

立命館グローバル・イノベーション研究機構



自然環境と人口・年齢構成の変化への 挑戦を融合した地球共生型社会の実現

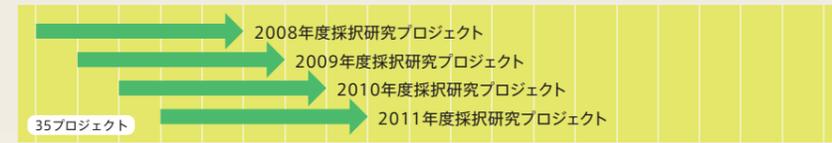
立命館グローバル・イノベーション研究機構(R-GIRO)の設立理念は持続可能で豊かな社会(サステナビリティ)の追求であり、2008年の設立以来、持続可能な社会形成のために解決すべき課題に焦点を絞り、教育・研究を通じて社会貢献していくための組織的な機構として活動を進めてきました。

これまでR-GIROはその設立理念にもとづき、「地球の自然回帰を目指した自然共生型社会モデルの形成」「少子高齢化に対応する生命力と創造性あふれる人間共生型社会モデルの形成」に向けた多くの研究成果を創出してきました。21世紀でも地球上では人口が増加し、地下資源・食料が枯渇している環境禍で、人口減少傾向の日本の持続可能性を

示唆する地球共生型社会モデルの形成するため、「自然環境の変化および人口・年齢構成の変化の挑戦」に軸足を置い

た「第4期拠点形成型R-GIRO研究プログラム」(研究拠点I~IV)を2021年4月より開始しています。

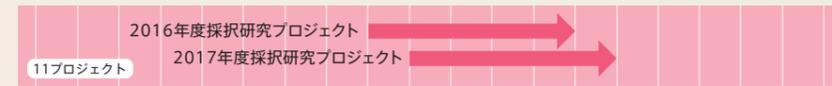
第1期 特定領域型R-GIRO研究プログラム



第2期 拠点形成型R-GIRO研究プログラム



第3期 拠点形成型R-GIRO研究プログラム



第4期 拠点形成型R-GIRO研究プログラム



第4期 R-GIRO研究プログラム プロジェクト一覧

研究拠点	プロジェクトテーマ	プロジェクトリーダー	職名	所属	研究期間	掲載ページ
I	気候変動に対応する生命圏科学の基盤創生	三原 久明	教授	生命科学部	2021年度～2025年度	P3
	資源パラドックス問題の解決に向けたマルチバリュー循環研究拠点	山末 英嗣	教授	理工学部	2021年度～2025年度	P5
	カーボンニュートラル実現へ向けた高効率エネルギー利用技術創成拠点	折笠 有基	教授	生命科学部	2022年度～2026年度	P7
	物質の時空間制御を実現する有機資源の有効利用	前田 大光	教授	生命科学部	2022年度～2026年度	P9
II	人類史的にみた災害・食糧危機に対するレジリエンス強化のための学際的研究拠点	小川 さやか	教授	先端総合学術研究科	2022年度～2026年度	P11
III	センサ・マイクロマシンがつなぐ革新的サイバーフィジカルシステムモデルの医療健康分野への展開	小西 聡	教授	理工学部	2021年度～2025年度	P13
	プレジジョンヘルスケアの社会浸透を推進するための総合知活用型研究拠点形成	家光 素行	教授	スポーツ健康科学部	2022年度～2026年度	P15
	記号創発システム科学創成：実世界人工知能と次世代共生社会の学術融合研究拠点	谷口 忠大	教授	情報理工学部	2022年度～2026年度	P17
IV	「心の距離メータ」を用いたフィジカル/サイバー空間における人間関係構築技術の開発	岡田 志麻	教授	理工学部	2021年度～2025年度	P19
	高齢者の認知的コミュニケーションの支援に向けた学際的研究拠点の形成	林 勇吾	教授	総合心理学部	2021年度～2025年度	P21
	高齢者社会を豊かにする視覚3C創成プロジェクト～細胞(Cell)・回路(Circuit)・認知(Cognition)～	小池 千恵子	教授	薬学部	2021年度～2025年度	P23

気候変動に対応する 生命圏科学の基盤創生

プロジェクトリーダー

- 生命科学部生物工学科 教授

三原 久明 (写真中央)

グループリーダー

- 理工学部環境都市工学科 准教授

長谷川 知子 (写真左中)

- 生命科学部生物工学科 教授

石水 毅 (写真左)

- 生命科学部生物工学科 教授

松村 浩由 (写真右中)

- 生命科学部生命情報学科 教授

深尾 陽一朗 (写真右)



今後100年間の重要課題を解決する 持続可能な戦略と科学技術基盤を創出する

異分野が結集して気候変動下の課題解決に挑み 新学術領域「気候変動対応生命圏科学」の創生を目指す

本研究プロジェクトは、「暴れる気候」ともいうべき気候変動が日常化しつつある地球において、今後100年間に対応すべき重要課題(100年課題)を解決するための持続可能な戦略と科学技術基盤を創出することを目的としています。「100年課題」として、農業、食料、植林・森林、木材生産、CO₂吸収、バイオエネルギー作物、自然環境保全、気候変動、生物多様性保全を設定。植物科学、農学、微生物学、古気候学、農業経済学、国際法学など多様な分野を結集してこれらの課題に取り組めます。

それぞれの専門分野の第一線で世界とわたり合う研究実績を持つメンバーが参画しているのが、本研究プロジェクトの強みです。異文化間で得られる学術知見を循環させ、課題解決に向けてそれを高度化・精緻化。気候変動対策における科学技術と経済社会、国際法・政策に関わる広範な学術分野を包括するこれまでにない新しい学術領域として「気候変動対応生命圏科学」の創生に挑みます。分子から微生物、人の営み、生態系までマルチスケールの階層構造として「生命圏」を捉え、太古から未来に至る時間軸でそれらの相互作用を解明するとともに、広範な分野にまたがって重要課題を解決する基盤の構築を目指します。

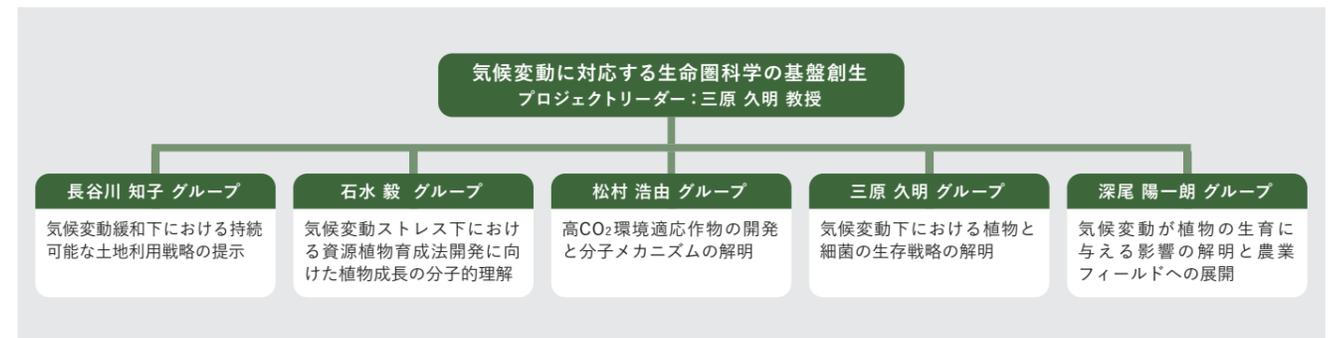
気候変動シミュレーションから遺伝子・分子レベルの分析 農業技術の社会実装までマルチスケールで研究

目的達成に向け、五つのグループがそれぞれに目標を掲げて研究を推進します。まず長谷川グループでは、気候変動に関わるシミュレーションを活用し、持続可能な農林業・土地利用の戦略を提示すること

を目的としています。国際社会で掲げられた野心的な温室効果ガス排出削減目標の達成を可能にする農林業や森林管理・土地利用とはどのようなものか、またその実現にはどのような対策・施策が必要か、人々の行動変化や社会発展や改革はいかなるものか、「世界応用一般均衡モデル」や「世界土地利用分配モデル」など国際的に信頼性の高いいくつかのシミュレーションモデルを用いて明らかにします。加えて古気候学の視点も導入します。日本の水月湖、およびメキシコのサン・クラウディオ湖から採取した年縞堆積物を分析。過去の気候変動と農耕・文明の関係性を解析し、その知見を農林業・土地利用の戦略構築に取り入れます。さらに気候変動や生物多様性保全に関する多国間環境協定や国際条約を分析し、今後100年間に人類がとるべき諸施策の提示を目指します。

二つ目の石水グループは、植物成長の分子機構を理解し、気候変動のストレスに対応できる資源植物の育成技術を開発することを目標としています。まず取り組むのが、植物成長のメカニズムの解明です。植物成長が起こる細胞では、細胞壁成分のペクチンが盛んに合成されることが知られています。しかしその生合成に関わる約30もの糖転移酵素のうち、遺伝子が同定されたのはわずか5種類しかありません。この謎に包まれた細胞壁多糖ペクチン合成酵素を解析し、合成の分子メカニズムを解明。その知見を、植物成長を促す技術開発に活かします。加えて、植物がさまざまなストレスに応答する特化代謝物であるフラボノイド配糖体にも注目し、その合成の分子メカニズムとストレス応答機構を解明するとともに、気候変動下における植物の育成につなげます。

三つ目の松村グループは、気候変動によって大気中のCO₂濃度が高まる将来を想定し、「高CO₂環境」に適応できる作物の開発とその分子メカニズムの解明に取り組めます。本グループでは、これまでにCO₂濃縮機構を持つC4植物の酵素をイネに導入。遺伝子組み換えによって



高CO₂環境下でイネの光合成効率を上昇させることに成功しました。この知見を活用し、高CO₂環境に適応する作物の作出を試みるとともに、C4植物のCO₂濃縮メカニズムの解明に挑みます。また長谷川グループの気候変動シミュレーションの知見を導入して50年後のCO₂濃度を推定することで、より未来の環境に適応可能性の高い作物の開発を目指します。

四つ目の三原グループは、二つの観点から気候変動によって想定される環境における微生物と植物の「生存戦略」に迫ろうとしています。まず応用微生物学を専門とする三原チームは、灼熱、極寒、乾燥、無酸素といった地球上のあらゆる環境に適応しながら棲息している微生物に焦点を当てます。いまだわかっていない微生物の代謝系を解明し、新たな代謝経路を見出すことで、微生物代謝作用を利用した新しい気候緩和策を示そうとしています。もう一つ植物病理学を専門とする竹田チームでは、環境変化の中、ウイルスや細菌といった病原体と植物の間のせめぎ合いを分子レベルで明らかにしようとしています。さらにその成果を気候変動下での植物の病害対策に役立てるとともに、ゲノム編集を利用してウイルスや細菌に抵抗性を持った品種の作出も試みます。

最後に深尾グループは、さまざまな環境変化にあっても持続的に作物を生育するための農業技術を確立し、農業フィールドへの展開を図ります。一つには、農作物が本来備えている頑健性を引き出すことです。木炭を製造する際に副産物として得られる木酢液を活用し、作物の収量向上や安定化を試みます。もう一つは、「異科接ぎ木技術」の活用です。接ぎ木は本来同じ科の植物でのみ成立すると考えられてきました

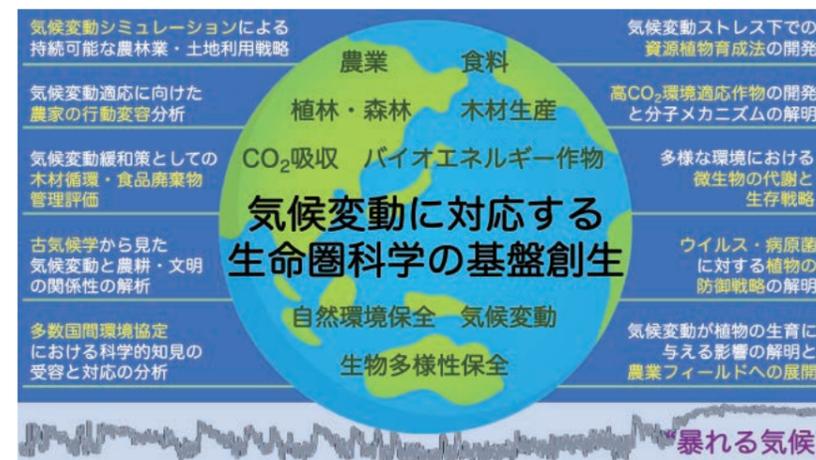
が、タバコ属植物はこれまで試験されたすべての植物と「異科接ぎ木」が可能であることが示されています。このタバコの持つ「異科接ぎ木」能力を解明するとともに、タバコを活用して多様な環境で農作物の収穫を可能にする異科接ぎ木の実現を目指します。さらに植物の生育に与える気候変動とミネラル吸収率との関係も検討します。

異分野結集型研究拠点としての強みを活かし 若手研究者の育成にも尽力する

本研究プロジェクトは、第3期R-GIROに取り組んだ「90億人時代に向けた気候変動対応型農業の基盤創生」プロジェクトを飛躍的に発展・展開させるものです。第3期においては数多くの高インパクトな学術成果を挙げ、世界に存在感を示しました。この研究力と確固とした異分野連携体制を継承しつつ、農業からさらにパースペクティブを広げることで、100年後も持続可能な社会に貢献し得る制度・政策の提言につなげたいと考えています。

研究だけでなく、若手研究者の育成においても大きな役割を果たします。異分野結集型研究として、学術分野を超えて全グループのメンバーが採用に関わり、旺盛な好奇心と意欲に満ちた若手研究者を採用。新学術領域の創生の一端を担う刺激的な研究に携わり、経験と研究実績を増やし、その後のキャリアアップを力強く後押しします。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



IntCal13のデータに採用された水月湖年縞

Contact
立命館大学 研究部 BKCRリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00~17:30)

資源パラドックス問題の解決に向けた マルチバリュー循環研究拠点



プロジェクトリーダー

理工学部機械工学科 教授

山末 英嗣 (写真中央)

グループリーダー

理工学部機械工学科 教授

伊藤 隆基 (写真右)

理工学部環境都市工学科 教授

橋本 征二 (写真左)

世界が抱える「資源パラドックス問題」を解決し 真の意味でのグリーンイノベーションを実現する

「資源パラドックス問題」を誘発している製品を抽出し 技術・社会システム・政策から解決策を提示する

世界中の企業や研究者が現在、あらゆる科学技術を駆使し、人類が直面する環境問題を解決に導く「グリーンイノベーション」を創発しようと力を尽くしています。しかし中には脱炭素・脱物質を実現するために過剰に資源を投入し、かえって逆効果をもたらしている現象も見られます。

人々の生活を支えるさまざまな製品を生産するには多くの資源を必要とします。プロジェクトリーダーである山末は、これまでに「資源消費」を採掘活動量という視点から評価する「関与物質総量 (Total Material Requirement)」という指標を用い、さまざまな製品の資源効率を評価してきました。山末の概算によると、日本では直接的な重量という意味においては脱物質化が進んでいるものの、資源の採掘活動量、すなわち資源消費はむしろ増加していることが明らかになっています。「資源パラドックス問題」と定義づけられたこの矛盾を解決しない限り、本当の意味での脱炭素化・脱物質化はありません。

