

令和 7(2025)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

ー応用低温物性ならびに電気電子材料工学の境界線に於ける新たな潮流と展開ー

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、高温超伝導、核融合、電気推進、AI

本調査は、応用低温物性および電気電子材料工学分野における国際的な研究動向と、学術振興方策の現況を把握することを目的として実施した。当該分野では、超伝導をはじめとする先進材料開発と、パワー応用から量子コンピューティングに至る電気システム応用の両面において新たな潮流が生じており、関連主要国際会議における議論の動向、参加者の推移、ボード会議を通じた関係者からの情報収集に基づき調査を行った。

学術研究動向としては、ICSM2025 (Oludeniz-Fethiye, Turkey)、MT29 (Boston, USA)、EUCAS2025 (Porto, Portugal)に参加し、それぞれ招待講演者、プログラム委員会委員、主催団体 ESAS 理事の立場から詳細調査を実施した。共通する特徴は、研究の重心が「新奇現象の発見」から「機構理解」「制御可能な材料化」「量子・エネルギー機器への実装」へ移行している点である。基礎物性ではニッケレート、鉄系、トポロジカル超伝導など電子相関・トポロジー・対称性の統一的理解が進み、薄膜・合成では REBCO を中心とする HTS 材料の量産化、機械的健全性、微細構造制御を通じた性能最適化が重視された。応用面では、核融合用 HTS 磁石、高磁場加速器、MRI/NMR、医療、輸送・電動化、超伝導デジタル回路、量子計測、電力ケーブル等が主戦場であり、産業実装と社会実装が前面化している。さらに、AI・機械学習を磁石設計や異常検知へ導入する流れも明確である。加えて、特別講演会として「2025 年度低温工学・超電導学会九州・西日本支部企業セミナー」(2025 年 12 月 12 日開催)を共同主催し、磁場閉じ込め型小型核融合炉開発の方向性を議論した。

学術振興方策については、応用物理学会、低温工学・超電導学会、ESAS、IEEE 超伝導技術評議会、ICEC/ICMC の実施形態と若手育成事業を比較した。共通方向性は、対面開催を基軸としたハイブリッド運営、表彰中心から教育・旅費支援・継続的ネットワーク形成へ拡張する多層的若手支援、学会を国際共同研究形成のハブとして位置付ける設計である。今後の国内施策としては、英語セッション

ン拡充、若手への機動的な旅費・登録費支援、ショートコース・ウェビナーの常設化、国際会議出席と人材育成制度の接続強化が有効である。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 小熊 久美子

所属・職: 東京大学大学院工学系研究科・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—環境工学分野の新たな潮流と展望—

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: 分野横断、研究環境、人材育成

工学およびその周辺分野における国内外の学会のうち、特に環境工学を中心としつつ、分野横断的な学会に参加し、当該領域における最新の学術動向や研究の方向性について調査を行った。また、優秀で多様な研究人材の獲得と育成のために日本がなすべき改革の方向性を探ることを目的として、海外のトップレベル大学が実装している大学院教育制度や若手研究者支援制度、リクルート戦略等についても情報収集を行った。さらに、国内大学に所属する自然科学系の女性研究者と意見交換し、研究環境やキャリア形成上の課題について現場の視点から把握した。

参加した国内外の学会では、環境工学を軸としながらも、データサイエンスや社会科学との融合が進むなど、分野横断的な研究の潮流が顕著に見られた。国際学会においては、発表・聴講・研究者間の議論を通じて、各国の研究体制や資金状況の違いが研究内容や人材育成に与える影響について理解を深めることができた。特に米国については、環境・公衆衛生分野が政策的・財政的な制約の中で厳しい状況にあり、研究費削減の影響が若手研究者の雇用や研究継続性に直接的に及んでいる実態について、現地研究者から具体的な証言を得た点が印象的であった。

海外研究者による日本のアカデミアに対する評価としては、研究の質そのものについては高い評価がなされている一方で、国際学会における発信力やネットワーク形成の面でプレゼンスが十分でないとの指摘があった。優秀人材の獲得と育成の観点では、海外の大学院生や若手研究者の多くが日本への留学や就職を具体的な選択肢として認識しておらず、奨学金制度や研究環境に関する情報発信の不足が課題として浮き彫りとなった。一方、国内の女性研究者からは、女性として依頼される業務負担が過大で、研究時間の確保が困難であるとの意見が多く聞かれ、業務の見直しの必要性が示唆された。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:今井 陽介

所属・職:神戸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—計算バイオメカニクス
関連分野における新たな潮流と展開

キーワード:計算力学, バイオメカニクス, AI, 学生交流

計算バイオメカニクスは、計算科学、工学、生命科学を横断する研究分野であり、計算力学、流体力学、固体力学、バイオメカニクスなどの研究分野と関連している。ここでは、計算力学分野およびバイオメカニクス分野を中心に、学術研究動向と学術振興方策について報告する。

