

平成 15 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	日本鋼管 テクノサービス 株式会社	代表者名	岡戸 克	所在地	〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1番1号 Tel: 044-322-6601
-------------	-------------------------	------	------	-----	--

管理番号 15R-8 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
技術開発課題：小型・軽量化ノ制御性向上技術
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に関する研究開発
研究開発期間：平成 15 年 8 月 22 日～平成 16 年 2 月 5 日

1. 委託事業実施の背景と委託事業の概要

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では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出来るアクチュエータが望まれる。

2. 委託事業全体の内容及目標

- (1) 技術の内容と新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性
例えば人型ロボットや動力義手、あるいはロボット等の眼球などを人と同じように動かすには3自由度を必要とする。平面超音波モータ等)の使用を前提とすれば、自由度分すならわち3個のアクチュエータを必要とする。複雑・大型化にもなる。さらに、小型・軽量化やシンプル構造化からはほど遠く、制御も難解にならざるを得ない。小型・軽量化と制御容易性が図れることは自明の理である。画期的な提案の「球面超音波モータ」は、まさにその性能を兼ね備えたアクチュエータである。この様なアクチュエータは世界というレベルでも製品化はされておらず、新規性・独創性においては優れた開発である。

3. 委託事業全体における技術目標値を達成するための課題と解決方法

業務区分A: 技術総括管理及び個別技術分析・評価

(東京農工大学)
従来型球面超音波モータ開発における有限要素法等々の研究実績をダブル技研に提供。
新型ステータなどの開発アドバイスをを行った。
同時に農工大側でも解析を行い、ダブル技研側解析データとの照合やミスマッチ箇所等の修正を行うなどの連携を図った。
評価試験機開発にあたってのアドバイスをを行った。

業務区分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) 有限要素法を利用し最適ステータを設計・製作、更に圧電素子の貼付を行い、ステータ単体評価用の試作品を完成させた。
今年度はBタイプ(45)のみの試作とし、その評価をもってA(16)・C(60)タイプを試作する事にした。
- (2) ステータの全体設計と構成部品設計、部品製作・組立を行った。
- (3) 評価分析機器類の設計と製作・組立を行った。
- (4) 既存モータを使用して駆動ソフトの開発を行った。

業務区分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)
管内検査ロボット設計、製作図(防水カプセル部)作成

業務区分D:ヒューマノイド美的バランスアーム及びヘビ型ロボットジョイント部における実証テスト

(シリコンロボティクス㈱)

(1)美的アーム設計

ショーウィンドウにおけるファッション業界のマネキンの位置付け、ディスプレイの内容から稼動範囲、必要トルクを予想。美的アームとして認知される限界のレベルと多自由度モータの現状を比較し、次年度以降の試作機作成の為に設計図面を作成した。必要とされるモーションを考慮しながら、設計部分の調整する。

(2)ヘビ型ロボットジョイント部設計

国内でも初めての規模のレスキューロボット研究活動拠点を持つNPO法人「国際レスキューシステム研究機構 川崎ラボラトリー」の持つレスキューロボットの事例から推測される救助活動時に必要なモーション、トルクを検討した。多自由度モータを組み込む事によるメリット、デメリットを考慮に入れた上で、次年度の試作機の「たたき台」を設計図面として作成、調整を行う。

業務区分E:多自由度モータに関する技術・特許動向及び応用・市場規模調査

(日本鋼管テクノサービス株式会社)

(1)多自由度モータを搭載可能なロボットに関する技術動向、ニーズ動向を調査し、開発成果の実用化に結びつけるための方向付けを行うために資する。

(2)超音波モータの技術動向、市場動向を特許出願の点から調査を行う。また同時に、本開発の超音波モータが既存の技術(特許)に抵触するかどうかについて概略調査を行う。

(3)ロボット技術の最近の動向から多自由度超音波モータの市場規模を予測する。また、先進ロボットの最終ユーザ(ロボットを実際に利用している機関又は個人)へのヒアリング調査を行い、今後の開発方向の検討および市場規模の推定を行う。

4.当該年度における技術目標値の達成の状況と意義(実績又は予定)

