

グローバルサイエンスキャンパス
令和5年度全国受講生研究発表会

研究成果の要約集

開催日： 令和5年10月28日(土)・29日(日)
場 所： 日本科学未来館（東京都江東区青海 2-3-6）
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

(事業名の略称)GSC:グローバルサイエンスキャンパス

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-101	衣類柔軟剤に含まれるマイクロカプセルの形態とエアロゾル拡散挙動の解析 Analysis of Morphology and Aerosol Diffusion Behavior of Microcapsules in fabric Softeners	金沢大学	林 千晴	1
A-102	小児入院患者向け自律移動型点滴スタンドの開発 Autonomous Intravenous Drip Stand	神戸大学 (共同機関: 兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	今田 ひなの	3
A-103	空気中の水の捕集効率を上げるには How to increase the extraction efficiency of water from the air?	静岡大学	小泉 剛愼	5
A-104	特殊形状を有する合金板の弾性限に関する比較研究 A comparative study on elastic deformation limit of alloy plates with special shapes	島根大学	内田 乙葉	7
A-105	テザーとクライマーを用いた衛星捕獲・輸送システムに向けたランデブー ドッキング技術の検討 Study on Rendezvous Docking Technology of a Satellite Capture and Transport System Using a Tethered Climber	東京大学	佐藤 裕成アレックス	9
A-106	ウェアラブルセンサとディープラーニングを用いた腰部姿勢認識と応用 Body posture recognition using wearable sensors and deep learning and its application	愛媛大学	塚本 真亜奈	11
A-107	トムソンパラボラを用いたイオンエンジンにおけるアルゴンのイオン計測 Ion property measurement in ion engines with argon propellant using a Thomson parabola	九州大学	柴田 葉月	13
B-108	クモ糸を用いた大気中の水蒸気の効率的な捕集方法の検討 An attempt to collect atmospheric vapor by spider Silk	島根大学	宇山 学志	15
B-109	耕作放棄が畑地土壌の窒素供給量に及ぼす影響 Effect of abandonment on nitrogen mineralization potential of soil compared to a cultivated field.	宇都宮大学	上條 奏	17
C-110	加速度計を用いたテコンドー不正キック判別アルゴリズムの認識精度分析 Analyzing the Accuracy of a Taekwondo Anomalous Kick Discrimination Algorithm with Inertial Sensor Data	神戸大学 (共同機関: 兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	LIU XIMAN	19
C-111	生成AIを自主学習ツールとして活用するためのプロンプトの開発 Development of Prompting to Utilize Generative AI as a Self-Study tool	琉球大学	宮平 琉輔	21

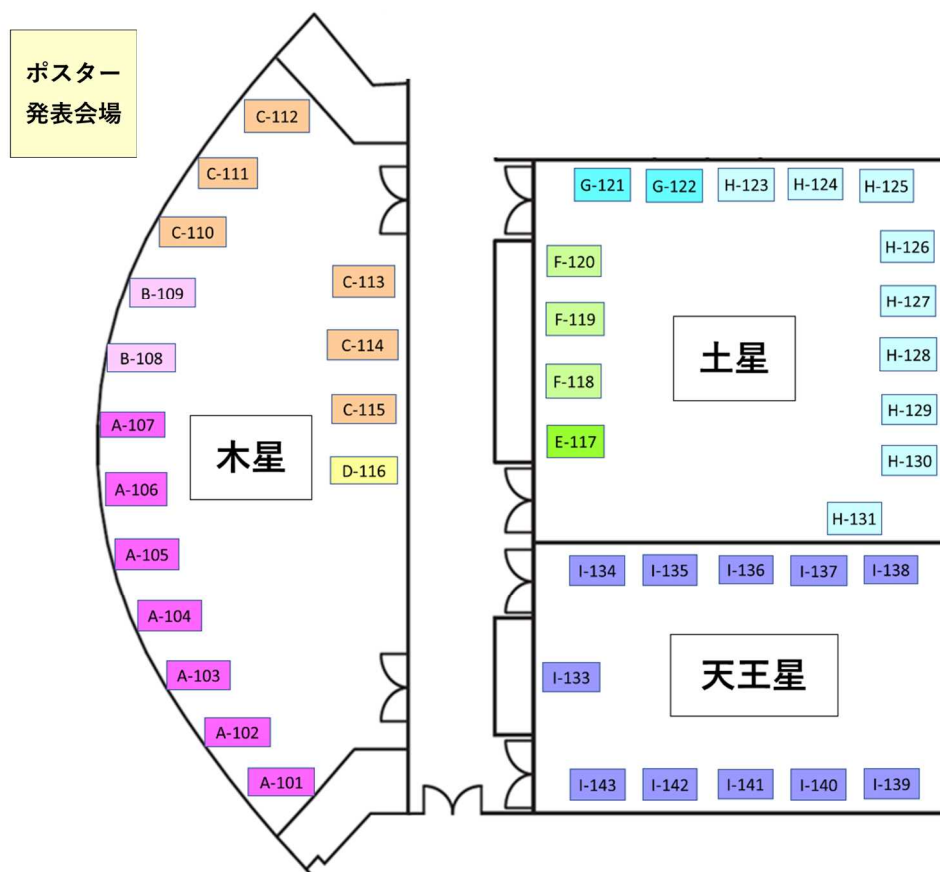
発表番号	発表テーマ	発表者がGSCを受講している機関	発表者	ページ
C-112	時間帯による学習科目の集中度の違いを考慮した学習プラン提案ツールの作成 Creation of a Study Plan Suggestion Tool That Takes into Account Differences in the Concentration of Study Subjects at Different Times of Day	国立情報学研究所 (共同機関:情報処理学会, 情報オリンピック日本委員会)	井本 千穂	23
C-113	Hallucinationと単語予測分布の相互作用 新しいConfidenceパラメーターの提案 Interaction between Hallucination and Word Prediction Distributions: Proposal of New Confidence Parameters	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)	秋山 達彦	25
C-114	深層学習による過去の指示を踏まえた言語指示の理解とロボットアームの動作生成 Understanding of Linguistic Instructions Considering Previous Them and Generation of Robot Arm Behavior by Deep Learning	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)	田中 怜臣	27
C-115	食器を考慮した静止画像からの食事量の推定 Estimation of food volume from still images considering plate	大阪大学	有野 真優	29
D-116	パンダ手話はどのくらい情報が伝わるか？ The information amounts of Panda's Japanese sign language	九州大学	森 来理	31
E-117	障害者の社会的つながりや災害意識と災害時の不安感に関する調査研究 A Study of the Anxiety of People with Disabilities during Disasters	千葉大学	古清水 美優	33
F-118	宇宙線イメージングによる樹木の内部観測 Internal observation of trees using cosmic-ray imaging	名古屋大学	鶴見 莉子	35
F-119	GaNエピタキシャル成長中の表面近傍でのMg不純物およびSi不純物取り込み機構の第一原理計算による解析 First Principles Studies on Mg and Si Impurities Incorporation into GaN during MOVPE Growth	名古屋大学	水野 理沙 黒田 尚志	37
F-120	連結管内のBz反応の位相の可視化 Phase change of the BZ reaction in the connecting tube	宇都宮大学	斎藤 菜那	39
G-121	水温の温度変化による水とAl-Ga合金の反応からの水素発生方法 Hydrogen Production from Water Reaction of Al-Ga Composite Subject to Varied Water Temperatures	千葉大学	大槻 優奈	41
G-122	フィコシアニンタンパク質のpH条件による構造変化 pH-dependent structural changes in Phycocyanin protein	名古屋大学	岩谷 恒貴 糸山 智	43

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
H-123	抗菌性銅表面上でのカンジダ属の生存に対する酸化ストレスの影響 Effect of oxidative stress on the survival of <i>Candida</i> species on antimicrobial copper surface	千葉大学	足立 将徳	45
H-124	変形菌(真性粘菌)の温度耐性 Temperature resistance of myxomycetes (slime molds)	静岡大学	水澤 紗良	47
H-125	テナガエビの化学物質および動体に対する反応性 Reactivity of freshwater prawn to chemicals and moving objects	静岡大学	山川 美咲	49
H-126	バナナセセリ その不思議な生態にせまるPart4 ～ワックス分泌経路の探索～ Banana Skipper: Approaching Its Mysterious Natural History [Part4] ～Search for a Wax Secretory Pathway～	琉球大学	眞榮城 綾香	51
H-127	花弁におけるアスコルビン酸プールサイズの多様性と制御 The diversity and universality of vitamin C accumulation in flower petals	島根大学	横川 暖	53
H-128	イネもやしの総可溶性タンパク質量を増加させる窒素源の探索 Exploration of nitrogen sources for increasing the total soluble protein content in rice bean sprouts	東北大学 (共同機関: 岩手大学, 宮城教育大学)	岡崎 百花 杉尾 花音 春原 美咲	55
H-129	カニ殻からバイオプラスチックを生成する新規微生物の探索と同定 Conversion of Crab Shell Waste into Biodegradable Polymers by Newly Isolated Microorganisms	東京大学	池上 十和子	57
H-130	胚発生時の低酸素状態がゼブラフィッシュの成長に及ぼす影響 Effects of low oxygen conditions during embryogenesis on growth in zebrafish	東京大学	櫻庭 佐英子	59
H-131	植物グルコシノレート生合成に関わる硫酸転移酵素のX線結晶構造解析 Crystal structure of <i>Arabidopsis thaliana</i> sulfotransferase SOT16 involved in glucosinolate biosynthesis	九州大学	斉藤 成来	61
I-133	スキンケアにより紫外線による肌障害は守れるか Can skin care cosmetics protect against UV-induced skin damage?	金沢大学	渡邊 芙音	63
I-134	線虫 <i>C. elegans</i> における胚期の低酸素条件が認知行動に及ぼす影響 Effects of hypoxic conditions during the embryonic period on cognitive behavior in <i>C. elegans</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)	古田 偉楓	65

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
I-135	細胞小器官による細胞キラリティの形態学解析 The Morphological Analysis of Cellular and Tissue Chirality	慶應義塾大学 (共同機関: 熊本大学, 東京薬科大学)	桑原 れい	67
I-136	灰白質と白質のアストロサイトの分化を制御する候補遺伝子の同定 Identification of candidate genes involved in the differentiation of gray matter and white matter astrocytes	慶應義塾大学 (共同機関: 熊本大学, 東京薬科大学)	稲井 優太	69
I-137	オリゴデンドロサイト前駆細胞の形態観察とその領域特異性の検証 Regional heterogeneity of oligodendrocyte progenitor cell morphology in mice	慶應義塾大学 (共同機関: 熊本大学, 東京薬科大学)	福田 幹晟	71
I-138	ヒトの拡張型心筋症変異を模した <i>rbm20</i> 変異ゼブラフィッシュの作製 Generation of <i>rbm20</i> mutant zebrafish mimicking human dilated cardiomyopathy	琉球大学	島村 杏	73
I-139	カテキンおよびその類縁体と抗生物質 Catechin and its analogs and antibiotics	東北大学 (共同機関: 岩手大学, 宮城教育大学)	藤井 由紀子 村田 楽奈 平野 叶恵	75
I-140	ミヤコタナゴ保全のためのメタゲノム解析を用いた産卵母貝の栄養源の同定 Identification of nutrient sources of bivalves spawned by <i>Tanakia Tanago</i> using metagenomic analysis	宇都宮大学	林出 英之	77
I-141	乳酸脱水素酵素の知られざるアロステリック調節の発見 Allosteric Regulation of Lactate Dehydrogenase	大阪大学	岩井 愛希	79
I-142	パルミトイル化阻害によるオートファジーへの影響の解析 Effects of Inhibition of Palmitoylation on Autophagy	大阪大学	西 美生子	81
I-143	河内晩柑の脳機能改善効果 Improvement effect of Kawachibankan (<i>Citrus kawachiensis</i>) on neuronal dysfunction	愛媛大学	三好 千華子	83

◆発表番号と発表会場

分野名	発表番号		発表会場
	分野記号	番号	
工学(テクノロジー)	A	101～107	木星
環境	B	108～109	
情報	C	110～115	
総合・その他	D	116	
人文・社会科学	E	117	土星
物理	F	118～120	
化学	G	121～122	
生物	H	123～131	
生命科学・医科学	I	133～143	天王星



衣類柔軟剤に含まれるマイクロカプセルの形態とエアロゾル拡散挙動の解析

林 千晴（金沢大学人間社会学域学校教育学類附属高等学校 2年）

瀬戸 章文（金沢大学理工研究域）

1. 研究の目的と意義

近年、合成洗剤や衣類柔軟剤、農薬などの製品の一部に、プラスチック製のマイクロカプセル（MC）が用いられている。MCは、内包された薬剤の徐散効果や香りの持続性の効果がある一方で、その環境中の動態や気体中への拡散性については不明な点が多い。そこで本研究では、市販の衣類柔軟剤に含まれるMCの物性を評価し、さらに大気中に拡散する量や大きさを測定することでエアロゾルとしての拡散挙動の解析を行った。

2. 研究の手法

まず柔軟剤にどのようなMCが含有されているか調べるために、ガラス基板上に3種類の柔軟剤（A, B, C）を10 μ L滴下し、50 $^{\circ}$ Cで加熱後の形態を光学顕微鏡によって観察した。この際、顕微鏡内に確認できたMCの粒子径を計測し粒子径分布を求めた。つぎに、これらのMCがエアロゾル（空気中の微粒子）として存在するかを検証するため、噴霧乾燥によって生成したエアロゾルの粒子径分布を計測した。計測には光学式パーティクルカウンタ（OPS）を用いた。

柔軟剤の拡散特性を評価する実験系をFig. 1に示す。一定量の柔軟剤を含浸させた布（ポリエステル）をグローブ付きのバッグ（体積約50L）内に設置し、内部を清浄空気ですみ込んだ後、布を10回振動させてエアロゾルを発生させた。柔軟剤の有無、ならびに3種類の柔軟剤を用いたときのエアロゾルをOPSで吸引し、その粒子径分布の変化を測定した。最終的に、環境中でのMCの検出法を検討するために、顕微ラマン分光装置を用いた。

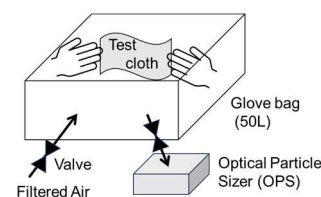


Fig.1 Experimental setup.

3. 結果と考察

光学顕微鏡によって柔軟剤を観察したところ、内部に香料が含有されていると考えられる1~50 μ mの球形粒子が確認された。そこで、柔軟剤Aを純水で希釈した懸濁液を噴霧乾燥したところ、粒子径0.3~2 μ mの範囲でエアロゾルの発生が確認された（Fig. 2中の○）。エアロゾルの粒子径が顕微鏡よりも小さく計測されたのは、気相中でカプセル内部の香料が蒸発して、外殻のみがエアロゾルとして検出されたためであると考えられる。

つぎに、バッグ内に設置した布の摩擦によって生成したエアロゾルの粒子径分布をFig. 2中の●に示す。図より、柔軟剤を用いたときに明確に2 μ m以上のエアロゾルの発生が確認された。これらは布繊維にマイクロカプセルが付着してエアロゾル化したものである可能性がある。この化学組成を解析するために顕微ラマン散乱分光法を用いた計測結果については、当日発表する。

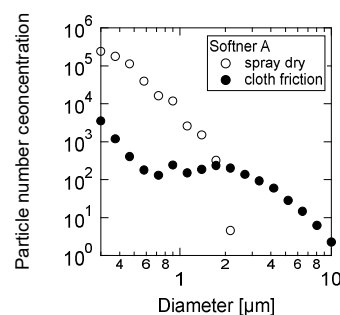


Fig. 2 Size distribution.

4. 謝辞

本研究の実施においてお世話になった微粒子システム研究室の皆さんに感謝します。

5. 参考文献

Manga et al., *Powder Technology*, 398 (2022) 117143

Analysis of Morphology and Aerosol Diffusion Behavior of Microcapsules in fabric Softeners

Chiharu HAYASHI (Kanazawa University Senior Highschool 2nd grade)

Takafumi SETO (Kanazawa University)

1. Purpose of the research

In recent years, plastic microcapsules (MCs) have been used in some products such as synthetic detergents, fabric softeners, and agricultural chemicals, etc. There are still many unknown points in MCs are effective in slow dissipation of encapsulated drugs and in sustaining fragrance, but their kinetics in the environment and their diffusion into gases. In this study, we evaluated the physical properties of MCs contained in commercial fabric softeners for clothing and further analyzed their behavior as aerosols.

2. Materials and Methods

First, 10 μl of the three softeners (A, B, and C) were dropped onto a glass substrate, heated at 50°C, and the morphology was observed under an optical microscope. Next, to verify whether these MCs existed as aerosols, the particle size distribution of aerosols generated by spray drying was measured by an optical particle counter (OPS).

The experimental system for evaluating the diffusion characteristics of the softener is shown in Fig. 1. A cloth (polyester) impregnated with a fabric softener was placed in a bag with a glove (about 50 L), filled with clean air, and then the cloth was vibrated 20 times to generate aerosols. Aerosols with and without fabric softener, as well as aerosols with three different fabric softeners, were aspirated by OPS. Finally, a micro-Raman spectrometer was used to investigate for detecting MC.

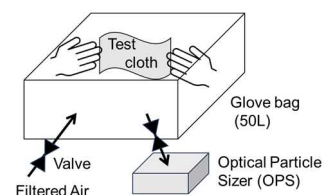


Fig.1 Experimental setup.

3. Results and Discussion

Observation of the fabric softener with an optical microscope revealed spherical particles of 1 to 50 μm in size, which may contain fragrance inside. When a suspension of fabric softener A diluted with pure water was spray-dried, aerosol generation was observed in the range of 0.3 to 2 μm in particle size (\circ in Fig. 2). The aerosol particle size was measured to be smaller than that of the microscope, because only the outer shell was detected as an aerosol probably due to the evaporation.

Particle size distribution of the aerosol generated by friction of a cloth placed inside the bag is shown in \bullet in Fig. 2. The figure shows that aerosols of 2 μm or larger were clearly generated. These may be aerosols formed by microcapsules adhering to fabric fibers. The results of the measurement using micro-Raman scattering spectroscopy to analyze the chemical composition will be presented.

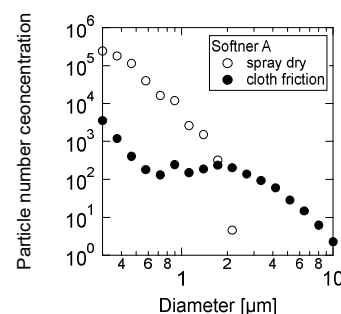


Fig. 2 Size distribution.

4. Acknowledgments

The author thanks fine particle system lab member for their kind assistant.

5. References

Manga et al., *Powder Technology*, 398 (2022) 117143

小児入院患者向け自律移動型点滴スタンドの開発

今田 ひなの（兵庫県立三木高等学校 3年）

宮原 啓造（関西学院大学 大学院 理工学研究科）

1. 研究の目的と意義

小児がんなどの小児入院患者の多くが，長期間の点滴治療を行うが，小児患者一人では点滴スタンドを動かさないことから，看護師・保護者などの付添者が必要となる．このことから，患者本人はプライバシーが確保されず，付添者も常に安全確認と移動補助という大きなストレスを強いられる．本研究では，患者・付添者の疲弊をなくし，「入院生活の質（QOL）の向上」を実現するために，カメラで患者の動きを検出し，患者との間隔を保ちながら自律移動できる点滴スタンドの開発を目指す（図1）．本研究では，プロトタイプの開発を通して，上記機能を有する実用版の実現性を示す．

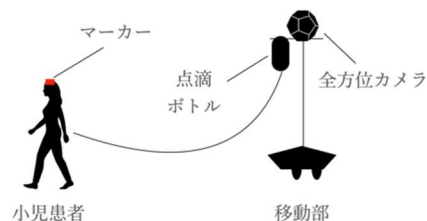


図1. 自律移動型点滴スタンド

2. 研究の手法

本研究で製作するプロトタイプの図を図2に示す．患者の動きを全方位カメラで計測し，その移動状況に沿ってスタンドを追従させる制御系を構築した．具体的な構成は以下の通りである．制御系の目標は，点滴スタンドとマーカーとの相互距離と姿勢を一定範囲に保つことである．そのために必要なソフトウェアをオープンソースライブラリ“OpenCV”を活用し，Python環境で開発した[3]．このソフトウェアにより，点滴スタンドから見たマーカーまでの距離と偏角を算出し，さらに後退差分式を用いたマーカー移動速度推定値を重ね合わせ，追従動作を実現した．

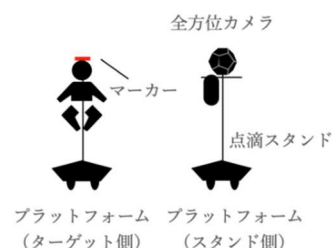


図2. システムのプロトタイプ

3. 結果と考察（図表等）

これまでにセンサ系・走行系の各サブシステムの動作確認を経て，システムの動作試験が完了した（図3）．現在は，制御系など各種パラメータの調整をしている．このプロトタイプによって，構想している実用化システム（図1）の実現性を示すことができた．

今後は，1. 安全面の強化，2. 小児患者動作の推定手法の発展，3. 入院生活を快適にする機能の付加，4. 治療のサポート機能の付加などを通じて，これまでにない点滴スタンドへ改良していきたい．さらに開発した自動追従機能は，小児患者のみでなく，成人・高齢者への適用が可能であり，病院における治療のほか育児・介護への応用も期待できる．



図3. 開発した自律移動型プロトタイプ

4. 謝辞

終始熱心なご指導を頂きました関西学院大学の宮原先生をはじめ，ROOT プログラムの皆様，兵庫県立こども病院のスタッフの皆様に心より深く感謝申し上げます．

5. 参考文献

- [1] 斎藤禮子，佐々木純，日本小児看護研究学会誌，vol.7，no.2，pp.72-76，1998．
- [2] 酒井龍雄ら，日本機械学会第13回交通・物流部門大会講演論文集，no.04-53，pp.69-72，2004．
- [3] G.Bradski et al.，“Learning OpenCV” O'Reilly，2008．

Autonomous Intravenous Drip Stand

Hinano Konta (Hyogo Prefectural Miki Senior High School, Grade 3)

Keizo Miyahara (Kwansei Gakuin University)

1. Purpose of the research

Hospitalized patients suffer from a variety of stresses through the unfamiliar life in medical institutions. Especially for pediatric patients, Venous drip Stands (IVS) is an inconvenient object that is heavy and difficult to move. Aiming to free pediatric patients from IVS handling, this study proposes an autonomous mobile IVS system (Fig.1). A prototype is developed to demonstrate the feasibility of the proposed system.

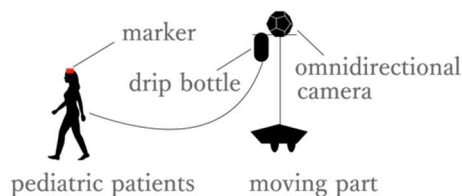


Fig.1 Autonomous Intravenous Drip Stand.

2. Materials and Methods

Figure 2 shows the schematic diagram for prototype configuration. An omni-directional camera is installed on a mobile platform to measure the patient motion. The acquired data is used to control the platform. A target recognition subsystem is developed with OpenCV and Python environment. Applying complex vector notation for the relative position and orientation between the target and the platform, the control set point can be formulated in a straightforward manner. In addition, the target velocity vector is estimated using the second order backward method with the acquired data to achieve better tracking performance.

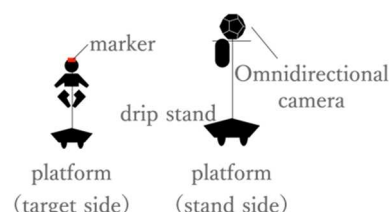


Fig.2 System prototype.

3. Results and Discussion

After confirming the operation of each subsystem (camera, target-recognition, and mobile platform), the system parameters for more agile motion were examined by a series of test run (Fig.3). Although some parameters need to be adjusted for field application, the prototype demonstrated the feasibility of the proposed IVS system (Fig.1). To achieve an IVS with new functions, future

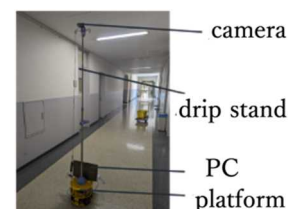


Fig.3 Developed autonomous mobile.

studies should investigate 1) the development of safety devices, 2) the improvement of motion estimation methods, 3) the addition of QOL-enhancement function, and 4) the support of medical treatment with this system. Furthermore, this system can be applied to adults and elderly patients, as well as childcare and nursing care.

4. Acknowledgments

The author expresses her deepest gratitude to Professor Miyahara, the ROOT Program Staff and Hyogo Prefectural Children's Hospital Staff.

5. References

- [1] R. Saito et al., J. of Society of Pediatric Nursing, vol.7, no.2, pp.72-76, 1998.
- [2] T. Sakai et al., Proc. of Ann. Meeting of Div. of Tran. and Logistics, JSME, no.04-53, pp.69-72, 2004.
- [3] G. Bradski et al., "Learning OpenCV" O'Reilly, 2008.

空気中の水の捕集効率を上げるには

小泉 剛愼（静岡県立静岡高校 2年）

下村 勝（静岡大学 グローバル共創科学部）

1. 研究の目的と意義

本研究は空気中の水を取り出す装置の開発につながる発見をすることを目的として、小学6年生から続けてきた撥水に関する研究の知見を活かし取り組んだ研究である。この研究は水不足という社会問題や低消費電力の除湿に貢献する意義も含んでいる。

本研究では、Fig.1に示すようにステンレスメッシュを立体的に重ねた構造を用いてその効果を評価した。親水面では水滴が生成しやすいものの滑落効率が悪い。独自の構造を提案し、滑落効率が低下してしまうという問題を解決することを目指した。立体構造を用いれば水滴がその内部を滑落していく中で、再蒸発を防ぎ、メッシュの交差する点に集まった水滴を毛管現象で取り込み、水滴のサイズを大きくでき、滑落効率を高められると予想した。

2. 研究の手法

ステンレス製のメッシュを重ねることでFig.1のように立体構造を作った。粗さ・表面特性によって水滴を引き込む力に差が出るのか調査した。メッシュの粗さを4段階、表面特性は撥水性・親水性でメッシュが引き込んだ水の量を比較した。

結果を元に、Fig.1中①の水が凝集している部分と②の水滴を引き込む内側の部分がそれぞれどのような役割をしているのか、どのようなメッシュが適しているのかわかるように設定しそれぞれ前述した研究装置で冷却し捕集量を観察した。

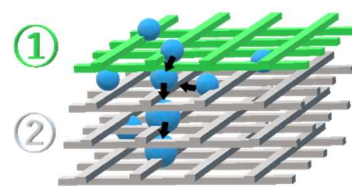


Fig.1 デバイスの立体構造

3. 結果と考察（図表等）

Fig. 2にメッシュの細かさと水滴を引き込む力との関係を示す。メッシュが細かいほど引き込む力が大きくなる傾向が見られるが、最表面の水滴のサイズも関係しており、100メッシュは最も粗いにも関わらず、比較的良く捕集した。

立体構造についてはFig.1中①のメッシュのみ凝集に関与しているとデータから分かった。またこれには親水性のメッシュが適しており、[1]で述べられている親水面は水滴の核が生成しやすい、ということと合わせて根拠となっている。②は滑落に関わり、網目上部から段階的に細かくすることで水滴を引き込み、滑落効率が上昇した。また①のメッシュの表面特性よりも②のメッシュの持つ水滴の滑落効率への影響の方が重要であった。

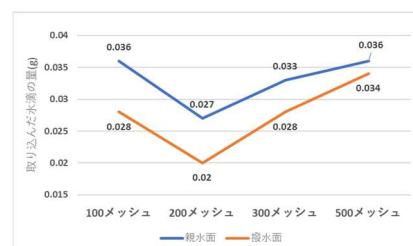


Fig.2 メッシュの細かさと水滴を引き込む力の関係

4. 謝辞

研究の支援をしてくださった静岡大学 FSS 関係者の皆様、ならびに私の研究に関わってくださった全ての人にここで感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

5. 参考文献

[1] K. K. Varanasi, M. Hsu, N. Bhate, W. Yang and T. Deng, "Spatial control in the heterogeneous nucleation of water", Appl. Phys. Lett., 95, 094101 (2009)

How to increase the extraction efficiency of water from the air ?

Takanori Koizumi (Shizuoka Highschool Sophomore)

Prof. Masaru Shimomura (Shizuoka University)

1. Purpose of the research

This research aims to develop a device which collects water from the air, based on my water repellency studies since elementary school. This research has the significance of contributing to the social problem of water shortage and dehumidification with low power consumption. In this research, a unique layered stainless-steel mesh structure was examined. Water droplets form easily on hydrophilic surfaces, but their collecting efficiency was poor on them. Therefore, the three-dimensional structure was used in the device to prevent evaporation and enhance droplet size, which improves the collecting efficiency.

2. Materials and Methods

The device by multiple-layered stainless-steel mesh was constructed. Firstly, the relationship between mesh fineness and surface characteristics on power to collect water. The device equips 8 different meshes, which have four different fineness and two different surfaces (i.e., hydrophilic and hydrophobic). Then, utilizing the difference in the force of suctioning water droplets due to the fineness and the surface characteristics of the mesh, relationship between the property of mesh (1) and (2) in Fig.1 and the collection of water droplets by the device was studied.

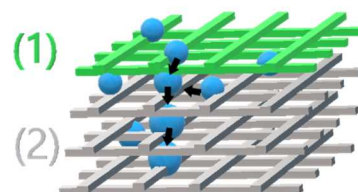


Fig.1 Device three-dimensional structure proposal

3. Results and Discussion

Fig 2 shows the relationship between the fineness of the mesh and the force that sucks water droplets. There is a tendency that the finer the mesh, the greater the suctioning force, but the size of the water droplets on the outermost mesh is another key factor.

The data revealed only mesh (1) in Fig. 1 extracted water. And hydrophilic mesh extracted better, this is also based on the fact that condensation nucleus is likely to form on a hydrophilic surface [1]. (2) in Fig.1 has the role of enhance suctioning efficiency, and gradually decreasing the mesh size from the top, the collection efficiency was increased. Also, the influence of (2) on sliding was more critical than surface properties of (1).

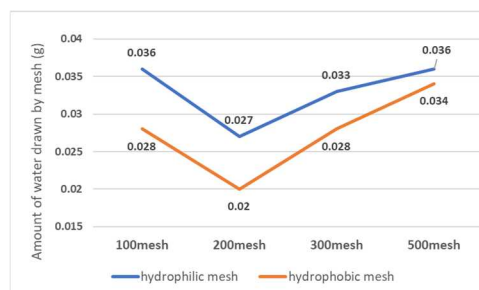


Fig.2 Relationship between mesh fineness and power to draw water droplets

4. Acknowledgment

I would like to thank the Shizuoka University FSS staff for their support, and all the people who supported my research.

5. Reference

[1] K. K. Varanasi, M. Hsu, N. Bhate, W. Yang and T. Deng, "Spatial control in the heterogeneous nucleation of water", Appl. Phys. Lett., 95, 094101 (2009)

特殊形状を有する合金板の弾性限に関する比較研究

内田乙葉（島根県立松江南高等学校 3年）

澤田樹一郎（島根大学総合理工学部教授）

1. 研究の目的と意義

鋼板の形状を工夫して、弾性限変形の拡大を目指す「大変形弾性部材」の開発に関する澤田らの研究⁵⁾が精力的に行われている。「大変形弾性部材」とは、地震が発生したとき、弾性復元力により建物の損傷を軽減することのできる部材である。しかし、鋼材に限定されていた。ここでは、さらなる弾性限変形の拡大が望まれることから、合金を使用した場合、果たしてどこまで弾性限変形の拡大ができるか実験により明らかにする。

2. 研究の手法

耐力／ヤング係数の値やコスト、加工のしやすさといった条件より鋼、Al 合金、Ti 合金板を実験試料として使用し、既往の研究（Sawada et. al (2022)）に基づき、特殊形状に加工した上で変位計を使用し、万能試験機にて圧縮実験を実施した。これより、弾性限変形増大を重視した部材を A 材、弾性限荷重の増大を重視した部材を B 材、変位計の最大容量が 25mm の部材を 1 材、変位計の最大容量が 50mm の部材を 2 材と定義する。

3. 結果と考察

合金を使用したことによる、弾性限変形の拡大の有効性を確認することができた。A 材において、弾性限荷重は鋼材と比べ、Al 合金では 1.29 倍、Ti 合金では 2.66 倍に拡大し、弾性限変形は鋼材と比べ、Al 合金では 3.97 倍、Ti 合金では 4.81 倍といった傾向が確認できた。B 材において、弾性限荷重は鋼材と比べ、Al 合金では 0.84 倍、Ti 合金では 1.68 倍となり、弾性限変形は鋼材と比べ、Al 合金では 2.68 倍、Ti 合金では 3.39 倍といった傾向が確認できた。なお、得られた弾性限荷重の倍率は、各合金の耐力¹⁾⁻⁴⁾の倍率、得られた弾性限変形の倍率は各合金の（耐力／ヤング係数¹⁾⁻⁴⁾の倍率におおむね対応した。合金板は弾性限変形や素材特性において高性能だが、Al 合金の製作価格は鋼材の約 3 倍、Ti 合金の製作価格は鋼材の約 10 倍であった。性能面、価格面より Al 合金が有効ではないかと考える。

4. 謝辞

島根大学グローバルサイエンスキャンパスの一環として、JST より支援いただきました。また、島根大学総合理工学部建築デザイン学科影山結様、梶谷奎伍様、廣山幸樹様、NGUYEN TRAN THI HONG NHUNG 様、技術専門職員 坂本和博様のご協力に深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

1) 日本工業規格より (<https://kikakurui.com/h4/H4000-2014-01.html>) 2) 日本工業規格より (<https://kikakurui.com/h4/H4600-2012-01.html>) 3) 井田ほか、純チタンおよびチタン合金の機械的性質、歯科材料・器械, Vol. 2, No. 6765-771, 1983 4) 竹内ほか、各種特殊鋼およびアルミニウム合金の弾性係数の温度依存の実験式, 材料, 26 巻, 282 号, p. 210-214, 1977 5) Sawada, K. et al., A Study on Multi-Objective Optimization of Large Deformable Elastic Plates. Buildings, 12, 1323, 2022

A comparative study on elastic deformation limit of alloy plates with special shapes

Otoha Uchida (Matsue Minami High School, Shimane Prefecture, 3rd Year)

Kiichiro Sawada (Professor, Shimane University)

1. Purpose of the research

There are several studies on 'Large Deformable Elastic Plates' which can expand elastic deformation limit by special shape. However, they were previously limited to steel materials. Here, it is shown from experiments that the elastic limit deformation can be expanded by using alloys for the plates.

2. Materials and Methods

We used steel, Al Alloys, and Ti Alloy plates as experimental specimens. Based on previous research ⁵⁾, we processed them into special shapes and conducted compression experiments. We defined materials as Material A, focusing on increasing elastic deformation limit, and Material B, prioritizing an increase in elastic load limit, respectively.

3. Results and Discussion

It has been confirmed that the elastic deformation limit is extended by using alloys. The expansion of the elastic load limit corresponds to the ratio of yield strength for each alloy ¹⁾⁻⁴⁾ and the expansion of the elastic deformation limit corresponds to the ratio of yield strength to Young's modulus for each alloy ¹⁾⁻⁴⁾. Considering both performance and economical aspects, Al alloys are effective.

4. Acknowledgments

As part of the Shimane University Global Science Campus initiative, we received support from JST. We would also like to express our gratitude to Mr. Yui Kageyama, Mr. Keigo Kajitani, Mr. Yoshiki Hiroyama, and Ms. Nguyen Tran Thi Hong Nhung of the Department of Architecture and Design at Shimane University, as well as Mr. Kazuhiro Sakamoto, a technical specialist, for their invaluable cooperation.

