

令和4年度  
富士工業技術支援センター  
研究発表会

《要旨集》

令和5年3月8日(水)  
静岡県工業技術研究所  
富士工業技術支援センター

# 令和4年度 富士工業技術支援センター研究発表会 プログラム

令和5年3月8日(水) 富士工業技術支援センター

※オンライン同時配信

10:00

開 会 挨拶

富士工業技術支援センター長 櫻川 智史

## 【基調講演 1】 10:05~11:05

### CNFの応用展開と課題

東京大学大学院農学生命科学研究科  
特別教授 磯貝 明 氏

## 【C N F】 11:15~12:00 3 課題 各15分

- ① 資源循環実現のためのCNF複合樹脂リサイクル性評価  
CNF科 上席研究員 田中 翔悟
- ② TEMPO酸化CNFに関する産業支援の取組について  
CNF科 主任研究員 中島 大介
- ③ マイクロ波減圧乾燥によるCNF濃縮技術の開発  
CNF科 主任研究員 山崎 利樹

----- 昼休憩(12:00~13:30) -----

## 【基調講演 2】 13:30~14:30

### CNFの世界から見える紙・パルプ繊維の魅力と将来

東京農工大学大学院農学研究院  
准教授 小瀬 亮太 氏

## 【製 紙】 14:40~15:10 2 課題 各15分

- ④ 加温処理による紙の低密度化に関する現象について  
製紙科 上席研究員 河部 千香
- ⑤ 廃棄衣料コットンを原料とした紙の開発について  
製紙科 上席研究員 伊藤 彰

## 【機械電子】 15:20~15:50 2 課題 各15分

- ⑥ クロム酸を使わないプラスチックめっき  
機械電子科 上席研究員 高木 誠
- ⑦ AIを用いたスマート畜産への取組について  
機械電子科 主任研究員 井出 達樹

15:50

閉 会

富士工業技術支援センター 研究統括官 飯野 修

## 資源循環実現のための CNF 複合樹脂リサイクル性評価

CNF科 ○田中翔悟 中島大介 前田研司  
 山崎利樹 山下晶平  
 静岡大学農学部 青木憲治

### 1 目的

近年、自動車の軽量化等のための樹脂の利用拡大に伴い、ガラス繊維強化樹脂（以下、GFRP）等のリサイクルが困難な樹脂に代替される材料開発への要望が高まっている。今回、セルロースナノファイバー（以下、CNF）の樹脂製品への活用を検討するに当たり、CNF 複合樹脂のリサイクル性を検証し、既存の射出成形用繊維複合材（ガラス繊維強化樹脂：GFRP、炭素繊維強化樹脂：CFRP）と比較した。

### 2 方法

ポリプロピレン樹脂（PP）基材の繊維複合材 3 種（CNF 複合樹脂、GFRP、CFRP）について、試験片の射出成形後に粉砕し、粉砕材を再成形するリサイクルテストを 3 回繰り返し、材料物性等の変化を評価した。

〔試料〕（JIS K 7139 タイプ A1 多目的試験片形状）

- ①CNF 複合材：PP/CNF30%（静岡大学農学部ふじのくに CNF 寄附講座 青木特任教授提供）
- ②GFRP：PP/GF10%（㈱プライムポリマー製プライムポリプロ K7000）
- ③CFRP：PP/CF10%（三菱ケミカル㈱製パイロフィルペレット PP-C-10A）

〔評価項目〕引張強さ（JIS K 7161-1）、曲げ弾性率（JIS K 7171）、シャルピー衝撃強さ（JIS K 7111-1）切削 V ノッチ、荷重たわみ温度（JIS K 7191-1, -2）試験荷重 0.45MPa、色差（JIS K 8781-6）及び黄変度（JIS K 7373）

### 3 結果と考察

評価項目のうち、曲げ弾性率の測定結果を図 1 に示す。3 回リサイクル後の CNF 複合材の曲げ弾性率はリサイクル前と比較して 3% 向上し、物性の低下は見られなかった。一方、3 回リサイクルで GFRP は 15%、CFRP は 22% 曲げ弾性率が低下した。また、シャルピー衝撃強さについては、GFRP、CFRP は 3 回リサイクルで 30% 以上の物性低下を示した一方、CNF 複合材の物性低下は 16% にとどまっております、衝撃強さの絶対値としても比較した 3 試料のうちで最も高い値を示した。

