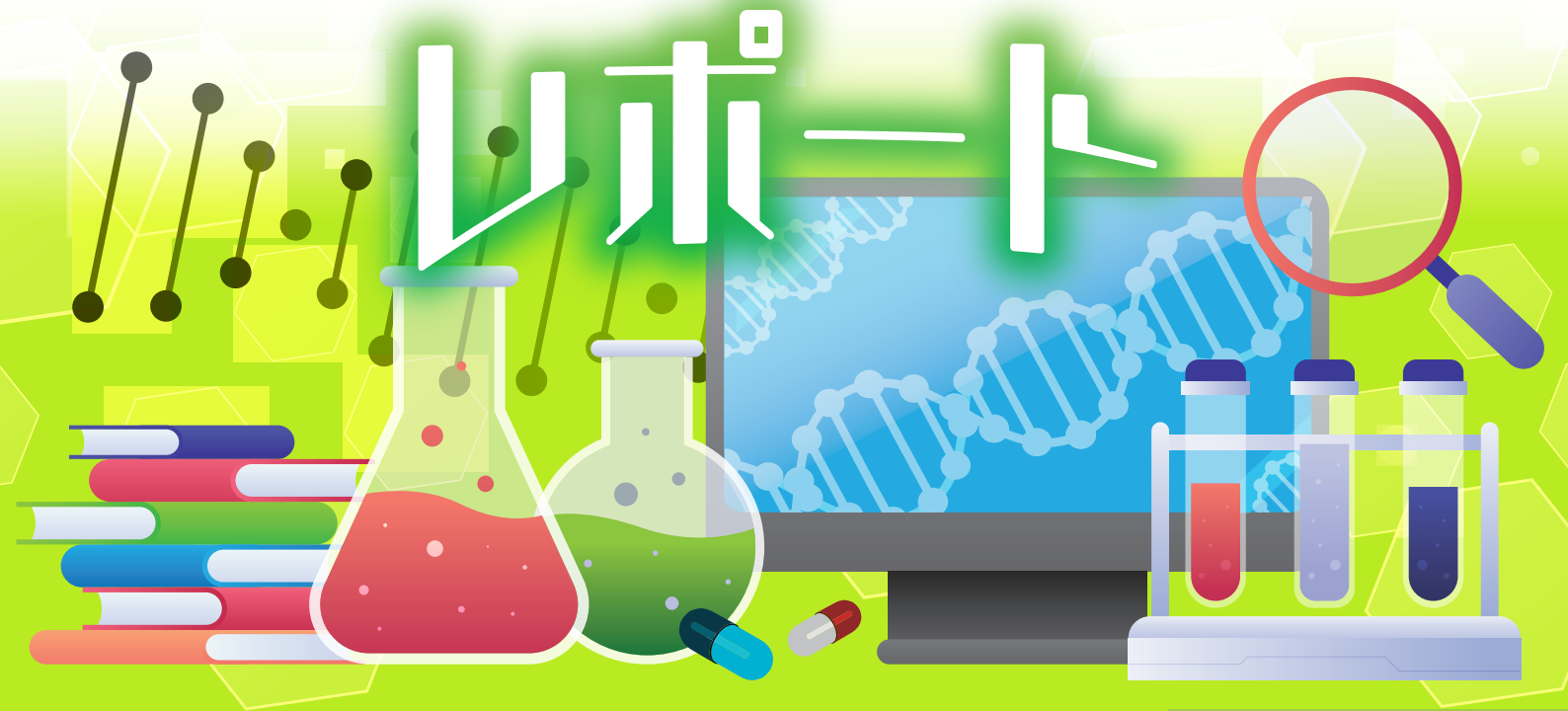




令和7年度 学生自主研究 Student Research Collection



レポート

- P04 全国炭素繊維3D造形プロジェクト
実行委員会秋田支部**
CFRTP3Dプリンターを用いた立体構造物の
成形とシミュレーションによる強度解析
- P07 米津レモン**
寒冷地におけるレモン栽培の実現可能性と
植物生体電位を用いた植物ヘルスマニタリング
- P10 Agri Nova Investigator**
オランダの施設園芸を先行研究とした
Raspberry Piを用いた環境測定機の開発
～夏いちご収穫ロボットハウスにおけるデジタルツイン構想～
- P13 espresso**
セルフビルド可能なサウナキットの開発
- P16 音買コードメイト**
音で「買わずに帰る」を「変える」!?
～音を与える購買意欲の変化について～

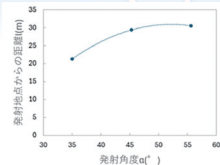
- P19 Pink Reborn**
ヒト乳癌細胞の運動性に及ぼす
神経ペプチドの影響
- P22 豆類で健康に!**
高血圧予防を目指した
豆類ニコチアアミンの最適摂取条件の探索
- P25 ハヤシライス**
砂浜にはどんな微生物が!?
- P28 地域の資源と環境を守り隊**
水利施設点検用ロボットカメラの開発と検証

- P31 S評価グループからのコメント**
学生自主研究とは?
- P32 先輩が語る学生自主研究**

令和7年度 学生自主研究 研究テーマ 一覧

システム科学技術学部 [45件]

研究グループ名	研 究 テ ー マ
ミエナイボクラ	ミエナイボクラの“視”えないモクザイづくり
PICK UP! 04▶06 全国炭素繊維3D造形プロジェクト 実行委員会秋田支部	CFRTP3Dプリンターを用いた立体構造物の成形とシミュレーションによる強度解析
風道会	空気の流れ観察と流速分布解析
MYR Lab	ペットボトルロケットの飛翔距離に及ぼす各種要因の影響
FeelStep Project	没入感のあるVRシューズを作ってみた
メカニカル・バイソンス	Pythonで工作機械を動かせ!
スムーズ・スピナーズ	快適スピン! 人間工学に基づいたコマ設計
Metal Flowers	舞い上がれ、鉄の華!
大塚製作所(COXA)	下半身関節の機構再現を目指した下半身模倣ロボットの開発
K.Y.清掃社	過酷環境清掃が可能な床から天井まで移動可能な機械の開発 その2
雨ニモマケズ、風ニモマケズ	インフラ構造物の高所検査が可能なロボットに関する研究
Jack and the Beanstalk	立ち木の形状の自動計測技術の開発
ロボ探	ロボットの遠隔操作による建物健全性診断
アナハイム電機	電動エコランカー電力効率最適化の研究
高機動汎用ロボット 特殊アーム班	汎用水浸ロボットアームの開発
ドローン配達研究会	ドローン配送の運搬方法の試作とドローンを用いた実機検証
調律ラボ	外付け型全自動ギターチューナーの開発
うちらnaturalメカ	リハビリテーションロボットは輝けるのか
PICK UP! 07▶09 米津レモン	寒冷地におけるレモン栽培の実現可能性と植物生体電位を用いた植物ヘルスマonitoring
Smile Boys	トマト栽培における水分量と植物生体電位を利用したバイタルモニタリング
PICK UP! 10▶12 Agri Nova Investigator	オランダの施設園芸を先行研究としたRaspberry Piを用いた環境測定機の開発～夏いちご収穫ロボットハウスにおけるデジタルツイン構想～
チキンライス	機械学習によるゴミ分別システムの構築
Sensation Frontier	触覚連動VR技術を使ったゲーム開発
Physics Course by Mixed Reality	3DCGを用いた物理教材の作成
マイクロマウス同好会	マイクロマウスを用いたセンサ運用の研究
DEADLINE:0x00	簡易リアルタイムOSの設計と実装
PICK UP! 13▶15 espresso	セルフビルド可能なサウナキットの開発
頭文字K	ボールの映えるデザイン～球技のしやすい理想の体育館とは～
あ。あざり	構造実験による古民家接合部補強手法の探求-鼻柱の材料に着目した接合部補強の検証-
APU Hygee	朝市及び空き家利活用が地域活性化に及ぼす影響に関する研究 -秋田県五城目町「ごじょうめ朝市plus+」を対象に-
株式会社設計事務所	わかりやすい空間のデザイン
ズッ友	音楽を通じて人が集まるまちの空間設計
居心地デザイナー	居心地の良い空間スケールの研究
ブジョ	様々な建物に作用する津波力に関する研究
秋田の窓から	現代住宅における窓と食卓から見る平面構成
材魂スラッガーズ	野球バット材の構造特性を活かした建築構造部材性能に関する研究
建築.com	伝統的な建築方法に着想した新しい構造技術の検討
たけものクラブ	竹材を用いた居住空間の研究
音楽同盟(仮)	音楽と音楽空間における曲調の効果を探る
CLT	中心極限定理について
学バスロケーションシステム開発チーム	運転士による操作を必要としない地方向けバスロケーションシステムの開発II～デジタルサイネージでの提供に向けて～
あきたの星	秋田の新たな観光名所の開発 -大学生による旅行イベントの実践から見える地域課題克服の限界-
拉麺YDR	人気のラーメンに共通するマーケティング要因の分析と商品開発への応用 (秋田県と山形)
PICK UP! 16▶18 音買コードメイト	音で「買わずに帰る」を「変える」!?～音が与える購買意欲の変化について～
お湯も滴るいい男たち?	有名温泉から見る人気要因の分析と温泉施設プロデュースへの活用



発射角度と飛距離の関係



加工の様子



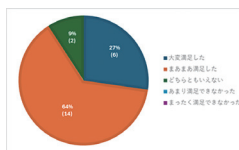
実験で用いたロボット



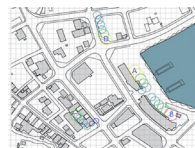
開発した物理教材再現MR



試験体の加工の様子



来場者の「ごじょうめ朝市plus+」に対する満足度



音楽イベント会場の音の拡がり方の図



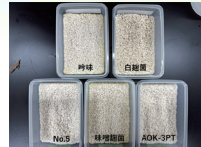
実証の様子



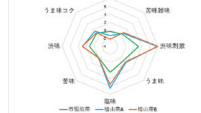
アンケートで使ったラーメンの画像

生物資源科学部 [31件]

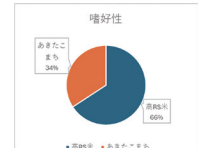
研究グループ名	研 究 テ ー マ
しょうゆラボ	酒粕を用いた調味料の開発
Pink Reborn	ヒト乳癌細胞の運動性に及ぼす神経ペプチドの影響
お米保存隊	炊飯米の季節ごとの保存方法の提案
N.Y.A. Lab	超再生への可能性を探る
つめこめ! まんま秋田	秋田の特産品を活用した秋田独自の米粉レシピの開発
あじわっチャおう	檜山茶のおいしさの可視化
化粧品を研究しよう!	化粧品成分の組み合わせによる活性効果の研究
レッツゴー! 漢方調査隊	生薬からウイルス阻害物質を探そう
ノン・レムさん	アロマによる睡眠への影響について
お米ラボ	高RS米新系統の米粉で血糖値が上がりにくいグルテンフリー食品の作成
PICK UP! 19▶21 豆類で健康に!	高血圧予防を目指した豆類ニコチアナミンの最適摂取条件の探索
発酵と苺を語る会	イチゴと発酵食品の最適な組み合わせの探索
若さ無限大∞ forever life	終わらないシロイヌナズナの謎に迫る
みんなの健康をまもりたイネ!	ミネラル豊富で健康に良いお米の新交配系統を育種しよう。
こま※びべっと	ゲノム編集をしてみよう!
コットン・ラボ	綿花の発芽率向上と、摘心による収量の関係性
コケを集め隊!	特殊環境のコケ
サバとアザラシとフクロウ	海岸付近における二酸化炭素濃度と風・気温・湿度との関係
ホワイトクローバーZ	シロツメクサの成長に関する環境要因を探る
PICK UP! 25▶27 ハヤシライス	砂浜にはどんな微生物が!?
Sou bro	微生物燃料電池における微生物種の違いによる発電量の比較
いのちはめぐる	「ミミズコンポスト」の科学絵本をつくる
PICK UP! 28▶30 地域の資源と環境を守り隊	水利施設点検用ロボットカメラの開発と検証
ダビウムバリバリ増殖チーム	球根類の増殖技術の開発 一組織培養vs挿し木一
がたらぼ	アペリンを投与するタイミングの違いが体重や筋線維型に及ぼす影響について
カモミール調査隊	カモミールで飼料開発
かいこんず	耕作放棄地復活が生き物に与える影響
REVENGE FOR ORNITHOGALUM	田植えの時期に咲く花を夏や冬にも咲かせるための研究
負けるなヘリテージ	ラズベリー新規導入品種の栽培特性を把握し、品種更新の可能性を探る
オオカミについて知り隊	秋田市大森山動物園のホッキョクオオカミの開園期間における日中の行動配分と施設利用
キリン家族	行動観察による秋田市大森山動物園のアミメキリンの異常行動についての検討



5種の種籾面を使用した米麹



味覚センサ各項目のレーダーチャート



食味比較評価の結果



野生型シロイヌナズナの生育状況



収穫した果実



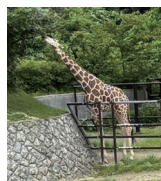
CO₂濃度及び風向・風速の変化



ダビウムの花



結実の状況



アミメキリン ケイタ(5歳)



マークは審査会で優秀な評価を受けたグループです。

令和7年度学生自主研究成果は「秋田県立大学機関リポジトリ」に公開中です。(https://akita-pu.repo.nii.ac.jp/)



REPORT

1 CFRTTP3Dプリンターを用いた立体構造物の成形とシミュレーションによる強度解析

全国炭素繊維3D造形プロジェクト実行委員会秋田支部

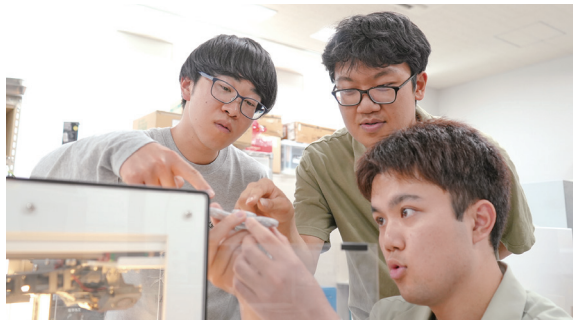
2年 中川 柊太 (京都府／山城高校出身)
平野 太智 (埼玉県／城西大学付属川越高校出身)
1年 橋本 専弥 (秋田県／男鹿工業高校出身)

システム科学技術学部／機械工学科

指導教員 境 英一 教授(機械工学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

私たちは、炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTTP)3Dプリンターを用いて軽量で高剛性な立体構造物を製作することを目的に研究を行いました。そのため、引張試験や曲げ試験によって材料特性を調べるとともに、CADでミニ四駆サイズのボディを設計し、トポロジー最適化による軽量化を検討しました。その結果、炭素繊維の配向方向や積層構成が強度に与える影響を確認し、軽量かつ高剛性な構造を設計することができました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

学生自主研究を通して、CADによる設計、シミュレーション解析、材料試験、3Dプリンターによる造形までの一連の研究プロセスを実践的に学ぶことができました。特に、設計した形状が強度や性能にどのような影響を与えるのかを理解できたことは大きな成果です。また、研究結果を整理し考察する力や、仲間と協力して課題を解決する力も身につけることができ、自身の成長を実感できる貴重な経験となりました。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

学生自主研究は、学生に好奇心と探求心を与えてくれる、いわば生きがいを与える制度だと思います。研究室の先輩たちや先生がしっかりとサポートしてくださるため、自分の興味を持ったことを思う存分研究できます。また、研究したいことが決まっていなくても先輩方や先生と一緒に研究テーマについて考えてくれます。そのため、積極的に自主研究を行うことをおすすめします。みんなも自主研究やろうぜ!!!!



研究内容 環境調和型プラスチック材料の開発と資源循環への貢献

プラスチックは現在、環境問題や資源供給などの観点から懸念の多い材料として認識されていますが、現代社会や産業の発展・維持に欠かせない材料でもあります。私は、プラスチックが抱える課題の解決とさらなる応用を目指し、バイオマス由来高分子や生分解性プラスチックを用いた環境調和型複合材料の開発、成形加工・リサイクル技術の高度化、材料界面制御による強度・耐久性の向上に取り組んでいます。特に、繊維と樹脂の界面、中間層、表面処理などを設計することで、異種材料接合や複合材料の性能向上を図っています。近年は、ナノ・マイクロプラスチックの簡易検出・回収技術や環境中での動態把握、バイオプラスチック複合材料、刺激応答性バイオコンジョットの4Dプリンティングなど、資源循環と機能性材料を結びつける研究を進めています。

高校生へのメッセージ

科学や研究の出発点は、「なぜだろう」と感じる小さな疑問です。身近な材料や環境の問題にも、未来を変えるヒントが隠れています。失敗を恐れず、自分の好奇心を信じて学び続けてください。SNSなんかをみると「研究者」って不幸の代名詞みたいに使われるときがありますが、私は今、楽しいですし、わりと幸せですよ!

