



道総研

技術移転フォーラム 2021

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部

— 工業試験場成果発表会 —

発表要旨集

■発行 (地独)北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部
工業試験場・ものづくり支援センター

産業システム部・開発推進部 発表テーマ一覧

発表課題	発表者	掲載 ページ
【メイン発表】 道総研における AI 技術の取り組み	近藤 正一	2~3
外観検査のための多視点画像解析手法に関する研究	飯島 俊匡	4
トラクタ位置情報履歴を用いた農作業推定技術の開発	全 慶樹	5
四足歩行による不整地運搬システムに関する基礎研究	伊藤 壮生	6
作業の安全管理に向けた姿勢計測手法の開発	栞野 晃希	7
手洗い判定装置「てみえる」の開発①～システム～	宮島 沙織	8
手洗い判定装置「てみえる」の開発②～デザイン～	印南 小冬	9
てん菜受入業務における買入対象外判別技術の開発	藤澤 怜央	10
無線重量計とタブレット端末による材料管理の効率化	堀 武司	11
合成開口レーダー衛星で観測可能な海上浮力体の研究	宮崎 俊之	12
ソフトロボットハンドの製造技術	川島 圭太	13
高速かつ安定な重力補償システムの開発	今岡 広一	14
道路規制用進入防護柵開発に向けた車両遠隔操縦技術	今岡 広一	15
ユーザー中心設計のための試作活用技術	印南 小冬	16
感性工学を用いたデザイン開発技術と活用例	大久保 京子	17

材料技術部 発表テーマ一覧

発表課題	発表者	掲載ページ
【メイン発表】 北海道天然資源の有効活用に向けたプロセス技術開発	松嶋 景一郎	20~21
木材、てん菜、馬鈴薯、カニから作るナノファイバー	瀬野 修一郎	22
吸着分離技術を用いた脱色プロセスの開発	吉田 誠一郎	23
プレス加工シミュレーション活用技術の構築	鶴谷 知洋	24
AM 技法を利用した金属製品製造技術	鈴木 逸人	25
レーザー熱処理によるダイカスト金型の長寿命化技術	櫻庭 洋平	26
機能性包材によるメロンの長期保存技術	細川 真明	27
牡蠣殻へのロゴ転写を可能にする養殖用基質の開発	執行 達弘	28
プラチナ触媒を用いた青果物の鮮度保持技術の開発	森 武士	29
溶融亜鉛めっき品の水素脆化・液体金属脆化の研究	坂村 喬史	30
耐高温エロージョン・コロージョン溶射材料の開発	米田 鈴枝	31
溶融亜鉛に対する耐溶損皮膜の開発	板橋 孝至	32

- 産業システム部
- 開発推進部

道総研における AI 技術の取り組み

牧草被害低減と利活用率向上に向けたエゾシカ捕獲技術の確立（令和元年度～令和2年度）

UAV を活用した低コスト森林調査手法の研究（令和元年度～令和2年度）

産業システム部 ○近藤正一、全慶樹、藤澤怜央、堀武司
道総研 エネルギー・環境・地質研究所、林業試験場

1. はじめに

各産業分野において AI 技術の利活用による作業の効率化が期待されており、道総研でも様々な分野で AI 技術を活用した研究開発を行っている。本発表では、エゾシカ捕獲用ワナ設置場所選定への活用、および空撮画像による森林資源量推定の2つの取り組みについて紹介する。

2. エゾシカ捕獲用ワナ設置場所選定への活用

2.1 囲いワナによるエゾシカの捕獲について

北海道内における野生鳥獣による農林業被害の約8割（令和元年度：38億円）がエゾシカによるものであり、市町村等では被害対策としてエゾシカの捕獲を実施している。また、北海道は、北海道創生総合戦略においてエゾシカの食肉利用率の向上を目標として掲げている。食肉として活用する場合、肉質の安定化や衛生的な処理の面から、生体での捕獲が望ましいことから、一度に複数頭のエゾシカを生体捕獲可能な囲いワナが注目されている。

囲いワナによる捕獲は、適切な場所にワナを設置することが重要である。設置場所選定のための事前調査の一つに「自動撮影法（複数地点に自動撮影カメラを一定期間設置し、撮影頻度の高い場所を選ぶ方法）」がある。これは、食痕や糞、足跡などの痕跡からエゾシカが出没しやすい場所を特定する「痕跡調査」等と比べて専門的な知識が必要ないために非常に有用であるが、目視での画像の確認作業に時間がかかることが課題である。

そこで、画像の確認作業の省力化を目的として、AI 画像解析を用いて監視カメラ画像に写ったエゾシカを検出する手法を開発した。



図1 牧草地に設置した自動撮影カメラ

2.2 AI 学習用データセットの構築

牧草地に設置した自動撮影カメラ（図1）によりエゾシカ画像を収集し、人手でエゾシカ位置を付与することで AI 学習用のデータセットを構築した（エゾシカの写った画像：19,681枚、エゾシカ頭数：44,004頭）。

2.3 AI の学習とエゾシカ検出性能

エゾシカの検出手法として、AI 画像解析による物体検出手法である RetinaNet を用い、特徴量抽出部分のネットワーク構造として ResNet50 を採用した。作成したデータセットのうち 17,713 枚（39,495 頭）を学習に使用し、50 回の繰り返し学習を行った。

検出性能の評価には、学習に使用していない検証用データ 1,968 枚（4,509 頭）を使用した。AI により検出したエゾシカの領域と、人手でエゾシカを囲った領域が一定の割合以上で重なっている場合に検出成功とした。

その結果、検証用データ 4,509 頭のうち 4,248 頭（94.2%）について検出成功した。図2に示すような、複数のエゾシカが重なって写っている場合に検出失敗もするが、エゾシカの頻出地点を見つける目的においては十分な精度と考えられる。

AI を用いて、入力した画像群の各カメラに写ったエゾシカ頭数を出力するシステムを試作して確認した結果、人手による画像確認作業に比べて約 20 倍の速度で作業可能であり、ワナ設置場所選定にかかる労力を低減できることを確認した。

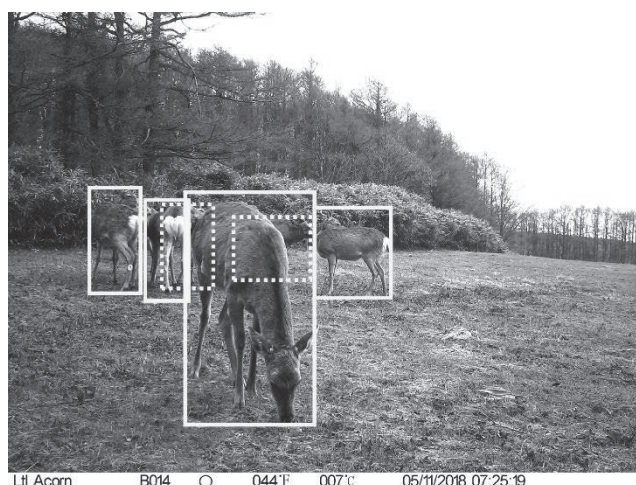


図2 エゾシカ検出例
（実線枠：AI 検出結果、点線枠：検出漏れ）

3. 森林資源量調査への活用

3. 1 森林資源量調査について

現在、道内人工林では樹木の多くが利用に適した樹齢に達していて、森林施業を効率的に進めることが重要である。森林管理者は伐採や管理を行う際、管理する森林内にどれだけ木があるのか把握するために資源量調査を実施している。資源量調査では、樹高や胸高直径（人の胸の高さにおける立木の直径）、材積（幹の部分の体積）等を計測する。計測の際は、各立木付近まで近づき人手で直接計測する必要があるため、木以外の植物も生い茂り傾斜もある森林内においては非常に重労働である。

そこで、このような作業の省力化を目的として、森林を UAV で空撮した画像を解析することで森林の資源量を推定する技術を開発した。

3. 2 資源量推定手法

立木の材積は、樹高と胸高直径から推定できることが知られている。

樹高については、UAV により複数視点から撮影を行うと、各画像の視差から森林の三次元形状を求めることができる（図 3）ため、国土地理院の地表高データ等との差分を取ることで推定可能である（図 4）。

また、胸高直径は樹冠面積（樹木の葉が茂った部分）の面積との相関があることが知られていることから、空撮画像から各立木の樹冠領域を検出することが出来れば、材積を推定することが可能となる。

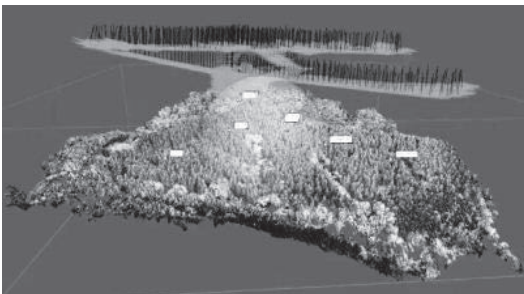


図 3 空撮画像から復元した三次元形状



..... DSM（表層高データ、UAVで取得）
--- DEM（地表高データ、国土地理院等）
樹高 = DSM - DEM

図 4 樹高推定方法

3. 3 AI 画像解析による樹冠領域の推定

空撮画像から各立木の樹冠面積を推定するために、AI により画像内の物体を個体ごとに画素単位で検出・分類する Instance Segmentation の一つである Hybrid Task Cascade 法を用い、特徴量抽出部分のネットワー

ク構造は、高解像度の特徴量を取得可能な HRNet を採用した。

空撮画像内の各立木の樹冠の輪郭を人手で記録することで AI の学習用データセットを構築した（18 林分、15,517 本）。RGB 画像に加えて推定した三次元形状を入力データとして、100 回の繰り返し学習を行った。

学習に使用していない検証用データ 553 本について樹冠領域および樹冠面積の推定を行った。樹冠領域の推定例を図 5 に示す。

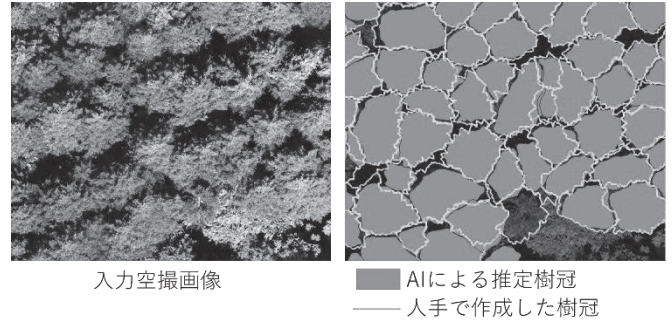


図 5 AI による樹冠領域の推定例

AI により推定した樹冠面積と人手で算出した樹冠面積を比較した結果を図 6 に示す。樹冠面積推定の誤差率は平均 13.2% だった。これは、統計的モデルにより胸高直径に換算すると 3.5%（胸高直径 30cm に対して約 1cm）であり、良好な結果を得られた。553 本のうち検出できた立木は 496 本（89.7%）だった。空撮画像の条件によっては検出もれが多い場合があるため、今後 AI の構造の改良等により改善に取り組む予定である。

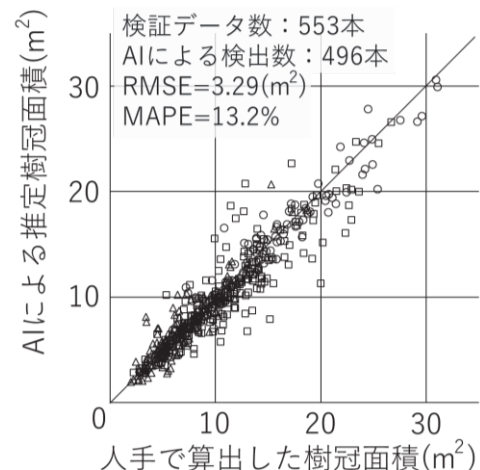


図 6 AI による樹冠推定結果

4. おわりに

AI 技術を活用した、エゾシカ捕獲用ワナ設置場所選定の省力化、森林資源量推定の省力化に取り組んだ。

今後、これらの取り組みで得られた AI 技術に関する知見を、その他の分野にも活用し高度化に寄与する予定である。

（連絡先：kondou-shouichi@hro.or.jp、011-747-2946）

外観検査のための多視点画像解析手法に関する研究

(令和元年度～令和2年度)

産業システム部 ○飯島俊匡、岡崎伸哉
開発推進部 本間稔規

1. はじめに

機械部品製造業や食品加工業では、不良品の排除や食品原材料の不用部を除去するため、欠陥の有無や位置を目視で確認しているが、生産工程の省力化や生産性向上のため目視検査の自動化が求められている。一方向からのカメラ画像を利用した既存の自動外観検査では、死角が生じたり三次元空間上の位置を特定できないなどの課題がある。そこで、複数の方向から撮像した多視点画像を解析することで対象物の全周囲に渡る欠陥検出や加工部位の同定を実現する多視点画像解析技術の開発に取り組んだ。

2. 多視点画像撮影装置の開発

機械製造業や食品加工業などの外観検査工程においてフィールド試験を実施するため、対象物を4方向から同時に撮影して全周囲の画像を取得する運搬可能な多視点画像撮影装置(図1)を試作した。

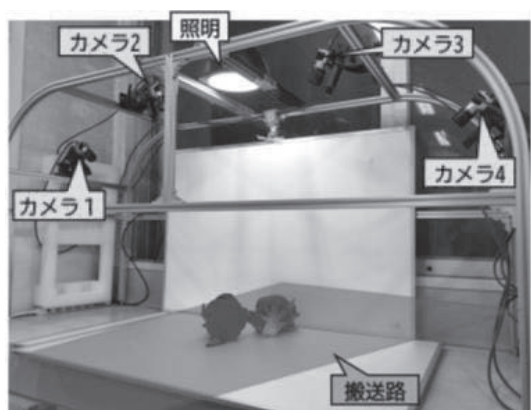


図1 多視点画像撮影装置

3. 不用部位置推定手法の開発

開発した多視点画像撮影装置を用いて半割の白菜の底面および切断面の画像(図2)を取得し、輪郭抽出とエッジ強度、テクスチャ(表面の質感や模様)解析を行うことで、不用部(芯)を抽出する位置推定手法を開発した(図3)。



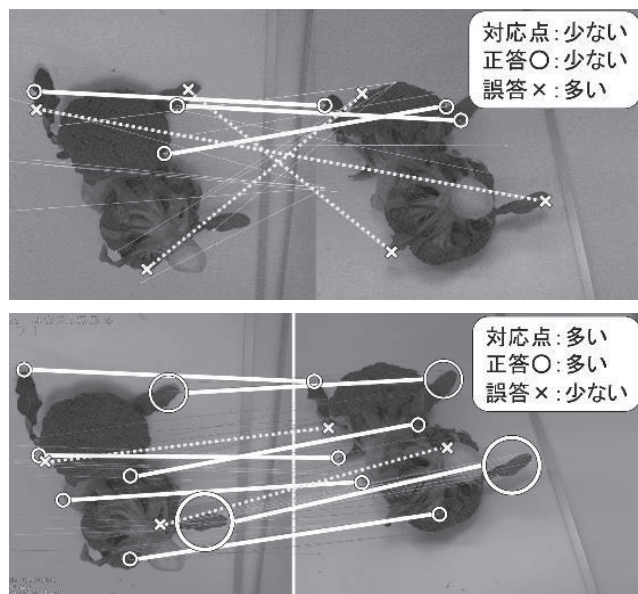
図2 白菜の多視点画像

図3 抽出した不用部(芯)

4. 実時間特徴点マッチング処理手法の開発

異なる視点から得られた対象物の画像に対して、特徴マッチング手法 SuperGlue を用いて画像間の対応付けを行うことで、抽出した不用部の三次元空間上の位置を計測する多視点画像解析手法を開発した。

特徴点の持つ値をそのまま用いて2枚の画像間で対応付けする既存手法では、視点が異なる画像間で生じる対象物の向きの変化や対応点の消失などに適応できなかったが、近傍にある特徴点同士的位置関係なども加味して2枚の画像間で対応付けを行う多視点画像解析手法を用いることで、既存手法より高精度な結果が得られることを確認した(図4)。入力画像の大きさが横800×縦600ピクセルにおいて、人の目による不用部追跡と同等の処理速度である毎秒約14組の処理が可能であることを確認し、目視検査等の自動化に活用する見通しを得た。



(上) 既存手法 (下) 開発した手法

図4 ブロッコリーの多視点画像における対応付け

5. おわりに

食品加工の主な原材料である農水産物は、形状や品質が様々で無いなど特有の困難さがあり、自動検査装置の製造、普及のためには、本技術に加えて対象物の形状や特徴に応じた画像解析手法の開発が必要である。引き続き技術開発を行い道内機械製造業へ技術移転し、食品加工業の生産工程への導入を目指す。

(連絡先: iijima-toshimasa@hro.or.jp、011-747-2956)

