2021年度エクセレントコア国際研究拠点シンポジウム

サイレントボイスセンシング

～ 自然との共感 ～

2022年3月4日(金)
オンライン開催

「ラピュタの雷」
提供：音羽電機工業株式会社

ネコブセンチュウと卵塊
提供：熊本大学 / 澤研究室

主催 JAIST エクセレントコア「サイレントボイスセンシング国際研究拠点」
後援 JAIST支援機構
協賛 東京工業大学
『サイレントボイスとの共感』地球インクルーシブセンシング研究拠点

２０２１年度エクセレントコア国際研究拠点シンポジウム

『サイレントボイスセンシング　～自然との共感～　』

主催 JAIST エクセレントコア「サイレントボイスセンシング」国際研究拠点
後援 JAIST 支援機構
協賛 東京工業大学『サイレントボイスとの共感』地球インクルーシブセンシング研究拠点

【日時】2022 年 3 月 4 日（金）　9:30 ～ 17:00
【場所】完全オンライン開催（Zoom）

プログラム

■イントロダクション

9:30　開会挨拶　水田　博（EC SVS 拠点長）

■第1部:『自然のサイレントボイス』

9:40　**招待講演**:「気象観測と災害予知」
　　鴨川 仁先生（静岡県立大　特任准教授/ NPO 富士山測候所を活用する会事務局長）

10:40　一般講演:「大気のサイレントボイスセンシング」
　　音羽電機工業 工藤 剛史氏／Afsal Kareekunnan 研究員

11:20　一般講演:「センシングによる災害時の広域被害推定」
　　郷右近 英臣先生

11:50　（昼休み）

■第2部:『生物・生体のサイレントボイス』

13:00　**招待講演**:「植物感染性線虫、サツマイモネコブセンチュウの誘引物質の解析」
　　澤 進一郎先生（熊本大学 教授　植物発生・生物間コミュニケーション研究室）

14:00　一般講演:「コロナウィルスセンサ」
　　BioSeeds Corporation Biyani Manish 先生／高村 禅先生

14:40　一般講演:「嗅覚センシングの最前線」
　　太陽誘電 服部 将志氏／Manoharan Muruganathan 先生

15:20　一般講演:「イオニクスと触覚」
　　長尾 祐樹先生

15:50　一般講演:「分子間力視点における物質の吸着現象と材料設計」
　　増田 貴史先生

16:20　一般講演:「Towards a cultural change in female intimate care - opportunities for sensing technologies」
　　Dr Ryo Mizuta（Univ. of Cambridge /ALMA co-founder）

■クロージング

16:50　閉会挨拶

『サイレントボイスセンシング～自然との共感～』開催にあたって

水田　博
JAISTエクセレントコア『サイレントボイスセンシング』国際研究拠点
mizuta@jaist.ac.jp

私たちをとりまく自然、生物、人々、モノ、生活環境、社会インフラは、常に微弱な信号を様々な形（電界、磁界、振動、音、光、化学物質、生体物質など）で発しています。これら声なき声（サイレントボイス）　を聴き取ることは、例えば気象現象の予測、病気の早期発見、潜在的なストレスの察知、構造物劣化の予兆検知などを可能にします。サイレントボイスに気づき、自然、人、社会との共感を得ることで、我々は自らの行動を変容し、多様性を受け入れる豊かで寛容な共生社会の実現に向けて前進することができます。

『サイレントボイスセンシング』国際研究拠点では、異なる研究領域で活躍する５つのグループが連携して、サイレントボイスを聴き取るための極限的センシング技術を開拓しています。また、センシングデータを処理・分析する IoT・AI 技術、さらにその最先端技術と人、自然、社会が調和するインタフェースやシステムの研究も進めています。

本シンポジウムでは、種々の高感度センシング技術、それを支える先端材料の基礎と応用、さらに社会実装に向けた試みまで、第一線でご活躍の研究者の方々にご講演をいただきます。第一部では【自然】、特に大気のサイレントボイスに焦点をあて、落雷予測と災害時の被害推定について最先端技術を議論します。第二部では、【生物・生体】の様々なサイレントボイスをとりあげ、それらと共感するための様々な試みを紹介します。

北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授･副学長(研究戦略担当)、エクセレントコア『サイレントボイスセンシング』国際研究拠点長。大阪大学大学院理学研究科物理学専攻修了、工学博士。日立製作所中央研究所主任研究員、英国日立ケンブリッジ研究所所長兼主任研究員、東京工業大学助教授、英国サウサンプトン大学教授を経て現職。2017 年度から卓越教授。2020 年度特別学長補佐。 2003-2015 年ニュージーランド MacDiarmid Institute of Nanotechnology 国際諮問委員。2016-2017 年マレーシア国民大学(UKM)客員教授。2012 年英国物理学会(IOP)フェロー表彰。2018 年度文部科学大臣表彰 科学技術賞（研究部門）受賞。専門はグラフェン、ナノエレクトロニクス･NEMS（ナノ電子機械システム）･センサ。