以上のことから、CNF 複合材が他の繊維複合材に比べて資源循環に適した材料であることが確認できた。

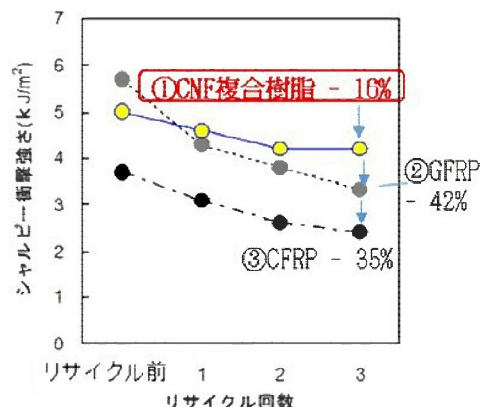
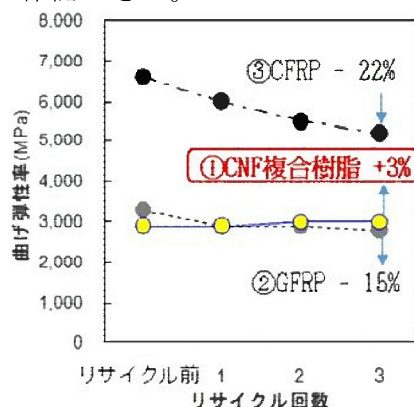


図 1 リサイクル回数と曲げ弾性率

図 2 リサイクル回数とシャルピー衝撃強さ

## TEMPO 酸化 CNF に関する産業支援の取組について

CNF 科 ○中島大介 山崎利樹 前田研司  
田中翔悟 山下晶平

### 1 背景

TEMPO 酸化 CNF (図 1) とは、パルプにあらかじめ TEMPO 触媒によりカルボキシ基を導入して解繊した CNF である。

TEMPO 酸化触媒による反応は常温常圧で進行するため、比較的容易に製造することができる。また、TEMPO 酸化処理を施したパルプはカルボキシ基の強い電気的な反発力により、わずかなエネルギーで効率的にシングルナノサイズ(セルロース結晶の最小単位)の CNF を得ることができる。

当センターでは、CNF の普及を支援するため、令和 5 年 1 月から TEMPO 酸化 CNF のサンプルを提供する取組を開始した。

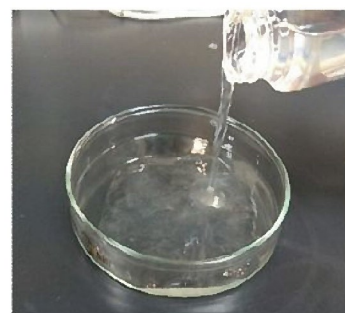


図 1 TEMPO 酸化 CNF

### 2 TEMPO 酸化 CNF の特徴

TEMPO 酸化 CNF は高い増粘性(図 2)やチキソトロピー性、保水性、分散・乳化安定性(図 3)、低熱膨張率等のさまざまな機能が知られている。さらに、導入されたカルボキシ基に金属元素等を担持させることにより(図 4)、新たな機能を付与について研究されている。

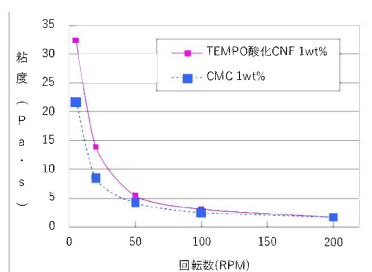


図 2 TEMPO 酸化 CNF 1 wt% の粘度測定

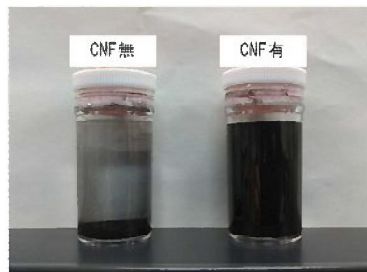


図 3 無機微粒子の分散 (右: TEMPO 酸化 CNF 0.2wt%)

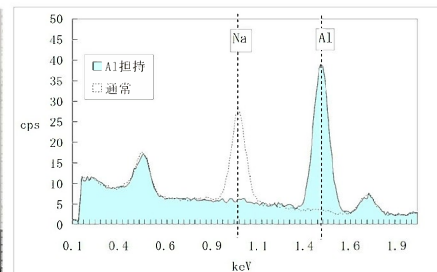


図 4 Al 担持 TEMPO 酸化 CNF の蛍光 X 線分析

### 3 TEMPO 酸化 CNF の提供

CNF 科では、県内企業に向けて TEMPO 酸化 CNF のサンプルを提供している。提供する TEMPO 酸化 CNF は 1wt% 以下のもので、一度に 500g まで提供できる。

