

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：梅原 徳次

所属・職：名古屋大学大学院工学研究科・教授

区分：工学系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：工学系科学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策

-機能性表面の創成と評価における新たな潮流と展開

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

カーボンニュートラルを目指した持続型社会の形成が求められ、その実現において新たな機能性表面の開発及びその効率の探索のための評価手法の開発は急務の課題である。機械工学の分野では、エネルギーの有効利用だけでなく、持続的獲得のために機能性表面の研究が進められている。

エネルギーの有効利用としては、機械の駆動部を支持する摩擦面において省エネ・長寿命のために超低摩擦・超耐摩耗表面が求められる。また、太陽電池パネルにおいて汚染による光エネルギーの効率の劣化防止のためや、着氷を制御する機能性表面の研究開発も行われている。

機能性表面の創成と評価の2023年度における学術動向をまとめる。

超低摩擦・超耐摩耗表面の創成について、カーボン系硬質膜を中心として、FCVA とスパッタリングやイオンビーム等を用いた複合成膜において、窒素などのガスイオンの導入として、カーボンターゲットに吹きつけ供給する方法が提案され、窒素含有量と硬さなど、トレードオフの関係であった問題の解決方法が提案された。

地熱発電に代表される持続型エネルギー取得のための機能性表面として、カーボン系硬質膜に窒素や水素を含有し、かつカーボンの骨格構造の結合形態を制御した硬質膜が提案され、模擬熱水中でのシリカ付着試験において、従来の金属材料と比較し著しく付着量を低減できることが報告されている。対照実験により、骨格構造の変化に伴う電子の挙動の重要性が明らかになり、基礎実験での科学的解明が待たれる。

新しい動きとして、従来摩擦低減のためには油等を外部から供給してきたが、低温プラズマを駆動力として、固体表面と周囲の雰囲気ガスを原料とした摩擦部その場潤滑剤の生成による超低摩擦機械の可能性が示された。酸性で揮発性な潤滑性を有する液体の生成が見られ、特有の固体表面と周囲ガスにより低摩擦がその場で実現した。しかし、揮発性の液体の生成であり、液体の成分及びそれにより超低摩擦実現のメカニズムの解明が強く求められる。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：永田 晴紀

所属・職：北海道大学大学院工学研究院・教授

区分：工学系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：「工学系科学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策 ―航空宇宙工学および関連分野における新たな潮流と展開―」

キーワード：宇宙輸送工学、ロケット、SDGs、商業宇宙利用

航空宇宙工学の中で特に宇宙輸送・推進工学の動向を調査した。化学推進系である液体ロケット、固体ロケット、およびハイブリッドロケット関連の論文数はいずれも増加を続けているが、ハイブリッドロケットが10年前の2倍強であるのに対して、固体および液体は3倍前後の伸びを示しており、論文件数の伸びに差が見られる。特に液体ロケットは伸びが大きい。宇宙輸送工学研究の全体的な動向として商業宇宙利用の活発化が影響力を増しており、ベンチャー企業を始めとする民間分野での研究開発が活発化している。これが論文数の増加を牽引していると考えられるが、ハイブリッドロケットは固体ロケットおよび液体ロケットと比較して技術的に成熟しておらず、実用化例が少ないため、民間分野での研究開発の牽引力が弱いと考えられる。

商業宇宙利用の活発化により、SDGsの意識の高まり、低価格化、および小型化への意識は引き続き強まっている。具体的には、低毒/無毒推進系と3D印刷に関連する研究が増加傾向にある。低毒/無毒推進系は安全管理コストの削減を通じて低価格化にも繋がるため、商業宇宙利用とSDGsの両面から研究が活発化していると考えられる。小型宇宙機で採用例が多い電気推進関連の研究も活発であった。

今後の実用化を目指す宇宙輸送技術としてはデトネーションエンジンに関する研究が2023年も活発であった。特に回転デトネーションエンジンが引き続き注目されている。2023年に発表されたデトネーションエンジンに関する学術論文の過半数は回転デトネーションエンジンに関するもので、国際学会でもデトネーションエンジン関連の講演発表の多くが回転デトネーションエンジンに関するものであった。スクラムジェットを始めとする空気吸込み式推進機関関連も大きな盛り上がりを見せた。ラムジェットの高速度化や複合サイクルエンジン等、亜音速域から超音速域までをシームレスに繋ぐ推進機関を実現するための技術開発が多く見られた。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：渡部 平司

所属・職：大阪大学大学院工学研究科・教授

区分：工学系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：工学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策

－表面界面科学を基軸とした先進デバイス工学の新たな潮流と展開－

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：先端半導体、立体構造デバイス、半導体人材育成

コロナ禍でのサプライチェーンの混乱や、不安定な国際情勢を背景に、経済安全保障の観点から半導体分野への関心が高まっている。過去に日本は世界の半導体の半分以上を生産していたが、そのシェアは低下の一途を辿ってきた。よって近年、半導体産業の復興を目指して、当該分野に大規模な予算投入が進められている。集積回路分野では、2nm 世代の先端半導体の製造を目指すラピダス社が北海道の千歳市に新工場の建設を進め、多額の国費が投入されている。また、ラピダスと対になる形で、その先の技術開発を担うオープンプラットフォームとして、国立研究機関や大学などで構成される最先端半導体研究センター（LSTC）も設立された。これらの動きに対する海外からの関心は非常に高く、半導体分野の国際会議では、海外の多くの研究者からプロジェクトの進捗や組織構成に関する質問を多く受けた。2nm 世代の先端半導体を構成するトランジスタは、微細な半導体ナノシートの周囲を極薄の絶縁膜と電極が取り囲む GAA（Gate-All-Around）構造を採用している。一方、国内企業は GAA 構造提案以前の基本的な 3 次元素子（Fin 構造）の研究開発に携わった技術者でさえ限られており、ラピダスの技術者の多くは、1990 年から 2000 年代にかけて先端プロセス開発を経験したミドル及びシニア世代が中心的な役割を担うと思われる。従って、半導体産業の継続的な発展のためには、中長期的な視野に立った人材育成が必須である。また、近年の先端半導体に関する国際会議は、デバイスの性能のみを競う傾向が一段と強くなっている。Fin や GAA と言った立体構造デバイスは、異種材料界面の集合体であり、学理に根差した材料開発や製造プロセスの構築が益々重要となるが、技術のブラックボックス化が進んでいる。つまり、単なる半導体人材の育成に留まらず、この数十年来の遅れを取り戻し、さらに世界をリードするためには、高度な学理に根差した物づくり技術に関する教育研究環境を早急に充実させる必要がある。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：木須 隆暢

