

立石科学技術振興財団

助成研究成果集

【第30号】

2021年(令和3年)



人間と機械の調和を促進する助成研究成果集

第 30 号

2021年10月(令和3年)

公益財団法人 立石科学技術振興財団

Tateisi Science and Technology Foundation

設 立 趣 意 書

今日、日本の科学技術の進歩・発展は著しいものがありますが、エレクトロニクス及び情報工学の分野における技術革新も、いまでは社会的・経済的にきわめて大きな影響を及ぼしています。たとえば、工場では各種工程のオートメーション化が進むとともに、オートメーション機器をコンピュータや通信機器とつなぎ、工場全体を統合的に動かすシステムの実現へと向かっています。

一方、オフィスでは、ワークステーションやパソコンなどの OA 機器の普及が目覚ましく、また通信技術を利用することにより、データベースへのアクセスや情報交換も盛んになりつつあります。さらに、家庭においても、いわゆるホームオートメーション機器が浸透しはじめています。

このように、人間が働き生活する環境に、エレクトロニクス技術に支えられた各種機器がどんどん入ってきており、しかもその技術は年々高度化・システム化してきています。しかしながら、その技術革新のスピードが速いだけに、技術革新がそれら機器やシステムを使う主体である人間に及ぼす影響が十分考慮されない傾向があります。このため、本当に使いやすい機器・システムの開発が大きな課題になっています。

一方、今後の技術の飛躍的な発展のためには、人間の素晴らしい知識能力を規範にしたファジィなどの人工知能技術を確立し、使いやすい機器・システムの提供はもちろん、人間がより楽しく創造的な活動をするのに広く役立たせることが期待されます。

このような情勢に鑑み、オムロン株式会社、立石一真及び立石孝雄の醸出資金により「立石科学技術振興財団」を設立し、エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進する研究及び国際交流に対し助成をおこない、技術革新を人間にとって真に最適なものとするに寄与せんとするものであります。

1990年3月

助成研究成果集

[本研究成果集は当財団ホームページより PDF で閲覧可能です]



https://www.tateisi-f.org/research_r/

目次

1. 理事長あいさつ	4
2. 財団関係者寄稿	5
里中 忍 (理事) 熊本大学 名誉教授	
3. 立石賞受賞記念講演概要	7
立石賞 功績賞 奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授 横矢直和	
立石賞 特別賞 大阪大学 基礎工学研究科 教授 石黒 浩	
4. 受領者投稿	18
有本泰子 千葉工業大学 情報科学部 情報工学科 准教授	
奥野弘嗣 大阪工業大学 情報科学部 准教授	
5. 研究助成成果報告 (抄録)	20
[研究成果報告の全文は https://www.tateisi-f.org/reports/2021/ からご覧いただけます]	
【研究助成(S)】研究助成(S) は本誌に全文を掲載	
2018 年度助成金受領者 (研究期間 2018 年 4 月～2021 年 3 月)	
小池康晴 東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	20
	30 (全文)
【研究助成(A)(B)】	
2018 年度助成金受領者	
岩村雅一 大阪府立大学大学院 工学研究科 准教授	
中林正隆 宇都宮大学 工学部 基盤工学科 助教	
向 直人 椋山女学園大学 文化情報学部 文化情報学科 准教授	21
前田祐佳 筑波大学 システム情報系知能機能工学域 助教	
2019 年度助成金受領者	
相川洋平 沖縄工業高等専門学校 情報通信システム工学科 助教	
奥井 学 中央大学 理工学部 精密機械工学科 助教	
加納剛史 東北大学 電気通信研究所 准教授	
小玉崇宏 香川大学 創造工学部 講師	22
小林泰介 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学領域 助教	
斎藤隆泰 群馬大学大学院 理工学府 環境創生部門 准教授	
酒井一樹 長岡工業高等専門学校 電子制御工学科 助教	
阪田 治 東京理科大学 工学部 電気工学科 教授	
田中利恵 金沢大学 医薬保健研究域 准教授	23
中谷裕教 東海大学 情報通信学部 講師	
西田 勇 神戸大学大学院 工学研究科 助教	
藤井茉美 近畿大学 理工学部 電気電子工学科 准教授	
矢代大祐 三重大学大学院 工学研究科 助教	
西野光一郎 宮崎大学 農学部 教授	24
藤間卓也 東京都市大学 理工学部 機械工学科 教授	
2020 年度助成金受領者	
雨谷弓弥子 千葉大学 環境健康フィールド科学センター 特任研究員	

有田 輝	立命館大学 理工学部 ロボティクス学科 助教	
石川 博	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学研究科 教授	
木本充彦	慶應義塾大学 理工学部 訪問研究員	25
上瀧 剛	熊本大学大学院 先端科学研究部 准教授	
高橋容子	順天堂大学 保健医療学部 理学療法学科 助教	
張 潮	福井大学 学術研究院 工学系部門 講師	
長津裕己	中央大学 理工学部 助教	
中村友彦	東京大学大学院 情報理工学系研究科 特任助教	26
新田尚隆	産業技術総合研究所 健康医工学研究部門 主任研究員	
平田晃正	名古屋工業大学 先端医用物理・情報工学研究センター 教授	
真下智昭	豊橋技術科学大学 工学部 准教授	
舩屋 賢	東京工業大学 工学院機械系 助教	
宮寄哲郎	東京大学大学院 情報理工学系研究科 システム情報学専攻 助教	27
宮本裕士	熊本大学病院 消化器外科 講師	
森脇健司	弘前大学大学院 理工学研究科 准教授	
吉田昭太郎	中央大学 理工学部 電気電子情報通信工学科 助教	
Wang Lu	慶應義塾大学大学院 理工学部・理工学研究科 特任助教	

【研究助成(C)】

2018年度助成金受領者

李 晟豪	東北大学大学院 工学研究科	28
柳田佳那	大阪大学大学院 工学研究科	

2019年度助成金受領者

金子直嗣	東京大学大学院 総合文化研究科	
嶋田祥太	北海道大学大学院 情報科学研究科	
菅宮友莉奈	早稲田大学 総合機械工学科	
QIAN ZHENGYANG	東北大学大学院 工学研究科	29
森健太郎	舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科	

2020年度助成金受領者

岩崎雅矢	大阪大学大学院
村上弘晃	東京大学大学院 工学系研究科
山下尚人	京都大学大学院 工学研究科

6. 国際交流助成成果	35
[国際交流助成成果報告(抄録)は https://www.tateisi-f.org/reports/2021/ からご覧いただけます]	
7. 2020年度活動報告(業務日程・会計)	39
8. 2021年度助成報告	41
9. 第6回立石賞表彰式・記念講演および2021年度バーチャル贈呈式	44
10. 2021年度研究助成課題一覧	46
11. 2021年度国際交流助成一覧	49
12. 2021年度国際会議開催助成一覧	50
13. 財団の概要	53
14. 評議員・役員・選考委員	54
15. 編集後記	56

ごあいさつ

助成研究成果集第30号の発行に際し、一言ご挨拶申し上げます。

当財団は、オムロン株式会社の創業者であります立石一真が卒寿を迎えましたのを機に、科学技術の分野で「人間と機械の調和」を促進することを趣意として1990年（平成2年）に設立しました。そして設立趣意に沿った研究課題に対して毎年助成を行ってきた結果、設立以来の累積は、立石賞も含めて助成件数1,443件、助成金28億円となりました。これも日頃からの皆様のご支援の賜と感謝いたすところでございます。



本成果集の発行は成果普及活動のひとつとして行うもので、助成対象となった研究課題の成果を、財団設立の趣意に沿って方向を同じくする研究者や研究機関と共有することを目的とするとともに、研究者の相互交流の一助となることを願って、毎年実施しております。今回ご寄稿いただきました研究者の皆様をはじめ、ご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。

さて、毎年実施しています助成金贈呈式は、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、今年度はウェブサイト上でのバーチャル形式での開催としました。また、延期していました第6回立石賞の表彰式および記念講演は、オンデマンド方式による映像配信を行い、受賞者の業績を多くの方に知っていただくことができました。今回の新しいスタイル・経験をいかし、今後、ニューノーマル時代にふさわしい式典に進化させて参ります。

ところで、財団の設立から30年以上を経た今日、日本は、AI、IoT、ロボティクスおよび自動運転技術など将来に向けた科学技術が産官学連携のパートナーシップのもと進められています。最近では、当財団が目指す「人間と機械の調和や協業を促進する科学技術分野への各研究開発が、世の中において積極的に推進される一方で、気候変動・地球温暖化をはじめ国際的な共通課題であるSDGsの実現に向けた取り組みが広がりつつあります。

加えて、今まさに全人類が脅威にさらされている新型コロナウイルス問題は一刻も早く収束させなければなりません。また先進国の中でも特に日本で深刻化しつつある少子高齢化問題を含め、社会的課題は山積しています。これらを克服し、日本が活力を再び取り戻し国際社会に貢献するためには、卓越した科学技術の力をさらに高めることが求められております。当財団は、民間の立場から、微力ながらも日本の科学技術の発展に対して寄与していく所存であり、今後も研究者の皆様にも夢を託して参ります。

今後の活動に対し、皆様方のより一層のご支援、ご指導を賜りますようお願い申し上げます。

2021年10月

理事長

立石文雄

失敗から学ぶ最新の科学技術

昨年12月、小惑星リュウグウから表面の石と弾丸を発射して掘り起こした内部の石を持ち帰った「はやぶさ2」の快挙を記憶している方は多いと思います。探査機の飛行システムと制御技術、小惑星での探査活動、試料採取、大気圏突入の際の高温にも耐えた試料カプセルなど、すべてが設計通りに機能し、子供たちやこれから科学技術を目指す若者をはじめ、多くの人に夢と感動を与えました。なかでも、岩石に覆われた小惑星表面の画像やその画像情報から決定した着陸点での試料採取、その様子を録画した動画などは、地球から遠く離れた小惑星上での活動とは思えないほどリアルな画像でした。この成功の裏には、約10年前小惑星イトカワの探査に挑んだ「はやぶさ」の経験があり、またその失敗事例から学び、開発した新技術があったことは、様々なメディアで紹介されています。



一方で、今年もまた大雨による土砂流災害が静岡県（熱海市）で発生しました。昨年の熊本人吉の球磨川氾濫と災害、それ以前にも北部九州、岡山、広島で同様の河川の氾濫と災害が報告されてきました。「はやぶさ2」で開発された技術と単純に比較することはできませんが、気象衛星による観測技術、地上における観測網、これらのビッグデータを利用した分析技術、さらには数十時間先の気象を予測するシミュレーション技術は、ここ数年の間に格段に進歩し、大雨の情報、台風の進路、各地の天気や気温の予測精度は信頼できる領域に到達しています。それにも拘わらず、災害が発生し、多くの命が失われている現実や、異常気象や災害のニュースが地球規模での話題となっている昨今の状況は、これからの科学技術には「人」と「社会」の関わりの他に、自然とのバランスも考慮する必要があることを示唆しています。

科学技術にかかわる研究者や専門家は、様々な課題を解決するためのツールを提供できる人材であり、重要な役割を担っています。上に紹介した二つの出来事に限らず、我々の身の回りの課題には、専門の異なる多くの研究者や専門家の協働作業が必要なことを教えてくれています。また、協働作業では失敗を恐れずに挑戦する意欲や失敗してもそれから学んだ経験を活かす能力が大きな役割を果たしてきました。本財団は若手や中堅研究者にも配慮しながら、「機械と人間の調和」を軸にした研究を、文系、理系に関係なく、また地域に偏ることなく支援し

てきました。本成果集の研究室訪問や研究紹介を数年間眺めていると、将来を見据えた意欲的な研究活動が日本各地の研究室で生まれていることを感じることができます。競争の激しい世界や効率を優先する世界では失敗を無駄と考えることもありますが、できることなら、無駄が許される研究環境で失敗の中から新技術の開発を経験した研究者が多く育ってくることを願っています。現在、世界中が苦しんでいる新型コロナウイルス COVID-19 の対策に対しても、多くの研究者や専門家の協働作業から効果的な検査技術、予防・治療薬が生まれ、「人」と「社会」と「自然」がバランスした生活環境が戻ってくることを願うばかりです。

熊本大学 名誉教授 里 中 忍 (理事)

立石賞功績賞の受賞記念講演概要

時空を超える複合現実メディアへの挑戦

～リアルとバーチャルの融合～

奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授 横 矢 直 和

学生の受け入れ開始と同時に奈良先端科学技術大学院大学に異動した翌年の1994年度に、立石科学技術振興財団から「画像理解のための並列協調型アルゴリズムの研究」に対して助成をいただき、研究室の立ち上げに支援いただきました。また、この度は、四半世紀余りを経て、当時に構想していた研究内容に対して第6回立石賞功績賞をいただくこととなり、感謝に堪えません。ここに、立石文雄理事長をはじめ立石科学技術振興財団の皆様並びに立石賞選考委員会の皆様に厚く御礼申し上げます。

本講演では、「時空を超える複合現実メディアへの挑戦」と題しまして、受賞対象となった研究の概要についてお話させていただきます。具体的には、最初に、「時空を超える複合現実メディア」の基盤となる複合現実感技術について簡単に述べ、次に、中心的話題である拡張現実感とテレプレゼンスについて、「タイムマシンと千里眼を実現する」ことを目指して研究室で取り組んできた内容とシステム開発を通じた実証実験をご紹介します。

複合現実の世界

複合現実感(MR: Mixed Reality)は、バーチャルリアリティとコンピュータビジョンの境界領域に、1990年代に現れたメディア技術で、最近では一般的なものになりつつあります。図1の左端が実写映像で表現される現実世界で、右端はすべてCG映像で表現される仮想世界です。複合現実感はこの両者の間に連続的に存在する、リアルとバーチャルの融合空間です。

実写映像にCGを重ね合成したものが「拡張現実」(AR: Augmented Reality)で、現実世界の映像や3次元計測により仮想世界を作り出すのが拡張仮想

(AV: Augmented Virtuality)あるいは仮想化現実(Virtualized Reality)と呼ばれる技術です。後者の中で、実写映像のみから実際にあたたかも遠隔地にいるかのような感覚を与えるメディア技術はテレプレゼンス(Telepresence)と呼ばれます。本日のお話は拡張現実とテレプレゼンスが中心になります。



図1 複合現実の世界

時空を超える複合現実メディアのイメージ

研究室で「時空を超える複合現実メディア」を標榜していた頃に描いていた技術要素と応用展開を図2に示します。このメディアを構成する要素は、広域(屋外)環境の3次元計測とユーザの位置・姿勢の計測からなる実環境のセンシングと、場所に関連した過去・現在・未来



図2 安全・安心・快適に係る生活の質向上を目指す時空を超える複合現実メディア

のユーザに提示したい情報です。これらの情報を現場で提示するのか、遠隔地で提示するかによって、6つの組み合わせができます。

拡張現実感を実現するための技術課題

拡張現実感を実現するための現実世界と仮想世界の合成方法は、光学シースルー方式とビデオシースルー方式の2つに分れます(図3参照)。光学シースルーでは、ハーフミラーを通して現実世界の像とCGが網膜に入り、網膜上で像が合成されます。一方、ビデオシースルーでは、カメラで撮影した現実世界の像とCGがコンピュータ上で合成され、合成像が網膜に入ることになります。我々の研究室では主にビデオシースルー方式を採用してきました。

拡張現実感では、ユーザの視点移動に実時間で追従する、実写とCGのシームレスな合成が必要となり、解決しなければならない課題は、現実世界と仮想世界の位置ずれをなくす幾何的整合性と現実世界と仮想世界の光学的な矛盾を