気象観測と災害予知

鴨川　仁
静岡県立大学　グローバル地域センター
kamogawa@u-shizuoka-ken.ac.jp

現代の社会において地球温暖化の問題は、人間生活に甚大な影響を与えることから、いかに温暖化の影響を抑えるかという討議がなされている。甚大な影響をもたらすものの一つとして挙げられるのは極端気象の増加であろう。極端気象というのは、極端な高温/低温や強い雨など、特定の指標を越える現象であり、積乱雲による竜巻・突風・降雹・集中豪雨などは極端気象の最たる例である。本講演では、地球温暖化および積乱雲の監視を大気電気的な視点で行うことで自然災害の減災ができるかを考察する。

地球は、海洋を含む大地と電離圏と呼ばれる宇宙の間で、球殻コンデンサーを形成しており、全球の落雷活動および降雨により地球規模のコンデンサーが充電され、晴天静穏領域においては、宇宙線による電離で形成される大気イオンが電荷のキャリアになることによって放電している。これらの充放電のバランスによって日変化等するものの大地からみて電離圏電位は絶えず250 kV程度に維持されている。このことは、大気圏内は大気電場が鉛直下向きに発生していることを意味しており、全球で大気電場が場所によらず同じ変化するということは、地球全体が直流の電気回路(Global electric circuit)になっていることが理解できる。コンデンサーの充電機構は全球の落雷活動が起因であり、落雷活動はわずかな気温変化でも大きく変動することから、電離圏電位の測定は実質上の地球平均気温の監視となる(8℃で100 kVほど変化することが航空機観測からわかっている)。つまりわずか１点の電離圏電位の測定で地球全体の気温の理解ができるという安価な観測方法となり、気温測定の検証としても有効な方法といえる。ただ電離圏電位観測は、地表から少なくとも10 kmぐらいまでの高度の大気電場測定値を積分する必要があり、従来型の大気電場測定装置フィールド・ミルというモーター駆動機器では容易に気球等の飛翔体に搭載することは技術面、コスト面などで難儀を要し、継続的な観測には不向きである。そういった最中、超小型、低消費電力、モーターを用いない、安価な大気電場装置は大気電気学の研究者から100年以上も渡って欲していたものであり、グラフェンによる大気電場センサーはこれらを解決するものである。

大気電場センサーは多点配置により電気を持つ積乱雲の観測に威力を発する。落雷発生予測のみならず、まだ未解明な部分が残される積乱雲内部の電荷の様子など、グラフェンセンサーと飛翔体を組み合わせることで、積乱雲の理解が深まり、竜巻、突風、降雹、集中豪雨、落雷などの予測が飛躍的に高まるはずである。

静岡県立大学グローバル地域センター地震予知部門特任准教授。早稲田大学理工学研究科物理学及応用物理学専攻修了。博士（理学）。東京学芸大学教育学部基礎自然科学講座物理科学分野助手、助教、准教授ののち 2019 年より現職。専門は、自然災害科学、大気電気学、地球電磁気学、物理教育。現在、認定ＮＰＯ法人富士山測候所を活用する会専務理事・事務局長及び認定ＮＰＯ法人大学宇宙工学コンソーシアム（ＵＮＩＳＥＣ）理事。研究テーマは、電磁気的観測手法にて雷、津波、地震、火山、地吹雪の発生予測など目指している。

大気のサイレントボイスセンシング

ー 襲雷予測実現に向けたグラフェン電界センサの開発 ー

工藤 剛史
音羽電機工業株式会社
kudou@otowadenki.co.jp

カリクンナン アフサル
北陸先端科学技術大学院大学
afsal@jaist.ac.jp

襲雷予測を行う上で重要となる大気電界を計測することを目的に、先端ナノ材料であるグラフェンを用いた超小型・低消費電力の電界センサを開発した。グラフェン電界センサを屋外に設置し、大気電界の連続観測を実施したところ、20 km以上離れた落雷の検出に成功した。本講演では、襲雷予測実現に向けたグラフェン電界センサの開発や今後の展望について述べる。

雷被害から人命や生産活動を守るためには、避難と活動再開の意思決定をサポートする的確な襲雷予測情報が重要である。大気電界を観測することにより、雷放電の発生有無に関わらず、その場の雷に対する危険度を可視化することは原理上可能である。既存の大気電界センサはモーター駆動の回転部を有しており、センサ寿命、消費電力、サイズの面で課題があった。そこで我々は、先端ナノ材料であるグラフェンを検出用チャネルとした、駆動部の無い、超小型かつ低消費電力の電界センサを開発した。

グラフェン電界センサデバイスは、グラフェンに流れるドレイン電流を計測することで電界を検出することができる。センサデバイスの外部から電界を受けると、グラフェンと SiO_2/グラフェン界面のトラップとの間の電子が移動するため、チャネルであるグラフェンに流れるドレイン電流が変化する。センサデバイスに加わる外部電界が高いほど、トラップとグラフェン間を移動する電子の数が多くなり、ドレイン電流の変化量が大きくなることから、電界の大きさを検出することができる。襲雷予測をする上で大気電界の極性を知ることは重要であるが、このセンサデバイスは電界の大きさだけでなく極性の判定も可能である。

