

### 3.3 成果の社会的還元（地域貢献事例）について

#### (1) 地域共創研究クラスターの取り組み

平成 27 年度の本 COC+事業発足と共に、本校では奈良県の重要課題に学内の研究シーズを結集して取り組む学内横断的な研究体制を整え、5 分野の『地域共創研究クラスター』を設置し、関連する県内企業・自治体・団体等と連携し研究開発を進めている。令和元年度は 5 年目となり、多くのテーマで実用化に向けた試作・検証の段階に入っている。

#### 1) 「福祉ロボットクラスター」の活動・成果

##### a) 介護ロボット“ひびき”

社会福祉法人 天寿会との共同研究により開発している介護ロボット“ひびき”の実用化に向けた取り組みとして、インテックス大阪において 2019 年 4 月 18 日（木）～20 日（土）の期間開催された『バリアフリー2019』に開発した介護ロボット“ひびき”を出展した。そして、多くの来場者に対し、開発した介護ロボット“ひびき”の説明を行い、興味を持って頂いた。会場での様子を写真 1 に示す。



写真 1 『バリアフリー2019』展示会場風景

##### b) 高機能靴を用いた歩行訓練システム

##### b-1) 歩行訓練システムの概要

本システムは図 1 のように構成されている。

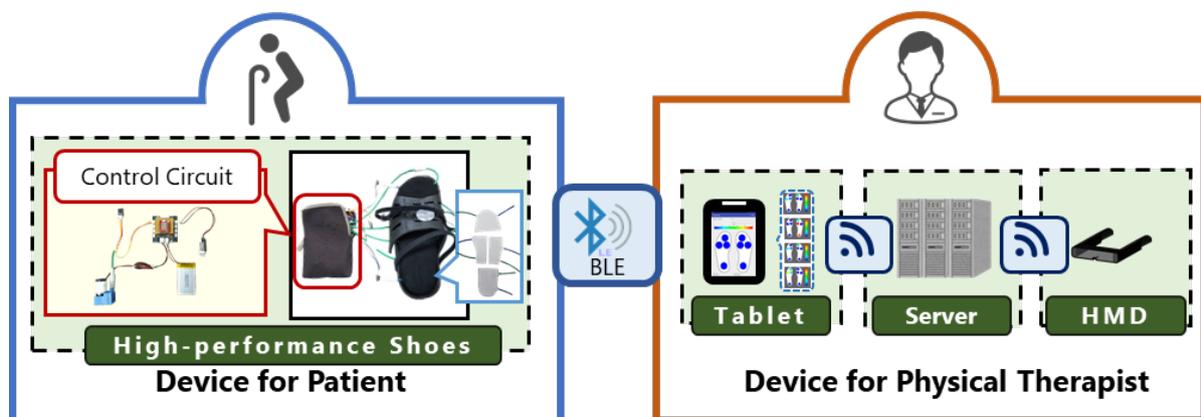


図 1 Constitution of Walking Training System

本システムを用いた歩行訓練の流れは以下の通りである。まず、高齢者は高機能靴を装着し歩行を行う。歩行時、高機能靴は足裏圧力を計測し、搭載された無線通信モジュールを介して Android 端末に足裏圧力データを送信する。理学療法士は、送信されたデータから歩行状態を推察し、端末を操作することにより任意の中敷き部の剛性を変化させる。高齢者は、敷き部の剛性変化による足裏の触覚から正しい歩行を意識的に行う。上の手順を繰り返すことで、学療法士は高齢者に効率的に歩行指導を行うことができる。

### b-2) 高機能靴概要

高機能靴について概要を示す。機能靴の有する機能は「歩行時の足裏圧力分布の計測」、中敷き部の剛性変化による足裏触覚からの歩行教示」の二つである。

これらの機能のために、特殊なゴム要素(スポンジコア・ソフトラバーアクチュエータ)をつま先部、土踏まず部、外足部、踵部の4ヶ所に用いている。この要素は外力に対して内圧が変化する特徴と、内部に空気を充填させることで要素自体の剛性が変化する特徴を有しており、足裏圧力の計測と中敷き部の剛性変化が可能である。

### b-3) 高機能靴特性実験

歩行訓練システムでは、高機能靴より得られる足裏圧力分布のデータから高齢者の歩行状態を推察する工程が存在する。本実験では、この工程が可能であることを示すために高機能靴で得られるデータと、歩行状態を評価するパラメータの一つである歩行角（足裏接地時につま先が体の正面に対してどの程度外に向いているか）との関連性を明らかにする。

実験内容は、被験者が高機能靴を履き歩行角を $-10^{\circ}$ 、 $10^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ に合わせ歩行したときのデータを10歩分測定するというものである。また、実験対象者は19~22歳の男性10人とした。表1に1歩毎の最大圧力をもとに平均値、標準偏差を求めた結果を示す。“拇指球と小指球の圧力比”（以下 圧力比）は1歩毎の小指球部の最大圧力値を拇指球部の最大圧力値で除したものの平均値と標準偏差である。

表1 Average and variance of maximum foot pressure at each walking angle

Walking Angle[deg]	Toes[kPa]	Antithenar[kPa]	Thenar[kPa]	Heel[kPa]	Antithenar per Thenar[-]
$-10^{\circ}$	34.2±15.1	54.0±32.7	24.5±15.7	61.8±18.9	3.94±6.62
$10^{\circ}$	43.9±19.2	33.8±17.9	26.3±13.7	63.7±22.3	2.37±6.71
$30^{\circ}$	46.3±21.4	22.1±12.5	24.9±15.2	71.4±23.0	1.30±1.73

歩行角によって圧力比に優位な差が見られるかをt検定によって確認した。その結果、歩行角が $-10^{\circ}$ と $10^{\circ}$ 、および $10^{\circ}$ と $30^{\circ}$ のいずれにおいても有意な差を確認することができた。このことから、高機能靴より得られるデータと歩行角には関連があり、高機能靴を用いることで歩行角を診断することが可能であることがわかる。

## 文献

- (1) 東京消防庁, 救急搬送データからみる日常生活事故の実態, 高齢者のころぶ事故, 図 6 高齢者の事故の種類別構成割合(その他、不明を除く), p7, 2017
- (2) 高嶋 孝倫, 歩行中のヒト足部に着目した力学モデル解析とその応用に関する研究”, 早稲田大学, pp. 40-41, 2003

### c) 安全かつ柔軟性を有する上腕義手肘継手を指向した小型アクチュエータの開発

ヒトの肘関節は筋肉の強縮弛緩により外部からの衝撃を吸収できるが、上腕切断者はこの機能を失う。また義肢装具士により処方される上腕義手についても柔軟な動作ができる肘継手を持つものは見当たらない。そこで本研究では、MR 流体クラッチ機構と超音波モータとを組み合わせた小型アクチュエータを開発し、上腕義手肘継手への適用を検討する。

開発を進めている小型アクチュエータの基本構成を図 1 に示す。アクチュエータの要素であるクラッチ機構の伝達媒体として MR 流体を用いる。MR 流体は磁場印加によりレオロジー特性が変化する機能性流体の一つであり、自動車のアクティブサスペンションなどへの実用化が既になされている。超音波モータ 1 の回転入力、クラッチ機構を通じて伝達することでシステム出力を取り出す。また、別の超音波モータ 2 による駆動でクラッチ機構外部のネオジウム磁石を動かして、MR 流体に印加する磁場を変化させる。磁場の変化で MR 流体の降伏応力が変わるため、出力軸の硬さといえる制動トルクの制御がハードウェア上で可能となる利点をもつ。

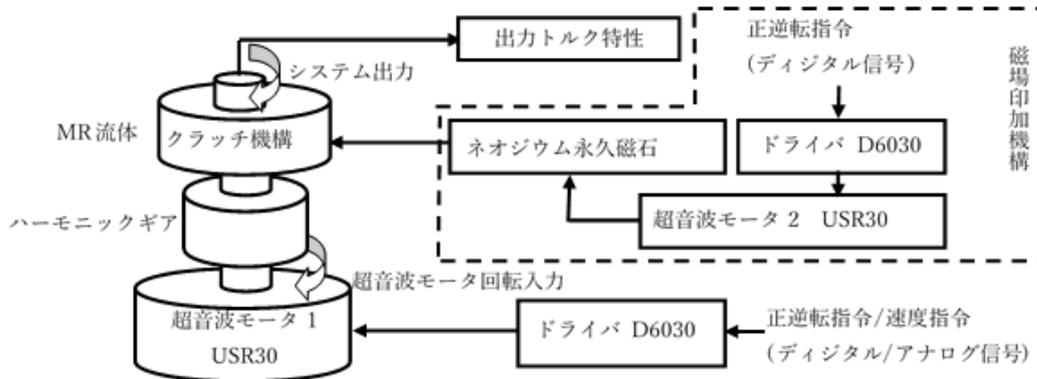


図 1 提案している小型アクチュエータの基本構成

既存の MR 流体を用いたクラッチ機構では、磁場を印加するために電磁石を用いることが多い。これは電流の制御性、応答性の良さ、コイル巻線回数と数アンペアの電流により大きな磁場を発生できることが主な理由である。しかしながら、磁気回路にコイル巻線の空間および励磁のための電力が必要となる。また、現在の数アンペアオーダの電流源は容積、重量ともに大きく可搬性に乏しく、大電流によるジュール熱の発生に伴う影響も無視できない。このため、電磁石を用いての MR 流体を伝達媒体としたクラッチ機構の小型軽量化は困難であるといえ、義手にそのまま適用することは難しいと考えられる。

