

【公開版】

令和元年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「立体・柔軟フィルムのバイオミメティックスを応用した
高精度フィルムインサート技術の研究開発」

研究開発成果等報告書

令和元年 7 月

担当局 近畿経済産業局

補助事業者 公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

目 次

第 1 章 研究開発の概要

1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-1-1	研究開発の背景	1
1-1-2	研究目的及び目標	1
1-1-3	目的及び目標に対しての実施結果	2
1-2	研究体制	3
	(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	
1-3	成果概要	5
1-4	当該研究開発の連絡窓口	6

第 2 章 本論

1.	ロボットハンドの開発及び自動制御の課題への対応	7
【1-1】	手の挿入感覚を再現できる素材の選定と開発	7
【1-2】	手でフィルムシワを伸ばす動作の分析	8
【1-3】	シリコーン製ロボットハンドの物性評価	10
【1-4】	ロボットハンド内部構造の研究開発	13
【1-5】	試作金型での評価と修正	16
【1-6】	開発したロボットハンドの実装試験と評価	16
2.	画像処理カメラを利用したフィルム位置ズレ防止の課題への対応	16
【2-1】	現行使用フィルムの寸法精度の計測	16
【2-2】	既存画像処理システムとロボットとの連動システムの開発	17
3.	ロボットでフィルム挿入と製品取り出しを行う課題への対応	18
【3-1】	フィルム挿入時のハンド動作システムの開発	18
【3-2】	開発したハンドと改造したロボットアーム、 そして位置ズレ確認用カメラとの連携確認	19
【3-3】	量産試作による最終確認	22

最終章 全体統括

3-1	研究開発成果	24
3-2	事業展開にむけて	25

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究開発の背景

川下企業からは、フィルムインサート成形部品の精度のバラツキによる不具合及び生産コストに対して厳しい改善要求がある。その対応として当社ではフィルムインサート成形品の生産性向上、品質改善に取り組んできた。現在、既存のインサート技術では、大きな曲面形状のフィルム自動挿入ができず、人間の手挿入による半自動成形を行っている。生産コスト低減及び品質向上の為、フィルム挿入をロボットで代替する方法が検討されてきているが、挿入時の位置合わせが難しく、大きな曲面形状のフィルム自動挿入は実現に至っていない。



フィルムインサート成形部品例

1-1-2 研究目的および目標

本研究開発は、川下企業からの低コスト、高品質要求に対する対応として、ロボットアームを自動制御し、曲面形状のフィルムを正確な位置へ安定挿入する技術開発を目的とする。自動化する事でコストダウンと作業の安定化による高品質化を目指す。バイオメテックスの観点からフィルム挿入時の手の動きを分析し、手の挿入感覚を再現するのに適した材質、ロボットハンドの構造研究開発を行い、最終的に開発したロボットハンドと成形機を組み合わせる事で、曲面フィルムの金型への安定した自動挿入技術を開発する。

以下に目標（サブテーマ）の詳細を記載する。

サブテーマ【1】ロボットハンドの開発及び自動制御の課題への対応

現状の人間の手による挿入作業では、フィルム挿入が安定せず、フィルムの位置ズレ、フィルムシワ不具合が発生する。手の挿入感覚を再現できるロボットハンドの開発により、これらの不具合を現状の1/5まで低減する。

また、経済的な耐久性を確保するため、30,000ショット以上の挿入に耐えうる素材選定をおこなう。

サブテーマ【2】画像処理カメラを利用したフィルム位置ズレ防止の課題への対応

現状の人間の手による挿入作業では、挿入位置が人間の目視に頼る部分が大きく安定しない。画像処理システムとロボットとの連動システムの開発によりこのフィルム位置ズレ不良を現状の 1/5 まで低減する。

また、フィルムの目標挿入精度は現行を大きく上回る $\pm 0.5\text{mm}$ の精度を目指す。

サブテーマ【3】ロボットでフィルム挿入と製品取り出しを行う課題への対応

現状の手による挿入方法では、挿入作業の高速化が困難である。この手作業の部分であるフィルム挿入、製品取り出しについてロボットハンド及びロボットアームの制御と成型機の制御とを連動して行うシステムを開発し、現行生産サイクルタイムを 30% 短縮する。

1-1-3 目的及び目標に対しての実施結果

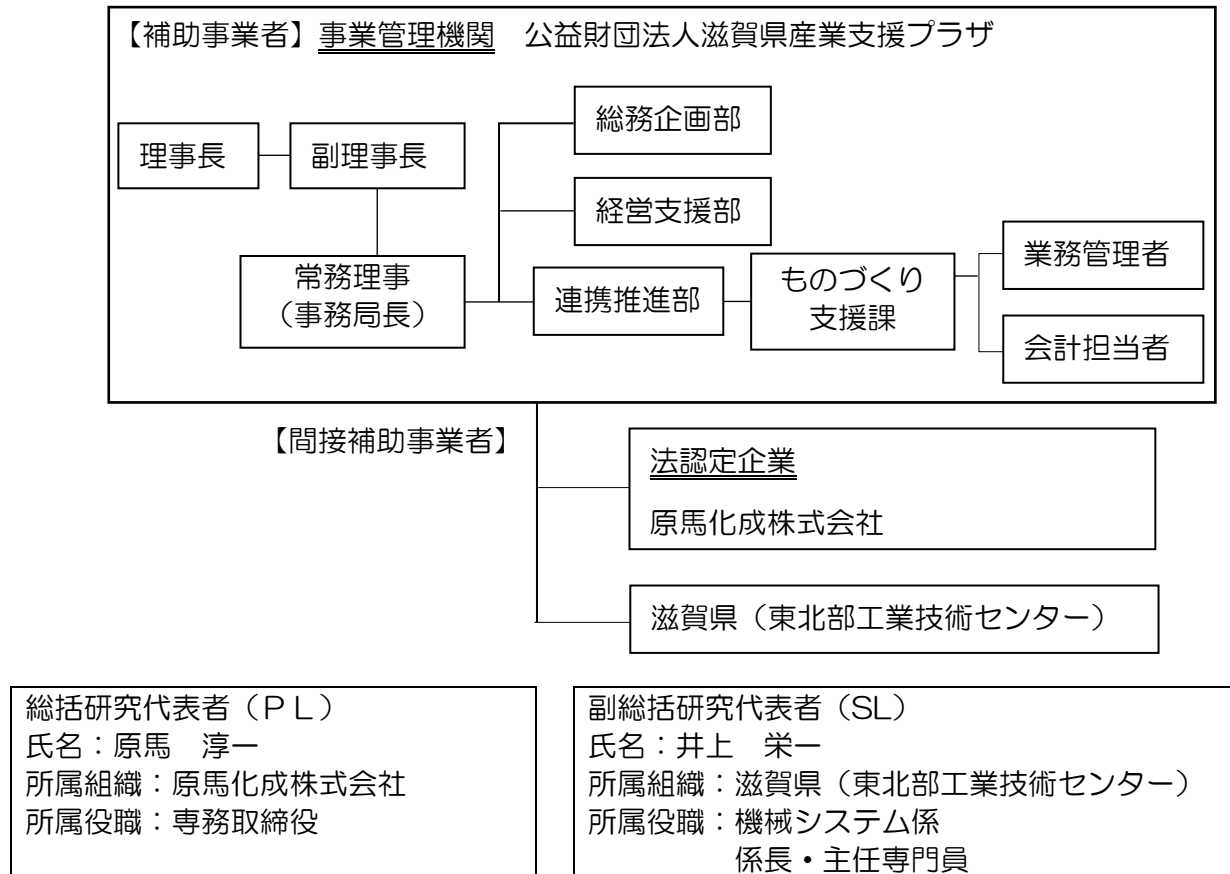
目的としていたフィルム挿入時の手の動きを再現可能なロボットハンドの研究開発およびロボットアームを自動制御し、フィルムを正確な位置へ、シワにならずに挿入し成形する技術と、ロボットハンドを使用したシステムを開発した。研究開発は、フィルムインサート成形部品の大きさが異なる150 t 成形機、および 300 t 成形機の2種類の成形機に対してその評価を実施した。

