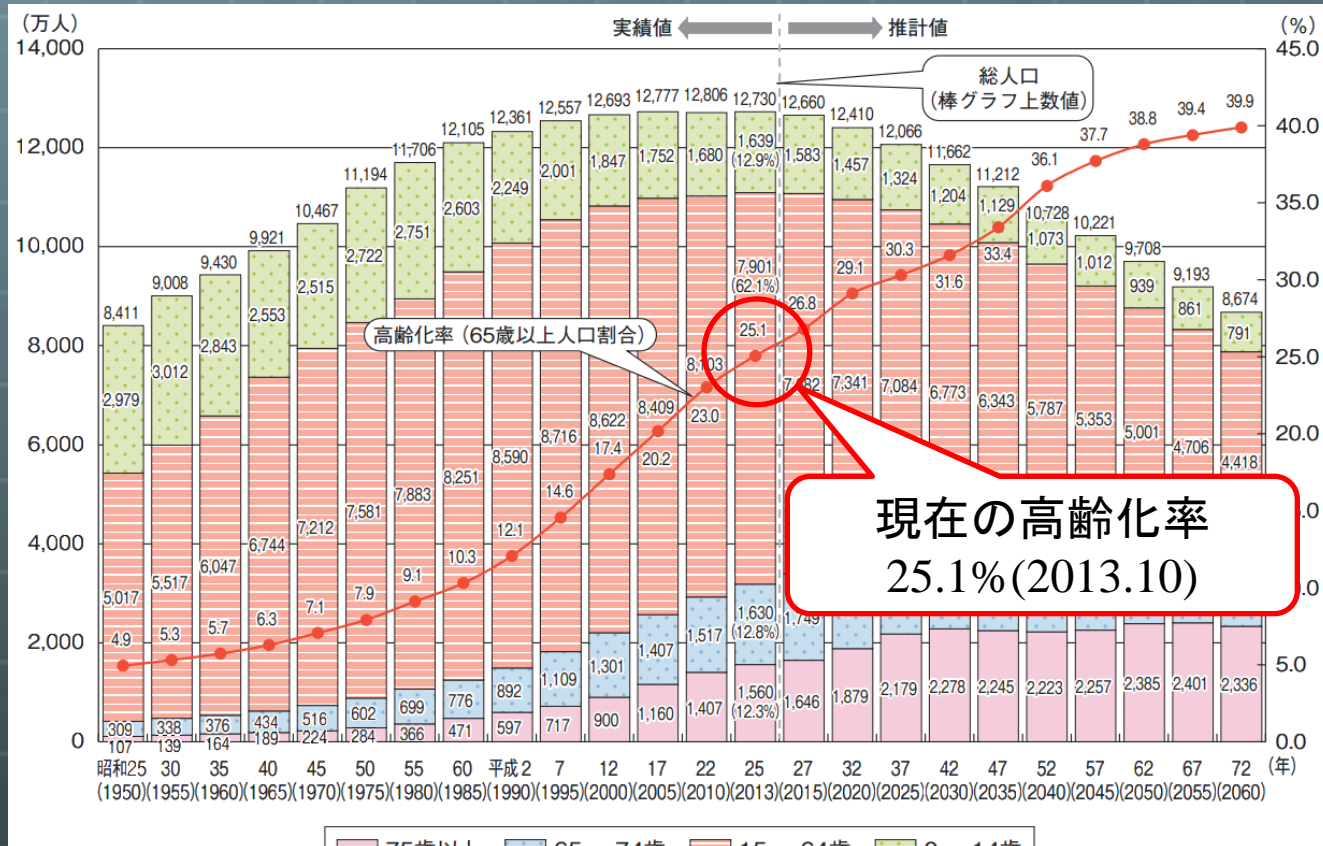


RTミドルウェアの産業応用

埼玉大学 琴坂信哉
RTMサマーキャンプ2015

日本の少子高齢化の現状



日本の生産年齢人口は、今後30年以上にわたって確実に減少する

*厚生労働省:平成26年版 高齢社会白書, 2013

*厚生労働省:平成23年度介護保険事業状況報告, 2011

日本の産業構造の変化

- 実は、生産年齢人口は、1990年前後をピークに減少傾向にあった
- これまで、日本は、生産の自動化、機械化により生産効率を向上することによって、黒字を確保
 - 少子高齢化の進行により、今後急速に生産年齢人口の減少が確実
 - 人口構成の高齢化の傾向は、欧米、中国も同じ状況
 - より一層の生産性向上を果たさなければ、国内の製造業が崩壊する

* RIETI: 日本の産業レベルでのTFP上昇率: JIPデータベースによる分析, 2010

* 経済産業省商務情報政策局: サービス産業の高付加価値化・生産性向上について, 2014年1月20日

* 内閣府: 産業別生産性の動向等について, 平成26年3月20日

世界の製造業を取り巻く環境

● 製造業分野の革命：IT技術＋製造業

● 米国：2012年 GE Industrial Internet構想

● 2013年2月 オバマ大統領の一般教書演説 製造業の再興戦略

● 製造業と「IT, クラウド技術」との融合

● ドイツ：インダストリー4.0 2011年発表

● 中国：今年、3月、中国製造2025を発表

● 重点領域「ハイレベル数値制御工作機械・ロボット」、さらに「インターネット・プラス行動白書」を発表

* 少子高齢化による生産年齢人口の減少，製造のグローバル化は，各国共通の課題

ロボット革命

- **ロボット技術による生産性向上がひとつの解決策**
 - **米国: National Robotics Initiative** (4組織で約70億円)
 - 人とともに働くロボットの開発
 - 生産技術+クラウドによる効率化
 - **EU: SPARC Project** (180の企業等の組織, 28億ユーロの投資)
 - 製造業, 農業, 保健衛生, 運輸, 市民社会セキュリティ, 家庭分野における実用的なロボットの開発
- **そして, 日本は?**
 - 2015年1月: **ロボット新戦略**
 - 2015年6月: **ロボット革命イニシアティブ協議会発足**

ロボットによる生産性向上

● 新しいロボット技術

● 例:新しい対象

● 画像認識, 柔軟性

● 例:高度AI技術

● 自律制御, 学習能力

「開発する技術ありき」
の研究開発で、本当に課題を解決できるのか？

● 新ロボット利用の（金銭的，人的，技術的）コストを下げる
ことのできる使いやすいロボットの実現が鍵

生産

● 新ロボットへの期待



● ロボット新戦略:製造業で2倍, 非製造業で20倍の目標

ミドルウェア技術がコスト削減の鍵






- データベース, 通信, 携帯電話, システム運用管理等の様々な分野で, システム開発効率, 運用効率の向上に効果
- 製造業分野へのミドルウェア技術の導入
 - 生産性向上には機器コストの削減も重要ではあるが, システムインテグレーションコストの削減も重要
 - 特に, 変種変量生産に対応しようとするすると段取り替えコストの占める割合が大きくなる
 - 削減するためには, **ミドルウェア技術**は効果的
- すなわち, 日本のロボット革命のアプローチは
 - **ミドルウェア技術によるサービスプラットフォームの世界標準を目指すべき**

NEDO特別講座の活動

NEDO特別講座

-  NEDOの研究開発成果の社会普及を目的として
-  講習会, 人材育成, 周辺研究等を実施

その活動成果

-  RTミドルウェアの産業応用のためのエンジニアリングサンプル
-  ロボットアーム制御共通I/Fの更新のための仕組み
-  ORiNとの連携による対応する産業機器の増大
-  インストール不要, USBから起動できるRTM環境の作成
 -  VISTON製スカラロボットの対応

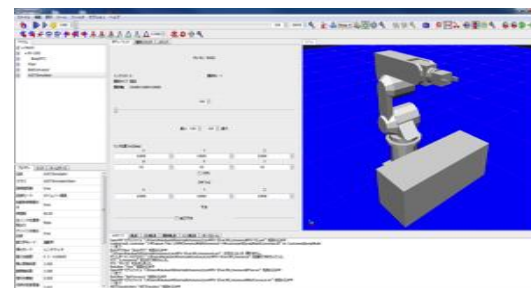
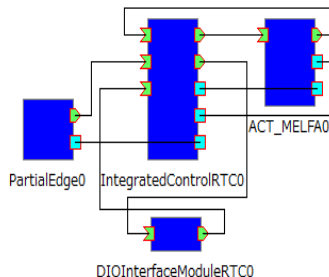
再利用性の高いコンポーネント作成のお願い