グラフェン電界センサデバイスを屋外で使用するために、ドレイン電流計測回路を開発し、センサデバイスおよび計測回路を屋外防水ボックスに実装したセンサモジュールを開発した。2021 年 6 月から兵庫県尼崎市でセンサモジュールを屋外に設置し、大気電界計測のフィールドテストを実施した。数 km 以内の落雷時に出力信号がサチュレーションすることなく検出することができ、20 km 以上離れた落雷に伴う電界変化の検出に成功した。また、2021 年 12 月より石川県内灘町で冬季雷観測を目的としたフィールドテストを実施しており、冬季雷の検出に成功した。

本講演では、上記の内容に加え、雷被害の実態や雷情報・電界センサの現状と課題、グラフェン電界センサの高性能化の研究開発、今後の展望について述べる。

工藤 剛史
1977 年 岐阜県に生まれる。2000 年 3 月 筑波大学第一学群自然学類卒業。同年 4 月、音羽電機工業株式会社に入社。雷害対策コンサルティング業務、雷現象および雷害対策に関する研究業務に従事。2011 年 4 月から業務の傍ら、北海道大学大学院理学院 宇宙理学専攻の後期博士課程に入学。2014 年 3 月 同後期博士課程修了。博士(理学)。現在、音羽電機工業株式会社 技術本部基盤研究グループ長(部長)として、大気電界センサの研究開発や宇宙エレベータの地球電磁現象の影響・雷保護等の研究に取り組む。文部科学省 科学技術・学術政策研究所 NISTEP 専門調査員。日本大気電気学会運営委員。

Afsal Kareekunnan
2010-2013: Bachelor of Science (B.Sc) in physics from University of Calicut, Kerala
2013-2015: Master of Science (M.Sc) in physics from Indian Institute of Technology (IIT) Madras
2015-2016: Project assistant at IIT Madras, where he worked on thin-film solar cells.
2016-2019: Doctor of Philosophy (Ph. D.) in materials science from Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST) under Prof. Hiroshi Mizuta. The doctoral study focused on the theoretical and experimental study of valleytronics properties of two-dimensional materials.
2019-present: Post-doctoral researcher at JAIST, Mizuta lab. As a post-doctoral researcher, apart from continuing the study on valleytronics, he is also involved in the study of using graphene as an electric field sensor for lightning prediction.

センシングによる災害時の広域被害推定

郷右近　英臣
北陸先端科学技術大学院大学　先端科学技術研究科
gokon@jaist.ac.jp

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震津波や2016年の熊本地震、令和元年東日本台風のような広域自然災害が発生した時に、災害対応に従事する全ての機関は、情報通信手段の途絶により被災地の情報が取得できなくなるという情報空白期に直面する。この被災地の情報が取得できず、どこで何が起きているのかがわからない状況は、その後の災害対応や復旧、復興の遅れにつながるため、可能な限り迅速にこの状況を打破する必要がある。この状況を打破する手段として、人工衛星やドローンを活用したリモートセンシング技術が注目されている。特に、被災地に行かずに広域の被災情報を収集可能とする衛星リモートセンシング技術は、情報通信手段が途絶し、道路などが遮断された状況において、大きく貢献することが期待される。

本日は、広域自然災害発生時に、衛星画像から被害の分布を把握する研究として、2011年の東北地方太平洋沖地震津波被災地を観測したレーダーの画像から、津波浸水域や建物被害を推定する手法の研究を紹介する。津波浸水域や建物被害の把握には、合成開口レーダー（Synthetic Aperture Radar：SAR）というシステムを利用した。これは、衛星から地表面に照射したマイクロ波に対し、地表面で反射して衛星に戻ってきたマイクロ波の強度や位相がどの程度変化しているかによって、地表面の情報を把握するシステムである。津波で浸水した箇所をSARで観測すると、低い画素値を有する画像を得ることができる。これは、衛星から照射したマイクロ波が、滑らかな水表面の上で反射すると、衛星の方向に戻ってきづらくなることによるものである。このように、SARにより取得した衛星画像の画素には、物理的な意味が含まれており、これらの画素の特徴と地表面で生じた物理的な変化の関係を明らかにすることが、高精度かつ汎用性の高い広域被害把握技術を開発するためにも、重要となる。本日は、SARにより得られた画像データの画素の特徴と地表面の形状変化の関係の分析や、そのデータからシステマティックに被災地の被害量を推定する手法について、紹介を行う。

2012 年-2015 年　日本学術振興会特別研究員(DC1)
　東北大学大学院に在学中、ドイツ航空宇宙センターと共同でリモートセンシングによる津波被災地の建物被害把握手法の開発に従事。
2015 年-2019 年
　東京大学生産技術研究所・都市基盤安全工学国際研究センター(ICUS)・助教
　ICUS の目黒公郎教授の指揮のもと、リモートセンシングを活用した津波防災の総合管理とミャンマーの災害対応力の強化の研究に従事。
2019 年-2022 年　北陸先端科学技術大学院大学・知識科学系・准教授
　災害リモートセンシングによる災害対応力の高度化の研究と、データ分析と知識科学の統合による災害時意思決定の高度化の研究に従事。