所属・職：九州大学大学院システム情報科学研究院・教授

区分：工学系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：工学系科学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策－応用低温物性ならびに電気電子材料工学の境界領域における新たな潮流と展開－

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：カーボンニュートラル、高温超伝導、核融合、電気推進、AI

応用低温物性ならびに電気電子材料工学の分野では、超伝導に代表される先進材料の開発とそれを用いた電気システムへの応用、また、超伝導量子ビットを用いた量子コンピューティングシステムなど、パワー応用から革新的エレクトロニクスに至るまで幅広い分野における新たな潮流が見られる。本調査では、関連する主要学術会議におけるテーマやセッション構成、参加者の推移について調べる事により、本分野における最新研究、国際的な研究動向、AI・DX化や融合研究に関する調査を実施した。

主要国際会議の Plenary talk のテーマを概観すると、1)高磁場高温超伝導マグネットを用いた小型核融合炉、2)高エネルギー密度を実現する超伝導モータによる航空機電気推進、3)これらの応用のための高温超伝導線材の量産化技術、4)液体水素の冷却技術と超伝導と複合化したエネルギーシステム、5)量子コンピューティング用冷却技術などにおいて新たな展開がみられた。

地球温暖化対策の緊急性の高まりとともに、近年小型核融合炉に関するスタートアップが欧米を中心に相次いで設立され、研究が加速している。複数の方式が提案されているが、従来の金属系超伝導体に比べより高磁場の発生が可能となる、希土類系高温超伝導線材（以下、REBCO 線材と略記）を用いた高磁場小型核融合炉を実現し、早期の核融合発電の実現を目指そうとするものがその中核の一つとなっている。これらの小型核融合炉を1つ実現するには、REBCO 線材に対するデマンドが2030年ごろまでに数10,000 kmに達するといわれている。また、REBCO 線材を用いた超伝導モータは、通常のCuの巻線に変えて、超伝導線材でコイルを構成し、小型軽量で高出力・高効率を実現できる特徴を活かして、航空機のCO₂排出量削減のための電気推進の分野でも大きな注目を集めている。これらの応用のため、REBCO 線材の量産化のための研究開発が急速な立ち上がりを見せている。REBCO 線材の特性把握のための計測技術に、機械学習によるデータ解析を組み合わせることで従来法では検知できていなかった欠陥部位を特定したり、プロセス技術との連携によるプロセスインフォマティクスに展開する研究など新たなトレンドが見られる。今後の高信頼性材料の量産化技術として研究の進展が期待できる。

また、冷却技術の分野でも、磁気冷凍を用いた高効率な水素の液化技術、液体水素の20 K という冷熱を利用した超伝導と液体水素を複合化したエネルギーシステムは、高効率のエネルギー貯蔵や、再生可能エネルギーの大量導入を可能とするエネルギーシステムとして中・長期的なカーボンニュートラルを実現するエネルギーシステムとしてフィージビリティスタディが開始されている。また、超伝導量子ビットをベースとする量子コンピューティングの大規模化のための基盤技術として、大容量の希釈冷凍技術に対するニーズが高まっている。すなわち、超伝導応用

技術とそのための冷却技術はそれぞれの応用に応じて対をなした開発が加速している。

学術の国際交流の状況：主要な国際会議の参加者、発表件数はコロナ前の水準にほぼ戻ったといえる。会議の実施形態は大規模な国際会議はほぼ対面実施のみであるが、小・中規模の会議は半分程度がハイブリッド形式で行われており、ハイブリッド形式は今後も残ると思われる。大規模会議の場合は、時差の問題があり、ハイブリッド会議の実施は運営側、参加者側双方にとって容易ではない。

大型プロジェクト支援：超伝導分野の具体的な大型プロジェクトの例としては、REBCO 線材の量産化技術、高速製造技術の開発を支援するプロジェクトが米国 DOE の主導する ALPA-E プログラムで 2023 年 12 月より開始された。これは前項に述べた、小型核融合炉開発における REBCO 線材のデマンドの高まりとよくリンクしている。国内においてもムーンショット型研究開発プログラムの目標 10 にフュージョンエネルギーが採択され、2024 年 1 月には関連シンポジウムが実施された。本プロジェクトは、2050 年の核融合発電が実現した社会からバックキャストして、今実現すべき挑戦的な研究課題を推進しようとするもので、ハイリスク・ハイリターンな研究課題を支援しようとするものである。前述した欧米でのスタートアップによる活況な小型核融合炉の開発競争に対して、我が国における産業化も視野に入れた産学連携や人材育成が期待される。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：淡路 智

所属・職：東北大学金属材料研究所・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：応用物性関連、金属材料物性分野に関する学術研究動向 -革新的超伝導材料及び超伝導マグネット開発の潮流と展開-