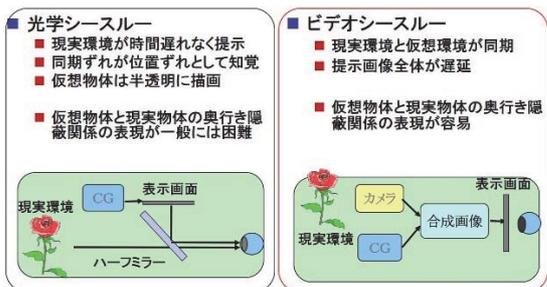


図3 拡張現実感における現実世界と仮想世界の合成方法

表1 拡張現実感の技術課題

	計測の目的	計測する対象
幾何的整合性	現実世界と仮想世界の位置合せ	ユーザ視点の位置と方向
	実物体と仮想物体の奥行き隠蔽表現	ユーザ視点から見た現実世界の奥行き
光学的整合性	実物体と仮想物体の陰影合せ	現実世界の光源環境
	実物体と仮想物体の相互影づけと映り込み表現	現実世界の3次元形状、表面反射特性、光源環境

なくす光学的整合性です(表1参照)。

ビデオシースルー方式において幾何的整合性を確保するためには、ユーザ視点(すなわちカメラ)の位置と姿勢のリアルタイム計測が必要で、光学的整合性の確保には、現実世界の光源環境のリアルタイム計測が必要になります。ビデオシースルー方式での幾何的位置合わせの基本は、カメラで撮影された映像そのものを解析することによってカメラの位置・姿勢を推定する手法です。これには、コンピュータビジョンの分野におけるPnP(Perspective n-Points)問題(図4参照)を解くことによってカメラの位置・姿勢を推定する手法が一般的です。図4において、3次元空間内の特徴点 p の世界座標系での3次元位置 $S_p=(x, y, z)$ が既知で、画像上での検出座標が $x_p=(u, v)$ 、カメラの位置・姿勢を表す変換行列 M による画像平面への投影座標を $x'_p=(u', v')$ とします。PnP問題は、一般に6点以上、平面上の点なら4点以上の既知の点が画像上で検出できれば解けることが知られており、一般には、画像上の検出座標 x_p と投影座標 x'_p の距離の二乗和として定義され

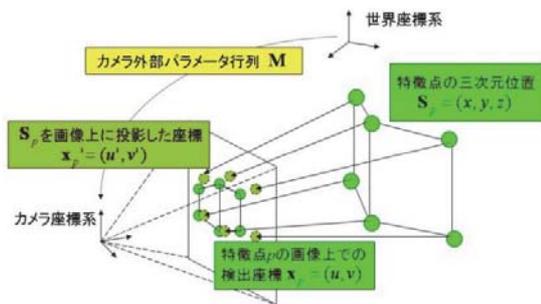


図4 3次元位置が既知の特徴点からのカメラの位置・姿勢推定

る再投影誤差

$$E = \sum_p \|x'_p - x_p\|^2$$

を最小にする行列 M を算出し、カメラの位置・姿勢を決定します。

この原理に基づいて、マーカを用いて幾何的位置合わせを行う最も有名なソフトウェアツールは ARToolKit です。

我々の研究の特徴は、マーカを用いずに、カメラ映像からシーン内の自然特徴点の実時間検出・追跡を行いカメラの位置・姿勢を推定するアルゴリズムを開発し、ARの屋外利用への道を拓いたことです。我々のアプローチでは、事前に、全方位映像から特徴点の3次元位置と周辺の画像パターンなどを格納したランドマークデータベースを構築し、オンライン処理では、特徴点をリアルタイムに検出し、データベース内のランドマークとの対応付けを行うことにより、幾何的位置合わせを実現します（図5参照）。

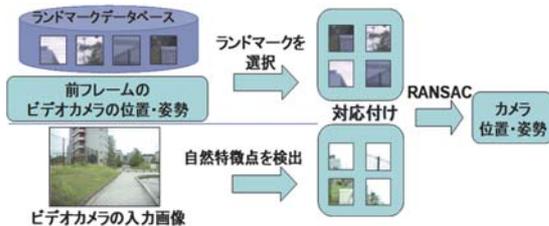


図5 ランドマークデータベースを用いたカメラの位置・姿勢推定

拡張現実感システムの開発：タイムマシン

奈良県内の史跡を対象に、すでに失われた建造物をCGで復元し、先に述べた幾何的位置合わせ法により現場でAR合成を行うことによって、時間を超えてバーチャルに歴史体験を可能とする複数の拡張現実感システムを開発しました。明日香村と東大寺境内で行った一般公開の実証実験のときの様子を図6、図7に示します。



AR映像提示デバイスとしてHMD（左）と小型PC（右）を用いたシステム。この実験では、事前に全方位カメラと全方位レンジファインダを用いて実験地域のランドマークデータベースを構築している。

図6 明日香村・川原寺跡地でのバーチャル飛鳥京の一般公開実験の様子（協力：明日香村、東京大学生産技術研究所・池内研究室）



創建時の大仏殿や喪失して現存しない東塔（七重の塔）などのバーチャル復元を実現した。

図7 東大寺境内での一般公開実験の様子（協力：東大寺、奈良県）

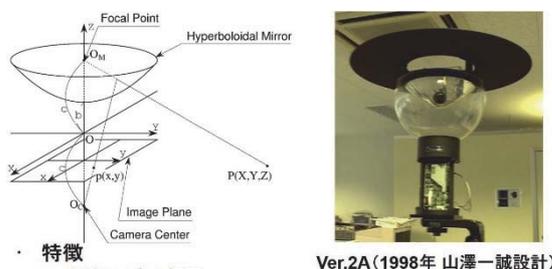
テレプレゼンス

あたかも遠隔地に実際にいるかのような感覚を提示するテレプレゼンスについて述べます。研究の特徴は全方位カメラを用いることです。基本的には、全方位画像でとらえた遠隔地の映像をもとにユーザの視線に追従した平面透視投影画像をリアルタイムに生成・提示するというものです（図8参照）。仮想カメラのパン・チルト・ロール・ズーム操作を実現し、ビデオ映像のインタラクティブ視聴を可能にしました。

この空間を超えるテレプレゼンス研究の初期に利用した全方位カメラ HyperOmni Vision を図9に示します。



図8 全方位画像を用いるテレプレゼンス方式
(撮影協力：NHK エンタープライズ)



- 特徴
- 側方360度の視野
 - 画像上の方位と環境中での方位の一致(ただし、鏡像)
 - 単一視点制約 — 1点中心投影像(双曲面透視投影像)
 - ビデオレート撮像

図9 全方位ビデオカメラ HyperOmni Vision



(1) 1本の全方位ビデオを4人が独立に同時視聴できる蓄積再生型システム



(2) 実時間ネットワークテレプレゼンスシステム (NAIST—ハワイ大学間での実証実験, 2007年1月, 協力：ハワイ大学)

図10 HyperOmni Vision を用いたテレプレゼンスシステムの事例

テレプレゼンスシステムの開発：千里眼

テレプレゼンスシステムの実装方法として、映像提示に関しては蓄積再生型と実時間型、システム構成に関してはスタンドアロン型、ネットワーク型、放送型の3種類を試みました。図10に2つの具体的な事例を示します。

拡張テレプレゼンス：千里眼+タイムマシン

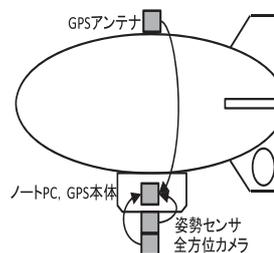
ここでは、飛行船からの空撮全方位映像を用いたバーチャル歴史体験を目的として、前述の拡張現実感とテレプレゼンスを組み合わせた蓄積再生型の拡張テレプレゼンスに関する取り組み「フライスルーバーチャル平城京」を紹介します。

(1) 全方位空撮システム

空撮に使用した無人飛行船と搭載機器を図11に示します。6眼の全方位ビデオカメラユニット Ladybug に加えて、空撮映像に対する



(1) 無人飛行船と搭載機器の外観



(2) 機器の搭載位置

図11 空撮用の無人飛行船と搭載機器

AR合成を行うための現実世界と仮想世界の幾何学的位置合せに必要なカメラの位置・姿勢情報を取得するために、GPSと姿勢センサなどを搭載しています。飛行船の操縦は地上からのリモコン操作により行います。

(2) 前処理

空撮映像に対する CG の AR 合成を行う際には、幾何的位置合わせのために、空撮映像の各フレームでのカメラの位置・姿勢情報が必要であり、ここでは、Structure-from-Motion (SfM) 技法と GPS 測位を併用したハイブリッド手法によりカメラの位置と姿勢を推定します。一般に、SfM では蓄積誤差が発生するとともに、相対的な位置・姿勢情報しか得られずスケールが未知という問題があります。このため、GPS 測地座標系という絶対座標系での位置情報が得られる GPS 測位情報を利用することによって、絶対座標系上でのカメラの位置・姿勢を推定します。この情報を用いて、飛行船の揺れに伴う全方位映像の歪みの補正と死角領域の補完を行った後に、全方位映像の各フレームに CG の AR 合成を行います。

(3) フライスルーバーチャル平城京：タイムマシン＋千里眼

平城遷都 1300 年祭に合わせて、平城宮跡を上空から全方位カメラで空撮し、往時の平城京の建物の CG を AR 合成した映像をもとに、上空から 1300 年前の都を鳥瞰できる拡張テレプレゼンスシステム「フライスルーバーチャル平城京」を開発し、1300 年祭において一般公開を行いました (図 12, 図 13, 図 14 参照)。



図 12 全方位 AR 画像



図 13 フライスルーバーチャル平城京のユーザ提示画像



(1) 通常のディスプレイ

(2) HMD

図 14 平城遷都 1300 年祭におけるフライスルーバーチャル平城京のデモ風景 (協力：(株)平城遷都 1300 年記念事業協会, 凸版印刷(株), 文化庁)

おわりに

本講演では、時空を超える複合現実メディアとして、拡張現実感とテレプレゼンスおよびそれらを統合した拡張テレプレゼンスに関する取組をご紹介しました。現在、これらの技術は本格的な実利用の時代に入ったと感じていますが、ここでは触れなかった厳密な光学的整合性の実時間での確保など、解決が難しい問題が残っています。また、リアルとバーチャルをシームレスに融合する技術の進歩に伴って、フェイク映像などの新たな問題も現れてきますので、今後は、これらの問題に取り組む必要があります。

最期に、本講演内容に係る研究を中心的に担った研究室の元学生・スタッフおよび協力いただいた奈良先端大の同僚に感謝いたします。

立石賞特別賞の受賞記念講演概要

人と関わるロボットメディアの研究開発

大阪大学基礎工学研究科 教授 石 黒 浩

人間への興味とロボット

人間が生きる目的の中で最も重要なのは、人間を知ることではないだろうか。日常生活の中で仕事や勉強に追われていると、自分の興味の根源を深く掘り下げて考える機会を失いがちであるが、改めて考えれば、その興味根底には人間そのものがあることに気が付くのではないかと思う。そしてここでいう人間とは、自分自身も含む。というより他人よりもむしろ自分自身に、誰しもより深い興味を持っているように思う。どうして他人と関わるのか、他人と関わって何を知りたいのかと問えば、その答えは自分自身に他ならない。他人は自分を映す鏡なのである。

我々人間の持つ感覚器は全て、体の外を向いており、外の世界を知覚するよう設計されている。それ故、自分の脳の中や体の中で何が起きているかを知覚することはできない。特に脳の中で何が起きているかを知ることは非常に難しい。自分が何者で、何を考えているのか。そうしたことの答えの多くは他人を通して知ることができる。故に、我々人間は人間そのものに興味を持つのではないかと思う。

大学で取り組まれる研究においても、殆どの学問が人間への興味の上に成り立っている。法学、経済学、工学、文学、教育学等、どれも人間について研究をしている。工学も人間に役に立つ物を作るということが目的になっている学問である。

無論、私が専門とするロボット工学も同様である。

ロボット工学の研究には、主に二つの目的がある。一つは、人間作業を代行させるという工

学的な目的である。もう一つは、人間のよう
なロボットの開発を通して、人間について調べるという科学的な目的である。人間は非常に複雑で、従来の認知科学や脳科学だけでは解明できないことも多い。従来の認知科学や脳科学は、人間の身体の一部や、脳の一部に焦点を当てて、その機能の解明に取り組んでいる。しかし、体全体や脳全体を観察しなければ解らない人間の性質も非常に多い。例えば、意識とは何かを理解するには、脳の様々な部位を観察したり、人間の行動全体を見たりする必要があり、理解することは非常に難しい。

このような問題の解明に、人間のよう
なロボットを用いることが考えられる。開発したロボットと人間が関わり、その人間がロボットから意識を感じるようになれば、そのロボットの仕組みを調べなおすことで、意識の仕組みを理解できる可能性がある。

このような、ロボットに関する学問を、私自身は「ロボット工学」ではなく、「ロボット学」と呼んでいる。人間に似たようなロボットを開発し、人間の活動を支援するだけでなく、それを用いて、人間をも理解するという学問である。

ジェミノイドの研究開発

私の研究が様々なメディアで取り上げられるようになったのは、自分自身のコピーである遠隔操作アンドロイド、ジェミノイドを開発してからである。人間理解とロボット開発を同時に



進めることを目的に、2000年頃から、人間に酷似したアンドロイドの研究開発に取り組んだ。2004年には世界発の人間に酷似したロボットであるアンドロイド、リブリーを開発し、2005年の愛知万博に展示し世界的な注目を集めた。その後、2007年に今度は自分をモデルとして、遠隔操作アンドロイド、ジェミノイドを開発した。アンドロイドとは、人間に酷似したロボットであり、ジェミノイドとは、双子の遠隔操作アンドロイドのことである。

このジェミノイドをアバターとして用いれば、遠隔地から講演等を行うことができ、非常に便利である。一方で、私自身との比較によって、人間らしさの科学的研究を進めることができる。すなわち、先に述べたロボット学を実践する最適なロボットである。



図1 ジェミノイド

ロボット社会と人と関わるロボット

ジェミノイドをはじめとするロボットの研究を通して実現したいのが図2に示すロボット社会である。



図2 ロボット社会



図3 人と関わるロボット

そしてこのようなロボット社会の実現を目指して、図3に示すような様々な人と関わるロボットの研究開発に従事してきた。

図3で紹介しているロボットは、どれも人間似たロボットである。人と関わることを目的に開発された、人間にそっくりだったり、人間と違って、顔や手があったりするロボットである。では、なぜ人と関わるロボットは、このような人間型でないといけないのかというと、人間は人間を認識する能を持つからである。

人間にとって最も理想的なインターフェースとは何かと問えば、それは人間である。人間が最も関わりやすいものは人間なのである。故に、人間と関わるロボットは人間らしくあるべきで、少なくとも部分的には人間らしい機能を持つ必要がある。そうでなければ、そのロボットを利用する人間は、ロボットの使い方をかなり努力して学ぶ必要がある。そして、また一方で、人間らしいロボットは、人間を理解するテストベッドにもなる。

これからのロボット研究

図4は、これまでのロボット研究をこれからのロボットを研究を示している。従来のロボットの研究は、メカニクス、マニピュレータ、センサ、画像認識、音声認識等の、要素技術の研究開発が中心であった。これらの研究は特に、

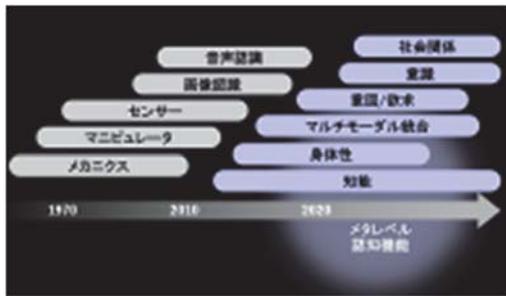


図4 これからのロボット研究

ロボットの利用目的が明確で、その作業範囲が厳密に限定されている産業用ロボット等には非常に有用なものであった。

これらの要素技術の中で、従来画像認識や音声認識の性能がボトルネックになっていた。しかし、2012年に登場したディープラーニング（深層学習）によって、飛躍的にその性能が向上した。要素技術の研究開発においてボトルネックであった画像認識や音声認識の技術が、一定のレベルで確立され、次の研究開発のフェーズに入れるようになった。

