

**平成 17 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<br>(代表者氏名) | JFEテクノロジー<br>株式会社<br>(藤井 徹也)       | 所在地  | 〒100-0005<br>東京都千代田区丸の内一丁目1番2号<br>(Tel: 03-3217-2018) |        |                                       |
| 技術分野               | ロボット部品分野                           | 技術区分 | アクチュエータ<br>関連技術                                       | 研究開発課題 | 小型・軽量化/<br>制御性向上技術                    |
| テーマ名               | 位置情報フィードバックが可能な多自由度モータ<br>に関する研究開発 |      |   | 研究開発期間 | 平成 17 年 4 月 1 日 ~<br>平成 18 年 2 月 28 日 |

**1. 委託業務の概要**

近年の産業の発展に伴い様々な分野で、複雑な動きが実現可能なマニピュレータに対する需要が高まっている。特にアクチュエータは、関節あたりの自由度が多ければそれに比例した個数を必要とするため、小型・軽量化を常に意識しなければならない。

しかし、従来の電磁モータは高回転でしか実用的なトルクが取り出せず実用上減速機を用いるため、小型・軽量化を困難にしてきた。よって、減速機を必要とせず且つ単体で多自由度駆動できるアクチュエータが望まれる。

そこで本委託業務では、単体で3自由度を有する多自由度(球面超音波)モータに関して、その性能を実用レベルまで引き上げることを目的とする研究開発を行う。

**2. 技術目標値**

| 達成した多自由度モータの技術目標値 |  |  |             |                        |                  |
|-------------------|--|--|-------------|------------------------|------------------|
| 項目                | 平成 15 年度<br>(実績)                       | 平成 16 年度<br>(実績)                       |             | 平成 17 年度<br>(〔 〕内は実績値) |                  |
| モータ<br>タイプ        | B タイプ                                  | AB タイプ                                 | B タイプ       | AB タイプ                 | B タイプ            |
| ロータ径              | 45                                     | 30                                     | 45          | 30                     | 45               |
| 定格トルク<br>(kg.cm)  | ステータ、<br>圧電素子、<br>ロータ等の<br>要素開発を<br>完了 | ステータ、<br>圧電素子、<br>ロータ等の<br>要素開発を<br>完了 | 2.7         | 1<br>〔1.1~1.6〕         | 4<br>〔4.1~5.4〕   |
| 保持トルク<br>(kg.cm)  |  |  | 5.5         | 2<br>〔2.1~2.4〕         | 8<br>〔8.2~8.8〕   |
| 定格回転数<br>(rps)    |  |  | 1           | 1<br>〔2~〕              | 1<br>〔2~〕        |
| センシング方式           |  |  | 原理試作を<br>完了 | センシング<br>機能の組込<br>は行わず | 非接触式<br>(磁気センサ)  |
| 分解能<br>(P/R)      |  |  | 120         |                        |                  |
| モータサイズ<br>(mm)    |  |  | 85×45       | 60×40<br>〔48×40×30〕    | 75×50<br>〔73×45〕 |
| モータ重量<br>(g)      |  |  | 350         | 200<br>〔60〕            | 250<br>〔190〕     |