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：超伝導材料、超伝導マグネット、SDGs

2023年度は多くの超伝導関連国際会議が開催され、応用超伝導に関する議論が活発に行われた。国際会議を中心として、関連研究者との個別の情報交換によって動向調査を実施した。現在、高温超伝導線材を用いた核融合炉開発が世界中で精力的に行われており、これに必要となる希土類系高温超伝導線材を販売する会社では、その生産能力の飛躍的向上がなされている。そのため、希土類系高温超伝導テープの価格が下がり、核融合以外の高温超伝導機器開発への影響も現れている。核融合で20K以下の低温で20T以上の強磁場を想定している関係で、強磁場マグネット技術や低温強磁場中の超伝導特性評価も注目を浴びている。希土類系高温超伝導テープ特有の問題として多層膜構造に起因した剥離対策に加えて、工業製品としての品質管理などが議論されるようになってきた。強磁場を目指す以上、電磁力対策は必須であり超伝導コイル内部の複雑な応力/ひずみ分布や、これに対する超伝導層の劣化防止方法の検討が広く議論されている。さらに、安定稼働や形状等の品質管理なども、実用レベルで議論に上がっている。特に、局所劣化に起因したコイル保護と、超伝導テープ内に誘起される遮蔽電流誘起応力が深刻な問題として議論が活発化している。これは希土類系高温超伝導材料を用いたマグネット全般に関わる問題であり、様々な検討と議論がなされているが、現時点で明確な解決法が見つかっていない。一方で、温暖化やエネルギー問題など地球規模の諸問題に対し、超伝導が貢献できることを世界的なアライアンスを組むことで対応しようとする目的で、Superconductivity Global Alliance (ScGA)が形成された。国際会議MT-28では、これについてSpecial sessionが行われ、核融合・パワー応用・医療・スマートサイエンス・超伝導材料の各分野の代表的研究者が、現状とその将来性について講演とパネル議論で、超伝導技術の現状と貢献について議論された。この議論は今後も継続的に実施される予定である。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：片田 直伸

所属・職：鳥取大学工学部・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：触媒プロセスおよび資源化学プロセス，無機物質および無機材料化学関連分野に関する学術研究動向ーカーボンニュートラルに貢献する新規触媒材料の展開ー

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：カーボンニュートラル，燃料，化学原料，炭化水素，CO₂回収，CO₂水素化

乾燥地で大規模な太陽光発電と CO₂ 回収を行い，炭化水素を製造して消費地に運ぶことに貢献する研究が急増している。

カーボンニュートラル化のために，乾燥地で太陽光から電力を得て，その電力で水を電気分解して水素を得て，空気中の窒素または CO₂ と反応させて輸送のための媒体を製造し，タンカーで運び，消費地で分解・利用することが構想されている。特にサウジアラビアなどは太陽光が豊富で未利用地が多いなどという自然環境に加え，大きな投資が可能で積み出し設備が整っているという社会的環境も有しており，水素の生産地として有望である。加えて，サウジアラビアなどは有力な産油国であるので，代替エネルギー・資源の供給源となることが，原油の採掘によって富を得ることを放棄する大きな動機となることが期待される。サウジアラビアなどに加え，オーストラリア，サハラ砂漠，アルゼンチンの乾燥地で大規模な太陽光発電を行う計画が始まっており，いずれの場合にも電力源と消費地（東アジア，ヨーロッパ，北アメリカ）との間に太平洋を超えてエネルギー・資源の媒体を運ぶための技術開発が必要となっている。このための媒体の候補としてアンモニア・軽油相当の炭化水素・ガソリン相当の炭化水素の3つが挙げられるが，炭化水素は輸送コストが低く，中でもガソリンは消費地で燃料や化学原料として利用できるのが合理的である。近年ではガソリンを媒体とするシステムに貢献する CO₂ 回収のための吸着剤となる MOF (metal organic framework) に加え，CO₂ 水素化で直接ガソリンを得るための触媒材料となる Co/MFI ゼオライトなどに関する研究が，まだ総件数は少ないものの急増している。年間論文数の経年変化からは，アンモニアを媒体とするための大きな技術的課題であるアンモニア分解の触媒に関する論文が 2000 年頃から増加したのに対し，炭化水素の一種である軽油製造のための CO₂ から FT 合成についてはその 10 年ほど後から増加し，CO₂ からガソリンへの反応については最近になって急増している（ただし絶対数は非常に少ない）。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：多々見 純一

所属・職：横浜国立大学大学院環境情報研究院・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：

無機材料および物性分野に関する学術研究動向

ーセラミックスのものづくりおよび機能と信頼性革新のための新たな潮流ー

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：セラミックス、計測・可視化技術、粉体プロセス

無機材料物性関連分野では、優れた材料機能を実現するための研究開発が進みつつある。その重要性は、SDGs やカーボンニュートラルな社会の実現に向けて益々高まっており、そのための先端計測・可視化技術や粉体プロセスの高度化などの検討が盛んに行われている。例えば、セラミックスの製造において焼成は不可欠なプロセスであったが、カーボンニュートラルの観点から焼成で消費するエネルギーを低減することが強く求められていた。これを克服するべく添加有機物の量の低減や微粒子の構造制御の活用による反応の均質化といった粉体、特にその界面制御の観点からの研究が拡大しつつある。また、セラミックスのものづくりを支える粉体プロセスに関しては、微粒子の乾式コーティングによる構造制御を活用した電池材料の高性能化や、従来のセラミックスの常識を覆す常温での緻密化技術、医療用分野で発達してきた内部構造観察法である光干渉断層計をプロセス評価に用いる研究など革新的なプロセスと観察手法が見出されつつある。

ウェルビーイングに欠かせない歯科用セラミックスの代表であるジルコニアセラミックスは、現在実用化が進んではいるものの、その長期信頼性を支配する低温劣化過程の克服に関する研究開発が、欧州を中心に世界中で多くの研究がなされている。その研究は、新規な原料粉体から成形・焼成方法に至る製造関連の科学・技術とともに、多岐にわたる評価方法、特に、ミクロスケールの力学特性評価などがトレンドである。持続可能社会の実現に不可欠なセラミックス部材の代表である軸受や絶縁放熱基板として用いられる窒化ケイ素セラミックスは現在市場が急成長している分野であるが、中国では多くの研究者が活発に研究を進めており、着実に成果があらわれつつあった。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：谷 和夫