5. References

- 1) From Japanese Industrial Standards (<https://kikakurui.com/h4/H4000-2014-01.html>)
- 2) From Japanese Industrial Standards (<https://kikakurui.com/h4/H4600-2012-01.html>)
- 3) Iida et al., "Mechanical Properties of Pure Titanium and Titanium Alloys," Dental Materials & Instruments, Vol. 2, No. 6, 765-771, 1983.
- 4) Takeuchi et al., "Experimental Formulas for the Temperature Dependence of Elastic Moduli of Various Special Steels and Aluminum Alloys," Materials, Vol. 26, No. 282, p. 210-214, 1977.
- 5) Sawada, K. et al., "A Study on Multi-Objective Optimization of Large Deformable Elastic Plates," Buildings, Vol. 12, 1323, 2022.

テザーとクライマーを用いた衛星捕獲・輸送システムに向けた ランデブードッキング技術の検討

佐藤裕成アレックス（渋谷教育学園渋谷高等学校 3年）

中須賀真一（東京大学）

1. 研究の目的と意義

近年、民間企業の宇宙事業参加が加速しており、衛星需要が急拡大している。よって、軌道上の衛星に対し燃料補給や部品交換等のサービスを提供する軌道上プラットフォームの構築が求められる。これらのサービスの持続的な提供には、従来の推進系ベースのランデブードッキング（RVD）に過度に依存しない衛星捕獲・輸送手段が鍵となる。現在、主流のガスジェット（RCS）は推進剤による衛星寿命短縮等の欠点があり、長期間サービスには不向きである。そこで代替する技術として着目したのがテザーと磁石の利用である。本研究の目的は、安全かつ消費推進剤の大幅削減を可能にする、テザーとクライマー衛星[1]、磁石、RCSを使用した新RVD技術をベースとした衛星捕獲・輸送システムを設計し、フィージビリティをシミュレーションで検討することである。新RVD技術を用いた持続的な軌道上サービスが実現すれば、いずれ軌道上プラットフォームを軸とした衛星エコシステムを形成することも可能になる。

2. 研究の手法

テザー、磁石、RCSの特徴を活かしたRVDシステムを構築し、フェーズ①～⑤に分類し、ミッションシナリオ及び衛星を設計する（図1）。次に、各フェーズにおけるシステムダイナミクスをモデル化し、制御則を設計する。最後に、MATLAB/Simulink上のシミュレーションを通して、各フェーズの目標値追従精度、所要時間、消費推進剤から本システムのフィージビリティを評価し、衛星設計に反映させ、運用可能領域を考察する。

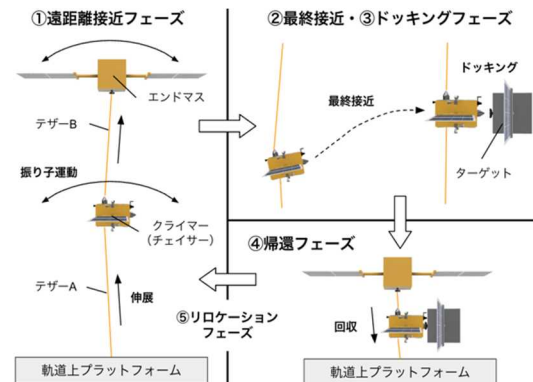


図1 衛星捕獲・輸送システムの概要

3. 結果と考察

モデル予測制御とスライディングモード制御を用いた結果、クライマーシステムを使うことで目標値追従精度を向上させた。消費推進剤は144gとなり、99%以上の削減効果が確認でき、所要時間約39時間でRVDミ

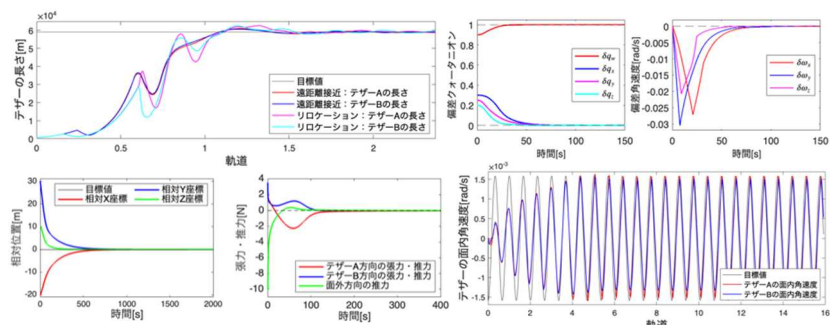


図2 RVDのシミュレーション結果

ッションが成功し、本システムのフィージビリティが確認できた（図2）。運用可能領域に関しては、モーターを含むリール機構の性能が最も領域を制限するファクターだと分かった。

4. 謝辞

本研究はUTokyoGSCを通して、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の中須賀真一教授のご指導の下、行いました。この場を借りて、中須賀先生に深く御礼申し上げます。

5. 参考文献

[1] Williams, Paul, and Chris Blanksby (2004). *Prolonged Payload Rendezvous Using a Tether Actuator Mass*. JSR, 41(5), p. 889-893.

Study on Rendezvous Docking Technology of a Satellite Capture and Transport System Using a Tethered Climber

Yusei Alex Sato (Shibuya Senior High School, Grade 3)

Shinichi Nakasuka (The University of Tokyo)

1. Purpose of the research

The recent rise of the private sector in the space industry has led to a need for orbital platforms that provide on-orbit services, such as component replacement for satellites. The sustainable provision of such services requires a Rendezvous Docking (RVD) system that is not overly reliant on the frequently used reaction control system (RCS), which reduces satellite lifespan due to propellant consumption, rendering them unsuitable for long-term services. As an alternative RVD technology, this research proposes the use of tethers and magnets. The purpose of research is to design and validate a novel satellite capture and transport system that utilizes tethers, a climber satellite [1], magnets, and RCS to reduce propellant consumption and enable the sustainable provision of on-orbit services through simulations.

2. Materials and Methods

The RVD system that utilizes tethers, magnets, and RCS is designed and categorized into five phases. The system dynamics of each phase are formulated into models and their control laws are developed. Subsequently, the system's feasibility is evaluated in terms of tracking performance, elapsed time, and propellant consumption through simulations in Simulink. Based on the simulation results, the satellite design is revised, and the operational region of RVD is studied.

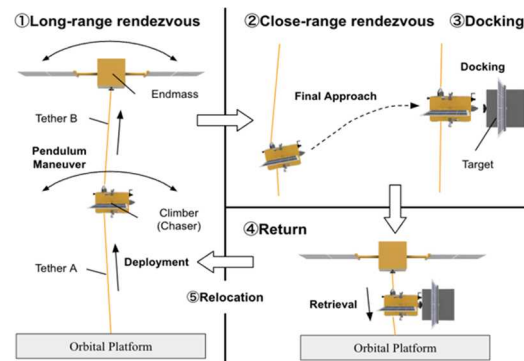


Fig. 1 Overview of the RVD system

3. Results and Discussion

The climber system displays high tracking performance by using model predictive and sliding mode control. With only 144g of propellant consumption (over 99% cut in consumption) and an elapsed time of 39 hours, the RVD mission is successful. Overall, the simulations validate the RVD system's feasibility.

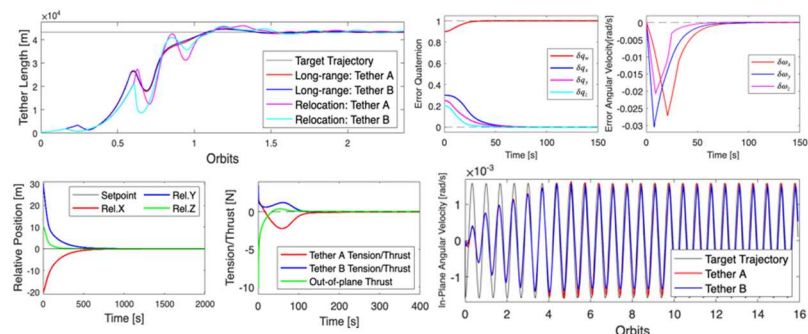


Fig. 2 Simulation Results

4. Acknowledgments

I would like to express my sincere gratitude to Dr. Shinichi Nakasuka of the Department of Aeronautics and Astronautics, the University of Tokyo, for his guidance in this research.

5. References

[1] Williams, Paul, and Chris Blanksby (2004). *Prolonged Payload Rendezvous Using a Tether Actuator Mass*. JSR, 41(5), p.889-893.

ウェアラブルセンサとディープラーニングを用いた腰部姿勢認識と応用

塚本 真亜奈（愛媛県立松山南高等学校 2年）

李 在勲（愛媛大学大学院理工学研究科）

1. 研究の目的と意義

20代から40代の人々の腰痛を発症させる重要な原因の一つに「姿勢」がある。腰に負担がかかる姿勢が習慣となり知覚せず長時間続くことにより腰痛が悪化する。本研究では、ウェアラブルセンサとディープラーニングで姿勢を認識する技術[1]を開発し、着用者に悪い姿勢を知らせることで姿勢の補正を誘導する新しい方法を提案する。特に、20代から40代のデスクワーク作業者の姿勢を対象として、被験者からデータを収集し認識アルゴリズムを開発する。

2. 研究の手法

IMUセンサを腰と首元に取り付け、正しい姿勢、猫背、反り腰、仙骨座り、足組み、の5つの姿勢のデータを収集し、収集したデータの加速度と角速度を切り取ってデータセットを用意した。無線通信により発生したデータロスを充填し、「腰部センサのデータセット」、「首元センサのデータセット」、「腰部および首元センサのデータセット」、の3つのデータセットを作成した。3つのデータセットのラベリング処理として、正しい姿勢を1、猫背を2、反り腰を3、仙骨座りを4、足組みを5に指定して、3つのデータセットでニューラルネットワークを訓練させた。

3. 結果と考察（図表等）

「腰部および首元センサのデータセット」で訓練した認識アルゴリズムの正答率(Validation Accuracy)は97.8%と非常に高かった。「腰部センサのデータセット」を用いた場合の正答率は74.6%で、「首元センサのデータセット」を用いた場合は86.1%であったので「首元センサのデータセット」の方が正答率が高かった。従って、センサを1つのみを利用するなら首元に付ける方が正確だと考える。

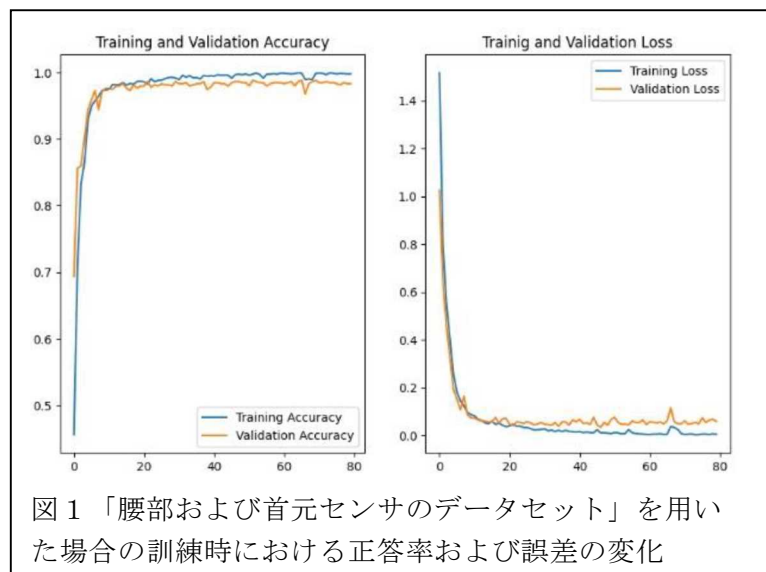


図1 「腰部および首元センサのデータセット」を用いた場合の訓練時における正答率および誤差の変化

4. 謝辞

研究を支えて下さった愛媛大学工学部の柳さんに感謝いたします。本研究は、愛媛大学グローバルサイエンスキャンパスのサポートにより実施しました。

5. 参考文献

[1] Tsige Tadesse Alemayoh, Jae Hoon Lee, and Shingo Okamoto. 2021. "New Sensor Data Structuring for Deeper Feature Extraction in Human Activity Recognition" Sensors 21, no. 8: 2814. <https://doi.org/10.3390/s21082814>

Body posture recognition using wearable sensors and deep learning and its application

Mana Tsukamoto (Ehime Prefectural Matsuyama Minami High School)

Jae Hoon LEE (Ehime University Graduate School of Science and Technology)

1. Purpose of the research

One of the important factors causing lower back pain in individuals aged 20 to 40 years is their “posture”. When a habitual bad posture lasts in a long time, the symptom worsens. In this research, a technology to recognize human lower back posture using wearable sensor and deep learning [1] is developed, and a novel method to guide a wearer is proposed to correct his posture by informing the bad pose. A sitting posture of desk worker aged 20 to 40 years were focused, a recognition algorithm was developed with the sensor data collected from subjects.

2. Methodology

IMU sensors were attached to waist and neck region to collect data from five postures: correct posture, upper body hunched, warped back, sacral sitting, and crossed-legs. Acceleration and angular velocity data were extracted from the collected data. Data losses due to random error in wireless communication were interpolated. Then three datasets were created: “Waist Sensor Dataset”, “Neck Sensor Dataset”, and “Combined Sensor Dataset of both sensors”. Each dataset was labeled as follows: (1) correct posture, (2) upper body hunched, (3) warped back, (4) sacral sitting, and (5) crossed legs. The neural network was trained using these three datasets.

3. Results and Discussion

The validation accuracy of “Combined Sensor Dataset of both sensors” was very high at 97.8% as displayed in Figure 1. The accuracy for “Waist Sensor Dataset” was 74.6%, while “Neck Sensor Dataset” had an accuracy of 86.1%. Therefore, “Neck Sensor Data” demonstrated a higher accuracy, suggesting that placing the sensor at neck region would be more accurate if only one sensor is used.

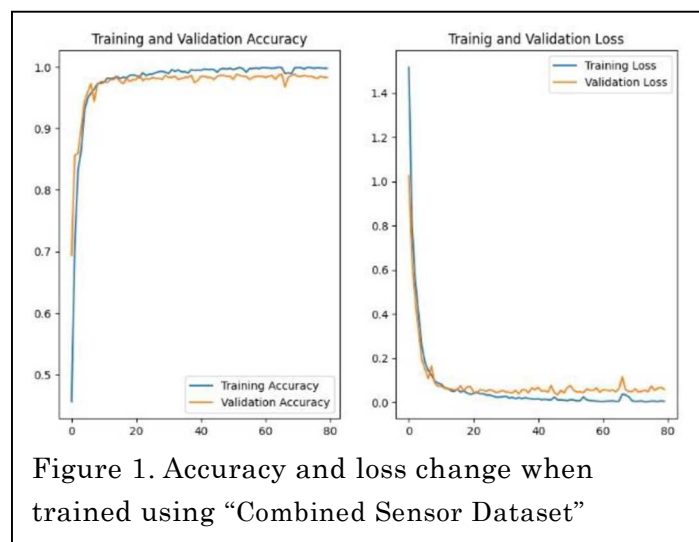


Figure 1. Accuracy and loss change when trained using “Combined Sensor Dataset”

4. Acknowledgments

We would like to thank Mr. Liu from the Faculty of Engineering, Ehime University, for his support of our research. This research was supported by Ehime University Global Science Campus.

5. References

[1] T.T. Alemayoh, J.H. Lee, and S. Okamoto. 2021. "New Sensor Data Structuring for Deeper Feature Extraction in Human Activity Recognition" *Sensors* 21, no. 8: 2814.

トムソンパラボラを用いたイオンエンジンにおけるアルゴンのイオン計測

福岡県立筑紫丘高等学校 柴田葉月

山本直嗣

1. 研究の目的と意義

近年、惑星探査によって宇宙空間の開拓・地球環境の保護・人類や文明の発展へつなげようとする動きがますます高まっている。しかし、惑星探査に乗り出す日本の民間企業はまだ少ない。民間企業にとってコストが大きな壁となっていると考えられる。人工衛星を推進させるには電気推進と化学推進があるが、電気推進のほうが化学推進より、燃費を意味する比推力が2～10倍優れているため、人工衛星に積む推進剤の量を減らすことができ、結果として、人工衛星を小さく軽くすることができて、打ち上げに掛かるコストを削減することができる。そのため、電気推進の中から特に比推力（燃費）が優れているイオンエンジンに着目した。さらに、推進剤についてもコストを削減できないかと考えた。現在、イオンエンジンの推進剤として主流なのがキセノンである。高い推力を誇るものの、空気中にたった0.087ppmしか存在しないため、希少でコストがかかる。そこで、イオンエンジンの性能を保ったまま高比推力（高燃費）の上に空気中に9340ppmも存在しているアルゴンを推進剤として代用できればコスト削減が可能になるのではないかと考えた。もし、アルゴンが代替推進剤としてその有用性を認められれば、民間惑星探査へのハードルを下げる可以考虑。

しかしながら、アルゴンを推進剤として用いると1価と2価に電離し、推進性能が低下すると言われている。実験をして本当に電離によって推進性能は低下するのか調べ、アルゴンの有用性を確かめたい。

2. 研究の手法

トムソンパラボラを用いて価数によって変化する軌跡を観測した。検出器の蛍光板をカメラで撮像し、そのデータを用いて可視化と存在比の解析を行った。

3. 結果と考察（図表等）

2価のイオンの存在比は12Wで2.1%、27Wで2.9%に留まった。よって、性能の低下を考慮する必要がなく、アルゴンの有用性が確かめられたと言える。

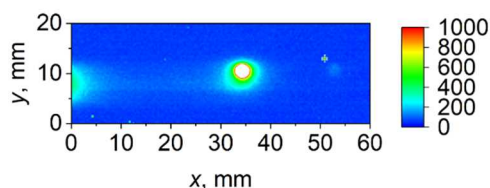


図 2 12W

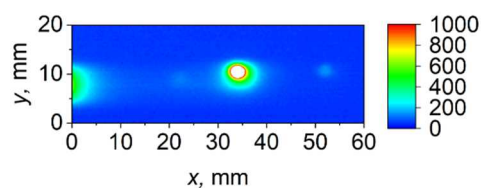


図 3 27W

4. 謝辞

最後に、私のイオンエンジンに関する知識がゼロに近い状態から指導してくださったり、何度も実験をしてくださったりした山本教授、このような機会を与えてくださったQFC-SPの皆様、土日や夏休み期間中も協力して下さり、イオンエンジンに関する知識やポスターの作り方等、研究のいろはを熱心に教えてくださった肥田さん、松本さん、白木さんをはじめとする研究室の皆さんに感謝申し上げます。

5. 参考文献

平野賢治 様々な推進器への適用を目指したE×Bプローブの開発研究 九州大学修士論文 (2013年)

Ion property measurement in ion engines with argon propellant using a Thomson parabola

Chikushigaoka high school second-year Hazuki Shibata
Naoji Yamamoto

1. Purpose of the research

In recent years, planetary exploration has become increasingly important for the exploration of outer space, the protection of the global environment, and the development of mankind and civilization. However, few Japanese private companies have embarked on planetary exploration. Cost is thought to be a major barrier for private companies. Electric propulsion and chemical propulsion are two types of satellite propulsion, but electric propulsion is two to ten times superior to chemical propulsion in terms of critical thrust, which means fuel efficiency. As a result, satellites can be made smaller and lighter, and launch costs can be reduced. For this reason, we focused on ion engines, which have particularly excellent critical thrust (fuel efficiency) among electric propulsion systems. We also considered the possibility of reducing the cost of propellant. Currently, xenon is the main propellant used in ion engines. Although it boasts high thrust, it is scarce and costly because it exists at only 0.087 ppm in the air. Therefore, we thought that it would be possible to reduce costs if argon, which has high critical thrust (high fuel efficiency) and is present at 9340 ppm in the air, could be substituted as a propellant while maintaining the performance of the ion engine. If argon were recognized for its usefulness as an alternative propellant, it would lower the hurdle to civilian planetary exploration. However, it is said that using argon as a propellant causes ionization into monovalent and divalent forms, resulting in a reduction in propulsive performance. We would like to conduct experiments to determine whether ionization really reduces propulsive performance and to confirm the usefulness of argon.

2. Materials and Methods

A Thomson parabola was used to observe trajectories that varied with valence. The fluorescent plate of the detector was imaged with a camera, and the data was used for visualization and analysis of the abundance ratios.

3. Results and Discussion

The presence of divalent ions was 2.1% at 12W and 2.9% at 27W

The ratio of divalent ions was only 2.1% at 12W and 2.9% at 27W. Therefore, it can be said that the usefulness of argon was confirmed without the need to consider performance degradation.

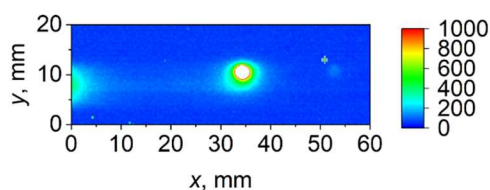


図 2 12W

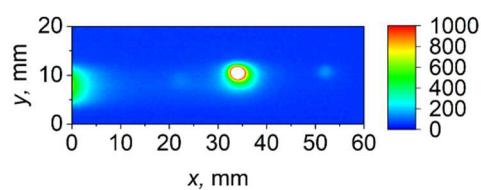


図 3 27W

4. Acknowledgments

Finally, I would like to thank Professor Yamamoto, who guided me from my near-zero knowledge of ion engines and conducted many experiments with me, the people at QFC-SP for giving me this opportunity, and Ms. Koeda, Mr. Matsumoto, Mr. Shiraki, and everyone in the lab who helped me on weekends and during the summer vacation and enthusiastically taught me about ion engines, how to make posters, and other research topics.

5. References

Kenji Hirano, Development and research of E×B probe for application to various propulsion devices Master's thesis, Kyushu University (2013)

クモ糸を用いた大気中の水蒸気の効率的な捕集方法の検討

宇山 学志（島根県立松江南高等学校3年）

山本 達之（島根大学生物資源科学部）

1. 研究の目的と意義

乾燥地帯では、人が生活用水を集めるために” フォグトラップ” が使用される。フォグトラップとは、プラスチック製の網で、繊維に凝集した大気由来の水蒸気捕集用の器具である。用いられる繊維は、化学的に合成される高分子であり、生産には地球の環境に大きな影響を及ぼす化石燃料が使われ

ていて、SDGs の観点から問題がある[1]。自然界では多くの水滴が巣に付着している場面をよく目にする。そこで、クモの巣を使用した場合にも水を捕集可能と考えた（図1）。そこで、生産性が高く、化石燃料に頼らない生物由来の資源でこのフォグトラップを作ることができないかと考えクモの糸を活用した効率的な水蒸気の捕集について研究を進めていくことにした。島根大学 GSC では、クモの糸が水を吸収した際のクモの糸タンパク質（フィブロイン）の分子構造変化について、ラマン分光法により検討する。

2. 研究の手法

3種類の糸（クモの糸（牽引糸）、縫い糸、釣り糸）を、発泡スチロールで作成した枠に一定回数巻き付けて、フォグトラップモデル（以下、モデル）を作成する。プラスチックケース内、設置したモデルに加湿器の蒸気をあてて、電子天秤によりモデルの質量変化を測定して、捕集した水の質量を得た。

3. 結果と考察

各糸を巻き付けたモデルが捕集した水の質量は、釣り糸

（1.84g）、縫い糸（1.71g）、クモの糸（1.58g）であった。しかし、糸の種類によって直径が異なるために、単位表面積当たりで換算したところ図1の結果を得た。クモの糸は、釣り糸（ナイロン）

の5倍の水を捕集する効率があることが分かる。クモの糸が水を効

率的に捕集できるのは、クモの糸のタンパク質（フィブロイン）が、水分子と水素結合を形成しているためと考察し、ラマン分光法による測定を行っているところである。

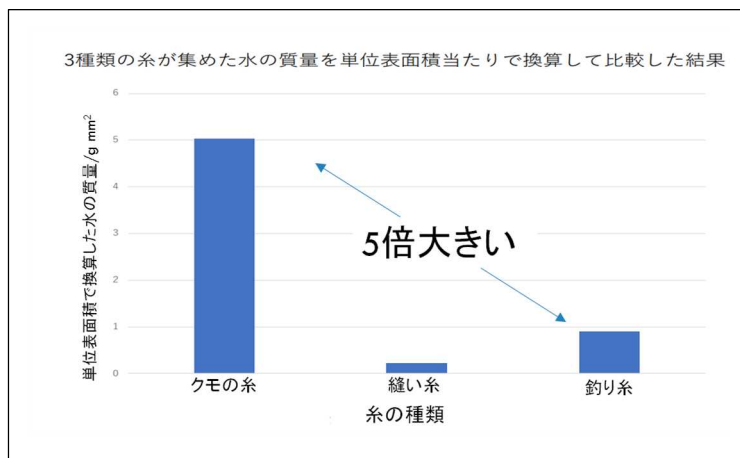


図1. 単位表面積当たりで換算した水の質量

4. 謝辞

本研究を進めるに当たって、指導していただいた、島根大学生物資源科学部の山本達之教授とヘマンス・ヌータラパティ助教に感謝申し上げます。また、ラマン分光測定の指導をしていただいている博士課程の学生のアジンキャ・ディーパクさんに感謝申し上げます。

5. 参考文献

- ・COURRIER JAPAN 2017 1/28 霧に包まれて暮らす国民の「渇き」を癒すため、ペルーで奮闘する「雲の狩人」
- ・東京クモ談話会 雨の後の水玉に関する疑問
- ・<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=88137>
- ・<https://www.jasco.co.jp/jpn/technique/internet-seminar/raman/raman1.html>

An attempt to collect atmospheric vapor by spider Silk

Satoshi Uyama (Shimane Prefectural Matsue Minami senior high school, third grade)

Tatsuyuki Yamamoto (Shimane University)

1. Purpose of the research

In arid regions such as South America, where there is little rain throughout year, they use a tool called a fog trap, to collect atmospheric water for domestic use. However, this uses petroleum-derived substances, which consumes limited resources in the world. Therefore, we thought that using bio-based materials could reduce oil consumption. This time, I decided to perform an experiment using spider silk. Many people may have seen a spider web with large amounts of water droplets, as shown in the photo. I thought that if spider silk could collect a lot of water, it could be used in place of a conventional fog trap. In this study, I compared the collection efficiency of spider silk with other strings as sewing thread and fishing line from the viewpoint of spider silk's components and properties.

2. Materials and Methods

A fog trap model (hereinafter referred to as the model) is created by wrapping three types of thread (spider silk (traction thread), sewing thread, and fishing line) around a Styrofoam frame with a certain number of times. Steam from a humidifier was applied to the model installed inside a plastic case, and changes in the weight of the model were measured using an electronic balance to obtain the net weight of the collected water.

3. Results and Discussion

The weight of water collected by the model wrapped with each thread was reduced by the unit surface area of each thread. The calculated data is shown in the Figure 1. It turns out that spider silk is five times more efficient at capturing water than fishing line (nylon). I speculate that the efficient collection is due to the protein (fibroin) in spider silk forming hydrogen bond with water molecules, and we are conducting measurements using Raman spectroscopy.

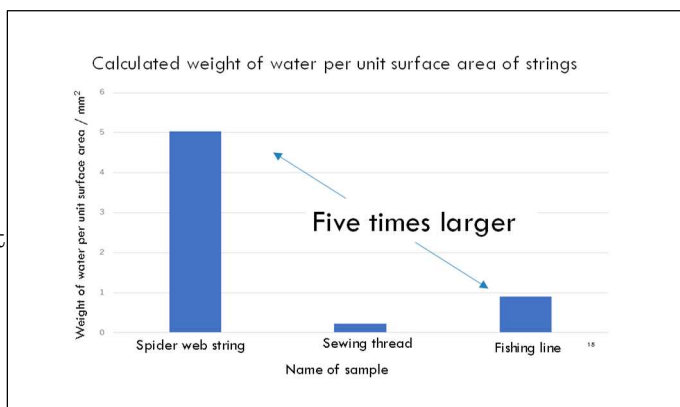


Fig.1 Calculated weight of water per unit surface area of strings

4. Acknowledgments

I thank to professor T. Yamamoto and Assistant professor H. N. N. Venkata of Shimane University for their kind academic advice. I also thank to Mr. Ajinkya Deepak Anjekar, PhD course student of Shimane University, for his hearty guidance for Raman spectral measurements.

5. References

COURRIER JAPAN 2017 1/28 / Tokyo Kumo Danwakai "A question on water droplets after rain" / <https://www.scrip.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=88137> / <https://www.jasco.co.jp/jpn/technique/internet-seminar/raman/raman1.html>

耕作放棄が畑地土壌の窒素供給量に及ぼす影響

上條 奏（長野県松本深志高等学校 3年）

早川智恵（宇都宮大学農学部）

1. 研究の目的と意義

日本の耕作放棄地とは、「所有されている農地のうち、過去1年以上作付けされておらず、この数年の間に再び作付けする考えのないもの」を指し、近年、増加している。耕作放棄地では雑草や雑木が繁茂し、近隣の農作物や住環境に対する野生の鳥獣害や景観の悪化など様々な問題が発生する。一方で、雑草や雑木など植物バイオマスの増加は、耕作放棄地では土壌への有機物の還元量の増加を意味する。視点を転換すれば、これは粗放な休閑と見なすことができる。そこで、本研究では畑地の耕作放棄を粗放な休閑として捉え直し、耕作放棄が土壌中の有機態窒素量及び窒素無機化反応について調べることを目的とした。

2. 研究の手法

長野県松本市の耕作放棄地とその近傍の畑地で土壌（0-15 cm 深）を採取した。土壌試料を篩別した後、理化学性の分析、および室内培養実験による可給態窒素量の測定に用いた。理化学性の分析では土壌 EC、土壌 pH 及び全窒素・全窒素濃度の測定を行った。可給態窒素量の測定ではまず、土壌試料を最大容水量の 60%水分量で 28 日間培養した後、培養 0 日目と 28 日目の土壌試料を抽出した。その後、試料を 1 mol/L 塩化カリウム溶液で抽出後、改良インドフェノール法により分光光度計を用いてアンモニア態窒素量を測定し、並びに試料を蒸留水で抽出後、イオンクロマトグラフィーにより硝酸態窒素量を測定した。また、未篩別の試料から土壌 DNA を ISOIL for Beads Beating キットを用いて抽出し、細菌の 16S rRNA 遺伝子の遺伝子量（V4 領域）とアンモニア酸化細菌の *amoA* 遺伝子量を定量 PCR 法により測定した。

3. 結果と考察（図表等）

土壌中の無機態窒素量の供給源と考えられる全窒素量は、常畑と耕作放棄地で同程度であった。これは、常畑に毎年有機質肥料が施用されているためと考えられる。一方で、培養 28 日目の可給態窒素量は耕作放棄地で 1.6 倍多かった。また、有機態窒素の無機化を担う全細菌量は常畑より耕作放棄地で有意に多かった。供給源となる全窒素量には有意差がなかったことから、窒素を無機化する微生物量の差が窒素の可給量に影響した可能性が考えられた。また、硝化を担うアンモニア酸化細菌量は耕作放棄地より常畑の方が多いが、測定誤差が大きく有意差は見られなかった。これらのことから常畑と比較すると、耕作放棄によって土壌中の窒素の可給量は維持、または回復されている可能性が示唆された。

4. 謝辞

本研究全体においてご指導をいただいた宇都宮大学の早川智恵先生、調査地のご協力をいただきました松本市役所の皆様並びに柳澤一向氏に深く感謝いたします。また、このような機会をいただいた宇都宮大学グローバルサイエンスキャンパス（iP-U）の皆様、本当にありがとうございました。

5. 参考文献

Geoffrey M. Henebry, Carbon in idle croplands, 457, pp. 1089-1090, NATURE, 2009.

太田健, 谷山一郎, 草場敬, 森昭憲, 荒谷博, 耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化, 土壌の物理性, No73, pp. 3-10, 1996.

Effect of abandonment on nitrogen mineralization potential of soil compared to a cultivated field.

Kanata Kamijo (Matsumoto fukashi senior high, 3rd grade)

Chie Hayakawa (School of Agriculture, Utsunomiya University)

1. Purpose of the research

Abandoned farmland areas in Japan has been increasing in recent years. Abandoned farmland is often overgrown with weeds and bushes, causing various problems such as damages to crop plants by wild animals. On the other side, the increase of wild plant biomass means to increase the amount of organic matter returned to the soil in the abandoned field. Looking from a different perspective, this can be considered as rough fallow. Therefore, reinterpreting the abandonment of cultivation as rough fallow in this study, we aimed to investigate the increase of organic nitrogen in the soil and nitrogen mineralization reactions due to abandonment, compared to the continuously cultivated field.

2. Materials and Methods

Soil samples were collected from the abandoned field and nearby cultivated field in Matsumoto City, Nagano Prefecture. After sieving, soil samples were used for physico-chemical analyses (soil EC, soil pH, and total nitrogen (N) concentration in soil) and the incubation experiment for available N. The amount of available N was determined as the release of inorganic N (ammonium and nitrate N) from organic N in soil for 28 days incubation. The concentrations of ammonium and nitrate N extracted from soil were measured by a modified indophenol method and ion chromatography, respectively. In addition, the amounts of bacterial 16S rRNA gene for total bacterial biomass and the *amoA* gene for ammonia-oxidizing bacteria (AOB) were measured using quantitative PCR.

3. Results and Discussion

The amounts of total N considered as the source of inorganic N in the soil were similar between the cultivated and abandoned fields. This may be due to the organic fertilizer applied every year to the cultivated field. On the other side, the amount of available nitrogen was 1.6 times higher in the abandoned field than in the cultivated field. The amount of total bacteria was significantly higher in the abandoned field than in the cultivated field. The amount of AOB was higher in the cultivated field, but not significant due to the large measurement error. These results suggest that the abandonment of cultivation may have maintained or increased the N availability in the soil compared to the cultivated field.

4. Acknowledgments

I would like to express my gratitude to Dr. Chie Hayakawa for her support, and to the people of Matsumoto City Office and Mr. Kazuhisa Yanagisawa for their cooperation with the research sites. Also, deeply thank you to Global Science Campus in Utsunomiya University (iP-U office) for giving me such a valuable opportunity.

5. References

Geoffrey M.Henebry, Carbon in idle croplands, 457, pp.1089–1090, NATURE, 2009.
Takeshi Ota, Ichiro Taniyama, Takashi Kusama, Akinori Mori and Hitoshi Moritani, No73, pp.3-10, Soil physical conditions *and* plant growth, Japan, 1996.