1 緒言

近年、F1やエコラン競技などのモータースポーツでは、軽量でかつ高剛性である車体(以下、カウル)がよく使われている。軽量でかつ高剛性であるカウルを製作するためには、複合材料(FRP)である炭素繊維強化プラスチック(CFRP)や炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTTP)が注目されている。CFRTTPは、耐摩耗性や高強度といった機械的特性があり、それに対してCFRTPIは、CFRPと比較すると物性面は劣るがコストが低く再成形しやすいといったメリットがある。そして、3DプリンターによるCFRTTPの自動積層造形技術も発展してきている。そこでCFRTTPと先端製造技術を融合させた設計・製造プロセスを用いて、設計したカウルに対してトポロジー最適化を用いて軽量でかつ高剛性な構造で理想的な骨格構造の検討を行った。また、3Dプリンターで成形したCFRTTPの特性解明を行い、CFRTTPの材料特性と車体構造の最適化について理解することを目的として本自主研究を実施することとした。

本研究では、3Dプリンターで成形したCFRTTPの特性を明らかにするために引張試験、曲げ試験を行う。また、CADによりエコランで使用するカウルを1/10スケールで設計し、トポロジー最適化する。その後、CFRTTP3Dプリンターを用いてボディを成形し、適切な繊維の配向方向や積層順序を模索する。

2 実験方法

2-1 試験片製作

Anisoprint社製のComposerA4(以下、3Dプリンター)を利用してAnisoprint社製のCFC用強化繊維フィラメントCCF1.5Kを強化繊維材料として使用しAnisoprint社製のCFC用マトリック材フィラメントポリアミド樹脂を母材として1方向に炭素繊維を積層して試験片の成形を行った。3Dプリンターで印刷する際は、成形する際に炭素繊維の間隔を狭くするようにした。今回使用した3Dプリンターは炭素繊維と樹脂が混合して成形をするため、印刷をする時に、最外層で樹脂が試験片を取り囲むように成形してしまうことから、樹脂の量を減らして、炭素繊維の密度を上げ、炭素繊維の充填率を高めるための工夫を行った。

2-2 特性評価方法

JIS K7074「炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験法の試験条件」を参考にし、3点曲げ試験を行った。

試験片を2-1節で説明した手法で成形をした。試験片の寸法は100×15×2(mm)として、3Dプリンターで成形した。試験片の炭素繊維の積層構成は試験片の長軸方向を0°として(0°、0°、0°、0°、0°、0°)と(90°、90°、90°、90°、90°、90°)の2種類を用意した。曲げ試験は島津製作所製の卓上形精密万能試験機AGS-X/10kN(以下、曲げ試験機)を用いた。試験条件は試験速度5.0mm/min、支点間距離80mmとし、オートグラフから試験片の荷重と変位のデータを得た。このデータから最大曲げ荷重や荷重-たわみ線図の直線部の勾配を求め、曲げ強さと曲げ弾性率を算出し、3Dプリンターで成形したCFRTTPの曲げに対する材料特性の解明を図った。

次に、JIS K7165「プラスチック引張特性の求め方-第5部:一方向繊維強化プラスチック複合材料の試験条件」を参考にして引張試験を行った。試験片を2-1節で説明した手法で成形をした。試験片の炭素繊維の積層構成は試験片の長軸方向を0°として(0°、0°、0°)と(90°、90°、90°、90°、90°、90°)の2種類を用意した。試験片の寸法は、0°方向を250×15×1(mm)、90°方向を250×25×2(mm)、とした。試験にはINSTRON製INSTRON3382デュアルコラム床置型試験機(以下、引張試験機)を用いた。また、一部試験片に持ち手部分が滑らないようにアルミタブを接着した。引張試験は試験片が破壊するまで実施し、破壊時の荷重を求めた。試験条件は引張速度1.0mm/min、タブ長さ(治具のつかみ部でおおわれる範囲)を50mmとし、試験で得た材料の荷重-伸び線図とクロスヘッド変位のデータから破壊時の応力-ひずみ線図の直線部の勾配を求めヤング率を算出し、3Dプリンターで成形したCFRTTPの引張に対する材料特性の解明を図った。

2-3 トポロジー最適化

SOLIDWORKSの解析ソフトを使い、トポロジー解析を行った。トポロジー解析の条件は先行研究^[1]を参考に最適化条件を設定した。図1にカウルの構造の最適化計算に用いたモデルを示す。寸法は、250mm×61mm×55mmで、実際の1/10スケールになるサイズで設計を行った。また、カウルの材料にはABSを設定し、解析におけるメッシュサイズは1mmとした。車体剛性の荷重条件は車軸の中心点を荷重入力点と設定し、そこに前後力や左右力を4つの組み合わせで与える方法により、車体のねじり変形や曲げ変形などを発生させている。また、ドライバーの乗車箇所に荷重を与えている。この荷重条件は体重70kgのドライバーが乗車していることを想定しているため、1/10スケールとして体重70gの荷重を与えた。また前後力と左右力も同様の荷重がかかっているものとした。

カウルの拘束条件は固定拘束およびローラ/スライダ拘束とし、その設定位置を図2に示す。カウルに作用する前後力や左右力、前後左右からの衝突荷重、およびドライバーの自重については図3に示す。

そして、ドライバーの安全を守るために衝突等の事故を想定した荷重を付与した。荷重条件は、車体およびドライバーを含めた質量0.09gの物体が時速30kmで衝突し、衝突後0.1秒で停止(時速0km)するという条件で荷重を求めた。以下に荷重を求めた際の式を示す。

$$G = \frac{v_1 - v_2}{\Delta t} \times \frac{1}{g} \quad (1)$$

(G : 衝撃値, v_1 : 衝突直前の速度(m/s), v_2 : 衝突後の速度(m/s), Δt : 衝突開始から終了までに要する時間(s), g : 重力加速度(m/s²))

$$F = m \times G \times g \quad (2)$$

(F : 衝撃に係る力, m : 質量)

また、トポロジー最適化の条件として、質量制約は質量削減率70%とし、厚み制御は最小2mmと設定した。

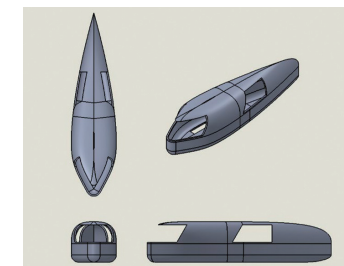


図1 カウルの構造の最適化計算に用いたモデル

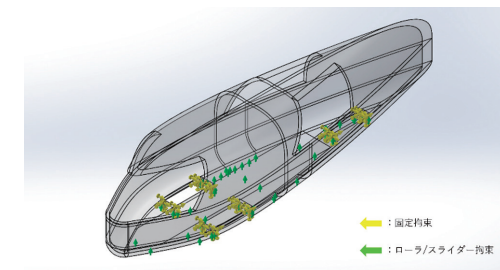


図2 拘束条件の設定位置

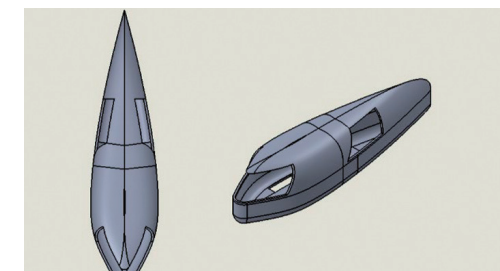


図3 荷重条件の設定位置

3 実験結果

3-1 曲げ試験結果

図4に曲げ強さ、図5に曲げ弾性率を示す。これらの結果より、90°方向よりも0°方向の試験片の方が弾性率は高くなった。また、曲げ強さの数値は、0°方向試験片の方が平均的に高い結果となった。これらのことから弾性率が高いほうが曲げ試験において強度が高くなると分かる。

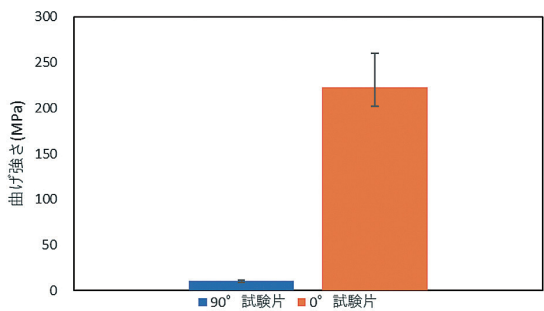


図4 曲げ強さ

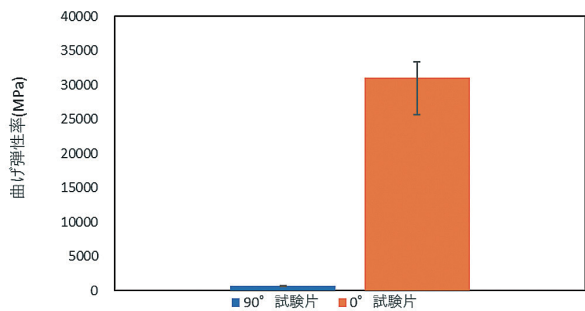


図5 曲げ弾性率

3-2 引張試験結果

図6に引張強さ、図7に破断ひずみを示す。これらの結果より引張試験の場合、0°方向試験片の方が90°方向試験片に比べて引張強さと破断ひずみが大きい結果となった。

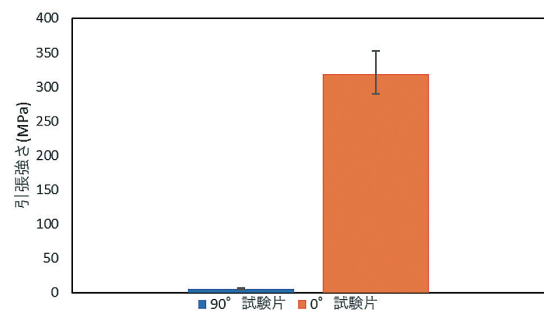


図6 引張強さ

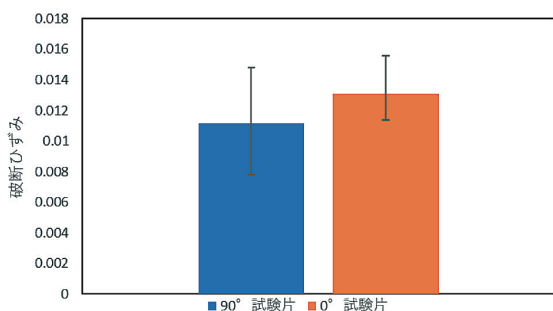


図7 破断ひずみ

3-3 トポロジー解析

次にトポロジー最適化の解析結果を図8、3Dプリンターで成形したボディを図9に示す。

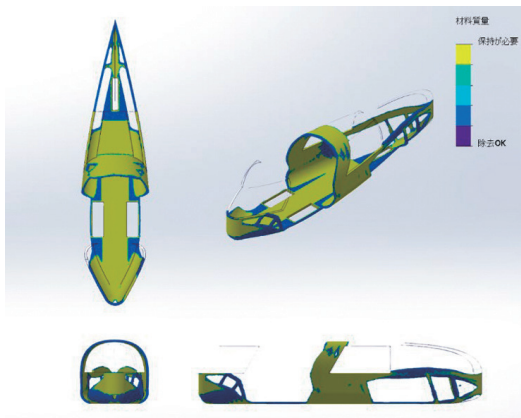


図8 トポロジー最適化の解析結果

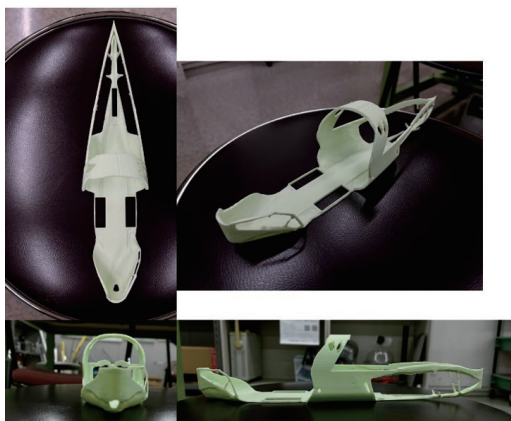


図9 3Dプリンターで成形したボディ

4 考察

曲げ試験では、試験片の上部では圧縮応力、下部では引張応力が働いている。0°方向試験片は90°方向試験片に比べて、弾性率が高く破壊時の荷重の平均値も高いことが分かった。これは、0°方向試験片では、繊維方向と応力の方向が一緒なので繊維が荷重を効率よく負担し90°方向試験片では樹脂や強化繊維でしか応力を負担できないからだと考えられる。またこれらのことから、0°方向の試験片の方が曲げ試験のような力が実際に働いた際に材料本来の力が発揮できると考えられる。

引張試験において0°方向試験片と90°方向試験片の様子を比較すると90°方向試験片の方がきれいな壊れ方をしていることが分かった。このことから0°方向の試験片の場合は試験力の方向と繊維方向が同じであり、繊維が荷重に対して直接負担するためひずみが大きく、90°方向試験片の場合は、試験力の方向と繊維方向が異なり、繊維が荷重を支えきれないため引張強さが小さくなったと考えられる。またこのことから実際に引張試験のような試験力が母材に働いた場合、0°方向試験片の方が材料本来の強度、剛性が発揮できると考えられる。

5 結言

引張試験と曲げ試験の実験結果を通して0°方向の試験片の方が材料本来の強度、剛性が発揮できるということが分かった。



REPORT 2 米津レモン

1年 深澤 響希 (山梨県／巨摩高校出身)
皆川 稜太 (秋田県／横手清陵学院高校出身)
荘司 隼人 (秋田県／由利高校出身)
中井祐太郎 (宮城県／仙台南高校出身)

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

指導教員 古川 大介 助教
(知能メカトロニクス学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

秋田県は冬季に気温が低く日照時間や光量が不足するため、レモン栽培には厳しい環境です。しかし、寒冷地でのレモン栽培が実現すれば、新たな特産品として期待できます。私たちは、植物の生理活動に伴って発生する植物生体電位に着目し、光量変化による応答特性から健康状態(バイタル)を評価しました。結果、低温環境下でも光合成活動の維持と光量による応答特性の違いを確認し、環境制御型レモン栽培への基礎的知見を得ました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

自主研究を通して、植物生体電位の計測技術やデータのノイズ処理、グラフ化の重要性を学びました。実験条件の設定やデータ分析を行う中で、仲間と相談しながら課題を発見し、解決する力を養うことができたと思います。さらに、寒冷地におけるレモン栽培という地域課題を科学的根拠に基づいて考察する重要性を学び、自ら得たデータから植物の状態を評価できたことに大きな達成感を得ることができ、研究意欲が高まりました。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

秋田県立大学の魅力は、1年生から本格的な研究に取り組める環境と、仲間と協力しながら成長できる雰囲気です。講義だけでは学べない部分まで自分の手で確かめられることが楽しく、研究を通して学ぶことの面白さを実感できます。また、先生方や先輩方のサポートが手厚く、わからないことも気軽に相談できる環境が整っています。ぜひ入学したら、自分の興味を形にして、仲間と一緒に新しい発見を楽しんでください！



研究内容

お肌の老化を“見える化”する研究

紫外線を浴びることによって生じる「光老化」は、お肌のコラーゲンやエラスチンが変性または減少し、その結果、皮膚の弾力や剛性が低下し、“シワ”や“たるみ”の原因となります。その他にも、褥瘡(じょくそう)やスキンテア(皮膚が裂ける傷)などの皮膚トラブルも、皮膚内部(真皮)の力学的変化が関与していると考えられています。私たちの研究では、これらの皮膚トラブルの発生メカニズムを明らかにし、将来的にシワ発生リスクの評価法を構築することを目指しています。そのために、“光干渉断層画像法”を用いて、皮膚内部構造を傷つけずに可視化し、さらに皮膚を軽く吸引した際の変形から、皮膚内部の力学的性質を推定する方法を開発しています。この研究によって、シワなどの皮膚トラブルを早期に予測や予防への応用が期待できます。他にも、生産工程で生じる問題に対し、AIを利用した研究にも取り組んでいます。

高校生へのメッセージ

「真剣に取り組めば知恵が生まれ、中途半端では愚痴が、いい加減では言い訳ばかり。」野球の大谷選手は高校時代から武田信玄のこの言葉を胸に、自らの戒めとして今日の偉業を成し遂げたようです。学問や研究も同じです。高校生の皆さん、自己研鑽を重ね、探求心や好奇心を胸に、未来を切り拓く力を磨いてください。

助教 古川 大介

PROFILE
学 位／博士(医工学)
専門分野／生体計測工学

指導教員がきめ細かく研究をサポート

SUPPORT

1 緒言

レモンは、世界的に広く栽培・消費されている主要な果樹の一つであり、ビタミンCや各種機能性成分を豊富に含むことから、食料・加工・医療・化粧品分野など多岐にわたる用途を有している。商業栽培において代表的なレモン品種である、リスボンレモン (Lisbon lemon) は、樹勢が強く、耐風性や収量性に優れ、柑橘類の中では比較的耐寒性がある。しかしながら、依然として低温や霜害に対して脆弱であり、そのため、日本国内では温暖地域を中心に栽培が行われてきた。



図1 “ChatGPT” に雪国レモンの報道記事を読み込ませ生成したAI画像

近年、レモン栽培に適さないとされてきた東北地方 (山形県) において、施設栽培技術の導入や栽培管理技術の高度化により「雪国レモン」の試験的生産 [1] が開始され、従来は困難とされた寒冷地でのレモン栽培が現実味を帯びてきた (図1)。この動向は、環境制御技術の進展によって栽培可能域が拡張しつつあることを示すものであり、寒冷地農業における新たな高付加価値作物としての可能性を示唆している。

本研究では、さらに寒冷条件が厳しい“秋田県”におけるレモン栽培の実現可能性について検討する。秋田県は冬季の積雪および長期間の低温環境を特徴とし、露地での柑橘栽培は極めて困難であることに加え、寒冷地特有の課題として日照時間の短さと曇天や降雪の影響による実効的な日射量が制限される地域である。レモンは光要求の高い果樹であり、十分な日射量は光合成に重要である。そのため、寒冷地における栽培では、日照時間および照射強度の光環境を植物個体の情報をもとに評価し、補光を含めた総合的な生育環境を構築する必要がある。植物は、低温および不足などのストレスにさらされると外観症状が現れるが、症状が現れる以前では植物内部の生理的变化が生じる。このような症状を早期的に把握する手法とし、植物生体電位を用いたヘルスマニタリングが有効であると考える。植物は温度変化や光環境の変動、水分状態などの外部刺激に応答して電位変化を示すことが知られており、これらの生体電位信号は植物体内の情報伝達機構と密接に関係している。生体電位を連続的に計測することで、外観的障害が顕在化する前段階の生理的ストレス応答を非破壊かつリアルタイムに検出できる可能性がある。特に寒冷地環境下では、低温ストレスと光不足ストレスが複合的に作用するため、単一環境要因のみを指標とした管理では植物の状態を十分に把握できない可能性がある。そこで、本研究では日照時間および照射強度の実測データと植物生体電位の変動を統合的に解析し、光環境と植物生理応答との関係性を明らかにすることを目的とする。これにより、光環境の変動がレモンの生育、光合成活性に与える影響について評価し、環境制御型のレモン栽培の実現に向けた基礎的試験を提供することを目的とする。

2 植物生体電位を用いたヘルスマニタリング

2.1 植物生体電位

細胞電位測定は細胞膜を挟んだ電位差を直接計測できるため精度が高いが、侵襲的であり植物体への負担が大きい。これに対し、表面電位測定は非侵襲的に計測可能であり、長時間の連続測定に適している。本研究では、植物への影響を最小限に抑えつつ光応答を評価するため、表面電位測定を用いた。植物の細胞内イオンの移動によって生じる生体電

位は、光合成の光化学反応に伴い動的に変化する。光刺激により葉緑体内でプロトン (H^+) の移動や電子伝達系の活性化が生じ、それに伴うイオンバランスの変化が膜電位変動 (図2) として観測される。本研究で計測する生体電位は、光合成における物理化学的の反応過程と関連しており、電位変化を指標とすることで光合成活動の応答特性 (ヘルスマニタリング) を評価することが可能と考える。

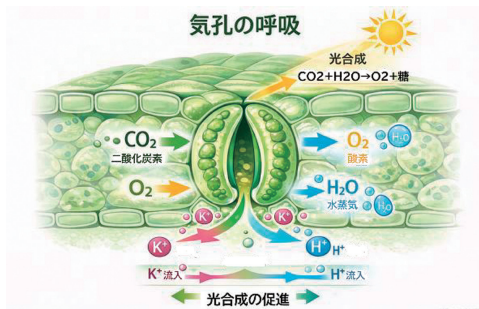


図2 光合成によるイオン移動

2.2 植物ヘルスマニタリング計測システム

植物生体ヘルスマニタリング計測システムを図3に示す。本システムは、植物生体電位センサ、光合成用照明および光電センサから構成される。図のように土壌内部にグランドを設置し、葉面に電極を貼付けている。光合成によって生じる葉面電位は植物生体電位センサに送信される。植物生体電位センサ内部では、差動増幅器により電極間の電位差およびノイズ処理を行い、分圧回路通りローパスフィルタ (10Hz) により高周波ノイズを除去 [3] している。さらに、増幅回路および加算回路 (+2.5V) を通り、0Vから5Vの電圧範囲をArduino UNOのアナログ入力に送信している。Arduinoでは、12bitにてAD変換されUSBを経由しPCにて植物生体電位信号を取得した。また、暗室内は白色の照明を利用し、光量計測にはPAR (Photosynthetically Active Radiation) メータ (VBR-100-PAR, vabira, Shenzhen Depowersupply Electrical Co.,Ltd) を使用し、Bluetooth接続しスマートフォンによるモニタを行い、照明の切り替え信号として、光電素子 (CdSセンサ) により取得した。各センサの信号は、サンプリング周波数5 Hz (サンプリング時間0.2sec) にて取得した。

