、木村俊一先生をはじめ、研究をサポートしていただいた広島大学附属高校の橋本三嗣先生、内藤星渚さん、このような機会をご提供していただいたGSC広島プログラムに感謝を申し上げます。

5. 参考文献

やさしくわかる数学のはなし 77、監修/岡部恒治、学研教育出版、2010、p80-p81 p84-p85

表1 ひねった回数・交点の個数と一筆書きの関係

ひねった回数 (回)	0	1	2	3	4	5
交点の数 (個)	2	3	4	3	6	5
偶奇	偶	奇	偶	奇	偶	奇
一筆書き	×	○	×	○	×	○

※1回ひねりを180°とし、一筆書き可能を○、不可能を×で示した。

表2 輪を切った場合・複数の輪をつなげた場合について

ひねった回数	1	2	3	0 & 1	0 & 1 & 0	1 & 1	0 & 0 & 0 & 0
交点の個数	3	4	7	5	8	8	2
一筆書き	○	×	○	○	×	×	×
子の個数	1	2	1	1	2	2 strips	3 strips
交点の個数	6	6×2	8	0	0	2	0
一筆書き	×	×	×	×	×	×	×

※切る前の輪を親、切った後の輪を子とする。

一筆書き可能を○、一筆書き不可能を×で示した。

One-stroke drawing and the Moebius strip

Akari KAMEDA (Hiroshima University High School 3rd Grade)

Akira KUBO, Shunichi KIMURA (Hiroshima University)

1. Purpose of study

In this research, we study if the edge of the Moebius strip (a twisted strip) can be traced in one stroke, explained in terms of the number of the intersections of the projection of the edge onto a two-dimensional screen. So I anticipate that this study arouse children's interests in mathematics by combining two enjoyable topics, one-stroke drawing and the Moebius strip.

2. Research method experiment

We call the strip whose edge can be traced in one stroke as “one-strokable strip”. We experimented the one-strokability and the number of intersections for a lot of twisted strips to make a conjecture, and gave a proof. We also generalized the Moebius strips to connected Moebius strips. To count the intersection, we project the strips onto two-dimensional screen, trace the edge, and count the intersections very carefully. There are 4 subtle cases, and we have found how to take care of them to give a correct counting.

3. Result and discussion

One-strokable strips are twisted odd times and have odd numbers of intersections (table 1).

In addition, when we cut the strip, we get one child strip if and only if the strip is one-strokable.

For the connected Moebius strips, if the number of intersections is odd, then the connected strip is one-strokable, but the converse does not hold (we found this just before submitting this summary).

Also the relation with the twisting numbers is not clear (table 2).

From this study, we can predict the

number of child strips of Moebius strips without actually cutting them. In the future study I would like to clarify the relation between the one-strokeness and the twisting numbers of connected strips.

4. Acknowledgement

I am sincerely grateful to Prof. Akira Kubo and Prof. Shun-ichi Kimura (Hiroshima University), Mr. Mitsugu Hashimoto and Seina Naito (Hiroshima University High School) for their support, and I thank GSC Hiroshima for giving me such a wonderful opportunity.

5. References

Yasashiku wakaru sugaku no hanashi 77, supervisor/Tsuneharu Okabe, Gakken, 2010, p80-p81 p84-85

Table 1 the number of twist · intersections and one-stroke drawing

Number of twist(s)	0 times	1 time	2 times	3 times	4 times	5 times
Number of intersections	2 points	3 points	4 points	3 points	6 points	5 points
Both numbers are...	Even	Odd	Even	Odd	Even	Odd
One-stroke drawing	×	○	×	○	×	○

※consider twisting one time as 180°

Table 2 to cut strips and to connect some strips

	twist	1	2	3	0 & 1	0 & 1 & 0	1 & 1	0 & 0 & 0 & 0
Parent Strip								
	intersections	3	4	7	5	8	8	2
Child Strip								
	How many intersections	1 strip	2 strips	1 strip	1 strip	2 strips	2 strips	3 strips
	One-stroke	×	×	×	×	×	×	×

※The strip before cutting : parent strip, after cutting: child strip

多面体の分解合同

新 太陽（金沢大学人間社会学域学校教育学類附属高等学校 2年）

担当教員 宮地秀樹（金沢大学 理工研究域）

1. 研究の目的と意義

多面体 A を有限個の図形に分解して、其の分解した有限個の多面体から多面体 B が出来る時、A と B は分解合同であると言う。体積が異なる 2 つの多面体が分解合同でないのは当然なので、普通、体積が等しい 2 つの多面体で議論する。1905 年に証明されたデーネの定理では、正四面体と正六面体が分解合同でない事が述べられている。私は、此のデーネの定理を知って、他の正多面体の組み合わせでは分解合同になるだろうかという疑問を持った。其処で、正多面体の分解合同の可能性を調べる事を目的とした。正多面体に関しては様々な研究がなされているが、此の研究に因って正多面体の性質をまた 1 つ明らかに出来るのではないかと考える。

2. 研究の手法

2 つの多面体の二面角の大きさを全て求めて、其の求めた値をハドヴィゲールの定理と言う定理に適用する事によって、2 つの多面体が分解合同であるかどうか調べた。

3. 結果と考察（図表等）

本研究を通して分かった事は、大きく分けて、

- ① 正四面体、正六面体、正八面体のどの 2 つを取っても分解合同でない事
- ② 正六面体と正十二面体は分解合同でない事
- ③ 切頂四面体と正四面体、切頂六面体と正六面体がそれぞれ分解合同でない事
- ④ 一般に、四面体同士、六面体同士、八面体同士はそれぞれ分解合同ではない事の 4 点である。

結果として、正多面体の分解合同の可能性はデーネの定理に加えて①と②の 3 種類を調べる事が出来た。また、正多面体以外の多面体についても考え、扱い易い正多面体と他の多面体を組み合わせる事に因り、④のような一般に n 面体同士は分解合同でないというより一般性が高い事柄を示す事も出来た。

4. 謝辞

本研究に当たり、終始適切な助言と丁寧な指導を下さった宮地秀樹先生に深く感謝します。最後に、此のような貴重な機会を与えて下さった金沢大学 GSC 事務局の皆様、誠に有り難う御座いました。

5. 参考文献

・ヴェ・グ・ボルチャンスキー、ア・エム・ロプシッツ著、木村君男、銀林浩、筒井孝胤訳、面積と体積、東京図書、1994 年

Scissors Congruence of Polyhedra

Taiyo Shin (Kanazawa University Senior High school 2nd grade)

Hideki Miyachi (Institute of Science and Engineering, Kanazawa University)

1. Purpose of the study

When you dissect polyhedron A into finitely many polyhedra, and you can make polyhedron B from these polyhedra, we say A and B are scissors congruent. Dehn's Theorem shows that the tetrahedron and the hexahedron are not scissors congruent. Then, I thought, "How about other regular polyhedra?" Therefore, the purpose of this research is to study whether two regular polyhedra are scissors congruent or not. It is expected that the properties of regular polyhedra will turn out more.

2. Method

I looked for the size of the dihedral angles of polyhedra, and looked into the potential whether two polyhedra are scissors congruent or not by applying Hadwiger's theorem to two polyhedra.

3. Result and discussion (Pictures and tables)

I found out:

Any two among the regular tetrahedron, the regular hexahedron, and the regular octahedron are not scissors congruent. The regular tetrahedron and the regular dodecahedron are not scissors congruent. The truncated tetrahedron and the regular tetrahedron and the truncated hexahedron and the regular hexahedron are not scissors congruent respectively. In general, two tetrahedra, two hexahedra, and two octahedra are not scissors congruent respectively.

As a result, I saw that 4 combinations of regular polyhedra are not scissors congruent. I also derive more general properties of polyhedra by using regular polyhedra, truncated polyhedra, and other kinds of polyhedra.

4. Acknowledgement

I would like to thank Dr. Miyachi for his pertinent and stimulating advices and thorough guidance. I am also grateful to staff in Kanazawa University GSC secretariat for providing a valuable opportunity like this.

5. References

• V. G. Boltianskii, A. M. Lopshits, (Kimio Kimura, Kou Ginbayashi, Takatane Tsutsui,) Menseki-to-Taiseiki, (Area and Volume,) Tokyo-Tosho, 1994

熱起電力向上の新たなアプローチ

坂本 百香（福岡県立筑紫丘高等学校 2年）

担当教員：宗藤 伸治（九州大学大学院工学研究院）

1. 研究の目的と意義

ゼーベック効果では、半導体の一端に熱を与えることにより、熱励起によるキャリアを生成し、それが高温側から低温側へ拡散することによって電荷分離され起電圧が生じる。ゼーベック効果を排熱回収に用いるため、多くの熱電材料の研究がなされている¹⁾。しかし、同時に、キャリアは電荷分離によるクーロン力を受け、低温側から高温側への再拡散が起こる。その熱励起キャリアの拡散とクーロン力による再拡散が釣り合うことで平衡状態となり、起電圧が一定となる。クーロン力による再拡散を阻害することができれば、得られる電圧を大きくすることができると考えられる。本研究では、フェルミ準位の異なる2つの半導体を接合し、接合界面近傍にエネルギーの障壁となる内部電界を導入することにより、クーロン力による再拡散を阻害し、得られる起電圧の向上を試みた。

2. 実験方法

ボロンがそれぞれ $6.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ および $1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ のドーピングされたp型シリコンを準備し、それぞれ1マイクロメートル程度の粉体にした。それらを2層になるように重ね、スパークプラズマ放電装置により焼結体を作製した。その焼結体から、界面から離れた部分を切り出した低ドーブと高ドーブ層からなる2つの単体試料と、界面を含むように切り出した二層接合試料を作製した。それぞれの試料について、組成分析・構造解析・電氣的測定を行い、評価した。

3. 結果と考察

界面から離れた部分を切り出した2つの単体試料を分析したところ、2つとも原料であるシリコンと同じ構造を保っていることが分かった。図1に、界面を含むように切り出した二層接合試料において、サーマルプローブ法を用いて、局所的にゼーベック係数をマッピングした結果を示す。明確に界面が確認でき、2層ともp型であり、ドーピングの濃度に応じたゼーベック係数の違いが現れていることが確認できる。これにより、フェルミ準位の異なる2層のp型シリコンの接合体が得られたことが分かる。また、起電圧の温度依存性を測定した結果(図2)、二層接合試料の起電圧は低ドーブ単体試料と高ドーブ単体試料の平均値よりも大きくなり、高温領域では、低ドーブ単体試料よりも大きな起電圧を観測することに成功した。フェルミ準位の異なる半導体を接合することで形成されたバンドの曲りにより生じた内部電界が、クーロン力によるキャリアの再拡散を防いだことによるものと考えられる。以上のことより、フェルミ準位の異なる半導体の接合により、ゼーベック効果による電圧を効率良く取り出すことが可能となることが示唆された。

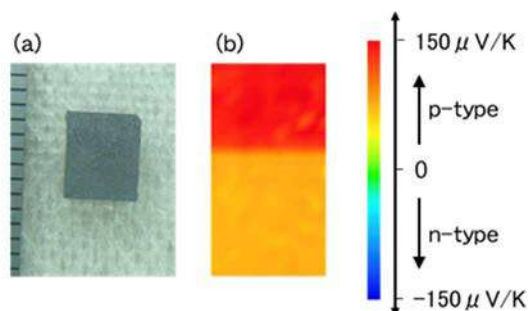


図1 (a)二層界面を含む試料外観、および(b)サーマルプローブ法によるゼーベック係数のマッピング結果。

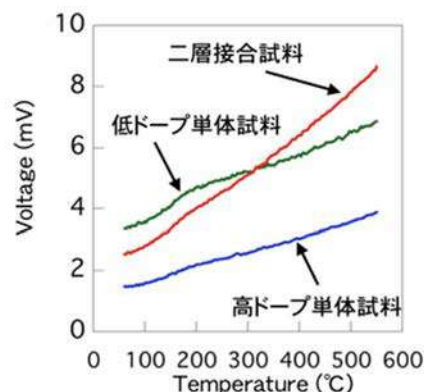


図2 起電圧の温度依存性

4. 参考文献

- 1) S. Munetoh et. al., J. Elect. Mat., 2430-2434, 2014

The novel approach for enhancement of thermoelectric voltage

Momoka Sakamoto (Chikushigaoka High School 2nd grade)

Shinji Munetoh (Department of Materials Science and Engineering Kyushu University)

1. Purpose

In the Seebeck effect, the electric voltage can be generated by charge separation because of the diffusion of excited carriers from high temperature side to low temperature side. Many researches of thermoelectric materials for exhaust heat recovery have been performed.¹⁾ However, the rediffusion of carriers from low temperature side to high temperature side occurs by Coulomb force caused by the charge separation. This rediffusion of carriers is considered to be the major cause of the decrease of electric voltage. The inhibition of the rediffusion of carriers is one of the most effectual method for enhancement of thermoelectric voltage. In this study, we combined two p-type semiconductors with different fermi level for enhancement of thermoelectric voltage by inhibition of the rediffusion of carriers by internal electric field.

2. Experimental Method

Two p-type semiconductors, $6.5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ and $1.1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ boron doped silicons, was crushed to around 1 micrometer powder. The powders were sintered by using Spark Plasma Sintering for synthesis of bulk ingot including interface of two-layer. Two monolayer samples and a sample including interface of two-layer were cut from bulk ingot. The chemical composition, structural analysis and electrical properties was measured for each sample.

3. Results and discussion

As the results of the structural analysis of two monolayer samples, these two layers have diamond structure. Fig. 1 shows the mapping image of Seebeck coefficient in the sample including interface of two-layer by using thermal probe method. The interface can be clearly observed. It is suggested that the sample including interface of two-layer with different fermi level was successfully synthesized. Fig. 2 shows the temperature dependence of thermoelectric voltage for each sample. The voltage of the sample including interface of two-layer is larger than the value of average of two monolayer samples. In the high temperature region, higher voltage can be observed than low boron doped Si sample. These results suggested that the enhancement of thermoelectric voltage caused by inhibition of the rediffusion of carriers by internal electric field.

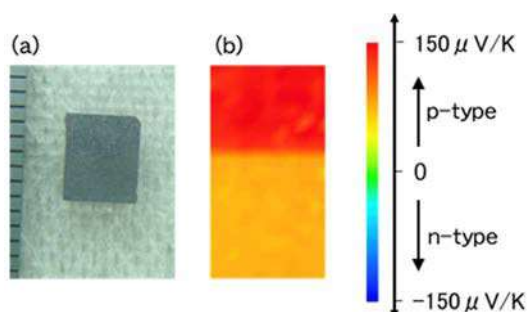


Fig. 1 (a) photograph of two-layers sample and (b) Seebeck coefficient mapping image

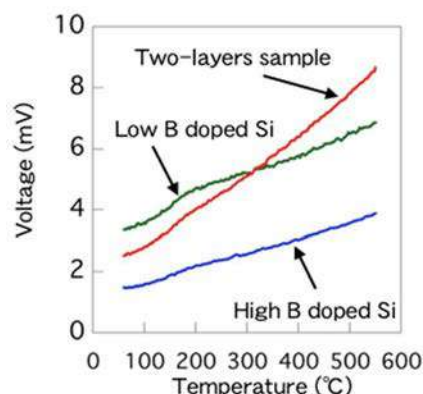


Fig. 2 Temperature dependence of thermoelectric voltage

4. References

- 1) S.Munetoh et.al., J. Elect. Mat., 2430-2434, 2014

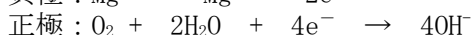
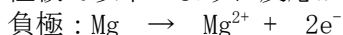
活性炭の賦活による Mg 空気電池の性能向上～非常用電源の開発を目指して～

能智 航希（愛媛県立西条高等学校 3年）

担当教員：御崎 洋二（愛媛大学大学院理工学研究科）

1. 研究の目的と意義

現在南海トラフ地震に備えた非常用電源の開発が求められている。そこで注目を浴びているのが Mg 空気電池である。この電池は、海水を電解質水溶液として用い、空気中の酸素と Mg がそれぞれの極板で以下のように反応が進行する。



これまでの研究から Mg 空気電池の性能が劣化する主な原因は、負極の Mg 板表面に生じる不働態の Mg(OH)_2 であると言われている。¹⁾ 谷崎らの研究により、EDTA 溶液を用いることで不働態の析出を抑制することができた。²⁾ しかし電圧低下、低電圧が問題となっている。この問題を解決するため、正極材に注目し Mg 空気電池の性能向上を研究の目的とした。

2. 研究の手法

(1) マグネシウム空気電池の構造

電池の構造は、負極の Mg 板、0.03 mol/L の EDTA 溶液 5 mL と pH10 に調整したアンモニア緩衝溶液 10 mL をしみこませたろ紙、ティーパック、顆粒状活性炭 10 g とカーボンシートを用いた。

(2) 実験方法

ヤシ殻活性炭と竹炭の賦活温度は、700℃、800℃、900℃、賦活無を用いた。賦活の種類は二酸化炭素を用いたガス賦活。賦活時間は 1 時間、賦活ガス流量は、20 mL/min に設定した。また、電圧計、電流計、可変抵抗器を用いて、抵抗を変えながら電流と電圧を 10 分ごとに測定して内部抵抗を求めた。

3. 結果と考察

(1) ヤシ殻活性炭の賦活とその解析

ヤシ殻活性炭の賦活についての電圧の時間変化を図 1 に示す。賦活温度 800℃の時に、他の温度処理よりも高電圧を維持でき、電圧低下を抑制できた。次に、比表面積の測定結果を表 1 に示す。賦活温度 800℃で比表面積が約 17%増加していた。以上から、賦活温度 800℃で、最も高電圧になったのは、賦活により比表面積が増加したことによる酸素の吸着量の増加が要因だと考えられる。

(2) 竹炭への応用

賦活温度 800℃の時に電池性能が向上することが明らかになった。また、竹炭は地産地消であるため、調達が容易で経済性が有利である。しかし、ヤシ殻活性炭と比較すると、ヤシ殻活性炭の代替として使用するには、電池性能が劣っているため、改良が必要であることが明らかになった。

4. 謝辞

本研究にご指導、ご助言いただいた愛媛大学工学部、御崎洋二先生、八尋秀典先生、山浦弘之先生、研究室の学生の皆様に深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

- 1) 濱野悠歩 第 61 回日本学生科学賞作品(2017) 新型 Mg 空気電池の開発
- 2) 谷崎信也、高橋圭吾 愛媛県高等学校文化祭自然科学部門(2019) Mg 空気電池の改良

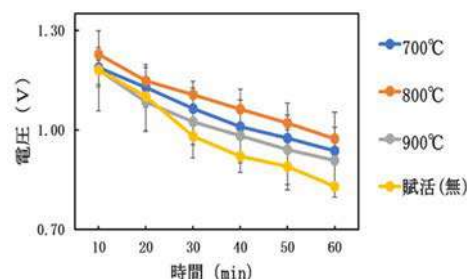


図1 ヤシ殻活性炭の賦活による電圧の時間推移

試料	比表面積 S_{BET} (m^2/g)	平均細孔直 径 D_p (nm)	全細孔容積 V_{total} (cm^3/g)
賦活(無)	1245	1.77	0.551
賦活700℃	1224	1.72	0.525
賦活800℃	1464	1.76	0.645
賦活900℃	1371	1.75	0.599

表1 ヤシ殻活性炭の賦活による比表面積の測定結果

Improving Performance of Mg-Air Battery by Activation of Charcoal for Positive Electrode ~Toward the Development of an Emergency Power Battery~

Koki Nochi (Saijo High School 3rd grade)
Supervisor : Yohji Misaki (Ehime University)

1. Purpose of the research

An emergency power supply is a key component in the preparation for possible disasters, such as the Nankai Trough earthquake, and the Mg-air battery is considered to be one potential candidate because of its simple composition and easy handling. This battery uses seawater as an aqueous electrolyte solution, and the reaction of Mg and oxygen in the air proceeds on each electrode plate as shown below.

Negative electrode : $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$

Positive electrode : $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

Previous studies demonstrated that the main cause of decline in its performance is the accumulation of insoluble $\text{Mg}(\text{OH})_2$ on the Mg surface of the negative electrode¹⁾. Tanizaki, et al, suggested that surface precipitation could be suppressed by adding EDTA to the aqueous electrolyte solution²⁾. However, a voltage drop and low voltage are still disadvantages in improving the performance of the Mg-air battery. In this study, I focused on the positive electrode and studied the suitable materials, their pre-treatment and conditions.

2. Method

(1) Structure of Mg air battery²⁾

The structure of the battery used was a negative electrode Mg plate, filter paper impregnated with 5 mL of 0.03 mol/L EDTA solution, and 10 mL of ammonia buffer solution adjusted to pH10, a tea bag, 10 g of granular activated carbon, and a carbon sheet.

(2) Experimental method

The activation temperatures of palm shell activation carbon and bamboo charcoal were 700 °C, 800 °C, 900 °C, and no activation. Carbon dioxide was used for the activation. The activation time was 1 hour, and the activation flow rate was 20 mL/min. The current and voltage were monitored every 10 minutes with a voltmeter and ammeter, and the internal resistance was kept constant with a variable low resistor.

3. Results and discussion

(1) Activation of palm shell activation carbon and its analysis

Figure 1 shows the time transition of the voltage for activation of palm shell activated carbon. When the activation temperature was 800 °C, the high voltage could be maintained and the voltage drop could be suppressed. Next, the measurement result of the specific surface area is shown in Table 1. The specific surface area increased by about 17% at the activation temperature of 800 °C. From this, it is considered that the highest voltage at the activation temperature of 800 °C is related to the increase in the amount of oxygen adsorbed and in the specific surface area by implementing the activation.

(2) Application to bamboo charcoal

It was clarified that the battery performance was improved when the activation temperature was 800 °C. In addition, since bamboo charcoal is locally produced for local consumption, it is easy to procure and is economically advantageous. However, compared with palm shell activated carbon, it became clear that improvement is necessary because the battery performance is inferior when bamboo charcoal is used as a substitute for palm shell activated carbon.

4. Acknowledgments

I would like to express my deep gratitude to Professor Yohji Misaki, Professor Hidenori Yahiro, Assistant Professor Hiroyuki Yamaura, and members in the laboratory for their guidance and advice.

5. References

1) Shuho Hamano 61st Japan Student Science Award Work (2017) Development of new Mg air battery. 2) Shinya Tanizaki, Keigo Takahashi Ehime Prefectural High School Cultural Festival Natural Sciences Division (2019) Improvement of Mg air battery.

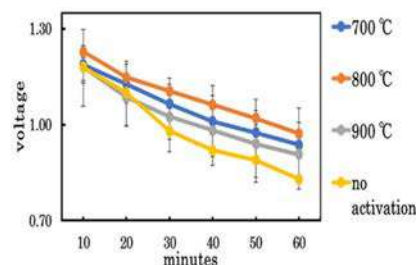


Fig.1 Changes of voltage loss by activation at different temperature

Sample	Specific surface area S_{BET} (m^2/g)	Average pore diameter D_p (nm)	Total pore volume V_{total} (cm^3/g)
no activation	1245	1.77	0.551
activated at 700 °C	1224	1.72	0.525
activated at 800 °C	1464	1.76	0.645
activated at 900 °C	1371	1.75	0.599

Table 1 Difference in surface area due to activation of palm shell activated carbon

睡眠はショウジョウバエの新奇な食物臭への嗜好性に寄与する

谷澤 文礼（開成高等学校 3年）

竹本 裕之（静岡大学グリーン科学技術研究所）

1. 研究の目的と意義

睡眠には様々な機能がある。例えば、我々は睡眠不足の時に味覚や身体感覚などの変化を感じることもあるように、睡眠は環境認識を担う情報処理に関与している。これまでにキイロショウジョウバエをモデルとした研究において、睡眠の剥夺は匂いの記憶に影響することが明らかになっているが、行動レベルの匂いの嗜好性における影響については明らかではない。生物の感覚と行動における睡眠の機能を明らかにするため、睡眠の有無と匂いの嗜好性の関係について調査した。さらに、この嗜好性の変化の背景を明らかにするため、睡眠妨害によって成育環境の匂いをより好むようになるかを調査した。



図1 睡眠妨害装置

2. 研究の手法

睡眠妨害は定期的に回転による物理的刺激を与えることにより行った。扇風機を改造し、睡眠妨害装置（図1）を自作した。500 ml プラスチック容器を加工して嗅覚試験装置（図2）を自作した。リンゴ酢とだし汁の2つの匂い源を実験箱内に設置し、キイロショウジョウバエを50匹ずつ投入して16時間選択させ、各スナップカップに入ったそれぞれのハエの数と、どちらにも入っていないハエの数を記録した。

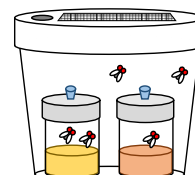


図2 嗅覚試験装置

3. 結果と考察

睡眠を夜間の遠心により妨害されたハエは、だし汁よりもリンゴ酢をより好むようになった。また匂い単独への応答調査から、リンゴ酢の匂いへの応答性の増加と出汁の匂いへの応答性の減少の両方が関与していることが示唆された。これらの結果からショウジョウバエにおいて睡眠が匂いの嗜好性に行動レベルで影響することが明らかとなった。さらに、この嗜好性の変化の背景を明らかにするため、睡眠妨害によって成育環境の匂いをより好むようになるかを調査した。リンゴ酢を添加した培地で育ったハエは、夜間に遠心されるとリンゴ酢を、だし汁を添加した培地で育ったハエは、夜間に遠心されるとだし汁をより好むように変化した（図3, 4）。これらの結果から、睡眠妨害によって成育環境の匂いをより好むようになったことが示唆された。リスクを避けるために成育環境に留まろうとするのかもしれない。今後の課題は、この新規な刺激への嗜好性に関する人とショウジョウバエ共通の神経基盤を見出すことであり、睡眠への介入を通じたアルツハイマー病の治療法開発に役立つ知見が得られるかもしれない。

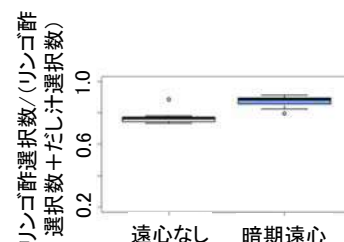


図3 リンゴ酢培地成育バエの結果

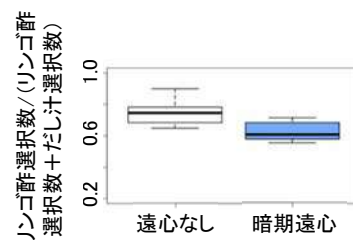


図4 だし汁培地成育バエの結果

4. 謝辞

静岡大学グリーン科学技術研究所の竹本裕之先生をはじめ、科学技術振興機構グローバルサイエンスキャンパス静岡大学未来の科学者養成スクールの皆様に心より感謝の意を表する。

5. 参考文献

Badel, L. et al. (2016) Decoding of Context-Dependent Olfactory Behavior in *Drosophila*. *Neuron*, 91:155-167; Li X. et al. (2009) Sleep deprivation specifically impairs short-term olfactory memory in *Drosophila*. *Sleep* 32:1417-1424; Jaenike J (1983) Induction of host preference in *Drosophila melanogaster*. *Oecologia* 58:320-325.

Sleep contributes to preference for novel food odors in *Drosophila*

Fuminori Tanizawa (Kaisei High School, Senior)

Hiroiyuki Takemoto (Shizuoka University)

1. Purpose of the study

Sleep has various functions. For example, when we have less sleep, we may feel the change of taste and physical sensation. Previous studies in the *Drosophila* have shown that sleep deprivation affects odor memory. However, the effect of sleep deprivation on actual foraging behavior remains elusive. To clarify the function of sleep in the organism's senses and behavior, we investigated the relationship between sleep and odor preference. For further understanding of ecological significance of the change in preference, we tested a hypothesis that sleep deprivation leads to a greater preference for the odor of the rearing environment.

2. Method

Sleep deprivation was conducted by periodic physical stimulation with rotation. We built a sleep-disturbing device (Fig. 1) by modifying an electric fan, and an olfaction testing device (Fig. 2) by modifying a 500 ml plastic box. Two odor sources, apple cider vinegar (ACV) and broth, were placed in the experimental box, and 50 flies were allowed to select for 16 hours, then the number of flies trapped with each odor and the number of flies not in either were recorded.



Fig.1 Sleep-disturbing device

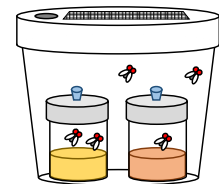


Fig.2 Olfaction testing device

3. Results and Discussion

Flies whose sleep was disturbed by nighttime rotation preferred ACV to broth. The response to ACV alone was increased and that to broth alone was decreased in the sleep-deprived flies. These results indicate that sleep functions in odor preference of *Drosophila* at the behavioral level. Flies grown on medium supplemented with ACV showed a greater preference for ACV and flies grown on medium supplemented with broth showed a greater preference for broth when rotated at night (Fig. 3 and 4). These results suggest that sleep deprivation led to a greater preference for the odor of the rearing environment. Flies may stay in the growth environment to avoid risk. The future challenge is to find a common neural basis for this novel stimulus preference in humans and *Drosophila*, which provides insights into the development of treatments for neuronal disorders such as Alzheimer's disease through sleep interventions.

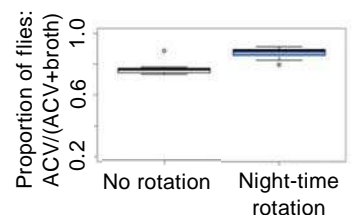


Fig.3 Responses of flies grown on ACV-medium

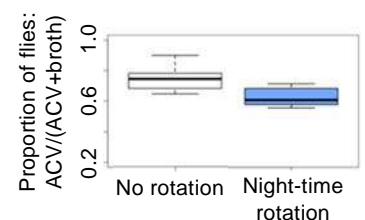


Fig.4 Responses of flies grown on broth-medium

4. Acknowledgement

The author thanks Dr. Hiroiyuki Takemoto and members of Future Scientists' School, the GSC project by JST in Shizuoka University, for great assistances.

5. References

Badel, L. et al. (2016) Decoding of Context-Dependent Olfactory Behavior in *Drosophila*. *Neuron*, 91:155-167; Li X. et al. (2009) Sleep deprivation specifically impairs short-term olfactory memory in *Drosophila*. *Sleep* 32:1417-1424; Jaenike J (1983) Induction of host preference in *Drosophila melanogaster*. *Oecologia* 58:320-325.

ミドリゾウリムシの低酸素状態での細胞行動の解析

長谷川 碧泉 (開明高等学校 2 年)

担当当教員: 池田健一 (神戸大学農学研究科)

入子英幸 (神戸大学保健学研究科)

1. 研究の目的と意義

多細胞の動・植物では低酸素応答の仕組みはよく知られているが、原生生物ではまだ明らかにされていない。原生生物は初期の真核生物から分岐した生物であるので、その低酸素応答を調べることで、真核生物における低酸素応答機構の起源を探ることができるかも知れない。ミドリゾウリムシの細胞内にはクロレラが二次共生しており、明条件でクロレラは宿主細胞に酸素を供給している。そこで、照明の光量を調節することで段階的な低酸素条件をミドリゾウリムシに与え、その効果を遊泳速度を測定することで評価した。

2. 研究の手法

ミドリゾウリムシは、照明を取り付けた恒温庫に入れたシャーレ中で、20℃で培養した。酸素有り・無し、光有り・無しを組合わせた条件下で、USB カメラを用いた自作の顕微鏡を使用して動画を撮影した。ミドリゾウリムシの遊泳の軌跡は、ImageJ により抽出・解析した (図 1)。

3. 結果と考察

ミドリゾウリムシを低酸素処理したところ、暗条件では1時間後に一時的に移動速度が速くなった。また、24時間後には遊泳

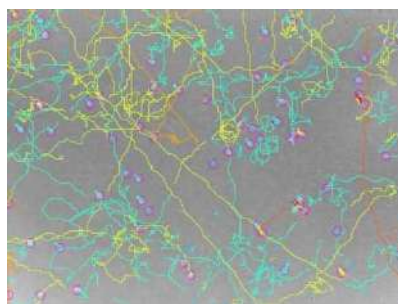


図1 ミドリゾウリムシの遊泳軌跡

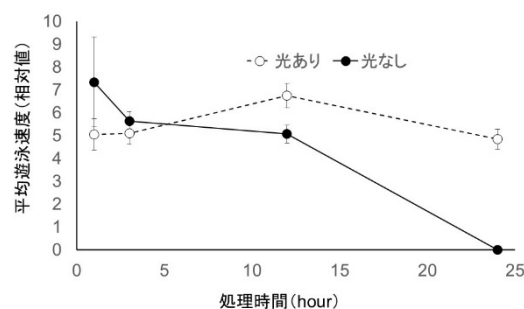


図2 低酸素下、光の有無による遊泳速度の変化

しなくなった (図 2)。これは、低酸素条件下から逃げ出すために移動速度が速くなったものの、次第にエネルギーが枯渇してしまい、繊毛運動ができなくなったためと考えられる。一方、低酸素・明条件では、遊泳速度に大きな変化はなかった。この結果は、明条件においてはミドリゾウリムシの運動活性を維持するために必要な酸素とエネルギーを共生クロレラが供給したことを示唆している。すなわち、ミドリゾウリムシの共生クロレラは、低酸素ストレスに対する細胞の適応応答の中で重要な役割を果たしているという可能性が示された。今後は、ミドリゾウリムシの低酸素応答の仕組みを多細胞動・植物で知られている分子機構 (1) と比較検討していきたい。

4. 謝辞

本研究を進めるあたり、神戸大学理学研究科洲崎敏伸先生および早川昌志先生から、多大な助言と支援をいただいたことを深謝します。

5. 参考文献

- (1) Tanabe H., Shiozaki K., Evolutionary Conservation of the Components in the TOR Signaling Pathways. Biomolecules (2017) 7, 77-94.

Analysis of cell behavior under hypoxic conditions in *Paramecium bursaria*

Aoi Hasegawa (Kaimei High School, 2nd Grade)

Supervisors: Kenichi Ikeda (Graduate School of Agricultural Sciences, Kobe University)

Hedeyuki Iriko (Graduate School of Health Sciences, Kobe University)

1. Purpose of the study

The mechanism of the hypoxic response is well known in multicellular animals and plants, but it is not yet clear in unicellular protists. Since protists and multicellular organisms diverged early in the eukaryotic evolution, investigating the hypoxic response in protists may help us to understand the origin of the hypoxic response mechanism in the eukaryotic lineage. *P. bursaria* is a unicellular protist, with *Chlorella* living symbiotically within its cytoplasm. Since *Chlorella* supplies oxygen to the host cells under light conditions, various oxygen concentration conditions could be set for the host *P. bursaria* by changing the light intensity. The effect of hypoxia was assessed by measuring the swimming speed of *P. bursaria* cells.

2. Method

P. bursaria was cultured in an incubator with light sources at 20°C. Video recordings were made using a home-made microscope using an USB camera and a computer. The swimming trajectory of *P. bursaria* was extracted and analyzed by ImageJ software.

3. Result and discussion

When *P. bursaria* was placed in the dark and under hypoxia for 1 hour, the swimming speed temporarily increased. The cells then stopped swimming after 24 hours (Fig. 1). These results suggest that the increased swimming speed can be interpreted as a cellular response to escape from hypoxic conditions and that the ciliary movement

ceased as the energy supply was gradually depleted. In contrast, there was no significant change in swimming speed under hypoxic and light condition. This suggests that the symbiotic *Chlorella* provided the oxygen and energy needed to maintain the swimming activity of *P. bursaria* under bright conditions. In other words, these results indicate that the symbiotic *Chlorella* in *P. bursaria* may play an important role in the cell's adaptive response to hypoxic stress. In the future, I would like to compare the mechanism of the hypoxic response of *P. bursaria* with the molecular mechanisms known in multicellular animals and plants (1).

4. Acknowledgement

I would like to express my deepest gratitude to Prof. Toshinobu Suzuki and Dr. Masashi M. Hayakawa for their advice and support in conducting this study.