植物感染性線虫、サツマイモネコブセンチュウの誘引物質の解析

澤　進一郎
熊本大学大学院先端科学研究部　生物環境農学国際研究センター
sawa@kumamoto-u.ac.jp

植物感染性線虫は、年間数十兆円ともいわれるほど巨大な農業被害をもたらす害虫だが、それに対抗する効果的な農薬や有用品種は、あまり開発されていない。一方、多細胞植物と多細胞動物の生物間コミュニケーションの解析にも、センチュウ感染系は良い実験系と考えられる。

私達は、そのセンチュウがどのように植物を認識し侵入するのか、また、侵入後どのように植物の仕組みを利用してセンチュウが自身の感染を成立させているのかに興味を持ち、研究を続けている。

本セミナーでは、以下に示す参考文献の内容を中心に、植物感染性線虫の誘引物質について、以下の４つのテーマについて紹介する。①シロイヌナズナの種子ムシゲルの中の多糖に線虫誘引物質があることが分かった。②フラックスシードの種子ムシゲルの RG-I に線虫誘引活性があることを明らかにした。③ケミカルライブラリースクリーニングによる誘引物質の探索を行い、ジアミン類に誘引活性が有ることを明らかにした。④誘引物質を用いたトラップ剤の開発にむけた準備を始めた。

参考文献

Tsai et al., 2021, Science Advances, 7, eabh4182（フラックスシードからの線虫誘引物質単離）
Toyoda et al., 2021, Plant Biotech. 38. 157-159（線虫トラップ剤の開発にむけて）
Oota et al., 2020, Mol. Plant. 13.658-665.（ケミカルライブラリーからの線虫誘引物質単離）
Tsai et al., 2019, Mol. Plant. 12, 99-122.（シロイヌナズナの種子ムシゲルに誘引活性発見）

植物感染性線虫に親しんで頂くために、以下のサイトでクイズゲームを是非トライしてみてください！
https://bsw3.naist.jp/plantcellwall/nkb48/　（植物感染性線虫の感染のしくみの紹介）
https://bsw3.naist.jp/plantcellwall/nkb48/game.php　（クイズ　根こぶ４８！）

1999 年　京都大学大学院理学研究科（理学博士；岡田清孝教授）
　植物の背腹軸決定に関わる遺伝子の単離・解析
1999-2002 年　東京都立大学大学院理学研究科（助手；小柴共一准教授）
　植物ホルモンオーキシンの合成経路の解明・合成酵素の単離の試み
2002-2006 年　東京大学大学院理学系研究科（助手；福田裕穂教授）
　植物の維管束分化に関わる遺伝子の単離・解析
2006-2010 年　東京大学大学院理学系研究科（助教授・准教授；福田裕穂教授）
　植物のペプチドホルモンの同定と機能解析
2010-現職　熊本大学大学院先端科学研究部　教授
2021-現職　熊本大学生物環境農学国際研究センター　センター長（兼任）
　ペプチドホルモンの同定と機能解析；植物感染性線虫の感染の仕組みに関する研究

Lab-free Lab-quality sensing of COVID-19

Manish Biyani[1,2] biyani@jaist.ac.jp

Yuzuru Takamura[1] takamura@jaist.ac.jp

[1]Department of Bioscience and Biotechnology, JAIST

[2]BioSeeds Corporation

On the emergence of new infectious virus strains like SARS-CoV-2 that results in outbreaks, the availability of lab-free testing of infected suspects (symptomatic or asymptomatic) that results in minutes and directly from samples is the most effective way to prevent human-to-human disease transmission and pandemics. Hundreds of molecular tests have been rapidly introduced, albeit still faces an arduous journey to mass usage, mainly due to the shortcomings in the existing laboratory-based testing paradigm for RNA-based viral diagnostics.

In this talk, we will introduce advance bioengineering of our earlier studies on isothermal amplification technology, termed RICCA (RNA Isothermal Co-assisted Coupled Amplification) assay, and developing a simple electrochemical printed sensing platform using field-effect transistors (FETs) with a primary focus towards detection of viral RNA as low as few tens copies/μL directly from COVID-19 saliva sample within 20 min, which requires no laboratory handling or sample pre-processing. Figure 1 shows the schematics of our sample-to-answer assay.

