第 4 回九州農業食料工学会学生強化合宿要旨集

注：卒業研究の内容には特許等に関する内容が含まれている場合がございます．このため，参加申込みの皆様は全員，「合宿の中で知り得た，研究の内容ならびに技術等に関する秘密情報に関して，許可なく発表，公開，漏洩，利用しないこと」を承諾いただいたこととさせていただきます．本件に関しまして，予めご了承のほど，宜しくお願い申し上げます．

九州農業食料工学会人材育成委員会

第4回九州農業食料工学会学生強化合宿 on Zoomプログラム

11 月 21 日(土)

開会式		
座長:平良英三(琉球大)		
1	9:00	加工用ニンジンの茎葉部切断機への投入器具 武本英莉(宮崎大) Keywords: ニンジン, 茎葉部切断機, 投入器具, 整列, コンベヤ,
2	9:25	ホウレン草収穫機におけるスチールコンテナ加圧機構の開発研究 島 優佳(宮崎大) Keywords: 加工用ホウレン草, 収穫機, 機械化, 加圧力, 堆積厚
3	9:50	段差乗り越し時のトラクタのローリング挙動の評価 國武 昂(九州大) Keywords: 乗用トラクタ, ロール, 転倒, 角速度, 段差乗り越し
4	10:15	光合成特性から見たトルマリン水の植物成長への影響 奥琳音(鹿児島大) Keywords: 植物工場, 機能水
休憩(10 分)		
5	10:50	アルカリ性電解水と中和電解水を用いた植物栽培方法の研究 大迫世士朗(鹿児島大) Keywords: 電解機能水, アルカリ性電解水, 中和電解水, 養液栽培
6	11:15	トマト立木模型を用いた Kinect v2 と RealSense D435 の性能比較 竹内菜々子(宮崎大) Keywords: 深度カメラ, RealSense, D435, Kinect v2, 乾燥ストレス, 葉のしおれ
7	11:40	フォトグラメトリー法に基づく植物の 3 次元骨格の再構成 兒玉拓也(九州大) Keywords: 植物フェノタイピング, 3 次元再構成, フォトグラメトリー, トマト, Azure, Kinect, DK
昼食(55 分)		
座長:日吉健二(宮崎大)		
8	13:00	ドローンを利用したサトウキビのモニタリング調査 落合俊文(琉球大) Keywords: サトウキビ, ドローン, 3D モデル
9	13:25	魚眼カメラ画像を対象とした深層学習による植物生育特徴量の抽出 小野渓太(九州大) Keywords: 機械学習, 物体検出, 生育管理, 収量予測
10	13:50	画像情報に基づく小型 UAV の自己位置推定と自律飛行制御に関する研究 田中 颯(九州大) Keywords: UAV, ROS, ORB-SLAM, 自己位置推定, 自律飛行
11	14:15	数値流体力学的手法による冷凍・冷蔵二温度帯コンテナの改良 国田悠希(九州大) Keywords: CFD, 輸送コンテナ, 温度分布, 青果物, 冷凍, 冷蔵
休憩(10 分)		
12	14:50	青果物内部の 3 次元構造を用いたガス移動シミュレーションと有効拡散係数の推算 豊田光希(九州大) Keywords: ガス移動解析, 細胞組織モデル, 空隙率, 均質モデル, 拡散係数
13	15:15	稲の曲げ振動の解析手法の開発 石神晃士朗(九州大) Keywords: 稲, 減衰自由振動, シミュレーション
14	15:40	稲のねじり振動の解析手法 和田龍毅(九州大) Keywords: 稲, 脱穀, シミュレーション, パラメータ推定

15	16:05	異なる保存温度における電場処理が青果物の品質に及ぼす影響 増本日菜子（鹿児島大学） Keywords: 電場, 保存, ポストハーベスト, 青果物
休憩（10 分）		
座長：濱中大介（鹿児島大）		
16	16:15	コメ由来炭水化物系繊維を骨格とした食品用機能性フィルムの開発 牟田江梨花 (九州大) Keywords: 石油プラスチック, 食品用機能性フィルム, 米でん粉, セルロースナノファイバー
17	16:40	製糖工程サンプルの物性評価に関する基礎的研究 齊藤あかり（琉球大） Keywords: サトウキビ, 物理的特性, 粘度, 比重, 化学的特性
18	17:05	NIRS を用いたサトウキビ圧搾液の堅牢な検量モデルの開発 直正ゆみか（琉球大） Keywords: サトウキビ, NIRS, 細裂一圧搾汁, 直接圧搾汁,
19	17:30	マルチインピーダンス法による排水処理槽のイオン測定時における阻害要因の検討 徳永直紀（鹿児島大） Keywords: 排水処理, マルチインピーダンス法, 阻害要因, バブリング, 有機物
休憩（15 分）		
20	18:10	モバイル NIR 装置を用いたサトウキビ 1 節間の品質評価に関する研究 佐野杜人（琉球大） Keywords: サトウキビ, 品質評価, 近赤外分光法, モバイル NIR, 重回帰分析
21	18:35	サトウキビ細裂 NIR 法の高効率なキャリブレーション法に関する研究 金城寿音（琉球大） Keywords: サトウキビ, 近赤外分光法, 検量モデル
	19:00	交流会 （司会進行：岡安崇史・九州大）

11 月 22 日（日）

座長：田中良奈（九州大）		
22	9:00	画像解析によるサトウキビのトラッシュ判定に関する研究 平良碩紹（琉球大） Keywords: サトウキビ, 画像処理, トラッシュ選別
23	9:25	沖縄県北部地区におけるオクラの等級判別モデルの作成 伊佐彩華（琉球大） Keywords: オクラ, 等級判別, MATLAB, 画像処理
24	9:50	カラー画像によるヘベスの品質評価に関する研究 豊田　咲（宮崎大） Keywords: 鮮度評価 , 機械学習, ヘベス, ニューラネットワーク
25	10:15	ブロッコリーの貯蔵に伴う各種物性値とバイオスペックル変動の関係 吉村明音（九州大） Keywords: レーザスペックル, バイオスペックル, 非破壊品質評価, 画像解析
休憩（10 分）		
26	10:50	昆虫食を目的とするコオロギの乾燥特性 赤時遥夏（九州大） Keywords: コオロギ, 乾燥実験, 食糧問題, 含水率変化, 乾燥解析モデル
27	11:15	乳化剤添加が高圧処理による細菌芽胞の耐熱性低下に及ぼす影響 今村仁風（鹿児島大） Keywords: 細菌芽胞, 乳化剤, 高圧処理, 耐熱性低下, HLB 値
28	11:40	焼酎粕を配合した蘇生紙の力学的特性 清水雪天（鹿児島大） Keywords: 焼酎粕, 蘇生紙, 破断力, 力学的特性, JIS
昼食（55 分）		
座長：岡安崇史（九州大）		
19	13:00	電気石を用いた水処理における表面張力変化の検討 坂本光生（鹿児島大） Keywords: トルマリン, 表面張力, アルカリ性電解水, 電気エネルギー,
30	13:25	ヘルムホルツ共鳴による体積推定の線形性と再現性の検討 翁　大雅（九州大） Keywords: ヘルムホルツ共鳴, 体積推定, 線形性, 再現性
31	13:50	マルチインピーダンス法に使用する電極の検討 松村龍之介（鹿児島大） Keywords: マルチインピーダンス法, 電極, 定量精度, 繰り返し精度
閉会式		

加工用ニンジンの茎葉部切断機への投入器具

武本英莉（宮崎大学農学部 生産システム工学研究室 4 年）

【はじめに】

野菜ジュースの原料となる加工用ニンジンの収穫作業において、大規模経営の農家ではハーベスタが用いられているが、小規模の農家では不要となる冠部（図１）の切断作業は包丁等による手作業で行われており重労働となっている。このため茎葉処理の時間短縮、労働負担の軽減のため茎葉切断機を開発している。現在開発中の切断機は、手作業でニンジンをトレイに供給しているのでそのペース以上に高速化できなかった。試験を行ったところ、試作機を用いた時 0.68 本/s で目標（1~2 本/s）には達していなかった。そこでニンジン茎葉処理装置への投入器具の開発が求められた。

本研究の目的は切断機のトレイにニンジンを 1 本ずつ向きを揃えた状態で連続的に載せることとする。また開発の目標は器具が圃場内で切断機と併用でき、1~2 本/s の処理能力で手作業の 40%の時間削減とする。

【材料および方法】

投入するニンジンの茎葉部は立毛時にあらかじめ農家が機械で葉を短く切った状態のもの（タッピングしたもの）を想定している。試作した投入器具は直径 19mm の鉄パイプと厚さ 0.1ｍｍのテフロンシート（PTFE）で作製した（図２）。シートを固定する鉄パイプの角度の調節を容易にした。テフロンシートはニンジンが滑りやすくするため使用した。シートのサイズは 900mm×900mm とした。シートを張る際、シート上端部の鉄パイプの横幅は 500mm で、シート出口付近の横幅は 150mm にした。シート下部の鉄パイプの幅を狭めることでシートをＶ字状に弛ませ、さらにシートの最下部の深さを調整して張り具合を変化させた。

この投入器具においてコンベヤから投入されたニンジンはシート上を転がりニンジンの冠部が下にくる状態で切断機へと供給されることとなる。今回の試験ではスーパーマーケットで購入した 15 本のニンジンを供試し、ニンジンの向きの揃う確率を求めた。シートを固定する鉄パイプの角度を 15 度から 50 度まで 5 度刻みずつ、シート下部の深さを 150mm から 450mm まで 50mm 刻みずつ計 56 通りの条件で実験を行った。

【結果】

シート出口付近の傾斜角度が 45~50° の時に 15 本全てのニンジンの向きが揃った。揃った条件では鉄パイプの角度やシートの最深部の深さに関係なく出口付近の角度が 45~50 度であったことから、シートの角度が最も重要だと考えられた。揃わない条件はシート出口付近の角度が 30 度以下であることと、55 度以上であることだった。シート出口付近の角度が 30 度以下だとシート上で止まり、55 度より大きいとシート上を転がる前に落下した。

現在使用している厚さ 0.1mm のテフロンシートはニンジンを転がした際の反動が大きく、ニンジンの挙動が不安定であった。トレイに載せ、ガイドに当てて停止せることが目標であるためシートの反動を軽微にしたい。今後はシートの厚さがニンジンの挙動に及ぼす影響を調べる。また実際の農家で収穫したニンジンを用いた実験を予定している。

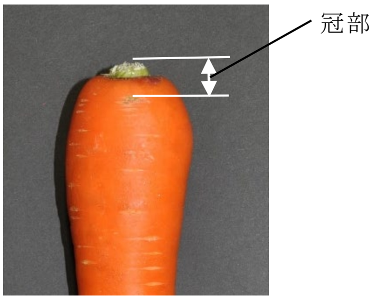


図１　ニンジンの冠部

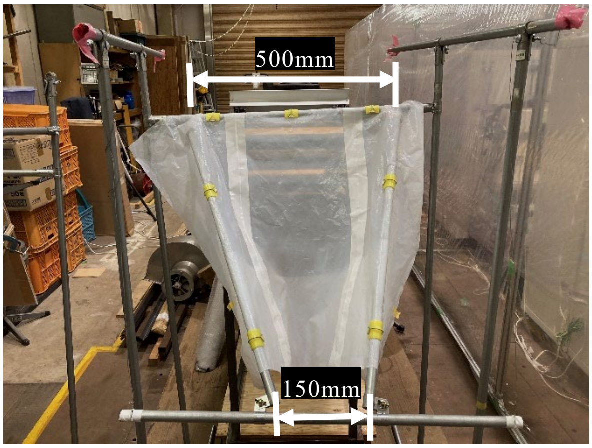


図２　切断機投入器具

ホウレン草収穫機におけるスチールコンテナ加圧機構の開発研究

島 優佳（宮崎大学農学部 生産システム工学研究室４年）

【はじめに】

宮崎県における加工・業務用向けホウレン草の出荷量は、全国シェアの約 60%を占め、全国 1 位を誇る。この消費者ニーズの高まりを受け、(株)ジェイエイフーズみやざきでは、ホウレン草の機械化生産・加工の一貫体系を確立している。この中で図１に示すホウレン草収穫機では、オペレータ 1 名とスチールコンテナにホウレン草を詰める作業者 1 名で運用されている。本研究では、このスチールコンテナへの詰込み作業を機械化する加圧機構の開発研究を行った。

図 1 ホウレン草収穫機

【加圧機構の検討】

レゴ社のマインドストームを利用して、複数のスチールコンテナ加圧機構のモデルをつくり、ミニスケール実験を行った。その結果、スチールコンテナに均等に詰めるためには、誘導板＋コンテナ傾斜＋2 本の電動シリンダ（油圧シリンダに相当）が効果的であるとわかった。

【スケールアップ実験の方法】

実際に利用されているスチールコンテナと油圧システムとを用いて、モデル実験の結果を確認するスケールアップ実験を行った。油圧シリンダ 2 本を用いてスチールコンテナの直上から加圧を行い、ホウレン草堆積状況を計測した。

室内では、①スチールコンテナの傾きが 0°と 15°　②加圧力が 0、0.75、1.00 および 1.40MPa　③加圧手の形状が棒状と板状　を組合わせた実験条件を設定し、実験を行った。また、収穫現場では図２に示す加圧機構を用いて、室内実験で決定した加圧条件が有用かを調査した。

【スケールアップ実験の結果】

室内では、コンテナを 15°傾斜させた前方方向へホウレン草がある程度移動することを確認できたものの、均等の堆積となる移動量ではなかった。このため、ホウレン草がスチールコンテナへ収穫されて堆積した状態のまま、大きな加圧手で加圧する方式が有用と考えられた。加圧手の形状は、棒状と板状で加圧力の差が見られなかったため、コンベアから流れてくるホウレン草が加圧手上部に積りにくい棒状の方が適していると考えられた。

現場試験では、スチールコンテナからホウレン草が溢れない程度に収穫された状態から加圧力 1.50MPa で加圧する工程を 3 回繰り返すと工場搬入に最適な約 160kg/コンテナ のホウレン草をスチールコンテナ内に圧縮できることが確認できた。

図３に示す 0MPa から 1.4MPa までの加圧力と堆積厚の比例関係から加圧力を予測した結果、1、2 回の加圧でスチールコンテナにホウレン草を詰むには、2.0MPa の加圧で 1 回、1.75MPa の加圧で 2 回加圧することで可能になると予測できた。どちらもホウレン草がスチールコンテナより高い位置まで積まれている必要があるため、スチールコンテナ上部を囲む補助壁が必要である。

この結果を製造元の松本機工株式会社に提案して、改良機が完成した。今後、性能試験を実施する予定である。

図２ ホウレン草収穫時における加圧機構

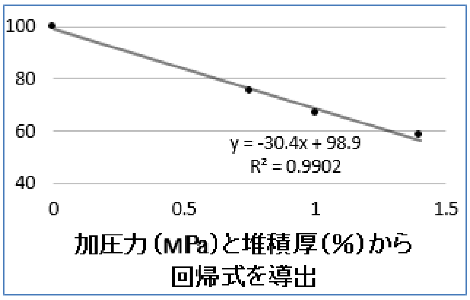


図３ 加圧力と堆積厚の比例関係

段差乗り越し時のトラクタのローリング挙動の評価

國武昂（九州大学農学部 農業生産システム設計学研究室 4 年）

【はじめに】

過去数十年の間に他産業での死亡事故発生数が減少する中、農作業中の死亡事故は毎年約 300 件発生しており、ほとんど減少していない。農作業死亡事故の 3 分の 2 が農業機械に関わるものであり、そのうちの約半分がトラクタによる事故である。特に、最も高い死亡事故要因となっているのが農業機械の転倒・転落である。トラクタは高重心で左右車輪間が狭く横転倒しやすい構造的特徴を有するため、転倒事故防止には横転倒に関わる機体のローリング挙動の把握が重要となる。本研究では、トラクタの力学モデルに基づく挙動の予測シミュレーションを構築するとともに、異なる走行速度での片側車輪が突起を乗り越す際の機体のローリング方向の安全性についての評価指標の構築を目指す。

本発表では、走行速度が機体ローリング挙動へ与える影響を把握するため、小型トラクタを用いた片側段差乗り越し実験で計測されたローリングの最大角速度を用いて考察した。

【材料および方法】

実験は 15HP 型トラクタを供試して､速度を変更し、片輪のみが段差一つを乗り越すように走行した．座席下の機体フレームに DSP ワイヤレス 9 軸モーションセンサ（スポーツセンシング社製）を設置し、並進加速度、角速度をサンプリング周波数 200Hz で計測した。走行速度は、エンジン回転数 1000、1250、1500rpm と変速の高速 1，2，3 を組み合わせた 9 条件を設定し、各条件で 3 回測定を行った。実験は 3 回行い、3 回目のみ 1.0m/s 付近の速度で実験を行った。段差は高さ 40mm，幅 63mm の木材を用いた。計測された生データは MATLAB を用いて周波数解析を行った上でローパスフィルタ処理し、エンジン由来の高周波成分を除去した。同条件での 3 回の実験結果を平均化し、走行速度毎のローリングの最大角速度を算出した。

