

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

2025

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
状況に応じたナビゲーション戦略の選択 情報・知能工学系 三浦純	4
量子化コードの補間を用いた高速な動作変換 情報・知能工学系 栗山繁	7
自律的に動くロボット義手の身体性とユーザビリティ、社会的印象 情報・知能工学系 北崎充晃	9
画像処理を取り入れた筋電義手システムの構築と評価 情報・知能工学系 福村直博	11
学習手法と従来手法のインテグレーションによるロボット応用システムに関する研究 情報・知能工学系 垣内洋平	13
自己教師あり学習を用いた行動認識におけるデータ不均衡度と識別性能 情報・知能工学系 大村廉	15
Input Shaping-Based Vibration Suppression of a Tractor-Trailer Mobile Robot 機械工学系 Gizem Cavus, 内山直樹	17
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, 武田洗晶	19
知能材料ロボティクス研究室 2025 年度 研究概要 機械工学系 高木賢太郎, 比留田稔樹	21
屋内環境の汚れの検出と検出位置登録に関する研究 機械工学系 高橋淳二, 小川永遠	23
研究業績	25
その他活動	30
オープンラボ2025 報告	31

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、2023年4月より次世代半導体・センサ科学研究所（IRES²）社会実装部門の人間・ロボット共生分野において、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おります。本分野には、12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にわたる幅広い研究領域から参加しています。

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、本年度も一昨年度、昨年度に引き続き、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（オープンラボ）を実施し、多くの方にご来場いただきました。昨今のAI技術の急速な進展に伴い、Physical AIの重要性がますます高まっています。知能ロボットはまさにPhysical AIそのものであり、当分野としても社会実装を目指したPhysical AI研究開発を重点分野の一つとして考えております。

本報告書は各構成員による2025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

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 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

垣内洋平 教授

情報・知能工学系 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

岡田美智男 シニア研究員

次世代半導体・センサ科学研究所 インタラクシオンデザイン研究室

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

専門 : 社会的ロボティクス, HRI, 認知科学

研究概要

状況に応じたナビゲーション戦略の選択

情報・知能工学系 三浦 純

1 はじめに

移動サービスロボットやパーソナルモビリティなど、人間の生活空間を移動するロボットには、多様な環境を安全かつ効率的に移動できる能力が必須である。移動ロボットの環境認識や行動生成については多くの研究が行われており、実用化例も見られるが、手法やシステムごとに対象とする環境が限定されている。また、広範囲の環境に対応可能な手法の実現は以前として困難さを伴う。そこで限定された適した複数の戦略を切り替えながら、適用範囲を広げていくことが有望な方向の一つである。本稿では、そのような適応的なナビゲーション戦略選択を行う試みについて述べる。

2 屋内歩行者環境での状況に応じたナビゲーション戦略の選択 [1]

歩行者が多数存在する環境下では、衝突を避けることが第一優先であり、歩行者の動きに迅速に対応することが求められる。一方、歩行者が少ない環境や歩行者との距離が離れている状況では、ある程度長い未来の状況を予測して、効率のかつ滑らかに移動することが求められる。そこで、画像系列から歩行者が多かったり空間形状が複雑だったりして、高い反応性が求められる状況 (Busy 状況) とそれ以外の状況 (Calm 状況) を識別し、2種類の局所プランナを切り替える手法を開発した。図1に全体の処理の流れを示す。

2.1 画像系列に基づく戦略の切り替え

画像情報から Busy と Calm の識別を行うことを考える。画像中の歩行者の多寡で戦略を切り替えるとすれば、画像から人検出を行い、それら位置も考慮しながら状況を分類することも考えられる。しかし、空間形状と歩行者の配置から人が多い場合に、必ずしも Busy 状況であるとは限らない。また、視野の限定されたカメラを利用する場合には、視野から外れた位置に距離の近い歩行者がいる可能性もある。そこで本研究では、(1)Busy / Calm 判定のアノテーションをできるだけ自動化し、(2) 単一画像でなく画像系列から分類を行う。

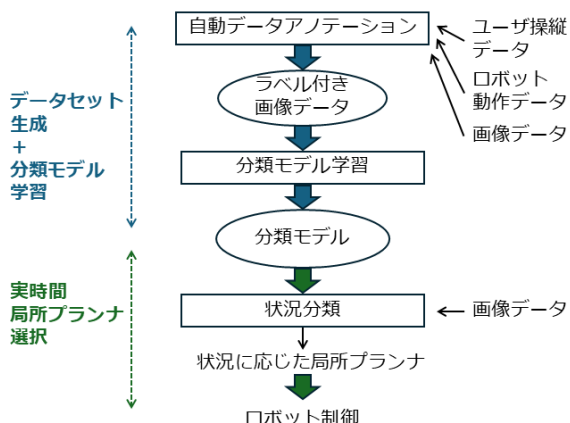


図1 全体の処理の流れ。上半部：モデル学習，下半部：ナビゲーション戦略選択

2.2 画像のアノテーションと分類モデル

本研究では車いす型の移動ロボットを使用している。実際にロボットに搭乗しながらさまざまな状況でロボットを制御し、そのときのジョイスティックの制御量、ロボットの移動情報 (速度, 加速度等), カメラからの画像を記録する。複雑な (Busy) 状況では、こまめに移動方向を変更し、その結果ロボットの動きの変化も大きくなるという仮説の下で、制御量と移動情報に対し経験的なしきい値を設定し、それらを基に現在の画像が Busy 状況なのか Calm 状況なのかラベル付けする。これによりアノテーションを自動化できる。

各画像は 128×128 にリサイズし、さらに現在 ($t=0$), 0.75 秒前, 1.5 秒前の 3 枚の画像系列を入力として扱う。図2に示す例においては、自動アノテーションではすべての画像が Busy とラベル付けされているが、 $t=0$ の画像には歩行者が映っていない。それに対し、これらの画像を系列として処理することにより、Busy 状況としての分類が可能になる。

2.3 ナビゲーション戦略選択の実装と評価

実験内容 以下の3つの戦略を比較する:

- DWA プランナ単独: 常に Dynamic Window Approach [3] 手法を利用する。スムーズで効率のよい経路を生成することができる。
- TEB プランナ単独: 常に Timed Elastic Bands [4] 手法を利用する。動的障害物の回避性能が高く、動的環境で安全に移動することができる。
- 提案手法: Busy 状況で TEB 手法, Calm 状況で DWA 手法を、それぞれ切り替えて利用する。

図2に示す廊下環境で実験を行う。複数の静的障害物が配置され、さらに歩行者がロボットと反対方向に動いてすれ違う。ロボットは衝突を避けながら決められた目標位置に到達することを求められる。各手法ごとに5回の試行を行った。

評価指標 評価には以下の5つの指標を用いた:

- SR (Success Rate): 衝突なく目的位置に到達し

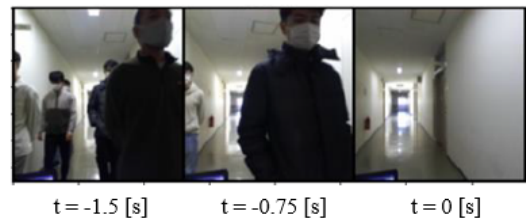


図2 画像系列の例

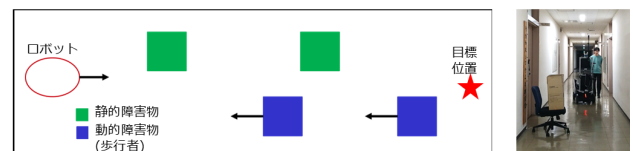


図3 実験環境の設定

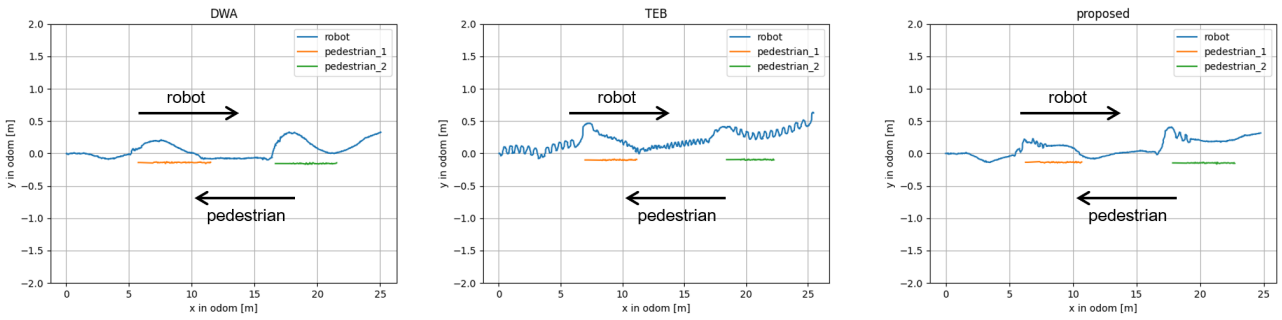


図4 ロボットと歩行者の移動軌跡の比較例

表1 実験結果

	SR ↑	Time [s] ↓	FR [rad] ↓	CD [m] ↓	TC [s] ↑
DWA	0.6	73.613	0.00456	29.882	1.781
TEB	1.0	65.256	0.02240	32.480	2.310
提案手法	1.0	63.026	0.00748	29.903	2.342

た回数の割合。

- Time: 成功した試行において、目的位置に到達するために要した時間。
- FR (Fluctuation Rate): 角度変化の絶対量の和を正規化した値。この値が小さいほど滑らかな動きであることを示す。
- CD (Cumulative Distance): 累積移動距離。移動経路の効率性を示す。
- TC (Time to Collision): 各時点でロボットと歩行者がそのままの速度で移動した場合に衝突するまでの時間。この値が小さいほど歩行者との衝突の危険性が高いことを示す。

実験結果 図4に、各比較手法に対するロボットと歩行者の移動軌跡の例を示す。また、表1に各評価指標の比較結果を示す。DWA手法は滑らかで効率の良い軌道を生成できるが、動的環境への対応力が低い。TEB手法は成功率が高いが、生成される経路の効率が悪い。提案手法は状況に応じて適切な手法を切り替えることにより、効率と安全性をよいバランスで実現していると言える。

3 ドメイン間距離に基づくナビゲーションモデルの選択 [5]

画像から直接ロボット制御量を計算する深層学習モデルを獲得・利用する、End-to-end自動運転アプローチが注目を集めている。われわれは、より広範囲のロボット運動機構に対応できるアプローチとして、End-to-end進行方向推定を提案している [6]。この手法では、対象とする環境においてデータを多数収集しモデル学習を行うが、対象環境を広げるためにはモデルサイズ、必要なデータサイズ共に拡大する必要がある。そこで、状況をいくつかに分類し、分類された状況（ドメインと呼ぶ）ごとにモデル学習を行うとともに、推論時にはまずドメインを特定したのち、それに対応したモデルを利用する、という階層的方法を提案する。

3.1 ドメイン間距離に基づく対象ドメイン選択

Liuら [7]の方法に従い、ドメイン間距離を計算する。画像ごとの特徴ベクトルを ResNet-50 [8] で計算する。

入力画像の特徴ベクトルと、各ドメインの平均特徴ベクトルのコサイン類似度 (0~1の値を取る) を1から引いた値をドメイン間距離と定義し、入力画像に最も近いドメイン間距離を持つものを選択する。

3.2 データセット作成とドメインごとのモデル学習

学内の7種類の環境（ドメイン）を選定し、各ドメインに対して画像データの収集 (200枚ずつ)、各画像に対しての進行方向アノテーション、および進行方向推定モデルの学習を行った。図5に各ドメインの画像例を示す。各ドメインの内容は以下の通りである：

ドメイン1: 公園 自然の多い比較的広く整備された環境で、草木や遊歩道を含む。

ドメイン2: 駐車場 (車両あり) 駐車場特有のラインマーカやランダムに配置された車両が特徴である。

ドメイン3: 駐車場 (車両なし) 障害物のない、広い空間を想定。

ドメイン4: 学生宿舎 宿舎の建物前の舗装されたエリアで、建物、植栽、舗装道路などが含まれる。

ドメイン5: 草道 未舗装の道であり、草や砂利など路面のテクスチャの変化が大きい。

ドメイン6: 屋内廊下 滑らかな床面や直線的な壁などが存在する、典型的な屋内環境。

ドメイン7: 道路環境 舗装された一般的な道路環境。

各ドメインの特徴量データを、次元削減手法であるt-SNE [9]を用いて2次元空間に投影した結果を図6に示す。各ドメインがそれぞれクラスタとして視覚的まとまりがあることがわかる。

3.3 実験結果

一つ目の実験では、ドメイン間距離を用いたドメイン推定の精度を評価した。具体的には、学習データと別に用意したドメインごとのテストデータに対して、すべての画像が学習したどのドメインに推定されるかを計算した。結果を表2に示す。7つのドメインのテストデータのうち、6つのドメインについては正しいドメインを選択できたが、草道ドメインについては、多くのクラスに対しある程度高い割合で誤判定となり、駐車場 (車有)ドメインと誤判定されたものが最も多かった。草道ドメインには木々や空が支配的なシーンも多くあり、それらと他のドメインとの共通点が多かったのが原因と考えられる。

二つ目の実験では、ドメイン距離に基づき選択されたドメイン別モデルに基づく進行方向推定と、全ドメインのデータを用いて学習した単一モデルの精度を比較する。正解の進行方向と推定された進行方向の始点同士、



図5 7つのドメインの画像例

表2 テストデータの分類結果 (縦軸:分類されたクラス, 横軸:正解クラス) (%)

	公園	駐車場 (車有)	駐車場 (車無)	学生宿舎	草道	屋内	道路
公園	97.48	0	0	0	0.56	0	1.60
駐車場 (車有)	0.84	88.98	36.84	0	42.46	0	4.80
駐車場 (車無)	0.84	0	63.16	0	15.64	0	30.40
学生宿舎	0	11.02	0	88.24	12.29	0	4.80
草道	0.84	0	0	0	29.05	0	0
屋内	0	0	0	0	0	100.00	0
道路	0	0	0	11.76	0	0	49.60

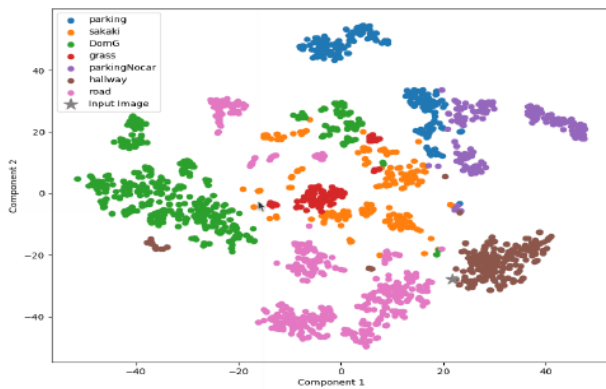


図6 t-SNEによる高次元特徴量の可視化

表3 ドメイン別モデルと全データモデルの経路推定精度比較

テストデータ	ドメイン別モデル 経路推定誤差	全データモデル 経路推定誤差
公園	0.058	0.062
駐車場 (車有)	0.053	0.056
駐車場 (車無)	0.077	0.109
学生宿舎	0.095	0.077
草道	0.089	0.067
屋内	0.061	0.062
道路	0.058	0.061

終点同士の距離の平均絶対誤差 (画像サイズで正規化) で比較した結果を表3に示す。7つのドメイン中、5つでドメイン別モデルが高い精度を示した。全データモデルは全ドメインにわたって安定した精度を示しており、十分なデータがある場合には有効であることが予想される。一方、ドメイン別モデルではドメイン推定の正しさに依存するため、その精度を向上させることが必要であるが、各モデルが少量のデータで獲得できることから、オンラインモデル学習への展開も可能である。

4 おわりに

複数の戦略やモデルを状況に応じて使い分けることは、複雑なタスクを扱う上で有効な戦略である。従来から開発されてきたさまざまな手法はある条件の下で有効であることが多いため、その条件を特定しうまく組み合わせることで、高いパフォーマンスを早い段階で発揮することが可能である。切り替え基準設定やドメイン分割の自動化が今後の課題である。

謝辞 本稿で紹介した研究の一部は科研費 24K15122 によるものである。

参考文献

- [1] S. Goka, O. Strand, J. Miura, J. Torresen, "Situation-Based Navigation Strategy Switching for Mobile Robots in Dynamic Pedestrian Environments," *GCCE 2025*.
- [2] D. Tran et al., "A Closer Look at Spatiotemporal Convolutions for Action Recognition," *arXiv preprint arXiv:1711.11248*, 2017.
- [3] D. Fox, W. Burgard, and S. Thrun, "The Dynamic Window Approach to Collision Avoidance," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, Vol. 4, No. 1, pp. 23-33, 1997.
- [4] S. Quinlan and O. Khatib, "Elastic Bands: Connecting Path Planning and Control," *ICRA-1993*.
- [5] 寶納, 三浦, "ドメイン間距離に基づく適切なナビゲーションモデルの選択", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2025.
- [6] Y. Uzawa and S. Matsuzaki and H. Masuzawa and J. Miura, "Dataset Generation for Deep Visual Navigation in Unstructured Environments," *ECMR-2023*.
- [7] X. Liu and S. Zhang, "Who is Closer: A Computational Method for Domain Gap Evaluation," *Pattern Recognition*, 2021.
- [8] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun. Deep Residual Learning for Image Recognition. *CVPR-2016*.
- [9] L. Van der Maaten and G. Hinton, "Visualizing Data using t-SNE," *J. of Machine Learning Res.*, 2008.