RTミドルウェアの産業分野への新展開

RTミドルウェアを用いたエンジニアリングサンプル

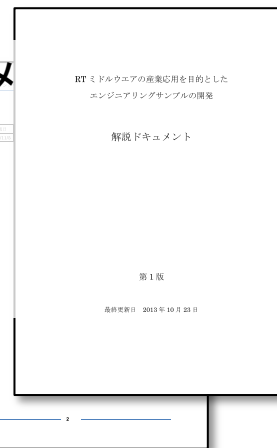


概要



実機がない方向け のシミュレーション環境

- 導入マニュアル, 解説ドキュメント, 操作マニュアルを用意
- 独学でRTミドルウェアの産業応用を学ぶことができる
- オープンソースで公開中



概要 :

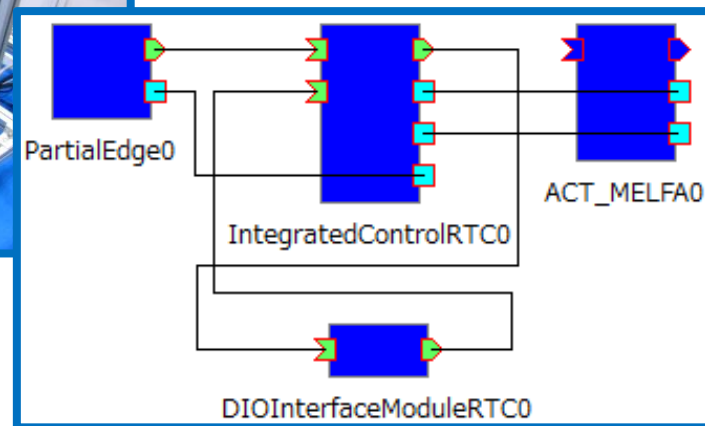
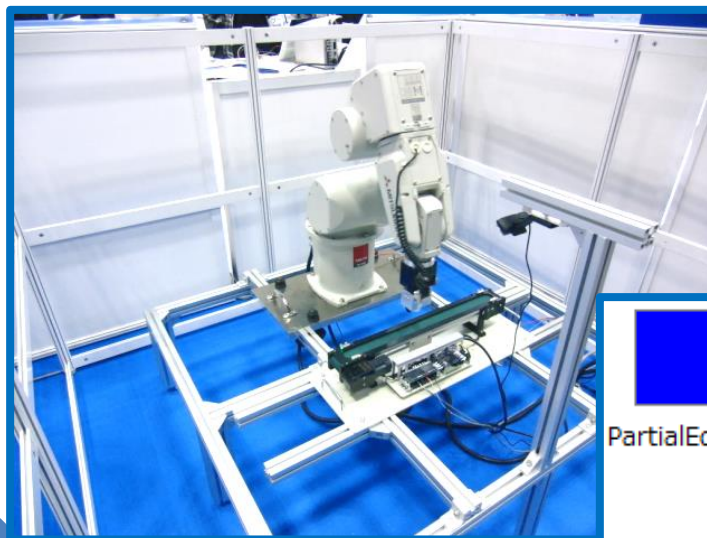
カメラ情報とティーチング情報を利用して、産業用ロボットがベルトコンベア上を流れるワークに対しピック&プレースを行うRTミドルウェアを用いたエンジニアリングサンプルを構築。

すべて無償で公開。

構築費用 : 61万円+6軸垂直多関節ロボット http://www.openrtm.org/openrtm/ja/project/contest2013_1B2-4

国富を創るRTM産業基盤研究

-RTミドルウェアの産業応用を目的としたエンジニアリングサンプルの開発-



埼玉大学 琴坂信哉, 高橋 直希
藤間 瑞樹
程島 竜一

RTミドルウェア産業応用への課題

これまでのRTミドルウェアプロジェクトを通じて
さまざまなロボットシステム開発のための準備が整った

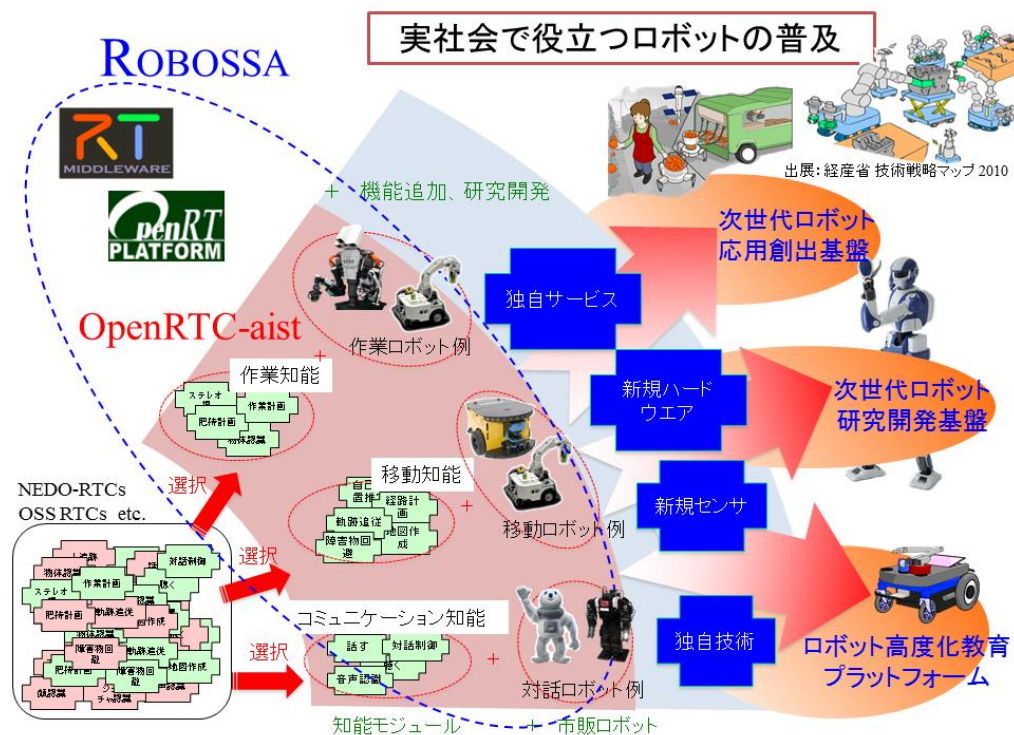


Fig.1 Spread of RT-Middleware by ROBOSSA ¹⁾

産業応用を意識したサンプルは**4件**

- すべて高度なシステムであり独自機能の追加が困難
- **既存の産業用ロボットユーザへの普及が困難**

1) 知能ロボットソフトウェア開発プラットフォーム: Robossa | OpenRTM-aist, <http://www.openrtm.org/openrtm/ja/content/openlab2012>

RTミドルウェア産業応用への課題

これまでのRTミドルウェアプロジェクトを通じて

簡単 & 最低限の産業用ロボットシステム例



エンジニアリングサンプル



研究目的

これまでのRTミドルウェアプロジェクトの成果を用いて
RTミドルウェアの産業応用を目的とした
実用的な用途に応用可能なエンジニアリングサンプルを開発

産業応用を意識したサンプルは4件

- すべて高度なシステムであり独自機能の追加が困難
- 既存の産業用ロボットユーザへの普及が困難

対象となる作業 & ユーザ

■ どんな作業を対象に？

経済産業省 ロボット産業市場動向調査²⁾(2005～2011年)

ハンドリング・オペレーションが毎年トップ

経済産業省 ロボット技術導入事例集³⁾(48件)

31件, **65%がピック&プレース**

日本ロボット工業会 産業用ロボット事例紹介⁴⁾(組立, 19件)

15件, **78%がピック&プレース**

■ どんなユーザを対象に？

RTミドルウェアの一番の利点は**再利用性**なので

- × 生産規模が大 専用機による大量生産
- 生産規模が小さい 汎用生産機器(例えばロボット)による
多品種少量/変量生産

ピック&プレース + 中小企業

2) 経済産業省:ロボット産業市場動向調査(2012)

3) 経済産業省:ロボット技術導入事例集(2010)

4) 一般社団法人日本ロボット工業会:産業用ロボット事例紹介組立, http://www.jara.jp/x1_jirei/list/008.htm

エンジニアリングサンプル 要求仕様

- ① 実用的な用途に応用可能な作業「ピック&プレース」を対象
- ② 中小生産規模でも導入容易な低価格を実現
- ③ 一般的に利用される産業機器を使用
- ④ 実機がなくともエンジニアリングサンプルを無償で体験可能
- ⑤ 「RTCカテゴライズ」によりRTCの再利用性を向上
- ⑥ マニュアルを整備
- ⑦ 使用方法簡略化のためのスクリプトファイルを整備

