

Highland Kanto Liaison Organization

HiKaLo

技術情報誌

- シーズを見つけよう
- 地域連携プロジェクト
- 助成研究の紹介
- 企業アピール

第75号
Vol.20, No.4
2021.3.22

令和3年3月22日

特定非営利活動法人

北関東産官学研究会

URL:<http://www.hikalo.jp/>

Contents 目次

● 巻頭言	社会変革の基盤作りを目指す理工学部改組	1
	群馬大学大学院 理工学府長・理工学部長	関 庸一
● 随 想		
● 群馬大に赴任して30余年 ― 退職にあたって ―		3
	群馬大学大学院理工学府 電子情報部門 教授	山越芳樹
● 本会の事業報告		
● 前橋工科大学の産官学連携の状況について		6
	公立大学法人 前橋工科大学 産官学連携コーディネーター	橋本修一
● 産学連携		
● 市内大学・短期大学連携事業発表会に出席して		8
	NPO法人北関東産官学研究会	根津紀久雄
● シーズを見つけよう		
● 製造現場で役立つシーケンス制御の教育プログラムの開発		10
	群馬大学理工学系技術部 機械センター部門	後藤 悠
● コンクリート中の鉄筋の動きやすさで健全性を評価する加振レーダ技術		11
	群馬大学大学院理工学府 電子情報部門	三輪空司
● 次世代燃料電池のための酸化グラフェン電解質膜の開発		12
	群馬大学大学院理工学府 環境創生部門 教授	中川紳好
● 流体の動きを利用して物体表面からの熱輸送を効果的にする		13
	群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 准教授	川島久宜
● 地域連携プロジェクト		
● JSPS (日本学術振興会) ひらめき☆ときめきサイエンス KAKENHI		14
宇宙工学への扉2020 ~宇宙から地上にもどる方法って? 実験をして考えてみよう! ~		
	群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 准教授	船津賢人
● 助成研究の紹介		
● 人工知能(AI)による着物帯地デザインの分類・管理及び新規デザインの創出		17
	合同会社 後藤	後藤充宏
	群馬県繊維工業試験場	齋藤 裕文、齋藤 宏、吉井 圭
	武蔵野大学データサイエンス学部	篠原正人、石井克明
	文京学院大学経営学部	中西崇文、岡田龍太郎
		川越仁恵
● 近赤外レーザー光による生体の血糖値の変位測定から血糖値定量化		22
~ 採血しない血糖値測定をめざして ~		
	前橋工科大学工学部 システム生体工学科	野村保友
	群桐生電子開発合同会社	木暮一也
● 企業アピール		
● 群栄化学工業株式会社 化学のココロで、未来を変えたい		27
	執行役員開発本部長	大久保明浩
● 寄 稿		
● IoTセンサーのための発電フレキシブルプリント基板~振動発電・摩擦発電~		31
	群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門	鈴木孝明
● 専門部会報告		
● 地中熱利用研究会		35
	会長 根津紀久雄	
● 編集後記		36
● 役員名簿		36



社会変革の基盤作りを目指す理工学部改組

群馬大学大学院 理工学府長・理工学部長 関 庸一

群馬大学理工学部は、令和3（2021）年4月に、社会変革の基盤作りを目指して改組します。その概要についてお伝えしたいと思います。

1. 今回改組の社会的背景

科学技術の細分化と短命化が進む中で、産業技術や自然環境が急激に変化し、社会構造の変革を要求しています。まず、人工知能（AI）やビッグデータ解析、IoT（Internet of Things：もののインターネット）、センサー技術など情報・通信技術（ICT）の発展は、その社会基盤の充実と相まって、**超スマート社会（Society5.0）**と謳われる社会構造の変化を導きつつあります。この変化はコロナ禍への対応のため、より加速されつつありますが、これらの技術革新は、我が国の成長戦略の鍵を握っています。

また、**SDGs（Sustainable Development Goals：持続可能な開発目標）**に挙げられた課題があります。たとえば、パリ協定では温室効果ガスの人為的排出・吸収の均衡や、気候変動に対する強靱化を求めており、再生可能エネルギーなど持続可能社会のための環境科学の社会実践、地域ごとに自然環境に対応した総合的防災・減災技術の社会実装など、多くの課題が与えられています。

このような社会的課題に対応し、技術革新を社会実装につなげ、産業構造改革を促す人材を育成するためには、問題解決を自ら進められる科学技術者の

養成を抜本的に強化することが喫緊の課題です。すなわち、革新的な理工学教育改革の推進が強く求められています。

また、群馬県の少子高齢化進展に対し、地域産業の振興や、豊かな自然環境の総合的な利活用により、若者の住みよい地域形成が求められています。群馬県の地域産業としては、第4次産業革命を迎える自動車等の電気機械産業に加え、農業に基盤をおいた食と健康のための産業振興が今後期待されています。

2. 学科を廃し二つの類へ

これらの社会要請を受けて、群馬大学理工学部は、細分化された教育システムを総合し、強化することで、学生に俯瞰的な課題解決力をつけ、分野を超えた実践的問題解決能力の育成を図ります。現在の5学科体制を、下図のように**2類8教育プログラム**体制に再構築して、分野に依存しない基盤教育をこれまでより充実します。このため、2つの類ごとに括り入試と低学年での共通基盤教育を行い、高学年から細分されていく教育プログラム方式を採用するとともに、PBL（Project/Problem Based Learning）教育を強化します。新設される2つの類をご紹介します。

物質・環境類では、持続可能な社会を構築するために、物質、エネルギー、環境などの広い分野の知識を俯瞰的に理解し実践力をもった人材を育てます。

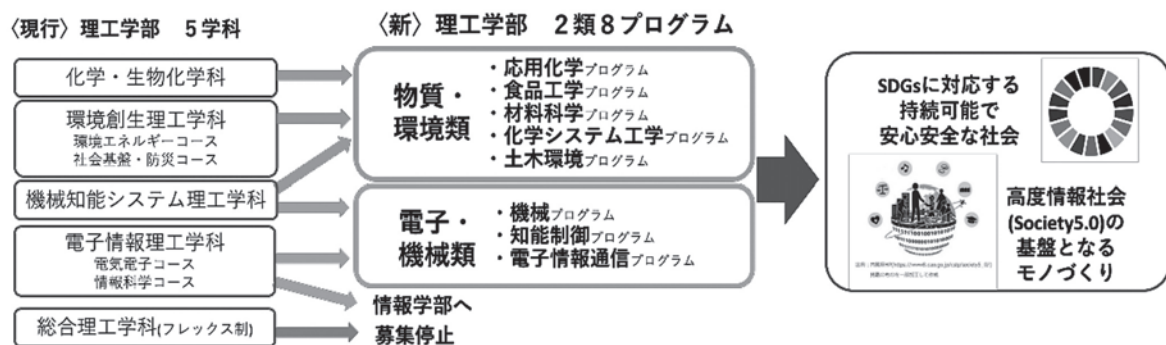


図 理工学部改組

化学・物理学・生物学を共通の基盤として、基礎から応用にわたる化学・生物化学、食品科学、超スマート社会を牽引する先端材料、CO₂削減・エネルギー利用に資する効率的な発電デバイスや生産プロセス、安全・安心な自然環境や社会基盤、地域の環境制御などの、社会・産業の基盤となる科学技術の教育を行います。

一方、**電子・機械類**では、第4次産業革命を推進し、高度情報社会を支えるために、機械工学と電気電子工学を融合した科学技術の俯瞰的な理解と実践力をもった人材を育てます。電気電子工学の基礎となる電磁気学、電子回路、電気回路及び機械工学の基礎となる機械力学、材料力学、熱力学、流体力学、それらに加えて制御工学、計測技術、画像計測などの科学技術の教育を行い、情報通信技術、人工知能、ビッグデータなどの素養をもたせることで、IoT、ロボット、センサー技術などの社会での応用を考えられるようにします。

3. 改組で立ち上げる新しい教育分野

類に入学した学生は、2年次以降に専門を選び、教育プログラムに分かれることとなります。そのうち、今回改組で新たな特色となる3つを紹介します。

食品工学プログラムでは、食品に関する高度な科学リテラシーを身につけ、これをもとに食品機能を科学的に理解するとともに食品生産及び海外も含めた流通に寄与できる人材を育成します。食健康科学教育研究センターと連携し、群馬県における食品生産の振興に寄与することを目指しています。これにより食品産業、総合化学・材料系、医療・医薬系産業で、食品生産工学や食品科学の専門家として活躍する

人材を育てます。

知能制御プログラムでは、電気・機械・情報が融合した超スマート社会を創造する知能化メカトロ制御技術、IoTによるエネルギー制御技術の基礎から最先端までを教育します。これにより精密機器・精密加工、自動車・輸送機器・一般機械、電気機器、医療機器等、機電系の開発・製造企業で、電子機械制御の専門家として活躍する人材を育てます。

材料科学プログラムでは、金属・無機・有機材料の合成・物性・加工・複合化及びそれらに基づく総合型材料開発に関する基礎から最先端の知識と技術を教育します。化学系と力学系の基礎科目をベースに、CAE(Computer Aided Engineering)を駆使した素材・製品設計開発手法を教育することにより、既存の材料分類によらず、広く工業製品の設計製作ができる材料研究者及び技術者を育成する国内初の総合材料教育コースとなります。これにより、広く製造産業で、物性からVE(Value Engineering)、素材及び製品生産技術までが判る専門家として活躍する人材を育てます。

なお、電子情報理工学科情報科学コースは、社会情報学部と融合して、新設の**情報学部**に移行します。この学部では、文理融合の新しい情報学の教育研究を目指すこととなります。また、総合理工学科(フレックス制)は、社会人の夜間就学希望が乏しいので募集を停止します。

改組後の理工学府は、地域産業と共に、新しい社会への改革に先陣を切って取り組んでいきたいと考えています。理工学府および群馬大学へ、益々のご支援・ご協働のほどお願いいたします。



群馬大に赴任して30余年 — 退職にあたって —

群馬大学大学院理工学府 電子情報部門 教授 山越 芳樹

群馬大に赴任して30余年が経ち令和3年3月31日をもって定年退職を迎えました。群馬県は高校まで過ごした地であり、赴任当時、通勤の電車車中から見える赤城、榛名、妙義の上毛三山や浅間山、天気の良い日に眺めることができる八ヶ岳や蓼科の姿を懐かしく思ったことが昨日の出来事のように思い出されます。赴任当時はインターネットや電子部品の通信販売もない時代で、文献の入手にも時間がかかり、また抵抗など電子部品1つ買うにしても時間がかかるなど発注翌日には部品が手に入った前任地とのギャップに驚き果たして研究ができるのかと不安になったことを覚えています。しかし群馬大の教員やスタッフには非常に親切にいただき、このようなものが代用できないかなど研究を継続して行える多くの知恵を授けていただき非常にありがたかったことが思い出されます。しかし電子回路用の超小型可変抵抗器がほしいにもかかわらず、モータ用と思われる大型の可変抵抗器を勧められるなど、温かい善意を断るのに苦労した思い出もあります。前任地では光、X線、超音波など波動を使った映像技術の研究を行っていたのですが、群馬大学に赴任後は基本的な実験装置であれば手作りもできる超音波の医用応用に絞って研究を行ってきました。赴任当時、超音波の医用応用は黎明期から発展期に移行していく時代で、関連の学会も、また超音波医療に携わる関係者も「超音波で何か面白いことができるのではないか」という「わくわく感」に満ち溢れた時代で、またこの分野の工学者、技術者も超音波の医用応用に最初から携わり超音波技術の発展を支えてきた方が多く、分からないことがあると電子回路や信号処理のノウハウなどを気安く教えてもらうことができた時代でした。また学会に出席しても「これはだれだれが考えたアイデアと同じで、このような問題があるよ」とか「これは面白いアイデアだ」など、歯に衣を着せぬコメントやアドバイスをもらうことも多く、情報が少ない時代でしたので研究を行うにあたりこのようなコメントは参考になるとともに大いに励みになりました。

群馬大に赴任してから数年後に当時あった在外研究員制度を利用してドイツに10か月間、滞在させていただきました。当時の研究テーマの1つが胎児の超音波モニタリング法の研究であったので、ドイツ・デュッセルドルフのハインリッヒ・ハイネ大学医学部産婦人科の教授であったモルゲンシュタイン先生の研究室にお世話になりました。モルゲンシュタイン教授は工学の研究者で、当時ドイツでも珍しかった産学連携により研究成果を実用化していくことを推進されていた先生で、大学の近くに小規模な医療機器開発会社を経営しており、大学の研究スタッフとその企業のスタッフとの交流も深く、得られた成果を自分の会社で製品化し販売までしていました。教授の研究室は産婦人科病棟内にあり、研究室の戸を開けると産婦人科の入院患者さんが歩いているような環境でしたので、産婦人科用の医療機器の開発にはうってつけの環境であったのですが、ちょっと試しに実験してみるというわけにはいかず、男性スタッフや時として教授自身も模擬実験台になるなど医療機器開発には苦労されているようでした。救いになったのは出産を控えた妊婦さんが多いためか病棟の雰囲気比較的明るかったことで、時に出産直後の新生児を保育器に入れたまま研究室の中まで持ってこられるようなこともありました。

デュッセルドルフは決して観光客が多数訪れるような観光地ではありませんが、夏には移動遊園地がライン川の川岸に開設され、日本では安全性の点からとても許可が下りないであろう組み立て式のジェットコースターや、一見危なそうに見える移動式の観覧車が設置されて華やいだ雰囲気を作り出しますし、ライン川にかかる橋の架橋を祝う祭りがあったりでドイツには橋を大切に作る習慣があるのかと驚きました。また11月にはラタルネと呼ぶ催しがあり、子供たちがランタンを作って近所の家に向きお菓子をもらってくるお祭りや、12月になるとバイナハツと呼ぶクリスマスを迎える催しが1か月続き大きな駅前にはクリスマスマーケットが立ち並び、凍える寒く暗いドイツの冬をいかに

明るく楽しく乗り切るかの工夫が見られました。

ドイツで驚いたことの一つはドイツ南部、ベールリンゲンという小さな町にあったヒューレット・パッカートの研究所を訪ねた時のことです。この研究所は当時、胎児のモニタリング技術の開発を担当しており、ミーティングに集まってくれたスタッフの専門を伺うと電子技術やコンピュータ・プログラミングの専門家がいるのは当然として、AIの専門家がいたことに驚きました。今ではAIはよく聞く技術になっていますが、今から20年以上前のことでAIの専門家が胎児モニタリングの開発で何をしているのか非常に興味を持ちました、詳しく聞いたところ胎児信号を記録した多数のデータを解析し、雑音の中から胎児の微弱な信号を見つけ出していく信号処理法を開発しているとのこと、当時の日本の企業ではなかなか真似ができない仕事をしているので驚きました。当時、ヒューレット・パッカートの胎児モニタリング装置は日本製の同様装置に比べて胎児信号の検出能力が高いとの評判でしたが、このような開発体制があるからこそ良いものが作れるのだと感心しました。

群馬大では超音波の医用応用の研究が中心でしたが、退職前に一番時間を割いたのは、せん断波による組織弾性映像の研究です。せん断波という用語はあまり聞きなれないですが、媒質を伝わる機械的な振動のうち横波または地震のS波に相当する振動波で、生体のような軟かい組織に対して比較的低い周波数の振動を加えると、そのエネルギーの大部分はせん断波として生体組織中を伝播していきます。このせん断波の医用応用について研究を始めたのは1980年代ですが、当時の教授に生体を伝わる超音波の非線形伝播の研究をするように言われ、助手であった私と学生と2人でまず実験的に確認してみようということになり、強力な超音波を生体模擬媒質に照射したときに同時に送波した別の超音波の伝播がどのように変化するかについて観測を行いました。超音波の非線形伝播は理論的にはよく知られた現象でしたので、なにか証拠が出るはずだと実験を行ったのですが、強力な超音波を照射したときに物体壁面からの超音波の反射率が変わる現象が現れました。よし、これで証拠を見つけたと意気込んだのですが、当時、研究室に米国から来ていた客員教授の先生にこの結果を見せると、これは非線形現象でなく超音波の音響放射圧で媒質の壁面形状が変化してその結果、反射率が変わるように見えるだけだとの説明を受けがっかりした記憶があります。しかし学生の卒研をまとめなければならなかったので、教授に事情を説明したところ、これでは非線形現象を見つけ出したことにはならず卒研にならないと言われ困り果てまし

た。それでは壁面が音響放射圧により変形するなら最初から媒質に振動を与えたらどうなるのだろうと実験を行ったところ、与えた振動が波として媒質中を伝播していると思われる現象が観察され、これを卒研の題材にしました。この題材をまとめて米国の学会誌に投稿したところ、査読者からこの現象は媒質中を伝わるせん断波であること、せん断波の伝播速度が媒質のずり弾性に関係するとの指摘があり、それではこの波の伝播速度を測定すれば媒質の硬さを映像化できるのではないかとの考えでせん断波の基本的な映像法を考案しました。この方法を何とか企業との共同研究に持っていけないかと思い、ある企業と共同研究を開始しましたが、1、2年で実用化の見通しが立たないという理由で共同研究が打ち切りになり、せん断波の研究は中止になりました。図1がこの時に得た子宮筋腫中を伝わるせん断波の映像です。