5. Reference

- (1) Tanabe H., Shiozaki K., Evolutionary Conservation of the Components in the TOR Signaling Pathways. *Biomolecules* (2017) 7, 77-94.

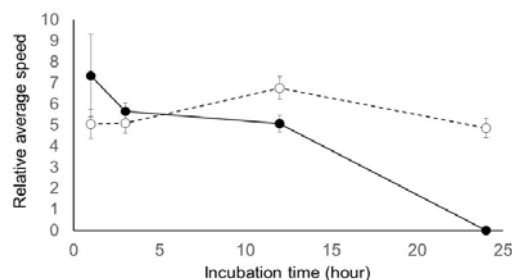


Fig. 1 Swimming motion changes of *P. bursaria* in hypoxic and light (open circles) or dark (close circles)

瀬戸内海におけるワカレオタマボヤの分布と硫化物濃度の影響について

伊勢上さくら（須磨学園高等学校3年）

担当教員：林 美鶴（神戸大学） 小沼 健（大阪大学）

1. 研究の目的と意義

大阪湾では硫化物の影響による生物の個体数の減少が知られている⁽¹⁾。本研究では、播磨灘・大阪湾北部沿岸における硫化水素濃度の差に着目し、低次消費者の海洋プランクトンであるワカレオタマボヤの生息条件を把握することを目的とする。ワカレオタマボヤは、海洋に広く分布する生物であるとともに、微生物間の食物連鎖から高次消費者の食物連鎖を繋ぐマイクロループの役割を担っている⁽²⁾。そのため海洋生物の食物連鎖の関係について幅広く応用しうる普遍性の高いデータになると考えている。

2. 研究の手法

2020年8月23日・24日に播磨灘・大阪湾の計5地点(図1)でフィールド調査を行った。水質計で海面から海底までの水温、塩分、pH、酸化還元電位、クロロフィル濃度、濁度、溶存酸素濃度、光量の鉛直分布を測定した。また、バケツで表層海水を採水し、パックテストでリン酸と全窒素の濃度を、水質検知管で溶存硫化物濃度を測定した。



図1 調査地点

次に海水を2L採水して持ち帰り、オタマボヤを飼育した。オタマボヤは大阪大学から提供を受け、飼育方法もこれに準拠し行った。受精後3日目の個体を10mlずつ各地点の濾過した天然海水を入れた6穴プレートに入れ各ウェルに上記のワカレオタマボヤを1匹ずつ移し飼育した。20℃の環境下では、海水の濾過機能を持つハウスと呼ばれる構造を1日辺り5枚程の作り餌を取り成長する⁽²⁾。古くなったハウスは脱ぎ捨てられるため、ハウスの枚数はオタマボヤの成長の指標となる。

3. 結果と考察

図2に、ワカレオタマボヤ12匹辺りの形成したハウスの枚数(縦軸)を示した。坂越では、深江の約2.5倍、姫路では2.9倍のハウスが検出された。一方明石、須磨では2倍に到達しなかった。

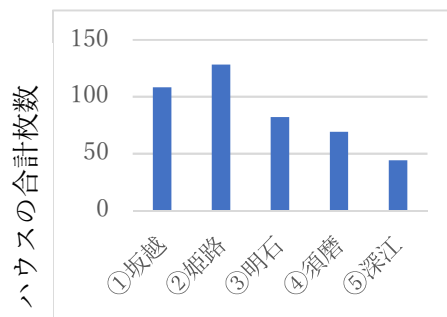


図2 12匹辺りのハウスの枚数

実験直前にハウスを5枚纏っているとすれば、60枚が検出される。これより多ければ、飼育中に成長したと考えられる。

坂越と姫路は、これを大幅に上回った。明石より東の海域では、枚数の増加は顕著ではなかったため、ワカレオタマボヤは成長せず、実験初期に死滅した可能性が考えられる。ワカレオタマボヤの成長における海域の違いに、海水の成分が影響している可能性が考えられる。成分については現在解析している途中である。

4. 謝辞

本研究を行うにあたりご指導・ご支援いただいた、神戸大学の林美鶴先生、大阪大学の小沼健先生に心から感謝いたします。また、ROOTプログラムの支援のもと実施しました。

5. 参考文献

- (1) 丸茂恵右, 横田瑞郎, 「青潮と硫化水素の生物影響に関する文献調査」海洋研研報, 15, 23-40, 2012
- (2) 大阪大学大学院理学研究科生物学専攻西田研究室ホームページ
http://www.bio.sci.osaka-u.ac.jp/bio_web/lab_page/nishida/otamaboya/1.html

Relation between the distribution of *Oikopleura dioica* in Seto Inland Sea and concentration of hydrogen sulfide

Sakura Isegami (Sumagakuen High School, Grade 3)

Advisors: Mitsuru Hayashi (Kobe University), Takeshi Onuma (Osaka University)

1. Purpose of the study

The purpose of this study is to investigate the habitat condition of *Oikopleura dioica* in the Seto Inland Sea, focusing on the differences in hydrogen sulfide concentrations. *Oikopleura dioica* is animal plankton in the sea, which is classified lower level producer. And they are known as a microbial loop that connect lower and higher level producers. Therefore we think that the data will become important to understand ecology in the sea.

2. Method

2-1. Field survey

Seawater was collected at 5 points in the Seto Inland Sea (Figure 1) in August 23rd and 24th, 2020. Surface water was sampled by a bucket, and phosphate, total nitrogen, hydrogen sulfide concentrations were measured. Vertical distributions of temperature, salinity ORP, turbidity, chlorophyll, DO, pH and photon. The surface seawater was sampled by a bucket, and phosphate and total nitrogen were measured with test kit and hydrogen sulfide was measured with detector tube.



Figure 1 Sampling points

2-2. Culture experiment

2L of seawater collected at each point in 2-1 were used to raise *Oikopleura dioica*. Numbers of produced houses were used as an indicator of growth because old house is abandoned in the sea.

3. Result and discussion

The number of produced houses in western sampling areas, i.e., Sakakoshi and Himeji, were more than 2-fold than those in the eastern area, Fukae (Figure 2). Similar results were obtained by two independent seawater samples collected at different days (data not shown), suggesting that growth of *O. dioica* is dependent on seawater components. This possibility will be verified in the field survey in future.

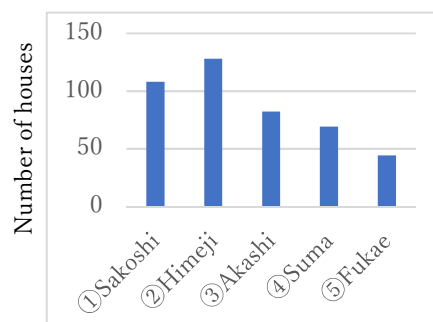


Figure 2 Number of houses per 12

4. Acknowledgement

I would like to express my gratitude to Prof. Mitsuru Hayashi and Takeshi Onuma. This research was partially supported by the GSC ROOT program.

5. Reference

- (1) Graduate school of science, and Faculty of science Osaka University Nishida's Laboratory HP (www.bio.sci.osaka-u.ac.jp/bio_web/lab_page/nishida/otamaboya/1.html)
- (2) Marumo, K., and Yokota, M., Review on Aoshio and Biological Effects of Hydrogen Sulfide, Rep. Mar. Ecol. Res. Inst., 15, 23-40, 2012

自家不和合性遺伝子から見た屋久島に生育するハマダイコンの多様性

鹿股 とほこ（宮城県仙台第一高等学校2年）

福島 和紀、渡辺 正夫（東北大学大学院生命科学研究科）

1 研究の目的と意義

虫や風、鳥などで花粉が運ばれ、めしべの先端の柱頭で受粉が生じる。花には、雄花と雌花が分かれているものや、一つの花におしべとめしべが存在するものがある。ハマダイコンは、一つの花におしべとめしべが存在する両性花で、アブラナ科に属するダイコンの一種である。一般に両性花では自殖を行うが、このハマダイコンを含むアブラナ科植物は、自殖を防ぐ自家不和合性という仕組みを持っている。仮に自分の花の花粉をめしべの柱頭につけた場合、受粉が行われず花粉管が伸びない（図1A）。しかしながら、他の個体の花粉を柱頭につけると花粉管が伸びる（図1B）。彼らは自殖を防ぐことで、遺伝的多様性を保っている。また、この仕組みに着目すると、ハマダイコンの自然集団の中でどういう交雑が生じているのかを知ることができる。自家不和合性の遺伝子を利用して、未だ研究の進んでいない、自然界におけるハマダイコン集団の遺伝的多様性の解明に興味を持った。その研究対象として、世界遺産に登録されている自然豊かな屋久島を選び、研究を行った。

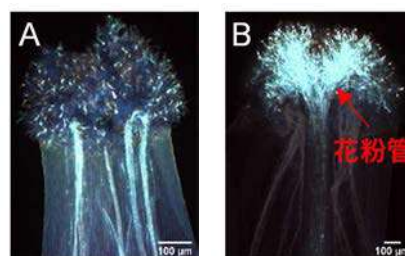


図1 花粉管が伸張できないめしべ柱頭（不和合）（A）と、伸張しているめしべ柱頭（和合）（B）

2 研究の手法

方法Ⅰ 春田浜と田代海岸（図2）の2地点の海岸でサンプリングしたハマダイコンの種子を持ち帰り、温室で播種、育成し、発芽率と開花日数を調べた。
方法Ⅱ 方法Ⅰで用いた、2019年に海岸で拾った種子を発芽させた個体と、2020年に海岸で生育していた個体の葉のDNA抽出を行った。PCRでSRK配列の一部を増幅した。そのPCR産物を電気泳動して、増幅が確認できた個体のSRKについて塩基配列を決定した。



図2 屋久島の地図

3 結果と考察

実験Ⅰ 春田浜と田代海岸のどちらの地点においても開花日数に大きなばらつきが見られた。この結果から、島内で多様性が保たれていると考えられた。

実験Ⅱ (1) 2地点を比較すると、どちらの年も、春田浜に比べて田代海岸の方がS対立遺伝子の種類が多く見られた。この結果から田代海岸の集団の遺伝的多様性が高いと考えられた。

(2) 2つの地点、年度において、classⅡに分類される S^{88} 対立遺伝子が40%以上の高い頻度で存在していることを確認した。classⅠのS対立遺伝子がclassⅡに対して優性であるため、ヘテロ個体では S^{88} 対立遺伝子が表現型に現れない結果に原因があると、考えられた。

4 謝辞

本研究を行うにあたり、東北大学探求型「科学者の卵養成講座」に多大なお力添えをいただいたことをここに感謝します。

5 参考文献

Huh and Ohnishi (2001) Allozyme diversity and population structure of Japanese and Korean populations of wild radish, *Raphanus sativus* var. *hortensis* f. *raphanistroides* (Brassicaceae). Genes Genet. Syst. 76: 15-23

Diversity of self-incompatibility genes of wild radish populations in Yakushima

Tohko Kanomata (Sendai First High School, 2nd grade)

Kazuki Fukushima, Masao Watanabe (Tohoku University)

1. Purpose of study

Pollens are carried by insects, wind, and birds, and pollination occurs at the tip of the pistil. Some species have separate male and female flowers, and most of species have both stamens and pistils in one flower, hermaphrodite. Radish is a hermaphrodite, a member of the Brassicaceae family, which has both stamens and pistils in one flower.

In general, cruciferous plants, including radish, have self-incompatibility, a system to prevent self-fertilization. If pollens of one's own flower are applied to the tip of the pistil, the pollen tubes do not penetrate (Fig. 1A). However, if a pollen of another individual is applied, the pollen tubes can penetrate and elongate (Fig. 1B).

Focusing on this mechanism allows us to understand what kind of crossing occurs in the wild population of radish. The genetic diversity of the wild population remains to be elucidated in the view of self-incompatibility gene. We chose Yakushima, a world heritage site with rich nature, as our research target.

2. Method

Experiment I: Seeds of wild radish sampled at two beaches, Haruta and Tashiro (Fig. 2), were grown in our laboratory and examined for germination rate and flowering days.

Experiment II: We extracted DNA from leaves of fully-grown individuals used Experiment I and of individuals growing on the beaches in 2020. Subsequently, we amplified *SRK* sequences by PCR. The nucleotide sequences of the PCR products were determined using direct sequencing. *S* alleles were identified based on the *SRK* sequences.

3. Result and discussion

Experiment I: A large variation in the number of days of flowering was observed at both Haruta and Tashiro areas. This result suggested that the genetic diversity was being maintained on the island.

Experiment II: (1) Comparison of the two areas showed that there were more *S* alleles at Tashiro than at Haruta in both years. This result suggested that the genetic diversity of Tashiro population was higher than that of Haruta. (2) *S*³⁸ allele, classified as class II, was found to be present at a high frequency (>40%) at the two areas and years. *S* alleles classified as class I is dominant over class II. Therefore, we hypothesized that this result was responsible for the lack of phenotypic appearance of *S*³⁸ in the *S* heterozygous individuals.

4. Acknowledgement

Our works are partially supported by a grant from EGGS, Tohoku University.

5. References

Huh and Ohnishi (2001) Allozyme diversity and population structure of Japanese and Korean populations of wild radish, *Raphanus sativus* var. *hortensis* f. *raphanistroides* (Brassicaceae). *Genes Genet. Syst.* 76: 15-23

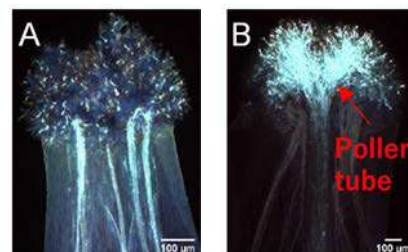


Fig.1 Representative images of incompatibility (A) and compatibility (B)

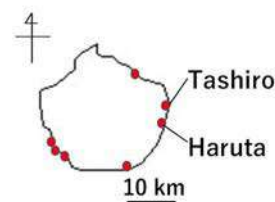


Fig.2 Map of Yakushima

有用タンパク質の暗所での生産に適したイネ品種の探索

佐々木 華凛 (ルネサンス高校 2年)

高橋 乃愛 (酒田東高校 2年)

担当教員 伊藤 幸博 (東北大学 農学部)

1. 研究の目的と意義

植物を用いた様々な有用タンパク質の生産(分子農業)が期待されている。植物を用いる利点として、低コスト、安全性、常温での長期保存などが挙げられる。植物でタンパク質を生産する場合、植物工場で栽培することになるが、植物工場は、照明とそれに伴う空調に多大な電気コストがかかり、生産コストの低さを活かせなくなる。そこで、暗所での栽培を考えた。既に、発芽二週間後の暗所のイネには明所の半量から同程度のタンパク質が存在することがわかっている。しかし、品種間差の有無やタンパク質が最も多く存在する発芽後の日数は不明である。そこで本研究では、9品種のイネの総タンパク質量の測定と、総タンパク質量が最大となる発芽後日数を検討した。

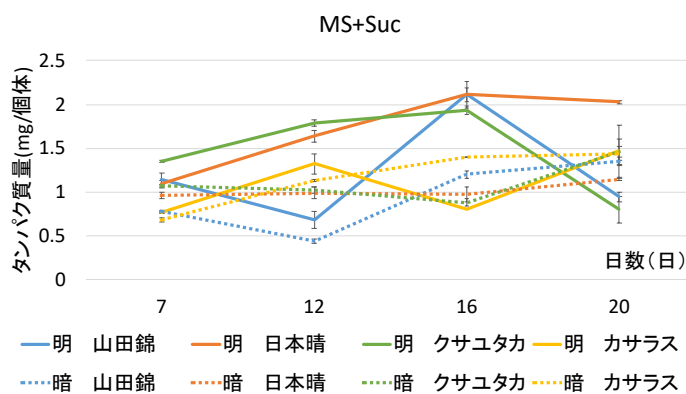
2. 研究の手法

山田錦、日本晴、ひとめぼれ、IR64、金のいぶき、台中 65 号、クサユタカ、つがるロマン、カサラスの 9 種類を 12 日間、水、MS 培地、MS 培地とスクロールの 3 種類の培地で明所と暗所でそれぞれ育てた。また、粒の大きさが中程度の山田錦と日本晴、粒の大きいクサユタカ、粒の小さいカサラスをそれぞれ 7 日間、12 日間、16 日間、20 日間で明所および暗所でそれぞれ育てた。

3. 結果と考察

粒の大きさが中程度である山田錦と日本晴において、暗所で MS 培地とスクロールで 12 日間育てたときの 1 個体あたりのタンパク質量は、山田錦は 0.44 mg、日本晴は 0.99 mg と差ができ、粒の大きいクサユタカは 1.02 mg、カサラスは 1.13 mg となった。このことより、米の粒の大きさ

とタンパク質量に関係はなかった。また、また、山田錦は 16 日間育てた時のタンパク質量が 1 番多く、日本晴、クサユタカ、カサラスは 20 日間育てた時にタンパク質量が 1 番多くなった。さらにいずれの品種でも水だけでなく MS 培地を加えるとタンパク質量が増えることもわかった。さらにほとんどの品種で MS 培地にスクロールを加えるとさらにタンパク質量が増えた。粒の大きさの大きいほどタンパク質量が多いとはいえないが、品種によってタンパク質量の多い育てる期間が変わると考えられる。



Searching for suitable rice cultivars for production of useful proteins under dark condition

Sasaki Karin (Renaissance High School, 2nd grade)

Takahashi Noa (Sakata East High School, 2nd grade)

1. Purpose and significance of research

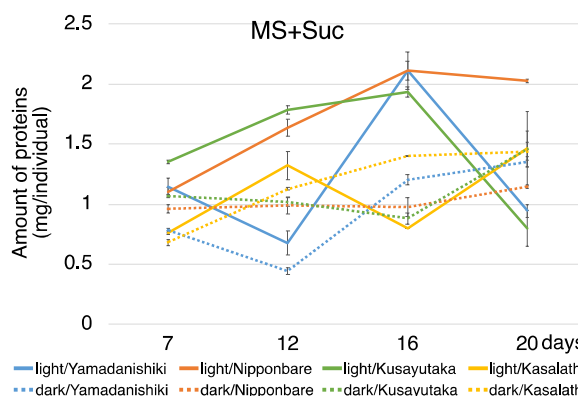
Production of various useful proteins using plants (molecular farming) is expected. Advantages of protein production in plants include low cost, safety, and long-term storage at room temperature. When protein is produced in a plant, it is cultivated in a plant growth facility that uses a great amount of electricity for lightning and air conditioning, which prevents taking an advantage of low cost for protein production. Therefore, we examined plant cultivation in darkness. Previous studies showed that a similar amount of total proteins is produced under dark condition compared to light condition. In this study we examined the amount of total soluble proteins in various rice cultivars to identify a suitable cultivar for protein production under dark condition.

2. Materials and methods

Surface-sterilized seeds of Yamadanishiki, Nipponbare, Hitomebore, IR64, Kinnoibuki, Taichung 65, Kusayutaka, Tsugaruroman, Kasalath were germinated and grown for indicated days in light and dark conditions with three different nutrition conditions, water, MS medium, and MS medium and 3% sucrose. Seedlings were homogenised with a motor and pestle in 1 mL of TBS buffer, and protein concentration was measured with Bradford method using BSA as a standard.

3. Results and discussions

When we grew Yamadanishiki, Nipponbare, Kusayutaka and Kasalath under dark condition for 12 days, the amount of protein per individual was 0.44 mg for Yamadanishiki, 0.99 mg for Nipponbare, 1.02 mg for Kusayutaka and 1.13 mg for Kasalath. This showed no correlation between the grain size and the protein amount produced. In addition,



Yamadanishiki had the highest amount of protein when grown for 16 days, and Nipponbare, Kusayutaka, and Kasalath had the highest amount of protein when grown for 20 days. In addition, it was found that the amount of proteins increased when they were grown in MS medium in all cultivars examined. Furthermore, in most cultivars, the addition of sucrose to MS medium further increased the amount of proteins. These results suggest that the amount of total soluble proteins produced under dark condition was different between cultivars, but it was not correlated with the grain size.

効果的で持続性に優れたアリの忌避剤の探索

新関鈴子（昭和女子大学附属昭和高等学校 2 年）

担当教員名 佐藤俊幸（東京農工大学）

1. 研究の目的と意義

家屋に侵入してくるアリの侵入防止対策が出来ないかと思い、アリが嫌うものについて調べると、アリは油性ペンで引いた線で囲むと出られなくなることを知った。これを応用できないかと考え、中学生時に調べたところ油性ペンのアルコール成分が忌避効果を発揮していることが分かった。近年コロナウイルスの影響で色々な種類のアルコール消毒剤が増えている。中学生時の研究結果から、市販されている消毒剤を人間の消毒だけではなく、アリの忌避剤として使用することができないかと考えた。

2. 研究の手法

入手が容易なオーガニックハンドジェル（東和化粧品社製）、薬用ハンドジェル（ライオン社製）、ティルティブビソソジェル（D&ACE 社製）の 3 種類を購入した。3 つのクロヤマアリの巣を見つけ、巣口に 1 種類ずつ消毒剤をまき、アリの行動を観察した。

3. 結果と考察（図表等）

	オーガニック ハンドジェル	薬用ハンドジェル	ティルティブビソソジェル
忌避効果	なし	あり	あり
アリの行動	変化なし	散布直後アリが集まってきた	散布直後アリが集まってきた
臭い	あまりしない	アルコールの臭い	アルコールの臭い
持続性	なかった	5 分後巣の出入りが再開した	1 時間経過後も葉の上持続性有

オーガニックハンドジェルは臭いが薄かったため、周囲のアリが異変に気付かなかったが、他 2 つはアルコールの臭いがし、周囲のアリが巣穴の近くの異変に気付いたのではないかと考えた。ライオン薬用ハンドジェルは 5 分ほど経つと巣への出入りが再開したが、巣があった場所が段差になっているところだったため、消毒剤があまりかからなかった段差部分からの出入りが行われていた。その後巣からもアリが出るようになったが、最初は戻ってきたアリのフェロモンを辿ったためか、迷うことなく消毒剤が乾いた場所を通っていた。よって周囲が消毒剤で囲まれていても、消毒剤が薄れたところを見つけると細い道でも通行が可能なが分かった。ティルティブビソソジェルは 1 時間経つと砂の面にまいたところは浸透してしまったが葉の上は残っており、アリもそこを避けていた。触った感触の粘度の高さ、持続性、比較的安価なことからティルティブビソソジェルが 3 種類の中で最もアリの忌避剤に適していると考えた。ティルティブビソソジェルはチューブ型のため、散布しやすく、誰でも簡単にアリの侵入口にまくことができる。また、今回は砂の上にまいたため浸透したが、プラスチック板の上に各消毒剤をまいたところ揮発することはなく、一晩経つと固まっていた。このことからアリの巣穴の周りにプラスチック板を置いて消毒剤をたらすことで忌避効果の持続性を高められるのではないかと考えた。

4. 謝辞

東京農工大学の佐藤俊幸先生、伊藤夏実先生に研究の進め方や枠組みについて有益な助言をいただきました。この場をお借りして心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

- ・アリは油性ペンの線を通れず、シロアリはボールペンの線の通りに歩く
(<https://amaru.me/trivia/ant-pen/>)
- ・【おもしろ動画】なぜ？どうして？アリを閉じ込める魔法のペン
(https://sorayori.com/youtube_aritomahonopen/)
- ・22 Natural Ant Repellent Options to Solve Your Ant Problem(<https://morningchores.com/natural-ant-repellent/>)
- ・Best Ant Repellent Indoor And Outdoor 2020 - Consumer Reports
(<https://bestrepellers.com/best-ant-repellent/>)

Research for the effective and sustainable ant repellent

Suzuko Niizeki (Shyouwa High School)

Toshiyuki Satoh (Tokyo University of Agriculture and Technology)

1. Purpose of the study

The objective of the study is to find out what prevents the invasion of ants to the households. When I searched ant repellent on the internet, I found that they couldn't get out when surrounded by the line written by oil-based pens. I wanted to apply it and I investigated further when I was in the third year of junior high school. From that it was found that the alcohol component of the oil-based pen exerted a repellent effect. In recent years, the types of disinfectants are increasing. From the results of my research in junior high school, I wondered that available disinfectant could be used not only as a disinfectant for humans but also as a repellent for ants (*Formica Japonicus*).

2. Method

Affordable organic hand gel, medicated hand gel, and tilted bison gel. Three ant (*Formica Japonicus*) nests were found, and one type of disinfectant gel was sprinkled at the entrance of each nest to observe the behavior of the ants.

3. Result and discussion (Pictures and tables)

	Organic hand gel	Medicated hand gel	Tiltive bison gel
Repellent effect	No effect	Effective	Effective
Ant behavior	No change	At first, ants have gathered	At first, ants have gathered
Odor	Not much	Smell of alcohol	Smell of alcohol
Persistence	Not persistence	Nest entry and exit resumed after 5 minutes.	It remained on the leaves even after 1 hour

I thought the organic hand gel was unnoticed by ants because it smelled light. In the other two, I noticed something changed about the ants around me because of the strong smell. The medicinal hand gel resumed entry and exit to the nest after about five minutes, however, there was a nest on the stairs, and I went in and out of the stairs where the disinfectant wasn't sufficiently applied. After that, the ants came out of the nest, but at first they passed through the dry place without hesitation, probably because they chased the pheromones of the returning ants. So, it was found that the disinfectant can enter and exit through a narrow dry road even if it is surrounded by the disinfectant. One hour later, Tiltive Bison Gel penetrated the surface of the sand, but remained on the leaves, which the ants avoided. From the experimental results, it was considered that Tiltive Bison Gel is the most suitable as a repellent for ants among the three types. Tiltive Bison Gel is a tube type. So anyone can easily sprinkle on the ant entrance. And, this time it penetrated because it was sprinkled on sand, but when each disinfectant was sprinkled on a plastic plate, it didn't volatilize or solidify overnight. Therefore, by placing a plastic plate at the entrance of the ant's nest and applying a disinfectant to the plate, it is expected that the sustainability of the repellent effect will be enhanced.

4. Acknowledgements

I would like to thank Professor T. Satoh and Professor N. Ito for many advices.

5. References

- Ants can't go through the oil-based pen line, termites walk along the ballpoint pen line (<https://amaru.me/trivia/ant-pen/>)
- 【Interesting video】 Why? why? A magic pen that traps ants (https://sorayori.com/youtube_aritomahonopen/)
- 22 Natural Ant Repellent Options to Solve Your Ant (<https://morningchores.com/natural-ant-repellent/>)
- Best Ant Repellent Indoor And Outdoor 2020 – Consumer Repots (<https://bestrepellers.com/best-ant-repellent/>)

シアノバクテリアに含まれる光合成色素の抽出

石橋陽菜（広島県立広島国泰寺高等学校 2年）

田中剛・新垣篤史（東京農工大学）

1. 研究の目的と意義

シアノバクテリアの光合成色素の一種であるフィコシアニンやフィコエリトリンは栄養補助食品や試薬、着色料と広く利用されている。そのためどちらも工業的には抽出方法が確立されている。しかし、高校の実験室では十分な試薬や実験器具がないため工業的な方法は実施困難である。したがって本研究では簡易的かつ身近に生息するネンジュモから効率よくフィコビルリンを抽出することを目的とした。

2. 研究の手法

- (1) ネンジュモ (0.5g) を水でよく洗い乾燥させた。
- (2) (1) を下記の各溶液に浸漬し、溶液の色の変化を経過観察した。
酸・アルカリ溶液: HCl_{aq} (2.7mol/L), NaOH_{aq} (2.5mol/L), HNO_3_{aq} (1.5mol/L)
塩溶液: NaCl_{aq} (10g/L), $\text{CaCl}_2_{\text{aq}}$ (10g/L)
- (3) 一週間毎に (2) の溶液を分光光度計にかけ、吸光スペクトルを測定した。

3. 結果と考察

- (1) フィコエリトリン
 - ・ NaCl_{aq} のみ薄い赤色になった。また吸光スペクトルの極大吸収波長が 560nm 付近となったので、 NaCl_{aq} でフィコエリトリンが抽出された可能性が高いと考える。
 - ・ HCl_{aq} , NaOH_{aq} , HNO_3_{aq} , $\text{CaCl}_2_{\text{aq}}$ ではフィコエリトリンの吸光スペクトルは見られなかった。
- (2) フィコシアニン
 - ・ NaOH_{aq} で、吸光スペクトルの極大吸収波長が 640nm 付近となったので、 NaOH_{aq} でフィコシアニンが抽出された可能性が高いと考える。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり東京農工大学生命分子工学・海洋生命工学研究室 田中剛教授、新垣篤史准教授にご指導いただきました。心より感謝申し上げます

5. 参考文献

- [1] 井上勲「藻類 30 億年の自然史 藻類から見る生物進化・地球・環境」東海大学出版会 第2版 (2011)
- [2] 光合成の森「フィコビルリンを薄層クロマトグラフィーで分離できないか？」
アクセス日 9月15日
<https://photosyn.jp/pwiki/index.php?%E3%83%95%E3%82%A3%E3%82%B3%E3%83%93%E3%83%A%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%83%91%E3%82%AF%E8%B3%AA>
- [3] 平田孝 石谷孝佑 竹山恵美子 兵頭道子 古木美恵子 「海苔フィコビルリン色素の簡易定量法」
日本食品工業学会誌 (1978) 第25巻 第10号

Separation of Photosynthetic pigments contained in cyanobacteria

Hina Ishibashi (Hiroshima Kokutaiji High School)

Tsuyoshi Tanaka · Atsushi Arakaki

(Tokyo University of Agriculture and Technology)

1. Purpose of the study

Phycoerythrin or phycocyanin are types of photosynthetic pigment. It is widely used. For example, nutrition supplements, reagent and coloring agent. In addition, the way of extracting phycoerythrin is established, however it's a little complicated for students' experiment. Thus, in this study, we set a goal about separating it in an easier and more efficient way from *Nostoc*.

2. Materials

acid · alkaline solution: HCl(aq)(2.7mol/L), NaOH(aq)(2.5mol/L),
HNO₃(aq)(1.5mol/L)

salt solution: NaCl(10g/L), CaCl₂(100g/L)

Method

- (1) rinse the cyanobacteria and dry them for the whole day.
- (2) immerse them in each solution then observe color change.
- (3) use a spectrophotometer once a week to measure absorption spectrum.

3. Result and Discussion

- (1) Phycoerythrin: Only NaCl(aq), the color changed to light red. In addition, the absorption rate was around 560nm, so we can assume that phycoerythrin was extracted.
- (2) Phycocyanin: The absorption rate was around 640nm, so we can assume that phycocyanin was extracted.

4. Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to Professor Tsuyoshi Tanaka, and associate professor Atsushi Arakaki in Biomolecular Engineering and Marine Biotechnology Lab at the Tokyo University of Agriculture and Technology. Thank you from the bottom of my heart.

5. References

- (1) 井上勲「藻類 30 億年の自然史 藻類から見る生物進化・地球・環境」東海大学出版会第 2 版 (2011)
- (2) 光合成の森「フィコビリンを薄層クロマトグラフィーで分離できないか？」 アクセス日 9 月 15 日
<https://photosyn.jp/pwiki/index.php?%E3%83%95%E3%82%A3%E3%82%B3%E3%83%93%E3%83%AA%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%83%91%E3%82%AF%E8%B3%AA>
- (3) 平田孝 石谷孝佑 竹山恵美子 兵頭道子 古木美恵子「海苔フィコビリ色素の簡易定量法」 日本食品工業学会誌 (1978) 第 25 巻 第 10 号

昆虫食の安全性：コオロギの餌に含まれる毒性物質と、それを解毒する腸内細菌の解析

発表者氏名 大久保仙騎（東京電機大学高等学校 2 年）

担当教員名 鈴木丈詞（東京農工大学）

1. 研究の目的と意義

近い将来、人口増加に伴うタンパク質の需要に生産が追いつかなくなる危機（タンパク質危機）が訪れると予測されている。このタンパク質危機に対処するために、これまであまり利用されてこなかったタンパク質源として昆虫が注目されている。特にコオロギは、その生産における飼料変換効率が高く、環境負荷が低いため、持続可能なタンパク質源として最有望である。東南アジアには、伝統的に多数のコオロギ農家があり、主に食用としてコオロギが生産されている。ただし、現地ではコオロギの餌として、既存のタンパク質源が含まれる養鶏飼料を代用され、また、この餌代が生産コストの 6 割を占めている。そのため、持続可能かつ低コストなコオロギ餌開発は重要である。近年、キャッサバ (*Manihot esculenta*) の残渣である葉を餌としたコオロギ生産が注目されている。キャッサバ葉を餌として用いたコオロギの成育は、養鶏飼料と遜色ないことが報告されている (Miech et al., 2016)。しかし、キャッサバ葉にはシアン化合物のリナマリンが含まれ、生食ではヒトの食用に適さないため (Hahn, 1989)、それを餌として生産したコオロギの安全性評価は重要である。他方、キャッサバの害虫であるバッタの一種 (*Zonocerus variegatus*) からは、リナマリン分解酵素を産生する腸内細菌が発見されている (Idowu et al., 2009)。そのため、コオロギにおけるリナマリン解毒機構も腸内細菌による可能性がある。そこで本研究では、キャッサバ葉を餌として生産したコオロギの安全性評価を実施し、さらにコオロギのリナマリンへの適応機構について調査する。本目的が達成され、キャッサバ葉の利用が進めば、持続可能かつ安全・低コストなコオロギ生産系の確立が期待できる。

2. 研究の手法

タイワンエンマコオロギ (*Teleogryllus occipitalis*) の脳、消化管、脂肪体、後脚腿節の筋肉および卵巣を摘出し、各ゲノム DNA (gDNA) を抽出する。現段階では、消化管のみ実施済みである。抽出した gDNA を鋳型とし、細菌共通の 16S rRNA 遺伝子の DNA 断片をユニバーサルプライマーと DNA ポリメラーゼを用いて PCR 増幅する。増幅した DNA 断片を用い、各器官についてメタゲノム解析を実施する。その他、キャッサバ葉とそれを与えたコオロギに含まれるリナマリンの定量および抗生物質処理を施したコオロギにキャッサバ葉を与えた際の成育評価を予定している。

3. 結果と考察（図表等）

雌成虫の消化管から gDNA を抽出した。濃度は 32.3 ng/μL であった。今後、この gDNA を用いて 16S rRNA 断片を PCR 増幅し、メタゲノム解析に用いる予定である。

4. 謝辞

鈴木丈詞准教授（東京農工大学大学院農学研究院）には、研究のテーマや進め方についてご指導頂いた。早川翔大さん（早稲田大学先進理工学研究科一貫制博士課程 2 年）と村田光陽さん（東京農工大学農学部 4 年）には、コオロギの飼育方法や実験手法をご指導頂いた。この場を借りて深く御礼申し上げる。

5. 参考文献

Miech et al. J. Insects as Food Feed 2, 285-292, 2016

Hahn. Outlook Agric. 18, 110-118, 1989

Idowu et al. Int. J. Trop. Insect Sci. 29, 229-235, 2009

Gullan and Cranston. The Insects: An Outline of Entomology, 4th Edition. 2010

キャッサバの基礎の基礎が分かる（最終閲覧日：2020 年 10 月 12 日）

https://www.jica.go.jp/project/all_asia/005/materials/ku57pq000025s2lv-att/cassava_about.pdf

Safety of insect diets: toxic substances in cricket food and Analysis of the gut bacteria that detoxify it

Seki Okubo (Tokyo Denki University High School)
Takeshi Suzuki (Tokyo University of Agriculture and Technology)

1. Purpose of the study

In the near future, protein production will not be able to keep up with the demand due to the rapid growth of the world's population, which is called as “protein crisis”. To cope with the crisis, insects have been attracting attention as an alternative protein source. Crickets, in particular, are one of the most promising insects for the sustainable protein source because of the high efficiency of feed conversion and low environmental impact in their production. There are many cricket farmers in Southeast Asia and they have traditionally produced edible crickets. However, poultry feed containing fish meal, a conventional protein source, is used to produce crickets, and the feed cost accounts for 60% of the production cost. Therefore, it is important to develop sustainable and low-cost cricket feed. Recently, cassava leaves, an agricultural residue, have been used as the alternative feed for cricket production. And growth of crickets fed on cassava leaves have been reported to be comparable to that fed on poultry feed (Miech et al., 2016). Cassava contains the cyanide linamarin, which is unsuitable for human consumption in a fresh diet (Hahn, 1989). However, symbiotic bacteria that produce the enzyme linamarase, which degrades linamarin, have been found in a grasshopper (*Zonocerus variegatus*) that feed on cassava leaves (Idowu et al., 2009), and we will investigate whether crickets have a similar detoxification mechanism. This study is expected to contribute to safe and sustainable cricket production using cassava leaves.