■ RTCカテゴライズとは？

アプリケーションRTC: 作業記述方法依存RTC

ミドルウェアRTC: アルゴリズム依存RTC

ハードウェアRTC: ハードウェア依存RTC

とRTCを分類する手法

* RTCの再利用性向上のためのプログラミングモデル

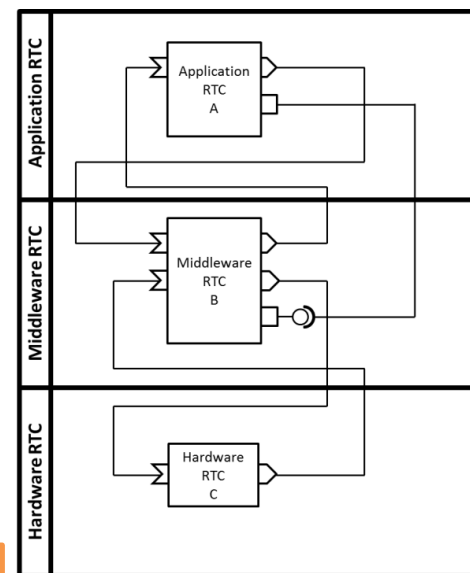


Fig.2 Example of RTCs categorization

エンジニアリングサンプル システム構成

カメラ機能とティーチング機能を利用し、産業用ロボットがベルトコンベア上を流れるワークに対しピック&プレイスするシステム

- 構築費用: 6軸垂直多関節ロボット + 61万円
- Choreonoidを利用した運動学シミュレーション環境を開発
- MITライセンスに基づき無償 & オープンソースでの提供

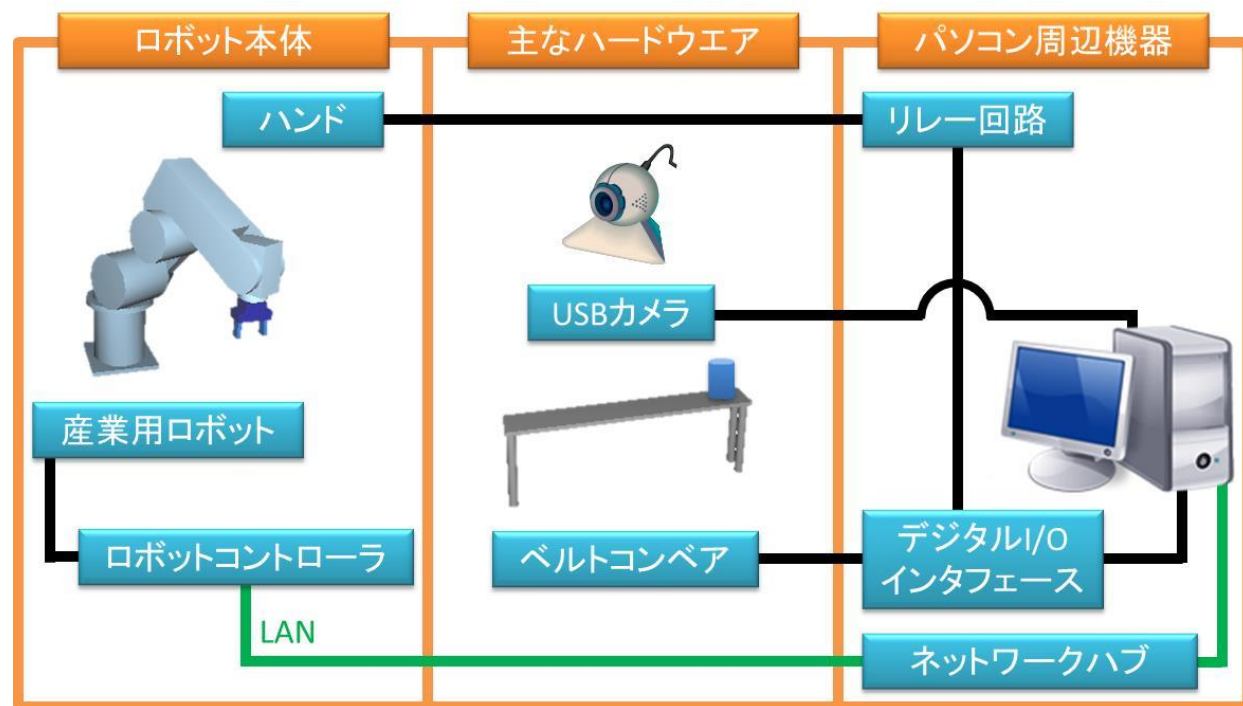


Fig.3 Robot system configuration of the engineering sample

RTコンポーネント群の構成 実機

再利用 : PartialEdge (東芝製), ACT_MELFA (三菱電機製)
新規開発 : DIOInterfaceModuleRTC, IntegratedControlRTC

アプリケーションRTC

作業記述方法依存RTC

ミドルウェアRTC

アルゴリズム依存RTC

ハードウェアRTC

ハードウェア依存RTC

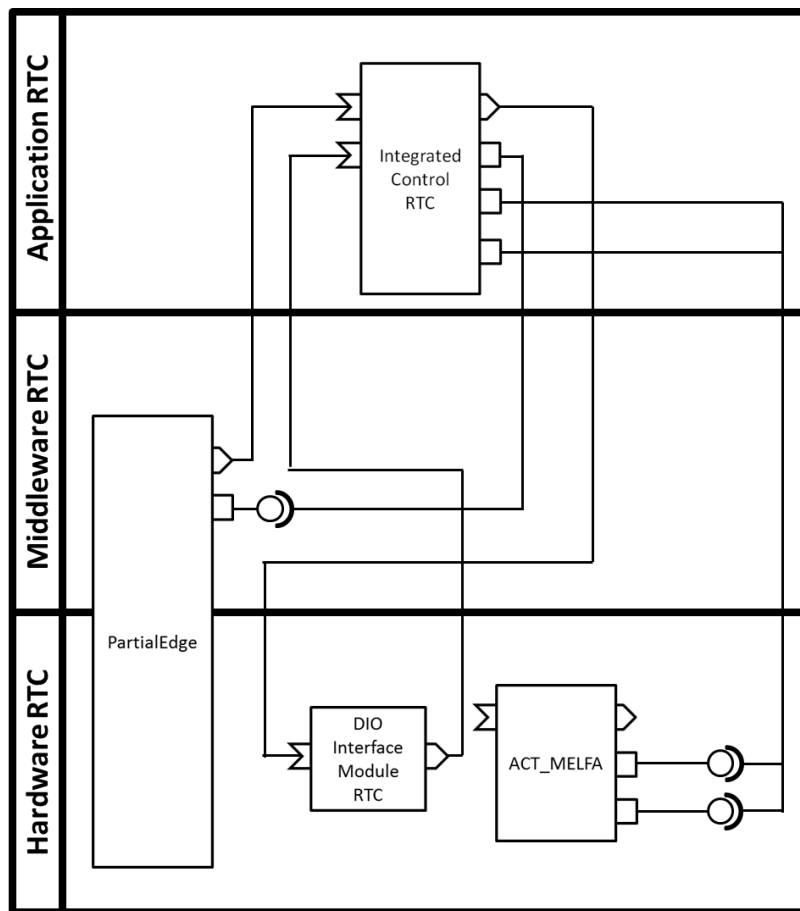


Fig.4 RT-Components configuration of the real robot system

RTコンポーネント群の構成 シミュレーション

再利用: IntegratedControlRTC

新規開発: ChoreonoidRV3SDControllerRTC, ChoreonoidRV-3SDRTC, PartialEdgeDummyRTC, DIOInterfaceModuleDummyRTC