作業の高速化については、手挿入時と比較して、生産サイクルタイム30%短縮の目標を達成、作業の高精度化については、位置ズレ不具合の削減目標を達成した。

1-2 研究体制

(研究目標・管理体制、研究者氏名、協力者)

1-2-1 研究組織・管理体制



1-2-2 研究者・協力者

① 研究者氏名

【間接補助事業者】 原馬化成株式会社

氏 名	所属部署・役職	実施内容 (担当テーマ)
原馬 淳一 (PL)	専務取締役	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【1-4】 【1-5】 【1-6】 【2-1】 【2-2】 【3-1】 【3-2】 【3-3】
吉田 等	営業技術 主任	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【1-4】 【1-5】 【1-6】 【2-1】 【2-2】 【3-1】 【3-2】 【3-3】
宮部 真行	成型課 主任	【1-1】 【1-2】 【1-3】 【1-4】 【1-5】 【1-6】 【2-1】 【2-2】 【3-1】 【3-2】 【3-3】

【公開版】

【間接補助事業者】滋賀県（東北部工業技術センター）

氏 名	所属部署・役職	実施内容（担当テーマ）
井上 栄一（SL）	機械システム係 係長・主任専門員	【1-3】 【1-4】 【1-6】 【2-1】
藤井 利徳	機械システム係 専門員	【1-3】 【1-4】 【1-6】 【2-1】
水谷 直弘	機械システム係 主査	【1-3】 【1-4】 【1-6】 【2-1】
間瀬 慧	機械システム係 主任技師	【1-3】 【1-4】 【1-6】 【2-1】

② 事業管理機関

【間接補助事業者】公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

氏 名	所属部署・役職	実施内容
平井 圭介	連携推進部 部長	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
篠原 弘美	連携推進部 副部長 (兼 ものづくり支援課 課長)	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
舩越 英之	連携推進部 ものづくり支援課 副主幹	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
徳久 千尋	連携推進部 ものづくり支援課 主事	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
山本 博之	連携推進部 ものづくり支援課 参与	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務
松本 貴雄	連携推進部 ものづくり支援課 サポイン事業推進コーディネータ スタッフ	プロジェクトの進捗把握・管理、指導業務、間接補助事業先との連絡調整業務

③ 協力者

氏 名	所属部署・役職	実施内容
永瀬 純也	学校法人龍谷大学 理工学部機械システム工学科 講師	ロボットハンド開発のアドバイス
橋田 敬一郎	有限会社ユーテック 専務取締役	川下企業のニーズ及び動向に関するアドバイス

1-3 成果概要

今回の研究により 150 t 成形機、および 300 t 成形機において目標の生産サイクルタイム 30%短縮を達成した。また、フィルムシワ、位置ズレ不具合については、今回行った連続試作試験では、どちらの不具合も発生せず、1 / 5まで低減する目標を達成できた。

ロボットハンドを使った自動挿入により、成形サイクルが安定したことで成形条件（金型温度）が安定すると共に人の介在時間の短縮による人為的ミスも減少した。

【手挿入】（現行方式） ※人が成形機の中を覗き込んでフィルム挿入部にシートを挿入。



【自動挿入】（新規開発方式）

※フィルムを装着後、カメラでフィルム位置ズレを確認して、自動で挿入。

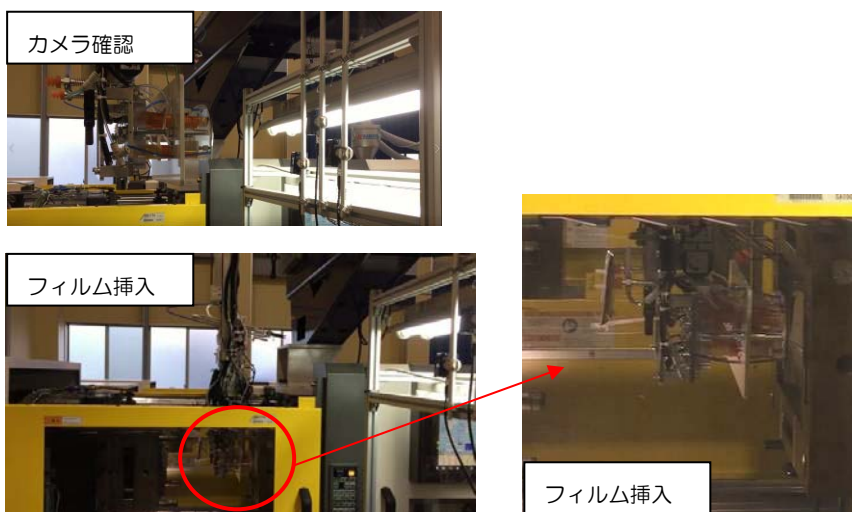


図1 フィルム手挿入時と自動挿入時の作業比較

【公開版】

フィルムの治具への装着を成形機の外で行う事でゴミの噛み込みによるダコンの減少、フィルム位置をカメラで確認する事で位置ズレの減少、フィルムの自動挿入を行うことで作業のバラつきがなくなる等の成果が得られた。今後も継続的に改善を進めていく予定である。

＜研究開発の成果＞

■ロボットハンドの開発及び自動制御の開発

- ・フィンガー形状のロボットハンドを開発し、手の動きを再現。
- ・ロボットハンドの動きを、P L Cを使用して自動制御化。

■画像処理カメラを利用したフィルム位置ズレ防止技術の開発

- ・画像処理カメラを使用して位置ズレ自動検出技術を開発し、フィルム位置ズレ±0.5mm以内を達成。

■ロボットでフィルム挿入と製品取り出しを行う技術の開発

- ・ロボットの制御と成型機の制御を連動して行うシステムを開発し、生産サイクルタイムの短縮30%以上を達成。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

公益財団法人滋賀県産業支援プラザ

連携推進部 ものづくり支援課 参与 山本 博之

〒 520-0806 滋賀県大津市打出浜2番1号 コラボしが21 2階

電 話 077-511-1414 FAX 077-511-1418

E-mail : h-yamamoto@shigaplaza.or.jp

【法認定管理機関】

原馬化成株式会社

専務取締役 原馬 淳一

〒 526-0803 滋賀県長浜市西上坂町293-1

電 話 0749-63-8989 FAX 0749-64-0132

E-mail : harauma@mx.bw.dream.jp

第2章 本論

1. ロボットハンドの開発及び自動制御の課題への対応

ロボットハンドの初期構想においては、内部に複数の分室を持ったドーム形状のシリコンハンドで人間の手の動きを再現する検討を始めたが、ドーム形状のシリコンハンドの内部構造が複雑になり、金型による作成が困難であること、また、個々の分室の空気圧が相互に干渉し合い制御が複雑になることから、構造がシンプルで制御が行い易い、複数のシリコンゴム製の指を持ったフィンガー独立型構造でロボットハンドの開発を進めることに至った。