加速度計を用いたテコンドー不正キック判別アルゴリズムの認識精度分析

LIU XIMAN（兵庫県立神戸高等学校 2 年）

寺田 努（神戸大学）

1. 研究の目的と意義

テコンドーにおいて 2008 年に導入された電子防具は、防具に対する足の接触と力をセンサで計測することによって有効打を自動判定するため、素早く正しい判定が期待されている。一方で、センサさえ反応させられればポイントとなるため、不正キック（モンキーキック等）も有効打と判断されてしまう。こうした誤判定は、判定の混乱を招くだけでなく、電子防具の存在が不正キックの使用を誘引する状況であった。ここで本研究では、加速度・角速度センサを用いたキック動作の機械学習により、モンキーキックを識別する方法を提案する。また、求める識別精度に対して必要なセンサの個数や装着部位の組合せを調査し、低コストで装着の妨げにならない電子防具システムの実現を目指す。

2. 研究の手法

テコンドー経験者 3 名の左足首、右足首、体幹、骨盤にそれぞれ 6 軸加速度・角速度センサを装着し、不正キックであるモンキーキックを含む 12 種類のキックを、各 20 回のデータを採取した。機械学習の特徴量として、キック中のセンサ値の各軸平均値・分散値を計算し、Random Forest と IBk の 2 種類の手法を用いて識別を試みた。識別は、12 種類のキックを識別するものと、不正キックかそうでないかを二値判別するものを行った。結果は、すべてのセンサの組合せ(15 種類)において、被験者内(自分のデータのみ学習)と被験者間(他人のデータも含めて学習)の識別精度を比較した。

3. 結果と考察

被験者内識別では、骨盤センサ 1 個のみでも精度 100%であったことから、本人データをあらかじめ採集できる場合は、骨盤センサ 1 個だけの判定システムでも、十分実用性が高い可能性が示された。一方で、被験者間識別においては、最も良い場合でも精度 64.2%しかなかった。被験者間におけるデータを分析したところ、モンキーキック(図 1a)がハンダルチャギ(図 1b)と間違えられることが、精度悪化の主要因であった。防具に足が当たる 0.25 秒前の波形の曲がり（蹴り足の x 軸の加速度と角速度の変化）が特徴的なハンダルチャギ（正式キック）と加速度・角速度の変化が緩やかなモンキーキックとの誤判定が起こっていた（図 1b, c）。しながら今後時系列を考慮した機械学習と組み合わせることで、識別精度を大きく向上させることが出来ると考えられる。今後は被験者間のデータを用いた判定精度向上を目指す。

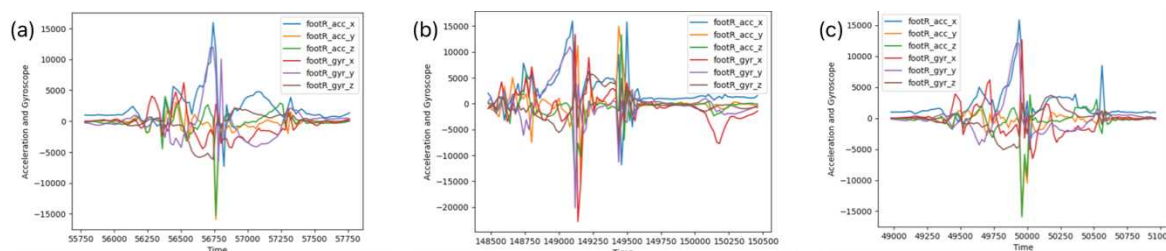


図 1(a)モンキーキック (b)ハンダルチャギ (c)ハンダルチャギに識別されたモンキーキック

4. 謝辞

ROOT, 神戸大学工学研究科 寺田努教授, 金宏潤氏, 大阪公立テコンドー部の奥監督および部員にお礼を申し上げます。

5. 参考文献

Jang et al.(2022), "Development of an Inertial Sensor Module for Categorizing Anomalous Kicks in Taekwondo and Monitoring the Level of Impact"

Analyzing the Accuracy of a Taekwondo Anomalous Kick Discrimination Algorithm with Inertial Sensor Data

LIU XIMAN (Hyogo Prefecture Kobe High School Grade 2)

Tsutomu Terada (Kobe University)

1. Purpose of the research

To improve the accuracy and quickness of judgement in Taekwondo, measuring contact and force by electronic body protectors have been used since 2008. However, the current system can misjudge illegal kicks, such as the Monkey Kick. Therefore, the presence of electronic protective gear was an inducement to the use of illegal kicks. This study proposes a new method to detect monkey kick using machine learning based on accelerometer and gyroscope sensor data. We also investigate the optimal number and placement of sensors for cost-effective, wearable systems.

2. Materials and Methods

Monkey kick and 11 types of official kicks were measured 20 times each by attaching 6-axis accelerometer and gyroscope sensors to the torso, pelvis, and ankle joints, with three Taekwondo players. The average and variance of sensor values along each axis were calculated for feature extraction. We used two classification methods, Random Forest and IBk, which performed the classification of 12 types of kicks and the binary discrimination of whether a kick was illegal or not. Identification accuracy was assessed both within subjects (trained with the player's data only) and between subjects (trained with the other players' data) with all combinations of the sensor placement (15 variations).

3. Results and Discussion

In intra-subject identification, 100% accuracy was achieved even with one sensor on pelvis, suggesting the feasibility of a single-sensor system in competition if personal data are pre-collected. However, the highest accuracy rate was only 64.2% in inter-subject identification. Waveform analysis revealed that misjudgment between a "Halfmoon Kick" (a formal kick), which is characterized by changes in x-axis accelerometer and gyroscope data 0.25 seconds before the foot hits the protective gear, and a variation of the Monkey Kick, which has a slow change in acceleration (Fig. 1b, c). However, it is expected that time-series considerations in machine learning would significantly enhance identification accuracy in inter-subject identification in the future study.

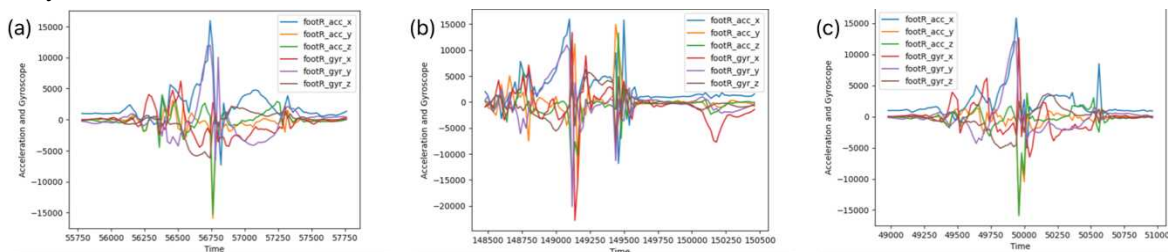


Fig. 1 (a)Monkey kick (b) Halfmoon kick (c) Monkey kick classified as Halfmoon kick

4. Acknowledgments

I am deeply grateful to ROOT, Tsutomu Terada Professor and Kim Kwangyun of Kobe University, Mr. Oku, and the members of the Osaka Metropolitan University Taekwondo club.

5. References

Jang et al. (2022), "Development of an Inertial Sensor Module for Categorizing Anomalous Kicks in Taekwondo and Monitoring the Level of Impact"

生成 AI を自主学習ツールとして活用するためのプロンプトの開発

宮平琉輔(沖縄県立首里高等学校 3 年)

加藤 司(琉球大学教職大学院)

1. 研究の目的と意義

現在の教育現場における課題点として、経済的な理由などから通塾できない生徒がいるといった、教育機会の不平等という点が挙げられる。生成 AI には、無料版であればだれでも利用でき、時間や場所の制約が少ないというメリットがある。しかしながら、生成 AI の回答の信頼性の問題があり、現状では教育現場での活用が進んでいるとは言い難い。本研究では、高校数学分野における生成 AI の適用可能性を調査し、自主学習ツールとしての使用につながる新しいプロンプト手法の開発と評価を行う。本研究の成果の活用により、経済的な理由、あるいは部活動といった時間的な側面から通塾が困難である生徒でも、生成 AI を活用した均質な学習を行うことができ、教育機会の不平等という問題が解消されると期待される。

2. 研究の手法

適用性評価の対象とする生成 AI として、利用のための料金と日本語における使用実績を鑑み、OpenAI 社の ChatGPT シリーズのバージョン GPT-3.5 を設定した。ChatGPT における記述問題の回答性能に比して、数学の回答性能が低いという指摘や、大学受験において数学で二次試験を必要としない生徒にも対応するため、大学入試共通テスト(以下、共通テスト)に着目した。従来のプロンプト手法による生成 AI の適用性評価のため、事前実験を行った。事前実験の評価尺度としてシンプルな正答率の他、生成 AI の適用可能性に関わる不明率を定義した。事前実験の結果から、生成 AI の共通テストに対する適用における問題点について考察し、新たなプロンプト手法を提案した。提案法と従来法を複数の設定で比較し、その有効性を評価した。

3. 結果と考察

以前までのプロンプトを用いた場合、正答率が低く、不明瞭な回答の割合が高いという結果が得られた。課題の解決を目標に、新たなプロンプトを開発した。新たなプロンプトでは、共通テストの解答形式を学習させたことで、不明瞭な解答を大きく抑えることができた。

4. 謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の次世代人材育成事業(グローバルサイエンスキャンパス事業)からの支援を受けて実施しました。

5. 参考文献

“ChatGPT のプロンプトデザインの秘密を解明 | 深津式・シュンスケ式・ゴールシークプロンプトを紹介” ,

<<https://saasis.jp/chatgpt/chatgpt-prompt-design>> , 2023 年 8 月 7 日アクセス

“過去 3 年分の試験問題” ,

<<https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/kakomondai/>> , 2023 年 8 月 10 日アクセス.

岡野健人・藤川大祐「独自データ活用型生成 AI を利用した教育実践デザインの検討—生成 AI リテラシーの涵養を目的として—」 日本教育工学会研究報告集, No. 2, pp. 274–279 (2023)

近藤千香, ・玉田和恵, ・松田稔樹. 「生成系 AI を題材とした情報的な見方・考え方に基づく問題解決指導実践—ChatGPT との共存を考える—」 日本教育工学会研究報告集, No. 2, pp. 255–258 (2023)

藤村裕一「生成 AI の教育利用に関する研究—生成 AI の機能比較と教員の生成 AI 利用意向調査を通して—」 日本教育工学会研究報告集, No2, pp. 75–82 (2023)

Development of Prompting to Utilize Generative AI as a Self-Study tool

Miyahira Ryusuke (Syuri High School, Okinawa 3rd grade)

Kato Tsukasa (Graduate School of Education, University of the Ryukyus)

1. Purpose of the research

One of the issues in the current educational field is the inequality of educational opportunities, as some students are unable to go to school due to economic reasons. Generative AI has the advantage that its free version is available to anyone, and there are few restrictions on time and place. However, due to the problem of reliability of the answers provided by the AI, it is difficult to say that its use in education has progressed to the present. In this study, we will investigate the applicability of generative AI in the field of high school mathematics, and develop and evaluate a new prompting method that leads to its use as an independent learning tool. It is expected that the results of this study will enable students who are unable to attend cram school due to economic reasons or time constraints such as club activities to learn in a homogeneous manner using generative AI, thereby eliminating the problem of inequalities in educational opportunities.

2. Materials and Methods

The version GPT-3.5 of OpenAI's ChatGPT series was selected as the target of the applicability evaluation in view of its price and its proven use in Japanese. In order to accommodate students who do not need a second test in mathematics for university entrance examinations, we focused on the National Center for University Entrance Examination (hereafter, DNC examinations). A pre-experiment was conducted to evaluate the applicability of the AI generated by the conventional prompting method. In addition to a simple correct response rate, we defined an unknown rate related to the applicability of the generative AI as an evaluation measure for the pre-experiment. Based on the results of the pre-experiment, we discussed problems in the application of the generative AI to common tests and proposed a new prompting method. The effectiveness of the proposed method and the conventional method was evaluated by comparing them in multiple settings.

3. Results and Discussion

Previous prompts resulted in a low percentage of correct responses and a high percentage of unclear responses. A new prompt was developed with the goal of solving the problem. The new prompts were designed to learn the answer format of DNC examinations, which greatly reduced the number of ambiguous answers.

4. Acknowledgments

This research was supported by the Next Generation Human Resource Development Project (Global Science Campus Project) of the Japan Science and Technology Agency

5. References

“ChatGPT のプロンプトデザインの秘密を解明 | 深津式・シュンスケ式・ゴールシーケブ
ロンプトを紹介”,

<<https://saasis.jp/chatgpt/chatgpt-prompt-design>>, 2023 年 8 月 7 日アクセス

“過去 3 年分の試験問題”,

<<https://www.dnc.ac.jp/kyotsu/kakomondai/>>, 2023 年 8 月 10 日アクセス.

岡野健人・藤川大祐「独自データ活用型生成 AI を利用した教育実践デザインの検討—生成 AI リテラシーの涵養を目的として—」 日本教育工学会研究報告集, No.2, pp. 274-279 (2023)

近藤千香, 玉田和恵, 松田稔樹. 「生成系 AI を題材とした情報的な見方・考え方に基づく問題解決指導実践—ChatGPT との共存を考える—」 日本教育工学会研究報告集, No.2, pp. 255-258 (2023)

藤村裕一「生成 AI の教育利用に関する研究—生成 AI の機能比較と教員の生成 AI 利用意向調査を通して—」 日本教育工学会研究報告集, No.2, pp.75-82 (2023)

時間帯による学習科目の集中度の違いを考慮した学習プラン提案ツールの作成

井本 千穂 (洗足学園高等学校 2年)

河瀬 康志 (東京大学 大学院情報理工学系研究科)、菅原 朔 (国立情報学研究科コンテンツ科学研究系)

1. 研究の目的と意義

授業外での自主学習に欠かせない、勉強スケジュールを組むプロセスは多くの学生にとって重要である。より効率的に勉強を進めるためにはいかに高い集中力を保てるかという観点から考えることが可能である。本研究の目的は、先行研究で明らかになっていた個人の集中力に影響を及ぼしうる原因である睡眠時間、運動の有無、学習の継続時間に加え、勉強する時間帯と教科との関連性を考慮に入れた学習プラン提案ツールを開発することである。開発により、個々人が自己の集中度の特徴に基づいた勉強プランを得られるようにすることで学習をより効率的に行うことを支援することができると考えられる。

2. 研究の手法

集中度測定眼鏡 JINS MEME と web 上の集中度測定ツールを利用して 30 分を一単位とし、勉強した時間帯、科目、集中度測定結果、運動の有無、睡眠時間を記録したデータを約 3 か月間収集した。結果をもとに scikit-learning を用いて、収集したデータを説明関数に加えたコーディングを行った。その後、実際に提案されたプランを学習に取り入れ、1 か月間集中度の測定結果を分析した。

3. 結果と考察

回帰モデルは最も誤差が少なかったラッソ回帰を用いた。これは線形回帰だと過学習したためだと考えられる。測定した結果のうち、勉強した時間帯、科目、運動の有無、睡眠時間がすべて同じであったデータがツールを取り入れる前と後の双方において 7 個以上計測できたものに限り、集中度の平均の誤差を分析しまとめた。図より、最も勉強頻度の高い数学や英語において集中力の向上が見られた。特に朝の時間帯でのツールの取り入れ学習による勉強パターンの確立が集中力向上に顕著に表れた。また、全体の集中力は平均で 48.7 から 59.1 までの向上が見られた。

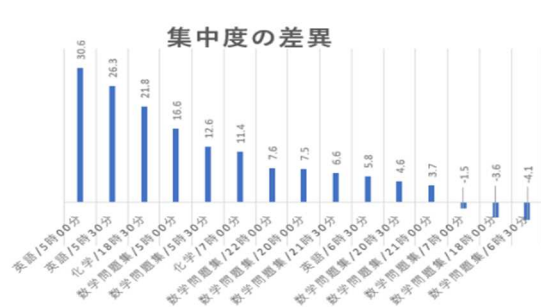


図1 ツールを利用する前後での同じ科目、時間帯での集中力の差異

4. 謝辞

本研究は多くの方にご指導を賜りました。特に、丁寧に指導して下さった東京大学大学院情報理工学系研究科の河瀬康志特任准教授、国立情報学研究科コンテンツ科学研究系菅原朔助教には終始貴重な助言を賜りました。ここに深い謝意を表します。

5. 参考文献

- [1] 尾張慧. 異なる時間帯の運動が注意力の向上に及ぼす影響—持続時間に着目して—. 茨城大学. 2013.
- [2] 長根光男. 睡眠パターンと学業成績や心身状態は関連するか—夜間睡眠の質と量、日中の眠気と短時間睡眠の活用—. 千葉大学教育学部研究紀要. 2015.
- [3] 兜森仁志, 安彦智史, 長谷川大, 佐久田博司. web カメラを用いた瞬き検出による集中度評価. 情報処理学会第 77 回全国大会. 2015.
- [4] 呉剣, 北島一樹, 井上大樹, 千種康民. 集中力の分析法の一考察. FIT2018(第 17 回情報科学技術フォーラム). 2018.

Creation of a Study Plan Suggestion Tool That Takes into Account Differences in the Concentration of Study Subjects at Different Times of Day

Chiho Imoto (Senzoku Gakuen Senior High School 2nd Grade)

Yasushi Kawase (The University of Tokyo, Graduate School of Information Science and Technology), Saku Sugawara (National Institute of Informatics, Content Science Research Division)

1. Purpose of the research

The process of creating a study plan, which is essential for independent study outside of class, is important for students. The aim of this study plan is to maintain a high level of concentration in order to study more efficiently. The purpose of this study is to develop a study plan proposal tool that takes into account the relationship between the time of day and the subject matter studied, in addition to the factors identified in previous studies that can affect an individual's ability to concentrate. The development of this tool will support more efficient learning enabling each individual to obtain a study plan based on the characteristics of his or her own concentration.

2. Materials and Methods

Using JINS MEME concentration measurement glasses and a web-based concentration measurement tool, concentration data was collected for approximately three months, with thirty minutes as one unit, recording the time period studied, subjects, concentration measurement results, exercise, and sleeping time. Based on the results, coding was done using scikit-learning, adding the collected data to the explanatory function. The actual proposed plans were incorporated into the study and the results were analyzed by measuring the level of concentration for a period of about one month.

3. Results and Discussion

The regression model used was Lasso regression. The average difference in concentration was analyzed and summarized only for the data that had at least seven measurements before and after the tool was used, in which the time of day, subject, exercise, and sleep duration were all the same. The figure shows that the improvement in concentration was observed especially Math and English, which are the most frequently studied subjects. In particular, the establishment of a study pattern through the incorporation of tools in the morning hours was clearly evident in the improvement in concentration. In addition, overall concentration improved from 48.7 to 59.1 on average.

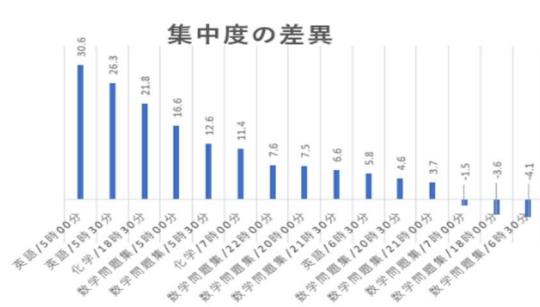


Fig.1. Differences in concentration in the same subject and time before and after using the tool

4. Acknowledgments

I would like to thank Asst. Prof. Yasushi Kawase of the Graduate School of Information Science and Technology at the University of Tokyo and Asst. Prof. Saku Sugawara of the National Institute of Informatics for their careful guidance and advice throughout.

5. References

- [1] 尾張慧. 異なる時間帯の運動が注意力の向上に及ぼす影響—持続時間に着目して—. 茨城大学. 2013.
- [2] 長根光男. 睡眠パターンと学業成績や心身状態は関連するか—夜間睡眠の質と量、日中の眠気と短時間睡眠の活用—. 千葉大学教育学部研究紀要. 2015.
- [3] 兜森仁志, 安彦智史, 長谷川大, 佐久田博司. web カメラを用いた瞬き検出による集中度評価. 情報処理学会第 77 回全国大会. 2015.
- [4] 呉剣, 北島一樹, 井上大樹, 千種康民. 集中力の分析法の一考察. FIT2018(第 17 回情報科学技術フォーラム). 2018.

Hallucination と単語予測分布の相互作用 新しい Confidence パラメータの提案

秋山達彦 東京農業大学第一高等学校 1 年

藤井海斗 国立情報学研究所 浦西友樹 大阪大学

1. 研究の目的と意義

近年、大規模言語モデルによる、言語能力の獲得は目覚ましいものがある。一見して高度なテキスト生成能力を持つように見えるが、その一方で新たな課題も明らかになってきた。その中でも「Hallucination」は、特に注目される課題である。[1]

この「Hallucination」とは、モデルが与えられた入力に基づかず、関連性のない、もしくは矛盾した情報をテキストとして生成する現象を指す。正確な情報伝達が求められる領域(新聞などのマスメディア)において、この現象はモデルの信頼性や適用範囲に影響を及ぼす可能性がある。言語モデルは、

$$P(s) = \prod_{i=1}^{n+1} P(w_i | w_0 \cdots w_{i-1}) \quad w_0 = \langle s \rangle, w_{n+1} = \langle s \rangle$$

$P(s)$ はテキストの s の生成確率。 $w_0 = \langle s \rangle$ は文の始まりを表す。 $w_{n+1} = \langle s \rangle$ は文の終了を表します。つまり、言語モデルは、次に来る単語の「確率」の分布(以下、単語予測分布と呼ぶ)から、文章を生成している。

2. 研究の手法

Hallucination が起きる時の単語予測分布と、そうでない時の単語予測分布、それぞれのエントロピーを調べ、確率分布のばらつきについて評価する。

English_Quotes データセット (n=1422) Quote の最後に使われている単語をマスクし、GPT-2 モデルにマスクした単語を推論させる。その推論結果がマスクされた単語と一致していないものを Hallucination(True) とラベリングする。

推論時に計算されたニューロンの出力に softmax 関数で、単語予測分布を作成する。(この時のそれぞれの単語数はトークナイザーに設定する単語数 50256 に依存する)

3. 結果と考察 (図表等)

モデルの単語予測分布のエントロピーを計算して、作成した確率密度である。グラフを見ると、Hallucination を起こしている時の確率分布は、Hallucination を起こしていない確率分布よりエントロピーが大きい分布が多いことがわかる。この結果は、確率分布から

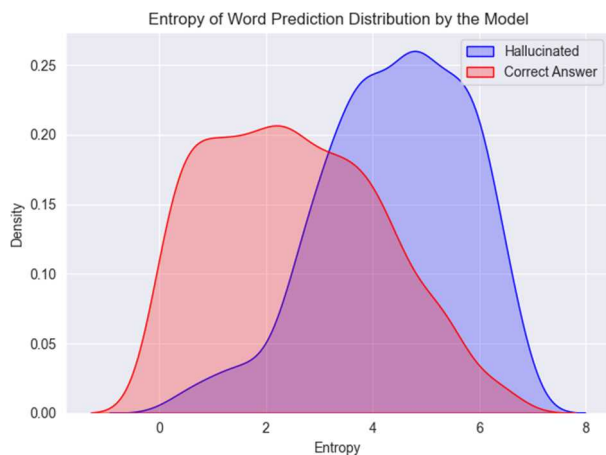


Figure 1 (arXiv, July 19, 2023), <http://arxiv.org/abs/2307.10169>.

Hallucination を予測することが可能であることを示唆している。

今後はこの確率分布の特徴から、大規模言語モデルがどの程度生成テキストに自信を持つかのパラメータ、Confidence の開発を進める。

4. 謝辞

私の研究にアドバイスをしてくださった全ての人に感謝いたします。

5. 参考文献

[1] Jean Kaddour et al., “Challenges and Applications of Large Language Models”

Interaction between Hallucination and Word Prediction Distributions: Proposal of New Confidence Parameters

Tatsuhiko Akiyama The First High School, Tokyo University of Agriculture 1st grade
Kaito Fuji National Institute of Informatics, Yuki Uranishi at Osaka University

1. Purpose of the research

The competence of Large Language Models (LLMs) has grown significantly in recent years. At first glance, LLMs appear to generate higher-quality text. However, new challenges have emerged. Among them, the phenomenon of hallucination stands out, where generated text can be inaccurate, unrelated, or inconsistent. [1]

It's imperative that LLMs provide accurate information. The equation for a Language Model is given by:

$$P(s) = \prod_{i=1}^{n+1} P(w_i | w_0 \cdots w_{i-1}) \quad w_0 = < s >, w_{n+1} = < s >$$

Where $w_0 = < s >$ indicates the start of a sentence and $w_{n+1} = < s >$ indicates the end. This formula represents text generation based on next-word prediction distributions. In this work, we explore the interaction between hallucination and word prediction distributions and propose a new parameter termed "confidence".

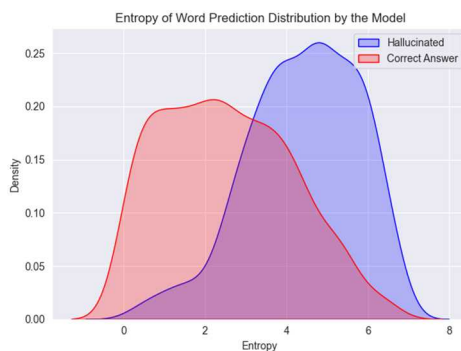
2. Materials and Methods

Figure 1 depicts a density estimation of the entropy of the word prediction distribution produced by the model. Hallucination exhibits greater variance compared to the correct answer within the prediction distribution. This graph illustrates that the phenomenon of hallucination results in substantial variability in the prediction distribution. Future research will focus on developing a confidence parameter based on this.

3. Results and Discussion

Figure 1 is graph of density estimation of entropy of word prediction distribution by the model. Hallucination has more dispersion than corrected answer on prediction distribution.

This graph show phenomenon of hallucination has much dispersion on prediction distribution.



In the Future research, I'm going to develop confidence parameter on it.

4. Acknowledgments

I express my gratitude to everyone who has assisted me.

5. References

[1] Jean Kaddour et al., "Challenges and Applications of Large Language Models" (arXiv, July 19, 2023),

<http://arxiv.org/abs/2307.10169>.

深層学習による過去の指示を踏まえた言語指示の理解と ロボットアームの動作生成

田中怜臣 (京都府立南陽高等学校 2 年)

梶野洸 (日本 IBM 株式会社)、片岡裕雄 (産業総合研究所)

1. 研究の目的と意義

深層学習を用いたロボットの動作と言語の統合学習についての研究は数多く行われている。その中でも山田らの研究[1]では「言語と行動の関係性, すなわち語や文の意味がモデルによっていかに表象されるか」という知見を得ることも, 記号接地構造[Harnad90]の理解の観点から重要」と述べて、実世界と直接接地を持つ単語だけではなくそれ自体は直接接地を持たない論理語のモデル内での表現の解析を行っている。照応表現も論理語のようにそれ自体に接地を持たないが文の意味に関係している語なので照応表現についても解析する意味があると考え。本研究では「さっき持ち上げたあれを叩いて」のような前方照応を含む文を入力として動作を適切に生成できるかを確認し、モデルがどのように言語を習得したかを確認するためにモデル内での言語の表現も調べる。

2. 研究の手法

本研究では以下の 4 ステップからなるタスクをシミュレーター上でロボットアームに行わせる。

1. ロボットアームの前に 2 つの立方体が並べられる。立方体は片方が赤色、もう片方が青色になっている。
2. 言語指示がモデルに与えられる。具体的には“Hit Red”のように動作+対象の形式で与える。動作の部分に入る単語は Hit あるいは Point で対象の部分に入る単語は Red, Blue, That のどれかになる。
3. 言語指示を受け取り終わったとモデルは自身で判断し、行動を開始する。
4. 行動終了後に最初と同じ体勢に戻る

このタスクを二回連続で行う。二回目のタスクの時の言語指示に That が与えられることがあり、その場合は前回の指示で指定された物体に対して動作を行う。

使用するモデルは畳み込みオートエンコーダー(CAE)と Multiple Timescale Recurrent Neural Network(MTRNN)である。学習データは手動でロボットアームを操作したときのモーターの状態、画像、言語指示を 0.1 秒ごとに記録したものをを用いる。実際に動作生成を行うときは CAE で画像から低次元な特徴量を得た後に MTRNN で画像特徴量、モーターの状態、言語情報を入力として受け取ってその後の動作を生成する。モデルの内部表現は主成分分析によって調べる。

3. 結果と考察

現在、モデルの学習を行っている段階である。CAE, MTRNN の学習が終わり次第、正しい動作の生成を確認し、主成分分析で言語のモデル内での表現を調べる予定である。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたりアドバイスなどをくださった日本 IBM 株式会社 梶野洸氏、産業総合研究所 片岡裕雄氏に感謝いたします。

5. 参考文献

[1]山田竜郎, 村田真悟, 有江浩明, 尾形哲也. “Seq2seq 学習による論理語を含む言語指示の理解とロボット行動の生成”

Understanding of Linguistic Instructions Considering Previous Them and Generation of Robot Arm Behavior by Deep Learning

Tanaka Reo(Nanyo High School,2nd Grade)

Hiroshi Kajino(IBM Japan,Ltd),Hirokatsu Kataoka(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

1. Purpose of the research

There have been many studies on integrated learning of robot actions and language using deep learning. Among them, Yamada et al. in their study [1] analyze the representation in models of not only words that have direct grounding to the real world, but also logical words that themselves have no direct grounding. Since referring expressions, like logical words, do not have their own grounding but are related to the meaning of the sentence, it is meaningful to analyze referring expressions as well. In this study, we confirm whether the model can appropriately generate actions using sentences that include forward referential expressions such as "tap that thing you just lifted up" as input.

2. Materials and Methods

In this study, the robot arm is asked to perform a task on a simulator.

1.Two cubes are placed in front of the robot arm. One cube is red and the other is blue.

2.Linguistic instructions are given to the model. Specifically, it is given in the form of an action + object. The word in the action part is either "Hit" or "Point," and the word in the target part is either "Red," "Blue," or "That".

3. The model judges that it has finished receiving the instruction and starts the action.

4.After the action is completed, the model returns to the same position as before.

This task is performed twice in succession. "That" may be given as a linguistic instruction for the second task, in which case the model performs the action on the object specified in the previous instruction.

In actual motion generation, low-dimensional features are obtained from the images by CAE , and then the MTRNN receives the image features, motor status, and language information as input to generate the subsequent motion. The internal representation of the model is examined by principal component analysis.

3. Results and Discussion

I am currently in the process of training the model.

As soon as I finish training CAE, MTRNN, I will confirm the generation of the correct behavior and use principal component analysis to examine the representation of the language in the model.

4. Acknowledgments

I would like to thank Mr. Hiroshi Kajino of IBM Japan, Ltd. and Mr. Hirokatsu Kataoka of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology for their advice and support in conducting this research.

5. References

[1] Yamada, Murata, Arie, Ogata. "Understanding of Linguistic Instructions Including Logic Words and Generation of Robot Behavior by Seq2seq Learning"

食器を考慮した静止画像からの食事量の推定

有野 真優（関西学院千里国際高等部 2年）

池田 聖、大城 理（大阪大学 基礎工学研究科 機能創成専攻）

1. 研究の目的と意義

糖尿病など食事関連の病気の治療時には患者の食事量の記録が必要である。本研究では、食事前後の食物写真から実際に食べた量を簡単かつ正確に推定するために、普及しているスマートフォンで、患者自身が容易に毎日記録し実際の食事量を推定することを目標とする。

海外の先行研究[1][2]では、画像から食品名を推定し対応する典型的なカロリー[3]を求めているが、食器の大小や盛り付け量、食後の量が考慮されていない。国内の先行研究[4]では、深度付き画像を用いて食事の体積を推定している。しかし、深度付き画像を取得可能なスマートフォンは高額なため普及しておらず、食後の量は考慮されていない。

2. 研究の手法

単眼カメラで撮影した食器上の食物の画像から深度を求め、食物で隠れた食器の深度を推定し差から食物の体積を推定した。単眼カメラで真上から食器上の食物の写真を撮り既存のプログラムの“Boosting Monocular Depth Estimation with Lightweight 3D Point Fusion”を用いて深度を推定した。食器は食物で隠れて深度がないため食器と食物を色分けし、食物で食器が隠れていない番外側から1ピクセルずつ周囲の平均を取り、すべての深度が分かるまで繰り返した。推定した食器の深度と食品の深度の差から食品の体積を推定した。

3. 結果と考察

食品サンプルを用いて実証実験を行った。食品サンプルを水に沈め、溢れた水の重さで計測した実際の体積は133cm³で、推定した体積は526cm³、誤差394%だった。現段階では誤差が大きい、オーダーは合っていた。深度推定プログラムの学習に風景画像が多く用いられているが近くのものや食品を学習すれば、推定深度と実際の深度の誤差が縮まる。食器の深度推定の際、平均を取る範囲を広げ、2ピクセル以上周囲の深度が分かる時のみ平均を取ればより良くなると考える。

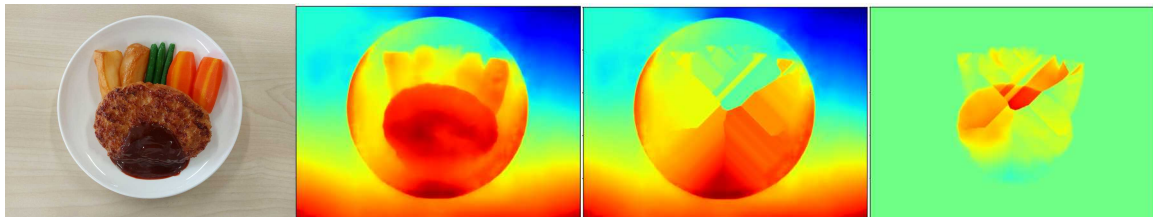


図1 食品サンプルの体積の推定（左から外観、全体の深度、食器の推定深度、食品の体積）

4. 謝辞

ご指導下さった大阪大学基礎工学研究科の池田聖先生と大城理先生、SEEDSの皆様に、研究のヒントを下さった国立成育医療研究センターの大矢幸弘先生に深く感謝致します。

5. 参考文献

- [1] Charles N. C. Freitas, et al.: “MyFood: A Food Segmentation and Classification System to Aid Nutritional Monitoring”, arXiv, 2012.03087, 2020
- [2] R. Ruede, et al.: “Multi-Task Learning for Calorie Prediction on a Novel Large-Scale Recipe Dataset Enriched with Nutritional Information”, ICPR, 2021
- [3] N. Shinozaki, et al.: “Development of a digital photographic food atlas as a portion size estimation aid in Japan”, Nutrients, 14(11), 2022
- [4] 安蒜ら: “DepthCalorieCam: 深度カメラと深層学習による自動食事カロリー量推定システム”, 第22回画像の認識・理解シンポジウム, 2019

Estimation of food volume from still images considering plate

Mayu Arino (Senri International School Of Kwansei Gakuin Grade 2)

Sei Ikeda, Osamu Oshiro

1. Purpose of the research

Patients need to record their food intake during treatment of diet-related diseases. The goal of this study is to enable patients themselves to easily record and estimate the amount of food they eat every day using a smartphone in order to easily and accurately estimate the amount of food eaten from pre- and post-meal food photographs

Previous studies used expensive smartphones or did not measure the actual amount of food eaten, which is not fit for purpose.

2. Materials and Methods

I obtained depth from images of food on plates taken with a monocular camera, estimated depth of dishes hidden by food, estimated the volume of food from the difference. I took pictures above the food with a monocular camera and estimated depth using the existing program "Boosting Monocular Depth Estimation with Lightweight 3D Point Fusion". The food hid the dish so, I separated the food and dish, and averaged the surrounding pixels from the outermost, pixel by pixel, until all the depths were known. Estimated the food volume from the difference of dish depth and food depth.

3. Results and Discussion

I tested the accuracy using food samples. The volume measured by submerged in water was 133 cm³, but the estimated value was 526 cm³, and error margin was 394%. Although the error was large, the order was correct. Landscape images are used to train depth estimation programs, if nearby objects and foods are used, the error between the estimated depth and the actual depth will be reduced. If the depth estimation of tableware were averaged with wider range, and averaged when there is more than two pixels that the depth is known it would be better.

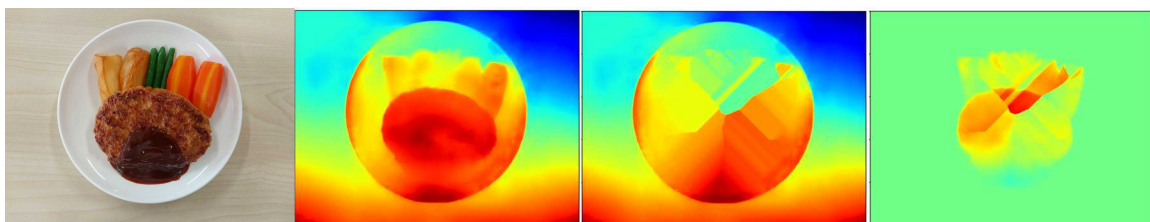


Fig.1 Food volume estimation (from left: photo, overall depth, estimated tableware depth, and food volume)

4. Acknowledgments

I would like to express my deepest gratitude to Prof. Ikeda and Prof. Oshiro of Osaka University, and SEEDS for their guidance, and to Dr. Oya of NCCHD for giving hints.