量子化コードの補間を用いた高速な動作変換

情報・知能工学系 栗山 繁

1 はじめに

本研究は、人間の動作に含まれる「スタイル」を別の動作へとリアルタイムに転移することを目的としています。動作スタイル転移は、キャラクターアニメーションやVR、ヒューマンインタフェース分野において重要な技術ですが、従来手法の多くはオフライン処理を前提としており、即時性が求められる応用には適していませんでした。

本研究では、動作をベクトル量子化によって離散的なコードに圧縮し、効率的な照合を行うことで高速化を図ります。一方で、離散化によって生じる動作の不連続性やスタイル表現の劣化という問題に対し、**動径基底関数によるコード補間機構**を導入しました。これにより、滑らかさとスタイル再現性を両立した動作生成を可能にしています(図1参照)。

さらに、従来のスタイル転移で用いられてきた統計量ベースの特徴変換手法の課題を整理し、**コードの予測確率に基づいて補間重みを調整する新しいスタイル転移手法**を提案しました。本手法は、トランスフォーマや拡散モデルといった高計算コストなモデルを用いることなく、軽量の構成で高精度なスタイル再現を実現します。

提案手法により、身振り動作のスタイル転移およびリターゲットを簡潔かつ頑健に行うことができ、**リアルタイム応答が求められる対話エージェント、ゲーム、VR/AR**といった応用分野への展開が期待されます。本研究は、高速・軽量・高品質な動作変換を可能にする新たなアプローチを提示するものです。

2 提案手法

本手法では、あらかじめ用意された動作の「代表例」をそのまま使うのではなく、**入力された動作に似た複数の代表例をなめらかに混ぜ合わせて、新しい動きを作ります**。似た動き同士をうまく補間すると、動きの自然さが保たれることが知られており、この性質を利用しています。

具体的には、入力された動作に「どれくらい似ているか」を基準にして、近い代表例ほど強く、遠いものほど弱く影響するように重みをつけます。この重みの付き方は、フレームごとに自動で調整され、状況に応じて最適な混ざり方が選ばれます。こうして得られた中間的な表現から、最終的な関節の動きや体全体の位置が復元されます。

スタイルをきれいに再現するためには、**できるだけ少数の代表例が強く選ばれる状態**が理想です。しかし、入力された動作がどの代表例にもあまり似ていない場合、多くの代表例が平均的に混ざってしまい、結果として「特徴の薄い動き」になってしまいます。

この問題を防ぐために、本研究では、**代表例がどれくらいはっきり選ばれているか**という指標に注目しました。そして、動作を学習したときと同じ程度の「選ばれ方」になるように、混ざり方の鋭さを、パープレキシティ

(混乱度)という指標値を用いて調整します。これにより、必要以上に多くの代表例が混ざることが防ぎ、元の動作が持つスタイルの個性を保つことができます。

最終的には、学習時の状態を基準として最適な調整値を求め、それをすべての動作に共通して用いることで、**安定して自然かつスタイルのはっきりした動作生成**を実現しています。

図2は、学習によって得られた動作の代表パターン(コード)と、実際の入力動作から得られた内部表現を、2次元平面上に可視化したものです。青が学習済みのコード、赤が入力動作を表しています。

図2(a)は、男性による通常的身振り動作を用いた場合の結果です。多くの赤い点が青い点と重なっており、入力動作が特定のコードに強く対応していることが分かります。これは、少数のコードがはっきり選ばれている、安定した状態を示しています。図2(b)では、同じコードブックに対して、女性による誇張された身振り動作を入力した結果を示しています。この場合、赤い点の分布が狭くなり、コード全体を十分に活用できていない様子が確認できます。これは、スタイルの違いによって動作の表現力が制限されている状態です。図2(c)は、従来よく使われてきた統計的な正規化手法を適用した結果です。分布はさらに縮小し、動作のばらつきや個性が失われていることが分かります。これは、スタイル転移の過程で特徴が平均化されてしまう問題を示しています。一方、図2(d)は、本研究で提案する方法を適用した結果です。コードの選ばれ方を制御することで、赤い点の分布が再び広がり、元の動作が持つ多様性やスタイルの強さが回復していることが確認できます。

これらの結果から、提案手法は、**動作スタイルを損なうことなく、コード空間を効果的に活用できる**ことが分かります。従来手法に比べ、より自然で特徴のはっきりした動作生成が可能であることを、視覚的にも示しています。

3 身振り動作を用いた変換実験

3.1 性能評価指標

身振り動作のスタイルを変換する際には、見た目が変わっても、動作が本来伝える意味が保たれていることが重要です。そこで本研究では、入力動作と変換後の動作が、どれだけ同じ意味内容を持っているかを数値的に評価しました。

評価には、体型や性別、個人差といった要素に左右されにくく、動きそのものの構造に基づいて意味を表す指標を用いました。特に、身振りの意味は主に上半身の動きで決まるため、胴体や腕などに注目し、それらの動きの関係性がどれだけ保たれているかを「伝達内容誤差」として数値化 [1] しました。

また、提案手法が動作の代表パターンをどれだけ効果的に使えているかを確認するため、コードブックの利用率を評価指標として導入しました。実際に動作生成に強く関与したコードのみを対象とし、全体の中でどれだけ

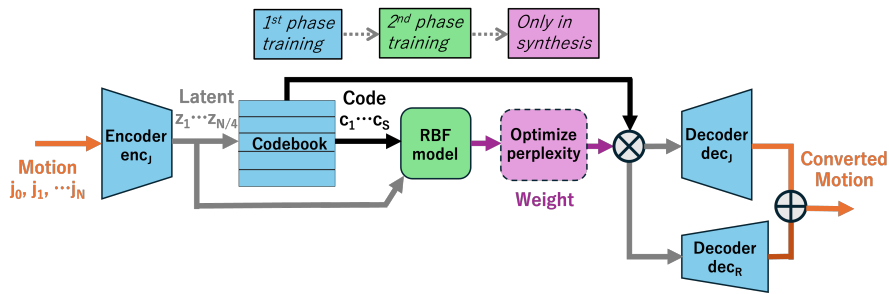


図1 深層学習のネットワーク構成.

設定条件		評価指標		
係数調整	統計的正規化	伝達内容誤差 (↓)	コード利用率 (↑)	足滑り誤差 (↓)
補間無し	-	<i>0.346</i>	0.980	7.854
補間無し	✓	0.364	0.980	9.891
-	-	0.341	0.824	<i>3.654</i>
-	✓	0.359	0.750	3.323
✓	✓	0.359	<i>0.887</i>	5.341
✓	-	0.341	0.883	4.270

表1 各種指標に基づく性能評価. 性能の最良値は**ボールド体**で, 2番目に良い値は*イタリック体*で示す. 最下段が提案手法に相当する.

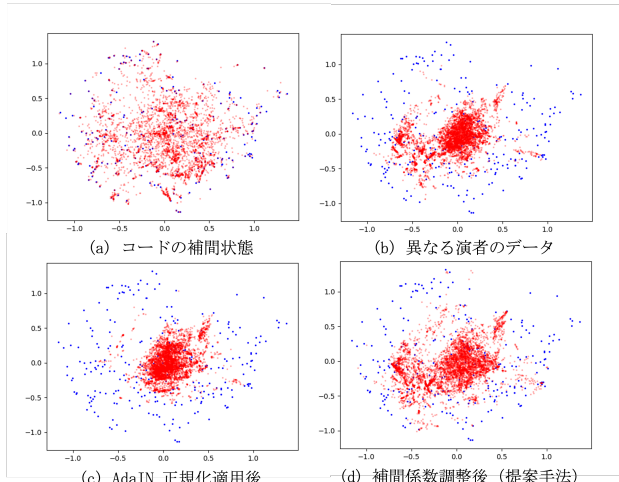


図2 ベクトル量子化されたコード(青)と, それらを補間して生成された値(赤)の分布.

多様なコードが活用されたかを定量化しています.

さらに, 動作を別の身体構造へ転移する性能を評価するため, 足先が地面で不自然に滑っていないかにも注目しました. 足滑りの大きさを指標 [2] として加えることで, 変換後の動作が運動学的にも自然であることを検証しています.

3.2 比較実験結果

本研究では, 提案手法の性能を検証するため, 従来のスタイル転移手法で広く用いられている正規化手法を用いた場合との比較を行いました. 加えて, 動作を滑らかに生成するための補間処理を行わない条件や, 補間の強さを調整しない条件も設定し, 動作の意味の保持, 足先の滑り, 動作パターンの活用度を評価しました.

その結果, 以下の傾向が確認されました.

- 単一の動作パターンのみを用いる場合, コードの利用率は高くなりますが, 動作が不自然になり, 足先の滑りが増加します.
- 補間の強さを調整する場合, 動作に使われるコー

ドの多様性が向上し, より豊かな表現が可能になります.

- 補間の調整を行う際のトレードオフとして, 動作の表現範囲が広がる一方で, 足滑りがやや増加します. ただし, 従来の正規化手法を用いない方が, 足滑りは抑えられます.
- 正規化手法を導入した場合, 動作が本来伝える意味の一致度が低下し, スタイルの純度が損なわれます.

以上より, 補間の強さを調整し, 正規化に依存しない提案手法が, 最もバランスの取れた性能を示すことが確認されました. 一方で, 足滑りのさらなる低減は今後の課題です.

また, 動作の平均化の度合いを示す指標の分析から, 補間の調整を行わない場合や正規化を用いた場合には, 動作の特徴が過度に混ざり, スタイルの明確さが失われることも確認されました.

4 おわりに

本研究では, 非常に軽量のモデル構成によって, 高速かつ実時間で動作する身振り動作変換手法を提案しました. わずかな計算資源で高い応答性能を実現しており, VR や対話型システムなど, リアルタイム性が求められる応用への高い適性を示しています.

今後は, ストリーミング処理としての実装や実環境での評価に加え, 変換結果に多様性を持たせる仕組みの導入を通じて, より幅広いアプリケーションへの展開を目指します.

参考文献

- [1] X. Liu and et al., “Bridging the gap between human motion and action semantics via kinematic phrases,” in *ECCV 2024*, 2024, p. 223–240.
- [2] W. Song and et al., “Arbitrary motion style transfer with multi-condition motion latent diffusion model,” in *CVPR*, 2024.

自律的に動くロボット義手の身体性とユーザビリティ、社会的印象

3系 北崎 充晃

1 はじめに

手や腕を失った場合、義手は生活機能を支える重要な技術です。これまでの義手研究では、筋電 (EMG) や脳波 (EEG) などの生体信号を利用して「本人の意図どおりに動かす」制御法や、その精度向上が中心でした。一方で近年、機械学習やAI技術の進展により、義手が状況を判断して自律的・半自律的に動作し、使用者を支援する未来が現実味を帯びています。

しかし、自分の意志と無関係に身体の一部が動くと、人はそれを「気持ち悪い」「自分の身体ではない」と感じやすく、受容の大きな壁になります。そこで本研究は、将来の自律義手を人がどの程度「自分の一部」として感じ、受け入れるのかを明らかにするため、義手の動作速度に着目しました。

2 目的と意義

本研究では、バーチャルリアリティ (VR) で「自分の左前腕がロボット義手になった」状況を安全に再現し、義手がターゲットへ自律的に屈曲して到達する課題を用いて、動作速度が身体化と受容に与える影響を検証しました (図1)。

具体的には、義手の自律動作時間 (=速度) だけを系統的に変え、視点、環境、装具条件など他の要因は一定に保つことで、速度が身体所有感 (自分の身体だと感じる感覚)、主体感 (自分が動かしている感覚)、使いやすさ (ユーザビリティ)、ロボットに対する社会的印象 (有能さ・温かさ・不快感) に与える影響を定量化しました。

従来の「意図どおりに動かす」制御精度の向上とは別に、将来の自律義手において重要となる「人が自分の身体として受け入れやすい運動特性 (速度)」を設計要件として示す点に新規性があります。



図1 VR空間でのロボット義手

3 方法

実験の目的を知らず、視覚と体性感覚、運動能力が生業な成人19名が実験に参加しました。参加者はモーションキャプチャスーツとVR用ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着し、左腕には肘の屈曲を制限するブレースを装着しました。VR内では、左前腕がロボット義手に置き換わったアバターを一人称視点で身体化しました (図2)。

義手 (バーチャル前腕) は、ターゲットが出現すると最小躍度 (minimum jerk) 軌道に従って自律的に肘で屈曲し、指先をターゲットに近づけます。この最小躍度モデルは、人が物体に手を伸ばすような身体運動をするときの動きを上手く表現していることが知られています。自律動作時間 (速度) は6段階 (125 ms、250 ms、500 ms、1 s、2 s、4 s) で操作しました。

各条件は15試行のブロックで提示し、6条件をすべて実験した後と同じ6条件をもう一度行う2反復デザインとしました (合計12ブロック)。ブロックの提示順は参加者ごとにランダム化しました。

各ブロック終了後に質問紙で、身体所有感、主体感、ユーザビリティ (SUS)、およびロボットの社会的印象 (RoSAS: 有能さ・温かさ・不快感) を評定しました。

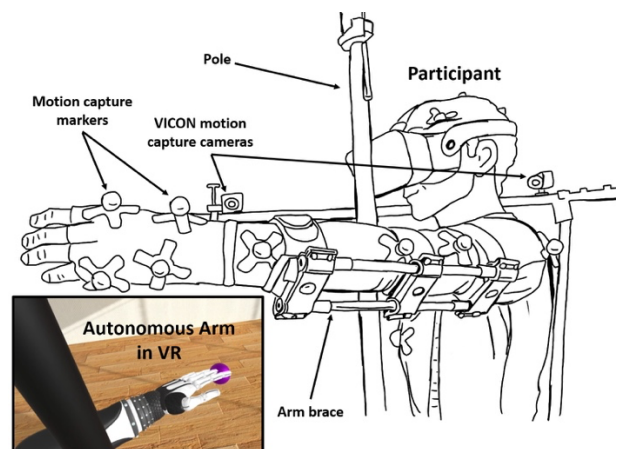


図2 実験セットアップ

4 結果と考察

結果は以下の通りでした。

身体所有感・主体感・ユーザビリティは、中程度の速度 (自律動作時間1秒) で最も高く、最速 (125 ms) と最遅 (4 s) では有意に低下しました。

有能さ (RoSASのCompetence次元) は、中程度～やや速め (500 ms、1 s) で高く、4 s条件より有意に高い傾向が見られました。

不快感 (RoSASのDiscomfort次元) は最速 (125 ms) で最も高く、温かさ (Warmth) は速度による明確な差が認められませんでした。

これらは、将来AIが自律的に支援する義手の設計において、「速く正確」だけでは十分ではなく、人の自然な到達動作に近い時間スケール (本研究では約1秒) を手がかりに「受け入れられる速度」を設計する必要がある

ことを示します。本知見は自動義手に限らず、余剰肢ロボティクス、外骨格、ウェアラブルロボットなど、身体の一部として動作するロボット全般の設計指針にも応用可能です。

今後は、長期使用による順応・学習や個人差（普段の運動速度・好み）を考慮した最適速度の個別化、さらに義手ユーザーを対象とした検証へ展開していきます。

5 まとめ

将来、AIが状況に応じて自律的に動く義手が普及したとき、使用者がそれをどの程度「自分の身体」として受け入れられるかが重要になります。本研究ではVRで左前腕がロボット義手に置き換わる状況を再現し、義手の自律屈曲の速度（125ms～4s）だけを操作して、身体所有感・主体感・ユーザビリティ（SUS）と社会的印象（RoSAS）を評価しました。その結果、速すぎても遅すぎても評価は低下し、人の自然な到達動作に近い約1秒で最も高い身体化と使いやすさが得られました。今後は長期使用による順応や個人差、実ユーザーでの検証へ展開します。

参考文献

- [1] Hapuarachchi, H., Inoue, Y., Shigemasu, H., & Kitazaki, M. (2026). Movement speed of an autonomous prosthetic limb shapes embodiment, usability and robotic social attributes in virtual reality. *Scientific Reports* (2026). doi: 10.1038/s41598-026-38977-8
- [2] Hapuarachchi, H., & 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
- [3] Brooke, John (1996). "SUS: a "quick and dirty" usability scale". In P. W. Jordan; B. Thomas; B. A. Weerdmeester; A. L. McClelland (eds.). *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [4] Carpinella, C. M., Wyman, A. B., Perez, M. A., & Stroessner, S. J. (2017, March). The robotic social attributes scale (rosas) development and validation. In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on human-robot interaction* (pp. 254-262).