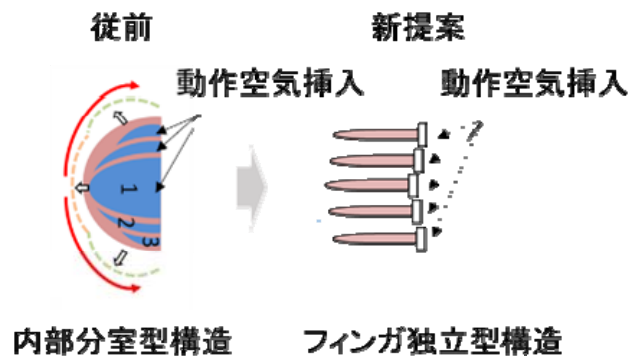


図2 ロボットハンドの基本構造

ロボットハンドの開発の進め方については、第1ステップとして、ロボットハンドに使用するフィンガーを単体で製作し、手挿入時の指の動きを空気圧で動くフィンガーの単体動作でうまく置き換えられるかどうかの確認を行い、フィンガーの仕様の最適化を行った。

その後、複数のフィンガーを取り付けたロボットハンドを製作し、個々のフィンガーの動きとロボットハンド本体の動きを連動させて制御することで、挿入作業全体の流れに沿った動きを作り出すことに取り組んだ。

以下、各サブテーマで行った内容を説明する。

【1－1】手の挿入感覚を再現できる素材の選定と開発

素材の選定に当たり、人間の手に近い質感のシリコンゴムを前提に研究を行った。選定に際し、耐久性、柔軟性、実用性の観点から使用するシリコン材料の絞り込みを行った。また、硬度を変えたサンプルを作成して、ロボットハンドに使用するための最適な柔軟性と強度を持った素材の配合を行った。

【1－2】手でフィルムシワを伸ばす動作のバイオメディック分析

フィンガー配置と動作順序（制御）を検討するにあたって、フィルムインサート成形

【公開版】

機で用いる現行金型のフィルム挿入部分だけを再現した試作試験用金型を作成し、実験①と実験②を実施し実際のフィルム挿入作業内容と作業時に金型に加わる押圧の分析を行った。

実験①

試作試験用金型を使用して、手挿入の際にフィルムに加わる圧力分布について感圧紙を用いてデータの収集分析を行った。

感圧紙は、抑えられた圧の強弱に比例して濃淡の赤色に発色する（強：濃、弱：淡）。赤色の濃淡を、圧力画像解析システムを使用して、2次元データ、3次元データに変換し、現行の手作業による生産時に、フィルムに対してどの程度、どのように表面圧力がかかっているのか（必要なのか）を数値化できる事を確認した。

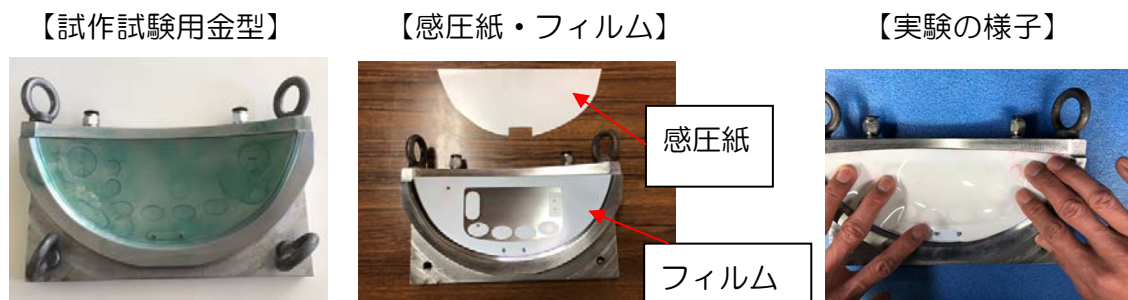


図3 感熱紙による圧力測定

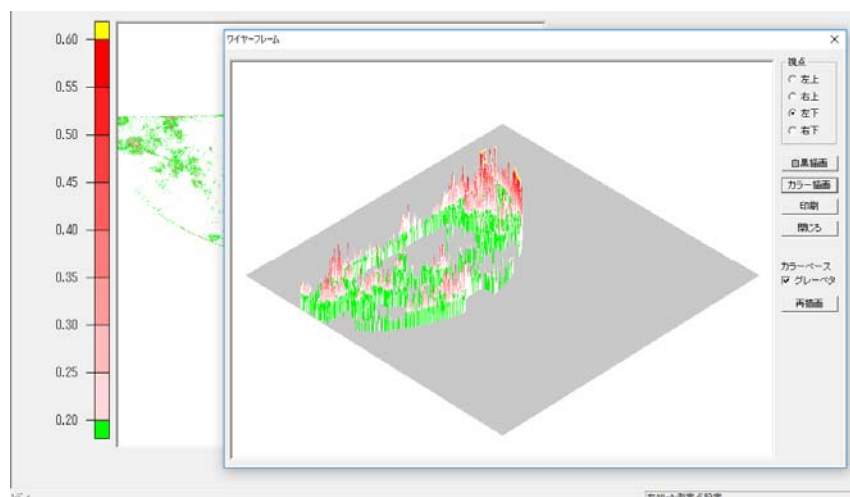


図4 圧力分布3次元解析画像

実験②

ロボットハンドに複数のフィンガーを配置するための位置と動作順序を検討するため、熟練者による手作業のフィルムINSERT映像をビデオ撮影し、一連の動作の動画分析を行った。分析は、図5の左上の図に示すように、INSERT成形モデル品に対して、INSERT作業中に手で触れる可能性のある18区画を選定し、フィルムを金型へ接触させてから指をリリースするまでの期間で分析した。

撮影したビデオの静止画での分析を行った結果、作業の過程で押さえて行く区画の順序、どこの区画を強く押さえているのか等の観察ができ、この分析結果をフィンガー独立型構造のロボットハンドの指の動きの開発につなげた。

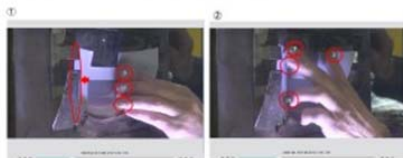
指配置18区画によって整理



扉開から側面へのフィルム接触



指動作1(画面左側面設置以降)



指動作2



図5 ビデオ撮影による挿入動作の分析

上記①、②の実験結果とその分析データを基にして、【1－3】ロボットハンドの物性評価を行った。

【1－3】シリコン製ロボットハンドの物性評価

ロボットハンドの物性評価は、ロボットハンドに使用するフィンガーを単体で製作し、評価を行った。評価結果は逐次【1－4】ロボットハンド内部構造の研究開発にフィードバックし、ロボットハンド構造の改良に活用した。

具体的なフィンガー物性評価としては、【1－2】で行った熟練作業者のフィルムインサート時の指による押し圧力値解析の結果から、ロボットハンドでフィルム挿入を行う時に必要な目標押圧を設定し、試験を行った。フィンガーの寸法形状、フィンガーへの印加圧力、被対象物までの距離等の設計条件を変化させた状態で、必要とする押圧が得られるかの評価を実施し、フィンガーの長さ、厚み、印加圧力値等の設計条件を決定した。