2. Methods

We plan to dissect the cricket and extract the brain, digestive tract, fat body, hind leg femoral muscle, and ovary and isolate genomic DNA (gDNA) from each organ. So far we have conducted gDNA isolation from the digestive tract. A bacterial 16S rRNA fragment will be PCR amplified using the universal primers and gDNA as a template, and metagenomic analysis will be performed on each organ to comprehensively investigate the composition of the symbiotic bacterial flora. We will also quantify linamarin in cassava leaves and the crickets fed with them. In addition, crickets that have been treated with antibiotics to lose symbiotic bacteria will be fed cassava leaves and their growth will be evaluated in comparison to the target area.

3. Results and discussion

We dissected crickets that had been fasted for several days and anesthetized with carbon dioxide. Although it was difficult to distinguish the organs of the dissected cricket at first, we were gradually able to identify them according to Gullan and Cranston (2010). We extracted 32.3-ng/μL gDNA from the digestive tract and ovaries from the dissected crickets. This will be followed by the PCR amplification. We plan to examine whether the DNA contains symbiotic bacteria that produce the enzyme linamarase.

4. Acknowledgements

I received guidance from Associate Professor Takeshi Suzuki of Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT) on my research topic and how to proceed. I am grateful to Mr. Shota Hayakawa (2nd year of the Interdisciplinary Doctoral Program at the School of Science and Engineering, Waseda University) and Mr. Kohyoh Murata (4th year of the Faculty of Agriculture, TUAT) for their guidance on cricket breeding systems and experimental techniques. I would like to thank them the bottom of my heart.

5. References

- Miech et al. J. Insects as Food Feed 2, 285-292, 2016
- Hahn. Outlook Agric. 18, 110-118, 1989
- Idowu et al. Int. J. Trop. Insect Sci. 29, 229-235, 2009
- Gullan and Cranston. The Insects: An Outline of Entomology, 4th Edition. 2010
- Understanding the basics of cassava basics (last viewed October 12, 2020)
- https://www.jica.go.jp/project/all_asia/005/materials/ku57pq000025s2lv-att/cassava_about.pdf

プロテオロドプシンの色の制御に関与するアミノ酸残基の特定

今泉壮太（愛媛県立八幡浜高等学校 2 年）

担当教員：田母神淳（松山大学）

1. 研究の目的と意義

ロドプシンは、光を吸収することで、発色団であるレチナールの異性化反応が起き、タンパク質の立体構造の変化を引き起こす¹⁾。先行研究では、近年の遺伝子解析の結果、新しい機能や色を持った微生物由来のロドプシンが数多く発見され、ロドプシンの多様性が明らかになってきた。これらのロドプシンは、類似するタンパク質構造を持つ一方で、呈する色（吸収波長）は異なり、その違いを生む要因は十分に分かっていない。そこで、ロドプシンのタンパク質構造において、どのアミノ酸が色を制御しているのかを検証した。

2. 研究の手法

本研究では、互いに多くの共通した性質を持つ一方で、色が異なるプロテオロドプシン (PR) とバクテリオロドプシン (BR) を使用した。まず、発色団であるレチナールの周囲に位置するアミノ酸に着目して²⁾、PR と BR のアミノ酸配列を比較し、双方で配列が異なる部分として「PR のアミノ酸配列 131 番目に位置するセリン残基」を選定した。つぎに、PR の 131 番目残基を「セリン (S)」から「BR の残基アスパラギン酸 (D)」に変異させるためのプライマーを作製し、PCR (QuikChange 法) によって変異の入った DNA 断片を取得した。この塩基配列を解析し、変異導入の有無を確認したうえで、形質転換、発現誘導を経て、変異型 PR (PR-S131D) を精製した。その後、野生型 PR と変異型 PR、BR の吸収波長を分光光度計で測定した。また、フラッシュ・フォトリシス実験によって、光励起後に形成される中間体の生成・減少速度も測定した。

3. 結果と考察

分光光度計を使った吸収スペクトルの測定実験から、光励起前の極大吸収波長は、それぞれ野生型 PR:528 nm、変異型 PR:534.5 nm、BR:563 nm となり、変異型 PR の極大吸収波長が BR の方向にシフトした (図 1)。上記の結果から、「PR の 131 番目残基」が、PR と BR の色の違いを生じさせる原因残基の 1 つと考えられる。一方、フラッシュ・フォトリシス法で明らかとなった変異型 PR のフォトサイクルにおいて、光励起後に形成される中間体の生成・減少速度は、野生型 PR とは異なり、全体的なデータの傾向が BR に少し近づいた。特に、M 中間体の減少速度が野生型より遅くなっている部分は顕著な傾向を示した。

したがって、PR の 131 番目残基は、「PR と BR との色の違い」だけでなく、光反応時における中間体の生成・減少速度の違いにも関係しているアミノ酸残基の 1 つと予測される。

4. 謝辞

本研究では、松山大学薬学部生物物理化学研究室内の田母神淳先生からご指導をいただきました。深く感謝を申し上げます。

5. 参考文献

- 1) KAWAMURA Izuru. Utilization of light by biological. Chemistry & education, 2017, 65 (6).
- 2) Duncan A. Greenhalgh, et al. Hydrophobic Amino Acids in the Retinal-binding Pocket of Bacteriorhodopsin. The Journal of Biological Chemistry, 1993, vol. 268, No. 27.

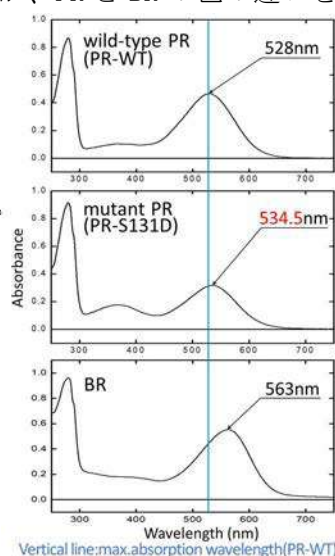


図 1 極大吸収波長の比較

Identification of amino acid residues involved in the color regulation of proteorhodopsin

Sota Imaizumi (Yawatahama High School 2nd grade)

Supervisor: Jun Tamogami (Matsuyama University)

1. Purpose of the study

By absorbing light, rhodopsin undergoes an isomerization of retinal, which is a chromophore, and conformational changes of proteins¹⁾. As a result of recent metagenomic analysis, many microbial rhodopsins with new functions and colors have been discovered, and their diversity has been clarified. Although these rhodopsins have similar protein structures, their colors (absorption maximum wavelengths) are different. The factors causing the different colors among them is not fully understood. Therefore, I examined the amino acid residue(s) associated with color tuning of microbial rhodopsin.

2. Method

In this study, I focused on proteorhodopsin (PR) and bacteriorhodopsin (BR), which have many common properties but different colors. First, the amino acid sequences around retinal that absorbs light²⁾ were compared between PR and BR, and “the serine (S) residue located at the 131st position of PR (S131)” was selected as the portion where the sequences differ between the two proteins. Next, primers to substitute S131 of PR with “the aspartic acid (D) corresponding to BR” were prepared and PCR (QuikChange Method) was performed. Then, sequence analysis was performed to confirm the introduced mutation, and then transformation, induction of protein expression in *E. coli* membrane, and purification of proteins were performed. Using a spectrophotometer, the absorption spectra of wild-type PR, mutant PR, and BR were measured. In addition, the rise and decay of intermediates formed after photoexcitation were measured by flash photolysis experiments.

3. Result and discussion

From the absorption spectra obtained using a spectrophotometer, the maximum absorption wavelengths in the unphotolyzed state were wild-type PR:528 nm, mutant PR:534.5 nm, and BR:563 nm, and the maximum absorption wavelength of the mutant PR was slightly red-shifted toward BR(Fig.1). From the above results, “S131 of PR” is considered to be one of the residues responsible for the difference in color between PR and BR. Moreover, the results of the flash photolysis revealed the alteration of the formation and decay rate of photoproducts in mutant PR, and the overall behavior became somewhat closer to that of BR. In particular, the decay rate of the M intermediate was slower than that of the wild-type. Therefore, it is predicted that S131 of PR is not only related to the color difference between PR and BR, but also one of the amino acid residues involved in the difference in the formation and decay of intermediates during the photoreaction.

4. Acknowledgement

I would like to express my sincere appreciation to Prof. Jun Tamogami.

5. References

- 1) KAWAMURA Izuru. Utilization of light by biological.Chemistry & education,2017,65(6).
- 2) Duncan A.Greenhalgh,et al.Hydrophobic Amino Acids in the Retinal-binding Pocket of Bacteriorhodopsin.The Journal of Biological Chemistry,1993,vol.268,No.27.

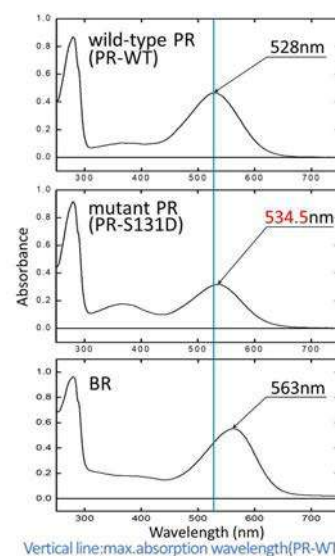


Fig.1 maximum absorption wavelength

サンゴの産卵時期は人為的に変えられるのか？ ～ウスエダミドリイシ (*Acropora tenuis*) の性ステロイドホルモン合成経路の 解明からのアプローチ～

平良建史朗（沖縄県立那覇国際高等学校 2年）

竹村明洋（琉球大学理学部海洋自然科学科）

1. 研究の目的と意義

造礁サンゴはクラゲやイソギンチャクの仲間に分類される刺胞動物の一種で、海を浄化したり、他の海洋生物の生息場所になったりするなど、サンゴ礁生態系で重要な役割を果たしている。近年、海水温の上昇や環境の破壊によりサンゴが減少し、サンゴ礁生態系の危機が叫ばれている。サンゴの性成熟や産卵を人為的に操ることができれば、世界中に分布しているサンゴを増やすことができ、サンゴ礁を保全することができる可能性がある。本研究では、沖縄沿岸の普通種であるウスエダミドリイシを研究材料とし、性成熟や産卵に重要な役割をもつ性ステロイドに着目し、(1) 無脊椎動物のサンゴが性ステロイドを合成する可能性があるのか、そして(2) 合成するのであれば性成熟過程でどのような役割を持つのかを調べ、サンゴの性成熟や産卵の生理機構の一端を明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、ステロイドホルモン合成経路のうちの主たる合成酵素遺伝子3種を選択し、ウスエダミドリイシがそれらの遺伝子を有するのかを調査した。また、選択した遺伝子の卵発達に伴う発現変動を明らかにした。

2. 研究の手法

ウスエダミドリイシのゲノムデータベースからステロイド産生急性調節タンパク質 (*StAR protein*)、 3β -ヒドロキシステロイドデヒドロゲナーゼ (3β -HSD)、 17α -ヒドロキシラーゼ (17α -OH/ $17,20$ lyase) を検索し、無脊椎動物や脊椎動物の類似遺伝子との間で系統樹を作製した。沖縄県瀬底島周辺のサンゴ礁において、2020年の4月から9月の満月付近に採集したウスエダミドリイシの枝片を採集した。採集した枝片から total RNA を抽出し、逆転写して cDNA を得た後にそれぞれの遺伝子をクローニングした。また、各月の枝片における遺伝子発現量は qPCR で測定した。

3. 結果と考察

ウスエダミドリイシの *StAR protein*、 3β -HSD、そして 17α -OH/ $17,20$ lyase はそれぞれ、刺胞動物のクラスターに入った。卵形成期と産卵後のサンゴ枝間で3遺伝子の発現量を比較した結果、いずれの遺伝子も卵形成期に高値を、そして産卵後に低値をとった (図1)。以上の結果からサンゴはステロイドホルモンを合成し、それらは性成熟と関連している可能性があった。

4. 謝辞

本研究を進めるに当たり、研究の指導や助言をいただいた琉球大学理工学研究科大学院生 Tan Ee Suan 氏および濱里都乃氏に感謝する。

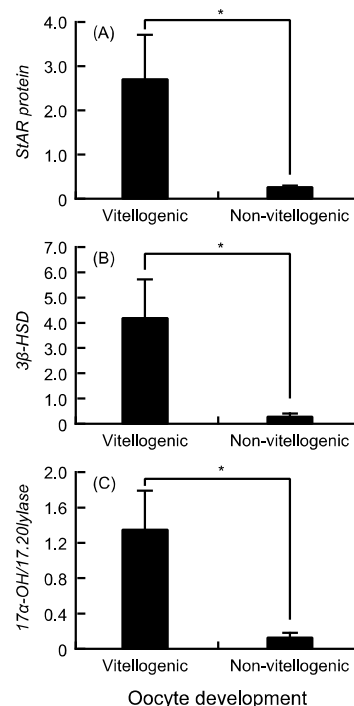


図1. 卵形成期 (Vitellogenic) と産卵後 (Non-vitellogenic) におけるサンゴ枝中のステロイド合成酵素遺伝子の変化。A; *StAR protein*, B; 3β -HSD, C; 17α -OH/ $17,20$ lyase. 図中のアスタリスクは統計的に有意を示す。

Molecular study of steroid biosynthesis in relation to the reproductive activity in stony corals

Kenshiro Taira (Okinawa Prefectural Naha Kokusai Senior High School, 2nd Grade)
Akihiro Takemura (Department of Chemistry, Biology and Marine Science, University of the Ryukyus)

1. Purpose of the stud

Corals are proximal cnidarians which compose coral reefs and play an important role in providing habitat for other marine organisms. Unfortunately, corals are facing mass bleaching due increased ocean temperatures driven by carbon pollution. The only way to preserve corals and prevent their extinction is to stimulate maturation and spawning artificially. However, to date little is known about the reproduction of corals. It is unclear whether coral reproduction is endogenously regulated. The goal of this study was to clarify the importance of sex steroids in the sexual maturation of *Acropora tenuis*, a common stony coral in Okinawa. The specific objectives were to assess: (1) whether corals are capable of synthesizing sex steroids; and (2) whether sex steroids are involved in the sexual maturation of corals.

2. Method

We focused on three genes which code for enzymes [steroidogenic acute regulatory protein (*StAR protein*), 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase (*3 β -HSD*), and 17 α -hydroxylase (*17 α -OH/17,20 lyase*)] involved in the biosynthesis of steroid hormones. The genes coding for *StAR protein*, *3 β -HSD*, and *17 α -OH/17,20 lyase* were searched using the genome database of *A. tenuis*. Phylogenetic analysis of gene expression was performed in invertebrates and vertebrates, and a phylogenetic tree was created based on these genes.

Colonies of *A. tenuis* (n = 5) in coral reefs around Sesoko Island, Okinawa, were tagged. Branches from tagged colonies were collected every month around full moon (during egg development) from April to September 2020. Following total RNA extraction and cDNA synthesis, gene expression levels were measured using qPCR.

3. Results and discussion

Search in the genome database showed that *A. tenuis* expresses *StAR protein*, *3 β -HSD*, and *17 α -OH/17,20 lyase*, which are clustered into cnidarians. Vitellogenic colonies showed higher gene expression than non-vitellogenic colonies (Fig. 1). This result suggests that *A. tenuis* can synthesize steroid hormones, and that these hormones are related to oogenesis.

4. Acknowledgements

We would like to thank Ms. Tan Ee Suan and Ms. Hirono Hamazato, University of the Ryukyus, for guidance and advice on this research.

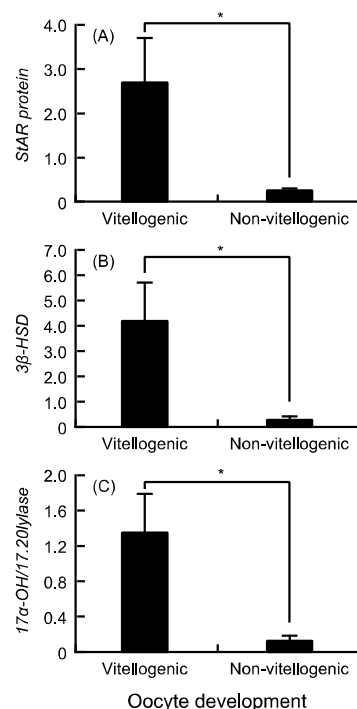


Fig. 1. Expression levels of *StAR protein* (A), *3 β -HSD* (B), and *17 α -OH/17,20 lyase* (C) in fragments of *A. tenuis* with and without vitellogenic oocytes. Asterisk shows statistical difference at $P < 0.001$.

亜熱帯地域（沖縄地域）における肉用山羊の放牧を目指して
～肉用山羊の寄生虫感染を克服する～
 金城 三桜（沖縄尚学高等学校 2年）

【研究の目的と意義】

なぜ沖縄で山羊の放牧が行われていないのだろうか。沖縄地域を含めた熱帯・亜熱帯地域では、肉用山羊を飼養する場合、寄生虫感染症を避けるため放牧ではなく高床式畜舎での管理が一般的である。寄生虫感染症の克服が実現できれば国産型の山羊肉生産が可能となり、自給率の向上と食肉の安全保障に繋がる（SDGsの実現）。

【研究の手法】

- ① 琉球大フィールドセンターで飼養している山羊に飼料添加剤（塩酸レバミゾールなど）を用いて駆虫処理を1ヶ月ごとに行う。
- ② 山羊の糞便を毎月採取し、寄生虫卵を計測し、寄生虫感染症の季節変化を調べる。
- ③ ショ糖遠心浮遊法を用いて糞便中にある寄生虫の虫卵数を計測し、駆虫前後の寄生虫の変化を比較する。
- ④ 毎月、血液を採取し、寄生虫感染症の感染率と血液成分、体重変化から山羊の栄養状態について評価する。

以上の結果を総合的にまとめ、肉用山羊が生体機能を維持できる寄生虫感染率の限界値を算出する。

【結果と考察】

表1の結果から、駆虫前と5回目の駆虫後のEPGを比べると、ココアのEPGが明らかに減少していることがわかる。飼料添加剤による駆虫によって、EPGが減少したと考えられた。今後は、他の山羊についても検討し、季節ごとの寄生虫感染症の変化について調べる予定である。

表1. 寄生虫感染した肉用山羊（名号：ココア）の糞便中におけるEPGの変化

糞便採取日	山羊の状態	EPG（個/g）
2020年4月7日	駆虫前	782
2020年8月21日	5回目の駆虫前 (4回目の駆虫済み)	104
2020年8月21日	5回目の駆虫後	50.4

EPG＝寄生虫の虫卵数1gあたりのEPG（egg per gram）で表す。

【謝 辞】

コロナの影響により大学に通えない中、リモートを使って丁寧に指導して下さいました琉球大カガク院の先生方に感謝申し上げます。おかげさまでこの研究を通して将来動物とかわる仕事につきたいという目標がさらに明確になりました。今後ともご指導よろしくお願い致します。

【参考文献】

柄 武志・中川和克・川口めぐみ・山西富野・中谷英嗣・松本容二・國吉佐知子・村上久志. めん羊場における捻転胃虫症の被害と駆虫対策の検討. 日本獣医師会誌 59: 607-611. 2006.

Meat goat grazing in the Okinawan subtropical region – Overcoming parasitic infection in meat goats

Mio Kinjo (Okinawa Shogaku Senior High School)

Purpose and significance

Why are goats not grazing in the Okinawa area? Parasitic infections are a common problem in breeding meat goats in subtropical areas such as Okinawa. Defeating parasitic infection is essential to ensure the domestic production of safe and edible goat meat (achievement of sustainable development goals).

Methodology

- 1) This study was carried out in Subtropical Field Science Center, University of the Ryukyus.
- 2) Twelve breeding goats was supplied for anthelmintic (levemisole) by feed additive each month.
- 3) I collected feces of goat, measured the number of parasitic eggs used by sucrose gradient centrifugation, and determined the variation in the number of parasitic eggs after antiparasitic.
- 4) Next examination, I take a blood sample of goats, evaluate the relationships between nutritive condition of goat with parasite infection disease rate, blood components, and body weight.
- 5) Eventually, I will indicate the limit value of parasitic infection disease rate for the maintain living body functions and livestock production.

Results and discussion

The number of eggs per gram (EPG) decreased markedly after the fifth antiparasitic (Table 1). This result shows that levamisole is an effective anthelmintic in meat goats. I am planning to examine other goats in farmer and to check the change of the parasitic infectious disease all year long rather than during a single season.

Table 1. Eggs per gram (EPG) variation in the stools of parasite-infected meat goats.

<i>Feces collection day</i>	<i>Treatment</i>	<i>EPG (eggs/g)</i>
7 April 2020	Before antiparasitic	782
21 August 2020	Before 5 th antiparasitic	104
21 August 2020	After 5 th antiparasitic	50.4

Acknowledgements

I would like to thank the professors at the Science Education Academy of the Ryukyus for their remote guidance while I was unable to attend university due to coronavirus pandemic. Thanks to this research, I got closer to my goal of getting a job related to animals.

References

Tsukada T, Nakagawa K, Kawaguchi M, Yamanishi T, Nakatani H, Matsumoto Y, Kuniyoshi S, Murakami H. Study on Anthelmintic management against damage from Heamonochosis occurring in sheep herds. *Journal of the Japan Veterinary Medical Association*, 59: 607-611. 2006.

栃木県にて採取された大型陸生貧毛類の未記載種

遠藤 颯 (栃木県立小山高等学校 2 年)

南谷 幸雄 (栃木県立博物館)

松田 勝 (宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センター)

1. 研究の目的と意義

現在、日本産大型陸生貧毛類（ミミズ）として 183 種が知られている。しかし、ミミズに関する分類学的研究は遅れている。この原因として、ミミズの同定質が限られている、個体変異・地理的変異が大きい、過去の記載の不完全性、などが考えられる。これらの解決は、SDGs の 17 目標の一つである『陸の豊かさを守ろう』の実現や、現在行われている数多くのミミズに関する応用的研究（医療・工学等）のより詳細な理解を実現させ、さらなる発展を期待できるものと考えられる。本研究では、2019 年に日光市で見つかった未記載であると思われる個体群を新種として記載するために、形態学的な計測と分子系統学的解析とを行なった。

2. 研究の手法

日光市にて 2019 年 8 月に採取した 6 個体と、2020 年 8 月に採取した 12 個体の計 18 個体の新種と思われる個体の形態を計測した。そのうち 7 個体は、タイプ・ホロタイプ標本とするため、外部形態のみの観察とし、残りの 11 個体は外部形態と内部形態の観察を行い、スケッチした。一方、18 個体のうち 12 個体について DNA を抽出した。加えて、栃木県立博物館液浸標本庫より 22 の標本を借り、これらの標本からも DNA を抽出した。これらの DNA を用いてミトコンドリア DNA の *cytochrome c oxidase subunit I (COI)* の一部の塩基配列を決定した。この際、12 サンプルの内 1 サンプルの塩基配列の決定が行えなかった。次に、昨年度採取してすでに得ていた 15 個体分の *COI* の部分配列、および、DNA data bank の 19 配列を加えて MEGAX を用いて NJ 法により系統樹を作成した。

3. 結果と考察

外部形態を観察したサンプルは形態的には、性徴である外部標徴の有無と存在体節（図 1）に違いが見られたが、その他の形質は既知種の中で最も類似しているのはニジイロミミズであった。分子系統学的解析では 19 の Clade に分けられた（図 2）。今回形態を観察したサンプルは全て 1 つの clade にまとまった（Clade 1）。博物館の液浸標本サンプルは、既知種と同様の clade を形成するものもあったが、既知種とは異なる clade を形成するものもあった。

Clade 1 は、今回形態を分析したサンプルのみより構成され単系統群となった。この Clade 1 は、Clade 2, 3, 4, 5, 6 と共に単系統群を形成した。clade 4 は、ケイコクミミズ。clade 6 は、ダイボサツミミズに対応するので、今回形態を分析したサンプルは、これらの種と共通祖先を持つと考えられる。一方、今回形態を分析したサンプルは、形態的には、ニジイロミミズと類似していたが、そのミトコンドリア DNA は clade 9 に分類されていることから、clade 1~6 の共通祖先とは系統的に別であると考えられる。これらのことから、今回形態を分析したサンプルは、新種として記載するに値すると考えられるので、今後さらに研究を進め、この種を新種として記載したい。

4. 謝辞

協力いただいた宇都宮大学大学院生の瀬戸彬氏に感謝します。

5. 参考文献

南谷幸雄, 2017. 日光の陸棲大型貧毛類（ミミズ）相（予報）. 栃木県立博物館研究紀要—自然— 34: 13-20.

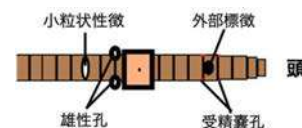


図 1 ミミズ頭部の性徴の模式図

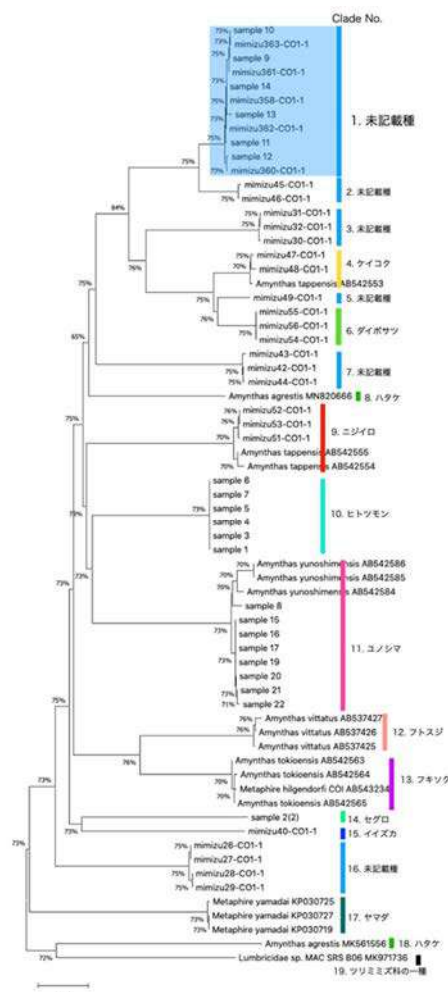


図 2 COI 部分塩基配列に基づく系統樹

An undescribed species of earthworms collected in Tochigi Prefecture

Hayato Endo (Oyama High School)

Yukiko Minamiya (Tochigi Prefectural Museum)

Masaru Matsuda (Utsunomiya University)

1. Objective of this study

Currently, 183 species of earthworms from Japan are known. However, taxonomic studies on earthworms have been delayed. This is due to the limited identification traits of earthworms, large individual and geographical variations, and incompleteness of past descriptions. Since earthworms are extremely important animals for protecting the richness of land, to achieve "Protect the richness of land" that is one of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), taxonomic studies of earthworms are important. In 2019, we discovered a likely new species of earthworm in Nikko. Here, in order to describe this population as a new species, we performed detailed morphological measurements and molecular phylogenetic analysis.

2. Materials and Methods

We measured the morphology of 6 individuals collected in Nikko City in August 2019 and 12 individuals collected in August 2020, a total of 18 individuals that are considered as a new species. Seven of them were type-holotype specimens, so only the external morphology was observed, and the remaining 11 individuals were sketched by observing the external and internal morphology. In addition, we extracted DNA from 12 of the 18 individuals. We also extracted DNA from 22 specimens stored in the Tochigi Prefectural Museum Immersion Specimen. From these DNAs, a part of the nucleotide sequence of *cytochrome c oxidase subunit I (COI)* of mitochondrial DNA was determined. At this time, the nucleotide sequence of 1 of the 12 samples could not be obtained. Next, the phylogenetic tree was created by the NJ method using MEGAX by adding the partial sequences of *COI* for 15 individuals already collected last year and 19 sequences of the DNA data bank.

3. Results and Discussion

In the sample which the external morphology was observed morphologically, there was a difference in the presence or absence of the external sexual characteristic and the entity segment (Fig. 1), but other traits were most similar to those of the earthworm. In the molecular phylogenetic analysis, the *COI* sequences were divided into 19 clades (Fig. 2). All the samples, whose morphological traits were observed, were clustered in one clade (Clade 1). Some of the museum immersion specimen samples formed clades similar to those of known species, while others formed clades different from those of known species.

Clade 1 consisted of the present Nikko samples and became a monophyletic group. This Clade 1 formed a monophyletic group as well as Clade 2, 3, 4, 5, and 6. Although the samples analyzed morphologically belonged to clade 1, they were morphologically similar to species belong to clade 9 whose *COI* sequences of mitochondrial DNA were classified into clade 9. From these results, it is considered that the samples whose morphology was analyzed this time deserve to be described as a new species, and we would like to proceed with further research and describe it as a new species.

4. Acknowledgement

We would like to thank Mr. Akira Seto, a graduate student of Utsunomiya University, for his supports.

5. References

南谷幸雄, 2017. 日光の陸棲大型貧毛類 (ミミズ) 相 (予報). 栃木県立博物館研究紀要-自然- 34: 13-20.

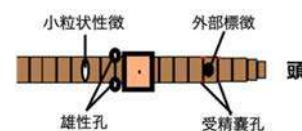


Fig. 1 Schematic diagram of sexual characteristics of head part of earthworm

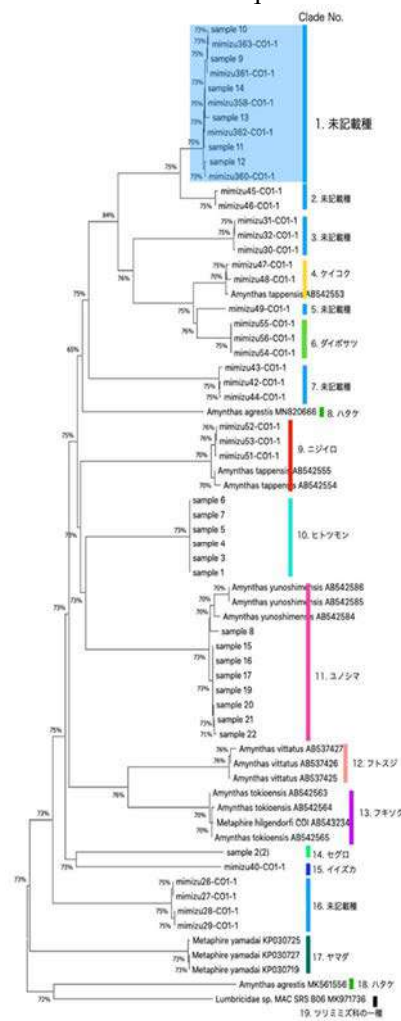


Fig. 2 Molecular phylogenetic tree based on COI sequences

野生系統から新しく見つかったアルビノの原因遺伝子の同定

松本京佳（栃木県立栃木女子高等学校2年）

岩波礼将・松田 勝（宇都宮大学バイオサイエンス教育研究センター）

1. 研究の目的と意義

野生のミナミメダカ (*Oryzias latipes*) 系統から新しくアルビノの表現型を示す個体が見つかった (図1)。この個体をヒメダカやHi3 (アルビノの近交系メダカ) に交配したところその子孫は全てクロ (野生型) となったことから、このアルビノの原因遺伝子は、ヒメダカの原因遺伝子である *b* や *i3* とは別の遺伝子であることが予測できた。そこで、本研究では、このアルビノの原因遺伝子の染色体上の位置を明らかにし、最終的にはこの遺伝子の同定を試みた。



図1 アルビノメダカの表現型
上、アルビノ個体、眼は赤い。
下、野生型、眼は黒い。

2. 研究の手法

(実験1) このアルビノの原因遺伝子の遺伝様式を明らかにするために、野生型のメダカと交配した F_1 個体 (原因遺伝子座について全て野生型とのヘテロになっており、表現型はクロ) 同士を交配した子孫を調べることで、このアルビノの表現型がメンデル遺伝するかどうかを確認した。

(実験2) キタノメダカ (*O. sakaizumii*) 由来の近交系とアルビノ個体とを交配して得た個体をアルビノ個体に戻し交配することにより、染色体の位置を特定するための交配を行なって子孫を得た。これらの子孫の表現型は、アルビノもしくは、クロとなる。それぞれの個体から DNA を抽出し、アルビノの表現型を示した 35 個体由来の DNA をプールしたものと、クロの表現型の 39 個体由来の DNA をプールしたものとをそれぞれ鋳型として M-Marker2009 を用いて遺伝子型を調べた。

3. 結果と考察

(実験1) アルビノの原因遺伝子座がヘテロになっている個体同士の交配から得られた卵のうち、1704 が孵化し、それらの表現型は、アルビノ型が 376、野生型が 1328 であった。期待値は 1:3 であることから χ^2 の値は 7.82 で ($\chi^2_{0.995}(1) = 7.88$) ありアルビノ型が少ないものの概ね 1:3 の分離比となっていることから単一遺伝子座によりこの表現型は遺伝すると考えられた。

(実験2) Pool-PCR 産物を MultiNA で分析したゲルイメージの結果から、15 番染色体のマーカーでは、野生型とアルビノ型に差があったが、他のマーカーでは差がなかったため、アルビノの原因遺伝子は、LG15 に連鎖していると考えられた (図2)。

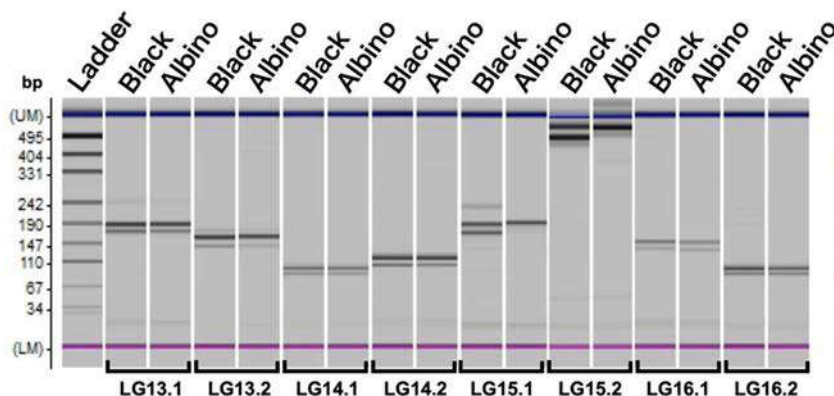


図2 Pool-PCR 産物の MultiNA ゲルイメージ
Ladder, 長さの分かっている DNA。Black, 野生型 (クロ) の Pool DNA を鋳型とした PCR 産物。Albino, アルビノ型の Pool DNA を鋳型とした PCR 産物。LG15.1 と LG15.2 のプライマーセットを用いた Pool-PCR では Black と Albino の PCR 産物に差があった。

4. 謝辞

協力いただいた宇都宮大特任技術補佐員の村上幸枝氏に感謝します。

5. 参考文献

- A Koga, H Hori. (2001) The Tol2 transposable element of the medaka fish: an active DNA-based element naturally occurring in a Vertebrate genome. *Genes Genet.Syst.* 76:1-8
- 古賀章彦. (2004) 脊椎動物のゲノムに潜む DNA 型トランスポゾン. *蛋白質 核酸 酵素.* 49: 2103-2110
- A Koga, A Iida, H Hori, A Shimada, A Shima. (2006) Vertebrate DNA Transposon as a Natural Mutator: The Medaka Fish Tol2 Element Contributes to Genetic Variation without Recognizable Traces. *Mol.Biol.Evol.* 23:1414-1419.

