

## 日本ロボット学会 第120回ロボット工学セミナー 実施報告書

### ロボットのための作業・動作計画とその教示支援技術

日時：2019年6月27日（木）10:10～17:00

会場：中央大学 後樂園キャンパス 5号館 3階 5336教室（東京都文京区春日 1-13-27）

参加者数：115名（会場），39名（遠隔）

オーガナイザー：鈴木章洋（オムロン株式会社）

サブオーガナイザー：永岡健司（九州工業大学）

#### セミナー概要

近年、労働力不足等の問題を解決するため、ロボットによる作業自動化が強く求められています。例えば生産現場においては、生産品目の変化に迅速に対応可能であることが求められ、工程の一端を担うロボットには、様々な作業に対応可能な汎用性・柔軟性が求められます。この時、「多様な作業内容をいかに簡単にロボットに実現させるか」が重要な課題の一つとなります。本セミナーでは、上記課題を解決するためのアプローチとして、ロボットの作業計画・動作計画・動作制御の自動化やその教示支援技術に着目し、関連領域における最新の研究開発事例をご紹介します。

本セミナーでは、関連分野の研究者や学生、企業の研究開発実務者を対象としました。幅広く話題を提供するため、異なる視点・立場で本分野の問題に取り組まれている講師5名で構成する形式としました。本年1月中に講師の内諾を得て、内容調整後、今年4月に会告を公示し、約3ヵ月間の広報に努めました。

#### 第1話 作業動作の自動計画技術

大阪大学 原田 研介

ロボットによる人手作業の代替に向けて、特にロボットによる組立作業自動化に必要な要素技術やバラ積みピッキングの研究事例をご解説頂きました。まず、組立作業時の対象物の持ち替え・再配置に関する作業計画技術や、多様なマニピュレーションを記述するためのテンプレートおよびそのデータベース生成、それらを用いた人の動作認識と組立作業計画への応用についてご説明頂きました。更に作業用の把持ツールを自動設計し、設計したツールの切り替えを考慮した動作を計画する技術をご紹介します。最後に、バラ積みピッキングに関して、対象物の絡みに着目した手法や、視覚認識が困難な対象物に対する最新の研究事例をご紹介します（図1）。



図1 原田 研介 様

## 第2話 複雑作業の自動化に向けた力制御

産業技術総合研究所 山野辺 夏樹

人手作業の自動化を達成する際に課題となる、環境とロボットの接触に伴う力制御技術についてご解説頂きました。まず、力制御の基礎的な方法論についてご解説頂き、パラメータ設定を含む制御戦略の構築が難しい点についてご説明頂きました。続いて制御戦略構築の方法として、理論的設計手法や実演に基づく方法、実験的設計手法についてご解説いただきました。更なる作業戦略構築の簡便化を目指す研究事例として、実演教示と学習の組み合わせや、シミュレータの活用、作業のデータベース化、転移学習による類似作業への再利用等についてご解説いただきました(図2)。



図2 山野辺 夏樹 様

## 第3話 模倣学習および強化学習による動作計画

九州工業大学 長 隆之

ロボットの自動化への応用が期待されている模倣学習および強化学習による動作計画技術についてご解説頂きました。まず、模倣学習および強化学習について、それぞれの理論的な背景をご説明頂き、それらの応用事例として結紮動作や把持等のマニピュレーションの自動化についてご紹介頂きました。更に、軌道最適化による動作計画との関係性や、模倣学習と軌道最適化の融合、模倣学習や強化学習を利用したロボットの安全性をより低レベルの制御部で担保する方法、などの話題を提供して頂きました(図3)。



図3 長隆之 様

#### 第4話 物体操作を行う自律型ロボットの認識・行動計画・システム統合

信州大学 山崎 公俊

認識を起点とした行動計画やロボットシステムの効率的な開発方法についてご講演いただきました。事例として、失敗検知・回復機能を考慮したタスク設計方法や、認識を容易にするためのハードウェア/ソフトウェア設計、他機関連携に伴う分担研究開発事例などの取り組みをご紹介頂きました。続いて、学習を用いたロボットシステムのデータ収集にかかる負荷が高いことに触れられ、その緩和策として物理シミュレータによるデータ収集等を用いることで、ロボットが布製品の折り畳み方を効率的に獲得できる事例をご解説頂きました(図4)。



図4 山崎 公俊 様

#### 第5話 ロボットへの深層強化学習応用とタスク知識の利用

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所 立花 隆輝

強化学習技術の産業用ロボットへの応用事例やタスク知識を積極的に利用したアプローチについてご講演頂きました。まず応用事例として、高精度な peg-in-hole タスクへの適用についてご解説頂きました。続いて、制約を考慮した最適化器を挿入することで強化学習を効率化する方法、逆強化学習を用いて人が暗黙に仮定する安全な動作規範を獲得する方法をご紹介頂きました。最後に、記号的知識と学習されたスキルを組み合わせること

で、手順のある複雑なタスクを実行する事例をご解説いただきました(図5)。



図5 立花 隆輝 様

### まとめ

本セミナーでは、「多様な作業内容をいかに簡単にロボットに実現させるか」という課題に対して、認識技術、作業・動作計画技術、力制御技術、模倣学習や強化学習技術、およびシステム統合といった幅広い観点から、最新の研究開発事例をご講演いただき、私自身、大変勉強になりました。聴講者アンケート(回収数 103, 回収率 67%)では、期待通り：81票，中間：17票，期待はずれ：0票，未記入：5票という結果でした。聴講者からは、「あらゆる観点から有用なテーマが網羅されており，非常に良かった」「事例の提示が多く，実際に取り組むうえで参考になった」等の感想を多く頂くとともに、「発表時間が短い」「質疑応答時のやりとりを効率化すべき」「遠隔配信時の動画に乱れがあった」等の改善要望も頂きました。頂いた要望に関しては，原因と対策を整理し，今後のロボット工学セミナーの運営に反映していく予定です。本セミナーが，参加者の皆様の今後の研究開発に寄与することができれば幸いです。

### 謝辞

ご講演をご快諾いただいた講師の方々，熱心に聴講し議論に参加いただいた参加者の皆様にお礼申し上げます。また，セミナーの企画では事業計画委員会の皆様，特に前委員長の大原様(名城大学)，現委員長の辻様(埼玉大学)に，セミナー運営では，ロボット学会事務局の水谷様，サブオーガナイザーの永岡様(九州工業大学)，会場手配・準備では，新妻様(中央大学)，荒井様(東北大学)に大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

2019年7月24日

文責 鈴木章洋(オムロン株式会社)