

CREST

24/25

戦略的創造研究推進事業 チーム型研究

Core Research for Evolutionary Science and Technology

CRESTとは

科学技術イノベーションにつながる卓越した成果を生み出す ネットワーク型研究（チーム型）

趣 旨

我が国が直面する重要な課題の克服に向けて、独創的で国際的に高い水準の目的基礎研究を推進し、社会・経済の変革をもたらす科学技術イノベーションに大きく寄与する、新たな科学知識に基づく創造的で卓越した革新的技術のシーズ（新技術シーズ）を創出することを目的としています。そのために、研究総括が定めた研究領域運営方針の下、研究総括が選んだ、我が国のトップ研究者が率いる複数のベストチームが、チームに参加する若手研究者を育成しながら、研究を推進します。

概 要

■研究期間

5年6ヶ月以内

■研究費

総額1.5億～5億円程度／チーム

特 徴

- 戦略目標達成のために、1研究領域あたりの研究課題数や1研究課題あたりの予算規模の設定、研究期間中のステージゲートやチーム再編成の導入等、研究総括の裁量で柔軟な領域設計を行うことを可能としています。
- 研究総括は自らが設計した研究領域運営方針の下に研究提案を募り、1領域あたり10～20件程度の研究課題を採択します。研究総括が、複数の研究課題で、科学技術分野やサイエンス・科学技術イノベーションのバランスを見ながら、研究領域全体のポートフォリオを組み立てていきます。そのために、公募は数度に分けて行っており、採択方針は都度公募要領にて明記しています。研究提案募集にあたって、出口を見据えた基礎研究を進めていただくために、産業界や人文社会科学系の研究者の参画を条件としたり、より挑戦的な研究に取り組んでいただくために学際的なチーム体制を条件とする場合もあります。
- 国際的に高い水準にある研究代表者が率いるベストチームを採択します。トップレベルの研究者が共同研究者を組織して成果を出せるよう、1研究課題あたり数億円規模の研究費を支援しています。
- 研究総括は、成果を最大化するために、研究課題に対し進捗に応じて研究の変更・加速・中止を指示する等、柔軟なマネジメントを行います。研究領域運営を支えるアドバイザーを10名程度配置し、科学技術面のアドバイスや評価を行う有識者はもちろんのこと、出口を見据えた研究を支えるために、必要に応じて産業界の有識者や弁護士等の法的観点からのアドバイスを可能とする有識者も加えています。
- 各研究課題においては、提案した内容を達成するだけでなく、チームに参加するポストドクや学生の育成も重要なミッションです。

研究提案の方法の詳細については、募集専用ホームページに掲載します。

募集専用HPへのご案内、募集時期、募集の概要については、

JSTホームページ(<https://www.jst.go.jp/>)、新聞発表、メールマガジンにてお知らせします。

CRESTホームページ

<https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/>

CREST領域一覧

領域数33 課題数450

領域名をクリックすると、該当領域にジャンプします

■グリーンイノベーション ■ライフイノベーション ■ナノテクノロジー・材料 ■情報通信技術

ページ	略称	研究領域名	研究総括（※1研究領域統括）副研究総括（※2研究総括）	実施年度																課題数
				16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
3	革新的反応	新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出	柳 日晷	大阪公立大学 研究推進機構 特任教授／台湾国立陽明交通大学 講座教授																12
5	生命力	革新的な計測・解析技術による生命力の解明	水島 昇	東京大学 大学院医学系研究科 教授																6
7	細胞を遊ぶ	細胞操作	宮脇 敦史	理化学研究所 脳神経科学研究センター／光子工学研究センター チームリーダー																13
9	海洋カーボン	海洋とCO ₂ の関係性解明から拓く海のポテンシャル	伊藤 進一	東京大学 大気海洋研究所 教授																11
11	マルチセンシング	生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出	永井 良三（※1） 入来 篤史（※2）	自治医科大学 学長（※1） 理化学研究所 未来戦略室 上級研究員（※2）																15
13	細胞内ダイナミクス	細胞内現象の時空間ダイナミクス	遠藤 斗志也	京都産業大学 生命科学部 教授																16
16	多細胞	多細胞間での時空間的相互作用の理解を旨とした定量的解析基盤の創出	松田 道行	京都大学 大学院生命科学研究科 研究員																16
19	ゲノム合成	ゲノムスケールのDNA設計・合成による細胞制御技術の創出	塩見 春彦	慶應義塾大学 医学部 教授																19
22	細胞外微粒子	細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出	馬場 嘉信	量子科学技術研究開発機構 量子生命科学研究所 所長																16
25	オプトバイオ	光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用	影山 龍一郎	理化学研究所 脳神経科学研究センター センター長																16
28	材料創製と循環	材料創製および循環プロセスの革新的融合基盤技術の創出とその学理構築	岡部 朋永	東北大学 大学院工学研究科 教授／東北大学 グリーン未来創造機構 グリーンクロステック研究センター長																6
30	光融合	光と情報・通信・センシング・材料の融合フロンティア	中野 義昭	東京大学 大学院工学系研究科 教授																5
32	ナノ物質半導体	ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術	齋藤 理一郎	東北大学 名誉教授																10
34	量子フロンティア	量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓	井元 信之	東京大学 特命教授室 特任教授																13
36	分解と安定化	分解・劣化・安定化の精密材料科学	高原 淳	九州大学 ネガティブエミッションテクノロジー研究センター 特任教授																15
38	未踏物質探索	未踏探索空間における革新的物質の開発	北川 宏	京都大学 大学院理学研究科 教授																15
40	自在配列システム	原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能	君塚 信夫	九州大学 大学院工学研究院 主幹教授																15
42	情報担体	情報担体を活用した集積デバイス・システム	平本 俊郎	東京大学 生産技術研究所 教授																15
44	革新光	独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成	河田 聡	大阪大学 名誉教授																14
46	ナノ力学	革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明	伊藤 耕三	物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター フェロー／東京大学 大学院新領域創成科学研究科 特別教授																15
48	トポロジ	トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出	上田 正仁	東京大学 大学院理学系研究科 教授																14
50	熱制御	ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出	丸山 茂夫	東京大学 大学院工学系研究科 教授																13
52	革新材料開発	実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新	細野 秀雄	東京科学大学 名誉教授／総合研究院 特命教授																13
54	情報計測	計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用	雨宮 慶幸 北川 源四郎	(公財)高輝度光科学研究センター 理事長 情報・システム研究機構 統計数理研究所 名誉教授／総合研究大学院大学 名誉教授																16
57	予測数学基盤	予測・制御のための数理科学的基盤の創出	小谷 元子	東北大学 材料科学高等研究所 主任研究者・教授／東北大学 理事・副学長																6
59	革新的計測解析	社会課題解決を志向した革新的計測・解析システムの創出	鷲尾 隆	関西大学 商学部 教授																16
62	S5基盤ソフト	基礎理論とシステム基盤技術の融合によるSociety 5.0のための基盤ソフトウェアの創出	岡部 寿男	京都大学 学術情報メディアセンター 教授																13
64	バイオDX	データ駆動・AI駆動を中心としたデジタルトランスフォーメーションによる生命科学の革新	岡田 康志	理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー／東京大学 大学院医学系研究科 教授																17
67	信頼されるAIシステム	信頼されるAIシステムを支える基盤技術	相澤 彰子	情報・システム研究機構 国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 教授																12
69	数理的情報活用基盤	数学・数理論と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開	上田 修功	理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長／NTTコミュニケーション科学基礎研究所 リサーチプロフェッサー（客員フェロー）																14
71	コンピューティング基盤	Society5.0を支える革新的コンピューティング技術	坂井 修一	東京大学 未来ビジョン研究センター 特任教授・副学長																8
73	共生インタラクション	人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開	間瀬 健二	名古屋大学 名誉教授																16
76	人工知能	イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化	栄藤 稔	大阪大学 先導的学際研究機構 教授																29

※2024年12月時点の情報です。

《終了:92領域 1341課題》

新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah30-2.html

戦略目標

持続可能な社会の実現に資する新たな生産プロセス構築のための革新的反応技術の創出



研究総括
柳 日馨

大阪公立大学研究推進機構 特任教授 / 台湾国立陽明交通大学 講座教授

前研究総括
吉田 潤一

鈴鹿工業高等専門学校 / 京都大学 校長 / 名誉教授

領域アドバイザー

江口 久雄	東ソー・ファインケム(株) 代表取締役社長
川田 達也	東北大学 大学院環境科学研究科 教授
近藤 寛	慶應義塾大学 理工学部 教授
関根 泰	早稲田大学 理工学術院 教授
滝澤 博胤	東北大学 理事・副学長 (教育・学生支援担当)
堂免 一成	東京大学 特別教授/信州大学 先端材料研究所 特別特任教授
富岡 清	関西大学 客員教授/京都大学 名誉教授
西田 まゆみ	(株)ウェストコーナー 代表取締役社長/北海道大学 名誉教授
西原 寛	東京理科大学 研究推進機構総合研究院 特任副学長・総合研究院長
長谷川 龍一	東京大学 大学院工学系研究科 特任教授
山川 一義	東京大学 大学院理学系研究科 特任研究員
四橋 聡史	パナソニックホールディングス(株) テクノロジー本部 主幹(兼)課長

研究領域概要

現在の化学合成や化学品生産においては熱エネルギーの利用が主流であり、新たな合成法・生産法の創製・確立のためには、熱エネルギー以外のエネルギーの積極的な利用が重要課題です。本研究領域は、電気や光等の古典的な熱エネルギー以外のエネルギーを積極的に利用した革新的反応技術の創出することを目的とします。すなわち、電気化学、光化学、触媒化学、合成化学、材料科学、理論・計算、計測等に立脚して化学反応場における電子やイオンの能動的制御を探索し、物質合成・生産に資する革新的反応技術の創出します。

具体的には、(1) 理論・計算と計測の連携による反応機構解明およびそれに基づいた革新的反応の設計、(2) 革新的反応を可能にするための新材料の創製、(3) 新材料や新技術を活用し、電気や光等、単独のエネルギーを用いた革新的反応プロセスの構築、(4) 複数のエネルギーを組み合わせた革新的反応プロセスの合理的設計および構築、等の研究開発に取り組みます。反応原理の解明とともに電子やイオンの能動的制御法の開発や、それらに基づいた電気や光等を利用する新規合成反応の開発を推進し、持続可能な社会の実現に向けた革新的反応技術を生み出すとともに、この分野のさらなる発展を担う研究者を輩出することを目指します。

固体高分子電解質電解技術に基づく革新的反応プロセスの構築

跡部 真人

横浜国立大学 大学院工学研究院 教授

本プロジェクトでは、持続可能な社会の実現に資する革新的な生産プロセスの構築を念頭に、固体高分子電解質電解基盤技術の創出を目指します。具体的には、以下の項目を掲げ、研究を展開します。



(1) PEM型リアクターによる基質・位置・立体選択的電解水素化反応の開発 (2) 常温・常圧酸化反応プロセス構築のための固体高分子電解質電解技術の開発 (3) 固体高分子電解質電解モジュールの大型化のための技術基盤の整備

電子貯蔵触媒技術による新プロセスの構築

小江 誠司

九州大学 大学院工学研究院 教授

高毒性なCOの代わりに、削減対象である「CO₂」と、電子源である「H₂又はH₂O」を用いる光・電気駆動型の新オキシ法（アルデヒド合成）と新モンサント法（酢酸合成）を創成する。さらに、H₂とO₂から光・電気駆動型のH₂O₂直接合成法を開発する。フラスコ実験と燃料電池実験を平行して行い、最終的に、H₂又はH₂Oを電子源として用いる光・電気駆動のベンチトップ型ミニプラントを構築する。



新物質群「3次元カーボン構造体」と革新的触媒反応

生越 友樹

京都大学 大学院工学研究科 教授

本研究では、有機化学的に構造制御が可能な新物質「3次元（3D）カーボン構造体」を構築し、革新的電極触媒反応を開発します。さらに3Dカーボン構造体に柔軟性を持たせ、力学的エネルギーにより反応触媒サイト間の距離や基質の量を変化させ、電子やイオンの能動的な制御を行います。加えて、得られた3Dカーボン構造体を個別に設計・合成された半反応電極触媒として用い、同一導電性基板上に空間的に隔てて共担持した局部電池触媒を構築します。



アニオンラジカル制御が拓く革新的電子触媒系

白川 英二

関西学院大学 生命環境学部 教授

触媒として遷移金属の代わりに電子を用いる「電子触媒反応」は、省資源・省エネルギーで有用化合物を合成可能な潜在力あるプロセスですが、鍵中間体であるアニオンラジカル種の発生に加熱が必要であり、適用可能な基質に限られていました。本研究では、アニオンラジカル種の測定・解析による理論的な裏付けに基づいて光や電気によって電子を能動的に制御する「電子触媒化学」の学理を構築し、多様な反応を開発します。



レドックスメカノケミストリーによる固体有機合成化学

伊藤 肇

北海道大学 大学院工学研究院 教授

有機合成化学は、医薬品や電子材料など人類に必要な高度なマテリアルを供給しますが、有機溶媒の使用が環境負荷やコストの面でネックとなっています。本研究では、独自に開発したレドックスメカノケミストリーという新しい技術を用いて、有機溶媒を用いない「固体有機合成化学」を確立します。本研究によって有機合成のコストダウンが実現するだけでなく、難溶解性のため研究が進んでいなかった新物質の開発が可能になります。



電子移動制御による連続脱水縮合反応

千葉 一裕

東京農工大学 学長

本研究は、開環分子の生成と反応を促す電子リレーシステムを構築し、化学反応に伴う廃棄物の量を極小化した電子移動型脱水縮合反応法を確立すると共に、多段階脱水縮合反応システムの構築による多様な中分子ペプチドをモデルとして高純度、高収率生産を達成します。これにより、これまでの化学法における試薬および反応溶液大量消費の概念を根本的に変え、電極電子移動および光照射による化学物質生産プロセスの革新を目指します。



非平衡プラズマを基盤とした電子駆動触媒反応の創成

野崎 智洋

東京科学大学 工学部 教授

既知の活性種を生成するためのプラズマ制御と単結晶モデル触媒に作用させる表面科学を融合し、学理にねざした研究を行います。粉末試料にプラズマを照射しつつX線および赤外吸収分光を行い、プラズマ特有の反応を抽出し触媒開発を支援します。新規触媒を用いて改質反応を検証し、熱反応と比較して特性温度150度低減を実現する触媒候補を複数絞り込み、さらに、200度低温化を実現するプラズマ触媒反応の道筋を示します。



不飽和結合への電子注入に基づく高度官能基化法の創出

依光 英樹

京都大学 大学院理学研究科 教授

適切な求電子剤の選択により不飽和結合への電子注入を能動的に制御し、不飽和化合物へ様々な官能基を一挙に導入する革新的な反応技術を開発します。結晶構造解析や計算化学を駆使することで中間体の性質や反応機構を解明し、新反応の開発に繋がります。電解還元による電子注入を利用した斬新かつ有用な不飽和結合の多重官能基化法も確立し、電気エネルギーを活用した革新的反応技術を提供します。



電気・光・磁場で誘導する革新的分子変換法の創成

垣内 史敏

慶應義塾大学 理工学部 教授

有機化合物中に遍在する炭素-水素結合を分子変換に利用し、電気・光・磁場で発生させた活性種を触媒反応に組み込んで、機械学習支援による高効率・高選択的に進行する革新的分子変換法を開発します。本研究で、1) 触媒の酸化数制御による不斉反応と位置選択的反応の開発、2) 外部エネルギーで触媒活性と構造変化をオンデマンドで行う触媒多機能化法の開発、3) 電極の特長を活用した位置選択的官能基化の指導原理を創成します。



ヒドリド含有酸化物を活用した電気化学CO₂還元

前田 和彦

東京科学大学 理学部 教授

本研究では、高選択的かつ高速でCO₂を還元する新しい電気化学触媒の創出を目的とする。触媒構成物質としてヒドリド含有酸化物群に着目し、それらの構成イオンを制御することで最適な担体を得る。さらには、第二成分として遷移金属種をヒドリド含有酸化物物上に添加し、目的生成物に対する選択率と反応速度を向上させる。触媒開発と運動して、動作中の触媒の様子をリアルタイムで捉える新しい分光計測手法の開発にも取り組む。



「ルイス酸-外部刺激」系によるイオン性中間体の活性化

安田 誠

大阪大学 大学院工学研究科 教授

カゴ型金属ルイス酸に光照射や電解を加え緻密な性状制御を行い、多糖の選択的合成法を確立する。また、ルイス酸配位子の光励起によるエキシマー発生に誘起される構造変化を活用した、選択的なデルペノイドの環化を行う。ルイス酸-可視光Photoredox触媒の融合型化合物を創成し、高効率電子移動型触媒反応開発する。さらに、ルイス酸により発生する活性中間体に対するマイクロ波の非熱効果による位置選択的反応を行う。



時空間で精密制御した輻射場による表面反応プロセス

吉信 淳

東京大学 物性研究所 教授

本研究では、THzパルスによる吸着種の低エネルギー振動モードの選択励起とボラリトン形成によるポテンシャル変調を駆使して、時空間領域で精密制御した輻射場により表面反応プロセスを能動的に駆動します。全ての振動モードに統計的にエネルギーが分配される熱反応の欠点を回避し、反応の活性化障壁を下げ、反応を直接駆動するモードを選択励起することで、より低い温度・少ないエネルギーでの反応駆動を目指します。



革新的な計測・解析技術による生命力の解明

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2024-4.html

戦略目標

「生命力」を測る～未知の生体応答能力の発見・探査～



研究総括
水島 昇
東京大学 大学院医学系研究科 教授

領域アドバイザー

植木 浩二郎	国立国際医療研究センター研究所 糖尿病研究センター センター長
浦野 泰照	東京大学 大学院薬学系研究科・医学系研究科 教授
太田 淳	奈良先端科学技術大学院大学 理事・副学長
川人 光男	(株)国際電気通信基礎技術研究所 脳情報通信総合研究所 所長
豊田 正嗣	埼玉大学 大学院理工学研究科 教授
永井 健治	大阪大学 産業科学研究所 教授
中山 啓子	東北大学 大学院医学系研究科／ 東京科学大学 総合研究機構 教授
夏目 徹	産業技術総合研究所 細胞分子工学研究部門 首席研究員
原田 慶恵	大阪大学 蛋白質研究所 教授
樋口 真人	量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所 センター長

研究領域概要

本研究領域では、令和6年度戦略目標「「生命力」を測る～未知の生体応答能力の発見・探査～」に基づいて、ニーズ志向の分野横断アプローチを通じて、さまざまな計測パラメーターの重ね合わせによって「生命力 (The power of life)」を解き明かすことを目標とし、「生命力」を可視化・浮き彫りにするための革新的な計測・解析技術の開発と、開発された技術を活用した「生命力」の解明を目指します。

本研究領域では、生体において、一定のアイデンティティを持ちながらダイナミックに変化できる力(ダイナミズム)、生命が過酷な環境に耐える力(ロバストネス)、外的刺激や内的要因によって生じる“揺らぎ”を一定の範囲にとどめる力(ホメオスタシス)など、生命に重要なこれらの性質を包括する概念を「生命力」として表現していますが、これに限らず、本研究領域に参加する研究者自らが考える「生命力」を追求し、その解明と理解を目指します。なお、「生命力」には、生命が生み出す力と、生命を生み出す力のいずれもが含まれるものとします。

「生命力」を解明するため、研究者間で分野横断的な融合チームを組み、生命科学のニーズを見据えた革新的な計測・解析技術を開発します。また、生命に包含される幅広い時間・空間スケールに対応し、時にはスケールを横断するなど、さまざまなパラメーターを重ね合わせることで、これまで見えてこなかった「生命力」を浮き彫りにすることを目指します。

本研究領域にて生命科学のニーズに応える革新的な計測・解析技術が開発され、これまで見えてこなかった、もしくは顧みられてこなかった「生命力」の解明を通じ、本領域から新しい生命観が創造されることを期待します。

細胞反応活性力のケミカルバイオロジー解析

王子田 彰夫

九州大学 大学院薬学研究院 教授

本研究では、独自に開発した分子プローブ群とオミクス解析を組み合わせたアプローチを主軸として、(1) 反応性プローブを用いたケミカルプロテオミクスによる細胞内タンパク質の反応活性力の測定、(2) 代謝型プローブのメタボミクス解析（代謝運命の解析）とイメージングによる代謝活性力の検出を目指す。以上のアプローチに基づいて細胞の反応活性力を *in situ* で計測し、新たな細胞機能の解明や発見を目指す。



生命力を駆動するミトコンドリア糖代謝スイッチの解析技術

平林 祐介

東京大学 大学院工学系研究科 准教授

我々の脳は大量の糖を消費することで高度な神経活動を維持すると考えられています。しかしながら、哺乳類の脳がなぜ多くの糖を必要とするのか、どのように糖を活用するのかは実は多くが不明なままです。そこで本研究では、糖代謝に中心的な役割を果たすミトコンドリアの機能解析法を開発することにより、この謎を解明していきます。これは、様々な神経疾患メカニズムの解明に資する研究です。



生命力を生み出す細胞内非平衡揺らぎ

岡田 康志

東京大学 大学院理学系研究科 物理・生命科学共同研究センター ナノスケール

細胞質は、*in vitro* でゲル化し流動性が失われる程の濃厚タンパク質溶液である。しかし、生きた細胞内では細胞質は流動性を保っており、流動化機構が存在すると考えられる。その候補として、細胞自身が代謝エネルギーを利用して細胞質を能動的に攪拌している現象が想定される。本研究では生命力の一つの顕れとして、この能動的攪拌現象すなわち非平衡揺らぎに注目し、そのメカニズムや、生理的意義を追求する。



核内環境による生命力維持機構の解明

胡桃坂 仁志

東京大学 定量生命科学研究所 教授

核内の空間位置と制御因子群を含むクロマチンの高次構造が織りなす「場」の原理を理解するために、核内空間配置を計測する高精細クライオ蛍光顕微鏡の開発と、その領域のクロマチン構造情報を得るクライオ電子顕微鏡解析を組み合わせた新たな計測手法として HD-CryoCLEM を開発する。核内でのクロマチンの空間位置を高精度で計測し、そのネイティブな高次構造を解析することで、それらの相関関係を明らかにする。



離散的な意識の進化：無意識からアプローチする比較生物学的研究

櫻井 武

筑波大学 医学医療系 教授

本研究では、アリ、トカゲ、タコ、マウスを対象に、最新の計測・摂動技術を用いて、睡眠や冬眠の無意識状態の進化的起源と機能を比較生物学的に解析する。特に、睡眠ステージの遷移機構、冬眠と睡眠の進化的関係、生物時計の無意識制御メカニズム、記憶保持のシナプス構造ダイナミクスに焦点を当て、無意識脳の特異性と共通性を解明する。これにより、生命力維持に果たす無意識の役割を明らかにし、新たな生命観の創出を目指す。



VR 多次元計測による生存戦略の脳回路動態解明

佐々木 亮

自然科学研究機構 生理学研究所 教授

本研究では、多様な生存戦略を駆動できる脳回路動態の効率性（性能）を種間比較し、様々な動物種における「行動戦略の多様性」の起源、広がり、生物学的基盤を解明し、行動戦略の誘導と解読・拡張を達成します。そのため、ヴァーチャルリアリティ（VR）を駆使した生存戦略の「多次元」での評価法を確立し、生存戦略に関わる系統的マルチ脳回路動態計測・解読、分子遺伝学マルチ脳回路操作による生存戦略の制御を試みます。



細胞操作

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2023-4.html

戦略目標

革新的な細胞操作技術の開発と細胞制御機構の解明



研究総括
宮脇 敦史

理化学研究所 脳神経科学研究センター チームリーダー

領域アドバイザー

岡田 眞里子	大阪大学 蛋白質研究所 教授
川原 知洋	ソニーグループ(株) テクノロジープラットフォーム Technology Infrastructure Center 先端研究部 リサーチャー
神取 秀樹	名古屋工業大学 オプトバイオテクノロジー 研究センター 特別教授
出口 茂	海洋研究開発機構 海洋機能利用部門 センター長
淵木 理	東京大学 大学院理学系研究科 教授
野崎 智義	東京大学 大学院医学系研究科 教授
浜地 格	京都大学 大学院工学研究科 教授
山田 泰広	東京大学 大学院医学系研究科 教授
山本 卓	広島大学 大学院統合生命科学研究科 教授 / ゲノム編集イノベーションセンター センター長

研究領域概要

本研究領域は、細胞制御の機構に関する操作と理解をインタラクティブに進めることにより、ライフサイエンスの幅広い分野にインパクトをもたらす技術革新の創出を目指します。

ここでは「細胞制御」における細胞を、個体や組織を構成する要素、または各種オルガネラから構成される集合システムと捉えます。10の6乗個以上の細胞をすり潰して生化学実験に供するような従来の解析手法に対して、近年のシングルセルオミクス解析およびバイオイメーキング技術による時空間解析は、細胞個々のパーソナリティやインテグリティを尊重し、細胞制御機構に関するより詳細かつ多面的なデータをもたらしてくれています。こうしたデータ量の爆発的増大と歩調を合わせながら人工知能の基盤技術が広く伝播し、データ分析の高速化が実現しています。

ただしデータの量が増えても細胞制御機構の理解が深まるとは限りません。複雑なシステムを支配する因果関係を暴くには、ある特定の要素の働きを操作してシステム全体あるいは他の要素の振る舞いを調べるのが有効です。そこで本研究領域は、技術開発の側に立って、細胞制御機構の操作（以降、細胞操作と略称）に焦点を合わせる方針をとります。解析に伴って必然的に起こる対象への操作を定量的に扱う必要を認識しつつ、対象を自在に操作する技術の開発を鋭意進めます。既存の技術に潜むノビシロを粘り強く追及することは大切であり、現在の細胞操作の中心的要素技術、たとえば、ゲノム編集や光・化学遺伝学を、最先端技術を駆使して改善すれば、精度向上や多様化の点で相応の進歩が達成されるでしょう。細胞操作を支援するハードウェアやソフトウェアも併せて開発する必要があるでしょう。異種技術とのクロスオーバーを網羅的に行うことで飛躍的進歩を起こす試みも大切です。一方で、全く新しい細胞操作のための要素技術をゼロから創り上げ、細胞制御機構の新局面を開拓する試みが必要です。

細胞は面白い謎をたくさんはらんでいます。細胞は、科学の常識で凝り固まった研究者を避けて、無邪気に接する研究者に心を許してその制御機構を開示してくれるのでしょうか。細胞操作とは細胞を遊ぶことであると捉えていきます。参画研究者が失敗を恐れず細胞を遊びぬく環境を創りたいと思います。細胞遊びを巡って生まれる操作と理解のスパイラルが、領域の外とも相互作用しながら正に成長し、どこかでたとえ小さくても新しい渦を創ることを望みます。想定外の展開を積極的に取り込み、採択された各研究チームが設定目標を大胆に見直ししながら研究を進めることで、領域自身もしなやかな成長を図ります。

生体磁気センシング機構を利用した細胞自在操作技術の開発と応用

加藤 英明

東京大学 先端科学技術研究センター 教授

新規細胞操作技術として磁気遺伝学を創出する。具体的には、生物が有する磁気受容体の分子機構を解析し、得られた結果に基づくタンパク質改変により、神経活動や細胞運動制御などを可能にする磁気遺伝学ツールセットを開発する。また、新規磁性細菌などを対象に新規磁気受容分子を同定する。得られたツールは培養細胞、動物個体レベルでの応用実験により、その有用性を評価する。



超高速光call & response による脳とのセッション

木村 幸太郎

名古屋大学 大学院理学研究科 教授

脳機能の本質はさまざまな複数の領域における分散的かつ自律的な活動の協調ですが、その理解は進んでいません。本研究では、脳の分散的かつ自律的な活動を、自律的な複数の演奏者が協調して音楽を構成するジャズセッションとして捉え、研究者が脳活動とcall & response（呼びかけと応答）を行うことで脳機能を望みの方向に誘導する技術の確立を、シンプルな脳を持つ線虫の研究から目指します。



機能性RNA・RNP 進化プラットフォームの構築と細胞制御技術の開発

齊藤 博英

東京大学 定置生命科学研究所 教授

本研究では、AI、合成生物学、大規模解析技術を駆使し、新機能をもつRNAやRNPを発見・創出します。「RNA・RNP Generator」という独自AIを開発し、目的の機能を発現するRNA・RNPの探索と生成を行い、遺伝子発現や細胞の操作技術へと展開します。実験とAIを融合した「RNA・RNP進化プラットフォーム」を構築し、RNA・RNPを基盤とする細胞制御機構の解明と細胞操作技術を開発します。



生体に対する光学的介入のためのオプト微生物の創出

佐藤 守俊

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

微生物に対して、指向性進化法(directed evolution)等の手法を用いて大幅な機能改変を実施すると共に、近赤外光等での光操作技術や標的化のための新たな光操作技術を導入することで、光で操作可能な「オプト微生物」を開発し、ガン創薬や感染症創薬等への応用の可能性を示す。



寄生虫を操作する

津久井 久美子

東京大学 大学院医学系研究科 客員研究員

寄生虫は、宿主とともに進化し、独自の方法で巧妙な寄生生活方法を獲得しています。その多様な生存戦略は、興味深い一方、ヒト・動物における疾患に関連します。本研究課題は、操作技術が未発達な寄生虫種において、ゲノム編集等の技術的ブレークスルーを達成し、寄生虫操作の方法論の確立と特徴を生かした有用な機能付加を目指します。これらの技術革新と操作による可視化を通じて、新しい寄生虫生物学の学術基盤確立を試みます。



革新リコンビナーゼを用いたゲノム改変

西増 弘志

東京大学 先端科学技術研究センター 教授

本研究では、さまざまなDNA組換え酵素(リコンビナーゼ)に関して遺伝子探索、機能解析、クライオ電子顕微鏡構造解析を行い、多様なリコンビナーゼによるDNA組換えメカニズムを解明します。さらに、構造情報に基づく分子改変を行い、機能性の向上したリコンビナーゼ改変体を創出し、効率的な長鎖DNAノックイン技術を開発します。最終的には、ゲノム大規模欠損に起因する遺伝性疾患の治療法を確立します。



DNA イベントレコーダー細胞

谷内江 望

大阪大学 ヒューマン・メタボース疾病研究拠点 特任教授

現在の生物学では、哺乳動物の全身発生過程など、複雑な多細胞システムの分子・細胞プロファイルの観察は対象の破壊を必要とします。したがって、これらの魅力的なプロセスの時系列動態を観察することはできません。本プロジェクトでは細胞搭載型の観察記録システムによって細胞が経験する様々なイベントを人工DNAメモリーに書き込んでいく「DNA イベントレコーダー」を開発し、マウスの全身発生プロセスを明らかにします。



生体内ナノ結晶構造の進化的起源の構成的理解

安藤 俊哉

京都大学 白蛋白センター 特任准教授

洗練された物性を有する生体内微細構造構築を発想のシーズとした革新的な生体ナノマテリアルの成型技術基盤を確立します。多様な機能性クチャクラノ構造を創出する昆虫の「シャフト細胞」の進化に着目し、シャフト細胞固有の小胞体ネットワークを起点として、生体膜・隣接基質の微細凹凸形態を自在に制御する技術を開発します。本技術を活用して制御分子の祖先状態の細胞内膜動態を復元し、生体ナノ結晶の進化原理を解明します。



器官工作技術の開発と形態形成・進化メカニズムの解明

奥田 寛

金沢大学 ナノ生命科学研究所 准教授

多細胞生物の発生プロセスは適度に頑強であり、この頑強性は種の維持に不可欠です。一方で、このプロセスにはバラつきがあり、種が進化する余地を生んでいます。本研究では、独自の器官工作技術を開発し、上皮の形態形成を自在に操作することで、発生プロセスの頑強さとバラつきが両立される仕組みを解明します。



細胞膜の自在造形による生体物質の万能送達

末次 志郎

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

多細胞生物では、恒常性維持や機能発現のために、細胞間の情報として生体物質の送達が行われています。しかし、任意の生体物質を任意の量で任意の標的細胞に送達する万能な手法が存在しませんでした。そこで、細胞生物学、ケミカルバイオロジー、1分子イメージング、血小板生物学、遺伝子細胞治療の専門家が連携し、既存の概念にない「細胞突起の自在造形」を基盤とする、万能送達技術の開発とその生体への適用を提案します。



線虫特異的な染色体再編成現象を利用した革新的染色体操作技術の開発

杉本 亜砂子

東北大学 大学院生命科学研究所 教授

線虫は100万以上の種がいると言われており、その生態や形態、ゲノム構造も極めて多様です。本研究では、発生の過程で染色体の一部が捨てられる「染色体削減」や、種分化と連動した「染色体融合・開裂」などの、一部の線虫のみでみられるユニークな染色体再編成現象の分子メカニズムを解明します。さらに、明らかにした染色体再編成メカニズムを利用して、他の生物種にも適用できる革新的な染色体操作技術の開発を目指します。



バクテリアを光で遊ぶ

成川 礼

東京都立大学 大学院理学研究科 准教授

本課題では、CBCR分子群を基盤として多彩な光操作ツールを開発し、それらのツールと一細胞計測技術を駆使して、バクテリアの増殖・運動・プラスミド動態を操作し、バクテリアの振る舞いを詳細に解明する。本課題から生み出される新技術と、それを駆使して得られる知見は、「バクテリアを光で遊ばたおす」ためのブレイクスルーを提供し、基礎研究のみならず広範な分野への大きな波及効果が期待される。



量子スマートツール:温度シグナリング操作による神経/グリアの機能制御

原田 慶恵

大阪大学 蛋白質研究所 教授

細胞内温度変化に着目し「温度シグナリング」という新規生物学的ロジックを提唱します。革新的な蛍光ナノダイヤモンド量子ツールを使用して、細胞内の特定の構造体や局所の温度を制御し、高次細胞機能の操作に挑戦します。特に、脳スフェロイドにおける人為的な温度操作から神経回路形成、神経分化、神経病態を制御します。熟す武器としてダイナミックな生理機能の理解と制御に広く応用可能な細胞機能制御技術基盤を創成します。



海洋と CO₂ の関係性解明から拓く海のポテンシャル

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2023-2.html

戦略目標

海洋と CO₂ の関係性解明と機能利用



研究総括
伊藤 進一
東京大学 大気海洋研究所 教授



海洋カーボン
Carbon-Blue X

領域アドバイザー

石井 雅男	気象庁気象研究所 気候・環境研究部 主任研究官
梅宮 知佐	地球環境戦略研究機関 気候変動とエネルギー領域 / 生物多様性と森林領域 リサーチマネージャー
大越 和加	東北大学 大学院農学研究科 教授
菊地 淳	理化学研究所 環境資源科学研究センター チームリーダー
桑江 朝比呂	海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域 領域長
後藤 浩一	(株)KANSOテクノス 東京支店 執行役員・東京支店長
三枝 信子	国立環境研究所 地球システム領域 領域長
宗林 由樹	京都大学 化学研究所 教授
高橋 桂子	早稲田大学 ナノ・ライフ創新研究機構規範科学総合研究所 上級研究員・研究院教授
高村 ゆかり	東京大学 未来ビジョン研究センター 教授

研究領域概要

本研究領域では、異分野融合アプローチによる、大気・陸域と海洋の炭素交換過程の解明、大気中 CO₂ 濃度増加への生態系を含む海洋の応答機能の解明を通じた海洋と CO₂ の関係の統合的理解と、海洋機能を最大限活用した気候変動対策のためのイノベーション創出を目指します。

具体的には、大気 CO₂ 濃度増加がもたらす海洋への影響について、以下の3つのテーマを柱として進めます。1) 海洋の炭素吸収・貯留・隔離プロセスおよび温暖化・酸性化・貧酸素化による炭素循環へのフィードバックプロセスの解明、2) 海洋生態系サービスへの温暖化・酸性化・貧酸素化を含めた影響評価と炭素循環へのフィードバックプロセスの解明、3) 海洋と CO₂ の関係性を解明・制御するための革新的な基盤技術の開発。

研究領域の推進にあたっては、CO₂ をはじめとする炭素循環の様々な要因を高い精度で定量的に把握することや、各種大規模データの解析やモデル化と検証が求められることから、海洋系の研究分野に加え、陸域炭素循環に関連する林学・農学、機械学習などを含む情報科学、そして計測技術などを含む工学など、多様な分野の研究者が「海を解き明かす」ことを目指します。その異分野連携においては統合的かつフレキシブルな運営を推進し、さらに戦略目標の達成に向けた成果を最大化すべく、さきがけ研究領域「海洋バイオスフィア・気候の相互作用解明と炭素循環操舵」とも連携を進めていきます。

2023年度採択

海洋貯留による藻場吸収源デジタルツイン構築

五十嵐 弘道

海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 グループリーダー

本研究では、日本沿岸における海藻藻場および海藻藻場を対象として、藻場植生の生産及び流出観測、船舶からの採水・採泥調査や分解実験を通じた藻場由来有機炭素動態の実測と海洋モデルシミュレーションを統合化して「藻場吸収源デジタルツイン」を構築し、日本国内における藻場から外洋の貯留庫への炭素移行量の定量的把握や気候変動に伴う将来予測情報の創出により、気候変動対策に貢献する。



微量高速C-14 分析による水圏炭素動態解明手法の開発

横山 祐典

東京大学 大気海洋研究所 系長・教授

放射性炭素同位体（C-14）は、炭素そのものの年代（＝大気より隔離されてからの時間）の指標となるため、炭素循環のトレーサーとして極めて強力なツールですが、従来の分析手法では微量分析や高速分析を苦手としてきました。本研究では、C-14の微量かつ高速分析を達成する技術開発を行うことで、海洋を含む水圏炭素循環の解明に役立つツールボックスを、世界に先駆けて日本発で開発します。



海藻養殖漁場におけるブルーカーボンの高精度定量化と固定能評価

ニシハラ グレゴリー・ナオキ

長崎大学 海洋未来イノベーション機構 教授

本研究は、単一群落である海藻養殖場を用い、海藻が吸収する炭素量と呼吸や有機炭素として放出する炭素量を定量し、海藻養殖のCO₂固定能を直接測定する技術開発を行います。具体的には、貯蔵効果が高い難分解性有機炭素（フコイダン）の定量から、より精度の高い残存率の算出を行います。更にCO₂固定量の算出では、比較的測定が容易なNPPやNEPの利用を提案します。これらの成果は当該分野の発展に大きく寄与する技術として期待できます。



CO₂ 増加に伴う沿岸生態系遷移リスク検知と予測の高度化

栗原 晴子

琉球大学 理学部 教授

本研究は生理生態・分子生態・モデリング・社会適応の4グループから構成され、自然科学および社会科学の研究者らが連携し、主に4つの研究課題：1. 気候変動環境シミュレーションシステム（MESAS）の開発と環境生物応答の評価、2. 環境RNAによるストレス検出技術の開発、3. 沿岸生態系統合モデル開発と生態系遷移の予測、および4. 生物分布変化の生態系サービスと社会へのインパクトと適応策を実践します。



2024年度採択

気候変動に伴う低次栄養段階生物の応答と炭素吸収能の評価

相田(野口) 真希

海洋研究開発機構 地球環境部門 主任研究員 (グループリーダー)

本研究では、数値モデルと観測が連携することにより、人為起源CO₂に起因する海洋温暖化・酸性化の海洋生態系と炭素循環への影響評価とその影響による気候変動へのフィードバック予測を行います。具体的には飼育実験と野外調査によるプランクトンの応答の理解、光学センサや時系列係留観測による生物炭素輸送の検証、これらの知見を導入したプランクトンの動的環境適応モデルの開発を実施します。



アルゴが解き明かす亜熱帯モード水のCO₂ 吸収・貯留機構

須賀 利雄

東北大学 大学院理学研究科 教授

季節サイクルを捉えた上で、季節内のメソスケール（～月／～100km）・サブメソスケール（～週／～10km）の現象も分解するために、上層海洋の物理過程が最もよく理解されている亜熱帯循環北西部（小笠原諸島周辺）を実験海域とし、多項目高頻度プロファイル観測を実施して、上記の時間スケールを分解する高頻度時系列データを複数年にわたり取得し、既存の現場・衛星観測と組み合わせることで分野融合研究を実施する。



陸海連環に基づく炭素及び生物多様性の包括的評価手法の開発

鏡味 麻衣子

横浜国立大学 総合学術高等研究院 教授

陸域からもたらされる炭素・栄養塩類の沿岸生態系での役割と、それに及ぼす森林と河川の生物多様性や炭素プロセスとの関係を明らかにします。また、観測データをもとに陸海連環を炭素および生物多様性を評価する手法を開発し、炭素貯留と流域の土地利用や生物多様性との関係を解析し、ブルーおよびグリーンカーボンの将来予測を行います。これをもとに、海洋の炭素隔離機能を最適化させる陸海連環や生態系管理のあり方を提案します。



広域高頻度高精度観測から解明する微細藻類の動態変化

鈴木 光次

北海道大学 大学院地球環境科学研究所 教授

人為起源二酸化炭素の増加に伴い、海洋の主要一次生産者である微細藻類（植物プランクトン）の動態の変化が危惧されています。本研究では、協力商船と研究船を用いた前例の無い高頻度、高精度観測を通して、世界の海の中でも生産力の高い北太平洋中高緯度域の炭素隔離能力に対して重要な働きをする植物プランクトンの現存量、群集組成、生産力の季節変化と年々変化を把握し、温暖化と海洋酸性化の影響を定量的に明らかにします。



海中レーザーCO₂ 計測が拓く脱炭素への貢献

染川 智弘

(公財) レーザ技術開発研究所 レーザ技術研究チーム 主任研究員

ブルーカーボンによるCO₂削減効率の評価、海底下CCS実施地におけるCO₂漏洩モニタリング技術の開発によって海域での脱炭素に貢献するために、ライダーによる海水中CO₂モニタリング手法を開発し、その性能を最先端の定点観測センサや、モデル計算と比較します。また、海底からの高度を一定に保持する自動制御システムを搭載した水中曳航体も開発し、実海域でブルーカーボンやCO₂ガスの漏洩模擬観測によって実証します。



イメージングとAIで紐解く南大洋の炭素循環

真壁 竜介

情報・システム研究機構 国立極地研究所 准教授

本研究では、①生物群集の高解像度自動観測を可能とする表層観測システム構築、②有機物粒子の沈降・滞留を決定するキーププロセス解明、③過去30年間の南大洋環境と動物プランクトン群集の応答解明の3課題に取り組み、航行中の表層連続観測、停船中の鉛直観測、過去に遡った長期変動解析の革新的な手法確立を目指します。南大洋の炭素循環像を正確に把握し、多海域への展開を促進することで、将来予測の精度向上に貢献します。



鉛直移動性生物群が輸送する炭素貯留機構の解明

高橋 一生

東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授

海洋には表層と深度数百メートルの間を日周・季節的に鉛直移動する動物プランクトン、マイクロネクトンが広く分布しています。この生物移動を通じて多くの炭素が中深層へ輸送・隔離されることが知られていますが、その変動特性は未解明です。本研究では光学、音響学的手法を導入し、鉛直移動性生物群による能動的炭素輸送量の時空間変動を広域・高解像度で見積もり、更にその変動が生態系へもたらすフィードバックを評価します。



生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2021-5.html

戦略目標

ヒトのマルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明



MultiSensing
マルチセンシング



研究領域統括
永井 良三
自治医科大学 学長



研究総括
入来 篤史
理化学研究所 未来戦略室
上級研究員

研究領域概要

本研究領域は、生体感覚システムおよび末梢神経ネットワークを包括した「マルチセンシングシステム」の統合的理解、および可視化・制御法の開発を目標とします。これを達成するために、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）と国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）が4プログラム（CREST、さがけ、AMED-CREST、PRIME）を同時に立ち上げ、互いに連携しながら研究を進めます。そのため、本研究領域では研究総括（Program Officer: PO）に加え、4プログラムの連携を統括する研究領域統括（Program Supervisor: PS）を配置しています。