本研究プロジェクトでは、この「資源パラドックス問題」を誘発している製品を抽出し、それを回避するための方策を「技術」、および「社会システム」と「政策パッケージ」の視点から検討することで、製品の持つ多様な機能をできる限り有効に活用するマルチバリュー循環を実現し、真に持続可能な社会の構築に貢献することを目指します。

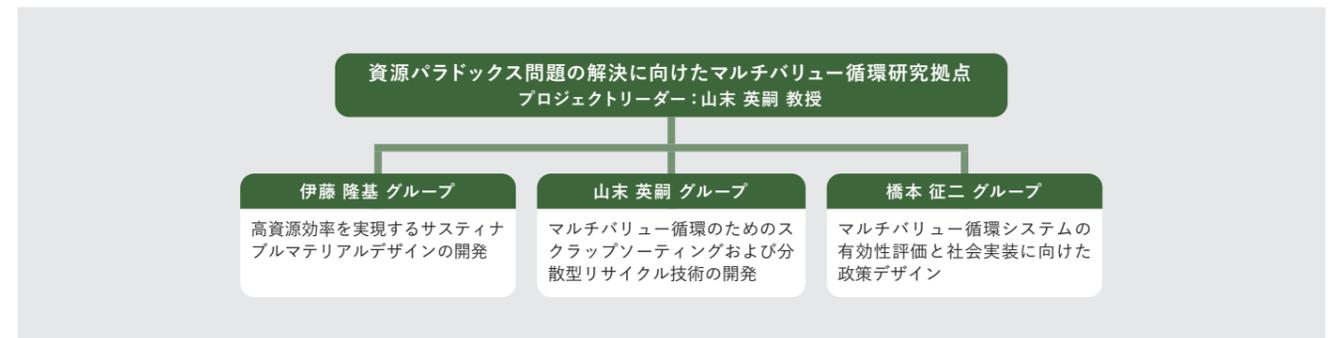
材料・加工技術、リサイクル技術の開発とともに 社会システムや制度面から課題解決に迫る

山末のこれまでの研究で、種々の製品は、製造段階の資源消費は

少ないけれど使用するほどそれが大きくなる「消費段階支配型製品」と、逆に製造段階での資源消費が相対的に大きい「製造段階支配型製品」に大別できることが示されています。研究にあたっては、グリーンイノベーションに関わる種々の製品をこの二つに類型化します。それを基礎データとし、三つのグループが有機的に連携しながら研究を遂行します。

一つ目の伊藤グループは、二つの資源消費パターンそれぞれに適した材料・加工プロセスの開発に取り組みます。「消費段階支配型製品」に対しては適材適所で資源を投入し、電力といった使用段階での資源消費が小さくなるようにします。そのため材料ごとに変形、破壊、寿命などの強度特性を明らかにし、最適強度を評価する手法も含めて開発します。一方、「製造段階支配型製品」に対しては、資源を投入するのではなく組織制御あるいはリサイクル材を積極的に利用することで対応します。チームリーダーである山末は、第1期 R-GIRO において伸びと強度を同時達成する調和組織材料の開発に成功していますが、本プロジェクトではそれをさらに発展させ、チタン製高強度・高韌性材料や耐衝撃性に優れた鉄鋼材料など、レアメタルなどを必要としないユビキタス高機能材料を創製します。また脱資源型の新しい材料加工・精密研磨プロセスの開発も試みます。さらに別角度のアプローチとして、将来多くの製品に使用される可能性が高く、しかも資源負荷が高いリチウムイオン電池に着目。私立大学としては立命館大学が唯一所有する放射光施設を活用することでリチウムイオン電池材料を構成する元素を原子レベルで分析し、電池の劣化機構の解明に挑みます。

続いて山末グループでは、三つのアプローチで高付加価値かつ低コストでリサイクルできる技術の開発に取り組みます。第一には、使用済み製品を部品ごとに分別することです。画像認識技術を用いて電子基板・電子部品を自動で高速選別する技術の開発を進めます。第二の



課題は、使用済み製品・部品に含まれる多種多様な材料を選別すること。例えば電子基板には金や銀、パラジウムなどの貴金属が含まれていますが、現在のところリサイクル現場に導入可能な選別手法はありません。本グループでは、レーザー誘起ブレイクダウン分光法を応用し、基板中の有価金属の組成を迅速に解析する技術を開発。画像認識技術を併用することで迅速かつ高精度なスクラップソーティング技術の確立を目指します。そして第三には、選別した材料を効率的にリサイクルすることです。リサイクルにおける大きな課題の一つは、使用済み製品をリサイクル工場に集約するのに莫大な輸送コストがかかることです。そこで本グループでは、熱源にマイクロ波を使った小規模・高効率なリサイクル技術を開発し、分散型リサイクル拠点の構築を可能にしようとしています。小型化しても熱効率が落ちにくいのが、マイクロ波の強みです。予備研究において、リチウムイオン電池に含まれるコバルト酸リチウムを還元するのに通常の電熱炉では約1時間要するところ、マイクロ波では最速数十秒しかからないことを実証しています。このプロセスをリサイクルに応用し、コバルトやニッケル、リチウム、マンガン、鉛の他、希土類元素の高速・高効率還元プロセスの開発に取り組みます。

三つ目の橋本グループは、グリーンイノベーションに関わる種々の製品、および伊藤・山末各グループが開発した新しい材料や技術について、「ライフサイクル」という視点から環境影響低減効果や資源効率の変化を定量的に評価します。加えて社会システムによって資源消費を抑える方法にも注目します。自動車を事例としてシェアリングの社会実

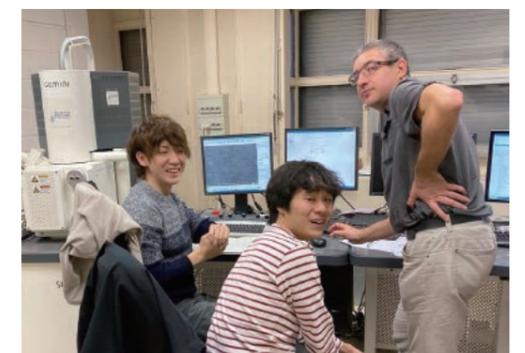
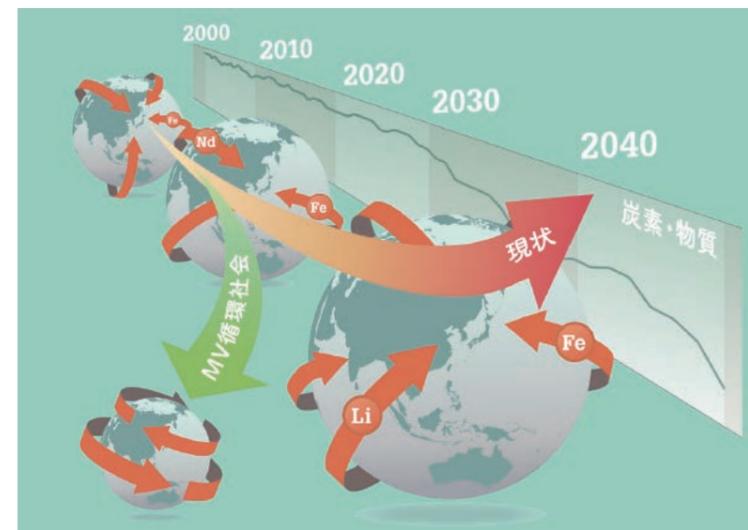
装によって社会全体で資源利用強度やライフサイクル二酸化炭素排出量がどのように変化するかを予測し、カーシェアリングが効果的になるための条件・戦略を立案します。これらの研究成果を、伊藤・山末グループが開発した技術を社会実装するための政策・施策の提言へとつなげます。

「関与物質総量」データベースを強みに研究を推進 世界にイニシアティブを取る国際研究拠点を目指す

多くの企業や政府は「資源パラドックス問題」に薄々気づいていながら、それを可視化する手だてがないために問題解決に着手できないでいます。それに対し、1000を超える素材・中間製品・エネルギーについて高品質な「関与物質総量」のデータベースを構築しているのが本研究プロジェクトの強み。その圧倒的なアドバンテージを活かして「資源パラドックス問題」を誘発している製品・プロセスを明示するとともに、エビデンスに基づいて具体的な解決策を世界に提言していきます。

本研究プロジェクトのメンバーは17カ国38研究機関と連携関係を構築しています。今回の研究を通じてさらに連携を広げ、資源問題研究において世界のイニシアティブを取る国際研究拠点として認知度を高めていきたいと考えています。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



本プロジェクトでは積極的な海外交流・留学を支援します(写真はフランスでの共同研究シーン)

Contact
立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00~17:30)

カーボンニュートラル実現に向けた 高効率エネルギー利用技術創成拠点

プロジェクトリーダー

- 生命科学部応用化学科 教授

折笠 有基

(写真左中)

グループリーダー

- 理工学部電気電子工学科 教授

荒木 努

(写真右中)

- 理工学部電気電子工学科 准教授

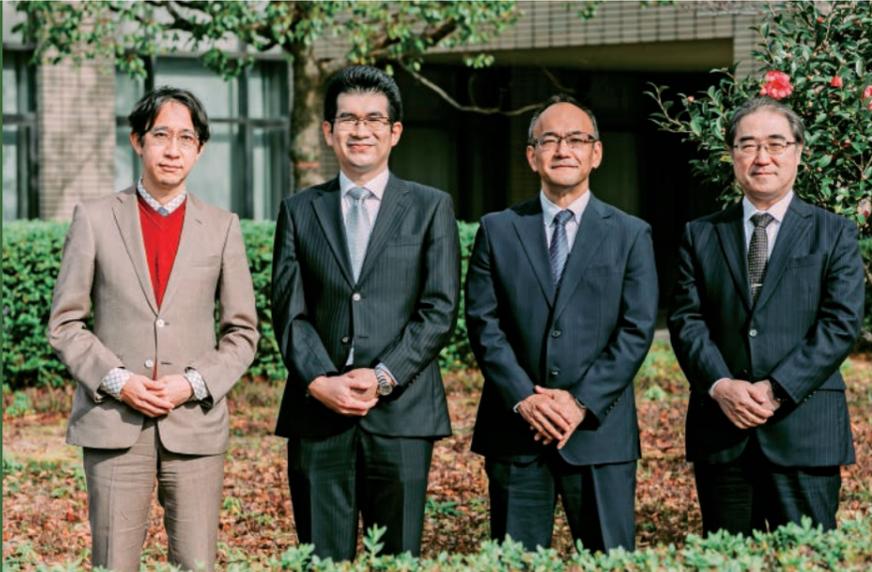
毛利 真一郎

(写真左)

- 生命科学部応用化学科 教授

稲田 康宏

(写真右)



化学・物理・社会科学の融合を推進し、 エネルギー分野でのイノベーション創成へ

エネルギー利用の次世代技術創成と 世界を先導する俯瞰的思考が可能な人財の育成を目指す

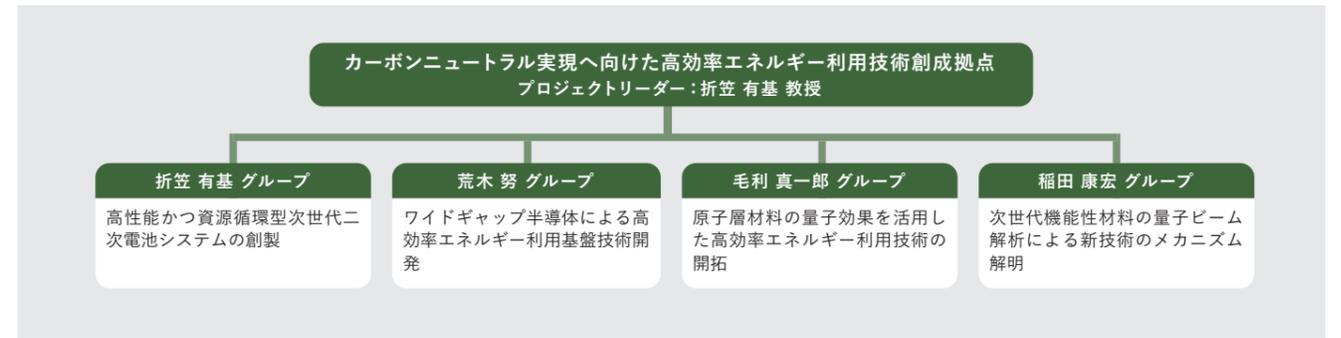
21世紀の今、温室効果ガスの排出削減が急務となっており、2015年のパリ協定では、「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保ち、1.5°Cに抑える努力をする」などの目標が掲げられました。世界各国におけるカーボンニュートラルを推進する動きは加速しているものの、その達成は非常に困難な状況にあります。そこで、自然科学分野と社会科学の研究者が集結する本プロジェクトにて、原子・ナノレベルの材料からマクロな社会制度まで取り組む、これまでにないオリジナルの学際領域を創成。「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」における温室効果ガスの削減目標達成、2030年の46%削減、2050年の実質ゼロの達成に貢献するエネルギー利用技術でのイノベーション創成と、エネルギー分野で世界を先導する高度人財の育成を目指します。

異分野融合型チームで、これまでターゲットとして 見向きもされてこなかったデバイスの開発に挑む

本プロジェクトでは、エネルギー利用における反応の起点である界面を制御するための基礎学理を構築することで学術的なアウトプットを見いだすとともに、社会実装に不可欠である社会政策・国際情勢の研究成果を取り入れながら、低コストかつ資源循環が可能な実用デバイスの開発を進めます。特徴としては、国内に10箇所しかない放射光施設の一つである本学SRセンターでの最先端量子ビーム解析を活用する点、また技術開発だけでなく、社会科学研究者による半導体・電池関連材料循環システムの調査および諸外国社会制度の比較から、社会普及の手段を見いだそうとする点が挙げられます。

折笠グループでは、現行のリチウムイオン電池を凌駕する全く新たな二次電池をターゲットとし、次世代で活用できる新原理の創出に挑戦します。近年、固体電解質を用いた全固体二次電池の実用化が期待され、世界規模での研究競争が激化していますが、これまでに提案されている次世代二次電池は解決困難な課題を有しており、抜本的に新しい概念の創出が望まれます。そこで既存の研究に基づいた延長線上に位置するデバイスや反応系を対象とせず、意図的に逸脱した領域、具体的には資源回収が十分でないリチウムイオンとは対極に位置する多価カチオンおよびヨウ素化合物イオンをキャリアとする二次電池と、無尽蔵のエネルギー源である光エネルギーを直接化学エネルギーとして貯め込む光充電を研究対象に設定しています。電気化学・無機化学の視点からデバイス設計と原理検証を行いその特性を明らかにするとともに、社会学の視点から二次電池普及の要因を解析します。回収・リサイクルまでを見据えた循環型デバイスの実現に必要な因子を明らかにすることで、真に地球環境を保全する二次電池を見だし、文理融合型のアプローチによる新たな研究手法のモデルケースを創出します。

続く荒木グループでは、カーボンニュートラル実現のためのキーテクノロジーとなるワイドギャップ半導体に着目し、これらを用いた高効率エネルギー利用省エネデバイス基盤技術開発を担います。ターゲットとするのは、窒化ガリウムに代表される窒化物半導体と、酸化ガリウムに代表される酸化物半導体。これらはシリコンと比較して大きなバンドギャップを有していることからワイドギャップ半導体と呼ばれ、その優れた物性的特徴から、シリコンでは実現できなかった青色・白色LEDなどの光デバイス応用および高耐圧電力素子などの電子デバイス応用が実現されてきました。さらなる改善が日進月歩の勢いで進められていますが、その進歩を支える基盤技術である、ワイドギャップ半導体結晶の高品質化は、まだ開発段階にあり、熟練されてはいません。そこで窒化物半導体については、高真空中で原子層レベルの結晶成長が可