本研究に関して、本年度の実施内容の概略を下記に述べる。

### c-1) 永久磁石を用いた MR 流体クラッチ機構に関する検討[1]

昨年度に試作した磁場印加機構は、ネオジウム磁石を取り付けたヨーク部品の一端を回転軸として弧を描くように径方向へネオジウム磁石を移動させてクラッチ機構への磁場印加量を変化させる。この機構は永久磁石が回転軸により固定されるため高剛性が期待できる。しかしながら昨年度に試作した機構では、磁気回路を構成するヨーク部品に切り欠きが存在し、永久磁石から漏れ磁束が発生しうるため、設計段階での改善が必要であった。そこでヨーク部品の回転軸を変更して、部品間の機械的干渉を除去できる設計を行った。磁場印加機構における永久磁石の開閉動作の 3D-CAD 図面を図 2 に示す。改善の結果、クラッチ内に封入した MR 流体へ作用する磁場印加量の調節幅を広げることができた。

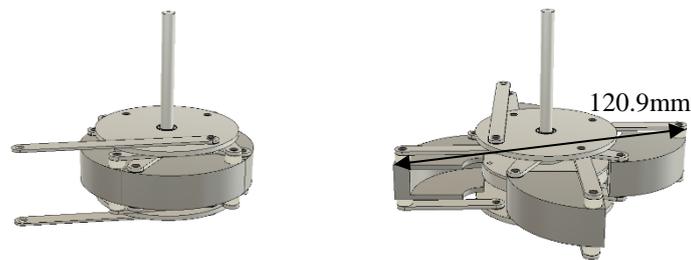


図 2 試作機の 3D-CAD 図面 (左：閉動作, 右：開動作)

設計に従って、アクチュエータの試作を行った。その外観を図 3 に示す。試作アクチュエータのみの重量は 414g であった。今後は動作確認試験および制動トルク特性に関する実験を行っていく予定である。

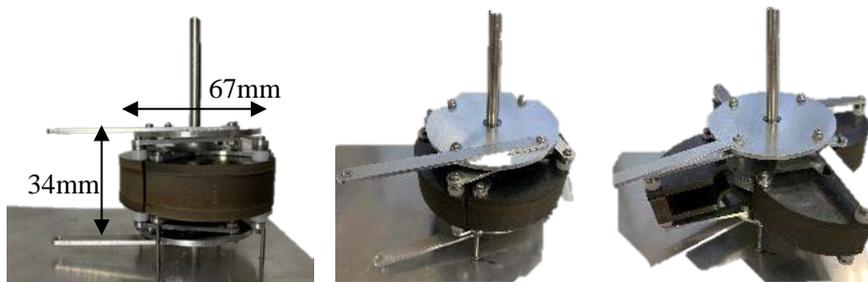


図 3 試作アクチュエータの外観 (左：寸法, 中：閉動作時, 右：開動作時)

### c-2) MR 流体クラッチ機構における制動トルク理論式とサイズ変更に関する検討[2]

現在までに試作されている小型アクチュエータは、特にクラッチ機構については動作検証を目的としているために義手（肘継手）への適用を考慮していなかった。そこで、実際に成人男性の肘部分の計測を行って適切なサイズ設計のための検討を行った。

まず、健常者（19～20 歳の男性 6 名）について、前肘部と後肘部との幅  $a$ 、内肘部と外肘部との幅  $b$  を測定した。その結果  $a$  の平均値は 67.0mm、 $b$  の平均値は 84.1mm となり、これを基本値としてクラッチ機構の設計を行う。しかしながら、現状のクラッチ機構では回転径が 110mm であるため、これを 67mm 以内に収める必要がある。クラッチ機構の回転径が大きければ円板径も大きくできるが、回転径を小さくすると制動トルクが減少してしまう。

そのため円板の枚数を増加することで減少分を賄うことにした。ここでは 1 枚当たりの制動トルクの減少分を考慮して必要となる円板枚数を概算し、検討した結果 21 枚が妥当と考えた。

制動トルクの導出について、まず半径  $R$ 、回転軸半径  $a$  の円板を考え、半径  $r$  の微小半径  $dr$  部分が発生する摩擦トルク  $T'_f$  を求める。

$$\begin{aligned} T'_f &= 2\pi f_f \int_a^R r^2 dr \\ &= \frac{2}{3}\pi f_f (R^3 - a^3) \end{aligned}$$

円板の摩擦面は出力円板 1 枚に対して表裏 2 面あるので

$$T_f = 2T'_f = 2 \frac{2}{3}\pi f_f (R^3 - a^3)$$

ただし、 $f_f$  は降伏せん断応力でせん断応力と降伏応力の和である。

$$f_f = f_v + f_m$$

よって、

$$T_f = \frac{4}{3}\pi (f_v + f_m)(R^3 - a^3)$$

MR 流体に含まれている鉄粉同士についても吸引力は磁束密度の二乗に比例すると仮定して、

$$f_{mB} = f_m \left(\frac{B}{B_0}\right)^2$$

出力円板の枚数を  $N$  としたときのクラッチの制動トルク  $T_N$  は、

$$T_N = N \left\{ \frac{4}{3}\pi \left( f_v + f_m \left(\frac{B}{B_0}\right)^2 \right) (R^3 - a^3) \right\}$$

のように求められる。

クラッチ機構のサイズ変更に伴う設計を行った。クラッチ機構の 3D-CAD 図面について、出力円板を図 4 に、入力円板を図 5 に、クラッチ機構全体を図 6 に示す。

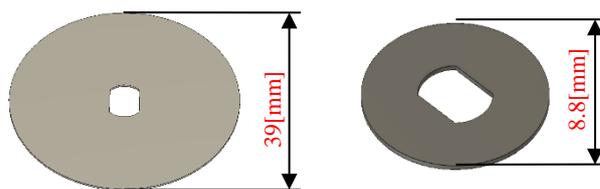


図 4 出力円板の 3D-CAD 図面 (左：現行, 右：変更案)

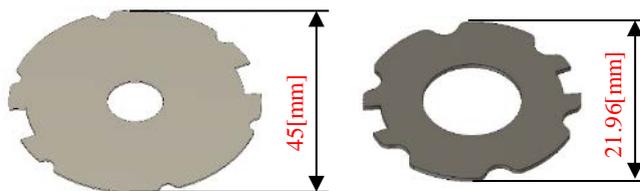


図 5 入力円板の 3D-CAD 図面 (左：現行, 右：変更案)

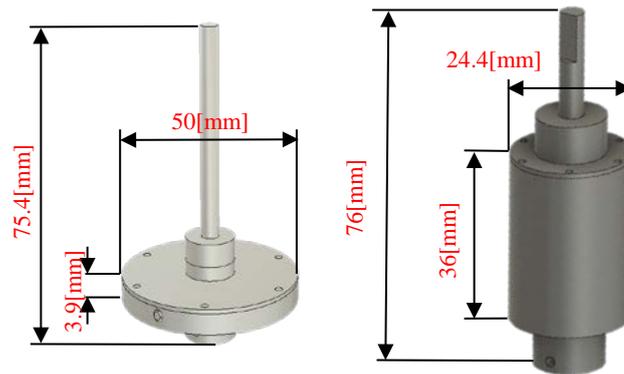


図6 クラッチ機構全体の3D-CAD図面（左：現行，右：変更案）

今後は、クラッチ機構のサイズ変更に伴って磁場印加機構の再設計が必要となる。また、設計したクラッチ機構について、磁場解析を行い制動トルクの妥当性を検討する。さらに、実際にクラッチ機構を試作して制動トルク特性の実測を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1] 百歩明, 矢野順彦, 永久磁石を用いたMR流体クラッチ機構の漏れ磁束減少の検証, 奈良高専卒業論文, 2020. (提出予定)
- [2] 藤田太地, 矢野順彦, MR流体クラッチ機構の制動トルクの理論式の導出とクラッチ機構のサイズ変更の検討, 奈良高専卒業論文, 2020. (提出予定)

#### d) 腕のセルフリハビリテーションを可能にする装着型アームの研究

近年介護が必要になる主な原因は、脳卒中など脳血管疾患が約17%と認知症の18%に次いで高くなっている<sup>(1)</sup>。こうした疾患により麻痺が生じた場合、関節の硬化や筋力の低下のため生活機能の低下が問題になっている。こうした問題に対し作業療法士によるリハビリテーションが有用である。

