技術論文

脚型ロボット 感覚行動統合研究プラットフォーム JROB-1

加賀美 聡^{*1} 梶 澤 光 隆^{*2} 岡 田 慧^{*2} 松 本 吉 央^{*3}
 近 野 敦^{*4} 稲 葉 雅 幸^{*1} 井 上 博 允^{*1}

Research Platform of Perception-Action Integration in Legged Robot: JROB-1

Satoshi Kagami^{*1}, Mitsutaka Kabasawa^{*2}, Kei Okada^{*2}, Yoshio Matsumoto^{*3},
 Atsushi Konno^{*4}, Masayuki Inaba^{*1} and Hirochika Inoue^{*1}

A legged robot "JROB-1" is developed as a platform for the research on perception-action coupling in intelligent behaviour of robots. The JROB-1 has the features as follows: 1) robot base is TITAN-VIII, 2) PC/AT compatible on-board computer which is controlled by RT-linux, 3) self-contained and connected to a network via radio ethernet, 4) many commercial boards (including color tracking vision board) are available, 5) extensibility with respect to hardware and software, and 6) every parts is commercially available. JROB-1 is one of the accomplishment of Grant-in-Aid for Scientific Research on Priority Areas by Ministry of Education, and is expected to be a common test-bed in experiment and discussion for various aspects of intelligent robotics.

Key Words: Legged Robot, Research Platform, Intelligent Robotics

1. は じ め に

実環境で自律的に行動するロボットの研究のためには、従来のようなロボットの要素機能の解析的な研究のみならず、それらの統合によって生じる様々な問題を解決する必要がある。脚型ロボットによる移動は複雑な動作と様々な環境への適応を必要とするので、動作と環境との相互作用が車輪型移動ロボットの場合に比べて非常に多く、感覚と行動を統合する知能ロボットの研究に適した題材と言える。ところが、これまで車輪型移動ロボットのプラットフォームとしては Nomad [1] や Yamabiko [2] などが存在するが、脚型ロボットでは Genghis-II のようにセンサ、センサ処理回路、ソフトウェアの機能および拡張性において不十分なものが存在しない。ロボットの研究においてはプラットフォームとなるべき標準的なシステムが市場で手に入らない場合、多くの研究者がそれぞれ類似の試作を繰り返していることが多い。もし、先端的ハードウェアが単に試作で終わることなく他の研究者にも標準的なツールとして利用されるなら、研究の発展と効率化に貢献することは疑いがない。

平成7年度から3年間の予定で始まった科学研究費補助金重点領域研究「知能ロボット [3]」は、感覚と行動の密な結合という統合的アプローチのもとで、外界との相互作用の中で発現する機械特有の知能の仕組みを探求することを目的として計画された。総括研究班では上記の観点から、今後の研究を支えるインフラ整備の一環として、汎用・ローコストの標準的な脚型ロボットの研究用プラットフォーム JROB-1 (Fig. 1) を計画した。

まず広瀬らにより、3自由度の脚4組による移動ロボット TITAN-VIII [4] の機構部分が設計され、共通性のある実験ツ-

Fig. 1 JROB-1

原稿受付 1997年11月28日

^{*1} 東京大学大学院工学系研究科

^{*2} 東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻

^{*3} オーストラリア国立大学情報理工学部システム工学科

^{*4} 東北大学

^{*1} Faculty of Engineering, University of Tokyo

^{*2} Graduate School of Engineering, University of Tokyo

^{*3} The Australian National University

^{*4} Faculty of Engineering, Tohoku University

ルとして様々な実験に用いられた。広瀬らの TITAN-VIII は機構部分だけが提供されたが、その後、コントローラや制御用コンピュータ、ソフトウェアの共通化の必要性が認識され、メカ、インターフェース、コンピュータシステムまで含むプラットフォームが構築された。

本論文では、TITAN-VIII に PC/AT アーキテクチャのラックを搭載し、制御インターフェースボード、視覚処理ボード、無線 LAN 等を実装し、Linux によるソフトウェア開発環境を備えた脚型ロボット研究用プラットフォーム JROB-1 の構成について述べる。