能な分子線エピタキシー法を駆使し、窒化物半導体結晶成長と電子光物性制御の技術開発に取り組みます。また酸化物半導体については、Ga₂O₃薄膜結晶成長技術として世界を席卷するミスト化学気相成長法を駆使し、各種酸化物半導体薄膜の材料創製技術とデバイス特性評価技術の開発を進めます。

毛利グループでは、毛利が研究を進める「モアレ超格子形成」をはじめとする原子層界面の幾何構造制御手法を活用し、熱エネルギーや光エネルギーなどの自然エネルギーを高効率に電気エネルギーに変換する新規「創エネ」技術の開拓を目指します。特に、ファンデルワールス力でのみ他の材料と接合する原子層材料の特性を活用し、界面接合の幾何形状を変化させることでトポロジカルに量子状態を制御し、エネルギー変換に利用する新しい発想でのエネルギー制御手法の開拓に挑みます。

並行して、グループ間連携研究も進めます。折笠グループでは、電子工学・量子科学の知見を取り入れたデバイス設計により、未踏分野の材料を見いだします。荒木グループでは、折笠グループの電池材料に半導体を融合した新規蓄電デバイス、毛利グループの原子層材料とワイドギャップ半導体を融合した新規ヘテロ構造デバイスなどを検討し、ワイドギャップ半導体を用いた新機能デバイス基盤技術開発を進めます。毛利グループでは、折笠グループが取り組む蓄エネデバイスの高効率電極の開発や、荒木グループで研究する省エネデバイスの排熱の回生利用を進めるとともに、量子効果を利用した界面反応の促進により、半導体材料や電池材料のみでは実現し得ない高効率なエネルギー輸送の実現を目指します。

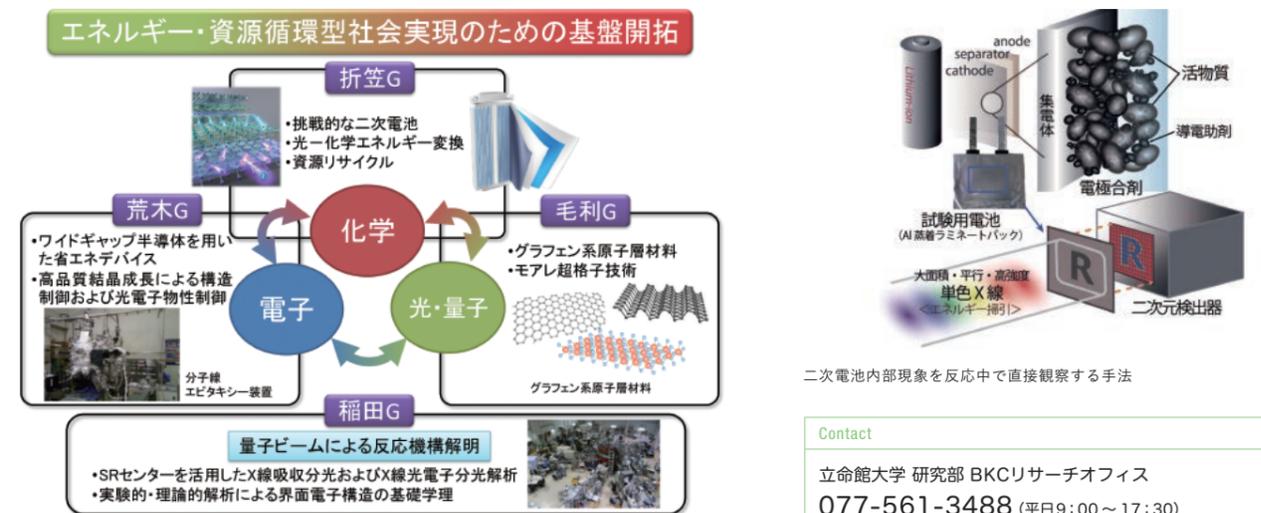
4つめの稲田グループは、高強度量子ビームでの材料解析研究である本学SRセンターなどの放射光施設を用い、次世代二次電池材料、

光・化学エネルギー変換材料、半導体結晶量子ナノ構造材料、原子層材料などの次世代機能性材料を構成する元素群の状態解析を行います。折笠・荒木・毛利の各グループで創世された新技術のメカニズムを、X線吸収分光・光電子分光・軟X線顕微鏡の適用により解析し、アプリケーションの観点を越えた学術面からの新規性を明確にするるとともに、触媒化学の技法を適用したエネルギー関連材料を開発し、新機能の発現による機能面でのブレークスルーの誘発を目指します。折笠・荒木・毛利グループを接合し、異分野でのデバイス設計への技術展開を促進しながら、材料解析を通して大学院生・若手研究者の学術研究・産業貢献・先端解析の観点を統合できる俯瞰的研究能力の育成を図り、カーボンニュートラルに貢献する力量を備えた人財育成を支援します。

既存の研究方向軸からの逸脱により 次世代デバイス創出につながるシーズ獲得を狙う

本プロジェクトが目指すのは、既存の研究軸から逸脱することで、既存のエネルギー変換デバイスにおける問題点を解決できる、新たな研究対象を発掘することです。従来のエネルギーデバイスの高性能化や世界を先導できるエネルギーデバイス創製につながる、反応の新原理と実用デバイス設計のための新基軸を創出したい。実証の場として、BKCキャンパスに蓄電インフラ等を備え、ゼロカーボンキャンパスにできればと考えています。本プロジェクトの研究成果がデバイス研究の飛躍的な進展、さらには50年後のノーベル賞の内容の端緒となることを願っています。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



二次電池内部現象を反応中で直接観察する手法

Contact
 立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
 077-561-3488 (平日9:00~17:30)

物質の時空間制御を実現する 有機資源の有効活用



プロジェクトリーダー

● 生命科学部応用化学科 教授

前田 大光 (写真中)

グループリーダー

● 薬学部創薬科学科 教授

土肥 寿文 (写真左)

● 生命科学部応用化学科 教授

小林 洋一 (写真右)

物質の時空間制御によって 既存を凌駕する新しい機能性物質を創製する

有機合成化学によって、地球環境保全に寄与する革新的な物質、機能性材料の創製をめざす

気候変動や環境汚染など地球の存続を脅かす問題が噴出する今、世界中で地球環境の保全に向けた取り組みが進められています。そうしたなか、物質やエネルギー、情報などあらゆるものを低負荷で輸送・伝達・変換・保存する革新的な物質や手法が求められています。

本研究プロジェクトは、有機合成化学の力で人類が直面する多くの課題、とりわけ地球の自然環境に関する課題を解決しようとしています。分子の潜在能力を引き出し、従来とは異なる概念で自然環境の復元に寄与する新しい物質の合成、および電子・光機能性を発現する材料の創製をめざしています。

持続可能性を念頭においたとき、課題になるのが限りある資源の有効活用です。現在、機能性有機材料の原料の大部分は、石油や石炭など化石資源が占めていることに加えて、その多くは動力やエネルギーの燃料として使用されています。そこで本研究プロジェクトでは、有機資源の有効活用に力点を置き、限られた資源を効率的に機能性材料へと変換する方法を探ります。

このプロジェクトは、第3期 R-GIRO で取り組んだ「有機生命資源の有効活用による電子・光機能材料の創製」プロジェクトを発展させるものです。第3期では物質の「空間制御」に焦点をおいて研究基盤を固めました。今期は新たに「時間軸」を導入することで、さらに多様な物質創製の可能性を広げようと考えています。

構造有機化学、有機合成化学、機能物性化学異なる専門領域が強力に連携し未踏の研究に挑む

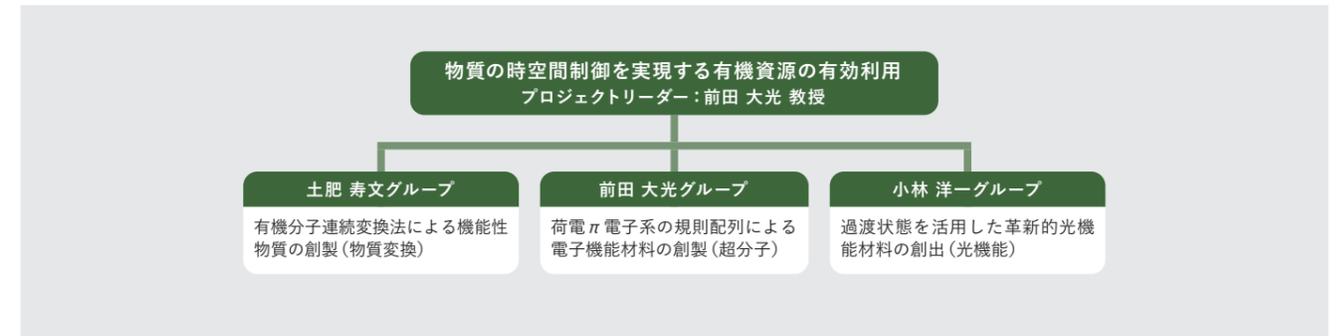
研究にあたっては、異なる専門領域の3グループが強力に連携し、それぞれの研究成果を融合させることで従来にない成果につなげます。

まず新規物質の創製において先導的な役割を担うのが、前田グループです。前田は有機化合物の中でも二重結合の構造を持つπ電子系に着目し、研究してきました。π電子は動きやすく、導電性や発光性など特異な性質を発揮します。これまでに異なるイオン間に生じる引力を利用し、平面状π電子系アニオンとカチオンを交互に規則的に積層させた電荷積層型集合体の形成に成功。また通常は静電反発によって離れてしまう同じ電荷を持つイオンが高い分散力を利用して積層した、電荷種分離配置型集合体の形成も実施しています。

本研究では、精密分子設計に基づいて分子骨格を精査し、さまざまなπ電子系カチオンやアニオン、イオンペアの合成に取り組めます。さらに分子間にはたらく相互作用を適切に制御することで、個々の分子の性質を大きく凌駕する物性を示す集合体(超分子)を創製し、これまで未踏領域だった電荷間相互作用を利用した機能発現に挑みます。

求める配列制御を自在に実現する有機電荷種の合成・集合化の指針を確立できれば、特異な機能を発現する集合体から新しい液晶やソフトマテリアル、メモリデバイス、半導体や太陽電池など、従来とは異なるコンセプトでエレクトロニクス材料を創り出すことも可能になります。土肥グループの合成技術、小林グループの機能評価技術から得られる知見を融合することで、誰も見たことがない物質を探ります。

土肥グループは、触媒を光や電子と組み合わせる新たな有機合成技術を作り、それを用いて機能性化合物の創製をめざします。土肥はこれまでレアメタルに替わる反応剤として超原子価ヨウ素に着目し、さまざまな合成反応を開発してきました。本研究では、次のステップとして



超原子価ヨウ素反応剤が持つ多様な反応性を「時間的に」制御することに取り組みます。超原子価ヨウ素を相互にスイッチングできるしくみを利用して、光や電場といった外部刺激によって反応空間を時間的に制御し、複数の異なる反応を同一反応系・同一触媒系で連続的に進行させる反応システムを作ろうとしています。従来の有機合成反応は、反応ごとに反応容器や反応剤が必要となり、反応の数だけ時間もコストもかかります。時間制御を取り入れることで、廃棄物を出さず、かつ迅速に複雑な機能性有機分子を合成する反応システムの構築に挑戦します。

とくに注力するのは、石油などの枯渇資源に代替して生物資源を活用し、持続可能な合成技術を開発することです。その一つとしてリグニンに注目し、光や電場などの外部刺激を組み合わせた連続的な結合形成反応によって、同一反応系で低分子から、機能性材料の創製につながる中分子へと導くことに取り組みます。また超原子価ヨウ素反応剤を酸化剤として活用。反応混合物に電圧をかけ、電解酸化によって熱エネルギーを使わない新たな有機合成反応の開発も試みます。こうした時空間制御システムで創製したπ電子系分子を前田グループや小林グループへ提供するとともに、小林グループから機能評価のフィードバックを得て改良を重ね、新たな有用物質創出に活かしていきます。

小林グループは、光を照射することで生じる「過渡状態」を活用し、革新的な光機能材料の創出を進めています。物質に光を当てると光エネルギーを吸収し、より高いエネルギー準位(励起状態)へと変わります。この過渡状態には低エネルギーの基底状態とはまったく異なる電子・光物性を示すことに着目し、新たな機能を見出そうとしています。

しかしエネルギーを保持できる過渡状態の時間はきわめて短く、わずかなノ(10億分の1)秒程しかありません。小林は、この過渡状態を数分から数十分オーダーで長寿命化することに成功しています。

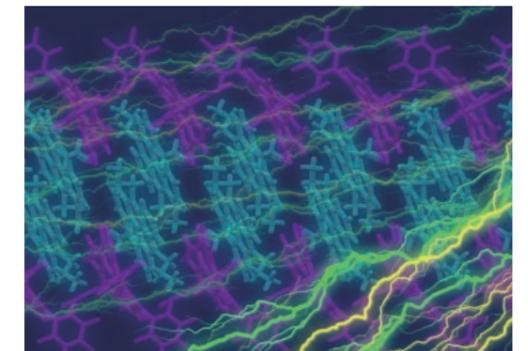
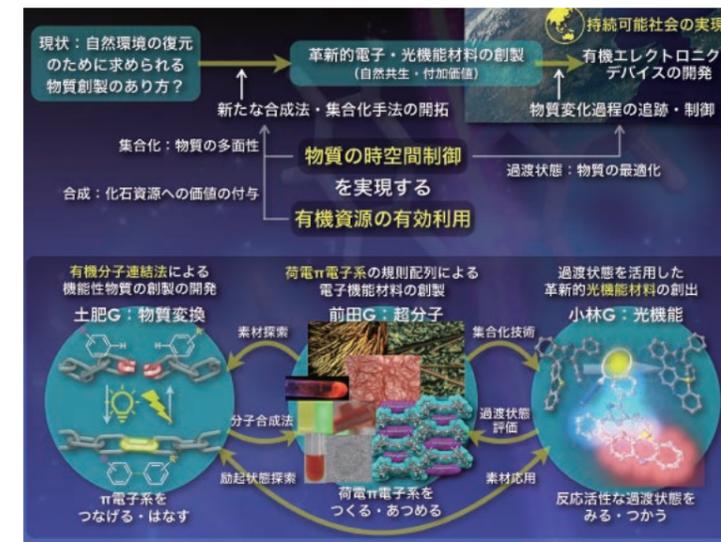
本研究では、有機分子とナノ結晶間の距離を精密に制御することで、長寿命過渡状態を形成する複合材料を創製。さらに長寿命過渡状態を形成する材料に光を照射し、機能を自在に制御できる革新的なフォトクロミック複合体や可視光によって駆動する超還元剤、次世代量子材料の創製をめざします。

世界に通じる若手人材の育成にも尽力
未来の地球を保全し、科学技術の進展に貢献する

本研究プロジェクトでは、若手研究者の育成にも尽力します。専門研究者や博士課程の学生を積極的に支援。先駆的な研究に携わるとともに、論文作成や国際会議での発表など世界にアピールする機会も提供します。若手研究者にとって有効なキャリアパスになるようなインパクトの大きい研究成果を挙げられるよう力強く後押しします。