<研究領域統括方針>

感覚機能と自律神経系は、生体が恒常的に機能を果たすためのフィードバック系として重要な役割を担っています。一方、加齢をはじめとする内的・外的ストレス等による感覚機能の低下や喪失、さらに末梢神経系の障害は、健康障害と慢性疾患発症の大きなリスク要因です。そこで生体感覚システム・末梢神経ネットワークを包括した「マルチセンシング」の生理機構を統合的に理解することにより、全身臓器の関わる疾患を標的とした新規治療法の開発や、生活の質（QOL）の向上、ひいては健康寿命の延伸が可能になると期待されます。また、マルチセンシングシステムを介した革新的技術の社会実装は、感覚代行、感覚シェアなど、より豊かで幸福な社会の実現に貢献することができます。

JST では基礎原理の解明および基盤・応用技術の開発を軸として、センシング機能の拡張や新たな機能の獲得を目指します。一方、AMED では健康・医療への出口を見据えた基礎研究から医療応用を軸に、失った機能の回復・維持、すなわちセンシングと調節機能の回復・維持・予防を目標とします。具体的には、マルチセンシングシステムの動作機構の解明、病態解明、活動状態を可視化・定量化する技術開発、およびそれらを基にした副作用の少ない治療法や予防法の開発、個人に適した医薬品、医療機器、低侵襲性デバイスの創出等を目指し、同時に、生体のマルチセンシング機能の拡張や高度なセンシングメカニズムの応用によるイノベーション・シーズの創出を出口としてとらえ、JST と AMED が両輪となって推進します。4プログラムの研究者がネットワーク型研究所を構成することによって、相互連携と若手研究者のステップアップ、さらに研究の発展を促します。

<研究総括方針>

本研究領域では、感覚生理学・分子細胞生物学・神経科学等のライフサイエンス分野を超えて、電子/機械工学・情報/数理科学・認知/心理学等との異分野融合を推進することにより、多種感覚受容システムおよび末梢神経ネットワークを統合した「生体マルチセンシングシステム」の動作原理を解明し、日常生活に実装する基盤・応用技術を開発します。

近年、計測技術の発展により新たなセンシング機能やメカニズム解明への切り口が得られつつあります。また種々の感覚情報が、免疫・代謝・内分泌などを含む他の生体システムと相互作用して恒常性が維持されたり、意識下で統合されて多様な知覚・情動が生み出されて人間観や世界観に影響することも分かりつつあります。さらに、仮想/拡張現実代表される ICT 技術やウェアラブルデバイス等の開発から得られた生体感覚研究の知見を、再びフィードバック・融合することにより、ヒトの持つセンシング機能を生体の内外で拡張することも期待されます。

これらの背景をもとに、本研究領域では、従来の各感覚モダリティや生物階層の境界条件内に特化した要素還元的な研究ではなく、生体内外からの様々な環境情報入力から全身生理機能に与える影響とそのメカニズム・ネットワークを解明する研究や、それらを活かしてマルチモーダルな感覚情報を統合的に理解し、生体センサーフュージョンを実現するための技術開発を推進します。また、マルチセンシングメカニズムを可視化、操作、伝送、提示するための基盤・応用技術の創出も目指します。加えて、ヒトには本来備わっていない多彩なセンシング能力（多様な生物が進化の過程で獲得した能力や、現代科学技術が可能にした能力など）を解明し、ヒトのセンシングシステムの新たな理解の切り口とし、これらを活用可能とする原理や有用なデバイスの開発を推進します。

領域アドバイザー

青野 由利	科学ジャーナリスト/毎日新聞客員編集委員
浅田 稔	大阪国際工科専門職大学 副学長
飯野 雄一	東京大学 大学院理学系研究科 教授
牛場 潤一	慶應義塾大学 理工学部 教授／ 研究成果活用企業Connect(株) 代表取締役
片桐 秀樹	東北大学 大学院医学系研究科 教授
菊水 健史	麻布大学 獣医学部 教授
近藤 和敬	大阪大学 大学院人間科学研究科 准教授
佐藤 裕崇	南洋理工大学 工学部 教授・学長補佐／ レステック(株) 代表取締役
初田 哲男	理化学研究所 数理創造プログラム プログラムディレクター
村上 正晃	北海道大学 遺伝子制御研究所 教授

国際領域運営アドバイザー

Seth Anil	サセックス大学 工学情報学部 教授
Friston Karl	ロンドン大学 神経科学研究所 教授

多様な迷走神経情報から創発する内受容感覚の脳統合

佐々木 拓哉

東北大学 大学院薬学研究科 教授

脳は、内臓など身体内部の生理状態の感覚（内受容感覚）を統合します。求心性迷走神経は、各臓器からの局所情報を脳へ伝達する重要な末梢神経です。本研究では、マウス・ヒトを対象として、複数臓器の生理活動が、どのように求心性迷走神経の内受容感覚情報に局所変換され、どのように迷走神経・脳神経回路によって伝達、統合されて、脳機能の創発に至るのかを体系的に理解できるような統合的理論の導出を目指します。



多感覚の統合的知覚を担う座標変換回路の解明

大木 研一

東京大学 大学院医学系研究科 教授

我々は多数の感覚を統合し、統一された世界像を知覚する。例えば目の物体を掴むとき、手に触れる物体と見ている物体の同一性を当然のように知覚する。本研究ではこのような多感覚間の統合的知覚を生み出すメカニズムを、頭頂葉と側頭葉における多感覚領域での座標変換回路の解明と、その自由エネルギー原理に基づく予測・検証を通じて、実験と理論の両面から解明する。



神経-免疫連関による感覚認知システムの統合的理解

和氣 弘明

名古屋大学 大学院医学系研究科 教授

本研究では免疫系が感覚受容と相互作用する分子―回路メカニズムを末梢と中枢のレベルで明らかにし、その連関を捉える。まず末梢神経系における感覚-免疫連関を分子動態を中心に各発達段階で明らかにし、これをマウスで検証する。さらに、提案者らが開発したホログラフィック顕微鏡による感覚伝送を可能し、要素抽出を行う。



電子皮膚による生体シグナルのゆらぎ機構の解明

染谷 隆夫

東京大学 大学院工学系研究科 教授

本研究では、複数の生体シグナルを同時に全身で計測するため、電子皮膚システムの製造技術を確認し、日常生活における高精度かつ長期連続計測を実現します。次に皮膚を通じて連続的に計測できる生体シグナルを生体オータナティブデータとして活用し、AI アルゴリズムで解析し医学的な意義付けを行います。また、正常なゆらぎから病的なゆらぎへの移行を早期に発見することにより、予防医療へ応用するための基盤を構築します。



社会的シグナルを介したイヌのスーパーセンシングの解明

大野 和則

東北大学 タフ・サイバーフィジカルAI研究センター 教授

ヒトが無意識のうちに発する社会的シグナルを介して、ヒトの内的情動を推定するスーパーセンシングの研究開発が必要とされている。本申請は、イヌの持つ、ヒトが無意識に発する社会的シグナルを介して内的情動に気付くスーパーセンシングのメカニズムの計測と解明に挑む。患者や飼主の内的情動の変化に気付きやすい、ファシリテッドッグや一般家庭犬を利用してメカニズムの解明に取り組む。



Narrative embodiment: neurocognitive mechanisms and its application to VR intervention techniques (ラテティブ・エンボディメントの機序解明とVR介入技術への応用)

嶋田 総太郎

明治大学 理工学部 専任教授

自己には物語的自己（ナラティブセルフ）と身体的自己の2つの側面があると考えられています。本研究では、物語的自己が身体的自己へトッピングダウンに影響を与えるプロセスを「ナラティブ・エンボディメント」と定義し、そのメカニズムを認知神経科学・哲学・リハビリテーション科学の協働により解明します。さらに物語的自己をポジティブに促進できるVRナラティブ介入技術を開発し、リハビリテーションへの応用を行います。



体液恒常性をめぐる電解質／水の多感覚ネットワークの解明と制御

樽野 陽幸

京都府立医科大学 大学院医学研究科 教授

塩はそのおいしさから過剰摂取する傾向にあります。減塩という健康課題に対し、本研究では基礎研究を通じて技術革新の科学的基盤を創出し、健康長寿社会の実現を目指します。塩や水の嗜好性は体液バランスの変動で対照的に変容します。大規模単一細胞多階層オミクス解析と活動計測に基づくデータ駆動型研究、及び開発するマルチカラー光遺伝学技術を通じて、塩と水のおいしさを決定する味覚-体液感覚の連携システムを究明します。



幻覚スペクトラムの操作と可視化

高橋 英彦

東京科学大学 大学院歯学総合研究科 主任教授

脳の予測に基づくイメージ生成の制御度に応じて①生理的な予測に基づく情報補完②錯覚③病理的な幻覚を連続的に「幻覚スペクトラム」と捉える。外界の物体・身体・自己イメージも予測による補完情報の大小に応じた連続的なものと捉える。XRやロボット技術を駆使して、健康者や精神・神経疾患を対象に幻覚スペクトラムの操作と脳情報のデコーディング技術を用いて、幻覚スペクトラムの脳情報表現の可視化を目指す。



長距離ナビゲーション動物が獲得した超感覚統合メカニズムの解明

高橋 晋

同志社大学 大学院脳科学研究科 教授

本研究では、生体内外の計測技術や移動データ解析手法を活用し、進化の過程で獲得した超感覚統合を多様な海洋生物から学び、五感を越えた超感覚統合メカニズムを解明する。そのため、鳥類、魚類等を含む長距離ナビゲーション動物種に跨る、神経科学、生態学、データ科学を有機的に連携した融合研究を展開する。更に、実験動物のマウス等を用いた生体内外への介入操作も行うことで、超感覚統合メカニズムを包括的に理解する。



知覚と感情を媒介する認知フィーリングの原理解明

長井 志江

東京大学 ニューロインテリジェンス国際研究機構 特任教授

本研究では、知覚と感情を媒介する認知フィーリングの動作原理を、脳の一般原理である「予測情報処理」理論に基づいて解明することを目的とします。認知フィーリングとは、知覚に対する熟知感や確信感、現実感、処理可能感などを指し、それらを介して快／不快などの感情が生じると考えられます。認知フィーリングの機序を構成的・解析的に明らかにすることで、知覚と感情を含むマルチセンシングの原理を包括的に理解します。



サイバー社会における多重世界予測符号化の解明

春野 雅彦

情報通信研究機構 未来 ICT研究所 室長

個人がいくつもの仮想世界を異なるアバターとして行き来し、多重世界で活動するサイバー社会が現実となりつつある今、ヒトが、脳や身体に負担を掛けることなく多重世界のメリットを享受し、自己変革をも可能とする多感覚情報通信技術の開発が望まれる。本研究は、計算論的神経科学、VR技術、触覚デバイス、行動経済学を背景に持つ研究者が協働することで、多重世界予測符号化の脳内メカニズムを解明し、その応用を目指す。



感覚入力の周期性が生み出す脳機能の理解とその操作

田中 真樹

北海道大学 大学院医学研究院 教授

周期的な感覚刺激は、リズム知覚を生じさせ、運動を引き込み、注意や視知覚を変化させ、脳の可塑性を誘導します。本研究では、周期的な刺激が知覚、運動、脳波を引き込む機序を解明し、これを利用したリハビリテーション治療法や日常生活における知覚や注意の操作法を開発します。また、周期的な錯視から脳波を推定する技術を開発し、スマホに実装することで脳波と関連づけたビッグデータを構築し、新たな疫学研究につなげます。



ハプティクスメッシュと脳脊髄活動計測によるヒト触覚統合システムの究明

花川 隆

京都大学 大学院医学研究科 教授

多チャンネル極薄圧電振動素子を用いて自然な触感を与えられるハプティクスメッシュを開発し、定量と触覚評価の心理実験を行います。触覚のみ、もしくは痛覚や視覚と共に刺激を与え、脳脊髄同時fMRIにて脊髄から体性感覚皮質を計測します。ヒト死後脳MRIを用いて、脳幹構造確率マップを作成し、体性感覚皮質については、ヒトでの皮質層別の測定を行います。多感覚拡張現実システムを開発し、錯覚研究に革新をもたらす成果を目指します。



空間識の幾何による重力覚解明と感覚拡張世界創出

平田 豊

中部大学 理工学部 教授

自己の姿勢や運動状態の知覚を空間識と呼ぶ。空間識は主に、前庭覚、視覚、体性感覚からの異種感覚情報を統合することにより形成される。地球上で進化・発達した動物は、鉛直下向1Gで不変な重力を参照基準軸とし、その脳内推定値である重力覚を基に空間識を形成する。本研究では、異種多感覚統合による重力覚ならびに空間識形成の神経機構を新たな計算理論により定式化し、空間識を操作する方法を確立する。



量子的認知状態の遷移とその効果：不定性の価値と制御

布山 美慕

立命館大学 文学部 准教授

文学や芸術の分野では、不確定な理解や解釈の状態が創造性や美的体験の基盤となりうることが指摘されてきました。本研究では、文学や芸術の理解における「不定性」を持つ認知状態、量子確率論を用いてモデル化し、その現実感や情動状態への効果とともに、科学的に説明、予測、制御することを目指す。不定性の価値を実証的に示すことで、新たな人間観や文化・社会の可能性の創出を目指す。



細胞内現象の時空間ダイナミクス

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2020-1.html

戦略目標

細胞内構成因子の動態と機能



研究総括

遠藤 斗志也

京都産業大学 生命科学部 教授

領域アドバイザー

稲葉 謙次	九州大学 生体防御医学研究所 教授
井上 篤	エーザイ(株) DHBL本部 ディレクター
上田 貴志	自然科学研究機構 基礎生物学研究所 教授
岡本 祐幸	名古屋大学 国際本部 特任教授
金井 求	東京大学 大学院薬学系研究科 教授
吉川 雅英	東京大学 大学院医学系研究科 教授
後藤 典子	金沢大学 がん進展制御研究所 教授
嶋田 一夫	理化学研究所 BDR チームリーダー／ 広島大学 副学長
豊島 陽子	東京大学 名誉教授
藤田 克昌	大阪大学 大学院工学研究科 教授
山下 敦子	大阪大学 蛋白質研究所 教授
米田 悦啓	(一財)阪大微生物病研究会(BIKEN財団) 理事長

研究領域概要

本研究領域は、超分子複合体からオルガネラ、非膜オルガネラに至る細胞内の高次構造体の微小空間でのダイナミクスを観察・計測し、その機能相関を解析することにより細胞の統合的理解を目指します。

近年、クライオ電子顕微鏡や超解像顕微鏡、高速原子間力顕微鏡等の観察・計測技術の発展により、細胞内における微細構造や動態の理解が大きく進展しました。これにより、巨大膜タンパク質複合体等の構造情報が急増するとともに、生物学的相分離やオルガネラ間の相互作用等の新しい現象が見いだされ、従来の細胞の概念が見直されつつあります。

一方で、細胞の統合的理解のためには、上記のようなオルガネラ、非膜オルガネラレベルの細胞内高次構造体に関する精度の高い知見を、分子レベルと細胞レベルの双方向からのアプローチにより獲得し、それらを統合していくことが求められます。

以上から、本研究領域では、上記課題を克服する細胞内現象の観察や計測、制御等の技術の開発と、それらを活用した細胞内高次構造体の機能解明を行い、それに基づく新たな生命現象の理解を目指します。

光合成オルガネラ間コミュニケーションの動的分子基盤

栗栖 源嗣

大阪大学 蛋白質研究所 教授



植物や藻類は強光下等でチラコイド膜のルーメンを酸性化することが知られている。本課題では、ルーメン酸性化の動的な構造基盤をNMRとMD計算で明らかにし、炭酸固定反応を加速する新規構造因子の構造・機能相関、更に葉緑体とピレノイドの2つの光合成オルガネラの間でチラコイド膜ルーメン酸性化の情報があるように共有されるのか、動的な分子実態をX線結晶解析とクライオ電子顕微鏡を統合的に駆使して明らかにします。

細胞機能を担う超分子複合体の原子分解能ダイナミクス

濡木 理

東京大学 大学院理学系研究科 教授



Prestin, CesA, SID 超分子複合体に関して、濡木 G のクライオ電子顕微鏡単粒子解析および電子線トモグラフィー法による静的構造の決定、岡田 G の生細胞内での一分子計測技術や超解像顕微鏡法などの革新的顕微鏡技術を用いた動態解析、クライオ蛍光顕微鏡技術(藤芳 G)を有機的に組み合わせ、細胞が構築され、運動し、恒常性が維持される生細胞中でのダイナミックな分子機構をリアルタイムかつ原子分解能で解明する。

多階層高次構造体群が駆動するオートファジーダイナミクス

野田 展生

北海道大学 遺伝子病制御研究所 教授



オートファジーは細胞が自身の一部を分解して再利用する基本的な生命現象の一つで、我々が健康に生きていくために必須の役割を担っています。オートファジーが起る過程では細胞内で脂質膜の複雑な再編成が行われ、それは多階層の高次構造体群が担っていますが、その仕組みはよくわかっていません。本研究では、オートファジーの諸過程を必要最小限の因子を用いて試験管内で再現し、単純化することでメカニズムの本質に迫ります。

記憶を司るシナプス微小構造の時空間ダイナミクス

林 康紀

京都大学 大学院医学研究科 教授



私達は Ca^{2+} /カルモジュリン蛋白質キナーゼ II (CaMKII) が Ca^{2+} 依存性に基質蛋白質と液液相分離 (LLPS) を起こすことを発見し、これにより PSD の再構成されることがシナプス可塑性の本質であると考えました。そこで、精製蛋白質でこの性質を調べると同時に、超高分解像度顕微鏡法、LLPS の光制御技術の開発、数理モデリングを組み合わせ、この仮説の妥当性を検討していきます。

化学屈性を駆動する高次膜交通ダイナミクス

東山 哲也

東京大学 大学院理学系研究科 教授



花粉管先端部全体の膜交通を単位小胞レベルで捉える光学系を構築・普及し、新規に同定したカーゴ分子群もしくは既知のカーゴ分子群の解析も含め、3次元で膜交通の時空間ダイナミクスを解明する。高精度な化学屈性を実現する高次膜交通の仕組みを解く。

RNA による非膜性構造体の形成と作動原理の確立

廣瀬 哲郎

大阪大学 大学院生命機能研究科 教授



真核細胞には RNA を骨格にした非膜性構造体が存在します。本研究では、これらの構造体の的確な作動に必要な構造基盤の理解を通して、RNA が骨格として用いられている意義を明らかにします。そのために、超解像イメージングによる形態・物性解析、構成因子のオミックス解析、ソフトマター物理学を取り入れた構造体形成原理の確立に取り組みます。また RNA に直接相互作用する化合物で構造体を人為操作する技術を開発します。

細胞におけるゆらぎの階層性と情報統合ダイナミクス

上田 昌宏

大阪大学 大学院生命機能研究科 教授



真核細胞の走性行動を担う細胞内情報処理システムを対象として、システムを構成する分子群の確率的分子特性を1分子・超解像顕微鏡法によって定量的に解析し、計測結果に基づく1分子粒度細胞シミュレーションにより情報処理・運動調節機能の時空間ダイナミクスを計算機内に再現します。これにより、シグナル分子の分子数ゆらぎが利用されて細胞の柔軟な環境探索が実現される「ゆらぎの階層性」と情報統合の仕組みを解明します。

シナプスの力学カップリングを担う軸索終末機構

河西 春郎

東京大学 ニューロインテグレーション研究機構 (WPI RIKEN) 特任教授



軸索の力学応答の原因を、光学顕微鏡(超解像 STED、共焦点、2光子顕微鏡)を用いる生理学的な研究と、TEM や FIB-SEM という定量的電子顕微鏡法と組み合わせで解明する。特に小胞内クラスターの分運動態や SNARE 分子の超分子構造に着目する。これに伴い、遺伝学的金粒子法を用いた単分子電顕法や軸索の化学的操作法を開発する。

ゴルジ体の動態解明に基づく糖鎖修飾の制御

加藤 晃一

自然科学研究機構 生命創成探究センター 教授



タンパク質の糖鎖修飾を制御することはバイオ医薬開発における重要課題です。本研究は糖鎖修飾の舞台としてのゴルジ体に着目し、その微細構造の時空間ダイナミクスと糖タンパク質の輸送経路を明らかにします。複雑に区画化されたゴルジ体における糖転移酵素の局在とカーゴ分子の選別輸送の分子機構を探索することにより、分泌経路のプログラムを読み解き、それを改変することでタンパク質の糖鎖修飾を制御することを目指します。

Toll 様受容体の応答を決定する時空間リソソームダイナミクス

清水 敏之

東京大学 大学院薬学系研究科 教授



リソソームに局在する核酸認識 TLR は病原体センサーとして自然免疫応答を誘導することは良く知られています。一方、リソソーム内の代謝産物の過剰蓄積時には代謝センサーとしてストレス応答を誘導し生存増殖誘導を引き起こすことを我々は見出しています。本研究では病原体センサー複合体、代謝センサー複合体の分子基盤を解明しうえて、それらの応答の転換・制御の時空間リソソームダイナミクスが果たす役割を解明します。

インセルNMR 計測による細胞内蛋白質の構造・動態・機能解明

西田 紀貴

千葉大学 大学院薬学研究院 教授



本研究では、①細胞内タンパク質の動的構造平衡やアンサンブル構造を解析する手法、②ノックアウト細胞を用いた細胞内制御因子の制御パラメーターの抽出法、③細胞内で局在化した標的タンパク質を高感度に検出する In-cell NMR 技術を開発する。開発した手法を細胞内で局所的に形成される LLPS などの高次構造体に適用し、細胞内構造体の機能発現との因果関係を動的構造の観点から定量的に明らかにする。

動原体超分子複合体の構造ダイナミクス

深川 竜郎

大阪大学 大学院生命機能研究科 教授



動原体は、染色体の分配に必須な、100 種以上のタンパク質で構成される超分子複合体である。多くの研究が進展しているが、動原体構造が細胞内でどのような制御を受け、染色体分配を達成させているかについて、不明点も多い。本研究では、クライオ EM を活用した構造研究、高精度イメージング、遺伝学を組み合わせ、動原体複合体の構造変化と染色体分配との関連を細胞の文脈において理解する。

革新的計測技術による相転移ダイナミクスの解明

北川 大樹

東京大学 大学院薬学系研究科 教授



本研究では、細胞内構造体の構造、物性、配向性や流動性などを計測し、細胞内構造体形成における相転移プロセスを体系的に解析する革新的計測手法を確立する。さらに、広範囲の物性変化を示す中心体の形成機構をモデルとし、相転移を駆動する制御機構とその生理的意義を解明することを目的とする。さらに、徹底的な計測から得られたデータを材料とし、物理的な相転移モデルを検証することで、細胞内の相転移機構の理論化を目指す。

トランスゴルジ網/エンドソーム境界領域のダイナミクスと選別輸送

佐藤 明子

広島大学 大学院統合生命科学研究科 教授



我々は、トランスゴルジ網とエンドソームが接着と解離を繰り返しており、この新規な膜間相互作用が積荷タンパク質のトランスゴルジ網からの搬出に必要であることを発見した。本研究では、新規摂動・観察技術を開発すると共に、エンドソーム・トランスゴルジ網の解離とポストゴルジ輸送の両者を可逆的に阻害できる新たに開発した実験系を用いて、膜間相互作用の実態・積荷選別とトランスゴルジ網からの輸送の分子機構を解明する。

クライオ電顕による DOCK シグナロソームの動的構造の解明

白水 美香子

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー



本研究では、細胞の運動・形態変化を制御する DOCK/Rho ファミリーシグナル伝達系について、タンパク質が連携して細胞膜上で刺激を伝達する分子機構の解明を目指します。再構成で様々な活性状態の高分解能構造を取得し、クライオ電子線トモグラフィー法による細胞内分子の位置情報取得、標識化合物を使った細胞内環境での構造解析により、シグナロソームの形成機構や細胞形態変化への関与を分子レベルで解明します。

高次構造体連関が制御する脂質スクランブルシステム

鈴木 淳

京都大学 高等研究院 教授

研究代表者が開発した独自のスクリーニング法を駆使して、脂質スクランブルを制御する高次構造体の構成要素を同定する。また、同定した因子の作動機序を分子レベルで明らかにするためにクライオ電子顕微鏡（または X 線）により構造解析を行う。これらの解析を通して理解が得られた因子をダイヤモンド窒素-空孔中心（NV センタ）直上に構築された脂質膜に再構成し、脂質スクランブルのナノスケール NMR 計測を行う。



多細胞間での時空間的相互作用の理解を目指した定量的解析基盤の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2019-1.html

戦略目標

多細胞間での時空間的な相互作用の理解を目指した技術・解析基盤の創出



研究総括
松田 道行

京都大学 大学院生命科学研究科 研究員

領域アドバイザー

青木 一洋	京都大学 大学院生命科学研究科 教授
赤城 剛	エーザイ(株) 筑波研究所 バイオロジーリード
井上 貴文	早稲田大学 理工学術院 教授
今本 尚子	滋慶医療科学大学 大学院医療管理学研究科 教授
小林 博幸	塩野義製薬(株) ヘルスケア戦略本部 イノベーションフェロー
相賀 裕美子	情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 名誉教授
桜田 一洋	慶應義塾大学 医学部 教授
佐野 雅己	上海交通大学 自然科学研究院 教授/ 東京大学 名誉教授
鈴木 稔	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
楯 真一	広島大学 大学院統合生命科学研究科 教授
平井 優美	理化学研究所 環境資源科学研究センター チームリーダー
山本 雅裕	大阪大学 微生物病研究所 教授

研究領域概要

本研究領域では、組織等における多細胞間の時空間的な相互作用を、分子レベルあるいは細胞レベルで解析し、動的な生命システムの理解に資する技術や理論の創出を目指します。近年、1細胞レベルでのオミクス技術やイメージング技術、さらには大量データを処理する計算機科学等の発展に伴い、細胞や生体分子の網羅的かつ定量的な解析が可能になりつつあります。これにより、個別の遺伝子や分子に着目した研究から、遺伝子群や分子群の1細胞レベルでの変化を対象とするような、より複雑な解析へとライフサイエンスの方法論に変化が認められます。しかしながら、時空間を考慮した生命システムの研究では、細胞や分子の経時的解析や組織・生体の三次元解析などで多くの技術的な隘路が存在します。そのため、技術的なブレイクスルーにより、生体内やそれに近い状態における細胞内外の分子の挙動や細胞の動態変化などに関して、時間情報や位置情報を加味した定量性の高い計測手法やデータ解析技術等の創出が求められています。

このような背景を踏まえ、本研究領域では、細胞間や分子間のネットワークの時空間的な理解に資する新たな技術や理論を構築し、多細胞動態の解明に関する研究開発を推進します。また、これらの研究開発を通じて得られる質の高いデータやパラメータ等から、多細胞の動態を予測・操作するための技術基盤を構築します。

力学場と生化学場の相互作用の計測・操作と予測

今吉 格

京都大学 大学院生命科学研究所 教授

多細胞組織の発生過程において、個々の細胞の増殖、分化、移動や形態変化、そして機能発現が協調的に進行するためには、どのような生化学的・細胞生物学的・力学的要素がダイナミックに変動し、そして時空間的に相互作用するのかについて、国際単位系で出力できるパラメーターで定量化を行い、それらを用いた統合モデリングと、光操作による検証実験から、多細胞システムの作動原理と機能発現過程を明らかにします。



遺伝子制御ネットワークの理解に基づく臓器創出技術の開発

永樂 元次

京都大学 医生物学研究所 教授

本研究では、「胚全体」で起こっている現象を試験管内で再現し、三胚葉由来組織から成る複雑な臓器を誘導するための新規の方法論を確立するために、以下の3項目の技術開発を行います。1) ヒト発生システムの遺伝子制御ネットワークの網羅的・定量的記述 2) ネットワーク構造を予測し有効な制御点を決定するための理論展開 3) 時空間的に自由度の高い遺伝子発現制御および環境制御技術の開発。



細胞動態スペクトラムから紐解く多細胞秩序の創発規則

澤井 哲

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

細胞の形態と運動は、上皮から間葉系、アメーバ様へと、主に3つの類型を中心に分布し、それらが一つの組織の中に共存することも多々あります。これらの動的パターンに着目し、多細胞組織の構築と再生の背後にある細胞の変形と運動を、統一的な数理的表現「細胞動態スペクトル」を通じて特徴づけ、理解するための定量的計測手法と理論モデルを開発します。



植物ホルモンプローアトラスの構築

土屋 雄一郎

名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 特任教授

植物ホルモンの能動輸送を介した組織間・細胞間コミュニケーションは、植物が多細胞生物として生きる根幹的な機能の一つです。本研究では、「ホルモンが細胞間を動く様子を実際に見る」低分子操作技術を開発し、組織レベルでのホルモンの流れを1細胞の解像度で再現する数理モデルを構築することで、環境変化を察知して機敏に生理成長を変化させる植物の動的な情報制御システムの理解に資する技術と理論の創出を目指します。



多細胞の包括的分子イメージング技術基盤の構築

藤田 克昌

大阪大学 大学院工学研究科 教授

多細胞からなる生命現象は、細胞内の分子間、および細胞間の相互作用により生み出されるため、それを理解するには、分子から細胞組織までの広いレンジで形態、物質、化学状態の情報を取得する必要があります。本研究では、様々な光学効果を駆使した光学顕微鏡技術を新たに開発し、生命現象に関わる多種の分子とその化学環境、およびそれらの相互作用を、時空間的に高精度に計測するための技術基盤を構築します。



体表多様性を創発する上皮-間充細胞相互作用の動的制御機構の解明

藤原 裕展

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー

生物は、多様な体外環境に適応して体内環境を一定に保つために、体表の構造と機能の著しい多様性を生み出しました。しかし、体表が多様な形態と機能を自在に生むしくみや理論はよく分かっていません。本研究では、上皮と間充細胞というヘテロな組織の間の細胞間相互作用と、その相互作用の変化が多様な体表機能を創発するという新しい視点に立ち、そのしくみを、細胞間相互作用の時空間的発展の1細胞解析を通して明らかにします。



ライブセルオミクスと細胞系譜解析によるパーシスタンスの理解と制御

若本 祐一

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

クローン細胞集団に薬剤などによる致死的なストレスを与えても一部の細胞が遺伝子変異なしで生き残る「パーシスタンス」という現象が知られています。本研究では、ラマン分光を利用したライブセルオミクス技術、1細胞系譜計測技術、細胞系譜の統計数理、細胞集団制御技術を包括的に開発し、がん細胞のパーシスタンス現象を対象に、分子発現動態から数理構造まで含めた現象の背景原理の理解とその制御手法の確立を目指します。



腸-脳機能コネクティクスによる腸内感覚の機能解明と操作

榎本 秀樹

神戸大学 大学院医学研究科 教授

腸内腔の情報（腸内感覚）は意識に上りませんが、生体恒常性の維持に必須のシグナルです。本研究では、腸内感覚がどのような感覚細胞とニューロン群の相互作用により脳に伝達されるかを、解剖・生理学的定量解析を用いて解明します。さらに腸内感覚を起点とする臓器制御の神経回路を明らかにします。最終的には、腸内感覚の人為的抑制・活性化により、その生理的意義を解明し、腸内感覚による臓器制御法の開発を目指します。



1細胞内分子振動と多細胞間相互作用によるストレス応答機構の解明

武川 睦寛

東京大学 医科学研究所 教授

細胞は紫外線や温度変化など、S/N 比の低いストレス刺激（アナログ入力）を感知し、生か死かという2者択一の運命（デジタル出力）を導き出しています。生体応答のアナログ-デジタル変換は生物の根源的特性ですが、その仕組みは不明です。本研究では情報伝達分子の時空間変動と多細胞間相互作用という新たな視点からストレス応答機構を解明すると共に、その破綻がもたらす疾患の克服に資する技術・理論の創出を目指します。



生理的組織リモデリング機構の解明と臓器操作技術の開発

豊島 文子

東京科学大学 統合研究科 教授

生体内の臓器は、体の生理変化に応じて形態と機能を変えます。皮膚では、張力が真皮と表皮のリモデリングを介して組織の伸展を誘導することが分かっています。本研究では、組織内の力場と遺伝子発現の空間情報を計測する技術確立し、力場による皮膚リモデリングを担う多細胞ネットワーク機構を解明します。生理的な皮膚リモデリングを誘導する操作技術を開発し、皮膚疾患に対する組織再生効果を検証します。



超硫黄フラックス解析基盤の創出による筋頑健性構築

西田 基宏

九州大学 大学院薬学研究科 教授

細胞の電子駆動（レドックス）力は、エネルギー代謝や膜電位形成において極めて重要な役割を果たしている。本研究では、生命元素の中で最も電子の授受しやすい「超硫黄分子」を個々の細胞がもつレドックス力を反映する分子実体を捉え、多細胞間の超硫黄分子伝達の定量イメージング技術を開発することで、頑健な成熟筋組織を構築する仕組みを解明する。これにより、超硫黄分子の生理的・臨床的重要性を確立する。



組織変形動態解析を起点とした種間・器官間で保存された形態形成則の解明

森下 喜弘

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー

本研究では、組織変形や構成則など物理過程としての器官形態形成動態の理解を前進させるために、以下の課題に取り組みます。(1) 時空間トランスクリプトーム情報から組織動態を解析するための新規手法を開発し、手法の実験検証を行います。また、(2) 開発手法を様々なモデル動物へ適用することで、種間、器官間、発生再生間で保存された形態形成則を明らかにします。



生命情報の低次元化を起点とする多階層モデル駆動型研究戦略の創出

植田 美那子

東北大学 大学院生命科学研究所 教授

高次元かつ多階層の生命システムは複雑であり、「どの遺伝子が、どの事象を制御し、どのルールに寄与するか」という分子機構の全容を解明することは至難です。本研究では、生命システム自体を低次元化した定数量理モデル（多階層モデル）を構築し、そこにオミクス解析やイメージング解析から得た実体情報も低次元化して導入することで、生命システムを包括的に理解するという新たな方法論の開発を目指します。



マルチオミクス1細胞解析による難治がん組織空間の数理的再構成

岡本 康司

帝京大学 先端総合研究機構 教授

臨床がんの治療抵抗性は、がん細胞と様々な非がん細胞が構成する複雑な相互依存ネットワークに関与していることが知られています。本研究では、臨床がんやマウス移植腫瘍モデルを対象とし、最新の1細胞解析技術・空間的発現解析テクノロジーと先端的な数理的解析法を組合わせた研究により、治療抵抗性を担う細胞相互作用を空間的に可視化し、がんの難治性を担う細胞ネットワークの本態を明らかにすることを目指します。



時空間トランスオミクスを用いた多細胞・臓器連関代謝制御の解明

黒田 真也

東京大学 大学院理学系研究科 教授

哺乳類の全身の代謝恒常性は、分子レベルではDNA・RNA・タンパク質・代謝物の各オミクス階層にまたがるトランスオミクスネットワークにより、細胞レベルでは代謝細胞が臓器間で最適な空間的配置（ゾネーション）により、臓器レベルでは内分泌系と自律神経系のクロストークにより制御されています。本研究では分子レベル・細胞レベル・臓器レベルの時空間トランスオミクスにより統合し、代謝恒常性のメカニズムを解明します。



RNA movie による多細胞運命分岐のダイナミクスアノテーション

新宅 博文

京都大学 医生物学研究所 教授

従来のオミクス解析の多くは、計測のために対象の細胞や組織の生命活動を中断させる必要がありました。本研究では、ナノ電場を利用した低侵襲分子サンプリング技術、それに基づくオミクス動画 (RNA movie) 撮影技術を開発し、転写制御ネットワークを動画で理解する枠組みを構築します。そして、RNA movie を通して、疾患・発生機構における重要な運命分岐ダイナミクスに関する理解の深化を目指します。



ゲノムスケールの DNA 設計・合成による細胞制御技術の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah30-1.html

戦略目標

ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出



研究総括
塩見 春彦
慶應義塾大学 医学部 教授

領域アドバイザー

朝倉 陽子	味の素(株) R&B企画部 シニアマネージャー
石井 浩二郎	高知工科大学 理工学群 教授
今井 由美子	医療法人徳洲会野崎徳洲会病院附属研究所 メディカル感染システム研究部 研究部長
岩崎 信太郎	理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員
岡崎 寛	理化学研究所 創薬・医療技術基盤プログラム プログラムディレクター
小比賀 聡	大阪大学 大学院薬学研究科 教授
角谷 徹仁	東京大学 大学院理学系研究科 教授
北島 智也	理化学研究所 生命機能科学研究センター 副センター長・チームリーダー
黒川 顕	情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 教授・副所長
菅野 純夫	千葉大学 未来医療教育研究機構 特任教授
鈴木 勉	東京大学 大学院工学系研究科 教授
二階堂 愛	東京科学大学 総合研究院 教授
横川 隆司	京都大学 大学院工学研究科 教授

研究領域概要

本研究領域はゲノムの構造と機能に関する基本原理 (ゲノムの動作原理) の解明とその知見に基づく細胞利用の基盤技術の創出を目指すものです。特に、長鎖 DNA の活用を通して細胞の制御を目指すことで生命科学、ゲノム科学、細胞工学などのライフサイエンスのフロンティアの開拓と技術基盤の確立を目指します。

近年、世界的に長鎖 DNA を活用した研究開発が加速しています。これらはいずれも合成生物学の流れを汲むものであり、米国、中国、英国では複数の拠点が形成され、基礎研究や技術開発、ベンチャー企業の育成など戦略的な投資が行われています。しかしながら、各国の取り組みを見ると、細胞を任意に制御するためのゲノムの設計指針にまで踏み込んだ研究開発は少ないように見受けられます。

そこで、本研究領域では将来的なゲノム設計の基盤技術の構築に向けゲノムの動作原理の解明を目的とした研究開発に取り組みます。ここでは、進展が著しい長鎖 DNA の活用を視野に「ゲノムの構造と機能の解明」、「ゲノム設計のための基盤技術」、「ゲノムスケールの DNA 合成技術」、「人工細胞の構築」の4つの課題を推進し、ゲノムの複雑な機能と構造に関する知見の創出とゲノム合成や人工細胞に関する新たな技術の構築を目指します。

化学を基盤とするゲノムスケールDNA合成技術の開発

阿部 洋

名古屋大学 大学院理工学研究科 教授

①正確性の高いPCR法、②新規DNAアセンブリ技術、③反復配列を構築可能なケミカルライゲーション、④合成効率・正確性が高いアミダイト化学、⑤本技術を利用するためのDNA配列設計アルゴリズム開発。以上の要素技術を開発することで、正確でかつ自動化可能なゲノムスケールでのDNA合成技術を開発します。



ゲノム完全化学合成を指向した革新的フロー合成法の開発

大窪 章寛

東京工業大学 生命理工学 准教授

本研究では、これまでに我々が開発してきた塩基部無保護ホスホロアミダイト法やポラスガラスを高密度に固定化したスライドガラス作成技術駆使して、「1. 世界最高峰の長鎖DNA合成技術の確立」、「2. ゲノムDNA合成を指向した長鎖DNA合成フローシステムの構築」、「3. 特定の色素合成遺伝子およびその関連遺伝子の導入による光合成効率の評価」を行います。



新規ゲノム再編成技術と長鎖DNA合成を活用したゲノム改修技術の開発

太田 邦史

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

日本の独自技術であるTAQingシステムを用いて、優れた形質をもつ人工細胞を構築し、そのゲノム配列から形質発現に必要な最小遺伝子／DNA配列群を選別します。この情報をもとに、既存のゲノムDNAに最小の改変を加えるほか、新たな形質をもたらし長鎖DNA（エキストラゲノム）を設計・合成し、細胞内に導入します。このゲノム・リノベーション法により、優良形質をもつ人工細胞を効率的に設計する方法を開発します。



ヒト／マウス人工染色体を用いたゲノムライティングと応用

香月 康宏

鳥取大学 染色体工学研究センター 教授

我々は哺乳類細胞において自立複製・分配可能なヒト人工染色体（HAC）およびマウス人工染色体（MAC）を構築し、Mb単位の巨大なヒト遺伝子クラスターのマウス個体への導入にこれまでに成功してきました。本研究ではHAC/MAC技術を用いて、「Mb単位の合成DNAを目的細胞に効率的に導入する基盤技術開発」を行い、「ゲノム配列の動作原理の解明」と「産業応用および医療応用」のための基盤となる技術を開発します。



機能的な人工染色体の設計と利用のための革新的研究

白髭 克彦

東京大学 定量生命科学研究所 教授

本研究では、ヒト細胞や哺乳類細胞で長大なDNA断片が遺伝情報として正しく機能するためにはDNA配列をどのように設計する必要があるか、その原理を発現制御機構のデコーディングに焦点を当てて解明します。また、長鎖DNAの導入技術も併せて構築します。これらの成果に基づいて細胞のゲノムを大きく書き換えるための操作法を確立し、医学や畜産学などの分野で合成生物学的研究・開発を大きく加速します。



人工ゲノムのセルフリーOn chip 合成とその起動

末次 正幸

立教大学 大学院理工学研究科 教授

ゲノムは人工的に設計して合成できる時代に入つつあります。一方で、既存の合成技術は古典的な分子生物学的手法を基盤とした手間と時間のかかるものです。本研究では、試験管内再構成技術および微細加工・操作技術を用いて「セルフリーOn chipゲノム合成技術」を開発します。合成ゲノムを細胞に移植して起動させるところまでを評価し、「作って起動し評価する」サイクルを高速かつ低コストで回すことを目指します。



生殖システム進化を駆動するゲノム変化の原理解明と操作

杉本 亜砂子

東北大学 大学院生命科学研究所 教授

線虫の生殖システムは、雄・雌による有性生殖に加えて、雌雄同体による自家受精や、単為生殖など、進化の過程で多様化してきました。本研究では、異なる生殖システムを持つ複数の線虫種間の網羅的な比較ゲノム機能解析を行うことにより、生殖システムの進化に関わるゲノム要素を抽出し、その共通原理を発見します。さらに、この共通原理に基づいて、線虫ゲノムを操作することで、生殖システムの人為的改変をめざします。



ゲノム配列の新解釈による設計自由度と進化可能性の獲得

伊藤 隆司

九州大学 大学院医学研究科 教授

出芽酵母をモデルに、CRISPR-Casシステムと2ハイブリッド法と塩基修飾酵素を用いて、ゲノム中の標的領域を重複させる技術、標的領域のゲノム配列に選択圧をかける技術、標的領域の全体に亘って突然変異を導入する技術を開発します。これら3つの新技術を活用して、遺伝子重複による適応進化の構成的理解を深めるとともに、進化可能性に富んだゲノムを制約なく設計・合成するための方法論の創出を目指します。



DNA配列空間に新規機能を予測する情報技術

岩崎 渉

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

「創って調べて制御する」ライフサイエンスを実現する上で、DNA配列空間の中に新たな遺伝子機能や生命システム機能を予測していく情報技術が必要とされています。本研究では、DNA配列空間の中に新規機能を持ちうる配列を新規に予測する情報技術を開発します。そして、具体的な機能ターゲットとして、ゲノムの改変や制御に資する新規ツールを開発します。



遺伝子増幅装置と染色体ベクターの構築

小林 武彦

東京大学 定量生命科学研究所 教授

任意の遺伝子を増幅することができる遺伝子増幅システムを構築します。またその増幅システムを用いて100以上の遺伝子を組み込むことができる「染色体ベクター」を作成します。ここにタンパク質複合体や代謝系に関わる遺伝子を丸ごと組み込み、それらを異種細胞内で再構築し解析する実験系を確立します。将来的には人工細胞の作成の基盤技術になると期待します。



長鎖DNA合成と自律型人工細胞創出のための人工細胞リアクタシステム

野地 博行

東京大学 大学院工学系研究科 教授

本研究は、新しい人工細胞リアクタ技術を開発します。例えば、生体高分子を積極的に取り込みそして保持する機能や、リアクタ自身が成長・分裂する機能を有した人工細胞リアクタの技術確立を目指します。このような機能をリアクタに付加し、さらに強化するため、新しい合成機能分子技術を開発します。最終的には、無細胞DNA複製・転写・翻訳機能を搭載することで、自律的成長・分裂能力を有する自律型人工細胞を開発します。



合成細菌JCVI syn3.0Bとゲノム操作を用いた細胞進化モデルの構築

宮田 真人

大阪公立大学 大学院理工学研究科 教授

JCVI-syn3.0は、2016年にマイコプラズマを基に作られた合成細菌で、そのゲノムは増殖に必要な遺伝子のみで構成されています。本研究では、様々な遺伝子はこの合成細菌に移植・発現させて、運動、細胞壁形成、DNA分配、膜リモデリングなどの能力の獲得という原始の細胞から真核生物にいたるイベントを実験で再現します。さらに、細胞を自由にデザインすることにより、新たな細胞の構築を行います。