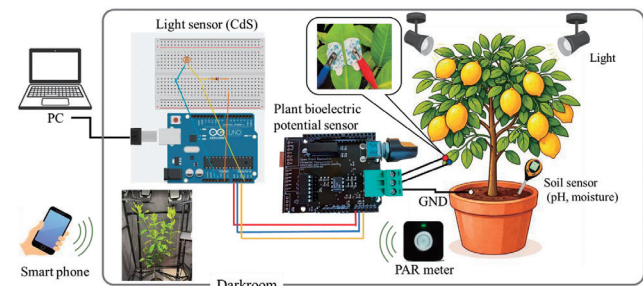


図3 植物ヘルスマニタリング計測システム

2.3 植物育成と実験方法

寒冷条件下におけるレモン栽培の実現可能性を検討するため、寒さに強いリスボンレモン苗木 (3年) を計測対象に用いた。レモンの生育環境を考慮し、土壌は水はけに優れた培養土を使用し、根腐れ防止と排水管理を行った。植物の光育成環境には、PARメータ (Photosynthetically Active Radiation: PAR) を用い、光合成光量子密度 (PPFD) を参考に設置場所の選定を行った。その結果、夏季では日中の光合成光量子密度 (PPFD) が光量水準を大幅に超えたため、屋外環境下で過度な光ストレスおよび葉焼け防ぎ、直射日光を緩和した日陰条件となる場所にて育成した。一方、冬季では降雪の影響により葉面に雪が積もるため、室内かつ日当たりの良い場所 (秋田県由利本荘市の冬季における自然光条件に近い光環境) に移動し、学内の室温にて育成した。給水量に関し、夏季では、土壌の乾燥を確認し、日ごとに給水を実施し、冬季には給水頻度を抑え、土壌水分状態に応じて適宜調整した。

本研究では、光環境と植物健康状態との関連を明らかにし、日照時間が短く秋冬期に曇天が多い秋田県域におけるレモン栽培の実現性を検討することを目的としている。このため、温度条件は比較的自然な温度環境下かつ外的加温を実施せずに育成した。植物健康状態を評価する植物生体電位計測は、秋期から冬期にかけ実測を行った。さらに、光強度と植物健康状態との関連性について検討するため、暗室内にて光強度を3パターン (PAR値: 12.9, 77.9, 153 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) に設定し、照明の消灯点灯にて10分間ごとに繰り返し、植物生体電位の応答特性から植物健康状態を評価した。なお、暗室内に暗闇状態で約15分間静置後に、計測を実施した。

3 実験結果および考察

表1に示す計測環境において植物生体電位に計測実験を行った。結果の一例を図4に示す。図4 (a) - (c) は、照射光強度が低強度から高強度へと変化させた植物生体電位であり、同時に示す矩形波は、照明の消灯点灯を示す。図4 (a) では、点灯と同時に緩やかに植物生体電位が緩やかに減少し、その後、上昇へ転じる傾向が確認できる。照射強度を高くすると、植物生体電位の減少・上昇傾向の時間が短縮されていくことが分かる。この生体電位の初期減少は、光合成の反応開始に伴い、細胞膜においてイオンが移動による膜電位変化に起因すると考えられる。光照射が継続することでイオン移動が定常状態に達し、細胞内外のイオン濃度勾配が再調整される結果、生体電位は回復・上昇傾向を示す。さらに、照射光強度を高くすることで光化学反応速度が増加し、電位変化に要する時間が短縮される傾向が観察されたと考える。これらの結果は、植物生体電位の応答が光合成活性の動態と密接に関連しており、生体電位の測定が光合成機能の非破壊評価指標として有用であることが示唆される。

以上より、日照時間および日照強度の低い地域においても、適切な栽培条件を設定すればレモンの光合成活性を維持し、成長や果実生産が可能であることを示す重要な知見であると成り得る。なお、冬季では建物内にてレモンの苗木を育成した。最低室温は3度程度であったが、低温環境下においても、光合成活動の維持を確認出来た。これは、耐寒性が低いとされるレモン栽培において、寒冷地栽培における冬季の生育管理に新しい指標を提供できると考える。

4 結言

本研究では、冬季における曇天や照射強度が低下する寒冷地における、レモン栽培の可能性を評価するため、照射強度と植物生体電位から光合成活性に与える影響について評価、環境制御型のレモン栽培の実現に向けた基礎的試験データを提供することを目的とした。

植物生体電位の計測実験にて、照射光強度を低・中・高と変化させ光合成活性の応答を連続かつ非破壊的に観察した。その結果、照射光の点灯直後には生体電位が一時的に減少し、その後回復・上昇する傾向が確認され、照射強度が高い条件ほど電位応答に要する時間が短縮されることが明らかとなった。これにより、植物生体電位の測定が、外観症状が現れる前段階での生理的ストレス応答を捉え、光環境による光合成活性の変動を評価するための有効なヘルスマニタリング手法であることがわかった。さらに、この手法を用いることで、寒冷地においても適切な光環境や補光条件の設定を含めた環境制御型レモン栽培の実現に向けた管理戦略の基礎情報を得ることが可能である。

表1 計測環境

パラメータ	弱光 (a)			中光 (b)			強光 (c)		
光量 (PAR)	15 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$			79.3 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$			160 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$		
	R:5.0	G:7.3	B:2.8	R:23.2	G:36.4	B:19.7	R:46.1	G:73.4	B:40.5
気温	13.6 $^{\circ}\text{C}$			12.5 $^{\circ}\text{C}$			12.7 $^{\circ}\text{C}$		
湿度	48 %			53 %			55 %		
土壌温度	11 $^{\circ}\text{C}$			11 $^{\circ}\text{C}$			11 $^{\circ}\text{C}$		
土壌酸度 pH	7.0			7.0			7.0		
土壌水分量	DAY (5~10%)			DAY (5~10%)			DAY (5~10%)		

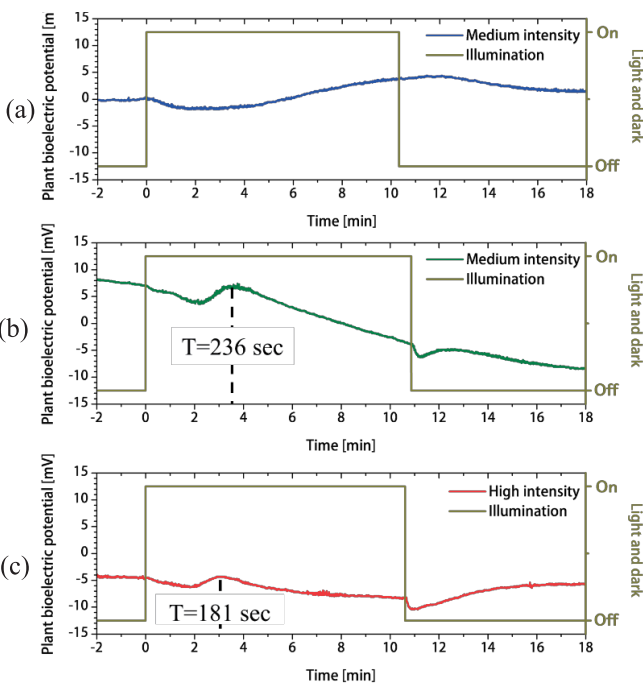


図4 光強度変化による植物生体電位の応答

(a) 低強度 $15\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, (b) 中強度 $79.3\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, (c) 高強度 $160\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

参考文献

1. 読売新聞オンライン, <https://www.yomiuri.co.jp/local/yamagata/news/20260127-GYTNT00174/>, 2026.1.28
2. 大藪多可志, 勝部昭明 “植物生体電位とコミュニケーション”, 海文堂出版, (2009), ISBN 4303710326
3. 西田騎夕, “植物生体電位を測ろう!”, 植物生体電位測定をオープンにするプロジェクト, (2022), 電子版v1.1

補足

レモンの苗木の育成状況について以下に記す。
令和7年6月中旬: レモン (3年生) 苗木を購入
令和8年2月25日: つぼみを確認
令和8年3月15日: 開花



REPORT

3

オランダの施設園芸を先行研究とした Raspberry Piを用いた環境測定機の開発 ～夏いちご収穫ロボットハウスにおけるデジタルツイン構想～

AgriNova Investigator

1年 川上 洸世 (秋田県／大館国際情報学院高校出身)

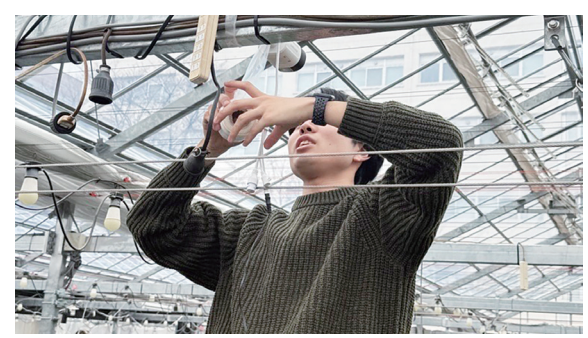
システム科学技術学部／情報工学科

指導教員 森田 純恵 教授(情報工学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

オランダの施設園芸を参考に、Raspberry Piを用いた環境測定機を開発し、夏いちご収穫ロボットハウスのデジタルツイン構想を修得しました。先行研究でオランダの植物工場の高度な環境制御技術とデータ活用の有効性を確認し、東京ビッグサイトで開催されたアグリビジネス創出フェアや宇都宮大学の圃場でのフィールドワークで無線通信環境、画像認識、環境センシングの現状と課題を把握しました。

Raspberry Piを用いた環境測定機を開発し、デジタルツイン構想の基盤として組み込みました。今後はデータ一元管理とAI活用が期待されるとともに、データ連携基盤の統合と実証評価が課題となると考えます。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

研究費がもらえるため自分の興味のある研究を行うことや実際に現地へ足を運び実情について学ぶことができます。1・2年生のうちから、研究室の専門的な実験装置や機材、実験スペースを使わせてもらえます。1人で研究するのではなく指導教員の先生や先輩がしっかりアドバイスをくれます。その過程で3、4年生や大学院の先輩とも関わりを持つことができたり研究室に入ることができたりします。最後の報告書を作成するときに卒業研究でも必要となる論文の書き方を学ぶことができます。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

秋田県立大学は、1年生の枠にとらわれず、自分の興味のあることに挑戦させてくれる大学です。充実した予算や手厚いサポート環境が整っているため自分の夢を応援してくれます。ぜひ県大で、自分だけの研究に挑戦してみてください！



情報工学科

教授 森田 純恵

PROFILE

学位 一位／博士(経営情報学)
専門分野 システムデザイン

指導教員がきめ細かく研究をサポート
SUPPORT

研究内容 AI・ロボットと情報技術で未来のスマート農業をデザインする

私の研究室では、「人とAI・ロボットが協力する地域DX」をテーマに、ソフトウェア工学を基盤としてスマート農業や地域防災、見守りシステムなどの研究を進めています。現在は、NTTアグリテクノロジーや宇都宮大学との共同研究や地域のIT企業とともに、いちご収穫ロボットやハウス全体をデジタル化する「デジタルツイン」の研究に取り組んでいます。ロボットだけでなく、センサー、通信、AI、クラウドを連携させることで、農作業の省力化や品質向上を目指しています。また、学生は実際の農場や企業を訪問し、現場の課題を調査しながら、自らプログラムやIoT機器を開発します。社会の課題を情報技術で解決するためには、AIだけでなく、人と協調するシステム全体を設計する視点が重要です。地域の未来を支える新しいスマート農業を、学生と一緒に創り上げています。

高校生へのメッセージ

情報工学は、パソコンの中だけで完結する学問ではありません。AIやロボット、ドローン、IoTを活用し、農業や医療、防災など社会の課題を解決します。高校で専門知識がなくても大丈夫。「なぜだろう」「もっと便利にできないかな」という好奇心が研究の第一歩です。ぜひ秋田県立大学で、未来社会と一緒にデザインしていきましょう。

1 要旨

本研究では、NTTアグリテクノロジーおよび宇都宮大学が進めるいちご収穫ロボット実証研究を参考に、ハウス栽培におけるデジタルツイン構想と環境測定機の開発を行った。先行研究としてオランダの施設園芸および植物工場の事例を調査し、高度な環境制御技術とデータ活用の有効性を整理した。さらに、潟上市および宇都宮大学の圃場におけるフィールドワークを通じて、無線通信環境、画像認識、環境センシングの現状と課題を確認した。その上で、Raspberry Piを用いた温湿度等の環境測定機を試し、ハウス内の物理環境データを取得する仕組みを設計した。本研究を通じて、いちご収穫ロボットと環境情報を統合するデジタルツイン実現に向けた基礎的知見を得ることができた。今後はデータ連携基盤の統合と実証評価が課題である。

2 研究の背景と目的

近年、農業人口の減少・高齢化という社会課題に対して、高校時代より、海外を含む「スマート農業」に興味をもっていた。本自主研究の目的は、ハウス栽培における環境制御の仕組み(いちごハウスやオランダのスマート農業)の現状を調査し、農家の負担を削減するためのハウス全体にサイバー・フィジカル・システム(CPS)適用のためのデジタルツインシステムを構想し、その課題を明らかにすることである。

3 リサーチクエスションと研究方法

当システムデザイン研究室がNTTアグリテクノロジー、宇都宮大学と共同研究をしている潟上、及び、宇都宮大学の圃場で進めているいちご収穫ロボットに関する農林水産省関連事業[1]において、ハウス全体にCPS適用構想があるものの、その具体化は事業のスコープには入っていないことがわかった。そこで、本自主研究のリサーチクエスションでは、「サイバー・フィジカル・システムの仕組みをハウス栽培に利用できないか」と設定し、そのデジタルツイン構想を具体化するとともに、自らは環境測定機器の開発を行う。

4 先行研究

先行研究では、以下の2本を調査した。オランダは自然光を用いた植物工場のモデルを世界に普及させている。世界に普及させることでそれぞれの気候で発生する課題を取得しそのモデルを改良し続けてきた。しかしながら、以下に示す調査結果より、秋田県でこれらを導入するにあたっては、デジタル化の浸透においてコスト・知見ともに課題があることも判った。

- ①紺野登(2012年)、『幸せな小国オランダの智慧 災害にも負けないイノベーション社会』[2]
- ②NPO植物工場研究会(2013年)、『太陽光型植物工場の現状と将来』[3]

オランダの植物工場では、大型ガラス温室施設で高い生産技術を活用して計画生産を行っている。世界の自然光植物工場(spf:Solar light type Plant Factory)で使用されるコンピュータソフトウェアのほとんどはオランダ製である。1975年あたりに開発され、改良が続けられてきた。植物工場の経営と運用には環境制御・経営管理の面できわめて複雑なソフトウェアが求められ、現段階ではオランダが抜き出ている。オランダ企業はインターネットを通じて世界の植物工場からのデータを収集・解析し、ソフトウェアを改良しつづけているのがさがる強みとなっている。オランダは、農業輸出額世界2位(1位は、アメリカ)を維持している。その成功要因は、①利益がでる作物への集中、②技術開発重視の農業政策、③ICTを駆使して生育環境を整える技術力、④市場原理に則った支援体制の4つといわれている。

5 調査したこと(フィールドワーク)

いちご栽培ハウスの現状調査のため、潟上のハウスと宇都宮大学を訪ねて行った実験の内容を以下に紹介する。

5.1 2025年10月 潟上の圃場における無線環境調査

以下に測定結果を示すが圃場における4棟のハウス内の無線環境は、ルーターからの距離に比例して、条件が悪くなる。これはロボット導入に当たっては極めて危機的な課題であるため、ロボット自体とあわせた対策が効果的として、検討をすることとした。図1のその測定維時の様子を示す。

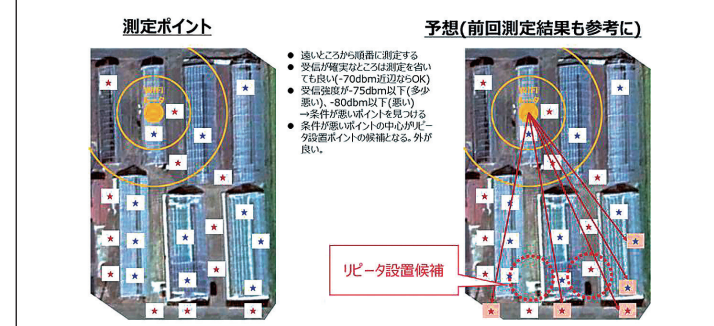


図1 潟上の圃場における無線環境調査

5.2 2026年3月 宇都宮大学における環境調査

宇都宮大学の圃場においては、フィジカルな領域ではいちご収穫ロボット本体にハウス内を走行するためにMAP情報が蓄積されていたり、いちごを認識するための画像認識カメラ、収穫ハンドが取り付けられていたりする。また、環境測定のための装置も設置されている。

一方、サイバー上では画像判定モデル、Raspberry Piからの気温や湿度などの環境データ、機械からの光量をセンサー情報結合に送っている。また、AIを使い画像判定モデルを作り収穫するいちごそうではないものを区別するためのものがある。この2つをRaspberry Pi Connectによりデータベースから相互に接続されている。サーバーは、宇都宮大学独自のものを使っているため、本学の研究と連携するためにもこれらを統合するためには、課題がある。

そこで、今回の自主研究では、このフィジカルとサイバーを結合する手段としてのシステムデザインで構築中のものにならって「ハウス栽培」向けのデジタルツイン構想を検討した。図2に「いちご収穫ロボットシステム構成図」を示す。図2に緑色で示した環境測定を今回の自主研究で設計した。詳細は、5節に示す。

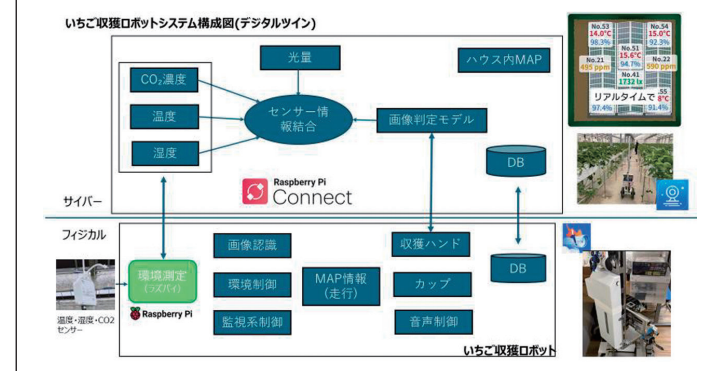


図2 いちご収穫ロボットシステム構成図(デジタルツイン)