業務区分A:技術総括管理及び個別技術分析・評価

(東京農工大学)

(1)ステータ(モータ固定側)有限要素法解析への指導、目標値達成に向けた部品設計への助言、初期試作モータ全体構成の検討

(2)試作モータの各評価項目(出力トルク、速度、発熱)に必要なとされている分析機器の準備。

(3)試作モータの各評価項目に関連する治具(測定のための簡易装置)の設計。

(4)試作モータのトルク速度特性評価と機構最適化*の検討。

*信号のやり取り及びチェックを最短時間で行う事。

(5)ロータリエンコーダを用いたセンシングとコンピュータ制御のための最適化の検討。

業務区分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㈱)

・トルクアップ

有限要素法を駆使して、かご型ステータ等を試作し、各々圧電素子の貼付を完了した。試作したステータ類は、これまでのステータと比べ振動特性面等において(有限要素法による)優れたデータが得られている。

(1)かご型ステータ

従来ステータは、トルクアップのために押付力を大きくしていくと、ステータの変形により振動が阻害されてトルクが低下する問題があった。この押付力の耐性向上をねらい、籠のような形状のステータを考案した。

特徴として、ロータとの接触によって生じる荷重方向と振動分離帯(アーム)の傾斜方向が同一で、押付力と圧電素子の発生力に対するステータの剛性が異なるため、押付力には変形しにくく圧電素子の力には、変形しやすい構造となっている。

これにより、下記の3つの効果が期待できる。

押付力に対する耐性が向上し振動子の振動が阻害されにくいため、より大

きな押付力でトルクアップを計ることができる。
形状的に圧電素子の面積を大きくする事ができ、出力の向上が望める。
ロータの保持力及び剛性が向上し、接触状態がより安定化する。

・全体機構開発

エンコーダを使つての制御であるが、位置制御による駆動ソフト開発で試運転が可能になった。

共振周波数のフィードバック制御に着手。

制御回路設計とパターン設計を終え、試作基板を製作した。

また、駆動及び制御特性の比較対象として、現状技術の3極式球面超音波モータを設計・製作した。

・試作・評価

圧電素子貼付装置を完成、ステータの評価分析用として一軸試験機とトルク測定試験機を完成させた。

(1) 圧電素子接着用具

この用具は、圧電素子の接着工程に用いるもので、より均一で安定した加圧力を得るためバネを用いた構造になっており、接着時の加熱(150 程度)に耐えるように耐熱性を考慮した設計になっている。

(2) 一軸試験機とトルク測定試験機

ステータ単体の駆動性能検証に用いる試験装置で、構造的にはステータの駆動特性をブレーキで擬似負荷を与えながらトルクと回転数を検出し、同時に押付力・変位・接触部の温度を測定する事が出来る。

業務区分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)

(1) 技術目標値

多自由度モータを管内検査ロボットに組み込むための諸検討を行い、製作図を作成する。

(2) 達成状況

仕様検討書作成

設計・製作図(防水カプセル部)作成

カプセル部はロータ径 16 及びロータ径 45 用の製作図を作成。

業務区分D:ヒューマノイド美的バランスアーム及びヘビ型ロボットジョイント部における実証テスト

(シリコンロボティクス株式会社)

(1) 技術目標値

多自由度モータをヒューマノイド美的バランスアーム及びヘビ型ロボットジョイント部へ組み込むための諸検討を行い、製作図を作成する。

(2) 達成状況

美的アーム設計

美的アーム構造、材質仕様打合せ。設計図面作成。

ヘビ型ロボットジョイント部設計

ヘビ型ロボットジョイント部構造、材質仕様打合せ。設計図面作成。

業務区分E:多自由度モータに関する技術・特許動向及び応用・市場規模調査

(日本鋼管テクノサービス株式会社)

(1) 技術目標値

ロボット技術および超音波モータに関する技術動向調査、特許動向調査および市場予測を行い、実用化に向けた開発方針作成に資する。

(2) 達成状況

ロボットに関する技術動向、ニーズ動向

医療用ロボット、災害対応用ロボット、家庭用ロボット、探査・検査ロボットさらに人間型ロボットなどニーズが多様化する中でロボットに要求される機能も高度になってきている。中でも多自由度・高トルク・小型軽量アクチュエーターのニーズが高まっている。多自由度超音波モータはこれに応え得るポテンシャルを持っている技術であり、本研究の開発目標である“多自由度・高トルク・小型軽量超音波モータ”の開発によってこれらロボットの實用化に大きく貢献できると考えられる。

