

# 37自由度小型ヒューマノイド Tot を用いた 等身大ヒューマノイドの姿勢操作インターフェース

小倉 崇 岡田 慧 稲葉 雅幸 井上 博允 (東京大学)

## Posture Manipulation Interface of Life-size Humanoid using Small Humaonid with 37 DOFs “Tot”

\*Takashi OGURA, Kei OKADA, Masayuki INABA, Hirochika INOUE  
(The University of Tokyo)

**Abstract**— A humanoid with 37 DOFs was developed. You can use that for life-size humanoid posture control interface because of the enough DOFs. The interfaces that can easily control life-size humanoids are useful for remote control, prototyping of motions and teaching of robot poses. This paper proposes the interface that uses small humanoid for life-size humanoid, and express how to convert a posture of a robot to that of a different arrangement of DOFs and how to stabilize the posture using geometric model.

**Key Words:** Humanoid, Interface

### 1. はじめに

筆者らはヒューマノイドロボットのプロトタイプ環境というべき、関節数の異なるロボットのソフト・ハードの試作ができる環境をつくり、実際に新しいアイデアで新しい構造配置をもつヒューマノイド型ロボットをソフトウェア身体モデリング、実機モデリングの両方を短期間を実現するための環境の構築とその構築技法の研究を行ってきた<sup>1)</sup>。このなかで、昨年度開発したインテリジェントデバイスユニット<sup>2)</sup>は、計算資源が埋め込まれたセンサ・アクチュエータをバス接続することでロボットの全身を構築する分散型の構成法を可能にし、従来の全センサ・アクチュエータを単一の計算資源で集中制御するシステム構成で問題となっていた、構築できるロボットの自由度やセンサの数がマイコンのIOポート数に制限されるということがなくなった。

このような背景を踏まえ、Fig.1 にしめす十分な自由度を持ち、全身を用いた物体や道具の操作や、ロボット自身を他のロボットの入力デバイスとして利用可能な脚腕にそれぞれ6自由度、腰にヨー、ピッチの2自由度、首に3自由度、手に4自由度をもつ合計37自由度の小型ヒューマノイドロボット (Tot : Tool Operating Tool Robot) を開発した。Table.1 に主な仕様を示す。

Tot は等身大ヒューマノイドと同等、もしくはそれ以上の自由度を持つため、等身大ヒューマノイドの姿勢入力デバイスとして利用することができる。小型ヒューマノイドのようにサーボ機構を持つ入力機構はスレーブ側の力を伝達することができ、バイラテラルロボットとしての利用も可能である。そのため等身大ヒューマノイドの直感的なインターフェースとなる。

本論文ではまず Tot を紹介し、次に等身大ヒューマノイドの姿勢入力装置として利用する場合に必要な、異なる自由度配置のロボットにおける姿勢決定法とロボットの幾何モデルを用いた姿勢の安定化法について述べる。

### 2. 37自由度小型ヒューマノイド Tot

#### 2-1 全身運動を前提とした自由度配置

Tot は Fig.2 に示すような自由度配置になっている。腰を使ったダイナミックな動きが可能のように、腰に



Fig.1 Tot 外観

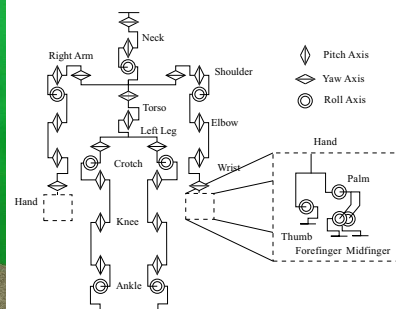


Fig.2 Tot 自由度構成

Table 1 Tot の主な仕様

全自由度	37
身長	430[mm]
横幅	310[mm]
重量	2.1[kg]
モータユニット	
サーボモータ	S9204, S3102, S3103(双葉社製)
内蔵プロセッサ	C8051F300 (Cygnal 社製)
CCD カメラ	CK-200(25 万画素,NTSC 方式 KEYENCE 社製)
ステレオマイク	ECM-717 (ソニー社製)
足裏センサ	FSR #400 (Interlink Electronics 社製)

ピッチ、ヨーの2軸を設け、また、ハンドはわずか4自由度で“掴む”、“つまむ”、“指さす”、“はさむ”等、さまざまな動作が可能な自由度配置になっている。また、首3軸はうつぶせになったり、よつんばいになったときに、首をもたげて周りを見渡せるように、ピッチ軸の上にヨー軸を配置している。また、ロール軸を持つことで、表情豊かな複雑な表現ができる。

#### 2-2 インテリジェントデバイスユニットを用いた体内システム

本ロボットのように多自由度を持つヒューマノイドの体内制御システムでは、一台のプロセッサではIOの

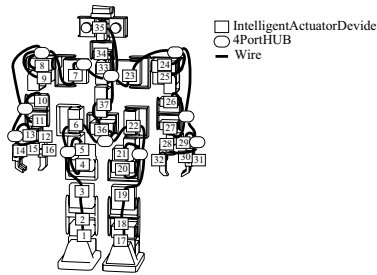


Fig.3 インテリジェントデバイスユニット配置図

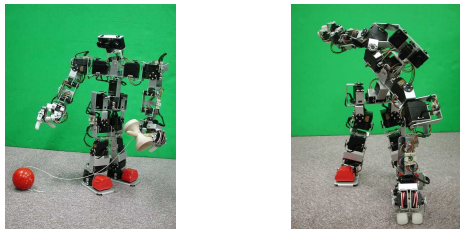


Fig.4 Tot 全身動作例

数の上限を超えてしまうため分散型の体内システム<sup>3)4)</sup>が必要になるが、このような分散型システムではプロセッサとアクチュエータ等のデバイスとが一対多で結合されているため、システムが複雑になり例えばセンサを追加したい場合等にシステム全体の変更が必要になるなど拡張性に乏しい。