トラクタ位置情報履歴を用いた農作業推定技術の開発

機械学習による大規模時系列データの状態推定に関する研究（令和元年度～令和2年度）

産業システム部 ○全慶樹、藤澤怜央、近藤正一、堀武司

1. はじめに

過去の農作業記録を分析することは今後の農作業計画の改善に役立つが、農作業の履歴を人の手で細かく記録する作業は労力を要し、記録の抜け漏れも発生する。一方で、トラクタの位置情報（GPS等）の履歴を自動的に記録することは比較的容易であり、スマートフォンやIoTデバイス等を活用したデータの蓄積も行われている。

本研究では、農作業履歴の記録作業の省力化・自動化に向けて、トラクタ位置情報履歴データを機械学習技術により分析することで作業内容を推定する技術を開発したので報告する。

2. 機械学習による農作業機推定技術の開発

トラクタは作業内容に応じて農作業機（図1）を付け替えて運用するため、作業内容は使用した農作業機から推測できると考えられる。また、使用する農作業機により圃場での作業速度や作業幅などが異なるため、トラクタのGPS位置情報履歴（図2）からこれらの特徴を捉えることで農作業機の推定を試みる。以上を踏まえて、トラクタが圃場へ進入してから退出するまでのGPS位置情報履歴データ、圃場の地図データ、圃場の作付データを使用し、前処理及び特徴量抽出の計算を行った後、機械学習アルゴリズムによりトラクタがけん引していた農作業機を推定する技術を開発した（図3）。



図1 トラクタと農作業機

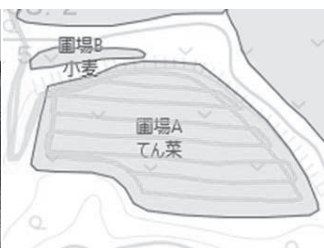


図2 トラクタのGPS位置情報履歴（走行軌跡）

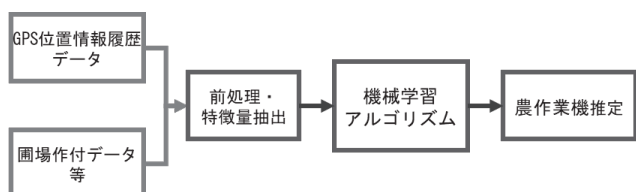


図3 機械学習による農作業機推定

本技術を2年分10台以上のトラクタから取得したGPS位置情報履歴データに適用した。1年目のデータを使用して機械学習モデルを構築し、2年目のデータを使用して性能を評価した結果、全体として約95%の精度で農作業機を推定できることを確認した（表1）。

表1 農作業機の推定精度

農作業機	精度[%]	農作業
スプレーヤー	98.4	薬液散布
サブソイラー	96.2	耕起
コンビドリル	90.0	播種等
カルチベーター	78.2	耕起
カラット	92.6	耕起
プラウ	92.3	耕起
ロータリー	100.0	耕起
ビート移植機	97.5	移植
ブロードキャスター	87.1	施肥
全体	95.3	

3. 農作業記録システムの試作

農作業機推定技術を使用した農作業記録システムを試作し、トラクタからのデータ取得、サーバーでのデータ分析、ウェブブラウザによる農作業記録の確認を可能とした（図4）。



図4 ウェブブラウザによる農作業記録の確認

4. おわりに

本研究では、トラクタのGPS位置情報履歴を機械学習アルゴリズムにより分析することでトラクタがけん引している農作業機を高い精度で推定する技術を開発し、農作業記録システムを試作した。

今後は開発した試作システムと営農管理システムの連携等の展開を目指す。

（連絡先：zen-keiki@hro.or.jp、011-747-2946）

四足歩行による不整地運搬システムに関する基礎研究

脚式移動機構の活用による不整地向け運搬補助システムの開発に関する基礎的研究

(令和2年度)

産業システム部 ○伊藤壮生、浦池隆文、今岡広一、林峻輔

1. はじめに

重量物の運搬作業には台車やリヤカーなどが使用されているが、車輪により移動する器具を林業現場などのような急傾斜地や起伏の激しい不整地で使用することは困難である。

そこで、本研究では四足歩行機構を利用した運搬器具の開発を目標として、必要となる制御方法を検討し、四足歩行ロボットの試作を行った。四足歩行機構を台車やリヤカーのように移動させるためには、作業者が加える力に応じて自動的に歩行させる必要がある。そこで、作業者が加える力を検出する力センサを搭載した四足歩行ロボットを開発し、動作試験を行った。

2. 要求仕様

人との協働作業を行うロボットには、簡単な操作で利用できる機能が求められる。そこで本研究では、作業員から荷物を通してロボットに伝わる力を検出することで、作業員の意図通りに歩行し、協働して運搬作業を行うことが可能なロボット(図1)の開発を目指し検討を行った。

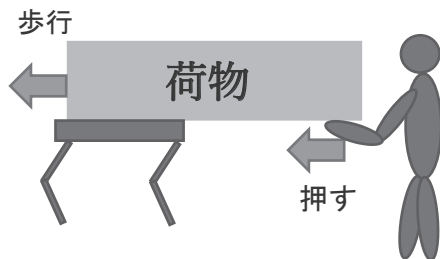


図1 提案するロボットの作業イメージ

3. ロボットの試作と動作試験

本研究では全長25cm、全幅20cm、全高約20cm、重量3.1kgで、姿勢センサと力センサを搭載した四足歩行ロボットを試作した。ロボットの制御系は図2のようになっており、歩行には対角の脚を交互に動かす「トロット歩容」を採用した。「トロット歩容」の歩行パターンをもとに足先の位置を算出し、逆運動学計算によって求めた各関節の角度指令値を脚部に搭載したサーボモータへ送信することでロボットが歩行する。歩行速度指令値に応じて脚の軌道を調節することで、前後左右、旋回移動が可能である。歩行中、進行方向と目標方向にズレが生じた場合、姿勢センサを用いてロボ

ットの進行方向を補正する。人がロボットに加える力をロボット後部に設置した力センサ(ロードセル)で計測し、力の大きさに比例して歩行速度が変化するよう歩行速度指令を生成した。

ロボットに設置したロードセルに手で力を加えることで歩行動作確認を行った。ロードセルの設置位置と実験の様子を図3に示す。実験の結果、加えた力に応じて歩行速度が調節され、自動的な歩行が可能であることを確認した。しかし、歩行速度を一定に保つためには、歩行に伴う本体の揺動に対して、力加減を調節する必要があることが分かった。

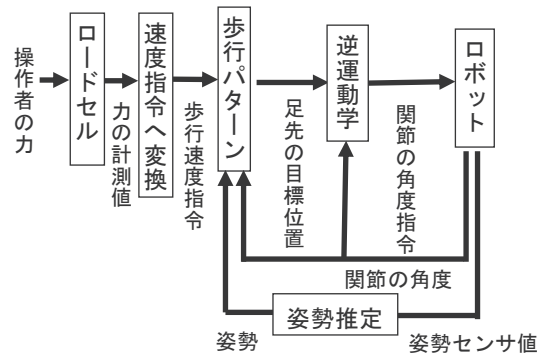


図2 ロボットの制御系概略図

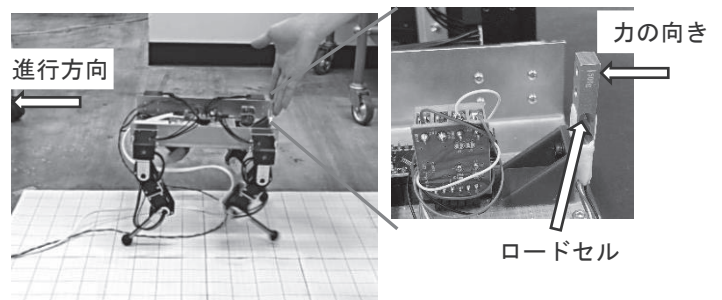


図3 ロードセルの取り付け位置と実験の様子

4. おわりに

四足歩行ロボットを活用した不整地での運搬作業の補助を実現するため、人が加える力に応じて歩行する四足歩行ロボットを試作し、力センサによる歩行制御が可能であることを確認した。

今後は操作性の向上や歩行中の揺動の低減等を目的とした改良などの実用化へ向けた検討を進める。

(連絡先: itou-souki@hro.or.jp、011-747-2959)

作業の安全管理に向けた姿勢計測手法の開発

作業現場の安全管理に向けた姿勢・動作簡易分析手法の開発（令和元年度～令和2年度）

産業システム部 ○栗野晃希、泉巖、中島康博、近藤正一、全慶樹
企画調整部 前田大輔

1. はじめに

少子高齢化による生産年齢人口の減少から、高齢労働者の活用が重要視されているが、加齢に伴う心身機能低下による労災リスクの増加が懸念されている。また、人手不足のために若年労働者が不慣れな作業に従事する機会も増えていることから、事業者には不安全な作業にならないよう適切な作業管理が求められる。そのため、体温や心拍数を利用して体調面の安全を監視する取組が行われているところである。しかし、同様に安全に関わる重要な要素である、作業姿勢に起因する筋骨格系の負担の把握については、対応が立ち遅れている。作業姿勢を把握できれば、作業工程や姿勢の見直し、また作業者の見守りによって、労災リスクの低減が期待できる。

そこで、慣性センサおよび動画像を用い、作業現場で簡易に利用できる、姿勢の計測手法を開発した。

2. 計測対象とする姿勢の定義

身体負担の大きさに腰や膝の屈曲角度が関係することに着目した既存の指標^{*}を利用し、身体的リスク管理に重要と考えられる、4つの姿勢（立位、膝屈曲・腰前屈、腰前屈、膝屈曲）を計測対象とした（図1）。

^{*}つらさ指数：力学モデル、筋電図、心拍数、主観的つらさ等から求めた、姿勢に関する指数。

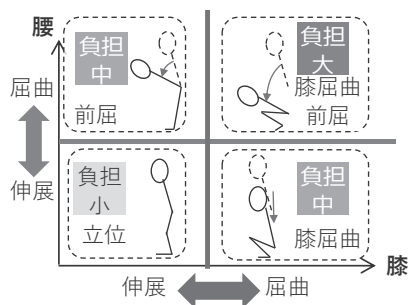


図1 計測する姿勢の分類

3. 姿勢の計測手法

姿勢の計測のため、図2に示す慣性センサの6軸の時系列データおよび動画像を用いた2つの手法を開発した。作業現場での利便性や分析の省力化に配慮し、身体背部に1個だけ装着した慣性センサで姿勢を計測する処理プログラムを考案した。動画像による手法では、機械学習により推定した身体各部位の位置から、

腰と膝の屈曲角度を取得し姿勢を計測する方法を考案した。

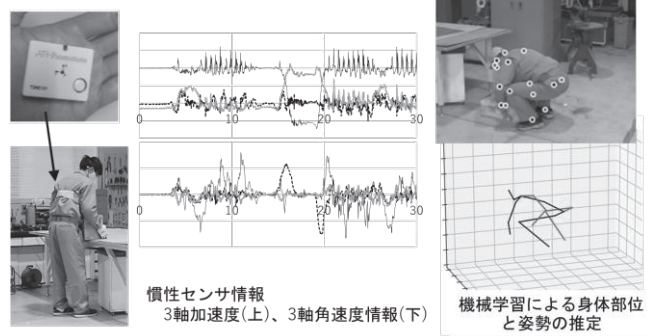


図2 慣性センサおよび動画像による姿勢計測

4. 荷役作業の模擬計測結果

身体的作業負担の大きい現場の安全管理を想定し、図3に示す荷役作業の模擬試験を行った。荷下ろし時に生じる4つの基本姿勢と時間、動作を計測した。その結果、別途観測した膝屈曲角と腰前屈角に基づき判定した結果とほぼ一致し、簡易な分析手法として十分な結果を得た。

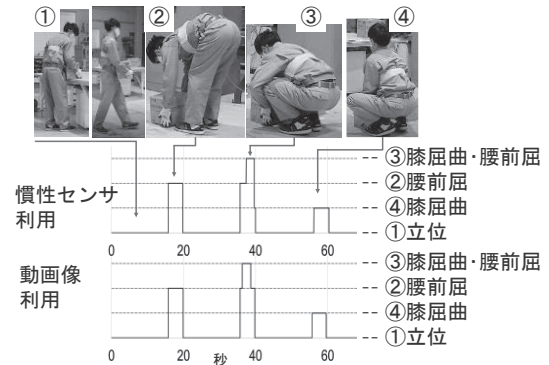


図3 4姿勢の検出結果

5. まとめ

作業現場での安全管理に向け、慣性センサおよび動画像を用いた作業姿勢の計測手法を開発した。今後、実際の作業現場へ慣性センサによる手法を基本として導入を進め、画角の制限はあるが、全身各部位の位置を推定できる動画像による手法についても活用を検討する。

(連絡先：kuwano-kouki@hro.or.jp、011-747-2975)

手洗い判定装置「てみえる」の開発①～システム～

量産可能な手洗い検査装置の開発（令和2年度）

産業システム部 ○宮島沙織、井川久
フーテックサービス(株)

1. はじめに

手洗いは製造業から医療まで、幅広い分野で重要な衛生管理方法の一つであり、手洗いによって汚れやウイルスを除去するには、適切な手洗い方法を習得する必要がある。現状の手洗い方法における問題点を提示することは手洗い教育において重要であるため、洗い残しを可視化する製品が複数販売されている。しかしどの製品も、十分に汚れが落ちたかは使用者の目視確認に基づく主観的な評価となるため、人によって評価結果にばらつきが生じる。

そこで、適切な手洗い方法の教育を効果的に行うことを目的として、手洗いの客観的な評価を可能とする手洗い判定装置「てみえる」を開発した（図1）。本発表では、本装置で行う洗い残しの検出方法と、手洗い結果の定量的な評価方法について報告する。

2. 手と洗い残しの検出

本装置内部の上面には、紫外線照明（波長 395～400nm）とカメラが設置されている。蛍光物質を含むローションを手全体に塗りこんだ後に手を洗い、本装置を用いて手を撮影することで、図2aに示すような洗い残した箇所が発光したRGB画像（R:赤、G:緑、B:青）を取得する。

取得したRGB画像から手領域と洗い残し領域を検出する手法について説明する。図2に示すように、装置底面領域、手領域、洗い残し領域の順に範囲を狭めながら領域を検出していく。まず、RGB画像をHSV表色系（H:色相、S:彩度、V:明度）に変換し、HとVの画像に対して閾値を設定することで、装置底面領域を検出した。次に、RとBの画像における輝度値の比を基に、手領域を強調した画像（図2b）を作成し、手領域を検出した。最後に、GとBの画像における輝度値の比を基に、洗い残しを強調した画像（図2c）を作成し、強調画像の画素値分布に対して判別分析法を用いることで、洗い残し領域を検出した。

被験者12名について手の平と甲を撮影し、検出手法の検証を行ったところ、手領域の検出精度は95.8%、洗い残し領域の検出精度は83.4%となったことから、手領域と洗い残し領域の自動検出が可能であることを確認した。



図1 手洗い判定装置の外観

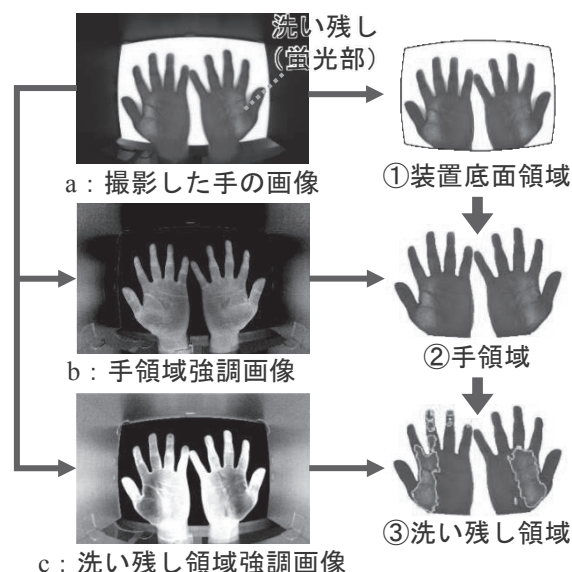


図2 手と洗い残しの検出手順

3. 手洗い結果の定量的評価

前章で検出した手領域と洗い残し領域を用いて、手洗い結果を定量的に評価する手法について説明する。まず、手領域に対して洗い残し領域が占める面積の割合と、洗い残した蛍光部の明るさを用いて、洗い残しがないときに100点となるような評価式を定義した。この評価式を用いて手の平と甲の点数の平均値を算出し、A～Eの5段階でランク付けすることで、定量的な評価が可能となった。

4. おわりに

洗い残しの自動検出により手洗い結果の客観的な評価を可能とする手洗い判定装置「てみえる」の開発を行った。本装置における手と洗い残し検出の精度検証を被験者12名に対して行ったところ、高い精度で検出可能なことを確認した。本装置は、フーテックサービス(株)より現在販売されている。

(連絡先：miyajima-saori@hro.or.jp、011-747-2957)

手洗い判定装置「てみえる」の開発②～デザイン～

手洗い検査装置のデザイン開発（令和元年度～令和2年度）

開発推進部 ○印南小冬、万城目聡
産業システム部 井川久、宮島沙織
フーテックサービス(株)

