

「人間型ロボットHRP-2」開発に必要な要素技術 ～メカトロ事業への波及効果～

Major Technologies for Development of Humanoid Robot, “ HRP-2 ”

五十棲 隆勝
Takakatsu ISOZUMI

川田工業(株)航空・機械事業部
HRIS開発室室長

航空・機械事業部では、1996年度より経済産業省および新エネルギー・産業技術開発機構（以下、NEDOと記す）が推進する「人間強調・共存型ロボットシステムの開発（以下、HRPと記す）」に2000年度より参画し、人間型ロボットHRP-2の開発を行いました。本稿では、HRP-2を開発するにあたって必要となった要素技術の紹介をするとともに、それらの要素技術が、航空・機械事業部の事業推進にどのように波及するかを説明します。

人間型ロボットHRP-2

HRPは、「人間の作業・生活空間において、人間と協調・共存して複雑な作業を行うことが可能な人間協調・共存型ロボットの実現」を目的としており¹⁾、後期応用開発期間（2000年度～2002年度）においては、発電プラント点検、対人サービス、産業作業の代行運転、ビル・ホーム管理、屋外共同作業の5つの応用分野が設定されました²⁾。当社は産業総合技術研究所、安川電機、清水建設と共同で、ヒューマノイドロボットHRP-2の開発を担当しました。詳細の開発内容は、「ヒューマノイドロボット・HRP-2の開発」（本誌p.20）で説明されています。



HRP-2完成写真



平均台歩行を行うHRP-2

人間型ロボットHRP-2の開発プロセス

HRP-2の開発は、不整地対応技術の開発を目的としてHRP-2L（脚モジュール）の開発、人間との協調作業を目的としてHRP-2A（腕モジュール）の開発を平成12年度に実施しました³⁾⁴⁾。翌13年度にそれらの開発成果を統合しHRP-2P（全身型ロボットの試作機）の開発を行い、要素技術の統合試験を実施⁵⁾⁶⁾し、最終年度である平成14年度にはそれまでの開発成果をすべて反映したHRP-2（最終成果機）の開発と人間との協調作業、不整地移動、転倒対応動作が可能なトータルシステムの開発を実施しました。下図に上記の開発プロセス図を示します。



HRP-2の開発プロセス図

HRP-2に必要な要素技術

人間型ロボットHRP-2は、「コンピュータシステムが手足を持ち、移動と作業が可能な機械システム」といえます。技術分野としては、コンピュータサイエンスと機械工学を網羅したものということになりますが、我々が最初に直面した技術課題は何といたっても「小型・軽量化技術」でした。もちろん、センシング技術、制御技術、機構技術、構造技術と人間型ロボットに要求される技術が多いことは、少しでもロボットに携わったことのある

人であれば理解されることと思います。しかしながら、電気も機械も「小型・軽量化技術」がなければ、人間型ロボットがその機能である移動、あるいは作業を行うことができず、ロボット自体を人間型にすることさえできなくなります。また、人間やロボットを取り囲む環境に対する安全性を確保するためにも、ロボットの重量はできるだけ軽量化に設計・製作することが必要です。

HRP-2を軽量化するために行った具体的な設計手法としては次の項目が挙げられます。

- ・構造解析を用いた関節リンク構造の最適化設計
- ・アクチュエータドライブ装置の省エネ設計
- ・電気負荷解析による電源装置の最適化設計
- ・内部配線の基盤化

関節リンクについては、アルミ合金やマグネシウム合金を素材に選定し、石膏鋳造手法を採用することによって薄肉（1.5 mm）構造を達成しました。更に構造解析と試作を繰り返すことで最適な形状と剛性が両立可能となりました。

また、電装システムの中心的な部品であるドライバ（アクチュエータを動かす電気部品）についても基盤を小型化するとともに省エネ化し、アクチュエータを効率良く動かせるものとなりました。制御用のセンサ（ジャイロセンサ、加速度センサ、力センサ）についても産業用のものを特注で改造し、小型・軽量化しました。

人間型ロボットの将来展望

HRP-2では、人間と協調しながらプレハブ用の簡易パネルを搬送し、建てつける作業を行いました。



人間と協調搬送するHRP-2



パネルを建てつけるHRP-2

この成果をROBODEX2003等で広く一般公開することで、将来人間と協調・共存するロボットの可能性を世に示すことができたと考えています。ロボットが実環境の中で人間との共存を実現するには、知能化、稼働時間の拡大、信頼性の向上、そして人間や稼働環境に対する安全性等の技術課題を解決する必要があります。そのためにはコンピュータ技術、センシング技術、制御技術、材料技術、機構技術、構造技術等の多くの要素技術に目を向けることが必要であるとともに、それらをバランス良く応用する統合技術も求められるでしょう。人間型ロボ

ットが商品化されるにはまだ相当の時間を要すると考えられますが、人間型ロボットに必要な要素技術は、既存の機械システムに応用され（組み込まれ）、世の中に出て行くことになると考えています。

ロボット要素技術による事業開発

今後少子高齢化が進み、要介護者人口が増加するとともに若い労働者人口が減少していきます。このような社会背景においては、人間と同じ生活空間で協調・共存する機械システムが必ず必要になります。当社はHRPに参画することで産業機械分野ではさほど必要でなかった小型・軽量化技術の重要性を知りました。この経験をもとに将来の社会に貢献できる機械システムを製品化し、事業化していきたいと考えています。そして、将来人間型ロボットが人間と共存している光景が当たり前になり、その一部に携わってられるよう技術開発に努力していくつもりです。

謝 辞

HRP-2の開発は、経済産業省とNEDOが推進する「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発プロジェクト」の一環として実施されました。ご支援いただきました多くの方々に感謝致します。

参考文献

- 1) H. Inoue, S. Tachi, Y. Nakamura, K. Hirai, N. Ohyu, S. Hirai, K. Tanie, K. Yokoi, and H. Hirukawa, "Overview of Humanoid Robotics Project of METI," Proc. the 32nd Int. Symposium on Robotics, pp.1478-1482, 2001.
- 2) K. Yokoi, et al, "Humanoid Robot's Application in HRP," Proc. IARP Int. Conference on Humanoid and Human Friendly Robotics, pp.134-141, 2002.
- 3) 平成12年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発（新発電技術実用化開発）」成果報告書,(財製造科学技術センター)
- 4) 平成13年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発（新発電技術実用化開発）」成果報告書,(財製造科学技術センター)
- 5) 平成12年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発（エネルギー使用合理化技術開発）」成果報告書,(財製造科学技術センター)
- 6) 平成13年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発（エネルギー使用合理化技術開発）」成果報告書,(財製造科学技術センター)