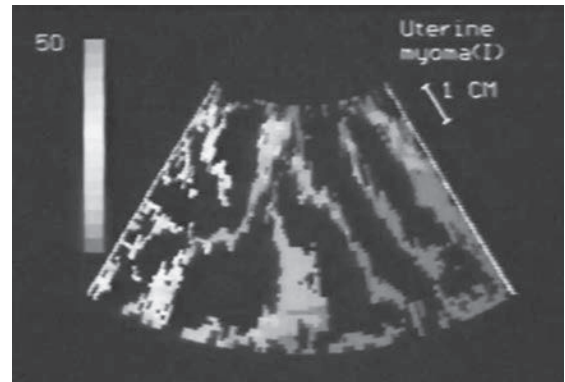


図1

その後、10年ほどしてある医療機器開発企業の技術者から、私の考えた方法と同じような方法でフランスの企業が肝臓の硬さを測る装置を実用化したとの話を聞き、実用化にまでもっていき執念深さにびっくりした記憶があります。さらに10年近くたった後にシーメンス社が強力な超音波を導入したときに発生する音響放射圧でせん断波を発生させ、伝播速度から組織の硬さを測定・映像化する装置を実用化し、音響放射圧による実験を行っていた1980年当時のことを思いだし、なぜもう少し頑張らなかったのかと悔しい思いをしました。

2013年に全く別の実験の最中ですがゲル状の媒質に振動を加える実験を行っていたところ、エコー装置の基本的なパラメータである超音波繰り返し周波数と振動周波数にある関係があるときに、エコー装置のカラードプラ画像にせん断波らしき波面が動画像で現れることを偶然見つけました。その後、解析を行うと血流計測用にすでにエコー装置に組み込まれているドプラ信号の信号処理法がせん断波の位相に感度を持っていることが分かり、早速、2014年に国内特許申請を行いました。幸いにして、この特許は国際

特許として2020年に登録を行うことができましたが、国内特許の申請後、実用化を推してくれる企業を探すために10社近い企業に出向きお願いをしましたが、「リスクが大きすぎる」、「自社はシーメンスが開発した方法で製品化している」などの理由ですべて断られました。万事休すと思っていたところ、旧知の医学者から岩手県にある中小企業で話に乗ってくれそうな企業があるとのありがたい話をいただき、この企業と共同研究を開始することができました。しかし開発経費を得ることから始めなければならず、岩手県は医療機器開発を産業振興の1つに据えている関係もあり、岩手県から県内企業向けの競争的資金を得ることができ開発をスタートさせることができました。図2はこ

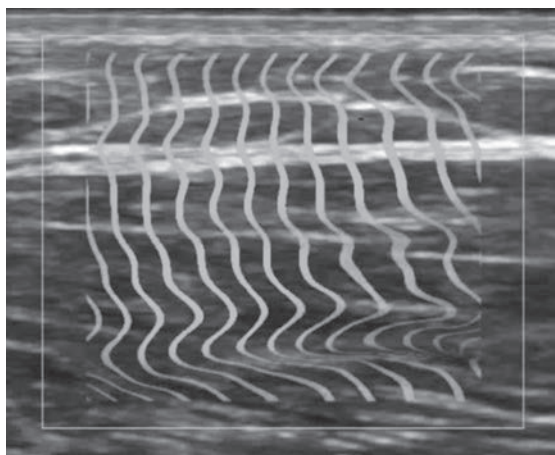


図2

の方法での画像例ですが、図1と基本的には変わっておらず、変わったのは映像原理と映像化にかかる時間程度で、せん断波の研究が最初と最後の研究になったことに驚きを感じます。また2020年からは、この方法の実用化を目指し外資系大手医療機器メーカーとの共同研究も開始することができました。

研究の成果を実用化することを目標に研究を行ってきましたが、そこには大きな課題があるように思えます。これは実用化にまで持っていくには「創意無限」の言葉の通り、無限のアイデアと努力が必要で、待ち構える数多くの障壁を粘り強く乗り越え進まなければならないことです。これは言葉で書けば簡単ですが、当事者としては精神的なタフさが何より求められるでしょうし、失敗を単なる失敗とみなさないような心構えが何より重要になると思います。エジソンの名言に「私は失敗したことがない。ただ1万通りの、うまく行かない方法を見つけただけだ」というのがあるそうですが、まさにこの言葉通りであると思います。

私は令和3年3月で退職しましたが、退職後しばらくは、今までやってきたせん断波の映像化の研究開発に時間を割く予定でいます。エジソンの別の名言「私たちの最大の弱点は諦めることにある。成功するのに最も確実な方法は常にもう一回だけ試してみることだ」を信じ、もうしばらく頑張りたいと思っています。





前橋工科大学の産官学連携の状況について

公立大学法人 前橋工科大学 産官学連携コーディネーター 橋本 修一

2018年10月に前橋工科大学産官学連携コーディネーターに着任して2年半あまりが経過しました。これまでのコーディネーター業務及び前橋工科大学の産官学連携の状況について振り返るとともに、今後の取り組みについてお話させていただきたいと思います。

コーディネーター業務

主な業務は1.企業訪問、2.技術相談対応、3.共同研究等に関するマッチング、4.産官学連携事業等での提案になります。

企業訪問や技術相談対応については、前橋工科大学に電話やメール、HPなどを通じ直接お話のあったもの、金融機関等を通じお話のあったもののほか、前橋市そして前橋商工会議所と連携して行っている「御用聞き型企業訪問サポート事業」において、同事業の坂田公男コーディネーター（前橋市産業政策課・北関東産官学研究会所属）と共に、企業様を訪問しお話を伺うことも行っています。

新規に訪問する企業様からは「前橋工科大学はどのような大学なのか？どのような教員がいて、何をやってもらえるのか？」との声を多くいただきました。また、技術相談・共同研究に関して、「申請手続きがわからない。」「大学へ支払う共同研究費が高いのではないか？」「スピーディに対応してもらえるのか？」「大学の先生は敷居が高く、なかなか相談しにくい。」との声をいただきました。こうした企業様には大学の概要、教員、研究内容、共同研究等の制度を丁寧に説明することで、大学に対する認識を深めていただくことができたと感じています。さらに、企業様のニーズと大学シーズがマッチする課題については連携して取り組むことを積極的にお勧めし、共同研究として着実に成果に結びつけることができたと思います。

また、自社の技術、商品に自信はあるのに、カタログに掲載する数値が自社での実験結果のため、「中小企業であるがゆえに信用してもらえない」という悩みを抱えている企業様のご相談もありました。このような場合、市や県、国(官)の補助金を活用し、大学(学)と共同研究を行う方法のご提案を行っています。

共同研究を行うにあたっては費用負担についてご心配される企業様もいらっしゃると思います。こうした企業様には、各種補助金に関する説明もさせていただいています。令和2年度においては解決したい課題がものづくりの場合は、群馬県と市町村が共同で行う「ぐんま新技術・新製品開発推進補助金(パートナーシップ型)」など。併せて、前橋市の企業様の場合には、前橋市が単独で行う新製品・新技術開発費補助金や「産業サポートガイド」に記載の設備投資促進補助金、IT化推進補助金、国際見本市各種展示会等出展費補助金、人財スキルアップ補助金、その他の補助金等の中から、企業様に関係する補助金について坂田公男コーディネーターと共に説明を行ってきました。

研究内容によっては、残念ながら前橋工科大学では対応が困難なケースもあります。昨今の健康ブームや新型コロナ禍に関連する商品の共同研究・開発においては、前橋工科大学単独での分析や実験は困難な案件もあったため、こうした場合は、りょうもうアライアンス(群馬大学、足利大学、群馬高等専門学校、前橋工科大学が連携し新技術の開発・創出に貢献することを目指す組織)などでの連携対応のほか、分析・実験可能な機関をご紹介しますなど可能な限りの対応を行っています。

こうした企業訪問・相談対応において感じたことは、新型コロナ禍の中で人との接触が制限される中でも、前を向いて新しい業務、商品にチャレンジしたいと思う企業様が数多くあることです。この状況をチャンスととらえ、新型コロナを除菌・消毒する商品の開発・販売など、新たな事業を開始する企業様が多かったように感じます。今後も引き続き、企業様の課題解決につながるご提案できるよう努めてまいります。

前橋工科大学の産官学連携事業

「広瀬団地における大学生の生活支援から展開する多世代共同の団地再生」

昨年末から、前橋工科大学では堤洋樹研究室を中心に「広瀬団地における大学生の生活支援から展

開する多世代共同の団地再生」の研究が始まりました。桐生信用金庫様、群馬県住宅供給公社様ほか民間の企業様と連携し、群馬県住宅供給公社様が所有する広瀬団地において、前橋工科大学学生の入居と生活支援体制を構築するとともに、地域・団地とのコミュニティ形成を促進していくものです。

大学生に対して金融、住居、生活、就職面から支援することで安心して大学生を送ってもらい、さらには群馬・前橋へ就職し定着してもらおうことを目指しています。他方、少子高齢化が進み、空き部屋が目立つ団地に学生が入居し、もともとの住民と交流を図ることで団地再生を実現するモデルケースとなることが期待されています。

併せて、前橋工科大学が連携協定を結ぶ株式会社群馬トヨペット様と連携し、大学と団地で好きな時



学生と団地住民による清掃・焼き芋交流会

に車両を使用できる仕組み「シェアカー」の一步進んだ取り組みにも挑戦を開始します。

前橋市スーパーシティ構想

昨年末、内閣府国家戦略特区であるスーパーシティ(デジタル最新技術や規制緩和による新しい仕組み)構想の公募が行われ、これに前橋市が応募しています。前橋市では、マイナンバーを活かした前橋独自の「まえばしID」を創り、市民が安全安心便利に暮らせるデジタル社会を目指しており、前橋市内外の企業様、金融機関が協力提案を行ったところではあります。

前橋工科大学においても、この構想に対し学科を越えて教員が連携し、ヘルスビッグデータや AI ロボットシステムなどを活かした知能健康技術により、生涯を通じた健康・疾病管理、健康・医療・福祉の一体化サービスを提供する提案を行いました。スーパーシティに採択された際には持てる知識と経験を活かし、構想の実現に取り組んでいきます。

コロナ禍で対面での相談が難しく、オンライン会議や電話での打ち合わせになってしまうこともある厳しい状況ですが、今後とも関係機関と連携し、前橋工科大学が多くの企業様から信用していただけるような関係を構築していきたいと思っております。



市内大学・短期大学連携事業発表会に出席して

NPO 法人北関東産官学研究会 根津 紀久雄

高崎市主催で、産学官連携・地域貢献活動による地域振興を目指して、毎年2月に大学生の連携事例発表会が行われている。その趣旨は地域が抱える身近な課題に、大学と企業等が共同で取り組む産学連携を促進させるとともに、大学が持つ知的資産、特に地域課題を解決するノウハウを広く紹介することにある。この発表会は、学生が地域貢献活動や新たなビジネスアイデアの展開を研究し、発表することにより、地域経済の活性化や地域産業の振興に貢献することを目的としている。

令和2年度の事例発表会は、私立大学・短期大学の部が令和3年2月5日(金)の13:00～16:30に高崎健康福祉大学を会場に行われた。また公立大学の部は令和3年2月12日(金)の13:00～16:30に高崎市産業創造館を会場に行われた。新型コロナウイルス感染症が収束しない状況下にあることを十分に配慮して入室人数制限と入室者全員マスク着用での開催となった。また、質問者は特別に設けられた質問席に移動して行うことになっていたが、それにも拘わらず学生の分かりやすい発表に対して一般参加者としての質問に対して活発な応答が行われた。これは市民の本発表会に対する期待度を表しており、大いに特筆に値するものであった。なお、会場受付、司会など本発表会の運営に当たっては大学生が全面的に担っていたことが印象的である。

次に各発表について簡単に紹介しておきたい。まず私立大学・短期大学の部である。

①群馬バース大学：

緑膿菌におけるポインメラゼIV遺伝子の分子進化と抗菌薬機構

②高崎健康福祉大学：

産学官連携による上州地鶏を使ったお弁当の開発

③育英短期大学：

- a) 子育て支援サロンとの連携に向けた取り組み
- b) (一社)安中市観光機構との連携事例

④育英大学：

コロナ禍の子育て支援の探求～命をテーマにした絵本の読み聞かせを通して～

⑤高崎商科大学・高崎商科大学短期大学部：

- a) 学生による地域資源の再発見とプロモーション
- b) 地元レストランとの連携プロジェクト

①は研究的な課題であるが、さらに進めることによって抗菌薬の開発につながる可能性を秘めている。②、③b) および⑤は地域資源の活用として食材や観光資源の発掘であるが、事業として展開するにはもう一工夫の改善や改良が必要であろう。③a) および④は子育て支援に関しており、ボランティア的であろうとアルバイト的であろうと子供目線で接することの難しさであろう。いずれにしても地域社会の豊かさを伴う活性化や地域産業の振興を目指した事例である。



写真1 発表する学生



写真2 講評中の筆者

次いで公立大学の部である。

①高崎経済大学：

『地域X学生X販売甲子園～コロナ明けの販売甲子園運営に向けて～』

②群馬県立女子大学：

- a) 収穫体験宣伝用チラシ
- b) 道の駅ららん藤岡 壁画プロジェクト
- c) 回生電動アシスト自転車を活用した社会課題解決

③前橋工科大学：

- a) 地域連携によるまちづくり活動

b)前橋 WiKiと連携する前橋市民アプリの高度化
①はコロナ禍で中止せざるを得なかったが、実行委員会は来年度の大会開催に向けて活動を継続してきた。② a) は農家のサツマイモ収穫体験宣伝用チラシの作成、② b) は道の駅らん藤岡の壁画制作、および② c) は企業と連携して温室効果ガス削減や高齢者向け移動手段の提供などの課題解決に貢献する自転車ビジネスを提案している。③は渋川市のまちづくり調査や群馬県民の進学・就職や居住意向調査などを行っている。前橋市民アプリについては前橋市民および観光客に多様な情報を提供するシステムになっている。



写真3 発表する学生



写真4 会場全体風景

学生諸君の発表を聞きながら小生が感じ取ったことを最後に記しておく。学生がそれぞれの大学に所属しながら地域のグループ、団体、企業、農家などの外部社会、言ってみれば地域コミュニティと連携し、その構成員として何の事業をどのような目的でいかにして実施するかについて計画の作成にもかかわれたことは、ボトムアップ方式の話合いのプロセスを経験できたことで非常に深い意味がある。言ってみれば直接民主主義の方法を体感したことになる。さらに構成員の合意としての計画を実施するに当たってトップダウンの命令や規制の下ではなく、全員が平等な立場で連携し協力し合って行われる仕組みを経験できたことにも重要な意味がある。

20世紀の大量生産・大量消費・大量廃棄の工業社会では、カネとモノの所有欲求が人間の生きる上での指導原理になっていたが、上記の参加型のコミュニティでは他者と対面で交流することによって自分の存在意義を確認したいという存在欲求が人生の指導原理になりつつある。21世紀は人間同士が連携し、分かち合い、共生する社会の到来が予想される。

そのような時代に先駆けて、学生諸君がそれぞれの地域連携で経験したことを大事にして、勉強する学生から働く社会人として生活するようになって、ぜひ地域コミュニティの一員として連携して支え合う社会を築き上げることを心がけてもらいたいと切望する次第である。今年の学生諸君の地域連携の事例発表を拝聴して新時代の到来に明るさを垣間見た気がしている。

製造現場で役立つシーケンス制御の教育プログラムの開発

群馬大学理工学系技術部 機械センター部門 後藤 悠

筆者が所属する群馬大学理工学系技術部の主要業務の一つに教育に関わる支援業務があり、筆者もこれまで工作実習、設計製図等の授業支援の他、技術部が主催する学生向け講習会に積極的に取り組んできた。さらなる取組として、筆者の民間企業における設備エンジニアとしてのキャリアを活かすべく、製造現場で役立つシーケンス制御の教育プログラムを開発した。本教育プログラムの構成と授業および学生向け講習会への展開について報告する。

はじめに

現在の日本の企業は、大学等の高等教育機関で機械工学を専攻したエンジニアに対して、プロジェクトリーダーとなるべく、材料工学の分野から制御技術の分野までの幅広い工学知識を有することを求めている。特に、製造現場の第一線で活躍するエンジニアは、自動装置トラブルの対応を余儀なくされることから装置の機械要素や装置制御に関する深い理解と知識が必要である。

しかしながら、筆者のこれまでの経験では、材料工学や機械要素の習得は、教育機関で学んだ知識をベースに、企業におけるOJT(On-the-Job Training)にて比較的容易であるが、装置制御の習得は、カリキュラムでは学ばない上、この技術を保有するエンジニアが企業においても限られていることもあり、甚だ困難である。従って、大学において、就職を控えた学生に実践的な装置制御の教育を行うことは企業のニーズに合う。

そこで、製造現場の設備において、最も使用されているシーケンス制御、特にPLC(Programmable Logic Controller、無接点シーケンス制御)を学生が理解し、かつ扱えるようにする教育プログラムの開発を行った。

教育プログラムの構成

教育プログラムは、電気回路に馴染みのない機械系学生がPLCを応用的に扱えるようになることを目標に「電気回路図の基礎」、「PLCの基礎」、「製造現場へのPLCの応用」に項目分けされ、基礎から応用まで段階を踏んで学べる構成となっている。

まず、「電気回路図の基礎」では、シーケンス制御に必須のシーケンス図、実体配線図の読解とコイルを利用した接点の切替えを特徴とするリレー制御、をこの制御を用いた電気回路の組立を実際に行うことで理解する。図1に本項目で用いるデモ機と図2にシーケンス図を示す。