1. はじめに

手洗いは衛生管理の基本とされているが、個人によって洗浄方法にばらつきがあり、正しい手洗いが行われていないことも多い。近年は感染症の流行や、食品等事業者においては HACCP が義務化されるなど手洗い教育のニーズは高まっている。

フーテックサービス(株)ではこれまで食品事業者などに対して手洗い講習会を開催していたが、より効果的な手洗い指導を行うために、正しい手洗いが行われているかを可視化できる装置の開発に取り組んでいる。本発表では、簡易に持ち運びが可能な筐体、製品のネーミングやロゴマーク、検査ソフトのユーザーインターフェース (UI) デザイン等の開発支援について報告する。

2. 可搬式筐体の検討とネーミング・ロゴ開発

本製品は国内外の使用を想定しているため、可搬性が求められる。そこで折りたたみ式かつ軽量の筐体の試作を数種類作成した（図1）。また、内蔵する測定カメラの焦点距離によって必要な筐体サイズが変わるため、測定システムの開発と並行して筐体デザインを進めることで、素早くかつ後戻りなく開発を進めることができた。



図1 筐体の折りたたみ方法検討用試作

製品のネーミング・ロゴ検討においては、子供や国内外の使用を考慮しなければならないことから、親しみやすさや多言語対応が求められた。今回は「てみえる」という平仮名で子供でも読める優しいイメージの

商品名に、「HANDS SCANNER」という英語の一文を添えることで、多くの人にわかりやすいネーミングを目指した（図2）。



図2 ネーミング・ロゴ案

3. 検査ソフトのUIデザイン開発

検査ソフトについてもロゴと同様に、多言語対応が必要となる。そこで言語ではなく絵図で表すピクトグラムを使用し、できるだけ説明を省いたデザインを採用した。また、測定結果をA～Eの5段階で表示し、あわせて表情のイラストを表示することで、子供にも結果が分かりやすいデザインとした（図3）。

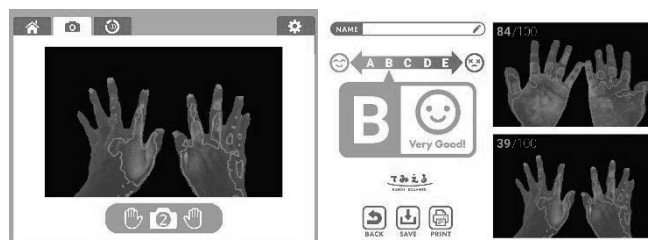


図3 検査ソフトUI

4. おわりに

本開発では産業システム部と当部が連携して支援することで、効率的に製品開発を進めることができた。また、筐体だけでなくネーミング、ロゴ、UIなど総合的にデザイン開発を進めたことで、統一感があり親しみやすい製品を実現した。

(連絡先：innami-kofuyu@hro.or.jp、011-747-2377)

てん菜受入業務における買入対象外判別技術の開発

てん菜受入査定・立会業務における買入対象外判別技術の開発（令和2年度）

産業システム部 ○藤澤怜央、岡崎伸哉、全慶樹、近藤正一
（一社）北海道農産協会

1. はじめに

製糖工場におけるてん菜受入業務では、輸送車両ごとに土砂・石・腐敗根・取引基準外部位などの買入対象外の重量査定を目視検査に行っている。てん菜の目視検査では他の農産物とは異なり圃場での選別はなく、土砂・石・腐敗根が混じった状態で検査を行うことから熟練の技術が必要である。加えて大量のてん菜の中から買入対象外の重量査定をするために多くの人手が必要となっていることから、査定並びに立会業務の自動化が強く望まれている。

本研究では、（一社）北海道農産協会の依頼を受け、目視検査の自動化に取り組んだ。本発表では、AIと画像解析により石と腐敗などの異物の判別技術および取引基準外の部位であるてん菜の冠部（てん菜上部の糖の含有量が低い部位）の重量割合推定技術について開発を行ったので報告する。

2. 異物の判別

製糖工場における受入業務では、ローラー形状の装置上を通過するてん菜に対して目視検査を行い輸送車両ごとに買入対象外の重量査定を行っている。本研究では、ニューラルネットワークの一種であるMask R-CNNを用いた画像領域の個体抽出と各領域の物体判別を行い石の検出を行った。画像の収集については、現状の受入現場の作業を妨げずにデータ収集を行うため、除土装置上部にカメラと照明を設置して行った。

収集したデータのうち、316枚の画像から約10,000個のてん菜と約100個の石を手で学習データを作成し、学習を行った。未知の画像を用いて石の判別を行ったところ、画像から目視で発見できた石のうち25.8%が検出できた（図1）。

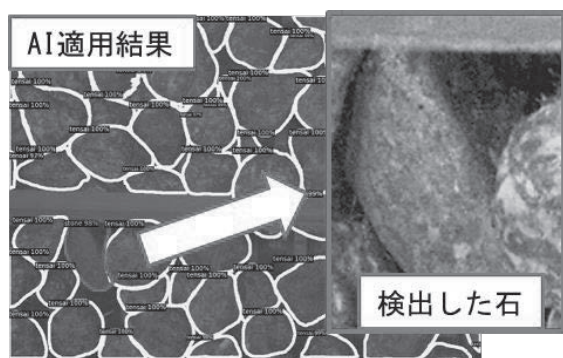


図1 AIによって検出した石

また、腐敗根の判別を行うため、腐敗試験用のてん菜を撮影し、腐敗の進行度合の分類を行った。てん菜においては、主として根腐れ病と黒根病が原因の腐敗があるため、各腐敗根について6段階（指数0~5）に分類されるてん菜を4方向から撮影しデータを収集した。実際の現場ではこれらの腐敗が混在することから根腐れ病の画像200枚、黒根病の画像240枚のうち、それぞれ半分を学習用、残り半分を検証用とした。指数0~2に分類されたてん菜を正常根、指数3~5に分類されたてん菜を腐敗根としてAIによる画像分類を行ったところ、77.3%の精度が得られた（図2）。

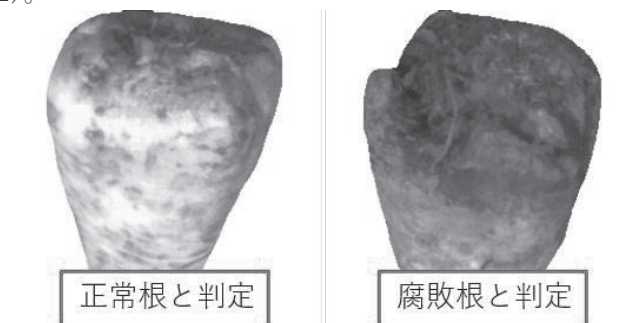


図2 AIによる腐敗根の判定

3. てん菜冠部の重量割合推定

取引対象基準外の部位として、てん菜上部にあたる冠部の重量を推定するため、個別のてん菜の輪郭に近似した楕円のパラメータからてん菜重量および冠部重量を推定し、冠部の重量割合を計算可能な推定手法を開発した。

てん菜104個に対して適用し、てん菜総重量および冠部総重量を推定したのち、重量割合を計算したところ、重量割合推定の誤差が±1%以内に収まり、実用に足る精度が得られた。

4. おわりに

本研究では、土砂混じりのてん菜から石などの異物、腐敗根、買入対象外部位の判別を行う手法を開発した。異物や腐敗根については学習データの拡充や撮影環境の改良によって更なる改善が見込まれる。今後はそれぞれの手法の精度向上や、現地に導入を行うためのシステムを設計し受入業務の自動化に向けて活用する。

（連絡先：fujisawa-reo@hro.or.jp、011-747-2956）

無線重量計とタブレット端末による材料管理の効率化

重量センサとタブレット端末を活用した材料管理業務の効率化（令和2年度）

産業システム部 ○堀武司、近藤正一
(株)三好製作所

1. はじめに

近年、IoT 技術等の活用による製造現場の業務改善が注目されているが、中小企業においては導入に要するコスト、業務改善やシステム設計開発ノウハウの不足などの要因から、現場への導入は容易ではない。

樹脂成形加工メーカーである(株)三好製作所では、現場における材料樹脂の使用量等の管理を紙ベースの作業日報で行っており、生産記録の集計作業等に要する工数が多いことが業務上の課題となっていた。そこで、(公財)室蘭テクノセンターのものづくり創出支援事業（IoT 導入支援）を活用し、現場との共同研究により工場内の材料管理業務の電子化、自動化に向けた取り組みを実施した。

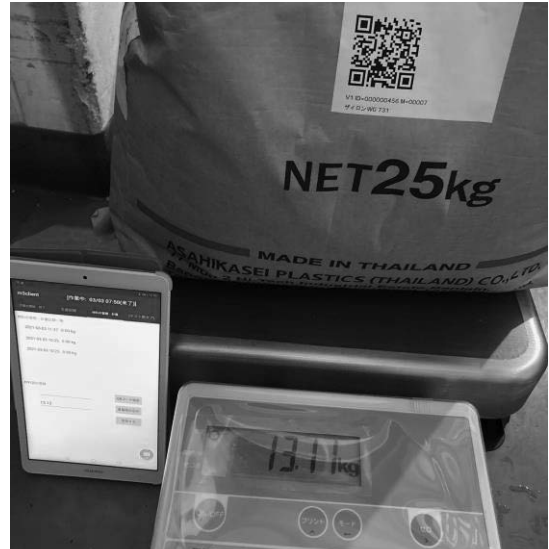


図1 無線重量計とタブレット端末による計量

2. 無線重量計とタブレット端末による計量の自動化

安価な産業用重量計と Bluetooth 通信機能付き小型マイコンを用いて、無線式重量計を試作した。また、個別の材料を確実に識別するため、QR コードを材料袋に貼付した。これらの情報を Android タブレット端末の無線通信機能や内蔵カメラで読み取る事で、材料の計量及び記録作業の電子化、自動化を可能とした（図1）。

また、これらの技術要素を用い、現場における作業指示書の閲覧、作業日報の記録等の作業をタブレット端末上で行うアプリ、及び端末からのデータを受信し生産情報の管理と分析を行うクラウドサーバ等から構成される生産情報管理システムを試作した。

3. 実証試験による評価

試作システムによる業務改善効果の評価するため、工場内の成型機1台を対象として一ヶ月間（稼働日数20日）の実証試験を行い、表1に示す項目について定量的な評価を行った。

材料在庫量管理の誤差は、従来は平均1.8%程度であったが、実証試験期間では誤差はなく、月末棚卸しによる結果と一致した。実証試験期間の日報誤記件数は2件であった。毎月末に実施している生産記録の集計作業は、従来は作業日報からPC上手作業で転記して行っており、2~3時間（成型機1台あたり）を要していた。一方、試作システム上でのデータ集計処理の時間はほぼ0であり、現場での確認作業を含めても15分に短縮された。

表1 実証試験による改善効果

項目	従来	実証試験
一ヶ月あたり 材料在庫量管理の誤差	63.0kg (1.8%)	0 kg (0%)
日報の誤記件数	----	2件
生産記録集計作業工数	2~3時間	15分

また、上記項目以外にも、作業管理者からは「作業の進捗状況がリアルタイムに逐次確認可能となった」などの評価が得られた。

以上の結果から、試作システムの機能が現場業務に対して妥当であること、業務効率の改善に対して有効であることが確認できた。

4. まとめ

樹脂成形工場の材料管理業務等を電子化、自動化するITシステムの試作と実証試験を行い、業務改善効果を定量的に確認した。今後は、対象の工場全体への本格的な技術導入に向けた取り組みを進める予定である。また、室蘭テクノセンターとの連携により、類似の課題を持つ地域企業への技術展開も検討している。

(連絡先：hori-takeshi@hro.or.jp、011-747-2942)

合成開口レーダー衛星で観測可能な海上浮力体の研究

再帰反射構造を有し SAR 衛星で観測可能な海上浮力体の研究開発（令和元年度～令和4年度）

産業システム部 ○宮崎俊之

(株)グリーン&ライフ・イノベーション、日東製網(株)、
北海道大学、(公財)函館地域産業振興財団

1. はじめに

日本の漁業は遠洋・沖合漁業の減少に伴い、沿岸漁業の定置漁業、養殖漁業の重要性が増している。持続可能な漁業を実現するためには、漁具の設置状況や漁業権の行使状況などをモニタリングすることが重要となる。また台風などの災害により漁具流出が多発し大きな問題になっている。これらの課題解決のために、漁具の位置を広域で観測することが必要となる。定置網などの漁具は数100m～数kmに渡り展開され、沖合に設置される場合も多いため、陸上やUAVからの観測では全体の把握が難しい。航空機を用いた観測は天候に左右されコストも高い。また災害時の漁具捜索には更に広いエリアの探知が必要となり、これらの方法では難しい。

2. SAR衛星を用いた漁具の観測

合成開口レーダーを搭載したSAR衛星が多数打ち上げられており、リモートセンシング画像の入手が容易になっている。これらのSAR衛星を利用することで海上の広域データを取得できるが、漁網やフロート(浮力体)はレーダー電波をほとんど反射しないため、衛星から観測できない課題があった。

本研究開発ではSAR衛星のリモートセンシング画像に浮力体を「映す」ために、上空から飛来する衛星レーダー電波を効率的に反射させる構造検討を行っている(図1)。本発表では、開発中のSAR衛星を活用した沿岸漁業向けモニタリングシステムの概要と、試作した再帰反射構造体について報告する。

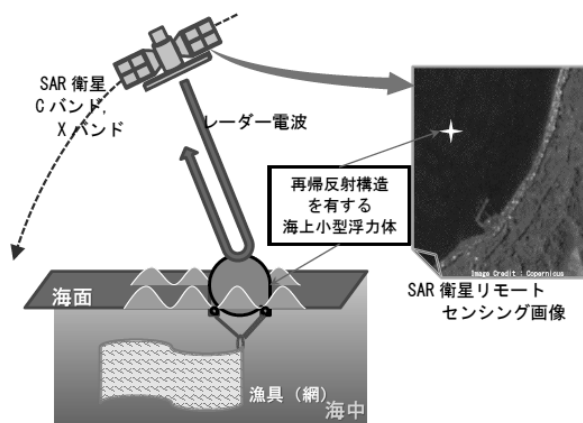


図1 SAR衛星を用いた浮力体観測の概要

3. 再帰反射構造体

SAR衛星は高高度を周回しているため、海水面における到来電波は極めて低強度となる。また海水面は、凹凸構造を持つため後方散乱波(バックスキヤッタ)が大きくなり、小さな反射波はノイズに埋没する。この状況下で漁具に取り付けた浮力体を検知するためには、SAR衛星から飛来した電波を、そのまま元の方向に反射する再帰反射構造が必要となる。再帰性を持つ構造として3つの垂直面をもつコーナーリフレクターがあり、開口面に入射した電磁波を入射方向へ全反射することができる。本研究ではコーナーリフレクター型の再帰反射構造体を試作し、寒冷地ものづくりラボ内の電波暗室にて特性評価試験を行った(図2)。

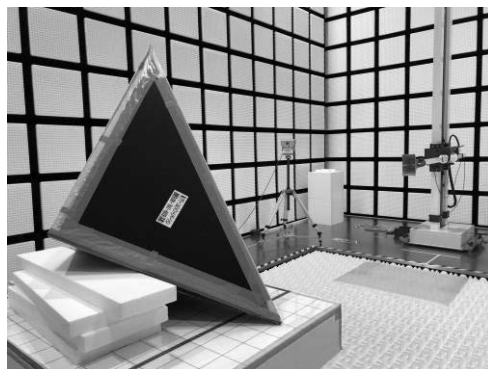


図2 試作した再帰反射構造の特性評価試験

4. 今後の展開

試作した再帰反射構造を改良し、SAR衛星で観測可能な浮力体を実用化する。また、この浮力体を活用した沿岸漁業向けモニタリングシステムを実用化し、持続可能な漁業や海難事故削減などへの貢献を目指す。

謝辞

本研究開発は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)ICT基礎・育成型研究開発「再帰反射構造を有しSAR衛星で観測可能な海上浮力体の研究開発」(受付番号192101001)の委託を受けたものです。

(連絡先: miyazaki-toshiyuki@hro.or.jp、011-747-2947)

ソフトロボットハンドの製造技術

食品を柔軟に把持可能なソフトロボットハンド開発技術の習得（令和2年度）

産業システム部 ○川島圭太
立命館大学

1. はじめに

食品製造現場では、人手により食品を把持して外観の確認をしながら箱に詰めるなどの作業が多い。しかし、昨今の労働力不足で人員の確保が困難な状況にあるため、ロボットや機械導入による省人化が喫緊の課題となっている。

食品製造ラインは、多品種少量生産体制になっている場合が多く、同一のライン上で形状や柔らかさの異なる食品が搬送されてくる。そのため、多品種少量生産ラインを自動化するためには、様々な食品を把持することができるソフトロボットハンド（以下、ハンド）の開発が必要である。

本発表では、立命館大学と共同で多様な形状や柔らかさの食品の把持を可能とするハンドを開発したので、その駆動原理や製造方法について報告する。

2. ソフトロボットハンドの駆動原理・製造方法

ハンドは、シリコンゴムなどの柔軟な樹脂で製造されており、空洞となっている内部をエアで加圧することで突起部が膨張し、互いに干渉し合うことで屈曲・駆動される（図1、図2）。

