

次世代半導体・センサ科学研究所 社会実装部門
人間・ロボット共生分野

Human-Robot Symbiosis Research Group

活動報告書

2023

豊橋技術科学大学

Toyohashi University of Technology

目次

ご挨拶	1
構成員	2
研究概要	3
深層学習のロボティクス応用のための簡便なデータセット生成手法 情報知能工学系 三浦純	4
〈弱いロボット〉概念と学習科学との接点を探る 情報・知能工学系 岡田美智男, 長谷川孔明	6
階層的なパターンマッチングを用いた音声駆動型の身振り生成に関する研究 情報・知能工学系 栗山繁	8
視触覚統合を用いた皮膚変形感覚 情報・知能工学系 北崎充晃	9
画像処理を併用した筋電義手システムに関する研究 情報・知能工学系 福村直博	11
ウェアラブルセンサを用いた行動認識における自己注意機構を用いたセンサ数削減に関する研究 情報・知能工学系 大村廉	13
農業応用を指向した地表に散在する物体の回収ロボット 機械工学系, コニカミノルタ株式会社 佐藤 隆史, 機械工学系 内山直樹	14
ロボット・メカトロニクスシステムの利便性を向上する技術 機械工学系 佐藤海二, 武田 洸晶	16
知能材料ロボティクス研究室 研究概要 機械工学系 高木賢太郎	18
サーバ・クライアント型位置推定システムに関する研究 機械工学系 高橋淳二	20
ロボット応用システムに関する研究 次世代半導体・センサ科学研究所/情報・知能工学系 垣内洋平	22
研究業績	24
その他活動	29
オープンラボ2023 報告	30

ご挨拶

次世代半導体・センサ科学研究所 社会実装部門 人間・ロボット共生分野
分野リーダー 三浦 純

豊橋技術科学大学では、2010年に設立された人間・ロボット共生リサーチセンターを中心にロボットの研究開発を進めてきました。寺嶋一彦初代センター長（現学長）および岡田美智男2代センター長の下、リサーチセンターの活動を行ってきましたが、2023年4月の次世代半導体・センサ科学研究所（IRES²）の設立に伴い、ロボットに関する研究開発活動をIRES²社会実装部門の人間・ロボット共生分野に集約し、次世代ロボット技術開発とロボット技術の社会実装を進めていくことになりました。本分野には、13の研究室もしくは研究グループが所属しており、情報・知能工学系、機械工学系、IRES²から幅広く参加しています。

本分野ではあいち知の拠点重点研究プロジェクトなどの公的資金プロジェクト、本学と企業との組織間連携である共同研究講座、本学独自のマッチングファンド方式のイノベーション協働研究プロジェクトなどを通して企業との共同研究も多く行っております。また、本年度は初年度として、本学のロボット関連技術全体を気軽に見ていただける機会として、研究室の一般公開を実施し、多くの方にご来場いただきました。

本報告書は各構成員による2023年度の研究および各種活動の成果をまとめたものです。ぜひご高覧頂き、また今後ともご指導ご支援のほどよろしくお願い申し上げます。

構成員

三浦純 教授

情報・知能工学系 行動知能システム学研究室

HP : <http://aisl.cs.tut.ac.jp/>

専門 : 知能ロボティクス, ロボットビジョン

岡田美智男 教授

情報・知能工学系 インタラクシオンデザイン研究室

HP : <http://icd.cs.tut.ac.jp/>

専門 : 社会的ロボティクス, HRI, 認知科学

栗山繁 教授

情報・知能工学系 グラフィックメディア研究室

HP : <http://val.cs.tut.ac.jp/>

専門 : モーション工学, 画像処理

北崎充晃 教授

情報・知能工学系 視覚心理物理学研究室

HP : <http://real.cs.tut.ac.jp/>

専門 : 心理物理学, バーチャルリアリティ

福村直博 准教授

情報・知能工学系 生体運動制御システム研究室

HP : <http://bmcs.cs.tut.ac.jp/>

専門 : 生体情報工学, ロボット工学

大村廉 准教授

情報・知能工学系 ユビキタスシステム研究室

HP : <http://usl.cs.tut.ac.jp/>

専門 : 情報工学, 空間知能化, 行動認識

内山直樹 教授

機械工学系 システム工学研究室

HP : <http://ise.me.tut.ac.jp/>

専門 : システム工学, 制御工学, メカトロニクス

佐藤海二 教授

機械工学系 ロボティクス・メカトロニクス工学研究室

HP : <http://rm.me.tut.ac.jp/>

専門 : 精密メカトロニクス, ロボティクス

高木賢太郎 教授

機械工学系 知能材料ロボティクス研究室

HP : <http://smr.me.tut.ac.jp/>

専門 : アクチュエータ, 制御工学

佐野滋則 准教授

機械工学系 ロボティクス・メカトロニクス工学研究室

HP : <http://rm.me.tut.ac.jp/>

専門 : 制御工学, システム同定

高橋淳二 准教授

機械工学系 システム工学研究室

HP : <http://ise.me.tut.ac.jp/>

専門 : ロボティクス, メカトロニクス, システム工学

垣内洋平 教授

次世代半導体・センサ科学研究所 情報・ロボットシステム研究室

HP : <http://irsl.eiiris.tut.ac.jp/>

専門 : ロボットシステム, ヒューマノイドロボット

大島直樹 講師

次世代半導体・センサ科学研究所 ソーシャルロボット研究室

HP : <http://www.sarl.jp/>

専門 : HRI/HAI, 社会的ロボティクス

研究概要

深層学習のロボティクス応用のための簡便なデータセット生成手法

情報・知能工学系 三浦 純

1 はじめに

近年の深層学習技術の発展に伴い、ロボティクス分野でも画像認識を中心に多くの課題に応用されてきています。深層学習を利用するためには、対象領域を広くカバーする高品質のデータセットが重要な役割を果たします。例えば、道路シーン認識では Cityscapes[1] や nuScenes[2] などのデータセットが公開され広く利用されていますが、特定の環境やタスクにはそのまま応用できません。大量のデータを手動でアノテーションするのはコストがかかるため、質の良いデータセットを簡便に生成する手法が重要となります。本稿では、そのような取り組みをいくつか紹介します。

2 見守りロボットのための臥位姿勢認識

臥位姿勢の認識は見守りロボットの機能の一つです。就寝時の姿勢を認識し異常かどうかの判断を行います。通常のカメラを用いた姿勢認識は多くの研究がありますが、照明条件に左右され、またプライバシーの問題もあります。そこで、距離画像を用いた認識を試みています。[3]では、骨格情報を与えた人体モデルをモーションキャプチャシステムで動作させ、コンピュータグラフィックス (CG) を用いて、距離画像と身体部位ラベル付き画像のペアを大量に生成する手法を開発しました (図1参照)。[4]では、布団のような布状物体下の姿勢推定のため、CGによる布形状シミュレーションを行った結果から、距離画像と特徴点位置情報のペアを出力する手法を開発しました (図2参照)。

3 農業自動化のための圃場認識

農業分野では労働力不足と国際的競争の激化に対処するため、ロボットの技術の導入による省人化と生産性向上が期待されています。圃場は作物によってその見えが大きく異なるため、個別のデータセットの作成が必要となります。[5]では、CG技術とAI画像変換技術によってデータセットを自動生成する手法を開発しました。作物の形状と見えのモデルを作成し、CGによって



図1 臥位姿勢データセットの例。上段：身体部位ラベル画像，下段：距離画像

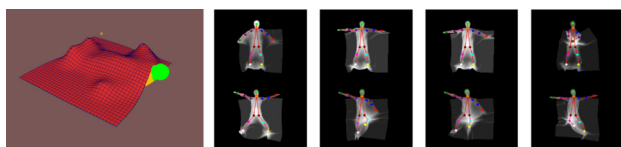


図2 布状物体下の姿勢推定データセットの例。左：CGによる布シミュレーション。右：距離画像と特徴点位置情報のペア



図3 CGと画像変換によるデータセット生成。左：CG画像，中：変換画像，右：正解ラベル画像

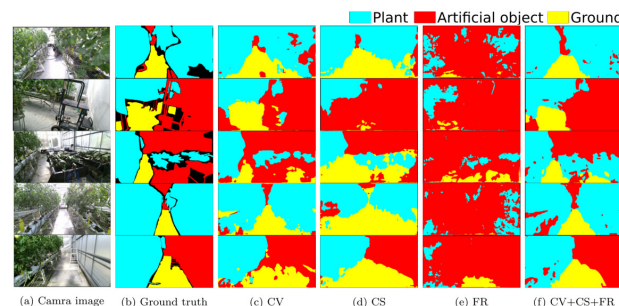


図4 認識結果の比較。CV, CS, FRはそれぞれCamVid, Cityscapes, Freiburg Forest データセットを指す

圃場画像とそれと対応した正解ラベル画像を生成します。CG画像そのままでは現実の画像との差異が大きいため、AI画像変換を用いて実際の圃場の見えに近い画像を生成します (図3参照)。

既存のデータセットを特定環境のセマンティックセグメンテーション (各ピクセルを物体クラスごとに分類する処理) に適用することも試みています [6]。複数の既存データセットに対してそれぞれ学習したモデルの出力を比較し、すべてのモデルに対して同じ出力を得たピクセルの情報を取り出して、新たな環境用のモデルを学習するためのラベルデータ (仮ラベル, Pseudo-label と呼ぶ) を獲得します。図4に認識結果の例を示します。単独のデータセットを利用する場合には十分な性能が得られていませんが、複数のデータセットを利用することにより正解に近い認識結果が得られていることがわかります。

圃場では通路上に農作物の葉先などが張り出している場合があります。通常障害物検出手法では物体のある空間は障害物となるため、移動経路を生成することができません。しかし、人は柔らかい葉先などは障害物にならないことを知っているため触れながら移動できます。そこで植物領域のうち、触って移動してもよい (traversable) 部分を自動で認識することを考えます。画像のみから判別することは難しいため、人がロボットを手動で移動させた経験を利用して正解データを収集することを考えました [7]。図5にその概略を示します。ロボットは人の誘導で移動しながら圃場の3次元地図を作ります。その際に、ロボットが実際に触れた空間領域を抽出し、その領域を画像上に投影することにより、触れてもよい植物領域を計算します。図6は領域の抽出例です。触れてもよい領域は部分的にしか抽出できないので、不完全なラベルデータから学習する手法を利用し、モデルを学習します。図7に提案手法を適用した自律移動の様子を示します。図の左側に上から、入力画

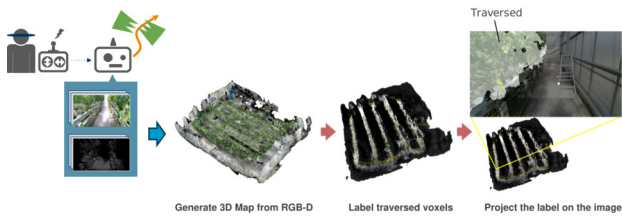


図5 人の誘導による移動経験に基づく接触可能な植物領域の抽出



図8 移動方向の自動推定結果



図6 接触可能な植物領域の抽出例

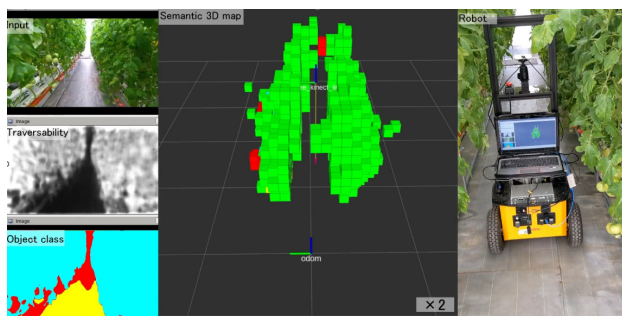


図7 植物に接触しながらの自律移動の様子

像、触ってもよい領域の認識結果、物体クラスの判別結果が示されています。中央は3次元地図の生成結果で、黄緑色の部分は触れてもよい植物であることを示しています。なお、事前のロボットの走行では十分なデータが得られないことも考えられるので、触れてもよい植物を正しく判定できなかったことによってロボットが停止することがあります。その場合には、人が触れる様子を観察して追加でデータを取得し、モデルを追加学習する方法も提案しています [8]。この手法は利用者がロボットを移動させたり、手で植物に触れたりすることによってデータを取得することができ、画像処理やAIの専門知識を必要としない点が特徴です。

4 多様な環境を移動するための移動方向推定

ロボットの自律移動では安全な移動方向を知ることが重要です。従来手法の多くは、カメラやレーザ距離センサを用いて通行可能領域を検出した後に、その領域上で経路計画を行います。しかしながら、例えば前項の圃場での移動や山道での移動など、植物が通行可能領域に覆いかぶさっている場合には、完全な領域を抽出することができず、経路生成に失敗します。一方、人はそのような状況でも移動方向を直接推測することができます。そこで、入力画像に対し直接移動方向を推定する手法を提案しています [9]。この手法を適用するためには、画像と移動方向の組合せのデータを大量に準備する必要があるため、前項同様にセンサを（移動ロボット上に設置し、もしくは背負って）移動させるだけで自動的にデータセットを生成する手法を開発しました [10]。センサとしてはカラー画像と距離画像が同時に取得できるRGB-Dカメラを用い、移動しながら得た画像系列から画像取得時の

カメラ位置を推定します。カメラの移動経路が推定できれば、ある時点での画像にその先のカメラの推定位置を射影することができ、そこから望ましい移動方向を計算することができます。図8に3つの実験場所での結果を示します。画像中の赤い点列はカメラの移動軌跡、黄色い線分は移動軌跡から計算した、この画像における望ましい移動方向を示し、画像と線分のペアを学習データとして記録します。

5 まとめ

本稿では、深層学習をロボティクス分野に適用する際の重要な課題としてデータセット生成を取り上げ、簡便に学習データを取得する手法として、CGを利用する方法や人やロボットの動作経験を利用する方法などを紹介しました。今後はシミュレーション技術の利用や、大規模言語モデルなどの基盤モデルの利用が重要になってくると考えられます。

参考文献

- [1] M. Cordts, M. Omran, S. Ramos, T. Rehfeld, M. Enzweiler, R. Benenson, U. Franke, S. Roth, and B. Schiele, "The cityscapes dataset for semantic urban scene understanding," in *Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016.
- [2] H. Caesar, V. Bankiti, A. Lang, S. Vora, V. Liong, Q. Xu, A. Krishnan, Y. Pan, G. Baldan, and O. Beijbom, "nuscenes: A multimodal dataset for autonomous driving," in *Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2020.
- [3] K. Nishi and J. Miura, "Generation of human depth images with body part labels for complex human pose recognition," *Pattern Recognition*, vol. 71, pp. 402–413, 2017.
- [4] S. Ochi and J. Miura, "Depth-based in-bed human pose estimation with synthetic dataset generation and deep keypoint estimation," in *Proceedings of 10th Int. Workshop on Assistive Computer Vision and Robotics (ACVR-2022)*, 2022.
- [5] H. Masuzawa, C. Nakano, and J. Miura, "CG-based dataset generation and adversarial image conversion for deep cucumber recognition," in *Proceedings of 18th Int. Conf. on Machine Vision and Applications (MVA 2023)*, 2023.
- [6] S. Matsuzaki, H. Masuzawa, and J. Miura, "Multi-source pseudo-label learning of semantic segmentation for the scene recognition of agricultural mobile robots," *Advanced Robotics*, 2022.
- [7] —, "Image-based scene recognition for robot navigation considering traversable plants and its manual annotation-free training," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 5115–5128, 2022.
- [8] S. Matsuzaki, H. Masuzawa, and J. Miura, "Online refinement of a scene recognition model for mobile robots by observing human's interaction with environments," in *Proceedings of 2022 IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2022)*, 2022.
- [9] Y. Uzawa, S. Matsuzaki, H. Masuzawa, and J. Miura, "End-to-end path estimation and automatic dataset generation for robot navigation in plant-rich environments," in *Proceedings of 17th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems (IAS-17)*, 2022.
- [10] —, "Dataset generation for deep visual navigation in unstructured environments," in *Proceedings of 11th European Conf. on Mobile Robots (ECMR 2023)*, 2023.

〈弱いロボット〉概念と学習科学との接点を探る

情報・知能工学系 岡田美智男 長谷川孔明

1 はじめに

ロシアの心理学者ヴィゴツキーは、子どもたちの発達を捉える上で「誰からのアシストも受けずに一人でできる水準」と「他者からのアシストの下で、はじめてできる水準」の存在に着目している。後者の「他者からのアシストの下で、はじめてできる水準」とは、近い将来、一人でできるようになる発達の潜在領域を示すもので、「発達の最近接領域(Zone of Proximal Development; ZPD)」と呼ばれている。

ロボット研究に当てはめるなら、これまでの多くは「1人で何でも出来てしまう自律的なロボット」の実現を目指してきた。一方、筆者らの研究グループ(ICD-LAB)で研究してきた、自らではゴミを拾えないものの、まわりの手助けを上手に引き出しながら、結果としてゴミを拾い集めてしまう〈ゴミ箱ロボット〉、まわりの手助けを借りながら、今日の出来事を言葉足らずな発話で懸命に伝えようとする〈Muu〉や〈トーキング・ボーンズ〉などの〈弱いロボット〉たちは、「1人では何もできない、でも誰かのアシストがあればできる」ものであり、発達の最近接領域において機能するロボットといえる。

このときロボットを手助けする子どもたちはどうだろうか。一人では片付けることの喜びを見いだせていなかった子どもたちが、この〈ゴミ箱ロボット〉とのかかわりを通して、一緒に片付けることの楽しさを見いだせたのならおもしろい。ロボットとのかかわりが他者と協働して何かを達成することの意義を見いだすような足場となるなら、十分に意味のあることだろう。このような子どもとのかかわりで生じる〈ゴミ箱ロボット〉にとっての最近接発達領域は、同時に子どもたちにとっての最近接発達領域でもあり、それらは双対な関係にあるといえる(図1)。

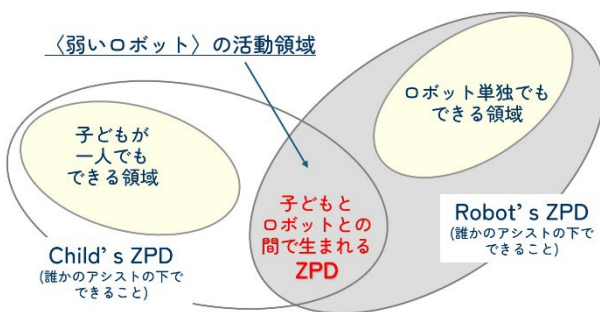


図1 子どもとロボットとのかかわりにおける最近接発達領域(ZPD)の双対性

2 〈弱いロボット〉概念に基づく学習環境のデザイン

上記の観点から、「知の拠点」あいち重点研究プロジェクト第IV期「〈弱いロボット〉概念に基づく学習環境のデザインと社会実装」では、〈弱いロボット〉の特質を生かして、経済産業省で掲げる「未来の教室ビジョン」に資する、(a)共生型STEAM学習のための〈弱いロボット〉の開発、(b)協働的な学びの場を生み出す〈多人数会話型ロボット〉の開発、(c)子どもと教師などをつなぐ〈ソーシャ