しかし、2019年度には65歳以上の高齢者人口が3575万人と国内総人口の28.3%を占めるほど高齢化が進んでおり<sup>(2)(3)</sup>、患者数は今後も増加し、作業療法士の負担は必然的に大きくなることが予想される。そのため、作業療法士への作業の依存が少ない「セルフリハビリテーション」を行うことに着目する。

研究では、現在行われているリハビリテーションに装着型アームをもちいたシステムにより被介護者の機能回復を支援することを第一の目的とする。ここでは特に脳血管疾患によって上肢片麻痺になった被介護者のセルフリハビリテーションを可能にするため、「片腕の動作をもう片腕側で再現させ機能回復を図る」装置を提案し、前年度までに作成された装置の改善と人間の上肢の動きを三次元的に再現できるデータの取得を目的とする。

### d-1) 人の腕の可動域

人間の腕は肩、肘、手首の三つの関節を有しており、それぞれが自由度を持っている。肩は3自由度、肘は1自由度、手首は3自由度を持ち、人間の腕は7自由度で構成され、それらにそれぞれ可動域 (Range of Motion, ROM) がある。今回の装置を製作するにあたり、一般に人間の腕の可動域とされている角度を基に装置の可動域の設定を行った。表1に人間の腕と装置における可動域を示す<sup>(4)</sup>。

Table 1 Range of Motion

		Range of Motion [deg]
shoulder girdle	flexion	0~20
	extension	0~20
	elevation	0~20
	depression	0~10
shoulder	forward flexion	0~180
	backward extension	0~50
	abduction	0~180
	adduction	0
elbow	extension	0~145
	flexion	0~5

### d-2) 装着型アームの概要

図1(a)(b)に今年度作成した人間の腕の動作を検出する装着型アームを示す。

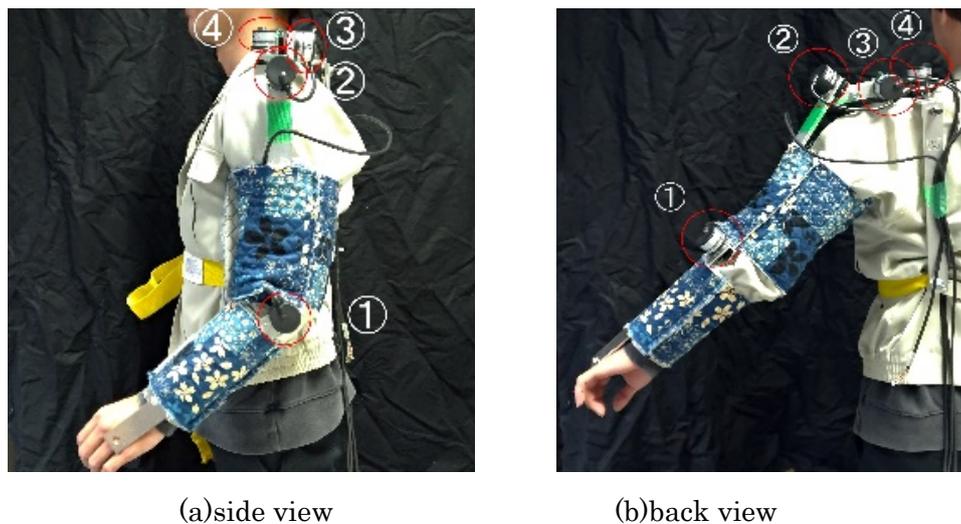


Fig. 1 overview of device

図1中①から④にはエンコーダが設置されており、各関節部の回転角を読み取る。肘の関節1軸にはエンコーダ①、肩の関節3軸にはエンコーダ①から③が対応する。

### d-3) 実験結果

製作した装置を上肢に装着し各関節を人間の可動域まで動かした。このとき、エンコーダ①から④までの各回転角を検出したデータを図2に示す。図2より、得られた各エンコーダの回転角のデータは各関節の可動域の理論値を満たしている。このことから人間の肩と腕の動きをデータで取得できることがわかる。

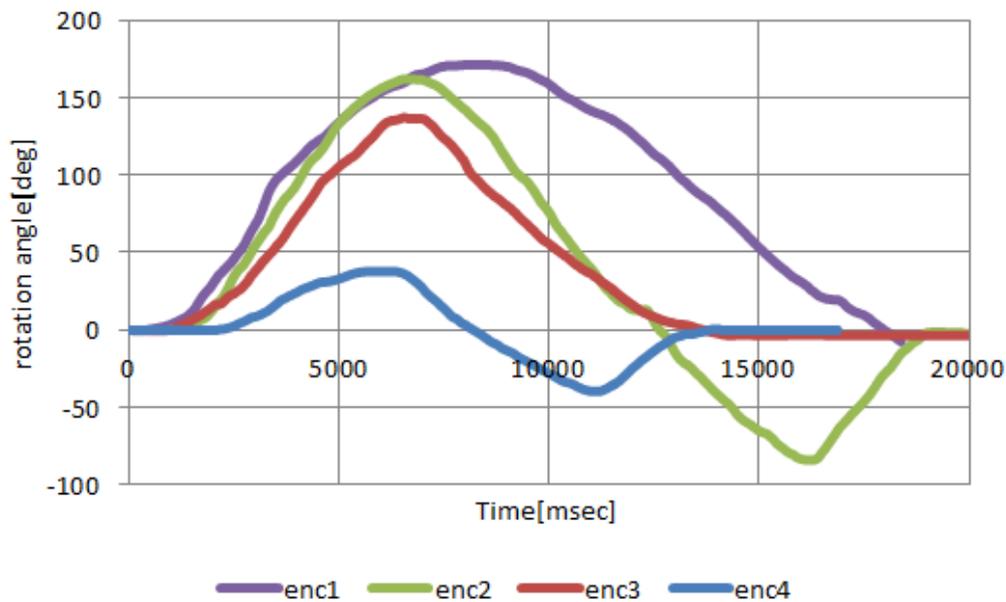


Fig.2 Rotation angle of encoder

新しく制作した装着型アームは肩 3 自由度の動きをデータでとることができるようになった。今後は今回制作した装置と同形式で人間の腕を動かす装置を開発し、理学療法士によるリハビリテーションの動きを再現するための実験に取り組んでいく必要がある。

## 文献

- (1) 厚生労働省, 介護の状況  
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/d1/05.pdf> (参照日 2019/10/1)
- (2) 総務省統計局, 人口推計 (2019年) 4月確定値  
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.html> (参照日 2019/10/1)
- (3) 厚生労働省, 平成 30 年 国民生活基礎調査の概況  
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa18/d1/02.pdf> (参照日 2019/10/1)
- (4) 日本整形外科学会, “関節可動域ならびに測定法”, 日本リハビリテーション医学会, 1974

## 2) 「農工連携クラスター」の活動・成果

奈良県は農業も盛んで、農作物の安定した供給確保が農業ビジネスの支えとなる。本クラスターでは、台風や積雪にも耐えうるビニールハウスの開発や、センサ技術を活用したビニールハウス内・外での環境管理など工業的側面から県内農業を支えていく技術開発に取り組んでいる。今年度は昨年採択された、「傾斜地における安全作業をサポートする電動式・移動式作業台車兼運搬の開発」を中心に、これまで以上に連携研究が進んだ。本クラスターでは様々な研究テーマを実施しており、その一例を下記に紹介する。

### a) 傾斜地果樹園における安全作業を支援する電動作業台車兼運搬車の開発

本研究では、園芸農家における作業の安全性向上および収穫物など運搬時の負荷軽減を目的としている。安全に作業できる環境を提供するために、我々は傾斜地に広い水平スペースを構築でき、かつ収穫物などを無人搬送可能な電動作業台車兼運搬車の開発に取り組んでいる。