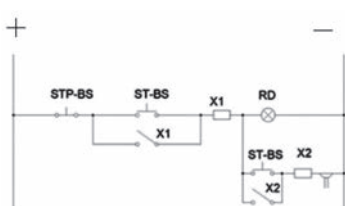
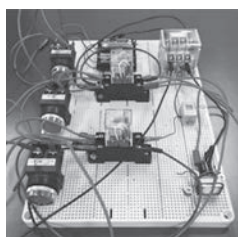


図1 リレー制御デモ機

図2 デモ機シーケンス図

次に「PLCの基礎」では、PLCの配線接続の基本であるシンク・ソース入出力の理解からPLCの電気設計の要となるラダー図の読み方、書き方までを習得する。ラダー図の習得では、生産ライン模擬操作盤を用いた演習により、その応用力を身に着ける。本デモ機を図3に示す。

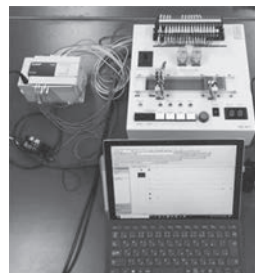


図3 ラダー図習得用デモ機

最後に「製造現場へのPLCの応用」では、製造現場の設備に欠かせない空圧システムを学ぶ。本習得には、空圧シリンダへの動力を調整する電磁バルブをPLCにより操作することで、自動動作させたデモ機を使用する。さらに本装置の組立を通じてその構成を理解する。本デモ機を図4に示す。

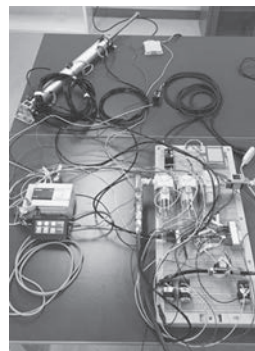


図4 空圧システム習得用デモ機

授業および学生向け講習会への展開

本講習会では、学生が実際に機器を扱うことを通じて、シーケンス制御を理解することが大切だと考え、1組2名の少人数制とし、各組に10時間程度の教育を行っている。本実績として、講習会を開始した2020年1月から11月までで8組の学生に教育を行えた他、2020年後期の電気機械設計・製図の授業にも展開している。最後に、今後も本活動を継続し、本学の教育に貢献したいと考える。

<所属、連絡先> 後藤 悠(ごとう ゆう)

群馬大学 理工学系技術部
機械センター部門

〒376-8515
群馬県桐生市天神町1-5-1

E-mail :
yu-goto@gunma-u.ac.jp



コンクリート中の鉄筋の動きやすさで健全性を評価する加振レーダ技術

群馬大学大学院理工学府 電子情報部門 三輪 空司

建設から50年が経過した橋梁は現状の30%から10年後には50%に達するなどその予防保全が喫緊の課題である。RC構造物のコンクリート部材の健全性評価にはコア抜きや衝撃弾性波法等の非破壊試験が用いられている。一方、鉄筋部材の腐食等の非破壊評価には実用的かつ簡便な手法は開発されていないのが現状である。当研究室ではレーダ技術を用い鉄筋の動きやすさを評価することで腐食評価する手法を開発したので紹介する。

背景

電磁波レーダ法は配筋状態の調査に有効なものの、空間分解能が数cmであるため鉄筋腐食による腐食生成物を直接映像化することは困難である。また、鉄筋腐食による電磁波の反射係数低下を捉える検討もされているが、振幅情報はコンクリート中の水分にも依存してしまうためレーダ法は鉄筋劣化評価に適用されてこなかった。

加振レーダ法

そこで、我々はレーダの位相情報を用いれば波長の1/1000程度の変動を検出可能であることに着目し、図1に示すように励磁コイルに50Hz、10A程度の交流電流を印加し、鉄筋を正弦的に強制振動させ、ドップラレーダの原理により非破壊的に鉄筋振動変位を定量評価する加振レーダ法を開発した。本手法は数cmの空間分解能で鉄筋を特定しながら、その鉄筋の振動し易さを『振動変位』として定量化することで、振動変位から鉄筋腐食を間接的に評価しようとするものである。これまで、かぶり6cm程度までの鉄筋振動変位を1秒程度で評価可能な加振パルスレーダ装置を開発している。

本手法では従来のレーダ応答に加え、振動する鉄筋のみのレーダ応答を独立に取得できる。図1右図にRC供試体の鉄筋を強制的に腐食させる電食試験をしながら加振レーダ波形を並べたレーダプロファイルを示す。0.7ns付近に見られるピークは鉄筋からの反射波であり、通常レーダ応答では腐食に伴い若干の振幅の低下が見られるが、振動物体レーダ応答では20日目以降で急激に反射波振幅が増加していることがわかる。振動変位は鉄筋反射波の両応答間の振幅比で決まり、両者は同一の伝搬パスを通過するため、水分減衰の影響をキャンセルできるなど従来の問題点を克服できる大きな利点を有している。

また、図2に推定した鉄筋腐食量と鉄筋振動変位の関係を示す。鉄筋振動変位は腐食量が50mg/cm²から急上昇し、コンクリートに表面にひび割れが表れた70mg/cm²前に上昇を始めたことから、本手法により劣化の予兆を捉えられる可能性がある。また、それ以後振動変位は

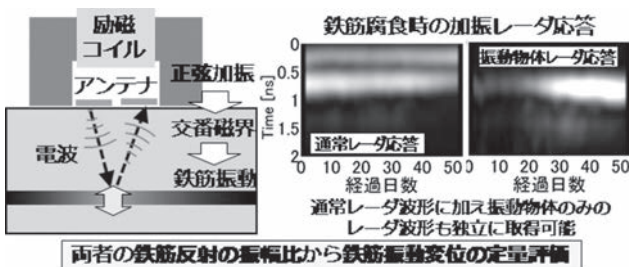


図1 加振レーダ法の概念図

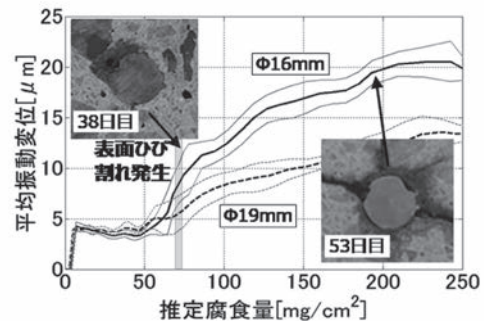


図2 加振レーダ法における振動変位と鉄筋腐食減量

推定腐食量に対し単調に増加することから、本手法は従来の非破壊検査法では評価困難な鉄筋腐食量を簡便に推定できる可能性があるといえる。

さらに、リニアアクチュエータにより供試体上を移動しながら鉄筋直上30cmの区間を走査し、その鉄筋振動変位の空間分布を2分程度で評価可能なシステムも開発した。図3に腐食劣化したRC供試体の振動変位分布の一例を示す。健全状態では3μm程度であったが、腐食により振動変位は数cm程度の幅で局所的に10μmまで増加した。また取り出した鉄筋の節高さを計測し、鉄筋の断面欠損位置を調べたところ良い相関がみられた。これらのことより、加振レーダ法により鉄筋振動変位の空間分布を評価することが有効であることを確認した。

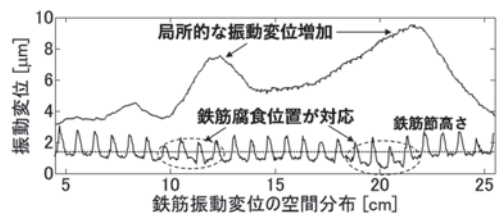


図3 鉄筋腐食時の振動変位空間分布と鉄筋の節高さ (特願2017-034707)

加振レーダ装置及びデータ解析装置, 三輪空司)

<所属、連絡先> 三輪 空司 (みわ たかし)

群馬大学大学院理工学府
電子情報部門 電気電子コース
専門：近距離レーダの応用計測

〒376-8515
群馬県桐生市天神町 1-5-1
TEL/FAX : 0277-30-1779
E-mail :
miwa@gunma-u.ac.jp



次世代燃料電池のための酸化グラフェン電解質膜の開発

群馬大学大学院理工学府 環境創生部門 中川 紳好

燃料電池はこれからのゼロエミッション社会におけるキーテクノロジーとして位置づけられる。再生可能エネルギーから作られた水素や、その水素と二酸化炭素から作られるメタノールなどの燃料（二次エネルギー）を無駄なく電力に変換する役割を担う。現在自動車用水素燃料電池などが実用化されているが、低コスト化や高性能化、そして用途の拡大に向けて新たな構成材料の開発研究が進められている。

はじめに

燃料電池は電解質膜をシート状の電極で挟み込んだ積層構造をしている。片方の電極では燃料が、他方の電極では酸素が反応し、全体として燃料の酸化反応が起きる。電解質膜には電極反応で生成されるイオンを通す性質とともに、電子絶縁性、燃料の透過阻止性の機能が求められる。現在用いられている固体高分子膜は主に80℃程度の高湿度条件で利用されているが、動作温度・湿度範囲の拡大は燃料電池の高性能化、新たな用途拡大に繋がる。また、メタノールなどの液体燃料に対する透過阻止性を向上できれば、利便性の高いメタノール燃料電池の普及に繋がる。我々は、従来の固体高分子電解質膜に代わる新たな電解質膜として酸化グラフェン電解質膜に注目し、燃料電池用途としての開発を進めている。

研究の要点

酸化グラフェン(GO)はグラファイトを強酸中で化学的に酸化して得られる極薄シート状の材料である。単層～数層の炭素原子から成る網面の積層体で、表面やエッジの一部に酸素官能基が付加され、絶縁体である。このGO分散液を自然乾燥すると、GOシートが綺麗に積層した膜が得られる。GOシートの層間にあるエポキシ基、水酸基等の含酸素官能基が媒体となり、プロトン(水素イオン)導電性が発現する。プロトン導電のメカニズムは従来膜のそれ(ビーグル機構)とは異なるホッピング機構と考えられており、従来膜で課題となっている低温度・低湿度域での導電性改善や燃料透過阻止性を高められると期待される。また、安価なグラファイトを原料とすることから、コスト低減が期待できる。単なるGO膜はイオン導電性が十分でないことから、著者らはGOの各種表面処理と膜導電率の関係および燃料電池への適用の研究を行なっている。GOに追加的な化学的酸化処理を施した高酸化度GO(GOh)は、より高いプロトン導電率と、より高い熱安定性を示した。高度酸化処理により、炭素網面中の欠陥の割合が増えていたことから、欠陥部位に付いた酸素官能基やGOシートの多孔化がそれらの効果をもたらしたと考えられる。さらに、プロトン移動の媒介点となるスルホン酸を修飾した膜(GOhvsi)では、プロトン導電性を大きく増大できた。常温付近の低温度で、従来膜(Nafion117)に比べ高い導電率が得られている。

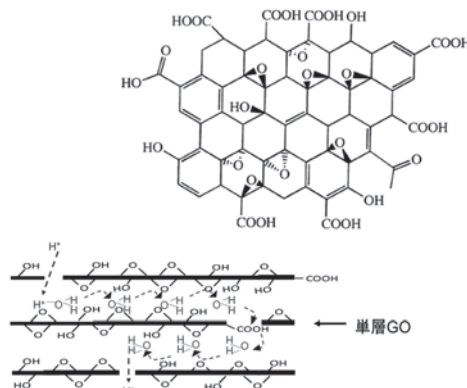


図1 GOのモデル(上)とGO膜のホッピング導電機構の概要(下)

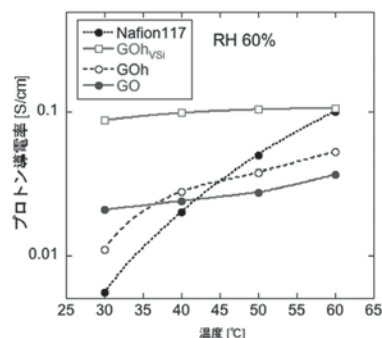


図2 各種GO膜とNafionのプロトン導電率

まとめと応用範囲

GO電解質膜は燃料電池以外にもフロー電池やキャパシタなどの電気化学デバイスに利用できる。常温付近の低温度域で、従来膜より高い性能を発揮していることから、携帯用などの小型デバイス用途に向いていると考えている。官能基が導電パスを担うことから、熱安定性や化学的安定性を確認する必要がある。また燃料透過阻止性の評価も必要である。

<所属、連絡先> 中川 紳好 (なかがわ のぶよし)

群馬大学理工学部
環境創生理工学科 教授

〒 376-8515
群馬県桐生市天神町 1-5-1
TEL : 0277-30-1458
E-mail :
nob.nakagawa@gunma-u.ac.jp



流体の動きを利用して物体表面からの熱輸送を効果的にする

群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 川島 久宜

昨今、多くの工業製品は、小型化、高い効率が求められ、機器の熱マネジメントが要求される。今、周囲よりも温度が高い物体が設置されていることを想定する。このとき、温度の高い物体表面から温度の低い周囲へ「熱」が移動する。単位時間あたりに多くの熱が移動できれば、放熱が良いことになる。熱の移動には「熱伝導、対流、放射」の3形態がある。ここでは対流を取り上げ、熱移動を考える。対流は、物体からの熱移動に対して物体周りの流動が影響を与える。言い換えれば、対流を理解するためには流動を加味して理解する必要がある。ここでは、熱移動を調べるために流体運動を理解する手法を紹介する。

はじめに

私達の身の回りにある工業製品は、少なからず熱移動をとまなう。多くの場合、機器から生じた熱を出来るだけ速やかに外部に移動させることが求められる。例えば機器の中に熱がこもると(伝熱的には正しい表現では無いですが)、機器の寿命が短くなることや、予想よりも高い性能が得られないことが考えられる。

熱移動には「熱伝導」、「対流」、「放射」の3形態がある。熱伝導は、物体内部を伝わる熱移動形態であり、例えば、金属の内部を熱が移動する場合を想像すると理解しやすい。放射は電磁波の形態での熱移動であり、太陽からの熱が地表を暖める場合などが当てはまる。これらの熱移動は、研究対象によってどの形態を考えるか異なる。工業製品では「対流」が重要である場合が多い。温度 T_1 の物体から温度 T_2 の周囲の流体(水や空気)へ熱が移動する場合は「対流」である(本稿では理解を容易にするため $T_1 > T_2$ とする)。このとき、対流では物体周囲の流体は流動をとまない、温度 T_1 の物体表面からの流体への熱移動は、流体の動きに影響を受ける。

研究の要点

例えば、熱伝導を改善しようと考えた場合、以下の式で与えられる熱伝導をもとに熱移動を考える。

$$\dot{Q} = -Sk \frac{\partial T}{\partial x}$$

ここで S 、 k 、 x はそれぞれ伝熱面表面積、熱伝導率、長さである。この式の意味するところは、熱は高い温度 T_1 から低い温度 T_2 に向かい移動することである。つまり温度勾配 $(\partial T / \partial y)$ があることである。この式を用いて熱移動を促進することを考えると、伝熱面積を大きくする、物体の種類を熱伝導率 k が大きい物体に変更する、温度勾配を大きくすることになる。

一方、対流による熱移動を考えた場合、物体周りの温度分布は、

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k}{\rho c} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$$

で与えられる。ここで、温度分布は流体の影響を受ける事がわかる。物体表面に沿う温度分布を薄くすれば、物体周り近傍の温度勾配 $(\partial T / \partial y)$ が大きくなり、放熱は大きくなる。その一助として流動を制御することが考えられる。例えば、物体に風を当て、放熱を促すのは上記の理由によるものである。

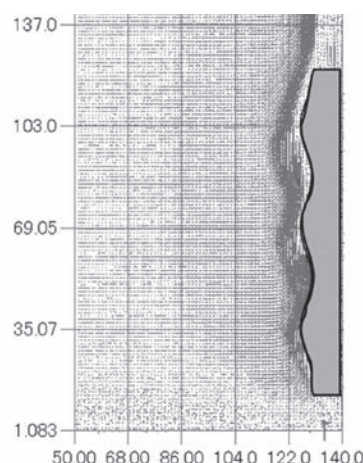


図 加熱物体周りの速度分布計測の一例
(物体周囲の色が濃いところは流速が速い箇所)

近年、計測技術の進展により物体周りの速度分布を容易に得ることが可能になった。図は垂直加熱物体周りの速度分布を可視化により捉えた一例である。可視化の利点は空間的な現象を理解することが容易になることである。速度分布が得られると対流による熱移動を理解することに役立てることが可能である。

応用される分野

物体からの熱移動は、温度計測を行い調べることが一般的である。しかし、対流は温度と流動の干渉を理解することが必要である。近年、計測技術の進展により物体周りの速度に関する計測技術は飛躍的に向上した。ここで紹介した流れの可視化は、熱マネジメントを考える上で有効な手法となることを期待している。

<所属、連絡先> 川島 久宜 (かわしま ひさのぶ)

群馬大学大学院理工学府
知能機械創製部門 准教授
専門：熱流体工学, 画像計測,
気泡力学, 熱・物質輸送

〒 376-8515
群馬県桐生市天神町 1-5-1
TEL/FAX : 0277-30-1530
E-mail :
hkawa@gunma-u.ac.jp



JSPS (日本学術振興会) ひらめき☆ときめきサイエンス KAKENHI

宇宙工学への扉 2020 ～宇宙から地上にもどる方法って？ 実験をして考えてみよう!～

群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 准教授 船津賢人
E-mail: mfunatsu@gunma-u.ac.jp