5. References

- [1] Charles N. C. Freitas, et al.: "MyFood: A Food Segmentation and Classification System to Aid Nutritional Monitoring", arXiv, 2012.03087, 2020
- [2] R. Ruede, et al.: "Multi-Task Learning for Calorie Prediction on a Novel Large-Scale Recipe Dataset Enriched with Nutritional Information", ICPR, 2021
- [3] N. Shinozaki, et al.: "Development of a digital photographic food atlas as a portion size estimation aid in Japan", *Nutrients*, 14(11), 2022
- [4] Andou et al: "DepthCalorieCam: An Automatic Dietary Calorie Content Estimation System Using a Depth Camera and Deep Learning," 22nd Symposium on Image Recognition and Understanding, 2019

パンダ手話はどのくらい情報が伝わるか？

森来理(大分上野丘高等学校 2年)

伊良皆啓治 (九州大学 大学院システム情報科学研究院、共創学部)

1. 研究の目的と意義

本研究の目的は、着ぐるみパンダの手話を用いて手話要素である指、腕、表情の情報伝達の違いを明らかにすることである。新型コロナで皆がマスクを着用するようになり、顔の表情から情報を読み取る必要のある手話でのコミュニケーションに支障が出てきた。手話での情報伝達を定量化するため、指先の動きと顔の表情制限を受ける着ぐるみパンダの手話を用いて情報伝達量を定量的に測定し、手話での情報伝達の重要要素を求めた。

2. 研究の手法

日常的に手話を使用しているろう者12名に着ぐるみパンダ手話の動画を見せた。動画内で表現されている文章を解答用紙に書き起こし、理解度を確認めるテスト形式で行った。動画は4種類あり、①全身が明瞭なヒト②着ぐるみで全身が不明瞭な着ぐるみパンダ③着ぐるみの頭だけを外した顔出しパンダ④着ぐるみの手だけを外した手出しパンダで、指先、腕、顔の表情それぞれの情報伝達量を調べた。情報伝達量は手話読み取りの得点を数値化して求めた。また、動画視聴時の視線の動きをアイトラッキングを使用して求めた。

3. 結果と考察

表1は動画の4種類の情報伝達割合を示し、表2は指先、腕、顔の表情に分けた情報伝達割合を示す。手元、顔が見えないパンダだと、見える時に比べて、約半分の情報伝達になり、表情に比べて指先の情報伝達量が多いことがわかる。図1は各動画における視線の移動結果を示す。ヒトの顔が見えるときは口元に注目し、口元がみえないパンダでは顔の前の手の動きに注目して、指先が見えないと腕全体で読み取ろうとしていることがわかる。これらの結果より、手話では口元に視線をおき、口話、表情を中心に情報をとらえ、さらに周辺視野での指先や腕の動きで情報を読み取っていることがわかる。

表1 着ぐるみパンダとヒト手話の情報伝達率の違い

	ヒト	着ぐるみパンダ	顔出しパンダ	手出しパンダ
情報伝達割合	0.83	0.46	0.59	0.75
人に対する割合	100%	55%	71%	90%

表2 手出しと顔出しの場合の個別情報の増加率

	指情報の増加	腕情報の増加	顔情報の増加
手出しパンダ	38%	23%	16%
顔出しパンダ	11%	11%	18%



図1 視線の追跡結果 (1)パンダ (2)手出し (3)顔出し (4)ヒト

4. 参考文献

神田和幸 (2004) 可視化情報学会誌、Vol. 24、pp. 277-278

市川薫 長嶋祐二 寺内美奈 (2005) 情報処理学会研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM)、18号、pp. 67-72

The information amounts of Panda's Japanese sign language

Kururi Mori (Grade-2, Oita Uenogaoka High School)

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

1. Purpose of the research

The purpose of this research is to clarify the difference in information between fingers, arms, and facial expressions, which are sign language (SL) elements, using the sign language of the costumed Panda. Because of COVID-19, people began to wear masks, and communication in sign language that needed to read the sign language from facial expressions became difficult. In order to quantify information transfer in sign language, we quantitatively investigated the amount of information using the sign language of a costumed Panda, which restricted the movement of the fingertips and facial expressions and studied important elements of information transfer in sign language.

2. Materials and methods

Videos of a costumed Panda's sign language to 12 deaf people who use sign language in their daily lives were presented. They transcribed the sentences shown in the video on the answer sheet and did it in a test format to check their level of understanding. There are 4 kinds of videos, 1. A human with a clear whole body, (2) A costume Panda with an unclear whole body, (3) A face-out Panda with only the head of the costume removed, (4) A hand-out Panda with only the hands of the costume removed. The amount of information for each of the fingertips, arms and facial expressions were checked. The amount of information was calculated by quantifying the score of sign language reading. In addition, eye tracking to find the movement of the line of sight during watching videos was used.

3. Results and Discussion

Table 1 shows the 4 types of information ratios in the video, and Table 2 shows the information ratio divided into fingertips, arms, and facial expressions. The costumed panda that can't be seen the face and hand, will transmit about half of the information compared to when it can be seen. The amount of information at the fingertips is higher than the facial expression. Figure 1 shows the result of the movement of the line of sight in each video. When a human face can be seen, pay attention to the mouth, and in pandas who can't see the mouth, pay attention to the movement of the hands in front of the face, and if the fingertips can't be seen, they are trying to read it with the whole arm. From these results, we can see that sign language looks at the mouth, catches information centered on the movement of the mouth and facial expressions, and reads information with the movement of the fingertips and arms in the surrounding field of view.

Table 1 Difference in information transfer rate between costume panda and human sign language

	Human	Costume Panda	Face-out Panda	Hand-out Panda
Information transfer rate	0.83	0.46	0.59	0.75
Percentage to human SL	100%	55%	71%	90%

Table 2: Percentage increase in individual information in the case of hand-out and face-out Panda.

	Increase in finger information	Increase in arm information	Increase in face information
Hand-out Panda	38%	23%	16%
Face-out Panda	11%	11%	18%

4. References

Kazuyuki Kanda (2004) Journal of the Visualization and Information Society, Vol.24, pp.277-278
 Akira Ichikawa Yuji Nagashima Mina Terauchi (2005) Information Processing Society Research Report Computer Vision and Image Information (CVIM), No. 18, pp. 67-72

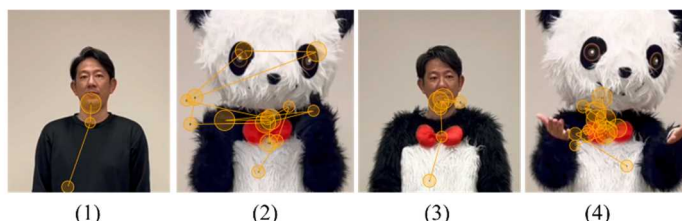


Fig. 1 Tracking of sight (1)Human (2)Panda (3)Face-out Panda (4)Hand-out Panda

障害者の社会的つながりや災害意識と災害時の不安感に関する調査研究

古清水美優（八千代松陰高等学校 2年）

任龍在（千葉大学教育学部准教授）

1. 研究の目的と意義

東日本大震災では障害者の死亡率が障害をもたない人の死亡率よりも高かった。また、釜石市では釜石東中学校付近の生徒や住民の多くが避難することができたため生存率が高かったが、隣接する大槌町の小学校の生徒の多くは死亡したことから市民の声掛けなどが災害時の避難につながると考えた。障害者の中には日常的に服薬をしている人も多い。災害対策では避難経路などが中心になることが多いため、生き延びるために必要な薬に関する災害対策の強化が必要であると考えた。この3点から障害者の社会的つながりが深まり、薬が用意されていると障害者の災害時の安心感が高まると考え、社会的なつながりと主に薬に関する災害対策の現状の調査を本研究の目的とする。

2. 研究の手法

Aの担当者で紹介して頂いた障害者福祉施設のリハビリテーションに定期的に通っている男女6人を対象にインタビューを各10分ほどで行った。他の通所の方がいたため、インタビュー内容はメモをとり、終了後覚えている限り書き起こした。各対象者に本研究の調査にのみ利用することに同意の上、インタビューを行った。定性的調査とし、対象者の意見をもとに考察を行う。

3. 結果と考察

表 インタビュー参加者の特徴

	性別	身体的特徴	家の特徴	同居人
①	女	脳梗塞	一軒家	夫、娘
②	女	高血圧	一軒家	なし
③	女	慢性的な体調不良	マンション	なし
④	男	脊髄の手術	一軒家	妻（認知症）
⑤	女	ペースメーカー	団地	なし
⑥	男	足が不自由	一軒家	妻

①の方はひとりで行動することができないため夫や娘の援助が必須である。②の方は災害時の避難の意思があり、もらった薬を一つにまとめてあるのでそれをもって避難する。地震の被害が少ない台地に住む。③の方は近隣住民との関係はほぼなく、娘や息子に頼りたくなと考え、避難の意思はない。④の方は認知症の妻と暮らし、脊髄の手術後足が悪いため800mも歩くことが難しい。近くに住む親戚が援助している。市の連絡先登録（年に一度連絡がくる名簿登録制度）に登録しているが一度も連絡がきたことがない。⑤の方は団地の集会に出席し、交流を深めている。団地が耐震基準を満たしているため避難はしないそうだ。⑥の方は妻と一緒に住んでおり、避難はせず、自宅で可能な限り生活する予定である。この結果から、障害者の多くの頼る相手は家族であり、地域のコミュニティとの関わりをもち、そこに頼れる人は少ない。家族に頼ることは後ろめたく感じるため、自分が払った税金で地域が助けてくれることが当たり前になる社会形成が必要である。②の方のように災害時に被害を最小限にする工夫も必要である。市の施設の認可基準に含めることも検討するべきである。日常的な服薬に関して対策をしている人は少ない。一度に多くの薬をもって避難すること難しいので実際の避難時を考えた対策が必要である。大学や地域の薬局との連携方法も検討するべきだ。

4. 謝辞

インタビューにご協力下さった6名の方々、施設を紹介して頂いた船橋市のご担当者様、福祉施設の職員の皆様に厚く御礼申し上げ、本研究の指導者である任龍在准教授、研究アドバイザーである Chukwurah Peter Nkachukwu先生、そして ASCENT プログラムに係るすべての皆様に感謝します。

5. 参考文献

- ・Fukushima Y, N. T. (2023). High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes.
- ・NHK「福祉ネットワーク」取材班. (2011). フォーラム2011. ノーマライゼーション 障害者の福祉 2011年11月号, 31.
- ・Toriyabe, S. (2018). 日本大震災における釜石の軌跡と悲劇

A Study of the Anxiety of People with Disabilities during Disasters

Miyu Koshimizu (Yachiyo Shoin senior high school 2nd grade)

Lim Yongjae (Chiba University Faculty of Education)

1. Purpose of the research

In the Great East Japan Earthquake, the death rate of people with disabilities exceeded that of people without disabilities. In Kamaishi City, many students and residents were able to evacuate near Kamaishi Higashi Junior High School due to citizens' voices, but many students died at an elementary school in the neighboring town of Otsuchi. Many disabled people take medication on a daily basis. Although disaster countermeasures focus on evacuation routes, it is necessary to strengthen disaster countermeasures related to medicines that are necessary for survival. Based on the above three points, the purpose of this study is mainly to investigate the current status of disaster preparedness and social connection of medicines.

2. Materials and Methods

Interviews were conducted with six men and women, each lasting about 10 minutes, who regularly attend rehabilitation at a welfare facility for persons with disabilities that was introduced to us by a city official. Because other commuters were present, notes were taken of the interviews and transcribed after they were completed. Each subject was interviewed after agreeing to be used only for the research of this study. This was a qualitative study.

3. Results and Discussion

Table Demographic characteristics of participants

	Gender	Physical characteristics	House Features	Roommates
①	Female	Cerebral infarction	Detached house	Husband, Daughter
②	Female	High blood pressure	Detached house	×
③	Female	Chronic physical ailments	Apartment house	×
④	Male	Post-spinal Cord Surgery	Detached house	Wife(with dementia)
⑤	Female	With pacemaker	Multi-unit apartments	×
⑥	Male	Limp	Detached house	Wife

Those in ① will assist their husbands and daughters. Those in ② will evacuate in the event of a disaster. Evacuate with all prescribed medicines. She lives on a plateau

where there is less damage from earthquakes. Person ③ does not interact with neighbors and does not want to rely on family. She will not evacuate. Person ④ has difficulty walking due to a limp. Relatives living nearby are assisting him. He is registered on the city's contact list, but it is not working. Person ⑤ attends meetings at the housing complex and interacts with others. Person ⑥ lives in a wheelchair. They do not evacuate. These results indicate that most of the disabled people rely on their family members, and there are few people in the community they can rely on there. Since they feel guilty about relying on their families, it is necessary to form a society in which it is taken for granted that the community will help them with the taxes they pay. It is also necessary to devise ways to minimize damage in the event of a disaster. Consideration should also be given to including this in the approval criteria for municipal facilities. Few people take measures regarding daily medication. It is difficult to evacuate with a large number of medicines at once, so it is necessary to take measures considering the actual evacuation situation. Methods of cooperation with universities and community pharmacies should also be considered.

4. Acknowledgments

I would like to thank the six people who cooperated in the interviews, the Funabashi City official who introduced me to the facility, the welfare facility staff, my supervisor for this study, Associate professor Lim Yongjae, my research advisor, Dr. Chukwurah Peter Nkachukw, and everyone associated with the ASCENT program.

5. References

- Fukushima Y, N. T. (2023). High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes.
- NHK「福祉ネットワーク」取材班. (2011). フォーラム2011. ノーマライゼーション 障害者の福祉2011年11月号, 31.
- Toriyabe, S. (2018). 日本大震災における釜石の軌跡と悲劇

宇宙線イメージングによる樹木の内部観測

鶴見莉子（滝高等学校 3年）

担当教員：森島邦博（名古屋大学）、中野敏行（名古屋大学）

1. 研究の目的と意義

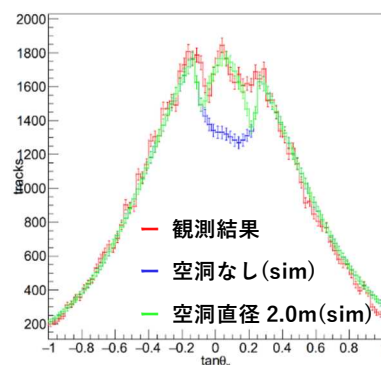
倒木被害を防ぐために樹木診断は必要不可欠であるが、従来の診断方法はどれも、「木を傷つける、大木の診断が難しい、高価な海外製品を用いる、規模の大きな製品を用いる」という4つのデメリットに1つ以上当てはまる。そこで、宇宙線イメージングを用いれば、これらの課題を解決して倒木を未然に防ぐことができると考え、その有用性を実証するために本研究を行った。

2. 研究の手段

宇宙線イメージングとは、空から常に降り注ぐ宇宙線ミュオンを用い、対象の密度を直接可視化する完全非破壊検査技術である。ミュオンは、最大数kmの厚さまで透過できるほどの高い透過性と、広い可視化範囲をもつ。この技術を用いて樹木の内部の空洞を検知する。また、宇宙線の検出装置として、小型で電源不要で手軽に使える原子核乾板を使用し、名古屋大学独自の自動飛跡読み取り装置で解析した。実験対象としては、大船神社(岐阜県恵那市)の弁慶杉(周長11m)を選んだ。この木はすでに上部が倒れていたことから、空洞があると予想した。実験と並行して、弁慶杉の3Dモデルを用いたシミュレーションを、空洞直径0m、2.5m、2m、1m、0.5m、0.25mで行った。また、国土技術政策総合研究所の基準で、それぞれの空洞率によってどのような対応がされるのかも調べた。

3. 結果と考察

右のグラフは、高さ約6m地点での断面図であり、赤色が観測結果・青色が空洞なしのシミュレーション・緑色が空洞直径2.0mのシミュレーションを表している。様々な空洞直径のシミュレーションと比べた結果、空洞直径2mのシミュレーションが一番合っていた。ここでの空洞率は経過観察1年未満という比較的危険な状態であった。また、シミュレーション結果から、空洞直径0.5m以上の空洞は検知可能であり、この空洞率が経過観察2〜3年であることを加味すると宇宙線イメージングは倒木防止に非常に有効であるといえる。



4. 謝辞

名古屋大学理学研究科宇宙線イメージング研究室（μ研）の森島先生、名古屋大学理学系研究科基本粒子研究室（F研）の中野先生をはじめ、多くの方々に温かいご指導ご鞭撻のほどを賜りました。心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

- 山田利博. 精密機器による樹木診断の現状と課題. 特集 樹木の診断と対策. (online), <https://iss.ndl.go.jp/books/R100000002-I000000027228-00>, (参照 2022-08-03)
- 国土交通省関東地方整備局東京国道事務所. “樹木の腐朽等への対応に関する 検討委員会”. 東京国道事務所. P11. 2021-08-05. https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000821469.pdf, (参照 2022-08-03)

Internal observation of trees using cosmic-ray imaging

Riko Tsurumi(Taki High School)

Kunihiro Morishima(Nagoya University), Toshiyuki Nakano(Nagoya University)

1. Purpose of the research

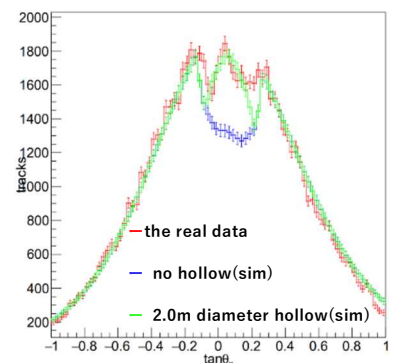
Tree diagnosis is essential to prevention of falling trees. However, every conventional diagnostic method has disadvantages such as, hurting trees' bodies, difficult to diagnose large trees, use expensive instruments, use large tools. Cosmic-ray imaging could be utilized for preventing falling trees, while solving all the conventional problems above.

2. Materials and Method

Cosmic-ray imaging is a fully non-destructive inspection technique, by using cosmic-ray muons that come from the Earth's upper atmosphere consistently. Muon has high energy, so they can penetrate up to several kilometers thick, and have a broad energy distribution. As detectors, we used nuclear emulsion films, which are compact and do not require electric power. We chose a big sacred tree of Obune shrine called Benkei cedar in Gifu to observe. Since the top of the tree had already fallen, we expected there is a hollow. We created the 3D models of the tree and did some simulations to compare with the result. We set different size of hollows in each simulation, 0m, 2.0m, 0.5m and 0.25m (as a diameter).

3. Results and Discussion

The right graph is the comparison of the real data (the red line), the simulation with no hollow (the blue line), and the simulation with 2.0m diameter hollow (the green line). Since the real data matches with the green simulation very well, we can say that Benkei cedar has a hollow about 2.0m diameter big, which needs a follow-up examination less than one year. On the other hand, the simulation results show that it is possible to detect hollow bigger than 0.5m diameter. It is proven that cosmic-ray imaging technique has enough potential to be used in trees diagnosis and fallen trees prevention, because this hollow rate requires follow-up for only 2-3years.



4. Acknowledgments

We would like to thank μ laboratory and F laboratory of Nagoya university.

5. References

1. Toshihiro Yamada. Current Status and Issues of Tree Diagnosis by Precision Instruments. Special Issue: Tree Diagnosis and Countermeasures . (online), <https://iss.ndl.go.jp/books/R1000000002-I0000000027228-00>, (reference 2022-08-03)
2. Tokyo National Highway Office, Kanto Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. "Review Committee on Measures to Deal with Decay of Trees". Tokyo National Highway Office . P11. 2021-08-05. https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000821469.pdf, (reference 2022-08-03)

GaN エピタキシャル成長中の表面近傍での Mg 不純物および Si 不純物取り込み機構の第一原理計算による解析

水野理沙（南山高等学校女子部 2年） 黒田尚志（岐阜高等学校 2年）

担当教員：白石賢二（名古屋大学）

1. 研究の目的と意義

GaN 中の Mg 原子はアクセプターとして働くことが知られ GaN デバイスにおいて非常に重要な役割を果たすことが知られている。しかし、エピタキシャル成長中にドーパントである Mg 原子が表面に析出する傾向があるか否かについてはこれまで理論的研究は行われていなかった。本研究では、GaN エピタキシャル成長中に Mg 不純物が GaN 表面近傍から内部に取りこまれる様子を第一原理計算で解析した。また比較対象として GaN 中でドナーとして働く Si 原子についても同様に調べた。

2. 研究の手法

計算は密度汎関数法に基づく第一原理計算で行った。計算には VASP コードを用いて行った[1]。計算モデルは表面平行方向に 2x2 の大きさをもつ 16 原子層のスラブモデルを用いた。表面構造は草場らの報告[2]に従って 4 個の表面 Ga 原子のうち 3 個の表面 Ga 原子を水素で終端する 3GaH モデルを用いた。Mg 不純物が表面から取りこまれる様子を考察するために、最表面及び 2~4 層目に Mg 不純物が取りこまれたときの全エネルギーを比較して、Mg 不純物が表面に析出する傾向があるか否かを考察した。また、Mg 不純物は水素原子と複合体を作ることが報告されているので[3]、Mg 原子単体で表面から取りこまれる場合と Mg-H 複合体を形成して取りこまれる場合の 2 つの場合について考察した。Si 原子についても同様の手法を用いた。

3. 結果と考察

第一原理計算の結果、最表面では Mg 原子単体、Mg-H 複合体、Si 原子単体、Si-H 複合体全てにおいて 3GaH 構造中の水素が存在しないサイトに存在する方が、水素の存在するサイトに取りこまれるよりもエネルギー的に安定であることが明らかとなった。さらに 2 層目~4 層目に Mg 原子及び Mg-H 複合体が取りこまれたときの系のエネルギーも計算し、表面からの位置に対する系のエネルギーをプロットしたのが図 1 であり、Si 原子および Si-H 複合体においても同様にプロットしたものが図 2 である。この図からわかるように Mg 原子単体、Mg-H 複合体、Si 原子単体、Si-H 複合体全てにおいてに表面に析出する傾向があることがわかる。一つ注目すべき結果は表面で Mg-H 複合体を形成すると Mg 原子単位よりも GaN 内部に取りこまれにくくなることである。また、Si 原子の方が Mg 原子に比べて表面に析出しやすい傾向がある。

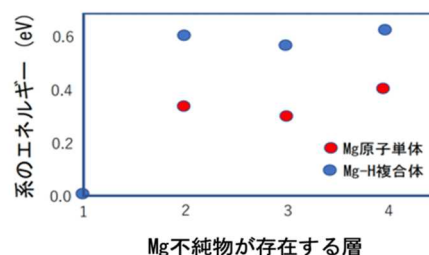


図1:系の全エネルギーのMg不純物の表面からの距離依存性。最表面のエネルギーをゼロとした。

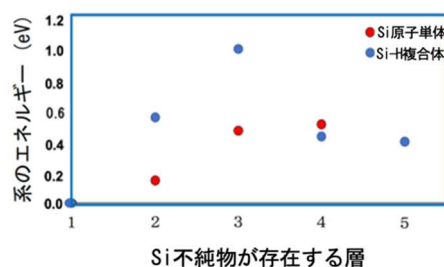


図2:系の全エネルギーの表面からのSi不純物の距離依存性。最表面のエネルギーをゼロとした。

4. 謝辞

本研究の実施にあたりご指導いただきました白石賢二教授に深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

1. G. Kresse and D. Joubert, Phys. Rev. B 59, 1758 (1999).
2. A. Kusaba et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 070304 (2017).
3. J. Neugebauer and C. G. Van de Walle, Phys. Rev. Lett. 75, 4452 (1995).

First Principles Studies on Mg and Si Impurities Incorporation into GaN during MOVPE Growth

Lisa Mizuno (Nanzan Girl's Senior H.S. 2nd Grade) Takashi Kuroda (Gifu H.S. 2nd Grade)
supervisor: Kenji Shiraishi (Nagoya University)

1. Purpose of the research

Mg atoms are known to act as acceptors and play a very important role in GaN devices. However, there is no theoretical knowledge about whether adsorbed Mg impurities segregate to the surface or not during epitaxial growth. In this study, we investigated the impurity incorporation process by the first principles calculations. As a comparison, We also studied Si atoms, which are known to act as donors in GaN.

2. Materials and Methods

The calculations were performed using the VASP, which is based on density functional theory [1]. GaN surfaces are modeled by the 16 atomic layer slab models with (2×2) surface unit cells. As for the surface reconstruction, three surface Ga atoms are terminated by hydrogen atoms in the (2×2) surface unit cell which contain four Ga atoms, according to the report by Kusaba *et al.* [2]. To investigate how Mg impurities were incorporated from the surface, we placed Mg impurities on the surface, the second, the third, and the fourth layers from of the GaN slab models, and compare the total energies. Moreover, since it has been reported that Mg impurities forms Mg-H complexes with hydrogen atoms [3], we also consider the incorporation of Mg-H complexes from the surface. The same method was used for Si atoms.

3. Results and Discussion

As for the surface adsorption site, there are two types. One is the surface site on the Ga-H bond and the other is on the Ga dangling bond. The calculated results show that Mg atoms, Mg-H complexes, Si atoms, and Si-H complexes tend to adsorb at the surface site on Ga dangling bond. Finally, we plotted relative total energy as a function of Mg atoms and Mg-H complexes position from the surface (Fig. 1). Further, we plotted relative total energy as a function of Si atoms and Si-H complexes position from the surface (Fig. 2). As shown in Fig.1 and Fig. 2, the most stable structures are that Mg atoms, Mg-H complexes, Si atoms, and Si-H complexes are located on the surface. One notable result is that the formation of Mg-H complexes on the surface is less likely to be incorporated into GaN than Mg atoms. In addition, Si impurities tend to segregate more easily on the surface than Mg impurities.

4. Acknowledgments

We would like to thank Dr. Shiraishi for his guidance in conducting this research.

5. References

- 1.G. Kresse and D. Joubert, Phys. Rev. B 59, 1758 (1999).
- 2.A. Kusaba et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 070304 (2017).
- 3.J. Neugebauer and C. G. Van de Walle, Phys. Rev. Lett. 75, 4452 (1995).

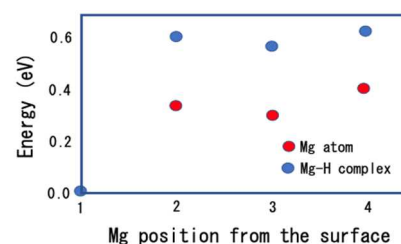


Fig.1: System total energies as a functions of Mg position from the surface.

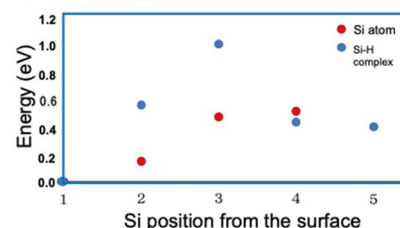


Fig.2: System total energies as a functions of Si position from the surface.

連結管内の Bz 反応の位相の可視化

斎藤 菜那 (矢板東高等学校 2 年)

大庭 亨 (宇都宮大学工学部)

1. 研究の目的と意義

同期現象の BZ 反応では、2つの反応容器を連結させた場合の同期の条件が位相方程式を用いて研究されている。これまでは、内径数mmの細いチューブで反応容器を連結させる研究がほとんどだが、太い連結管を用いれば、位相方程式が連結管の中に直接可視化されと考えられる。調べた限り、そのような研究はこれまでない。そこで本研究では、太い連結管の内部の位相の変化を調べることを目的とした。

2. 研究の手法

反応には、2つの反応槽(直径3 cm、高さ10 cm)を連結管(長さ6 cm、内径1 cm)でつなげたガラス容器を用いた(右図1)。3 M 硫酸(20 mL)、1 M マロン酸(10 mL)、2 M 臭素酸ナトリウム(8 mL)、20 mM 臭化ナトリウム(1 mL)、20 mM 塩化トリス(2,2'-ビピリジン)ルテニウム(0.2 mL)を混合して容器に入れ、室温で約10分攪拌した。周期的な振動が目視できたら攪拌を止め、反応の様子をビデオで撮影した。ImageJを用いて、反応溶液の指定部位(図1中の「0」～「5」)の画像から輝度の時間変化を求めた。また、簡単な位相方程式を用いて連結管内の位相の変化をシミュレーションした。



図1 反応容器。丸印と番号は輝度を求めた位置を表す。

3. 結果と考察(図表等)

図2に、溶液の色が定常的に振動している時の約10秒間の輝度の時間変化を示した。このとき、左反応槽(「0」)と右反応槽(「5」)の周期はどちらも4秒だが、位相は約 $2\pi/3$ ずれている。「1」は「0」と、「3」と「4」は「5」とほぼ同じ位相で振動している。一方、「2」は1つ目のピークでは「0」や「1」の位相に近いが、2つ目のピークでは「3」～「5」と位相が揃っている。ただし、「2」は「0」と「5」の単純な合成波ではない。「0」や「5」では位相は一定速度で変化しているが、「2」の位相はそれよりも速い速度で変化していることがわかった。

現在は実験データを増やすとともに、両端の反応槽の位相は同期しているのに、連結管の一部だけは同期せずに変化するという状況を再現するシミュレーションも検討している。

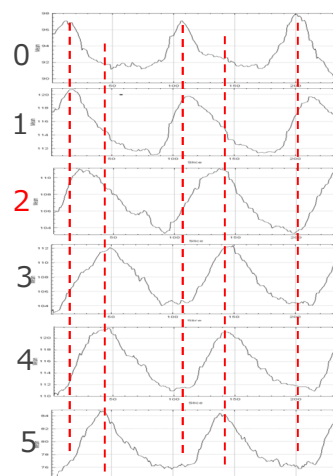


図2 各位置での輝度の時間変化。横軸の単位はフレーム。縦軸の単位は任意。

4. 謝辞

本研究の遂行にあたり、活動の場を提供していただいた iP-U (宇都宮大学 GSC)、大庭教授 (宇都宮大学)、谷島准教授 (宇都宮大学)、貴重なデータをご提供くださった宇都宮女子高等学校様、助言をいただいた日本科学協会の皆様に心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

1. 宮崎, 物性研究 2007, 87, 553.
2. 郡, 時間生物学 2012, 18, 22.
3. 郡, 時間生物学 2012, 18, 80.

Phase change of the BZ reaction in the connecting tube

Nana Saito (Yaita-Higashi High School, Gr. 11)

Toru Oba (Utsunomiya University)

1. Purpose of the research

Phase dynamics of coupled oscillators have been studied extensively using Belousov–Zhabotinsky (BZ) reaction. While thin tubes are used to connect the oscillators in general, it is supposed that phase conditions for synchronization can be visualized actually in sufficiently thick connecting tubes. To our knowledge, no study has been attempted to visualize the phase equation directly. In this study, we analyzed the phase behaviors observed in a connecting tube between the two BZ reaction vessels.

2. Materials and Methods

We used a reactor composed of two glass containers (3 cm in diameter and 10 cm in height) connected by a glass tube (6 cm in length and 1 cm in inner diameter, **Fig. 1**). Five solutions (3 M H_2SO_4 , 20 mL; 1 M malonic acid, 10 mL; 2 M NaBrO_3 , 8 mL; 20 mM NaBr , 1 mL; 20 mM $\text{Ru}(\text{bpy})_3$, 0.2 mL) were mixed and poured into the reactor. The mixture was stirred for about 10 minutes at room temperature until periodic oscillations were observed. Then the reaction was recorded by a video camera without stirring the solution. Luminance of the six positions in each frame was analyzed using ImageJ (NIH). Numerical simulations were also examined (Excel, Microsoft).



Fig. 1. The reactor. Circles and numbers denote the position that luminance was extracted.

3. Results and Discussion

Fig.2 shows the temporal changes of luminance (during *ca.* 10 sec) observed at the 6 positions in the reactor (**Fig. 1**). The periods of the two vessels (positions-0 and 5) were the same (*ca.* 4 sec), and the phase difference between them was *ca.* $2\pi/3$. The waves of the positions-0 and 1 were nearly matched, and the waves of the positions-3, 4, and 5 were also nearly matched. It is noted that the first peak of the wave observed at the position-2 was relatively near to those of the positions-0 and 1, while the second peak matches those of the positions-3, 4, and 5. The rate of phase change at the position-2 was faster than those at the other positions.

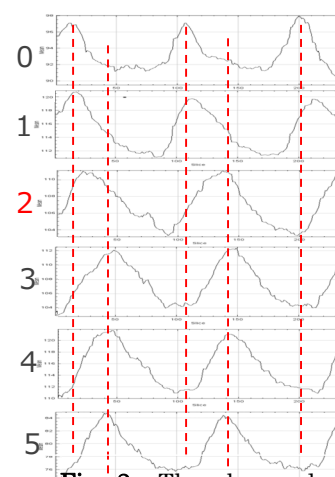


Fig. 2. The observed temporal changes of luminance at each positions.

4. Acknowledgments

I would like to thank to iP-U (Utsunomiya University GSC), Prof. Oba, Prof. Yajima, Utsunomiya Girls' High School, and the Japan Science Association.

5. References

1. Miyazaki, Bussei kenkyu **2007**, *87*, 553.
2. Kori, Jikan Seibutsugaku **2012**, *18*, 22.
3. Kori, Jikan Seibutsugaku **2012**, *18*, 80.

水温の温度変化による水と Al-Ga 合金の反応からの水素発生方法

大槻 優奈（渋谷教育学園幕張高校 3 年）

林 英子（千葉大学 教育学部）

1. 研究の目的と意義

アルミニウム (Al) は、水分解反応によって水素ガスを発生させるエネルギー密度の高い金属として一般的に使用されている。しかし、Al はすぐに表面が酸化されて安定な酸化被膜が形成されるため、反応が起こりにくい¹。先行研究では、液体ガリウム (Ga) が Al 粒子を透過して Al を活性化することが見出され、その際、Al-Ga mol 比が 1 : 3 である時水素の発生率が最も効率良いことがわかった²。本研究では、反応温度の差による水素発生量と副生成物の変化を分析した。これによりグリーンエネルギーとしての水素産生の効率化を図る基礎データとする。

2. 研究の手法

1:3 の Al-Ga 合金を用いて、20℃から 60℃までの反応条件下での水素ガス発生速度と副生成物の分析を行った。アルミホイルとガリウムをポリエチレン袋の中で混ぜて、合金を作製した。この合金に水を加え、発生する水素ガスの量を水上置換法を用いて 10 秒ごとに 15 分間測定した。この操作を水温を変えて繰り返した。反応後、ガリウムを回収し、副生成物を XRD で分析した。

3. 結果と考察（図表等）

水温の上昇により、水素ガスの発生速度が大きくなり、反応後に回収される Ga の量が増加した。XRD の結果、主な副生成物は Al (OH)₃であったが、GaO(OH)や未反応の合金も観察された。

反応は液体 Ga が Al 粒子を透過する界面で起こり、温度が高いほど、Ga は液体状態に保たれ、合金表面の酸化被膜の再形成が妨げられると考えられる。反応は安全で、ほとんどエネルギーを必要としないため、将来的には効率的な水素ガス源として利用できる可能性がある。

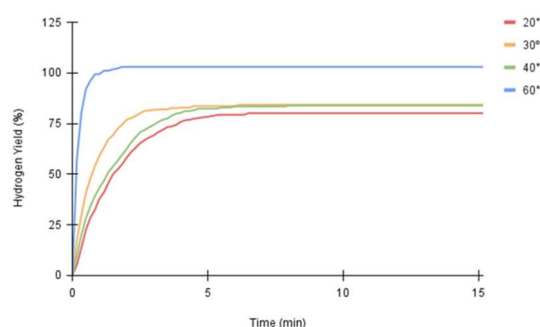


図1 水温による水素発生率

4. 謝辞

研究指導者の林英子准教授をはじめ、Chukwurah Peter Nkachukwu 先生、そして ASCENT プログラムの皆様に心より感謝の意を表する。

5. 参考文献

1. Peter Godart, Jason Fischman, Kelsey Seto, Douglas Hart, Hydrogen production from aluminum-water reactions subject to varied pressures and temperatures, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 44, Issue 23, 2019, Pages 11448-11458, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.140>.
2. Amberchan, Gabriella, et al. "Aluminum Nanoparticles from a Ga-Al Composite for Water Splitting and Hydrogen Generation." ACS Applied Nano Materials, vol. 5, no. 2, 2022, pp. 2636-2643., <https://doi.org/10.1021/acsanm.1004331>.

