人と共存するロボットを目指して

早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科 知能機械学研究室

Intelligence Laboratory, Department of Modern Mechanical Engineering, Faculty of Creative Science, Waseda University
〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 教授 菅野重樹, 研究院講師 長濱峻介

TEL : 03-5286-3264

URL : <http://www.sugano.mech.waseda.ac.jp/jp/>

E-mail : sugano@paradise.mech.waseda.ac.jp

1. 研究室の概要

菅野重樹研究室は、世界初のヒューマノイドロボット WABOT-1 を開発した故・加藤一郎先生の研究室の系譜を受け継いだ研究室の一つである。鍵盤楽器演奏ロボット WABOT-2 (菅野教授の博士論文)、人間共存ロボット WENDY, TWENDY-ONE, 情緒交流ロボット WAMOEBA など多くのヒューマノイドロボット開発研究を行ってきた。

上記のロボットは、人間や環境とのインタラクションに重点を置いて設計されており、手の触覚センサや関節のトルクセンサを用いて、精緻な作業や人との接触時の安全性を担保する機能を実現している。これらの研究は本研究室が世界に先駆けて行っており、現在産業界で積極的に開発されている「協働ロボット」の先駆けともいえる。

2. 専門分野

本研究室の専門分野は、「知能機械学」である。具体的には、ロボットハンドやアームによる物体のマニピュレーション、ヒューマンインタフェース、モビリティなど、周辺環境に合わせた制御が必要とされる知能機械の機構や制御系設計を行っている。より高度な作業やインタラクションを実現するために、機械学習、触覚センサや油圧アクチュエータなどの要素技術開発も行っている。

3. 研究室のメンバー構成

菅野重樹 (教授), 亀崎允啓 (研究院准教授/JST さきがけ), アレクサンダー・シュミッツ (リーディング大学院准教授), 汪偉 (リーディング大学院講師), ソムロア・

ソフォン (SGU 講師), 長濱峻介 (研究院講師), 助教 3 名, 研究補助者 1 名の合計 9 名のスタッフが研究を主導的に行っている。そして、大学院博士後期課程 12 名, 大学院修士課程 38 名, 学部 4 年生 12 名, 学部 3 年生 10 名の合計 72 名の学生と 2 名の秘書が在籍している (図 1)。

4. 研究内容

人とロボットの共存的な関係の在り方を模索しており、そのフレームワークの構築を行っている。近年は機械学習や新規材料を応用したロボットの開発にも取り組んでいる。

4.1 機械と人間の協調的な移動

ロボットやパーソナルモビリティが、人間の生活環境で安全かつ協調的に移動する技術を研究している¹⁾。

周辺の状況に応じて移動戦略を切り替え、安全を保ちつつも、通路が狭い場合は人と接触しながら移動するなどの行動が可能なロボットの研究を行っている (図 2)。さらに、人の認知的な特性を移動戦略のアルゴリズムに組み込むことで、人に不快感を与えず、かつ効率的に群衆の中を移動する技術の開発も行っている。

4.2 機械学習による物体のマニピュレーション

機械学習を用いてロボットによる物体の操り動作や道具の使用の研究を行っている。物体を把持した際の力覚センサや関節角の情報を入力として、ニューラルネットワークを用いて学習を行い、形状の異なる物体の操り (ボトルキャップの開栓等の動作) を実現している²⁾。

ロボットのマニピュレーション性能を向上させるために触覚センサの開発も研究室で行っており、uSkin³⁾や Soft-

図 1 集合写真

図 2 a) 1 人の人が進行方向にいる状況での介入 b) 複数の人が進行方向にいる状況での介入

図3 a) ロボットハンドによる物体のマニピュレーション b) 柔らかい触覚センサ uSkin

図4 a) 直動型アクチュエータ b) 回転型アクチュエータ

MPS⁴⁾などの柔らかい触覚センサを開発している (図3)。

4.3 MR流体を用いたアクチュエータ

MR流体 (Magnetorheological Fluid) は、通常は柔らかい状態であるが、磁場の印加により粘度が上昇し硬い状態になる。この性質により、油圧アクチュエータの作動油をMR流体に置き換えることで、作業性と安全性の両立が可能なアクチュエータが実現できる。現在、直動⁵⁾および回転⁶⁾アクチュエータの開発を行っており、ロボットの関節に適用するなど実装に向けて研究中である (図4)。

図5 a) PDMS製の微小突起構造 b) 水中での把持の様子

4.4 微小突起構造を用いた物体の安定把持

図5に示すような微小突起構造を材料の表面に製作することにより、吸着力が生じるようになる。研究室では、この構造をロボットのグリップの指先に適用することで摩擦に依存しない低接触力での把持を実現している⁷⁾。摩擦に依存しないので、水中での物体の安定把持なども実現可能である。

5. 所有機器

TWENDY-ONE, nicebot, 東ロボアーム, Allegro Handなどの各種ロボットを保有している。

6. 技術相談および研究・開発協力

現在、共同研究を行っている企業は8社を超える。また、多くの学生が博士課程教育リーディングプログラムに参画している。早稲田大学の次世代ロボット研究機構、ナノテクノロジー研究センター等の協力を得ている。

参考文献

- 1) M. Kamezaki, A. Kobayashi, Y. Yokoyama, H. Yanagawa, M. Shrestha and S. Sugano: A Preliminary Study of Interactive Navigation Framework with Situation-Adaptive Multimodal Inducement: Pass-By Scenario, Int. J. Soc. Robot., (2019).
- 2) S. Funabashi, A. Schmitz, S. Ogasa and S. Shigeki: Morphology-Specific Stepwise Learning of In-Hand Manipulation with a Four-Fingered Hand, IEEE Trans. Ind. Informatics, (2019).
- 3) T.P. Tomo et al.: A New Silicone Structure for uSkin-A Soft, Distributed, Digital 3-Axis Skin Sensor and Its Integration on the Humanoid Robot iCub, IEEE Robotics and Automation Letters, **3**, 3 (2018) 2584.
- 4) S. Nagahama, K. Migita and S. Sugano: Soft magnetic powdery sensor for tactile sensing, Sensors (Switzerland), **19**, 12 (2019) 2677.
- 5) G.A. Dominguez, M. Kamezaki and S. Sugano: Proposal and Preliminary Feasibility Study of a Novel Toroidal Magnetorheological Piston, IEEE/ASME Trans. Mechatronics, **22**, 2 (2017) 657.
- 6) P. Zhang, M. Kamezaki, K. Otsuki, S. He, G.A. Dominguez and S. Sugano: Preliminary design of a pseudo-inertia adjustable mechanism based on bidirectional releasing of stored kinetic energy, Proc. of IEEE/ASME Int. Conf. Adv. Intell. Mechatronics, (2018) 1136.
- 7) 中尾徳志, 長濱峻介, 菅野重樹: 微細なシワ構造による微小突起構造の吸着力制御手法の提案, 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論文集, (2019) 609.