ホビー用サーボ RT コンポーネントの設計と実装

松田 啓明*・富沢 哲雄*

工藤 俊亮*・末廣 尚士*

Design and Implementation of Hobby Servo RT-component

Hiroaki MATSUDA*, Tetsuo TOMIZAWA*,
Shunsuke KUDOH* and Takashi SUEHIRO*

This paper proposes a design of highly reusable hobby servo RTCs (Robotics Technology Component specified by OMG). It is important for ensuring actual reusability of an RTC to define a good design of the RTC which could be commonly used in many kinds of use cases. Command-control is a popular method in hobby servo. Thus we have designed the structure of hobby servo RTCs to resemble the control method. The RTC has two inports and one outport of TimedLongSeq type which emulate a serial line for the control command. In order to evaluate the effectiveness of the design, we implemented the following RTCs and RT systems: we implemented an RTC for a command-type hobby servo based on the proposed design, and built two RT systems, a robot arm and a laser scanner, making use of the RTC. Next, we implemented RTCs for different types of servos, another type of command-control servo and a PWM-control servo, to show the reusability of our design. Finally, we built platforms for humanoid robots using these RTCs to confirm the effectiveness of our design concept in complicated applications.

Key Words: RT-middleware, servo motor, robot arm, laser scanner, humanoid robot

1. はじめに

近年、RT システムは多様さや複雑さを増しており、それらを独自のアーキテクチャに基づいて開発するのは、効率や規模の問題から困難となってきた。そこで、RT システムを容易に構築することができる RT ミドルウェア¹⁾(以下 RTM) が提案された。RTM を用いることで、機能要素のソフトウェアモジュールである RT コンポーネント (以下 RTC) を組み合わせて、RT システムを構築することができる。開発された多数の RTC が、OpenRTM-aist official website で公開され、共有されている。これらの RTC は、ユーザが再利用し、自由に組み合わせて、目的の RT システムの構築を行なえることを目指して設計されている。しかし、実際には RTC の再利用性はあまり高いとはいえず、似たような RTC があるにもかかわらず、各システム開発者が独自に RTC を再開発しているといった現状がある。

このような現状の原因の 1 つに、入出力ポートなどのインタフェースレベルが共通であっても RTC 化されたモジュールの振る舞いの違い、特にデバイスの違いや、それを用いる

システム側の要求の違いを吸収することができないといった問題があるとわれわれは考えている。したがって、再利用性の高い RTC を実現するためには、入出力ポートの共通化だけでなく、各システムから見たときの振る舞いも共通である必要がある。システムから見たときの振る舞いが共通であるとは、たとえば、DC モータを制御する RTC を別の DC モータを制御する RTC に入れ替えても、ユーザから見れば RTC 間の違いは隠匿され、以前と同じような状態で RTC を使用できることである。

そこで本稿では、だれでも手軽に使えるアクチュエータとして、ホビー用サーボに着目しその RTC 化を行なう。ホビー用サーボとは、DC モータ、減速機、角度センサ、サーボ回路などを一体化したモジュールであり、ホビー用途以外にも使用されるようになってきている。これを再利用性の高い RTC として実現できれば、「ちょっとカメラを動かしたい」「手軽にモジュールを組み合わせてロボットを作りたい」などといった要求に応えることができ、そういったユーザ主導の RT システム開発が容易になると期待できる。

ホビー用サーボ RTC の作成にあたっては、まず RTC 化の設計指針を考察し、さらにそれに基づいて実際に RTC を作成した。設計指針作成にあたっては、以下の点に注目した。

- (1) RTC の粒度
- (2) RTC のデータポートのフォーマット

前述したように、RTC の再利用性を高めるには振る舞いと

* 電気通信大学情報システム学研究所 調布市調布ヶ丘 1-5-1

* Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications, 1-5-1 Chofugaoka, Chofu

(Received April 5, 2013)

(Revised August 4, 2013)

データポートを共通化する必要がある。振る舞いを共通化するために RTC の粒度を考察し、そのような粒度に適したユーザから扱いやすいデータポートのフォーマットを設計する。

本稿は以下のように構成される。2 章では、関連する研究について述べる。3 章では、再利用性に配慮した RTC の要件と、その設計指針を提案する。4 章では、提案した設計指針に従い、RTC を実装する。5 章では、4 章で実装した RTC を RT システムに利用し、設計指針の妥当性を検証する。6 章では、設計指針に基づき、方式の異なるホビー用サーボを RTC 化し、設計指針の妥当性と再利用性を検証する。