Hydrogen Production from Water Reaction of Al-Ga Composite Subject to Varied Water Temperatures

Yuna Otsuki (Shibuya Makuhari High School 3rd Grade)

Hideko Hayashi (Chiba University Faculty of Education)

1. Purpose of the research

Aluminum (Al) is a commonly used metal with a high energy density that produces hydrogen gas with a water splitting reaction¹. However, a stable oxide layer is formed on Al by an immediate surface oxidation, which makes it difficult for the reaction to occur. A recent study found that liquid Gallium (Ga) can activate Al by permeating through the Al grains, in which a 1:3 Aluminum: Gallium (Al: Ga) mol ratio is optimal². In this study, This provides primary data for the efficiency of hydrogen production as a green energy source.

2. Materials and Methods

This research examines the production rate of hydrogen gas using 1:3 Al-Ga composite and analyzes its byproducts under different water temperature conditions ranging from 20°C to 60°C. Al and Ga were mixed inside a polyethylene bag to create the composite. Water was added to the composite, and the amount of hydrogen gas produced was measured every 10 seconds for 15 minutes using the water displacement method. This was repeated under different water temperatures. After the reaction, Ga was retrieved, and by-products were analyzed using X-Ray Diffraction (XRD).

3. Results and Discussion

The increase in water temperature led to a higher production rate of hydrogen gas and an increase in amount of Ga retrieved after the reaction. XRD results found that the main by-products were Al (OH)₃, but GaO (OH) and inactive pieces of composite were also observed. The reaction is thought to have happened at the

interface where liquid Ga permeates through Al grains, suggesting that higher temperatures prevent the reformation of an oxide layer on the surface of the composite by keeping Ga in a liquid state. Because this reaction is safe and require little added energy, it is a potential method for effective hydrogen gas production.

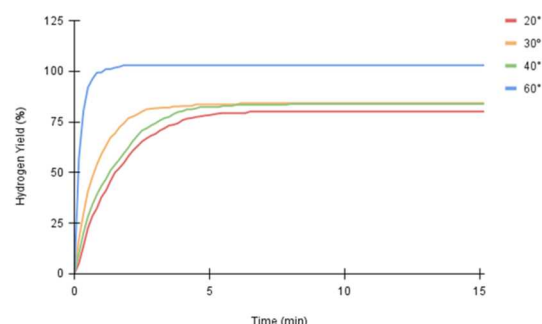


Fig.1 Hydrogen Yield Rate by Water Temperature

4. Acknowledgments

I express my deepest gratitude to my research advisor, Associate Prof. Hideko Hayashi, Asst. Prof. Peter N. Chukwurah (academic advisor), and the ASCENT program staff.

5. References

1. Godart P, Fischman J, Seto K, Hart D (2019). Hydrogen production from aluminum-water reactions subject to varied pressures and temperatures. *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 44, Issue 23: 11448-11458, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.140>.
2. Amberchan, G, Lopez I, Ehlke B, Barnett J, Bao NY et al. (2022). Aluminum Nanoparticles from a Ga-Al Composite for Water Splitting and Hydrogen Generation. *ACS Applied Nano Materials*, Vol. 5, No. 2: 2636–2643. <https://doi.org/10.1021/acsanm.1004331>.

フィコシアニンタンパク質の pH 条件による構造変化

岩谷恒貴（名古屋市立菊里学校 2 学年） 糸山智（学校法人東海学園高等学校 2 学年）

担当教員（Chavas Leonard 教授， 梅名 泰史准教授）

1. 研究の目的と意義

フィコシアニンタンパク質の構造から、光合成で働くための機能とは何かを考えるために、分析の指標として、環境の変化にもよく現れる pH を変化させ、結晶構造解析と、吸収スペクトル解析の結果をもとに、必要な構造を調べることを目的とした。

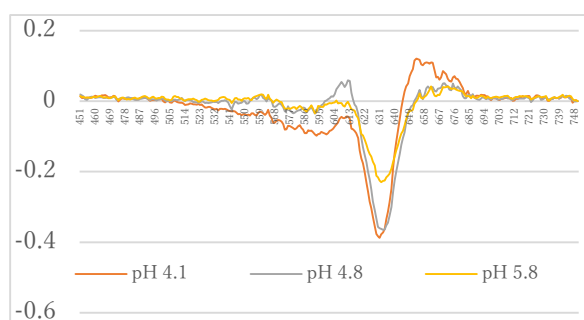
2. 研究の手法

フィコシアニンタンパク質と pH4~7 の緩衝溶液を混合して作成した溶液試料 4 サンプルの吸収スペクトルを計測して、pH 変化によるフィコシアニンの光吸収の変化を調べた。

次にフィコシアニンタンパク質の結晶化条件を探索し、pH4 と 7 のフィコシアニンタンパク質結晶試料を作成した。そして結晶に X 線構造解析を行い、得られたデータから光吸収の変化と構造の変化の関係を調べた。

3. 結果と考察（図表等）

吸収スペクトルを計測した結果、630nm 付近で、相対的に吸光度が低下しピーク位置もシフトしていた。光合成に欠かせない光を吸収する力が弱まったことはわかったが、具体的にどの構造が変化したかが分からなかった。そのために次に結晶化スクリーニングを行い、X 線構造解析を行った。結晶化スクリーニングでは、市販のスクリーニングキット（Rigaku Regents 製）を使用し 192 条件でスクリーニングを行った。その結果、ポリエチレングリコール（PEG）と塩化マグネシウムが入ったもので良好な単結晶を得ることができた。X 線構造解析を行うために、pH3~pH7 の 6 種類、PEG 濃度 12% と 14% の 2 種類、合計 12 種類で実験を行い、pH4 と pH 7 の結晶を取り出し、X 線構造解析を行った。ただし、我々は X 線を取り扱う資格を持っていないため、指導教員に測定をしていただいた。その結果、色素分子フィコシアノビルリン(PCB)の3つのうち2つに構造変化が見られた。そのため、pHによってスペクトルが変化した原因は、これらの構造が本来の構造とは逸脱した構造をとったためと我々は考察し、これらの構造変化が起こらないようにすることで、pHの影響を減らせるのではと考えた。



4. 謝辞

本研究を行うにあたって、ご指導をいただいた名古屋大学 大学院工学研究科応用物理学専攻 シャバス研究室 Leonard Chavas 教授 梅名泰史 准教授に厚くお礼申し上げます

5. 参考文献

- pH-dependent structural conformations of B-phycoerythrin from *Porphyridium cruentum*
- Studies on the Dissociation of Cryptomonad Biliproteins
- Effects of pH on the Conformation of Phycoerythrin from *Nori Porphyra* sp.
- Protonation-Dependent Structural Heterogeneity in the Chromophore Binding Site of Cyanobacterial Phytochrome Cph1

pH-dependent structural changes in Phycocyanin protein

Iwatani Koki (Kikuzato High School 2nd) Itoyama Satoshi (Tokai High School 2nd)
(Dr.Chavas Leonard, Dr.Umena Yasuhumi)

1. Purpose of the research

Phycocyanin is a kind of protein. We set our goal to examine the structure of Phycocyanin, which is necessary to study the role of Phycocyanin in photosynthesis, based on results of X-ray crystallography and spectrum analysis at various pH.

2. Materials and Methods

The change in light absorption of phycocyanin with pH change was investigated by measuring the absorption spectra of four solution samples prepared by mixing phycocyanin protein with buffer solutions of pH 4 to 7. Next, the conditions for crystallization of phycocyanin protein were searched, and phycocyanin protein crystal samples at pH 4 and 7 were prepared. The crystals were then subjected to X-ray crystallography and the relationship between the change in light absorption and the changes of structures were investigated from the data obtained.

3. Results and Discussion

Measurement of the absorption spectrum showed a relative decrease in absorbance and a shift a peak position around 630 nm. Although it was clear that the ability to absorb light, which is essential for photosynthesis, was weakened but, it was not clear which specific structure had changed. For this reason, we next performed crystallization screening and X-ray crystallography. For crystallization screening, we made 192 conditions by using screening kits. The results showed that polyethylene glycol (PEG) and magnesium chloride, good single crystals were obtained. To perform X-ray crystallography, six different types of crystals were prepared at pH 3 to pH 7, PEG concentration of 12 mol/L and 14mol/L, for a total of 12 types. The crystals of pH4 and pH7 were extracted and performed by X-ray crystallography. However, we asked our teachers to perform X-ray crystallography because we were not qualified to handle X-rays. As a result, structural changes were found in two of the three molecules of phycocyanobilin (PCB). Therefore, we considered that the reason why the spectra changed with pH was these structures deviated from the original structure, and we thought that the effect of pH could be reduced by preventing these conformational changes from occurring.

4. Acknowledgments

We would like to thank Dr. Chavas and Dr.Umena for help us to perform this research.

5. References

- pH-dependent structural conformations of B-phycoerythrin from *Porphyridium cruentum*
- Studies on the Dissociation of Cryptomonad Biliproteins
- Effects of pH on the Conformation of Phycoerythrin from Nori *Porphyra* sp.
- Protonation-Dependent Structural Heterogeneity in the Chromophore Binding Site of Cyanobacterial Phytochrome Cph1

抗菌性銅表面上でのカンジダ属の生存に対する酸化ストレスの影響

足立将徳（セントメリーズインターナショナルスクール、高校2年）

担当教員：石和田稔彦（千葉大学）

1. 研究の目的と意義

銅や銅合金の表面は、細菌、真菌、その他の微生物に対して、接触殺傷による抗菌特性があることが証明されている（Arendsen et al.）。しかし、Bleichertら（2022）は、酸化還元関連遺伝子がアップレギュレートされた微生物変異体は、銅による接触死滅に対する感受性が低いことを示した。そこで本研究では、過酸化水素によって誘発される酸化ストレスが、銅表面での医療上重要なカンジダ種の生存率に及ぼす影響を評価することを目的とした。

2. 研究の手法

第一の実験では、5種のカンジダ（*C. albicans*、*C. krusei*、*C. glabrata*、*C. tropicalis*、*C. palapsilosis*）を、0～4 mMの過酸化水素（ H_2O_2 ）を含むYPD（酵母抽出ペプトンデキストロース）培地で培養し、酸化ストレスを誘導した。各真菌培養物をOD 600 = 0.6, 0.06, 0.006に希釈し、YPDプレートに塗布し、培養した。そして、出現したコロニーの相対的な大きさを評価した。

第二の実験では、5種のカンジダをOD 600 = 0.5に希釈し、銅またはパラフィルム（対照）の表面に15分間または60分間塗布した。その後、培養物をPBS+Tween溶液で表面から洗い流し、YPD寒天培地にプレーティングした。そして、出現した真菌コロニーの数を数えた。

3. 結果と考察

H_2O_2 による酸化ストレスが最も真菌のコロニーサイズを抑制した。酸化ストレスの影響はカンジダ種の希釈度が低いほど顕著であった。*C. palapsilosis*は、他の真菌種に比べ、 H_2O_2 による酸化ストレスに弱いようであった。

銅によるカンジダ種の接触死滅は15分と60分の培養時間の両方で見られたが、60分暴露の方がわずかに高かった。*C. krusei*と*C. tropicalis*、そして*C. glabrata*は、他のカンジダ菌種に比べ、銅による接触死に対する感受性が高かった。

今後の実験では、銅への曝露が、酸化ストレスが加わった後のカンジダ菌種にどのような影響を与えるかを調べる予定である。

4. 謝辞

はじめに、献身的なご指導と惜しみないご助言をいただいた指導教官の新居先生、大楠先生と石和田先生に感謝いたします。さらに、このような研究の機会を与えてくださった千葉大学のアセント・プログラムに深く感謝いたします。

5. 参考文献

- Arendsen LP, Thakar R, Sultan AH (2019). The Use of Copper as an Antimicrobial Agent in Health Care, Including Obstetrics and Gynecology. American Society for Microbiology. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/CMR.00125-18>
- Bleichert P, Butof L, Ruckert C, et al. (2022). Mutant Strains of Escherichia coli and Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus Obtained by Laboratory Selection to Survive on Metallic Copper Surfaces. Appl. Env. Microbiol., Vol. 87, No. 1.

Effect of oxidative stress on the survival of *Candida* species on antimicrobial copper surface

Masanori Adachi (St. Mary's International School Grade 11)

Advisor: Naruhiko Ishiwada (Chiba University)

1. Purpose of the research

Copper and copper-alloy surfaces have been proven to have antimicrobial properties against bacteria, fungi, and other microbes via contact-killing (Arendsen et al. 2019). However, Bleichert et al. (2022) showed that microbial mutants with upregulated redox-associated genes showed less susceptibility to contact-killing by copper. In this study, therefore, we aimed at evaluating the effect of hydrogen peroxide-induced oxidative stress on the survivability of medically important *Candida* species on copper surface.

2. Materials and Methods

In the first experiment, five *Candida* species (*C. albicans*, *C. krusei*, *C. glabrata*, *C. tropicalis*, *C. palapsilosis*) were grown on YPD (yeast-extract peptone dextrose) medium containing 0~4 mM hydrogen peroxide (H₂O₂) for induction of oxidative stress. Each fungal culture was diluted to OD₆₀₀ = 0.6, 0.06, 0.006, applied to YPD plates and incubated. Relative sizes of emergent colonies were evaluated.

In the second experiment, the five *Candida* species were diluted to OD₆₀₀ = 0.5 and applied to copper or parafilm (control) surfaces for 15 or 60 mins. The cultures were then washed off the surfaces using PBS + tween solution and plated on YPD agar medium. The number of emergent fungal colonies were counted.

3. Results and Discussion

H₂O₂-induced oxidative stress caused a decrease in the size of the fungal colonies with increased levels of H₂O₂ suppressing colony sizes the most. The oxidative stress effect was more pronounced at lower dilutions of the *Candida* species. *C. palapsilosis* appeared to be more susceptible to H₂O₂-induced oxidative stress compared to the other fungal species.

Contact-killing of the fungal species by copper was evident at both 15- and 60-mins incubation times but slightly higher after 60 mins exposure. *C. krusei*, *C. tropicalis* and *C. glabrata* showed more susceptible to contact-killing by copper compared to the other *Candida* species.

Subsequent experiments will investigate how exposure to copper affects the *Candida* species after oxidative stress has been applied.

4. Acknowledgments

I thank my advisors, Dr. Arai, Dr. Ohkusu and Dr. Ishiwada, for their devoted guidance and generous advice. I would also like to express my deepest gratitude to the ASCENT Program of Chiba University for giving me the opportunity to conduct this research.

5. References

Arendsen LP, Thakar R, Sultan AH (2019). The Use of Copper as an Antimicrobial Agent in Health Care, Including Obstetrics and Gynecology. American Society for Microbiology. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/CMR.00125-18>

Bleichert P, Butof L, Ruckert C, et al. (2022). Mutant Strains of *Escherichia coli* and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Obtained by Laboratory Selection to Survive on Metallic Copper Surfaces. Appl. Env. Microbiol., Vol. 87, No. 1.

変形菌（真性粘菌）の温度耐性

水澤 紗良（静岡県立焼津中央高等学校 2年）
栗井 光一郎（静岡大学 理学部）

1. 研究の目的と意義

真性粘菌であるモジホコリは、塩化ナトリウムや部分的な光などに負の走性を示すことや[1]、迷路内で餌と餌をつなぐ最短経路を見つけることが分かっている[2]。つまり、効率よく餌を食べ、苦手な刺激を避けることで賢く生き延びていくことができる。一方、避けられない外的環境の変化や刺激に対してどのような反応を示すのかはあまりよくわかっていない。そこで高温や低温のストレス環境で培養し、成長や衰退の様子を分析することを計画した。本研究は真性粘菌が温度ストレスにさらされた時にどのような反応を示し、生き延びていくのかを明らかにすることを目的とした。

2. 研究の手法

真性粘菌モジホコリはLP寒天培地(0.1% Lactose、0.1% Peptone、0.2% KH_2PO_4 、0.1% $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 、1.5% Agar)の上にオートミールを乗せて培養した。植え継ぎの際は、モジホコリの厚みに偏りが出ないように、オートミールを避け、1cm×1cmに培地ごと切り取り、新たな寒天培地の中心に置いた。植え継ぎ直後、または2日間至適温度(28℃)で十分に成長させた後、4℃、20℃、28℃、30℃、40℃で培養し、成長の様子を観察した。植え継ぎ直後に培養温度を変えたものを「未成長ストレス」、至適温度で成長させた後、培養温度を変えたものを「成長後ストレス」と呼ぶ。成長経過を撮影した画像を正方形に切り取り、800px×800pxに統一した後、ImageJのPolydon selectionsを用いてモジホコリのピクセル数を測定して、培地の面積に対する割合を計算した。

3. 結果と考察

未成長ストレスでは、28℃と20℃で同様の成長を見せた。一方、4℃では最も長く生存し、40℃では1日目で死滅した。成長後ストレスでは、20℃で生育した株が唯一、ストレスを受けた後さらに成長した。40℃では未成長ストレスと同様1日目で死滅し、4℃及び30℃では未成長ストレスよりも早く死滅した。

以上のことから、モジホコリには大きく成長できる温度、長期間の生存ができるが成長はしない温度、適応できない温度があることがわかった。また、至適温度で十分に成長させたモジホコリを急に低温または高温ストレスにさらすと死滅してしまう一方、成長過程で同じストレスにさらすと耐性を獲得し、気温によるストレスに適応することがわかった。つまり、少なくとも温度適応という観点では、個体が小さい方が適応するための仕組みを働かせやすいと考えられた。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、実験への指導、助言をして下さった栗井研究室の大学院生、田中楓歌さん、ならびにモジホコリを提供して下さった日本原生生物学会にお礼申し上げます。

5. 参考文献

- [1] 中垣俊之 (2016) 粘菌に「知性」はあるか——。単細胞生物に「人間らしさ」の起源を探る、孤高の研究. 北海道大学電子科学研究所 未踏の領域に挑む、知の開拓者たち Vol. 25.
- [2] 築地克弥、松田千夏、高橋和成 (2012) 忌避化学物質を利用した粘菌変形体のネットワーク形成. *Naturalistae* 16: 39-45.
- [3] Hashimura H and Inouye K (2022) Influence of temperature on growth and development of dictyostelid smile moulds and its implication on the evolution of cold-tolerance. *bioRxiv* 2022.09.19.508496.

Temperature resistance of myxomycetes (slime molds)

Sara Mizusawa (Shizuoka Yaizu Chuo High School, 2nd Grade)

Koichiro Awai (Shizuoka University)

1. Purpose of the research

Physarum polycephalum show negative taxis when they expose to stresses such as sodium chloride or light [1]. They also have ability to find the shortest path to connect food to food in mazes [2]. These characteristics made them possible to eat diet efficiently and avoid these stimuli for survival. However, it is not well documented how they responses unavoidable environmental stimuli, such as change of temperature. In this research, we subjected *P. polycephalum* cells to temperature stress and analyzed their growth. This study is aim to find out how *P. polycephalum* react and survive to temperature stresses.

2. Materials and Methods

Physarum polycephalum was grown on the agar plate of LP medium (0.1% Lactose, 0.1% Peptone, 0.2% KH_2PO_4 , 0.1% $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 1.5% Agar) with addition of oat meal. Then the well grown cells were cut out into 1 cm \times 1 cm, and inoculated onto the center of fresh agar plates. Immediately after inoculation or after sufficient growth at the optimum temperature (28°C) for 2 days, incubation temperature was shifted to 4°C, 20°C, 28°C, 30°C, or 40°C and the state of growth was observed. We call that the culture with temperature shifts immediately after inoculation "stress without growth", and the culture with temperature shifts grown after the optimum temperature "stress after growth". Pictures of the growth process were taken and trimmed into squares at pixel size 800 \times 800. Polygon selections of ImageJ was used to calculate the ratio of the cell and the rest of area.

3. Results and Discussion

Under stress without growth, *P. polycephalum* showed similar growth at 28°C and 20°C. On the other hand, they survived longest at 4°C but died at 40°C within a day. Under stress after growth, only the cells under 20°C showed extensive growth. At 40°C, cells died within a day, and they died faster than stress without growth at 4°C and 30°C.

From these results, it was concluded that they have three modes of sensitivity to temperature: 1) Temperature they can grow well, 2) Temperature they can survive for a long time but does not grow, and 3) Temperature they cannot adapt. It was also found that the cells well grown at the optimum temperature are sensitive to temperature shift, but the cells under growth are more susceptible to stress caused by temperature. In other words, at least the mechanism for temperature adaptation is more active in the cell under growth.

4. Acknowledgments

We would like to thank Ms. Fuhka Tanaka, a graduate student in the Awai Laboratory, for her guidance and advice on this research, and the Japan Society of Protistology for providing the *Physarum polycephalum*.

5. References

- [1] 中垣俊之 (2016) 粘菌に「知性」はあるか——。単細胞生物に「人間らしさ」の起源を探る、孤高の研究. 北海道大学電子科学研究所 未踏の領域に挑む、知の開拓者たち Vol. 25.
- [2] Tukiji K, Matsuda C and Takahashi K (2012) Network formation of slime mold plasmodium using citric acid as a repellent. *Naturalistae* 16: 39-45.
- [3] Hashimura H and Inouye K (2022) Influence of temperature on growth and development of dictyostelid smile moulds and its implication on the evolution of cold-tolerance. *bioRxiv* 2022.09.19.508496.

テナガエビの化学物質および動体に対する反応性

山川 美咲 (浜松学芸高等学校 2年)

竹内 浩昭 (静岡大学 理学部)

1. 研究の目的と意義

テナガエビ *Macrobrachium nipponense* は、生理学的実験・行動学的実験の報告がほとんどなく、実験動物としてあまり用いられていないのが現状である。本研究では、テナガエビの化学感覚に着目し、水中での能動的な化学探索行動の解明を3つの実験から目指した。

[1] テナガエビの化学物質に対する反応性を明らかにする

[2] テナガエビのエサ報酬に関する学習能力および記憶能力があるのかを明らかにする

[3] テナガエビの動体に対する反応行動を明らかにする

2. 研究の手法

[1] 塩化ナトリウム(塩味)またはグルタミン酸ナトリウム(うま味)、クエン酸(酸味)、スクロース(甘味)の味物質(0.01mol)をティーバッグ内に投入したものを用意した。これらをY字型水槽内の分岐の一方に配置した。その後ビデオカメラで撮影し、テナガエビがY字型水槽内のスタート地点からどちらの分岐先に進むかを追跡した。

[2] 水槽内の迷路スタート地点にテナガエビを、最終地点にはエビの市販餌2gを配置し、ビデオカメラで迷路内の行動を撮影した。同じ迷路で試行を数回繰り返し、目標地点まで到達する時間と回数を計測した。

[3] 水槽にテナガエビ1個体を投入し、20cm対極側から寒天(1.0cm角)を20cm/secで2往復移動させた。寒天の色(赤、黄、緑、青)や高さ(1.0cm、1.5cm、2.0cm)を変えた際の反応をビデオカメラで撮影した。

3. 結果と考察(図表等)

[1] うま味の正選択率が最も高く70%、塩味が50%、甘味が40%、酸味が最も低い正選択率10%(負選択率10%)を示した。このことから、テナガエビの餌に含まれるアミノ酸や生育環境と大きく異なるpHの影響であると考えた。

[2] テナガエビは迷路実験を数回繰り返しても目標到達時間は短縮されなかった。また、スタート地点から距離が長くなるほど到達率は低下した。このことから、テナガエビの学習能力および記憶能力はあまり高くないと考えた。

[3] テナガエビは寒天に対し明確な忌避反応を示した。このことから、テナガエビは寒天を捕食者として認識した可能性が示唆された。いずれの寒天でも高さが増すほど忌避反応が強くなる傾向が見られ、より高い寒天を身体の高い捕食者として認識していると推定した。

4. 謝辞

本研究は静岡大学FSSの研究助成を受けて遂行可能となった。静岡大学の竹内浩昭先生のご助言で研究をスムーズに進めることができた。また、ご指導に当たっていただいた浜松学芸高等学校サイエンス部顧問の伊藤信一先生に心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

[1] 大山真介・三宅新人・石田華子・石田寛(2021)ザリガニの嗅覚探索行動を模倣した水中化学物質源探索システムの改良(マイクロマシン・センサシステム/ケミカルセンサ/バイオ・マイクロシステム合同研究会 Society 5.0における農業および環境センシング技術, 香りの計測と心理・生理学的効果の応用, センサー一般). 電気学会研究会資料 MSS 2021(1-31): 55-57.

[2] 栗原堅三(1984)味覚, 嗅覚/感覚器の仕組と特性. 高分子 33(7): 535-538, 571.

[3] 石田華子(2020)ザリガニの嗅覚探索行動の解析と噴流を利用した能動化学センシング手法の開発. 東京農工大学博士学位論文: 1-152.

Reactivity of freshwater prawn to chemicals and moving objects

Misaki Yamakawa (Hamamatsu Gakugei High School 2nd grade)

Hiro-aki Takeuchi (Shizuoka University)

1. Purpose of the research

The freshwater prawn (*Macrobrachium nipponense*) has rarely been reported in physiological or behavioral experiments. In this study, I focused on the chemical sense and aimed to elucidate the active chemical exploration behavior underwater.

[1] Clarifying the reactivity of prawn to chemicals

[2] Clarifying whether prawn have learning and memory abilities regarding food rewards

[3] Clarifying the response behavior of prawn to moving objects

2. Materials and Methods

[1] Tea bags were prepared containing taste substance (0.01 mol) of sodium chloride (salty taste), monosodium glutamate (umami taste), citric acid (sour taste) or sucrose (sweet taste). These were placed on one of the branches in a Y-shaped tank. Video cameras were used to track which direction the prawn went from the starting point in the Y-shaped tank.

[2] One prawn was placed at the starting point of the maze in the aquarium, and 2g of commercially available prawn food was placed at the final point. The same maze was repeated several times, and the time and number of times reaching the goal was measured.

[3] One prawn was placed in the aquarium and an agar block (1.0 cm square) was passed back and forth at 20cm/sec twice from the 20cm opposite pole. A video camera was used to record the reactions of the prawn when the agar color and height were changed.

3. Results and Discussion

[1] Umami had the highest positive selectivity at 70%, salty at 50%, sweet at 40%, and sour at the lowest positive selectivity of 10% (negative selectivity of 10%). From this, I thought that the effect was due to the amino acids contained in the prawn's food and pH, which differ from the growth environment.

[2] Even after repeating the maze experiment several times, the time taken to reach the goal was not shortened in prawn. Furthermore, the achievement rate became lower as the distance from the starting point increased. Based on this, I considered that the learning and memory abilities of the prawn are not very high.

[3] Prawn showed a clear repellent reaction to agar block. This suggests that the prawn may recognize agar block as a predator. For any type of agar, there was a tendency for the repellent response to become stronger as the height of the agar increased, suggesting that the higher agar was recognized as a larger-bodied predator.

4. Acknowledgments

This research was made possible with research funding from Shizuoka University FSS. I would like to express my sincere gratitude to Professor Hiro-aki Takeuchi of Shizuoka University for his advice and Mr. Shinichi Ito, the science club advisor at Hamamatsu Gakugei High School, for his guidance.

5. References

Oyama,S., Miyake,N., Ishida,H., Ishida,H. (2021), IEE Japan MSS 2021(1-31): 55-57.

Kurihara,K. (1984), Kobunshi 33(7): 535-538,571.

Ishida,H. (2020), Doctoral Dissertation, Tokyo University of Agriculture and Technology.

バナナセセリ その不思議な生態にせまる Part4 ～ワックス分泌経路の探索～

眞榮城 綾香（沖縄県立球陽高等学校 2 学年）

担当教員：大瀧 丈二 メンター：中里 優吾

1. 研究の目的と意義

昆虫の体表のクチクラの表面は一般に薄いワックス層で覆われているが、ワックスが誇張された特殊な昆虫がいる。その一つが熱帯域に分布するのバナナセセリ *Erionota torus*（鱗翅目セセリチョウ科）である。バナナセセリはセセリチョウの中でも独特な生態を持ち、幼虫は体全体に白いワックスの粉をまとう。脱皮直後には粉はないが、バナナの葉を食べると再び体表にワックスが現れる。しかし、ワックスの機能や分泌のメカニズムは知られていない。前回の「食草替え実験」では、粉の少ない幼虫の体表に光る液体が観察できた。そこで、今回の研究では、どのようなメカニズムで大量の粉が作られるのかを調べるため、「分泌腺」の特定を目指した。

2. 研究の手法

(1) 皮膚の表面構造（ワックス分泌腺開口部）の観察

キーエンス社のデジタルマイクロスコープで、3 種の幼虫（バナナの葉を与えたバナナセセリ/ストレリチアを与えたバナナセセリ/オオシロモンセセリ）の体表を比較観察した。

(2) 表皮裏側の染色による分泌腺またはワックス貯蔵組織の観察

表皮にワックスを供給している分泌腺またはワックス貯蔵組織を探るため、外科的にめくりあげた表皮の裏側を 3 種類の蛍光試薬（Hoechst, MitoRed, BODIPY）で染色し、ニコン社の共焦点顕微鏡を用いて幼虫が生きた状態でリアルタイム・インビボ観察を行った。

(3) 体全体におけるワックス分泌腺の観察（インジェクション法）

幼虫の体表の分泌腺を明らかにするため、体内に脂質を染色する蛍光色素（BODIPY）を注射後、励起光（ブルーライト）を照射し、表皮の緑色蛍光部分を観察した。

3. 結果と考察

(1) オオシロモンセセリでは体表には粉は検出できず、バナナセセリでは毛穴の周りにカルデラ状に積もる粉が観察できた。ストレリチア幼虫では光る液体は見られなかった。

【考察：毛穴の中心に粉がないのは、ワックスは幼虫の体内では液状に保たれ、分泌されると固形化するためだと考えられる。分泌腺開口部の特定にはさらなる高倍率が必要。】

(2) 皮下に脂質をため込む袋状の構造物が観察できた。

【考察：ワックス貯蔵組織の可能性がある。人の皮脂腺の構造に似ているのだろうか。】

(3) 体表に脂質が存在することがわかった。※ ストレリチア幼虫の溝にあった光る液状物質はワックスではなく、皮膚から透けて見えた幼虫のヘモリンフ（体液）だった。

今回の研究だけでは分泌腺の特定には至らなかったが、今後は個体数を増やす、解像度を上げる、固定切片を作製するなどを行うことで、分泌腺の特定と機能の解明を目指したい。

4. 謝辞

ご指導頂きました理学部海洋自然学科生物系分子生理学研究室の大瀧丈二教授、メンターの中里優吾氏をはじめ、同研究室の皆様方に心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

片桐千仞，金子文俊，長嶋剣，佐崎元：炭化水素は昆虫の体表をどのように覆って、何をしているか. 低温生物工学会誌，Vol. 67，No. 1，23～29（2021）

Klowden, M. J. : Physiological Systems in Insects. [Elsevier Science], p84, 87, 90, 335 (2023)

Banana Skipper: Approaching Its Mysterious Natural History [Part4] ~Search for a Wax Secretory Pathway~

Ayaka Maeshiro (Okinawa Prefectural Kyuyo High School 2nd Grade)

Instructor : Joji M. Otaki, Mentor : Yugo Nakazato

1. Purpose of the research

The cuticular surface on insect bodies is generally covered with a thin wax layer, but some kinds of insects exaggerate the wax layer. One of them is the banana skipper *Erionota torus* (Lepidoptera: Hesperidae) in tropical regions. It has a unique natural history among Hesperidae. The skin of the larvae is covered with white wax powder. There is no powder immediately after molting, but it reappears on the surface of the body while eating banana leaves. In the previous “diet replacement experiment,” I observed reflective liquid on the body surface of the larvae with little powder. Here, in this research, I aimed to identify the wax secretory glands to reveal the mechanisms of powder production in large quantities.

2. Materials and Methods

(1) Skin surface structure (the opening of wax secretory glands)

Using a Keyence digital microscope, I compared the body surfaces of three species of larvae (banana skipper larvae that were fed banana leaves, banana skipper larvae that were fed *Strelitzia*, and larvae of a different skipper *Udaspes folus*).

(2) Reverse side of the larval epidermis for the wax secretory glands or storage

To examine the wax secretory gland or storage, the larval epidermis was surgically cut and lifted, and its reverse side was stained with three fluorescent probes (Hoechst for nuclei, MitoRed for mitochondria, and BODIPY for lipids). The reverse side of the live epidermis was observed in real-time *in vivo* using a Nikon confocal microscope.

(3) Wax secretory glands throughout the body (injection method)

To reveal the wax secretory glands on the larval body surface, BODIPY was injected into the body. The larval body was irradiated with excitation light (blue), and green fluorescent parts were observed.

3. Results and Discussion

- (1) *Udaspes folus* larvae had no powder on the body surface. The banana skipper larvae (banana leaves) had powder around the pores in a caldera shape but no powder in the center of the pores. This is probably because wax is kept in a liquid state inside the larva's body and becomes solid when secreted. *Strelitzia* larvae had no reflective liquid.
- (2) Sac-like structures containing lipids were observed under the skin. These structures may be a part of storage tissue. The structures may be similar to those of the human sebaceous glands.
- (3) Lipids were present on the body surface. The reflective liquid substance previously found in the grooves of the *Strelitzia* larva was not liquid wax but was actually the larva's hemolymph (body fluid) that was visible through the skin.

Although the secretory glands were not conclusively identified, its structural and functional identification will be expected by increasing the number of individuals, increasing resolution in image analyses, and using fixed specimens in the future.

4. Acknowledgments

I would like to express my sincere gratitude to Professor Joji M. Otaki, Yugo Nakazato, and other laboratory members (Faculty of Science, University of the Ryukyus) for their help.

