

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 -

山崎 文敬^{1;2}, 松井 龍哉¹, 宮下 敬宏¹, 北野 宏明^{1;3}

¹ 科学技術振興事業団 ERATO 北野共生システムプロジェクト,

² 大阪大学大学院, ³ ソニーコンピュータサイエンス研究所

PINO The Humanoid

- Exterior and structure as a humanoid platform -

*Fuminori Yamasaki^{1;2}, Tatsuya Matsui¹, Takahiro Miyashita¹, Hiroaki Kitano^{1;3}

¹Kitano Symbiotic Systems Project, ERATO, JST, ²Osaka University, ³Sony CSL

Abstract—We present a basic architecture and design principle behind PINO, a humanoid for RoboCup Humanoid League and other humanoid research. There are four major issues in this design; (1)high mobility, (2)various kinds of sensors, (3)off-the-shelf components, and (4)exterior design. We developed the humanoid PINO based on these issues. This robot has 26 degrees of freedom, some sensors and well designed exterior. Some preliminary experimental results are shown to demonstrate that PINO can walk in the real environment.

Key Words: Humanoid platform, Off-the-shelf components, Exterior design

1. はじめに

ロボカップヒューマノイドリーグ¹⁾が2002年に始まり、今後ますますヒューマノイドの研究が盛んになっていくと考えられる。しかし、研究対象となるヒューマノイドを最初から構築するためには、多くの時間と費用が必要となるため、安価で構築しやすいプラットフォームとなるヒューマノイドの開発が望まれている。そこで、本研究ではヒューマノイドプラットフォームとして求められている機能を考察し、その考えに基づいたヒューマノイド PINO (Fig.1)を開発する。本稿では、PINOの外装、機構、そのシステム構成について述べる。また、PINOが実環境で歩行できることを実験により検証する。

2. ヒューマノイドプラットフォーム

ヒューマノイドプラットフォームに求められることとして以下の基本的な4点、(1)多様な行動が生成できる自由度を持つ、(2)様々な感覚を持つ、(3)安価で入手しやすい部品で構成されている、(4)実環境との相互作用

用を考慮することの出来る大きさとお装を持つ、が挙げられる。

ヒューマノイドが、その基本行動である (a) 上体のバランスを維持する (6 自由度), (b) 遊脚を動かす (6 自由度), (c) 把持物体を操作する (6 自由度), (d) 物体を注視する (6 自由度), などを独立して生成するためには最低 24 自由度必要となる。必要な感覚としては、物体を認識する為の視覚センサ、上体のバランスを検知する為の姿勢センサや関節角センサ、接触や転倒を検知する為の接触センサや圧力センサが考えられる。また、接触や転倒などで部品が頻りに破損することを考えると、高価な部品を用いることは望ましくない。安価で入手しやすいロボット構成部品としては、市販の無線操縦模型用サーボモジュール (以下、SM) の利用が考えられる。これは、安価・コンパクト・高トルクのサーボモータとして利用することができ、既にこれを利用したロボットが提案されている²⁾。また、将来ロボットが人間の生活に入る際、機構がむき出しでは、接触や自分自身が転倒した際に内部機構が破損する恐れがある。ロボットにおいても、内部機構を保護し、人間への心理的影響を考慮した P3³⁾ や AIBO⁴⁾、SIG⁵⁾ のようなお装を持つものもある。ヒューマノイドプラットフォームとしては始めに述べた (1) ~ (4) 全てを満たしていることが望ましいが、著者らの知る限り全てを満たすものは未だ無い。

3. システム構成

PINO のアクチュエータには SM を使用した。ただし、強度とトルクを増加させるために SM の内部のギヤをアルミ製に変更し、さらにギヤ比を落としている。センサは足裏に圧力センサ、頭部に視覚センサ、胸部に姿勢センサを取り付けた。また、各 SM 内蔵のポテンショメータを関節角度センサとして利用する。自由度の構成は下肢に各 6 自由度、上肢に各 5 自由度、胴体に 2 自由度、首に 2 自由度の合計 26 自由度とした。PINO の大きさは人間の 1 歳児の平均的な寸法から全長を約 70 [cm] とし、我々がロボットに対して親近感を持てるようなプロポーションとした。また、お装はポリウレタン製で曲面の多い形状のものを光造形シ