電界誘起気泡及びDNAナノ粒子結晶による長鎖DNAの導入・操作技術の研究

山西 陽子

九州大学 大学院工学研究科 教授

長鎖DNAを細胞内で利用する際の問題として「長鎖DNAのハンドリングが難しく、導入技術に限られる」ことが挙げられます。排除体積が大きく、物理的に脆弱な長鎖DNAを細胞に適切に導入するために、本研究では、穿孔性の高い物理導入手段「電界誘起気泡」法、DNAナノ粒子結晶技術を分野横断的に組み合わせ、長鎖DNAを導入・操作することを目指します。



自己再生産し進化する人工ゲノム複製・転写・翻訳システムの開発

市橋 伯一

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

本研究では、リボソームを除く必要なすべての遺伝子（36個）について自己再生産するDNA複製・転写・翻訳システムの開発を行います。この目標を実現可能なものとするために、独自に開発した単純化したDNA複製システムと進化のしくみを用いたDNA配列最適化手法を用います。この目的が達成できれば、増える人工細胞の実現が夢ではなくなるはずです。



種分化を規定するゲノム構造

北野 潤

情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 教授

種分化とは一つの共通祖先から、枝分かれによって分化した集団が生じ、生殖隔離によって違いが維持されるに至る連続的な過程である。申請者が確立してきた独自の野生動物の種分化連続体の研究システムを利用することで、種分化を加速化するゲノム構造としての組織抑制領域の役割を解明する。さらに、組織抑制領域の編集技術を開発することで、種分化を規定するゲノム構造の操作に挑む。



深層学習を用いたゲノムスタイル特徴抽出とDNA配列de novo設計と合成

神原 康文

北里大学 未来工学部データサイエンス学科 教授

深層学習技術を用いて DNA 一次配列を設計・生成する手法を開発し、合成した DNA を細胞に導入し、機能発現を検証する研究を実施する。ゲノムスタイルという新しい視点を導入し、遺伝情報は保持したままゲノムの書き方を変換する方式を開発する。次に、枯草菌を用いたゲノム合成プラットフォームを確立し、そして PET 分解酵素とその代謝経路の遺伝子クラスターを対象として、耐熱性や安定性などの機能改変に応用する。



超還元環境ゲノムの代謝・遺伝機能再現から紐解く初期生命進化

鈴木 志野

理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員

始原的生命とはいったいどのような生命だったのでしょうか?本研究では、初期地球類似環境でみられる始原的なエネルギー代謝、遺伝システムの遺伝情報に基づき、その機能モジュールを合成生物学的アプローチで機能化することで、始原的生命の姿に迫ります。これまでとは全く異なるアプローチで得られる始原的生命に関する踏み込んだ知見は、生命進化の理解を革新するとともに、将来的な人工細胞の構築などに役立てます。



潜在的不安定性から読み解くゲノム設計原理

平谷 伊智朗

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー

本研究は、哺乳類染色体に潜む不安定性の解明をキーワードに、染色体の動的制御の基盤を明らかにする。核内コンパートメントの制御因子を網羅的探索し、TAD とコンパートメントの発生动態と細胞周期動態を明らかにし、これらの人為的構築を試みる。さらに、染色体異数化を抑制する分子機構に迫り、複製困難ゲノム領域を同定し、異数化との関係に迫る。並行して、1細胞全ゲノム解析技術の解像度向上と多次元解析の実現を目指す。



異種ゲノム制御による光合成作動細胞の創製

松永 幸大

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

細胞工学的手法により、異種ゲノムとして植物ゲノムを動物ゲノムに移植して、植物ゲノムが安定的に維持された動物細胞を構築します。移植された植物ゲノムの動作原理を解明すると共に、移植ゲノムに含まれる光合成遺伝子群の発現を活性化させることを試みます。長鎖 DNA ノックイン法および光応答性発現制御法の開発を行いながら、動物細胞内で光合成を作動させることを目指します。



細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah29-1.html

戦略目標

細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御



研究総括
馬場 嘉信

量子科学技術研究開発機構 量子生命科学研究所 所長



領域アドバイザー

一柳 優子	横浜国立大学 工学研究院 教授／ 大阪大学 大学院基礎工学研究科 特任教授
今井 浩三	北海道大学 遺伝子病制御研究所 客員教授
浦野 泰照	東京大学 大学院薬学系研究科・医学系研究科 教授
津本 浩平	東京大学 大学院工学系研究科 教授
永沼 章	東北大学 名誉教授
中山 和久	京都大学 大学院薬学研究科 名誉教授
信正 均	東レ(株) 先端融合研究所 常任理事・所長
花方 信孝	物質・材料研究機構 理事
早川 和一	金沢大学 環日本海域環境研究センター 名誉教授
原田 彰宏	大阪大学 大学院医学系研究科 教授
深瀬 浩一	大阪大学 大学院理学研究科 教授
吉田 佳一	(株)島津製作所 元常務執行役員

研究領域概要

本研究領域は、細胞外微粒子に起因する生命現象の解明及びその理解に基づく制御技術の導出を目的とします。

生体内の細胞外微粒子にはナノからマイクロサイズに至る様々なものが存在します。それらは、環境中から生体内に取り込まれるPM2.5やナノマテリアル等の外因性微粒子と、細胞外小胞であるマイクロベジクルやエクソソーム等の生体内由来の内因性微粒子に大別されます。

外因性微粒子は、ナノマテリアル等について安全性評価の側面から研究が進められてきたこともあり、生体における動態や応答機序等は十分には解明されていません。一方、内因性微粒子は、細胞外小胞が細胞間コミュニケーションにおいて重要な役割を果たし、がんや認知症等の多くの疾患と関連することが近年注目を集めていますが、形成過程や生理的な意義等についてはその多くが未解明です。

以上を踏まえ、本研究領域では、内因性微粒子や外因性微粒子の動作原理、生体応答・認識に関する分子機構の解明に加え、微粒子の検出・分離・計測・解析等の基盤技術の開発を一体的に取り組み、細胞外微粒子に起因する生命現象を明らかにするとともにその制御に向けた基盤的研究を推進します。

リンパシステム内ナノ粒子動態・コミュニケーションの包括的制御と創薬基盤開発

秋田 英万

東北大学 大学院薬学研究所 教授



長年にわたり、ナノ粒子を用いた血中投与型の薬物送達システムが開発されてきました。一方、体内には、もう一つの脈管系としてリンパが存在し、免疫制御の場として中心的な役割を果たすと共に、がんの転移やリンパ浮腫などの難治性疾患にも深く関与しています。本研究ではリンパにおけるナノ粒子の動態制御技術や、リンパを構成する細胞群とのコミュニケーションを制御する技術を開発し、医療原理の開拓に貢献します。

糖鎖を基軸とするエクソソームの多様性解析と生体応答・制御のための基盤研究

秋吉 一成

京都大学 大学院工学研究科 教授



細胞糖鎖は、発生、免疫、感染、がん化などの様々な生体応答に関わっており、産生されるエクソソーム糖鎖も生命現象に重要な役割を果たしていることが考えられます。本研究では、これまで未解明なエクソソーム糖鎖の構造多様性と機能に関するバイオサイエンスを進展させ、糖鎖を基軸とした分離、計測、解析技術の開発、エクソソームの誕生からその組織、細胞内輸送における役割と機能、さらに医療応用に向けた研究を推進します。

シグナルペプチド: 細胞外微粒子機能の新規マーカー

澤田 誠

名古屋大学 環境医学研究所 教授



環境中微粒子は様々な生体作用を誘発し同時に生体もエクソソームと呼ばれる生体由来微粒子を産生して防御反応などの生体応答が生じます。私たちは独自に開発したホットメルト・質量分析法でこのエクソソーム中に多量のペプチド分子が含まれていることを見出しました。そこで、微粒子を効率よくとり出せる技術と組み合わせる質量分析を行い、細胞外微粒子に起因する生命現象の解明と制御する手法の開発を目指して研究を行います。

細胞外小胞の形成・分泌とその異質性を生み出す分子機構の解明 ～人工細胞外小胞への展開

福田 光則

東北大学 大学院生命科学研究所 教授



私達の体を構成する細胞は、様々な物質を包み込んだ小胞を細胞外に放出し、細胞間のコミュニケーションを図っています。しかし、細胞外小胞による生体応答の詳細な仕組みはもちろん、内容物の異なる小胞が何種類存在するのか（異質性）といった基本的な問題も未解明のままです。本研究では、細胞外小胞の形成・分泌とその異質性を生み出す分子基盤を解明すると共に、その成果を応用した機能性人工微粒子の技術開発を目指します。

分化再生と生体恒常性を制御するエクソソームの新しい細胞同調機能の解明とナノ粒子による生体機能制御への応用

山下 潤

東京大学 医学系研究科 特任教授



我々は、「細胞は、自分自身の情報を”エクソソーム”という細胞の一部を含む小胞（小さなカプセル）に載せて周囲の細胞に伝え、周囲の細胞も同調するよう制御している」という新しい生命現象を見いだしています。そのメカニズムを解析するとともに、そのはたらきを新しいナノ粒子を用いて再現可能とすることにより、生体の様々な機能を制御する新しい方法を開発し、将来的には新しい治療法に結びつけたいと考えています。

オートファジーによる細胞外微粒子応答と形成

吉森 保

大阪大学 大学院生命機能研究科 教授



オートファジーとは、細胞内の様々なものを隔離して処理するシステムです。尿酸結晶やシリカのような有害な微粒子を細胞が取り込んだ場合も、オートファジーがこれを隔離します。本研究ではその仕組みや隔離後にどのように処理しているのかを解明します。一方、オートファジーは細胞内のものを膜に包んで細胞の外に放出することで微粒子を作っている可能性があります。これについてもその実態を明らかにしたいと思っています。

細胞外核酸の免疫学的評価法確立と生理学的意義の解明

石井 健

東京大学 医科学研究所 教授



核酸は、細胞内にある遺伝子情報であるというのが常識ですが、細胞の外にも核酸が存在し、細胞外微粒子として環境応答や生体内の生命現象に何らかの影響を及ぼしていると考えられています。本研究は、核酸を含む微粒子もしくは細胞外に核酸を誘導しうる微粒子群に対する免疫学的生体応答の仕組みと生理的意義を探索することを目的とし、細胞外核酸を一分子レベルで計測する技術や、その生体内での制御技術の開発を目指します。

高精度1分子観察によるエクソソーム膜動態の解明

鈴木 健一

岐阜大学 機能生命コア研究所 教授



本研究では、高精度1分子・超解像イメージング法を中核技術として用い、がん細胞から放出後のエクソソームが、ラフトと糖鎖を利用しながらどのように標的細胞に結合し、取り込まれ、標的細胞膜上で機能するのかを第一原理から解明し、エクソソーム機能を制御可能とすることを目指します。また、そのための基盤技術を開発・改善していきます。

神経変性の原因となるタンパク質微粒子の形成と伝播機構

長谷川 成人

京都府立総合研究所 脳・神経科学研究分野 分野長



細胞内で形成される異常タンパク質微粒子は、認知症や神経難病の病態形成・進行に関与します。本研究では、細胞内微粒子の形成・放出・伝播の過程に関わる分子群を網羅的に同定し、その分子機構の解明に挑みます。神経細胞内外の病原性タンパク質微粒子の新しい検出系の作出・病態進行を反映する生化学マーカーの同定・微粒子伝播の阻害による治療戦略の創成も目指します。

微粒子による生体応答の相互作用の解明と制御

華山 力成

金沢大学 ナノ生命科学研究所 教授



微粒子に対する生体応答を担う主役は、最初に微粒子を取り込む貪食細胞です。貪食細胞はまず恒常性を維持する為の防御性炎症応答を行います。この過程が過剰になると、周辺環境を破壊する傷害性炎症応答を引き起こします。本研究では、微粒子本来の生理機能や体内動態を解析する技術の開発により、エクソソームやエアロゾルに対する炎症応答を解析し、その相互作用によって炎症応答が傷害性へと移行する機序を解明・制御します。

細胞外微粒子の細胞内運命の解析と制御

二木 史朗

京都大学 化学研究所 教授



「マクロピノサイトーシス」は細胞外微粒子の細胞内取込の中心的役割を担う経路です。本研究では、細胞外からの微粒子が細胞にどのように取り込まれ、どのような運命をたどるのかを、様々な性質を持つ微粒子と新しい細胞環境検出系を用いて明らかにします。細胞外微粒子が生命現象に与える影響を化学・生物・薬学的見地から理解する「細胞動態工学」を樹立し、新しい創薬治療技術の開発と、健康で持続的な社会の達成につなげます。

多次元・ネットワーク化計測による細胞外微粒子の多様性と動態の解明

太田 禎生

東京大学 先端科学技術研究センター 准教授



本研究では、1細胞・1細菌・1EVの多様性を網羅的に捉えて紡ぐ、多次元・ネットワーク化計測・分取技術を開発し、細胞外微粒子の多様性と動態を末路の高解像度で探査します。多次元計測情報を捉えて各EVを分離し、生物学的な意義付けまで検証する新標準分類法の確立（1EV粒度）と、ヘテロな腸内環境をモデルとして、多様な細胞・細菌・EVの相互作用下におけるEVの多様性や動態・役割の解明（1細胞・1細菌粒度）を目指します。

革新的液中ナノ顕微鏡開発と細胞外微粒子の包括的解明

小椋 俊彦

産業技術総合研究所 健康医工学研究部門 上級主任研究員



細胞外微粒子が細胞に及ぼす作用を解明するには、溶液中で細胞や微粒子を直接観察し分析する必要があります。本提案では、生体試料を染色・固定処理せずに直接ナノレベルで観察し、その組成も分析できる革新的な液中ナノ顕微鏡を開発します。さらに、この観察技術を用いて環境中のナノ粒子やタンパク質微粒子等が、細胞機能へ及ぼす影響について包括的な研究を推進します。

環境中微粒子の体内、細胞内動態、生体・免疫応答機序の解明と外因的、内因的健康影響決定要因、分子の同定

高野 裕久

京都大学 大学院地球環境学 名誉教授



呼吸器・アレルギー疾患を悪化させる環境中微粒子の中でも、生体応答へのエントリー経路や生体応答機序は異なることを示し、環境中微粒子を医学・生物学的（内因的）に類型化します。次に、この類型化を基に、多様な環境中PM2.5の生体応答機序を解明します。特に、PM2.5の健康影響決定要因や分子を、外因（環境分析学）と内因（医学・生物学）の双方向から同定し、両者の因果関係を分子とその変化を基に明らかにします。

細胞外微粒子への生体応答と発がん・動脈硬化症との関連の解析

豊國 伸哉

名古屋大学 大学院医学系研究科 教授



身近なナノマテリアルや微粒子が惹起する生体応答が、日本人の2大死因であるがんと動脈硬化症の発症や進展にどのような意義を有するのかを解析する。環境汚染物質や今後普及するウェアラブル・フレキシブルデバイスのナノマテリアルについても検討し、ナノマテリアル生体影響の一般原理を解明することにより、安全な労働環境や市民生活に寄与する成果を発信すると同時に、新たなドラッグ・デリバリーシステムへの基盤を検討する。

細胞外微粒子の1粒子解析技術の開発 を基盤とした高次生命科学の新展開

渡邊 力也

理化学研究所 開拓研究本部 主任研究員

本研究では、理学・工学・医学の異分野融合により、生体微粒子の組成や機能を1粒子ごとに網羅的に解析できる革新技術を開発します。そして、それらを疾患由来のエクソソームへと応用することで、疾患との相関関係を1粒子レベルの感度で理解する次世代の研究手法を確立し、生物学・医学にまたがる新知見の創出、ならびに、疾患の制御に向けた新規医薬技術基盤の実現につなげます。



光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah28-1.html

戦略目標

生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明



研究総括

影山 龍一郎

理化学研究所 脳神経科学研究センター センター長



領域アドバイザー

石井 優	大阪大学 大学院医学系研究科／ 生命機能研究科 教授
伊藤 博康	光産業創成大学院大学 学長／ 浜松ホトニクス(株)取締役役員室 顧問
狩野 方伸	東京大学 大学院医学系研究科 教授／ 帝京大学 先端総合研究機構 特任教授
河村 悟	大阪大学 名誉教授
清末 優子	理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー
小早川 令子	関西医科大学 附属生命医学研究所 教授
小林 和人	福島県立医科大学 医学部附属生体情報伝達研究所 教授
武田 洋幸	京都産業大学 生命科学部 教授
永井 健治	大阪大学 産業科学研究所 教授
南部 篤	自然科学研究機構 生理学研究所 教授
濡木 理	東京大学 大学院理学系研究科 教授

研究領域概要

本研究領域では、光操作技術の開発および応用による生命機能の高度理解と制御を目的とします。

近年、オプトジェネティクスなどの光操作技術の進展により、生命科学研究のあり方が大きく変わろうとしています。これらの技術は、高い時空間分解能での機能制御を特徴とすることから、生命機能の理解に飛躍的な進展をもたらしつつあります。光の特性を活かした生命機能の制御技術は、可逆性・即時性などの他にない技術特性等からも今後は多様な分野への急速な展開が予想されます。

一方で、これらの技術は生命機能の解明に向けて決して万能とは言えません。例えば、光源毒性による生体への影響や因子導入による機能障害、さらには光タンパク質の精密制御など、技術が浸透しつつある現在もなお多数の課題が挙げられています。また、将来の医療応用を見据えた場合、光照射や因子導入の生体侵襲そのものが臨床展開への大きな障害となることは容易に類推できます。

以上のような背景から、本領域では、上記課題を克服する光操作技術の開発とそれらを活用する生命機能の制御動作原理の解明を行います。具体的には、脳・神経、免疫、発生、再生、がんなどの多様な生命現象を対象とし、複雑な生体システムの理解と制御を目指します。

本研究領域は、文部科学省の選定した戦略目標「生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明」のもとに、平成28年度に発足しました。

霊長類の大規模回路の光遺伝学的操作による高次脳機能の解明

伊佐 正

京都大学 大学院医学研究科 教授

ウイルスベクターの高性能化と光照射システムの高パワー化により、これまで困難とされてきた「サル」の巨大な大脳皮質回路の光遺伝学操作を実現します。皮質下から大脳皮質運動野へ向かうアセチルコリン及びドーパミン作動性経路を選択的に操作し、これらが脊髄損傷からの機能回復に果たす役割を検証します。さらに、皮質-皮質間投射経路のボトムアップ系とトップダウン系の機能の違いを明らかにします。



記憶構造を解明する新しい光操作・画像法の開発

河西 春郎

東京大学 大学院医学系研究科 教授

学習・記憶に関係したシナプスを標識する光操作技術を開発させ、学習・記憶を担う神経回路、「記憶構造」、の解明を進めます。シナプスレベルのみならず遺伝子発現、画像情報処理、非侵襲イメージングの専門家が協力して、特定の記憶に関する記憶構造をシナプスから全脳レベルで光操作し、可視化する方法を開発します。



ゲノムの光操作技術の開発と生命現象解明への応用

佐藤 守俊

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

本研究では、ゲノムの光操作に焦点を絞り、これを実現するオリジナルな技術を開発します。当該技術には、同じく本研究で開発する近赤外光スイッチタンパク質と組み合わせ、生体での低侵襲・高効率・高精度の光操作のために十分な高度化を施します。さらに光操作ツールを導入したトランスジェニックマウスを樹立し、ゲノムの異常に基づく脳機能障害の理解に応用すると共に、生体における造血系細胞の動態の解明に応用します。



ファイバーレス光遺伝学による高次脳機能を支える本能機能の解明

須藤 雄貴

岡山大学 学術研究医歯薬学域 教授

睡眠覚醒などの本能機能は、記憶や意志決定などの高次脳機能にも影響を及ぼしています。従来の光遺伝学では、侵襲や行動制限のために、この機能連関の研究には不十分でした。新開発するファイバーレス光遺伝学では、光ファイバーを刺入せずに脳深部の神経活動を体外から照射した近赤外光で操作可能になります。これを応用することで睡眠覚醒と記憶との関係の解明に迫るだけでなく、様々な生体機能の解明に大幅な進展が期待されます。



ミクロからマクロまでシームレスに細胞と会話する光技術の開発

松田 道行

京都大学 大学院生命科学研究所 教授

細胞間情報伝達可視化技術と光反応性情報伝達分子を用いて、胎生期細胞や成体細胞の増殖分化制御機構、さらには免疫細胞によるがん細胞排除機構を研究します。ミクロからマクロまでシームレスに観察・操作するために、蛍光・発光ハイブリッドバイオセンサーを発現するマウスとWiFi通信可能なイメージング&LEDデバイスを開発し、生きた個体で分子活性をリアルタイムに観察・操作するという新しい研究手法を確立します。



光を用いた睡眠の機能と制御機構の統合的解析

柳沢 正史

筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 機構長

睡眠は動物の普遍的な生理的現象ですが、その機能や調節メカニズムはまだまだ解明されていません。例えば誰もが日々体験する「眠気」の物理的実態は、いまだに謎です。本研究では、睡眠・覚醒の包括的理解を目指し、「眠気」分子の光学計測と光化学的制御、睡眠調節を模倣する光操作ツールの開発、光技術とメタボロームや電気生理学的手法を組み合わせた睡眠中の脳の解析、進化的に保存された睡眠分子機構の光遺伝学的探索などの多面的かつ統合的な研究を通じて、睡眠の根本的な謎に挑みます。



シナプス光遺伝学を用いた脳領域間シグナル伝播機構の解明

磯村 宜和

東京医科歯科大学 大学院医学系研究科 教授

プレシナプス分子機構を制御する光刺激/光抑制技術を開発し、従来は不可能であった広範囲の脳領域間の神経信号の伝達を極めて高い時間精度(細胞単位・ミリ秒単位)で追跡できるプレシナプス Multi-Linc 法を確立します。この研究により、全脳の機能的情報の流れを把握する戦略を拓くとともに、シナプス伝達の分子機構から行動発現の回路機構まで幅広い研究分野に新たな展開をもたらすことを示します。



定量的光操作と計測技術を基軸とする生体深部の細胞応答ダイナミクスの解析

小澤 岳昌

東京大学 大学院理学系研究科 教授

本研究では生体深部の細胞応答ダイナミクスを解析する革新的技術開発を目的として、遺伝子発現、増殖因子、キナーゼや細胞膜レセプター活性を、近赤外光により定量的に制御する技術を開発します。光操作と同時にアウトプットシグナルを、蛍光・発光・ラマン散乱により検出するプラットフォームを構築します。開発する技術を用いて、マウスを対象とした代謝調節と神経幹細胞分化の動的メカニズムの解明を目指します。



細胞内二次メッセンジャーの光操作開発と応用

神取 秀樹

名古屋工業大学 オプトバイオテクノロジー研究センター 特任教授

本研究では、Ca²⁺や環状ヌクレオチドといった二次メッセンジャーの濃度を光で自在に制御するツールを開発します。微生物ロドプシンを用いた Ca²⁺チャネルやポンプ、環状ヌクレオチドを増減させる光活性化酵素、GPCR である動物ロドプシンやこれらの変異体を実際に開発するツールであり、これらを用いてゼブラフィッシュ小脳神経回路を光操作することにより、運動学習および恐怖応答学習における新たな知見を得ます。



オプトバイオロジーの開発による体液恒常性と血圧調節を司る脳内機構の解明

野田 昌晴

東京工業大学 科学技術創成研究院 特任教授

脳は常に体液(血液や脳脊髄液)の状態をモニターしており、その情報に基づいて水分/塩分の摂取行動や血圧の制御を司っています。しかし、その詳しいメカニズムはわかっていません。本研究では「近赤外光による遺伝子発現制御法」と色変換型 Ca²⁺インジケーターによる「マルチファイバー解析法」を開発するとともに、「神経路選択的遺伝子導入法」を用いて、体液恒常性や血圧調節を担う脳内機構と神経回路を明らかにします。



ホログラム光刺激による神経回路再編の人為的創出

和氣 弘明

名古屋大学 大学院医学系研究科 教授

ヒトの生命活動は外環境からの情報受容と、それに対する機能的な応答に集約されます。本研究ではパルスレーザーを光源とし、投影素子を用いたホログラムを組み合わせて高速度立体光刺激の生体応用を最適化し、グリア細胞と神経細胞・シナプスの多点高速刺激を実現します。本システムを利用して、大脳皮質感覚野において感覚記憶や感覚学習に必要な神経回路活動の人為的操作など、高次脳機能を操作することに挑戦します。



自由行動下での神経情報操作・解読技術の開発と意思決定の神経基盤解明への応用

渡邊 大

京都大学 大学院医学研究科 教授

脳は極めて多様な神経細胞から構成されており、また個々の細胞特性は適応的・可塑的に変化します。このように不均一かつダイナミックに変化する細胞集団により実現される脳機能を理解するために、単一細胞の精度をもつ多機能イメージングと高精度の光操作を可能とする内視顕微鏡技術を開発します。さらに低侵襲かつ脳深部にアクセス可能な本技術を駆使して、自由行動下での意思決定の神経基盤の解明にチャレンジします。



神経回路の4次元解析法の開発とサブネットワークの機能解明

小坂田 文隆

名古屋大学 大学院創薬科学研究科 准教授

知覚や記憶に関わる機能は脳内で複数の領域に局在し、各々の領域内でニューロン同士は特定のタスク処理に特化して精密な『サブネットワーク』を構成します。本研究では、4次元光観察・光操作技術およびウイルス遺伝子工学的手法に基づいた神経回路解析法を独自に開発し、『サブネットワーク』の情報処理、統合メカニズム、脳の可塑的な変化に伴う役割を解明することで、複雑な脳機能の理解を目指します。



オールオプティカルメカノバイオロジーの創出に向けた技術開発と発生生物学への応用

倉永 英里奈

東北大学 大学院生命科学研究所 教授

生体現象における力学反応の科学はメカノバイオロジーと呼ばれ、発生工学や再生医療への応用も期待されています。一方その手法は探針などの直接接点を用いた方法が主であり、細胞から組織というメソスケール領域を対象とするには非侵襲的方法の確立が急務です。そこで本研究では、生命現象における力学過程の「計測」「操作」および応答の「観察」を全て「光」で行う「オールオプティカルメカノバイオロジー」の創出を目指します。



光操作技術による基底核ドーパミン回路の機能局在解明と機能再建

松本 正幸

筑波大学 医学部系 教授

ドーパミン神経系の異常は運動機能障害や認知機能障害、意欲障害など、様々な機能障害を引き起こします。本研究提案では、ヒトに近縁なマカクザルに適用可能な新たな光遺伝学技術を開発し、ドーパミン神経系が多様な脳機能を実現するメカニズムを解明します。また、ドーパミン神経系の異常がもたらす様々な脳機能障害に対し、その治療に有効な光遺伝学を用いた脳深部刺激療法を開発します。



光操作によるシナプス可塑性と記憶形成の因果関係の解明

柚崎 通介

慶應義塾大学 医学部 教授

神経回路を構成するシナプスは、神経活動に応じて生涯に亘って可塑的に変化します。この現象は長期増強（LTP）や長期抑圧（LTD）として長年研究されてきました。しかし、特定のシナプスにおけるLTP/LTDが、個体レベルにおける記憶・学習と因果関係が本当にあるのか、という根源的な問いは未解決です。本研究では、急性かつ可逆的にシナプス可塑性を直接制御する光遺伝学的ツールを開発することによってこの問いに挑みます。



材料創製および循環プロセスの革新的融合基盤技術の創出とその学理構築

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2024-3.html

戦略目標

選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～



研究総括

岡部 朋永

東北大学 大学院工学研究科 教授／東北大学 グリーン未来創造機構 グリーンクロステック研究センター長

領域アドバイザー

杉本 諭	東北大学 大学院工学研究科 特任教授(研究)
高岡 昌輝	京都大学 大学院工学研究科 教授
高田 昌樹	東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授
田中 敬二	九州大学 大学院工学研究院 主幹教授
手嶋 勝弥	信州大学 アクア・リジェネレーション機構 教授
所 千晴	早稲田大学 理工学術院 教授
横関 智弘	東京大学 大学院工学系研究科 教授
吉江 尚子	東京大学 生産技術研究所 教授

研究領域概要

本研究領域は、世界中で顕在化している環境問題、資源問題のうち、物質・材料の持続可能性に着目し、材料創製研究および循環プロセス研究を融合した革新的な基盤技術の創出およびそこから見出される基礎学理の構築を目的とします。

具体的には以下の通りです。

材料創製研究においては、原料として資源制約を受けにくい物質・材料の利用または将来的なアップサイクルを指向した再生材の利用を前提とし、使用時に求められる機能性の追求に加え、使用後の再利用を考慮した資源循環型材料設計指針の確立を目指します。たとえば、使用済みの材料・製品から分離・回収工程を経ずに、または、分離・回収工程の中で所望の新材料・新製品を創製する技術開発に期待します。

循環プロセス研究においては、材料創製が求める性能・機能を満足した再生材の大量かつ安定供給を可能にする技術、社会実装上、材料創製に必要な要求（価格や安全性など）を達成可能な選択的かつ効率的な分離・回収技術の開発を目指します。現在市場で流通している材料の多くは、その機能発現のために複合化・複雑化していることから、循環の高度化のため、その内部構造や界面といった制御因子を多面的に評価、計測、解析する技術への取り組みにも期待します。

以上、二つの研究を連携することにより、資源循環システムの構築を目指す研究を推進します。

また、これら知見を新たな学理として体系化し、持続可能な社会の実現に貢献することも重要です。従いまして、本研究領域で構築される新たな学理を国際的に発信することも目的とし、国際的な観点から見てプレゼンスの高い学術誌に公刊され得る基礎的かつ学術的な研究成果が期待されます。

物質循環型半導体集積回路の創製

岡本 敏宏

東京科学大学 物質理工学院 教授

本研究では、高性能・高信頼性・低コストの物質循環型半導体集積回路の実現のために、構成要素である半導体材料、絶縁体材料、基板材料などに関する分子技術や基礎学理を開拓します。また、新物質・材料の創製と選択、選択的な循環・プロセス技術の発展を伴って、集積回路の全ての構成要素を簡便な方法で回収・分離・アップサイクル可能なものとし、電子ゴミフリーを実現し、真のIoTを推進します。



環境調和型溶媒による選択的溶解制御と材料創製

後藤 雅宏

九州大学 大学院工学研究院 教授

本研究では、廃棄物から狙ったレアメタルだけを高効率・選択的に溶かし出す“精密溶解制御”に基づく材料創製・循環プロセスの構築を目指す。水や有機溶媒に替わる分子設計可能な環境調和型溶媒としてイオン液体や深共晶溶媒に着目し、元素の性質が類似したレアメタル相互の高精度な分離を可能にする精密溶解の学理を構築する。また、精密溶解により得られるレアメタル溶液を合成・反応場として利用したアップサイクルに挑戦する。



ポリオレフィン循環社会のための界面強化技術の開発

陣内 浩司

東北大学 多元物質科学研究所 教授

研究代表者らは、日本発の共重合ポリマーが、ポリオレフィン界面を強化することを発見しました。この結果は、ポリオレフィン再生において、従来のように単体に分別することなく、混合物として繰返し使い続けるための基盤となる知見です。本研究では、最先端の電子顕微鏡計測と、これに同化させた計算科学を駆使することで、共重合ポリマーによる界面強化メカニズムを解明し、ポリオレフィン循環のシステム構築を目指します。



ばらつきを制するR-PSPPに基づく二次資源からの材料生産チェーン設計学

醍醐 市朗

東京大学 先端科学技術研究センター 准教授

本研究では、鉄スクラップの特性を同定し、不測の不純物濃度を含有する鉄鋼材料における組織の形成メカニズムをデータ駆動型冶金モデルも用いて理解し、R-PSPPに基づいた産業エコロジーと材料科学の融合により、ばらつきを制する材料生産チェーンを設計する学理の創造を目指します。また、画像解析による化学組成推定、高温酸化、低温熱間圧延技術、破壊抵抗特性の標準試験方法を新たに開発します。



バイオベース熱硬化性樹脂の高度循環プロセス

田村 正純

大阪公立大学 大学院工学研究科 准教授

「バイオマス由来のポリオールを高収率で合成できる触媒系の開発」と「そのポリオールを用いた熱硬化性樹脂合成技術の開発と樹脂構造解析・物性評価」を密に連携させることにより、分解性を搭載した高機能バイオベース熱硬化性樹脂を創製する。合成された「バイオベース熱硬化性樹脂をモノマー原料に変換する新規分解技術」を組み込むことで、バイオベース熱硬化性樹脂の循環プロセスを構築する。



未利用有機物の炭素化：資源循環のためのマルチナリーカーボンの創出

仁科 勇太

岡山大学 異分野基礎科学研究所 教授

未利用有機物（廃プラスチック、バイオマス、温室効果ガスなど）を利用して、吸着材や電極、触媒として機能する“マルチナリーカーボン”を創出し、炭素材料の国産化と炭素循環技術の構築を目指す。従来の加熱方法では難しかった複雑な有機物の構造制御に挑み、低温・中高温炭素化や触媒炭素化により多孔質・導電性カーボンを生成。さらに、放射光等の先端技術を駆使して構造やメカニズムを解明し、革新的なプロセスを構築する。



光と情報・通信・センシング・材料の融合フロンティア

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2024-2.html

戦略目標

持続可能な社会を支える光と情報・材料等の融合技術フロンティア開拓



研究総括
中野 義昭
東京大学 大学院工学系研究科 教授

領域アドバイザー

岩本 敏	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
大橋 弘美	古河電気工業(株) シニアフェロー
小関 泰之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
川西 哲也	早稲田大学 理工学術院 教授
齊藤 晋聖	北海道大学 大学院情報科学研究院 教授
田中 拓男	理化学研究所 光量子工学研究センター チームリーダー
西山 伸彦	東京科学大学 工学院 教授
早崎 芳夫	宇都宮大学 オプティクス教育研究センター 教授
原井 洋明	情報通信研究機構 ネットワーク研究所 研究所長
三沢 和彦	東京農工大学 理事(経営戦略・人事担当)・統括理事・副学長

研究領域概要

光科学やフォトンクスは、これまで情報・通信技術に多大に貢献し、今日の社会を支えています。一方、DXやAIが進展する中で、情報システムの格段の低消費電力化や、実世界とサイバー世界をつなぐ高度なインターフェースの必要性が顕在化してきました。本研究領域では、持続可能な社会を支える実世界と融合したグリーン情報システムの実現に必要な基盤技術を創出します。光／光子と電子との本質的な性質の違いに着目して、電子に対する光子の利点を最大限に活用した革新的情報処理、通信、センシングシステムを開拓することを目指します。またそのために必要な新しい材料やプロセス技術開発にも取り組みます。目的達成には従来の常識から脱却して取り組む必要があり、その手段として、情報システム、デバイス、材料研究者等の分野融合のシナジーに期待しています。

具体的には、(1) 光の真価を発揮する原理・要素技術の創出、(2) 光と異分野のハイブリッド技術の開発、(3) 持続可能な情報社会へ向けた光の革新的利用技術の開拓に係る研究開発に取り組みます。

メタマテリアル技術を活用した医療用ARグラスの実現

雨宮 智宏

東京科学大学 工学院 准教授

ウェーブガイド方式のARグラスで用いられている回折格子をメタマテリアル構造に置き換えることで、FOVをはじめとした各種性能を向上させ、医療用に特化したARグラスを開発します。互いに分野の異なる4グループが連携することで、素材開発から光学設計、製造技術の確立、アプリケーションソフトウェアを含めた実装、臨床現場での検証に至るまで、一気通貫の研究開発を展開します。



光インセンサーコンピューティングの革新的技術の創成

内田 淳史

埼玉大学 大学院理工学研究科 教授

本研究では、光センサーと光プロセッサを融合して抜本的な設計・開発を行う光インセンサーコンピューティングの革新的技術の創成を行います。光センサーで取得した大容量のデータから、光の状態のまま高速に特徴抽出を行うための光リザーバー技術を開発します。さらに、光センサーと光プロセッサを一体化して全体機能を最大化するための高速・低遅延システムを設計・開発し、高速・高度視覚センシング技術を実現します。



多種演算子を活用する光ストリーミングプロセッサ

Cong Guangwei

産業技術総合研究所 フラットフォームフォトリソグラフィセンター 正統研究員

本研究では脳に啓発された多次元の高度な演算子（微分、積分、写像式演算、低精度推論）を光集積回路で実現し、光ニューラルネットワークに融合する光SPUを初めて提案します。この光SPUは光伝搬だけで瞬時にAI処理が完了しエネルギー効率に優れた光ストリーミング演算ができ、チップレットとしてネットワーク化することで大規模AIモデル構築への汎用性と拡張性の両立が可能となる新しいアナログプロセッサを提供します。



『集積光コム×異種材料集積』による超多次元光テンソルコア

田邊 孝純

慶應義塾大学 理工学部 教授

AI演算において必要となる大規模な行列内積計算を、高速かつ省エネルギーで実行するために、光テンソルコアを開発します。行列計算では、要素ごとに積算や和算の演算を行うため、信号の干渉を防ぐことが不可欠です。そこで、集積光コムと異種材料集積技術を用いて「波長×時間×空間」の多重化を実現し、より大規模な行列演算を可能にする基盤技術を研究開発します。



高速スピンドバイスに向けたテラヘルツ光電インターフェースの創出

廣理 英基

京都大学 化学研究所 准教授

次世代の通信情報技術の発展のために、「テラヘルツ波」と「スピン」の2つの情報を結び新しい光電インターフェースの開発が求められています。本研究では、世界最高強度のテラヘルツ光源を活用した磁気分光技術や独自開発した金属メタマテリアル共振器構造を利用し、磁性体中のマグノンやスピン流を生成、制御する技術を創出します。実験・理論の研究者間の融合により、テラヘルツスピントロニクスの新たな基盤技術を確立します。



ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2023-3.html

戦略目標

新たな半導体デバイス構造に向けた低次元マテリアルの活用基盤技術



研究総括
齋藤 理一郎
東北大学 名誉教授

領域アドバイザー

大淵 真理	科学技術振興機構 研究開発戦略センター フェロー
押山 淳	名古屋大学 未来材料・システム研究所 特任教授
尾辻 泰一	東北大学 電気通信研究所 教授
片浦 弘道	産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門 首席研究員
楠 美智子	名古屋大学 名誉教授
小久保 研	産業技術総合研究所 材料・化学領域連携推進室 室長
富永 淳二	産業技術総合研究所 エレクトロニクス・ 製造領域付 名誉リサーチャー
永長 直人	理化学研究所 創発物性科学研究センター グループディレクター
丸山 茂夫	東京大学 大学院工学系研究科 教授

研究領域概要

本研究領域では、令和5年度戦略目標「新たな半導体デバイス構造に向けた低次元マテリアルの活用基盤技術」に基づいて、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド物質に代表される2次元物質やナノチューブ、ナノワイヤーに代表される1次元物質（以下ナノ物質）を用いた半導体デバイスを近未来に活用するための基盤技術を構築します。

ここで基盤技術とは、生産性の向上において波及効果が大きい基本原理・技術を指します。具体的には、ナノ物質を用いた半導体ウエハー・デバイス作製と動作回路の構築、ならびにナノ物質に特化したデバイスの動作原理を指します。対象はナノ物質を用いた半導体です。電界効果トランジスタ（FET）論理回路、フレキシブルデバイス、pn/ヘテロ接合素子、熱電素子、太陽電池、LED発光・受光素子、THz遠赤外素子、化学/生物物質センサ、人工筋肉、MEMSなど様々なデバイスを対象とします。素子単独だけでなく回路・システムとして総合的に構築し、実用に向け「死の谷（注：基礎研究と実用の間にある困難を象徴する言葉）」にける橋」を目指します。

システムを構築するために、研究実績のある研究者間で異分野の融合チームを組み、高度な基礎学理に基づき、ナノ物質材料の創製と提供、デバイス作製、回路構成等の成果を研究期間前半で創出し、さらにプロセス技術も含めて、将来の実用に繋がる次世代の革新的半導体基盤技術を創出します。

2023年度採択

一次元有機無機ハイブリッドらせんナノ物質による近未来光デバイス技術の創出

石井 あゆみ

早稲田大学 理工学術院 准教授

無機ナノ物質の一次元らせん構造とその特異的な電子・スピン状態を制御した有機無機ハイブリッド材料を創製し、従来の光デバイス機能の限界突破を目指します。空間反転対称性の破れた一次元らせん配列と強いスピン軌道相互作用により誘起された電子状態・光機能（円偏光検出、バルク光起電力、光電流誘起磁性）を活用し、次世代光半導体デバイス（多次元光イメージング、超高出力太陽電池、情報処理デバイス）として展開します。



精密界面制御直接合成法によるグラフェン標準量子限界増幅器の開発

加藤 俊顕

東北大学 大学院工学研究科 准教授

本研究では、これまで代表者等が開発してきたグラフェンの大規模集積化合成手法を発展させることで、グラフェンを活用した標準量子限界（SQL）増幅器の開発に向けた基盤技術の確立を目指します。SQL増幅器とは極めて微弱な雑音レベルを維持した状態で信号増幅が可能な素子で、グラフェンを用いて高性能なSQL増幅器を開発することで、将来的に量子コンピュータ等への活用が期待できます。



三次元集積メモリデバイスに向けたナノシート酸化物半導体

小林 正治

東京大学 大学院工学系研究科 准教授

本研究では、ナノシート酸化物半導体の原子層堆積法による成膜技術の確立と、ナノシート酸化物半導体デバイス物理および界面物性の解明、三次元集積メモリデバイスのデバイス実証を目指して、「材料・プロセス」、「デバイス設計・実証」、「物性評価・解析」、「理論計算」まで一貫して、酸化物半導体とナノエレクトロニクスの最前線で活躍する研究者が集結して遂行するものである。



二次元物質における超高密度キャリア制御

竹延 大志

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

遷移金属カルコゲン化合物を中心に二次元物質の単層膜および面内・積層ヘテロ構造における高密度なキャリアの局所的・タイプ選択的ドーピング技術を確立します。本技術を基盤として、二次元物質における金属/半導体接合およびPN接合に関する学理の構築と、界面制御技術・学理に基づく機能性素子の実現を目指します。



縦型半導体ナノワイヤアレイ量子集積回路基盤技術の創成

富岡 克広

北海道大学 大学院情報科学研究科 教授

III-V族化合物半導体ナノ材料の選択成長技術とヘテロ接合形成技術を進展させ、異なるキャリア・機能を1つの素子に統合する新型デバイスの実証に立脚した3次元立体集積プロセス・システム・回路技術を構築し、縦型ナノワイヤアレイ立体量子集積回路の学術基盤を確立することで、従来の集積回路技術では原理的に実現できない、消費電力・発熱を極限まで抑制した新たな省電力エレクトロニクスの基礎を築きます。



2024年度採択

Semiconductor quantum technology based on industrial-grade Ge quantum materials

大岩 顕

大阪大学 産業科学研究所 教授

産業規格歪み Ge 量子井戸基板を使い、Ge 正孔スピン量子ビットとそれを大規模集積化する量子接続や超伝導接合、波束検出器などの革新的量子技術を開発し、半導体産業プロセスへ適応させることで、量子技術を産業技術へと橋渡しすることを目指します。このプロジェクトは半導体産業プロセスの世界的研究機関であるフランス原子力・代替エネルギー庁 電子情報技術研究所を含む日仏の強力な連携体制の下で推進します。



ナノ物質デバイスにおけるノントラップ界面形成

大野 雄高

名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授

表面にダングリングボンドをもたない低次元半導体材料における界面について、実験と理論の両面から完全な理解を進め、界面形成手法の指導原理を明らかにします。特に、表面の清浄化に加え、絶縁膜にダングリングボンドをもたない材料を導入することによって、トラップのないノントラップ界面形成技術の確立を目指します。最終的にはフレキシブルセンサへの適応に資する低ノイズ増幅回路を実証します。



ウエハースケールvdW エピタキシーの確立と2D-CMOS 集積化のためのプロセス技術の構築

長汐 晃輔

東京大学 大学院工学系研究科 教授

本申請では、c 面サファイア基板の上にN型MoS₂及び、P型WSe₂をvdWエピタキシーにより単結晶成膜し、CMOSインパータ動作を実証することを提案する。到達目標として、結晶性の指針である移動度 50 cm²/Vs 以上、CMOS インパータ動作の指標であるゲインを VDD = 1 V にて 100 以上を目指す。