ルメディエータ型ロボット〉の開発を進めている。

いずれもポイントとしているのは、「子どもたちは自らで学ぶことよりも、年少の者を世話する方が熱心になれ、その工夫のなかで自らの学びを深めてしまう(=Protégé Effect)」こと、そして〈弱いロボット〉たちの「弱さ」「不完全さ」はまわりの子どもの優しさや強み、新たな学びを引き出すことにくわえ、そのかかわりの中で「自らの能力が十分に生かされ、生き生きとした幸せな状態」(=ウェルビーイング)を生み出す点である。

(a) 共生型STEAM学習のための〈弱いロボット〉

〈弱いロボット〉の概念を教科書の中での学びとして終わらせずに、自らの創意工夫の中で、新たな〈弱いロボット〉を生み出し、ブロックプログラミング等でロボットの動作やインタラクションデザインの機会を提供することを目的としている。また本提案の「共生型STEAM学習」では、ロボットの制作にくわえ、学校の中であたかも〈生き物〉の世話をしながら一緒に生活することを通して、ロボットそのものの成長と子どもたち(あるいはコミュニティ全体)の技術的なスキルの「共学習」を実現することを目指している。そのためにMDFなどの素材で手軽に作成できるロボット教材〈Toi〉(図2)を新たに開発した。



図2 共生型STEAM学習のためのロボット〈Toi〉

(b) 協働的な学びを引き出す〈多人数会話型ロボット〉

文部科学省のGIGAスクール構想の下で、児童一人ひとりにタブレット型パソコンが配布され、家庭学習時においても「学びの自立化、個別最適化」の実現が期待されている。本研究で開発を進めている参加型協働学習環境〈PoKeBo Cube〉(図3)では、デジタル教科書やAIドリル等の「穴埋め問題」を解くような学習場面において、ソーシャルなロボット〈PoKeBo〉たちと子どもがお互いの「弱さ」を補いつつ、その「強み」を引き出しあうような、新たな協働的な学びの場の実現を目指している。

また、ブロックプログラミングを用いて〈PoKeBo〉たちの動作や会話シナリオをデザインする枠組みを構築した。これは共構築型学習環境〈PoKeBo Studio〉と呼んでいるものであり、生成AI等の機能を援用することで、社会的構成主義に基づく新たな協働的学習環境を提供できる。



図 3 参加型協働学習環境〈PoKeBo Cube〉



図 4 共構築型学習環境〈PoKeBo Studio〉

(c) 子どもと教師などをつなぐ〈ソーシャルメディア型ロボット〉

〈未来の教室ビジョン〉における「新たな学習基盤づくり」の一環として、子どもと教師(あるいは療育士)の間を媒介する〈ソーシャルメディア型ロボット〉の研究開発を進めている。

その一つは、教室の中で教師と子どもたちとの話し合いを活性化するための〈Tel-Bones〉と呼んでいるソーシャルメディア型ロボット(図5)であり、一人の参加者として新たな問いや素朴な疑問を提起したり、時には誤った考え方や子どもたちの誤りやすい考え方を提示することで、議論を拓いていくものである。また生成AIなどを援用することで、もう一人の発言者として授業に参加させながら、新たな学びの場そのものをデザインする手段を教師などに提供することを意図している。

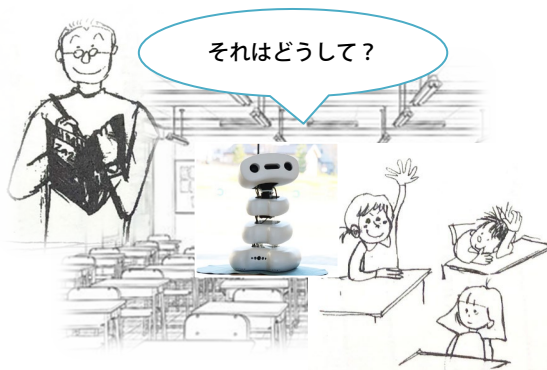


図 5 ソーシャルメディア型ロボット〈Tele-Bones〉

また、ソーシャルなロボット〈Talking-Bones〉は、コミュニケーションの発達に遅れのある子どもと療育士とのやりとりの場を媒介するソーシャルメディア型ロボットとしての利用

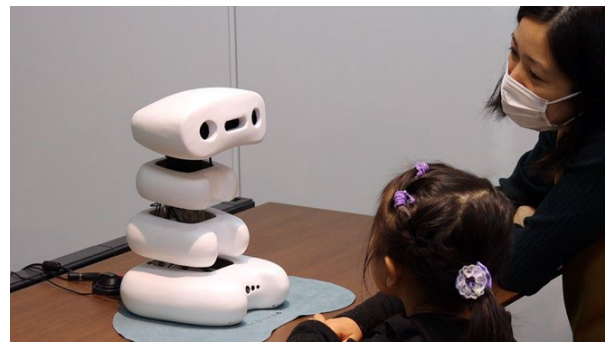


図 6 子どもと療育士とのかかわりを媒介するソーシャルメディア型ロボット〈Talking-Bones〉



図 7 発達に躓きのある子どものコミュニケーションや行動を支援する〈Pocketable-Bones〉

(図6)、また〈Pocketable-Bones〉はコミュニケーションに躓きのある子どものコミュニケーション支援ツールや行動支援ツールとしての活用を意図している(図7)。

3 まとめ

本稿では、発達における最近接発達領域の双対性に着目した、子どもたちと〈弱いロボット〉との協働的な学びの場のデザインに関する研究プロジェクトの一端を紹介した。

子どもたちと〈弱いロボット〉たちがお互いの伴走者となり、「わたしたち」として目の前の問いや課題を共有し、一緒に取り組みながら学びを深め、かつ自らの能力が十分に生かされ、生き生きとした幸せな状態を生み出すような、新たな学習環境の創出を目指している。

謝辞

本研究の一部は、愛知県が公益財団法人科学技術交流財団に委託し実施している「知の拠点あいち重点研究プロジェクト第IV期(第4次産業革命をもたらすデジタル・トランスメーション(DX)の加速)」により行われている。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 岡田美智男：『弱いロボット』，シリーズ ケアをひらく，医学書院(2012)。
- [2] 岡田美智男：『ロボット 共生に向けたインタラクション』，東京大学出版会(2022)。
- [3] 三宅将吾，本所然，長谷川孔明，岡田美智男：共生型STEAM学習のためのロボット〈Toi〉の提案，HAIシンポジウム2024，P-79(2024/3)。
- [4] 関川泰地，石山智也，長谷川孔明，岡田美智男：PoKeBo Cube：子どもたちとの協働的な学びの場の提案，HIS2023(2023)。

階層的なパターンマッチングを用いた音声駆動型の身振り生成に関する研究

情報・知能工学系 栗山 繁

1. はじめに

近年、仮想人物を用いたコミュニケーション・ツールの開発が進み、音声データから自然な身振り動作を生成する技術が注目されています。これに関連して、マルチモーダルな推定手法を用いた研究が多く提案されていますが、身振りの個性や癖を再現するために再学習や微調整が必要とされています。そこで、動作の素材データからバリエーションを生成する手法が提案されていますが、本研究では、この手法に音声データを統合し(図1参照)、深層学習を介さずに、音声と同期した身振り動作を自動生成する手法を提案しています。

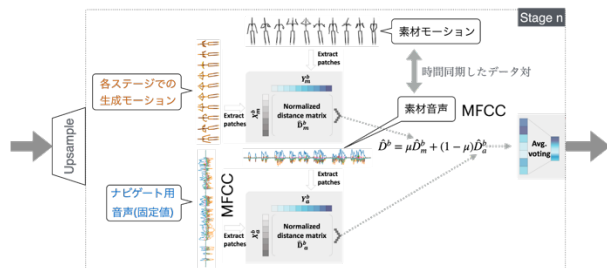


図1. 階層的な音声統合型パターンマッチの概要図

2. 音声駆動型モーションマッチング

2.1 音声の特徴量

提案手法では、音声と身振り動作を対で含む素材データを用います。音声特徴量にはMFCCを使用し、次元数を10次元に設定しています。また、MFCCのベクトル長は1に正規化されます。

2.2 音声特徴を考慮した距離計算

音声と身振り動作の同期において、音声特徴量間の距離計算が重要です。提案手法では、音声特徴量の距離計算をパターン照合に統合し、重み係数を用いて音声と身振りの類似度を調整します。また、階層毎に重み係数を変化させ、音声部の影響度を調整します。

2.3 重み係数の設定法

重み係数の設定には、階層レベル毎に切り替える方法を採用しています(図2参照)。動作部と音声部で異なる重み係数を設定し、生成動作の多様性と品質の両立を図ります(生成例は、図3を参照)。

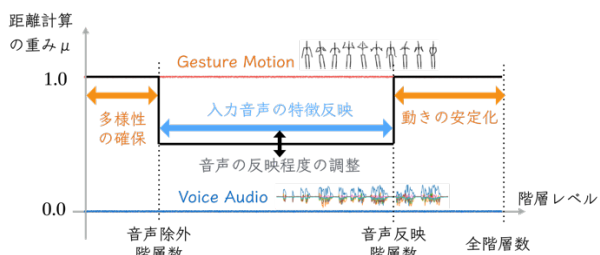


図2. 階層毎の重み係数の設定法

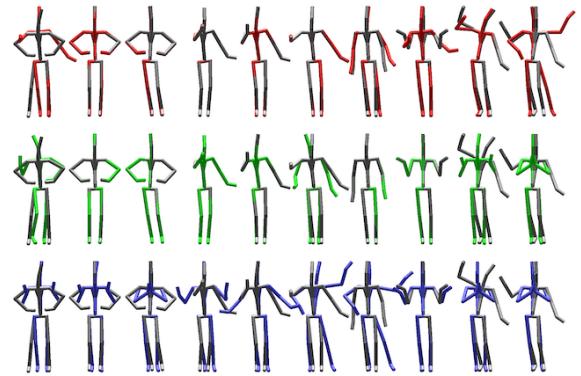


図3. 重み係数の設定による身振り動作の制御
(上から $\mu = 0.0, 0.5, 1.0$)

3. おわりに

本研究では、深層学習を用いない音声駆動型の身振り動作生成法を提案しました。マルチモーダルな生成法により、入力音声と同期した身振り動作の生成を実現しました。今後は、素材データの量や構成方法の最適化や他種の時系列信号への拡張等が課題となります。

参考文献 (広い意味で関連する研究も含む)

1. Orientation-aware leg movement learning for action-driven human motion prediction, Chunzhi Gu, Chao Zhang, Shigeru Kuriyama, Pattern Recognition 110317-110317 2024年2月
2. Composition-Preserving Text-Based Image Manipulation with a Diffusion Model, Kazuki Adachi, Shigeru Kuriyama, 10th International Conference on Advanced Informatics: Concept, Theory and Application (ICAICTA) 1-6 2023年10月7日
3. Generating Scene Layout from Textual Descriptions Using Transformer, Haruka Takahashi, Shigeru Kuriyama, 10th International Conference on Advanced Informatics: Concept, Theory and Application (ICAICTA) 1-6 2023年10月7日
4. 意味的に要約された動画用サムネイルの生成, 玉田周太郎, 顧淳社, 栗山繁, 情報処理学会コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会 (CGVI) 第193回研究発表会 2024年3月19日
5. 音声駆動型モーションマッチングを用いた身振り動作生成, 栗山繁, 情報処理学会コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会 (CGVI) 第193回研究発表会 2024年3月18日
6. 拡散モデルを用いた3次元点群形状の連続的生成, 曾我徳導, 栗山繁, 情報処理学会第86回全国大会 2024年3月17日
7. 3次元キーポイントのスイープ操作に基づいた顔画像編集, 西川隆盛, 高橋遼, 顧淳社, 栗山繁, 情報処理学会第86回全国大会 2024年3月16日
8. Canonical変分オートエンコーダを用いた点群復元, 會澤智大, 高橋遼, 顧淳社, 栗山繁, 情報処理学会第86回全国大会 2024年3月15日
9. 拡散モデルを用いた構図不変なテキストベースの実画像変換, 安達一生, 栗山繁, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU2023 2023年7月28日

視触覚統合を用いた皮膚変形感覚

情報・知能工学系 北崎 充晃

1 はじめに

身体所有感や自己身体性に関する研究は、バーチャルリアリティ (VR) の導入により、身体の変容に焦点を当てる新たな展開を迎えている。自らの能動的な身体運動とアバターの運動を同期させることで、実際とは異なるアバターを自己身体と感じ、操作することができる。これらのアバターを自己身体化することにより、そのアバターの属性に応じて態度や行動が変化することが明らかになっている[1-6]。身体の形状や機能についてさらなる変容をシステムティックに取り入れることが、人の身体認知の限界や可塑性を探る上で重要である。

伸びる腕[7]や関節が反対に曲がる腕[8], 通常の範囲を超えて伸びる皮膚[9]など物理的な身体ではありえない変形に対しても、その変形が実際に自分の身体に生じているかのような錯覚が報告されている。本研究では、バーチャルリアリティを用いた視触覚刺激提示によって前腕の皮膚が変形した感覚を誘発できるかを調べた。

2 方法

2.1 参加者

18名の大学生・大学院生 (平均年齢 21.8 ± 1.4) が実験に参加した。すべての被験者は正常な視力 (矯正視力)、触覚、聴覚機能を有し、精神疾患がないと申告した。参加者数はG*Power3.1を用いて中程度の効果量 ($f=0.2$, $\alpha=0.05$, 検出力 $\beta=0.8$) で22名に決定した。実験は豊橋技術科学大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て、その規則にしたがって実施された。

2.2 装置

コンピュータ (Intel Core i7-10700, Nvidia GeForce RTX3060, MS-Windows 10) とUnity (2021.3.25fi) を用いて頭部搭載型ディスプレイ (HMD、Valve Index, 1440 [幅] × 1600 [高] ピクセル, 視角130度, リフレッシュレート120Hz) にバーチャル環境を作成し、参加者に提示した。パイプロトランスデューサ (Acoupe Lab Vp210. 16-15,000 Hz, 直径43 mm, 厚さ15 mm, 49 g) とプリメインアンプ (Denon PMA-60) を用いて触覚刺激を提示した (図1)。

2.3 刺激と条件

視覚刺激としてHMDを用いてリアルな左腕のアバターの左前腕が凹む様子を提示した。アバターの左腕は台の上に置いたような姿勢にした。一辺が1センチメートルで黒色の立方体が二つ左前腕の上に現れてからひとつずつ落ち、当たった瞬間にその場所が凹むように変形した。立方体は当たった瞬間に消えた。触覚刺激は被験者の左前腕に取り付けた二つのパイプロトランスデューサ (間隔4 cm) から提示した。触覚刺激としてバーチャル環境の黒い立方体がアバターの腕に当たると同時に振動刺激 (30 Hzの矩形波, デューティ比0.5) を与えた。

立方体が腕に当たった場所の視覚的変形量3水準 (0 cm, 1cm, 3 cm)、振動刺激提示位置3水準 (一致, 不一致, 振動刺激なし) の9条件の刺激を用意した (図2)。

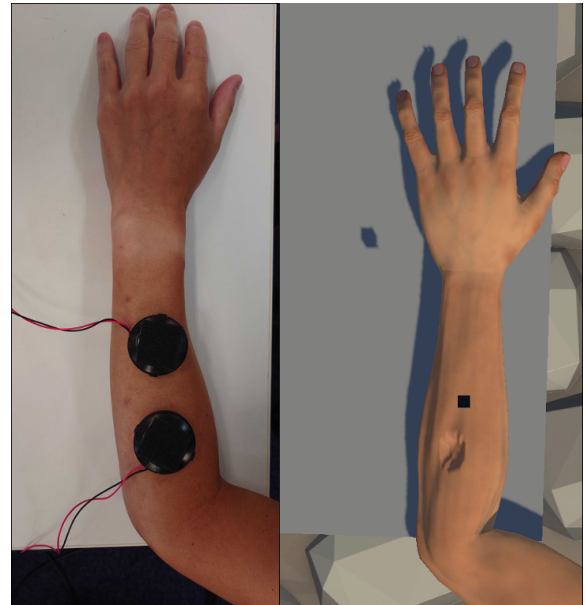


図1 腕に置いた振動子 (左)、バーチャルな凹む腕 (右)

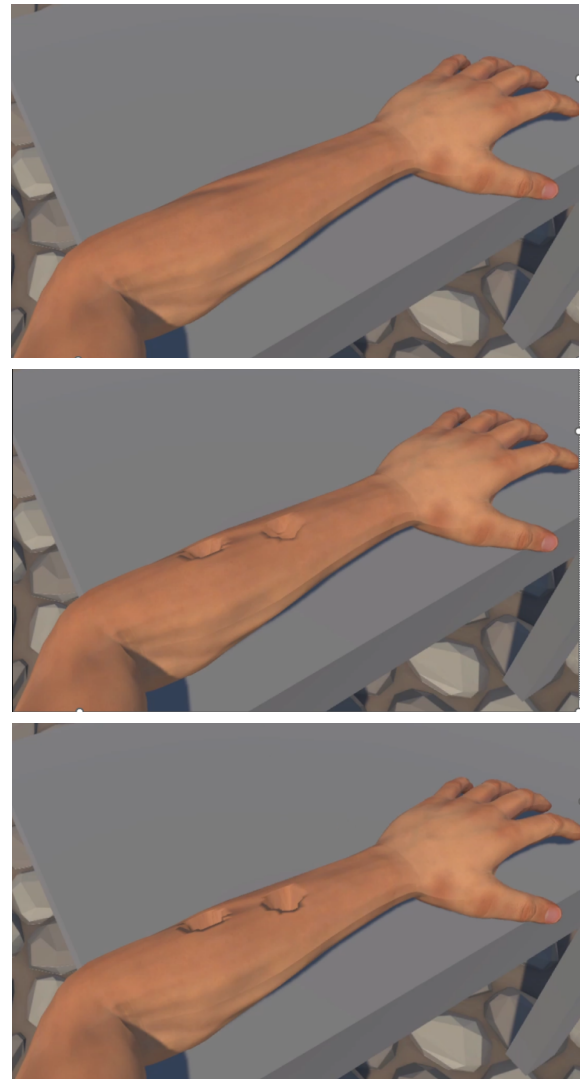


図2 バーチャルな腕の変形条件。変形無し (上)、1cm凹み (中)、3cm凹み (下)

2.4 手続き

まず、被験者はHMDとイヤホンを身に着けた。次にアバターの左前腕と被験者の左前腕の位置が一致するように位置を調整した。その後、すべての条件の刺激を無作為な順序で提示した。1, 4, 7試行目の前にはアバターへの所有感を生起させるため筆で同期した視触覚刺激を与えた。刺激を提示したあと毎回参加者は以下の四つの項目に対して、7段階（まったくそう思わない(-3)～強く思う(3)）で回答した（表1）。