所属・職：東京海洋大学 学術研究院 海洋資源エネルギー学部門・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：地盤工学関連分野に関する学術研究動向－海洋資源エネルギーの開発－

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：海底鉱物資源，採鉱・集鉱，揚鉱，処分

海洋・海域の地盤は，その成り立ちや環境が異なることから，大陸・陸域の地盤とは構造や性状などの特徴が異なることが知られている。一方，地盤工学は，文字通り地殻の表面である地盤についての工学分野であり，建設，資源・エネルギー，農林水産，環境などに係る産業からの要請に応える形で発展してきた。令和2（2020）年度から令和4（2022）年度には，沿岸～沖合域に適用される主に地盤施工技術に係る研究動向を調査した。これにより，およそ水深200メートル以浅で展開される建設分野に係る地盤工学の研究動向を把握することができた。

令和5（2023）年度には，建設分野に次いで地盤工学が重要とされる資源エネルギー分野に係るより深い（水深が数百メートル超の）海底地盤に関わる地盤工学の研究動向を調査した。その結果，主に以下の結論を得た。

- 1) 主に熱水鉱床，マンガン鉱床，コバルトリッチクラストを対象に，採鉱・集鉱・揚鉱・処分について調査した。マンガン団塊の採掘が技術的に進んでいるが，商業開発のレベルには至っていない。
- 2) 主に，採鉱・集鉱に利用する重機の開発が報告されているが，スラリー移送およびエアリフトによる揚鉱の技術レベルの詳細は不明である。
- 3) 処分については海中ないし海底での投棄が想定されているようであり，海底の生態系への影響が懸念される。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：村上 俊之

所属・職：慶應義塾大学理工学部・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目： 機械システムのセンサ，アクチュエータ分野に関する学術研究動向

ーロボティクス・メカトロニクスシステムの制御応用技術ー

キーワード： ロバスト制御，適応制御，強化学習，ハプティクス，モーションコントロール

ロボティクス・メカトロニクスシステムの制御応用技術に関する研究開発は，ロボットや機械システムの応用拡張や多様性をはじめとした人との協働システムに関連して多くの研究開発が行われている。特に，ロバスト制御，適応制御，**Model Predictive Control** を含めた制御技術に基づいた応用開発事例，また人との協働システムにおいて要となる力制御技術については，**IEEE Industrial Electronics** が主催する高度運動制御に関する国際会議（**IEEE 18th International Conference on Advanced Motion Control, AMC2024**）において最新の研究発表が数多く行われていた。一方で，人が寄与できない悪環境における耐久性を踏まえた位置センサレス，力センサレス制御については実用応用段階に来ており，実装のための諸問題解決が必要不可欠となっていることが垣間見られた。ロボットの社会実装に向けた話題としては，2023年度の電気学会産業応用部門大会において，「柔らかさ」，「安全性」，「軽さ」，「長時間駆動」，「薄さ細さ」，「瞬時大出力」の各種キーワードに応じたサービスロボットの開発事例等の発表が行われていた。サービスロボットに求められる長時間駆動，必要とされるモータの瞬時最大出力の再検討等が特に強調され，興味深い開発研究が示されていた。

ロボティクス・メカトロニクスシステムの制御応用展開においては，安全性や環境適応性等に関わる諸問題とも関連が深く，機械学習による知能化やエネルギー消費を抑えるための制御技術の開発も重要性が増している。また，ロボットの遠隔操作システムへの展開も期待されており，ハプティクス技術による遠隔操作ロボットのリアルタイムでの感覚フィードバックが安全な協働作業実現のための重要な技術開発となっている。ことため，情報通信技術も重要なことは言うまでもなく，**Beyond 5G** として進められている「高速・大容量」，「低遅延」，「多数同時接続」，「超低消費電力」等の技術が遠隔操作ロボットの推進に及ぼす影響は計り知れない。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：田中 真美

所属・職：東北大学大学院医工学研究科・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「医療福祉工学関連分野に関する学術研究動向－医療福祉工学と他分野との境界領域における新たな潮流と展開－」

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：AIによる医療福祉工学研究の変革、画像、診断、予後予測、モデリング、シミュレーション、ドラッグデリバリーシステム、セルメカニクス

令和5年度、医療福祉工学と他分野との境界領域における学際領域の活動動向について、国内外の展開について調査を行った結果、以下の動向を確認した。生体医工学関連では再生医療や組織工学、オルガノイドなどの研究、生体材料関連では、特に細胞の増殖、分化の促進や細胞の生物機能の増強や改変に関わるドラッグデリバリーシステムの研究は極めて多く取り組まれている。

医療福祉工学では情報・機械学習、深層学習などのAIとの融合は著しく進んでおり、特に画像や診断関係では広く用いられている。しかしながら、AIの結果と人間の判断の順番や、同時組み合わせの利用などで診断結果が変わるため十分な検討が必要である。また、AIによる診断に至った根拠と専門医の所見との一致度は高いとは限らないことも報告されており、深層学習モデルの内部数理を人間の専門知識に基づく複雑な意思決定過程に近づける必要性から、より多角的な医学的基準に沿った訓練法への展開や、臨床応用に向けての開発が期待される。

診断におけるAIを利用する研究も増加しているが、高効率化のためにデータが意味のあるものとなるために、詳細なデータのモデル化や現象との関係性の調査、解析方法の検討も多く取り組まれている。最近では病変の検出だけでなく、病気の進捗の判別を行う高精度化している。また、様々な病気に応用できるように計測やモデリングの要素技術の開発も盛んに行われており、各種の予後予測や個別化医療を目指すものも増えている。福祉工学では、対象を高齢者とするものが多いが、転倒防止や歩行支援、見守りシステムなど日常における様々な場面でのAI技術の応用が増えている。