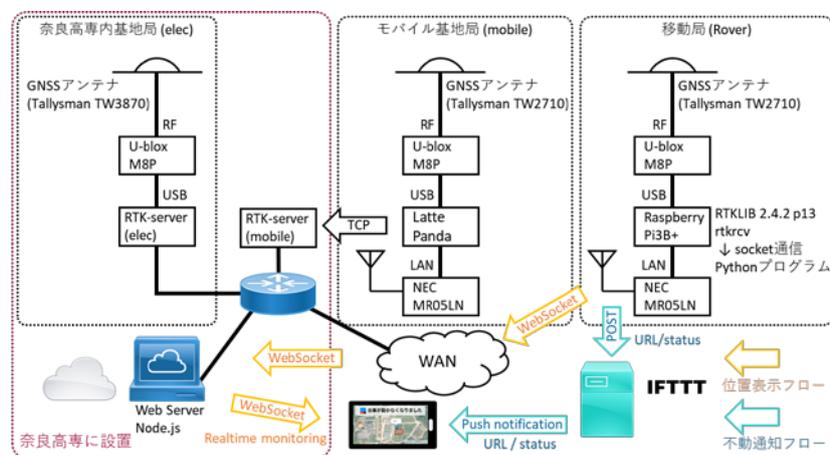


傾斜地に広い水平スペースを構築



収穫物を無人搬送

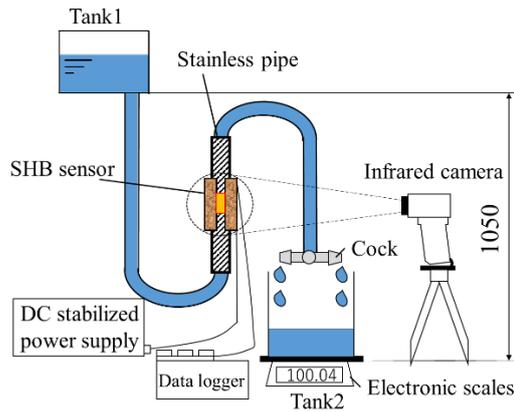
(a) 作業台車兼運搬車の開発



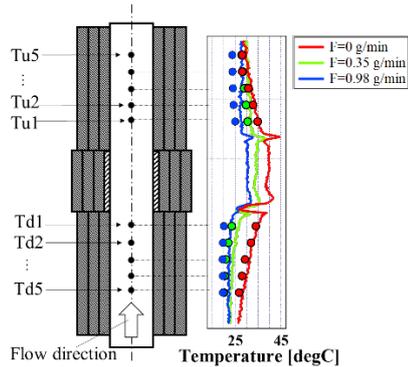
(b) 自己位置情報通知システム

### b) 生理状態センシングシステムの開発

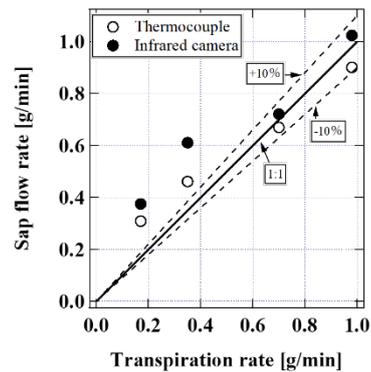
樹液流センサを開発し、植物の生理状態を数値データとして取得し、経験豊富な農業従事者の「勘と経験」をデータ化する。今年度は樹液流測定センサのIoT化を見据えて取り扱いの簡単化を目指した。そのために植物茎内の水の流れを模した実験装置を作成し、これまで設置が難しかった熱電対・データロガーを赤外線カメラで置き換えた。その結果、設置の簡単化を実現し、熱電対と同様の精度で測定できることを確認した。



(a) 植物を模した実験装置および SHB センサ概略図



(b) Arduino を用いた測定装置



(c) 実験データ

### c) 成果報告と今後の展望

下記に示す研究成果が得られた。

- ① 外部資金として、平成 30 年度「イノベーション創出強化研究推進事業(開発研究ステージ)」において奈良県下企業との共同事業として採択された「傾斜地における安全作業をサポートする電動式・移動式作業台車兼運搬の開発」が、今年度も引き続き継続採択された。
- ② 以下の農業関連イベントにて、研究成果の出展、講演などを行った
  - ・ 京都府農林水産技術革新創出会議 (KAFF-tech フォーラム) (2019. 6. 20)
  - ・ 令和元年度近畿地域マッチングフォーラム「近畿地域におけるスマート農業の展望」(2019. 9. 3)
  - ・ アグリビジネス創出フェア (2019. 11. 20-11. 22)
  - ・ 令和元年近畿地区 J A 青年大会 (全国農協青年組織協議会主催) (2020. 1. 21)
  - ・ 九州スマート農業マッチングフェア (2020. 1. 30)
- ③ 学会関連では、学术论文 1 件、学術講演会での講演発表 5 件の成果発表を行った。

今後の展開は、奈良県農業研究開発センターをはじめとして県内企業、研究機関と連携をさらに強化することで外部資金を獲得し、それぞれの研究テーマのさらなる発展を目指す。

### 3) 「医工連携クラスター」の活動・成果

本クラスターは10年後の高齢化率が30%を超えると予測されている奈良県の医療現場における負担軽減を目的としている。具体的にはガン治療の身体的・精神的負担軽減のための温熱療法（ハイパーサーミア）装置の開発と、要介護者の増加に伴う介護現場の負担を軽減するための遠隔見守りシステムを開発を行っている。

#### a) 温熱療法装置の開発

磁気温熱治療用インプラントの作製手法の確立に取り組んでいる。粉末を媒介したチタン箔の絞り加工においては必要となる $\phi 1.0$  mm以下の直径の実現が困難であることがわかった。そこで、絞りカプセルを縮径・長尺化する押し出し法を数値解析結果から考案、設計・試作している。図1に結果を示す。絞り加工～押し出し加工の2プロセスで $\phi 1.6$  mm長さ1.6 mmのカプセルが得られた。今後、カプセルの径を $\phi 1.6$  mmから $\phi 1.2$  mmおよび $\phi 1.2$  mmから $\phi 0.8$  mmに縮径していく。なお、マウス実験に必要な各種予算申請については採択されなかった。

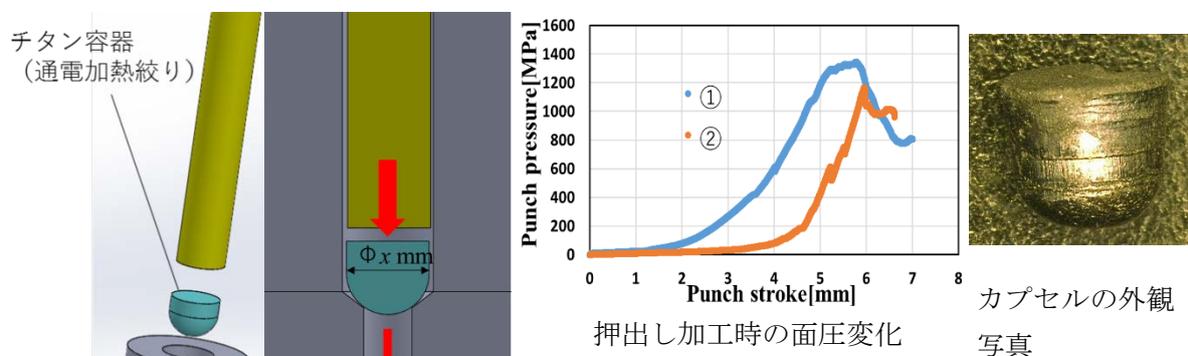


図1 チタンカプセルの縮径および長尺化を実現する押し出し加工

#### b) 遠隔見守りシステムの開発

これまでに介護者による助けが必要と思われる事態（ベッドからの転落や離床など）を自動識別するセンサーシステム及びAIを作成している。人の動作には個人差が多く、同じ動作であってもその速度によってセンサーが取得する値の特徴は大きく変化し、動作の識別精度に大きく影響する。そこで、時間変化に対して頑健な手法であるDTW: Dynamic time warpingを用いた波形データの分類と特徴分析を行っている。また、データをより短い長さに分割し、それぞれに対して特徴分析とAI学習を行う。データのどの部分が識別に有用か区別することで、自動識別に必要な計算量を小さくすることができ、装置化した際の高速化、低コスト化が見込める。

#### 4) 「スマートシティクラスター」の活動・成果

##### a) 革新二次電池用新規電解質の開発

我が国が進める新エネルギー構想の中にある革新二次電池として金属空気二次電池に注目し、新規電解質の開発を進めている。新規電解質としては、粘土鉱物の一種であるハイドラタルサイト様化合物（層状複水酸化物、LDH）に注目し、そのイオン伝導率と伝導機構について明らかにすることで高イオン伝導率を有する新規電解質材料を開発している。具体的な内容については守秘義務があり公開できないが、H30年度はLDHの新規合成法を確立し、現在、奈良県企業と特許出願中である。我々が開発した新規LDHはこれまで報告されている同材料の中でも非常に高いイオン伝導度を実現している。また、これまでに合成が困難であった元素についても合成可能となり、同材料のイオン伝導機構についても考察を深め、より低価格で高機能な材料の開発に成功した。加えて、本電解質はアルカリ形燃料電池(AFC)用電解質としても期待できる。この様な取り組みの中、山田研究室は関西広域連合が2018年度に作成した「水素ポテンシャルマップ」資料中でも大学等、産業支援機関・公設試験研究機関の拠点の一つとして掲載されるに至った。今後はAFC発電試験などを実施していく予定である。