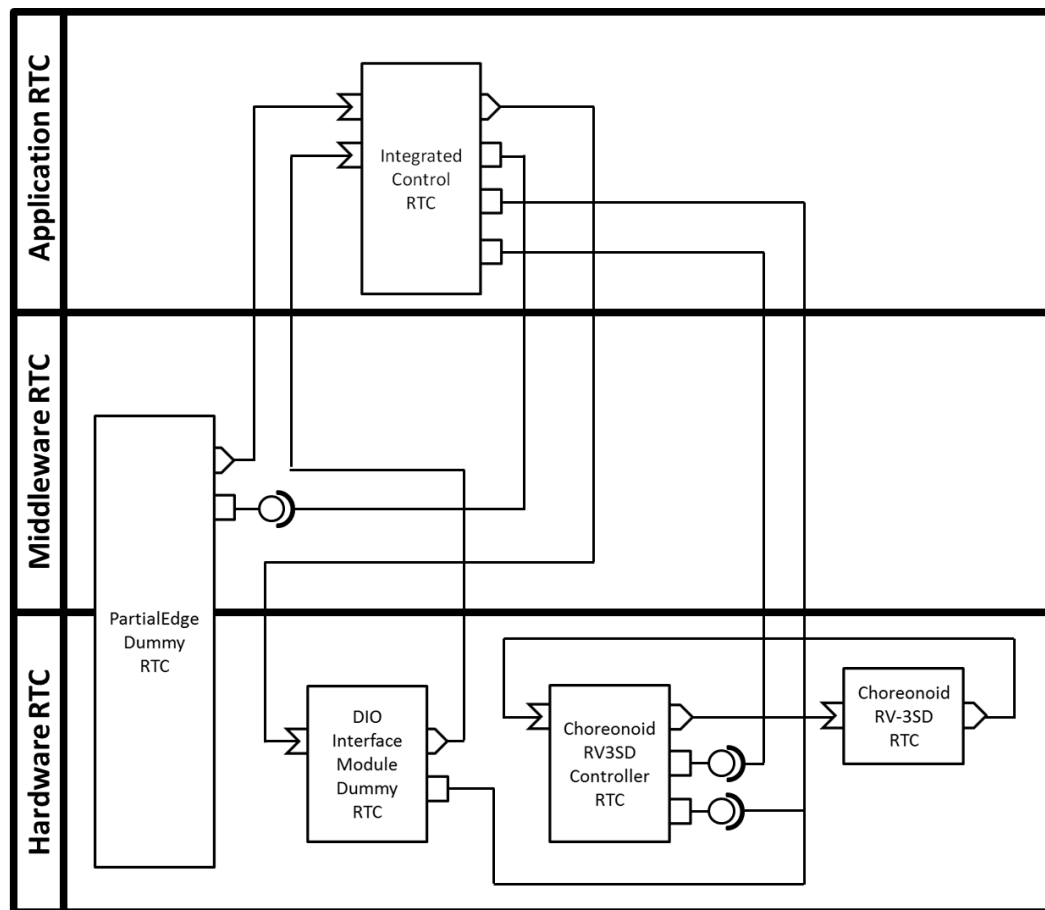
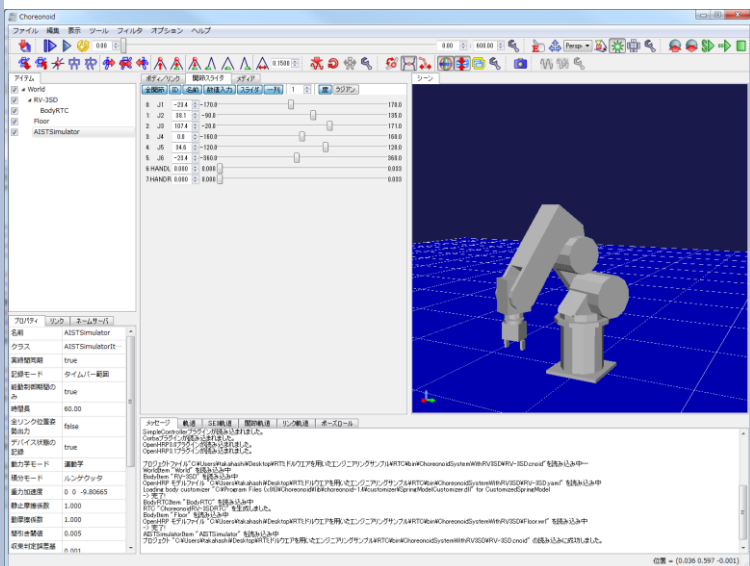


Fig.5 RT-Components configuration of the simulation robot system

エンジニアリングサンプル シミュレーション

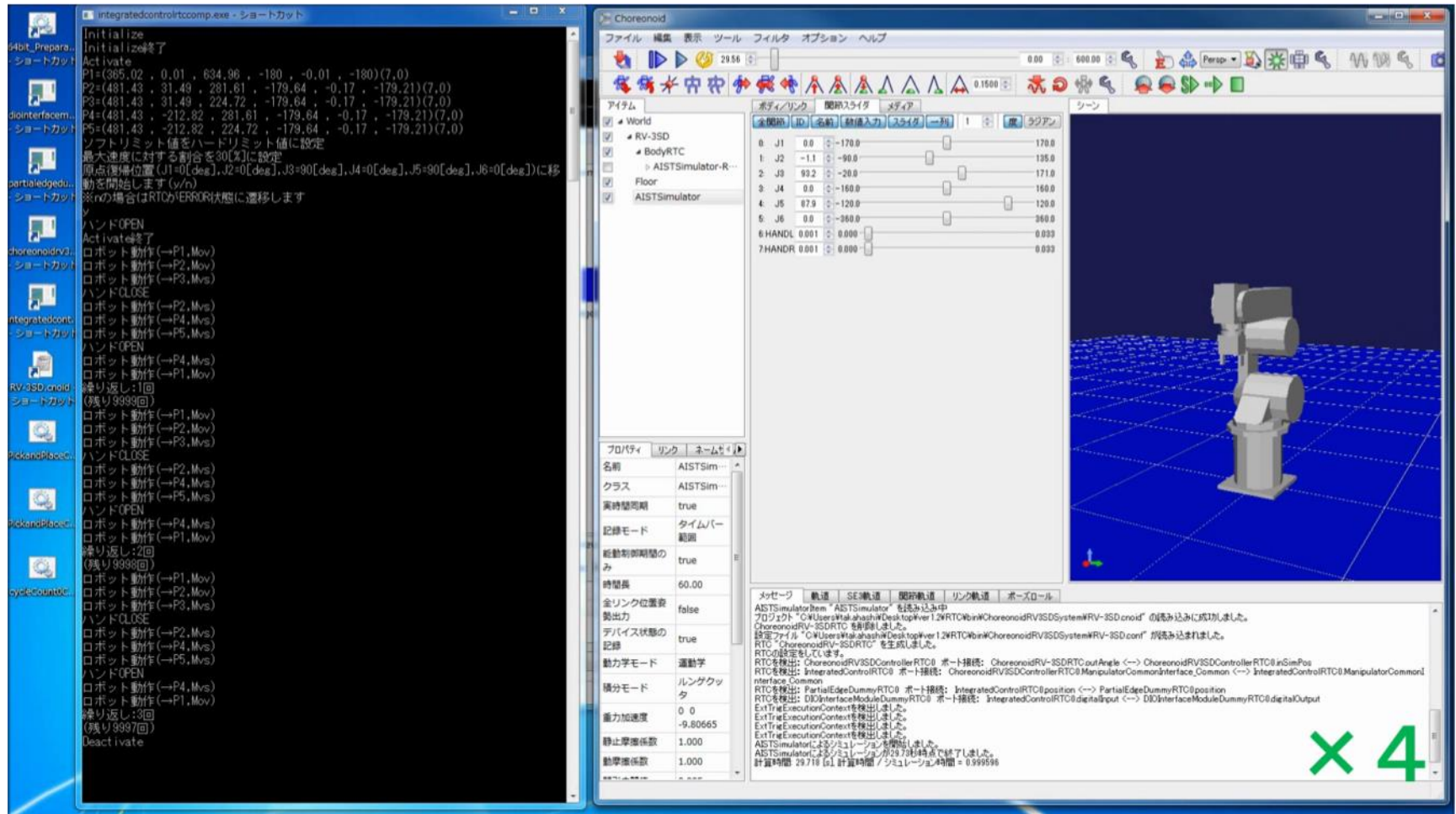


Fig.7 Simulation robot of the engineering sample

産業用ロボット実機と同様の動作をシミュレーションで再現

マニュアルの構成

○ 導入マニュアル

- インストール方法の説明
 - OSのバージョンの確認, RTMのインストール他
- 対象とするハードウェアの解説

○ 解説ドキュメント

- 使用しているハードウェアの仕様
- システム構成, プログラム構成

○ 操作マニュアル

- 使用前の準備
- ティーチング情報の保存
- RTCの動作確認, 他



エンジニアリングサンプル 実機動作

国際ロボット展

4日間

10:00～17:00

11/6: 1654回

11/7: 1666回

11/8: 1632回

11/9: 1715回

一度も
止まらず動作
(停電による)
(停止含まず)