2. 関連研究

RTM に関連する研究は、山下らのいちご収穫ロボット²⁾のように、RTC を用いたシステムに関するものが大多数を占め、その RTC の形式に関する議論は多くない。しかし一方で、RTC の再利用性向上を目指した研究は複数見られる。清水らは、提案する手法に基づく作業技能の実現に、RTM を用いて再利用性に着目した作業技能実行システムを構築している³⁾。再利用性の高い技能構築法を RTC 化することで、アプリケーション層の RTC の再利用性を向上させている。清水らは、移動ロボット用 RTC の型を規定し、再利用性を向上させる試みを行なっている⁴⁾。その中で、独自のデータ形式による再利用性の低下を危惧し、表現形式の共通化作業の重要性を説いている。ハードウェア部品の RTC 化という面では、藤田らは、オートメーション用のプロファイルである CANopen に対応した、RTC-CANopen を開発している⁵⁾。これは、CANopen を介して接続される各種デバイスと、PC 上の RTC との相互連携を可能にしている。

このように、関連研究を調査すると、RTC の再利用性を向上させる必要があることがわかる。しかし、RTC の形式という観点から、RTC の再利用性向上を目指す議論は十分に行なわれていない。そこで、本研究では、既存製品の構成を見本とし、RTC の形式に適応させることで、再利用性の高いホビー用サーボ RTC を実現する。

3. ホビー用サーボ RTC の設計指針

本稿が目指すのは、ユーザが手軽に使用でき、再利用性の高いホビー用サーボ RTC を作成することである。このような用途に適したアクチュエータモジュールとして、コマンド式サーボと呼ばれるホビー用サーボがある。これは、シリアル通信で送られてくるバイト列形式のコマンドによって位置制御を行なうモジュールである。ユーザはモジュールを組み合わせ、自由にロボットを構築することが可能である。そのため、ハードウェア的にはモジュール化され、たいへん扱いやすいアクチュエータである。しかし、ソフトウェア的には各社でコマンドの共通化が図られておらず扱いやすいとはいえない。そこで、コマンド式サーボの制御方式を、ソフトウェアの違いを吸収できるように RTC の粒度やデータポートのフォーマットに応用することで、ユーザが使いやすく再

Header	ID	Command	Data
--------	----	---------	------

Fig. 1 Format of a command-type servo motor

利用性の高いホビー用サーボ RTC を作成できると期待できる。これらの理由から、コマンド式サーボに注目し RTC の設計指針を考察する。

3.1 RTC の粒度

コマンド式サーボは 1 モジュール 1 出力であり、ロボットアームを構成する場合は、自由度に応じた数のモジュールを使用することになる。また、後述するコマンド式の通信によって、1 つのライン上に複数個の同じ種類のモジュールを接続し制御することができる。

以上を踏まえ、ホビー用サーボ RTC の粒度は、同一種類の複数個のモジュールに対して制御を行なう 1 つの RTC とする。つまり、特定のシステムに特化して制御を行なうのではなく、複数個のホビー用サーボを動作させるドライバの役割を担う RTC とすることで、ハードウェアの構成に依存せず再利用性を高めることができる。

3.2 RTC のデータポートフォーマット

コマンド式サーボのコマンドのフォーマットの例を Fig. 1 に示す。ヘッダで通信の頭出しや通信内容の種類を表わし、ID で指令するモジュールを指定する。つぎに、コマンドとデータで移動やセンサ情報取得などの指令とその内容を指定する。コマンド式サーボは、ID で指令先のモジュールを切り替えることにより、1 つの通信ラインで複数個のモジュールを制御することができる。このように、シリアルにデータを並べ通信を行なうコマンド式のフォーマットを用いれば、複数個のモジュールに 1 つのデータポートを用いて指令を送ることができる。

コマンド式サーボではバイト列型のデータとして通信を行なうが、その実態は整数値のデータ送受である。そこで、整数配列型の変数でコマンド列を構成してコマンド方式の通信を実現する。データポートは、多くのホビー用サーボの制御に共通して必要な、サーボの On/Off、位置指令、位置情報（センサ値）の取得を行なえるよう 3 つ設定した。

この方式では、複数個のモジュールに指令を出すために複数回のデータ通信が必要になる。これに対して複数のモジュールへの指令をまとめて、一度に送信する方式も考えられる。しかし、その場合使用するモジュール数に合わせて可変長のデータを扱う必要があり、対象ユーザによるデータの扱いやすさを考慮してこれを不採用とした。