従来のハンド製造プロセスは、以下の通りである（図3）。

- ① ふた部品と凹凸部品を成型するための型を3Dプリンタで造形する。
- ② それぞれの型にシリコン樹脂を流し込み、成型する。
- ③ 成型したふた部品と凹凸部品を接着用シリコン樹脂で接着する。

このプロセスで製造したハンドは、繰り返し駆動すると接着部から裂けて破損するなど、強度上の問題があった。そこで、ハンドの構造や製造プロセスを見直し、試作品の駆動試験を行った結果、従来よりもハンドの強度が向上することを確認した。



図1 ソフトロボットハンドの一例

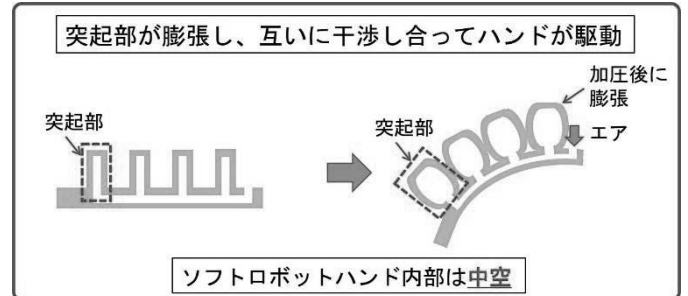


図2 ソフトロボットハンドの駆動原理

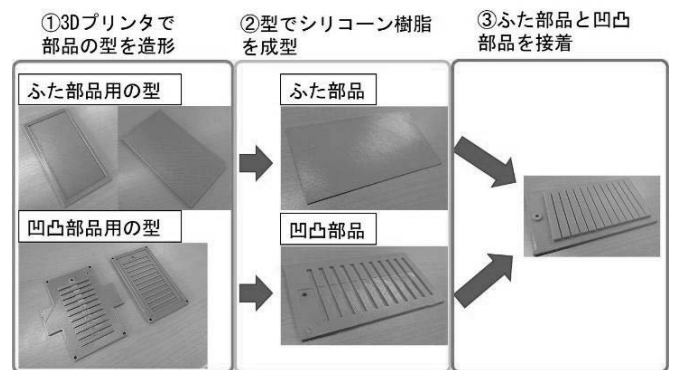


図3 ソフトロボットハンドの製造方法

3. 食品の箱詰め試験

試作したハンドを人協働型ロボットへ装着し、形状の異なる3種類の食品を箱に詰める試験を行った（図4）。その結果、柔らかい食品を破損させることなく、箱詰め可能であることを確認した。

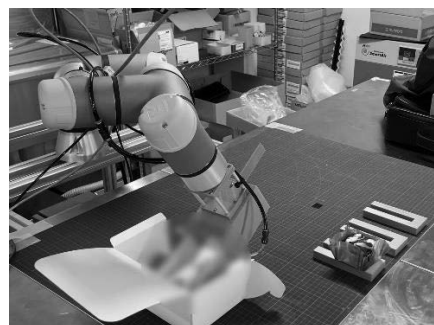


図4 食品の箱詰め試験

4. おわりに

本発表では、立命館大学と共同で開発したハンドについて報告した。本知見は、食品製造現場の自動化などの研究開発で活用していく予定である。

（連絡先：kawashima-keita@hro.or.jp、011-747-2957）

高速かつ安定な重力補償システムの開発

(令和元年度～令和2年度)

産業システム部 ○今岡広一、伊藤壮生、浦池隆文、林峻輔

1. はじめに

様々な現場で労働力不足が深刻な問題になっており、自動化や軽労化が望まれている。例えば、重量物運搬時の軽労化の手段として、運搬物の重量をモーターなどのアクチュエーターで軽減する重力補償システムが実用化されている。しかし、実用化されている重力補償システムは、運搬前に運搬物の重量を測定したり、その重量に合わせて機構を調整したりする時間が必要となるため、重量のばらつきが大きい農水産物などの運搬では一回の運搬ごとに調整時間が必要となるといった課題がある。

本研究では、事前の重量測定や機構調整が不要で任意重量の運搬物を持ち上げ可能な重力補償システムを試作し、動作試験による評価を行った。

2. 重力補償装置の試作

図1に試作した重力補償システムを示す。本システムは、天秤のように支点回りのモーメントのつり合いをとるカウンターウェイト方式のシステムとなっている。アームの先端に積載した運搬物とカウンターウェイトがつり合うことで、操作者が重量を感じることなく運搬物を持ち上げることが可能である。

カウンターウェイトは、ステッピングモーターに取り付けられたボールねじにより前後に移動可能である。アームの角度をポテンシオメーターで計測し、この角度を元にマイコンによってステッピングモーターを制御する。

つぎに、カウンターウェイト位置の制御手法について述べる。本制御手法は補償モードと運搬モードの2つのモードからなっており、スイッチ操作により切り

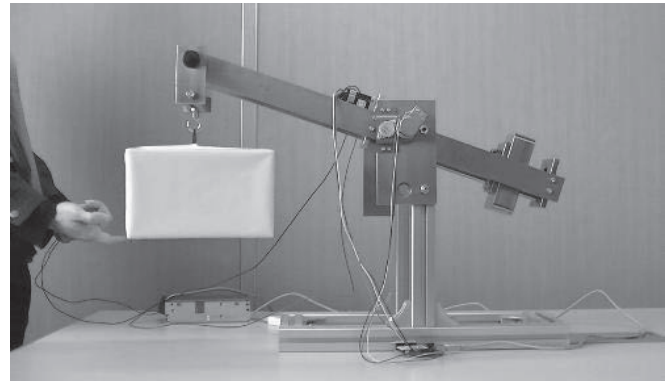


図2 動作試験の様子

替えを行う。補償モード時にはマイコンによってアームの角度を監視し、運搬物とカウンターウェイトがつり合い、アームが停止するまでカウンターウェイトの位置を調整する。運搬モード時には、カウンターウェイトと運搬物がつり合っているため、操作者は運搬物の重量を感じることなく運搬物を持ち上げることが可能である。

3. 評価試験

試作した重力補償システムの評価試験を行った。試験の様子を図2に示す。

運搬物が地面に接地した状態から、重力補償システムを稼働させた。補償モードでは、カウンターウェイトが徐々に後方に移動し、運搬物が地面から離れた瞬間にカウンターウェイトが停止し運搬物とカウンターウェイトがつり合うことを確認した。

カウンターウェイトが停止したことを確認し、スイッチを操作して運搬モードに切り替えた。カウンターウェイトと運搬物がつりあっているため、運搬モードでは操作者が重量を感じることなく、指一本程度でも運搬物を持ち上げることができていることを確認した。

4. おわりに

本研究では、重量物を運搬する際の使用者の負荷軽減を目的としたカウンターウェイト方式の重力補償システムを設計・試作した。カウンターウェイト位置を自動調整する制御を組み込むことで、運搬物の事前の重量測定や重量に合わせた手動調整を行うことなく、任意の重量の運搬物が運搬可能であることを確認した。

今後は、可搬重量の増加や操作性の向上などに取り組みなど実用化に向けた研究を進めていきたい。

(連絡先: imaoka-kouichi@hro.or.jp、011-747-2959)

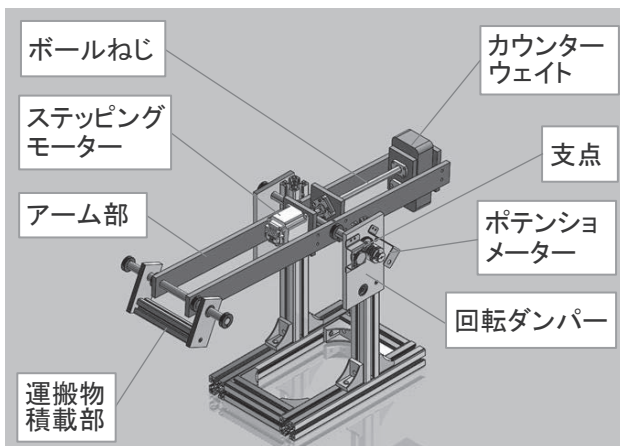


図1 重力補償システムの外観

道路規制用進入防護柵開発に向けた車両遠隔操縦技術

高速道路規制時の車両進入防護柵の研究開発（令和2年度）

産業システム部 ○今岡広一、伊藤壮生、井川久、宮島沙織
トライ・ユー(株)、(株)白石ゴム製作所、
山梨大学、オーエヌ興商(有)、札幌日産自動車(株)月寒店

1. はじめに

自動車事故を防ぐ防護柵などの機材開発には、衝突試験による性能評価が欠かせない。しかし、一般的な衝突試験装置の利用料は高価であり、道内には存在しないため簡単には利用できない。

そこで、当场ではトライ・ユー(株)、(株)白石ゴム製作所らと共同で車両遠隔操縦技術を開発し、本技術を活用した低コストな衝突試験を行うことで車線規制用の防護柵を開発した。

2. 車両の遠隔操縦技術

防護柵に衝突させる無人車両の遠隔操作は、追走する有人車両内から行う。操縦者はモニターに提示される車速情報と無人車両の挙動を監視しながらステアリング、アクセル、ブレーキを遠隔操作する。

ステアリング操作は、ホビー用ラジコンの無線操縦機器（プロポ）と接続できるように改造したゲーム用のステアリング型コントローラーを用いて行う。無人車両のステアリングには、歯車を介してモーターを取り付けており、遠隔操縦者側のステアリング型コントローラーと無人車両のステアリングの回転角度が等しくなるように、プロポの受信機信号を基にマイコンで制御する。

また、アクセルペダル付近にラジコン用サーボモーターを取り付けることで、アクセルの遠隔操作が可能となっている。

さらに、ブレーキペダル部にエアシリンダーを設置し、電磁弁、電空レギュレーターを用いてシリンダー内の圧力を制御することでブレーキ力を遠隔で調整可能とした。電磁弁、電空レギュレーターは、プロポの受信機に接続したマイコンで制御している。

最後に、車速の取得方法について述べる。一般的な

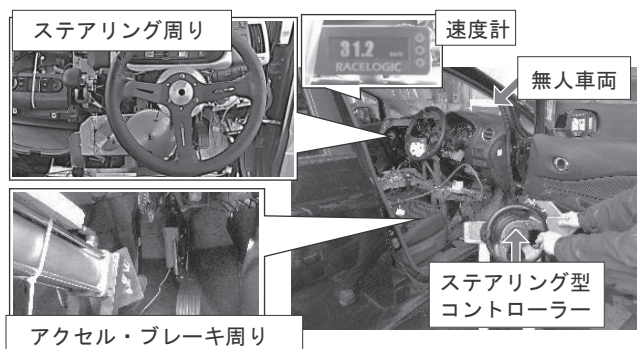


図1 開発した遠隔操縦システム

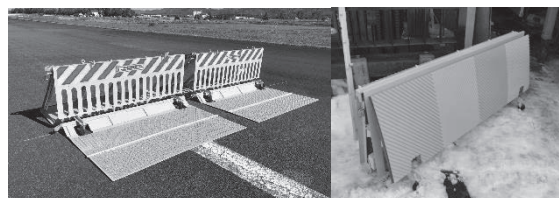


図2 開発した防護柵（左：設置時、右：運搬時）

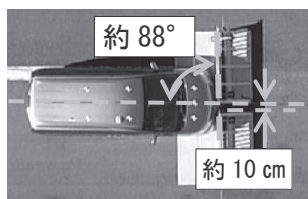


図3 衝突の瞬間



図4 衝突後の様子

車両のスピードメーターは安全上の理由から正確な車速よりも大きな速度を表示する。そのため、無人車両にGPS速度計を取り付け、低遅延な無線映像伝送機器を用いて速度計の画面を遠隔操縦者側のモニターに送信することで、正確な車速を提示した。

3. 衝突試験による防護柵の性能評価

開発した遠隔操縦技術を用いて道路規制用進入防護柵（図2）の衝突試験による性能評価を行った。本防護柵は、屋外でのイベント警備や高速道路などの車線規制に向けたものとして、当场とトライ・ユー(株)、(株)白石ゴム製作所ら共同で開発した簡便に設置・運搬可能な折り畳み構造の防護柵である。

車両が防護柵に衝突する瞬間の上空画像を図3に示す。画像解析の結果、実際の進入位置と目標位置（2つの防護柵の中間点）のずれ量は10cm程度、進入角度のずれ量は約2度であった。また、衝突時の車速は時速78km（目標値：時速80km）であった。

衝突試験後の防護柵および車両の様子を図4に示す。衝突により車両のエンジンが停止しており、再度エンジンを始動させアクセル操作を行っても車両が動くことはなかった。

4. おわりに

本研究では、当场と企業が共同で開発した無人車両の遠隔操縦技術および、本技術を適用した防護柵の開発を行った。今後は、運転席映像の取得やステアリングのフォースフィードバック機能を開発し、操作者の臨場感を向上させ衝突試験だけではなく他用途への応用を検討する。

（連絡先：imaoka-kouichi@hro.or.jp、011-747-2959）

ユーザー中心設計のための試作活用技術

ユーザー中心設計のための試作活用技術に関する研究（令和2年度～令和3年度）

開発推進部 ○印南小冬、万城目聡、安田星季、大久保京子

1. はじめに

ユーザーを中心に考えた製品開発を行うためには、ユーザーにとって ①製品が魅力的かどうか（企画品質）と ②わかりやすく使いやすいかどうか（使用品質）をユーザーの視点から検証する必要がある。そのためには製品開発の初期からさまざまな種類の試作を用いて繰り返しユーザーテストなどを行い、ユーザーが欲しいと思えるものに近づけていくことが重要とされている（図1）。

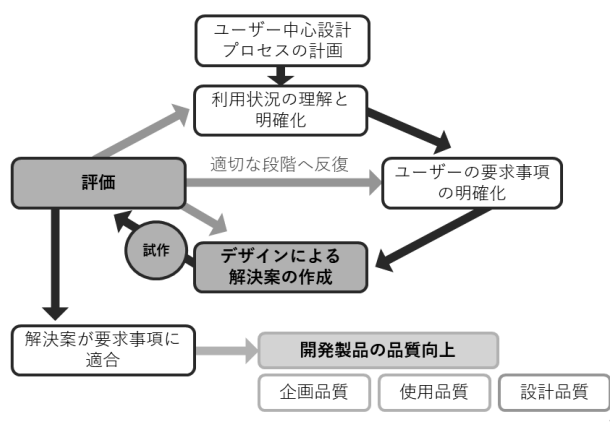


図1 人間中心設計プロセス図（IS09241-210 より）

しかし製品開発にデザイナーが不在の企業においては、開発初期段階の試作があまり行われず、③企画が実現できているか（設計品質）や、④設計品質通りの物が製造できているか（製造品質）の確認のための試作にとどまるケースが多い。そこで本研究では、ユーザー中心設計のための試作を促すためのガイドを開発することで、魅力ある製品開発を支援する研究を進めている。本年度は道内の実態調査とケーススタディを行った。

2. 試作状況の実態調査

道内製造業における試作の現状について、過去に当場でデザイン支援を行った例を調査するとともに、開発にデザイナーが関わっている企業とデザイナーの関与がない企業計6社に対してヒアリングを行った。

デザイナーが関わっている企業においては、開発初期から粘土やダンボール、3Dプリンター等を使用したラフ試作を用いて、使いやすさや外観等の検討が行われていたが、デザイナーの関与がない企業においては試作を設計決定後に行う例が多いことが確認でき

た。また、ユーザー視点を検証する試作は主にデザイナーが作成していた。

実態調査より、現状ユーザー中心設計のための試作はデザイナー特有の技術として認識されており、デザイナーの関与の有無がユーザー視点の有無につながってしまうという課題が分かった。

3. ケーススタディ

今年度はこれまで製品開発にデザイナーの関与が無く、ユーザー中心設計の実践経験のない企業1社を対象に、実際の製品開発において簡易な試作を用いて企画・使用品質を検証するケーススタディを行い、実際に企画品質や使用品質を検証できることを確認した。

また、試作前に行った3DCGによるデザイン検討では、企画・使用品質の検討や開発チーム内の認識共有が難しかった。簡易試作を用いた会議ではこれらの課題が解消されたことから、図面や3DCG画像などの2D資料だけでは企画・使用品質の検証が不十分であり、簡易でも立体化した試作の方が企画・使用品質の検証には優位性があることが分かった。

4. 次年度に向けた活用ガイドの試作

本研究ではWEBサイト上に試作活用ガイドを作成することを目指している。今年度は調査と並行してWEBサイトのプロトタイプ開発を進めた（図2）。試作活用ガイドでは、試作方法や試作を用いた検証方法に関する情報などを掲載する予定である。