Identification of a novel gene responsible for albino medaka emerged from a wild population

Kyoka Matsumoto (Tochigi Girl's High School)

Norimasa Iwanami, Masaru Matsuda (Utsunomiya University)

1. Objective of this study

We have found a new albino-medaka from a wild population of *Oryzias latipes* (Fig. 1). When we crossed this individual with Himedaka or Hi3 (albino inbred medaka), all the offspring became black (wild type), so the responsible gene of this albino is different from the responsible gene of Himedaka (*b*) or albino (*i3*). In this study, we clarified the position of the responsible gene of this albino on the chromosome, and finally tried to identify this gene.



Fig. 1 Phenotype of albino medaka
An albino (upper) and wild type (lower).

2. Materials and Methods

(Experiment 1) To clarify the genetic pattern of the responsible gene for this albino phenotype, we sib-mated F₁ individuals obtained from albino x wild type mating. Then, we checked phenotypes of these offspring.

(Experiment 2) We obtained offspring by backcrossing F₁ obtained from crossing an albino with an inbred strain derived from *O. sakaizumii* with albino. The phenotype of these offspring is albino or black. We extracted DNA from each individual, and pooled DNA from 35 albino individuals, and from 39 black individuals, respectively. These pooled DNA were used as templates for PCR amplification with M-Marker 2009 for genotyping.

3. Results and Discussion

(Experiment 1) 1704 offspring from sib-mating of heterozygous hatched and their phenotypes were 376 for albino and 1328 for wild type. Since the expected ratio is 1:3, the value of χ^2 was 7.82 ($\chi^2_{0.995}(1) = 7.88$). Although the number of albino types was smaller than that of 1/3 of wild types, the segregation ratio was approximately 1:3. This indicates that the responsible gene of this albino is regulated by one gene locus.

(Experiment 2) In the gel image analyzed using MultiNA, there was a difference between the band patterns of pool-PCR amplicons of wild-type and those of the albino-type in the DNA marker of LG (chromosome) 15. Conversely, there was no difference with other markers. These facts suggested that the responsible gene of albino was linked to LG15 (Fig2).

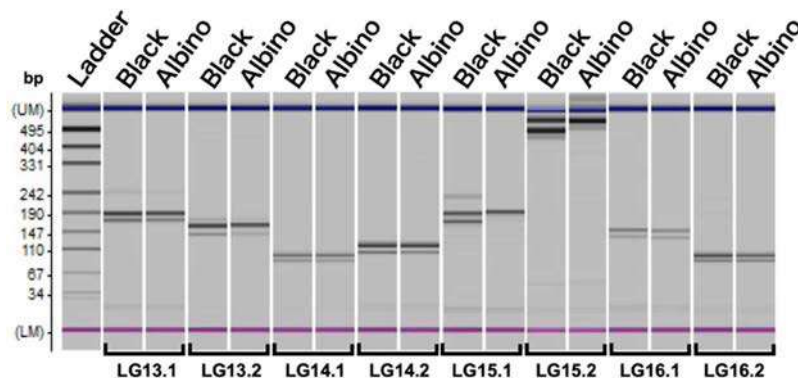


Fig. 2 Gel image of MultiNA

4. Acknowledgement

We would like to thank Ms. Sachie Murakami, a technical staff of Utsunomiya University, for her supports.

5. References

- A Koga, H Hori. (2001) The Tol2 transposable element of the medaka fish: an active DNA-based element naturally occurring in a Vertebrate genome. *Genes Genet. Syst.* 76:1-8
- 古賀章彦.(2004)脊椎動物のゲノムに潜むDNA型トランスポゾン. *蛋白質 核酸 酵素.* 49: 2103-2110
- A Koga, A Iida, H Hori, A Shimada, A Shima. (2006) Vertebrate DNA Transposon as a Natural Mutator: The Medaka Fish Tol2 Element Contributes to Genetic Variation without Recognizable Traces. *Mol. Biol. Evol.* 23:1414-1419.

微小重力下における鶏の胚の発生

川上 雄大（広島学院高等学校 2年）

西堀 正英（広島大学大学院統合生命科学研究科）

1. 研究の目的と意義

無重力環境下でのニワトリの卵の孵化を成功させることが本研究の目的である。人類は将来、地球以外の環境で生活することになるかもしれない。その際に浮かび上がる問題の一つに、食糧問題がある。重力による鶏の胚発生への影響、そして無重力環境下でニワトリの卵を孵化させる方法が分かれば、宇宙環境でのニワトリの生育が可能となり、地球外生活での食糧問題を解決するという点で、本研究は大変意義のあることである。

2. 研究の手法

白色レグホンの受精卵を用い、温度 38℃、湿度 55～65% の環境下で孵卵を行った。地球上で無重力環境を再現するために、GRAVITE を用いた。GRAVITE とは、直行二軸の周りで試料を 360° 回転させることで、1000 分の 1G（これは宇宙ステーションに相当する）の微小重力環境を作り出せる装置である。すでに 4 日目～5 日目の 24 時間 μG に曝露した卵では胚発生が停止することが明らかにされているが、その理由は明らかではない。

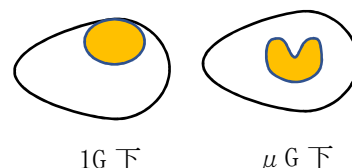


図1 1Gおよび μG における卵黄の位置のイメージ

図1のように、地球上（1G）では卵黄よりも卵白の比重が大きいため卵黄が卵白の上に浮き、卵殻と接することにより酸素やカルシウムを取り入れることができる。しかし微小重力環境下では卵黄が真ん中にとどまり、また外側の卵白に圧迫される。 μG 下での 4 日目から 5 日目の胚発生停止を、この卵白の圧迫によるものではないかと推定した。そこで受精卵 6 個を、0 日目から 4 日目まで 1G 下の孵卵器で孵卵し、4 日目に卵白を 10 g 抜いた。その卵を GRAVITE に移し 24 時間 μG 下で孵卵し、胚を観察した。また、重力の胚への影響を明らかにするため、対照実験区として、0 日目から 5 日目まで 1G で孵卵させ、4 日目の時点で μG の卵と同様に卵白を 10 g 抜いた卵の胚発生を観察した。

3. 結果と考察（図表等）

結果を表1に示した。卵白を 10g 抜くことで、4 日目～5 日目に μG 下で胚発生を継続させることに成功した。また、 μG で発生停止した3つの胚の発生段階はおおよそ 4～4.5 日目であ

	表1	卵白を10 g 抜いた卵の生存個体数		
		正常発生胚	発生停止胚	無精卵
μG		2/6	3/6	1/6
1G		0/14	10/14	4/14

あった。一方、1G 下で卵白を抜くとすべて発生が停止した。これらのことから、微小重力下では卵白が胚発生を妨げているため、卵白を抜くことで胚が生存したと推定された。 μG での胚停止は、卵白を抜く際に一緒に卵黄やカラザなど発生に必要であるものまで抜いてしまった可能性があることが考えられる。1G 下でのニワトリ胚の発生停止は、 μG と同様卵白以外のものを吸ってしまった可能性があるが、全ての胚発生が停止していることから、地球上での発生には卵白が重要であったと思われる。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なご指導をいただいた西堀正英教授、ともに研究を進めた広島学院高校の下川拓真様、および研究室の皆様にご心から感謝いたします。

5. 参考文献

岡田節人，脊椎動物の発生，培風館，1989.

Suda T. Bone research in space, Bone, 22(5): 73-78. 1998.

The development of hatching eggs under microgravity

Yudai KAWAKAMI (Hiroshima Gakuin High School 2nd Grade)

Masahide NISHIBORI (Hiroshima University)

1. Purpose of study

The goal of this research is to succeed in hatching eggs under microgravity. Our species may live in the environment except the earth. One of the most serious issues is food problem. This research is significant in that if we discover how the gravity affects the development of the embryo and how to hatch eggs under microgravity, we could breed chickens in space and solve the food shortage.

2. Research method experiment

We hatched eggs of White Leghorn at 38 Celsius in the 55-65 percent. In order to create zero gravity, we used the device called "GRAVITE", which can create 10^{-3} gravity. Previous study revealed that chicken embryos die under microgravity for 24 hours

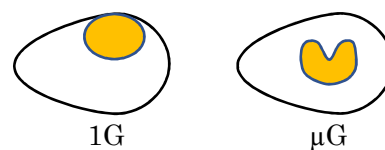


Fig1. the position of yolk under 1G and μ G

after day4, but did not discover how to survive the embryo. Described in the right figure, on the earth (1G), the specific gravity of albumen is heavier than that of the yolk. So the yolk floats on the albumen and touches the eggshell, and can get oxygen. However, under microgravity, the yolk stays in the center of the albumen and is pressed by the albumen. It is assumed that the cause of death from day4 to day5 is this press. After we hatch six eggs in the incubator from day0 to day4 under 1G, we extract 10g of albumen from them, and throw them into GRAVITE for 24 hours, and observe the embryos. As the control experiment, we observe the embryos of the eggs which are hatched under 1G for 5 days and extracted 10g of albumen in day4.

3. Result and discussion

The result is shown at Table 1.

It is successful to survive embryos under microgravity by extracting 10g of albumen. Three dead embryos were at stages of days 4-4.5. On the other hand,

(Table 1) embryos without 10g of albumen

	alive	dead	unfertilized
μ G	2/6	3/6	1/6
1G	0/14	10/14	4/14

no embryo cannot survive under 1G without 10g of albumen. It is assumed that the reason two embryos are alive is that under microgravity albumen prevents the embryo from developing. The cause of death under μ G may be that we may extract not only albumen but the necessary substances such as the yolk and chalaza. Under 1G albumen is considered important for the embryo. And it is assumed that the cause of death in control experiment is also that we may extract something besides albumen.

4. Acknowledgement

I would like to thank Mr. Nishibori, Takuma Shimokawa, his office members, who supervised me.

5. References

- Okada T, Developmental Biology of Vertebrates, Baifukan, Tokyo, 1989.
Suda T. Bone research in space, Bone, 22(5): 73-78. 1998.

凍結による線虫 *Caenorhabditis elegans* の記憶保持の検証

藤縄 悠之介 (広島学院高等学校 2年)

奥村 美紗子 (広島大学大学院統合生命科学研究科)

1. 研究の目的と意義

2015年に九州大学の広津教授らが線虫 *Caenorhabditis elegans* を用いた新たながん検診 N-NOSE を発表し、有用ながん検診の方法の一つになると期待されている。しかし N-NOSE では早期がんを発見できるが、がんの種類までは特定できない。そこで、*C. elegans* に特定のがんの匂いを覚えさせ、その記憶を長期間保持させることが出来れば、がんの種類の特など様々な方法に活用できるのではないかと考えた。*C. elegans* は凍結保存することができ、連合学習を用いると記憶を形成させることができる。そこで本研究では凍結後も記憶を保持し続けるのか検証した。

2. 研究の手法

実験1 飽食を経験した環境の塩濃度の記憶

まず先行研究¹に則り凍結していない線虫の記憶学習実験を行った。餌ありの3種類の塩濃度のプレートを用いて条件付けを行った。その後、塩に対する走行性を確認し、化学走性指数 C.I. 値を計算した。次に、条件付けした線虫を数日間凍結した後アッセイをする実験を行った。

実験2 飽食を経験した環境のベンゾアルデヒド(BA)の匂いの記憶

先行研究²に則り、凍結していない線虫を用いて幼虫期において形成される長期的な嗅覚記憶である嗅覚刷り込みに関する実験を行った。蓋に水またはベンゾアルデヒド(BA)を滴下した条件付けプレートに餌と線虫の卵を入れ、24時間放置したのち匂いを取り除き飼育した。成虫を用いて匂いに対する走行性を確認し移動指数 M.I. 値を計測した。BA 条件と水条件の M.I. 値の差である刷り込み指数 I.I. 値を計算した。次に、条件付けした線虫を数日間凍結した後、解凍後すぐに同様の実験を行った。

3. 結果と考察 (図表等)

実験1 *C. elegans* は飽食を経験した環境の塩濃度を記憶し、誘引されることが確認出来た(図1)。一方、凍結した線虫は解凍後、短時間では動き出さずアッセイを行えなかった。餌がない環境で解凍したため回復できなかったと考えている。

実験2 匂いの刷り込みを行った個体の方が BA に比較的強く誘引されたが I.I. 値は先行研究に比べずっと小さい(図2)。ま

た凍結した個体においても BA に誘引され、I.I. 値はさらに小さいが正の値になった。いずれもアッセイ時の匂いの濃度が高すぎたため速く誘引され差が小さくなったと考えている。今後匂い濃度を低くし研究を進める。

4. 謝辞

研究を行うにあたり、技術的援助・助言をいただいた井下結葵さん(広島大学)、飯野雄一博士・國友博文博士(東京大学)に心より感謝いたします。

5. 参考文献

¹Kunitomo et al. (2013) *Nature communications*. 4, 2210.

²Remy and Hobert (2005). *Science* 309 (5735), 787-790.

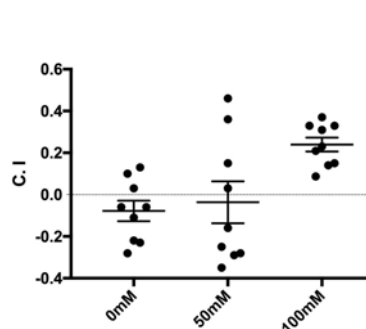


図1 実験1の結果。C.I.値は1に近いほど高濃度の塩に誘引され、-1に近いほど忌避したことを示す。

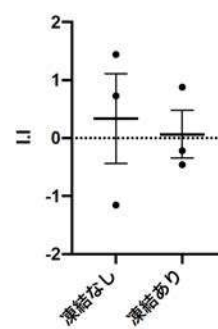


図2 実験2の結果。I.I.値は値が大きいほど条件付け時に学習した記憶が保持されていることを示す。

Memory Retention of *Caenorhabditis elegans* by Freezing

Yunosuke FUJINAWA (Hiroshima Gakuin High School 2nd Grade)

Misako OKUMURA (Hiroshima University)

1. Purpose of study

In 2015, Professor Hirotsu in Kyushu University announced a new cancer screening N-NOSE using the nematode *Caenorhabditis elegans*, which may become one of the most powerful cancer screening methods in the future. N-NOSE can find early cancer, but not the types of cancer. If we could make *C. elegans* remember the smell of particular cancer and hold the memory for a long time, we can use *C. elegans* to identify the types of cancer. *C. elegans* can be stored by cryopreservation, and associative learning can be used to form specific memories. Here, we tried to verify whether worms continue to hold the memory after freezing and thawing.

2. Research method experiment

Experiment1: Memory of salt concentration in an environment that worms have experienced satiety

First, I conducted a salt learning experiment as previously described¹. Worms were conditioned on plates of three salt concentrations with food. I performed a chemotaxis assay to the salt and calculated Chemical Index (C.I.). Next, the conditioned *C. elegans* were frozen for several days and the chemotaxis assay was performed immediately after thawing.

Experiment2: Memory of the smell of benzaldehyde during the larval stage with food

I tried olfactory imprinting, a long-lasting memory which is only formed early larval stage as previously reported². About 100 eggs of *C. elegans* and food were placed on the conditioning plates with a lid on which a drop of water or benzaldehyde (BA) was placed for 24 hours. After removing the odor, worms were raised until adult. The odorant attraction assay was performed, and the Migration Index (M.I.) and the Imprinting Index (I.I.), a difference of M.I between imprinted and naïve worms were calculated. Next, the conditioned *C. elegans* were frozen for several days and the odorant attraction assay was performed after thawing the worms.

3. Results and discussion

Experiment1: Intact *C. elegans* remembered the salt concentration of the cultured environment and attracted to the higher salt concentration (Figure 1). On the other hand, after thawing and thawing, worms did not move in a short time and it was impossible to perform the assay. Worms could not recover because they were thawed on plates without food.

Experiment2: Imprinted worms were relatively strongly attracted to benzaldehyde, but the I.I. was much smaller than those of the previous study² (Figure 2). The I.I. of the frozen worms was even smaller but became a positive value. I suppose the odorant concentration for the assay was too high to assess the difference between naïve and imprinted worms. I will improve the assay by reducing the odor concentration in the future.

4. Acknowledgement

We would like to thank Ms. Yuuki Ishita for technical support and Dr. Yuichi Iino and Hirofumi Kunitomo for their kind advice.

5. References

- ¹Kunitomo et al. (2013) *Nature communications*. 4, 2210.
- ²Remy and Hobert (2005). *Science* 309 (5735), 787-790.

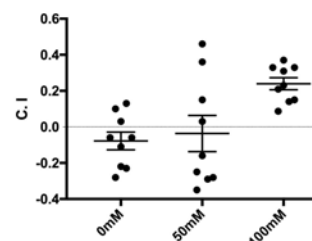


Figure 1 Chemotaxis index after conditioning with three salt concentration. Larger values indicate stronger attraction.

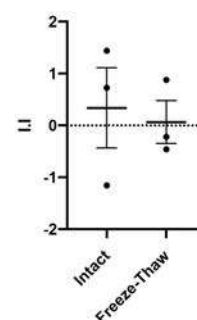


Figure 2 Imprinting Indices of intact and frozen worms. Larger value indicates the stronger olfactory imprinting.

マツタケとマツタケ菌根圏細菌との相互作用の解明

久家 諒也（埼玉県立松山高等学校 3年）

指導教員 松下 範久（東京大学大学院農学生命科学研究科）

1. 研究の目的と意義

2020年7月、我が国において古くから希少価値の高い食材であったマツタケがIUCN（国際自然保護連合）レッドリストの絶滅危惧2類（危急）に指定された。

しかし、マツタケはまだ不明な点が多く、特定の環境でないとキノコ（子実体）を形成しない。そこで、人工栽培の技術の確立やマツタケの保全に繋げることを目的として研究を計画した。

2. 研究の手法

マツタケと共生しているマツの菌根（シロ）には放線菌（*Streptomyces* 属）などの抗細菌性の抗生物質であるアミノグリコシド系抗生物質（ストレプトマイシン等）を生成する細菌が特異的に存在している。

そこで、シロの微生物とマツタケに害を与える微生物を寒天培地上で対峙させ、阻止円の有無と大きさから抗菌活性を調べ、その微生物の同定を遺伝子解析によって行う。また、マツタケに対する抗菌活性と、生体試料の定量解析から抗生物質の解析も行い、菌根圏細菌とマツタケの因果関係を更に明らかにする。

図1 マツタケのシロ⁽¹⁾

3. 結果と考察（図表等）

本研究を行うには専門の研究設備を必要とするため、大学の立ち入りが困難であった関係上、十分な実験は行えなかった。しかし、過去の研究では放線菌の株の違いによってマツタケへの負担に大きな差が見られた⁽²⁾、多犯性の高い植物の土壌病原菌に対して広い抗菌活性を持つ *Bacillus* 属の細菌が植物の根圏に存在していた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

また、マツタケが減少している理由として、里山の土壌の肥沃化が原因であるとも考えられている⁽⁶⁾。

図2 土壌病原菌への阻止円⁽⁵⁾

そのため、マツタケの栽培に最適な環境を作るには、菌根菌が適度に活動できる程度に養分の不足した環境を設定し、シロを広範囲に張り巡らせていく方法を模索する必要がある。そして、マツタケに悪影響を与えている要素を取り除く、または、シロの微生物を別のものに置き換えてより良い環境をつくり、人工栽培を試みる。

4. 謝辞

指導教員の松下准教授をはじめとした各関係者の方々に厚く感謝を申し上げます。

5. 参考文献

- 1) マツタケ人工栽培技術開発に向けた研究森林総合研究所研究報告
- 2) Bioactive properties of streptomyces may affect the dominance of *Tricholoma matsutake* in shiro, Symbiosis (2020)
- 3) マツタケの「シロ」と微生物, 林産試だより 2011年12月号
- 4) 抗細菌性及び抗真菌性 *Bacillus* の遺伝子解析, 埼玉大学 HiGEPS Advanced Course Research Report In 2020
- 5) 多目的に利用可能な微生物殺菌剤, 埼玉県立松山高等学校生物部
- 6) 松林と菌根菌 財団法人日本緑化センター刊 グリーン・ページ 第32巻第3号

Interaction between *Tricholoma matsutake* and Mycorrhizobacteria

Ryoya Kuge (Saitama Prefectural Matsuyama High School 3rd grade)

Norihisa Matsushita (Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo)

1. Purpose of study

In July 2020, *Tricholoma matsutake* (Matsutake mushroom) which has been a rare ingredient in Japan for a long time, was designated as an endangered species 2 on the IUCN Red List. However, there are still many unclear points about Matsutake mushrooms. For example, mushrooms do not form unless they are in a specific environment. Therefore, we planned a study aimed at establishing artificial cultivation technology and preserving Matsutake mushrooms.

2. Method

Actinomycetes that produce aminoglycoside antibiotics, which are antibacterial (*Streptomyces* genus), are specifically present in the mycorrhizal roots (Shiro) of pine that coexist with Matsutake mushrooms.

Therefore, the microorganisms in the mycorrhizosphere of pine and the microorganisms that are harmful to Matsutake mushrooms are confronted on an agar medium, and the antibacterial activity is examined from the presence and size of the Zone of inhibition. Then, the microorganisms is identified by genetic analysis.

I want to do the further clarify the causal relationship between Rhizobacteria and Matsutake mushrooms.

3. Results and discussion

Specialized research equipment is required to carry out this research, it was difficult to go the university now, so sufficient experiments could not be conducted.

However, past studies have shown that different strains of actinomycetes have significantly different burdens on Matsutake. And *Bacillus* bacteria, which have broad antibacterial activity against soil pathogens in highly prone plants. It existed in the rhizosphere of the plant. In addition, the reason for the decrease in Matsutake mushrooms is due to the fertility of the soil in the forest. Then we must remove the elements that have an adverse effect on Matsutake mushrooms, or replace the microorganisms in the rhizosphere (Shiro) with another one to create a better environment and try artificial cultivation.

4. Acknowledgement

I am grateful to prof Matsushita and members of Institute of Industrial Science, the University of Tokyo for their kind support.



Fig.1 Shiro of *Tricholoma Matsutake*



Fig.2 Zone of inhibition against soil pathogens.

キダイ（レンコダイ）の腸内細菌について

中崎 宏哉（大阪明星高校 2年）

1. 研究の目的と意義

魚の病原菌を不活性化させる物質（抗菌物質）を出す「さかなの腸内細菌」を発見して、物質の特定を行い、魚の病気を治す薬をつくり、養殖や飼育に役立てること

2. 研究の手法

〈キダイの腸内細菌の単離〉

キダイ（レンコダイ）*Dentex tumifrons*の消化管を取り出し、消化管内容物をZoBell液体培地で希釈した。次に、ZoBell寒天培地に消化管内容物の希釈液をディスポーループで全体に均一に塗り、30℃のインキュベーター内で培養した。

なお、ZoBell培地は海洋細菌を培養する際によく用いられる非選択培地である。

コロニーが確認できた腸内細菌は、目視でコロニーの色と形が違うものを別種とした。

また、16S rDNA領域の塩基配列で種の同定を行った。

〈バクテリアバトル〉

バクテリアバトルとは、我々が発案した混合培養方法で、2種類の細菌を同じ培地上に重ねて塗り、重なった部分の半分以上の面積を占めた細菌の勝ちとする方法である。キダイから単離できた3種類の細菌で、このバクテリアバトルをおこなった。

3. 結果と考察

〈キダイの腸内細菌の単離〉

オレンジ色・丸形、黄色・丸形、白色・丸形の3種類のコロニーを肉眼で確認できた。遺伝子解析の結果から、オレンジ色・丸形のコロニーの細菌は*Brevibacterium* sp.、黄色・丸形のコロニーの細菌は*Brachybacterium* sp.、白色・丸形のコロニーの細菌は*Microbacterium* sp.であった。

〈バクテリアバトル〉

オレンジ色の*Brevibacterium* sp.が、他の2種の細菌よりも勝ちが多かった。さらに、オレンジ色が濃くなるにしたがい、勝ち数が増加した。これらのことから、*Brevibacterium* sp.が合成しているオレンジ色の色素が抗菌物質である可能性が高いと考えられる。

4. 謝辞

本研究を行うにあたり、長浜バイオ大学バイオサイエンス学部の長谷川慎先生には多くの助言をいただきました。また、キダイから単離した腸内細菌の遺伝子解析は長浜バイオ大学バイオサイエンス学部長谷川研究室の学生のみなさんに行ってもらいました。

5. 参考文献

- ・ Eun Ju Choi et al. 2009 6-Hydroxymethyl-1-phenazine-carboxamide and 1,6-phenazinedimethanol from a marine bacterium, *Brevibacterium* sp. KMD 003, associated with marine purple vase sponge (The Journal of Antibiotics)
- ・ Vennam Srilekha et al. 2017 Antibacterial and anti-inflammatory activities of marine *Brevibacterium* sp. (Research in Pharmaceutical Sciences)

Bacteria in the intestine of yellowback seabream, *Dentex tumifrons*

Hiroya Nakazaki (Meisei high school 2nd grade)

1. Purpose of the study

To discover "bacteria in the intestine of fish" that produce a substance (antibacterial substance) inactivating pathogens in fish, and identify the substance for drug development to cure the fish disease, and use them for culture and breeding of fish.

2. Methods

〈Isolation of bacteria in the intestine of yellowback seabream〉

I took out the gastrointestinal tract of yellowback seabream, and diluted gastrointestinal contents in the ZoBell liquid medium. Then, I spread the gastrointestinal content to ZoBell agar medium with a disposable loop, cultured it in an incubator at 30 degrees Celsius. ZoBell medium is a commonly used non-selective medium when marine bacteria are cultured.

When I was able to confirm a colony, I distinguished different kinds of bacteria from color and shape of the colony by viewing. I identified the kind with the nucleotide sequences of the 16S rDNA domain.

〈Bacterial battle〉

Bacterial battle is a mixed culture method that we devised. Two kinds of bacteria were applied on the same medium, and the bacterium that occupy more than half the area of the overlapped part wins.

Bacterial battle was carried out with three kinds of bacteria isolated from yellowback seabream.

3. Results and discussion

〈Isolation of bacteria in the intestine of yellowback seabream〉

Three kinds of colonies ; orange • round, yellow • round, and white • round, could be confirmed with eyes. From a result of 3 gene analysis, as for the bacteria of the colony of round shape with orange were *Brevibacterium sp.*, the ones of the colony of round shape with yellow were *Brachybacterium sp.*, and the ones of the colony of round shape with white were *Microbacterium sp.*

〈Bacteria battle〉

Brevibacterium sp. tended to win than other two bacteria. Furthermore, the number of the victories increased as orange color got darker. From these things, it is thought that the orange pigment that *Brevibacterium sp.* composes is more likely to be an antibacterial substance.

4. Acknowledgements

Makoto Hasegawa, teacher of Nagahama Institute of Bio-Science and Technology bioscience department gave much advice to me on performing this study. In addition, I had students of hasegawa laboratory perform the isolated enterobacterial gene analysis from *Dentex tumifrons*.

5. References

- Eun Ju Choi *et al.* 2009 6-Hydroxymethyl-1-phenazine-carboxamide and 1,6-phenazinedimethanol from a marine bacterium, *Brevibacterium sp.* KMD 003, associated with marine purple vase sponge (The Journal of Antibiotics)
- Vennam Srilekha *et al.* 2017 Antibacterial and anti-inflammatory activities of marine *Brevibacterium sp.* (Research in Pharmaceutical Sciences)

バイオマス発電に適する木材の種類の研究

上竹 聡雅（埼玉県立豊岡高等学校 3年）

小竹 敬久（埼玉大学大学院理工学研究科）

1. 研究の目的と意義

近年の大型台風をきっかけに、森林の手入れがされていないことが大きな社会問題となっている。適切に間伐されず放置されて利用されていない豊富な森林資源が日本にはあり、これをどうにかして利用したいと考えた。本研究は、発電所から遠く送電システムを整えるのに莫大な費用や労力を要するような場所で、より簡素な方法でバイオエタノールを生成することを目的とする。運搬などに余分なエネルギーを使わない地産地消ができる材料の中で、より効率的にグルコースに分解できる材料を選定するために当研究を行った。

2. 研究の手法

クリ、ヒノキ、スギ、サワラ、アカマツ、シデ、サクラ、シイ、ケヤキ、クヌギの10種類の木材をヤスリでそれぞれ粉末状にして、それぞれ試験管に入れた。オオヒラタケの菌糸をビーカーに入れ、そこに水を入れて酵素を溶かし出した。その水溶液を不織紙でろ過し酵素抽出液とした。この酵素抽出液を粉末状にした木材の入った試験管に入れ、中身が均一になるように混ぜた後、酵素を24時間作用させ、木材のセルロースを分解した。遠心分離にかけ、グルコースが含まれる上澄みを回収し、水溶液を薄層クロマトグラフィー(TLC)にかけ、硫酸を吹きつけることで糖を検出した。また、それぞれ、取れた糖を酵母で発酵させ、蒸留したのちに火をつけた。

3. 結果と考察

グルコースが多い順に

- | | |
|--------|---------|
| 1位 ヒノキ | 6位 アカマツ |
| 2位 サクラ | 7位 サワラ |
| 3位 スギ | 8位 ケヤキ |
| 4位 シデ | 9位 クヌギ |
| 5位 クリ | 10位 シイ |



図1、薄層クロマトグラフィーの結果



ヒノキから精製したエタノールが燃焼するのを観察し、この研究でバイオエタノールが合成されたことを確認できた。ヒノキは殺菌作用の強い木材であることが知られているので、他の木材に比べてバクテリア酵素で分解されにくいと考えていた。しかし、ブドウ糖の量はヒノキで最も高かった。この結果は、強い臭気を発する物質が少なくともセルラーゼによるセルロースの分解を阻害しないことを示唆している。また、検出されたブドウ糖は、実験に使用された木粉の量よりもはるかに少ないことに気づいた。これは、ヒノキでもほとんどのセルロースが分解されていないことを意味する。バイオエタノール生産のためにより多くのブドウ糖を得るには、酵素源の改善と木粉の前処理が必要である。そのため、今回はカワラタケなどの木材腐朽菌と木材の前処理を試してみたい。

4. 謝辞

本研究にあたり、小竹敬久教授、小竹研究室の皆様、埼玉大学 HiGEPS の皆様をはじめ、多くの方々にご協力を賜りました。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

5. 参考文献

図解バイオエタノール製造技術 社会法人アルコール協会編 工業調査会(2007)

Study on Type of wood suitable for biomass power generation

Soma Uetake (Toyooka High School 3rd grade)

Toshihisa Kotake (Saitama University)

1. Purpose of the study

Due to recent typhoons, lack of forest maintenance has been recognized as a major social problem. Japan has abundant forest resources that have not been properly utilized. I wanted to make use of them somehow. The purpose of this study is to find a way to produce bioethanol from the forest in a simple way far away from the power plant, avoiding the enormous cost and effort of conversion and transportation. As the first step for local consumption of such wood materials as bioenergy, an experiment was conducted to select wood materials that can efficiently be converted to glucose.

2. Methods

Ten types of wood materials, kuri, hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), sugi, sawara, akamatu, shide, sakura, shii, keyaki, and kunugi (these materials are shown below in this order), were pulverized into powder with a file. To extract cellulases, Oohiratake (*Pleurotus ostreatus*) hyphae were suspended in water. The aqueous solution was filtered through a non-woven fabric to obtain an enzyme solution. Wood powder was mixed with the enzyme solution in a test tube and incubated for 24 hours. After centrifugation, the supernatant including glucose was subjected to thin layer chromatography (TLC). Glucose was detected with sulfuric acid. Ethanol was synthesized from the reaction solution by yeast and concentrated by distillation.

3. Results and discussions

Ranking of detected glucose amount.

1st	Hinoki (9)	6th	Akamatu (5)
2nd	Sakura (7)	7th	Sawara (4)
3rd	Sugi (3)	8th	Keyaki (2)
4th	Shide (6)	9th	Kunugi(10)
5th	Kuri (1)	10th	Shii (8)



TLC results



I observed that the concentrated ethanol burned, confirming that bioethanol was synthesized in this study. I had assumed that hinoki cellulose cannot easily be degraded by bacterial enzymes compared with other wood, because hinoki is known to have substances with strong bactericidal effect. However, the amount of glucose was the highest in hinoki. This result suggests that substances causing strong odor in trees do not necessarily inhibit degradation of cellulose by cellulases. I also realized that detected glucose was much less than the amount of wood powder used for the experiment. This means that most of cellulose remained undegraded even in hinoki. To obtain more glucose for bioethanol production, improvements in enzyme source and pre-treatment of wood powder are necessary. Therefore, next time I would like to try this experiment with another wood-rotting fungus such as *Trametes versicolor* and pre-treatment of wood materials.

4. Acknowledgments The research is supported by HiGEPS in Saitama University. I thank lab members in Prof. T. Kotake's lab for assistance with my experiments.

5. References Illustrated bioethanol production technology Social Corporation Alcohol Association Industrial Research Committee [2007].

緑茶溶出液と茶殻の栄養成分の分析および茶殻の活用法の検討

山田茉莉衣（静岡雙葉高等学校 2 年）

担当教員：一家崇志（静岡大学農学部）

1. 研究の目的と意義

茶はカテキン類やカフェイン、テアニンなどの機能性成分が豊富に含まれていることから、健康機能性の高い飲料として知られており、茶の需要は国内外を問わず増加している。その一方で、茶の需要の増加に伴い、茶抽出後に残る茶殻の量も増加するため、茶殻の有効利用法の検討が必要とされている。この問題に対し、茶飲料を販売する大手メーカーでは、茶殻を堆肥として利活用することを試みているが、その一方で廃棄されているケースもある。この現状を踏まえ、堆肥化以上の有効な利活用法、例えば食用としての再利用を確立できれば、資源循環型社会の達成に貢献できると考えた。昨年度の研究により、茶殻中には茶に豊富に含まれる抗菌作用などを持つ機能性成分であるカテキン類が大部分残留していることを明らかにした。そこで本研究では、カテキン類に着目し、茶葉からの溶出効率の向上と茶殻の有効利用法の確立を目的とした。

2. 研究の手法

静岡県産の深蒸し煎茶を用いて、溶出液および茶殻中の化学成分を調査した。まず、溶出方法の違いによるカテキン類溶出量の変化を明らかにするため、様々な温度（4, 70, 100 °C）、抽出回数（1 煎目 70°C→2 煎目 100°C, 1 煎目 100°C→2 煎目 100°C）条件を設定し、得られた溶出液のカテキン類含量（7 種）を高速液体クロマトグラフィーにより定量した。次に、抽出溶媒としてエタノールを用い、エタノール濃度（0, 20, 40%）で 24 時間（25 °C）、またはエタノール濃度（0, 10, 30%）で抽出時間 1, 5, 10 min（4 °C）の条件を設定し、上述と同様に溶出液のカテキン類を定量した。最後に、1 煎目水溶出後の茶殻について、乾燥方法の違いがカテキン類含量に与える影響を調査するため、4 種類の乾燥方法（凍結乾燥・天日干し・陰干し・乾煎り）で加工した。サンプルを微粉碎後、50%アセトニトリルを用いて抽出し、同様にカテキン類を定量した。

3. 結果と考察

溶出温度の上昇に伴いカテキン類溶出量は増加するが、溶出回数では、1 煎目の溶出温度に関係なく、2 煎目までに溶出するカテキン類総量はほぼ等しいことを明らかにした。煎茶を利用したアルコール飲料を想定し、抽出溶媒としてエタノールを用いたところ、長時間の抽出ではエタノールで溶出量が増加したが、抽出に用いるエタノール濃度によるカテキン類抽出量に差は見られなかった。乾煎りした茶殻は、凍結乾燥した茶殻に比べカテキン類含量が低下した。一方、天日干しや陰干しによる乾燥ではカテキン類含量が保持され、これらの手法が茶殻の乾燥方法として好適である可能性が示された。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導をいただいた静岡大学農学部の一家崇志准教授、植物機能生理学研究室の TA の皆様、FSS 事務局の皆様にご心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

- ・お茶の科学, 大森正司, 講談社, 2017
- ・煎茶の浸出条件と可溶成分との関係, 池田重美ら, 茶業研究報告, 37, 69-78, 1972
- ・茶主要成分の茶浸出液への溶出特性, 堀江秀樹ら, 茶業研究報告, 91, 29-33, 2001
- ・茶の入れ方と化学成分の溶出量との関係, 下徳敏雄ら, 茶業研究報告, 55, 43-50, 1982

Analysis of Nutritional Components of Green Tea Extract and Used Tea Leaves, and Investigation of Utilization of Used Tea Leaves

Marii Yamada (Shizuoka Futaba high school 2nd Grade)

Supervisor: Takashi IKKA (Faculty of Agriculture, Shizuoka University)

1. Purpose of the study

Tea is known as a healthy beverage because it has functional components such as catechins, caffeine, and theanine. The amount of used tea leaves is also increasing with the consumption of tea is increasing all over the world. Therefore, it is necessary to consider the effective utilization of used tea leaves. Major tea manufacturers are trying to use tea shells as compost, but in some cases, they have been discarded. To establish an effective utilization method, for example, reuse as food will contribute to the achievement of a resource-recycling society. Previous studies have shown that most of the catechins, which are functional compounds, remain in the tea leaves. In this study, we focused on catechins to improve the efficiency of their elution from tea leaves and to establish an effective method for their utilization.