1. 自分の左前腕の皮膚が変形したように感じた。
2. 自分の左腕が柔らかくなったように感じた。
3. 自分の左前腕の一部が凹んだように感じた。
4. バーチャルな左腕が自分の左腕であるかのように感じた。

3 結果

各被験者の5回分の回答の平均値をその被験者の回答とした。18人分の被験者の回答を質問ごとに条件別にプロットした（図3）。皮膚変形感覚（項目1）について、変形量が0 cmより1 cm, 3 cmの方がスコアが高かった。ただし、その条件で中央値は正だが1に満たなかった。また、変形量が1, 3 cmの条件では振動があった方がスコアが高く、分散も小さかった。さらに、柔軟感（項目2）について、変形量が0 cmより1 cm, 3 cmの方がスコアが高かった。凹み感覚（項目3）について、変形量が0 cmより1 cm, 3 cmの方がスコアが高かった。変形量が1, 3 cmの場合、振動有の方が振動無よりもスコアが高かった。身体所有感（項目4）について、変形量が0 cmより1 cm, 3 cmのほうがスコアが高かった。つまり、どの変形量条件でも振動があった方がスコアが高かった。

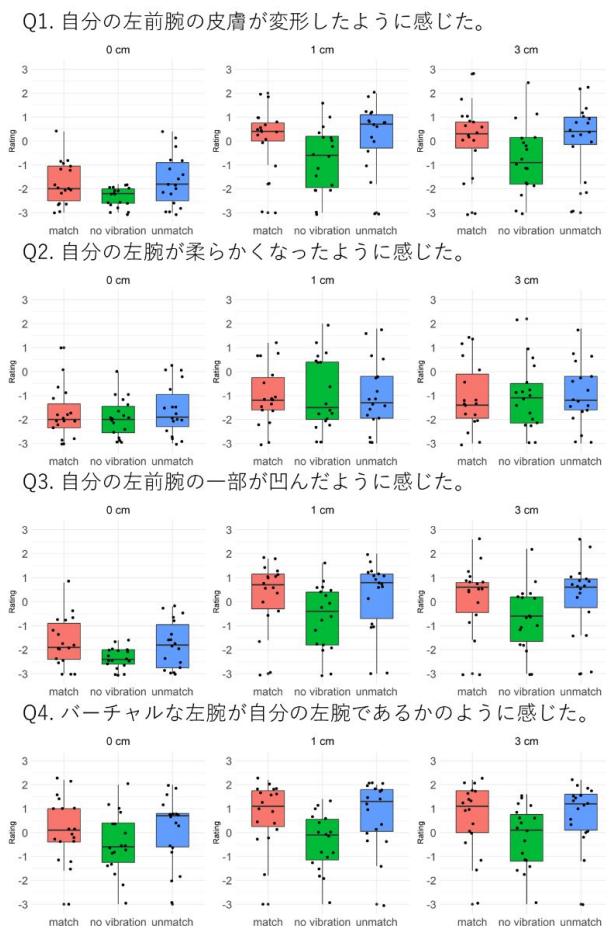


図3 実験の結果

4 考察

実験の結果、振動がある場合には位置の一致性に関係なく、振動がない場合よりも皮膚が変形し、腕が柔らかくなる感覚が生じることが示唆された。ただし、概ね、錯覚は弱かった。また、変形量が0 cmより1 cm, 3 cmの方がスコアが高かった。

謝辞

本研究は、JST OPERA JPMJOP1834およびJSPS科研費（JP 22H04774）の補助を受けて行われた。なお、本研究内容は、国内学会会議で発表された[10]。

参考文献

- [1] Kondo, R., Sugimoto, M., Minamizawa, K., Hoshi, T., Inami, M., and Kitazaki, M. (2018). Illusory body ownership of an invisible body interpolated between virtual hands and feet via visual-motor synchronicity, *Scientific Reports*, 8:7541
- [2] Kondo, R., Tani, Y., Sugimoto, M., Inami, M., and Kitazaki, M. (2020). Scrambled body differentiates body part ownership from the full body illusion. *Scientific Reports*, 10:5274
- [3] Hagiwara, T., Ganesh, Sugimoto, M., Inami, M., and Kitazaki, M. (2020) Individuals prioritize the reach straightness and hand jerk of a shared avatar over their own, *iScience*, 23(12): 101732
- [4] Hapuarachchi H., and Kitazaki, M. (2022). Knowing the intention behind limb movements of a partner increases embodiment towards the limb of joint avatar, *Scientific Reports*, 12:11453, doi: 10.1038/s41598-022-15932-x.
- [5] Hapuarachchi, H., Hagiwara, T., Ganesh, G., and Kitazaki, M. (2023). Effect of connection induced upper body movements on embodiment towards a limb controlled by another during virtual co-embodiment. *PLoS One*, 18(1): e0278022. DOI: 10.1371/journal.pone.0278022
- [6] Katsumata, Y., Inoue, Y., Toriumi, S., Ishimoto, H., Hapuarachchi, H., and Kitazaki, M. (2023). Shared avatar for hand movement imitation: Subjective and behavioral analyses. *IEEE Access*, 11, 96710-96717. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3312179
- [7] 中川航太郎、井上康之、Harin Hapuarachchi、杉本麻樹、稲見昌彦、北崎充晃（2022）. 伸長する腕に対する身体性の獲得：伸長実装法による違い. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 27(4), 341-351.
- [8] Hapuarachchi, H., Ishimoto, H., Kitazaki, M., Sugimoto, M., Inami, M. (2023). Temporal visuomotor synchrony induces embodiment towards an avatar with biomechanically impossible arm movements, *i-Perception*, 14(6):20416695231211699. doi: 10.1177/20416695231211699
- [9] Kodaka, K., Sato, Y., & Imai, K. (2022). The slime hand illusion: Nonproprioceptive ownership distortion specific to the skin region. *i-Perception*, 13(6), 20416695221137731.
- [10] 原口岳丸、北崎充晃(2023). VRアバターにおける視触覚統合を用いた皮膚変形感覚の誘発, *日本バーチャルリアリティ学会第28回大会*, 1C1-07、八王子、東京

1 はじめに

事故などで手指を失ってしまった人にとって、見た目が健常者と変わらなく、かつ自分の意図通りに操作が可能な義手として、筋電義手の研究が以前より進められている。しかし、皮膚表面から得られる筋電信号は微弱でノイズが大きいため、現状では人が実現するいくつかの典型的な把持タイプを識別する程度にとどまっている。

一方、対象物体を画像で認識して多指ロボットハンドを制御する研究も多く進められているが、義手応用を考えると、使用者の意図が反映できない、という問題がある。例えば、コップを持つ場合には同じコップであっても飲むために取手を持つ場合と、コップを運ぶためにコップの上部を持つ場合など、目的に応じて異なる把持タイプを選ぶ必要があるため、何らかの方法で使用者の意図を反映させなければならない。

そこで、我々は画像情報と筋電信号を併用した筋電義手システムを検討している。すなわち、まず画像認識で物体を認識することにより、その物体を把持、操作するための把持タイプを限定することができ、その中から筋電信号に基づいて使用者が意図している把持タイプを決定する、というシステムである。

また、我々は物体の画像情報とその物体を持った時の手の指関節角情報（把持形状）の統合により、物体のサイズに関する情報を抽出し、学習後には画像情報から最適な把持形状を出力できるモデルを提案している。このモデルを発展させて筋電義手システムに取り入れ、対象物体のサイズに合った把持形状を求めることで、より巧みな制御が可能な義手システムを目指している。このモデルに Varietal Auto Encoder(VAE) を導入して、コップのサイズ情報の抽出と、サイズに合った把持形状を計算する実験を行った結果を2章で紹介する [1]。

また、ロボットハンドを用いた義手システムには指先の触覚をフィードバックすることも安定把持に重要である。そこで振動センサを用いた触覚フィードバックシステムを作成し、物体の質量の偏りの識別実験を行い、刺激提示の方法を検討した結果を3章で紹介する [2]。

2 VAE を用いた視覚-運動変換モデルによる多指ロボットハンドでのコップ把持 [1]

2.1 研究背景と目的

人が物体把持を行うときには、その把持の目的に合わせた把持タイプを選択した上で、主に視覚から物体の形状やサイズの情報を抽出し、それらの情報から把持形状を事前に計算して、対象物体に合った把持を実現している。この変換は、何度も把持を行い、物体の視覚情報とそれを持ったときの把持姿勢の情報を脳内で統合する過程で物体把持に必要な情報が抽出され、変換過程を学習していく。我々はこのような学習過程を、複数の Auto-Encoder というニューラルネットワークを用いたモデルで実現している。このモデルにより、対象物体のサイズのような情報を抽出でき、かつ、学習後には視覚

情報からサイズ情報を抽出し、そして把持形状に関する最適化関数を切り替えることによって、複数の把持タイプの最適な把持形状を求めることができる。

本研究では、Auto-Encoder の代わりに VAE を導入し、取手のあるコップを複数の把持タイプで持った時のロボット把持形状と、深度カメラを用いた画像情報を統合することで、コップの直径と取手の長さの2種類の情報の抽出と、画像から把持形状の計算を試みた。

2.2 実験環境

対象とするコップは高さが 15[cm] とし、コップ直径は 8[cm] から 12[cm] までの 5 種類、取手の長さは後述するロボットハンドの指が取手に入る本数が 1, 2, 3 本となる 3 段階の長さで設定して、合計 15 種類のコップを 3D プリンタで作成した。

コップの位置は固定とし、取手を手前に向ける場合、奥側に向ける場合をそれぞれ 5 通りの角度で置き、やはり固定位置に置かれた深度センサ (RealSense D435i, Intel 製) で撮影した。撮影した画像は、まず RGB 画像のエッジ検出処理によって作成されたコップのマスク画像によって深度画像をマスクし、コップの表面上の欠損データの処理などをして、画像データとした。

ロボットハンドは 4 指 16 自由度の Allegro Hand(WONIK ROBOTIC 社製) を用いた。データグローブ (5DT DataGlove, 5DT Inc. 製) によってリーダーフォロワー制御を行い、上述の位置に置かれたコップを 3 通りの把持タイプで持ち上げた時の指関節角データをハンドデータとした。コップの取手が手前側の場合には取手の長さにあった指の本数で取手を持ち上げる把持タイプ (HANDLE) と、コップの上端を持つ把持タイプ (TOP) でそれぞれ計測し、コップの取手が奥側の場合には、コップの側面を持つ把持タイプ (SIDE) と TOP で計測した (図 1)。

画像データ、ハンドデータは同じ条件ですべて 5 回づつ繰り返して取得した。同じ物体に対するデータの組み合わせをすべて用いることで、画像とハンドのデータの組を合計 375,000 セット作成して学習用データとした。

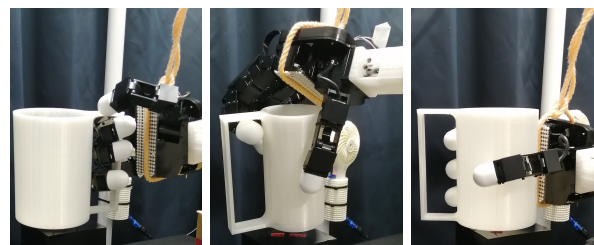


図 1 把持タイプ. 左: HANDLE, 中央: TOP, 右: SIDE

2.3 学習モデルと学習結果

本研究では画像及びハンドデータそれぞれについて β -VAE を用いた。 β -VAE は再構成誤差と正則化項による目的関数によって学習することで特徴量を潜在変数に表現できるが、提案モデルでは画像 VAE とハンド VAE のそれぞれの潜在変数の一部の表現を近づける項を加えて学習することで、画像データとハンドデータに共通に

含まれる特徴量を抽出することが可能になる。

先述の画像及びハンドデータのセットを用いてこのモデルを学習させ、それぞれの VAE の潜在変数に「コップ直径」と「取手長さ」が抽出できるかを検証したところ、学習後の画像 VAE とハンド VAE の表現を近づけた 2 個の潜在変数が、コップの直径と取手の長さにそれぞれ高い相関を示した。また、学習データと異なる直径のコップや取手の向きの角度をランダムに変えた画像データを画像 VAE に入力することによって、高い汎化性を持つことも確認した。

2.4 画像からの把持形状の計算

学習後のモデルを用いると、画像情報から物体に合った把持姿勢を計算できる。まず、画像 VAE に画像を入力してコップの直径と取手長さを表現している潜在変数を計算し、ハンド VAE の対応する潜在変数を入力する。ハンド VAE のもう一つの潜在変数の値は、最急降下法によって把持タイプごとに定めた評価関数を最適化する値に定め、このときのハンド VAE の出力が適した把持形状となる。

評価関数を切り替えることにより、3 種類の把持タイプを実現し、かつ対象物のサイズに合った把持形状を求めることができた。一例として、同じコップの画像から計算された TOP と SIDE の把持形状を図 2 に示す。これらの結果より、VAE を導入することで、物体のサイズに関する複数の特徴量を独立に抽出し、その特徴量に合った制御が可能であることを確認できた。

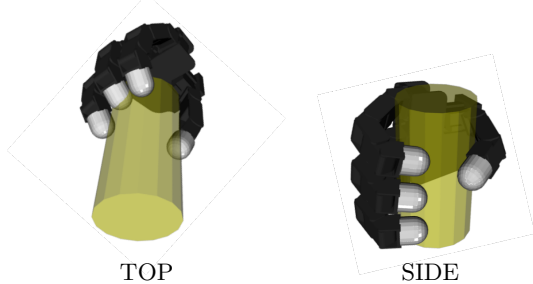


図 2 同じ画像から計算された TOP と SIDE の把持形状

3 触覚フィードバックシステムによる質量の偏り識別実験 [2]

3.1 研究背景と目的

ロボットハンドを用いた義手システムでは、ロボットハンドが物体に接触した時の圧力などを使用者にフィードバックする必要がある。しかし、鋭敏な指先の触覚情報を体の別の部位にフィードバックする必要がある、いまだに実用的なフィードバックのシステム及び手法は確立されていない。

本研究では使用者に負荷が少なく、単純な構造である振動モーターによって振動刺激を前腕に与えることで、把持物体の重さだけでなく、重さの偏りを識別することができるか、さらにその刺激提示方法を検討した。

3.2 実験方法

実験機器は、本研究室で 3D プリンタと 16 個のサーボモーター (XL-320, Dynamixel Inc.) で製作された 4 指のロボットハンドと、その母指、示指、中指の 3 本の指先に貼りつけた圧力センサ、ロボットハンドをリーダーフォロワー制御で操作するためのデータグローブ、フィードバック系を構成するマイコンと振動モーターで構成されている。これらの実験機器を PC と接続し、データグロー

ブによってロボットハンドを制御して 3 本の指で物体把持を行い、その時のロボットハンドの指先の圧力センサの値を、前腕の肘関節付近の、実際の母指、示指、中指の感覚情報を伝える橈骨神経、正中神経、尺骨神経を刺激する位置に貼り付けた振動モーターによってフィードバックするシステムを試作し、実験を行った (図 3)。

使用する物体は外見は変わらないボトルの中身に粘土を詰め、重さの軽い物体と、重い物体、さらに重い物体と同じ質量で、重心位置が把持した時に母指側に偏る物体と反対に中指側に偏る物体を、把持した時の振動刺激から判定する実験を行った。

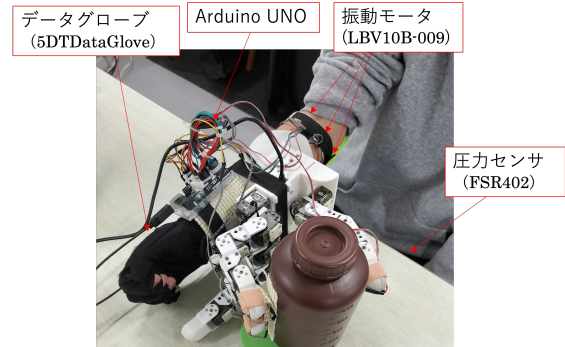


図 3 触覚フィードバックの実験環境

3.3 実験結果

まず、各指の圧力センサの値を一定ゲインで対応する振動モーターにフィードバックする刺激①と、圧力値が大きくなるが多いため他の指の刺激をマスキングしてしまう恐れのある母指のゲインを小さくした刺激②を比較する実験を行った。各被験者が 2 通りの刺激条件について別日に行い、実験順序についてはカウンターバランスを取るよう実験を行ったところ、刺激①の方が正解率が高い傾向を示したものの、それよりも先に実験を行った刺激条件の方が正解率が高い傾向が見られた。

次に、事前に振動刺激に関する感覚量を測定して対数関数による近似曲線を作成したのち、感覚量の変化量が一定になるように刺激量を 5 段階に設定した刺激③で実験を行ったところ、刺激①、②よりも正解率は向上した。一方で、事前の学習が不十分であることも示唆された。

これらの結果から、被験者ごとの感覚量測定が必要であり、連続的な刺激よりも段階的な刺激量が有効であること、さらに学習過程も重要であることが示唆された。

4 おわりに

この義手システムの実現に向けて、画像認識や筋電信号処理などの要素技術の開発とともに、現在は深度カメラと筋電センサと多指ロボットハンドを用いた試作システムを構築し、システムの有効性を検証する実験を行っている。また、並行して触覚フィードバックシステムに関して、引き続き刺激の提示方法や位置の検討、視覚なども統合した学習手法の検討を進めていく。

参考文献

- [1] 松田基, 片山哲, 福村直博, “VAE を用いた視覚-運動変換モデルによる多指ロボットハンドでのコップの把持運動制御,” 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J107-D, No.2, pp.67-76, 2024
- [2] 河原大智, 福村直博, “ロボットハンド義手のための指先圧のフィードバックシステムによる把持物体の質量の偏りの識別実験,” 信学技報, MBE2023-75(2024-03), pp.36-41, 2024

1 はじめに

生活空間におけるロボットと人の共生では、ロボットが人の行動を認識そのふるまいを決定することは極めて重要となる。人の行動を認識する技術は行動認識技術と呼ばれる。様々な行動認識技術が存在するが、特にウェアラブルセンサを用いた行動認識技術は場所を選ばずに詳細な人の行動を認識することが可能であり、主要な技術の一つとなっている。複数のウェアラブルセンサを使用することで、より複雑な行動を認識することができるが、一方で装着の手間など大きな負担となることが問題となる。このため、必要となるウェアラブルセンサ数の削減が必要であり、センサ数を削減しても認識精度を損なわない方法などの研究が行なわれている。

Komukaiらはセンサ数の削減をセンサデータの長期的な欠損と捉え、Denoising Auto Encoder (DAE) によるデータ補完を行った[1]。また、石田らはGenerative Adversarial Network (GAN) を用いて削減されたセンサのデータの補完を行なった[2]。それぞれ、センサデータの補完により、センサ数を削減したとしても認識精度の低下を防ぐ事ができることを示した。

一方、補完の元となるデータはその時得られるデータに限られるため、補完を行なったとしても識別に用いられるデータの本質的な情報量は増加しないとも考えられる。このため、十分にデータの特徴に着目して識別を行う識別器があれば、補完を行わなくても補完を用いた場合と同程度、もしくは、それ以上の識別精度を得られる可能性がある。