計算力学分野では、2025 年 12 月、ブリスベン（オーストラリア）にて、アジア太平洋地域最大の国際会議（APCOM-ACCM 2025）が開催され、27 か国から 650 名以上の参加があった。現在、あらゆる分野において人工知能や機械学習との融合研究が進められているが、「コンピュータ」というキーワードが共通する計算力学分野においては、とりわけ盛んに進められており、例えば、9 件の Plenary Talk のうち 5 件、15 件の Semi-plenary Talk のうち 6 件が人工知能や機械学習に関連するものであり、また、7 件のミニシンポジウム（デジタルツインを含めると 11 件）も開催されている。計算力学は、力学の問題を数値解析する研究分野であるため、特に、物理法則に基づく機械学習（PINNs）と相性が良いと考えられる。その他の研究トピックでは、トポロジー最適化、アイソジオメトリック解析、破壊現象などが盛んに研究されている。

国内では、2025 年 9 月、日本機械学会第 38 回計算力学講演会において、計算バイオメカニクスに関するオーガナイズドセッションを開催した。核磁気共鳴画像法（MRI）の数値モデル化、デジタルツイン、アイソジオメトリック解析など、若手研究者を中心に活発な議論がなされた。

バイオメカニクス分野では、ヨーロッパ最大の国際会議（ESB2025）が 2025 年 7 月、チューリッヒ（スイス）で開催された。この会議では、学生や若手研究者を対象とした Pre-courses が開催され、例えば、AI に関するコースでは、医用画像から特定の組織を抽出する方法などが解説された。また、学生限定の交流イベントが開催され、学生同士が世界的なネットワークを形成する貴重な機会となった。

2026 年度は、7 月に計算力学の世界大会（WCCM）がミュンヘン（ドイツ）で開催され、同じく 7 月にバイオメカニクスの世界大会（WCB）がバンクーバー（カナダ）で開催される予定である。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:西澤 松彦

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 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ー健康・医療・介護に関わる材料工学およびデバイス工学の新たな潮流と展開ー

キーワード:バイオマテリアル、バイオデバイス、健康・医療

健康・医療・介護に関わる材料工学およびデバイス工学に関する研究動向の調査を、関連する国内外の学会合における発表内容の傾向を整理することによって行った。材料を扱う大規模な学会を中心に調査すると、従来の材料開発の研究から、ウェアラブルデバイス、薬剤投与デバイス、医療 IoT 等に関するセッション数および関連発表件数の比重が増加傾向にあった。さらに、国内外イベントについても調査した結果、①材料開発→②デバイス化→③医療・介護現場実装の流れのなかで、特に②デバイス化および③社会実装の発表のウェイトが高まっていることが分かった。

以下 3 点が本分野の研究動向と言える。

- [1] 材料研究の評価軸が、機能性だけでなく実装可能性に移行し始めており、規制・量産・滅菌・サプライチェーン・臨床接続が重視され始めている。
- [2] デバイス開発においては、AI・センサ・通信が不可欠要素と言え、それゆえ材料には、生体適合・柔軟性・耐久性に加えて、ウェアラブル性、データ取得性、在宅適用性が問われている。
- [3] 介護分野での需要拡大が材料・デバイス研究のテーマを押し広げており、高齢化対応として、移動支援、見守り、食支援、認知症ケア、在宅ケア、防災まで対象が拡大している。

また、材料分野で目覚ましく進展し注目を集めている放射光による精密構造解析が、材料開発に必須となっており、特に 2024 年に運用が開始された「ナノテラス」には材料解析インフラとして高い期待が寄せられている。施設の担当者によると、ナノテラスは有機材料の計測に強みを有し、そのため生体材料への適用が始まっているようである。本調査では、文献調査に加えてナノテラスにおいて皮膚サンプルの X 線 CT 計測を実施し、生体材料評価への有効性を確認した。マイクロニードルによる上皮組織の構造変化や、通電時の水性チャンネルの形成を示唆する結果などが得られた一方で、計測に時間を要するため、サンプルの乾燥を防止する工夫が肝要であると分かった。

令和 7(2025)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: 空間知能化、地図生成、シーングラフ

近年、生成 AI に代表される人工知能技術の急激な発展により、知能ロボット分野においても、従来の計測、判断、計画、行動の段階的な情報処理から、計測と行動を直接的に結びつけたシステムの開発など、破壊的ともいえるパラダイムシフトが起きている。特に生成 AI とロボットによる物理的な行動を結びつけるフィジカル AI (Physical AI) は、テキストから音声、画像、映像へとドメインを拡大してきた AI の次の新たなターゲットとして、いま極めて注目を集めている分野である。

一方、知能ロボティクス分野における知能化空間（環境知能化、あるいは環境情報構造化）とは、サービスロボットが活動する周囲の環境に様々なセンサを配置し、得られたセンサ情報に基づき人工知能技術等も活用して環境の状態を理解し、その結果を整理、記録し、必要に応じてロボットに提供することで、早期に実用的な知能ロボットシステムの構築を目指すものである。知能化空間は、次世代の社会基盤として注目を集めているデジタルツインやサイバーフィジカルシステムとも関連が深く、実空間をサイバー空間で再現し、最適化するための中核となる技術である。

この知能化空間の状況と、その空間中で行動しサービスを提供するロボットの行動を、上述したフィジカル AI を用いて直接的に結びつけることができれば、より広域な空間全体の情報から、各ロボットに対する大局的で最適な行動を直接生成、計画でき、究極の知能化 AI 空間が生成可能となる。