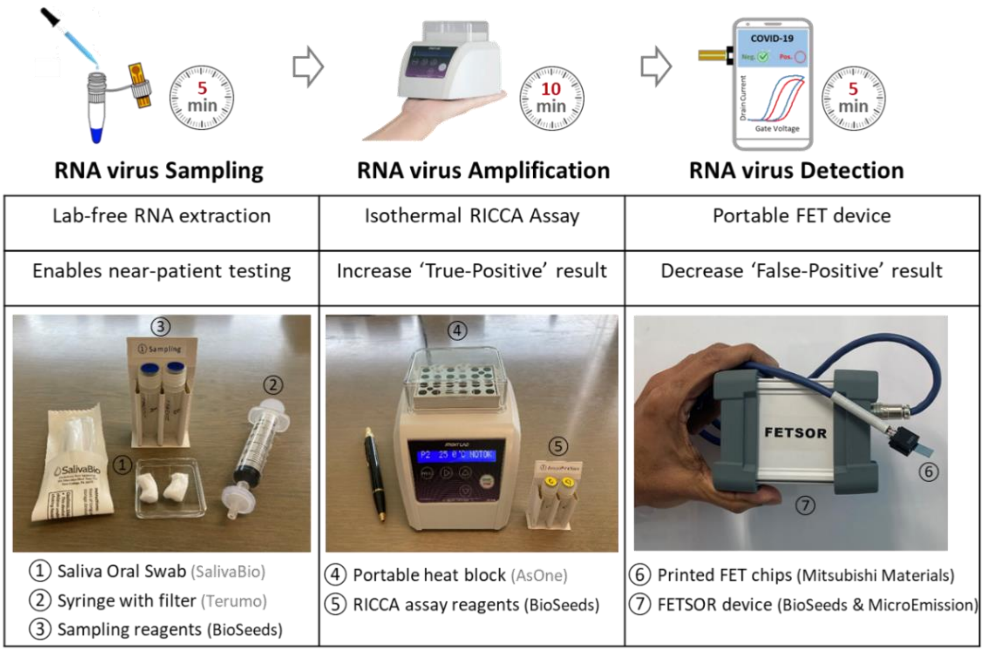

Figure 1*: Schematics of working flow for RNA testing of virus using RICCA and FETSOR*

Dr Manish Biyani received PhD (2004) in Biological Science from Saitama University, Japan. Dr Biyani built a career in the field of Biotechnology and was invited as Research Scientist to join two major national projects of JST from 2004 to 2013, where Dr Biyani used nanobio-device tools to develop high-speed molecular evolution reactor for screening novel and highly-functional bio-molecules and bio-drugs. Dr Biyani also appointed as staff (Res. Assistant Professor) in the Department of Bioengineering at The University of Tokyo from 2009-2013. In Jan 2014, Dr Biyani is invited to join JAIST as Res. Associate Professor and promoted to Res. Professor from Jan 2021. Along the way, Dr Biyani built and headed two new startups for India-Japan collaboration as founding director of Biyani BioSolutions Pvt Ltd, a venture from Biyani Group of Colleges and BioSeeds Corporation, a venture from JAIST. His major areas of research interest include Molecular Evolutionary Engineering, Low-cost molecular diagnostics, Bio-drug discovery, DNA-based nano architecture, and Biosensors. Dr Biyani is the recipient of several prestigious awards including JB OUP award from International Union of Biochemistry and Molecular Biology, The photopolymer science and technology award from Photopolymer society Japan, Japan Foreign Minister's Commendation award. Dr Biyani has co-authored 17 patents and above 50 peer-reviewed journal papers. He also edited 2 books, 9 book chapters, delivered 2 keynote talks and 48 invited talks worldwide and participated in over 130 national or international conferences. He acquired 16 research grants (10 as PI and 6 as Co-PI).

Dr. Yuzuru Takamura received his Ph.D. from The University of Tokyo in 1995. Then, he held positions as research fellow of Japan Society for the Promotion of Science from 1995, research associate at Institute of Space and Astronautical Science from 1996, Research Associate at The Univ. of Tokyo from 1999 and associate professor at Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST) from 2003. He is currently a Professor at School of Materials Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology. He co-founded Micro-emission Ltd as a venture company from JAIST in 2006 to practicalize one of his research result for micro elemental analizer. His research interest includes the study on microfluidics, micro electronic and mechanical systems and their application to single cell analysis, medical diagnosis, and environmental analysis. He won the awards for Science and Technology in the Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology in 2014. He co-authored more than 90 patents and above 200 peer-reviewed journal papers.

嗅覚センシングの最前線

服部 将志
太陽誘電株式会社
mhattori@jty.yuden.co.jp

Manoharan Muruganathan
北陸先端科学技術大学院大学
mano@jaist.ac.jp

IoT 社会において、様々な電子機器がインターネットにつながるようになり、五感センサに代表されるセンシング技術と、AI に代表されるデータ解析技術との組み合わせにより、安心安全な社会の実現が期待されている。しかし、五感センサにおいて、嗅覚を代替するセンサは最も開発が遅れていたが、最近になって嗅覚の代替となりうるにおいセンサの開発が活発になってきている。そこで、本講演では前半は嗅覚センシングの最新の開発状況や嗅覚・においセンサに求められる性能と活用事例、社会実装に向けた課題の紹介を行う。また、当社でもにおいの検知による危険予知、空気質管理、メディカル用途への適用を想定してにおいセンサの開発を行っており、当社が開発を進めるにおいセンサと AI 解析技術と組み合わせたにおいセンサシステムの開発状況についても紹介する。後半は北陸先端科学技術大学院大学と共同で開発を進めている高感度グラフェンセンサの開発状況を報告する。

グラフェンは、低ノイズ、二次元特性、高い移動度、高感度という特徴を備えているため、超高感度ガスセンサを含むさまざまなアプリケーションへの活用が見込まれる。しかし、高湿度下では固有ドーピングが高くガス選択性も低いため、ガスセンサへの実用化の妨げになっている。ガス選択性の付与には、グラフェンの官能基修飾/金属ナノ粒子コーティングが有効な手段となる。また、実用化にあたっては、これらの手段の実現のための製造プロセスは量産性のあるものである必要がある。今回グラフェンの官能基修飾として紹介する多孔質な特徴を有する活性炭構造は、その製造プロセスは容易であり、且つ、優れた分子篩効果により高いアンモニア選択性を備えている。活性炭修飾されたグラフェンを用いた電界効果トランジスタは、大気中で 500ppt のアンモニアに対する感度を有し、室温で約 3 秒という高い応答性を示す。また、金属ナノ粒子コーティングでも量産性の高いプロセスでグラフェンセンサを作製可能であり、このナノ粒子被覆グラフェンセンサでも同様にアンモニアに対して高い選択性を示すことが確認できている。今回の講演ではこれらの研究事例を紹介する。