この他 CNF 科では、県内企業の要望に合わせた TEMPO 酸化 CNF を作製するため、TEMPO 酸化反応に関連する諸条件や効率的な金属元素担持条件、材料を変えたときの TEMPO 酸化 CNF の作製条件等、さまざまな基礎検討を行っている。通常の TEMPO 酸化 CNF に加え、形状や金属元素の担持、材料等でアレンジを加えることで、より幅広い用途に対応していく。

## マイクロ波減圧乾燥による CNF 濃縮技術の開発

CNF科 ○山崎利樹 前田研司 中島大介  
田中翔悟 山下晶平  
西光エンジニアリング株式会社 岡村邦康 寺田輝子 杉山誠範

### 1 目的

市販されているセルロースナノファイバー (CNF) は、固形分 1~2% 程度のもので、セルロース成分に対して数十倍の質量の水を含んでいることから輸送コストが問題となっている。これを解決する手段として CNF 分散液の濃縮が考えられるが、濃縮の過程においてセルロース繊維上の水酸基同士で水素結合を形成することで繊維が凝集するため、水への再分散時に解れず、分散液の粘度が低下してしまうことが課題とされてきた。

そこで、本研究では濃縮時にセルロース繊維の凝集を抑制する分散剤を選定し、減圧下でマイクロ波を用いて分散液中の水分子を直接振動させることで乾燥を促進させるマイクロ波減圧乾燥装置 (図 1) と組み合わせることにより凝集を抑えた CNF 濃縮技術を開発することを目的とした。



図 1 マイクロ波減圧乾燥装置 (西光エンジニアリング(株)内)

### 2 方法

分散剤を選定するために市販の 2 wt% 機械解繊 CNF 分散液を用いて濃縮試験を行った。2 wt% CNF 分散液 100g に PEG400、PEG1000、PEG4000 及び  $\gamma$ -シクロデキストリンをそれぞれ 2g 添加して混合した後、マイクロ波減圧乾燥装置 (40°C/-80kPa/300W) で約 20wt% (低濃縮) 及び約 70wt% (高濃縮) まで濃縮した。その後、濃縮した CNF に元の濃度になるように水を加えて再分散させ、濃縮前後の粘度を測定することで再分散性を評価した。(図 2)

### 3 結果と考察

濃縮の前後を比較すると、低濃縮条件では CNF のみのサンプルでも粘度が回復しており、分散剤の有無によらず良好な分散性を確認した。

高濃縮条件では、CNF のみのサンプルは濃縮後の粘度が著しく低下しており、セルロース繊維の凝集により濃縮前の 3% 程度まで粘度が低下した。

一方、用いた分散剤のうち、PEG4000 及び  $\gamma$ -シクロデキストリンを加えた場合に粘度が濃縮前の 70% 程度まで回復し、再分散性に関して優位であると分かった。

令和 5 年度は本成果を活用して、CNF 複合樹脂成形による樹脂製パレットの試作に取り組んでいく。

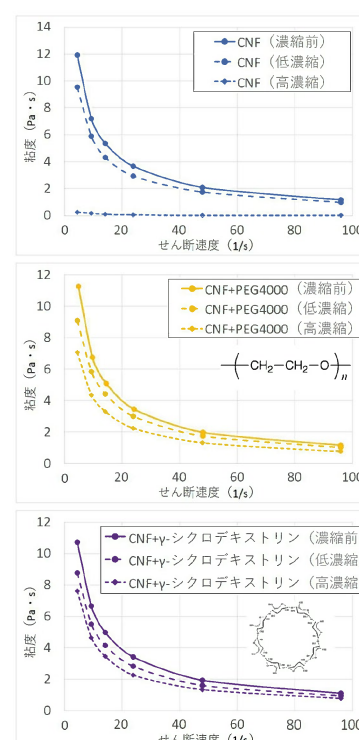


図 2 CNF 濃縮前と再分散後の粘度比較

## 加温処理による紙の低密度化に関する現象について

製紙科 ○河部千香 伊藤彰 深沢博之  
 東京農工大学大学院農学研究院 小瀬亮太  
 東京農工大学農学部 齋藤拓真

### 1 目的

県内製紙産業は国内出荷額一位を誇り、サーキュラーエコノミーへの関心の高まりなどもあり、古紙から再生紙を生産する県内製紙産業にとってはチャンスと言える。しかし、IT技術の伸展などに伴い紙の消費量が落ち込み、県内製紙会社は製品のさらなる品質向上とコストダウンが必要である。

