

3.4.4.3.2 共通インターフェース

(1) はじめに

RTM では、RTC 間で情報を授受するための接続インターフェース（以後、IF）を、インターフェース記述言語 IDL で独自に設定可能であり、特定の形式を規定していない。位置情報を例に具体例を挙げて説明すると、位置情報は、GPS、オドメトリ、環境インフラセンサなど様々な方法で取得可能である（Fig. 88参照）。これら位置情報を処理する RTC 間及びその RTC により制御されるロボット群で位置情報を授受する場合を想定すると、扱いを容易にするため Fig. 88 中の TimedPosition や Position 構造体のように位置の各座標の値を含んだ新たに設定した独自 IF を定義することが可能である。しかし、位置情報の構造体としての表現方法は Fig. 88 に示すように位置の情報だけではなく、その情報を取得した時間を追加したい場合や、さらに構造体の名前は無数に設定可能であるため、位置情報を扱う RTC 開発機関において同じような位置情報を表現した独自 IF が無数に定義されることになる。ここで、単独機関で開発された RTC 間で位置情報を授受するのであれば、独自 IF を用いても問題はない。しかし、Fig. 88 に示すように異なる機関で開発された移動ロボット A、C 間また環境インフラ型センサから移動ロボット B において位置情報を授受しようとする場合、IF の型があわず直接 RTC 間を接続することができないといった問題が発生する。独自 IF を用いると、この様な問題が位置情報に限らずあらゆる情報のやりとりで発生する。そのため本来ロボット機能を RTC として実装し部品化することで得られるはずの利点である再利用性を低下させるだけではなく、RTC により制御されるロボット間の情報共有、コミュニケーションに対しても余分な手続きを要することになる。このような理由から、RTC の IF 仕様を共通化することで初めて、1) ロボット用ソフトウェア部品の再利用性、交換性の向上、2) RTC 間及びそれにより制御されるロボット間の情報共有性の向上、といったロボットソフトウェア機能を部品化することの本来の利点を広範囲で実現することが可能となる。

そこで、知能化 PJ において、複数の研究機関により構成される移動知能ロボットに関するワーキンググループ（以後、移動 WG）を組織し、移動知能ロボット用 RTC の IF の共通化を進めた。移動 WG を構成する機関は、1) 産業技術総合研究所（以後、産総研）、2) 芝浦工業大学を主幹としたコンソーシアム（芝浦工業大学、千葉工業大学、NEC ソフト、以後、芝浦工大コンソ）および、3) セグウェイジャパンを主幹としたコンソーシアム（セグウェイジャパン、東北大学、国際レスキューシステム研究機構、京都大学、以後、セグウェイコンソ）となっている。

この移動 WG が組織される以前は、上記各研究コンソーシアム内で独自に IF を定義し RTC の開発を進めていた。そのため、各コンソーシアムの IF 定義を最初から全て共通化することは困難だと考え、移動 WG における共通化検討の基本方針として、共通化項目を段階的に拡張し、積み上げていくことで利点や問題点の抽出およびその改善といったフェーズを繰り返していくこととした。第 1 フェーズでは、移動知能ロボットの自律移動機能を構成する共通モジュール群を定義し、共通 IF を規定するための検討を行った。検討の中心課題を、暫定的にでも共通 IF を早期に設定し、共通 IF に準拠することによる利点や実装上の問題点の抽出とした。そのため共通化項目を限定しシンプルな構成の実証実験を 3 研究機関共同で実施した。第 2 フェーズでは、第 1 フェーズで抽出され、確認された利点を拡大するために共通化項目を増やし、またすでに共通化された項目についても再検討を行った。検討を踏まえて、第 2 フェーズの共通 IF 策定し、再度の共同実証実験を行った。第 3 フェーズでは、さらに共通化項目を経路計画部分まで拡張した。さらに、

OpenRTM-aist 1.0 において標準で定義された型に準拠するように、これまで共通化してきた IF 定義についても改訂を行った。

以上のように、本稿では、RTC 規格では定義されていない移動知能ロボットの機能構成や IF を共通化し、RTC の交換性、再利用性、情報共有性の向上を図る具体的な試みについて順次述べていく。

なお、本稿におけるモジュールとは、概念レベルの機能ブロックを表している。この概念機能ブロックを、RTM を利用して RTC として実装する。

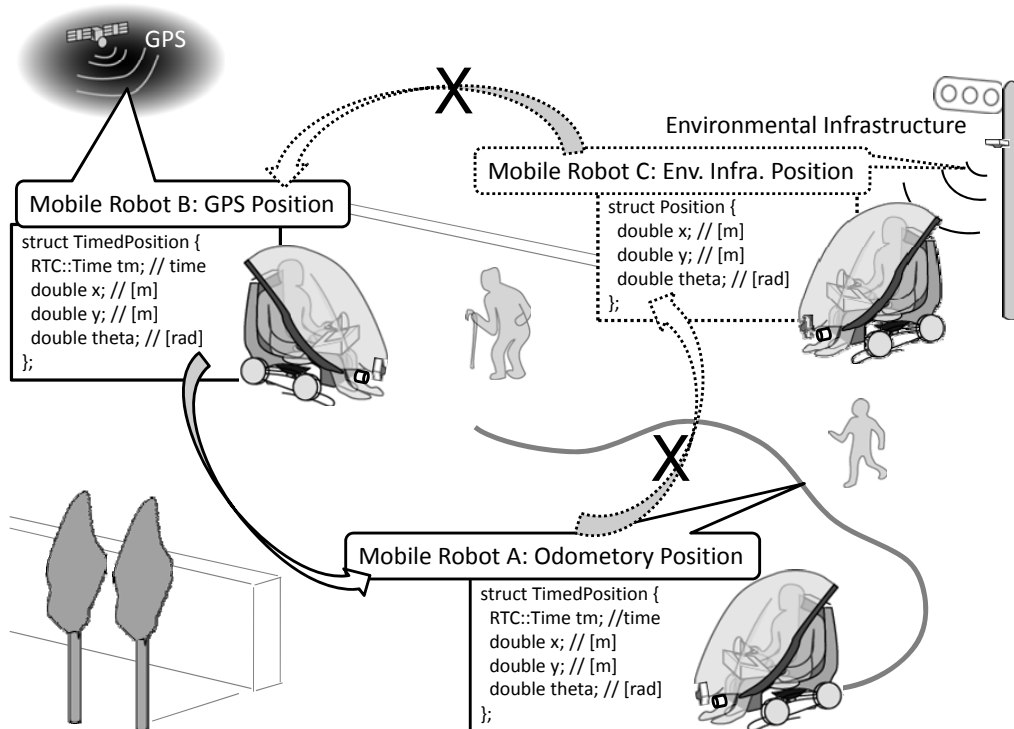


Fig. 88 位置情報の交換例

(2) インターフェースの共通化: 第 1 フェーズ

第 1 フェーズでは、検討の中心課題を、暫定的にでも共通 IF を早期に設定し、実際の RTC として実装して相互に交換可能であるか検証し、利点や問題点を抽出することを目標とした。そのため共通化項目を限定したシンプルな構成により共同実証実験を行った。

① 共通モジュール構成

移動ロボットの知能モジュール群の IF 共通化を実現するためには、まず移動ロボットの機能モジュール群の構成を定義する必要がある。各研究機関では、既に独自に規定した IF を基に移動知能ロボット用 RTC を開発していたため、そのモジュール構成について共通点の確認を行った。その結果、導き出された移動知能ロボットの共通モジュール構成を Fig. 89 に示す。移動知能ロボットの基本機能を経路計画、軌道追従、走行系、オドメトリで構成した。共通化した各機能モジュールは、入出力 IF については統一されるが、機能実現のためのアルゴリズムや処理は規定しない。

この共通モジュール構成を示すことで、各モジュール間の IF に必要な情報を明確化することが可能となった。

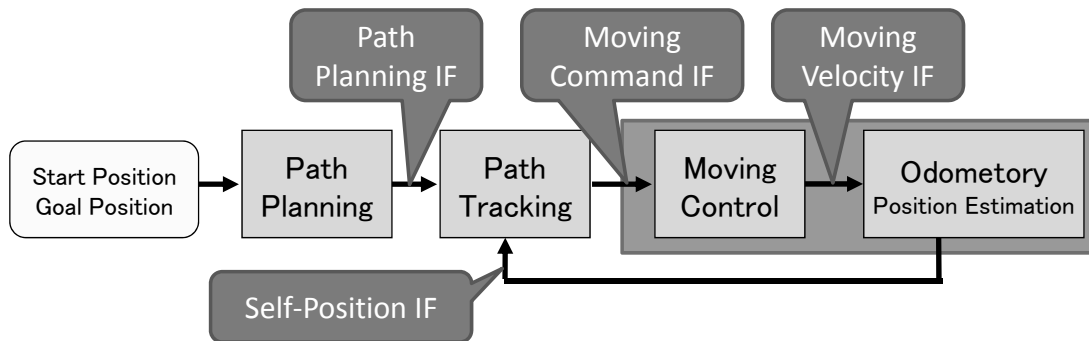


Fig. 89 移動知能ロボット共通モジュール構成

② 第1フェーズ共通インターフェース

第1フェーズでは、まず走行指令 IF (Fig. 89中、Moving Command IF) を共通化の対象とした。走行指令の物理量は、並進速度および回転速度とした。また、詳細な実証実験内容について次小節で述べるが、操縦により走行指令を出力し、移動知能ロボットを走行させるタスクを想定した。また、想定している移動知能ロボットの移動形態は、差動2輪移動および全方位移動とした。

第1フェーズの検討方針により、セグウェイコンソにおいて規定されていた走行指令 IF である RTC::TimedVelocity (Fig. 90参照) を共通の IF として採用した。RTC::TimedVelocity は、差動2輪移動ロボットへの適用を考慮して定義された IF であり、進行方向の速度 v [m/s] および回転速度の w [rad/s] により構成されている。この走行指令 IF では、並進速度指令が進行方向のみに限られているため、想定ロボットの移動方式のうち全方位移動の横方向の運動を実現することはできない。この点に関しては、第2フェーズにて検討することとし、早期に共通 IF にそろえた実証実験を行うことを優先した。

```

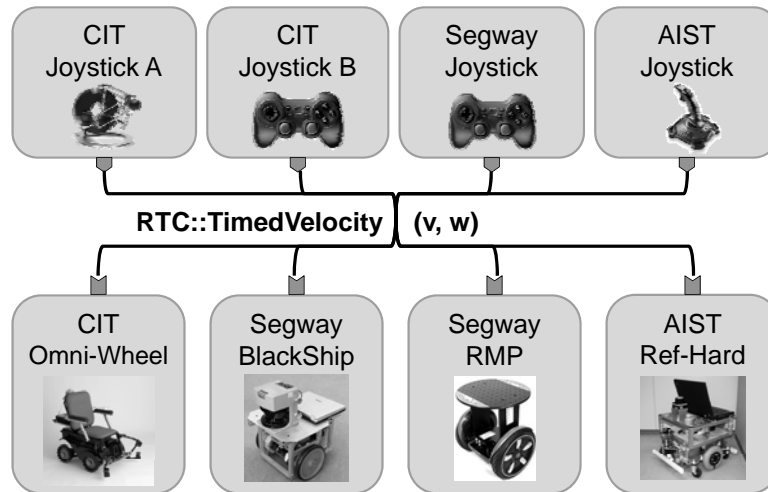
module RTC {
  struct TimedVelocity {
    Time tm;
    double v; // [m/s]
    double w; // [rad/s]
  };
};

```

Fig. 90 第1フェーズ走行指令インターフェース IDL

③ 共同実証実験

移動WGの各研究機関の操縦ジョイスティック及び移動知能ロボットの走行指令 IF を第1フェーズ共通形式にそろえて実装を行った。これにより、Fig. 91に示すように走行指令 RTC::TimedVelocity を出力する操縦ジョイスティックとそれを受けて走行する移動知能ロボットをどの組み合わせでも接続することが可能となる。



CIT: Chiba Institute of Technology, Segway: Segway Japan,
AIST: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Fig. 91 共通走行指令インターフェースによる接続形態

共通 IF をもつ RTC が実際に交換可能で再利用性があるかを示すため、各研究機関で実装された移動知能ロボットを用いて実証実験を行った。ここでは、Fig. 91に示すような複数のロボットと操縦ジョイスティックの組み合わせから、Fig. 92に示すような Ref-Hard および Omni-Wheel の 2 台の移動知能ロボットを 1 つの操縦ジョイスティックで同時に操作する共同実証実験を行った。

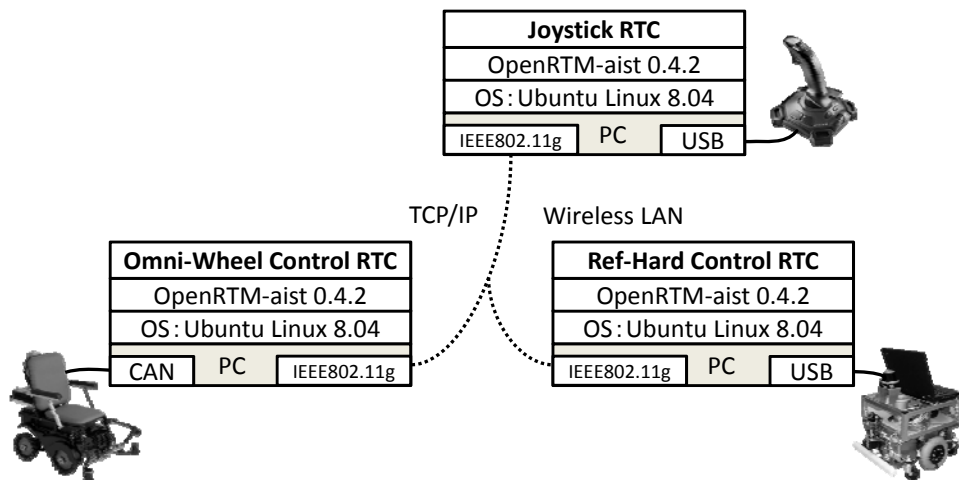


Fig. 92 実験システム構成

本実験では、Fig. 92で示すように 2 台の移動ロボットや操縦ジョイスティックは、それぞれ異なる PC により制御される。これらの制御ソフトウェアは、RTC として実装されている。RTM では、それぞれの RTC が実行される PC が TCP/IP でネットワーク接続されていれば、ネットワーク接続に関するプログラムやどの RTC と接続するかを規定するプログラムを実装すること無しに、異なる PC 上で実行される RTC を接続することが可能となる。そこで、本実験では、移動ロボットや操縦ジョイスティックを制御する PC をワイヤレス LAN により接続し、上記の RTM の機能を用いて RTC 間の情報伝達を実現している。RTM では、通常、先ほども述べたように RTC の内部に特定の RTC と接続するための処理は実装しない。その代わりに、RTC の入出力の IF を規定し、

入力 IF からの情報の受入処理や出力 IF へ情報を出力するといった処理を実装する。そこで RTC 間の接続を実現するツール (RT System Editor) が RTM の一部機能として提供されている。この RTC 接続ツールを用いることで, GUI で RTC 間接続を視覚的に確認しながら操作可能である。RTM ではこのようなフレームワークを提供しているため, IF を共通化することで Fig. 91 に示したような移動ロボットと操縦ジョイスティックの様々な接続形態を簡便に実現可能である。

Fig. 92 の構成で行った実証実験の様子を Fig. 93 に示す。実験の結果, 1 つの操縦ジョイスティックから出力される走行指令に基づき 2 台のロボットが同期して走行している様子が確認できた。

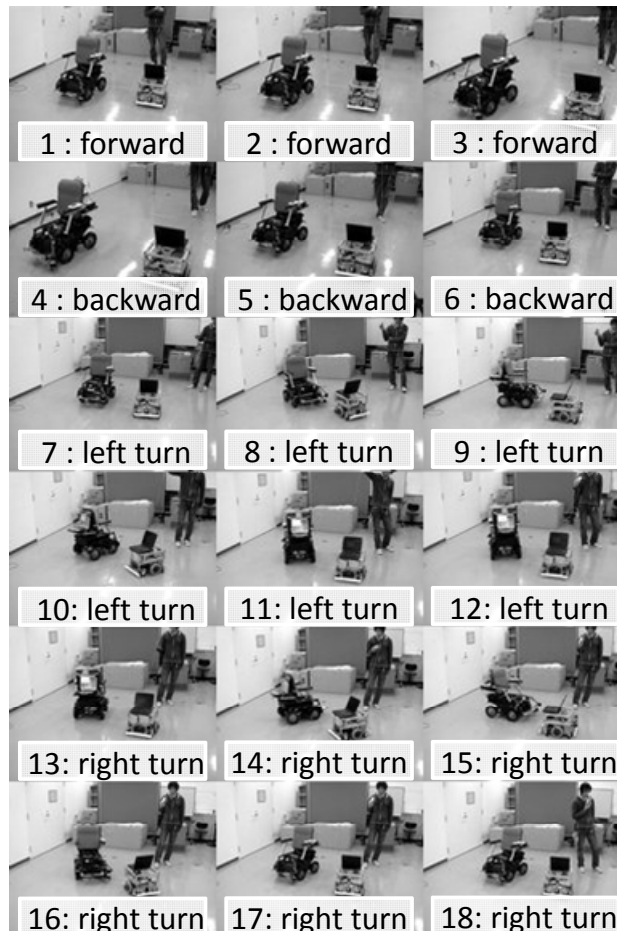


Fig. 93 単一操縦ジョイスティックの操縦による同期動作

④ まとめ

第 1 フェーズでは, まず, 共通 IF を採用することの利点確認を主目的として, 移動ロボットの共通モジュール構成を策定し, 走行指令 IF という非常に限られた範囲での共通化を行った。策定された共通 IF に基づき, 各研究機関においてロボット制御用 RTC を実装し, 共同実証実験を行った。実験の結果, 共通 IF を採用する操縦ジョイスティックや移動ロボットの走行制御部が相互に交換可能であり, 再利用できることを確認した。走行指令 IF という非常に限られた共通化にも関わらず, 複数の研究機関で共通 IF を採用することで, 交換可能な RTC の組み合わせは拡大し, その効果を増大させることも確認できた。

(3) インターフェースの共通化: 第 2 フェーズ

第1フェーズでの結果を受け、第2フェーズでは、第1フェーズにて共通化した走行指令 IF の表現形式の見直しと共通 IF の策定範囲の拡大を目標とした。また、RTC のインターフェース共通化の利点として挙げた RTC の再利用性・交換性・情報共有性の向上を確認するために、新たに策定した共通 IF を実装したロボット群により共同実証実験を行った。

① 第2フェーズ共通インターフェース

見直しの結果、策定された第2フェーズ走行指令 IF と第2フェーズで追加した共通 IF である位置姿勢 IF を表現する IDL を Fig. 94 に示す。Fig. 95 は、策定された共通 IF の座標系を示している。第1フェーズの共通走行指令 IF では、全方位移動ロボットのすべての動作を実現することができない。そこで第2フェーズ共通走行指令 IF の表現型 `IIS::TimedVelocity` では、並進動作の速度指令値として x 軸速度 v_x [m/s]、y 軸速度 v_y [m/s] にわけて設定することで全方位への走行指令を可能とした。回転速度 w [rad/s] は第1フェーズと同様である。また、ロボットの位置情報に関する標準規格 (OMG Robotic Localization Service, RLS) [6] において、規定されている時間 tm 、識別子 id 、エラー $error$ を加えた。識別子やエラーは、OMG RLS においても様々な表現を許容しているため、アプリケーションによって自由に設定して良いこととし、柔軟な表現を可能とするため `long` や `double` の `sequence` 型 (可変長配列型) とした。なお、次に述べる共同実証実験では、識別子 id は移動ロボットの固体を判別するために利用した。一方、エラー $error$ については実験条件上不要であったため利用していない。走行指令 IF の変更に加えて、位置姿勢 IF (Fig. 90 中、Self-Position IF) を共通化した。第1フェーズでの実証実験では、1つの操縦ジョイスティックから出力される走行指令により複数の移動ロボットの同期動作を実現した。しかし、ロボットの状態をフィードバックしないため、車輪のスリップなどの影響で時間経過と共にロボット位置、姿勢が同期しなくなってくる。そこで、第2フェーズでは、移動ロボットの自己位置、姿勢の表現型を `IIS::TimedPosition` として共通化した。`IIS::TimedPosition` では、x 軸位置 x [m]、y 軸位置 y [m]、方位角度 $theta$ [rad] によりロボットの位置、姿勢を表現する。また、走行指令 IF と同様に時間 tm 、識別子 id 、エラー $error$ を加えて OMG RLS への準拠を考慮している。なお座標の原点は、現時点において、タスク依存として特定していない。

```

module IIS {
    struct TimedVelocity {
        RTC::Time tm;
        sequence<long> id;
        double vx;    //[m/s]
        double vy;    //[m/s]
        double w;     //[rad/s]
        sequence<double> error;
    };

    struct TimedPosition {
        RTC::Time tm;
        sequence<long> id;
        double x;     //[m]
        double y;     //[m]
        double theta; //[rad]
        sequence<double> error;
    };
};

```

Fig. 94 第2フェーズ共通 IF の IDL

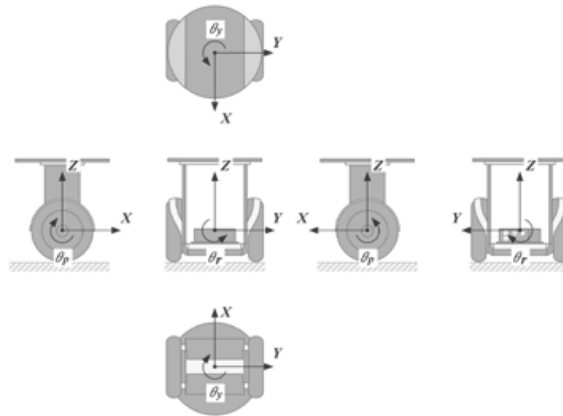


Fig. 95 第2フェーズ共通IFの座標系

② 共同実証実験

第2フェーズでは、情報共有性・交換可能性についての確認を行うため3種類の共同実験を行った。まず実験Aとして3台の移動ロボットを用いた前方ロボットへの縦列追従実験を行った。さらに実験B1として4台のロボットを用いた追従対象ロボットの動的変更実験の実施した。最後に実験B2として実験B1のロボット構成は変えず、RTCの接続をさらに変更し、単一走行指令に対する4台の移動ロボットによる同期動作実験を行った。これらの共同実験では、詳細については各実験で述べるが、IFのみを共通化し、各研究機関で開発されているロボット制御用ソフトウェアであるRTCやその構成については、各機関独自に開発を行っている。本実験においても、フェーズ1の実験と同様、各ロボットを制御するPCは無線LANにより接続されRTMのフレームワークを用いてRTC間通信やRTCの接続構成の変更が可能である。

<実験A: 前方ロボットへの縦列追従>

本実験では、RTC間の情報交換可能性を示すため、Fig. 96に示すように、前方のロボット自己位置を後方ロボットの目標位置として設定し、前方ロボットに後方ロボットが追従する実験内容とした。前方ロボット自己位置と後方ロボット目標位置を、それぞれ共通化されたIIS::TimedPosition形式で実装したため、前方ロボットが出力する位置姿勢情報をそのまま変更することなく、後方ロボットへの目標位置として入力することが可能となる。本実験では、自己位置及び目標位置のIFは共通化するが、前方ロボットから出力される自己位置、すなわち後方ロボットの目標位置に追従する方法については特に規定せず、各研究機関が独自に実装を行った。産総研における追従方式では、前方ロボットの走行位置を一定時間間隔で抽出し、その抽出位置軌跡に対して追従する。一方、セグウェイ及び千葉工大では、一定時間前の前方ロボット位置へ追従するという比較的簡単な方法で実装を行った。

Fig. 96に示すように、Ref-Hardを先頭に、Segway RMP, Omni-Wheelの追従順で6[m]x7[m]の範囲で実験を行った。実験の様子をFig. 97示す。Fig. 97より分かるように、先頭のRef-Hardが円を描く様に移動する後をSegway RMPが追従し、そのSegway RMPにOmni-Wheelが追従可能であることが確認できた。

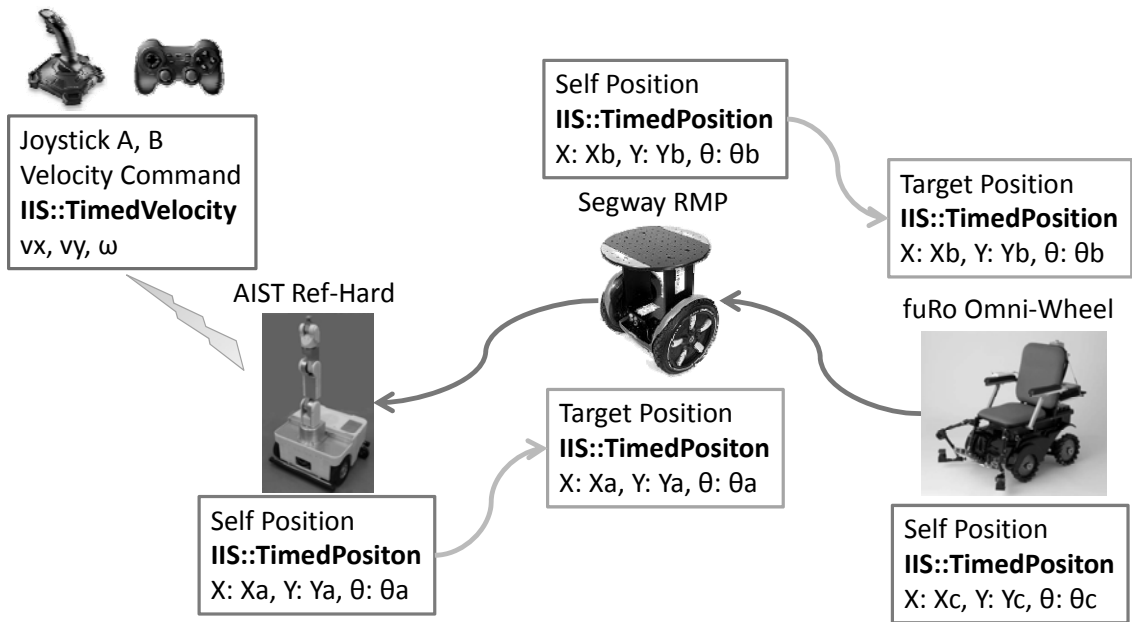


Fig. 96 縦列追従実験の構成

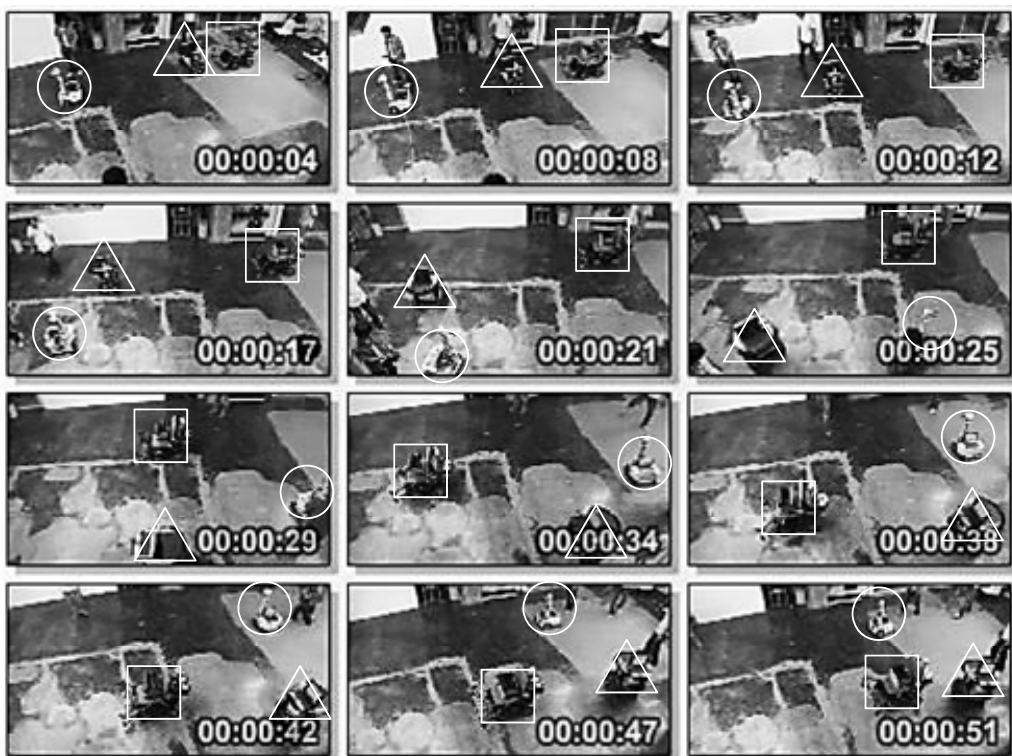


Fig. 97 縦列追従実験の様子

丸は Ref-Hard, 三角形は Segway RMP, 四角形は Omni-Wheel を示している
右下数字は経過時間

<実験 B1: 追従対象ロボットの動的変更>

本実験では, 実験 A1 と同様に前方ロボットへの追従動作を行うが, さらに, システムを止め

ることなく動的に、追従対象のロボットの変更を行う。これにより、共通 IF による各ロボット間の情報共有性や情報交換性向上を確認する。そのため 4 台のロボットを操縦されるロボットと、それに追従するロボットの 2 組に分け実験を行う。この 2 台の組で操縦されるロボットの自己位置を目標位置として後方ロボットが追従する動作を実現する。以上の動作を実現する RTC の接続構成を Fig. 98 に示す。この図において、長方形が各 RTC を表しており、RTC に付属する入出力 IF の接続関係が線で示されている。RTM では、このような RTC の接続関係をシステムを停止することなく動的に変更可能な GUI ツールである RT System Editor (RTSE) が提供されている。Fig. 98 は、RTSE のキャプチャ画面を用いて作成されている。RTC 間で接続可能な IF は、IF 形式が同様のものに限られている。そのため複数機関のロボット群で連携した動作を実現させるためには、各研究機関において開発されるロボット用 RTC に共通 IF を採用し、相互に接続可能とする必要がある。以上のように、RTM フレームワークで提供されている機能と先で述べた共通 IF を用いることで、操縦されるロボットおよび追従ロボットは、実験開始時に、Fig. 98 中の実線(a)で示された RTC 接続構成により位置姿勢情報を交換可能である。さらに、実験では、実線(a)の組で追従走行を行った後、追従する対象ロボットを点線(b)で示した構成に変更し走行を続行させる。(a)から(b)へ構成を切り替える際には、まず、RTSE を用いて実線(a)の接続を削除する。これにより目標位置情報が伝達されなくなり、後方ロボットは最後に受信した目標位置と一定の距離を保って停止する。この状態で点線(b)の構成で RTC を接続すると、新たな追従対象ロボットの位置情報が受信可能となりその位置情報をもとに、後方ロボットは再び追従動作を開始する。