そこで本研究では、センサの数が削減されたデータに対して、自己注意機構[3]を導入した識別器を用いる。そして、自己注意機構が導入された識別器と導入されない識別器の精度を比較し、センサ数削減における自己注意機構の有効性を明らかにする。

2 実験方法

本研究では、既存研究においてKomukaiらが作成したデータセット[1]を用いる。小向らのデータセットは、リハビリ行動について、16人の被験者にそれぞれ7個のセンサを装着して取得したものである。それぞれセンサデータを人工的に欠損させ、センサを削減した状況を作成した。

識別器として、LSTM, CNN, CNN LSTM, Convolutional LSTM (ConvLSTM) の識別器について、それぞれ、自己注意機構を導入したものと、導入しないものを構築した。そして、これらの識別器を用いて前述のデータセットの識別を行い、識別精度を比較した。評価方法は、Leave-one-subject-out交差検証法を用いた。

3 実験結果

結果を図1に示す。図1は各識別器における識別精度(F1-Score)をプロットしたものである。

最も精度が高かった識別精度について、7~3個のセンサを使用する場合はCNNであった。なお、次点はLSTM Attention (自己注意機構を導入したLSTM) だった。2~1個のセンサを用いる場合はLSTM Attentionだった。すなわち、必ずしも自己注意機構を導入した識別器が性能が高くなる訳ではない結果となった。

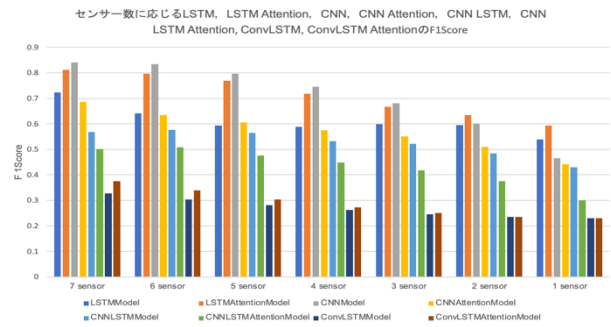


図 1 8つの識別器による認識精度

また、識別器毎の自己注意機構の有効性を見ると、LSTMおよびConvLSTMでは、自己注意機構を導入した場合の方が自己注意機構を導入しない場合よりも識別精度は高くなった。一方、CNN, CNN LSTMでは逆に自己注意機構を導入しない場合の方が自己注意機構を導入した場合よりも識別精度は高くなった。このため、自己注意機構の有効性は識別器に依存すると考えられる。傾向としては、CNN層で組み立てた識別器に対して自己注意機構を導入した場合に精度が低下する傾向が見られた。また、CNN LSTMでは精度が低下したものの、LSTMをベースとする識別器では自己注意機構を導入した場合の方が識別精度が向上する傾向が見られた。

自己注意機構を導入して精度が向上した例として、4個のセンサを用いた場合にLSTMのF1-Scoreは0.59から0.77に上昇した。また、1個のセンサのみを使用する場合でも、自己注意機構を導入したLSTM識別器は0.59のF1Scoreを示し、比較した識別器の中で最も高い識別精度を示した。

4 まとめ

本研究では、行動認識におけるウェアラブルセンサ数削減を目的とし、自己注意機構を用いた識別器の有効性を評価した。評価の結果、センサ数が少ない(1~2個)場合は、自己注意機構を導入したLSTMが最も高い識別精度を示したが、その他の条件ではCNNがもっと精度が高かった。自己注意機構は識別器に依存して有効である場合と有効でない場合があり、傾向としてLSTMをベースとした識別器は精度が向上するものの、CNNをベースとする識別器の場合には自己注意機構を導入した場合に精度が低下した。今後、実験を継続して行い、自己注意機構の有効性に関する詳細な分析とともに、補完を用いた場合との比較などを行なって行く予定である。

参考文献

- [1] K. Komukai *et al.*, Optimizing of the Number and Placements of Wearable IMUs for Automatic Rehabilitation Recording, Human Activity Sensing, Springer Series in Adaptive Environments. Springer, 2019
- [2] 石田義人ら, 出力フィードバックを用いた補間ネットワーク学習による データ欠損時の行動認識精度向上, 第77回研究会情報処理学会UBI研究会, 2023
- [3] M. A. Khatun *et al.*, Deep CNN-LSTM With Self-Attention Model for HAR Using Wearable Sensor, IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine Vol.10 (2022)

農業応用を指向した地表に散在する物体の回収ロボット

機械工学系, コニカミノルタ株式会社 佐藤 隆史, 機械工学系 内山 直樹

1 はじめに

ロボットによる農業の省力化・自動化の研究が進められているが、これまでは稲作向けが中心であり、現状では、畑作、野菜作、果樹栽培に使用できるものは少ない。栽培管理、防除、除草、収穫などの個別作業の自動化が望まれており、中でも収穫作業は、作業時間割合が大きいことに加え、低姿勢での作業が多く身体的な負担も大きい。また、収穫時期が限られた季節労働のため、通年での人材雇用が難しい。このため、中山間地や小規模圃場が多い日本の農業に適し、小型、低価格、メンテナンス性が良い収穫ロボットによる自動化が望まれている。

上記のような設計思想に基づいた収穫ロボットの研究は近年盛んであり、実証実験が進んでいる。市場規模の大きな作物であるイチゴ、トマトを始めとして、ピーマン、アスパラガスの収穫ロボットなどの研究が行われている。これらは主に施設栽培を対象としている。収穫物の品質を担保することが重要であるため、収穫タイミングを見計らい選択収穫する戦略を用いている。時間当たりの生産性よりも収穫作業の確実性が優先される。

他方、椿の実、栗、銀杏などの堅果が熟れて地表面に落果したものや、未熟果（摘果みかん等）など早期落果したものを回収するニーズが存在する。樹木毎にシートを常設し、落果を回収する手段もあるが、着脱する負担が大きい。前述した清掃ロボットのように、広範囲を移動しつつ、高効率での回収能力が要求される。

本研究では、屋外作業を対象として、地表面に散在する種々の物体を回収するための移動ロボットを設計、試作し、実験にて有効性を検証することを目的とする。具体的なニーズに対する検討を行い、少子高齢化による労働力不足、環境保全などの社会課題に寄与するロボット開発を目指している。

なお、本原稿の内容は文献[1]の抜粋であり、詳細については、そちらをご覧ください。

2 物体回収ロボットの設計

複雑な作業を行うために汎用アームを搭載する移動ロボットの研究が広く行われているが、回収対象物に合わせた把持姿勢と移動との協調制御の複雑さに加え、不整地作業での高剛性化に課題がある。

ゴルフボール等の競技用ボールあるいは固形ゴミ等の物体を拾得する回収装置が存在し、左右駆動車輪移動により、物体を拾得するとともに回収容器に向けて搬送する揚上コンベアを備えている。揚上コンベアの拾得部は、上方に向けて移動でき、拾得部が、地面に対して所定の距離を保って配置されるように構成されている。このため、整地もしくは拾得部と地面との間の距離が確保可能な程度のなだらかな起伏の不整地であれば、物体の回収動作を行なうことができる。しかしながら、上記距離の確保が阻害される局所的な起伏や大きな起伏を有する不整地においては、物体の回収は困難である。

「小型、低コスト、メンテナンス性が良い」というコンセプトを前提として、不整地の地表面に散乱した小さな物体を効率的に回収する移動ロボットの要求仕様を検討した。機械サイズに関しては、樹木間隔を通り抜けられ、小回りの利く機械幅800[mm]程度とした。また、公共空間での法的制約、安全性確保、参入障壁を下げるため、40[km/h]以下で走行する超小型モビリティ型LSV(Low Speed Vehicle)の範囲(1500[mm]以下の車幅)に収める

ことが望ましい。

移動性能に関しては、後述の椿農園の路面状態を確認したところ、市販されている通常の電動車いす同等の登坂・段差乗り越え能力を有していれば十分と判断した。耕作地のような軟地面ではないため、土壌条件は考慮しない。また、街路樹付近の回収作業への対応も考慮し、舗装された路面での走行性能と両立させるため、クローラ機構等ではなく、車いすと同様にタイヤが適していると判断した。

物体の回収能力については後述するが、対象物に合わせたエンドエフェクタを選定することにより対応する。

要求仕様を基に製作した物体回収装置の外観と回収動作を図1に示す。本装置は主に、移動体、回収容器、アーム、エンドエフェクタおよびベースフレームから構成される。移動に伴い、地表面に散乱した物体を、ベースフレームに支持されたエンドエフェクタにより回収する。エンドエフェクタ内部に格納された物体を、移動体に付設された回収容器に移載する。エンドエフェクタは、複数のワイヤを籠状に張ることで構成され、地面に押し当てて従動回転することにより物体を回収する。このエンドエフェクタは、ベースフレームの支持シャフトに対して回転可能である。これに連結された棒状の部材からなるアームを左右に一对設ける。回収容器は、上面開口の箱形状を有し、移動体に着脱可能であり、移動体から取り外して、回収した物体を外部に取り出すことができる。また、回収容器の内部には、エンドエフェクタに対応した所定位置にワイヤ間を開くための突起状部を配備する。

回収動作の流れを図2に示す。(a)回収位置にベースフレームを配置した状態において、移動に伴いエンドエフェクタにより地面の物体が回収される。(b)一定量の物体がエンドエフェクタに格納された後に、アーム駆動によって、地面から離れ、矢印DR1方向に回転する。(c)ベースフレームが回収容器の直上に配置された状態となり、エンドエフェクタのワイヤ間が突起状部材によって開口され、物体が回収容器に移載される。その後、矢印DR1方向とは逆方向にアームが回転し、物体が引き続き回収される。上述した一連の動作は、回収容器に移載された物体が所定量に達するまで繰り返される。このように、本装置の機構は、物体の回収を低駆動源かつ簡素な構成で行う実現性の高いものである。また、エンドエフェクタが回転自在なため、地表面の起伏に対して柔軟に物体を回収できる。

本研究では、具体的なニーズに対する検討として、堅果の一種である椿の実および種子を対象とした。背景として、伊豆諸島などの島嶼地域では椿油産業が盛んであるが、本土よりも人口減少および高齢化の進行が顕著であり、産業の維持が危ぶまれている。椿油の原料となる種子は、製油業者が、椿農園を営む専業農家から大量購入する場合と、島民が自生樹木(街路樹含む)から回収したものを購入する場合とがある。

この回収は、腰をかがめる作業のため高齢者にとって身体的な負担が大きい、虫刺されや熱中症の危険性がある、人手が足りず製油に対する必要量が確保できない、島内の遊休木を有効活用できていないという課題がある。また、専業農家からは、収穫作業よりも農業経営に時間を充てたい要望もある。これらに応えることができれば、産業振興に貢献できると考える。

現地でのヒアリングを通して、人による回収作業では一日当たり約60[kg](実の状態)を回収できるか否かが熟練者レベルの目安とされていること、また、4[kg]あるいは2時間程度の回収作業を行えば多くの場合は疲労するとの知

見を得た。ロボットの物体回収能力はこれらに対して優れた性能を付与する必要がある。回収容器の最大積載量としては20[kg]、ロボットから3回程度の荷下ろし作業を想定する。また、半日程度で60[kg]の回収を想定し、実際の探索時間も含めた回収能力は1時間当たり5[kg]を目標とする。

本装置では、大小2種のエンドエフェクタを用いる。大サイズで樺の実の回収を、小サイズで種子の回収を行う。大サイズを進行方向上流に配置することで、大きい物体の流入による小サイズの破損を防止する。

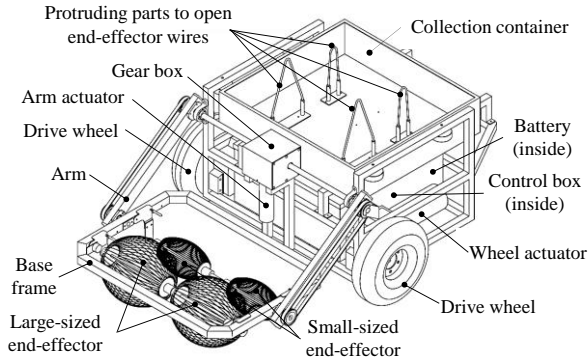


図1 ロボットの構造

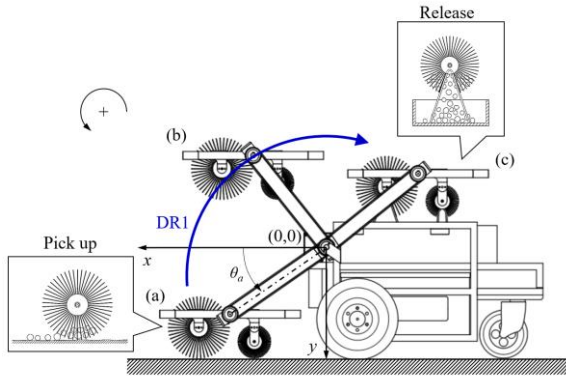


図2 回収動作の様子

3 実験検証

有効性検証のために、まず屋内にて回収実験を行った。エンドエフェクタの角度を所定角度に保った状態で、ロボットを直進走行させた。樺の実は時間経過と共に爆ぜるため、状態が安定した物を入手することが困難であり、代用品を製作した。直径40[mm]のプラスチック製の球体を一部開口（完全な球体では、表面が平滑な床面との間で滑るため）し、内部に30[g]の錘を固定した。地表の高さ変動が大きい場合には、エンドエフェクタとアームが固定されていると破損する可能性がある。エンドエフェクタの状態を同変動に対して一定に保つため、アームを地表面の起伏に応じて揺動させる制御系を導入した。

実の回収に関しては、エンドエフェクタが接続されている先端リンクについて、どのような角度設定値でも概ね回収可能であった。種子については、地表面との接触力が小さく回収不可能な角度範囲が存在した。

上記と同様の内容について屋外実験を行った。上記角度については、屋内実験の結果において良好な値に設定した。図3に実験風景、図4に回収結果を示し、図5に屋内外実験での比較をまとめた。



図3 屋外実験の様子



図4 屋外実験での回収結果

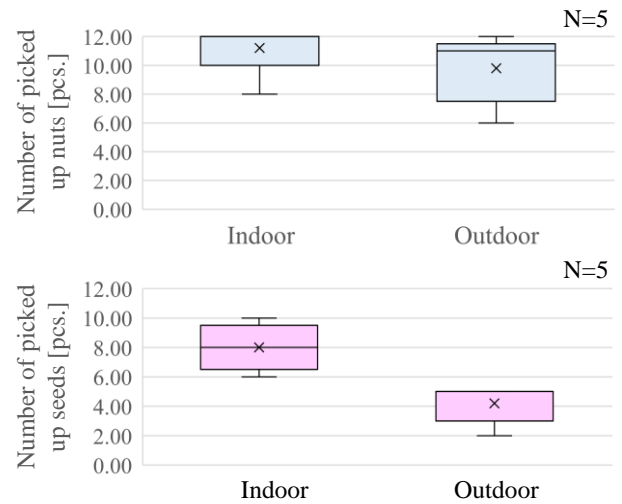


図5 屋内外実験での回収結果の比較

図5において回収個数を縦軸に示す。繰り返し測定回数は5回とし、平均値(×印)・最大値・最小値をプロットした。上段は実について、下段は種子についての回収状況である。実の回収に関しては、地表面の起伏の影響により、実を配置した直進経路から逸れ、屋外が低い結果となった。種子の回収に関しては、エンドエフェクタによって、種子が地表面に押し付けられて埋もれ回収できない場合などがあった。しかしながら、本装置の構成にて、地表に散在する物体をある程度回収可能なことを確認した。ロボットの巡回により回収率の向上が期待できる。

参考文献

[1] 佐藤 隆史, 柿原 清章, 佐郷 幸法, 柿原 亮也, 内山直樹, 地表に散在する物体回収のための移動ロボットの設計と実験検証, 日本ロボット学会誌 41(1) 82-91 2023

1 はじめに

近年先進国を中心に少子高齢化が大きな問題となり、人口ボーナスの恩恵を受けて発展してきた地域でも、人口オナーナスを迎えることが予測されるようになってきている。少子高齢化は、労働人口の減少による生産能力の低下を招き、普段の生活で支援を必要とする人口の増大、すなわち新たな労働力需要の増大も招いてしまう。そのような労働人口不足問題を補い、多くの人の社会生活を維持・発展させるために、人の代替として働くあるいは人の労力を低減するロボットが様々な分野で求められている。

ロボットを長期にわたって広い分野で活用し続けるためには、直接的な性能の高さに加え、多くの人々にとって使い易いこと、初期導入や維持管理が容易であることが必要である。近年デジタル・ネットワーク技術の発達により、多くの情報を蓄積・共有し、効率化や省人化を図る研究開発が進んでいる。しかし長期運用や個体差への対応、既存機器の活用の観点から、自ら必要な情報を収集し、基本的な機能を実現できる自律性を持つことも重要である。

我々の研究グループでは、ロボット・メカトロニクスシステムに標準的に組み込まれたセンサを利用して自己の特性を把握し制御系の設計・調整を自律的にあるいは誰でも簡単に実現する方法や、簡単な構成のロボットで高齢者の生活支援を行う研究に取り組んでいる。またユニークな特徴を持つアクチュエータの研究も行っている。

2 精密制御系の簡単設計と特性把握

ロボットを含む運動システムの性能は、その構成要素であるアクチュエータを含む機構とセンサ、コントローラの総合力で決定される。その中でコントローラは、機構の性能を引き出し、最終的に仕様を満たす重要な役割を担っている。そのために、通常は事前情報として正確な力学モデルと制御系設計に関する十分な知識を必要とする。しかしこれらの要求は、利用者を専門技術者に制限し、時間と労力がかかり、利便性を低下させる。

この課題を解決するために、Nominal Characteristic Trajectory Following (NCTF) 制御法を提案している。図1はその制御系の構成を示している。コントローラは、位相面上に表現される目標値に近づく際の望ましい減速応答曲線であるNCTと機構の挙動をNCTに到達・拘束するための補償器より構成されている。NCTは実機の高速減速応答をほぼそのまま利用するため、力学モデルを必要としない。NCTは基本的に実機の動作可能範囲にあることが担保され、図のようにPI補償器であれば、調整は容易である。この制御系は様々な精密機構に適用されて、その有効性が実証されている[1, 2]。またこの制御系を基礎に、設計容易性を維持しつつ安価な空気圧シリンダでも10nmオーダの超精密位置決めも可能であることが示されている[3]。

この制御系は高精度な位置決めが容易に実現できるが、軌跡制御における追従性向上には適したFF要素が望まれる。通常は逆モデルを必要とするが、NCTF制御法の利点を生かせるように、学習制御器を用いた力学モデルを用いない方法を提案しその有効性を実現している[4]。学習制御器は、図2に示す位置に配置して利用され、時不変FF要素が更新される。精密ボールねじ機構の場合、4種類の実験でFF要素の設計が完了する。得られるFF要素は機構の特性を表す要素の集合となる。