4. ホビー用サーボ RTC の実装

3 章の設計指針に従い、例として、双葉電子工業 (株) 製のコマンド式サーボ RS405CB を制御する RTC, RsServoManager を実装した。概要を Fig. 2 に示す。

4.1 ポートのフォーマット

2 つの入力ポートと 1 つの出力ポートを用意し、Fig. 3 の

Fig. 2 Servo motor RTC: RsServoManager

Header	ID	Position	Time
--------	----	----------	------

(a) Position command Port

Header	ID	Servo Mode	Time
--------	----	------------	------

(b) Servo mode command Port

ID	Position	Sensor 1	...	Sensor N
----	----------	----------	-----	----------

(c) Sensor information output Port

Fig. 3 Format of the servo motor RTC

ような TimedLongSeq 型のフォーマットを設定した。

●位置指令ポート (InPort)

位置指令ポート (Position command Port) は、目標位置 (Position) と移動時間 (Time) の指令を受け取る。コマンド式サーボの位置制御は、目標位置と移動時間を指定する方法のほか、移動速度と制御器のゲインなどを指定する方式があるため、それを統一する必要がある。これらの指定は最終的に、目標位置とその移動時間として捉えることができる。目標位置と移動時間を直接指令するほうがユーザにとって使用しやすいと判断し、それに対応したフォーマットとした。目標位置の単位は mdeg、移動時間は ms である。

ヘッダ (Header) は同期フラグとして使用される。同期フラグはヒューマノイドロボットのように、複数のモジュールに同時に指令を与えたい場合に使用する。全モジュール分の同期フラグ付きデータが受信されたときに、いっせいに全モジュールに指令を送ることで同期して動作させることができる。

●サーボモード指令ポート (InPort)

サーボモード指令ポート (Servo mode command Port) は、サーボの On/Off とブレーキ (Servo Mode) の指令を受け取る。位置指令ポートと分離したのは、位置指令に紛れて停止させられないといった事故が発生しないよう、安全確保に配慮したためである。本ポートにも位置指令ポートと同様の機能をもつヘッダを備えている。

●センサ情報出力ポート (OutPort)

センサ情報出力ポート (Sensor information output Port) は、ホビー用サーボの現在位置 (Position) とセンサ値 (Sensor) を出力する。コマンド式サーボの大半は、現在位置を取得できる。そのほかに電流値や内部温度など取得できるが、製品によって異なるため、後述する設定ファイルにて出力するセンサ情報を設定できるよう配慮した。センサ値を追加で設定した場合は、ほかのセンサの値が付加されることとなる。

(a) Appearance of ArmIS

(b) Experiment environment

Fig. 4 3-DOF Robot arm: ArmIS type E

Table 1 Specification of ArmIS type E

Length	280 mm
Weight	530 g
Degree of freedom	3
Gripper type	Parallel Gripper
Weight capacity	1000 g
Servo motor	RS405CB

4.2 実装上の工夫

4.2.1 設定ファイルによる環境設定

各ホビー用サーボ固有の機能は、設定ファイルからのみ操作できるようにすることで、ほかのホビー用サーボ RTC との交互性を保つことができる。また、センサ値の出力の有無や、動作限界角の設定などを行なえるようにすることで、ユーザによる設定を可能とし、再利用性を向上させている。具体的にはシリアル通信の通信設定や、使用モジュール数、センサ出力設定、位置指令のリミット・正規化設定などが記述される。

4.2.2 制御用 Python モジュール

本 RTC は Fig. 2 に示すように、Python モジュール、pyrs を内包した構造となっている。この pyrs はデータポートからの指令に合わせて、RS シリーズのホビー用サーボの制御を行っており、この Python モジュールを入れ替えることでほかの種類のホビー用サーボに対応することができる。

5. RT システムの構築事例

本章では、3 章で提案した設計指針の妥当性を検証するため、4 章で述べたコマンド式サーボ RTC, RsServoManager を用いて実装した、2 つの RT システムの例を示す。

5.1 教育用小型ロボットアーム

実装したホビー用サーボ RTC を利用し、ロボット工学の教育を目的とした小型ロボットアーム、ArmIS type E を開発した。その外観を Fig. 4(a) に、仕様を Table 1 に示す。そして、実技課題のために、Fig. 4(b) に示す天井カメラ、ロボットアーム、カラーボール、トレーからなる「カラーボールの片づけ」のための実験装置を用意した。課題は、ロボットアームでカラーボールを把持し、トレーに格納して片づけるというものである。本 RT システムは、関節角度制御の学