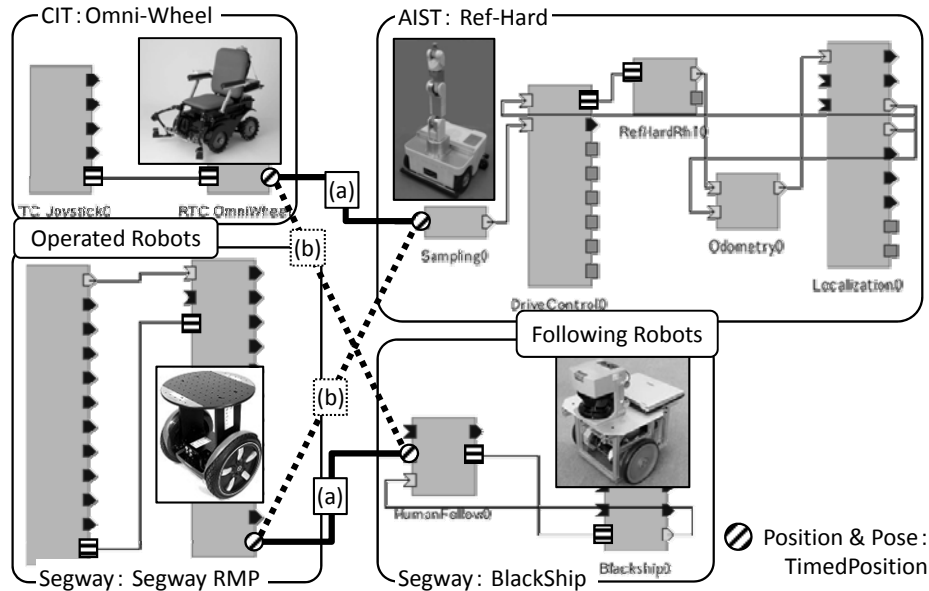


Fig. 98 追従対象ロボットの動的変更実験における RT コンポーネント接続構成

実験 B1 の結果として Fig. 99 に Ref-Hard において前方操縦ロボットの位置情報から算出された計画経路 (図中黒色線) とオドメトリにより算出された実際の走行軌跡 (図中灰色線) を示す。Fig. 99 中では、矢印がロボットの走行方向と順序を示している。1 回目の追従切替え(1)で、Fig. 98 中(a)から (b) に RTC 接続線を変更し追従対象のロボットを変更している。そのため切替え前の

まだ走行していない経路計画が黒色線で示されている。切替えの後は、Fig. 99中矢印2の方へ計画経路が設定されその経路通り走行しているため計画経路と走行経路が重なっていることが分かる。同様に追従切替え(2)においてFig. 98中(b)から(a)へRTC接続を再度行っている。以上のように、追従対象のロボットを動的に切り替えているにも関わらず、適切に追従対象ロボットの位置情報を取得し追従可能であることがわかる。

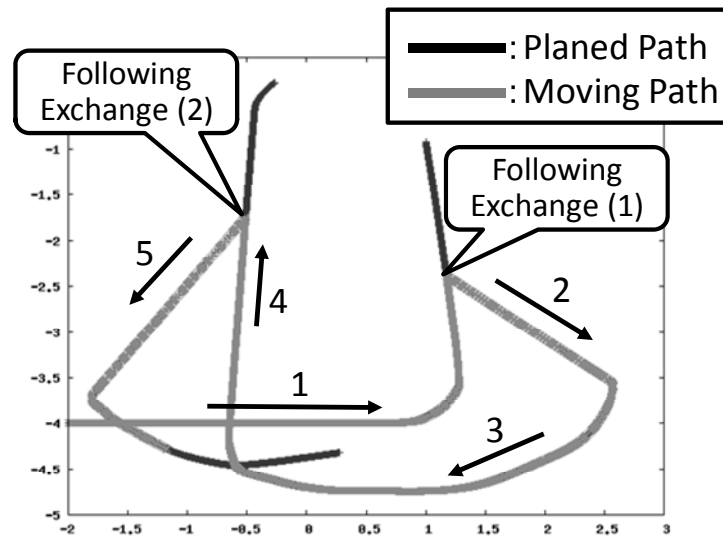


Fig. 99 Ref-Hard の追従計画経路と走行軌跡

また、同様の構成で行った実験 B1の様子としてFig. 100を示す。このFig. 100では、右下に経過時間が記載されている。Ref-Hardを例に説明すると、初期設定での接続(a)では、Omni-Wheelに追従しているが、経過時間48秒と2分21秒の間で、RTSEを用いて接続構成をFig. 98で示す接続(b)に変更している。この接続変更作業により、追従対象ロボットがOmni-WheelからSegway RMPに変更され、その後の図から分かるようにSegway RMPに追従できていることが示されている。



Fig. 100 追従ロボット動的変更実験の様子

丸は Ref-Hard, 三角形は Segway RMP, 四角形は Omni-Wheel を示している, 右下数字は経過時間

<実験 B2: 単一走行指令に対する 4 台ロボット同期動作>

本実験では, 第 1 フェーズにて 2 台のロボットを用いて行った実験を 4 台のロボットを用いて行った. また, 共通化された走行指令 IF も第 2 フェーズにて策定された IIS::TimedVelocity を用いている. 本実験では, 上記の実験内容を実験 B1 で行ったロボット構成そのままにシステムを停止することなく, RTC の接続を動的に変更することで実現する. 実験 B2 における RTC 構成を Fig. 101 に示す. Fig. 101 中の実線(c)で示されるように, 単一の操縦ジョイスティック RTC により, 移動ロボット 4 台を同時に操作する.

実験の様子を Fig. 102 に示す. 右下の数字は, Fig. 100 で示した実験 B1 の続きからの経過時間を示している. Fig. 100 の 2 分 54 秒で実験 B1 の動作が終了した段階で, RTSE により Fig. 101 の RTC 接続構成に変更し, 再び Fig. 102 に示す 6 分 37 秒より実験 B2 が開始されている. この間に RTSE を用いて, 位置姿勢情報を授受していた RTC 間接続を削除したため, 各移動ロボットの走行制御 RTC には走行指令が伝達されずロボット群は停止している. しかし, システムそのものは稼働しており, 走行指令が発せられれば, ロボットはいつでも動作可能な状態である. そこで, Fig. 101 の (c) の構成で操縦ジョイスティック RTC と各ロボットの走行制御 RTC を接続し, ジョイスティック操作により走行指令を発すると, 各ロボットは直ちに動作する. この結果, Fig. 102 に示されて

いるように、フェーズ1の実験と同様に4台の移動ロボットが単一の走行指令に従って同期して動作可能であることが確認できた。

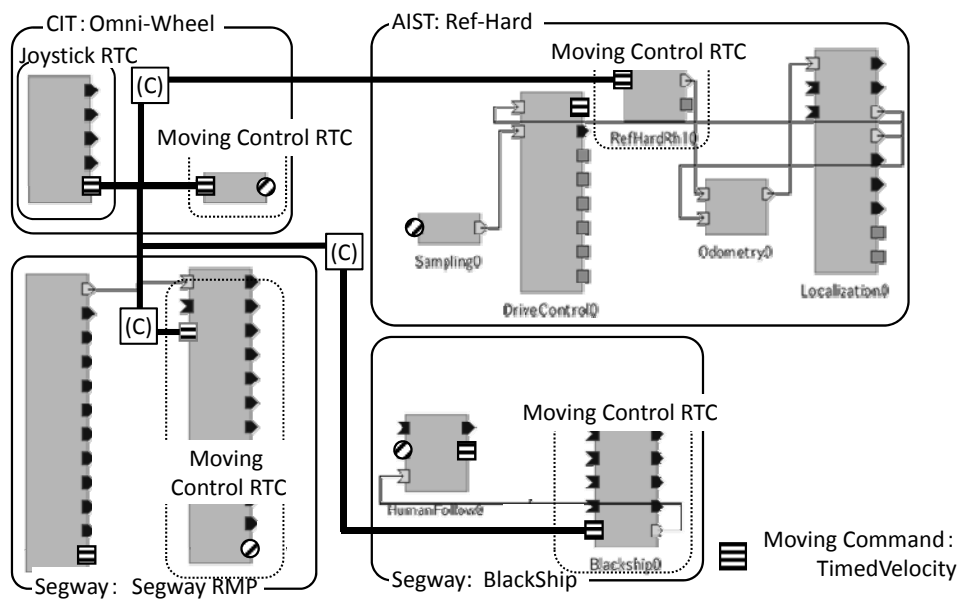


Fig. 101 単一走行指令に対する4台ロボット追従実験 RT コンポーネント接続構成



Fig. 102 単一走行指令に同期して動作する4台のロボット (右下数字は経過時間)

③ まとめ

第2フェーズでは、共通IFとして位置姿勢IFを追加した。これら策定された共通IFを採用することの利点について確認を行うため、移動WGを構成する3研究機関による共同実験を行った。共同実験では、ロボット間のIFを共通化することで情報共有が容易に実現でき、異なる研究機関のロボット群にも関わらず、またそのため共通IF以外は、異なる実装にもかかわらず、追従動

作の実現を確認した。また、RTM のフレームワークと共通 IF を採用することで、システムが稼働中にもかかわらず、動的に RTC の接続関係を変更可能であり、ロボット群システムのような複雑なシステムにおいても RTC の交換性を確保できることが示された。これらの結果は、RTC のインターフェース共通化が、情報共有化およびロボットソフトウェア部品の再利用・交換に有効であることを示している。

(4) インターフェースの共通化:第3フェーズ共通インターフェース

①共通モジュール構成

第3フェーズでは、経路計画部の IF についても共通化を検討するため、第1フェーズにて定義した共通モジュール構成を詳細化し定義した。定義した共通モジュール構成をFig. 103に示す。

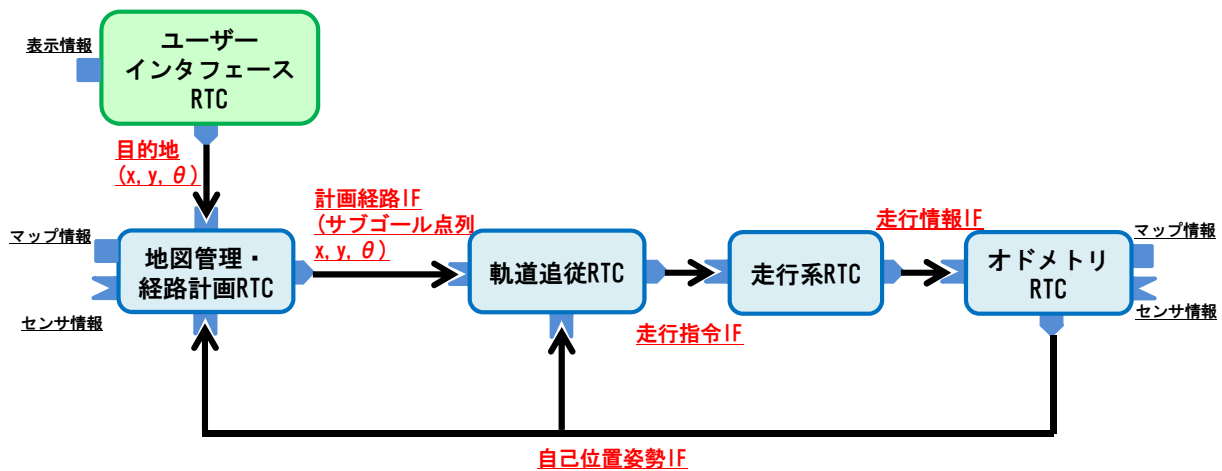


Fig. 103 第3フェーズ共通モジュール構成

② 第3フェーズ共通インターフェース

第3フェーズにて共通化された IF を表現する IDL をFig. 104に示す。第3フェーズでは、経路計画部の IF についても共通化を行った。また、すでに共通化された IF についても、OpenRTM-aist1.0 で導入された標準型に準拠するために全面的に改定を行った。そのため各変数の物理量単位についても OpenRTM-aist の標準型に準拠している。そのため本報告では、これらの定義については省略する。

ロボット中心の座標系については、第2フェーズと同様であるが、今回新たに経路計画部の IF を定義するに当たり地図座標系をFig. 105のように定義した。地図座標系では、原点、X軸方向ともに任意の位置、方向に指定可能な右手系を想定している。また、各要素の単位は、位置[m]、速度[m/s]、角度[radian]、角速度[radian/s]を想定しており、radian の範囲は $0 \sim 2\pi$ で正規化されていると仮定している。更に、可能であれば平面直角座標系を推奨している。以下、各共通 IF についての詳細について述べていく。

```

/* version 1.0 */
#ifndef IIS_IDL
#define IIS_IDL
#include "BasicDataType.idl"
#include "ExtendedDataTypes.idl"

module IIS {
    structTimedPose2D {                //推定位置 IF
        RTC::Time tm;
        sequence<long> id;
        RTC::Pose2D data;
        sequence<double> error;
    };

    structTimedPath2DSeq {            //計画経路 IF
        RTC::Time tm;
        sequence<long> id;
        sequence<RTC::Pose2D> pose;
        sequence<RTC::Velocity2D>velocity;    //進行方向
        sequence<double> error;
    };

    structTimedVelocity2D {           //走行指令・走行情報 IF
        RTC::Time tm;
        sequence<long> id;
        RTC::Velocity2D data;
        sequence<double> error;
    };

    structTimedPose2DSeq {            //目的地 IF
        RTC::Time tm;
        sequence<long> id;
        sequence<RTC::Pose2D> data;
        sequence<double> error;
    };
};
#endif /* IIS_IDL */

```

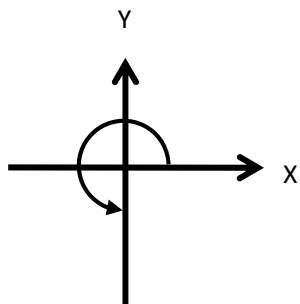
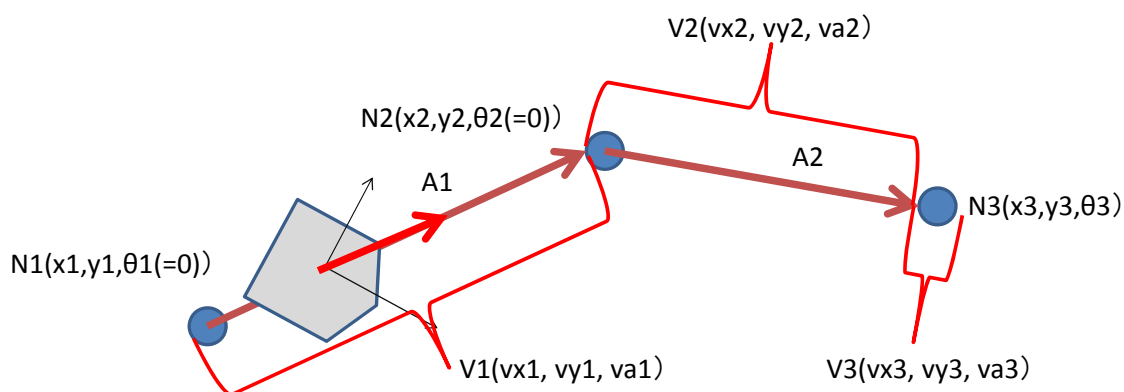


Fig. 105 地図座標系

<計画経路インターフェース>

共通モジュール構成 (Fig. 103参照) における地図管理モジュールから軌道追従モジュールへ目標経路を伝達するためのインターフェースである。

目標経路は, TimedPath2DSeq 型を用いてウェイポイント列(x,y,θ)で表現されている。ただし, ウェイポイントの間隔および個数は任意である。ウェイポイント列の表現例をFig. 106に示す。



ノード位置 (x, y, θ): そこの位置、姿勢 値が入っていても無視される場合もある
速度(vx,vy,va) : 走行最大速度、無視してもいい。ロボット座標系。

Fig. 106 ウェイポイント列の表現例

対象ロボットをバックさせる場合には, vx が負数, vy がゼロの指定となる。また, ウェイポイントの角度指定については, 最後のポイント以外は無視しても良い。更に, ウェイポイントの各パラメータは必ず守らなければならないものではなく, ロボットの構造や走行制御系によっては θ や vy, va 等は無視する場合もある。

新しいウェイポイントを受信した場合, 既に受け取っている旧ウェイポイント情報は破棄し, 新たに受け取ったウェイポイント列を採用する。ただし, ウェイポイント切り替え処理時にロボットを停止させるかどうかについては実装依存である。また, ウェイポイント列のデータ長がゼロである場合は, その場で停止する事を意味しており, 旧ウェイポイント情報は破棄する。

ウェイポイント列の1番目のデータは, スタート地点を表現する。このため, 本インターフェースを用いて伝達するデータには少なくとも2つのウェイポイント情報が必要となる。

ウェイポイント列 1 番目のデータで表現しているスタート点と自己位置にズレが存在する場合の修正動作については未定義である。

計画のための経路地図のフォーマットやプランニングについては、使用するシナリオに依存するので、実装依存となる。

本仕様自体は最低限のナビゲーションのための経路情報の仕様であり、充電や制御しながらの移動等、動作に特殊な制御が入るような場合は、専用のモジュールに制御を移す。

<走行指令, 走行情報インターフェース>

走行指令インターフェースは、共通モジュール構成 (Fig. 103参照) における軌道追従モジュールから走行系モジュールへ走行指令情報を伝達するためのインターフェースである。また、走行情報インターフェースは、走行系モジュールからオドメトリ(位置推定)モジュールへ現状の走行情報を伝達するためのインターフェースである。

走行指令, 走行情報ともに `TimedVelocity2D` 型を用いており、ロボット中心座標系における速度 (V_x, V_y, V_a) を設定する。

走行情報インターフェースでは、時間が重要な意味を持つので、`RTC::Time tm` の情報を付加することを推奨する。また、10ms 程度以下の周期で出力することも推奨する。

<確率的自己位置姿勢インターフェース>

共通モジュール構成 (Fig. 103参照) におけるオドメトリ(位置推定)モジュールから軌道追従モジュールと地図管理・経路計画モジュールに自己位置姿勢を伝達するためのインターフェースである。

`TimedPose2D` 型を用いて、地図座標系における位置と姿勢 (x, y, θ) を設定する。

<目的地インターフェース>

共通モジュール構成 (Fig. 103参照) における UI モジュールから地図管理・経路計画モジュールに目的地情報を伝達するためのインターフェースである。

`TimedPose2DSeq` 型を用いて、地図座標系における位置と姿勢 (x, y, θ) を伝達する。型定義としては `sequence` 型であるため、複数のデータを設定可能であるが、1 番目のデータのみが有効であり、その他のデータについては無視する。

新しい目的地位置姿勢を受信した場合、過去に受け取った旧目的地位置姿勢情報は破棄し、新しい目的地位置姿勢情報を採用する。

受け取った目的地位置姿勢情報のデータ長がゼロだった場合は、目的地情報のクリアを意味しており、旧目的地位置姿勢情報は破棄する。目的地情報がクリアされた場合の経路計画モジュールの動作については実装依存であるが、その場で停止することを推奨する。

<走行状態インターフェース>

共通モジュール構成 (Fig. 103参照) における移動モジュールから地図管理・経路計画モジュールへロボットの走行状態を伝達するためのインターフェースである。

`TimedPose2D` 型を用いて、ウェイポイント番号と走行状態(走行中または、停止中)を伝達する。本インターフェースは、与えられたウェイポイント列の中から、ウェイポイントを通過する度

に、通過したウェイポイント番号を送信する。また、停止した場合には、フラグを立てるとともに、最後に通過したウェイポイントの情報を送信する。

(5) おわりに

本稿では、RTMによりロボット機能のモジュール化、部品化は容易に実現可能であるが、これらソフトウェアモジュールの再利用、交換、またモジュール間の情報共有を実現するためには、RTC インターフェースの共通化が重要であることを説明した。そこで、複数の研究機関により構成される移動WGにおいて、移動知能ロボットを対象としてロボット機能構成やインターフェースの共通化を行った。共通化したIFを実際に各研究機関のロボットに実装し、共通化の利点を確認するため共同実験を行った。実験の結果、共通化の利点であるRTCの再利用、交換、RTC間、ひいてはロボット間の情報共有が容易に実現可能であることを確認した。

参 考 文 献

- [1] Kotoku, Robot Middleware and its Standardization in OMG - Report on OMG Technical Meetings in St. Louis and Boston -, Proceedings of SICE-ICCAS2006, pp.2028-2031, (2006)
- [2] Robotic Technology Component (RTC), <http://www.omg.org/spec/RTC/>
- [3] Ando, Suehiro, Kitagaki, Kotoku, and Yoon, RT-middleware: distributed component middleware for RT (robot technology), Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on robots and intelligent systems, pp. 3555–3560, (2005)
- [4] Ando, Suehiro, Kitagaki and Kotoku, RT(Robot Technology)-Component and its Standardization - Towards Component Based Networked Robot Systems Development -, Proc. of SICE-ICCAS2006, pp.2633-2638, (2006)
- [5] Okano, Yasukawa, Overview of Intelligent RT Software Project, Proc. of the 27th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, RSJ2009AC1D1-01, (2009) , in Japanese
- [6] Nishino, Standard for Robotic Localization, Workshop Proc. of SIMPAR 2008 Intl. Conf. on SIMULATION, MODELING and PROGRAMMING for AUTONOMOUS ROBOTS, pp. 604-615, (2008)

3.4.4.3.3 RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群

(1) 目的

NEDO 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト[1]において、RT ミドルウェア (OpenRTM-aist) [2]を利用した知能モジュール群が、複数の参画機関により開発されている。これらの知能モジュールのフレームワークを提供する RT ミドルウェアは、PC や Ethernet といった資源の豊富なシステムレイヤによって実現されている。一方、知能ロボットを構築するためには、モータ制御等の組込システムレイヤのモジュール群も必要となる。そのためFig.107に示すように、これら異なるレイヤのモジュール群が RT コンポーネント規格のフレームワークでシームレスな連携を実現することで知能ロボットを簡便に構築することが可能となる。

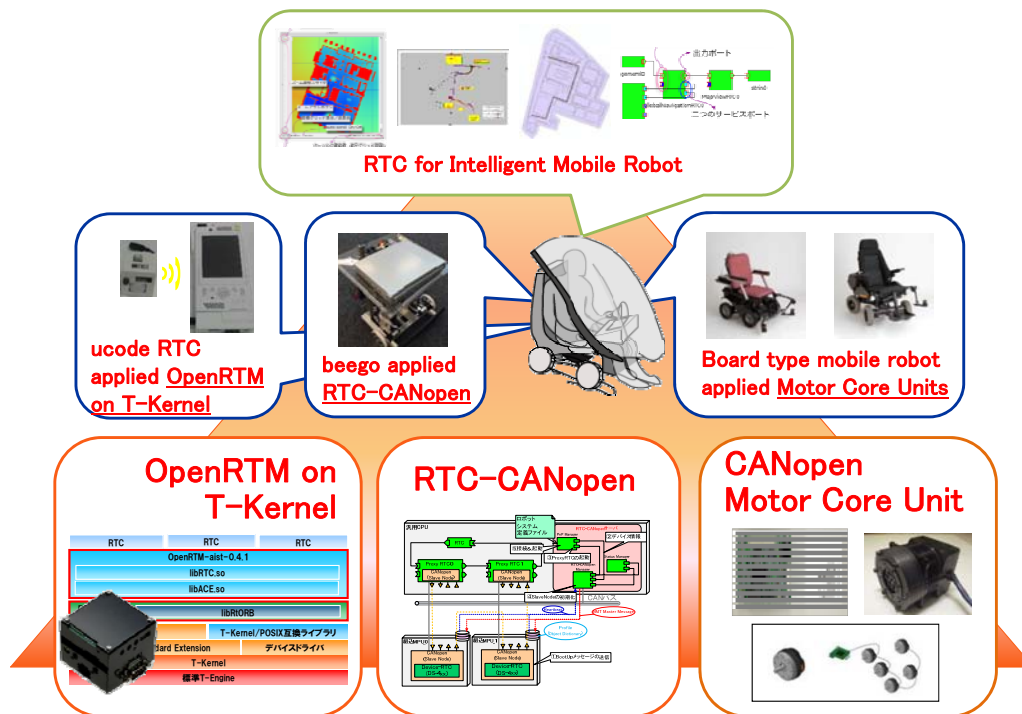


Fig.107 Intelligent mobile robots constructed by embedded RT-Middleware platforms

そこで芝浦工業大学を主幹として、千葉工業大学、NEC ソフト、ピューズによりコンソーシアム（芝浦工大コンソ）を構成し、RTC フレームワークにより PC レイヤと組込みレイヤのモジュールがシームレスに連携し知能ロボットを簡便に構築可能な組込みプラットフォーム群として下記の3項目を新たに開発した。

- RTC-CANopen[3]（芝浦工業大学）
産業用機器で機器間のネットワークとして広く採用されている CAN バス及び CAN バスなど Native バスを広くサポートする標準プロトコルである CANopen と RT ミドルウェアをシームレスに連携接続可能なフレームワーク。
- CANopen 対応デバイス・ツール群（千葉工業大学、ピューズ）
モータ駆動に必要なセンサ、モータドライバ、モータ、ギアをワンパッケージにしたモータモジュール。CAN バスを装備し、CANopen に対応するモータコアユニット。多機能組込みマイコン用オープンソースファームウェア f-palette-CANopen。汎用の CAN バスモニターソフト FCAN-View。
- OpenRTM on T-Kernel（NEC ソフト）

組込 OS として広く普及している TRON 準拠 OS である T-Kernel 上で稼働する、OpenRTM-aist 互換 RT ミドルウェア

本プロジェクトでは、これらのフレームワーク、デバイス、ツール群を開発するに当たり下記の 3 点を開発の基本方針とした。

- ・ 既存の国際標準規格である RTC や CANopen に準拠
- ・ 既存ソフトウェア資産である OpenRTM-aist や T-Kernel との互換性を重視
- ・ 開発したソフトウェアをオープンソースで公開

これらの方針を採用することで、開発された RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群の再利用性、持続性また接続性を確保することを狙っている。本稿ではこれらの RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群について順次説明していく。

(2) RTC-CANopen (芝浦工業大学)

以下では、RTC-CANopen の開発目的、動作仕様、特徴、適用例や標準化作業について説明する。

① 開発目的

ロボット開発では、モータ駆動やセンサ情報の取得等に用いられる I/O デバイスが必要である。RT ミドルウェア専用に I/O デバイスを開発するアプローチ[4]もあるが、このアプローチで開発されるデバイスは RT ミドルウェアに最適化される一方、多くのデバイスラインナップをそろえるために多くの開発コストがかかる。また、既存の I/O デバイスを RT ミドルウェアに対応させるためには、個別対応が必要となる。