FF要素付きNCTF制御系を多関節ロボットに適用することで、回転角度制御では超精密な位置決めが可能になる。し

かし幾何学的誤差など構造に起因する誤差要因があると、その有効性が発揮できない。そこでこの制御系を利用して、簡単に機構構造に起因する誤差を補償する方法を明らかにし、その効果を検証した[5]。また簡単ではあるが人の試行錯誤を必要とする部分が残されていたNCTF制御系設計手順を改良し、自動設計を実現する方法を評価している[6]。必要最小限のセンサデータで機構特性を把握し、既存センサのみで動的挙動を推定する方法についても検討している[7]。

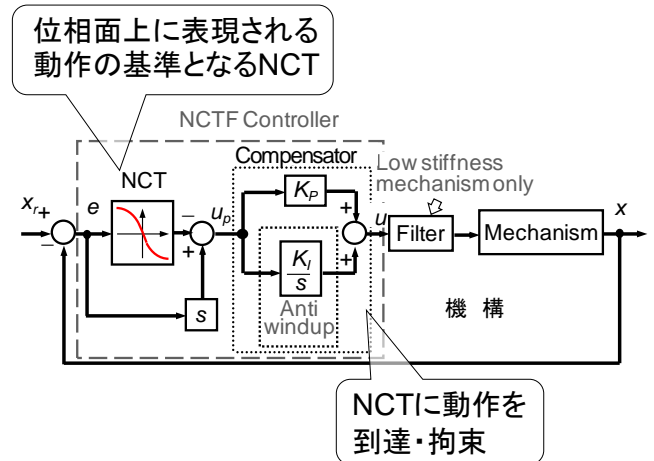


図 1 NCTF制御系の構成

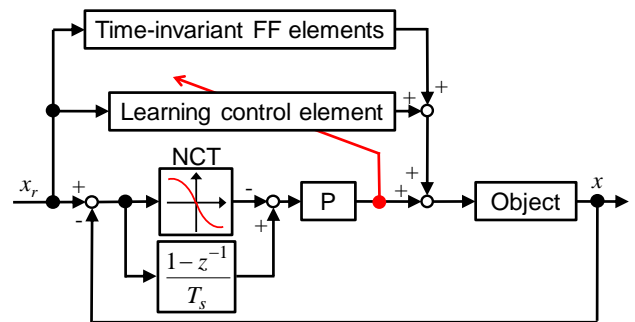


図 2 学習制御器付きNCTF制御系の構成

3 AIを利用した高齢者支援ロボット利用者の状態推定

高齢者の生活動作、特に起立・歩行・着座を支援するロボットの需要が高まっている。起立・歩行・着座は日常生活において連続的に行われるため、一台のロボットで支援することが望ましい。しかし、大掛かりなシステムは一般家庭では扱いづらいため、簡単な構成のロボットが求められている。そのため、福祉機器の歩行車をベースに、図3に示す肘置き昇降機能を持つ支援ロボットを開発している。肘置き昇降により起立・着座を支援でき、駆動輪の制御により歩行を支援できる。

起立・歩行・着座という異なる動作を一台のロボットで支援するには、歩こうとしているのか座ろうとしているのかなど、ロボット利用者の状態に応じて、適切に支援機能を切り替える必要がある。そのため、ロボット利用者の状態を推定する手法が研究されてきた。しかし、多数のセンサを使用した複雑なシステムは扱いづらいため、少数の簡単なセンサを用いた簡易なシステム構成で利用者の状態を推定することが重要である。

そのために、ロボット利用者の重心位置の候補を計算する手法を提案している。人体リンクモデルを用いることで重心位置を計算できるが、少数のセンサの情報では、重心位置は一意に定まらない。そこで、関節の可動域を考慮することで、重心位置の候補を

計算する手法を提案し、有効性が確認されている[8].

また、AIを利用し、重心候補を学習させて状態推定を行う手法を提案している。サポートベクターマシンを用いた2クラス判別により、立とうとしている、座ろうとしているといった状態を推定できる。また、転倒しそうな状態などの異常の検知も実現しており、推定結果に基づいて支援ロボットを動作させて有効性を実証している[9].

AIを用いた推定には、学習のための教師データが必要であり、その取得には時間と労力がかかり、計測の被験者にも身体的な負担がかかるという課題があった。起立や歩行などの動作を計測したデータベースも公開されているが、支援ロボットを用いて行われた動作のデータベースはない。そこで、人体リンクモデルを利用して、各状態での重心候補のデータを作成することで、事前にロボットを用いた起立や歩行などの動作を計測せずに教師データを作成する手法を提案している[10]. 提案手法で作成した教師データを学習させて状態推定を行い、実際にロボットを動作させて有効性を実証している。

状態を推定して動作する支援ロボットは、起立・歩行・着座動作の支援に有効である一方で、自律して動作するロボットに対する利用者の不安感が懸念されている。ロボットが自律して動作するために、ロボットの行動の内容やタイミングなどが利用者にとって不明確であることが、不安感の原因と考えられている。そこで、ロボット倫理のアカウントビリティの考えに基づき、インターフェイスを用いてロボットの動作などの情報を提示する手法を提案しており、提案手法により安心感が向上することが実験で示されている[11].



図 3 起立・歩行・着座支援ロボット

4 完全ワイヤレスマイクロアクチュエータ

顕微鏡下で微小物を操作するためのアクチュエータとして、完全ワイヤレスアクチュエータの研究を進めている[12]. このアクチュエータの可動子は構造材と磁気材料からなる簡単な構成で、感温磁性体を利用し、レーザ照射により平面上を動き回ることが可能である。現在は製作を容易にする方法や性能向上法について研究を進めている。

5 まとめ

我々の研究グループでは、ロボット・メカトロニクスシステムを、設計・製作者や操作者、利用者など立場の異なる様々な人にとって利便性の高いシステムを実現し、社会に貢献することを目指している。今回報告した取り組みをさらに進めていく予定である。

参考文献

- [1] Sato K, Maeda GJ., A practical control method for precision motion - Improvement of NCTF control method for continuous motion control, *Precis Eng.* 2009;33:2:175-186.
- [2] Chong S-H, Sato K. Practical controller design for

precision positioning, independent of friction characteristic. *Precis Eng.* 2010;34, 2:286-300.

[3] Sato K, Sano Y. Practical and intuitive controller design method for precision positioning of a pneumatic cylinder actuator stage. *Precis Eng.* 2014;38:703-10.

[4] Sato K, Practical high-precision motion control system based on nominal characteristic trajectory following control and simple feedforward element design methods. *Precis Eng.* 2022;75:55-66.

[5] 千田直弥, 佐藤海二, 武田洗晶, 平田政貴, 田邊雅隆, 安達大稀, 垂直多関節ロボットの実用的な幾何学誤差補償, *JSPE2024春季大会講演論文集 2024*, ;:789-790.

[6] 宮平大輝・佐藤海二・武田洗晶, NCTF制御系の自動設計のためのNCT決定法, *JSPE2024春季大会講演論文集 2024*, ;:808-809.

[7] 小田島拓海, 佐藤海二, 武田洗晶, 高重心系ステージの高位置変位の簡易推定, *JSPE2024春季大会講演論文集 2024*, ;:791.

[8] Takeda M, Hirata Y, Kosuge K, Katayama T, Mizuta Y, Koujina A. Human CoG estimation for assistive robots using a small number of sensors. *International Conference on Robotics and Automation 2017*;:6052-6057.

[9] Takeda M, Sato K, Hirata Y, Katayama T, Mizuta Y, Koujina A. Standing, Walking, and Sitting Support Robot Based on User State Estimation Using a Small Number of Sensors. *IEEE Access* 2021;9:152677-152687.

[10] Takeda M, Sato K. Training Data Generation using Human Link Model for State Estimation of Care Robot User. *IEEE Access* 2023;11:69310-69325.

[11] 武田洗晶, 佐藤海二, 使用者との相互コミュニケーションに基づいて動作する福祉ロボット, 第41回日本ロボット学会学術講演会, 2023;:1A4-05.

[12] 佐藤海二, 武田洗晶, 感温磁性体を用いたワイヤレスマイクロ平面モータの構成と基本特性, *電気学会研究会資料 2023*, MAG-23-052, LD-23-056 99-102

1 はじめに

我々の研究室では、知能材料（スマート材料， smart materials）を用いて、柔軟なロボット技術の開発を目指して研究を進めています。本研究室では、知能材料として、電場応答性高分子(electroactive polymer, electromechanically-active polymer, EAP)や、熱応答性高分子繊維、圧電材料(piezoelectric materials)などを中心とした高分子アクチュエータと高分子センサに関する基礎と応用について研究しています。高分子アクチュエータとは何かについては解説記事[高木2019, 高木ほか2020]や文献[Asaka2017, 鈴森ほか2023]をご覧ください。

基礎としては、知能材料の数理モデルの構築，物理パラメータ推定，制御法を研究しています。応用としては、ロボティクス応用や、産業機械への応用を目指したメカトロニクス応用を行っています。具体的には、おもに次のテーマについて研究しています。

1. 高分子アクチュエータ・センサのロボティクス・メカトロニクス応用に関する研究
2. 高分子アクチュエータ・センサの数理モデリングと制御に関する研究
3. 圧電材料・電磁アクチュエータなどを用いた振動制御に関する研究

ほかにも、テーマ1の関連では農業応用を目指し、豊橋技術科学大学イノベーション協働研究プロジェクトとしてシンフォニアテクノロジー株式会社様との共同研究に着手しています。またほかのテーマとして、ソフトロボットのモデル化を目指し物理に基づく深層学習に関する研究の取り組みなども始めています。以降では、それぞれのテーマに関して、2023年度の活動概要を示します。

2 高分子アクチュエータ・センサのロボティクス応用

近年、高分子アクチュエータを用いた柔軟なロボットへの期待が高まってきています。我々のグループでは、水中で駆動できるIPMC(Ionic Polymer-Metal Composite)アクチュエータのロボット応用，高速で応答する誘電エラストマーアクチュエータの応用，安価で簡易な釣糸人工筋のロボット応用を行っています。これまでに、IPMCアクチュエータを用いた応用を行ってきましたが(図1)，現在はそれに加えて、釣糸人工筋と誘電エラストマーの応用に力を入れて取り組んでいます。

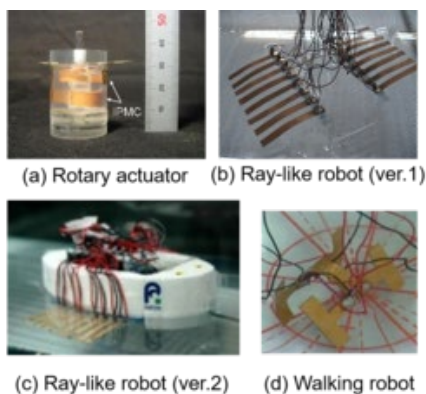


図1：IPMCアクチュエータのロボット応用

釣糸人工筋とは、ねじってコイル状にしたナイロン糸に熱を加えると可逆的に大きく収縮(10%-20%)する現象[Haines et al., Science, 2014]を利用したアクチュエータです。釣糸などの合成繊維は極めて安価で容易に入手でき、今後のアクチュエータ応用が期待されます。ロボットや支

援器具への応用を目指し、我々のグループではその高性能化とモデリング，制御法などについて研究しています。釣糸人工筋の応用に関連した2023年度の成果として、釣糸人工筋の変形量を最大化するための作製方法の研究[伊藤ほか2023]，釣糸人工筋と誘電エラストマーの複合化によって性能向上をはかる研究[木村ほか2023]や、釣糸人工筋の動作原理の動機付けられた新しい熱駆動型アクチュエータ「固体ポリマーマッキベン型人工筋」[帖佐ほか2023]，「ハイブリッド誘電エラストマー」[柿原ほか2023]など，新奇アクチュエータ創製に向けた取り組みを進めました。

誘電エラストマーアクチュエータとは、薄いゴム膜の両面に柔軟電極を塗布された静電アクチュエータの一種であり、柔軟で大きな変形を生じる高分子アクチュエータとして近年盛んに研究が行われています。2023年度は、誘電エラストマーアクチュエータの振動を利用した応用を行いました[Hiruta et al. 2023ab, 竹内ほか2023, Hiruta et al. 2024, 矢口ほか2023]。とくに、果物などの農作物に誘電エラストマーアクチュエータを貼り付け振動を加えると、計測された振動特性から熟度の判定ができるため、農業への応用が期待できます。

農工連携を目指す研究に関連して、豊橋技術科学大学イノベーション協働研究プロジェクトでは、シンフォニアテクノロジー株式会社様と共同研究を行っています。2023年度の成果として、キャベツ把持・切断機構(図2)の検討[Wen et al. 2023]や自己適応機構をもつロボットハンド[中井ほか2023]の検討を進めています。

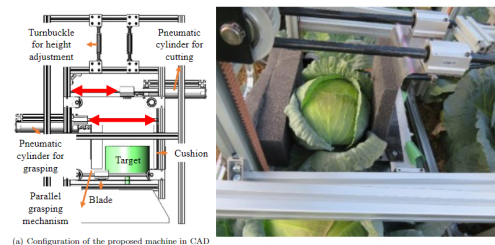


図2：キャベツの把持・切断機構

3 高分子アクチュエータ・センサの数理モデルと制御

高分子アクチュエータやセンサの応用において、シミュレーションや設計，モデルベース開発のために、物理モデルが重要となります。我々のグループでは、物理原理の解明に向けた特性評価や物理モデル構築とともに、動的システムに対する解析と設計の強力な手法であるシステム制御工学を駆使した数理モデルの近似や物理パラメータの推定などについて研究を行っています。とくに、高分子アクチュエータの物理モデルの多くは非線形偏微分方程式で表されるため、工学的に扱いやすい伝達関数や状態方程式などの形式に近似を行う方法を研究しており、物理ベースの制御指向モデルとして研究しています。

Ionic Polymer-Metal Composite (IPMC)やBucky gelなどのイオン導電性高分子アクチュエータの物理を完全に記述できるようなモデルはまだ研究途上であり、電気化学，流体力学，弾性力学，高分子物理などを用いたモデル化が必要であると考えられます。我々のグループでは、共同研究者とも協力して特性評価と物理モデルの構築を行うとともに、制御指向モデルへの近似とシミュレーションについて研究をしています。IPMCの数理モデルに関する成果として、2023年度は、IPMCセンサの有力な物理モデルであるZhuのモデルの解析解の導出に成功しました

[Ishikawa et al. 2023, 石川ほか2023]. 解析解を用いることにより、シミュレーションを行うことなく、IPMCセンサの応答を予測すること（図3）が可能となります[Ishikawa et al. 2024]. また今後、数理モデルを制御則設計に用いることで、高速に駆動できることが期待されます[Nakada et al. 2024].

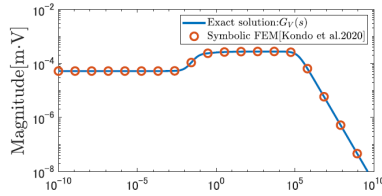


図3：IPMCセンサモデルの厳密解から得た周波数応答

また、鈞糸人工筋アクチュエータについても、その動作原理の解明と、シミュレーションやアクチュエータ設計のための数理モデル化が期待されています。2023年度では物理定数だけを用いたホワイトボックスモデル化に向けた研究[赤松ほか2023]に取り組んでいます。また、モデルを用いた制御についても共同研究を進めています[吉田ほか2023].

4 振動制御

外部電気回路を接続した圧電素子や電磁モータを用いて、センサレスの振動制御を行う手法（シャント制振, shunt damping）があります。これは、素子やモータにより、振動のエネルギーを電氣的エネルギーに変換して消散もしくは蓄積することにより、振動が小さくなるというものです。機械構造物や自動車部品、モータ、サスペンション、原子間力顕微鏡などへの応用が期待されています。我々のグループでは、とくに、シャント制振を入出力の取り方が特殊な制御系として捉え、物理原理に基づく数理モデルのパラメータ推定や、制御系の解析と設計、ならびに電子回路実装などについて研究しています。2023年度のシャント制振の研究結果として、剛体モードをもつねじり振動系に対して（準）最適な動吸振器を求めめるため、定点理論を適用して最適な係数について新しい知見を得ています[塩野ほか2023].

センサレスの振動制御のほかにも、新しい手法に基づく振動制御についても研究を行っています。よく知られている速度フィードバック制御という振動制御手法では、仮想的なダンパをフィードバック制御によって実現し減衰を得る手法ですが、変位センサを用いる場合には制御器が微分特性をもち高周波でハイゲインとなるためあまり望ましくはありません。近年、Integral Resoant Control (IRC)と呼ばれる新しい振動制御手法が注目されており、従来の速度フィードバック制御とは真逆の積分とポジティブフィードバックを用いる点で興味深い手法です。IRCは複数の振動モードに対して大きな振動制御効果とロバスト性を持つ一方で、剛体モードをもつ制御対象には適用ができません。本研究では、剛体モードをもつ制御に対してIRCを適用すべく研究を行っており、2023年度の成果としてねじり振動系に対しても振動制御ができることを新たに示しました[Yoshida et al. 2023].

5 物理に基づく深層学習

近年のAI・機械学習技術の発展に伴い、物理に基づく

深層学習、いわゆるPhysics-Based Deep Learning (PBDL) が注目されています。しかし、ニューラルネットワーク(NN)を用いて物理モデルを学習する場合、先験情報なくデータだけを用いた機械学習では物理法則を満足しないモデルが学習されてしまう可能性があります。そこで、PBDLでは物理学に基づくようにNNの学習を制約します。最近では、ハミルトン力学を深層学習に組み込み、エネルギー保存則に則った力学系を学習する手法であるHamiltonian Neural Networks (HNN)が提案されています。HNNには、物体の軌跡や動画像からハミルトニアンを直接学習し、力学系の運動方程式を表現するような応用が期待されています。本研究では、実用化を志向し、減衰や入力を考慮したハミルトン系(ポートハミルトン系)に対しても学習ができる手法について検討を始めています[蛭田ほか2023, 内海ほか2023].

