

ヒューマノイドロボット Bonten-Maru I の 歩行動作用制御システム

A Control System for "Bonten-Maru I" Humanoid Robot during Walking

○山野 光裕, 那須 康雄, 武田 謙郎, Genci Capi, 中村 友則, 水戸部 和久

○ Mitsuhiro Yamano, Yasuo Nasu, Kenro Takeda,
Genci Capi, Tomonori Nakamura and Kazuhisa Mitobe

山形大学工学部 機械システム工学科

Dept. of Mechanical Systems Eng., Yamagata University

キーワード : ロボット制御システム (robot contro system), ヒューマノイドロボット (hyumanoïd robot)
CORBA, WWW, MATLAB

連絡先 : 〒982-8510 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 那須研究室 山野光裕
Tel.: (0238)26-3238, Fax.: (0238)26-3205, E-mail: yamano@mnasu2.yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

近年、ヒューマノイドロボットに関する研究プロジェクトが数多く行われるようになり、研究がさかんになってきた。ヒューマノイドロボットは人間用に作られた環境内で利用しやすいため、家庭内における介護や災害現場での救助活動などに期待されている。これらの分野での活躍を望むには、視覚による環境認識、物体のハンドリング、姿勢の維持や歩行、移動経路の計画やユーザインタフェースなど多岐に渡る技術の統合が不可欠となる。しかし、必要な要素技術の多さのため、単一の研究グループ内で完結して完成度の高い実験を行うには、人的、時間的資源の確保が問題となる。

現在、ロボットに関する多くの技術が開発、公開されており、開発過程で作成されたソフトウエ

アや今後作成されるソフトウェアを相互利用できれば、研究開発を効率化できる。しかし、作成されるソフトウェアは様々なOS上の様々なプログラミング言語で記述され、異なるOSや言語に対して互換性が乏しい場合が多い。ひとつの言語、OSに統一するには、プログラムの移植が必要になるが、大きなソフトウェアほど移植作業に大きな労力を要する。また、複数の研究者が密接に連携しながら実験を行う場合も、ソフトウェアの互換性の問題が大きな障壁となる。

本稿では、ヒューマノイドロボット Bonten-Maru I とその制御システムについて報告する。OSやプログラミング言語の違いを越えてソフトウェアを統合する手段としてCORBAという規格を利用する。CORBAのロボット制御における有効な活用法について示し、現在構築中の歩行動作用制御

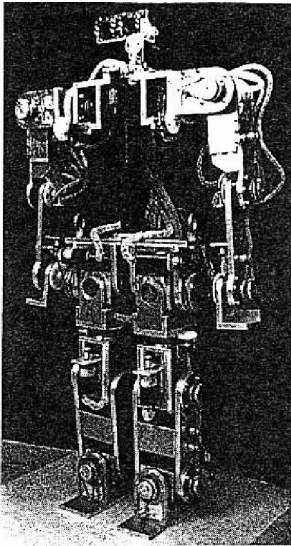


Fig. 1 Photograph of "Bonten-Maru I".

システムの構成について紹介する。

2. ヒューマノイドロボット Bonten-Maru I

ヒューマノイドロボット Bonten-Maru Iを Fig. 1 に示す。Bonten-Maru Iは全長1049 mm、全幅522 mm、全重量32.6 kgで、上半身の重量が12.6kgとなっている。各腕に4自由度、各脚に6自由度、首に3自由度を有し、頭部に二つの CCD カメラを搭載している。各部の自由度配置を Fig. 2 に示す。腕の自由度は、手を床面について這う動作ができるように配置し、首部については、頭部の姿勢を上体の姿勢から独立して与えられるように自由度を配置している。Bonten-Maru Iの各関節はDCサーボモータにより駆動される。各モータは、岡崎産業(株)の TITECH ROBOT DRIVER により駆動され、モータへの指令とポテンショメータからのデータの取り込みのため、富士通(株)のインターフェイスボード RIF-01を用いている。コンピュータやモータドライバ、電源は外付としている。ま

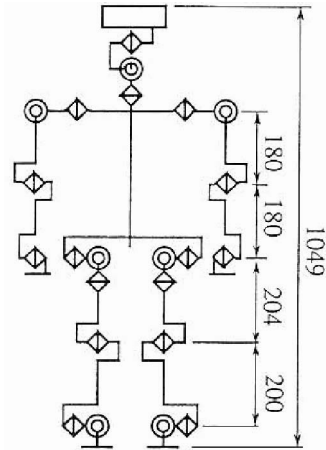


Fig. 2 Joints of "Bonten-Maru I".