2. Method

The chemical composition of the eluate and the use of tea leaves of deep-steamed tea made from Shizuoka was investigated. To clarify the changes in the extracts of catechins, the contents of seven catechins in the eluates obtained by different elution methods were determined by high-performance liquid chromatography. Next, ethanol was used as the extraction solvent, and the catechins in the eluate were determined as described above by changing the concentration of ethanol and extraction time. To determine the influence of different drying methods on the catechin content, the catechin content of the samples with four drying methods (freeze-drying, sun-drying, shade-drying, and dry-roasting) were analyzed.

3. Results and discussion

Although the amount of catechins eluted increased with increasing elution temperature, the total amount of catechins eluted by the second infusion was almost the same regardless of the elution temperature of the first infusion. In ethanol extraction, although the amount of catechins eluted increased over a long period of time, there was no difference in the amount of catechins extracted depending on the extraction concentration. Dry roasting reduced the catechin content compared to freeze-drying, sun-drying, and shade-drying, suggesting that the unheated drying method might be suitable for the protection of catechins.

4. Acknowledgement

Thank Assoc. Prof. Takashi IKKA, from Shizuoka University for received guidance. Thank TAs in a Plant Functional Physiology Lab. and FSS secretariat for supporting this research.

5. References

- The Science of Tea, Masaji Omori, Kodansha, (2017)
Ikeda et al., Relation between Infusing Condition of Green Tea and Soluble Component, Tea Res. J. 37, 69-78 (1997)
Horie et al., Elution of Major Tea Components in Tea Infusion. Tea Res. J. 91, 29-33 (2001)
Shimotoku et al., Relation between Amounts of Some Ingredients Extracted from Green Tea and brewing Conditions. Tea Res. J. 55, 43-50 (1982)

突然変異を抑制する物質の探索

佐藤 綺海、柴田 理央 (秋田県立秋田高等学校)
遠藤 金吾 (秋田県立秋田高等学校・教諭)

1. 目的と意義

秋田県は食道がん、胃がん、大腸がんでの死亡率が全国 1 位～6 位である¹⁾。がんは過剰に増殖した細胞集団が発生することに端を発する疾患であり、その一因としてがん原遺伝子とがん抑制遺伝子での突然変異の蓄積が知られている。突然変異は塩基置換や塩基の欠失、挿入である遺伝子突然変異と染色体の数や構造の変化である染色体突然変異に分類される。これらを抑制する物質(抗変異原物質)を探索する研究を我々は行ってきた。遺伝子突然変異については、酸化ストレスによる遺伝子突然変異を抑制する物質としてレモンガラス由来の香料シトラール(Fig.1)を発見した²⁾。本研究では、この効果はシトラールのどの構造に起因するのかを明らかにすることと、染色体突然変異の中でも数の変化を抑制する物質の探索を行うことを目的とした。

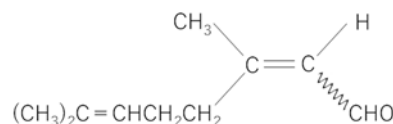


Fig.1: シトラール (cis-, trans-混合物) の構造式

2. 研究の手法

遺伝子突然変異の検出には一倍体出芽酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)を、染色体突然変異の検出には二倍体出芽酵母を用いた。液体培養した出芽酵母に変異原物質である過酸化水素³⁾やノコダゾール、および抗変異原物質の候補物質を加えて 30℃で 3hr 培養し、出芽酵母の生育を阻害するカナバニンを含む培地に撒いた。2～3 日後にカナバニン耐性に突然変異が起こった出芽酵母のみが生育してくることを観察して突然変異頻度を算出した⁴⁾。

3. 結果と考察

遺伝子突然変異については、シトラールと共通した構造を持つ物質では *trans*-クロトンアルデヒド(Fig.2B)によって酸化ストレスによる遺伝子突然変異は抑制され、アクロレイン、*trans*-2-ペンテナール、*trans,cis*-2,6-ノナジエナール、*trans*-シナムアルデヒドでは抑制されなかった(Fig.2ACDE)。よって、酸化ストレスによる遺伝子突然変異の抑制にはシトラールの 3 位のメチル基も必要であることが明らかになった。染色体突然変異については、紡錘糸の形成を阻害するノコダゾールを 15 μg/mL で 3hr 処理した場合、染色体の数の変化の 1 つである染色体喪失が効率的に検出できた。今後、ノコダゾールの効果を抑制する物質を探索していく。

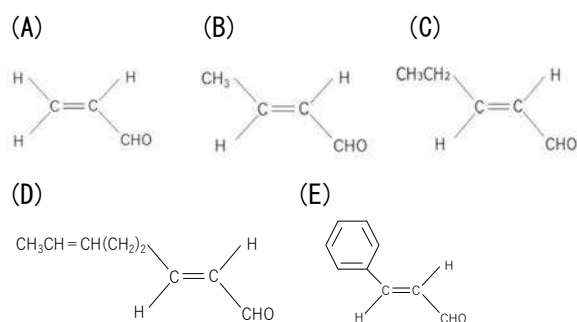


Fig. 2 (A): アクロレインの構造式
(B): *trans*-クロトンアルデヒドの構造式
(C): *trans*-2-ペンテナールの構造式
(D): *trans, cis*-2, 6-ノナジエナールの構造式
(E): *trans*-シナムアルデヒドの構造式

4. 謝辞

本研究に際して、様々なご指導を頂きました東北大学 探求型「科学者の卵養成講座」メンターの皆様および関係者の皆様からのご支援に心から感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) 国立がん研究センターがん情報サービス都道府県別 75 歳未満年齢調整死亡率;2016 年
- 2) 櫻田洸介, 畠山千晴, 田中美月, 東海林絢. 突然変異抑制効果を持つ物質の探索. 第 41 回全国高等学校総合文化祭(2017 みやぎ総文)自然化学部門要旨集;2017;p180-181.
- 3) Droge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev.*;2002;82(1):p47-95.
- 4) Ohnishi G, Endo K, Doi A, Fujita A, Daigaku Y, Nunoshiba T, Yamamoto K. Spontaneous mutagenesis in haploid and diploid *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004 Dec 17;325(3):928-33.

Search for substances that inhibit mutations

Ayami Sato (Akita High School 3rd grade), Rio Shibata (Akita High School 2nd grade)
Supervising Teacher: Kingo Endo

1. Purpose of the study

In Akita prefecture, where we live, it has been a troubling problem that the cancer mortality rates are high in Japan¹⁾. Cancer is a disease that originates from the occurrence of excessive cell proliferation by abnormal cell cycle, and one of the causes is the accumulation of mutated proto-oncogenes and mutated tumor suppressor genes. Mutations are classified into two groups; (1) gene mutation including base substitution, deletion of base, and insertion of base, and (2) chromosomal mutation, which is the change in its structure or the number of chromosomes. We have been conducting research to search for substances that inhibit those mutations. Regarding the gene mutation, we discovered citral, which is a perfume derived from lemongrass, and which suppresses gene mutations due to oxidative stress²⁾. In this study, we aimed to reveal the structures and the mechanism of citral that provide this effect and to search for substances that inhibit changes in numbers among chromosomal mutations.

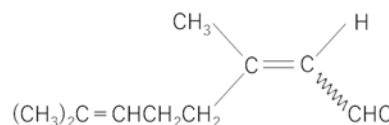


Fig.1: structural formula of citral (*cis*- and *trans*- mixture)

2. Method

We use haploid budding yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) for detecting gene mutations, while we use diploid budding yeasts for detecting chromosome mutations. Mutagens such as hydrogen peroxide³⁾, nocodazole, and candidates for anti-mutagen materials are added to liquid-cultured budding yeasts, and these culture media are cultivated for 3 hours at 30 °C. After that, each of them is plated on a medium containing canavanine that inhibits the growth of budding yeasts. Two or three days later, we calculate mutation frequencies by observing that only budding yeasts with mutations in canavanine resistance grew on the plates⁴⁾.

3. Result and discussion

Regarding gene mutations, in substances having a structure common to citral *trans*-crotonaldehyde inhibits gene mutations caused by oxidative stress, but acrolein, *trans*-2-pentenal, *trans,cis*-2,6-nonadienal, *trans*-cinnamaldehyde do not inhibit.

Therefore, it was clarified that the 3-position methyl group of citral is also necessary to suppress gene mutations caused by oxidative stress. Regarding chromosomal mutations, when

nocodazole, which inhibits the formation of spindle fiber, was treated with 3 hr at 15 µg/mL, chromosomal loss, which is one of the changes in the number of chromosomes, could be detected efficiently. In future, we will search substances that inhibit the effects of nocodazole.

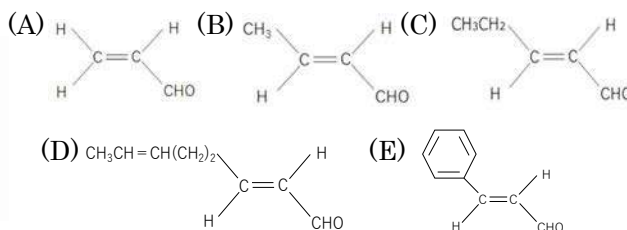


Fig.2(A): structural formula of acrolein
(B): structural formula of *trans*-crotonaldehyde
(C): structural formula of *trans*-2-pentenal
(D): structural formula of *trans,cis*-2,6-nonadienal
(E): structural formula of *trans*-cinnamaldehyde

4. Acknowledgement

We would like to thank every mentor and all the people involved in EGGS, Tohoku University.

5. References

- 1) 国立がん研究センターがん情報サービス都道府県別 75 歳未満年齢調整死亡率;2016 年
- 2) 櫻田洸介, 畠山千晴, 田中美月, 東海林紬. 突然変異抑制効果を持つ物質の探索. 第 41 回全国高等学校総合文化祭(2017 みやぎ総文) 自然化学部門要旨集;2017;p180-181.
- 3) Droge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev.*;2002;82(1):p47-95.
- 4) Ohnishi G, Endo K, Doi A, Fujita A, Daigaku Y, Nunoshiba T, Yamamoto K. Spontaneous mutagenesis in haploid and diploid *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem Biophys Res Commun.* 2004 Dec 17;325(3):928-33.

ガーナの HIV-1 感染者における HLA 関連アミノ酸変異体の系統発生ベースの感染動態

黒谷 ケイト (東京都立国際高等学校 3年)

椎野 禎一郎 (国立感染症研究所)

1. 研究の目的と意義

細胞傷害性 T リンパ球 (CTL) によって及ぼされる進化圧は、ヒト白血球抗原 (HLA) 変異体に関連するウイルスエスケープ変異を引き起こす。感染者の HLA ハプロタイプは HIV 感染系統の間で異なるため、ウイルスは代償を払って各々の HLA に対して適応する必要がある。90-90-90 の目標がまだ達成されていない西アフリカで、我々は抗レトロウイルス治療 (ART) の影響を受けなかったウイルス-CTL 相互作用の多くのケースを取得している。以前の研究では、gag 遺伝子の 13 部位でガーナコホートの HLA 関連 CRF02_AG 変異体を報告した。HIV-1 CRF02_AG 感染者の HLA ジェノタイピングと組み合わせた系統発生ベースの伝播クラスタ分析は、CTL ベースのワクチンの有効性の評価に役立つ可能性がある。

2. 研究の手法

2013 年から 2015 年にかけて、ガーナのコフォリドゥア地域病院での自主的なカウンセリングとテストを通じて、女性 281 人、男性 108 人、ART 未経験者 1 人から血漿サンプルが採取された。HLA-A、-B、および -C 遺伝子型は、長距離 PCR 増幅を使用した次世代シーケンシングによって決定された。Gag および vif 遺伝子のヌクレオチド配列は血漿ウイルス RNA から得られた。系統発生的推論およびその他の進化的分析は、MAGI10 および BEAST1 をそれぞれ使用し、最尤法およびベイズマルコフ連鎖モンテカルロ法によって実施された。

3. 結果と考察

患者の gag および vif 系統発生により、316 (81.0%) が CRF02_AG に感染し、サブタイプ A1 (10.0%)、CRF06_cpx (4.6%)、および G (1.5%) が感染したことが明らかになった。ガーナの CRF02_AG とサブタイプ A1 で、それぞれ 27 と 5 の系統発生ベースの伝達クラスタを特定した。クラスタ内の伝達リンク中に、以前の研究で検出された 19gag および 13vif サイトの HLA 関連アミノ酸変異体が、主に新たに感染した宿主の HLA 遺伝子型に従って選択されていることが明らかになった。急性期の個体からなるクラスタは、gag-R91K と G357S を除き、CTL に対する関連アミノ酸部位応答を示さなかった。

今回の結果は、HIV が感染後のある時点で宿主 HLA 遺伝子型に適応した CTL エピトープを獲得することが多いことを示した。エピトープ内のいくつかの HIV 部位のより速い応答は、HLA 関連部位が CTL エスケープの文脈で優先される可能性があることを示している。効果的な CTL ベースのワクチンの開発には、HLA-ウイルス遺伝子部位の相互作用の選択状況の詳細を理解することが必要である。

4. 謝辞

国立感染症研究所エイズ研究センターの椎野 禎一郎先生をはじめ、同研究センターの俣野 哲郎先生、プリンス・コフィ・パービー様に多大なご指導を賜り、厚く感謝申し上げます。

5. 参考文献

Mildred et al., Jpn. J. Infect. Dis. 2019 72(6): 374-380

Phylogeny-based Transmission Dynamics of HLA-associated Amino Acid Variants in HIV-1 Infected Individuals in Ghana

Kate Kurotani (Tokyo Metropolitan Kokusai High School, 3rd grade)

Teiichiro Shiino (National Institute of Infectious Diseases)

1. Purpose of the Study

Suppressive pressure exerted by cytotoxic T lymphocytes (CTLs) leads to viral escape mutations, which are associated with human leukocyte antigen (HLA) variants. As the HLA haplotype of each person differs during an HIV transmission lineage, the virus must adapt, at a cost. In West Africa, where the 90-90-90 target is yet to be met, we could obtain many cases of virus-CTL interactions that were not affected by anti-retrovirus treatment (ART). In a previous study, we reported HLA-associated CRF02_AG variants in our Ghana cohort at 13 sites in the *gag* gene. The phylogenetic-based transmission analysis combined with HLA genotyping of HIV-1 CRF02_AG infected persons may help assess the effectiveness of CTL-based vaccines in the future.

2. Method

From 2013–2015, plasma samples were obtained from 281 females, 108 males and 1 unknown of ART-naïve individuals through voluntary counseling and testing at the Koforidua Regional Hospital, Ghana. HLA-A, -B, and -C genotypes were determined by next generation sequencing with long-range PCR amplification. Nucleotide sequences of the *gag* and *vif* genes were obtained from plasma viral RNA. Phylogenetic inference and other evolutionary analyses were conducted by maximum likelihood and Bayesian Markov chain Monte Carlo methods using MAGA10 and BEAST1, respectively.

3. Result and Discussion

The *gag* and *vif* phylogenies of the patients revealed that 316 (81.0%) were infected with CRF02_AG, followed by subtypes A1 (10.0%), CRF06_cpx (4.6%), and G (1.5%). We identified 27 and 5 phylogenetic-based transmission clusters in Ghanaian CRF02_AG and subtype A1, respectively. During the transmission links in the clusters, HLA-associated amino acid variants in 19 *gag* and 13 *vif* sites detected in our previous study were primarily selected according to the HLA genotype of the newly infected host. However, a cluster consisting of acute phase individuals showed no associated amino acid site responses to CTLs except for *gag*-R91K and G357S.

Our results demonstrated that HIV mostly acquires a CTL epitope adapted to the host HLA genotypes sometime after transmission. The quicker response of some HIV sites in the epitopes may indicate that HLA-associated sites may have priority in the context of CTL escape. Understanding the details of the selection landscape of HLA-viral gene site interactions is necessary for the development of an effective CTL-based vaccine.

4. Acknowledgment

I sincerely thank Professor Teiichiro Shiino, Professor Tetsuro Matano, and Mr. Prince Kofi Parbie for their guidance and unwavering support throughout my research. I would also like to thank all the researchers at the National Institute of Infectious diseases for their kind assistance.

5. References

Mildred et al., Jpn. J. Infect. Dis. 2019 72(6): 374-380

慢性的なストレスからの自発的な回復におけるアストロサイトの関与の解明

光主真子（桜蔭高等学校 2 年）

担当教員：毛内弘先生（お茶の水女子大学理学部生物学科）

1. 研究の目的と意義

脳細胞の一種であるアストロサイトは、脳内環境を一定に保ち、脳の健康を守り支えている。一方、ストレス等の要因によって脳内環境が維持できなくなると、うつ病をはじめとした気分障害が生じる。これまでうつ病とアストロサイトの関係が断片的に報告されてきたが[文献 1-3]、ストレスに対する耐性やうつ状態からの回復におけるアストロサイトの関与については明らかになっていない。本研究では、マウスを用いてアストロサイトの機能に介入することで、慢性的なストレスからの自発的な回復におけるアストロサイトの関与を明らかにする。アストロサイトは、神経と脳血管の間に位置し、双方と接触を持っているため、治療や創薬の作用点として標的となることが期待される。

2. 研究の手法

従来の研究で作成されてきたうつモデル動物は、急激に逃避不可能な状況に置かれているため、運動機能に回復不能なダメージを負う可能性が高い。本研究では、マウスに回復可能な微弱なストレスを与えた後、通常の飼育環境に戻すことでストレスからの回復過程を観察した。微弱なストレスとして、マウスの飼育ケージを予期できないタイミングで振とうする「地震モデル」を考案した（図 1a）。さらに、マウスがストレス状態から自発的に回復する際のアストロサイトの関与を明らかにするため、アストロサイト機能を遺伝的に抑制した遺伝子改変マウス（2 型イノシトール三リン酸受容体欠損マウス、 IP_3R2KO マウス）を利用した。マウスのストレス行動は、尾懸垂試験によって観測した。人工知能による深層学習を用いてマウスの動きを追跡し、ストレスを定量的に評価した。

3. 結果と考察

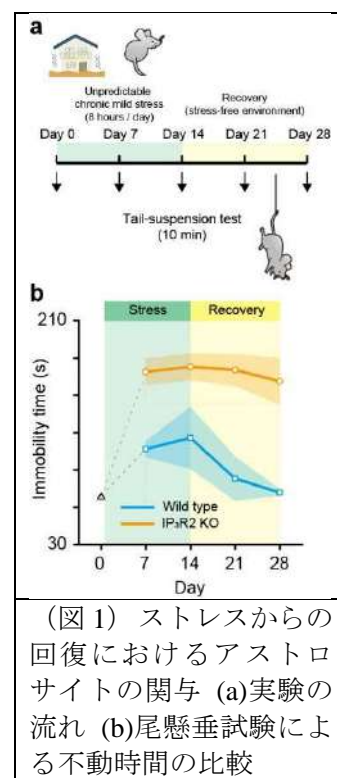
10 分間の尾懸垂試験のうち後半 5 分間での不動時間を比較した（図 1b）。いずれのマウスもストレスによって不動時間が増加したが、 IP_3R2KO マウスでは、不動時間が顕著に増加した（Day7: $106 \pm 6s$ vs. $169 \pm 11s$ ）。実験では、マウスに 2 週間ストレスを与えたのち、2 週間の回復期間を設けた。この時、野生型マウスでは不動時間がストレス前の水準まで回復した。一方、 IP_3R2KO マウスでは、不動時間はほぼ減少せず、回復の様子はあまり見られなかった（Day 28: $72 \pm 3s$ vs. $161 \pm 19s$ ）。以上の結果から、アストロサイトの正常なはたらきが、ストレスに対する耐性や、うつ状態からの回復に重要な役割を果たしていることが強く示唆される。

4. 謝辞

本研究を行うにあたり、お茶の水女子大学理学部生物学科の毛内弘先生、慶應義塾大学医学部化学教室の田中三佳先生、慶應義塾大学医学部化学教室の井上浩義先生に多くのご指導をいただきました。また、お茶の水女子大学理学部生物学科の森田笑子様にもマウスのお世話等でご協力いただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

5. 参考文献

[1] Cao et al. (2013) [2] Monai et al. (2016) [3] Monai and Hirase (2018)



Astrocytic involvement in resilience to chronic mild stress

Mako Mitsunushi (Oin senior high school, 2nd grade)

Mentor: Hiromu Monai (Ochanomizu University)

1. Purpose of the study

Astrocytes, a type of brain cell, play an important role in maintaining the brain environment, to protect and support healthy brain functions. On the other hand, stress induces mood disorders such as depression, by disturbing the brain environment. Some literature has suggested the astrocytic involvement in depression-like behaviors in mice (ref. 1-3), but it has not been fully understood how astrocytes contribute to the stress resistivity and resilience. In this study, we tried to elucidate astrocytic involvement in resilience to chronic mild stress by genetically manipulating astrocytic functions of mice. It has been expected that astrocytes will be a potential therapeutic target since they directly contact cerebral blood vessels vasculature.

2. Method

The conventional animal models of depression were exposed to inescapable restraint stress for a long time, and their motor functions were often irreversibly damaged. Alternatively, we applied recoverable mild stress to mice and monitored their recovery processes after returning to the stress-free environment. To apply chronic mild stress, we utilized an earthquake model, under which cages for mice are periodically shaken with unpredictable timing (Fig. 1a). Furthermore, to shed light on astrocytic involvement in the spontaneous recovery, we employed a transgenic mouse, designed to have compromised astrocytic functions (IP₃ receptor type 2 knock-out mice). We put mice on a tail-suspension test and quantitatively evaluated their stress-related behaviors using the Deep Learning algorithm by artificial intelligence.

3. Result and discussion

We compared immobility time between wild-type mice and IP₃R2KO mice (Fig. 1b). The immobility time was prolonged after stress application in both groups and increased significantly in IP₃R2KO mice (Day7: 106 ± 6 s vs. 169 ± 11 s). Moreover, the immobility time in wild type mice returned to the baseline level after a 2-week recovery, whereas it was less recovered in IP₃R2KO mice (Day 28: 72 ± 3 s vs. 161 ± 19 s). These results strongly suggest that astrocytes play an essential role in resistivity and resilience to chronic stress.

4. Acknowledgement

I would like to appreciate Dr. Hiromu Monai (Ochanomizu University), Dr. Mika Tanaka (Keio University), Dr. Hiroyoshi Inoue (Keio University) and Ms. Emiko Morita (Ochanomizu University) for their great supervising and support.

5. References

[1] Cao et al. (2013) [2] Monai et al. (2016) [3] Monai and Hirase (2018)

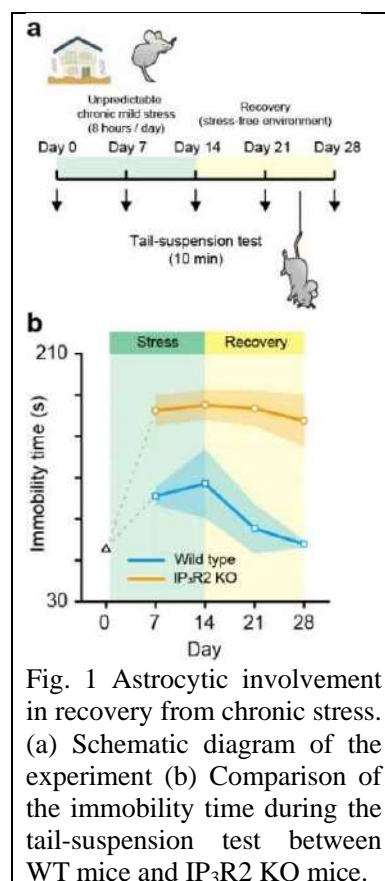


Fig. 1 Astrocytic involvement in recovery from chronic stress. (a) Schematic diagram of the experiment (b) Comparison of the immobility time during the tail-suspension test between WT mice and IP₃R2 KO mice.

タブレット端末を使用した授業が認知機能に与える影響

今村郁音（私立筑紫女学園高等学校 2年）

担当教員：伊良皆啓治（九州大学 共創学部）

1. 研究の目的と意義

本研究の目的は学校の授業でのタブレット端末の使用が認知機能に与える影響を明らかにすることである。認知機能に着目した理由は、自身がタブレット端末の使用頻度の増加と共に集中力などの認知機能の低下を感じたためである。近年、学校での IT 機器の活用だけでなく、大学ではオンライン授業への賛否両論が飛びかっており、本研究は今後の学校内での IT 機器活用の改善や発展に寄与すると考えられる。

2. 研究の手法

調査は 3 クラスを対象に計 8 コマの授業で行った。各授業で、半分の生徒は紙プリント、残りの生徒はタブレット端末を使用し、授業の前後に各 1 分程度の認知課題に取り組んだ。認知課題は①FHM フリッカーテスト⁽¹⁾ ②文字は何色？③どこスコ の 3 つのアプリをタブレット端末上で実施し、①は脳の疲労、②は注意力、③は集中力の評価に使用した。授業終了後に授業中の眠気や集中度、理解度について 5 段階の自己評価をアンケート形式で行った。

3. 結果と考察

表1 各課題における授業後と授業前の差			
		紙媒体	iPad
フリッカーテスト(Hz)	平均値	0.14	0.13
	標準偏差	1.68	1.91
文字は何色（点）	平均値	0.31	0.27
	標準偏差	3.51	2.72
どこスコ（点）	平均値	-0.18	0.37
	標準偏差	4.62	4.87

表 1 は、生徒の各課題における授業前後の成績の差を、使用媒体別に集計したものである。この結果をもとに使用媒体別に t 検定を行ったが、いずれの課題についても有意差は見られなかった。

一方、大学生の 90 分授業を対象に同様の手法で調査を行った結果、オンライン

授業前後の成績の差に関して有意差が見られた。このことから、本研究で有意差が見られなかった理由は授業時間が 40 分と短かったためだと考えられる。90 分程度の長い授業時間を設け、それぞれの媒体を集中的に使用することができれば、本研究で用いた手法は、授業前後の認知課題の変化を測定する容易かつ有用な手法となりえるだろう。本研究では感染症の流布により大学での十分な調査が行えないため、自身の高校にて調査を実施したが、今後はより授業時間の長い大学でのオンライン授業にも着目して、タブレット端末等の IT 機器を使用した授業が認知機能に与える影響を調査していきたいと考えている。

4. 謝辞

調査に協力してくださった筑紫女学園高校の皆さん、ならびに調査の補助やデータ解析を行ってくださった九州大学システム生命科学府 大学院生 田原あゆみさんに感謝します。

5. 参考文献

- (1) Sunao IWAKI, Nobuyoshi HARADA, Mental Fatigue Measurement Based on the Changes in Flicker Perception Threshold using Consumer Mobile Devices, Advanced Biomedical Engineering 2: 137-142, 2013.

The effect of using a tablet in class on cognitive function

Ayane Imamura (Grade-2, Chikushi Jogakuen High School)

Keiji Iramina (School of Interdisciplinary Science and Innovation, Kyusyu university)

1.The purpose of this research

The purpose of this study is to clarify the effect of the use of tablet devices in class on cognitive function. I felt that cognitive function such as concentration decreased as the frequency of use of a tablet device increased, so I focused on cognitive function. In recent years, people are often discussing online classes at universities, so this research is to contribute to the improvement and development of ICT education in the future.

2.Method

The survey was conducted in 3 classes, with a total of 8 lessons. In each lesson, half of the students used paper prints and the others used tablet devices. Students worked on cognitive tasks before and after class. Three apps were implemented on tablet devices as cognitive tasks: ① FHM flicker test⁽¹⁾, ② What color is the character?, ③ Dokosco. ① evaluates brain fatigue, ② evaluates attention, and ③ evaluates concentration. After the class, they performed self-evaluation on a 5-point scale regarding drowsiness, concentration, and comprehension by questionnaire.

3.Result and discussion (Pictures and tables)

		Paper print	Tablet device
What color is the character? (score)	Average	0.31	0.27
	Standard deviation	3.51	2.72
Dokosco (score)	Average	-0.18	0.37
	Standard deviation	4.62	4.87
Flicker test(Hz)	Average	0.14	0.13
	Standard deviation	1.68	1.91

Table 1 shows the difference in grade before and after class. We performed t-test for each medium used, but no significant difference was found for any of the tasks.

But the result of the survey of 90-minute lessons of university students by the same method, a significant difference was found in the difference in

grades. So I think the reason why no significant difference was found in this study was that the class duration was as short as 40 minutes. If we can provide a long time class about 90 minutes and each material can be used intensively, this method could be an easy and useful method for measuring changes in cognitive function. We conducted the research at our high school because we could not research at the university due to the spread of infectious diseases, but in the future we will focus on online lessons at universities with longer class hours.

4.Acknowledgement

I would like to thank the students and teachers of Chikushi Jogakuen High School for their cooperation in the survey, and Ayumi Tahara, a graduate student of SLS Kyushu University, for assisting the survey and analyzing the data.

5.Reference

(1) Sunao IWAKI, Nobuyoshi HARADA, Advanced Biomedical Engineering 2: 137-142, 2013.

睡眠の長さや質と暗記力の関係について

小代万里奈（福岡県立筑紫丘高等学校 2年）

担当教員：伊良皆啓治（九州大学 共創学部）

1. 研究の目的と意義

近年、睡眠時間や睡眠のとり方など、睡眠不足が問題視されている。日本人の平均睡眠時間は世界ワーストだという調査結果もあるように、睡眠不足が社会活動に与える影響が危惧される。本研究では、これからの社会を担っていく高校生に着目し、より高いパフォーマンスを得るには、睡眠はどのようにあるべきなのか知るために、暗記力について睡眠の質や長さとの関係を調べ、よりよい睡眠の利用について考察を行った。

2. 研究の手法

実験は、高校生14人を対象に行った。就寝前に英単語の暗記に20分取り組み、睡眠につき、約10時間後に全8問のテストを受検する。また、睡眠無し条件として、日中に、記憶課題を行い、約10時間後に全8問のテストを受検をし、睡眠のある、無しで記憶成績に違いが出るか調べた。これを、平日と休日の2回に行い結果を比較した。また、被験者には睡眠の長さや質を自己評価してもらうアンケートを同時に行った。

3. 結果と考察（図表等）

睡眠を挟んだ場合と、睡眠がない場合との暗記の成績の違いを表1に示す。結果は、平日であっても、休日であっても、睡眠を間に挟んだ方が成績が高くなる人数が多かった。しかし、13名中2名に関しては、平日、休日に関わ

表1 睡眠をはさんだ場合とはさまない場合の暗記成績の変化の人数（N=13）

	平日	休日
成績増加	7（平均2.0点）	8（平均2.4点）
変化無	4	3
成績下降	2（平均-1.0点）	2（平均-1.5点）

*成績下降者は平日、休日とも同じ2人

らず、睡眠を挟んだ方が成績は悪かった。点数の向上が見られた人に、睡眠の質が上がったというアンケートの回答が見られたが、睡眠の質や英単語テストの点数は個人差が大きく、睡眠の質と長さとの暗記の成績にはっきりと強い相関がみられるという結果は得られなかった。今回の実験では、被験者数もまだ少なく、統計処理もできていないので、今後被験者を増やして実験を行う必要がある。睡眠の質を評価するため脳波の測定を準備しており、今後は脳波測定による睡眠の質の評価も同時に行う予定である。

4. 謝辞

実験に協力頂いた筑紫丘高校生徒、データの解析を指導していただいた九州大学システム生命科学府大学院生 揚野翔氏に感謝する。

5. 参考文献

田村了以 睡眠と記憶固定－海馬と記憶のダイアログ－ Vol. 56, No.2, 216-236, 2013

The relationships between sleep quality and memory function

Marina Shodai (Chikushigaoka High School 2nd grade)

Keiji Iramina (School of Interdisciplinary Science and Innovation, Kyushu University)

1. Purpose of the study

In recent years, lack of sleep, such as sleep time and sleep quality, has become a social problem. As some survey results show that the average sleep time of Japanese people is the worst in the world, there is concern about the impact of sleep deprivation on social activities. In this study, we focus on high school students who will be responsible for the future of society, and investigate the relationship between memorization ability and sleep quality and length in order to know how sleep should be in order to obtain higher performance.

2. Method

The experiment was conducted on 14 high school students. Work on memorizing English words for 20 minutes before going to bed, and take a total of 8 questions about 10 hours after memorizing task. In addition, as a condition without sleep, a memory task was performed during the day, and about 10 hours later, a total of 8 questions were taken to investigate. This was done twice on weekdays and holidays, and the results were compared. At the same time, the subjects were asked to self-evaluate the length and quality of sleep.

3. Result and discussion

Table 1 shows the results between the case with sleep and without sleep. As a result, many people show better performance with sleep whether on weekdays

Table1 Changes in memory performance between with sleep and without sleep (N=13)

	Week day (No. of people)	Holiday (No. of people)
Increase	7 (average 2.0 point)	8 (average 2.4 point)
No change	4	3
Decrease	2 (average -1.0 point)	2 (average -1.5 point)

or on holidays. However, for 2 out of 13 people, the results were worse with sleep, regardless of weekdays or holidays. Those who showed improvement in their scores responded to the questionnaire that their sleep quality improved, but the quality of sleep and the score of the English word test varied greatly among individuals. There was no significant correlation between quality and length of sleep and memorization performance. In this experiment, the number of subjects is still small and statistical processing has not been completed, so it is necessary to increase the number of subjects in the future. We are preparing to measure EEG to evaluate sleep quality, and we plan to evaluate sleep quality by EEG measurement at the same time.

4. Acknowledgement

I would like to thank to Chikushigaoka high school student for cooperation in my experiment and Mr. Sho Ageno for analyzing data.