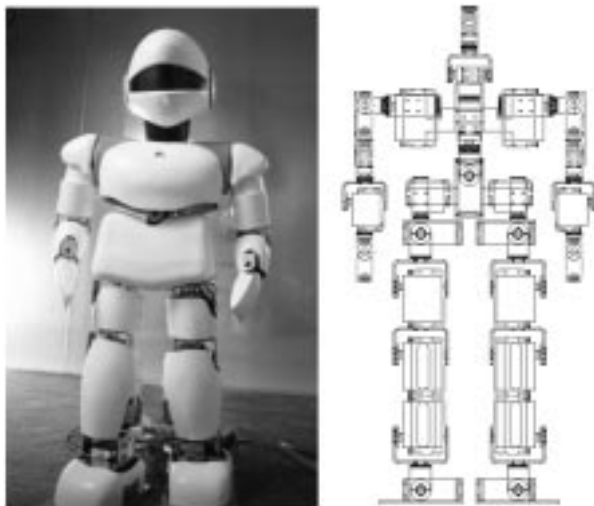


Fig.1 Whole view of PINO

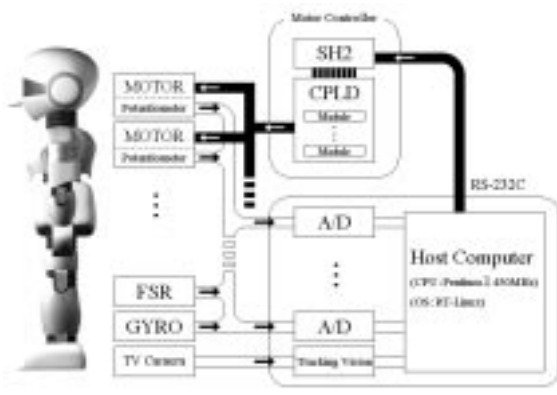


Fig.2 System configuration

テムを用いて製作し、転倒時にも壊れない軽く強度の高いものとした。外装を含め、全長約 70 [cm]、重量約 4.5 [kg] のロボットを開発した。

PINO のコントロールシステムは、外部にホストコンピュータ (以下、ホスト PC) を持ち、各センサの情報は A/D コンバータを通してホスト PC へ送られる。また、視覚センサから得られた情報は画像処理ボードを介してホスト PC へ取り込まれる。これらの情報からホスト PC はリアルタイムに各関節の角速度を計算し、その結果を RS-232C を介してコントローラへ送る。ホスト PC にはリアルタイム OS (RT-Linux) を用いた。コントローラはマスターに 32 bit マイクロコンピュータ SH2, スレーブに CPLD を持ち、各 SM へ送る信号を生成する。CPLD 内には独立した 26 個のモータコントロール用のサブモジュールが組み込まれている。また、電源は外部から供給する。全体のシステム構成を Fig.2 に示す。

4. 歩行実験及び考察

PINO に歩行軌道を与えて、それによって実環境内で歩行が出来ることを検証する。ここでは、歩行軌道として、脚先の目標位置を 6 点与え、運動学を考慮したシミュレータ上で脚先速度フィードバックによる PTP 制御⁶⁾を行い、その時生成された各関節の軌道を実ロボットに与えて歩行させた。両脚先速度ベクトル ${}^R\dot{r} \in \mathbb{R}^{12}$ と、各関節角速度ベクトル $\dot{\theta} \in \mathbb{R}^{12}$ の関係は式 (1) で表せる。

$${}^R\dot{r} = J_{r\theta}(\theta)\dot{\theta} \quad (1)$$

ここで、 $J_{r\theta} = \partial {}^R r / \partial \theta \in \mathbb{R}^{12 \times 12}$ である。式 (1) から、脚先を目標地点 ${}^R r_d \in \mathbb{R}^6$ へ移動させる制御系は、Fig.3 のブロック線図で表すことができる。ここで、 $J_{r\theta}^+ \in \mathbb{R}^{12 \times 12}$ は $J_{r\theta}$ の一般化逆行列、 $K_r \in \mathbb{R}^{12 \times 12}$ はゲイン行列を表す。