【結果】

走行速度と最大角速度の関係を図 1 に示す。1、3 回目と 2 回目の計測結果に大きな差が生じた。その原因としては、段差を乗り越す車輪が左右逆で走行していたため、ローリングの回転方向が異なることの影響が考えられる。しかしながら、結果の全体的な傾向として、速度の上昇に伴い、角速度の最大値も上昇するものの、1.0m/s 付近で一旦低下し、その後緩やかに再上昇するものとなった。農用トラクタの回転振動に関する近江谷の既往の研究において、ピッチやヨーの角加速度は速度の上昇に伴い大きくなるが、ロールに関しては増加と減少を繰り返すといったような結果が報告されている。ローリングの挙動は、車輪のラグの影響も大きいと推察されることから、今後はこれらの影響について考察する予定である。

表　供試トラクタ　諸元

項目		形式と値	単位
	型式名	JB15X	
	質量	560	[kg]
	エンジン出力	11.0	[kW]
	気筒数	3	
車体寸法	全長	2200	[mm]
	全幅	950	[mm]
	全高	1840	[mm]
	輪距（前輪）	750	[mm]
	輪距（後輪）	770	[mm]
	軸距	1270	[mm]
タイヤサイズ（外径）	前輪	545	[mm]
	後輪	848	[mm]
ロータリー	型式名	RS12X	
	質量	148	[kg]
	全幅	1380	[mm]
	全長	1275	[mm]
	全高	940	[mm]

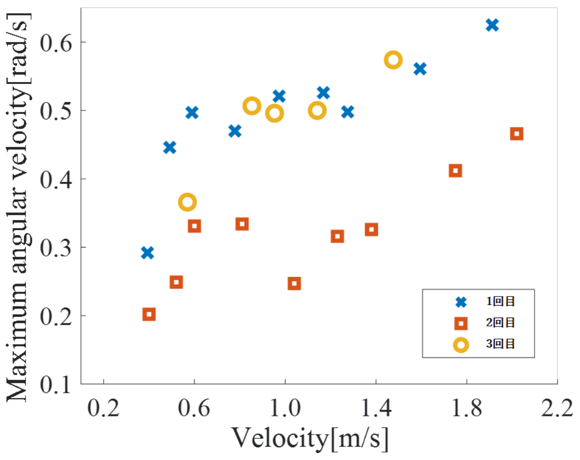


図 1　速度と最大角速度の関係

参考文献：近江谷和彦　農用トラクタの回転振動に関する研究　農機誌第 47 巻第 3 号

光合成特性からみたトルマリン水の植物成長への影響

奥　琳音（鹿児島大学農学部　食料環境システム研究室４年）

【はじめに】

現在，日本の農業は農業就業人口の減少や生産量の減少が問題となっている。解決手段の一つとして栽培環境が管理された植物工場が普及している。植物工場は，軽作業で気候に左右されず安定供給が可能な事などの利点がある一方，生産コストがかかり黒字化が難しいとされている。そのため，収益改善の実現に向け、機能水を用いた植物栽培における収量増加や高付加価値化の研究が必要となっている。機能水の一つであるアルカリイオン水（AlEW）は植物の生育促進効果が期待されているが，装置導入や電解補助剤が必要となるなどコスト面での問題は解決されていない。そこで，抗酸化力増強効果や表面張力低下といった類似特性を持ち，低コストで生成でき生育促進効果が期待されるトルマリン水に着目した。しかし，当研究室では機能水を用いたコマツナの栽培において、生育量から生育促進効果の有意差を確認できないことを報告した。そこで，本実験では光合成量の指標となる CO_2 濃度の変化量を測定し比較することでトルマリン水の生育促進効果の検討を行った。

【材料および方法】

発芽させたコマツナ（*Brassica rapa* var. *perviridis*）を１試験区５株ずつ植えた。養液として市水とトルマリン２４ｇを市水で5 分間煮沸し、市水２L に１時間浸したトルマリン水を使用した。その際、両養液に大塚Ａ処方養液を投入し、EC 値を 1200μS／cm に揃えた。養液の入れ替えは 5 日ごとに行った。その後、2 株を残し、密閉容器内を明期１６時間、暗期８時間に合わせて生育した。また、CO_2濃度の変化を明確にするため CO_2濃度を 5000ppm に調整し、CO_2センサを用いてCO_2濃度を計測した。その値から、各試験区の二酸化炭素量の変化を比較した。蒸散量は、5 日ごとに計測した養液の減少量から算出した。さらに、コマツナの葉数、葉長、葉丈、根長、生体重、水分含有率を計測することで生育量を比較した。

【結果】

図１にトルマリン水と市水の１時間ごとの CO_2 濃度の変化量を示す。図１より市水で生育したコマツナは，明期と暗期で約 250ppm の差が出ているのに対し，トルマリン水を用いたコマツナは明期と暗期の変化量は見られず，ほぼ一定のグラフを示した。また，どちらの栽培区も測定開始から２時間の間に，CO_2濃度が減少した。このことから，容器内から5,000ppmに揃える目的で注入したCO_2が漏れ出ていることと養液が CO_2を吸収していることが示唆された。今後，密閉した栽培容器の空気の漏れと，養液のみで CO_2の変化量を測定し確認する。次に，表 1 は市水とトルマリン水をそれぞれ用いた時のコマツナの生育量の平均を示す。水分含有量を除く全ての項目で市水がトルマリン水を上回る結果となった。生体重に関してはトルマリン水と市水間で差が出た。このことから，トルマリン水に生育促進効果は確認できなかった。今後の展望として，トルマリン水の試験区で用いた CO_2センサの精度確認を目的として，同条件で CO_2センサを入れ替え測定する。また，CO_2センサなどの装置を完成させ栽培試験区を増やし，機能水による栽培作物の生育促進について実験を行っていく。

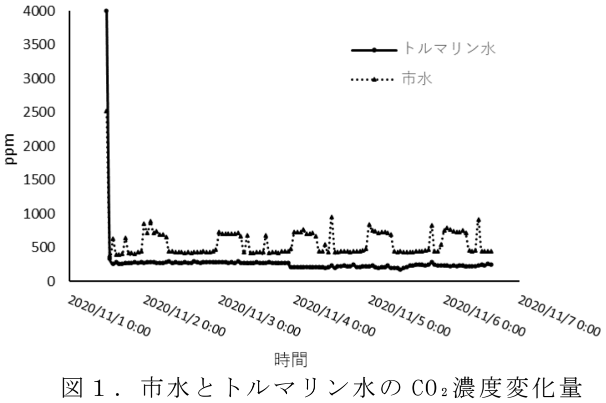


図１．市水とトルマリン水の CO_2濃度変化量

表１．市水とトルマリン水の平均コマツナ生育量

	市水	トルマリン水
葉数(枚)	9.5	9
葉長(㎝)	12.2	10.25
葉丈(㎝)	22.8	19.6
根長(㎝)	21.7	20.15
生体重(g)	21.15	12
水分含有量(%)	91.5	92.5

アルカリ性電解水と中和電解水を用いた植物栽培方法の研究

大迫世士朗（鹿児島大学農学部 農業環境システム学研究室４年）

【はじめに】

日本の農業の発展を支えたものとして、農作業の機械化、農薬・肥料の開発、作物の品種改良等を上げることができる。それらにより、農作業の効率化や土地生産性の向上等の成果をもたらすことができた。しかし、ＤＤＴやＢＨＣといった殺虫剤や農薬の使い過ぎによって、環境汚染や作物汚染等の問題を発生させてしまうこととなった。

そこで、食料の安全性や環境汚染のリスクを減らすために、物理的な物性の変化のみで化学物質の残留性の少ない電解機能水を用いた養液栽培の開発について研究を行う。その際に使用する電解機能水養液の交換サイクルを検討するために養液の物理化学的特性の経日変化について調査する。

【材料および方法】

予備実験として、酸性電解水とアルカリ性電解水の生成はホシザキ電解水生成装置：型式 ROX-10WB3 で行った。その際は、純水と 2%KCL 溶液を使用した。また、生成した酸性電解水とアルカリ性電解水を混合して中和電解水を生成した。それぞれの電解水にハイポニカ液体肥料を混合した。測定期間を 9 月 29 日から 10 月 6 日の 7 日間とし、1 日おきにそれぞれの電解水を測定した。測定項目は pH、ORP、EC、DO とした。

本実験では、栽培装置を水耕栽培機 Green Farm：型式 UH-A01E1(図 1)とする。供試作物はルッコラとし、株間は 10cm とする。試験区は、アルカリ性電解水、中和電解水、対照区とし、対照区には地下水を用いる。各試験区にはハイポニカ液体肥料を混合する。栽培本数は各試験区当たり 5 本とする。栽培日数は 20 日とする。測定項目は pH、ORP、EC、DO、N、P、K、葉枚数、最大根長、草丈とする。収量調査では葉枚数、最大根長、草丈、生体重、乾物重とする。

【結果】

図２より、酸性、中和それぞれの電解水の pH の変化はあまり生じなかった。アルカリ性電解水は日数経過により pH が徐々に７に近づいていった。図３より、酸性、中和それぞれの電解水の ORP の変化はあまり生じなかった。アルカリ性電解水は日数経過により徐々に 0mV に近づいた。EC は、酸性、中和それぞれの電解水は 1870μs 程度で安定しており、アルカリ性電解水は 2000μs 程度で安定していた。DO は、０日目はそれぞれの電解水で差が生じたが、徐々にどの電解水も 7,5mg/L 程度で安定してきた。これらのことから、EC と DO の経日変化の図は省略した。以上のことから、電解水を用いて養液栽培を行う際には、電解水の効果を失わないために養液を５日おきに交換することが望ましいと考える。今後は生育促進効果があるとされているアルカリ性電解水と中和電解水を用いて養液栽培を行った際、植物の生育にどのような差が生じるのかについて調査する。

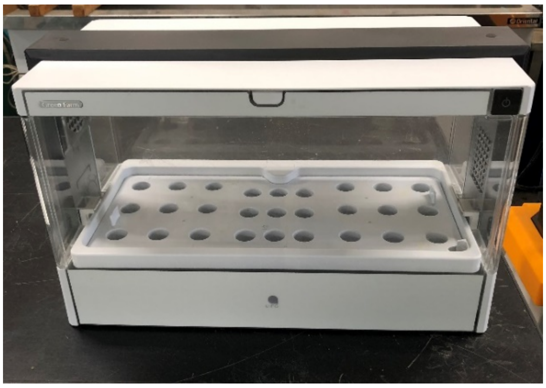


図１　水耕栽培機 Green Farm：型式 UH-A01E1

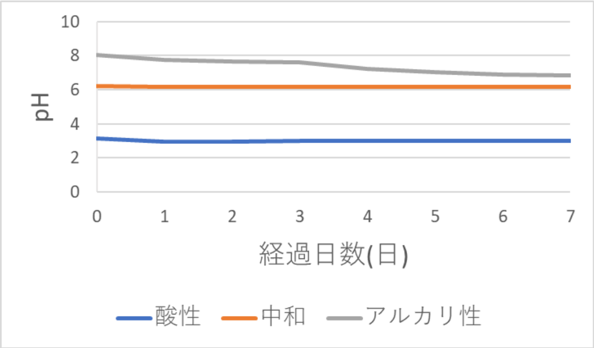


図２　pH の経日変化

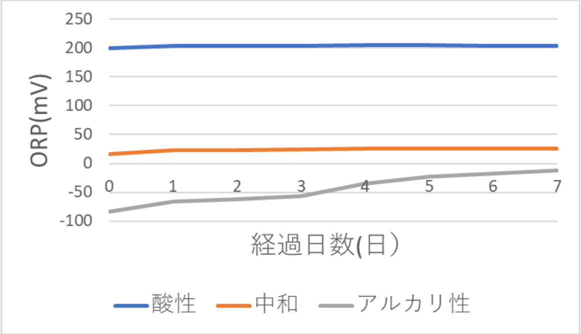


図３　ORP の経日変化

トマト立木模型を用いた Kinect v2 と RealSense D435 の性能比較

竹内菜々子（宮崎大学農学部 生物生産システム工学研究室 4 年）

【はじめに】

近年、高付加価値作物の需要が高まっている。トマトにおいては、乾燥ストレスや塩分ストレスを与える栽培によって高糖度のトマトが生産されている。この栽培では、ストレスを非接触で計測する方法がなく、生産者の長年の経験によって、ストレス制御が行われているのが現状である。そのため、様々なセンサによるストレスの数値化が検討されている。

本研究室では、葉のしおれとストレスの関係に着目し、深度カメラ Kinect v2 を用いて葉を撮影し、得た距離情報で葉のしおれを数値化する研究を行ってきた。これまでの研究では後述する葉の検出アルゴリズムの有用性は確認されたが、ノイズによる精度の問題があった。そこで本研究では、Kinect v2 より精度が高いと思われる RealSense D435 の有用性を検証する。今回はトマトの立木模型を用いた比較試験について報告する。

【材料および方法】

深度カメラの Kinect v2 と RealSense D435 を用いて、トマトの立木模型（茎に見立てた直径 5mm の丸棒に、葉に見立てた 30mm × 120mm の長方形の木片を 2/5 葉序で 5 枚、上下 50mm の間隔で取り付けたもの）を真上から見下ろすように撮影した。（図 1）

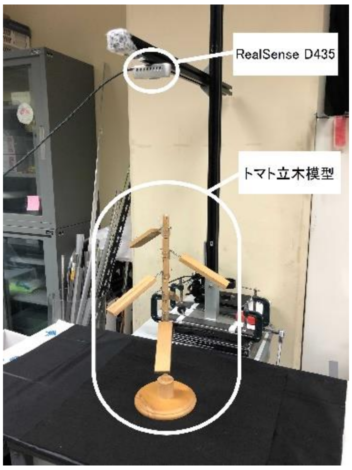


図 1

木片を地面と水平にした場合と、葉のしおれに見立てて下方に 30° 傾けた場合で撮影した。

葉を 1 枚 1 枚識別するために、Kinect v2 ではプログラム言語 Simulink により製作したプログラムを用いた。この葉の検出アルゴリズムは図 2 のように、茎の位置を中心座標として 360° スキャンを行い、角度ごとで葉の画素数をヒストグラム化することで重ならない葉の検出を行うものである。RealSense D435 では、同様のアルゴリズムが適用されたプログラムができていないため、簡易的な MATLAB プログラムを用いた。これは目視で葉 1 枚ごとのクラウドデータを指定することができる。

図 2

【結果】

表 1 は、２つのカメラで得たデータの平均、標準偏差、最大値、最小値、データ数を葉位ごとにまとめたものである。Kinect v2 では 2 種類のフィルタを使ってノイズを軽減する対策を行ったものの、モデル葉角度 0 °での標準偏差において、Kinect v2 より RealSense D435 の方が値は小さく理想的であった。このことから RealSense D435 の方が、Kinect v2 に比べて精度が高いと判断できる。

しかし、今回は Kinect v2 において各葉の区別を自動化することができたが、RealSense D435 ではこれを目視で行ったため、ノイズが少なかったとも考えられる。そのため、現在 RealSense D435 における葉の区別の自動化プログラムの開発を進めている。また、葉のしおれや動きを深度カメラでどの程度捉えることができるのかの基礎的な実験も予定している。

表 1 RealSense D435 と Kinect v2 の比較

RealSense D435

モデル葉角度		0°					30°				
葉位		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
距離情報	平均（mm）	320.3	373.3	416.6	474.1	525.1	359.5	415.1	459.8	523.9	561.5
	標準偏差（mm）	0.8	1.4	2.3	1.5	21.6	17.0	18.0	16.7	15.9	19.5
	最大（mm）	318.0	365.0	412.0	462.0	511.0	335.0	383.0	431.0	493.0	532.0
	最小（mm）	324.0	383.0	435.0	496.0	615.0	392.0	453.0	485.0	554.0	601.0
	データ数	14557	11804	7700	7016	6733	9247	7535	4782	4077	2812

Kinect v2

モデル葉角度		0°					30°				
葉位		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
距離情報	平均（mm）	21.8	74.4	121.0	171.3	224.5	76.9	123.8	171.1	215.4	226.2
	標準偏差（mm）	19.3	16.8	15.4	8.2	12.4	21.5	23.7	14.9	14.7	2.6
	最大（mm）	112.0	138.0	173.0	240.0	250.0	177.0	212.0	211.0	252.0	247.0
	最小（mm）	0.0	5.0	2.0	61.0	15.0	35.0	20.0	141.0	165.0	223.0
	データ数	1227	1280	842	704	618	816	757	522	426	515

フォトグラメトリー法に基づく植物3次元骨格情報の再構成とその精度評価

兒玉拓也（農機大学農学部 農業機械研究室4年）

【はじめに】

植物の草丈，葉の色・形・大きさ，花や果実の数や状態等は，生育環境や栽培管理などの違いによって多様に変化する。このため，今後の農業生産技術として期待されているスマート農業の研究においては，植物の生育情報の計測・可視化およびその高度利用のための植物フェノタイピングに注目が集まっている。中でも，植物の 3 次元骨格情報（茎，葉，果実等）の再構成技術は，植物生育成長のモデル化や植物形質情報の精緻化に繋がる高次元の情報を内包していると考える。

本研究では，回転式低コスト植物フェノタイピング装置を開発し，フォトグラメトリー法による植物の 3 次元骨格情報の再構成を行うとともに，その精度について評価を行うことを目的とした。

