

# 共存型人支援ロボットの開発

## Development of Human Friendly Robots

(実施期間：平成27年7月1日～平成28年3月31日)

代表者 共生システム理工学類 教授 高橋 隆行

### ○研究の進捗状況

研究代表者は福島大学に着任以来、倒立振り子型人支援ロボット i-Pentar の開発を継続的に実施し、これまで関連技術を含め多くの実績を挙げてきた。このロボットは、まさに将来の人間共存型ロボットの実現を目標としたものであり、2輪で倒立することにより、人支援ロボットに不可欠な作業性と安全性を高度に両立させようとするユニークな発想に基づいている。本研究は、i-Pentar 本体のシステム化技術の開発を行うとともに、i-Pentar を実現するために不可欠な要素技術として、減速機やカムなどの伝動機構、センサ、制御系など広範囲にわたる技術開発を進めているものである。これにより来たるべきロボット共存社会の実現に資することを目的としている。加えて、福島県が推進するイノベーションコースト構想やふくしまロボットバレー、そしてそれに伴う「ロボット産業革命の地ふくしま」への貢献も含め、ロボット産業を活用した地域復興・発展を目指したものである。

本年度は、まず第一に、i-Pentar の物体の拾い上げや起立動作、台車押し作業等の一連の動作の実現を通して、研究代表者らが開発している拡張状態オブザーバを用いた統合型コントローラのパフォーマンス向上を図ること、そして第二に、研究代表者らが提案している時間遅延現象を用いたコーティング式接触センサの開発を行うことを研究目標とした。以下、具体的な成果について、箇条書きでまとめる。これらの成果は、関連する研究業績に示したように計7編の国内会議において発表済みもしくは発表予定である。

(1) i-Pentar と人間との間で、モノの受け渡し動作を実現するために、人の手の認識システムの開発を行った。同様の目的のシステムはこれまでいくつか報告があるが、照明の質や肌の色の影響を受けやすいこと、至近距離での認識が難しいこと、屋外の太陽光など強い環境光がある場合には適用が困難であることなどの課題があった。これに対して、2次元レーザレン

ジファインダから得られる距離情報のみを使用することでこの課題を解決し、かつ i-Pentar に搭載可能な小型軽量なシステムを目指して研究開発を行った。その結果、手の位置をリアルタイムで検出可能なシステムの開発に成功した。現在、受け渡し動作の最終段階で必要となる手の姿勢の検出に向けた開発を進めている(論文[1])。

(2) i-Pentar は移動機構として車輪を使用していることから、真横方向に即座に動くことは原理的にできない。しかし、人支援機能として実現が期待される“人を支える補助”を実現するためには、真横方向を含む移動能力の向上が望まれていた。それに対して、新たにブレーキ付全方向車輪を開発することで、大きな可操作性を実現する検討を開始した。基本的な移動能力に関する解析を完了して、現在、新しい全方向車輪を用いた簡易プロトタイプの試作をすすめている(論文[7])。

(3) コーティング式接触センサについては、計測実験を通して蓄積した特性データを用いて、等価回路モデルの構築を行った。電子回路シミュレータ SPICE を用いたコンピュータシミュレーションの結果、構築した等価回路モデルは実際のセンサの挙動を高い精度でモデル化しており、その有効性が確認された(論文[5]、研究資金[1])。

(4) i-Pentar の研究開発の過程で生まれたクラウン減速機構の性能向上を図るために、歯型の改良を行った。その結果、角度伝達誤差ならびに起動トルクの有意な改善をみた(論文[4])。

(5) 同じく i-Pentar の研究開発の過程で生まれた立体カム機構を応用し、工場の生産現場で有効に活用可能な平行移動指チャックの開発を、地域の企業である日特エンジニアリングと開始した。現在のところ基本的な設計を完了して、第二次プロトタイプの試作に入っている(論文[3]、研究資金[2])。

(6) 立体カム機構ならびにクラウン減速機構を使った超小型アクチュエータを応用し、機能的電気刺激法と組み合わせることにより、手指

麻痺者のための機能再建用補助デバイスの開発を進めた。本年度は機能的電気刺激を用いて母指、示指、中指の独立ならびに協調動作を実現し、現在、補助デバイスの設計を進めている（論文[2][6]）。

○foR プロジェクトにおける支援を受けて

foR プロジェクトの財政的支援を受けたことによる最も大きな効果は、研究員（プロジェクト）を雇用できた点である。本研究テーマは、i-Pentar 本体のシステム開発に加え、さまざまな要素技術開発が複雑に絡む大きなテーマであり、関わる学生も多い。雇用した研究員は、高度な専門的知識を活用して i-Pentar の具体的な研究開発を担うとともに、研究代表者との緊密かつ多面的な協力体制を構築することで、研究の推進ならびに学生教育の両面で大きな効果を挙げている。

また、foR プロジェクトの指定を受けることにより、本研究の重要性に関する対外的な説得力が明らかに向上している。本プロジェクトに関連しては、これまで文科省大学発新産業創出拠点プロジェクト（プロジェクト支援型）等、いくつかの大型資金を得ているが、今後さらに努力したい。

○関連する研究実績

【外部研究資金】

[1] 科研費基盤(B)（継続）：信号の時間遅延現象を用いるコーティング式触覚センサ，12,800 千円

[2] 共同研究：多品種生産方式に対応する，ワークハンドリング用電動チャックの開発，日特エンジニアリング株式会社，1,500 千円

【論文等】

[1] 郎詩萌, Luis CANETE, 高橋隆行：人支援ロボットの受け渡し動作のための手認識システムの開発～三次元距離センサ FX8 を用いたランダムフォレスト機械学習の適用～，計測自動制御学会 東北支部 第 298 回研究集会，no. 298-1, 2015. 11.

[2] 佐々木久幸, Luis Canete, 高橋隆行：機能的電気刺激による複数指の屈曲動作の選択的な刺激法の基礎的検討：～母指および中指への適用～，計測自動制御学会 東北支部 第 298 回研究集会，no. 298-2, 2015. 11.

[3] 安西香保里, 高橋隆行：高精度立体カム機構を用いた平行開閉型チャックの開発～カム面の設計及び 基礎的評価～，日本機械学会ロ

ボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2016. 6 (to appear).

[4] 佐々木裕之, 伏見雅英, 成田良一, 関実, 高橋隆行：クラウン減速機の精度向上のための歯形設計～歯形の逃げの設計とロータ歯車の 1 重化の提案～，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2016. 6 (to appear).

[5] 北島諒一, 高橋隆行：コーティング式触覚センサの開発～センサのモデリングの基礎的検討～，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2016. 6 (to appear).

[6] 佐々木久幸, 高橋隆行：機能的電気刺激を用いた複数指の協調動作のための刺激法～母指・示指・中指の動作の検討～，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2016. 6 (to appear).

[7] Development of a novel omnidirectional wheel for differential drive mobile robots ～Basic kinematic modeling and prototype development～，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2016. 6 (to appear).