図2 試作活用ガイドWEBサイトのプロトタイプ

（連絡先：innami-kofuyu@hro.or.jp、011-747-2377）

感性工学を用いたデザイン開発技術と活用例

感性工学を活用したデザイン開発技術に関する調査（令和元年度）

開発推進部 ○大久保京子

1. はじめに

近年のものづくりは、製品の安全性や機能性だけでは、競合との差別化が難しくなっている。そのため、ユーザーの使いやすさや、製品の外観などがもたらす印象等の感性品質に考慮した魅力あるものづくりが重要視されている。このような製品開発では、人の感情を科学的に捉え、ものづくりに活かす「感性工学」が有効な方法と考えられる。

感性工学を活用した取り組みでは、アンケートやインタビューでは捉えきれない消費者の心理を表す生体情報として、視線計測を活用する研究がある。特に食品パッケージは、印象や購買意欲に寄与するため、デザイン開発において効果が大きいと考えられる。

本報告では、食品パッケージデザイン評価における視線追跡データの活用方法について検討を行い、感性工学の活用の有効性を確認した。

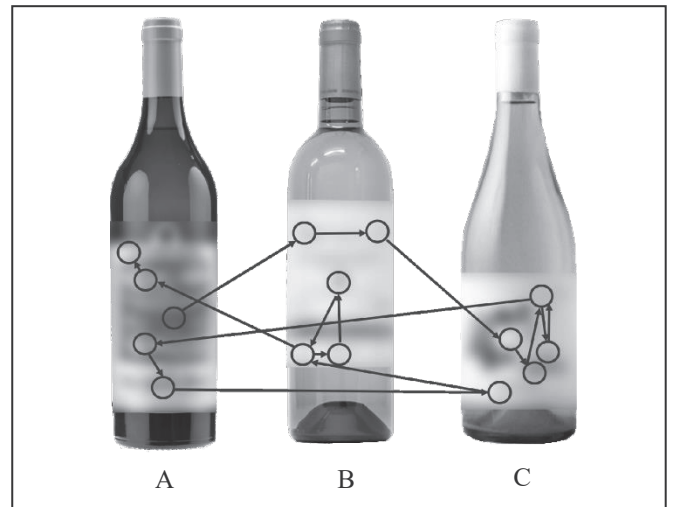


図1 評価画像の視線追跡（例）

2. 視線計測によるワインラベルのデザイン評価

本実験では視線追跡装置（Tobii Technology K.K. Glass2 Wireless 50Hz）を使用し、モニター上に呈示したワインラベル画像を閲覧したときの被験者の視線計測を行った。被験者は6名（女性2名、男性4名）で、評価するワインは認知度の低い同価格帯の白ワインラベルを3種（A、B、C）選定した。また、画像の呈示は、3種のラベルを横並びにした画像を示し、店頭で1つ購入することを想定して閲覧してもらった。その後1つずつのラベルを呈示し、ワインラベルの印象についての7段階のSD評価アンケートとインタビューを実施した。

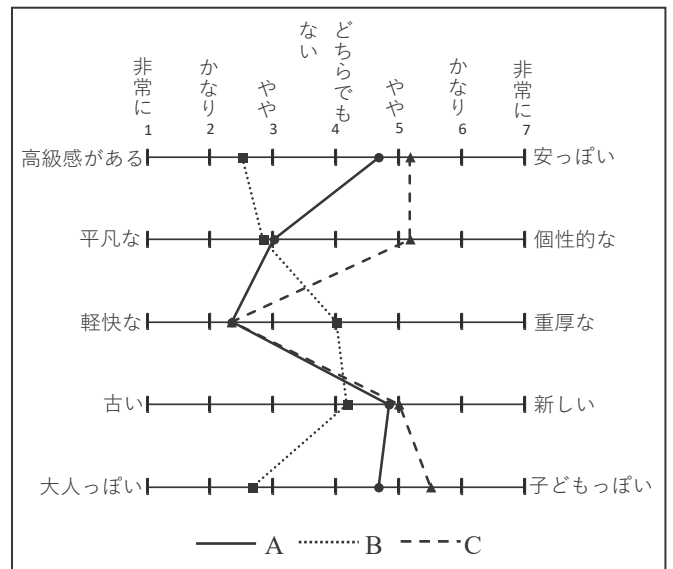


図2 SD評価アンケート結果

3. 結果と考察

計測した視線の軌跡から、ラベルAのワイナリー名、ラベルBのぶどう品種などの視線が停留しない箇所が明らかになった。一方で、ラベルAのイラスト、ラベルBのワイナリー名は、複数回視線が停留していることや、ラベルCに関しては、全体に視線が停留していることがわかった。また、得られた視線追跡データとインタビューやアンケート結果（図2）から、複数回視線が停留しているラベルBのワイナリー名のフォントや色に高級感を感じていること等がわかり、視線追跡データは、アンケートとインタビューを照らし合わせることで、パッケージデザイン評価として有効に活用できる可能性があることが分かった。

4. おわりに

感性工学を活用した製品開発の取り組み事例を調査し、視線情報とアンケートやインタビューから、デザインと商品訴求性の関係を明らかに出来る可能性を確認した。本結果をもとに、生体情報から消費者の感性を捉え、製品評価や開発に活かす技術として、令和3年度より好意を推定する研究に取り組み、展開を図っていく予定である。

（連絡先：ookubo-kyouko@hro.or.jp、011-747-2377）

● 材 料 技 術 部

北海道天然資源の有効活用に向けたプロセス技術開発

ワイン製造残渣を利用した新規機能性素材の研究開発（平成30年度～令和2年度）

医薬品原料に応用可能な低分子糖鎖の製造技術の実用化（平成27年度～平成28年度）

材料技術部 ○松嶋景一郎、吉田誠一郎、近藤永樹

道総研 エネルギー・環境・地質研究所、北海道ワイン(株)、丸共水産(株)、

北海道科学大学、昭和大学、北海道大学、名城大学

1. はじめに

樹木、草花や海藻等の天然物、或いは魚類や哺乳類を食品に加工する際に排出される副産物には、糖類やアミノ酸など、生体にとって有用な様々な種類の物質が含まれている。

他府県に比べ豊かな自然に恵まれ、且つ食産業が盛んな北海道では、こうした天然の未低利用資源に含まれる有用物質を活用し、食品や化粧品として製品化する取組が盛んに行われている。

一方、当场では、分離・抽出や粉体操作等の各種プロセス技術に関して、高度化や新技術開発を行ってきた。本発表では、北海道の天然資源を原料とする製品の製造プロセスを、道内企業と共同開発した事例について紹介する。

2. ワイン製造残渣を原料とする機能性粉末の製造プロセス開発

近年、北海道では、産学官が連携しワイン産業の活性化を推進している。一方で、図1に示すように、ワイン製造の過程で「ブドウ圧搾残渣」が副産される。この残渣は、ポリフェノール類をはじめとする様々な生理活性物質を含んだ有用な天然資源でもあるが、活用されている量は世界的にも僅かで、多くは廃棄処理されている。

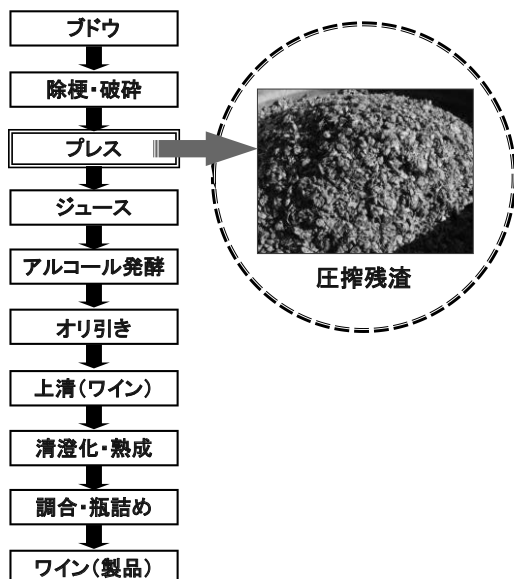


図1 ワインの製造工程

そこで当场では、北海道ワイン(株)、北海道科学大学、及び昭和大学と共同で、経済産業省 戦略的基盤技術高度化支援事業（H30-R2：管理法人ノーステック財団）において、残渣の有効利用を検討した。

この事業で開発した残渣を粉末製品に加工するプロセスを図2に示す。

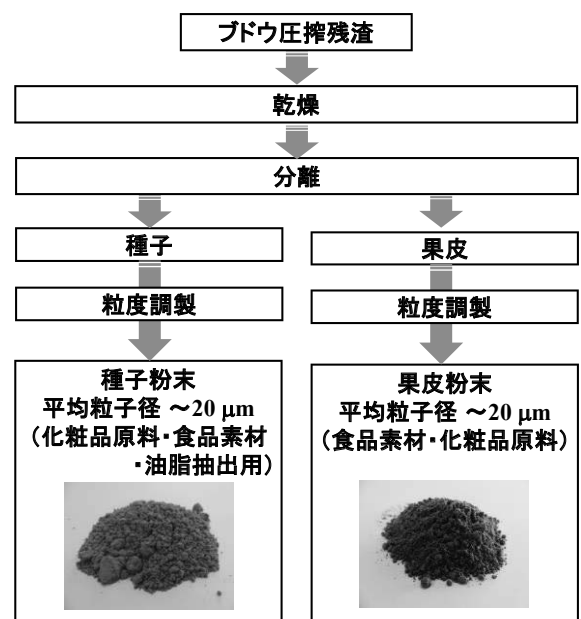


図2 ワイン製造残渣を原料とする種子粉末及び果皮粉末製品の製造工程

残渣を構成成分である種子と果皮に、高精度且つ簡便な手法で分離する新技術を開発したり。種子と果皮では含有される成分が異なるため、それぞれが異なる生理活性を有する。これまで産業的に利用できる効率的な分離技術は報告されていなかったが、この技術により、それぞれの特性を生かした製品展開ができるようになった。

また、細胞試験、及び動物を用いた経口摂取試験により、残渣の持つ新しい機能が示され、その由来となる物質も同定することができた。

試作した種子及び果皮の粉末製品について、成分分析や動物試験を行い安全性も確認できたことから、北海道ワイン(株)が、化粧品や機能性食品の原料として製品化を進める。

3. カスベ軟骨由来コンドロイチン硫酸の製造技術の構築

北海道の特産魚であるカスベは、ヒレ部分を煮付けなどにして食されているが、残り半分以上の非可食部は廃棄されている。その廃棄部位に含まれる軟骨には、有用な糖鎖やタンパク質が含有されており、カスベの漁獲が多い稚内市では、地域資源に指定されている。

当场では、稚内市に本社を置く丸共水産(株)と、水産研究本部の研究機関と共同で、カスベ軟骨から機能性糖鎖「コンドロイチン硫酸」を抽出・粉末化する技術を検討し、図3に示す製造プロセスを構築した。

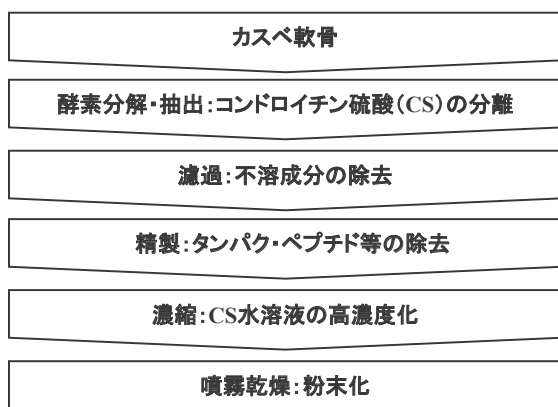


図3 カスベ軟骨由来コンドロイチン硫酸の製造工程

共同研究企業が事業化に成功し、栄養補助食品やサプリメントなど、様々な規格の製品を販売している。

4. 高温・高圧水マイクロ化学プロセスを用いたコンドロイチン硫酸オリゴ糖の製造法開発

当场が有する最先端技術「高温・高圧水マイクロ化学プロセス」について、図4に概念を示しながら述べる。

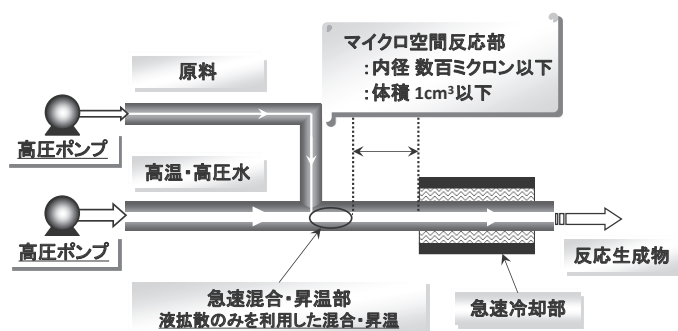


図4 高温・高圧水マイクロ化学プロセスの概念図

水は超臨界や亜臨界といった高温・高圧状態になると、イオン積や誘電率などが著しく変化し、反応性に富んだ物性を持つようになる。しかも、それらの物性を温度・圧力条件により連続で変化させることができる。この水の機能と、数百マイクロン以下の微小な流路を反応場に利用した連続・高速反応システムが、高温・高圧水マイクロ化学プロセスである。

微小空間の特性から、流体の拡散のみによる混合、反応温度までの急速昇温、及び反応を急停止させる急

速冷却ができる。すなわち、精密な反応時間・温度制御が可能で、これにより副反応が抑制され、反応選択性の向上が可能になり、水の高い反応性と相乗効果により、高速・高選択反応を実現できる。

前節で述べたコンドロイチン硫酸 (CS) の模式的構造を図5に示す。

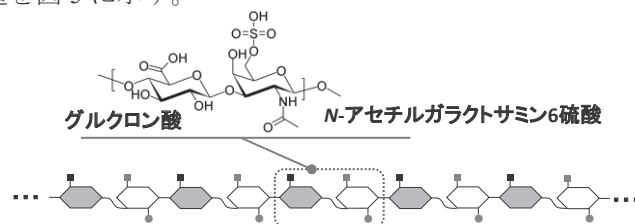


図5 コンドロイチン硫酸の構造

CSは分子量が数万以上の高分子多糖鎖で、グルクロン酸と、硫酸化されたN-アセチルガラクトサミンの二糖単位が繋がった直鎖構造を持つ。既に経口医薬品として販売されており、高分子にその機能があることが確認されている。その一方で、糖と糖をつなぐ結合を切断し、低分子化したCSオリゴ糖は、高分子と異なる機能や、高分子よりも少量摂取で同等の機能を発揮することが報告されており、新しい医薬品として注目されている。しかし、既存のオリゴ糖製造法では、非常に高価な酵素が必要になるため、製造コストが大きな課題になり、試薬以外の用途では製品化されなかった。

そこで、当场では前述の高温・高圧水マイクロ化学プロセスを用いて、酵素を使わずに水だけで、しかも酵素反応の数千倍に当たる10秒以下の極めて短い時間でCSオリゴ糖を作る技術を開発し、丸共水産(株)、北海道大学及び名城大学と共同で、カスベ軟骨を原料として製品化(図6)に成功した²⁾。



図6 コンドロイチン硫酸オリゴ糖製品

5. おわりに

北海道資源を活用した製品の製造技術に関し、道内企業から継続して研究の要望がある。実生産技術にまで発展させた「高温・高圧水マイクロ化学プロセス」を中心に、今後も大学等と連携しながら開発を進める。

引用文献

- 1) 特願 2021-041950
 - 2) 特許第 6146733 号
- (連絡先: matsushima-keiichiro@hro.or.jp、011-747-2950)

木材、てん菜、馬鈴薯、カニから作るナノファイバー

バイオマスファイバーの解繊および特性評価に関する研究（平成30年度～令和2年度）

材料技術部 ○瀬野修一郎、細川真明、大市貴志、可児浩、
山岸暢、吉田昌充、吉田誠一郎、松嶋景一郎
道総研 エネルギー・環境・地質研究所

1. はじめに

バイオマス由来のセルロースやキチンをナノサイズに解繊したバイオマスナノファイバーは、ポスト炭素繊維として大変注目されている新素材である。道内には、その原料となるセルロース資源（木材、農業残渣など）やキチン資源（カニ殻、エビ殻など）が豊富にあり、高付加価値な産業利用が期待されている。しかしながら、道内の各種バイオマス資源を同時にナノ解繊し、そのナノファイバー特性を系統的に評価した例はほとんどない。

そこで、各種原料（トドマツチップ、ビートパルプ、ポテトパルプ、ズワイガニ殻、花咲ガニ殻）由来のナノファイバー特性を把握するため、湿式法および乾式法によるナノファイバー化およびその特性評価（粘度特性、機械的特性、樹脂補強性）を行った。

2. 湿式法によるナノファイバー化

セルロースおよびキチン以外の主な成分（セルロース系原料はヘミセルロース・リグニン、キチン系原料はタンパク質・炭酸カルシウム）を除去し、固形分濃度が0.8wt%となるように懸濁液を作製し、石臼式磨砕機（スーパーマスコロイダーMKCA6-2、増幸産業（株））を使って湿式法による解繊処理を試みた（図1）。電子顕微鏡観察の結果、いずれの原料においてもナノファイバー化を確認することができた。