服部 将志
太陽誘電株式会社　開発研究所
機能デバイス開発部　兼）　新事業推進部　課長
2017年よりにおいセンサの開発に従事

マノハラン ムルガナタン
バーラシア大学(インド)で電子通信工学の学士号を取得、インド工科大学(インド)で電気工学の修士号を取得、東京工業大学で物理電子工学の博士号を取得。博士課程の研究テーマは、「広帯域幅と高感度な読み出しが可能なRFシリコン単一電子デバイスの開発」。 2012年5月より北陸先端科学技術大学院大学に勤務。現在、グラフェンナノ電気機械システム（NEMS）デバイス、ガスおよび電場センサ、およびそれらの原子スケールのデバイスシミュレーションの研究に従事。 70以上の国際ジャーナル論文、4冊の専門書籍の執筆、100以上の会議のプレゼンテーションに参加。

イオニクスと触覚

長尾祐樹
北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
ynagao@jaist.ac.jp

動物やヒトが外界を感知するための五感は、感覚機能として生活に欠かせないものである。触力覚は物に触れその質感を感じることや、物を掴んで操る動作において重要な役割を担う。現在の触力覚のセンシング技術は、生体が成しえる低消費電力での高度なセンシング技術に対して課題が残されている。物体の曲げ、圧力およびせん断力に対する人工的な触力覚のセンシング技術の多くは、電子輸送を用いた半導体材料と電子回路による、材料の抵抗や静電容量の変化を計測することに基づいてきた。一方で、多様な触力覚のセンシング技術の中には、物体の変形をリアルタイムでモニターすることで、機械学習を組み合わせた画像解析から触力覚センシングを行う試みもなされている。いずれにしても、機械的負荷を定量的に検出するロボット用の触力覚センサーは、省電力化や軽量・小型化等が課題である。

ヒトの触力覚センシングの中でも皮膚感覚の取得に関与するのは、皮膚に分布する自由神経終末および四種類の機械受容器とされている。機械受容器は機械的刺激を受けることで階層的構造が変化し、イオンチャネルが制御されると考えられている。その結果生じる受容器電位情報が脊髄を経て脳へ伝達される機構が見事に実現されている。これに対して、イオン伝導性ソフトマター分野における人工的な触力覚センシングは、分子構造の設計指針すら確立していない未知の分野である。

我々はこれまでに、イオン伝導性ソフトマターにおいて、高イオン伝導性を有する材料設計の観点から、分子配向や階層的構造の長距離秩序性がイオン伝導に与える影響を検討してきた。例えば、溶媒下の排除体積効果を利用して高分子鎖を集積することが可能なリオトロピック液晶性を用いることで、剛直な主鎖を有するスルホン化ポリイミドで、階層的構造の１つであるラメラ構造化に成功している。この組織構造は加湿を受けると、構造内に水が周期的に含有されることで、水のナノチャネルが自発的かつ規則的に形成され、室温で10^{-1} S cm^{-1}レベルの高いプロトン伝導性や5桁の面内・面外の異方的なイオン伝導性を示す。このような組織構造を有する高イオン伝導性ソフトマターは数例しか報告されていない。我々は、触力覚センサーの材料として、組織構造を有する本材料の可能性について探索を開始したところである。本発表では、リオトロピック液晶性による高イオン伝導性ソフトマターの材料設計方法と圧力に対するプレリミナルな実験結果を共有したい。

1977 年東京都生まれ。2001 年筑波大学第一学群自然学類を卒業、2003 年筑波大学大学院数理物質科学研究科物質創成先端科学専攻修士号取得後に退学。2006 年九州大学大学院理学府凝縮系科学専攻を修了。博士（理学）を取得。2006 年東北大学大学院工学研究科機械システムデザイン工学専攻助手、2010 年科学技術振興機構さきがけ研究員、2011 年京都大学大学院理学研究科化学専攻連携研究員を経て、2012 年から北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科准教授。2016 年から同大学先端科学技術研究科准教授。2020 年より同大学サイレントボイスセンシング国際研究拠点准教授を兼務。2011-2014 年最先端・次世代研究開発支援プログラム研究代表者。2017 年東京大学大学院工学研究科非常勤講師。専門はナノプロトニクス。

分子間力視点における物質の吸着現象と材料設計

増田貴史
北陸先端科学技術大学院大学
mtakashi@jaist.ac.jp

特定物質を効率的/特異的に検出部に吸着させることは、ある種のセンサにとって重要な操作となってくる。本研究は弱い相互作用として知られるCasimir-Lifshitz(CL)エネルギーの作用領域と支配力を設計し、「エネルギー染み出し」の特徴を用いた特異な吸着現象を実現する。