5. References

- Katagiri C, *et al.*: How do hydrocarbons cover the body surface of insects and what do they do? *Journal of Cryobiology and Cryotechnology* Vol. 67, No.1, 23-29 (2021) (in Japanese)
- Klowden M. J. : *Physiological Systems in Insects*. [Elsevier Science], p84,87,90,335 (2023)

花卉におけるアスコルビン酸プールサイズの多様性と制御

横川 暖 (長尾谷高等学校 3 年)

丸田 隆典 (島根大学生物資源科学部)

1. 研究の目的と意義

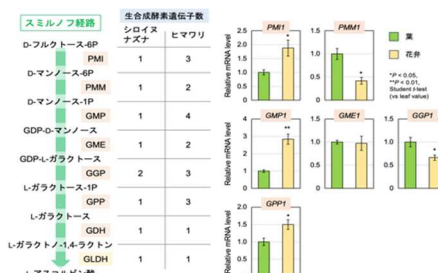
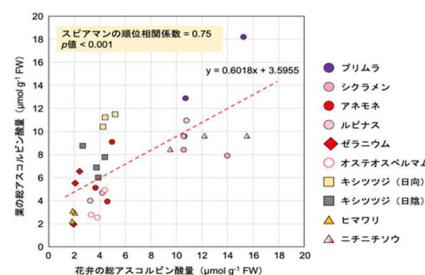
植物は強光ストレス下において活性酸素種から細胞を保護するため、特に光合成が盛んな葉でアスコルビン酸 (ASC) を普遍的に高濃度に蓄積する。一方で先行研究から花卉も ASC を含むことがわかっているが、その情報量は極めて少ない。私は一般に光合成を行わない花卉がなぜ ASC を蓄積しているのか不思議に思い、花卉における ASC の存在とその意義を理解することを目的として、さまざまな植物種の花弁と葉における ASC 量および代謝、生合成能力について比較解析した。本研究は花卉の ASC の機能や生理学的重要性の解明に貢献する基礎研究となると考える。

2. 研究の手法

島根県松江市の園芸店から、合計 8 種の苗を購入した。苗から花弁と、比較対象として葉を採集し、ASC を定量した。次に、島根大学で栽培しているキシツツジを用い、直射日光を受ける樹冠と、日陰になっている下層部から花弁と葉を採集してアスコルビン酸量を定量した。また、アスコルビン酸生合成遺伝子の転写レベルを qPCR で解析した。その後、ASC の前駆体処理の影響を調べた。

3. 結果と考察

花弁の ASC 量は種によって多様だったが、いずれの種においても葉の下限値である 2 $\mu\text{mol/gFW}$ を超えていた。葉と花弁の ASC 量には相関性が見られ、葉の ASC 量が多い種は花弁でも ASC を多く蓄積する傾向が見られた。ASC 量が光強度に比例する葉と異なり、花弁では日向と日陰で ASC 量に差はなかった。また、植物の ASC 生合成主経路であるスミルノフ経路の ASC 生合成遺伝子が葉と同様に花弁においても発現しており、ASC 前駆体処理でも ASC 量が増加した。以上より、花弁の ASC 量は葉と異なり光強度の影響を受けず、葉と異なる制御機構を持つと考える。また、花弁においてもスミルノフ経路が少なくとも部分的には機能的であり、花弁自身が ASC を合成していると考察する。



4. 謝辞

本研究を遂行するにあたりご指導賜りました島根大学生物資源科学部生命学科教授 丸田隆典先生、島根大学大学院自然科学研究科の濱田珠未さん、山本虎次郎さん、佐々木是さんに深く感謝申し上げます。

5. 参考文献

- 丸田 隆典, Vitamins (Japan), 95 (9), 405-412 (2021), ビタミン C 代謝と植物の環境ストレス順応, https://www.jstage.jst.go.jp/article/vso/95/9/95_405/_pdf/-char/ja
- Zechmann B, Stumpe M, Mauch F (2011) Immunocytochemical determination of the subcellular distribution of ascorbate in plants. *Planta* **233**, 1-12

イネもやしの総可溶性タンパク質量を増加させる窒素源の探索

発表者名

岡崎百花（東京学芸大学附属高等学校 2年）

杉尾花音（渋谷教育学園渋谷高等学校 2年）

春原美咲（横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 2年）

担当教員

伊藤幸博

1. 研究の目的と意義

近年、畜産業において、抗生物質の大量使用に起因する多剤耐性菌の出現が問題となっている。そこで、抗生物質に変わる新たな治療法として、暗所で育てた植物を利用して、極めて安価に生産した抗菌タンパク質の利用が期待されている。本研究では、イネもやしを用いて、その総可溶性タンパク質生産量の増加に適した窒素源を探索し、特に魚網にかかり問題となっているクラゲを窒素源として利用可能かどうかを明らかにすることを目的とした。

2. 研究の手法

イネは、2つの品種（日本晴、クサユタカ）を使用した。窒素源として、水（対照区）、MS培地（無機体窒素）、N6培地（無機体窒素）、AA培地（アミノ酸）、クラゲ溶解液を用いた。クラゲ溶解液においては、日本晴のみを用い、水とMS培地それぞれで希釈した。また、塩害による生長の抑制の程度が明らかになるように、塩化ナトリウム水溶液との比較も行った。クラゲ溶解液については、様々な濃度で実験を行なった。まず、イネの種子を播種し所定の日数育成した。次に実生をすりつぶし、ブラッドフォード法で総可溶性タンパク質量を測定した。

3. 結果と考察（図表等）

MS培地、N6培地、AA培地では、 $MS > N6 > AA$ の順で総可溶性タンパク質量が多かった。また、クラゲ溶解液に関しては、各条件間の有意差が、実験によって出るときと出ないときがあった。ただし、水で希釈した場合は、懸濁液の濃度がおよそ20%までであれば、クラゲ懸濁液の成分による一定の効果が見込め、60%を超えると著しく総可溶性タンパク質量が減ることがわかった。また、MS培地で希釈した場合、1回目の実験では、MS培地のみとの有意差は見られなかったが、2回目では、溶解液の濃度が80%を超えると有意差が見られ、総可溶性タンパク質量が減ることがわかった。クラゲ溶解液は海水と同等な塩を含み、その負の影響の回避が重要と考えられた。クラゲ溶解液の脱塩や耐塩性イネ品種の利用が必要と考えられた。

4. 謝辞

この研究はGSC広島・津川真央さんとの共同研究として行った。クラゲ溶解液を送っていただいた津川真央さんに感謝します。

5. 参考文献

Watanabe A, Hatanaka Y, Takeshima Y, Sasaki K, Takahashi N, Ito Y (2022) Evaluation of protein production in rice seedlings under dark conditions. Scientific Reports. 12, 7759

津川真央, 上田晃弘, 長岡俊徳 (2022) クラゲの肥料としての活用. グローバルサイエンスキャンパス令和4年度全国受講生研究発表会 研究成果の要約集 P9

Exploration of nitrogen sources for increasing the total soluble protein content in rice bean sprouts

Presenter

Momoka Okazaki (Tokyo Gakugei University High School, sophomore)

Kanon Sugio (Shibuya Junior & Senior High School, sophomore)

Misaki Sunohara (Yokohama Science Frontier High School, sophomore)

Supervisor

Yukihiro Ito

1. Purpose of the research

Multidrug-resistant bacteria are increasingly problematic in livestock due to excessive antibiotic use. This study explores cost-effective production of antimicrobial proteins from darkroom-grown plants, using rice etiolated sprouts to identify an optimal nitrogen source for increased protein yield.

2. Materials and Methods

Rice cultivars Nipponbare and Kusayutaka were used in this study. The media used were water, MS, N6, AA, and jellyfish solution. In the jellyfish solution, only Nipponbare was used and diluted in water and MS, respectively. Comparisons were also made with sodium chloride solutions to determine the impact of salt damage. Four main conditions were used for the comparison: cultivar, medium, number of days, and light or dark. For the jellyfish solution, concentration was also added as a condition. First, rice seeds were sown and grown for a specified. The seedlings were then ground and the total soluble protein content was determined by the Bradford method.

3. Results and Discussion

In MS, N6, and AA media, soluble protein content was highest in the order of MS > N6 > AA. When diluting jellyfish suspensions with water, there was a noticeable impact up to a 20% concentration, and beyond 60%, protein content significantly decreased. Diluting with MS medium had no significant difference in the first experiment, but in the second, a reduction in protein content occurred when the suspension exceeded 80%.

4. Acknowledgments

This study was carried out in collaboration with Ms Mao Tsugawa (GSC Hiroshima). We would like to thank Ms Tsuga for kindly sending us the jellyfish solution.

5. References

Watanabe A, Hatanaka Y, Takeshima Y, Sasaki K, Takahashi N, Ito Y (2022) Evaluation of protein production in rice seedlings under dark conditions. *Scientific Reports*. 12, 7759
Tsugawa M, Ueda A, Nagaoka T (2022) Use of jellyfish as fertilizer. *Global Science Campus National Student Research Presentation in 2022*, Abstract book P10

カニ殻からバイオプラスチックを生成する新規微生物の探索と同定

池上十和子（近畿大学附属豊岡高等学校中学校 5 年）

原啓文特任准教授

1. 研究の目的と意義

特定の微生物が糖や油を資化する際に菌体内に蓄積するポリヒドロキシアルカノエート (PHA) は、石油原料に依存しない生物分解性を有する有益ポリマー素材である。一方、安価で効率的な PHA 発酵生産は原材料コストの観点から未だ成し遂げられていない。そこで、地元豊岡市で大量に廃棄される未利用資源である蟹殻の活用に着目した。蟹殻は多糖の一種であるキチンを主成分とし、蟹殻を分解する微生物が PHA を蓄積すれば、廃棄物から PHA が効率的に生産できるのではと考えた。そこで本研究では、蟹殻が野積された土壌から蟹殻を分解して生育できる PHA 生産菌の探索と PHA 生産能を評価し PHA の工業生産に適した微生物を探索することで、将来的な利用可能性を模索することを目的とした。

2. 研究の手法

蟹殻が野積されている土壌環境には蟹殻を分解して生育している環境微生物が多数存在していると仮定し、本土壌サンプル中から PHA 生産菌の探索を行った。得られた単離微生物の PHA 蓄積能とキチン分解能をナイルレッドや集積培養を用いて評価した後、蟹殻や蟹殻成分、糖分を原材料として GCMS を用いて PHA のモノマー検出を試みた。さらに PCR により既知酵素遺伝子の有無についても分析した。

3. 結果と考察（図表等）

蟹殻が野積みされた土壌のサンプルから PHA 生産菌を単離した結果、PHA 合成能を持つ環境微生物を複数単離し、単離した内の 1 つは既知の PHA 生合成遺伝子群を有しない新規菌株であることを明らかにした。さらに、この株はグルコースを炭素源として生育した場合に PHA を蓄積し、蟹殻やキチンを唯一の炭素源として生育できることから、蟹殻を主原料として単離株によって PHA が安価に生産できる可能性が強く示唆された。

4. 謝辞

本研究は、JST 次世代科学技術チャレンジプログラム (STELLA プログラム) において東京大学 UTokyoGSC-Next の一環として行われたものである。本研究を行うにあたって実験計画や実験方法に始まり、多大なご協力、ご指導をいただいた東京大学大学院農学生命科学研究科 応用生命工学専攻 微生物エコテクノロジー社会連携講座の原啓文先生、Aiza 氏、Aira 氏。皆様のご協力がなければ、ここまでの成果を得ることはできませんでした。心から厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- [1] 佐藤俊輔. "カネカ生分解性バイオポリマー Green Planet® の社会実装." 生物工学会誌 100.9 (2022): 494-497.
- [2] 福田竜司. "海水中で生分解性を有するカネカ生分解性ポリマー PHBH®." 日本海水学会誌 74.5 (2020): 296-299.
- [3] 山田美和. "岩手県 の自然から発見された有用菌たち." 生物工学会誌 100.6 (2022): 330-331.
- [4] Volova, T. G., et al. "Biotechnological wound dressings based on bacterial cellulose and degradable copolymer P (3HB/4HB)." International journal of biological macromolecules 131 (2019): 230-240.
- [5] Sharma, Vibhuti, Rutika Sehgal, and Reena Gupta. "Polyhydroxyalkanoate (PHA): Properties and modifications." Polymer 212 (2021): 123161.
- [6] Bugnicourt, Elodie, et al. "Polyhydroxyalkanoate (PHA): Review of synthesis, characteristics, processing and potential applications in packaging." (2014).
- [7] Chavan, Shraddha, et al. "A review on production of polyhydroxyalkanoate (PHA) biopolyesters by thermophilic microbes using waste feedstocks." Bioresource Technology 341 (2021): 125900.
- [8] Beier, Sara, and Stefan Bertilsson. "Bacterial chitin degradation—mechanisms and ecophysiological strategies." Frontiers in microbiology 4 (2013): 149.
- [9] Matsumoto, Akira, Sung-Jin Kawai, and Miwa Yamada. "Utilization of various carbon sources for poly (3-hydroxybutyrate)[P (3HB)] production by Cobetia sp. IU180733JP01 (5-11-6-3) which is capable of producing P (3HB) from alginate and waste seaweed." The Journal of General and Applied Microbiology 68.4 (2022): 207-211.
- [10] Sato, Kazuaki, et al. "Chitinophilus shinanonensis gen. nov., sp. nov., a novel chitin-degrading bacterium belonging to Betaproteobacteria." The Journal of general and applied microbiology 55.2 (2009): 147-153.
- [11] Moriya, Hiroki, et al. "Cobetia sp. bacteria, which are capable of utilizing alginate or waste Laminaria sp. for poly (3-hydroxybutyrate) synthesis, isolated from a marine environment." Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 8 (2020): 974.
- [12] Tanaka, Yasuhiro, and Hideyuki Tamaki. "未知微生物をお手軽に分離培養するテクニック."
- [13] Sakai, K., et al. "Polyhydroxyalkanoate (PHA) accumulation potential and PHA-accumulating microbial communities in various activated sludge processes of municipal wastewater treatment plants." Journal of applied microbiology 118.1 (2015): 255-266.

Conversion of Crab Shell Waste into Biodegradable Polymers by Newly Isolated Microorganisms

Towako Ikegami (Kindai University Toyooka Senior High School junior)
Hirofumi Hara Project Associate Professor

1. Purpose of the research

Some microbes have the ability to produce polyhydroxyalkanoate (PHA), which is a beneficial polymer with biodegradability, from on sugars and oils as their substrates. On the other hand, cheap and cost-effective PHA production has not yet been achieved because of the cost of raw material as their substrates. Therefore, we focused on the utilization of crab shells, which is an unused bioresource and is discarded in large amounts on land in Toyooka City. Therefore, the purpose of this study is to isolate PHA-producing microorganisms from crab shell dumping site, and candidates can utilize crab shells as a sole carbon source. A goal of this study is to provide a brief idea of the industrial scale of PHA production from crab shell wastes for further application in the future.

2. Materials and Methods

Soil environment where the crab shells dumping site was expected to survive many microorganisms which decompose crab shells and utilize as the sole carbon source to grow. Based on this hypothesis, we tried to isolate PHA-producing bacteria from this soil sample first. After the evaluation of the PHA accumulation from candidates by GCMS analysis, which is one of main components in crab shells, we then further evaluated whether these candidates could utilize chitin and crab shells as sole carbon source to grow. In addition, the presence of known enzyme genes was identified by PCR analysis.

3. Results and Discussion

After the isolation of several microorganisms which showed PHA accumulation by Nile-Red as indicator to proof of accumulation of PHA from glucose, we then further confirmed by GC MS analysis of the accumulation of PHA. We also tried to identify the known genes for the PHA biosynthesis gene clusters by PCR analysis. Interestingly, we found that one of the isolates could accumulate PHA from glucose, and this isolate did not harbor any known genes for PHA biosynthesis. Furthermore, this isolate could grow on chitin, one of main components of crab shells, and utilized pretreated crab shells as sole carbon source to grow. These results strongly suggested that one of isolates has the ability to convert PHA from crab shell waste for further application in the future, and these microorganisms could belong to new microorganisms for PHA biosynthesis.

4. Acknowledgments

This research was conducted as a part of UTokyoGSC-Next at the University of Tokyo under the Next Generation Science and Technology Challenge Program (STELLA Program) of the Japan Science and Technology Agency (JST). We would like to thank Dr. Hirofumi Hara, Dr. Aiza, and Dr. Aira of the Department of Applied Biotechnology, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, for their great cooperation and guidance in conducting this research, starting from the experimental design and experimental methods. Without your cooperation, we would not have been able to achieve the results we have achieved so far. We would like to express our sincere appreciation.

5. References

- [1] 佐藤俊輔. "カネカ生分解性バイオポリマー Green Planet® の社会実装." 生物工学会誌 100.9 (2022): 494-497.
- [2] 福田竜司. "海水中で生分解性を有するカネカ生分解性ポリマー PHBH®." 日本海水学会誌 74.5 (2020): 296-299.
- [3] 山田美和. "岩手県から発見された有用菌たち." 生物工学会誌 100.6 (2022): 330-331.
- [4] Volova, T. G., et al. "Biotechnological wound dressings based on bacterial cellulose and degradable copolymer P (3HB/4HB)." International journal of biological macromolecules 131 (2019): 230-240.
- [5] Sharma, Vibhuti, Rutika Sehgal, and Reena Gupta. "Polyhydroxyalkanoate (PHA): Properties and modifications." Polymer 212 (2021): 123161.
- [6] Bugnicourt, Elodie, et al. "Polyhydroxyalkanoate (PHA): Review of synthesis, characteristics, processing and potential applications in packaging." (2014).
- [7] Chavan, Shraddha, et al. "A review on production of polyhydroxyalkanoate (PHA) biopolyesters by thermophilic microbes using waste feedstocks." Bioresource Technology 341 (2021): 125900.
- [8] Beier, Sara, and Stefan Bertilsson. "Bacterial chitin degradation—mechanisms and ecophysiological strategies." Frontiers in microbiology 4 (2013): 149.
- [9] Matsumoto, Akira, Sung-Jin Kawai, and Miwa Yamada. "Utilization of various carbon sources for poly (3-hydroxybutyrate)[P (3HB)] production by Cobetia sp. IU180733JP01 (5-11-6-3) which is capable of producing P (3HB) from alginate and waste seaweed." The Journal of General and Applied Microbiology 68.4 (2022): 207-211.
- [10] Sato, Kazuaki, et al. "Chitinophilus shinanonensis gen. nov., sp. nov., a novel chitin-degrading bacterium belonging to Betaproteobacteria." The Journal of general and applied microbiology 55.2 (2009): 147-153.
- [11] Moriya, Hiroki, et al. "Cobetia sp. bacteria, which are capable of utilizing alginate or waste Laminaria sp. for poly (3-hydroxybutyrate) synthesis, isolated from a marine environment." Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 8 (2020): 974.
- [12] Tanaka, Yasuhiro, and Hideyuki Tamaki. "未知微生物をお手軽に分離培養するテクニック."
- [13] Sakai, K., et al. "Polyhydroxyalkanoate (PHA) accumulation potential and PHA - accumulating microbial communities in various activated sludge processes of municipal wastewater treatment plants." Journal of applied microbiology 118.1 (2015): 255-266.

胚発生時の低酸素状態がゼブラフィッシュの成長に及ぼす影響

櫻庭佐英子 (Ashbury College G11)

中川日々紀、笹崎麻依加、澤井哲 (東京大学大学院総合文化研究科)

1. 研究の目的と意義

地球温暖化にともなう水中酸素濃度の低下は、魚の小型化をもたらし、海洋環境や漁業に影響を及ぼすとされているが^[1]、その議論は孵化後の魚に対するものであり、孵化前の酸素濃度変化が個体の成長に及ぼす影響は分かっていない。そこで本研究は、胚発生が 72 時間で完了するゼブラフィッシュを用いて、胚発生期の低酸素曝露が個体の成長と器官形成に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の手法

ゼブラフィッシュの受精卵を、コントロール群 (20.9 % O₂; C群) と低酸素群 (3 % O₂; H群) に分け、受精後77時間 (hpf: hours post-fertilization) 静置したあと、孵化率、体長、心拍数 (bpm: beats per minute)、咽頭弓の形成、o-dianisidine染色によるヘモグロビン合成能、Acridine Orange染色によるアポトーシス細胞の検出、アリザリンレッドS染色による脊柱形成の観察を行い、両群で比較した。また、胚発生時の低酸素曝露経験が、その後の個体の成長に及ぼす影響を調べるために、成魚 (体長約2 cm) における、脳・心臓・眼球の解剖学的構造、視運動反応および走流性を両群で比較した。

3. 結果と考察

77 hpf において、H 群では孵化率、体長、心拍数が有意に抑制された (表 1)。C 群では咽頭弓が形成されたが、H 群では形成されず (図 1)、ヘモグロビン染色も C 群でのみ確認された (図 2)。受精後 4 日 (dpf: days post-fertilization) において、C 群では心臓周囲に若干のアポトーシスが確認できたが、H 群では全身で検出された (図 3)。6 dpf において、C 群では 75% の個体で脊柱の形成が見られたが、H 群では見られなかった (図 4)。両群で成魚の心臓、脳、眼球の解剖学的構造、視運動反応、および走流性には違いはなかった。

以上の結果より、胚発生時の低酸素曝露は、全身の細胞でアポトーシスを誘発するとともに、ヘモグロビン合成不全による酸素運搬能低下を引き起こすことが示唆された。これにより、一時的な孵化の遅れ、体長の短化、心拍数低下にみられる稚魚の成長遅延に加えて、咽頭弓や脊柱といった器官形成の遅延も起きたと考えられる。しかし、これらの遅延と異常は、成長の過程で回復し、胚発生時の低酸素曝露は、成魚の心臓、脳、眼球の解剖学的構造、視覚、水流を感知するため神経系には、影響を及ぼさないことが明らかになった。

4. 謝辞

本研究の遂行にあたり、東京大学大学院総合文化研究科澤井哲教授、中川日々紀特任研究員並びに澤井研究室の皆様には終始手厚いご指導を頂きました。厚く御礼を申し上げます

5. 参考文献

[1] Pauly D, Cheung WWL. *Glob Chang Biol.* 2018; 24: e15-e26

表1 77 hpfにおける低酸素曝露の孵化率、体長、心拍数への影響

	コントロール群	低酸素群
孵化率	94.1% (n=34)	9.4%* (n=32)
体長	3.5 ± 0.1 mm (n=10)	2.5 ± 0.3 mm* (n=10)
心拍数	234.0 ± 10.2 bpm (n=5)	124.8 ± 46.5 bpm* (n=5)

*p<0.005

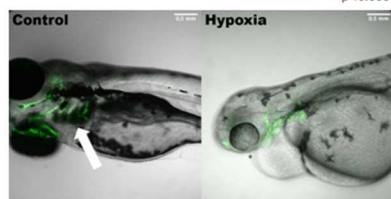


図1. 咽頭弓形成の観察 (77 hpf, Tg(SOX10:EGFP))

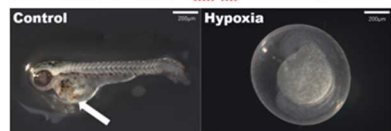


図2. ヘモグロビン合成能の確認 (77 hpf, o-dianisidine染色)



図3. アポトーシス細胞の検出 (4 dpf, Acridine Orange染色)

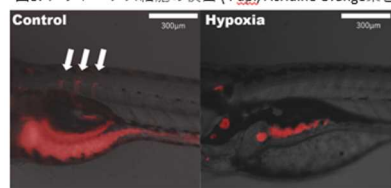


図4. 脊柱形成の観察 (6 dpf, アリザリンレッドS染色)

Effects of low oxygen conditions during embryogenesis on growth in zebrafish

Saeko Sakuraba (Ashbury College G11)

Hibiki Nakagawa, Maika Sasazaki, Satoshi Sawai (The University of Tokyo)

1. Purpose of the research

Decreases in O₂ concentrations associated with global warming cause fish to become smaller, affecting marine environments and fisheries [1]. However, this argument applies to post-hatching fish; the pre-hatching changes induced by variations in O₂ concentration and their effects on fish growth remain unclear. Therefore, this study aimed to elucidate the effects of hypoxic exposure during embryogenesis on the growth and organogenesis of zebrafish, whose embryogenesis is completed in 72 hours.

2. Materials and Methods

Zebrafish eggs were divided into a control (20.9% O₂) and hypoxic group (3% O₂; group H) and maintained for 77 h post-fertilization (hpf). Then, the following seven parameters were compared between the groups: hatching rate, embryo length (EL), heart rate, pharyngeal arch formation, ability to synthesize hemoglobin, apoptotic cell deaths, and spinal column formation. Furthermore, the anatomical structures of the brain, heart, and eyes and optokinetic and optomotor responses in adults were compared between the two groups.

3. Results and Discussion

At 77 hpf, hatching rate, EL, and heart rate were significantly suppressed in group H (Table1). Pharyngeal arch formation (Fig.1) and hemoglobin staining (Fig.2) were clearly observed in the control group, but not in group H. At 4 d post-fertilization (dpf), some apoptotic cells were observed around the heart in the control group, whereas they were detected throughout the body in group H (Fig.3). Unlike the individuals in group H, at 6 dpf, 75% of those in the control group showed spine formation (Fig.4). There were no differences in the anatomy of the heart, brain, eyes, optokinetic responses, or optomotor responses of adult fish between the two groups. These results suggest that hypoxic exposure during embryogenesis induces apoptosis throughout the body, decreasing O₂-carrying capacity due to defective hemoglobin synthesis. This may have caused a temporary delay in the growth of the juvenile fish and a delay in organogenesis. However, these delays and abnormalities recovered with growth.

4. Acknowledgments

I express my deep gratitude to Professor Satoshi Sawai, Research Associate Hibiki Nakagawa, and Professor Sawai Lab for their guidance during this study.

5. References

[1] Pauly D, Cheung WWL. *Glob Chang Biol.* 2018; 24: e15–e26

Table 1 Effects of hypoxia on hatching rate, EL and heart rate

	Control Group	Hypoxia Group
Hatching Rate	94.1% (n=34)	9.4%* (n=32)
EL	3.5 ± 0.1 mm (n=10)	2.5 ± 0.3 mm* (n=10)
Heart Rate	234.0 ± 10.2 bpm (n=5)	124.8 ± 46.5 bpm* (n=5)

EL: Embryo length, *p<0.005

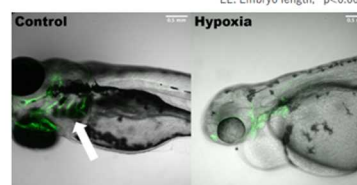


Fig1. Pharyngeal Arch Formation (77 hpf, Tg(SOX10:EGFP))

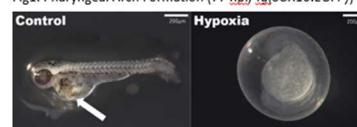


Fig2. Hemoglobin Synthesis Capacity (77 hpf, o-dianisidine)



Fig3. Apoptotic Cell Death (4 dpf, Acridine Orange)

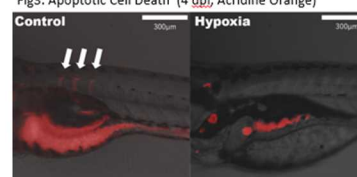


Fig4. Spinal Column Formation (6 dpf, Arizarin RedS)

植物グルコシノレート生合成に関わる硫酸転移酵素のX線結晶構造解析

斉藤 成来（福岡県立明善高等学校 2年, QFC-SP）

担当教員：角田 佳充（九州大学大学院 農学研究院）

1. 研究の目的と意義

アブラナ科植物が生産するグルコシノレートとその分解産物であるイソチオシアネートは、病害虫に対する忌避効果や様々な生理活性をもつことから、その有効利用が進められている。しかし、グルコシノレート生合成を担当する酵素の詳細は、不明な点が多い[1]。本研究は、生理機能の異なる多様なグルコシノレートの生合成機構の分子メカニズムの解明を目的として、生合成の最終段階で働く硫酸転移酵素 AtSOT16 のX線結晶構造解析による立体構造決定を行った。構造情報から、硫酸転移反応と基質特異性の分子メカニズムを解明した。

2. 研究の手法

シロイヌナズナ AtSOT16 を大腸菌で発現し、種々クロマトグラフィーで精製した。結晶化は、硫酸基ドナー分子の反応後生成物 3'-Phosphoadenosine-5'-phosphate (PAP) との結合状態で行った。X線回折実験はSPRING-8で行い、立体構造を決定した。基質ドッキングモデルは、分子シミュレーションソフト MOE により行った。

3. 結果と考察（図表等）

・AtSOT16-PAP 複合体の立体構造

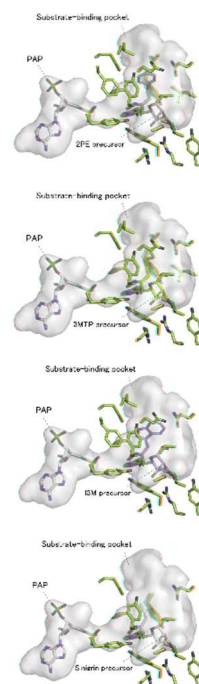
AtSOT16 の立体構造を PAP 複合体として分解能 1.8 Å で決定した。AtSOT16 は、硫酸転移酵素に典型的な α/β 構造を取り、基質結合領域は分子内部の空洞部分であることを予想した。

・予想される AtSOT16 の硫酸転移反応メカニズム

硫酸転移反応メカニズムは、Lys81 が一般酸触媒として、His143 が一般塩基触媒として働く協奏的酸塩基触媒反応であると考察した。

・AtSOT16 の基質特異性の分子基盤

基質として最も活性の高い 2PE 前駆体、次に活性の高い I3M 前駆体、一気に活性の下がる 3MTP 前駆体、そして最も活性の低い Sinigrin 前駆体の4種類[1]のドッキングモデルを作成した。右図のように、活性が下がるにつれて、基質結合ポケットに大きな余りが生じ、充填度は低くなり、相互作用数も減少していた。また、計算されたそれぞれの基質の結合エネルギーも比活性の強さとよく相関していた。以上より、硫酸転移反応の効率を決定する分子メカニズムは、基質結合ポケットの形状と極性によるそれぞれの基質に対する結合の強さの違いであると考察した[2]。



4. 謝辞

ご指導いただきました九州大学大学院農学研究院の大学院生の岩本裕香さん、寺本岳大助教、丸山明子教授、角田佳充教授、そして QFC-SP スタッフの皆様に感謝申し上げます。

5. 参考文献

- [1] Klein, M., Reichelt, M., Gershenzon, J., and Papenbrock, J. (2006) The three desulfoglucosinolate sulfotransferase proteins in *Arabidopsis* have different substrate specificities and are differentially expressed. *The FEBS Journal*. **273**, 122-136
- [2] Iwamoto, Y., Saito, S., Teramoto, T., Maruyama-Nakashita, A., and Kakuta, Y. (2023) Crystal structure of *Arabidopsis thaliana* sulfotransferase SOT16 involved in glucosinolate biosynthesis. *Biochem Biophys Res Commun*. **677**, 149-154

Crystal structure of *Arabidopsis thaliana* sulfotransferase SOT16 involved in glucosinolate biosynthesis

Seira Saito (Meizen High School , 2nd grade)

Supervisor : Yoshimitsu Kakuta (Kyushu University)

1. Purpose of the research

Glucosinolates are secondary metabolites with diverse biological functions found in Brassicaceae plants, contribute to plant defense. Understanding the biosynthetic pathways and enzymes involved in glucosinolate production is crucial for agricultural advancements [1]. In this research, we performed crystal structure analysis to investigate the catalytic mechanism and substrate specificity of *Arabidopsis thaliana* sulfotransferase AtSOT16 involved in the final stage of glucosinolate biosynthesis.

2. Materials and Methods

The AtSOT16 was expressed in the *E. coli*. The protein was purified using several columns. Crystals of the AtSOT16- 3'-phosphoadenosine-5'-phosphate (PAP) complexes were obtained using the hanging drop vapor diffusion method. X-ray diffraction data were collected using SPring-8 beamline. A refined structure was obtained using phenix program. Molecular models of complexes involving AtSOT16-PAP-GSL precursors were constructed using MOE software (2023; Chemical Computing Group Inc., Montreal, Canada).

3. Results and Discussion

We determined the crystal structure of the AtSOT16-PAP complex at a resolution of 1.8 Å. AtSOT16 comprises a single α/β domain with a five-stranded parallel β -sheet surrounded by α -helices.

The active site structure and comparison with other SULTs revealed the catalytic mechanism of AtSOT16. Specifically, Lys81 strongly suggests a role as a general acid catalyst, whereas His143 has been suggested to act as a general base catalyst.

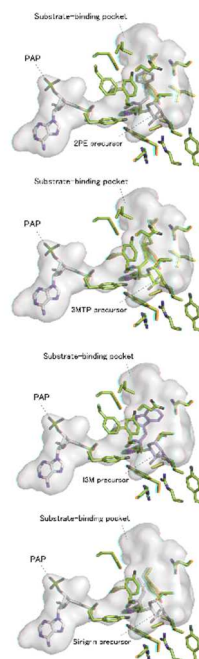
The docking models showed a strong correlation between the substrates with high predicted binding affinities and those experimentally reported to exhibit high activity [2]. These findings provide valuable insights into the substrate specificity of GSL biosynthesis. The information obtained in this study may contribute to the development of novel strategies for manipulating GSL synthesis pathways in Brassica plants and has potential agricultural applications.

4. Acknowledgments

The author would like to thank Ms. Yuka Iwamoto, Dr. Akiko Maruyama, Dr. Takamasa Teramoto, Dr. Yoshimitsu Kakuta, and the staff of the QFC-SP office for their valuable support and assistance throughout this study.

5. References

- [1] Klein, M., Reichelt, M., Gershenzon, J., and Papenbrock, J. (2006) The three desulfoglucosinolate sulfotransferase proteins in *Arabidopsis* have different substrate specificities and are differentially expressed. *The FEBS Journal*. **273**, 122–136
- [2] Iwamoto, Y., Saito, S., Teramoto, T., Maruyama-Nakashita, A., and Kakuta, Y. (2023) Crystal structure of *Arabidopsis thaliana* sulfotransferase SOT16 involved in glucosinolate biosynthesis. *Biochem Biophys Res Commun*. **677**, 149–154



スキンケアにより紫外線による肌障害は守れるか

渡邊芙蓉（多治見西高等学校 高3）

山本靖彦（金沢大学医薬保健研究域）

1. 研究の目的と意義

レチノールは、多くの化粧品に含まれる成分である。本研究の目的は、化粧品に含まれるレチノールが、紫外線による肌障害をどのように抑制するのかを明らかにすることである。

2. 研究の手法

レチノールはビタミンAの一種であり、生体内では酵素によってレチナールに変わり、最終的にレチノイン酸に変化する。本研究では、レチノイン酸を用いて検討を行った。10 μ M レチノイン酸 (RA) を加えたヒト皮膚線維芽細胞 (RA 細胞) に、10~100 mJ/cm^2 の紫外線を照射し24時間後に生細胞の数を解析した。生細胞の解析には、MTT [3-(4,5-Dimethyl-2-thiazolyl)-2,5-diphenyltetrazolium Bromide] アッセイを用いた。次に、RA が、紫外線によって誘導される細胞死に与える影響を明らかにするため、RA 添加後に 10 mJ/cm^2 の紫外線を照射し検討を行った。本研究では、細胞死の中でもアポトーシスに着目し解析を行った。

3. 結果と考察

RA を加えていない対照ヒト皮膚線維芽細胞 (NO 細胞) と RA 細胞の生細胞数を比較すると、RA 細胞の生細胞数が有意に多いことが分かった。次に、細胞に 10 mJ/cm^2 の紫外線を照射すると、NO 細胞の生細胞数は著しく減少したが、RA 細胞の生細胞数の減少は抑制されていることが分かった。

続いて、RA がどのように紫外線からヒト皮膚線維芽細胞を守ったのかに

ついて、細胞死であるアポトーシスに着目して検討を行った。10 mJ/cm^2 の紫外線照射によって、さらに細胞死が誘導され (図1)、RA は紫外線による細胞死も有意に抑制することが分かった (図1)。本研究によって、RA はヒト皮膚線維芽細胞の増殖を促進し、紫外線による細胞死を防止する作用があることが明らかになった。

本研究の結果から、RA は、これらの作用によって紫外線による肌障害を予防している可能性があると考えられた。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、金沢大学医薬保健研究域医学系血管分子生物学教室の山本靖彦教授、原島愛助教には終始適切な助言を賜り、また丁寧に指導して下さったことに感謝の意を表します。本当にありがとうございました。

5. 参考文献

- サイエンス系お役立ちメディア M-hub (<https://m-hub.jp/biology/4434/321>)
- Genaro PG, Simón MV, Rotstein NP, Politi LE. Retinoic acid promotes apoptosis and differentiation in photoreceptors by activating the P38 MAP kinase pathway. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 54. 3143-3156 (2003)

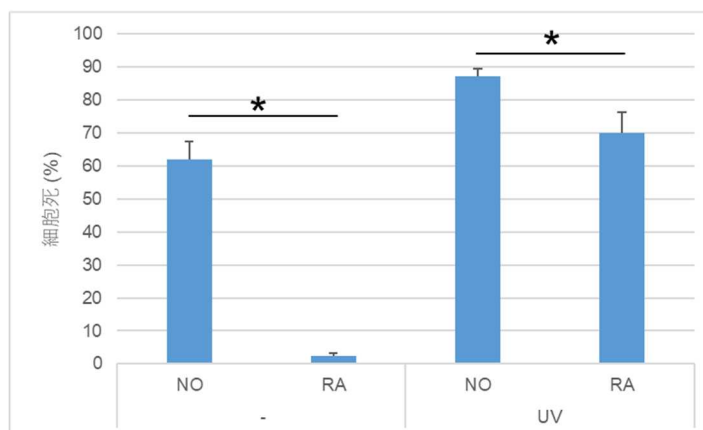


図1 細胞死の割合

Can skin care cosmetics protect against UV-induced skin damage?