ペプチド界面基盤技術によるグラフェン・バイオセンサの開拓

早水 裕平

東京科学大学 物質理工学院 准教授

既存のバイオセンサでは、匂い分子のような低分子量で極性の小さな分子を高感度かつ高選択で検出することは困難です。グラフェンは無極性分子を高感度に検出できますが、非特異的検出を防ぐため、標的選択性を高める表面修飾技術が必要です。本研究では、ペプチド表面修飾技術を活用したグラフェンによって、新しい信号変換機構に基づく高性能なグラフェン・バイオセンサを開発し、デジタル嗅覚技術の実現を目指します。



二次元半導体・ヘテロ構造の量子光プラットフォームの構築と応用

松田 一成

京都大学 エネルギー理工学研究所 教授

我々は、ナノ物質半導体である二次元半導体での新たな光科学・技術の活路として、1) ワイドギャップ二次元半導体の欠陥で規定された単一量子準位系、2) 遷移金属ダイカルコゲナイドのモアレ励起子での膨大な数の集積量子準位系、の二つの量子システムを二次元半導体量子光プラットフォームと定義し学理構築とその応用を進める。



量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2023-1.html

戦略目標

量子フロンティア開拓のための共創型研究



研究総括

井元 信之

東京大学 特命教授室 特命教授

領域アドバイザー

石内 秀美	元 先端ナノプロセス基盤開発センター (EIDEC) 代表取締役社長
井上 弘士	九州大学 大学院システム情報科学研究院 教授
小芦 雅斗	東京大学 大学院工学系研究科 教授
上妻 幹旺	東京科学大学 総合研究院 教授
高柳 匡	京都大学 基礎物理学研究所 教授
竹内 繁樹	京都大学 大学院工学研究科 教授
樽茶 清悟	理化学研究所 創発物性科学研究センター グループディレクター
富田 章久	北海道大学 大学院情報科学研究院 教授
中村 泰信	理化学研究所 量子コンピュータ研究センター センター長
平野 琢也	学習院大学 理学部 教授

研究領域概要

本研究領域は、量子コンピュータ・量子通信・量子センサー等の量子情報技術を単独または組み合わせ、ハードを造る・システム化する・ソルバーとして使う・ソフトを開発する・新しい使い方を開拓するにあたり、他の分野（素粒子・宇宙、物性物理、化学、材料工学、電気電子、情報処理、機械工学、計算科学、最適制御、AI、基礎数理など）の既存成果や考え方を積極的に取り入れたり、逆にこれらの分野に共創的に融合したりして分野の変化をもたらすことにより、新たな「量子フロンティア」の開拓を目指します。

これまでに培ってきた量子技術は、量子の特性を活かすために必要な従来型（古典）技術の蓄積を十分活用したとは言いきれないため、大規模化や実用化、新利用法開拓も十分とは言えません。このため量子と異分野との融合や、古典の蓄積をはじめとする異なる階層での融合を積極的に進めることでこれまでの状況を打破し、真の量子・古典ハイブリッドの超越性実現を目指します。そのために、周辺装置・エレクトロニクス・システムアーキテクチャ・アルゴリズム等での様々な協調・融合を推進します。また、原子・分子・イオン・光、超伝導材料、半導体材料、プロセス技術、レーザー技術などとの連携により、高いポテンシャルを持った新奇量子系、異なる量子系のハイブリッド方式、量子の制御方法や基盤となる基礎学理の拡大を探索します。

これらの新しい量子科学技術を追求することにより、従来不可能であったことを計算・予測・診断・制御することが可能となり、今後の経済・社会の発展や、より安全かつ安心な暮らしに繋がることが期待されます。

浮揚ナノ粒子が拓くハイブリッド量子

上田 正仁

東京大学 大学院理学系研究科 教授

本研究では、理論グループと実験グループが緊密に協力することで、超巨大人工原子という新たな研究プラットフォームの基礎基盤を確立する次の3つの課題を遂行します。(1) ナノ粒子の冷却・熱化過程のトラジェクトリ・レベルの基礎学理の確立 (2) ナノ粒子近傍の原子イオンの分光学的識別法の確立 (3) 帯電ナノ粒子に原子イオンが束縛された超巨大人工原子の創成



量子スピン顕微鏡で切り拓く極限物性の探索

小林 研介

東京大学 大学院理学系研究科 教授

本研究は、量子センサを用いた量子スピン顕微鏡によって局所磁場の精密計測を行い、極限物性を探索することを目的とします。ダイヤモンド窒素空孔中心などの色中心を量子センサとして用い、量子計測の材料基盤およびプロトコルを確立し、極限物性探索へと展開します。極薄メゾスコピック磁性体の定量的観測や高圧下超伝導状態の可視化などを行い、使える量子技術としての量子スピン顕微鏡の将来を切り拓きます。



超低温原子の高精度量子計測で探る新物理探求

高橋 義朗

京都大学 大学院理学研究科 教授

超低温の中性原子に対する量子実験プラットフォームとして注目を集める光ピンセットアレイや光格子を用いて、超精密量子計測技術を開発します。特に、イッテルビウム原子の特異な性質を最大限に生かしたユニークなアプローチを追求し、基本的対称性の検証やダークマター探索など素粒子物理の標準模型を超えた新物理の探索に応用展開するとともに、新規の量子計算方式の開発につなげることを目指します。



分散量子コンピューティングの共創的マルチレイヤー設計とその実装

徳永 裕己

日本電信電話 (株) コンピュータ＆データサイエンス研究所 情報研究員

未だ実現の目処が立っていない大規模な分散量子計算に向けて、ハードウェアからアーキテクチャ、ソフトウェアまでのこれまでにない共創的なマルチレイヤー設計により、理論と実験を一気通貫し、分散量子計算の性能を最大限引き出す枠組みを提示し、分散量子計算機のプラットフォームを構築します。



生命現象解明のための高感度量子センシング顕微鏡開発研究

水落 憲和

京都大学 化学研究所 教授

本提案ではダイヤモンド中の NV 中心による量子センサを用い、量子状態の高度制御、高感度量子センシング計測、核スピン高分極化による信号強度増幅、高品質ダイヤモンドの作製等の量子と従来 (古典) 技術を融合し、NV 中心を用いた既存計測装置の感度、時空間分解能を超える量子センシング顕微鏡装置の開発を行います。更に細胞内のタンパク質などの生体高分子が織りなす動的な相互作用ネットワークの計測実現を目指します。



スピン超偏極分子材料の創出に基づく量子医療診断

楊井 伸浩

東京大学 大学院理学系研究科 教授

核磁気共鳴を用いた画像化法 (MRI) は、核スピンの偏極率が低いために感度が悪いという本質的な問題を抱えています。本研究では MRI の感度を飛躍的に向上させるスピン超偏極材料を創出することで、新たな量子医療診断技術を開発します。また、独自の分子量子センサーの開発とその集積化により、多様な化学パラメータの量子センシングを可能にします。



イオントラップqudit-boson 型量子演算の実現

山内 薫

東北大学 アト秒レーザー科学研究機構 特任教授

原子イオン系の特徴である複数の電子状態と振動モードを活用したイオントラップ型量子コンピューターを開発します。そして、qudit 系および boson 系の量子アルゴリズムに基づいた量子演算と誤り抑制を実施し、イオントラップ型量子コンピューターによって拓かれる量子計算の可能性を追及します。さらに、qudit-boson ハイブリッド系を用いて、非断熱遷移や結合振動子などを対象とした分子シミュレーターを開発します。



テンソルネットワークの媒介する量子・古典融合

上田 宏

大阪大学 量子情報・量子生命研究センター 准教授

本研究では、確率論的テンソルネットワーク縮約ライブラリを開発、テンソルネットワーク構造探索アルゴリズムの統合、およびその大規模並列化を実現し、ハイブリッド量子計算の時代に対応したテンソルネットワーク法を構築します。また、それを基盤にした物性物理における量子多体系のシミュレータ開発、さらに、量子計算実機も組み合わせた量子活性の実現も目指します。



初期の誤り耐性量子計算に向けた量子シミュレーションと機械学習

Nori Franco

理化学研究所 量子コンピュータ研究センター チームリーダー

本格的な誤り耐性量子計算 (FTQC) の実現に向け、初期の FTQC で活用できる効率的なハイブリッド古典量子手法を開発します。これには、(1) 開放量子系の量子シミュレーションに対する新しいアプローチの開拓、(2) 機械学習手法の併用による量子計算課題の実装コスト削減法の発見、(3) 先端的な量子ハードウェアを使用した問題解決のためにこれらの手法を適用する方法の検討、が含まれます。



高エネルギー物理と量子計算の共創による新計算原理の開発

日高 義将

京都大学 基礎物理学研究所 教授

高エネルギー物理と量子計算の共創により、ゲージ場の量子論および量子重力理論を量子コンピュータ上で扱いやすい形に定式化し、実装します。また、ゲージ理論や量子重力理論の対称性やトポロジーの知見を活用し、量子誤り訂正符号の新しい理論を構築します。これにより、従来の手法では困難であった非平衡ダイナミクスや有限密度系のシミュレーションを実現し、量子計算と高エネルギー物理の新たなフロンティアを開拓します。



古典計算との協調利用による誤り耐性量子計算機の利用方法の開拓

山下 茂

立命館大学 情報理工学部 教授

与えられた問題を、将来実現すると期待されている「誤り耐性量子計算機」と現在の方式の計算機のそれぞれが得意とする複数の部分問題に分解して、それぞれが得意な部分問題を解くことにより、効率的に全体の問題を解く計算プラットフォームを開発します。更に開発したプラットフォームを利用して、誤り耐性量子計算機と現在の方式の計算機を協調して利用することにより初めて有効となる利用方法を新たに開発することを目指します



超伝導・磁性・機械の融合によるスケラブル量子計算機

山下 太郎

東北大学 大学院工学研究科 教授

超伝導体・磁性体・機械振動子のハイブリッド量子 / 古典技術を、窒化物超伝導体を共通基盤として融合し、超伝導量子計算機のスケラビリティに革新をもたらすことを目指します。高性能で集積性に優れた新型量子ビット、高速 2 ビットゲートが可能な新型カプラ、長い量子寿命を示す機械式量子メモリ、そして超広帯域な量子増幅器の研究開発に取り組み、その融合によるスケラブルな新規量子計算機の基盤技術を開出します。



原子核時計が切り拓く時空計測フロンティア

吉村 浩司

岡山大学 異分野基礎科学研究所 教授

本研究ではレーザー励起が可能な唯一の原子核トリウム 229 を用いて、原子核時計の開発とその応用を目指します。外場の影響を受けにくいという特徴を活かした、2 つの方式、固体原子核時計とイオントラップ原子核時計の実現を、国内の幅広い分野の研究力を結集・融合することで達成します。これにより、原子核時計という新しい量子計測技術を確認し、革新的な応用を目指します。



分解・劣化・安定化の精密材料科学

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2021-1.html

戦略目標

資源循環の実現に向けた結合・分解の精密制御



研究総括
高原 淳

九州大学 ネガティブエミッションテクノロジー研究センター 特任教授

領域アドバイザー

臼杵 有光	元(株)豊田中央研究所 シニアフェロー
小坂田 耕太郎	東京科学大学 総合研究院 特任教授
北川 尚美	東北大学 大学院工学研究科 教授
佐藤 春実	神戸大学 大学院人間発達環境学研究科 教授
沼田 圭司	京都大学 大学院工学研究科 教授
長谷川 美貴	青山学院大学 理工学部 教授
埴 隆夫	大阪大学 大学院工学研究科 特任教授
松本 章一	大阪公立大学 大学院工学研究科 教授
森澤 義富	元AGC(株) 化学品カンパニー フェロー
吉岡 敏明	東北大学 大学院環境科学研究科 教授

研究領域概要

本研究領域は、外部刺激により材料を自在に分解する手法を開発するとともに、分解を自在に制御できる材料の開発、それら材料の階層構造制御による高機能化に関する研究、材料における環境に優しい劣化や安定化の制御法の開発を通じて、材料の分解・劣化・安定化の精密制御を達成し、究極の相反する物性である分解性と安定性の自在制御が可能なサステナブル材料開発のための精密材料科学の確立を目指すものです。

研究分野としては高分子、有機、生体、無機および金属ならびにそれらの複合材料を対象とします。例えば(1) 外部刺激により材料を原子・分子レベルだけではなく、中間・部分構造に戻して再利用できる技術およびそれを活かした材料化のための製造プロセス、ならびに分解生成物が環境に調和するサステナブル材料の設計、(2) 材料の分子レベル、高次組織などの種々の階層における分解・劣化の制御法と分解機構を組み合わせた材料の開発、(3) 分光学的な手法、クロマトなどの高度な分離手法、回折・散乱手法、顕微鏡的手法、計算科学的な手法による材料分解過程の可視化法の確立及びそのデータ蓄積による情報活用、(4) 劣化した材料の高効率の自己修復と分解機構を組み合わせた材料の開発などがあげられます。これら研究分野の連携や各種材料で得られた知見を融合することによって、持続可能な循環型社会の実現に不可欠なサステナブル材料開発のために、これまで未解明であった「分解・劣化・安定化の材料科学」を分子レベルからマクロレベルまで多階層的に理解し、新たな学問領域として体系化することを目指します。

2021年度採択

フッ素循環社会を実現するフッ素材料の精密分解

柴田 哲男

名古屋工業大学 大学院工学研究科 教授

有機フッ素樹脂のC-F結合(CF-H, CF-CF結合も含む)を活性化し、有機低分子にまで分解する技術を開発する。フロン類のC-F結合、PFOA類のC-F結合を活性化し、低分子にまで分解する技術や直接小分子に取り込む技術を開発する。含フッ素医薬品、農薬品、液晶材料のC-F結合を活性化(分解)し、新医薬品、農薬、液晶材料へと変換する技術を開発する。フッ素樹脂から無機フッ素への分解法も達成する。



生命循環と共生する分解・劣化ナノ材料の統合理解

山本 雅哉

東北大学 大学院工学研究科 教授

本研究では、医用高分子、組織工学、レーザ工学を専門とするチームが分解・劣化ナノ材料の統合理解を進めます。このため、まず、環境中でのプラスチックの分解・劣化や体内での吸収性医療材料の分解により生じると考えられるナノプラスチックの材料特性の理解を、実験室で分解・劣化させたモデルナノ材料を用いて進めます。これを基盤として、培養細胞を用いてナノプラスチックの生体影響を材料特性と関連づけながら研究します。



階層性自己組織化複合材料デザイン

松本 卓也

岡山大学 学術研究院医歯薬学域 教授

本研究は分解・安定化により精密支配される“骨”を構造・機能性複合材料と捉えて、骨形成と代謝過程における分解・安定化を階層横断的に解析します。つまり、自然界の創成物に学び、自然界の創成物を超える人工無機/有機複合材料設計を目指すものです。生体硬組織以上の高強度・高靱性医用材料や高機能ドックス、環境浄化材料の開発などサステイナビリティやバイオエコシステムの改善に貢献します。



力学的安定性と選択的分解性を兼備した循環型高分子微粒子材料の創成

鈴木 大介

岡山大学 学術研究院環境生命自然科学学域 教授

高い力学安定性を維持した上で、意図した瞬間に単一微粒子まで選択的に分解できる微粒子材料を開発します。先端計測技術や計算化学的手法を駆使し、単一微粒子から微粒子集合体に至る階層的な構造の理解を通じ、高分子微粒子材料の安定化と分解・劣化の理解を深めます。そして、高分子微粒子材料に含まれる資源の循環を可能にする精密材料科学を構築します。



カーボネート結合に基づく高分子材料循環システムの構築

青木 大輔

千葉大学 大学院工学研究科 准教授

カーボネート結合を効率的に形成することで二酸化炭素を安定な形で高分子材料中に固定化し(二酸化炭素を資源にする)、高分子材料(PC)として使用、使用後はアンモニア分解により肥料にする高分子循環システムを構築します。



トリガー活性化による難分解性高分子の精密分解

大内 誠

京都大学 大学院工学研究科 教授

本研究では付加重合で合成される難分解性高分子の精密トリガー分解に向けて、「トリガー結合とアシスト基の側鎖配列制御構造による配列トリガー分解」「トリガー結合とアシスト基を組み込んだ環化構造による開環トリガー分解」「末端から分解反応が運動するアンジッピングトリガー分解」の3つの研究項目を実施する。また、CO₂との反応を活用し、トリガー分解のアシスト基の導入や分解物のアップサイクルを実現する。



二重刺激誘起気泡核生成による異種材料界面の分解制御

龍 健太郎

金沢大学 理工学域 教授

本研究は、計算材料科学、合成化学、成形加工学、化学工学(発泡成形)を専門とする研究グループによる革新的な融合チームが、ガス含浸による異種材料界面の分解法の開発、計算材料科学による気泡核生成を起点とする異種材料界面の分解条件の設計、複数の外部刺激により気泡核生成を生じる刺激発泡型高分子の開発、刺激発泡型高分子による異種材料界面の分解法の開発、について研究を行うことで、資源循環の基盤技術を開発する。



高酸化炭素物質の化学的アップサイクルリング触媒の開拓

斎藤 進

名古屋大学 学際統合物質科学研究機構 教授

「海洋・マイクロ」プラスチックや炭素低循環型社会の課題に直結する汎用ポリマー材料とCO₂は「高酸化炭素物質」です。高度に酸(素)化され極めて安定なそれら炭素骨格の化学変換には新しい触媒科学の創出が求められます。本研究では、新規な中分子オリゴマー触媒や半導体光触媒、錯体電極触媒を開発し、多様なエネルギーと水素や水を用いて高酸化炭素物質を還元的にアップサイクリングするための末路反応に挑戦します。



階層性超分子材料の物性制御と機能開拓

杉安 和憲

京都大学 大学院工学研究科 教授

超分子ポリマーは、モノマー分子が弱い分子間相互作用を介して多量化したポリマーであり、易分解性の材料を設計する上で魅力的な物質です。本研究では、超分子ポリマーを「ひも」と見立てた場合に定義できる、ひもの中の階層、ひもの階層、そして、ひもよりも大きな階層、という3つの階層を独立的に、あるいは協同的に設計し、材料全体の分解性や自己修復性、力学特性などを精密に制御可能な「階層性超分子材料」を開発します。



パロポリエステル:圧力による精密分解制御

出口 茂

海洋研究開発機構生命理工学センター センター長

高分子をモノマーに解重合し、再び重合して高分子へと戻すケミカルリサイクルを実現するには、「安定性」と「分解性」という究極の相反する機能を両立させる新たな仕組みが必要です。本研究では実験・解析・理論が連携した研究によって加圧による高分子のナノ構造変化を利用した分解制御に関する学理を構築します。得られた成果を基に圧力で安定性と分解性を自在に制御可能なサステナブル高分子材料を開発します。



植物細胞壁のナノ分解と再会合の精密制御

齋藤 継之

東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授

樹木の細胞壁セルロースをナノ分解すると、機械的及び熱的な特性に優れたセルロースナノファイバー(CNF)と呼ばれる新素材が得られます。本研究では、細胞壁のナノ分解制御により、欠陥のないCNFを生産し、さらにCNFの配列制御及び結合制御により、高次なCNF集合体や複合体の物性を用途に応じて最適化する技術体系を開発します。



ナノ粒子凝集分散制御による電気パルス刺激での易分解接着の開拓

所 千晴

早稲田大学 理工学術院 教授

エポキシ樹脂等の接着材料中に添加した導電性ナノ粒子の凝集分散状態を制御し、強固な接着と電気パルス刺激による易分解性を両立する接着材料および手法を開発する。導電性ナノ粒子の表面修飾剤分子の設計、導電性ナノ粒子の界面および凝集分散状態の解析、放電・プラズマ化および分解過程について、実験的手法とシミュレーションを組み合わせ解析し、最適な易分解性を実現する接着材料および電気パルス印加手法を開発する。



機能集積型バイオベースポリマーの創製・分解・ケミカルリサイクル

野村 琴広

東京都立大学 大学院理工学研究科 教授

本課題は、天然に豊富な非可食の植物資源から分解・再利用可能な高分子機能材料の開発とケミカルリサイクルです。特に独自のモノマー設計と合成手法による分子量や末端の揃ったバイオベースポリエステル・アミドの精密合成と特徴を活かした高機能材料の開発、ポリマー末端官能基間の可逆的な結合形成・解離による高機能ネットワークポリマーの創製、ポリマーからモノマーや機能化学品の効率合成を達成する高性能触媒の開発です。



デュアル分解制御技術を駆使した精密材料科学

高島 義徳

大阪大学 大学院理学研究科 教授

『可逆的結合の動的分解制御』と『共有結合の分解制御』を融合した『デュアル分解制御技術』の確立と分解・劣化・安定化の自在制御に向けた学理を構築する。化学反応・酵素反応分解に基づくオンデマンド分解を達成し、分解物を用いたトリプルクロスネットワーク構築技術や複合化によりアップサイクルを実現する。『可逆的結合に基づいた自己修復性・安定化』と『材料リサイクルを念頭に置いた分解制御』を達成する。



微生物代謝能を活用したリグニン由来メカノ生分解エラストマーの創成

道信 剛志

東京科学大学 物質理工学院 教授

リグニンから微生物変換を経由して得た2-ビロノール4,6-ジカルボン酸(PDC)を骨格として用い、機械刺激を印加すると生分解が開始・促進される新材料「メカノ生分解エラストマー」を開発します。メカノクロミック特性を利用して生分解性ポリマーの分解過程を1分子レベルで蛍光イメージング評価する新手法を開発します。また、PDCポリマー分解酵素を予め組み込んだ酵素内包生分解性エラストマーも作製します。



未踏探索空間における革新的物質の開発

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2021-4.html

戦略目標

元素戦略を基軸とした未踏の多元素・複合・準安定物質探索空間の開拓



研究総括
北川 宏
京都大学大学院理学研究科 教授

領域アドバイザー

赤井 恵	大阪大学 大学院理学研究科 教授
岩佐 義宏	理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長
坂田 修身	(公財)高輝度光科学研究センター 常務理事
庄司 哲也	トヨタ自動車(株) 先進データサイエンス統括部 AD-8 プロジェクト長
杉本 諭	東北大学 大学院工学研究科 特任教授(研究)
常行 真司	東京大学 大学院理学系研究科 教授
永峰 政幸	物質・材料研究機構先進蓄電池研究開発拠点 拠点マネージャー 信州大学工学部 特任教授
福田 伸	北海道大学触媒科学研究所 触媒表面研究部門 研究員
藤江 和之	京セラ(株) 基盤技術研究所 主席技師
古原 忠	東北大学 金属材料研究所 教授

研究領域概要

本研究領域は、元素の潜在能力を最大限に引き出すと共に、元素の組み合わせがもたらす膨大な物質探索空間を開拓することにより、複数元素のシナジー効果による革新的な機能・物性を有する新材料を創出することを目的とします。具体的には、無機物質、有機物質を問わず、物質探索空間を複合化・多元素化・準安定相等の未踏の領域に拡大し、効率的に物質探索を進める戦略的な取り組みを重視します。

複合化では、未開拓な元素の組み合わせによる新規な分子や固体、異種材料接合からなるナノシステム等の革新的機能・物性発現が期待されます。多元素化では、様々な相(結晶相、アモルファス相、電子相、スピン相など)の発見や、多様な欠陥種を利用した材料設計等が期待されます。準安定相では、速度論的制御法である非平衡合成による新物質相の発見や所望の結晶相や物性の実現、イオン拡散や電池容量、触媒能の促進、可逆的な相制御等が期待されます。また単純な系であっても、ダイヤモンドやフラーレンのような新たな同素体の発見があるかもしれません。これら以外に新たな材料設計の概念、例えば人間のひらめきや直感、感性を取り入れたプロセス・インフォマティクスの開発等を打ち出すことも歓迎します。

各研究チームのゴールとして期待することは、元素の高度利用を基軸に新材料を効率的に探索するため、計算科学 / データ科学 / 高スループット評価 / 非平衡プロセス / プロセス・インフォマティクスに直結させたその場計測などを含む材料創製手法を開発し、新機能の発見や、信頼性・耐久性の飛躍的な向上を実証することです。それにより本研究領域は元素高度利用の科学と新機能材料創製の開発基盤を構築します。

科学者の能力を拡張する階層的自律探索手法による新材料の創製

岩崎 悠真

物質・材料研究機構 マテリアル基礎研究センター 主任研究員

従来のデータ主導材料開発では、『新材料の創製』と『学理の深化』を両立させることは困難でした。そこで本プロジェクトでは、コンビナトリアル実験・材料シミュレーション・データ科学・ロボティクス等を統合した『階層的自律探索システム』により、材料科学者の能力を拡張させつつ新材料を創製することを可能とします。



巨大連続空間探索による不秩序熱機能材料の革新

塩見 淳一郎

東京大学 大学院工学系研究科 教授

量子計算、協調ロボティクス、固体プロセスおよびウェットプロセスの自動コンビナトリアル合成・評価を連動させて巨大物質空間の全体最適な探索を可能とする Quantum & Robotics in the Loop 手法を開発する。それを熱機能材料開発に適用、準安定・不秩序系やプロセスパラメータも含めた巨大空間を探索して、高密度無機材料から成る断熱・熱遮蔽膜およびスケラブルな波長選択的熱放射塗料・膜を革新する。



電子閉じ込め分子の二次元結晶と汎用量子デバイスの開発

竹谷 純一

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

キャリアが分子内の中央部に閉じ込められた量子井戸分子を二次元的に結晶化し、新しい量子エレクトロニクスを創成します。結晶構造予測アルゴリズムと第一原理電子状態計算の手法を活用して、多様な量子井戸空間を探索し、室温共鳴トンネル素子・超伝導量子ビット・高速集積回路に応用します。本研究において、無線給電・高速通信・量子デバイス等の用途を拓き、有機エレクトロニクス基盤の構築を目指します。



2次元ホウ素末踏マテリアルの創製と機能開拓

松田 巖

東京大学 物質研究所 教授

我々は世界に先駆けてホウ素の原子層物質の合成法と優れた物性を発見し、同時に未来の社会基盤を支える材料として高い将来性を確信しました。この新たな物質群に対して、本研究ではオペランド実験とプロセスインフォマティクスを融合した革新的な物質合成開発システムを構築して合成法の最適化を図ると共に、多次元物質データを取得し、それらを機械学習処理することで機能性を最大限に引き出した複合材料の開拓を目指します。



励起ダイナミクス制御に基づく光機能性ヘテロπ電子系の創製

山口 茂弘

名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所 教授・副所長

分子性材料の末踏の光機能の実現を目指し、多環π骨格に種々のヘテロ元素を組み込んだヘテロπ電子系を対象とした物質探索法の確立に取り組めます。励起状態の素過程に対する量子ダイナミクス計算による予測と元素の活用による修飾をもとにしたスクリーニングにより、秀逸な分子骨格を生み出します。それらの有用性を、有機光エレクトロニクスと蛍光イメージングの2つの方向で追求し、新たな分子性光技術の創出につなげます。



水を基軸とする末踏蓄電機能材料の開拓

山田 淳夫

東京大学 大学院工学系研究科 教授

独自に発見したアルカリ金属融水合物の多様化と、これが提供する溶液場で安定化・高機能化される、ホストゲスト反応系新規固体電極材料の探索を行う。広域化された物質探索空間の中で、実験・理論、計測およびデータ科学を融合した多角的な探索を行い、エマージングマテリアルと新たな蓄電メカニズムの発掘を通じて、従来の材料設計では到達不可能な高エネルギー密度・高速反応性を有する水溶液系蓄電材料システムを創製する。



非晶質前駆体を用いた高機能性ペロブスカイト関連化合物の開発

東 正樹

東京科学大学 総合研究院 教授

持続可能な社会の構築のために、エネルギー・環境分野での新物質・新材料の必要性が高まっています。本研究では、いずれも産業界で強く望まれている、負熱膨張材料と高難度選択酸化触媒材料をターゲットとして、ペロブスカイトの低温低圧相である層状ペロブスカイト、六方晶ペロブスカイトを舞台に、アモルファス前駆体からの多元素化合物低温結晶化のハイスループット合成+機械学習による新たな手法で新物質を開発します。



環境ゆらぎ援用革新的機能を有する酸化物材料の創製

田畑 仁

東京大学 大学院工学系研究科 教授

機能性酸化物の多彩な物性とイオン結合性による高い結晶歪許容性を活用し、ナノスケールで制御された傾斜格子歪場が引き起こすフレクソ効果による双極子とスピン共結合を用いたセンサ・メモリ演算材料を開発します。酸化物材料の新しい機能創出を目指し、生体機能に発想を得て、従来「患者」であった「熱ゆらぎ」を環境中のエネルギー源と考えて積極的に活用する「確率共鳴原理」に基づき、革新的低消費電力材料を開発します。



フェイゾンエンジニアリング：構造タイル組み換えに基づく新物質創製

田村 隆治

東京理科大学 先進工学部 教授

通常の結晶には無い特異な物性が期待される三次元合金系および二次元ファンデルワールス系の準結晶と近似結晶を舞台に新たな物質設計概念「フェイゾンエンジニアリング」を創成し、従来の物質探索空間とフェイゾン空間を統合します。離散あるいは連続フェイゾン歪の導入により構造タイル組み換えを行い、タイル組み換え自由度と物性・機能の関係を追究することで、磁気・電気・触媒特性を最大化する物質創製基盤を構築します。



分子結晶全固体電池の創製

一杉 太郎

東京大学 大学院理学系研究科 教授

分子結晶に注目し、硫化物系電解質では実現できない特長を有する高性能全固体電池を開発します。機械学習、ロボットを活用した自動・自律的材料探索技術、および理論計算を組み合わせて、高いイオン伝導性を示す分子結晶コンボジットを開発します。さらに、電池内の界面における超イオン伝導メカニズムの学理と界面制御技術を構築します。



高効率熱電変換を志向した相転移ナノ流体の創製

山田 鉄兵

東京大学 大学院理学系研究科 教授

電気化学的な刺激により相転移可能なナノ粒子の分散液「相転移ナノ流体」は、流動性を有し、温度に鋭敏に反応して電子の授受を行うことが期待されます。我々は相転移ナノ流体の開発基盤となる熱電変換の学理を構築し、新たな高効率熱電材料を開発します。



強誘電性ネマチックの学理深化と機能開拓

荒岡 史人

理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー

流動する新しいタイプの強誘電体である「強誘電性ネマチック」を基幹物質とし、実験・計算の融合により各種物性と未知の安定化機構の相関を明らかにすることで、「強誘電性ソフトマテリアルの学理」を構築します。さらに、「強誘電体は固く動かない・混ざらない」という常識を覆す、究極の柔らかさを持つ材料ならではの特徴（一様性・形状適合性・混合性）を活かした革新的機能の実現も目指します。



光電変換薄膜探索法の開発とマイクロ波誘電学理

佐伯 昭紀

大阪大学 大学院工学研究科 教授

多彩な有機・無機材料からなる複合半導体をコンビナトリアル合成し、データ科学と実験スクリーニングを融合させることで既存概念を打破する材料とプロセスを破格のスピードで探索する。計測、デバイス物理、高分子化学、構造有機化学、典型元素化学、量子化学、機械学習に実績のあるチームを編成し、内挿・外挿だけでは到達しない末踏の光電変換材料の開拓と基礎学理の構築を目指す。



Giant CISS 物質：界面陽電子・電子の全運動量制御

関 修平

京都大学 大学院工学研究科 教授

高い並進運動量とキラルな原子・分子軌道を協奏させるための新概念として、2D-COF 構造における Wallach 則の超越、TMD の層間空間の対称性設計、2次元面構造のトポロジカル制御、空間反転対称性の破れた3次元結晶の創製を掲げ、Giant CISS を具現化する。TRMC-SPPAS@Interfaces 統合解析システムにより、あらゆる「埋もれた」界面電子の全運動量・エネルギー情報を丸裸にする。



第三の磁性体「Altermagnet」の物質設計と機能開拓

関 真一郎

東京大学 大学院工学系研究科 准教授

Altermagnet は 2022 年に理論的に提唱された新しい概念で、従来知られていた強磁性体と反強磁性体の利点を併せ持つ、「第三の磁性体」としての活用が期待されています。本研究では、理論計算に基づく物質設計を通じて、Altermagnet の系統的な新物質開拓を行うとともに、その特徴的な応答・機能を明らかにすることを目指します。



原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2020-2.html

戦略目標

自在配列と機能



研究総括
君塚 信夫

九州大学 大学院工学研究院 主幹教授

領域アドバイザー

浅見 正弘	日本知的財産協会 参与
幾原 雄一	東京大学 大学院工学系研究科 特別研究教授
片山 佳樹	九州大学 大学院工学研究院 教授
北川 宏	京都大学 大学院理学研究科 教授・理事補(研究担当)・副プロボスト
関根 千津	合同会社RiseWave啓 代表社員
山田 容子	京都大学 化学研究所 教授
吉澤 一成	京都大学 福井謙一記念研究センター 研究員

研究領域概要

本研究領域は、原子・分子の配列や配向を合理的に制御した原子・分子組織構造を自在構築し、そのエネルギーランドスケープを制御するとともに、その組織構造に独自の化学的、物理的、あるいは生物科学的な機能を発揮させるための基盤技術の創出を目指すものです。

研究分野としては、原子・分子から成る有機分子、生命分子、高分子、金属イオン、金属錯体、無機化合物や金属クラスター、ナノカーボンをはじめとする分子・ナノ物質群を研究する分野を広く対象とします。例えば、(1) 同種・異種原子の配列と結合が自在に制御された機能性分子やナノマテリアル、単位(ユニット)分子の定序配列(シークエンス)構造が共有結合あるいは非共有結合的に合理的に制御されたオリゴマー、高分子などを対象に、それらの溶液中、表面・界面、あるいは固体状態における高次構造や組織化構造を、一次元、二次元、三次元配列や順序を制御しつつ、かつナノ～メゾ～マクロスコピックに至る任意の次元・スケールで制御する技術、(2) 得られた原子・分子組織系において、各々の構造単位や着目する元素・官能基、機能団の配列・配向を、有機化学的な精密さを持って自在制御するための技術を開発するとともに、(3) 得られた配列構造の電子状態やエネルギーランドスケープを原子・一分子レベルの精度で解析・計測する技術や理論・計算科学的手法の開発を進めます。さらに、(4) 原子・分子の定序配列・配向構造を自在制御することによって、はじめて生み出される電子的、磁氣的、光学的機能や化学的機能などの“分子システム機能”を、配列・配向・組織化・階層構造との相関において明らかにし、これらの科学的知見を体系化して、分子システム科学における基盤学理の創成をはかります。

ナノ空隙を利用した原子・分子の配列制御と物性測定法開発

末永 和知

大阪大学 産業科学研究所 教授

たとえばナノチューブの内部空間や層状物質の1nm以下という極めて狭いすまに物理的・化学的方法で物質を整列させ、必要であればその後の光・熱・ガスなどを使った反応を利用して、新しい低次元物質を実現します。新物質の創製をその分子・原子レベルでの電子状態計測手法や、構成単位ごとの光学特性・輸送特性の測定法開発と並行して進めます。



金属原子配列構造の超精密制御に基づく分子ナノメタリクスの創成

村橋 哲郎

東京科学大学 物質理工学院 教授

本研究では、ナノ金属クラスターを精密に分子構築するための分子設計概念の確立を行います。多座架橋配位子を活用して金属原子配列の次元性、サイズ、形状、異種金属原子配列を制御し、ナノ金属クラスターの精密分子構築を実現します。さらに、分子構造を制御したナノ金属クラスターの特異な基質捕捉能や変換挙動を解明するとともに触媒機能の開発を行います。



神経ネットワーク型分子・ナノ材料システム

松本 卓也

大阪大学 大学院理学研究科 教授

定序配列によりエネルギーと距離を制御した「神経型機能コア」を「配向ネットワーク」に埋め込み、「神経ネットワーク型情報処理」が可能な分子システムを創成します。精密に制御された「神経型機能コア」の物性は、ネットワークのランダムネスを通して変調され、様々な応答を生み出します。これを学習により選び取ることで神経型情報処理を行い、文字認識と音声認識をはじめとする神経型情報処理を試みます。



超原子を基盤とする階層性ナノ物質科学の創成

佃 達哉

東京大学 大学院理学系研究科 教授

本研究では、独自の精密化学合成・構造解析・理論計算の手法を総動員して、新しいナノ物質科学の学術基盤の構築を目指します。まず、多彩な構造因子を原子精度で規定した超原子群を創製し、基礎物性との相関を体系化します。次に、超原子分子の合成技術を開発し、その結合論・反応論・物性論を打ち立てます。さらに、超原子を次元性と対称性を制御しながら配列・集積化する技術を開発し、超原子の協同作用による新しい物性を探索します。



金属配列による電子伝達ネットワーク形成と触媒機能開拓

大木 靖弘

京都大学 化学研究所 教授

CO₂から炭化水素への直接変換に代表される多電子反応を促進する、ボトムアップ型技術の創出を目指します。まず、触媒と電子伝達物質を兼ねるクラスター錯体を、原子の三次元配列により創製します。さらに錯体を二次元配列し、電子の供給箇所と電子を用いる反応箇所の間に生じる空間的な隔たりを埋め、多数の電子が必要な反応を効率化します。その知見を、電気エネルギーから化学エネルギーへ変換する基礎技術へと昇華します。



エントロピー増大に逆らう革新材料「力学極性ゲル」による物質・エネルギー・生物の整流化

石田 康博

理化学研究所 創発物質科学センター チームリーダー

電場・磁場・光などに対し極性応答する材料は数多く知られていますが、「力」に対し極性応答する材料はこれまで、想像すらされて来ませんでした。本研究では、私たちが発見した力学極性ゲル（左右の剪断に対して異なる弾性率を示すゲル）について、理論と実験の両面から基礎物理学の樹立を目指すとともに、物質やエネルギーを整流化する本ゲル特有の能力を活かし、エントロピー増大に逆らう広範な機能の実証を目指します。



3D ドメインスワッピングを利用したタンパク質の自在配列と機能化

廣田 俊

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

サイズと構造が均一であるタンパク質を自由自在に集積することができれば様々な応用が期待できるため、近年、タンパク質超分子の作製に関する研究が注目されています。本研究では、研究代表者が行ってきた3Dドメインスワッピング(3D-DS)の研究をさらに発展させ、3D-DSに関する基礎から応用まで実験と理論の包括的な研究を行い、3D-DSによるタンパク質自在配列の基盤学理を創成するとともに、革新的医薬品の開発を目指します。



自在配列設計ペプチドによるナノポアシステムの構築

川野 竜司

東京農工大学 工学研究院 教授

ナノポア計測は一分子を電氣的に精密に計測する技術です。本研究では、アミノ酸配列を人工的に設計(de novo設計)したペプチドナノポアを構築します。アミノ酸配列を自在に設計したナノポアで様々な分子輸送の計測・制御を実現します。



多元素金属イオンクラスターの精密設計と自在配列が拓く新物質科学

塩谷 光彦

東京理科大学 研究推進機構 教授

本研究は、金属イオンとコア・シェル配位子から成る多元素金属イオンクラスター、および単位クラスターの多次元自己融合体を対象とし、実験・理論・計測により、原子・分子の精密配列法の設計概念と合成技術を確認し、新物質群の体系化を目指します。さらに、構造に特異な物性を記述する結合・物性・反応論を開拓し、高安定クラスターを光パライオ分析に、高活性クラスターを触媒化学に展開し、物質科学の新たな局面を切り拓きます。



原子層のファンデルワールス自在配列とツイスト角度制御による物性の創発

町田 友樹

東京大学 生産技術研究所 教授

ツイスト角度を精密に制御して多層のtwisted 2D materials multilayerを自在に配列する技術を開発し、レーザ角度分解光電子分光 (ARPES) 技術とvdW assembly 技術を組み合わせてバンド構造を直接的に決定し、さらにvia methodを活用して電極をハイスループットに作製して量子物性を明らかにします。θと層数に対する物性相図における未開拓領域を明らかにします。



固液電気化学相界面の多階層構造制御

是津 信行

徳島大学 アーク・リジェネレーション機構 教授

(1) 多元素化、複合化によってもたらされる「配置エントロピーの増大による準安定相界面の活用」と、(2) 液晶性高分子の動的連続媒体としての特徴や多分子性、配向制御によりもたらされる「安定化された異方的ポテンシャルや階層構造の周期性が連続的に変化する動的な連続媒体の活用」を指導原理とする、エネルギーランドスケープを制御した多階固液電気化学相界面の形成と、その相間イオン拡散のダイナミクス制御に取り組みます。



含BN ナノカーボン分子の自在合成と配向制御

畠山 琢次

京都大学 大学院理学研究科 教授

本研究では、炭素・ホウ素・窒素が精密に配列された巨大π共役系を有する「含BNナノカーボン分子」を合成し、素子中の配向を制御することで、次世代の有機光エレクトロニクスを実現します。さらに、精密有機合成と化学気相成長法を組み合わせることで、原子配列が精密に制御された「含BNナノカーボン」の創製を目指します。



単層CNTに基づく一次元ヘテロナノ構造の制御合成と物性・機能設計

丸山 茂夫

東京大学 大学院工学系研究科 教授

我々は最近、単層CNTと同心状に異種原子層を形成した新奇一次元ヘテロナノ構造を実現しました。本研究では、一次元ヘテロナノ構造における原子層の順序・配列・配向を自在に制御する合成技術を確認するとともに、超高分解能電顕・顕微分光・物性シミュレーションにより、原子層配列と特異な物性の関係を解明します。これらの知見に基づき、機能を設計した一次元ヘテロナノ構造による電子・光デバイス等の応用を実現します。



原子層・結晶相自在配列による未踏ナノ物質群の創出

寺西 利治

京都科学大学 化学研究所 教授

ナノスケール無機物質における原子層配列制御では、イオン交換や異種元素導入による非平衡構造イオン結晶・規則化金ナノ粒子群の創製を第一原理計算を用いて効率的に行い、高性能酸素還元反応触媒や新奇光物性・光機能の開拓を行います。また、配列スケールをナノからメゾ展開する結晶相配列制御では三次元超構造体を創製し、結晶相集積により初めて生み出される協奏機能の発見と高効率化を目指します。



光配向単分子架橋共鳴トンネルトランジスタのシステム機能化

真島 豊

東京科学大学 総合研究院 教授

本研究では、1. 無電解金めっきナノギャップ間での光配向単分子架橋過程のその場観察と組織化制御、2. 単分子トランジスタの組織化・機能化に向けた新規π共役分子の革新的合成、3. 理論計算に基づく単分子架橋系の創製過程・伝導特性解析と素子設計、4. 室温動作単分子架橋共鳴トンネルトランジスタの創製に関する研究項目を実施し、単分子架橋共鳴トンネルトランジスタのシステム機能を発揮させるための基盤技術を開発する。



情報担体を活用した集積デバイス・システム

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2020-3.html

戦略目標

情報担体と新デバイス



研究総括
平本 俊郎
東京大学 生産技術研究所 教授

領域アドバイザー

浅井 哲也	北海道大学 大学院情報科学研究院 教授
川中 繁	キオクシア(株) 先端技術研究所 所長
瀬山 倫子	NTTプレジジョンメディシン(株) メディカルサービス部 担当部長
多田 宗弘	ナノブリッジ・セミコンダクター(株) 開発製造部 取締役
知京 豊裕	物質・材料研究機構 マテリアル基盤研究センター 特命研究員
角村 貴昭	東京エレクトロン(株) Innovation X Lab. エキスパート
西村 佳壽子	パナソニック ホールディングス(株) テクノロジー本部 課長
廣井 聡幸	ソニーグループ(株) Exploratory Deployment Group 技監
湯浅 新治	産業技術総合研究所 新原理コンピューティング研究センター 研究センター長
若林 整	東京科学大学 総合研究院 教授

研究領域概要

本研究領域は、デバイス内で情報の鍵を握る「情報担体」の特性を活用した高性能・高機能デバイスを創出し、さらにこれらを集積化・システム化することにより社会実装可能な情報システム基盤技術を創成します。超スマート社会やさらにその先の次世代情報化社会を実現するには、情報処理を担うデバイスやシステムのさらなる高度化が不可欠です。一方で、CMOSの微細化に代表される従来のエレクトロニクスでは情報処理能力向上に限界が見え始めており、限界を突破するための新しい材料・デバイス技術やそれらをシステム化するための革新的な基盤技術が求められています。