AIの研究の病気の対象も、悪性腫瘍関連だけでなく、各種病変、認知症、生活習慣病などにも応用が広がっており、これからも幅広く適用され、またそのための研究なども活発に行われると予想される。さらに、医療におけるデジタルツインの現実へも近づいており、リアルワールドデータとして臨床情報を極めて高いセキュリティーレベルで管理・統合・解析し、医療の最適化と医療実態の可視化を図るとともに、医療技術の向上と効率的な医薬品・医療機器開発につなげる次世代医療の取り組みもあり、情報分野も取り込みながら発展している様子が見て取れた。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：秋山充良

所属・職：早稲田大学理工学術院・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：防災工学分野に関する学術研究動向－Life-cycle risk/resilience 概念の社会実装の状況－

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：リスク、レジリエンス、ライフサイクル、自然災害

これまでの我が国の構造設計法の変遷から見えてくるのは、(1)構造計算における照査対象の拡がり：断面・部材から、構造システム、そして、構造物を含むネットワークレベルでの検討、(2)安全性確保の発想の転換：想定した限界状態を生起させないところから、限界状態を超えた後の影響度を最小化、あるいは復旧シナリオの事前作成などが求められる、(3)時間軸の考慮：劣化も含め、構造物の一生に起こり得る全てのハザードを対象に安全性を議論、である。2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震で生じた被害は、これら(1)～(3)の視点がわが国の社会基盤施設的设计時に欠けていることを教訓として示している。性能照査で想定していない大きさの作用や荷重、あるいは何らかの要因による一部の部材の劣化や異常の発生によって、構造全体が致命的な状態に陥る可能性を検討したり、構造物の機能の損失や低下が構造物、あるいは構造物を含むネットワークや周辺の地域に及ぼす影響を検討したりする。

我が国の社会基盤構造物の強靱化を進める上で、これらの教訓へ真摯に対峙する必要がある、これを各国がどのように社会実装につなげているのかについて調査した。特に、ライフサイクル土木学会（International Association for Life-Cycle Civil Engineering）やリスク・信頼性工学会（International Civil Engineering Risk and Reliability）が主催する国際学会IALCCE2023とICASP13（いずれも2023年7月開催）に参加し、以下の知見を得ることができた。

- ・ 構造全体としての補完性や代替性、頑強性や冗長性を有する構造形式の採用、フェールセーフ機能の確保、あるいは部材の取替えや補修・補強が容易なように維持管理上の配慮を施しておく。
- ・ ライフサイクル解析においては、その一連の性能評価に関わる不確定性の低減に定期的な情報更新が有用であり、ベイズ推定や機械学習はそのための有用な数理手法となる。ただし、これらの手法の精度を検証するためのエビデンスが不足しており、これを補うためのデータベースの構築が必要である。
- ・ 道路ネットワーク全体を俯瞰し、ネットワークの性能指標に関する研究を進める必要がある。構造物の損傷を表現する古典的な物理量（例えば、塑性率）から、経済的損失や交通機能停止期間などの影響度（Consequence）を表現する指標への転換が求められている。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：新井 豊子

所属・職：金沢大学 理工研究域 数物科学系・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目： ナノサイエンス・ナノテクノロジー分野に関する学術研究動向

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード： 走査型プローブ顕微鏡（SPM）、顕微鏡法・分光法複合装置、原子分解能、産学連携

ナノテクノロジーは、2001年に米国で国家ナノテクノロジー・イニシアティブ（National Nanotechnology Initiative）が創設されたことを皮切りに、この20年余りの間、日本を含め世界中で、科学技術の重点研究分野であり続けている。半導体製造において、2 nmの微細加工サイズは実現しており、2020年代中に、2nm世代プロセスの量産化をマイルストーンとしている。本研究では、ナノテクノロジーの基礎となる、ナノサイエンスも含め研究動向を調査した。

2023年6月5日～8日、The 9th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies(EM-NANO2023：有機・無機電子材料と関連するナノテクノロジーに関する国際シンポジウム)を、運営委員長として金沢市で開催した。293名（招待：26、一般：118名、学生：149名／うち海外：26名）が参加し、有機および無機の電子材料、更にそれらに関連するナノテクノロジー分野に関して密度の濃い議論が繰り広げられた。

2023年9月25日～29日にシンガポール大学で開催された非接触原子間力顕微鏡国際会議（the International Conference on non-contact atomic force microscopy (nc-AFM2023)）に参加し、研究成果を発表した。会議では、探針先端にCO分子を1個吸着させたCO分子探針を用いて、極低温-超高真空（UHV）環境で、ベンゼン骨格を持つ多様な分子骨格の観察、原子操作による反応制御に関する発表が多く、その種類や精度において進展しており、分子デバイスなどへの応用も視野に入ってきた感がある。

産学官の研究者の情報交換の場であった日本学術振興会産学協力研究委員会「ナノプローブテクノロジー第167委員会」は、2023年3月31日に終了し、この167委員会を継承する形で、次世代ナノプローブ技術委員会（任意団体）を立ち上げた。研究担当者も本委員会の運営委員の一人である。本委員会は、学界から37名、産業界から13社が参画し、次世代ナノプローブ技術に係る調査、研究及び開発等に関する事業を総合的に行うことにより、次世代ナノプローブ技術に関連する

産業が直面する課題の解決 及び新市場の創出に寄与することを目的としている。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：北川 尚美

所属・職：東北大学大学院工学研究科・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：反応工学およびプロセスシステム工学関連分野に関する学術研究動向