2. 脚型ロボットプラットフォームのシステム設計

2.1 プラットフォームの持つべき性質

脚型ロボットのプラットフォームとしてメカニズム、ハードウェア、ソフトウェアのおおのに対する要件は次の通りである。メカニズムに関してはボディが柔軟な動作を行うのに十分な自由度を持つこと、センサ、プロセッサ、バッテリー等のために搭載能力が大きいことが必要である。ハードウェアに関しては、計算機が十分なメモリと処理能力を持つだけでなく、画像、センサ処理を行うための周辺機器を搭載できることが必要である。またソフトウェアに関してはセンサ処理、行動決定、動作出力を同時に行うための並列処理ソフトウェアの記述能力に富むことと、関節角のサーボループをソフトウェアで行う能力を持つことが必要である。またプラットフォームのシステムとしては、自立性、拡張性、簡易性、安全性に対する考慮が重要である。

- 1) 自立性：移動ロボットが様々な環境下で自由な動作を行うためにケーブルがないことが極めて重要である。実際にケーブルをなくすためには、ボディにすべての電源、動作のための計算機、センサを搭載し、計算機に関しては無線でネットワークに接続することを実現しなければならない。
- 2) 拡張性：研究の展開は先が読めない。したがって、目的に応じて様々な拡張が必要になる。特に各種のセンサやセンサ処理回路を搭載できること、センサ処理ハードウェアを搭載した際に必要ならデバイスドライバを記述できること、の2点がプラットフォームの拡張性を実現するために重要である。
- 3) 簡易性：ロボットのメンテナンスのためになるべく市販の手に入りやすい部品を使うことが、プラットフォームの使用と維持を容易にする。また開発者、ユーザへのインターフェースが重要である。
- 4) 安全性：安心して実験を行っていくうえでロボット自体の保持と対人安全のために、人間とロボットそのものをソフトウェアには依らない安全機構を用意することが必要である。

2.2 TITAN-VIII のプラットフォーム化

TITAN-VIII [4] は移動の際のエネルギー消費を最小とするように GDA (Gravitationally Decoupled Actuation) [5] の方針で設計され、視覚や様々なセンサを用いて行動するのに適した 3 自由度 4 脚の、自由度と搭載能力を兼ね備えた脚型ロボットボディとして、広瀬らにより開発された。TITAN-VIII には多機能なモータドライバ (TITECH Motor Driver) [6] が付属

Fig. 2 Components, (a) TITAN-VIII, (b) Case for PC, (c) PC parts and (d) After assembled

し、制御機能と外界センサを付加するだけで環境とインタラクションするロボットの研究が行える。

TITAN-VIII を自立型のプラットフォーム化するために、計算機や周辺機器、センサ類、電源の DC/DC コンバータ、およびケーブル類を収納するための筐体を設計した。筐体は $376 [l] \times 144 [w] \times 220 [h] [mm]$ のサイズで、後述の CPU ボードを収めるための長さ、バックプレーンボードを水平に収めるための幅を持ち、上部に PC 部を、下部にその他の周辺機器を収容するスペースを設けてある (Fig. 2)。モータアンプは筐体の両脇に 6 個ずつ水平に取りつけてあり、電流制御モードで用いている。またモータの電源は $24 [V]$ である。ボディの前部情報にはステレオのカメラを搭載し、足下から遠方まで立体視を可能とする。

2.3 JROB-1 コンセプト設計

JROB-1 の設計方針は以下の通りである。

- 計算機として拡張性に富んだ PC/AT アーキテクチャを、制御用 OS として RT-linux を採用、
- 電源を含め自立させ、無線 LAN によりネットワークに接続する、
- 重点領域「知能ロボット」で開発を支援してきたロボット研究用ハードウェア、トラッキングビジョンボード (TRV-CPD6) [7]、ロボットインターフェースボード (RIF-01) [8] を搭載、この他にも市販の様々なカードを利用可能とする、
- ボディの三次元モデルを Euslisp/MT [9] 上に持ち、モデル上での動作生成が行える、
- 引き綱インターフェースと緊急停止回路を持ち安全かつ簡便に実験が行える、
- すべて市販のパーツから構成する。