そこで本研究領域では、デバイス内での情報処理の鍵となる情報担体に着目します。ここで情報担体とは、状態変数として定義される情報を表す物理量や物理系のネットワーク構造・分子構造等、広く情報を担い得る自由度を包含した概念とします。本研究領域では、多くの既存デバイスで情報担体の役割を果たしている電荷に限らず、スピン状態や分子構造、物質相変化、量子、構造ネットワークといった情報を担いうるあらゆる情報担体を対象とします。情報の取得、変換、記憶、演算、伝達、出力等のデバイス機能の根幹をなす多様な情報担体を深く掘り下げ、かつ高度に利用することによって革新的なデバイスを創出します。さらに社会実装可能なシステム構築へと導くため、単体デバイスによる機能発現にとどまらず、集積化・システム化を行うことにより、回路・アーキテクチャ・システム・アプリケーションレイヤーとの協働を進め、革新的な情報システム基盤のイノベーションを目指します。

非古典スピン集積システム

齊藤 英治

東京大学 大学院工学系研究科 教授

非古典スピンドYNAMIXを示す磁気ドットの結合系からなる集積デバイスを開発し、室温で動作する最適化コプロセッサを作ります。材料および集積化プロセス開発、基礎学理、アルゴリズムの研究を一貫通貫して行い、マグノンの巨視的量子性に起因した非古典性を磁性体の微細化・集積化によって引き出し、量子科学およびエレクトロニクスの学際分野を構築します。



集積スピンサイバーフィジカルシステムの構築

千葉 大地

大阪大学 産業科学研究所 教授

フィジカル空間で最も重要なセンシング対象は力学量である。本課題は、スピン素子と有機回路をフレキシブル基板上に集積化し、多次元ベクトル情報担体=集積スピン・スピンネットワークを用いて生体モーション等を高度に推定・予測する未来を切り拓く。この情報担体は無給電演算や不揮発記録機能も備えるサイバー空間でもある。本課題により、身近な社会課題解決に資する『情報担体を活用した集積デバイス・システム』を構築する。



極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム

三宅 美博

東京科学大学 情報理工学 教授

情報担体としての加速度振動に着目し、その超高感度計測が可能な極微振動計測デバイスの開発と極微振動の意味理解を進める。具体的には、微小筋音の振動計測から神経系情報を得ると同時に、多様な運動系情報も解読できる世界初のワイドレンジ・ワイドバンド・3軸マルチモダリティ情報担体システムを構築する。さらに神経系と運動系の関係に基づくマルチモーダル意味理解アルゴリズムを実現し、パーキンソン病の早期予知を目指す。



触覚の価値を創造する深化型マルチフィジックスセンシングシステム

高尾 英邦

香川大学 創造工学部 教授

本研究では、人間が触れる対象を認識する際の「脳」と「指先皮膚」の連携動作に着目し、人間に倣って認識を深化させることで、「触覚の価値」を数量化・創出するセンシングシステム技術を開発する。指先を凌駕する高い能力を持つ「マルチフィジックス・ナノ触覚センサデバイス」の開発に加え、高い情報処理・認識能力を有する人工知能とセンサが相互に連携して認識を「深める」全く新しい概念の触覚センシングシステムを実現する。



3次元磁気メモリの開発

小野 輝男

京都大学 化学研究所 教授

記録層/磁壁層で構成される人工強磁性体からなる3次元磁気メモリを開発する。本提案の3次元磁気メモリでは、3次元構造・磁性体の不揮発性と高速ダイナミクス・多値メモリシフトレジスタの特徴から、揮発性メモリDRAM同様の高速性と不揮発性メモリ3D-NANDのような高密度・低コストが実現される。



実世界をサブナノ秒光信号で見る電荷領域計算イメージセンサ

香川 景一郎

静岡大学 電子工学研究所 教授

従来のカメラシステムでは光検出と処理が分離されていた。本研究ではこれらを融合した新しい高速・高効率センシング・処理パラダイムを提案します。キーデバイスである電荷領域計算イメージセンサは、光電荷操作により時間相関演算と空間フィルタを実現し、深層ニューラルネットワーク(DNN)の入力層と前段の畳み込み層(CNN層)として機能します。意味のある情報のみを抽出してデータ削減し、DNNの後段に渡します。



強誘電体分極と電荷の相互作用を利用した新デバイス・システム

高木 信一

東京大学 大学院工学系研究科 教授

Hf系強誘電体を用いたデバイスを、その分極・ドメイン構造を物性評価に裏打ちされた作製プロセスや膜構造上の工夫によるドメインエンジニアリングを通じて、新しい応用を含めた種々の回路システムに向けて最適化し、優れた電気的特性と信頼性をもつFeFET, MFMキャパシタ, FTJといった強誘電体デバイスを実現すると共に、Hf系強誘電体材料・デバイス特性制御技術の学理を確立します。



狭ギャップIV族混晶による赤外多帯域受発光集積デバイス

中塚 理

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

赤外多帯域素子応用に向けて、狭バンドギャップ(< 0.2 eV)かつ高効率光電変換を実現する直接遷移IV族混晶半導体ヘテロ構造を創製し、準安定な混晶材料の特性を損じない欠陥制御および低サーマルバジェットプロセスの学理・技術を構築します。さらに、狭ギャップIV族混晶ダイオードなど受発光素子のSi LSIプラットフォーム上集積や赤外多帯域撮像素子の試作・動作実証に取り組みます。



波動性情報担体を用いた固体多重情報基盤の創出

好田 誠

東北大学 大学院工学研究科 教授

電気伝導・光学応答共に優れたIII-V族半導体量子構造や強磁性体とのハイブリッド構造を舞台に、偏光多重された光情報を一括して電子スピン波へと転写するトランスデューサを構築します。そして、この技術基盤に立脚した光電融合型の演算処理を行います。さらに、電子スピン波からマグノンへの相互変換を構築することで、システム全体で波動性を活用できる多重情報処理基盤を確立します。



嗅覚受容体を活用したバイオハイブリッド匂いセンサ

竹内 昌治

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

生物は、身の回りに溢れる匂い情報を捉えるために嗅覚受容体を利用しています。しかし、その匂いを従来のセンサで正確に記述することは容易ではありません。本研究では、さまざまな嗅覚受容体をもつセンサ細胞を作製し、MEMSを基盤とする工学技術と融合することで革新的匂いセンサシステムを構築します。匂い情報の活用によって豊かな社会を実現する新産業の創出を目指します。



空間・時間・波長自由度を活用する光電融合演算基盤の開発

納富 雅也

日本電信電話(株) 物性科学基礎研究所 センター長

本計画では、集積ナノフォトニクスの技術を用いて、高効率の光電変換、デジタルアナログ変換技術を開発し、これを光積和演算器と接続して光電融合演算器を構成する。具体的には、空間自由度を最大限に生かした光積和演算器をベースに、時間自由度と波長自由度を最大限に活用する波長多重演算技術、再帰型演算技術を活用した低遅延、低消費電力の演算アクセラレータチップ技術の開発をめざす。



サーマルマネジメント多値磁気記録システムの開発

高橋 有紀子

電研・研研連携 磁・スピントロニクス研研センター センター長

熱を利用した多値磁気記録システムを実現するために、3次元(3D)FePt媒体の開発、3D媒体の磁化反転制御・信号再生技術の開発について研究を進めます。3D-FePt媒体の開発では媒体シミュレータを構築し8Tbit/in²の密度を目指します。3D媒体の動的磁化過程を層分解ダイナミクス測定で明らかにし、高効率磁化反転のための材料設計を行います。また、多値信号を復元するための信号処理方式や誤り訂正符号を開発します。



人工スピンで作る柔らかさ可変の担体による高エネルギー効率情報処理

田中 雅光

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

柔らかさ可変の情報担体とは、安定して情報を保持する状態から、外部の擾乱を受けやすい状態までを自在に調整でき、その代わりスイッチングに伴う消費エネルギーを広い範囲で動的に調整できる情報担体を指します。超伝導デバイスを用いた人工スピンを集積化し、柔らかさ可変の情報担体による非厳密高エネルギー効率演算回路や、情報担体の相互作用を利用したコンピューティングについて、分野横断型アプローチにより研究します。



時空間分布制御テラヘルツ集積デバイスシステムの創成

富士田 誠之

大阪大学 大学院基礎工学研究科 准教授

本研究は情報担体として、電波と光の境界領域の未開拓周波数を有するテラヘルツ帯の電磁波であるテラヘルツ波に着目し、エレクトロニクスに量子効果とフォトニクスを融合することで、テラヘルツ波の時間発展と空間分布を制御する電子デバイスシステムの学理を追究し、大容量無線通信と高分解能センシングを可能とする革新的小型集積デバイスシステムの創成を目指します。



固体テンプレート界面材料による堅牢な人工嗅覚デバイス

柳田 剛

東京大学 大学院工学系研究科 教授

空間選択的な結晶成長技術を駆使した“固体テンプレート化法による熱的に堅牢な分子認識センサ界面材料”に立脚して、新しい堅牢な分子認識材料を社会実装に向けて加速発展させ、集積化センサデバイス・システムへと展開することで、“堅牢な人工嗅覚センサ機能”を可能にする学術基盤を創製します。



独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2019-3.html

戦略目標

最先端光科学技術を駆使した革新的基盤技術の創成



研究総括
河田 聡
大阪大学 名誉教授

領域アドバイザー

石川 正俊	東京理科大学 学長
石原 美弥	防衛医科大学校 医用工学講座 教授
井上 康志	大阪大学 大学院生命機能研究科 教授
笹木 敬司	北海道大学 名誉教授
為近 恵美	横浜国立大学 成長戦略教育研究センター 教授
中野 義昭	東京大学 大学院工学系研究科 教授
羽根 一博	東北大学 未来科学技術共研究センター 特任教授(研究)
不二門 尚	大阪大学 大学院生命機能研究科 特任教授
吉川 研一	京都大学 名誉教授
渡邊 裕幸	元 富士フイルム(株) フェロー

研究領域概要

光科学技術は、これまでの力強い研究ならびに開発によって、産業・学術の両面においてその発展に大きく貢献し、またそれ自身も大きく発展してきました。本研究領域ではこれをさらに進めて、光の有する本質的な特性を使いつつ従来にはない独創的な発想に基づく革新的な原理による光科学技術の創出を目指します。また将来あるべき姿やゴールを見定めることによって、バックキャスト的な視点を取り入れながら他の科学・技術分野との相互作用によって、全く新しい光応用分野領域の創成を図ります。

具体的には、既存の原理や技術と異なる新しい発想に基づく光デバイス・装置や計測・分析法、ナノ加工の提案と実証、生命体の理解や医療システムにおける新しい原理と技術の開拓、数理科学に基づく光情報処理システムへの展開、さらには、光による環境モニタリングと環境制御・保全の創出、食の安全の確保などを例とし、持続可能な社会を実現するための解決すべき大きな課題、豊かな社会を支えるための産業上の大きな課題、あるいは未来を切り開く知を得るための大きな課題、これらの課題解決に向けて突破口を開き具体的な貢献を果たすための契機となる具体的でチャレンジングな光科学技術の研究や開発を対象とします。

キャリアエンベロープ位相制御による対称性の破れと光機能発現

岩井 伸一郎

東北大学 大学院理学研究科 教授

最先端の光技術（サブサイクル近赤外光とそのキャリアエンベロープ位相制御）と物質科学（量子多体物質）の融合により、光による物質と光の“同時的な”制御を可能にします。超伝導体や量子スピン液体物質、トポロジカル物質を舞台に、「非摂動・非散逸な光と物質の相互作用」によって、物質の空間／時間反転対称性を操作し、従来知られている光の選択性に縛られない新規な光機能（波長変換、光増幅、光スイッチ）を創成します。



光を用いたヒト生体深部での分子制御

小川 美香子

北海道大学 大学院薬学研究院 教授

生体深部での化合物の活性化を達成するエネルギー源として、X線・チェレンコフ光・音を利用します。X線による化学結合切断反応として、X線により生じたラジカル利用、内殻励起の二つを想定します。また、荷電粒子を放出する薬剤を体内に投与することで、光を生体深部まで届けます。さらに、可視・近赤外領域での低い光透過率による深部組織部位での化合物活性化の制限を克服する、新しい薬物および音響光技術を提案します。



光渦が拓く超解像スピンジェット技術

尾松 孝茂

千葉大学 大学院工学研究科 教授

螺旋波面に由来する軌道角運動量と円環状空間強度分布を持つ光波を光渦と呼びます。われわれは、水の1000倍以上の粘度を示す液膜に光渦を照射すると液膜が極細のジェットへと構造化することを発見しました。この現象を「超解像スピンジェット現象」と呼びます。本研究では「超解像スピンジェット現象」を応用して、これまでパターンニングが難しかった物質を回折限界以下の空間分解能でパターンニングできる光技術を創出します。



メタマテリアル吸収体を用いた背景光フリー超高感度赤外分光デバイス

田中 拓男

理化学研究所 光子工学研究センター チームリーダー

金属ナノ共振器から構成されるメタマテリアル吸収体を用いて、赤外分光法における余計な背景光を抑制して信号光のみを検出することで、その測定感度を飛躍的に向上させます。そして、その技術を利用した超高感度分子検出デバイスを開発します。技術的には、ホットスポットの体積を稼ぐために高密度に集積可能な共振器構造からなる3次元光メタマテリアルの加工技術と波長可変レーザーを用いた高速赤外分光技術を開発します。



光駆動ドロプレット・プリンティングの開発と応用

丸尾 昭二

横浜国立大学 大学院工学研究科 教授

本研究では、液滴状の原材料を自在に遠隔操作して、オンデマンドでマルチマテリアル3D微細構造体を作製する「光駆動ドロプレット・プリンティング」を提案・開発します。応用例として、マルチマテリアル造形を駆使して微小光学素子やメタマテリアルを創製します。さらに、ナノ材料を用いたプリンテッド電子デバイスの開発や、骨類似ヒドロキシアパタイト粒子を用いた人工骨髄の形成など、幅広い応用研究を行います。



円偏光発光材料の開発に向けた革新的基盤技術の創成

赤木 和夫

立命館大学 総合科学技術研究機構 招聘研究教授

三次元表示ディスプレイの開発に向けた基盤技術を開成する。そのための要素技術として、1. 外部刺激によりキラル反転する液晶場でのらせん状共役ポリマーの合成、2. 高い円偏光発光性を有するらせん状多量体分子の合成、3. 薄膜・固体状態での円偏光発光強度と非対称性因子の計測技術の構築、4. 円偏光発光材料のデバイス化と発光ダイオードの作製、5. 円偏光発光物質の励起状態の解明と分子設計の指導原理の確立を図る。



赤外テラヘルメイド励起を機軸とする革新的振動分光

芦原 聡

東京大学 生産技術研究所 教授

本研究では、新しい赤外光源技術によって振動分光法に大きな飛躍をもたらします。新規固体レーザーに立脚した高輝度赤外コヒーレント光とその電場波形自由度を活用することによって、微量分子を高感度に捉える振動分光計測法、および、所望の反応を促進する化学反応制御法を創出します。



光と電子の融合による超高分解能細胞機能イメージング・制御

川田 善正

静岡大学 電子工学研究所 教授

本研究では、薄膜で真空と大気圧を分離し、薄膜を通して集束電子線を生きた生物試料に直接照射する。集束電子線を用いているため、照射領域を生物試料上の数nmから数10nmに制限することができ、細胞の発光領域を制限するとともに、直接電気的な刺激を非接触で与えることが可能となる。電子線照射に対する生物試料の基礎特性を明らかにし、電子線の電流量、加速電圧、集束スポット径などに対する基礎特性を体系化する。



ハイブリッド光位相シフタによるプログラマブル光回路を用いた光演算

竹中 充

東京大学 大学院工学系研究科 教授

化合物半導体薄膜とシリコンを組み合わせた超低消費電力ハイブリッド光位相シフタを超低損失シリコン光回路に集積した大規模プログラマブル光回路により光行列演算を実現することで、深層学習や量子計算の演算性能を大幅に向上可能とする光情報処理基盤技術の確立を目指します。これにより、ムーアの法則終焉後においても超スマート社会の推進を可能とする人工知能や組み合わせ最適化の飛躍的發展に貢献します。



幾何学位相回折素子による赤外・THz偏光撮像技術開発

小野 浩司

長岡技術科学大学 工学研究科 教授

高機能光配向性高分子液晶を用い、独自開発してきた幾何学位相回折素子を発展させ、液晶フォトニック構造とメタマテリアルの融合体により、赤外・THz領域における高速かつ低損失な電圧駆動位相変調器及び高効率円偏光分離素子を開発する。本素子を用いて、赤外・THz領域における偏光プローブ型偏光イメージングシステムを構築する。また、企業と共同で、LiDAR、環境計測等の分野での応用事例を示し、製品化へと繋げる。



時間変調メタマテリアル非線形フォトリニアスの基盤構築

金森 義明

東北大学 大学院工学研究科 教授

微小電気機械システム（MEMS）と超高周波磁性体によるナノ・マイクロ構造を統合し、実効的な誘電率と透磁率を真の意味で高速変調する時間変調メタマテリアルを創成する。非線形光学を利用した人工ラマンシフトの実現を通じて、チューナブル・ポータブル・室温動作可能なTHz新光源デバイスを開発する。これによりBeyond 5G / 6G情報通信に向けた、時間変調メタマテリアル非線形フォトリニアスの基盤を構築する。



時空間を一括取得する超高速超解像光センサー

坂本 高秀

東京都立大学 システムデザイン研究科 准教授

ピコ秒、フェムト秒領域での超高速光計測、回折限界を超えた超解像イメージングといった、元来別個であった先端光計測の機能を統合し、これらの超広帯域検出性能が両立できることを示す。提案する光センサーの持つ、光検出メカニズムの時空間統合能力を活かし、計測リソースを自在に割り当てる、アダプティブかつフレキシブルな時空間光計測機能を実証し、自己最適型の時空間センサー実現へと繋げていく。



任意制御光コムを用いた革新的環境分光計測技術の開発

西澤 典彦

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

本研究では、非線形光学現象を駆使して任意の超狭線幅コムモードを抽出・増幅・制御した「任意制御光コム」と、高感度・高精度CRDS技術を融合することによって、革新的な高感度・高精度環境分光計測技術の開発に取り組みます。この技術によって、トリチウムや微量水分などの環境における微量物質の高感度計測を実現します。



計算光学顕微鏡による生きた組織の機能イメージング

安野 嘉晃

筑波大学 医歯薬系 教授

非侵襲に生体組織の三次元形態と活動の様子を可視化する計算光学顕微鏡の理論、ハード、計測機能の開発と実用実証を行う。理論面では計算光学顕微鏡の基盤となる「4次元フーリエ結像理論」を、ハード面ではZero-NA OCMと呼ばれる入射NAゼロの低コヒーレンスイメージング装置を開発し、生体の三次元形態と活動を可視化する。実用実証では「腫瘍培養組織を用いた抗がん剤評価プロトコル」を確立する。



革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2019-2.html

戦略目標

ナノスケール動的挙動の理解に基づく力学特性発現機構の解明



研究総括
伊藤 耕三

物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター フェロー／東京大学大学院新領域創成科学研究科 特別教授

領域アドバイザー

岡崎 進	横浜市立大学 生命ナノシステム科学研究科 特任教授
川田 達也	東北大学 大学院環境科学研究科 教授
河村 能人	熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター センター長
北村 隆行	京都大学 名誉教授
栗原 和枝	東北大学 未来科学技術共同研究センター 教授
龔 剣萍	北海道大学 大学院先端生命科学研究院 教授
目 義雄	物質・材料研究機構 NIMS特別研究員
高原 淳	九州大学 ネガティブエミッションテクノロジー研究センター 特任教授
竹内 久雄	東京大学 大学院工学系研究科 特任教授
錦織 貞郎	大阪大学 大学院工学研究科 招聘教授
御手洗 容子	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

研究領域概要

本研究領域は、材料技術の発展により、持続可能で新たな産業が創出される社会の実現に資するため、物質の内部や界面で生じる原子・分子の運動、微細組織の構造変化や化学変化等のナノスケール動的挙動を解析・評価する技術を発展させ、マクロスケールの力学特性を決定している支配因子を見出し、その作用機構の解明を行うとともに、新たな力学特性を有する革新的力学機能材料の設計指針を創出することを目指します。

具体的な研究分野としては、金属材料、無機材料、有機材料、およびそれらの複合材料などの各種材料において、マクロな力学特性とナノスケール動的挙動の相関に基づき、接着・摩擦・摩耗・劣化・破壊等の作用機構や新たな力学特性について解明することに加え、そのために必要なナノスケールの動的挙動や化学変化等を可視化するためのその場計測・マルチシミュレーション技術等の開発なども対象とします。

これら各種研究分野の複合的な連携や、金属材料、無機材料、有機材料、複合材料などの各種材料で得られた知見を融合することによって、これまで未解明であった各種材料における力学特性発現機構の解明や特定の材料に依存しない共通的な学理を構築するとともに、トレードオフ関係にある力学特性を両立する材料や新たな力学機能をもつ材料の設計指針の創出に取り組みます。

2019年度採択 動的共有結合化学に基づく力学多機能高分子材料の創出

大塚 英幸

東京科学 大学物質理工学院 教授

物質に作用するマクロスケールの力学的刺激（圧縮、延伸、せん断、曲げ、衝撃、摩擦など）が起源となって機能を発現する材料は「力学機能材料」と呼ばれています。本研究では、平衡系の特殊な共有結合を利用する「動的共有結合化学」を基盤として、複数の力学機能を示す力学「多機能」高分子材料の創出を目的とします。さらに、マルチスケールでの動的な解析に基づく動作原理の解明と材料設計指針の確立を目指します。



セラミックス粒界・界面における強電界ナノダイナミクス

吉田 英弘

東京大学 大学院工学系研究科 教授

セラミック材料は、強電界下において低温・高速超塑性変形等の特異な力学応答を示すことが分かってきました。その背後には、強電界による粒界・界面等のナノ領域における動的挙動の励起現象、すなわち強電界ナノダイナミクスという新たな物理が隠れています。本研究では強電界ナノダイナミクスの学理を構築し、セラミックスにおいて大きな延性や強電界修復といった新たなマクロ力学応答を発現させる理論的指針の獲得を目指します。



階層的時空構造と動的不均一性から紡ぐナノ力学機構の理解と制御

山本 潤

京都大学 大学院理学研究科 教授・副研究科長

時空階層構造と動的不均一性の起源と機構の解明のため、ナノ～メソスケールに及び広帯域で両者を観測するガンマ線準弾性散乱と揺らぎ顕微鏡測定を確立する。また降伏・破断などの力学現象において力学測定と同時にその場観察し、マクロ力学との関係を理解する。さらに、不純物や光励起を用い、両者の人工的な設計に基づいた力学特性の改良原理を確立する。揺らぎ顕微鏡は小型化・可搬化を行い、汎用観測機器としての応用を目指す。



ゲルのロバスト強硬化機構の解明と人工腱・靱帯の開発

酒井 崇匡

東京大学 大学院工学系研究科 教授

人工腱・靱帯への応用を目指し、繰り返し衝撃が加わる過酷な環境においても常に一定の力学応答を示す（力学的ロバスト性）、生体適合性を示す革新的なハイドロゲル材料を開発します。力学的ロバスト性実現のため、動的・静的結晶化制御という新規タフ化機構を導入します。合成・実験・シミュレーションを用い、動的・静的結晶化の学理を解明し、さらに開発したゲルによる人工腱・靱帯を作製し、動物実験レベルでの実証を行います。



2020年度採択 ひずみ誘起結晶化機構の解明と最大化によるエラストマーの革新的強硬化

浦山 健治

京都大学 大学院工学研究科 教授

天然ゴム（NR）が示すひずみ誘起結晶化（SIC）は、力学刺激に高速応答する優れた動的強硬化機構ですが、そのSIC性能は長く未更新のままで合成ゴムもNRのSIC性能を凌駕できていません。本研究はSICのナノ動力学と強硬化機構の相関を実験・シミュレーションによって解明するとともに、それに立脚したSICを高度に誘起する新戦略を確立し、革新的な破壊強度をもつNR、合成ゴム、新規天然ゴムの開発を目指します。



2021年度採択 トライボケミカル協奏反応の制御による超低摩擦界面の継続的創成と長期信頼性機械の設計基盤の構築

足立 幸志

東北大学 大学院工学研究科 教授

本研究では、機械システムの摩擦界面において「摩擦反応」と「形成反応」が協奏的に誘起されるトライボケミカル協奏反応を設計・制御することにより、超低摩擦界面が継続的に自己形成する「自己治愈型超低摩擦システム」の設計指針の構築を目指します。特に、摩擦界面に「ナノ・メソ・マクロの仕掛け」を共存させることで生み出されるナノ・メソ・マクロのスケール協奏現象の理解に基づき、トライボケミカル協奏反応を実現します。



原子分解能観察によるソフト/ハード界面の接着・破壊機構の解明

陣内 浩司

東北大学 多元物質科学研究所 教授

軽量・高強度材料を実現する有力な方法として有機材料と無機材料の複合化があります。このような複合材料には異なる素材が接する界面（異種界面）が存在し、材料の機能に重要な役割を果たします。本研究では、最先端の電子顕微鏡計測と理論計算を用いて界面における原子・分子の配置や運動を厳密に特定し、さらに、その知見をマクロスケールでの剥離現象の観察結果に応用することで、異種界面の接着・剥離の基本原則に迫ります。



ナノ・マイクロ疲労学理の開拓と超高疲労強度金属の実現

澄川 貴志

京都大学 大学院エネルギー科学研究科 教授

ナノ～マイクロ金属材料が有する特異な疲労挙動の全容解明を図ります。困難とされてきたナノ～マイクロ材料への疲労実験を実現し、新概念に基づく解析システムを開発して両者を協調させることで、ナノ力学の観点から疲労メカニズムを同定します。さらに、理論的に総括し、新規学理「ナノ・マイクロ疲労学」を構築します。また、繰り返し負荷によって生じる転位組織を制御した設計を行い、超高疲労耐性材料と新奇機能材料を実現します。



劣化の学理に基づくセラミックスの信頼性革新

多々見 純一

横浜国立大学 大学院環境情報研究科 教授

過酷環境で用いられるセラミックスの機械的信頼性の向上が求められています。本研究では、環境から影響を受けて変化するセラミックスのナノ構造と結晶粒子や粒界と同程度のメソスケールの力学特性の相関を解明すると共に、メソスケール力学特性の劣化挙動からマクロな特性変化を予測する手法を明らかにします。さらに、これらを総合してセラミックスに共通な劣化の学理を構築し、高信頼性化を可能にする材料設計指針を提案します。



異種変形モードの核生成制御による高強度・高延性金属の実現

辻 伸泰

京都大学 大学院工学研究科 教授

ナノ・ミクロ組織を高度に制御した金属材料において、粒界・界面からの種々の変形モードの新たな発生（核生成）をもたらし機構と、その結果生じる加工硬化能の再生機構を基礎的に明らかにした上で、異なる変形モードを順次核生成できる材料とナノ・ミクロ組織を設計し、高強度と高延性を両立した構造材料を実現します。最先端の実験手法と計算手法を駆使し、ナノスケールの変形機構とマクロスケールの力学挙動を結びつけます。



氷-ゴム界面摩擦機構のマルチスケール解明

水上 雅史

東北大学 未来科学技術共同研究センター 准教授

氷・ゴムの摩擦は多くの要素が寄与する複雑な現象であり、その摩擦機構の解明は非常に難しい課題となっています。本研究では、ナノとマクロ計測、シミュレーションによる複合アプローチにより、氷・ゴム界面摩擦を支配する要因（氷表面の疑似液体層、摩擦による氷融解、粘弾性など）を評価し、摩擦機構解明、摩擦予測モデルの提案、摩擦最適化と省エネルギーを両立する革新的なゴム材料の分子設計のガイドライン確立を目指します。



超低摩擦ポリマーブラシの摩擦現象の階層的理解と制御

辻井 敬巨

京都大学 化学研究所 教授

厚膜濃厚ポリマーブラシ系を対象として、(i) 特徴ある構造・潤滑・摩擦特性を基盤に、(ii) ブラシ構造／流体設計を摂動パラメータ（制御因子）として、(iii) 積層型モデルと分子動力学シミュレーション／力学モデルを連動させた階層型時空間スケールモデルを構築するとともに、(iv) 最新の蛍光解析／粘弾性応答解析／力学システム応答解析に基づき、複合・複雑現象である摩擦の学理構築とそれに基づく新機能開拓を目指します。



ナノ～マクロを繋ぐトモグラフィ：界面の半自発的剥離

戸田 裕之

九州大学 大学院工学研究科 教授

粒子界面の剥離による延性破壊という問題に Revisit します。最先端マイクロ・ナノトモグラフィをナノとマクロとを結び架け橋とし、これにナノスケール・イメージベース計算物理解析とマクロな機械工学アプローチとを組み合わせます。これにより、非整合界面の剥離プロセスを解明すると共に、その支配因子を物理的に明示します。また、転位（ナノ）＝歪み（マクロ）であることを利用し、ナノからマクロを繋ぐ学術手段を確立します。



機能マルチモーダル制御の材料科学と材料創製

山崎 倫昭

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター 教授

長周期積層構造型マグネシウム合金展伸材をモデル合金として、不均一組織を有する材料における力学特性発現機構を解明し、その学理を構築した上で機能マルチモーダル制御による金属材料の力学特性多機能化に関する指導原理を確立し、材料創製へ応用展開します。本研究では、不均一組織制御を機能マルチモーダル化という上位概念へ昇華させることで、強度と延性の両立のみならず強靱性発現に繋がる新しい材料設計を目指します。



カスタム力学機能制御学の構築 ～階層化異方性骨組織に学ぶ～

中野 貴由

大阪大学 大学院工学研究科 教授

自然界が創成した骨組織は、特有の階層化異方性構造によって、動的かつシビアな環境においてさえ最適な強度特性を発揮します。本研究は、こうした骨組織に学び、金属 3D プリンティングにより形成が期待されるナノ～マクロにわたる特異界面での強化機構を解明し、フィジカル空間とサイバー空間での解析の連携に基づく特異界面の自在な設計・導入により、力学機能を人為的にカスタム制御した革新的材料創出の指針を樹立します。



トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah30-3.html

戦略目標

トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出



研究総括

上田 正仁

東京大学 大学院理学系研究科 教授

領域アドバイザー

安藤 陽一	ケルン大学(ドイツ) 物理学科 教授
伊藤 耕三	物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター フェロー
尾松 孝茂	千葉大学 大学院工学研究院 教授
川崎 雅司	東京大学 大学院工学系研究科 教授
小磯 深幸	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 名誉教授
富永 淳二	産業技術総合研究所 エレクトロニクス・製造領域付 名誉リサーチャー
中村 志保	元 キオクシア(株) メモリ技術研究所 参事
前野 悦輝	豊田理化学研究所 フェロー
萬 伸一	理化学研究所 量子コンピュータ研究センター 副センター長

研究領域概要

本研究領域は、将来の超スマート社会実現に資するため、連続変形に対する不変性に着目した新たな物質観であるトポロジに着目し、新規な機能発現に関する現象の解明、新規機能・新原理・新規構造に基づいた材料・デバイスの創出に資する研究開発を基礎基盤的アプローチから推進することにより、既存の技術では実現できない革新的機能を有する材料・デバイスの創出を目的とします。

具体的な研究分野としては、電子状態のトポロジに関する物性物理学を中心に置き、フォトリクスやスピントロニクス分野、さらに新規機能を実現するデバイス工学への展開を対象とします。一方、実空間のトポロジにおいても位相欠陥等のトポロジカルな性質を利用したスピン流の制御に加え、分子の幾何学的性質や絡み合いを制御するソフトマターも対象とします。

これらの研究分野が複合的に連携することで、結晶成長技術、構造や物性の解明と制御のための計測・解析・加工プロセス技術、部素材・デバイス設計技術等の技術基盤の創出やこれらに関する基礎学理の構築も行いつつ、革新的機能を有する材料・デバイスの創出に取り組みます。

ナノスピンARPES によるハイブリッドトポロジカル材料創製

佐藤 宇史

東北大学 材料科学高等研究所 教授

新しいハイブリッドトポロジカル材料の開拓とトポロジカルデバイス動作時のその場評価のために、これまでと比べて1桁以上上回る世界最高空間分解能で、電子の持つ3つの基本的な物理量「エネルギー」「運動量」「スピン」を決定できるナノスピンARPES装置を開発します。本装置によるナノ空間電子状態解析により、量子計算に使えるトポロジカル高温超伝導材料や、超低消費電力のトランジスタに利用できる二次元トポロジカル絶縁体材料を創製し、そのデバイス化への道を拓きます。



トポロジカル機能界面の創出

塚崎 敦

東北大学 金属材料研究所 委嘱教授

数理的物性研究と計算機実験の連携による理論提案と実験的な検証・機能開拓を両輪に、両者の緊密なフィードバックを通じて、革新的機能デバイスを開拓します。六方晶物質群を主たる対象に、ヘテロ界面や薄膜に現れるバンドトポロジを高度に制御する技術を構築して、堅牢性や低散逸性に代表されるトポロジカル物質でなければ実現しない機能を引き出し、高感度磁気センサなどの先進的デバイスを創出します。



電子構造のトポロジを利用した機能性磁性材料の開発とデバイス創成

中辻 知

東京大学 物理研究所 特任教授

次世代メモリやセンサーの開発を牽引するスピントロニクスにおいて、主構成要素を現行の強磁性体から機能性反強磁性体に置き換え、その電子構造のトポロジを利用することで、強磁性に起因する様々な問題を一挙に解決するデバイスの創製を行います。特に、巨大な電気磁気応答を示すワイル磁性体の開発と、そのナノサイズの磁気ドメインの電氣的制御手法の研究を通じ、トポロジカル反強磁性スピントロニクスの技術を構築します。



人工グラフェンに基づくトポロジカル状態創成と新規特性開発

胡 曉

情報・材料研究機構 ナノアークトニクス研習センター 特任助教

グラフェンや人工グラフェン等ディラック型分散関係を示す蜂の巣型物質から出発し、ナノテクノロジーを活用した実空間局所的制御に基づくバンドエンジニアリングを通じて、新奇トポロジカル状態を創成します。革新的フォトリソ機能を目指して、光調多重素子やアイソレータフリーな光通信帯域・GaN系青色トポロジカルレーザを開発します。また、様々なトポロジカル特性の融合による新機能創成の探索も行います。



トポロジカル表面状態を用いるスピン軌道トルク磁気メモリの創製

ファム ナム ハイ

東京工業大学 工学院 准教授

本研究では、産業連携を前提とし、トポロジカル材料を磁気メモリへ応用する研究開発を行います。そのために、分子線エビタシー法に加えて、量産性に優れたスパッター法によるBiSbの製膜技術および垂直磁気異方性を示す磁性体との接合の作製技術を確立すること、超高速、超低消費電力のスピン軌道トルク磁化反転を実証すること、磁性細線におけるカイラル磁壁・スキルミオンの発生、駆動、検出の基盤技術を実証します。



トポロジカル集積光デバイスの創成

岩本 敏

東京大学 先端科学技術研究センター 教授

集積フォトリソ技術とトポロジの概念を融合し、カイラルエッジ状態を利用した光通信波長帯一方向性導波路や、スキルミオンレーザ等の新奇トポロジカル集積光デバイスを実現します。また、集積フォトリソ技術を活かした様々なトポロジカル光状態を実現し、その応用可能性を探索します。これらの研究を通して、トポロジカル科学とフォトリソの相互リンクを形成し、新たな光技術の創出とトポロジカル科学の発展に貢献します。



物質のトポロジカル相の理論的探究

河東 泰之

東京大学 大学院数理科学研究科 教授

トポロジカル相の研究において、数理的な手法の有効性は明確ですが、未だにその全貌をとらえるには至っていません。本計画では、広範な物質系を対象とするトポロジカル相の普遍的理論を構築し、新たな次元の材料・デバイス開発の基礎を与えるため、数学者と理論物理学者の協働を行います。この研究は、エニオンの働きによって演算を行うトポロジカル量子コンピュータの数学的、物理的な基礎理論の研究にも有効なものと思われます。



トポロジカル非線形光学の新展開

島野 亮

東京大学 低温科学センター 教授

物質中の電子波動関数のトポロジカルな位相に起因する特異な光応答、特に非線形光学応答を探索します。ディラック半金属、ワイル半金属等に現れるシフト電流や円偏光起電力効果、光測定と静的な輸送現象測定から相補的に探索し、新原理に基づく光電変換現象を開拓します。その基礎概念をスピン流、超伝導体、さらには強相関電子系へと拡張し、フロッケエンジニアリングに基づく光エレクトロニクスの基盤の構築を目指します。



高分子弾性のホモロジー的トポロジ理論の構築と環状混合デバイス

出口 哲生

お茶の水女子大学 基幹研究所 教授

ホモロジーを応用して高分子ネットワーク弾性の理論を革新し、任意のネットワークの弾性率を厳密に導く方法を与え、ゴムやゲルの力学特性の設計に挑戦します。環状高分子を合成し、環状鎖を用いて線形鎖を束ねる環状混合ソフトマテリアルを実現します。散乱実験、応力歪曲線測定、粘弾性測定、相分離動的構造変化の3D観察を行い、理論と比較しながら理学的基礎を深め、工学的な応用として新奇なエラストマーの創製を試みます。



量子スピン液体におけるトポロジカル準粒子の解明と直接検出

松田 祐司

京都大学 大学院理学研究科 教授

物質の持つトポロジに由来して創発されるマヨラナ粒子と非可換エニオンは、環境ノイズに強いトポロジカル量子計算を実現するための鍵となる準粒子です。これらの準粒子の舞台となるKitaev量子スピン液体と呼ばれる状態にある磁性体において、トポロジに関連する性質を徹底的に解明し、これを母体とした新しい電子相を創出します。さらに創発準粒子の直接検出と可視化により、トポロジカル量子計算の基盤技術を確認します。



Beyond Skymion を目指す新しいトポロジカル磁性科学の創出

于 秀珍

理化学研究所 創発物性科学研究センター チームリーダー

本研究では、三次元磁気構造を観察するための新しい電子顕微鏡技法を開発し、スキルミオンストリングやヘッジホッグ（モノポール）、ホプフィオンなどの未知の三次元トポロジカル磁気構造の探索と観察を目指します。また、これらのトポロジカル磁気構造を発現する新物質や、それらが示す新しい物性現象や物質機能を予測・探索・検証することで、Beyond Skymion時代の新しいトポロジカル磁性科学を創出します。



電気回路によるトポロジカル量子計算方法の創生

江澤 雅彦

東京大学 大学院工学系研究科 講師

電気回路でトポロジカル超伝導体模型をシミュレートすることで、マヨラナ状態の検証を行います。更に、マヨラナ状態のブレイディングにより量子ゲートとして動作する事を実証し、次いで、電気回路を用いてトポロジカル量子計算が実行可能である事の基礎的実証実験を行います。また、実現に必要な可変電子素子・理想電子素子の開発を並行して行います。電気機械回路の知見を応用し、アナログ・デジタル集積回路などを用いて大規模実装への道筋をつけます。



トポロジカル超精密原子層物質の創成

越野 幹人

大阪大学 大学院理学研究科 教授

原子層物質からなるナノリボン、2次元ネットワーク、3次元曲面物質等の幾何学的構造体「超精密原子層」を実現し、原子層トポロジカルバンドエンジニアリングの基礎を確立します。物性理論、有機化学、材料工学の研究者がチームを組み、トポロジカル物性を持つ超精密原子層を理論的に予言、多孔性金属錯体（MOF）のナノ空間技術を用いて創成、革新的な物性を持つデバイスを実現します。



自己組織化トポロジカル有機マイクロ共振器の開発

山本 洋平

筑波大学 数理物質系 教授

分子の自己組織化過程の経時変化の観察と解析により、集合構造が精密に制御されたトポロジカル有機マイクロ共振器構造を構築します。作製したトポロジカルマイクロ共振器から、高指向性円偏光レーザー、先端光洞レーザー、有機室温ポラリトンレーザーなど、トポロジカルな特徴をもつ有機レーザーの実現を目指します。作製した共振器を用いた、外部環境変化を敏感に検知可能な高感度センシング素子の開発を行います。



ナノスケール・サーマルマネージメント基盤技術の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah29-2.html

戦略目標

ナノスケール熱動態の理解と制御技術による革新的材料・デバイス技術の開発



研究総括
丸山 茂夫
東京大学 大学院工学系研究科 教授



研究総括補佐
栗野 祐二
慶應義塾大学理工学部 特任教授（前研究総括 ～2018年1月）

領域アドバイザー

小原 春彦	産業技術総合研究所 エネルギー・環境領域 執行役員・領域長
喜々津 哲	(株)東芝 研究開発センター ストレージデバイス技術ラボラトリー シニアエキスパート
徐 一斌	物質・材料研究機構 マテリアル基盤研究センター グループリーダー
常行 真司	東京大学 大学院理学系研究科 教授
鶴田 隆治	西日本工業大学 副学長
花村 克悟	科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー
平山 祥郎	東北大学 名誉教授
藤田 博之	東京都市大学 特別教授
森 孝雄	物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 グループリーダー
山内 崇史	(株)豊田中央研究所 エネルギーマネジメント研究領域 主任研究員
山根 常幸	東レテクノ(株) 代表取締役・社長

領域運営アドバイザー

馬場 寿夫	科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー
-------	----------------------------

研究領域概要

本研究領域は、熱に関する様々な課題の解決や熱エネルギー有効利用に向けて、熱の根源的な理解と高度に制御・利用するための基盤技術の創出を目指します。

具体的には、3つの大きな方針に基づいて研究を推進します。

1つ目の方針は、ナノスケールの熱の振る舞いを理解し、革新的な熱制御基盤技術の構築に取り組み、高効率な放熱・断熱・蓄熱・変換などを可能とする新材料の創製や、従来の特性や機能を飛躍的に向上させる新たなデバイスの創出を目指します。

2つ目の方針は、上記熱制御基盤技術の創出のために重要な理論、計測、シミュレーション、加工技術などの研究を推進し、ナノスケールにおける熱の物理現象の予測・検証を可能とし、新たな材料設計、デバイス設計の指針に繋がる技術の構築を目指します。

3つ目の方針は、この領域はナノスケールの熱の理解を基本として様々な熱の課題を対象とすることから、方針1、2に示すとおり、様々な階層と広範な分野に関わる学問・技術分野の融合を積極的に推進します。

この領域は、ナノスケールの熱制御基盤技術の創出により、熱を味方につけ、新たな段階の高効率利用法を生み出すことで、高度情報化社会の実現や環境負荷の少ないエレクトロニクスや交通輸送・住宅など社会インフラの実現、健康医療分野での新産業・新市場創成を実現し新たな段階の高度熱利用社会の実現を目指します。

2017年度採択 スピントロニック・サーマルマネージメント

内田 健一

電研・材料研究機構 量子スピントロニクス材料研究部 グループリーダー

磁性材料やスピントロニクスに基づく熱エネルギー制御原理とその応用に向けた基盤技術を構築します。これにより、局所温度制御を可能にするナノ熱コントロール、磁性体の磁化方向で熱整流方向を設定できるリコンフィギュラブル熱ダイオード、熱流を望みの方向に曲げられる熱サーキュレータ、磁場印加によって温度や熱伝導率を変調できる熱スイッチ、という4つの熱制御機能を開拓し、サーマルマネージメント技術に展開します。



分子界面修飾とナノ熱界面材料による固体接合界面熱抵抗低減

小原 拓

東北大学 流体科学研究所 教授

電力変換に不可欠なパワーモジュールなど電子機器では、発生した大量の熱の除去や有効利用のため、半導体素子からモジュール外への熱の流れが重要ですが、多数の微細な積層間でこれが阻害される界面熱抵抗が大きな問題となっています。本研究は、層間への機能分子の付加（分子界面修飾）やナノ物質（熱界面材料）の適用などの方法により、強固な熱的接続を形成し、総合的に界面熱抵抗を低減するナノスケールの理論と技術を確立します。