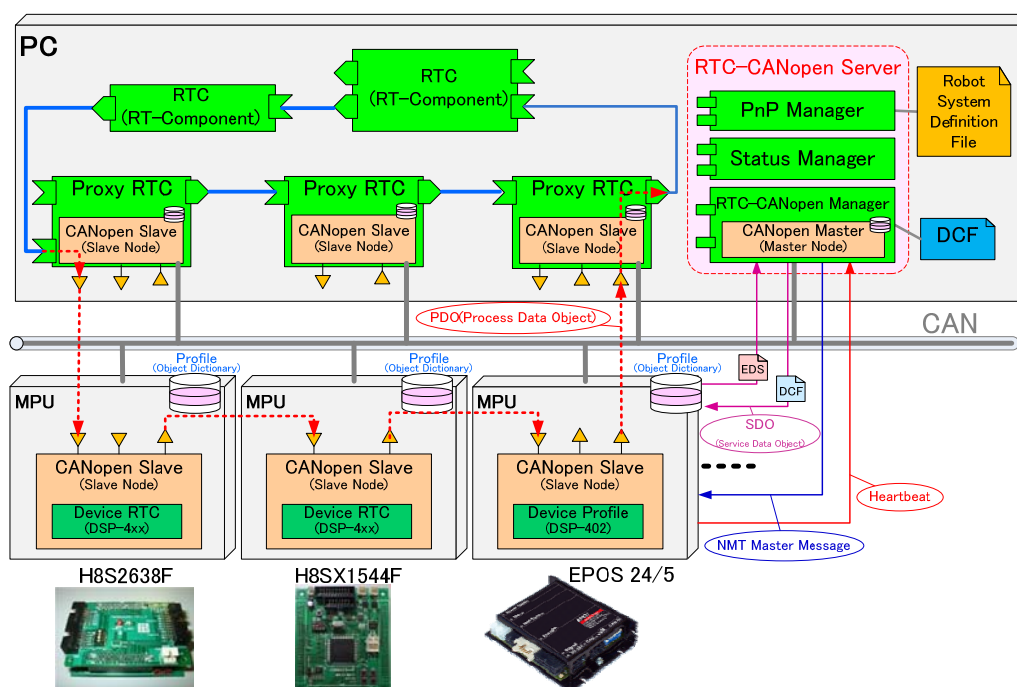


Fig.108 System configuration of RTC-CANopen

一方、組込 I/O デバイスの通信プロトコルやデバイスプロファイルを規定している仕様が CiA

により CANopen[3]として標準化されている。この CANopen は、現在、CAN バス¹で動作する組込 I/O デバイスに適用され広く普及している。そのため市場において様々な機能を実現した CANopen 対応デバイスを手入手可能である。

そこで CANopen 対応デバイスと RT ミドルウェアフレームワークで構築された RT コンポーネントをシームレスに連携可能な RTC-CANopen の開発を進めた (Fig.108参照)。これにより、豊富な選択肢を提供する CANopen 対応デバイスを用いて簡便に RT コンポーネントと連携可能なロボットシステムを構築可能である。また、新規開発の I/O デバイスも CANopen に対応させることで、既存デバイスが混在したロボットシステムでも同じフレームワークで構築可能となり開発効率の向上が図れる。

② 動作仕様

CANopen とは、CAN(Controller Area Network)をはじめとする様々なネイティブバスをサポートするネットワークプロトコルである。そして、CANopen は、1995 年に欧州で CiA (CAN in Automation)により規格の標準化が行われ、鉄道車両や医療機器など様々な装置の内部制御に利用されており、実用的な安全バスシステムであると言える。

CANopen のデバイスモデルは、大きく分けて CAN メッセージのタイミングを含めた送受信を行う通信オブジェクトと、通信部とアプリケーション部の橋渡しをするデータの参照テーブルの Object Dictionary(OD)、各デバイスのアルゴリズムを実装したアプリケーションの 3 つに分割される。OD では、デバイスの取得したセンサ情報や通信に利用する ID、送受信するメッセージの情報の記述が行われている。また、OD に格納するデータは、CiA により規定されており、プロファイルという形で情報公開が行われている。CANopen のプロファイルでは、Communication Profile と呼ばれる通信に関する規格書(DS-3xx)、Device Profile や Application Profile と呼ばれるデバイスの機能やアプリケーション全体の制御に関する規格書(DS-4xx)の 2 種類がある。通信オブジェクトでは、PDO(Process Data Object)と SDO(Service Data Object)の 2 つがある。PDO はセンサのアナログデータやデジタルデータなど連続的なデータを CAN バスへ送信する通信に利用する。また、SDO は、上位のアプリケーションが各 CANopen デバイスの持つ OD へ設定を書き込む際の離散的なデータに利用する通信である。

RTC-CANopen は、OpenRTM-aist をプラットフォームとして、組み込み系プロセッサを制御する RT Component である。実用的なものとするためオートメーション用安全バスシステムの 1 つである CANopen を取り入れたシステムとなっている。

RTC-CANopen では利用実績の高い CANopen と RT ミドルウェアを利用することで実用性の向上を図っている。

RTC-CANopen において、システムを構成するソフトウェアは、組み込み MPU 上で動作する DeviceRTC、DeviceRTC を OpenRTM フレームワーク上で管理・操作するための ProxyRTC、システム全体を管理するアプリケーションの 3 つ(以降、RTC-CANopen サーバ)である。RTC-CANopen サーバ、および ProxyRTC は汎用 PC 上で動作し、DeviceRTC は組込 MPU 上で動作する (Fig. 109 参照)。

¹ CANopen の適用は CAN バスに限らず、リアルタイムイーサネット規格の EtherCAT でも標準の通信プロトコル・デバイスプロファイルとして採用されている。

<ポートのマッピング>

OMG-RTC では外部モジュールとの通信, 相互作用を行うための要素として Port が定義されている。また, Port を利用した通信方式については, OMG-RTC において以下の3つのパターンが定義されている。

- Periodic Sampled Data Processing : 一定周期で連続してデータ送受信を実行するパターン
- Stimulus Response Processing : 外部イベントに応じてデータ送受信を実行するパターン
- Modes of Operation : データ送信を含む動作モードの切り替えを行うパターン。単独で利用するのではなく, 他のパターンと併せて利用する。

これらの定義済みパターンの中で, Periodic Sampled Data Processing については, CANopen 仕様中の PDO 通信と同等な機能と考えられる。そこで, RTC-CANopen では PDO 通信を実行する要素(Transmit PDO, Receive PDO)を RT-Component の Port にマッピングする。また, ProxyRTC は対応する DeviceRTC の状態を監視するために, ハートビートコンシューマの機能を有する。ProxyRTC と DeviceRTC 及び PDO とポートのマッピングをFig. 109に示す。

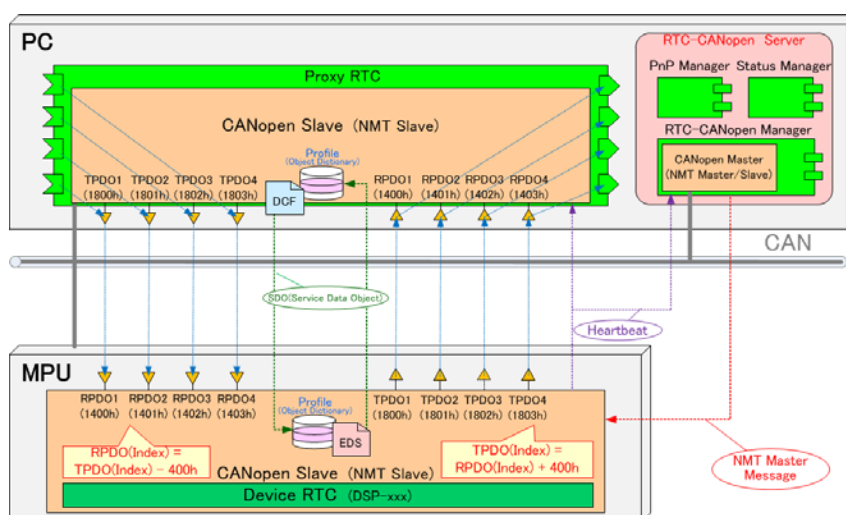


Fig. 109 DeviceRTC and ProxyRTC

<ステートのマッピング>

RTC-CANopen では, OMG-RTC で定義されているステートマシンを基に, RT-Component の各状態を NMT ステートマシンの各状態にTable. 3に示すようにマッピング行う。OMG-RTC の仕様では, Error 状態からの復帰についてはリセット処理が成功した場合のみ Error 状態から抜けるため, NMT 状態の Stopped, Reset Application, Reset Communication は全て RT-Component の Error 状態にマッピングした。ただし, NMT 状態の Reset Application, Reset Communication に関しては, 電源投入直後に RT-Component が生成された状態とも対応するため, Created 状態にもマッピングを行った。マッピング結果を OMG-RTC で定義されているステートマシンに埋め込んだ結果をFig. 110に示す。また, マッピング結果を基に, NMT ステートマシンを書き換えると, Fig. 111に示すようなモデルとなる。

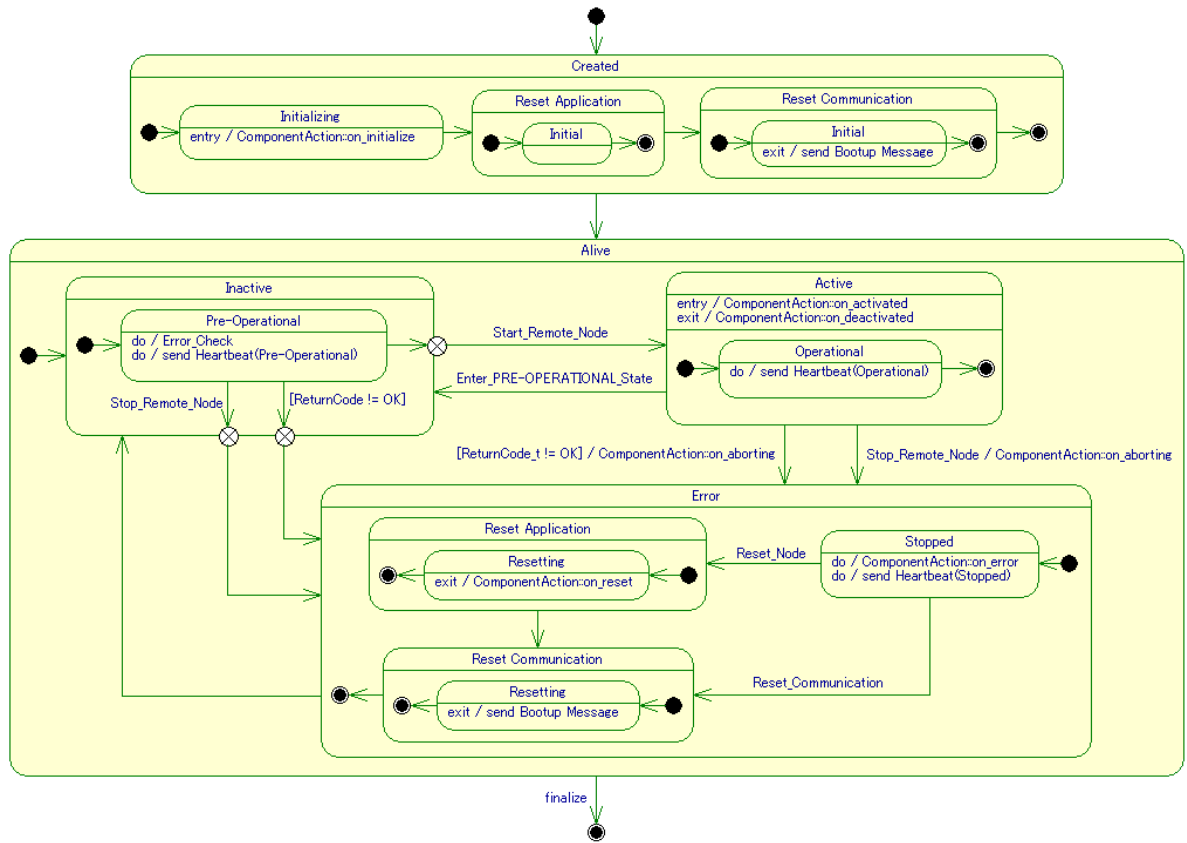


Fig. 110 Merged RTC and NMT state machine

Table. 3 State mapping

RTC 状態	NMT 状態
Created	Initializing Reset Application Reset Communication
Inactive	Pre-Operational
Active	Operational
Error	Stopped Reset Application Reset Communication

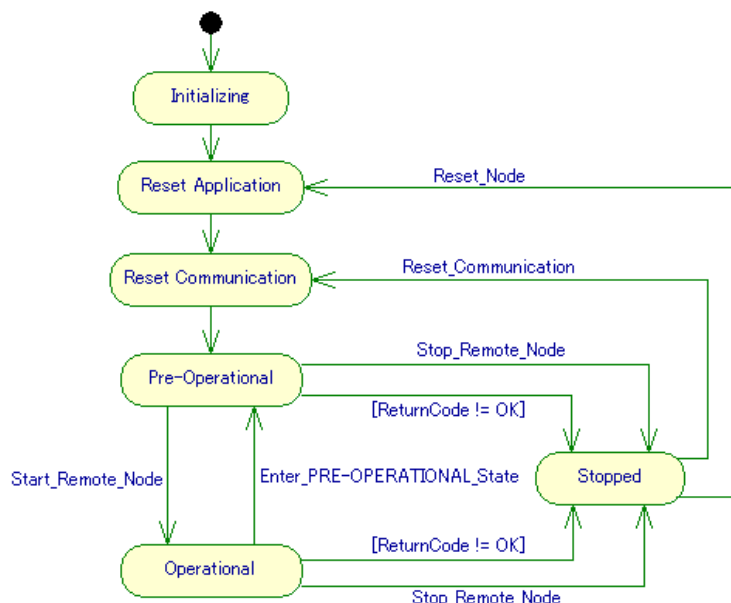


Fig. 111 NMT state machine

<データタイプのマッピング>

MG-RTC と CANopen ではデータ型の定義が異なっている。そのため、データ型間のマッピングをTable. 4に示すように定義する。また、プロファイルに OMG-RTC の設定情報の記述方法についても定義している。

Table. 4 Data type mapping

RTC	CANopen	Data width(bit)	Encoding(Hex)
Boolean	BOOLEAN	1	01
Octet	UNSIGNED8	8	05
Character	VISIBLE_CHAR	8	A0
Short	INTEGER16	16	03
UnsignedShort	UNSIGNED16	16	06
Float	REAL32	32	08
Long	INTEGER32	32	04
UnsignedLong	UNSIGNED32	32	07
Double	REAL64	64	11
Unsigned LongLong	UNSIGNED64	64	1B
Integer	INTEGER8 ※1	8	02
	INTEGER16 ※1	16	03
	INTEGER32 ※1	32	04
String	VISIBLE_STRING	—	09
WideCharacter	UNICODE_STRING	—	0B
WideString	UNICODE_STRING	—	0B

※1) Integer 型については、使用するデバイス(マイコン)の bit 数と合わせて CANopen 側の型を選択する形とする。

③ 特徴

RTC-CANopen の特徴を挙げると下記のようなになる。

【軽量性】 RT ミドルウェア対応組込向けフレームワークとして CANopen に対応する組込 MPU

でも動作する軽量仕様

【ロバスト性】 全体を監視する仕組みを配置することによりシステムのロバスト性を向上

【リアルタイム性】 CAN の特徴を活かし、高速で信頼性の高いコンポーネント間通信を実現

【柔軟性】 コンポーネントの PnP 機能など、システムの構成を柔軟に変更可能なシステム

【再利用性向上】 CANopen を使用することによってデバイスの再利用性が向上

【簡便性】 CANopen 対応デバイスと RT ミドルウェアをシームレスに連携可能でありロボットシステムを簡便に構築可能

【マルチプラットフォーム】 Windows, Linux に対応(動作検証:Windows XP SP3, Windows7, Ubuntu 9.10,10.04LTS).

【オープンソース】 当初, 商用ライブラリにより実装されている機能をオープンソースライブラリで再実装し, オープンソースソフトウェア (OSS) としてリリースした.

④ 適用例

テクノクラフト社製 beego のモータドライバを CANopen に対応した Maxon 社製 EPOS モータドライバに換装し, RTC-CANopen を適用してロボットシステムを構築した (Fig. 112参照). 既存のハードウェアや RT コンポーネントが利用可能なことで, 周辺回路製作を含め, 芝浦工業大学学部生 3 名により 2 週間程度で構築が可能であった.

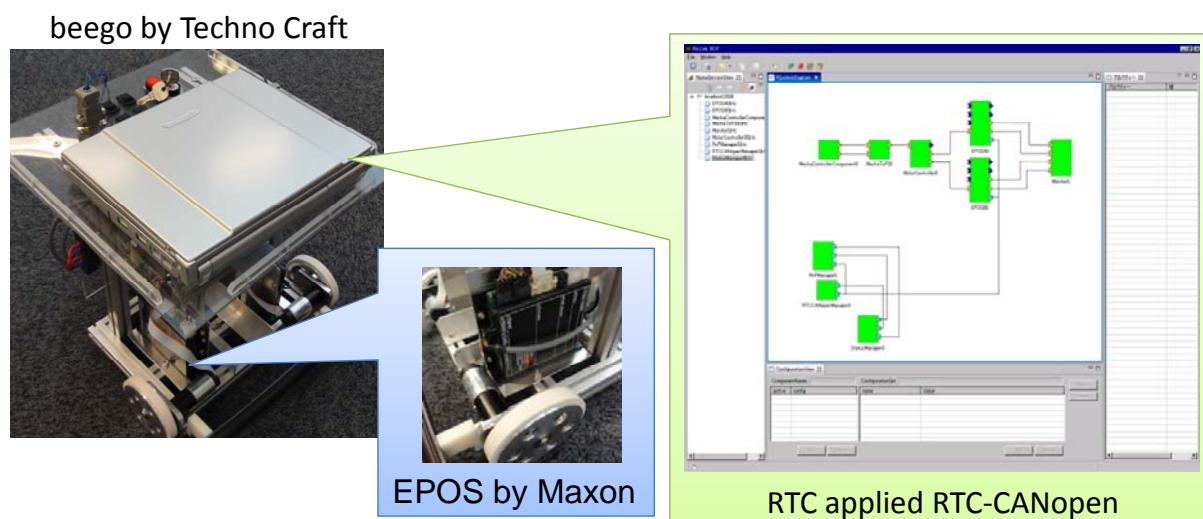


Fig. 112 Example of RTC-CANopen application: beego mobile robot

この, ロボットはその後小型リファレンスロボット (Beego 改) として,

- ・ 再利用センターへ智能モジュールの検証プラットフォームの一つとして提供

- ・ 知能モジュールを再利用統合して、室内運搬サービスデモの実施（再利用センターと共同）
- ・ 東京大学における ROS-RTM 連携実験
に使用された。

このほか、適用事例としては以下を挙げる。

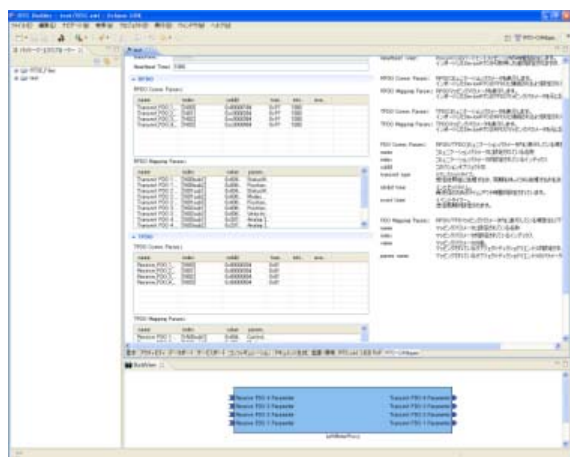
RTC-CANopen の提供

- セグウェイジャパン株式会社
- 京都大学
- 大阪大学
- 東京大学
- 名古屋工業大学
- 長岡技術科学大学

2010 年、2011 年つくばチャレンジ機体への適用

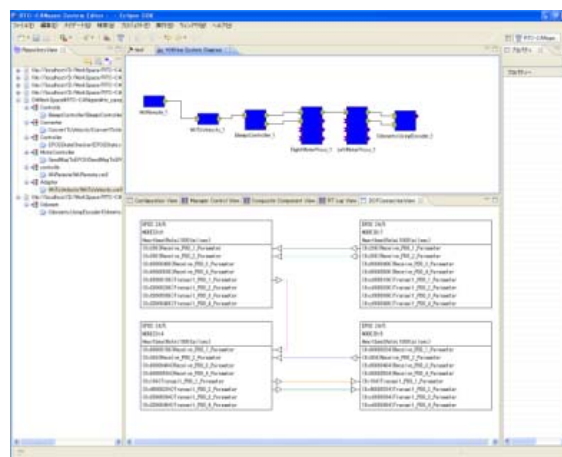
さらに、RTC-CANopen は、既存 CANopen 製品に対応可能だが、開発者が CANopen デバイスである DeviceRTC を開発することも可能にする。現在、ルネサスエレクトロニクス社製 H8SX、SH2 マイコンと、ARM 系マイコンを使用している THK 社製の SEED^[9](Smart End Effector Devices)に RTC-CANopen を適用し、その機能と動作を確認している。これら開発環境として、システムエディタの Eclipse プラグインである次の設定ツールを提供している。

- RTC-CANopen Builder
- RTC-CANopen System Editor



(A)

Fig. 113_(A) RTC-CANopen Builder



(B)

(B) RTC-CANopen System Editor

⑤ 国際標準化作業

CAN や CANopen の仕様を管理している CiA において RTC-CANopen を標準仕様として規格化するため、2008 年より活動を開始、2010 年に参加者を募集し、2011 年に Service Robot SIG (Special Interest Group) を発足（議長：水川真（芝浦工業大学））させ、作業を行った。その結果、上位と

下位のインターフェース規定として、規格作業原案（Working Draft）

CiA318: Implementation guideline - Mapping of RTC to CANopen

CiA460: Service robot Controller profile - NMT master application and CANopen device proxies

を策定し、審議を経て 2012 年 2 月上旬に DSP (Draft Standard Proposal) として、規格承認され CiA に公開した。

(3) CANopen 対応デバイス・ツール群（千葉工業大学・ピユーズ）

① 開発目的

ロボットシステムを構築しようとした場合、アクチュエータとしてのモータの駆動がほぼ必須となる。モータを駆動するシステムには、構成要素としてモータの他に減速機、角度センサ、モータ駆動用回路（モータドライバ）が必要となる。さらに多軸のモータ駆動制御を実現するためには、通信のためのネットワーク機能も必要となる。これらの機能を実現するためには通常、それぞれの構成要素を独自に組み合わせて、システムを設計、構築する必要がある。これではアクチュエータ部分の設計、構築に手間がかかり、簡便にロボットシステムを構築することが難しい。

そこで波動歯車減速機、減速機軸絶対角度エンコーダ、ブラシレス DC モータ、モータ軸エンコーダ、CAN バス通信機能付きモータドライバを一体化したモータコアユニットの開発を行った（Fig. 114参照）。これにより多モータロボットシステムを簡便に構築可能としている。減速機軸に絶対角度エンコーダを搭載しているため、初期位置出し動作が不要となる。さらに CAN バスの通信プロトコルを国際標準規格である CANopen に則り実装した。

簡便にロボットシステムを構築するためにはアクチュエータ機能だけではなく、各種センサ情報などを取得可能な IO 機能も必要となる。そこで、多機能・低価格なマイコンボード f-palette に CANopen フレームワークを実装した。実装したファームウェア f-palette-CANopen は、オープンソースで公開済みである。これにより、だれでも公開されているソースコードを元に、所望の IO 機能を実現可能となった。

以上のようにロボットシステムを簡便に構築可能にする CANopen 対応デバイスの開発を行ってきた。これらのデバイス群をより簡便に扱うために汎用 CAN バスモニターソフト FCAN-View を開発した。このソフトウェアもバイナリソフトだけではなく、ソースコードまで無償で入手可能なように公開されている。

本小節では、これらの CANopen 対応デバイス・ツール群について順次説明する。

② CANopen 対応モータコアユニット

これまで述べたコンセプトもと実装したモータコアユニット Ver1.1 を Fig. 115 に示す。新たに Fig. 116 示す小型モータドライバ FTMD 1 axis を開発することでモータコアユニットは名刺大のフットプリントを実現した。それぞれのハードウェア仕様を Table. 5, Table. 6 に示す。

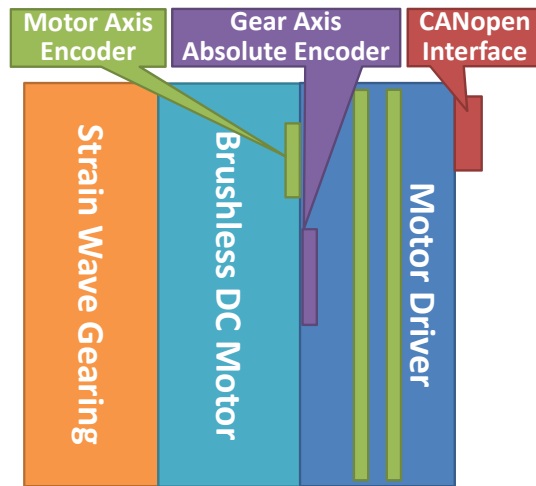


Fig. 114 Configuration of Motor Core Unit



Fig. 115 Motor Core Unit Ver. 1.1



Fig. 116 Motor driver: FTMD 1 axis

Table. 5 Specifications of Motor Core Unit Ver. 1.1

Size	ϕ 70[mm] x L 80 [mm]	
Weight	1132 [g]	
Torque	continuous	15 [Nm] (Target)
	peek	30 [Nm] (Target)
Velocity	60 [rpm] (@ 60V)	

Table. 6 Specifications of motor driver: FTMD 1 axis

Size	75[mm] x 55[mm] x 24[mm]	
Weight	97 [g] (include heatsink)	
Current	continuous	7[Arms]
	peek	10[Arms]
Voltage	control	5[V]
	motor	10~60 [V]
Command Mode	Torque, Velocity, Angle	
Network Interface	Bus	CAN 2.0B
	Protocol	CANopen

CANopen 対応機能としては、下記にあげるプロファイルを実装した。

- ・ コミュニケーションプロファイル
 - ・ 標準規格 DS301 準拠
 - ・ プロセスデータオブジェクト PDO (PDO マッピング)
 - ・ サービスデータオブジェクト SDO
 - ・ ブートアップ
 - ・ 同期 Sync
 - ・ Heart Beat
- ・ デバイスプロファイル
 - ・ I/O デバイスプロファイル (標準プロファイル DS401) 準拠
 - ・ モータ制御プロファイル
 - ・ 電流モード
 - ・ 速度モード
 - ・ 角度モード

③ CANopen 対応モータドライバ適用例：搭乗型移動ロボット FourX

モータコアユニットに内蔵されているモータドライバ FTMD 1 axis を用いて搭乗型移動ロボット FourX を構築した。システム構成を Fig. 117 に示す。FourX は 4 輪独立駆動のステアリング方式の搭乗型移動ロボットである。この各車輪のモータを FTMD 1 axis により駆動制御している。各 FTMD 1 axis は組込 PC と CAN バスで接続されており、これにより指令値や各種状態を取得することが可能である。

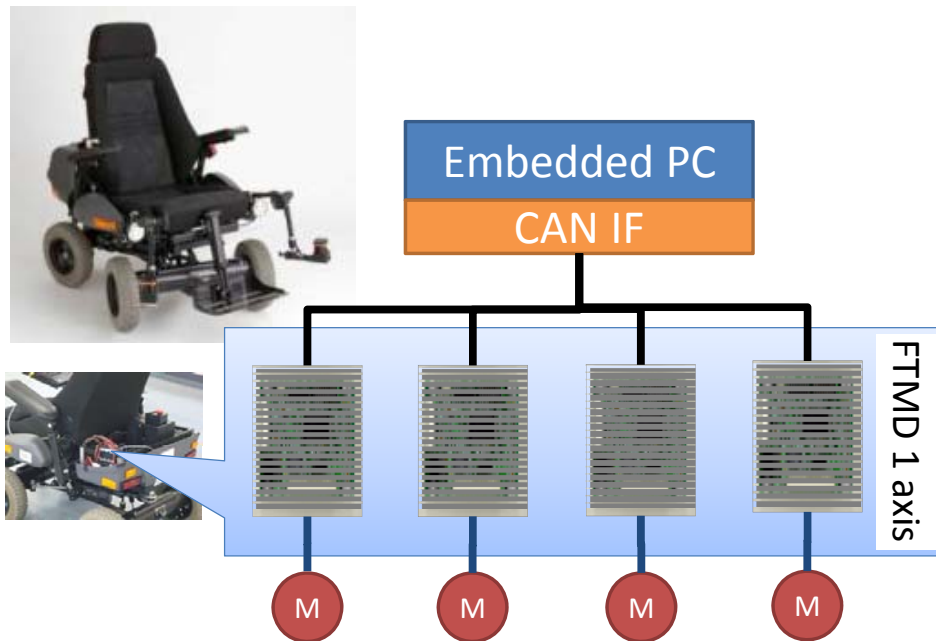


Fig. 117 System configuration of FourX

④ オープンソース多機能組込みマイコンボード用 CANopen ファームウェア:f-palette-CANopen

多機能組込みマイコンボードである f-palette (Fig. 118参照) [6]で動作する CANopen フレームワークファームウェアを実装した。実装したファームウェアは、Table. 7にあげるサイトにてオープンソースで入手することが可能である。また、詳細な利用マニュアルも公開されている。これにより、ロボット構築に必要な IO 機能を CANopen 対応デバイスとして誰でも、簡便に実装することが可能となった。CANopen 対応機能としては、下記にあげるプロファイルを実装した。