2.4 仕様

本体寸法は標準姿勢で約 $55 [l] \times 66 [w] \times 75 [h] [cm]$ 、重量はボディとモータアンプ 12 個で約 $19.6 [kg]$ 、鉛蓄電池が 2 個で $4 [kg]$ 、計算機周辺が $1.9 [kg]$ 、カメラ 2 台が $0.9 [kg]$ 等で、総重量が約 $31.5 [kg]$ である。

Table 1 Power Consumption of Major Parts

Parts Name (number)	Power (W)
Motor Driver(12)	42W
Motherboard include CPU	25W
Color Tracking Vision	8W
Camera with Pan-Tilter(2)	7W
Radio Ethernet	4W
Graphics Card	3W

2.4.1 電源および消費電力

電源として12[V] 4.5[Ah]の鉛蓄電池を2個直列に用いている。この電源からモータと計算機を同時に駆動しており、モータは直接、計算機はDC/DCコンバータを介して5, ± 12 , ± 15 [V]を生成して駆動している。計算機(モータ駆動以外のすべての電力)で消費されている電力は、設計値ではDC/DCコンバータの効率をすべて85%として計算して24[V] 4.3[A](102[W])である。主に電力を消費しているものをTable 1に示す。電池による連続駆動時間は、モータを駆動する状態では停止していても歩行していても約30分、計算機のみでは約1時間である。また電池の充電時間は約6時間である。

2.4.2 外界用センサ

頭部にパンチルター付カメラEVI-G20を2台搭載し、ステレオ画像処理が可能となっている。このカメラはVISCAのプロトコルでシリアルポートからパン、チルト、ズーム、フォーカス、アイリス、ゲイン等が制御可能で現在の各値を読むこともできる。

頭部には引き綱型のインターフェースのために、ジョイスティックを改造した動きを検出するための2自由度のポテンシオメータが搭載されている。脚先端部には感圧抵抗素子(FSR[†])が各脚4個取りつけられ、さらにこの4個のFSR全体を半球型のゴムで覆うことにより、力のかかってくる方向と大きさを検出することができる。傾斜角センサとジャイロセンサ^{††}は胴体中央部に固定され、これによりロボットの姿勢を検出できる。

2.4.3 緊急停止回路

ロボットのソフトウェアやハードウェアが不意に暴走したとすのためにTitech Motor Driver [6]を用いて緊急停止スイッチとそのための回路を実装した。Titech Motor Driverのモータを停止する機能はフリーとロックの二種類があり、ここでは人間への安全を考えてロボットの各部にマイクロスイッチを配置し、このスイッチがONになった場合にはモータはフリーになることとした。マイクロスイッチは胴体前部2ヶ所と後部上方1ヶ所の計3ヶ所に配置され、前部のスイッチは誤ってぶつかった際の停止用に、後部のスイッチは人間がロボットを止めることを目的としている。この機能はソフトウェアによらずハードウェア回路のみで実現している。

2.5 拡張性

脚および頭部の機構は、重量、消費電力、およびI/Oボードのポート数を上限として拡張可能である。センサを拡張する場合には、マイクロコントローラのネットワークを用いる方法と、ロボット用I/Oカードを増設する方法、の2種類が考えられる。

3. PC/AT 互換機によるハードウェア構成

3.1 計算機および周辺機器

計算機のシステムはPC/ATアーキテクチャをベースとし、Pentium-133[MHz], 128[MBytes] EDO-RAMを搭載したFA用のCPUカード、810[MB] 2.5[inch] SCSIハードディスク、CPUボード用PICMGコネクタおよびISA 2スロット、PCI 3スロットを持つバックプレーンボードをコアとしたシステムを構築している(Fig. 3)。現在のシステム構成は次の通りである。