ナノ空間材料に内包された水の吸着・移動の熱制御

大宮司 啓文

東京大学 大学院工学系研究科 教授

本研究では、珪素系多孔質材料、炭素系多孔質材料、金属有機構造体の3種類のナノ空間材料に内包された水の吸着・移動を熱によって制御することに取り組みます。材料合成、実験計測、および理論解析の技術開発を行います。また、原子スケールからマクロスケールまで熱、物質の移動を解析するソフトウェアを開発し、ナノ空間材料を用いて空気中の湿分制御を高効率に行う新技術を創出します。



有機-無機ヘテロ界面によるフォノン・電子輸送フィルタリング

宮崎 康次

九州工業大学 大学院工学研究科 教授

性質が大きく異なる有機材料と無機材料の接触面を用いて、熱と電子の輸送をふるいにかける熱制御基盤技術を構築し、応用として熱から直接発電する熱電変換技術の低コスト化と高効率化をめざします。目標達成に必須な、接触する材料原子の振動の様子など現象の根源的な理解のため、実験と数値解析を併用しそのメカニズムを解明します。低温度で発電できる唯一と言える本技術の高効率化を通じ熱エネルギーの有効利用に貢献します。



フレキシブル材料のナノ界面熱動態の解明と制御

柳 和宏

東京都立大学 大学院理学研究科 教授

中低温領域の膨大な排熱利用やIoT電源には、可とう性・伸縮性を有する高性能フレキシブル熱電変換素子の実現が必要不可欠です。しかしフレキシブル性の起源となるホッピングナノ界面での、電気伝導・熱起電力・熱伝導の三者の関係の正確な理解は全く出来ていません。そこで本研究では、電子構造・ナノ接合構造を精密に制御したフレキシブル材料を用いて、三者のフェルミレベル依存性を解明し、その機構の解明と制御を行います。



2018年度採択 二次元材料とナノ計測の融合による相変化伝熱の革新

高橋 厚史

九州大学 大学院工学研究科 教授

二次元材料が具備する原子オーダーの平坦性と構造の自由度を相変化伝熱のために活用します。特に、携帯型電子機器のような制限された空間での放熱性能の大幅な向上を目指して、冷媒の効率的供給と安定した蒸発をもたらす新規デバイスを提案すべく、透過電子顕微鏡による流体観察、ラマン分光法による熱物性計測、分子シミュレーション、二次元材料開発の各技術を融合させて熱物質輸送のナノスケールからの革新に挑みます。



異常電子熱伝導度と異常格子熱伝導度の制御

竹内 恒博

豊田工業大学 大学院工学研究科 教授

本提案研究では、微細電子構造、低次元性に起因する異常電子熱伝導度と、非調和振動、イオン伝導、総変態に伴う異常格子熱伝導度を精密に解析し、その制御指針を構築することを目指します。さらに、熱伝導度制御指針を活用することで、熱ダイオード、熱流スイッチング素子、熱電変換素子に必要とされる電熱特性を実現した材料を開発します。開発した材料を用いて高機能で、かつ、実用可能な革新的熱電デバイスを創製する計画です。



分子接合によるナノカーボン系材料の広範囲熱伝導率制御

中村 雅一

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

カーボンナノチューブをはじめとするナノカーボンの複合材料において、ナノカーボンユニットどうしが接する箇所が熱輸送の鍵となります。そこに有機あるいは有機無機ハイブリッド分子による接合を形成したときのナノスケール熱輸送現象を理解し、制御することによって、高い電気伝導率を保ちつつ、熱伝導率を断熱材に相当する領域からダイヤモンドに相当する領域まで、極めて広い範囲にわたって制御することを目指します。



分子ダイナミクスを利用した熱マネージメント

福島 孝典

東京科学大学 総合研究院 教授

本研究では、これまで未開拓であった「熱輸送」と「分子の運動性」の相関に関する学理を構築し、熱マネージメントのためのシステム設計指針を確立します。これらの知見と、物質の構造や配向をナノ～マクロスケールで精密制御する分子技術を融合し、有機材料をメインプレイヤーとする熱マネージメント材料を創製します。本研究を通じ、フレキシブルな熱ダイオードや熱スイッチ素子などの革新的有機熱デバイスの創出を目指します。



ナノ物質科学を基盤とするサーモエレクトロニクス

宮内 雄平

京都大学 エネルギー理工学研究所 教授

ごく最近、カーボンナノチューブにおいて観測・実証された熱からの励起子（エキシトン）生成現象の物理を解明し、その応用ポテンシャルを明らかにします。同時に、ナノスケールでの熱制御技術を確立することで、太陽光発電のエネルギー変換効率を通常の理論限界を超えて引き上げる超高効率な熱変換素子の実現をはじめとする、熱励起子現象の利活用に基づく新たな熱光科学技術体系「サーモエレクトロニクス」の創出に挑みます。



2019年度採択 二次元表面フォノンポラリトンの熱伝導制御

ヴォルツ セバスチャン

東京大学 生産技術研究所 国際研究員

表面に局在するフォノンと電磁波の連成波である表面フォノンポラリトンを利用した、革新的熱伝導制御技術の創出を目指します。フォノンポラリトンは、光の性質も併せ持つことから、固体中の熱伝導を担うフォノン単体では成し得ない新しい熱伝導を実現する可能性を秘めています。理論計算により材料に最適な構造や熱伝導特性を予測し、それらを基にマイクロ・ナノ構造を作製し、原理実証から様々な新奇熱制御基盤技術を開発します。



空間的・時間的に局在化したナノ熱の学理と応用展開

内田 建

東京大学 大学院工学系研究科 教授

ナノ材料中の電流によって発生するジュール熱を空間的・時間的に局在化させた「ナノ熱」を創出し、このナノ熱を自由自在に制御するために、電荷キャリアとフォノンの輸送に関する学理と技術を構築します。ナノ空間の温度を新たな自由度とするナノ熱エレクトロニクスを創製し、従来のエレクトロニクスでは実現が困難な機能、すなわち身の回りに漂うガス分子を認識する機能を、低エネルギーで実現します。



高分子の熱物性マテリアルズインフォマティクス

森川 淳子

東京科学大学 総合研究院 教授

「高分子の熱伝導」をテーマとし、計測・合成・量子化学計算・デバイス開発から創出されるミクロ・ナノスケールの新規熱物性データと、機械学習・計算科学に基づくマテリアルズインフォマティクスを融合することで、従来のデータベースでは乗り越えられなかった高分子物性の予測の壁を越えることを目指します。構築した学術基盤に基くデータベース、ソフトウェアをモコンソースとして社会に還元し、新規材料を提案します。



実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah29-3.html

戦略目標

実験とデータ科学等の融合による革新的材料開発手法の構築



研究総括
細野 秀雄

東京科学大学 栄誉教授・元素戦略 MDX 研究センター特命教授

領域アドバイザー

石田 清仁	東北大学 名誉教授
伊藤 耕三	物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター フェロー
伊藤 聡	(公財)計算科学振興財団 チーフコーディネータ
大橋 直樹	物質・材料研究機構 電子・光機能材料研究センター センター長
楠 美智子	名古屋大学 名誉教授
高田 昌樹	東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授
津田 宏治	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
野本 和正	ソニーグループ(株) テクノロジープラットフォーム テクノロジーフェロー
山口 周	大学改革支援・学位授与機構研究開発部 特任教授
山崎 聡	金沢大学 ナノマテリアル研究所 特任教授
湯浅 新治	産業技術総合研究所 新原理コンピューティング研究センター 研究センター長
吉田 博	大阪大学 名誉教授/ 東京大学工学系研究科附属スピントロニクス学術 連携研究教育センター 嘱託研究員

領域運営アドバイザー

浅見 正弘	(一社)日本知的財産協会 参与
佐川 真人	大同特殊鋼(株) 顧問/NDFEB(株) 代表取締役
吉野 彰	旭化成(株) 名誉フェロー

研究領域概要

本研究領域では、これまで実施されてきた物質・材料開発の基本となる実験科学と、理論、計算、データ科学とを融合させることにより、革新的材料開発へとつながる手法の構築を目指します。具体的には、高い社会的ニーズがあるものの、未だ達成されていない材料や機能をターゲットにして、その実現に向けた研究を新しい体制で行うことで、これまで世界をリードしてきた日本の材料研究の新しいスタイルを提示します。物質科学にとどまらず、実材料への展開に不可欠な複雑系にも踏み込んだ研究を対象とします

体制として、材料に関する実験系を軸に、理論系、計算系、データ系研究者でチームを構成し、密に連携しながら研究を推進します。

これらを通じて、革新的な新規材料開発手法を提示し、我が国の産業競争力の向上に貢献します。

多結晶材料情報学による一般粒界物性理論の確立とスマートシリコンインゴットの創製

宇佐美 徳隆

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

多結晶材料は、組織の複雑さと粒界の多様性により、普遍的な高性能化指針が不明確でした。本研究では、大量の実用多結晶ウェーハに対するデータ収集・機械学習・理論計算の連携により、一般粒界の構造・物性の理論構築を行う多結晶材料情報学を開拓します。その有用性を、データ科学によって設計され、理論に裏付けされた多結晶組織を有し、優れた特性を示す太陽電池用スマートシリコンインゴットの創製により実証します。



データ駆動型材料探索に立脚した新規半導体・誘電体の加速的開拓

大場 史康

東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

実験のみによる従来の材料探索は多大な物的・人的コストを要し、これが新材料開発におけるボトルネックになっています。本研究では、先進計算科学・データ科学に立脚した *in silico* (計算機中) ハイスループットスクリーニングと高度な実験技術を基盤とした合成・評価・デバイス化の融合により、新材料開発を加速することを目指します。半導体と誘電体のケーススタディを通じて、これをデモンストレーションします。



触媒インフォマティクスの創成のための実験・理論・データ科学研究

清水 研一

北海道大学 触媒科学研究所 教授

実験・文献から得た触媒反応データ(目的変数)と実験・理論計算・文献から得た説明変数データを統合し、データ科学的手法を駆使した触媒設計支援システムを構築します。このシステムを触媒分野の未解決課題の克服や企業の触媒開発支援に用い、革新的な材料を開発します。大量のデータの中にあるパターンの発見を人工知能が行えば、限定された知識量や常識に縛られた個々の研究者には着想できない材料設計が可能になるはずで



熱可塑性エラストマーにおける動的ネットワークのトポロジー制御

中嶋 健

東京工業大学 物質理工学院 教授

ゴム弾性と熱可塑性樹脂の性質を合わせもつ熱可塑性エラストマー (TPE) を対象にゴムを代替できるタフな TPE 材料を実現します。最新鋭の実験手法を駆使して変形下にある TPE のナノ構造変化を追跡し、データ同化シミュレーションで応力鎖ネットワーク構造を可視化します。そこにトポロジーなどの数学を協奏させ、環境変化にตอบสนองして動的に構造が組み変わり多機能性を発現するような階層ネットワーク数理モデルを提案します。



計算科学を用いた磁気抵抗スイッチ素子基盤材料の創出

水上 成美

東北大学 材料科学高等研究所 教授

ナノメートルの厚みの絶縁体を磁石で挟んだ磁気トンネル接合素子は、磁石の磁極の向きを変えると電気抵抗が大きく変化します。この素子はこれまで主に日本で開発が進み、ハードディスクや不揮発性メモリへと応用されています。本課題では、界面に着目したデータ科学によって磁気トンネル接合素子新材料を高効率・広範囲に探索し、従来とは桁違いの特性を示す革新的素子の開発を行うことで、人工知能応用を目指します。



界面マルチフェロイク材料の創製

谷山 智康

名古屋大学 大学院理学研究科 教授

本研究では、実験、ハイスループット第一原理計算およびベイズ最適化による逆問題解法に立脚した材料・界面のスクリーニングを技術基盤として、巨大磁気-電気相関を有する界面マルチフェロイク材料を効率的に探索する新材料開発手法を構築します。さらに、磁化配向の電界制御技術、熱整流ゲート制御技術、マイクロ波応用技術等、多岐に渡る革新的デバイスへの応用展開の可能性を検証し、界面マルチフェロイクスの「材料」としての優位性を樹立します。



実験・計算・データ科学融合による塗布型電子材料の開発

長谷川 達生

東京大学 大学院工学系研究科 教授

本研究では、実験・計算・データ科学の融合により、塗布型電子材料の探索・開発を網羅的かつ系統的に新しい研究手法の開発と、これらによる材料高度化に取り組めます。結晶構造データベースと機械学習を駆使した材料探索・設計手法の開発、計算科学を駆使した精密構造・電子機能予測、及び実材料の合成・結晶構造解析・物性評価によるこれら設計・予測の検証と、薄膜プロセスの高度化・最適化・デバイス構築を推進します。



実験と計算科学の融合による革新的プロトン伝導性無機化合物の創製

山崎 仁丈

九州大学 エネルギー研究教育機構 教授

本研究では、中温動作固体酸化物形燃料電池やジェット燃料生成反応器の主要材料であるプロトン伝導性無機化合物を対象とし、実験データを活用したバーチャル・理論的材料スクリーニングによる材料開発の革新およびそれを用いた革新的プロトン伝導性無機化合物の創製を目指します。実験、理論、計算化学およびデータ科学を有効利用することで、プロトン伝導を抑制しているトラップを外し、プロトン伝導度を著しく上昇させます。



超伝導インフォマティクスに基づく多結晶型超伝導材料・磁石の開発

山本 明保

東京農工大学 大学院工学研究科 准教授

ミクロな結晶構造という舞台で、無数の電子が絶妙にバランスして発現する高温超伝導は、これまで特性を予測・制御する普遍的指針が不明確でした。本研究では、理論・計算に基づく超伝導性上限の制御法と多結晶材料の特性予測モデルの確立を通じて、日本が強みとする材料科学実験に、人工知能を活用した次世代材料プロセス制御を融合させることで、超伝導新材料を数テラ級磁石として高速に基礎開発する新スタイルを提示します。



新規結晶の大規模探索に基づく革新的機能材料の開発

桂 ゆかり

物質・材料研究機構 マテリアル基盤研究センター 主任研究員

データ科学で新規無機材料の実験的探索を効率的かつ創造的な研究へと変革します。数学と機械学習により、3次元パズルのように周期的結晶構造を設計できる独自のシミュレータを開発します。Naフラックス法とプロトン駆動イオン交換法によって、大規模な新物質探索実験を行います。第一原理計算と論文データの機械学習によって熱電材料などの機能材料の候補を選定し、最適な電極を設計することで応用デバイスを開発します。



実験とデータ科学の循環による蛍光体開発

武田 隆史

物質・材料研究機構 電子・光機能材料研究センター グループリーダー

本研究では、実験、計算、データ科学の循環型パイプラインを構築、データ科学のアルゴリズムが提案する予測候補をハイスループット実験で探索・実証し、高性能蛍光体を実現します。データ科学が提案する実験計画法と年間千サンプル以上の大量試行を実現できるハイスループット実験、多電子状態の計算を組み合わせることで、人間の発想を超えた未知領域の材料探索を行うことを戦略とします。



データ駆動型分子設計を基点とする超複合材料の開発

内藤 昌信

物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター 分隊長

材料設計の基点に化学反応と高分子物性に関する深層学習を置き、既存材料の組み合わせでは成し得ない物性を有する超複合材料の開発を飛躍的に加速します。人工知能が導いた超複合材料の物性・機能データ収集をスマートラボラトリー化し、データサイエンスを駆使することで、高速かつ正確に所望とする機能を持った超複合材料を導き出すためのデータ駆動開発を実現します。



ナノ構造制御と計算科学を融合した傾斜材料開発とスピンデバイス応用

能崎 幸雄

慶應義塾大学 理工学部 教授

従来のスピン流生成理論は希少物質固有のスピン依存散乱効果に頼っており、材料設計の自由度が少なく、デバイス開発を制約していました。本研究では、設計自由度の高い傾斜材料を用いた従来と異なる原理によるスピン流生成技術を開発します。スピン機能材料開発において不均一スピン依存散乱という新しい制御軸を与えることにより、物質を問わずにスピン流を生成できることを利用し、実用可能なスピンデバイス動作を実証します。



計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah28-3.html

戦略目標

材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合



研究総括
雨宮 慶幸

(公財) 高輝度光科学研究センター 理事長



副研究総括
北川 源四郎

情報・システム研究機構 統計数理研究所 名誉教授／総合研究大学院大学 名誉教授

領域アドバイザー

石井 信	京都大学 大学院情報学研究所 教授
伊藤 聡	(公財) 計算科学振興財団 チーフコーディネーター
伊藤 隆	東京都立大学 大学院理学研究科 教授
岸本 浩通	住友ゴム工業(株) 研究開発本部分析センター センター長
佐藤 寛子	情報・システム研究機構 特任准教授／ チューリッヒ大学 研究員
瀧川 仁	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 協力研究員／ (公財) 豊田理化学研究所 客員フェロー
民谷 栄一	産業技術総合研究所産総研・阪大 先端フォトニクス・ バイオセンシングオープンイノベーションラボラトリ／ 大阪大学産業科学研究所 ラボ長／特任教授
寺内 正己	東北大学 多元物質科学研究所 所長／ 教授
鳥海 光弘	海洋研究開発機構 海域地震火山部門 招聘上席研究員
西野 吉則	北海道大学 電子科学研究所 教授
樋口 知之	中央大学 理工学部 教授
福山 秀敏	東京理科大学 総合研究院 客員教授

研究領域概要

本研究領域は、計測・解析技術の深化による新たな科学の開拓や社会的課題の解決のために、多様な計測・解析技術に最先端の情報科学・統計数理の研究を高度に融合させることによって、これまでは捉えられなかった物理量・物質状態やその変化あるいは潜在要因等の検出、これまでは困難であった測定対象が実際に動作・機能している条件下でのリアルタイム計測等を実現するインテリジェント計測・解析手法の開発とその応用を目指します。

具体的には、2つの大きな柱で研究を推進します。1つはデータ同化、スパースモデリング、画像解析、信号処理等の広範な逆解析技術を中心にした情報科学・統計数理による計測対象の特徴量解析手法や大量データの迅速・高精度解析手法等の開発です。もう1つの柱は、上記基盤手法を具体的な計測課題に応用し、物質・材料、生命・医療・創薬、資源・エネルギー、地球・宇宙、Web空間等、科学技術全般における新現象の発見、原理の解明や新たな知識獲得等を成し遂げることです。

これらを通じて、新たな計測・解析手法を切り拓くことのみならず、豊かな社会の構築に資する科学技術イノベーションの創出に貢献します。

本研究領域は、文部科学省の選定した戦略目標「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」のもとに、平成28年度に発足しました。

強相関係における光・電場応答の時分割計測と非摂動型解析**岡本 博**

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授



遷移金属化合物や有機分子性物質で実現する強相関電子系に強い超短パルス光を照射すれば、通常の摂動の枠組みでは取り扱えない非平衡の電子構造変化や超高速の電子相転移の発現が期待できます。本研究では、「強相関電子系の非摂動型応答の時分割分光計測」及び「厳密計算にビックデータ解析とデータ同化の手法を加えた過渡スペクトルの解析手法構築」を一体として推進し、強相関電子系の光/電場応答の解明と学理構築を行います。

一細胞ラマン計測と情報科学の融合による細胞診断の迅速解析技術の開発**小松崎 民樹**

北海道大学 電子科学研究所 教授



細胞および生体組織のラマン分光イメージングデータを情報科学・統計数理手法に基づいて解析し、計測の迅速化・高精度化に対する最適条件を計測装置に逐次フィードバックする分子計測技術を開発します。これまで細胞や組織の形態情報にのみ主に依存していた癌診断に開発する技術を導入することで、判別が難しかった癌の早期診断を可能とする、生命・医療・創薬分野に対する分子計測技術のイノベーション創出を目指します。

大型大気レーダー国際共同観測データと高解像度大気循環モデルの融合による大気階層構造の解明**佐藤 薫**

東京大学 大学院理学系研究科 教授



本課題では、代表者らが開発し昭和基地に設置した世界初の南極大型大気レーダー（PANSYレーダー）を軸とした国際共同観測による高解像度でスパースな観測データと、人工衛星による低解像度でグローバルな観測データを組み合わせ、高解像度大気循環モデルに同化する手法を開発します。また、これを用いて、地上から高度約100kmに至る大気全体の高解像度な解析データを作成し、大気大循環とその階層構造に関する物理的解明を目指します。

AIと大規模画像処理による電子顕微鏡法の技術革新**村上 恭和**

九州大学 大学院工学研究院 教授



物質が示す電磁場を原子スケールで実測できる「電子線ホログラフィ」に、人工知能（AI）を用いた電子顕微鏡画像の処理、数理解析による情報欠損の回復等、情報科学の最先端技術を導入します。これにより、電子1個相当の微弱な電場を計測する新技術を世界に先駆けて開発します。本技術は、微粒子表面電位の実測による触媒反応の理解や、その成果が導く食糧・エネルギー問題の克服等、学術と社会問題の双方に大きく貢献します。

標準ニオイ多次元メタライブラリ構築と高解釈性数理モデル抽出による判別精度の定量予測**吉川 元起**

物質・材料研究機構 機能材料研究拠点 グループリーダー



本研究では、近年開発に成功した最先端のセンサ素子【MSS】と各種感応材料を組み合わせることで、新たな産業群の創出が期待されている「嗅覚センサ」について、100万通り以上の感応材料・ニオイ応答波形を擁する多次元メタライブラリを構築します。ここに、最先端のデータ解析技術【異種混合学習】を融合することで、【どういう測定条件で、どこまでの精度が実現するか?】という長年の間に定量的な指標を与えます。

機械学習と最先端計測技術の融合深化による新たな計測・解析手法の展開**鷲尾 隆**

大阪大学 産業科学研究所 教授



最先端の計測・デバイス技術と融合した新たな機械学習技術を確立・深化し、従来限界を超える現象・精度の計測実現を目指します。特に計測を念頭とし、データ特徴量抽出手法、事前知識を活かす少数データ推定手法、複数情報源統合推定手法、計測過程を反映した機械学習手法などを開発します。具体的テストベッドとして、先端のナノギャップナノボアによる高効率、低コストな第4世代DNAシーケンシング技術の確立を取り上げます。

ベイズ推論とスパースモデリングによる計測と情報の融合**岡田 真人**

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授



計測科学にベイズ推論を導入するベイズ計測の枠組みを提案します。ベイズ計測を用いると、計測限界の定量的な評価や、異なる計測手法によるデータの統合などを行うことができます。これにより、S/N比が低くノイズに埋もれたシグナルの顕在化・高精度解析、直接計測が困難な物理量の抽出、汎用ラボ用の測定機器を用いた高度な計測、大型研究施設のマンタイムの効率化、世界最高水準の先端計測技術のインパクトの最大化などに必要な、情報数理基盤を構築します。

高速原子間力顕微鏡1分子計測のデータ同化による生体分子4次元構造解析法の開発**高田 彰二**

京都大学 大学院理学研究科 教授



高速原子間力顕微鏡（高速AFM）は、わが国で開発され、単一のタンパク質やDNA分子の3次元構造の経時変化（4次元構造）を観察できる唯一の計測技術です。中程度の分解能をもつ高速AFM計測から高精度情報を得るために情報科学との融合研究が必要です。本研究は、データ同化と分子シミュレーション法によって、高速AFM計測からの生体分子の高精度4次元構造解析法を開発し、それを応用して創薬開発に貢献します。

次世代地震計測と最先端ベイズ統計学との融合によるインテリジェント地震波動解析**平田 直**

東京大学 地震研究所 特任研究員



わが国では、千点以上の観測点で得られる高精度地震計測データが常時収集されていますが、これに加えて、建造物、電気・ガスのライフライン、スマートフォンが持つ加速度計等のデータを活用する次世代の地震計測ビッグデータベースが構築されつつあります。本研究は、最先端ベイズ統計学を武器に、多種多様な地震計測データを包括的に解析するためのアルゴリズム群開発に取り組み、地震防災・減災や地震現象の解明に役立てます。

多元光情報の符号化計測と高次元化処理の協調設計**向川 康博**

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授



本来、シーン中の光線は、角度、波長、時間等に依存する高次元な視覚情報を持っていますが、例えばカメラで撮影すると2次元画像に縮退してしまい、情報が激減します。本研究では、光線計測を高次元化することで、光線が持つ豊富な視覚情報に基づいてコンピュータによるシーン理解の能力を向上させます。この時、計測デバイスの性能を単純に上げるのではなく、光学的な工夫と情報処理を組み合わせることで、効率よく高次元化します。

超圧縮センシングによるミリ秒X線トモグラフィ法の開発**矢代 航**

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授



硬X線の位相を利用した高感度X線イメージング法の一つであるX線回折格子干渉法を進展させて、マルチビーム化と最先端の高度情報処理技術により、試料を高速で回転することなく、msオーダーの時間分解能、10 μ mの空間分解能の4DX線トモグラフィの実現を目指します。非平衡系のダイナミクスをそのまま観察できるという特長を活かして、基礎研究から新規イノベーション創出に至る新たなフロンティアの開拓をねらいます。

データ駆動科学による高次元X線吸収計測の革新**赤井 一郎**

熊本大学 産業ナノマテリアル研究所 教授



放射光を用いた多角的なX線吸収微細構造（XAFS）スペクトルとその顕微計測（ μ -XAFS）データから、データ駆動科学を用いてミクロ構造、電子・スピン状態を表す物性特徴量とそれらを統一的に説明する統合特徴量を抽出して、ミクロ物性、メゾ構造、マクロ機能の発現をシームレスに解明する方法論を提案します。またその方法を、磁石・二次電池固体電解質の材料研究に適用し、それらの材料機能の高度化研究を躍進させます。

質量分析と統計解析の融合によるメタプロテオミクス**石濱 泰**

京都大学 大学院薬学研究科 教授



生命活動を直接担う分子であるタンパク質全体を標的とするプロテオミクスは、生命科学分野を中心に大きな注目を集めています。プロテオミクスにおける質量分析を用いた計測には、LC/MS/MSが用いられます。本研究ではLC/MS/MS計測技術と統計的信号解析技術を双方向から融合させることによりプロテオームの計測・解析技術を深化させ、微生物生態系など複雑な生命系を対象とするメタプロテオミクスを開拓します。

高精度時空間計測による多元細胞情報統合**清末 優子**

理化学研究所 生命機能科学研センター 客員研究員



従来技術では得られなかった新たな現象の発見を通じて生命の作動原理の解明に挑むため、格子光シート顕微鏡による高精度時空間計測データから生物学的情報を抽出し解析する技術を開発します。さらに、本計測器に1細胞採取ロボットを連結しシングルセル解析技術と組み合わせることにより、組織を構成する個々の細胞の形態変化や状態の時間変遷などの生命活動情報と遺伝的情報をつなぐ、多元細胞情報統合システムを実現します。

情報網に潜む因果構造解析と高次元脳計測による意識メータの創出**小村 豊**

京都大学 大学院人間・環境学研究科 教授



今の科学では、日常の中で絶えず変化する意識の状況を客観的に定量するすべがありません。本研究では、最先端の情報科学と脳計測法を融合させ、これまで捉えられなかった意識を可視化する「意識メータ」の創出を目指します。具体的には、脳の中で複雑にやりとりされている情報を定量化し、意識を情報量の観点から定量化できるかを検証します。さらに、脳内の情報量を操作することで、意識を操作できるかの因果関係も検証します。

クライオ電子顕微鏡法のベイズ高度化 と他計測との融合

光岡 薫

大阪大学 超高压電子顕微鏡センター 教授

本研究提案では、X線分子計測でのベイズ推定を利用した解析の高度化の手法を参考に、単粒子解析を高度化・汎用化します。さらに最近、その分解能が向上した電子線トモグラフィー法に関しても、同様にベイズ推定を用いることで、分解能の向上を目指します。また、ベイズ推定などを用いてクライオ電子顕微鏡からの構造情報と他の計測からのデータなどを統合する手法の高度化・汎用化し、時系列解析と原子モデル精密化を行います。



予測・制御のための数理科学的基盤の創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2024-1.html

戦略目標

新たな社会・産業の基盤となる予測・制御の科学



研究総括

小谷 元子

東北大学 材料科学高等研究所 主任研究者・教授／東北大学 理事・副学長

領域アドバイザー

穴井 宏和	富士通(株) 富士通研究所 プリンシパルリサーチディレクター
今井 桂子	中央大学 理工学部 教授
井村 順一	東京科学大学 工学院 理事・教授
河東 泰之	東京大学 大学院数理科学研究科 教授
白井 朋之	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 副所長・教授
初田 哲男	理化学研究所 数理創造プログラム プログラムディレクター
福水 健次	情報・システム研究機構 統計数理研究所 教授
山西 健司	東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

研究領域概要

複雑な要因が絡み合う地球規模課題や社会課題が顕在化・深刻化する中で、直面する脅威や先の見えない不確実な状況に対応していくためには、重要な兆し・変革点を的確に捉えて予測し、取り返しのつかない悪い状態への遷移を回避しなくてはなりません。また、そのような予測に基づいた事象への介入により、最終的により望ましい状態へと導く（もしくは良好な状態を維持する）制御ができる新たな社会基盤を構築していくことが必要です。

このためには、自然・社会現象に関わるあらゆる情報・データの活用に向けて様々な分野が融合して取り組むだけでなく、数理科学がもつ複雑な現象を抽象化して可視化できるという強みを生かすことで、これら現象の解明・理解の深化を図るとともに、それに基づく予測や制御に関わる新しい学理と革新的な技術を創出していくことが重要です。

本研究領域では、社会課題に関わるリアルタイムデータやビッグデータ等に対して、数学・数理科学と他分野との融合により先進的な数理解析・評価手法を開発し、その解析・評価結果を基にした予測・制御のための新たな基礎学理の創出と、実課題に適用するための基盤技術の確立を目指します。

具体的には、複数の現象が絡み合う社会課題を数理モデルや数学的記述により抽象化し、その因果関係や主要因となるパラメータを導出し、現象に関する各分野の専門的知見や AI・機械学習等を活用することで、その確からしさの検証や変化の予兆と変化後の状態の特定、そして現象への介入の試行に取り組みます。また、実課題に適用するために、各分野の専門的知見や社会・産業のニーズ等も踏まえた上で、予測プログラムの開発や新たな介入・制御手法の提案にも取り組みます。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能 / ビッグデータ / IoT / サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) に参画します。

1細胞データ科学を介した融合数理の革新

井元 佑介

京都大学 高等研究院 特定准教授

本研究は、数学・生命科学の本格的な融合研究を通じて、近年、世界中で爆発的に収集されている1細胞データから、高次元統計解析、関数空間論、トポロジなどの高次元空間を扱う多角的な数学理論に基づき、細胞分化の制御メカニズムをゲノム・エピゲノム分子レベルで特定するデータ解析基盤技術を創出します。さらに、その数理基盤技術を諸分野のビッグデータ解析へ展開し、応用数学の可能性を広げることを目指します。



決定論的支配方程式による非線形・散逸・偶然性の動力学

焼野 藍子

東北大学 流体科学研究所 准教授

「流れ」は決定論的な支配方程式に従っているものの、非線形・散逸・偶然性を有し、現象を理解し制御することは困難です。近年では計算技術の向上などにより、更なる学術的新発見がなされていますが、「実問題へ適用した際の従来の数理科学理論の限界」についてはあまり議論されてきていません。本研究提案は、最新の数理科学により、実問題としての物理現象の解明と制御、将来的には異分野への応用を進めたいと考えています。



化学反応の予測・設計・制御のための最適化手法の構築

岩田 寛

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

本研究課題は、量子化学計算と数理最適化を融合して、触媒や反応条件の最適設計を行う方法論の構築を目的としています。そのために、分子の電子効果・立体効果を近似するパーチャル分子モデルを導入します。さらに、触媒や反応条件の各パラメータ値が収率や選択性に及ぼす影響の偏導関数値を用いて最適パラメータ値を算出し、これを近似的に実現する分子や条件を選択することにより化学反応を最適化する方法論を確立します。



現象ボトムアップモデルを活用した疾病予防のリアルタイム予測と制御の実現

西浦 博

京都大学 大学院医学研究科 教授

分析では、疾病対策の強度別に因果推論を時刻に対して前向きに実施する。感染症の流行予測のためにヒト行動と気象のリアルタイム予測を実施し、また、それらの妥当性に関しても感染症や熱中症の発生情報からフィードバックを行うことによって双方向性の改善を図る。疾病制御の因果推論のリアルタイム化と局所空間や時間を通じた救命効果の抜本的な改善を期し、人口レベルでの疾病対策の包括的理解を促進する研究基盤を構築する。



制御ネットワークを基軸とした生命システムの操作と変動予測

望月 敦史

京都大学 医生物学研究所 教授

生命現象は、多数の遺伝子が相互作用する高次元ダイナミクスから生まれる、と考えられています。我々は、(1) 遺伝子の因果関係を正確に捉える実験・情報科学の融合的手法と、(2) 因果関係の情報だけから鍵因子を決定する数学理論を用いることで、生命機能を生み出すダイナミクスを操り、そのメカニズムを解明します。任意の状態への細胞運命の人工的操作や、老化した免疫細胞の機能改善を実現し、人の健康医療にも貢献します。



幾何学的古典場の理論と無限次元データ科学の連携による作用素学習

谷口 隆晴

神戸大学 大学院理学研究科 教授

近年、機械学習との技術融合により、科学技術計算手法は大きく変化しています。特に、作用素学習は、偏微分方程式の解の公式を機械学習で発見する技術に相当し、気象予測などがリアルタイムで可能となると期待されています。しかし、一方、その物理的な性質や誤差解析などの理論基盤は確立していません。そこで、本研究では、無限次元の物理学・データ科学を連携し、信頼できる作用素学習手法の構築とその社会実装を行います。



社会課題解決を志向した革新的計測・解析システムの創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/bunya2022-1.html

戦略目標

社会課題解決を志向した計測・解析プロセスの革新



研究総括
鷲尾 隆
関西大学 商学部 教授

領域アドバイザー

伊藤 隆	東京都立大学 大学院理学研究科 教授
今村 誠	東海大学 情報通信学部 教授
岡部 朋永	東北大学 大学院工学研究科 教授
樹神 弘也	三菱ケミカル(株) Science & Innovation Center 分析物性研究所長 兼 Materials Design Laboratory 所長
高田 昌樹	東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授
高原 淳	九州大学 ネガティブエミッションテクノロジー研究センター 特任教授
津田 宏治	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
中瀬古 広三郎	元 住友ゴム工業(株) 元 技監
樋口 知之	中央大学 理工学部 教授
武藤 俊介	名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授

研究領域概要

「計測は科学の母」とも言われるように、科学技術の進歩は「見て・気づく」ことから始まります。科学技術の発展の歴史は、計測技術の発展の歴史とも言えます。

2050年のカーボンニュートラル化をはじめとするSDGs等の世界的な社会課題の解決においては、エネルギー、リサイクル等の観点をはじめ、様々な新しい実用材料の開発が不可欠です。最先端の科学技術研究の現場においては、研究対象が、複雑・不均一な階層構造・物質変化の特徴の把握・理解へとシフトしています。このような、複雑な物質や現象を理解するには、単なる従来の計測技術の改良といった方策では対応困難な状況になっており、計測・解析手法のブレイクスルーが求められています。

本研究領域では、計測技術の進化と最先端の数値モデリング・機械学習等の情報技術とを組み合わせ、計測・解析手法を高度に進化させることにより、計測・解析における現実の様々な難課題を解決でき、また、今後、10年・20年にわたり我が国の研究環境上のアドバンテージとして計測・解析プロセスを革新できる、新たな計測・解析システムの創出を目指します。さらに、創出した新たな計測・解析手法は、実材料開発など現実社会での有用性を確認するとともに、特定の対象分野にとどめず、難課題を抱える他の研究開発分野への活用法を開拓することで、真に有用で幅広く使える計測・解析手法としての価値創出を図っていきます。

具体的には、「先端計測限界突破」、「計測データインフォマティクス活用」、「マルチスケール・マルチモーダル計測、ユースケース開拓」を主要な研究要素とし、これらが連携する研究環境を実現することで、計測・解析の革新を図ります。

2022年度採択

生体環境からのAI 駆動型1分子ナノボア計測法の開発

上村 想太郎

東京大学 大学院理学系研究科 教授

高感度でハイスループットなタンパク質網羅解析技術の開発は大きく遅れています。そこで、我々はナノボア計測と深層学習を統合したシステムを開発し、生体環境からの対象分子を1分子定量網羅解析する系を確立します。深層学習を用いて特定分子のナノボア波形データを事前に学習し、各波形がどの事前学習分子に帰属されるかを特定することで、血液のような生体環境中においても網羅定量を可能にします。



計測標準と情報科学を援用した先端精密計測の卓越進化:10nm 超解像光学ルーペの開発

高橋 哲

東京大学 大学院工学系研究科 教授

最先端のナノ光学物理に、最新の計測標準、情報科学を融合深化することで、従来、物理的な光解像限界とされてきた回折限界を、大きく超越可能な限界突破光学顕微鏡の開発を目的とします。具体的には、原理的に10nmの超解像性を発現可能で、将来的に、グローバル知能化センサとしての発展的ポテンシャルも有する成長・進化型光学ルーペといった、従来物理原理の延長線上ではない、革新的光学計測解析技術の開発を目指します。



次世代放射光X線ナノCT計測の確立と展開

高山 裕貴

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター 准教授

本研究では、次世代放射光を活用したレンズレスナノCT技術「X線タイコグラフィ」を基盤とし、「深層学習を援用した計測限界突破」と「機械学習による機能発現過程の理解」により、触媒粒子の化学状態から有機/無機材料の空間階層構造まで、ナノからマイクロに亘って理解する「次世代放射光X線ナノCT技術」を構築します。社会課題への応用を通じて、計測と予測に基づくものづくり推進のための変革の一翼を担います。



デバイスインパースデザインのための表界面稼働状態計測解析法の確立

多田 朋史

九州大学 エネルギー研究教育機構 教授

本研究はデバイス性能を決定づける異種材料間の表界面構造を時系列データである表界面稼働状態として決定し、表界面稼働状態とデバイスの性能とを情報科学的に結びつけ、性能向上に直結する表界面構造と材料をインパースデザインする研究です。既開発の大規模非平衡開放系動的モンテカルロ法に加え、直流交流XPS運動計測とマルチスケール逆推定法を開発し、相互に連携させることで燃料電池出力を向上させる電極材料を創出します。



反応リマスターによるエコ材料開発のフロンティア共創

唯 美津木

名古屋大学 物質科学国際研究センター 教授

最先端オランダX線分光イメージング計測と情報科学（情報還元・統合・知識創成）の融合により、時空間で揺らいで簡単には見えない反応が絡む複雑な機能材料の姿を鮮明に捉えるための「反応リマスター」革新的計測解析を確立します。反応リマスターが生み出すビッグデータを徹底活用して、材料開発課題解決の新たな突破口を共創し、エコ材料開発のフロンティアを切り拓きます。



2023年度採択

高速ラマン顕微鏡・プローブ・機械学習による革新的生体解析

小関 泰之

東京大学 先端科学技術研究センター 教授

生物は多様な細胞から構成され、細胞の中でも様々な細胞小器官や生体分子が複雑に相互作用することで生命活動を維持していると考えられています。このように複雑で動的な生物のしくみを調べるために、本研究では、高速ラマン顕微鏡（物理）、ラマンプローブ（化学）、画像解析（情報）の研究者が密に連携し、生きた細胞内の多種の小器官や生体分子を高い空間分解能で同時に可視化し、その振る舞いを解き明かす手法を確立します。



分子・情報技術の創発による液相分離の限界突破と社会実装

久保 拓也

京都府立大学 大学院生命環境科学研究科 教授

本研究では、材料開発、化学理論、物理・化学インフォマティクスの有機的な融合から、1原子（団）を見分ける革新的な液相分離を開発し、さらに様々な物理・化学パラメータに基づく液相分離の包括的データベースの創出を目指します。同位体化合物や微差高分子など既存法では分離が困難な試料群の精密分離とその社会実装に挑戦し、同時にデータ駆動型の液相分離保持予測ソフトウェア開発のための研究を推進します。



個体差を活かした計測介入型の迅速スクリーニング計測基盤

小松崎 民樹

北海道大学 電子科学研究所 教授

フロー光学撮像装置と多目的最適化型の多腕バンディット手法を統合し、従来、困難であった（平均、分散、歪度を含む）個体分布情報に依拠する計測介入型情報計測基盤を創出し、数学的精度を担保した飛躍的な迅速化スクリーニングを実現します。脾がんモデルであるショウジョウバエ幼虫の翅原基を表現型マーカーとして採用し深層学習により治癒度を定量し、平均撮像を越えた迅速薬物スクリーニングを開拓します。



物理・情報理論を駆使したゲノム高次分子構造解析技術の開発

谷口 雄一

京都大学 高等研究院 教授

原子～官能基レベルでのゲノム構造解析の実現を目指して、高分解能化のための物理シミュレーション法、並びに高精度化のための数学理論を構築すると共に、幅広い生物対象で解析を行うための実験プロトコルを開発します。さらに、ゲノムの3次元構造と各機能に関するデータの蓄積を行い、それらを基盤として遺伝子の発現量と制御状態を高度に予測するAIプラットフォームを開発します。



実材料ダイナミクス観測のための超次元CTの開発

矢代 航

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター 教授

非線り返し・非平衡系には人類の最先端の計測技術でもアクセスできない広大な4D未踏領域が存在しています。本研究では、研究代表者らが世界に先駆けて開発したミリ秒オーダー時間分解能X線CTをさらに発展させて、サブミリ秒、さらには1～10マイクロ秒時間分解能のマルチモーダル（元素識別など）4DX線CT（超次元CT）の開発し、新たな学術領域の創成、延いては様々な社会課題解決につなげることを目指します。



計測データ駆動型薄膜プロセス最適化システムの開発

吉田 隆

名古屋大学 大学院工学研究科 教授

強相関電子系材料の単結晶基板上でのヘテロエピ薄膜成長を念頭に、先端マルチ計測、モンテカルロシミュレーション、ベイズ最適化によって加速的に薄膜作製プロセスの最適化を実現する計測データ駆動型薄膜プロセス最適化システムを開発します。さらに、開発した最適化システムの技術移植性を複数成膜装置において実証し、多層膜、ナノコンボジット薄膜、および実用エネルギー材料へのユースケース展開を行います。



マルチモーダル計測に基づく光機能デバイスのマルチスケールダイナミクス解析

鐘本 勝一

大阪公立大学 大学院理学研究科 教授

本研究では、代表者が推進する分光・磁気共鳴計測による半導体素子の動作過程可視化技術を核に、最先端の材料・素子改変技術とデータ駆動科学を統合することで、社会生活との関わりが強い有機LEDや人工光合成などの光機能デバイスの躍進的性能向上と動作機構の学理構築を目指します。物理、化学、情報科学の異分野が融合する強力なチーム体制のもと、世界を牽引する研究成果の創出と新たな知のフロンティアの開拓を目指します。



情報と計測の融合による半導体デバイス3次元実装技術の革新

橋新 剛

熊本大学 大学院先端科学研究部 准教授

3次元積層半導体において信号伝達を担うシリコン貫通電極（TSV）の不良に影響する因子を特定し、TSV形成における製造プロセスを最適化します。マルチスケールの計測データから不良化因子を抽出し、それで定義したデバイス性能関数を用い、TSV形成の主要プロセス（RIE、CVD、めっき等）の最適パラメータを推定します。本方法論の有効性は人工視覚用デバイスで実証し、他の半導体製造プロセスへの展開を目指します。



運動制御機構解明に向けた中枢神経系活動の網羅的計測技術の開発

道川 貴章

京都大学 医科学研究所 特任准教授

時間多重化・マルチライン・時空間集光技術、多焦点面化、ホログラフィック多点集光技術を駆使して、新たな2光子顕微鏡システムを開発します。この顕微鏡により歩行中の中枢神経ニューロン活動を可視化し、歩行制御機構の解明を試みます。得られた大規模データを解析する手法を開発し、光刺激による中枢神経活動の人為的变化による検証を経て、応用可能な歩行運動の理論モデルを構築します。



2細胞計測を用いた細胞間相互作用の画像・遺伝子統合解析

山口 哲志

大阪大学 産業科学研究所 教授

がん免疫療法では、1細胞レベルの相互作用を計測する技術の不足が、治療効果向上のボトルネックとなっている。そこで、光応答性細胞付着表面を用いて免疫細胞とがん細胞の相互作用を大規模に観察し、得られた時系列画像の画像認識によってがん細胞傷害性の特徴ごとに細胞を自動分類する。分類された細胞を選別回収してそれぞれの遺伝子発現を解析し、治療効果に関わる遺伝子を同定して、がん免疫療法の課題解決に貢献する。