そこでプロセッサとデバイスを一対一で接続したインテリジェントデバイスをバス結合した構成を採用することで、全てのデバイスをバス接続されたネットワークを介して統一的に制御できる構成とした。体内システムにおけるユニットの配置を Fig.3 に示す。

### 2.3 Tot の全身動作例

Tot の自由度を示すための全身動作例を Fig.4 に示す。左図は片手でケンダマの剣を握りながら右手でボールを指差している様子であり、その把持能力と指先の表現力を示している。右図は体操動作の例である。腰自由度や首自由度などを利用し、人間に近い自然な姿勢をとることができている。

以下に小型のヒューマノイドで等身大ヒューマノイドを姿勢操作する際の技術として、物体操作を前提とした、異なる自由度配置のロボットにおける姿勢決定法とロボットの幾何モデルを用いた姿勢の安定化法について述べる。

## 3. 小型ヒューマノイドを用いた等身大ヒューマノイドの姿勢操作

### 3.1 リム先端の相対位置を利用した自由度配置の異なるヒューマノイドの姿勢変換法

自由度配置の異なるヒューマノイドの姿勢変換法としては、各関節を三軸直交軸とした一般ヒューマノイドモデルを介して変換する手法<sup>7)</sup>が提案されているが、この方法だとたとえば Fig.6 のように手先の位置関係が保持されず、物体操作等の手先の位置関係が重要なタスクでは問題になる。そこで、手先・足先の位置のロボットのボディに対する相対位置を利用した自由度配置の異なるヒューマノイドの姿勢変換法を提案する。具体的にはロボットの姿勢に対して、手先に対しては胸、足先に対しては腰からの位置を身長で割っ



Fig.5 小型ヒューマノイドによる等身大ヒューマノイドの姿勢操作インターフェース例

た値を利用する。これにより Fig.6 のように手先の位置関係は保持される。

### 3.2 ロボットの幾何モデルを用いた姿勢安定化法

前期の姿勢変換法は手先・足先位置に着目してロボットの姿勢変換を行っているが、ロボットの静力学的な安定性は保証されていない。そこで手先足先の位置関係を固定化したまま姿勢の安定化を行うために、環境に固定されたリンクが存在する高速条件下での全身の逆運動学を解く手法を利用し、この中で腰リンクを用いて姿勢の静力学的な安定化を図る。結果を Fig.7 に示す。

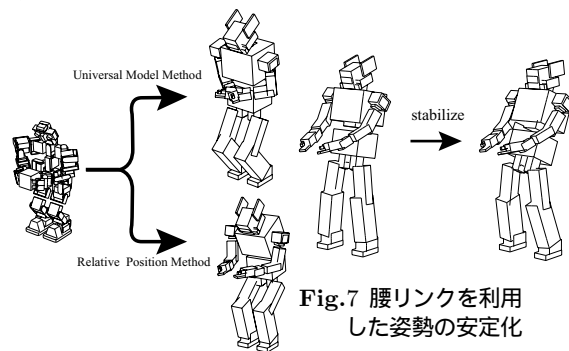


Fig.7 腰リンクを利用した姿勢の安定化

Fig.6 姿勢変換の違い

## 4. おわりに

インテリジェントデバイスによるロボットの構成法により実現した 37 自由度を持つ小型ヒューマノイド Tot を紹介し、小型ヒューマノイドを利用した等身大ヒューマノイドの姿勢操作インターフェースを提案し、道具を扱うことを前提とした姿勢決定法と姿勢安定法を提示した。今後は本インターフェースシステムにより遠隔操作を行い、その有用性を評価する。また、Tot において道具の使用をさせることで、ヒューマノイドの可能性を広めて行く予定である。

### 参考文献

- 1) M. Inaba, S. Kagami, F. Kanehiro, Y. Hoshino and H. Inoue: A Platform for Robotics Research Based on the Remote-Brained Robot Approach, The International Journal of Robotics Research, 19 10, pp933-954, (2000).
- 2) 冬野 明, 岡田 慧, 稲葉 雅幸, 井上 博允: 拡張型モータ・センサモジュールを実現するインテリジェントコンタクト端子の設計, 日本ロボット学会創立 20 周年記念学術講演会予稿集, (2002).
- 3) 金広 文男, 水内 郁夫, 垣内 洋平, 稲葉 雅幸, 井上 博允, 体内 LAN による神経系を持つリモートブレインロボットの開発, 第 15 回ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 1023-1024, (1997).
- 4) 清水 正晴, 奥村 悠, 田原 哲雄, 古田 貴之, 北野 宏明, 富山 健, 小型・多関節ヒューマノイドにおける全身運動制御用インテリジェントネットワークデバイスの開発, 第 19 回日本ロボット学会学術講演会論文集, pp.791-792, (2001).
- 5) 金広 文男, 稲葉 雅幸, 井上 博允: 幾何モデルを中核とした人間型全身ロボットのソフトウェア環境, 第 15 回日本ロボット学会学術講演会論文集, pp.1013-1014, (1997).