- CPUカード+バックプレーンボード
- カラートラッキングビジョンボード TRV-CPD6 (PCI)
- ネットワークカード (PCI)
- グラフィックスカード (PCI)
- ロボット用I/Oボード RIF-01 (ISA)
- 汎用画像処理ボード IP2000 (ISA)

以下では各ボードについてその特徴を述べる。

3.2 カラートラッキングビジョンボード TRV-CPD6 [7]

カラートラッキングビジョンボード TRV-CPD6はPCIバス規格のフルサイズボードにNTSCの入力2, 出力1を備えた画像処理ボードで、相関演算プロセッサACPを搭載し、高速でカラーの相関演算を行うことのできるハードウェアである(モノクロ、8×8のオブティカルフローをNTSCのフレームレートで500点以上計算可能)。また大型のテンプレートに対して追跡処理が可能であり、テンプレートにマスクをかけたリ、フレームレートを変更したり、ディストーションアレイを読み出すなどの処理を行うことが可能である。これらの機能を用いて動き追跡、オブティカルフロー、パターンマッチング等の処理が可能である。

3.3 ロボット用I/Oボード RIF-01 [8]

RIF-01ボードはISAバス規格のハーフサイズボードに、12[bit] A/D, D/Aを各16 channel搭載し、またUPP(Universal Pulse Processor, HD63140)を2個(標準では1個搭載)搭載する。UPPは16本のデジタル入出力端子を持つUPC(Universal Processor Core)部と10 channelの10[bit] A/D部、ウォッチドッグタイマ部の三つの機能がRIF-01から利用可能である。

3.4 汎用画像処理ボード IP2000

IP2000ボードはISAバス規格のハーフサイズボードに、汎用画像処理用ICおよび画像メモリを搭載したものであり、カラー画像の入力3, 出力1を備え、画像間演算、ミニマックスフィルタ、正規化相関、ヒストグラム、ラベリング、形状変換(ノイズ除去、輪郭抽出等)、コンボリューション(平滑化、エッジ強調)等の処理を基本性能24[MHz]で行う(41.7[ns/pixel], 512×512画素を11[msec]で処理)。

4. RT-linuxによるソフトウェア構成

第2章で述べたように脚型ロボット研究用のプラットフォームのソフトウェアには以下のような機能が必要である。1) ロボットの高次の行動の研究を行うために並列プロセスによるプログラミング機構と、大規模な知能処理や、物理的に離れた計

[†]Interlink Electronics 社製 FSR Part #304

^{††}日本航空電子工業社製 JIMS-30S

Fig. 3 JROB-1 Hardware Components

算機資源の利用，開発者とのインターフェース等，を可能とするためのネットワークへのインターフェースを持ち，2) すばやく動く，柔らかな動作を行う，といったロボットの動作の研究を可能とするために関節角のサーボループをソフトウェアで行う能力を持つ。

JROB-1 はフリーな Unix である Linux を採用し，組み込みの機能と作成した通信ライブラリにより 1) を実現し，RT-linux のパッケージ上で関節角のサーボループを実現することにより 2) を達成した。

4.1 オペレーティングシステム

OS で実時間制御を行う方法としては大きく分類して，Vx-Works, TRON, QNX micro-kernel, OS9 のように特に実時間制御のために特別に設計されたものと，通常の OS を用いて実時間制御を行う方法と 2 種類ある。

Unix をロボットの OS として採用することの利点は，1) 学習，推論，幾何モデルといった人工知能や情報工学の成果を直接利用できる，2) マルチプロセス，マルチスレッド，プロセス間通信による並列プログラミングが可能で大規模並列なシステムを構築できる，3) エディター，コンパイラ，デバッグ，GUI を持つ総合的な開発環境である，4) 無線 LAN によりネットワークで接続でき，ネットワーク上の CPU およびメモリ，ハードディスクの利用が可能，かつ NFS, NIS, Automount 等のサービスが利用可能，といった点があげられる。

