

平成 16 年度戦略的基盤技術力強化事業  
研究開発成果報告概要

事業管理法人名 (代表者氏名)	株式会社前川製作所 (岩出 功)	所在地	〒135-8482 東京都江東区牡丹二丁目13番1号 (Tel:03-3642-8181)		
技術分野	ロボット部品分野	技術区分	アクチュエータ関連 技術	研究開発課題	小型・軽量化技術、 安全性向上化技術、 ユニット化技術
テーマ名	食品ロボット用ハイブリッドアクチュエータの開発		研究開発期間	平成16年4月1日から 平成17年2月28日	

1. 委託業務の概要

ライフスタイル、人口構造の変化、働く主婦の増加などにより、従来家事労働とされていた食事づくりが外部化されることでスーパー、コンビニ、弁当チェーン、惣菜専門店(デパ地下など)等で売られている弁当・調理済み食品・惣菜等の中食は2001年で約6兆円の市場規模に達している。一方食材調理は多様で日々変わるだけでなく、工業製品と違い多くの不定形軟弱体具材を扱うため手作業によらざるを得ず、ロボット化はほとんど進んでいない。また、コンビニ弁当、惣菜類は24時間365日供給し続けるため、そのベンダー工場においては人件費削減が大命題であり、さらに、地域によっては深夜の労働力確保も重要な問題となっている。したがって24時間365日多品種・小ロットを扱うベンダー工場において盛り付け工程の自動化に対する要求が急速に高まりロボット技術の展開が期待されている。

これを盛り付けロボットの要求諸元として捉えると、弁当が多品種少量生産であることから具材の多様性に対応できること、「食の安全・安心」という観点から機械が丸洗いできることや機械からの異物混入が防止されていること、不定形軟弱体である食材を人並みの能力で高速につかんで運ぶこと、狭いスペースで人との混在作業が可能であること、等が挙げられる。

ところが、産業用ロボット分野において成型品取り出しロボットに見られるようにX-Y-Z軸にそれぞれ直動型アクチュエータを用いて成型品を高速に取り出すものもあるが、置かれた位置が微妙に違う多様な種類の柔らかい製品(食品)に置き換えて取り出すことは不可能である。この様に現存する産業用ロボットアクチュエータでは上記の条件を満たすものはほとんど存在しない

そのために産業用ロボット分野では、考慮されなかった食品衛生対応技術を新たに確立していくことを目的として食品ロボット用ハイブリッドアクチュエータを研究開発する。

## 2. 技術目標値

平成 15 年度 (実績)	平成 16 年度 (実績)	平成 17 年度 (最終目標値)
<p>【軽量化】ハイブリッドアクチュエーター次試作機本体重量 3.25kg</p> <p>【装置の占有容積】ハイブリッドアクチュエーター次試作機体積約 935cm<sup>3</sup>( ロッド部除く )</p> <p>【発塵量】*<sup>1</sup> シール試験装置の試運転を行い、装置の健全性を確認した。アクチュエータを運転させて 1 時間計測した結果、1 ~ 2 個の粒子(0.5 μm 以上)を検出した。*<sup>2</sup></p>	<p>【軽量化】 ハイブリッドアクチュエーター単体重量 1.73kg ハンド単体重量 500g</p> <p>【装置の占有容積】ハイブリッドアクチュエータ二次試作機体積約 608 c m<sup>2</sup></p> <p>【発塵量】最終目標値：粒径 0.5 μm 以上の粒子に関して約 10P/ft<sup>3</sup> ( 軸回転なし、軸回転ありは現在テスト中 )</p> <p>食品メーカーでの実証試験を行い、設定した弁当の主な具材が盛付可能であることを検証・評価した。</p>	<p>【軽量化】ハイブリッドアクチュエーターとハンドを組み合わせた重量 2.5kg</p> <p>【装置の占有容積】目標値；事業化を推進するため平成 16 年度と同容積でコストダウンを図る</p> <p>【発塵量】粒径 0.5 μm 以上の粒子に関して約 100 P/ft<sup>3</sup></p> <p>実用化を想定して試作ラインを設計・製作し、機能・性能の実証を行い、実用性能を評価する。</p>

### 3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

#### 部品の軽量化関連

##### ・軽量化目標達成のための各要素部品の設計

一層の軽量化を実現するために、ハイブリッドアクチュエータを構成する構成要素部品を再検討する。軽量化のために、一次試作機から得られたテストデータを基に、仕様の見直し、新たな材料の選定、構造の簡略化を検討し、強度、耐久性を満足し、実用的な機能を得られるよう設計を行う。

ハンドの軽量化のために、材質の検討、構造の検討を行い、エアシリンダ等のアクチュエーター体構造化も含めて検討する。

高い軽量化目標を掲げているので、各社の研究を一体化した形で進め、最適な組み合わせが得られるよう、全体重量を意識しながらプロジェクト活動を行う。

##### ・モータの小型化のための負荷軽減

モータの小型化、軽量化を実現するために、ネオジウム鉄ボロン系の焼結新素材を適用するなど、モータ単体の重量当りの比出力向上を目指すとともに、エンコーダ構造の見直しを行い、サーボモータとしての総合的な小型化、軽量化を目指す。これらにより、一次試作機よりさらに小型化、軽量化が図れるものとする。また、モータ用ドライバも新たに開発し、サーボモータとしての取り扱いの容易さを向上し、実用化に備える。