また、フィンガーの耐久性能を調べるために 30,000 回の連続稼働試験を行った。検証内容を以下に示す。

実験①

フィンガーの先端と感圧紙までの距離をゼロにして、フィンガーの厚みと作動圧力を変化させながら感圧紙によるデータ収集を行い、最適値を求めた。

条件

1. 作動圧力：0.1MPa、0.2MPa、0.3MPa
2. フィンガーの厚み：3mm、4mm
3. 感圧紙までの距離：0

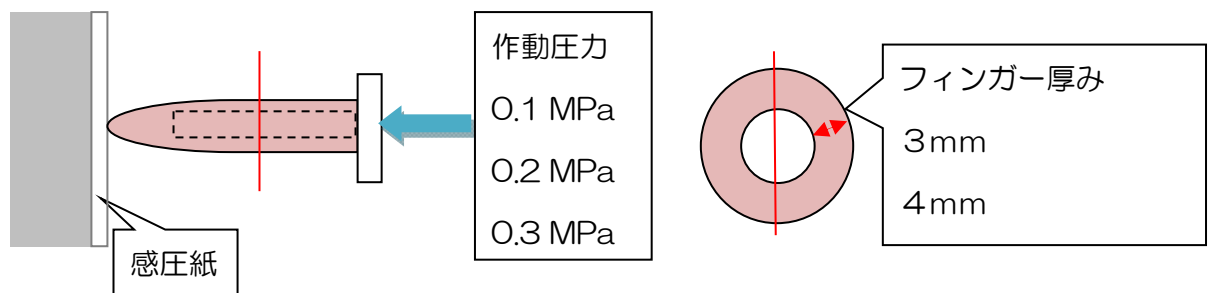


図6 空気圧とフィンガー厚さの関係（実験）

実験①結果

フィンガーの厚みと印加圧力の関係をまとめたものが下記データになる。

この結果から、0.2MPa 以上の動作空気圧では 3mm 厚でも 4mm 厚でもフィンガー

によって押された圧力分布はやや楕円形上になっているため、0.1MPaでの動作空気圧が適当ではないかと考えられた。

	0.1MPa	0.2MPa	0.3MPa
3mm 厚さ			
加圧面積 (mm ²)	Mean=10.4 σ_{n-1} =4.16	Mean=62.0 σ_{n-1} =3.74	Mean=85.6 σ_{n-1} =5.68
荷重 (N)	Mean=2.6 σ_{n-1} =1.14	Mean=18.8 σ_{n-1} =1.30	Mean=28.4 σ_{n-1} =2.70
4mm 厚さ			
加圧面積 (mm ²)	Mean=19.4 σ_{n-1} =4.93	Mean=43.0 σ_{n-1} =7.65	Mean=73.8 σ_{n-1} =9.65
荷重 (N)	Mean=4.0 σ_{n-1} =0.71	Mean=12.6 σ_{n-1} =2.97	Mean=19.4 σ_{n-1} =2.97

図7 空気圧とフィンガー厚さの関係

実験②

実験①の結果から理想的な印加圧力として0.1MPa、シリコンハンド厚み4mmを選択した上で、感圧紙までの距離を変化させ圧力を測定し、基礎データを取得した。

条件

- 1.作動圧力：0.1MPa、
- 2.フィンガーの厚み：4mm
- 3.感圧紙までの距離：1mm、2mm、3mm

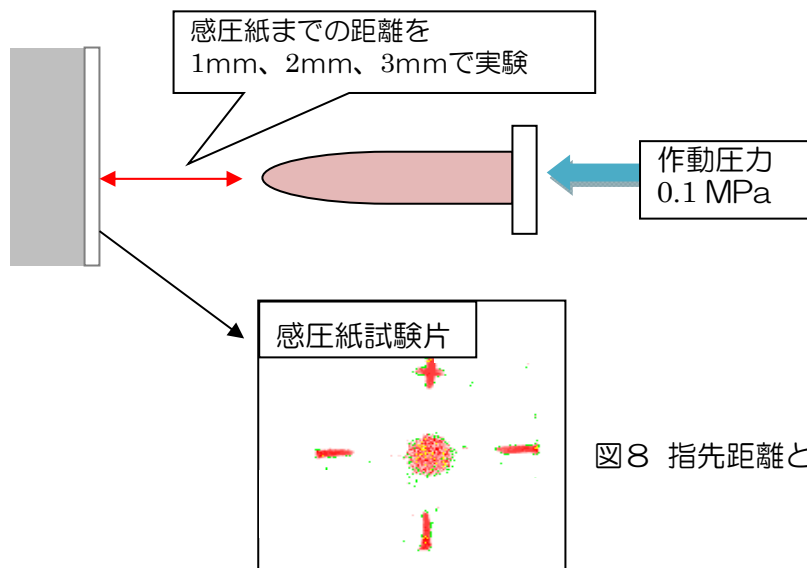


図8 指先距離とフィンガー押力の関係

実験②結果

距離の違いで対象物表面に対しどの程度の圧力変化があるのかをまとめたものが下記データになる。この結果からこのフィンガー厚さでは、数ミリ離れた段階でフィルムを押す力が失われることからフィンガーをロボットハンドとして利用する場合には設置時に正確な位置決め機構が必要であることが分かった。

指先距離と負荷荷重の関係

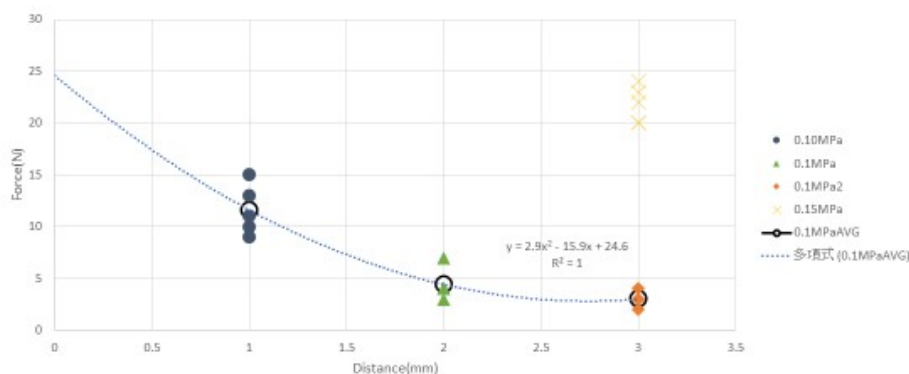


図9 指先距離とフィンガー押力の関係

実験③

印加圧力として 0.1MPa、シリコンハンド厚み 4mmを選択した上で、30,000回連続稼働試験を行った。5,000回毎に感圧紙までの距離をゼロにして圧力を測定し、基礎データを取得した。