しかし通常の Unix は実時間性に乏しい。Linux には通常の Unix の環境で得られる利点のほかに， α) 様々なデバイスドライバを利用可能，必要ならば開発も可能， β) Real-Time Linux や Posix 1.b のような実時間制御パッケージが利用可能，という二つの大きな特徴を持つ。

そこで，JROB-1 の動作 OS として，モータサーボからモデルを用いた環境認識や動作決定まで可能な，Linux 2.0.30 に RT-linux パッケージ Ver.0.5 を当てたものを採用した。Linux は通常のマルチタスク OS であるが，RT-linux はハードウエ

ア割り込みとプロセススケジューリングを変化させることで，カーネルモジュールとして実現されたコードをハードリアルタイムに実行することができる。ユーザプロセスとハードリアルタイムを実現するカーネルモジュールとの間は専用の FIFO のみで接続される。

ハードディスクアクセスに伴うプロセス切り替え時間の遅延をなくすために Swap (仮想メモリ) は使わず，実メモリのみで処理を行う。

4.2 デバイスドライバ

イーサネットカード，グラフィックスカードは OS に付属のデバイスドライバを用いている。カラートラッキングビジョン TRV-CPD6 とロボット I/O ボード RIF-01 の linux 用デバイスドライバは研究室で開発した [8]。また汎用画像処理ボード IP2000 は製品付属の linux 用デバイスドライバを利用している。

4.3 関節角度サーボループ

TITAN-VIII の 12 自由度のモータの関節角制御は RT-linux のカーネルモジュールとして実現した一つの実時間モジュールにより実行される (Fig. 4 の Motor Servo)。このモジュールは RIF-01 ボードの A/D ポートに接続されているポテンショメータの値を読み，PD 制御により D/A ポートからモータドライバへ電圧を出力する。この制御は 10 [msec] 周期で実行される[†]。

4.4 歩行制御

基本歩行は対角する 2 脚を同時に前に出すトロット歩行を行う。またトロット歩行を実現するために，下部のサーボループに対して定期的に目標位置と到達時間を通信し，下部のサーボループが与えられた目標に対して線形に補間を行いながら与えられた時間で到達する，という動作を行う。各脚の周期は例え

[†]現在は歩行パターンの各状態においてあらかじめ設定された PD ゲインを与えているのみなので 10 [msec] のループになっているが，RT-linux は Pentium-133 [MHz] において 100 [μ sec] 程度の制御を行いながら，例えば視覚処理のような上部の処理が可能である。

Fig. 4 JROB-1 Software Components on Tracking Behavior

Fig. 5 Geometric Model of JROB-1 in Euslisp

ば 1.8 [sec], 各脚の移動速度は最大 0.9 [m/sec] (遊脚) で安定に歩行できる (Fig. 4 の Walking Gait Generation). このプロセスは上部のソフトウェアから、体の座標系の平行・回転移動のパラメータを入力として受け取り、それを各脚の動作に変換して出力する。

4.5 Euslisp によるモデルベース動作計画

複雑な環境下で JROB-1 を安定に保つ姿勢列を計算するのは、自由度が多いために非常に困難である。そこで三次元ソリッドモデラーを持つ Euslisp/MT [9] を用いてロボットのモデルを実現し、これによりロボットの姿勢を計算している。Fig. 5 に階段を登る際の安定動作列を計算した出力を示す。

4.6 プラットフォームのためのソフトウェア階層

以上から JROB-1 の動作 OS として RT-linux を採用し、この上でプラットフォームとして、i) 画像処理、I/O 用ハードウェアの利用のためのデバイスドライバ、ii) カーネルモジュールとして実現された実時間関節角度サーボループによる各関節の制御、iii) 方向と回転のパラメータを入力とする歩行制御、iv) Euslisp を用いたモデルによる動作生成、の 4 階層のソフトウ

エアを用意した。

Fig. 4 は第 5 章で述べるトラッキングのデモの際のソフトウェア構成を示す。図中の灰色の領域がプラットフォームとして用意した 4 階層のソフトウェアである。