その次のフェーズにおいて対象となるのは、知能や意識など、人間のようにメタレベルの認知機能を持つロボットの研究開発である。人間にとって最も親和性の高いコミュニケーション相手は人間であり、ロボットも人間に近づくことが期待されている。人間のように知能や意識を持つロボットが実現できれば、今以上に人間とロボットは親和的な関係を築けるようになる。

まずは、「知能」である。2012年のディープラーニングの発明依頼、人工知能ブームが巻き起こっている。しかし、残念ながら、ディープラーニングで実現される知能、いわゆる人工知能と、人間の知能は全く異なる。ディープラーニングで用いられるニューラルネットワークは、人間の神経回路を模倣して設計されており、その意味では、根本的な仕組みは似ている。しかし、ただそれをたくさん集め、階層的に配置したディープラーニングと人間の脳の構造はかなり異なっている。人間の知能の本質に迫るのはこれからである。これから人工人間知能の研究

開発に本格的に取り組まなければならない。

知能に続いて重要な問題が「身体性」である。身体性とは、体を持つことの意味や体と脳の関係の意味する。今の人工知能にはコンピュータが使われているが、そのコンピュータとロボットの違いは、体を持つかどうかである。ロボットは、体を使って、移動したり作業したり、身振り手振りで、人とコミュニケーションすることができる。

そうした体を人間は、知能を高めるためにどのように使っているのだろうか。体の最も必要な意味は、環境と直接関わることができ、環境の構造に応じて行動できるということである。人間には、環境の特定な構造等に対して、無意識に反応してしまう反射行動がたくさんあり、高度な知覚や思考に頼らずとも、複雑な環境で自由に活動できる。

すなわち、体が環境との関わりの中で、高度な知覚や思考に匹敵する問題を解いているということである。これが身体を使って行動するということの意味であり、身体性である。またこの身体性は、体は環境という外部記憶にアクセスする手段という考えを生み出す。環境が外部記憶で、体がそこから記憶を読み出し、活動を生み出しているという考え方である。

マルチモーダルとは、複数のモダリティ（感覚）という意味なのだが、人間型ロボットの場合は、視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚等の人間が持つ様々な知覚の統合という意味で用いられる。人間は単一モダリティで世界を認識しているのではなく、常に複数のモダリティを組み合わせていると考えられる。複数の感覚を同時に使うことで世界をありありと認識しているはずである。また工学的にもマルチモーダル統合のメリットは、学習の効率化にあることは解ってきている。しかし、人間が複数のモダリティをどのように組み合わせ、そこからどれ程世界をありありと認識しているのかは、まだ明らかになっていない。

知能、身体性、マルチモーダル統合は、知的

なシステムにおける言わば基礎的な研究開発である。こうした基礎的な研究の上で実現すべきなのが、意図や欲求である。自律的に行動するロボットを実現するなら、その自律行動を引き起こす、意図や欲求を持たせる必要がある。しかしながら、これまでのロボット研究は、ロボットに意図や欲求を持たせるまでに至っていない。意図や欲求をロボットに持たせるには、無論細心の注意が必要になる。SF 映画にもあるように、ロボットに社会的に許されない間違った意図や欲求を持たせると、人間に危害が及ぶ。一方で、人間に親和的に関わり、人間を支援するような意図や欲求を持たせることができれば、人間にとっては非常に扱いやすい存在になる。

意図や欲求を持つロボットが実現できれば、そのロボットとの関わりを通じて、多くの人は、ロボットの意識を感じるようになると想像する。

意識は三段階あり、それらは、覚醒しているという医学的意識、夕日を見て感動する自分に気付くという現象的意識、自分という存在を認識するアクセス意識の三つである。現象的意識やアクセス意識は、本当にそのロボットが持っているのかどうかを確かめることは難しいのであるが、意図や欲求を持ち「私は」と話してきたり、欲求が満たされれば喜んだりするロボットを相手にすれば、多くの人は、そのロボットに意識を感じる可能性がある。

そして、意識を感じることができるロボットは、人間とも人間らしい関係を築くことができる。人間は日常生活において、他者の意識を感じながら、人間関係を構築していく。意識を感じるロボットは人間と同様に、人間と社会関係を形成できる可能性がある。

マルチモーダルチューリングテスト

ロボットのメタレベルの認知機能を実装する一方で、常にロボットの性能を評価することが重要になる。

コンピュータと人間を比べるテストはチュー

リングテストと呼ばれる。コンピュータの利用者が、チャットで、誰かと話しをしているとしよう。その際、チャットの相手が別のコンピュータなのか、人間の操作者なのか区別がつかなくなった時、その別のコンピュータの知能のレベルは、人間に等しいと認定するテストである。

我々の研究でも、このチューリングテストを拡張した、マルチモーダルチューリングテストを定義し、それによって、ロボットの人間らしさの評価を試みている。

人間のパートナーとなる条件は、見かけも含めて厳密に人間らしくあることではなく、人間を相手にするように対話できることである。この人間を相手にしているように対話できるかどうかを確かめるテストが、マルチモーダルチューリングテストである。

マルチモーダルチューリングテストは、人間による遠隔操作と、コンピュータによる制御の比較を行う。図5に示すように、人間の操作者が遠隔操作するロボットと、コンピュータによって制御されているロボットを比較して、区別がつかなくなった時、コンピュータによって制御されるロボットは、人間と同程度に関わることができる、人間らしいロボットになったと認められる。

我々の研究グループでは、このマルチモーダルチューリングテストをパスできるロボットの実現を目指して、研究開発に取り組んでいる。



図5 マルチモーダルチューリングテスト

自律対話アンドロイド、エリカ

これまでに開発したアンドロイドの中で、その内部の仕組みも含めて最も人間らしいアンド



図6 自律対話アンドロイド，エリカ

ロイドが、図6に示す、自律的に対話ができるアンドロイド、エリカである。このエリカは、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業（ERATO）において、筆者が研究統括を務める、石黒共生ヒューマンロボットインターラクシオンプロジェクト（2014年7月～2021年3月）で開発した。それまでに培った人間酷似型ロボットの技術を進化させ、可能な限り人間に近いロボットを実現することを目標に、研究開発に取り組んだ。

エリカの研究開発では、自らの意図や欲求で自律的に行動するアンドロイドの実現を目指したのであるが、自我を持つ大人が持つと思われる、比較的単純な意図や欲求の仕組みを採用した。大人は自我を持ち、多くの場合、自分の欲求を理解している。そして、その欲求を満たすために、意図を生成して、その意図を基に、いろんな行動を取る。欲求が意図を生み、意図が行動を生むという比較的単純な階層構造になっていると想像される。

人間の意図や欲求がどのように、その脳や体に埋め込まれているかは、理解が非常に難しい。しかし、予想される意図や欲求の仕組みをロボットに実装し、そのロボットが人間らしく振る舞うことができたなら、その実装された仕組みは、人間の複雑な意図や欲求の仕組みを理解するきっかけになる可能性がある。先に述べた人間らしく振る舞うロボットを開発することによって、人間を理解するという研究アプローチである。

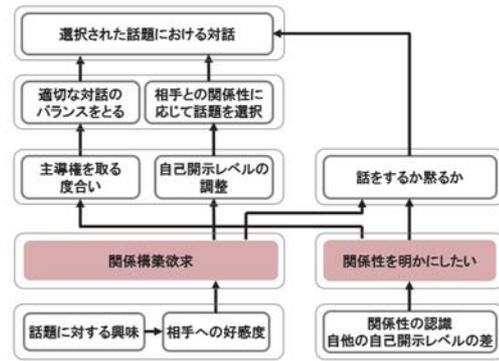


図7 エリカの意図や欲求

図7は、実際に実装したエリカの意図や欲求の構造を示している。この意図や欲求の構造に至るまでに、何度もシステムを作り変えた。何度もシステムを作り変えながら、最終的には、欲求として与えるべきは、個人的な欲求と、社会的な欲求であるという結論にたどり付いた。

エリカは、国際電気通信基礎技術研究所（ATR）の1階の受付近くのロビーに常に座っている。そして、ATRにやってくるいろいろな人達と対話している。エリカは、主に初対面の人との対話においてよく話される150以上の話題について、自分の状態や相手の状態に応じて、話題を選びながら話しをする。そしてこれまで数百人の対話者と対話を重ねてきた。そのたびに、対話における不具合を修正し、足りないボキャブラリーや動作等を補ってきた。その結果、今では、初対面の人と5分から10分くらい、自然に対話ができるようになっている。

このエリカの最終的な開発目標は、先に述べたマルチモーダルチューリングテストに合格することである。これに関して、25人の被験者にエリカと対話してもらい丁寧に印象評価を行った。その結果、25人のうちの4人が「エリカは絶対に人によって遠隔操作されている」と回答し、その4人を含む12人が何かしら遠隔操作されていると回答した。すなわち、少なくとも4人に対しては、エリカはマルチモーダルチューリングテストをパスすることができたのである。

このエリカが対応できる状況や目的は非常に

限定されたもので、あらゆる状況で人間らしく対話できるロボットを実現するには、まだまだ多くの時間がかかる。しかしながら、一方で、本稿で紹介したより人間らしいメタレベルの認知機能の研究に踏み出すきっかけになったと考えている。

[参考文献]

- ・ JST ERATO 石黒共生ヒューマンロボットインタラクティブプロジェクト, <https://www.jst.go.jp/erato/ishiguro/index.html> (2014)
- ・ 新学術領域対話知能学, <https://www.commu-ai.org/> (2019)
- ・ 石黒 浩, 港 隆史, 小山 虎: 意図欲求を持つ自律対話アンドロイドの研究開発, 日本ロボット学会誌, Vol. 37, No. 4, pp. 321-317 (2019)
- ・ H. Ishiguro and D.L. Fabio (Eds.): Geminoid studies, Springer (2018)

受領者投稿

感情コミュニケーション研究における資源不足の解消に向けて

千葉工業大学 情報科学部 情報工学科 准教授 有本 泰子
(2014年度受領者)

深層学習の普及により音声から感情を認識する技術や表現豊かな合成音声を実現する技術は飛躍的に進歩した。感情認識では高精度に話者の感情を認識することが可能であるし、音声合成では人間の声と区別がつかないほどの精巧な音声を作り出すことができる。深層学習がこれまでのこうした技術のブレークスルーとなったことは疑いようがない。しかしながら、深層学習もまた大きな問題を抱えている。それは、これまで利用されてきた機械学習の手法以上に多くの学習データを必要とすることである。学習に使用可能なデータが少なければ、学習が収束しなかったり、学習に使用したデータに依存したモデルを構築することになり、汎用性の低いモデルとなる。つまり、一人の話者の感情を認識することはできるものの、他の話者の感情は認識できないシステムになる。音声合成も同様である。例えばニュースを読み上げる場面の音声を合成することはできても、友人とのカジュアルな対話を実現する音声を合成することはできない。これらは全て、音声資源の不足に起因する問題である。

2014年度～2015年度に立石財団からご支援いただいた「言語情報と音響情報の統合的利用による感情音声コーパスの大規模化」のテーマのもと、感情コミュニケーション場面の音声資源不足の問題解決にチャレンジした。当時、感情ラベルが付与された日本語対話コーパスがふたつ存在していたものの、それらに付与されていた感情ラベルはひとつが10種類の感情カテゴリでありもうひとつは6種類の感情次元であったため、これらを併用した学習は不可能であった。そこで、コーパスの共通化を行うことを目的に、互いのコーパスに付与されている感情カテゴリあるいは感情次元をもう一方のコー

パスにも自動で付与する感情推定モデルをサポートベクターマシンにより構築した。感情推定モデルの説明変数には、学習に使用するコーパスに含まれる音声の音響的特徴量のみならずその音声に付与されている感情ラベルを利用した。その結果、感情ラベルを利用したモデルを使用したほうが推定精度が向上することを示した。これらのモデルを他のコーパスに適用することで、感情ラベルが付与されていないコーパスにも感情ラベルが付与でき、感情コミュニケーション研究における資源不足の解消の一翼を担うことが可能である。

現在は、Affect Burstと呼ばれる無意識な感情の噴出である笑い声や叫び声を対象に、深層学習を利用した音響イベント検出や音声合成の研究を行っている。笑い声や叫び声は対話をしていれば必ず出現する現象ではないため、Affect Burstの音声資源不足は感情を含んだ音声よりもさらに厳しい状況にある。全く関係のないデータで事前に学習を行う転移学習や信号処理などを駆使してデータを拡張するデータオーグメンテーションの技術により、資源不足を解消することが検討されているが、その利用可能範囲は限定的であり、感情コミュニケーション研究における資源不足の抜本的な解決には至っていない。支援を受けた研究手法を拡張し、人的コストをかけずに大規模にデータを収集し、コーパスを共通で利用可能とする技術がさらに求められるだろう。



受領者投稿

助成に支えていただいた Neuromorphic Engineering

大阪工業大学 情報科学部 准教授 奥野 弘 嗣
(2015 年度受領者)

立石科学技術振興財団の研究助成に申請したのは、前任校で助教をしていた頃であり、また他の多くの若手研究者同様、次のポストを探していた頃でした。ありがたいことに申請が採択され、このような助成を受けていたおかげで、研究継続への大きな不安を感じることなく次のポスト探しを継続し、良い形で終了することができました。また、新天地で新しい研究室を立ち上げるにあたって、実験装置の購入等に本助成金を活用させていただき、良いスタートを切ることができました。

新しく立ち上げた研究室では、前任校から取り組んでいた Neuromorphic Engineering という分野の研究に継続して取り組んでいます。この分野は、効率よく情報処理を行う神経回路の構造を模倣することにより、効率のよい回路やシステムの実現を目指す分野です。神経間の情報伝達に広範に用いられているスパイク（パルス状の電位変化）の発生頻度は、最も神経が活動的な瞬間ですら数 100 回程度であり、秒間 10 億回以上動作する今日のコンピュータよりも圧倒的に低速です。こんな低速な構成要素を用いながらも、神経システムが高いパフォーマンスを発揮しているという事実が、本分野の研究に取り組むモチベーションとなっています。

本財団から助成いただいたテーマもこの分野の研究です。この研究では、小型飛行ロボット

の制御に活用することを目的として、昆虫視覚神経系の情報処理機構を模擬した小型回路の開発に取り組みました。当時の段階では、視覚神経系における入力細胞から数層の処理をデジタル回路に実装するにとどまりましたが、その後も継続して機能的な神経ネットワークの回路化を行っています。回路化したもののいくつかは実用可能な状態になっており、例えば生体視覚系がもつ色恒常性（照明光の色に影響されずに物体の色を知覚する能力）を回路化したものを利用したシステムは、ロボカップ・ジャパンオープン 2019 の@ホームリーグにおける物体識別という実践の機会を得て、日本ロボット学会賞を受賞することができました。

知っての通り、日本の大学の資金状況は決して良くはなく、若手研究者にとっては不安の多い状況です。そんな中、ある程度まとまった額の助成が受けられ、柔軟に複数年での利用を認めていただける本助成金は大変ありがたいもので、私自身、異動と研究室立ち上げの際に大変助けられました。是非、今後も多くの研究者の支えになっていただきたいと願っております。





<https://www.tateisi-f.org/reports/2021/>

研究助成成果報告(抄録)

[成果報告の全文は <https://www.tateisi-f.org/reports/2021/> からご覧いただけます]

(年度順五十音順)

[研究助成(S)]

1. 使い心地を認識し人と一体化するロボット制御技術の開発 (2188001)

Development of robot control that integrates with humans

小池 康 晴 東京工業大学 科学技術創成研究院 教授

人間と機械が一体となることで、機械を意識せず、身体の一部として認識し、操作できるようになるために、複数の筋電図を着るだけで多チャンネルの信号が計測できる装置を開発し、指の動きと手首の動きを義手を用いて実現した。また、脳波から運動開始前の運動意図や指の動きを推定することができた。

※研究助成(S)の成果報告(全文)は30~34ページに掲載しています。

[研究助成(A)(B)]

1. 視覚障害者支援のための可視情報伝達技術の構築 (2181004)

Construction of Visual Information Transmission Technology to Assist People with Visual Impairment