特許動向調査

超音波モータに関する特許として309件を抽出しデータベースを作成した。これらを解

析した結果は以下のとおり。これまでの調査範囲の中で、注目特許として28件挙げた。

1) 出願技術内容、
 「モータの構造・構成」に関するものが最も多く、309件中62件に昇っている。これは超音波モータを構成する要素の構成や配置、寿命、組込み等、加工した部品を半導体制御方式で制御するものに関するものである。この中には、モータの駆動位置制御の精度に関するものも含まれている。また、モータの駆動位置制御の精度に関するものも含まれている。また、モータの駆動位置制御の精度に関するものも含まれている。

2) 出願者別傾向
 「精密機械」分野からの出願が最も多い。この他、多くの分野からの出願が多く、超音波モータへの注目度が高いことが伺える。

3) 抵触に関する検討
 本研究プロジェクトで開発しようとしている多自由度モーターが既存の技術（特許）に抵触するかどうかについては、概略検討した限りでは問題となりそうの特許は見られなかった。これについては今後、個別技術に関して詳細な調査検討が必要である。

多自由度モータの市場規模調査
 多自由度超音波モータ適用対象ロボット分野の市場および多自由度超音波モータ単体の市場予測を行った。この結果、多自由度超音波モータ単体としては2010年度には約10億円で推定された。さらに先導ロボットの最終ユーザーにヒアリング調査を行い、今後の技術ニーズと市場規模の調査を行った。これによると、手術支援ロボットは約2,600台、レスキューロボットは約4,000台と推定された。

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

(1) 事業化の目標

製品化の見通し

克服すべき研究開発の重点を「小型・軽量化」と「制御性向上」とし、実証テストを行って実用化の可能性を見極める計画である。このため、製品化に向けた課題としては、寿命延長を中心とした安全（信頼）性向上技術および低コスト化技術開発が必要となる。開発スケジュールとしては、可能な限り早急に実用化を図るために、実用化できるものから先に実用化していくという方針をとる。目下のところ本プロジェクトにおいて管内検査ロボットおよび美的アームの応用開発を行っているため、これらの中から実用化を急ぐ方針とする。ただ、製品化に当たっては安全性のチェックは欠かせないので、構成部品の材質探索や接着剤・方法の繰り返しテストが必要となる。現時点では、本事業終了後2～3年程度で製品化を最低限の目標とする。

事業化計画

- ・ 多自由度モータ製造：ダブル技研株式会社
- ・ 販売先：株式会社キュー・アイおよびシリコンロボティクス株式会社
- ・ モータ組み込みロボットの製造および販売：
 - （株）キュー・アイ：管内検査カメラ
 - シリコンロボティクス（株）： 美的アーム

(2) 当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

多様な機能を持つロボットへの社会的注目度、ニーズが一層拡大してきている。またそれとともに安全性に関する性能要求もきびくなってきている。多自由度超音波モータは、これを実現するための一つの重要な要素であり、その応用領域、ニーズが大きくなってきていると同時に性能に関する期待も大きくなってきていると認識している。

- 例： a. 有力企業の家庭用ロボットへの進出宣言（ホンダ）
b. 医療支援ロボット等、高度の能力を要するロボットの開発が始まっている。
c. 文部科学省 大都市大震災軽減化特別プロジェクトでレスキューロボット
48テーマを研究中。
実施主体：NPO 国際レスキューシステム研究機構 川崎ラボラトリー(*1)
「災害対応戦略研究」コア組織としてプロジェクトをとりまとめ中。

(*1)

救助活動の大変困難な大規模災害において、混乱の中でも情報を集約・判断し、災害の状況に応じて最適な救助を行うことを目的とし、ロボット、インテリジェントセンサ、ヒューマンインタフェースなどの研究開発を実施中。