条件

- 1.作動圧力：0.1MPa、
- 2.シリコンハンドの厚み：4mm
- 3.感圧紙までの距離：0mm
- 4.稼働回数：30,000回

実験③結果

図10のグラフが5,000回毎の感圧紙データを分析したものである。

25,000回までは加圧面積・負荷荷重共に良好な結果を得た。

【公開版】

今回は、連続での伸縮試験を行っているため、通常の運転時よりも負荷がかかっており、実際の使用時には30,000回以上の使用は可能と考察できる。

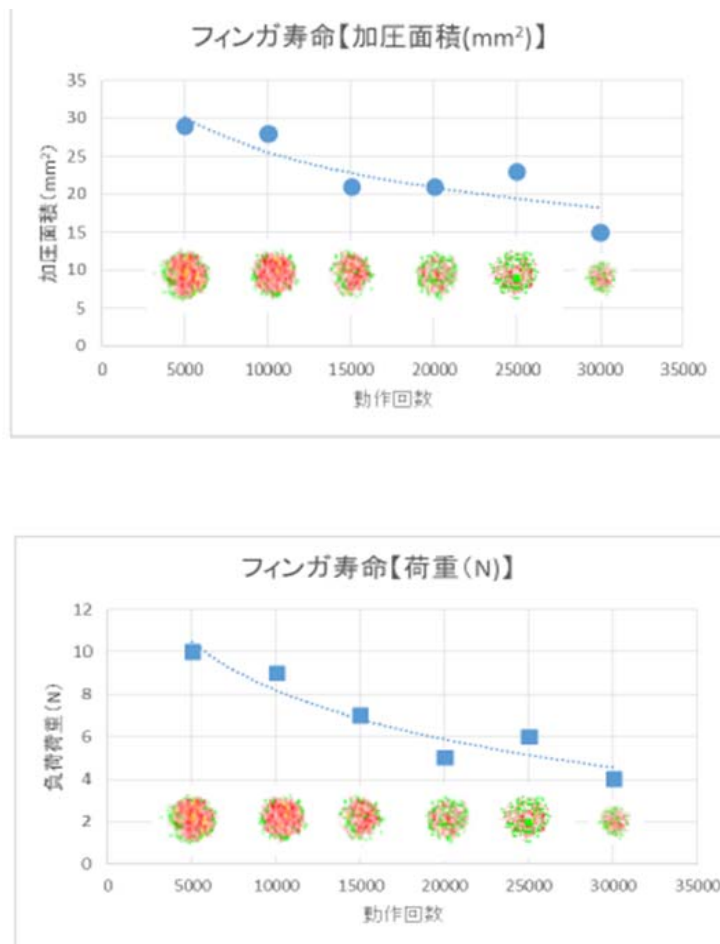


図10 フィンガー寿命試験

【1-4】ロボットハンド内部構造の研究開発

【1-3】のデータからロボットハンドの内部構造検討を行った。物性や機能評価を繰り返し、目標とする動作に最適な形状を開発した。また、【1-2】で行った熟練作業者のフィルムインサート時の指による動作解析結果を用い、バイオメディクス技術から多数のフィンガーによるロボットハンドの最適フィンガー配置・制御の検討、開発を行った。

フィンガー構造・特性データ収集に関しては、ロボットアームへの実装状態を想定し、フィンガーは横方向動作とした。対象物への表面圧力値の測定は感圧紙により実験

し、収集したデータは、【1－3】で解析を行った。

フィンガーの基本構造

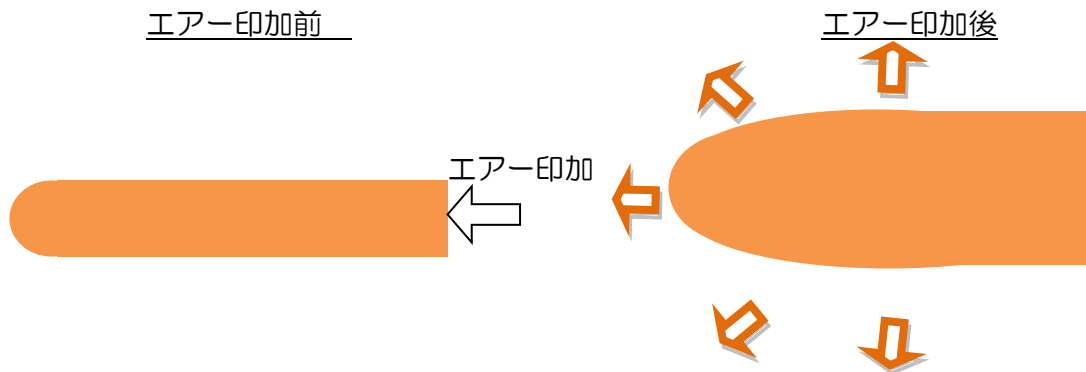


図1 1 フィンガーの基本構造

単にフィンガーへエアを印加しただけでは、エア印加後（図1 1 右図）のようにすべての方向に膨張して、前方向だけに伸びる動作とならない。

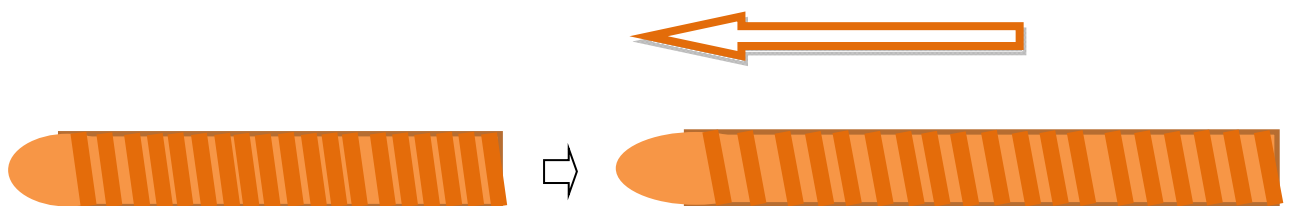


図1 2 フィンガーの基本構造（改善後）

そこで、横方向への膨張を抑制する工夫を加えることで、前方向への伸び動作のみした。この動作をフィルム挿入する際の動きに採用した。



図1 3 ロボットハンドに用いるフィンガー（写真）

【公開版】

上図のフィンガーを多数配置してフィルムの挿入動作を行わせるためのロボットハンド構造の研究開発を行った。このフィンガー独立型構造を採用することで、同じフィンガーを作成、その本数・配置を変更するだけで多種の製品形状への対応が可能となる。

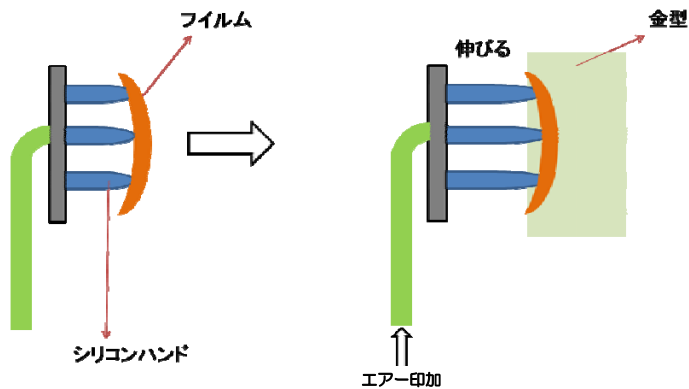


図14 試作したハンド部分の構造イメージ図

■ロボットハンドの製作に関しては上記の検討内容以外に以下の配慮を行った。

- ハンド部分の軽量化を目的として、樹脂製部を増やすことで対応した。
- フィンガーがそれぞれ単独で可動できるように、制御用電磁弁をそれぞれのフィンガーに個別に搭載した。
- フィンガー動作については、ロボットアームのプログラムとは別に、独自に PLC プログラムの作成を行った。