また、この訪問時には、いちご収穫の状況を監視するため、市販の防犯カメラであるEsee Cloudカメラを圃場に設置してきた。図3は、その設置時の写真と画像をカメラアプリから見たものである。ここにもこのカメラ画像とそれ以外の情報が連携できないという課題がある。



図3 Esee Cloud カメラの圃場設置と監視画像

Raspberry Piを用いた環境測定機の開発

プログラミングのスキル習得を目的に今回の自主研究では図4に示す「環境測定」(ラズパイ)のモジュールをシングルボードコンピュータであるRaspberry Piを用いて設計した。以下が手順。開発環境を表1に示し、図5に設計した環境測定結果を示す。

- ① Raspberry Pi Zero2 Wを購入しセットアップ
- ② 専用の書き込みソフトからRaspberry Pi OSをマイクロSDカードにインストール
- ③ Raspberry Piに挿入してPCへ接続。SSH接続を行いログイン
- ④ プログラミング要件：環境センサーからの取得データを入力とし温度、湿度、気圧を10秒ごとに接続

表1 開発環境

Raspberry Pi	Raspberry Pi Zero 2 W
言語	Java

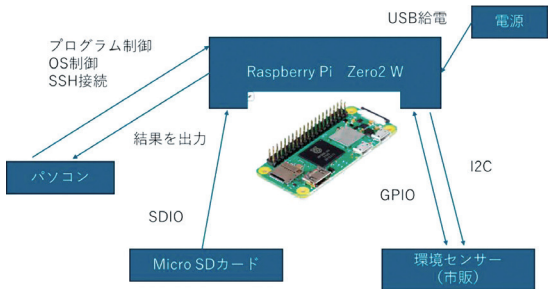


図4 環境測定機のシステム構成図

```
[kawakamikousei@kawakamikousei:~ $ python3 ~/share/sensor_logger.py  
【計測開始】通信エラーが起きても自動でリトライします  
記録OK: 2026/03/28 16:23:24, 温度:21.5C, 湿度:34.3%, 気圧:994.1hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:23:34, 温度:21.4C, 湿度:34.1%, 気圧:994.1hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:23:44, 温度:21.3C, 湿度:34.4%, 気圧:994.1hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:23:54, 温度:21.3C, 湿度:34.6%, 気圧:994.1hPa
```

リビングで計測したデータ

```
kawakamikousei@kawakamikousei:~ $ python3 ~/share/sensor_logger.py  
【計測開始】通信エラーが起きても自動でリトライします  
記録OK: 2026/03/28 16:17:29, 温度:23.8C, 湿度:43.9%, 気圧:993.7hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:17:39, 温度:25.1C, 湿度:35.8%, 気圧:993.8hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:17:49, 温度:24.9C, 湿度:31.1%, 気圧:993.8hPa  
記録OK: 2026/03/28 16:17:59, 温度:24.7C, 湿度:30.7%, 気圧:993.7hPa
```

自宅で取得したデータ

図5 測定結果

考 察

本研究を通じて、いちご収穫ロボットの導入にはロボット本体の性能だけでなく、ハウス全体の通信環境、環境センシング、画像認識、データ連携基盤を含めたシステム全体設計が重要であることが明らかになった。特に、潟上圃場で確認された無線環境の不安定さは、ロボットの遠隔監視やデータ取得に大きく影響する課題である。また、宇都宮大学圃場では各種センサーや画像データが活用されている一方で、システム間の統合には課題が残されていた。今回試作したRaspberry Piによる環境測定機は、物理空間の状態をデジタル空間へ反映する第一歩であり、デジタルツイン構想の基盤として有効であると考えられる。今後は取得データの一元管理とAIによる生育・収穫支援への応用が期待される。

参考文献

- [1] 農林水産省、令和6年度～令和8年度、「次世代スマート農業技術の開発・改良・実用化—イチゴ収穫ロボット×スマートハウスによるロボット普及モデル実証」、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター(BRAIN)。
- [2] 紺野登、(2012年)、『幸せな小国オランダの智慧 災害にも負けないイノベーション社会』(PHP新書)新書,PHP研究所。
- [3] NPO植物工場研究会(2013年)、『太陽光型植物工場の現状と将来』<https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/107541/kozai-2013-3.pdf>(最終閲覧日:2026.3.31)



espresso

2年 伊藤 仁 (秋田県/由利高校出身)
中村 珠風 (岩手県/盛岡北高校出身)
阿部 悠世 (岩手県/水沢高校出身)
飯濱 成希 (新潟県/国際情報高校出身)
佐藤 陽斗 (岩手県/黒沢尻北高校出身)
篠原慶太郎 (栃木県/矢板東高校出身)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

私たちは、木材の新しい使い方を考え、近年人気が高まっているサウナに注目しました。そこで、誰でも気軽に利用でき、好きな場所へ持ち運べるサウナを制作しました。材料には秋田県でも身近なスギ材を使用し、軽くて運びやすいだけでなく、高い断熱性によって快適なサウナ空間を実現しています。木の温もりを感じながら自然の中でも楽しめる、新しい木造建築の可能性を提案しています。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

この研究を通して感じたのは、「まずはやってみること」の大切さです。最初は実現できるか分からなかったサウナづくりも、試行錯誤を重ねることで形にすることができました。高校生の皆さんにも、興味を持ったことに積極的に挑戦し、自分のアイデアを形にする楽しさを味わってほしいと思います。

システム科学技術学部 建築環境システム学科

指導教員 板垣 直行 教授
(建築環境システム学科)

Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

この自主研究を通して、木材の特性や建築材料としての可能性について深く学ぶことができました。また、断熱性や軽量性などの性能を考慮しながら設計を進めることで、建築における材料選択の重要性を実感しました。さらに、アイデアを形にする過程で、課題を発見し改善する力や、チームで協力してものづくりを行う力を身に付けることができました。自分たちの考えたサウナが実際に形となり、木材の新たな活用方法を提案できたことが大きな成果でした。



研究内容 秋田スギを活用した新たな建築部材・構法の開発

秋田は全国に知られるスギの産地で、人工林面積も日本一です。しかしながらその豊かな資源が活用されず、森林が更新されない状況にあります。森林は木材を供給する以外にも多くの役割を担っています。近年では地球温暖化を抑制するために、森林の炭素吸収が注目されていますが、それを促進するためには、成長した樹木を建築などに利用して長年に炭素を固定すると共に、新たな森林を育てていく必要があります。スギの用途拡大を図るために、新たな建築部材や構法の開発に取り組んでいますが、スギは密度が低いことから木材の中でも断熱性に優れています。また軽いため持ち運びや施工性に優れています。今回はそれらの性質を活かして、セルフビルド可能なサウナキットの開発に取り組みました。スギ材の性質を活かして、建築をはじめ様々な活用方法を開発していきたいと思っています。

高校生へのメッセージ

皆さんは日々の勉強で様々な科学の知識を身に付けていると思いますが、その知識を活かすには“知恵”を働かせて“技術”を生み出す必要があります。またそのためには、その原動力となる“熱意”が重要です。より良い社会の実現のために、様々な知識や経験を総動員して知恵を絞り、課題を解決していく研究者になってほしいと思います。



建築環境システム学科

教授 板垣 直行

PROFILE

学 位/博士(工学)
専門分野/建築材料学

指導教員がきめ細かく研究をサポート

SUPPORT

1 はじめに

昨年度の取り組みにおいて、木材は自然素材でありながら多様な特性を持ち、用途によって適切な材料を選択することが重要であることを理解した。また近年では、環境負荷の低い材料として木材利用が注目されており、地域材を活用した木材製品や木造建築が普及し、木材の需要は高まっている。

こうした背景を踏まえ、昨年、様々な木材についての調査を行い、樹種ごとの強度や耐久性、断熱性、調湿性などの性能の違いについて学んだ成果を活かし、木材の特性を存分に活用したプロダクトとしてサウナキットの制作を行うこととした。サウナ空間は高温かつ湿度の高い環境となるため、熱を伝えにくい性質や調湿性、耐久性を持つ木材が適している。また、木材の香りや質感はリラックス効果を高め、空間の快適性にも大きく寄与する要素である。

制作にあたっては、材料自体は同一の木材を用いるが、接合方法や構造の組み方、部材の寸法などによって、強度や使い心地は大きく変化する。そのため、材料だけでなく、これらの要素にも注目しながらサウナキットの構成を検討した。本制作を通して、これまでの調査で得た木材

の知識を実際のものづくりに応用し、材料の特性を活かした空間づくりについて考察を深めていくことを目的とした。

2 サウナキット制作

まず既存のサウナの事例やサウナに求められる要素について、建築雑誌や資料1、2)を用いて調査し、温熱環境や空間構成、必要な機能などを整理した。これらの情報をもとに、実際に使用する際の快適性や施工性を考慮しながらサウナの寸法計画を行い、平面図や断面図、立面図の製図をした。当初は四角形の形状も想定していたが、部材の分割方法、各部材の重量、および接合方法について検討した結果、六角形の形状が合理的であったため採用した。また、昨年の研究内容である「木材の性質を活かした建築利用」で得られた成果を踏まえて、パネルの重量を軽くすること、断熱性を高めるという点で、密度の低いスギ材を用いることとした。

次に、CADを利用して空間の容量等を確認し、持ち運びが簡単にできるようにするために実際に必要となる部材の寸法、部材の分割、接合方法の検討をした。セルフビルドが簡単にできるように、重量、寸法を考えて部材を分割してパーツを作ることにした。パーツは図1のように、妻側

の壁を2つ、または3つに分割し、平側の壁をそれぞれ2つの計4つ、屋根、床のパーツが1つずつの計11のパーツにし、それぞれのパーツをボルトでとめられるようにした。各パーツのパネルの木材同士の接合は、昨年度の研究を踏まえ、サウナによる温度・湿度による寸法変化(湿潤膨張、乾燥収縮)に対応できるように、図2に示す「実継ぎ」をしている。サウナキットの制作の様子を図3～図12に示す。

3 サウナの使用

サウナの扉は気密性を高めるために、内側から鍵をかけられるようにした。サウナヒーターで加熱し始めて20分ほどで室内温度が50℃付近に達したが、50℃よりも温度が上がらなかった。これはサウナヒーターの容量の問題と、組み立てた際のパーツ同士の隙間などであまり気密性が高くなかったためと考えられる。50℃程度であると、ドライサウナとして使用するのでは温度が低すぎるが、使用者がサウナストーンに水をかけ続けてスチームサウナとして使用することでサウナとして満足して入ることができた。

図13に使用時のサウナ室内と外気の温・湿度の推移を示す。室内温度は50℃前後で推移しているが、1時間経過後からサウナストーンに水を掛けて蒸気が発生させたところ、湿度が20%程度まで上昇し、サウナとして十分に汗をかける状態になっていた。このことからサウナストーンに水を掛けることで室内の湿度を上げて、適度に調整できることが分かった。

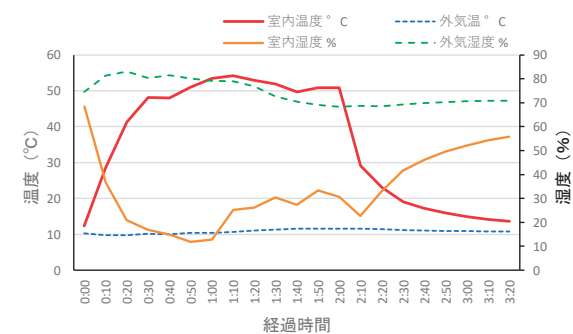


図13 サウナの温・湿度の推移

4 まとめ

木材を用いたセルフビルド可能なサウナキットの製作を行った。その結果2～3人で約20分程度で組立が可能だった。また、パーツごとにわけ、構造を分割構造とすることで、全部を重ねても50cmぐらいに収まるため、軽トラックの荷台に収まり、簡単に持ち運びができる。縦2m、横幅が1.5m以上確保できるスペースがあれば、キャンプ場や自宅でもサウナを楽しむことができる。

使用感としては、温度が20分ほどで室内温度が50℃付近に達するものの、50℃よりも上がることがないため、ドライサウナとして使用するのではなく、使用者がサウナストーンに水をかけてスチームサウナとして使用することでサウナとして満足して入ることができる。

以上から、スギ材の軽さや断熱性を活かすことにより、実用可能なサウナキットを提案することができた。また実継ぎなどの加工を用いることにより、木材の温湿度による乾燥収縮や湿潤膨張に対しても、問題なく使用できることが分かった。今後、このようなスギ材の特性を活かした木材利用がさらに増え、地域のスギ材が利用拡大していくことを期待したい。

謝 辞

本研究で使用した木材は日本森林林業振興会秋田支部より提供頂いたスギ材を使用致しました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 手作りサウナ大全, ONE PUBLISHING MOOK, 2025
- 2) 保存版! サウナ大特集“ととのえる”ための空間デザイン, 商店建築 2023年9月号, 2023

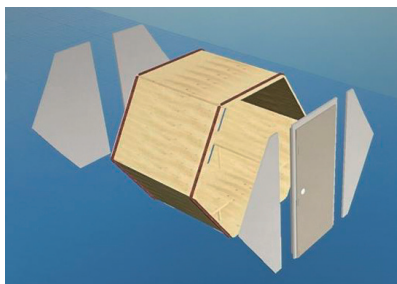


図1 サウナのパーツの構成



図2 各パネル板の実継(雇い実)

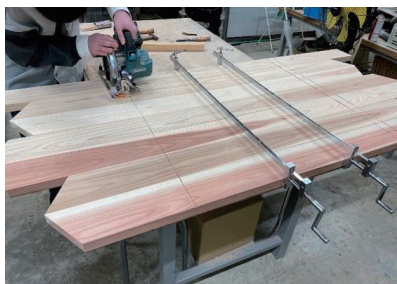


図3 各パネル板への溝加工

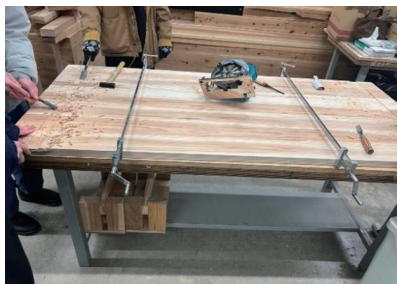


図4 溝部分を鑿で欠き落とす



図5 溝部分へつなぎ材を留め付ける



図6 パネルの枠材の取り付け



図7 妻側の壁の取り付け

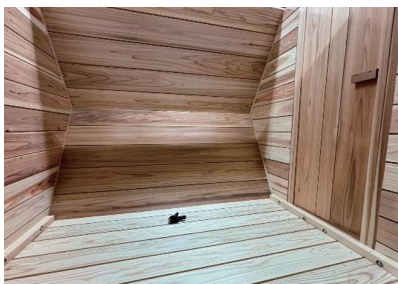


図8 壁が付いた内部の様子



図9 屋根パネルがついて完成

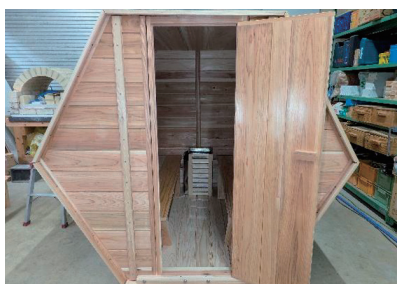


図10 扉を開けた様子

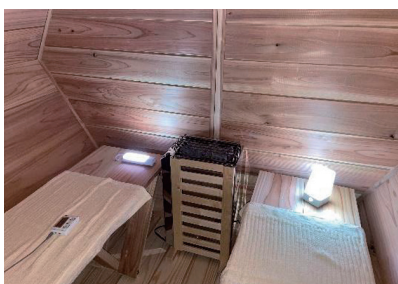
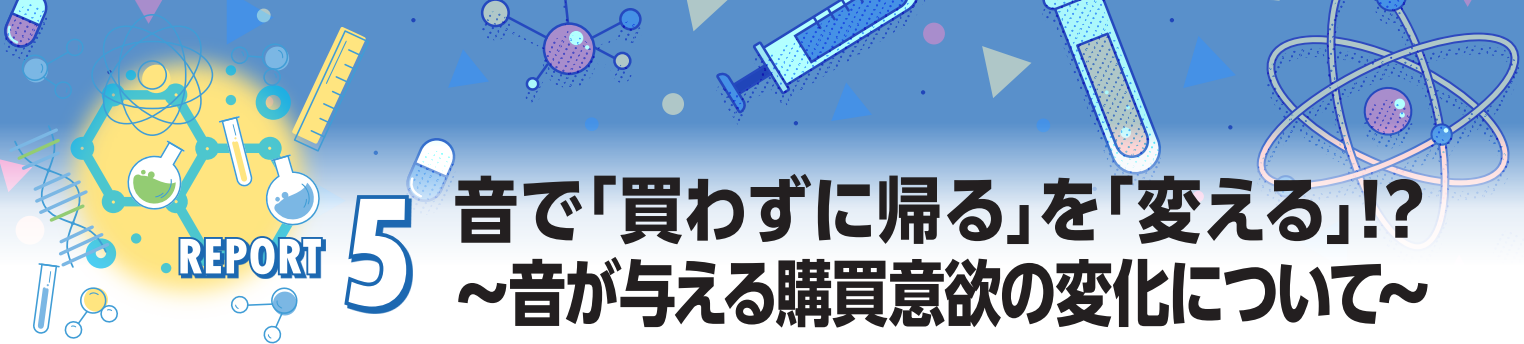


図11 使用時の様子



図12 パーツを重ねた状態



REPORT

5

音で「買わずに帰る」を「変える」!? ～音を与える購買意欲の変化について～

音質コードメイト

1年 石島 優菜 (青森県／八戸北高校出身)
尾崎 千乃 (青森県／八戸北高校出身)
熊田 光桜 (秋田県／由利高校出身)

1年 大野 咲良 (秋田県／大曲高校出身)
工藤 栞 (秋田県／秋田南高校出身)
杉内 佑理 (岩手県／花巻北高校出身)

指導教員 嶋崎 真仁 教授
(経営システム工学科)

システム科学技術学部／経営システム工学科

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

私たちが趣味とする音楽と経営の要素を掛け合わせて音楽が購買意欲にどう影響を与えるかについて考え、また、店内BGMで流す音楽と心地よさの関係性を主なテーマとして研究しました。学内にてアンケートの実施と解析ソフトHADを用いた解析を行い、他にも地元企業の方々にご協力いただいて解析用のデータ収集を行いました。結果として、高音域で落ち着いたテンポの曲が心地よさを生むという結論を導き出すことができました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

経営に必要な能力である分析能力を育めたり、大好きな音楽の知識に触れられたりしたのは良かった点です。それだけでなく、地元企業でのデータ収集を行う際に音楽を流す装置のプログラミングをしたり、企業見学でプレゼンを行ったりと広範囲に及ぶ活動ができてとても楽しかったです。また、手探りの中でも一つ一つ段階を踏んで思考して、試行をするという粘り強さもついたのではないかと思います。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