当センターでは令和元年度から紙の低密度化に関する研究を進めており、その過程でパルプを単純に加温処理するだけで紙が低密度化する現象を発見した。加温処理による低密度化が可能となれば、直接のコストダウンも期待できる。

本研究では、様々な条件で加温処理を行い、最も低密度化に効果のある条件を探索した。

### 2 方法

#### (1) 紙の作製

図1に示すとおり、原料としてLBKPを使用し、様々な条件を変化させながら、薬品添加、離解、こう解、加温処理、抄紙、脱水、乾燥工程を経て、紙を作製した。

#### (2) 紙の物性評価

23°C、50%r. h. の環境下で24時間以上放置した後、JIS P 8118及びJIS P 8113に準じて、密度及び比引張強さの測定を行った。

### 3 結果

図2に示すとおり、加温処理を行うと、抄紙条件により紙の密度は5～6%低下した。最も影響を受ける工程は原料調成工程であり、より繊維を膨潤させた繊維ほど密度低下が大きくなることが分かった。

### 4 今後の予定

低密度化のメカニズムを解明することにより、より効果のある加温処理条件を導き出すとともに、工場実機での効果を検証する予定である。

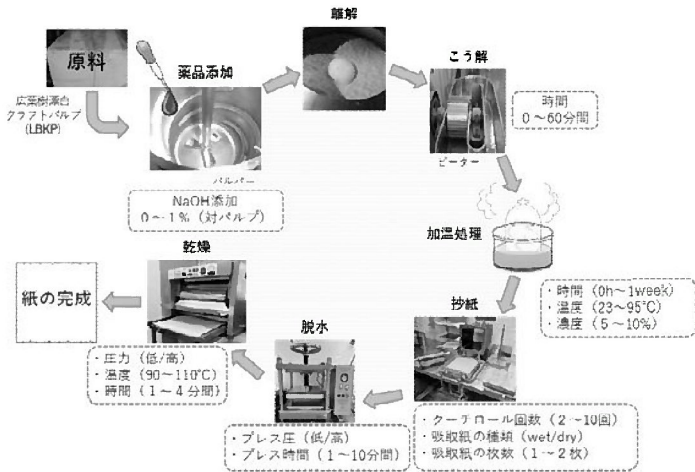


図1. 本加温処理研究における紙の作製条件

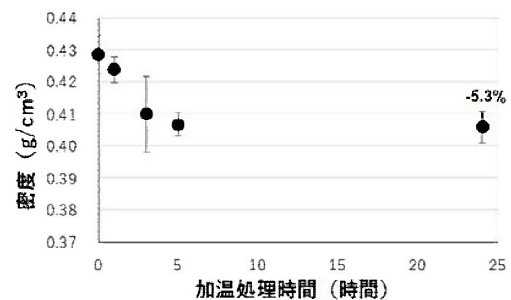


図2. 各加温処理時間における密度の変化 (未こう解LBKPを70°Cで加温処理したシート)

## 廃棄衣料コットンを原料とした紙の開発について

製紙科 ○伊藤 彰 河部千香 深沢博之  
富士共和製紙株式会社 井出茂貴

### 1 目的

衣料の国内新規供給量は81.9万トンであり、そのうちリサイクル、リユースされずに廃棄される量は51.0万トンとされ（2020年）、さらなるリサイクル、リユースが強く求められている。2021年8月には、経済産業省、環境省、消費者庁が「サステナブルファッションの推進に向けた関係省庁連絡会議」を設置・開催し、国としてもファッション業界の持続可能性を高くする動きが活発になっている。また、2021年9月には、衣料繊維の廃棄物を資源として活用することを目的とした（一社）サーキュラーコットンファクトリー（以下CCFという。）が設立され、紙へリサイクルすることに取り組んでいる。県内製紙会社にも衣料リサイクル紙製造の話が届いており、一部の企業で廃棄コットンを配合した紙の試作を行ったが、印刷時の表面強度が弱いなど解決すべき問題が生じた。