- ・ コミュニケーションプロファイル
 - ・ 標準規格 DS301 準拠
 - ・ プロセスデータオブジェクト PDO(PDO マッピングは、外部 GUI ツールにて可能)
 - ・ サービスデータオブジェクト SDO
 - ・ ブートアップ
- ・ デバイスプロファイル
 - ・ I/O デバイスプロファイル (標準プロファイル DS401) 準拠
 - ・ アナログインプット
 - ・ デジタルインプット
 - ・ デジタルアウトプット

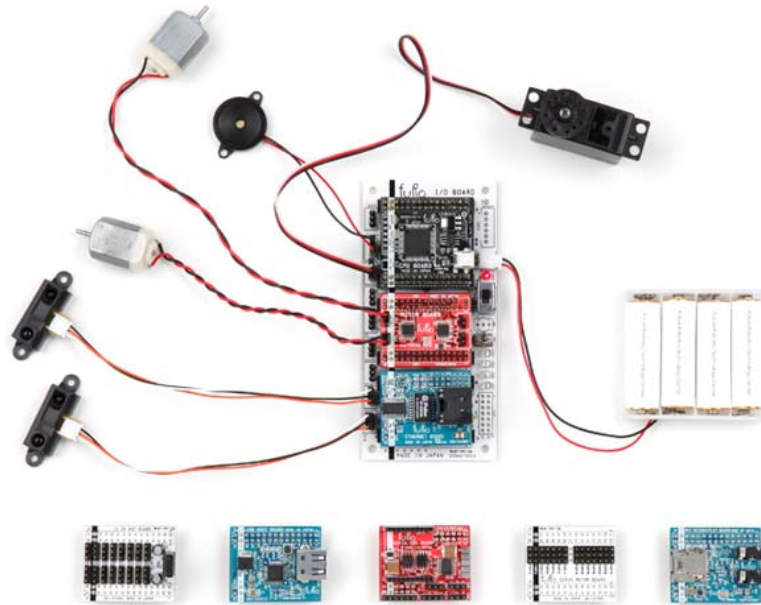


Photo: Fuminari Yoshitsugu

Fig. 118 多機能組込マイコンボード f-palette

Table. 7 f-palette-CANopen の公開サイトおよびオープンソースライセンス

公開サイト	http://code.google.com/p/f-palette-CANopen/
オープンソースライセンス	LGPL

⑤ オープンソース汎用 CAN バスモニターソフト FCAN-View

CANopen 対応デバイスの開発・実装を支援するために CANopen だけではなく汎用の CAN バス上に流れるデータを記録，グラフ化可能なツール FCAN-View を開発した．画面構成を Fig. 119 に示す．

本ツールも Table. 8 にあがるオープンソースライセンスの元，ソースコードを公開し，実行ファイルについても無償で入手可能である．開発に利用しているツール，ライブラリも無償入手可能なソフトウェアに限定しているため，だれでも簡単にソフトウェアの改変，再配布を可能としている．本ツールの機能を列挙すると下記のようなる．

- ・ 受信 CAN データ記録
- ・ CAN データ単発（周期）送信
- ・ シーケンス CAN データ送信
- ・ 受信 CAN データのグラフ化（保存受信データおよびリアルタイム受信データ対応）
- ・ 上記機能の設定保存，呼び出し

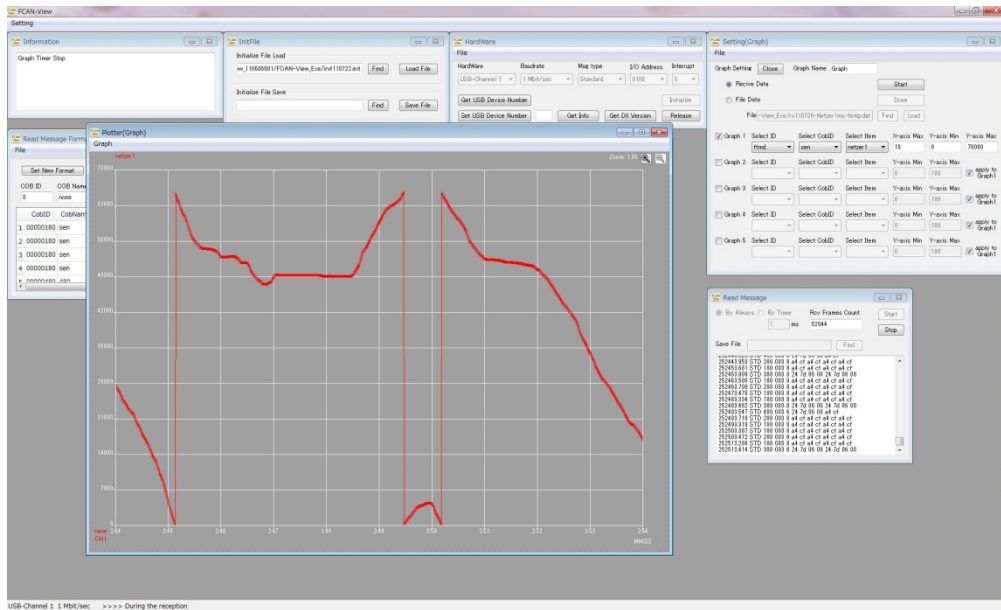


Fig. 119 FCAN-View のデータグラフ化, 設定画面

Table. 8 FCAN-View の公開サイトおよびオープンソースライセンス

公開サイト	http://code.google.com/p/FCAN-view/
オープンソースライセンス	Apache License 2.0

⑥ CANopen デバイス・ツール群統合実装例実装例

開発した CANopen 対応デバイス, ツール群の実装例として Fig. 120 にあげる構成でシステムを構築した。

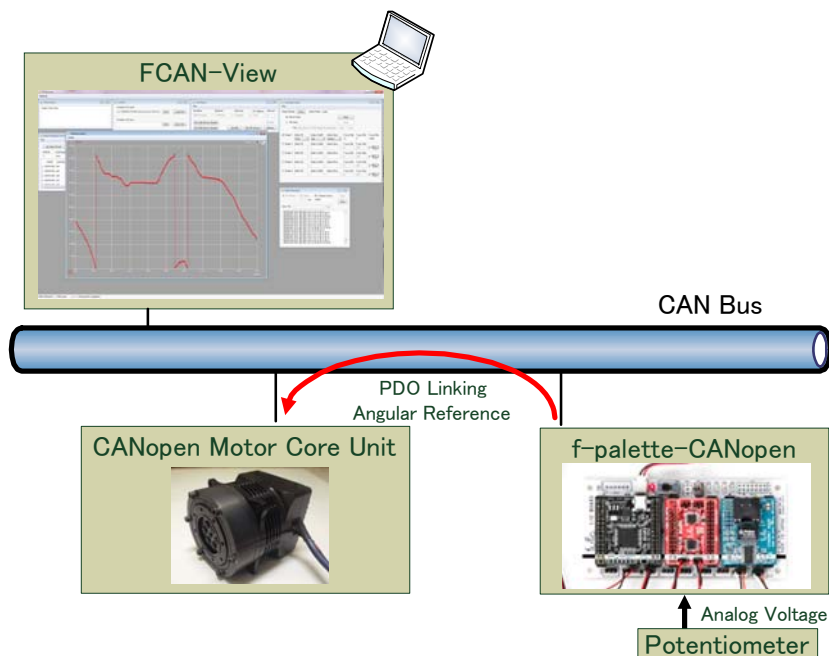


Fig. 120 CANopen デバイス・ツール群実装構成図

この実装例では, モータコアユニットに f-palette から角度指令を CANopen の機能である PDO リンキングを使って送信する. f-palette では, 可変抵抗が AD ポートにつながっており, この可変

抵抗の値を角度指令値として CANopen プロトコルに則り送信している。これら f-palette からの角度指令に基づいてモータコアユニットが動作する構成では、PC が介在することなく実現可能である。

このような PC レスの CANopen デバイス群の動作状況を CAN バスを介してモニター、ロギングするために PC ソフトウェアとして FCAN-View が動作している。

本実装例で示しているように国際標準規格の CANopen 対応デバイス群を採用することで、簡単にシステムが構築可能となる。また、FCAN-View を用いることで、これらの CANopen デバイス群の挙動を CAN バスに流れている情報をもとに把握することが容易となり、システム構築やメンテナンスを簡便化することが可能となった。

(4) OpenRTM on T-Kernel (NEC ソフト)

組込分野に RT ミドルウェア技術を導入するために、既に市場で普及している CANopen 対応機器と RT ミドルウェアを連携させる RTC-CANopen フレームワークは有効である。ただしこのアプローチでは、組込機器にフルスペックの RT ミドルウェア仕様を実現することは難しい。そこで組込分野で広く使用されている TRON 準拠の OS である T-Kernel が動作する組込機器において OpenRTM-aist と互換性をもった RT ミドルウェアとして OpenRTM on T-Kernel を開発した。

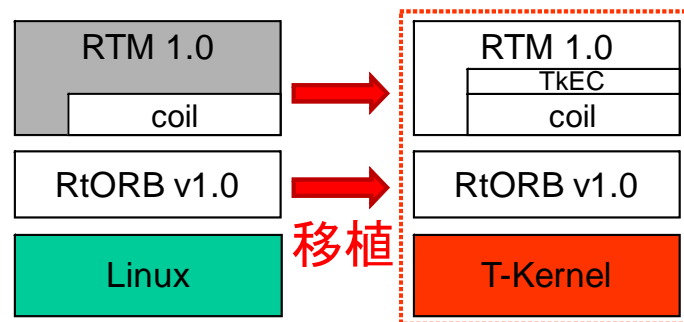


Fig. 121 RTM porting on T-Kernel

① 実装

OpenRTM-aist との互換性を重視するため、フルクラッチで実装するのではなくソースコードが公開されている OpenRTM-aist を T-Kernel で稼働するよう移植している。

初期実装バージョンにおいて、開発ターゲットであるパーソナルメディア製 Teacube (MIPS コア CPU) では RT ミドルウェアの動作でほとんどのリソースを消費してしまっていた。これは、OpenRTM-aist 0.4 で利用されているオープンソースミドルウェアである ACE や omniORB が多くのリソースを消費していることが原因であった。

そこで産総研にて開発されている軽量 CORBA である RtORB[7]を利用し、さらに T-Kernel 向け実行コンテキスト (EC) を追加しリアルタイム性を改善し実装した (Fig. 121参照)。成果はドキュメントを含めオープンソースとして公開済みである。

② 適用例1:測域センサ RTC

開発した ARM 版 OpenRTM on T-Kernel を利用し、OSS 測域センサ RTC (産総研 RTC : HokuyoAist) ARM コア CPU ボード上で動作するように実装した (Fig. 122参照)。開発、実装し

た測域センサ URG の RTC，ビューワ RTC の評価を実施し，サンプル事例として国際ロボット展に展示をおこなった。

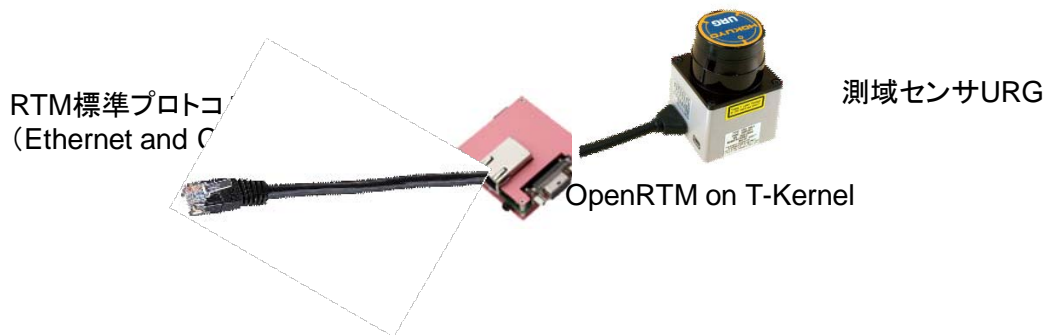


Fig. 122 Laser Range Finder RTC operated on OpenRTM on T-Kernel

③ 適用例2:環境自己位置同定 RTC

実装した OpenRTM on T-Kernel 上で動作する環境自己位置同定 RT コンポーネント群を開発した (Fig. 123参照)。個々のものや場所を識別するための ID 番号である ucode を発信する赤外線マーカを環境中に設置する。赤外線リーダ RT コンポーネントでは，この ucode を赤外線リーダを介して読み込むことができる。ucode 解決，コンテンツ解釈 RT コンポーネントにより，読み込まれた ucode から紐付けられた位置情報を取得することが可能となる。この様に動作している RT コンポーネント群は，OpenRTM-aist と互換性がとれているため，PC 上で動作している OpenRTM-aist の RT コンポーネントとシームレスに接続可能である。

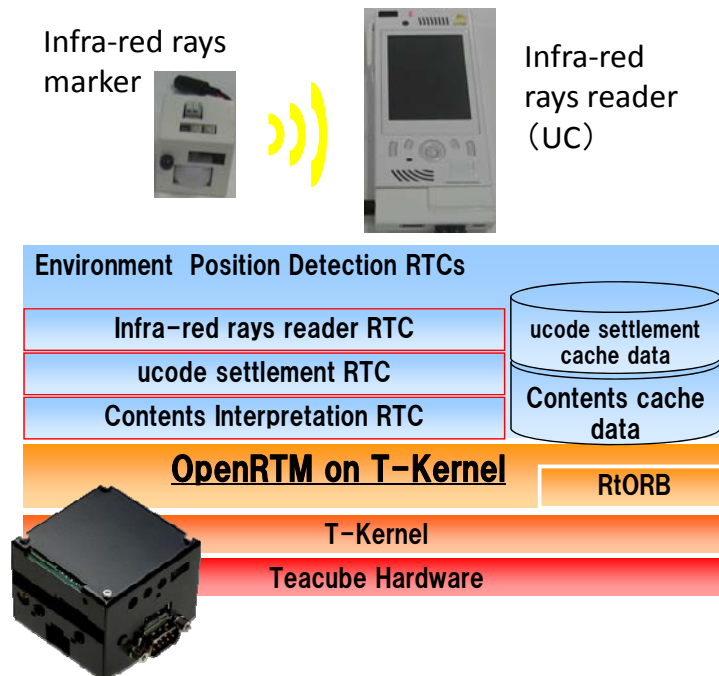


Fig. 123 ucode RTCs operated on OpenRTM on T-Kernel

(5) まとめ

本稿では、RT ミドルウェア技術を組込み分野に導入するためのプラットフォーム群として 1)RTC-CANOpen, 2)CANOpen 対応デバイス・ツール群, 3)OpenRTM on T-Kernel について説明した。本プラットフォーム群は、既に広く普及している規格に準拠して実装されているために、組込みレイヤのアプリケーションに容易に導入可能であることについて述べた。これにより PC レイヤの高度な知能モジュールと組込みレイヤのモジュールがシームレスに連携可能になり、ロボットシステムを簡便に構築できるプラットフォーム群を構成することができる。

参 考 文 献

- [1] 岡野克弥, 安川裕介: “次世代ロボット知能化技術開発プロジェクトの概要”, 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2009AC1D1-01, 2009.
- [2] 神徳徹雄, 水川真: ”ロボット用ミドルウェアの標準化活-OMG サンタクララ会議に向けて-”, 第 9 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, pp. 661-662, 2008.
- [3] 田中基雅, 安藤吉伸, 水川真: “CANOpen を用いた組込 RTC -RTC-CANOpen の開発-”, 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2009AC3D1-01, 2009.
- [4] 大和 秀彰, 清水 正晴, 奥村 悠, 戸田 健吾, 古田 貴之: ”ロボット用モータ制御モジュール FTMD の開発”, 日本ロボット学会誌, Vol. 27, No. 2, p.34, March, 2009.
- [5] ”CANOpen Web Site”, <http://www.CANOpen.org/>
- [6] “f-palette Web Site”, <http://www.f-palette.org/>
- [7] 原功, 安藤慶昭, 神徳徹雄, 末廣尚士: ”軽量 CORBA RtORB による OpenRTM の実装と評価”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'09, 2A2-D05, 2009.
- [8] ”T-Engine フォーラム”, <http://www.t-engine.org/>
- [9] 遠藤嘉将, 永塚正樹(THK(株)), 「SEED 次世代ロボット向けエンドエフェクタ構成要素-FA・ロボット・RT 住宅への適応例-」, 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 SI2010, 1E4-5, 2010/12
- [10] 水川 真, 石田 宏司, 座間 勇輔, 山口 健太, 田畑 伸頼, 坂本 武志, 中本 啓之, 松永 夏真, RTC-CANOpen の国際標準化活動報告, 第 12 回 公益社団法人 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(SI2011)講演論文集, 3P1-1(1-4), 2011.12.25

3.4.4.4 目標の達成度

Table. 9に基本計画に挙げられた研究開発項目毎の、基本計画の要求、目標、成果、主な開発モジュール群、および達成度を示す。さらに、Table. 10に特筆すべき研究開発項についての、研究項目、目標、成果、主な開発モジュール群、および達成度を示す。

Table. 9 研究開発項目毎の達成度

	基本計画の要求	目標	成果	主な開発モジュール群	達成度
(1) 操縦移動知能モジュール群の開発	①安定走行に関する知能モジュール群：基本的な移動機能群を備えている	再利用性を考慮した複数のプラットフォームロボット用の台車モジュールを開発し、これらを他の開発実施者（次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト内（以下、知能化PJ内））と協力し仕様の統一化を図る。	Omni-Wheel 台車モジュール、不整地走行用 Four-X 台車モジュール、SegwayRMP 台車モジュール、Blackship 台車モジュールの計4種類の台車モジュールをすべて共通 IF に準拠して開発した。	各種台車モジュール	目標を達成
	②障害物回避に関する知能モジュール群：外界との衝突を避けるための回避機能群を備えている	外界センサを利用した人を含む障害物の検知機能、衝突リスク見積もり機能、回避行動生成機能等、外界との衝突を避けるための回避機能群を開発を行う。	障害物検知及び回避行動の生成、衝突判定、移動障害物検知を行うモジュールの開発	障害物回避に関する知能モジュール群	目標を高いレベルで達成
	③操縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群：習熟が不要な新しい操作インターフェースに必要な機能群を備えている	①操作と自律移動とを切り替えるモジュールの開発を行う。 ②広範囲の利用者層に対して移動ロボットの使用を簡便にするため、操縦者が使用する携帯デバイスの使用を視野に入れて、操作インターフェースの開発を行う。	①遠隔操作指令と自律操作指令を切り替えるためのモジュール群を開発。 ②「GUIモジュール」として「複数台ロボットの操作インターフェースとシミュレータモジュール」を、「入力デバイスによる操作支援モジュール」として「Phone 通信モジュール」を開発。	<ul style="list-style-type: none"> 自律と操作の融合モジュール 複数台ロボットの操作インターフェースとシミュレータモジュール iPhone 通信モジュール 	目標をほぼ達成
	基本計画の要求	目標	成果	主な開発モジュール群	達成度
(2) 自律移動知能モジュール群の開発	①自律走行に関する知能モジュール群：操縦者不在時や操縦アシスト時を含めた自律・半自律走行に必要な機能群を備える	自律移動のための走行制御、高精度自己位置推定、リアルタイム経路計画等、自律走行に必要な機能を備えているモジュール群の開発を行う。	自律走行を実現するための知能モジュール群と、位置推定を行うためのモジュール群を開発。	<ul style="list-style-type: none"> 自律移動モジュール群 位置推定モジュール群 速度制約領域を考慮した軌道計画モジュール 	目標を高いレベルで達成
	②自律帰還に関する知能モジュール群：あらかじめ指定した対象物が存在する場所に自律走行で帰還するために必要な機能	<ul style="list-style-type: none"> GPS からデータを受け取り、現在位置などを算出する。 モビリティロボットが自律走行時などにおいて利用する地図情報を管理・配信する 	位置推定機能を実現するためのモジュール群と、地図管理機能を行うためのモジュール群を開発。	<ul style="list-style-type: none"> 位置推定機能モジュール群 地図管理機能モジュール群 	目標をほぼ達成
	③協調走行に関する知能モジュール群：追従制御機能等の協調行動を行うために必要な機能群を備えている	複数台の移動ロボットを協調走行(フォーメーション走行)させるためモジュール群の開発を行う。	複数の移動ロボットを協調走行(フォーメーション走行)させるためモジュール群の開発。	<ul style="list-style-type: none"> フォーメーション走行用モジュール群 人追従機能 RTC モジュール群 	目標を達成

基本計画の要求	目標	成果	主な開発モジュール群	達成度
(3) 知能モジュール群の有効性検証 (a) 小型軽量化: バッテリ, 駆動ユニット, 躯体を含めて携行利用も可能な重量, 寸法 (b) 走行性能: 人間の歩行程度の速度 (最大 10km/時), 最小航続距離 2km, 安全で十分な回避, (c) 操作インターフェース: 年少者から高齢者まで簡便に利用できる	搭乗可能かつ基本計画に合致した仕様を満足する搭乗型移動プラットフォームを開発する. 開発された移動プラットフォームを用いて諸条件が満足されているか検証し, さらに, 統合実験においてもこれらの開発された移動プラットフォームを用いることで, その有効性を検証する.	① Segway RMP 移動台車を用いて統合実験を行い開発したモジュールが統合され動作することを確認した. ② Segway RMP, Black ship, Omni-Wheel 移動プラットフォームを用いて共同実験を行い, 共通 IF で動作することを実証した. ③ 不整地用 Four-X 移動プラットフォームにおいて, 速度 6km/h, 航続距離 3.6km, 最大斜度 16 度を実現した. ④ つくばチャレンジにおいて, Segway RMP を用いた長期統合実験をおこない, 3ヶ月以上の稼働実績で開発されたモジュールの長期安定動作を実証した. ⑤ Omni-Whee 移動プラットフォームにおいて実際に人が搭乗した状態での統合実験を行い, 統合された知能モジュールが所定の機能通り動作することを, 複数の試行により示した.	統合された知能モジュール全般	目標を達成
	①つくばチャレンジに参加することで開発したモジュールの屋外環境での長期間の検証実験を行う. ②開発したモジュール群を統合し, 動作することを検証する. ③再利用センターにてすべての知能モジュールの検証を受ける	①2008年度から2011年度まで各年度段階的に開発と実験を実施し動作を確認. ②開発した電動車椅子を用いて, モジュール群を統合し動作することを確認. ③開発された知能モジュールはすべて再利用センターの検証を受け, 第三者が利用可能なドキュメントも含め整備されていることが検証されている.	利用するためのドキュメントも含めた統合された知能モジュール全般	目標を達成

Table. 10 特筆べき研究開発

項目	成果	主な開発モジュール群	達成度
共通インターフェース策定	複数のコンソーシアムにより構成される移動 WG を組織し, 共通 IF を策定した. 策定された共通 IF を複数の参画団体が採用し, 共同実験や個別の統合実験を通して, 再利用性向上等の有効性を確認した.	<ul style="list-style-type: none"> 共通 IF を採用した団体の知能モジュール全般 再利用センターの統合システム 	目標を高いレベルで達成
RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群	国際標準規格準拠, 既存ソフトウェア互換を実現した RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群を実現した. 特に, RTC-CANopen は国際標準規格として規格化された.	<ul style="list-style-type: none"> RTC-CANopen 規格 CiA DSP318, DSP460 オープンソースツール群 	目標を高いレベルで達成

3.4.4.5 成果の意義

本プロジェクトで開発した技術は、移動知能ロボット用ソフトウェアをオープンソースの形で公開や、市販の研究用プラットフォームに添付させるなど普及促進を実施し、移動知能ロボットの研究開発促進に寄与していると考えている。また、移動知能ロボット用ソフトウェアは、他の複数の研究機関と共にインターフェースの共有化（共有 IF）を図り、再利用性を向上させた。策定された共有 IF は、知能化プロジェクト内外の研究機関や民間企業により採用され、ここでも研究開発に広く寄与するものとする。

さらに、RTC フレームワークにより PC レイヤと組込みレイヤのモジュールがシームレスに連携し知能ロボットを簡便に構築可能な RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群を開発し、提案フレームワークは、国際標準化団体において国際標準として規格化されるなど、特筆した成果をあげている。

本プロジェクトで開発した技術および研究に関連して、下記の賞を受賞した。

1. SICE SI2008 RTミドルウェアコンテスト(2008.12) 参加, 奨励賞(産総研賞)受賞
2. SICE SI2008 優秀講演賞「清水正晴, 林原 靖男, 大和 秀彰, 戸田 健吾, 古田 貴之, ”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”, 第9回システムインテグレーション部門講演会(SI2008), pp.881-882, 12月5日 -7日, 岐阜, 2008」
3. SICE SI2008 優秀講演賞「田中 基雅, 三浦 俊宏, 水川 真, 安藤 吉伸, “RTコンポーネントのプラグアンドプレイ化に関する研究, RTC-CANopenのためのシステム設計ツール”, 第9回システムインテグレーション部門講演会(SI2008), pp.677-678, 12月5日 -7日, 岐阜, 2008」
4. RoboCup2009 ジャパンオープン(2009.5) 京都大学・電気通信大学: レスキュー実機リーグ 優勝
5. RoboCup2009 世界大会(2009.7) 京都大学・電気通信大学: レスキュー実機リーグ 総合 4 位, モビリティチャレンジ 3 位
6. RSJ/SICE/JSME 第15回ロボティクスシンポジウム優秀論文賞「田中 基雅, 藤田恒彦, 鷹栖堯大, 水川 真, 安藤 吉伸, “RTC-CANopenの研究開発”, 第15回ロボティクスシンポジウム, pp20-26, 3月15日-16日, 吉野, 2009」
7. SICE SI2009 優秀講演賞「清水正晴, 喜多伸之, 齋藤俊久, 竹内栄二郎, 中島裕介, 武川直史, 五十嵐広希, 林原靖男, 大和秀彰, 戸田健吾, 古田貴之, 水川真, “移動ロボット用RTコンポーネントの共通インターフェース 一次世代ロボット知能化技術開発プロジェクトにおける移動1サブWG 活動報告(第2報)”, 第10回システムインテグレーション部門講演会(SI2009), pp.1453-1456, 12月24日 -26日, 東京, 2009」
8. SICE SI2009 優秀講演賞「田中基雅, 水川真, 安藤吉伸, “RTC-CANopenにおけるプラグアンドプレイシステム”, 第10回システムインテグレーション部門講演会(SI2009), pp.1457-1460, 12月24日 -26日, 東京, 2009」
9. 2009年11月 東北大学 田所研究室 つくばチャレンジ完走. つくば市長賞を受賞.
10. 2009年8月 SI2008優秀講演賞「自律と操縦に対応した移動ロボット用RTCの開発 第8報:安全な長距離自律移動を目的とした 能動的センシングシステム, SI2008」に対して

- 11.2010年3月 SI2009 優秀講演章：「自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第 14 報：屋外自律移動システムの RT-Middleware による分散処理」に対して。
- 12.2010年3月 ROBOMECH2009 ベストプレゼンテーション表彰 「自由空間観測モデルによる未知物体にロバストな自己位置推定手法」に対して。
- 13.Thailand Rescue Robot Championship 2010(2010.12) 京都大学・電気通信大学： the BEST AUTONOMOUS
- 14.RoboCup2010 ジャパンオープン(2010.5) 京都大学・電気通信大学：計測自動制御学会学会賞
- 15.2011年9月 第15回ロボティクスシンポジウムで発表した下記の論文に対してロボット学会研究奨励賞 受賞：竹内 栄二郎, 大野和則, 田所諭, “3次元環境地図を用いた自由空間観測モデルによる未知物体にロバストな自己位置推定”, 第15回ロボティクスシンポジウム(3A1), 2010.