本大学ではやりたい、知りたいといった気持ちに寄り添ってくれる先生方やシステムがたくさん待っています。中でも学生自主研究は学びの意欲を十分に満たすことができる上に、小さな興味感心を大きな世界へと繋げてくれます。様々な分野、人、知識に触れられるので自分の経験づくりとしてもとても有用だと思います。みなさんもぜひ、この魅力的な制度や環境を活用して自分のワクワクを広げていきませんか？



研究内容

地域活性化に効果的な大学活用の実践

大学を活用した地域活性化において、地元企業と専門教育を受けた学生とをつなぎ、産学の両者がメリットを享受する仕組みを開発しています。従来、大学における産学連携といえば、研究面では技術の共同開発があり、教育面ではインターンシップという仕組みがあります。しかし、従業員十数人という小規模の会社を対象に考えると、現業に支障のない範囲で産学連携を行うことは難しいのが実情です。そこで、本学科では平成21年から経営システム工学科の授業カリキュラムを前提とした企業改善活動を実施する演習を始めました。一定期間、企業外の若い視点での業務改善の気づきが得られる点で意義があるとして地元企業が申し込まれ、実際に多くの気づきが得られたとの感想を多数載っています。令和6年度からこの仕組みの発展形としてキャブストーン・プロジェクトが開始しました。これは全学的な取り組みとなります。

高校生へのメッセージ

高校での勉強と同時に、プログラミング、ものづくり、イベント実施、コンテスト応募など、興味のあるプロジェクトにも参加してみましょう。参加のハードルが高ければ、高大連携授業に出席しても良いでしょう。こうした活動をする中で、自分のやりたいことを発見し、積極的な進路選択につながると 생각합니다。

1 研究目的と背景

本研究は、音を与える購買意欲の変化を明らかにすることを最終目標とするものである。その第一段階として、「居心地の良い空間をつくるためには、どのような音楽を流せば良いのか」についてアンケート調査を用いて明らかにするものである。

スーパーマーケットなどの小売店において、店頭で音楽を流して注意を促す工夫がなされている。例えば魚売り場では「おさかな天国」を流すことで、魚売り場の場所であることをアピールしている。また、CMでの音楽の刷り込み効果を狙い、店頭でCMと同じ音楽を流す事例も見られる。例えば、ヨドバシカメラにおける「リパブリック讃歌」の替え歌の事例が有名である。このように店舗に流す音楽を販売戦略に使用する例は古くから行われている。こうした実情の中で、私たちは、店頭で使用する音楽によって顧客の購買意欲をコントロールすることができるのではないかと、いうことに興味を沸いたので、本研究で実験を企画することにした。

実験を企画する段階で、一般量販店の協力が得られなかったが、交渉して、湯沢市にあるA社の社員食堂の協力を得ることに成功した。そこで、研究の対象を食堂や店舗などで「居心地のよい空間」をつくることで顧客を増やし、結果として売上向上につなげる方策を検討することとした。

本研究は、その予備実験として本荘キャンパスの学生を対象としたアンケートを実施し、「居心地の良い空間」を構成する音楽のあり方を検討するものである。

2 研究方法

アンケートの設計にあたり、SD法(semantic differential method)[3]による評価項目を設定した。SD法とは、刺激(評価対象)に対する人の評価構造を明らかにすることを目的としたもので、多くの評価項目から因子分析で潜在的評価を抽出しようとするものである。通常、こうした評価を実施するには被験者に大きな負担がかかるため、本研究では自主研究チームで相談をして、表1に示す項目と対概念に絞り込んだ。アンケートでは、一つの評価対象に対して各項目を5段階で評価してもらった。

また「居心地の良い空間」を構成する音楽の条件を目的とするため、「心地よさ」を目的変数として、こちらも5段階で評価してもらった。なお、ポジショニング分析[1]とは、SD法などによる評価項目の値を因子分析で集約した後、その結果合成される潜在的評価と目的変数との間の重回帰分析を実施することにより、嗜好の方向性を明確にすることができる手法である。

表1 SD法による評価項目

	対 概 念		
嬉しさ	嬉しい	-	嬉しい
安心感	不安	-	安心
静けさ	騒がしい	-	静か
明瞭さ	曖昧である	-	はっきりとしている
温かさ	冷たい	-	温かい
陽気さ	陰気である	-	陽気である
心地よさ	心地よくない	-	心地よい

表2 設定した要素と具体的な曲名

	調	音高	テンポ	調	音高	テンポ	具体的曲名
楽曲群1	-1	-1	-1	短調	低音	遅い	ショパン：《前奏曲》第4番 小短調 (Op.28-4)
楽曲群2	-1	1	1	短調	高音	速い	ヴィドール：《オルガン交響曲》第5番 へ短調 (Op.42-1)
楽曲群3	1	-1	1	長調	低音	速い	ドビュッシー：《版画》第3曲「雨の庭」 ト長調
楽曲群4	1	1	-1	長調	高音	遅い	エルガー：《愛の挨拶》 ホ長調 (Op.12)

表5 「心地よさ」と潜在因子Factor1,2との重回帰分析結果

変数名	係数	標準誤差	95%下限	95%上限	t 値	df	p 値	
切片	2.903	0.059	2.786	3.020	48.884	213	.000	
Factor1	1.067	0.063	0.942	1.192	16.819	213	.000	**
Factor2	-0.498	0.070	-0.637	-0.360	-7.080	213	.000	**

続いて、評価対象についてであるが、こちらでもできるだけ対照的な違いの組み合わせを使った方が、反応が明確にでる。しかし、多くの曲を設定すると被験者の負担が大きい。このため、コンジョイント分析[2]の考え方を援用し、L4直交配列表に曲調、音の高さ、テンポの3要素を振り、そこから得られた組み合わせに見合う4曲を設定した。表2に設定した条件の組み合わせと曲目を示す。なお、条件に見合う曲目は、自主研究チームで相談して設定した。楽曲群としたのは当初複数曲での評価を企図したためである。

アンケートはオンラインのみとし、Google Formsを使用した。音楽はYouTubeに限定公開でアップロードし、そのリンクをGoogle Formsに貼り付けた。リンクを叩くとYouTube経由で音楽が鳴る仕組みである。本研究における因子分析と重回帰分析にはHAD[4]を用いる。

3 分析結果

アンケートは、本荘キャンパスの教職員、学生、その知人を対象に、2025年12月23日から2026年1月22日の間実施した。有効回答者は55名。各自4曲を評価してもらったのでサンプル数は220、1名が心地よさの項目に未回答であったため、この項目との回帰分析のサンプル数は216である。

ポジショニング分析の前提となる因子分析の結果を表3,4に示す。表3は固有値と累積寄与率を表しており、一般的には固有値1以上までを集約する次元とする。この表から2つの潜在因子にするのが妥当と判断される。表4はこのときの因子負荷量であり、数値の大きい側への影響が大きいことを示している。表4から「静けさ」とそれ以外の要素に分けられることがわかった。

表3 残すべき因子の数

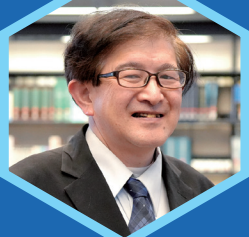
	固有値	累積寄与
Factor1	3.412	56.860
Factor2	1.211	77.046
Factor3	0.622	87.418
Factor4	0.312	92.614
Factor5	0.249	96.759
Factor6	0.194	100.000

表4 因子負荷量

項目	Factor1	Factor2
安心感	.888	-.383
温かさ	.843	-.109
陽気さ	.816	.242
嬉しさ	.780	.255
明瞭さ	.515	.165
静けさ	-.003	-.791

それぞれ、Factor1を「ぬくもり」、Factor2を「活発さ」と名付けた。次に、潜在的因子であるFactor1,2と「心地よさ」の評価値を重回帰分析した結果を表5に示す。どちらの因子もp値が0に近く、いずれも「心地よさ」を説明する因子として相応しいことがわかる。

表4の因子負荷量を用いて各データの因子得点を計算し、楽曲群別に因子得点の平均値を算出した。これに表5で得られたFactor1,2の重回帰係数を追記して、ポジショニングマップを作成した[1]。



経営システム工学科

教授 嶋崎 真仁

PROFILE

学 位／博士(工学)
専門分野／経営工学・地域活性化

指導教員がきめ細かく研究をサポート

SUPPORT

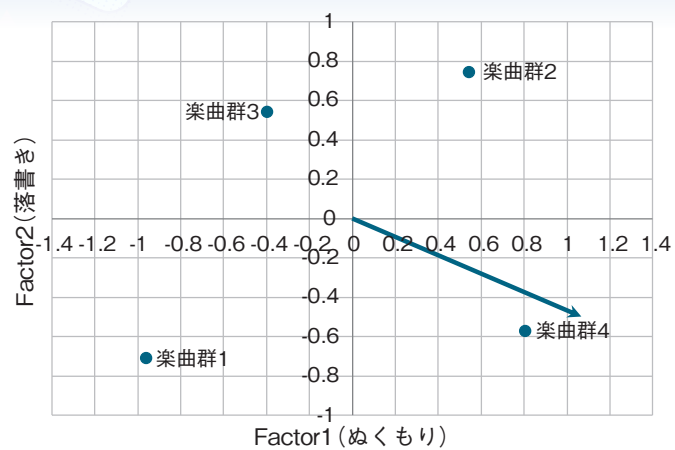


図1.ポジショニングマップ

この結果、楽曲群4が最適な「居心地の良い空間」を作りうることが読み取れる。

次に、音楽に設定した要素とFactor1,2との関係を調べるため、それぞれの重回帰分析を行った。結果を表6に示す。この結果からFactor1は音の高さの要素に最も反応し、Factor2はテンポに反応していることがわかった。最も好ましい結果となっている楽曲群4は、音が高く、テンポが遅い楽曲であるため、こうした条件が「居心地の良い空間」をつくるものと考えられる。

表6 音楽に設定した要素とFactor1,2との重回帰分析結果

変数名	Factor1			Factor2		
	回帰係数	p値	偏回帰係数	回帰係数	p値	偏回帰係数
切片	0.075	.225		0.000	1.000	
調	0.282	.000	.294	-0.016	.685	-.018
音高	0.602	.000	.627	0.086	.029	.099
テンポ	0.151	.087	.136	0.644	.000	.743

4 考 察

Factor1の「ぬくもり」において、表4より安心感や温かさといった項目が影響を与えていることが読み取れる。また、Factor1において音高に反応していると表6から分かるため、安心感や温かさなどは高い音からもたらされると言える。故に、高い音は明るい感情や落ち着いた感情を引き起こすということが考えられる。Factor2の「活発さ」においては、表4より静けさといった項目が影響を与えていることが読み取れる。Factor2においてテンポに反応していることから、静けさは遅いテンポからもたらされることが分かる。したがって、人間の心理に落ち着きという状態を引き起こすことが居心地の良さを感じさせる一因であるのではないだろうか。

5 まとめ

本研究では、研究の対象を食堂や店舗などで「居心地のよい空間」をつくることで顧客を増やし、結果として売上向上につなげる方策を検討する予備実験として、本荘キャンパスの学生を対象としたアンケートを実施し、「居心地の良い空間」を構成する音楽のあり方を検討した。その結果、音の高さに反応する潜在的項目と、テンポに反応する潜在的項目を発見し、最も好ましい組み合わせが、音が高く、テンポが遅い楽曲であることをつきとめた。このことは、音楽を用いて「居心地の良い空間」を演出できることを示唆している。

6 今後の課題

本稿の冒頭で、湯沢市にあるA社の社員食堂の協力を得ることに成功したことを記した。研究期間中に、A社食堂の食券売り場にRaspberry Piを用いて1日ごとに音楽を自動で流す“ジュークボックス”を配置し、音楽を流さなかった場合と流した場合とで、購入した食券に変化があるかどうかを調査するデータを得ることができた。しかし、このデータは食券のチケットを収集したものであったため、研究期間中に解析可能なデータに変換することができなかった。このデータを利用すると、音楽と売上高の関係を明らかにできる可能性があるため、この解析の実施が今後の課題として残されている。

また、予備実験においてアンケート項目の制約から評価項目や曲数を十分に試すことができなかった。評価項目については既往研究を十分に実施して適切な項目群を作らなければならないため、今後の研究課題と考える。

謝 辞

アンケートに回答した本荘キャンパスの関係者と、実験の場を提供くださったA社の社長ならびに協力いただいた従業員の皆様に御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 神田範明：“ポジショニング分析”，神田教授の商品企画セミナー，日科技連，pp.101-110,2013.
- [2] 神田範明：“コンジョイント分析”，神田教授の商品企画セミナー，日科技連，pp.111-134,2013.
- [3] 小松原明哲：“セマンティックディファレンシャル法”，エンジニアのための人間工学(改訂第6版)，日本出版サービス，pp.186-188,2021.
- [4] 清水裕士：フリーの統計分析ソフトHAD：機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案，メディア・情報・コミュニケーション研究，1，pp.59-73,2016.



Pink Reborn

2年 中山 莉穂 (千葉県／江戸川学園取手高校出身)

生物資源科学部／応用生物科学科

指導教員 村田 純 教授
(応用生物科学科)

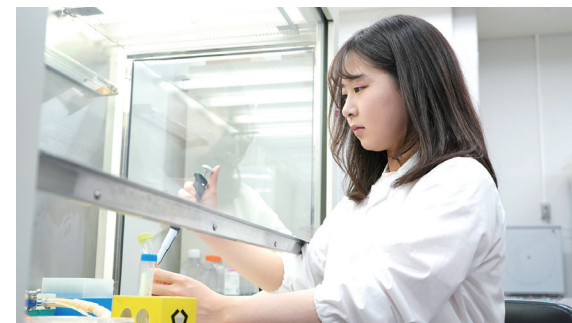
Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

癌で死に至る最大の要因は、転移です。この転移形成に重要な癌細胞の運動性を抑制することができれば、癌転移を抑制できると考えられます。今回は、女性の部位別癌死亡率が第4位の乳癌に着目し、神経ペプチドが癌細胞の運動性にどのような影響を及ぼすかについて研究を行いました。その結果、オキシトシンとプロラクチンという2つの神経ペプチドが乳癌細胞の運動性を抑制することを明らかにしました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

学生自主研究では、癌の知識や実験の基礎技術を先取りして学ぶことができ、私にとって大きな強みとなりました。村田先生から教わった内容は、3年生になった現在の講義をより深く理解する土台になっています。また、研究を通して乳癌への興味が大きく膨らみました。熱心にご指導くださった村田先生との素晴らしい出会い、そして深い信頼関係を築くことができたのは、学生自主研究の最大の魅力だと思います。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

私は「大学では何でも挑戦しよう」という気持ちだけで学生自主研究を始めました。しかし、自主研究を通して乳癌研究の楽しさにのめり込み、今では研究室でもこの研究を続けたいと強く願っています。最初からやりたいことが決まっていない人こそ、自主研究で自分のやりたいことが見つかると思います。秋田県立大学の先生方は熱心に導いてくださるので、大学生活を充実させたいというやる気だけを持って、ぜひ挑戦してみてください。



応用生物科学科

教授 村田 純

PROFILE
学 位 / 理学博士
専門分野 / 分子腫瘍学

指導教員がきめ細かく研究をサポート

SUPPORT

研究内容 癌転移に不可欠な癌細胞の運動性に関する研究

癌は、我が国で死因の第1位を占める疾患ですが、癌で死に至る最大の要因は癌細胞の他臓器・組織への転移です。癌細胞は、組織へ浸潤(組織のタンパク質を酵素で破壊し、壊れた組織内を運動)することで組織内の毛細血管や毛細リンパ管に侵入し、遠くの臓器や周辺のリンパ節に転移します。したがって、癌細胞の浸潤(組織破壊と運動性)を阻害すれば、癌転移は抑制され、ひいては癌死亡率の低下に寄与すると考えられます。当研究室では、癌転移に必要な癌細胞の運動性に着目し、そのメカニズムを分子レベルおよび細胞レベルで解明するとともに、細胞運動を阻害する生体内の生理活性物質を探索し、運動性阻害に基づく転移抑制について、マウスを用いた個体レベルで検討しています。こうした研究を通じて、癌転移抑制剤を開発するためのヒントを探索しています。

高校生へのメッセージ

高校生の皆さんは日常生活で、“それって、なぜ？”と様々なことに疑問を持つことと思います。特に関心を持ったことは、とことん掘り下げて調べてください。大学では意欲次第で“なぜ”の答えを深く追究することが可能です。本学部では、生物好きの好奇心を掻き立てる多様な研究室が皆さんをお待ちしています。

1 背景

癌で死に至る最大の要因は、癌細胞の他臓器・組織への転移である。癌細胞は、最寄りの組織へ浸潤(組織を酵素で破壊し、破壊された組織内を移動)することで、組織内の血管やリンパ管に侵入し、遠隔臓器や周辺リンパ節に転移する。したがって、癌細胞の浸潤(組織破壊と運動性)を阻害すれば、癌転移は抑制されと考えられる。

生体内に存在するホルモン等の生理活性物質は、癌の機能に様々な影響を与えていると考えられる。部位別癌死亡率が女性で第4位の乳癌では、ステロイドホルモンのエストロゲンが細胞の増殖を促進することが知られているが、乳腺に作用するプロラクチン、オキシトシン、心房性ナトリウム利尿ペプチド等のペプチドホルモン(神経ペプチド)の影響はほとんど明らかにされていない。

2 目的

本研究では、転移形成に重要な癌細胞の運動性に及ぼす神経ペプチド(プロラクチン、オキシトシン、心房性ナトリウム利尿ペプチド)の影響について、ヒト乳癌細胞株MCF-7を用いて検討した。

3 材料と方法

1. 癌細胞株

ヒト乳癌細胞株MCF-7は、JCR細胞バンク(大阪)より分譲された。MCF-7は、10%非働化ウシ胎児血清(FBS)を含む1%非必須アミノ酸溶液添加EMEM培地中にin vitroで継代、維持した。

2. 神経ペプチド

オキシトシンは、ペプチド研究所(大阪)より購入した。プロラクチンは、Fujifilm Irvine Scientific Inc.(Santa Ana, CA,USA)より購入した。心房性ナトリウム利尿ペプチドは、当研究室所蔵のものを用いた。

いずれの神経ペプチドも、滅菌精製水を用いて希釈した。なお、実験では、神経ペプチドの一般的な生理学的濃度(10^{-12} ~ 10^{-10} M)から薬効を検討するための薬理学的濃度(10^{-9} ~ 10^{-6} M)にわたり検討した。