材料デジタルツインで加速する磁性デバイス開発

山崎 裕一

物質・材料研究機構 マテリアル基盤研究センター グループライダー

高度情報化社会に伴う消費電力の増大が社会課題となる中、省エネルギーな磁性デバイス材料の開発が注目されています。しかし、デバイスの微細化や高速化は材料開発における障壁となっています。本研究では、先端計測技術で磁性デバイスを高い時空間解像度で可視化し、シミュレーションで再構成する材料デジタルツインを構築します。これにより材料特性の起源を解明し、革新的な磁性デバイスの開発を加速させます。



基礎理論とシステム基盤技術の融合による Society 5.0 のための基盤ソフトウェアの創出

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2021-2.html

戦略目標

Society 5.0 時代の安心・安全・信頼を支える基盤ソフトウェア技術



研究総括
岡部 寿男
京都大学 学術情報メディアセンター 教授

領域アドバイザー

河野 健二	慶應義塾大学 理工学部 教授
五島 正裕	国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系 教授
高橋 克巳	日本電信電話(株) 社会情報研究所 主席研究員
寺田 雅之	(株)NTTドコモ モバイルインノベーションテック部 担当部長/京都橋大学 工学部 教授
中野 美由紀	津田塾大学 学芸学部 教授
西垣 正勝	静岡大学 情報学部 教授
松井 充	三菱電機(株) 開発本部 役員技監
盛合 志帆	情報通信研究機構 執行役・経営企画部長

研究領域概要

我が国が提唱する Society 5.0 が目指す社会は、人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すデータ駆動社会です。新型コロナウイルス感染症の拡大を契機として、社会のデジタル化、さらには社会全体のデジタル・トランスフォーメーションが一層進展すると考えられます。その結果、機密情報やプライバシーの侵害につながる可能性のある様々なデータがパブリッククラウドに置かれインターネットを介してやり取りされるようになることで、セキュリティリスクやプライバシーリスクの増大が懸念されています。

安心・安全で信頼できるデータ駆動型社会の実現には、自由なデータ流通と個人情報保護を両立する枠組みを実装することが必要になります。しかも、高度化・複雑化する社会システムの構築においては、「Security-by-Design」かつ「Privacy-by-Design」な基盤ソフトウェアを、様々な実行環境からなるハイブリッドなハードウェアや OS 上で動作させることが求められています。とりわけ、近年報告されているハードウェアや OS の新たな脆弱性は、これらを海外技術に依存している我が国において深刻な課題であり、従来のような個別の対応では根本的な課題解決が困難となっています。社会システム全体を by-Design の観点で捉え、分散協調並列処理や AI 等の理論との融合も視野においた革新的な技術の研究開発と、原理的に安心・安全で信頼できる、ブラックボックスを排除し他国に依存しないオープンな基盤ソフトウェアの創出が必須です。

本研究領域では、基礎理論分野とシステム基盤技術分野を横断的に融合・統合する研究開発の推進により、Society 5.0 時代の安心・安全・信頼を支える革新的な基盤ソフトウェアの創出を目指します。具体的には、以下の3つの達成目標に取り組みます。

- (1) 信頼できないハードウェアや OS を含む計算環境で安全なシステムを構築可能とするセキュリティ技術の創出
- (2) オープンな環境でもプライバシーを確保するデータ収集・解析技術の創出
- (3) データの自由な流通と個人情報の安全性確保を両立するシステム実装技術の確立

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能 / ビッグデータ / IoT / サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) の一環として運営します。

安全性と有用性の保証のあるヘルスケア匿名コホート基盤

菊池 浩明

明治大学 総合数理学部 専任教授

個人の権利利益の保護に配慮して、安心してヘルスケア情報を提供する技術に匿名化がある。しかし、加工によりヘルスケア情報の分析結果が歪められることになり、医療情報として有用性が認められるレベルの品質の保証がない。そこで、差分プライバシーを適用し、安全性の理論的な保証のある加工技術を開発する。



サステナブルな分散型秘密計算基盤

アツタパドゥン ナッタボン

産業総合研究所 サイバーレジリエンスセンター 研究員

秘密計算は、データを秘匿したまま処理が可能な暗号技術であり、個人・企業の機密情報の利活用を促進すると期待されています。本研究は、「秘密計算プロバイダへの信頼の必要性」及び「プロバイダが不在の状況の運用の困難性」の課題を解決し、分散環境下の効率的な秘密計算の基礎理論確立、及び、ユーザインセンティブ設計が組み込まれ持続可能な運用が可能となる基盤開発を行い、サステナブルな分散型秘密計算基盤を目指します。



Trustworthy IoT システム設計基盤の構築

原 祐子

東京科学大学 工学部 准教授

近年、IC 製造工程に外部企業が関わることで、IC 設計技術 (IP) 盗用や非正規品流通の問題が深刻化しています。本研究は、IC サプライチェーン全体の安全性要件を抽出・モデル化し、その要件を満たす新たな仕組みを高機能暗号を基盤として構築することで、IC の IP 保護と真正性確認の一括した実現を目指します。この仕組みを IC 設計時に by-Design で設計情報に組み込むための設計手法とその設計環境を開発します。



実応用に即したプライバシー保護解析とセキュアデータ基盤

田浦 健次郎

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

不正侵入によるデータの漏洩、正当なユーザによるデータの持ち出し、解析結果からの (故意または過失による) 個人の特定、などの懸念を払拭、軽減する、システムソフトウェア (データ基盤、OS)、データ解析 (差分プライバシー、連合学習)、実応用 (医療データ、軌跡データ活用) の研究を一体的に進め、安全に積極的なデータ活用可能な Society 5.0 の実現に貢献することを目指します。



検証可能なデータエコシステム

天笠 俊之

筑波大学 計算科学研究センター 教授

本研究では、検証可能なデータエコシステムの研究開発を行う。データとリネージュ、信頼度などを統合的に記述するデータモデルを開発し、それを支える高機能分散ストレージ、メタデータマネージャ、リネージュエンジン等を開発する。さらに既存のデータに検出された不正を修復するデータベースリペアやヒューマンインザループ処理による信頼度向上についても取り組む。また、二種類の検証実験によってシステムの有効性を評価する。



超分散小型IoT エッジノードのための自己進化したリアルタイム学習基盤

松原 靖子

大阪大学 産業科学研究所 准教授

本研究では、プライバシー、セキュリティの確保が必須とされる医療・ヘルスケア等分野におけるデータ利活用焦点を当て、個人から生成される多種多様な個別事象型 IoT ビッグデータのための高精度な解析・自己学習・予測・最適化と自律・高速・セキュアな小型エッジ処理を同時に実現する自己進化したセキュアエッジ AI 技術基盤を構築する。また PoC として、産科医療、IoT・ヘルスケア分野等システムへの適用を推進する。



形式検証とシステムソフトウェアの協働によるゼロトラストIoT

竹房 あつ子

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授

形式検証とシステムソフトウェアの融合により、ゼロトラスト (ZT) の概念を踏襲した安全な IoT システムを実現します。理論研究では、IoT のトラストチェーンの正当性に数学的証明を与え、動的検証の併用で未知の脅威にも対応します。システムソフト研究では理論的成果と連携して実行隔離・自動検知・自動対処機構を開発し、ZT-IoT を実証します。アカウンタビリティを保証することで IoT の社会受容を促進します。



隔離実行と形式検証による総合的セキュリティ基盤システム

品川 高廣

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

Society 5.0 を支えるシステム全体に強力なセキュリティを提供する総合的セキュリティ基盤システムを実現する。最新技術による様々な隔離実行とポイントを絞った形式検証を組み合わせ、理論的に検証された強力なセキュリティを実用的システムに適用可能にする。また、エッジからクラウドまで包括的な総合セキュリティポリシーの記述・実施により、システム全体で一貫性したセキュリティを実現可能にする。



AI 駆動型サイバーフィジカルシステムのセキュリティ評価・対策基盤

森 達哉

早稲田大学 理工学術院 教授

AI 技術やロボティクスの進展に伴い、AI 駆動型サイバーフィジカルシステム (AI-CPS) が注目され、特に自動運転車がその代表例である。本研究課題では、AI-CPS に対する敵対的入力をもたす脅威に着目し、AI-CPS に対するセキュリティ評価方法の体系化と対策技術の基盤ソフトウェア構築を目的とする。主な目標は、技術要素のセキュリティ評価、システム全体の評価、及び基盤ソフトウェアの構築である。



プライバシーセンリック情報処理基盤

廣津 登志夫

法政大学 情報科学部 教授

現在のソフトウェアアーキテクチャには、一定のプライバシーレベルの情報の流れを複数のコンポーネントにわたって扱うための実行制御機構がありません。本研究では、ネットワークを越えてデータとそれを処理する環境を閉じ込める『セキュアネットワークコンテナ』を導入し、その間のデータ移送を制御することで、情報プライバシーに対する制御性を利用者に提供する『プライバシーセンリック』な情報処理基盤の実現を目指します。



多様な形態の現実を安心・安全に創り・繋ぐTrusted Inter-Reality 基盤

米澤 拓郎

名古屋大学 大学院工学研究科 准教授

階層的なアクセス管理・セキュリティ保護が可能な実空間の構築・接続技術の研究を通じ、次の社会の基盤となり得る新たなトラスト原則を確立する。更に、没入性の高い VR 環境が有するリスクとしての情報フィードバックに対する肉体・精神への侵襲リスクや影響を医学的な観点からも明らかにした上で、全研究項目を統合した Trusted Inter-Reality 基盤を構築、検証実験を通じ評価を行う。



地域を支える知のデジタル化と共有基盤

山口 弘純

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授

本研究では、地域社会の知をデジタル化し、セキュアに共有するための S5 基盤ソフトウェア [TASK/OS5] を設計開発する。個々の地域で得られるパーソナルデータを含むデータや AI モデルを安全に他地域で活用するための方法論を構成し、その安全性を形式的に示す。また、地域高齢者がシステムに参加しやすい機能の実現を図る。地域における災害対応および交通改善の実証実験を通じ、方法論の有効性を示す。



次世代車載基盤システムのための形式手法と検証ツールの創出

青木 利晃

北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

本研究では、次世代車載基盤システムの安全性・信頼性を保証する形式手法および検証ツールを提案します。提案手法は、次世代車載基盤システムの認識から制御までをカバーし、形式仕様言語、制御仕様言語、そして、それらを用いた形式検証手法で構成します。また、提案手法の実践応用に拘ります。本研究の成果により、自動運転を支える基盤の安全性と信頼性が飛躍的に向上し、安全安心なモビリティ社会の実現が期待されます。



データ駆動・AI 駆動を中心とした デジタルトランスフォーメーションによる生命科学研究の革新

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2021-3.html

戦略目標

『バイオ DX』による科学的発見の追究



研究総括
岡田 康志

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー／東京大学 大学院医学系研究科 教授



研究総括補佐
高橋 恒一

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー

領域アドバイザー

太田 禎生	東京大学 先端科学技術研究センター 准教授
鹿島 久嗣	京都大学 大学院情報学研究科 教授
高橋 政代	(株)ビジョンケア 代表取締役社長
竹山 春子	早稲田大学 理工学術院 教授
夏目 徹	産業技術総合研究所 細胞分子工学研究部門 首席研究員
谷内江 望	プリティッシュコロニア大学 バイオメディカルエンジニアリング 教授
吉田 亮	情報・システム研究機構 統計数理研究所 教授

研究領域概要

情報技術を、作業の単なる効率化ではなく、作業プロセスそのもののありかた、組織のありかた、そしてそれぞれの分野の文化にまで踏み込んだ包括かつ革新的な飛躍を目的に導入することをデジタルトランスフォーメーション (DX) と呼びます。DX が革新すべき対象の一つに科学研究、特に生命科学分野があります。実際、ディープラーニングの登場以降、バイオ分野と AI 研究の融合は目覚ましく、画像解析、疾患リスク予測、新薬探索、タンパク質三次元構造予測などの研究が世界中で活発化しています。

生命科学において DX が特に期待される理由の一つには、生命システムがタンパク質分子 1 個から生態系にいたるまで、生命科学研究の対象は数千種類あるいはそれ以上の構成要素が互いに相互作用する大規模複雑系であるという特性があります。計測・実験の自動化や計算機技術の進展により、このような複雑な系から膨大なデジタルデータがハイスループットに取得可能となりつつある一方で、すでに人間の思考能力ではもはや全てを解析しきれない状況となっています。

そこで本研究領域は、情報科学・工学・生命科学が三位一体となって生命科学研究における DX を推進する、いわば「データ駆動型・AI 駆動型」の研究によりこれまでは手が届かなかったような高度な科学的発見を目指します。

具体的には、(1) 多様、大量のデータセットから AI などデジタル情報処理技術を活用することでデータ取得・解析の質的・量的限界を超えて、新しい生命現象とそのモデル化を可能とするための研究開発を行い、次世代型生命科学研究のモデルケースを示すことを目指します。また、そのために必要な要素課題として (2) 革新的なデータ駆動型研究手法や AI 駆動型研究の手法の確立に向けた研究開発もサポートします。上記により、生命科学研究におけるパラダイムシフトの潮流を作ると共に、複雑な生命システムの解明が可能な社会、研究者が真に創造的な活動に取り組むことが出来る社会の実現を目指します。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能 / ビッグデータ / IoT / サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) の一環として運営します。

機械学習を用いた精巣組織培養の自動最適化による精子形成の理解

伊川 正人

大阪大学 微生物研究所 教授

生体内精子形成を絶対的コントロールとして試験管内精子形成の自動定量評価系を構築し、精細管の自動培養観察による大量の画像データ収集と評価、実験条件のベイズ的最適化を繰り返し、試験管内精子形成システムを改善する。さらにオミクス解析などの情報データ解析、遺伝子改変や薬剤処理などの介入による試験管内精子形成不全の誘導・改善を通して、精子形成の本質を理解する。



データ駆動型の次世代微生物進化育種

石井 純

神戸大学 先端バイオ工学研究センター 准教授

本研究では、*in silico* 設計 / *in vitro* 選抜をパラレルに駆使したデータ駆動型の微生物人工進化論を構築します。そのために、ロボティクスを組み入れた独自の微生物構築／選抜・評価技術により実験データを可能な限り網羅的に取得し、計算機代謝モデルの設計精度の向上に取り組みます。最終的に、高度にファインチューンされた人工進化細胞の選抜法の確立と複雑な代謝制御原理の本質的な理解を目指します。



自然言語処理とシミュレーションによる細胞制御探索法の構築

岡田 眞里子

大阪大学 蛋白質研究所 教授

がん細胞のネットワークを対象にして、自然言語処理を用いた数理モデルの構築、分子および細胞のシミュレーション、機械学習を用いた薬剤のデザインを行う計算ツールを開発し、これらをつなぐことにより、細胞増殖制御における仮説の生成・棄却を通して、最短パスあるいは思いがけない方法で細胞増殖制御を可能にする方法論を構築します。このことにより、生物学研究のデジタルトランスフォーメーションに幅広く貢献します。



ありえた生体高分子ネットワークを創出するBioDOSの構築

木賀 大介

早稲田大学 理工学術院 教授

本研究では、深層学習AIと論理推論AIを組み合わせたBio Discovery OS(BioDOS)を構築することで、人間の認知バイアスを超えた「ありえた生命のかたち」を設計する。さらに、設計した遺伝子ネットワークが、種々の生物や培養条件下で動作可能であることを示す。その成果は、これまでの合成生物学と伝統的な生物学の良い関係と同様に、自然界の改めでの探索による新たな生命システムの発見につながる。



データ駆動型サイエンスによる中分子細胞膜透過性の創造

山東 信介

東京大学 大学院工学系研究科 教授

ペプチドに代表される生体中分子は、次世代バイオ医薬としての応用が期待される機能性分子である。本研究では、生体中分子に関する大規模膜透過実験データと分子シミュレーション、機械学習の融合により、生体中分子の受動的細胞膜透過予測と理解に向けたデータ駆動型研究を実施します。究極的には、膜透過分子デザインアルゴリズムを構築し、膜透過性人工生体中分子の創造に挑戦します。



ゲノムレジリエンス破綻の理解と未来予測

二階堂 愛

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー

DNA を変異させる様々な摂動から自らを保護する力であるゲノムレジリエンスの機序を1細胞マルチオミクス計測、ロボット技術、人工知能技術を用いて解明する。ゲノムレジリエンスの膨大なデータから、ゲノム不安定性が組織や細胞型ごとに特定のゲノム領域で起きる普遍的なメカニズムを理解する。



リアルワールドテキスト処理の深化によるデータ駆動型探索

荒牧 英治

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授

DX の時代、電子カルテなどの病院文書、薬局の記録など、これまでにない膨大な量の医療データがテキストの形で蓄積されつつあります。しかし、その多くは、まだ、解析されていません。我々は、この膨大なテキストデータを自然言語処理するプラットフォームを開発します。そして、がん治療に伴う有害事象を抑制する最適な医薬品やその組み合わせを、自動的にかつ大量に発見することを目指します。



AI が先導するオートメーションタンパク質工学の創出

井上 圭一

東京大学 物性研究所 准教授

本研究ではタンパク質のアミノ酸配列と機能性の大規模データ取得のため、自動化機能評価システムとデジタルパイオアッセイ法の、2つの実験系を構築する。さらにそれらの実験データをオンラインでリアルタイムに、機械学習システムへリンクし、次なる実験計画を自動立案するオートメーション研究ループを実現する。これにより次世代の革新的オプトジェネティクスツールの創生が期待される。



試料採取自動化と高解像度時系列解析による腸内微生物-宿主のクロストーク解明

須田 亙

理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー

ヒト腸内微生物叢は様々な疾患に関連することが明らかになり、微生物叢を介した疾患の治療や予防の期待が高まっています。しかし、数百種の微生物の相互作用や宿主との応答は未だ断片的な観測しか実現していません。本研究では、サンプルの採取や処理に関わる行程を自動化することで得られる、腸内微生物叢と宿主の高解像度時系列データから普遍的法則を発見し、将来的な腸内微生物叢の予測制御の礎を築くことに挑戦します。



高速・高次元閉ループ光計測技術の確立と神経科学への応用

三上 秀治

北海道大学 電子科学研究科 教授

従来の大規模計測・解析の限界を打破する新しい新たな実験手法「高速・高次元閉ループ光計測技術」を確立し、次世代のバイオDXに貢献する。先端光学技術およびAI技術を軸とした技術開発を行い、開発した装置をマウスおよび線虫の神経系の研究に適用して従来の実験のアプローチでは現実的な時間内での解析が困難であった神経系の機序解明を目指す。



データ駆動進化医学で解く季節性うつと冬眠の代謝基盤

柚木 克之

理化学研究所 生命医学研究センター チームリーダー

ヒトの季節性うつと動物の冬眠様行動の類似点に着目し、両者に共通する代謝制御メカニズムの有無を解明します。マウスの行動動画を大量撮影し、動画解析AIを用いて表現型を自動同定します。マウス検体やヒト患者由来検体を自動化絶対定量オミクス計測とトランスオミクス解析に供し、季節性うつと冬眠様行動の代謝制御メカニズムを解明します。関連する分子群の進化的な古さを推定し、両者に共通の進化的起源があるか検討します。



生物情報アーカイブを活用した深層生成モデルによるmRNA最適設計技術

浅井 潔

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

公開されている膨大な生物情報アーカイブと深層学習を活用し、実験量を大幅に削減したDBTLサイクルによって、タンパク質アミノ酸配列から望ましい性能をもつmRNAを自在に設計する技術を開発する。ウイルスワクチン、がんワクチン、遺伝子編集、タンパク質補充療法など医療応用に資する課題の中から設計すべきタンパク質を選び、mRNAを設計してその性能を測定し、技術の有効性を実証する。



多階層の神経活動データ駆動による睡眠脳の機能解明

井ノ口 馨

慶応大学 学術研究部 教授

学習中や睡眠中の脳から得る多階層・多次元データに大規模言語モデルを応用し、睡眠中の重要な神経活動を可視化するデータ分析システムを開発する。実験・データサイエンス・数理モデル間のフィードバックループを回した研究を展開し、ノンレム、レム睡眠中に脳が行う情報処理の仕組みを明らかにする。また、睡眠時の脳の学習に関する機能仮説を提案し、それを実装する数理モデルを構築する。



マルチモーダル時空間統合オミクス解析による哺乳類細胞運命制御基盤の理解

落合 博

九州大学 生体防御医学研究所 教授

哺乳類発生過程には確率的要素や未知因子が多数関与しており、細胞運命制御機構の詳細な理解は困難です。本研究では、マウスの初期発生過程およびオルガノイドを対象に、細胞間での遺伝子発現の多様性、それを制御するエピゲノム要素、そして細胞間相互作用をデータ駆動的に、マルチモーダルかつ時空間的に解析することで、細胞運命制御機構を明らかにします。



育児DX:ウェアラブルシステム開発による乳児夜泣き制御と入眠予測

黒田 公美

東京科学大学 生命理学院 教授

乳児の過剰な泣きは親のストレスにつながります。本研究では、子が運ばれると大人しくなる輸送反応を利用した寝かしつけ支援ウェアラブルシステムを開発します。そして家庭での実験データより、育児行動後の乳児の入眠確率を行動前の脈波情報から推定する機械学習モデルを構築します。このモデルから入眠を制御する自律神経系活動を推定し、マウス生理学実験で検証することで、乳児の夜泣き制御と入眠予測を目指します。



多種生命システムの安定化と機能最適化を実現する融合科学の創生

東樹 宏和

京都大学 生命科学研究所 教授

多種で構成されるシステムが示す「多重安定性」を、生態系レベルの生物機能の観点から俯瞰する技術を確立します。特に生物叢の組成が急激に変化する現象に着目し、生態系の時系列動態を駆動する生物学的・非生物学的コア因子を因果推論とネットワーク科学の融合で解明します。さらに、植物や魚類に共生する生物叢を対象とした実験システムを構築し、生態系レベルの動態と機能を制御する汎用技術を医療・農業・工業分野に提供します。



対話型AIを用いたDNA 配列設計・合成の自動化

森 秀人

大阪大学 ヒューマン・メタバース基盤研究拠点 特任准教授

ゲノム編集や合成生物学分野の発展に伴って、DNA 合成の需要は急速に拡大しており、DNA 設計・合成プロセスの自動化が求められています。しかし、自動化装置の利用が複雑であること、実験プロトコルの共有の仕組みが整っていないなどの理由によって自動化の試みは十分に浸透していません。本研究では、近年開発が進む大規模言語モデルを利用し、DNA 設計・合成の自動化を支援する対話型AI エージェントの開発を行います。



信頼される AI システムを支える基盤技術

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2020-4.html

戦略目標

信頼される AI



研究総括
相澤 彰子

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 教授



領域アドバイザー

岡田 浩之	東京情報デザイン専門職大学 情報デザイン学部 教授
奥村 学	東京科学大学 総合研究院 教授
神鷹 敏弘	横浜国立大学 大学院理工学府 非常勤講師
佐藤 洋一	東京大学 生産技術研究所 教授
辻 ゆかり	日本電信電話(株) 研究開発担当役員 情報ネットワーク総合研究所 所長
福田 雅樹	大阪大学 社会技術共創研究センター 教授
福水 健次	情報・システム研究機構 統計数理研究所 教授
村上 祐子	立教大学 大学院人工知能科学研究科 教授
盛合 志帆	情報通信研究機構 執行役・経営企画部長
横尾 真	九州大学 大学院システム情報科学研究院 主幹教授
若宮 直紀	大阪大学 大学院情報科学研究科 教授
鷺崎 弘宜	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報理工学科 教授

研究領域概要

実社会での応用・実用化が急速に広がる人工知能(AI)技術は、新たな科学的・社会的・経済的価値を創出していく上で不可欠です。一方で、深層学習をはじめとする機械学習技術はブラックボックス問題やバイアス 問題等の信頼性や安全性に関わる様々な課題を抱えており、その対策が喫緊の課題となっています。

そこで本研究領域は、人間が社会の中で幅広く安心して利用できる「信頼される高品質な AI」の実現につながる基盤技術の創出やそれらを活用した AI システムの構築を行います。研究にあたっては、人間中心の AI システムに関する信頼性や安全性等の定義や評価法の検討に取り組み、AI システム全体としてその要求や要件を満たす技術の確立を目指します。

具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

- (1) 「信頼される AI」の実現に向けた発展的・革新的な AI 新技術
- (2) AI システムに社会が期待する信頼性・安全性を確保する技術
- (3) 人間中心の AI 社会に向けたデータの信頼性確保及び人間の主体的な意思決定支援技術

上記により、社会的課題の解決や新たなサイエンス、価値の創造につなげるとともに、信頼される AI に関連した新たな研究コミュニティの創成や AI 研究における日本のプレゼンスの向上を目指します。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能 / ビッグデータ / IoT / サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) の一環として運営します。

ハイパーデモクラシー:ソーシャルマルチエージェントに基づく大規模合意形成プラットフォームの実現

伊藤 孝行

京都大学 大学院情報科学研究科 教授



本研究では、ソフトウェアエージェントと人間が一緒に参加するSNSでの民主主義（ハイパーデモクラシー）のためのプラットフォームを実現する。ここでは、合意形成の基盤としてのSNSに、人間の代理のエージェントを分散配置し、合意形成プロセスを仲介する（ソーシャルマルチエージェントシステム）。そして、炎上、フェイクニュースなどの課題を解決しながら、より良い合意形成や集団意思決定を支援する。

知識と推論に基づいて言語で説明できるAIシステム

乾 健太郎

数理学情報研究 部 / Fellow Professor, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology



本研究では、真偽判断や意思決定支援など、人間が社会活動の中で判断の過程や理由を言語で説明している種類の課題を取り上げ、人が説明するのと同様の仕方で判断の過程を言語で説明できる計算パラダイムを探究します。また、対話的な説明で人の判断を支援するAIシステムを構築するとともに、人間社会科学的な方法でコミュニケーションとしての説明の要件を解明し、説明可能AIシステムの設計論の構築を目指します。

インフォデミックを克服するソーシャル情報基盤技術

越前 功

国立情報学研究所 情報社会相関研究系 教授



本研究は、AIにより生成されたフェイクメディア（FM）がもたらす潜在的な脅威に適切に対処すると同時に、多様なコミュニケーションと意思決定を支援するソーシャル情報基盤技術を確立します。3種類に分類した多様なモダリティによるフェイクメディア（FM）を対象に、FM生成技術、FM検出技術、FM無毒化技術を確立するとともに、これらの技術を活用してSNS上で多様な意思決定を支援する意思決定支援技術を確立します。

信頼されるExplorable 推薦基盤技術の実現

後藤 真孝

産業技術総合研究所 情報・人工工学領域 上級首席研究員



本研究は、AIシステムによる個人に最適化された支援を人々が安心して受けられる社会を実現するために、推薦システムの一般利用者が推薦の挙動を探索できる基盤技術を、情報学・神経生理学・社会心理学を融合した学際的な研究によって確立します。それにより、信頼される社会基盤として消費者あるいは生産者の立場で持続的に利用できるような、人間中心に制御できる透明性の高い推薦システムを提供可能にすることを目的とします。

あいまい性を表現するReliable Interventional AI Robotics

森 健策

名古屋大学 大学院情報科学研究科 教授



治療行為をAIとRobotにより支援する Reliable Interventional (RI) AI Robotics を提案し「信頼できる」AI基盤技術の開発とそれを応用したAI Robotを開発する。AIによる判断のあいまい性を逆手に取り、有効に活用することで「信頼できるAI」の実現を目指す。さらにAIロボットシステムを構築し、治療などの現場でも利用可能な「信頼できるAI」の実現を目指す。

人とAIの協働ヒューマンコンピューテーション基盤

鹿島 久嗣

京都大学 大学院情報科学研究科 教授



人-AI系の設計において信頼して利用できるヒューマンコンピューテーションシステム設計論の確立を目指して(1)人間参加型機械学習による人とAIの協働データ解析(2)ヒューマンコンピューテーションの信頼性基準の定義・評価と信頼性の実現(3)その社会受容のための倫理的課題解決(4)ヒューマンコンピューテーションによる知的創造活動や能力開発の支援を行う。

D3-AI: 多様性と環境変化に寄り添う分散機械学習基盤の創出

高前田 伸也

東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授



利用者やデータの多様性を尊重し、時間的・空間的な性質の変動に適應できる、連合学習に基づく分散型・省エネルギーなAIシステムの基盤技術を創出します。プライバシー、公平性、変容適応性、省エネルギー性の4つの「信頼」の要件を備える分散AIシステムをD3-AIと呼び、機械学習理論、計算機アーキテクチャ、IoT基盤、データ利活用の異なる技術階層間で連携して、D3-AIの要素技術の開発と応用展開を進めます。

AI 駆動仮説の静的・動的信頼性保証と医療への展開

竹内 一郎

名古屋大学 大学院工学研究科 教授



本研究では、AI駆動の科学技術を健全に発展させるため、AI駆動仮説の信頼性を評価するための新しい理論、アルゴリズム、ソフトウェアを開発します。静的・動的環境におけるAI駆動仮説を研究し、その信頼性をどのように評価するかを理論と実践の両面から追求します。数理・計算的な枠組みに基づいてAI医療技術の信頼性評価プロトコルを開発し、AIによる悪性リンパ腫の病理診断システムの開発において有用性を実証します。

納得感のある人間-AI 協調意思決定を目指す信頼インタラクションデザインの基盤構築と社会浸透

山田 誠二

国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系 教授



「信頼できるAI」の目的の一つに、様々な場面における人間とAIの協調意思決定の実現があります。本研究では、人間とAIが互いに相手を適切に信頼できる関係構築を目指し、人間の行動からAIに対する信頼レベルを判定して、人間自身による過信・不信の是正を促すことができる信頼校正AIを開発します。そして、その信頼校正AIを人間-AI協調画像診断、人間-AI協調検診に応用し、実験的評価の基に実稼働を目指します。

教育大航海時代の羅針盤:学習分析の信頼基盤ReLAXの創出

島田 敬士

九州大学 大学院システム情報科学研究科 教授



学習分析とは、教育データの分析に基づいて教育・学習の効果的な支援を行う研究です。データの肥大化や複雑化に影響されずに分析結果を素早く提供できる即時性、分析過程を透明化して分析結果に対する懐疑心を払拭する説得性、様々な条件下で汎用的に利用可能な学習分析技術の適応性を導入した新しい学習分析基盤 ReLAX を創出します。信頼して利用できる学習分析の技術開発と教育・学習支援のための応用展開を進めます。

信頼されるAIシステムを実現するための因果探索基盤技術の確立と応用

清水 昌平

滋賀大学 大学院データサイエンス研究科 教授



AIの信頼性を評価・向上させる方法として因果推論のアイデアがよく用いられています。ただ、そのために必要な因果グラフを、背景知識が足りず用意できないことが多いです。そこで本研究では、データから因果グラフを推測する因果探索の方法論研究とそれを用いて政策科学・環境学・予防医学・臨床医学の4領域で因果推論を用いた説明性・公平性の解析に取り組みます。

記号推論に接続する機械学習

杉山 磨人

国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 准教授



信頼されるAIシステムの基盤となる基礎技術の創出を目的として、主に幾何学的なアプローチに着目することで、大量パラメータを利用する現代的な機械学習と、推論根拠の解釈性に優れた記号推論の融合を実現します。記号推論を前提とした機械学習システムを設計・構築することで、機械学習がもつ信頼性についての課題と、記号推論が持つロバスト性についての課題を同時に解決します。

数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunya2019-4.html

戦略目標

数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会への展開



研究総括

上田 修功

理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長／NTT コミュニケーション科学基礎研究所
リサーチプロフェッサー (客員フェロー)

領域アドバイザー

穴井 宏和	富士通(株) 富士通研究所 プリンシパルリサーチディレクター
岩田 覚	東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授
國府 寛司	京都大学 理事・副学長
小谷 元子	東北大学 材料科学高等研究所 主任研究者・教授／東北大学 理事・副学長
齋藤 政彦	神戸学院大学 経営学部 教授
佐伯 修	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授
田中 利幸	京都大学 大学院情報学研究所 教授
田辺 隆人	(株)NTTデータ数理システム 数理計画部 部長
平田 典子	日本大学 理工学部 特任教授

研究領域概要

様々な科学分野や産業界で生み出されている膨大なデータを活用し新たな科学的・社会的・経済的価値を創出していく上で、数学・数理科学と情報科学とが連携・融合した新たな概念やアプローチの創出が不可欠となっています。メカニズムをモデル化する数理モデル型アプローチとビッグデータを活用するデータ駆動型アプローチとがそれぞれの強みを相補的に活かした革新的な情報活用手法の創出を通じて、実社会における情報活用の加速・高度化が期待されています。

本研究領域では、AI やビッグデータ解析などのデータ駆動型のアプローチだけでは困難な実社会の問題解決や付加価値創造に対して、数理科学と情報科学の連携・融合による新たな基盤技術の創出を目指します。具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

- (1) 数学の発想を取り入れた新たな情報活用手法の創出に資する理論及び技術の構築
- (2) 数学・数理科学と情報科学を繋ぐ新たなサイエンスの創出
- (3) 様々な分野や産業界における情報の活用を加速・高度化するデータ解析アルゴリズムやソフトウェア等の次世代アプリケーション基盤技術の創出

上記によりインパクトある社会課題の解決につなげることを目指します。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能 / ビッグデータ / IoT / サイバーセキュリティ統合プロジェクト (AIP プロジェクト) の一環として運営します。

設計の新パラダイムを拓く新しい離散的な曲面の幾何学

梶原 健司

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 所長・教授



可展面など性質のよい曲面を形状要素にもつ新しい離散曲面の幾何学を創始し、美的形状の理論を取り入れ、その上に構造解析・最適化手法を構築します。その枠組みで、美とアート性を備え、安全・安心を担保する構造物設計を効率的かつ低コストで可能にする革新的ソフトウェア基盤を開発します。設計諸分野の知識を数学の力で形状の幾何学として統合し、緻密で美しい製品を生み出すが高コストの日本のものづくり再生の基盤とします。

情報量で読み解く細胞の生命現象

樺島 祥介

東京大学 大学院理学系研究科 教授



生命現象の解明を念頭に、情報量を基盤として、細胞内情報伝達をつかさどる機構を計測されたデータにもとづいて同定する方法を開発します。また、得られた結果の信頼性を評価する方法を開発します。ガンに関係する少数分子種間の反応の連鎖を情報量の流れとして特徴づけます。加えて、免疫系における遺伝子発現ネットワークを同定します。健康系と疾患系との比較により、ガンや免疫疾患の診断・治療につながる知見を得ます。

作用素論のデータ解析に基づく複雑ダイナミクス計算基盤の創出

河原 吉伸

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授



非線形力学系の作用素表現に基づき、統計的推測による複雑現象における主要ダイナミクス同定法の確立と、その物理的解釈・利用や数理的拡張の為の理論構築、及びそれらを数理モデルと統合的に用い知識発見や学習・予測を行う為の方法論を構築します。そして得られた手法や理論を、複数分野でのデータ解析へ横断的に適用し有用性を実証します。本課題に対し機械学習、数学、非線形物理、及び理論生物の研究者が参画取り組みます。

幾何学的離散力学を核とする構造保存的システムモデリング・シミュレーション基盤

谷口 隆晴

神戸大学 大学院理学研究科 教授



本研究では、離散版のラグランジュ・ディラック力学を構築すると同時に、これをシンプレクティック幾何学・自動微分・計算代数学・スパースモデリング・ニューラル微分方程式などの数理科学・情報科学の諸技術と統合し、モデリング・シミュレーションの基盤となる新理論・新技術を構築します。また、これらを実装し、頑健なモデリング・シミュレーションのためのライブラリを開発します。

構造的・動力学的制約を活用した多元混合化学情報の解読とその応用

小林 徹也

東京大学 生産技術研究所 教授



複雑な多量の化学物質が混合した多元混合化学情報を読み解くための数理情報学的技術を開発します。多元混合に基づく組み合わせ的問題を、化学情報感知に伴う物理化学的制約を用いることで緩和・解消し、代数制約付き反応動力学の数理理論を発展させることで分子・反応・動態の3つの階層にわたる制約を捉えることを目指します。それらの知見を、センサー開発・免疫・匂いの設計・細胞反応系推定などの問題へと応用します。

AI 集約的サイバーフィジカルシステムの形式的解析設計手法

末永 幸平

京都大学 大学院情報科学研究科 准教授



AIを構成要素として含むCPS(AI-CPS)の安全性・信頼性の担保は、早急に研究を進めるべき課題です。本研究ではAI-CPSの安全性・信頼性を担保するための数学に基づく強固な形式的設計手法を研究します。また、様々な現実的なモデルでケーススタディを行い、その効果を実証します。フランスの研究チームと共同で研究を推進することで、お互いの強みを補完しつつ、レバレッジを効かせた研究推進を行います。

4D-CTA・4D-MRA 医療画像に基づく壁微小運動の数理解析とAI技術の融合～先制医療のための数理データ科学統合シミュレーション～

杉山 由恵

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授



脳動脈瘤は破裂による致死率が約50%を越えるハイリスクな疾患です。高侵襲な開頭手術で「直接的に視る」ことに代替し、近年「CT断層撮影法/磁気共鳴画像法」による低侵襲な観察手法が樹立されています。本研究では、同手法により撮影された医療データを利用して、数理とAIの融合解析を駆使し、「瘤壁性状」を推定する技術開発を行います。更に、有効性を多症例で実証し、社会実装に向けたプロトコル自動化を図ります。

力学系理論に基づく物理リザーバ計算能力の強化

野津 裕史

金沢大学 理工学域 教授



物理リザーバ計算は、非線形力学系である物理現象を計算資源として活用する新規情報処理技術で、少ない計算資源、瞬時に最適化可能という長所があります。本研究では、物理リザーバ計算の情報処理能力を強化することを目的として、力学系理論に基づいた数学基礎理論の整備、低計算コストのための数理モデリングと数値解析の研究、これらを踏まえた実装研究を行います。高性能なリザーバ設計理論を構築し、次世代技術に貢献します。

数理知能表現による深層構造学習モデルの革新

福水 健次

情報・システム研究機構 統計数理研究所 教授



数理知能表現を用いて人工知能の計算原理に技術的飛躍を実現するため、以下の3課題を研究します。(a) 代数構造や微分方程式などの数理知能表現を研究し、新たな深層構造モデル設計法を確立します。(b) 関数表現や正則化の研究により深層・冗長モデルの意義を解明し、効率的最適化法を研究します。(c) 画像、動画、音声、およびそれらと自然言語との融合による実践的知能システムを研究し、社会的課題と結びつけます。

形と皮膚疾患を繋ぐ数理情報システム医学の創出

李 聖林

京都大学 高等研究院 教授



疾患モデル動物が無く、疾患そのものの発症機序が不明で重症度を評価する臨床検査データが限られ、これまででもっぱら分子、細胞レベルでの薬理、生理、生化学的アプローチにより解析が進められてきた皮膚疾患を、皮膚表面に現れる皮疹の幾何学的模様の時空間的变化を数学で捉えるという前例のない発想を出発点とし、数理科学と情報科学の融合を通じて皮疹出現の病態解明と新たな治療法に繋げる学問的アプローチを構築します。

ベイズ双対性に基づく適合的・頑健・継続的な人工知能システム

カーン エムティヤズ

理化学研究所 革新知能統合研究センター チームリーダー



本課題では、機械学習における適応性、ロバスト性、生涯学習に資するベイズ双対原理と呼ばれる新原理を提案します。ベイズ双対原理は、迅速な適応のために関連する知識を効率的に保存し、取得するという基本的な考えに基づいています。現在の深層学習はこのメカニズムを欠いており、網羅的なデータ収集とそれに基づく学習に焦点を当てています。

ポスト量子社会が求める高機能暗号の数理基盤創出と展開

高木 剛

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授



本研究課題では、暗号の危殆化を回避するために、量子計算機を用いた攻撃や電力解析によるサイドチャネル攻撃など想定される多様な攻撃者を考察し、それらの攻撃に対しても耐性を有する暗号技術の実現を目指した数理基盤の研究を推進します。更には、大規模分散システム向けに、ブロックチェーンを利用した非中央集権セキュリティ機能を有する暗号システムを構築します。

自然言語の非線形性の計算論モデル

田中 久美子

早稲田大学 理工学術院 教授



マクロ(コーパス、文列)、メゾ(文)、ミクロ(単語、形態素)と異なるスケールを対象として、その非線形性について、複雑系班、計算言語班、数理論理班が共同で探究します。研究期間前半では異なるスケールにおける言語の非線形性の実態を明らかにし、各々に対する計算論的なモデルを与え、自然言語処理上、困難であった問題を解決する方法を見出します。期間後半にはモデルを統合し、言語の非線形構造統一的理解を得ます。

大規模時空間従属性データ科学へ向けた先端的確率統計学の新展開

吉田 朋広

東京大学 大学院数理学系研究科 教授



最先端の数理学により、従属性のある巨大なデータへの統計的モデリングと、確率統計学の原理に則った統計解析のための包括的体系を創出し、時系列データに関わる諸分野の研究を推進します。機械学習などのデータ駆動型方法と、堅固な数学の上に構築された確率過程の統計学およびシミュレーション技術の融合によって、従来の時系列解析が適用できなかった従属性の探索とモデル化による正確な将来予測と確率制御を可能にします。

Society 5.0 を支える革新的コンピューティング技術

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah30-4.html

戦略目標

Society5.0 を支える革新的コンピューティング技術の創出



研究総括
坂井 修一

東京大学 未来ビジョン研究センター 特任教授・副学長

領域アドバイザー

井上 美智子	奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 教授
清水 徹	東洋大学 情報連携学部 教授
住元 真司	東京大学 情報基盤センター 特任教授
谷 誠一郎	早稲田大学 教育・総合科学学術院 教授
千葉 滋	東京大学 情報基盤センター センター長
中川 八穂子	(株)日立製作所 研究開発グループ シニアプロジェクトマネージャ
西 直樹	理化学研究所 最先端研究プラットフォーム 連携(TRIP)事業本部 本部長室 高度研究支援専門職
伏見 信也	三菱電機(株) 特別技術顧問
堀尾 喜彦	東北大学 電気通信研究所 教授
山名 早人	早稲田大学 理工学術院 教授

研究領域概要

私たちの社会は、情報技術があらゆるところに浸透した超スマート社会 (Society5.0) に変貌を遂げようとしています。超スマート社会の情報インフラは、巨大なクラウド群と無数のエッジから成ると考えられます。多くの場合、エッジにはセンサやアクチュエータがあり、これらを制御する超小型高性能コンピュータとネットワークインタフェースが備えられています。クラウドは、物理的に分散された多数のサーバとなりますが、論理的にはさまざまなサービスの総体として抽象化されることになると思います。このためエッジ、クラウドのいずれにおいても、大量かつ多様なデータを扱うことになるため従来の情報処理技術の高度化などに加えて、人工知能(深層学習など)、量子計算、光計算などがキーテクノロジーとなります。現実の諸問題に一定の時間内で回答するリアルタイム技術も、多様化する社会のニーズに答えるべく高度化する必要があります。その上で、これらを統合し、システムとして高効率・省エネルギーで機能させるための新しい回路技術、アーキテクチャ技術、ソフトウェア技術が必要となります。

本研究領域は、こうした近未来の超スマート社会を念頭に、従来技術の単純な延長では得られない新しいコンピューティング技術を研究開発することを目標とします。具体的には、以下の研究開発に取り組めます。

- (1) 情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング技術の創出
- (2) アルゴリズム、アーキテクチャ等の技術レイヤーを連携・協調させた高効率コンピューティング技術の研究開発

これらの研究開発により、高度な情報処理を活用したスマートロボット、スマート工場、自動運転、IoT、セキュリティ強化などによる超スマート社会 (Society5.0) の実現に貢献します。

エッジでの高効率なデータ解析を実現するグラフ計算基盤

近藤 正章

慶應義塾大学 理工学部 教授

実世界で生成される多様な情報をサイバー空間で最適化し、実世界へとフィードバックする Society5.0 の実現には、エッジ側での高効率なグラフ処理基盤の構築が必須である。本研究では、グラフ処理と人工知能・アニーリング計算処理の連携も踏まえつつ、低遅延・低電力なグラフ処理専用アクセラレータのアーキテクチャとそのソフトウェア環境を、実アプリケーションとのコデザインを通じて研究開発する。