3.4.4.6 特許等の取得

下記の特許を出願した。

出願番号	出願日	発明の名称	発明者
特願 2010-073386	2010-03-26	経路設定装置, 経路設定方法, 及びプログラム	NEC ソフト

3.4.4.7 成果の普及

Table. 11に示すような論文発表などを行うことにより, 成果の技術的学術的な普及を行い, 展示・デモ, 一般講演会, メディア等での発表を精力的に行い, 本研究成果が, 技術者・研究者だけでなく, 国内外のユーザーや一般市民にも広く知られるようになった。

Table. 11 論文発表, 展示・デモ, 一般講演会, メディア等の件数

	論文 (査読つき)	海外研究発表	解説	一般講演 会	メディア 記事	展示・デモ
平成19年度	0	0	0	0	4	0
平成20年度	0	1	0	38	7	1
平成21年度	1	1	0	31	25	6
平成22年度	3	4	6	45	8	0
平成23年度	3	7	0	18	9	2
合計	7	13	6	132	53	9

(1) 査読付き論文

1. 根和幸, 福島宏明, 松野文俊, “予測時刻間の障害物回避を考慮したモデル予測制御に基づく軌道計画法”, 計測自動制御学会誌, 第45巻8号, pp.406-413, 2009
2. 後藤 清宏, 根和幸, 松野文俊, “速度制約領域を考慮した自律移動ロボットの行動計画”, 日本ロボット学会学会誌, 第28巻8号, pp.930-937, 2010
3. 清水 正晴, 戸田 健吾, 林原 靖男, 大和 秀彰, 古田 貴之, “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, Vol. 46, No. 1, pp. 16-23, 2010.

4. Masaharu Shimizu, Nobuyuki Kita, Toshihisa Saito, Eijiro Takeuchi, Yusuke Nakajima, Naohito Takegawa, Hiroki Igarashi, Yasuo Hayashibara, Hideaki Yamato, Kengo Toda, Takayuki Furuta, and Makoto Mizukawa, “The Joint Interface of RT-Componets for Mobile Robots: The Activity Report Inform the Mobile Robot Working Group of the NEDO Intelligent RT Software Project,” Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.22, No.6, PP.767-776, 2010
5. 山崎 将史, 竹内 栄二郎, 大野 和則, 田所 諭, “三次元地形情報およびGPSを用いたパーティクルフィルタによるマルチパスを考慮した自己位置推定”, 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.8, pp.42-49, 2011.
6. 竹内栄二郎, 山崎将志, 田中一志, 大野和則, 田所諭, ”複数の外界センサを用いた位置推定モジュール群による屋外環境における位置推定”, 日本ロボット学会誌 Vol.30, No.3, 2012
7. Tae Hyon Kim, Kiyohiro Goto, Hiroki Igarashi, Kazuyuki Kon, Noritaka Sato and Fumitoshi Matsuno, “Path planning for an autonomous mobile robot considering a region with a velocity constraint in a real environment”, ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, Vol. 16, No.4, pp. 514-518, 2012

(2) 海外研究発表

1. Hiroki Igarashi, Toshihisa Saito, Takaya Kinjyo and Fumitoshi Matsuno, "Development of an autonomous inverted pendulum mobile robot for outdoor environment", Proc. SICE Annual Conference 2008, pp.2282-2285, August, 2008
2. Kazuyuki Kon, Hiroaki Fukushima and Fumitoshi Matsuno, “Trajectory Generation based on Model Predictive Control with Obstacle Avoidance between Prediction Time Steps, SYROCO, F3B3, September, 2009
3. E. Takeuchi, K. Ohno and S. Tadokoro, ”Autonomous Navigation in Crowded Environments over the Seasons using Free-space Observation Model of Laser Scanner”, The 7th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence(URAI 2010), 2010.11.
4. E. Takeuchi, K. Ohno and S. Tadokoro, “Robust Localization Method based on Free-space Observation Model using 3D-Map”, 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2010), 2010.12.
5. Kiyohiro Goto, Kazuyuki Kon and Fumitoshi Matsuno, “Motion Planning of an Autonomous Mobile Robot Considering Regions with Velocity Constraint”, Proc. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS2010), Taipei, pp.3269-3274, 2010
6. Noritaka Sato, Takahiro Inagaki and Fumitoshi Matsuno, “Teleoperation System Using Past Image Records Considering Moving Objects”, Proc. of The eighth IEEE Int. Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2010), July, 2010
7. M.Azizi A. Rahman; Akira Yasuda; Makoto Mizukawa, MODEL-BASED DESIGN FOR SERVICE ROBOT SYSTEM DEVELOPMENT: A CONTRIBUTION TO SOCIETY, Intensive Workshop of The 5th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium, pp39-42, 2011.2
8. M.Azizi A. Rahman; Akira Yasuda; Makoto Mizukawa, MODEL-BASED DESIGN FOR SERVICE

- ROBOT SYSTEM DEVELOPMENT: A PROPOSAL OF GENERAL DESIGN, Proceedings of The 5th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium,pp379-384, 2011.2
9. Makoto Mizukawa; Tsunehiko Fujita; Yusuke Zama, ROBOT TECHNOLOGY(RT)MIDDLEWARE EXPANSION TO EMBEDDED SYSTEMS AND NATIVE BUSES, Proceedings of The 5th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium,pp375-378, 2011.2
 10. Eijiro Takeuchi, Masashi Yamazaki, Kazunori Ohno, Satoshi Tadokoro “GPS Measurement Model with Satellite Visibility using 3D Map for Particle Filter”, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2011),2011.
 11. Tae Hyon Kim, Kiyohiro Goto, Hiroki Igarashi, Kazuyuki Kon, Noritaka Sato and Fumitoshi Matsuno: Path planning of an autonomous mobile robot considering region with velocity constraint in real environment, Proc. of The Sixteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2011 (AROB 16th'11),pp. 842-845, Beppu, Jan, Japan
 12. Noritaka Sato, Kazuyuki Kon and Fumitoshi Matsuno, “Navigation Interface for Multiple Autonomous Mobile Robots with Grouping Function”, Proc. of The eighth IEEE Int. Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2011), Nov., 2011
 13. Hayato Shin, Kazuyuki Kon, Hiroki Igarashi, Yuichi Anbe, TaeHyon Kim, Sohei Hanamoto, Ryuta Yamasaki, Satoshi Toyoshima, Noritaka Sato, Tetsushi Kamegawa and Fumitoshi Matsuno, “Hardware-Software Integration of a Practical Mobile Robot Platform”, 2011 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, F4-1, 2011

(3) 解説

1. 水川 真,古田 貴之,清水 正晴[他], “搭乗用移動知能及びその構築を簡便にするモジュール群の開発について (特集 NEDO プロジェクトの開発推進状況の報告)”, PP. 40-44, ロボット (195), 2010-07.
2. 清水 正晴, ”共通で使える知能ロボット用のソフトウェア部品を創る”, TRONWARE, Vol. 126, pp. 56-57, 2010.
3. 清水 正晴, 喜多 伸之, 齋藤 俊久, 竹内 栄二郎, 中島 裕介, 武川 直史, 五十嵐 広希, 林原 靖男, 大和 秀彰, 戸田 健吾, 古田 貴之, 水川 真, ”国際ロボット展 2009 移動ロボット用 RTC の共通インターフェース策定活動”, 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 5, pp.33-34, 2010.
4. 五十嵐広希, 齋藤俊久, 竹内栄二郎,前田弘文,佐藤徳孝, 秋元 大,田所諭,高森 年,松野文俊, : “搭乗型モビリティロボット用ソフトウェアの開発進捗状況の報告”,日本ロボット工業会,ロボット 195 号,2010.
5. 竹内 栄二郎, 山崎 将史, 田中 一志, 大野 和則, 田所 諭: “季節の変化や人ごみにロバストな自己位置推定による屋外公道の自律移動”, 計測自動制御学会, 計測と制御 Vol49,No.9, 2010.
6. 竹内 栄二郎, “3次元環境地図と移動ロボット技術”日本測量協会,測量 5月号,2010.

(4) 国内研究発表

< 2008 年度 >

1. 水川 真ほか, 屋外自律移動ロボットの機能要素コンポーネントの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 1P1-E03, 2008. 6
2. 水川 真ほか, RT コンポーネントのプラグアンドプレイシステムの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 1P1-E06, 2008. 6
3. 水川 真ほか, CANopen を用いた分散制御ロボット用RT-Middlewareの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 1P1-E11, 2008. 6
4. 水川 真ほか, DFIT 方式の提案とRT コンポーネント化, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 1P1-E19, 2008. 6
5. 水川 真ほか, 物理エージェントロボット搭載バッテリーのマネジメントに関する研究 バッテリー容量計測監視システムの検討, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 1P1-E20, 2008. 6
6. 水川 真ほか, 分散制御系を持つロボットにおける電力監視システムの構築, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 1P1-E21, 2008. 6
7. 水川 真ほか, つくばチャレンジ -実世界で働くロボットを目指して- 2007年度の記録と2008年度の計画, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 2P2-C03, 2008. 6
8. 水川 真ほか, 歩道における自律移動ロボットの移動に関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 2P2-C20, 2008. 6
9. 水川 真ほか, GPS を用いた屋外ロボット用自律走行システムの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会, ROBOMECH'08 講演論文集, 2P2-D21, 2008. 6
10. 三浦 俊宏, 田中 基雅, 安藤 吉伸, CANopen を用いた分散制御ロボット用RT-Middlewareの研究開発, 水川 真, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2008)講演論文集, 1F3-04, 2008.9
11. 田淵 裕樹, 小川 和哉, 水川 真, 安藤 吉伸, 分散制御系を持つロボットにおける電力監視システムに関する研究, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2008)講演論文集, 1F3-05, 2008.9
12. 田中 基雅, 三浦 俊宏, 水川 真, 安藤 吉伸, 組込RT-Middlewareにおけるプラグアンドプレイシステム, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2008 講演論文集), 1F3-06, 2008.9
13. Motomasa TANAKA, Makoto Mizukawa, Yoshinobu Ando, Design of Plug and Play System for RT-Component, Proc. SICE Annual Conference 2008(SICE2008), 3B21-2, 2008.8
14. 三浦 俊宏, 田中 基雅, 安藤 吉伸, CANopen を用いた分散制御ロボット用RT-Middlewareの研究開発, 水川 真, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2008)講演論文集, 1F3-04, 2008.9
15. 田淵 裕樹, 小川 和哉, 水川 真, 安藤 吉伸, 分散制御系を持つロボットにおける電力監視システムに関する研究, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2008)講演論文集, 1F3-05, 2008.9
16. 田中 基雅, 三浦 俊宏, 水川 真, 安藤 吉伸, 組込RT-Middlewareにおけるプラグアンドプレイシステム, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2008 講演論文集), 1F3-06, 2008.9
17. 鷹栖 堯大, 水川 真, 安藤 吉伸, 自律移動ロボットにおける DFIT コンポーネント, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 1L3-1, 2008.12
18. 路面画像によるデッドレコニングを用いた屋外用自律移動ロボットの開発, 酒井 大介, 鷹栖 堯大, 高橋 彬, 藤田 恒彦, 水川 真, 安藤 吉伸, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集 2I3-1, 2008.12

19. RT ミドルウェアにおけるシミュレータ併用手法の提案,藤田 恒彦, 水川 真, 安藤 吉伸, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L2-1,2008.12
20. RT コンポーネントのプラグアンドプレイ化に関する研究,RTC-CANopen のためのシステム設計ツール,田中 基雅, 三浦 俊宏, 水川 真, 安藤 吉伸, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L2-2,2008.12
21. CANopen を用いた実用的な分散制御ロボット用RT-Middlewareの研究開発,三浦 俊宏, 田中 基雅, 安藤 吉伸, 水川 真, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L2-5,2008.12
22. DFIT のロバスト性向上手法の提案,鷹栖 堯大, 水川 真, 安藤 吉伸, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L3-2,2008.12
23. 分散制御系を持つロボットにおける電力監視システムに関する研究,知能化バッテリーの開発,田淵 裕樹, 小川 和哉, 水川 真, 安藤 吉伸, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L3-3,2008.12
24. 物理エージェントロボット搭載バッテリーのマネジメントに関する研究,個体差を考慮した残容量の算出,計盛 智也, 小川 和哉, 水川 真, 安藤 吉伸, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L3-4,2008.12
25. 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, 清水 正晴, 林原 靖男, 大和 秀彰, 戸田 健吾, 古田 貴之, 第9回 (社)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(SI2008)講演論文集, 2L2-4,2008.12
26. 竹内栄二郎, Daniele Calisi, 大野和則, 田所諭, 五十嵐広希, 金城隆也, 高森年, 松野文俊, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第2報: 障害物回避用モジュール群”, 第26回日本ロボット学会学術講演会, 1F3-08, 2008.9.
27. 竹内栄二郎, 大野和則, 緑川直樹, 鈴木志穂子, 桜田健, 石倉路久, 宮原直紀, 田所諭, 五十嵐広希, 金城隆也, 高森年, 松野文俊, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第8報: 安全な長距離自律移動を目的とした 能動的センシングシステム”, 第9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(SI2008), 1I4-5,2008.12 (平成21年8月優秀講演章受賞)
28. 竹内栄二郎, 大野和則, 緑川直樹, 鈴木志穂子, 桜田健, 石倉路久, 宮原直紀, 田所諭, “安全な長距離自律移動を目的とした能動的センシングシステム”, つくばチャレンジシンポジウム, 2009.1.
29. 五十嵐広希, 金城隆也, 高森年, 松野文俊, 田所諭, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第1報: プロジェクトの概要と開発するモジュール”, 第26回日本ロボット学会学術講演会, 神戸, 2008
30. 佐藤徳孝, 根 和幸, 福島 宏明, Chattarjee Ranajit, 五十嵐 広希, 松野 文俊, 長谷川晶一, 金城 隆也, 田所 諭, 高森年, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第3報: 複数ロボットのための地図上ナビゲーションインターフェースモジュール”, 第26回日本ロボット学会学術講演会, 1F3-09, 神戸, 2008
31. 根和幸, 佐藤 徳孝, 福島 宏明, Chattarjee Ranajit, 五十嵐 広希, 松野 文俊, 金城 隆也, 田所 諭, 高森年, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第4報: 編隊制御モジュール群”, 第26回日本ロボット学会学術講演会,

1F3-10, 神戸, 2008

32. 根和幸, 佐藤徳孝, 五十嵐広希, 岩切淳, 後藤清宏, 金井僚太郎, Chatterjee Ranajit, 松野文俊, 金城隆也, 田所諭, 高森年, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第 7 報: RWRC における屋外自律ナビゲーションシステムの開発”, 計測自動制御学会 第 9 回システムインテグレーション部門講演会, 114-3, 岐阜, 2008
 33. 五十嵐広希, 木村哲也, 松野文俊, “屋外自律型サービスロボットのリスクアセスメント”, 第 9 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
 34. 根和幸, 佐藤徳孝, 五十嵐広希, 岩切淳, 後藤清宏, 金井僚太郎, Chatterjee Ranajit, 松野文俊, 金城隆也, 田所諭, 高森年, “屋外自律移動ロボット用 RTC の開発と RWRC での実証実験”, つくばチャレンジ開催記念シンポジウム, バンダイナムコゲームス未来研究所ファンシアター, 2009
 35. 五十嵐 広希, 松野文俊, 飯島純一, “つくばチャレンジ2008の安全について”, つくばチャレンジシンポジウム 2008, 2009
 36. 前田弘文, 高森年, 大坪義一, 五百井清, 田所諭, 松野文俊, 金城隆也, 五十嵐 広希, “「自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発」第 5 報: RTK-GPS を用いた仮想軌道走行のための RTC”, 第 26 回日本ロボット学会学術講演会, 1F3-10, 神戸, 2008
 37. 前田弘文, 八木 秀樹, 高森年, 大坪義一, 五百井清, 田所諭, 松野文俊, 金城隆也, 五十嵐 広希, “「自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発」第 6 報: グリッドマップに基づく広域エリア内のハザード回避走行”, 第 14 回ロボティクスシンポジア, 2009
 38. 本嶋 宗泰, 木村 哲也, 五十嵐 広希, 高森 年, “パーソナルモビリティロボットにおけるユーザーのリスク理解に関する実験的評価”, 第 9 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, 2008
- < 2009 年度 >
39. 清水正晴, 喜多伸之, 齋藤俊久, 竹内栄二郎, 中島裕介, 武川直史, 林原靖男, 大和秀彰, 戸田健吾, 古田貴之, 水川真, “移動ロボット用 RT コンポーネントの共通インターフェース – 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクトにおける移動 1 サブ WG 活動報告 –”, 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2009AC3D1-03, 横浜, 2009/9/15-17
 40. 清水正晴, 喜多伸之, 齋藤俊久, 竹内栄二郎, 中島裕介, 武川直史, 五十嵐広希, 林原靖男, 大和秀彰, 戸田健吾, 古田貴之, 水川真, “移動ロボット用 RT コンポーネントの共通インターフェース – 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクトにおける移動 1 サブ WG 活動報告 (第 2 報) –”, 第 10 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2009), pp.1453-1456, 12月24日 -26日, 豊洲, 2009
 41. 清水 正晴, 戸田 健吾, 林原 靖男, 大和 秀彰, 古田 貴之, “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, Vol. 46, No. 1, pp. 16-23, 2010.
 42. 三浦俊宏, 田中基雅, 安藤吉伸, 水川 真, CANopen を用いた分散制御ロボット用組込 RT ミドルウェア RTC-CANopen の開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09 講演論文集, 2A1-D04(1)-(4), 福岡, 2009年5月
 43. 田中 基雅, 三浦 俊宏, 水川 真, 安藤 吉伸, 組込 RT ミドルウェアにおけるプラグアンドプレイシステムの開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09 講演論文集, 2A2-B14 (1)-(3), 福

岡, 2009年5月

44. 田淵 裕樹, 水川 真, 安藤 吉伸, RTC-CANopenのロボット用知能化バッテリーへの適用に関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09講演論文集, 2A2-C03 (1)-(2), 福岡, 2009年5月
45. 藤田 恒彦, 水川 真, 安藤 吉伸, RTミドルウェアにおける既存シミュレータ使用手法の検証, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'09講演論文集, 2A2-D04 (1)-(3), 福岡, 2009年5月
46. 田中 基雅, 水川 真, 安藤 吉伸, CANopenを用いた組込RTC, 第27回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2009AC3D1-01, 横浜, 2009/9/15-17
47. 藤田 恒彦, 水川 真, 安藤 吉伸, 既存シミュレータを用いたRTコンポーネントのシミュレーション, 第27回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2009AC3D1-02, 横浜, 2009/9/15-17
48. 鷹栖 堯大, 藤田 恒彦, 田中 基雅, 水川 真, Wiiリモコンとゆかいな仲間たち, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 1A4-2, 2009年12月
49. 石黒 佑樹, 石川 浩, 坂入 隆, 広瀬 紳一, 安田 瑛, 石田 宏司, 座間 勇輔, 真山 勝博, 鷹栖 堯大, 藤田 恒彦, 田中 基雅, 水川 真, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 小林 和雄, RTC-CANopenを用いた屋外用自律移動ロボットの開発, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 1B2-5, 2009年12月
50. 藤田 恒彦, 水川 真, 安藤 吉伸, 田中 基雅, RTC-CANopenの設計・開発 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D1-2, 2009年12月
51. 座間 勇輔, 田中 基雅, 藤田 恒彦, 水川 真, 安藤 吉伸, RT-コンポーネントのUSB PnPシステムの設計開発, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D1-3, 2009年12月
52. 田中 基雅, 水川 真, 安藤 吉伸, RTC-CANopenにおけるプラグアンドプレイシステム 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D2-2, 2009年12月
53. 安田 瑛, 石川 浩, 坂入 隆, 広瀬 紳一, 水川 真, 安藤 吉伸, 吉見 卓, SysMLを用いたロボットシステムのモデルベース設計に関する研究屋外用自律移動ロボットへの適用, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D2-6, 2009年12月
54. 鷹栖 堯大, 水川 真, 安藤 吉伸, CANopenを用いた移動ロボットのプロフィール構築の提案, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D3-1, 2009年12月
55. 石田 宏司, 水川 真, 安藤 吉伸, 田中 基雅, CANopenを用いたロボット用知能化バッテリーの開発, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D3-4, 2009年12月
56. 石黒 佑樹, 田中 基雅, 水川 真, 安藤 吉伸, コアコンポーネントの二重化によるRTC-CANopenのロバスト性向上手法の提案, 第10回 (社)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 (SI2009) 講演論文集, 3D4-2, 2009年12月
57. 真山 勝博, 田中 基雅, 安藤 吉伸, 水川 真, RTC-CANopenにおけるファームウェアアップデート

トの提案 , 第10回 (社)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(SI2009)講演論文集,3D4-3, 2009年12月

58. 田中 基雅, 藤田恒彦, 鷹栖堯大, 水川 真, 安藤 吉伸, “RTC-CANopenの研究開発”,第15回ロボティクスシンポジア, pp20-26, 3月15日-16日, 吉野, 2009
59. 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭, "移動ロボットによる障害物検出のための3次元計測計画," ロボティクスメカトロニクス講演予稿集(ROBOMECH2009),1A1-D13, 2009.5.
60. 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭, "自由空間観測モデルによる未知物体にロバストな自己位置推定手法," ロボティクスメカトロニクス講演予稿集(ROBOMECH2009),1A1-E20, 2009.5. (平成22年3月ベストプレゼンテーション表彰)
61. 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭, 五十嵐広希, 齋藤俊久, 高森年, 松野文俊, "自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 - 第11報:自由空間観測モデルによる未知物体にロバストな自己位置推定 RTC-, " 第27回日本ロボット学会学術講演会講演予稿集, 3D1-05, 2009.9.
62. 竹内 栄二郎 , 大野 和則, 山崎 将史, 田中 一志, 田所 諭, 五十嵐 広希, 齋藤 俊久, 高森 年, 松野 文俊,"自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第14報:屋外自律移動システムの RT-Middleware による分散処理," 第10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 予稿集(SI2009), 3B2-1, 2009.12.(平成22年3月 優秀講演章受賞)
63. 前田弘文,西谷幸久,高森年,大坪義一,五百井清,田所諭,松野文俊,齋藤俊之,五十嵐広希,“「自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発」第9報 Segway-RMP200 におけるデッドレコニングの精度向上”, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 3D1-07, 2009
64. 後藤清宏, 根和幸, 松野文俊, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第10報:速度制約領域を考慮した自律移動ロボットの行動計画”, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 3D1-07, 2009
65. 佐藤徳孝, 根和幸, 松野文俊, 齋藤俊久, 田所諭, 高森年, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第12報ロボット操縦用 iPhone 通信モジュール”, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 横浜, 2009
66. 後藤清宏, 五十嵐広希, 佐藤徳孝, 根和幸, 松野文俊, 田所諭, 高森年, 齋藤俊久, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第13報:速度制約領域を考慮した自律移動ロボットの实機検証”, 第10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, 2B1-1, 2009
67. 五十嵐 広希, 木村 哲也, 松野 文俊, “屋外自律移動ロボットの安全性の課題”, 安全工学シンポジウム 2010, July/2010
68. 佐藤徳孝, 後藤清宏, 根和幸, 五十嵐広希, 松野文俊, 齋藤俊久, 田所諭, 高森年, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第16報 iPhoneを用いた移動ロボットの地図上ナビゲーション”, 第27回日本ロボット学会学術講演会, 1A2-5, Dec, 2009.(奨励賞ベストコンセプト賞受賞)
69. 後藤清宏, 佐藤徳孝, 根和幸, 五十嵐広希, 松野文俊, “速度制約領域を考慮した行動計画とユーザインターフェースによるナビゲーション”, つくばチャレンジ開催記念シンポジウム, バンダイナムコゲームス未来研究所ファンシアター, 2010

<2010年度>

70. 座間勇輔,藤田恒彦,田中基雅,水川真,安藤吉伸,吉見卓, USB デバイスの RTC PnP システムの設計開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会(Robomec'10), 2A1-G04, 2010年6月13日-16日, 旭川

71. 鷹栖堯大,水川真,安藤吉伸,吉見卓, CANopen を用いた移動ロボットのプロファイル構築と検証, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A1-G05, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
72. 藤田恒彦,水川真,安藤吉伸,吉見卓,田中基雅, CANopen を用いた組み込み系 RTC-RTC-CANopen の開発ー, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A1-G06, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
73. 石黒佑樹,田中基雅,水川真,吉見卓,安藤吉伸, システムの二重化実現に向けた RTC-CANopen の改良, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A1-G16, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
74. 真山勝博,田中基雅,吉見卓,安藤吉伸,水川真, RTC-CANopen におけるファームウェアアップデートシステムの設計, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A2-B23, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
75. 石田宏司,水川真,安藤吉伸,吉見卓, CANopen を用いた知能化バッテリープロファイルの評価及び検証, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A2-C08, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
76. 安田瑛,安藤吉伸,石黒佑樹,吉見卓,座間勇輔,石川浩,真山勝博,広瀬紳一,水川真,坂入隆, SysML を用いたロボットシステムのモデルベース設計に関する研究 ー屋外用自律移動ロボットへの適用ー, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A2-C09, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
77. 座間勇輔,藤田恒彦,田中基雅,水川真,安藤吉伸,吉見卓, USB デバイスの RTC PnP システムの設計開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2A1-G04, 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
78. 木村哲也, “「自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発」第 17 報 人搭乗型ロボット操縦システムの安全性を向上させる RTC の開発”, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 (Robomec'10), 2010 年 6 月 13 日-16 日, 旭川
79. 一澤, 藤本, 清水, 大和, 入江, 古田, 王, 林原, ”距離画像センサを用いた人の足先検出に関する検討”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'10予稿集, 1P1-E07 (CD-ROM)(2010)
80. 林, 内田, 清水, 大和, 入江, 古田, 林原, ”駆動方式の異なるロボットを対象とする経路の検討”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'10予稿集, 2A1-G18 (CD-ROM)(2010)
81. 伊藤, 清水, 大和, 入江, 古田, 林原, ”形状を考慮したポテンシャル法による障害物回避アルゴリズム”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'10予稿集, 2A1-G17 (CD-ROM)(2010)
82. 鷹栖堯大,藤田恒彦,座間勇輔,石田広司,水川真,安藤吉伸,吉見卓,坂本武志, 知能モジュールの再利用を考慮した自律移動ロボットのモデルベースデザイン, 第 28 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2010)講演論文集, 3P3-2, 2010 年 9 月
83. 座間勇輔,藤田恒彦,水川真,安藤吉伸,吉見卓, USB デバイスの RTC PnP システム設計開発 ～支援ツールの開発～, 第 28 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2010)講演論文集, 3P3-2, 2010 年 9 月
84. 藤田恒彦,水川真,安藤吉伸,吉見卓, RTC-CANopen の研究・開発 ーRTC-CANopen を用いたロボット開発ー, 第 28 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2010)講演論文集, 3P3-3, 2010 年 9 月
85. 田畑伸頼,真山勝博,水川真,安藤吉伸,吉見卓, RTC-CANopen におけるファームウェアデータベ

- ースの設計, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 1B1-1, 2010 年 12 月
86. 真山勝博,水川真,吉見卓,安藤吉伸,abulrahman,MOHDAZIZI,石黒佑樹, 自動サービスプロバイダに適したミドルウェアの提案, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, pp1386-1387, 2I2-3, 2010 年 12 月
87. 水川真,清水正晴,高瀬弘勝,青木利憲,大和秀彰,松尾龍磨,青島一朗,中村享大,古田貴之, 知能ロボットの構築を簡便にする RT ミドルウェア対応組込プラットフォーム群の開発, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B1-2, 2010 年 12 月
88. 座間勇輔,水川真,安藤吉伸,吉見卓, RTCPnP における柔軟なシステムビルダの設計開発動的変更に対応したプロファイルの提案, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B1-3, 2010 年 12 月
89. 鷹栖堯大,藤田恒彦,座間勇輔,石田宏司,水川真,安藤吉伸,吉見卓,坂本武志, 既存 RTC を用いた自律移動ロボットのモデルベース設計, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B2-1, 2010 年 12 月
90. 藤田恒彦,水川真,安藤吉伸,吉見卓, RTC-CANopen の研究・開発ー移動ロボットへの適用ー, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B2-3, 2010 年 12 月
91. 山口健太,水川真,吉見卓,安藤吉伸,藤田恒彦,鷹栖堯大, RTC-CANopen を適用したリファレンスロボットの開発, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B2-4, 2010 年 12 月
92. 安田瑛,大平杏奈,勝あゆみ,田畑伸頼,代宮司隼人,前田佳男,山口健太,水川真,安藤吉伸,吉見卓,河田文昭,与沢信行,小川弘和, SysML による自律移動ロボットシステムのモデルベース設計に関する研究, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B2-6, 2010 年 12 月
93. 石田宏司,水川真,吉見卓,安藤吉伸, 電力プロファイル自動生成システムの開発, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3B3-4, 2010 年 12 月
94. 加藤歳弘,水川真,安藤吉伸,吉見卓, 空間知におけるロボット連携のための管理システムに関する研究, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3I1-4, 2010 年 12 月
95. 前田佳男,加藤歳弘,水川真,安藤吉伸,吉見卓, 空間知におけるロボットリソース管理に関する提案, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3I1-5, 2010 年 12 月
96. 青木 利憲, ”OpenRTM on T-Kernel 概説”, T-Engine Forum 総会(2010/6 開催), 2010.
97. 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭: “3 次元環境地図を用いた自由空間観測モデルによる未知物体にロバストな自己位置推定”, 第 15 回ロボティクスシンポジウム, pp.257-263,2010.3. (平成 23 年 9 月 ロボット学会 研究奨励賞 受賞)
98. (五十嵐広希,齋藤俊久,竹内栄二郎,前田弘文,佐藤徳孝, 秋元 大,田所 諭,高森 年,松野文俊, : “搭乗型モビリティロボット用ソフトウェアの開発進捗状況の報告”, 日本ロボット工業会, ロボット

195号,2010.)