そこで、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、特に AI を利用した知能化空間の構築方法に関する研究動向について調査した。知能化空間の構築には、ロボット活動空間に分散配置されたセンサなどから、環境内の物体、配置、環境構造などの環境情報を収集し、データベースで保存する必要がある。保存された情報は、ロボットからの要求に応じて送信され、ロボットは指示されたタスクを実行する。従って、環境情報の収集方法、および収集された情報を整理し、管理する技術が、環境情報構造化において極めて重要である。

近年、進歩の著しい AI 技術を用いて、部屋などに置かれた様々な物体を発見、検出し、効率的に記録、

管理する手法として、3D シーングラフ(3DSG)が注目されている。3DSGは、Armeniら(ICCV 2019)により提案された、3次元階層構造を持つ環境表現手法である。3DSGでは、一般にCLIP、DINO、Locate3Dなどの画像認識手法を用いて、観測された物体から意味情報を抽出し、それらを物体間の関係や、物体-部屋-建物などの上位のカテゴリとの包含関係を保ったまま、ノードとエッジからなるグラフとして表現する。3DSGを移動ロボットにより自律的に構築するアプローチとして、MITの研究グループによりKimera(ICRA 2019)、Hydra(RSS 2022)が提案され、近年ではそれをオープンセット物体に拡張したClio(RAL 2024)が発表された。2025年5月にアトランタで開催されたICRA 2025(IEEE International Conference on Robotics and Automation)、10月にHangzhouで開催されたIROS 2025(IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems)でも、Anwarら(ICRA 2025)、Saucedoら(ICRA 2025)、Rotondiら(IROS 2025)、Alamaら(IROS 2025)など、3DSGの生成、構築法から応用まで、多くの研究成果が発表され、現在も活発に研究されている。

令和 7(2025)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の研究は、近年ますます領域横断的な広がりや他分野との関連を見せており、防災、環境、交通、コミュニティ、デジタル技術など多様なテーマが交錯している。以下では、2025 年度に開催された関連学会での発表を基に研究動向を概観する。

2025 年度日本建築学会大会では、防災・減災分野を中心に多くの研究が報告され、津波避難や避難所運営、避難経路評価、シミュレーションを用いた行動分析など、多角的なアプローチが展開された。逃げ地図や個別避難計画、歴史的市街地における裏道避難など、地域特性を踏まえた実践的研究の蓄積も進んでいる。復興研究では、能登半島地震や東日本大震災等を対象に、住宅再建や合意形成、生活再建の実態を長期的視点から整理する発表があった。また、GIS や人流データを用いた災害リスク評価や都市構造分析、流域治水と土地利用の関係、グリーンインフラ導入など、防災と都市計画を統合的に捉える研究が増加している。加えて、Well-being や居場所づくりといった社会的包摂の視点、DX やメタバースを活用した景観評価など、新たな技術的試みも見られた。

日本都市計画学会全国大会では、市街地形成と制度の関係、都市活動の人流分析、LRT やデマンド交通を含む公共交通と都市行動の関連などが議論された。住環境・コミュニティ分野では、遊休不動産活用や高経年団地の変容、地域運営組織、移住者の適応過程など、人口減少下の地域維持に関する研究が多く、環境分野では緑地アクセシビリティや脱炭素改修など、都市ストックと環境施策を結び付ける実証研究が報告された。

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、EURO2025 では、数理最適化や機械学習、空間データを活用した都市・交通・防災分野への応用研究が進展し、施設配置、都市物流、公共交通、オンデマンドモビリティを統合的に扱う動的都市システム設計が中心的テーマとなっている。公平性や不確実性、多期間計画を組み込んだモデル化も一般化しつつある。

令和 7(2025)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」ー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: 異分野融合, 学術変革領域研究 A, 計測工学, ナビゲーション研究

これまでと同様に, 工学分野と生態学から神経科学を含む生物系分野との異分野融合研究の動向に着目し, 国内外の研究や大型研究プロジェクトの展開状況を中心に調査を行った. 本年度が最終年度となる科研費 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 (階層的生物ナビ学)」を通じて, ヒトを含む多様な生物のナビゲーション研究における工学と生物学の融合の進展を体系的に俯瞰した. 月例勉強会では, ドローンを用いた集団行動の高精度映像計測, 最先端のマーカーレス行動追跡技術, 大規模データに対する深層学習を活用した行動データマイニング, 小型 GPS や加速度センサを用いたバイオリギング調査研究などが紹介され, 計測デバイスと情報技術分野の革新がこれらの研究を強力に推進している現状を確認した. 特に, モデル動物では, 野外の野生個体やその集団を対象とする研究の進展は顕著であり, 一方で過酷な自然環境下でも安定して動作する小型・長時間駆動・高耐久性センサの開発が今後も重要な課題である. さらに, 多次元時系列データの効率的な処理と統合解析は依然として重要な課題であり, 計測技術の発展と並行してデータ駆動型研究の基盤整備が現在も進められている. このように生物分野において情報・工学系研究者との協働による発展可能性は高い一方, 大型融合研究を除けば分野横断的交流はなお限定的であり, 継続的な橋渡しの仕組みづくりと人材育成が求められる. また, 日本音響学会とアメリカ音響学会のジョイントミーティングでは, 企業支援の下で海洋生物・海洋環境を対象とする生物音響研究が活発に展開されており, 計測が極めて困難な海洋環境においても先端計測技術が研究を支えている実態を確認した. これらの動向から, 生物研究における計測工学との密接な連携の重要性を改めて認識した.