6 まとめ

知能材料ロボティクス研究室の研究概要と、2023年度の研究成果についてまとめました。研究室のホームページ[5]もどうぞご覧ください。

参考文献

- [1] 高木, ロボット学会誌, 2019
- [2] 高木ほか, 計測と制御, 2020
- [3] Asaka and Okuzaki eds., *Soft Actuators*, Springer, 2017
- [4] 鈴森ほか編著, ソフトロボット学入門, オーム社, 2023
- [5] 知能材料ロボティクス研究室ホームページ <https://smr.me.tut.ac.jp/>
- [6] 伊藤ほか, SICE SI部門講演会, 2023
- [7] 木村ほか, SICE SI部門講演会, 2023
- [8] 帖佐ほか, SICE SI部門講演会, 2023 (優秀講演賞)
- [9] 柿原ほか, 日本機械学会ロボメカ講演会, 2023
- [10] Hiruta et al., *Smart Materials and Structures*, 2023
- [11] Hiruta et al., *Proc. EuroEAP*, 2023
- [12] 竹内ほか, 日本機械学会D&D2023, 2023
- [13] Hiruta et al., *Proc. SICE SII*, 2024
- [14] 矢口ほか, 日本機械学会東海支部学生発表会, 2024 (優秀発表賞)
- [15] Hiruta et al., (to be presented) *SPIE Smart Structures*, 2024
- [16] Wen et al., 日本機械学会ロボメカ講演会, 2023
- [17] 中井ほか, SICE中部支部若手研究発表会, 2023 (数理モデル)
- [18] Ishikawa et al., *IFAC World Congress*, 2023
- [19] 石川ほか, SICE SI部門講演会, 2023
- [20] Ishikawa et al., (to be presented) *SPIE Smart Structures*, 2024
- [21] Nakada et al., (to be presented) *SPIE Smart Structures*, 2024
- [22] 吉田ほか, 日本ロボット学会誌, 2023
- [23] 赤松ほか, SICE SI部門講演会, 2023 (優秀講演賞) (振動制御)
- [24] 塩野ほか, 日本機械学会D&D2023, 2023
- [25] Yoshida et al., *IFAC World Congress*, 2023 (機械学習)
- [26] 蛭田ほか, 第66回自動制御連合講演会, 2023
- [27] 内海ほか, 第66回自動制御連合講演会, 2023

サーバ・クライアント型位置推定システムに関する研究

機械工学系 高橋 淳二

1 はじめに

移動体に搭載したセンサのみで、環境計測によるマップの作成と、そのマップに対して自己位置を推定するSLAM形式のロボットのナビゲーション技術は成熟期にある。SLAM形式のロボットは環境側へのインフラストラクチャの敷設を要しないために導入やメンテナンスが比較的容易であり、AMR (Autonomous Mobile Robot) などと呼ばれ、産業界では環境側にガイドラインを敷設する形式のAGVにとって代わりつつある。一方で、よく利用されるLiDARは価格的には高価で定期的な校正を要するなど費用コストが大きく、AMRを大量導入している物流現場などでは、いまだ採算性が取れていないという報告もある。また、より廉価なRGBカメラを利用するVisual-SLAMも発展してはいるが、大学、病院の廊下などのテクスチャが疎な環境では正しく動作させにくいという問題もある。

上記を背景として、本研究室では環境の3Dモデルをマップとしてサーバで保持し、クライアントはセンシングデータをサーバに送るとサーバ側で位置が推定され、その結果をクライアントに返すという、サーバ・クライアント型の位置推定システムを提案し開発してきた[1]。このアプローチではクライアントに搭載するセンサはカメラのみでよく、WiFi等の通信環境の他には環境側に物理的なインフラストラクチャの設置が不要であるため、特に移動体が多数となるようなアプリケーションでの導入コストや運用コストに大きな利点がある。高橋の着任2年目となる2023年度は、高精細3次元レーザースキャナーの入手により既存建築物の計測作業がすすみ、またモデリングソフトウェアを利用しての3Dモデル作成のスキームも確立されつつある。さらに、サーバでの位置推定計算では、先行開発したものと比較して約100倍のメモリ効率に優れた手法を開発し、実証実験から有効性を示した。以下の章でそれぞれの詳細を述べる。

2 既存建築物の計測と3Dモデル作成

図1に高精細3次元レーザースキャナーFocus Premium LS9-HJ (FARO)にScanPlanをドッキングし



図1 FARO Focus Swift システム

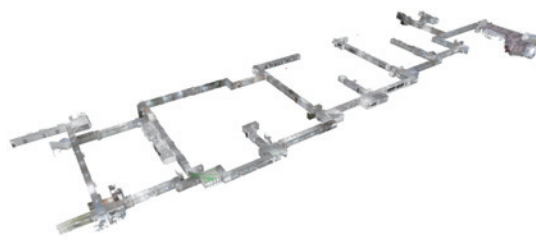


図2 A棟, B棟, C棟, D棟, F棟, の2階部分とそれぞれの棟間の渡り廊下の点群データ (2,400 m²)

たFocus Swift システムを示す。Focus 単独では計測時間2分47秒の固定スキャンを2~10m毎に実施する必要があったのに対し、Swift システムでは計測時間15秒のアンカースキャンを3m毎に実施すればよく、体感で1/10程度の計測時間でより精細な構造物の点群データを得られることを確認した。2023年度は、A棟, B棟, C棟, D棟, F棟, の2階部分とそれぞれの棟間の渡り廊下 (2,400 m²) (図2), 体育館 (1,000 m²), サテライトオフィス emCampus STUDIO (1,400 m²) を計測した。

モデリングでは、アルモニコス社製ClassNK-PEERLESS, による3D点群の数理データ化, CADソフトRhinocerosを用いた調整, データ変換, TIG (Template Image Generator) によるテンプレート画像生成の一連の手順・方法を確立した。体育館についてはモデリングが完了している (図3)。

3 体育館への位置推定システムの導入と性能評価

物流倉庫や工場への導入に向けた検証として、体育館に提案する位置推定システムを実装した。物流倉庫では、パレットや棚などの配置変更が頻繁に行われることから水平方向における視覚変化が大きく恒常的なランドマークを設定しにくい。一方、真上方向についてはほとんど変化はなく、天井の梁や構造物は安定したランドマークとなりうる。そこで、クライアントではAMRの真上を向くようにカメラを取り付け、サーバ側では天井を見上げたときにえられる画像をテンプレート画像としてDBを構成した。なお、これまでに開発した手法はクライアント画像の線分と3Dモデルを元にした構造物

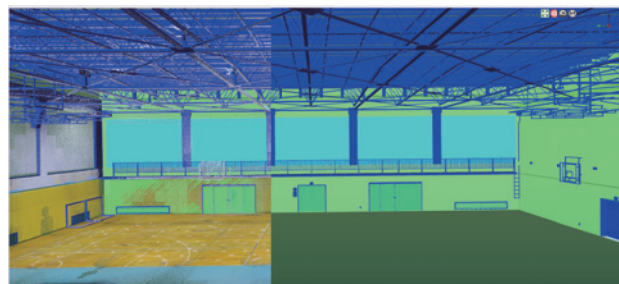


図3 点群データより作成した体育館の数理モデル

の幾何学模様をパターンマッチングさせて類似度を算出することから、Visual-Geometric-Matching と命名している。そして、今回開発した天井画像による照合手法を ceiling-VGM と命名する。ceiling-VGM では、クライアント画像の対角線長さを 1 辺の長さとする正方形のテンプレート画像を準備し、クライアント画像を回転させながら照合することで AMR の yaw 軸回転の姿勢推定を可能とする。先行開発した各 yaw 回転角でのテンプレート画像を生成・保持する basic-VGM に比べて大幅にメモリ効率を向上できる。

体育館の半面を利用し、モーションキャプチャ計測データを真値として作成した 30 枚のクエリ画像データセットを用いて実施した検証実験では、90%ile 誤差 10cm 程度であり、高性能であることを確認した (図 4)。

4 D 棟 4 階廊下への位置推定システムの導入と AMR 走行実験

先行開発した basic-VGM を用いて大学の廊下で実施した位置推定実証実験から、水平方向の視覚情報により大域位置推定が可能であることを確認している。一方で、位置推定精度を高めるためにはテンプレート画像の生成間隔を密にする必要があり、例えば 80%ile 誤差 0.72 m の性能を得るためには、生成間隔 $dx = dy = 0.4\text{m}$, $d\theta = 2^\circ$ でテンプレート画像を生成する必要があり、これらを VRAM (24GB) にすべて展開する場合は、対象環境は 160m^2 が上限となる。今後、福祉・医療施設や学校などの屋内施設への展開を目指す場合は、現状の位置推定精度から劣化させることなくメモリ効率を向上させることが課題である。

この課題に対して、テンプレート画像を円筒パノラマ画像で用意し、クエリ画像を同じ半径の円筒投影面に投影したのちにマッチングをする、panorama-VGM を開発した (図 5)。画像の水平幅ピクセルで概算すると、先の例では 1 地点につき全方位を 2° 間隔では 180 枚のテンプレート画像 (320 pixel) を生成するため 57,600 pixel を要するのに対し、panorama-VGM では 1 枚のパノラマテンプレート画像 (4147 pixel) で済むため、VRAM 使用率は $1/13$ となる。

さらに、移動ロボットであればオドメトリ情報を用いておおよその位置を把握できることから、サーバでの照合計算を現在地周辺のテンプレート画像のみに限定する絞り込み探索を実装した。これにより、計算時間を大幅

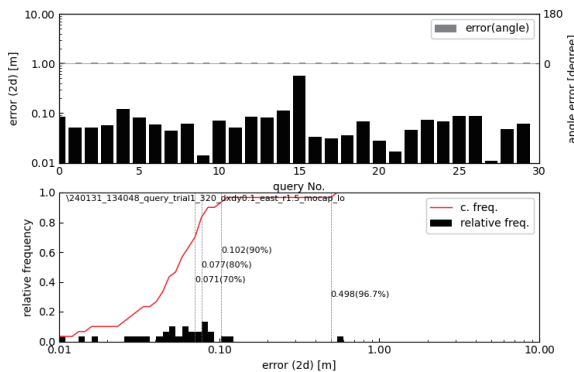


図 4 ceiling-VGM による位置推定結果 (オドメトリによる探索範囲の絞り込みあり)

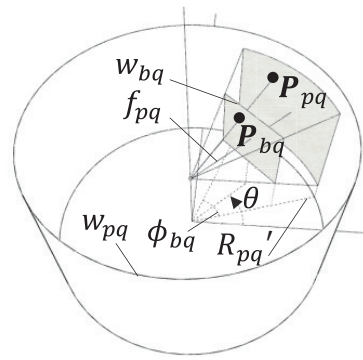


図 5 クエリ画像のパノラマ投影面への投影

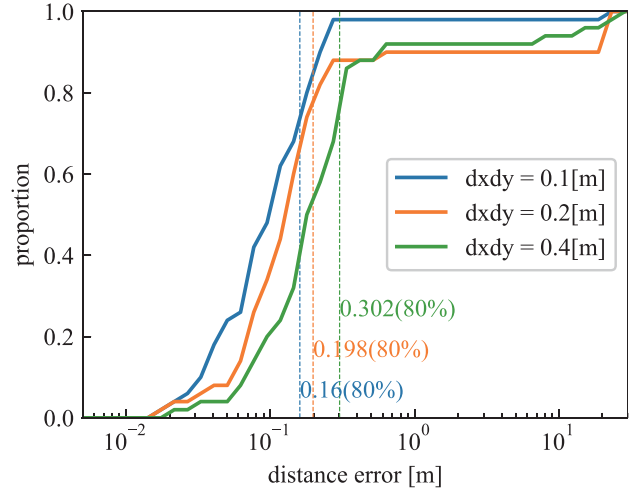


図 6 panorama-VGM の単独性能評価の結果

に減少させることができるとともに、建物の繰り返し構造に起因するまったく離れた場所が誤マッチングされる問題も解消される。

豊橋技術科学大学 D 棟 4 階で実施した実証試験では、panorama-VGM の単独性能として中央値誤差 0.109 m であった。さらに、panorama-VGM の結果を移動ロボットのオドメトリデータと EKF により統合して実施した走行試験では、オンボード PC のバッテリーがきれるまで連続して 77 min 走行し続け、走行距離 2,590 m を達成した。

5 まとめ

2023 年度は NEDO 若サポ事業の支援もあり研究を大いにすすめることができた。直近の目標は、豊橋技術科学大学の連結された 2 階フロアの端から端までを AMR で単独走行させることであり、そのためには、3D モデルの作成を急ぎたい。また、提案する位置推定システムは様々な自動化アプリケーションのためのインフラストラクチャとして利用できることから、人間・ロボット共生リサーチセンターのメンバーとの研究連携を進めていきたい。

参考文献

- [1] Takahashi J, Kawabe M, Ito S, Kaneko N, Takahashi W, Sakamoto T, Shibata A, and Yu Y (2020) Image-retrieval Method Using Gradient Dilation Images for Cloud-based Positioning System with 3D Wireframe Map. Sensor and Materials Vol. 32. No. 2. pp 611-623 DOI:10.18494/SAM.2020.2678

ロボット応用システムに関する研究

次世代半導体・センサ科学研究所/情報・知能工学系 垣内 洋平

1. はじめに

次世代半導体・センサ科学研究所（情報・知能工学系兼任）の情報・ロボットシステム研究室において、2023年度に研究した内容について説明します。当研究室では、ロボットを用いた教育、ロボットを用いる応用分野、新たなロボットシステムの創造・制御について、（ロボット）システムの構成の観点から研究を行っています。

以下、本年度行った、ロボットを生成するシステムとロボット教育、非エキスパートによるロボットの操作、ヒューマノイドロボットシステムについて述べます。

2. ロボットを生成するシステムとロボット教育

ロボット等のCPS(Cyber Physical System)を用いて課題を解決できるようになるための教育として、課題解決型学習を参考にしたロボット教育のコースを研究しています[1]。課題解決型学習となるように、問題の提示を行い、問題の解決に必要なツールの使用方法を学習し、シミュレーションを用いて検証・修正を行い、最終的に実機を構成して提示された問題を解決できる実システムを構成するという内容の教育コースとなります。

教育であるため、現実の問題を解決するような本格的なシステムの構築ではありませんが、問題の核となる要素が入っているような教育用課題を揃えていくことが重要だと考えており、今後、実際の問題をモデル化し、重要要素を残しつつミニチュアモデルを作成する方法について研究してゆきます。

集まっていたので、積極的に講義に参加していただき、システムへの改良提案等も得ることが出来ました。来年度以降も継続して体験実習にてコースを実施の予定です。教育効果の計測等の準備を行ってロボット教育の研究につなげてゆきたいと考えています。



図3: 体験実習の様子

また、上記の教育用に作成したロボット構成ツールやロボットプログラミング環境を用いて研究を行っています。ロボット構成ツールはロボットの設計図をグラフ形式で構成することのできるシステムになります。これは、このシステムで作られたロボットの構成は、プログラマ的に操作可能となっていることを意味し、自動生成できたり、部品の接続関係を抽出できたりします。

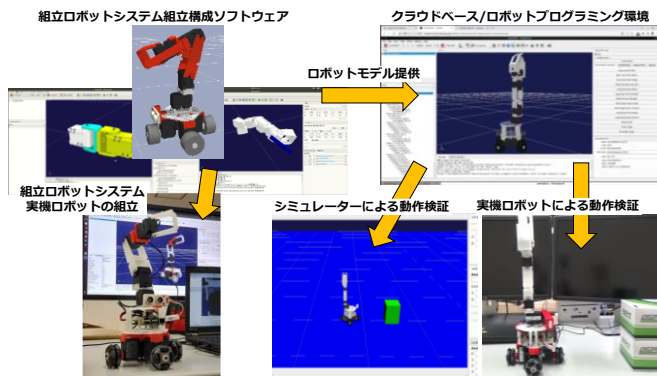


図1: ロボット教育システムの構成

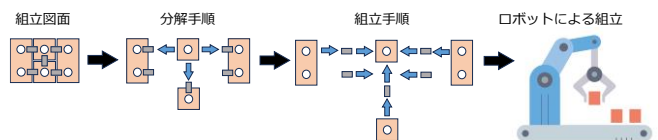
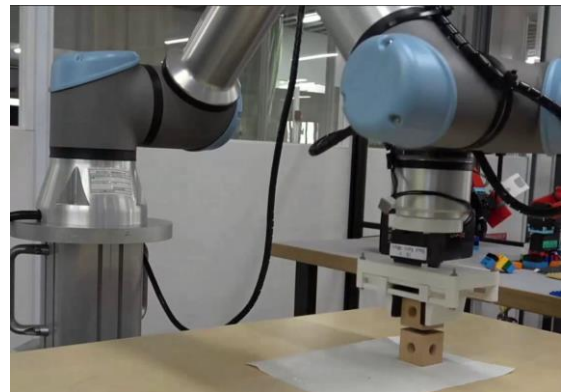


図4: アームロボットによる部品組み立て



図2: 体験実習での作品(実機とモデル)

2023年8月に豊橋技科大の体験実習として、高専本科4年生13名に対して上記システムを用いたロボット教育を行いました。教育コースは1週間で行われ、6名と7名がそれぞれ1週間のコースを受講しました。ロボットに興味のある学生に多く

部品の接続関係が抽出できることで、ロボット（部品を組み合わせて構成された機械）を組み立てるための組立手順を作ることが出来ます。この組立手順を、組立ロボットが実行することで自動的にロボット組み立てることのできる自動ロボット組立工場を構成することが出来ます。

本年度の研究で、組立手順の導出とアームロボットを用いた自動組立方法の研究を行いました。まだ複雑な組立手順の導出や、細かな作業が必要な組立については行えておりませ

んが、今後ロボットの自動組立が出来るように研究を進めます。

3. 非エキスパートによるロボットの操作（ヒューマンロボットインタラクション）

ロボットとの共生が行われるようになるには、現在はロボットを動かすためにエキスパートによって行われている設定やプログラミングなどを行うことなく、非エキスパートのユーザーのみで完結できる操作方法が提供される必要があると考えます。その操作方法によって、非エキスパートのユーザーによって十分にロボットの機能を使うことができることが重要だと考えます。

また、ユーザーの使い方によってロボットの行動が変化する操作方法が提供されることで、ユーザーとロボットの多様な関係性を基盤とした、想像していなかった方法を含んだ多様な利用方法が発見されると考えています。この方向性が、人間とロボットの共生を実現してゆくために必須の研究課題だと認識しています。このような観点から非エキスパートによるロボットの操作方法を研究しています。

本年度は、ロボットが人と手をつないで誘導するシステムの研究を行いました。

このシステムは、使用者がロボットにジェスチャーで指示を与えて、ロボットが指示を受け取って使用者に近寄り、ロボットの手が使用者の手に触れた後に、使用者がロボットの手を握り返す（力を掛ける）とロボットが誘導動作を開始します。

ロボットは指定された目的地へ手を引きながら誘導します。この時、ロボットの手に作用する力を計測してロボットが移動速度を調整し使用者の歩行速度と合わせるように制御されます。また、ロボットは誘導を受ける人がロボットに対してどこにいるかをセンサにより検出して、ロボットが人の方を向くように制御することで、使用者への誘導性を高めようとしています。

本年度の研究では、ロボットが学習して動作を変えるところには至っていませんが、フィードバックの切り替え等と用いてロボットが人間の応答に対して適応的に動作を変えることができています。