主な調査方針：3. 若手研究者の育成・キャリアパス、男女共同参画、オープンサイエンス等に関する動向調査

キーワード：反応工学、プロセス工学、バイオマス資源循環

国内外の最新の研究例や注目すべき研究例、各種プロジェクト研究、各種学術集会の開催状況やテーマ等の動向調査では、国内では「carbon neutral」「SDGs」に加え、「水素・アンモニア」「革新的な材料創製」「スタートアップ」「GX（グリーントランスフォーメーション）」といったキーワードが多くみられた。一方、国外では、「Decarbonization」「Entrepreneurship」「Sustainable」に加え、「Innovation in Process」や「Process Intensification」も重要視されている。また、持続可能な航空燃料として SAF（Sustainable Aviation Fuel）の開発が、2030年までに世界の航空業界での使用燃料の10%導入を目指し、より推進されている。当該分野における若手研究者の研究動向調査では、JSTの「さきがけ」「ACT-X」「創発的研究支援事業」、環境省の「環境研究総合推進費（若手枠）」をはじめ、多くの事業が継続的に実施されていることを確認した。積極的に応募して複数採択される若手研究者も増えているが、「プラスチック」「材料開発」「CO2変換」など、様々な事業で類似テーマでの募集が行われており、特定分野の研究者に予算が集中することに大きな懸念を感じる。女子学生の理系進学については、女子大での工学部の設置、入試での女子枠の設置などが追い風になったのか、着実な増加が見られている。本学においても、大学全体の入試合格者女子比率が30%を超え、工学部でも昨年度までの10%前後の変動から15.4%まで大きく増加している。要因などについては、アンケート調査などを行い、解析していく予定である。

自身が関与した当該分野における国際シンポジウム、セミナー、講演会等の企画・開催状況などについては、バイオマス資源循環やカーボンニュートラルに関わる公開シンポジウムを4件、小・中・高校生向けのセミナーを5件、DEI（Diversity, Equity & Inclusion）関係の講演やセミナーを6件、インドネシア、マレーシア、タイの研究者とセミナーを4件、実施した。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：末益 崇

所属・職：筑波大学数理物質系・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：結晶工学関連分野に関する学術研究動向—創エネルギー材料および省エネルギー材料の新展開—

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：太陽電池、ペロブスカイト、スピントロニクス、省電力

世界各国でカーボンニュートラルの実現に貢献する研究開発（風力発電、太陽電池用の新規材料や新規構造、蓄電技術、熱電発電、省エネに貢献するパワーエレクトロニクスなど）が、盛んに行われており、その中でも特に、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーへの期待が、益々高まっている。2024年現在、太陽光発電で得られる電力は、火力等に比べても既に世界各地で最も安価な電源となっている。このため、今後も、太陽光発電の低価格・高効率化を目指す研究開発は幅広く行われると考えられる。令和5年度は、太陽電池に係わる参加者の多い国際会議および国内会議は、ほぼすべての会議で現地開催となった。電力用太陽電池の主力材料は単結晶シリコンであるが、エネルギー変換効率の飛躍的な向上を目指し、禁制帯幅の大きな材料と組み合わせるタンデム化、特に、ペロブスカイトとの組み合わせに関する研究が増えている。ペロブスカイト太陽電池の研究では、時間経過によるエネルギー変換効率の低下を克服しようとする研究が多く行われている。一方、無機系元素からなる新規太陽電池材料(Sb_2Se_3 , SnS , CZTS , Cu_2O , ZnSnP_2 , BaSi_2 など)の研究も、継続して活発に行われている。これらの新材料では、光吸収層の厚さがシリコン太陽電池(厚みが約 $180\mu\text{m}$)の30分の1以下になるため、建物の壁面、車載などへの応用を考えた、軽量で柔軟な太陽電池の研究が進展しつつあるといえる。

スピントロニクスの分野では、新材料・新機能創成に係わる基礎研究から、萌芽的デバイス技術、単体デバイス、論理回路、集積回路まで、幅広いレンジの研究が行われている。AIやビッグデータ用に集積回路の需要は急増しており、消費電力の低減が必須である。このような背景の中、スピントロニクスの代表的なデバイスであるMRAMがSRAMに代わって集積回路に用いられるようになっており、消費電力の低減が期待される。また、磁化の方向をスピン移行トルクで制御する現行方法から、消費電力低下を目指したスピン軌道トルクによる磁化の制御、さらに、電圧制御磁気異方性効果を利用する研究開発が進展している。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：平田 晃 正

所属・職：名古屋工業大学大学院工学研究科・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「電力工学、生体医工学分野（生体電磁工学）に関する学術研究動向 —生体電磁工学を基軸する学際領域における新展開—」

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：電磁界の安全性、国際標準化動向、熱中症、公衆衛生工学

非電離放射線、つまり電離放射線を除く波動の領域は広く、電波に代表されるように我々の身の回りにおいて飛び交うようになった。また、医療においても電波あるいは超音波がつかわれ、その安全性を統合的に分析する必要がある。電波は無線通信の多様化のみならず、ワイヤレス給電など新たな利用が模索されてきている中、これらの実利用を把握した人体周辺の機器からの漏洩電磁界などの調査、国際標準化動向を把握することは重要である。

学際的な分野を工学的見地から考察するために、生体物理、生理シミュレーション技術に加えて、信号処理分野などを調査し、最新の研究動向を把握することにより、研究の進展さらには標準化動向を見極める必要がある。国際ガイドラインに関する動向調査として、世界保健機関（WHO）が述べる電磁界の安全性に関わる国際ガイドラインを作成している組織である国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）および米国電気電子学会（IEEE）委員会に出席し、調査を行った。また、当該分野における国際的な研究費の動向についても聴取した。欧州では各国が実施している公募型の研究費に加え、EUがとりまとめている大型研究費もあるとのことであった。大型研究費における研究者のダイバーシティの状況についても意見聴取した。

また、URSI(国際電波科学連合)における総会において、生体電磁工学分野における安全性を中心に医療応用、製品安全性、環境物理因子の影響に関する情報を取得するとともに、周波数ごとの基準値の相違や関連分野である電磁環境研究のあり方に関して意見交換した。また、日本生気象学会では、新規熱中症リスク評価技術の確立に向けて、微気象の人体温熱生理応答への影響解明とそのモデル化について調査を行った。物理因子の生体影響を議論するにあたり、亜熱帯地域での気象および暑さ慣れによる生体応答の調査を実施、気温・湿度の場所・時間依存性データを取得し、非電離放射線の一つである太陽光の影響についての分析法を調査した。