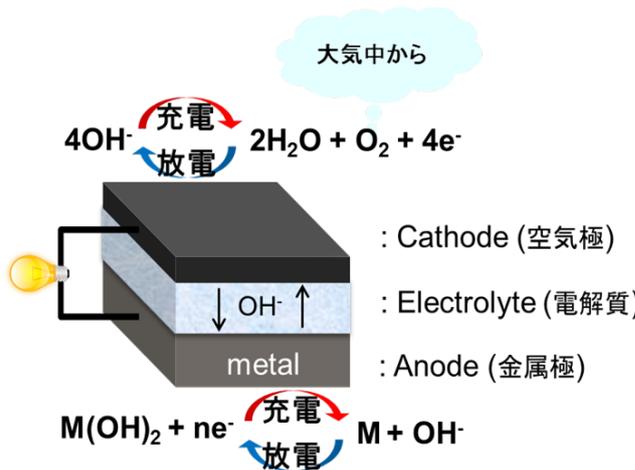


図. 金属空気二次電池の模式図

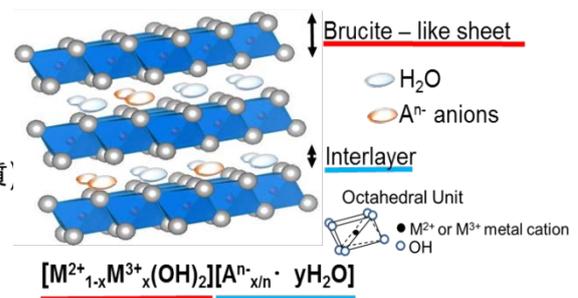


図. LDHの結晶構造

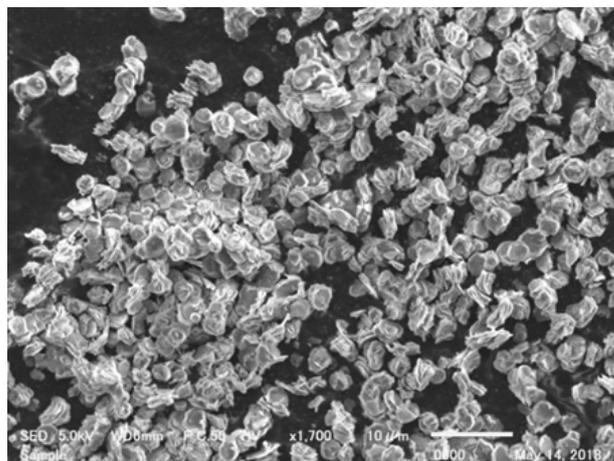


図. 開発に成功した新合成法で作製したLDH

## b) 小水力発電機の開発

H28年3月に奈良県吉野郡の小水力発電機の現地視察に始まり、H28年4月には奈良県山辺郡山添村の野地区において、自転車の前照灯用の発電機（ハブダイナモ）を使った小水力発電システムの構築に動き出し、設置場所の自治体および吉野小水力推進協議会と連携しながら小水力発電による電力確保に取り組んできた。H28年10月下旬には、試作機を現地に設置することができた。地域の方々の間では小水力利用による再生可能エネルギー利用への関心が高まりつつあり、H29年度より試作機の性能向上と回収したエネルギーの利用方法の検討のために、現地の方々による発電データの記録が続けられている。



写真 左：テスト中の水車風景、右：バッテリーを充電状況測定風景

## c) 交通インフラ情報の共有・統合方式の開発

奈良交通株式会社、奈良県産業振興総合センターの協力のもとに、「交通インフラ情報の共有・統合方式の開発」を行っている。奈良交通から奈良県内のすべてのバス停の位置情報と時刻表のデータを提供いただき、提供データを用いたバス・徒歩連携案内サービスを開発した。システムは任意の目的地と出発地を入力することでバスと徒歩を組み合わせた移動経路を表示する。引き続き、サービスの運用を通じたシステムの改良と類似システムの開発を容易にするためのフレームワーク化を行う。

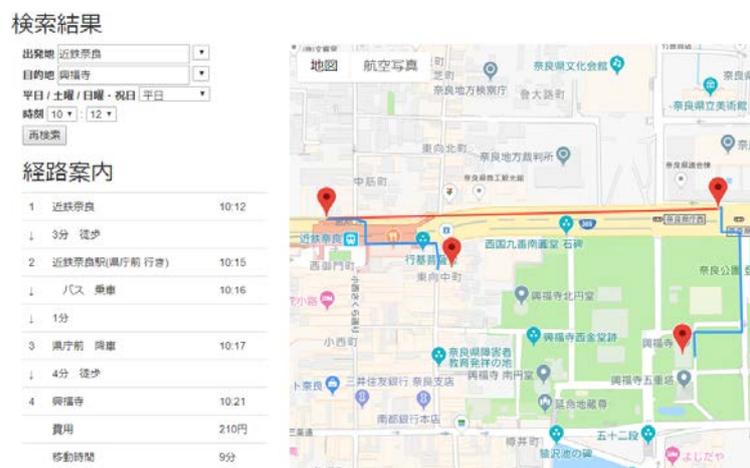
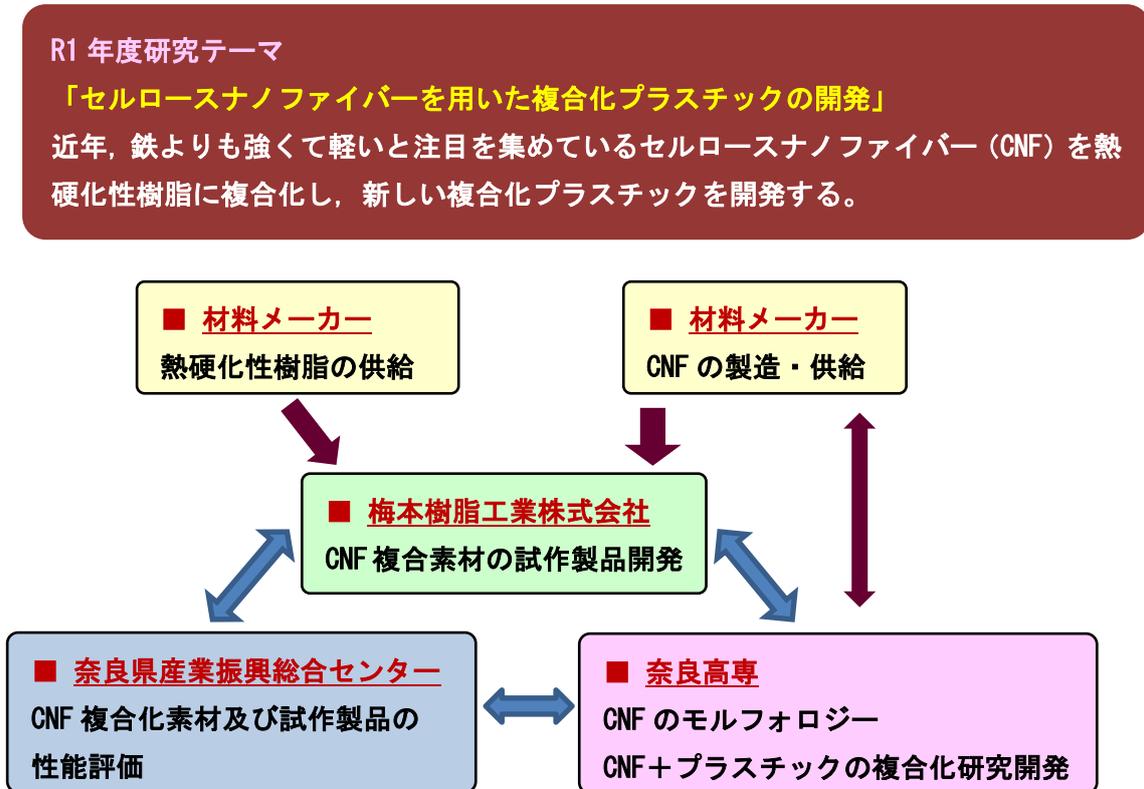


図 開発したバス・徒歩連携案内サービス

これら(a)~(c)の取り組みの中で培ってきた技術および学内の様々なシーズを融合し、今後は近い将来訪れる「超スマート社会」に適合可能なテーラーメイド型新技術の開発を行う。具体的にはエネルギー材料の高効率化を図る ICT 技術の連携や材料開発に必要な情報科学の活用の可能性を探索するとともに、これまで推進してきた様々な情報の共有・統合方式を確立可能な技術を開発する予定である。

## 5) 「環境クラスター」の活動・成果

奈良県科学技術基本計画の重点研究テーマの一つである『バイオマスの利活用技術の開発』に関して、梅本樹脂工業㈱、奈良県産業振興総合センターと共同で H30 年度に引き続き研究開発を実施した。