【材料および方法】

本研究では，植物の 3 次元骨格情報の再構成技術としてSfM（Structure from Motion）を用いた。3 次元再構成とは，対象物から様々な方法で特徴点（頂点や色の変化など）を抽出し，その情報をもとに3次元モデルを再構成する方法で，今回使用したSfMは，カメラで撮影した複数枚の画像から撮影位置を推定し，同一地点に対するそれぞれの画像の視差から対象物全体の3次元モデルを生成する手法である。このため，SfM の精度は，画素数，各画像のオーバーラップ率等に依存するので，高品質な画像取得は極めて重要となる。そこで，カメラを自動で回転させながら対象植物を一定の距離から撮影できる低コスト植物フェノタイピング装置を設計・開発した。モータをカメラ用モータは Raspberry Pi を用いて制御し，高解像度カメラ（Azure Kinect DK，画素数：4,096 x 3,072）の画像は Jetson Nano を撮影した。対象植物として，中玉トマト（フルティカ，タキイミディ195）を用いた。

植物画像は，製作した装置を用いてトマト 1 株を等距離から15度ずつ回転させて360度（24枚）撮影した。画像撮影は0（水平），30 および 60 度の位置から行い，植物 1 株に対し計 72 枚の画像を取得した。撮影画像を用いて SfM による 3 次元植物骨格情報の再構成を行った。SfM 用ソフトウエアとして Recap（AutoDesk 社）を用いた。

【結果】

図1にスマホのカメラを用いて様々な角度から撮影したトマト画像に対して SfM を適用した再構成画像を示す。左画像トマトをできる限り等角度で撮影した結果で，右画像はトマトの葉の裏を集中的に撮影したものである。本結果から，SfM による 3 次元再構成の精度・品質は撮影方法によって大きく依存することがわかった。さらに，葉や花があるとそれらが撮影の邪魔となり撮影方法を変化させてもしっかりとした骨格情報を得ることができなかった。

図 2 に自動計測により得られたトマトの 3 次元骨格情報の再構成結果を示す。フェノタイピング装置を用いて植物画像を一定の距離および様々な角度から多数枚撮影することで，高精度の3次元骨格情報が復元できることがわかった（左画像）。さらに，右表のように3次元点群情報も取得することが可能である。

今後は，定期的に3次元骨格情報の撮影を繰返し行うことにより，植物の生育に対応した3次元骨格情報の経時変化を追跡していく予定である。さらに，得られた植物の3次元点群情報を用いて，植物形質の定量計測にもチャレンジしていきたいと思っている。

(a) 等角度撮影結果　(b) 葉の裏面から撮影

図 1　3 次元骨格情報の再構成結果（手動撮影）

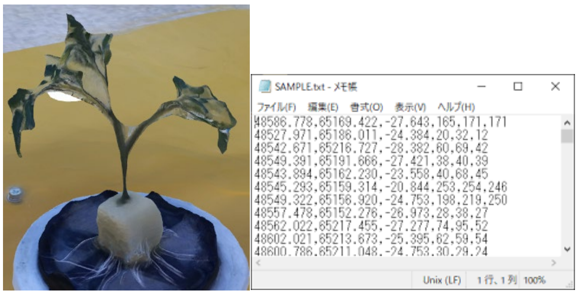


図 2　3 次元骨格情報の再構成結果（自動撮影）

ドローンを利用したサトウキビのモニタリング調査

落合俊文（琉球大学農学部地域農業工学科 農産施設工学研究室４年）

【はじめに】

サトウキビは沖縄県における基幹作物であり、特に離島地域では離島経済を支える極めて重要な作物である。現在、工場の操業計画や、地域の生産量を把握するために、生育調査が行われている。しかし、生育調査は人が実際に圃場に向かい作物の生育状況を記録する必要があるため、工場、JA、生産協議会など多くの関係者によって人海戦術的に実施されている。一方、高さ 3m 以上にもなり密集しているサトウキビ圃場の中に入ることは困難であり、圃場の外観しか確認することはできない。また、経時的、空間的に変化する生育状態をモニタリングすることは困難である。近年リモートセンシング技術を活用した作物の生育調査やモニタリングが注目されており、ドローンを用いた空撮画像によるセンシング・生育調査もその一つである。本調査では南大東島のサトウキビ圃場でドローンによる空撮を行い、サトウキビの成長過程や品質評価等の可能性について検討する。

【材料および方法】

2019 年 11 月から 2020 年 8 月にかけて月 1 回、南大東島のサトウキビ圃場 A,B,C の 3 圃場で撮影を行った。ドローン（Mavic,DJI 社）は専用のアプリケーションを用いて高度 60m の上空から、カメラの角度を圃場と垂直にし、圃場一つに対して往復を繰り返し進むように自動飛行で 100 枚程度の画像を撮影した。撮影した 100 枚程度の画像からサトウキビ圃場全体を映した一枚の画像であるオルソ画像を合成し３D モデル(図１)を作成した。本 3D モデルよりサトウキビの高さを推定した。

ドローンでの圃場撮影の後、撮影した圃場の実際のサトウキビの草丈（サトウキビの根元から葉の先端までの長さ）と仮茎長（サトウキビの茎部分のみの長さ）をランダムに測定した。

その後、ドローンから得られたサトウキビの高さと実測値である草丈と仮茎長との比較を行った。その後、ドローンでのモニタリングの可能性について考察をした。また、作製した３D モデルから推測されるサトウキビの高さは圃場の傾斜を考慮し、圃場の全体の高さではなく、圃場一部分のみの高さの推定にとどめた。

【結果】

図２に圃場 A における実測仮茎長・実測草丈とドローン測定の比較を示した。ドローン測定での推定値と実測草丈の高さは､同様の傾向を示した。また、圃場 B 及び C でも同様の傾向であったことからドローンでのモニタリングは、サトウキビの植え付けにかかわらずモニタリングが可能になると考えられる。実測仮茎長とドローン測定は高さの違いはみられるが、傾向としては同様の傾向であることが確認された。

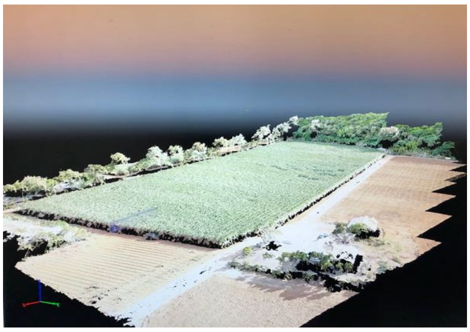


図１　圃場 A における３D モデルの例

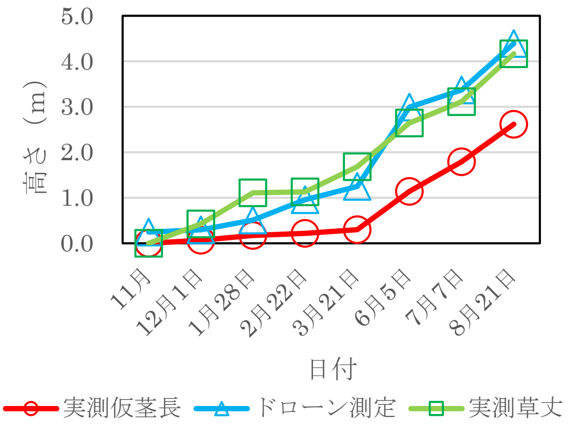


図２　圃場 A におけるサトウキビの成長過程

今後、撮影した画像から RGB 値、NIR 値、RE（Red Edge）値を取り出し、高さだけでなく欠株や品質判定の可能性を検証する。

別紙

魚眼カメラ画像を対象とした深層学習による植物生育特徴量の抽出

小野渓太（九州大学農学部 農業機械研究室４年）

【はじめに】

植物の栽培管理において，花や果実などの数やその空間分布を把握することは重要である。圃場全体で植物の生育特性を計測できれば，収量予測や栽培管理などに役立てられる。しかし，圃場全体から得られるデータは膨大であり，データ計測を人手で行うことは労力や費用を要し，人為的なミスも起こりやすい。正確かつ高速な生育特徴量の抽出には，自動計測技術の開発が必要となる。

本研究では，深層学習に基づく物体検出アルゴリズムである Faster R-CNN (Region Based Convolutional Neural Network)を用いて植物生育特徴量検出器を作成し，広範囲撮影が可能である魚眼カメラで撮影された画像から圃場全体の果実や花の検出を行う。

【材料および方法】

Faster R-CNN は，(1)画像中の物体検出と，(2)物体のクラス分類を 2 段階で行うアルゴリズムである。入力した画像から，まず，(1)として ResNet50 を用いて特徴マップを生成し，この特徴マップに RPN(Region Proposal Network)を適用して物体領域を提案する。その後，(2)として，それぞれの提案領域を分類用のネットワークに通し，物体のクラス分類を行う。Faster R-CNN に基づくイチゴ果実とトマト花の検出器作成には，MATLAB を用いた。

広範囲撮影が可能な魚眼カメラの利用を前提に，歪みを補正した画像による物体検出の範囲や精度を把握するため，最初の検出器は，比較的検出しやすいイチゴ果実のイラストを対象とした。訓練データを 28 件，テストデータを 7 件，室内の壁にイラストを印刷した紙を貼り付けて撮影した。撮影には AQUOS SHV37 のカメラを用いた。画像は RGB 色空間で得られ，解像度は 4128×3096 だった。検出器の学習時間を短縮するため，撮影した画像は 774×774，516×516，387×387，344×344 の 4 段階にリサイズした。その後，MATLAB のイメージラベラで果実の位置とクラスをラベル付けして，教師データセットを作成し，検出器を学習させた。学習済みの検出器には，イチゴ果実を等間隔に印刷した紙を魚眼カメラ（PIXPRO SP360）で撮影した画像を歪み補正してから入力した。

一方，トマト花の検出器はトマト花の訓練データ 451 件,テストデータ 113 件を用いて作成した。撮影に用いたカメラ，画像の色空間と解像度はイチゴ果実の場合と一致させた。撮影は，2020 年 11 月 12 日の朝（7:40～8:20），昼（12:10～12:30），夕方（16:40～17:00）に，九州大学構内の温室内で行った。撮影画像は 412×309 にリサイズした後ラベル付けした。トマトの栽培棚全体の花を検出させるため，棚から 0.3m 離れた位置で植物列方向に 1m 間隔 8 地点で画像を撮影した。撮影には，より広範囲の画像撮影が可能な 360° 全方位カメラ（RICOH THETA V）を使用した。撮影画像はイチゴの場合と同様に歪みを補正した後，検出器に入力した。

【結果】

イチゴ果実の検出結果を図 1 に示す。本結果から画像中心から一定距離離れた場所では果実検出が行えていないことがわかる。これは歪みの少ない画像だけで学習させたことが原因であるが，魚眼カメラ画像を用いる場合には画像変形の影響範囲を把握しておくことが重要であるといえる。一方，トマト花の検出器は，学習データが不足していることも一因であるが，類似形状の花でも，少し写る角度が変わったり，逆光等で色の特性が異なったりすると検出されにくくなることがわかった。先ほどと同様に，画像中心から離れた場所にある花に関しては，歪みの影響が大きいせいか全く検出されなかった。

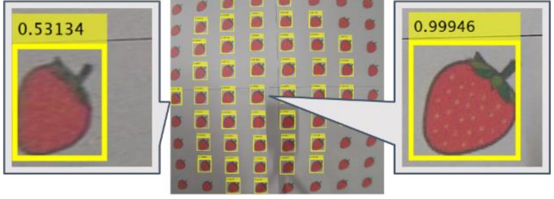


図 1　イチゴ果実の検出結果

図 2　トマト花の検出結果

画像情報を用いた小型 UAV の自己位置推定と自律飛行制御に関する研究

田中颯（九州大学農学部 農業生産システム設計学研究室 4 年）

【はじめに】

持続可能でかつ安定した食料生産技術の開発は SDGs の推進にも重要となる。近年，IoT やロボットを活用した新たな農業としてスマート農業が注目されており，既に多くの現場で成果を上げている。中でも UAV は植物生育計測や農薬・肥料の局所適量散布への活用が期待されている。

本研究では，施設園芸内での小型 UAV による植物生育計測や受粉作業の栽培管理作業の支援を最終目標に,単眼カメラを用いた自己位置推定手法に基づく自律飛行技術の確立を目指す。まず，ロボット開発用オープンソースソフトウェアである ROS (Robot Operating System)を用いて，単眼カメラから取得した点群情報による UAV の自己位置推定と飛行環境地図の作成を検討する。

【材料および方法】

研究には，様々なプログラミング言語に対応するトイドローンとして利用されている Ryze Technology 社の Tello を用いた。Tello は，機体の前方に単眼カメラを搭載している。Tello 本体にプログラムを書き込むことはできないため母艦となる PC を必要とする，PC に Linux OS (Ubuntu18.04)をインストールした後，同 OS 対応の ROS melodic をインストールした。単眼カメラによる SLAM (Simultaneously Localization and Mapping) は，Visual-SLAM と呼ばれ，その中でも代表的な ORB-SLAM を採用した。ORB-SLAM は，画像中の輝度勾配から ORB 特徴量と呼ばれるものを抽出することで点群情報を取得する SLAM である。

今回は，ORB-SLAM を実装しその制度評価を行うことが目的であったため，研究室内で実験を行った。机上に，植物模型を配置し，背景に特徴点を検出しやすいようにいくつかの物体を配置した。2 つの模型の中間点から 50 cm 離れた地点を始点とし中間点までを 1 往復させて撮影を行い点群地図の作成および精度を調べた。この実験を繰り返し行った。

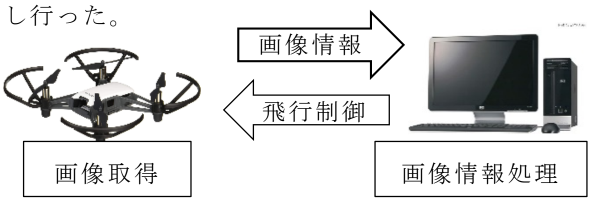


図 1　Tello の送受信システムの概要

図 2　実験風景

【結果】

実験において得られた中間点と終点の特徴点と点群地図をそれぞれ図 1 および 2 に示す。図中左が作成された点群地図，右が撮影画像と特徴点を示している。地図中には 3 つの大きな点群が形成されるが，これらは下方 2 つの点群が植物模型のものである。画像中の緑色の三角形は Tello の位置を示し、線は移動軌跡を表している。Tello が中間点にあるとき点群地図上でも植物模型の中間点にあることが分かる。このことから作成された点群地図は高い精度でその点群の座標を特定できていることが分かる。

今後は，今回の実験中に機体を素早く移動させた際に特徴点を正確に追跡できないことがあった。これは，SLAM が動画を用いて特徴点マッピングを行うため，取得した画像の解像度やブレが大きくなると特徴点を正確に検出できなくなることが原因と考えられた。今後,ビニルハウス内での飛行実験を想定し，どの程度の飛行（移動）速度であれば正確な地図作成が行えるのかなどを検討する予定である。

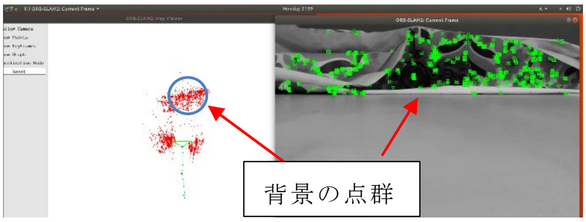


図 3　中間点における特徴点と点群地図

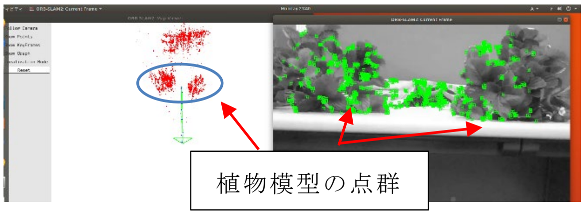


図 4　終点の特徴点と点群地図

数値流体力学的手法による冷凍・冷蔵二温度帯コンテナの改良

国田悠希（九州大学農学部 農産食料流通工学研究室 4 年）

【はじめに】

農林水産省は農林水産物・食品の輸出額を 5 兆円規模へ拡大することを目標としている。青果物だけでなく畜産物や加工食品についても，冷凍技術の発達によって輸出拡大が期待でき，上記の目標を実現するには大量かつ混載が可能な輸送システムが必要である。

本研究室では 0℃，10℃の二温度帯コンテナを開発し，青果物の混載を可能とした。また，冷蔵品と冷凍品を混載する 0℃，-20℃での運転についても検討した。しかし，間仕切り付近や天井付近が凍結することが確認され，間仕切り壁の変更や，ヒーターの設置等，改良が必要であることが明らかとなった。そこで，本研究では数値流体力学（CFD）を用いて最適なヒーターの熱量を検討した。

【材料および方法】

ソフトウェア ANSYS Fluent18.1 を用いて熱流体解析を行った。モデルの概略図を図 1 に示す。

冷蔵ファン出口に図 2 のように棒状の加温ヒーターを設置した。実際の風量を再現するため，圧力上昇値を 40～60 Pa に設定し解析を行い，それぞれの風速を確認した。解析条件を表 1 に示す。

圧力上昇値確定後，ヒーター熱量を 300～1800 W として解析を行った。解析条件を表 2 に示す。

【結果および考察】

表 3 に二温度帯コンテナ実機の風速と，ヒーター設置後の冷蔵ファンの風量変化を示す。40 Pa の時，実機の風速の約 2.3 m/s とほぼ等しい風速となったため，圧力ジャンプは 40 Pa とした。

