

アニマトロニクス展開に向けた小型ヒューマノイドロボットの開発

正 杉原知道 (東大) 学 山本江 (東大) 正 中村仁彦 (東大)

Development of a Miniature Anthropomorphic Device Towards the Deployment of Animatronics

*Tomomichi Sugihara, Kou Yamamoto and Yoshihiko Nakamura (Univ.of Tokyo)

Abstract— The robot introduced by this paper is the second version of our miniature anthropomorphic device series, targeting the deployment of animatronics. The main improvements are at its hardware system, featuring *AnimatoCore* for higher reliability and CUNet for faster data transmission.

Key Words: Humanoid robot, Animatronics, Portable control unit,

1. はじめに

ヒューマノイド運動制御の研究は、個別の動作を各論的に講じる段階から、多彩な動作を統一的に実現し、生身の人間のように躍動的に運動させる技術-アニマトロニクス-を展開する段階へと移りつつある。今後、ロボットと研究者双方にとって一層苛酷な運動実験を行なう場面が増え、小型・軽量のヒューマノイドロボットが実験を円滑化するプラットフォームとなり得る。筆者ら [1] もこれまでに、全高 60cm 弱、総重量約 6.5kg と小型ながら、産業用ロボットと同種の高精度なモータ・減速器から成る機体を開発し、研究を行ってきた。

小サイズなロボットでは、配線を含む電装系は必然的に高密度になり、保守性の低下や機構部品との干渉による故障を招きがちである。また高性能なプロセッサの搭載が困難であり、体内ネットワークによる分散処理系の構築がしばしば望まれるが、十分な通信レートを持する媒体はこれまでにあまり提示されていない。本稿ではこれらに対する提案と、筆者らが新たに開発したロボットの機構・システム構成について述べる。

2. アニマトロニックヒューマノイド UT- μ 2

2.1 機構

開発したロボットの外観を Fig.1 に示す。全高約 54cm、総重量約 7.5kg、関節数は 23 (うち 20 が駆動関節) である。機構設計は初号機の方針を概ね踏襲しており、二軸直交関節モジュールをマグネシウム性薄肉外骨格により連結した軽量・高剛性でかつ保守性の高い構造としている。Fig.2 に示すような関節配置をとり、可動範囲の確保や特異姿勢の排除などに努めている。

初号機との機構上の主な差異は、次の 2 点である。

1. 外殻肉厚の再計画

初号機では、構造部品を 0.8mm 程度の薄肉外殻とすることを目指したが、部品の加工方法上の理由で肉抜きが行えない箇所もあり、重量の増加に

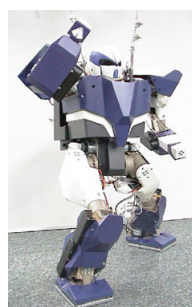


Fig.1 UT- μ 2

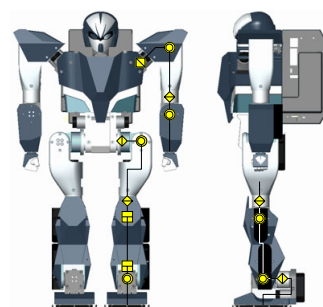


Fig.2 Joint assignment of UT- μ 2

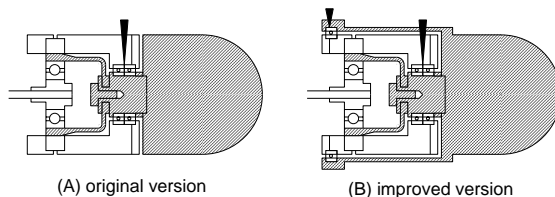


Fig.3 Prototyped and reinforced hip joint structure

つながっていた。新たに開発したロボットでは必要に応じて部品の分割を行い、そのような箇所を極力排除した。結果、外殻部品の総体積は 525cm^3 から 450cm^3 に (総重量に対する割合に直すと全体の 16% から 12% に) 削減された。

2. 股関節部の強化

Fig.3(A)(B) にそれぞれ初号機、次号機の股関節屈曲伸張軸の構造を示す。ハッチングを施した部分が出力側可動部である。図のように出力軸を 1 点支持から 2 点支持に変更し、ベアリングのバックラッシュによる胴体の揺動を抑えた。また外内転軸用駆動モータも、出力を 11W から 22W のものに変更した。

2.2 ハードウェアシステム

Fig.5 に、UT- μ 2 のハードウェアシステム構成を示す。システムは、山本ら [2] の開発した *AnimatoCore* を中核としている。これはアクチュエータおよび各種