以上のように、生体電磁工学分野を中心にその周辺分野の調査研究を行うことにより、安全性を中心に、医療応用、製品安全性、環境物理因子影響などを包括的に調査し、包括的な知見を得た。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：倉爪 亮

所属・職：九州大学大学院システム情報科学研究所・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目： 知能ロボティクス関連分野（知能化空間）に関する学術研究動向ー環境知能化に基づくサービスロボットの新たな潮流ー

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：

空間知能化、地図生成、Tightly-Coupled SLAM、Radar、Radar SLAM

ロボットの活動領域を工場などの限定された整備空間から、家庭や道路などの非整備空間へ広げるための、環境情報構造化に関する研究動向について調査した。本年度は特に、状況が未知な非整備空間を、地図や物品、移動体などの情報が既知の整備空間に変えるうえで、特に環境地図の作成に重要な技術である SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）、および SLAM を実現する新たなセンサについて、ロボット分野で最も著名な国際会議である IROS、ICRA に出席し、調査を行った。SLAM では近年、慣性センサ（Inertial Measurement Unit, IMU）などの内界センサと、Lidar やカメラなどの外界センサを、センサ信号などの深いレベルで結びつける Tightly-coupled と呼ばれる手法が注目を集めており、本年度も Visual-Inertial Odometry (VIO)、LiDAR-Inertial odometry (LIO)、あるいは VLIO（Visual-LiDAR Inertial Odometry）などの分野で新たな手法が多く提案されていた。また、LiDAR やカメラよりも対環境性能の高いセンサとして Radar が知られているが、解像度や精度、ノイズなどで問題があり、従来はあまり SLAM や環境認識では用いられていなかった。しかし近年、全方向 Radar の開発やデータセットの公開などにより、IROS2023 のキーノート講演でも Radar SLAM が取り上げられるなど、徐々に注目が集まっており、Radar を用いた SLAM やセマンティックマッピングなど、Radar の新たな利用例が提案された。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：鈴木 勉

所属・職：筑波大学システム情報系・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「建築計画および都市計画関連分野（主に都市計画分野）に関する学術研究動向ー都市計画分野とその周辺分野における新たな潮流と展開ー」

キーワード：都市計画、建築学、オペレーションズ・リサーチ、地理情報科学

建築計画および都市計画関連分野に関する話題は、大きな広がりとは他分野との関連性の新たな展開を見せている。とりわけ都市計画分野に着目した場合、重要なキーワードとしてあげられるのは、少子高齢化、空き地・空き家、歩行者中心・ウォークアビリティ、エリアマネジメント、集約型都市構造、コンパクト・プラス・ネットワーク、まちなか再生、交流拠点、災害復興、市民防災力、地域レジリエンス、エイジフレンドリー、多文化共生、デジタル・トランスフォーメーション(DX)、ジェントリフィケーションなどである。これらに留意しつつ、関連学会で発表された研究論文を中心に研究動向を報告する。

2023年日本建築学会大会では、「歴史がひらく未来」というメインテーマのもと、歴史的遺産や景観の研究、空き地や空き家の利用、パブリックスペースの計画や活用方法、コンパクト都市政策による集約型都市構造に関する研究、回遊や滞留の促進、都市拠点や地域資源の活用、市民参加型政策立案などが発表された。また、災害復興や防災に焦点を当てた研究や、エイジフレンドリーや多文化共生に関する議論も行われた。特に、記念シンポジウムでは、歴史都市である京都ならではの議論が展開されたことが特筆される。

2023年度日本都市計画学会全国大会でも、集約型都市構造やコンパクト・プラス・ネットワーク、歩行者中心のまちづくり、景観評価、エリアマネジメント、都市計画史、浸水被害への防災対策などが多くの発表の対象となった。さらに、地理情報システム(GIS)やGPSログビッグデータの活用に関する研究も増加している。シンポジウムでは、地方都市の魅力や災害復興における新しいアプローチについても活発な議論が行われた。

さらに、日本オペレーションズ・リサーチ学会や地理情報システム学会の研究発表会でも、都市計画や防災に関する研究が行われている。特に、ICT技術の進化やデータ解析手法の発展により、減災復興や農業における効率化など、新たなアプローチが模索されている。そして、行政部門や民間企業との連携による研究事例や、市民参加型政策立案の実践事例も積極的に共有されている。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：飛龍 志津子

所属・職：同志社大学生命医科学部・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「計測工学分野に関する学術研究動向」－計測工学との融合研究が期待される生物系領域に関する動向調査

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：センシング，バイオリギング

ヒトを含む様々な生物を対象としたマイクロからマクロスケールの新しい研究の潮流は、常に現象を高度に「計測」する技術革新と共にもたらされてきたと言える。しかし計測工学のシーズと生物系研究者らのニーズとの交流の場が少ないことから、研究担当者に関連の深い生態学や動物行動学、神経科学分野などその周辺分野に焦点をあて、国内外での計測工学分野に関連する動向やニーズを調査した。

- ・ 科研費 学術変革領域研究（A）「サイバー・フィジカル空間を融合した階層的生物ナビゲーション（略称：階層的生物ナビ学）」では、工学から生態学、情報科学の研究者らが若手からシニアまで集い、学際的な融合研究が遂行されている。環境情報の大規模計測や、AI駆動による計測の効率化など、センシングとデータサイエンスの融合が生物系テーマにおいても重要な動向となってきた。また環境情報の計測や介入技術の小型化、また長時間駆動、耐久性の問題などは現在も大きな技術的課題と言える。一方、第1期と比べ第2期の公募班ではデータサイエンス分野の採択件数の割合が多く、ニーズに対して生物系テーマに興味を持つ工学系研究者はやはり少ない。

- ・ 国際バイオリギングシンポジウムが日本で開催され、国内外共に若手や女性研究者の活躍が目立っていた。また複数の環境情報を同時に計測する、また深海などの極地において移動する動物から生理データを含むマルチモーダル計測などの発表例が多く、今後もさらに様々な計測工学のシーズが展開可能な分野であると再認識した。