セルロースナノファイバー(CNF)は、木材や植物繊維の基本構成要素で、幅4~20nm程の繊維である。植物細胞壁はセルロース約40%、リグニン約20~30%、ヘミセルロース約20~30%で構成されており、一般的には木材チップに化学的処理を施し、リグニンおよびヘミセルロースを取り除いた後、機械的あるいは化学的処理を行いナノサイズまで解繊することでCNFが得られる。CNFはセルロース分子鎖の伸び切り鎖微結晶でできているため、鋼鉄の1/5の軽さでありながら、鋼鉄の5倍以上の強度を持ち、弾性率は鋼鉄の2/3程度で変形しにくいという特徴がある。また、熱による膨張・収縮が少なく、環境負荷の少ない植物由来の素材である。このような特徴の中でも軽量かつ高強度であるという点から、近年、金属代替品としてのCNFと樹脂との複合化が注目されている。金属部品を樹脂化することで軽量化や非腐食性が達成され、たとえば車体の金属部品を樹脂化し、軽量化した場合、燃費が向上し、エネルギーの消費や二酸化炭素ガスの排出を低減することができる。しかし、樹脂は弾性率が低く強度も低い。そこで、強度向上、用途拡大を目指して、CNF複合化樹脂の作製が研究されており、小型船舶の船体や自動車・鉄道車両の内外装などへの利用が期待されている。表面に多数のOH基が存在するためCNFは親水性であるが、表面処理を行い疎水化することで疎水性である樹脂と複合することができる。従来の研究では、熱可塑性樹脂であるポリプロピレン、ポリエチレン等と低疎水化CNFとの複合化による強度向上が報告されているが、より高い強度を要求される熱硬化性樹脂との複合化は行われていない。そこで、本研究では熱硬

化性樹脂であるフェノール樹脂に疎水化した CNF を複合させた新しい複合化熱硬化性樹脂を開発することを目的に、様々な条件で作製された CNF および CNF 複合化樹脂についてのモルフォロジーおよび疎水化度を検討するとともに、CNF 複合化樹脂の曲げ弾性、引張強度等の機械的物性試験を行い、最も有効な CNF 複合条件を明らかにする目的で研究を行った。

CNF としては粉末状の解繊法、疎水化法が異なる A 社と B 社の 2 種類の CNF (A) および CNF (B) を用いた。走査型電子顕微鏡を用いて、倍率 1000~10000 倍で形態観察を行った。疎水化度の評価は、FT-IR より得られた非疎水化 CNF および疎水化 CNF の吸収スペクトルを比較することで行った。熱特性の評価は、窒素雰囲気下および酸素雰囲気下で熱重量分析装置を用いて行った。CNF 複合化素材の試験片作製は、疎水化 CNF (CNF 複合率: 0, 1, 3, 5%) とフェノール樹脂を混練した後、トランスファー型プラスチック成型機を用いて、金型成型を行った。作製した複合化素材試験片の機械的物性試験の測定は引張試験機および曲げ試験機を用いて行った。



Fig. 1 CNF 複合化素材の試験片

### CNF のモルフォロジーの検討

Fig. 2 は疎水化 CNF の SEM 画像の一例を示している。している。CNF (A) と CNF (B) を比較すると、CNF (A) は 170 nm、CNF (B) は 150 nm と CNF (B) の方が繊維の長さがより短いことが分かる。さらに、凝集した繊維の幅も CNF (B) の方が細く、CNF (A) は 1.2  $\mu\text{m}$ 、CNF (B) は 0.5  $\mu\text{m}$  である。これらのことから、CNF (B) の方がより細かく解繊されており、また凝集も少ないことから表面修飾による CNF 表面の疎水化度がより高いと考えられる。

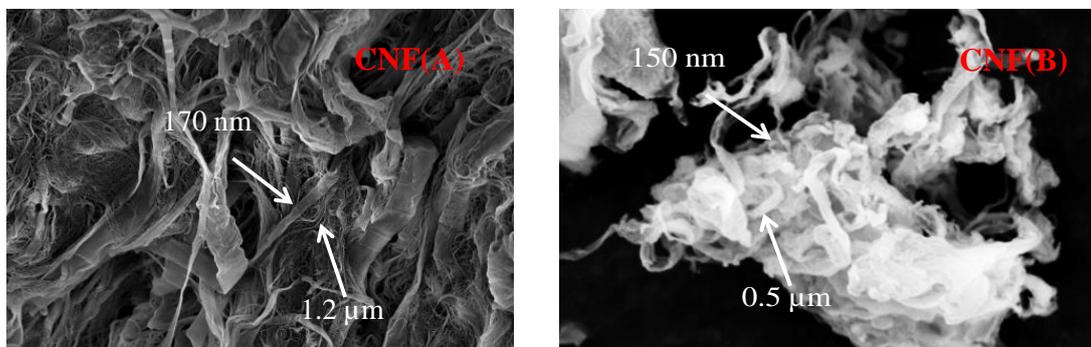


Fig. 2 CNF の SEM 写真

### CNF の疎水化度の評価

非疎水化 CNF および疎水化 CNF は KBr 錠剤法を用いて得られたフーリエ変換赤外分光光度計 FT-IR の吸収スペクトルより疎水化の評価を行った。Fig. 3 は得られた非疎水化 CNF、疎水化 CNF (A) および CNF (B) の吸収スペクトルである。表面修飾によって、CNF 表面の一部の OH 基が置換されていることが確認でき、CNF (B) の方が CNF (A) より疎水化度が高いことが分かった。

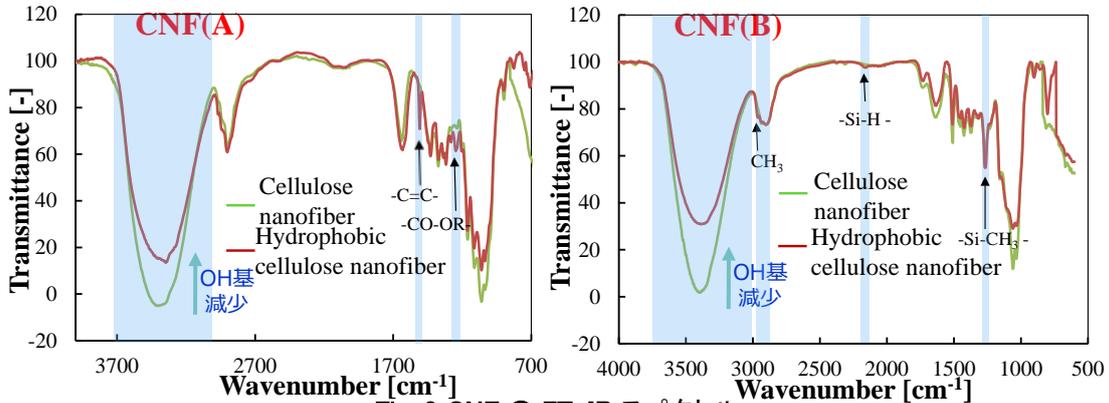


Fig. 3 CNF の FT-IR スペクトル

**CNF の熱特性の評価**

Fig. 4 は疎水化 CNF (A) および CNF (B) と結晶セルロースの熱分析の結果である。熱重量分析の測定結果を示した。CNF (A) の残渣は少なく、不純物が少ないことが確認できた。

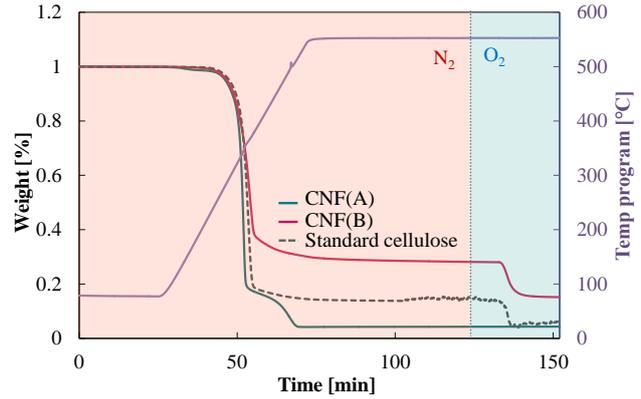


Fig. 4 CNF の熱重量分析

**CNF 複合化素材の機械的物性評価**

Fig. 5 は熱硬化性フェノール樹脂と疎水化 CNF の複合化素材の試作製品の曲げ強度の測定結果の一例を示した。CNF (B) の複合化

素材は CNF 複合率によって大きな差異はないが、CNF (A) の複合化素材は複合することで強度が約 20% 増加することが分かった。配合比率 3% が最適でさらに配合比率を高めると、樹脂中で CNF が凝集し強度が低下することが明らかとなった。また、Fig. 6 は同様に複合化素材の試作製品の引張強度の測定結果の一例を示した。CNF (A) の複合化素材は曲げ強度と同様に CNF 配合比率の増加につれて約 20% 増加し、3% の配合比率が最適であった。成型品の品質安定化のためには混練時の CNF の均一な分散、成型時の温度、温度保持時間の制御が重要であることが明らかとなった。加えて、CNF の長さ、太さといった形態や CNF と樹脂との相溶性、Fig. 4 に示したように CNF の純度も複合化素材の機械的強度に影響を及ぼすことが明らかとなった。