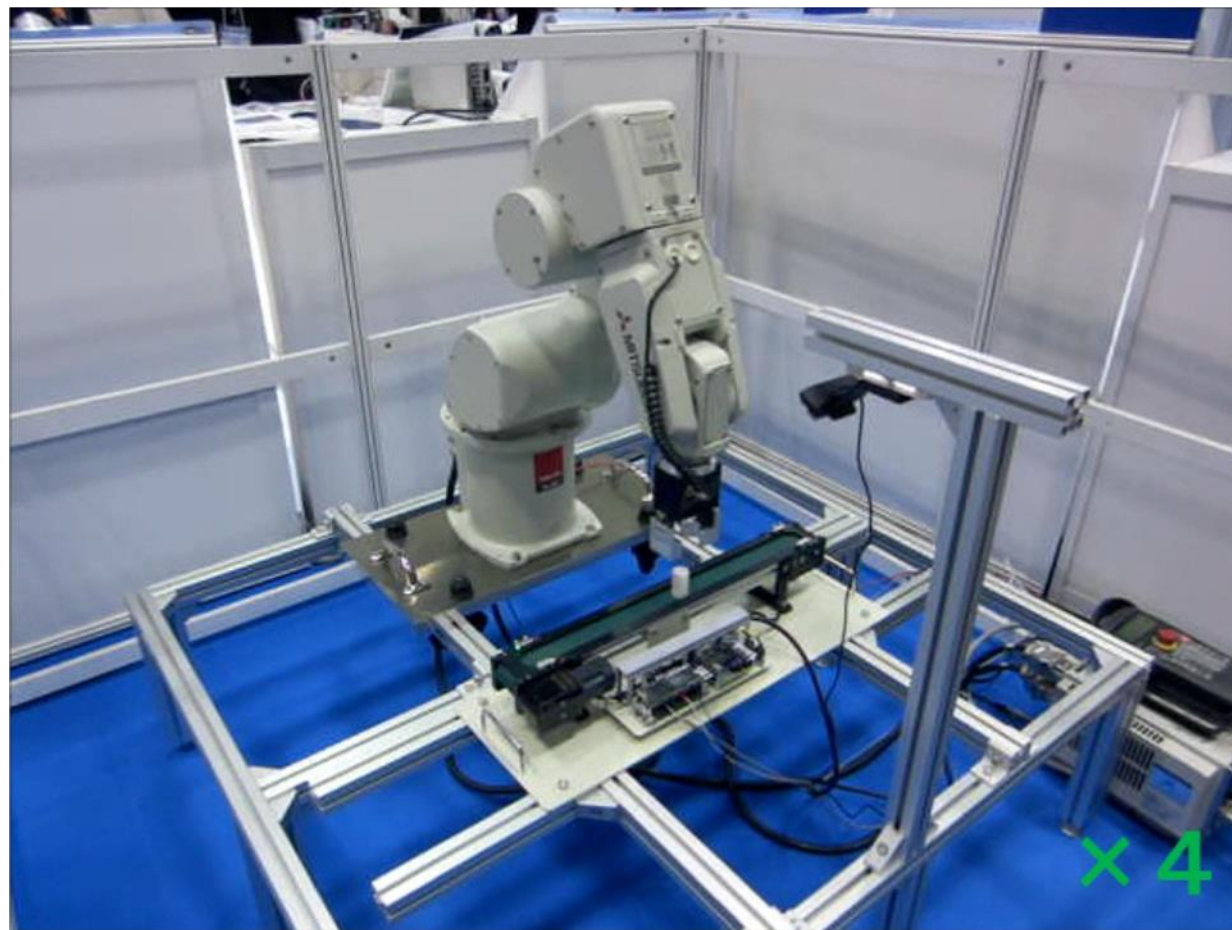


Fig.6 Real robot of the engineering sample

産業用ロボットのピック&プレースをRTミドルウェア上で実現

まとめ

- RTミドルウェアの産業応用を目的として、実用的な用途に応用可能なエンジニアリングサンプルを開発
- 実機がない方向けにエンジニアリングサンプルを体験可能なシミュレーション環境を開発
- MITライセンスに基づき無償 & オープンソースで提供
- RTCカテゴライズ手法によりRTCの再利用性を向上

**RTミドルウェアの再利用性を活用できる
ラピッドプロトタイピングのためのテンプレートとして利用可能**

- 国際ロボット展2013NEDOブースにて、展示. 236名の来訪.
DVDに入れた本サンプル100枚を配布
- 計測自動制御学会SI部門RTミドルウェアコンテスト2013で、計測自動制御学会RTミドルウェア賞([最優秀賞](#))を受賞

■謝辞

三菱電機株式会社 主席研究員 野田哲男様をはじめ三菱電機株式会社様には多大なるご協力を頂きました。記して感謝の意を表します。

まとめ

- RTミドルウェアの産業応用可能なエンジニアリングサンプルの開発

計測自動制御学会
2014年度学術奨励賞
も頂きました

特別企画

2014年度 学術奨励賞 受賞論文紹介記事

RT ミドルウェアの産業応用を目的とした エンジニアリングサンプルの開発

高橋 直希*

*埼玉大学 大学院理工学研究科 人間支援・生産科学部門 設計工学研究室
*Saitama University Graduate School of Science &
Engineering Design Engineering Laboratory
*E-mail: openrtm@design.mech.saitama-u.ac.jp

キーワード: RTミドルウェア (Robot Technology Middleware),
産業用ロボット (Industrial robot), マニピュレータ (Manipulator),
エンジニアリングサンプル (Engineering sample)
CN 0000/00/0000-0000 © 2015 SICE (016_コピーライト・タイトル系)

1. 研究略歴

著者は、修士課程まで埼玉大学設計工学（琴坂）研究室に在籍し、機械工学及びロボット工学を専攻した。

学士課程の研究では、Robot Technology Middleware (RTミドルウェア, RTM) ¹⁾の初心者向け導入教育環境を実現するため、安価で製作容易な移動ロボットを利用した人数

3. 今後の展望

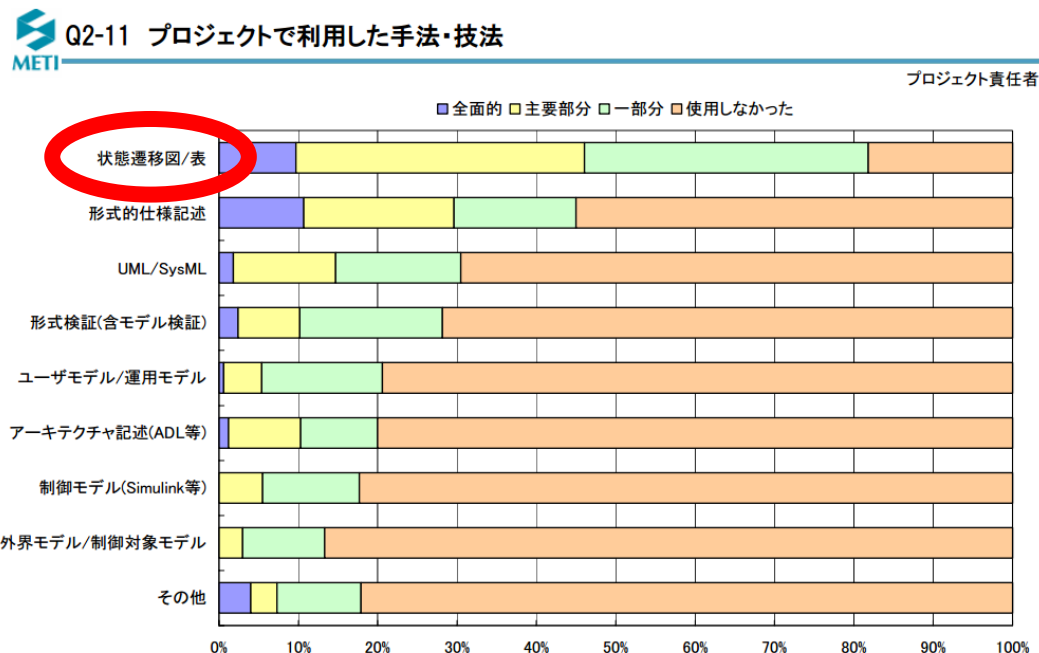
既に、産業機器向けのオープンネットワークインタフェース規格である ORiN (Open Resource interface for the Network) ⁴⁾を RT ミドルウェアから經由して利用するための RTM-ORiN コンバータの開発及び、RT ミドルウェアから産業用ロボットを制御する際のソフトウェアインタフェ