令和 7(2025)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 フォトニクス研究所・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、エネルギーといった分野を横断する基盤技術としての最新動向と共通課題を整理した。特に、「光コム」と「テラヘルツ波」に着目し、海外の最先端研究の進展を調査した。光コム分野では、マイクロ光コムを中心に、広帯域性と高い周波数制御性を両立する技術が進展し、安定化や集積化に関する研究が一層深化した。自己注入同期などの全光学的手法により低雑音化と再現性向上が進み、長時間安定動作を可能とする基盤が整いつつある。また、多様な材料プラットフォームの活用やCMOS互換プロセスの導入により、量産化・低コスト化への道筋も明確化している。さらに、従来型光コムとのハイブリッド化や、通信・計測分野への応用展開が進み、実用化への移行が加速している。

一方、テラヘルツ分野においても、発生・検出・応用の各側面で技術が高度化し、実用化志向の研究が顕著となった。高効率フォトミキサーや集積型光-THz変換デバイス、新規物理機構に基づく光源の開発により、テラヘルツ波源の多様化と高性能化が進展している。加えて、集積化デバイスや高感度検出技術の進展により、小型・高機能なシステム構築が可能となりつつある。イメージングや分光においては、高速・高分解能化が進み、非破壊評価や材料解析への応用が拡大している。通信分野では、300 GHz帯を中心とした無線通信技術が進展し、光コムと連携した光-無線融合システムの実現可能性が示された。

以上より、光コムおよびテラヘルツ技術は、基礎研究から応用・実装へと段階的に成熟しつつあり、今後は両者の融合による新たな計測・通信基盤としての展開が期待される。

令和 7(2025)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:工学系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目:ナノマイクロ工学関連分野とバイオ応用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:融合研究、新たな研究分野、工学・生物分野における最近研究トレンド

ナノマイクロ工学関連分野は機械工学、電気工学、化学工学の融合領域、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。日本機械学会に関連する国内学会に目を向けてみると、2025 年 6 月 4 日(木)~6 月 6 日(金)に宇都宮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 Robomec2025 においてマイクロナノ工学関係の OS(Organized(Special) Session)は 103 件中 6 件あった。分野横断研究関連の OS は 13 件あり昨年度と比較して増加傾向にある。山西らは分野横断研究関連 OS として「機能性界面」OS を昨年度に引き続き企画した。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 部門が連携しており各部門からの参加者による活発な議論がなされた。例えば今年度は、がん細胞集団の時空間秩序に及ぼす培養基板弾性率の影響などバイオ界面に関する分野横断的研究の報告があった。がん細胞および非がん細胞の集団運動における時空間秩序を、培養基板の弾性率や細胞密度の違いに着目して定量評価したもので画像相関による秩序指標の導入が独創的であり、組織形成やがん進行メカニズムの理解に資する重要な知見を提供しており、学術的価値の高い研究であった。

また刺激応答性ゲルの構造と体積変化についての発表においては、マイクロ相分離構造という分子スケールの現象をソフトアクチュエータの機能向上に活用するという新規性の高い研究であり、すでに一定の効果を示している点やマイクロ相分離構造によってゲルの散乱構造のサイズが変化によりゲルの応答速度の上昇を見出した点は評価できる。今後マイクロ相分離構造がゲルの応答速度に与える影響を評価する展

開の将来性も期待できる研究であった。以上のように今後も工学とバイオとの融合研究の拡大発展が期待される。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:伊賀 由佳

所属・職:東北大学流体科学研究所・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:流体工学関連分野に関する学術研究動向—液体水素大量輸送用流体機械の諸問題

—
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, 液体水素, 極低温流体, 流体機械

2050年カーボンニュートラル実現に向けて, 20Kの極低温流体である液体水素の大量輸送技術に関心が高まっている. 水素の低コスト化には, 現状の液体水素の圧送手段である容積型による少流量輸送ではなく, ターボ型ポンプを用いた大量輸送技術の確立が必須である. ターボ型ポンプは一般的に, 流量を上げるために高速で回転させると, 発生したキャビテーションが羽根間を塞ぎ, ポンプの圧送能力が急激に低下する. よって, このキャビテーションを抑制する術があれば液体水素を大量に輸送でき, 水素社会の実現に向けて大きく前進することができる. 液体水素キャビテーションは, これまでは主に液体ロケットエンジンの分野で研究されてきた. 特に, キャビテーションの抑制量の指標となるキャビティ内の温度低下量を液体水素において計測した事例は, 1970年代にアメリカ NASA において計測された 1 例のみ, 可視化事例は 1970 年前後の NASA の 2 例のみである. 液体水素キャビテーションの研究はその後, 報告が見当たらない状況であり, 最近では, 液体水素の熱力学的状態を, 比較的取り扱いが容易で安全な液体窒素で模擬して行われているようである. 一方, 近年のカーボンニュートラルに関連して, 液体水素キャビテーションの研究が再開されるのではと予想される. よって, 本学術研究動向調査において, 国際・国内会議に出向いて液体水素キャビテーションの研究動向調査を行った. 調査の結果, 液体水素の実液を用いたキャビテーションの研究はまだ再開されていないことがわかった. また, 液体水素を用いた流体機械の冷却を目的に, 液体水素の沸騰二相流動の大型装置が TU Delft や Twente 大学などの欧州の研究グループで建設中であることがわかった. 引き続き, 研究動向を調査したい.