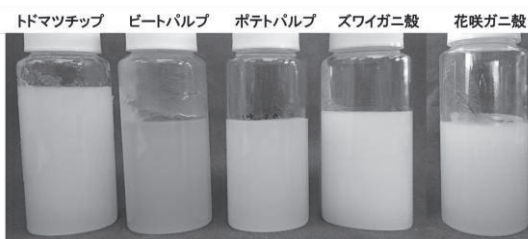


図1 湿式法による解繊処理後0.8wt%懸濁液

3. 乾式法によるナノファイバー複合材料の作製

乾式法による解繊処理は疎水変性したセルロース系原料を樹脂中で二軸混練機を使って解繊し、セルロースナノファイバー複合材を作製する、いわゆるパルプ直接混練法を用いて実施した。この方法はセルロース系原料にのみ適用される技術のため、カニ殻に関しては実施していない。湿式法と同じくセルロース以外の成分を除去した原料を疎水変性し、二軸混練機（TEM-26SS、東芝機械（株））を用いて、ナイロン6（PA6）中で解繊処理を行い、各種原料由来の10% CNF複合化PA6（CNF-PA6）を作製した（図2）。樹

脂を有機溶剤で溶解し、複合材中から取り出した繊維の電子顕微鏡の結果、湿式法同様にナノファイバー化を確認することができた。

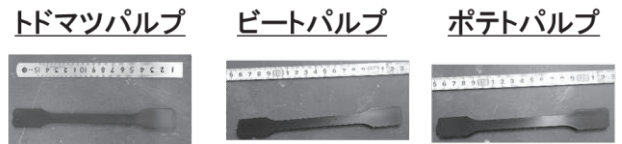


図2 CNF-PA6からなるダンベル形試験片

4. 特性評価

湿式法により作製した懸濁液から粘度および強度特性を、乾式法より作製した複合材料から樹脂補強性を評価した。特性評価結果の一例として、図3にCNF-PA6の3点曲げ試験から求めた曲げ弾性率の結果を示す。この結果から樹脂の補強性はトドマツ>ビート≧ポテトであることがわかった。

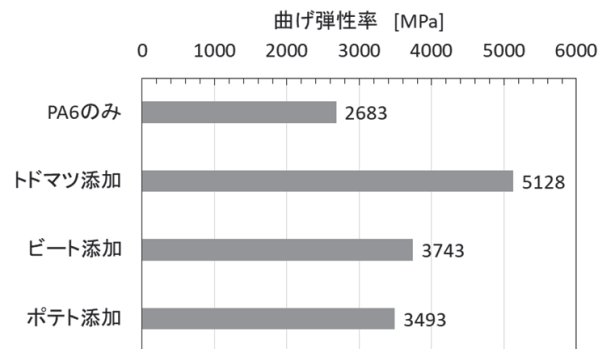


図3 CNF-PA6の機械的特性

5. おわりに

道産各種バイオマスを適切な精製・解繊処理によりナノファイバー化し、特性評価（粘度、機械的特性、樹脂補強性）を行った。その結果、原料によりその特性に差異があることがわかり、活用する用途の要求特性によって原料の適性があることが示唆された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、京大大学生存圏研究所矢野教授を始め研究室の皆様、京都市産業技術研究所の皆様には多大なご協力を頂きました。サンプルの入手にあたりましては多くの道内企業および道内機関の皆様にも多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

（連絡先：seno-shuuichirou@hro.or.jp、011-747-2931）

吸着分離技術を用いた脱色プロセスの開発

道産天然資源の高度利用に向けた吸着分離技術の開発（令和元年度）

カーボンをモデル吸着剤とした液相吸着のメカニズム解明（令和元年度～令和2年度）

材料技術部 ○吉田誠一郎、松嶋景一郎、近藤永樹
道総研 エネルギー・環境・地質研究所

1. はじめに

天然エキスや食品エキスは北海道の重要な加工品の一つであるが、多くの場合、エキスは製造工程で着色されるため、その高付加価値化には、脱色プロセスの設計が重要となる。脱色の代表的な手法として、活性炭などを用いた吸着分離技術が挙げられるが、エキスのような溶液を対象とした場合は、吸着現象を支配する因子が複雑なため、プロセス設計や吸着材の選定が困難である。例えば、図1のように活性炭による食品エキスの脱色度合いは、活性炭の種類によって大きく異なるため、膨大なスクリーニングが必要となる。

そこで本研究では、脱色プロセスを合理的に設計するための基礎検討として、天然エキスやモデル色素の吸着による脱色を検討した。報告の中では、実際のプロセス設計や吸着材の選定についても実例を交えながら紹介する。また、吸着材の細孔構造に着目した吸着のモデル化についても紹介する。

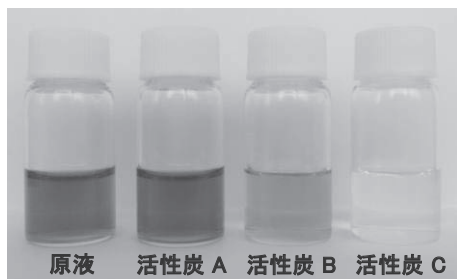


図1 活性炭による天然エキスの脱色例

2. 着色物質メラノイジンの吸着

エキスの着色は多くの場合、原料に含まれる糖やアミノ酸がメイラード反応することで生成する褐色物質メラノイジンが原因である。そこで、市販の活性炭に対するモデルメラノイジンの吸着特性を評価した（図2）。用いる活性炭の種類によって得られる吸着等温線の形状は大きく異なるが、吸着による脱色度合いを数値的に評価することが可能となった。また、この結果を、実際の天然エキスの吸着特性と比較した所、モデルメラノイジンを良く吸着する活性炭は、実際のエキスの脱色も良好であった。さらにこの結果を詳細に解析したところ、メラノイジンの吸着には活性炭の特定の細孔径の寄与が明らかとなった。

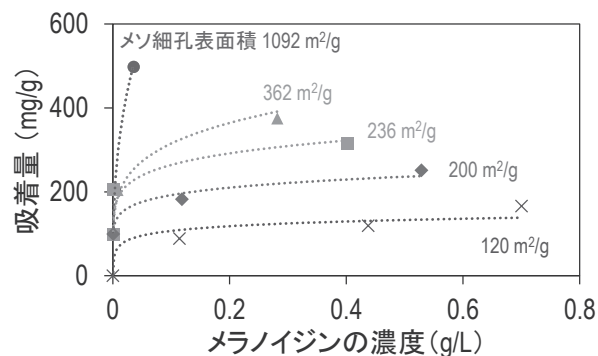


図2 種々の活性炭に対するメラノイジンの吸着等温線

3. モデル吸着材を用いた色素の吸着

実際のエキスの脱色試験の結果から、脱色に有効な吸着材の細孔があることがわかった。そこで、理想的な吸着のモデル系を構築し、脱色に有効な細孔をより詳細に検討することとした。種々の細孔径分布を有するモデル吸着材を作製し、分子量の異なる色素の吸着特性を評価した。その結果、色素の大きさによって吸着に有効な細孔が異なり、その細孔の積算表面積と最大吸着量に比例関係が成立することが判明した（図3）。

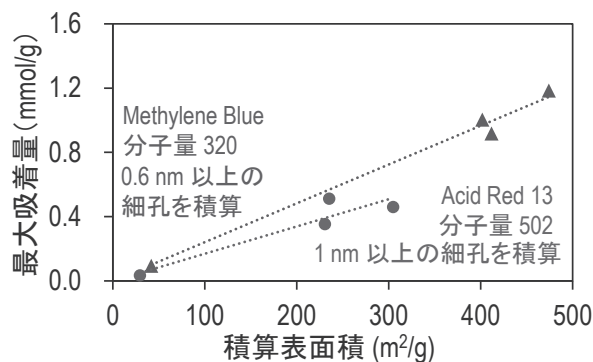


図3 モデル吸着材の表面積と色素の吸着量の関係

4. おわりに

吸着分離技術を用いた脱色プロセスは複雑ではあるが、吸着材の特性に着目することで設計の指針を得ることができた。今後は本研究で確立された技術の実際のプロセスへの応用を目指す。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP19K20478 の助成を受けたものです。

（連絡先： yoshida-seiichiro@hro.or.jp、011-747-2950）

プレス加工シミュレーション活用技術の構築

プレス加工シミュレーションを活用した深絞り加工の評価技術の構築

(令和元年度～令和2年度)

材料技術部 ○鶴谷知洋

開発推進部 神生直敏、安田星季

1. はじめに

難易度の高いプレス加工技術を確立する際、プレス加工シミュレーションを活用して実加工を減らすことで、金型や加工テストに係るコストと時間を削減し、効率化を図る取り組みが進められている。しかし、プレス加工シミュレーションにおいて、プレス加工を高精度に再現するにはパラメータ設定などが重要であり、これらはノウハウとなっている。本研究では、プレス加工シミュレーションの精度向上を目的に、実加工とシミュレーション結果の比較や多変量解析などにより、加工品の再現に有効なパラメータおよびその効率的な最適値の導出方法を検討したので報告する。

2. 実加工とシミュレーションのデータ比較

シミュレーションのパラメータ（境界条件）の最適値導出にあたり、表1に示す加工内容にて、加工速度などの加工条件やダイR（金型部品の丸み）などの金型設計値を変えて実加工（図1）とシミュレーション（図2）を行い、解析に適用すべきデータを得た。シミュレーションでは実測した材料物性値や摩擦係数を適用した。得られたシミュレーション結果および実加工結果は成形高さを評価指標として解析し、シミュレーションの精度は正常な加工と割れが発生する加工の境界領域で悪化することや、材料物性値は使用材料の実測値とシミュレーションに用意されている値で結果に大きな差異がないことなど、シミュレーション利用上の留意点を明らかにした。

表1 加工内容

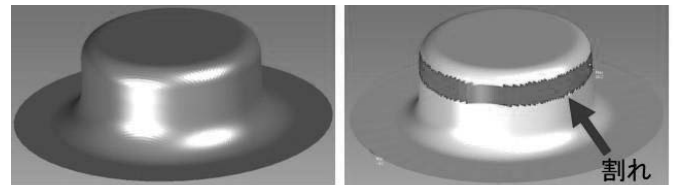
加工	深絞り
被加工材	A5052P-O
blank径	φ110
板厚	1mm
絞り深さ	27mm



正常

割れ

図1 実加工品例



正常

割れ

図2 シミュレーション結果例

3. シミュレーションパラメータ最適化手法の検討

加工条件や金型設計値を変えて行ったシミュレーション結果に対して、多変量解析により各パラメータの設定値がシミュレーション結果に与える影響度を調べた。その結果、特に摩擦係数の影響が大きいことがわかった。そこで、実測値を基に最適値を効率的に探索し、ダイRに応じて摩擦係数を設定する計算式により最適値を適用したところ、成形高さの誤差の平均が10%以内となり精度の高いシミュレーション結果が得られた（図3）。以上から、深絞り加工技術確立プロセス効率化の見通しを得た。

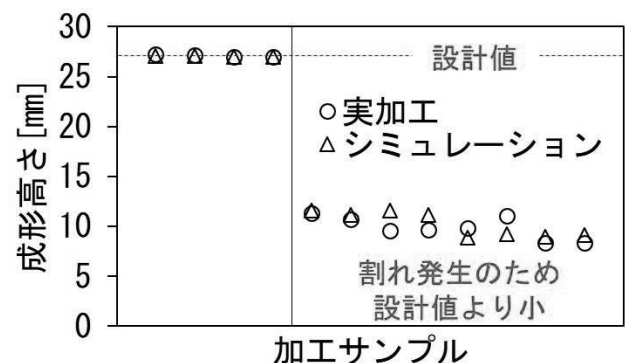


図3 実加工とシミュレーション結果の比較

4. おわりに

実加工品とシミュレーション結果との比較検討を行い、解析計算の境界条件の与え方などシミュレーション利用上の留意点を明らかにした。また、シミュレーション結果に対する境界条件ごとの設定値の影響を調べ、実測値を基に探索した値を設定することで効率的に精度の高いシミュレーション結果が得られることがわかった。

(連絡先：tsuruya-tomohiro@hro.or.jp、011-747-2384)

AM技法を利用した金属製品製造技術

銅系粉末積層造形物の特性評価（平成30年度～令和元年度）

材料技術部 ○鈴木逸人、戸羽篤也

1. はじめに

近年、材料を積層することで製品を製造する Additive manufacturing (AM) 技術が注目されている。当場では、金属粉末をレーザーで熔融、積層することで造形を行う粉末床溶融法（金属 AM）について、長期間取り組みを行ってきた。本発表では、金属 AM 造形材の特徴、金属 AM を用いることで活用が可能となる特徴的な構造について、これまでの研究成果を交えて、製品製作への金属 AM 活用方法を紹介する。

2. 金属AM造形材の特徴

金属 AM は、平均粒径数十 μm で粒度分布の狭い球状金属粉末を使用する。当場に対応可能な材料は、マルエージング鋼、ステンレス 316L、青銅 (Cu-10Sn) である。粉末を熔融積層するため、内部に空隙が生じるが、この空隙量は、レーザー照射条件を適切に調整することで減少させることができる (図1)。図2に積層方向の異なる青銅造形材の組織および引張強度、破断伸びを示す。金属 AM では、肉盛り溶接を繰り返したようなうろこ状組織が生成され、積層方向と空隙量で造形物の機械的性質が変化する。金属 AM 造形材の機械的性質は、 casting 材よりも強度が高く、空隙の影響を受け、伸びが低下する。この機械的性質は、熱処理等で改善が期待できる。

3. 金属AM造形による製品製作

金属 AM による製品製作では、①中空内部構造、②一体化構造、③軽量化構造の活用を設計段階から検討することが重要である (図3)。中空内部構造は、主に流路として金型の冷却構造や熱交換器で活用が期待され、円形に限らず様々な断面形状の流路を設計することができる。流路を冷却や熱交換が必要な領域の近傍に配置することで、従来よりも熱交換効率を向上させ、金型であればリードタイム削減および成形品品質の向上が期待できる。一体化構造は、従来ロウ付けや締結を行っていた部品を一つの部品として製作することで、熱伝導、強度などの性能向上、部品点数の削減による低コスト化が見込める。航空宇宙分野で活用が期待されており、航空機で実用化されている。軽量化構造は、ラティス構造やトポロジー最適化計算による理論的な肉抜き構造に代表され、医療、航空宇宙、工作機械など幅広い分野での活用が期待されている。従来の部品を単に金属 AM で製作する利点は少なく、金属 AM での製作を前提としてこれらの構造を効果的に用いる設計を行うことが非常に重要である。

4. おわりに

金属 AM は、従来の製作方法が前提の設計では想像のできない形状の活用を可能とする革新的な製造技術のひとつである。今後、さらに試験研究を進め、道内製造業への技術移転に努める予定である。

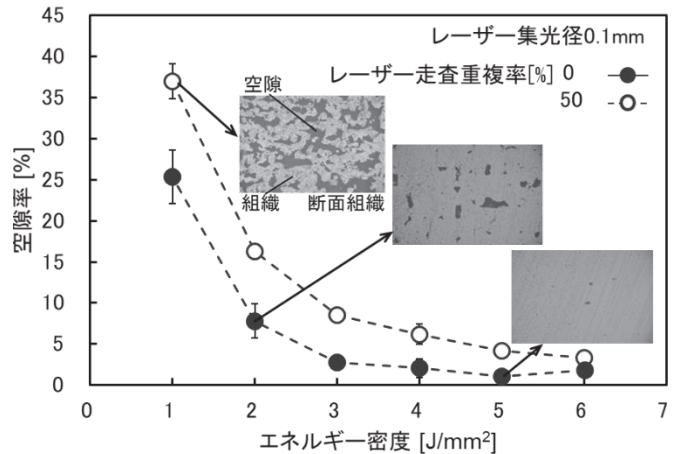


図1 レーザー照射条件による空隙率変化 (青銅)

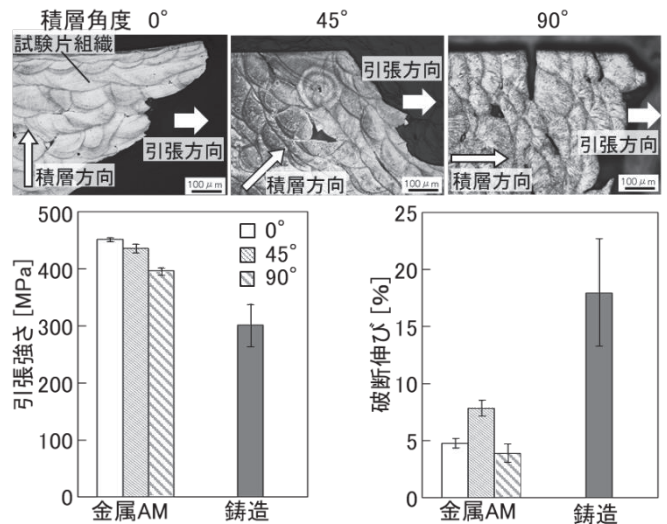


図2 造形組織と積層方向による機械的性質の変化

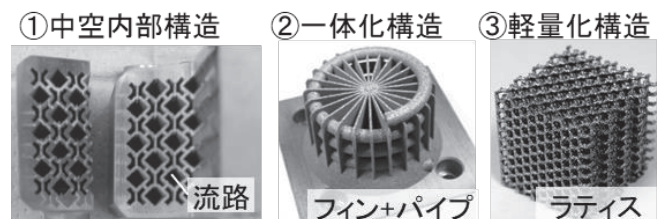


図3 金属 AM で特徴的な構造の造形例

(連絡先: suzuki-hayato@hro.or.jp, 011-747-2378)