1. はじめに

JSPS(独立行政法人 日本学術振興会; Japan Society for the Promotion of Science)ひらめき☆ときめきサイエンス KAKENHIとは、大学や研究機関で「科研費(科学研究費補助金)¹⁾」(KAKENHI)により行われている最先端の研究成果に、小学5・6年生、中学生、高校生の皆さんが、直に見る、聞く、触れることで、科学のおもしろさを感じてもらおうプログラムです。参加する皆さんが将来に向けて、科学的な好奇心を刺激して“ひらめき”、“ときめく”心の豊かさや知的創造性を育む内容となっています。さらに、研究者が「科研費」(KAKENHI)による独創的・先駆的な研究について、その中に含まれる科学の興味深さや面白さを講義、実験等を通じて分かりやすく語りかけ、また、研究者自身の歩み(研究を志した動機等)や人柄に間近に触れることにより、学問の素晴らしさや楽しさを感じることができるものです²⁾。

筆者等の教育研究グループ(国立大学法人 群馬大学大学院理工学府知能機械創製部門流体力工学研究室 極超音速空気熱力学研究チーム(HART)³⁾)は、10年以上前に学校法人明照学園 樹徳高等学校(群馬県桐生市)とのSPP(Science Partnership Program)⁴⁾における『宇宙講座』を皮切りに、高大連携に関わる教育研究プログラムに関与してきました(関係高校の負担額はほぼなし)。しかし金銭的なサポートのないままの継続的かつ自律的な運営は困難であり、そんな折、JSPSにより行われているひらめき☆ときめきサイエンスという先駆的な取り組みに出会うことができました。2020年度で5年目の採択実績があり、本プログラムに関わる金銭的なサポートを受けることができます(もちろんJSPSに群馬大学として申請し、審査を経るため、1年間は不採択という実績も有しています;不採択理由は、対象が中学生・高校生混在のプログラム設定等)。さらにここ数年は、ひらめき☆ときめきサイエンス自身も科研費のプログラムに位置づけられ、研究成果公開発表(B)(ひ

らめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI)として移行しています(2020年度は全国で224件のプログラムの実施²⁾、群馬大学は3件の実施(うち2件は大学院理工学府))。

2. 「宇宙工学への扉2020 ～宇宙から地上にもどる方法って？ 実験をして考えてみよう!～」

2020年度以前のプログラムは、実際に群馬大学(桐生キャンパス)に受講生を集め、講義、体験実習(実験)、研究者グループとの語らい、等のメニューをほぼ一日がかりで実施してきました。しかし、2020年度は新型コロナウイルス感染症(COVID-19)感染拡大防止のため、プログラム自身の実施も危ぶまれ、群馬大学・JSPSとの連携により、通常実施している8月下旬ではなく、2020年10月25日(日)に短縮型のオンライン開催(Zoom[®])にこぎ着けました(写真1)。



写真1 オンライン実施の様子

タイトルは、「宇宙工学への扉2020 ～宇宙から地上にもどる方法って?実験をして考えてみよう!～」として、2020年12月6日にオーストラリアのウーメラ砂漠に無事帰還した小惑星探査機「はやぶさ2」カプセル等に関係する熱防御技術に関するものを題材としました。このCOVID-19禍で、はやぶさ2の地球への帰還そしてさらなる小惑星への拡張ミッションは、皆さまの記憶にも新しい微笑ましく、そして素晴らしい我が

国の最先端技術です⁵⁾。言い忘れましたが、筆者等の教育研究グループ³⁾は、航空宇宙工学に関連した衝撃波をともなった流れ、宇宙往還機や「はやぶさ／はやぶさ2」等の地球大気圏再突入体周りの流れ 等の『高速高温流体力学』、さらには今後大型化が進む惑星探査体の熱防御方法 等の『再突入工学』に主眼をおきながら、実験および数値的手法により研究を行っています。

2-1 目的

本プログラムの募集案内から目的を抜粋します。

“宇宙から地上にもどる方法”を考えたことはありませんか？

このプログラムは、宇宙工学、特に地球に帰還する小惑星探査機「はやぶさ／はやぶさ2」カプセル(小惑星からサンプルを採取して地球大気圏に再突入する)のような地球大気圏再突入体の熱防御技術を取り上げ、難解な物理化学現象(高温プラズマなど)を研究者がわかりやすく説明します(オンライン)。また、群馬大学理工学部の最先端の実験装置を用いてオンライン実験をし、実際の研究にたずさわっている研究者チームとの深い対話を通じて、皆さんの知的好奇心をより向上させ、みずから考える知的創造性を育みます。

2-2 参加者と実施概要

参加者は、高校生11名であり(1年生 5名、2年生 6名、3年生 2名)、オンライン開催のため、北は北海道、南は近畿地方からの参加がありました。

当日のスケジュールは次のとおりです。

12:30～13:00

受付(集合場所:指定したZoomルーム)

13:00～13:30

開講式(あいさつ、オリエンテーション、科研費の説明)

13:30～14:00

講義「地球大気圏再突入体の熱防御技術」

14:00～14:10

休憩

14:10～15:10

オンライン体験実験(実習)

身近な物質・高温耐熱材料の耐熱試験」

15:10～15:20

休憩

15:20～16:20

オンライン体験実験(実習)

「高速気流の速度計測」

16:20～16:30

休憩

16:30～16:45

研究者チームと受講生の対話

16:45～17:00

修了式(アンケート記入、未来博士号授与)

17:00

終了・解散

当日の実施概要は、まず、開講式において、科研費の説明を含めた概要説明と簡単な講義を実施代表者である筆者から行いました。

その後、オンライン体験実験(実習)「身近な物質・高温耐熱材料の耐熱試験」、「高速気流の速度計測」を行いました。耐熱試験では、高温プラズマ流中に樹脂、金属材料そして炭素材料を挿入し、その耐熱性に関する実験を行いました(写真2)。また、速度計測では、衝撃波管を用いて、音速を超える衝撃波を発生させ、オシロスコープにより設置したセンサー間を通過する衝撃波の速度を簡易的に計測してもらいました(写真3)。オンラインでしたが、体験実験中は、多くの対話を取り入れ、難しい現象を理解してもらえるように心がけました。



写真2 耐熱試験の様子 (Zoom上)



写真3 衝撃波管の様子 (Zoom上)

その後、「研究者チームと受講生の対話」を行いました。この際に、プログラム全体の質疑に対しては筆者が対応しましたが、対話に重きをおくことから、その後の司会は大学院生にお願いをしました。

最後に、未来博士号を授与し(代表者1名にオンラインで授与を行いました。実際はファイルサーバー上に格納し、各自ダウンロードしてもらいました)、アンケートを記入してもらい、本プログラムを終了しました。

こちらで準備したアンケートでは、【「宇宙開発」や「宇宙工学」に興味を持ちましたか?】とても興味をもった9名、【この講座はどうでしたか?】満足9名、であり、オンラインではありましたがそれなりの成果を得られたものと考えています。(アンケート母集団は9名。諸事情あり2名は途中早退。)

※実施日に上毛新聞社の取材がありました。(2020年10月26日14面に掲載)。ここに記して御礼を申し上げます。

2-3 関連する科研費一覧

- ・FY2013-2016 基盤研究(C) 25420847 高エンタルピー流中のケイ素系超高温耐熱材料周りに生ずる極めて強い発光現象の解明
- ・FY2017-2020 基盤研究(C) 17K06941 高エンタルピー流中のケイ素系耐熱複合材料内部の気泡生成と材料近傍発光の同時計測

3. おわりに

今回はCOVID-19感染拡大防止のため、当初開催日より2ヵ月遅れで、オンライン開催となりました。募集期間が短いこともありましたが、ホームページ、Twitter®(@hart_gunma)等で募集案内を行い、結果として18名(定員20名)の応募がありました(実際の参加者数は11名であり、事前キャンセル5名、当日キャンセル2名)。来年度も本事業に申請完了していますが、COVID-19感染拡大防止を踏まえ、オンライン開催やハイブリッド開催(オンラインとオンサイトを併用)を視野に入れ、今後も、時代にそくした、より効果的な活動(広報活動を含む)を検討する必要があると考えています。

謝辞

本プロジェクトはJSPS 科研費 研究成果公開発表(B) (ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～ KAKENHI)の補助を受けました。また、本プロジェクトにご協力を戴いた多くの関係者の皆さま、特に群馬大学の職員の皆さま(研究推進部研究推進課研究支援係、理工学部庶務係(広報)



図1 高校等に配布した募集チラシ
(理工学部庶務係(広報)作成)

(図1)、会計係等)、筆者等の教育研究グループ³⁾に属する関係学生の皆さま(石井翔太さん、半田 圭佑さん、矢島颯大さん、松岡優介さん)に、この場を借りて、心より謝意を表します。さらに、本情報誌に執筆の機会を与えてくださいました群馬大学大学院理工学府 栗田伸幸先生、高橋佳孝先生、石間經章先生に御礼を申し上げます。

最後になりますが、群馬大学名誉教授(元理事兼 副学長) 故 白井紘行先生(HiKaLo 元理事)の精力的なご協力のもとに本プログラム(宇宙工学への扉)の原型が完成しました。安らかに眠りください。

文献等

- 1) 日本学術振興会 科学研究費助成事業 ホームページ, <https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/>, 2021年2月7日参照。
- 2) 日本学術振興会 ひらめき☆ときめきサイエンス ホームページ, <https://www.jsps.go.jp/hirameki/>, 2021年2月7日参照。
- 3) 極超音速空気熱力学研究チーム ホームページ, <https://www.fluid.mst.st.gunma-u.ac.jp/HART/>, 2021年2月7日参照。
- 4) 科学技術振興機構 次世代人材育成事業ホームページ, <https://www.jst.go.jp/cpse/spp/>, 2021年2月7日参照。
- 5) はやぶさ2プロジェクト ホームページ, <http://www.hayabusa2.jaxa.jp/>, 2021年2月7日参照。

合同会社 後藤
群馬県繊維工業試験場
武蔵野大学データサイエンス学部
文京学院大学経営学部

人工知能(AI)による着物帯地デザインの分類・ 管理及び新規デザインの創出

合同会社後藤 後藤 充宏

群馬県繊維工業試験場

齋藤 裕文、齋藤 宏、吉井 圭、
篠原 正人、石井 克明

武蔵野大学データサイエンス学部

中西 崇文、岡田 龍太郎

文京学院大学経営学部

川越 仁恵

多数の着物帯地デザインを有効に利用するため、コンピュータ上でそれらを分類・管理するシステムの構築について検討した。紙に描かれた着物帯地デザイン原画を撮影してデジタルデータ化し、それらに描かれている文様の種類を基にタグを定義し、各デザインに対してタグ付けを行うことにより、デザインの分類・管理および様々な解析のための基本データを得た。これらを利用して、デザインの機械学習による分類・管理方法の有効性を確認した。また、画像デザインデータの画素から主成分分析を用いて距離を求める手法により、デザインの類似性に基づいた検索システムの構築の実現可能性について検討した。

1. はじめに

伝統的な着物帯地デザインは時代を問わず人気があり、最近では洋装、インテリア製品等の異分野への展開が期待されている。そのデザイン原画の多くは紙媒体として保存されており、桐生産地の服飾業界においても多数存在している。このような蓄積された地域資源を有効利用するためには、それらの活用法を検討するとともに、適切に分類・管理を行うことが重要である。しかしながら、多数のデザイン原画の分類・管理作業を人間の手によって行うことは、膨大な労力と時間がかかるため、非現実的である。

そこで、本研究では、着物帯地デザインのデジタルデータ化を行い、情報通信技術(ICT)を利用してこれらの大量の情報を効率的に分類・管理する方法について検証した。また、ユーザーがデザインを選ぶときの補助のため、コンピュータがデザイン提案を行うシステムの構築の実現可能性について検討した。

2. デザインデータの作成およびタグ付け

2-1 着物帯地デザイン原画

合同会社後藤が所有する着物帯地デザイン原画(和装帯の下絵)を試料に用いた。各デザイン原画

は、幅30~35cm、長さ35~80cm程度の大きさを有する長方形の紙に顔料を用いて手描きされており、着物帯地デザインの基になるものである。これらは、昭和初期~50年代にかけて、画家、図案家である若松華瑤、渡瀬清和、西野勘四郎および小池薫らによって制作されたものである[1]。各原画の多くは、一回り大きい



図1 着物帯地デザイン原画

白色台紙に貼られ、保護フィルムが掛けられた状態で保管されている。図1にその一部を示す。

2-2 デザインデータ作成

着物帯地デザインをコンピュータ上で処理するため、デザイン原画をデジタルカメラで撮影し、色調整およびトリミング等の画像処理を行うことによってデザインデータを作成した。なお、着物帯地デザインは通

常縦長で表されることが多いが、ここでは、取り扱いやすくするために上下方向を90度回転させた横長の向きにして用いた。

2-3 タグ付け

個々のデザインデータについてタグ付けを行った。タグ付けは、それぞれのデザインデータ中に描かれているすべての文様を調べて分類項目を設定し、それらに対応させるという方法で行った。この際、個々の文様が占める面積およびその数は考慮しなかった。分類項目は、大分類およびそれらに属する小分類に区分した。例として、大分類は花、動物および器物等、小分類は大分類が花であればそれに属する菊、桐および梅等が該当する。

最終的に、700点の着物帯地デザイン原画をデザインデータ化し、それらに描かれているすべての文様を調べた。

調べた文様をもとに分類項目を設定し、各デザインデータについてタグ付けを行った。大分類は「花」「植物」「動物」「自然」「器物」「幾何学」「文字」「風景」および「人物」の9分類とした。作成したデザインデータにタグ付けした例を図2に示す。また、表1に、タグ付けの分類項目およびそれらの出現回数を集計した結果を示す。



〔タグ〕 花文、亀甲、菊、鶴
図2 作成したデザインデータの例

表1から、本研究に用いた着物帯地デザイン原画は、花が多く使用されていることがわかった。その中でも、「菊」は全原画700点のうち264点で用いられ、その割合は全体の約38%であった。

これらのデータは、着物帯地デザインに使用されている文様の種類に関する知見に加え、デザインの分類・管理並びに後述のような機械学習における学習用および検証用データ等の様々な解析に用いる基本データとして活用する。

2-4 機械学習による分類

上述のようなデザインデータの分類作業を効率的に行うため、機械学習を用いた方法を検討した。ここでは、作成したデザインデータの一部に対し、機械学習による画像分類が行える Vision API を用いて画像認識による分類を試みた。Vision API は、Google が提供する Google Cloud Platform (GCP) の画像解析に関する機械学習サービスの1つである。

作成したデザインデータにおいて最も多い文様であった花に着目し、すべてのデザインから任意に選び出した大分類「花」に属するもの(花あり) 50点および属さないもの(花無し) 23点を取り上げ、これら73点を学習用データとしてトレーニングを行った。

この検証のため、学習用データに用いなかったものの中から大分類「花」に属するものおよび属さないものを合わせて8点を任意に選び出し、それらを検証用データに用いて判定し、その精度を確認した。

正否判定は、全試料が95%以上の確率で「花あり」「花無し」のいずれかであると判別されたことから、各試料がその高い確率を示している一方に属しているとみなし、事前にヒトがタグ付けしたものと一致しているかどうかで決定した。その結果、75%が正しく判別できた。着物帯地デザインは、類似形状を含む様々な種類の文様で構成されていることに加え、デザイン

表1 タグ付けに用いた文様及びそれらの出現回数

大分類[9種]	小分類[101種]	(※括弧内は出現回数を表す)
花(826)	菊(264) 桐(109) 藤(20) 梅(75) 桜(35) 牡丹(49) 橘(7) リンドウ(7) アヤメ(5) 椿(6) 小花(59) 花文(165) 花菱(14) その他の花(11)	
植物(248)	松(81) 若松(31) 松葉(3) 竹(28) 笹(23) 紅葉(49) 葡萄(2) 唐草(19) 葉(11) その他の草木(1)	
動物(173)	蝶(45) 鶴(48) 向かい鶴(11) 折り鶴(3) オンドリ(5) 孔雀(6) その他の鳥(3) 鳳凰(39) 亀(2) 龍(2) 貝[「貝合せ」を含む](4) 兎(1) 孔雀の羽根(4)	
自然(215)	雲・霞(71) 波(32) 波頭(33) 青海波(53) 流水(22) 雪輪(1) 山(1) 岩(1)	
器物(206)	扇(35) 地紙[扇の骨を除いた紙部分](15) 檜扇(13) 東ね熨斗(5) 蝶熨斗(1) 鏡(4) 短冊(2) 色紙(4) 紐(23) 几帳(6) 御所車(8) 源氏車(7) 花車(5) 傘(2) 独楽(3) 手鞠(3) 鈴(1) 鼓(6) 太鼓(1) その他の雅楽器(5) 糸杵(7) 矢羽根(3) 宝巻(7) 分銅(5) 打出小槌(2) 丁字(2) 隠れ蓑(3) 袋(1) 笠(1) 籠(2) くす玉(2) 橋(3) 格天井(7) 藤棚(2) その他の器物(6)	
幾何学(444)	七宝(63) 立涌(37) 亀甲(123) 毘沙門亀甲(13) 蜀江(21) 菱(57) 松皮菱(13) 籠目(2) 紗綾形(4) 縞(7) 市松(7) 格子(11) 檜垣(19) 丸(44) 小円・点(3) その他の幾何学・直線(20)	
文字(1)	文字(1)	
風景(7)	風景(7)	
人物(3)	人物(3)	