5. References

Ryoi Tamura, Japanese Psychological Review, Vol. 56, No2, 216-236

過ぎたるは及ばざるが如し？アラキドン酸の脳機能への影響から見る薬物摂取量

梶原 悠生（宇和島東高等学校 2 年）

担当教員：茂木 正樹（愛媛大学大学院 医学系研究科）

1. 研究の目的と意義

アレルギーに興味を持つ私はアレルギーを誘発するアラキドン酸に興味を持った。アラキドン酸は身体の組織を構成する多価不飽和脂肪酸のひとつで、体内で合成できないため通常食事から摂取する。先行研究において、アラキドン酸には神経新生を促進し精神疾患予防に役立つ可能性がある一方で、過剰摂取は癌や炎症を亢進する可能性がある¹⁾。そこで本研究は、アラキドン酸の濃度を 4 段階に設定してマウスに投与し、認知機能を解析することで、アラキドン酸の濃度による脳への影響を明らかにし、薬物の至適摂取量について検討することを目的とした。

2. 研究の手法

日本人のアラキドン酸適正摂取量は 100～200 mg/日とされている²⁾。食品標準成分表からアラキドン酸を多く含む卵黄類を過剰に摂取したと仮定し、約 25 g のマウスにおける投与量を勘案し、①非投与群（0 mg/匹）、②適正量投与群（0.04 mg/匹）、③過剰投与群（0.4 mg/匹）、④超過剰投与群（4 mg/匹）の 4 濃度で投与した。アラキドン酸は脂溶性のため、エタノール（最終濃度 20%）に溶かし水で希釈後、各 200 μ L をゾンデにより経口より胃内に注入した。投与 10 日目に Y 字迷路試験を実施し、自発運動量（回）と認知機能の指標である自発的交替行動率（%）を算出した。

3. 結果と考察

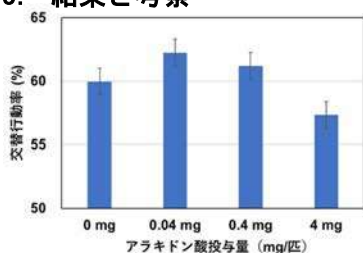


図 1. 自発的交替行動率の平均値

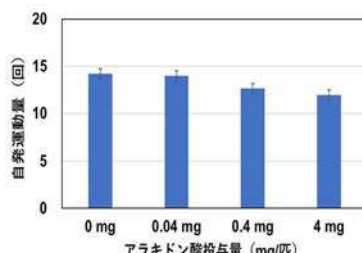


図 2. 自発運動量

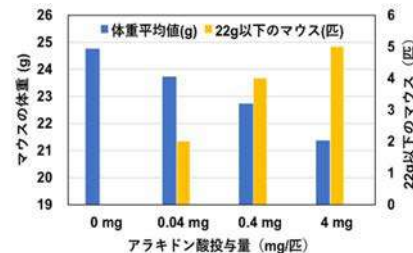


図 3. 体重平均値と 22 g 以下のマウス数

図 1 は認知機能を示す自発的交替行動率と投与濃度との関係であるが、非投与群より適正投与群の自発的交替行動率が高くなり、過剰投与群以上になると低下した。図 2 は自発運動量と投与濃度との関係であるが、アラキドン酸濃度が高い群ほど、自発運動量が低下した。図 3 は、アラキドン酸濃度と平均体重ならびに 22 g 以下の小さいマウスの匹数を示すが、濃度が高い群ほどマウスの平均体重が減少し、22 g 以下の体重の少ないマウスが増え、死亡数が増加した。以上の結果から、アラキドン酸は脳機能に影響を与え、適正投与すると認知機能が向上するが、過剰投与すると認知機能を低下させると考えられた。さらに、アラキドン酸を投与したマウスには皮膚の硬化や脱毛、眼脂が見られた。また、エタノールの影響を受けマウスの凶暴性が高まると予想していたが、過剰投与群のマウスほどおとなしかった。これらの観察所見から、アラキドン酸の過剰投与は老化に似た作用を全身に及ぼす可能性や、エタノールによる行動異常を抑制する、あるいは食欲など活動性を落とす働きがある可能性が考えられた。今後は、冷凍保存してあるマウスの脳の海馬から mRNA を取り出し、発現する遺伝子を PCR 法を用いて調べ、海馬における炎症や酸化ストレス等の違いを比較し、アラキドン酸が脳に与える影響について検討する予定である。

4. 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導、ご助言いただきました愛媛大学医学系研究科茂木正樹教授、劉爽准教授、河南智也さん、薬理学教室の皆様に深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

- 1) Motoko M et al. *PLoS One*. 4: e5085, 2009
- 2) Tokudome Y et al. *J Epidemiol*. 9: 78–90, 1999

Too Much of a Good Thing: Appropriate Medication Studied by Investigating the Effects of Arachidonic Acid on Brain Activity

Yuki Kajiwaru (Uwajima East High School 2nd grade)

Supervisor : Masaki Mogi (Ehime University)

1. Purpose of the study

I would like to investigate arachidonic acid (ARA) which induces allergies, a disease of my interest. ARA is one of the polyunsaturated fatty acids and is usually taken in with the diet because we cannot synthesize it by ourselves. In previous studies, ARA was shown to prevent mental illness by promoting neurogenesis while its overdose intake increased cancer and inflammation; too much of a good thing. How much is an appropriate dosage of ARA? The purpose of this study is to analyze the cognitive function to clarify the appropriate concentration of ARA in the brain function.

2. Method

According to the optimum intake of ARA in Japanese (100-200 mg/day), we set up four groups of mice considering the weight of mouse (average 25 g) as follows: (1) non-administration group (Con) (0 mg/mouse), (2) appropriate dose administration group (AD) (0.04 mg/mouse), (3) overdose administration group (OD) (0.4 mg/mouse), and (4) excessive dose administration group (ED) (4 mg/mouse). Since ARA is lipophilic, it was dissolved in ethanol (final concentration was 20%) and 200 μ L was orally administered in each. We conducted a Y-maze test on the 10th day of administration. Cognitive function (alternation rate (%)) and locomotor activity (number of entries) were investigated.

3. Result and discussion

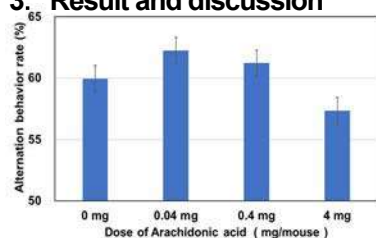


Figure 1. Average value of voluntary alternation behavior rate

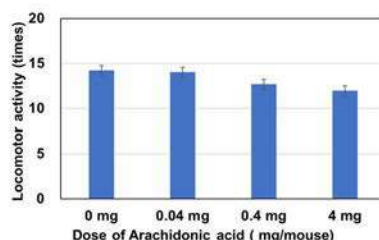


Figure 2. Locomotor activity

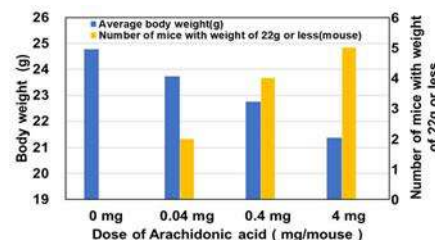


Figure 3. Average body weight and number of mice

The alternation rate increased in AD and decreased in OD and ED compared with that in Con as shown in **Figure 1**. The higher the ARA concentration, the lower the locomotor activity as shown in **Figure 2**. Moreover, the higher the ARA concentration, the lower the average weight of mice and the more mice with a weight of 22 g or less, as shown in **Figure 3**. The number of deaths in mice increased in the higher ARA administration groups. These results show that, ARA affects brain function in accordance with its concentration. AD showed an improvement, while OD or ED showed an impairment of cognitive function. In addition, ARA-treated mice showed age-related phenomena such as sclerodermia, hair loss, and eye mucus. Because of the high concentration of ethanol as a solvent, we expected an increase in ferocity, but we did not see it in mice with higher doses of ARA. We considered that higher doses of ARA reduced activities and lowered appetite in OD and ED compared to Con or AD. In the future, we will investigate the mRNA expression of inflammatory cytokines or oxidative stress in the hippocampus in each group using real-time polymerase chain reaction methods.

4. Acknowledgement

I greatly appreciate to Prof. Masaki Mogi, Associate Prof. Shuang Liu, and Tomoya Kawanami in the Department of Pharmacology Ehime University for their support and advice in conducting this research.

5. References

- 1) Motoko M et al. *PLoS One*. **4**: e5085, 2009
- 2) Tokudome Y et al. *J Epidemiol*. **9**: 78–90, 1999

間葉系幹細胞が血管新生に与える影響とそのメカニズム

千田小春アリシア（広尾学園高等学校 3年）

担当教員：松永行子（東京大学生産技術研究所）

1. 研究の目的と意義

健康の指標ともなる毛細血管の血管新生について理解することは、生体組織の再生医療をはじめとして様々な加齢性血管障害の治療法開発に役立ち、社会的に意義がある。本研究では、三次元血管培養デバイスを用いて間葉系幹細胞（MSC）と血管内皮細胞（EC）を共培養し、新生血管の表現型を再現することで、MSCがECに与える血管新生への影響を評価することを目的とする。

2. 研究の手法

- 遺伝子発現ビッグデータ解析：
Liら¹⁾が計測したMSCとECの共培養条件における遺伝子発現の公共RNA-sequenceデータを解析し、MSC存在下で発現変動したECの血管新生や細胞間結合に重要な遺伝子を探索した。
- 三次元血管培養デバイス実験：
三次元血管培養デバイス²⁾を用いて、MSCとECを共培養し、血管新生評価を行った。光干渉断層撮影法や共焦点レーザー顕微鏡による三次元撮影画像の解析から、MSCの存在による新生血管の形態変化への影響を5日間に渡って比較観察した。

3. 結果と考察

遺伝子発現ビッグデータ解析の結果、細胞間結合に関わる遺伝子の発現亢進がみられた（Fig. 1, 2）。さらに、MSC共培養条件下において新生血管の連結の強化が観察された（Fig. 3）ことから、MSCは新生血管の細胞間結合を促進させるという考察を立てた。今後は細胞間結合に関わる因子の阻害実験なども含めて、より詳細な解析を重ねていく予定である。

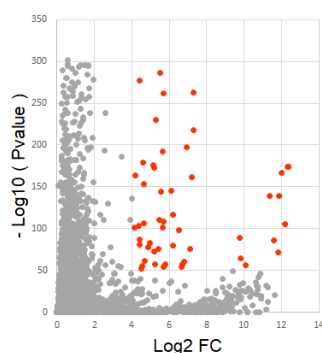


Fig. 1. MSCとECの共培養24時間後にEC内で発現量が2倍以上増加した遺伝子の散布図¹⁾。横軸は条件間の発現量比を対数変換したもの。縦軸は条件間の発現量を仮説検定した際のp値を対数変換したもの。



Fig. 2. 特に有為に発現が亢進した遺伝子群（Fig. 1, 赤点, \log_{10} -p-value is >50 and \log_2 -fold-change is >4 ）の遺伝子オントロジーによるword cloud。DAVIDを用いて遺伝子オントロジー解析を行った。

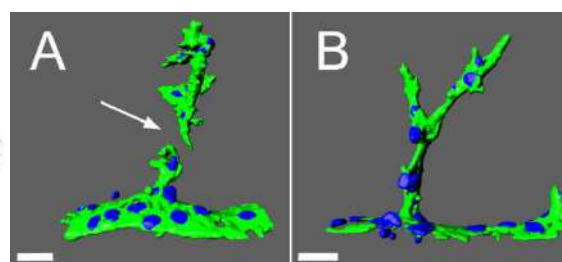


Fig. 3. 三次元血管培養デバイスにおける各サンプルの培養5日後の共焦点レーザー顕微鏡撮影より得た輝度画像の二値化表示。緑色はF-アクチン、青色は細胞核を示す。白色矢印は細胞間の結合が切れている箇所を示す。スケールバーは30 μ m。
A: EC単独培養。B: MSC共培養。

4. 謝辞

本研究を進めるに当たり、東京大学生産技術研究所松永研究室の佐野貴規さんを始めとして、松永研究室の皆さまに多くのご指導・ご支援を頂きました。そして、今回の貴重な研究の場を与えて下さった東京大学生産技術研究所次世代育成オフィスの皆さまに大変感謝申し上げます。

5. 参考文献

- 1) Li et al. (2015). *Stem Cells and Development*, 24 (5), 610-623.
- 2) Pauty et al. (2018). *EBioMedicine*, 27, 225-236.

Supervisors: Yukiko Matsunaga (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

Fig.3. Microscopic 3D images of CLSM 5 days after culture. Green shows immunostained F-Actin, and blue nuclei stained by DAPI. The white arrow demonstrates the site where ECs are not bound. Scale bar, 30 μm . **A.** EC mono-culture. **B.** MSC-EC co-culture.

酵素を用いた糖鎖切断による、血液型変換の可能性

鶴田一葉（帝塚山高等学校1年）

深瀬浩一（大阪大学 理学部 天然物有機化学研究室）

1. 研究の目的と意義

近年、日本の献血者数が減少傾向にある。南海トラフ巨大地震などの未曾有の有事にも耐えうる血液供給システムが必要ではないかと考え、誰にでも輸血できる「万能型」の血液製剤を作ろうと考えた。そこでABO血液型を決定する糖鎖に着目し、A型ならびにB型糖鎖からそれぞれN-アセチルガラクトサミン、ガラクトースを切断することにより、A、B、ならびにAB型の赤血球をO型血液型に変換する可能性を探究した。

2. 研究の手法

① A型糖鎖 ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$ 、BSA $2 \mu\text{l}$ 、PBS $2 \mu\text{l}$ 、 α -N-Acetylgalactosaminidase (NAGase)

② A型糖鎖 ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$ 、BSA $2 \mu\text{l}$ 、PBS $2 \mu\text{l}$ 、 α -Galactosidase (Gase)

③ B型糖鎖 ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$ 、BSA $2 \mu\text{l}$ 、PBS $2 \mu\text{l}$ 、 α -N-Acetylgalactosaminidase (NAGase)

④ B型糖鎖 ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$ 、BSA $2 \mu\text{l}$ 、PBS $2 \mu\text{l}$ 、 α -Galactosidase (Gase)

①～④を37℃で23時間保存した後、95℃で5分間保存し、LCMSを用いて各試験管内のABO型糖鎖の有無を調べた。

3. 結果と考察

ABO型糖鎖の分子量は以下の通りである。

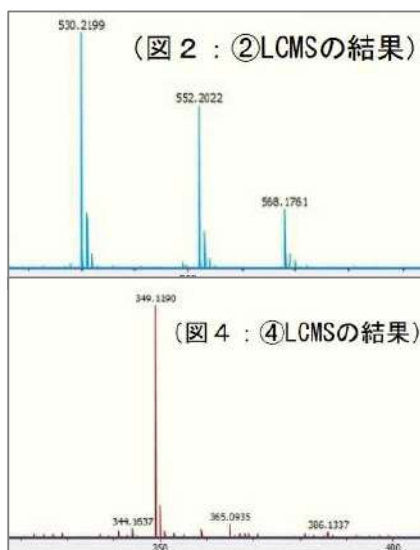
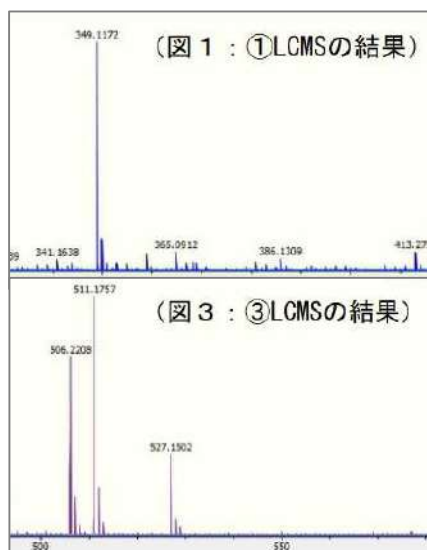
O型糖鎖 $[\text{M}+\text{Na}]^+ = 349.12$

A型糖鎖 $[\text{M}+\text{H}]^+ = 530.20$

B型糖鎖 $[\text{M}+\text{NH}_4]^+ = 506.20$

$[\text{M}+\text{Na}]^+ = 552.20$

$[\text{M}+\text{Na}]^+ = 511.18$



全てのサンプルで夾雑物は見られたものの、①、④では酵素反応が進行し、O型糖鎖が生成したことを確認し、②、③では反応は起こらず、それぞれ原料のA型とB型糖鎖を確認した。

今回の研究により、 α -N-Acetylgalactosaminidaseを用いればA型糖鎖を、 α -Galactosidaseを用いればB型糖鎖を完全にO型糖鎖へ変換できることがわかった。

今回は化学合成した糖鎖でのみの実験であったが、

血液型糖鎖は赤血球表面に接着しているため、今後は赤血球を用いての実験もぜひ実施したい。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、大阪大学理学部天然物有機化学研究室内の深瀬浩一教授、真鍋良幸助教にご指導をいただきました。また大阪大学SEEDSプログラム関係者の皆様には、コロナ禍の難しい状況の中、格別のご配慮を賜りました。厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

[1] Toward universal donor blood: Enzymatic conversion of A and B to O type

発行: J. Biol. Chem. 2020, 295, 325-334. 著者: Peter Rahfeld and Stephen G. Withers

[2] ゲノム情報を越えた生命のふしぎ——糖鎖

編集: 大阪大学大学院医学系研究科 谷口 直之 発行所: 株式会社 クバプロ (2003年発刊)

Possibility of blood type conversion by glycan cleavage using enzyme

Kazuha Tsuruta (Tezukayama Senior High School, 1st Grade)

Koichi Fukase (Faculty of Science, Osaka University)

1. Purpose of the study

In recent years, the number of blood donors has been decreasing in Japan. I thought that a blood supply system is needed that can respond to unprecedented emergencies such as the Nankai Trough giant earthquake, and planned to make a "universal" blood product that can be transfused to anyone. Therefore, I focused on sugar chains, which are differences in ABO blood type, and explored the possibility of blood type conversion by separating N-Acetylgalactosamine and galactose from AB type erythrocytes.

2. Method

(1) Type A sugar chain ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$, BSA $2 \mu\text{l}$, PBS $2 \mu\text{l}$, α -N-Acetylgalactosaminidase (NAGase)

(2) Type A sugar chain ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$, BSA $2 \mu\text{l}$, PBS $2 \mu\text{l}$, α -Galactosidase (Gase)

(3) Type B sugar chain ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$, BSA $2 \mu\text{l}$, PBS $2 \mu\text{l}$, α -N-Acetylgalactosaminidase (NAGase)

(4) Type B sugar chain ($1 \times 10^{-3} \text{M}$) $2 \mu\text{l}$, BSA $2 \mu\text{l}$, PBS $2 \mu\text{l}$, α -Galactosidase (Gase)

After storing (1) to (4) at 37°C for 23 hours, they were stored at 95°C for 5 minutes, and the presence or absence of ABO-type sugar chains in each test tube was examined using LCMS.

3. Result and discussion

The molecular weight of the ABO-type sugar chain is as follows.

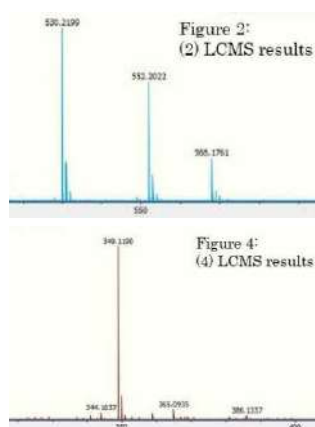
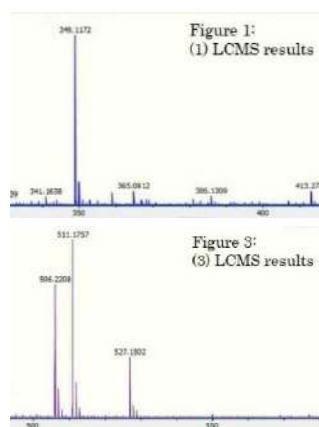
Type O $[\text{M}+\text{Na}]^+ = 349.12$

Type A $[\text{M}+\text{H}]^+ = 530.20$

Type B $[\text{M}+\text{NH}_4]^+ = 506.20$

$[\text{M}+\text{Na}]^+ = 552.20$

$[\text{M}+\text{Na}]^+ = 511.18$



Although impurities were found in all the samples, O-type sugar chains were confirmed in (1) and (4) after enzymatic reaction, whereas A-type sugar chains in (2), and B-type sugar chains in (3) remained unchanged.

From this study, it was found that A-type sugar chains can be completely converted to O-type sugar chains by using α -N-Acetylgalactosaminidase, whereas B-type sugar chains can be completely converted to

O-type sugar chains by using α -Galactosidase.

This time, the experiment was conducted only with chemically synthesized sugar chains, but since blood group sugar chains are adhered to the surface of red blood cells, I would like to carry out experiments using red blood cells in the future.

4. Acknowledgements

In this research, I received guidance from Professor Koichi Fukase and Assistant Professor Yoshiyuki Manabe of the Laboratory For Natural Product Chemistry, Faculty of Science, Osaka University. In addition, I would like to thank all the people involved in the Osaka University SEEDS program for their special consideration under the difficult situation of the COVID-19.

5. References

[1] Toward universal donor blood: Enzymatic conversion of A and B to O type

Published: J. Biol. Chem. 2020, 295, 325-334. Author: Peter Rahfeld and Stephen G. Withers

[2] The mystery of life beyond genomic information -- sugar chains

Edit: Naoyuki Taniguchi (Graduate School of Medicine, Osaka University) (2003)

金星大気の惑星規模波の再現に向けた観測システムシミュレーション実験

白坂翠萌（清泉女学院高等学校 2年）

杉本憲彦（慶應義塾大学）

1. 研究の目的と意義

金星大気には、自転速度の60倍の速さで追い越す東風「スーパーローテーション」が存在し、惑星科学の大きな謎となっている。赤道域の雲層上端（約70km）観測により、4日周期の「赤道ケルビン波」と考えられる惑星規模の波動が見つかっており¹⁾、スーパーローテーションの生成維持への寄与の可能性が指摘されている（図1）。しかし国内外の金星大気大循環モデルにおいて、赤道ケルビン波は十分に再現されておらず、過去の観測でも捉えたものは少ない。そこで本研究では、我々のグループで開発した世界初の金星大気データ同化システム²⁾を駆使して、観測システムシミュレーション実験による赤道ケルビン波の再現を試みた。

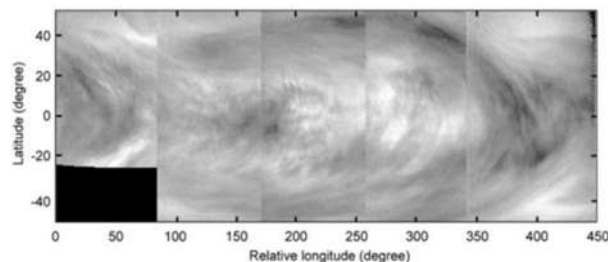


図1. 雲画像 (Kouyama et al., 2012)

2. 研究の手法

観測システムシミュレーション実験では、擬似観測データを準備し、金星大気大循環モデルに同化を行う。擬似観測データには、九州大学の山本勝准教授が作成した赤道ケルビン波を強制的に発生させたモデル結果の風速データを用いた。様々な波長帯のカメラを想定して観測高度を10km毎に30-70kmで5種類、観測緯度帯を5種類、時間間隔を6種類に条件を変えた、計42種の観測を準備し、同化実験を行った。観測が有用かどうかについては、観測がない場合のモデル結果との違いから考察した。

3. 結果と考察

図2に赤道ケルビン波が再現できた結果を提示する。波の構造を抽出するため、複数枚のデータをずらしながら重ね合わせて平均するコンポジット解析を用いた。観測条件による赤道ケルビン波の再現性の違いを比較した結果、高度70kmで観測した場合に、より明瞭に再現できることが分かった。特に南北緯度0

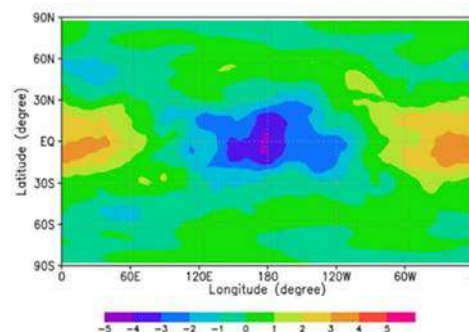


図2. 東西風のコンポジット解析

～15度で、6時間に1回観測したときに最も顕著であった。本研究成果は、国際学会発表(3件)のほか、英語原著論文³⁾を投稿準備中である。今後は我々のモデルと基本場の構造が近く、赤道ケルビン波の再現を妨げる中緯度ジェット気流が小さな新たなモデルデータ⁴⁾を用いて、風速構造の違いが赤道ケルビン波の発生に及ぼす影響について調べる予定である。

4. 謝辞

本研究を進めるに当たりご指導いただいた全ての共同研究者に感謝申し上げます。

5. 参考文献

[1] Del Genio and Rossow (1982) *Icarus*, 51, p391-415, [2] Sugimoto et al. (2017) *Scientific Reports*, 7, 9321, 9pp, [3] Sugimoto, Fujisawa, Shirasaka et al., *J. Atmos.*, to be submitted, [4] Kouyama et al. (2015) *Icarus*, 248, p560-568.

Observing system simulation experiments to reproduce planetary-scale wave in the Venus atmosphere

Mimo Shirasaka (Seisen Senior High School, 2nd grade)

Norihiko Sugimoto (Keio University)

1. Purpose of the study

Venus atmosphere has strong easterly wind called “super rotation” which flows 60 times faster than its rotation of the solid part, and it has been an enormous enigma in the planetary sciences. From cloud-top observation (around at 70 km) of the equatorial region, equatorial Kelvin waves with 4-day periodicity are found¹, and might have a possibility of contribution to generation and maintenance of the super rotation (Figure 1). However, the equatorial Kelvin waves have not been fully reproduced in any Venus atmospheric general circulation model (VGCM), and few observations have captured them. Thus, our team attempted to reproduce equatorial Kelvin-like waves by observing system simulation experiments (OSSE), using the first Venus data assimilation system in the world².

2. Method

For OSSE, we prepared an idealized observation data and assimilated it into VGCM. We used wind velocity data created by Dr. Yamamoto (Kyushu University), in which equatorial Kelvin waves are forced. Assuming cameras with various wavelengths (altitude; 5 types from 30-70 km), latitude (5 types), and frequency (6 types), reaching 42 observations in total for the data assimilation. The validity of the observations was examined from the improvement of assimilated data comparing with results without data assimilation.

3. Results and discussion

Reproduction of equatorial Kelvin waves is shown in Figure 2. In order to extract the wave structure, composite analysis; a method where several data are averaged after being shifted and combined, was adopted. By comparing reproducibility of each observation, we uncovered that the waves are reproduced explicit when observing at altitude 70 km. This was remarkable when observing within latitude 0° -15° N(S). This study was presented at 3 international conferences, and will be concluded in an original paper³. We are planning to explore the effect of wind velocity on the equatorial Kelvin waves, by adopting a new data⁴ which is close to our model with weak mid-latitude jets.

4. Acknowledgement

I sincerely would like to thank all the collaborators who kindly supported this study.

5. References

[1] Del Genio and Rossow (1982) *Icarus*, 51, p. 391-415, [2] Sugimoto et al. (2017) *Scientific Reports*, 7, 9321, p. 9, [3] Sugimoto, Fujisawa, Shirasaka et al., *J. Atmos.*, to be submitted, [4] Kouyama et al. (2015) *Icarus*, 248, p. 560-568.

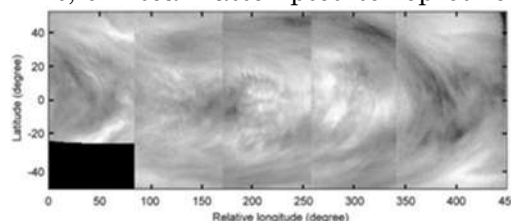


Fig. 1. Cloud image (Kouyama et al., 2012)

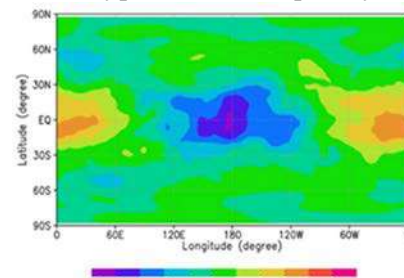


Fig. 2. Composite of zonal wind

ワニ類2型における四肢骨からの全長推定—化石種への応用—

田中 拓海（岐阜県立可児高等学校 2年）

尾嶋 好美（筑波大学）

1. 研究の目的と意義

ワニ類の化石は断片的で、全身の骨が産出することは稀である。もし断片的な化石から全長が推定できれば、生態や古環境の推定においても有用である。ワニ類は、中生代から形態がほとんど変化していない。本研究では、現生種のワニ類を用いて四肢骨もしくはその断片からの全長推定方法を考案し、化石種の全長推定に応用することを目指した。

2. 研究の手法

全長の確認ができる9種26個体の現生ワニの骨格標本を用い、四肢骨の骨部位54か所を計測した。計測には電子ノギス、定規、メジャーを用い、カメラで記録した。全長と四肢骨の各骨部位の計測値から相関性の高い骨部位を特定した。各骨部位と全長との回帰直線を求め、これに化石種の計測値を当てはめることで全長推定を行った。

3. 結果と考察

現生ワニ類には、頭骨のアスペクト比（頭骨最大長／頭骨最大幅）が異なる2グループがあり、それらは全長と四肢骨の長さの比率が異なっていることが分かった。そのため、アスペクト比2.2以上のグループをL（Long）型、2.2未満のグループをW（Wide）型として、別々に全長を推定することにした。L型4個体、W型9個体の四肢骨54か所の骨部位と全長との相関関係を調べたところ、いずれの骨部位も高い相関性（相関係数0.9以上）を示した。各骨部位と全長との回帰直線を求め、これらを用いることでL型、W型それぞれ54か所の骨部位からの全長推定が可能になった。そこで、化石種のワニ *Diplocynodon* sp.（W型）、*Toyotamaphimeia machikanensis*（L型）、キシワダワニ（L型）の産出している骨部位を計測し、回帰直線に当てはめて全長を推定した。

本研究の推定方法を用いることで、キシワダワニのように断片的な骨化石であっても全長を推定できるようになった。複数の骨部位からそれぞれ全長を推定するため、いくつかの推定全長が算出されるが、それによって推定の信頼性を高めているとも言える。なお、推定全長が一致しないのは、現生種及び化石種における全長及び骨部位の計測誤差に起因しており、今後、標本数を増やすことで回帰直線の信頼性をより高めることができるはずである。

L型、W型の間の頭骨の形状と、全長に対する四肢骨最大長に見られる違いは、L型の方がより魚食性が強く、水生適応していることによると考えられる。

4. 謝辞

本研究では、標本観察の場をいただいた大学、博物館、そして研究をサポートしてくださった筑波大学 GFEST などたくさんの方々に支援していただいた。心からお礼を申し上げます。

5. 参考文献

- ・ JAMES O.FALOW et.al, FEMORAL DIMENSIONS AND BODY SIZE OF ALLIGATOR MISSISSIPPIENSIS: ESTIMATING THE SIZE OF EXTINCT MESOEUCRODYLANS. Journal of Vertebrate Paleontology, 25(2):354-369, June 2005.
- ・ Gordon Grigg and David Kirshner. BIOLOGY and EVOLUTION of CROCODYLANS. Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press, 2015.

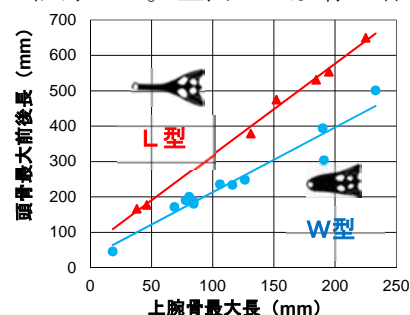


図1 頭骨形状と四肢骨の関係性

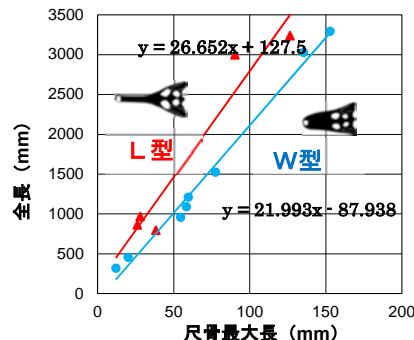


図2 尺骨最大長と全長との回帰直線

How to estimate body length from bones of the extremities in two types of crocodylians and its application to fossil species

Takumi Tanaka (Gifu prefectural Kani Senior High School, 2nd grade)

Yoshimi Ojima (University of Tsukuba)

1. Purpose of the study

Most crocodylians fossils aren't found as complete skeletons. Estimation of total length from a partial bone will provide insight into ecological characteristics and paleoenvironmental inference. Crocodylians have retained a similar body plan since Mesozoic. In this study, I devised a method to estimate total body length using modern crocodylians, and applied it to fossil species.

2. Method

I used 26 individuals representing 9 species of modern crocodylians with known total length. I measured 54 sites of bones of the extremities using digital vernier calipers, ruler, and tape measure, and kept photographic records. From this data I identified the bone sites that had a high correlational relationship with total length. I calculated regression lines between bone sites and total length, then substituted measurement values of fossil bones into the regression equation to estimate total length of the fossil species.

3. Result and discussion

I found that modern crocodylians are divided into 2 groups according to the ratio of the cranium (maximum length / maximum breadth), and the ratio of total length to bones of the extremities are different in each group.

Therefore I named one group “ type L (long) ” in which the aspect ratio of the cranium is more than or equal to 2.2, and the other group “ type W (wide) ” in which the aspect ratio of the cranium is less than 2.2. Naturally both groups should be treated separately in estimation of total length. I correlated total length with 54 sites of bones of the extremities in 4 type L and 9 type W crocodylians. I

calculated regression equations between bone sites and total length, and substituted measured value into them. It enables to estimate of total length from each 54 points of bones in type L and type W. Then I measured possible points of bones in fossil species, *Diplocynodon* sp. (type W), *Toyotamaphimeia machikanensis* (type L), Kishiwada-wani (Type L), and estimated the total length of each.

The method of this study enables the estimation of total length from a partial bone fossil like Kishiwada-wani. Although estimating from multiple points of bones reach multiple estimated total lengths, the reliability of estimation is improved by it. The reason why estimate values aren't equal to each other is measurement error of modern species and fossil species, but it is possible to enhance reliability of regression lines by increasing the number of specimens. The difference of cranium between two groups, and the difference in ratio between total length and maximum length of bones of the extremities is due to type L crocodylians more taste for fish and are more aquatic than type W crocodylians.

4. Acknowledgement

I would like to thank the universities and museums which gave me chance to research about specimens, and GFEST at the University of Tsukuba that supported my study.

5. References

- JAMES O.FALOW et.al, FEMORAL DIMENSIONS AND BODY SIZE OF ALLIGATOR MISSISSIPPIENSIS:ESTIMATING THE SIZE OF EXTINCT MSOEUCROCODYLIANS. Journal of Vertebrate Paleontology, 25(2):354-369, June 2005.
- Gordon Grigg and David Kirshner. BIOLOGY and EVOLUTION of CROCODYLIANS. Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press, 2015.