スピンエッジコンピューティングハードウェア基盤

佐藤 茂雄

東北大学 電気通信研究所 教授

Society5.0 の実現に向けて、エッジコンピューティングシステムに求められる低消費電力性や常時学習機能などの要件を満たすために、不揮発アナログ記憶機能や豊富なダイナミクスを有するスピンロジクスデバイスと、それらを最大限に活用するアナ・デジ CMOS 集積回路や最適化アーキテクチャを追究し、それらの原理実証により、社会実装に向けた道筋を明らかにします。



光ニューラルネットワークの時空間ダイナミクスに基づく計算基盤技術

鈴木 秀幸

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授

本研究は、最先端のニューラルネットワーク計算技術と光計算技術を組み合わせることで、新世代の光ニューラルネットワーク計算技術を開発することを目的としています。時空間ダイナミクスの観点から、光実装の特性を考慮したリカレントニューラルネットワークモデルを構築して、新しい光ニューラルネットワーク計算原理を提案するとともに、光ニューラルネットワークのハードウェア実装を提案します。



地理空間情報を自在に操るイジング計算機の新展開

戸川 望

早稲田大学 理工学術院 教授

本研究は Society5.0 の実現に不可欠な「地理空間情報処理」の高度化に焦点をあて、ノイマン型コンピューティング技術によるプログラムパラダイムを抜本的に変革し、地理空間情報処理向けイジングプログラミングを確立します。多種制約付き多地点最適巡回経路探索など多くの地理空間情報処理問題をイジング模型にマッピング、実イジング計算機にエンベッドし、実規模かつ実制約を持つ地理空間情報処理問題を解決します。



学習/数値モデルに基づく時空間展開型アーキテクチャの創出と応用

本村 真人

東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

組合せ最適化問題を並列に解く「アニーリング計算」と、深層学習を補完する「エッジ分散・オンライン型アンサンブル学習」とを Society5.0 時代の重要情報処理課題として捉え、その背後に存在する「エネルギー最小化」計算原理に基づいて、対象問題構造を空間的に展開した上で時間的に切り替えて処理する「時空間展開型」の知能コンピュータアーキテクチャとそのソフトウェア基盤、及びその応用技術を確認し、実証します。



耐量子計算機性秘匿計算に基づくセキュア情報処理基盤

本間 尚文

東北大学 電気通信研究所 教授

本研究では、準同型暗号に基づく秘匿計算を極めて高速・高効率に実行可能とする耐量子計算機性・耐タンパー性セキュア情報処理基盤技術の理論構築とそれを集積化したセキュア秘匿計算プラットフォームの開発を目的とします。また、当該プラットフォームが拓く新たな応用として、高速・高効率秘匿計算に基づく秘匿統計解析や機械学習における入力や学習パラメータを秘匿した秘匿推論等のアプリケーションを創出します。



MEC 用マルチノード統合システムの開発

天野 英晴

東京大学 大学院工学系研究科 特任研究員

内部に再構成可能論理回路と CPU を持ち、転送遅延と帯域を保证するスイッチデバイス Crust-Core 型 HUB を開発し、これを用いて複数 FPGA、アクセラレータから成るマルチコア環境を構築します。システム全体のプログラムを行うための統合設計用 CAD、システムを制御するミドルウェアとランタイムシステムを構築します。さらに、スマートコミュニティの交通制御、電力制御、ロボット制御に適用し、その有効性を示します。



スパイクングネットによるエッジでのリアルタイム学習基盤

井上 公

産業技術総合研究所 電子光基盤技術研究部門 上級主任研究員

機械学習の誤差逆伝播 (BP) は膨大な論理演算が大電力を消費します。一方スパイクングニューラルネット (SNN) のニューロン発火連鎖が自発的に特定ループに収束する「アトラクタ形成」は、BP と同じ機能を持ちます。これを使えばオンサイトで超低消費電力リアルタイム学習推論が行えるはずです。独自開発ニューロモルフィック素子で SNN を構築し、人の無意識下の行動を学習推論する本人認証装置を作製しこれを実証します。



人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah29-4.html

戦略目標

ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化



研究総括
間瀬 健二
名古屋大学 名誉教授



Symbiotic Interaction

領域アドバイザー

石黒 浩	大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授／ (株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 石黒特別研究所 客員所長
江渡 浩一郎	産業技術総合研究所 人間拡張研究センター 主任研究員
栗原 聡	慶應義塾大学 理工学部管理工学科／ 大学院理工学研究科 教授
小林 正啓	花水木法律事務所 所長・弁護士
中野 有紀子	成蹊大学 理工学部 教授
前田 英作	東京電機大学 システムデザイン工学部 教授
宮地 充子	大阪大学 大学院工学研究科 教授
茂木 強	科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー
森島 繁生	早稲田大学 先進理工学部 教授

国際領域運営アドバイザー

Anind Dey	Dean and Professor, University of Washington Information School
Daniel Gatica-Perez	Professor, School of Engineering and the College of Humanities, EPFL Head of Social Computing Group, Idiap
Trevor Darrell	Professor, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley

研究領域概要

人工知能技術・ビッグデータ解析技術等が発展しIoT技術が社会に浸透するなか、現実社会へのサイバー空間の融合が高度にかつ急速に実現されつつあります。そこで、インタラクションの研究分野をより広く“ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクション”として捉えることが重要になってきています。特に情報環境の知能化や人間拡張技術の進展により、環境知能と拡張された人間が共存する新しい共生社会のインタラクション(共生インタラクション)をデザインすることが急務となっています。本研究領域では、人間・機械・情報環境からなる共生社会におけるインタラクションに関する理解を深め、人間同士から環境全体まで多様な形態でのインタラクションを高度に支援する情報基盤技術の創出と展開を目指します。

具体的には、情報科学技術を中心に認知科学、社会科学、脳科学等の学問分野と連携し、人間理解・社会デザイン・構成論的アプローチの共創をねらい、以下の研究開発に社会の叡智を結集して取り組みます。

- 1) インタラクションを支援するための、インターフェースや人間能力の拡張に関する技術開発
- 2) インタラクションを理解するための、原理や機構の解明とそれに資する情報の収集・分析に関する技術開発
- 3) インタラクション技術の活用により、社会構造や人間行動の最適化を促すような環境をデザインする技術開発

これらの研究開発により、急速に進展している人工知能技術等の恩恵を誰もが最大限享受することができ、全体として最適化された共生社会の実現に貢献していきます。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト(AIPプロジェクト)の一環として運営します。

データ駆動型知的情報システムの理解・制御のためのインタラクション

五十嵐 健夫

東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

機械学習に代表されるようなデータ駆動型の知的情報処理技術が注目を集めている。本研究では、そのようなデータ駆動型知的情報処理システムを対象として、データの生成過程、学習プロセス、さらに学習した結果を利用する場面において、システムの中で何が起きているのか正しく可視化し、ユーザによる適切な介入を可能とするためのインタラクション技術の研究開発を行う。



ソーシャルタッチの計算論的説明とロボットへの応用

塩見 昌裕

(株) 国際電気通信基礎技術研究所 インタラクション科学研究所 所長

ロボットが人と安心・安全な触れ合いを実現するために、人とロボットの触れ合いに伴う時空間近傍での相互作用をアルゴリズムレベルで計算・再現する計算論、Computational social touchを確立します。人同士の触れ合いインタラクションの観察とモデル化を通じて、ロボットとの安心・安全な触れ合いインタラクションを実現します。



VoicePersonae: 声のアイデンティティクローニングと保護

山岸 順一

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授

音声は私たちのアイデンティティの一部であり、生体認証、音声合成、声質変換、音声プライバシーなどに深く関係しています。しかし現在これらの分野では相反する目標に向けて個別に研究が進められています。本プロジェクトでは、声のアイデンティティに関する分野の壁を取り除くと同時に、話者性のモデル化技術を高精度化し、音声による生体認証の安全性と頑健性を高め、音声のプライバシー保護を強化する新しい技術を研究します。



街角環境で共生するロボットのインタラクション基盤技術

神田 崇行

京都大学 大学院情報科学研究科 教授

人工知能・ロボット技術の近年の進歩は目覚ましく、様々な人間の仕事の自動化が予測されているが、これらの仕事の多くは実は環境に安心感をもたらす役割も果たしている。一方、現状のロボットは他者として尊重される存在となっていない。まして、環境に安心感をもたらすモラルインタラクション能力に欠ける。この問題を解決してモラルという観点で人らしいロボットを実現し、人々とロボットとの共生社会を実現することを目指す。



実体化映像による多次元インタラクション

篠田 裕之

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授

そこに実体があるかのように、実世界の人間や環境と物理的な相互作用を行うことができるコンピュータ映像を実現します。3次元映像とともにその表面の触感を超音波で再現し、力学的な実体感をも瞬時に伝達します。この技術によって、多次元インタラクションを自由にプログラムできる空間を確立し、操作インタフェースからコミュニケーション、創造活動や心の支援まで、幅広い応用を展開します。



文脈と解釈の同時推定に基づく相互理解コンピューテーションの実現

今井 倫太

慶應義塾大学 理工学部 教授

ロボットの自己位置と地図を作る SLAM アルゴリズムに注目し、文脈と発話語の意味を同時推定できる Simultaneous Contextualization And Interpreting (SCAIN) を実現する。SCAIN の特性を利用することで、低ストレスなマルチモーダル対話システム、人同士の相互理解システムを実現し、人間主導のインタラクションを扱えるコンピュータの構築方法を明らかにする。



技能獲得メカニズムの原理解明および獲得支援システムへの展開

小池 英樹

東京工業大学 情報理工学系 教授

本研究は、高度な技能を人から獲得し人に伝承する技能獲得支援システムの技術基盤を開発する。まず、技能獲得メカニズムの原理を解明するために、特殊技能を持つ人々の技能の計測と分析を行い、統計的および機械学習的手法を用いて技能の本質の抽象化を行う。次に、高度画像処理技術、拡張現実感技術、ロボティクス技術、人工知能技術を用いて、教示データを視聴覚を用いて実時間提示する技能獲得支援システムを開発する。



提示系心理情報学に基づくインタラクション基盤確立

寺田 努

神戸大学 大学院工学研究科 教授

情報提示と人間の心身への影響を心理学的アプローチにより定式化する。同時に情報提示介入前後で脳計測を行うことで、それぞれの情報提示技術が個人に与える影響を事前にスクリーニングする技術を開発する。得られた心理効果は、観光や学習、エンタテインメントなどさまざまな領域で実証実験を行い、実践的な利用法の確立と、情報提示ガイドラインの策定を行う。



ソーシャル・シグナルの共有と拡張による共感的行動の支援

鈴木 健嗣

筑波大学 システム情報系 教授

ソーシャル・シグナルを共有及び拡張する人間拡張技術、それに伴う神経基盤の理解、及び実証研究を通じて人々の意図伝達を拡張し、他者理解を助け、また共感的行動を支援することが可能であることを示す。ここでは、人々の社会的インタラクションを一連の行動連鎖とするモデルとし、人々におけるソーシャル・シグナルの情報処理過程の理解を深化させるとともに、共感的な行動応答を生成する共感的 AI の基盤を創出する。



脳領域／個体／集団間のインタラクション創発原理の解明と適用

津田 一郎

中部大学 創発学術院 教授

複雑な環境とのインタラクションによって機能分化し環境に即時適応する人工システムを構築する。そのために、システムに拘束条件がかかることで機能的な部品が自己組織される原理を開拓するとともに、人間と霊長類社会における集合知を探索する。脳領域間、個体内・個体間、集団内・集団間のインタラクション解析を通して課題を解決する。個性を尊重したオーダーメイド医療、人間とインタラクションするロボット設計、集合知による新たなコミュニティ創発を目指す。



随伴性に基づくペダゴジカル情報基盤の創成

開 一夫

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

本研究では、「教え教えられる」という人間にとって根源的能力をサポートするための情報基盤—ペダゴジカル情報基盤—の構築を目的とします。具体的には、母子間相互作用、中高生の E-Learning、大学生のゼミ授業の3つの「学び」場面を題材として、これらに通底する学習者と教示者間の随伴的インタラクションを、脳機能計測・ウェアラブルセンサ・音声画像処理・PDS など先端技術を有機的に結びつけることで、計測・蓄積・活用するための情報基盤を構築します。



音メディアコミュニケーションにおける共創型機能拡張技術の創出

戸田 智基

名古屋大学 情報基盤センター 教授

音メディアコミュニケーションにおいて、ユーザとシステムの共創的な働きかけに基づき、身体的制約を超えて発声・聴覚機能を拡張する基盤技術を開発します。機械学習に基づくデータ駆動型システムの枠組みにおいて、低遅延リアルタイム動作、不随動的なシステム挙動制御、インタラクションを通じた意識的なシステム挙動制御を可能とする共創型発声・聴覚機能拡張基盤技術を開発し、発声・聴覚機能の回復・増強を達成します。



「優しい介護」インタラクションの計算的・脳科学的解明

中澤 篤志

岡山大学 学術研究院 教授

認知症に対する「優しい介護」の技術（スキル）に着目し、(1) 介護動作をウェアラブルセンサや人工知能（AI）等を用いて計測、(2) 脳活動計測で「優しい介護」を行う際の感情認知機構を理解、得られた情報を統合して「優しい介護とは何か」を解明します。それに基づき、(3) 介護のスキルを学べる手法やシステムを開発します。「優しい介護」が被介護者に有効かを可視化する技術も併せて開発し、実際の(4) 医療現場や介護現場において計測・実証確認し有効性を検証します。



脳表現空間インタラクション技術の創出

柳澤 琢史

大阪大学 高等共創研究院 教授

本研究では、皮質脳波および fMRI、MEG を用いて、人の想起・思考内容に対応した多様な脳活動（脳情報）と、外界の多様な意味に対応した計算機内の表現空間とを直接的に結びつける革新的なインタラクションを実現する技術を開発します。また、この技術を実現する神経基盤と脳活動への影響を調べ、脳と計算機表現空間との新たな共生によって生じる影響を明らかにします。



限定合理性を超越する共生インタラクション基盤

中澤 仁

慶應義塾大学 環境情報学部 教授

限定合理性を構成する3つの限界：合理性の限界、働きかけの限界、視野の限界をスマートシティにおいて超越するため、人が情報から最適な行動を決定する過程（研究課題1: 痛感インタラクション）、街に情報を行き渡らせる過程（研究課題2: 介入的インタラクション）、街から正しい情報を獲得する過程（研究課題3: 情報視野拡大インタラクション）、を支援するインタラクション基盤を確立する。



仮想エージェントによる個人適応された 情動社会スキルの訓練

中村 哲

奈良先端科学技術大学院大学 研究推進機構 特任教授

本研究ではソーシャルスキルトレーニング (SST) が社会的スキルの個別化されたトレーニングを提供し、学校や職場でのプレゼンテーションを含む日常的な状況での社会的ストレスを軽減するのを助けるためのツールを研究開発する。本研究では、社会的訓練のための2つの方法、従来のSSTと認知行動療法 (CBT) に基づき、ロールプレイを含んだプラットフォームを設計する。対象群は、内気な人、社交不安障害 (SAD)、自閉スペクトラム症 (ASD) など、さまざまな種類の社会病理を持つ群である。



イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化

https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research_area/ongoing/bunyah28-4.html

戦略目標

急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出



研究総括
栄藤 稔
大阪大学 先進的学際研究機構 教授

領域アドバイザー

砂金 信一郎	LINE(株) 執行役員/Alカンパニー カンパニーCEO
伊藤 久美	オフィスKITO 代表/S OMPOホールディングス(株) 社外取締役
内田 誠一	九州大学 大学院システム情報科学研究科 教授
鬼塚 真	大阪大学 大学院情報科学研究科 教授
鹿志村 香	(株)日立製作所 専門理事/ 研究開発グループ 技師長
佐藤 洋一	東京大学 生産技術研究所 教授
杉山 将	理化学研究所 革新知能統合研究センター センター長/ 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
萩田 紀博	大阪芸術大学 アートサイエンス学科 学科長・教授
松本 勉	横浜国立大学 大学院環境情報研究院/ 先端科学高等研究院 教授
松本 真尚	(株)WIL 共同創業者・ジェネラルパートナー

研究領域概要

21世紀に入り通信ネットワークの発展と通信・センサーデバイスの低廉化によりこれまでの情報通信産業だけでなく、農業や製造業など第一次、第二次産業においても、大規模データを利活用するデータベース技術とそのデータを基にした機械学習によりこれまで不可能であった産業の自動化と最適化が可能になりつつあります。今後、量・種類ともに爆発的に増大する情報を最大限に活用するためのディープラーニング、強化学習等の機械学習を例とする革新的な人工知能基盤技術が広く利用され、様々な分野において将来にわたり効果的に情報が活用される社会の実現が期待されています。今後、データ利活用により、全ての産業においてその構造を変革するような新たなサービス、イノベーションが社会に要請されています。

本研究領域では、実社会の膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・学習・制御するための人工知能基盤技術と、その成果を組み合わせることにより社会問題の解決と産業の自動化・最適化に貢献するイノベーション創発に資する技術の確立を目指します。

具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

- 1) 社会・経済等に貢献するため、多種・膨大な情報を組み合わせ解析する技術開発
- 2) 多種・膨大な情報に基づき、状況に応じ最適化されるシステムのための技術開発
- 3) 多種多様な要素で構成される複雑なシステムに適用可能なセキュリティ技術開発膨大な情報の利活用がさらに高度かつ広範に浸透した将来社会を念頭に、実社会の様々な分野への適用を見据えて、センサー技術、実時間ビッグデータを扱うデータベース技術、システムセキュリティ技術、機械学習を核とするシステム最適化技術等の高度化を進めます。さらに、それらを組み合わせ実世界データを総合的に実時間で処理し理解する情報処理システムを構築するための統合化技術の研究開発を推進します。

本研究領域による研究成果が、モビリティ、ロボティクス、健康・医療・介護、防災・減災、農業、ものづくり等における自動化・最適化を進める際のイノベーション創発の核となることを目指します。

これらに取り組むにあたっては、効果的な産学連携体制を構築しつつ、社会の実問題に取り組むために、基盤研究と統合化研究が互いの課題と成果を共有しながら進展する研究開発に挑みます。すなわち人工知能基盤技術という要素技術を揃えることと、イノベーション創発のために実際にそれを組み合わせ統合化していくことの両面を考慮した研究開発を行います。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト(AIPプロジェクト)の一環として運営します。

FishTechによるサステナブル漁業モデルの創出

飯山 将晃

滋賀大学 データサイエンス学部 教授

水産海洋ドメイン知識・水産海洋センシング・AI技術からなる海洋水産AI技術(FishTech)を確立し、経済性と資源保護を両立させたサステナブル漁業モデルを創出することを目標とする。漁業活動の過程で得られるセンサデータを、魚の生態や海洋物理に関するドメイン知識をパターン認識とデータ同化技術に取り入れた新たな技術によって分析・処理し、操業支援情報や中期漁業経営方策を創成する。



計算機によって多様性を実現する社会に向けた超AI基盤に基づく空間視聴触覚技術の社会実装

落合 陽一

筑波大学 図書館情報メディア系 准教授

AI技術の個人最適化技術と空間視聴触覚技術の統合を通して、人機一体による身体的・能力的困難の克服を目指します。音響提示装置や義手義足などの支援ハードウェアに、ユーザ特性のモデリングやユーザ自身による認識タスク定義を通じた適応的な学習機構を組み合わせることで、多様なニーズに応えるAI基盤を提案します。障がい者コミュニティ等との連携を通して、具体的なユーザとタスクに特化したAI技術の社会実装に取り組みます。



完全自動運転における危険と異常の予測

加藤 真平

東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授

本研究では「走れば走るほど賢くなる自動運転システム」の構築を目指します。ここでいう「賢い」とは、コンピュータによる自律的な認知・判断・操作を行うにとどまらず、周囲の危険と自車の異常を予測できる能力を含みます。危険予測と異常予測の能力を備えることが完全自動運転の安全性と利便性を両立させる最重要課題であり、実用化の鍵を握ります。本研究の目標は、そのための知能化プラットフォームを創出することです。



精神医学×メディア解析技術による心の病の定量化・早期発見と社会サービスの創出

佐藤 真一

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授

うつ病、統合失調症、認知症などの精神疾患の診断や治療は「言葉」を通じて行われます。正しい診断や治療のためには患者さんの言葉を丁寧に理解し症状の特徴を取り出す必要がありますが、客観的に評価したり数値化したりすることが困難でした。本研究では、自然言語処理およびメディア解析技術を利用して、精神疾患の症状を数値化することで疾患への理解を深め、予防や早期発見などの技術開発につなげることを目指します。



社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

篠田 浩一

東京工業大学 情報理工学系 教授

ドライブレコーダーや監視カメラの大量の高精細映像から実時間で物体の検出や異常の検知を行うための、高性能かつ省コストな深層学習アルゴリズム基盤を構築します。この目的のために、機械学習分野と高性能計算分野の研究者が綿密に連携し、システムからアプリケーションまでの多くの要素技術を垂直統合して開発するCo-Designフレームワークのもと、全体の最適化を行います。



プライバシー保護データ解析技術の社会実装

花岡 悟一郎

慶応義塾大学 理工学部 教授

IoT等により収集される膨大なデータに対して最先端人工知能技術を適用することが広く検討されているが、情報漏えいのリスクが深刻な障害となっている。本研究では、本CRESTスモールフェーズにおいて開発を行ったプライバシー保護データ解析技術をもとに、高速・高安全な汎用秘匿化依頼計算エンジンおよびプライバシー保護機械学習エンジンを完成させ、これを本研究に参加する企業に技術移転することで、事業展開を図る。



多施設大規模脳波データによるてんかん診断支援AIの構築

田中 聡久

東京農工大学 大学院工学研究科 教授

脳波を始めとする生理機能検査は、判読できる専門家が極めて少ない現状にあります。これを打破し、世界中のてんかんを始めとする多くの患者が適切な治療を受けられるようにすべく、専門家の知識をAI化し、その知識を共有できるプラットフォームを整備します。



オンデバイス学習技術の確立と社会実装

松谷 宏紀

慶應義塾大学 理工学部 教授

オンデバイス学習アルゴリズム、フェデレーション学習、その周辺技術と集積回路化により、低コストかつ多数のモノが自律的に環境変動に強いインテリジェンスを獲得可能とし、元来、数が多くメンテナンスしにくいエッジAIの自律的運用をサポートします。開発したオンデバイス学習技術は、スマートインダストリー、設備監視、気象センサ、コンシューマ機器、センサタグ等に応用し、ローエンドエッジAIとしての有用性を実証します。



3D画像認識AIによる革新的癌診断支援システムの構築

諸岡 健一

岡山大学 学術研究院自然科学学域 教授

標本採取による細胞診断は、癌の早期発見に有効な検査法の1つです。本研究課題では、超解像多焦点画像列から細胞の3次元形状情報を抽出し、それに基づいた3次元画像認識AIによる細胞レベルで診断する革新的な子宮頸部細胞診自動診断支援システムを開発します。これにより、2次元画像のみを用いる現行機を凌駕する高精度で質の高い細胞診断を実現し、次世代細胞診断の創出を目指します。



AIアプタマー創薬プロジェクト

浜田 道昭

早稲田大学 理工学術院 教授

低分子化合物に替わる次世代の新薬として注目されている「RNAアプタマー」の創薬期間を劇的に短縮するために、アプタマー創薬実験とRNA情報科学・人工知能技術を融合した「AIアプタマー創薬」を確立する。



異種ドメインユーザの行動予測を可能にするペルソナモデルの転移技術

原 隆浩

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授

本研究課題では、異なるドメイン(サービス業者やデータ所有者)で構築されたペルソナモデルの活用を目的とし、ドメイン間でペルソナモデル上の行動予測技術を転移利用するための技術群を研究開発する。研究開発したペルソナモデルおよび技術群は、大規模(数百万ユーザ規模)な実証運用実験によって有効性を詳細に検証する。検証結果に基づいて、モデルおよび提案技術の修正・拡張を施し、実サービスへの適用を検討する。



サステナブル漁業に向けたデータ指向型リアルタイム解析基盤の開発

飯山 将晃

京都大学 学術情報メディアセンター 准教授

資源保護と経済性とを両立させたサステナブル漁業に向け、漁業活動において取得される海洋気象や水産に関する多様なビッグデータを人工知能技術によって分析して、漁業者や自治体などに提供する技術を開発します。具体的には、ビッグデータから、高精度な海の天気予報を行う技術、良い漁場を見つけ出す技術を開発し、そこで得られた情報を利用者に提供するサステナブル漁業に向けたイノベーションを創発します。



放牧牛のインタラクション分析による革新的飼養管理技術の開発

大川 剛直

神戸大学 大学院システム情報学研究科 教授

高齢化や後継者不足が深刻化している和牛農家を対象に、放牧牛の飼養管理の省力化・低コスト化を可能とする革新的なシステムの開発に取り組みます。牛の社会性に着目することで、観測が容易でない牛の微弱な状態発現を群内の他の牛とのインタラクションに基づいて検知するという極めてユニークな着想のもと、その実現に向けて、多様なインタラクション情報の抽出・分析・解釈と統合化のための新しい技術を開発します。



完全自動運転における危険と異常の予測

加藤 真平

東京大学 大学院情報理工学系研究科 准教授

本研究では「走れば走るほど賢くなる自動運転システム」の構築を目指します。ここでいう「賢い」とは、コンピュータによる自律的な認知・判断・操作を行うにとどまらず、周囲の危険と自車の異常を予測できる能力を含みます。危険予測と異常予測の能力を備えることが完全自動運転の安全性と利便性を両立させる最重要課題であり、実用化の鍵を握ります。本研究の目標は、そのための知能化プラットフォームを創出することです。



自然言語処理による心の病の理解・未病で精神疾患を防ぐ

岸本 泰士郎

慶應義塾大学 医学部 専任講師

うつ病、統合失調症、認知症などの精神疾患の診断や治療は「言葉」を通じて行われます。正しい診断や治療のためには患者さんの言葉を丁寧に理解し症状の特徴を取り出す必要がありますが、客観的に評価したり数値化したりすることが困難でした。本研究では、自然言語処理を利用して、精神疾患の症状を数値化することで疾患への理解を深め、予防や早期発見などの技術開発につなげることを目指します。



サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ機構

佐藤 克文

東京大学 大気海洋研究所 教授

海上を広く飛び回る海鳥類や、水面下を広範囲に移動する魚類・海亀・海棲哺乳類に小型の記録計を取り付け（バイオロギング）、得られる現場データを大型計算機に入力することで、海象・気象に関する計算結果の精度が向上します。海水温・海表面流・波浪・海上風などの環境情報を“サイバーオーシャン”としてウェブサイト経由で広く公開すれば、予報の精度が上がり、海運業者や漁業者のコスト削減や、海難被害の軽減に役立ちます。



未知事物検索・認識基盤によるメディア消費者の体験・行動センシング

佐藤 真一

情報・システム研究機構 国立情報学研究所 教授

放送映像・SNS・ライフログ等の動的に変動するメディアから顕著な変化やトレンド等を検出する未知事物検索・認識技術を開発し、人々が放送映像やSNSからどのような情報を読み取っているのか、それを受けてどのように行動したのかを観測する基盤を構築します。これにより、新商品等の新たなトレンドの早期検出、購買行動を引き起こす効果的なマーケティング戦略の解析、人々を人道的行動に駆り立てる仕組みの解析等を目指します。



社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤

篠田 浩一

東京工業大学 情報理工学院 教授

ドライブレコーダーや監視カメラの大量の高精細映像から物体の検出や異常の検知を行うための、高性能かつ実時間で深層学習・解析を行うアルゴリズム基盤を構築します。高性能計算に関するハードウェアからアプリケーションまでの4つの異なる階層、ノード内処理、ノード間並列処理、学習処理、ネットワーク処理の研究者が互いに綿密に連携することで、従来と比較して1000分の1のメモリで1000倍高速な処理を目指します。



安全な秘匿化データ処理を実現する汎用依頼計算技術

花岡 悟一郎

情報通信研究機構 サイバーセキュリティセンター 副センター長

情報漏洩の心配のないサービスを、誰でも、いつでも、圧倒的低コストで提供可能とすることを目指します。本研究では、最先端暗号技術の統合によりサービスごとの個別設計を不要とする汎用の秘匿化技術を創出し、依頼に応じて秘匿化データ処理を代行する汎用秘匿化依頼計算システムの開発を行います。人工知能に基づく自動健康診断をはじめとする、個人ごとにきめ細かなサービスが提供される優しい社会の実現に貢献します。



人工知能を用いた統合的ながん医療システムの開発

浜本 隆二

国立がん研究センター 研究所 分野長

本研究は、国立がん研究センターに蓄積されている、膨大な患者さんの詳細な臨床情報やマルチオミックスデータ（ゲノム、エピゲノム、画像情報、microRNAなど）、さらに文献情報を、人工知能を利用して統合的に解析し、日本人がん患者さんのための革新的ながん医療システムを開発すること、を目的としています。また開発されたシステムを、社会全般に普及させることにより、がん医療の向上を推進いたします。



複数組織データ利活用を促進するプライバシー保護データマイニング

盛合 志帆

情報通信研究機構 サイバーセキュリティ研究所 室長

複数の異なる業種・組織が有する実社会の膨大なデータを統合して利活用する際に、プライバシー保護やデータ機密性の確保が課題となっています。本研究課題では、暗号技術や人工知能技術を活用し、プライバシーを保護した状態で高速にデータ分析や異常検知を行う技術の研究開発を行います。この技術を金融分野における不正送金検知や顧客に合わせた金利決定の支援に応用し、フィンテックにおけるイノベーション創出を目指します。



2017年度採択 計算機によって多様性を実現する社会に向けた超AI基盤に基づく空間視聴触覚技術の社会実装

落合 陽一

筑波大学 図書館情報メディア系 准教授

AI技術の個人最適化技術と空間視聴触覚技術の統合を通して、人機一体による身体的・能力的困難の超克を目指します。音響提示装置や義手足などの支援ハードウェアに、ユーザ特性のモデリングやユーザ自身による認識タスク定義を通した適応的な学習機構を組み合わせることで、多様なニーズに応えるAI基盤を提案します。障がい者コミュニティ等との連携を通して、具体的なユーザとタスクに特化したAI技術の社会実装に取り組みます。



AI技術を用いた法的文書作成支援

角田 篤泰

中央大学 国際情報学部 教授

法令、約款、契約書など、法的な効力を持つ法的文書のAI技術による作成支援が目的であり、大量の法的文書から多様なケースに応じた法的文書のテンプレートを自動合成し、ユーザがそのテンプレートの一部に書き込むことで法的文書が作成できるようなAIシステムとして実現します。さらに、これらのテンプレートを利用して法的文書の機械的検証システムや法的文書執筆のための教育支援システムの実現も行います。



サイバー脅威ビッグデータの解析によるリアルタイム攻撃検知と予測

関谷 勇司

東京大学 情報基盤センター 教授

本研究は、増加するサイバー攻撃に対抗するために、攻撃の兆候をリアルタイムに分析することで発生し得る攻撃とその深刻度、影響範囲を予測することを目指します。これにより、今まで担当者の属人的な能力にて担われていたセキュリティ事案に対する対応を、人工知能を用いてサポートします。さらに、本研究にて機械学習を用いたサイバー攻撃分析の手法と知見を確立し、そのデータと手法をオープンデータとして公開することを目指します。



脳波の機械判読によるてんかん診断・治療支援AIの構築

田中 聡久

東京農工大学 大学院工学研究院 教授

てんかん患者の脳波と、医師による診断を学習する「診断・治療支援AI」を実現します。てんかんは我が国に100万人の患者がいる一方、脳波を判読できる医師は600名程度と限られています。発作による交通事故は毎年一定数発生するなど、社会的対策が急務です。本研究課題では、病院で測定した脳波に対して、専門医の判断を学習できるシステムを構築します。そのために、脳波データを整形し、その意味を学習できる技術を開発します。



リアルタイム性と全データ性を両立するエッジ学習基盤

松谷 宏紀

慶應義塾大学 理工学部 准教授

工場やネットワークサービス等で生成されるビッグデータは絶えず生じるストリームデータです。このようなビッグデータを学習し、異常検知や監視を自動化するには、傾向の変化をすぐさま学習結果に反映できなければなりません。ビッグデータの学習は時間のかかる処理です。本研究では、全データを学習に使いつつも、直近のデータを学習結果に反映可能なAI基盤を構築し、工場等を対象とした実験を通して有効性を実証します。



3D画像認識AIによる革新的癌診断支援システムの構築

諸岡 健一

岡山大学 大学院自然科学研究科 教授

標本採取による細胞診断は、癌の早期発見に有効な検査法の1つです。本研究課題では、超解像多重焦点画像列から細胞の3次元形状情報を抽出し、それに基づいた3次元画像認識AIによる細胞レベルで診断する革新的な子宮頸部細胞診自動診断支援システムを開発します。これにより、2次元画像のみを用いる現行機を凌駕する高精度で質の高い細胞診断を実現し、次世代細胞診断の創出を目指します。



2018年度採択 人工知能技術を用いた革新的アプタマー創薬システムの開発

浜田 道昭

早稲田大学 理工学術院 教授

本研究提案は、次世代新薬の要である「RNAアプタマー」の創薬のプロセスの劇的な短縮および成功率の向上を実現し、医薬品開発にブレイクスルーを起こすことを目的とします。そのために、アプタマー創薬プロセスの短縮化までのステップを人工知能技術と核酸インフォマティクスにより自動化した「AIアプタマー創薬システム」の研究開発を行い、製薬企業のリポビックスに導入しその汎用性・有効性を検証した後に公開します。



異種ドメインユーザの行動予測を可能にするペルソナモデルの転移技術

原 隆浩

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授

本研究課題では、異なるドメイン（サービス業者やデータ所有者）で構築されているペルソナモデルを活用することを目的とし、ドメイン間でペルソナモデル上の行動予測技術を転移利用するための技術群を研究開発します。研究開発した技術群は、KDDI総合研究所を中心として、関連・連携企業を含めた大規模（数百万ユーザ規模）な実証運用実験によって有効性を詳細に検証します。



キーワード	研究領域名	研究総括・副研究総括	発足年度	終了年度	課題数
コロナ基盤	異分野融合による新型コロナウイルスをはじめとした感染症との共生に資する技術基盤の創生	岩本 愛吉	2020年	2023年	10
量子技術	量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出	荒川 泰彦	2016年	2023年	19
次世代フォトニクス	新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの基盤技術	北山 研一	2015年	2023年	16
微小エネルギー	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	谷口 研二・秋永 広幸	2015年	2023年	24
革新的触媒	多様な天然炭素資源の活用に資する革新的触媒と創出技術	上田 渉	2015年	2023年	12
植物頑健性	環境変動に対する植物の頑健性の解明と応用に向けた基盤技術の創出	田畑 哲之	2015年	2023年	12
1細胞	統合1細胞解析のための革新的技術基盤	菅野 純夫	2014年	2021年	13
二次元	二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出	黒部 篤	2014年	2021年	11
数理モデリング	現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築	坪井 俊	2014年	2021年	11
知的情報処理	人間と調和した創造的協働を実現する知的情報処理システムの構築	萩田 紀博	2014年	2021年	11
キャリア	再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための革新的基盤技術の創出	江口 浩一	2013年	2021年	9
ナノエレクトロニクス	素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成	桜井 貴康・横山 直樹	2013年	2021年	10
超空間	超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製	瀬戸山 亨	2013年	2021年	12
ビッグデータ応用	科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化	田中 譲	2013年	2021年	9
ビッグデータ基盤	ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化	喜連川 優・柴山 悦哉	2013年	2021年	11
EMS	分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開	藤田 政之	2012年	2020年	28
構造生命	ライフサイエンスの革新を目指した構造生命科学と先端の基盤技術	田中 啓二	2012年	2019年	18
分子技術	新機能創出を目指した分子技術の構築	山本 尚	2012年	2019年	15
生命動態	生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出	山本 雅	2011年	2019年	15
相界面	エネルギー高効率利用のための相界面科学	花村 克悟	2011年	2018年	13
CO ₂ 資源化	二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力強化と生産物活用のための基盤技術の創出	磯貝 彰	2011年	2018年	13
海洋生物多様性	海洋生物多様性および生態系の保全・再生に資する基盤技術の創出	小池 勲夫	2011年	2018年	16
藻類バイオエネルギー	藻類・水圏微生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創成のための基盤技術の創出	松永 是	2010年	2017年	13
元素戦略	元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出	玉尾 皓平	2010年	2017年	12
ポストベタスケール	ポストベタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の創出	佐藤 三久	2010年	2017年	14
太陽光利用	太陽光を利用した独創的グリーンエネルギー生成技術の創出	山口 真史	2009年	2016年	15
水利用	持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム	大垣 眞一郎・依田 幹雄	2009年	2016年	17
情報環境	共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築	西田 豊明	2009年	2016年	17
CO ₂ 抑制	二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出	安井 至	2008年	2015年	15
光展開	先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開	伊藤 正	2008年	2015年	16
ナノシステム	プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製	曾根 純一	2008年	2015年	16
ナノ構造体	プロセスインテグレーションに向けた高機能ナノ構造体の創出	入江 正浩	2008年	2015年	16
数学	数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索	西浦 廉政	2007年	2015年	13
疾患代謝産物	疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出	清水 孝雄	2013年	2014年	13
恒常性	生体恒常性維持・変容・破綻機構のネットワークの理解に基づく最適医療実現のための技術創出	永井 良三	2012年	2014年	17
エピゲノム	エピゲノム研究に基づく診断・治療へ向けた新技術の創出	山本 雅之・牛島 俊和	2011年	2014年	19
炎症	炎症の慢性化機構の解明と制御に向けた基盤技術の創出	宮坂 昌之	2010年	2014年	17
脳神経回路	脳神経回路の形成・動作原理の解明と制御技術の創出	小澤 滯司	2009年	2014年	19
IPS細胞	人工多能性幹細胞(IPS細胞)作製・制御等の医療基盤技術	須田 年生	2008年	2014年	23
免疫機構	アレルギー疾患・自己免疫疾患などの発症機構と治療技術	菅村 和夫	2008年	2014年	15
精神・神経	精神・神経疾患の分子病態理解に基づく診断・治療へ向けた新技術の創出	樋口 輝彦	2007年	2014年	14
次世代デバイス	次世代エレクトロニクスデバイスの創出に資する革新材料・プロセス研究	渡辺 久恒	2007年	2014年	18
DVLSI	ディベンダブルVLSIシステムの基盤技術	浅井 彰二郎	2007年	2014年	11
ナノ界面	ナノ界面技術の基盤構築	新海 征治	2006年	2013年	15
ナノ製造	ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成	堀池 靖浩	2006年	2013年	16
組込みOS	実用化を目指した組込みシステム用ディベンダブル・オペレーティングシステム	所 眞理雄・村岡 洋一	2006年	2013年	9
生命システム	生命システムの動作原理と基盤技術	中西 重忠	2006年	2012年	9
代謝	代謝調節機構解析に基づく細胞機能制御基盤技術	西島 正弘	2005年	2012年	15

キーワード	研究領域名	研究総括・副研究総括	発足年度	終了年度	課題数
光科学	新機能創成に向けた光・光子科学技術	伊澤 達夫	2005年	2012年	16
センシング	先進的統合センシング技術	板生 清	2005年	2012年	15
ULP	情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術	南谷 崇	2005年	2012年	12
マルチ	マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション	矢川 元基	2005年	2012年	21
物質現象	物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術	田中 通義	2004年	2011年	16
生命現象	生命現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術	柳田 敏雄	2004年	2011年	14
デジタルメディア	デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術	原島 博	2004年	2011年	12
量子情報処理	量子情報処理システムの実現を目指した新技術の創出	山本 喜久	2003年	2010年	12
脳の発達	脳の機能発達と学習メカニズムの解明	津本 忠治	2003年	2010年	15
糖鎖	糖鎖の生物機能の解明と利用技術	谷口 直之	2002年	2009年	16
テーラーメイド医療	テーラーメイド医療を目指したゲノム情報活用基盤技術	笹月 健彦	2002年	2009年	13
シミュレーション	シミュレーション技術の革新と実用化基盤の構築	土居 範久	2002年	2009年	17
たんぱく質	たんぱく質の構造・機能と発現メカニズム-たんぱく質の機能発現メカニズムに基づく革新的な新薬、診断技術及び物質生産技術の創製を目指して-	大島 泰郎	2001年	2008年	17
免疫難病	免疫難病・感染症等の先進医療技術-遺伝子レベルでの発症機構の解明を通じた免疫難病・感染症の新たな治療技術の創製を目指して-	岸本 忠三	2001年	2008年	14
情報社会	情報社会を支える新しい高性能情報処理技術-量子効果、分子機能、並列処理等に基づく新たな高速大容量コンピューティング技術の創製を目指して-	田中 英彦	2001年	2008年	11
水循環	水の循環モデリングと利用システム-水資源と気候、人間活動との関連を踏まえた水資源の循環予測・維持・利用のシステム技術の創製を目指して-	虫明 功臣	2001年	2008年	17
ナノデバイス	超高速・超省電力高性能ナノデバイス・システムの創製	榊 裕之	2002年	2007年	10
ナノファクトリー	高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測	蒲生 健次	2002年	2007年	8
ナノ構造体材料	高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用	福山 秀敏	2002年	2007年	9
ソフトナノマシン	ソフトナノマシン等の高次機能構造体の構築と利用	宝谷 紘一	2002年	2007年	10
自己組織化	医療に向けた自己組織化等の分子配列制御による機能性材料・システムの創製	茅 幸二	2002年	2007年	10
ナノ構造触媒	環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製	御園生 誠	2002年	2007年	11
エネルギー高度利用	エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製	藤嶋 昭	2002年	2007年	10
新しい物理現象	新しい物理現象や動作原理に基づくナノデバイス・システムの創製	梶村 皓二	2002年	2007年	11
バイオ素子	医療に向けた化学・生物系分子を利用したバイオ素子・システムの創製	雀部 博之	2002年	2007年	15
生物の発生	生物の発生・分化・再生	堀田 凱樹	2000年	2007年	14
植物	植物の機能と制御	鈴木 昭憲	2000年	2007年	17
高度メディア社会	高度メディア社会の生活情報技術	長尾 眞	1999年	2006年	12
電子・光子	電子・光子等の機能制御	菅野 卓雄	1998年	2005年	14
分子複合系	分子複合系の構築と機能	櫻井 英樹	1998年	2005年	15
ゲノム	ゲノムの構造と機能	大石 道夫	1998年	2005年	14
内分泌	内分泌かく乱物質	鈴木 継美	1998年	2005年	17
資源循環	資源循環・エネルギーミナムシステム技術	平田 賢	1998年	2005年	16
脳を知る	脳を知る	久野 宗	1998年	2004年	7
脳を守る	脳を守る	杉田 秀夫	1997年	2004年	13
脳を創る	脳を創る	甘利 俊一	1997年	2004年	12
地球変動	地球変動のメカニズム	浅井 富雄	1997年	2004年	13
生命活動	生命活動のプログラム	村松 正實	1995年	2002年	23
生体防御	生体防御のメカニズム	橋本 嘉幸	1995年	2002年	21
量子効果	量子効果等の物理現象	川路 紳治	1995年	2002年	19
単一分子・原子	単一分子・原子レベルの反応制御	山本 明夫	1995年	2002年	19
極限環境	極限環境状態における現象	立木 昌	1995年	2002年	21
脳の機能	脳を知る(脳の機能)	大塚 正徳	1995年	2002年	19
環境低負荷	環境低負荷型の社会システム	茅 陽一	1995年	2002年	21

※終了年度は延長を含めた最後の課題の終了年度を表しています。



国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略研究推進部

〒102-0076 東京都千代田区五番町7K's五番町

TEL/03-3512-3531 FAX/03-3222-2066

e-mail: crest@jst.go.jp

事業URL: <https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/>

X: https://twitter.com/jst_kisokenkyu

note: https://note.com/jst_kisokenkyu



JSTはダイバーシティを推進しています

<https://www.jst.go.jp/kisoken/crest/nadeshiko/>