Funon Watanabe (Tajiminishi High School Grade 3)

Yasuhiko Yamamoto (Kanazawa University)

1. Purpose of the research

Retinol is an ingredient contained in lots of cosmetics products. The purpose of this study is to investigate whether retinol could inhibit UV-induced skin damage.

2. Materials and Methods

Retinol is a type of vitamin A and is known to be converted to retinal by the enzyme and finally to retinoic acid *in vivo*. In this study, I employed retinoic acid in all the experiments. The number of viable cells was analyzed by MTT [3-(4,5-Dimethyl-2-thiazolyl)-2,5-diphenyltetrazolium Bromide] assay after 24 hours with or without an addition of 10 μ M retinoic acid (RA) to the culture media of normal human dermal fibroblasts (NHDF). In case of irradiation exposure, 10 to 100 mJ/cm² of ultraviolet rays (UV) was used. To examine the cell death, I used an assay of apoptosis, a type of cell death, using a caspase-3 positive cell staining probe.

3. Results and Discussion

RA was found to increase viable cell number in RA-treated NHDF cells (RA cells), when compared to that in non-treated NHDF (NO cells). Next, I found that when the NHDF cells were irradiated with 10 mJ/cm² of UV, viable cell number was significantly reduced in NO cells, but not in RA cells.

I investigated how RA could protect NHDF cells from UV, focusing on cell death, especially apoptosis. Apoptosis was induced by UV-irradiation at 10 mJ/cm² (Figure 1). However, RA-treatment significantly inhibited and protected UV-induced cell death in NHDF cells (Figure. 1).

These findings suggest that RA-treatment could maintain cell viability of the skin and prevent UV-induced skin damage.

4. Acknowledgments

I would like to express my gratitude to Professor Yasuhiko Yamamoto and Assistant Professor Ai Harashima of the Department of Biochemistry and Molecular Vascular Biology, Kanazawa University, for their appropriate advice and careful guidance throughout the processes of this research. Thank you very much.

5. References

- Science-kei Oyakudachi MediaM-hub (<https://m-hub.jp/biology/4434/321>)
- Genaro PG, Simón MV, Rotstein NP, Politi LE. Retinoic acid promotes apoptosis and differentiation in photoreceptors by activating the P38 MAP kinase pathway. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 54. 3143-3156 (2003)

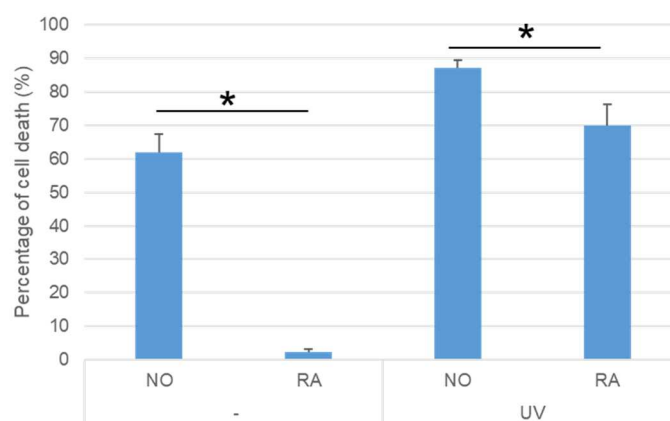


Figure 1. Percentage of cell death

線虫 *C. elegans* における胚期の低酸素条件が認知行動に及ぼす影響

古田 偉楓 (京都市立塔南高等学校 3年)

秋山 秋梅、尾崎 拓 (京都大学)、入子 英幸 (神戸大学)

1. 研究の目的と意義

発達障害は、物事の捉え方や日常生活行動において特性が見られる精神疾患であり、その原因として、生まれつきの脳機能の偏りが指摘されている。偏りが起こるメカニズムは複数指摘されているものの、はっきりとは分かっていない。胎児期の酸素環境は、脳の発達に重要である。ヒトは、胎児期から新生児期に低酸素状態に陥ると、脳障害などを引き起こすことが分かっている。また、ヒトを含め酸素を必要とする生物は、低酸素環境へ適応する際、HIF-1 α タンパク質が活性化することが知られている。そこで本研究では、生まれる前の低酸素環境に着目し、発達障害のメカニズムを明らかにするため、線虫 (*C. elegans*) に対する酸素濃度の影響を調べる実験を行なった。HIF-1 α が低酸素適応を通して、成長後の認知行動へどのように影響を及ぼすのかを明らかにするため、野生株に加えて HIF-1 α 変異株も使用して実験した。

2. 研究の手法

まず低酸素環境を作るため、酸素吸収剤と酸素濃度計を用いて、パウチ袋内の酸素濃度を調整した。次いで、500 個の線虫の卵を回収した後、産卵から 4 時間後を開始時間とし、1 時間の低酸素処理を行った。処理後、パウチ袋から卵を取り出し、通常の酸素濃度で 3 日飼育し孵化させた。孵化後の認知行動への影響を明らかにするため、図 1 のプレートを作成し、エタノールで 1000 倍希釈した強誘引物質のイソamilアルコール (IAA) と中性化合物のエタノール (EtOH) を用いて、揮発性化学物質に対する走性試験を各パターン (野生株、HIF-1 α 変異株、通常酸素、低酸素 1%、低酸素 0.5%) をそれぞれ 9 回行なった。各化学物質に誘引された個体数から、走性指数 (CI) を以下の式で算出し、化学走性を評価した。

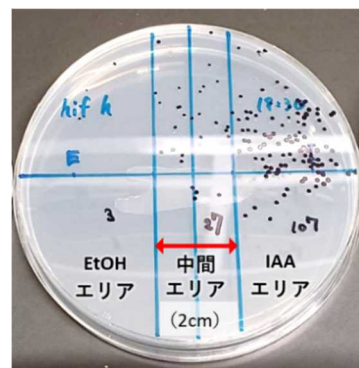


図 1 走性試験用プレート

$$CI = (IAA \text{ 個体数} - EtOH \text{ 個体数}) / (\text{全個体数} - \text{中間エリア個体数})$$

3. 結果と考察

図 2 の二元配置分散分析の結果、低酸素 0.5% の場合は主効果では有意でなかったが、株種×酸素濃度で交互作用 ($P=0.028$) が見られたため、多重比較に t 検定を用い、Bonferroni 法で補正した。この結果、各群間には有意差が得られなかった。また、低酸素 1% の処理を行なった場合、野生株と変異株の間に有意差は得られなかったが、異なる酸素濃度間で有意差が得られた ($F(1, 34) = 6.725, P=0.017$)。これらの結果から、HIF-1 α の有無でなく、酸素濃度の変化が孵化後の認知行動に影響を与える可能性が示された。

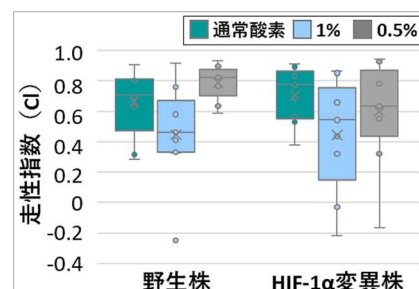


図 2 株種別の酸素濃度影響

4. 謝辞

本研究のご指導いただいた京都大学の秋山先生、尾崎さん、ROOT の皆様に感謝申し上げます。

5. 参考文献

Pamela A. Padilla et al., (2002). Molecular Biology of the Cell Vol.13, 1473-1483

Effects of hypoxic conditions during the embryonic period on cognitive behavior in *C. elegans*

Furuta Ibuki (Kyoto City Tonan High School 3rd grade)

Qiumei Akiyama, Taku Ozaki (Kyoto University), Hidayuki Iriko (Kobe University)

1. Purpose of the research

Developmental disabilities are mental disorders, characterized by the disorder in thinking and behavior from birth. Although its mechanisms is still unclear, biased brain function is thought to be one of an important factor. In humans, oxygen environment during fetus and neonate is crucial for brain development. In the cell of any organism, including humans, the HIF-1 α protein is activated under hypoxic conditions. This research focused on the hypoxic environment during fetal development, and investigated the mechanisms of developmental disorders using nematode (*C. elegans*) as a model organism. To clarify the effects of HIF-1 α activation on cognitive behavior after development, chemotaxis test was performed with a HIF-1 α mutant as well as a wild type.

2. Materials and Methods

Oxygen levels were regulated by using an oxygen absorber and an oxygen meter. Then 500 nematode eggs were collected and treated with hypoxia for 1 hr, starting 4 hrs after egg deposition. Then, eggs were retracted from the pouch and incubated under normal oxygen for 3 days. And prepared the plates to do the chemotaxis test (Fig.1). Chemotaxis tests were performed nine times for each pattern (wild strain, HIF-1 mutant, normal oxygen, 1% and 0.5% hypoxia) using x1000 isoamyl alcohol (IAA), an attractant, and ethanol (EtOH) as a control. The chemotaxis index (CI) was calculated as follows:

$$CI = (IAA - EtOH) / (ALL - Center area)$$

3. Results and Discussion

Two-way ANOVA showed that hypoxia 0.5% wasn't significant for the main effect. However, an interaction ($P=0.028$) was obtained for strain and oxygen concentration, so t-test was used for multiple comparisons and corrected by the Bonferroni method, but no significant difference was obtained between the groups. In addition, when 1% hypoxia was applied, significant difference wasn't obtained between wild and mutant plants, but it was obtained between the different oxygen concentrations ($F(1,34) = 6.725$, $P=0.017$) (Fig.2). These results indicate changes in oxygen levels, not the presence but absence of HIF-1 α may affect cognitive behavior after growth.

4. Acknowledgments

I am grateful to Professor. Akiyama, Mr. Ozaki, and ROOT for their support of this research.

5. References

Pamela A. Padilla et al., (2002). Molecular Biology of the Cell Vol.13, 1473–1483

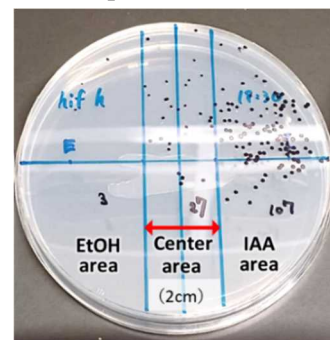


Fig.1 Running test plate

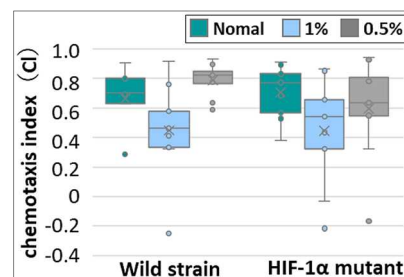


Fig.2 Oxygen level by types

細胞小器官による細胞キラリティの形態学解析

桑原 れい（東京都立国際高等学校 3 年）

松尾 光一（慶應義塾大学医学部）

1. 研究の目的と意義

細胞キラリティ（細胞の右手型と左手型）と、生体の基本構造である左右対称性や、発生過程での内臓の非対称性との関係は明らかになっていない[1, 2]。臓器が完全に左右逆転してしまう「内臓逆位」と呼ばれる疾患で、細胞キラリティが左右逆転しているか否かも未だに不明確である。本研究の目的は、マイクロパターンにおける細胞配列や細胞小器官の配置などの解析により、*in vitro* や *in vivo* における細胞キラリティを明らかにする手法を確立することである。具体的には、骨芽細胞のキラリティ解析により骨格の対称性の理解を目指している。本研究では、細胞キラリティと生体の左右非対称性の関係性に焦点をあて、「内臓逆位のモデルマウスでは、細胞キラリティも逆転しているのか否か」に答えることも目的とする。

2. 研究の手法

マウス頭蓋冠由来細胞 MC3T3-E1 細胞の、明確なキラリティを示す m12 クローンを培養して、細胞内の核、中心体、ゴルジ体、アクチンフィラメントの免疫染色を行った。スクラッチアッセイで遊走する細胞の細胞小器官の配置を、共焦点レーザー顕微鏡（FV3000, Evident）を使用して取得し、細胞画像解析ソフトウェア（Cellpose や Imaris、ImageJ、研究室作成の Python スクリプトなど）を用いて解析した。

この手法を初代培養細胞に応用していくために、新生仔マウスの頭蓋冠の左右両側から骨芽細胞を調製し、マイクロパターンディッシュで培養してコンフルエントに達した後固定した。細胞小器官の免疫染色をした後、細胞配列の角度と細胞小器官の配置がなす角度を画像処理ソフトウェアを用いて解析した。*In vivo* 実験は現在進行中であり、完全内臓逆位マウス（FVB/N-*Inv*^{inv}）を繁殖させている。

3. 結果と考察

MC3T3-E1 細胞を細胞小器官の配置において、核の長軸と、核とゴルジ体を繋いだ軸の間の角度を用いて細胞を分類する手法を確立した。また、アクチンフィラメントの配列方向により細胞キラリティを測定する *in vitro* 手法も確立した。マイクロパターンディッシュに撒いた新生仔マウスの頭蓋冠由来の初代培養細胞を解析した結果、右側と左側の細胞両方で、細胞骨格のアクチンフィラメントが左右軸から時計回りに傾く（+）方向に整列する傾向があった。このデータから、骨格などにおける生体の基本構造である左右対称な構造はホモキラルな細胞から構築されていることが仮説として挙げられる。マイクロパターン上でのアクチンフィラメントの整列方向と細胞小器官の配置の関係性の解析は現在進行中であり、この手法は完全内臓逆位マウスに応用していこうと思う

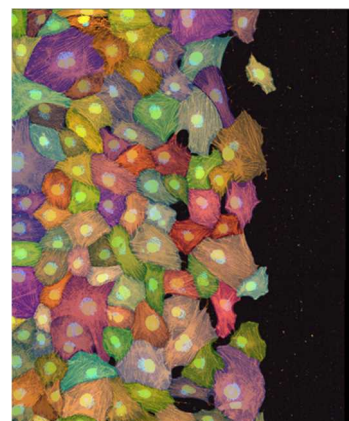


図1 細胞画像解析ソフトウェア Cellpose でセグメント化した MC3T3-E1 細胞

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、終始熱心なご指導をくださった慶應義塾大学医学部の松尾光一教授と河合克宏助教、そして協力して頂いた修士課程の翁慶鎧さんに心より感謝申し上げます。また、このような活動の場を与えてくださった慶應 GSC と JST の皆様にお礼申し上げます。

5. 参考文献

- [1] Mikiko Inaki, Hatori R, Nakazawa N, Okumura T, Ishibashi T, Kikuta J, et al. Chiral cell sliding drives left-right asymmetric organ twisting. *eLife*. 2018;7:e32506.
- [2] Ray P, Chin AS, Worley KE, Fan J, Kaur G, Wu M, et al. Intrinsic cellular chirality regulates left-right symmetry breaking during cardiac looping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(50):E11568-E11577.

The Morphological Analysis of Cellular and Tissue Chirality

Rei Kuwabara (Tokyo Metropolitan Kokusai High School Grade 3)

Koichi Matsuo (Keio University School of Medicine)

1. Purpose of the research

Studies show that left (L)-right (R) symmetry and asymmetry in the anatomy of organisms arise from cell chirality (L- or R- handedness), the L-R intrinsic polarization of cells [1,2]. Disturbance in the cell chirality of cells within an organism can result in laterality disorders such as Situs inversus totalis, the complete inversion of visceral organs. This experimental study aims to determine if cell chirality can be defined by cell alignment on micropattern in vitro, and intracellular positioning of organelles both in vitro and in vivo. Thus, we aim to deepen the understanding of symmetrical skeletons based on this cell chirality analysis. This study focuses on the relationship between cell chirality and anatomical (a)symmetry, ultimately aiming to answer the question: Is cell chirality also inversed in situs inversus?

2. Materials and Methods

MC3T3-E1 preosteoblast cell line, a chiral clone m12, was cultured, and immunocytochemistry was used to fluorescently stain the nucleus, the centrosome, the Golgi body, and the actin filament. The intracellular organelle positioning, with cells undergoing migration in scratch assay, was observed under a confocal laser microscope (FV3000, Evident), and calculated using Cellpose software, IMARIS cell imaging software, and in-house Python code (written by Q. Weng).

To further apply this method to primary cells, osteoblasts were extracted from the L-R sides of the calvaria of newborn mice and were cultured on a micropattern dish, fixed at confluency. After fluorescence staining, the angle of cell alignment and the intracellular organelle-positioning were calculated using the ImageJ software and Python code. For in vivo experiments, Situs inversus totalis mice (FVB/N-Invs^{inv}) are being bred.

3. Results and Discussion

We have successfully established a method of determining the MC3T3-E1 cell chirality based on intracellular-organelle positioning, using the angle between the nucleus-long axis and the nucleus-Golgi body axis. We have also developed another in-vitro method to determine the cell chirality based on actin filament. For the primary cells from mouse calvaria seeded on the micropattern, the results showed a tendency for the actin filament to be aligned in the positive direction (i.e., R-handed) for both L-R sides of the calvaria. From this data, we can establish a working hypothesis that the symmetrical structure of organisms arises from homochiral cells. We are still working on relating the actin filament direction and the organelle positioning on the micropattern and applying it to the Inv mouse in the future.

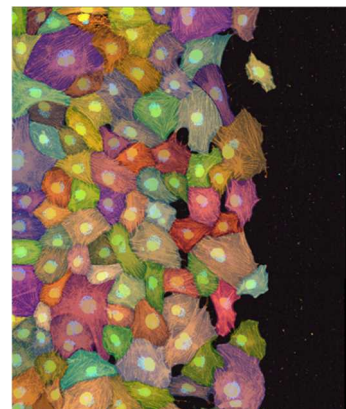


Fig. 1 Segmented MC3E3-E1 Cells using Cellpose Software.

4. Acknowledgments

I would like to show my greatest gratitude to Professor Matsuo and Assistant Professor Kawaai of the Keio University School of Medicine for their guidance throughout this study, and Qinkai Weng for his cooperation. I would also like to thank Keio GSC and the associated members of the JST for providing me with this invaluable opportunity.

5. References

- [1] Mikiko Inaki, Hatori R, Nakazawa N, Okumura T, Ishibashi T, Kikuta J, et al. Chiral cell sliding drives left-right asymmetric organ twisting. *eLife*. 2018;7:e32506.
- [2] Ray P, Chin AS, Worley KE, Fan J, Kaur G, Wu M, et al. Intrinsic cellular chirality regulates left-right symmetry breaking during cardiac looping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(50):E11568-E11577.

灰白質と白質のアストロサイトの分化を制御する候補遺伝子の同定

稲井優太（慶應義塾高等学校 2年）

宮島倫生、仲嶋一範

1. 研究の目的と意義

ヒトの脳は神経細胞やグリア細胞など多様な細胞で構成されている。アストロサイトはグリア細胞の一種で神経細胞間の情報伝達の制御などを担う重要な細胞であり、神経細胞の細胞体が存在する灰白質と神経線維の多い白質の両方に分布している。灰白質と白質のアストロサイトは、前者は大きな細胞体と無数の枝を特徴とする一方、後者は細長い形態で分枝が少ないことが特徴である^{[1][2]}。このように両者は分化に加えて細胞形態や遺伝子発現などに違いがあり、役割が異なると考えられるが、それらが分化する仕組みはよくわかっていない。そこで本研究では、灰白質と白質のアストロサイトの分化を制御する遺伝子を同定することを目指す。

2. 研究の手法

本研究では、公開されている発生期大脳皮質の単一細胞 RNA-seq 解析データ^[3]を用いて二次解析を行った。アストロサイト系列の細胞をサブセットとして切り出してUMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) 法によってクラスターに分類し、灰白質と白質アストロサイトのクラスターを推定した上で、両者の間で発現量が異なる遺伝子を抽出して分化経路を予測した。そして、2つのグループの分化に関与する可能性のある候補遺伝子を推定した。さらに、その遺伝子群を Ingenuity Pathway Analysis (IPA) の Core Analysis にて解析し、上流調節因子の候補やパスウェイの候補を同定するという手法をとった。

3. 結果と考察（図表等）

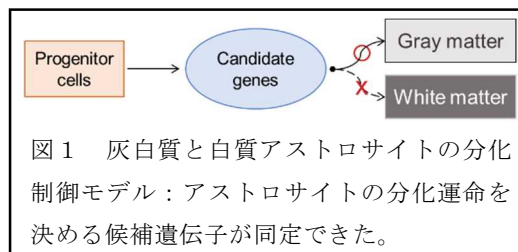
発生期大脳皮質アストロサイト系列の単一細胞 RNA-seq データを UMAP で次元圧縮して表示した上に既知のアストロサイトマーカーの発現分布を表示させることにより、灰白質と白質アストロサイトの UMAP 上の位置を推定した。この情報に基づき、前駆細胞から灰白質と白質のアストロサイトが分化する分岐点を予測した。それぞれ灰白質と白質アストロサイトに分化していくクラスターとその分岐点となるクラスターを比較することにより、各クラスターで発現が変化している遺伝子群を抽出できた。この結果に対してさらに IPA 解析を実施した結果、灰白質と白質アストロサイトの分化上の分岐に関わる候補遺伝子や候補パスウェイが挙がってきた。実際に UMAP 上で候補遺伝子の発現分布を表示させた結果、複数の候補遺伝子が灰白質アストロサイトに分化していくクラスターで発現していることが確認された。

4. 謝辞

本研究の遂行にあたり、慶應義塾大学医学部解剖学教室仲嶋研究室の仲嶋一範教授、宮島倫生博士、高野俊氏にご指導頂いたことに感謝致します。

5. 参考文献

- [1] Köhler S, Winkler U, Hirrlinger J. Heterogeneity of Astrocytes in Grey and White Matter. *Neurochem Res.* 2021;46(1):3-14.
- [2] Voigt T. Development of glial cells in the cerebral wall of ferrets: direct tracing of their transformation from radial glia into astrocytes. *J Comp Neurol.* 1989;289(1):74-88.
- [3] Di Bella DJ, Habibi E, Stickels RR, et al. Molecular logic of cellular diversification in the mouse cerebral cortex. *Nature.* 2021;595(7868):554-559.



Identification of candidate genes involved in the differentiation of gray matter and white matter astrocytes

Yuta Inai (Keio Senior High School 2nd grade)

Michio Miyajima, Kazunori Nakajima

1. Purpose of the research

The human brain is composed of a variety of cells, including neurons and glia. Astrocytes, one of the major glial cell types, have functions like support of neural transmission and are classified into gray matter and white matter astrocytes [1][2], but the mechanisms by which they differentiate into their respective types and the molecules that regulate their differentiation remain largely unknown. In this study we try to identify genes involved in the differentiation of astrocytes.

2. Materials and Methods

In this study, we performed a secondary analysis using the published open data of the single cell (sc) RNA-seq analysis of the developing cerebral cortex [3]. We classified cells in the astrocyte lineage into clusters and extracted differentially expressed genes between clusters speculated as white matter and gray matter astrocytes. Candidate genes that may be involved in the differentiation of the two groups were then identified. These genes were then analyzed using Core Analysis of the Ingenuity Pathway Analysis (IPA) to identify potential upstream regulators.

3. Results and Discussion

By representing known astrocyte marker genes on the UMAP plot of the astrocyte lineage cells, clusters that contain white matter and gray matter astrocytes were identified. Based on this information, we predicted the branch point at which astrocytes differentiate into the two types from common progenitors. We compared the clusters containing the gray matter and white matter astrocytes with the cluster at the point of differentiation and extracted numerous differentially expressed genes. IPA analysis on these genes showed candidate genes involved in the differentiating point of the astrocytes. This was further confirmed by showing the distribution of the cells that express the candidate genes on the UMAP plot.

4. Acknowledgments

Y.I. acknowledges Prof. Kazunori Nakajima, Dr. Michio Miyajima, and Mr. Shun Takano of Department of Anatomy, Keio University School of Medicine for their support in conducting this research.

5. References

- [1] Köhler S, Winkler U, Hirrlinger J. Heterogeneity of Astrocytes in Grey and White Matter. *Neurochem Res.* 2021;46(1):3-14.
- [2] Voigt T. Development of glial cells in the cerebral wall of ferrets: direct tracing of their transformation from radial glia into astrocytes. *J Comp Neurol.* 1989;289(1):74-88.
- [3] Di Bella DJ, Habibi E, Stickels RR, et al. Molecular logic of cellular diversification in the mouse cerebral cortex. *Nature.* 2021;595(7868):554-559.

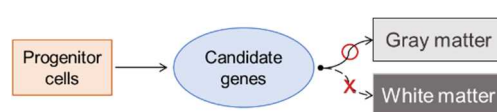


Figure 1 A model for controlling the differentiation of gray and white matter astrocytes: The candidate genes determining the differentiation fate of astrocytes were identified.

オリゴデンドロサイト前駆細胞の形態観察とその領域特異性の検証

福田幹晟 (神奈川県立横浜翠嵐高等学校 2年)

担当教員 田中謙二

1. 研究の目的と意義

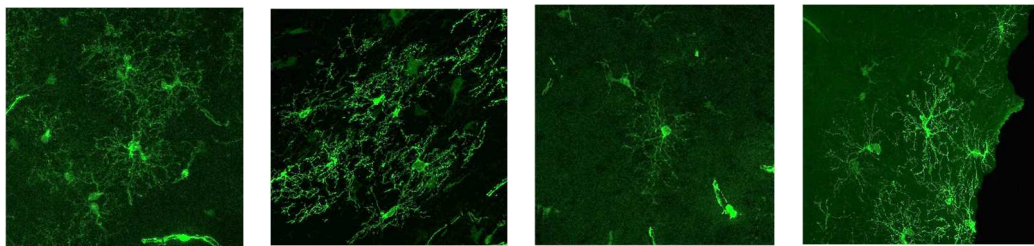
私の研究活動のゴールは、OPC についての形態学的なアプローチを通して筋萎縮性側索硬化症 (ALS) のような神経変性疾患のメカニズム解明のヒントを得ることであり、本研究は、その足掛かりとして重要な役割を果たすものである。

2. 研究の手法

NG2K-tTA マウスと tetO-GFP マウスを交配させ、NG2K-tTA::tetO-GFP というトランスジェニックマウスを得た。これにより、OPC における緑色蛍光タンパク質 (GFP) の人工発現が可能になり、GFP に対する抗体を用いた免疫組織染色を行なった。

3. 結果と考察

(Figure) 右から視覚野、内包、線条体、皮質の OPC。



局所的に形や分布の違いが確認されたが、これらの結果だけでは OPC の領域特異性の存在を確認する有意なデータとはならないため、研究の次の段階として、OPC の分布と形態を定量化して分析し、領域ごとに統計的なデータを収集することを目指す。

今回の実験で統計的なデータが取れなかった大きな原因は、血管が強いシグナルを発してしまっていたことにある。そのため今後、他の組織からの干渉を減らしながら OPC だけを観察する方法を採用しなければならない。

4. 謝辞

最後に、このような貴重な発表の機会を与えてくださった慶應グローバルサイエンスキャンパスプログラムの皆様に心より感謝申し上げます。また、慶應義塾大学医学部の田中謙二教授、慶應義塾大学医学部 5 年の松尾海輝さんをはじめとする先端医科学研究所 脳科学研究部門の皆さんには、絶え間ないご指導、ご助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- ・Viganò et al 「transplantation reveals regional differences in oligodendrocyte differentiation in the adult brain」-Nature Neuroscience・September 2013
- ・Spitzer et al 「Oligodendrocyte Progenitor Cells Become Regionally Diverse and Heterogeneous with Age」-Neuron 101, 459-471 February 2019
- ・Zhenxiang Gong et al 「Dysfunction of the oligodendrocytes in amyotrophic lateral sclerosis」-The Journal of Biomedical Research, 2022 36(5): 336-342

Regional heterogeneity of oligodendrocyte progenitor cell morphology in mice

福田幹晟 (神奈川県立横浜翠嵐高等学校 2年)

担当教員 田中謙二

1. Purpose of the research

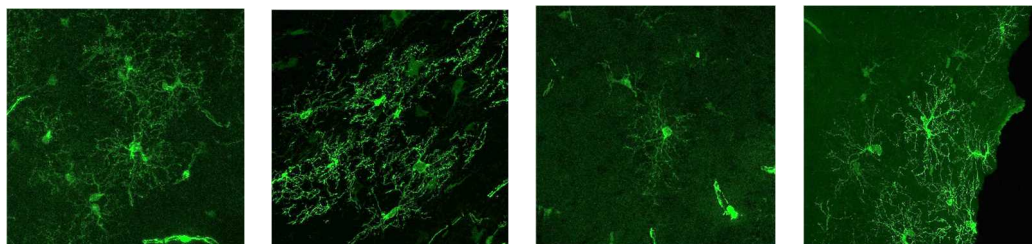
The objective of my research is to uncover clues that can help elucidate the mechanisms of neurodegenerative disorders such as amyotrophic lateral sclerosis (ALS) by employing morphological approaches on oligodendrocyte precursor cells (OPCs). This study serves as a crucial step toward achieving this goal.

2. Materials and Methods

NG2K-tTA mice were crossed with tetO-GFP mice to obtain a transgenic mouse, NG2K-tTA::tetO-GFP. This enabled artificial expression of green fluorescent protein (GFP) in OPCs, and immunohistochemistry was performed using an antibody against GFP.

2. Results and Discussion

(Figure) OPCs in visual cortex, internal capsule, striatum, and cortex in order.



Although local differences in shape and distribution were identified, these results alone do not provide statistically significant difference to confirm the existence of region-specificity in OPCs, so the next step in the research will be to quantify and analyze the distribution and morphology of OPCs and collect statistical data for each region.

4. Acknowledgments

I am deeply grateful to the Keio Global Science Campus Program for the opportunity to present my research. Special thanks to Professor Kenji Tanaka, Mr. Kaiki Matsuo, and the dedicated members of the Division of Brain Sciences at the Institute for Advanced Medical Research for their constant guidance and support.

5. References

- Viganò et al 「transplantation reveals regional differences in oligodendrocyte differentiation in the adult brain」 -Nature Neuroscience · September 2013
- Spitzer et al 「Oligodendrocyte Progenitor Cells Become Regionally Diverse and Heterogeneous with Age」 -Neuron 101, 459–471 February 2019
- Zhenxiang Gong et al 「Dysfunction of the oligodendrocytes in amyotrophic lateral sclerosis」 -The Journal of Biomedical Research, 2022 36(5): 336–342

ヒトの拡張型心筋症変異を模した *rbm20* 変異ゼブラフィッシュの作製

島村杏（昭和薬科大学附属高等学校 3年）

島原英嗣（琉球大学 大学院 医学研究科）

1. 研究の目的と意義

拡張型心筋症(DCM)は心筋の収縮能の低下、左心室の拡張などの特徴を持つ難治性の心疾患である。重症化すると心不全や突然死を引き起こす。現在は心移植以外の根治的療法はない。DCM患者からは様々な遺伝子変異が報告されているが、その発症機序は未だ不明である。最も高頻度で変異が見つかっているのは、サルコメア(筋節)タンパク質タイチンをコードする *TTN* 遺伝子である。また、*TTN* 遺伝子は、RNA 結合タンパク質である RBM20 によって心特異的な選択的スプライシングの制御を受けることが知られている。興味深いことに、DCM 患者において *RBM20* 遺伝子の家族性変異が報告されており、DCM の病態発現には *TTN* 遺伝子のスプライシング異常の関与が示唆された。また、*RBM20* による *TTN* 遺伝子のスプライシング制御は心筋特異的かつ発生段階依存的に起こることから、正常な心臓の発生や機能においても *RBM20* が重要なはたらきをしていると考えられるが、詳細な検討はされていない。ゼブラフィッシュには遺伝子重複によりタイチンをコードする *ttn* 遺伝子が2つあり、そのうち *ttn.2* は心臓の発生に必要であることがすでに報告されている。そこで本研究では、発生段階での解析に有用であるゼブラフィッシュを用いて *rbm20* 遺伝子のノックアウトおよび DCM 変異のノックインを作製することで、(1)*RBM20* による *ttn* 遺伝子のスプライシング制御が脊椎動物に進化的に保存されているか？(2)*RBM20* による *ttn* 遺伝子のスプライシング制御が心臓の発生や機能にどのような役割を果たしているか？(3)脊椎動物と同じアミノ酸置換変異を導入することで魚類でも DCM 様の表現型が出現するか？という問いに答えることを目的とする。

2. 研究の手法

マウスの *Rbm20* S637A 変異は *TTN* 遺伝子のスプライシングに異常を生じ、重度の DCM 病態とともに細胞内顆粒の形成を引き起こすことが所属教室の先行研究で明らかにされている。そこで、ゼブラフィッシュで相同な *rbm20* S576A 変異体を作製するため、CRISPR-Cas9 システムのガイド RNA とドナー配列を設計した。まず、*in vitro* において、設計した CRISPR-Cas9 のゲノム DNA 切断能を確認した。次にゼブラフィッシュ 1 細胞期の卵に CRISPR-Cas9 を微量注入した。受精後 24 時間胚からゲノム DNA を抽出し、2 塩基以上の欠失・挿入を検出する T7E1 アッセイと、サンガーシーケンスにより変異導入の確認を行った。

3. 結果と考察

ゼブラフィッシュ *rbm20* に対して設計した CRISPR-Cas9 の有効性を確認するため、まず、野生型ゼブラフィッシュの尾からゲノム DNA を抽出して PCR を行った。得られた増幅産物を *in vitro* で反応させたところ、Cas9 の *rbm20* 切断能を確認した。そこで次に、実際に魚の受精卵へ微量注入した結果、右図を含む数種類の切断パターンが得られた。現在、DCM 変異の *rbm20* S576A ノックインを含め、稚魚の育成を継続している。今後は、*rbm20* 遺伝子のノックアウトおよび DCM 変異ノックインゼブラフィッシュを得られ次第、1. (1)-(3)で述べた解析を行う予定である。

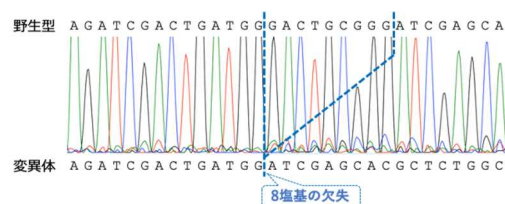


図. CRISPR-Cas9 を用いたゼブラフィッシュ個体内の *rbm20* の 8 塩基欠損

4. 謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の次世代人材育成事業 (グローバルサイエンスキャンパス事業) からの支援を受けて実施しました。また、琉球大学大学院医学研究科の黒柳秀人先生・島原英嗣先生のご指導の下、実施しました。

5. 参考文献

Sci. Rep., 8: 8970, 2018; *Front. Mol. Biosci.*, 5, 105, 2018; *Sci. Rep.*, 10: 17894, 2020; *Nature Medicine* 26, 1788, 2020.