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:大野 宗一

所属・職:北海道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:材料加工および組織制御関連分野に関する学術研究動向—金属材料のプロセスインフォマティクスの進展—

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:計算材料科学、インフォマティクス、機械学習

材料加工および組織制御関連分野において、Materials Informatics (MI)、Process Informatics (PI)、およびデジタルトランスフォーメーション (DX) を基盤とした研究開発が急速に進展している。本調査では、計算材料科学とデータ科学を融合した研究動向を調査した。

第一原理計算や分子動力学計算と機械学習を組み合わせた材料探索手法、グラフニューラルネットワークや Transformer を用いた物性予測、さらには生成モデルによる材料設計など、計算材料科学とデータ科学の融合研究が活発に進められていることが確認された。

また、材料設計において目標特性から組成やプロセス条件を推定する逆設計 (inverse design) や、フェーズフィールド法などの数値シミュレーションを高速化するためのニューラルネットワーク型サロゲートモデルの研究が国内外で進展している。これらの手法は、大規模な材料設計空間を効率的に探索するための有力なアプローチとして注目されている。

さらに近年は、大規模言語モデル (Large Language Models: LLM) を用いて学術論文から材料データを自動抽出し、材料データベースを構築する試みや、材料設計プロセスを自律的に進める AI エージェント型研究システムの提案も報告されており、材料研究の自動化・高度化に向けた新たな潮流が生まれつつある。

これらの研究動向から、計算材料科学、データ科学、実験研究を統合する ICME (Integrated Computational Materials Engineering) の枠組みが、AI 技術の導入によって大きく発展しつつあることが明らかとなった。特に、材料プロセス・組織・特性の関係を統合的に理解し設計に活用するためのデジタル研究基盤の構築が重要な課題となっている。今後は、物理モデルとデータ科学を融合したハイブリッド型研究アプローチの発展が、金属材料分野における MI・PI・DX の進展を支える重要な研究方向になると考えられる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:進士 忠彦

所属・職:東京科学大学 総合研究院・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:「機械要素およびトライボロジー関連分野に関する学術研究動向 ―新しい医療機器にもとめられる機械要素研究・開発の新たな展開―」

主な調査方針:2. 科研費・特別研究員事業等に対する研究者からの意見聴取、研究現場の調査、分析

キーワード:機械要素, アクチュエータ, メカトロニクス, 医工連携, 医療機器

本調査では, 医療機器開発における医工連携の動向を把握するため, 機械要素, アクチュエータ, メカトロニクスを基盤技術とする研究開発を対象に, 学術面と現場面の双方から調査を行った. 学術動向調査としては, 精密工学会, 日本機械学会, 日本定常流ポンプ研究会, ライフサポート学会などの関連学会に参加し, 関連の研究発表を聴講, 分析した. さらに, 調査研究活動の一環として, 2026 年 3 月に米国テキサス・メディカル・センター (TMC) を訪問し, ベイラー医科大学, テキサス心臓研究所, テキサス小児病院において, 医師, 研究者, 技術者への聞き取り調査を実施した. TMC では, 複数の病院・大学が物理的近接性を生かして柔軟に連携し, 試作, 工学評価, in vitro 試験, 動物実験, 臨床応用に至るまでを円滑に進める体制が特徴的であった. 加えて, Helix Park や Innovation Factory も視察し, 研究機関, 企業, 投資家を結ぶ大規模な医療イノベーション基盤の実態を確認した.

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 関口 康爾

所属・職: 横浜国立大学大学院工学研究院・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: 応用物性関連分野に関する学術研究動向-スピンを活用するための新物質・新機能研究の新たな潮流-

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: スピン波、二次元磁性、トポロジカル磁気構造

近年、スピントロニクス分野では、電子のスピン自由度を活用した高機能・低消費電力デバイスの研究が急速に進展している。特に近年の研究動向としては、スピン励起やトポロジカル磁性構造、さらに原子層材料を利用した新しい磁性機能の開拓が活発化している。本年度の調査では、欧州磁性学会 (JEMS 2025) において報告された研究成果を基に、現在の磁性研究の新しい潮流について整理した。

マグノンおよびスピン波を利用した研究は、次世代スピントロニクスにおいて重要な研究領域の一つである。マグノンは磁性体中のスピン波として理解される準粒子であり、電荷輸送を伴わないため低消費電力での情報伝送が可能である。JEMS 2025 では、表面弾性波 (SAW) を利用したマグノン励起や、THz 領域での超高速スピンドイナミクスの研究など、マグノンの制御技術に関する研究が数多く報告された。また、マグノンとフォノンの相互作用を利用したエネルギー変換や、量子マグノニクスと呼ばれる量子情報技術への応用研究も進展しており、基礎物理からデバイス応用まで幅広い研究が展開されている。

二次元磁性・vdW 材料に関する研究も近年急速に進展している。CrI₃ や Fe₃GeTe₂ などの層状磁性体は、原子層レベルで磁性を制御できることから新しいスピントロニクス材料として注目されている。JEMS 2025 では、これらの材料に対するゲート電圧制御による磁気相転移や、半導体材料とのヘテロ構造を利用した磁性制御などの研究が報告された。特に、トポロジカル絶縁体や超伝導体との複合構造により新しい量子状態を実現する研究が進んでおり、二次元磁性材料は今後の量子デバイス研究の重要な基盤材料になると期待されている。