そこで本研究では、廃棄コットンを製紙原料として利用したリサイクル紙について、コットンの前処理、配合割合による性能の変化を把握し、製品化の可能性について検討した。

### 2 方法

コットン布を3水準の繊維長（短、中、長）に解繊したものを（写真1）を紙の原料とした。解繊コットンを用いてパルプとの混抄紙を手抄きにより作製し、解繊条件やコットンの配合割合の違いによる混抄紙の引張強さ、印刷時の表面強さなどを把握した。



写真1 解繊コットン

### 3 結果と考察

コットンの解繊条件（繊維長：短、中、長）で比較すると、引張強さ、印刷時の表面強さともに繊維長が長の解繊コットンの紙が最も強くなったが、地合いが極端に悪くなる結果となった。各物性値を総合的に評価し、繊維長が中の解繊コットンがバランスのとれた品質になると考えられた。

また、コットンの配合割合による比較では、コットン割合が高くなるに伴い引張強さ、印刷時の表面強さが低下することが分かった（図1、2）。今後は、紙料調成、製紙薬品の調整などで強度の向上を試み、最適なコットンの配合割合を決定する。

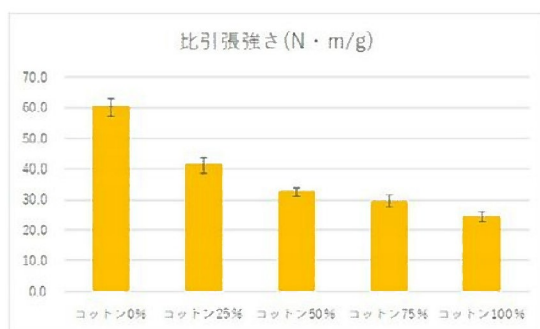


図1 コットン配合割合による引張強さの比較



写真2 印刷試験

試験的に印刷を行い、紙ムケの有無を確認する。インキ量、印圧を一定にし、印刷速度を変えて試験を実施した。（速い印刷速度で紙ムケがない程、表面強さが強い）

		コットン配合比 (%)				
		0	25	50	75	100
印刷速度 (m/s)	1			○	○	○
	2			△~×	×	×
	3	○	○			
	4	×	×			
	5					

図2 コットン配合割合による表面強さの比較

## クロム酸を使わないプラスチックめっき

機械電子科 ○高木 誠 本間信行  
神谷理研株式会社 小玉大雄

### 1 目的

EV等の輸送用機械分野では軽量化のため、金属部材からプラスチックへの代替が進められており、プラスチック部材の意匠性や耐久性向上のためにプラスチックめっきの必要性が増している。従来、プラスチックへのめっきにはクロム酸によるエッチングが表面改質手段として用いられてきた。しかし、近年においてはクロム酸は有害な薬品であり、環境問題が企業戦略に大きく影響を与えるため、クロム酸を用いない表面改質技術の開発を目的として研究を行った。

### 2 方法

H29～R元年度新成長戦略研究「異種材料接合のための新型プラズマ照射装置の開発」でプラズマ照射によりプラスチック表面改質が可能となったが、プラズマ照射だけではプラスチックめっきに必要なパラジウム(Pd)触媒を付着させることができない。そこで、親水化された表面と金属の接合を行う分子接合剤(図1)と、プラズマ照射を組み合わせためっき技術の開発に取り組んだ。様々なプラスチックに対して、プラズマ照射や分子接合剤の処理条件、めっき工程の検討を行い、めっき膜の剥離試験(図2)を実施して密着力が実用レベルかどうかを判断した。

### 3 結果と考察

- ・プラズマ照射と分子接合剤の組合せで多種のプラスチックにニッケル無電解めっき、銅めっきを付けられることを確認した。
- ・プラズマ照射時間と分子接合剤の処理条件を探索することで、ABS樹脂へのめっきの密着力をJIS基準(JIS H 8630:2006)の2倍(10N/cm)まで向上させることができた。
- ・光沢銅めっき膜には強い引っ張り応力が働いていることを究明した。
- ・ポリプロピレンにもめっきを付けることができたが、密着力は1N/cm以下であった。