ごとにそれらの大きさ、形状、数量および配置等が異なっているため、当初機械学習による分類は困難であると思われたが、比較的良好な判別結果を示し、本方法の有効性を確認することができた。今後、データ数量の増加およびデザイン分類方法の検証等による判別精度の向上を図るとともに、花以外の文様にも対応できるようなシステム構築を行い、実用性を高めることが必要である。

3. デザイン提案システムの構築

デザインの利用者がその選択作業の補助として用いることを目的に、任意のデザインを1枚選んだときにそのデザインに似ているものをランキング形式で提示する検索システムの構築の実現可能性について検討を行った。以下に、本研究で検討した画像デザインデータの類似度の計量方式について述べる。

(1) 画像の正規化

入力される画像のサイズを揃えるため、256×256ピクセルに正規化する。正規化の方法としては、入力画像の縦横の短い方を256ピクセルになるように縮小した後、残りの長い方を左上から256ピクセル確保し、残りの部分をトリミングして消去した。

(2) 主成分分析

正規化した画像を横一列に並べてベクトルとし、主成分分析(PCA)を行って次元を圧縮したベクトルを構成した。これによって、256×256×3(色)の196,608次元であった元画像を100次元に圧縮した。

(3) ユークリッド距離による計量

圧縮した100次元のベクトル同士のユークリッド距離を画像同士の距離とした。この数値が小さいほど類似度が大きいことを示しており、それをもとにして類似度を判定した。

本方法を用いて、任意の3種類の画像を入力とし、それぞれに最も類似する画像をランキング形式で4位まで表示したものを図3に示す。なお、ここでの距離の値は、小さいほど類似性が高いことを示しており、数値そのものには相対的な意味しかない。

図3の結果から、これらのケースでは、類似性の判断において、タグ付けに用いた文様の種類に基づくものというよりは、入力画像に対して色合いや画風が近いものが選ばれていると思われる。この結果に対するユーザー評価を含めた定量的な評価は今後の課題であるが、類似度の計量によって類似するデザインを提示する検索システムの構築について、その実現の可能性を確認することができた。このような手法はヒトの判断を介さずに分類作業が行え、先入観に囚われない基準で分類できることから、新しいデザイン分類方法として期待される。



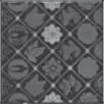
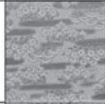


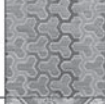






Input image	Image 1		Image 2		Image 3	
	image	distance	Image	distance	image	distance
		6,978		14,710		12,154
		9,451		15,839		12,875
		10,708		15,947		13,702
		11,928		16,347		13,833

図3 画像の距離に基づく類似画像の検索結果

4. まとめ

700点の着物帯地デザイン原画をデジタルデータ化し、使用されている文様を基にタグ付けを行った。これにより、使用されている文様に関する知見を得るとともに、コンピュータ上での分類・管理に利用可能な基本データを得ることができた。また、これらを管理するために機械学習を用いた分類を試み、その有効性について確認した。さらに、利用者がデザインを選ぶときの補助のため、コンピュータが類似デザインの提示を行うシステムの構築について検討し、その実現の可能性を確認することができた。今後、これらの成果を活用し、利用者に対する着物帯地デザインの推薦システムおよび配色提案システムの開発を進める予定である。

謝辞

機械学習を用いた分類について有益なご助言をいただいた埼玉工業大学工学部機械工学科講師 五味伸之先生に深謝の意を表す。

参考文献

[1] 川越仁恵, 後藤織物所蔵の下絵と桐生織物の図案業界, 文京学院大学総合研究所紀要 第19号: p69-87(2019)

研究者紹介

合同会社後藤 代表社員 **後藤 充宏**



平成6年 合資会社後藤入社
平成30年 合同会社後藤代表社員就任、現在に至る

〒376-0034 群馬県桐生市東1-11-35
TEL : 0277-45-2406 FAX : 0277-45-0510

群馬県繊維工業試験場 生産技術係 **齋藤 裕文**



平成11年 古河電気工業株式会社勤務
平成15年 群馬県入庁、群馬県繊維工業試験場勤務、現在に至る

〒376-0011 群馬県桐生市相生町5-46-1
TEL : 0277-52-9950 FAX : 0277-52-3890

群馬県立群馬産業技術センター 生産技術係 **齋藤 宏**



平成6年 群馬県入庁、群馬県繊維工業試験場勤務、現在に至る

〒376-0011 群馬県桐生市相生町5-46-1
TEL : 0277-52-9950 FAX : 0277-52-3890

群馬県立群馬産業技術センター 素材試験係 **吉井 圭**



平成14年 群馬県入庁、群馬県繊維工業試験場勤務、現在に至る

〒376-0011 群馬県桐生市相生町5-46-1
TEL : 0277-52-9950 FAX : 0277-52-3890

群馬県立群馬産業技術センター 研究調整官 **篠原 正人**



平成2年 群馬県入庁、群馬県繊維工業試験場勤務、現在に至る

〒376-0011 群馬県桐生市相生町5-46-1
TEL : 0277-52-9950 FAX : 0277-52-3890

研究者紹介

群馬県繊維工業試験場 場長 石井 克明



昭和58年 群馬県入庁、群馬県繊維工業試験場勤務、現在に至る

〒376-0011 群馬県桐生市相生町5-46-1
TEL : 0277-52-9950 FAX : 0277-52-3890

武蔵野大学 データサイエンス学部 准教授 中西 崇文



2006年 筑波大学大学院システム情報工学研究科修了. 博士(工学)
2006年 独立行政法人情報通信研究機構(NICT)研究員
2014年 国際大学グローバルコミュニケーションセンター准教授, 主任研究員
2018年 武蔵野大学 工学部 数理工学科 准教授、現在に至る
2019年 武蔵野大学 データサイエンス学部 データサイエンス学科長、准教授、
現在に至る

〒135-8181 東京都江東区有明3-3-3
TEL : 03-5530-7681 FAX : 03-5530-3822

武蔵野大学 データサイエンス学部 助教 岡田 龍太郎



2020年 武蔵野大学データサイエンス学部データサイエンス学科 助教
同大学 アジア AI研究所 研究員、現在に至る
2020年 国際大学グローバルコミュニケーションセンター研究員、現在に至る

〒135-8181 東京都江東区有明3-3-3
TEL: 03-5530-7681 FAX: 03-5530-3822

文京学院大学 経営学部 准教授 川越 仁恵



2015年4月 日本経済大学経営学部経営学科 専任講師
2016年4月 文京学院大学経営学部経営コミュニケーション学科 准教授、
現在に至る

〒113-8668 東京都文京区向丘1-19-1
TEL : 03-3814-1661 FAX : 03-5684-4706

近赤外レーザー光による生体の血糖値の 変位測定から血糖値定量化

～ 採血しない血糖値測定をめざして ～

前橋工科大学工学部 システム生体工学科 野村 保友
桐生電子開発合同会社 木暮 一也

血糖値の値を効率的に抽出するため、モンテカルロモデルによるシミュレーションに基づき最適化設計をした試作機を製作。このシミュレーションに用いた生体モデルのパラメータは幅広い文献調査により決定された。試作機の性能を評価するために数値解析に用いた生体の光学的パラメータを使って、シリコンベースのファントムモデルを作製し実測した。1310nm、1550nmの波長のレーザー光でグルコース濃度に応じて光強度が変化することが確認できた。しかし、現状では光軸の調整が難しいことや検出効率が不足していることなど課題が残る。

1. はじめに

食生活の欧米化に伴い糖尿病予備軍が年々増加しており、糖尿病治療に係る医療費の財政への負担(図1)が懸念されている。糖尿病は、膵臓のインスリン産生機能の問題あるいは対象臓器の対インスリン感応性低下に起因する血糖値の制御における障害である。高血糖状態が持続すると、心臓病、脳卒中、腎不全、失明、神経障害などの合併症を引き起こす可能性があり、毎年340万人以上が高血糖による合併症を患っている。糖尿病による合併症を避け、健康的な生活を送るためには、血糖値の適正な管理を行い生活習慣の改善から糖尿病を予防する事が重要である。しかし、現在の一般的な血糖モニタリング方法の重大な欠点は、採血を伴う測定であることであった。血糖モニタリングは患者に大きな負担を与え、感染症の危険性を増加させるだけでなく、測定に必要な使い捨て測定センサーに起因するコストが大きいことから、無理のない血糖モニタリング(想定)方法が求められてきた。通常、健康状態では血糖値は食事をした直後から上昇し、数時間で元の値に戻る。しかし、食後大きく上昇する場合は、数時間経過しても血糖値が下がりにくい場合には、糖尿病である可能性がある。そのため、食後に血糖値がどの程度上昇したか、あるいは数時間後にどの程度下降したかを家庭で手軽に測定できる採血を伴わない血糖測定器の開発が望まれる。

血糖は近赤外光を特異的に吸収する事と、近赤外光が可視領域よりも生体を透過しやすいことから血糖状態を非侵襲測定することが試みられてきた。採血の必要もなく衛生的である点は他の計測装置では望めない長所である。研究開発の過程で(1)血糖値は食事の影響を受け不安定であり、(2)光計測結果を血糖値へ変換することへの困難さの2点が問題点として指摘されてきた。これらを改善して身に着けられるほど小さな装置にできれば長時間に渡って連続的に測定できるので正確な血糖値変動をいつでも把握することが可能になる。

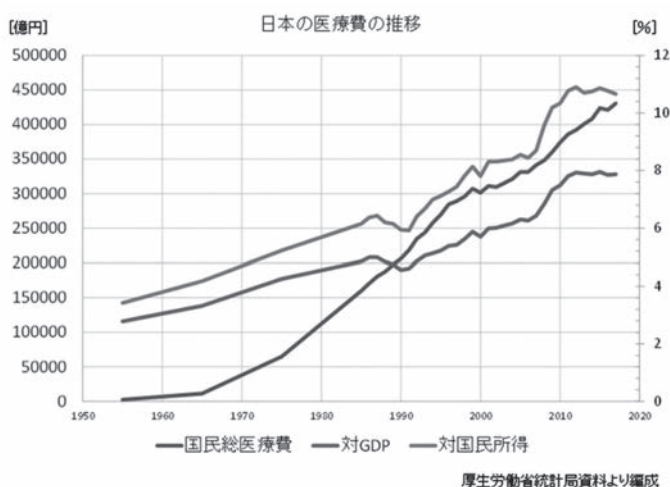


図1 日本の医療費の推移

2. 目的

本研究の目的は、非侵襲的(採血を伴わない)な血糖値の変位モニタを実現する近赤外血糖測定器を開発する事である。本研究では血糖値の変動を測定するため2波長を同時測定することとした。グルコースの吸収が強い1550nmのレーザー光による測定出力信号およびグルコースの吸収の寄与が小さい1310nmのレーザー光による測定出力信号を参照信号として被験者の体動などを補正するためにその差分を血糖値の相対的な変動として評価する(図2)。生体での血糖値測定に関連する一つの問題は、ヒト組織に存在するグルコースの極めて低いシグナル対ノイズ比(S/N)である。

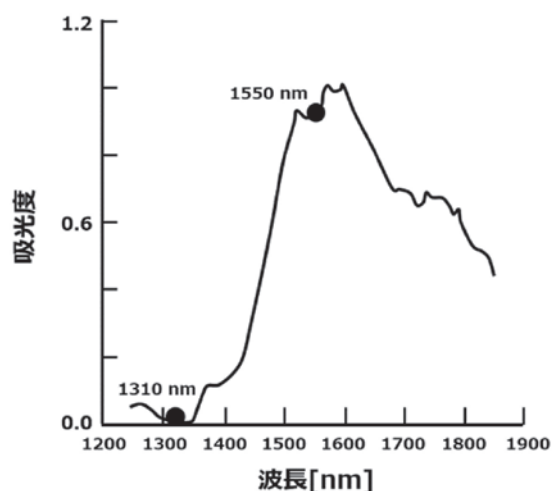


図2 波長1200～1900nmにおける粉末グルコースによる光吸収スペクトル。グルコースの吸収が強い1550nm及びグルコースの吸収の寄与が小さい1310nmを使用する。

近赤外分光法を用いた生体モデルでの研究では、生体での計測の際にグルコース信号が他の信号(ノイズ)に埋まってしまう事が確認された。グルコースの情報を持った光をより効率よく得るためには、測定器具のS/N比(信号「S」対ノイズ「N」比)を改善することが効果的な方法の一つである。そのため、血糖情報を検出するヒト組織における測定部位の選択が重要である。本研究では、前腕を測定部位として暫定的に選択した。図3に示すように、前腕皮膚組織は、表皮、真皮および皮下組織の3つの層からなる。表皮は角質層を含み、毛細血管は十分に発達していない。これは、表皮、特に角質層は、血糖値測定のために皮膚組織スペクトルが測定されたときに、血中グルコース濃度に関する有用な情報を含まないことを意味する。皮下組織は主として脂肪組織からなり、グルコース(一般的に血糖値を指す)情報も真皮組織より少ないため、血糖に関する情報を得るには不向きである。一方、真皮には毛細血管が発達しており、その領域内に定常的に存在する間質液から血糖値の情報を得る事が出来る。単純拡散でグルコー

スは移動することから定常的には血液中のグルコースと間質液のグルコース濃度は等しいと考える。真皮層を通過した光を選択的に測定することができれば、S/N比の向上が期待できる。本研究では、グルコース情報を持った光(真皮を通過した光)を効率的に検出するため、モンテカルロシミュレーションによる光伝播解析を行い、その結果を基に光学回路を最適化した2波長型血糖測定器の試作を行った。また、ファントムモデル(生体模擬モデル)を用いて2波長型血糖測定器での計測を行った。

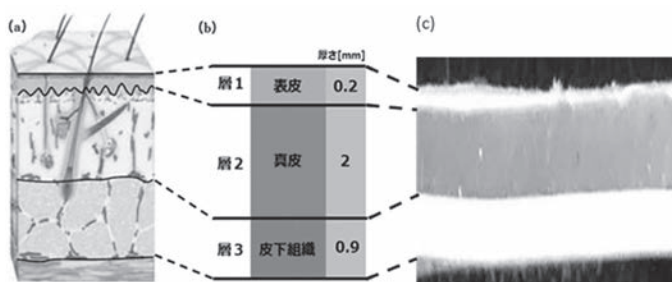


図3 前腕部皮膚組織。(a) 前腕部皮膚組織の断面図。(b) 前腕部皮膚組織の構成要素。(c) 皮膚ファントム

3. モンテカルロシミュレーション

血糖値の情報を持つ間質液が定常的に存在している真皮層を通過した光を効率良く検出するためには、皮膚に照射された光の光路情報が必要不可欠である。光路の解析を行うため、皮膚組織における光の伝播についてシミュレーションを用いて計算した。このシミュレーションには、生体内での光の伝播を計算するためによく用いられるモンテカルロ法を選択した。また、複数の層組織を有する皮膚構造を再現するため、多層モンテカルロシミュレーションを使用した。

3-1 方法

モンテカルロ法を用いたシミュレーションでは、光束を光の粒(光子)の集まりと考え、1つ1つの光子についてそれぞれの生体内での経路を、照射媒体の光学特性を用いて追跡する。シミュレーションでは最初にモデルの設定を行う。モデルの設定では、解析対象となる光照射媒体の光学的パラメータ、媒体の層の数、入射光子数の決定を行う。通常、入射光子数は統計的に十分な数であるとされている100万個とする。モデルの設定後、光子を媒体に入射させる。本研究では、表皮層(厚さ0.2mm)、真皮層(厚さ2mm)、皮下組織(厚さ0.9mm)からなる3層モデルを構築し、皮膚組織内における照射光の伝播解析を行った。

3-2 結果

図4に皮膚組織内における各深さ、距離における2波長の光吸収を示す。1310nm、155nmの光は

共に表皮層では光吸収が弱く、真皮層に入ると強い吸収があることが確認できる。また、1310nmの光と比較し、1550nm光では真皮層において、グルコースの影響のためより強い光吸収があることが確認できる。

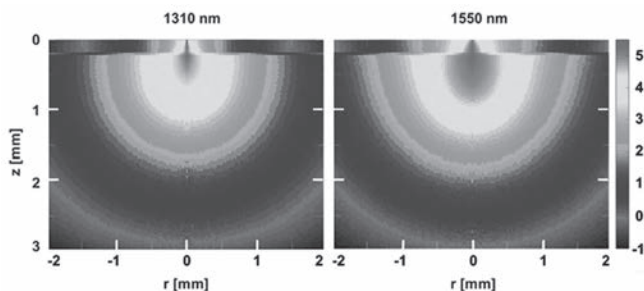


図4 皮膚組織内における光吸収（左：1310nm 右：1550nm）。縦軸：深さ z [mm]、横軸：光入射点からの距離 r [mm]。カラーバーに光の吸収強度を示す。

図5に光入射点からの距離と真皮層で吸収を受けた拡散反射光強度の関係を示す。入射点からの距離を同心円状に検出される光強度について整理した。1310nm、1550nm光共に原点がピークとなった。また、1310nm光に比べ1550nm光は、入射点からの距離1mm範囲内での検出強度が約1.3倍であった。また、4mm区間以降では検出光強度が大きく減少するため、実際の検出を考えた場合、0～4mm区間で計測を行う必要があると考えられる。