また，センサー温度が 0.5~1.5℃の時の天井付近の温度分布を図 2 に示す。ヒーター熱量が 1800 W の時，天井付近は-11℃程度だったものが-2℃程度へ上昇し，過度な冷却を防ぐことができた。

【今後の予定】

数パターンの積載率での積荷のある状態の温度分布の解析も行い，また，間仕切りや外壁の熱伝導率についても検討する予定である。

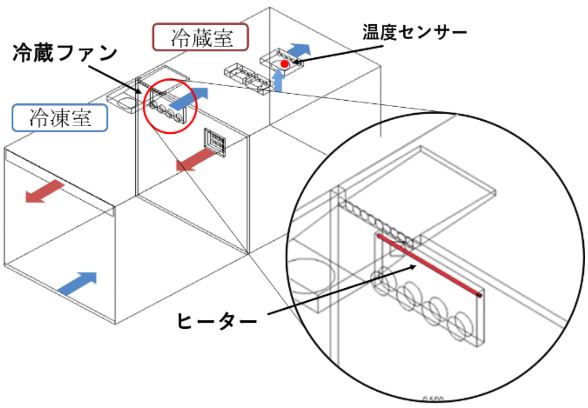


図 1　解析モデルの概略図と設置したヒーター

表 1　解析条件

解析手法	非定常
乱流モデル	標準 k-ε
冷凍機吹出口速度	10.2 m s^{-1}
冷蔵ファン圧力上昇値	40～60 Pa

表 2　解析条件

解析手法	非定常
乱流モデル	標準 k-ε
ヒーター熱量	300～1800 W

表 3　風量変化

	圧力上昇値	風速
コンテナ実機		2.3 m/s
解析モデル	40 Pa	2.29 m/s
	45 Pa	2.43 m/s

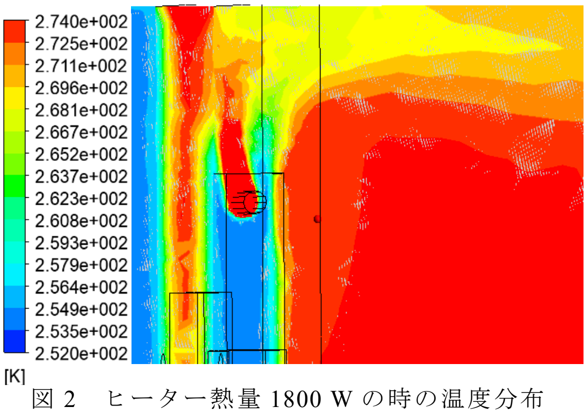


図 2　ヒーター熱量 1800 W の時の温度分布

青果物内部の 3 次元構造を用いたガス移動シミュレーションと有効拡散係数の推算

豊田光希（九州大学農学部 農産食料流通工学研究室 4 年）

【はじめに】

青果物は収穫後も生命活動を維持しており，品質が劣化していく。青果物が各地に流通される現代では，青果物の品質低下の抑制や，貯蔵条件の最適化，収穫後のロス削減といった課題がある。そのため，流通過程において青果物の内部で何が起こっているのかを把握することは重要である。

ここで，青果物は生命維持のため収穫後も呼吸を行うが，呼吸は貯蔵環境の温度，ガス組成の影響を受けて変動する。そこで，今村ら（2017）はカキ果実内部の細胞組織内の熱移動シミュレーションを行い，細胞組織の構造が熱移動に影響を与えることを示した。しかし，細胞組織とガス拡散については明らかにされていない。よって，本研究では，青果物内部の構造とガス移動の関係を明らかにすることを目的とし，細胞組織モデルでのガス移動の解析を行った。

【材料および方法】

1. 供試材料および解析条件

ガス移動解析には，汎用物理シミュレーションソフトウェア（COMSOL Multiphysics 5.3）を使用した。また，カキ果実の細胞組織モデルは本研究室で作成した空隙率の異なる 2 種類のサンプルを用いた（今村，2017）。細胞組織モデル上で，大気圧(101.3 kPa)下における初期の CO_2分圧を 0.0375 kPa とし，境界条件として上面から 5 kPa の CO_2 を流入させ、温度 278.15 K，他面は気体を通さない不透過性と仮定した際の非定常解析を行った。対面の平均濃度が一定になるまで解析を行った。本モデルの物性値は，細胞質は水，細胞間隙は空気のものを用いた（表 1）。

表 1　解析に用いた各物性値

	細胞	空隙
拡散係数 (m^2 s^{-1})	1.13×10^{-9}	1.85×10^{-5}

2. 拡散係数の導出

細胞組織モデルにおける拡散係数の導出を行うにあたって，細胞組織のジオメトリと同じ大きさ，かつ，内部を一様に均質とみなした均質モデルを作成した。この際，均質モデルにおける材料の密度および比熱は，細胞組織モデルの空隙率から与えた。その後，均質モデルにおける底面の平均濃度の経時変化が，細胞組織モデルにおける濃度の経時変化に適合するように，均質モデルにおける材料の拡散係数の値を変化させた。そして，最も適合した際の拡散係数を，細胞組織モデル全体の拡散係数とみなした。

【結果】

表 2 に拡散係数の推算値を，図 1，2 に各 sample における底面平均濃度の変化と均質モデルを用いて拡散係数を推算した際の底面平均濃度変化との比較を示す。

表 2　拡散係数の推算値

	拡散係数の推算値 (m^2s^{-1})	RMSE
sample1　空隙率 0.04	1.8×10^{-9}	0.0079
sample2　空隙率 0.47	8.0×10^{-8}	0.0407

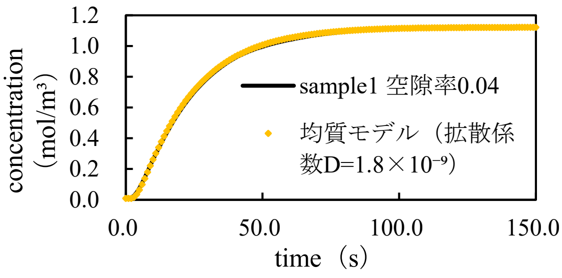


図 1　Sample1 と拡散係数の推算値における底面平均濃度変化の比較

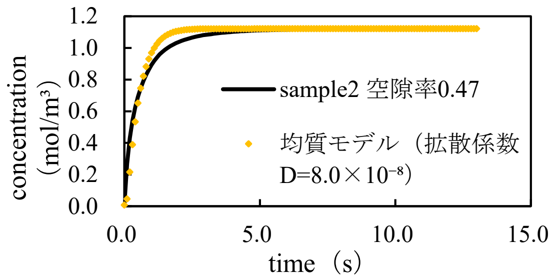


図 2　Sample2 と拡散係数の推算値における底面平均濃度変化の比較

空隙の多い sample2 において底面への CO_2の拡散が早く，また拡散係数の推算値も大きくなった。

稲の曲げ振動の解析手法の開発

石神晃士朗（九州大学農学部 農業生産システム設計学研究室 4 年）

【はじめに】

近年，日本の農業における担い手不足は深刻であり，農家の経営耕地面積は拡大している。そのため，農業機械には処理能力の向上が常に求められている。この問題はこれまで機械の大型化，エンジン出力の増大という形で解決され，多大な省力化が図られた。しかし，それに伴い，機械の価格増，農作業事故のリスク増加，化石燃料の消費や排気ガス排出量の増加等の弊害が生じている。そこでこれからは，機械の大型化とエンジン出力の増大を抑制する形で処理能力を向上する省エネ化が求められる。

コンバインの所要動力の 4 割を占める脱穀部に目を向けると，こぎ歯の作用により穂から籾を脱離させる等の脱穀部内の稲の力学応答が未解明なため，省エネ化の設計・制御指針は確立されていない。そこで，脱穀負荷や脱粒性能の評価を可能にする脱穀部内の稲の力学応答の解析手法を開発することを目指している。本研究では，稲の動的挙動の解析に用いる力学モデルの動バネ定数と粘性減衰係数を推定する際に実施する，曲げ振動実験時の稲の形状を再現する解析手法を開発することを目的とした。

【材料および方法】

稲は茎，穂軸，枝梗，籾の複数の部位が接合した柔軟な分岐構造物である。本研究では，稲の動的挙動を解析するために，その構造を多数の質点を並列配置したバネとダッシュポットで連結して表現した。

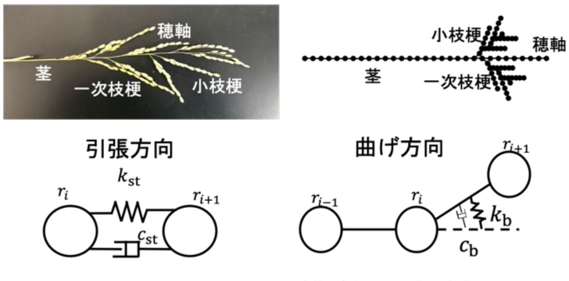


図 1 稲の力学モデル

粒子 i の運動方程式は下式(1)で表される。

$$m_i \frac{d^2\vec{r}_i}{dt^2} = \vec{F}_i^{\mathrm{el}} + \vec{F}_i^{\mathrm{damp}} + \vec{F}_i^{\mathrm{drag}} + \vec{F}_i^{\mathrm{g}} \qquad (1)$$

ここで，i：粒子の番号，m_i：質量，$\vec{r}_i$：粒子 i の位置ベクトル，$\vec{F}_i^{\mathrm{el}}$：弾性力，$\vec{F}_i^{\mathrm{damp}}$：粘性減衰力，$\vec{F}_i^{\mathrm{drag}}$：空気抵抗力，$\vec{F}_i^{\mathrm{g}}$：重力である。$\vec{F}_i^{\mathrm{el}}$は粒子要素間の位置関係によって粒子要素 i に与えられる引張および曲げ方向の復元力の合計である。式(1)を数値的に解くことにより，稲の曲げ振動を再現し，動バネ定数と粘性減衰係数を推定することを卒業研究の最終目標としている。今回の解析では，茎，穂軸，一次枝梗，小枝梗の部位を考慮した。また，式(1)の粘性減衰力の項は考慮していない。稲の茎元を固定し，水平状態から自由落下させた時の形状を 2 秒間解析した。式(1)は 3 次のアダムズ・バッシュフォース法により解いた。表 1 に解析に用いたパラメータをまとめた。本パラメータは，プログラム開発に使用した仮想の値であり，今後，現実的な物性値を用いる必要がある。

表 1　解析に用いたモデルパラメータ

部位	質点数	分岐数	長さ (m)	バネ定数	
				引張 (N/m)	曲げ (Nm/rad)
茎	21	1	0.5	1.5	0.1
穂軸	11	1	0.25	1.0	0.1
一次枝梗	6	9	0.1	1.0	0.1
小枝梗	6	4	0.06	1.0	0.1
分岐部	–	–	–	–	0.0001

【結果および考察】

自由落下させた稲の 2 秒後の形状は，茎が実際の形状より大きくたわみ，一次枝梗や小枝梗が全くたわまなかった。この理由は，今回用いた部位別のバネ定数のスケールが適切に設定されていないためと推察される。今後，文献値を参照するとともに，実際の稲のたわみ形状にフィッティングすることにより現実的なパラメータを推定する予定である。

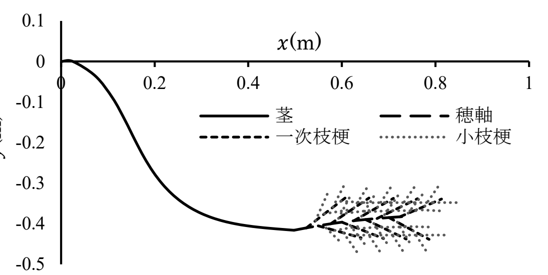


図 2　自由落下させた稲の 2 秒後の形状

稲のねじり振動の解析手法の開発

和田龍毅（九州大学農学部 農業生産システム設計学研究室 4 年）

【はじめに】

近年の我が国の農業が抱える問題点として，従事者の高齢化や後継者不足による担い手農家の経営耕地面積の拡大が挙げられる。これを解決するために収穫作業においては,コンバインの大型化やエンジン出力の増大により処理能力の改善がなされてきた。一方,こうした改善方法には,機械の高額化やエネルギー資源の消費と排気ガスの増加などを伴う問題がある。したがって，エンジン出力の増大を抑えながら,処理能力の向上を図る省エネ化を目的とした性能改善が必要である。

自脱コンバインの脱穀部は収穫時の所要動力の 4 割を占め，その多くが稲から籾を脱粒させる際に用いられる。一方，脱粒時の主な機械的作用である打穀を受ける稲の力学応答は未解明な部分が多く省エネ化の設計・制御指針は確立されていない。そこで,脱穀負荷や脱粒性能の評価を可能にする打穀を受ける稲の力学応答の解析手法を開発することを目指している。本研究では,稲の動的挙動の解析に用いる力学モデルの動バネ定数と粘性減衰係数を推定する際に実施する，ねじり振動実験時の稲の形状を再現する解析手法を開発することを目的とした。

【材料および方法】

稲は茎，穂軸，枝梗，籾の複数の部位が接合した柔軟な分岐構造物である。本研究では，稲の動的挙動を解析するために，その構造を多数の質点を並列配置したバネとダッシュポットで連結して表現した（図１）。

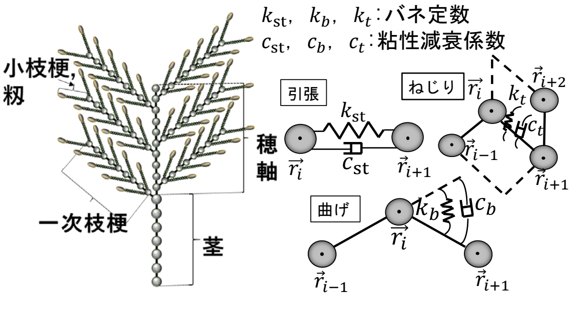


図 1　稲の力学モデル

下式(1)に質点iの運動方程式を示す。

$$m\frac{\mathrm{d}^2\vec{r_i}}{\mathrm{d}t^2} = \vec{F}_i^{\rm el} + \vec{F}_i^{\rm damp} + \vec{F}_i^{\rm drag} + \vec{F}_i^{\rm g} \qquad (1)$$

ここで，i：質点の番号 m_i：質量,$\vec{r_i}$：質点の位置ベクトル，$\vec{F}_i^{\rm el}$：弾性力，$\vec{F}_i^{\rm drag}$：粘性減衰力,$\vec{F}_i^{\rm damp}$：空気抵抗，$\vec{F}_i^{g}$：重力である。また$\vec{F}_i^{\rm el}$は下式(2)によって表される。

$$\vec{F}_i^{\rm el} = \vec{F}_i^{\rm st} + \vec{F}_i^{\rm b} + \vec{F}_i^{\rm t} \qquad (2)$$

ここで,$\vec{F}_i^{\rm st}$，$\vec{F}_i^{\rm b}$，$\vec{F}_i^{\rm t}$はそれぞれ，引張，曲げ,ねじり方向の力である。 式(1)を数値的に解くことにより，稲のねじり振動を再現し，動バネ定数と粘性減衰係数を推定することを卒業研究の最終目標としている。今回の解析では，茎，穂軸，一次枝梗，小枝梗の部位を考慮した。また，現段階では式(1)の$\vec{F}_i^{\rm damp}$　および式(2)の$\vec{F}_i^{\rm t}$は考慮していない。稲の茎元を固定し，水平状態から自由落下させたときの稲の形状を 2 秒間解析した。式(1)は三次のアダムズ・バッシュフォース法により解いた。表 1 に解析に用いたパラメータをまとめた。本パラメータは，プログラム開発に使用した仮想の値であり，今後，現実的な物性値を用いる予定である。

表 1　解析に用いた力学モデルのパラメータ

部位	質点数	分岐数	長さ (m)	バネ定数 引張 (N/m)	バネ定数 曲げ (Nm/rad)
茎	21	-	0.5	1.5	0.015
穂軸	11	-	0.25	1	0.01
一次枝梗	6	10	0.1	1	0.001
小枝梗	6	4	0.1	1	0.001
分岐部	-	-	-	-	0.001

【結果と考察】

自由落下させて 2 秒後の稲の形状は，茎が不自然に大きくたわみ,その他の部位のたわみが見られなかった。これは,茎の部分に稲の自重によるモーメントが集中しているためである。茎の曲げ方向のバネ定数を大きくすることで実際のたわみ形状に近づくと考えられる。また籾要素を追加することで小枝梗先端の重量が増し,一次枝梗と小枝梗のたわみ形状も再現できると考える。