レーザー熱処理によるダイカスト金型の長寿命化技術

レーザー加工を利用した自動車部品用金型の長寿命化技術の開発（平成30年度～令和2年度）

材料技術部 ○櫻庭洋平、宮腰康樹、戸羽篤也、鶴谷知洋、
鈴木逸人、三戸正道、中嶋快雄、飯野潔

企画調整部 板橋孝至

ホクダイ(株)、苫小牧市テクノセンター、室蘭工業大学、北見工業大学

1. はじめに

自動車用ダイカスト部品の金型は、溶融したアルミニウムとの接触による加熱と、離型剤の噴霧による冷却が繰り返されるため、大きな温度変化による熱応力でクラックが生じる。クラックが発生した箇所は、その都度肉盛溶接で補修されるが、補修した部分は新作時に施した熱処理などの改質処理が失われるため、耐クラック性が大幅に低下する。

今回、金型の溶接補修部のみをレーザーで熱処理し、硬さや材料組織を制御することで耐クラック性を向上させ、金型を長寿命化する技術を開発した。

2. 実験方法

2.1 溶接補修部のレーザー熱処理実験

溶接補修した金型鋼は、溶接時の入熱で肉盛部の周囲に金型母材と組織の異なる熱影響部が形成される。熱影響部には、母材より硬化する領域や軟化する領域が混在し、熱応力の影響を受けやすくなることから、硬さを新作金型と同水準に制御する必要がある。

実験は、溶接補修した金型試料の母材から溶接部にかけて、出力、走査速度、照射回数を変えてレーザーを照射し、表面の硬さや断面組織を比較した（図1）。

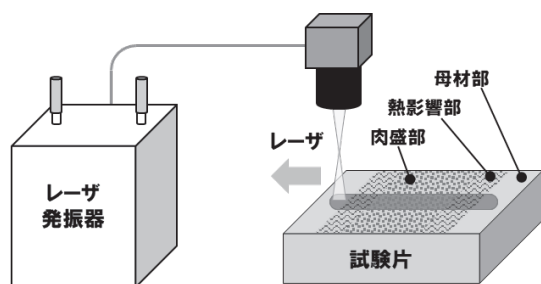


図1 溶接補修部のレーザー熱処理方法

2.2 ダイカスト鑄造実験

レーザー熱処理の耐久性を確認するため、溶接補修したダイカスト金型にレーザー熱処理を施し、金型が損傷し不良品が生じるまでの製品ショット数を比較した。

3. 実験結果

3.1 レーザー熱処理条件の検討結果

レーザー光の焦点スポット径を4.0mmとした場合、出力200W、走査速度1.0mm/sで2回重ねてレーザー照射することで、熱影響部の硬さ分布が新作金型と同水準に回復した。これにより、標準的なダイカスト金型鋼の熱影響部を改質する条件を明らかにした（図2）。

また、このとき熱影響部の軟化領域に、硬化組織が形成されることを確認した（図3）。

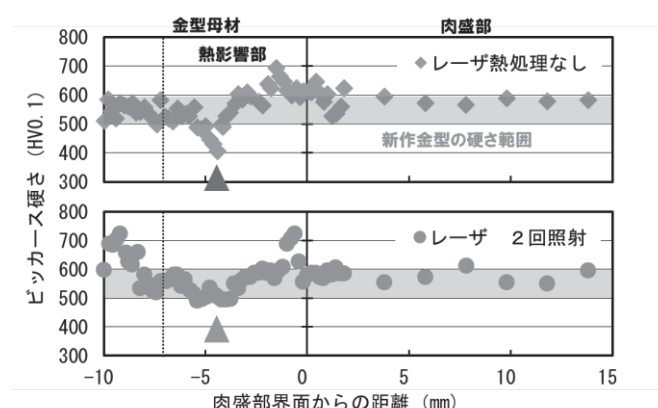


図2 レーザー熱処理による硬さ分布の変化
レーザー熱処理なし
レーザー熱処理あり

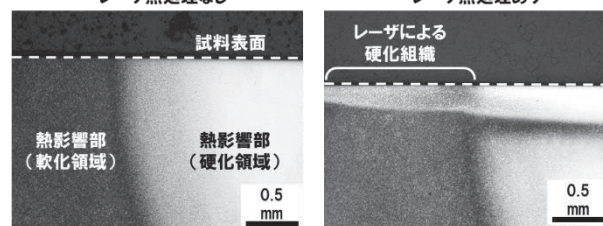


図3 熱影響部の断面組織比較

3.2 鑄造実験による耐久性比較

レーザー熱処理金型のショット数が未処理金型と比べ60%以上増加し、耐久性の向上を確認した（図4）。

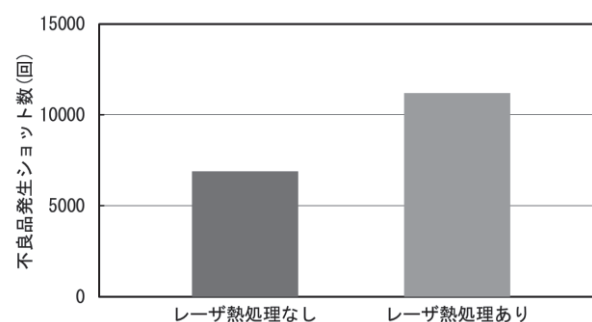


図4 レーザー熱処理金型のショット数比較

4. おわりに

ダイカスト金型の熱影響部へのレーザー熱処理により、クラックの発生を抑え、金型を長寿命化する技術を開発した。今後、道外に金型補修の多くを依存するダイカストメーカーに技術普及し、補修コストの削減に役立てる。また、道内の金型メーカーにも技術普及し、道外からの補修業務の受注拡大に役立てる。

（連絡先：sakuraba-yohei@hro.or.jp、011-747-2979）

機能性包材によるメロンの長期保存技術

機能性プラスチックフィルムの設計・成形加工技術の開発（令和元年度～令和2年度）

材料技術部 ○細川真明、山岸暢、瀬野修一郎、
野村隆文、森武士、可児浩

1. はじめに

メロンなどの青果物は、出荷されてから消費者の手に渡るまでの間、特殊なプラスチック包材を用いて低温貯蔵することで鮮度を保持することができる。このような包材製品は機能性の添加剤や異種プラスチックの多層フィルムを使用することで青果物周辺を適切な湿度やガス組成に保っている。一方で、これら既存の機能性包材は高コストでリサイクルも難しいといった課題がある。

そこで、安価なポリエチレン（PE）フィルムと高い調湿能力を有する稚内層珪質頁岩を組み合わせ、道産青果物の一つであるメロンを用いて適切な貯蔵条件を検討することで、より汎用的な包装資材による青果物の防カビや鮮度保持効果について調査した。

2. 貯蔵雰囲気調整可能な PE 包材の設計

PE 包材はメロン 5 個をまとめて包装可能な 800×660×0.025mm のサイズで試作した。PE フィルムは既存の機能性フィルムと比較して透湿性およびガス透過性に劣るため、これを改善するためにフィルムにφ0.4mm の穿孔を 10 か所配置した。また、内部で生じる結露が穿孔を塞ぎ、メロン表皮に水滴が付着することでカビ等の腐敗原因になることが懸念されたため、原料に濡れ性を向上させる防曇剤を所定量添加した。

これに加えて、高い調湿能力を持つ稚内層珪質頁岩（粒径 2.5-8mm）を調湿材として不織布袋に入れ、包材内に配置することで、青果物保存用の包装体系とした（図 1）。



図 1 メロン貯蔵時の様子

3. メロン貯蔵時の包材内雰囲気調査

メロン貯蔵時の条件として、道産メロン（レノン）を使用し、貯蔵温度を 0℃および 2℃、目標の貯蔵期間を 6 週間として試験を実施した。比較試験として、包材無しのメロン、調湿材を使用しない PE 包材のみのメロンを同条件下に配置した。

試験中に記録した包材内の湿度推移を図 2 に示す。PE 包材と調湿材を組み合わせたメロンでは湿度の上

昇が約 2 週間抑制され、結露発生を抑制しつつ高湿度を維持することが可能であった。

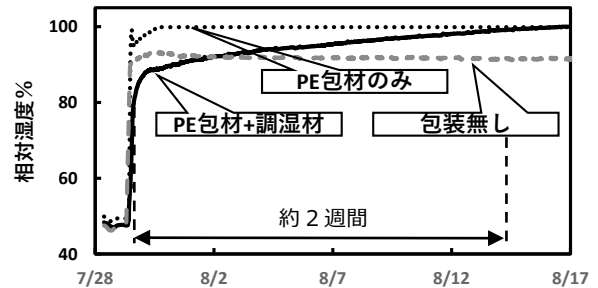


図 2 貯蔵中の包装内の湿度推移 (2℃)

4. 貯蔵後のメロンの品質評価

6 週間貯蔵後のメロンの外観写真を図 3 に示す。包装無しで貯蔵したメロンは低温・低湿度下でみられる腐敗（低温障害）が発生し、鮮度保持は不可能であった。また、PE 包材のみで貯蔵したメロンはおよそ 4 週間でメロン表皮に赤カビが発生した。一方で PE 包材および調湿材を組み合わせた包装体系では、結露が発生したものの 6 週間の貯蔵試験において低温障害およびカビの発生は確認されず、果肉の糖度、硬度、色差においても悪影響がみられなかったことから、鮮度保持が可能であった。



図 3 6 週間貯蔵後のメロン外観（左：包材無し 中：PE 包材のみ 右：PE 包材+稚内層珪質頁岩）

5. おわりに

PE フィルムと調湿材を組み合わせた包装体系を用いて、安価で汎用的な青果物貯蔵体系の調査を行った。その結果、包材内の温度、湿度およびガス雰囲気を制御することにより、鮮度保持期間を大幅に向上させることができた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、るもい農業協同組合苫前支所の皆様には多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

（連絡先：hosokawa-masaaki@hro.or.jp、011-747-2387）

牡蠣殻へのロゴ転写を可能にする養殖用基質の開発

養殖カキへの標識の付与を可能にする基質の開発（令和2年度）

材料技術部 ○執行達弘、森武士、野村隆文

1. はじめに

発表者らは、北海道で産出される天然無機資源（稚内層珪質頁岩）を二水石膏とシリカゾルに混合、成形することで、焼成せずにタイル形状に硬化させる「非焼成硬化技術」を見出している（特許第5070529号）。これは化石燃料を必要とせず、二酸化炭素も排出しないため、経済的にも環境的にも好ましい建築材料の製造技術である。近年、この技術の新たな展開として、水産分野の課題の解決にも注力している。

2. 牡蠣殻へのロゴ転写

牡蠣の養殖は、ホタテガイの貝殻に稚貝を付着させた後、それらを、ひと連なりにしてイカダから海中に吊るす方法で行われている（図1）。一方、近年、牡蠣の産地ではブランド化に力を入れているが、ブランド牡蠣とそれ以外の見分けが難しいことが課題となっている。そこで道総研栽培水産試験場では、ホタテガイの代わりにロゴとなる凹凸の模様がある「基質」を用いて、稚貝が成長する過程で貝殻にロゴを転写させようという独創的な技術の開発を始めている（図2）。

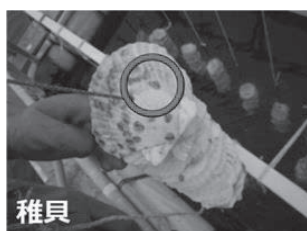


図1 牡蠣の養殖方法（原盤養殖）

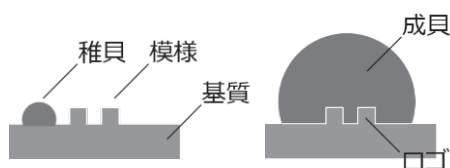


図2 牡蠣殻へのロゴ転写のイメージ

本研究では、非焼成硬化技術の硬化材である二水石膏とシリカゾルを用いて、漁業者が簡便に製造でき、ロゴの転写が可能で、強度と耐水性に優れた牡蠣養殖用基質の開発を試みた。

3. 基質材料の開発と成形方法の検討

基質材料をロゴとなる凹凸の模様がある樹脂型に流し込み、重石を載せ、乾燥させるだけで基質が作製できる方法の確立を目指した。

二水石膏に30～50 mass%のシリカゾルを加えた後、静置、真空、調湿の雰囲気下、23～40℃で24～72h乾燥して硬化体を作製した。シリカゾルを40 mass%、乾燥を23℃で72h静置とした場合、成形時には流し込みが可能で、硬化後は割れや反りが無いタイルを作製できた。3点曲げ強度は4.3 MPaであった。焼成して製造される調湿タイルの4.0 MPaと同等の強度を得ることができた。

基質材料を樹脂型に流し込み、0.01～0.3 kg/cm²の圧力をかけながら（重石を載せながら）23℃で24h静置した。圧力の増加に伴い模様が判別できるようになり0.3 kg/cm²では概ねすべての模様が判別できる基質を作製できた（図3）。



図3 試作した基質

4. 水中での耐水性評価

実用化への見通しを得るため、硬化体を水中に浸漬し崩壊の有無を観察した。

蒸留水に浸漬したところ、3ヶ月以上も崩壊しないという、これまでにない成果が得られた。しかし海水のかけ流し水槽では、2週間で崩壊が始まり、4週間でほとんど崩壊した。

ステンレスタンク内に10Lの水道水または濾過海水を注ぎ、硬化体を設置、静置と攪拌（400 rpm）の条件下1週間後の厚さの変化を調べた。水道水と濾過海水で違いはなく（例えば静置では2%と4%の膨張）、静置と攪拌で著しい差が見られたことから（例えば水道水では2%の膨張と15%の減耗）、攪拌、すなわち流水中では、さらなる耐久性が必要であることがわかった。

5. おわりに

強度と静水中での耐水性に優れ、ロゴとなる凹凸の模様が判別できる基質を簡便に作製できた。しかし、流水中での耐久性など実用化に向けた課題も明らかになったことから、解決に向けた研究を継続している。

（連絡先：shigyotatsuhiro@hro.or.jp、011-747-2362）

プラチナ触媒を用いた青果物の鮮度保持技術の開発

プラチナ触媒による青果物鮮度保持の貯蔵庫での検証（令和2年度）

材料技術部 ○森武士、執行達弘、野村隆文
北海道大学、(株)セコマ

1. はじめに

野菜・果物（青果物）から発生するエチレンは植物の成長ホルモンであり、微量でも青果物を熟成・腐敗させる作用がある。このエチレンを除去できる素材として、プラチナ触媒がある。プラチナ触媒は、青果物を貯蔵する低温下において、微量のエチレンを酸化し除去することができる。本研究では、このプラチナ触媒を用いた青果物の貯蔵試験を行い、その鮮度保持効果を検証した。

2. プラチナ触媒を用いたバナナの貯蔵試験

バナナはエチレンに対する感受性が高く、微量でも熟成・腐敗が進行する。バナナの物流プロセスでは、検疫上の理由から、熟成が進んでいない緑色のバナナ（未熟果）を入荷し、保管する。出荷のタイミングに合わせて追熟処理を行い、黄色のバナナを出荷する。今回の検討では、このプロセスの第一工程にあたる、未熟果の保管工程に着目し、プラチナ触媒で未熟果を長期貯蔵できるか検証した。

バナナの未熟果（1本）、プラチナ触媒（7g）を密閉容器（容積 10.5 L）に入れ、低温（13℃）で保管した（図1）。貯蔵開始から27日が経過した後、バナナの外観の観察と、容器内のエチレン濃度の測定を行った。容器内のバナナを取り出して、糖度、果肉硬度も測定した。触媒の有無による影響を調べるため、触媒を入れていない場合の試験も行い、結果を比較した。



図1 バナナの未熟果の貯蔵試験

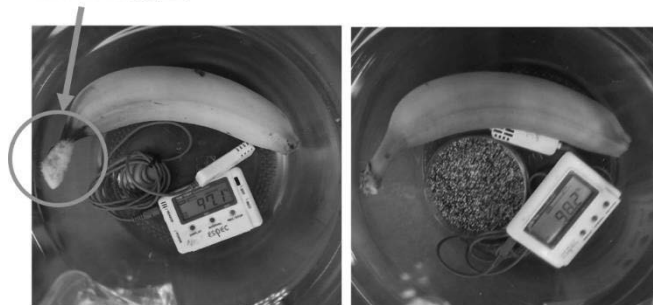
3. バナナの貯蔵試験の結果

貯蔵試験後のバナナの外観を図2に示す。貯蔵前のバナナは緑色であったが、これを触媒無しで27日間貯蔵すると、熟成の進行によりバナナは黄色に変化し、さらにカビの発生が認められた。一方、触媒有り