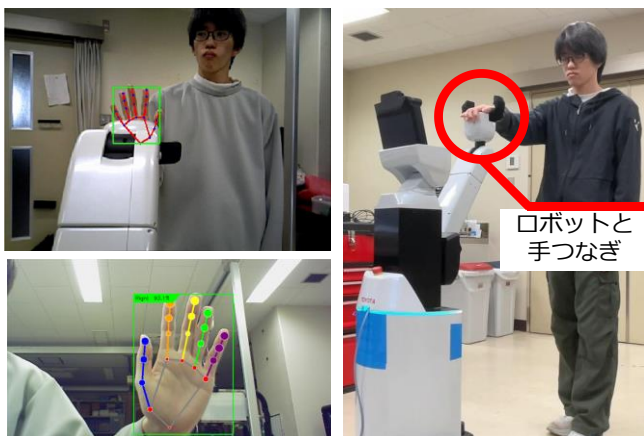


図5: ロボット手つなぎインターフェース

従来は、人と共生するロボットの評価方法として、操縦インターフェースの使いやすさの評価や、感性評価等を行っています。新たな機能を提案した場合、その機能の有効性や受容性については、単純に従来型のインターフ

ェースとしての評価や初見での感性評価が有効であるか、正当な評価であるかとの疑問があります。ロボットと人の共生に向けて、ロボットの機能の構成方法だけでなく、新たなロボットシステムの評価方法についても考えてゆきます。

4. ヒューマノイドロボットシステム

複雑なロボットの制御としてヒューマノイドロボットの制御システムを研究しています。新たなヒューマノイドロボットの制御を目的として、足裏に分布接触センサを装着するシステム統合を進めました。

このセンサによって、実際の歩行平面の状態を検出し、足裏の接触力を実際に接触している部分に集まるように制御することで、環境から適切な（計画通りの）反力を得ることが可能になり、歩行時の安定性を高めることができると期待しています。

本年度は、センサを用いることのできるシステム統合とセンサ基板の作成を行いました。来年度以降に、足裏センサを活用した歩行制御の確立と歩行実験を行う予定です。

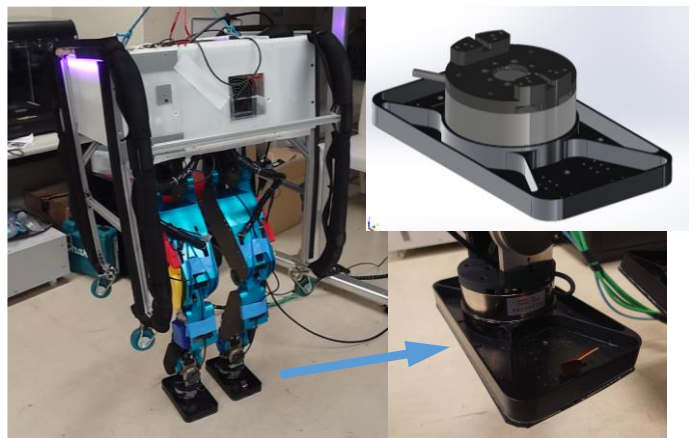


図6: 脚ロボットとセンサを装着した足平

5. おわりに

本年度行った、ロボットを生成するシステムとロボット教育、非エキスパートによるロボットの操作、ヒューマノイドロボットシステムについて述めました。

ロボット教育、ロボットプログラミング環境については、実施内容、プログラムソースコード等をオープンにしています[2]ので大学・高専での講義や研究に波及できるように活動に勤め、利用者を増やすことでより良いシステムへ修正する原動力としたいと考えています。

参考文献

[1] 豊橋技科大CPS講義

<https://irsl-tut.github.io/CPS-lecture/index.ja.html>

[2] 情報・ロボットシステム研究室 レポジトリ

<https://github.com/IRSL-tut>

研究業績

【論文誌】

- M. Ul Hassan and J. Miura, "Sensor Pose Estimation and 3D Mapping for Crane Operations Using Sensors Attached to the Crane Boom", IEEE Access, 2023.
- 本所 然、長谷川孔明、大島直樹、岡田美智男：社会的受容性を志向するロボプロジェクト概念の提案、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol. 25, No3, pp.203-208 (2023).
- 肥田木遼、本所 然、長谷川孔明、大島直樹、岡田美智男：ミニマルな聞き手性を備えた マイク型ロボプロジェクト (Whimbo) の提案、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol. 25, No3, pp. 231-240 (2023).
- 岡田美智男：〈弱いロボット〉と文化、日本ロボット学会誌 Vol. 42, No. 1, pp.18-22 (2024).
- Hapuarachchi, H., Hagiwara, T., Ganesh, G., and Kitazaki, M. (2023). Effect of connection induced upper body movements on embodiment towards a limb controlled by another during virtual co-embodiment. PLoS One, 18(1): e0278022, doi: 10.1371/journal.pone.0278022
- Hapuarachchi, H., Higashihata, K., Sugiura, M., Sato, A., Itakura, S., and Kitazaki, M. (2023). Empathic embarrassment towards non-human agents in virtual environments, Scientific Reports, 13: 13914. DOI: 10.1038/s41598-023-41042-3
- Hapuarachchi, H., Ishimoto, H., Kitazaki, M., Sugimoto, M., and Inami, M. (2023). Temporal visuomotor synchrony induces embodiment towards an avatar with biomechanically impossible arm movements, i-Perception, 14(6):20416695231211699. doi: 10.1177/20416695231211699
- 勝俣安伸、鳥海智志、井上康之、Harin Hapuarachchi、北崎充晃 (in press). 共有・結合した手による指リーチングにおける身体性と課題成績、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、29(1), 11 pages.
- 村上太一、北崎充晃 (in press). バーチャル身体化における変身パターンが身体変容感、身体所有感、行為主体感に及ぼす効果、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、29(1), 10 pages.
- Nakamura, J., Ikei, Y., and Kitazaki, M. (in press). Effects of foot vibration and self-avatar cast shadow on virtual walking sensations and cybersickness from omnidirectional movie. i-Perception,
- 松田基、片山哲、福村直博、"VAEを用いた視覚-運動変換モデルによる多指ロボットハンドでのコップの把持運動制御、" 電子情報通信学会論誌D, Vol. J107-D, No. 2, pp. 67-76, 2024
- M. Takeda and K. Sato, "Training Data Generation using Human Link Model for State Estimation of Care Robot User," IEEE Access, Vol. 11, pp. 69310-69325, Jul. 2023.
- Abdallah Farrage, Hideki Takahashi, Kenichi Terauchi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Naoki Uchiyama, Trajectory generation of rotary cranes based on A* algorithm and time-optimization for obstacle avoidance and load-sway suppression, Mechatronics, Elsevier, 94, 103025, 2023
- Mathias Sebastian Halinga, Haryson Johanesh Nyobuya, Naoki Uchiyama, Generation and experimental verification of time and energy optimal coverage motion for industrial machines using a modified S-curve trajectory, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer, Volume125(Issue7-8) Pages 3593-3605, 2023
- Haryson Johanesh Nyobuya, Mathias Sebastian Halinga, Naoki Uchiyama, Simple adaptive control for industrial feed drive systems using a jerk-based augmented output signal, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer, Volume128(Issue7-8) Pages 3613 - 3626, 2023
- Haryson Johanesh Nyobuya, Mathias Sebastian Halinga, Naoki Uchiyama, Simple adaptive contouring control for feed drive systems using jerk-based augmented output signal, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer, Volume130(Issue9-10) Pages 4985 - 5001, 2024
- Mathias Sebastian Halinga, Enock William Nshama, Tobias Rainer Schäfle, Naoki Uchiyama, Time and energy optimal trajectory generation for coverage motion in industrial machines ISA Transactions, Elsevier, 138, 735-745, 2023
- Hideki Takahashi, Fumiya Tsukahara, Kenichi Terauchi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo and Naoki Uchiyama, Optimization of Torsional Stiffness for Operational Easiness of Large Tower Cranes by Minimizing Vibration Gains, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Volume 19, Number 3, June 2023 pp. 699-719, 2023
- 佐藤 隆史, 柿原 清章, 佐郷 幸法, 柿原 亮也, 内山 直樹, 地表に散在する物体回収のための移動ロボットの設計と実験検証, 日本ロボット学会誌 41(1) 82-91 2023
- 小杉 信彦, 佐野 滋則, 内山 直樹, 符号反転を用いた積分制御による自動車用ワイパシステムの非線形摩擦補償, 自動車技術会論文集 54(1) 212-217 2023
- 吉田 優太郎, 林 亮, 舛屋 賢, 高木 賢太郎, 有田 輝, 田原 健二, 回転型釣糸人工筋肉アクチュエータの拮抗型合トルク制御, 日本ロボット学会誌, 41巻, 6号, p. 573-576, 2023
- Toshiki Hiruta, Hiroki Ishihara, Naoki Hosoya, Shingo Maeda, Kentaro Takagi, Itsuro Kajiwara, Active vibration control for thin curved structures using dielectric elastomer actuators, Smart Materials and Structures, vol. 33, no. 3, 035047, 2024

【国際会議】

- T. Ishii, J. Miura, and K. Hayashi, "Enhancing Human-Robot Collaborative Object Search through Human Behavior Observation and Dialog", Proc. 11th Int. Workshop on Assistive Computer Vision and Robotics (ICCVW-2023/ACVR 2023), Oct. 2023.
- S. Matsuzaki, H. Masuzawa, and J. Miura, "Multi-Source Soft Pseudo-Label Learning with Domain Similarity-based Weighting for Semantic Segmentation", Proc. 2023

- IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2023), Oct. 2023.
- Y. Uzawa, S. Matsuzaki, H. Masuzawa, and J. Miura, "Dataset Generation for Deep Visual Navigation in Unstructured Environments", Proc. 2023 European Conf. on Mobile Robots (ECMR-2023), Sep. 2023.
- K. Minami, K. Hayashi, and J. Miura, "Development of the Pedestrian Awareness Model for Mobile Robots", Proc. 32nd Int. Conf. on Human Interactive Communication (RO-MAN 2023), August 2023.
- H. Masuzawa, C. Nakano, and J. Miura, "CG-based Dataset Generation and Adversarial Image Conversion for Cucumber Recognition", Proc. 18th Int. Conf. on Machine Vision and Applications (MVA 2023), July 2023.
- R. Saito and J. Miura, "Automated Accessibility Map Construction with Two-level Viewpoint Planning Strategy", Proc. 18th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems (IAS-18), July 2023.
- Michio Okada, Komei Hasegawa, Shun Nishimura and Nen Honjo: Muu (2000): Artificial Creatures as an Embodied Interface, ACM SIGGRAPH 2023, Blasts From the Past, 6-10 Aug. 2023.
- Takahashi, K., Inoue, Y., and Kitazaki, M. (2023). Effects of Source Location, Loudness, and Understanding of Speech on Interpersonal Distance in a Virtual Environment, The 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2023), October 09-11, 2023, Christchurch, New Zealand. Posters, Article No.54, doi: 10.1145/3611659.3617193
- Haraguchi, G. and Kitazaki, M. (2023). Deforming Skin Illusion by Visual-tactile Stimulation, The 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2023), October 09-11, 2023, Christchurch, New Zealand. Demos, Article No.47, doi: 10.1145/3611659.3616890
- Murakami, T., and Kitazaki, M. (2023). Design of body transformation experience, ICAT-EGVE 2023, 6-8 December 2023, Dublin, Ireland, doi: 10.2312/egve.20231335.
- Hapuarachchi, H., Inoue, Y., and Kitazaki, M. (2023). Exploring Embodiment and Usability of Autonomous Prosthetic Limbs through Virtual Reality, SIGGRAPH Asia 2023 Poster, December 12-15, 2023, Sydney, Australia. Article No.16, doi: 10.1145/3610542.3626115
- Nakamura, J. and Kitazaki, M. (2024). Enhancing Virtual Walking in Lying Position: Upright Perception by Changing Self-Avatar's Posture, The 31st IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (IEEE VR), March 16-21, 2024, Orlando, FL, USA.
- Haryson Johanes Nyobuya, Mathias Sebastian Halinga, Naoki Uchiyama, Enhanced Motion Accuracy in Industrial Feed Drive Systems Using Simple Adaptive Control with a Jerk-Based Augmented Signal, 22nd IFAC World Congress 9906-9911 2023
- Mathias Sebastian Halinga, Haryson Johanes Nyobuya, Naoki Uchiyama, Energy-Optimal Coverage Motion Trajectory Generation for Industrial Machines, 22nd IFAC World Congress 9452-9457 2023
- Min Set Paing, Abdallah Farrage, Nur Azizah Amir, Hideki Takahashi, Kenichi Terauchi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Naoki Uchiyama, Real-Time Modification of a Spline-Based Time-Optimal Motion Trajectory with Load-Sway Reduction for Rotary Cranes, IEEE/IFAC 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, 1005-1010, 2023
- Yuya Fujita, Muhammad Azmi Bin Ayub, Naoki Uchiyama, Optimal B-spline motion trajectory generation considering corner tolerances for industrial machines, International Conference on Design and Concurrent Engineering 2023 & Manufacturing Systems Conference 2023, Session ID: 44
- Nur Azizah Amir, Min Set Paing, Abdallah Farrage, Hideki Takahashi, Kenichi Terauchi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Naoki Uchiyama, Automatic trajectory generation for rotary cranes combining simple movements for manual operation, SICE International Symposium on Control Systems, 2024
- Yotaro Kakuta, Min Set Paing, Abdallah Farrage, Kazufumi Kudara, Hideki Takahashi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Naoki Uchiyama, Visual Feedback Control for Positioning Support of a Rotary Crane, 94th annual meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics, 2024
- Carey Sinaga, Takuya Ishiyama, Ryuji Sato, Naoki Uchiyama, Optimal Motion Generation of Mobile Robots for Collecting Fruits Scattered on the Ground, 62nd Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), 1271-1272, 2023
- Tai Van Nguyen, Naoki Uchiyama, Energy-Efficient Trajectory Generation of Autonomous Mobile Robots for Online Coverage Path Planning, 62nd Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), 118-119, 2023
- Abdallah Farrage, Hideki Takahashi, Kenichi Terauchi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Naoki Uchiyama, Modified A*Algorithm for Optimal Motion Trajectory Generation of Rotary Cranes, IEEE International Conference on Mechatronics, 2023
- Toshiki Seki, Yoji Masui, Nobumasa Ushiro, Naoki Uchiyama, Discrete-time adaptive pole placement control of a multi-inertia system with high-frequency resonance and time-delay, IEEE International Conference on Mechatronics, 2023
- Mathias Sebastian Halinga, Haryson Johanes Nyobuya, Naoki Uchiyama, Generation of Time and Energy Optimal Coverage Motion for Industrial Machines Using a Modified S-Curve Trajectory, IEEE/SICE International Symposium on System Integration, 2023
- T. Hiruta, N. Hosoya, S. Maeda, K. Takagi, I. Kajiwara, A study on active vibration control using dielectric elastomer actuators for membrane space structures in a vacuum environment, EuroEAP 2023, 2023
- K. Ishikawa, Z. Zhu, K. Asaka, T. Hiruta, K. Takagi, Physics-Based Irrational Transfer Function of IPMC Sensor Output Voltage, IFAC World Congress 2023, 2023
- M. Yoshida, S. Gobara, T. Hiruta, T. Inoue, T. Iwasaki, K. Takagi, Integral Resonant Control Preserving the Rigid Body Mode of Torsional Vibration Systems, IFAC World Congress 2023, 2023
- T. Hiruta, J. Ohno, K. Takagi, Vibration Experiment for a Conductive Structure with Curved Surface Using a

- Dielectric Elastomer Actuator with Electro Adhesion Technique, 2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp.36-41, 2024
- K. Ishikawa, Z. Zhu, K. Asaka, T. Hiruta, K. Takagi, On the time response properties predicted from the exact transfer function of a multi-physics model of IPMC sensors, SPIE Smart Structures + NDE 2024, (to be presented), 2024
- T. Hiruta, J. Ohno, K. Takagi, Dielectric elastomer actuator with electro adhesion for a vibration excitation of a conductive structure, SPIE Smart Structures + NDE 2024, (to be presented), 2024
- J. Nakada, M. Garai, T. Hiruta, I.K. Oh, K. Takagi, Accelerating electro-ionic soft actuators by feedforward control and the performance degradation by voltage limits, SPIE Smart Structures + NDE 2024, (to be presented), 2024
- 【国内会議】**
- S. Higashimoto, J. Miura, "Person state recognition from boom-tip camera images for safe crane operation", 動的画像処理実利用化ワークショップ2024, 2024年3月.
- 山本貴史, 尾藤浩司, 森健光, 岡田浩之, 山崎公俊, 三浦 純, 稲邑哲也, 高橋正樹, "HSR開発コミュニティによる共創的研究 ~RSJ-IHR研究専門委員会への運営移行~, 日本ロボット学会学術講演会2023, 2023年9月.
- 石井雄大, 三浦 純, 林宏太郎, "人とロボットによる共同物体探索 ~人物の行動観察と対話を用いた探索の効率化~, 日本ロボット学会学術講演会2023, 2023年9月.
- 柿木広人, 増沢広朗, 三浦 純, "木の幹を利用したロボットの移動量推定", 2023年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2023年6月.
- 東峰太貴, 高澤楽, 三浦純, 鈴木薪雄, 楊艶艶, "SFGMを用いた移動ロボットによる屋内案内行動の生成", 2023年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2023年6月.
- 小宅大地, 三浦純, "3D LiDARによるスロープの検出と移動ロボットの誘導", 2023年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2023年6月.
- 民谷俊介, 三浦純, "自律移動ロボットによる屋外案内行動の実現", 2023年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2023年6月.
- David Pich, Yoshinobu Uzawa, Shigemichi Matsuzaki, Hiroaki Masuzawa, Jun Miura, "Behavior-based Navigation System for Mobile Robot in Greenhouse using 2D LiDAR", 2023年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2023年6月.
- 天野健人, 三浦純, "手書き地図を用いた移動ロボットのナビゲーション ~手書き地図とSLAMにより作成した地図のマッピング手法の開発~, 2023年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 名古屋, 2023年6月.
- 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男: ロブジェクト概念とその社会的受容性について, デモ発表, HIS2023(2023).
- 豊島直, 上村綜次郎, 長谷川孔明, 岡田美智男: RunRu for Kids: 身体能力の拡張を志向するパーソナルビークルとそのプレイフルインタフェース, デモ発表, HIS2023(2023).
- 三宅将吾, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男: なんだコイツは? 子どもたちとプレイグラウンドを構成する〈Toi〉ロボットの研究, デモ発表, EC2023 (2023).
- 川口諒真, 西村駿, 長谷川孔明, 岡田美智男: 見える人には見える!? ミストタイプのエージェント〈Omboo!〉の提案, デモ発表, HIS2023 (2023).
- 伊藤里奈, 石山智也, 長谷川孔明, 岡田美智男: 〈Talking-Bones〉との関わりにおけるクリエイティブティポケットのデザイン, デモ発表, HIS2023 (2023).
- 関川泰地, 石山智也, 長谷川孔明, 岡田美智男: PoKeBo Cube: 子どもたちとの協働的な学びの場の提案, デモ発表, HIS2023 (2023).
- 天野僚, 佐々木冬威, 長谷川孔明, 岡田美智男: ブリコロ (Bricolo): ブリコラージュ風発話生成インタフェースの構築, デモ発表, HIS2023 (2023).
- 山崎布友美, 多田魁登, 本所然, 長谷川孔明, 大島直樹, 岡田美智男: Sociable Dining Table: テーブルの上に棲まうミニマルクリーチャの提案, デモ発表, HIS2023 (2023).
- 大内直, 長谷川孔明, 岡田美智男: Muu: ラボールトークを志向した会話の場の生成について, デモ発表, HIS2023 (2023).
- 豊島直, 上村綜次郎, 長谷川孔明, 岡田美智男: 子どもたちのがんばりを引き出すパーソナルビークル〈RunRu for Kids〉の提案, HAIシンポジウム2024, P-70 (2024).
- 伊東大裕, 長谷川孔明, 岡田美智男: 〈ひも〉を介して一緒に並んで歩くロボット〈I-to-Te〉の提案, HAIシンポジウム2024, P-36 (2024).
- 三宅将吾, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男: 共生型STEAM学習のためのロボット〈Toi〉の提案, HAIシンポジウム2024, P-79 (2024).
- 天野僚, 長谷川孔明, 岡田美智男: Bricolo: ブリコラージュ風発話生成システムの提案, HAIシンポジウム2024, P-76 (2024).
- 川口諒真, 本所然, 長谷川孔明, 岡田美智男: Omboo!: 心も潤すミスト型エージェントの提案, HAIシンポジウム2024, P-50 (2024).
- 宇野立晃, 西村駿, 長谷川孔明, 岡田美智男: Oz-Bones: 〈弱いロボット〉を纏うことによる対人的自己の変容について, HAIシンポジウム2024, P-74 (2024).
- 西村駿, 長谷川孔明, 岡田美智男: ソーシャルなロボットの社会的受容性について—ロボットの内なる視点から探る, HAIシンポジウム2024, P-78 (2024).
- 村上太一, 北崎充晃(2023). アバター変身における外見変容の過程がバーチャル身体化に及ぼす効果, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会, 1B1-05、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 原口岳丸, 北崎充晃(2023). VRアバターにおける視触覚統合を用いた皮膚変形感覚の誘発, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会, 1C1-07、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- HAPUARACHCHI HARIN, 井上康之、北崎充晃(2023). 自律動作する義手の運動時間が身体性に及ぼす効果, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会, 1B2-05、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 中村純也、北崎充晃(2023). 足裏振動を用いたバーチャル歩行体験における観察姿勢の効果, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会, 1B2-07、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 廣瀬修也、北崎充晃(2023). 手足のみ運動同期による透明身体感覚における大局的空間関係の効果, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会, 2A1-05、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 坂田龍星、中村純也、北崎充晃(2023). 仰向け姿勢での鉛直情報の視覚刺激提示がバーチャル歩行感覚に与える効果, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会, 2A1-08、八王子、東

