

高機動性獲得に向けた運動制御実験のための 小型ヒューマノイドロボットの開発

○学 杉原知道 (東大) 正 中村仁彦 (東大,CREST)

Development of an Anthropomorphic Device for Fundamental Experiments Towards the Acquisition of High Mobility

*Tomomichi SUGIHARA (Univ.of Tokyo), Yoshihiko NAKAMURA (Univ.of Tokyo,CREST)

Abstract— Establishment of fundamental motion controlling theory on anthropomorphic robots should be more emphasized towards the acquisition of high mobility. This paper introduces a small, light-weighted robot with high performance for preliminary experiments. Its mechanism and architecture are also described.

Key Words: Anthropomorphic robot, Mechanical design of Humanoid, High Mobility

1. はじめに

ヒューマノイドの社会への応用が具体的に論じられるようになった¹⁾ 現在でさえ、ロボット達に与えられた運動能力は苛酷な実環境に対してあまりに貧弱であり、身長1mを越すロボット^{2,3,4)} は未だ脅威の存在である。厳しい力学的拘束条件に支配されるヒューマノイドロボットにおいて、実環境中を自在に移動する高機動性を実現するための運動制御の研究は中途段階にあり、基礎理論の構築を一層推し進める必要がある。そのためにも、小型・軽量で実験を円滑に行うことができ、かつ人間と同サイズのロボット制御においても有意な知見を得られる信頼性の高いロボットシステムが求められる。本稿では、このような要求に基づいて筆者らが新たに開発したヒューマノイドロボットの機構および制御システムについて述べる。

実験用小型ヒューマノイドの開発は数例発表されている。中井ら⁵⁾、和井田ら⁶⁾、古田ら⁷⁾、山崎ら⁸⁾はラジコン用のサーボモジュールを用いて、それぞれ軽量かつ比較的安価なロボットを開発しているが、制御精度の低さはダイナミックな運動の制御を研究する上で障害となる。村瀬ら⁹⁾は研究機関向けオープンプラットフォームとしてHOAP-1を開発・販売しているが、システムの拡張に制約が大きい。黒木ら¹⁰⁾はSDR-4Xを開発したが、その技術の多くは未公開であり、諸研究機関が利用することは難しい。運動制御の研究は必然的にロボットの制御システムと密な関わりを持つことになるため、研究者にとってトランスペアレントなシステムであることが望まれる。

2. 機構

Fig.1に開発中のヒューマノイドロボットの全身外観と関節配置を示す。ロボットは全高約58cm、重量約7kgであり、関節数は左右共に腕部4、脚部6の計20である。全関節ともアクチュエータにコアレスDCモータ(MAXON)、減速器にハーモニックドライブを採用し、主要な関節のモータ出力は11Wとすることによって、高い制御精度とトルク出力を実現した。また両手両足を用いた環境とのインタラクションを念頭に置き、腕部

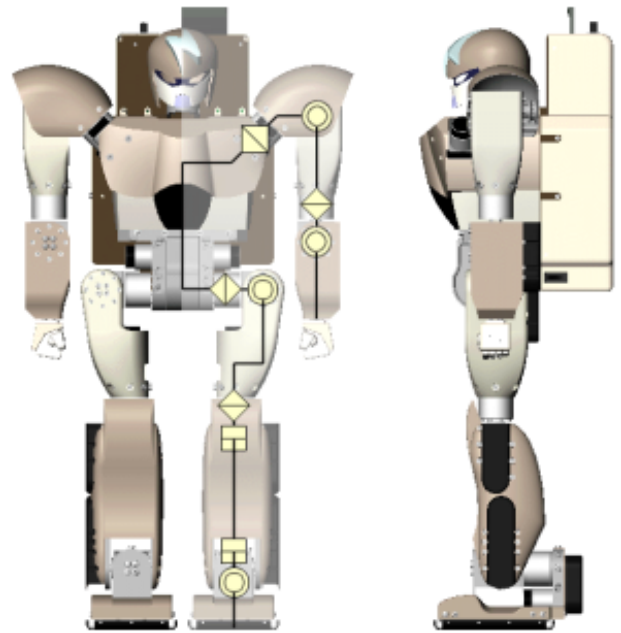


Fig.1 External view and joint configuration of the robot

Name	Height[cm]	Weight[kg]	DOF
Kaz ⁵⁾	34	1.6	18
Alviss ⁶⁾	43	2.1	20
Mk.6 ⁷⁾	39	2.0(?)	26
PINO ⁸⁾	70	4.5	26
morph3 ¹¹⁾	38	2.4	30
HOAP-1 ⁹⁾	48	6.0	20
SDR-4X ¹⁰⁾	58	6.5	38

Table 1 Size/weight of representative small humanoids

も脚部と同程度の出力とした。このため他の同サイズクラスのロボットよりも関節部の総重量は若干大きめとなるが、主構造材にマグネシウム合金を用い、曲面を

多用した鋳造による筒型の薄肉外殻で各々の関節を連結した構成とすることで、重量の増加を抑え、かつ剛性の高い構造を実現した。また各関節を直交二軸ユニットとしてモジュール化することで、部品点数の削減とメンテナンス性の向上、設計時間の短縮といった効果も得られている。参考のために、Table.1 に代表的な小型ヒューマノイドロボットの全高/重量一覧を付記する。