3. 細胞運動実験

孔径8 μ mのフィルター下面にFibronectin(20 μ g/ml)をコートしたTranswell chamberに、0.1%ウシ血清アルブミン(BSA)添加EMEM培地にて調整した癌細胞(細胞密度: 1×10^6 cell/ml)を99 μ lと各濃度(最終濃度: 10^{-12} ~ 10^{-6} M)の神経ペプチドを1 μ l加え、594 μ lのEMEM(0.1%BSA)培地と6 μ lの神経ペプチド(10^{-12} ~ 10^{-6} M)を添加した24穴プレートに積載し、インキュベーター内で37 $^{\circ}$ C、5%CO₂の条件下で24時間培養した。フィルター上の癌細胞を100%メタノールで固定した後、ヘマトキシリンで核を、エオジンで細胞質を各々染色した(H-E染色)。フィルター上部の移動しなかった細胞を綿棒で除去し、下部に移動した細胞の個数を光学顕微鏡下(400倍)で計測した。移動細胞数は、5視野の平均値 $\pm$ 標準偏差で算出した。

4. 細胞増殖実験

EMEM(10%FBS)培地で 5×10^4 cell/mlに調製した癌細胞の浮遊液を96穴プレートの各ウェルに50 μ lずつ播種した後、EMEM(10%FBS)培地で調製した各濃度(最終濃度: 10^{-12} ~ 10^{-6} M)の神経ペプチドを50 μ lずつ添加し、インキュベーター内で37 $^{\circ}$ C、5%CO₂の条件下で24時間培養した。水溶性テトラゾリウム塩(WST-8)を各ウェルに10 μ lずつ添加して4時間後、生細胞がWST-8を還元することにより生じるWST-8ホルマゼンの呈色反応(橙色)に基づき、マイクロプレートリーダーにて各ウェルの吸光度(波長: 450nm)を測定した。細胞増殖は、同一処理をした3ウェルの平均値 $\pm$ 標準偏差で算出した。

5. 有意差検定

対照群と処置群との統計的有意差は、Student's two-tailed t-testにより検定した。P<0.05(5%)以下を統計的に有意とした。

4 結果

1.各種神経ペプチドがヒト乳癌細胞の運動に及ぼす影響

乳腺の機能に関する神経ペプチドの心房性ナトリウム利尿ペプチド(以後、ANPと略)、オキシトシン(以後、OXTと略)及びプロラクチン(以後、PRLと略)が、ヒト乳癌細胞株MCF-7の運動に及ぼす影響を、癌細胞の垂直方向への運動を測定するTranswell chamberを用いた膜透過法にて解析した。

その結果、ANPは、コントロール(神経ペプチドの溶媒として用いた滅菌精製水のみ添加)と比較し、MCF-7乳癌細胞に対して顕著な運動抑制作用は見られなかった(図1)。一方、OXTは、 10^{-12} ~ 10^{-9} Mで濃度依存的にMCF-7乳癌細胞の運動を抑制した(図2)。特に、 10^{-9} MのOXTでは、コントロールと比較して約90%の運動阻害がみられた。しかしながら、 10^{-8} ~ 10^{-7} MのOXTで運動が上昇し、 10^{-6} MのOXTでは再び運動抑制がみられた。さらに、PRLは、 10^{-10} ~ 10^{-7} Mで濃度依存的にMCF-7細胞の運動を抑制した(図3)。特に、 10^{-7} MのPRLは、コントロールと比較して90%以上運動を阻害した。

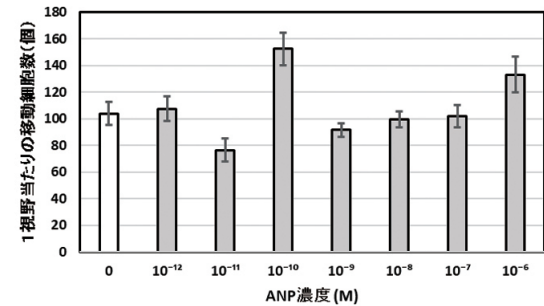


図1 ANPがヒト乳癌細胞の運動に及ぼす影響

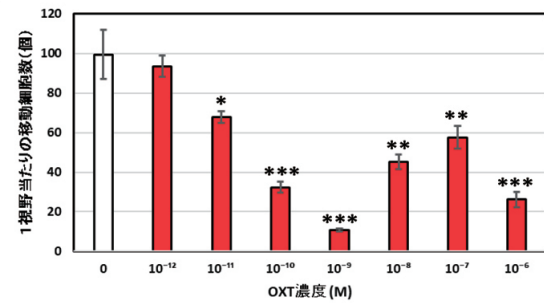


図2 OXTがヒト乳癌細胞の運動に及ぼす影響

*P<0.01,**P<0.005,***P<0.001

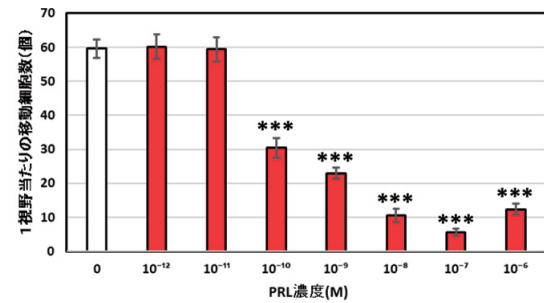


図3 PRLがヒト乳癌細胞の運動に及ぼす影響

2. 各種神経ペプチドがヒト乳癌細胞の増殖に及ぼす影響

OXTやPRLはMCF-7乳癌細胞の運動を顕著に抑制したが、今回用いた細胞運動実験では実験終了まで24時間培養していることから、神経ペプチドが癌細胞の増殖を抑制することで、フィルター下面に移動した細胞が減少していることも考えられる。

神経ペプチドのANP、OXT及びPRLが、MCF-7乳癌細胞の増殖に及ぼす影響を、生細胞による水溶性テトラゾリウム塩(WST-8)の還元に基づいた呈色反応にて解析した。

その結果、ANPは、コントロールと比較し、用いたいずれの濃度(10^{-12} ~ 10^{-6} M)でMCF-7乳癌細胞の増殖にほとんど影響が認められなかった(図4)。また、 10^{-12} ~ 10^{-9} Mで濃度依存的にMCF-7乳癌細胞の運動を抑制したOXTは、 10^{-12} ~ 10^{-6} MでMCF-7乳癌細胞の増殖にほとんど影響を与えなかった(図5)。さらに、 10^{-10} ~ 10^{-7} Mで濃度依存的にMCF-7乳癌細胞の運動を抑制したPRLについても、 10^{-12} ~ 10^{-6} Mの濃度範囲でMCF-7乳癌細胞の増殖にほとんど影響が認められなかった(図6)。

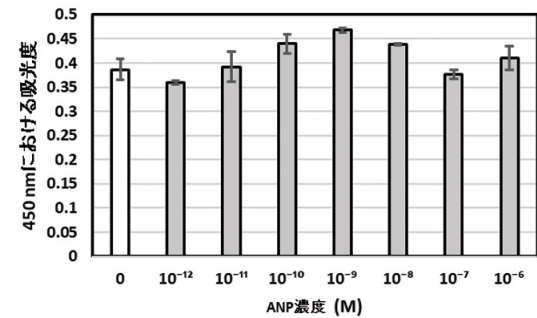


図4 ANPがヒト乳癌細胞の増殖に及ぼす影響

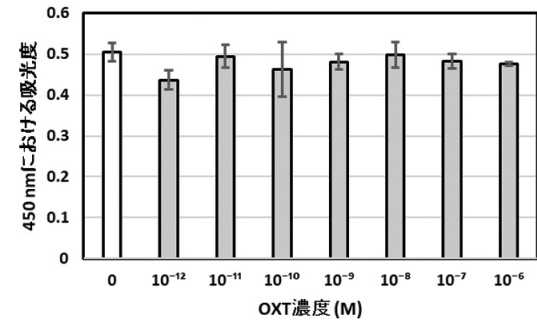


図5 OXTがヒト乳癌細胞の増殖に及ぼす影響

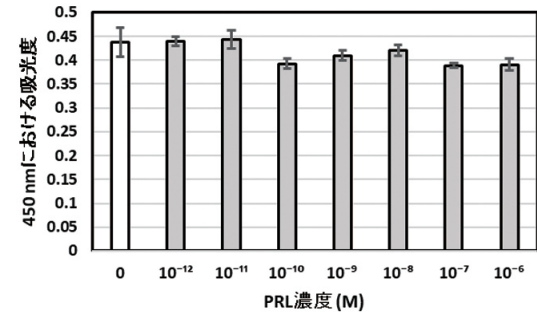


図6 PRLがヒト乳癌細胞の増殖に及ぼす影響

5 考察

乳腺の機能に関する3種類の神経ペプチド(心房性ナトリウム利尿ペプチド: ANP、オキシトシン: OXT、プロラクチン: PRL)が、癌転移を促進する細胞運動に及ぼす影響を、ヒト乳癌細胞株MCF-7を用いて検討した結果、OXT及びPRLに顕著な運動抑制効果が認められた(図2,3)。さらに、OXTとPRLによる運動抑制は、細胞増殖の阻害によるものではないことが明らかとなった(図5,6)。

OXTの血中濃度は健康人(平均 2.5×10^{-11} M)と比較して乳癌患者(平均 2.2×10^{-10} M)で約8.7倍に上昇する一方で、OXT受容体の発現は乳癌組織で顕著に減少することが報告されている1)。

本実験結果で、 10^{-11} ~ 10^{-9} MのOXTはMCF-7乳癌細胞の運動を抑制したが、高濃度(10^{-8} ~ 10^{-7} M)のOXTではMCF-7細胞上のOXT受容体が一時的に発現抑制(ダウンレギュレーション)されることで運動抑制効果が減弱したと考えられる。他方、乳癌患者の体内では、局所で上昇したOXTに長時間暴露されることで、乳癌細胞のOXT受容体がダウンレギュレーションされてOXTへの感受性が低下していることが推測される。今後、OXTで経口的に前処理した乳癌細胞の運動性を解析し、今回の結果と比較する必要がある。

一方、PRLの血中濃度は、健康人と乳癌患者との間でほとんど差はなかったが、癌の高リスク群での上昇が確認された2)。さらに、健康人と比較して乳癌患者ではPRL受容体が過剰に発現しており、全ての乳癌組織においてPRLのmRNAが検出されたことから、癌細胞自身がPRLを産生しオートクリン機構で受容していることが示唆された3)。

本実験結果で、 10^{-10} ~ 10^{-7} MのPRLは濃度依存的にMCF-7細胞の運動を抑制したが、OXT受容体の場合とは異なりPRL受容体が高発現しているため、高濃度(10^{-9} ~ 10^{-6} M)のPRLが作用してもPRLへの感受性が低下しないのかも知れない。今後、遺伝子工学的にMCF-7細胞におけるPRL受容体の発現量を調節することで、PRLの細胞運動への影響を解明していく必要がある。

そして、OXTやPRLが乳癌細胞の組織浸潤やヌードマウスにおける癌転移に及ぼす影響についても解析してみたい。

参考文献

1. Ariana M, Pornour M, Mehr SS, Vaseghi H, Ganji SM, Alivand MR, Salari M, Akbari ME. Preventive effects of oxytocin and oxytocin receptor in breast cancer pathogenesis. Per Med. 2019 Jan;16 (1):25-34. doi:10.2217/pme-2018-0009. Epub 2018 Nov 19. PMID: 30451597.
2. Kwa, HG, Jong-Bakker MDe, Engelsman E, Cleton FJ. Plasma prolactin in human breast cancer. The Lancet 1974 Mar 16;1 (7855):433-435. doi:10.1016/s0140-6736 (74)92385-x.
3. Touraine P, Martini JF, Zafrani B, Durand JC, Labaille F, Malet C, Nicolas A, Trivin C, Postel-Vinay MC, Kuttann F, Kelly PA. Increased expression of prolactin receptor gene assessed by quantitative polymerase chain reaction in human breast tumors versus normal breast tissues. J Clin Endocrinol Metab. 1998 Feb;83 (2):667-74. doi:10.1210/jcem.83.2.4564. PMID: 9467590.



REPORT 7 高血圧予防を目指した豆類ニコチアナミンの最適摂取条件の探索

豆類で健康に！

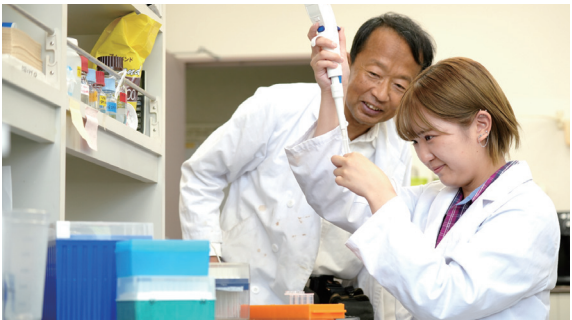
2年 船越 萌生（北海道／釧路湖陵高校出身）

生物資源科学部／生物生産科学科

指導教員 小川 敦史 教授
(生物生産科学科)
豊福 恭子 特任助教

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

現在我が国では高血圧患者が増加しております。ニコチアナミンは様々な食品に含まれており、血圧上昇を抑制する機能成分として注目を浴びています。そんなニコチアナミンに注目し、様々な豆品種、調理法におけるACE阻害活性率を調べることで、豆類の中でも血圧上昇抑制効果を示すのかに関して研究を行いました。結果としては、豆品種によりACE阻害活性率に優位な差があったこと、加熱調理によって多くの豆でACE阻害活性が向上したことが明確になりました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

私は学生自主研究を2年間行ったのですが、授業内の実験とは異なり自分が特に興味のある分野に関して研究を行えた点が良かったです。また、先生対少人数の生徒で実験を進めるため実験の基本的手順を学びやすく、先生に質問しやすい環境下で研究を行うことができたため一つ一つの実験に対しての理解を深めることができ、今後の実験の幅を広げることができました。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

秋田県立大学は、授業や実験を少人数体制で行っているため、疑問点などを先生に聞きやすい環境下であることを実感しました。また、研究機器も豊富にあるため比較的自由度の高い研究を行うことができると思います。一人の学生にこれだけの時間を使っていただける大学はなかなかないと思うので、この環境は秋田県立大学の大きな魅力であると感じました。



研究内容

環境ストレス条件での作物の根が果たす役割の解明と栽培環境制御を利用した機能性野菜の栽培方法の確立

世界の人口は増えつづけていて、2050年には100億人になると予想されています。そのためには食糧の増産が必要です。一方で今地球では様々な地球温暖化などの環境問題が起こっており、食糧を生産する上で干ばつや塩害など様々な環境ストレスが問題になっています。これまでの品種改良や栽培方法の開発は作物の地上部に着目して行われてきましたが、ストレスを最初に受ける作物の「根」の機能を明らかにして、これからの世界の食糧生産を救いたいと考えています。

さらに上記の知見を応用して、「医食農同源」をキーワードに栽培方法を工夫することで病気の人でも食べることができたり、高い栄養性を持ったり、味が良いなど高機能野菜・作物やおいしい野菜を栽培する方法を確立し、将来私たちの食卓にのる「身体にいい食べ物」を栽培することを目標にしています。例えば、「腎臓病透析患者のための低カリウム野菜」や「貧血改善のための鉄分の多い野菜」の栽培方法を確立し、実際に企業によって実用化され販売されています。

高校生へのメッセージ

本当は数学や理科が好きなのに、学校のテストの点数が悪いから自分は文系だって思い込んでいる人はいませんか？これからの理系の研究は高校までのテストの点数は関係なく、まず「好き」と感じる事が大切です。これからの日本を支えるのは理系男子・理系女子の皆さんです。皆さんと本当の研究ができることを楽しみにしています。

背景と目的

現在わが国における高血圧患者は約4,300万人おり、その中で適切に血圧がコントロールされているのはわずか1,200万人程度である。(高血圧ガイドライン 日本高血圧学会 2019)。

ニコチアナミンは多くの食品に含まれており、高血圧抑制作用を持つことから注目を浴びている。このニコチアナミンのもたらす血圧抑制にはACE(Angiotensin Converting Enzyme：アンジオテンシン変換酵素)が深く関わっている。ヒトの血圧制御システムでは、血圧の低下によりアンジオテンシンIというホルモンが生成される。このアンジオテンシンIにACEが作用すると酵素反応が起こり、アンジオテンシンIはHis-Leu(Histidyl-L-Leucine)と昇圧ホルモンであるアンジオテンシンIIに分解される。アンジオテンシンIIは強力な末梢神経縮小作用を示し、さらに副腎皮質ホルモンのアルドステロンの分泌を高め、Naの再吸収促進、水の貯留、循環血流量の増大をもたらす、血圧を上昇させる。ACEの活性を阻害することでアンジオテンシンIIの生成を防ぎ、結果的に血圧の上昇を抑制することができる。本実験に用いたHHL(Hippuryl Histidyl Leucine)はアンジオテンシンIと類似した合成基質であり、ACEが作用すると酵素反応が進行し、HHLは馬尿酸とHis-Leuに分解される。

豆類とニコチアナミンの関係については、大豆タンパク質や味噌や納豆といった発酵食品を対象とした研究が数多く報告されている。そこで本研究では、ダイズ以外の豆類とニコチアナミンの関係について調査することを目的として、様々な豆の種類におけるACE阻害活性の解析とニコチアナミンの定量を行った。

材料と方法

材料として、大豆、青エンドウ、ピントビーンズ、小豆、コーヒード、落花生、ひよこ豆、ブラウンレンテル、キドニービーンズを用いた。煮豆は生の豆に蒸留水を加え一晩静置した後、オートクレーブで110℃、10分加熱したものを用いた。さらに納豆として市販の松山納豆ひきわり、松山納豆つぶ、黒豆小粒納豆を用いた(図1)。サンプルを凍結乾燥後、破砕した。

・Ace阻害活性の測定

凍結乾燥した粉末を10mgとり、水を入れて10mg/mlにし5分間ボルテックスで攪拌した後、15,000rpmで5分間遠心分離を行い、上澄みを回収することで抽出液とした。

ホウ酸緩衝液50μL、1M NaCl 10μL、10μL基質(HHL)10μL、抽出液70μLを混合し、混合液とし、37℃で保温した。ACE:ホウ酸緩衝液=1:9となるようにACE液調整し、混合液にACE液を10μLずつ加え、40分間、37℃で反応させた。40分後、0.5M HClを300μL加え、攪拌して反応終了し、液体クロマトグラフィー質量分析計(LCMSMS)を用いて馬尿酸濃度を測定した(図2)。



図1 測定に用いた豆と納豆

・ニコチアナミン含有率の測定

凍結乾燥した粉末を15mgとり、5M EDTA 1mlを加えた後、超音波処理(15分)、80℃の水浴で15分で加熱し、15,000rpmで5分間遠心分離を行い、上澄みを回収することで抽出液とした。抽出液中のニコチアナミン含有率を液体クロマトグラフィー質量分析計(LCMSMS)を用いて測定した。



図2 馬尿酸とニコチアナミンの測定に用いた液体クロマトグラフィー質量分析計(LCMSMS)