### 3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

|       | 小型軽量化   | 制御性向上  |
|-------|---|--|
| 課題    | トルクアップ  | 非接触の高精度センシング技術   |
| その根拠  | 同サイズモータであれば、トルクアップすることにより小型軽量化したとも考えられる。それ故、本開発ではトルクアップに重点を置く。  | 従来のエンコーダ等を用いた接触方式では、接触負荷トルクが生じ回転動作を阻害していた。また、ホールセンサと磁化球を用いた非接触方式では、分解能が粗く中心軸回りのセンシングが不可能であった。                          |
| 解決方法  | 有限要素法の活用<br>ステータ押付け機構の分割能動化<br>ステータの耐摩耗性の向上<br>駆動による熱影響への対応   | 従来の磁気センサよりも格段に高い感度と広い温度範囲での安定動作を特長とする磁性薄膜を用いた高周波駆動型の新型磁気センサ素子を使用し、これを複数軸組み合わせ、ロータに内蔵したマグネットの磁気変化を検出することによりロータの位置検出を行う。 |
| その根拠  | 各種計測機器の値から捉えにくい現象や問題点を、有限要素法を用いることで容易に観測出来る見通しが立っている。<br>構造上、一方のステータを駆動してロータを回転させる際、他方の非駆動側のステータとロータとの間に生じる摩擦抵抗によって、駆動トルクが減少する問題があった。その非駆動側ステータとの摩擦抵抗で生じるトルクロスを低減し当該ロータからも有効なトルクを発生させることで駆動トルクの大幅な向上を目指せると考えた。<br>パルソナイト処理(低温窒化)により表面硬度を上げる。<br>ロータ素材にグラファイトを添加し、摺動特性と熱伝導率の向上を図る。 | 角度検出部を球面アクチュエータのハウジング内に収納し、安価で精度の良い角度検出装置を提供することができる。また、外来ノイズに対しても十分な耐性を持たせることができる。                                    |
| 過去の実績 | これまでの研究開発で収集したデータ等を有限要素法に取込み、各ステータをモデル化し、駆動特性の比較検証を行ってきた。これにより、共振状態を画像的に捉えることが可能になった。<br>これまでに、非駆動側のステータの表面に定在波や任意波形の振動を発生させ、非駆動側のステータとロータとの接触面積を小さくしてロータの摩擦抵抗を軽減させることに成功している。本解決方法は、その実績を更に向上させる開発と確信する。   | 本解決法と同様な原理実験を行って、実用可能である感触を得ている。   |

#### 4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

##### 1) サブテーマA：技術総括管理及び個別技術分析・評価

( 国立大学法人東京農工大学 )

本年度は、最終試作モータの特性試験と評価、さらに環境試験と評価を行った。その結果、実用的な性能を有するモータを開発できたことを確認した。

##### 2) サブテーマB：多自由度モータの各部要素の研究開発及び製品設計

( ダブル技研株式会社 )

###### ( 1 ) 実施項目 トルクアップ開発

###### ・ 圧電素子の最適化

従来の約 1.4 倍のトルクがある高出力なステータを作ることができた。

###### ・ ロータ材質の最適化

約 20%程トルクが大きくなることが分かった。

###### ・ 45 多自由度モータ(B タイプ)のトルク測定

従来の 3.5 倍以上のトルクを有する 45 多自由度モータを試作する事ができ、技術目標値を達成することができた。

###### ・ 30 多自由度モータ(AB タイプ)のトルク測定

最大 1.6kg・cm のトルクを発生する試作機を作ることができ、技術目標値を達成することができた。

###### ( 2 ) 実施項目 多自由度モータ全体機構開発

###### ・ 最終試作機の設計

大幅な小型軽量化により、技術目標値のサイズを達成することができた。

###### ・ 最終試作機用ドライバ・コントローラの設計

各種の制御に対応できる高機能なドライバを製作することができた。

###### ( 3 ) 実施項目 試作・評価工程

###### ・ 駆動特性の検証(B タイプ)

1 軸試験機を用いて、ヘリカル型ステータの駆動特性を計測した。

###### ・ ステータの基礎データの収集

この基礎データにより、複数のステータの特性を均一に組合せることができ、多自由度モータの性能を向上させることができた。

###### ・ モータの調整及びトルク測定 ( AB、B タイプ )

モータの調整方法や良否の判定について、ノウハウを蓄積できた。

###### ( 4 ) 実施項目 角度検出システム開発

-45° から+45° までの角度を分解能 277(P/R)の精度で検出することができ、技術目標値の 240(P/R)を達成することができた。

( 5 ) 実施項目 実証テスト用多用途型 P C 制御ユニット開発・製作

管内検査ロボット用として、カメラ映像の中心移動機能を実現するための制御ソフトウェアおよび操作支援のためのシミュレーションソフトウェアを完成させた。

3 ) サブテーマ C : 管内検査ロボットにおける実証テスト

( 株式会社キュー・アイ )

多自由度モータの実用性・有効性を検証するために、試作機を製作し各種実験を行った。昨年度に試作した装置( 16 年度モデル ) は、多自由度モータを使用した世界初の管内検査ロボットであったが、カメラヘッドのサイズが比較的大きいので、従来モータを使用しても同様の機能を構成できる可能性があった。今年度( 最終年度 ) は、製品化を前提に超小型かつ操作性の優れた装置を試作した。評価試験終了後には、展示会やデモンストレーションを行ってユーザの意見を収集し、製品化への参考資料とした。