関節配置には次のような特徴を有する。

i) 股関節

股関節の前後左右方向、特に開脚方向への十分な可動範囲を確保することを狙いとした配置となっている。またこの結果大きく変わった左右股関節間の距離を、股関節に対して膝関節を内側に配置することで相殺し、運動中の左右への揺動を抑える。

ii) 脚前後方向回転関節

足首前後方向関節軸を股関節・膝関節よりも後方に配置し、直立時に特異姿勢となることを回避する。

iii) 肩関節

肩付け根部の関節を斜め上方に向けて取り付け、人間の肩部のように、前後・左右方向の回転を干渉させた滑らかな運動を行わせる。

3. ハードウェアシステム

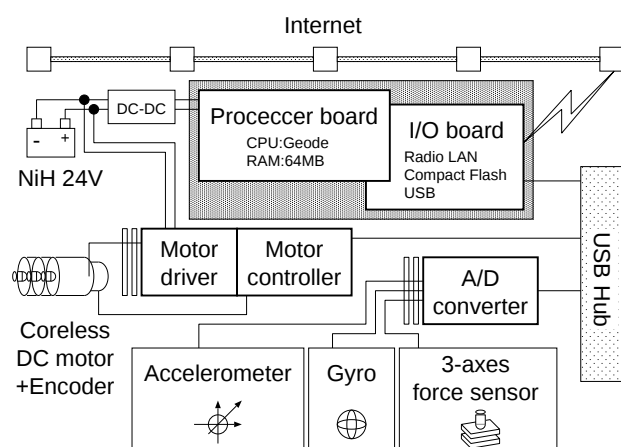


Fig.2 Hardware system of the robot

Fig.2にハードウェアシステムの構成を示す。運動の障害となる外部との接続ケーブルを排除し、制御PC、バッテリーを内蔵した自立システムとした。プロセッサボードはCPUにGeode GX1(National Semiconductor)を搭載したCARD-PCI/GX(EPSON)とI/Oボード(富士通オートメーション)とのユニットを採用している。PCは無線LAN(Melco)によってインターネットに接続しており、遠隔オペレーションが可能である。また小型USB Hub(Sanwa)を用いてUSBによる体内LANを構築し、アクチュエータ及びセンサとの通信制御を行う。

アクチュエータは、コアレスDCモータをモータコントローラ iMCs01+モータドライバ iMDs03(iXs リサーチ) によって制御する。

センサ類は、角速度計測ジャイロ MG2(MicroStone)及び加速度計 MA3(Microstone), 3 軸力センサ Pi-coForce(NITTA) を搭載し、A/D コンバータには iMCs03(iXs リサーチ) を用いる。3 軸力センサは左右各足に 4 個ずつ配置し、偶力を合成することによって足全体に作用する等価 6 軸力を計算することができる¹²⁾。左右手首にも 1 個ずつ取り付け、手先に発生した力を計測することができる。

4. ソフトウェアシステム

制御ソフトウェアには杉原ら¹³⁾によって開発された Z-REVICHs を用いる。これは RTLinux 上で動作する、シミュレータ内の仮想ロボットと実ロボットとを統一的に制御できるシステムであり、シミュレーション上で検証された制御アルゴリズムの実機システムへの実装が効率的に行える。

5. おわりに

運動制御理論研究のために開発した実験用小型ヒューマノイドの機構及び、制御システムについて説明した。なお本研究は科学事業振興事業団戦略的基礎研究推進事業 (CREST) 領域「脳を創る」の補助を受けた。

最後に、設計に当たり様々な助言を戴いた岡田昌史講師、千代田真吾氏、篠原徹也氏、村井昭彦氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 井上, 比留川. 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. 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No. 1, pp. 2-7, 2001.
- 2) 本田技研工業株式会社広報部. The Honda HUMANOID ROBOT ASIMO. 広報資料, 2000.
- 3) 山口ら. 2 足歩行型ヒューマノイドロボットの開発 - 全身協調型 2 足歩行制御 -. 第 3 回ロボティクスシンポジウム, pp. 189-196, 1998.
- 4) 西脇ら. 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, pp. 317-322, 2000.
- 5) 中井ら. 関節のソフトウェアサーボが可能な第三世代リモートブレインロボットの開発. 第 19 回日本ロボット学会学術講演会, pp. 785-786, 2001.
- 6) 和井田ら. 緩衝行動研究のための小型ヒューマノイドロボットの開発. 第 19 回日本ロボット学会学術講演会, pp. 787-788, 2001.
- 7) 古田ら. 小型ヒューマノイド Mk.6 全身行動生成アルゴリズム検証用プラットフォームの構築. ロボティクス・メカトロニクス講演会'01, 2A1-N3, 2001.
- 8) 山崎ら. ヒューマノイド PINO - ヒューマノイドプラットフォームとしての外装と構造 -. 第 18 回日本ロボット学会学術講演会, pp. 921-922, 2000.
- 9) 村瀬ら. 研究用小型ヒューマノイドの設計. 第 19 回日本ロボット学会学術講演会, pp. 789-790, 2001.
- 10) 黒木ら. 高度統合運動制御機能を有する小型二足歩行エンターテインメントロボット SDR-4X. 第 20 回日本ロボット学会学術講演会, 1D17, 2001.
- 11) 古田ら. morph3: 全身運動が生成可能な小型ロボットシステム. ロボティクス・メカトロニクス講演会'03, 2P2-1F-E6, 2003.
- 12) 西脇ら. 人間型ロボットの床反力計測のための並列支持機構を持つ 6 軸力センサ. 第 6 回ロボティクスシンポジウム, pp. 131-136, 2001.
- 13) 杉原, 中村. 実/仮想ロボットの統合的制御ソフトウェアシステム Z-REVICHs の開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会'02, 2001.