た、3軸まわりの姿勢の計測が可能な(株)データテックの姿勢方位角センサ GU-3011 と足底面内に ZMP 計測用のセンサを取り付ける予定である。

3. CORBA を用いた制御システム

3.1 CORBA

ヒューマノイドロボットに関わるさまざまなソフトウェアを効率的に統合し、連携させる手段として CORBA を利用する¹⁾。CORBA はオブジェクト(プログラム)間のメッセージ交換を規定した仕様であり、プログラミング言語、OS、ネットワークに非依存である。そのため、CORBA を使うことにより、異なる言語や OS の間での通信が可能になる。C、C++、Java、Lisp、Perl などの言語や、Windows、Linux、FreeBSD など OS に対応するため、幅広い環境で利用できる。CORBA を利用する際の仕組みを Fig. 3 に示す。CORBA によってデータを送受信する際、ORB(Object Request Broker) を介すことにより、OS や言語の違いに依存する部分が吸収され、Program 1 と Program 2 をあたかも一つのプログラムのように動作させられる。



Fig. 3 Integration of two programs using CORBA.

CORBA を用いた通信によりアクセスされるオブジェクトは専用の言語である Interface Definition Language (IDL) により定義し、それをもとに、それぞれの OS や言語に対応したソースコードを生成することができる。プログラムは開発するプログラムごとに言語や OS を選択し、IDL によって定義されたオブジェクトから、選択した OS および言語に対応したソースコードを生成させ、選択した環境に合わせて、コンパイル、リンク等を行う。

3.2 ヒューマノイドロボットへの応用

ヒューマノイドロボットを有効に利用するには、移動、物体操作、視覚など多くの機能を統合する必要がある。例えば、対象物を捕獲する際、視覚による対象物の位置の認識、腕および手による対象物の捕獲など脚によるバランスの維持など様々な機能を統合する必要がある。しかも、それぞれの機能が様々な状況や対象に汎用的に対応できる必要がある。例えば、脚は平地、斜面、階段などさまざまな地形上で汎用的に移動できる必要があり、視覚については、壁や扉のような環境の認識やコップや瓶などの操作対象物の認識、人間の顔の判別などさまざまな対象に対応する必要がある。

Bonten-Maru I の制御システムでは、CORBA を利用することにより、システムの構成を固定せず、実験内容に応じて、柔軟に構成を変更する。制御システムにおいて、CORBA を次に示す二通りの方法で利用する。

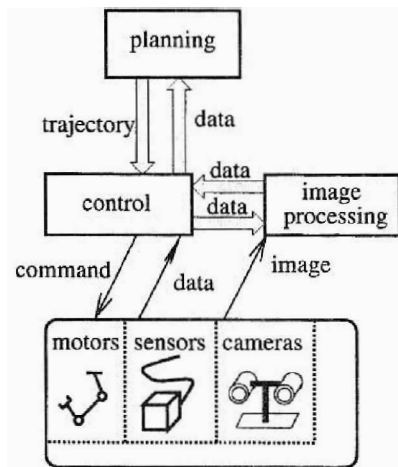


Fig. 4 An example of control system.

- ロボットの各機能ごとにプログラムを分割し、複数のプログラムを連携させながら、一つの動作や処理を実現する
- 複数の動作や処理に対して、動作や処理毎に独立したプログラムを準備し、状況に応じて切り替えて用いる

前者の方法により、Fig. 4 のように画像処理、制御や軌道計画などの処理を異なるコンピュータで行うことにより、複数のコンピュータに負荷を分配し、処理速度の向上させることができる。さらに、各機能ごとに、たとえば、実時間性を保障しやすい環境や有用なアプリケーションソフトを利用しやすい環境などを用意して使い分けることにより、全体として、ソフトウェアの効率的な開発環境を整えることができる。

後者の方法により、例えば、Fig. 5 のように平地、斜面、階段の移動時の脚の軌道生成アルゴリズムを様々な言語で書かれた独立したプログラムとして準備し、状況に応じて切り替えて使用することや、視覚について人間の顔を判別する Windows 用のプログラムと壁や扉などの環境を認識する Linux 用のプログラムを切り替ながら使用するというよ

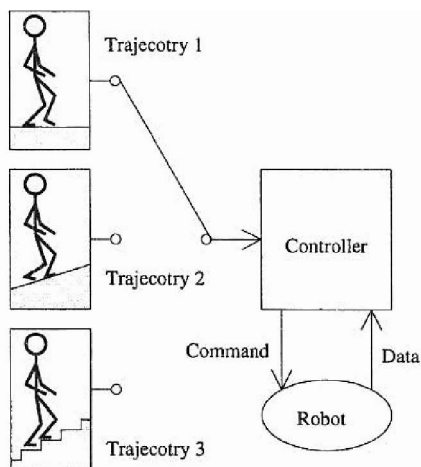


Fig. 5 Switching the software.