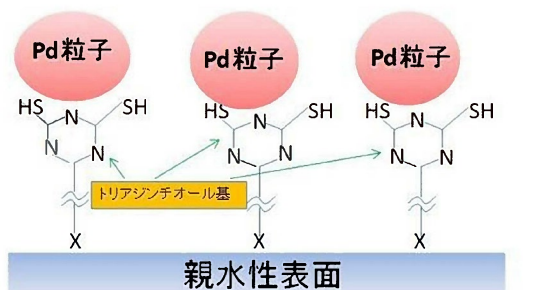


図1 分子接合剤とPd触媒粒子の結合

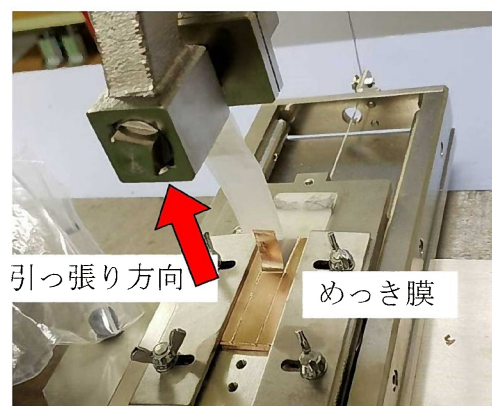


図2 めっき膜の剥離試験の様子



## AI を用いたスマート畜産への取組について —画像解析による子牛の疾病検知システムの開発—

機械電子科 ○井出達樹 齊藤和明 本間信行  
静岡県畜産技術研究所 小熊亜津子 永田浩章  
日本工業大学 山本大貴 荒川俊也

### 1 目的

近年の酪農では、労働人口の減少や家畜の飼育頭数の増加に伴い、ICTによる効率的な個体管理が求められている。そこで、本研究では、子牛の疾病として代表的な呼吸器・消化器疾患を対象とし、獣医師が子牛の疾病を判断する指標についてAIを活用した画像解析により明らかにすることを目的とした。さらに、深層学習を用いた画像解析によって牛舎に設置した監視カメラから子牛の疾病検知を行うためのシステム開発にも取り組んだ。

### 2 方法

静岡県畜産技術研究所内にある子牛の飼育スペースにビデオカメラを設置し、映像データを収集するシステムを構築した。また、撮影する子牛の首に音声、行動量、表面温度等を収集可能な接触式センサを装着し、子牛の生体データを収集した。獣医師が疾病の診断に使用している特徴量のうち、画像から抽出できそうなものを選定し、抽出するための深層学習モデルを構築した。モデルに合わせて学習に必要なデータセットを作成し、モデルの学習及び精度検証を行った。接触式センサから得られた生体データは、画像解析による疾病時特徴量を抽出する補助として使用した。

### 3 結果と考察

動物用の動画解析ライブラリ DeepLabCut を使用し、子牛の映像データから骨格情報の抽出を試みた結果を図に示す。ラベリングデータから学習したモデルを使用することで骨格の自動推定が可能となった。得られた骨格情報を疾病時特徴量の抽出に利用することで、効率的に疾病検知が実現できると考えられる。

呼吸器疾患に関しては、骨格情報に加えて咳の音声情報が判定の精度向上に寄与すると推測した。そこで、深層学習用ライブラリ PyTorch を使用し、多入力、多出力に対応した深層学習モデルを作成した。複数の入力情報から複合的に疾病を判定することが可能となり、より詳細に獣医師の疾病診断が再現できると考えている。今後、モデルの精度検証、改善を行い、子牛の疾病検知に最適なモデルを決定する予定である。

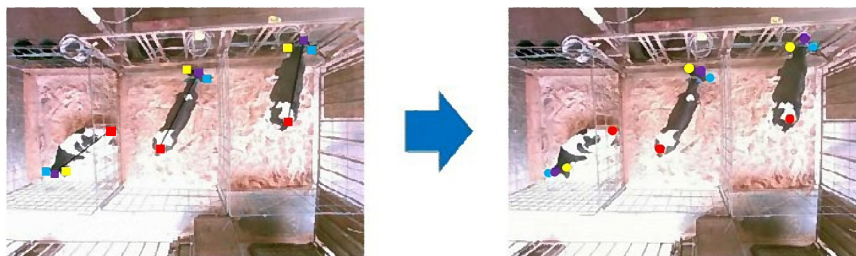


図 ラベリングした骨格情報（左）と深層学習モデルによる骨格推定（右）  
※本研究は JSPS 科研費 JP21K05866 の助成を受けている。

令和4年度富士工業技術支援センター研究発表会要旨集

令和5年3月3日発行

発行者 静岡県工業技術研究所富士工業技術支援センター

住所：〒417-8550 静岡県富士市大淵2590-1

電話：0545-35-5190 FAX：0545-35-5195