挑むのは、既存にない物質の創製、革新的な機能性の発現によって、従来の材料を圧倒的に凌駕する機能性材料、次代のゲームチェンジャーになり得る新しいデバイス構造を生み出すこと。研究を通じて地球保全の実現と科学技術の進展に貢献します。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



荷電π電子系の規則配列による電子機能化

Contact

立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00~17:30)

人類史的にみた災害・食糧危機に対するレジリエンス強化のための学際的研究拠点



プロジェクトリーダー
 ● 先端総合学術研究所 教授
小川 さやか (写真 左中)

グループリーダー
 ● 総合科学技術研究機構 古気候学研究センター 教授
中川 毅 (写真 左)
 ● 食マネジメント学部食マネジメント学科 教授
鎌谷 かおる (写真 右中)
 ● 政策科学部政策科学科 教授
宮脇 昇 (写真 右)

災害・食糧危機といった危機に強い、レジリエンスがある社会を創造する

災害・食糧危機のメカニズムと人類の対処を解明し、人類社会のレジリエンスを強化する諸条件と方策を見いだす

気候変動に伴う自然災害の頻発やパンデミックの継続に危機感が増大し、人工知能をはじめとするテクノロジーの進展に伴い人類の未来を展望しにくくなっている。昨今、人類史を農耕革命、産業革命といった転換点で区分し、災害や食糧危機に対する脆弱性の増大を議論する研究は多々見られます。しかし考古学や人類学・言語学などに立脚した研究は、人類史的営みを現代の課題に応用する技術的な視座が不足しがちです。他方テクノロジー分野の研究においては、自然と人類に対する人文学的な理解が不足しがちです。そこで本プロジェクトでは、環太平洋地域の環境特性と独自の文明に立脚し、古気候学・考古学・地理学・歴史学・人類学による過去の気候変動と災害・食糧危機に関する学術的に堅牢な実証をもとにして、資源地政学やテクノロジーマネジメント、情報工学、経営技術、都市政策の研究者と協働することで、現代の災害・危機対応に対する人類社会のレジリエンス強化のための実行力のある提言を行います。

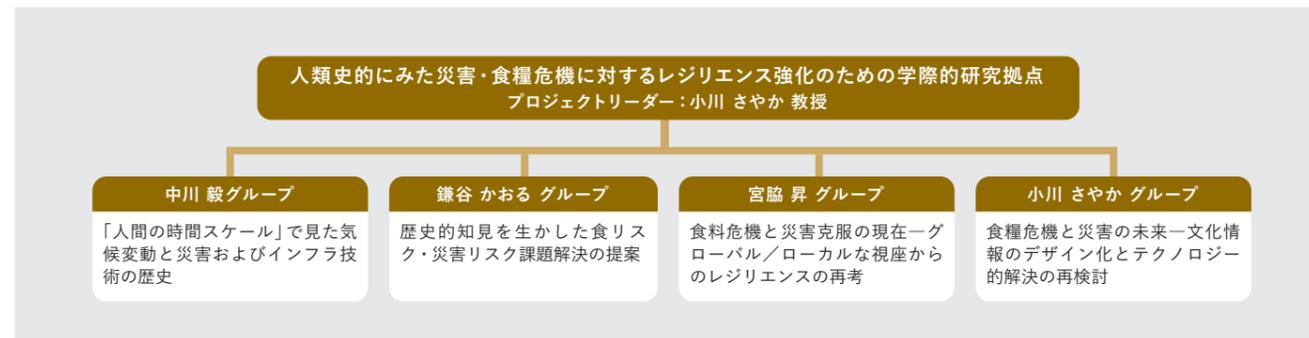
災害・危機とレジリエンスの実証的人類史研究の成果を社会へ還元する複声的ビジネスプラットフォームを構築

本プロジェクトが目指すのは、人類と自然環境、人類社会の変容を超長期的スパンで捉え、環太平洋域という災害とともに発展してきた地域の、いわば「災害危機文明」を解明し、それをもとに現在と未来に起きうる災害リスク・食糧危機への対応に対する実践的提言を行う、新学術領域の創成です。自然科学分野による実証を基盤としながら、人文社会学分野の研究を展開し、その成果をテクノロジーマネジメント分野

によるデザイン化・実装化でもって社会に還元する、異分野結集の力そのものが強みです。

まず、古気候学を専門とする中川グループでは、本学古気候学研究センターが世界で初めて実用化した「年縞堆積物から花粉化石を純粋抽出し、放射性炭素年代および安定同位対比を測定する技術」および「年縞堆積物の化学組成を10ミクロンの解像度で分析する世界最先端システム」を駆使し、過去数千年の気候変動を復元します。具体的には、年代測定の世界標準にも認定された福井県水月湖の精密な年縞の分析を通して、数年～数十年スケールでみた気候の安定度の変化を過去数万年にわたって復元。また、中米マヤ地方の年縞から、数週間～数年スケールでみた気候の安定度を過去約3000年にわたって復元し、分析結果を考古学的な知見と組み合わせることで、気候の安定度の変化がマヤ文明にどのような影響を与えたのかを考察します。並行して、気候および自然災害という観点で性格の異なる日本とペルーを対象とし、水路やダム、河川、貯水池といった水分配システムの歴史を、多くの時代について横断的に研究。短期間に大きく変動を繰り返す「暴れる気候」、特に干ばつや洪水、地震といった自然災害に対する応答としての社会インフラの変容を実証的に解き明かし、伝統的な水分配システムを現代においても活用する方法を模索します。

鎌谷グループでは、「食」と「災害」のリスクについて歴史的に俯瞰し、今日的な課題におけるリスクに対して、歴史的な知見を活かしながら問題解決に導くための方法論の提案に挑みます。まず、近世日本における食糧生産の変容を史料分析から明らかにし、炭素・窒素安定同位体分析とPIXY他元素分析により、余剰栄養素や毒素が残存する江戸時代の人間の毛髪から、当時の食生活と栄養状況の実態を推測。天災や飢饉による食糧不足や栄養リスクを評価・分析します。並行して、地震データベースをもとに複数の地域で災害リスク地図を作成す



るとともに、考古学的記録から得られる災害・古環境変化と人口動態のデータを照合し、長期的な環境変動と人口動態との関係を解明してGIS地図化します。さらに気候変動によって生まれる自然災害と食のリスクの相互作用に着目し、将来に生じうる食と災害のリスクの可能性を分析。食・災害の歴史的変遷と将来像を図表や地図などによって明示した「食・災害アトラス」を作成します。

中川・鎌谷グループが過去の災害・食糧危機と人類の営みを扱うのに対して、宮脇グループでは、災害・食糧危機の現代的な2つの課題を扱います。まず、食料をはじめとする資源のグローバル・サプライチェーンの安定性・持続性に関するリスクについて、幹線道路や空港、インターネット回線などの接続性を、インフラの構築だけでなく、接続性を高める国際協調などの重要性も踏まえた広い視座から捉えて検討し、ローカルなフードシステムの持つ可能性と現状の問題点を明らかにします。限りある地球資源を共同開発の衡平な分配と利用の対象としていくための方策を探り、アジアが平和に共生できる空間形成の政策構想に寄与することを目指します。また、気候変動や大規模自然災害などの動き続ける自然に対して、人々が社会・文化的な手段を用いてどのように対応し、生態的な危機を乗り越えようとしているのかを、環太平洋諸地域の事例をもとに検討。社会の危機への対応力・回復力を強化するための方策を模索します。

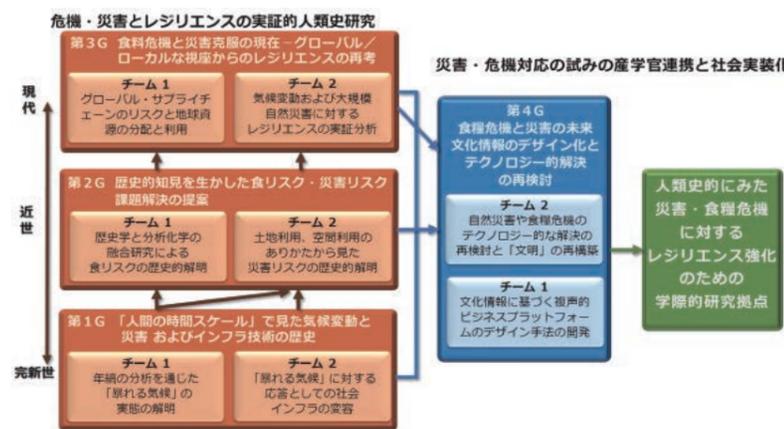
そして小川グループでは、中川・鎌谷・宮脇グループの研究成果としての文化情報を考慮した、コミュニティ依存型の複声的ビジネスプラットフォームのデザイン手法を開発します。各グループの研究をGISなどで可視化し、「レジリエンスの人類史に関する地理空間情報プラットフォーム」を整備。これは災害に強い社会をつくる手段として、AIを活用した自動化といった技術的解決と、各地で育まれた知恵やマインドセットを重視する人間文化的解決の、ちょうど間をとったものといえます。現状のハザードマップにはない、各地域によって異なる災害・食

糧不足などの危機や人口変化に対するレジリエンスを評価する要素として、中川・鎌谷グループの研究成果である、自然環境の危険性を高める人間の土地利用の変化、あるいは危険を回避してきた人間活動の知恵と、宮脇グループで扱う、特定地域で起きた災害の深刻化や回復を左右するグローバル・ローカルな連携や資源分配の仕組みを組み込み、技術的な解決行動とマインドセット、および表現活動の関係をモデル化することにより、その地域の強みや弱みを加味してレジリエンス強化の方策を検討できるものを構築。さらに、そこで得られる知見と、日本およびアジア諸国の自治体・コミュニティ・企業によるテクノロジーを駆使した災害・食糧危機に対する事例研究とを往還しながら、前述の手法・プラットフォームを用い、本プロジェクトの成果の社会還元・社会実装化を目指します。

自然科学・人文社会科学・テクノロジー分野の協働でなす災害・食糧危機への挑戦

社会還元の場合としては、環太平洋文明研究センターが連携する海外の省庁・行政機関や、本学が共創パートナーとして参画する大阪・関西万博に向けたプロジェクト、公益財団法人信頼資本財団の「持続可能なコミュニティ経済の創造」などを想定しています。温暖化や環境破壊、災害・食糧危機などへの対応においては、即時的解決策に加え、地域の土地・風土から政治経済的な脆弱性まで統合し、数十年、数百年先の未来を見通した超長期的計画が求められています。その点で貢献する本プロジェクトの独創的な成果を通じて、災害・食糧危機への挑戦を自然科学・人文社会科学・テクノロジー分野の協働でなすことの価値が国際的に評価されることが、我々の拠点形成のゴールだと考えています。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



チリの火山噴火（環太平洋域は火山噴火の危険が高い）

Contact
 立命館大学 研究部 衣笠リサーチオフィス
 075-465-8224 (平日9:00～17:30)

センサ・マイクロマシンがつなぐ 革新的サイバーフィジカルシステムモデルの医療健康分野への展開

プロジェクトリーダー
● 理工学部機械工学科 教授
小西 聡 (写真 右中)

グループリーダー
● 経営学部経営学科 教授
徳田 昭雄 (写真 右)
● スポーツ健康科学部スポーツ健康科学科 教授
藤田 聡 (写真 左)
● 薬学部薬学科 教授
藤田 卓也 (写真 左中)



生産年齢人口減少の課題克服に寄与する 医療・健康に寄与するCPSモデルを提示する

「働き手の健康寿命延伸」と
「創薬／機能性食品分野の生産性向上」
二つを応用ターゲットとして研究を推進

日本における生産年齢人口は1995年をピークに減少の一途を辿っており、2030年には7000万人を大きく下回ると予想されています。生産年齢人口の減少は、産業・経済の発展にも大きな影響を及ぼします。この課題に対し、本研究プロジェクトは、とりわけ医療健康分野に求められる革新的な「サイバーフィジカルシステム (CPS: Cyber Physical System)」によって労働の質と生産性の向上に寄与することで解決策を提示しようとしています。

CPSとは、IoTによってあらゆる「モノ」がインターネットに接続される現代において、サイバー空間と実世界（フィジカル空間）を緊密に連携させ、新たな価値を創造する仕組みのことで、立命館大学は、CPSの実世界に近いエッジ、すなわちフィジカルとのインタフェースで用いるセンサやマイクロマシンに関して世界的な研究開発力を有しています。この強みを最大限活かせるターゲットとして、「働き手の健康寿命延伸」と「創薬／機能性食品分野の生産性向上」という二つのテーマを設定しました。前者では、生体の健康状態（フィジカル）とコンピュータ・インターネット（サイバー）をつなぎ、後者では、培養生体モデル（フィジカル）とコンピュータ・インターネット（サイバー）をつなぐことで、医療・健康に寄与するCPSモデルの構築に挑みます。

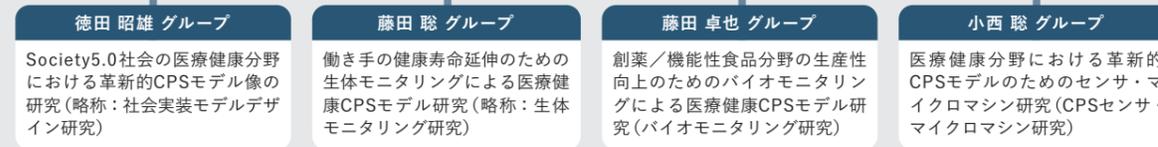
センサ・マイクロマシン技術を基盤に
新製品・サービスを創出
マネジメント手法を取り入れ、社会実装を目指す

本研究プロジェクトの特長は、文理融合で先進的な製品・サービスを創出するだけに留まらず、マネジメント手法を取り入れ、社会実装まで視野に入れるところにあります。マネジメントを専門とするグループと、「働き手の健康寿命延伸」と「創薬／機能性食品分野の生産性向上」にそれぞれ焦点を当てる二つのグループ、さらにキーテクノロジーのセンサ・マイクロマシンを研究開発するグループの四つが有機的に連携し、独創的な研究を推進します。

まず徳田グループでは、経営学を専門とする徳田を筆頭に、MOTや心理学、法学の専門家が結集。心理学における「TEM（複線経路・等至性モデル）」や製品デザインの意味論など各分野の知見を集め、社会からサービス、製品まで多様なフェーズで価値を發揮するCPSデザインとはどういうものかを研究し、新たなCPSモデルとして「社会的価値システム・デザインモデル」を構築。この革新的CPSモデルを意識して他の3グループが研究を推進することにより、社会実装可能性の高い製品・サービスの開発を可能にします。また、医療健康分野に適用されるCPSの性能を評価するための国際標準規格の構築にも取り組みます。日本において各産業分野や業界団体が独自に作る標準は、欧米の汎用性の高い標準にそぐわないことが少なくありません。本研究プロジェクトから生み出す製品・サービスを世界標準として普及させるためにも、世界に先駆けて日本のアカデミア発「医療健康分野のCPSの性能評価」の国際標準規格の構築を進めます。

次に藤田（聡）グループは、「働き手の健康寿命延伸」に関わる研究に取り組みます。まず、小西グループが開発するセンサ・マイクロマシン技術を活用して身体活動量や唾液、汗、血液に含まれるタンパク質などの生化学データを取得し、身体活動量や栄養状態を把握する新しいウェアラブルデバイスを開発します。さらにそれを使って一人ひとりの健康状態を把握するオーダー・メイドのモニタリング・フィードバック