さらに、トポロジカル磁気構造であるスキルミオンに関する研究も活発に行われている。スキルミオンはナノメートルスケールで安定な磁気渦構造であり、低電流で駆動可能であることから次世代メモリ素子や論理素子への応用が期待されている。JEMS 2025 では、室温で安定なスキルミオンの生成や、低電流による駆動、さらに三次元的なスキルミオン構造の観測などが報告された。また、ニューロモルフィック計算への応用など、新しい情報処理デバイスとしての可能性も議論されている。

これらの研究動向は、スピントロニクスが低消費電力情報処理や量子情報技術などの次世代情報基盤として発展していることを示している。学術論文の出版動向からも、スピントロニクス研究が現在も活発な研究領域であることを示しており、材料科学、量子情報技術、低消費電力情報処理などの分野と融合しながら今後も発展していくと考えられる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:多湖 輝興

所属・職:東京科学大学 物質理工学院・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: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 ―炭素循環システムの技術革新と産業化に向けた展開―

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:二酸化炭素化学変換, 電解還元, 触媒反応, 炭素循環, プロセス統合

2025年7月に北京で開催されたWCCEI2/APCChE2025および10月のIMPRES2025において、反応工学・プロセスシステム工学分野の動向調査を実施した。カーボンニュートラル実現に向け、CO₂回収・変換、水素製造、プロセス統合、バイオマス・廃棄物資源化など炭素循環技術の研究開発が活発化しており、新規反応プロセス、CO₂変換材料、エネルギーシステムとの統合設計が議論された。CO₂変換では、CO₂とH₂を用いた熱触媒反応(メタノール合成やRWGS反応を経由した炭化水素合成)に加え、電解還元や光触媒を用いた低温プロセスの研究が進展している。電解還元ではCO₂と水を原料とし、再生可能電力を用いてCO、ギ酸、メタノール、エタノール、エチレンなどを合成する研究が進み、Cu系電極によるC-C結合形成を伴う多炭素生成物の選択的合成が注目されている。一方で、電流効率、選択性、電極耐久性、セル設計、大規模化が課題である。さらに、ケミカルループ反応器や膜分離を組み合わせた高効率化プロセスの提案も見られる。再資源化では、PET由来BHETからMOFsなどへの高付加価値化や、廃棄物を組み合わせた資源循環型プロセスの開発が進展している。バイオマスでは発酵や熱化学変換による燃料・化学品生産が進み、脱酸素反応など水素を用いないプロセスも重要視されている。

学術的には、固体触媒によるCO₂水素化が最も重要な技術として位置付けられ、RWGS反応によるCO生成、メタノール合成、FT反応を経由したオレフィン生成が主流である。Ni系、Cu-ZnO系、Fe系触媒を中心に、多元機能触媒や界面構造制御による性能向上が進んでいる。一方、CO₂電解還元は論文数が急増している分野であり、C1およびC2+化学物質の合成が進展している。今後は、電解還元で得られるCOやH₂などの中間体を触媒プロセスと組み合わせる統合プロセスの開発が重要であり、分散型電解と大規模触媒反応の連携による高効率な炭素循環システムの構築が期待される。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名: 谷口 綾子

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: 土木計画学および交通工学関連分野に関する学術研究動向

キーワード: 交通工学、交通計画、モビリティ、都市地域計画

土木計画学と交通工学関連分野の研究動向の特徴として、ほぼ全ての人々に関わる社会インフラや移動(交通)を対象とすることから、国内外の社会経済情勢からの影響が大きいことが挙げられる。例えば大きな自然災害が起きたときは、それに関連する運輸交通(物流と旅客)や避難行動に関する研究が増加する。

2025 年度に開催された日本の土木計画学と交通工学の 2 学会においては、都市の新たな移動手段として自転車シェアリング、電動キックボードシェアリング、自動運転バスのインパクトや課題に関する研究、過疎地のモビリティ確保という深刻な社会問題を集合的公共交通ではなくデマンド型の移動手段で補う事例報告など、モデリングや評価方法の検討に加えて実務的課題に即した議論が交わされていた。

さらに米国の TRB(Transportation Research Board)と欧州の ETC(European Transport Conference)の交通系学会の発表論文タイトルを形態素分析しワードクラウドを作成するとともに、その動向を 2024 年度と比較した。その結果、ETC においては、「sustainable」「emission」「public」など持続可能性や政策や施策に関わる語が、TRB においては「safety」「pavement」「performance」など交通安全、舗装材料などの評価、手法に関わる語が大きい。これは ETC が EU という共同体の中で政策や事例を共有する場であるのに対し、TRB は世界各国のハードを含むあらゆる交通運輸課題を対象としていることに起因していると考えられる。

2025 年 1 月に就任した米国の第 2 次トランプ政権が、国際的な気候変動枠組み条約であるパリ協定からの離脱を宣言するとともに、連邦政府の DEI(Diversity(多様性), Equity(公平性), Inclusion(包摂性))プログラムを終了する大統領令に署名した。TRB のワードクラウドの経年変化より、2024 年度は「sustainability」「environmental」「climate」など気候変動に関するキーワードや、「equity」などいわゆる DEI(Diversity, Equity, Inclusion)に関するキーワードが存在したが、2025 年度は皆無となっている。第 2 次トランプ政権の政策の方向性が、世界最大の交通運輸系の学会にも影響している可能性が示されたと言える。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:井料 隆雅