岩村 雅一 大阪府立大学大学院 工学研究科 准教授

本研究では、認識技術を用いた視覚障害者支援において重要であるものの、これまでほとんど考慮されてこなかった「利用者である視覚障害者に認識結果をどのように伝えるか」という問題に焦点を当てた。具体的には、4種類の要約方法と3種類の質問応答システムを利用した方法を実装したプロトタイプシステムを作成し、実験によりそれらの善し悪しを議論した。

2. 関節の安全性及び指尖部感覚器を考慮した良好な指運動支援システム (2181019)

Excellent finger assist system considering joint safety and fingertip sensory organ

中林 正隆 宇都宮大学 工学部 基盤工学科 助教

関節の安全性を機械的に確保できる動作支援装置を開発するため、複合金属ケーブルを用いた関節動作支援機構の単関節モデルの静関節トルク計測が行われ、実用可能なケーブル特性に議論がなされた。また、この機構を採用した上で、指尖部感覚器を十分に露出した母指・示指を対象とした手指関節動作支援装置の試作機が開発され、その装着性が動作解析によって評価された。

3. 視線と脳波を利用した身体障がい者のコミュニケーション支援システムの開発 (2181030)

Development of Biological Communication Systems Based on Eye Tracking and Brain Wave for Disabled Persons

向 直 人 椋山女学園大学 文化情報学部 文化情報学科 准教授

四肢障害を伴う障害者のコミュニケーションを支援するため、視線や脳波などの生体情報を活用した新しいコミュニケーション手段を提供することを目的とした。①視線追跡と筋電位を組み合わせた入力手法、②視線の動きを組み合わせたコマンド入力手法、③視覚誘発電位を利用した脳波による入力手法を提案した。また、各手法のプロトタイプを実装し、有効性を評価した。

4. 非装着生体計測による睡眠時血圧変動モニタリングシステムの開発 (2181903)

Development of an unobtrusive measuring system for nocturnal blood pressure monitoring

前 田 祐 佳 筑波大学 システム情報系知能機能工学域 助教

本研究は、睡眠中の非装着的な血圧変動モニタリングによる睡眠時血圧変動の簡易スクリーニングを目標に、光電脈波および心音図を用いた寝具組込型の脈波伝播速度システムの開発を行い、その血圧変動検出精度を検討した。血圧上昇タスク実験の結果、開発システムによる脈波伝播時間と血圧の関係に負の相関が得られ、血圧変動検出の可能性が示唆された。

5. 光処理でのパターンマッチングに基づくメモリ不要なパケットスイッチの開拓 (2191001)

A study on optical packet switching by using optical comparison operation

相 川 洋 平 沖縄工業高等専門学校 情報通信システム工学科 助教

本研究は、光処理を用いたパケット識別技術を確認することで、メモリ不要なパケットスイッチ技術の開拓に一助するものである。助成期間において、申請者は光パケット識別技術を新たに提案するとともに、シリコン細線導波路を用いて集積デバイスとして作製した。なお、当該デバイスを用いて、4-bit QPSK 信号を対象とした全光処理でのパケット識別動作を実証した。

6. ヒトとロボットの安全な共生のための人工筋肉駆動ロボットの強化学習による制御 (2191004)

Control of artificial muscle-driven robots by reinforcement learning aimed to for safe coexistence of humans and robots

奥 井 学 中央大学 理工学部 精密機械工学科 助教

人工筋肉駆動ロボットのための強化学習による制御システムを開発・評価した。提案手法は階層的な制御を用いずに報酬に基づいて動作を学習するため、ハードウェア特性を活用した動的な運動生成が期待できる。打楽器演奏ロボットを用いた学習実験では、ハードウェア特性を活用した振り上げ動作の獲得を確認し、その有効性を示した。

7. 「素早く、安全に、そして滑らかに」：人間と調和可能な移動体群の自律分散制御 (2191005)

Quickly, safely, and smoothly : Decentralized control of mobile agents that can cooperate with humans

加 納 剛 史 東北大学 電気通信研究所 准教授

多数の運搬物を各目的地まで輸送する際、衝突回避と移動体の素早さ・滑らかさを両立させるのは従来技術では困難であった。本研究では、歩行者流の代表的な数値モデルである Social force モデルをもとに移動体の自律分散制御手法を提案し、シミュレーションによりこの問題を解決できることを確かめた。

8. 時間拡散暗号鍵生成と全光鍵配合を連携した高速・広帯域光暗号化技術の研究 (2191007)

Research on high-speed and wideband optical encryption technology with time-spreading encryption key generation and all-optical key combination

小玉 崇 宏 香川大学 創造工学部 講師

高秘匿光通信システムの実現に向けて、データシンボル間で時間領域で弱拡散した暗号鍵ビットを非線形効果を用いた位相マスク技術を IQ 変調信号に適用し、原理検証実験によってその実現可能性を示した。

9. 人とロボットでの価値観の相互理解によるパートナーシップの創発 (2191008)

Emergence of partnership by mutual understanding of human and robot priorities

小林 泰 介 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学領域 助教

本研究課題は、人と移動ロボットの力覚的相互作用において互いの価値観を理解し、ロボットの制御システムに反映することで協調的な振る舞いの獲得を目指した研究である。この課題解決に向けた技術として、1. 人の主観に応じたロボット制御則の最適化と、2. ロボットが求める人の挙動からの異常検知の2つを開発した。

10. レーザー超音波可視化技術と機械学習による定量的自動非破壊検査手法の開発 (2191009)

Development of quantitative automatic non-destructive inspection method using laser ultrasonic visualization technique and machine learning

斎藤 隆 泰 群馬大学大学院 理工学府 環境創生部門 准教授

本研究では、レーザー超音波可視化技術で得られる画像に含まれる欠陥の有無を機械学習により判定することを行った。鋼材やアルミニウム等の材料に対して、提案手法を適用することで、実際に90パーセント程度の確率でAIが欠陥の有無を判定することができた。また波動解析で得られた画像についても同様のことを行い、良好な結果を得ることができた。

11. 最適なトマト生育の知見獲得に向けた、ロボット×AIによる生育・収穫・選別の全自動化 (2191010)

Automation of cultivation, harvesting, and classification of tomato by the combination of Robot technology and AI

酒井 一 樹 長岡工業高等専門学校 電子制御工学科 助教

トマト生育への知見獲得に向けたロボット技術とAI技術を組み合わせることで、トマトの生育や収穫、選別を自動で行うシステムの構築に取り組んだ。生育・収穫・選別の自動化や最適な生育条件の可視化手法の検討といった部分要素についてそれぞれ検討と開発が完了した。今後はアクアポニックスといったエコシステムへの統合を視野に入れて開発を進めていく。

12. ウェアラブル腸音計測・解析システムの開発 (2191011)

Wearable Bowel Sound Measurement/ Analysis System

阪田 治 東京理科大学 工学部 電気工学科 教授

長時間腸音モニタリング技術は、人間の小腸の消化活動の活性度をリアルタイムかつ定量的に評価することができるが、その適用範囲は集中治療室や手術室等に限られていた。装置の小型化と耐ノイズ性能を付与することにより、適用範囲を大きく広げることができる。本研究では、腸音計測装置のウェアラブル化のための基盤技術の研究に取り組んだ。

13. 人間と機械の調和で実現する仮想臨床試験 (2191019)

Virtual clinical trial based on a realistic computational phantom

田 中 利 恵 金沢大学 医薬保健研究域 准教授

本研究の目的は、人間をコンピュータシミュレーションで再現した仮想人体ファントム (Computational phantom) を対象とした「仮想臨床試験」を創出し、医療機器の性能評価における有用性を明らかにすることである。申請者らが開発を手掛けている「低線量 X 線動画イメージングによる肺機能診断法」を題材とした「仮想臨床試験」を実施したので報告する。

14. 学習内容の定着に関わる脳活動の同定 (2191022)

Identification of neural activity associated with memory consolidation

中 谷 裕 教 東海大学 情報通信学部 講 師

学習した内容を知識や技術として身につけるためには、学習中に短期記憶に蓄えた情報を長期記憶に移行させる必要がある。本研究では、学習内容の記憶への定着に関わる脳活動を同定するために、学習回数は一緒でも学習内容の記憶への定着のしやすさが異なる課題を開発し、脳波の特性を調べた。その結果、学習内容の記憶への定着には前頭葉の θ 波が関与していた。

15. 匠の知見を継承する機械加工の自動工程設計システムの実現 (2191024)

Automated process planning system for end-milling operation considering experienced knowledge

西 田 勇 神戸大学大学院 工学研究科 助 教

従来の機械加工の自動工程設計では、ある一定のアルゴリズムに依存していたため、単調な NC プログラムが作成されていた。本研究では、熟練者が無意識的に行っている加工順序や加工条件決定の判断基準を加工領域の幾何学的な特徴と関連付けてデジタル化して蓄積し、学習したデータを用いることで熟練者が意図する加工順序および加工条件を自動で導出している。

16. 低駆動電圧酸化半導体薄膜トランジスタの劣化機構解明と高信頼性化 (2191028)

Analysis of ionic liquid induced degradation on amorphous IGZO semiconductor film

藤 井 茉 美 近畿大学 理工学部 電気電子工学科 准教授

酸化半導体薄膜トランジスタの高信頼性フレキシブル素子実現を目指し、イオン液体を用いた電気二重層トランジスタの劣化メカニズム解明に取り組んだ。素子特性劣化と合致する 2 種の表面反応が確認され、長時間反応は In と O に関連した。酸素結合状態変化から、金属-酸素結合が弱い結合に変化することが解った。この劣化は疎水性の SAM 膜導入により抑制できた。

17. ティルトロータヘリコプタの接触力制御に関する研究 (2191034)

Research on Contact Force Control of Tilt-rotor Helicopters

矢 代 大 祐 三重大学大学院 工学研究科 助 教

現状のマルチロータ機の遠隔操作技術では操作時にマルチロータ機が工学物に対して過度な力を加える結果、機体や作業対象物が破損したり、機体が激しく振動したりする。そこで本研究では、課題 1: ロータの角速度情報を用いた制御、課題 2: 対気速度を考慮した制御、課題 3: ティルト角の制御、に取り組み、その有効性をシミュレーションと実験により検証した。

18. エピゲノム情報を基にした機械学習によるヒト iPS 細胞の肝細胞分化効率予測システム構築のための基礎研究 (2191901)

Study of a prediction system for hepatocyte differentiation efficiency of human iPSCs by machine learning based on epigenome information

西野 光一郎 宮崎大学 農学部 教授

本研究では、ヒト人工多能性幹細胞 (induced pluripotent stem cell : iPS 細胞) のロット間における特性の違いを機械学習により識別し、肝細胞分化効率を予測するシステム構築のための基礎研究として、線形分類による学習モデルの構築を行った。質の高い網羅的細胞分子データと機械学習の融合による新たな手法を示した。

19. 高曲率空間を用いた分子配向制御による超高出力有機フレキシブル熱電材料の創成 (2191902)

Development of ultra-high power organic flexible thermoelectric materials by controlling molecular orientation using high curvature space

藤間 卓也 東京都市大学 理工学部 機械工学科 教授

IoT デバイス等の独立型電源として有機熱電発電が注目されているが、出力が小さく実用化に至らない。本研究では導電性高分子の一種である PEDOT を繊維曲面上に担持することで、発電性能の飛躍的向上を実現した。ラマン散乱分析の結果から発電性能の向上は、高分子鎖の配向、繊維曲面への成膜によって付加される分子歪みに起因すると示唆された。

20. 人工光型植物工場における Phenotyping システムの開発とその利用 (2201002)

Development and utilization of the phenotyping system in plant factory with artificial lighting

雨谷 弓弥子 千葉大学 環境健康フィールド科学センター 特任研究員

植物の全生長過程を個別別に非破壊・連続的に追跡・測定し、蓄積データから生産性向上のための多種多様な解析を可能にするシステムを開発した。本研究ではこれを利用し、深層学習を用いた発芽判定の精度向上、および発芽に最適な環境因子を探った。環境の安定性・再現性に優れた人工光型植物工場において本システムは実用的な手段になると考えられる。

21. 優しく触れるロボットのための連続的接触遷移制御の理論究明 (2201003)

Investigation of continuous contact transition control for robots touching environments softly

有田 輝 立命館大学 理工学部 ロボティクス学科 助教

ロボットが対象物に与える接触力を接触の瞬間から制御するため、光学式反射型センサの投光量の調整を利用する制御則を開発した。これにより非接触時と接触時で一貫した力制御を実行可能にした。さらに本制御則をロボット全身に適用するため、リンク全周を被覆可能な光学式反射型センサを開発した。

22. 画像空間の構造と画像変換ネットワークの構造の関係の研究 (2201004)

Relationship between the structures of image spaces and image transformation networks

石川 博 早稲田大学 理工学術院 基幹理工学研究科 教授

深層学習はビジョンに大幅な性能向上をもたらしたが、高性能の原因は謎である。ただ注目すべきは、性能向上をもたらしたのは変数に空間的な意味を与えた CNN であることである。最近の研究によれば、CNN は全く学習することなく、ある種の画像変換問題を解くことさえできる。そこで、学習時、学習なし時それぞれの場合の性能と CNN の構造の関係調べた。

23. 仮想空間における触れあいインタラクションに着目したプレタッチの研究 (2201008)

Investigation of Pre-Touch Reaction Distance in a Virtual Reality Environment

木本 充彦 慶應義塾大学 理工学部 訪問研究員

人は身体接触を生じうる行動に対して接触前に反応を示す。例えば、他者の手が自身に触れようとする際、一定の距離で視線移動や身体動作などの反応を示す。本研究では、このような反応距離に着目し、仮想空間において人がどの程度の距離で接触前に反応を示すかを調査した。そして、人と同様に触れられる前に自然な反応動作を示すバーチャルエージェントを開発した。

24. 熊本城復興支援のための石垣表面テクスチャの照合技術の開発 (2201009)

Development of matching method using surface texture of stone for reconstruction of Kumamoto Castle

上 瀧 剛 熊本大学大学院 先端科学研究部 准教授

熊本地震により崩落した石垣の復旧に関する研究である。崩落した石材は文化的な価値を損ねないように、元の位置に戻す必要がある。しかし、数万個オーダーで崩落した石材を1つ1つ目視で元所在を特定することは現実的ではない。本研究課題では、三次元画像照合技術を用いて崩落した石材の元所在を特定するシステムを開発した。

25. 転倒予防に向けた脊髄神経基盤の解明とロボットリハビリテーションの開発 (2201011)

The development of neurorehabilitation combined with robot-assist gait training for falling

高橋 容子 順天堂大学 保健医療学部 理学療法学科 助教

歩行中の転倒に関与する神経メカニズムを解明し、そのメカニズムに根差したロボットリハビリテーションの実現には、歩行中の脊髄神経経路の評価が重要である。本研究では、歩行中の相反性抑制を健常者にて検討した。遊脚期において、相反性抑制が増強する結果が得られた。今後は脳卒中患者における歩行中の相反性抑制およびつまずきとの関係を明らかにしていく。

26. 一人称カメラを用いた歩行時の姿勢推定と視覚障がい者の感覚代行への応用 (2201014)

Posture Estimation during Walking using a First-person Camera and Its Application to Sensory Substitution for the Visually Impaired

張 潮 福井大学 学術研究院 工学系部門 講師

近年、一人称カメラの小型化に伴い、常時カメラや情報処理装置を身に付けることが可能になった。そこで、一人称カメラから点字ブロックを検出することで、視覚障がい者の歩行支援に繋がるのが期待できる。本研究では点字ブロック検出を多目的最適化問題とし、色と形状特徴を利用した検出方法を提案し、一人称視点画像から点字ブロック検出・センシングを行う。

27. 状態観測器とマルチセンサ情報の統合に基づく動作の手づたえ教示 (2201016)

Hand guidance teaching for motion based on integration of state observer and multi-sensor information