5. トラッキングビジョンによる距離を一定に保ちながら追従する行動実験

Fig. 4 に、トラッキングビジョンを用いてあらかじめ教示した対象を距離を一定に保ちながら追従する実験のソフトウェア構成を示す。第 4.6 節で述べたように灰色の領域はプラットフォームとして用意したソフトウェアであり、それ以外の白い矢印によるループがユーザプログラムである。

ここでは *Tracking with Range from Size* プロセスで対象への距離を、あらかじめ教示した画像のアフィン変換による拡大縮小とサブサンプリングの組み合わせによる Logarithmic 法により画面上での対象物の大きさを計測している [10]。

計測された位置および距離をもとに、ロボットの動作を決定し、*Rope Interface* プロセスと、カメラを制御している *Camera Control* プロセスにデータを渡す。*Camera Control* プロセスは VISCA コマンドを用いてシリアルポートに接続された 2 台のカメラをそれぞれ制御する。

Rope Interface は引き綱インターフェースの入力の処理を表す。引き綱型インターフェースは、一般の人が 4 脚ロボットのような自由度の多いロボットを制御するための直感的なインターフェースとして、犬の引き綱をイメージして考案され、実際に実験を行いその有用性が確認されている [11]。この実験では引き綱の入力がある際には、画像処理の入力よりも優先することにより、実験を容易にしている (第 2 章で述べた仕様 e) 簡易性)。

最後に *Rope Interface* は RIF-01 ボードの UPP の A/D に接続されているポテンショの値を読み込み、ロボットの動作を決定し、歩行を制御している *Walking Gait Generation* プロセスにデータを渡す。*Gait Generation* プロセスは受け取った体の移動パラメータから各脚の歩行動作を決定し、FIFO を通して RT-linux のカーネルモジュールで実現された *Motor Servo* プロセスへとデータを定期的に渡す。

この実験時の歩行によるモータへの出力電流は実測値で瞬間値約 50 [A], 平均値約 4 [A] であった。また計算機系統への出力電流は実測値で 24 [V] 4.1 [A] (98 [W]) である。

6. おわりに

JROB-1 は複雑な実環境とインタラクションしながら、感覚と行動の密な相互作用を通して脚型知能ロボットの研究を行うための、汎用・ローコストなプラットフォームとして開発された。

JROB-1 は柔軟な自由度と十分な搭載能力のある脚型ロボット TITAN-VIII [4] をベースに、すべて市販の部品から構成され、計算機としてもっとも普及している PC/AT アーキテクチャと、制御用 OS として RT-linux を採用しており、高次の知能処理から関節角サーボループまでロボットに必要なとされるすべてのソフトウェアの研究が可能である。また JROB-1 は、

電源を含めて自立し、無線 LAN によりネットワークに接続されており、すべて市販の部品から構成されている点で、様々な環境や目的のために汎用性や拡張性に富んでいる。本論文では JROB-1 の設計と仕様、各部の詳細について述べたのち、視覚を用いて対象物に追従する実験を例にとってソフトウェア構成について述べた。

今後のロボット研究において“JROB-1”は、実世界で感覚と行動との相互作用を通して、知能が認識や行動を効果的に制御し、行動や認識が知能を発達させる様々な枠組みを研究するための議論や実験を行うための共通の基盤となり、また、AI や情報科学、Artificial Life, Virtual Reality といったロボット以外の分野の研究者がロボットの研究を行う際の有用な実験用プラットフォームとなることが期待される。

本研究は平成 9 年度文部省科学研究費補助金、重点領域研究「知能ロボット」(領域番号 266)の「感覚と行動の統合による機械知能の発現機構の研究」(総括研究班:課題番号 07245102)により行ったものである。