所属・職:東京大学大学院工学系研究科・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:土木計画学および交通工学に関する学術研究動向

—機械学習を始めとした融合的方法論に関する新たな潮流—

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:交通工学、土木計画学、AI・機械学習、大規模言語モデル

土木計画学および交通工学では、AI・機械学習の導入が進んでいるが、近年はとくに生成 AI と大規模言語モデルの活用が新しい潮流となっている。本調査研究では、2025 年刊行論文の動向と国外学会の開催状況の調査、国内外の学会の聴講、若手・中堅研究者によるセミナーを通じて、これらの技術が当該分野でどのように使われ始めているかを調べた。

文献と国外学会における論文等のタイトルを交通工学系の主要雑誌および学会から網羅的に調査したところ、コンピュータビジョン、深層強化学習や大規模言語モデルを用いた研究が、自動運転、交通信号制御、交通需要予測、交通安全、行動分析、シミュレーションなどを応用範囲として多く存在していた。比較的以前からある深層強化学習に加え、大規模言語モデルが、交通流予測や自動運転の高次計画を既存モデルの上位で補助する研究に加え、人間の交通行動の再現可能性を検討する研究にも普及し始めていた。このことは、交通分野において、大規模言語モデルが個別の先駆的な応用にとどまらず、新しい方法論の一つとして成立しつつあることを示している。一方、国内学会では、AI の利用は着実に進んでいるものの、大規模言語モデルを前面に出した発表はまだ限られていた。

「ワークショップ:AI と交通研究」を企画し、主に若手中堅の研究者を集めて、2026 年 3 月 23 日に開催した。基調講演やパネルディスカッションから、大規模言語モデルは土木計画学や交通工学における方法論を変革するだけでなく、研究の進め方そのものを大きく変える可能性を持つことが見えてきた。特に交通工学は数値計算を主要な方法論とすることもあり、大規模言語モデルが研究スタイルに与える影響は大きいと考えられる。創造性の比較的低い作業を自動化することで研究者の負担が下がる一方で、創造性の高い着想や問いの立て方がより重要になることが予想される。この方面の技術やノウハウは急速に発展しており、研究のアウトプットやその評価方法に対するインパクトも大きくなるが見込まれるので、今後の動向を継続的にフォローアップする必要がある。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:越水 正典

所属・職:静岡大学電子工学研究所・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:原子力工学関連分野に関する学術研究動向

キーワード:光デバイス、融合研究、若手研究者育成、新たなトレンド

原子力工学関連分野のうち、放射線計測に係る技術は、多様な基礎分野および産業における基盤技術である。中でも、放射線計測を可能とする材料開発については、近年、多様な物質系の導入がなされている。シンチレータ開発においては、ペロブスカイト太陽電池関連の研究の飛躍的な進展の影響を受け、ペロブスカイト構造を有する有機無機化合物を対象とした研究が急速に進みつつある。また、有機 EL における三重項励起状態の利用技術の進展を受け、熱活性化遅延蛍光を呈する分子の利用事例も多くなりつつある。さらには、量子ドットを利用したシンチレータ開発事例も増加しつつある。一方で、半導体検出器開発においても、ペロブスカイト太陽電池関連の研究の影響を受け、ハロゲン化物半導体に基づいた半導体結晶の利用技術も進みつつある。さらには、線量計材料の開発においても、溶液、ゲル、あるいは有機物に基づいた材料開発が、特にがん治療における線量計測への応用を企図して進められている。これらの材料開発においては、原子力工学および放射線計測分野で限定されているものではなく、多様な学術分野の進展の影響を色濃く受けている点に特徴がある。

当該分野の研究動向では、特に国内での研究開発の主流が新材料開発であり、基礎過程を丹念に調査するようなタイプの研究事例がやや少ないという印象を受けている。このことは、応用側のグラントが多いことを反映しているものと思われる。マテリアルズインフォマティクスの手法もあいまって、多様な材料系を対象とした帰納的な研究が主流となり、物性物理に立脚した基礎過程の演繹的な解明が手薄となっているという感がある。一方で、隣接する多様な分野での材料開発状況を強く反映し、扱う材料系のバラエティは飛躍的に向上していることは特筆すべきである。なお、関連する分野を含まない分野においても、若手研究者に対する表彰やそれに類する制度の導入が進み、若手を大事に育てるといった雰囲気が強い。

上述のように、学際研究を契機とした新たな潮流の興隆を考慮すると、科研費の役割はますます重要となると推察される。限られた予算の中で、どのような研究課題を採択すべきであるのか、そのためにどのような選考を実施すべきであるのか、については、不断の改革が必要であると考えられる。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:高村(山田)由起子

所属・職:北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科・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:ナノ材料科学関連分野に関する学術研究動向 —二次元材料研究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:材料科学、ナノ材料、二次元材料、グラフェン、遷移金属ダイカルコゲナイド