長津 裕己 中央大学 理工学部 助教

本研究では状態観測器による推定外力情報と力センサを含むマルチセンサ情報を統合したロボットから人への手づたえ動作教示システムを提案した。本手法により、対象環境の変化への適応と動作教示を同時に実現することが可能となる。さらに、訓練者の習熟度に応じて、訓練補助のための拘束力を段階的に調節することも可能となる。

28. ウェーブレット解析と深層学習に基づく時間領域音源分離の検討 (2201018)

Time-Domain Audio Source Separation Based on Wavelet Analysis and Deep Learning

中村友彦 東京大学大学院 情報理工学系研究科 特任助教

時間領域音源分離のための深層学習モデルと多重解像度解析との構造の類似点に着眼し、離散ウェーブレット変換を用いたダウンサンプリング層を提案した。提案層は、従来法では欠けていた特徴量領域でのアンチエイジング機構と完全再構成性を兼ね備えており、これらを保証することで音源分離性能が向上することを楽音分離実験により示した。

29. 自律的に駆動するパッチ型超音波振動子を用いた感染防止システムの開発 (2201019)

Development of an anti-infection system using a patch-type autonomously-driven ultrasound transducer

新田尚隆 産業技術総合研究所 健康医工学研究部門 主任研究員

本研究では、体内留置カテーテル等の皮膚出口部での感染を防止するため、自律的に駆動するパッチ型超音波振動子と酸化チタン粒子を併用した感染防止システムを開発した。実験結果から、活性酸素種の生成能に係る有効性、有害な温度上昇を生じさせない安全性、エコー情報に基づく自律的な超音波出力調整の実現可能性がそれぞれ示唆された。

30. センシングと物理・生理統合計算のデータ同化による熱中症リスク管理 (2201021)

Risk management of heat-related illness based on computation with data assimilation of sensing and thermophysiology

平田晃正 名古屋工業大学 先端医用物理・情報工学研究センター 教授

近年、熱中症による搬送人員数は増加傾向にあるが、個々人に応じた適切な休憩時間や水分補給の呼びかけにより熱中症のリスクは低減ができるはずである。本研究では、個々人に応じたリスク管理システムへの展開を見据え、ウェアラブルセンシングデータを入力値とした新たな深部体温推定計算手法を開発する。

31. 柔軟超音波モータを用いた内視鏡ロボットの開発 (2201024)

Development of a Endoscope Robot using Flexible Ultrasonic Motor

真下智昭 豊橋技術科学大学 工学部 准教授

本研究では、ツインコイル型フレキシブル超音波モータを提案し、スライダであるコイルの特性を用いた変位センサと力センサの開発を行った。いずれもフレキシブル超音波モータに機械部品を追加することなくセンシングを可能にするアイデアである。これらのセンサを用いてフィードバック制御を実施した。

32. 関節可動域訓練のための人と親和性の高い下肢装具型ロボットの可変インピーダンス制御 (2201025)

Variable Impedance Control of Human-friendly Lower-limb Orthosis Robot for Knee Joint Range of Motion Training

舩屋賢 東京工業大学 工学院機械系 助教

本研究では、リハビリにおけるトレーナーの負担低減のための、人の下肢訓練を促進する人と親和性の高い装具型ロボットの開発を行った。下肢の関節可動域訓練を対象に、そのための関節機構に加え、訓練のための可動域推定方法と可変インピーダンス制御方法を開発した。

33. 空気圧駆動歩容アシストスーツの圧力ベース歩容推定を用いた歩行・走行トレーニング装置 (2201028)

Walking and running training device using pressure-based gait estimation of pneumatic driven gait assistive suit

宮 崎 哲 郎 東京大学大学院 情報理工学系研究科 システム情報学専攻 助 教

本研究では運動者個人々の要求に答えるオーダーメイド式トレーニングを可能とするロボットトレーニングシステムの実現を目指し、空気圧駆動歩容アシストスーツの圧力ベース歩容推定を用いた歩行・走行トレーニング装置を開発した。1年の研究期間で、走行アシストの実現と、圧力情報から関節角度などの歩容状態を推定する方法の開発などを実施した。

34. 人工知能を用いた CT テクスチャ解析による消化器癌化学療法の効果予測 (2201029)

Machine learning for CT texture analysis in chemosensitivity of gastrointestinal cancer liver metastases: initial report

宮 本 裕 士 熊本大学病院 消化器外科 講 師

大腸癌肝転移に対する機械学習を用いた CT テクスチャ解析が、全身化学療法の治療効果予測に有用かどうか検証した。Training コホート 112 例で奏効/非奏効の予測に有用であった 3 つのパラメーターを用いて、Validation コホート 38 例の解析を施行した所、その予測能は AUC0.77 の結果であり、今回の方法は有用と考えられた。

35. 粘着特性も測れる指先装着型触覚提示デバイスの開発 (2201031)

Development of finger-worn haptic sensor for evaluations of adhesive property

森 脇 健 司 弘前大学大学院 理工学研究科 准教授

力・弾性率・粘着性（タック）を定量計測できる指先に装着できるサイズのセンサデバイスを作製し、その性能を確認した。弾性率や粘着性が異なるシリコーンゴムに接触させると同じ圧力値における触覚センサ信号の変化から試料の弾性率を推定でき、脱離させた際の信号変化過程に着目すれば定量的に粘着性を評価できると考えられた。

36. 有機電子回路とハイドロゲルを融合した生体計測用ソフト電子デバイスの開発 (2201032)

Development of a soft electronic biomonitoring device using organic electronics and hydrogels

吉 田 昭太郎 中央大学 理工学部 電気電子情報通信工学科 助 教

本研究では、生体親和性の高いウェアラブル・インプラントブル電子デバイスを実現するための要素技術として、従来の無機物ベースのエレクトロニクスではなくすべて有機物でできた電子回路と生体計測電極の開発、それを包埋する有機ハイドロゲルの統合技術の開発を目的として、有機電極、有機電子素子を内包するハイドロゲルを実現し、製作技術の開発に成功した。

37. ブラインド信号源分離に適用する非線形混合のマルチ部分空間表現に関する研究 (2201034)

A Study on Multi-Subspace Representation of Nonlinear Mixture with Application in Blind Source Separation

Wang Lu 慶應義塾大学大学院 理工学部・理工学研究科 特任助教

ブラインド信号源分離に適用する非線形混合のマルチ部分空間表現に関する研究

[研究助成(C)]

1. 低誘電率ポリマー TSV と基板分離による超低ノイズ三次元集積回路とそのバイオ応用 (2187001)

Ultra-low noise three-dimensional integrated circuit with low dielectric constant polymer TSV and substrate separation and its bioapplication

李 晟 豪 東北大学大学院 工学研究科 博士後期課程

低誘電率ポリマー TSV と基板分離による超低ノイズ三次元集積回路とそのバイオ応用

2. 凹凸ディスプレイを用いた映像の実体化とソーシャルテレプレゼンスの強化 (2187004)

A Flexible Display for Embodying Video and Enhancing Social Telepresence

楠 田 佳 那 大阪大学大学院 工学研究科 博士後期課程

ビデオ会議システムの多くは平面の表示画面を前提としたもので、会話相手の実体としての存在感は失われる。これは、ソーシャルテレプレゼンス（遠隔地にいる相手とあたかも対面している感覚）を損なう原因の一つになる。本研究では、映像の表示面を物理的に変形させる凹凸ディスプレイを用いて、映像内の物体を突出させ、擬似的に実体化するシステムを構築した。

3. 歩行動作の観察とイメージの併用における脳活動の解明と BMI 応用に向けたモデル構築 (2197003)

Elucidation of brain activity during action observation combined with motor imagery of walking and construction of a model for BMI application

金 子 直 嗣 東京大学大学院 総合文化研究科 博士後期課程

本研究の目的は、歩行観察と歩行イメージを併用した際の脳活動を解明すること、ブレイン・マシン・インターフェースへの応用を目指したモデルを構築することである。歩行観察とイメージを併用することで、歩行位相に依存した脳活動を惹起することが明らかとなった。今後は、本研究で明らかとなった知見を元に、脳波情報から歩行位相を分類する精度の高いモデルの構築を目指す。

4. 視覚障害者支援のための頑健かつ高精度な屋内可視光位置認識 (2197006)

Robust and Accurate Indoor Visible Light Positioning for Assisting the Visually Impaired

嶋 田 祥 太 北海道大学大学院 情報科学研究科 博士後期課程

視覚障害者のための音声案内普及を最終的な目的とし、本研究ではその基盤として、スマートフォンを用いた屋内位置認識技術をさらに頑健かつ高精度にすることに取り組んだ。あらゆる屋内で活用できるインフラとして照明に着目し、これを利用することでスマートフォンの位置及び姿勢を高精度に推定することを可能にした。

5. 臨床技能の自動採点による医学教育サポートシステムの開発 (2197007)

Development of Support System for Medical Education Training by Automatic Scoring of Clinical Skills

菅 宮 友 莉 奈 早稲田大学 総合機械工学科 助 教

臨床技能学習は、反復練習や自分の正否を知ることが重要であるが、患者と指導医とともに行う臨床訓練では、学生一人に十分な時間がとれていない。そこで、臨床技能を自習可能なシステムの提案を行った。本研究では、問診を対象にして、医師と患者の診察から、必要なセンサの選定を行い、音声認識・動作認識を構築し、それらの評価を行い有効性を確かめた。

6. フレキシブル経爪型生体情報記録システム開発と無感触ヘルスケアへの展開 (2197008)

Development of Flexible Trans-Nail Biosignal Recording System and Its Applications

QIAN ZHENGYANG 東北大学大学院 工学研究科 博士後期課程

人の健康維持と疾察にとって重要な心拍数、酸素濃度、血圧の生体信号を簡便に常時計測するための不快感や装着感のない経爪型生体情報記録システムを開発する。光電式及び皮膚電極式の生体情報信号記録回路を設計・試作し、フレキシブルに埋め込み、多種類生体情報記録できるシステムの完成を目指し、無感触ヘルスケアシステムへと展開する。

7. 情報科学による医療診断支援システムに関する研究開発 (2197012)

Diagnosis Support System for Female Infertility by Using Information Technologies

森 健太郎 舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科 助教

本研究では、不妊治療の補助を行う不妊症診断支援システムの開発に取り組み、子宮運動の自動解析システムおよび妊娠予測システムを開発した。各システムは Cine MRI 画像と超音波画像から畳み込みニューラルネットワークによって解析を行う。本研究を通して、子宮運動の速度が解析において重要な特徴量であることを新たに発見した。

8. エンゲージメント推定によって場の雰囲気を読む接客ロボットのフィールド研究 (2207002)

Field Research for a Robotic Salesperson that can Understand Social Cues Using the Engagement Estimation

岩 崎 雅 矢 大阪大学大学院 博士後期課程

接客ロボットは社会的プレゼンスの弱さが原因で多くの場合人に無視される。これらの問題は人がロボットを遠隔操作することによって解決可能であるが、初心者ユーザの遠隔操作によるロボットでの接客は困難であり、操作者にロボットの操作経験や知識が必要である。そこで初心者ユーザ向け接客ロボット遠隔操作システムを開発し、その有効性を検証する。

9. 博物館における実世界センシングをベースとした学習支援プラットフォームの基盤構築 (2207006)

A learning support platform based on real-world sensing in museums

村 上 弘 晃 東京大学大学院 工学系研究科 特任研究員

本研究の目標は、位置情報を活用した学習支援プラットフォームの基盤構築に不可欠な、高精度かつ低コストで運用可能な測位システムの構築である。本期間にて、目標達成に必要な3つの手法：1) 単一スピーカでのスマートフォン5自由度推定、2) 単一スピーカとスマートフォン間の時刻同期、3) 見通し外環境でのスマートフォン間測距、を提案し評価した。

10. ウェアラブルデバイス応用に向けたフレキシブル体温発電素子の開発 (2207007)

Development of a flexible thermoelectric power generating device

山 下 尚 人 京都大学大学院 工学研究科 博士後期課程

フレキシブル基板上に実装可能な新しい熱電変換物性の研究に取り組んだ。温度勾配に対して垂直方向に起電力を取り出せる異常ネルンスト効果に着目した。単体の強磁性金属と異なり、共蒸着で容易に非晶質を形成できる FeGd 合金の薄膜を研究材料とした。異常ネルンスト効果を測定するためのシステムを新たに開発し、室温にて異常ネルンスト係数 $0.13 \mu\text{V}/\text{K}$ という値を得た。

[研究助成 (S)]

使い心地を認識し人と一体化するロボット制御技術の開発

Development of robot control that integrates with humans

2188001



研究代表者	東京工業大学 科学技術創成研究院	教授	小池 康 晴
共同研究者	東京工業大学 科学技術創成研究院	准教授	吉 村 奈津江
	東京工芸大学 工学部	准教授	神 原 裕 行
	NTT コミュニケーション科学 基礎研究所		高 木 敦 士

[研究の目的]

本研究は、義手などにおいて、身体の機能を補綴するだけでなく、第6の指、第3の手など人間の身体を拡張した場合でも、それらの機械が身体の一部のように操作できるようになることを目的とする。この技術が実現すると、人間と機械が一体となり、機械を意識することなく身体の一部として認識し、操作できるようになる。すなわち人間の能力を拡張することが可能となる。身体の一部を自身の一部として認識しているのは脳であり、また機械を操作するのも脳である。脳の運動制御機構を拡張することにより、機械を身体の一部として操作する技術を実現し、考えただけで機械が動かせるようになると考えている。

超高齢化社会を迎え体の衰えは避けられず、特に上肢の機能が失われた場合には日常生活において困難を感じる機会が増えてくる。不自由になった身体に慣れるまでには長い年月が必要になる。

これまでは機能を代替する装置としての選択肢が少なかったため、リハビリテーションなどにより機能回復を目指していた。しかし、新しい身体を手に入れることができれば、失われた

機能がすぐに復活することになる。そのためには短時間で使い方を覚えられ、新しい身体を、元の身体と同じように動かせることが重要になる。

また、失われた自由度が多ければ多いほど、それらの自由度を組み合わせた動きをすることが難しくなる。この問題を解決するために、脳が行っている仕組みを使うことを試みた。脳は身体を動かすために、800個以上の筋肉に指令を与えている。筋肉一つ一つに個別に指令を与えるのではなく、まとまった筋肉群に指令を送ることで、運動制御の負荷を下げているのではないかと考えられている。このような制御は生まれながら獲得しているのではなく、環境との相互作用の中で、学習によって構築されている。

本研究では、このような脳の機能の実現を目指して、多自由度の義手を思い通りに操作するためのシステムを構築した。また、脳活動から運動意図を推定することで、考えただけでロボットを動かすことを可能にするデコーダの構築も行った。

[研究の内容, 成果]

1. 筋電図から動きの推定

1.1 深部の筋活動計測

解剖学的に見ると、図1に示すように、手首を動かす筋肉は表面に多く存在し、表面に設置した電極から信号が局所的に計測できる。一方、指を動かす筋肉は深部に多く存在し、表面に設置した電極からは、局所的ではなく、距離が同程度の場所では同じように計測できる。このため、図2に示すように、表面に添付した電極では、これらの信号が混合して計測されることになる。音声などで音源分離のために用いられる独立成分分析 (ICA) を用いると、計測された

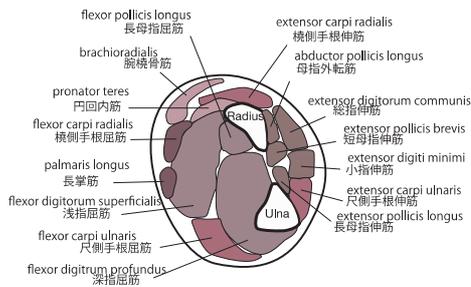


図1 前腕の筋肉の配置

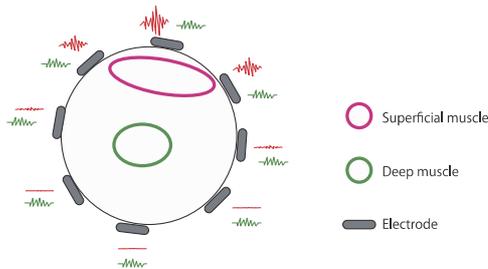


図2 電極で計測できる筋活動

信号から独立性の高い信号が分離して取り出されることから、多数の電極で計測した筋活動にICAを適用した。これにより、得られた信号から、ノイズ成分を取り除くことも可能となる。