結果と考察

1) 豆の種類の違いによるACE阻害活性率の違い

図3に生の豆のACE阻害活性率、図4に煮豆のACE阻害活性率を示した。生の豆のACE阻害活性率と煮豆のACE阻害活性率はほとんどの豆において煮豆の方が高いことが分かった。しかし、ひよこ豆でのみ生の豆と煮豆のACE阻害活性率がほとんど同様の値となり、生の豆の方が少し高くなった。

図5に各種納豆のACE阻害活性率を示した。黒豆小粒納豆が他の豆と比べると特に高いACE阻害活性率をもち、つぎに松山納豆つぶ、松山納豆ひきわりの順で阻害活性が高くなっていた。

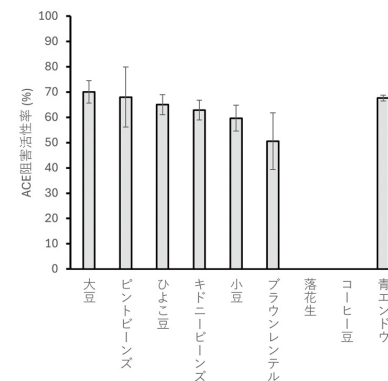


図3 生の豆のACE阻害活性率

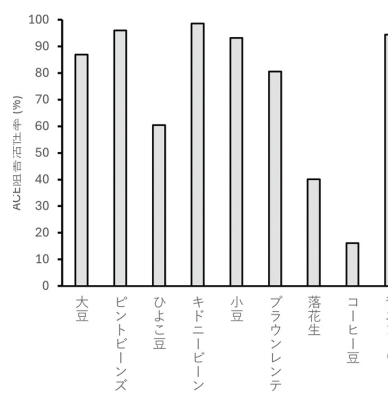


図4 煮豆のACE阻害活性率

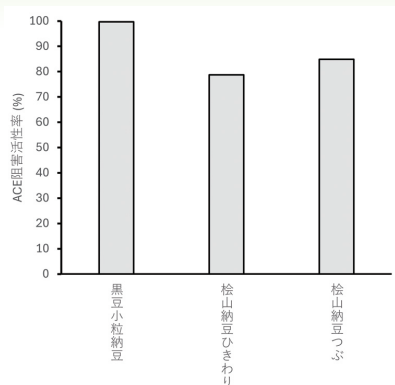


図5 納豆のACE阻害活性率

2) 豆の種類の違いによるニコチアナミン含有率の違い

図6に煮豆と納豆における乾物重1g当たりのニコチアナミンの含有率を示した。ニコチアナミン含有率は大豆、青エンドウ、小豆、ピントビーンズの順に特に高い値が見られ、その他の豆に関してはおおそ同様の含有量であった。

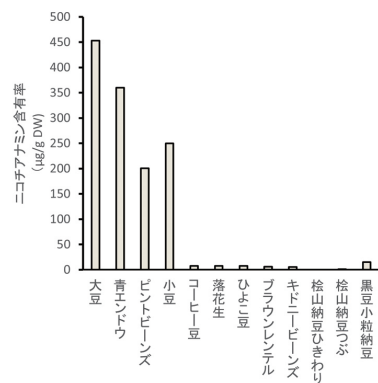


図6 各種煮豆及び納豆におけるニコチアナミン含有率の違い

3) ACE阻害活性率とニコチアナミン含有率との関係

図7にACE阻害活性率とニコチアナミン含有量の相関関係を示した。両者には有意な相関はなく、ニコチアナミン以外にも種によって多様な阻害物質が存在することが考えられた。

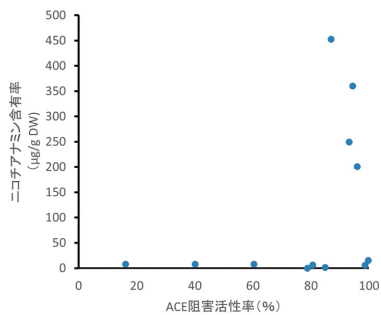


図7 ACE阻害活性率とニコチアナミン含有量の相関関係

4 まとめ

豆の違いにより血圧上昇抑制効果を示すACE阻害活性率に違いがあることが示された。この結果は、豆品種において血圧上昇抑制効果を示す遺伝資源が存在する可能性を示していた。また生の豆と比較して煮豆や納豆においてACE阻害活性率が高かった。このことは豆類を調理して摂食することでより高い血圧上昇抑制効果を得ることができる可能性を示していた。加熱による効果上昇の原因としては、加熱により細胞

壁が破壊される、またはタンパク質の分解などによりACE阻害活性を持つ物質が増加するなどのことが考えられたが、今後原因を解明していく必要がある。これまで報告されていたACE阻害活性率とニコチアナミン含有量との間には有意な相関が認められず、ニコチアナミン以外にACE阻害活性に関与する物質の存在が示唆された。



REPORT 8 砂浜にはどんな微生物が!?

ハシリライス

1年 佐藤 葵 (秋田県／秋田北高校出身)
宮澤 つぐみ (岩手県／盛岡第三高校出身)
深澤 玲南 (長野県／松商学園高校出身)

生物資源科学部／生物環境科学科

指導教員 渡邊 美穂 准教授
(生物環境科学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

「砂浜にはどんな微生物が!?!」という課題で、身近な砂の中の微生物が持つ環境浄化の可能性を調べました。秋田県内の砂浜3地点から砂を採取し、界面活性剤や灯油、農薬を混ぜた培地で培養後、遺伝子解析を行いました。その結果、灯油を分解する菌や化学物質に強い菌を発見しました。人為的影響のある海の砂浜では多様な細胞群集が形成されており、砂浜の微生物が汚染物質の分解に重要な役割を担う可能性を解明しました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

砂の採取から遺伝子解析まで、研究の全工程を自分たちの手でやり遂げられたことが大きな自信になりました。本格的な設備を使って実験や解析をするのは、大学生にならないと絶対にできなかったことなので、自主研究に挑戦して本当に良かったです。1年生のうちから高度な技術に触れられただけでなく、上手くいかない時も諦めずに原因を考えて工夫する「研究の基礎力」がつき、自ら解決していく楽しさを知る最高の機会になりました。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

大学の研究は難しく思えますが、自主研究は「身近なものを調べたい」という素朴な好奇心から始められます。私たちも1年生の未経験からスタートしましたが、先生の手厚いサポートのもと、自分たちで計画を立てて楽しく実験に打ち込みました。秋田県立大学には、学年を問わずやりたいことに挑戦できる最高の環境があります。皆さんもぜひ、自主研究を通して新しい発見や研究の楽しさを体感してみてください!



研究内容 地下環境の新規微生物資源の開拓と工学的適用に向けた基盤研究

私は、鉱山や油田などに生息する微生物のはたらきを調べ、それを環境保全に活用する研究を行っています。秋田県は、鉱山や油ガス田によって発展してきた地域です。しかしその一方で、鉱山廃水や土壌・地下水汚染への対策には、現在も大きなコストがかかっています。こうした問題は秋田だけでなく、世界中で解決が求められている環境問題でもあります。近年、鉱山や地下深部のような過酷な環境には、特殊な能力を持つ微生物が数多く存在することが分かってきました。もしこれらの微生物を汚染物質の除去などに利用できれば、環境負荷が小さい新しい環境修復技術につながる可能性があります。私は、遺伝子解析や培養技術を使ってこうした未知の微生物を探し出し、その能力を明らかにしています。一見すると小さな微生物の研究ですが、実は地球の生命の歴史や物質循環にもつながる、とてもロマンのある研究です。

生物環境科学科

准教授 渡邊 美穂

PROFILE

学 位／博士(環境科学)
専門分野／環境微生物学、微生物生態学

指導教員がきめ細かく研究をサポート

SUPPORT

高校生へのメッセージ

私たちの身の回りには、実はまだ誰も知らない現象や生き物のはたらきが数多く隠れています。研究とは、そのような未知の物事に対して「なぜ?」という疑問を持ち、新しい発見につなげる挑戦です。ぜひ失敗を恐れず、好奇心を持って自ら考え続けることを大切にしてください。皆さんの一歩が、未来の科学や社会を変える力になるかもしれません。

1 背景・目的

身近にある生態系の中身を知り、有用性を見つけ環境問題に役立てたいと考えた。また、有用性微生物の実用を探索することで環境問題を身近にし、具体的に考える機会にしたいと考えた。出戸浜をはじめとした砂浜に住む有用微生物の性質の解明、実用性の有無を目的とした。

2 実験方法および結果



図1 採集時の様子

1%、0.1%、0.01%③5%、1%、0.1%に希釈し染み込ませ拡散させた。微生物を接種した培地はパラフィルムにて密封し、恒温実験室にて保存した。その後、生育したものの中から有用な微生物のみを分離し、再培養を複数回行い混合した微生物群の中から目的の微生物だけを培養した。

3) PCR法を用いた微生物の遺伝子解析

培地内に一種類のみとなった微生物を同定するため、PCRを使った遺伝子解析を行った。

PCR Mixを作成するにあたり分注時のロス分も考慮し、25反応分の容量で調製した。PCR water：422,Taq buffer：62.50,dNTP mix：50.00,primer F(10uM):31.3,primer R(10uM)：31.3,Ex Taq：3.1を混合し、各24uMずつマイクロテストチューブに分注し、その中にそれぞれ培養した微生物をディスポールで触れマイクロテストチューブに添加した。

PCR法を使って遺伝子の増幅は、SimpliAmp ThermalCyclerを使って行った。遺伝子増幅のサイクルは、初期熱変性：94.0℃,2分間、サイクル(28回)：94.0℃,30秒間、50.0℃,30秒間、72.0℃,30秒間、最終伸長：72.0℃,5分間で行った。

その後、パソコンによって出力した遺伝子情報から該当する微生物を同定した。

4) 結果

PCR法によって得られた微生物の同定結果は以下の表のとおりとなった。

1) 各場所での微生物の採取
出戸浜・男鹿・県大付近の砂浜に約5～8cmほどの穴を掘り、そこから砂を採集し50ml遠沈管に適宜保存した。

2) 微生物の培養

出戸浜・男鹿・県大付近の砂浜で採集した微生物が保存されている遠沈管に0.85%生理食塩水を入れ、微生物を剥離した。そして、作成したマリンブロス培地にディスポールを使って培地に接種した。

さらに、それぞれの培地の中央にペーパーディスクを置きそこに①tween80(界面活性剤)、②ケロシン(灯油)、③グリホサート(農薬)をそれぞれ①10%,1%,0.1%②

1%,0.1%,0.01%③5%,1%,0.1%に希釈し染み込ませ拡散させた。微生物を接種した培地はパラフィルムにて密封し、恒温実験室にて保存した。その後、生育したものの中から有用な微生物のみを分離し、再培養を複数回行い混合した微生物群の中から目的の微生物だけを培養した。



図2 PCR法で使った機器

表1 菌株の最近縁種と配列相同性、薬剤、採取場所

菌株	最近縁種	配列相同性	使用した薬剤	採取場所
2	<i>Vibrio alginolyticus</i> strain 2014V-1072	99.43%	ケロシン5%	出戸浜
3	<i>Brevibacterium epidermidis</i> strain RC14 16S	99.61%	界面活性剤10%	出戸浜
4	<i>Brevibacterium sanguinis</i> strain NC10N44A 16S ②	99.43%	界面活性剤1%	出戸浜
5	<i>Vibrio alginolyticus</i> strain 2014V-1072	99.81%	界面活性剤0.1%	出戸浜
6	<i>Brevibacterium epidermidis</i> strain RC14 16S	99.81%	農薬1%	出戸浜
7	<i>Vibrio harveyi</i> strain NST11	100.00%	農薬0.1%	出戸浜
8	<i>Virgibacillus chiguensis</i> strain EE116-P2	100.00%	ケロシン5%	男鹿
9	<i>Bacillus cereus</i> strain DGA14	99.81%	ケロシン1%	男鹿
10	<i>Vibrio alginolyticus</i> strain 02	100.00%	ケロシン0.1%	男鹿
11	<i>Bacillus albus</i> strain SK36	100.00%	界面活性剤10%	男鹿
12	<i>Bacillus cereus</i> strain PM4	99.81%	界面活性剤1%	男鹿
13	<i>Bacillus cereus</i> strain sab41	99.81%	界面活性剤0.1%	男鹿
14	<i>Vibrio harveyi</i> strain JAN S1 BC Y	99.81%	農薬1%	男鹿
15	<i>Shinella oryzae</i> strain h2	99.60%	農薬0.1%	男鹿
16	<i>Micrococcus antarcticus</i> strain CsDWL-118	99.80%	ケロシン5%	県立大学前
18	<i>Brevibacterium epidermidis</i> strain RC14	100%	ケロシン0.1%	県立大学前
20	<i>Pseudomonas peli</i> strain CD11	99.81%	界面活性剤1%	県立大学前
21	<i>Bacillus thuringiensis</i> strain CB521	99.81%	界面活性剤0.1%	県立大学前
22	<i>Pseudomonas tianjinensis</i> strain CEMTC_9106	99.61%	農薬1%	県立大学前
23	<i>Bacillus mycoides</i> strain ChST4.2	99.62%	農薬0.01%	県立大学前

3 まとめ、考察



図3 出戸浜で採集した微生物

い適応能を有しており、これが化学物質に対する耐性基盤となっていると推測した。

出戸浜の菌株2、菌株5や男鹿の菌株8がケロシン5%の高濃度下で生育した。男鹿や出戸浜は漁港や海水浴場として利用されており、船舶由来の油分が微量に流入しやすい。これらの地点で高濃度油分耐性菌が確認されたことは、生態系が人為的な油汚染に対して「自己浄化機能」を持つと考えられる。

菌株15、菌株22は農薬耐性を示した。これは、秋田県の広大な農地から河川等を通じて流出する農薬成分が、砂浜という「境界線」において微生物による選択圧となり、耐性菌の定着を促している可能性を示唆している。

県大付近の菌株20や出戸浜の



図4 男鹿で採集した微生物



図5 県大で採集した微生物

は、病原性を排除した株の選別や、散布後の生存期間をコントロールする技術開発が必要になると考えられる。

本研究で見出された微生物群は、将来的な環境保全技術において有用性を持つ。まず、高濃度汚染への対応力である。ケロシン5%や界面活性剤10%という、通常の生物が死滅する濃度で生育可能な菌株は、大規模な船舶事故による石油汚染の際、環境浄化にとりかかることが期待できる。そして、低温環境下での活動性である。県大付近の海で同定されたMicrococcus antarcticusは、その系統的特徴から寒冷地での活動が期待される。秋田県の冬期における油汚染や排水処理において、既存の微生物製剤では困難な「低温浄化」を実現する鍵となる可能性がある。

砂浜に生息する目に見えない微生物たちは、人為的な化学物質汚染に対して高い適応力を示し、生態系の健全性を維持する機能を持つことが明らかになった。今回特定された菌株の耐性特性をデータベース化し、さらにその分解速度を定量化することで、地域固有の微生物資源を活用した、環境負荷の少ない持続可能な浄化技術の構築が可能になると確信している。

4 参考文献

Characterization of Micrococcus antarcticus sp. nov., a psychrophilic bacterium from Antarctica. | Microbiology Society
Autoinducers Act as Biological Timers in Vibrio harveyi | PLOS One
Bacillus cereus - Genomes of Foodborne and Waterborne Pathogens -Wiley Online Library
Shinella oryzae sp. nov.,a novel zearealenone-resistant bacterium isolated from rice paddy soil | Antonie van Leeuwenhoek | Springer Nature Link
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02602814>
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10482-011-9632-8>
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1128/9781555816902.ch11>
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10482-011-9632-8>
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3223761/>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S072320209880043X>
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3775123/>
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9729609/>
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF03179444>
<https://yeastgenome.org/reference/S000183656>

菌株10が界面活性剤に耐性を示した。生活排水に含まれる洗剤成分が砂浜に到達した際、これらの菌が「生物フィルター」として機能し、海洋への直接的な負荷を軽減していると考えられる。

一方で、今回同定されたBacillus cereusや一部のVibrio属には、条件によって食中毒や感染症を引き起こす恐れがあるものも含まれる。これらを環境中に大量散布する場合、人への直接的な健康被害や、元々その場にいた在来微生物のバランスを崩してしまう「遺伝的攪乱」の懸念がある。実用化にあたって



REPORT 9 水利施設点検用ロボットカメラの開発と検証

地域の資源と環境を守り隊

2年 千葉 泰生 (宮城県／仙台三桜高校出身)
齊藤 樹 (新潟県／巻高校出身)

指導教員 永吉 武志 准教授
(アグリビジネス学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

私たちは、地域の農業用水が流れる管水路の点検における省力化や安全性の向上を目指したロボット技術について研究しました。研究では、管水路検査用カメラを用いて、農業水利施設である管水路で点検・調査を行い、農業用管水路の目地における剥離、損傷、腐食、漏水の有無ならびに管内堆積物の状況について調査しました。得られたデータを活用し、管理の効率化や老朽化した施設の維持管理などの課題についても検討しました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

自主研究を通して、ロボット技術に関する知識だけでなく、水利施設が抱える課題やその解決に向けた方法・過程について実践的に学ぶことができました。また、地域企業や農林水産省の方々と連携して研究を進める貴重な経験を得ることができ、地域住民との交流を通じて、多くの人に実験内容を知ってもらうことの重要性や、研究成果を発信する必要性について理解を深めることができました。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

学生自主研究は、専門的な知識を深められる貴重な機会だと考えています。また、4年生での研究の進め方を学び、自分の興味や将来取り組みたい分野を見つけるきっかけにもなります。さらに、企業の方々と連携して研究を行う経験は非常に貴重だと思います。大学生活の限られた期間だからこそ得られる機会であるため、ぜひ自ら積極的に挑戦してほしいと思います！



研究内容

ドローンと水の力で地域の未来を守る研究

私は、農業や地域を支えるため池、取水堰、水路などの農業水利施設を対象に、安全で持続可能な地域づくりに関する研究を行っています。近年はドローンを活用し、河川や農業水利施設の点検・調査の効率化や、防災・減災に役立つ新たな管理技術の開発に取り組んでいます。また、ため池や水路に生息する魚類などの水生生物の保全にも関心を持ち、農業生産と自然環境の調和を図るための研究も進めています。さらに、現地での調査や画像解析によって得られたデータを活用し、豪雨災害や地震などの自然災害への備え、老朽化するインフラの維持管理、地域の環境保全に貢献することを目指しているほか、農業水利施設が持つ防災機能や環境機能、地域資源としての価値を評価し、その効果を分かりやすく社会へ発信する研究にも取り組んでいます。農業、環境、防災など幅広い分野を横断しながら、地域が抱える課題の解決に挑戦できることが、この研究の大きな魅力です。

高校生へのメッセージ

大学では、正解を覚えるだけでなく、自ら課題を見つけ、解決策を考える力を身につけることができます。農業や環境、防災などに関心がある人は、ぜひ現場に足を運び、自分の目で見て考える力を身につけてください。現場での経験や人との出会いが、新しい発見や将来の夢につながるはずです。皆さんの挑戦を応援しています。