■謝辞

三菱電機株式会社 主席研究員 野田哲男様をはじめ三菱電機株式会社様には多大なるご協力を頂きました。記して感謝の意を表します。

ソフトウェア設計のための設計手法調査

- 組込みシステム技術協会 設計手法普及調査アンケート
状態遷移図／表が毎年トップ（2007～2012）
- 経済産業省 組込みソフトウェア産業実態調査報告書



経済産業省 Copyright © 2010 Ministry of Economy, Trade and Industry All Rights Reserved. 2010年版 組込みソフトウェア産業実態調査:プロジェクト責任者向け調査 41

Fig.5 Design methods of application software

状態遷移表を採用

状態遷移表の作成

組込みシステム技術協会 状態遷移表の表記法(基本編)
をもとに異常系を含む状態遷移表を作成

Table.2 State transition matrix for real robot system of the engineering sample

State \ Event	EA ACTIVATE	E CHECK_CYCLE_COUNT	E START_DETECT_WORK	E STOP_DETECT_WORK	E START_GET_WORK_POS
SS_INIT	activate no	no	no	no	no
S_WAIT_CHECK_CYCLE_COUNT	S_WAIT_CHECK_CYCLE_COUNT no	S_ON_ERROR checkCycleCount	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR
S_WAIT_DETECT_WORK	S_ON_ERROR no	S_WAIT_DETECT_WORK no	S_ON_ERROR startDetectWork	S_ON_ERROR stopDetectWork	S_ON_ERROR
S_WAIT_GET_WORK_POS	S_ON_ERROR no	S_ON_ERROR no	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR startGetWorkPos
S_WAIT_PICK_AND_PLACE	S_ON_ERROR no	S_ON_ERROR no	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR
S_SERVO_OFF	checkActivate SS_INIT	no	no	no	no
S_ON_ERROR	no	no	no	no	no
	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR

E STOP_GET_WORK_POS	E PICK_AND_PLACE	E DEACTIVATE	E_ERROR	E_ERROR_RESET	ED_position	ED_digitalInput
no	no	no	noAction	no	noAction	readDigitalInput
S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR		
no	no	deactivate	noAction	no	readPosition	readDigitalInput
S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_SERVO_OFF	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR		
no	no	deactivate	noAction	no	readPosition	readDigitalInput
S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_SERVO_OFF	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR		
stopGetWorkPos	no	no	noAction	no	readPosition	readDigitalInput
S_WAIT_PICK_AND_PLACE	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR		
no	pickAndPlace	no	noAction	no	noAction	readDigitalInput
S_ON_ERROR	S_WAIT_CHECK_CYCLE_COUNT	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR		
no	no	no	noAction	no	noAction	readDigitalInput
S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR		
no	no	no	stopSystem	errorReset	noAction	readDigitalInput
S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_ON_ERROR	S_SERVO_OFF		

正常系(+通常のエラー処理)のみと比較して、全84セル中67セル(約80%)が設計抜け・漏れであった

ロボットアーム制御共通 I/Fの改版の仕組み

● 共通I/Fを知っていますか？

● 移動ロボット, ロボットアーム, コミュニケーション, 双腕ロボット, 作業系画像認識, カメラ機能

● http://www.openrtm.org/openrtm/ja/project/Recommendation_CommonIF

● 時代の要請, 新しい機器の登場等に合わせ、共通I/Fの仕様を更新, 改変していく必要がある

● 日本ロボット工業会RTM国際標準化委員会にて

● ロボットアーム制御共通I/Fについて

● スカラロボットへの対応, SI単位系対応, 未実装エラーの定義等

● http://www.openrtm.org/openrtm/ja/project/content2013_1B2-5

NEDOプロジェクトを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開【RTミドルウェアの実践的展開】

RTMによる人材育成・産学連携の社会実装者を核とした総合的研究開発



ORiNとの連携によるRTミドルウェアの産業適応性の向上

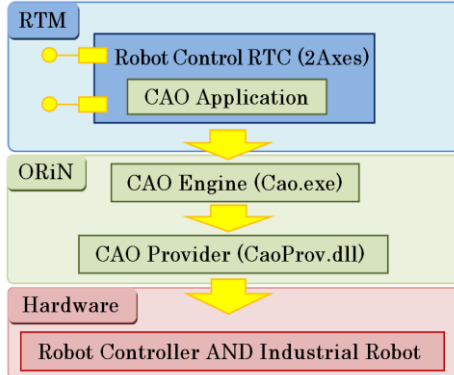


図1 RTM-ORiNコンバータを用いて作成したピック&プレイス作業を行うロボットシステム

図2 RTM-ORiNコンバータによってPCから産業用ロボットを制御する際の流れ

社会への貢献

ソフトウェアモジュールの交換によって、容易に他メーカーの産業用ロボットに変更可能

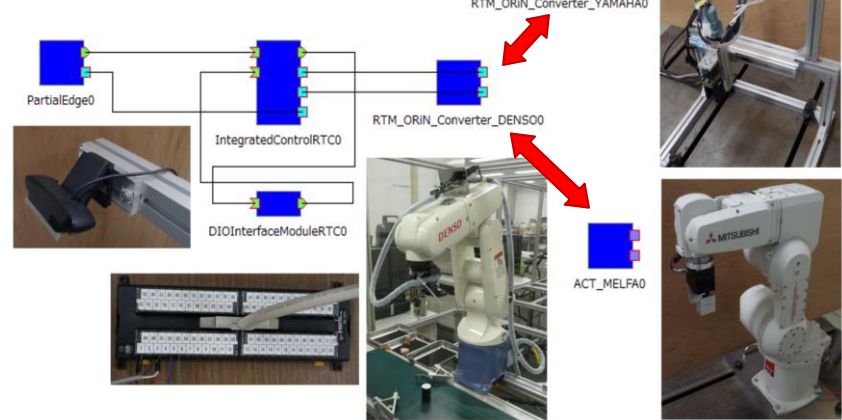


図3 RTミドルウェアとORiNの連携により、変種変量生産に対応できる迅速なロボットシステム構築が可能となる

開発概要：

RTMとORiNを連結するためのRTM-ORiNコンバータを開発

- ◎ロボットアーム制御機能共通インタフェース (SI単位系準拠 第1.0版)に対応
- ◎共通インタフェースの各動作コマンドに対応したCAOアプリケーションを用意
- ◎CAOプロバイダの変更により、種々のメーカーの産業用ロボットに対応