Casimir-Lifshitz (CL)エネルギーの一形態はvan der Waalsエネルギーとも呼ばれ、相互作用する物質間の距離の逆6乗則に従う短距離相互作用である。しかしこのエネルギーは以下の3つの特徴から時に系のエネルギーバランスを支配する。1.加算性を持ち、巨視的物質では最大で距離の逆1乗則に従う長距離相互作用へ変化する、2.量子性を持ち、エネルギーの染み出しが発生する、3.引力/斥力といた状態の反転制御が可能である。これら特徴は、物質の吸着を利用するタイプのセンサで重要な因子となる。

本研究はCLエネルギーの設計指針を明らかにすることで、吸着現象の高度な制御性を見出すことを目的とする。

図1はエネルギー染み出しによる吸着現象を示す。基板上に滴下した高分子溶液の乾燥時の挙動を直上から観察した顕微鏡写真である。(a-c) の基板は全て表面がSiO2であるが、(b,c)の基板は内部にCrのパターンが隠されている。更に(c)はCrからのエネルギー染み出しを高分子が見抜けるように設計されている。すると(c)では高分子はCrが埋め込まれている直上でのみ物理吸着を起こす。この様にCLエネルギーの活用は、特異的な吸着現象を設計できる。

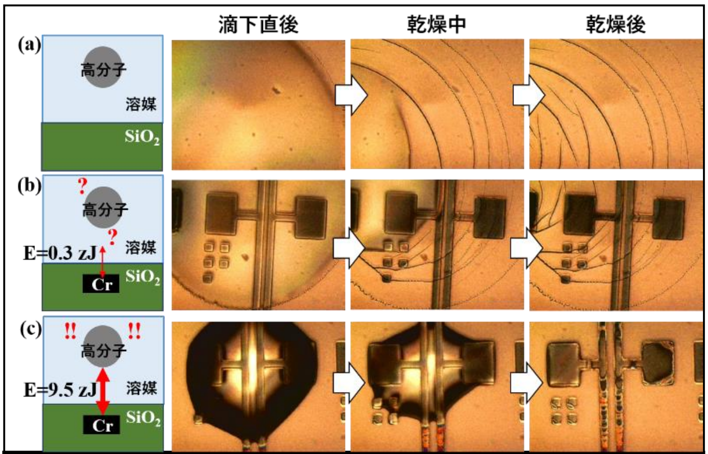

図 1. エネルギー染み出しの検証実験。基板上に滴下した高分子溶液の乾燥時の振舞いを直上から顕微鏡で観察。(a)SiO2 基板上の液滴の挙動。(b)SiO2 内部に Cr を仕込んだ基板。Cr からの染み出しエネルギー(0.3zJ)<ブラウン運動エネルギー(4zJ)であり、高分子は Cr を検出しない。結果(a)と同じ乾燥挙動をとる。(c)Cr からの染み出しを 9.5zJ に設計。高分子は Cr を見抜き、Cr 上で溶媒もろとも吸着/析出。

セイコーエプソン株式会社で有機半導体やプリンテッドエレクトロニクスの研究開発に携わる。その後、北陸先端科学技術大学院大学に移り分子間力の研究を始める。特に微細な相互作用の 1 つである Casimir-Lifshitz エネルギーを専門とし、当該エネルギーの計算手法の開発や物性値の再解釈、実際の物理現象に及ぼす影響などを研究対象とする。主な受賞歴は船井情報科学振興財団奨励賞、Science, Technology, and Innovation for SDGs Award 文部科学大臣賞、Falling Walls Award (Emerging Talents section) Finalist など。趣味は茶道。

Towards a cultural change in female intimate care - opportunities for sensing technologies

†R. Mizuta*, †T. Busolo, †G. Malliaras

† University of Cambridge, Department of Engineering, Division of Electrical Engineering, Cambridge, United Kingdom, CB3 0FF

*rm832@cam.ac.uk

Vaginal health has been systematically neglected due to a combination of taboos and inadequate policy/funding, contributing to continually poor health outcomes for females*. In particular, vaginal infections such as bacterial vaginosis impact up to 30% females worldwide, with over 50% of patients experiencing recurrent conditions (3+ incidences per year) [1]. These conditions lead to a lower quality of life and an increased risk towards other complications if left untreated, ranging from urinary tract infections (UTIs) to chronic diseases such as endometriosis. Such clinical challenges are compounded by systemic socio-cultural barriers. On one hand, entrenched gender biases in academia have hindered fundamental research, limiting our understanding of disease etiology and the development of novel treatments. On the other hand, females are made to feel ashamed about their intimate health due to today's societal norms, leading to many not voicing their problems or seeking medical assistance when needed. For example, only 25% of females in the UK can access appropriate medical services in a timely manner, while 84% reported instances of not being listened to by healthcare professionals [2]. Given the complex milieu of intertwined factors, tackling challenges in female intimate care requires radical improvements from both social and scientific perspectives.