99. 竹内 栄二郎, 山崎 将史, 田中 一志, 大野 和則, 田所 諭, 五十嵐 広希, 齋藤 俊久, 高森 年, 松野 文俊, 自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第 19 報: 外界センサの追加変更が可能な移動ロボット用ナビゲーション RTC 群, 第 28 回日本ロボット学会学術講演会, 3P3-5, 2010.9.
100. 山崎 将史, 竹内 栄二郎, 大野 和則, 田所 諭, 3 次元地形情報及び GPS を用いたパーティクルフィルタによるマルチパスを考慮した自己位置推定, 第 28 回日本ロボット学会学術講演会, 1F3-1, 2010.
101. 山崎将史, 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭, 3 次元地図を用いたマルチパス除去を含む GPS による移動体の位置推定 – 衛星の影を用いた GPS 測位の高精度化 –, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 1A1-D20, 2010.
102. 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭, 遡及的位置推定可能なパーティクルフィルタとそのモジュール化, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 1A2-E24, 2010.6.
103. 竹内栄二郎, 大野和則, 田所諭, パーティクルフィルタでの位置推定によるジャイロオフセットおよび車輪径の推定, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 1P1-E14, 2010.6.
104. 竹内 栄二郎, 山崎 将史, 田中 一志, 大野 和則, 田所 諭, 齋藤 俊久, 五十嵐 広希, 松野 文俊, 高森 年, 自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発, SI2010, 2A3-6, 2010.12.
105. 田中 一志, 山崎 将史, 竹内 栄二郎, 大野 和則, 田所 諭, 屋外自律移動のための移動物体検知モジュール群, SI2010, 3A1-2, 2010.12.
106. 山崎 将史, 竹内 栄二郎, 田中 一志, 大野 和則, 田所 諭, 不可視衛星を考慮した GPS による位置推定 RT-Component の開発, SI2010, 3A1-4, 2010.12.
107. 竹内栄二郎, 山崎 将史, 田中 一志, 大野和則, 田所諭, “3 次元環境地図を用いたロバストな自己位置推定による自律移動”つくばチャレンジ 2010 シンポジウム, 2011.1.
108. 佐藤徳孝, 安野俊幸, 松野文俊, 齋藤俊久, 田所諭, 高森年, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第 18 報移動ロボットのための簡易デバッグコンポーネント”, 第 28 回日本ロボット学会学術講演会, 3P3-4, 2010
109. 五十嵐 広希, 木村 哲也, 松野 文俊, “屋外自律移動ロボットの安全性の課題”, 安全工学シンポジウム 2010, July.2010
110. 金兌炫, 後藤清宏, 五十嵐広希, 根和幸, 佐藤徳孝, 松野文俊, 田所諭, 高森年, 齋藤俊久, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第 20 報 確率的自己位置推定と速度制約を考慮した軌道生成法”, 第 11 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, 2A3-4, 2010
111. 五十嵐広希, 木村哲也, 松野文俊, “屋外自律移動ロボットの実証実験における安全対策について”, 第 11 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, 3A2-2, 2010
112. 金兌炫, 後藤清宏, 五十嵐広希, 根和幸, 佐藤徳孝, 松野文俊, “確率的自己位置推定と速度制約を考慮した軌道生成法”, つくばチャレンジ 2010 開催記念シンポジウム, つくばチャレンジ 2010 レポート集 No55, 2011
113. 前田弘文, 濱路 克洋, 大坪義一, 小林 滋, 五百井清, 高森年, “OpenRTM-aist を用いた汎用的操作モジュール MMM の設計”, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3I1-5, 2010 年 12 月

114. 前田弘文, 濱路 克洋, 大坪義一, 小林 滋, 五百井清, 高森年, “MMM による子ロボットのカメラサーボ機構”, 第 11 回 公益社団法人 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(SI2010)講演論文集, 3I1-5, 2010 年 12 月

<2011 年度>

115. 田畑信頼;水川真;吉見卓;安藤吉伸, RTC-CANopen におけるファームウェアデータベースの開発, 日本機械学会 ロボティクスメカトロニクス部門講演会(Robomec'11) 講演論文集, 1A1-H03, 2011 年 5 月
116. 山口健太;藤田恒彦;水川真;吉見卓;安藤吉伸, RTC-CANopen を適用したリファレンスロボットの開発(第 2 報), 日本機械学会 ロボティクスメカトロニクス部門講演会(Robomec'11) 講演論文集, 1A1-H04, 2011 年 5 月
117. 安田瑛;鷹栖堯大;水川真;安藤吉伸;吉見卓, モデルベース設計を適用した移動知能ロボットの機能実現, 日本機械学会 ロボティクスメカトロニクス部門講演会(Robomec'11) 講演論文集, 1A1-H05, 2011 年 5 月
118. 真山勝博;藤田恒彦;水川真;吉見卓;安藤吉伸, 空間知に基づく RTC-CANopen を用いた物体運搬システムの開発, 日本機械学会 ロボティクスメカトロニクス部門講演会(Robomec'11) 講演論文集, 2P1-L01, 2011 年 5 月
119. 座間 勇輔;石田 宏司;山口 健太;田畑 伸頼;水川 真;安藤 吉伸;吉見 卓, RTC-CANopen の研究・開発, 第 29 回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3B1-3, 2011 年 9 月
120. 藤岡 峻, 石黒 佑樹, 石田 宏司, 眞山 勝博, 大平 杏奈, 田畑 伸頼, 前田 佳男, 山口 健太, 大島 雄介, 大橋 和貴, 二坂 良平, 伏見 正嗣, 水川 真, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 坂本 武志, 屋外用自律移動ロボット「PAR-11」の開発, 第 12 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(SI2011)講演論文集, 1O4-4(1-3), 2011 年 12 月
121. 藤岡 峻, 水川 真, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 屋外用自律移動ロボットにおける地図情報を用いた経路設定に関する提案, 第 12 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(SI2011)講演論文集, 1O4-5(1-3), 2011 年 12 月
122. 水川 真, 石田 宏司, 座間 勇輔, 山口 健太, 田畑 伸頼, 坂本 武志, 中本 啓之, 松永 夏真, RTC-CANopen の国際標準化活動報告, 第 12 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(SI2011)講演論文集, 3P1-1(1-4), 2011 年 12 月
123. 山口 健太, 水川 真, 田中 基雅, 山下 智輝, ロボットシステム安定性向上のためのソフトウェア実装評価, 第 12 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(SI2011)講演論文集, 3P2-5(1-3), 2011 年 12 月,
124. 石田 宏司, 水川 真, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 物体搬送サービスにおける消費電力予測システムの開発, 第 12 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(SI2011)講演論文集, 3P3-1(1-3), 2011 年 12 月
125. 座間 勇輔, 水川 真, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 坂本 武志, RT ミドルウェアの動的設定システム研究開発, 第 12 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(SI2011)講演論文集, 3P3-2(1-3), 2011 年 12 月
126. 竹内 栄二郎, 山崎 将史, 大野 和則, 田所 諭, 3 次元地図を用いた回折波を考慮した GPS 衛星の可視性判別, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011(ROBOMECH2011), 2A1-M02, 2011.5.
127. 竹内 栄二郎, 田中一志, 廣 信利, 福井 貴久, 李昭曠, 菅原 直樹, 荒川 尚吾, 大野 和則,

- 田所 諭, 齋藤 俊久, 五十嵐広希, 松野 文俊, 高森 年, 自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発, 第 12 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(SI2011), 202-5, 2011.12.
128. 竹内栄二郎, 田中一志, 廣信利, 福井貴久, 李昭瞳, 菅原直樹, 荒川尚吾, 大野和則, 田所諭, “自律移動 RTC 群を用いた屋内外ナビゲーション”, つくばチャレンジ 2011 シンポジウム, 2012
129. 後藤清宏, 根和幸, 佐藤徳孝, 松野文俊, “乗り心地と速度制約を考慮した搭乗型自律移動ロボットの軌道計画”, 第 54 回自動制御連合講演会, 2011
130. 金 兌炫, 根 和幸, 安部 祐一, 新 隼人, 五十嵐 広希, 松野 文俊, 田所 諭, 高森 年, 齋藤 俊久, “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発 第 22 報 速度制約領域を考慮した軌道計画の改良と検証”, 第 12 回公益社団法人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, 103-5, 2011
131. 新 隼人, 根 和幸, 五十嵐 広希, 金 テヒョン, 豊島 聡, 佐藤 徳孝, 亀川 哲志, 松野 文俊, “災害対応を想定した移動ロボットプラットフォームの開発 第 1 報: 開発コンセプトとハードウェア構成”, 第 12 回公益社団法人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, 1J4-3, 2011
132. 根 和幸, 金 テヒョン, 新 隼人, 安部 祐一, 花本 惣平, 山崎 隆太, 五十嵐 広希, 佐藤 徳孝, 亀川 哲志, 松野 文俊, “災害対応を想定した移動ロボットプラットフォームの開発 第 2 報: 遠隔と自律に対応したソフトウェアモジュールの開発”, 第 12 回公益社団法人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, 1J4-2, 2011

(5) プレス発表・メディア媒体での掲載

Web	インプレス他	2007 年 10 月	「日本 SGI が自律型インテリジェント・ロボットを開発へ経済産業省の「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」に参画 東北大, 国際レスキューシステム研究機構 (IRS), 電通大と共同で」など 4 件
Web	Impress Robot Watch	2008 年 11 月 14 日	「つくばチャレンジ 2008 試走会」レポート～さらに過酷なコースに挑戦するロボットたち」東北大・電気通信大学,
Web	マイコミジャーナル	2008 年 11 月 25 日	「ロボットカーが遊歩道を走る! 50 台が挑んだ「つくばチャレンジ 2008」東北大・電通大
雑誌	ROBOCON Magazine No.63	2008 年 7 月	「つくばチャレンジ 2008」電気通信大学
TV	テレビ東京	2009 年 1 月 16 日	「ロボつく」千葉工大ロボット研究室に潜入!
雑誌	R25	2009 年 3 月 5 日	未来予報図 2025/Part④ロボット編
TV	BS11	2009 年 3 月 13 日	「INsideOUT」全方位移動型電動車イス
TV	テレビ東京	2009 年 3 月 27 日	「ロボつく」ユビキタス体験レポート
雑誌	MANAGEMENT SQUARE	2009 年 4 月 1 日	未来への視座/ロボット開発の現状と未来③
雑誌	ロータリーの友	2009 年 4 月 1 日	ロボットと共生する未来/先端の技術が未来の技術ちは限らない
雑誌	ROBOCON Magazine No.63	2009 年 4 月 15 日	「FLY TO THE FUTURE 100 年先の未来をつくらう!」「あのロボットをつくった人

			に会いたい」「車椅子ロボットでまち歩き」
雑誌	GOETHE	2009年4月25日	もう人型ロボットは作りません。世界制覇が目前なので・・・
TV	テレビ東京	2009年5月3日	ロボつく 空想科学バラエティ 第30回 「ロボットが人を助ける!？」
雑誌	FOCUS NEDO	2009年5月8日	搭乗用移動知能の構築を簡便にするモジュール群の開発～脚・車輪ロボット：環境インフラと連動するパーソナルモビリティ～
雑誌	日経エレクトロニクス	2009年6月1日	fuRoの夢(下)/開発と人材教育の両輪でロボットを社会に融合する
Web	Impress Robot Watch	2009年6月3日	「ロボカップジャパンオープン2009大阪」開催(京都大学・電気通信大学)
TV	フジテレビ	2009年6月10日	「ロボ☆マイスター」ロボット技術はどこまで進歩しているの?全方位移動型電動車イス
TV	大阪テレビ	2009年7月19日	「大阪ほんわかテレビ」全自動で目的地まで行く電動車イスを開発中
雑誌	ロボコンマガジン	2009年7月	「ロボカップジャパンオープン2009大阪」京都大学・電気通信大学:UIモジュールの検証
TV	テレビ東京	2009年10月3日	生きるを伝える/ロボットで人を幸せにしたい
雑誌	WINWING	2009年10月10日	進化するロボット技術最前線/主役は人!家や街もロボット化/安心・安全,心の満足を目指す
新聞	朝日新聞	2009年11月22日	"自走ロボ快調5チーム完走" 写真入りで紹介(東北大学)
TV	日本テレビ系列	2009年11月25日	「スッキリ!」 "つくばチャレンジ完走ロボット"として紹介(東北大学)
Web	インターネットテレビ Channel	2009年11月～	"つくばチャレンジ完走ロボット"として紹介(東北大学)
雑誌	TRONSHOW2010	2009年12月9日	千葉工業大学未来ロボット技術研究センター/搭乗用移動知能およびその構築を簡単に するモジュール群の開発
雑誌	電機連合	2009年12月25日	第30回技術者フォーラム報告書/特別講演
新聞	船橋よみうり	2010年1月3日	実用化はすぐそこ・・・/最先端の千葉工大
TV	日本テレビ	2010年3月12日	「ザ・未来予想TV 未来からの訪問者」
新聞	船橋よみうり	2010年1月3日	実用化はすぐそこ・・・/最先端の千葉工大
Web	http://spectrum.ieee.org/	2011年3月18日	Japan Earthquake: More Robots to the Rescue
Web	日刊協業新聞 ロボナブル	2010年3月19日	京大の松野教授,八戸工大でレスキューロボによる調査活動へ
TV	日本テレビ	2010年3月12日	ザ・未来予想TV 未来からの訪問者
Web	http://spectrum.ieee.org/	2011年3月25日	Japanese Robot Surveys Damaged Gymnasium Too Dangerous for Rescue Workers
ラジオ	J-WAVE	2010年5月5日	J-WAVE GOLDEN SPECIAL 「THINK THE FUTURE」
書籍	PHP 研究所	2010年9月24日	不可能は,可能になる
TV	フジテレビ	2010年10月7日	LIVE2010 ニュースジャパン

TV	日本テレビ	2010年10月8日	「ズームインスーパー」3DOORS-池上彰が見たロボットの未来
雑誌	TRONWARE	2010年12月20日	「学校のTRON」共通で使える知能ロボット用のソフトウェア部品を創る
TV	テレビ東京	2011年1月6日	カンブリア宮殿「ニッポン人よ、大志を抱け！～夢を仕事にした人スペシャル～」
Web	ロボタイムズ	2011年1月10日	「京大+電通大合同チーム SHINOBIの「HIEI」 タイの TRRC2010 で最優秀自律走行賞を受賞」
雑誌	ロボット 199	2011年3月20日	特集-ロボット技術の自動車への応用/次世代パーソナルモビリティのための基盤技術の研究開発
雑誌	ALUMINIUM アルミニウム 2011 Vol.18 No.81	2011年5月30日	特集 新分野/ロボット開発の現状と将来動向
雑誌	FOCUS NEDO 第42号	2011年8月	ロボットの「頭脳」を共通部品化し、効率的に高性能、低コスト化/次世代ロボット「開発を加速
TV	TOKYO MX	2012年1月8日	松沢しげふみの日本の標
TV	NHK	2012年1月15日	NHK おはよう関西 実用化進む”災害ロボット”最前線 京都大学
TV	テレビ朝日	2012年1月16日	スーパーJチャンネル:遠隔操作型レスキューロボット KOHGA3や自律型レスキューロボット HIEI を中心
TV	NHK	2012年1月18日	NHK 全国版 実用化進む”災害ロボット”最前線 京都大学
TV	BS日テレ	2012年1月22日	よい国のニュース “災害対応ロボット”
Web	日刊工業新聞社 ロボナブル	2012年2月10日	「京大・松野研、災害対応向け移動ロボットプラットフォーム公開、線量計測に活用」
雑誌	ROBOCON Magazine No.81	2012年4月15日	次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト成果報告会「移動知能(社会・生活分野)の開発(搭乗用ロボット)」

(6) イベント・展示

- つくばチャレンジシンポジウム 2008, 芝浦工業大学・電気通信大学 ロボットの展示(2009.1)
 - 開催地: 東京都品川区
 - 概要: 自律移動ロボットシンポジウムへ実機ロボットの展示
- RoboCup2009 ジャパンオープン, 京都大学・電気通信大学(2009.5)
 - 開催地: 大阪府大阪市
 - RT ミドルウェアを用いた災害対応ロボットにてユーザーインターフェースモジュールの検証を実施,
- RoboCup2009 世界大会京都大学・電気通信大学(2009.7)
 - 開催地: オーストリア
 - 概要: RT ミドルウェアを用いた災害対応ロボットにてユーザーインターフェースモジュールの検証を実施
- 国際ロボット展 2009 NEDO ブース出展 移動1SWG 共同実証実験実施 (2009.11.25-28)
 - 開催地: 東京都
- 国際ロボット展 2009 産学交流プラザ出展 (2009.11.25-28)
 - 開催地: 東京都
- TRONSHOW2010 出展 (2009.12)
 - 開催地: 東京都
- ロボットテクノロジーを活用した製品・サービスの実証実験にて大阪市役所を走行するロボット実証実験実施 (2010.2.2-5)

- 開催地：大阪府大阪市
- 8. 国際ロボット展 2011 NEDO ブース出展(2011.11)
 - 開催地：東京都
- 9. 名工大・名市大合同テクノフェア 2011 (2011.10.19-22)
 - 開催地：愛知県名古屋市
 - 概要：大学シーズの見本市. TECH Biz EXPO2011 (東海地区最大の産業見本市) と同時開催



Fig. 124 国際ロボット展 2009 産学交流プラザ出展の様子

3.4.4.8 実用化の見通し

(1)オープンソース開発物リスト

オープンソースで提供している知能モジュールのリストをTable. 12に示す。これらのモジュールは、再利用センターにて検証済みであり、第三者が利用可能なように、ソースコードだけでなく詳細なドキュメントもあわせて下記のサイトにて入手可能で有る。

Table. 12 オープンソース開発物リスト

開発者	知能モジュール [公開先]	ライセンス形態
芝浦工業大学	RTC-CANopen [www.hri.ee.shibaura-it.ac.jp/download.html]	EPL (自己開発分についてオープンソース提供)
	DFIT (Dual Flow Image Tracking) [www.hri.ee.shibaura-it.ac.jp/download.html]	
	GPS ナビゲーションコンポーネント [www.hri.ee.shibaura-it.ac.jp/download.html]	
	WiiRemote Components [www.hri.ee.shibaura-it.ac.jp/download.html]	
千葉工業大学	移動知能モジュール群 (小経路計画 RTC 群, 障害物回避モジュール等を含む) [code.google.com/p/rtc-for-intelligent-mobile-robot/]	EPL 1.0
	全方位移動電動車椅子型ロボットコントローラモジュール [code.google.com/p/rtc-for-intelligent-mobile-robot/]	
	操縦モジュール (コントローラ RTC) [code.google.com/p/rtc-for-intelligent-mobile-robot/]	
	FCAN-View [code.google.com/p/fcan-view/]	Apache License, Version 2.0
	f-palette CANopen [code.google.com/p/f-palette-canopen/]	LGPL
NEC ソフト	環境自己位置同定 (ucode) モジュール [sourceforge.jp/projects/rtm-t-kernel]	Apache License, Version 2.0
	大経路計画モジュール [sourceforge.jp/projects/rtm-t-kernel]	Apache License, Version 2.0
	OpenRTM on T-Kernel [sourceforge.jp/projects/rtm-t-kernel]	デュアルライセンス方式 (EPL+個別契約)
	測域センサ RTC [sourceforge.jp/projects/rtm-t-kernel]	EPL
セグウェイジャパン 東北大学 京都大学 国際レスキューシステム研究機構	① 自律・操作モードの融合モジュール群 (SegwayRMP 制御 RTC) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID054] (Blackship 制御 RTC) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID055] (緊急停止デバイス管理モジュール) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID369]	デュアルライセンス方式 (修正 BSD+個別契約)
	② 障害物回避に関する知能モジュール群 (障害物回避モジュール群) (回避行動モジュール) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID060] (衝突判定モジュール) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID261] (障害物検知モジュール) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID262]	
	③ 縦者の意図推定・操縦支援に関する知能モジュール群 (自律と操作の融合モジュール) [http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID368] (iPhone 通信モジュール)	

	<p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID048] (複数台ロボット操縦モジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID046] (beego 制御モジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID331] (複数台ロボットシミュレータモジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID047] ⑤自律走行に関する知能モジュール群 (自律移動 RTC 群) (経路計画モジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID260] (マップマッチングドライブモジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID061] (領域制約走行モジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID062] ⑥自律帰還に関する知能モジュール群 (GPS 自己位置推定モジュール群)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID085] (地図情報管理モジュール)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID058] ⑦協調走行に関する知能モジュール群 (フォーメーション制御モジュール群)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID330] ⑧自動追尾機能モジュール群 (人追従機能 R T C モジュール群)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID053] (ゲームパッド RTC)</p> <p>[http://openrtm.org/openrtm/ja/project/NEDO_Intelligent_PRJ_ID052]</p>	
--	---	--

(2) 成果の普及

(ア) 災害対応ロボットへの活用

2011年3月に発生した東日本大震災において、災害対応ロボットの重要性が再認識された。国際レスキューシステム研究機構、京都大学松野研究室、東北大学田所研究室らは、これまでの研究開発の成果と、本プロジェクトで得られた成果を元に災害対応ロボットの研究開発に活用し、成果を広く発信していく。具体的には、すでに RT ミドルウェアに対応済みの研究開発用災害対応ロボット(Fig. 125, Fig. 126)を、民間企業などへの技術移転を目指し、研究開発の効率化を目指す。

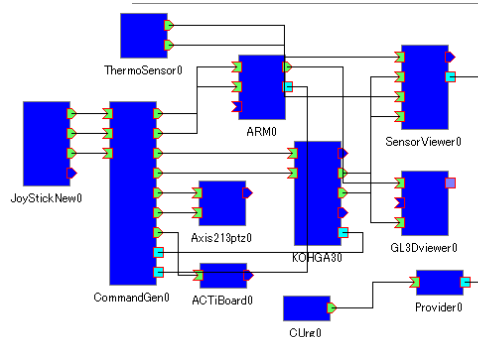


Fig. 125 RT ミドルウェアで実装済み研究用災害対応ロボット「KOHGA3」

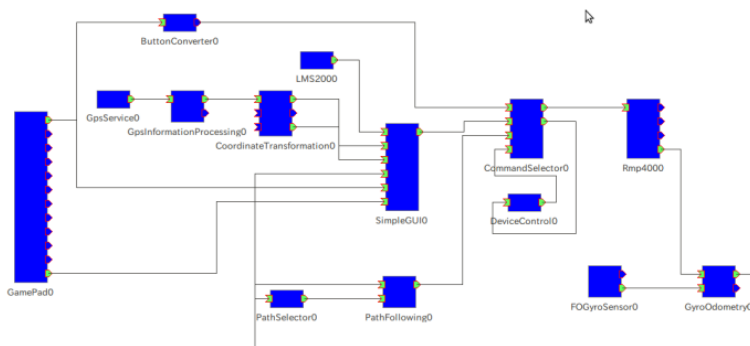


Fig. 126 RT ミドルウェアで実装済み研究用災害対応ロボット「MATOI」

研究期間外ではあるが、本プロジェクトの成果を元にして、電力会社などの民間企業と共に、実際の現場で RT ミドルウェアを用いたロボットの実証実験を着手している。2012 年 5 月時点では、平時と災害時の相互で利用可能な「道具」の開発をしており、RT ミドルウェアを用いる事で、「試行錯誤」が比較的容易に行えるために、研究開発が加速できると考えている。実験の様子の一部をFig. 127、Fig. 128に示す。



Fig. 127 発電所施設内での動作実験（屋外実験の様子）



Fig. 128 発電所施設内での動作実験（室内実験の様子）

※ ブルーシートは部品落下時の施設内への落下防止のため敷設

（イ）RT ミドルウェアを活用した商業展開

セグウェイジャパンらは、開発した知能モジュールなどを活用し「移動ロボットのサービスの提供」や「コンサルティング・支援」などの事業化を実施し、プロジェクト終了後は東北大学、京都大学、国際レスキューシステム研究機構らより技術支援を受けながら、RTC ユーザーのサポートを実施する。

また、NECソフトらは、開発成果の再利用とノウハウ活用し、知能モジュール組み込みソリューションを、を提供すると共に、社内の各部門と連携を強化し、事業利用に向けた要望吸い上げ、提案活動などを実施する。

（ウ）RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群

RT ミドルウェア対応組込みプラットフォーム群の開発で説明したように、開発方針として国際標準規格に準拠すること、既存ソフトウェアとの互換性を維持すること、実用化されている技術をベースとすること、を基本に開発を進めた。その結果、開発された成果は、国際標準規格に準拠しており、また、既存ソフトウェアとも互換性を有している。これにより、すでに市場で販売されている製品との互換性も確保しており、開発された技術水準も実用化されている製品をベースとしているため、実用化は非常に簡便である。

特に、RTC-CANopen は、Fig. 129に示す様に、国際標準化団体 CiA において、プロジェクト期間中に国際標準規格として規格化されており、今後、CAN バスをはじめとする様々なネイティブバスを用いたロボットシステムを構築する際には、全世界的に参照することが奨励される規格と

なっている。このことは、普及に関して非常に大きな効果をもたらしている。

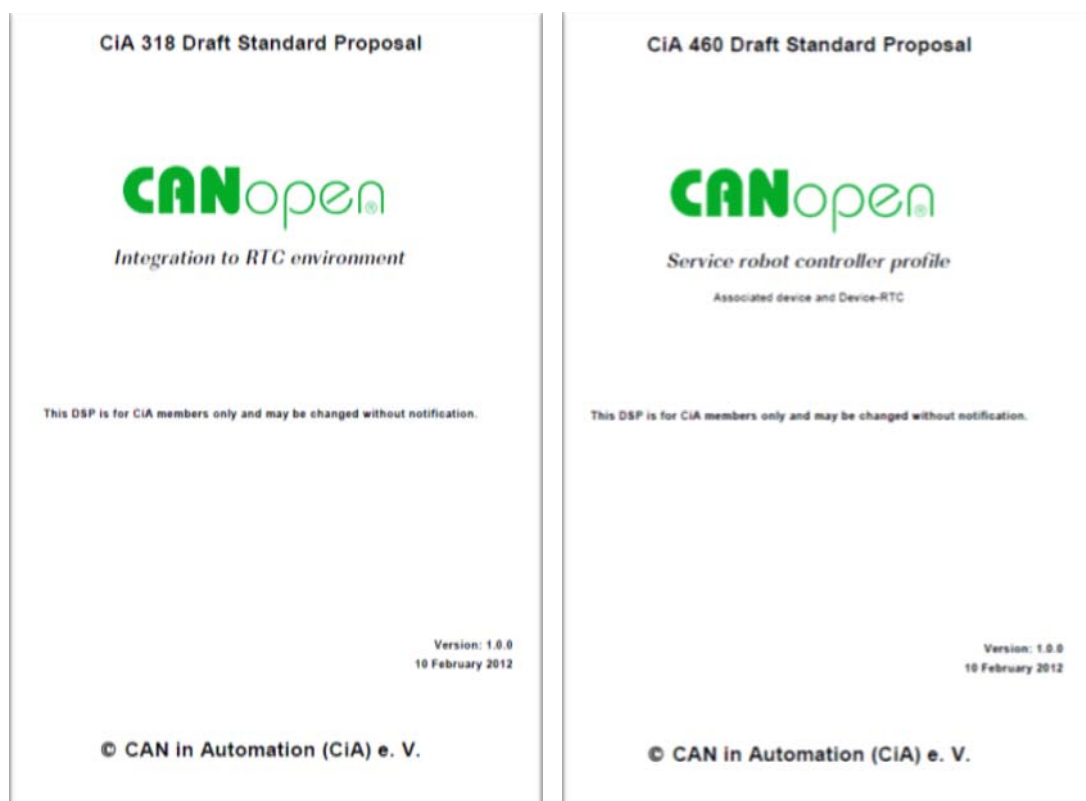


Fig. 129 RTC-CANopen 仕様書 (Draft Standard Proposa 1) 表紙
(表紙掲載の許可は CiA から受諾済み)