##### ・小型ワンタッチ接続機構の開発

開発主担当の日本ピスコは世界最小のワンタッチ継ぎ手(管径 1.8mm ストップフィッティング継ぎ手)を製品化、販売しているので、これをベースに、外部配管が不要で脱着が容易な継ぎ手を開発する。食品の盛付工程では、多くの食材が扱われるため、食材の変更に伴ってハンドも交換する必要がある。ハンドを交換するために人がロボットに近づくことは危険であり、電源を遮断してから交換しなければならない。手数と時間を要するため、実用化の妨げとなる。自動的に交換できれば瞬時に安全に食材に対応できる。将来的には、ロボットによるハンドの自動交換も視野に置き検討を行う。

#### 新たな発塵量抑制方法の考案

把持対象が食品であることから、一次試作機においては摺動部をダブルオイルシール構造にし、空圧シリンダの吸引圧を利用して各シール部品間の空隙を負圧に保つ方法を採用した。シール試験装置の試運転時の計測では、一時間の運転で、発塵量は1～2個であった。

長時間の試験結果を待たねばならないが、一次試作機におけるシール構造は、そのシール性能において期待が持てる。一方、シール性能を高めるために、シール構造は複雑であり、構造に起因する摩擦トルクも大きくなっている。これらがシリンダ部、モーター部の小型化を阻害する一因になっている。

一時試作機の耐久試験結果を参照しつつ、二次試作機においては軽量化を念頭に、シール機構の現実的な性能と、構造の簡略化のバランスを最適にすることを目標に検討を行う。

#### 4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

【軽量化】ハイブリッドアクチュエーター単体重量を 2kg とする目標値に対して、盛付け作業の工程分析による仕様の見直し（ストロークの短縮）や、一次試作機での実績を基にしたモータ出力の見直し、シール機構や構造の見直しにより単体重量を 1.73kg とすることができ、目標を達成した。

また、ハンド単体重量 500g の目標に対して、厚揚げ 4 個取りハンドは 500g、バンズパン 2 個取りハンドは 1.2kg であった。またのり巻盛付け用ハンドは、重量が 2 ~ 3 kg であった。単純な機能のハンドにおいては目標を達成したが、多機能のハンドについては軽量化が不十分で、今後もさらなる軽量化のための検討が必要である。

【装置の占有容積】ハイブリッドアクチュエーター一次試作機に対して容積 20% 減（750c m<sup>2</sup>）とする目標値に対して、【軽量化】で述べた仕様の見直し等により、容積が 608 c m<sup>2</sup> となって目標を達成した。

【発塵量】最終目標値：粒径 0.5 μm 以上の粒子に関して約 100 P/ft<sup>3</sup> の目標に対して、現在もテスト中であるが、軸回転なしの場合で 10P/ft<sup>3</sup> であり、目標は達成可能と考える。

食品メーカー 2 箇所（日東ベスト㈱、日本水産㈱）にて実証試験を行った。日東ベスト㈱殿では冷凍弁当の盛付けを、日本水産㈱殿では海苔巻の盛付けをそれぞれ行い、システムとしての評価を頂いた。また、装置の機能、動作などに関してご意見をいただき、次年度の課題が明らかになった。

#### 5. 事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

食品盛り付けロボットの市場規模を想定すると、大手のコンビニエンスストア工場は全国に約 127 工場あり約 3000 台（4ライン/工場、6台/ライン）、サンドイッチ工場も含めると 3600 台の盛り付けロボットが見込まれ、330 億の市場規模となる。

これらの市場では、作業者の不足、作業時間の延長による効率的な経営など、共通した問題点を抱えており、自動化に対する要望はさらに高まっているといえる。

また、エンドエフェクタの仕様を変えることにより、同じ一体構造でありながらも他の製造分野への転用が可能となる特徴を持っており、その汎用性は広い。例えば農産物の選果・箱詰め作業はそのまま適用可能で、農業分野での自動化にも寄与できる他、衛生面の優位性から医療手術用ロボットが新たな市場として考えられる。また 軸制御が可能であることから、ねじを締める様な工作機械への導入も可能である。

さらに同じ手法で様々な形式のアクチュエータの組み合わせも可能で、内容の異なる 2 自由度のアクチュエータも考えられ、食品機械製造業界以外にも医療分野、農業分野、工作機械ロボット分野での様々な作業への応用が可能であるなど、その汎用性は広く、ロボット市場の拡大に寄与することができる。

現在ハイブリッドアクチュエータの開発は、ほぼ計画通りに進んでおり、これを組み込んだ盛り付けロボットによる食品工場での実証試験を行い、実用化に向けて具体的な課題の抽出と、解決へ向けての検討を行っている。

今後ハイブリッドアクチュエータの改善改良もまだまだ多く必要であり、ロボットと一体化したアクチュエータの開発も必要になると思われるが、エンドユーザである食品会社と一丸となって開発を進めており、必ず実用化できるものと考えている。