事例紹介

ヒューマノイドロボットプラットフォームHRP-2の事業化

Business of Humanoid Robot Platform HRP-2

五十棲 隆 勝* *川田工業株式会社航空・機械事業部 HRIS 開発室

Takakatsu Isozumi* *HRIS Group Aircraft and Mechanical Systems Div. KAWADA INDUSTRIES, INC.

1. はじめに

経済産業省と独立行政法人新エネルギー・産業技術開発機構（以下 NEDO と記述）では、1998 年度から 5 年間で「人間協調・共存型ロボットシステムの開発（以下 HRP と記述）」を推進した [1]。本開発はプラットフォーム開発期間（前期 2 年間）と応用分野開発期間（後期 3 年間）で構成された。その概要は前期で開発された三つのプラットフォーム（ロボットハードウェア、遠隔操作装置、仮想ロボット装置）を後期の開発期間に提供し、ロボットの応用分野を開発することである [2]。

当社は 2000 年度から HRP の応用分野開発に参画し、ヒューマノイドロボットプラットフォーム「HRP-2」を開発し、将来ヒューマノイドロボットが人間の生活環境下で人間と協調・共存することの可能性を世の中に提示できたと考える。

一方、開発されたヒューマノイドロボットが将来実用化されるには、今後安全機能や対環境機能等の基本的機能が多く開発、実装される必要がある。そのため、開発されたロボットハードウェアやソフトウェアを広く研究機関に提供しプロジェクト外でも利用されることを目標として、HRP-2 の開発を行った。

本稿では、人間型ロボット「HRP-2」が研究用プラットフォームとしてどのように開発され、研究機関に提供する事業のためにどのような準備をしたかを説明する。

2. プラットフォーム HRP-2 の概要

HRP-2 は、「後期応用分野開発」の一つである「屋外共同作業分野」で設定された技術課題を克服するため、前期で開発されたロボットプラットフォーム HRP-1 をさらに高機能化することが必用であった。最終目標は不整地にて人間と協調してパネルを運搬・据え付けを行う屋外共同作業等が可能なヒューマノイドロボット（HRP-2）の開発であ

表 1 HRP-2「Promet」の主な仕様と概観

Dimensions	Height	1,540 [mm]
	Width	620 [mm]	
	Depth	354 [mm]	
Weight inc. batteries		58 [kg]	
D.O.F.	Total	30	
	Head	2	
	Arm	2 Arms × 6.	
	Hand	2 Hands × 1	
	Waist	2	
	Leg	2 Legs × 6	
Walking Speed		up to 2.0 [km/h]	HRP-2「Promet」

る。目標を達成するためにロボットに実装する機能は、次の三つの機能であった。

- ① 不整地対応機能：不整地を歩行する機能
- ② 協調作業機能：人間と協調して作業が可能な機能
- ③ 転倒対応機能：作業中に転倒した場合も運動機能を損なうほどの破損をせずに、再び起き上がって作業再開が可能な機能

開発されたヒューマノイドロボットプラットフォーム HRP-2「Promet」の主な仕様と概観を表 1 に示す。

3. プラットフォーム HRP-2 の開発

3.1 プラットフォーム HRP-2 の設計

プラットフォームとは、最低限の機能と安定性を備え、拡張性が高いものを指すと考える。現在の技術水準を勘案すると、プラットフォームとしてのロボットとハイエンド技術が実装された開発成果としてのロボットを両立することは困難である。

前述した不整地歩行、転倒対応などは現状では特殊技術の実装であり、安定的な機械としてのプラットフォームとは矛盾する課題である。例えば、我々は HRP-2 の試作機（HRP-2P）の開発を行い、ソフトウェアの開発や機能を実

原稿受付 2003 年 12 月 2 日

キーワード：HRP, Humanoid, Robot Business

*〒 321-3325 芳賀郡芳賀町芳賀台 122-1

*Haga-gun, Tochigi

証する実験を行った。30軸ものサーボを駆動し安定的に歩行をさせ、ロボットに作業をさせることは容易ではなかった。プラットフォームとしては、いつでも同じように安定的に動かなくてはいけないが、試作機では機械装置としての安定性がなかった。電源の安定性、コンピュータの安定性、各種センサの精度、アクチュエータの信頼性、サーボノイズ、ソフトウェアのバグ、気温や湿度等のロボットの動作環境の違い等考えられる原因にはきりが無い。

HRP-2の設計時には不安定要素となるものはできるだけ排除するよう心がけた。そして、設計コンセプトとして連続稼働時間の延長、メンテナンス性の向上、コンピュータやセンサ等の実装部品類は汎用性の高いものを採用、コストダウンを掲げて設計作業を行った。したがってHRP-2開発は、その仕様と機能を実現するための開発設計という側面と、安定性、安全性、耐久性、保守性、コストといった商品設計という側面を同時に追求して行うことになった。