4 ) サブテーマ D : マネキン型ロボット及びヘビ型ロボットにおける実証テスト

( シリコンロボティクス株式会社 )

多自由度モータを組み込んだマネキン型ロボット試作機と、ネジ式ヘビ型ロボット試作機を完成させ、位置センサを取り付けてフィードバック制御を行うことができた。

多自由度モータの製品化を前提として、従来モータとの比較・検討を行い、いくつかの問題をクリアすれば、製品化が実現できることを確認した。

5 ) サブテーマ E : 多自由度モータに関する技術・特許動向及び応用分野・市場規模調査

( J F E テクノリサーチ株式会社 )

多自由度モータのニーズ調査

多自由度モータの各種用途の中で、応用範囲が広く実現性が高いと考えられるカメラ操作アプリケーションについてニーズ調査を行い、今後に資するデータを得た。

関連特許の詳細調査及び応用特許の提案活動

多自由度モータに係る要素技術について、既存特許との抵触検討を行うため、検索式を再検討し検索を実施した。検索された公開系及び登録系特許文献をリストアップし、個別に抄録や明細書を参照して内容を検討したが、本研究開発に基づく試作品、製品が抵触するおそれがありそうな特許文献は発見されなかった。

また、今後の特許戦略の構築に向けて、パテントマップの作成を行った。

多自由度モータ実用化促進のための活動

多自由度モータおよびその応用技術について、試作品を各種展示会に出展してデモンストレーションを行い、プレスリリースを実施するなど、積極的に情報発信し、本研究開発の成果の普及を図った。その結果、これからの実用化、事業化に向けて、市場や顧客に関する有益な情報が得られた。

## 6) サブテーマF：応用技術の検証・評価

(特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構)

多自由度モータを組み込んだネジ式ヘビ型ロボットのシステムを完成させ、パソコンからの制御を行い、研究用途やレスキュー用途での性能について従来モータとの比較・検証を行った。課題のトルク目標値が達成されたので、研究用途などで使用できることを確認した。

## 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

次世代ロボットの市場規模は、2010年には3兆円程度、2025年には8兆円程度と予測されている。その中で、多自由度モータの用途拡大が見込める生活分野や医療福祉分野の伸びが著しいと見られる状況は、本プロジェクトのスタート時から変化していない。

具体的な製品化の見通しとして、多自由度モータの製造・販売元となるダブル技研(株)では、まず平成18年5月頃から、開発成果である45モータと30モータのプロトタイプサンプル出荷を計画している。発売予告をしたところ、実際に引き合いが出てきている。当面は大学などの教育・研究機関への販売実績を積み上げ、逐次産業界への普及・浸透を図っていく予定である。

また、販売戦略として、モータ単体製品のみならず、モータアプリケーション製品の販売も推進する。本プロジェクトでは、管内検査ロボット、マネキン型ロボット及びヘビ型ロボットへの適用を実証したが、新規用途の開拓はこれからの重要課題である。ユーザから得られるヒントを参考にしながら、積極的な提案を行っていく必要がある。

なお、販売体制としては、既存の取引先商社及びその商社直系の大手商社との連携を図る予定である。

懸念材料の販売価格は、当面ユーザ想定価格との折り合いが難しいと思われるので、まずは特殊用途などで付加価値の高い分野を販売ターゲットとする。販売実績・知名度を上げ、量産化メリットが見込めた段階で広い市場に攻勢をかけることになるであろう。

生産体制は、当面ダブル技研(株)の社内生産中心で行う。ある程度のロット生産が見込めた時点で、製造専門会社(国内、中国等)への生産委託を考える。元々、FA機器等の製造を主業務としているので、生産に関する経験・実績には自信を持っている。

さらに、早期の確実な事業化を考えると、単独での開発や資金調達だけでなく、アライアンスも視野に入れる必要がある。用途別に市場占有率や各々の有する技術力・特許・ノウハウなどを勘案し、共同開発や技術提携を積極的に進める考えである。多自由度モータの新市場形成のためにも、保有技術のある程度オープンにし、他社との協力関係を構築することが選択肢の一つとなるであろう。

以上