令和 5 年度に改正された際に、科学研究費助成事業審査区分表の小区分 28030 ナノ材料科学関連の内容の例に「二次元材料」が新たに加えられた。この二次元材料に関する最新の研究動向を調査するために、国内外の会議に出席した。二次元材料が注目され始めたのは、2010 年にノーベル物理学賞が授与された、炭素原子が蜂の巣状に結合した「グラフェン(graphene)」の特異な電子物性に関する研究がきっかけである。近年では、グラフェン以外の二次元材料、特に層状物質である遷移金属ダイカルコゲナイドの単層、あるいは数層を、半導体二次元材料としてデバイスに応用する研究が盛んに進められている。また、グラフェン等の二次元材料を人工的に積層することで発現する新しい物性もここ数年、注目されている。

物性研究に関しては、1 万人以上が参加したアメリカ物理学会 (APS) の年会 APS Global Physics Summit に出席して、調査を行なった。従来、APS では、凝縮系物理と宇宙・素粒子物理は別々に年会を行なっていたが、今年は昨年を引き続き一緒に開催された。二次元材料と冠したセッション名が 19 あり、フラットバンドが発現する、数層グラフェンの新しい積層多形である rhombohedral graphene の成果発表が盛んに行われており、聴衆も多かった。その他、英国で開催された参加者約 300 人の遷移金属ダイカルコゲナイドの学会 2D Transition Metal Dichalcogenide 2025 に出席し、富山国際会議場で参加者約 400 人のグラフェンと二次元材料研究に関わる学会 The 16th International Conference on Recent Progress in Graphene and 2D Materials Research を主催したので、これらの会議について報告する。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:野田 優

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:反応工学およびプロセスシステム工学、ナノ材料科学関連分野に関する学術研究
動向-新材料の基礎から実用化に向けた潮流と展開-

キーワード:ナノ材料、二次電池、資源、環境、持続可能性

反応工学およびプロセスシステム工学、およびナノ材料科学の関連分野は非常に広範だが、本調査ではナノ材料とエネルギーに着目して実施した。本分野の学術研究動向として、ナノ材料および電池技術の融合が一層進展している。特にカーボンナノチューブ(CNT)やグラフェンなどの低次元炭素材料は、リチウムイオン電池(LIB)や全固体電池において導電材・複合電極材料としての応用が拡大しており、単層CNTを活用した高性能電極や広温度域対応電池など、性能向上に寄与する研究が増加している。また、CNTの分散性や構造制御と電池性能の相関解明も重要な課題として認識されている。

電池材料の観点では、電池の性能(エネルギー密度、レート特性)の向上に加え、サプライチェーンの安定化や資源・環境の持続可能性の検討も増えている。特にリチウムイオン電池(LIB)の正極材はレアメタルに依存しているが、従来のNMC系に加え、LFPやLMFPなどサプライチェーンやコストを考慮した材料への関心が高まるとともに、ナトリウムイオン電池(SIB)や全固体電池の研究が活発化している。さらに、電池の産業化を見据えた量産技術やギガファクトリー構想など、スケールアップに関する研究も進展している。加えて、電池リサイクルや資源循環に関する研究が重要性を増しており、正極材料の直接再生や分離技術の開発が進められている。一方で、ライフサイクルアセスメント(LCA)による環境負荷の定量評価は依然として発展途上であり、今後は性能向上と環境影響低減を両立するための統合的評価手法の確立が求められている。

令和 7(2025)年度調査研究実績報告書

研究担当者名:山村 和也

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 専門研究員

調査研究題目:加工学および生産工学関連分野に関する学術研究動向—原子レベルの精度を実現する新たな生産加工技術の潮流と展開—

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:超精密加工、ナノマニュファクチャリング、外場援用型プロセス

本調査では、超精密加工および関連分野における国際的研究動向を、国際会議ならびに主要な加工系ジャーナルを対象として体系的に分析し、原子レベル精度を実現する次世代ナノマニュファクチャリングの構造的変化を明らかにした。近年、これらのジャーナルにおける論文動向から、従来の機械加工や CMP を中心とする枠組みから、プラズマ援用加工、電気化学加工、フェムト秒レーザ加工などの反応場制御型プロセスへの急速なシフトが確認された。特に、ワイドバンドギャップ半導体、セラミックス、ダイヤモンドといった難加工材料を対象とした研究が顕著に増加しており、加工損傷を抑制した高品位加工の実現が主要課題となっている。さらに、加工機構の高精度モデリングや温度・振動制御、極限精度・極低損傷加工、脆性材料の高機能加工に関する研究が顕著である。また、第一原理計算や機械学習を活用したプロセス最適化に関する論文が急増しており、データ駆動型加工が新たな研究パラダイムとして定着しつつあることが確認された。加えて、超短パルスレーザによるダメージフリー加工やナノスケール構造制御など、従来困難であった高精度加工の実現が報告されている。さらに、環境負荷低減の観点から、スラリーを用いないドライ加工や光励起、電気化学、プラズマなどの外場を統合的に利用した「外場援用型プロセス」への関心が急速に高まっており、持続可能な製造技術としての位置づけも強化されている。欧米および中国では国家主導の大規模投資により装置開発と量産技術の統合が進み、研究成果の社会実装が急速に進展している。一方、日本は基礎的な加工機構の理解において優位性を有するものの、装置化・スケールアップおよび産業実装において構造的課題を抱えている。本調査では、分野融合を前提とした研究体制の再設計、共用設備の戦略的整備、データ駆動型研究基盤の構築、さらに産学連携を核とした実装志向型研究の強化が、我が国の競争力維持に不可欠であることを示した。