図3に、96チャンネルの電極を腕に等間隔に装着した様子と計測された筋活動を示す。

また、ICAを適用した結果と選択結果について図4に示す。

1.2 筋シナジー抽出

ICAによって得られたコンポーネントは独立して活動する筋肉活動を捉えている。このため、電極の数だけICコンポーネントが抽出されるが、ノイズなどの成分を除くと、タスクに応じて活動する筋活動が抽出されていることになる。

一つ一つの筋活動から動きを識別しようとすると、手首を動かしているのか、指を動かしているのか区別することが困難であったが、この手法を用いると手首の動きと指の動きを分離して精度よく動きを推定することが可能となった(図5)。さらに、筋シナジーを用いることで指が発生している力の推定も行うことが可能となった。

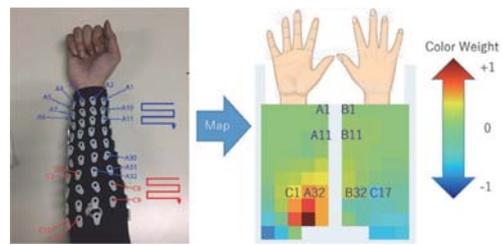


図3 脳波用96チャンネルの電極の配置と筋活動の様子

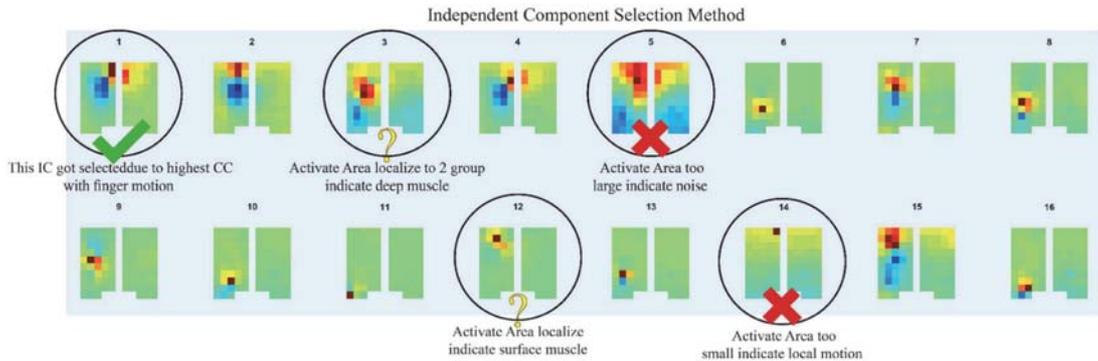


図4 抽出された独立成分とその選択結果

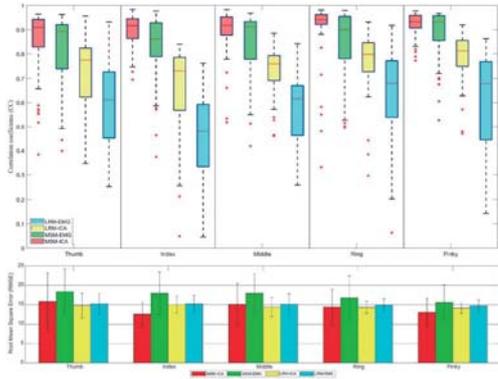


図5 各指毎の推定精度

2. リアルタイムロボット制御

これまでの電動義手は曲げる・伸ばすといった動作を識別し制御を行っており、正確に制御するためにはトレーニングが必要であった。トレーニングを必要とせず「思い通りに」動かすためには、切断前と同様、筋活動から関節の角度が時系列データとして推定される必要がある。このため、筋シナジーから関節の角度を計算しこの角度に従って義手を制御するアルゴリズムを構築した。筋シナジーを計算するためにはある程度まとまったデータが必要となるが、遅れなく筋シナジーを推定することが困難である。リアルタイムで動作するロボット制御のために、筋シナジーを直接計算せずに角度を推定するアルゴリズムを開発した（特許出願）。

図6に、中手指節関節（MP関節）の運動の推定結果を示す。点線が計測データで、実線が推定値である。5秒程度継続して同じ姿勢を維持しているが、同じ姿勢であっても筋活動が減少するため、推定精度は時間とともに悪くなる傾向がある。

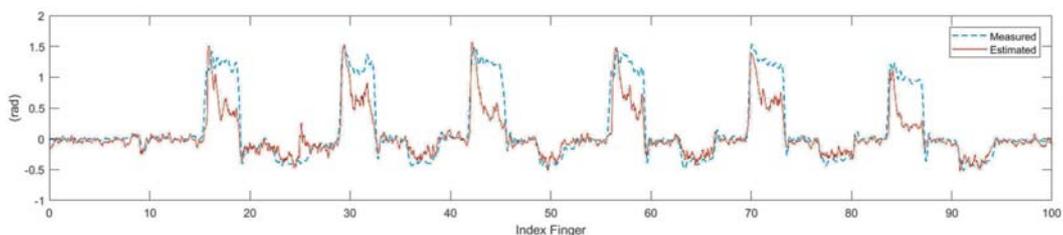


図6 指の動きの推定

3. 日常動作の再現

現在の電動筋電義手は2チャンネル程度の筋電信号を用いて指の開閉動作を行うものがほとんどである。これは、筋肉がどこに存在しているのかを特定することに解剖学的な知識を必要とすることや、切断者の場合は、残存する筋肉の場所を特定することが困難であることなどが主な原因である。また、実際のロボットの自由度が少ないため多チャンネルを必要としていない。

多チャンネルの電極を用いて筋電図を計測する場合、前章で示したように、均等に配置した電極から得られた信号からICAなどの手法を用いて筋活動を抽出することが可能となった。しかしながら、多チャンネルの電極を設置するためには長い時間を要する。このような問題を解決するために、32チャンネルの電極を前腕に均等に配置し、着るだけで多チャンネル筋活動を計測し無線で転送する装置を開発した（図7、イノベーションジャパン2020において展示）。



図7 開発した32チャンネル筋電計測計



図8 日常動作

図8に示すとおり、この電極を用いて手首3自由度、指の開閉1自由度を制御する実験を行った。日常の動作を実施したところ、肘の姿勢が不自然にならずに動作を行うことができることを確認した。

4. 脳波からの運動情報推定

人は、日々の生活の中でも絶えず身体の特徴を学習して調整を行っている。筋力が衰えれば同じ重さのものであっても脳はより大きな運動指令を出す必要がある。ロボットの能力は変化しないため、例えば片方の手の筋力が下がった場合、左右の感覚にずれが生じてしまう。このようなずれが生じているのか、また、実際どのような動作を意図しているのかなどが分かれば、このような問題を解決することが可能となる。そこで、脳波から、動作を行う前にどのような情報が計画されているのかを解析した。その結果、運動の1秒前の脳活動から運動の方向と大きさを精度よく推定することができた。また、絶対的な位置情報の推定精度は悪かった。

このことから、脳は、絶対的な位置を考えて運動指令を生成していると言うよりも、相対的な位置に応じて運動指令を生成していることを示唆する結果となった。

さらに、思い通りに動かない場合を想定し、運動指令と実際の動きに差が生じたことを脳波から検出できるかどうかを確認した。手の動きに合わせてカーソルが動くように設定を行い、自分の手が見えない状態で、画面上の手の位置

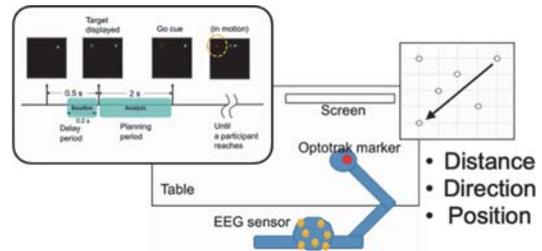


図9 脳波からの運動情報の推定

を動かしてもらった。このときランダムに手の動きに様々な時間遅れが存在する状態で、カーソルの位置が自分の手の位置から遅れているかどうかを判断してもらった。

この結果、遅れていない、あるいは遅れているかどうか分からないと答えた場合と遅れていると答えた場合を識別した結果が最も精度が高くなった。このことから、はっきりと遅れていると意識した場合に脳活動が最も変化している可能性が示唆された。この識別器を用いることで、脳がずれを認識した場合に、そのずれの感覚が生じないように制御パラメータを自動的に修正することができれば、身体の変化を読み取って自分自身の体の変化に応じてロボットを変化させることが可能となる。

[今後の研究の方向、課題]

本研究により、多自由度の義手をトレーニングなしで制御することが可能となった。また、脳活動から運動意図や意図とのずれが生じているのかを推定することが可能となった。今後は、これらを組み合わせることにより、身体が成長するに順い制御パラメータの調整を自動で行えるようなシステムを構築していく必要がある。

また、研究では主に制御の部分を開発したが、ロボットが環境との相互作用により感じるべき触覚や力覚の情報をどのように人にフィードバックするのかを重要な課題となる。現在は視覚により握っているのかを判断する必要があるが、将来的には視覚に頼らない手法の開発が必要である。

[謝 辞]

公益財団法人 立石科学技術振興財団からの助成に感謝いたします。

[成果の発表, 論文等]

展示

- [1] イノベーションジャパン 2020 大学見本市 出展

特許

- [1] 特願 2020-214629 情報処理装置, 情報処理方法およびコンピュータプログラム

論文

- [1] Takagi, A., Kambara, H., & Koike, Y. (2019). Increase in grasp force reflects a desire to improve movement precision. *ENeuro*, 6 (4), 2-9. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0095-19.2019>
- [2] Kim, H., Yoshimura, N., & Koike, Y. (2019). Characteristics of Kinematic Parameters in Decoding Intended Reaching Movements Using Electroencephalography (EEG). *Frontiers in Neuroscience*, 13 (November), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01148>
- [3] Stapornchaisit, S., Kim, Y., Takagi, A., Yoshimura, N., & Koike, Y. (2019). Finger angle estimation from array EMG system using linear

regression model with independent component analysis. *Frontiers in Neurobotics*. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2019.00075>

- [4] Kim, H., Yoshimura, N., & Koike, Y. (2019). Classification of Movement Intention Using Independent Components of Premovement EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13 (February), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00063>
- [5] Koike, Y., Kim, Y., Stapornchaisit, S., Qin, Z., Kawase, T., & Yoshimura, N. (2020). Development of Multi-sensor Array Electrodes for Measurement of Deeper Muscle Activation. 32(3), 959-966.
- [6] Takagi, A., Xiong, G., Kambara, H., & Koike, Y. (2020). Endpoint stiffness magnitude increases linearly with a stronger power grasp. *Scientific Reports*, 10 (1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57267-0>
- [7] Kim, Y., Stapornchaisit, S., Kambara, H., Yoshimura, N., & Koike, Y. (2020). Muscle Synergy and Musculoskeletal Model-Based Continuous Multi-Dimensional Estimation of Wrist and Hand Motions. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020.
- [8] Koike, Y., Kawase, T., Kambara, H., Schweighofer, N., & Yoshimura, N. (2020). Muscle Synergy Analysis for Rehabilitation. *Examines in Physical Medicine and Rehabilitation*, 2 (5), 1-2. <https://doi.org/10.31031/EPMR.2019.02.000520>



<https://www.tateisi-f.org/reports/2021/>

国際交流助成成果

成果報告の抄録は <https://www.tateisi-f.org/reports/2021/> からご覧いただけます

(年度順五十音順)

〔国際会議発表〕

〈参加会議〉

1. 7th International Conference on Animal-Computer Interaction (2202101)
春日 遥 北海道大学 博士後期課程
2. 10th International Conference Tunnel Safety and Ventilation—New Developments
in Tunnel Safety (2202102)
清家 美帆 広島大学大学院 助教

〔国際会議開催〕

1. 第50回 IEEE 多値論理国際シンポジウム (2195013)
八木 直美 姫路獨協大学 准教授
2. The 15th NTCIR Conference on Evaluation of Information Access Technologies
第15回 NTCIR 情報アクセス技術評価に関する会議 (2205001)
石下 円香 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 特任研究員
3. International Conference on Machine Vision Application (MVA2021)
マシンビジョン応用に関する国際会議 (2205003)
数藤 恭子 東邦大学 教授
4. Asian Conference on Computer Vison (ACCV) (2205005)
西野 恒 京都大学 情報学研究科 教授
5. IEEE International Conference on Mechatronics (ICM2021) (2205006)
藤本 博志 東京大学 准教授
6. The 2nd Joint Meeting of ESCHM-ISCH-ISB 2021 FUKUOKA (2205008)
丸山 徹 九州大学キャンパスライフ・健康支援センター 教授
7. 2021年 IEEE SMC Cybernetics 国際会議 (2205009)
村田 忠彦 関西大学 総合情報学部 教授
8. The 22nd International Conference on Distributed Computing and Networking
第22回 分散計算と情報通信に関する国際会議 (ICDCN 2021) (2205011)
吉廣 卓哉 和歌山大学 准教授

-
- **2020 年度活動報告（業務日程・会計）**
 - **2021 年度助成報告**
 - **第 6 回立石賞表彰式・記念講演および
2021 年度バーチャル贈呈式**
 - **2021 年度研究助成課題一覧**
 - **2021 年度国際交流助成一覧**
 - **2021 年度国際会議開催助成一覧**

2020 年度活動報告

1. 主要業務日程

2020 年 4 月 1 日	2020 年度後期国際交流助成の募集開始 2020 年度国際会議開催助成の募集開始
4 月 21 日	立石 義雄 当時理事長 逝去
5 月 4 日	第 48 回理事会の開催 ・理事長の選定 石原 英 理事長就任
5 月 12 日	第 49 回理事会の開催 ・2019 年度事業報告並びに決算承認
5 月 20 日	第 6 回 (2020 年度) 立石賞表彰式・記念講演 [延期] 2020 年度助成金贈呈式 [バーチャル形式で開催]
6 月 19 日	第 50 回理事会の開催 ・株主権行使の承認 第 21 回評議員会の開催 ・2019 年度決算承認 ・株主権行使の承認 ・次期理事・監事の選任
6 月 30 日	第 51 回理事会の開催 ・理事長の選定 立石 文雄 理事長就任 ・常務理事の選定 ・2019 年度事業報告に係る内閣府への提出書類の承認 2020 年度後期国際交流助成の募集締切 (応募 7 件) 2020 年度国際会議等開催の募集締切 (応募 21 件)
8 月 1 日	2021 年度研究助成 (S) の募集開始
8 月 28 日	2020 年夏季選考委員会の開催 ・2020 年度後期国際交流助成および国際会議開催助成の選考
9 月 1 日	2021 年度研究助成 (A) (B) (C) の募集開始
9 月 9 日	第 52 回理事会の開催 ・2020 年度後期国際交流助成採択候補の承認 ・2020 年度国際会議開催助成採択候補の承認
9 月 30 日	2021 年度研究助成 (S) の募集締切 (応募 23 件)
10 月 1 日	2021 年度前期国際交流助成の募集開始
10 月 24 日	助成研究成果集第 29 号発行
10 月 31 日	2021 年度研究助成 (A) (B) (C) の募集締切 (応募 154 件)
12 月 20 日	2021 年度前期国際交流助成の募集締切 (応募 1 件)
2021 年 1 月 22 日	2021 年冬季選考委員会の開催 ・2021 年度研究助成 (S) 最終選考 ・2021 年度研究助成 (A) (B) (C), 前期国際交流助成の選考 ・2022 年度各助成募集案内の審議
2 月 9 日	第 53 回理事会の開催 ・2021 年度助成採択候補の承認 ・2022 年度助成公募案内の承認 ・第 7 回 (2022 年度) 立石賞公募案内の承認
3 月 12 日	第 54 回理事会の開催 ・2020 年度事業および決算見込みの報告 ・2021 年度事業計画および予算の承認
3 月 15 日	第 22 回評議員会の開催 ・2020 年度事業および決算見込みの報告 ・2021 年度事業計画および予算の承認