画像処理を取り入れた筋電義手システムの構築と評価

情報・知能工学系 福村 直博

1 はじめに

上肢を失った障害者が使う義手には健常者と同様な外觀機能、動作が求められる。すなわち五指のハンドで、多様な物体を目的に応じて握力把握、精密把握などに分類される把持タイプで把持できることに加え、滑らかな把持運動を実現するために対象物のサイズに合わせた指関節角（把持姿勢）が計算できることが望ましい。

これまで多くの研究例があるのは、残存している上肢の皮膚表面から得られる筋電信号を用いる筋電義手である。しかし筋電信号は微弱で雑音が多いため、数種類の把持タイプを識別できる程度にとどまり、対象物の大きさに合わせるような精密な制御は困難である。

一方、AI 技術が進むにつれ、画像認識により多指ハンドを制御する研究が進められている。これらも把持タイプを決定するだけの研究が多いものの、対象物の形状まで認識して、それに合うように把持姿勢を計算することも可能である。しかし画像のみから、操作する目的に合わせて把持タイプを切り替えることは難しい。

そこで、我々は画像と筋電を併用した義手システムを提案している。すなわち、画像認識により対象物体の種類と形状の情報を求め、さらに筋電信号から使用者の把持・操作目的に沿った把持タイプを選択し、これらによって義手の把持姿勢を決定するシステムである。本報告ではこのシステムを試作し、有効性を検証した実験を紹介する [1]。

2 システムの構成と実験環境

本稿で提案する画像と筋電を使用する義手システムは図 1 に示すように、腕先に装着したロボットハンド、筋電センサ、頭部に装着した深度カメラから構成される。

システムで使用したロボットハンドは 4 指 16 自由度であり、16 個のサーボモータ (DYNAMIXEL XL-320, Robotis 製) と 3D プリンタで作成した部品などにより自作した。サーボモータの制御には OpenCM9.04 を用いた。また、対象物の 3 次元形状を含む画像データを取得できる深度カメラ (RealSense D405, Intel 製)、筋電センサには MyoScan(Artificial Limb Technologies 社)、筋電信号の取り込み用に M5stickC Plus(M5Stack Technology 社) を用いた。この M5stickC Plus には加

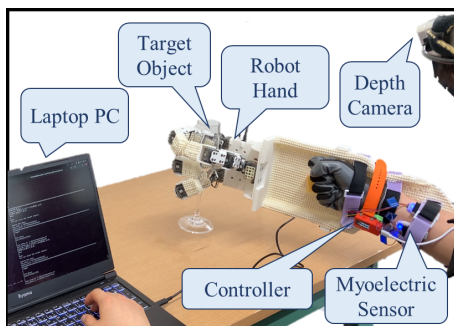


図 1 検証実験の全体図

速度センサとジャイロセンサも内蔵されている。筋電センサと M5stickC Plus およびロボットハンドはゴムバンドを用い前腕部に装着した。データ処理やモデルの学習などのシステム全体の制御にはノート PC (OS : Ubuntu 20.04, CPU : Intel Core i7-12700H, GPU : Geforce RTX 3060 Laptop GPU) を使用した。

把持対象物には市販のプラスチック製の 13 種類のワイングラスと 8 種類のコップ (取手なし)、7 種類のペットボトルの計 28 種類を使用した。

3 VAE を用いた視覚-運動変換モデル

提案システムが目指す特徴の一つは、単に対象物の種類だけでなく、対象物の形状の情報にも合わせた把持姿勢を計算することである。そのため、把持姿勢の計算には我々が提案している VAE (Variational Auto-Encoder) を用いた視覚-運動変換モデル [2] を使用する。

モデルを学習するにあたり、物体を把持した時のロボットハンドの把持姿勢を計測するため、データグローブ (5DT Data Glove 14 Ultra, 5DT 製) を用いてロボットハンドをリーダ・フォロワ制御で動作させ、その際のサーボモータの角度を取得する環境を構築した。ワイングラスの把持タイプは上部を把持する TOP、側部を把持する SIDE、細い持ち手を把持する STEM を採用した。コップ、ペットボトルは各 2 種類の把持タイプ (TOP, SIDE) を採用した。物体と把持タイプの組み合わせの各条件でそれぞれ 50 回ずつ把持し、合計で 2450 データを取得した。

一方、学習用の視覚情報として、深度カメラで対象物の RGB 画像と深度画像を同時に取得した。椅子に座り、深度カメラを頭部に取り付け、机の上の対象物のみが写る画像を頭部を動かしながら連続で 50 枚ずつ取得した。これに以下のような前処理を行なってモデルへの入力画像とした。まず、YOLACT を使って RGB 画像から物体領域を切り出してマスク画像を作成する。同時に取得した深度画像の欠損処理を行った後、マスク画像を使って深度画像から対象物の領域のみを切り出し、深度値を調整した上で画像サイズを 56×56 に変換して入力画像データとした。これをハンド姿勢データとデータ数を揃えて、合計 2450 データを取得した。

この学習データを使って図 2 に示すモデルを学習する。このモデルは視覚情報、ハンド情報をそれぞれ入力とする VAE から構成される。学習の際に双方の VAE の一部の潜在変数の表現が同じになるように拘束することで、両方の情報に共通に含まれる物体の形状の情報が抽出される。学習後、画像が入力されると、物体形状の情報を表す潜在変数を計算し、これをハンド VAE の潜在変数として使うと物体形状に合った把持姿勢がハンド VAE の出力として計算できる。

今回のシステムでは YOLACT により物体の種類、筋電から把持タイプが計算できるので、物体の種類と把持タイプの組み合わせごとにそれぞれモデルを用意し、合計 7 つのモデルを学習した。学習の結果、それぞれのモ

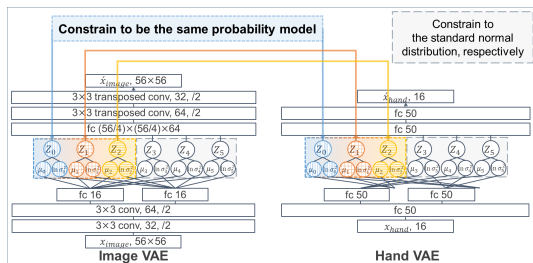


図2 視覚-運動変換モデル

デルの潜在変数に例えばワイングラスならグラスの形による種類や、把持姿勢に直接反映されるグラスの飲み口の直径などが抽出されることを確認した。

4 筋電による把持タイプ識別器の学習

本実験では、以下の2つの条件で手指運動を行い、その時の筋電信号で把持タイプを識別する。

実験①：指定された把持タイプで自分の手で対象物を把持することを意識した手姿勢での到達把持運動。

実験②：典型的な手姿勢（グー・チョキ・パー）をとりながら到達運動。

実験①の条件が自然と思われるが、実際に障がい者がこの義手システムを使用する場合、何らかのトレーニングが必要になるため、識別しやすい筋電信号を利用の方が使用感が良い可能性がある。また、提案システムでは画像認識により識別した対象物を把持する把持タイプは2, 3パターンに限定されるため、実験②のような条件が望ましいと考えた。筋電はセンサの位置などに条件によって信号が変わるので、次節で説明するシステムの検証実験の直前にこの学習用データを取得して識別器を学習し、その後に検証実験を行った。また、各被験者は実験①と実験②を別日に行った。

実験では、前腕部に3つの筋電センサを貼り、筋電信号をサンプリング周波数1000[Hz]で取得した、被験者は約1秒間リラックス状態をとったのち、約500~600[ms]の間に腕先のハンドを対象物まで到達させ、到達した時点で完全に目標の手姿勢になるよう指示した。腕に取り付けたM5stickC Plusに内蔵されているジャイロセンサの値が設定した閾値を超えた時刻を運動開始時刻とし、これを基準に運動開始時刻の前の1024[ms]と運動開始時刻から512[ms]（合計1536[ms]）分を計測した。計測したデータに遮断周波数10[Hz]の2次バターワースハイパスフィルタをかけて直流成分を除去し、全波整流をしたのち、4.8[Hz]の2次バターワースローパスフィルタをかけて平滑化してintegrated EMG(iEMG)を得た。運動開始時刻後の512[ms]分のデータ（3チャンネルで合計1536次元のデータ）をサポートベクターマシン(SVM)の入力とし学習した。この実験では後述の検証実験と合わせて、ワイングラス、コップ、ペットボトルそれぞれから5種類の物体を使い、実験①では各対象物に対して可能な把持タイプでそれぞれ5回ずつ計測を行った。実験②の筋電信号の学習では、実験①と学習データ数を統一するため各手姿勢での到達運動を25回ずつ計測した。また上からの把持は「パー」、横からの把持は「グー」、ワイングラスの細い持ち手の把持は「チョキ」で統一した。

実験①ではワイングラスは3クラス(TOP, SIDE,

STEM), コップは2クラス(TOP, SIDE), ペットボトルは2クラス(TOP, SIDE)を識別する、合計3つのSVMをそれぞれ学習させた。一方、実験②では3クラス(グー・チョキ・パー)と2クラス(グー・パー)の2つのSVMを学習させ、ワイングラスの把持を試みる場合は3クラス、コップとペットボトルの場合は2クラスの学習済みSVMを用いた。

5 検証実験

3章で説明した視覚-運動変換モデルと、4章で説明した筋電の識別器を組み合わせて、提案した義手システム(図1)で物体把持を試みる検証実験を行った。被験者の運動とシステムによる把持は以下のように進行する。

1. 被験者が約1[s]待機した後、好きなタイミングで対象物にロボットハンドを近づける運動を開始
2. 運動開始直後に取得したRGB画像をYOLACTに入力して物体種類を識別
3. 同時に得た深度画像から視覚-運動変換モデルに入力する画像データを作成
4. 筋電信号の計測・前処理を行い、適切な識別器(SVM)を用いて把持タイプを決定
5. 識別した物体種類と把持タイプから視覚-運動変換モデルを選択し、深度画像入力から把持姿勢を計算
6. 腕先のロボットハンドが求めた把持姿勢になるように動作させ、被験者はタイミングを合わせてロボットハンドを対象物に近づけて物体の把持を試みる

検証実験では、対象物はワイングラス、コップ、ペットボトル、それぞれから5種類の物体に限定した。また、今回は触覚フィードバックはないため、システムから出力される指関節角から+5[deg]屈曲させ、物体をしっかりと把持するようにした。検証実験では各対象物に対して3回ずつ把持を試みた。約1[s]の把持動作を終えた後、被験者が机から真上方向に約10[cm]対象物を持ち上げ、約4[s]対象物を把持し続ければ把持成功とし、試行毎に把持の成否を記録し、成功率を計算した。

10名の健常者に実験①, ②を行ってもらった結果、実験①では全被験者の把持成功率の平均は74%、実験②では90%となった。失敗試行の原因を調べると、主に筋電信号による把持タイプの誤認識が原因となっており、筋電識別器の精度向上が必要であることがわかった。

6 まとめ

画像と筋電を併用した義手システムを試作し、健常者による実証実験を行なって、有効性を検証した。精度向上にはより精度の良い筋電信号識別器が必要になるため、同時に計測している加速度センサとジャイロセンサの信号と、筋電をそれぞれ図1に示すVAEモデルで学習させる手法などを検討している[3]。

参考文献

- [1] 松田基, 福村直博, “視覚-運動変換モデルと画像処理を取り入れた筋電義手システムの構築と評価”, 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J108-D, No.9, pp.489-500, 2025.
- [2] 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.
- [3] 内田悠, 福村直博, “マルチモーダルVAEを用いた混合時系列信号からの潜在特徴抽出の検証”, 電子情報通信学会NC研究会, 2026.

学習手法と従来手法のインテグレーションによるロボット応用システムに関する研究

情報・知能工学系/次世代半導体・センサ科学研究所 垣内 洋平

1 はじめに

情報・知能工学系（次世代半導体・センサ科学研究所 兼務）の情報・ロボットシステム研究室において、2025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、システムの構成の観点から研究を行っています。

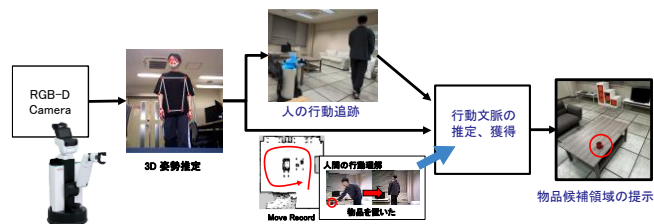


図2: 家庭内物品移動予測

2 家庭用ロボットシステムのインテグレーション

人間が持つ常識を利用してロボットが知的推論を行う方法は、オントロジーや知識ツリーといった、基盤モデルを用いた手法を用いることによって、より多くのデータに基づいた結果が得られるようになりました。一方で、家庭環境のように環境が一定に定まらない環境において日常生活のサポートを行うロボットには、それぞれの特定環境での履歴や習慣についての知識が必要となります。図は、基盤モデルを用いた推論や状況判断といった常識や動作計画と、模倣学習やデータベースによる履歴利用といった特定環境での動作生成や知識を統合し、家庭環境でのサポートを行うロボットシステムを構築する研究開発の概略図となります。



図3: 曖昧な指示によるタスク依頼

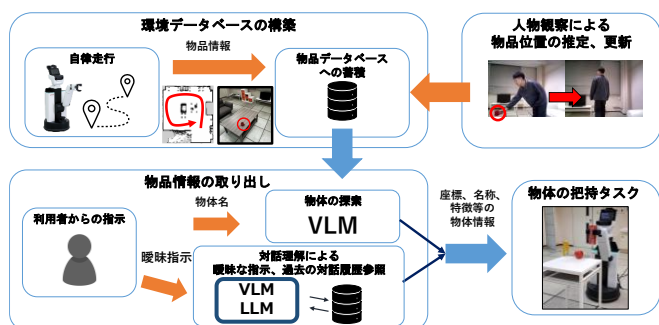


図1: 家庭環境サポートロボットシステム

3 学習ベースのロボット動作構築

ロボットの動作に学習ベースの知見を導入し、従来のモデルベースの手法と融合し、学習ベースの安定した動作をモデルベースの知見によって評価し、学習ベース手法に必要な計算資源の削減やユーザー指示への適応を行っています。

本年度は、卒業研究や修士研究において、データベースを用いた日用品の場所データベースの構築、LLM/VLMを用いた利用者の曖昧な指示を理解しタスクを実行するための対話システム、部屋内の人の行動を観察して人による部屋内の物品移動の推定、などのテーマで各学生が研究を行い、それらを統合して家庭環境で働くロボットの基盤となるシステムを構築しました。この中には、家庭環境で共に生活するロボットが人の動きを記録しておくことで、人が家庭内の物品をどこに動かしたかを確率的に判断して記録していくシステムについて行っています(図2)。また、LLMとロボットが環境内を見回して作成した環境内物品リストを使って、対象物をはっきりと指示しない人が曖昧な依頼（「甘い飲み物が飲みたい」）に対してロボットが、過去の対話履歴や環境内にある物品から指示者が何を望んでいるか推測しロボットが解決する手法について研究を行いました(図3)。来年度以降、このシステムの機能を拡張してゆく予定です。

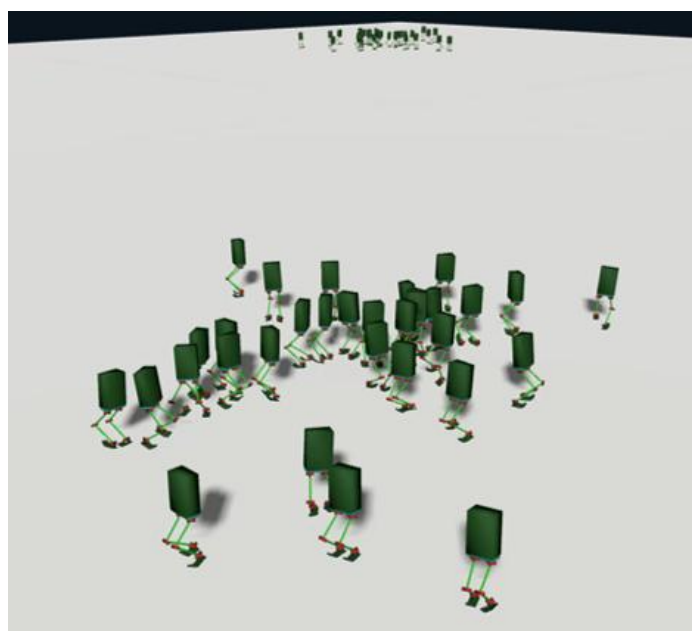


図4: Genesisによるシミュレーション環境

3.1 強化学習

GPUを用いて複数環境を高速で実行できるシミュレーションライブラリ Genesis[1] を用いてヒューマノイドロボットの強化学習をいきました。

強化学習によって出来た動作が環境の違いに対してロバスト性を持つには、ドメインランダムマイゼーションによって様々な環境において学習を行うようにする必要があります。そのため、高速なシミュレーション環境でなければ現実的な時間で学習が収束しません。

図4にドメインランダムマイゼーションの様子を示します。各ロボットの個体枚に摩擦や妨害のパラメータを変えており様々な環境での学習が実現できています。

3.2 模倣学習

様々な模倣学習アルゴリズムを試すことのできる RoboManipBaselines[2] を用いて、実機環境で模倣学習を行うシステムを構築しました。このシステムは、a) データセット構築、b) ネットワーク学習フェーズ、c) 自律動作に分かれています。

a) データセット構築では、ROSベースでロボットをコントロールできる環境と、ROSベースのロボット操縦システムによって、操縦者がロボットを操縦することで、ROSの機能を用いてデータセットを構築します。

b) ネットワーク学習フェーズでは、構築したデータセットをRoboManipBaselinesの形式にコンバートし学習を行います。

c) 自律動作では、ROSを用いて得られるロボットのセンサ情報を取得し、RoboManipBaselinesの形式に変更し、学習した結果により推論し、推論の結果をROSを用いてロボットにコマンドとして送信します。