- ・ 若手研究者らの中では、生物系から情報系へ、または両者の融合は自然な流れにあり、キャリアパスの幅を広げるのに効果をもたらせていると感じる一方、工学系から生物系、または両者の融合にはまだ積極的な仕掛けが必要に感じる。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：安井 武史

所属・職：徳島大学ポストLEDフォトンクス研究所・教授

区分：工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「光工学および光量子科学関連分野に関する学術研究動向—光計測における最先端研究動向—」

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：光計測、光コム、テラヘルツ波

本調査研究では、先端的かつ先導的な「光計測」に焦点を当て、情報通信、ナノ材料、ライフ、環境、エネルギーを始めとした分野を横断する計測基盤として、最先端の研究動向と共通的課題を動向調査する。特に、新しい光計測を切り拓くと期待される「光コム」と「テラヘルツ波」を中心に、国内外の最先端研究動向を探った。

【光コム】

通常、ショットノイズは標準の量子限界と考えられているが、連続波レーザーと光周波数コムへのヘテロダイン間での量子ノイズ限界に関して、より低い限界が存在することが示され、周波数コムヘテロダインが、周波数と時間の最高精度測定の本盤となることが報告された。また、回避されたモード交差の制御により、熱屈折効果、自己ラマン周波数シフト、高次の分散との平衡状態が実現され、熱に対して鈍感な Kerr マイクロ共振器ソロンコムが可能であることが数値的に実証された。更に、位相制御された光周波数コムによって生成される広帯域のアンチ位相パルスを用いたノイズキャンセリング技術が提案され、コムの中の周波数を制御するだけで、背景ノイズが効果的にキャンセルされることがトモグラフィーで実証された。

【テラヘルツ波】

チャープパルス分光法と電気光学(EO)サンプリングを用いたテラヘルツ時間波形計測において、和周波数発生と分散補償の融合し、位相オフセット EO サンプリングを行うことで共通モードノイズが低減され、プローブパルスとテラヘルツ波の相対時間遅延をスキップせずに、 ± 50 V/cm の精度での単発テラヘルツ時間波形検出が実現された。また、可視光連続波レーザーで生成された相関光子対の一方(テラヘルツ波)でサンプルの特性を抽出し、他方(可視光)の光子の強い相関を介してそれらを検出することにより、技術的に成熟し低コストのシリコンベース検出器が利用可能なテラヘルツ量子センシング手法が実証された。更に、30万個のプラズモニックナノアンテナから成るテラヘルツ焦点面アレイを有するテラヘルツカメラが提案され、高い空間分解能(面内 $60\mu\text{m}$ 、深度 $10\mu\text{m}$) の画像を毎秒 16 フレームで取得可能であることが示された。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：山西 陽子

所属・職：九州大学大学院工学研究院・教授

区分：工学専門調査班 専門研究員

調査研究題目： ナノマイクロシステム関連分野に関する学術研究動向 – 異分野融合研究の新たな潮流と展開 -

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード： ナノマイクロ工学、マイクロナノシステム、マイクロ TAS、MEMS(マイクロマシン)

ナノマイクロシステム関連分野は化学、機械工学、電気工学の融合領域、ナノマイクロとバイオの融合領域とも密接に関連し、それぞれの専門枠を超えた学際的研究として内容も多岐に亘っている。この分野においては MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 技術を基盤としたマイクロ流体技術が発展し、この 10 年間で、さまざまなマイクロ流体技術が開発され、生物学研究の新時代を切り開いている。単一細胞の機能を理解するためには、生きた環境での単一細胞の動的挙動をモニターすることが非常に重要であり、マイクロ流体技術はその目的を効果的に達成する手段の一つである。令和5年度に開催された関連の国内会議や国際会議はこれまでハイブリット開催であったものが、対面のみでの開催に多くがシフトした。まず、日本機械学会に関連する国内学会に目を向けてみると、2023年6月28日(水)~7月1日(土)に名古屋で開催されたロボティクス・メカトロニクス部門が開催する Robomec2023 においてマイクロナノシステム関係の OS は 73 件中 7 件あった。今年度は特に分野横断を目指した OS が特徴的であり山西らが企画した機能性界面 OS はロボメカ部門、マイクロナノ工学部門、バイオエンジニアリング部門、IIP(情報・知能・精密機器)部門の4部門が連携した OS であり各部門からの参加者による活発な議論がなされた。このような分野横断研究は増加傾向にある。例えばロボット技術を適用したハイスループットな細胞計測として、マイクロ流体チップを用いた流体システムに内包されるセンサによって細胞内の機械特性を計測するロボット統合型のマイクロ流体チップなどの発表があった。このような細胞の機械特性計測技術は、従来の細胞や細胞凝集体評価のためのオミクス指標に、機械特性という新たな評価指標を加え、細胞や細胞凝集体の状態を理解するだけでなく疾患の検査や薬効効果にも貢献し得る技術である。

国際学会については本分野には MicroTAS がある。微細加工技術により流路やセンサをチップ上に組み込み、細胞培養や操作、流体や液滴の操作、分析や診断など、化学や生命科学・医療などへの適用・応用に関する分野を幅広く取り扱う学際的な国際会議である。毎年 10-11 月に開催され、27 回目となる今回は、10月15日から19日にかけて、ポーランドの Katowice にて開催された。発表されたトピックを分類すると 30%(細胞、組織、Organ on a chip)、18%(診断、生物医学)、15%(ナノマイクロ流体基礎)、12%(ナノマイクロ工学)、11%(センサー・アクチュエーター・検出)、8%(統合プラットフォーム)、6%(その他応用)となっており、特にマイクロ流体チップ内の細胞から発生する微量物質検出のためのセンサ分野の発展が顕著であることがわかった。今後さらなる分野横断研究の発展が期待される。