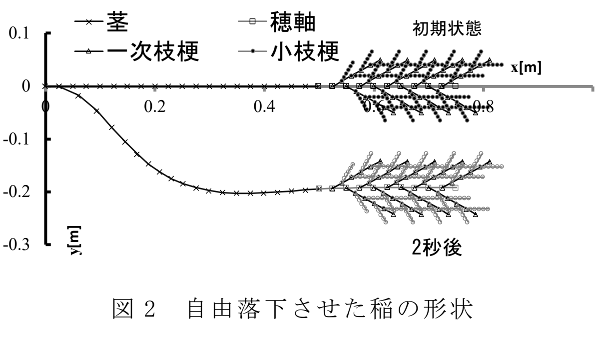


図 2　自由落下させた稲の形状

異なる保存温度における電場処理が青果物の品質に及ぼす影響

増本日菜子（鹿児島大学農学部　食品保蔵学研究室4年）

【はじめに】

青果物は収穫後も呼吸をはじめとした生理活性を維持していることに加え，保存環境によってその品質は大きく影響される。近年，青果物の品質変化を抑制することを目的として，電場を利用した保存方法が注目されている。電場処理とは,「電荷によって生じた電気力が働く空間」とされている電場において青果物の貯蔵を行う方法であり，カンキツ類の緑色保持の効果が報告されている。電場には交流電場（Alternating Current）と直流電場（Direct Current）の2種類が存在しているが，電場処理を用いた先行研究の多くは交流電場を用いたものであり，直流電場を利用した研究は検討が不十分である。本研究では，異なる保存温度において交流および直流電場で貯蔵試験を行い，呼吸量をはじめとした青果物の品質変化に対する影響を比較した。

【材料および方法】

供試材料として大分県産のピーマン用い，大きさが同程度かつ損傷のないものを選抜した。電場デシケータは，アクリル真空デシケータ内の上下にステンレス板を接着し，プログラマブル交流電源（EC750SA, エヌエフ回路設計ブロック）と導線で繋ぐことで交流または直流電場を発生させるものとした。これらの電場デシケータと通常のデシケータにガス採取用のプラスチック袋をチューブでつなぎ，実験に用いた。交流電場区，直流電場区および対照区の各デシケータに3個ずつピーマンを静置し，これらを10℃と25℃に設定したインキュベータに設置した。

所定の保存日数でサンプルを取り出し，質量減少率，表面色，呼吸量，アスコルビン酸含有量を測定した。表面色は色彩色差計（CR-10Plus，コニカミノルタ），呼吸量はガスクロマトグラフ（GC-4000Plus，ジーエルサイエンス），アスコルビン酸は簡易反射式光度計（RQフレックス，メルク社）を用いてそれぞれ測定を行った。

【結果】

下図に 10℃および 25℃にて電場または通常のデシケータに保存したピーマンの呼吸量の変化を示した。10℃で保存した場合，異なる電場区および対照区の呼吸量に顕著な差は見られなかった。しかし，25℃で保存した場合，貯蔵直後の呼吸量は電場の種類や有無にかかわらずほぼ同じであったものの，4日目において直流電場および対照区と比較して交流電場環境下の呼吸量は最も抑制される傾向があり, 7日目も同様の結果となった。また，7日目までの保存において表面色，アスコルビン酸含有量は両電場区と対照区において差は見られなかった。一方，それぞれの保存温度で直流電場環境と比較した際に，交流電場環境はピーマンの質量減少を抑え，10℃保存下では更なる抑制が確認された。

これまでに，電場環境で保存した青果物は呼吸を抑えることが報告されていることから，本実験の結果をふまえ，交流電場はより効果的に電場による影響を青果物に及ぼすことが可能であると示唆された。今後は，ピーマン以外の青果物でも実験を行うとともに，電場環境が青果物に及ぼす影響について分子レベルでの検討を行う必要がある。

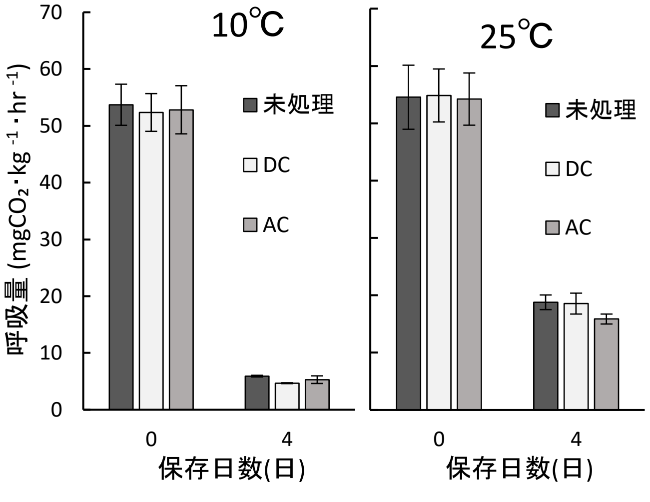


図　交流電場，直流電場および通常のデシケータで 10 または 25℃で保存したピーマンの呼吸量（$mgCO_2$・kg^{-1}・hr^{-1}）

コメ由来炭水化物系繊維を骨格とした食品用機能性フィルムの開発

牟田　江梨花（九州大学農学部　農産食料流通工学研究室４年）

【はじめに】

食品の包装には，広く石油由来プラスチックが使用されているが，それが環境に及ぼす影響は長きにわたって問題となっている。そこで，石油由来プラスチックに代わる生物由来フィルムの開発が求められている。

本研究では，食品の貯蔵・流通中の品質保持を可能にする生物由来機能性フィルムを開発することを目的とし，コメの炭水化物繊維を中心に，気体透過性などの機能性を付加するためにグリセロールおよびセルロースナノファイバーを添加したフィルムを作製した。適切な組成や機能性フィルムとしての基礎特性を調査するため，組成の異なるフィルムを作製し，各種物性値を測定した

【材料および方法】

蒸留水 (表に DW) に，米でん粉 (日本コーンスターチ株式会社) (以下 RS) (4% w/v) , CNF, グリセロール (以下 Gly) を加え，完全に分散するまで攪拌した。組成は Table 1 の通りで, Savadekar (2012) らの方法を参考にした。その後ウォーターバススターラーを用いて 85℃, 700 rpm で 40 分間攪拌し, RS が完全に糊化するまで加熱した。溶液を室温まで冷ました後，真空ポンプを用いて気泡除去を行った。 溶液をそれぞれ 8×8 cm^2 のシリコンモールド (株式会社そらーる) に各 20 ml ずつ加え，室温で３日間乾燥させた。乾燥後，剥がしたフィルムを試験区ごとにプラスチックバッグにまとめ，硝酸マグネシウムで 53%RH に調湿した真空ポリカデシケータに入れ，室温 25℃で 72 h 以上保存してから測定に用いた。各組成のフィルムに対して厚さ，引張強度，ひずみ，透明度，含水率，溶解度を測定した。また, SEM, FTIR を用いて形態および組成を調べた。

表 1 フィルム溶液の組成

	0%	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%	1.0%
DW (g)	100	100	100	100	100	100
RS (g)	4	4	4	4	4	4
Gly (g)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
CNF(g)	-	0.008	0.016	0.024	0.032	0.040

【結果】

図 1 に CNF の割合とフィルムの引張強度の関係を示す。CNF が 0.6%の時，引張強度は最も大きな値をとった。

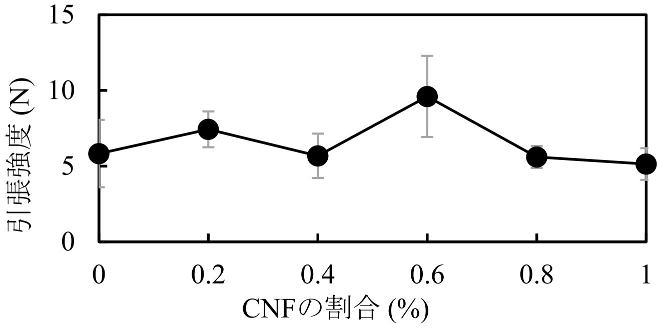


図 1 CNF の割合と引張強度の関係

また，CNF の割合が高いほどフィルムの含水率が高くなったが，溶解度には有意差が見られなかった。これは，CNF が水不溶で親水性が高いことが原因であると考えられる。

図 2 に CNF0%と CNF0.6%のフィルム断面の SEM 画像を示す。0%に比べて, 0.6%の断面は凹凸が見られた。これは，でん粉で覆われた CNF と考えられる。

(a)
(b)

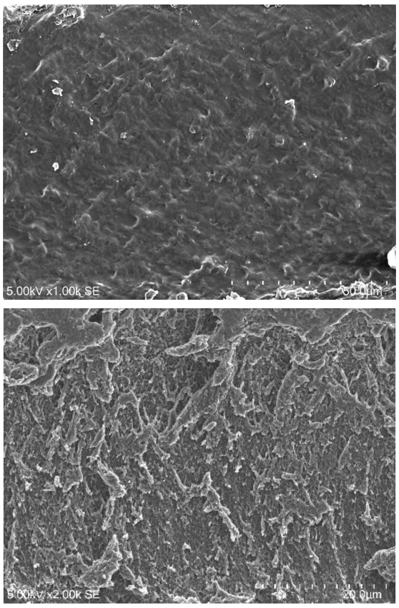


図 2 フィルム断面の SEM 画像 (a) 0% (b) 0.6%

【結論】

CNF の割合が 0.6%のフィルムは引っ張り強度が強く，外部からの力により耐えられると考えた。今後は 0.6%を中心に研究を進めていきたい。

製糖工程サンプルの物性評価に関する基礎的研究

齊藤あかり(琉球大学農学部　農産施設工学研究室 4 年)

[はじめに]

サトウキビ製糖工場では、圧搾-濃縮-結晶化の一連の操作によって、ショ糖結晶を生産する。これらの製糖工程では、サンプルの物理的特性が品質と関連していると考えられるが、現状の分析では糖度や Brix 値等の化学的特性の把握にとどまっており、物理的特性は把握されていない。そこで、本研究では、比重と粘度に注目し、製糖の各工程サンプルの特性を明らかにするとともに、近赤外分光法を応用した迅速評価技術の可能性について検討する。

[材料および方法]

1.　材料

2019 年度の製糖期間に沖縄県・鹿児島県の 16 製糖工場から収集したサトウキビ 240 点から搾汁液を取得した。

近赤外分光装置（Foss，DS2500）、旋光計(AntonPaar, MCP500Sucromat)、密度計(AntonPaar, DMA1001)、粘度計(ATAGO, VISCO/VISCO-895)

2.　方法

(1) 近赤外分光装置（Foss，DS2500）で近赤外スペクトル（400-2500nm，0.5nm 間隔）を取得する。また、旋光計(AntonPaar，MCP500Sucromat)を用いてポール糖度(%)、Brix(%)を測定する。

(2) 密度計(AntonPaar，DMA1001)で比重、粘度計(ATAGO，VISCO/VISCO-895)で粘度(mPa・s)を測定する。

(3) 上記で測定した物理的特性と化学的特性との関係を確認する。

(4) 濃縮工程後に得られるシラップでも同様に 1~3 の実験を行う。

(5) 近赤外分光法を用いて物理的特性と化学的特性の同時評価の可能性を検討する。

[結果]

1.　搾汁液の比重とポール糖度の関係

搾汁試料 240 サンプルの比重とポール糖度(%)を測定した。散布図の結果は、相関係数(r)は、0.935 と高い結果になった（図 1）。比重から、ポール糖度推測の可能性が示唆された。

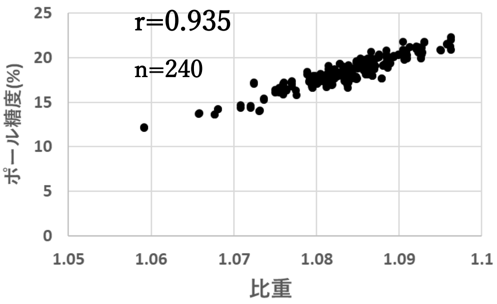


図 1. 比重とポール糖度(%)の散布図

2.　搾汁液の粘度とポール糖度の関係

搾汁試料 36 サンプルの粘度(mPa・s)とポール糖度(%)を測定し、その関係を確認した。相関係数(r)は、0.539 と少し低い結果になった。また、Brix 値(%)と粘度の相関係数(r)は、0.647 となった。ポール糖度との相関と Brix との相関を比べると、わずかな差異があった。サトウキビ搾汁液に含まれるショ糖以外の糖の含有率が増えるとポール糖度の計測精度が低下する為、粘度とポール糖度との相関が低い値を示したと推察できる。

搾汁液のポール糖度と比重には高い相関が見られたので、シラップや他の工程のサンプルでも物理的特性と化学的特性の関係を確かめてみる。

NIRS を用いたサトウキビ圧搾液の堅牢な検量モデルの開発

直正　ゆみか（琉球大学農学部 農産施設工学研究室 4 年）

【はじめに】

近赤外分光法(NIRS)は、食品や農産物の非破壊検査法として普及しているが、測定対象が個体、液体、ペースト、繊維状であっても適応可能である。サトウキビの品質評価では、サトウキビの破壊試料や搾汁試料を用いた NIRS が国際的に実用化されている。一方、サトウキビの破壊や搾汁法方といった計測サンプルの前処理が NIR スペクトルに影響を与えられることが知られている。そのためサンプルの前処理は使用現場に合わせて統一し、それに合わせた検量モデルを開発する必要がある。実際の製糖工場においても、破砕方法、破砕状態は異なり、生育調査等の各種品質分析の際には破砕と搾汁非有は統一されていない。そのため、品質分析には従来からの旋光計を利用した糖度測定が行われているのが現状である。本研究では、原料価格取引の分析に採用されている細裂原料の圧搾液(細裂-圧搾液)、油圧プレスによる直接圧搾液を用いて、近赤外分光法による検量モデルの開発を検討する。また、近赤外スペクトルは試料温度の影響を受けやすい。本研究では 2 種類の圧搾液に加え、温度変化に対しての堅牢な検量モデルを検討する。

【材料および方法】

1.細裂—圧搾汁取得

カッターグラインダ(Jeffress Engineering 製、CG03)でサンプルを細裂する。油圧プレス(マツオ製)で 25.5Mpa,一分間加圧し、圧搾液を得る。

2.直接圧搾汁の取得

サトウキビを直接圧搾する際には、ロールミルまたは油圧プレスによる方法がある。本研究では油圧プレスを利用し、1 と同様の方法で 20cm 以下に調整したサトウキビの圧搾液を得た。

3.近赤外スペクトルの分析

近赤外分光装置(Foss 製、DS2500)を用いて、各圧搾液(約 2ml)の可視近赤外スペクトル(400-2500nm)を分析した。測定には、スラリーカップ、ゴールド反射板(0.5mm)を用い、透過反射スペクトルを測定した。

4 旋光計を利用した糖度分析

圧搾液のブリックスをデジタル屈折計(Anton-Paar 製、Abbemat)にて分析する。その後、酢酸鉛を 1.5g 加え、2 分間攪拌する。デジタル旋光計(Anton-Paar 製、MCP500)でポール糖度を測定した。

【結果】

細裂-圧搾汁と直接圧搾汁の各試料の平均スペクトルの結果を図 1 に表した。サンプルの平均スペクトルを見比べると 1150nm 付近と 1930nm 付近のピーク強度に違いが見られる。960,1150,1450,1930nm のピークは-OH 基に由来する水の吸収を，1800,2280nm は-CH 基の吸収を表している。2 種類のサンプルは 2000nm 以降ベースラインに違いが見られるが、今後、二次微分等のスペクトル分析を行いピーク強度について詳しく考察していく予定である。ピーク強度に差が見られるということは単一試料で検量モデルを作成した際にもう一方の圧搾汁への推定精度が低下する可能性が考えられる。図 1 に示した細裂-圧搾汁は 170 サンプルで行っているが直接圧搾汁は実験途中のため 14 サンプルのみの平均データである。今後、直接圧搾汁での実験を行い、サンプル数を増やしていく予定である。また、搾汁率などのデータを確認し、甘蔗糖度への影響を確認する。また、温度の影響を考慮した検量モデルについても検討する。検量モデルの作成にあたっては複数のスペクトル前処理や回帰モデルを比較予定である。

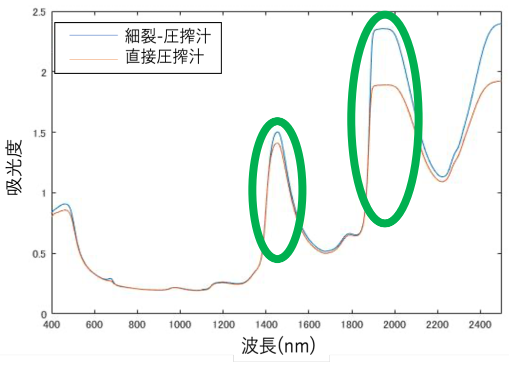


図 1 細裂-圧搾汁との NIR スペクトルの比較

マルチインピーダンス法による排水処理槽のイオン測定時における阻害要因の検討

徳永直紀（鹿児島大学農学部 食料環境システム学研究室 4 年）

【はじめに】

鹿児島県は畜産業が盛んである一方、それに伴う家畜廃棄物は年間約 600 万トンあり、処理が問題となっている。これらの処理方法として、メタン発酵が挙げられる。嫌気発酵を行うため、悪臭の拡散防止に繋がり、エネルギー源であるメタンガスを獲得することができる。しかし、発酵残渣(消化液)に含まれる NH_4-N は排水基準値に対して高く含んでいることから、更なる処理を必要とする。また,消化液の処理では連続的なイオン測定が難しいことから,過剰な電力（バブリング）や,薬品･試薬コストがかかるという問題点が存在する。そこで,新たなイオン測定方法として,実用化に向けて研究が行われているマルチインピーダンス法に着目した。マルチインピーダンス法とは,溶液中のインピーダンス(交流電流の抵抗値)を解析し,イオン測定の可能性を検討している方法である。