以上

3.5 コミュニケーション知能(社会・生活分野)の開発

公共空間における情報支援知能モジュール群の開発

【実施者:株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR)、
株式会社イーガー、オムロン株式会社、三菱重工業株式会社】

1) 研究開発の概要

本プロジェクトでは、より幅広い用途と人間共存環境での次世代ロボットの実用化に繋げるため、生活空間や多品種少量生産の製造現場など状況が変わりやすい環境下において、ロボットが確実性を持って自律的に活動するための技術開発とその普及を促進することを目的として、生活空間で使用可能なロバストなコミュニケーション知能モジュール群を開発した。開発したコミュニケーション知能モジュールは、コミュニケーションを行なう場面において、必須となる「見る」「聞く」「話す」「ジェスチャする」機能の基本を担う環境状況対象認識知能、対話支援知能、対話制御知能、対話管理知能に細分化される。これらの組み合わせによって、人に情報提供を行う多くの場面に対応でき、さらに、他分野の知能ロボットにも利用可能な汎用的知能モジュールとなっている。

図 3.5.1 に本プロジェクトで設定したゴールを示す。一般的な騒がしさのスーパー等の商業施設(65dBa 以上の騒音環境)において、「巡回・見守り・道案内」「商品説明」「受付・情報提供」の3種類のタスクが適切に動作することが最終目標である。各タスクは、人を見つけ、個人を同定し、履歴に応じて発話内容を変化させ、返答を聞き、動作を伴って分かりやすく情報を提供することを行なう。開発したモジュールを表 3.5.1 に示す。各モジュールは、オープンソース提供のドライバ部分とバイナリ提供部分からなり、すべて RT コンポーネントとして実現することで、容易に再利用可能とした。オープンソースのドライバ部分のライセンスは、修正 BSD ライセンスを採用し、用途に応じて自由な改変が可能となっている。RT コンポーネント化されたモジュールは、リファンスモデルマニュアル(モジュールの利用説明書)を整備したことで、簡便に利用が可能である。開発したすべてのモジュールは、再利用技術研究センターに登録し動作検証を受け、特定ハードウェアに依存しない汎用性の高いモジュールであることを確認した。

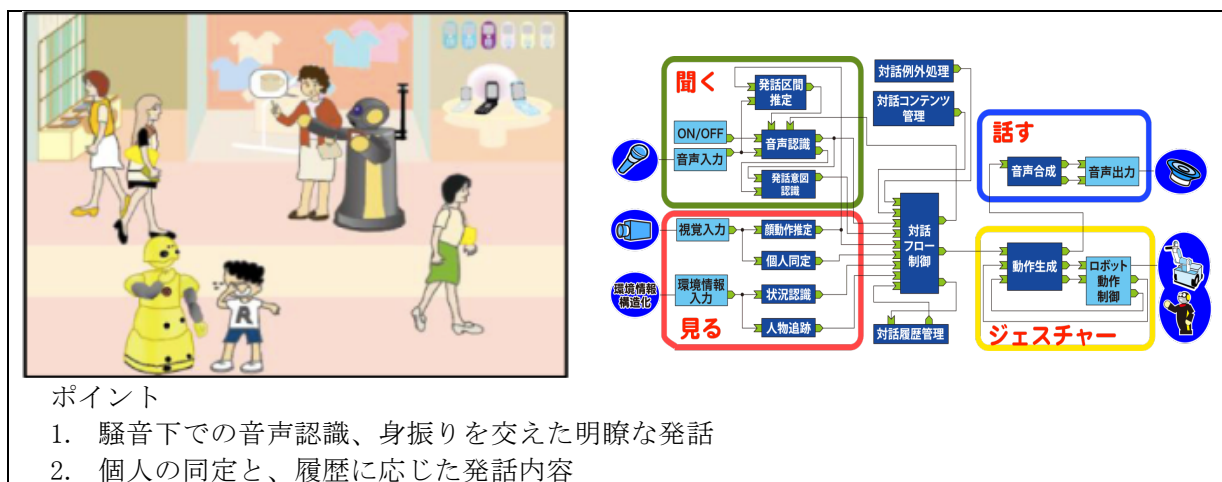


図 3.5.1 設定ゴールのイメージ

評価は、上半身が人型であるロボット（やRobovie-II など）を用いて、一般的な騒がしさのスーパー等の施設において、3種類のタスクが適切に動作することを確認した。具体的には、実利用環境において、「巡回・見守り・道案内タスク」「受付・情報提供タスク」「商品説明タスク」の3つのタスクについてタスク達成率を評価し、タスク達成率70%以上、ユーザ満足度70%以上（アンケート調査）を満たしたことを確認した。

表 3.5.1 開発したモジュール群

基本計画		機能	開発モジュール群（開発者）	
(1)環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発	①環境・状況認識	人の位置・行動	状況認識モジュール(ATR・イーガー) 人物追跡モジュール(ATR・イーガー)	
	(2)対話支援知能モジュール群の開発	①音声認識	聞く(語彙)	音声認識モジュール(ATR・イーガー) 発話区間推定モジュール(ATR・イーガー)
②音声合成		話す(発話)	音声合成モジュール(ATR・イーガー)	
③行動理解		a	見る(口開閉)	顔動作推定モジュール(オムロン・イーガー)
		b	聞く(非語彙:「え?」「ええーっ!」)	発話意図認識モジュール(ATR)
	c	ジェスチャ(あっち、こっち)	動作生成モジュール(ATR)	
(3)対話制御知能モジュール群の開発	①対話コンテンツ管理	話す(コンテンツ)	対話コンテンツ管理モジュール(ATR)	
	②対話制御	話す(自律・遠隔)	対話フロー制御モジュール(ATR) 対話例外処理モジュール(ATR)	
(4)対話管理等知能モジュール群の開発	①対話対象同定	個人同定(ID)	個人同定モジュール(オムロン・イーガー)	
	②対話履歴管理	対話履歴	対話履歴管理モジュール(ATR)	

2) 研究開発の目標

(1) 最終目標

研究開発の概要で述べた知能モジュール群(表 3.5.1)をすべて搭載したロボットシステムが、一般的な騒がしさのスーパー等の商業施設(65dBA以上の騒音環境)において、「巡回・見守り・道案内」「商品説明」「受付・情報提供」の3種類の実用的なコミュニケーションのタスクを実行し、成功率70%以上のタスク達成率と、70%以上のユーザ満足度を得る。さらに、タスク内での対話内容と対話対象を組み合わせたバリエーションとして、少なくとも200以上を保有できるようにする。

(2) 中間目標

① 環境・状況・対象認識知能モジュール群の開発

(a) 環境・状況認識に関する知能モジュール群

ロボットの前方5m以内の人物の配置が70%以上の精度で検出できるようにする。

② 対話支援知能モジュール群の開発

(a) 音声認識に関する知能モジュール群

BGM が聞こえるスーパーや、TV がついているリビング等の実用的な環境（65dBA の騒音環境下）において、子供や高齢者を含む不特定話者の音声を 70%以上の精度で認識できるようにする。

(b) 音声合成に関する知能モジュール群

子供や高齢者を含む不特定の相手とのコミュニケーションにおいて、70%以上の精度で内容が伝達できるようにする。

(c) 行動理解に関する知能モジュール群

人の身振りや仕草の認識に関しては、顔の向きや視線検出の結果から、3種類の身振り仕草（うなずき、否定、かしげ）の認識ができるようにする。人の表情や非言語の発声の認識については、非語彙的発話を検出し、「肯定・相槌」、「否定」、「聞き返し」、「考え中」、「不満・非難」などの意図・態度・感情を表現したカテゴリーを 60%以上の精度で認識できるようにする。ロボットの形状や仕草により人に適切に情報やロボットの状況を伝える技術については、対話コンテンツの指示に従って動的生成された身振り仕草と、話す内容に応じて自動的に生成された身振り仕草を統合し、対話コンテンツによって定まるロボットの発話に応じて動作（身振りや仕草）を合成できるようにする。この技術によるロボットの身振りや仕草の効果をアンケートによって検証する。

③ 対話制御知能モジュール群の開発

(a) 対話コンテンツ管理に関する知能モジュール群

200 以上の対話コンテンツを格納でき、また状況に応じて対話コンテンツを選択する機能を保有できるようにする。

(b) 対話制御に関する知能モジュール群

選択された対話コンテンツのフローを制御し、特定タスクについて初心者ユーザに対して 70%以上の成功率でタスクを達成できるようにする。

④ 対話管理等知能モジュール群の開発

(a) 対話対象同定に関する知能モジュール群

100 人を対象に 80%以上の精度で人物を同定できるようにする。

(b) 対話履歴管理に関する知能モジュール群

100 人以上の対話履歴を管理し、その履歴から得られた情報を対話に反映できる機能を保有できるようにする。

3) 研究開発の成果

各モジュールの研究開発の成果について、次の研究項目 m-1～m-9 で述べる。統合システムの検証結果については、研究項目 m-10 で有効性検証の詳細を述べる。

m-1 環境状況認識 (ATR、株式会社イーガー)

環境状況認識は、ロボット前方の人物の位置・人数、および、接近等の行動を検出する機能である。本モジュールは、状況認識モジュールと、人物追跡モジュールからなる。状況認識モジュールにおける人行動検出機能は、文部科学省の平成18年度科学技術振興調整費による「科学技術連携施策群の効果的・効率的な推進」の「施設内外の人計測と環境情報構造化の研究」の成果である環境情報構造化プラットフォームの出力を利用し、人の行動出力(「歩いている」「走っている」などの意味づけされたラベル)を、RTコンポーネントの仕様へ変換して出力することで実現した。さらに、「ロボットへの接近行動」の認識アルゴリズムを開発し、出力できる人の行動をロボットに対する行動へ拡張した。人物追跡モジュールは、環境情報構造化プラットフォームの出力を利用して、ロボットから見た人の位置検出(ロボット前方 5m 以内検出率 70%)を実現した。これらにより、ロボット前方の人物の位置、人数、そしてロボットを基準にした人の相対位置を得る機能を実現した。

m-2 音声認識 (ATR、株式会社イーガー)

音声認識は、ATRで既開発の音声認識システム(音声認識ベースシステム)を改良して、RTコンポーネント化を行った。音声認識ベースシステムは、

- A) マイクロホンアレイによる目的方向外からの雑音抑圧
- B) パーティクルフィルタによる定常および非定常雑音の抑圧
- C) 音声および雑音のガウシアン混合モデルによる発話区間検出
- D) 複数の音声認識器によるパラレルデコーディング

からなる。商業施設などの環境では雑音が多いため、音声認識で重要な発話区間を正確に検出することが難しい。そこで、騒音環境でも精度良く発話区間を検出できる単一話者発話区間検出機能を実現するため、E)話者の動画像より得られる唇の動きを用いる方法を開発した。具体的には、研究項目m-4の顔画像推定モジュールから顔の特徴点を取得し、顔の大きさに正規化した唇の開閉度合いの微分波形により、話者が発話しているか否かを判定している。A), B), C), E)を統合した発話区間検出モジュールは、従来よりも発話区間を高い精度で検出できる。この発話区間検出モジュールによって精度良く抽出された発話区間と、D)を組み合わせることで、65dBAの騒音環境下で70%以上の音声認識性能を実現した。

m-3 音声合成 (ATR、株式会社イーガー)

本研究項目では、対話すべき内容が与えられたとき、周囲環境や子供や高齢者を含む対象者に対して、適切な話し方で、聞き取りやすい音声の生成を行う機能を実現する。本機能は、ATRで既開発した音声合成システムをベースとして、周囲の騒音環境が厳しい場合においても、聞き取りやすい音声合成できるように改良を行う。ベースの音声合成システムは、入力されたテキストを解析して発音記号列、韻律情報を推定し、これをもとにスペクトル・韻律ターゲットを生成して、波形データベースからターゲットに対して最適となる音声素片列を選択して接続することにより音声波形を生成する。周囲の騒音が厳しい環境には、調音が明瞭で了解度の高い発声を合成に利用可能にすることが重要である。そこで、調音が明瞭で了解度の高い発声を収録した音声データベースを構築し、音素および韻律に関する情報のラベリングを施し、これを用いてスペクトルおよび韻律ターゲットモデルと音声合成向け音声波形素片データベースを開発した。ター

ゲットモデル及び音声波形素片データベースを用いて、調音の明瞭な、了解度の高い発声による音声合成を実現した。65dBAの騒音環境下で、70%以上の精度で内容の伝達が可能であることを確認した。

m-4 顔動作推定(オムロン株式会社、株式会社イーガー)

本研究項目では、ロボットが的確に人とコミュニケーションを行うために、人の顔からその人の状態や意思を理解する機能を実現する。本機能は、既にオムロン株式会社で開発した OKAO Vision をベースに改良して、RT コンポーネント化を行った。商業施設のような人が多く集まる場所では、ロボットの前に複数の人がいる場合が多いため、対話を行う対象がどの人なのかを、その人の顔の向きや視線から検知し、その人の口の開閉度合いから話者を検出する機能が必要である。また、ロボットの前に複数人がいる場合、それぞれの顔画像の解像度が低いため、低解像度でもそうした推定を高精度に実行できることが重要となる。このためにまず、顔向き推定において、低解像度対応を実施した。具体的には、50×50 ピクセルの画像から、顔器官(目、口)の開閉を推定する機能と視線推定機能を実現、これらの機能を用いた顔動作推定コンポーネントをロボットへ搭載し、ロボットがユーザの顔を検出できることを確認した。

また、顔の向きや視線検出の結果を用いて、顔による3種類の意思表示(うなずき、否定、かしげ)の認識機能を実現した。単純な顔の角度のみの判断では、3種類の意思表示の判断は難しい。そこで一定時間内の角度変化量・角速度などを元に意思表示を認識できる認識アルゴリズムを開発し、意思表示の認識精度を向上した。本機能を用いることで80%以上の意思表示の認識精度を実現した。

m-5 発話意図認識 (ATR、株式会社イーガー)

本研究項目では、人間とロボットとの対話コミュニケーションを円滑に行うため、対話相手の発話によって伝達される意図・態度・感情に関するカテゴリーを認識する機能を実現する。言葉自体が意味を持つ語彙的発話よりも、「うん」や「え」のようにその言い方(発話スタイル)によって意図が伝達される非語彙的発話に焦点を当てる。非語彙的発話は、日常対話のおよそ半分を占めており、対話相手の発話に対して、なんらかの反応を示すために用いられ、意図・態度・感情の情報が豊富に含まれている。

非語彙的発話の分析に必要なデータの収集(対話音声の収集、書き起こし、発話意図のラベリングなど)を行った。具体的には、既存の自然会話音声コーパスやロボットが実環境で人間とコミュニケーションを行った既存の対話音声データを用いて、「うん」「え」「あ」「おー」「へえ」「はー」「ほー」「あら」「あれ」など、感動詞類を含んだ非語彙的発話に対し、どのような発話スタイルで発声された場合、どのような機能(発話意図・態度・感情)をもたらすのかを調べた。また、発話「うん」および「え」に対し、ATRで既に開発されている韻律特徴および声質特徴抽出を用いて、静かな環境で作動する発話意図認識のプロトタイプを構築した。

非語彙的発話の韻律特徴抽出において重要な雑音への頑健性を向上させた。通常の韻律特徴抽出は基本周波数成分に基づくため雑音を含む音では困難になる。基本周波数の倍音となる調波成分に基づいて基本周波数を推定する手法を考案し、雑音下において、より頑健な韻律特徴抽出を

実現した。これらを用いて、非語彙的発話のリストを対象に、韻律特徴抽出と音声認識モジュールが出力するテキスト内容から、{肯定・相槌;否定;聞き返し;考え中;不満・非難}の意図・態度・感情を表すカテゴリーを認識する発話意図認識モジュールを構築し、65dBAの雑音環境で60%以上の認識精度を実現した。

開発した発話意図認識モジュールは、RTコンポーネント化し、ベータ版として知能化プロジェクト内へ提供したが、予算削減のため、本研究項目は、平成21年度で終了した。

m-6 動作生成 (ATR)

本研究項目では、ロボットの形状や身振り仕草により、人に適切に情報やロボットの状況を伝える機能を実現することを目指す。ロボットが話す内容に応じて自動的に適切な身振り仕草を生成する技術を実現し、心理学的・認知的知見に基づき適切なタイミングでこれらを統合することにより身振り仕草を用いたコミュニケーション技術を実現する。このため、人への情報状況伝達に有用であるロボットの身振り仕草の「動的生成」、「自動生成」、「動作合成」の3つの機能を実現し、モジュール化する。動作生成モジュールは、生成した身振り仕草を様々なロボットで利用可能にするため、動作生成と動作実行を独立したRTコンポーネントとし、対話制御モジュール・対話履歴管理モジュールと接続して動作する。「動的生成」は、対話コンテンツ中で指定された対話相手・指示対象の位置などのラベルから、対話相手・指示対象にあわせた身振り仕草を生成する。対話制御モジュール群において生成される対話コンテンツは、発話に加えて身振り仕草などの明示的な身体動作を制御する情報を保持する仕様となっている。動作生成モジュールを、この身体動作制御情報を受けて身振り仕草を生成し、ロボットに実行させるように実装した。実験室内に模擬環境を構築し、物体などを配置して基礎的な実験を行い、案内対象を適切に示すような身振り仕草が動作生成モジュールによって生成できることを確認した。「自動生成」は、対話コンテンツから明示的な身振り仕草の指示が無い場合に、対話相手の振る舞いに応じてロボットの身振り仕草を自発的に行う動作を自動的に生成する。この自発的動作は、ロボット自らの発話に関連するような身振り仕草のことであり、ロボットが質問を行う場合に、問いかけを行うような身振り、例えば首かしげ、を自動的に生成できることを確認した。「動作合成」は、動的生成された身振り仕草と、自動生成された身振り仕草を適切に統合し、対話コンテンツによって定めるロボットの発話に応じて、動作を合成する。ロボットが話し手か、聞き手か、待機中かなどのコミュニケーション属性を利用して合成を行う実装を進めた。評価実験を実施して身振り仕草の効果をアンケートによって検証したところ、20名中19名がこのシステムにより実現された身振り仕草がある方が良いとの回答を得た。これにより、動作生成モジュールが人に適切に情報やロボットの状況を伝えることができることを確認した。

m-7 対話制御 (ATR)

本研究項目では、対話コンテンツ管理と対話フロー制御に関する知能モジュール群を実現する。対話コンテンツ管理は、ロボットの機能・用途に応じて予め準備された多数の対話コンテンツを保持・管理し、対話者の属性や状況に応じて適切な対話コンテンツを選択できる機能である。また、多くの対話コンテンツを作成する作業は負担が大きいため、作成負荷を軽減する対話コンテ

ンツ編集インタフェースを実現する。対話フロー制御は、対話者の反応や状況に応じて対話の流れを切り替えながら、対話フローを制御し、対話タスクを実行できる機能である。

対話コンテンツと対話フロー制御ルールは対話コンテンツ管理モジュールによって保管され、ロボットの実行時に参照される。対話フロー制御の中で、次に実行する対話コンテンツが次々に選ばれ実行されてゆく時に、対話している人が予想外の発話を行ったり、複数人の発話が発出されたり、対話妨害者が現れたりするなど、本来の対話コンテンツの流れに対する例外事象は、人間の操作者の介入を可能にする対話遠隔制御機能により、対処される。

上記機能を、RTコンポーネント化して知能モジュール群として提供できるように開発を進めた。作成負荷を軽減できる対話コンテンツ編集インタフェースを実現し、対話コンテンツ管理モジュールが編集結果を読み込み可能にし、また、格納・検索機能を実装し、1000 コンテンツの格納が可能であることを確認した。対話ロボット上で動作する対話フロー制御モジュールはルール照合機能を実装し、さらに、センサ情報の入力に対応することによって、ロボットの振り舞いをセンサ値に応じて変えることを可能にした。このモジュール群を利用して、パソコンの商品説明タスクを行う評価実験を実験室内で実施し、タスクの達成率が93%(16名中15名に対して成功)であることを検証した。これにより、対話制御が、多数の対話コンテンツを保持・管理し、対話者の属性や状況に応じて適切な対話コンテンツを選択でき、対話者の反応や状況に応じて対話の流れを切り替えながら、対話フローを制御し、対話タスクを実行できることを確認した。

m-8 個人同定 (オムロン株式会社、株式会社イーガー)

ロボットが人とコミュニケーションする際に、相手が誰なのか、あるいはどんな人なのかを理解することが極めて重要である。本研究項目では、対話対象を画像情報により同定する機能の実現を目指した。このための個人同定の手法として、①顔の個人性に基づく手法、②顔の性別・年齢等の属性に基づく手法、③眼鏡や帽子、ヒゲと言った顔に付加された属性に基づく手法、④服装の色情報に基づく手法、を開発した。①の顔認識技術においては、照明変化に対するロバスト性向上や顔向き変化に対するロバスト性向上に注力して開発を行った。その結果、左右の顔向き40度以内に対応し、エラー率10%以下を達成した。②の性別年代推定においてはオムロン株式会社で実施した独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト「高齢者対応コミュニケーションRTシステムの研究開発」の成果(目標正解率80%)を取り込んで活用した。③に関しては、用いられる属性情報としては無数に考えられるので(眼鏡の種類、帽子の種類、ヒゲの種類、髪型の種類およびその組み合わせ)、様々な属性に対応できる人物属性認識手法を開発し様々な属性に対して85%程度の認識率を実現した。④に関しては、カメラや照明条件の違いが発生したときにも、その違いを吸収し正しく個人同定できる個人同定手法を提案した。同種の手法において10位以内認識率が約30%程度であるのに対し、55%の認識率を実現した。一方、実用化には80%程度の認識率が必要と考えられ、精度改善は今後の課題である。

m-9 対話履歴管理 (ATR)

本研究項目では、対話対象人物毎の情報やコミュニケーションの履歴を蓄積・管理して、同じ内容を繰り返さない、興味のある話題を提供する等、履歴から得られた知識・情報を対話内容に

反映できる機能を実現するモジュール群を開発する。同じ内容を繰り返さない、興味のある話題を提供する等、個人の属性や履歴を利用した対話コンテンツ作成やフロー制御の基礎的メカニズムについては研究項目m-7の対話フロー制御技術を利用する。本項目では、個人の属性の格納方法や利用方法を検討し、対話履歴を格納する機構や個人の属性に応じた対話をするための適応機構を実現する。対話履歴管理の基本的な部分であるDBへの格納機能及びその入出力仕様を検討し、個人IDを入力とし個人適応情報を出力とする対話履歴管理基本モジュールと、個人ID/関連情報/DB操作イベントを入力とし、DBへの格納を行うと同時に検索結果を出力とする個人属性情報管理基本モジュールを開発した。個人属性情報管理基本モジュールと連動し、対話制御モジュールで行った対話に関する動的履歴を蓄積・管理する機能を実現し、センサ関連や対話制御のモジュールからの入力を擬似的に与えるようなソフトウェア環境や、実験室内に構築した模擬環境を利用して、モジュールが対話履歴を格納し個人の属性に応じた対話が実現されていることを確認した。

m-10 有効性検証（三菱重工業（平成21年度まで）、ATR、株式会社イーガー）

コミュニケーション知能では、人とロボットの対話というリアルタイム性の高いタスクを実行することから、単に個々のモジュールの性能を高めるだけでなく、複数のモジュールが実時間で効率的に連携し、タイミングよく音声などの入出力を行うことで、応答の正確性やユーザである人の理解度・満足度を高めることが重要である。有効性検証では、開発した知能モジュール同士を結合した上で、複数のモジュールの連携動作により実現されるコミュニケーション知能の機能・性能を実時間性という軸で評価することにより、コミュニケーション知能の高度化という命題に対するモジュール群、及びモジュール間インタフェース設計の有効性を検証し、サービス産業での対話に関する単純労働の代替をロボットで実現可能な知能モジュール群であることを示す。

まず音声対話に関連するモジュール群、すなわち音声認識モジュール、対話コンテンツ管理モジュール、対話フロー制御・例外処理モジュール、音声合成モジュールを相互に接続した検証システム（音声対話セット）を設計・構築し、機能的検証、システム性能評価、対話性能評価の3種類の検証・評価を行った。機能的検証で、音声対話のシステム動作に問題がないことを確認した。CPU時間を評価するシステム性能評価から音声合成モジュールの計算負荷が高く実時間性に問題があったが、実装方法を改良することによって解決できる見込みを得た。対話性能評価では、人工的な対話を連続的に行え、騒音環境を変化させられる「対話ユーザ模擬システム」を構築し、模擬騒音環境を変化させることで、音声認識率が変動することを確認した。さらに、発話区間推定モジュール、顔動作推定モジュールを追加し、視覚ベースの発話区間推定アルゴリズムの性能検証を行い対騒音性能の向上を確認した。最終的には、開発したモジュール群の統合版を構築し、最終目標の性能検証を実施した。以下に、主な有効性検証についての詳細を述べる。

中間目標に対する有効性検証

本プロジェクトで開発した「見る・聞く・話す・ジェスチャする」機能に関連するモジュール群は、RTミドルウェアを利用して図3.5.2に示す構成のように組み合わせ、動作確認を行った。まずロボットの前に人が立つと、ロボットのカメラ入力画像信号を顔動作推定モジュール（「見る」）に通し、人の顔が検出された場合、対話フロー制御モジュールが音声認識モジュールに音声

を取り込む指令を送り、入力された音声信号の音声認識結果が戻される（「聞く」）。対話フロー制御は認識された結果に応じて、発話動作指令を動作生成モジュールに送り、動作生成モジュールでユーザへの応答生成を行う。応答生成としては、音声合成モジュールで発話を合成し（「話す」）、その発話に伴う適切な身振りもロボット動作制御へ指令を送ることにより生成する（「ジェスチャーする」）。

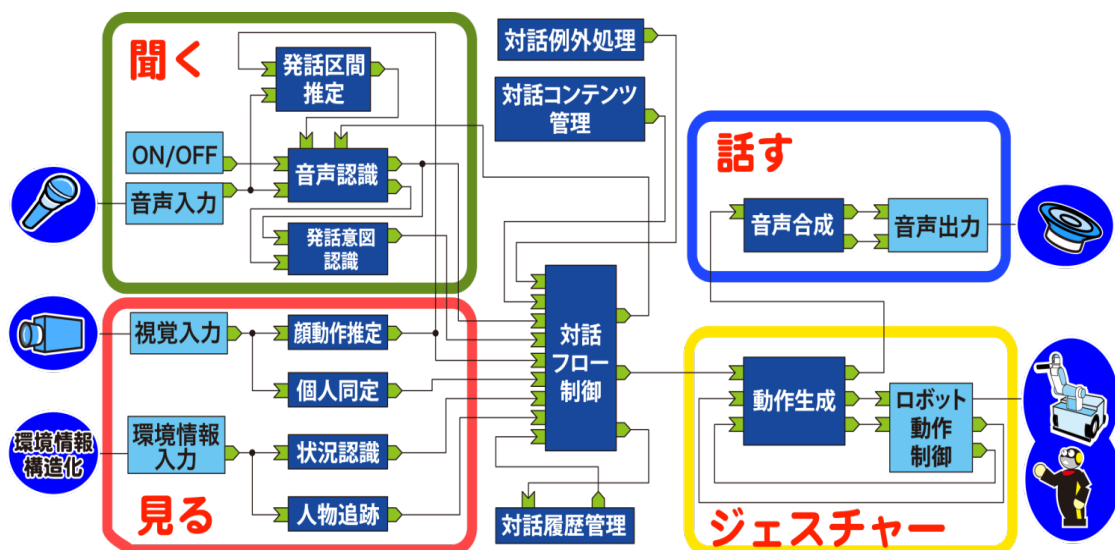


図3.5.2 コミュニケーション知能のためのモジュール構成

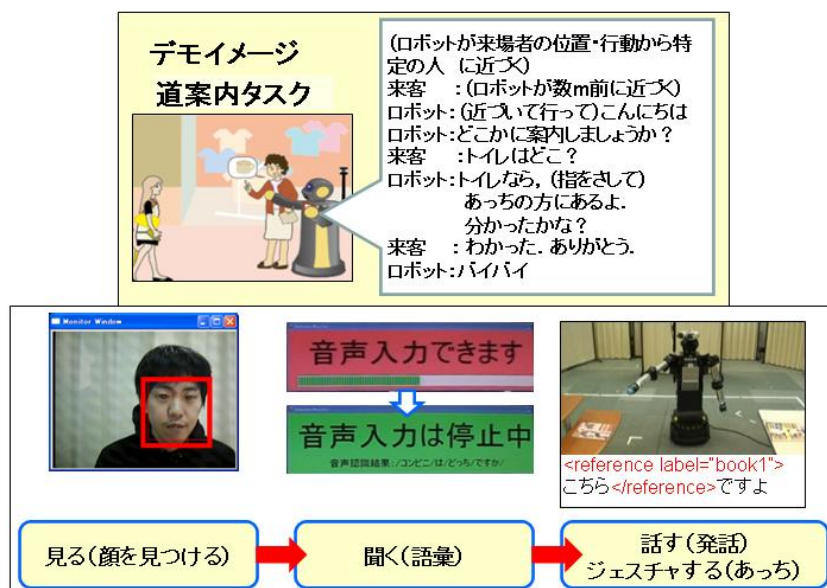


図3.5.3 道案内タスクの概要

2009年1月21日に実施した先行デモでは、図3.5.2のモジュール構成の中で、対話例外処理モジュール、状況認識モジュール及び人物追跡モジュールを除いてシステムを構成することにより、図3.5.3に示すような道案内タスクを実現した。デモには、ロボットに命令を与えるのではなく、例えばロボットが「こんにちは、どこかへ案内しましょうか？」と問いかけ、これに対してユーザが「トイレはどこ？」と尋ねると、ロボットが身振りを交えて「トイレならあっちの方にあるよ」と応えるように、ユーザと会話によるインタラクションを行い、「トイレ」、「コンビニ」、「喫