ORiNとの連携により

- ◎RTMの産業機器への接続性を飛躍的に向上
- ◎RTM上で多くの産業機器が使用可能になる

- ◎多種多様な周辺機器を統合したセル生産システムを短時間で構築可能
- ◎特定のメーカーにとらわれず、複数のメーカーの機器を混在して利用できる

問い合わせ先



国立大学法人 埼玉大学大学院 理工学研究科 琴坂信哉
E-mail : openrtm@design.mech.saitama-u.ac.jp

ORiN-RTMコンバータ+CRD

産業用ロボット汎用RTCの構成

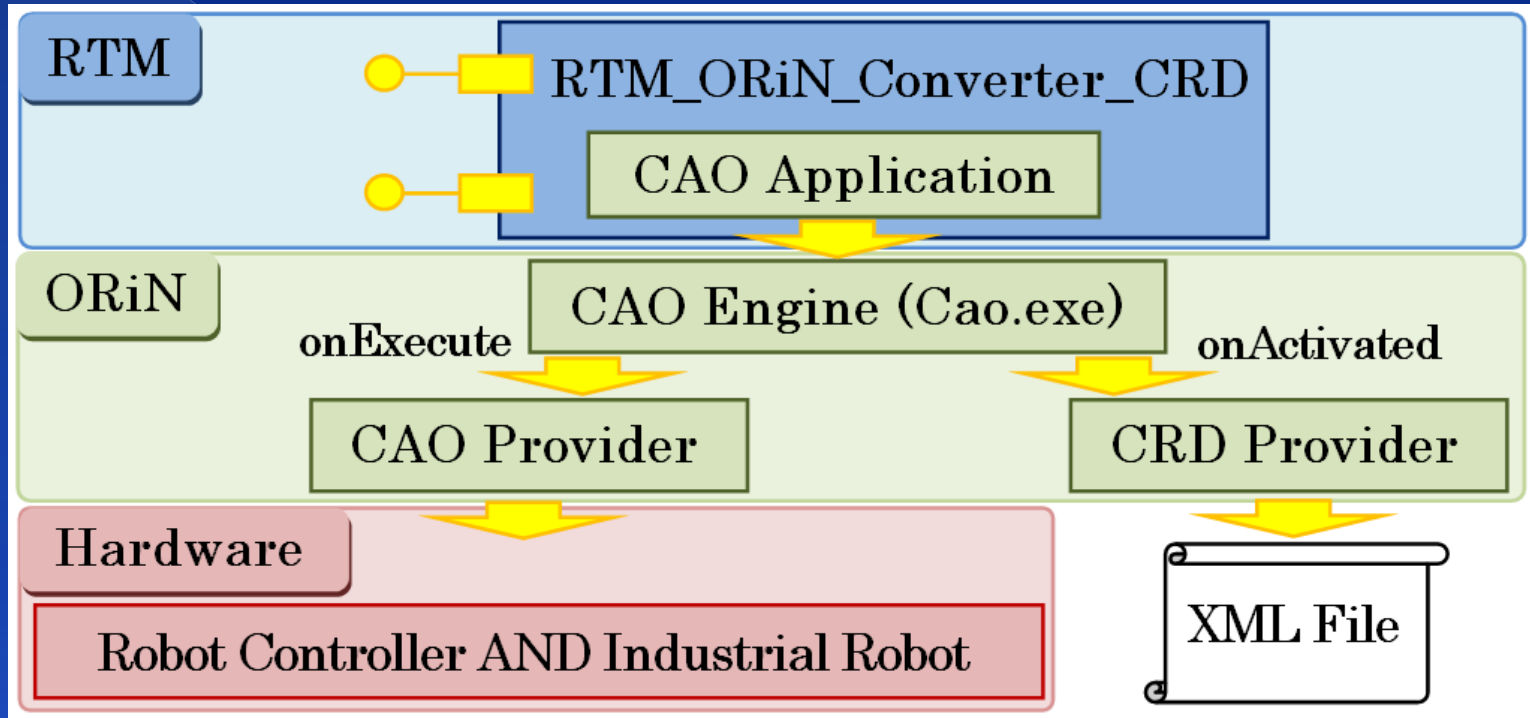


Fig.5 Structure of general purpose industrial robot RTC

- ・ ロボットアーム制御機能共通I/F採用
- ・ ロボット依存の部分は、XMLファイルに記述
- ・ デンソー、ヤマハ発動機社製のロボットをXMLファイルの交換のみで制御を実現

産業用ロボットを中心とするセル生産システムの ORiN-RTM連携アプリケーション開発学習教材 の開発と人材育成講座の実施

- 対象とする作業:ピック&プレイス作業
 - ベルトコンベア上を流れるワークをセンサで認識
 - 認識情報から把持点の教示位置を補正
 - 産業用ロボットによるワークの把持・解放動作
 - ワーク認識用センサの変更

先程のエンジニアリングサンプルを発展させたバージョン

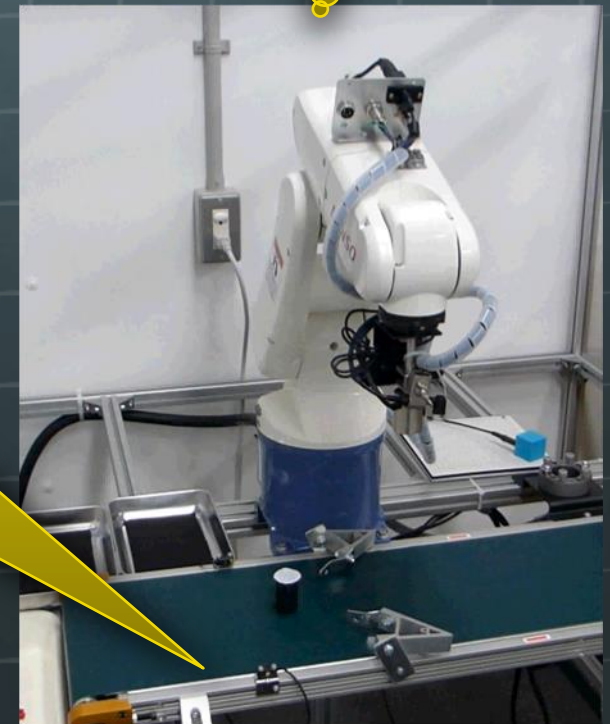
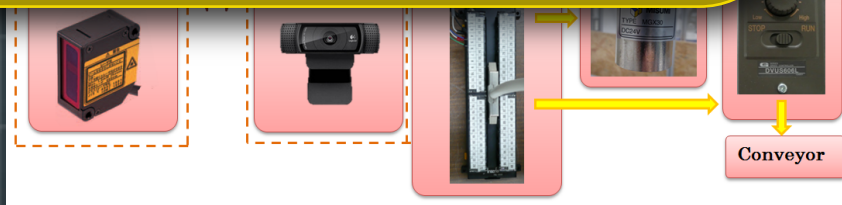
共通I/FのRTCが開発されている産業用ロボット

三菱電機様 MELFA

安川電機様 MOTOMAN

DENSO様 6軸多関節ロボット

ヤマハ発動機様 単軸ロボット



産業用ロボットを中心とするセル生産システムのORiN-RTM連携アプリケーション開発学習教材の開発と人材育成講座の実施

学習教材の目次

- 第1章:はじめに
- 第2章:ハードウェア環境の構築
- 第3章:ソフトウェア環境の構築
- 第4章:RTMを用いたピック&プレイス作業
- 第5章:ORiNを利用した産業機器制御用RTCの開発
- 第6章:ワーク認識用センサの変更
- 第7章:おわりに

産業用ロボットを中心とするORiN-RTM連携アプリケーション

産業用ロボットを中心とするORiN-RTM連携アプリケーション

目次

更新履歴

- はじめに
- ハードウェア環境の構築
 - 使用するハードウェア
 - ハードウェア環境の構築
 - 産業用ロボットを*
 - 2.2 機器セル生産システム
- RTM連携アプリケーション
 - 導入するソフトウェア
 - ソフトウェア環境の構築
 - OSの構築
 - Visual Studio C++
 - Java Development
 - Omake2.8のインストール
 - Doxygenのインストール
 - OpenRTM-aist 1.1.
 - OpenRTM 1.1.0-RC3
 - OpenCV2.2のインテ
 - DI0ボード制御ソフト
 - Logitech 製USBマ
 - ORiN SDKのイン
 - レーザ位置センサ
- RTMを用いたピック&プレイス
 - ピック&プレイス作業
 - ピック&プレイス作業:
 - RTM_ORiN_Converts
 - PartialEdgeRTC...
 - CameraPositionCon
 - IntergratedControl
 - 統合制御用RTCの開発
 - 統合制御用RTCの
 - RTC Builderによる
 - Omake2.8によるVi

産業用ロボットを中心とするセル生産システムのORiN-RTM連携アプリケーション開発 学習教材

第1.0版

最終更新日 2014年11月30日

国立大学法人埼玉大学大学院理工学研究科 設計工学研究室

構成機器を短時間で交換
できることを体験可能

人材育成講座の実施



2014年12月18日(木) 東京都立産業技術研究センター様にご協力を得て実施
* 現在, 玉川大学の岡田先生によって, プログラミング講習を継続中

RTミドルウェアを活用したロボット教育ツールの開発

- 目的：ロボット工学，およびロボットの社会実装を学ぶためのロボット教材開発
 - 煩雑なロボットハードウェアの使い方の(目的外の)学習を極力避けることのできる学習教材
- 目標とする仕様：平生使い慣れたシステムを極力使用
 - パソコンへのインストール不要，簡易なブラウザI/Fの採用
- 作成した教材の仕様：
 - Windows 7, or 8上で動作
 - **インストール不要(USBメモリひとつに全てを格納)**
 - 株式会社ヴィストンのアカデミックスカラロボットを採用(目で見て動作を確認できる)
 - ロボット制御には，ロボットアーム制御機能共通I/F(SI単位系版)を採用(他の産業用ロボットへの切り替えが容易)
 - CSVファイルを経由して，中レベルモーションコマンドを送出可能