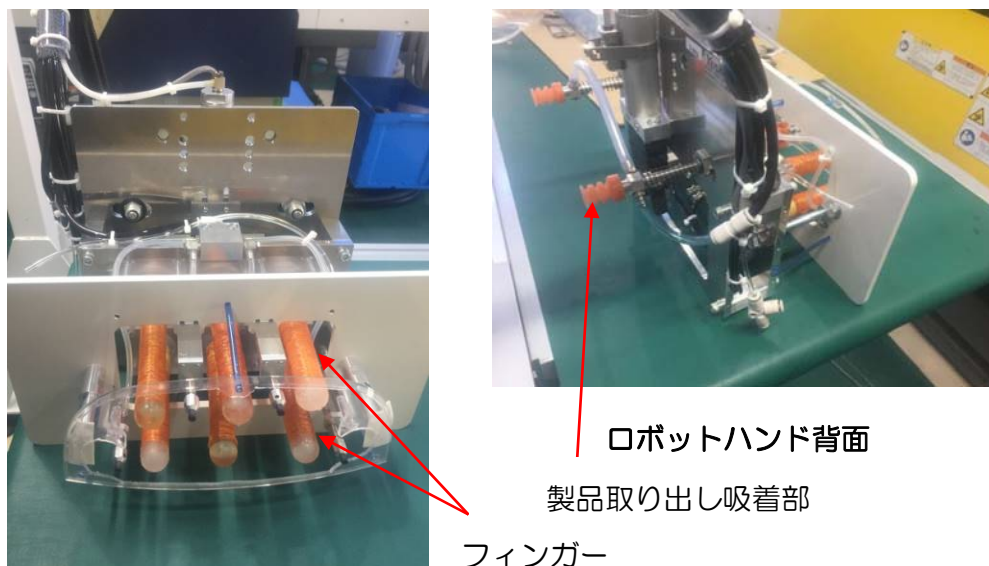


図15 6本のフィンガーからなるロボットハンド

【1－5】試作金型での評価と修正

試作用簡易金型（入れ子部分のみ）を使用して、量産用フィルムを使用し動作確認する事で、開発したロボットハンドによるシワ、位置ズレに対する性能評価を行い、シワ、位置ズレなく挿入できることを確認した。

【1－6】開発したロボットハンドの実装試験と評価

ロボットハンドをロボットアームに実装し、且つ【3－1】で開発した制御システムを用いて、製品の取り出し（ロボットハンド背面で吸着）・フィルムインサート動作の確認を実施した。また、一連の動作スピードの向上など、改良の余地はあるが問題ない動作を達成できた。位置ズレ検知センサーの判定処理も含めた一連の動作については、【3－2】で説明する。

2. 画像処理カメラを利用したフィルム位置ズレ防止課題への対応

【2－1】現行使用フィルムの寸法精度の計測

現行使用しているフィルムの寸法精度の計測を行い、予測されるバラツキの範囲を測定した。形状の安定しないフィルムを測定するため、測定用の治具を作成し、3次元測定器を使用して、データの収集・分析を行った。

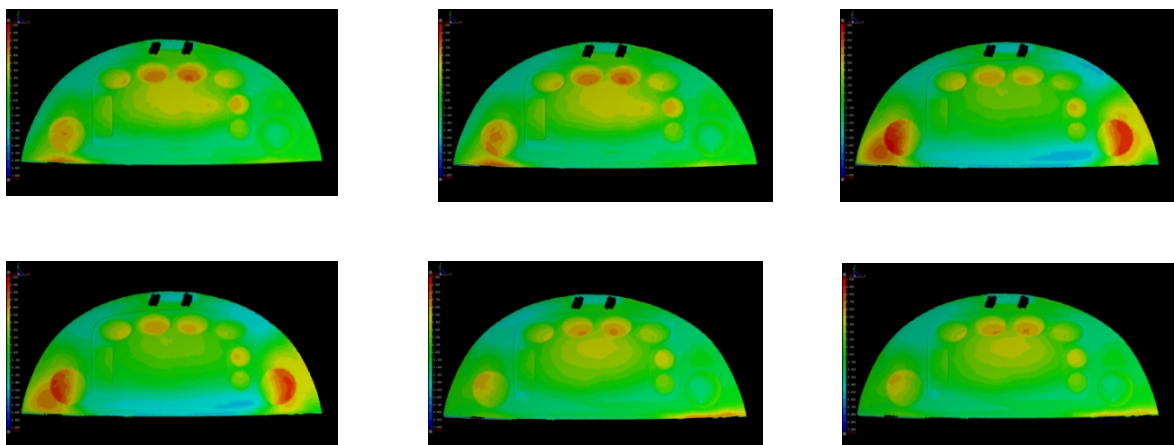


図16 測定データ一部

測定データの結果を分析し、【2－2】で行うカメラでの位置ズレ検出の設定に役立てた。

【公開版】

【2-2】既存画像処理システムとロボットとの連動システムの開発

既存の画像処理システムを使用して、フィルムの位置ズレを検知判定するシステムを構築した。

- 画像処理カメラで設定した枠内に占めるフィルムの占める面積の割合を検出し、設定してある通常時の数値設定からずれた場合に NG 判定（位置ズレ判断）を行う。NG の場合は、フィルム装着を行った位置まで戻るようにプログラム設定した。

位置ズレの検知精度を上げるために測定箇所は下図のように 3 か所に設定し開発を行った。



図17 フィルムの位置ズレを検知判定

- 3 つのうち、1 箇所でも位置ズレを検知したときはNG判定になるように設定。どの箇所がNGだったかは カメラ付属のLEDが赤色点灯して明示する（OK判定の時は緑色が点灯）設定を行った。

【NG判定時】

【拡大】



図18 NG判定時のカメラ付属のLED表示

上部のカメラがNG判定をしたため、赤色に点灯している。

【NG判定時の画像】



【OK判定時の画像】



図 1 9 NG 判定時のカメラ画像

- OK/NG 判定の信号は取出しロボットに送られ、NG の場合はフィルム装着位置に、OK の場合は成形機の金型部へのフィルム挿入位置に移動するようにロボットアームの動作プログラムの作成を行った。

3. ロボットでフィルム挿入と製品取り出しを行う課題への対応

【3-1】フィルム挿入時のハンド動作システムの開発

各フィンガーへのエア導入システムを独立制御するために PLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）を設けた。ロボットハンドを制御する PLC のプログラムは原馬化成(株)内で作成、フィルムインサートと製品取り出し動作の確認を行い、目標動作させることができた。

実際の動作プログラムについては、【1-2】の分析結果を基に作成した。

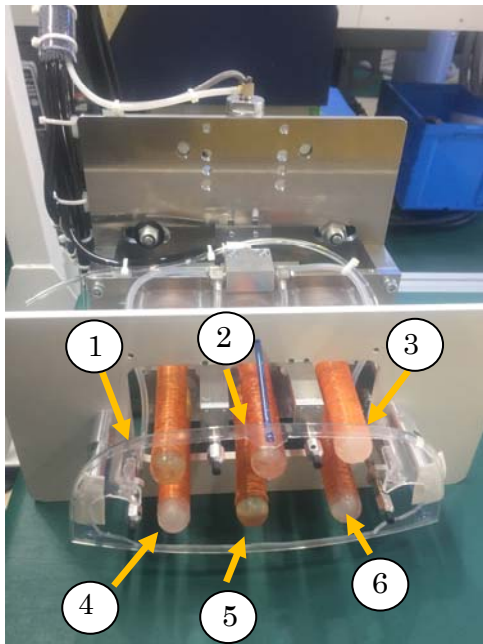


図20 開発したロボットハンド

①～⑥までのフィンガーを同時に動作させるのではなく、【1-4】の分析結果を基にフィルム中央から外へ広がる動きを再現できるようにP L Cの動作プログラムを作成した。