これによって、人間が操縦したのと同じ動作がロボットによって自律的に実行できるようになっています。

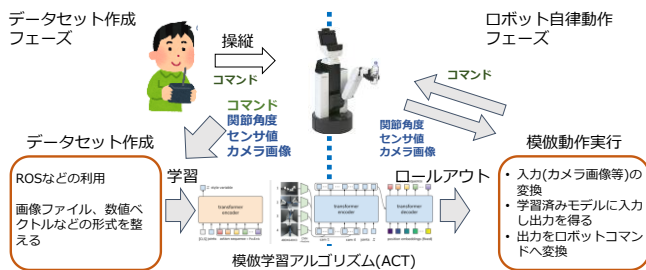


図5: 模倣学習概略図

4 ロボットを生成するシステムとロボット教育

ロボットを含んだシステムである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。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。

基礎的素養としてCPSを使えることが出来るようになることを目的として、ロボットを専門としない学生に対しても座学の授業を行っています。簡易なヴィジュアルプログラム、模擬的センサネットワーク、シンプルなシミュレーションをwebベースで構築することで、実験器具やサーバー等のリソースを使用せずに授業を行うことが出来る構成

となっており、講義のオンデマンド化等への対応が可能であり、ロボット教材開発等に継続して取り組みます。

本年度は、構築したロボットを台車に搭載して他のロボットとの組み合わせとしてプログラミングする実践コースを行いました。構築したロボットによって模倣学習を行うといった、自由な発想によるロボット構築から、プログラミングを必要としないロボットの動作方法の獲得へつながる手法について研究を行いました。

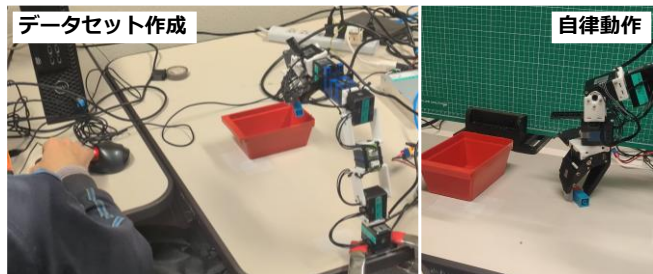


図6: 組み立てロボットによる模倣学習

5 おわりに

本年度行った、家庭用ロボットシステムのインテグレーション、学習ベースのロボット動作構築、ロボットを生成するシステムとロボット教育について述べました。

本年度は、LLM/VLMなどの基盤モデルや、学習を用いた手法を導入し、従来のモデルベースの手法や動作計画などの数理的手法を組み合わせることで、学習による環境適応性と人間による指示対応やロボットの動作の理解を両立したシステム構築を取り入れました。来年度もこの方向性を伸ばしていきたいと考えています。

また、引き続き、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おります[3]ので大学・高专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] Genesis: A Generative and Universal Physics Engine for Robotics and Beyond, <https://github.com/Genesis-Embodied-AI/Genesis>, 2024

[2] RoboManipBaselines: A Unified Framework for Imitation Learning in Robotic Manipulation across Real and Simulated Environments, Masaki Murooka et al., arXiv preprint arXiv:2509.17057, 2025

[3] 情報・ロボットシステム研究室 レポジトリ <https://github.com/IRSL-tut>

1 はじめに

ウェアラブルデバイスの普及により、行動データをリアルタイムに取得して健康管理やスポーツ、教育、安全など幅広い分野へ応用する取り組みが進んでいる。しかし高精度な行動認識モデルの構築には大量のラベル付きデータが必要であり、収集コストの高さが課題である。これに対し、大量のラベルなしデータと少量のラベル付きデータで高い性能を発揮することが可能な自己教師あり学習が注目されてきている。しかし、実際のデータ収集においては、ある特定の行動が極めて少ない一方で、他の行動が大量に得られるといった不均衡な分布を示すことが多い。行動認識における自己教師あり学習では、このような不均衡データが識別性能にどのような影響を及ぼすか明らかにされていない。

本研究では、識別性能に対する不均衡データの影響を評価する。複数クラスからなるデータの不均衡具合を定量化するため、ヘリンジャー距離に基づく不均衡度 (Imbalanced Degree, 以下IDとする) を用いる [1]。IDは、クラス分布における不均衡の度合いを、少数派クラスの数と各クラスの分布の偏りの強さから算出される指標である。IDでは、平均インスタンス数未満のクラス数を少数派クラス数と定義し、その数から1を引いた値を整数部分とする。また、実際のクラス分布が完全に均衡な分布から理論上最も不均衡な分布へとどの程度近づいているかを距離として算出して小数部分とする。この小数部分は、不均衡の強さを連続値として表しており、実際の分布が最も不均衡な状態に近づくほど1に近づく。

人工的に作成した不均衡データを自己教師学習における事前学習およびFine-tuning用のデータとして使用し、その不均衡データのIDと識別性能の関係を評価した。自己教師あり学習手法としては、行動認識においてよく用いられているCOCO A [2]を用いた。また、データセットはPAMAP2 [3]データセット、および独自に取得した保育士行動データセットを用いた。

2 実験

PAMAP2は9名の被験者から23種類の行動を収集したセンサデータセットである。PAMAP2においてデータ量の多い10クラスを対象とした。右手首・胸部・足首のIMUセンサから100Hzで取得した加速度データを使用し、5.12秒・50%オーバーラップのスライディングウィンドウで各行動インスタンスを抽出した。

保育士行動は1名の被験者から39種類の行動を取

集したセンサデータセットである。保育士行動においてデータ量の多い13クラスを対象とした。両手首・両足首・腰・背中の加速度センサから100Hzで取得した加速度データを使用し、1秒・50%オーバーラップのスライディングウィンドウで各行動インスタンスを抽出した。

各クラス分布について、PAMAP2は10クラス全体の総インスタンス数を2000、保育士行動は13クラス全体の総インスタンス数を1872とし、少数派クラス数ごとに30種類の不均衡分布を生成した。また、PAMAP2では、一クラス200インスタンス、保育士行動では、一クラス144インスタンスの完全なバランスデータを用い、COCO Aの事前学習、および、Fine-tuningについてバランスと不均衡 (30種類) を組み合わせて学習を行った。

事前学習とFine-tuningでは、本来は完全に独立したデータを使用することが望ましいが、データセットの各クラスのデータ量が十分でなく完全に独立とすることが困難であったため、事前学習とFine-tuningで異なる乱数シードを用いてインスタンスを抽出し、可能な範囲で独立性を確保した。

学習したモデルは、5分割Stratified Cross-Validationにより識別精度を評価した。PAMAP2におけるID値と識別精度の関係を図1、保育士行動におけるID値と識別精度の関係を図2に示す。なお、本稿ではスペースの関係上、COCO Aの実行結果のうち少数派クラス数 (IDの整数部) が1, 5, 9の時のみを示した。

3 結果と考察

3.1 不均衡度に対する識別性能変化

図1にPAMAP2、図2に保育士データセットを用いた場合の不均衡度と識別性能 (F1-Score) の関係を示す。図1、図2では、Fine-tuningに均衡データを用いていれば、事前学習におけるデータの均衡/不均衡に関わらず、識別性能はほぼ一定であり、識別性能にほとんど影響を与えない事がわかる。一方、Fine-tuningにおけるデータの不均衡は識別性能に強く影響している。また、Fine-tuningに不均衡データを使用する場合、いずれのデータセットでもIDの少数部の増加に伴いF1-scoreが低下した。一方、少数部が桁上がりし、リセットされると識別性能は回復する形となった。また、少数部における性能低下は少数派クラス数 (IDの整数部) が大きいほど低下の度合いが加速する傾向が見られた。

3.2 不均衡度とF1-scoreの回帰式

不均衡度から識別性能を予測する回帰式の作成を試みた。識別性能 (F1-score) を y 、不均衡度のうち少

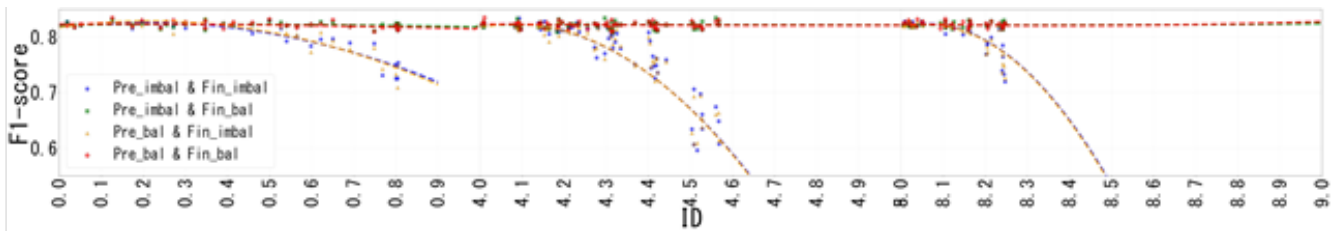


図 2 PAMAP2データセットにおけるIDとF1-Scoreの関係

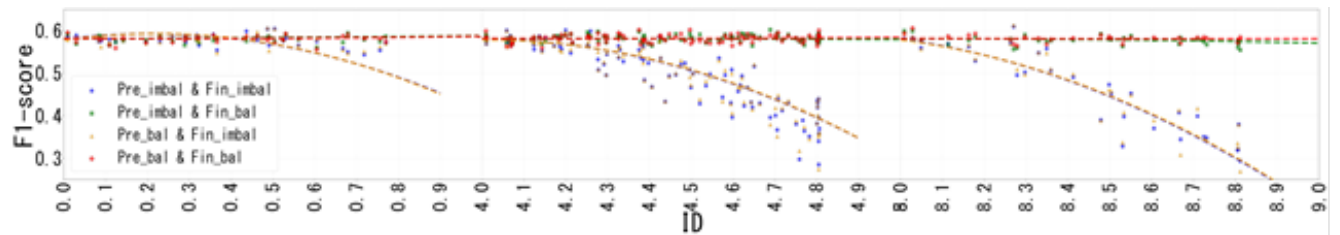


図 2 保育士行動データセットにおけるIDとF1-Scoreの関係

数派クラス数を表す整数部を x_1 ，少数派クラス数ごとの不均衡を表す小数部を x_2 とし，式(1)の形とする。

$$y = a + bx_2 + cx_2^2 + dx_1x_2 + ex_1x_2^2 \quad (1)$$

a 項は定数であり， b ， c 項は x_2 の増加に伴う y の低下， d ， e 項は x_1 の増加に伴って x_2 が増加した際の y の低下に関する係数となる。なお，本稿ではスペースの関係上，精度の低下がみられた事前学習：不均衡，Fine-tuning：不均衡におけるPAMAP2を(式(2))，保育士行動を(式(4))，事前学習：バランス，Fine-tuning：不均衡におけるPAMAP2を(式(3))，保育士行動を(式(5))を示す。決定係数は式(2)で0.848，式(3)で0.848，式(4)で0.833，式(5)で0.829となった。今後は他のデータセットなどの結果を増やすことで、不均衡度と識別性能の関係式の一般化を目指したいと考えている。

$$y = 0.818 + 0.086x_2 - 0.219x_2^2 + 0.011x_1x_2 - 0.159x_1x_2^2 \quad (2)$$

$$y = 0.818 + 0.103x_2 - 0.242x_2^2 + 0.010x_1x_2 - 0.158x_1x_2^2 \quad (3)$$

$$y = 0.580 + 0.122x_2 - 0.293x_2^2 - 0.032x_1x_2 + 0.003x_1x_2^2 \quad (4)$$

$$y = 0.579 + 0.131x_2 - 0.303x_2^2 - 0.032x_1x_2 + 0.004x_1x_2^2 \quad (5)$$

4 まとめ

本研究では，行動認識における自己教師あり学習について，データ不均衡度（ID）と識別性能の関係の分析をおこなった。不均衡データとバランスデータを生成し，事前学習と Fine-tuning に使用して識別性能を F1-score によって評価した。結果，Fine-tuningに不均衡データを使用する場合に不均衡データの影響を受けることがわかった。また，IDの少数部の増加に伴性能低下が見られること，および，IDの整数部（少数派クラス数）が多いほど劣化が加速することがわかった。

謝辞

本研究はJSPS科研費23K02240の助成を受けたものです。本研究実施にあたってデータ取得にご協力戴いた椋山女学園大学附属椋山こども園の皆様へ感謝いたします。

参考文献

- [1] Onathan Ortigosa-Hernandez, Inaki Inza, and Jose A. Lozano.: Measuring the class-imbalance extent of multi-class problems, Pattern Recognit. Lett., val. 98, pp32-38, 2017
- [2] Shohreh Deldari, Hao Xue, Aaqib saeed, Daniel V. Smith, Flora D. Salim.: COCOA: Cross Modality Contrastive Learning for Sensor Data, Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, Vol. 6, Issue 3, pp 1-28, 2022
- [3] Attila Reiss, Didier Stricker.: Introducing a New Benchmarked Dataset for Activity Monitoring, In 2012 16th International Symposium on Wearable Computers, Proc. of the 2012 16th International Symposium on Wearable Computers (ISWC2012), pp.108-109, 2012

Input Shaping-Based Vibration Suppression of a Tractor-Trailer Mobile Robot

機械工学系 Gizem Cavus 内山 直樹

1 Introduction

Tractor Trailer Mobile Robots (TTMRs) have the potential to significantly improve transportation efficiency in agriculture and logistics by enabling larger load capacities and promoting automation. However, in narrow and constrained environments, precise motion control is essential to ensure stable and safe transportation of goods. While motion planning has been widely studied for TTMRs, the impact of vibrations during transportation remains an important but less explored factor.

2 Objectives

This study investigates the application of input shaping to suppress trailer vibrations in a TTMR. Two types of trailer joints are analyzed: a rigid bolt coupling and a spring joint. The spring joint provides passive damping against external disturbances, such as uneven ground. Additionally, it concentrates the vibration into specific frequency ranges, enabling more accurate identification of natural frequencies compared to the bolt coupling. The input shaping algorithms Zero Vibration (ZV), Zero Vibration Derivative (ZVD), Extra Insensitive (EI) and Modified Input Shaping (MIS) are implemented and tested across different trajectories. Furthermore, algorithms addressing input shaping drawbacks such as time delay and trajectory distortion are considered. The overall goal is to improve feedforward vibration suppression for safer and more accurate transport in mobile robotics.

3 Methodology

The investigation includes input shaping design, experimental system parameter identification and validation on the laboratory's TTMR.

3.1 Input Shaping Principles

Input shaping is a feedforward method in which the reference command is convolved with a sequence of impulses [1]:

$$f(t) = \sum_{i=1}^n A_i \delta(t - t_i) \quad (1)$$

Here, δ is the Dirac impulse function and the amplitudes A_i and time delays t_i are computed based on the system's natural frequency ω_0 and damping ratio ζ . The four investigated input shapers (ZV, ZVD, EI, MIS) differ in robustness and complexity. It should be noted that input shaping works for systems with multiple natural frequencies and arbitrary trajectories but introduces time delays and slight trajectory deviations. It also cannot suppress existing or external

vibrations, where feedback control is more suitable.

3.2 Experimental System Identification

System parameters are identified using two methods: Frequency Response Function (FRF) analysis and the Logarithmic Decrement Method (LDM) [2]. The laboratory's robot uses linear velocity v_1 and angular velocity ω_1 as input commands. In the FRF analysis, a varying-frequency sine-sweep is applied as input. This allows the extraction of natural frequencies and damping ratios from the trailer's response. In the LDM, free vibration behavior is analyzed by manually exciting the trailer through controlled kicks at different locations and intensities.

3.3 Vibration Suppression via Input Shaping

Once ω_0 and ζ are identified, input shapers are designed and applied to different trajectories containing straight and curved segments. Vibration amplitudes of the trailer are then compared before and after input shaping. In the frequency domain, the amplitude ratio

$$R = \frac{A_s}{A_o} \quad (2)$$

is used, where A_o and A_s are the amplitudes before and after shaping. A value of $R < 1$ indicates a successful reduction. Additionally, a mean ratio over a frequency band of ± 0.1 Hz around the natural frequencies is computed to evaluate robustness.

4 Results and Discussion

Since most amplitude ratios are below 1, the experimental results show that input shaping significantly reduces trailer vibrations in both joint types. This is visible in both time and frequency domains: Figure 1 shows the time-domain response for the spring joint with and without input shaping, illustrating the suppression of oscillations. Figure 2 illustrates the vibration amplitudes in the frequency domain before and after input shaping. The pink regions mark the ± 0.1 Hz band and the black circles label the amplitudes at the exact natural frequency. As the figure depicts, the amplitude decreases in all relevant regions if an input shaped command is used.

It should be noted that nevertheless some outliers with $R > 1$ occur, likely due to actuator limits for higher frequencies in case of the bolt coupling or inaccurate parameter estimation at the second natural frequency in case of the spring joint. More robust shapers (ZVD, EI, MIS) generally perform better than the basic ZV algorithm. Future improvements could include a more precise experimental system parameter identification for example by conducting tests in more

idealized conditions with even ground surfaces. The stability of the spring joint could also be improved, since the current one showed deformations after a certain amount of experiments. Overall, the results confirm that input shaping is a viable approach to reduce vibrations in TTMRs and supports more stable transport of delicate cargo.

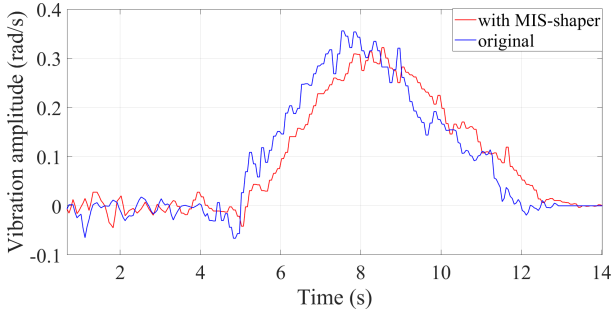


Fig. 1 Time-domain vibration before and after input shaping (spring joint).