Generation of *rbm20* mutant zebrafish mimicking human dilated cardiomyopathy

An Shimamura (The Junior and Senior High School Affiliated to Showa Pharmaceutical University 3rd grade)

Hidetsugu Torihara (University of the Ryukyus Graduate School of Medicine)

1. Purpose of the research

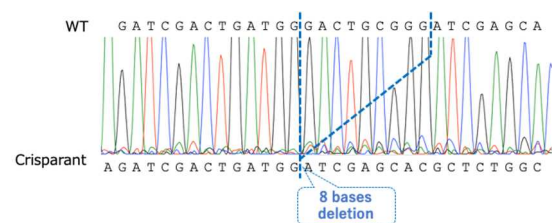
Dilated cardiomyopathy (DCM) is an intractable heart disease characterized by decreased myocardial contractility and dilatation of the left ventricle. Although various genetic mutations have been reported in DCM patients, the pathogenic mechanism is still unknown. The most frequently mutated gene in DCM cases is *TTN*, encoding the sarcomere protein titin. The *TTN* gene undergoes cardiac-specific alternative splicing controlled by an RNA-binding protein RBM20. Interestingly, familial mutations in the *RBM20* gene have been identified in some of the DCM patients, implying a potential role for aberrant *TTN* splicing in the pathogenesis of DCM. In addition, the splicing control of the *TTN* gene by RBM20 occurs in a myocardial-specific and developmental stage-dependent manner. Therefore, RBM20 is considered to play important roles in normal cardiac development and function, although a detailed study has not been conducted. Zebrafish has two *ttn* genes as a result of gene duplication, and *ttn.2* has already been reported to be required for heart development. In this study, we are trying to address the following three questions by creating *rbm20* gene knockout and DCM mutation knock-in zebrafish models that would be useful for analysis at developmental stages. (1) Is the splicing regulation of *ttn* by RBM20 evolutionarily conserved in vertebrates? (2) What is the role for the splicing regulation of *ttn* by RBM20 in cardiac development and function? (3) Do DCM-like phenotypes appear in fish by introducing the same single amino acid substitution as in vertebrates?

2. Materials and Methods

Previous research in our laboratory revealed that the *Rbm20* S637A mutation in the mouse causes abnormal splicing of the *Ttn* gene, leading to severe DCM pathology and the formation of intracellular granules. In order to generate the *rbm20* S576A mutant in zebrafish, we designed a guide RNA and a donor sequence for the CRISPR-Cas9 system that corresponds to the mouse *Rbm20* S637A mutation. To confirm the effectiveness of CRISPR-Cas9 for zebrafish *rbm20*, genomic DNA was extracted from the tail of wild-type zebrafish and an *rbm20* fragment was amplified by PCR and was incubated with CRISPR-Cas9 and the guide RNA *in vitro*. For mutagenesis, we microinjected CRISPR-Cas9 into zebrafish eggs at the one-cell stage. Genomic DNAs were extracted from the embryos 24 hours post-fertilization, and mutations were searched for by using the T7E1 assay, which detects deletions and insertions of two or more bases, and Sanger sequencing.

3. Results and Discussion

After confirming the cleavage capability of CRISPR-Cas9 designed for zebrafish *rbm20*, we actually injected a small amount into fertilized fish eggs, and as a result, we obtained several types of cutting patterns. We are planning to conduct the analyses described in 1. (1)-(3) as soon as we obtain knock-out and DCM mutant knock-in zebrafish for the *rbm20* gene.



4. Acknowledgments

This work was financially supported by the Japan Science and Technology Agency (Global Science Campus Program). The study was also conducted under the guidance of Prof. Hidehito Kuroyanagi and Dr. Hidetsugu Torihara.

5. References

Sci. Rep., 8: 8970, 2018; *Front. Mol. Biosci.*, 5, 105, 2018; *Sci. Rep.*, 10: 17894, 2020; *Nature Medicine* 26, 1788, 2020.

カテキンおよびその類縁体と抗生物質

藤井由紀子(秋田県立秋田高等学校 2年)、村田楽奈(秋田県立秋田高等学校 2年)、
平野叶恵(秋田県立秋田高等学校 1年)、担当教員 遠藤金吾(秋田県立秋田高等学校 教諭)

1. 研究の目的と意義

世界的に薬剤耐性菌感染症の蔓延が問題となっているが、抗生物質の新規開発は停滞しており¹⁾、既存の抗生物質の効果的な利用が求められている。我々が注目したのはカテキン類である。(−)-エピカテキンガレートがメチシリン耐性黄色ブドウ球菌(*Staphylococcus aureus*)に対して各種β-ラクタム系抗生物質と相乗効果を示すことが知られている²⁾³⁾一方で、緑茶での薬の服用は一般には推奨されていない。そこで、抗菌活性を定量的に評価し、抗生物質と相乗効果を示す、または抗菌効果を抑制するカテキンおよびその類縁体に関する基礎的なデータを集め、抗生物質の効果的な利用法について考察し、情報を発信することを本研究の目的とした。

2. 研究の手法

大腸菌(*Escherichia coli*) AB1157株の菌液に、カテキン類の(−)-エピカテキン(Ec:図1A)、その類縁体である(+)-タキシフォリン(Tx:図1B)と、抗生物質アンピシリン(Ap)、カナマイシン(Km)をそれぞれ加え37℃で3時間培養した。これを適当に希釈しLB寒天培地に撒いた後、37℃で20時間培養した。培地に生えたコロニー数より菌数を求め、各実験区の生存率を、式(1)より算出した。

$$\text{生存率}[\%] = \frac{\text{各実験区の菌数}}{\text{無処理実験区の菌数}} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

結果は、Kruskal-Wallis検定を用いて有意水準5%で4および5群間の多重比較を行い、差が認められた場合は有意水準5%でMann-Whitney U検定による2群間の比較を行った。また、抗生物質と(−)-Ec、(+)-Txの交互作用は、二元配置分散分析を有意水準5%で行い検証した。

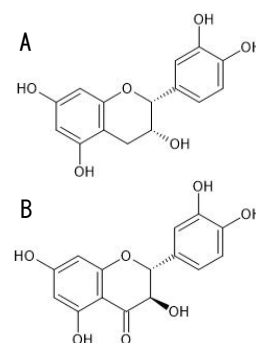


図1 本研究に用いた試料
Aは(−)-Ec、Bは(+)-Tx
の構造式

3. 結果と考察

(−)-Ec、(+)-Txは単独で抗菌効果を示した。(−)-EcとAp、Kmおよび(+)-TxとAp、Kmの組み合わせでは負の交互作用を示した(図2A、図2B)。(−)-Ecと(+)-Txの共通した構造が関わることが示唆された。以上より、抗生物質の服用には留意すべき組み合わせがあることが示唆された。

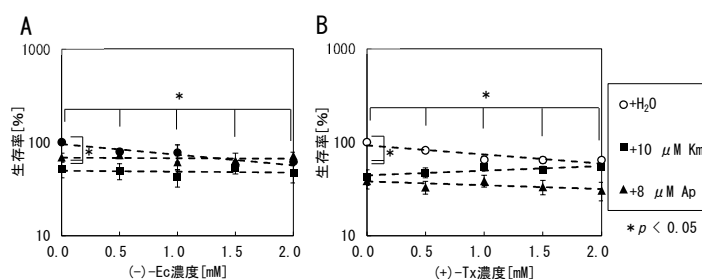


図2 大腸菌 AB1157 株の生存率
Aは(−)-Ecと抗生物質併用時、Bは(+)-Txと抗生物質併用時の生存率である。エラーバーは標準誤差を示す。

4. 謝辞

本研究は JST 次世代科学技術チャレンジプログラム 東北大学 みらい型「科学者の卵養成講座」のご支援のもとで実施されました。深く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- 1) Schäberle TF, Hack IM (2014) Overcoming the current deadlock in antibiotic research. *Trends in Microbiology* 22(4), 165-167.
- 2) Shiota S, Shimizu M, Mizushima M, Ito H, Hatano T, Yoshida T, Tsuchiya T (1999) Marked Reduction in the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of β-Lactams in Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Produced by Epicatechin Gallate, an Ingredient of Green Tea (*Camellia sinensis*). *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 22(12), 1388-1390.
- 3) W H Zhao, Z Q Hu, S Okubo, Y Hara, T Shimamura (2001) Mechanism of synergy between epigallocatechin gallate and beta-lactams against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 45(6):1737-1742.

Catechin and its analogs and antibiotics

Yukiko Fujii (Akita High School Grade 2), Rana Murata (Akita High School Grade 2)

Kanae Hirano (Akita High School Grade 1), Kingo Endo (Supervising Teacher)

1. Purpose of the research

The spread of drug-resistant bacterial infections has been a global problem, but the development of new antibiotics has stagnated¹⁾, and effective use of existing antibiotics is needed. We focused on catechins. It is known that (-)-epicatechin gallate has a synergistic effect with various β -lactam antibiotics against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*²⁾³⁾. On the other hand, taking medicine with green tea is generally not recommended. Therefore, the purpose of this study was to collect basic data about catechins and their analogues that show synergistic effects with antibiotics or inhibit antibacterial effects by quantitatively evaluating their antibacterial activity, and to consider and send information about the effective use of antibiotics.

2. Materials and Methods

(-)-Epicatechin (Ec) (Fig. 1A), a catechin, or (+)-taxifolin (Tx) (Fig. 1B), an analog of catechin, with antibiotics ampicillin (Ap) or its kanamycin (Km) were added separately to the bacterial solution of *E. coli* strain AB1157, and incubated at 37°C for 3 hours. This bacterial solution was diluted appropriately and plated on LB agar. It was incubated at 37°C for 20 hours. The number of colonies was counted and obtain the number of bacteria, and the survival rate of each experimental area was calculated by the formula (1).

$$\text{survival rate}[\%] = \frac{\text{the number of bacteria in each experimental area}}{\text{the number of bacteria in untreated area}} \times 100 \quad (1)$$

Multiple comparisons were made using the *Kruskal-Wallis test* at a significance level of 5%, and where differences were found, comparisons between the two groups were made using the *Mann-Whitney U test*, also at a significance level of 5%. In addition, a two-way analysis of variance was performed at the 5% level of significance to examine the interaction between antibiotics and green tea derived substances.

3. Results and Discussion

(-)-Ec and (+)-Tx showed antimicrobial effects alone. Negative interactions were indicated between (-)-Ec and Ap, (-)-Ec and Km, (+)-Tx and Ap, (+)-Tx and Km (Fig. 2A, Fig. 2B). It was suggested that the common structure of (-)-Ec and (+)-Tx is involved. These results suggest that we should be careful when taking the combination of catechins and antibiotics.

4. Acknowledgments

This research was funded by the JST Next Generation Science and Technology Challenge Program Tohoku University Mirai-type "Training of Eggs for Scientists". We express our sincere appreciation.

5. References

- 1) Schäberle TF, Hack IM (2014) Overcoming the current deadlock in antibiotic research. *Trends in Microbiology* 22(4), 165-167.
- 2) Shiota S, Shimizu M, Mizushima M, Ito H, Hatano T, Yoshida T, Tsuchiya T (1999) Marked Reduction in the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of β -Lactams in Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Produced by Epicatechin Gallate, an Ingredient of Green Tea (*Camellia sinensis*). *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 22(12), 1388-1390.
- 3) W H Zhao, Z Q Hu, S Okubo, Y Hara, T Shimamura (2001) Mechanism of synergy between epigallocatechin gallate and beta-lactams against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 45(6):1737-1742.

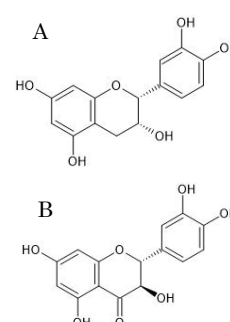


Fig.1 Samples used in this study. A is (-)-Ec, B is (+)-Tx Structural formula.

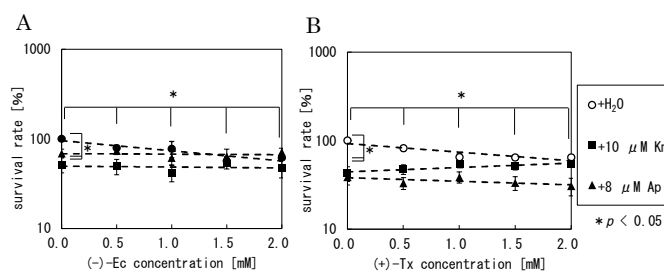


Fig.2 Survival rate of *E. coli* AB1157 strain
A is survival rate when (-)-Ec is combined with antibiotics.
B is survival rate when (+)-Tx is combined with antibiotics.
Error bars are standard errors.

ミヤコタナゴ保全のためのメタゲノム解析を用いた産卵母貝の栄養源の同定

林出 英之（栃木県立宇都宮東高等学校 1 年）

鈴木 智大（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

ミヤコタナゴは絶滅危惧種に指定されているタナゴの一種であり、その原因の一つは産卵母貝であるマツカサガイ等の二枚貝の減少である。本研究では、マツカサガイをはじめとした二枚貝の生息地のケイソウをメタバーコーディング解析(メタゲノム解析ともいう)することで、生息地に特異的に存在し二枚貝の栄養源となると考えられるケイソウを同定し、その人工繁殖の基盤となる知見を得ることを目的とする。

2. 研究の手法

解析技術の確立のため、先行研究を参考にメタバーコーディング解析に適した DNA 領域を決定することとした¹⁾。下記 4 種の DNA 領域、核ゲノム上にある 18S rRNA（リボソーム RNA）領域、ITS（internal transcribed spacer）領域、ミトコンドリアゲノム上に存在する *cox1*（cytochrome C oxidase subunit 1）領域、葉緑体ゲノム上に存在する *rbcL*（ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase）領域を用いて、PCR 反応および次世代シーケンサーを用いた解析を行った。また、上記で選抜された DNA 領域を用い、①複数の池から採取した珪藻より DNA を抽出し、珪藻の分布の違いが観察されるか否かを検討するとともに、②実際にミヤコタナゴが生息する川や水路の底に沈む石の表面から採取した珪藻サンプルでメタバーコーディング解析を実施した。

3. 結果と考察（図表等）

候補の 4 種の DNA 領域を PCR 反応後、電気泳動を用いた確認を行った結果、*cox1* 領域および *rbcL* 領域のみ増幅が確認された。上記の 2 領域を用いて、複数の池から採取した珪藻より抽出した DNA を鋳型に PCR および次世代シーケンサーを用いた解析・種同定を行った結果（図 1）、*cox1* 領域の方が *rbcL* 領域に比べより多様な珪藻の種まで広く同定できる可能性が示唆された。現在、実際にミヤコタナゴが生息する川や水路から採取した珪藻の DNA を鋳型として PCR 反応および次世代シーケンサー用のライブラリー作成を行った。今後上記のメタバーコーディング解析を実施し、生息地のケイソウの分布を調べ、マツカサガイの栄養源となるケイソウの同定を試みる。

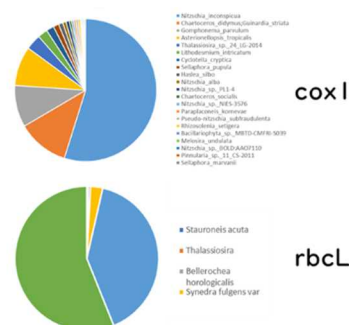


図 1 *cox1*・*rbcL* 領域
解析・種同定結果

4. 謝辞

研究の機会を与えてくださった松田勝先生、iP-U 事務局の皆様、鈴木研究室の TA の皆様、JST の皆様に心より感謝申し上げます。

5. 参考文献

1) Guo L. et al., Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 65:1369-1380(2015).

Identification of nutrient sources of bivalves spawned by *Tanakia Tanago* using metagenomic analysis

Hideyuki Hayashide (Utsunomiya Higashi High School 1st grade)

Tomohiro Suzuki (Center for Bioscience Research and Education, Utsunomiya University)

1. Purpose of the research

Tanakia Tanago is an endangered species, and the cause of its decline is attributed to a decrease in the number of the bivalves spawned by *Tanakia Tanago*, such as *Pronodularia japonensis*. The purpose of this research is to identify diatom species which is nutrient sources of these bivalves by the metagenomic analysis and to gain novel insight into artificial propagation of bivalves.

2. Materials and Methods

To establish a method for diatom metagenomics, we selected four DNA regions (ribosomal RNA region in nuclear rRNA gene: *18S rRNA*, internal transcribed spacer region in nuclear rRNA gene: *ITS*, cytochrome C oxidase subunit 1 region in mitochondrial gene: *cox1* and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase region in chloroplast gene: *rbcL*) with reference to previous studies and performed PCR¹⁾. The obtained PCR products were further applied to next generation sequencer. Furthermore, using the DNA regions selected in the above study, 1: extraction DNA from diatoms sampled in some ponds and examination difference of distribution of diatom, 2: metagenomic analysis of the DNA samples extracted from diatoms sampled from surface of stone in habitat of *Tanakia Tanago*, was performed.

3. Results and Discussion

The results of electrophoresis after performing PCR for the four DNA regions showed that *cox1* region and *rbcL* region were successfully amplified. With these two DNA regions, we extracted DNAs from diatoms sampled in some ponds and identified using next generation sequencer. The results of metagenomic analysis suggested that *cox1* region can identify more wide variety of diatom species than *rbcL* region (Fig. 1). After extracting DNA from diatoms collected from *Tanaqua tanago* habitats, PCR are currently being performed to create a library for a next-generation sequencer. We plan to attempt metagenomic analysis and identification of nutrient sources of bivalves in the future.

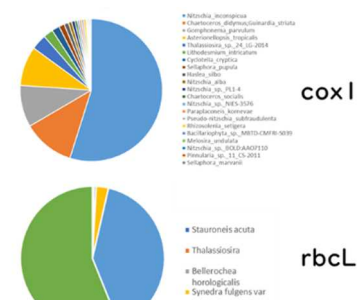


Fig.1. Result of metagenomic analysis

4. Acknowledgments

The author would like to thank Prof. Masaru Matsuda, iP-U office, Assoc Prof. Tomohiro Suzuki's lab members, and JST.

5. References

1. Guo L. et al., Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 65, 1369–1380 (2015).

乳酸脱水素酵素の知られざるアロステリック調節の発見

岩井 愛希（大阪教育大学附属高等学校池田校舎 2年）

倉光 成紀、東山 愛（大阪大学 SEEDS 事務局）

1. 研究の目的と意義

私は将来「誰にでも輸血できるような万能血液を作りたい」と思っている。現在の人工血液にはヒトヘモグロビンが使われることが多く、そのヘモグロビンのアロステリック調節機構が重要な役割を果たしている。アロステリック調節は、ヘモグロビンや多くの酵素に備わっている（Changeux, 2013; ヴォート基礎生化学, 2017）。今回、アロステリック酵素として知られている微生物の乳酸脱水素酵素（図1）について、活性化に寄与すると考えられていた代謝分子が、阻害反応にも関与していて代謝調節反応を複雑に触媒していることを明らかにした。

2. 研究の手法

乳酸脱水素酵素（LDH）がピルビン酸に作用すると、乳酸を生成すると同時にニコチンアミド アデニン ジヌクレオチド（NADH, NAD⁺）が変化する（図1）。その反応を、分光光度計を用いて pH 7.0, 25℃ で計測した。この測定系を利用して、フルクトース-1,6-ビスリン酸（FBP）のアロステリック調節を調べた。

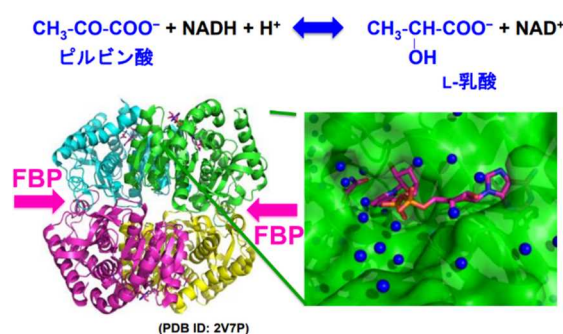


図1 LDHの酵素反応と立体構造

3. 結果と考察

FBPによる活性化 --- 図1のようにFBPが結合すると、基質ピルビン酸の最大活性（ k_{cat} ）はほとんど変化しなかったが、基質ピルビン酸と酵素分子との親和性（ $1/K_m$ ）は大きく増大し、触媒効率（ k_{cat}/K_m ）が $3 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ から $1 \times 10^6 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ へと約 300 倍上昇した（図2）。この触媒効率は、酵素分子一般の最大活性に近かった（Radzicka and Wolfenden, 1995）。

基質ピルビン酸とFBPとの複雑なアロステリック調節 --- FBPは基質ピルビン酸の親和性

（ $1/K_m$ ）を増大したが、高濃度では複雑なアロステリック調節が見られた（図2）。同様の結果がピルビン酸濃度を固定してFBPの濃度を変化したときにも観察された（図3）。

活性の酵素濃度依存性 --- FBPの有無に関わらず、活性は酵素濃度に比例した。

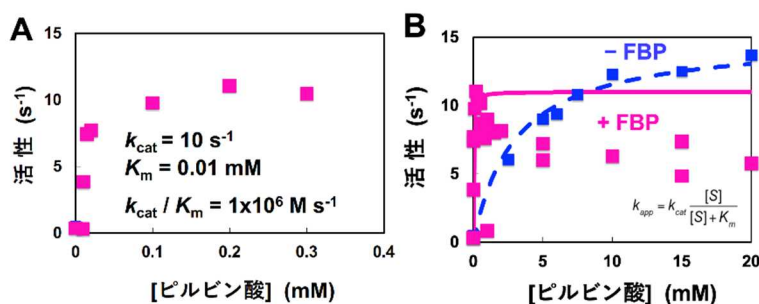


図2 FBP 濃度固定でのピルビン酸濃度変化

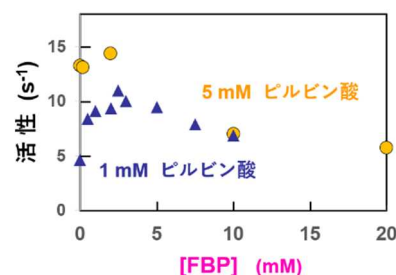


図3 ピルビン酸濃度固定での FBP 濃度変化

4. 謝辞 本研究をサポート頂いた大阪大学 SEEDS 事務局の皆様に、感謝申し上げます。

5. 参考文献

Changeux, J-P. (2013) *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* **14**, 819-829

Radzicka, A. and Wolfenden, R. (1995) *Science* **267**, 90-93

ヴォート基礎生化学, 第5版(2017), 田宮信雄他訳, 東京化学同人

パルミトイル化阻害によるオートファジーへの影響の解析

西 美生子（兵庫県立神戸高等学校 2 年）

佐伯麻里花 田端桂介 吉森保

1. 研究の目的と意義

細胞内の分解系であるオートファジーは飢餓時に強く亢進する非選択的オートファジーと、特定の基質を選択的に分解する選択的オートファジーの 2 種類に大別される。本研究では、損傷したリソソームに対する選択的オートファジー「リソファジー」に着目し、パルミトイル化との関係を調べた。パルミトイル化は脂肪酸を膜タンパク質に結合させる反応であり、タンパク質の細胞内局在などを変化させる。先行研究で、オートファジーの開始に関わる ULK1 のパルミトイル化を阻害すると飢餓誘導性オートファジーが抑制されることが明らかになったが、リソファジーに対する影響は知られていない。そこで本研究では、リソファジー誘導時にパルミトイル化を阻害した場合の影響を調べた。リソファジーを阻害すると損傷リソソームの内容物によって酸化ストレスを起し痛風や二型糖尿病などの生活習慣病につながる。そのため本研究でリソファジーの機構を明らかにすることはそれらの疾患の抑制に役立つと考える。

2. 研究の手法

蛍光タンパク質である mNeonGreen または GFP で標識したオートファジー関連タンパク質を発現する細胞を飢餓状態またはリソソーム損傷状態にし、パルミトイル化阻害剤を添加してタンパク質集積量を調べた。次に損傷リソソームの標識タンパク質である Galectin3(Gal3)を用いて損傷リソソームの除去活性を測定した。リソソーム損傷後リソファジーが正常に働くと、損傷リソソームのシグナルは減少する。リソソーム損傷を誘導してオートファジー不全細胞と通常細胞にそれぞれパルミトイル化阻害剤を添加し、損傷リソソーム量の経時的变化を調べた。

3. 結果と考察（図表等）

富栄養培地(DMEM)ではオートファジー関連の開始に関わるタンパク質である ULK1 の集積が見られないが、リソソーム損傷誘導剤 LLOMe で処理すると増加し、そこへさらにパルミトイル化阻害剤 2BP を添加すると減少した（図 1）。これは ULK1 の集積が阻害されたため、それ以降に集積するタンパク質も見られなかったと考える。飢餓誘導時(EBSS)にパルミトイル化阻害剤を投与すると、細胞が死滅し観察できなかった。

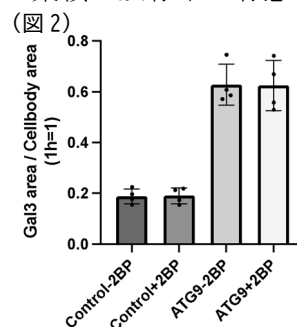
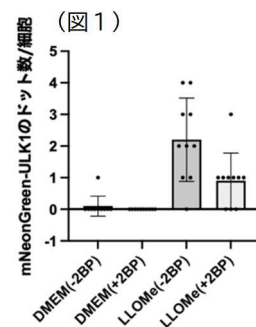
またオートファジー不全細胞(ATG9 KO)では、通常の細胞(Control)と比べて損傷リソソームのシグナルが残存した。通常の細胞とオートファジー不全細胞の両方において、パルミトイル化阻害剤の有無でオートファジー関連タンパク質の集積の残存率に有意な変化は見られなかった(図 2)。ここからリソファジー以外のリソソーム除去機能が働いたと推察される。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり始終熱心なご指導をいただきました大阪大学大学院医学系研究科の佐伯麻里花さん、田端桂介先生、吉森保教授ほか研究室の皆様にご感謝の意を表します。

5. 参考文献

- [1] Maejima, *et al.* (2013). EMBO Journal,32:2336-2347.
- [2] Tabata, Saeki,*et al.* (2023) STAR Protocols,Volume 4, Issue 2.



Effects of Inhibition of Palmitoylation on Autophagy

Mioko Nishi (Kobe Hight School Gr.2)

Marika Saeki, Keisuke Tabata, Tamotsu yoshimori

1. Purpose of the research

Autophagy is an intracellular degradation system. Autophagy is classified into two types: one is nonselective autophagy, which is strongly enhanced during starvation; another is selective autophagy, which selectively degrades specific substrates. In this study, I focused on the selective autophagy targeting damaged lysosomes, called “lysophagy”.

Palmitoylation is the covalent binding of fatty acids to amino acids of membrane proteins, altering the subcellular localization of the proteins. Previous study has shown that starvation-induced autophagy was suppressed by the palmitoylation of ULK1, which is involved in the initiation of autophagy. However, it is still unknown whether palmitoylation also affects lysophagy, thus I tried to investigate the effects of palmitoylation on lysophagy.

2. Materials and Methods

Cells expressing autophagy-related proteins fluorescently labeled with mNeonGreen or GFP were starved or lysosomes damaged, and protein accumulation was compared with and without 2BP, a palmitoylation inhibitor. We then measured the removal activity of damaged lysosomes using GFP-tagged Galectin3 (Gal3), which is the marker protein of damaged lysosomes. Lysosomal damage was induced, and the amount of damaged lysosomes with and without palmitoylation inhibitor was compared in autophagy-deficient and normal cells, respectively.

3. Results and Discussion

No accumulation of autophagy-related proteins (ATGs), such as LC3, was observed in high-glucose medium (DMEM). Conversely, lysosomal damage induced the accumulation of ATGs, and this was canceled by palmitoylation inhibitor, suggesting that palmitoylation plays some roles in the recruitment of ATGs during lysophagy (Fig 1).

On the other hand, palmitoylation inhibitor induced cell death under starvation conditions.

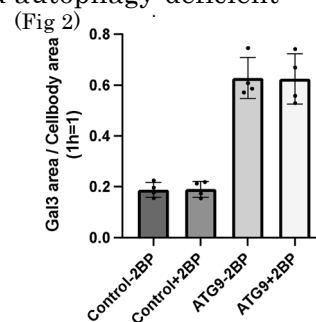
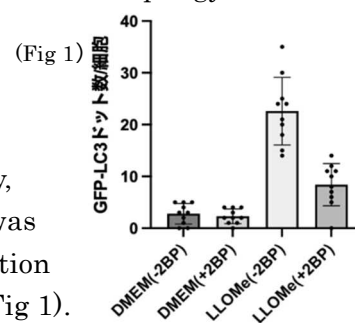
In autophagy-deficient cells (ATG9 KO), more Gal3 signals were accumulated 6 hours after lysosomal damage compared to control cells. In both normal and autophagy-deficient cells, there was no significant difference in the accumulation of Gal3 in the presence or absence of palmitoylation inhibitors, indicating that palmitoylation is involved in the removal of damaged lysosomes via autophagic pathway. (Fig 2).

4. Acknowledgments

I thank Ms. Marika Saeki, Mr. Keisuke Tabata, Professor Tamotsu Yoshimori, and other members of our laboratory at Osaka University.

5. References

- [1] Maejima, *et al.* (2013). EMBO Journal, 32:2336-2347.
- [2] Tabata, Saeki, *et al.* (2023) STAR Protocols, Volume 4, Issue 2.



河内晩柑の脳機能改善効果

三好千華子（愛媛県立南宇和高等学校 3年）

天倉吉章、奥山 聡（松山大学薬学部）

1. 研究の目的と意義

発表者は南宇和高校 地域振興研究部に所属し、地域の特産品のPR、販売、各種コンテストなどを通して、地域の魅力を町内外に発信している。この活動で河内晩柑（ブランド名：愛南ゴールド）（図1）を扱うことが多く、この果皮にはオーラプテン、ヘプタメトキシフラボンといった脳機能に作用する成分が含まれていることを知った。そこで河内晩柑を研究材料とし、科学的データに基づいて本柑橘の価値を高め、生産者にとってプラスになるような情報を得たいと考え、南予地域の活性化につなげていきたいという思いから研究に着手した。



図1. 河内晩柑

2. 研究の手法

河内晩柑果皮の脳機能改善作用に関する実験として、1)薬理試験に用いる河内晩柑果皮粉末の成分分析、2)薬理試験として未検討である MK-801 誘発統合失調症陽性症状モデルマウスの自発行動の解析を試みた。

3. 結果と考察

河内晩柑果皮粉末の成分分析を行った結果、機能性成分とされるオーラプテン、ヘプタメトキシフラボン等がこれまでと同等に確認でき、本粉末を薬理試験に使用した。果皮粉末を5日間飲ませたマウスは、MK-801 投与群に比べ、行動量が23%減少した（図2①）。当日のみの果皮粉末投与では、MK-801 群とあまり差が認められず（図2②）、継続して摂取することが必要であることが示された。また、投与期間を延ばせばさらに効果が現れる可能性も考察された。先行研究では、ヘプタメトキシフラボンに MK-801 の行動量を抑える効果があることが分かっている。しかし、今回の実験では果皮粉末を使用しているため、先行研究に比べるとヘプタメトキシフラボンの含有量が非常に少ない量で効果が認められた（先行研究が50 mg/kg に対し、今回の研究で使った果皮に含まれるヘプタメトキシフラボンは0.8 mg/kg）。このことからヘプタメトキシフラボンだけでなく、河内晩柑果皮に含まれる他の化合物の寄与、さらにそれら化合物の相互作用の可能性も考察された。

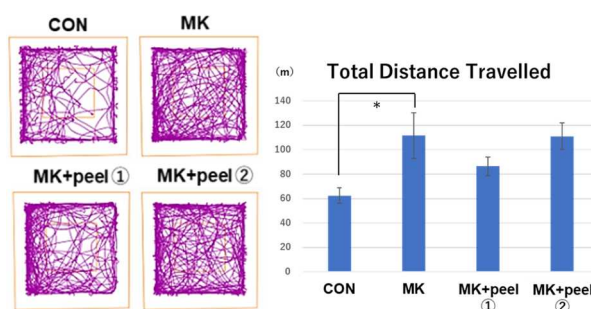


図2. オープンフィールドテスト

4. 謝辞

松山大学薬学部 天倉吉章 教授、奥山 聡 准教授には、研究の進め方や枠組みについてたくさんのご指導をいただきました。この研究は、愛媛大学グローバルサイエンスキャンパスのサポートにより行われました。この場を借りて深くお礼申し上げます。

5. 参考文献

- ・ 天倉吉章 他, 愛媛県特産柑橘類の果皮成分解析と脳活性化作用, *FFI J.*, **218**, 836-838 (2013).
- ・ Okuyama S., et al., Citrus flavonoid improves MK-801-induced locomotive hyperactivity: Possible relevance to schizophrenia, *J. Funct. Foods*, **5**, 2002-2006 (2013). 他

Improvement effect of Kawachibankan (*Citrus kawachiensis*) on neuronal dysfunction

Chikako Miyoshi (Minamiuwa High School 3rd grade)

Yoshiaki Amakura, Satoshi Okuyama (Matsuyama University)

1. Purpose of the research

The presenter is a member of the Minamiuwa High School Regional Promotion Research Club, which promotes the region's attractions both within and beyond the town through the sale of local products and the organization of various contests. In these activities, we often deal with Kawachibankan (brand name: Ainan-gold) (Fig. 1), and I learned that this peel contains components that affect brain function, such as auraptene and heptamethoxyflavone (HMF). Therefore, to increase the scientific value of Kawachibankan citrus fruit and to obtain information beneficial to producers, I initiated this research using Kawachibankan as a research material, with the hope of further revitalizing the Nanyo region.



Fig. 1. Kawachibankan

2. Materials and Methods

As an experiment on the brain function-improving effect of Kawachibankan peel, I attempted to conduct a component analysis of Kawachibankan peel powder for use in pharmacological testing and to analyze the spontaneous behavior of MK-801-induced schizophrenia positive symptom model mice, which have not yet been examined as a pharmacological test.

3. Results and Discussion

As a result of the component analysis of Kawachibankan fruit peel powder, functional components such as auraptene and HMF were confirmed to be the same as in the previous study, and this powder was used for pharmacological testing. Mice treated with pericarp powder for 5 d demonstrated a 23% decrease in activity compared to the MK-801 administration group (Fig. 2 ①). Administration of the peel powder on a single day, did not produce a significant difference from the MK-801 group (Fig. 2 ②), suggesting that continuous intake is necessary. It is also possible that the effect may be even greater if the administration period is extended. Previous studies have demonstrated that HMF suppresses MK-801 activity. However, because this experiment used peel powder, the effect was observed with a lower HMF content compared to the previous study (HMF contained in the peel used in this study was 0.8 mg/kg, compared to 50 mg/kg in the previous study). In light of these findings, the contributions of not only HMF but also other compounds in Kawachibankan peel, as well as the possibility of interactions between these compounds, were also taken into account.

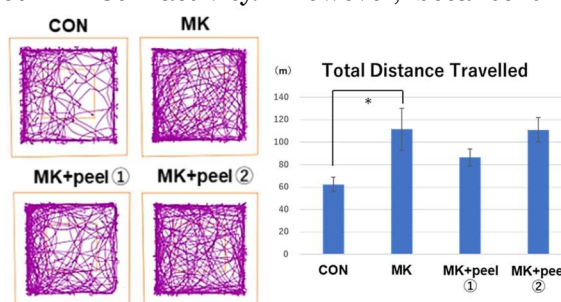


Fig. 2. Open Field Test

4. Acknowledgments

I'd like to thank Drs. Amakura and Okuyama, Matsuyama University, for advice on experimental design. This work is supported by Ehime University Global Science Campus.

5. References

- Amakura Y., et al., *FFI J.*, **218**, 836-838 (2013).
- Okuyama S., et al., *J. Funct. Foods*, **5**, 2002-2006 (2013).

グローバルサイエンスキャンパス 令和5年度全国受講生研究発表会
研究成果の要約集

第一版 令和5年10月28日 発行

第二版 令和5年11月15日 発行

(編集・発行者) 国立研究開発法人 科学技術振興機構
理数学習推進部



〒332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8
TEL 048-226-5669 FAX 048-226-5684