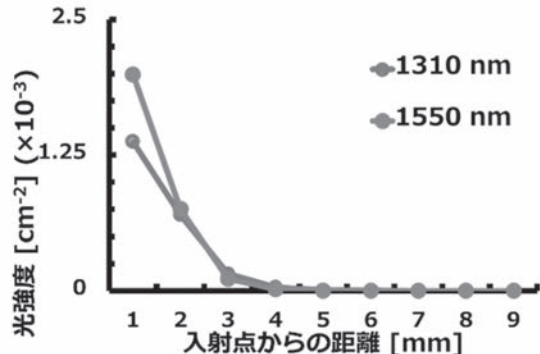


図5 入射点からの距離と検出光強度の関係。光子の入射点から同心円状に1mm区間ごとの範囲の反検出光強度の分布。

4. 2波長型血糖測定器とファントムモデルを用いた計測

シミュレーションによる解析結果を基に光学回路を最適化した2波長型血糖測定器を試作した。また、グルコース信号が実際に測定可能か検証を行うため、ファントムモデルを用いた測定を行った。

4-1方法

4-1-1 2波長型血糖測定器

試作した2波長型血糖測定器は検出信号増幅回路と血糖測定用光学系の2つの要素から構成される。

(図6)検出信号増幅用回路では、主にLD(レーザーダイオード)の強度変調、照射波長の切り替え、検出信号の増幅処理を行う。血糖測定用光学系では、LDによる照射光や測定対象からの拡散反射光の光軸の調整、検出を行う。光入射点から同心円状に4mm範囲の拡散反射光(グルコース信号)を効率よく検出するため、導波路を設けることで範囲検出を可能とした。

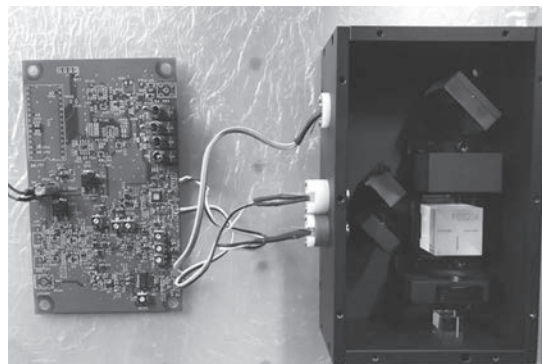


図6 2波長型血糖測定器

4-1-2 ファントムモデル

試作した2波長型血糖測定器で実際にグルコース濃度の測定及び、生体内条件下での光信号の検出が行えるか検証した。測定は血糖測定用光学系の導波路を測定対象に直接接触させることで計測を行った。ファントムモデルにはグルコース溶液と生体の散乱・吸収を模擬したシリコン皮膚モデルを使用した。グルコース溶液での測定は、光路長1cmのキュベットを用いて行った。溶液のグルコース濃度は0, 100, 200, 300mg/dLとした。シリコン皮膚モデルは、シリコンに黒鉛(吸収剤)、2酸化チタン(散乱剤)を混ぜ込むことで生体の光学特性を再現した。図3(C)に作製したシリコン皮膚モデルを示す。作製したシリコン皮膚モデルを用いて光計測を行った。

4-2 結果

図7にそれぞれ1310nm、1550nm光でのグルコース溶液での測定結果を示す。2波長ともに、グルコース濃度の上昇に伴い、吸光度が増加する傾向が見られた。しかし、本来2波長の間で見られるはずのグルコースによる吸収の差が確認できなかった。これは、試作機の光軸のずれによりLDの出力が不安定であることに起因すると考えられる。したがって、光軸調整が容易に可能な機構を組み込むことが必要と考えられる。

シリコン皮膚モデルでの計測では光信号を検出することが困難であった。これは、上記のLD出力が不安定であることに加えて、PD(フォトディテクタ:光検出器)で検出するのに十分な拡散反射光が得られなかったことが原因であると考えられる。シミュレーション

上では、わずかな拡散反射光でも数値として検出できるが、実際のPDでの測定は検出器の性能に依存する。したがって、検出光率の向上が求められる。

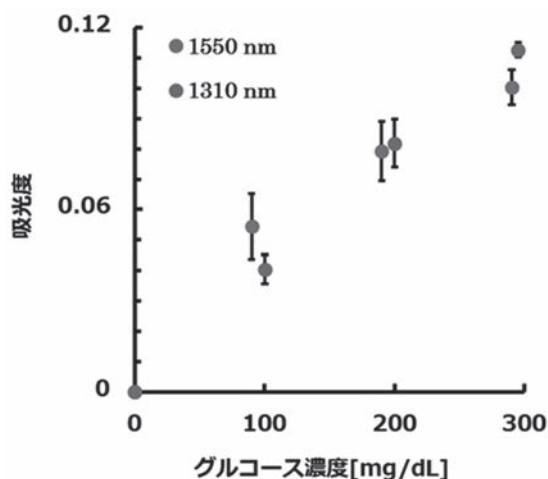


図7 グルコース溶液を用いた光測定結果 (n=5)。グルコース濃度 0, 100, 200, 300 mg/dL における 2 波長の吸光度変化。

5. まとめ

シミュレーション結果をもとに2波長型血糖測定器を試作した。2波長型血糖測定器でファントム測定を行った結果、1310nm、1550nmの光でグルコース濃度に応じて検出光が変化することが確認できた。しかし、現状では光軸の調整が難しいことや検出効率が不足していることなど課題が残る。

6. 今後の展望

以上の結果を受け、本研究では血糖測定器への光軸調整機構の導入と信号検出効率の向上の2点について検討している。

6-1 光軸調整可能な血糖測定器

図8に光軸調整可能な血糖測定器模式図を示す。上記の2波長型血糖測定器をベースに光軸調整機構と波長880nmのレーザーの追加を行っている。LD、PD接続部にホルダーを設けることで光軸調整が容易に行えるよう改良している。加えて、血糖値を定量的に測定することを目指し、新たに第3の波長を導入している。不特定多数の被験者が使用する場合、皮膚表面の皺やメラニン色素、角質層などの多くの変動要因の影響により測定結果がばらついてしまう。そこで、リファレンスとして880nmの波長の光を加え、集めた測定データとAI技術を融合させることで、広く実用可能な血糖測定器の製品化を目指す。

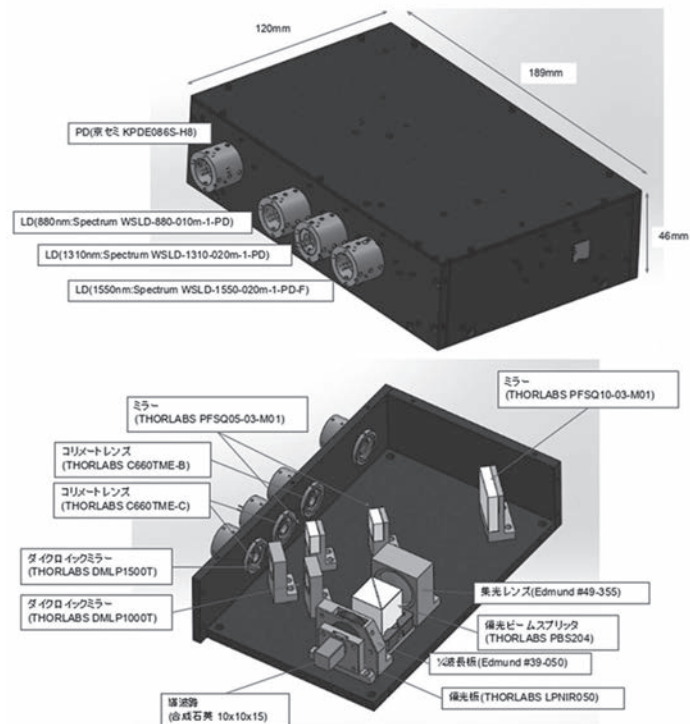


図8 光軸調整可能な血糖測定器模式図。上；測定器外観、下：測定用光学系構成。LD、PD 接続部にホルダーを設けることで光軸の調整が容易になっている。3 波長での計測を可能にするためミラー等が追加された。

6-2 信号検出効率の向上

上記機構に加え、グルコース信号の検出効率向上のため、図9に示す測定用プローブの開発を検討している。中央に配置された照射用光ファイバを中心とする同心円状に配置された複数の検出用光ファイバで構成されている。同心円状に複数の検出用光ファイバを配置することで、グルコース情報を持った測定対象からの拡散反射光の受光量を増やし検出効率の向上を図る。

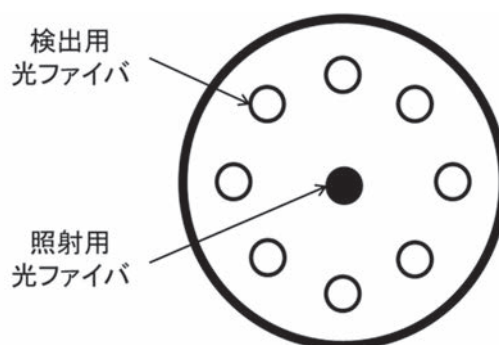


図9 測定用プローブの構成

研究者紹介

前橋工科大学工学部 システム生体工学科 教授 **野村 保友**



1991年 理学博士(北海道大学) 2860号
1991年 北海道大学応用電気研究所助手
1999-2000年 文部省在外研究員(カナダ・カルガリー大学医学部)
2001年 山形大学工学部応用生命システム工学科助教授
2004年 山形大学大学院医学系研究科准教授
2009年 前橋工科大学工学部システム生体工学科教授

大学院で生体分光を学んで以来、近赤外光による無侵襲生体計測法の研究開発に従事。大学からの研究費が減額される中、企業との共同研究は財源確保につながる一方でタコツボ化しがちな研究を地域貢献・社会貢献に生かせる点が重要だと感じる。研究は思い通りに進むことは少ないが、学生と議論する過程で問題解決のヒントが見えたときにともに喜ぶ瞬間が心地よい。これまでの分光学的な血液測定技術を生かした提案が新型コロナウイルス感染症対策助成プログラムに県内で唯一採択され、血糖トレンドモニター以外にもタイムリーな研究を進めている。

〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460番地1

桐生電子開発合同会社 代表社員 **木暮 一也**



1983年～ 2013年 東京三洋電機株式会社、三洋電機株式会社
2015年～ 桐生電子開発合同会社 代表

三洋電機在籍中は音声認識、OCR、AI、光センシング開発、人体通信の開発などに従事。社会に貢献できる製品を開発することで社会に貢献するために常に研究・開発が必要と考えている。この新たな研究こそが、ベンチャー企業にとって、唯一の持続可能な手段とも考えている。現在、農業と健康に焦点を当てた研究・開発をすすめている。

〒376-0013 群馬県桐生市広沢町2丁目3330番地1

群栄化学工業株式会社

化学のココロで、未来を変えたい

執行役員開発本部長 大久保 明浩

1. はじめに

社会・経済・環境面における「持続可能な開発」を目指す社会共通の目標、SDGsに掲げられた17のゴールに向けた取り組みが、世界規模で進められています。当社は化学品及び食品の素材を取り扱うメーカーとして、自社内のCO₂削減の取り組みは勿論、社会の環境問題、食品ロス、健康といった様々な課題解決やSDGs達成へ繋がるSociety5.0実現に貢献すべく材料の研究開発と提案を進めています。今回、こうした取り組みについて紹介させていただきます。

2. 会社概要

当社は1946年、群馬栄養薬品という社名で創業しました。創業当時は水あめやぶどう糖の製造を中心とした食品材料メーカーでした。現在の主力製品であるフェノール樹脂の製造は5年後、1951年にスタートして

います。1953年、社名を群栄化学工業株式会社に變更し、現在は群馬県高崎市に本社、技術開発センター(図1)、食品及び化学品工場(図2)を有し、グループの国内生産拠点として他に滋賀、岩手、販売拠点は高崎、東京、大阪、海外ではタイ、インドに生産拠点、米国、ドイツに販売拠点を有します。

3. 化学品事業

3-1 フェノール樹脂

フェノール樹脂は耐熱性、難燃性、耐薬品性、電気絶縁性に優れた熱硬化性樹脂で、自動車、電子材料、住宅等の幅広い分野で利用されています。具体的には、自動車用途ではブレーキパッド、エンジンのシリンダヘッドやインテークマニホールド等の鋳造品製造時の中子造型用バインダ、電子材料では半導体の封止剤やフォトレジストの原材料、住宅では断熱材や合板のバインダ等に使用されています。

3-2 環境対策に貢献する製品群

自動車のEV化等の進化に伴う静粛性や乗り心地向上の為、ブレーキ(摩擦材)には「鳴き抑制」「振動抑制」といった快適性が求められる一方、米国・カリフォルニア州の州法に端を発した制動時のブレーキダスト削減をはじめとする様々な環境課題に対する対応が必要になっています。こうした中、ブレーキパッドのバインダを主用途として特長ある機能を発揮しているのが特殊フェノール樹脂「Milex」です。上述の多種多様な要求に対応するシリーズ展開を行っています(図3)。



図1 本社・技術開発センター



図2 群馬地区航空写真(手前が本社・技術開発センター)

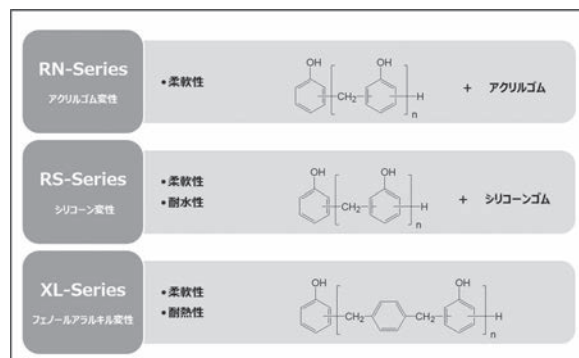


図3 特殊フェノール樹脂 MILEX

RNシリーズでは、硬くて脆いフェノール樹脂の印象を覆す柔軟性を有し、様々な温度域で高い振動吸収性を有します(図4)。これにより「鳴き」「振動」を解決し、乗用時の快適性向上に貢献しています。またRSシリーズは、独自技術によりシリコンゴムを樹脂内に均一に分散させた製品で、耐水性と耐熱性、振動吸収性のバランスに優れます。ローターの防錆にも有効な特性を有しています(図5)。

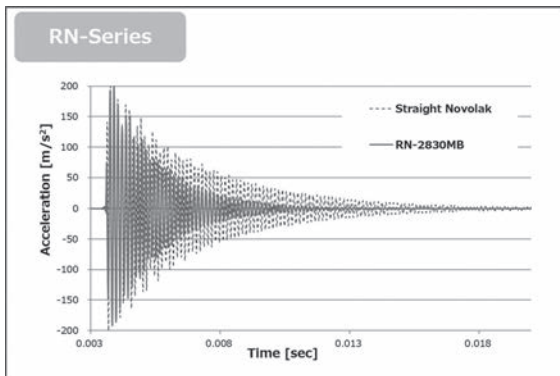


図4 RN-Seriesの振動吸収特性測定例(一般的なフェノールノボラック樹脂との比較)

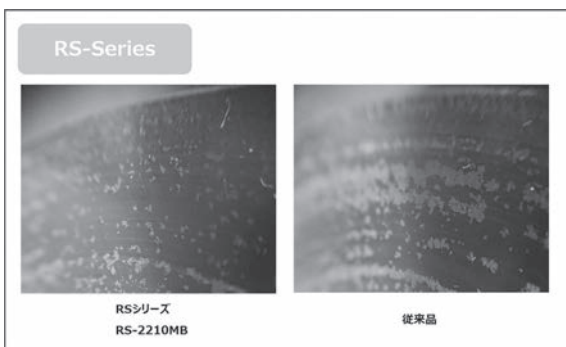


図5 RSシリーズ防錆性試験実施例：従来樹脂と比較してRS-2210MBを使用することで錆の発生を抑制していることを確認した。試験片：400℃耐摩耗性試験後のローターを使用、観察条件：温度25℃、湿度段階的に50%→80%→90%に変更し、120日後のローター表面を観察

「カインール」(Kynol)はフェノール樹脂を繊維化した3次元の化学構造を持つ高機能繊維(一般名：ノボロイド繊維)です(図6)。難燃性が高く、高温でも非熔融で熱収縮、発煙量が少なく、有毒なガスを発生しないのが特徴の繊維で、ファイバー、紡績糸、クロス、フェルトと多様な製品群を有します。FBL(Fire Blocking Layer)として航空機、鉄道車両用シート、寝具等に利用されています。さらに、炭化・賦活した活性炭繊維(ACF)は一般の活性炭に比べて吸着速度が速く、各種活性炭繊維の中でも比表面積と繊維強度が高く(図7)、細かく均一な孔が空けられる事が特徴で、特定の除去したい物質だけを速やかに吸着できる特性を有しています(図8)。これらの特性を活かし、脱臭材マスクフィルター、エアフィルター、浄水フィ

