

人間型ロボットisamu誕生

～研究用2足歩行ロボットの設計製作～

Development of Humanoid Robot "isamu"

五十棧 隆勝
Takakatsu ISOZUMI

川田工業(株)航空・機械事業部
製品開発部設計課課長

赤地 一彦
Kazuhiko AKACHI

川田工業(株)航空・機械事業部
製品開発部設計課

平田 勝
Masaru HIRATA

川田工業(株)航空・機械事業部
製品開発部技術開発課係長

1996年に本田技研工業(株)がヒューマノイドロボットP2を発表して以降、近年2足歩行ロボットの研究開発を新聞紙面や学会論文等で多く見かけるようになりました。本田技研工業(株)の「P3」や「ASIMO」、SONYの「SDR-3X」、ERATOの「PINO」については、皆さんも一度は目にしたことがあると思います。また、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)では、高齢化、少子化が進む社会の製造・サービス分野における新規産業の創造を目的の1つとして1997年から「HRP(ヒューマノイド・ロボティクス・プロジェクト)」が5年間の計画で実施されています。当社も1999年よりこのプロジェクトに参画しており、その担当分野は、屋外で人間と共同作業を行うことが可能なロボットハードウェアの開発です。

航空・機械事業部では、東京大学井上・稲葉研究室より1999年にH6型2足歩行ロボットの製作依頼を受けたことをはじめに、H7型2足歩行ロボット(同井上・稲葉研究室)の製作を経て、今回研究用2足歩行ロボットisamuを同研究室と共同開発しました。その中で2足歩行制御を含むシステム開発を同研究室が行い、当社はサーボシステムの構築を含むハードウェアの設計製作を行いました。ここでは、isamu開発の概要を紹介したいと思います。

isamuの仕様

〔主要寸法〕

全 高：1 468 mm
全 幅：604 mm
奥 行：326 mm (足先まで)
全 備 重 量：55 kg

〔関節自由度〕

全30自由度
頭 部：2自由度
腕 部：6自由度(×2)

グリップ部：1自由度(×2)

脚 部：6自由度(×2)

つま先部：1自由度(×2)

〔システム〕

C P U：Intel Pentium 1 GHz(×2)

O S：RT-Linux

〔センサ〕

画像センサ：2眼ステレオカメラ

姿勢制御：3軸姿勢角センサ

腕部センサ：握力センサ

脚部センサ：足裏力覚センサ(ZMP検出)

音声出力：スピーカ内蔵

〔電源〕

駆動電源：DC48 V

内部電源：鉛バッテリー

システム概要

計算機システムは拡張性のあるPC/ATアーキテクチャを基本とし、Pentium 1 GHzを2基、256 MB SDRAMを搭載したフルサイズのCPUカード、2.5 inch IDEハードディスク、バックプレーンボード(PICMGコネクタ、ISAスロット×2、PCIスロット×3)、無線LANカード、ロボット用インターフェースボード、およびキャプチャーカードから構成されています。また、制御用OSとしてRT-Linuxが採用されています。

ハードウェア概要

(1) サーボ駆動軸

主なサーボ駆動軸は、エンコーダ付きDCサーボモータ(出力：20～150 W)、減速用プーリ、ハーモニック減速機(減速比：1/100～1/160)などで構成されています。駆動系の制御はエンコーダのカウンターパルスによる位置フィードバック方式です。したがって、駆動軸周りの

設計は構造を含めて剛性を有し、素早く動かすために軽量化設計が必要になります。

(2) 構造

ヒューマノイドロボットの機械的性質を勘案すると軽量で撓みの少ない構造設計が必要です。当事業部では、回転翼航空機の開発、および改造設計の経験を有していることから、薄肉（板厚は約1 mmを基本とした）アルミ板金を主体とした構造設計を採用することとし、胴体部に多く取り入れられています（写真1）。使用材質は、航空機の機体構造として一般的に使用されている時効硬化合金のA2024-T4材を基本として他部材との結合はリベットにて行っています。歩行時の応力を推定し構造解析を実施した上で最適化設計を行いました。



写真1 isamuの胴体

(3) 頭部

頭部はステレオカメラを装備し、ピッチ軸とヨー軸（回転軸）を有しています。外側の意匠部分はG-FRPによって成型されています。

(4) 胴体部

胴体部には制御用システム、ジャイロシステム、サーボ駆動用アンプ、電源系回路等のほとんどを装備しています。そのため、胴体部は全体の重量の中では大きな部分を占めます。つまり、全体の重量重心位置を決定する大きな部分になり、運動性能に大きく影響します。さらに胴体部は頭部、腕部、および脚部を結合している主要構造なのでやはり剛性が必要です。しかし、重くなるとは仕様通りの運動性能が達成できなくなるのでここでも軽量化設計は重要なこととなります。

(5) 脚部

脚部はつま先を含めて7軸の駆動軸を有しています。股関節はピッチ、ロール、ヨーの3軸、膝軸はピッチ1軸、足首関節はピッチ、ロールの2軸、そしてつま先がピッチ1軸の構成です。人間と違って一般的なヒューマノイドロボットの駆動部は筋肉のように伸縮するようなものではなく各関節に配置した回転型アクチュエータを使用して歩行や階段を昇降します。isamuは、膝関節軸のア

クチュエータが一番強く、瞬時最大で約200 Nmのトルクを出します。そのため、回転軸周りはそのトルクや速度に見合った機械的強度や剛性を求められます。2足歩行ロボットでは脚の設計が全体の運動性能を決定と言っても過言ではなく、設計者も脚部の設計にはずいぶん苦勞をしました。

(6) 腕部

腕部はグリッパを含めて7軸の駆動軸を有しています。肩関節がピッチ、ロール、ヨーの3軸、肘軸はピッチ1軸、手首関節がロール、ヨーの2軸、そしてグリッパがピッチ1軸の構成です。isamuの腕部は、脚部とほぼ同様のパワーを持っています。今後、物を持って運ぶだけでなく、色々なことを実験する予定です。

まとめ

航空・機械事業部がヒューマノイドロボットに携わってから約2年が経ちましたが、精密機械かつそれ自身が移動体というものは初めての経験です。しかし、ヘリコプタの開発や一般産業機械に関わっている我々にとって大変貴重な経験であり、将来の当社の事業に大きく貢献できると確信しています。今後、isamu（写真2）を利用して我々が計画していることは、人間に優しいヒューマンインタラクティブな機械装置の商品開発です。

isamuの開発実施にあたって、共同開発者である東京大学井上・稲葉研究室の井上博允教授、加賀美聡氏、西脇光一氏、そして研究室の皆様にご多大なるご指導、ご協力を頂きました。ここに誌面を借りて感謝の意を表します。



写真2 屋外実験中のisamu

参考文献

東京大学大学院工学系研究科 西脇、杉原、加賀美、金広、稲葉、井上：全身感覚行動統合研究用人間型ロボットH6の開発、第5回 ロボティクスシンポジウム（日本ロボット学会、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門、計測自動制御学会共同主催、2000.3.26-27.神戸）