Fig. 5 RT system: control of the small robot arm

習と、逆運動学および画像処理の学習という、2種類のシステムとして運用することを想定している。Fig. 5(a)に示すシステムでは、GUIを用いてロボットアームの関節を1つずつ動かすことができる。Fig. 5(b)のシステムでは、画像処理を行ないカラーボールの座標を取得し、逆運動学を用いて各関節角度を算出する。以下に各RTCとその主な機能を記す。

- RsMotion：GUIのスライダを動かすことで、対応する関節の角度（位置）を送信する。
- ArmISIK：受信した座標から、ロボットアームの逆運動学を解き、各関節の角度（位置）を送信する。
- ArmISColorBall：カメラ画像から、カラーボールの座標を取得し、送信する。

このRTシステムは、関節角度制御、逆運動学、画像処理の3つのRTCで構成されている。これらのRTCを受講者に作成させることで、学習目的に応じた教育を行なうことができる。このように、われわれの提案する指針に基づくホビー用サーボRTCを用いることによって、小型ロボットアームを用いた手軽なアクチュエーションに使用でき、目的に応じて柔軟にシステム運用を替えることが可能となった。

5.2 3次元測域センサ

つぎに、3次元測域センサ、Sphere Scannerを紹介する⁶⁾。3次元空間を測域するために、2次元平面を測域するレーザースキャナを利用する研究はこれまでに行なわれ、成果を上げてきた^{7)~9)}。

そこで、既存のシステムを組み合わせ、容易に3次元測域を可能とするRTシステム、Sphere Scannerを実装した。これは、北陽電機(株)製のレーザースキャナ、UTM-30LXをRS405CBで回転させることで、3次元の測域を行なうセンサモジュールである。その外観と、測域・可動範囲をFig. 6に、その仕様をTable 2に示す。スキャン範囲は、レーザースキャナの受光中心をホビー用サーボの回転中心軸上に設置し回転させることで球面状となる。

本センサのシステム構成をFig. 7に示し、以下に各RTCとその主な機能を記す。

- MultiTypeConsoleIn：センサのスイング範囲の指令を行なう。
- SphereScannerController：ホビー用サーボへのスイン

(a) Appearance of Sphere Scanner (b) Scan/Movable range

Fig. 6 3-D range sensor: sphere scanner

Table 2 Specification of sphere scanner

Scan range	270 deg
Movable range	300 deg
Scan time of the circumference	2 s
Servo motor	RS405CB
Laser Scanner	UTM-30LX

Fig. 7 RT system: sphere scanner

Fig. 8 Scan experiment

グ角度指令、UTM-30LXへのスキャン指令を送信する。

- UrgManager：UTM-30LXとシリアル通信を行ない、タイムスタンプと距離データを送信する。
- SphereScanner：タイムスタンプと距離データ、サーボの角度を送信する。
- SphereScannerViewer：3次元距離データを描画する。

Fig. 8(a)のような環境で、全周囲の測域を2sかけて行ない、それを25回繰り返した結果をFig. 8(b)に示す。なお、スキャン点は天井と床、センサ手前の壁を非表示にし、観測結果を確認しやすいようにしている。実験の結果、3次元形状が観測されていることがわかる。

5.1, 5.2節で2つのRTシステムを、実装したホビー用サーボRTC, RsServoManagerの再利用の例として紹介した。また、それぞれ有効なRTシステムが構築できたことから、提案するRTCの有効性が確認できた。

Fig. 9 Servo motor RTC: PwmServoManager

6. 方式の異なるホビー用サーボの RTC 化

5 章では、提案したホビー用サーボ RTC を実際の RT システムで運用し、その有効性を示した。本章では、ほかのメーカーのコマンド式サーボと、コマンド式ではないホビー用サーボの RTC 化を行なう。設計指針が複数の製品や、コマンド式サーボ以外にも適用できることを確認し、設計指針の妥当性と RTC の再利用性を示す。

6.1 異なるコマンド式サーボの RTC 化

ビルクス (株) 製のコマンド式サーボ、PRS-S40M を RTC 化した。Fig. 2 に示す RsServoManager の Python モジュールを、PRS シリーズに対応する pyprs に入れ替えることで RTC 化を行なうことができた。その際に、PRS-S40M は移動時間を指定して位置を変更することはできないため、微小移動とスリープを繰り返し、指定された時間で目標位置まで移動するよう pyprs に実装して、位置指令ポートの要件を満たした。異なるコマンド式サーボを用いて、設計指針を満たす RTC を実現できることが確認できた。