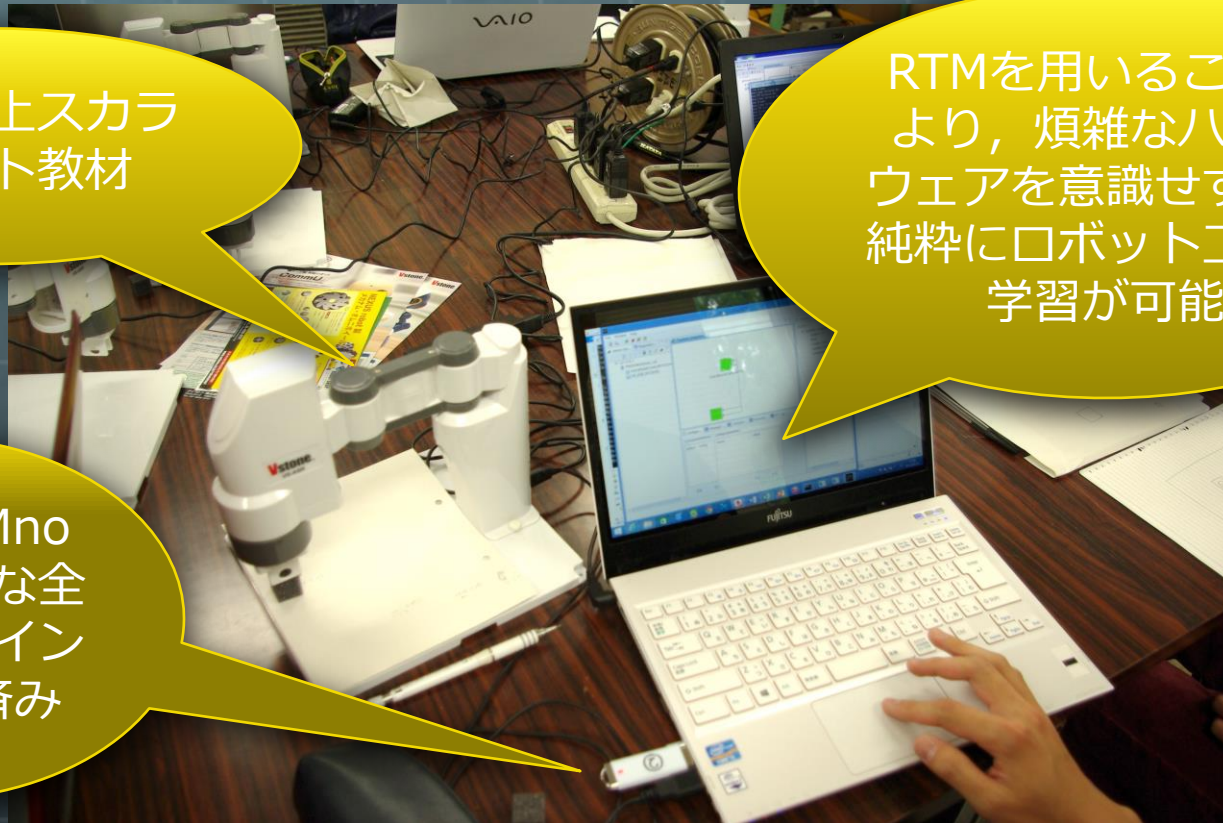
RTミドルウェアを活用したロボット教育ツールの開発

🌐 USB一本でRTミドルウェア環境を動かせる教育ツール

安価な卓上スクラ
ロボット教材

RTMを用いることにより、煩雑なハードウェアを意識せずに、純粹にロボット工学の学習が可能

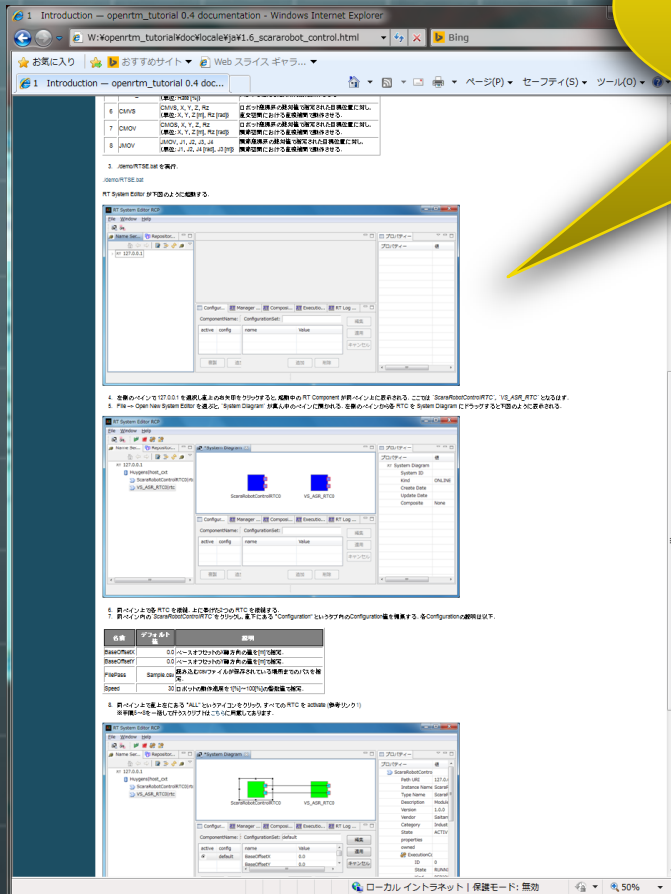
USBにRTMno
実行に必要な全ての環境がインストール済み



RTミドルウェアを活用したロボット教育ツールの開発

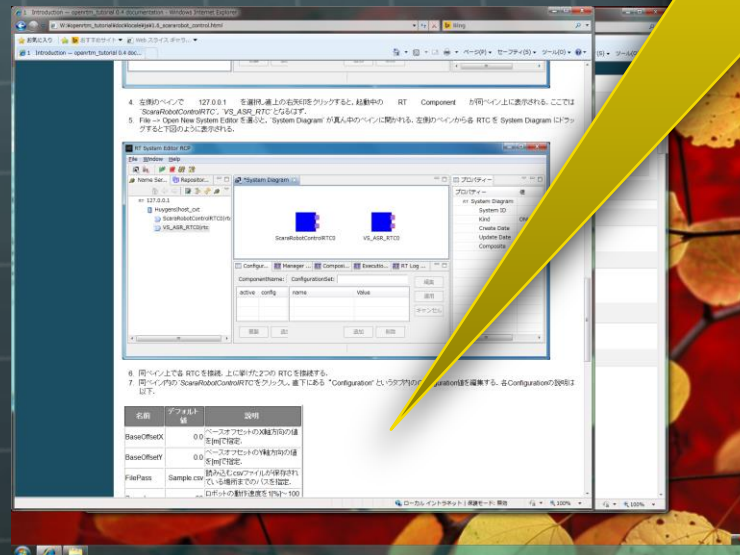


起動画面



WebブラウザベースでRTM環境の起動が可能

システムの操作に必要な知識もページ内に記述



起動用, 停止用他スクリプトの実行は, リンクをクリック!

このUSBが欲しい人！

- スカラロボット分が無いバージョンは, Githubに
 - https://github.com/tork-a/openrtm_tutorial
- スカラロボットバージョンは, 先日, 公開OKの返事をヴィストン様から頂きました
 - スカラロボット用RTC入りバージョンを, 先着, 5名様に配布
 - ただし, 教育への活用事例, RTM活用事例の簡単なお報告をお願いします(PPTスライド一枚程度)
 - VISTON社製アカデミックスカラロボットは, ネット価格で3万8千円(税抜き) → ??
- 自分の作ったRTコンポーネントを, このUSBに入れて, 自慢して回ろう

最後に

- 良い技術を作れば、誰かが使ってくれる、普及するという時代は終わっています
- 「良い技術なら」という勘違い
 - 物、技術、情報があふれています。良ければ、誰かがいつけてくれる、使ってくれる時代は、とっくに終わっています
- 「誰かが」という勘違い
 - ある特定の、その人のために役立つ物を作る必要があります
 - そうでなければ、誰のためにも役立たない物になります
- すなわち、社会実装
 - 技術は、知ってもらって、使って頂いて、改善して頂いて、初めて普及になります