ルター、溶剤回収フィルター等に利用され、環境浄化等に貢献しています。



図6 カインール

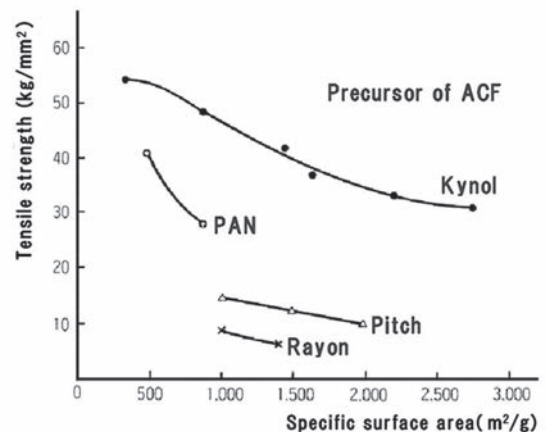


図7 各種活性炭繊維の比表面積と強度

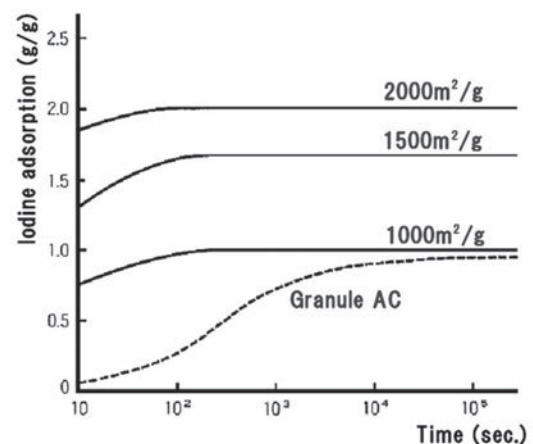


図8 カインールACFと粒状炭のヨウ素吸着速度

3-3 Society5.0実現に向けて

当社では、Society5.0実現に向けて重要となる、デジタル、IoTの進化を材料面から支える開発活動を推進しています。Society5.0を推進するためには、5Gのインフラ整備が必要不可欠である事は周知の通りです。5G通信で使用する電子機器では、通信速度低遅延化や電気信号の低減衰化の為、低誘電率、低誘電正接、耐熱性の各特性が絶縁材料に求められます。当社では、5G、さらにポスト5Gに対応するポリ

マーの開発を進めています。一例として、**低極性フェノール樹脂(FTC509)**の特性を表1、表2に示します。電気特性(低誘電率、低誘電正接)が良好であり、さらに基材への密着性、主剤・添加剤との相溶性に優れた樹脂となっており、主にCCL用途に展開中です。

一方、IoTやAIの登場により半導体需要はますます高まっています。コロナ禍によるリモートワークの普及も半導体需要に拍車をかけています。端末や通信ネットワーク、サーバーなどあらゆる機器に半導体が必要で、IoTには不可欠な存在となっています。その半導体を製造する上で必要な材料がフォトレジストです。当社は日本で初めて半導体フォトレジスト用ノボラックの製品化に成功し、以来、先端レジスト向け素材開発に取り組み続け、生産技術を磨き続けています。特にppbレベルが求められる金属不純物管理にノウハウを結集し、レベルアップに努めています。

表1 低極性フェノール樹脂(品名:FTC509)の樹脂構造及び樹脂特性



測定項目	測定方法	単位	FTC509
形状	—	—	樹脂ワニス (固形形のご提供も可能)
軟化点	メラー	℃	110
熔融粘度	150℃-ICI	P	63
溶液粘度	25℃-E型	mPa・s	330
溶剤:MEK 樹脂分:60%	—	—	—
理論水酸基当量	—	—	1150
可溶溶剤	—	—	MEK、シクロヘキサノン、トルエン等
分子量(Mn)	GPC	—	2300

※記載数値は代表値

表2 低極性フェノール樹脂(品名:FTC509)とエポキシ樹脂の硬化物性

項目	測定条件	単位	FTC509		
			オルソクレゾール型	フェノールヒフェニレン型	ビスフェノールA型
使用エポキシ樹脂	—	—	—	—	—
エポキシ樹脂配合量	—	—	水酸基とエポキシ基が等量になるように配合		
成型、硬化条件	—	—	TPP 2wt% 180℃5時間		
ガラス転移温度	DMA(2℃/min)	℃	115.9	114.5	106.1
5%熱分解温度	TG-DTA(10℃/min)	℃	321.7	330.6	323.4
Tg前貯蔵弾性率	DMA(2℃/min)	GPa	4.64	4.50	5.00
Tg後貯蔵弾性率			0.01	0.01	0.01
Tg前線膨張	TMA(2℃/min)	ppm	88.2	125.9	96.7
Tg後線膨張			176.6	164.5	143.2
比誘電率(ε _r)	1GHz	—	2.80	2.81	2.78
比誘電正接(tan δ)	1GHz	—	0.0031	0.0029	0.0034
硬化物写真	—	—	膜厚:150 μm (オルソクレゾール型)		

※記載数値は代表値

さて話は変わりますが、3Dプリンタは第4次産業革命のキーマイテムの一つとされています。3Dプリンタの発展により、省スペースで複雑な工作物の製造も可能となり、今後は輸送に係るコストや消費エネルギー削減

も期待されています。現在各種方式の3Dプリンタが世界中のプリンタメーカーから提案されていますが、当社ではインクジェットプリンタ用に鋳造砂型用材料、粉末床溶融結合造形(Powder bed fusion)向けにカーボン複合材料等を展開し、いずれも実使用可能な特性の成形品を実現しています。この中でインクジェット方式の造形機に対応した砂型材料CCS(キャタリストコーテッドサンド)は、2013年から5年間、国家プロジェクトに参画して開発致しました。当社と参画各社とで開発した超高速砂型積層造形システムは、これまでにない高速造形を実現するものとして評価され、2019年に日刊工業新聞社主催の「第48回日本産業技術大賞」“審査委員会特別賞”を受賞いたしました。

一方、Powder bed fusion用カーボン複合材料は、寸法精度が高いことが最大の特長であり(図9)、併せて高耐熱、高弾性率といった特長があります。現在は自動車部品組み立て時の検査治具(図10)や、簡易型の用途などご利用頂いています。これらの用途では、短納期、軽量化、低コスト化の実現でユーザーよりご好評を頂いています。

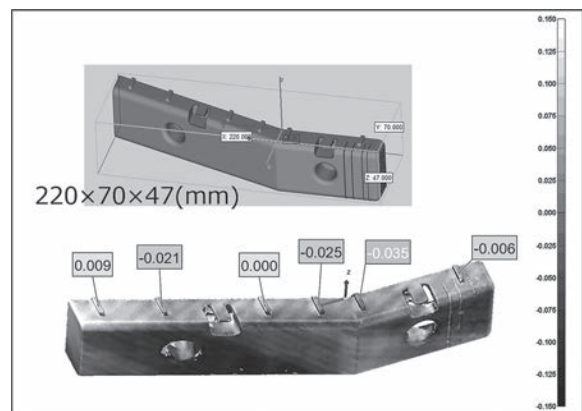


図9 3Dプリンタ用カーボン複合材料(品名:CB50)造形事例;精度評価

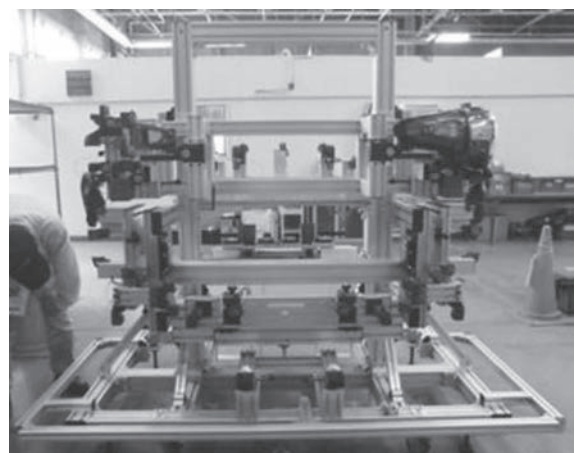


図10 3Dプリンタ用カーボン複合材料(品名:CB50)の自動車用検査治具への適用事例;アルミフレーム+3D造形パーツ(黒色部分)

4. 食品事業

4-1 澱粉糖

食品事業では、澱粉を糖化した水あめや異性化糖の他、機能性食品素材を開発、製造し、健康志向の社会ニーズに対応した商品を食品産業に提案しております。「**グンエイオリゴS**」(イソマルトオリゴ糖)は腸内の善玉菌(ビフィズス菌)を増殖させて腸内環境を整える機能を有しています。写真(図11)の「**トーストに良く合うメープルシロップみたいなオリゴ糖**」や「**オリゴ糖でつくった和風飴**」(たまり、塩、しょうが、につき飴)はイソマルトオリゴ糖が主原料の商品であり、通信販売のほか高崎駅の「群馬いろは」でも販売しておりますので、是非一度ご賞味下さい。



図 11 オリゴ糖関連商品

また、「**ピュアトース**」は、マルトトリオースを主成分とする、高い保水性を持つ糖質素材です。澱粉の老化を抑制する効果が高く、和菓子等の食品を固くなりなくし、食品ロス低減に貢献しています。

4-2 穀物糖化液

近年では穀物の特長、栄養価を生かした穀物糖化液製品の開発、製造にも力を入れています。米、大麦、モルトやサツマイモ等様々な穀物・イモ類を酵素糖化する技術とプラントを保有し、モルトエキス、米シ

ロップ、サツマイモシロップなどの穀物シロップや玄米ミルク、ライスマルク等の穀物ミルクの製造が可能です。植物性ミルクは牛乳などの動物性ミルクに比べ、CO₂削減の観点でも有効とされ、健康志向と合わせて注目されています。当社では、オーツ麦をまるごと糖化したオーツミルクの原料である「**オーツミルクの素**」を発表しました。昨年秋東京ビッグサイトで開催された「食品開発展」、幕張メッセで開催された「ドリンクジャパン」で大きな反響を頂きました。風味豊かで美味しく、食物繊維やたんぱく質が豊富であり、さらに環境に配慮した健康訴求製品として、食品メーカーへ提案を進めています。

5. さいごに

化学品及び食品を扱う素材メーカーとして、CO₂削減、脱石油の観点から両事業で培ってきた技術、ノウハウを融合したグリーンケミカルを追求し、製品開発を推進しています。これまでに植物由来のフェノール類成分を用いたバイオマス樹脂や成形材料、糖類を活用したバインダなどの環境対応製品を生み出し、併せて数々の特許を取得して参りました。現在、さらにこれらの技術を進化させ、高機能化を目指した技術を“糖ケミカル”技術と称し、研究開発に力を入れ育成を図っています。

一方、今後デジタル、環境分野の課題解決を目指す研究開発は、さらに高度化、複雑化していくことが予測され、一企業の力では限界があると認識しています。こうした状況を打破する為に産官学の連携は不可欠であり、オープンイノベーションの取り組みに積極的に参画し、SDGs 達成に貢献して参りたいと考えています。読者の方とのコラボレーションが生まれることを期待しております。

IoT センサノードのための発電フレキシブルプリント基板 ～振動発電・摩擦発電～

群馬大学大学院理工学府 知能機械創製部門 鈴木 孝明

モノのインターネット (IoT: Internet of Things) は、様々な分野で応用検討が進んでいる。既存のモノを IoT 化する際には、センサはもちろんのこと、簡単な情報処理をするマイコンや IC、無線通信デバイス、バッテリーなどの必要な要素を集積したセンサノードが利用される。これらの要素を集積するプリント基板に発電機能を持たせる方法を紹介する。現在の JST-CREST 事業による基礎研究ステージから、技術の実用化に向けた要素技術・システム開発をすすめる産学連携への展開を希望している。

1. はじめに

モノのインターネット (IoT: Internet of Things) とは、スマートフォンやコンピュータといった情報・通信機器だけでなく、様々なモノがインターネットに接続されることで、モノ同士がインターネットのように繋がり、情報交換することにより相互に制御する仕組みである。測定対象の情報を信号化して情報交換するために、図1に示すように、様々な測定をするセンサはもちろん、無線機能と簡単なデータ処理を行う IC などが集積化された「センサノード」がモノに取り付けられる。多数のセンサノードによって、身の回りの空間の情報がわかるようになり、スマートシティ・スマート工場・スマート農業・スマートハウス・構造物ヘルスマニタリング・自動運転システム・ウェアラブルデバイスなど、幅広い分野での利用が期待される。

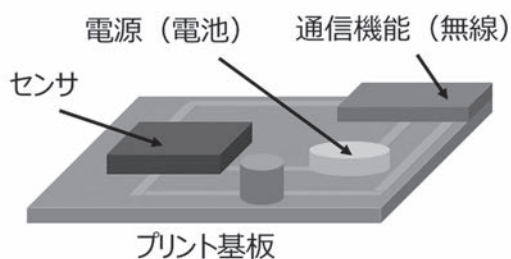


図1 IoT センサノードの構成例

ここで IoT センサノードの重要な要素として、電源がある。使用環境や方法によって変化するが、多くの場合、多数のセンサノードを環境中にばらまくため、ワイヤレス化と共に、電源供給が課題となる。通常は、ボタン電池などの利用が考えられるが、センサノードの数が増えると、その電池の交換などのメンテナンスが課題となる。メンテナンスフリーの技術として、その場の環境中の微小振動から発電する振動発電技術

が注目されている。

振動発電には様々な手法が提案されており⁽¹⁾、発電量の向上が進められているが、デバイスサイズが発電性能のボトルネックとなっている。そこで我々は、センサノードを構成するプリント基板に着目した。センサノードを構成する際には、様々な要素を集積化してシステムとするためのプリント基板が通常利用される。この基板がセンサノードの中で、もっとも広い専有面積を持っているため、これを有効利用した発電方法を提案している。具体的には、プリント基板の中でも特に薄く柔らかいことを特長としたフレキシブルプリント基板と、我々がこれまで研究を進めてきた振動発電・摩擦発電デバイスを組み合わせて、発電するフレキシブルプリント基板とする。これまで研究を進めてきた発電素子は、ポリマー材料を主体としており、フレキシブルプリント基板との材料・加工の両面で、親和性が高い点も特長である。

本報では、発電するフレキシブルプリント基板の概要と、その発電素子となっている振動・摩擦発電デバイスの開発状況、ならびに、今後の応用が期待される領域や技術課題について述べる。最後に、現在の基礎研究ステージから、技術の実用化に向けた要素技術・システム開発をすすめる産学連携の希望についてまとめる。

2. 発電するフレキシブルプリント基板

提案する振動発電フレキシブルプリント基板 (Flexible Printed Circuit: FPC) の概略を図2に示す。一般的なプリント基板に求められる機能は、信号の伝達と電力の供給であり、電気的な接続と絶縁、機械的な配置と固定を担っている。プリント基板の基本構成は、構造、強度を担う絶縁体基板、配線お

よびはんだ付け場所を構成する銅箔、不要なはんだの付着や銅箔の保護を目的としたレジスト(ソルダマスク)からなり、IC や抵抗、コンデンサなどが実装されている。本研究では、ここにさらに、リジット基板に比べて、薄く柔らかいフレキシブル基板を用いることで、屈曲などによる発電が可能な振動・摩擦発電素子を、FPC 全体に接合することで、発電 FPC を構成した。

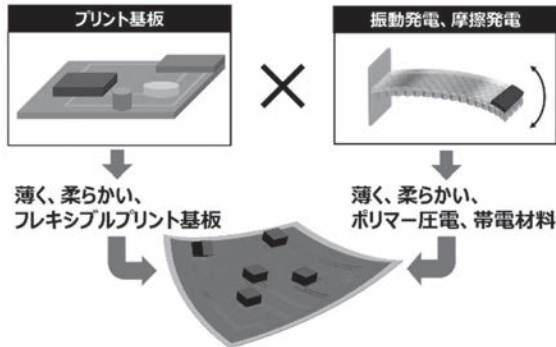


図2 発電するフレキシブルプリント基板の概念

3. 振動発電

環境中の微小振動エネルギーを電気エネルギーに変換することを想定すると、その振動は非周期のインパルスやランダムな振動であるか、あるいは、非常に低い振動数(数十 Hz 以下)が対象となる。振動発電では共振現象を利用して効率良く発電することが求められるが、デバイスのサイズと共振周波数はトレードオフの関係にあるため、デバイスを小さくすると、共振周波数が高くなり、共振現象の利用が難しくなる。

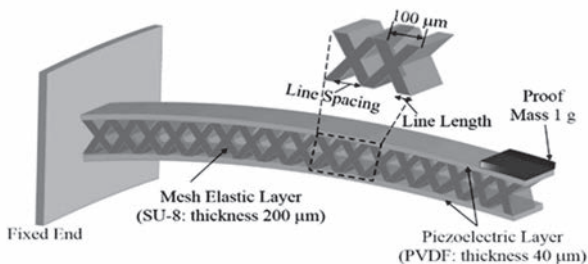


図3 ポリマー振動発電デバイスの概念図

そこで、ポリマーデバイスで可能となる柔軟で複雑な3次元微細形状を組み合わせた圧電型振動発電デバイスを提案している⁽²⁻⁴⁾。デバイスは、図3に示すようなバイモルフ型カンチレバーであり、中心の弾性層をポリマー製メッシュ構造(光硬化性樹脂)とすることで、中立軸からポリマー圧電層(PVDF/TrFE 共重合体)⁽⁵⁾までの距離を保ちながら、曲げ剛性を下げることで、デバイス対応周波数の低周波数化・広帯域化とひずみ量の増大を図り、環境振動の微小エネルギーを電力に変換する構造とした。加振器により振動を加えたときの発電波形は、図4のようになり、弾

性層をメッシュ化することで発電量の増加や共振現象の低周波数化ができることを示した。得られた振動発電機の特徴は、以下の3点にまとめられる。

- ①体積 :10cc 以下(ボタン電池サイズ)
- ②共振 :10 Hz 以下(低周波数・広帯域)
- ③電力 :数十 μ W(センサノードの間欠動作が可能)