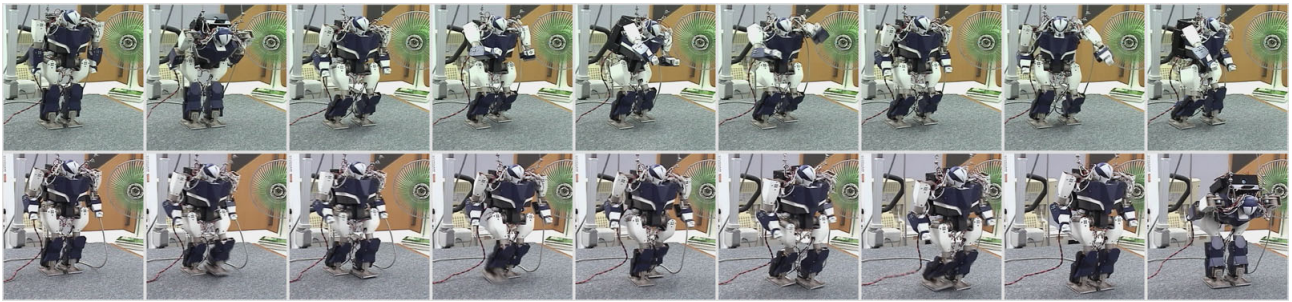


Fig.4 Bowing, shadow-boxing and walking motion experiments

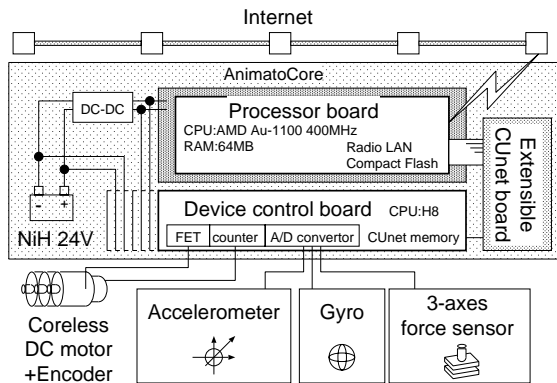


Fig.5 Electronics system of UT- μ 2

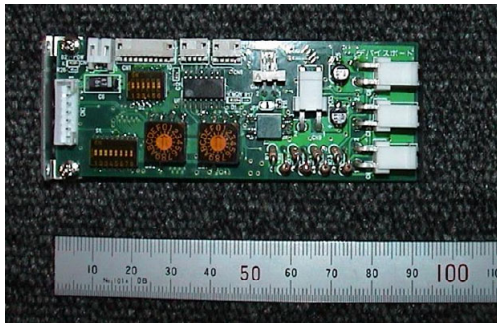


Fig.6 Device controller board

Table 1 Electronics components

Component	Type(Manufacturer)
Processor board	E!Kit-1100(DeviceDrivers)
Accelerometer	GSX01001T(Matsukyu)
Gyro	CRS-03(Silicon Sensing Systems)
Force sensor	PF-30-100N(Nitta)

センサを除いた電装系を内包する，ロボットボディから独立したコアユニットであり，i) 四肢末端部からの精密電子回路部品の排除，ii) 配線の単純化による自己破断の危険性の低減，iii) 開発の初期段階における電装系単体試験の円滑化，iv) センサ・アクチュエータの搭載個数変更の容易化といった利点がある．

AnimatoCore にはバッテリーおよびメインプロセッサボード (E!Kit-1100 , Device Drivers) が搭載されており，無線 LAN を介したリモート操作が可能な自立システムとなっている．また，小型プロセッサ (H8 , ルネサステクノロジー) により制御される 2 軸モータ回転角制御器および A/D コンバータ 8 チャンネルを持つ

ボードを，株式会社スリーテックと共同で今回新たに開発した． Fig.6 にその外観を示す．

メイン CPU ボードと H8 制御ボードは，CUNet (StepTechnica) [3] による体内ネットワーク上のノードをなす．これは，マルチドロップ式に接続したメモリチップを高サイクルで同期させて仮想的な共有メモリを構成し，複数の CPU 間通信を可能にするものである．全メモリの同期サイクルはノード数に依存するが，UT- μ 2 のシステムでは約 0.7[msec] を要することが判っている．

その他，採用した主なコンポーネントを Table 1 に示す

3. 運動実験

開発したロボットに，i) 前屈動作 (鉛直軸からの傾倒角 30 度) ，ii) シャドウボクシング (手先平均速度 20[cm/s]) ，iii) 膝屈伸動作 (膝最大屈曲角約 80 度) ，iv) 前進歩行動作 (歩行速度約 40[cm/s]) ，v) 前屈動作 (鉛直軸からの傾倒角 80 度) などを行なわせた． Fig.4 はそれらの動作をシーケンシャルに再生した際のスナップショットである．各々の動作軌道は境界条件緩和法 [4] により作成した．

4. おわりに

開発した小型ヒューマノイドの機構および制御ハードウェアシステムについて述べた．

なお本研究は，科学研究費補助金基盤研究 (S) (課題番号：15100002) および新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 平成 16 年度 21 世紀ロボットチャレンジプログラム「次世代ロボット実用化プロジェクト」の支援を受けた．

参考文献

- [1] 杉原知道, 中村仁彦. 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. 第 21 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2003.
- [2] 山本江, 杉原知道, 中村仁彦. 小型ロボットのためのポータブル制御ユニット AnimatoCore の開発. 第 23 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2005.
- [3] <http://www.steptechnica.com/catalog/cunet.htm>.
- [4] 杉原知道, 中村仁彦. 境界条件緩和による二脚ロボットのオンライン歩容計画法. 第 10 回ロボティクスシンポジウム予稿集, 2005.