A key factor influencing overall vaginal health is the state of the vaginal microbiota (i.e., its bacterial community). Maintaining a healthy microbiota, in which *Lactobacillus* is dominant, is key for preventing vaginal conditions ranging from bacterial vaginosis to urinary tract infections (UTIs) and chronic diseases including endometriosis. However, this is non-trivial given that the vaginal environment is highly dynamic, being influenced by diet, the menstrual cycle, hygiene products, contraceptive use, and pregnancy. Recent research has shown that biomarkers of the microbiota (e.g., proteins, metabolites) are abundantly available in discharged cervicovaginal fluid (CVF) [3]. Capturing changes in CVF composition is therefore a promising avenue towards elucidating microbiota state in real-time and better understanding vaginal health. However, an outstanding bottleneck is the availability of suitable measurement tools and techniques to achieve this. This presentation will discuss some of the emerging opportunities and challenges for sensor technologies to address this gap. In particular, we will highlight the importance of grounding such technologies with real-world socio-cultural needs in translating them from academic to commercial settings.

** Female = women, transgender women, women with transgender experience*

[1] Peebles et al., *Sex. Transm Dis.,* 2019, 46(5), 304

[2] UK Department of Health and Social Care, Women's Health Strategy for England, 2021

[3] Zegels, G. et al., *Proteome Science*, 2010, 8(63)

Ryo Mizuta received his undergraduate M.Sci degree in Natural Sciences from the University of Bath in 2016. He completed his PhD in 2020 at the University of Cambridge under the supervision of Prof. Stephan Hofmann, funded by the EPSRC Doctoral Training Centre in Nanoscience and Nanotechnology. During his doctoral training, he worked on a novel *operando* scanning electron microscopy platform for monitoring growth and etching dynamics of 1D and 2D nanomaterials. Currently, he is co-founder at ALMA and a post-doctoral research associate (NanoDTC Translational Prize Fellow) at the University of Cambridge in Prof. George Malliaras' group, where his work focuses on developing wearable biosensors for vaginal health monitoring.

ご挨拶

寺野　稔
北陸先端科学技術大学院大学学長、エクセレントコア推進本部長

2021 年度エクセレントコア国際研究拠点シンポジウム『サイレントボイスセンシング〜自然との共感〜』の閉会にあたり、本学を代表する研究組織であるエクセレントコアを統括的に支援するエクセレントコア推進本部の本部長として、ひと言ご挨拶申し上げます。

今回のシンポジウムでは、国内外の大学、企業の研究者をお招きし、『サイレントボイスセンシング〜自然との共感〜』をテーマに、第１部『自然のサイレントボイス』では、静岡県立大学　特任准教授の鴨川仁先生に招待講演「気象観測と災害予知」と題してご講演をいただき、その後、３人の講師から、自然界での現象や災害時のセンシング活用についてご紹介していただきました。第２部『生物・生体のサイレントボイス』では、熊本大学教授の澤進一郎先生に招待講演「植物感染性線虫、サツマイモネコブセンチュウの誘引物質の解析」と題してご講演をいただき、その後、７人の講師から、生物・生体でのセンシング活用についてご紹介していただきました。
特に今回のシンポジウムで特筆すべきは、企業と本学の研究者による３つの共同講演があり、産学連携の観点からも大いに称賛に値することだと思います。

ご参加の皆様には、本シンポジウムを通じて、私たちの身の回りの自然、モノ、生活環境、社会インフラ、そして私たち自身が発している、多くの微弱な信号（電界・磁界、振動、音、光、化学物質、生体物質など）、これらの声なき声（サイレントボイス）を検出することにより、例えば気象現象の予測、病気の予防や早期発見、精神的ストレスのモニタリング、物質の劣化や変化の予測などを可能にすることを知っていただけたと思います。

本シンポジウムを新たな起点として、研究開発と普及がこれから飛躍的に進展し、そして多大なる社会貢献として結実することを願うとともに、ご講演いただきました講師の皆様の今後益々のご活躍をご祈念いたします。

最後に、本シンポジウムの開催にあたり、ご後援ご協賛をいただきました一般社団法人 JAIST 支援機構、東京工業大学『サイレントボイスとの共感』地球インクルーシブセンシング研究拠点の皆様方に深く御礼を申し上げ、私からのご挨拶といたします。

北陸先端科学技術大学院大学学長、エクセレントコア推進本部長。
東京工業大学大学院総合理工学研究科化学環境工学専攻博士課程修了、工学博士。
東邦チタニウム株式会社触媒開発室　主席技師長（部長職）を経て、1993 年度から北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科教授、2014 年度から理事、副学長、2020 年度学長。2006-2008 年高分子学会　高分子の崩壊と安定化に関する研究会（現グリーンケミストリー研究会)会長､2008-2014 年マテリアルライフ学会会長、2007 年から日本ポリオレフィン総合研究会会長。
専門は高分子化学、触媒化学。

2021年度エクセレントコア国際研究拠点シンポジウム

実行委員

北陸先端科学技術大学院大学

研究推進課研究施設支援係	羽部 静代
	田中 愛
エクセレントコア推進本部	浅田 敏信
	辻 正信
	水野 恵介
水田研究室	水田 博
	Afsal Kareekunnan
	関 玲子
	内山 章

謝辞： 事務作業を補助していただいたJAIST支援機構の谷口智子さんに感謝します。