

ロボットアームを用いたポリマープレスと物性測定工程の連動自動化システムの開発

○浅野 悠紀 岡田 慧 塩見 淳一郎
(東京大学)

ロボティクスの活用によるポリマー材料の自律的材料開発の実現に向け、複数の工程からなる開発工程全体に対し、それぞれの工程自動化とその自動化工程の連動により、一連の開発フローを自動的に遂行可能なシステムの構築が必要である。本研究では、ポリマーのフィルム状サンプル作製のためのプレス成型工程の自動化と、誘電率を計測する物性測定工程の自動化とを連動させる自動化システムの構築を実施した。

1. はじめに

ロボティクスと機械学習の活用によって従来の研究開発を自動化・自律化する自律駆動科学の研究分野が急速に発展している [1]。実験は一般に多工程から成り立つため、実験結果に基づいて次実験のパラメータ提案をする自律実験のクロズドループを構築するためには、それぞれの工程の自動化だけではなく、工程を連結するシステム開発も必要となる。

本研究では、私達が取り組むポリマー材料開発を対象にした実験システム構築において、これまでに開発してきたプレス工程の自動化 [2] と、誘電率測定工程の自動化 [3] を連動するシステム構築について報告する。

2. 連動自動化システムの構築

プレス工程と測定工程を連結するため、各工程の前後部の自動化を実施した。具体的には、プレス工程の前にポリマー材料を計量する自動計量機の導入、プレス後のポリマーフィルムを吸引により回収する小型ロボットの導入、プレス工程後に測定工程へポリマーフィルムを搬送するベルトコンベアの導入を実施した。そしてこれらをプレスと誘電率測定の自動化システムに統合し連動させた。図 1 に構築したシステムの全体像を示す。

システムでは、各種ロボット・装置・測定器のハードウェアに対応したオペレータノードを実装し、工程に応じて制御指令が送信される。各装置ごとに異なる通信制御インターフェースへ対応するために、PLC や websocket を介した通信用ブリッジを実装し、各装置への統一的な指令系を構築した。また、多工程からなり複雑な実験工程の記述にはステートマシンによるシステム実装を行った。

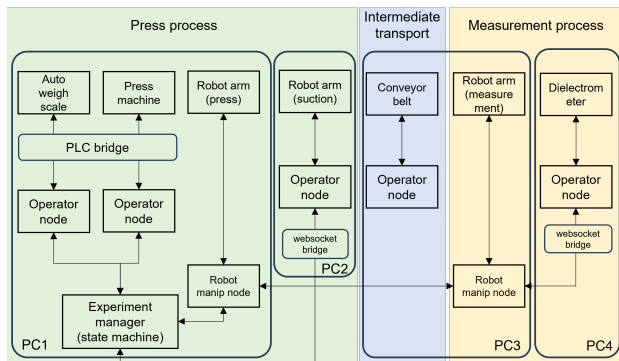


図 1 連動自動化システムの構成

3. プレス工程と測定工程の連動実験

構築したシステムを用いてプレス工程から測定工程までの一連の動作とシステム有効性確認の検証実験を行った (図 2)。ポリマー材料にはポリエチレンを用いた。結果、ロボットアームや各種実験装置からなる複数の自動化要素を連動させ、一連の実験工程の動作を人の介在なしに実現できることを確認した。

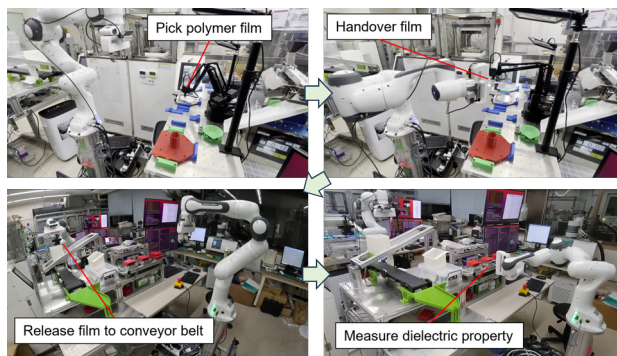


図 2 プレス工程と誘電率測定工程の連動実験

4. おわりに

本研究では、ポリマー材料における自律開発のクロズドループ構築のため、プレス工程と誘電率の測定工程を連結するシステム構築を行った。構築したシステムを用いることで、ポリマーのプレス工程から測定工程までの一連の動作を人の介在なしに実現できることを確認した。今後、動作だけでなく実際の測定を行い、蓄積した測定結果の機械学習により次実験パラメータを得ていく自律実験クロズドループの構築を進めていく。

参 考 文 献

- [1] B. P. MacLeod et al. Self-driving laboratory for accelerated discovery of thin-film materials. *Science Advances*, Vol. 6, No. 20, p. eaaz8867, 2020.
- [2] Yuki Asano, Kei Okada, and Junichiro Shiomi. Robotic automation system of polymer press process for materials lab-automation. In *2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, pp. 351–356, 2024.
- [3] 浅野悠紀, 岡田慧, 塩見淳一郎. ロボットマニピュレーションによるポリマー材料の誘電率測定自動化システム. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'24 講演論文集, pp. 2P2–G10, 2024.