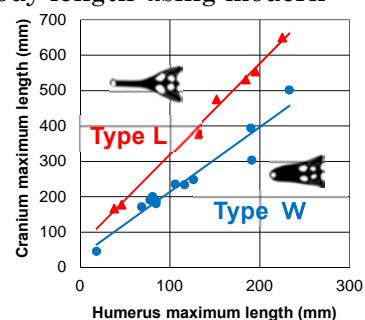


Figure1 The relationship between cranium and humerus

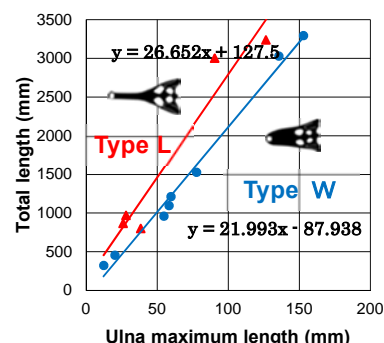


Figure2 Regression lines between ulna maximum length and total length

測光観測による星団の距離と固有運動の研究

岸川涼（埼玉県立松山高等学校 3年）

大朝由美子（埼玉大学 教育学部・大学院理工学研究科/教育学研究科）

1. 研究の目的と意義

恒星や星団は地球から非常に遠い場所に位置し、その距離に応じて測定には様々な方法が用いられる。本研究では埼玉大学 SaCRA 望遠鏡で得られたデータと位置天文衛星 Gaia で得られた年周視差を利用し、星団の距離と固有運動を特定することを目的とした。また、求めた星団の距離と固有運動の大きさを用いて、星団に属する星の数を求めた。

2. 研究の手法

- ① M16、M67、M34、NGC188、M71、M23 について、埼玉大学 SaCRA 望遠鏡（口径 55cm）と三波長同時偏光撮像装置 MuSaSHI を用いて観測した。観測した波長帯は r (550~680nm)、i (700~810nm)、z (820~1000nm) を用いた。
- ② データ解析には IRAF を用いた。散開星団ではアパーチャー測光、球状星団では PSF 測光を利用して測光を行った。
- ③ 各波長で測光解析した天体を同定した。
- ④ Pan-STARRS のアーカイブデータを用いて等級補正を行った。
- ⑤ 位置天文衛星 Gaia のデータと、測光したデータの同定を行い、距離ごとの天体数の距離頻度分布図（図 1）、天体の固有運動の分布図（図 2）のグラフを作成した。

3. 結果と考察

図 1 の頻度分布図の突出箇所は、その距離に位置する天体数が多いことを示し、その中心を星団の距離とした。また、図 2 のように天体の固有運動がまとまっている箇所が星団の固有運動を表している。データの解析をした 7 つの星団について表 1 のような結果が得られた。

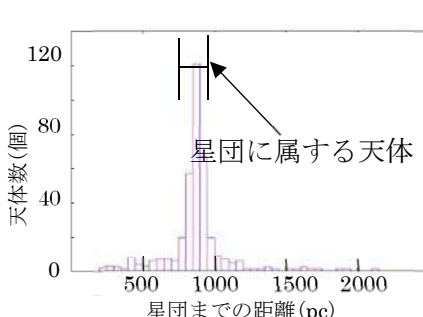


図 1 M67 の距離頻度分布図

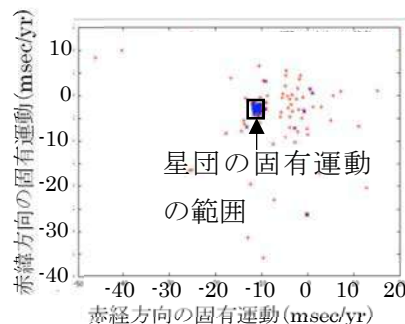
図 2 M67 の固有運動の分布図
その他:散開星団)

表 1 解析した星団の結果(M71:球状星団

天体	M67	M34	NGC188	M23	M16	M71	ヒアデス
距離(pc)	875±100	525±50	1950±150	725±50	-	-	-
固有運動[赤経]	-11.4~-10.4	0.0~1.2	-3.0~-1.3	-2.0~2.0	-0.35~-0.55	-3.7~-3.2	-
赤緯] (msec/yr)	-4.0~-2.0	-6.4~-5.0	-1.5~-0.5	-4.0~0.0	-1.8~-1.2	-2.85~2.40	-

M16、M71、ヒアデス星団からは有意なデータが得られなかった。その理由として、

- ① 星生成領域である M16 は星団を取り巻く分子雲が星団の光を吸収・散乱し、位置天文衛星 Gaia で観測されたデータの誤差が大きくなったと考えられるため。
- ② 球状星団である M71 は Gaia での信頼限界距離である 2000pc 以上の距離に位置していたと考えられるため。
- ③ 散開星団であるヒアデス星団は光度が大きすぎることで、Gaia と Pan-STARRS での精度の高い観測が出来ていないため。また、星団方向の天体数が多く、星団以外の天体が混入したと考えられるため。

と考えられる。

求めた星団の距離と固有運動の値(表 1)の両方を満たす天体を星団に属する天体として定義し、星団に属する天体の数を求めた(表 1)

なお、NGC188 は距離が他の星団と比べて遠いことを考慮し、距離と固有運動のどちらか一方の値を満たすものを星団に属する天体として定義した。

表 1 星団に属する天体の数

天体	M67	M34	NGC188	M23
星団に属する天体(個)	232	91	165	112

4. 謝辞

本研究は担当教員の大朝由美子先生、及び埼玉大学教育学部天文学研究室の金井昂大さん、石岡千寛さんのご指導や助言なしでは成し得ることができませんでした。深く感謝いたします。

5. 参考文献

- [1]Aladin Lite (<https://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/>)
- [2]「極・宇宙を解く」(恒星社厚生閣、2020)
- [3]SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>)
- [4]IRAF (<http://ast.noao.edu/data/software/>)
- [5]HiGEPS 先行研究「星団の距離についての観測的研究」、大濱弦矢、2019
- [6]HiGEPS 先行研究「星団の距離と進化段階に関する測光観測による研究」、佐野風音、2019

Research on the distance and proper motion of star clusters by photometric observation

Ryo Kishikawa (Matsuyama high school, Saitama, 3rdgrade)

Yumiko Oasa (Faculty of Education/The graduate school of science and engineering, Saitama university, Japan)

1. Purpose of the study

The purpose of this study is to identify cluster distance and proper motion. A various method is used to determine the distance of the cluster depending on the distance. This study is used annual parallax to pinpoint the distance. We also found the number of celestial bodies in the cluster by these data we acquired.

2. Method

- ① We observed M16, M67, NGC188, M71, M23 with the SaCRA telescope in Saitama university, and MuSaSHI (polarimeter). The observed band(wavelength) is r(550~680nm), i(700~810nm), z(820~1000nm).
- ② We performed the photometry of observed star cluster.
- ③ We identified photo-measured celestial bodies.
- ④ We performed grade correction by using archive data of Pan-STARRS.
- ⑤ We identified Gaia (space observatory)'s data and photometric data, and create a graph.

3. Results and discussion

The protrusion in the Figure1 represents that there are many celestial bodies located at that distance, and that distance was taken as the distance of the celestial bodies. Dense points in the Figure2 represent the magnitude of proper motion.

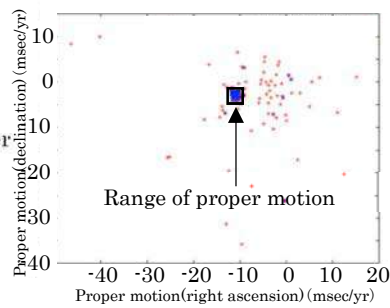
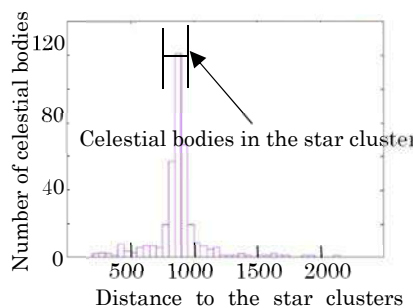


Table1. The result of the star cluster data(M71:Globular cluster Others:Open cluster)

Star cluster	M67	M34	NGC188	M23	M16	M71	Hyades
Distance (pc)	875±100	525±50	1950±150	725±50	-	-	-
Proper motion (msec/yr)	-11.4~-10.4 -4.0~-2.0	0.0~1.2 -6.4~-5.0	-3.0~-1.3 -1.5~-0.5	-2.0~2.0 -4.0~0.0	-0.35~-0.55 -1.8~-1.2	-3.7~-3.2 -2.85~2.40	-

We couldn't obtain some meaningful data from M16, M71, and Hyades.

M16: There were many errors in the observed data of Gaia because molecular cloud surrounding the star cluster observed light from the star cluster.

M71: This cluster located farther than 2000pc which is confidence limit of Gaia.

Hyades: Gaia and Pan-STARRS have not been able to make highly accurate observations because the luminosity was too high. The celestial bodies other than those belonging to the star cluster were also included.

We defined the celestial bodies that distance and proper motion of the obtained cluster (Table1) satisfied both values, and identified number of celestial bodies in the cluster.

Table2. The number of celestial bodies in the cluster

Star cluster	M67	M34	NGC188	M23
The number	232	91	165	112

4. Acknowledgment

I would like to thank prof. Oasa, Mr.Kanai, and Mrs.Ishioka(Department of Astronomy Faculty of education, Saitama University) for guidance and useful advice.

5. References

- [1] Aladin Lite (<https://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/>)
- [2] Goku uchuuwotoku (naikakukouseishakaku,2020)
- [3] HiGEPS's previous research, Genya Ohama, 2019, Observational study on the distance of star clusters
- [4] HiGEPS's previous research, Kazane sano, 2019, Photometric observation Studies of Distance and Evolutionary Stage in the Star Clusters.
- [5] SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>)
- [6] IRAF(<http://ast.noao.edu/data/software>)

コロナ時代の密を考慮した避難所ナビゲーションアプリの開発

中田大翔（兵庫県立姫路西高等学校 2年）

担当教員：中村 匡秀（神戸大学）

1. 研究の目的と意義

本研究の目的は、災害時に市民の自助により、避難所での密の形成を避けつつ、安全で迅速な避難が実現できるように支援する避難所ナビゲーションアプリ『Shelter Navi』を開発することである。

日本は災害大国であり、災害発生時に迅速かつ安全に避難することが重要である。しかし、リスク意識の欠如などによる逃げ遅れによって被害を受ける人々も多い。加えて、新型コロナウイルス感染症の拡がりによって事態は悪化している。具体的には、感染を恐れて避難を躊躇したり、いわゆる「三密」の回避のために、避難所の受け入れ人数が制限されたりしている。自治体も対策として、避難所の混雑状況の配信を行っている⁽¹⁾が、職員自ら現地で状況を確認し、手動で入力する必要がある。住民はこのような自治体の支援に依存した状態になっており、自治体職員の負担の増加にもつながっている。このような問題に対して、『Shelter Navi』を開発することは大きな意義があると考えられる。

2. 研究の手法

Shelter Navi は、スマートフォンでの利用を前提とした Web アプリケーションである。クラウドサーバーで避難所の位置や受け入れ人数を管理し、自動で混雑状況を計算する。住民は、その情報を地図とともに事前に確認することができる。また、住民が避難所に避難した際に、その避難所にチェックインすることによって、システムにチェックインが記録され、その避難所の受け入れ人数が更新される。この情報を用いて、受け入れ人数/収容可能人数で混雑状況を計算し、加えて自治体職員は住民の安否確認を行うこともできる。



図1. アプリの避難所検索画面

クライアントサイドは、HTML5、JavaScript 等を用い、サーバーサイドは、Java、SpringBoot、MySQL 等を用いた。また、地図サービスには、GoogleMapsAPI を用いた。

3. 結果と考察

このアプリケーションを用いることで、避難所の混雑状況を自動で計算することができ、住民は自分自身で収容人数に余裕のある避難所を見つけることができる。

実装に向けた問題点として、避難所の正確な情報が必要なこと、スマートフォンの操作に不慣れた住民には操作しづらいこと、実装実験に自治体の協力が必須であることが挙げられる。

4. 謝辞

本研究を行うにあたって、多くのご指導・ご支援をいただいた、神戸大学大学院システム情報学研究科の中村匡秀先生、及び大学院生の室谷敏生さんに心から感謝します。本研究は、グローバルサイエンスキャンパス ROOT プログラムの支援のもとで実施しました。

5. 参考文献

- (1) 宮崎県日南市 避難所混雑状況配信サービス「VACAN」

<https://vacan.com/area/nichinan-city/evacuation-center/11>

Development of Shelter Navigation avoiding 3Cs in the corona age

Hiroto Nakada (Hyogo Prefectural Himeji Nishi High School, 2nd Grade)

Supervisor: Masahide Nakamura (Kobe University)

1. Purpose of the study

My goal is to develop “Shelter Navi”, shelter navigate application. This application gives citizens support to achieve safe and smooth evacuation avoiding 3Cs in shelters by self-help effort of citizens.

Many disasters happen in Japan every year and it is important for citizens to evacuate safer and smoother when disaster happens. However, many citizens were harmed because of lack of awareness for risk and preparedness. In addition to this, spreading of COVID-19 has been making things worse. For example, citizens hesitate to evacuate, and local governments limit the capacity of shelters to avoid 3Cs. Nichinan City in Miyazaki Prefecture delivers congestion information of shelters online as new policy ⁽¹⁾, but the government's staff has to visually check the situation of shelters and manually update the status of shelters on site. Citizens relying on supports of local governments like this. This adds heavy workload to the staff. The author thinks development of “Shelter Navi” has a great significance as a step to solve such problems.

2. Method

Shelter Navi is a smartphone-based navigation app. Cloud sever manages location and status of shelters and measures automatically shelter congestion. Citizens can check the information with the map in advance. When citizens move to the shelter and presses “Check-In” button, the system records the check-in and updates the status of the shelter. The system measures shelter congestion by using calculation formula, “CheckIn(S) / Capacity(S)”. Furthermore, local government staff can confirm safety information about citizens.



Figure1. The screen of search shelter function

3. Result and discussion

This application can measure shelter congestion automatically, and citizens can find vacant shelters by themselves. On the other hands, there are some limitations such that the system needs strict data management and that it may not be easy for people unfamiliar with smartphones operations to use this application. In addition, cooperation by local governments is necessary to do experimental evaluation in real settings.

4. Acknowledgement

I am grateful to Prof. Masahide Nakamura and Mr. Toshiki Murotani for their kind guidance and support throughout the research. This research was partially supported by the GSC ROOT program.

5. References

- (1) Nichinan City The service for delivery of shelter congestion information “VACAN”

観光地評価システム

菅野楓 (早稲田実業学校高等部2年)
荒瀬由紀 (大阪大学)

1. 研究の目的と意義

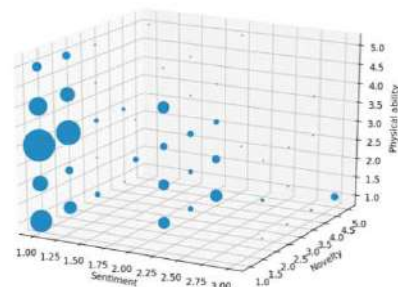
旅の価値は、行く先々で何を見て何を体験するかにかかっている。したがって旅を充実したものにするためには、あらかじめ訪れる観光地がどんな場所なのかを判断することが重要である。しかし、従来の観光地評価は、基準があいまいな人気投票的なものや、調査者の主観に頼るものが多く、旅行者のイメージと実際の観光地との不整合が多い。また、現存する数多くの旅行情報サイトは、いずれも主な機能はホテルや観光名所、航空券のランキング・予約・クチコミの評価を対象としており、旅の価値そのものに言及するものは少ない。そこで、旅をもっと魅力的なものにするために、客観的な基準による観光地の評価に取り組んだ。

2. 研究の手法

観光地の評価軸として (x) 情 (感情極性)、(y) 知 (未知性)、(z) 体 (疲労度) の3軸を設定する。ある対象に対する人間の判断には、無意識的で直感的な思考と、意識的で論理的な思考のふたつが相互作用している。これに現地への到達可能性を示す体力軸を加えた3要素 (情・知・体) が、評価基準として適切と考えるからである。(x)の「情」は、観光地に触れて生じる快不快や高揚落胆などの心の状態を指している。(y)の「知」は、観光地に関する知識の有無、メジャーかマイナーかである。値が大きければ、そこはよく知られていない場所となる。(z)の「体」は、文字どおりどの程度、体力を消耗するかである。旅は物理的に身体を移動する行為であり、その行動にはおのずと限界がある。本研究では観光地を自然資源9種類、人文資源9種類の18ジャンルに分類して、旅行情報サイトより各ジャンル2,000件、合計108,000件の口コミを取得した。それぞれの口コミについて、クラウドソーシングによりラベル付けを行い、深層学習による自然言語処理を用いて観光地評価モデルを作成した。口コミ自体の評価ではなく、口コミから類推される「観光地像」を導くことによって、前述したような従来の観光地評価と異なる、客観的で統一された観光地の評価が可能になる。

3. 結果と考察

観光地の評価結果を3次元空間にプロットしたものが【図1】である。人間の判断は想定より大まかで、5値評価での精度の低さも見受けられたので、3値評価に変更してモデルを再構成することとした。さらに日本の旅行会社が販売する海外ツアーが立寄るすべての観光地に対する評価モデルを作成した。現在、本研究による観光地評価機能を組み込んだツアー推薦システムの開発を進めているが、旅行者に旅の情報のみならず、希望にあった旅の提案という新たな価値を生み出すことができると考えている。これまで人類は旅をして見聞をひろめ、新しい視点でモノを見ることで成長を遂げてきた。COVID-19の影響で家に引きこもっている多くの人々が、再び見知らぬ土地を訪問するための助けになればと思う。



【図1：得られた3次元データの可視化】

4. 謝辞

大阪大学の荒瀬由紀先生にアドバイスをいただきました。ありがとうございました。

5. 参考文献

『旅行年報2018』(日本交通公社、2018年)

ダニエル・カーネマン『ファスト&スロー』(早川書房、2014年)

Tourist Spot Evaluation System

Kaede Sugano (Waseda jitsugyo High School)
Yuki Arase (Osaka University)

1. Purpose of the study

The value of a trip depends on what you see and experience in every place you visit. However, conventional tourist spot evaluations are often based on ambiguous criteria such as popularity polls and the researcher's subjective opinions of. Often there are many inconsistencies between the image of the tourist and the actual tourist attractions. Currently, there are many travel information websites, but their main functions are ranking, booking, and reviewing; there are very few services to judge the true value of travel. Therefore, I have worked on evaluating tourist spots based on objective criteria in order to make travel more attractive.

2. Method

I set up three axes for evaluating reviews: (x) Sentiment (emotional polarity) (y) Novelty (unknown) (z) Physical ability (fatigue). Human judgments are based on the interaction of unconscious, intuitive feeling and conscious, logical thinking. I believe the three elements, which are these two elements plus a physical ability that indicates fatigue, are appropriate as evaluation criteria. In this project, I categorized tourist spots into 18 genres and obtained a total of 108,000 reviews from travel information websites. Each review was labelled by crowdsourcing and a tourist spot evaluation model was created using natural language processing with deep learning. By having the “image of a tourist spot” that is inferred from reviews, rather than evaluating the review itself, it is possible to evaluate a tourist attraction based on an objective and unified standard, which is distinct from the conventional evaluation as described above.

3. Results and discussion

The evaluation values in 3D space is plotted (shown in Figure 1). Since human judgments were more general than expected and the accuracy of the quintuple value evaluation was low, I decided to reconstruct the model by changing it to a tri-level evaluation. Based on this model, I created an evaluation model for all tourist destinations visited by overseas tours sold by Japanese travel agencies. I am currently developing a tour recommendation system that incorporates the tourist spot evaluation function through this research. It will be possible to create a new value for travellers not only as a source of travel information, but also as a source of travel suggestions tailored to them. The human race has grown through travel, broadening horizons and seeing things from new perspectives. I hope this research will help many people who are currently stuck in their homes due to COVID-19 to travel again.

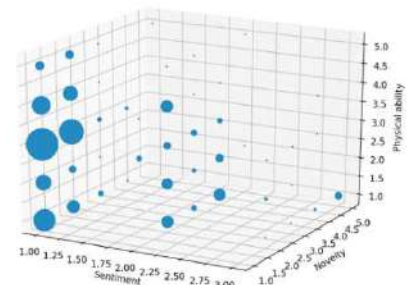


Figure1: A visualization of data obtained

4. Acknowledgement

I would like to thank Dr. Yuki Arase of Osaka University for her advice on research methods of natural language processing.

5. References

Travel Annual Report 2018 (Japan Transport Corporation, 2018)
Daniel Kahneman, “Thinking, Fast and Slow” (Hayakawa Publishing, 2014)

AmoebaSAT アルゴリズムの高速化

鈴木 季 (千葉県立木更津高等学校 3 年)
原 祐子 (東京工業大学工学院)

1. 研究の目的と意義

近年、ムーアの法則による半導体の集積率の増加率が減少している。一方、モノのインターネット(IoT)の発展により、アプリケーションは多様化している。そのため、今後は、個々のアプリケーションの問題に適した解決方法の探求をハードウェアとソフトウェアの両面から考慮したアーキテクチャの設計が必要である。

充足可能性問題(SAT)は NP 完全問題の一つであり、組合せ最適化問題へ容易に変換可能である。実際、5G ネットワークのパケットルーティングなどに応用されている。SAT を高速に解くアルゴリズムとアーキテクチャを実現することで、様々な IoT の課題を解決できる。

2. 研究の手法

本研究では、SAT を効率良く解くアーキテクチャ[1]に着目し、さらに改善する手法を提案した。[1]では、単細胞生物のアメーバの生存アルゴリズムに着想を得た、並列処理を得意とする AmoebaSAT というアルゴリズムを基としている。本研究は、AmoebaSAT 中の誤り率を制御するパラメータ ϵ の値の設定方法を改良することで、解探索の効率改善を図る。[1]では、経験的に求めた固定値 ϵ を設定していたが、本研究では解の探索状況(変数の変更回数)に応じて変化させる。具体的には、解探索を開始してすぐは局所状態から脱しやすくするために誤り率を高くし、解に近づくほど変数の安定状態を阻害しないように ϵ の値を適応的に設定する。いくつかの SAT 問題を用いて、解探索の反復計算(イタレーション)の回数を計測した。

3. 結果と考察

AmoebaSAT は乱数で初期状態を決定するため、100 回のテスト結果の平均を表 1 に示す。テストケース名の flat および test は、それぞれグラフの彩色問題および 5G ルーティングの問題である。イタレーションの上限は 100 万回とし、“Not found” は上限までに解を探索できなかったことを示す。表 1 に示す通り、本研究手法はほとんどのテストケースを改善でき、グラフ彩色問題の一つである flat75-75 では 28.6%と非常に大きな改善を実現した。

表 1 探索回数の比較

Testcase	SAT Complexity		Original [1]	Proposal	Improvement (%)
	Variables#	Clauses#			
flat50-1	150	545	3,034	2,562	15.6
flat50-820	150	545	7,462	5,981	19.8
flat75-10	225	840	6,485	5,252	19.0
flat75-75	225	840	6,619	4,729	28.6
flat100-100	300	1,117	19,132	16,029	16.2
test24_5_5_5	216	457	301	298	1.0
test24_5_5_6	271	605	3,186	3,261	-2.4
test33_5_6_6	266	620	Not found	Not found	--
test34_5_5_5	377	854	295	235	20.3
test44_6_4_4	221	466	221	217	1.8

4. 謝辞

研究の機会をいただいた情報科学の達人プロジェクトに感謝申し上げます。

5. 参考文献

[1] A. Nguyen, M. Masashi, and Y. Hara-Azumi, “FPGA-Based Hardware/Software Co-Design of a Bio-Inspired SAT Solver,” IEEE Access, vol.8, pp.49053-49065, Mar. 2020.

Acceleration of the AmoebaSAT Algorithm

Minoru Suzuki (Kisarazu high-school in Chiba 3rd grade)

Yuko Hara-Azumi (Tokyo Institute of Technology)

1. Purpose of the study

Nowadays the growth rate of semi-conductor integration following the Moore's Law is being saturated, and the diversity of applications' problems are increasing in the Internet of Things (IoT) era. Thus, it is becoming further essential to design architectures that apply suitable computing approaches to each application from both hardware and software.

Satisfiability problem (SAT) is NP-complete and can be flexibly transformed to other combinatorial optimization problems (e.g. the packet routing in 5G network). A variety of IoT problems can be resolved by realizing architectures that accelerate SAT computation.

2. Method

This work proposed a further acceleration method for a SAT architecture [1], where AmoebaSAT (an amoeba-inspired SAT algorithm) is employed. This work attempts to accelerate the solution search by tuning a parameter ε that controls erroneous behavior in AmoebaSAT. Contrary to a constant value ε empirically set in [1], the proposed method adjusts ε according to the solution search statues (i.e., the frequency of variable flips) -- ε encourages more errors to get out of local optima at the early iterations, but gradually discourages errors when it is getting closer to a solution. The effectiveness of this work was evaluated on several SAT-defined problems in terms of the iterations.

3. Result and discussion

Since AmoebaSAT initializes variables at random, an average result over 100 trials for each problem is shown in Table 1. The testcase names "flat" and "test" represent graph-coloring and 5G routing problems, respectively. "Not found" indicates that no solution was found until the upper limit (1 million iterations). This work successfully accelerated for almost all testcases and achieved the maximum improvement of 28.6%.

Table 1 Comparison in terms of the number of iterations

Testcase	SAT Complexity		Original [1]	Proposal	Improvement (%)
	Variables#	Clauses#			
flat50-1	150	545	3,034	2,562	15.6
flat50-820	150	545	7,462	5,981	19.8
flat75-10	225	840	6,485	5,252	19.0
flat75-75	225	840	6,619	4,729	28.6
flat100-100	300	1,117	19,132	16,029	16.2
test24_5_5_5	216	457	301	298	1.0
test24_5_5_6	271	605	3,186	3,261	-2.4
test33_5_6_6	266	620	Not found	Not found	--
test34_5_5_5	377	854	295	235	20.3
test44_6_4_4	221	466	221	217	1.8

4. Acknowledgement

This work was supported by "From epsilon to infinite - Establishing elite training system."

5. Reference

[1] A. Nguyen, M. Masashi, and Y. Hara-Azumi, "FPGA-Based Hardware/Software Co-Design of a Bio-Inspired SAT Solver," IEEE Access, vol.8, pp.49053-49065, Mar. 2020.

中国における都市封鎖・ロックダウンが日本に輸送されるエアロゾルに与える影響

柳澤 亮汰（東海大学附属諏訪高等学校 2年）

担当教員 松木 篤（金沢大学 環日本海域環境研究センター）

1. 研究の目的と意義

大気エアロゾルとは、花粉や黄砂、PM2.5などを含む浮遊粒子状物質の総称であるが、特にPM2.5については健康被害の原因となるだけでなく、地球温暖化の問題とも密接に関わるため、近年注目される大気汚染物質である。PM2.5は中国から風によって遠く日本にも運ばれるため、越境大気汚染として顕在化した2013年頃から社会問題となっている。そして2020年に入り、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響で、中国の主要な都市部で都市封鎖・ロックダウンが行われた。経済活動の停滞に伴うエネルギー需要の急激な低下は、排出される大気汚染物質にも少なからず影響を及ぼしたと考えられる。そこで、本研究ではPM2.5による越境汚染において、中国の都市封鎖・ロックダウンの影響があったどうかを、地上での直接観測から明らかにすることを目的とした。

2. 研究手法

本研究では、金沢大学能登大気スーパーサイト NOTOGRO (N37°45', E137°36') にて計測されたBC濃度 (MAAP5012, Thermo Scientific) を用いた。本研究では2010年6月から2020年5月に観測されたBC濃度データを用いて、過去のトレンドや例年同時期の濃度と比較し、ロックダウンの影響を明らかにする。

3. 結果と考察

- ・長期的なトレンド解析から、能登で観測されるBC濃度は、近年の中国における大気汚染対策を反映して10年間で42%減少している。
- ・気圧配置や偏西風の影響により、越境汚染は特に1月から5月の時期に多くなる(図1)。
- ・しかし、今年2020年1月から3月のBC濃度は、例外的に長期的なトレンドから予測されるよりも40%もの大幅な減少となった(図1, 2)。

これらの観測と気流を解析した (Zeng et al., 2013) 結果から、2020年1月から3月に能登で観測された粒子状大気汚染の大幅な低下は、中国の主要都市のロックダウンが主な原因だったと考えられる。

以上の結果は、約40%という通常であれば10年かけてやっと起こるような大幅な越境汚染の改善が、わずかな期間に起きていたことを意味しており、新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴う中国の都市封鎖・ロックダウンが、日本に輸送されるエアロゾルの量にいかに大きな影響を与えていたかが明らかになった。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導・ご支援いただきました金沢大学の松木篤先生、久保田誠史氏、GSC事務局の皆さま、東海大諏訪高の先生方にこの場を借りて、感謝いたします。

5. 参考文献

Zeng et al., Linking carbon dioxide variability at Hateruma Station to East Asia emissions by Bayesian Inversion, Lagrangian Modeling of the Atmosphere, *Geophysical Monograph* 200, 163-172, 2013.

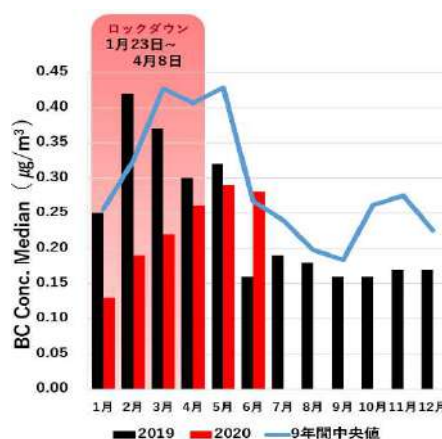


図1 BC濃度の2019年と2020年の比較

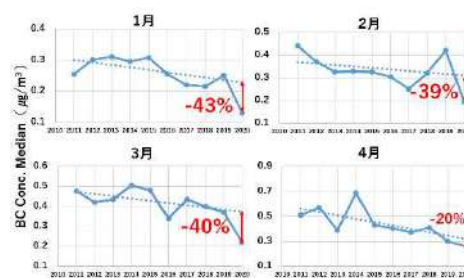


図2 各月のBC濃度の経時変化

Impact of Chinese Urban Lockdown on the Aerosols Transported to Japan

Ryota Yanagisawa (Tokai University Suwa High School, 2nd grade)

Atsushi Matsuki (Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

1. Purpose of the study

Atmospheric aerosol is a generic term for suspended particulate matters in the air, that includes pollen, Asian dust and PM_{2.5}. The air pollution caused by PM_{2.5} has a large impact both on our health and on global/regional climate. Since PM_{2.5} can be transported long-ranges by wind e.g. from China to Japan, the general public has been increasingly concerned on the related transboundary air pollution. In 2020, to prevent the further spread of the coronavirus disease 2019 (COVID-19), Chinese major cities were locked down and its borders were closed to limit transport. The rapid drop in energy consumption due to the economic slowdown is thought to have had a substantial impact on the emission. The purpose of this study is to investigate the impact of Chinese urban lockdown on the particulate transboundary pollution based on the direct observation on the ground.

2. Method

In this study, black carbon (BC) concentrations (MAAP5012, Thermo Scientific) measured from June 2010 to May 2020 at the Noto atmospheric supersite NOTOGRO (N37°45, E137°36), Kanazawa University, were analyzed. The BC concentrations affected by the periods of the Chinese lockdown were compared against the observed long-term trend.

3. Result and discussion

- The BC concentration is decreasing at a rate of 42% per decade, reflecting the recent air pollution control policies in China.
- Transboundary pollution is particularly evident during the January-May period due to the influence of atmospheric pressure patterns and westerly winds (Fig. 1).
- However, BC concentration was 40% lower than it was predicted for the January-March period in 2020 (Figs. 1 and 2).

Based on these observations and analysis of airflow (Zeng et al., 2013), significant drop in particulate air pollution observed in Noto during January to March 2020 is most likely due to the lockdown in Chinese major cities

This study revealed that a significant improvement in particulate transboundary pollution (by about 40%) took place in a rather short period. This range of improvement would normally take a decade to occur, and highlights how the urban lockdown in China associated with the COVID-19 pandemic had a significant impact on the amount of aerosols transported to Japan.

4. Acknowledgement

We would like to acknowledge Dr. Atsushi Matsuki and Mr. Seiji Kubota of Kanazawa University, the GSC secretariat, and the teachers at Tokai University Suwa High School for their guidance and support.

5. References

Zeng et al., Linking carbon dioxide variability at Hateruma Station to East Asia emissions by Bayesian Inversion, Lagrangian Modeling of the Atmosphere, *Geophysical Monograph* 200, 163-172, 2013.

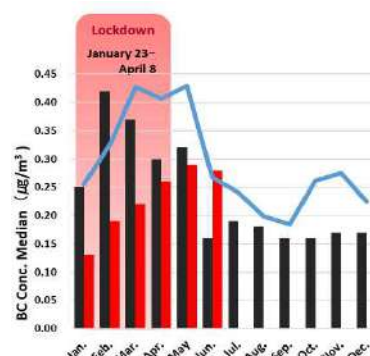


Fig.1 Comparison of BC concentrations between 2019 and 2020

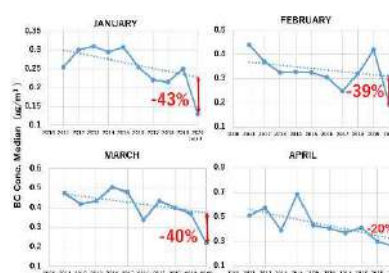


Fig.2 Variation in BC concentrations over time for each month

ウルトラファインバブルと超音波を組み合わせた光合成細菌の殺菌

狐塚天音 (北陸学院高等学校 2年)

担当教員 仁宮一章 (金沢大学 新学術創成研究機構)

1. 研究の目的と意義

超音波を液中に照射すると、液中の気体分子に正・負の圧力が交互にかかり、気泡が数 μm ~ 100 μm 程度に圧縮・膨張を繰り返すなかで、圧縮時の高い圧力の限界でマイクロバブル気泡がはじけて消滅し、「衝撃波」や「局所的な高温高圧場」が生じる。これを超音波キャビテーションという。この超音波キャビテーションの際には、「衝撃波による物理的作用」、「局所的な高温高圧場における水の熱分解で生じるOHラジカルによる化学的作用」が生じるが、これらの物理的・化学的作用は水中の殺菌や汚染物質の分解に応用されてきた¹⁾。

一方、近年、10 nm~100 nmサイズの微細な気泡であるウルトラファインバブルが注目を集めている。このウルトラファインバブルは、1 μm サイズ以上のマイクロバブルと異なり、浮上速度が遅く1~数週間も水中で安定的に存在するといった特徴をもっている²⁾。このウルトラファインバブルが、超音波キャビテーション発生の核になるのではないかとする作業仮説を立てた(図1)。

そこで、本研究では、ウルトラファインバブルと超音波の組み合わせにより、超音波キャビテーションの際の「衝撃波による物理的作用」、「局所的な高温高圧場における水の熱分解で生じるOHラジカルによる化学的作用」を相乗的に増大させることで、環境負荷のない効率的なシアノバクテリアの殺菌を行うことを目的とする。

2. 研究の手法

超音波照射は38 kHzのソノリアクターを用いた。超音波照射強度については、カロリメトリ法を用いて0.65Wに設定した。ウルトラファインバブル水の調整には、巡回液流出式ナノバブル製造装置を用いた。ウルトラファインバブルの粒径分布および濃度は、Nano Tracking Analysis装置により測定した。殺菌試験には、シアノバクテリアを用いて、顕微鏡観察および吸光度により評価した。

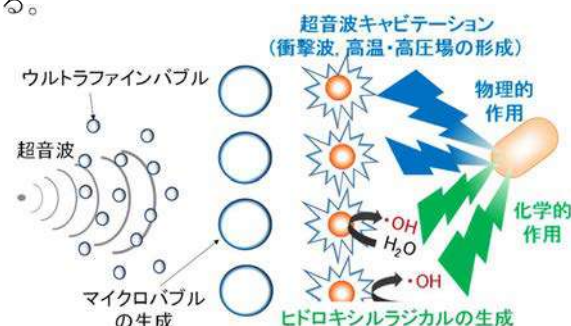


図1. ウルトラファインバブルと超音波の組み合わせによる殺菌の作業仮説

3. 結果と考察

ウルトラファインバブルと超音波を組み合わせることで、ウルトラファインバブルのみの条件や超音波照射のみの条件と比較し、シアノバクテリアの殺菌効果が相乗的に増大した(図2)。この原因としては、ウルトラファインバブルと超音波の組み合わせにより、超音波キャビテーションの際の「衝撃波による物理的作用」、「局所的な高温高圧場における水の熱分解で生じるOHラジカルによる化学的作用」が相乗的に増大したためと考えられる。

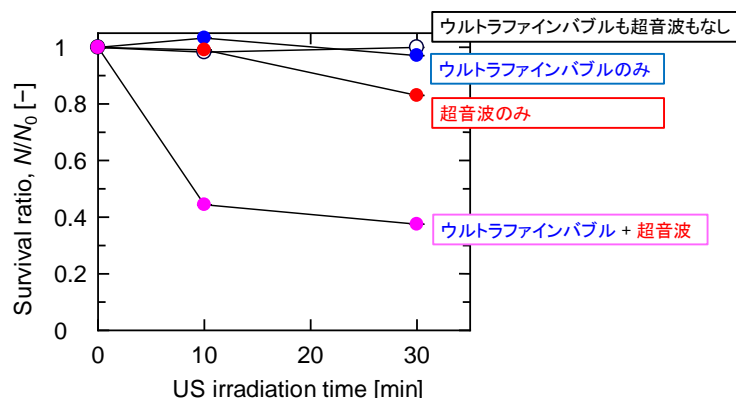


図2. シアノバクテリアの超音波殺菌の経時変化

4. 謝辞

グローバルサイエンスキャンパス事務局ならびに金沢大学の関係者の方々に深く感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) Y.L. Pang, et al., Review on sonochemical methods in the presence of catalysts and chemical additives for treatment of organic pollutants in wastewater, Desalination. 277 (2011) 1-14.
- 2) K. Yasui, et al., Mysteries of bulk nanobubbles (ultrafine bubbles); stability and radical formation, Ultrason. Sonochem. 48 (2018) 259-266.