参 考 文 献

- [1] Nomadic Technologies Inc. The Nomad Series Catalog, 1997.
- [2] 油田信一: “移動ロボット研究のためのプラットフォーム”, 日本ロボット学会誌, vol.14, no.1, pp.14-15, 1996.
- [3] 井上博允: “特別セッション「重点領域研究知能ロボット」研究計画公表”, 第 12 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.151-152, 1995.
- [4] K. Arikawa and S. Hirose: “Development of Quadruped Walking Robot TITAN-VIII,” In Proc. of International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'96), vol.1, pp.208-214, 1996.
- [5] S. Hirose: “A Study of Design and Control of a Quadruped Walking Vehicle,” Journal of Robotics Research, vol.3, no.2, pp.113-132, 1984.
- [6] 福島 E. 文彦, 妻木俊道, 広瀬茂男: “PWM 制御方式 DC サーボモータ駆動回路の開発”, 第 13 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.1153-1154, 1995.
- [7] 森田俊彦, 沢崎直之, 内山隆, 佐藤雅彦: “カラートラッキングビジョン”, 第 14 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.279-280, 1996.
- [8] 松本吉央, 坂井克弘, 稲葉雅幸, 井上博允: “PC ベースのハイパーマシン”, 第 15 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.979-980, 1997.
- [9] T. Matsui: “Multithread Object-Oriented Language Euslisp for Parallel and Asynchronous Programming in Robotics,” In Workshop on Concurrent Object-based Systems, IEEE 6th Symposium on Parallel and Distributed Processing, 1994.
- [10] A. Lipton and S. Kagami: “Real-World Path Following for a Monocular Vision based Autonomous Mobile Robot in a 'Remote-Brain' Environment,” In Seventh Australian Joint Conference on Artificial Intelligence (AI'94), pp.490-497, 1994.
- [11] 安藤毅, 梶沢光隆, 近野敦, 稲葉雅幸, 井上博允: “引き綱型インターフェースによる自立型 4 脚移動ロボットの誘導”, ロボティクス・メカトロニクス'97 講演会講演論文集, 1997.

加賀美聡 (Satoshi Kagami)

1970 年 3 月 14 日生。1992 年上智大学理工学部機械工学科卒業。1997 年東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。博士 (工学)。現在、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「マイクロ・ソフトメカトロニクス統合体としての高度生体機能機械の研究」のリサーチアソシエート。

(日本ロボット学会正会員)

岡田 慧 (Kei Okada)

1974 年 2 月 24 日生。1997 年京都大学工学部情報工学科卒業。現在、東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程に在学。実時間視覚処理の研究に従事。

(日本ロボット学会学生会員)

近野 敦 (Atsushi Konno)

1966 年 1 月 4 日生。1988 年東北大学工学部精密工学科卒業。1993 年同大学大学院博士課程修了。博士 (工学)。同年東北大学工学部機械航空工学科助手。1995 年東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻助手。1998 年東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻助教授。現在に至る。日本機械学会、計測自動制御学会、IEEE の会員。

(日本ロボット学会正会員)

井上博允 (Hirochika Inoue)

1942 年 7 月生。1965 年東京大学工学部産業機械工学科卒業。1970 年同大学院博士課程修了。工学博士。同年電子技術総合研究所入所。1977 年東京大学工学部機械工学科助教授。1984 年教授。現在、機械情報工学科教授。ロボット全般、人工知能、情報システム工学の研究と教育に従事。

(日本ロボット学会正会員)

梶澤光隆 (Mitsutaka Kabasawa)

1973 年 9 月 9 日生。1998 年東京大学工学部機械工学科卒業。現在東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程に在学。脚型ロボットの研究に従事。

(日本ロボット学会学生会員)

松本吉央 (Yoshio Matsumoto)

1970 年 8 月 21 日生。1993 年東京大学理工学部機械情報工学科卒業。1998 年同大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。博士 (工学)。現在オーストラリア国立大学リサーチフェロー。ロボットビジョンの研究に従事。

(日本ロボット学会正会員)

稲葉雅幸 (Masayuki Inaba)

1958 年 5 月 23 日生。1986 年東京大学大学院工学系研究科情報工学専門課程博士課程修了。工学博士。1989 年東京大学工学部機械情報工学科助教授。現在に至る。日本機械学会、情報処理学会、計測自動制御学会、人工知能学会。

(日本ロボット学会正会員)