背景と目的

我が国の農業・農村において、水利施設はこれまで重要な役割を果たしてきた。これらの施設は、主目的である食料生産を支えるだけでなく、降雨時には水田の貯留機能を通じて、土砂災害や洪水、河川氾濫の抑制にも寄与している。このような「農業・農村の多面的機能」により、水資源の貯蔵力が乏しい我が国においても、安定した農業生産の維持や良好な農村景観の形成、さらには災害防止が図られてきた。

しかしながら、近年、水利施設の老朽化が深刻な課題となっている。特に、受益面積が100ha以上の基幹的な水利施設の多くは高度経済成長期に整備されており、標準耐用年数の到来時期が集中している。その結果、全体の約5割以上の施設が耐用年数を超過し、本来の機能を十分に発揮できていない状況にある。

この影響として、農業用排水施設の突発的な事故や、管水路の破損に伴う漏水事故が発生している。その背景には、水利施設の維持管理が地域の土地改良区や集落など、農業従事者主体の組織に依存してきたことが挙げられる。しかし、農家数の減少や高齢化の進行により、これらの管理組織は縮小し、管理体制の脆弱化が各地で顕在化している。さらに、施設の多くは地下や閉鎖空間に位置しており、目視による点検が困難であることも、適切な維持管理を一層難しくしている。

このような課題に対し、近年では農業のスマート化の一環として、ロボットカメラの導入が検討されている。ロボットカメラは、点検作業における安全性の向上や作業負担の軽減、省人化に寄与することが期待される。一方で、市販の既製品は高価であり、導入・普及の障壁となっている。

そこで本研究では、市販のホビー用無線操縦車両および防犯カメラを組み合わせた低コスト型ロボットカメラを製作し、その実用性を検証した。具体的には、連続使用可能時間、電波到達距離、登坂能力、ならびに映像の可読性・視認性・判読性について性能評価を行った。これにより、低コスト化を実現したロボットカメラの有効性を明らかにするとともに、実運用に向けた課題について検討した。

方法

1) 使用したロボットカメラ

本研究で使用したロボットカメラは、ホビー用無線操縦車両をベースとして製作したものである(図1)。機体上部には、約100万画素の解像度を有するカメラを搭載しており、水平方向に約48°の画角を有する。また、本カメラは水平方向に240°、上下方向に110°の可動範囲を有している。これにより、暗所環境においても目地のずれなどの詳細な状況を撮影することが可能である。撮影された映像はリアルタイムでモニターに出力され、操縦者はその映像を基に機体进行操作する。さらに、カメラにはマイクが内蔵されており、調査時のアナウンスや指示内容を同時に記録することが可能である。加えて、実際の調査においてロボットカメラの走行距離を把握するため、機体後方には距離計測機能を有するタナセンサー付き釣り用リールを取り付けた。

2) 管内調査について

(1) 調査の概要

本調査は、八郎湯農業水利事業F2幹線用水路建設工事の発注者である東北農政局からの依頼を受けて実施したものである(図2)。また、調査は東北建設コンサルタント株式会社との共同で実施した。調査内容は、管水路の工事直後における目地部の開きやずれ等の異常の有無を点検するものである。

(2) ロボットカメラの準備

ロボットカメラにバッテリーを装着する。まず、カメラとモバイルバッテリーを専用ケーブルで接続する。次に、バッテリーを機体の空きスペースに搭載し、カメラを機体に取り付けた後、ピンで固定する。その後、カメラおよび機体の電源スイッチを入れ、動作確認を行う。最後に、釣り糸を機体後方のフックに接続する。



図1 使用した機材

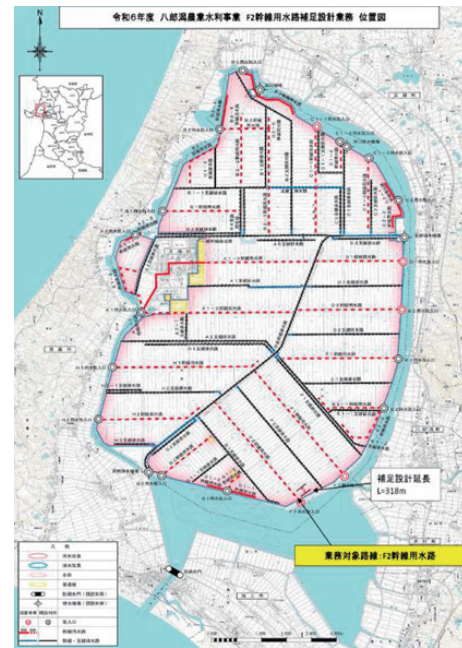


図2 F2幹線用水路

調査

1) 調査準備

管水路は地下に半埋設されており、通常は入口が閉鎖されている。そのため、調査に先立ち、土地改良区の担当者により入口を開放した上で、調査可能な水深であることを確認し、調査を開始した。機材ははしごを用いて管内に搬入し、所定の位置にロボットカメラを設置した後、調査を実施した。調査は、ロボットカメラの操縦を担当する者と、走行距離の測定およびその値をアナウンスする者の計2名で実施した(図3)。



図3 調査準備の様子

2) 管水路内の様子

ロボットカメラを用いることで、管水路の第2号通気施設から第3号通気施設までの約300m区間について、詳細な調査を実施することができた(図4～9)。

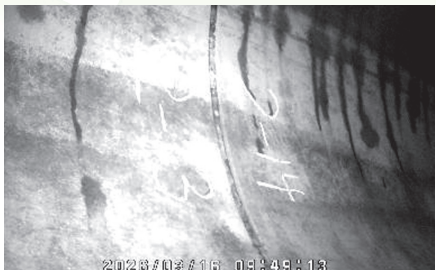


図4 左側



図5 天井



図6 右側



図7 手前側で撮影



図8 真下で撮影



図9 奥側で撮影

調査方法としては、各目地部においてカメラを左側壁、天井部、右側壁の順に移動させながら撮影を行った。撮影終了後は、次の目地まで機体を移動させ、停止した状態で同様の点検を繰り返した。なお、本稿に掲載する画像は、撮影した動画から抽出したものである。本研究で利用したカメラは暗視機能を有しており、暗所環境下においても管内の状況を明瞭に撮影することが可能であった。また、ロボットカメラの停止位置によって目地の視認性が変化することから、目地の手前約1m、目地直下、目地の奥約1mの3地点において撮影を行い、それぞれの視認性を比較した。その結果、手前側および奥側から撮影した画像では、目地の詳細が把握しにくいことが確認された。特に奥側からの撮影では、カメラの可動範囲の制約により後方の撮影が困難であり、適切な観察が行いにくいことが明らかとなった。以上の結果より、目地直下における撮影が最も視認性に優れ、かつ撮影操作の面でも効率的であることが示された。調査の結果、水路のほぼ全区画において顕著な異常は確認されなかった。しかし、2-49～2-50区間の目地においては、他区間と比較して開きが大きく、ずれが生じている異常が確認された。また、本水路は農業排水が流入する構造であるため、管内各所において泥の堆積が確認された。撮影映像からは、区間ごとの堆積量の違いも把握することが可能であった(図10～12)。

さらに、取得した動画データを用いて、各目地における泥の堆積量、水深に加え、ロボットカメラが目地間を移動するのに要する時間(移動時間)および目地の点検に要する時間(観測時間)を計測し、これらの結果を表に整理した(紙面の都合上、省略する)。

その結果、移動時間の平均値は33.5秒、観測時間の平均値は61.0秒であった。したがって、目地1箇所あたりの点検に要する時間は約1分30秒であることが明らかとなった。



図10 ズレが見える目地



図11 泥の量が多い

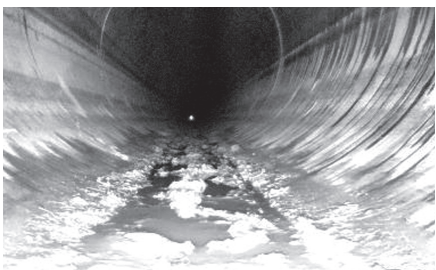


図12 泥の量が少ない

4 課題と考察

本調査を通じて、ロボットカメラに関する複数の改良点が明らかとなった。まず、操縦者はモニター映像を基に機体を操作していたが、カメラが機体に対して前方を向いているかどうかの判別が困難であった。このため、機体前方にトラクターのような視認性の高いガイドを設置し、進行方向の把握を容易にする必要があると考えられる。次に、防水加工が不十分であったため、水の侵入により走行不能となる事例が確認された。この点については、機体の隙間を適切に封止するなど、防水性能の向上が必要である。また、1回の点検で調査可能な距離を延長するためには、距離計測に用いる釣り糸の長さの見直しが必要であると考えられる。さらに、水路内の異常をより的確に把握するためには、管内の傾斜を計測できる機能の付加が有効である。傾斜情報を取得することで、異常発生箇所の特性把握が容易になると考えられるため、傾斜計の搭載を検討すべきである。加えて、管水路内には硫化水素の発生や低酸素状態といった人体に有害な環境が存在する可能性がある。そのため、安全管理の観点から、酸素濃度計などの環境センサーを搭載し、空気環境の異常を検知できる機能の導入が望ましい。

5 まとめ

本研究では、管水路検査用ロボットカメラを用いて、農業用管水路の目地における剥離、損傷、腐食、漏水の有無ならびに管内堆積物の状況について、調査の可否を検証した。さらに、実際の運用を通じて得られた課題について整理・検討を行った。

今後は、本研究で明らかとなった課題を踏まえ、ロボットカメラの性能および機能の向上を図る改良を進める必要がある。これにより、管水路内の多様な環境に適応し、各種異常を高精度に検出可能な検査システムの構築を目指したい。



メカニカル・パイソンス

Pythonを使って工作機械を動かせ！

本研究では、2D図面からGコードを自動生成するPythonプログラムを開発しました。シミュレーションと実加工を通じて、画像処理、座標変換、加工制御といった工作機械のPython制御に必要な技術を学ぶことができました。

APU Hygee

朝市及び空き家利活用が地域活性化に及ぼす影響に関する研究—秋田県五城目町「ごじょうめ朝市plus+」を対象に—

学生自主研究の魅力は、研究メンバーだけでなくフィールドワークを通じて多くの人と交流できることです。また、研究の中で自分の苦手な点や課題に早く気づけるため、その経験を今後の卒業研究や学びに活かせると感じました。

学パスロケーションシステム開発チーム

運転士による操作を必要としない 地方向けパスロケーションシステムの開発Ⅱ ～デジタルサイネージでの提供に向けて～

学生自主研究では、所属学科の枠にとらわれず、幅広いテーマで研究に取り組めます。他学科の先生から指導を受けることも可能です。自主研究を最大2年取り組めるので、納得のいくまで研究に没頭できます。

つめこめ!まんま秋田

秋田の特産品を活用した秋田独自の米粉レシピの開発

「つめこめ!まんま秋田」では、しょつつるやいぶりがっこなど地場食材の魅力を活かした米粉食品を開発しました。仲間と試行錯誤し形にした達成感は格別です。研究を通し、主体性や問題解決力が身につくのはもちろん、探究心も深まった有意義な経験となりました。

お米ラボ

高RS米新系統の米粉で血糖値が 上がりにくいグルテンフリー食品の作成

難消化性でんぷんを多く含む新系統米を用いたグルテンフリー食品の試作を通して、品種特性が食味に与える影響を学びました。試行錯誤の末に美味しさと機能性を両立でき、大学祭での高評価から研究の意義を実感しました。

がたらば

アペリンを投与するタイミングの違いが 体重や筋線維型に及ぼす影響について

私たちは牛の肉質向上に向けて、マウスへの内分泌ホルモンを使った投与試験を行いました。得られた結果から考えられる要因を考察する力が重要だと感じました。また、実験動物のおかげで私たちの生活が成り立っていると本実験を通して強く感じました。

オオカミについて知り隊

秋田市大森山動物園のホッキョクオオカミの 開園時間における日中の行動配分と施設利用

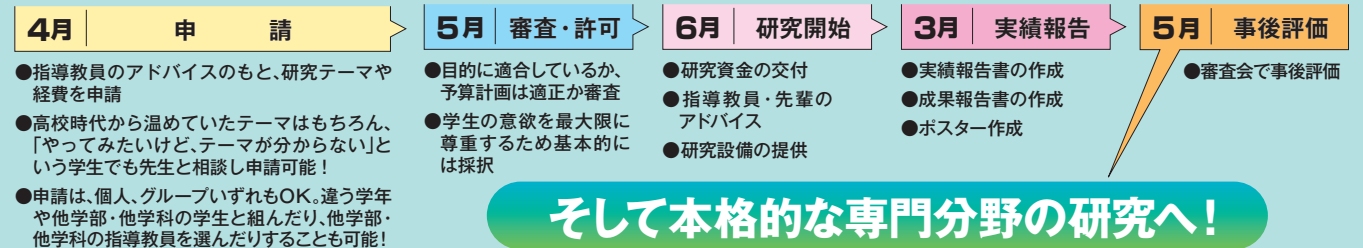
学生自主研究では、ホッキョクオオカミの行動観察を行いました。シンポジウムに参加し、ポスター発表や講演を通して多様な視点に触れたことで、動物や環境エンリッチメントへの理解を深めることができ、貴重な体験となりました。

学生自主研究 レポート

「研究」のスタート地点！

学生の好奇心に応える教育プログラム

学生自主研究の流れ



そして本格的な専門分野の研究へ！

あ。あさり

構造実験による古民家接合部補強手法の探求

—鼻栓の材料に着目した接合部補強の検証—

自分の「やりたい」を大学の機械や古民家実験という大スケールで実現できる環境が魅力的です！仲間と研究をやり遂げたことで、建築への深い知見が身に付き、自分が将来どんな分野に進みたいのかを決める材料の一つになりました。

ズッ友

音楽を通じて人が集まるまちの空間設計

学生自主研究では、実際の音楽イベント会場で調査を行い、音と空間の関係について学びました。現地調査や分析を通して調査力や課題発見力が身につく、自分たちのアイデアを提案として形にできたことが大きな成果です。

しょうゆラボ

酒粕を用いた調味料の開発

酒粕から味噌を試作し、アミノ酸分析を行いました。自主研究をして良かったことは、実験器具や装置の基本的な操作が身についたことです。また、失敗してもそこから学べるものがあると実感しました。先生が丁寧に教えてくださるので、恐れずチャレンジしてください。

あじわっちゃおう

檜山茶のおいしさの可視化

自主研究で実験操作やデータ処理の基礎が身につく、1年後期の化学実験でも役に立ちました。味覚センサや官能評価など専門性の高いものも、石川匡子先生の丁寧なご指導と仲間との協力で理解が深まり、研究の楽しさを実感できました。

コケを集め隊！

特殊環境におけるコケとクマムシの生態

有害物質を含む環境でも生きられるコケやクマムシがいることがわかりました。また、生物の同定や実験操作方法など、研究の基本を学びました。秋田の特殊な環境を実際に見て、自然や文化について知ることができ、貴重な経験になりました。

負けるなヘリテージ

ラズベリー新規導入品種の栽培特性を把握し、 品種更新の可能性を探る

自主研究では、自分たちで課題を設定し、調査・分析を進める難しさと面白さを実感しました。まだ検討すべき項目はあるものの、既存品種に代わる品種の可能性を得たことが成果です。S評価をいただいたことは大きな自信となり、今後の学びへの意欲につながっています。

キリン家族

行動観察による秋田市大森山動物園の アミメキリンの異常行動についての検討

実際に動物園で飼育動物の行動観察を行うことにより、動物の行動観察の方法を身につけることができました。また、シンポジウムを通してポスター発表の方法や自身の研究で気づけなかった視点や考え方を知ることができました。

学部生時代の
研究テーマ

学部1年次

音楽と室内残響の切っても切れない関係を探る

学部2年次

音楽と音楽空間における残響の関係を探る



現在取り組んでいる研究

住宅浸水による環境劣化の
メカニズム解明に関する研究

近年、豪雨による住宅の浸水被害が全国で発生していますが、浸水後の復旧に関する情報は整理されていません。そこで、発災後の被災地に赴き、被災者の健康維持や迅速な住宅復旧の手法を提示することを目標に研究しています。

システム科学技術研究科
総合システム工学専攻

綿井 遥

奈良県/欽陵高校出身

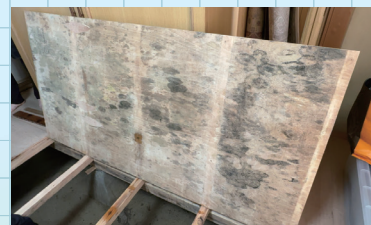
学生自主研究の魅力は？

他学科の学生や教員と分野横断的に研究を進められる点です。専門分野の異なる人と関わることで、自分の学科だけでは得られない視点や知見に触れることができました。

また、1、2年生という早い段階から、自らの関心について主体的に学びを深めることができます。決められた授業の範囲を越えて、自分が本当に知りたいことを追究できるのが特徴です。私自身、教員に相談したことで、本来であれば高学年になってから触れるような分野について早い段階から学ぶことができました。

今後の目標、将来の夢は？

今後は、住宅の早期復旧によって被災者の健康状態を維持できるかを研究し、被災者の身体的・精神的負担を軽減できるような復旧手法を提示することを目標としています。実際に被災地へ赴き、直接現場を目で見て復旧手法を検証しようと考えています。将来的には、自分の研究が災害復旧の分野の進展に寄与できればと思っています。

先輩が
語る

学生自主研究

学部生時代に学生自主研究を経験したピカピカに輝いている大学院生の声をお届けします。

学部生時代の
研究テーマ秋田の県花フキのDNAマーカーを
作って由来を解明！

現在取り組んでいる研究

有機養液栽培における特異的
根系発達に関する基礎的研究

植物の根には主根や側根、根毛などの諸形質があります。有機質肥料のみで行う養液栽培（プロバイオニクス）ではこの根系諸形質が大きく変化します。現在は特異的な根が「なぜそのような形になるのか」を解明する研究をしています。

生物資源科学研究科
生物資源科学専攻

酒井 龍毅

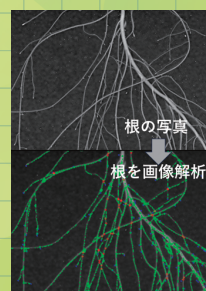
秋田県/大曲農業高校出身

学生自主研究の魅力は？

学生自主研究は、学部1、2年次の早い段階で、自分が興味を持ったテーマについて主体的に研究に取り組める点が魅力です。研究の進め方や実験の流れを実際に経験することで、専門分野への理解を深められます。また、研究室を訪問して先輩や教員と交流する機会もあり、今後の学びや研究活動を考えるきっかけになります。

今後の目標、将来の夢は？

現在、有機質肥料を活用した養液栽培に関する学術論文を執筆しています。修士課程の間にもう一報論文を執筆し、研究成果をより多く発信したいです。将来は、基礎研究で得られた知見を現場の栽培技術に応用し、生産現場の課題解決に貢献できる研究者になりたいと考えています。



各種SNSやパンフレットもご覧ください

大学案内
パンフレット

広報誌イスタ



@Akita_P_U

X
(旧:Twitter)

インスタグラム



instagram