本実験では,過去の実験からインピーダンスの阻害要因として考えられた,有機物とバブリング(気泡)についての検証を行う。

【材料および方法】

実験 1　純水に有機物(グルコース, フルクトース, ラクトース, メタタノール)を溶かし 50ml 遠沈管に, 100-2000ppm の濃度範囲で, 20ml に調整したサンプルをそれぞれ 11 本作成した。その後, 作成したサンプルのインピーダンスを測定し, UnscramblerX ver10.8 を用いて解析を行った。

実験 2　純水に硫安を溶かし,100ml ビーカーに 100-1000ppm の濃度範囲で,100ml に調整したサンプル①を 30 本作成した。また,①の電極にバブルが触れるサンプル②,①の電極にバブルが触れないサンプル③,①に有機物(フルクトース:160ppm)を加えたサンプル④,④の電極にバブルが触れないサンプル⑤,④の電極にバブルが触れないサンプル⑥をそれぞれ 30 本作成し,インピーダンスを測定し,UnscramblerX ver10.8 で解析を行った。

実験 3　実験 2 と同様の試験区(①～⑥)を,100-500ppm の濃度範囲でそれぞれ 5 本,サンプル作成し,DO 値とインピーダンスを測定した。

【結果】

実験 1 では, 他の有機物と比べてラクトースのみ, 決定係数が 0.864 と高い数値を示した。また, グルコースとラクトースは濃度別による抵抗値の差が、他の有機物よりも大きかった。この結果からラクトース, グルコースが水溶液中で加水分解され, イオン化することで電流を流したことが示唆された。

実験 2 では, ①のサンプルは他のサンプルと比較して最も抵抗値が低かった。また, バブリングを行った, ②③⑤⑥はバブリングを行っていない①④と比較してアンモニウムイオンの定量精度が悪かった。さらに, ①④の定量精度に大きな差はみられなかった。この結果から, バブル, 有機物の両方で抵抗値の上昇が見られたものの, 有機物が阻害要因である可能性は小さいと考えられる。また, バブリングを行っているサンプルすべての定量精度が下がっていることから, バブルそのもの, もしくはバブリングによる溶存酸素量の上昇が定量精度に影響を与えていると示唆された。

実験 3 では, ①④それぞれの平均 DO 値が約 8.35mg/L, ②③⑤⑥それぞれの平均 DO 値が約 8.50mg/L と, バブルの有無により, 約 0.15mg/L の差があった。この結果から, DO 値の差が決定係数に影響を与えた可能性が考えられる。

すべての結果より, マルチインピーダンス法における阻害要因が有機物である可能性は小さく, 新たに溶存酸素による影響が示唆された。よって, 今後の実験では DO 値の差を大きくとり, 実験を行うことで, 阻害要因としての可能性を探っていきたい。

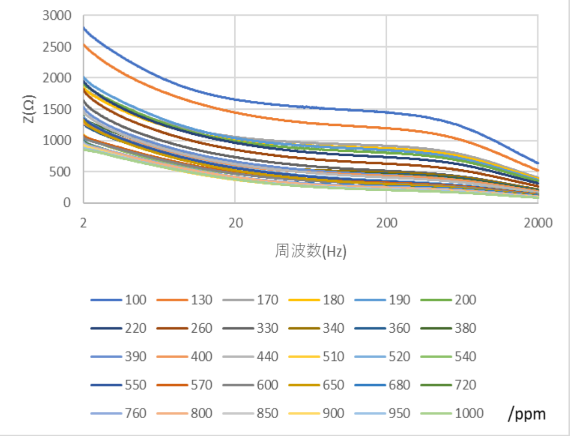


図 1　サンプル①結果

モバイル NIR 装置を用いたサトウキビ 1 節間の品質評価に関する研究

佐野 杜人（琉球大学農学部地域農業工学科 農産施設工学研究室 4 年）

【はじめに】

現在、品質取引をはじめサトウキビの糖度測定については、旋光計や卓上型 NIR 装置での測定に依存している。近年、サトウキビ用のモバイル型近赤外分光（以下、NIR）装置が開発され、糖度等の算出や評価について可能性が示唆されている。本研究では、モバイル型 NIR 装置の測定精度の向上と確立をねらいとし、1 節間の糖度推定を検討する。1 節間から得られる搾汁液は微量であることから、従来法の代替として卓上型 NIR 装置から得られるポール糖度を推定する検量モデルを作成する。また、モバイル型 NIR 装置を用いた糖度推定値をドローンの教師データとして採用することを念頭に、圃場でのモニタリング調査を行う。

【材料および方法】

1. 1 節間を対象とする検量モデル作成

沖縄県と鹿児島県の全製糖工場(17 工場)の 170 サンプル（各工場から 10 サンプル）を用いて行った。サトウキビ 1 節を取得後、ノギスを用いて 1 節ごとの直径（㎜）と放射温度計を用いて表面温度（℃）を測定した。次に、モバイル NIR 装置を用いて各節 2 回（太陽光の遮断有りと無し）ずつ測定し、品質（Brix とポール糖度）データおよび NIR スペクトルデータを取得した。次に、1 節ごとの質量(g)を測定後、油圧プレスを用いて圧縮し、1 節ごとの搾汁率を算出した。その後、卓上型 NIR 装置を用い、搾汁液の糖度（Pol）データおよびスペクトルデータを取得した。最後に、Brix 計を用いて、各節から得た搾汁液の糖度（Brix）を 1 回ずつ測定した。

2. 圃場におけるモニタリング試験

モバイル型 NIR 装置を用い、2020 年 9 月から月ごとに南大東島圃場おける糖度モニタリング調査を行っている。調査では、直径（㎜）および表面温度（℃）を測定した。その後、モバイル型 NIR 装置を用いて、糖度（Brix・Pol）データおよびスペクトルデータを取得した。また、測定時は遮光を行った。

【結果および考察】

1. 1 節間を対象とする検量モデル作成

検量モデルは Matlab(MathWorks, 2019)を用いて重回帰分析にて作成した。3 波長の条件下で、R^2（寄与率）＝0.5、SEC（モデル作成時の測定精度）＝1.24%であった。また、NIR 装置測定時の遮光のの効果を検討した。4 波長の条件下で、遮光無しは、R^2＝0.15、SEC＝1.64%、遮光有りは R^2＝0.53、SEC＝1.22%となった。これにより、遮光を行った方が R^2 と SEC ともに精度の高い結果を得ることができた。実際の圃場での測定では遮光が必要であると考えられた。

2. 圃場におけるモニタリング試験

南大東圃場では、Brix の平均値は 17.73°brix(9 月）から 22.47 °brix（10 月）、ポール糖度の平均値は 15.5（9 月）→25.8%（10 月）へ上昇した。モバイル型 NIR 装置を用いることにより、圃場で糖度の変化を確認することが出来ると考えられた。しかし、データのばらつきが顕著に見られた圃場や一部の調査区も確認できた。今後、各地点の画像データや気象データを比較し、圃場内のバラツキの原因を検討する。また、同一サトウキビの節位置別の糖度については、調査地点ごとにばらつきがあったため、品種や気象データとともに検討する予定である。

図 1. 南大東島における調査の様子

サトウキビ細裂 NIR 法の高効率なキャリブレーション法に関する研究

金城寿音（琉球大学農学部　農産施設工学研究室４年）

【はじめに】

現在、サトウキビの原料価格は品質で決定されており、その評価には近赤外分光法（NIRS）が利用されている。この方法は、サトウキビ細裂 NIR 法と呼ばれており、細裂試料の近赤外スペクトルから甘しゃ糖度を推定している。ここで使用される検量モデルは価格決定に使用されるため、統一のモデルが用いられる。一方、検量モデルの作成と評価には、毎年、1 つの管理センターに全１６工場から２度サンプリングを行っているため、労力の集中、スケジュール管理難、サンプルの鮮度低下など課題があり、サンプル数も限られている現状がある。本研究では、近赤外分光法による高効率なキャリブレーション法を開発することを目的とし、工場現場での細裂試料ならびに搾汁液の近赤外スペクトルを測定し、そのデータを用いた検量モデル作成とその維持管理に関する研究を行う。

【材料および方法】

１．供試材料

２０１９年１１月および２０２０年３月に沖縄、鹿児島の全１６製糖工場からのサトウキビを各１０サンプル（合計３４３サンプル）収集した。

２．方法

１）管理センター（琉球大学内）にて、近赤外分光装置（Foss 製、DS２５００）を利用して、細裂試料の近赤外スペクトルを取得した。その後、油圧プレスにて搾汁し、旋光計（Anton-Paar 製、MCP５００）によるポール糖度分析、甘しゃ糖度分析を行った。

２）沖縄県内の工場現場にて、近赤外分光装置（Foss 製、DS２５００）を使用してサトウキビ細裂試料の近赤外スペクトルとサトウキビ搾汁液の近赤外スペクトルを測定する。

３）工場現場で測定した搾汁液の近赤外スペクトと搾汁率から甘しゃ糖度(実測値)を推定する。

４）工場現場で測定した細裂試料の近赤外スペクトルから３）で推定された甘しゃ糖度を推定する検量モデルを作成し測定精度を確認する。

【結果】

旋光計を用いてポール糖度、搾汁率、甘しゃ糖度を分析した結果、それらの平均値は１７．８、搾汁率は０．７６、甘しゃ糖度は１５．５であった。近赤外分光装置を用いて、細裂試料の近赤外スペクトルおよび搾汁液の近赤外スペクトルを分析した。また、搾汁液の近赤外スペクトルからはあらかじめ作成した検量モデルでポール糖度を推定した。

検量モデルによって、細裂試料の近赤外スペクトルから推定された糖度の平均値は１５．５１、旋光計糖度（実測値）の平均値との差は０．０１であった。

細裂試料の近赤外スペクトルから甘しゃ糖度を推検量モデルの測定精度を確認した結果、SEP（旋光計と近赤計の差の標準偏差）＝０．３９であった。

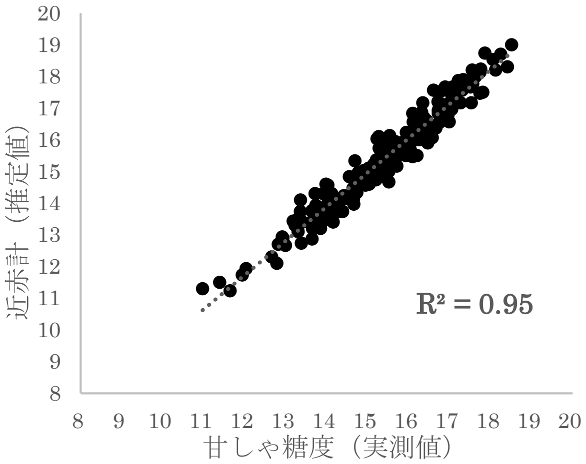


図 1．近赤計糖度と甘しゃ糖度の散布図

管理センターで取得したデータのみを用いて解析した結果、搾汁液の近赤外スペクトルから算出されるポール糖度を利用して、細裂試料用の検量モデル作成も可能であると考えられた。

【今後の予定】

いくつかの工場現場で細裂試料および搾汁液近赤外スペクトルを測定し、スペクトルデータから検量モデルを作成し、測定精度を確認する。

画像解析によるサトウキビのトラッシュ判定に関する研究

平良碩紹（琉球大学農学部 農産施設工学研究室 4 年）

【はじめに】

砂糖原料であるサトウキビは、農家から製糖工場に出荷され、トラッシュ（夾雑物）の量をサンプリングによって査定する。出荷された原料はコアサンプリング法によって 5kg 採取され、人手によってトラッシュを選別し、重量ベースのトラッシュ率から出荷量が算定される。トラッシュ選別作業には、生産者と工場側の公平な取引実現のために一定の作業員が必要であり、工場サイズによって異なるが、5－15 人程度の季節工員を確保しなければならない。労働者不足が深刻化する中、作業員の確保が難しくなると想定されており、トラッシュ選別の自動化や省力化が望まれている。近年、オーストラリアやタイ等においても、トラッシュは品質評価の重要な項目となりつつあるが、トラッシュの定義やその実情も異なることから、トラッシュ選別の自動化に関する研究はほとんどされていない。本研究では画像処理によるトラッシュ判定に関する調査を行い、選別装置開発の可能性を検討する。

【材料および方法】

1．材料

2020 年 1 および 2 月にサトウキビを沖縄県内工場から採取した。取得したサトウキビはトラッシュを取り除いていない原料 25 点（各 3kg）をサンプリングした。

2．方法

画像処理の判定精度を確認するため、トラッシュ（葉、根など茎以外の部分）、原料となる茎部分（クリーンケーン）、さらにトラッシュと茎が混在するサンプル（ミックスケーン）の 3 つに目視で仕分けた。3kg のサンプルから原料茎やトラッシュなどに仕分け、個体ごとに 434 枚の画像を取得した（合計 1302 枚）。画像処理装置は 3 つのレーンで同時に撮影可能なシステムであり、それぞれのレーンに個別のサンプルを並べ画像を取得した。取得した画像から、後述する特徴量を用いてトラッシュ判定の可能性を検証した。

3．画像特徴量

画像処理で算出した特徴量は次のように算出した。①長径：原料の中心を通る最大長さ、②茎径：原料の平均太さ、③茎ズレ：原料の中心線からの相対変形値と外周の急激な形状変形の 2 つの値をレベル、④葉筋：葉の葉脈部分を抽出し任意レベルで算出した。

4．選別基準の設定

各特徴量のパラメータが 1 つでも規定範囲を超えた時にトラッシュと判定した。選別後、各サンプルの重量を計測（ミックスケーンの場合、そのままの重量とトラッシュをはいだ後の重さをそれぞれ計測）した。画像によって判別された結果と目視で仕分けた結果の正判別率を算出した。また、各サンプルの重量を比較し、3 種類のサンプルで重量の違いを確認した。

【結果】

各サンプルの重量を比較した結果、トラッシュの平均値は 6.3g、ミックスケーンは 59.2g とクリーンケーンは 64.4g であった。また、各種類のサンプルの重量分布を比較した結果、ミックスケーンとクリーンケーンはほぼ同じ重量分布を表しており、重量での判別は難しいと考えられた。

取得した画像から特徴量を算出し、トラッシュ判別の可能性を検討した。画像解析から算出した正判別率の結果を表 1 に記す。トラッシュとクリーンケーンの正判別率は 80%を超え、高い判別率であった。一方、ミックスケーンは正判別率が 30.9%となり、誤判別の割合の方が高い結果となった。このことから、4 つのパラメータ以外の指標を用いてミックスケーンをより正確に判別する必要があると考えられる。

今後、得られた画像から RGB 値を取得し、ミックスケーンとトラッシュの RGB 値の差異を確認する予定である。

表 1 画像解析による判別結果

レーン	トラッシュ(%)	ケーン(%)
トラッシュ	82.3	17.7
ミックスケーン	69.1	30.9
クリーンケーン	20.0	80.0

沖縄県北部地区におけるオクラの等級判別モデルの作成

○伊佐彩華[1)]
(琉球大農・[1)])

【はじめに】

オクラは沖縄県の主要作物の 1 つであり,沖縄県内における栽培面積は,2018 年時点で 90ha,出荷量は 1,101t に達している(農林水産省地域特産野菜生産状況調査,2018)。JA おきなわ北部地区営農振興センター共同選果場(以下共選場)では,5 月から 11 月にかけてオクラを手作業で選別し,そのほとんどを県外へ出荷している。しかし北部地区は労働者が集まりにくく,物量に対して労働力が少ないという問題を抱えており,中南部の共同選果場では階級を M と L と分けているところを効率化のため M のみにして対応している。また,沖縄県における最低賃金は年々上昇傾向にあるが,県外出荷しているオクラの単価はその限りではない。それに加え,出荷する 5 月から 11 月は出荷のピーク時にあたるため,単価は低くなる傾向がある。そのため,選別作業のコストを削減することが求められている。そこで,JA おきなわの規格に沿った安価な選別機を開発するために必要な等級判別モデルを作成することを目指している。

【材料および方法】

1) 判別基準

JA おきなわではオクラの等級を A,B,C の 3 つに分け,それぞれを色,曲がり,イボの数,階級を長さで選別している。しかしながら共選場へのヒアリングによると,オクラのイボ果は梅雨や乾燥が続く時期に多く,今回の調査時期には十分なサンプル数を得られないことが判明したため,今回は色,曲がり,長さで判別を進めることとした。

2) 撮影環境

カメラは CANON PowerShot S95 を用いた。外環境からの光の影響を抑えるため,内側に黒シートを貼った段ボール箱内の上面に乾電池式の LED 照明を設置した。下面には白紙を敷き,その真上にあたる部分をカメラのレンズと同じ大きさにくり抜いた。

撮影サイズは 3648×2736 ピクセルとし,同一環境での撮影を行うため,ISO 感度とホワイトバランスの設定を固定した。

3) 撮影方法

上部にカメラを設置し,白紙の中央部分にオクラを 1 本置いた。1 本につき表裏の 2 枚を撮影した。

1cm 四方のスケールも同条件で撮影を行った。

4) 画像の前処理

データサイズが大きいとプログラムの処理速度が遅くなってしまうため,判別にかかる特徴量が識別可能な範囲でデータを縮小した。アスペクト比を固定したまま余分な背景をトリミングし,その後,512×384 ピクセルにリサイズした。