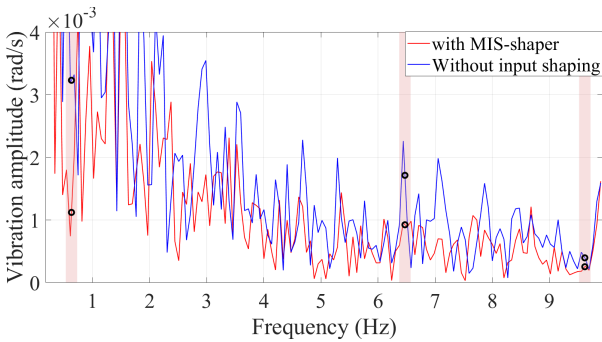


Fig. 2 Vibration amplitude around natural frequencies before and after input shaping (spring joint).

5 Summary and Outlook

This study investigated the application of input shaping techniques to a TTMR with the aim to reduce trailer vibrations and ensure the safe transport of delicate loads. Initially, the natural frequencies and damping ratios of the trailer were identified for two joint types: a simple bolt coupling and a custom spring-based joint incorporating a vertical spring and rubber sheets for additional damping.

Various input shapers were implemented and experimentally evaluated, showing effective vibration suppression in both joint configurations. Additional algorithms addressing the drawbacks of input shaping, such as time delay and trajectory deviation, were also developed and evaluated. The results indicated that trajectory deviations could be reduced, although achieving this requires careful tuning of design parameters to maintain effective vibration attenuation.

In addition, a grey-box model was developed for the spring-joint configuration to describe the trailer’s vibration behavior in response to input commands. The model is based on a Lagrangian formulation using a soft constraint approach and assumes that the joint can be approximated as a torsional spring-damper system. Parameter identification was conducted by solving an optimization problem that minimizes the

deviation between simulated and measured frequency responses for a specific trajectory. The model captures the overall system behavior but shows limitations in accurately estimating vibration amplitudes.

To further improve the results, the following aspects should be considered for future developments: In this study, the system’s spring and damping parameters were unknown, making experimental investigation the most crucial step for understanding its vibrational behavior. However, in systems where the joint stiffness and damping are known beforehand, dominant vibration modes can be derived analytically. This would allow for more accurate and effective input shaping, potentially improving vibration suppression performance.

During experimentation, it was observed that the vertical spring in the joint configuration gradually deformed with repeated use. This change in stiffness over time made it difficult to ensure fully comparable conditions across different experiments. For future investigations, it is therefore recommended to use stiffer or more durable spring elements to improve repeatability and robustness of results.

As the grey-box model struggled to fully reproduce the amplitude behavior of the measured frequency responses, further improvement may be achieved by testing different solvers, increasing the number of optimization iterations, or improving the optimization problem itself. For heavier trailers, a full simulation of the constrained Lagrangian system including the Lagrange multipliers may offer deeper insight into the coupling between tractor motion and trailer vibration. Moreover, expanding the physical model by incorporating effects neglected in this study, such as slipping, could lead to more precise estimations. Improving the experimental identification of natural frequencies and damping ratios, for example by conducting tests in more idealized environments with flat and even surfaces, would also increase the accuracy and reliability of both input shaping and parameter estimation.

In conclusion, the results of this study are particularly relevant for systems where rotational vibrations are dominant and their suppression is critical. The presented approaches represent a meaningful step toward more stable and precise transport of delicate goods using tractor–trailer systems.

参考文献

- [1] C. Conker, H. Yavuz, and H. H. Bilgic, “A review of command shaping techniques for elimination of residual vibrations in flexible-joint manipulators,” *Journal of Vibroengineering*, vol. 18, no. 5, pp. 2947–2958, 2016.
- [2] M. J. Casiano, “Extracting damping ratio from dynamic data and numerical solutions,” Tech. Rep. NASA/TM-2016-218227, NASA Glenn Research Center, 2016.

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、人口ボーナスを迎えることが予測されるようになっている。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、人の労力の低減や、代替となる労働力として、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、自ら情報収集・学習し、自律して基本的な機能を実現できることも重要である。

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搭載されるセンサを利用して、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日常生活を支援する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

2.1 内部モデル原理に基づく簡易高精度追従制御

Nominal Characteristic Trajectory Following (NCTF) 制御 [1] は、詳細モデルや高度な制御知識を要せず、高精度な追従を実現できる実用的手法で、様々な運動機構に適用されその効果が実証されている。しかし高精度な位置・運動制御が可能でも、機構特性に起因して応答帯域が制限されることは避けられず、目標値が高い周波数成分を持つと、目標値に追従できず、運動誤差が増加する問題は残っており、さらなる性能向上が望まれる。目標値に追従するためには、その波形に含まれる周波数成分に追従できれば良く、必ずしもすべての周波数で高い応答性を持つ必要はない。そこで内部モデル原理に基づく共振 (R) 補償器をNCTF制御系に直列付加し、設計の簡易性を保ったまま高精度追従を達成できる方法を提案した。図1がその制御系の構成である。R補償器のパラメータや構造は、目標値の成分によって修正されるようになっている。この制御系の有効性は実験とシミュレーションにより、明らかにされている[1,2]。

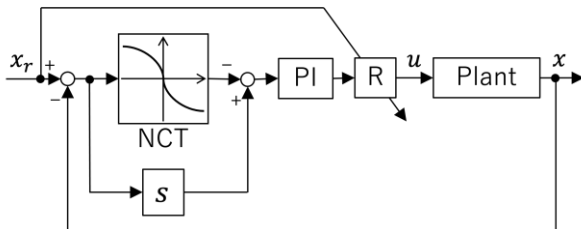


図1 R補償器付きNCTF制御系の構成

2.2 ロボット駆動系のための追加補償器付きNCTF制御系の性能評価

我々はこれまで、主に精密ステージにNCTF制御を適用し、その有効性を評価し、さらなる高性能化のために調整容易な補償器を追加して性能向上する方法を明らかにしてきた。しかし、追

加補償器がロバスト性に与える影響の調査は十分検討されていなかった。ロボットの場合、搬送する荷物により慣性が変化し、接触により外乱が加わるなど動特性に影響する変化が起こりやすく、高性能と同時に高いロバスト性も求められる。そこで、ロボットによく用いられる歯車減速機を用いた1軸回転機構(図2参照)にNCTF制御を適用し、さらに設計・調整の容易性を維持し、性能向上が可能な補償器を追加した場合に、慣性の変化や外乱力が性能向上効果とロバスト性に与える影響を、実験的に評価した。評価した追加補償器は、実機の応答波形を利用して決定され、慣性モーメント増加や外乱力の印加により、特性がやや劣化するものの、総合的に改善効果の方が大きいことが示された[3]。



図2 歯車減速機を用いた1軸回転機構(錘付き)

2.3 高精度シミュレータの簡易生成法

近年、実空間の加工・測定対象物を含めた機械を、サイバー空間に物理モデルとしてコピーし、特性解析・シミュレーションを行い、その結果を実空間での機械の運用に役立てる研究・実用化が進められている。モデリングは一般に、基礎実験結果を利用して人が決定し、そのモデルに合わせて実験的にパラメータが決定されている。ロボットを含めた自動機械を広く普及させるためには、人の関与を極力低減し、十分妥当な物理モデルを簡単かつ速やかに生成する技術が望まれる。我々が提案し有効性を実証した非線形性を持つ機構のフィードフォワード (FF) 要素を手続き的に簡単に設計する方法を利用して、簡単に物理モデル、すなわちシミュレータを生成する方法を提案した。そしてその方法をボールねじ機構に適用し、効果、課題と解決策について報告している[4,5]。

3 簡単な構成の高齢者支援ロボット

3.1 AIを利用した高齢者支援ロボット利用者の状態推定

起立・歩行・着座は日常生活で連続的に頻繁に行われるため、一台のロボットで支援することが望ましい。そのため大掛かりなシステムになってしまうと一般家庭では扱いづらいことから、小型で簡単な構成のロボットでこれらの動作を支援できることが求められている。この要求を満たすため、福祉機器の歩行車をベースに、図3の支援ロボットを開発している[6]。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、座位・立位などのロボット利用者の状態を推定して、適切な支援動作を行う必要がある。しかし、高度なセンサや多数のセンサを使用したシステムは煩雑で扱いづらいため、少数のシンプルなセンサを用いた簡易な構成のシステムでロボット利用者の状態を推定することが重要である。そのため、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、センサ情報が不十分な場合には、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、実際の重心位置に十分近い候補点を計算する

手法を提案し、有効性を確認している[6]。また、この手法を応用した全身の関節位置候補の計算法を提案し、有効性を確認している[7]。

より正確な関節候補を計算するための新しいリンクモデルの研究も行っている。よく用いられる矢状面の2次元人体リンクモデルは、前腕や上腕などを剛体のリンクとし、肩や肘などを回転関節として扱っている。リンクの長さを固定すると、リンク・関節上の限られた点の座標から関節位置を決定でき、少数のセンサ出力から関節位置を推定できるが、実際の人体との誤差によりモデルの計算ができない場合がある。この問題を回避するため、肩の自由度の高さにより見かけ上の上腕リンクの長さが変化することを利用し、上腕リンク長のみを可変、その他のリンク長を固定とした人体リンクモデルを提案し、その有効性を確認している[8]。

また、AIを利用し、重心候補の特徴量を学習させて状態を推定する手法を提案している。サポートベクターマシン(SVM)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ロボット利用者の状態を推定できる。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[6]。

AIを用いた推定には、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、特に異常状態を模擬した実験は、被験者の身体的な負荷やリスクが大きいためという課題があった。そこで、これまでに得られた重心候補のデータを分析し、正常な歩行と異常な歩行では、重心候補の前方向の最大値に顕著な差異があることを明らかにした。この特徴を利用することで、1クラスSVMを使用し、正常な歩行のデータのみを学習して異常な歩行を検知する手法を提案し、有効性を確認している[9]。



図3 起立・歩行・着座支援ロボット[6]

3.2 新しい高齢者支援ロボットの開発

起立動作は前傾による重心の前方移動と、膝の伸展による体の持ち上げの、2段階の動作から構成される。しかし、骨盤が後傾した高齢者が前傾しようとする、胸腹部のみが前傾し骨盤が前傾しないため、重心移動が不十分となり、起立も困難になる。そこで、骨盤に背中側から接触する腰当て、その腰当ての位置・姿勢を制御するためのワイヤを用いた腰当て型装置を開発し、有効性を実証している[10]。

歩行車型の支援ロボットは、施設などの屋内で使用するには十分小型である一方で、一般家庭でのトイレなどの狭所利用や他の人とのすれ違いを考慮すると、さらなる小型化が望まれる。そこで、従来歩行支援のみに利用されてきた杖型ロボットをベースに、杖長さの伸縮機構を加えて動的に安定性を確保する起立・着座も支援可能な杖型ロボットの開発に取り組んでいる。杖型ロボットの起立支援動作の決定には、手すり型支援機構などで用いられる最適手法を利用した。支持基盤が狭小な杖型ロボット自体の安定性も考慮するため、杖の向きと持ち手に加わる力の向きを一致させる制約条件を加えた動作決定法を提案し、シミュレーションにより有効性を確認している[11]。

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。図3はその基本的な駆動原理を示している。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、レーザー照射により平面上を動き回ることが可能である。この原理を応用し、1自由度駆動系の基本特性を調査[12]するとともに、平面アクチュエータを構成した場合の駆動特性のばらつきについて調査し[13]、簡易製作法を明らかにした[14]。

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・製作者だけでなく操作者、利用者など様々な立場の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るとともに、新たな支援で研究を進めていく予定である。

参考文献

- [1] Gan X, Takeda M, Sato K. Effect of Additional Compensator Based on Internal Model Principle for Motion Control. *Int J Autom Technol* 2025;19:4: 458-469.
- [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, Takeda M. Robustness Evaluation and Performance Improvement of the Nominal Characteristic Trajectory Following Control of a Rotary Mechanism with a Gear Reducer Using Additional Compensators. *Int J Autom Technol* 2025;19:4: 480-487.
- [4] 佐藤海二, 武田 洸晶, 学習制御器を用いた高精度シミュレータの簡易生成法, JSPE2025春季大会講演論文集2025, ;711-712.
- [5] Sato K, Takeda M. Practical simulator generation using a simple feedforward element design method for precision motion systems. *Precis Eng.* 2026;98:13-26.
- [6] 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.
- [7] 齋藤 優輝, 武田 洸晶, 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 2023;:1A4-05.
- [8] Takeda M, Saito Y, Sato K. Development and Evaluation of a Simple Human Body Link Model Considering the Degrees-of-Freedom of Shoulders. *Progress in Scale Modeling, an International Journal (PSMIJ)* 2025;6:1:1-16.
- [9] Takeda M, Sato K. Abnormal walking detection using center of gravity candidate. *11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)* 2025;:R3313-A.
- [10] 宮下 功誠, 武田 洸晶, 佐藤 海二. 骨盤が後傾した高齢者のための起立時の前傾を支援する腰当て型装置の開発. *日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2025* 2025;:1A1-F12.
- [11] Takesue N, Takeda M, Sato K. Optimization of Standing-Up Support Motion for Developing a Cane-Type Robot for Elderly Assistance. *11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)* 2025;:R4203-A.
- [12] Sato K. Wireless Microactuator Using Temperature-Sensitive Magnetic Material for Remote Operation. *Int J Autom Technol* 2025;19:4:441-447.
- [13] Guo Wuguang, 八塚 寛信, 武田 洸晶, 佐藤 海二, 感温磁性体を用いたマイクロアクチュエータの平面上3方向の駆動特性, JSPE2025春季大会講演論文集2025;:708-709.
- [14] 八塚 寛信, 武田 洸晶, 佐藤 海二, 郭 武光, 感温磁性体を用いた平面モータの可動子の簡易製作法, 第37回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演予稿集2025;:23B3-3.

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[1,2]や文献[3,4]をご覧ください。

2023年から2024年にかけて科研費 国際共同研究加速基金の支援により、本研究室PIの高木がカナダ・ブリティッシュコロンビア大学(UBC)のJohn D. W. Madden教授の研究室に滞在しました。釣糸人工筋とイオン導電性高分子を中心に、共同研究を行っています。

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

またほかのテーマとして、ソフトロボットのモデル化や制御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や、農業応用などを目指したロボットグリップに関する研究を始めています。

以降では、それぞれのテーマに関して、本年度の活動概要を示します。

1. 高分子アクチュエータ・センサのロボティクス応用

1.1. 概要

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。

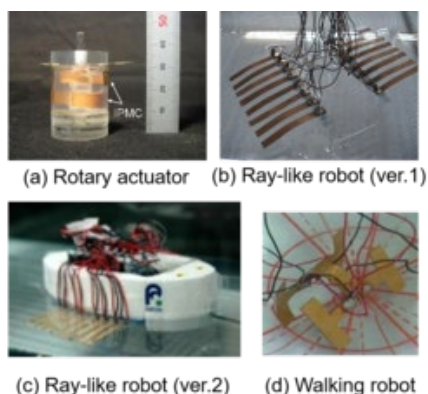


図1: IPMCアクチュエータのロボット応用これまで

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。ロボットや支援装置への応用を目指し、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。

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。

1.2. 本年度の内容(釣糸人工筋)

釣糸人工筋の研究では、粘弾性の特性評価とモデルならびに線状ねじり型釣糸人工筋(Twisted Polymer Fiber Actuator, TPF)の発生張力・発生トルクのモデルについて、研究を進めました。

粘弾性のモデル化では、簡易的な実験により、粘弾性パラメータを推定できることを示しました[松本ほか]。また、TPFのモデル化では、温度によって剛性が変化する効果を新たに考慮することで、これまで説明が困難であった実験結果を説明できる新たな手がかりを得ました[曾山ほか]。このTPFのモデルによって、釣糸人工筋の動作原理を明らかにしていくことができると考えています。この発表は、SICE SI部門講演会にて優秀発表賞を受賞しました。

学会発表

曾山ほか, 第26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 SI2025 (優秀発表賞)

松本ほか, 第26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 SI2025

1.3. 本年度の内容(誘電エラストマー)

2025年度は、誘電エラストマーアクチュエータを加振デバイスとして用いる際、静電吸着効果を用いて簡単に取り付け取り外しができる方法を提案しました[Hiruta et al., 2026]。他にも、柔らかい電磁アクチュエータに関する研究にも取り組み始めました[永井ほか2025]。例えば、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。

学術論文

T. Hiruta, J. Ohno, N. Hosoya, S. Maeda, I. Kajiwara, K. Takagi, Electroadhesive dielectric elastomer actuator for vibration excitation of mechanical structure, *Sensors and Actuators A: Physical*, 397, 117274, 2026.