うな使い方が可能である。

この制御システムを Bonten-Maru I に適用した基礎的な実験により、機能ごとに複数のコンピュータに処理を分散することやプログラムを切り替えながら使用することが可能であることを確認している³⁾。

3.3 歩行動作用制御システム

構築中の歩行動作用制御システムの構成を Fig. 6 に示す。遺伝的アルゴリズムを用いた歩行用の関節軌道の生成²⁾を Windows 上で動作するの MATLAB を用いて行い、ロボットの制御は RT-Linux で行う。さらに、ロボットの操作に WWW を用いる。制御システム中の処理の流れは Fig. 6 のようになる。Fig. 6 における (1) ~ (7) の矢印は次のようなデータの流れを表している。

- (1) オペレータは、キーボードやマウスを使って、端末上のブラウザを操作し、ロボットの歩行速度や歩行距離などの指令を送る。
- (2) 送られた指令は WWW サーバにより受け取られ、CORBA を用いて、軌道生成用のコンピュータに送られる。

(3) MATLAB は CORBA に対応しないが、API として C 言語用のライブラリが用意されているため、CORBA と MATLAB プログラムの間を仲介する C 言語のプログラムを MATLAB プログラムと別のプロセスで動作させ、プロセス間通信により、データを送受信する。

(4) MATLAB プログラムにより生成された関節の目標軌道のデータは、再び MATLAB API を介し、CORBA を用いて、制御用のコンピュータに送信される。

(5) 制御用コンピュータは、受け取った関節の目標軌道のデータとセンサから得られるデータをから、モータへの指令値を計算し、出力する。

(6) 制御用のコンピュータはロボットのセンサから得られたデータを、CORBA を用いて、WWW サーバに送る

(7) 制御用のコンピュータから受け取ったデータは WWW のプロトコルにしたがって端末に送られ、ブラウザを介して、オペレータに提示される。

WWW サーバ、軌道生成用コンピュータ、制御用コンピュータの間のデータの送受信は、Data Transfer Control Server を介して行う。Data Transfer Control Server は、CORBA を利用するために必須のものではないが、コンピュータが増えても、各コンピュータは Data Transfer Control Server とだけ通信すれば良いので、プログラム開発を効率化できる。また、ロボットの操作に WWW を用いるため、Windows や Linux など様々な OS 上から操作が可能になる。そのため、Windows 上で軌道生成用のプログラムの修正や改良を行い、同じ Windows 上からロボットを操作することや、Linux 上で制御用のプログラムの修正や改良を行い、同じ Linux 上からロボットを操作することが可能になる。

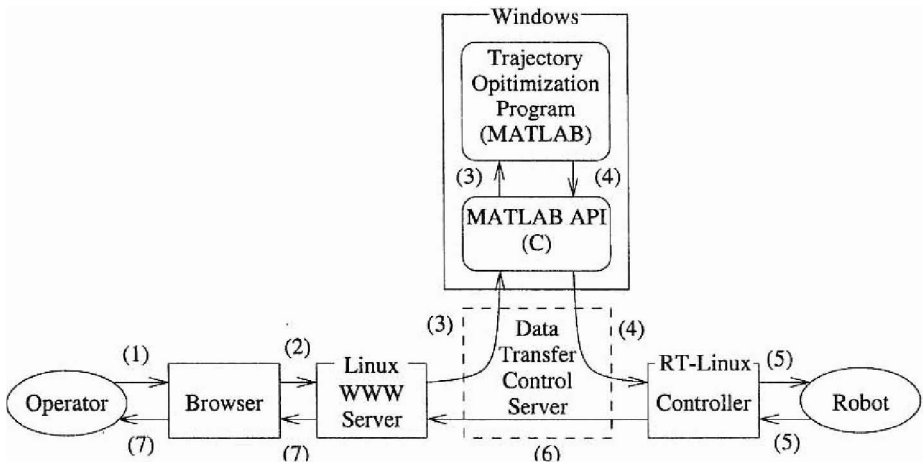


Fig. 6 Data flow in the control system.

4. おわりに

本稿では、構築中のヒューマノイドロボット Bonten-Maru I の歩行動作用制御システムについて報告した。歩行制御システムの完成後、画像処理など歩行以外のソフトウェアも追加し、様々な機能を統合した実験を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 武田謙郎, 那須康雄, バロリレオナルド, チャビゲンツィ, 水戸部和久, CORBA を用いたエージェント指向ヒューマノイドロボット制御に関する研究, IPSJ Symposium DICO2000, pp. 37-42 (2000).
- 2) 中村友則, 那須康雄, 山野光裕, 武田謙郎, Genci Capi, 西田幸弘, 水戸部和久ヒューマノイドロボット制御システムの研究, 計測自動制御学会東北支部 第190回研究集会資料, 資料番号190-8 (2000).
- 3) Genci Capi, Yasuo Nasu, Leonard Barolli, Kazuhisa Mitobe, Kenro Takeda, "A New Optimization Method Based on Genetic Algorithm-

m for Walking Humanoid Robots, ", Proceedings, IEEE Industry Applications Society 2000 Advanced Process Control Applications for Industry Workshop, pp. 61-66 (2000).