実験結果を Fig.4 に示す。(図では関節の動きが観察できるように外装を取り外している。) Fig.4 は、生成された 10 歩の最初の一歩を示している。

ここでは、先に脚先軌道を計算しそれを与えることで歩行を実現しており、行動中には SM 内部のポテン

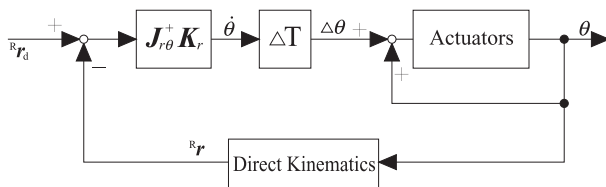


Fig.3 A block diagram of controlling foot positions

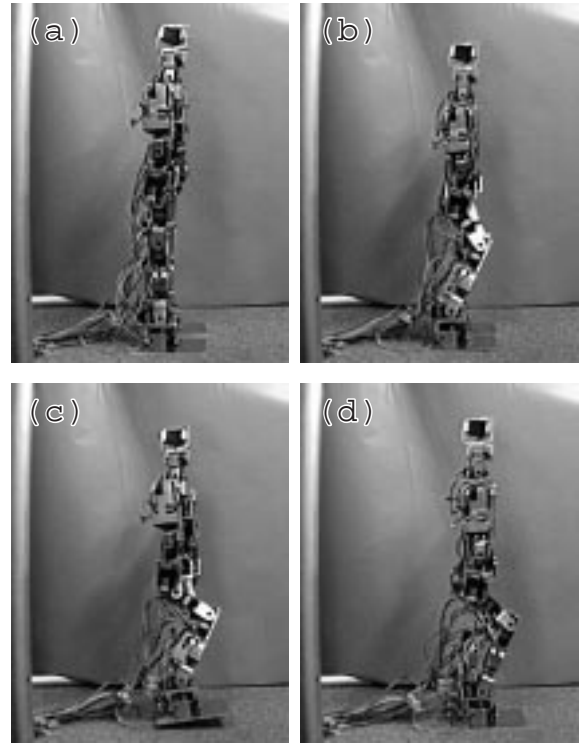


Fig.4 Experimental result (the first step)

シヨメータ以外はセンサを利用していない。そのため、PINO は環境からの外乱によってすぐ転倒してしまう。そこで、視覚センサや姿勢センサなどから得られる環境の情報を利用した反射的な制御機構を用いて、環境に適応した行動生成をする必要がある。

5. おわりに

本稿では、ヒューマノイドプラットフォームを製作することを目的とし、安価で入手しやすい部品を使用して、26 自由度を持つヒューマノイド PINO を開発した。また、PINO は、人間への心理的影響を考慮した大きさと外装を持つ。そのため、研究者の利用だけでなく、一般社会に広く浸透することが期待される。

今後は、外界センサから得られる環境の情報を利用し、オンラインで多様な行動を生成できるシステムを構築する。

参考文献

- 1) Kitano, H., Asada, M.: RoboCup Humanoid Challenge: That's One Small Step for A Robot, One Giant Leap for Mankind Proc. of International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS-98) (1998)
- 2) Inaba, M.: Behavioral Research and Programmable Toy. The Journal of the Robotics Society of Japan (JRSJ) Vol.18, No.2 (2000)
- 3) Hirose, M., Takenaka, T., Gomi, H., Ozawa, N.: Humanoid Robot. The Journal of the Robotics Society of Japan (JRSJ) Vol.15, No.7 (1997)
- 4) Fujita, M., Kitano, H.: Development of an Autonomous Quadruped Robot for Robot Entertainment. Autonomous Robots, 5, (1998)
- 5) Kitano, H., Okuno, H. G., Nakadai, K., Fermin, I., Sabish, T., Nakagawa, Y., Matsui, T.: Designing a Humanoid Head for RoboCup Challenge. Proc. of Agent 2000 (2000)
- 6) Yamasaki, F., Matsui, T., Miyashita, T., Kitano, H.: PINO The Humanoid: A Basic Architecture. Proc. of The Fourth International Workshop on RoboCup (2000)