学会発表

比留田ほか, 日本機械学会D&D講演会2025

加藤ほか, 計測自動制御学会 SI部門講演会 2025

中川ほか, 日本機械学会東海支部学生員卒業研究発表会

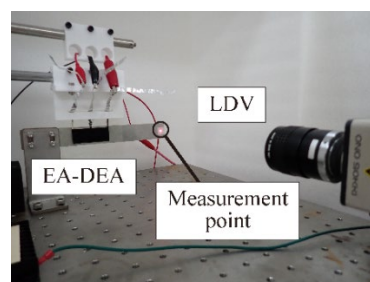


図2: 静電吸着によるDEAの取り付けとはりの構造加振応用

2. 高分子アクチュエータ・センサの数理モデルと制御

2.1. 概要

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。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への近似、モデル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。

2.2. 本年度の内容（イオン導電性高分子）

イオン導電性高分子・金属接合体 (Ionic polymer-metal composite) のセンサのモデルとその厳密解について研究を進めてきましたが、やっと学術論文を出版することができました[Ishikawa et al., *Sensors*, 2026]. Zhuのモデルをもとに、センサ電圧、もしくはセンサ電流を表す伝達関数を解析的に導出することに成功しました。伝達関数の係数はすべて物理定数を用いて表されます。さらに、センサ電圧応答の緩和特性が、ただひとつの無次元定数によって説明しうることを発見しました(図3) [Ishikawa et al., 2026]. この成果はSI2025優秀発表賞を受賞しました。

他にも、Nafionが膨潤に異方性をもっており、アクチュエータ特性に影響を及ぼし得ることを発見しました。

学術論文

K. Ishikawa, K. Asaka, Z. Zhu, T. Hiruta, K. Takagi, The Analytical Solutions to a Cation–Water Coupled Multiphysics Model of IPMC Sensors, *Sensors*, 26(2), 695, 2026

学会発表

K. Ishikawa, et al., SPIE Smart Structures + NDE 2026 (to be presented)

T. Yoshimatsu, et al., SPIE Smart Structures + NDE 2026 (to be presented)

吉松 ほか, 計測自動制御学会SI部門講演会 SI2025

石川ほか, 計測自動制御学会SI部門講演会 SI2025 (優秀発表賞)

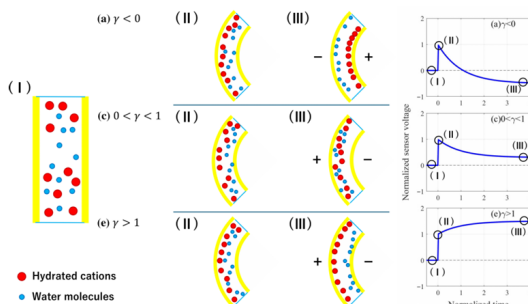


図3：IPMCセンサ電圧の緩和現象の物理を説明できる無次元パラメータ γ

3. 振動制御

3.1. 概要

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。

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では、仮想的なダンパを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ありません。近年提案されたIntegral Resonant Control (IRC)と呼ばれる新しい振動制御手法は、従来の速度フィードバック制御とは全く異なり、積分とポジティブフィードバックを用いており、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。本研究室では、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います。

3.2. 本年度の内容（振動制御）

最適な電磁シャント制振を行うための解析的な最適設計の論文[Shiono et al. 2025]がASMEに掲載され、Editor's pickに選ばれました。実験に向けても研究を進めています[小川ほか]。

IRCの研究では、理論の検証に向けて、産業用モータと産業用ネットワーク制御を用いて実験装置を構築しました[橋本ほか]。

学術論文

T. Shiono, K. Takagi, T. Ikegame, T. Hiruta, A. Heya, S. Doki, T. Inoue, Analytical Optimization of a Rotary Electromagnetic Shunt Damper for Freely Rotating Two-DoF Torsional Vibration System, *ASME Journal of Vibration and Acoustics*, 147(6), 060501.

学会発表

小川 ほか, 日本機械学会D&D講演会2025

橋本ほか, 自動制御連合講演会2025

4. まとめ

知能材料ロボティクス研究室の研究概要と、本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, 37(1), 2019
- [2] 高木ほか, 計測と制御, 59(11), 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/>

屋内環境の汚れの検出と検出位置登録に関する研究

機械工学系 高橋 淳二 小川 永遠

1 はじめに

日本国内のビルメンテナンスの市場規模は年間約 4 兆円であり、そのうち約 6 割が清掃業務を占めている [1]. 商業施設や医療機関などでは快適な環境維持や感染症予防の観点から清掃作業の質と効率が求められているが、人手依存が大きく、省人化や品質向上が課題である。

これまでに、ロボット掃除機の導入が進んでいるが、床面のゴミの種類や床の汚れ具合を判別できず [2], 清掃成果を客観的に評価することが困難である。既存研究では、カメラ画像と機械学習を用いて床面の状態を認識する手法 [3] が提案されているが、汚れの検出と識別に重点を置いているため汚れ度合いが評価されないことや汚れの分類がだまかであるなど課題がある。また、画像物体認識には高質で大量の教師データの準備が重要であるが、埃のような微細な汚れに関するデータセットは存在せず、作成が困難である。

本研究ではシミュレーション環境で大量の教師データを生成し、その教師データで YOLO (You Only Look Once)[4] モデルを学習させることで床汚れ検出器を効率的に構築する。さらに、コストをかけにくいビルメンテナンス分野において低コスト位置推定技術である Panorama-VGM[5] と統合し、実環境にて自律移動ロボット (AMR) が検出した床汚れを 3D マップに可視化する汚れ度評価システムを提案する。

2 汚れ度評価システム

2.1 システム構成

図 1 にシステム構成を示す。AMR に搭載した VGM 用カメラの色画像は Canny 法で線分処理し、1[Hz] で VGM サーバ [5] に送信され、サーバからの返信で位置座標を取得する。床汚れ検出用カメラの画像は学習済みの検出器に入力され、床汚れが検出されると同時にカメラ座標系での位置が推定される。床汚れの推論結果と AMR の位置推定結果を用いて、床汚れのグローバル座標を計算し、Dirt DB に登録する。登録情報は dirt-viewer (Web サーバ) を介して、クライアント端末のブラウザでモニタリングすることが可能である。

2.2 合成画像の生成

床汚れの検出器の性能は、学習に使用する教師データの質と量に大きく依存する。しかし、実環境で床汚れの画像を大量に収集し、正確にラベル付けすることは困難である。そこで、シミュレーション環境を用いて合成画像を生成するアプローチをとる。具体的には、様々な種類の床汚れ (埃、液体のシミ、ゴミなど) の現物を撮影やスキャンしたデータから 3D モデルを作成し、高精度 CG を出力できるロボット開発用シミュレータ Isaac Sim (NVIDIA) に入力する。そして、撮影データをもとに整形した床の仮想環境上に、縮尺やアスペクト比を変えて配置し、仮想カメラで撮影することで CG を得る。このとき同時に、アノテーション画像が出力され、これが教師ラベルとなる。この方法で、様々な視点から撮影

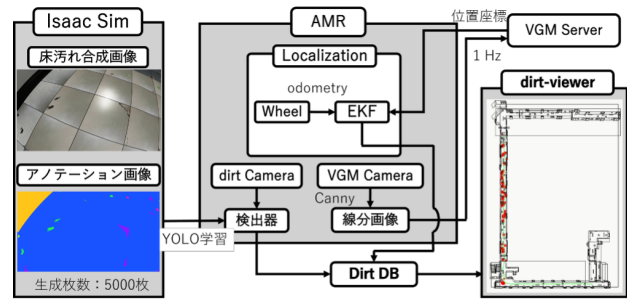


図 1 汚れ・位置検出システム構成図

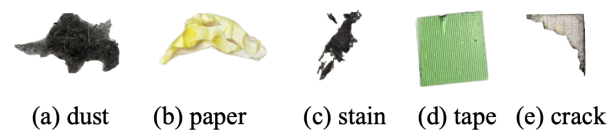


図 2 実スキャンにより得た汚れモデル

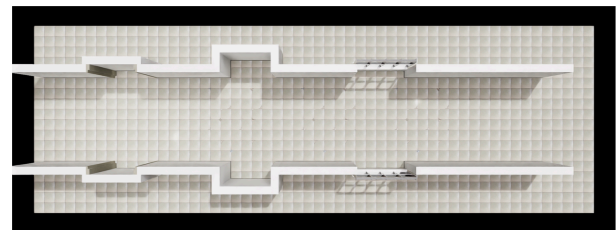


図 3 実スキャンしたフロアタイルを並べて作成した環境モデル

した教師データを大量に生成することが可能である。本稿の実験では、埃 4 種 (dust), 紙くず 2 種 (paper), 黒ずみ 40 種 (stain), テープ 6 種 (tape), タイル割れ 13 種 (crack)) (図 2) をモデルとして、これらを図 3 に示す環境モデル上にランダムに配置し、5000 枚の教師データ画像を生成し、YOLO モデルの学習 (学習: 4000 枚, 検証: 1000 枚) に使用した。

2.3 床汚れの 3D マップへの登録

床汚れ情報から汚れ分布を計算し、3D マップに描画することで可視化を行う。人流の多い環境における dust や paper 等の軽量の汚れは、歩行や空調の影響により位置が変動する可能性がある。そこで、汚れは単一の点

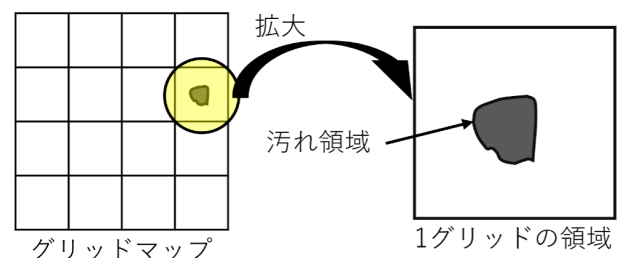


図 4 汚れ占有率の計算方法

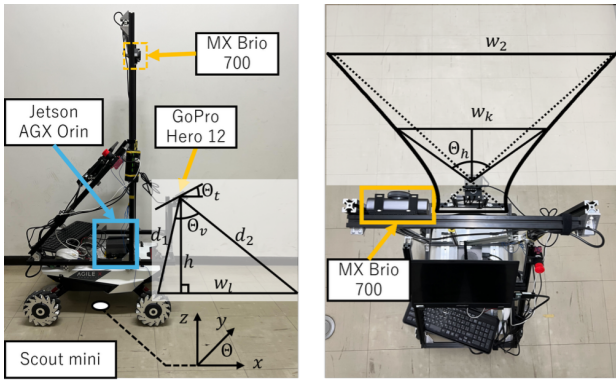


図5 床面検査用のAMR

ではなくガウス分布として表現することとする。汚れの大きさを反映するため、環境に定義するグリッドの領域 (50mm x 50mm) に対する推論された汚れ領域の比率を汚れ占有率: R_{dirt} と定義する (図3)。汚れ度スコア: S_{dirt} はガウス分布に基づき式 (1) で定義する。ここで、 (x_l, y_m) はグリッド座標 [m], σ は標準偏差 (0.3), (x_i, y_i) は床汚れ座標 [m], N は汚れの個数, (x_M, y_M) は x, y 方向のグリッド数である。

$$S_{\text{dirt}} = \sum_{l=1}^{x_M} \sum_{m=1}^{y_M} \left(R_{\text{dirt}} \sum_{i=1}^N \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{1}{2} \left[\left(\frac{x_l - x_i}{\sigma}\right)^2 + \left(\frac{y_m - y_i}{\sigma}\right)^2 \right] \right) \right) \quad (1)$$

3 屋内走行実験

3.1 実験条件

実験に使用した AMR を図5に示す。実験は豊橋技術科学大学 D 棟 4 階にて AMR を手動操作で走行させて取得した rosbag データを用い、汚れ度スコアの推移を施設課の清掃記録報告書と比較し評価する。

3.2 実験結果

図6に床汚れの検出の様子と dirt-viewer の描画結果を示す。dirt-viewer の描画対象は、dust と paper, tape, 景観に関わる crack とした。そして、汚れ検出器の推論結果を基に、汚れ度をヒートマップで表現することで床汚れ分布を直観的に把握できることを示した。汚れ検出器の精度指標である F 値は、tape が 0.90, paper が 0.67 という結果であった。

図7に2026年1月14日から2026年1月30日における p1-p2 間の汚れ度スコアの推移と清掃日を示す。施設課の清掃記録報告書によると D 棟 4 階の廊下は、毎週金曜日の午前清掃が行われている。p1 → p2 走行と p1 ← p2 走行の両方において、汚れ別の汚れ度スコアの大きさの傾向はおおむね一致しており、特に、tape や stain の汚れ度スコアが大きい傾向が見られた。しかし、清掃日数の経過に伴う汚れ度スコアの上昇は確認できなかった。これは、週1回の定期清掃により汚れが形成される前に除去され、環境内の汚れの変化が小さいためだと考えられる。また、p2 付近などで生じる反射光の誤検出によって、汚れ度スコアの増減も確認された。

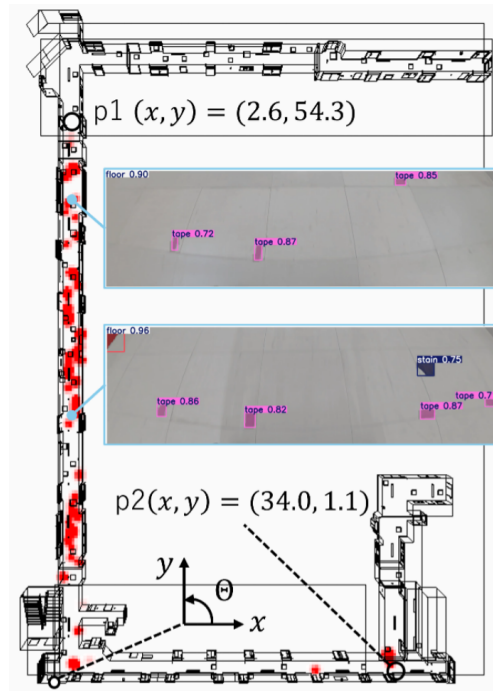


図6 dirt-viewer に表示された汚れ検出結果

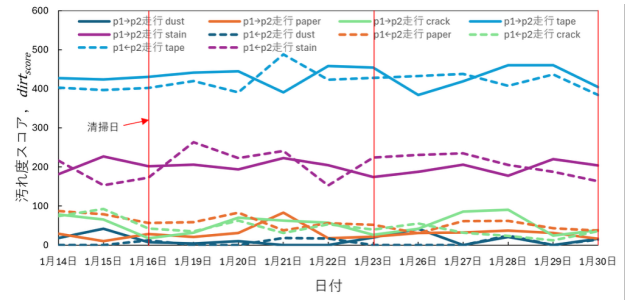


図7 dirt-score の時間変化

4 おわりに

本稿では、Isaac Sim で自動生成した床汚れデータセットを用いて検出器を構築し、実環境で撮影したカメラ画像から検出器を用いて床汚れを検出し、3D マップ上に汚れ度を可視化する手法を提案した。今後の課題として、鏡面に近い床面における反射光の影響や巾木が写り込んだ際の誤検出を抑制することが挙げられる。

参考文献

- [1] 全国ビルメンテナンス協会. 第50回実態調査報告書, 2020. <https://cdn.j-bma.or.jp/wp-content/uploads/2020/03/ビルメンテナンス情報年鑑2020.pdf>, (2025-05-22 アクセス)
- [2] iRobot Corporation. Roomba Combo 10 Max. <https://www.irobot-jp.com/roombacombo/10max>. (2025-03-25 アクセス)
- [3] I. S. Singh et al. Vision-based dirt distribution mapping using deep learning. Scientific Reports, vol. 13, Art. no. 12741, pp. 1-11, 2023. doi: 10.1038/s41598-023-39224-0.
- [4] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi. You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 779-788, 2016.
- [5] T. Nakao and J. Takahashi. Accurate and Cost-Scalable Panorama Visual-Geometric-Matching based Localization System for Robot Navigation. In Proceedings of the 2025 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), Munich, Germany, pp. 1286-1291, 2025. doi: 10.1109/SII59315.2025.10871069.