2. 会 計

正味財産増減計算書
2020年4月1日から2021年3月31日まで
(単位：千円)

I 一般正味財産の部	
1. 経常増減の部	
(1) 経常収益	
①基本財産運用益	220,500
②特定資産運用益	13,427
③受取寄附金	500
④雑収入	2,001
(2) 経常費用	
①事業費	230,834
②管理費	11,262
当期経常増減額	△ 5,668
2. 経常外増減の部	
(1) 経常外収益	0
(2) 経常外費用	150
当期経常外増減額	△ 150
当期一般正味財産増減額	△ 5,818
一般正味財産期首残高	17,316
一般正味財産期末残高	11,498
II 指定正味財産増減の部	
当期指定正味財産増減額	7,901,250
指定正味財産期首残高	16,038,750
指定正味財産期末残高	23,940,000
III 正味財産期末残高	23,951,498

貸借対照表
2021年3月31日現在
(単位：千円)

I 資産の部	
1. 流動資産	
現金	61
普通預金	11,437
定期預金	0
2. 固定資産	
(1) 基本財産	
投資有価証券	22,680,000
(2) 特定資産	
事業運営資産合計	1,100,000
事業積立資産合計	160,000
(3) その他の固定資産	0
資産合計	23,951,498
II 負債の部	
1. 流動負債	0
2. 固定負債	0
負債合計	0
III 正味財産の部	
1. 指定正味財産	
寄附金	1,100,000
寄附株式 (オムロン株)	22,680,000
事業積立資産	160,000
2. 一般正味財産	
流動資産, その他固定資産	11,498
正味財産合計	23,951,498

2021 年度助成報告

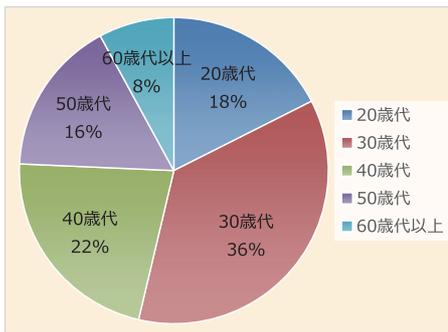
本年度の助成も計画どおり、公募、選考委員会による選考、理事会の承認を経て下表のとおり助成を行うことができました。国際交流助成および国際会議開催助成はコロナ禍による開催形態の変更、開始時期の調整を考慮し助成を行っています。

研究助成 (S)	2 件	60,000 千円
研究助成 (A)	30 件	82,632 千円
研究助成 (B)	4 件	23,377 千円
研究助成 (C)	11 件	14,459 千円
国際交流助成 (前期)	1 件	778 千円
国際交流助成 (後期)	2 件	736 千円
国際会議開催助成	11 件	10,182 千円
合計		192,164 千円

● 2021 年度助成の応募状況

(1) 研究助成 (S) (A) (B) (C)

応募者年齢別割合

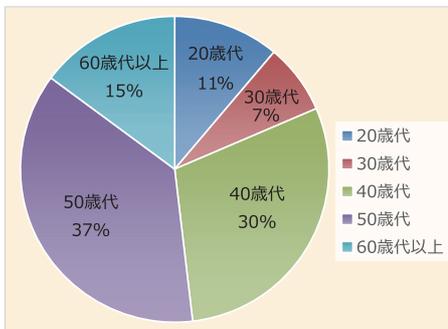


地域別応募件数



(2) 国際会議開催助成・国際交流助成

応募者年齢別割合

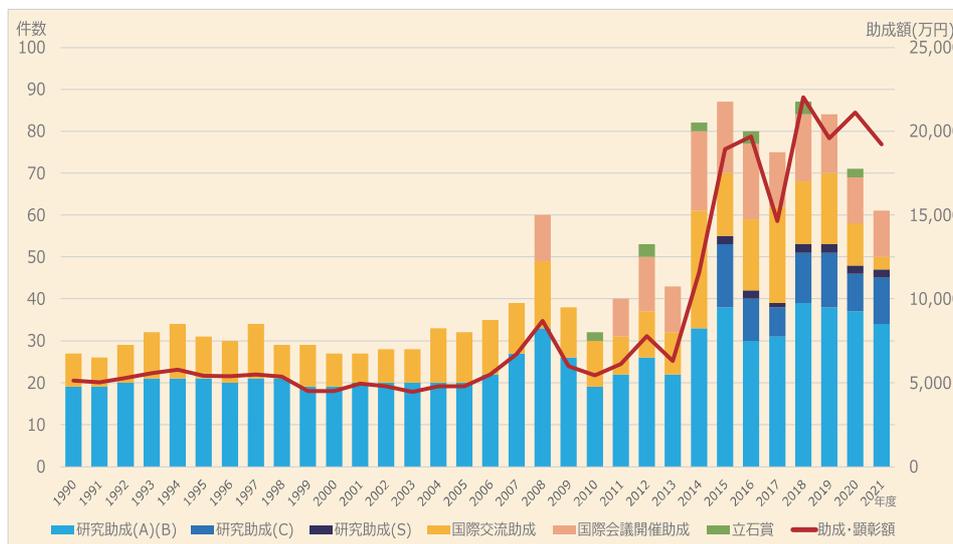


地域別応募件数

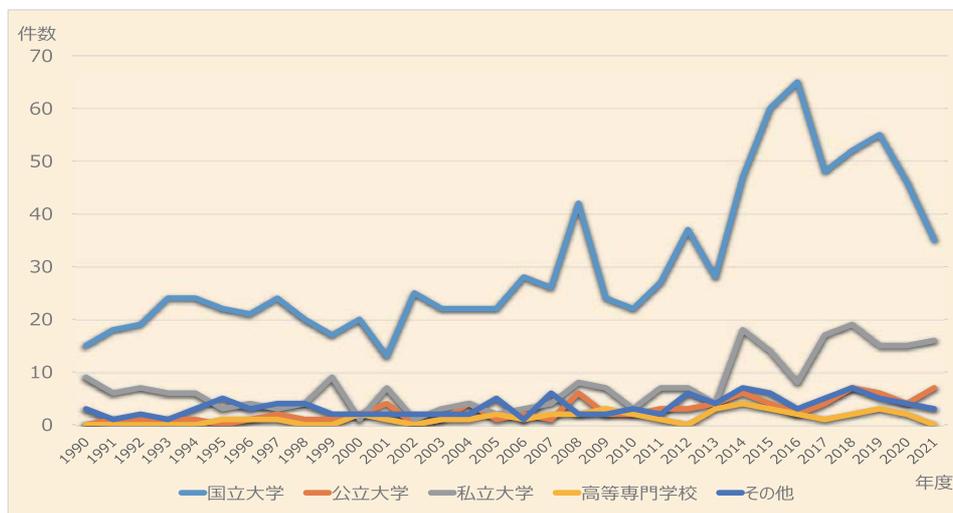


今年度の助成の結果、財団設立以来の助成・顕彰件数は研究助成 888 件、国際交流助成 377 件、国際会議開催助成 163 件、立石賞 15 件、合計 1,443 件、助成・顕彰金総額は 28 億 463 万円となりました。

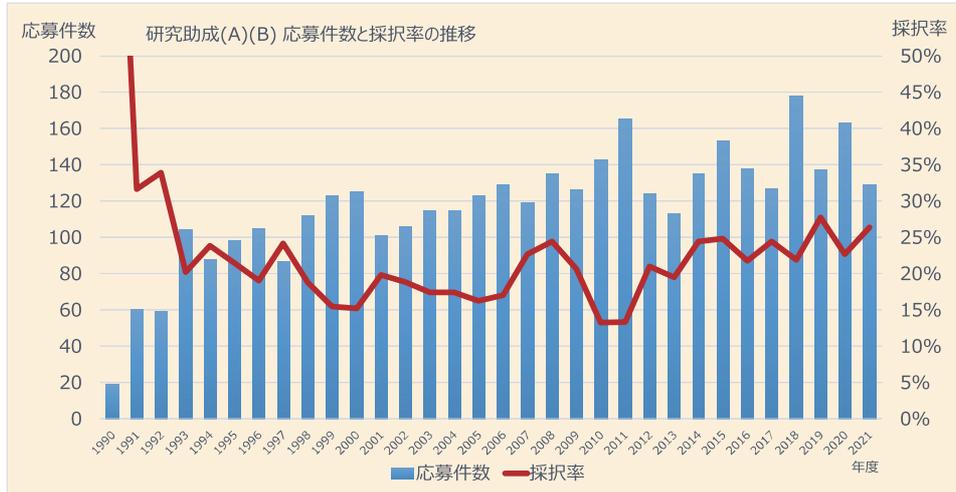
助成・顕彰件数と助成額推移



研究機関別の助成件数の推移



研究助成 応募件数と採択率推移



第6回立石賞表彰式・記念講演および2021年度バーチャル贈呈式

【第6回立石賞表彰式・記念講演】

2021年5月24日から5月31日にかけて「第6回立石賞表彰式・記念講演」をオンラインで開催しました。第6回立石賞表彰式・記念講演は新型コロナウイルス感染拡大防止のため、特設ホームページからビデオ・オン・デマンド配信による実施としました。当財団としては初めての試みでしたが、学術関係者、財団関連の皆さま方をはじめとする200名を超える参加登録・視聴をいただき盛会のうちに終了しました。



立石理事長あいさつ



阿草選考委員長あいさつ

第6回立石賞は、功績賞として奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授の横矢直和氏、特別賞として大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授の石黒浩氏の業績に対して授与し表彰を行いました。ビデオ・オン・デマンド配信では、財団代表挨拶、選考委員会代表の挨拶と選考経緯の説明ののち受賞者のコメントを配信。記念講演では、功績賞受賞の横矢氏からは「時空を超える複合現実メディアへの挑戦 ～リアルとバーチャルの融合～」のテーマで、特別賞受賞の石黒氏からは「人と関わるロボットと未来社会」のテーマで研究内容の一端を講演いただきました。また、ご来賓として文部科学省 大臣官房審議官 塩崎正晴様、京都府 副知事 山下晃正様、オムロン株式会社 代表取締役 執行役員専務 CTO 宮田喜一郎様より祝辞を頂戴し紹介させていただきました。



横矢直和氏 講演

「時空を超える複合現実メディアへの挑戦」
～リアルとバーチャルの融合～



石黒 浩氏 講演

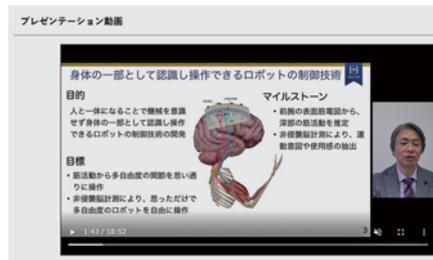
「人と関わるロボットと未来社会」

※立石賞記念講演の内容は、7～17 ページに掲載

【2021 年度バーチャル贈呈式】

例年立石賞表彰式・記念講演と合わせて開催していました助成金贈呈式ですが、2021 年度は立石賞表彰式・記念講演と同様新型コロナウイルス感染拡大防止のため特設ページによるバーチャル贈呈式として開催しました。2021 年 5 月 24 日から 7 月 31 日にかけて、2018 年度研究助成 (S) の成果発表をはじめ、今年度の研究課題を研究者自身による説明動画を掲載し、相互研鑽の一助とすることができました。

[2018 年度研究助成 (S) 成果発表]



東京工業大学 科学技術創成研究院
教授 小池康晴氏

「使い心地を認識し人と一体化するロボット制御技術の開発」
研究期間：2018 年 3 月～2021 年 3 月

※本研究の内容は、30～34 ページに掲載

[2021 年度助成研究課題 抜粋]

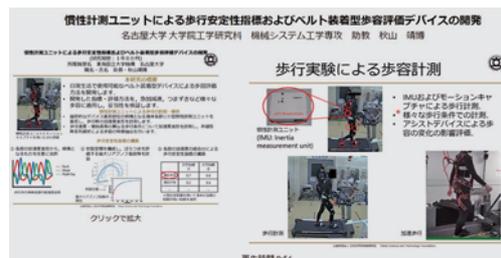
2021 年度研究助成 (S)



株式会社国際電気通信基礎技術研究所 脳情報通信総合研究所
主任研究員 野田智之氏

「解放運動連鎖歩行に外骨格機構と連動して介入する左右分離免荷システムの研究開発」

2021 年度研究助成 (A)



名古屋大学大学院 工学研究科 機械システム工学専攻
助教 秋山靖博氏

「慣性計測ユニットによる歩行安定性指標およびベルト装着型歩容評価デバイスの開発」

2021年度 研究助成課題一覧

【研究助成 (S)】

最大 3,000 万円(間接経費含む) / 3 年を助成 研究期間: 2021 年 4 月~2024 年 3 月

(五十音順)

No	代表者氏名	所属・職名	研究課題
1	関 谷 毅	大阪大学 産業科学研究所 教授	脳のパーソナルヘルスレコードを実現する透明シート型脳波センサシステムの研究開発
2	野 田 智 之	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 脳情報通信総合研究所 主任研究員	解放運動連鎖歩行に外骨格機構と連動して介入する左右分離免荷システムの研究開発

申請件数 23 件 採択件数 2 件 助成金額 60,000 千円

【研究助成 (A)】

最大 250 万円(直接経費)を助成 研究期間: 2021 年 4 月~2022 年 3 月

(五十音順)

No	氏 名	所属・職名	研究課題
1	秋 山 靖 博	名古屋大学 大学院工学研究科 助教	慣性計測ユニットによる歩行安定性指標およびベルト装着型歩容評価デバイスの開発
2	池 田 佳奈美	大阪府立大学 大学院工学研究科 助教	光波空間変調を用いた光無線通信システムに関する研究
3	市 野 順 子	東京都市大学 メディア情報学部情報システム 学科 教授	バーチャルアバターの非言語情報の表現方法および視点の違いが自己開示に及ぼす影響
4	大 塚 和 弘	横浜国立大学 工学研究院 准教授	対話中の非言語行動の意味・機能を推定する機械学習モデルの構築
5	大 山 克 己	大阪府立大学 人間社会システム科学研究科 教授	大規模水田における人間 - 機械協働のための作業情報取得システムの開発
6	金 泉 新	札幌医科大学 医学部整形外科学講座 研究員	青年期に設置した人工股関節を生涯使用するための設置アライメントの研究
7	河 野 行 雄	中央大学 理工学部 教授	人とモノを繋ぐウェアラブル光学検査グローブの開発と触診型分析への応用展開
8	河 村 希 典	秋田大学 大学院理工学研究科 准教授	焦点を連続制御可能な高機能液晶レンズを用いた高齢者視覚インターフェースの研究開発
9	木 伏 紅 緒	早稲田大学 スポーツ科学学術院 助教	筋協調の感覚代替システム構築の試みと歩行学習への応用
10	桑波田 晃 弘	東北大学 大学院工学研究科 准助教	光ファイバアレイとダイヤモンドセンサを用いた癌 2D イメージングプローブの開発
11	小 島 翔	新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 講師	個人の脳構造特性から非侵襲的脳刺激法による運動機能向上効果を予測する
12	齋 藤 輝	九州産業大学 健康・スポーツ科学センター 助教	中枢神経回路の疲労回復を促進する技術
13	齊 藤 裕 一	筑波大学 システム情報系 助教	データ駆動型運転知能と触覚的シェアードコントロールの融合に基づく人と機械の協調
14	櫻 田 武	立命館大学 理工学部 助教	ヒトの神経多様性を考慮したニューロフィードバック型注意機能訓練システムの開発
15	佐々木 多麻木 (旧姓: 羽田)	東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科 非常勤講師	セルフケア時代を見据えた可撤性義歯用バイオセンサの開発

2021年度 研究助成課題一覧

【研究助成 (A)】

(五十音順)