センサ・マイクロマシンがつなぐ革新的サイバーフィジカルシステムモデルの医療健康分野への展開 プロジェクトリーダー：小西 聡 教授



システムの構築に挑みます。これが実現すれば、個別健康データを基にした運動栄養介入プログラムの作成や遠隔での運動指導も可能になります。次に、働き手の労働の質を高めるため、「からだ活性化」を可能にする手段の開発を進めます。焦点を当てるのが、間葉系幹細胞です。藤田（聡）はこれまでの研究で、間葉系幹細胞を投与すると骨格筋肥大を導く細胞内シグナルが亢進することを見出しています。本グループでは、さらに温熱刺激によってレジスタンス（抵抗）運動による間葉系幹細胞の活性化を高め、筋損傷の回復を促進できるかを検証します。

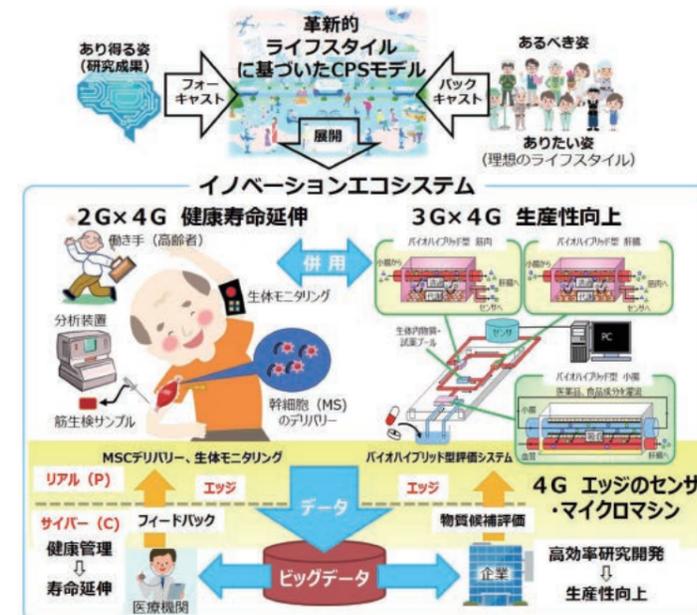
続いて「創薬／機能性食品生産性向上」に寄与する研究開発を担うのが藤田（卓）グループです。薬学的視点から新しい医薬品や健康食品の可能性を早期に判断し、開発のスピードアップに貢献する研究に取り組みます。一つには、iPS細胞技術を用いた生体機能チップ“Organ-on-a-chip (OoC)”の開発です。OoCは、細胞を培養したり、組織・臓器を微小環境で模倣できることに加え、複数の微小臓器を連結すれば、臓器間の相互作用や応答をリアルタイムに観測することも可能になります。これまで小西グループと連携し、マイクロアキュエータを利用した人工腸管や人工血管システムなどの生体模倣システム (MPS: Microphysiological System) を構築してきました。これらを活用し、医薬品開発で医薬品候補化合物の消化管吸収性を評価するスクリーニングシステムのデバイスを開発し、実用化を目指します。二つ目として、機能性食品を摂取した際の肝機能や筋細胞機能の応答性、運動（電気刺激）による筋細胞の応答が肝臓に及ぼす影響を自動でモニ

タリングするスマートスクリーニング技術の開発も試みます。最後の小西グループでは、徳田グループが提唱する、社会に受容され、消費者ニーズに応え、かつ社会実装可能なセンサ・マイクロマシン技術を開発し、藤田（卓）、藤田（聡）両グループの研究を技術面から支えます。センサ・マイクロマシンは、CPSのブリッジ的役割として生体とのインタフェースを担うエッジデバイスに位置付けられます。遠隔運動指導に伴う生活習慣のモニタリングに必要なエッジデバイスを開発し、藤田（聡）グループの研究に活用。生体モニタリング（センシング）技術を用い、いつでもどこでも生体情報を取得できるウェアラブルマイクロマシンを実現します。またマイクロマシンチップ上に生体反応系や培養細胞組織を構築するOoC技術を活かし、藤田（卓）グループと共に薬物や機能性食品の消化系や血管系の動態を分析するバイオハイブリッド型エッジデバイス・システムの構築にも取り組みます。

DXを超えて、サイバーとリアルが融合する社会において
人類共通の課題を解決し、地球共生社会の実現に貢献したい

今まさに私たちが直面している「With コロナ」の世界では、DX（デジタル・トランスフォーメーション）を超えて、総務省が述べる「人間の生命保護を前提にサイバー空間とリアル空間が完全に同期する社会へと向かう不可逆的な進化」によって、「新たな価値を創出」することが求められます。本研究プロジェクトを通じて新しいCPSを構築することでその問いに答え、人口・年齢構成の変化という人類共通の課題を解決し、地球共生社会の実現に貢献したいと考えています。

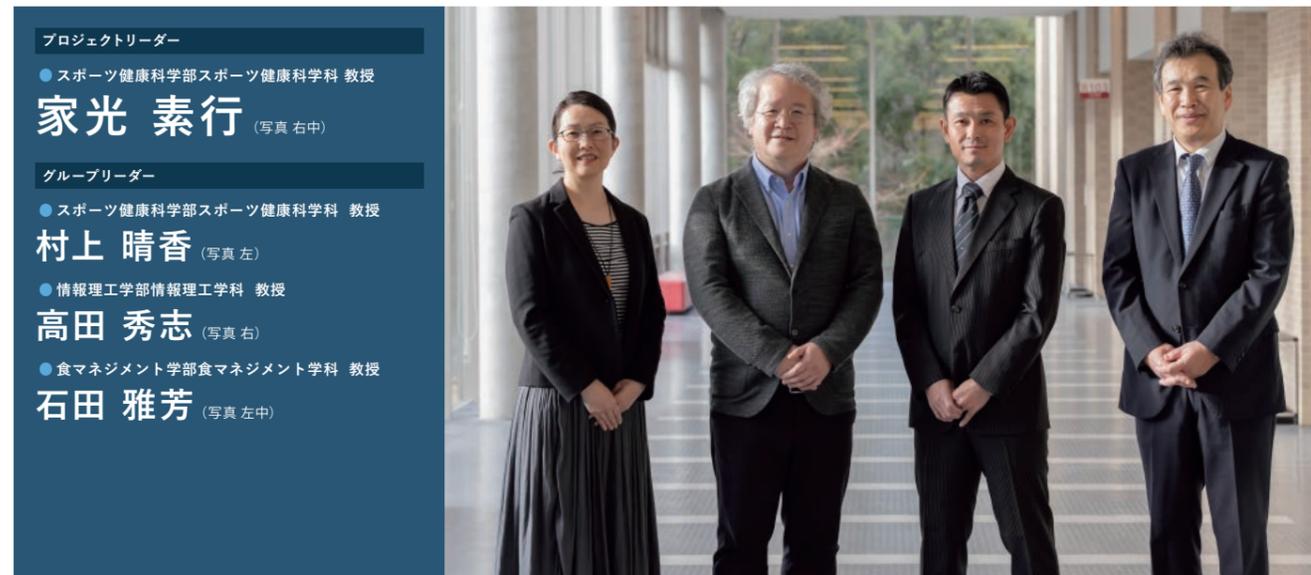
■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



センサ・マイクロマシンがつなぐ医療健康モニタリング

Contact
立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00～17:30)

プレジジョンヘルスケアの社会浸透を推進するための総合知活用型研究拠点形成



プロジェクトリーダー
 ● スポーツ健康科学部スポーツ健康科学科 教授
家光 素行 (写真 右中)

グループリーダー
 ● スポーツ健康科学部スポーツ健康科学科 教授
村上 晴香 (写真 左)

● 情報理工学部情報理工学科 教授
高田 秀志 (写真 右)

● 食マネジメント学部食マネジメント学科 教授
石田 雅芳 (写真 左中)

生産年齢人口減少に歯止めをかける 一人ひとりに最適なプレジジョンヘルスケアを構築

個人の心身の健康状態を可視化し 健康な行動への変容を促すシステムを開発

世界屈指の超高齢社会である日本。今後高齢者人口が減少に転じて、2060年までは超高齢化が持続するという試算もあり、人口減少による労働生産性の低下、医療費や介護費の増加といった不健康による経済損失が国家財政を脅かすことが危惧されています。「人生100年時代」といわれる一方で、平均寿命と健康寿命は10年以上も乖離している現実があり、経済損失の回復や労働生産性の向上を図る上でも健康の維持・増進に向けて人々の行動を変えることが必須課題になっています。

この現状を打開するため、特定健診や健康増進法の策定、健康日本21（第2次）の実施など、これまで健康的な行動を促すさまざまな政策が打ち出されてきました。しかし令和元年「国民健康・栄養調査」を見ても、健康に欠かせない運動習慣や食習慣を実践している人の割合は男女ともに低く、10年以上ほとんど改善されていません。とりわけその傾向は、約20年後に高齢者となる働き世代において顕著です。近年は多くの企業が「健康経営」や「働き方改革」が推進され、労働者の余暇時間が増えたにもかかわらず、健康行動変容が起きていません。ここに問題意識を見出し、本研究プロジェクトは発足しました。

運動や栄養が健康に重要であることはわかっていても、さまざまな理由から実行できない人は少なくありません。健康的な行動へと変容させるには、それに対する探究心や向上心、言い換えれば「やる気」や「意欲」を誘発する必要があります。そこで本研究プロジェクトでは、身体的・精神的な状況を短期的（日常的）・長期的なモニタリング・プロフィールによって可視化するとともに、日常および非日常の両面で個人のライフスタイルに最適化した行動変容を促す情報のフィードバックシステムを構築し、一人ひとりに最適化したプレジジョンヘルスケアを社

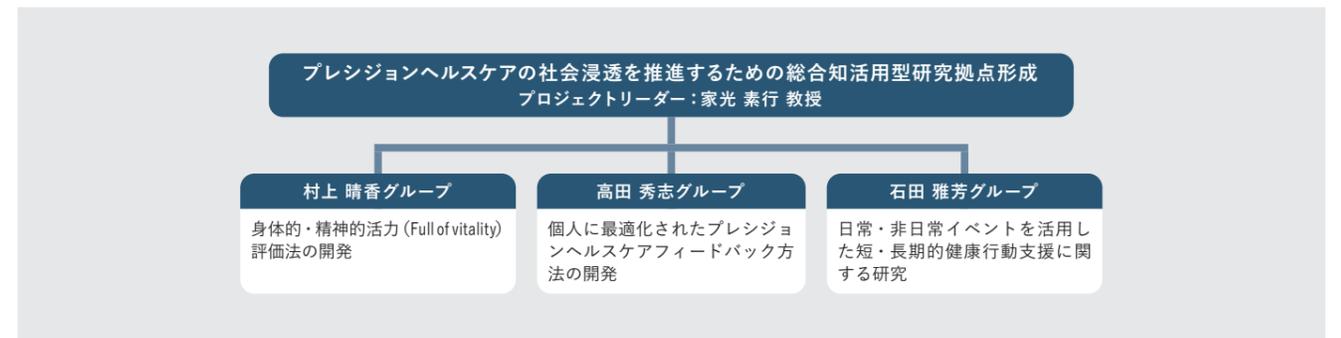
会に実装し、人々の健康維持・増進に貢献することを目指します。特に力点を置くのが、「働き世代」です。将来高齢者になっても働き続けられる、「働きたい」という活力のある人を増やします。

評価法の構築からフィードバックシステムの開発 プレジジョンヘルスケアの社会実装まで

個人に最適化された健康行動変容を促すには、まず個人の状態（活力）を評価した上で、適切なタイミングや内容を提示する必要があります。そこで、個人の状態を評価する基礎研究から行動変容を促す方法の開発、さらに社会実装まで、3つのグループで研究に取り組んでいます。

一つ目の村上グループでは、個人の身体的・精神的状況を反映した新しい活力評価法、名付けて「Full of vitality: FOV」の開発に挑んでいます。血液や尿、唾液、糞便、心拍・血圧・体温等の情報など多様な生体情報をウェアラブルセンサなどを用いて取得し、その中から心身の健康状態を客観的に評価できるバイオマーカーを同定します。さらにそれらの変数を用いて活力を評価する指標を算出し、活力評価法を開発します。特徴的なのは、身体的な状況に加えて、精神的な状況も評価指標に取り入れることです。これまで身体的・精神的な状況はほとんどの場合、個別に評価されてきたことに加え、精神的評価は主観的なものがほとんどで、客観的なものさしはありませんでした。こうした課題を克服し、身体的要素と精神的要素の両方を統合したこれまでにない評価指標・評価方法の開発を目指します。特に日常生活において評価できるよう、簡易でしかも即時的、低侵襲な評価方法を探ります。

二つ目の高田グループでは、個人にとって適切なタイミング、内容でFOV向上のための行動変容を促す情報をフィードバックするシステムを開発することを主眼に置いています。FOV向上につながる健康行



動やどのようなフィードバックが行動変容の動機付けになるかは、人によって異なります。そこで村上グループが開発するFOV指標やライフログデータから、機械学習などの手法を用いて一人ひとりにとってFOV向上に有効な健康行動を同定し、効果的な行動変容をもたらすパラメータを抽出します。それを用いて、日常的に収集したFOVデータやライフログデータから短期的・長期的視点で身体的・精神的状態を推測し、個人にとって最適なタイミング・内容で行動変容につながる情報をフィードバックするシステムを構築します。

三つ目の石田グループは、村上グループ、高田グループの成果を社会実装し、効果を検証する役割を担っています。日常での行動変容支援とともに非日常のイベントでFOV向上を図る方法を確立し、実証研究を行います。まず取り組むのが、日常生活の中で運動および食行動を通じてFOV向上・維持を支援する方法の確立です。例えば「趣味の創出」とその活動とを健康行動とリンクさせ、さらにFOVを用いたフィードバックによって更なる行動変容が促進されるよう支援する他、栄養バランスを考慮した献立作りや運動支援方法も検討します。

さらには、非日常的なイベントを通じてFOV向上を図る「場」の設計と方法の構築を進めます。単発イベントによる一過性の影響だけでなく、日常生活において運動や食に関する行動変容にもつながるような非日常イベントをデザインすることを試みます。実際に立命館大学びわこ・くさつキャンパスにおいて地域住民を対象に実証実験を実施し、社会実装に向けてその効果を検証するとともに、各グループに結果をフィードバックし、さらなる改良に生かします。