6.2 PWM 式サーボの RTC 化

ビルクス (株) 製の PWM 式サーボ PRS-FF09PII を RTC 化した。PWM 式サーボは、PWM のデューティ比によって目標位置のみが制御可能であり、現在位置の取得は行なえない。そこで、RTC 内の Python モジュールからマイコンに指令を出し、その指令値に従いマイコンが PWM 式サーボを制御することで擬似的なコマンド式サーボとして実装した。実装した RTC、PwmServoManager の概要を Fig. 9 に示す。現在位置は、受け取った指令値を PWM サーボの現在位置として、擬似的ではあるがフィードバックしている。また、移動時間の指定は PrsServoManager と同様の処理をマイコン内で行ない、移動時間の指定を実現している。コマンド方式とは異なる PWM 方式のサーボでも、設計指針を満たす RTC を実現できることが確認できた。

6.3 小型ヒューマノイドロボット

6.3.1 3 自由度ヒューマノイドロボット

実装した PrsServoManager と PwmServoManager が RT システム内で有効に機能するかを確認するため、Fig. 11 に示す RT システムを構築した。このシステムは、ホビー用のヒューマノイドロボット (以下ヒューマノイド) によく用いられているモーションベースの制御を行なうことができる。これは、あらかじめ用意した関節角度の時系列データを逐次

(a) 3-DOF Humanoid Robot

(b) GR-001

Fig. 10 Appearance of humanoid robots

Fig. 11 RT system: platform for small humanoid robots

ヒューマノイドに与えることで動作させる手法である。以下に各 RTC とその主な機能を示す。

- ServoManager: ホビー用サーボ RTC。ロボットに応じた RTC を適用する。
- HumanInterface: ユーザがクリックした GUI 上のボタンに対応したモーション ID を送信する。
- MotionLoader: モーション ID に対応するモーションファイルを参照し、ホビー用サーボに位置指令を送信する。
- MotionEditor: GUI を用いて、ヒューマノイドの各関節を動かしキーボードを生成する。そのキーボードを時系列順に配置して、モーションファイルを生成する。

実験のために PWM 式サーボとコマンド式サーボをそれぞれ用いて、同じ軸構成の 3 自由度ヒューマノイド (Fig. 10 (a)) を 2 台制作した。これらのヒューマノイドを歩行させ、システムが問題なく運用できるかを確認する実験を行なった。

その結果、2 台のヒューマノイドを問題なく歩行させることができ、制作した RTC が有効に機能していることを確認した。また、ユーザから見た使用感が変わらず、振る舞いが共通であることも確認した。

6.3.2 20 自由度ヒューマノイドロボット

これまでに、さまざまなホビー用サーボを RTC 化し、その性能を確認した。つぎに、提案する RTC が多数個のホビー用サーボに対して問題なく対応できるか確認した。先のシステムに、20 自由度をもつエイチ・ビー・アイ・ジャパン (株) 製の GR-001 (Fig. 10 (b)) を適用し、歩行を行なわせた。なお GR-001 は RS シリーズのホビー用サーボで構成されているので、RsServoManager を使用して動作させることができる。実験の結果、GR-001 は問題なく歩行することができ、多数のホビー用サーボに対しても有効に本 RTC が機能することを確認した。

ここでの実験結果は、小型ヒューマノイドが従来抱える問題を、提案手法が解決する可能性を示唆している¹⁰⁾。小型ヒューマノイドには、DARwIn-OP¹¹⁾や NAO¹²⁾のように、ボード PC を搭載する高度なものから、近藤科学 (株) 製の KHR シリーズに代表される、ホビーや教育用のもの、また自作のものまでさまざまな種類がある。これらのヒューマノイドはそれぞれ、独自のプラットフォームにて運用を行なっているため、開発効率が悪いといった問題がある。このような問題を解決する上で、異なるヒューマノイドに対して同じ RT システムで運用可能なホビー用サーボ RTC は有効であると考えられる。

7. おわりに

本稿では、RT ミドルウェア上で動作する、再利用性の高いホビー用サーボ RTC の設計指針を考察し、実装した RTC について述べた。RTC の粒度とデータポートのフォーマットに特に注目し、設計指針を設け、ホビー用サーボ RTC を実装した。この RTC の再利用性を検証するため、複数の RT システムを構築した。また、提案する設計指針に基づき実装し、異なるコマンド式サーボと、PWM 式のサーボで RT システムを構築して、提案した指針の妥当性と RTC の再利用性を検証した。これらから、ホビー用サーボ RTC とその設計指針の有効性を確認した。