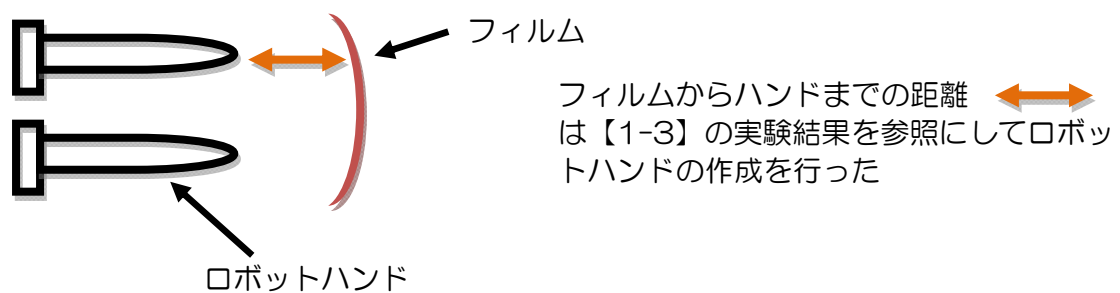


図21 フィルムからハンドまでの距離の設定

【3-2】開発したハンドと改造したロボットアーム、そして位置ズレ確認用カメラとの連携確認

ロボットハンドをロボットアームに実装し、開発した制御システムを用いて、製品の取り出し（ロボットハンド背面で吸着）・フィルムインサート動作の確認を行った。

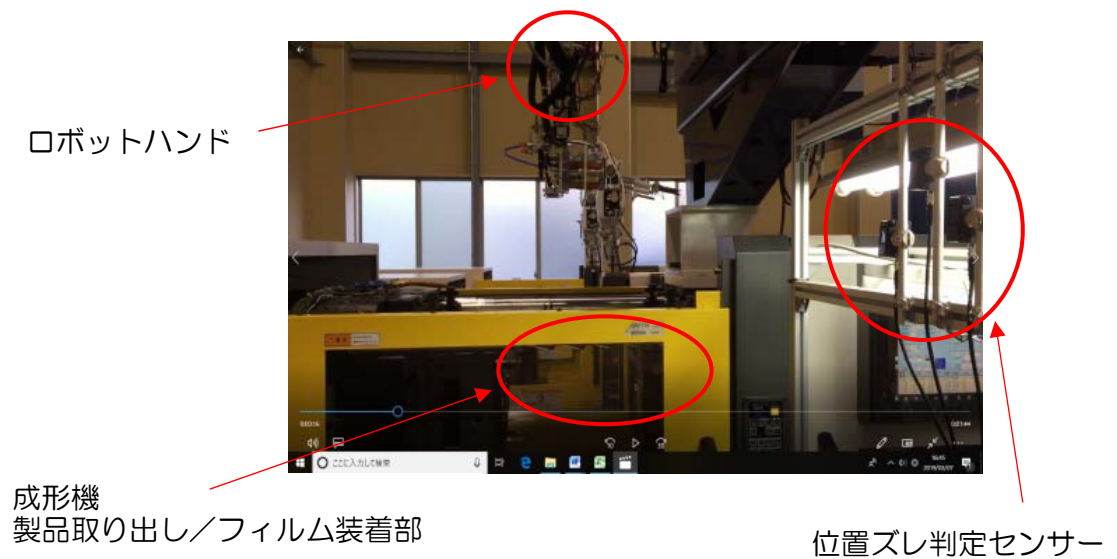


図2-2 成形機の外観写真

まず、フィルムインサートシステム全体の動きを以下に示す。

- ① フィルム装着(スタート位置)
- ② フィルム位置ズレ確認
- ③ 成形機の金型上部までロボットハンドが移動
- ④ 成形機の金型部に下降
- ⑤ 射出成形された製品をロボット背面吸着部で取り出し
- ⑥ 搬送してきたフィルムのインサート処理
- ⑦ 製品取り出し：④③②①経由で製品を①位置へ搬出

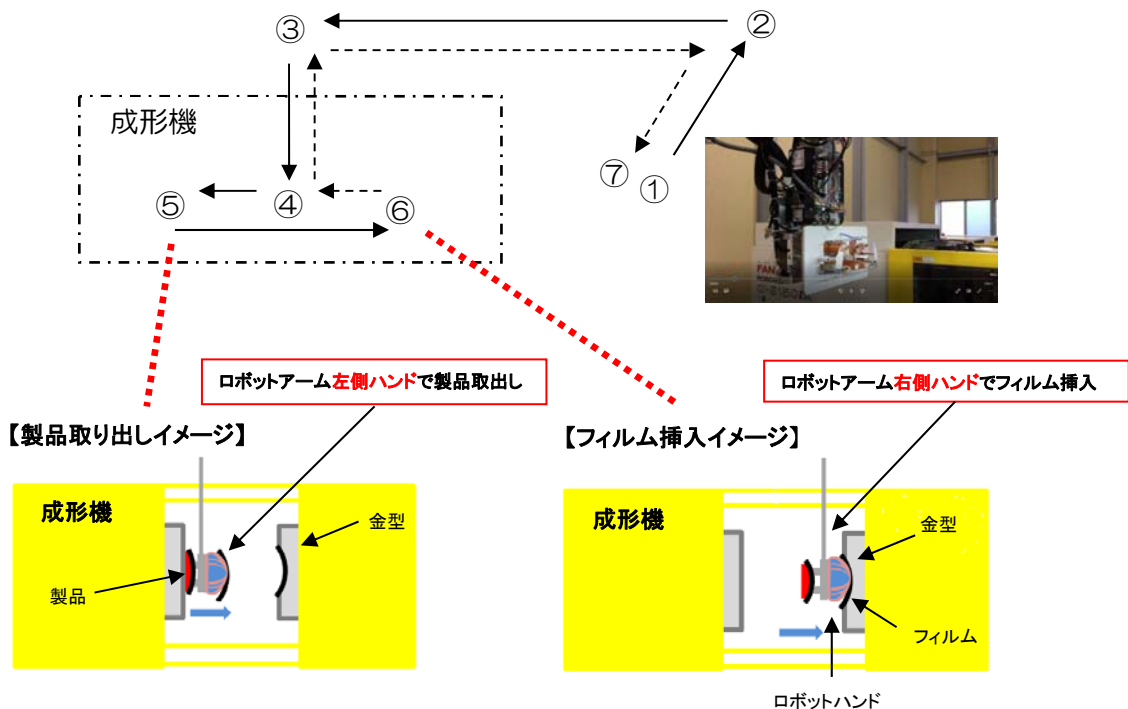


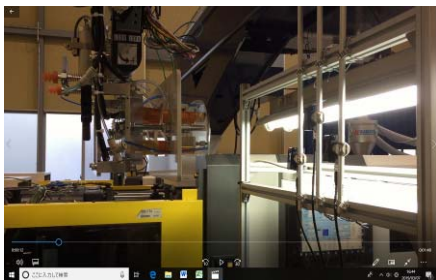
図2-3 フィルムインサートシステム全体の動き

【射出成形を含めた連続成形映像写真】

① フィルム装着（スタート位置）

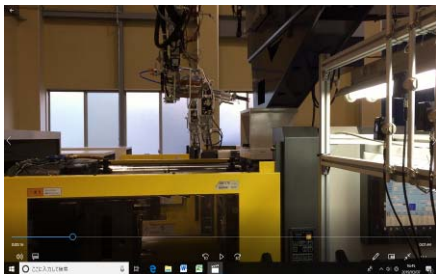


② フィルム位置ズレ確認

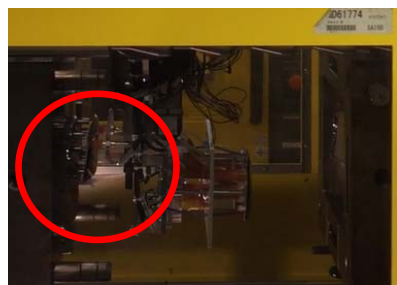


③ 成型機の金型上部までロボットハンドが移動

④ 成型機の金型部に下降（製品取り出し、フィルム挿入開始位置へ移動）



⑤ 製品取り出し



⑥ フィルム挿入



⑦ 製品搬出



図24 射出成形を含めた連続成形映像写真

上記の一連動作が目標通りでフィルム処理を行えることを確認した。

また、フィルム位置ズレセンサーによるズレ判定が NG の場合、3か所のどのセンサーで位置ズレが発生しているかをランプ表示とアラーム音で警告すると共に、フィルム装着位置に戻ることを確認した。再度、フィルムを正しい位置に装着する事により、正常動作シーケンスを実行することの確認を行った。