Disinfection of cyanobacteria by ultrasound irradiation in the presence of ultrafine bubbles

Amane Kozuka (Hokuriku Gakuin High School 2nd grade)

Kazuaki Ninomiya (Institute for Frontier Science Initiative, Kanazawa University)

1. Purpose of the study

When ultrasonic waves are irradiated into a liquid, positive and negative pressures are alternately applied to the gas molecules in the liquid, causing the bubbles to repeatedly compress and expand to a few microns to 100 microns. That causes the microbubble bubbles to burst and disappear at the limit of the high pressure during compression, creating a shock wave and a localized high temperature and pressure field. This is called as ultrasonic cavitation. This ultrasonic cavitation involves “physical effects of the shock wave” and “chemical effects of OH radicals produced by the thermal decomposition of water in a localized high-temperature, high-pressure field”, which have been applied to disinfection and decomposition of pollutants in water.

On the other hand, in recent years, great attention has been paid to ultrafine bubbles, which are bubbles in the size range of 10 nm to 100 nm. Unlike microbubbles larger than 1 μm in size, ultrafine bubbles are slow to rise to the surface and remain stable in water for 1 to several weeks. We have developed a working hypothesis that these ultrafine bubbles may be the core of the ultrasonic cavitation generation.

In this study, disinfection of cyanobacteria is conducted by the combination of ultrafine bubbles and ultrasonic waves. We expect that the combination synergistically increases the "physical effects of shock waves" and "chemical effects of OH radicals generated by the thermal decomposition of water in a localized high-temperature and high-pressure field", which results in an efficient and environmentally friendly disinfection method.

2. Methods

Ultrasound irradiation was performed using a 38 kHz sonoreactor. The ultrasonic irradiation intensity was set to 0.65 W using the calorimetric method. A swirling liquid outflow nanobubble production system was used to adjust the ultrafine bubble water. The particle size distribution and concentration of ultrafine bubbles were measured by the Nano Tracking Analysis system. For disinfection test, cyanobacteria were used and evaluated by microscopic observation and absorbance.

3. Results and discussion

The combination of ultrafine bubbles and ultrasound was found to synergistically increase the bactericidal effect of cyanobacteria compared to the conditions of ultrafine bubbles alone or ultrasound irradiation alone. This is because the combination of ultrafine bubbles and ultrasound waves synergistically increased the "physical effects of shock waves" and "chemical effects of OH radicals generated by the thermal decomposition of water in a localized high-temperature and high-pressure field" during ultrasonic cavitation.

4. Acknowledgements

I would like to express my deepest gratitude to the Secretariat of the Global Science Campus and the people of Kanazawa University.

5. References

- 1) Y.L. Pang, et al., Desalination. 277 (2011) 1–14.
- 2) K. Yasui, et al., Ultrason. Sonochem. 48 (2018) 259–266.

衛星リモートセンシングによるインドネシア Kahayan 川流域泥炭地からの COD(溶解性有機物)流出量の推定

北井朝子 (大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 3年)

高橋幸弘

1、研究の目的と意義

近年、インドネシアでは人為的排出も含めた CO_2 の環境中への排出量の 40%以上が泥炭地由来と推定されており、2005 年で 8.5 億トンに及ぶ (DNPI, 2010)。特に、河川など溶存有機物 (DOM) の主要な割合を占める溶存有機炭素 (COD) の流出量の解明が、泥炭地の炭素ストックおよび炭素循環を正確に見積もる上で重要で、環境への CO_2 排出量の推定に大きな役割を果たす。世界の主要泥炭地であるシベリア、アラスカなど北極域には先行研究があるが、2000 万 ha を超える泥炭地を抱えるもう一つの主要泥炭地のインドネシアについては未だ不明である。インドネシアは、熱帯地域で降水量も多いことから河川への COD 流出量も北極域とは異なることが予想される。さらに、大気中のエアロゾル量も北極域とは違うため、北極域での衛星画像解析法を適用できない。

本研究では、衛星画像解析により、インドネシア地域での COD の年間河川流出量を正確に見積もることを目的とする。そのために、まず、本地域の季節ごとに変化するエアロゾルの衛星画像解析に及ぼす影響を最小化する方法を編み出す。次に、実際にカリマンタン島南部を流れる Kahayan 川を対象に、年間の COD 流出量を推定する。

2、研究の手法

DOC の濃度と正の関係を持つ cDOM(蛍光性溶存有機物質) が波長に依存する反射率を持つことを利用し、2004-2007 年に地球観測衛星 Landsat7 の Band2, 3 で撮影されたデータに対して主にエアロゾルを対象に大気補正を行った後 cDOM(400), COD 濃度を計算した。その後、水分調査で測定された同時期の水位から水位流量曲線を用いて流量を計算し、対象地域の COD 量を求め、年変化、季節変化を調べた。

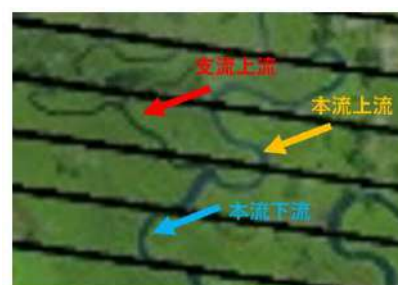


図1 対象範囲

3、結果と考察

COD 濃度の低い支流と濃度の高い本流が合流したことで、下流の COD 濃度は上流よりも低くなるのが衛星画像から予想され、数値として再現することに成功した。また、新規の発見として、COD 濃度の流出量は想定以上に年変化が大きいことが分かった。雨期である 11 月から 3 月までは雲に覆われ解析数が少なかったため、今後対象年を増やすことで対応する。

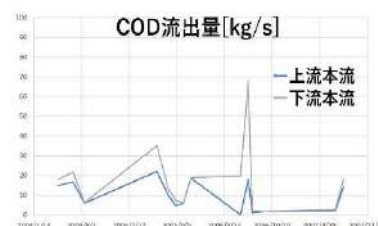


図2 対象範囲

4、謝辞

本研究を進めるにあたりご指導・ご支援いただいた、高橋幸弘先生、成瀬延康先生に心から感謝いたします。本研究は、SSP プログラムの支援の下で実施しました。

5、参考文献

1)DNPI, 2010, 2)C. G. Griffina et al. 2018 3)Jiang Chen et al. 2020

Estimating COD (dissolved organic matter) runoff from peatlands in Kahayan River basin, Indonesia using satellite remote sensing

Asako Kitai

(Tennoji Senior High School attached to Osaka Kyoiku University, 3rd grade)

Yukihiro Takahashi

1. Purpose of the study

It is estimated that more than 40% of CO₂ emissions to the environment in Indonesia come from peatlands. In particular, elucidation of the outflow of dissolved organic carbon (COD), which accounts for a major proportion of dissolved organic matter (DOM) such as rivers, is important for estimating the carbon cycle of peatlands, and CO₂ emissions to the environment. Previous studies have been conducted in the Arctic region, which are the world's major peatlands, but Indonesia, another major peatland area with over 20 million hectares, is still unknown. Indonesia is expected to have different COD outflows to rivers than the Arctic region due to the high rainfall. Since the amount of aerosol in the atmosphere is also different from that in the Arctic region, the image analysis cannot be applied as it is. In Indonesia, which has a dry and a rainy season, COD outflow is expected to vary depending on the season.

The purpose of this study is to estimate the annual river runoff of COD in the Indonesian region by satellite image analysis. First, we propose a methodology that minimizes the effect of seasonally changing aerosols on satellite image analysis. Next, we estimate the annual COD runoff for the Kahayan River, which flows through the southern part of Kalimantan Island.

2. Method

Using the wavelength-dependent reflectivity of cDOM (Colored Dissolved Organic Material), which can indicate DOC, we performed atmospheric corrections on the data taken by Band 2 and 3 of the Landsat 7 satellite from 2004 to 2007, and then measured cDOM (400), COD concentrations were estimated. Flow rates were then calculated using H-Q curves from contemporaneous water levels measured during the hydrologic survey to determine the amount of COD flowing in the body condition area and to examine annual and seasonal changes.



Figure 1 research area

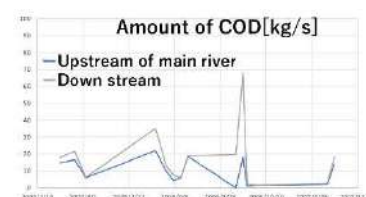


Figure 2 seasonal changes of COD amount

3. Result and discussion

We found that the downstream COD concentration is lower than that of the upstream, which is appeared in satellite images. In addition, as a new investigation, it became clear that the outflow of COD concentration varies from year to year more than expectation. From November to March, which is the rainy season, there was not enough data to analyze because the area was covered with clouds, so we will respond by increasing the number of target years in the future.

4. Acknowledgement

This work was supported by Hokkaido University Super Scientist Program (SSP) of Global Science Campus (GSC), Japan Science and Technology Agency (JST).

5. References

1)DNPI,2010, 2)C.G. Griffina et al.2018 3)Jiang Chen et al. 2020

ペーパーヘルメットの衝撃エネルギー吸収量に及ぼすハニカムの形状と湿度の影響

上杉 朋花（学校法人静岡理工科大学 星陵高等学校 2年）

指導教員 島村佳伸（静岡大学工学部機械工学科）

1. 研究の目的と意義

ハニカム構造を応用した紙製のヘルメットを実用化し、高齢者の事故を防止することが目的である。高齢者の事故のうち転倒・転落の割合が最も多いため、ペーパーヘルメットを実用化することで、高齢者の事故を減らしたい。ハニカム構造は強度に優れていることで知られており、飛行機の翼や駅のホームの落下防止ドアなどに用いられている。本研究の対象であるハニカムペーパーは紙製のため、他の素材に比べてコストが抑えられる。また、保温性や吸湿性、柔軟性に優れ、軽く、コンパクトに収納が可能だ。金属や他の素材と比べて廃棄の際の環境への影響も少ない。しかし現在、ハニカムペーパーはあまり普及しておらず、先行研究もほとんどない。本研究ではハニカムペーパーの衝撃特性に及ぼす形状と湿度の影響を明らかにする。

2. 研究の手法

ハニカムペーパーの上に一定の高さからおもりを落下させ（図1）、潰れた深さをハイトゲージで測定した。ハニカムペーパーを広げることでセルの面積を変化させ、潰れた体積から衝撃エネルギー吸収量の変化を求めた。また、ハニカムペーパーの保管湿度による衝撃エネルギー吸収量の変化をヘルメット用発泡スチロールの強度と比較した。



図1 落下実験の様子

3. 結果と考察

面積依存性：セルの面積が最大となると、エネルギー吸収量は最大の値を示した。また、紙を広げてもペーパーハニカムとしての強度はほぼ一定となった。これは、ハニカムペーパーを広げることで紙の密度が低下しても、セルの構造が正六角形に近付き、構造の強度が増加することで、互いの変化を打ち消しあったと考えられる。ハニカムペーパーを広げても強度を損なうことなく軽量化が図れることが示された。湿度依存性：湿度 78%RH まではヘルメットとして十分な強度を保つことが分かった。

4. 謝辞

本研究の実施にあたり、終始熱心なご指導をいただいた静岡大学の島村佳伸先生と星陵高校の渡辺富夫先生、および無償で資材提供していただいたナゴヤ芯材工業株式会社様に心より感謝いたします。

5. 参考文献

L. J. Gibson, M.F.Ashby, Cellular Solids, Pergamon Press, 1988

Influence of Honeycomb Shape and Humidity on Impact Energy Absorption of Paper Honeycomb for Helmet Application

Tomoka Uesugi (Seiryō High School 2nd year)

Yoshinobu Shimamura (Shizuoka University)

1. Background and objective

The final purpose of this study is to extend the use of paper helmets using honeycomb structure in order to prevent accidents for the elderly. In Japan, the ratio of falling accident is the highest among accidents of the elderly. By putting paper helmets into practical use, I would like to reduce the number of elderly's accidents. Honeycomb structures are known for their excellent strength, and thus are used in airplane wings, and fall prevention doors on station platforms. Since paper honeycomb which is used in this research, is made of paper, it is inexpensive. In addition, it has excellent heat retention, hygroscopicity and flexibility, and is low-weight and can be stored compactly. Compared to metals and other materials, it is an eco-friendly product. However, at present, paper honeycomb is not widely used, and previous research has been rarely seen. In this research, I would like to clarify the effect of honeycomb shape and humidity on impact characteristics of paper honeycomb.

2. Method

A weight was dropped on a paper honeycomb from a given height (Fig.1), and the crushed depth was measured with a height gauge. The impact energy absorption for various honeycomb shapes was measured from the potential energy of the weight and the collapsed volume. In addition, the impact energy absorption for different humidity conditions was measured, and compared with that of Styrofoam for commercial helmets.



Fig. 1 Drop weight test.

3. Results and discussion

Honeycomb shape dependence: When the cell area was maximized, the energy absorption was at the maximum. In addition, the strength as a paper honeycomb was almost independent of the area. The results imply that the weight reduction by expanding the cell area was compensated with the increase in the strength of a cell. **Humidity dependence:** It was found that the paper honeycomb had enough strength up to a humidity of 78% RH.

4. Acknowledgements

I would like to express my sincere appreciation to Prof. Shimamura in Shizuoka University, Mr. Watanabe in Seiryō high school. The paper honeycomb was kindly provided by NAGOYA CORE CO., LTD.

5. References

L. J. Gibson, M.F.Ashby, Cellular Solids, Pergamon Press, 1988

筋電信号を用いたコントローラの開発 ～QOLの向上を目指して～

高良慎之亮（興南高等学校 2年）

比嘉 広樹 琉球大学工学部

1. 研究の目的と意義

車椅子で生活している肢体不自由者の方々は、床に落ちた物が取れないなど、日常生活での不便な場面が多い。本研究では、筋電信号(EMG)を使用してロボットアームを操作可能なコントローラを製作して、このような方々の生活の質(QOL: Quality of Life)の向上を目指す。今回、機械学習機能を有するEMGコントローラを製作・評価した。

2. 研究の手法

健常者被験者1名の左右の前腕部（尺側手根屈筋と長橈側手根伸筋）に表面電極を貼り、製作した増幅回路を使用して手関節運動（掌屈、背屈、橈屈、尺屈、手指開く、握る）時の筋電信号(EMG)を2回測定した。1回目のデータで判別器（SVM: Support Vector Machine、LSTM: Long Short-Term Memory）を学習後、2回目のデータを入力した際のそれぞれの判別器の判別率を測定した(図1)。

3. 結果と考察

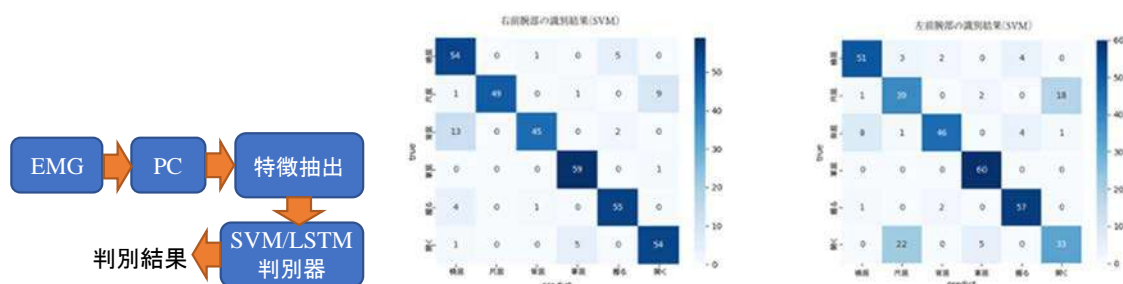


図1 EMG コントローラのブロック図

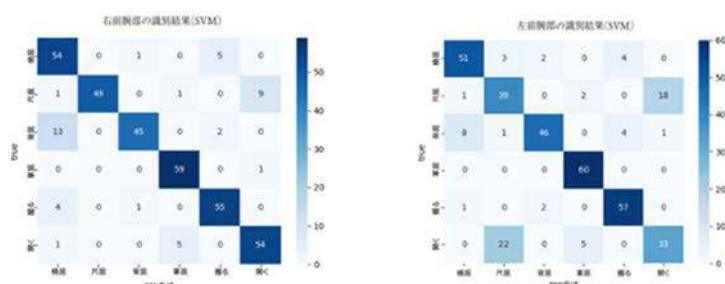


図2 SVM 判別器の判別結果

表1 それぞれの判別器による判別率

	SVM		LSTM	
	右前腕部	左前腕部	右前腕部	左前腕部
判別率[%]	87.8	79.4	83.9	80.0

各判別器の判別結果を図2、表1に示す。80%前後の判別率が得られた。誤動作の傾向として、「背屈」を「橈屈」と、「尺屈」を「手指開く」と判別されることが分かった。理由として「背屈」と「橈屈」は長橈側手根伸筋が、「尺屈」と「手指開く」では尺側手根屈筋が共通して使われる為、運動の強さや速度の変化が似ていることが原因ではないかと考えている。また左前腕部の判別では、「手指開く」を「尺屈」と判別している。左右の比較では、利き手である右前腕部の判別率が若干良い結果となった。

4. 謝辞

丁寧な御指導を頂きました琉球大学大学院生の高橋新叶さん、具志翔太朗さん、上原一斗さんに心より感謝いたします。コロナ禍でも温かい御指導の下に、本研究を進める事ができました。

5. 参考文献

- [1] 村岡ら, “ステレオマイク入力端子を用いた低コスト2ch筋電図バイオフィードバック装置,” Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science, 2014.
- [2] 横井ら, “筋電制御型の義手,” バイオメカニズム学会誌, vol. 38, no. 1, pp. 39-46, 2014.
- [3] 高橋, “機械学習を用いた筋電入力インタフェース,” 琉球大学工学部卒業論文, 2020.

Development of EMG-Based Controller: Toward an Improvement of QOLs for People with Physical Disabilities of the Extremities

Shinnosuke Takara, 2nd Grade, Konan High School

Hiroki Higa, University of the Ryukyus

1. Purpose of the Study

It is difficult for people with physical disabilities of the extremities who live out of wheelchairs to pick up things off the floor. They are forced to live an inconvenient life. The final purpose of this study is to develop an EMG-based controller to control a robotic arm for improving their qualities of lives (QOLs). We have developed the controller having the function of machine learning.

2. Method

Two surface electrodes were attached to an able-bodied subject's forearm, the extensor carpi radialis longus (ECRL) muscle and the flexor carpi ulnaris (FCU) muscle. The EMG signals were recorded twice when he performed six movements of the wrist joint and hand: palmar flexion (PF), dorsal flexion (DF), radial flexion (RF), ulnar flexion (UF), extension (Efs) and flexion (Ffs) of all the fingers. After SVM- and LSTM-based classifiers were learned by the first EMG data, we measured their classification accuracies (CAs) using the second EMG data (Fig. 1).

3. Result and Discussion



Fig.1 Block diagram of EMG-based controller. Fig. 2 Results of the SVM-based classifier.

Table 1 Classification accuracies (CAs) of SVM- and LSTM-based classifiers.

	SVM (support vector machine)		LSTM (long short-term memory)	
	right forearm	left forearm	right forearm	left forearm
classification accuracy [%]	87.8	79.4	83.9	80.0

From the experimental results, Fig. 2 and Table 1, we found that we obtained the classifiers which have classification accuracy (CA) of about 80%. The classifiers incorrectly classified DF as RF, and UF as Efs, respectively. I think this is because we use ECRL muscle when performing DF and RF, and FCU muscle when performing UF and Efs. Compared to CAs of the left and right forearm, the CA of the right, which is my dominant hand, is slightly higher than that of the left.

4. Acknowledgement

The authors would like to thank S. Takahashi, S. Gushi, and I. Uehara for their valuable and warm helps to the development of our research work in spite of the COVID-19 pandemic circumstance.

5. References

- [1] Y. Muraoka, et. al, Japan Journal of Comprehensive Rehabilitation Science, 2014.
- [2] H. Yokoi, et. al, J. Biomechanisms, vol. 38, no. 1, pp.39-46, 2014.
- [3] S. Takahashi, Bachelor's Thesis of Engineering, University of the Ryukyus, 2020.

段差歩行のためのサラマンダーロボットの研究

石園桃香（栃木県立宇都宮女子高等学校 3年）
尾崎功一（宇都宮大学工学部）

1. 研究の目的と意義

マイクロプラスチックによる海洋汚染の問題は近年深刻であり、海のプラスチックゴミを減らすためにゴミの回収できるロボットを作成することを考えた。プラスチックゴミは砂浜、海辺や海上に存在する。そのため、ロボットは段差や穴、波打ち際と海を行き来できる必要がある。そこで、水陸を行き来する両生類であるサラマンダーに注目した。

本研究では、段差のある水辺で思い通りに前進できるシンプルな構造のサラマンダーロボットを作成した。

2. 研究の手法

1. CAD でサラマンダーロボットを設計し、3D Printer で作製：

モーター数：9個（胴体5個 各脚1個）

屋外で活動するロボットにおいて、少自由度であることは、メンテナンスや価格の面から重要である。できるだけシンプルな構造で段差乗り越え歩行を実現するため、バネを用いた膝関節を有する脚機構を作成した。

2. プログラムを作成し、動作を制御。

動作：図1の3パターンで周期的に動かしている。

3. 水辺を想定する実験台（図2）で歩行させて、有用性を確かめる：サラマンダーロボットの実際の適用先として小石のある海辺を想定した凸凹のコース（図2）で、ロボットが走破可能かどうかをバネによって作られた脚（図3a）とバネが無い（図3b）脚で1分歩行させて検証した。



図1 サラマンダーの動作の3パターン

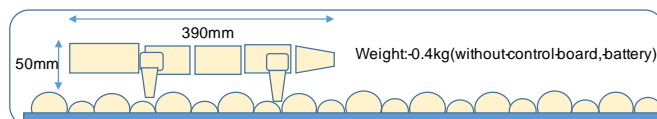


図2 水辺を想定した実験台

3. 結果と考察

歩行結果（図4：[1]は図3aの脚を使用，[2]は図3bの脚を使用）より水辺を想定した段差乗り越えに必要な脚の動きが分かった。今回は想定した段差を乗り越えることが達成できたので、次は実際の砂浜から海に行くまでに必要な動作や、海で泳ぐ時に脚をどのように固定するのかを研究したいと考えている。

4. 謝辞

ロボットを作成するときに、CADの使い方や3Dプリンターを使用させていただいた宇都宮大学工学部の尾崎先生と研究室の研究のみなさまにお礼を申し上げます。

5. 参考文献

[1] A. J. Ijspeert, "Salamandra Robotica II: an amphibious robot to study salamander-like swimming and walking gaits" *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 29, no. 2, pp. 308-320, 2013.

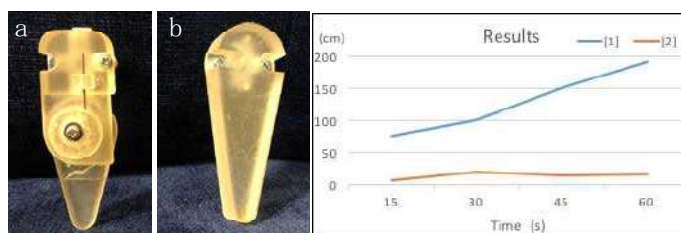


図3 実験に使用した足
aはバネによって作られた脚。bはバネが無い脚

図4 走行結果
図3aの脚を使用した場合[1]，と図3bの脚を使用した場合[2]。

Research on Bio-inspired Salamander Robot for Uneven Terrains

Momoka Ishizono (Utsunomiya Girls' High School)

Koichi Ozaki (Utsunomiya University)

1. Purpose of study

The problem of sea pollution caused by microplastics has become serious in recent years, so we decided to create a robot that can collect garbage in order to reduce plastic garbage in the sea. Plastic garbage exists on land and the sea. Therefore, the robot needs to be able to go back and forth between the sand and the sea. Therefore, I focused on a Salamander, an amphibian that travels between land and water.

In this research, we created a salamander robot with simple structure that can move along the seashore.

2. Method

1. Design a salamander robot with CAD and create it with a 3D printer:

Number of motors: 9 (5 for body, 1 for each leg)

For robots operating outdoors, having a small degree of freedom is important in terms of maintenance and price. In order to realize walking over steps with the simplest possible structure, we created a leg mechanism with knee joints using springs (Fig. 1).

2. Create programming and control behavior:

Operation: It is operated periodically in the following three patterns.

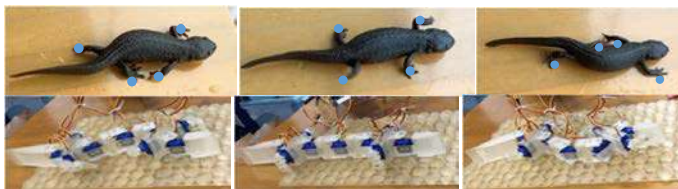


Fig.1 Three patterns of walking movement of salamander

3. Walk on a laboratory table assuming a waterside to check its usefulness:

On an uneven course assuming a seaside (Fig.2) with pebbles as the actual application destination of the Salamander robot, walk for 1 minute with legs made by springs (Fig. 3a) and legs without springs (Fig. 3b) to see if the robot can run. Let me verify.

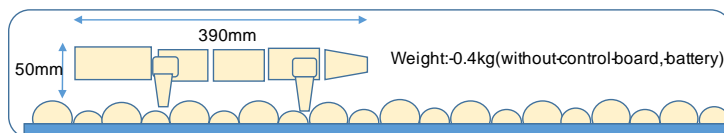


Fig.2 Laboratory table assuming a waterside

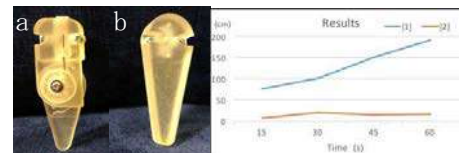


Fig. 3 Legs

Fig. 4

3. Results and discussion

From the walking results (Fig. 4: [1] used the Fig. 3a leg and [2] used the Fig. 3b leg), the movement of the legs required to overcome the step assuming the seashore was found. For this experiment, I was able to overcome the expected steps, so next I would like to study the movements required to go from the actual seashore to the sea and how to fix the legs when swimming in the sea.

4. Acknowledgments

I would like to thank Professor Ozaki of Utsunomiya University, Faculty of Engineering and the researchers in the laboratory for helping and letting me use CAD and a 3D printer when creating the robot.

5. References

[1] A. J. Ijspeert, "Salamandra Robotica II: an amphibious robot to study salamander-like swimming and walking gaits" IEEE Transactions on Robotics, vol. 29, no. 2, pp. 308–320, 2013.

加速度情報の視覚を用いた事前提示による動揺病の抑制

田中 雄大（横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 二年次）

中野 公彦（東京大学 生産技術研究所）

1. 研究の目的と意義

動揺病（車酔い）は、自動運転技術の発達によりさらに顕在化されていると言われている。加速度情報を視覚にリアルタイム表示し感覚混乱を矯正することはあまり効果がないという先行事例[2][3]があるが、これを事前に提示した場合の効果は検証されていない。本研究では、事前提示に関する先行研究[4]と、動揺病の原因とされている感覚混乱説(sensory conflict theory)[1]に基づき、事前提示に効果があると予測し検討することを目的とした。

2. 研究の手法

(a)傾きによる提示 (b)点の動きによる提示をする(図1)プログラムを、OpenCVを用いてC++で作成し、PCの画面をモニターに映すことでHMI(Human Machine Interface)として加速度情報を提示した。

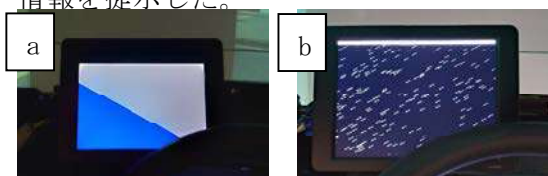


図1: HMIの画像(a), (b)

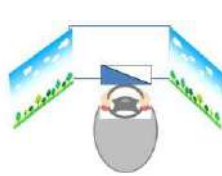


図2: 実験の概略図

後部座席を再現として、前方映像を映さずに左右の運転映像のみを流し、インターフェースを前方に固定し、DSで実験を行った

これらを用いて、後部座席を再現し動揺装置をつけたDS(Driving Simulator)(図2)実験を実験協力者4名で行い、SSQ(Simulator Sickness Questionnaire)[5]とそのほかのいくつかの質問を用いてアンケートを行い評価した。実験の条件は図3のグラフに示す。

3. 結果と考察

SSQの結果より酔いの度合いを示す全体傾向を示す合計値(Total Score)と、下位指標のふらつき感(Disorientation)、眼球運動(Oculomotor)、吐き気(Nausea)を算出した。これらの値が高いほど酔いが激しいことを表す。以下の図3にそれぞれの値を示す。結果より、事前提示の有効性と、点表示よりも傾き表示の方がより有効である二つの結果がわかった。

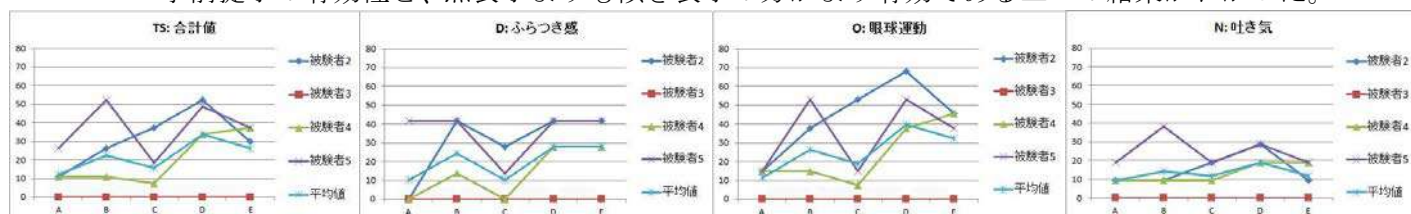


図3: 実験結果のグラフ 横軸は実験条件、縦軸はSSQの評価値 条件番号については、以下に示す。

A: なし, B: 傾き/事前提示なし, C: 傾き/1秒事前提示, D: 点/事前提示なし, E: 点/1秒事前提示

視認負荷の軽減、(a)における前後方向の加速度情報の表示、事前提示の最適な秒数の検討が課題として挙げられる。透過ディスプレイまたはホログラムを用いることが、視認負荷軽減につながることも考えられる。曲がる方向と逆方向への体の傾きは酔いを増幅させるが、今回はこれが発生した。向きを反転することで酔い軽減につながる動きを体性的に誘発させることと加速度情報を視覚的に知らせることどちらが有効かを検討する必要がある。

4. 謝辞

本研究を担当された中野研究室の中野公彦先生、楊波さん、齊藤拓海さん、プログラムの作成にあたり一部の作成と協力をして下さった井上功一朗さんに深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

- [1] 平柳 要, 乗り物酔い(動揺病)研究の現状と今後の展望, 人間工学, 2006, 42 巻, 3 号, p. 200-211, 公開日 2010/03/15
- [2] 株式会社ロジック, 車酔いトレーニング Yoitore(よいトレ), 特許出願公開番号 特開 2008-230575(JPN)
- [3] Michael Sivan, Brandon Schoettle. Universal Motion Sickness Counter-measure System, United States Patent Application Publication, pp. 1-10, 2017
- [4] T. Sawabe, M. Kanbara, and N. Hagita, "Diminished Reality for Acceleration Stimulus: Motion Sickness Reduction with Vection for Autonomous Driving", IEEE Virtual Reality, pp. 277-278, 2017.
- [5] Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Hlithenthal, M.G.: Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International journal of aviation psychology, 3 (3), 203-220, 19

Suppression of motion sickness by visual pre-presentation of acceleration information

Yudai Tanaka (Yokohama Municipal Yokohama Science Frontier High School, 2nd grade)

Kimihiko Nakano (Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

1. Introduction

Motion sickness (car sickness) is an essential issue to be solved with the development of self-driving. The purpose of the study is to examine the effectiveness to show the information of the acceleration prior to movement. In patents[2][3], the information of the acceleration was proposed to be presented to the drivers in real time, however it was not shown to be so effective, while the study[4] proposed to show the information prior to movement, based on the sensory conflict theory[1].

2. Method

Two programs showing the information of the acceleration, (a) by the slope and (b) by dots moving, were prepared using OpenCV in C++ via a monitor, as shown in Fig. 1.

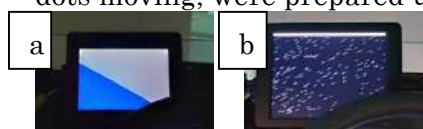


Fig1. The pictures of HMI (a), (b).



Fig2. The outline of the experiment.

As reproducing the back seat, only left and right screen appear. Fix the interface in front of the subject and experiment DS.

Driving simulator experiments which reproduced the situation of the back seat were performed. Four subjects were evaluated by the questionnaires including; SSQ (Simulation Sickness Questionnaires)[5]. The conditions are shown in Fig. 3s.

3. Result and Discussion

According to the result of SSQ, the TS (Total Score), which shows the general trend, and three low order evaluation indexes: D (Disorientation), O (Oculomotor), N (Nausea) were calculated, as shown in Fig. 3. The result indicates that it is effective to show before movement and showing by the slope is more effective than by dots moving.

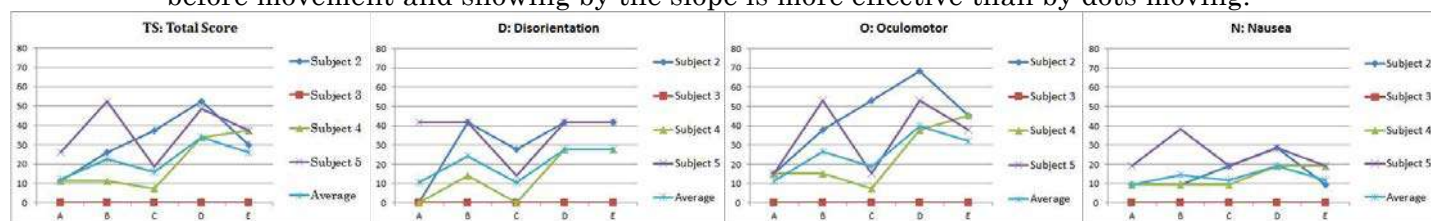


Fig3. The graphs of the result of the experiment. The horizontal axis is the index of the condition. The vertical axis is evaluated values. The higher these values are, the more carsick they got. The index of the condition means:

A: No Interface, B: slope / real time, C: slope / before a second, D: dots / real time, E: dots / before a second

Reducing the burden to watch the interface, showing the backward and forward acceleration in (a) and how early to show the information are the issues that needed to be considered. Using the transmission display or the hologram may reduce the burden to watch the interface. Bending the body against the direction for the curve causes the motion sickness which occurred this time. It should be examined which is more effective, to make the body bent for the direction of the curve to reduce the motion sickness by reversing the direction that the interface shows, or informing the direction of the curve.

4. Acknowledgement

I would like to gratefully thank to Professor Kimihiko Nakano for charge of this study, Dr. Yang Bo and Mr. Takumi Saito for supporting many things about this study, and Mr. Koichiro Inoue for helping me with programming and making a part of the interface.

5. References

- [1] 平柳 要, 乗り物酔い (動揺病) 研究の現状と今後の展望, 人間工学, 2006, 42 巻, 3 号, p. 200-211, 公開日 2010/03/15
- [2] LOGIC., Co.Ltd, Training Car-sickness, Yoitore(よいトレ), patent application number 2008-230575(JPN)
- [3] Michael Sivan, Brandon Schoettle. Universal Motion Sickness Counter-measure System, United States Patent Application Publication, pp. 1-10, 2017
- [4] T. Sawabe, M. Kanbara, and N. Hagita, "Diminished Reality for Acceleration Stimulus: Motion Sickness Reduction with Vection for Autonomous Driving", IEEE Virtual Reality, pp. 277-278, 2017.
- [5] Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Hlenthal, M.G.: Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International journal of aviation psychology, 3 (3), 203-220, 1993