心身の状況を統合した新評価法・システムを開発 産業応用や地域への展開も視野に

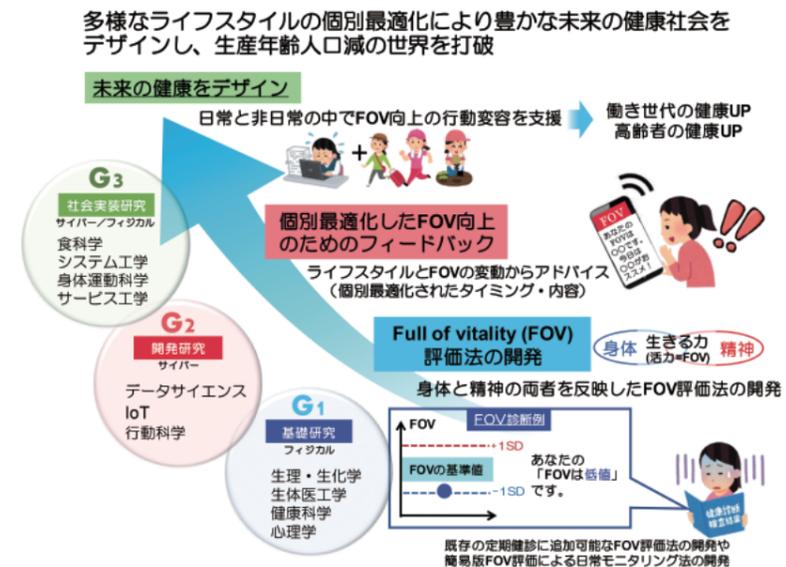
本研究プロジェクトの他にもない特長は、身体的情報とともに精神的情報を評価し、心身の状況を統合した評価法やフィードバックシステムを開発するところです。専門の異なる3グループの研究を融合させることで、「個人に最適化した行動支援（プレジジョンヘルスケア）」という新たな行動変容の学術領域の開拓を目指します。

加えて基礎研究から開発、さらに社会実装までを射程に入れていることも、稀有な強みです。将来は企業連携によって、FOVを向上させるアプリケーションや商品を開発したり、地域コミュニティと連携し、自然や地産食材を活用したヘルスツーリズムなどの新たな価値を創出するなど、産業や地域への展開も期待できます。

また本研究プロジェクトでの異分野融合の研究を体験することを通じて、将来の健康課題に対し、専門領域プラスアルファで活躍できる若手人材の育成にも尽力したいと考えています。

健康寿命だけでなく生産年齢の寿命延伸に寄与し、未来の健康を守り、生産年齢人口減の世界を打破することに貢献します。

■ 本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



身体的・精神的状況をウェアラブルデバイスを用いて検証

Contact
 立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
 077-561-3488 (平日9:00～17:30)

記号創発システム科学創成： 実世界人工知能と次世代共生社会の学術融合研究拠点

プロジェクトリーダー

- 情報理工学部情報理工学科 教授

谷口 忠大

(写真 中)

グループリーダー

- 情報理工学部情報理工学科 教授
- 情報理工学部情報理工学科 教授
- 情報理工学部情報理工学科 教授
- 総合心理学部総合心理学科 教授
- 生命科学部生物工学科 教授

李 周浩 (写真 右)

西浦 敬信 (写真 左)

安田 裕子 (写真 左中)

山中 司 (写真 右中)



実世界人工知能の開発と次世代共生環境デザインを 融合的に研究し新学術領域としての 「記号創発システム科学」の創成を目指す

記号創発システム論を、ロボティクスのみならず 記号論的文化心理学、哲学的記号論へと拡大

2010年代は、深層学習（ディープラーニング）の発展に伴い、「人工知能」という言葉が社会を席巻しました。ところが実世界に適応し、人間とコミュニケーションを通して行動し続けるサービスロボットは作られておらず、生活空間においてその便益を私たちは十分に享受できていません。また人工知能技術を、人間の文化的・心理的側面まで考慮してダイバーシティ社会の深化に活かすこともできていません。

「実世界人工知能の未成熟」と「次世代共生社会の未発達」は、人間の認知や言語活動が実世界において、マルチモーダル情報と文化的文脈に基づいて意味を持つ存在であることと関係しています。またこのことは、プロジェクトリーダーの谷口が人工知能・ロボティクス研究を軸に展開してきた「記号創発システム」という考え方により、統一的に理解することが可能です。記号創発システムは人間の思考やコミュニケーションを支える言語や記号の意味の動態を表現したシステム観です。

人間の意味理解や言語使用は、人間の赤ちゃんがマルチモーダル情報に基づいて認識を形成していくような身体的な相互作用と、文化の違いといった社会的な相互作用との両方が相互に影響を与えあいながら成り立っています。実世界においては両方が重要であり、ロボットはそんな人間の生活空間に入らなければなりません。言葉から意味を汲み取り自らの理解・行動につなげること、言葉の使用自体を変容させることは難しく、社会実装に向けては、まず、人間が言語や文化を学ぶとはどういうことなのかを明確にすることが必要であると考えます。

また、ダイバーシティ社会の深化に人工知能技術を活用できていない現状は、人間の文化的・習慣的行為のあり方とAI研究における情報

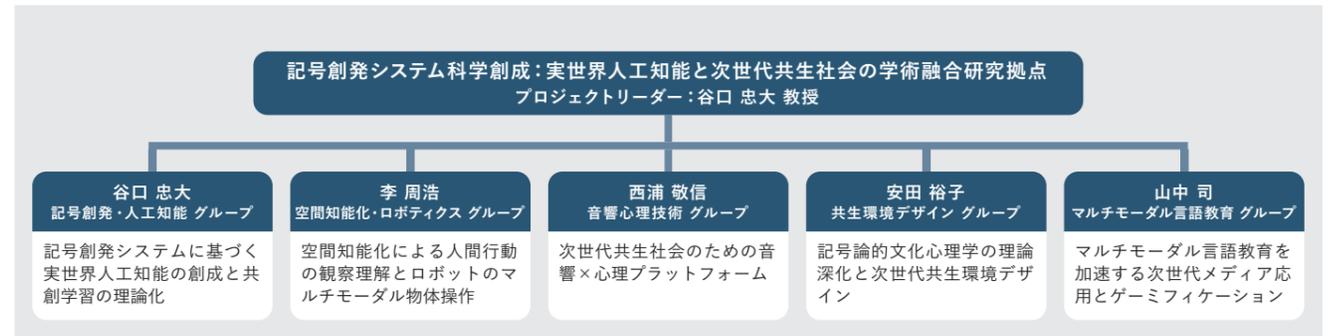
の溝が埋まっていないことに起因します。記号論的文化心理学、言語学、応用言語学や哲学的記号論といった分野に立脚し積み重ねてきた理論・実践研究を、記号創発システム科学と融合させることで、さらなる高度化・社会実装の加速化につなげることができるのではないかと考えます。

そこで本研究プロジェクトでは、不確実性の高い実世界において、人間と生活空間でマルチモーダル情報に基づき相互作用することを通して知識を獲得し、文脈や習慣を考慮した上で人間を支援できる実世界人工知能（サービスロボット）の技術開発と、AI/DX活用の次世代メディアを用いダイバーシティ社会の深化に向けた人文科学研究（次世代共生環境デザイン）に取り組みます。さらに、それぞれの基盤となる学術理論を深い次元で統合するために、記号創発システム理論、記号論的文化心理学、哲学的記号論を深化させ、文理融合の学術理論の構築を目指します。

AI/DX技術の人文科学分野への導入と 人間と共生する実世界人工知能の研究を同時推進

本プロジェクトは5つのグループで構成されます。

まず、谷口グループは、人間の記号論的コミュニケーションを支える記号創発システムの数理モデルを明らかにし、その工学的応用を図るとともに、サービスロボティクスへの人工知能技術の統合を担います。具体的には、「人間とロボットがタスクと協調に必要な記号システムを共に創っていく」という記号創発システムに基づく共創的学習の基盤を研究開発します。また、視覚や聴覚、言語表現といったモダリティ情報を統合したものに意思決定・運動制御を組み合わせた、実世界人工知



能のための認知アーキテクチャと世界モデルを創成します。並行して、サービスロボットのための、人間の習慣・文化を考慮した言語理解技術、サービス環境で記号的知識を獲得し適応し続けるための知能化技術の開発を進めながら、多様なサービスロボットの知能開発の効率化を目的としたソフトウェア基盤も開発します。

李グループでは、屋内外の様子と人の行動を観察する「空間知能化」技術と、ロボットの実在性・身体性を十全に活かした「人と環境に働きかけるロボティクス」技術の開発を行います。固定・移動センサによりシームレスで死角なしの観察空間を構成する手法を確立し、センサから得たデータを統合して人の行動と空間情報を抽出する知能を開発。さらに観察空間で得たデータからのものの識別や人の行動分析を行うアルゴリズムなどの開発を行い、空間内のユーザに適切な情報的支援、物理的支援を行えるようにすることを目指します。整理整頓ロボットのための手順生成や、ロボットハンドによる視触覚統合物体操作モデルの構築にも取り組みます。

西浦グループで目指すのは、「音響×心理プラットフォーム」の構築です。人間の口を超えるピンスポット情報伝達、人間の耳を超えるピンスポット音環境理解や、物体の振動を画像処理に基づき音波に変化するビジュアルマイクロホンをを用いた次世代ロボット聴覚の研究開発を行うとともに、誰が聴いてもその意味が明確に分かる、世界標準となるサウンドデザイン（音ビクトグラム）と、言葉を介さずに音という記号によるロボットから人へのコミュニケーションを実現するための聴覚メカニズムに基づいた音質評価モデルを研究。音に対して技術的側面と心理的側面の両方からのアプローチを融合した「音響×心理プラットフォーム」を構築し、人にやさしい次世代ロボットコミュニケーションを追求します。

安田グループでは、文化心理学に関連の深いTEA（複線径路等至性アプローチ）を用いて、子育てをする母親の就労復帰という転換点、キャリアを考えるという学生の転換点においてどのような悩みごとが

り、どのような選択がなされるのかを捉え、AI/DX活用による高度なライフ・キャリアカウンセリング「人生複線径路カウンセリング」の手法を構築します。相談・悩みの事例を収集し、TEAによって分析・可視化することによって、カウンセリング的な応答を可能にするシステムを構築し、谷口グループとの共同研究を通して実装を目指します。

山中グループの大きな目的は、記号創発システム科学を援用して、次世代の大学英語教育のモデルを実践・提示することにあります。人間が自身の身体性や与えられた能力を駆使して逞しく実世界で生き抜くというプラグマティックな活動を基軸とした言語観に立脚しながら、メンバーが推進するプロジェクト発信型英語プログラムにおいて次世代メディアとゲーミフィケーションを活用し、マルチモーダル言語教育を進展させるとともに、理論基盤の深化や教育方法の改善をもってプロジェクト発信型英語プログラムの高度化を図ります。実世界人工知能技術に関わるメンバーと積極的な相互作用を持ち、英語教育におけるAI/DXの積極的活用の技術的可能性と限界をプラグマティックに把握しながら研究を進め、社会実装、大学教育の政策提言にもつなげます。

研究成果の実装をもって社会に貢献し、 OICを象徴するプロジェクトへ

2024年の情報理工学部の移転をもって、本プロジェクトのほぼ全メンバーがOICに集結するため、新たな研究拠点を確立したいという思いがあります。新棟に設置される「見える試せるラボ」での実装や、プロジェクト発信型英語教育、学生支援カウンセリングなどへのオンキャンパス実装、さらには2025年の「大阪・関西万博」におけるサービスロボットのデモンストレーションなどを実現させることにより、OICを代表するプロジェクトへと進化を遂げ、新たな学術融合研究分野「記号創発システム科学」を創成したいと考えています。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



実世界で人間とのコミュニケーションを通してサービスを提供するロボット

Contact
立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00～17:30)

「心の距離メータ」を用いたフィジカル/サイバー空間における人間関係構築技術の開発

プロジェクトリーダー

- 理工学部ロボティクス学科 教授

岡田 志麻 (写真 左中)

グループリーダー

- 情報理工学部情報理工学科 教授
- スポーツ健康科学部スポーツ健康科学科 教授
- 生命科学部生命医科学科 准教授

西原 陽子 (写真 右)

山浦 一保 (写真 右中)

向 英里 (写真 左)



「心の距離メータ」を通じて人間関係の質を向上し心身の健康増進と幸福に寄与する

フィジカル/サイバー空間での「心の距離」を測定し人間関係を最適化する技術の確立を目指す

「人生100年」といわれる現代、これまで以上に金に換算できない「無形の資産の大切さ」が議論されるようになってきました。その中でもとりわけ重要性が指摘されているのが、「肉体的・精神的健康」や「友人・家族との良好な関係」などの「活力資産」です。個人や組織社会における「人間関係の質」は、心の健康だけでなく身体にも影響を及ぼすことが報告されています。しかしこれまで、人間関係やそれに関連する心の状態を客観的に把握することは困難であるとされてきました。それに加えてSociety5.0時代を迎えるにあたり、人間関係構築の場は、フィジカル空間だけでなくインターネットなどのサイバー空間や、Web会議やビデオ電話などフィジカルとサイバーの融合空間にまで広がっています。このようにかつて経験したことのないダイナミクスとスピードで環境やコミュニケーションの様式が変化する中において、人を取り巻く環境を踏まえて人間関係を最適化する技術の開発と社会実装が急がれています。

以上のような問題意識のもと、本研究プロジェクトでは、「心の健康」に着目し、フィジカル・サイバーいずれの空間においても人間関係の構築に資する技術の開発を目指しています。さまざまなコミュニケーション空間で、本人が感じる相手との親疎の度合いとして「心の距離」を客観的に評価する技術を開発。これを低下させる危険因子を同定するとともに、人間関係の状態の改善を予測するシステムを構築し、「人間関係最適化技術」として確立します。

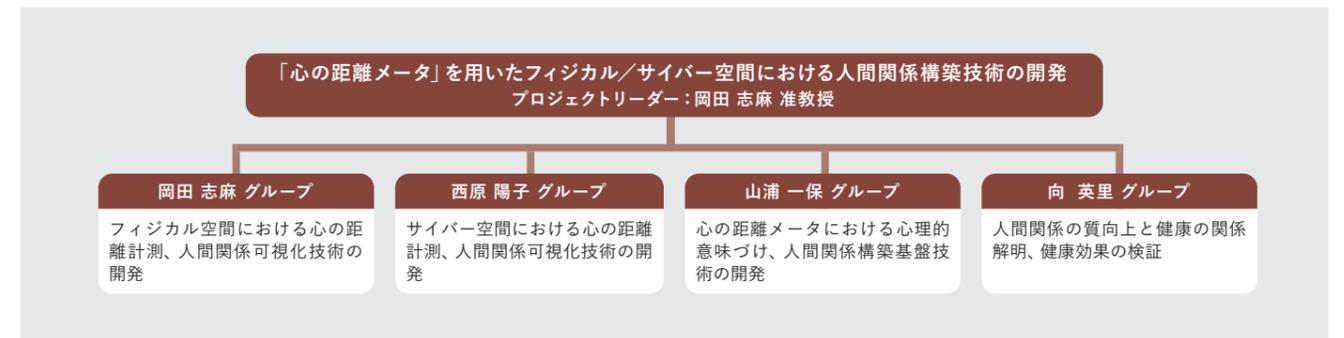
幸福と健康の最大因子は「人間関係の質」であるともいわれます。本研究プロジェクトを通じて、人々の「人間関係の質」の向上、ひいては心身の健康増進と幸福に寄与したいと考えています。

「心の距離」や心身の健康状態を計測するとともにそれぞれの関係性分析、心理的意味づけを行う

本研究プロジェクトでは四つのグループに分かれ、互いに連携しながら研究を進めます。まず「心の距離」や「人間関係の質」を客観的に計測し、その可視化を試みるのが、岡田グループです。フィジカル空間(実空間)においては、心電や呼吸数、発汗、行動量、血管収縮反応といった生体情報を計測するウェアラブルマルチセンサシステムを開発します。Web会議など実空間とサイバー空間の融合空間においては、カメラに映った顔画像の解析による自律神経評価を応用し、非接触なセンシング手法で計測できる画像処理技術の開発に取り組めます。さらにサイバー空間における人間関係の可視化に取り組む西原グループの協力も得て、さまざまな生体情報を用いた「人間関係の状態モデル」を構築します。このモデルを「心の距離メータ」として用いることで人間関係の質を低下させる危険因子を同定し、人間関係の状態の改善予測を行うシステムの開発に挑みます。