では、バナナは緑色のまま、変化はなく、カビの発生は認められなかった。容器内のエチレン濃度を測定したところ、触媒無しでは ppm オーダーのエチレンが検出されたのに対し、触媒有りでは検出下限値(0.15 ppm)以下であった。エチレンを触媒で除去すると、バナナの熟成・腐敗が抑制され、長期貯蔵できることがわかった。

触媒を共存させることで、バナナの果実品質（糖度、果肉硬度）がどのような影響を受けるか調べた。バナナの熟成が進行すると、糖度は増加する。また、果肉は軟化するため、果肉硬度は減少する。触媒有りでは貯蔵したバナナは、触媒無しで貯蔵したバナナに比べて、糖度が低く、果肉硬度が高くなっていた。触媒を同梱することでバナナの糖度の増加と果実の軟化を抑制していると考えられる。これらの果実品質の評価結果からも、触媒の同梱によりバナナの熟成が抑えられることを確認した。

カビの発生



触媒なし
黄色に変色
触媒あり
緑色を維持

図2 貯蔵試験後のバナナの外観（27日後）

4. おわりに

プラチナ触媒を用いたバナナの未熟果の貯蔵試験を行った。触媒でエチレンを除去すると、バナナの熟成・腐敗を抑制でき、長期貯蔵できることがわかった。エチレン感受性の高い青果物であれば、同様の効果が期待できる。今後はバナナ以外の青果物についてデータを蓄積し、本技術の早期の実用化を目指していきたい。

（連絡先：mori-takeshi@hro.or.jp、011-747-2362）

溶融亜鉛めっき品の水素脆化・液体金属脆化の研究

溶融亜鉛めっき品の環境脆化に関する研究（平成30年度～令和2年度）

材料技術部 ○坂村喬史、米田鈴枝、中嶋快雄、飯野潔、宮腰康樹
ものづくり支援センター 齋藤隆之
企画調整部 板橋孝至

1. はじめに

溶融亜鉛めっき品は製造工程から水素脆化、および液体金属脆化を起こしやすく、この2つの現象は鋼の強度低下を生じるため問題となる。これらの脆化破面は共に粒界破壊であり判別が困難であるが、これらを判別できなければその対応策を検討できない。そこで本研究は水素・液体金属脆化の破面観察から判別するための基礎的な知見の所得と可能性を検討した。

2. 実験方法

水素脆化はφ6mm丸棒引張試験を用いた、材質：S15C、引張速度：0.25 mm/min、温度：R.T.、水素添加処理時間：1～24 h と時間を変えることで水素含有量の異なる試験片を製作した。

液体金属脆化はφ1.6mmの純鉄線を用いた高温引張試験を行った。溶湯亜鉛浸漬（600℃、10min）、試験温度：500±50℃、釣鐘式に10 kgfの錘を一個ずつ増加させる荷重段階式の引張試験方法で行った。

3. 実験結果

各水素添加量の試験片の用いた引張試験の結果、応力-歪み線図からは水素添加量が増加するにしたがって延性が低下する傾向を確認した。水素脆化の応力-歪み線図形状は低温脆化と異なる延性の線図を示しており、水素脆化は延性破壊であることが言える。図1に24h水素添加処理試験片の破断面のSEM観察像を示す。図1(a)破面全体の外観写真を示す。破面から図中矢印で示す平坦な形状のへき開破壊と、凹凸形状の破面の混在が観察される。詳細に観察するため断面方向から観察を行った（図1(b)）。粒界近傍でクラックの偏向が確認されることから、この凹凸破面は粒界破壊であった。また破面表面は引きちぎられたような細かい凹凸が確認された。これは引張試験の結果より延性破壊であったことから水素脆化は延性の粒界破壊であることが考えられる。

次に高温引張試験では溶融亜鉛めっきの有無で比較を行った。めっきを施していない試験片の破断荷重：50 kgf、に対してめっき試験片の破断荷重：30 kgfと破断荷重の低下、すなわち脆化が認められた。図2(a)に破面観察のSEM像を示す。液体金属脆化特有の粒界破面、そして不明瞭な形状の破面、ディンプル破面が観察された。EDS分析から粒界破面部、および不明

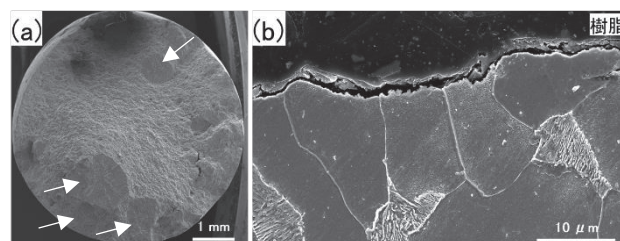


図1 水素試験片の破面SEM像(a)破面の外観写真、(b)破面の断面方向からの観察

瞭部からは亜鉛が検出され、ディンプル破面部からは検出されなかった。粒界破面部、および不明瞭部を詳細に観察するため、断面方向から観察を行った（図2(b)）。粒界でクラックの偏向が確認されることから粒界破壊であることが裏付けできた。不明瞭部は破面上に厚い亜鉛の層が確認され、このことからクラックが発生した後、溶融亜鉛の侵入により形成されたと考えられる。また水素脆化破面では見られなかった液体金属脆化特有の引張方向と水平に入るクラックも確認され、液体金属脆化破面が得られたことが言える。

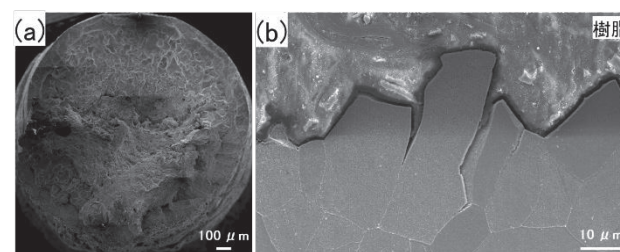


図2 液体金属試験片の破面SEM像(a)破面の外観写真、(b)破面の断面方向からの観察

4. おわりに

水素脆化引張試験より、応力-歪み線図と水素脆化破面を確認することが出来た。応力-歪み線からは歪みの小さい延性の線図が得られ、破面観察からも延性の粒界破壊が観察された。

液体金属脆化の試験より、破面観察からは水素脆化のときとは異なる形状の粒界破壊が確認された。粒界破面部からは亜鉛が検出された。断面観察から引張方向に水平方向に入るクラックが確認された。

これらの結果より水素脆化、および液体金属脆化を破面観察より判別できる知見を得た。

(連絡先：sakamura-takasi@hro.or.jp、011-747-2979)

耐高温エロージョン・コロージョン溶射材料の開発

耐高温エロージョン・コロージョン金属材料の開発（平成 29 年度～令和 3 年度）

材料技術部 ○米田鈴枝、宮腰康樹、飯野 潔、高橋英徳

開発推進部 齋藤隆之

(株)荏原製作所、荏原環境プラント(株)、第一高周波工業(株)、北海道大学

1. はじめに

バイオマス燃焼流動床ボイラの伝熱管は、流動媒体の砂によるエロージョン（摩耗）と環境中に含有する塩によるコロージョン（腐食）が共存する環境に曝され、使用中に損耗する。現在多くのボイラでは Ni4 種と呼ばれる Ni 基自溶合金が使用されているが、耐高温エロージョン・コロージョン（以下 E-C）性は不十分である。これまで耐高温 E-C 性におよぼす Mo、Si および Fe の影響を調査し、表 1 に示す組成からなり、Ni4 種よりも耐高温 E-C 性に優れる開発合金 1 を開発した。開発合金 1 は表面に凹凸形状を有しており、この形状も耐 E-C の向上に寄与している。本研究では、さらなる耐 E-C 性向上を目指し、母相組成（Fe と Cr 濃度）および析出物割合の最適化を試みた。

表 1 Ni4 種および開発合金の合金組成 (in wt%)

	Ni	Cr	Fe	Mo	Si	B	C	Cu
Ni4種	Bal.	12-17	≤5	≤4	3.5-5.0	2.5-4.0	0.4-0.9	≤4
開発合金1	Bal.	20	30	-	1.0	5.5	0.5	-

2. 耐高温 E-C 性の評価法

試料は図 1 に示すように、サンプルホルダーに固定した。KCl-NaCl 混合塩を 0.5wt% 含有した砂を 700℃ まで加熱し流動させ、衝突角度 45° で試料に衝突させた。試料表面温度はサンプルホルダー内に水を循環させることで 300℃ 程度に維持した。試験前後の質量変化からエロージョン・コロージョン量を算出し、試験後の観察・分析は SEM（走査型電子顕微鏡）等を用いて行った。

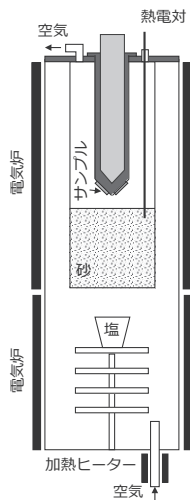


図 1 装置模式図

3. 析出物割合と母相濃度の最適化

母相組成を一定とし、析出物（ホウ化物）割合を 10, 30, 60vol.% と変化させたモデル合金（図 2）をアーク溶解にて溶製し E-C 試験を行った。その結果、析出物 30% 以上の合金の質量減少は析出物 10% 合金の約半分となることわかった。

母相 Cr 濃度は 10~20% の範囲では耐高温 E-C 性にほとんど影響を与えないことがわかった。Cr 濃度を 5wt%

と一定とし、Fe と Ni の割合を変化させた Ni-(20~60)Fe-5Cr 合金を用いて試験を行った結果、Fe 濃度の増加にともない耐高温 E-C 性は向上し、40wt% 以上の添加でその効果がより発揮されることがわかった（図 3）。

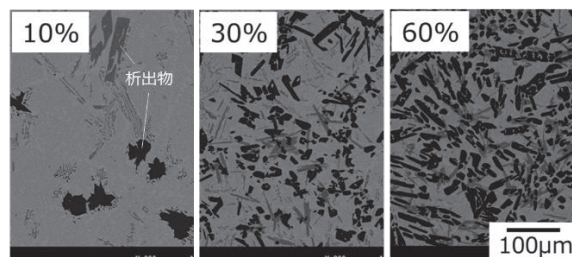


図 2 析出物量を変化させたモデル合金

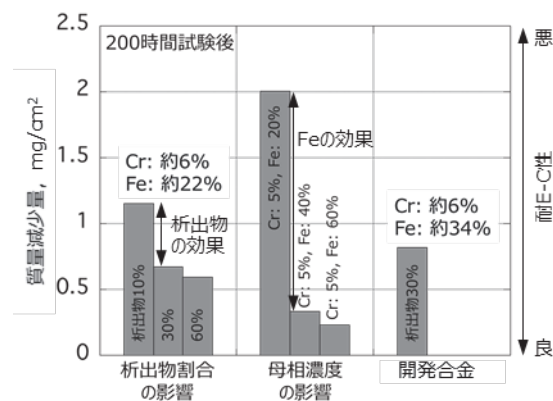


図 3 200 時間 E-C 試験後の質量減少量

得られた結果より、母相 Fe 濃度が 40wt% 程度、析出物割合が 30vol.% 以上の合金が耐 E-C 性に優れると考えられ、表 2 に示す新規開発合金（開発合金 2）組成を提案した。しかしながら、実験室での耐 E-C 性評価結果は、開発合金 1 より耐 E-C 性が劣る結果となった。

表 2 Ni4 種および開発合金の合金組成 (in wt%)

	Ni	Cr	Fe	Mo	Si	B	C
開発合金2	Bal.	14	40	-	0.5~1.0	5	0.5

4. おわりに

現在、開発合金 2 の実機試験を行っており、実機試験結果をふまえて開発合金 2 の E-C 性を詳細に検討していく。また、今後は環境中の Cl 濃度や流動条件等の環境因子の影響についても調査を行っていく。

(連絡先: yoneda-suzue@hro.or.jp、011-747-2979)

溶融亜鉛に対する耐溶損皮膜の開発

耐溶損性に優れたコーティング方法の開発（令和元年度～令和2年度）

企画調整部 ○板橋孝至

材料技術部 米田鈴枝、高橋英徳

1. はじめに

溶融亜鉛めっき業界では、熱電対保護管などの鋼製治具の溶損が問題となっている。これまで様々な耐溶損性材料およびコーティング方法が考案されてきたが実用化には至っておらず、鉄系金属を被覆する安価で耐溶損性に優れたコーティング方法が求められている。本研究では、アルミニウムを含有させた鋳鉄（以下アルミ鋳鉄）溶湯に浸漬して鋼材表面に Fe-Al 合金皮膜を形成する簡便かつ低コストの施工方法を開発し、その効果を検証した。

2. 試験方法

試料は、 $\phi 10\text{mm}$ の SS400 引抜丸棒材（以下鋼材）およびこれを 1350°C の 2～18wt% アルミ鋳鉄溶湯に 5 秒浸漬してコーティングした試料（以下コーティング試料）を用いた。耐溶損性は、試料を 450°C の亜鉛溶湯中に 40mm/sec で攪拌しながら計 48 時間まで浸漬し、鋼材の直径を測定することにより評価した。鋼材の直径測定には、コーティングを非破壊のまま内部の鋼材を撮影できる X 線 CT を用いた。12 時間ごとに鋼材の直径を測定し、溶損量を算出した。

鋼材直径の計測は、X 線 CT（株）島津製作所製 inspeXio SMX-225CT）を使用した。撮影条件は、X 線発生管電圧：195kV、X 線発生管電流：90 μA 、金属フィルター：銅板（厚さ 1.5mm）、ビュー数：1800 枚、1 ビューあたりの露光時間：250msec、画素数：1024 \times 1024、画素サイズ：0.025mm で行った。

3. 結果

図 1 に、アルミニウム濃度を変えて作製したコーティング試料の鋼材について、直径測定から算出した損耗量の時間変化を示す。コーティングのアルミニウム濃度が増加すると鋼材の溶損量が減少すること、特に 18wt% アルミ鋳鉄によるコーティングは、攪拌による促進条件であるにも関わらず 24 時間までは高い耐溶損性を示すことがわかった。

図 2 に、18wt% Al 鋳鉄によりコーティングした試料の浸漬前および 24 時間浸漬した後の X 線 CT 断面を示す。コーティング層は 24 時間までは形状及び厚さを維持していたが、鋼材との間に隙間を生じていることが確認された。図 1 における 24 時間以降の鋼材溶損量の増大は、高い耐溶損性を示していたコーティン

グが剥離したことが原因と考えられる。コーティングの際の温度管理などにより剥離の抑制およびコーティング厚さの均一化を図ることにより耐久性の向上が見込まれる。

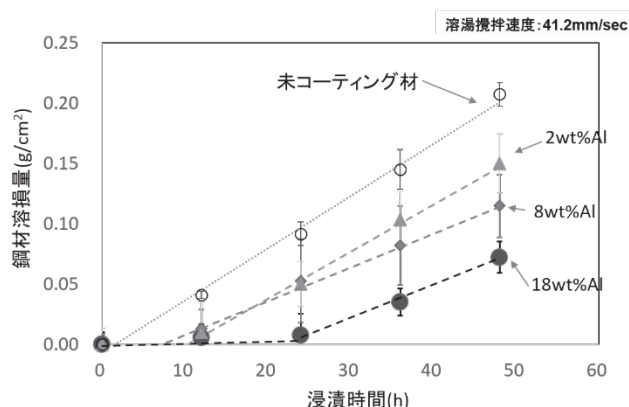


図 1 亜鉛浸漬時間による鋼材の損耗量の変化

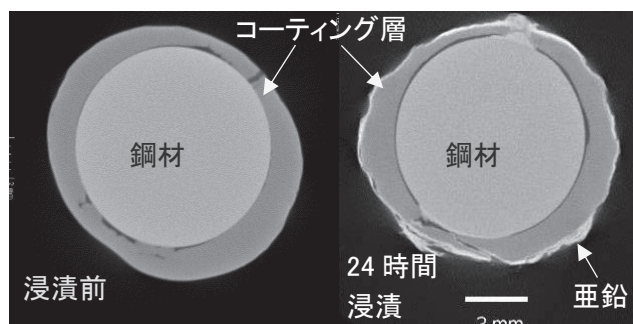


図2 浸漬試験した18wt%Alコーティング試験片の X 線 CT 断面画像

4. おわりに

アルミニウム濃度を 2～18wt% に調整したアルミニウム鋳鉄溶湯に浸漬するという簡便な方法によりコーティングした試料を用いて亜鉛溶湯における攪拌浸漬試験を行った結果、18wt% Al 鋳鉄でコーティングした試験片は、高い耐溶損性を示した。

今後、耐久性向上のためコーティング方法を改良する予定である。

（連絡先：itabashi-koji@hro.or.jp、011-747-2339）

技術移転フォーラム 2021 ― 工業試験場成果発表会 ―
プログラム・発表要旨



地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部
ものづくり支援センター 技術支援部 工業技術支援グループ
〒 060-0819 札幌市北区北 19 条西 11 丁目
TEL 011-747-2346 (直通)
FAX 011-726-4057 (代表)
工業試験場ホームページ <http://www.hro.or.jp/iri.html>