【3-3】量産試作による最終確認

150t 成形機、300t 成形機それぞれで100台連続試作を行った。作成した試作品はすべて全数検査を行い不具合内容ごとによる分けと分析を行った。

試作実験の結果を図26に示す。



図25 試作品全数検査の様子

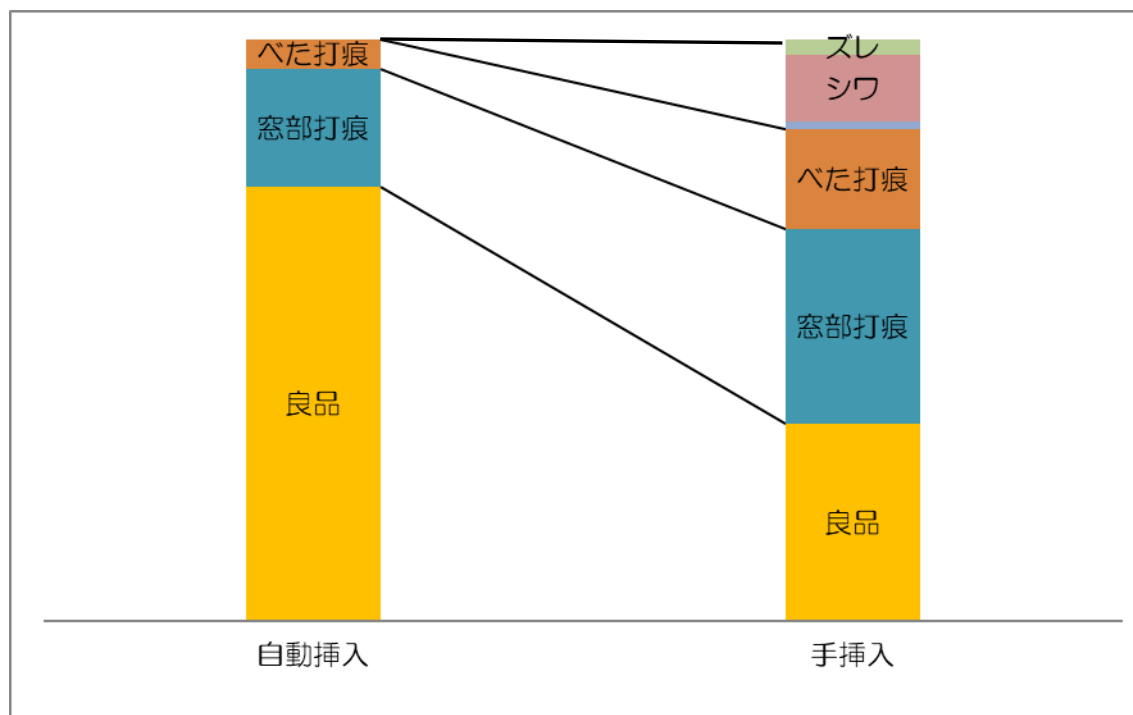


図26 100台連続試作での不良項目比較

150 t 成形機、300 t 成形機共にフィルムシワ不具合及び位置ズレの不良を現状の1/5以下に低減した。また、両成形機でフィルム挿入時のズレ目標 ± 0.5 mm以内を達成した。具体的には【2-2】既存画像処理システムとロボットとの連動システムで開発したOK/NGシステムによって、フィルムインサート成形工程に入る前段階で、全てOK/NG判定したことによって挿入時のフィルム位置ズレを抑える事ができた。

今回実施した100台連続試作において、自動挿入での不具合で、シワ、位置ズレの発生はゼロ件。また、挿入作業が自動化されたことで、フィルムへの前処理（エアーと手作業による付着異物の除去）の時間が長く取ることができフィルム打痕不具合も減少した。結果、全体の不良率についても、50%以上の低減を行う事ができた。サイクルタイムの短縮についても、目標の30%以上の短縮を達成できた。

最終章 全体統括

3-1 研究開発成果

前章の本論においても詳述したように、サブテーマごとに当初計画通り進捗させ、当初の目標を達成する事ができた。

サブテーマ【1】ロボットハンドの開発及び自動制御の課題への対応

- ・素材の選定にあたり、人間の手に近い質感のシリコンゴムを前提に研究を行い、ロボットハンドに使用する為の最適な柔軟性と強度を持った素材の選定を行った。
- ・ロボットハンドの構造をバルーン（内部分室）型から複数の独立したフィンガー型構造に変更し、手の挿入感覚を再現できるロボットハンドの構造を創意工夫して完成させた。
- ・熟練作業者のフィルムインサート時の指による押し圧力値解析の結果から、フィンガー本数、最適配置、動作順序、最適印加圧力などを決定し、最適形状・動作のロボットハンドを開発し、フィルムシワ不良を現状の1／5以下に低減した。
- ・ロボットハンドに使用している、シリコン製フィンガーの耐久性の確認試験を行い、実使用では30,000回以上の使用が可能であることを確認することができた。

サブテーマ【2】画像処理カメラを利用したフィルム位置ズレ防止の課題への対応

- ・画像処理システム（カメラ）を使用してフィルムの位置ズレを検知判定するロボットとの連動システムの開発を完成させた。
- ・位置ズレあり・なし判定とそれに対応したロボットアーム動作を確認し、フィルム位置ズレ不良を現状の1／5以下に低減した。また、フィルムの目標挿入精度は現行を大きく上回る $\pm 0.5\text{mm}$ 以内を達成した。

サブテーマ【3】ロボットでフィルム挿入と製品取り出しを行う課題への対応

- ・フィルム挿入と製品取り出しの工程を1回の動作で行うようにしたロボットアームと、ロボットハンド、そして位置ズレ確認用カメラとの連動システム（ハード・ソフト）を開発し、現行生産サイクルタイムの30%以上の短縮を達成した。

3-2 事業展開にむけて

本補助事業に取り組んできたことで、インサートフィルムを用いての新たな価値を付加した新商品開発の要求、低コストでの高級外観品質の要求など、受注・引き合いが増加している。

本研究開発で確立した大きな曲面形状の立体・柔軟フィルムのインサート成形技術を用いる事で、技術、品質、そしてコスト的にも、川下企業からの要求に応じていく体制は整ったとみており、令和2年度の事業計画は、サポイン事業開始時に想定した生産数量見込の2倍を目指している。

本研究開発により、これまで自動化が困難であった製品についても、低コスト・高良品率での自動化、生産が可能となった。既存のロボットハンドではできなかった大きな曲面形状のフィルムシートをシワができないように挿入する作業を自動化出来たことで、自動車業界、住宅関連業界にも汎用的に採用される機会が広がろうとしてきている。

すでに、既存顧客である家電メーカー以外にも、自動車分野の会社などからも現在引き合いを受け始めている。今後は、順次、家電製品以外の分野である自動車分野、住宅関連分野にも、本技術を活用しながら顧客増を目指し営業活動を進めていく。

以上