次に西原グループは、サイバー空間における一対一の関係の「心の距離」を計測しようとしています。これまでに西原は、チャットツールでの会話の発言に含まれる、「～です」「～だよ」といった文末表現から発言の意図や仲の良さを推定することに成功しています。この知見を用いつつ、サイバー空間で用いられるテキスト、音声、動画などのコミュニケーションメディアの特徴量も活用し、「心の距離」を計測する手法を提案します。次いでこの手法を一対多の関係での「心の距離」の計測手法へと発展させ、サイバー空間における人間関係の可視化を試みます。

続いて山浦グループは、フィジカル・サイバーそれぞれの空間において岡田・西原両グループが捉えた心の距離や人間関係に関する数々のデータについて、心理学の観点からその「意味づけ」を行います。岡



田・西原グループが行う計測にも参加し、各種心理指標で構成したアンケート調査を実施。そこで得たデータと、先の2グループで開発された定量評価測定に基づくデータ、さらに最後の向グループで得られた身体的健康のデータを突き合わせて、各データに心理的・主観的意味づけを行い、解釈可能なものにします。加えて、個人および集団に対する「心の距離」計測結果の効果的なフィードバック法の開発にも取り組みます。計測によって「心の距離」を可視化できたとしても、それを本人にとって良い人間関係の改善につなげられなければ意味がありません。そこで岡田・西原グループの実験参加者への聞き取り調査やフィードバックに関する調査を実施。「心の距離メータ」の指標を踏まえ、いつ、どのような情報を、どのような頻度・形式で提供するかなど、対象者にとって有益かつ効果的なフィードバック内容を策定し、実証を試みます。

最後に向グループは、人間関係の質や心の状態の変化が身体との関係性について検討します。岡田・西原グループが計測したフィジカル・サイバー両空間および融合空間における人間関係と心の状態の客観的・定量的なデータと、身体との健康状態との関係性を明らかにします。まず呼吸数や心拍数、心電、血圧や血糖値など生活習慣病に関わる因子に加えて、心的ストレスによって過食や栄養過多に陥りやすくなることから栄養調査も適宜実施し、総合的かつ網羅的に健康状態の変化を把握します。それらと人間関係、および心の状態

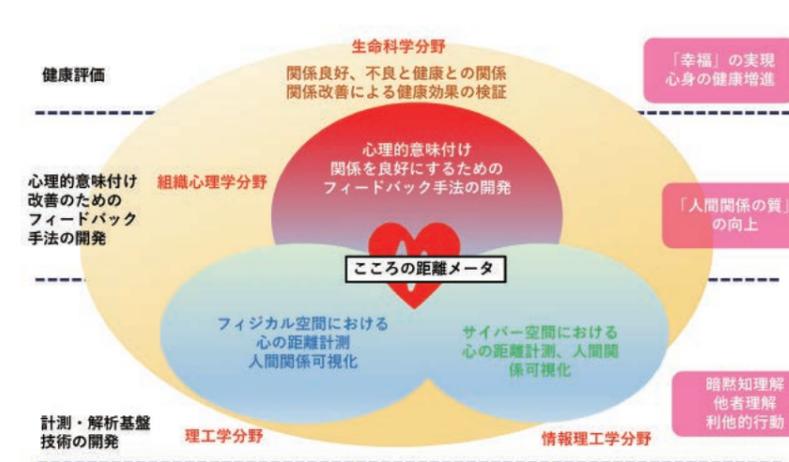
の計測データとの関係性を明らかにし、バイオマーカーによる健康指標を開発します。いずれは山浦グループで開発されたフィードバック手法によって人間関係が良好に変化した場合、健康状態も良くなることを実証し、人間関係の質の向上をサポートするシステムの実現を後押しします。

「心の距離」を測る指標が不可欠になる次代に向けて研究のさらなる推進を図る

本研究プロジェクトでは、若手研究者とりわけ女性研究者の積極的な登用を想定しています。多様な分野で活躍する女性研究者のキャリアパスを後押しし、それを広く発信していくことで、小・中学生から大学院生まで、男女問わず若い世代に研究者を志望する風土を醸成する役割も果たします。

2020年、新型コロナウイルス感染症拡大によってこれまでの生活様式が一変しました。とりわけ大きく変わったのは、サイバー空間におけるコミュニケーションの時間や機会が大幅に増加したことです。今後も物理的な距離の取り方、心の距離の取り方を測る客観的な指標はますます必要になってくると考えられます。本研究プロジェクトの研究成果が、次代に不可欠なものとなると信じ、研究を推進していきます。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



冷水負荷 実験風景

Contact
立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00~17:30)

高齢者の認知的コミュニケーションの支援に向けた学際的研究拠点の形成



プロジェクトリーダー
● 総合心理学部総合心理学科 教授
林 勇吾 (写真中央)

グループリーダー
● 情報理工学部情報理工学科 教授
木村 朝子 (写真右)
● 情報理工学部情報理工学科 准教授
泉 朋子 (写真左)

認知科学と情報科学の融合によって次世代の認知的コミュニケーション支援研究を切り拓く

持続的に高齢者の傾聴を通じた認知的支援を実現するための研究分野の開拓を目指す

少子高齢化が進んでいる現代社会では、高齢者との交流の機会が減少しており、昨今のコロナ禍によって、高齢者への対人サポートを行うことはますます困難になっています。そうした中で、高齢者に多いとされる認知症患者は全国で462万人、軽度の認知症患者はさらに400万人いるとされています。こうした認知症の予防には、回想法や運動療法、認知刺激療法などの療法が検討されていますが、高齢者の活動をモニターし、適切な治療方法をサポートしてくれるアドバイザーや介護者の存在が不可欠です。

特に、傾聴による支援に焦点をあてると、高齢者に日常的なエピソードの楽しかったこと、幸せだった思い出を話してもらった回想法を用いた傾聴が有効であるということが明らかにされています。また、高齢者が言語化するにあたっては、スマートフォンの情報を含む視覚情報や、臭覚・触覚を刺激するような情報を提示すること、すなわち様々なマルチモーダル情報を刺激することも、高次の脳・認知活動における記憶の活性化に効果的とされています。

しかし、人と人との間で直接的に対話することが難しい日常が続いている状況にあることに加え、こうしたサービスを提供できる人材、高齢者への傾聴方法の教育も不足しており、高齢者の認知機能や心の健康を支援することが難しい現状があります。そこで本研究では、高齢者の心の健康を維持することを目的とし、情報通信システムを用いることで持続的に高齢者の傾聴を通じた認知的支援を実現するための研究分野を開拓することを目指します。

人間の分析を通じた認知モデルを搭載した対話支援環境と健康促進に関するシステムを開発する

人間の心のメカニズムに即した適切かつ安定した支援を提供するためには、実証的なエビデンスをもとに高齢者の健康度を理解するモデルを構築すること、さらに、そのモデルをベースに情報システムを構築していくことが必要です。そこで本研究プロジェクトでは、モデルベースアプローチと、その知見をもとに支援技術を開発していくシステムベースアプローチの両輪を組み合わせた学際的なアプローチを採用しています。

まずこうした支援技術の開発に向けて人間の心のメカニズムを探究することを軸に置く林グループでは、傾聴による対話を通じて高齢者の心身の健康状態のメカニズムを「理解」するための分析を行うモデリングチームと、高齢者の気分の改善や傾聴時の回想記憶・説明活動の活性化に向けたファシリテーション手法を検討する「支援」のチームとに分かれ、認知科学的なアプローチによる研究を進めています。

心身のメカニズムを「理解」するための分析を行うモデリングチームはさらに二つの班に分かれており、心理分析班では、心理学や教育心理学の研究者が、言語情報をもとにした心理学的モデルの構築を行っています。また情報工学を専門とする研究者を中心としたセンシング班では、非言語情報による状態検知に関する分析とモデル開発に取り組んでいます。心理実験による分析に加えて、工学的なセンシング技術を用いた機械学習を通じて検討することで、システムベースで健康状態を適切に推定することを可能とします。

人間の認知行動をはじめ傾聴によるコミュニケーション活動を支援する技術を提案する「支援」のチームも二つの班で編成。主に認知科学の研究者と専門研究員および博士後期過程院生からなるコミュニケーション支援班では、回想記憶の想起の促進や傾聴時の説明活動とい



たコミュニケーション支援に関する分析とモデル開発を行っています。その一例として、これまでの研究室の研究の中には眼球運動測定器や会話エージェントを用い、相手がどこを見ているのかが分かる手法を提案し、実験を実施。学生がペアで問題を解く際、同システムを使ったほうが、コミュニケーションが回りやすく問題の解きやすさが向上するとの結果が得られました。もう一方のシステム支援班では、バーチャルリアリティ専門の研究者を中心とし、VR(人工現実感)・MR(複合現実感)を用いたコミュニケーション支援のための刺激提示の実験システムの開発を推進します。

二つめの木村グループでは、高齢者がVR・MR環境に対して行うインタラクションに身体動作や各種感覚を導入することで、認知機能を活性化させることを目指します。

チーム1では手・足の動作、アイジェスチャといった身体動作を用いたインタラクションを開発。チーム2では、VR空間内を移動するための足の動作を利用した様々なインタラクション方法のうち、より高齢者にとって利用しやすく、かつ認知活動の活性化を促す方法を見極めます。チーム3のテーマは、複数の感覚を相互に融合・補完するインタラクション方法の研究を行います。MR環境では、現実空間にある実物体に対して、見た目の異なるCG映像を重畳描画することができます。この技術を利用することで、現実世界では小さなケースを保持しているにもかかわらずHMDを通して見ると大きなケースを持っているように見せることができます。このように現実世界と仮想世界で「見た目」に差異を生じさせることで、重さなどの「触感」を錯覚することがわかっています。このような感覚間で起こる錯覚現象を活用することで、高齢者が知覚しにくい感覚を他の感覚を利用して増強したり、知覚しやすくなりするインタラクション方法を検討します。さらにチーム4において、チーム1～3で開発・検討したインタラクション手法が高齢者の認知機能に与える効果について、認知心理学的観点から検証します。

三つめの泉グループでは人がもつ記憶に着目。二つの班に分かれ、写真や動画、音などのデジタルデータを対象に記憶の想起に有用なデータの特徴を検討するとともに、記憶を適切にデータとして蓄積する方法や、それを提供するインタラクティブな情報システムの提案、さらに、提案システムを用いた記憶の想起が認知機能を活性化させる効果を検証します。

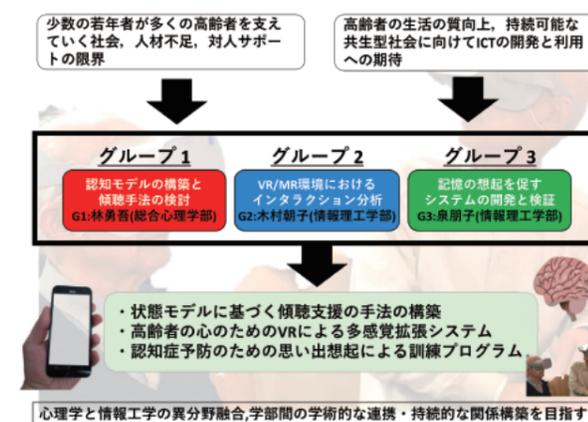
泉はこれまで、過去の記憶に関連するデータを工学的に応用することを目指した研究に取り組み、認知症患者と家族介護者間などを対象とする、記憶の情報を活用したコミュニケーション支援などを提案しています。本研究プロジェクトでは、SNSにアップされている大量のデータに着目し、他者の写真やテキストデータを用いて個々の思い出を想起できるか否かを調査。写真とテキストで想起される内容の違いや、それぞれのデータのどのような要素が記憶の想起に有用なのかを分析しています。さらに、デジタルデータがない時代を含む昔の思い出にも焦点を当て、現在に取得できる写真や音楽といったデータから昔の思い出が想起されるか否かという検証も行っていく予定です。

世界トップレベルの認知的コミュニケーション支援の研究拠点へ

将来的には、認知科学的なモデルを用いた情報通信システムを応用し、知的な振る舞いをするロボット、あるいは対話システムという形で、高齢者施設をはじめ広く社会で活用していただきたいという思いがあります。

その達成に向けて、独創性あふれる研究者の育成に努め、立命館大学認知科学研究センターの研究推進力を高めることで、最先端の研究成果を発信できる認知的コミュニケーション支援の研究拠点を目指します。さらに本研究プロジェクトの成果をもとに、産業界、教育界、福祉など外部の実践的な組織体との提携を深めていければと考えています。

■ 本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



大学生ペアの会話分析を目的とした基礎心理学実験を実施している様子。ここでは、話者の視線と表情、発話のデータを収集しており、実験課題との関係性を分析。今後はVRを利用したり、高齢者に対象を拡張して検討を進める。

Contact
立命館大学 研究部 OICリサーチオフィス
072-665-2570 (平日9:00～17:30)

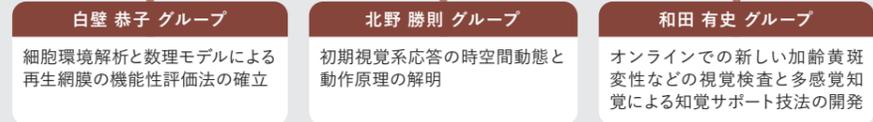
高齢者社会を豊かにする視覚3C創成プロジェクト ～細胞(Cell)・回路(Circuit)・認知(Cognition)～



プロジェクトリーダー
●薬学部創薬科学科 教授
小池 千恵子 (写真 右中)

グループリーダー
●生命科学部生命医科学科 教授
白壁 恭子 (写真 左中)
●情報理工学部情報理工学科 教授
北野 勝則 (写真 右)
●食マネジメント学部食マネジメント学科 教授
和田 有史 (写真 左)

高齢者社会を豊かにする視覚3C創成プロジェクト ～細胞(Cell)・回路(Circuit)・認知(Cognition)～
プロジェクトリーダー：小池 千恵子 教授



再生医療による自然な視覚再生に役立つ 網膜評価系と補完ツールを開発する

**真の視覚再生時代の到来を見据え
自然な視覚再生獲得を阻む課題の解決に取り組む**

2020年10月、神戸アイセンター病院において世界で初めてiPS細胞由来の再生網膜を用いた臨床移植が行われました。失明患者さんにおいて、多少なりともものの形を判別可能となれば、生活の質が大きく変わることが期待されていますが、いずれはより自然な視覚の再獲得が期待される可能性が高いものと予想されます。本研究プロジェクトでは、患者一人ひとりに対するオーダーメイド治療が当たり前になる、そんな「真の視覚再生時代」の到来を願い、自然な視覚の再獲得に貢献することを目的として、「再生網膜の定量的評価系の構築」と「多感覚知覚による視覚補完ツールの開発」に取り組んでいます。