No	氏名	所属・職名	研究課題
16	佐藤 孝雄	兵庫県立大学 大学院工学研究科 教授	データ科学的アプローチによるヒューマンインザループシステムの設計：人と機械の異なるデータレートに基づく最適化
17	張 斌	神奈川大学 工学部機械工学科 特別助教	視覚環境を音声で表現可能な盲導犬ロボットに関する研究
18	瀬島 吉裕	関西大学 総合情報学部 准教授	高齢者のプライバシーに配慮して傾聴するお節介護ロボット
19	高島 弘幸	札幌医科大学 附属病院放射線部 副部長	X線検査における深層学習を用いた撮影技術に関する最適化ツールの開発
20	田中 陽	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	ガラスナノフィルターを用いた人体動作融和型発電機の開発
21	土屋 智由	京都大学 工学研究科 教授	円環型振動子を用いたセンサー一体型 MEMS リザーバコンピューティング
22	常盤 達司	広島市立大学 大学院情報科学研究科 講師	校正された種々のホワイトノイズが立位姿勢制御の向上に及ぼす効果に関する研究
23	中野 英樹	京都橘大学 健康科学部理学療法学科 准教授	高齢者のバランス能力を改善させるハイブリッド型リハビリ支援システムの開発
24	松居 和寛	大阪大学 大学院基礎工学研究科 助教	筋電図、機能的電気刺激、触覚提示が仮想/拡張現実内でインタラクティブに調和したバイオフィードバックシステムの開発
25	松久 直司	慶應義塾大学 理工学部電気情報工学科 専任講師	人体・ロボットに纏う大面積伸縮性エレクトロクロミックディスプレイ
26	村木 里志	九州大学 大学院芸術工学研究院 教授	ポタリングサイクリングのための下腿義足の開発
27	村松 大陸	東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 プロジェクト研究員	生体電磁応答に基づく指識別の実現と拡張入力インターフェースの創出
28	元井 直樹	神戸大学 海事科学研究科 准教授	人間動作再現の高度化を目指したロボット運動制御技術の研究
29	柳田 剛	東京大学 工学系研究科 教授	集積化人工嗅覚センサエレクトロニクス
30	山川 雄司	東京大学 大学院情報学環 准教授	人との協働作業を可能にするソフトロボットハンド・アームシステムの開発

申請件数 117件 採択件数 30件 助成金額 82,632千円

2021年度 研究助成課題一覧**【研究助成 (B)】**

最大 500 万円(直接経費)を助成 研究期間：2021年4月～2023年3月

(五十音順)

No	氏名	所属・職名	研究課題
1	岩井 将行	東京電機大学 未来科学部情報メディア学科 准教授	屋外作業員のための多方位からの紅斑紫外線リアルタイム計測用 IoT システムの実現
2	林 宏太郎	豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 助教	人に近い眼器官を用いた相互の社会的刺激による人協働ロボット作業効率向上の研究
3	増田 容一	大阪大学 大学院工学研究科 助教	反射と思考の融合による即時即応の次世代四脚ロボット制御法
4	森本 淳	京都大学 大学院情報学研究科 教授	人間とロボットの持つ世界モデルの共有を通じた調和的行動生成の実現

申請件数 12件 採択件数 4件 助成金額 23,377千円

【研究助成 (C)】

博士後期課程の学生に年間 50 万円(直接経費)を助成 研究期間：2021年4月～(最大3年)

(五十音順)

No	氏名	所属・職名	研究課題
1	雨坂 宇宙	筑波大学 理工情報生命学術院 博士後期課程	音響センシングを用いたスポーツウェアのスマートデバイス化手法の確立
2	木本 雄大	上智大学 大学院理工学研究科 博士後期課程	エキスパートの手指の巧緻運動技能を促進する神経筋トレーニングの開発と評価
3	草深 あやね	東京大学 大学院総合文化研究科 博士後期課程	熟練技術における指先による巧みな修正行動の解明
4	具志 翔太郎	琉球大学 大学院理工学研究科 博士後期課程	食事支援ロボットアームに関する研究
5	久保 峰鳴	関西医科大学 医学部リハビリテーション医学 講座 専攻生	脳卒中片麻痺患者の歩行リハビリテーションにおける BKP マーカーによるロボット介入
6	煤 孫 祐 樹	東北大学 大学院工学研究科 博士課程後期	三次元積層型集積回路を内蔵したフレキシブル浅皮下生体情報可視化シートの開発
7	崔 明根	北海道大学 大学院情報科学科 博士前期課程	視線深度を用いた MR・VR における三次元視線入力提案
8	野田 拓実	東京大学 大学院工学系研究科 博士後期課程	皮膚への貼り付けが可能なウェアラブル超音波装置の開発
9	本田 康平	名古屋大学 大学院工学研究科 博士前期課程	交通弱者とのインタラクティブな運転を可能とする自動運転制御技術の創出
10	三浦 有花	広島大学 大学院人間社会科学研究科 博士後期課程	障害物回避歩行における左右脚間の運動制御機構と加齢に伴う変容の解明
11	大和尚 記	北海道大学 大学院情報科学院 博士課程	神経を無染色かつリアルタイムに可視化するイメージガイド手術支援装置の開発

申請件数 25件 採択件数 11件 助成金額 14,459千円

2021年度 国際交流助成一覧

[前期国際交流]

【国際会議発表】

最大 40 万円(直接経費)を助成 実施時期：2021 年 4 月～2022 年 3 月

申請はありませんでした

【短期在外研究】

最大 70 万円(直接経費)を助成 実施時期：2021 年 4 月～2022 年 3 月

No	氏名	所属・職名	研究課題／共同研究者	実施地
1	前 匡 鴻	東京大学 大学院工学系研究科 博士後期課程	超精密製造装置のためのモデリングとマルチ レート制御を融合した制御器設計／OOMEN Tom・Associate Professor	アイントホーフェン オランダ

申請件数 1 件 採択件数 1 件 助成金額 778 千円

[後期国際交流]

【国際会議発表】

最大 40 万円(直接経費)を助成 実施時期：2021 年 10 月～2022 年 3 月

No	氏名	所属・職名	国際会議	開催地
1	亀 田 良 一	京都大学 大学院工学研究科 博士後期課程	The 25th Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μTAS 2021)	カルフォルニア州 アメリカ

【短期在外研究】

最大 70 万円(直接経費)を助成 実施時期：2021 年 10 月～2022 年 3 月

No	氏名	所属・職名	研究課題／共同研究者	実施地
1	羽 金 昌 平	東京農工大学 工学府 機械システム工学 専攻 博士後期課程	クープマン作用素を用いたロボットアームの力 学同定および適応型一般化予測制御の開発／ Lorenzo Jamone・Queen Mary University of London, Associate Professor, Senior Lec	ロンドン イギリス

申請件数 2 件 採択件数 2 件 助成金額 736 千円

※新型コロナウイルス感染拡大防止のため、内容が見直される場合があります。

記載の内容は選考時の資料を基にしたものです。

2021年度 国際会議開催助成一覧

【国際会議開催助成】

最大100万円(間接経費を含む)を助成

(五十音順)

No	氏名	所属・職名	開催する国際会議／申請者の役割	開催地
1	石原 進	静岡大学 大学院工学領域 教授	第18回モバイル・ユビキタスに関する国際会議 ／スポンサー委員長	別府国際コンベンションセンター (大分県別府市)
2	酒田 信親	龍谷大学 先端理工学部 准教授	27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2021) / Sponsorship Chairs	大阪大学+インターネット上の会場 (大阪府豊中市)
3	坂本 大介	北海道大学 大学院情報科学研究所 准教授	ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) / General co-chair	ロイトン札幌 (北海道札幌市)
4	櫻井 幸一	九州大学 システム情報科学府 教授	The 17th ACM Asia Conference on Computer and Communications Security / 実行委員長	出島メッセ長崎 (長崎県長崎市)
5	田中 秀治	東北大学 工学部機械知能・航空工 学科 教授	第35回国際微小電気機械システムコンファレンス (IEEE MEMS2022) / 実行委員長	東京国際フォーラム (東京都千代田区)
6	田中 聡久	東京農工大学 大学院工学研究院 教授	アジア太平洋信号情報処理学会年次大会 (APSIPA ASC 2021) / 共同実行委員長 (General Co-Chair)	KFCホール (ハイブリッド開催) (東京都墨田区)
7	新妻 実保子	中央大学 理工学部精密機械工学科 教授	2022 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics / 実行委員長	ロイトン札幌 (北海道札幌市)
8	平田 圭二	公立はこだて未来大学 システム情報科学部複雑 系知能学科 教授	Computer Music Multidisciplinary Research 2021 (CMMR 2021) / 大会委員長 (General Chair)	オンライン開催
9	福澤 健二	名古屋大学 大学院工学研究科 教授	2022年情報精密機器のマイクロメカトロニクスに関する日本・米国機械学会合同会議 / 大会委員長	名古屋大学 (愛知県名古屋市)
10	松村 隆	東京電機大学 工学部機械工学科 教授	International Symposium Flexible Automation 2022 (ISFA2022) / 実行委員長	慶應日吉キャンパス (神奈川県横浜市)
11	山門 誠	神奈川工科大学 創造工学部自動車システム 開発工学科 教授	第15回先進自動車制御国際シンポジウム (AVEC'22) / 実行委員長	神奈川工科大学 (神奈川県厚木市)

申請件数 24件 採択件数 11件 助成金額 10,182千円

※新型コロナウイルス感染拡大防止のため、内容が見直される場合があります。

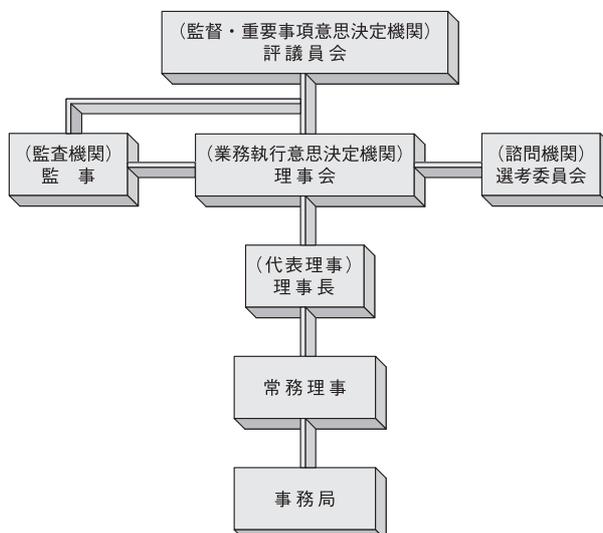
記載の内容は選考時の資料を基にしたものです。

■ 財団の概要

■ 評議員・役員・選考委員

財 団 の 概 要

- 名 称 公益財団法人 立石科学技術振興財団
Tateisi Science and Technology Foundation
- 所 在 地 〒 600-8234 京都市下京区油小路通塩小路下る南不動堂町 11 番地
TEL. 075 - 365 - 4771 FAX. 075 - 365 - 3697
URL : <https://www.tateisi-f.org/>
E-mail : info@tateisi-f.org
- 理 事 長 立石 文雄
- 設立年月日 1990 年 3 月 6 日
- 目 的 エレクトロニクスおよび情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進する研究に関する活動を支援し、もって技術革新と人間重視の両面から真に最適な社会環境の実現に寄与することを目的とする。
- 事業内容 エレクトロニクスおよび情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進するための研究に関する活動を支援する
 1. 研究への助成
 - 研究助成 (S) 3,000 万円/3 年, 3 件程度
 - 研究助成 (A) 250 万円以下/件, 30 件程度/年
 - 研究助成 (B) 500 万円以下/件, 2 件程度/年
 - 研究助成 (C) 50 万円/年, 10 件程度 (博士後期課程 最大 3 年間)
 2. 国際交流への助成
 - 国際会議発表 40 万円以下/件
 - 短期在外研究 70 万円以下/件
 - 国際会議開催 100 万円以下/件, 10 件程度/年
 3. 研究成果に対する顕彰
 - 立石賞 功績賞 副賞 500 万円/件 2 件程度/隔年
 - 立石賞 特別賞 副賞 500 万円/件 2 件程度/隔年
 4. 研究成果の普及
 - 成果集の発行 1 回/年
 5. その他、本財団の目的を達成するために必要な事業
- 基本財産 オムロン株式会社株式 2,625,000 株
- 特定資産 現金 11 億円
- 財団の組織



監 事

(2021年7月現在)

監 事	愛 知 菜穂子 (山 本 菜穂子)	弁護士 (イリス法律事務所)	非常勤
監 事	尾 尻 哲 洋	税理士	非常勤 (五十音順)

2020年度

選考委員

選考委員長	阿 草 清 滋	公益財団法人 京都高度技術研究所 副理事長 所長 名古屋大学 名誉教授
選考委員	樫 木 哲 夫	京都大学 工学部長・大学院工学研究科長 教授
選考委員	杉 山 将	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 国立研究開発法人 理化学研究所 革新知能統合研究センター長
選考委員	諏 訪 正 樹	オムロン株式会社 技術・知財本部 副本部長 オムロンサイニックエックス株式会社 代表取締役社長
選考委員	難 波 啓 一	国立研究開発法人 理化学研究所 放射光科学研究センター 副センター長 大阪大学大学院 生命機能研究科 特任教授
選考委員	萩 田 紀 博	株式会社 国際電気通信基礎技術研究所 萩田紀博特別研究所 特別研究所長・ATR フェロー 大阪芸術大学 アートサイエンス学科 学科長 教授
選考委員	畑 豊	兵庫県立大学 副学長 大学院情報科学研究科 教授
選考委員	藤 田 博 之	東京都市大学 総合研究所 教授 東京大学 名誉教授
選考委員	松 永 信 智	熊本大学大学院 先端科学研究部 教授

(五十音順, 職名は現在)

編集後記

本助成研究成果集は、当財団の助成研究成果普及事業の一環として毎年秋に継続発行しています。助成金受領者の皆様のほか、国立国会図書館、全国主要大学・研究機関ならびに同図書館等の約 1500 か所余に拝送させていただいており、今号で第 30 号を数えるに至りました。これもひとえに皆様のご支援の賜と感謝いたしております。

発刊にあたり、今回ご寄稿いただきました里中忍理事、投稿文をお寄せいただきました千葉工業大学 情報科学部 情報工学科 准教授 有本泰子様（2014 年度受領者）、大阪工業大学 情報科学部 准教授 奥野弘嗣様（2015 年度受領者）をはじめ、編集にご協力いただきました研究者の皆様や関係各位に紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。

本助成研究成果集では、昨年度立石賞功労賞を受賞されました奈良先端科学技術大学院大学 名誉教授 横矢直和様、立石賞特別賞を受賞されました大阪大学 基礎工学研究科 教授 石黒浩様の受賞記念講演概要をはじめ、この 1 年間に研究計画を終了した 48 件の研究成果報告と、国際交流助成・国際会議開催助成は 10 件の成果報告抄録を収録しております。

研究成果および国際交流・会議開催の成果報告の詳細については当財団ホームページから閲覧可能ですのでご参照いただければ幸いです。

新型コロナウイルス感染症による様々な措置の中、研究や国際交流・国際会議に影響が出ていることを少なからず耳にします。当財団としても研究室訪問の中止、立石賞授賞式、助成金贈呈式のオンライン開催など工夫を行いながら活動を続けています。来年は皆様と直接お会いしての活動ができるよう一刻も早いコロナ感染の収束とみなさまのご健勝を祈っています。

最後に、当財団の活動ならびに本誌に関する皆様のご意見などいただければ幸いです。

公益財団法人 立石科学技術振興財団 事務局

公益財団法人 立石科学技術振興財団
Tateisi Science and Technology Foundation
助成研究成果集 第 30 号
2021 年 10 月

発行 公益財団法人 立石科学技術振興財団
〒 600-8234 京都市下京区油小路通塩小路下る南不動堂町 11 番地
TEL 075-365-4771 FAX 075-365-3697
E-mail: info@tateisi-f.org
https://www.tateisi-f.org/
印刷 明文舎印刷株式会社
〒 601-8316 京都市南区吉祥院池ノ内町 10
TEL 075-681-2741



<https://www.tateisi-f.org/>

(本紙の一部又は全文の掲載を希望される時は、当財団と研究代表者の許可を得てください。)