- 京、12-14 September, 2023.
- 片岡純也、北崎充晃(2023). 路面摩擦に関する視覚・運動情報と視点が運転に及ぼす効果, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会、3B1-02、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 小野寺琉、北崎充晃(2023). 後頭部視界をもつ身体の運動学習, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会、3B1-08、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 高橋宏太、北崎充晃(2023). バーチャルアバターの声量による歩行経路の制御, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会、3D1-05、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- Cedillo Rorek, Hapuarachchi Harin, 北崎充晃(2023). バーチャル共有身体での姿勢照合課題における心拍同期の研究, 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会、3C2-06、八王子、東京、12-14 September, 2023.
- 河原大智、福村直博, “ロボットハンド義手のための指先圧のフィードバックシステムによる把持物体の質量の偏りの識別実験,” 電子情報通信学会MBE研究会, MBE2023-75(2024-03), pp.36-41, 2024
- 成田 ジュースン, 宮路 祐一, 大村 廉, 衣類上の無線電力伝送システムにおける装着時の曲げが及ぼす影響評, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02023)シンポジウム, 7月, 2023
- 内山龍成, 薄井雅貴, 大村廉, BLE ビーコンを用いた電波伝搬特性補正による Wi-Fi パケットセンサ測距システムの精度向上, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 8月, 2023
- XAIHCA JAIXIONG, 大見士, 藤原健之, 大村廉, ウェアラブルセンサデータと環境設置ビデオデータを併用した保育士行動認識, 令和5年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 8月, 2023
- 菅原 光, 大村 廉, FIWAREにおける時系列データと静的データ連携, 第82回情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 3月, 2024
- 薄井 雅貴, 大村 廉, マルチスケールな空間特徴とConvolutional LSTMを用いた変動に頑健なWiFiベース人流予測, 第82回情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 3月, 2024
- 大見 士, 大村 廉, ウェアラブルセンサを用いたMET推定と農作業の運動強度評価, 第82回情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 3月, 2024
- 藤原 健之, 大村 廉, ウェアラブル加速度センサを用いた行動認識における制約付き幾何学変換によるデータ拡張, 第82回情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 3月, 2024
- 藤田優也, 松繁俊治, 内山直樹, 木造建築部材の断面接合部加工のための最適動作軌道生成, 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2024講演論文集, 148-152, 2024
- 武田 洗晶, 佐藤 海二, 平田 泰久, 翁 岳暄, “アカウンタビリティを考慮した福祉ロボットの不具合検証インターフェイス”, ロボティクス・メカトロニクス講演会2023, Jun. 2023.
- 佐藤 海二, 武田 洗晶, “感温磁性体を用いたワイヤレスマイクロ平面モータの構成と基本特性”, マグネティックス/リニアドライブ合同研究会 電気学会研究会資料, Jul. 2023.
- 武田 洗晶, 佐藤 海二, “使用者との相互コミュニケーションに基づいて動作する福祉ロボット”, 第41回日本ロボット学会学術講演会, Sep. 2023.
- 齋藤 優輝, 武田 洗晶, 佐藤 海二, “起立支援ロボット使用者の関節位置候補を用いた状態推定”, 第41回日本ロボット学会学術講演会, Sep. 2023.
- 武田 洗晶, 佐藤 海二, “リンクモデルから作成した教師データを用いた福祉ロボット使用者の状態推定”, 第24回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, Dec. 2023
- 佐藤 海二, 武田 洗晶, “NCTF制御系への補償器追加による性能向上とロバスト性 - 歯車減速機を用いた機構での実験的評価”, 2023年度精密工学会秋季大会学術講演会, Sep. 2023.
- 千田 直弥, 佐藤 海二, 武田 洗晶, 平田 政貴, 田邊 雅隆, 安達 大稀, “垂直多関節ロボットの実用的な幾何学誤差補償”, 2024年度精密工学会春季大会学術講演会, Mar. 2024.
- 小田島 拓海, 佐藤 海二, 武田 洗晶, “高重心系ステージの高位置変位の簡易推定”, 2024年度精密工学会春季大会学術講演会, Mar. 2024.
- 宮平 大輝, 佐藤 海二, 武田 洗晶, “NCTF制御系の自動設計のためのNCT決定法”, 2024年度精密工学会春季大会学術講演会, Mar. 2024.
- 柿原 隆之介, 小田 大夢, 比留田稔樹, 新竹純, 奥崎秀典, 高木賢太郎, 熱と電場の両方に応答するハイブリッド誘電エラストマーアクチュエータの提案, ロボティクス・メカトロニクス講演会2023, 2023
- C. Wen, S. Sato, T. Hiruta, H. Masuzawa, J. Miura, K. Suzuki, M. Tsume, K. Takagi, Pneumatic Cylinder-Based Cabbage Harvesting Mechanism with Grasping and Cutting Capabilities, ロボティクス・メカトロニクス講演会2023, No. 23-4, 2023
- 塩野 哲志, 河原 祥吾, 大島 京祐, 部矢 明, 比留田 稔樹, 井上 剛志, 道木 慎二, 高木 賢太郎, 二慣性ねじり振動系に対する電磁シャント制振の定点理論を用いた最適化, Dynamics and Design Conferece 2023, 2023
- 竹内 駿太郎, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, 誘電エラストマーアクチュエータグリッパの振動制御に関する研究, Dynamics and Design Conferece 2023, 2023
- 内海幸太郎, 蛭田哲大, 比留田稔樹, 高木賢太郎, 画像を直接用いたHamilton系の深層学習における画像形状の影響について, 第66回自動制御連合講演会
- 蛭田哲大, 比留田稔樹, 高木賢太郎, Hamiltonianに基づく深層学習手法の比較についての一考察: 入力を持つ系への拡張について, 第66回自動制御連合講演会, 自動制御連合講演会講演論文集 p.471~p.476, 2023
- 中井 丈慈, 温 振廷, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, キャベツの把持を目的とした自己ロック機構をもつ形状適応ロボットハンドの研究, 計測自動制御学会中部支部若手研究発表会2023
- 石川 耕雪, 朱 子才, 安積 欣志, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, IPMC センサの物理モデルの厳密な伝達関数から予測される時間応答について, 第24回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会
- 赤松 駿, 東内 裕武, 塩谷 正俊, 木村 大輔, 入澤 寿平, 宝田 亘, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, 線状ねじり型釣糸人工筋(STPF)の異方性弾性を考慮した発生力と変形量のモデル化について, 第24回計測自動制御学会 シ
- 伊藤蒼大, 岡本岳人, 入澤寿平, 舛屋賢, 田原健二, 比留田稔樹, 高木賢太郎, 釣糸人工筋の作製時コイリング中の温度が駆動特性に及ぼす影響について, 第24回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
- 木村凌大, 比留田稔樹, 新竹純, 入澤寿平, 高木賢太郎, 釣糸人工筋肉と誘電エラストマーアクチュエータの複合化の提案と基礎検討, 第24回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会
- 帖佐有希, 櫻井大地, 茶谷章大, 鷲野誠一郎, 木村大輔, 入澤

寿平, 宝田亘, 塩谷正俊, 比留田稔樹, 高木賢太郎, 流体を用いない固体ポリマMcKibben型人工筋肉の開発に関する研究, 第24回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会

占部俊智, 高橋淳二, UMapの相互類似度評価に基づく建築物の繰り返し構造の定量化, ROBOMECH2023.

戸高聖人, 高橋淳二, 移動ロボットの小型・軽量化のための視覚情報とオドメトリによる位置推定, ROBOMECH2023.

大原功聖, 高橋淳二, 画像検索に基づく定位技術を夜間利用するための移動ロボット動作アルゴリズム, ROBOMECH2023.

佐々木友真, 高橋淳二, 仮想センシング画像を学習データとするResNetを用いた位置推定, ROBOMECH2023.

井手駿太, 高橋淳二, LiDAR不得意環境下でのUMapを利用した位置推定補助システムの提案, ROBOMECH2023.

小川永遠, 高橋淳二, UMapとRFIDタグを用いた物品管理システム, SICE計測部門スマートセンシング部会研究発表会2023.

石河大, 高橋淳二, 参加型センシングによる3Dランドマークの追加と削除, SICE計測部門スマートセンシング部会研究発表会2023.

生嶋玄明, 高橋淳二, 仮想レイヤに基づく複数AMRの準リアルタイム非衝突移動経路生成, SICEシステムインテグレーション部門講演会2023.

中尾拓真, 高橋淳二, 円筒パノラマ変換によるUMapの位置推定性能向上, SICEシステムインテグレーション部門講演会2023.

板垣光晟, 高橋淳二, 戸高聖人, Bayanjargal Doniddorj, 天井カメラによる物体トラッキングとオドメトリによる自律移動ロボットの定位システム, TOKAI ENGINEERING COMPLEX 2024.

【著書】

Kitazaki, M. (2023), The Liberation of Individuals from the Limitations Imposed by Their Physical Bodies Represents a Paradigm Shift in the Realm of Communication, pp25-44, in Theory of JIZAI Body: Towards Mastery Over the Extended Self, Springer Verlag:Singapore, ISBN: 978-981-99-2002-0, DOI:10.1007/978-981-99-2003-7

【招待講演】

Jun Miura "Dataset Challenges: Deep Learning in Robotic Applications", Keynote talk at ICITDA-2023, Yogyakarta, Indonesia and online, November 17, 2023.

Jun Miura "Dataset Issues in Applying Deep Learning to Robotics", Keynote talk at ICOMIT-2023, Surakarta, Indonesia and online, July 17, 2023.

岡田美智男: 〈弱いロボット〉だからできること、第40回町衆勉強会、構想日本 (2023/5/16).

岡田美智男: 〈弱いロボット〉だからできること、日本小児科医会総会フォーラム、名古屋国際会議場 (2023/6/25).

岡田美智男: 〈弱いロボット〉だからできること、「知の探究講座」開講式 特別講演 (2023/7/22).

岡田美智男: 〈弱いロボット〉の社会実装にむけた取り組み、ベンチャーズトーク2024 基調講演 (2024/3/1).

北崎充晃 (2023). バーチャルリアリティとメタバースの心理学, 第462回東三河産学官交流サロン, 2023年4月25日, 豊橋

北崎充晃 (2023). メタバースにおける心理学研究, 電子情報技術産業協会(JEITA) ヒューマンインターフェースデバイス・

技術分科会 講演会, 2023年7月22日, 東京

北崎充晃 (2023). バーチャル身体性とメタバース, イノベーションフェア2023 in 東三河, 2023年10月12日, 豊橋

内山 直樹, 産業機械の高度化のための制御系設計/最適化応用に関する事例紹介, MATLABを使用した制御システムMBD事例発表オンラインセミナー ~実例から学ぶ制御システム設計と開発~, 2023年9月15日

Naoki Uchiyama, Systems Engineering Approaches to Performance Enhancement of Industrial Machines, JICA Follow-up cooperation for Ukraine on "Industrial Technology Education", October 1, 2023

Naoki Uchiyama, Introduction to Industry Collaborated Projects on Robotics and Automation, A guest lecturer at School of Mechanical Engineering, College of Engineering, UiTM Shah Alam, June 22, 2023

内山 直樹, Dinh Ngoc Duc, Tran Viet Thanh, 戸川 育勇, 大久保 敦之, 屋外清掃ロボットはくろうくん, ARX(Aichi Robot Transformation) 愛知県サービスロボット実証実験見学会 "賑わい" と "安心安全" を創出する未来型公園プロジェクトHisaya-odori Park, 2024年3月1日 (説明会/展示) <https://www.robotatta.com/ja/posts/392>

M. Takeda, "Communication between physical assistive robots and their users," FRIS Symposium on Social Robots and Ethical Design, Jul. 2023.

高橋淳二, 2024. 3. 5 日本機械学会東海支部 第73期講演会 特別企画・講演会

【受賞等】

第24回ヒューマンインタフェース学会論文賞 (本所然、長谷川孔明、大島直樹、岡田美智男: 社会的受容性を志向するロボット概念の提案、ヒューマンインタフェース学会論文集、Vol. 25, No3, pp. 203-208 (2023))

【その他】

内山 直樹, 豊橋技術科学大学でのクレーンに関する研究紹介 — 巡回クレーンの最適動作軌道生成 —, クレーン, 第61巻 5号 2023, 22-29 (解説)

Mathew Renny Msukwa, 内山 直樹, 機械システムの制御教育教材, 豊橋技術科学大学 イノベーションフェア2023 in 東三河, 2023年10月13日 (展示)

佐藤 海二, American Association for the Advancement of Science, "Creation of training data to estimate the states of care robot users", EurekAlert!, Sep. 2023.

佐藤 海二, 日刊工業新聞社, "介護ロボ向け学習データ、計測せずに生成 豊橋技科大が手法開発", 日刊工業新聞, 25面, Sep. 2023.

佐藤 海二, 豊橋技術科学大学, "未知の振動特性を持つステージの高速・高精度位置決め 高速・超精密位置決め制御系を力学モデルなしで簡単に設計する", TUT Research, No. 33, Jun 2023.

佐藤 海二, 豊橋技術科学大学, "福祉ロボット使用者の状態推定のための教師データ作成 計測せずに人体リンクモデルから教師データを作成する", TUT Research, No. 34, Dec 2023.

その他活動

- 岡田美智男, 日本科学未来館常設展示 (2023/11/22～2025/3/31).
- 岡田美智男, あいちスタートアップフェスにおけるロボットのデモ展示 (2023/5/19-20).
- 岡田美智男, 江戸川区こども未来館にて子ども哲学への参加, デモ展示 (2023/6/11).
- 岡田美智男, 技科大TECHフェスティバル「小中学生向け体験学習教室」 (2023/8/26).
- 岡田美智男, あいちモノづくりエキスポでのデモ展示 (2023/10/5/-6).
- 岡田美智男, イノベーションフェア2023におけるメタバーズ展示 (2023/10/12).
- 岡田美智男, 田原市東部市民館祭りでのデモ展示 (2023/10/14).
- 岡田美智男, 知の探究講座の実施 (2023/10/21-22).
- 岡田美智男, 「知の拠点」あいちにおけるワークショップの開催 (2023/11/3-4).
- 岡田美智男, あそびゴコロ開発ラボ, 豊橋市こども未来館 (2024/1/13).
- 岡田美智男, ロボカップジュニア・ジャパンオープン2024 名古屋, サイドイベント, 名古屋市国際展示場 (2024/3/23-24)
- 岡田美智男, 豊橋市二川小学校, 幸田町立荻谷小学校, 豊橋市立中野小学校, 田原市田原中学校などで特別授業を実施
- 岡田美智男, 法政大学主催ビジネス・イノベーター育成セミナー, 愛知県看護研修センター主催セミナー, 名古屋大学主催「みらい健康ラボ」, パーソナルクロステクノロジー主催技術セミナー, 武蔵野美術大学主催 Creative Robotics トークイベントなどに講師として参加.
- 高木賢太郎, イノベフェア2023 in 東三河, 穂の国とよはし芸術劇場PLAT, 2023年10月12日
- 垣内洋平, Humanoid Virtual Athletics Challenge 2023 オーガナイズコミッテメンバー (<https://ytazz.github.io/vnoid/>)
- 垣内洋平, Humanoid Virtual Athletics Challenge 2023 技術講習会 2023/09/24(日), 「Choreonoidを用いた人型ロボット初心者のためのロボットプログラミング」

オープンラボ2023 報告

次世代半導体・センサ科学研究所 人間・ロボット共生分野 オープンラボ2023 開催報告

開催日 2023年9月28日（木） 14:30~18:00

本学のロボット関連技術全体を気軽に見ていただける機会として、地域の企業や自治体の関係者や関心のある市民の方に、ロボットに関する研究を一般公開する「オープンラボ」を初めて開催しました。機械工学系、情報・知能工学系、IRES²に所属する12研究室が最先端のロボット技術を公開しました。また今年8月にABUロボコンに日本代表として出場し、優勝したロボコン同好会のロボットの展示も行いました。

本オープンラボには84名の参加があり、企業の方だけでなく、小学生や高専生などの学生の方や一般の方にも多くご来場いただきました。研究内容について質問が寄せられ、関心を示されていました。ロボットの実演もあり、関連技術に触れていただける機会となりました。

【開会挨拶・全体説明】



【研究室公開】



【当日配布資料】



豊橋技術科学大学

次世代半導体・センサ科学研究所 社会実装部門

人間・ロボット共生分野

〒441-8580

愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

<http://robot.tut.ac.jp>