5) 分析ツール

MathWorks 社が開発している数値解析ソフトウェアである MATLAB を用いた。

【結果・今後の予定】

10 月に共選場からオクラ A 品 960 個,B 品 960 個,C 品 1,013 個を入手し,表裏の画像データを収集した。

その内の 10 枚について,MATLAB で長さを測定するプログラムを作成した。プログラムは,スケールの画像から求めた 1cm あたりのピクセル数を用いて,2 値化処理を行ったオクラ画像の横のピクセル数をカウントし,その値から長さを計算した。結果,おおよそ出荷規格に沿った値となった。しかし,この計算法ではオクラの曲がりが大きくなるにつれ誤差が大きくなると考えられるため曲がりを考慮した長さの算出が今後の課題である。また,今回はプログラムが正常に働くかを確認するため,画像サイズと枚数を少なくして計算を行ったが,処理速度,計測精度等を検討し画像サイズの見直しなどを検討する予定。

カラー画像によるヘベスの鮮度評価に関する研究

豊田咲（宮崎大学農学部 生産システム工学研究室 4 年）

【はじめに】

ヘベスは宮崎県日向市原産の香酸柑橘である。平成 15 年度のヘベスの栽培面積は 21.5ha であり，そのうち 21.4ha は宮崎県で栽培されている。ヘベスの特徴として，種子が少ない点や果汁率の高さが挙げられる。未熟のうちに収穫され，果皮の色が濃い緑であることが鮮度の良さを表すため，長期保存が難しく，商品としての期間が収穫後，約 1 週間短いことが課題とされている。本研究では，機械学習を導入し，ヘベスの鮮度の指標として果皮の色情報で評価することを目的とする。

【材料および方法】

2020 年 6 月 10 日にヘベスを収穫後常温(22℃，55%RH)と冷蔵(6℃，76%RH)の 2 グループに分け、8 月 27 日まで 1 週間ごとにカラー画像を撮影した(図 1)。光源にはハロゲン光を用いた。カラーチャート(40% Gray)を利用し，撮影した画像のホワイトバランスを補正した。その後，補正した画像のヘベスをトリミングした。トリミングをしたヘベスの枚数は，常温 120 枚と冷蔵 120 枚である。プログラミング言語は Python3.7 を使用した。プログラムの開発環境には JupyterLab を使用し，クラス分類のライブラリに scikit-learn のニューラルネットワークの MLPClassifier を用いた。ニューラルネットワークの入力層のニューロン数を 400，隠れ層を 2 層，隠れ層のニューロン数を各 100 に設定した。常温条件の画像データを学習データとしてモデルを作成した。その後冷蔵条件の画像データをテストデータとして常温モデルに入力し，冷蔵条件のヘベスが，収穫後何週間の常温条件のヘベスと相当するか推定した。

【結果】

図 2 は冷蔵条件のヘベスが収穫後何週間の常温条件のヘベスと相当するか推定した散布図である。

横軸は冷蔵貯蔵された週を表しており，縦軸は常温保存された週を表している。1 週間から 3 週間冷蔵貯蔵されたヘベスは，1 週間常温保存されたヘベスに相当すると推定され，4 週間から 8 週間冷蔵貯蔵されたヘベスは，2 週間常温保存されたヘベスに相当すると推定される。このことから 8 週間までの冷蔵貯蔵されたヘベスは，2 分の 1 から 4 分の 1 の速度で黄化していることが推定される。9 週間冷蔵貯蔵されたヘベスは，2 週間から 4 週間と 6 週間常温保存されたヘベスに相当すると推定され，10 週間から 11 週間冷蔵貯蔵されたヘベスは 4 週間から 5 週間常温保存されたヘベスと相当すると推定されることから，8 週間を過ぎると急速に黄化が進んだことがうかがえられる。

また，JA 日向のヘベス担当の技術職員に冷蔵貯蔵のカラー画像を見てもらったところ，4 週までの果実は商品として出荷が可能であるとの官能評価を得た。これは概ね図 2 の結果と類似していると思われる。

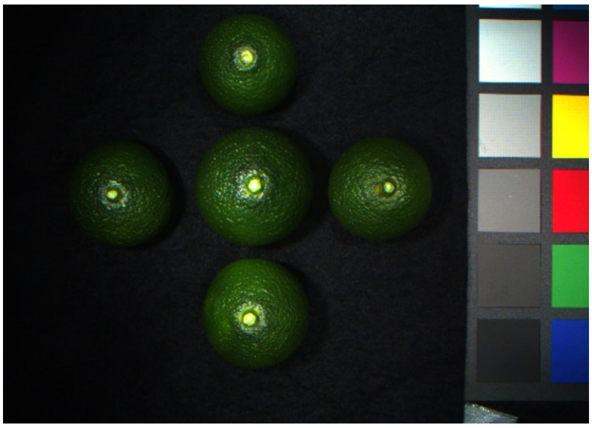


図 1　カラー原画像 0 週

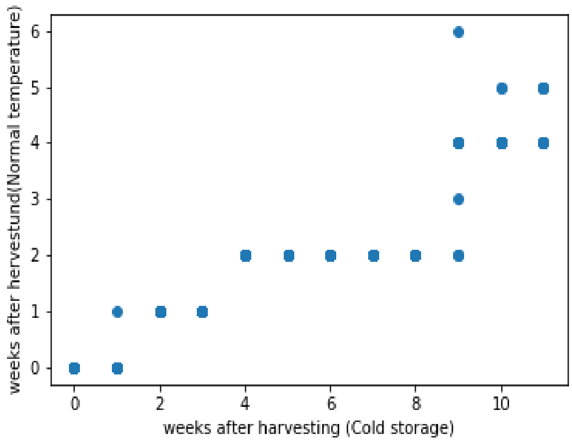


図 2 冷蔵ヘベスと常温ヘベスの関係

ブロッコリーの貯蔵に伴う各種物性値とバイオスペックル変動の関係

吉村明音（九州大学農学部　農産食料流通工学研究室 4 年）

【はじめに】

レーザ光を生物に照射した際，その散乱光がもたらす明暗の斑点模様は動的特性を有する．この現象をバイオスペックル現象といい，その動的特性は生物の内部状態を反映すると考えられているため，この特性を明らかにすることで青果物の非破壊品質評価が可能となりうる。本研究ではバイオスペックルの動的特性と対象青果物の物性値との関係を明らかにすることを目的とし，ブロッコリーのバイオスペックルと各種物性値の測定を行った。

【材料および方法】

供試材料として北海道産ブロッコリーを用いた。貯蔵条件は MA 包装（P-プラス（L），住友ベークライト）あり，なしの条件を設定した。試料は恒温室を 10℃に設定して 11 日間貯蔵し，毎日測定した。包装あり条件においてフィルム内湿度はおよそ 100%となるため，湿度条件を合わせるために包装なし条件の試料は湿度 92~95%を保持させたアクリル箱内で貯蔵した。測定項目は質量，色彩，呼吸量，アスコルビン酸濃度とし，呼吸量は GC-2014（島津製作所），アスコルビン酸濃度は RQflex 装置を用いて測定した。バイオスペックル測定ではレーザ（632.8 nm）を試料に照射し，散乱光をフレームレート 30frames/s の CCD カメラで 10 秒間撮影し，グレースケール画像を得た。動画解析の手法としては ImageJ により輝度標準偏差（SD）を算出する手法，MatLab による Fuji 値を算出する手法，IM 手法を用いた。

【結果】

貯蔵期間中質量は両条件とも減少し続け，減少の速度は包装なし条件の方が大きかった。包装なし条件の試料は貯蔵 3 日目から黄変を示し，MA 包装条件は殆ど変色がなかった。アスコルビン酸濃度は包装なし条件において減少した。呼吸量は包装あり条件の方が包装なし条件に比べて多い状態で推移した。

貯蔵期間中のバイオスペックル変動を図 1 に示す。3 手法全てにおいて経時的な変化傾向は見られなかった。また，3 手法のバイオスペックル値と各物性値との相関検定を行ったところ，ImageJ 解析，IM 法によるバイオスペックル値とアスコルビン酸濃度との間に有意な負の相関がみられ，それぞれの相関係数は-0.80**, -0.71**であった。

ブロッコリーのバイオスペックル動画にはもやのような暗い部分が散見され，これは他の実験で撮影したカキの動画にはないものであった．ブロッコリーの花蕾は凹凸が激しく隙間が多いことから，表面がなめらかであるカキと比べてレーザの散乱が不規則になったと考えられる．このことから，試料の三次元的特徴がバイオスペックル変動に与える影響について調査する必要性が示唆された．

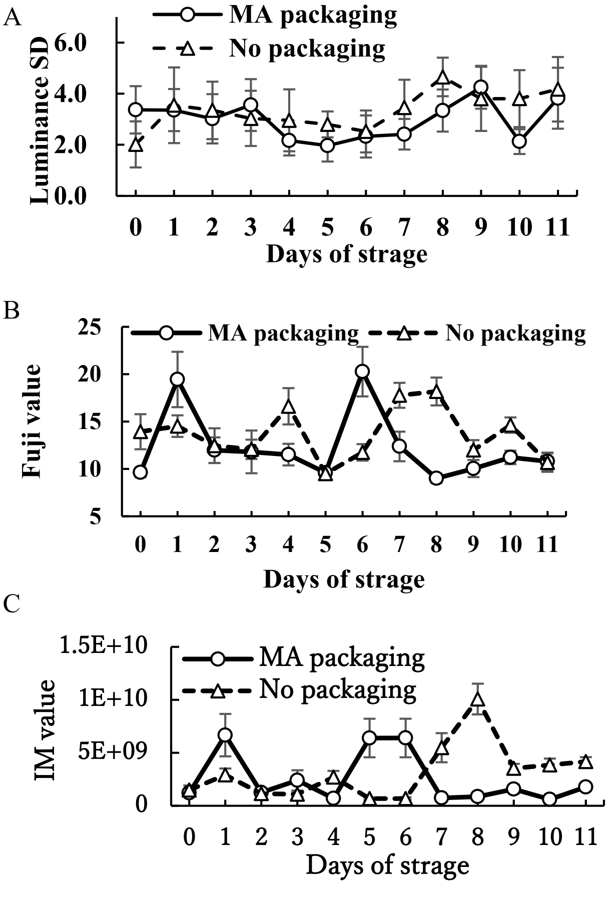


図 1　バイオスペックルの経時変化

（A：輝度値の SD，B：藤井値，C：IM 値）

昆虫食を目的とするコオロギの乾燥特性

赤時遥夏（九州大学農学部 農産食料流通工学研究室４年）

【はじめに】

今後の世界的な人口増加によって，2070 年には世界総人口が 100 億人を超えるとされている。これにより食糧問題が深刻化することが予想される中で，国連は，食糧問題の解決策の一つとして昆虫食を挙げた。本研究ではタイなどで盛んに養殖が行われているコオロギを対象とし，実験を行った。昆虫食の将来的な普及を考えると，できる限り安価で効率のよい加工方式が望まれるが，現在，加工の際に行う乾燥や粉末化を最適に行うための基礎データが圧倒的に不足しており，昆虫の乾燥特性に関する報告はわずかである。これらを明らかにするために，コオロギに恒温恒湿乾燥機を用いた含水率測定を行い，得られたデータを解析し，乾燥特性について調査した。

【材料および方法】

2-1. 乾燥解析モデル

コオロギの乾燥解析モデルとして減率乾燥第一段の式を用いた．減率乾燥第一段における乾燥速度式は (1) 式で表される．これを一定の温度，湿度，風速の条件のもと，初期条件 $t = 0$ のとき $M = M_0$ を与えて解くと，(2) 式が得られる．式中の乾燥速度定数 k は，エクセルのソルバー機能を用いて非線形最小二乗法により実験値から算出した．(2)式から表面積を考慮した新たな乾燥モデルから k' を求めた．

$$dM / dt = - k \cdot (M - M_e) \quad (1)$$

$$(M - M_e) / (M_0 - M_e) = \exp(-k \cdot t) \quad (2)$$

$$k' = k \cdot (W_d / A) \quad (3)$$

ここで，M：含水率 (%d.b.)，t：時間 (h)，k：乾燥速度定数 (h^{-1})，M_e：平衡含水率 (%d.b.)，M_0：初期含水率 (%d.b.) k'：乾燥速度定数 ($kg \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$)，$W_d$：乾物重量 (kg)，A：試料総表面積 ($m^2$)である．

2-2. 供試材料

供試材料として，フタホシコオロギを用いた。乾燥実験前に，糞尿等を排泄させるため，冷蔵庫にて 2 日間保管し，その後室温と平衡させた後，実験に供試した。

2-3. 乾燥実験

自作の通風乾燥装置にフタホシコオロギ (15 g)を充填し，恒温恒湿器（いすず（株)，TPAV 120-20）内に設置して乾燥を行った。乾燥温度は 80℃，湿度は 20%RH とした。装置は試料充填部が取り外し可能となっており，乾燥中，この測定部をとり外し，精密天秤を用いて質量を測定，質量変化より含水率を算出した。質量測定間隔は乾燥開始後 20 分毎，2 回連続で同じ質量を記録したら二時間毎とした。さらに T 型熱電対を用いてコオロギの内部温度を測定した。 4 時間あたりの質量変化が 0.00g になった時点で平衡含水率に達したとみなし，測定を終了した。その後，105℃に設定した乾燥機（アズワン，EO-300V）に 24 時間静置し，質量変化より初期含水率を算出した。

【結果】

3-1. 含水率変化

すべての条件において下に凸の曲線を描き，サイズが大きくなるにつれて含水率変化が緩やかになることが確認できた。

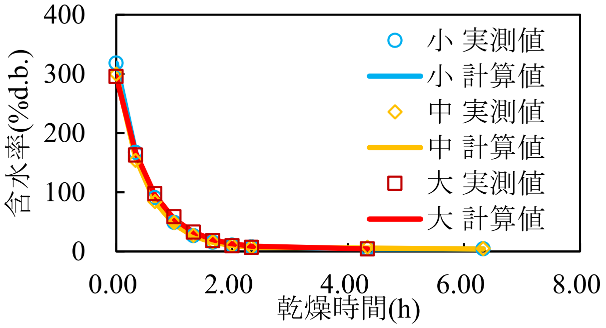


図 1　含水率変化

3-2. 相対含水比

全ての条件において直線性を示し，サイズが大きくなるにつれて傾きが小さくなった。

3-3. 乾燥特性曲線

サイズが大きくなるにつれて単位時間当たりの含水率変化は小さくなった。

3-4. 乾燥速度定数

個体数が大きくなるにつれて乾燥速度定数も大きくなることが分かった。また，表面積を考慮した k’ については k において生じた差が小さくなり，モデルの妥当性が確認できた，

表　各条件における数値

	平衡含水率(%d.b.)	k (h^{-1})	k'(kg/m^2h)
オス小	4.507042254	1.958424	1.1637903
オス中	4.176904177	1.960857	1.2791421
オス大	4.177545692	1.748137	1.1999628

乳化剤添加が高圧処理による細菌芽胞の耐熱性低下に及ぼす影響

今村仁颪（鹿児島大学農学部 食品保蔵学研究室４年）

【はじめに】

近年，加熱処理に代わる殺菌技術として高圧処理が注目されており，積極的な加熱を行わないことから食品の熱劣化を防ぐことが期待されている。しかし，高い耐久性を持つことで知られている細菌芽胞の不活化には超高圧が必要であり，同等の殺菌能力を維持したままでの低圧化が望まれている。これまでの研究で，高圧および強アルカリ性電解水の併用処理により細菌芽胞の効果的な耐熱性低下が確認された。細菌芽胞の耐熱性の根幹は，内部の core の脱水状態に関係することが知られている。強アルカリ性電解水による細菌芽胞の耐熱性低下は，細菌芽胞表面の疎水性を低下させ，内部への水の浸透が促進されたことによるものだと考えられる。しかし，強アルカリ性電解水は食品添加物として認可されていないため，食品への応用は難しく，他の物質への代替が望まれる。乳化剤は界面活性作用を有しており，食品への利用が認められている。本研究では，乳化剤存在下における高圧処理との併用が細菌芽胞の耐熱性低下に与える影響を調査した。

【材料および方法】

Bacillus subtilis NBRC3134 を供試菌株として用い，定法により芽胞を形成させた。集菌後，遠心分離により菌体洗浄を行い，OD_{600}＝1.000 にすることで菌量を調整した。その後 70℃，1 時間の加熱処理により栄養細胞を死滅させた。菌液を 2mL ずつ分注して遠心分離し，上清除去後のペレットを 10mL の Tween20(Polyoxyethylenesorbitan Monolaurate) 水溶液および Tween80（Polyoxyethylenesorbitan Monooleate）水溶液に懸濁した。このとき，Tween20 および Tween80 はそれぞれ，臨界ミセル濃度である 0.74%，1.6%になるように調整した。また，対照区として滅菌イオン交換水を用いて実験を行った。

芽胞懸濁液をプラスチック小袋に密閉し，50MPa, 50℃で高圧処理，または常圧（0.1MPa）において 50℃加熱を一時間行い，その後 80℃，15 分加熱処理を行った。標準寒天培地へ平板希釈し，加熱処理前後の生菌数を計測することで，乳化剤存在下での高圧処理が細菌芽胞の耐熱性低下に与える影響を評価した。

【結果】

0.1MPa において，対照区と Tween80 添加区において加熱前後での生菌数減少はほとんど確認されなかった。一方で，Tween20 添加区では加熱後約 1.5 オーダーの生菌数減少が認められた。