研究業績

【論文誌】

- O. Natan and J. Miura, "Seq-DeepIPC: Sequential Sensing for End-to-End Control in Legged Robot Navigation", *IEEE Sensors J.*, 2026.
- I. Ardiyanto, M. Takahama, and J. Miura, "LORNet: Lightweight Unstructured Off-Road Segmentation on Embedded Devices for Mobile Robotic and Intelligent Vehicle", *J. of Real-Time Image Processing*, Vol. 23, article number 49, 2026.
- O. Natan and J. Miura, "DeepIPCv2: LiDAR-powered Robust Environmental Perception and Navigational Control for Autonomous Vehicle", *IEEE Access*, 2025.
- Tomohiro Aizawa, Chunzhi Gu, Shigeru Kuriyama, "Towards consistent sketch-guided local 3D shape editing", *Pattern Recognition*, Volume 175, 2026
- Chunzhi Gu, Shigeru Kuriyama, Katsuya Hotta, "Diverse Code Query Learning for Speech-Driven Facial Animation", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 31(10), 8755-8766, 2025
- Yamazaki, A., Akiduki, T., Honna, A., Kitazaki, M., and Mashimo, T. (2026). FEM-Based Design and Characterization of a Millimeter-Scale Piezoelectric Resonance Force Sensor, *IEEE Access*, 14, 17960-17970, doi: 10.1109/ACCESS.2026.3659235
- Harada, N, Harato, N, Kitazaki, M., and Tasaki, R. (2026), Design and Evaluation of a Physically Synchronized Virtual Therapist Avatar to Improve Trust in a Single-Arm Massage Robot Incorporating Skilled Massage Techniques, *IEEE Access* 14, 16831-16847. doi: 10.1109/ACCESS.2026.3658879.
- Ueda, S., Higashihata, K, Hagiwara, T., Navarro, B., Kitazaki, M., and Ganesh, G. (2026). Roles of synchronous visuo-tactile and visuo-motor stimulations in self-location during whole body embodiment: an exploratory study, *Frontiers in Virtual Reality*. Doi: 10.3389/frvir.2026.1697941
- Hapuarachchi, H., Inoue, Y., Shigemasa, H., and Kitazaki, M. (2026). Movement speed of an autonomous prosthetic limb shapes embodiment, usability and robotic social attributes in virtual reality, *Scientific Reports*. doi: 10.1038/s41598-026-38977-8.
- 松田基, 福村直博, "視覚-運動変換モデルと画像処理を取り入れた筋電義手システムの構築と評価", *電子情報通信学会論文誌D*, Vol. J108-D, No. 9, pp.489-500, 2025
- Kazufumi Kudara, Hideki Takahashi, Hiroki Nakayama, Shintaro Sasai, Teppei Maedo, Naoki Uchiyama, Two-Stage S-Curve Trajectory Generation for Time-Optimal, Anti-Sway Crane-Rotation with Jib-Luffing and Rope Hoisting, *Automation in Construction*, 177, 106339, 2025
- A. Farrage, M. S. Paing, N. A. Amir, H. Takahashi, S. Sasai, H. Sakurai, M. Okubo, N. Uchiyama, Bi-objective motion trajectory generation and online collision avoidance with load-sway suppression, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 234, 112752, 2025
- Muhammad Haziq Noor Akashah, Hai Phong Nguyen, Naoki Uchiyama, Strawberry detection and weight estimation using YOLO and K-nearest neighbors regression model, *Sensors and Actuators A: Physical*, 394, 116890, 2025
- Dinh Ngoc Duc, Fumihiro Souma, Naoya Yamaguchi, Naoki Uchiyama, Model Predictive Contouring Control for Path Tracking of a Retrofitted Outdoor Cleaning Robot, *International Journal of Automation Technology*, 19, 6, 1086-1094, 2025
- R. Sato, N. Uchiyama, Contact Force Control and Experimental Verification of a Mobile Robot for Picking Up Objects on the Ground, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 37, 3, 720-730, 2025
- Kazufumi Kudara, Hiroki Nakayama, Shintaro Sasai, Teppei Maedo, Ryosuke Horio, Naoki Uchiyama, Optimal Trajectory Generation for Reducing Structural Stress in Rotary Cranes with Multiaxial Motion, *Automation in Construction*, 181, 106625, 2026
- Amir, N. A., Farrage, A., Takahashi, H., Sasai, S., Sakurai, H., Okubo, M., Horio, R., Uchiyama, N, Slow and Safe Motion Trajectory Generation for Final Positioning Support of a Load Considering Load-Sway and Obstacle Avoidance in Large Rotary Crane Operation, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 242, 113688, 2026
- Takeda M, Saito Y, Sato K. Development and Evaluation of a Simple Human Body Link Model Considering the Degrees-of-Freedom of Shoulders. *Progress in Scale Modeling*, an *International Journal (PSMIJ)* 2025;6:1:1-16.
- Oiwa T, Katsuki M, Fujita J, Tanaka T, Furutani K, Gao W, Ohashi T, Sato K, Sato K. Questionnaire Survey on Ultra-Precision Positioning Technology-10th Questionnaire Survey Report-. *International Journal of Automation Technology* 2025;19:4:355-362.
- Sato K. Wireless Microactuator Using Temperature-Sensitive Magnetic Material for Remote Operation. *International Journal of Automation Technology* 2025;19:4:441-447.
- Gan X, Takeda M, Sato K. Effect of Additional Compensator Based on Internal Model Principle for Motion Control. *International Journal of Automation Technology* 2025;19:4:458-469.
- Sato K, Takeda M. Robustness Evaluation and Performance Improvement of the Nominal Characteristic Trajectory Following Control of a Rotary Mechanism with a Gear Reducer Using Additional Compensators. *International Journal of Automation Technology* 2025;19:4:480-487.
- Sato K, Takeda M. Practical simulator generation using a simple feedforward element design method for precision motion systems abbreviated title: Practical precision simulator generation. *Precision Engineering* 2026;98:13-26.
- T. Shiono, K. Takagi, T. Ikegame, T. Hiruta, A. Heya, S. Doki, T. Inoue, Analytical Optimization of a Rotary Electromagnetic Shunt Damper for Freely Rotating Two-DoF Torsional Vibration System, *ASME Journal of Vibration and Acoustics*, 147卷6号, 060501 (13 pages), 2025年7月
- T. Hiruta, J. Ohno, N. Hosoya, S. Maeda, I. Kajiwara, K.

- Takagi, Electro-adhesive dielectric elastomer actuator for vibration excitation of mechanical structure, *Sensors and Actuators A: Physical*, 397卷, 117274, 2025年11月
- K. Ishikawa, K. Asaka, Z. Zhu, T. Hiruta, K. Takagi, The Analytical Solutions to a Cation-Water Coupled Multiphysics Model of IPMC Sensors, *Sensors*, 26卷2号, 695, 2026年1月
- 【国際会議】**
- D. Pich, A. Baselizadeh, J. Torresen, J. Miura, "Privacy-Preserving Machine Learning-Based In-Bed Sleep Posture Monitoring Using Wi-Fi Signals", 13th Int. Conf. on Control, Mechatronics and Automation (ICMA 2025), Paris, France, Nov. 2025.
- S. Goka, O. Strand, J. Miura, J. Torresen, "Situation-Based Navigation Strategy Switching for Mobile Robots in Dynamic Pedestrian Environments", 14th IEEE Global Conf. on Consumer Electronics (GCCE 2025), Osaka, Japan, Sep. 2025.
- H. Kakinoki, H. Masuzawa, and J. Miura, "Odometry Enhancement and Localization in Orchards Using Tree Trunk Landmarks with 2D LiDAR", Proc. 2025 European Conf. on Mobile Robots (ECMR-2025), Padua, Italy, Sep. 2025.
- K. Suzuki and J. Miura, "Crane Load Detection from Boom-Tip Camera Images for Safe Construction Crane Operation", Proc. 2025 IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2025), Hangzhou, China, July 2025.
- M. UL Hassan and J. Miura, "Enhancing VINS-Mono for Dynamic Environments with Object Detection-Based Feature Removal and LiDAR-Aided 3D Mapping in Construction Crane Applications", Proc. 19th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems (IAS-19), Genoa, Italy, July 2025.
- S. Goka, O. Strand, J. Miura, J. Torresen, "Situation-Aware Selection of Navigation Strategies in Pedestrian Environments", 19th Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems (IAS-19), Late Breaking Report, Genoa, Italy, July 2025.
- E. Engelstad, Md. Zia Uddin, J. Miura, and J. Torresen, "A Robust Approach for Motion Skill-Based Scene Categorization", Proc. 10th Int. Conf. on Machine Learning Technologies (ICMLT-2025), Helsinki, Finland, May 2025.
- Haiyang Liu, Xingchao Yang, Tomoya Akiyama, Yuantian Huang, Qiaoge Li, Shigeru Kuriyama, Takafumi Taketomi, TANGO: Co-Speech Gesture Video Reenactment with Hierarchical Audio Motion Embedding and Diffusion Interpolation, ICLR 2025
- Haraguchi, G., Yoshida, Y., and Kitazaki, M. (2025). Effects of visual, auditory, and tactile sensations on the illusory perception of body indentation, Asia Pacific Conference on Vision (APCV), 17-20 June, 2025, Sydney, Australia.
- Katsumata, Y., Inoue, Y., Hagiwara, T., Toriumi, S., and Kitazaki, M. (2025). Can we see with two virtual eyes, asynchronously controlled by a single analogue stick?, European Conference on Visual Perception (ECPV) 2025, Mainz, Germany, 24-28 August 2025.
- Hiroki Kimura; Che-Kang Hsu; Takeru Ito; Naoya Harada; Michiteru Kitazaki; Ryosuke Tasaki (2026). Conversational Force Adaptation for Robotic Massage using Recipient Speech. *Human Robot Interaction 2026*, Edinburgh, 16-19 March 2026.
- Naoya Harada; Michiteru Kitazaki; Ryosuke Tasaki (2026). Multi-robot Stimulation for Immersive Robotic Massage with Virtual Therapists. *Human Robot Interaction 2026*, Edinburgh, 16-19 March 2026.
- Kei Morita and Ren Ohmura, Local Precipitation Forecasting Using Observation Feedback from IoT Rain Gauge, 5th International Workshop on Mobile Ubiquitous Systems, Infrastructures, Communications and Applications (MUSICAL 2026), 2026
- Mathew Renny Msukwa, Naoki Uchiyama, Interactive Lecture Contents and Virtual Laboratory Design for Control Engineering Education, 14th IFAC Symposium on Advances in Control Education, Budapest, Hungary, IFAC PapersOnLine, 59, 7, 87-92, June 2025
- M. H. Noor Akashah, N. Uchiyama, Comparative Analysis of Detectron2 and YOLOv11 for Strawberry Segmentation in Visual Inspection Systems, 2025 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics, Toyama, Japan, 594-599, June 2025
- Rozaimi Ghazali, Abdallah Farrage, Enock William Nshama, Hideki Takahashi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Ryosuke Horio, Naoki Uchiyama, Motion Trajectory Generation for Rotary Cranes with Friction Adjustment under Load Rotation and Sway Constraints, 2025 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics, Toyama, Japan, 357-361, June 2025
- Andi Amirul Aizzat Bin Amir Rullah, Wan Nurshazwani Wan Zakaria, Ryosuke Horio, Naoki Uchiyama, Optimizing Tree Diameter Measurement Using RGB-D Cameras: Impacts of Illumination, Camera Elevation, and Sensor-Target Distance in Outdoor Environments, 2025 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics, Toyama, Japan, 624-629, June 2025
- Muhammad Najmi Hakim Nasir, Wan Nurshazwani Wan Zakaria, Ryosuke Horio, Naoki Uchiyama, Loose Oil Palm Fruitlet Detection Using YOLOv8 Nano Model By Layer Freezing Training for Better Accuracy with Small Dataset, 2025 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics, Toyama, Japan, 600-605, June 2025.
- Fabian Friz, Alice Hierholz, Oliver Sawodny, Naoki Uchiyama, Function-Parameterized Optimal Trajectory Generation for Mobile Robots, International Conference on Control, Automation and Diagnosis 2025, Barcelona, Spain, 1-6, July 2025
- Minetaka Maeda, Yoshihiro Matsuyama, Yasushi Muragishi, Naoki Uchiyama, The Effectiveness of Including a Preshaper in Motion Trajectory Optimization for Mechanical Systems, 2025 IEEE Conference on Control Technology and Applications, San Diego, CA, USA, 958-963, August 2025
- Dinh Ngoc Duc, Nguyen Van Tai, Ryosuke Horio, Naoki Uchiyama, Generation of Restricted Area for Outdoor Cleaning Robot Based on Traffic Cones Detection, 2025 SICE Festival with Annual Conference, Chiang Mai, Thailand, FrAT5.4, September 2025
- Amir, N. A., Farrage, A., Takahashi, H., Sasai, S., Sakurai, H., Okubo, M., Horio, R., Uchiyama, N., Optimal Load Positioning of a Rotary Crane with Slow and Safe Motion Considering Sway Reduction, 7th International Conference on Control and Robotics, Kyoto, Japan, 99-103, December 2025, Best Presentation Award
- Muhammad Haziq Noor Akashah, Masako Yamamoto, Naoki Uchiyama, A Vision-Based Measurement Framework with Optimized K-Nearest Neighbor Regression for Net Mesh Size

- Control, IEEE 19th International Conference on Advanced Motion Control, Daegu, Korea, March 2026 (Accepted)
- Thanh Viet Tran, Enock William Nshama, Naoki Uchiyama, Energy Efficient Navigation of Autonomous Mobile Robots Using Euler Spiral Based Trajectories, 4th International Conference on Mechatronics, Control and Robotics, TJ018, Tokyo, Japan, March 2026 (Accepted)
- Takesue N, Takeda M, Sato K. Optimization of Standing-Up Support Motion for Developing a Cane-Type Robot for Elderly Assistance. 11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR) 2025::R4203-A.
- Takeda M, Sato K. Abnormal walking detection using center of gravity candidate. 11th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR) 2025::R3313-A.
- Sato K, Dokata Y, Takeda M, Hirata M, Tanabe M, Adachi H. Static Error Compensation and Precision Control of Robot Arm. 11th International Conference on Leading Edge Manufacturing 2025::OS02-10.
- Kosetsu Ishikawa, Kinji Asaka, Zicai Zhu, Toshiki Hiruta, Kentaro Takagi, A nondimensional parameter for characterizing and predicting the relaxation behavior of IPMC sensor voltage, SPIE Smart Structures + NDE 2026, 2026年3月 (to be presented)
- Takanori Yoshimatsu, Takuya Ashiuchi, John D. W. Madden, Kentaro Takagi, On the anisotropic swelling characteristics of Nafion membranes, SPIE Smart Structures + NDE 2026, 2026年3月 (to be presented)
- Doniddorj Bayanjargal, Haruaki Ikushima, Takuma Nakao, Junji Takahashi, Naoki Uchiyama, "Safe and Efficient Multi-Robot Path Planning for Warehouse Environments," 2025 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), Beijing, pp.700-705, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1109/icma65362.2025.11120655>
- 【国内会議】**
- 島田豊藏, 小出健司, 高野瀬碧輝, 大石修士, 横塚将志, 三浦純, "Dual Quadric表現を用いた動的物体追跡とRGB-D・IMU制約の密結合によるオドメトリ推定", 第31回ロボティクスシンポジウム, 函館, 2026年3月.
- 鈴木健太, 三浦純, "吊荷監視カメラ画像を用いた任意形状吊荷検出", 第28回画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2025), 京都, 2025年7月.
- 増沢広朗, 三浦純, "軟弱野菜認識のための効率的な合成画像データセット生成", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 柿木広人, 増沢広朗, 三浦純, "木の幹をランドマークとして用いた果樹園走行ロボットの位置推定", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 森健太郎, 増沢広朗, 三浦純, 小倉昇, 柿原瑛樹, 鈴木健介, "傾いた物体の検出を用いた軟弱野菜の認識と野菜調整システムへの応用", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 市原沙耶, 三浦純, 林宏太郎, "顔の向きと視線方向を用いた移動ロボットに対する歩行者のウェアネス推定", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 三村志音, 三浦純, 林宏太郎, "音声対話機能を持つ見学者案内ロボット", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 矢尾智尋, 中嶋駿月, 三浦純, "大規模言語モデルを用いたあいまいなロボット指示の解釈", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 田畑玲穂, 三浦純, "3D LiDAR と RGB カメラを用いたスロープの検出と移動ロボットの誘導", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 寶納秀翼, 三浦純, "ドメイン間距離に基づく適切なナビゲーションモデルの選択", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 三角維吹, 三浦純, "全方位カメラを用いた分岐点における分岐方向検出", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 島田豊藏, 小出健司, 高野瀬碧輝, 大石修士, 横塚将志, 三浦純, "Dual Quadric表現を用いた任意同物体を含むグラフベースObject SLAM", 2025年ロボティクス・メカトロニクス講演会, 山形, 2025年6月.
- 栗山 繁, Motion Changer: 量子化コードの補間学習による高速動作変換, VC2025
- 加藤 拓朗, 會澤 智大, 顧 淳祉, 栗山 繁, 構造不一致な参照画像ペアに対応可能な文脈内学習画像編集, VC2025
- 栗原那留基, 勝俣安伸, 井上康之, 北崎充晃(2025). 1つのジョイスティックを用いた左右眼独立視野制御手法の開発と評価, 情報処理学会第87回全国大会, 茨木市, 大阪府
- 井上知樹, 井上康之, 萩原隆義, 鳥海智志, 北崎充晃, 勝俣安伸(2025). 左右眼独立視野の半自動制御による全周視野インタフェースの開発, 2C1-05, 日本バーチャルリアリティ学会第30回大会, 2C1-05, 茨木, 大阪
- 内田悠, 福村直博, "マルチモーダルVAEを用いた混合時系列信号からの潜在特徴抽出の検証", 電子情報通信学会NC研究会, 2026年3月
- virtual reality空間上におけるロボット組み立てシステムの研究, 福島知樹, 垣内洋平, 増沢広朗, 日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM) 2025年
- 手描き指示による物体探索の研究, 柿木太陽, 増沢広朗, 垣内洋平, 日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM) 2025年
- 手書きスケッチからロボット構成を生成するシステムの研究, 秋田光志朗, 増沢広朗, 垣内洋平, 日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM) 2025年
- 組立型ロボット構成検証システムの更新と教育研究利用, 垣内洋平, 秋田光志朗, 福島知樹, 増沢広朗, 日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM) 2025年
- ホームロボットによる室内作業のための環境構築手法に関する研究, 松本皓登, 増沢広朗, 垣内洋平, 日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM) 2025年
- ヒューマノイドロボットの動作生成のための手先押し力を使った階段昇り動作の姿勢や逆動力学解析, 釣部修平, 築地原里樹, 高橋泰岳, 垣内洋平, 川角祐一郎, 長嶋功一, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集(CD-ROM) 2025年
- TEMULEN ERDENETULGA, 大村 廉, 大規模運転警報データを用いた高齢ドライバー警報発生パターンへの加齢変化分析, 情報処理学会第88回全国大会, 7R-05, 2026
- 野村卓矢, 森田 慶, 大村 廉, V0₂測定値を基準とした IMU ベース METs推定モデルの精度検証, 情報処理学会第88回全国大会, 7Q-07, 2026
- 森本一輝, 大村 廉, V0₂測定値を基準とした IMU ベース METs推定モデルの精度検証, 情報処理学会第88回全国大会, 6Q-05, 2026
- 高岡俊輔, 大村 廉, 拡張BysGNNへのアテンション機構導入による消費行動予測性能の向上, 情報処理学会第88回全国大会, 6Q-03, 2026
- 國原拓未, 石橋尚子, 大村 廉, 自己教師あり学習を用いた行動認識におけるデータ不均衡度と識別性能の関係, 情報処理学会第88回全国大会, 6Q-01, 2026
- 末本旭, 大村廉, 油圧シリンダ負荷計測に向けた応力ひずみ計測デバイスの開発, 計測自動制御学会 スマートセンシングシステム部会, 2025