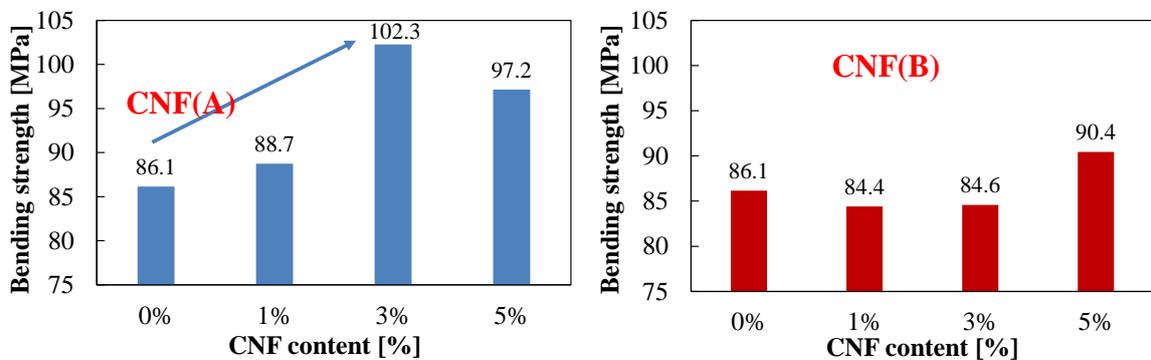


Fig. 5 CNF 複合化素材の曲げ強度評価

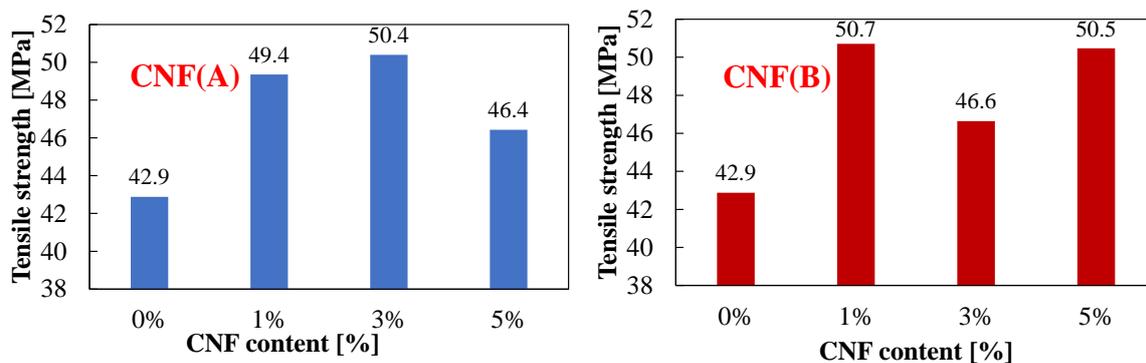


Fig. 6 CNF 複合化素材の引張強度評価

## (2) 地域共創研究クラスターの研究内容PR・特別講演会

### 1) 『森林・林業交流研究発表会』での「環境クラスター」研究内容発表

本校では地方創生推進事業（COC+）の一環として、奈良県の課題である林業復興を目指し、「環境クラスター」研究活動において「間伐材の有効利用」をテーマに取り組んでいる。「環境クラスター」のリーダーである本校物質化学工学科 中村秀美教授が昨年度に続き、近畿中国森林管理局主催の令和元年度「森林・林業交流研究発表会」（令和元年11月13日（水）於、近畿中国森林管理局）において「間伐材の有効利用で林業復興を目指す取り組み」と題し研究内容を発表した。現在、「環境クラスター」では、木材を原料とするセルロースナノファイバー（CNF）に着目し、近年、金属代替品として注目されているCNFと樹脂との複合化をテーマに研究開発に取り組んでおり、これまでの研究成果と今後の課題等につき紹介した。当日は、他の発表者も含め多数の森林・林業関係者が熱心な眼差しで聴講し会場は熱気に包まれ、審査委員との間で活発な質疑応答も行われた。



写真1 「森林・林業交流研究発表会」本校中村教授発表風景

### 2) JAならけん主催のイベントで農工連携クラスター研究内容を紹介

令和元年12月17日（火）、JAならけん本店（奈良県農協会館5階）会議室で開催された『JAならけん青壮年部発足20年特別企画「マッチングミーティング」』に出展し、本校電子制御工学科 飯田賢一教授より本校が取り組む「農工連携クラスター」の研究内容・成果を紹介した。

イベントを通じ県内の農業従事者の皆様に本校の農業関連研究内容を知っていただき、本校の

シーズと農業現場のニーズとのマッチングを探ることを目的とした。

後半の展示会では、本校コーナーにて、ハンズフリー収穫・運搬台車の実物を展示し、人物追従システムを搭載した農作物運搬ロボットなども動画コンテンツを交えて紹介し、約40名の来場者の高い関心を集めた。



写真2 左：飯田教授による研究内容紹介風景 右：展示会風景

### 3) 令和元年度近畿地区 J A 青年大会のパネルディスカッションに本校教員が参加

令和2年1月21日（火）、ホテル日航奈良において『令和元年度近畿地区 J A 青年大会』におけるパネルディスカッションに本校「農工連携クラスター」メンバーの教員（飯田教授、福岡准教授、土井(滋)准教授、岩田講師）が参加し、約50名の来場者（県内農業従事者）との間で、農業の現場でどのような作業を自動化したいかといった観点を中心にスマート農業に向けた活発な議論を行うと共に、県内農業関係者との交流を深めた。



写真3 「令和元年度近畿地区 J A 青年大会」でのパネルディスカッション風景

### 4) 『第4回福祉機器展 in 奈良 2019』で「福祉ロボットクラスター」研究内容出展

令和元年9月21日（土）に県営福祉パークで行われた「第4回福祉機器展 in 奈良 2019」（主催：社会福祉法人奈良県社会福祉事業団）において、電子制御工学科 早川 恭弘 教授による『高機能歩行支援靴』『介護移乗移動ロボット「ひびき」』等の研究紹介を行い、福祉機器に関心を持つ県民の方々と交流を行った。

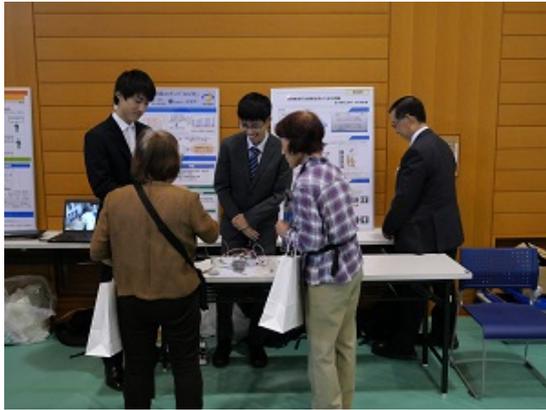


写真4 左：出展風景、右：早川教授による研究紹介

### (3) 技術サポートを通じた地域産業・地域教育への貢献

#### 1) 県内市町村等との連携による理系教育を通じた地域での人材育成

本校では、県内市町村での各種教育イベントに教員・学生が参加し、地域の子供たちへの理系教育を積極的に推し進め、地域に貢献する人材の育成に取り組んでいる。

##### a) 生駒市『いこまっこチャレンジ教室』

本校と生駒市との学市連携協定に基づき、生駒市の子供たちを対象に各種科学教室を実施し、多くの子供たちが理系教育の楽しさを体験しました。

##### a-1) 「からくり人形を作ろう」

令和元年9月1日(日)生駒市たけまるホールにて、機械工学科 廣 和樹 教授、教育研究支援室 尾崎 充紀 技術専門員、補助学生7名が科学教室「いこまっこチャレンジ教室『からくり人形を作ろう』」を実施した。参加した子供たちは、からくり人形の一つである「連理返り人形」を、本校が製作したオリジナルキットを組み立てて工作し、人形が階段を降りていく動きを楽しみました。



写真1 「からくり人形を作ろう」の風景

### a-2) 「微生物の働きを調べよう」

令和元年 9 月 29 日（日）に本校物質化学工学科棟 3 階実験室にて、物質化学工学科 三木 功次郎 教授、一般教科 北村 誠 准教授、物質化学工学科 5 年生 4 名で科学教室「いこまっこチャレンジ教室『微生物』の働きを調べよう」を実施した。米こうじが澱粉を分解することを実験で確かめることから始まり、パン酵母を水に入れ、その中にぶどう糖を入れ発酵させる実験など、初めて体験する微生物の働きに参加した子供たちは感動しました。



写真 2 「微生物の働きを調べよう」の風景

### a-3) 「プログラミングに挑戦」

令和元年 12 月 15 日（日）に生駒市との学市連携事業による「いこまっこチャレンジ教室『プログラミングに挑戦』」を開催し、本校、情報工学科 山口 賢一 准教授、岩田 大志 講師、市川 嘉裕 助教、教育研究支援室 西野 貴之 技術専門職員、及び本校学生が参加した。集まった子供たちは、プログラミングの楽しさを体感し、約 3 時間の講義の間、終始パソコンに向かって熱心に取り組みました。