50MPa において，加熱前では対照区と比較して Tween20，Tween80 存在下においても生菌数に有意差は示されず，乳化剤による影響は認められなかった。また加熱処理を行った場合，対照区では加熱前と比較して約 1 オーダーの生菌数減少が認められ，Tween80 においても同様の結果を示した。一方で，Tween20 では加熱前と比較して約 4 オーダーの減少が認められ，Tween20 存在下での高圧処理により *B. subtilis* の著しい耐熱性低下が確認された。Tween20 添加による *B. subtilis* の耐熱性低下が高圧処理において増大しており，その効果は相乗的であった。

Tween20 添加により耐熱性低下が確認されたのは，それの持つ界面活性作用により芽胞表面の疎水構造が破壊され，細菌芽胞の発芽が誘発されたことに起因すると考えられる。

本実験において，乳化剤間で作用に違いが認められたのは，それらの HLB 値の違いによるものだと考えられる。HLB 値とは水と油への親和性の程度を 0 から 20 の数値で表したもので，物質の可溶性を決定する重要な要素の一つであることが知られている。今回用いた Tween20，Tween80 の HLB 値はそれぞれ 16.5，15.0 であり，Tween20 の方が水溶性が高い。本実験において，Tween20 の併用により細菌芽胞表面の可溶化が示唆された。一方で Tween80 において効果は認められず，細菌芽胞表面は HLB 値 16.5 で可溶化される物質が高い割合で存在していることが示唆された。

焼酎粕を配合した蘇生紙の力学的特性

清水　雪天(鹿児島大学　農業環境システム学研究室 4 年)

【はじめに】

鹿児島県では、2018 年の時点で宮崎県に次ぐ年間 14.7 万ℓの焼酎が生産されている。そして焼酎を製造する残渣物が焼酎粕である。

焼酎粕とはもろみを蒸留した後に残ったもので、その 90%は水分である。処理については、これまで海洋投棄が主流だったが、2001 年ロンドン条約に基づき海洋投棄が禁止された。酒造メーカーでは、増加する焼酎粕の処理が課題となっている。この問題を解決するべく、焼酎粕の有効利用方法として、古紙と焼酎粕を混ぜて蘇生紙からマルチシートを作成する研究が行われている。　今回は育苗ポットを作成するための基礎データを得ることを目標として、古紙の配合比率を変えた蘇生紙の引裂強さなどをそれぞれ計測し、力学的性質の改善を目指す。

【材料及び方法】

蘇生紙の原材料は焼酎粕、古紙(新聞紙)、純水とした。古紙は今回 5%、7%で実施した。3 つの材料をミキサーに入れ 10 分撹拌しシートマシンで蘇生紙を作成した。

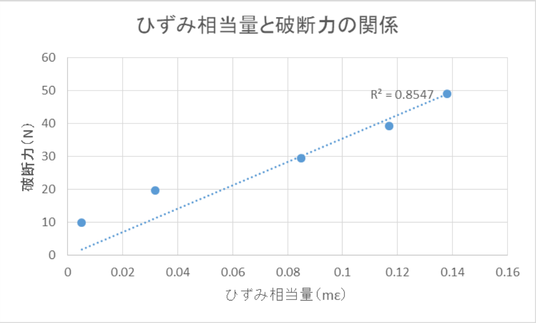
力学的特性を調べるため JIS8113 に従って測量を行なった。サンプル形状は JIS 規格に基づき幅 15mm±1mm、長さ 180mm±2mm とし、試験片のサンプルの本数は各試験区 15 本とした。1 枚につきサンプルは 3 本採取した。紙は湿度で柔らかさが変化し数値が正確に計測できないため、デシケーターに 1 日～2 日入れて乾燥させ計測条件を同一にした。乾燥後、質量と長さ、厚さを計測してから引張り試験を行なった。

引張り試験の前に 25kg のバネばかりでキャリブレーションを行った。

【結果】

7%のサンプルの方が 5%よりも破断力は大きいと予想していたが結果は 5g の方が上回った。それぞれのサンプルで極端に離れたデータがあることや湿度や温度によって変化したと推測する。市販の紙マルチの破断力のデータもあれば最終的な目標の目安となる。

今後の予定としては、SEM(走査型電子顕微鏡)で古紙の割合における蘇生紙の表面の構造や破断した部分の観察、破断力を上げる要因の分析、土中での分解速度などを研究していく。



電気石を用いた水処理における表面張力変化の検討

坂本光生（鹿児島大学農学部 食料環境システム学研究室４年）

【はじめに】

近年,産業の発達や人口の増大による水資源の確保が必要となっており,少ない水の有効利用法の開発が求められている。その中で現在,アルカリ性電解水（AlEW）の利用が注目されている。AlEW とは水を電気分解し陰極から得られる水のことで,試薬調整水（pH,EC,H_2バブル）よりも高い洗浄効果を示し環境に低負荷な化学薬品の代替品として期待されている。しかし,AlEW の物理・化学的根拠が解明されておらず用途拡大に向け更なる研究が必要となっている。当研究室では過去に洗浄効果を示す要因である表面張力が AlEW は試薬調整水よりも低下したことを報告し,AlEW の表面張力変化が水の電気エネルギー付与によるものと考察した。そこで本研究では AlEW 生成時の水の電気エネルギー付与との関係性を捉えるためにトルマリンで処理した水（トルマリン水）と比較した。トルマリンは温度変化により帯電する焦電効果を示すことが報告されている。トルマリンを様々な温度で処理し循環時間を変化させたトルマリン水の表面張力を測定し AlEW と比較することで水の表面張力変化が電気エネルギーによるものか検証した。

【材料および方法】

試料水　トルマリン水…ブラジル産ブラックトルマリン（TRM）120g を各温度帯（25,50,75,100℃）で 30 分加熱処理後,室温で 25℃に放置し,鹿児島市水（25.0～26.5℃）10L をトルマリン水生成装置（鹿児島大学試作）により循環（流量 3.4L/min）させ,循環時間 1 分,5 分,30 分ごとに生成した。

実験方法　表面張力の測定には吊環法を用いた（不動工業(株),NRM-2010J-CW)。試料水(30mL)をシャーレに入れ,金属環を一定速度(2cm/min)で引き上げるときの最大引上げ量とその時の変位量より表面張力を求めた。各試料水につき 5 回ずつ行った(N=3)。以下,表面張力の式である。

$$T = mg\frac{mg}{2\pi(r^1 + r^2)} - \frac{r^1 - r^2}{2}\rho gh$$

mg:最大引上げ力,r_1：金属環の外半径,r_2：金属環の内半径，ρ：重力加速度,h：変位量

【結果】

図.１はトルマリンの処理温度と表面張力の関係を示したものである。図.１よりトルマリンの処理温度を上昇させると表面張力が低下したことから,焦電効果をもつトルマリンの帯電量が増え,水に付与する電気エネルギーが変化したと考えられた。また,各温度帯の循環時間による表面張力の変化の違いはあまり見られなかった。このことからトルマリン水の生成において生成時間より処理温度に依存していることが考えられた。

表.１は 30 分間循環後のトルマリン水の各物性値（pH,ORP,EC,DO,DH,）である。トルマリンの処理温度を変えても物性変化は見られなかった。このことから,電気的エネルギーにより水の構造が変化したことが考えられる。AlEW の表面張力は 60 ±0.8σ（$\times 10^{-5}$N/cm）であり処理温度を上げトルマリンの帯電量を増やすほどトルマリンが同様の値を示すことから,水の電気処理により表面張力変化が起きたと考えられた。

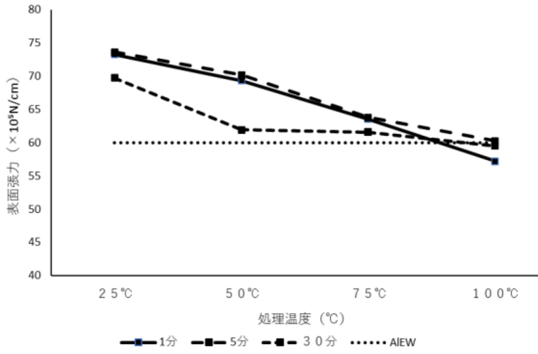


図.１　トルマリンの処理温度と表面張力の関係

表.１　処理温度による物性の変化

	pH	ORP(mv)	EC(μS/cm)	DO(%)	DH(ppm)
市水	7.5	201.6	158.37	22.93	0
TRM25℃処理	7.3	213.5	154.10	25.17	0
TRM50℃処理	7.6	211.3	154.47	24.03	0
TRM75℃処理	7.3	218.6	149.70	25.17	0
TRM100℃処理	7.4	214.00	150.57	24.73	0

ヘルムホルツ共鳴による体積推定の線形性と再現性の検討

翁大雅（九州大学農学部 農業生産システム設計学研究室 4 年）

【はじめに】

水稲の収量構成要素の一つである登熟歩合は，精玄米収量・品質に影響を与える重要な指標である。本研究では，登熟歩合をコンバインのグレンタンクに堆積した籾層の粒子密度により簡易に計測することを最終目的としている。粒子密度は容器内に堆積した籾層の質量と真体積の比から算定される。現行のコンバインは，収穫時のグレンタンクに堆積した籾層の質量を測定可能である。したがって，籾層の粒子密度を算定するには，グレンタンク内部の籾層の真体積を計測する方法を開発する必要がある。

真体積を計測するためには，グレンタンクに堆積した籾層のみかけの体積ではなく，空隙率を除いた体積を計測する必要がある。そこで，ヘルムホルツ共鳴による体積計測に着目した。本研究では，ヘルムホルツ共鳴による体積推定の線形性と再現性に着目し，体積計測をするために最適な共鳴器を検討することを目的とした。

【材料および方法】

開放系のヘルムホルツ共鳴器内部の試料の体積は，下式(1)により推定される（西津・池田，1995）。

$$V = W\left(1 - \left(\frac{f_0}{f_1}\right)^2\right) \qquad (1)$$

ここで，f_0：共鳴器が空のときの共鳴周波数，f_1：共鳴器に試料を入れたときの共鳴周波数，W：共鳴器空洞部の容積，V: 計測する試料の体積である。

ヘルムホルツ共鳴器による体積計測システムは，開放系共鳴器，スピーカ（NS3-193-8A，AURASOU-ND），LCR メータ（IM3536，HIOKI），および計測用 PC により構成される（図 1）。共鳴器はアクリル製，板の厚さは 3 mm であった。

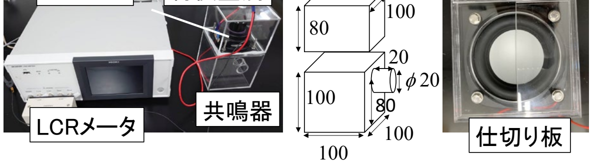


図 1　体積計測システムおよび共鳴器

実験では，①仕切り板，背後空洞をどちらも取り付けない場合，②仕切り板は取り付け，背後空洞を取り付けない場合，③仕切り板，背後空洞をどちらも取り付ける場合の 3 種類の条件で水の体積推定実験を行った。水は 0 mL から 50 mL 刻みで 500 mL まで共鳴器に注ぎ，各体積の周波数応答特性を計測した。水温と室温は 20℃に保った。この実験を 1 つの条件につき 1 日 3 回ずつ，2 日間行った。

【結果および考察】

今回の実験では，いずれの条件でも体積は過小に推定された（図 2）。特に，背後空洞を取り付けた条件③では過小推定の度合いが大きかった。過小に推定された理由として，式(1)中の W は厳密には開口端補正量やスピーカのくぼみの部分の容積を含むため，実際の共鳴器の容積よりも大きくなることが考えられる。背後空洞を取り付けたことにより過小推定の程度が大きくなった理由については現在考察中である。

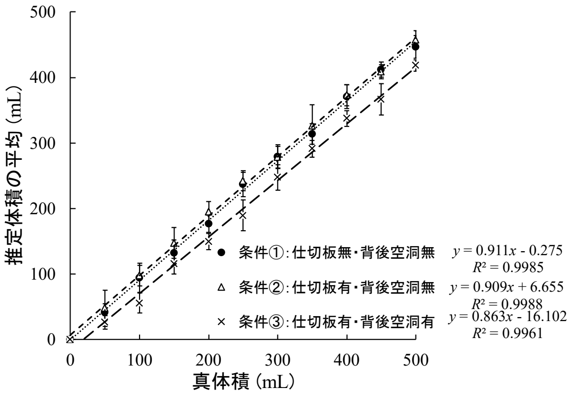


図 2　水の真体積と推定体積の関係

[注]エラーバーは標準偏差（n=6）である

また，真体積が 50 mL のとき推定体積の変動係数は 33.8~57.8 %と大きかった。変動係数は真体積が増えるほど小さくなり，真体積が 500 mL のときは 2.0~3.8 %まで低下した。変動係数の平均は 11.1~13.0%であり，再現性があるとは言えなかった。再現性が低い理由についても現在考察中である。

【参考文献】

西津貴久,池田善郎,1995.農産物の音響的体積測定法(第 1 報).農業機械学会誌,57(3),47~54.

マルチインピーダンス法に使用する電極の検討

松村龍之介（鹿児島大学農学部食料環境システム学 4 年）

【はじめに】

水は多くの食品加工施設で利用されており,水の管理は衛生的にも重要である。水には地下水と行政が管理する上水があり,食品加工においてはその両方が用いられている。そのため,水が持つ成分によって健康被害が発生しないように管理する必要がある。我々の研究室ではマルチインピーダンス法を考案し,溶液内に交流電流を流して周波数ごとのインピーダンスを測定し解析することで,溶液内の各イオン濃度を推定している。しかし,この手法で用いる白金平板電極はイニシャルコストが高く,加えて耐久性が低くゆがみが生じやすいため,測定の精度に課題がある。よって,本研究では,白金平板電極より低コストで耐久性の高い電極を目指す。

そこで,本実験では本法で扱う電極として,より良い形状・材質を探るために,白金平板電極,白金丸棒電極,ダイヤモンド平板電極を用いた。白金丸棒電極は白金平板電極とは電極の形状が異なり,ダイヤモンド平板電極は電極の材質が異なる。加えて,どちらの電極も白金平板電極より安価で耐久性が高い。よって,各電極における測定値の繰り返し精度及び定量精度の確認と比較を行うことで,形状・材質の面から本法に最適な電極について考察した。

【材料および方法】

炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)水溶液を濃度 0.1～1.0[mol/L]で調整し,各 6 本のサンプルを作成した。作成したサンプルをケミカルインピーダンスアナライザ(日置電機株式会社製 IM3590)で 3 回ずつ測定した。測定には白金平板電極,白金丸棒電極,ダイヤモンド平板電極を用いた。測定条件は周波数 2.0～2.0k[Hz],電圧 1.0[V],温度 25[℃]にて行った。ただし,ダイヤモンド平板電極のみ 0.5,0.25,0.1,0.05[V]も測定した。これは過去の研究結果からダイヤモンド平板電極は 1.0V での測定において,電極表面で電気分解が起きている可能性が示唆されたためである。3 回の測定から得られたデータの平均をとり,多変量解析ソフトウェア Unscranmbler10.3 を用いて PLS 回帰分析を行った。また,測定値の繰り返し精度の指標として変動度も算出した。変動度は以下の式で求めた。

変動度＝(測定値の標準偏差)/(測定値の平均)

【結果】

まず,設定電圧 1.0V の白金平板,白金丸棒,ダイヤモンド平板電極を比べた。繰り返し精度評価において変動度の低い順に白金平板,白金丸棒,ダイヤモンド平板という結果になった。図 1 は白金平板電極のものである。定量精度評価においては表 1 の結果となった。形状の面において白金丸棒より白金平板が,変動度が低く決定係数が高かった。材質の面においてダイヤモンド平板より白金平板が,変動度が低く決定係数が高かった。形状・材質の比較結果より,白金平板電極が本法に最適な電極であるとわかった。

次にダイヤモンド平板電極にて,電圧変化(0.5,0.25,0.1,0.05[V])の比較を行った。繰り返し精度の評価において,変動度の低い順に 0.5V,0.25V,0.1V,0.05V という結果になった。定量精度評価の結果,0.5V において決定係数が 0.90 となり,最も精度が高かった。電圧変化の実験結果より,ダイヤモンド平板電極において,電圧と測定値の繰り返し精度及び定量精度に相関関係があることが示唆された。しかし,1.0V における定量精度のみが相関に沿っていなかった。

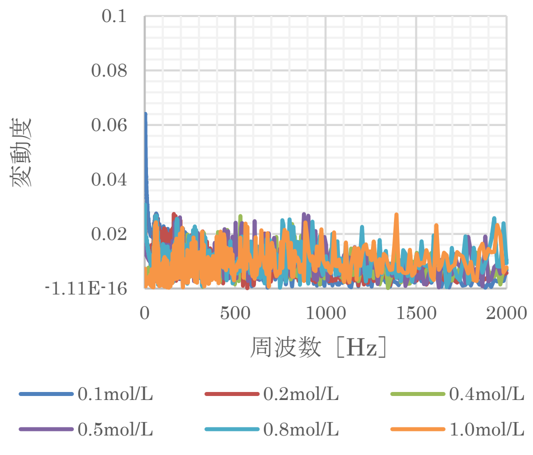


図 1　ダイヤモンド平板電極 1.0V の変動度

表 1　測定電圧 1.0V の各電極における決定係数

	平板	丸棒	ダイヤモンド
R^2	0.92	0.65	0.59
RMSE	0.11	0.22	0.24