たとえ再生医療による視覚再生技術が確立されたとしても、それを多くの人々が享受できるものにするには、まだいくつもの課題が残されています。例えば、有効な網膜シミュレーターがないこともその一つです。一人ひとりに最適な再生網膜を高効率に実現するには、シミュレーションによる予測が不可欠ですが、世界中、まだどの研究グループも構築に成功していません。一方で、ヒトは視覚だけでなく聴覚や触覚、味覚など多様な感覚系認知機能を複合して見るモノを認識(視認知)しており、網膜が正常であれば自然な視覚を取り戻せるというものでもないことが知られています。さらに言えば、視覚以外の感覚も合わせて外界刺激を受けることで、本来の視覚を取り戻せるものと考えられます。そのため再生医療においても、「多感覚知覚」を考慮に入れた視覚補完ツールがより自然な視覚再獲得に貢献するものと考えられます。本研究プロジェクトではこの2点の解決にフォーカスします。

**「細胞」「回路」「認知」の三階層でアプローチ
網膜の機能とメカニズムの解明に挑む**

本研究プロジェクトでは、「細胞(Cell)」、「網膜回路(Circuit)」、「視認知科学(Cognition)」という階層別に三つのグループを形成し、研究に取り組めます。まず「細胞」に焦点を当てる白壁グループでは、数多くの細胞が複雑な回路を形成する網膜組織の機能を細胞レベルで解き明かそうとしています。第一に着目するのが、視機能解析に有用な種から高品質なiPS細胞を樹立し、3次元網膜を作製。多角的な解析を行うことにより得られたデータから、網膜機能評価系構築の基盤とします。第二に注目するのが細胞間の相互作用に重要な役割を果たす細胞膜タンパク質の切断プロセス「シェディング」や、死細胞を食べて除去する「貪食」の分子機構です。膜タンパク質はiPS細胞から3次元網膜を形成する際にも細胞の生死・運動・分化に寄与すると予測されることから、そのメカニズムを解析して網膜における細胞間コミュニケーションを正しく理解し、制御技術の構築に役立てます。これらの実験系データを元に、再生網膜の機能を評価するための細胞数理モデルの構築に挑戦します。細胞の電気生理学的解析によって得た情報を利用して、細胞膜イオン電流の成分から細胞の成熟度を評価する手法の確立を目指します。

次に北野グループは、「回路」レベルでその機能や機構の解明に取り組めます。一つは、正常な網膜の動作原理と病変時の動態を突き止めることです。網膜は視覚情報処理に最適化されたと考えられる固有の動的特性を有しており、病変時にも、正常時とは違った固有のダイナミクスを示します。これまでの研究で、正常・病態それぞれにおいて重要な回路システムとその変動の特徴を顕在化させることに成功しています。この知見を活かすと同時に、さまざまな手法を用いたマルチ神経活動計

測によって網膜の時空間動態を計測し、正常な動作原理と病態の両方を明らかにします。二つ目には、網膜から視覚皮質への情報伝達について検討します。網膜で処理された視覚情報は、視覚皮質の始まりである第一次視覚野で処理されてから視認知されます。この網膜から視覚皮質への出力応答を計測し、網膜の最適出力の様式を解明します。将来的には再生網膜を移植した際、視神経の接続における情報処理の予測にこの成果を役立てたいと考えています。さらに三つ目として、それぞれの研究で得られた実測データを活用し、網膜情報処理機能を定量的に評価するための数理網膜回路モデルの構築に挑みます。再生網膜の機能が正常網膜と同等かを評価・検証するには、その設計図として網膜回路モデルが必要ですが、いまだ世界で誰も実現していません。数理モデルができれば、網膜が環境変化に適応するための因子を予測することも可能になると期待されます。

最後に和田グループは、「認知」レベルにおいて二つのアプローチから研究を行います。一つは、「視覚機能検査」の開発です。脳には眼から得た情報を取捨選択したり、加工・補正する働きがあります。日常的に私たちは「盲点」という視細胞が存在しない箇所を他の情報によって充填しています。網膜変性疾患による視野の欠損部位でも、脳の可塑性によってこの盲点と同様に充填が生じて視野の欠損に気づきにくい可能性があります。これを検証するとともに、錯視現象に関する研究知見などを活用し、これまでにないパラダイムの視覚機能検査の開発を進めます。二つ目には、多感覚知覚を応用した網膜移植後の視機能再生に役立つリハビリテーションツールの開発です。先に述べたように、ヒトは視覚だけでなく多様な感覚系認知機能を複合して視力を

維持しています。こうした感覚補完を行う多感覚知覚を探索し、それを応用して感覚補完ツールの開発に取り組みます。

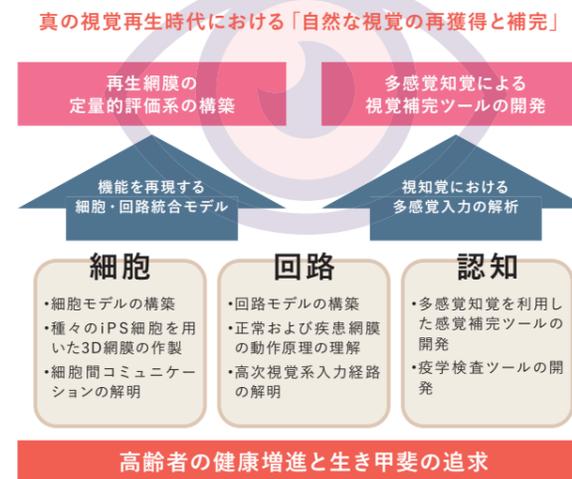
**網膜再生技術の向上を通じて
高齢社会の健康増進と生きがいの追求に貢献する**

本研究プロジェクトの特長は、システム視覚科学研究センター等を通じて約10年に渡り、情報系や理工系、生物系、心理系の研究者が参画し、異分野融合の確固たる研究体制を築いているところ。実験を中心とした実証研究とともに、数理モデルによる機構解析と理論構築の両輪で研究を進めるところが他にはない強みとなっています。

また研究に留まらず、再生医療領域、眼領域における若手研究者の育成にも力を注いでいます。眼科領域における再生医療の研究開発と事業化に取り組む株式会社ビジョンケアと連携。若手人材をインターンとして同社に派遣するなど、研究と人材の交流を通じて将来の再生医療、眼科領域の発展に寄与する人材を育成・輩出することも重視しています。

ヒトは外界から得る感覚情報の実に80%以上を視覚に頼っており、視覚の疾患・障害は「生活の質(QOL)」の著しい低下をもたらします。高齢化が進むほど眼疾患の罹患率も上昇し、それによる社会的損失は多方面で甚大かつ深刻になっていきます。網膜再生技術の向上は、それを食い止める重要な一手になる。そう信じ、これからの再生医療の進展を支え、豊かな高齢社会の実現の一助になりたいと考えています。

■本研究プロジェクトが目指す成果イメージ図



網膜内の電気生理応答をパッチクランプ法により解析

Contact
立命館大学 研究部 BKCリサーチオフィス
077-561-3488 (平日9:00～17:30)

第1期 R-GIRO (2015年度終了)

第1期 R-GIRO研究プログラム プロジェクト一覧

職名・所属は採択当時のもの

研究領域	プロジェクトテーマ	プロジェクトリーダー	職名	所属	研究期間
環境領域	琵琶湖固有魚貝類の細胞株樹立とバイオセンサーへの応用	高田達之	教授	薬学部	2010年度～2014年度
	極限二次利用学による循環型社会（琵琶湖モデル）の構築	今中忠行	教授	生命科学部	2009年度～2013年度
	窒化物半導体をもちいた環境エレクトロニクスの構築	青柳克信	教授	R-GIRO	2008年度～2011年度
	低炭素社会実現のための基盤技術開発と戦略的イノベーション	周 瑋生	教授	政策科学部	2008年度～2012年度
エネルギー領域	セラミック系固体電解質のエネルギー・環境デバイスへの適用	吉原福全	教授	理工学部	2008年度～2012年度
	エネルギーセキュリティ確保のための高効率多接合薄膜太陽電池の開発	高倉秀行	教授	理工学部	2009年度～2013年度
食料領域	共生・循環型社会基盤に立脚した環境・食料生産システム	久保 幹	教授	生命科学部	2008年度～2012年度
	微生物を活用した次世代の育種・栽培・防除技術開発による農作物生産向上	三原久明	准教授	生命科学部	2010年度～2014年度
材料・資源領域	天然テトラピロール分子を基盤とした環境調和型光応答材料の創製	民秋 均	教授	薬学部	2009年度～2013年度
	元素資源を基盤とした機能性ソフトマテリアルの創製	前田大光	准教授	薬学部	2008年度～2012年度
	ナノスケールで組織構造を精密制御できる有機・無機ハイブリッドナノ粒子の創製	堤 治	准教授	生命科学部	2008年度～2012年度
	自然共生型機械材料システム創成プロジェクト	鮎山 恵	教授	理工学部	2008年度～2012年度
医療・健康領域	創薬ならびに有用機能性有機分子創生を志向するサステイナブル精密合成研究	北 泰行	教授	薬学部	2009年度～2013年度
	蛋白質のフォールディングおよびフォールディング病発症機構の解明のための統合研究	加藤 稔	教授	薬学部	2009年度～2013年度
	アンチセンス転写物による発現調節機構を用いた創薬の研究	西澤幹雄	教授	生命科学部	2008年度～2012年度
	糖鎖工学による再生医学新領域の開拓	豊田英尚	教授	薬学部	2008年度～2012年度
	MEMSとBME (bio medical eng.) のマルチスケールフュージョン研究	小西 聡	教授	理工学部	2008年度～2012年度
	IRTが拓く超臨場感遠隔協働環境の研究	田中弘美	教授	情報理工学部	2009年度～2013年度
	多次元医用データの統計モデリングと診断補助支援 (CAD) システムの開発	陳 延偉	教授	情報理工学部	2008年度～2012年度
	生体機能シミュレータと解析ツールの研究開発	野間昭典	教授	生命科学部	2008年度～2012年度
	統合型スポーツ健康イノベーション研究	伊坂忠夫	教授	スポーツ健康科学部	2010年度～2014年度
安全・安心領域	暮らしを支える安全・安心のインビジブル・セキュア・プラットフォーム	毛利公一	准教授	情報理工学部	2009年度～2013年度
	琵琶湖を対象とした災害軽減のための短期予報システムの開発	John C. WELLS	教授	理工学部	2013年度～2015年度
	ホワイトスペースを活用したエリア限定ワンセグ放送による防災情報共有システム	細井浩一	教授	映像学部	2013年度～2015年度
人・生き方領域	対人援助学の展開としての学習学の創成	望月 昭	教授	文学部	2010年度～2014年度
	応用錯視学のフロンティア	北岡明佳	教授	文学部	2009年度～2013年度
	「法と心理学」研究拠点の創成	佐藤達哉	教授	文学部	2009年度～2013年度
	電子書籍普及に伴う読書アクセシビリティの総合的研究	松原洋子 ^{*1}	教授	先端総合学術研究科	2011年度～2015年度
平和・ガバナンス領域	新しい平和学にむけた学際的研究拠点の形成：ポスト紛争地域における和解志向ガバナンスと持続可能な平和構築の研究	本名 純	教授	国際関係学部	2010年度～2014年度
	東北アジア・朝鮮半島と日本の疎通と協働—平和構築の視点から	勝村 誠 ^{*2}	教授	政策科学部	2009年度～2013年度
	アスベスト被害と救済・補償・予防制度の政策科学	森 裕之	教授	政策科学部	2009年度～2013年度
日本研究・地域研究領域	デジタルアーカイブによる日本文化・芸術資料の世界共有化研究	赤間 亮	教授	文学部	2009年度～2013年度
	第二次世界大戦による在外日本人の強制退去・収容・送還と戦後日本の社会再建に関する研究	米山 裕	教授	文学部	2010年度～2014年度
	歴史都市京都のデジタル・ミュージアム	矢野桂司	教授	文学部	2009年度～2013年度
融合新研究領域	農山村部におけるクールベジタブル農法を核とした炭素隔離による地域活性化と地球環境変動緩和と方策に関する人間・社会次元における社会実験研究	鐘ヶ江秀彦	教授	政策科学部	2010年度～2014年度

*1：2012年度より、プロジェクトリーダーを立岩真也教授（先端総合学術研究科）から松原洋子教授（先端総合学術研究科）に交代しました。
 *2：2012年度より、プロジェクトリーダーを桂島宣弘教授（文学部）から勝村誠教授（政策科学部）に交代しました。

第2期 R-GIRO (2016年度終了)

第2期 R-GIRO研究プログラム プロジェクト一覧

職名・所属は採択当時のもの

研究拠点	プロジェクトテーマ	プロジェクトリーダー	職名	所属	研究期間
環境拠点	水再生循環によるアジアの水資源開発研究拠点	中島 淳	教授	理工学部	2013年度～2016年度
エネルギー研究拠点	太陽光発電によるエネルギー創成・利用研究拠点	峯元高志	准教授	理工学部	2012年度～2015年度
食料研究拠点	農水産業の6次産業化による新食料研究拠点	松原豊彦	教授	経済学部	2012年度～2015年度
先端医療研究拠点	ものづくりによる医療健康技術革新研究拠点	小西 聡	教授	理工学部	2012年度～2015年度
	ITと医療の融合による次世代e-ヘルス研究拠点	陳 延偉	教授	情報理工学部	2012年度～2015年度
	多世代交流型運動空間による健康増進研究拠点	伊坂忠夫	教授	スポーツ健康科学部	2013年度～2016年度
人・生き方研究拠点	文理融合による法心理・司法臨床研究拠点	稲葉光行	教授	政策科学部	2012年度～2015年度
平和・ガバナンス研究拠点	オール立命館による学際統合型平和研究拠点	本名 純	教授	国際関係学部	2013年度～2016年度
日本研究・地域研究拠点	年縞を軸とした環太平洋文明研究拠点	高橋 学	教授	文学部	2013年度～2016年度

第3期 R-GIRO (2021年度終了)

第3期 R-GIRO研究プログラム プロジェクト一覧

職名・所属は採択当時のもの

研究拠点	プロジェクトテーマ	プロジェクトリーダー	職名	所属	研究期間
若者が夢を持てる社会の形成と新しい文化の創造	学際的な人間科学の構築と科学的根拠に基づく対人援助の再編成	矢藤 優子	教授	総合心理学部	2016年度～2020年度
自然共生型社会モデルを支える科学・技術	90億人時代に向けた気候変動対応型農業の基盤創生	三原 久明	教授	生命科学部	2016年度～2020年度
	暮らしのスマート・エネルギーイノベーション研究拠点	峯元 高志	教授	理工学部	2017年度～2021年度
	有機生命資源の有効利用による電子・光機能材料の創製	前田 大光	教授	生命科学部	2017年度～2021年度
労働環境の刷新による生産労働者の活性化	先端材料に基づくロボティクス・イノベーション	川村 貞夫	教授	理工学部	2016年度～2020年度
高齢者の生きがい・生産労働化	からだ活性化総合科学技術研究拠点	小西 聡	教授	理工学部	2016年度～2020年度
	視機能再構築に向けたシステム視覚科学研究拠点	北野 勝則	教授	情報理工学部	2016年度～2020年度
	次世代人工知能と記号学の国際融合研究拠点	谷口 忠大	教授	情報理工学部	2017年度～2021年度
	感覚統合をコアとした健康行動継続学の創成	塩澤 成弘	教授	スポーツ健康科学部	2017年度～2021年度
地球規模での人間・社会の成長と存続	修復的司法観による少子高齢化社会に寄り添う法・社会システムの再構築	若林 宏輔	准教授	総合心理学部	2016年度～2020年度
	長期的人口分析に基づく持続型社会モデルの研究拠点	矢野 健一	教授	文学部	2017年度～2021年度