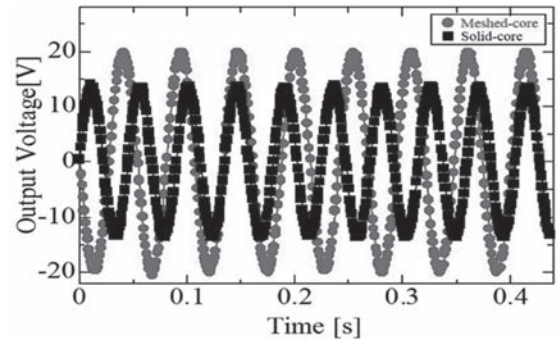


図4 振動発電デバイスの発電波形

4. 摩擦発電

振動発電デバイスは、周期性の振動に対して効率的な発電が可能であるが、よりインパルシ的な振動に対する発電特性に優れると考えられる摩擦発電デバイス(Triboelectric Nanogenerator, TENG)についても、研究を進めている。TENG は、摩擦帯電と静電誘導の2つの現象を利用して力学的エネルギーを電気エネルギーに変換する。デバイスは2種類の帯電材料のそれぞれに電極を接続した構成であり、2つの帯電材料の接触状態の変化によって、負荷抵抗を通過して2つの電極間を電荷が移動し、電気エネルギーを取得する。TENG は、幅広い材料が適用可能であり、低コスト化が可能、適応振動が多岐にわたるなどの特徴があり、注目されている。TENG の発電量は、帯電材料の帯電電荷量と相関があることから、帯電電荷量を増大する検討がなされており、我々の研究室では、帯電材料の組成の検討、接触面構造の形成による有効接触面積の増大などを研究している⁽⁶⁾。図5はその発電例であり、2つの材料の1回の接触と分離で、 2μ J/cm²程度の発電量が得られる。

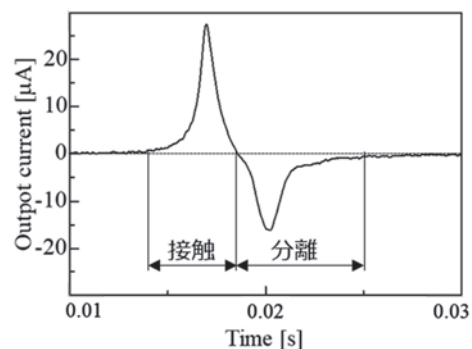
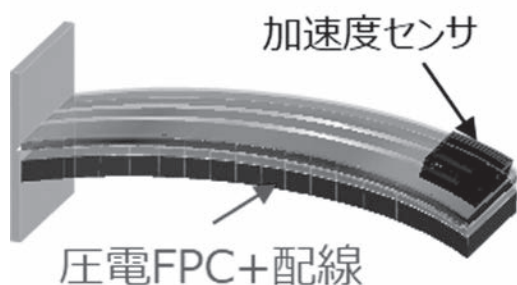


図5 摩擦発電デバイスでの1接触あたりの発電波形

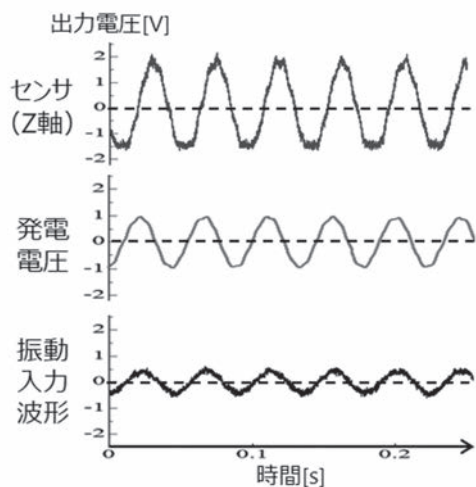
5. 発電 FPC の動作

提案する発電 FPC を用いた IoT センサノードの原理検証として、3章で紹介した振動発電素子と FPC を組み合わせた発電 FPC を試作し、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 加速度センサを実装した例を紹介する。

図6に示すような片持ち梁型の発電 FPC を構成し、その先端に錘の役割を兼ねた加速度センサを配置した。FPC の配線パターンは加速度センサの電極や固定治具となる FPC コネクタの電極に合わせてマスク設計し、厚さ $43\mu\text{m}$ の Cu/PI フィルムを用いてフォトリソグラフィによって作製した。また、加速度センサの実装方法は、IoT デバイスとしての用途の多様性から、少量多品種に対して容易に実装できることと、フレキシブル材料や実装するセンサのダメージレスのために、低温での実装が可能であることの2点を重要視した結果、ワイヤボンディングによって実装し、エレクトロニクス用エポキシ封止樹脂でワイヤをモールドイングした。作製したセンサノードを加振機にて加振実験した結果を図6(b)に示す。振動波形に対して、発電され、同時に、加速度計により加速度が測定されている様子がわかる。本実験では、発電電力によるセンサの駆動にはまだ至っていないが、発電 FPC



(a) 加速度センサを実装した振動発電 FPC



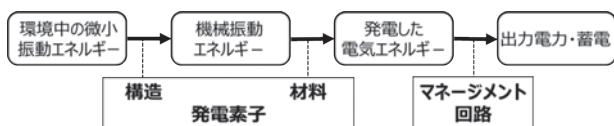
(b) センサノードの測定例

図6 発電 FPC を用いた加速度測定例

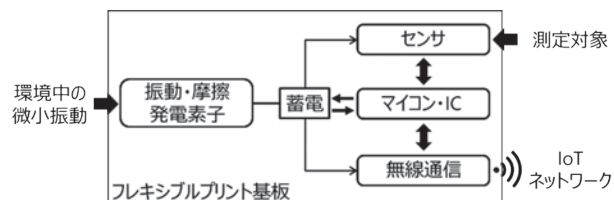
での発電による影響がセンサやその信号にはないことがわかった。

6. まとめと展望

本報では、発電 FPC について、そのコンセプトやセンサを実装した発電 FPC の評価結果を紹介した。紹介した、振動発電素子の基礎研究は、国立研究開発法人 科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業であるさきがけ、および、CREST のプロジェクトとして研究を推進中であり⁽⁷⁾、図7に示す発電素子の構造や材料の研究を進めている。今後、本技術の実用化への課題としては、発電した電気エネルギーを効率的にマネジメントする回路の開発や素子のパッケージング技術の開発が必要であり、発電 FPC としては、IC・センサ・無線モジュールなどの実装方法の検討やシステム開発が必要となり、それらの開発を共同実施頂ける企業や研究室を求めている。また、システム開発にあたっては、1章で示したような幅広い分野での利用が期待でき、これらの分野で協力頂けるユーザーも探している。本技術にご興味があれば、是非ご連絡を頂きたい。



(a) 振動発電のパワーフロー



(b) 発電 FPC 上での信号・電力の流れ

図7 発電 FPC を用いた IoT センサノードの例

謝辞

本研究の一部は、JST CREST JPMJCR19Q2、JST さきがけ JPMJPR15R3、JSPS 科研費 20H02095、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(東京大学微細加工プラットフォーム)の支援を受けて実施した。ここに記して心より謝意を表す。

参考文献

- (1) H. Toshiyoshi, S. Ju, H. Honma, C.H. Ji, H. Fujita, Sci. Technol. Adv. Mater., 20, 124-143 (2019).
- (2) T. Tsukamoto, Y. Umino, S. Shiomi, K. Yamada, T. Suzuki, Sci. Technol. Adv. Mater., 19, 660-668 (2018).

(3) T. Tsukamoto, Y. Umino, K. Hashikura, S. Shiomi, K. Yamada, T. Suzuki, J. Vis. Exp., 144, e59067 (2019).

(4) R. Ichige, N. Kuriyama, Y. Umino, T. Tsukamoto, T. Suzuki, Sens. Actuators, A, 318, 112488 (2021).

(5) N. Kuriyama, T. Nakajima, R. Ichige, T. Suzuki, Sens. Mater., 32, 2503-2515 (2020).

(6) T. Iida, T. Tsukamoto, K. Miwa, S. Ono, T. Suzuki, Sens. Mater., 38, 2527-2539 (2019).

(7) JST 戦略的創造研究推進事業 CREST・さきがけ複合領域「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」,

https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/research_area/ongoing/bunyah27-2.html

<所属、連絡先> 鈴木 孝明 (すずき たかあき)

群馬大学大学院理工学府
知能機械創製部門 教授
専門：マイクロマシン、MEMS、
微細加工、バイオ・IoT 応用

〒 376-8515
群馬県桐生市天神町 1-5-1
TEL : 0277-30-1579
FAX : 0277-30-1599
E-mail :
suzuki.taka@gunma-u.ac.jp
URL :
<https://mems.mst.st.gunma-u.ac.jp/>



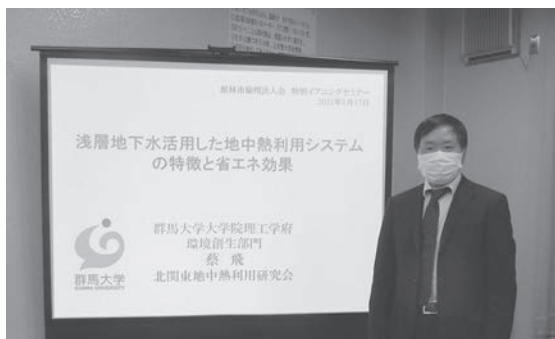
会長 根津紀久雄

(北関東産官学研究会 会長)

nedu@hikalo.jp

浅層地下水活用した地中熱利用システムの特徴と省エネ効果

2021年1月17日 館林市倫理法人会主催の特別イブニングセミナーに於いて、北関東産官学研究会の専門部会である、地中熱利用研究会副会長の蔡飛群馬大学准教授が『浅層地下水活用システムの特長と省エネ効果』と題して、地中熱利用研究会が長年研究・実証してきた成果について講演を行った。主な発表内容は、群馬県の助成金（1/2～1/3の補助）を活用した、浅層地下水利用のオープンループ方式の地中熱利用の実証システムで「農芸ハウスの加温」「事務所の冷暖房」「個人住宅の冷暖房」について特徴と省エネ効果について行った。



講演中の蔡飛准教授

今回、講演の機会を得たのは、2020年11月高崎で行われた展示会で、倫理法人会の櫻井会長が、地中熱利用研究会の展示を見て興味を持たれた結果、要請があり講演の実施となった。講演会では、開演に先立ち地中熱利用研究会関根副会長が、研究会が10年来の研究・



須藤館林市長

開発を進め、地下水の豊富な群馬県への普及を目指していると挨拶された。

館林市の須藤和臣市長が地球環境課の課員4名と共に来場され、須藤市長のご挨拶では“群馬5つの0宣言”に参画し環境行政に積極的に取り組むと力強いお言葉でした。



会場風景

群馬5つの0宣言とは、☆死者0（災害による）☆CO₂ガス0 ☆停電0（災害時）☆排プラスチック0 ☆食品ロス0である。

最後に、北関東産官学研究会根津会長が、講演の機会を提供して頂いたことの感謝を述べ研究会の紹介を行った。

講演会の参加者は、およそ30名であった。ご準備下さった館林倫理法人会の皆さまに感謝しております。



北関東産官学研究会
根津会長

(文責 幹事 上西正久)

編集後記

本誌の重要な役割のひとつは、学術専門誌とは異なる媒体を通じて公的研究機関や大学が所有するシーズを広く民間に情報提供することである。私が群馬大学に赴任してからの18年の間に、単独の企業では実施することが難しい研究開発のお手伝いをする機会が数十件あった。これらは同時に私自身の研究手法を研鑽する機会でもあり、地域の産と学がともに発展し得る極めて有用な接点であると考えている。国立大学の法人化に伴い教員が研究に携わることのできる時間は大幅に減少し、大学では授業や個人研究以外の業務が増加傾向にあり、なかなか時間を確保することが難しいが、企業との共同研究の成果は直ちに社会に還元できるものも多く、こうしたプロジェクトに参加することで地域における大学の存在意義を再認識することができる。

編集委員会における私のおもな仕事は、群馬大学大学院理工学府分子科学部門に所属する教員の研究内容を「シーズを見つけよう」のコーナーでわかりやすく紹介するための段取りを整えることである。激務の中にある諸先生に原稿の執筆を依頼する際には毎回恐縮してしまうが、快くお引き受け下さり、また丁寧なわかりやすくご自身の研究内容を紹介下さる先生も多い。

10年以上ぶりに2度目のご寄稿を頂戴することもあり、過去と現在の研究シーズの違いを見つけることもおもしろい。

私は学位取得後ほぼ一貫して食品研究に携わってきたが、その手法や興味の対象はやはり刻々と変化してきた。唯一変わらないのは、「こんにやく」の科学の発展に寄与する研究を続けていることであり、これはもはやライフワークと言って良い。興味深いことに、海外も含め多数の企業から寄せられる相談内容は、同時期で同業種からのものであれば、ほぼ同じであることが多い。インターネットをはじめとする情報網の発達によって得られる知識の質や量に差がつかなくなったことにより、個々の企業は他社に対する優位性を見出すことが逆に困難になってきているようにも思われる。

企業読者の皆さまには、ぜひ「シーズを見つけよう」をご覧いただき、大学の研究成果を積極的にご活用くださるようお勧めしたい。「シーズを見つけよう」の著者欄には連絡先を明記しているので、小さな疑問でもまずはご相談いただき、地域産業発展の手掛かりとなることを期待している。

(高橋 亮)

特定非営利活動法人

北関東産官学研究会役員名簿

理事(会長)：*根津紀久雄(特定非営利活動法人 北関東産官学研究会 会長)

理事(副会長)：*小宅 勝(群馬県立群馬産業技術センター 所長)、*小沼健夫(サンデンリテールシステム(株) 商品開発本部)、*志賀聖一(群馬大学 名誉教授)

理事：石川利一((公財)群馬県産業支援機構 理事長)、*阿久戸庸夫(株)ミツバ相談役)、大久保明浩(群栄化学工業(株) 開発本部長)、牛山 泉(足利大学 理事長)、鮎澤恭一(関東精機(株) 取締役社長)、三ツ橋隆史(小倉クラッチ(株) 技術本部 張力・産官学担当部長)、辻田雅文(日本コークス工業(株) 栃木工場長)、*黒田正和(群馬大学 名誉教授)、*黒田真一(群馬大学大学院理工学府 教授)、*甲本忠史((一財)地域産官学連携ものづくり研究機構 リサーチフェロー)、小島 昭(特定非営利活動法人 小島昭研究所 理事長)、*渡邊智秀(群馬大学大学院理工学府 教授)、久米原宏之(群馬大学工業会 理事長)、塚越隆史(桐生瓦斯(株) 代表取締役社長)、*大津 豊(桐生市産業経済部 部長)、*石原雄二(桐生商工会議所 専務理事)、北田勝義(株)ミツバ 社長執行役員)、登坂正一(太陽誘電(株) 代表取締役社長)、岸本一也(株)山田製作所 代表取締役社長)、松原維一郎(吉澤石灰工業(株) 代表取締役社長)、伊藤正実(群馬大学 教授)、石川赴夫(群馬大学大学院理工学府 教授)

監事：竹内康雄(竹内税理事務所 所長)、石間経章(群馬大学大学院理工学府 教授)

顧問：関 庸一(群馬大学大学院理工学府 府長)

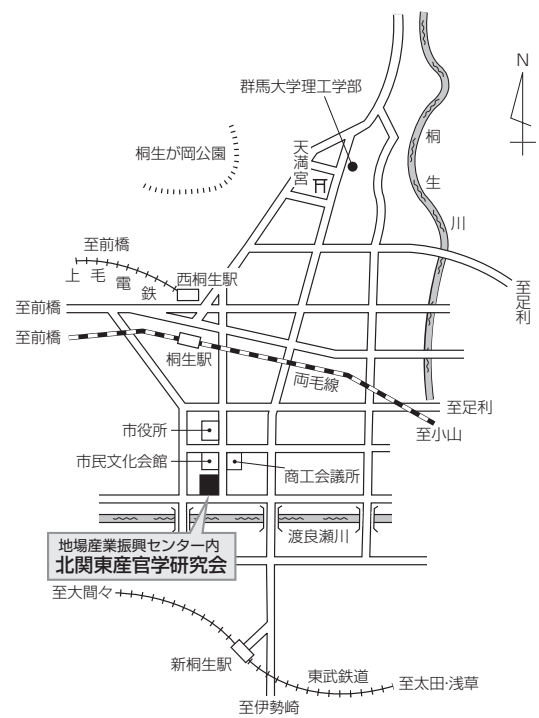
(注)*は常任理事

登録顧問：団長 根津紀久雄

専門部会：群馬地区技術交流研究会(会長 松浦 勉)、北関東地区化学技術懇話会(会長 中川紳好)、複合材料懇話会(会長 山延 健)、地中熱利用研究会(会長 根津紀久雄)

HiKaLoニュース編集委員会：委員長 渡邊智秀

HiKaLo技術情報誌編集委員会：委員長 石間経章、委員(高橋佳孝、高橋 亮、横内寛文、野田玲治、伊藤正実、菅野研一郎、渡邊智秀、栗田伸幸、鈴木孝明、根津紀久雄、萩原三男)、他連絡委員数名



HiKaLo 技術情報誌

第75号 Vol.20, No.4

2021年3月22日 発行

編集・発行：北関東産官学研究会 編集委員会

《お問い合わせ先》 山藤まり子

〒376-0024 桐生市織姫町2-5

Tel 0277-46-1060

Fax 0277-46-1062

印刷：株式会社 上昌



国立大学法人 群馬大学

※HiKaLoとはNPO法人北関東産官学研究会の英訳
Highland Kanto Liaison Organizationの頭文字
から名付けられています。