- 森田 慶, 大村 廉, IoT雨量計による観測結果を用いた局所降水量予測, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02025)シンポジウム, 1B-4, pp. 48 - 58, 2025
- 山本 大輝, 糸川 陽希, 百濟 和文, 脇田 康介, 前藤 鉄兵, 中山 浩樹, 笹井 慎太郎, 堀尾 亮介, 内山 直樹, 地切りとロープの弛みを考慮した大型クレーンの動特性モデリング, Dynamics and Design Conference 2025, OS7-2-1-07, 2025, 沖縄県中頭郡西原町
- 百濟 和文, 中山 浩樹, 笹井 慎太郎, 前藤 鉄兵, 堀尾 亮介, 内山 直樹, 巡回クレーンの機械負荷低減のための多軸複合操作を考慮した最適動作軌道生成, 第23回建設ロボットシンポジウム, 02-7, 2025, 沖縄県石垣市
- 佐藤 隆史, 内山 直樹, 地表に散在する物体拾得のための移動ロボットにおける接触力制御と実験検証, 第43回日本ロボット学会学術講演会, 3G1-01, 2025, 東京都目黒区
- 糸川 陽希, 山本 大輝, 百濟 和文, 脇田 康介, 前藤 鉄兵, 中山 浩樹, 笹井 慎太郎, 堀尾 亮介, 内山 直樹, 超重量物搬送クレーンの状態推定と安定化制御, 第26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, 1D1-02, 2025, 広島市
- 平原 凜, 百濟 和文, 高橋 秀樹, 櫻井 仁士, 大久保 正基, 笹井 慎太郎, 堀尾 亮介, 内山 直樹, クレーン操縦支援のための吊り荷監視カメラを用いた形状認識と特徴推定, 第26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, 3C5-12, 2025, 広島市
- 東家 諒明, 堀尾 亮介, 笹井 慎太郎, 櫻井 仁士, 大久保 正基, 高橋 秀樹, 内山 直樹, AR マーカーを用いた間欠的フィードバック制御による巡回クレーンの位置決め支援システムの設計と実験検証, 日本機械学会 東海支部 第 75 期総会・講演会, 213, 2026, 豊田市
- GUO WUGUANG, 八塚 寛信, 武田 洗晶, 佐藤 海二. 感温磁性体を用いたマイクロアクチュエータの平面上3方向の駆動特性. 2025年度精密工学会春季大会学術講演会 2025::708-709.
- 小田島 拓海, 武田 洗晶, 佐藤 海二, 赤松 薫, 野村 裕太. 反力ステージを用いた精密位置決め系の振動抑制. 2025年度精密工学会春季大会学術講演会2025::710.
- 佐藤 海二, 武田 洗晶. 学習制御器を用いた高精度シミュレータの簡易生成法. 2025年度精密工学会春季大会学術講演会 2025::711-712.
- 八塚 寛信, 佐藤 海二, 武田 洗晶, 郭 武光. 感温磁性体を用いた平面モータの可動子の簡易製作法 第37回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD37) 2025::23B3-3.
- 宮下 功誠, 武田 洗晶, 佐藤 海二. 骨盤が後傾した高齢者のための起立時の前傾を支援する腰型装置の開発. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2025 2025::1A1-F12.
- 武田 洗晶, 齋藤優輝, 佐藤海二. 肩の自由度を考慮した簡易な2次元人体リンクモデルの提案と評価. 第43回日本ロボット学会学術講演会 2025::1A1-01.
- ガン スエン, 武田 洗晶, 佐藤 海二. 産業応用向けIMPベース簡易高精度追従制御. 第68回自動制御連合講演会 2025::737-738.
- 小川 永遠, 高橋 淳二, 吉田 武史, 「合成画像とYOLOを用いた床上の埃の検出と マッピング」, 第43 回日本ロボット学会学術講演会, 2025.
- 比留田 稔樹, 佐野 統惟, 梶原 逸朗, 細矢 直基, 前田 真吾, 新竹 純, 高木 賢太郎, 静電吸着により把持を行っているDEAグリップの振れ止め制御に関する研究, 日本機械学会D&D講演会2025, 2025年8月.
- 小川 拓弥, 塩野 哲志, 池亀 透, 比留田 稔樹, 部矢 明, 道木 慎二, 井上 剛志, 高木 賢太郎, 2慣性ねじり振動系の電磁シャント制振における定点理論を用いた解析的最適化に関する考察, 日本機械学会D&D講演会2025, 2025年8月.
- 橋本 龍之介, 小川 拓弥, 吉田 索, 比留田 稔樹, 井上 剛志, 岩崎 徹也, 高木 賢太郎, 剛体モードを持つ2慣性系の振動制御のためのEtherCATネットワークを用いた制御装置の開発, 自動制御連合講演会2025, 2025年11月.
- 石川 耕雪, 安積 欣志, 朱 子才, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, IPMC センサ物理モデルの解析解と電圧の緩和特性を特徴づける無次元パラメータ, 計測自動制御学会 第26回 SI部門講演会, 1B1-09, 広島, 2025年12月. (優秀講演賞受賞)
- 曾山 乃明, 入澤 寿平, 木村 大輔, 宝田 亘, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, 線状ねじり型釣糸人工筋肉 (STPF) の物理モデル構築に向けた温度で変化する剛性行列の特性計測について, 計測自動制御学会 第26回 SI部門講演会, 1B1-15, 広島, 2025年12月. (優秀講演賞受賞)
- 松本 有平, 曾山 乃明, 比留田 稔樹, 高木 賢太郎, 引張試験機を用いた釣糸人工筋肉の粘弾性評価について, 計測自動制御学会 第26回 SI部門講演会, 1B1-14, 広島, 2025年12月.
- 吉松 公德, John D. W. Madden, 高木 賢太郎, IPMC アクチュエータを構成する Nafion 膜の異方的な膨潤特性について, 計測自動制御学会 第26回 SI部門講演会, 1B1-08, 広島, 2025年12月.
- 加藤亮一郎, 比留田稔樹, 高木賢太郎, 低抵抗柔軟電極を用いた誘電エラストマーセンサの開発と振動計測応用の検討, 計測自動制御学会 第26回 SI部門講演会, 2B4-09, 広島, 2025年12月.
- 比留田稔樹, 誘電エラストマーアクチュエータによる構造加振技術と静電吸着の適用, 2025年度 磁性流体連合講演会, 3, 名古屋, 2025年12月.
- 中川蒼大, 比留田稔樹, 篠塚耀芳, 高木賢太郎, 薄形積層ソフト電磁アクチュエータの構成と構造加振応用に関する研究, 日本機械学会東海学生会 第56回学生員卒業研究発表講演会, 愛知, 2026年3月.
- 木田 博貴, 中尾 拓真, 高橋 淳二, 「NDTの適用による Panorama-VGM位置推定の 高速化」, 第43 回日本ロボット学会学術講演会, 2025.
- 小西洗生, 中馬豪斗, 高橋淳二, 「位置推定システムCeiling-VGMの工場への導入とパラメータ調整」, 計測自動制御学会スマートセンシングシステム部会研究発表会, 2025.
- 日野綾瀬, 高橋淳二, 吉田武史, 「図書館における配架ミス検出のためのラベル読み取りロボットシステムの開発」, 計測自動制御学会スマートセンシングシステム部会研究発表会, 2025.
- 小西 洗生, 中馬, 豪斗, 高橋 淳二, 「位置推定システム Ceiling-VGM の物品の配置が流動的な環境への適用とパラメータ調整」, 第 155 回講習会「工作機械の最新講習会と学生交流会」, 2025.
- 森川倭, 高橋淳二, 「クラウドソーシングを利用した半自律ロボットシステムの提案」, 第155回講習会「工作機械の最新講習会と学生交流会」, 2025.
- 利根川涼, 高橋淳二, 「Visual Geometric Matching に Direct Edge Alignment を統合した 6 自由度位置推定システム Optimized-VGM の提案」, 第155回講習会「工作機械の最新講習会と学生交流会」, 2025.
- 日野綾瀬, 高橋淳二, 吉田武史, 「図書館における配架ミス検出のためのラベル読み取りロボットシステムの開発」, 第155回講習会「工作機械の最新講習会と学生交流会」, 2025.
- 森川倭, 高橋淳二, 「人と連携する自律移動ロボットの制御手法の検討」, SICE東海支部 研究発表&企業交流会, 2025.
- 小西洗生, 中馬豪斗, 高橋淳二, 「位置推定システムCeiling-VGMを用いたAMRの工場環境への適用に関する研究」, SICE東海支部 研究発表会&企業交流会, 2025.
- 日野綾瀬, 高橋淳二, 吉田武史, 堀尾亮介, 「図書館における配架ミス検出のためのラベル読み取りロボットシステムの開発」, SICE東海支部 研究発表&企業交流会, 2025.
- Stanley Susantyo, 高橋淳二, 「工場内設置物体を参照にした

- ロボット自己位置推定システム」, SICE東海支部 研究発表&企業交流会, 2025.
- 木田博貴, 中尾拓真, 高橋淳二, 「NDT+Panorama-VGM位置推定を用いたロボットの自律走行」, SICE東海支部 研究発表&企業交流会, 2025.
- 利根川涼, 高橋淳二, 「Optimized Visual Geometric Matchingによる単眼ドリフトレス位置推定の性能評価」, SICE東海支部 研究発表&企業交流会, 2025.
- 小川永遠, 高橋淳二, 吉田武史, 「Sim to Realによる汚れ評価のためのビルメンテナンスロボット」, SICE東海支部 研究発表&企業交流会, 2025.
- 【招待講演】**
- Jun Miura, “Robotics Projects at Active Intelligent Systems Laboratory,” Invited Lecture at Department of Electric Engineering and Information Technology, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, Jan. 2026.
- 北崎充晃(2025). バーチャルリアリティとメタバースの基礎、そして教育への展開可能性, 豊橋市教育委員会夏期研修講座 理科教育講座, 2025年7月25日、豊橋
- 北崎充晃(2025). 世界を超えるメタバース, 設楽町合併20周年記念式典特別講演会, 2025年10月4日、愛知県設楽町岡田美智男, 〈弱いロボット〉研究の目指すもの コンヴィヴィアリティのためのHRIデザイン、第3回 アジャイルガバナンスシンポジウム、京都大学 (2024/6/12).
- 内山 直樹, フィードフォワード制御による機械システムの制振制御技術とシミュレーションによる応用およびそのポイント, 日本テクノセンター, 2025年6月27日
- 前田 峰尚, 内山 直樹, Input Shapingの適用を考慮した動作軌道最適化による機械システムの振動抑制, 振動談話会第11回 若手研究交流会, 豊橋技術科学大学, 2025年10月10日
- 内山 直樹, 山本 修子, 漁網生産の効率化-高品質化のための革新的編網機の開発, 「知の拠点あいち重点研究プロジェクトV期」キックオフセミナー, ポスター展示, 2025年9月17日
- 百済 和文, 内山 直樹, コベルコ建機次世代クレーン共同研究講座の紹介と最適制御法の提案, イノベーションミートアップ2025@技科大, 豊橋技術科学大学, 2025年10月3日
- 山本 修子, 内山 直樹, 編網機の国際展開と知の拠点あいち重点研究プロジェクトの紹介, イノベーションミートアップ2025@技科大, 豊橋技術科学大学, 2025年10月3日
- Naoki Uchiyama, Optimization and Dynamic Control for Performance Enhancement of Industrial Systems, 2025 International Guest Lecture on Engineering Physics, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia, December 08, 2025
- 内山 直樹, 山本 修子, 漁網生産の効率化-高品質化のための革新的編網機の開発, 「知の拠点あいち重点研究プロジェクトV期」公開セミナー, あいち産業科学技術総合センター, 2026年2月16日
- 内山 直樹, 山本 修子, 小松 脩征, 漁網生産の効率化-高品質化のための革新的編網機の開発, 知の拠点あいち重点研究プロジェクトV期 INNOVATION BRIDGE, STATION Ai, 2026年2月27日
- Takeda M. Physical and Mental Human-Robot Interaction for Assistive Robots. IAS-FRIS Symposium on Social Robots and Ethical Design 2025
- 武田 洗晶, イノベーションミートアップ2025@技科大, ポスター発表. 2025年10月
- Kentaro Takagi, On the analytical solution of a coupled multiphysics model for ionic polymer-metal composite (IPMC) sensors, 日本学術会議 第11回理論応用力学シンポジウム, 2026年3月6日
- 高木賢太郎, 釣糸人工筋アクチュエータの基礎, 形状記憶合金に関する講習会2025, 2025年7月23日
- Junji TAKAHASHI, “Accurate and Cost-Scalable Visual-Geometric Matching for indoor IoT services,” The 14th International Workshop on the Reliability of Intelligent Environments (WoRIE 2025), Keynote Talk 2
- 高橋淳二, 「建築物3Dモデルと2Dカメラ画像の照合による位置推定」, 新技術説明会【オンライン開催】 デバイス・計測・材料 ~豊橋技科大、長岡技科大~, 2025.
- 高橋淳二, 「物品の配置が頻繁に変わる工場内での自動搬送ロボット導入に向けた取り組み」, イノベーションミートアップ2025

その他活動

2025年8月23日に豊橋技術科学大学のオープンキャンパスに
分野所属の8研究室が参加，研究成果を展示。

三浦 純，2025年11月12日に忠南半導体マイスター高校（韓
国）の豊橋技術科学大学見学に際し，最新ロボット技術
の紹介・実演を実施。

高橋淳二，2025年11月29日に株式会社リバネスと豊橋市の
共同開催の超異分野学会【豊橋フォーラム】にて、知識
製造イグニッションのパートナーとして登壇し、テーマ
募集、審査、表彰を実施。

オープンラボ2025 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2025 開催報告

開催日 2025年9月16日（火） 13:00~16:00

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、昨年一昨年に引き続き「オープンラボ」を開催しました。オープンラボは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イベントです。機械工学系、情報・知能工学系、IRES²に所属する10研究室が最先端のロボット技術を公開しました。またロボット同好会も6月に開催されたNHK学生ロボコンにて準優勝したロボットや、過去に優勝したロボットの展示を行いました。

企業の方や自治体の方を中心に、一般の方、他教育機関の現役学生、教職員の方々にも多くお越しいただき、計51名の方にご来場いただきました。複数の研究室を見学された方もいらっしゃり、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。ロボット関連技術に触れていただける機会となりました。

【広報活動用チラシ】

豊橋技術科学大学
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 2025

◆開会挨拶・全体説明 (13:00 - 13:15)
会場: A-114室
人間・ロボット共生分野 分野リーダー 情報・知能工学系 教授 三浦 純

◆研究室公開 (13:15 - 16:00)
会場: 学内各研究室 (機械工学系, 情報・知能工学系, 次世代半導体・センサ科学研究所)
ロボコン同好会 (NHK ロボコン出場ロボット展示)

Event Details

2025年
9月16日 (火)
13:00 - 16:00
豊橋技術科学大学

【申込み方法】
右下の2次元コードを読み取り、オープンラボ2025のページからお申込みください
<https://robot.tut.ac.jp/openlab2025.html>

【申込期限】 2025年9月12日 (金)

【参加費】 無料

【問い合わせ】
豊橋技術科学大学 人間・ロボット共生分野
E-mail: openlab2025@robot.tut.ac.jp

【開会挨拶・全体紹介】



【当日配布資料】

豊橋技術科学大学
人間・ロボット共生分野 オープンラボ2025

開会挨拶・全体紹介 13:00~13:15 場所: A棟1階 (A-114)
研究室公開 13:15~16:00 場所: 学内各所

A A棟1階 (A-114室)
開会挨拶・全体紹介会場
ネームタグ返却場所

5 D4 研究実験棟
6階 高木研究室 D4-602

6 C2 研究実験棟
5階 三浦研究室 C2-501

7 E3 低層実験棟
1階 内山研究室 E3-101

8 付属図書館
1階 北崎研究室
メタバースVRラボ

9 福利施設 (食堂・売店)
ロボコン同好会
食堂内 ひばりラウンジ

1 F 研究棟
1階 岡田研究室 F-107

2 F1 研究実験棟
2階 垣内研究室 F1-205
4階 福村研究室 F1-408

3 D2 研究実験棟
2階 高橋研究室 D2-203
3階 佐野研究室 D2-305

4 D3 研究実験棟
3階 佐藤研究室 D3-302, 303

※ --- は2階で繋がっています
※ - - - は各階で繋がっています

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>