ホビー用サーボは、ホビーの枠を越え、本論文で扱った小型のものだけでなく、大型のものまでさまざまなものが登場してきている。本 RTC を利用することで、これらさまざまなホビー用サーボを同じように扱うことができ、さまざまな RT システムの開発が促進されることが期待できる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24240034 の助成を受けたものである。本稿執筆にあたり多大なるご協力をいただいた、知能システム学講座村松聡氏、平井雅尊氏、佐藤雄也氏、林直宏氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) N. Ando, T. Suehiro, K. Kitagaki, T. Kotoku and W. Yoon: RT-middleware: Distributed component middleware for RT (robot technology), Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 3933/3938 (2005)
- 2) 山下, 田中, 山本, 林, 齋藤, 菅野: いちご収穫ロボット「M 型 3 号機」用 RT コンポーネントの開発, 計測自動制御学会論文集, **48**-1, 51/59 (2012)
- 3) 清水, 尹, 音田: 再利用性の高いロボット作業技能の構築法, 日本機械学会論文集 C 編, **75**-760, 3299/3306 (2009)
- 4) 清水, 戸田, 林原, 大和, 古田: Linux 標準機能を利用した RT ミドルウェア周期実行機能のリアルタイム化—ハプティックジョイスティックによる全方位移動電動車椅子操縦システムへの適用—, 計測自動制御学会論文集, **46**-1, 16/23 (2010)
- 5) 藤田, 水川, 安藤, 吉見, 田中: CANopen を用いた組み込み系 RTC—RTC-CANopen の開発—: ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2A1-G06 (2010)
- 6) 村松, 松田, 富沢, 工藤, 末廣: 航空写真を用いた移動ロボットの自己位置推定, 第 30 回日本ロボット学会学術講演会, 4J3-2 (2012)
- 7) M. Matsumoto and S. Yuta: 3D Laser Range Sensor Module with Roundly Swinging Mechanism for Fast and Wide View Range Image, Proc. of IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, 156/161 (2010)
- 8) T. Yoshida, K. Irie, E. Koyanagi and M. Tomono: A Sensor Platform for Outdoor Navigation Using Gyro-assisted Odometry and Roundly-swinging 3D Laser Scanner, Proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1414/1420 (2010)
- 9) K. Ohno, T. Kawahara and S. Tadokoro: Development of 3D Laser Scanner for Measuring Uniform and Dense 3D Shapes of Static Objects in Dynamic Environment, Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2161/2167 (2009)
- 10) 佐藤, 松田, 藤枝, 畑, 明: 小型ヒューマノイドのための RTM を用いた共通プラットフォームの開発, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 1G3-4 (2012)
- 11) I. Ha, Y. Tamura, H. Asama, J. Han and D. WHong: Development of Open Humanoid Platform DARwIn-OP, Proc. of IEEE SICE Annual Conference, 2178/2181 (2011)
- 12) D. Gouaillier, V. Hugel, P. Blazevic, C. Kilner, J. Monceaux, P. Lafourcade, B. Marnier, J. Serre and B. Maisonnier: Mechatronic design of NAO humanoid, Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation, 769/774 (2009)

[著 者 紹 介]

松 田 啓 明

2013 年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了, 修士 (工学)。現在, 電気通信大学情報システム学研究科博士後期課程在学中。知能化システム開発に関する研究に従事。

富 沢 哲 雄 (正会員)

2006 年筑波大学大学院システム情報工学研究科博士課程修了, 博士 (工学)。JSPS 特別研究員, 産業技術総合研究所特別研究員を経て, 2009 年より電気通信大学情報システム学研究科助教。人間共存環境で働くロボットに関する研究に従事。

工 藤 俊 亮

2005 年東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了, 博士 (情報理工学)。同年東京大学生産技術研究所特任助教。2010 年より電気通信大学大学院情報システム学研究科准教授。人間動作の解析やロボットの見える学習の研究に従事。

末 廣 尚 士 (正会員)

1980 年東京大学大学院修士課程修了, 同年産業技術総合研究所 (旧電子技術総合研究所) に入所。90 年東京大学博士 (工学)。2009 年より電気通信大学情報システム学研究科教授。マニピュレータを中心としたロボットシステムの研究, RT ミドルウェアの研究に従事。