3.2 事業化のための準備

研究用途としてHRP-2を製造し供給するためには、まずその安全性が第一である。ロボットを整備するための整備マニュアルやユーザーが実験を行うとき、ロボットに不具合が起こったときなどの対策指針となる運用マニュアルの作成も必要である。さらに社内に保守体制を準備する必要がある。

運用マニュアルは、ロボットの研究者が安全かつ快適に研究や実験が行えるように整備する必要がある。研究用途とはいえ、その運用マニュアルはユーザーの方々には申し訳ないことであるが44ページにも上る。最後まで2足歩行を行う際のリフター（吊具）を運用条件から外せなかった。そこには、ヒューマンエラーによる転倒が付きまとう。我々ロボットの開発をしている研究者でさえ度々人為的なミスでロボットを転倒させている。転倒すれば、人を傷つけたり、物を壊したりする。製造者としてユーザーの方々に傷つけることは許されない。ロボット産業の将来を傷つけることにもなると考える。

また、安全に継続的な研究を行うことを可能とするため、ロボットの性能維持に必要な保守周期を1回/2ヶ月と設定した。保守周期はHRP-2の開発経験に加えて、繊細な部品を実装し限界設計されているヘリコプタの整備技術で得た経験をもって設定した。主な点検項目は、アクチュエータ、ドライブ装置、各種センサ、バッテリー等である。それ以外にも不具合があればすぐに部品交換等の保守ができるような体制を整えた。

4. HRP-2の研究機関への提供

ヒューマノイドロボットが人間の生活する実環境において私達の生活を豊かにする「夢のロボット」となるために、機能的には隣り合う人間の行動や状況に対して正確に反応

図1 東京大学での実験風景 図2 奈良先端科学技術大学院大学での実験風景

し、協調できることが必要である。そして、実用化されるためにはロボットの安全性が重要な課題である。これらの技術開発には多くの研究者が様々なアプローチで研究に取り組む必要がある。

このとき、HRP-2のようなプラットフォームは研究成果を共有化し、ヒューマノイドロボットのみならず機能として実用化され世の中の既存商品にも多く実装されると、製造分野だけでなく公共分野、バイオ産業分野、医療・福祉分野、そして生活分野に大きく波及していくと思われる。

現在HRP-2は、東京大学（図1）、大阪大学、奈良先端科学技術大学院大学（図2）や産業総合技術研究所等で研究に供されている。その研究は多岐にわたり、2足歩行技術の開発に始まり、全身動作技術の開発、行動計画技術の開発、視覚認識技術の開発、人間支援システムの開発などが挙げられる。

我々にとって現時点での最大の効用は、機械装置としての作りこみの部分である。例えば、ユーザーからロボットの動きが変だと言われ、保守に駆けつけると関節軸の締結ボルトが緩んでいた。組み立て時の締結トルクの管理は行っている。今までは、実験担当のエンジニアが不具合になる前に直してしまっており、そのことが重要な問題としてHRP-2の製造には反映されていない。我々は、ユーザーの皆様にも色々とお知らせしながら良いものを作っていく努力が必要だと再認識している。

5. お わ り に

本稿では、HRP-2がプラットフォームとしてどのように開発され、現在どのように研究機関で利用されているかを紹介した。今後は、HRP-2が多くの研究者の研究に貢献し、それらの成果が日本の新たな産業創生に役立つことを切望する。また、私達の生活を豊かにするための一つの解決手段としてヒューマノイドロボットの開発に携わっていきたい。

謝 辞 本稿で紹介したHRP-2の開発は、経済産業省「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」後期プロジェクトの一環として実施され、NEDO、(財)製造科学技術センターより再委託されました。経済産業省、NEDO、(財)製造科学技術センター、そしてHRP-2の共

同開発者であります産業技術総合研究所, (株) 安川電機, 清水建設 (株) のご協力頂きました方々に感謝いたします.

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] 井上, 比留川: "人間協調・共存型ロボットシステム開発プロジェクト", 日本ロボット学会誌, vol.19, no.1, pp.2-7, 2001.

五十棲隆勝 (Takakatsu Isozumi)

1962年7月11日生. 1986年慶應義塾大学理工学部中退. 1983年より2年間カリフォルニア大学バークレー校電気工学科留学. 1986~1993年住友重機械工業(株)にてホバークラフトの開発に従事. 1993年川田工業(株)入社. 回転翼航空機の開発に従事. 1999年よりヒューマノイドロボットの開発に従事. 現在航空・機械事業部 HRIS 開発室室長. (日本ロボット学会正会員)