写真 3 「プログラミングに挑戦」の風景

### b) 三宅町『こども科学教室～ロボットプログラミングを体験しよう』

令和元年 8 月 27 日（火）、三宅町中央公民館において、本校電子制御工学科 玉木 隆幸 准教授及び学生 8 名による、教育用 LEGO Mindstorms というロボットキットを使用したプログラミング教室を開催し、三宅町在住の小学生 14 名が参加しました。

冒頭、玉木准教授より奈良高専の紹介があり、続いて学生よりルールや使い方の説明がありました。その後、受講生 1 人に 1 台ずつロボットキットが配られ、電子パッドによるプログラミング操作を習得しながら、プログラムに沿ったロボットの動きを体感しました。

授業の合間に三宅町 森田町長も視察に立ち寄られ本授業の盛況さ、子供たちの熱心さに高い関心を寄せられました。参加した小学生たちは、モチベーションも高く、休憩を取るのも忘れるくらい一生懸命プログラミングに取り組み、楽しさの中に真剣さが加わった充実した授業となった。



写真4 「ロボットプログラミングを体験しよう」の風景

## 2) 地元ショッピングモールと連携した地域創生共同イベントの実施

本校では、COC+事業の目的の一つである地域産業活性化に向け、地域住民との交流を推し進めている。平成29年度より毎年度地元ショッピングモールと連携した地域創生共同イベントの開催を通じ地域活性化に取り組んでいる。

### ◆『歯ブラシで動く金魚ロボットを作ろう!』

令和元年11月4日(月)、イオンモール大和郡山との地域創生共同イベントとして、本校機械工学科 須田 敦 助教、谷口 幸典 准教授及び技術系職員による「歯ブラシで動く金魚ロボットを作ろう!」を開催した。

参加した子供たちは、本校で製作した枠型から必要な部品を切り離し、ロボットの動作の要となる歯ブラシ、モーターと電池ボックスを土台となる金魚型の板に設置し、もう一枚の金魚型を土台に取り付け、スイッチを入れ動作を確認した。

完成した金魚ロボットは底面に取り付けた歯ブラシの位置によって、真っ直ぐ泳ぎだすもの、その場で回転してしまうものなど、様々な動きが見られ参加者から驚きの歓声が沸き起った。



写真5 『歯ブラシで動く金魚ロボットを作ろう!』開催風景

#### ◆『金魚フェス in イオンモール大和郡山』に本校が参加

令和元年11月10日（日）、イオンモール大和郡山で開催された『金魚フェス』に本校が参加し、前週（11月4日）の工作教室で作製した金魚ロボットを実演し、多くの来場者とその楽しさを体感した。当日は、大和郡山市長、大和郡山商工会会長も視察のため本校ブースに立ち寄られ、奈良高専オリジナルの「金魚ロボット」のアイデアに共感されると共に、工作を通じ理系への関心を高める目的の工作教室に対し高い関心を寄せられ、激励をいただいた。



写真6 『金魚フェス in イオンモール大和郡山』本校コーナーの風景

#### (4) イベント等を通じ奈良高専及びCOC+事業をPR

##### 1) 令和元年度『COC+シンポジウム』で学生がパネルディスカッションに参加

令和元年12月5日（水）奈良女子大学記念館にて奈良女子大学・奈良工業高等専門学校・

奈良県立大学の3校による令和元年度『COC+シンポジウム』を開催し、事業協働機関や県内企業、自治体など多数の参加があった。第一部では、各校より今年度の活動報告及びこれまでの5年間の活動総括がありました。第二部では、『『やまと』再構築プロジェクトがもたらしたもの』と題し、3校の学生及び卒業生4名が参加し、企業、自治体の人たちとの間でパネルディスカッションが行われた。本校からは専攻科1年 吉村勘太郎君が参加し、本校の地域創生科目の受講や県内企業見学会への参加などを通じ奈良県の課題に向き合った体験をもとに地域への思いについて積極的に意見を述べた。



写真1 『COC+シンポジウム』全体風景（左）、パネルディスカッション風景（右）

## 2) 3 機関連携『大和郡山城天守台プロジェクションマッピング』を開催

令和元年12月21日(土)、大和郡山市・阪南大学・奈良高専による3機関連携「大和郡山城天守台プロジェクションマッピング」を開催した。

当日は、大和郡山市上田市市長の開会挨拶に始まり、阪南大学 来村教授による石垣に関する歴史的な観点からのお話、本校 稲田准教授による天文の話があり、最後に、阪南大学・本校の学生が製作したプロジェクションマッピングを来場者とともに楽しんだ。



写真2 『大和郡山城天守台プロジェクションマッピング』風景

## 3) 『大学・高専・企業 マッチング交流会』を開催

令和2年1月24日(金)、2大学(奈良女子大学・武庫川女子大学)、6高専(奈良高専・大阪府立大学高専・明石高専・鈴鹿高専・鳥羽商船高専・富山高専)は、クリエイション・コア 東大阪で「大学・高専・企業 マッチング交流会」を開催した。(主催:奈良高専、共催:奈良女子大学・武庫川女子大学、後援:近畿経済産業局・大阪府・奈良県・(一財)大阪科学技術センター・池田泉州銀行)

本イベントは、産業界と2大学6高専とのマッチングの場を創出し、大学・高専と企業との縁づくり、地域経済活性化及び技術振興を図ることを目的として、本校が中心となり実施した。当日は、各大学・高専教員より、ダイバーシティの取り組みや研究事例紹介などが行われ、その後、大学・高専と企業との意見交換及び「関西ものづくり新撰」選定企業のパネル紹介・見学を行う情報交換会が行われた。57機関(関係機関含む)123名の参加者で会場は熱気に包まれ、活発な交流を通じて、参加企業と各大学・高専が産学官金連携・就職などにおいて関係が深まる有意義な開催となった。



写真3 『大学・高専・企業マッチング交流会』風景

#### 4) 『奈良高専 地域イノベーションコンソーシアム』第3回総会を開催

本コンソーシアムは、奈良高専を地域イノベーション拠点とした活動を通じて、産学官金協働による知的創造と地域経済の活性化を目指し平成29年2月に設立した。設立以来、毎年度総会を開催し、会員企業との交流を深めてきた。

今年度は、令和元年9月13日(金)に第3回総会を開催した。(於、奈良高専 地域創生交流室)当日は35社・機関47名の会員・特別会員が出席し、本校学生3名が研究シーズの事例発表を行い、発表後、活発な質疑応答もあり、出席者の高い関心を集めた。また、今回はポスターセッションの時間も設け、本校教員・学生によるポスター発表が行われ、参加会員企業との交流を深めた。閉会后には情報交換会も開催し、活発な意見交換が行われた。



写真4 『奈良高専地域イノベーションコンソーシアム』第3回総会風景

## (5) COC+活動の積極的な広報

本校は、COC+活動内容を広く知っていただくために、ホームページでの情報発信や各種メディアに向けた積極的な広報活動に日々努めている。

令和元年度の本校 COC+活動は表 1 のように各種メディアに取り上げられた。

### ●令和元年度『文教速報』、『文教ニュース』へのCOC+関連掲載

題目	掲載日	
	文教速報	文教ニュース
奈良高専 『2018奈良高専イノベティブアイデアコンテスト』発表会を開催	H31.4.26	H31.4.29
奈良高専 大和郡山市、阪南大学との地域連携事業に係る協定を締結	R1.6.17	R1.6.17
奈良高専 『株式会社中川政七商店中川会長による特別講演会』を開催	R1.8.12	R1.8.19
奈良高専 『奈良高専 地域イノベーションコンソーシアム』第三回総会を開催	R1.10.7	R1.9.30
奈良高専 『大学・高専・企業マッチング交流会』を開催	R2.2.17	R2.2.10

### ●令和元年度 新聞・テレビに取り上げられたCOC+関連記事

題目	掲載日
郡山城址、12月にプロジェクションマッピング(大和郡山市 奈良高専、阪南大と連携協定)【産経・毎日・奈良新聞】	R1.6.5
郡山城に映像(大和郡山市 阪南大・奈良高専と協定)【読売】	R1.6.6
冬夜に大和郡山物語(市と奈良高専・阪南大連携)【朝日新聞】	R1.6.12
郡山城跡石垣に映像投影 観覧者260人募集【毎日新聞】	R1.11.26
郡山城跡プロジェクションマッピング【奈良新聞】	R1.12.22
奈良工業高等専門学校と県内企業の交流会【奈良テレビ】	R2.2.7

表 1 令和元年度 COC+活動の各種メディア掲載一覧

また、学内での COC+事業の周知を図るため、平成 30 年度より学内全教職員向けに「COC+だより」を発刊し、定期的に本校 COC+事業の近況を情報発信している。



図 1 「COC+だより」左より Vol. 1、Vol. 2、Vol. 3 Vol. 4 Vol. 5