茶店」など10種類の場所を案内できるタスクを構築した。評価実験では、一般的な騒がしさの商業施設の騒音レベルである背景雑音が65dBaにおいて、中間目標の認識精度70%を超える75%の精度でユーザとのインタラクションが成立した。また、モジュールの再利用性も確認し、3種類のロボット（子供サイズのRobovie II、デスクトップ用の小型サイズのRobovie mini-R2、バーチャルのwakamaru simulator）で、開発したモジュール群が同様に動作することを確認し、デモを実施した。

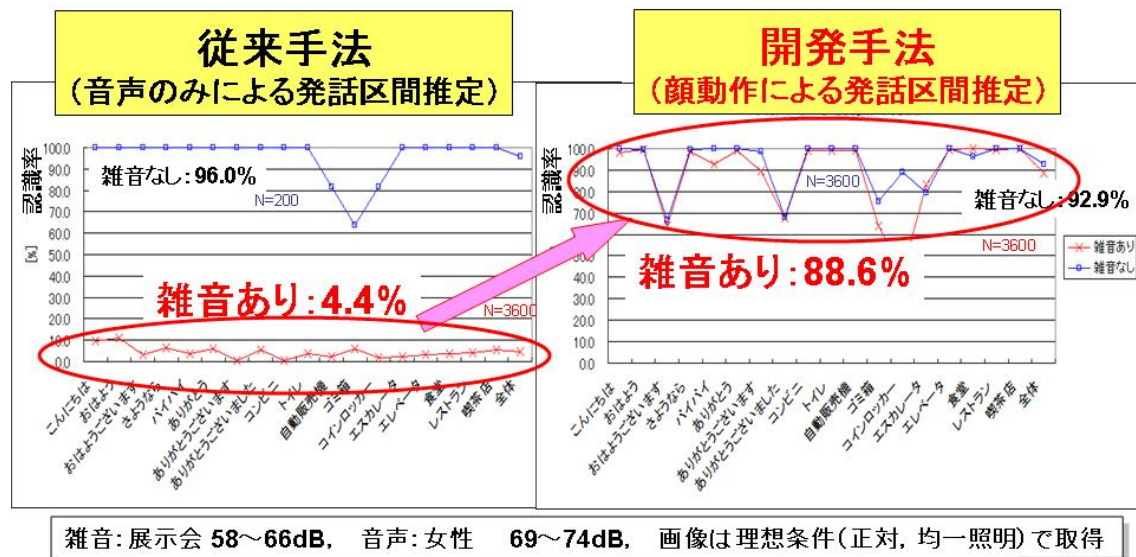


図3.5.4 顔動作による発話区間推定を用いた音声認識実験結果

雑音環境下での音声認識性能を向上するために、顔動作（口の開閉）と音声を併用した発話区間推定モジュールの開発と、これを用いた音声認識性能の検証を実施した。すなわち、顔画像の口部分の開閉情報から音声の開始時間と終了時間を相補的に抽出する方法による音声認識性能の向上の効果を検証した。結果として、図3.5.4に示すように、約65dBaの雑音環境下で顔動作を併用した発話区間推定を行わない場合の音声認識率は平均4.4%であったのに対し、顔動作を併用した発話区間推定を行った場合の音声認識率は平均88.6%となり、大幅な音声認識率の向上を達成した。

動作生成、対話制御モジュール群に関しては、商品説明を模した被験者実験を行い、有効性の検証を行なった。ロボットと接した経験のない被験者（初心者ユーザ）19名に対して、ロボットが身振りを交えた商品説明を行ったところ、図3.5.5に示すようにほとんどの被験者が身振り有りの方が分かりやすいと回答し、身振り仕草の効果を確認した。また、被験者（初心者ユーザ）15名に対してパソコンに関する商品説明タスクを行う実験を実施したところ、図3.5.6に示すように93%の被験者が商品の情報を得られたと回答した。即ちこの実験による商品説明タスクのタスク達成率は93%であり、初心者ユーザに対して70%以上の成功率でタスクを達成するという中間目標を達成した。

身振り有り無し、どちらが分かりやすい？

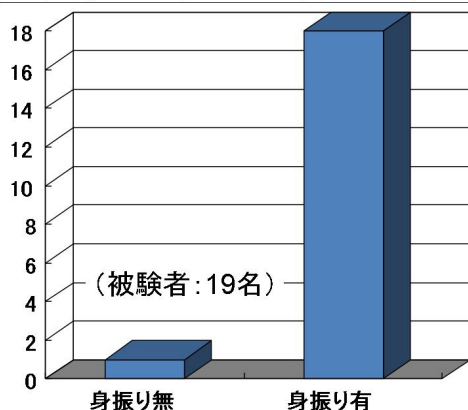


図3. 5. 5 身振りを交えた商品説明に対する
分かりやすさのアンケート結果

ロボットの説明で商品情報を得られた？

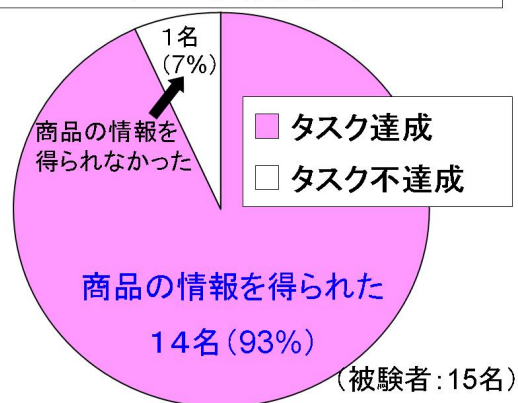


図3. 5. 6 商品説明タスクのタスク達成率

中間目標に対する主な研究開発成果の達成状況は、以下の通りである。環境・状況認識に関する知能モジュール群に関しては、ロボットの前方5m以内で複数人の人物の配置が精度99%以上であることを確認した。これは、中間目標である「ロボットの前方5m 以内の複数人の人物の配置が70%以上の精度で検出可能であること」を大きく上回っている。音声認識に関する知能モジュール群に関しては、前述したように顔動作を併用した発話区間推定技術などによって、65dBAの雑音環境下で音声認識率75%以上を達成しており、これも中間目標である「BGMが聞こえるスーパー等の実用的な環境で子供や高齢者を含む不特定話者の音声を70%以上の精度で認識できること」を上回る。対話制御知能モジュール群に関しては、中間目標である「200以上の対話コンテンツを格納でき、状況に応じて対話コンテンツを選択する機能を有する」対話コンテンツ管理モジュールを開発済みであり、実験により商品説明タスクについて中間目標である「初心者ユーザに対して70%以上の成功率でタスクを達成できること」を確認した。対話管理等知能モジュール群に関しては、開発した個人同定モジュールにより顔画像に基づいて500人を対象に80%以上の精度で人物同定を達成しており、中間目標である「100人を対象に80%以上の精度で人物を同定できること」を確認した。以上のように、中間目標の達成を確認した。

最終目標に対する有効性検証

開発したすべての知能モジュールを標準ロボットシステムへ実装し、2つの実証実験を行い、最終目標の達成を確認した。基本計画における最終目標は、2) 研究開発の目標で述べたように、開発したすべてのモジュールを搭載したロボットシステムが3種類以上の実用的なタスク((a-1)、(b)を含む)を実行し、タスク達成率70%以上、ユーザ満足度70%以上を実現する。

(a-1) BGM や人の話し声が聞こえる、一般的な騒がしさのスーパー等の商業施設において、顧客からの商品に関する質問の聞き取りや商品説明を行う対話が可能であること。

(b) タスク内での対話内容と対話対象を組み合わせたバリエーションは、少なくとも200以上とする。

以上の目標を検証するため、開発した知能モジュール群を図3. 5. 2のように組み合わせ、店舗内サービス実証実験と商業施設内サービス実証実験を実施した。

店舗内サービス実証実験

店舗内でのサービスとしてロボットに期待される代表的な2つのサービス（商品説明と売り場案内）をコミュニケーション知能モジュールを利用して実現し、来店客の意見を収集する実験を実施した。図3.5.7に、店舗内サービスで利用される主要なモジュール群を示す。

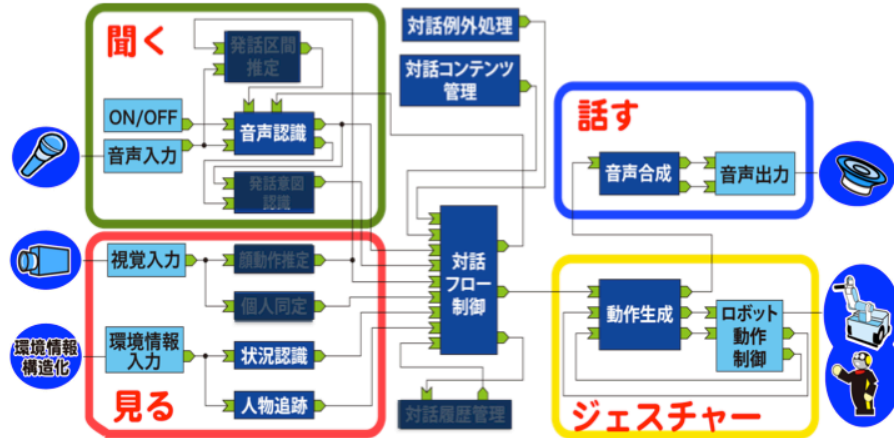


図3.5.7 適切な商品説明や売り場案内を実施するための基本モジュール群

このサービスは、店舗内に設置された移動しないロボット (Robovie-mR2) が、近寄ってきた来店客への挨拶を行い、店舗内にある商品に関する質問に対して、音声認識・合成で回答するタスクである。実証実験の店舗は、「ロボラボ いちびり庵」を利用した。「ロボラボ いちびり庵」は、大阪市住之江区南港の複合商業施設ATC内にあり、2011年度大阪市「スマートコミュニティ実証事業」で整備された店舗面積71m²の広さを持つ店舗である。店舗で扱っている主な商品のカテゴリーは、大阪土産、地方物産やロボットグッズで、商品数1300～2000種類を有し、毎日営業を行っている。実験は、6日間実施した。図3.5.8に、実験時の様子を示す。



図3.5.8 店舗内サービス実証実験の様子

ロボットの挨拶は、「こんにちは」「こんばんは」などの単純なものを含めて30種類を実施した。対話対象の商品は32種類とし、商品の属性（価格、場所、人気、特徴、味）に対する回答を行った。最後に、来店客にタスク達成（ロボットが客の質問や対話に適切に回答できた）と満足

度について、筆記のアンケートを実施し、回収を行った。アンケートを回収した243名の結果を図3.5.9に示す。

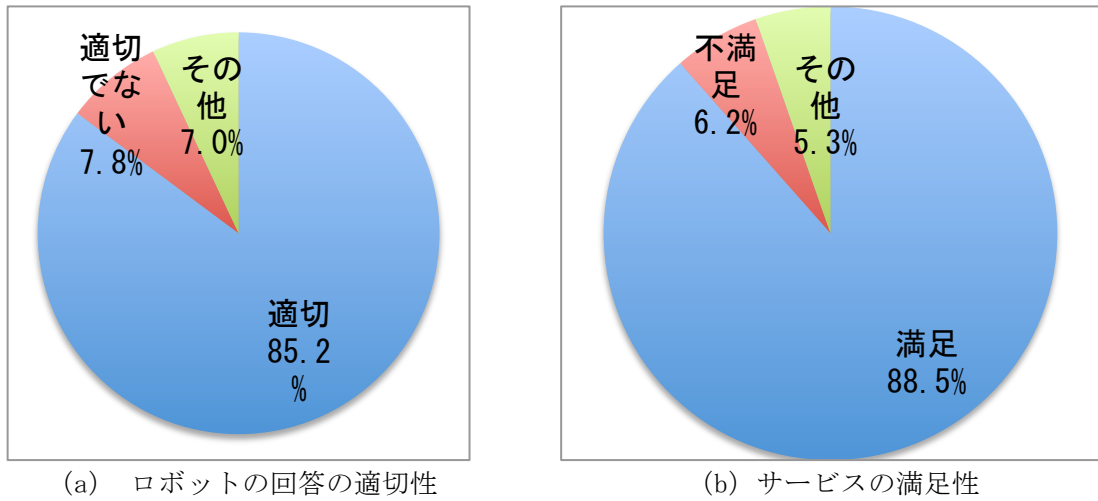


図3.5.9 店舗内サービス実証実験の結果

図3.5.9は、タスク達成率とユーザ満足度が、ともに70%を大きく超えた85.2%と88.5%であることを示している。

商業施設内サービス実証実験

商業施設内のサービスとしてロボットに期待される代表的な2つのサービス（道案内と商品案内）をコミュニケーション知能モジュールを利用して実現し、被験者実験を実施した。図3.5.10に、商業施設内サービスで利用される主要なモジュール群を示す。

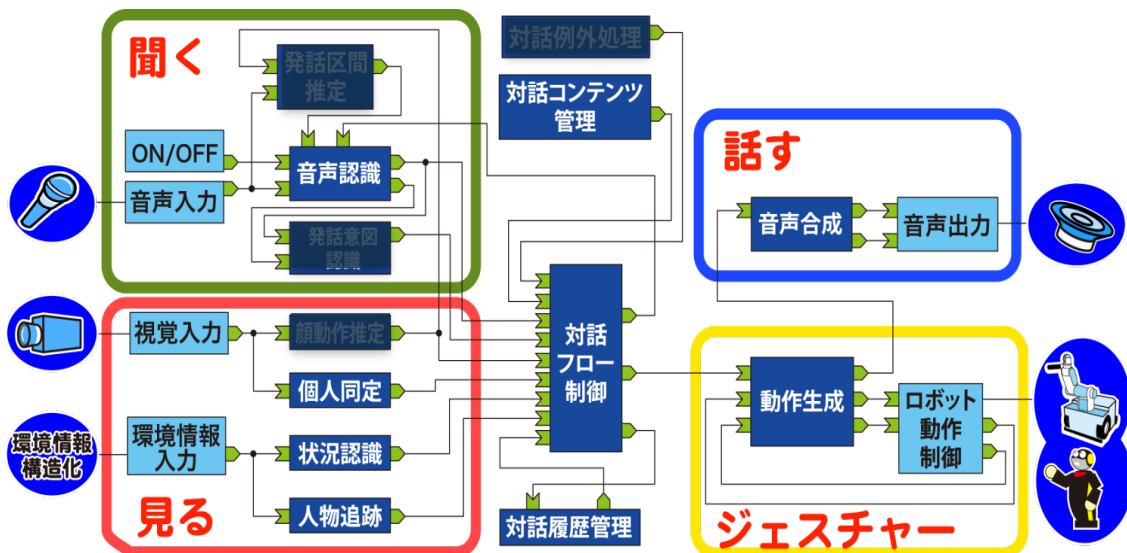


図3.5.10 適切な道案内や商品案内を実施するための基本モジュール群

ロボットの道案内は、来店客に先導して店舗近くまで案内するタスクであり、商品案内は店舗内の商品の情報を紹介するタスクである。タスクの成否については、ロボットが来店客の質問や対話に適切に回答でき、かつ目的地の店舗までたどり着ければタスクが成功したと判定する。実証実験は、アピタ精華台店（京都府相楽郡精華町精華台9丁目2番地4）の西館で実施した。実験は、2012年2月5日に実施した。図3.5.11に、実施している様子を示す。



図3.5.11 商業施設内サービス実証実験の様子

サービスは、来店客（被験者）の受付を行った後、来店客が行きたい店舗（78店舗）を発話するとロボットが音声認識して店舗名を確認したのち、店舗までロボットが先導する道案内と、店舗付近で客を識別して店舗の商品を案内し、別れの挨拶をして終了する商品案内である。ロボットは来店客が店舗を行きたい店舗を告げているときに顔画像登録をし、商品案内時に利用している。1店舗につき、2～4の商品情報ののべ260種類の対話が可能である。最後に、被験者にサービスの満足度についてのアンケートを実施した。図3.5.12 に、タスクの達成率と、満足度の結果を示す。サービスの満足度は、1:不満足、2:やや不満足、3:どちらでもない、4:やや満足、5:満足を表している。

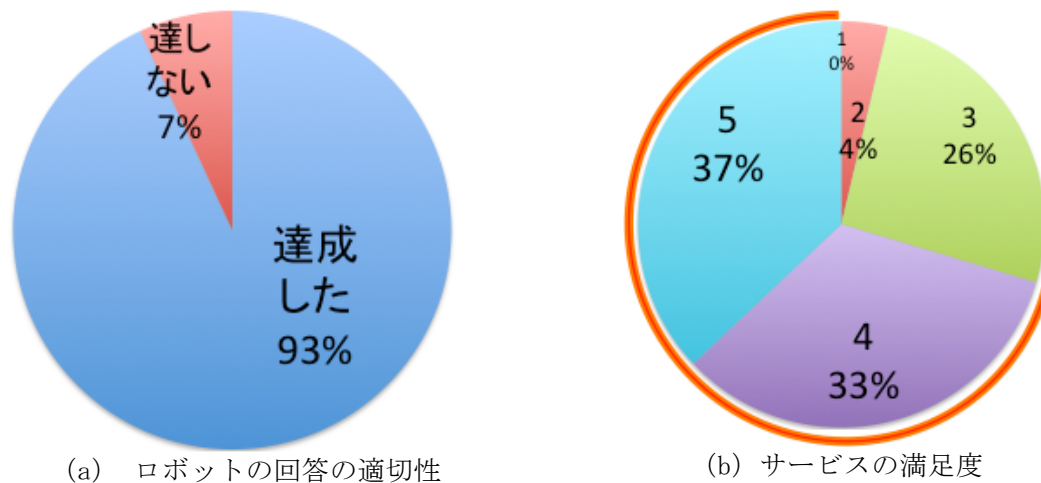


図3.5.12 店舗内サービス実証実験の結果

図3.5.12 は、タスク達成率とユーザ満足度が、ともに70%を超えた93%と70%であることを示している。

上記、店舗内サービスと商業施設内サービス実証実験結果が、タスク達成率70%以上とユーザ満足度70%以上であることから、最終目標を達成していることを確認した。

他知能で開発されたモジュールとの組み合わせ検討

コミュニケーション知能モジュール群から、他の知能モジュールが利用できれば、より多くの場面や状況で開発したコミュニケーション知能モジュール群が利用できることになる。そこで、開発したコミュニケーション知能モジュール群の一部と、移動知能モジュール群（東北大学、セグウェイジャパン（株）が開発）を組み合わせ、模擬店舗内で商品案内サービスの試行実験を行った。実験で利用した移動知能モジュール群を表3.5.2に、コミュニケーション知能モジュール群を表3.5.3に示す。図3.5.13 に、それらを実際に組み合わせた構成図を示す。

表3.5.2 移動知能モジュール群

RTC名	モジュール名
Urg_to_Obstacles	障害物検知モジュール
PathPlanning	経路計画モジュール
Navigation	マップマッチングドライブモジュール
ObstacleAvoidance	回避行動モジュール
Urg	人追従機能モジュール群 レーザーレンジRTC

表3.5.3 コミュニケーション知能モジュール群

RTC名	モジュール名
BehaviorGenModule	対話制御モジュール
HistoryManModule	対話履歴管理モジュール
EnvDataModule	環境データモジュール
SoundInModule	音声入力モジュール
AtrasrModule	音声認識モジュール
XimeraModule	音声合成モジュール
SoundOutModule	音声出力モジュール

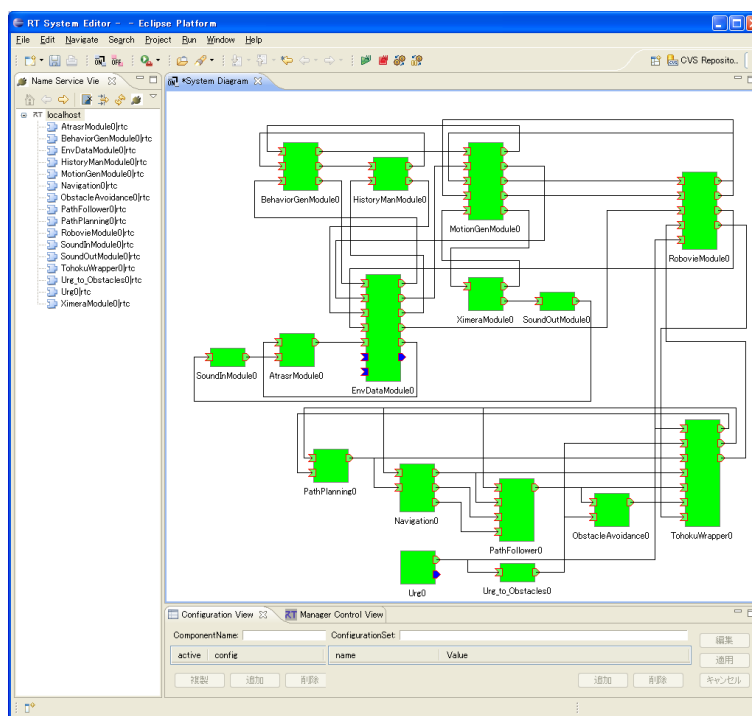


図3.5.13 移動知能モジュールと組み合わせたモジュール構成図



(a) 待機状態



(b) ビール売り場へ案内



(c) ミネラルウォーター売り場へ案内



(d) お茶売り場へ案内

図3.5.14 移動知能モジュールと組み合わせたロボット動作の様子

試行実験の商品案内は、以下の流れで行われる。まず、模擬店舗の入り口において来店者が商品名をロボットへ告げると、ロボットは搭載されているセンサを利用して予め作成された売り場地図上の自己位置を推定し、対応する商品棚付近に移動し、到着した後に反転して、売り場に到着したことを来店者へ告げる。3種類の商品について試行実験を行っている様子を図3.5.14に示す。いずれも、商品棚付近へ移動することができており、組み合わせたモジュール群によって商品案内動作が正しく行われた。この実験によって、開発したコミュニケーション知能モジュールから移動知能モジュールが利用可能であることを確認した。多くの場面や状況で利用可能であることが期待できる。

4) 研究発表・講演、文献、特許などの状況

(1) 研究発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	井尻善久,他	オムロン株式会社	高精度な顔認識とサングラス検出を用いた不審者検出システム	SSII 2008	無	2008
2	井尻善久,他	オムロン株式会社	高速な顔認証と顔属性推定を応用した顔検索システム	SSII 2008	無	2008
3	Y. Ma, etc	オムロン株式会社	Re-weighting Linear Discrimination Analysis under Ranking Loss	CVPR 2008	有	2008
4	井尻善久,他	オムロン株式会社	属性に基づく学習型人物検索	電子情報通信学会論文, J93-D, No.11, pp.2495--2504, 2010/11	有	2010
5	井尻善久,他	オムロン株式会社	Jensen Shannon カーネルとカーネル最大マージン成分分析によるカメラの違いの影響を受けにくいカメラ間人物照合	電子情報通信学会論文誌, J95-D, No.4, 2012/04	有	2012
6	井尻善久,他	オムロン株式会社	Efficient Facial Attribute Recognition with A Spatial Codebook	Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition (ICPR2010), pp.1461--1464, 2010/08.	有	2010
7	井尻善久,他	オムロン株式会社	Human Re-Identification Through Distance Metric Learning Based On Jensen-Shannon Kernel	Proceedings of the International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP2012), pp.603--612, 2012/02	有	2012
8	井尻善久,他	オムロン株式会社	多様な属性に柔軟に対応できる人物属性認識の準教師付き学習フレームワーク	電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), pp.97--102, 2009/10	無	2009
9	井尻善久,他	オムロン株式会社	非線形距離指標学習によるカメラ間人物照合	電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), pp.139--146, 2011/05	無	2011
10	井尻善久,他	オムロン株式会社	カメラ台数が多い時に有効な非線形距離指標学習に基づく複数カメラ間人物トラッキング	画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 論文集, pp.765--772, 2011/07	有	2011
11	井尻善久,他	オムロン株式会社	サーベイ論文:カメラ間人物照合	電子情報通信学会技術研究報告 (PRMU), 111(317), pp.117--124, 2011/11	無	2011
12	井尻善久,他	オムロン株式会社	顔属性に基づく学習型人物検索	画像ラボ, 22(9), 2011/09	無	2011
13	下倉健一郎, 他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	公共空間における情報提供を支援するコミュニケーション知能モジュール群の開発	第26回日本ロボット学会学術講演会 RSJ2008AC2L2-03	無	2008
14	日浦亮太,他	三菱重工業(株)	コミュニケーション知能モジュールにおける音声対話機能の RT コンポーネント化と接続検証	第26回日本ロボット学会学術講演会 RSJ2008AC2L2-03	無	2008
15	石井 カルロス寿憲, 他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	RT Components for Human Robot Interaction: Look, Listen and Talk	ICRA2009 CD-ROM proceedings	無	2009
16	S. Lao	オムロン株式会社	Face Recognition and Its Application to Human Robot Interaction	ICRA2009 CD-ROM proceedings	有	2009
17	秋本 高明, 他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	道案内サービスのためのコミュニケーション知能モジュール群の開発	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009	無	2009

18	日浦亮太,他	三菱重工業(株)	画像により検出した顔動作と音声入力を併用して発話区間を推定するコミュニケーション知能モジュール	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009	無	2009
19	秋本 高明,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	商品説明サービスのためのコミュニケーション知能モジュール群の開発	第27回日本ロボット学会 学術講演会 RSJ2009AC3D2-01	無	2009
20	伊藤順吾,他	オムロン株式会社	顔画像と音声入力を併用した発話区間推定コミュニケーション知能モジュール群の開発	第27回日本ロボット学会 学術講演会	無	2009
21	石井 カルロス寿憲,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	コミュニケーション知能における音声認識モジュール群に関する一考察	第28回日本ロボット学会 学術講演会講演概要集	無	2010
22	石井 カルロス寿憲,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	Evaluation of utterance interval detection by using audio-visual information	The 9th International Conference on Auditory-Visual Speech Proceedings (AVSP 2010) 81-84	有	2010
23	HERACLEOUS Panikos,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	Investigating the Role of the Lombard Reflex in Visual- and Audio-visual Automatic Speech Recognition	The 9th International Conference on Auditory-Visual Speech Proceedings (AVSP 2010) 69-72	有	2010
24	宮下 敬宏,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	Guide and Recommendation services using RT-modules for Human-Robot Interaction	The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2010) Workshops/Tutorials CD-ROM "Towards a Robotics Software Platform"	有	2010
25	石 超,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	Easy Development of Communicative Behaviors in Social Robots	2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Conference DVD Proceedings IROS 2010 5302-5309	有	2010
26	GLAS Dylan Fairchild,他	(株)国際電気通信基礎技術研究所	An Interaction Design Framework for Social Robots	ROBOTICS SCIENCE AND SYSTEMS ONLINE PROCEEDINGS Robotics: Science and Systems VII	有	2011

(2) 特許等

国内出願・国外出願

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-050127	国内	2009/3/4	出願	移動体管理システム、移動体管理装置および移動体管理プログラム	塩見昌裕他
2	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-050431	国内	2009/3/4	出願	グループ行動推定装置およびサービス提供システム	塩見昌裕他
3	(株)国際電気通信基礎	特願 2009-064131	国内	2009/3/17	出願	発話意図情報検出装置及びコンピュータプログラム	石井カルロス 寿憲他

	技術研究所						
4	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-071586	国内	2009/3/24	出願	対物行動推定装置およびサービス提供システム	塩見昌裕他
5	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-102738	国内	2009/4/21	出願	コミュニケーションロボット開発支援装置	神田崇行他
6	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-143871	国内	2009/6/17	出願	コミュニケーションロボット開発支援装置	神田崇行他
7	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-143872	国内	2009/6/17	出願	案内ロボット	塩見昌裕他
8	(株)国際電気通信基礎技術研究所	特願 2009-146168	国内	2009/6/19	出願	コミュニケーションロボット	神田崇行他